

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA  
STAVEBNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ  
PRÁCE**

**2023**

**PAVEL  
BABÁK**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: ..... Jméno: ..... Osobní číslo: .....  
Zadávající katedra: .....  
Studijní program: .....  
Studijní obor/specializace: .....

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Nádraží v Boleslavi  
Název bakalářské práce anglicky: .....  
Pokyny pro vypracování:  
  
Seznam doporučené literatury:  
  
Jméno vedoucího bakalářské práce: prof. Ing. Martina Eliášová, CSc.  
Datum zadání bakalářské práce: 21.2.2023 Termín odevzdání BP v IS KOS: 22.5.2023  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*  
  
.....  
Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

.....  
Datum převzetí zadání

.....  
Podpis studenta(ky)

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucí práce prof. Ing. Martina Eliášová, CSc. za odborné vedení, čas, trpělivost a spoustu cenných rad, které jsem během zpracování projektu obdržel. Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu při psaní této bakalářské práce.

## ANOTACE

Náplní bakalářská práce je návrh a posouzení ocelové konstrukce nádražní haly. Po návržení, předběžném statickém výpočtu a následném porovnání několika variant konstrukčních schémat byla vybrána jedna, pro kterou byl proveden podrobný statický výpočet. Posuzovaly se různé zatěžovací stavy. Do nádražní haly byla navržena a posouzena ocelo- betonová vestavba. Poté byl vytvořen numerický model konstrukce ve výpočetním softwaru. Následovalo posouzení jednotlivých vybraných prvků haly. Práce obsahuje výkresovou dokumentaci a technickou zprávou.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Ocelová nádražní hala, obloukový plnostěnný vazník, výpočet, návrh, posouzení, rozvětvený sloup



## ABSTRACT

The scope of the bachelor thesis is the design and assessment of the steel structure of the station hall. After designing, preliminary static calculation and subsequent comparison of several variants of structural schemes, one was selected for which a detailed static calculation was carried out. Different loading conditions were considered. A steel-concrete building was designed and assessed for the station hall. After that, a numerical model of the structure was created in a computer software. This was followed by the assessment of the selected elements of the hall. The work includes drawings and a technical report.

## KEY WORDS

Steel station hall, arched full-wall truss, calculation, design, design, branched column

## **OBSAH**

**PŘEDBĚŽNÝ STATICKÝ POSUDEK**  
**PODROBNÝ STATICKÝ POSUDEK**

## **PŘÍLOHY**

PŘÍLOHA A – TECHNICKÁ ZPRÁVA

PŘÍLOHA B – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

PŘÍLOHA C – POSOUZENÍ VAZNÍKU PROGRAMEM SCIA ENGINEER 22

PŘÍLOHA D – POSOUZENÍ MONTÁŽNÍHO PŘÍPOJE VAZNÍKU PROGRAMEM  
IdeaStatiCa 22

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE – NÁDRAŽÍ  
V MLADÉ BOLESLAVI

PŘEDBĚŽNÝ STATICKÝ VÝPOČET

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ



Předmět:	Bakalářská práce
Téma:	Nádraží v Mladé Boleslavi
Vypracoval:	Pavel Babák
Vedoucí práce:	prof. Ing. Martina Eliášová, CSc.
Rok:	2022/2023

## OBSAH

<b>1. ÚVOD</b>	3
<u>1.1 Popis objektu</u>	3
<u>1.2 Umístění stavby</u>	3
<b>2. SCHÉMA KONSTRUKCE</b>	3
<u>2.1 Půdorys</u>	3
<u>2.2 Podélný řez</u>	4
<u>2.3 Příčný řez</u>	4
2.3.1 Varianta 1	4
2.3.2 Varianta 1 – statické schéma	4
2.3.3 Varianta 2	5
2.3.4 Varianta 2 – statické schéma	5
2.3.5 Varianta 3	6
2.3.6 Varianta 3 – statické schéma	6
2.3.7 Varianta 4	7
2.3.8 Varianta 4 – statické schéma	7
2.3.9 Varianta 5	8
2.3.10 Varianta 5 – statické schéma	8
2.3.11 Varianta 6	9
2.3.12 Varianta 6 – statické schéma	9
2.3.13 Varianta 7	10
2.3.14 Varianta 7 – statické schéma	10
2.3.15 Varianta 8	11
2.3.16 Varianta 8 – statické schéma	11
<b>3. ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE</b>	11
<u>3.1 Vlastní tíha konstrukce</u>	11
<u>3.2 Stálé zatížení</u>	12
3.2.1 Zatížení od střešního pláště	12
3.2.2 Zatížení vestavby	12
<u>3.3 Užité zatížení</u>	12
3.3.1 Zatížení střešní konstrukce	12
3.3.2 Zatížení vestavby	12
<u>3.4 Zatížení sněhem</u>	14
<u>3.5 Zatížení větrem</u>	16
<b>4. VÝPOČET</b>	18
<u>4.1 Varianty 1 a 2</u>	18
<u>4.2 Varianty 3 a 4</u>	21
<u>4.3 Varianty 5 a 6</u>	24
<u>4.4 Varianty 7 a 8</u>	27
<b>5. ZÁVĚR</b>	31
<u>5.1 Závěrečné porovnání všech variant</u>	31

## 1. ÚVOD

### 1.1 Popis objektu

Budova bude navržena jako jednopodlažní ocelová nádražní hala.  
Vystavěna bude na místě původní budovy.

#### Rozměry:

délka: 84,0 m

výška: 12,0 m

rozpon: 20,0 m + 2 x 5,0 m přístřešek na obou stranách

rozteč vazeb: 7,0 m

umístění: Mladá Boleslav

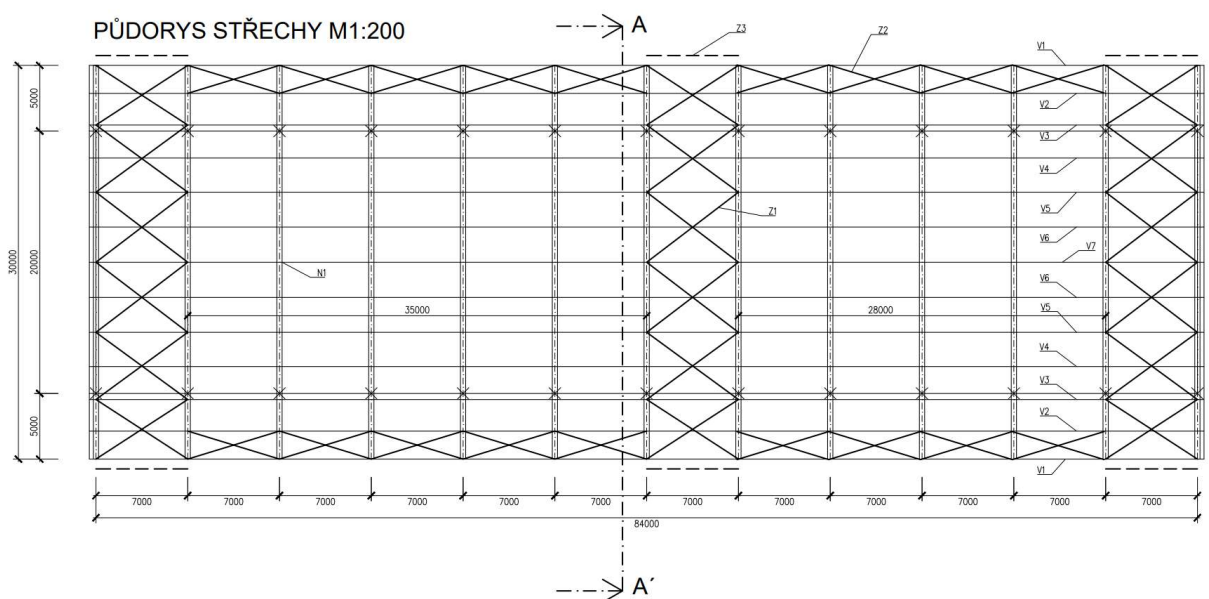
### 1.2 Umístění stavby



Obrázek 1- umístění nové nádražní budovy [5]

## 2. SCHÉMA KONSTRUKCE

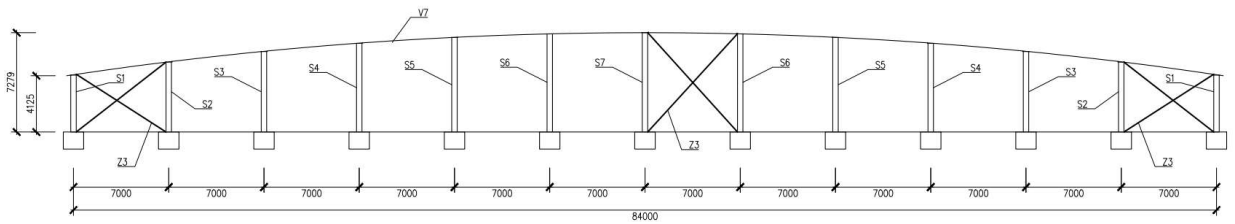
### 2.1 Půdorys



Obrázek 2 - Dispoziční schéma půdorysu haly

## 2.2 Podélný řez

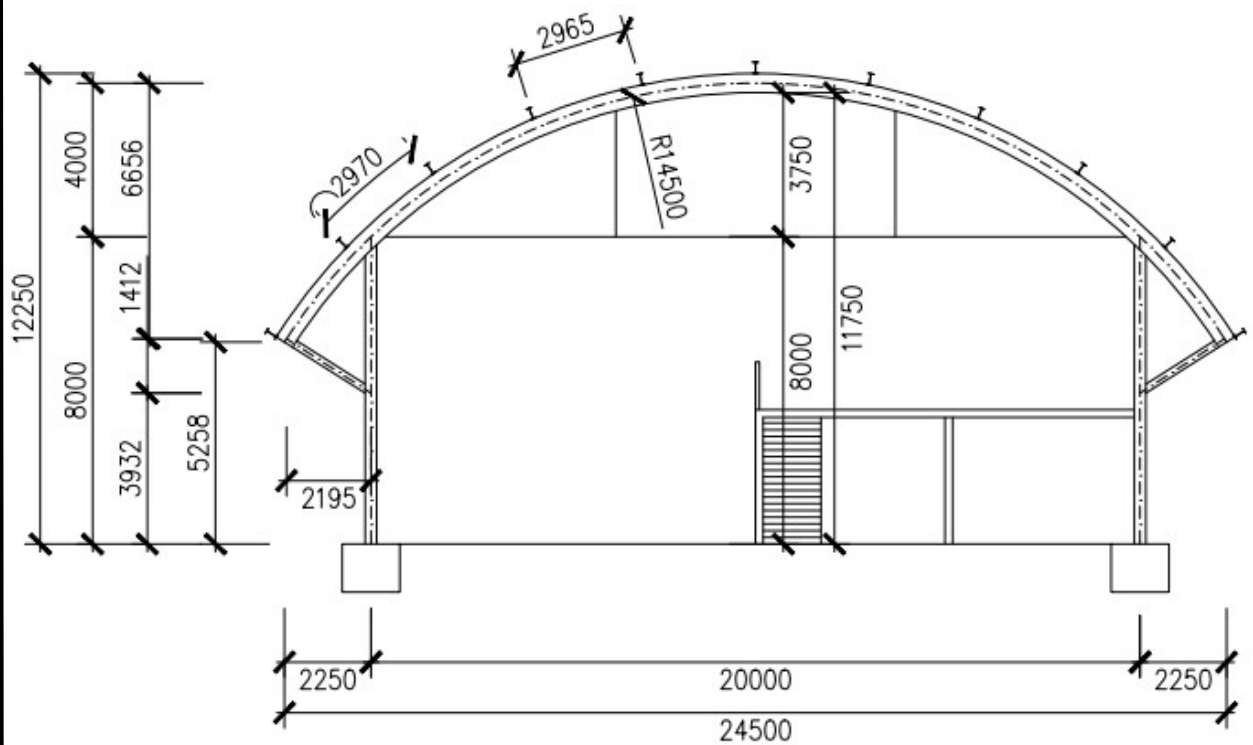
POHLED M1:200



Obrázek3 - Pohled na dispozici haly

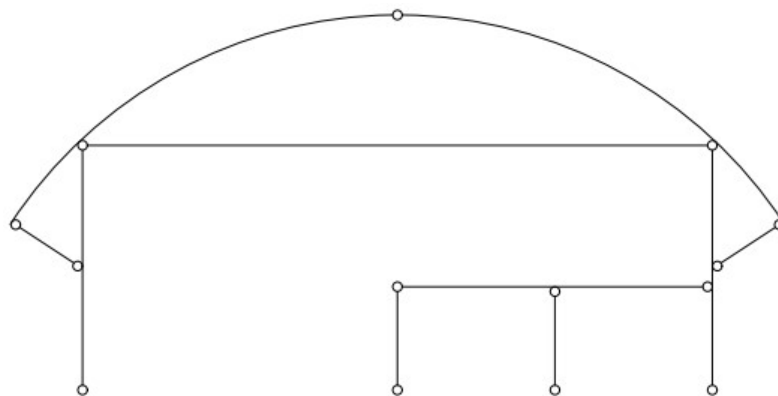
## 2.3 Příčný řez

### 2.3.1 Varianta 1

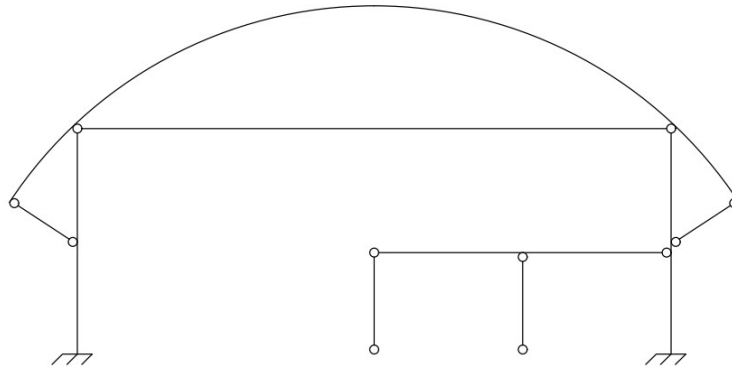


Obrázek 4 - Obloukový plnostěnný vazník s táhlem

### 2.3.2 Varianta 1 – statické schéma

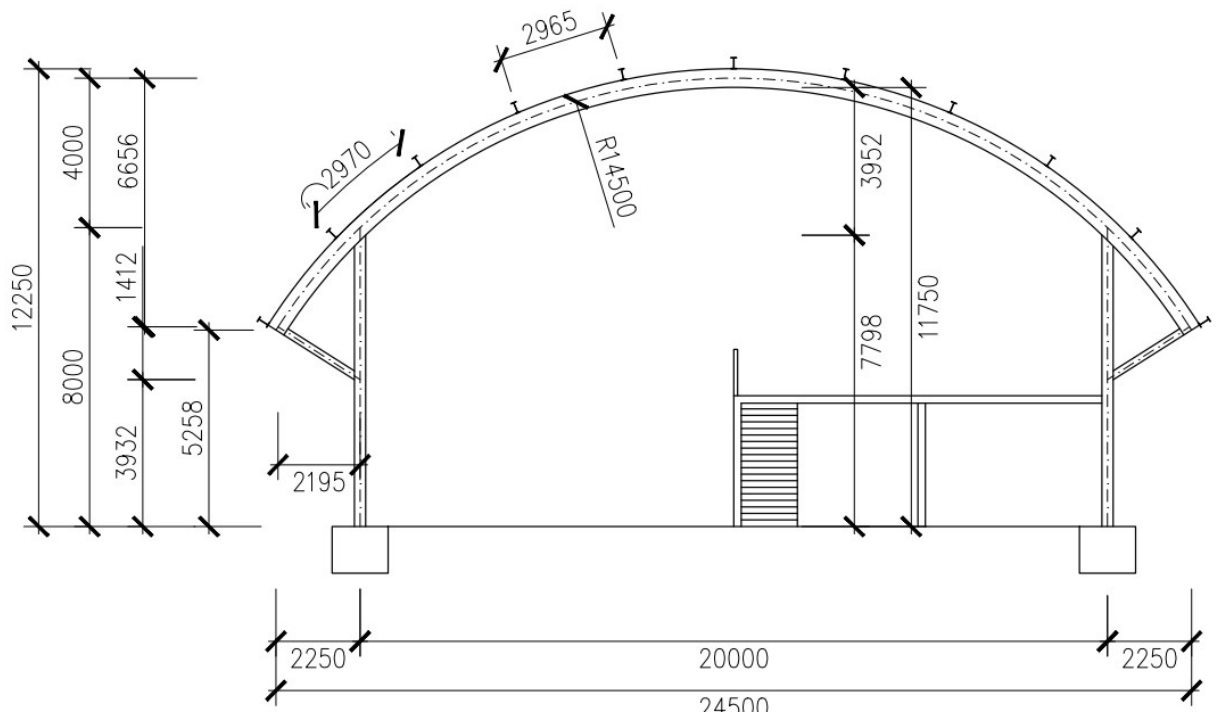


Obrázek 5 – I. varianta



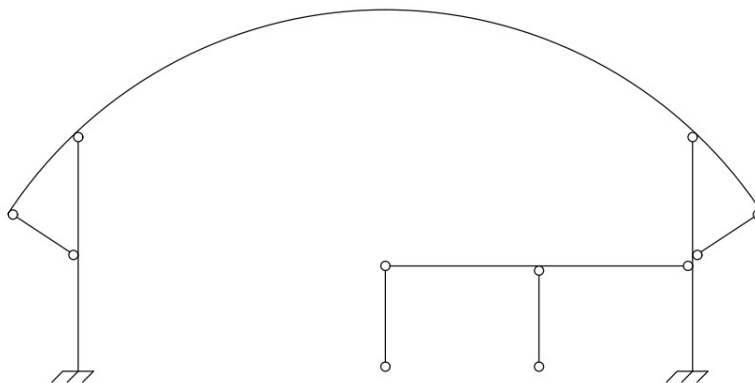
Obrázek 6 – II. varianta

### 2.3.3 Varianta 2



Obrázek 7 - Obloukový plnostěnný vazník

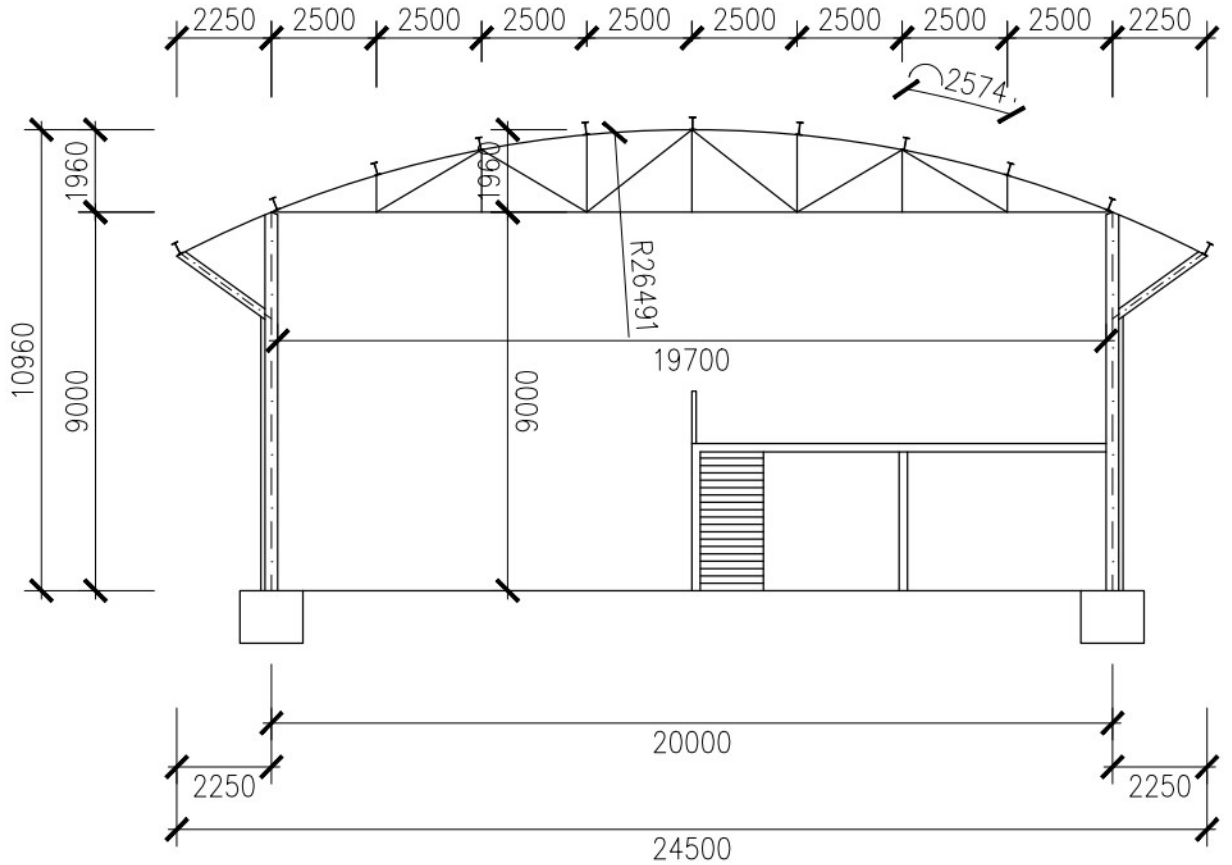
### 2.3.4 Varianta 2 – statické schéma



Obrázek 8

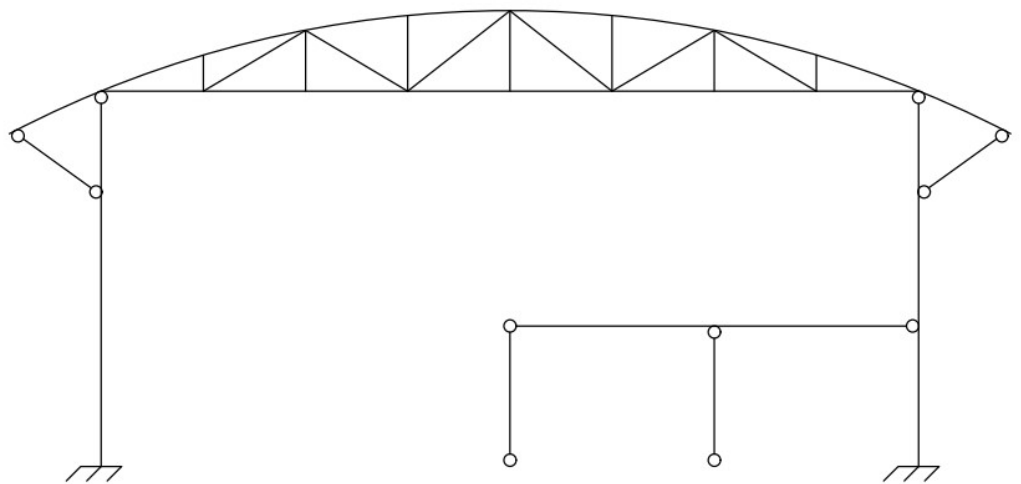
**2.3.5 Varianta 3**

Výška vazníku  $h = L/10$  až  $L/15$   
 $h = 20\,000/10$  až  $20\,000/15 = 2\,000$  až  $1333,33$  mm  
 → NÁVRH: **1960 mm**



Obrázek 9 - Příhradový vazník uložený na spodní pás

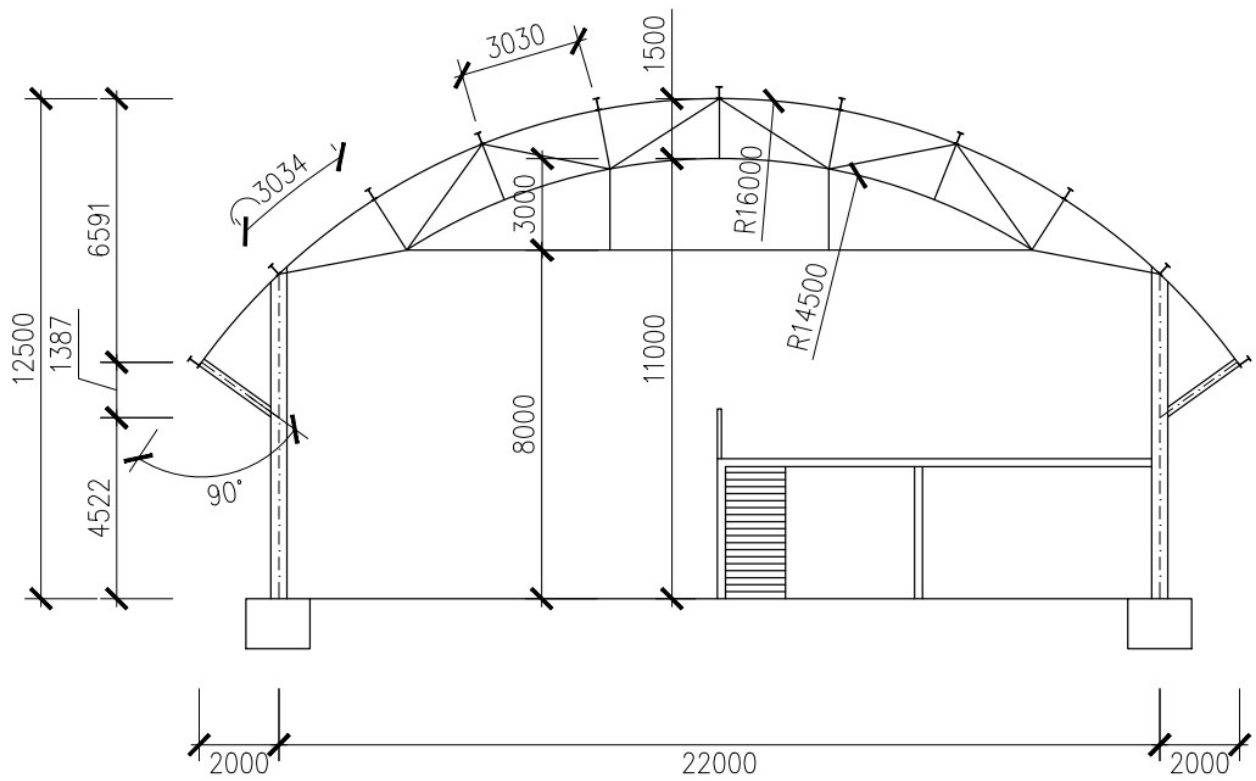
**2.3.6 Varianta 3 – statické schéma**



Obrázek 10

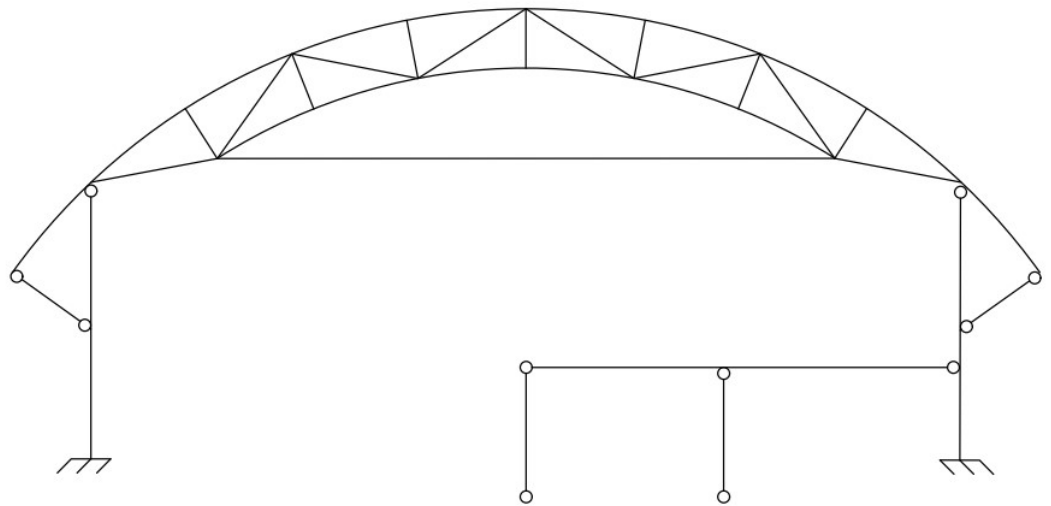


2.3.7 Varianta 4



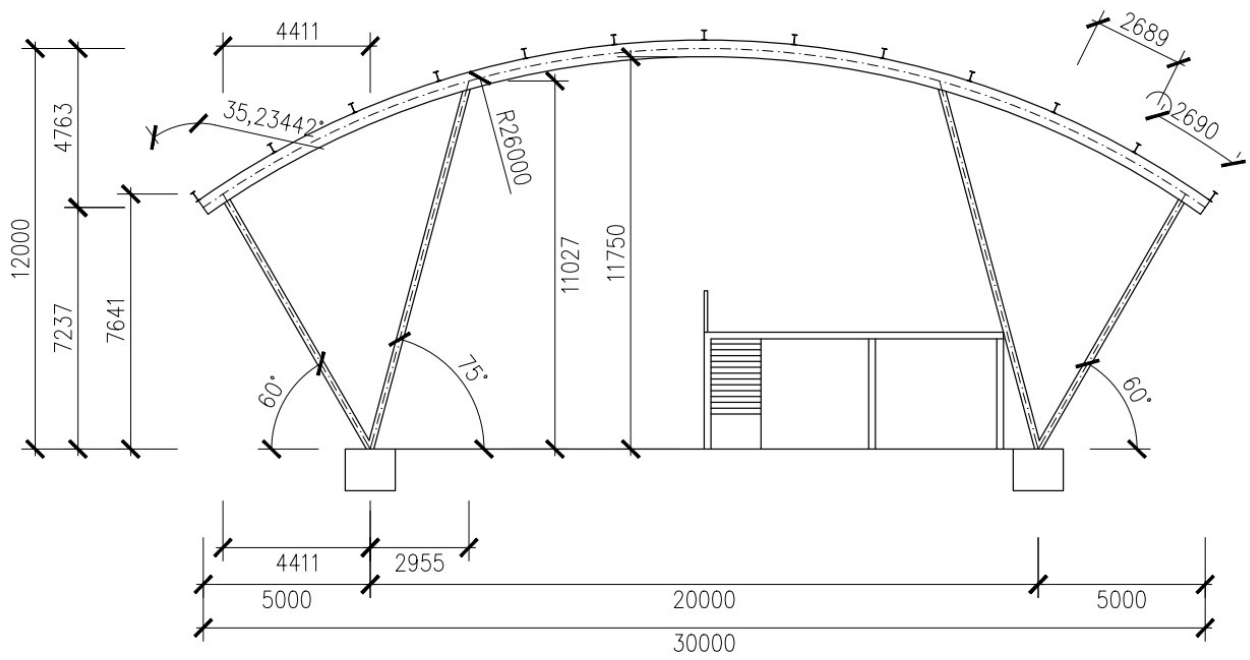
Obrázek 11 - Obloukový příhradový vazník s podepřením a táhlem

2.3.8 Varianta 4 – statické schéma



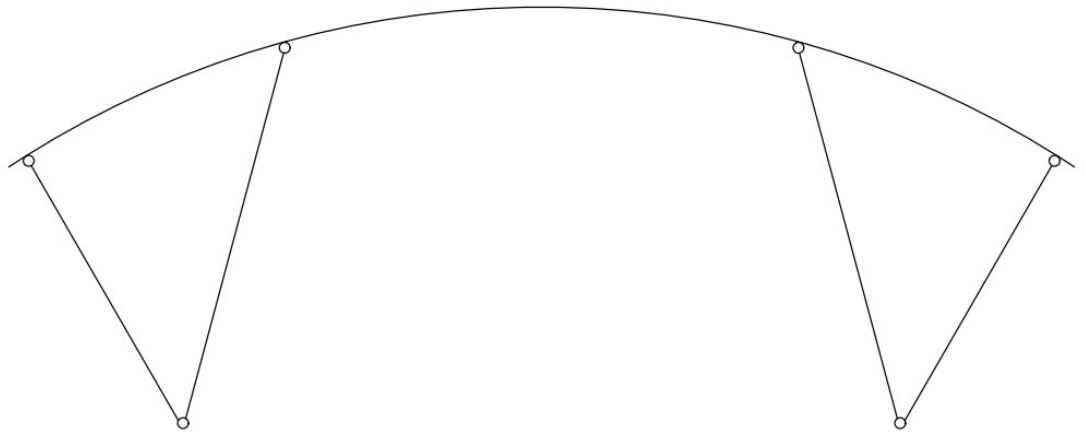
Obrázek 12

2.3.9 Varianta 5



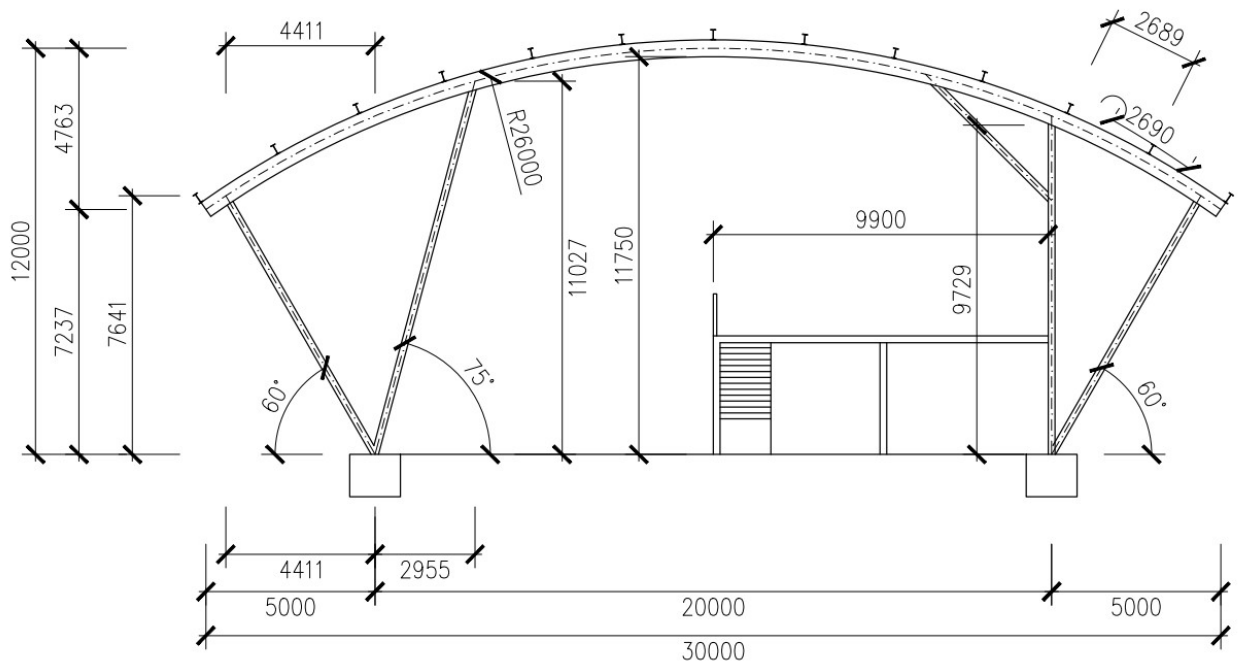
Obrázek 13 - Obloukový plnostěnný vazník s dvojitým podepřením

2.3.10 Varianta 5 – statické schéma



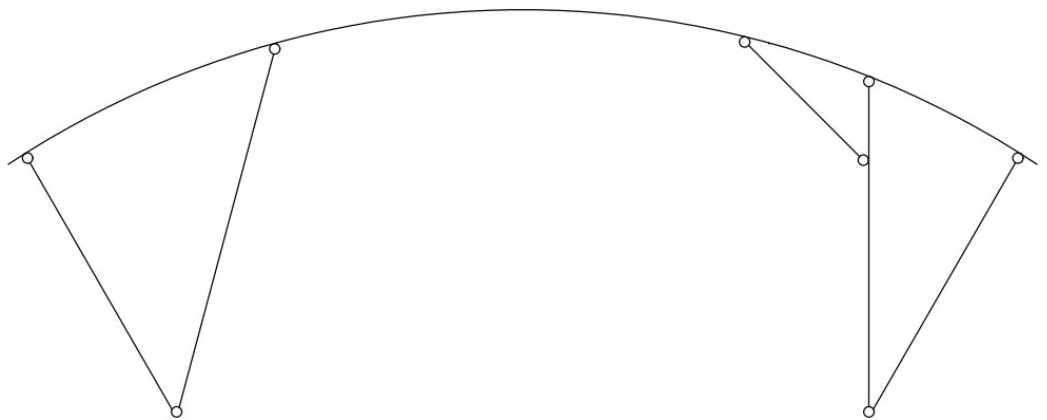
Obrázek 14

2.3.11 Varianta 6



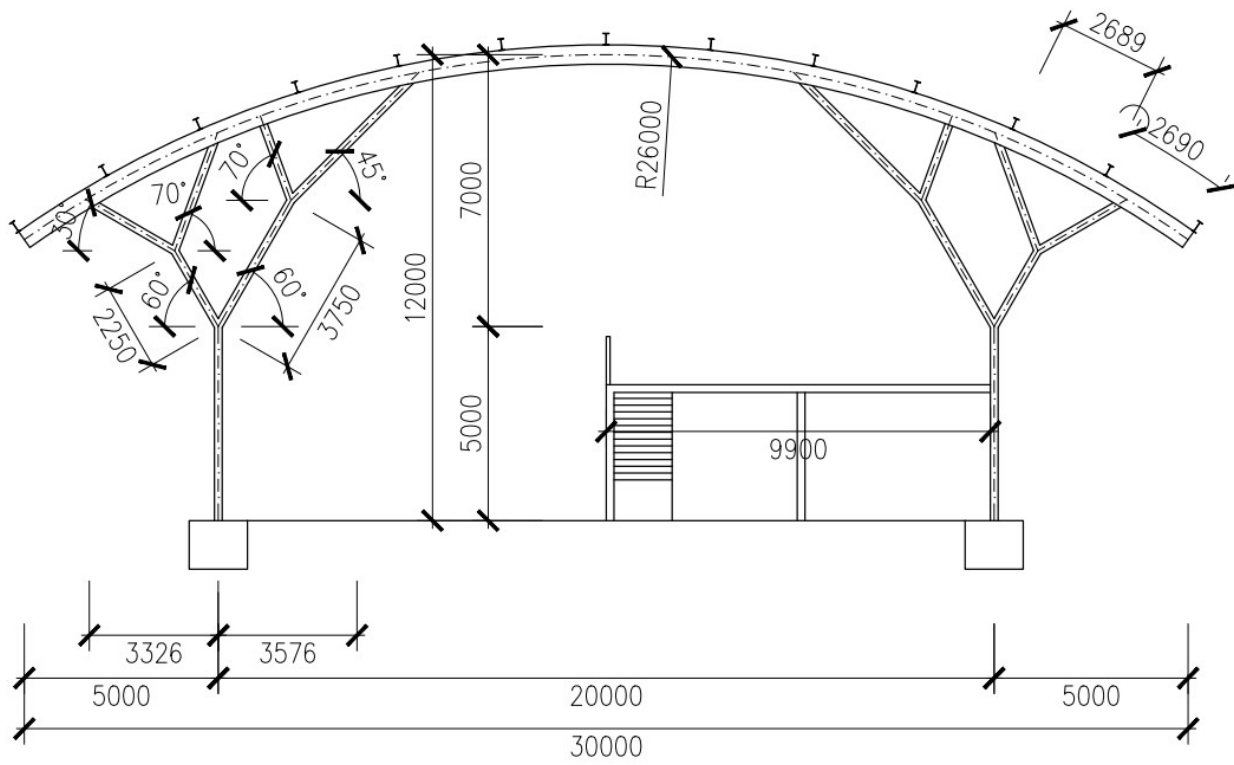
Obrázek 15 - Obloukový plnostěnný vazník s asymetrickým podepřením

2.3.12 Varianta 6 - statické schéma



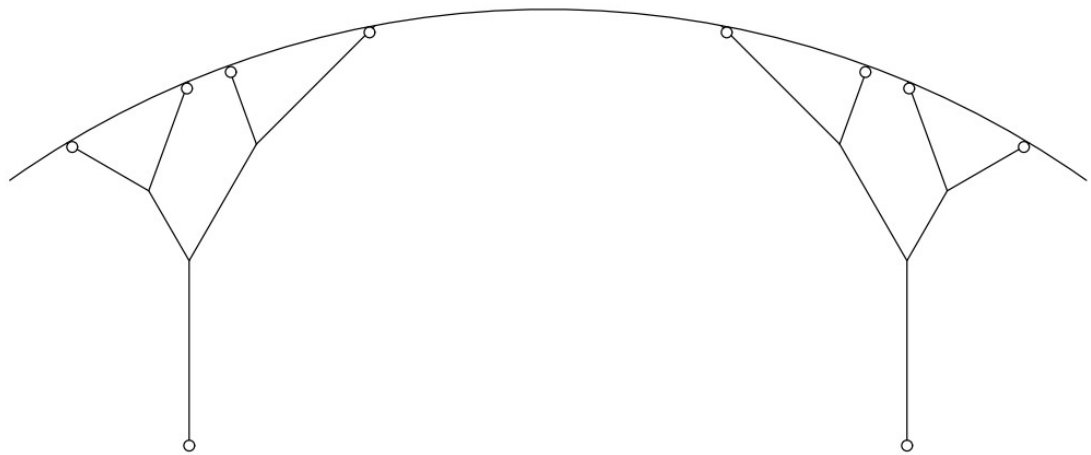
Obrázek 16

**2.3.13** Varianta 7



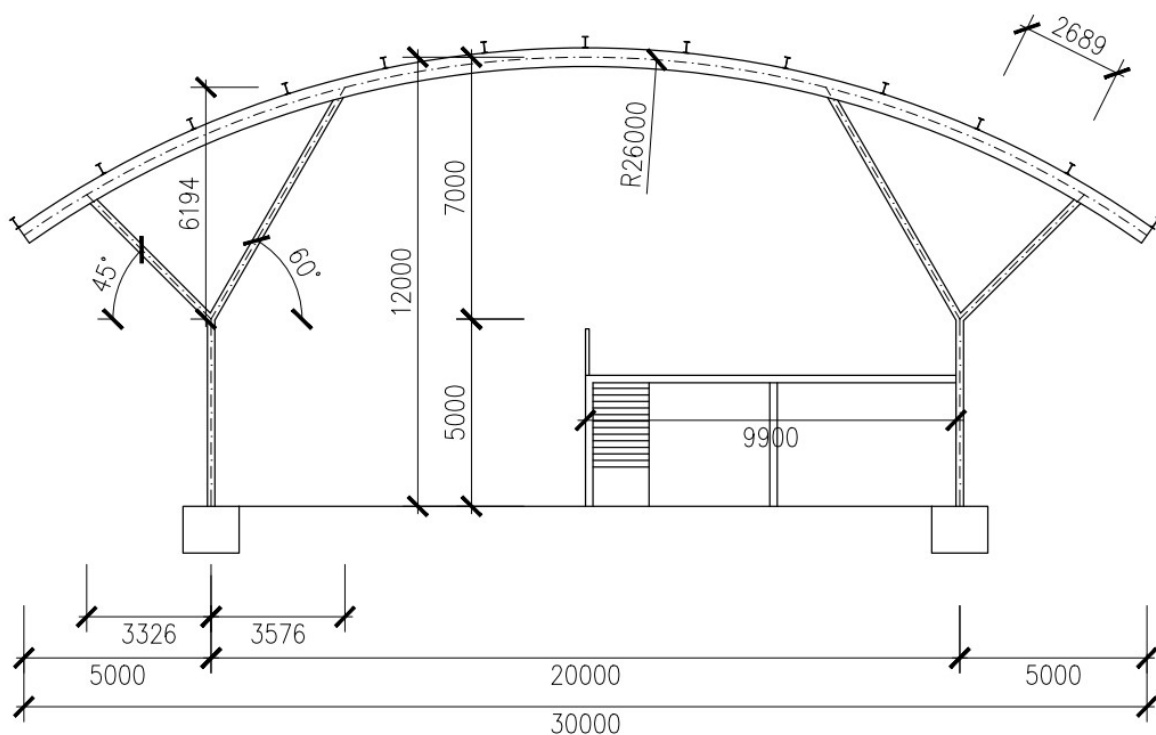
Obrázek 17 – Obloukový plnostěnný vazník s rozvětveným podepřením

**2.3.14** Varianta 7 – statické schéma



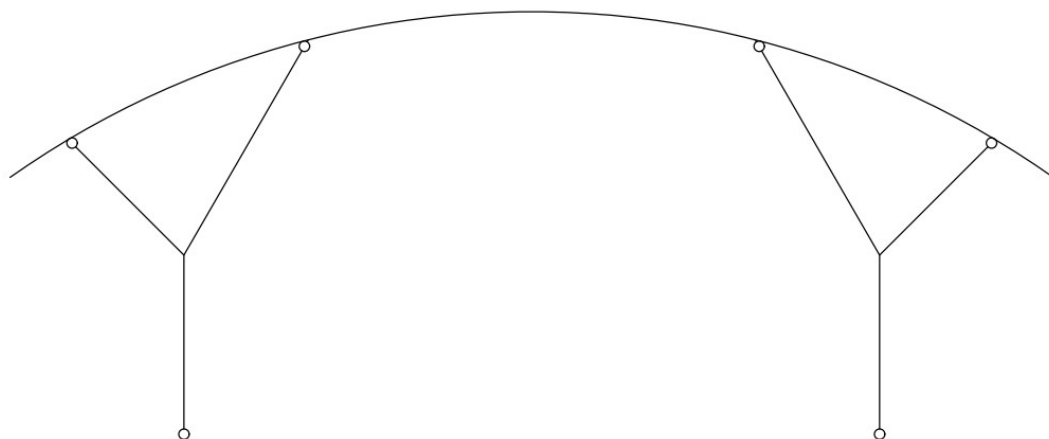
Obrázek 18

### 2.3.15 Varianta 8



Obrázek 19 - Obloukový plnostěnný vazník s rozvětveným jednoduchým podepřením

### 2.3.16 Varianta 8 – statické schéma



Obrázek 20

## 3. ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE

Tíhu střešní konstrukce budeme uvažovat u všech variant stejnou a tíhu od vaznic odhadneme

Zatížení větrem budeme zjednodušeně uvažovat stejné na celou plochu střechy a převezmeme nejneprůzračnější hodnotu zatížení

### 3.1 Vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíhu konstrukce necháme automaticky přičíst k zatížení v daném výpočetním softwaru

### 3.2 Stálé zatížení

- 3.1.1 Zatížení od střešního pláště  
Tíhu vaznic a střešního pláště odhadneme jako **1,2 kN/m<sup>2</sup>**
- 3.1.2 Zatížení vestavby  
Stálé zatížení vestavby **1,0 kN/m<sup>2</sup>**

### 3.2 Užité zatížení

- 3.2.1 Zatížení střešní konstrukce  
Střecha je uvažována jako nepochozí

Kategorie zatěžovaných ploch	Stanovené použití
H	střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav
I	střechy přístupné (pochůzně), s užíváním podle kategorií A až D
K	střechy přístupné pro zvláštní provoz, např. pro přistávání vrtulníků

Obrázek 21 - Tabulka užitého zatížení pro střechy [2]

Střecha	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
Kategorie H	$q_k$	$Q_k$
POZNÁMKA 1 Pro kategorii H mohou být hodnoty $q_k$ vybrány v rozmezí od 0,00 kN/m <sup>2</sup> do 1,0 kN/m <sup>2</sup> a hodnoty $Q_k$ v rozmezí od 0,9 kN do 1,5 kN. Tam, kde je uvedeno rozmezí hodnot, mohou se hodnoty určit v národní příloze. Doporučené hodnoty jsou: $q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$ , $Q_k = 1,0 \text{ kN}$		
POZNÁMKA 2 $q_k$ se může v národní příloze měnit v závislosti na sklonu střechy.		
POZNÁMKA 3 Lze předpokládat, že $q_k$ působí na ploše A, která může být stanovena v národní příloze. Doporučená hodnota A = 10 m <sup>2</sup> , v rozmezí od nuly až do celkové plochy střechy.		
POZNÁMKA 4 Viz také 3.3.2(1).		

Obrázek 22 - Užité zatížení kategorie H [2]

#### Poznámka k obrázku 22:

Na střechách se nemá uvažovat současné působení užitého zatížení a zatížení sněhem nebo větrem.

Zatížení pro kategorii H →  **$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$**

Střecha	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
Kategorie H	0,75	1,0

Obrázek 23 - Národní příloha užitého zatížení pro nepochozí střechy [2]

- 3.2.2 Zatížení vestavby  
Prostor nad vestavbou bude využíván pro komerční, nebo obchodní účely.  
Mohou se zde nacházet prodejní stánky, kavárna apod.

Kategorie	Stanovené použití	Příklad
A	obytné plochy a plochy pro domácí činnosti	místnosti obytných budov a domů; lůžkové pokoje a čekárny v nemocnicích; ložnice hotelů a ubytoven, kuchyně a toalety
B	kancelářské plochy	
C	plochy, kde může docházet ke shromažďování lidí (kromě ploch uvedených v kategoriích A, B a D <sup>1)</sup> )	<p><b>C1:</b> plochy se stoly atd., např. plochy ve školách, kavárnách, restauracích, jídelnách, čítárnách, recepcích.</p> <p><b>C2:</b> plochy se zabudovanými sedadly, např. plochy v kostelech, divadlech nebo kinech, v konferenčních sálech, přednáškových nebo zasedacích místnostech, nádražních a jiných čekárnách.</p> <p><b>C3:</b> plochy bez překážek pro pohyb osob, např. plochy v muzeích, ve výstavních sálech a přístupové plochy ve veřejných a administrativních budovách, hotelích, nemocnicích, železničních nádražních halách.</p> <p><b>C4:</b> plochy určené k pohybovým aktivitám, např. taneční sály, tělocvičny, jeviště, atd.</p> <p><b>C5:</b> plochy, kde může dojít k vysoké koncentraci lidí, např. budovy pro veřejné akce jako koncertní síně, sportovní haly, včetně tribun, terasy a přístupové plochy, železniční nástupiště.</p>
D	obchodní plochy	<p><b>D1:</b> plochy v malých obchodech</p> <p><b>D2:</b> plochy v obchodních domech</p>
<p><sup>1)</sup> Pozor na odstavec 6.3.1.1(2)P, zejména pro C4 a C5. Pokud je nutno uvažovat dynamické účinky, viz EN 1990. Kategorie E je v tabulce 6.3.</p> <p>POZNÁMKA 1 V závislosti na předpokládaném účelu používání mohou být plochy zařazeny do kategorie C5 místo do kategorií C2, C3 a C4, a to na základě rozhodnutí klienta a/nebo podle národní přílohy.</p> <p>POZNÁMKA 2 V národní příloze mohou být uvedeny podkategorie ke kategoriím A, B, C1 až C5, D1 a D2.</p> <p>POZNÁMKA 3 Plochy pro skladování a průmyslovou činnost, viz 6.3.2.</p>		

Obrázek 24 - tabulka kategorií užitných zatížení [2]

Pro náš případ budeme uvažovat kategorii C1

Kategorie zatěžovaných ploch	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>kategorie A</b>		
– stropní konstrukce	1,5 až <u>2,0</u>	<u>2,0</u> až 3,0
– schodiště	<u>2,0</u> až 4,0	<u>2,0</u> až 4,0
– balkóny	<u>2,5</u> až 4,0	<u>2,0</u> až 3,0
<b>kategorie B</b>		
	2,0 až <u>3,0</u>	1,5 až <u>4,5</u>
<b>kategorie C</b>		
– C1	2,0 až <u>3,0</u>	3,0 až <u>4,0</u>
– C2	3,0 až <u>4,0</u>	2,5 až 7,0 ( <u>4,0</u> )
– C3	3,0 až <u>5,0</u>	<u>4,0</u> až 7,0
– C4	4,5 až <u>5,0</u>	3,5 až <u>7,0</u>
– C5	<u>5,0</u> až 7,5	3,5 až <u>4,5</u>
<b>kategorie D</b>		
– D1	<u>4,0</u> až 5,0	3,5 až 7,0 ( <u>4,0</u> )
– D2	4,0 až <u>5,0</u>	3,5 až <u>7,0</u>

Obrázek 25 - tabulka charakteristických hodnot užitných zatížení [2]

 Užité zatížení vestavby v kategorii C1  $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$

### 3.3 Zatížení sněhem

Výpočet bude proveden dle

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

$s$  – zatížení sněhem

$\mu_i$  – tvarový součinitel zatížení sněhem

$C_e$  – součinitel expozice

$C_t$  – tepelný součinitel

$s_k$  – charakteristická hodnota zatížení sněhem



Obrázek 26 - Tabulka sněhových oblastí [3]

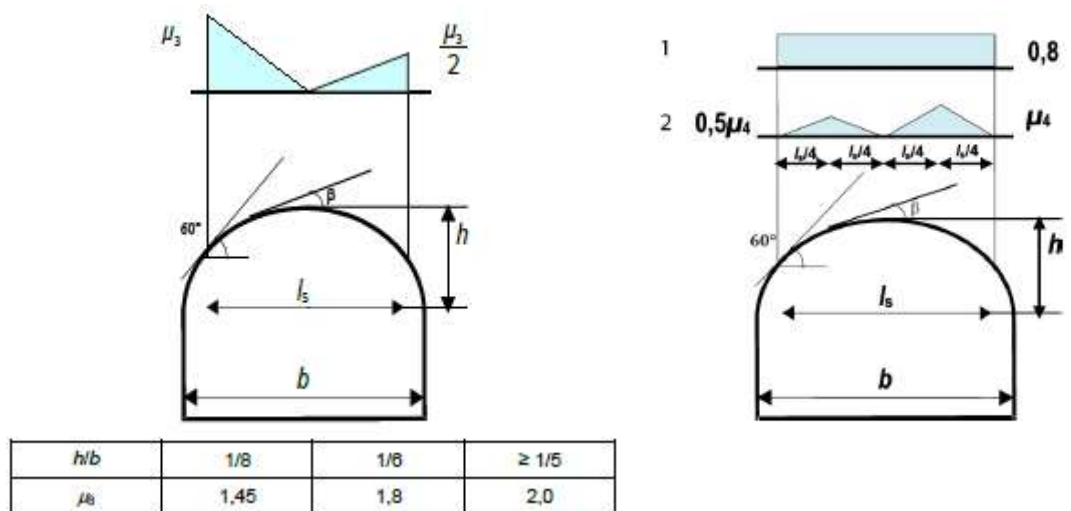
Stavba se nachází ve II oblasti →  $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

Součinitele  $C_t$  a  $C_e$  budeme uvažovat s hodnotou 1,0

$C_t = 1,0$

$C_e = 1,0$

Tvarový součinitel pro válcové střechu převezmeme z normy ČSN EN 1991-1-3



Obrázek 27 - Tabulka tvarových součinitelů  $\mu_i$  [3]

$h = 4,0 \text{ m}$

$b = 20,0 \text{ m}$



$$h := 4 \text{ m}$$

$$b := 20 \text{ m}$$

$$\frac{h}{b} = \frac{1}{5}$$

$$\rightarrow \mu_3 = 2,0$$

$$s_1 = 2,0 * 1,0 * 1,0 * 1,0 = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

$$s_2 = 1,0 * 1,0 * 1,0 * 1,0 = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Porovnání výpočtu s programem FIN EC – Zatížení

### PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-3

Sněhová oblast:	II
Charakteristická hodnota zatížení $s_k$	= 1,00 kN/m <sup>2</sup>
Typ krajiny:	normální
Součinitel expozice	$C_e = 1,00$
Tepelný součinitel	$C_t = 1,00$
Součinitel zatížení	$\gamma_f = 1,50$

#### Tvar zastřešení: válcová střecha

Výška střechy	$h = 4,00 \text{ m}$
Šířka budovy	$b = 20,00 \text{ m}$
Zatěžovaná šířka	$l_s = 20,00 \text{ m}$
Tvarový součinitel	$\mu_1 = 0,80$
Tvarový součinitel	$\mu_3 = 2,00$
Tvarový součinitel	$\mu_3' = 2,00$

#### Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Případ (i) - zatížení nenavátým sněhem:

$$s_1 = 0,80 \text{ kN/m}^2 \text{ ( } 1,20 \text{ kN/m}^2 \text{ )}$$

Případ (ii) - zatížení navátým sněhem:

$$s_1 = 1,00 \text{ kN/m}^2 \text{ ( } 1,50 \text{ kN/m}^2 \text{ )}$$

$$s_2 = 2,00 \text{ kN/m}^2 \text{ ( } 3,00 \text{ kN/m}^2 \text{ )}$$

Případ (iii) - zatížení navátým sněhem (podle národní přílohy pro ČR):

$$s_1 = 2,00 \text{ kN/m}^2 \text{ ( } 3,00 \text{ kN/m}^2 \text{ )}$$

$$s_2 = 1,00 \text{ kN/m}^2 \text{ ( } 1,50 \text{ kN/m}^2 \text{ )}$$

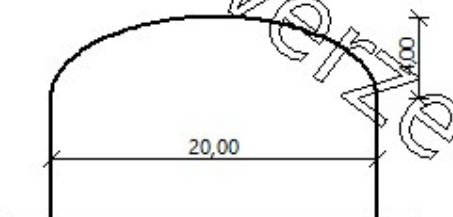
#### Případ (i)



#### Případ (ii)



#### Případ (iii)



V našem případě budeme zjednodušeně uvažovat charakteristickou hodnotu zatížení **0,8 kN/m<sup>2</sup>**

### 3.4 Zatížení větrem

Pro předběžný výpočet převzeme zatížení větrem ze softwaru FIN EC – Zatížení a budeme uvažovat na celou plochu střechy nejvyšší hodnotu tohoto zatížení.

**Zatížení větrem na stěny objektu:**

**PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM - STĚNY - PŘEDBĚŽNÝ**

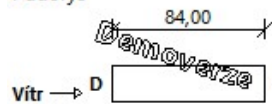
Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

- Větrná oblast: II
- Rychlost větru  $v_{b,0} = 25,00 \text{ m/s}$
- Kategorie terénu: III
- Referenční výška budovy  $z_e = 8,00 \text{ m}$
- Součinitel směru větru  $c_{dir} = 1,00$
- Součinitel ročního období  $c_{season} = 1,00$
- Měrná hmotnost vzduchu  $\rho = 1,250 \text{ kg/m}^3$
- Součinitel orografie  $c_o = 1,00$
- Maximální dynamický tlak  $q_p = 0,61 \text{ kN/m}^2$
- Součinitel zatížení  $\gamma_f = 1,50$
- Plocha pro stanovení  $c_{pe} A = 10,00 \text{ m}^2$

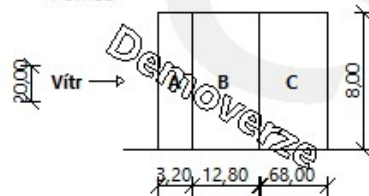
**Stěny pravoúhlého objektu - směr 1**

- Výška objektu  $h = 8,00 \text{ m}$
- Délka objektu  $d = 84,00 \text{ m}$
- Šířka objektu  $b = 20,00 \text{ m}$

Půdorys



Pohled



**Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)**

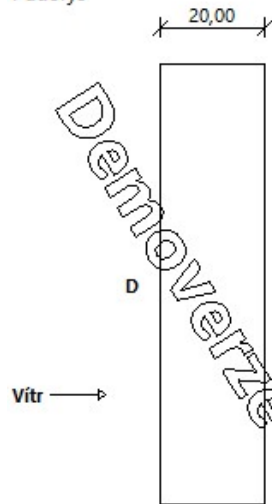
Výška nad terénem [m]	Tlak větru v oblastech [kN/m <sup>2</sup> ]				
	A	B	C	D	E
4,00	-0,73 (-1,10)	-0,49 (-0,73)	-0,31 (-0,46)	0,36 (0,55)	-0,16 (-0,23)
8,00	-0,73 (-1,10)	-0,49 (-0,73)	-0,31 (-0,46)	0,36 (0,55)	-0,16 (-0,23)

Nedostatečná korelace tlaků uvažována koeficientem 0,85.

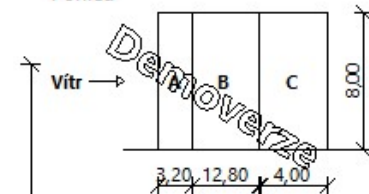
**Stěny pravoúhlého objektu - směr 2**

- Výška objektu  $h = 8,00 \text{ m}$
- Délka objektu  $d = 20,00 \text{ m}$
- Šířka objektu  $b = 84,00 \text{ m}$

Půdorys



Pohled



**Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)**

Výška nad terénem [m]	Tlak větru v oblastech [kN/m <sup>2</sup> ]				
	A	B	C	D	E
4,00	-0,73 (-1,10)	-0,49 (-0,73)	-0,31 (-0,46)	0,37 (0,56)	-0,18 (-0,27)
8,00	-0,73 (-1,10)	-0,49 (-0,73)	-0,31 (-0,46)	0,37 (0,56)	-0,18 (-0,27)

Nedostatečná korelace tlaků uvažována koeficientem 0,85.

Pro zatížení stěn od podélného větru budeme uvažovat charakteristickou hodnotu zatížení **-0,73 kN/m<sup>2</sup>** a pro zatížení od větru příčného charakteristickou hodnotu **0,36 kN/m<sup>2</sup>**

**Zatížení větrem na střechu objektu:**

**PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM**

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

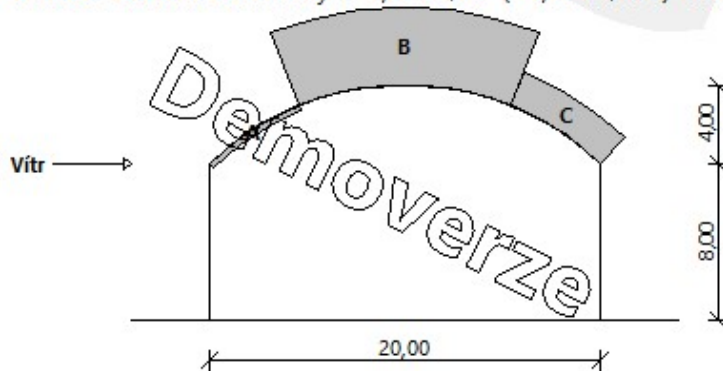
Větrná oblast:		II
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 25,00 m/s
Kategorie terénu:		III
Referenční výška budovy	$z_e$	= 12,00 m
Součinitel směru větru	$c_{dir}$	= 1,00
Součinitel ročního období	$c_{season}$	= 1,00
Měrná hmotnost vzduchu	$\rho$	= 1,250 kg/m <sup>3</sup>
Součinitel orografie	$c_o$	= 1,00
Maximální dynamický tlak	$q_p$	= 0,71 kN/m <sup>2</sup>
Součinitel zatížení	$\gamma_f$	= 1,50
Plocha pro stanovení	$c_{pe}$	A = 10,00 m <sup>2</sup>

**Klenbová střecha**

Výška stěn	$h$	= 8,00 m
Délka objektu	$d$	= 20,00 m
Výška oblouku	$f$	= 4,00 m

**Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)**

Oblast A - Návětrná část střechy	: 0,05 kN/m <sup>2</sup> ( 0,07 kN/m <sup>2</sup> )	čtvrtina oblouku
Oblast B - Vrchol střechy	: -0,64 kN/m <sup>2</sup> ( -0,96 kN/m <sup>2</sup> )	polovina oblouku
Oblast C - Závětrná část střechy	: -0,29 kN/m <sup>2</sup> ( -0,43 kN/m <sup>2</sup> )	čtvrtina oblouku



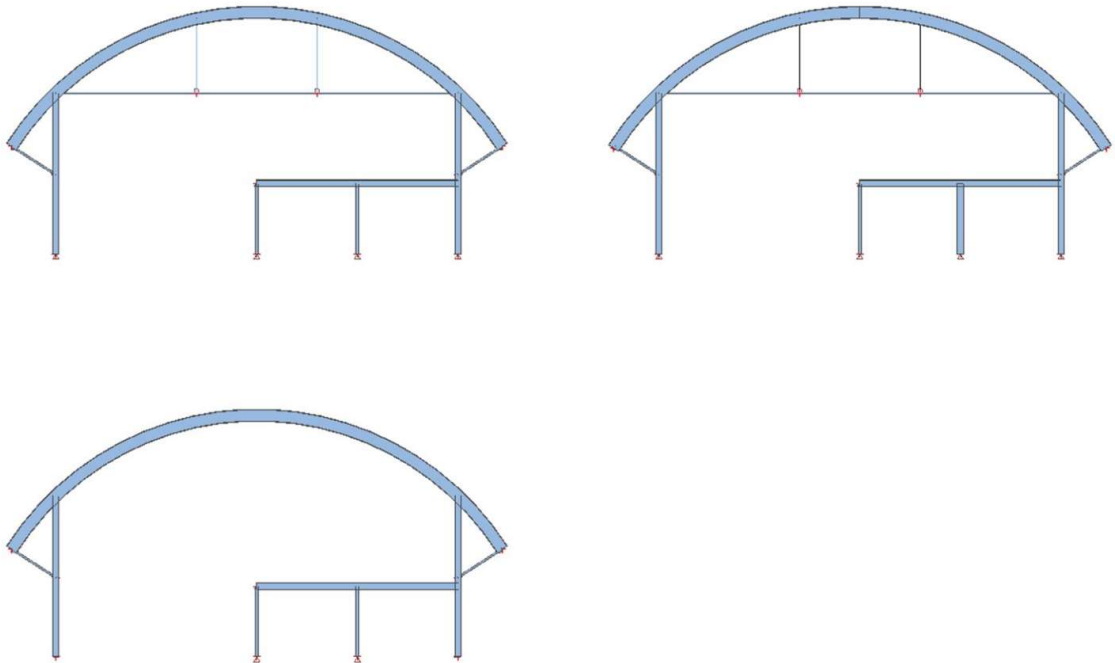
Pro zatížení střechy budeme uvažovat charakteristickou hodnotu **-0,64 kN/m<sup>2</sup>**

## 4. VÝPOČET

Pro výpočet navržených variant využijeme výpočetní software SCIA Engineer 22

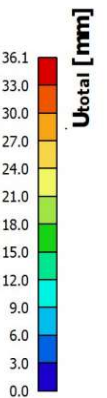
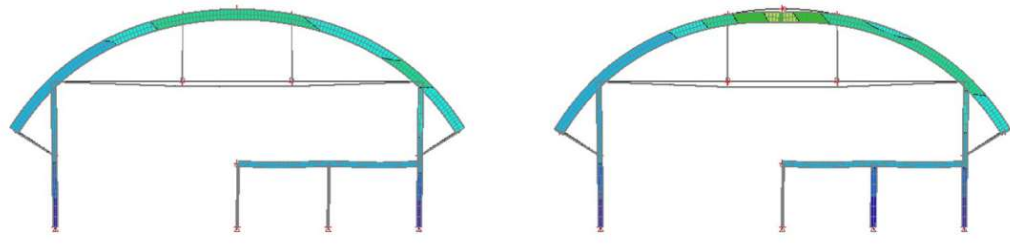
### 4.1 Varianty 1 a 2

Schéma konstrukce



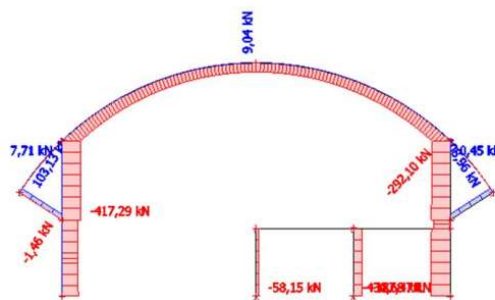
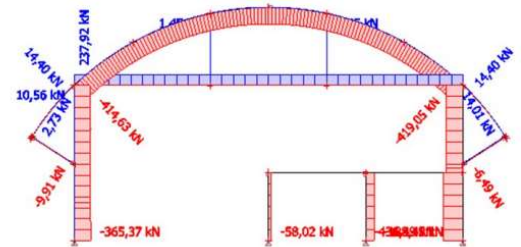
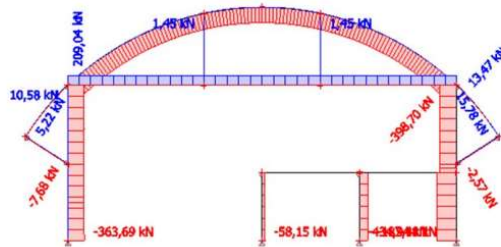
### 2. 3D přemístění

Hodnoty:  $U_{total}$   
Lineární výpočet  
Třída: Všechny MSP  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



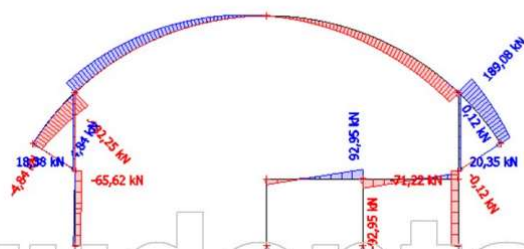
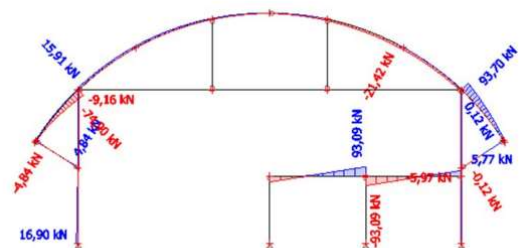
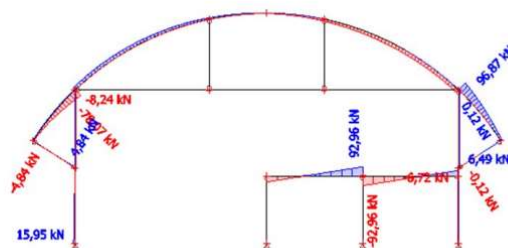
### 3. N

Hodnoty: N  
 Lineární výpočet  
 Třída: Všechny MSU  
 Souřadný systém: Dílec  
 Extrém 1D: Dílec  
 Výběr: Vše



### 4. V

Hodnoty: Vz  
 Lineární výpočet  
 Třída: Všechny MSU  
 Souřadný systém: Dílec  
 Extrém 1D: Dílec  
 Výběr: Vše





## 5. M

Hodnoty:  $M_y$

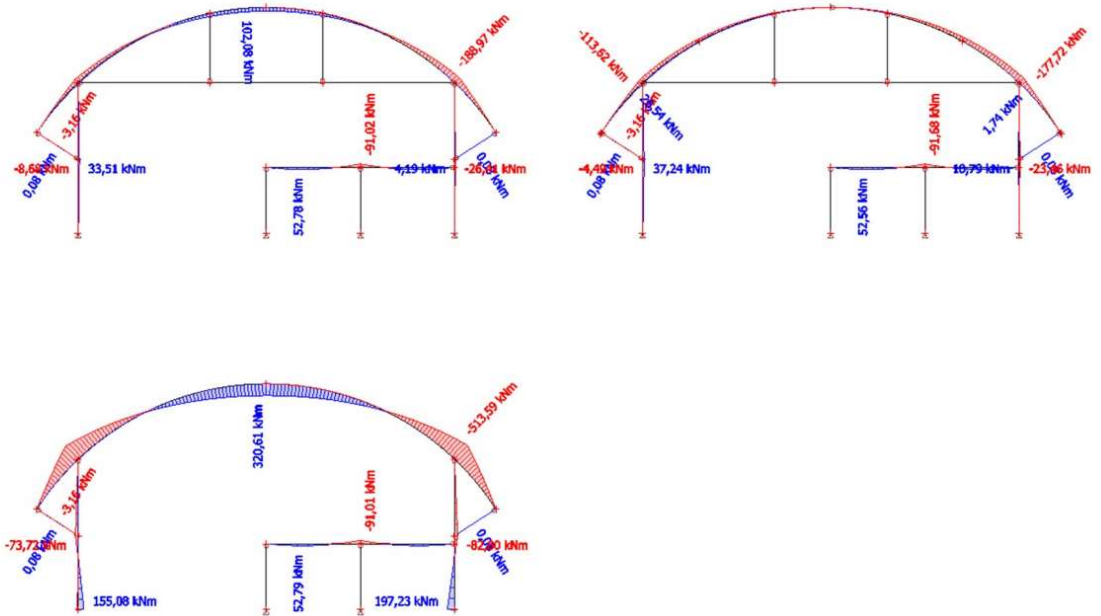
Lineární výpočet

Třída: Všechny MSU

Souřadný systém: Dílec

Extrem 1D: Dílec

Výběr: Vše



Srovnání hmotnosti variant

Varianta 1

### Výkaz materiálu

Výběr: Sloup5, Vazník3, Vzpěra5,  
Sloup6, Vzpěra6, Táhlo2, Vazník4,  
Stropnice1, Sloup\_vnitřní2,  
Sloup\_vnitřní3, Táhlo4, Táhlo5

Materiál	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
Ocel	6597,78	111,266	8,4048e-01
Celkem	6597,78	111,266	8,4048e-01

Varianta 2

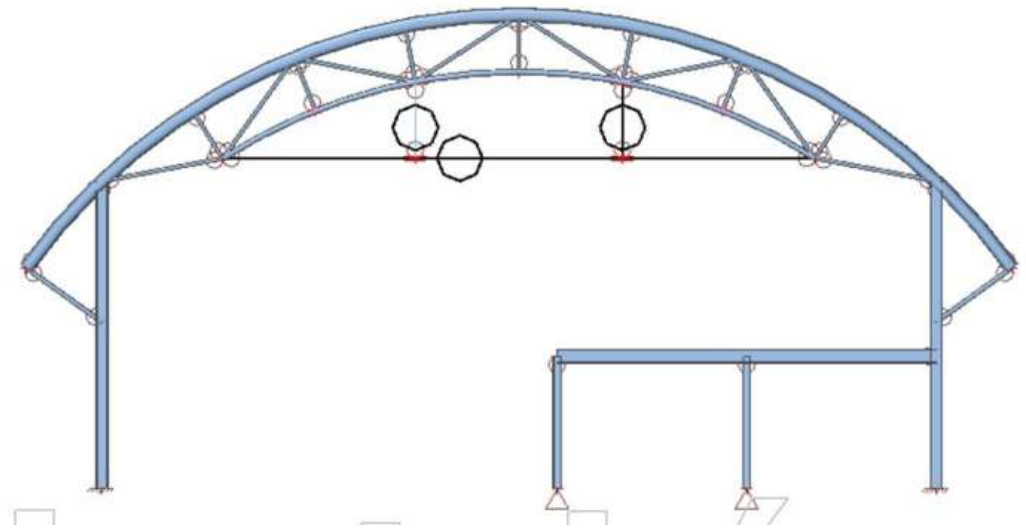
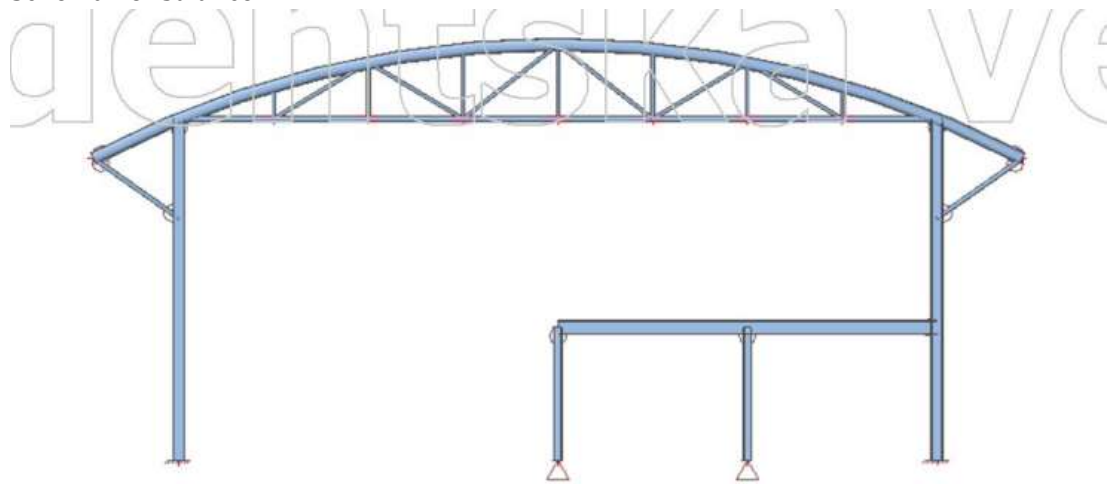
### Výkaz materiálu

Výběr: Sloup1, Vzpěra1, Sloup2,  
Vzpěra2, Stropnice2, Sloup\_vnitřní4,  
Sloup\_vnitřní5, Vazník

Materiál	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
Ocel	6192,53	105,688	7,8886e-01
Celkem	6192,53	105,688	7,8886e-01

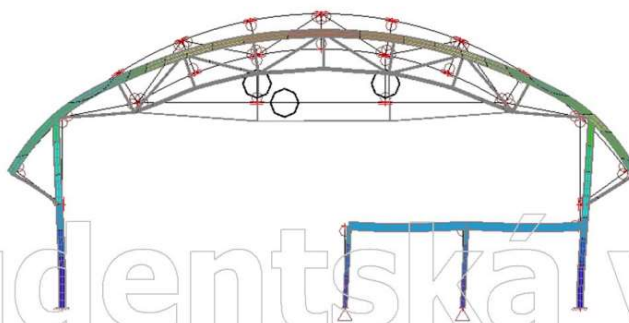
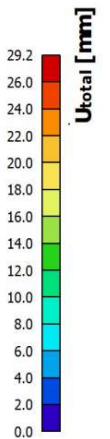
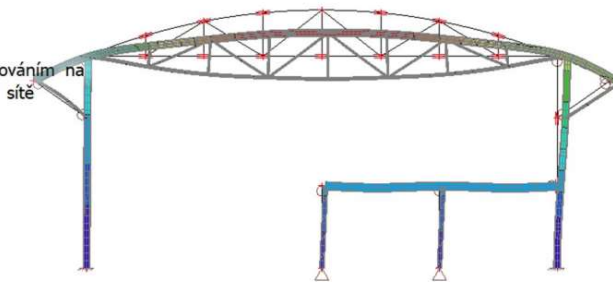
#### **4.2 Varianty 3 a 4**

Schéma konstrukce



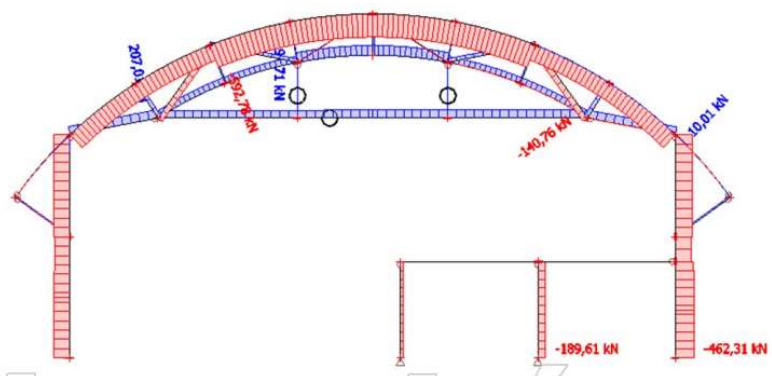
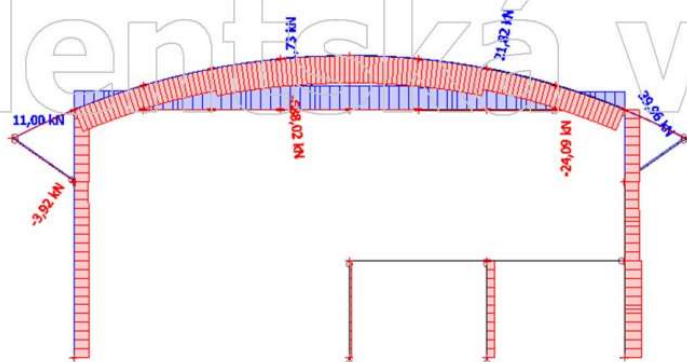
## 2. 3D přemístění

Hodnoty:  $U_{total}$   
 Lineární výpočet  
 Třída: Všechny MSP  
 Výběr: Vše  
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



## 3. N

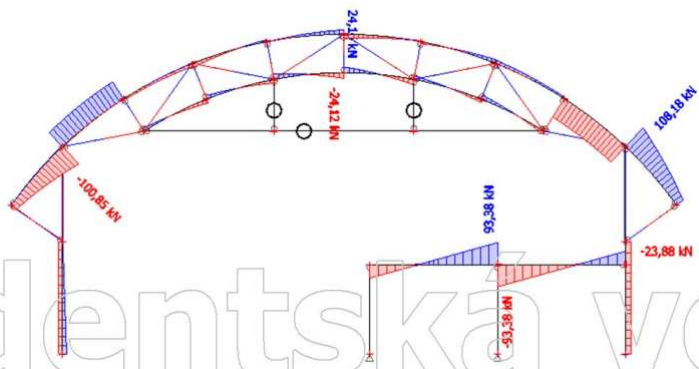
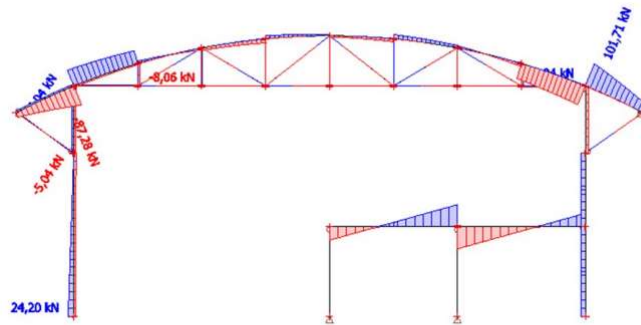
Hodnoty:  $N$   
 Lineární výpočet  
 Třída: Všechny MSU  
 Souřadný systém: Dílec  
 Extrém 1D: Průřez  
 Výběr: Vše





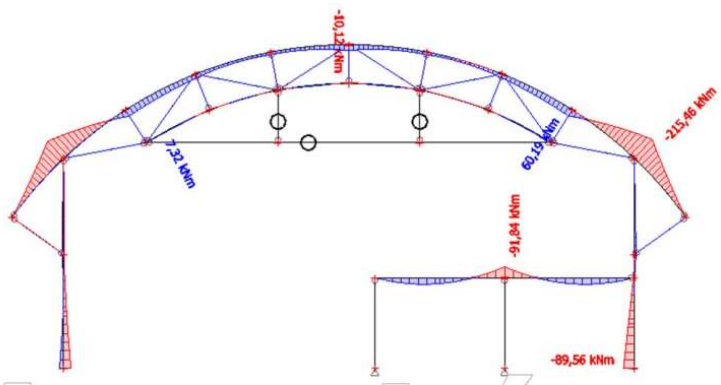
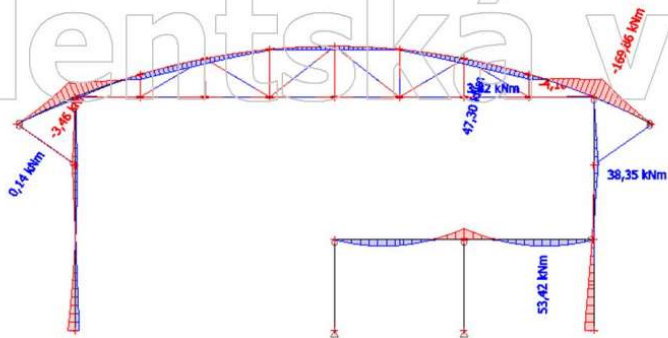
#### 4. V

Hodnoty:  $V_z$   
 Lineární výpočet  
 Třída: Všechny MSU  
 Souřadný systém: Dílec  
 Extrém 1D: Průřez  
 Výběr: Vše



#### 5. M

Hodnoty:  $M_y$   
 Lineární výpočet  
 Třída: Všechny MSU  
 Souřadný systém: Dílec  
 Extrém 1D: Průřez  
 Výběr: Vše



Srovnání hmotnosti variant

Varianta 3

**Výkaz materiálu**

Výběr: Horní pás1, Sloup1, Sloup2,  
Stropnice, Sloup\_vnitřní,  
Sloup\_vnitřní1, Vzpěra2, Vzpěra3,

Materiál	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
Ocel	6377,69	97,359	8,1244e-01
Celkem	6377,69	97,359	8,1244e-01

Varianta 4

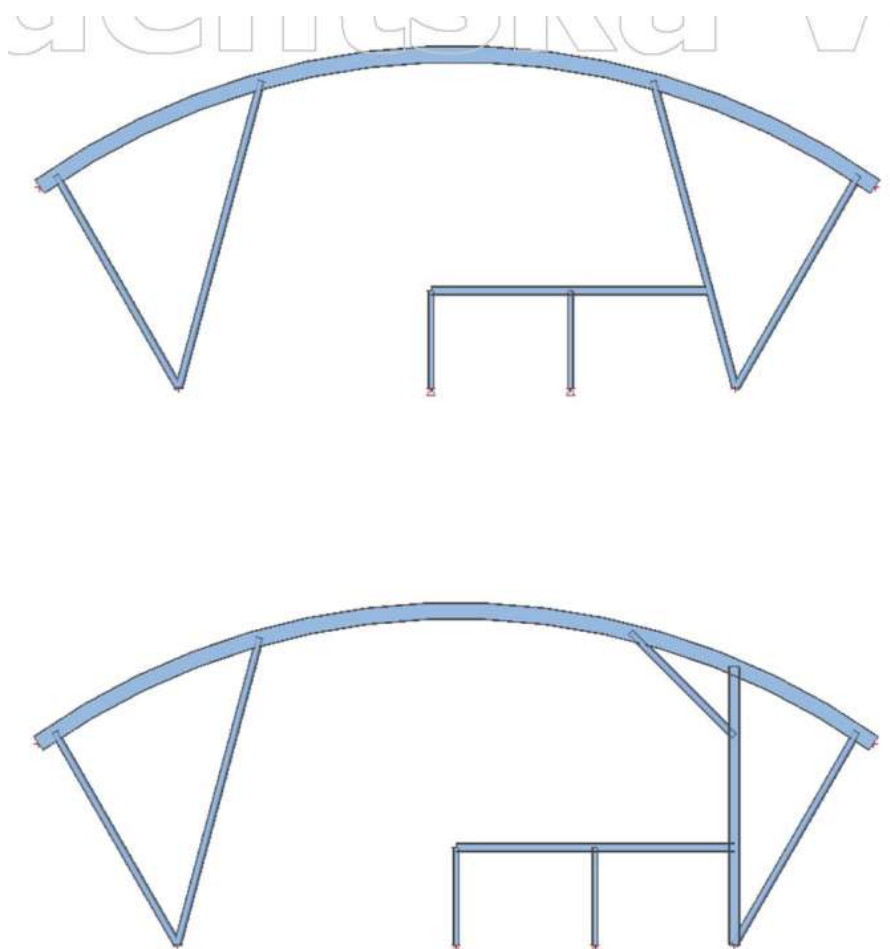
**Výkaz materiálu**

Výběr: Horní pás2,  
Diagonála21..Diagonála27,  
Diagonála30..Diagonála33,

Materiál	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
Ocel	7883,51	104,681	1,0043e+00
Celkem	7883,51	104,681	1,0043e+00

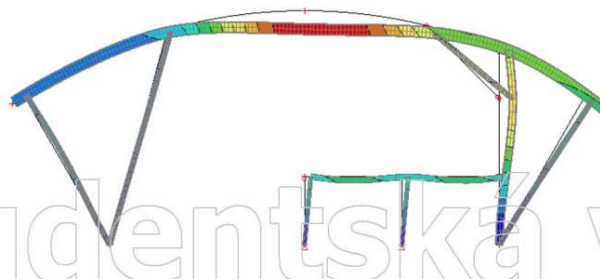
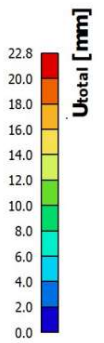
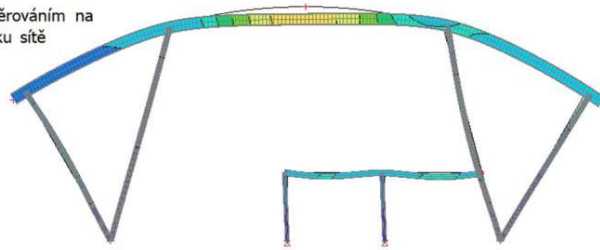
**4.3 Varianty 5 a 6**

Schéma konstrukce



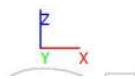
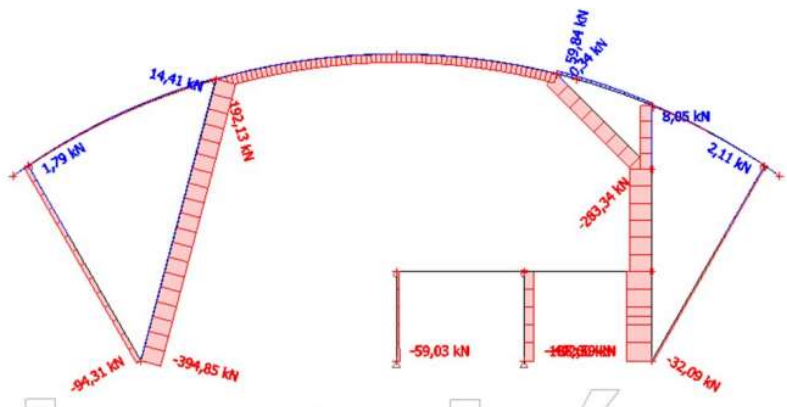
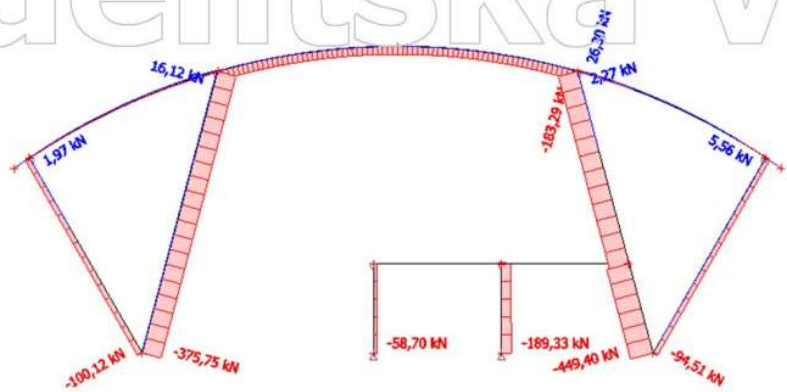
## 2. 3D přemístění

Hodnoty:  $U_{total}$   
 Lineární výpočet  
 Třída: Všechny MSP  
 Výběr: Vše  
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



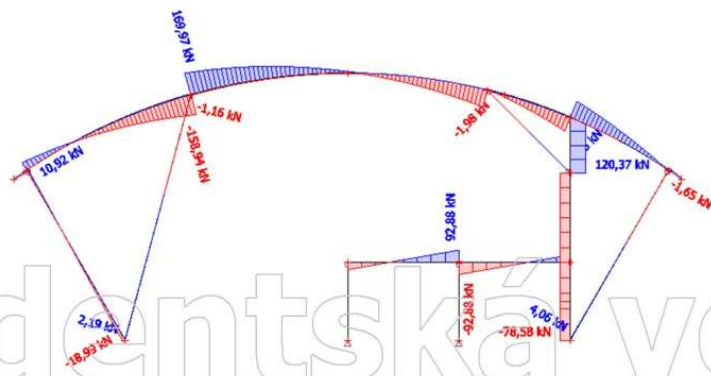
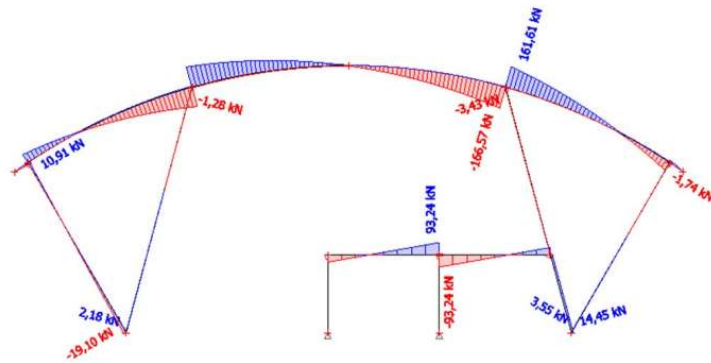
## 3. N

Hodnoty:  $N$   
 Lineární výpočet  
 Třída: Všechny MSU  
 Souřadný systém: Dílec  
 Extrém 1D: Dílec  
 Výběr: Vše



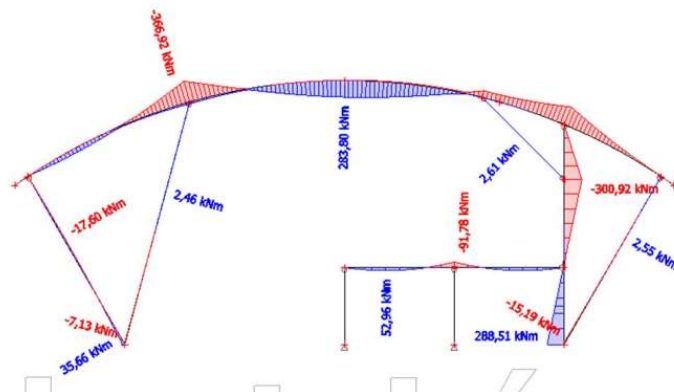
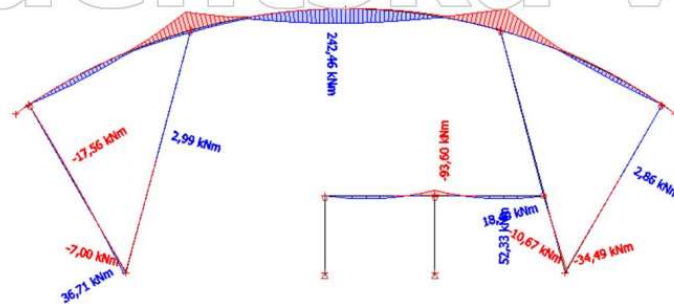
#### 4. V

Hodnoty:  $V_z$   
 Lineární výpočet  
 Třída: Všechny MSU  
 Souřadný systém: Dílec  
 Extrém 1D: Dílec  
 Výběr: Vše



#### 5. M

Hodnoty:  $M_y$   
 Lineární výpočet  
 Třída: Všechny MSU  
 Souřadný systém: Dílec  
 Extrém 1D: Dílec  
 Výběr: Vše



## Srovnání hmotnosti variant

## Varianta 5

**Výkaz materiálu**

Výběr: Sloup1..Sloup4, Vazník1,  
Stropnice3, Slouop\_vnitřní6,  
Slouop\_vnitřní7

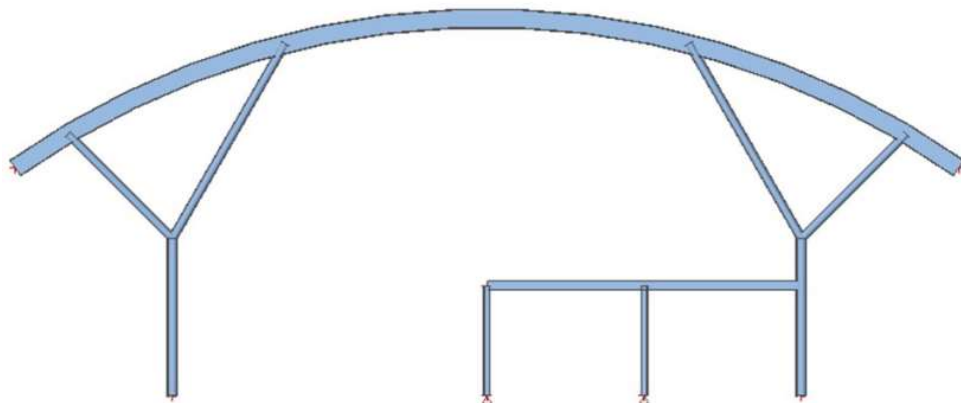
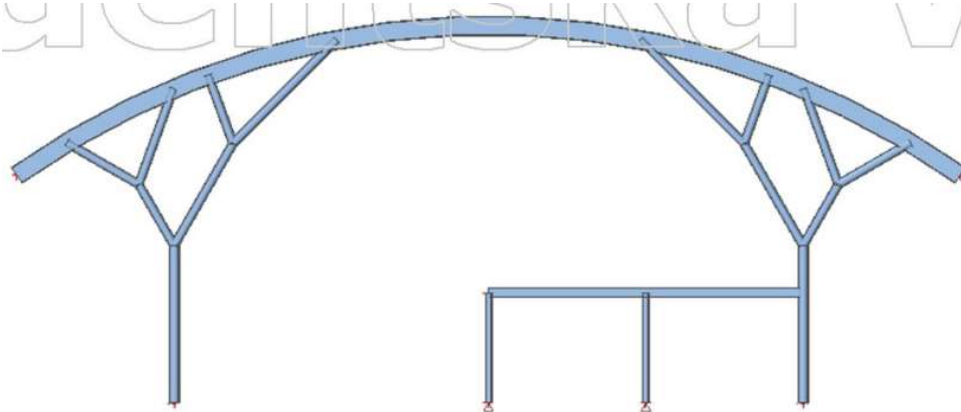
Materiál	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
Ocel	8008,70	118,805	1,0202e+00
Celkem	8008,70	118,805	1,0202e+00

## Varianta 6

**Výkaz materiálu**

Výběr: Sloup12..Sloup14, Vazník3,  
Sloup16, Stropnice2, Slouop\_vnitřní4,  
Slouop\_vnitřní5, Vzpěra

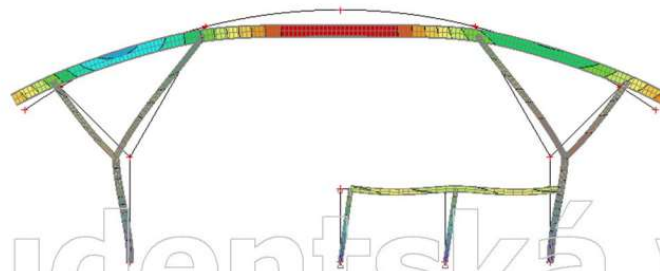
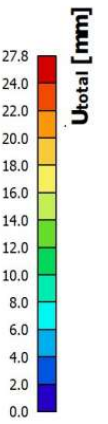
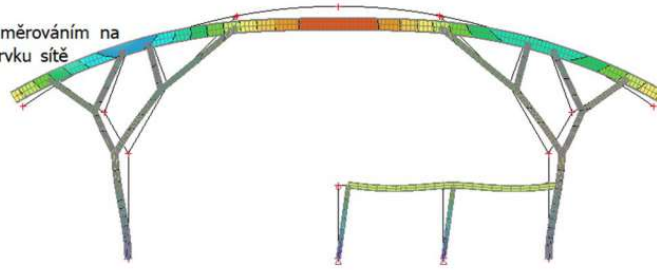
Materiál	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
Ocel	9070,16	132,841	1,1554e+00
Celkem	9070,16	132,841	1,1554e+00

**4.4 Varianty 7 a 8**



## 2. 3D přemístění

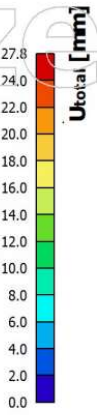
Hodnoty:  $U_{total}$   
 Lineární výpočet  
 Třída: Všechny MSP  
 Výběr: Vše  
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Studentská verze

## 3. 3D přemístění\_detail\_1

Hodnoty:  $U_{total}$   
 Lineární výpočet  
 Třída: Všechny MSP  
 Výběr: Vše  
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



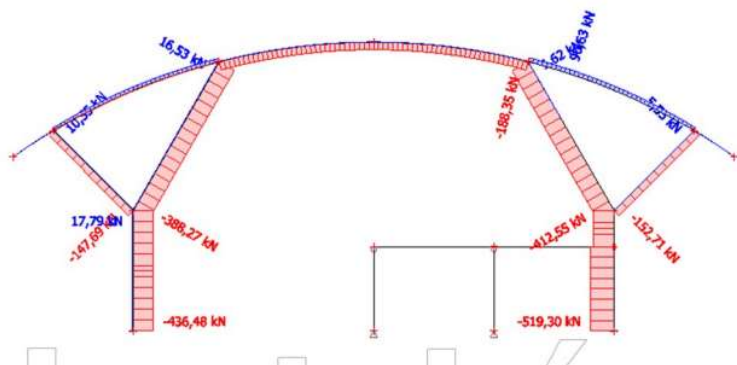
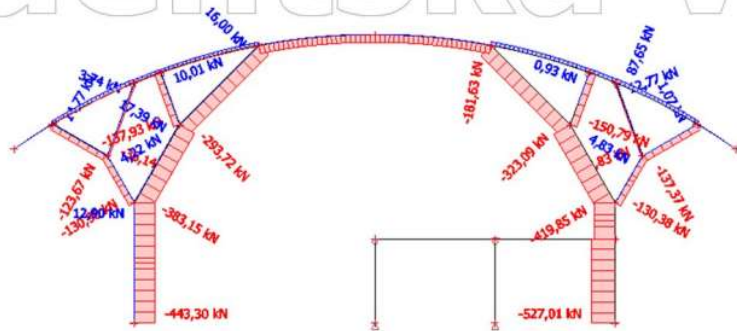
#### 4. 3D přemístění\_detail\_2

Hodnoty:  $U_{total}$   
 Lineární výpočet  
 Třída: Všechny MSP  
 Výběr: Vše  
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



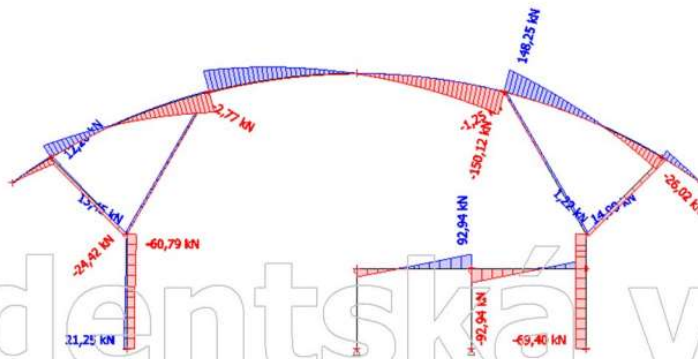
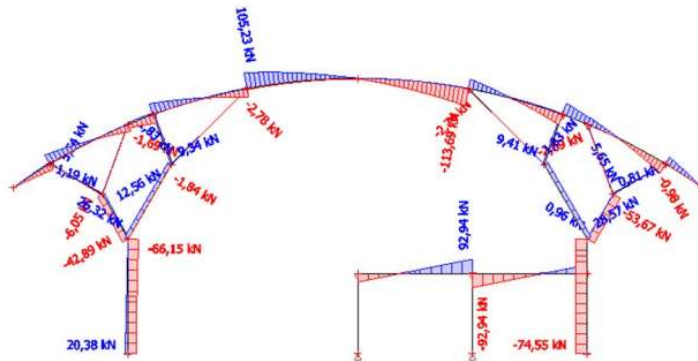
#### 5. N

Hodnoty: N  
 Lineární výpočet  
 Třída: Všechny MSU  
 Souřadný systém: Dílec  
 Extrém 1D: Dílec  
 Výběr: Vazník, Sloup,  
 Sloup20..Sloup34, Vazník4,  
 Sloup35..Sloup38



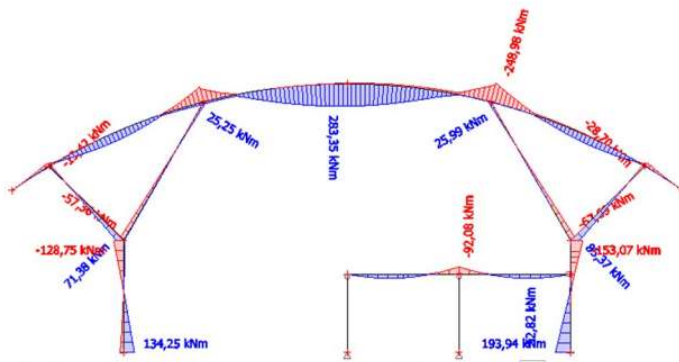
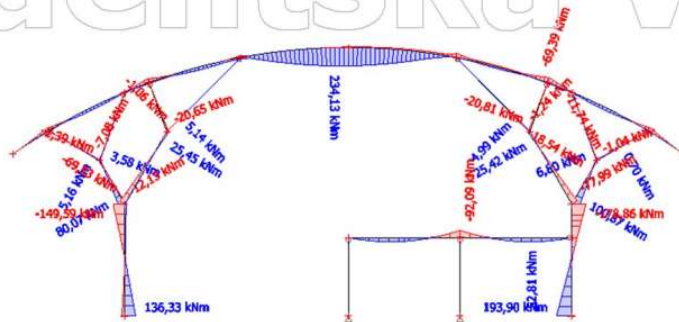
### 6. V

Hodnoty:  $V_z$   
 Lineární výpočet  
 Třída: Všechny MSU  
 Souřadný systém: Dílec  
 Extrém 1D: Dílec  
 Výběr: Vše



### 7. M

Hodnoty:  $M_y$   
 Lineární výpočet  
 Třída: Všechny MSU  
 Souřadný systém: Dílec  
 Extrém 1D: Dílec  
 Výběr: Vše





Varianta 7

**Výkaz materiálu**

Výběr: Vazník, Sloup,  
Sloup20..Sloup32, Stropnice1,  
Slouop\_vnitřní2, Slouop\_vnitřní3

Materiál	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
Ocel	8746,70	126,650	1,1142e+00
Celkem	8746,70	126,650	1,1142e+00

Varianta 8

**Výkaz materiálu**

Výběr: Sloup33, Stropnice4,  
Slouop\_vnitřní8, Slouop\_vnitřní9,  
Sloup34, Vazník4, Sloup35..Sloup38

Materiál	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
Ocel	7623,56	114,615	9,7115e-01
Celkem	7623,56	114,615	9,7115e-01

## 5. ZÁVĚR

### 5.1 Závěrečné porovnání všech variant

POROVNÁNÍ VARIANT VAZEB - hodocení od čísla 1 až 8 dle efektivity v dané kategorii								
číslo varianty	1	2	3	4	5	6	7	8
architektonický	8	7	5	6	3	4	1	2
pracnost provedení	2	1	6	8	3	4	5	7
hmotnost	3	1	2	5	6	8	7	4
cena	2	1	3	5	6	8	7	4
porovnání	16	12	19	28	23	30	27	25

hmotnost vazby v [t]	6,6	6,2	6,4	7,9	8,0	9,1	8,7	7,6
----------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

cena konstrukce - ceny jsou pouze orientační dle průměrné ceny oceli k datu 14.4.2023								
	cena za kg							
trubky	80,00 Kč							
kulatina	90,00 Kč							
profily IPE	45,00 Kč							
profily HEB	50,00 Kč							
číslo varianty	1	2	3	4	5	6	7	8
[t] trubek	1,01	1,01	3,61	5,42	5,0	6,1	5,7	4,6
[t] kulatiny	0,4	0	0	0,3	0	0	0	0
[t] HEB	2,48	2,48	2,79	2,48	0	0	0	0
[t] IPE	2,71	2,71	0	0	2,97	2,97	2,97	2,97
cena vazby	363 900 Kč	327 900 Kč	414 350 Kč	572 200 Kč	550 900 Kč	638 900 Kč	606 900 Kč	518 900 Kč

POROVNÁNÍ VNITŘNÍCH SIL - ČÍSELNĚ									
číslo varianty	1	2	3	4	5	6	7	8	[-]
zatížení vazníku od N	-419	-292	-688	-592	-183	-192	-182	-188	[kN]
zatížení sloupů od N	-453	-465	-432	-462	-449	-493	-527	-519	[kN]
zatížení vazníku od V	96	189	102	108	-167	170	-114	-150	[kN]
zatížení sloupů od V	0	-65	24	-23	14	-79	-75	-69	[kN]
zatížení vazníku od M	-189	-513	-170	-215	-374	-367	234	283	[kNm]
zatížení sloupů od M	0	197	-76	-90	-34	289	193,90	193,94	[kNm]
deformace vazníku	21	36	29	26	16	23	24	28	[mm]
deformace sloupů	12	15	16	14	6	15	19	22	[mm]

Dle porovnání jednotlivých variant bylo dosaženo výsledku, že nejefektivnějším návrhem je varianta č.1.

## ZDROJE

### Použité normy

- [1] ČSN EN 1990, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení Sněhem
- [4] ČSN EN 1991-1-4, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem

### Ostatní zdroje

- [5] Státní správa zeměměřictví a katastru [online]. [cit. 7.4.2023]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz>

### Použitý software

- [6] Scia Engineer 22
- [7] Autodesk Autocad 2023
- [8] MS Word 365
- [9] MS Excel 365
- [10] FIN EC – Zatížení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE – NÁDRAŽÍ  
V MLADÉ BOLESLAVI

PODROBNÝ STATICKÝ VÝPOČET

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ



Předmět:	Bakalářská práce
Téma:	Nádraží v Mladé Boleslavi
Vypracoval:	Pavel Babák
Vedoucí práce:	prof. Ing. Martina Eliášová, CSc.
Rok:	2022/2023

## OBSAH

1.	ÚVOD	1
1.1	Popis objektu	1
1.2	Umístění stavby	1
2.	Schéma konstrukce	3
2.1	Půdorys	3
2.2	Pohled na obvodovou stěnu	4
2.2.1	Schéma vazby	4
2.2.2	Statické schéma	4
3.	Zatížení konstrukce	5
3.1	Vlastní tíha konstrukce	5
3.2	Stálé zatížení	5
3.2.1	Zatížení od střešního pláště	5
3.2.2	Zatížení od prosklené části střechy	5
3.2.3	Zatížení vestavby	5
3.3	Užitné zatížení	6
3.3.1	Zatížení střešní konstrukce	6
3.3.2	Zatížení vestavby	6
3.4	Zatížení sněhem	7
3.5	Zatížení větrem	10
3.5.1	Zatížení na stěny objektu	12
3.5.2	Zatížení na střechu objektu	14
4.	NÁVRH A POSOUZENÍ STŘEŠNÍHO TRAPÉZOVÉHO PLECHU	19
4.1	Zatížení na trapézový plech	19
4.1.1	Zatížení od střešní skladby	19
4.1.2	Užitné zatížení	19
4.1.3	Sněhové zatížení	19
4.1.4	Zatížení od větru	19
4.2	MSU	19
4.3	MSP	19
4.4	Návrh a posouzení	19
5.	NÁVRH A POSOUZENÍ STŘEŠNÍ VAZNICE	21
5.1	Zatížení vaznice	21
5.2	Zatížení vaznice	22

5.3	Návrh a posouzení – vaznice A	24
5.4	Návrh a posouzení – vaznice C	26
6.	NÁVRH A POSOUZENÍ KONSTRUKCE VESTAVBY	27
6.1	ODHAD ZATÍŽENÍ	27
6.1.1	Stálé	27
6.1.2	Užitné	27
6.2	NÁVRH A POSOUZENÍ	28
6.3	REÁLNÉ ZATÍŽENÍ	29
6.4	MSÚ	29
6.5	MSP	29
6.6	POSOUZENÍ	29
7.	NÁVRH A POSOUZENÍ STROPNICE	30
7.1	ZATÍŽENÍ	30
7.2	VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL	30
7.3	MSÚ	30
7.3.1	Ohybová únosnost	30
7.3.2	Smyková únosnost	32
7.4	MSP	32
7.5	NÁVRH A POSOUZENÍ PŘÍPOJE STROPNICE	36
8.	NÁVRH A POSOUZENÍ PRŮVLAKU	38
8.1	ZATÍŽENÍ	38
8.2	VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL	39
8.3	MSÚ	39
8.3.1	Ohybová únosnost	39
8.3.2	Smyková únosnost	41
8.4	MSP	41
9.	NUMERICKÝ MODEL KONSTRUKCE	43
9.1	SCHÉMA KONSTRUKCE	43
9.2	VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL	46
9.2.1	Zatěžovací stavy	46
9.2.2	Kombinace zatěžovacích stavů	46
9.2.3	Kombinace zatěžovacích stavů	47
9.3	TABULKOVÉ VÝSLEDKY VŠECH ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ	47
9.4	VYKRESLENÍ VÝSLEDKŮ MSÚ	50

9.4.1	Normálová síla od KZ_2	51
9.4.2	Posouvající síla od KZ_2	51
9.4.3	Ohybový moment od KZ 2	51
9.4.4	Normálová síla od KZ 3	52
9.4.5	Posouvající síla od KZ 3	52
9.4.6	Ohybový moment od KZ 3	52
9.4.7	Normálová síla od KZ 10	53
9.4.8	Normálová síla od KZ 10	53
9.4.9	Ohybový moment od KZ 10	53
9.5	VYKRESLENÍ VÝSLEDKŮ MSP	54
9.5.1	3D deformace konstrukce od KZ 2 MSP	54
9.5.2	3D deformace konstrukce od KZ 3 MSP	54
9.5.3	3D deformace konstrukce od KZ 10 MSP	55
9.5.4	Svislá deformace vazníku od KZ 2 MSP	55
9.5.5	Vodorovná celých sloupů deformace od KZ 2 MSP	55
9.6	INFORMACE KE VZPĚRU	56
10.	POSOUZENÍ VYBRANÝCH ČÁSTÍ KONSTRUKCE	58
10.1	POSOUZENÍ VAZNÍKU	58
10.1.1	Návrh a posouzení konzoly vazníku	59
10.1.2	Návrh a posouzení kritického průřezu vazníku	60
10.2	NÁVRH A POSOUZENÍ SLOUPU	69
10.2.1	Návrh a posouzení vrchní části sloupu	69
10.3	NÁVRH A POSOUZENÍ ČEPOVÉHO SPOJE	78
10.4	NÁVRH A POSOUZENÍ VETKNUTÉ PATKY SLOUPU	83
10.5	NÁVRH A POSOUZENÍ STŘEŠNÍHO ZTUŽIDLA	88
10.6	NÁVRH A POSOUZENÍ MONTÁŽNÍHO PŘÍPOJE VAZNÍKU	91

## 1. ÚVOD

### 1.1 Popis objektu

Budova bude navržena jako jednopodlažní ocelová nádražní hala.  
Vystavěna bude na místě původní budovy.

#### Rozměry:

délka: 84,0 m

výška: 12,0 m

rozpon: 20,0 m + 2 x 5,0 m přístřešek na obou stranách

rozteč vazeb: 7,0 m

umístění: Mladá Boleslav

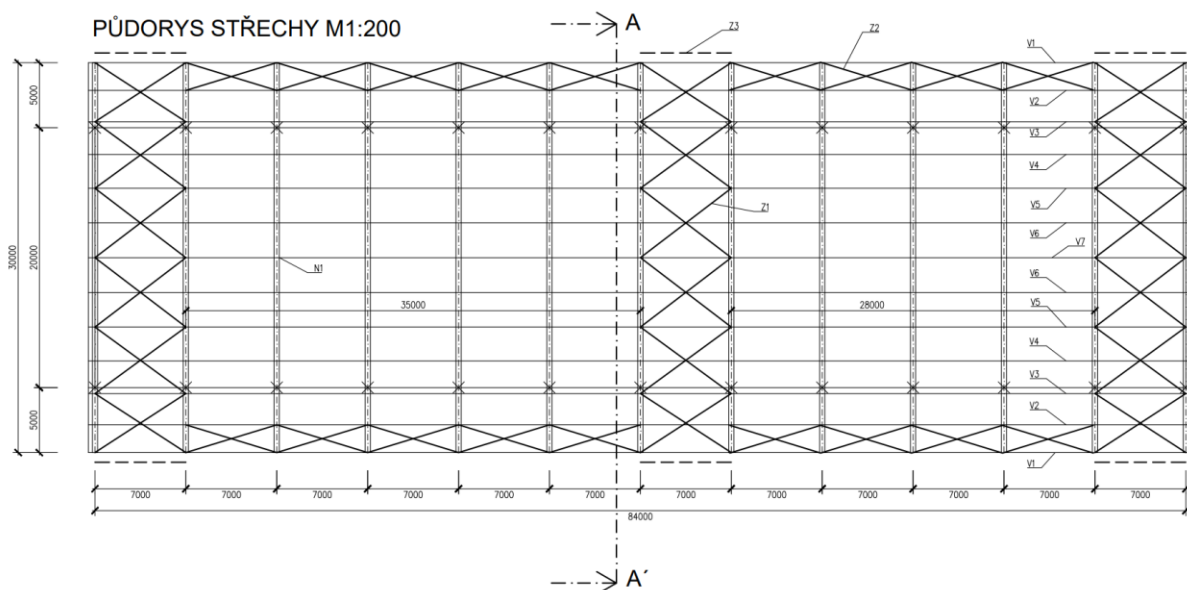
### 1.2 Umístění stavby



Obrázek 1- umístění nové nádražní budovy

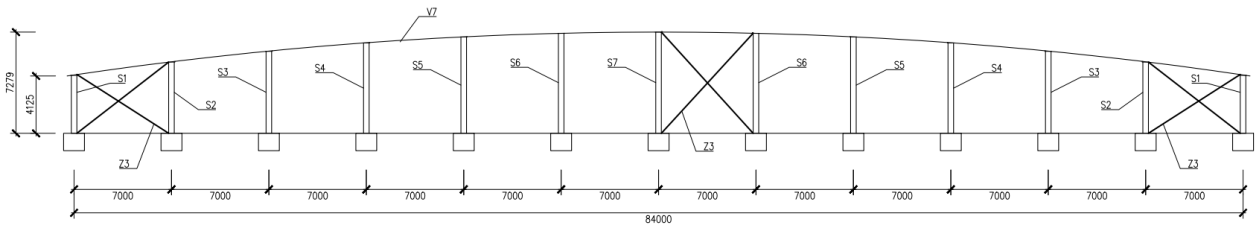
## 2. SCHÉMA KONSTRUKCE

### 2.1 Půdorys



Obrázek 2 - Dispoziční schéma půdorysu haly

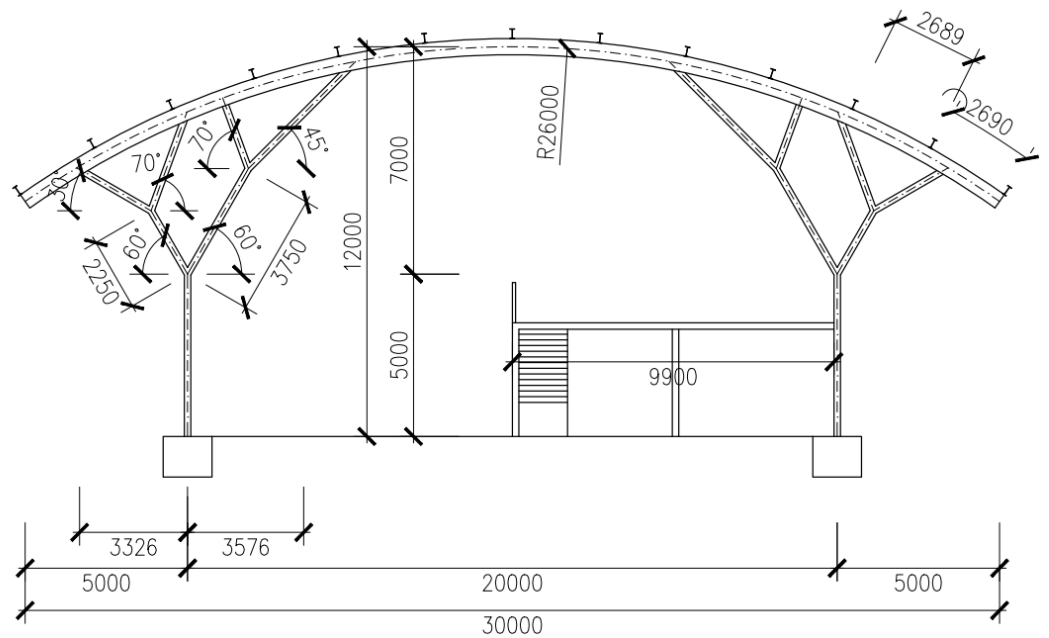
## 2.2 Pohled na obvodovou stěnu



Obrázek 3 - Pohled na dispozici haly

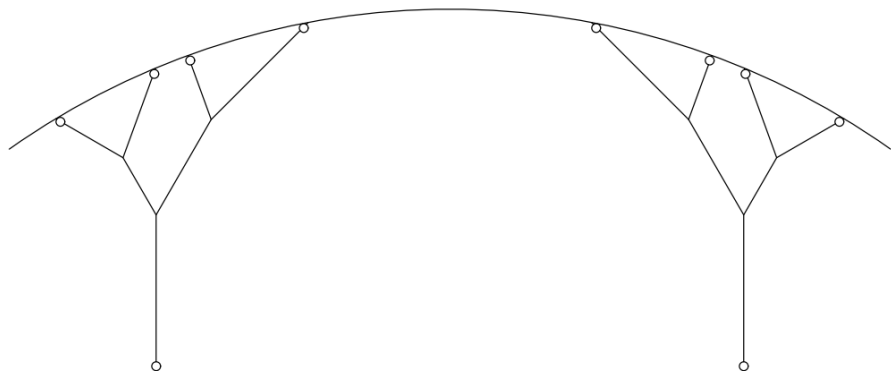
## 2.3 Příčný řez

### 2.3.1 Schéma vazby



Obrázek 4 - Obloukový plnostěnný vazník s dvojitým podepřením

### 2.3.2 Statické schéma



Obrázek 5



### 3. ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE

#### 3.1 Vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíhu konstrukce necháme automaticky přičíst k zatížení v daném výpočetním softwaru

#### 3.2 Stálé zatížení

##### 3.2.1 Zatížení od střešního pláště

STŘEŠNÍ PLÁŠŤ	zelená extensivní střecha		
Skladba	tloušťka [mm]	obj. tíha [kN/m <sup>3</sup> ]	gk [kN/m <sup>2</sup> ]
Vegetační rohož	10	20,0	0,20
Extensivní substrát	60	20,0	1,20
Drenážní rohož	8	14,0	0,11
Hydroizolační pás	5,2	10,0	0,05
Hydroizolační pás	4	10,0	0,04
Tepelná izolace	200	1,0	0,20
Nosný trapézový plech (odhad)	-	-	0,15
<b>CELKEM</b>			<b>1,95</b>

Zatížení od střešního pláště na trapézový plech je **1,95 kN/m<sup>2</sup>**

##### 3.2.2 Zatížení od prosklené části střechy

STŘEŠNÍ PLÁŠŤ	prosklená část střechy		
Skladba	tloušťka [mm]	obj. tíha [kN/m <sup>3</sup> ]	gk [kN/m <sup>2</sup> ]
Zasklení	18	25	0,45
Nosný rám zasklení - odhad	-	-	0,01
<b>CELKEM</b>			<b>0,46</b>

Zatížení od prosklené části střechy je **0,46 kN/m<sup>2</sup>**

##### 3.2.3 Zatížení vestavby

VESTAVBA	podlaha		
Skladba	tloušťka [mm]	obj. tíha [kN/m <sup>3</sup> ]	gk [kN/m <sup>2</sup> ]
Keramická dlažba	10	12,0	0,12
Lepidlo	5	8,0	0,04
Anhydrit	60	20,0	1,20
Separační vrstva	1	13,0	0,01
Kročejevá izolace	40	1,1	0,04
Nosná armovaná ŽB deska (odhad)	100	25,0	2,50
<b>CELKEM</b>			<b>3,92</b>

Zatížení vestavby od skladby podlahy budeme uvažovat jako **3,92 kN/m<sup>2</sup>**

### 3.3 Užité zatížení

#### 3.3.1 Zatížení střešní konstrukce

Střecha je uvažována jako nepochozí

Kategorie zatěžovaných ploch	Stanovené použití
H	střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav
I	střechy přístupné (pochůzná), s užíváním podle kategorií A až D
K	střechy přístupné pro zvláštní provoz, např. pro přistávání vrtulníků

Obrázek 4 - Tabulka užitečných zatížení pro střechy [2]

Střecha	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
Kategorie H	$q_k$	$Q_k$
POZNÁMKA 1 Pro kategorii H mohou být hodnoty $q_k$ vybrány v rozmezí od 0,00 kN/m <sup>2</sup> do 1,0 kN/m <sup>2</sup> a hodnoty $Q_k$ v rozmezí od 0,9 kN do 1,5 kN. Tam, kde je uvedeno rozmezí hodnot, mohou se hodnoty určit v národní příloze. Doporučené hodnoty jsou: $q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$ , $Q_k = 1,0 \text{ kN}$		
POZNÁMKA 2 $q_k$ se může v národní příloze měnit v závislosti na sklonu střechy.		
POZNÁMKA 3 Lze předpokládat, že $q_k$ působí na ploše A, která může být stanovena v národní příloze. Doporučená hodnota $A = 10 \text{ m}^2$ , v rozmezí od nuly až do celkové plochy střechy.		
POZNÁMKA 4 Viz také 3.3.2(1).		

Obrázek 5 - Užité zatížení kategorie H [2]

#### Poznámka k obrázku 22:

Na střechách se nemá uvažovat současné působení užitečných zatížení a zatížení sněhem nebo větrem.

Budeme uvažovat zatížení pro kategorii H →  $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

Střecha	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
Kategorie H	0,75	1,0

Obrázek 6 - Národní příloha užitečného zatížení pro nepochozí střechy [2]

#### 3.3.2 Zatížení vestavby

Prostor nad vestavbou bude využíván pro komerční, nebo obchodní účely. Mohou se zde nacházet prodejní stánky, kavárna apod.

Kategorie	Stanovené použití	Příklad
A	obytné plochy a plochy pro domácí činnosti	místnosti obytných budov a domů; lůžkové pokoje a čekárny v nemocnicích; ložnice hotelů a ubytoven, kuchyně a toalety
B	kancelářské plochy	
C	plochy, kde může docházet ke shromažďování lidí (kromě ploch uvedených v kategoriích A, B a D <sup>1)</sup> )	<p><b>C1:</b> plochy se stoly atd., např. plochy ve školách, kavárnách, restauracích, jídelnách, čítárnách, recepcích.</p> <p><b>C2:</b> plochy se zabudovanými sedadly, např. plochy v kostelech, divadlech nebo kinech, v konferenčních sálech, přednáškových nebo zasedacích místnostech, nádražních a jiných čekárnách.</p> <p><b>C3:</b> plochy bez překážek pro pohyb osob, např. plochy v muzeích, ve výstavních sálech a přístupové plochy ve veřejných a administrativních budovách, hotelích, nemocnicích, železničních nádražních halách.</p> <p><b>C4:</b> plochy určené k pohybovým aktivitám, např. taneční sály, tělocvičny, jeviště, atd.</p> <p><b>C5:</b> plochy, kde může dojít k vysoké koncentraci lidí, např. budovy pro veřejné akce jako koncertní síně, sportovní haly, včetně tribun, terasy a přístupové plochy, železniční nástupiště.</p>
D	obchodní plochy	<p><b>D1:</b> plochy v malých obchodech</p> <p><b>D2:</b> plochy v obchodních domech</p>
<p><sup>1)</sup> Pozor na odstavce 6.3.1.1(2)P, zejména pro C4 a C5. Pokud je nutno uvažovat dynamické účinky, viz EN 1990. Kategorie E je v tabulce 6.3.</p> <p>POZNÁMKA 1 V závislosti na předpokládaném účelu používání mohou být plochy zařazeny do kategorie C5 místo do kategorií C2, C3 a C4, a to na základě rozhodnutí klienta a/nebo podle národní přílohy.</p> <p>POZNÁMKA 2 V národní příloze mohou být uvedeny podkategorie ke kategoriím A, B, C1 až C5, D1 a D2.</p> <p>POZNÁMKA 3 Plochy pro skladování a průmyslovou činnost, viz 6.3.2.</p>		

Obrázek 7 - tabulka kategorií užitných zatížení [2]

Pro náš případ budeme uvažovat kategorii C1

Kategorie zatěžovaných ploch	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>kategorie A</b>		
– stropní konstrukce	1,5 až <u>2,0</u>	<u>2,0</u> až 3,0
– schodiště	<u>2,0</u> až 4,0	<u>2,0</u> až 4,0
– balkóny	<u>2,5</u> až 4,0	<u>2,0</u> až 3,0
<b>kategorie B</b>		
	2,0 až <u>3,0</u>	1,5 až <u>4,5</u>
<b>kategorie C</b>		
– C1	2,0 až <u>3,0</u>	3,0 až <u>4,0</u>
– C2	3,0 až <u>4,0</u>	2,5 až 7,0 ( <u>4,0</u> )
– C3	3,0 až <u>5,0</u>	<u>4,0</u> až 7,0
– C4	4,5 až <u>5,0</u>	3,5 až <u>7,0</u>
– C5	<u>5,0</u> až 7,5	3,5 až <u>4,5</u>
<b>kategorie D</b>		
– D1	<u>4,0</u> až 5,0	3,5 až 7,0 ( <u>4,0</u> )
– D2	4,0 až <u>5,0</u>	3,5 až <u>7,0</u>

Obrázek 8 - tabulka charakteristických hodnot užitných zatížení [2]

Užitné zatížení vestavby budeme uvažovat jako  $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$

### 3.4 Zatížení sněhem

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

s – zatížení sněhem

$\mu_i$  – tvarový součinitel zatížení sněhem

$C_e$  – součinitel expozice

$C_t$  – tepelný součinitel

$s_k$  – charakteristická hodnota zatížení sněhem



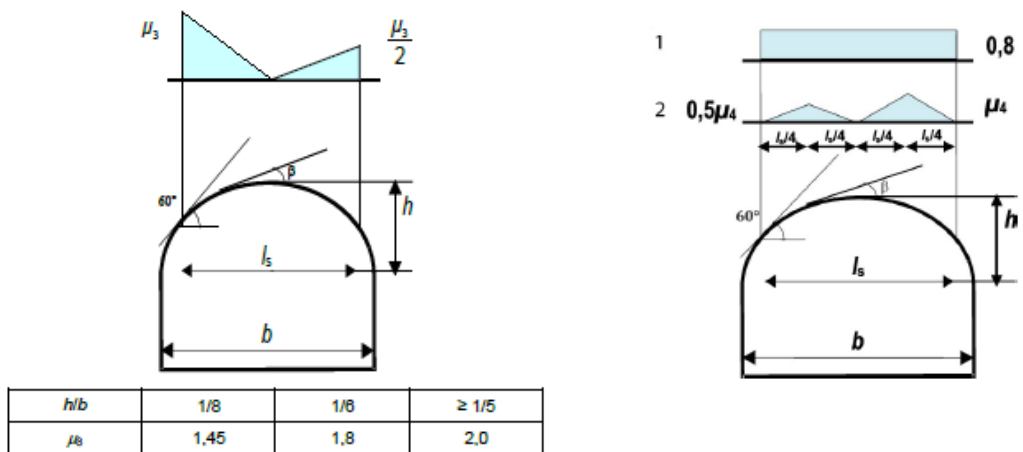
Obrázek 9 - Tabulka sněhových oblastí [3]

Stavba se nachází ve II oblasti →  $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

Součinitele  $C_t$  a  $C_e$  budeme uvažovat s hodnotou 1,0

$C_t = 1,0$

$C_e = 1,0$



Obrázek 10 - Tabulka tvarových součinitelů  $\mu_i$  [3]

$h = 5,0 \text{ m}$

$b = 30,0 \text{ m}$

$$\frac{h}{b} = \frac{1}{6}$$

→  $\mu_3 = 1,8$

$$s_1 = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \mathbf{0,8 \text{ kN/m}^2}$$

$$s_2 = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \mathbf{0,9 \text{ kN/m}^2}$$

$$s_3 = 1,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \mathbf{1,8 \text{ kN/m}^2}$$

Porovnání výpočtu s programem FIN EC – Zatížení

**PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ SNĚHEM**

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-3

Sněhová oblast:	II
Charakteristická hodnota zatížení $s_k$ :	$1,00 \text{ kN/m}^2$
Typ krajiny:	normální
Součinitel expozice $C_e$ :	$1,00$
Tepelný součinitel $C_t$ :	$1,00$
Součinitel zatížení $\gamma_f$ :	$1,50$

**Tvar zastřešení: válcová střecha**

Výška střechy $h$ :	$4,80 \text{ m}$
Šířka budovy $b$ :	$30,00 \text{ m}$
Zatěžovaná šířka $l_s$ :	$30,00 \text{ m}$
Tvarový součinitel $\mu_1$ :	$0,80$
Tvarový součinitel $\mu_3$ :	$1,80$
Tvarový součinitel $\mu_3'$ :	$1,74$

**Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)**

Případ (i) - zatížení nenavátým sněhem:

$$s_1 = 0,80 \text{ kN/m}^2 \text{ ( } 1,20 \text{ kN/m}^2 \text{ )}$$

Případ (ii) - zatížení navátým sněhem:

$$s_1 = 0,90 \text{ kN/m}^2 \text{ ( } 1,35 \text{ kN/m}^2 \text{ )}$$

$$s_2 = 1,80 \text{ kN/m}^2 \text{ ( } 2,70 \text{ kN/m}^2 \text{ )}$$

Případ (iii) - zatížení navátým sněhem (podle národní přílohy pro ČR):

$$s_1 = 1,74 \text{ kN/m}^2 \text{ ( } 2,62 \text{ kN/m}^2 \text{ )}$$

$$s_2 = 0,87 \text{ kN/m}^2 \text{ ( } 1,31 \text{ kN/m}^2 \text{ )}$$

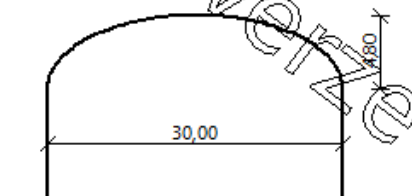
**Případ (i)**



**Případ (ii)**



**Případ (iii)**



### 3.5 Zatížení větrem

základní rychlost větru :

$$v_b := c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} \quad [\text{m/s}]$$

- kde :  $v_{b,0}$  ...výchozí základní rychlost větru
- $c_{dir}$  ...součinitel směru větru, budeme uvažovat  $c_{dir} := 1,0$
- $c_{season}$  ...součinitel ročního období, budeme uvažovat  $c_{season} := 1,0$

- dílčí součinitel zatížení :  $v_Q := 1,5$

výchozí základní rychlost větru :

- odečteme z větrné oblasti pro území ČR

- větrná oblast II

$$v_{b,0} := 25 \quad [\text{m/s}]$$

$$v_b = 1 \cdot 1 \cdot 25$$

$$v_b = 25 \quad [\text{m/s}]$$

základní tlak větru :

$$q_b := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 (z)$$

- kde :  $\rho := 1,25 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$  ...měrná hmotnost vzduchu

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{4} \cdot (1 \cdot 1 \cdot 25)^2$$

$$q_b = 390,62 = 0,39 \text{ (kPa)}$$

maximální dynamický tlak :

$$q_p := c_e(z) \cdot q_b(z)$$

- kde :  $c_e(z)$  ...součinitel expozice

- součinitel expozice :

- závisí na : - kategorii terénu

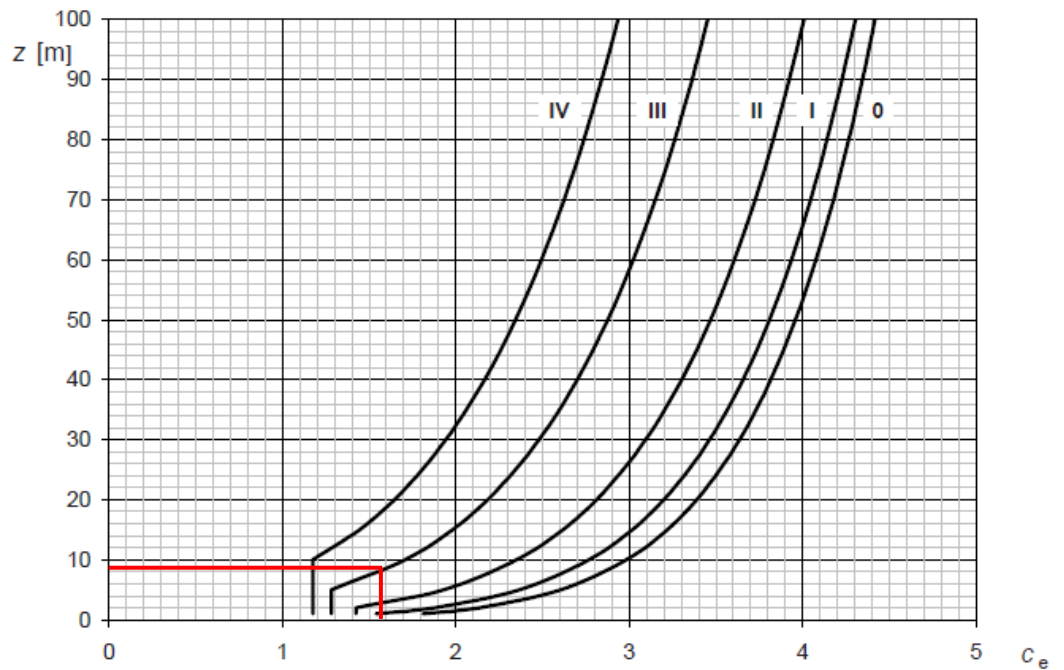
- výšce konstrukce nad terénem z - budeme uvažovat hřeben střechy nad terénem

- kategorie terénu pro určení součinitele expozice :

Kategorie	$z_0$ (m)	$z_{min}$ (m)
0 moře a přímořská krajina	0,003	1
I jezera nebo plochá krajina se zanedbatelnou vegetací bez překážek	0,010	1
II travnatá krajina s ojedinělými překážkami	0,050	2
III plocha s vegetací nebo budovami (vesnice, předměstí, les)	0,300	5
IV plocha, kde nejméně 15 % povrchu je zastavěno budovami s průměrnou výškou přes 15 m	1,000	10

Obrázek 11 - kategorie terénu [4]

- v našem případě se jedná o kategorii III →  $z_0 := 0,300 \text{ (m)}$   
 $z_{min} := 5 \text{ (m)}$



Obrázek 12 - součinitele expozice [4]

$$c_e(z) := 1,59$$

maximální dynamický tlak :

$$q_p := 390,62 \cdot 1,59$$

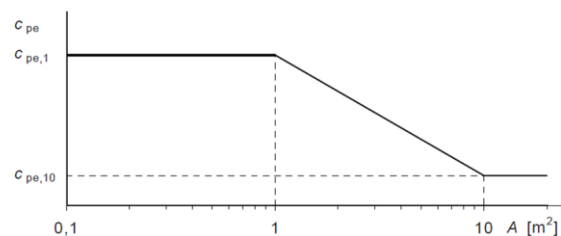
$$q_p = 621,09 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} \right) = 0,62 \text{ (kPa)}$$

tlak větru na vnější povrch :

$$w_e := q_p(z_e) \cdot c_{pe} \left( \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

- kde :  $q_p(z_e)$  ...maximální dynamický tlak  
 $c_{pe}$  ...součinitel vnějšího aerodynamického tlaku

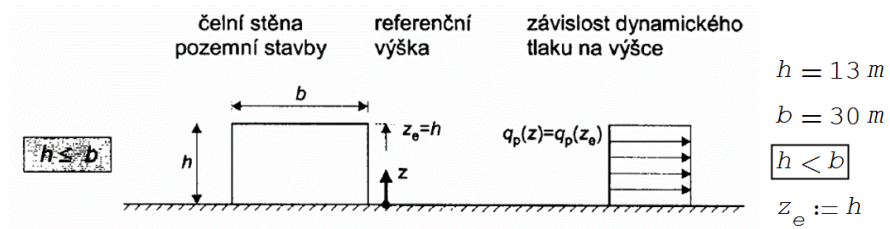
- součinitel vnějšího aerodynamického tlaku :



návětrné plochy halym ají více než  $10 \cdot \text{m}^2$  → součinitel  $c_{pe,10}$



### 3.5.1 Zatížení na stěny objektu



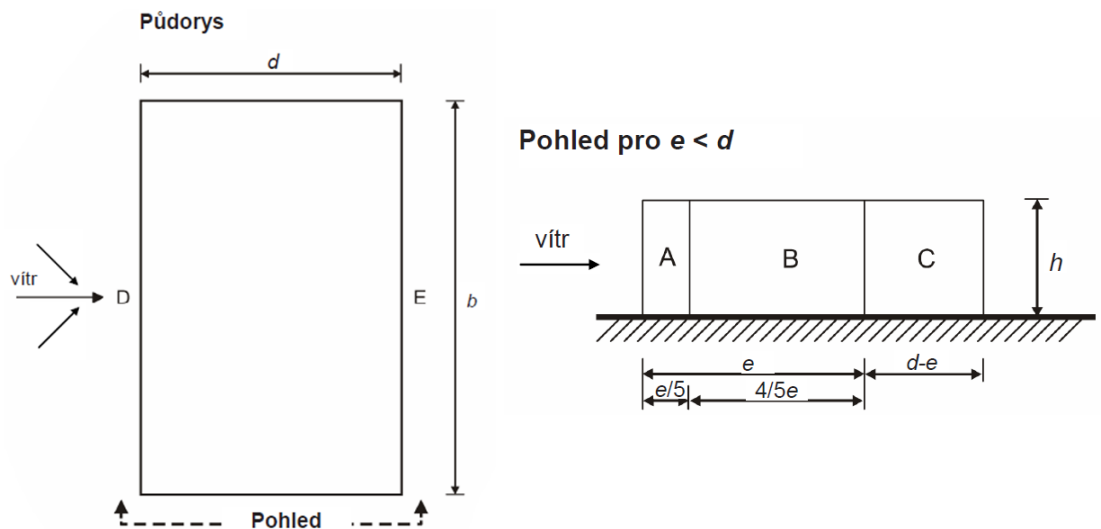
Oblast	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-1,4	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Obrázek 13 - tabulka doporučených součinitelů vnějšího tlaku [4]

a) vítr příčný

b je rozměr kolmý na směr větru

e je menší z hodnot b nebo 2h

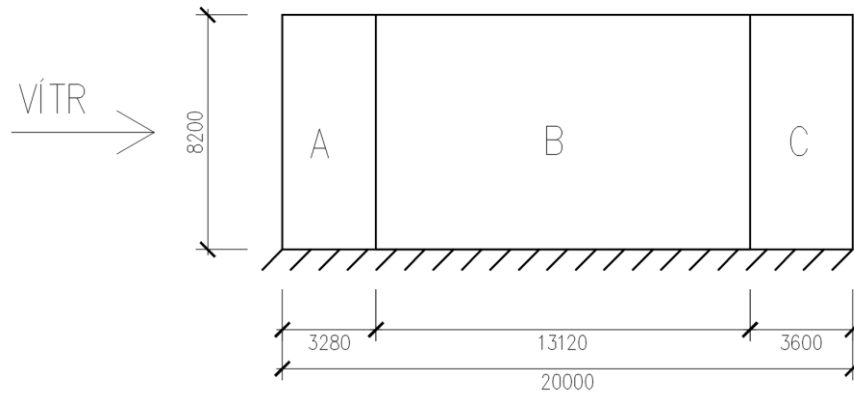


$$\begin{aligned}
 h_{stěn} &= 8,2 \text{ m} \\
 2h &= 16,4 \text{ m} \\
 2h < b &\rightarrow e = 2h = 16,4 \text{ m} \\
 e &= 16,4 \text{ m} < d = 20 \text{ m}
 \end{aligned}$$

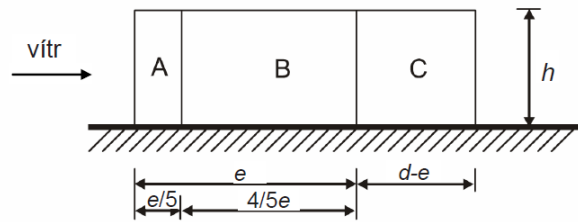
$$e/5 = 3,28 \text{ m}$$

$$4/5 * e = 13,12 \text{ m}$$

$$d - e = 3,6 \text{ m}$$



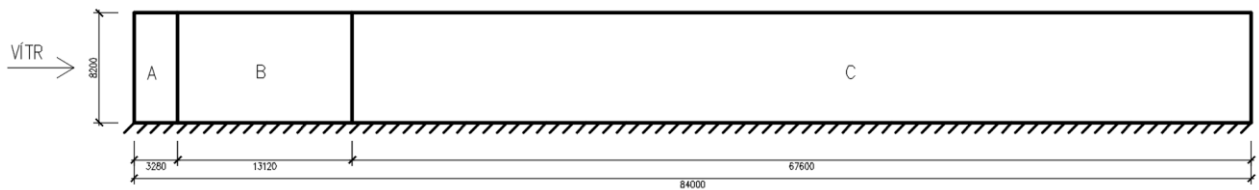
b) vítr podélný  
 $e = 16,4 \text{ m} < d = 84 \text{ m}$   
 Pohled pro  $e < d$



$$e/5 = 3,28 \text{ m}$$

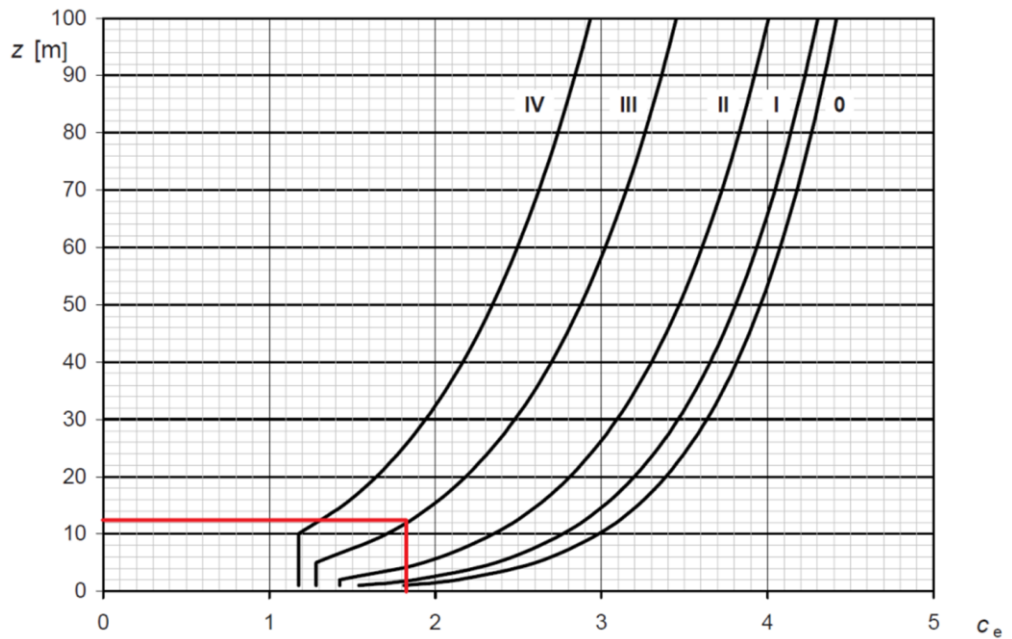
$$4/5 * e = 13,12 \text{ m}$$

$$d - e = 67,6 \text{ m}$$



STĚNY				
$q_p =$	0,62	kPa		
	vítr podélný		vítr příčný	
oblast	$c_{pe}$	$w_{e,k} [\text{kN/m}^2]$	$c_{pe}$	$w_{e,k} [\text{kN/m}^2]$
A	-1,2	-0,74	-1,2	-0,74
B	-0,8	-0,49	-0,8	-0,49
C	-0,5	-0,31	-0,5	-0,31
D	0,6	0,37	0,6	0,38
E	-0,3	-0,16	-0,3	-0,18

### 3.5.2 Zatížení na střechu objektu



Obrázek 14 - součinitele expozice [4]

$$c_e(z) := 1,82$$

maximální dynamický tlak :

$$q_p := 390,62 \cdot 1,82$$

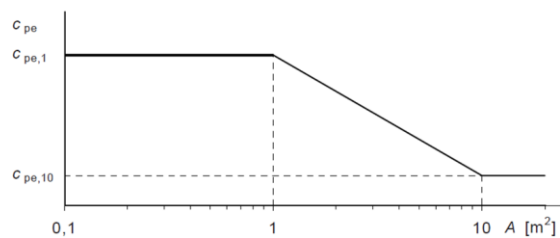
$$q_p = 710,93 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} \right) = 0,711 \text{ (kPa)}$$

tlak větru na vnější povrch :

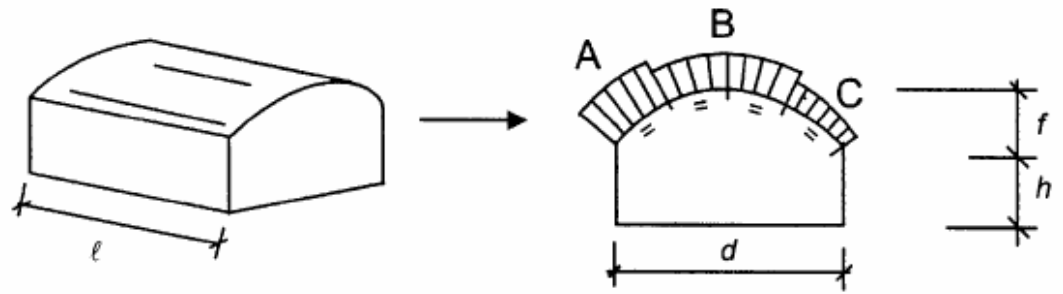
$$w_e := q_p(z_e) \cdot c_{pe} \left( \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

- kde :  $q_p(z_e)$  ...maximální dynamický tlak
- $c_{pe}$  ...součinitel vnějšího aerodynamického tlaku

- součinitel vnějšího aerodynamického tlaku :

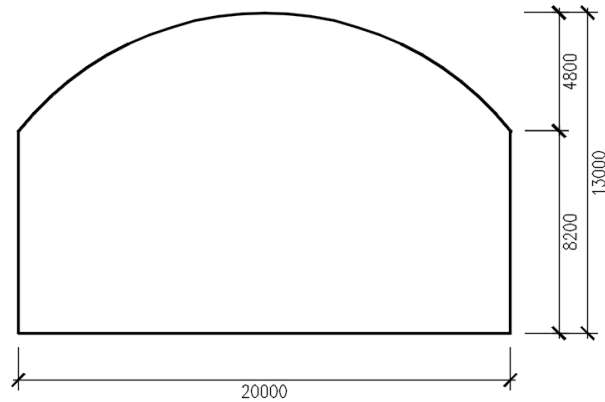


návětrné plochy halým ají více než  $10 \cdot \text{m}^2 \rightarrow$  součinitel  $c_{pe,10}$



Obrázek 15 - tvar klenbové střechy [4]

a) Vítr příčný



$$f = 4,8 \text{ m}$$

$$h = 8,2 \text{ m}$$

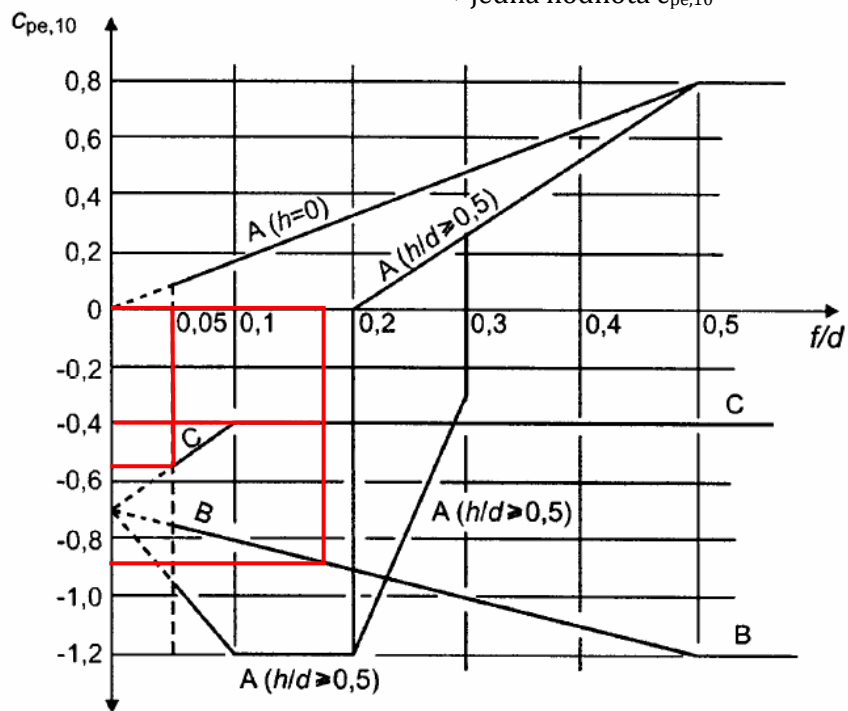
$$d = 30 \text{ m}$$

$$f/d = 4,8/30 = 0,16$$

$$h/d = 8,2/30 = 0,27$$

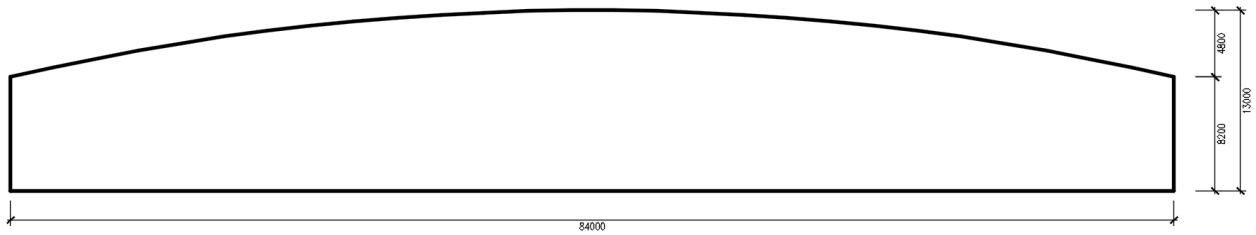
Pozn.: Pro  $0,2 \leq f/d \leq 0,3$  a  $h/d \geq 0,5$  musí být  
uváženy dvě hodnoty  $c_{pe,10}$  [4]

→ jedna hodnota  $c_{pe,10}$



Obrázek 16 - graf součinitelů  $c_{pe}$  [4]

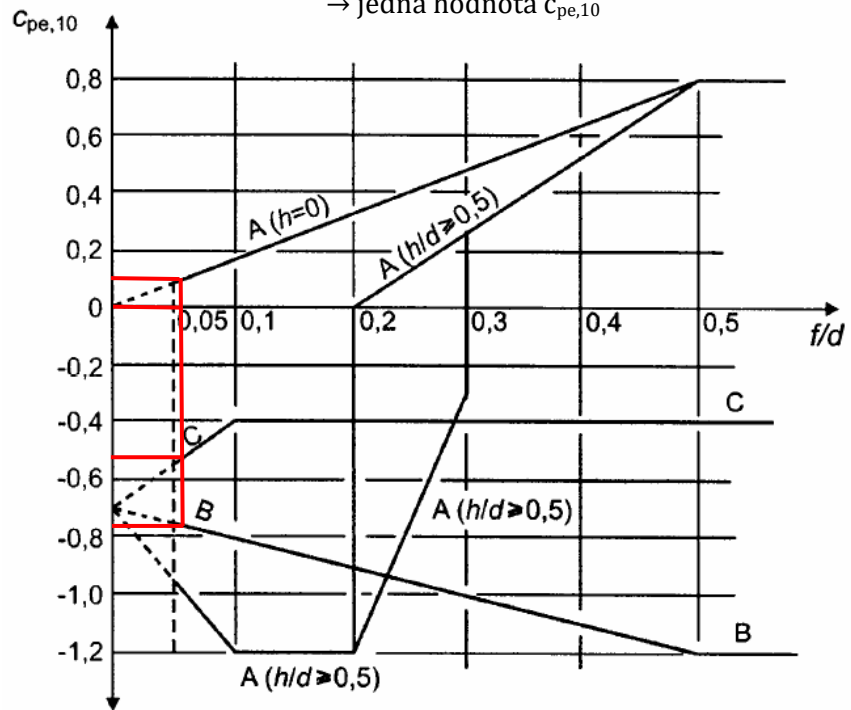
b) Vítr podélný



$f = 4,8 \text{ m}$   
 $h = 8,2 \text{ m}$   
 $d = 84 \text{ m}$

$f/d = 4,8/80 = 0,06$   
 $h/d = 8,2/80 = 0,1$

Pozn.: Pro  $0,2 \leq f/d \leq 0,3$  a  $h/d \geq 0,5$  musí být  
 uváženy dvě hodnoty  $c_{pe,10}$  [4]  
 → jedna hodnota  $c_{pe,10}$



Obrázek 17 - graf součinitelů  $c_{pe}$  [4]

Výsledné hodnoty zatížení střechy

STŘECHA				
$q_p =$	0,71	kPa		
	vítr podélný		vítr příčný	
oblast	$c_{pe}$	$w_{e,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c_{pe}$	$w_{e,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
A	-0,13	-0,09	-0,56	-0,40
B	-0,79	-0,56	-0,89	-0,63
C	-0,55	-0,39	-0,41	-0,29

Porovnání se software FIN EC – Zatížení

**PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM 1**

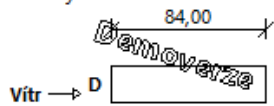
Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast: II  
 Rychlost větru  $v_{b,0} = 25,00$  m/s  
 Kategorie terénu: III  
 Referenční výška budovy  $z_e = 8,20$  m  
 Součinitel směru větru  $c_{dir} = 1,00$   
 Součinitel ročního období  $c_{season} = 1,00$   
 Měrná hmotnost vzduchu  $\rho = 1,250$  kg/m<sup>3</sup>  
 Součinitel orografie  $c_o = 1,00$   
 Maximální dynamický tlak  $q_p = 0,62$  kN/m<sup>2</sup>  
 Součinitel zatížení  $\gamma_f = 1,50$   
 Plocha pro stanovení  $c_{pe}$  A = 10,00 m<sup>2</sup>

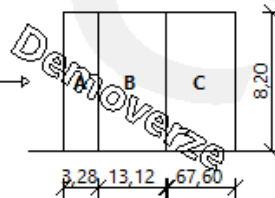
**Stěny pravouhlého objektu - směr 1**

Výška objektu  $h = 8,20$  m  
 Délka objektu  $d = 84,00$  m  
 Šířka objektu  $b = 20,00$  m

Půdorys



Pohled



**Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)**

Výška nad terénem [m]	Tlak větru v oblastech [kN/m <sup>2</sup> ]				
	A	B	C	D	E
5,00	-0,74 (-1,11)	-0,49 (-0,74)	-0,31 (-0,46)	0,37 (0,55)	-0,16 (-0,24)
8,20	-0,74 (-1,11)	-0,49 (-0,74)	-0,31 (-0,46)	0,37 (0,55)	-0,16 (-0,24)

Nedostatečná korelace tlaků uvažována koeficientem 0,85.

**PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM 2**

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

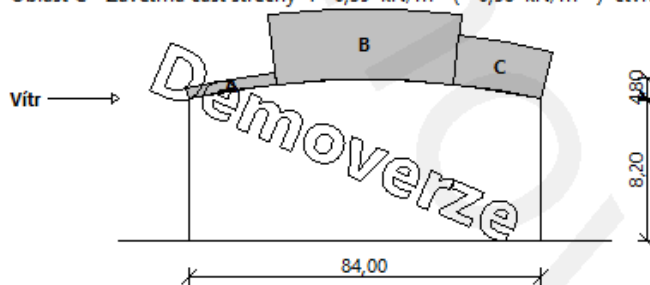
Větrná oblast: II  
 Rychlost větru  $v_{b,0} = 25,00$  m/s  
 Kategorie terénu: III  
 Referenční výška budovy  $z_e = 13,00$  m  
 Součinitel směru větru  $c_{dir} = 1,00$   
 Součinitel ročního období  $c_{season} = 1,00$   
 Měrná hmotnost vzduchu  $\rho = 1,250$  kg/m<sup>3</sup>  
 Součinitel orografie  $c_o = 1,00$   
 Maximální dynamický tlak  $q_p = 0,74$  kN/m<sup>2</sup>  
 Součinitel zatížení  $\gamma_f = 1,50$   
 Plocha pro stanovení  $c_{pe}$  A = 10,00 m<sup>2</sup>

**Klenbová střecha**

Výška stěn  $h = 8,20$  m  
 Délka objektu  $d = 84,00$  m  
 Výška oblouku  $f = 4,80$  m

**Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)**

Oblast A - Návětrná část střechy : -0,09 kN/m<sup>2</sup> ( -0,13 kN/m<sup>2</sup> ) čtvrtina oblouku  
 Oblast B - Vrchol střechy : -0,56 kN/m<sup>2</sup> ( -0,84 kN/m<sup>2</sup> ) polovina oblouku  
 Oblast C - Závětrná část střechy : -0,39 kN/m<sup>2</sup> ( -0,58 kN/m<sup>2</sup> ) čtvrtina oblouku



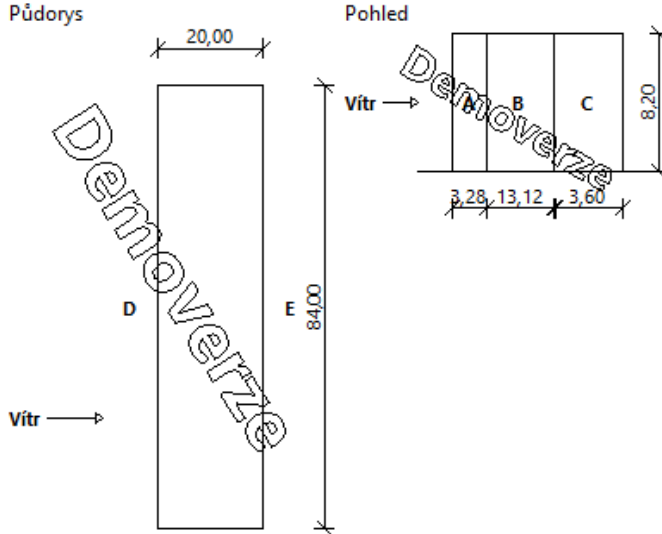
**Stěny pravouhlého objektu - směr 2**

Výška objektu  $h = 8,20$  m

Délka objektu  $d = 20,00$  m

Šířka objektu  $b = 84,00$  m

Půdorys



**Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)**

Výška nad terénem [m]	Tlak větru v oblastech [kN/m <sup>2</sup> ]				
	A	B	C	D	E
5,00	-0,74 (-1,11)	-0,49 (-0,74)	-0,31 (-0,46)	0,38 (0,57)	-0,18 (-0,27)
8,20	-0,74 (-1,11)	-0,49 (-0,74)	-0,31 (-0,46)	0,38 (0,57)	-0,18 (-0,27)

Nedostatečná korelace tlaků uvažována koeficientem 0,85.

**Zatížení větrem na střechu objektu:**

**PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM**

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

- Větrná oblast: II
- Rychlost větru  $v_{b,0} = 25,00$  m/s
- Kategorie terénu: III
- Referenční výška budovy  $z_e = 13,00$  m
- Součinitel směru větru  $c_{dir} = 1,00$
- Součinitel ročního období  $c_{season} = 1,00$
- Měrná hmotnost vzduchu  $\rho = 1,250$  kg/m<sup>3</sup>
- Součinitel orografie  $c_o = 1,00$
- Maximální dynamický tlak  $q_p = 0,74$  kN/m<sup>2</sup>
- Součinitel zatížení  $\gamma_f = 1,50$
- Plocha pro stanovení  $c_{pe} A = 10,00$  m<sup>2</sup>

**Klenbová střecha**

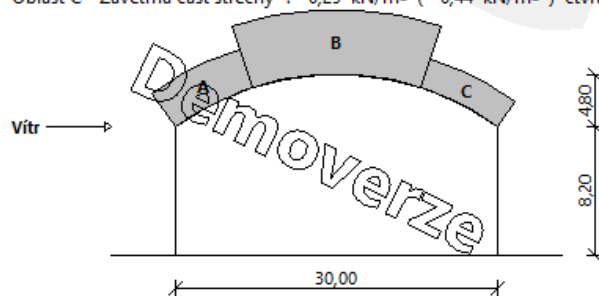
Výška stěn  $h = 8,20$  m

Délka objektu  $d = 30,00$  m

Výška oblouku  $f = 4,80$  m

**Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)**

- Oblast A - Návětrná část střechy : -0,40 kN/m<sup>2</sup> ( -0,60 kN/m<sup>2</sup> ) čtvrtina oblouku
- Oblast B - Vrchol střechy : -0,63 kN/m<sup>2</sup> ( -0,95 kN/m<sup>2</sup> ) polovina oblouku
- Oblast C - Závětrná část střechy : -0,29 kN/m<sup>2</sup> ( -0,44 kN/m<sup>2</sup> ) čtvrtina oblouku





## 4. NÁVRH A POSOUZENÍ STŘEŠNÍHO TRAPÉZOVÉHO PLECHU

### 4.1 Zatížení na trapézový plech

#### 4.1.1 Zatížení od střešní skladby

STŘEŠNÍ PLÁŠŤ	zelená extenzivní střecha		
Skladba	tloušťka [mm]	obj. tíha [kN/m <sup>3</sup> ]	gk [kN/m <sup>2</sup> ]
Vegetační rohož	10	20,0	0,20
Extenzivní substrát	60	20,0	1,20
Drenážní rohož	8	14,0	0,11
Hydroizolační pás	5,2	10,0	0,05
Hydroizolační pás	4	10,0	0,04
Tepelná izolace	200	1,0	0,20
Nosný trapézový plech (odhad)	-	-	0,15
CELKEM			<b>1,95</b>

Zatížení od střešní skladby je **1,95 kN/m<sup>2</sup>**

#### 4.1.2 Užitné zatížení

Hodnotu užitného zatížení budeme brát jako **0,75 kN/m<sup>2</sup>**  
viz. odstavec 3.3

#### 4.1.3 Sněhové zatížení

Hodnotu zatížení sněhem budeme uvažovat jako nejnepříznivější hodnotu vypočítanou v odstavci 3.4 a to **1,8 kN/m<sup>2</sup>**

#### 4.1.4 Zatížení od větru

Hodnotu zatížení sněhem budeme uvažovat jako nejnepříznivější hodnotu vypočítanou v odstavci 3.5 – Zatížení sněhem a to **- 0,63 kN/m<sup>2</sup>**

### 4.2 MSÚ

rozhodující kombinace:

$$1,35 \cdot \text{stálé} + 1,5 \cdot \text{sníh} + \Psi_0 \cdot \text{užitné} = 1,35 \cdot 1,95 + 1,5 \cdot 1,8 + 0,0 \cdot 0,75 \cdot 1,5 \\ = \mathbf{5,33 \text{ kN/m}^2}$$

### 4.3 MSP

rozhodující kombinace:

$$1,0 \cdot \text{stálé} + 1,0 \cdot \text{sníh} + \Psi_0 \cdot \text{užitné} = 1,0 \cdot 1,95 + 1,0 \cdot 1,8 + 0,0 \cdot 0,75 = \mathbf{3,75 \text{ kN/m}^2}$$

### 4.4 Návrh a posouzení

**NÁVRH: TR 60/235, S320 GD, tl. 1,00 mm**

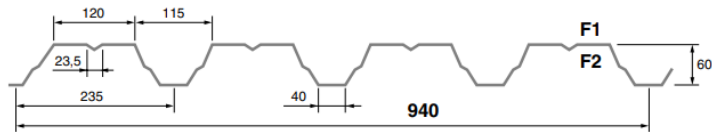
- Plech bude navržen jako spojitý nosník přes více polí
- Rozpětí jednoho pole je  $L = 2,70 \text{ m}$

## CB 60/235



### POZITIVNÍ POLOHA

(strana F2 dole)



TECHNICKÉ PARAMETRY:	
Rozvinutá šířka:	1250 mm
Skladebná šířka:	940 mm
Vyrobitelná délka:	22 m
Optimální použitelná délka:	16 m
Minimální délka:	1,8 m
Použití:	vnitřní nosný plech, F2 pohledová strana vnější střešní plech, F2 venkovní strana
Materiál:	ocel S320 GD
Antikorozní ochrana:	oboustranná pozinkovaná vrstva Z 200 - 275 g/m <sup>2</sup>
Základní povrchová úprava:	pozink
Standardní povrchová úprava:	25 my polyesterový nástřik / 7 my ochranný lak
Antikondenzační úprava:	CB FLIS
Příslušenství:	profilové těsnění, těsnící pásy, spojovací materiál

Obrázek 18 - informace od výrobce trapézového plechu [9]

Úložení přes 3 pole			Únosnost q [kN/m <sup>2</sup> ] pro rozpětí pole L [m]																
t [mm]	[kg/m <sup>2</sup> ]		1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50
0,63	6,7	1a	8,35	6,60	5,35	4,43	3,74	3,20	2,76	2,42	2,13	1,89	1,69	1,52	1,38	1,25	1,14	1,05	0,96
		1b	7,70	6,12	4,99	4,16	3,52	3,02	2,62	2,29	2,03	1,81	1,62	1,46	1,32	1,20	1,10	1,01	0,93
		2	17,49	11,01	7,38	5,18	3,78	2,84	2,19	1,72	1,38	1,12	0,92	0,77	0,65	0,55	0,47	0,41	0,35
0,75	8,0	1a	11,25	8,85	7,15	5,90	4,96	4,23	3,65	3,18	2,80	2,48	2,22	1,99	1,80	1,63	1,49	1,36	1,24
		1b	10,45	8,26	6,71	5,56	4,69	4,01	3,47	3,04	2,68	2,38	2,13	1,92	1,74	1,58	1,44	1,32	1,22
		2	21,93	13,81	9,25	6,50	4,74	3,56	2,74	2,16	1,73	1,40	1,16	0,96	0,81	0,69	0,59	0,51	0,44
0,88	9,4	1a	14,66	11,48	9,24	7,61	6,38	5,43	4,67	4,07	3,57	3,17	2,82	2,53	2,29	2,06	1,86	1,68	1,53
		1b	13,68	10,78	8,72	7,21	6,07	5,18	4,47	3,90	3,43	3,05	2,72	2,45	2,21	2,01	1,83	1,68	1,53
		2	26,93	16,96	11,36	7,98	5,82	4,37	3,37	2,65	2,12	1,72	1,42	1,18	1,00	0,85	0,73	0,63	0,55
1,00	10,6	1a	18,01	14,06	11,29	9,28	7,76	6,59	5,67	4,93	4,33	3,83	3,41	3,05	2,72	2,44	2,20	2,00	1,82
		1b	16,88	13,25	10,70	8,82	7,41	6,31	5,44	4,74	4,17	3,70	3,30	2,96	2,68	2,43	2,20	2,00	1,82
		2	31,24	19,67	13,18	9,26	6,75	5,07	3,91	3,07	2,46	2,00	1,65	1,37	1,16	0,98	0,84	0,73	0,63
1,25	13,3	1a	25,48	19,79	15,83	12,96	10,81	9,16	7,86	6,82	5,97	5,25	4,62	4,09	3,65	3,27	2,95	2,68	2,44
		1b	24,05	18,78	15,09	12,40	10,38	8,81	7,58	6,59	5,79	5,12	4,56	4,09	3,65	3,27	2,95	2,68	2,44
		2	39,58	24,93	16,70	11,73	8,55	6,42	4,95	3,89	3,12	2,53	2,09	1,74	1,47	1,25	1,07	0,92	0,80

1a - návrhová hodnota únosnosti	- pro spojitý nosník s vnitřní podporou šířky 120 mm a krajní podporou šířky 40 mm
1b - návrhová hodnota únosnosti	- pro spojitý nosník s vnitřní podporou šířky 80 mm a krajní podporou šířky 40 mm
2 - charakteristická hodnota zatížení pro průhyb	- L/200

Obrázek 19 - tabulka únosností trapézového plechu [10]

6,31 kN/m<sup>2</sup> > 5,33 kN/m<sup>2</sup> → **VYHOVUJE** - rozhodující kombinace

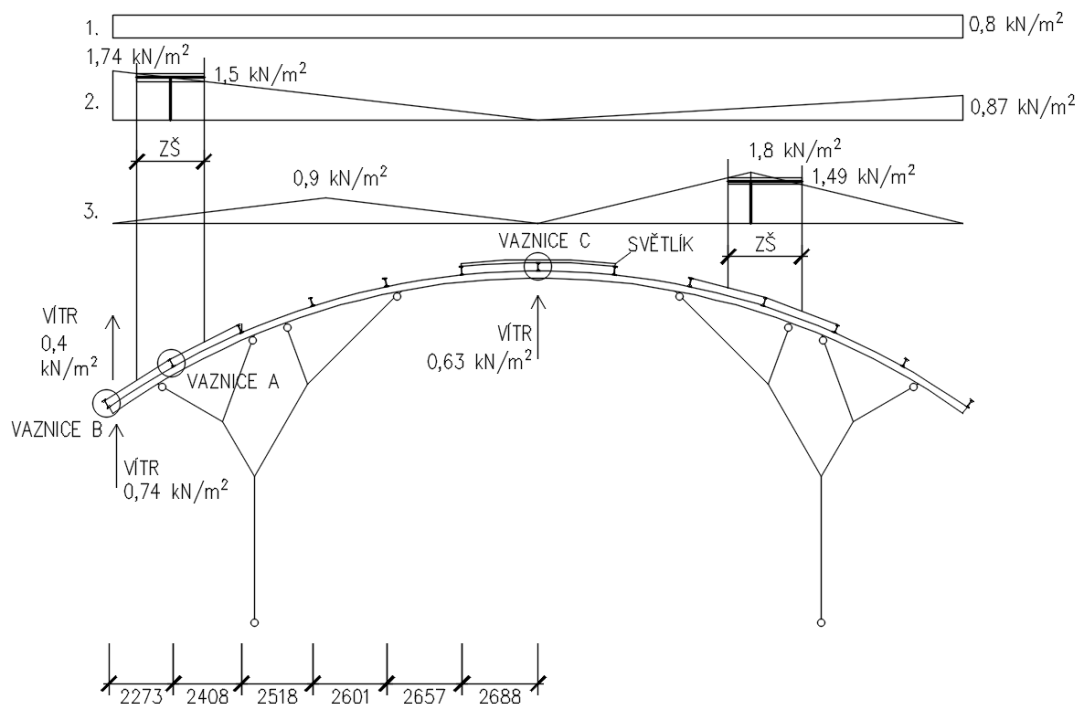
5,07 kN/m<sup>2</sup> > 3,75 kN/m<sup>2</sup> → **VYHOVUJE**

Plech má nižší hmotnost, než bylo odhadnuto → **návrh VYHOVUJE**

## 5. NÁVRH A POSOUZENÍ STŘEŠNÍ VAZNICE

### 5.1 Zatížení vaznice

Schéma zatížení



VAZNICE A maximální zatížení	STŘEŠNÍ VAZNICE	nejvíce zatížená vaznice				
	ZATÍŽENÍ	gk [kN/m <sup>2</sup> ]	šířka [mm]	gk [kN/m]	v [-]	gd [kN/m]
stálé	vlastí tíha vaznice (odhad)	-	-	0,22	1,35	0,30
	tíha střešního pláště	1,91	2,7	5,16	1,35	6,96
proměnné	sníh	1,50	2,7	4,05	1,5	6,08
	<b>CELKEM</b>	<b>3,41</b>		<b>9,43</b>		<b>13,33</b>
rozklad sil	1. svislý směr		cos 29	<b>8,25</b>		<b>11,67</b>
	2. vodorovný směr		sin 29	<b>4,57</b>		<b>6,47</b>

VAZNICE B maximální sání větru	STŘEŠNÍ VAZNICE	krajní vaznice nad převisem střechy				
	ZATÍŽENÍ	gk [kN/m <sup>2</sup> ]	šířka [mm]	gk [kN/m]	v [-]	gd [kN/m]
stálé	vlastí tíha vaznice (odhad)	-	-	0,22	1,35	0,30
	tíha střešního pláště	1,91	2,7	5,16	1,35	6,96
proměnné	vítr - ze stěny na spodní hranu převisu	-0,74	2,7	-2,00	1,5	-3,00
	vítr - sání na střeše	-0,40	2,7	-1,08	1,5	-1,62
	<b>CELKEM</b>	<b>0,77</b>		<b>2,30</b>		<b>2,64</b>
rozklad sil	1. svislý směr		cos 29	<b>2,01</b>		<b>2,16</b>
	2. vodorovný směr		sin 29	<b>1,12</b>		<b>1,52</b>

VAZNICE C maximální sání větru	STŘEŠNÍ VAZNICE	vrcholová vaznice				
	ZATÍŽENÍ	gk [kN/m <sup>2</sup> ]	šířka [mm]	gk [kN/m]	v [-]	gd [kN/m]
stálé	vlastí tíha vaznice (odhad)	-	-	0,22	1,35	0,30
	tíha střešního pláště	0,46	2,7	1,24	1,35	1,68
proměnné	vítr	-0,63	2,7	-1,70	1,5	-2,55
	<b>CELKEM</b>	<b>-0,17</b>		<b>-0,24</b>		<b>-0,58</b>

VAZNICE C maximální zatížení	STŘEŠNÍ VAZNICE	vrcholová vaznice				
	ZATÍŽENÍ	gk [kN/m <sup>2</sup> ]	šířka [mm]	gk [kN/m]	γ [-]	gd [kN/m]
stálé	vlastí tíha vaznice (odhad)	-	-	0,22	1,35	0,30
	tíha střešního pláště	0,46	2,7	1,24	1,35	1,68
proměnné	sníh	0,80	2,7	2,16	1,5	3,24
	CELKEM			<b>1,26</b>	<b>3,62</b>	<b>5,21</b>

Zatížení pro vaznici **A 13,33 kN/m** – rozhodující kombinace –  
únosnost

A.1 11,67 kN/m – rozhodující svislá síla

A.2 6,47 kN/m – rozhodující vodorovná síla

Zatížení pro vaznici **B 2,64 kN/m** – nebude rozhodovat

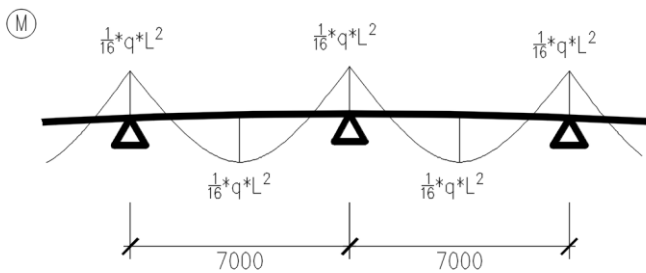
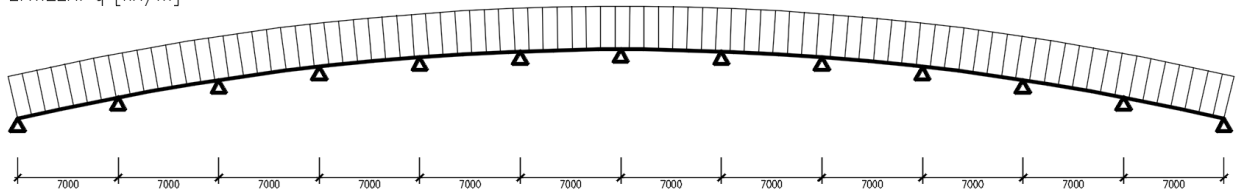
Zatížení pro vaznici **C - 0,58 kN/m** – rozhodující kombinace –  
stabilita

Zatížení pro vaznici **C 5,21 kN/m** – nebude rozhodovat

## 5.2 Výpočet vnitřních sil

### Statické schéma vaznic A a C

ZATÍŽENÍ q [kN/m]



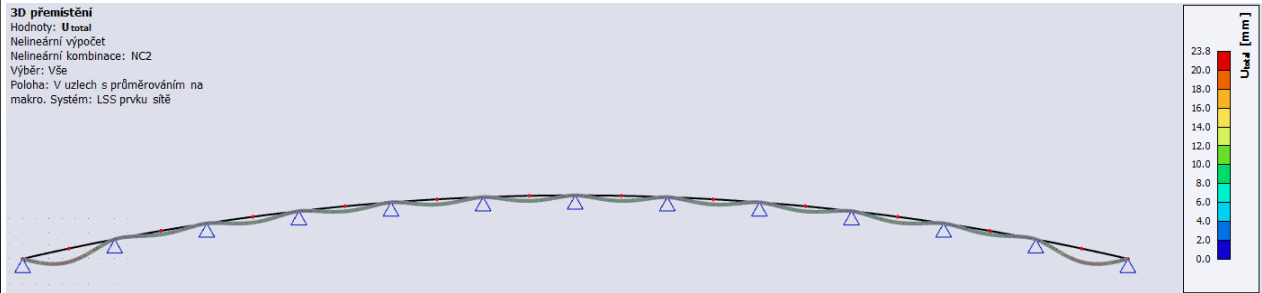
vaznice A -  $M_y$

$$M_{pl,A} = \frac{1}{16} * q_A * L^2 = \frac{1}{16} * 11,67 * 7^2 = 35,74 \text{ kNm}$$

vaznice A -  $V_z$

$$V_{pl,A} = \frac{q_A * L}{2} * \frac{M_{pl,A}}{L} = \frac{11,67 * 7}{2} + \frac{35,74}{7} = 45,95 \text{ kN}$$

### vaznice A - deformace



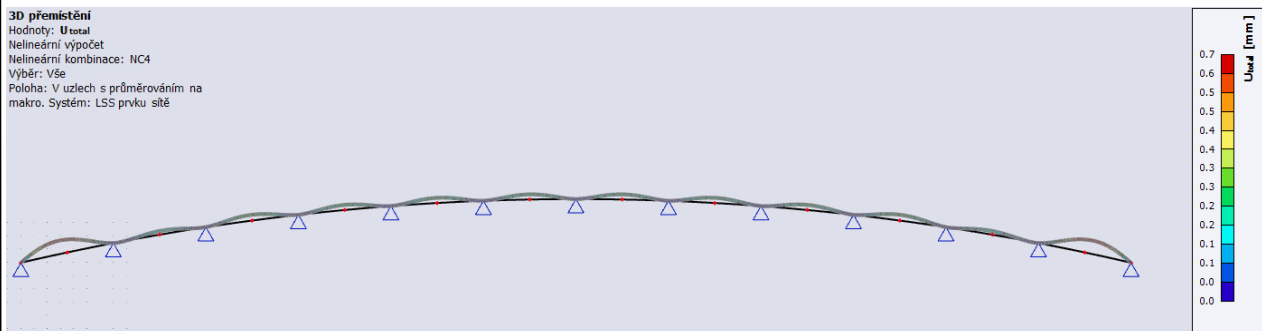
### vaznice C - $M_y$

$$M_{pl,C} = \frac{1}{16} * q_C * L^2 = \frac{1}{16} * 0,58 * 7^2 = 1,78 \text{ kNm}$$

### vaznice C - $V_z$

$$V_{pl,C} = \frac{q_C * L}{2} * \frac{M_{pl,C}}{L} = \frac{0,58 * 7}{2} + \frac{0,58}{7} = 2,28 \text{ kN}$$

### vaznice C - deformace



$$M_{y,A} = \underline{\underline{35,74 \text{ kNm}}}$$

$$V_{z,A} = \underline{\underline{45,95 \text{ kN}}}$$

$$\delta_{max,A} = \underline{\underline{23,8 \text{ mm}}}$$

$$M_{y,C} = \underline{\underline{1,78 \text{ kNm}}}$$

$$V_{z,C} = \underline{\underline{2,28 \text{ kN}}}$$

$$\delta_{max,C} = \underline{\underline{0,7 \text{ mm}}}$$

### 5.3 Návrh a posouzení – vaznice A

**Zadání :**

$$M_{pl,A} := 35,74 \text{ kN m}$$

$$Y_{MO} := 1,15$$

$$f_y := 355 \text{ MPa}$$

**Nutný průřezový modul :**

$$\bar{W}_{y,pl,A} := \frac{M_{pl,A} \cdot Y_{MO}}{f_y}$$

$$\bar{W}_{y,pl,A} = \frac{35,74 \cdot 10^6 \cdot 1,15}{355}$$

$$\bar{W}_{y,pl,A} = 115,78 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

**NÁVRH : IPE 160**

$$\bar{W}_{y,pl,A} := 124 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad h_A := 160 \text{ mm}$$

$$\bar{W}_{y,el,A} := 109 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad b_A := 82 \text{ mm}$$

$$I_{y,A} := 869 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad c_A := 40 \text{ mm}$$

$$I_{z,A} := 68,3 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad t_{w,A} := 5,0 \text{ mm}$$

$$I_{\omega,A} := 3980 \cdot 10^6 \text{ mm}^6 \quad t_{f,A} := 7,4 \text{ mm}$$

$$I_{t,A} := 3,62 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad r_A := 9,0 \text{ mm}$$

$$A_A := 2010 \text{ mm}^2$$

### Posouzení MSÚ pro vaznici A:

Zatřídění průřezu :

$$\text{stojina : } \frac{d}{t_w} = \frac{127}{5,9} = 21,53 < 72 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 72 \cdot \sqrt{\frac{235}{355}} = 58,58 \rightarrow \text{třída 1.}$$

$$\text{pásnice : } \frac{c}{t_f} = \frac{40}{7,4} = 5,41 < 10 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{235}{355}} = 8,14 \rightarrow \text{třída 1.}$$

Smyková únosnost :

smyková plocha :

$$A_v := A \cdot 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 2010 - 2 \cdot 82 \cdot 7,4 + (5,0 + 2 \cdot 9,0) \cdot 7,4 = 966,6 \text{ mm}^2$$

návrhová únosnost ve smyku :

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_v}{Y_{MO}} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}} = \frac{966,6}{1,15} \cdot \frac{355}{\sqrt{3}} = 172,27 \cdot 10^3 \text{ N} = 172,27 \text{ kN}$$

posouzení :

$$V_{pl,Ed} := 45,95 \text{ kN}$$

$$\boxed{V_{pl,Ed} \leq V_{pl,Rd}}$$

$$V_{pl,Ed} := 45,95 \text{ kN} < V_{pl,Rd} := 172,27 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití průřezu :

$$\frac{V_{pl,Ed}}{V_{pl,Rd}} \cdot 100 = 26,67 \%$$

Momentová únosnost :

$$M_{pl,Rd} := \frac{W_{pl} \cdot f_y}{Y_{M0}} = \frac{124 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,15} = 38,28 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 38,28 \text{ kNm}$$

posouzení :

$$M_{pl,A} := 35,74 \text{ kNm}$$

$$\boxed{M_{pl,A} \leq M_{pl,Rd}}$$

$$M_{pl,A} := 35,74 \text{ kNm} < M_{pl,Rd} := 38,28 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití průřezu :

$$\frac{M_{pl,A}}{M_{pl,Rd}} \cdot 100 = 93,36 \%$$

### Posouzení MSP pro vaznici A:

při mezním stavu použitelnosti  $Y_{M0} = Y_{M1} = Y_G = Y_Q = 1,0$  , nedochází k plastifikaci nosníku  
pro výpočet průhybu využijeme software Scia Engineer 22

$$\delta_{max,A} := 30,6 \text{ mm}$$

$$\delta_{max} := \frac{L}{200}$$

$$L := 7000 \text{ mm}$$

$$\delta_{max} = 35 \text{ mm}$$

$$\boxed{\delta_{max,A} \leq \delta_{max}}$$

$$\delta_{max,A} = 30,6 \text{ mm} < \delta_{max} := 35 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 5.4 Návrh a posouzení – vaznice C

### NÁVRH : IPE 160

$$W_{y,pl,C} := 124 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad h_C := 160 \text{ mm}$$

$$W_{y,el,C} := 109 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad b_C := 82 \text{ mm}$$

$$I_{y,C} := 869 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad c_C := 40 \text{ mm}$$

$$I_{z,C} := 68,3 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad t_{w,C} := 5,0 \text{ mm}$$

$$I_{\omega,C} := 3980 \cdot 10^6 \text{ mm}^6 \quad r_C := 9,0 \text{ mm}$$

$$I_{t,C} := 3,62 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad d_C := 127,0 \text{ mm}$$

$$A_C := 2010 \text{ mm}^2$$

navrhovaný průřez - dvouose symetrický, neproměnný

$$k := k_w \quad E := 210 \text{ GPa}$$

$$k_w := 1,0 \quad G := 81 \text{ GPa}$$

$$C_1 := 1,132$$

kritický moment :

$$M_{cr} := C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{z,C}}{(k \cdot L)^2} \cdot \sqrt{\frac{I_{w,C}}{I_{z,C}} \cdot \left(\frac{k}{k_w}\right)^2 + \frac{(k \cdot L)^2 \cdot G \cdot I_{t,C}}{\pi^2 \cdot E \cdot I_{z,C}}}$$

$$M_{cr} = 1,132 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 68,3 \cdot 10^{-8}}{(1,0 \cdot 7,0)^2} \cdot \sqrt{\frac{3980 \cdot 10^{-12}}{68,3 \cdot 10^{-8}} \cdot \left(\frac{1,0}{1,0}\right)^2 + \frac{(1,0 \cdot 7,0)^2 \cdot 81 \cdot 10^3 \cdot 3,62 \cdot 10^{-8}}{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 68,3 \cdot 10^{-8}}} \cdot 1000$$

$$M_{cr} := 10,71 \text{ kN m}$$

poměrná štíhlost :

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{pl,y,C} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{124 \cdot 10^{-3} \cdot 355}{10,71}} = 2,03$$

→ křivka vzpěrnosti a → určení součinitele příčné a torzní stability dle tabulek  $\chi_{LT} := 0,217$

$$M_{b,Rd} := \frac{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y,C} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \sqrt{\frac{2,03 \cdot 124 \cdot 10^{-3} \cdot 355}{1,15}}$$

$$M_{b,Rd} := 8,82 \text{ kN m}$$

$$M_{pl,C} \leq M_{b,Rd}$$

$$M_{pl,C} := 1,78 \text{ kN} < M_{b,Rd} := 8,82 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití průřezu :

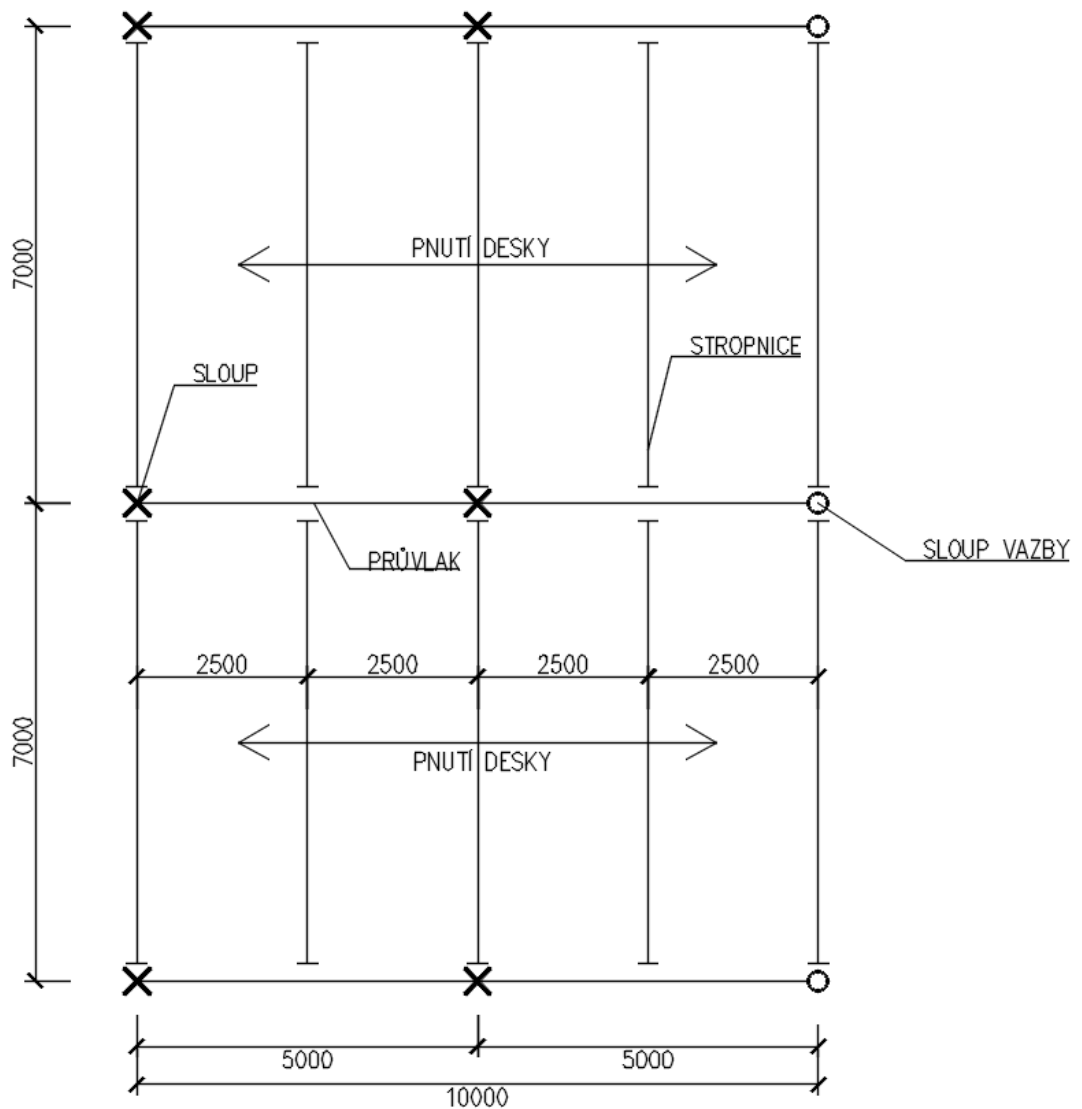
$$\frac{M_{pl,C}}{M_{b,Rd}} \cdot 100 = 20,18 \%$$



## 6. NÁVRH A POSOUZENÍ KONSTRUKCE VESTAVBY

Konstrukce bude provedena jako ocelobetonový skelet

Schéma konstrukce:



Obrázek 20 - Schéma výseku konstrukce vestavby

Vzdálenost sloupů  $L_1 = 5,0$  m

Vzdálenost stropnic  $L_2 = 2,5$  m

Délka stropnic  $L_3 = 7,0$  m

### 6.1 ODHAD ZATÍŽENÍ

Hodnoty zatížení viz. odstavec str. 5 a str. 7

#### 6.1.1 Stálé

$$f_{g,k} = 3,92 \text{ kN/m}^2$$

#### 6.1.2 Užité

$$f_{q,k} = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

## 6.2 NÁVRH A POSOUZENÍ

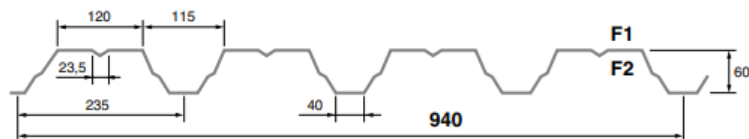
NÁVRH: TR 60/235, S320 GD, tl. 1,25 mm

CB 60/235



POZITIVNÍ POLOHA

(strana F2 dole)



## TECHNICKÉ PARAMETRY:

Rozvinutá šířka:	1250 mm
Skladebná šířka:	940 mm
Vyrobitelná délka:	22 m
Optimální použitelná délka:	16 m
Minimální délka:	1,8 m
Použití:	vnitřní nosný plech, F2 pohledová strana vnější střešní plech, F2 venkovní strana
Materiál:	ocel S320 GD
Antikorozní ochrana:	oboustranná pozinkovaná vrstva Z 200 - 275 g/m <sup>2</sup>
Základní povrchová úprava:	pozink
Standardní povrchová úprava:	25 my polyesterový nástřik / 7 my ochranný lak
Antikondenzační úprava:	CB FLIS
Příslušenství:	profilové těsnění, těsnicí pásky, spojovací materiál

plech bude navržen jako spojitý nosník přes více polí  
rozpětí jednoho pole je  $L = 2,5$

srovnaná tloušťka betonové desky  $h_{st} = 70 + 60 * (40 + (115 - 40)/2) / 235 = 90$   
**mm**

### 6.3 REÁLNÉ ZATÍŽENÍ

VESTAVBA		zatížení na trapézový plech			v [-]	gd [kN/m <sup>2</sup> ]
Skladba		tloušťka [mm]	obj. tíha [kN/m <sup>3</sup> ]	gk [kN/m <sup>2</sup> ]		
STÁLÉ	Keramická dlažba	10	12,0	0,12	-	-
	Lepidlo	5	8,0	0,04		
	Anhydrit	60	20,0	1,20		
	Separáční vrstva	1	13,0	0,01		
	Kročeťová izolace	40	1,1	0,04		
	Nosná armovaná ŽB deska	90	25,0	2,25		
CELKEM				<b>3,67</b>	1,35	<b>4,95</b>
PROMĚNNÉ	Užitné	-	-	<b>3,00</b>	1,5	<b>4,50</b>
CELKEM stálé + užitné				<b>6,67</b>		<b>9,45</b>

VESTAVBA		zatížení při betonáži		
ZATÍŽENÍ		gk [kN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	gd [kN/m <sup>2</sup> ]
stálé	Skladba podlahy	3,67	1,35	4,95
	Trapézový plech	0,13	1,35	0,18
	CELKEM	<b>3,80</b>		<b>5,13</b>
proměnné	rovnoměrné	0,75	1,5	<b>1,13</b>
	zvětšené (na ploše 3 x 3 m)	1,50	1,5	<b>2,25</b>

### 6.4 MSÚ

$$f_{g,d} = 9,45 \text{ kN/m}^2$$

### 6.5 MSP

$$f_{g,k} = 6,67 \text{ kN/m}^2$$

### 6.6 POSOUZENÍ

Uložení přes 3 pole		Únosnost q [kN/m <sup>2</sup> ] pro rozpětí pole L [m]																	
t [mm]	[kg/m <sup>2</sup> ]	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	
0,63	6,7	1a	8,35	6,60	5,35	4,43	3,74	3,20	2,76	2,42	2,13	1,89	1,69	1,52	1,38	1,25	1,14	1,05	0,96
		1b	7,70	6,12	4,99	4,16	3,52	3,02	2,62	2,29	2,03	1,81	1,62	1,46	1,32	1,20	1,10	1,01	0,93
		2	17,49	11,01	7,38	5,18	3,78	2,84	2,19	1,72	1,38	1,12	0,92	0,77	0,65	0,55	0,47	0,41	0,35
0,75	8,0	1a	11,25	8,85	7,15	5,90	4,96	4,28	3,65	3,18	2,80	2,48	2,22	1,99	1,80	1,63	1,49	1,36	1,24
		1b	10,45	8,26	6,71	5,56	4,69	4,01	3,47	3,04	2,68	2,38	2,13	1,92	1,74	1,58	1,44	1,32	1,22
		2	21,93	13,81	9,25	6,50	4,71	3,56	2,74	2,16	1,73	1,40	1,16	0,96	0,81	0,69	0,59	0,51	0,44
0,88	9,4	1a	14,66	11,48	9,24	7,61	6,38	5,48	4,67	4,07	3,57	3,17	2,82	2,53	2,29	2,06	1,86	1,68	1,53
		1b	13,68	10,78	8,72	7,21	6,07	5,18	4,47	3,90	3,43	3,05	2,72	2,45	2,21	2,01	1,83	1,68	1,53
		2	26,93	16,96	11,36	7,98	5,82	4,37	3,37	2,65	2,12	1,72	1,42	1,18	1,00	0,85	0,73	0,63	0,55
1,00	10,6	1a	18,01	14,06	11,29	9,28	7,76	6,59	5,67	4,93	4,33	3,83	3,41	3,05	2,72	2,44	2,20	2,00	1,82
		1b	16,88	13,25	10,70	8,82	7,41	6,31	5,44	4,74	4,17	3,70	3,30	2,96	2,68	2,43	2,20	2,00	1,82
		2	31,24	19,67	13,18	9,26	6,75	5,07	3,91	3,07	2,46	2,00	1,65	1,37	1,16	0,98	0,84	0,73	0,63
1,25	13,3	1a	25,48	19,79	15,83	12,96	10,81	9,16	7,86	6,82	5,97	5,25	4,62	4,09	3,65	3,27	2,95	2,68	2,44
		1b	24,05	18,78	15,09	12,40	10,33	8,81	7,58	6,59	5,79	5,12	4,56	4,09	3,65	3,27	2,95	2,68	2,44
		2	39,58	24,93	16,70	11,73	8,55	6,42	4,95	3,89	3,12	2,53	2,09	1,74	1,47	1,25	1,07	0,92	0,80

**1a** - návrhová hodnota únosnosti - pro spojitý nosník s vnitřní podporou šířky 120 mm a krajní podporou šířky 40 mm

**1b** - návrhová hodnota únosnosti - pro spojitý nosník s vnitřní podporou šířky 80 mm a krajní podporou šířky 40 mm

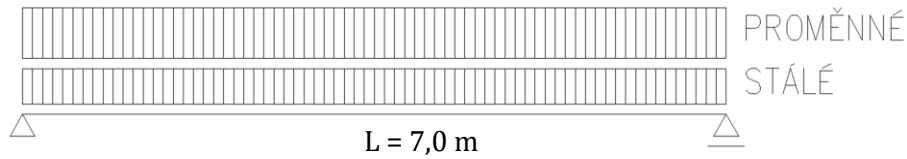
**2** - charakteristická hodnota zatížení pro průhyb - L/200

10,8 kN/m<sup>2</sup> > 9,45 kN/m<sup>2</sup> → **VYHOVUJE** – rozhodující kombinace

8,55 kN/m<sup>2</sup> > 6,42 kN/m<sup>2</sup> → **VYHOVUJE**

## 7. NÁVRH A POSOUZENÍ STROPNICE

Schéma



### 7.1 ZATÍŽENÍ

VESTAVBA		zatížení stropnice				
Skladba		gk [kN/m <sup>2</sup> ]	zat. Šířka [m]	gk [kN/m]	γ [-]	gd [kN/m]
STÁLÉ	Skladba podlahy	3,67	2,50	9,18	1,35	12,39
	Trapézový plech	0,13	2,50	0,33		0,44
	IPE průřez	-	-	0,26		0,35
CELKEM				<b>9,76</b>		<b>13,18</b>
PROMĚNNÉ	Užitné	<b>3,00</b>	<b>2,50</b>	<b>7,50</b>	1,5	<b>11,25</b>
	CELKEM stálé + užitné			<b>17,26</b>		

$$f_{(g+q),k} = 17,26 \text{ kN/m}$$

$$f_{(g+q),d} = 24,43 \text{ kN/m}$$

### 7.2 VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

#### 7.2.1 $M_y$

$$M_{Ed} = 1/8 * f * L^2$$

$$L = 7,0 \text{ m}$$

$$f_{g,d} = 24,43 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = 1/8 * 24,43 * 7,0^2 = \underline{\underline{149,63 \text{ kNm}}}$$

#### 7.2.2 $V_z$

$$V_{Ed} = 1/2 * f * L$$

$$V_{Ed} = 1/2 * 24,43 * 7,0 = \underline{\underline{85,51 \text{ kN}}}$$

### 7.3 MSÚ

#### 7.3.1 Ohybová únosnost

**NÁVRH : IPE 180**

$$W_{y,pl} := 166 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

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

$$W_{y,el} := 146 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$b := 91 \text{ mm}$$

$$I_y := 1317 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$c := 45,5 \text{ mm}$$

$$I_z := 100,9 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$t_w := 5,3 \text{ mm}$$

$$I_\omega := 7430 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$$

$$r_{..} := 9,0 \text{ mm}$$

$$I_t := 4,79 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$d := 146 \text{ mm}$$

$$A_a := 2390 \text{ mm}^2$$

**STROPNICE - PROVOZNÍ STÁDIUM - OHYB**

výpočet účinné šířky :  $b_{eff} := \min \left( 2 \cdot \frac{L_s}{8}; b \right)$

$L_s := 7,0 \text{ m}$  - délka stropnice

$b := 2,5 \text{ m}$  - rozteč stropnic

$2 \cdot \frac{L_s}{8} = 1,75 \text{ m}$

$b_{eff} := 1,75 \text{ m}$

beton: C25/30

$f_{ck} := 25 \text{ MPa}$

$\gamma_c := 1,5$

$E_{cm} := 30,5 \text{ GPa}$

$\gamma_{M0} := 1,15$

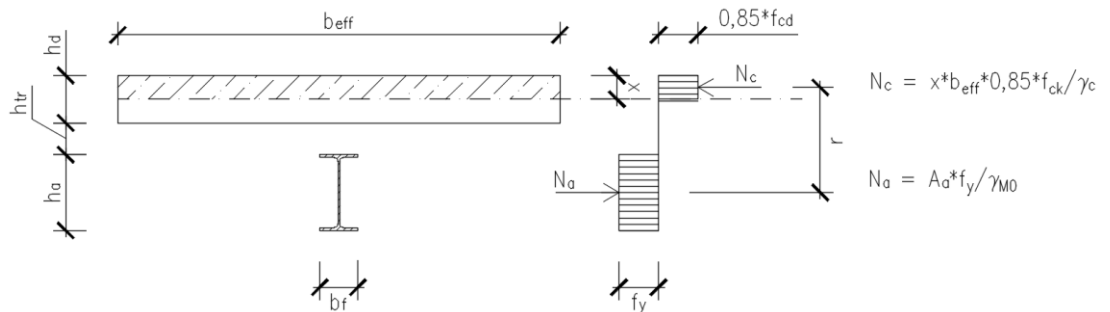
$h_d := 90 \text{ mm}$

$h_{tr} := 60 \text{ mm}$

$h_a := 180 \text{ mm}$

výpočet polohy neutrální osy :

Předpoklad - neutrální osa leží v betonové desce



$N_a := N_c$

$x \cdot b_{eff} \cdot 0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = A_d \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

$x \cdot 1,75 \cdot 0,85 \cdot \frac{25}{1,5} = 2390 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{355}{1,15}$

$x := \frac{2390 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3 \cdot 1,5}{1,15 \cdot 25 \cdot 0,85 \cdot 1,75} \text{ mm} = 29,76 \text{ mm} \leq 90 \text{ mm}$  předpoklad byl splněn

$N_c := x \cdot b_{eff} \cdot 0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 737,78 \text{ kN}$

$N_a = 737,78 \text{ kN}$

$M_{pl,Rd} := N_a \cdot r$

$r := h_d + h_{tr} + \frac{h_a}{2}$

$r = 240 \text{ mm}$

$M_{pl,Rd} = 177,07 \text{ kN m}$

$h_d := 90 \text{ mm}$

$h_{tr} := 60 \text{ mm}$

$h_a := 180 \text{ mm}$

$$M_{pl,Rd} = 191,82 \text{ kNm} > M_{Ed} = 149,63 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### 7.3.2 Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \geq V_{Ed}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{1125 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,15 \cdot \sqrt{3}}$$

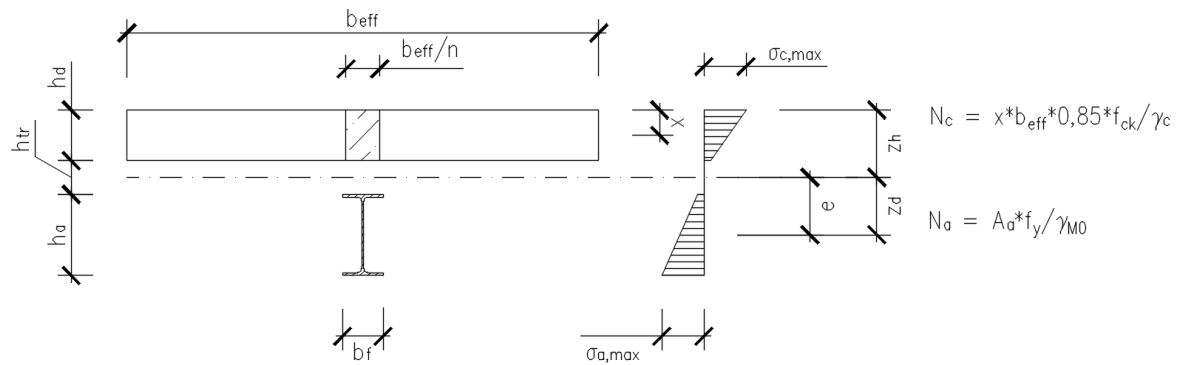
$$V_{pl,Rd} := 200,5 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := 85,51 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = 0,43 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$V_{pl,Rd} = 283,02 \text{ kN} > V_{Ed} = 125,09 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### 7.4 MSP



modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování  $E'_c := \frac{E_{cm}}{2} = \frac{30,5 \text{ GPa}}{2} = 15,25 \text{ GPa}$

pracovní součinitel pro ideální průřez  $n := \frac{E'_a}{E'_c} = \frac{210 \text{ GPa}}{15,25 \text{ GPa}} = 13,77$

charakteristické hodnoty zatížení :

$$z_a := 90 + 60 + \frac{180}{2}$$

$$A z_a = 240 \text{ mm}$$

$$z_c := \frac{90}{2} = 45 \text{ mm}$$

$$e = e_0$$

$$f_{g,k} := 17,26 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L := 7 \text{ m}$$

$$M_{Ek} := \frac{1}{8} \cdot f_{g,k} \cdot L^2 = 105,72 \text{ kN m}$$

$$V_{Ek} := \frac{1}{2} \cdot f_{g,k} \cdot L = 60,41 \text{ kN}$$

moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i := I_a + A_a \cdot (z_a - e_0)^2 + \frac{1}{n} \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot h_d^3 + b_{eff} \cdot h_d \cdot (z_d - e_0)^2 \right)$$

$$A_i := A_a + \frac{b_{eff} \cdot h_d}{n} = 2390 + \frac{1750 \cdot 90}{13,77} = 13827,91 \text{ mm}^2$$

$$e_0 := \frac{z_a \cdot A_a + z_c \cdot b_{eff} \cdot \frac{h_d}{n}}{A_i} = \frac{240 \cdot 2390 + 45 \cdot 1750 \cdot \frac{90}{13,77}}{13827,91} = 78,7$$

$$I_i := 1317 + 2390 \cdot (240 - 78,7)^2 + \frac{1}{13,77} \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot 1750 \cdot 90^3 + 1750 \cdot 90 \cdot (45 - 78,7)^2 \right)$$

$$I_i := 8289,41 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

zatížení od tr. plechu, betonu a IPE

$$M_0 := \frac{1}{8} \cdot g_{k,0} \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 2,84 \cdot 7^2 = 17,4 \text{ kN m}$$

Zatížení od tr. Plechu a IPE (str. 29), zatížení od betonové desky (str. 28)  
 **$g_{k,0} = 2,84 \text{ kN/m}$**

Zatížení od podlahy (str. 28), užité zatížení (str. 29)  
 **$g_{k,p} = 14,43 \text{ kN/m}$**

$$M_0 := \frac{1}{8} \cdot g_{k,0} \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 2,84 \cdot 7^2 = 17,4 \text{ kN m}$$

$$M_p := \frac{1}{8} \cdot g_{k,p} \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 14,43 \cdot 7^2 = 88,38 \text{ kN m}$$

Největší napětí v betonové desce :

$$\sigma_{c,max} := \frac{M_p}{n \cdot I_i} \cdot z_h = \frac{88,38}{13,77 \cdot 8289,41 \cdot 10^{-8} \cdot 1000} \cdot 0,02976 = 2,3 \text{ MPa} \leq 0,85 \cdot f_{ck}$$

$$\sigma_{c,max} := 2,3 \text{ MPa} < 0,85 \cdot f_{ck} = 21,25 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Největší napětí v ocelovém profilu :

$$\sigma_{a,max} := \sigma_0 + \sigma_p = \frac{M_0}{W_{y,pl}} + \frac{M_p}{I_i} \cdot z_d = \frac{17,4 \cdot 10^6}{166 \cdot 10^3} + \frac{88,38}{8289,41 \cdot 10^{-8} \cdot 1000} \cdot 0,19451$$

$$\sigma_{a,max} := 312,2 \text{ MPa} < f_{yk} := 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$h_d := 90 \text{ mm}$$

$$h_{tr} := 60 \text{ mm}$$

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

$$z_a := 90 + 60 + \frac{200}{2}$$

$$z_a = 250 \text{ mm}$$

$$z_c := \frac{90}{2} = 45 \text{ mm}$$

$$e = e_0$$

**PRŮHYB:**

$$\delta_2 := \frac{5}{384} \cdot \frac{(g_k + q_k) \cdot L^4}{E_a \cdot I_i} \leq \frac{L}{250}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{(9,76 + 7,5) \cdot 7,0^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 8289,41 \cdot 10^{-8}} \leq \frac{7000}{250}$$

$$\delta_2 := 31,0 \text{ mm} \leq 28 \text{ mm} \rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

**NOVÝ POSUDEK:**

**NÁVRH : IPE 200**

$$W_{y,pl} := 221 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad h := 200 \text{ mm}$$

$$\bar{W}_{y,el} := 194 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad b := 100 \text{ mm}$$

$$I_y := 1943 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad c := 50 \text{ mm}$$

$$I_z := 142,4 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad t_w := 5,6 \text{ mm}$$

$$I_\omega := 12990 \cdot 10^6 \text{ mm}^6 \quad t_f := 8,5 \text{ mm}$$

$$I_t := 6,98 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad r_{..} := 12 \text{ mm}$$

$$A_a := 2850 \text{ mm}^2 \quad d := 159 \text{ mm}$$

$$N_a := N_c$$

$$N_a := N_c$$

$$x \cdot b_{eff} \cdot 0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = A_a \cdot \frac{f_y}{\gamma_{MO}}$$

$$x \cdot 1,75 \cdot 0,85 \cdot \frac{25}{1,5} = 2850 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{355}{1,15}$$

$$x := \frac{2850 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3 \cdot 1,5}{1,15 \cdot 25 \cdot 0,85 \cdot 1,75} \text{ mm} = 35,49 \text{ mm} \leq 90 \text{ mm} \text{ předpoklad byl splněn}$$

$$N_c := x \cdot b_{eff} \cdot 0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 879,78 \text{ kN}$$

$$N_a = 879,78 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} := N_a \cdot r$$

$$r := h_d + h_{tr} + \frac{h_a}{2}$$

$$r = 250 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd,2} := 219,94 \text{ kN m}$$

**Na smyk není nutno posuzovat → větší průřez → vyhoví**



nový moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i := I_a + A_a \cdot (z_a - e_0)^2 + \frac{1}{n} \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot h_d^3 + b_{eff} \cdot h_d \cdot (z_d - e_0)^2 \right)$$

$$A_i := A_a + \frac{b_{eff} \cdot h_d}{n} = 2850 + \frac{1750 \cdot 90}{13,77} = 14287,91 \text{ mm}^2$$

$$e_0 := \frac{z_a \cdot A_a + z_c \cdot b_{eff} \cdot \frac{h_d}{n}}{A_i} = \frac{250 \cdot 2850 + 45 \cdot 1750 \cdot \frac{90}{13,77}}{14287,91} = 85,89$$

$$I_i := 1943 + 2850 \cdot (250 - 85,89)^2 + \frac{1}{13,77} \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot 1750 \cdot 90^3 + 1750 \cdot 90 \cdot (45 - 85,89)^2 \right)$$

$$I_i := 10360,31 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$M_0 := \frac{1}{8} \cdot g_{k,0} \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 2,84 \cdot 7^2 = 17,4 \text{ kN m}$$

$$M_p := \frac{1}{8} \cdot g_{k,p} \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 14,43 \cdot 7^2 = 88,38 \text{ kN m}$$

$$z_d := h_a + h_d + h_{tr} - x = 200 + 90 - 60 - 35,49 = 194,51 \text{ mm}$$

$$z_h := h_a + h_d + h_{tr} - z_d = 200 + 90 - 60 - 194,51 = 35,49 \text{ mm}$$

Největší tí v betonové desce :

$$\sigma_{c,max} := \frac{M_p}{n \cdot I_i} \cdot z_h = \frac{88,38 \cdot 1000}{13,77 \cdot 10360,31} \cdot 29,76 = 18,44 \text{ MPa} \leq 0,85 \cdot f_{ck}$$

$$\sigma_{c,max} := 18,44 \text{ MPa} < 0,85 \cdot f_{ck} = 21,25 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Největší napětí v ocelovém profilu :

$$\sigma_{a,max} := \sigma_0 + \sigma_p = \frac{M_0}{W_{y,pl}} + \frac{M_p}{I_i} \cdot z_d = \frac{17,4 \cdot 10^6}{166 \cdot 10^3} + \frac{88,38 \cdot 10^6}{10360,61 \cdot 10^4} \cdot 194,51$$

$$\sigma_{a,max} := 270,74 \text{ MPa} < f_{yk} := 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**PRŮHYB:**

$$\delta_2 := \frac{5}{384} \cdot \frac{(g_k + q_k) \cdot L^4}{E_a \cdot I_i} \leq \frac{L}{250}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{(9,76 + 7,5) \cdot 7,0^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 10360,31 \cdot 10^4} \leq \frac{7000}{250}$$

$$\delta_2 := 24,8 \text{ mm} \leq 28 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 7.5 NÁVRH A POSOUZENÍ PŘÍPOJE STROPNICE

Přípoj proveden čelní deskou, moment není přenášen

**NÁVRH : ŠROUB 4x M16 4.8**

+ plech P10

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

**Návrhové vnitřní síly :**

- viz. kapitola 7.2

$R_{1,Ed} := 85,51 \text{ kN}$

$R_{2,Ed} := R_{1,Ed} = 85,51 \text{ kN}$

**Únosnost ve stříhu :**

smyková rovina prochází závitem

$$F_{v,Rd} := n \cdot \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{Y_{M2}} \quad \alpha_v := 0,6 \text{ pro pevnostní třídu 4.8}$$

plocha dříku šroubu :

$A_s := 157 \text{ mm}^2$

počet střížných rovin :

$n := 1$

$Y_{M2} := 1,25$

$$F_{v,Rd} := n \cdot \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{Y_{M2}} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 157 \cdot 10^{-6} \cdot 400 \cdot 10^3}{1,25}$$

$F_{v,Rd} = 30,14 \text{ kN}$

**Únosnost v otláčení :**

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{Y_{M2}}$$

průměr šroubu :

$d := 16 \text{ mm}$

nejmenší tloušťka psojovaných prvků :

$t := 10 \text{ mm}$

mez pevnosti spojovaných prvků :

$f_u := 490 \text{ MPa}$

$\alpha_b$  je nejmenší z hodnot :

$\frac{e_1}{3 \cdot d_0} ; \frac{f_{ub}}{f_u} ; 1,0$  pro šrouby na konci

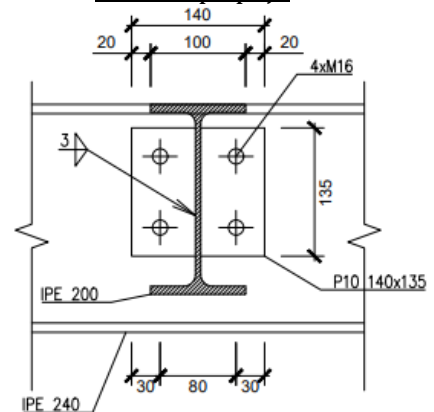
$\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} ; \frac{f_{ub}}{f_u} ; 1,0$  pro vnitřní šrouby

$k_1$  je nejmenší z hodnot :

$2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 ; 2,5$  pro šrouby u okraje

$1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7 ; 2,5$  pro vnitřní šrouby

Schéma přípoje



pro M16 :

$p_1 := 55 \text{ mm}$

$p_2 := 55 \text{ mm}$

$e_1 := 40 \text{ mm}$

$e_2 := 40 \text{ mm}$

$d_0 := 18 \text{ mm}$

$\alpha_b$  je nejmenší z hodnot :

$$\frac{e_1}{3 \cdot d_0} = 0,74 ; \frac{f_{ub}}{f_u} = 0,82 ; 1,0$$

$$\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} = 0,77 ; \frac{f_{ub}}{f_u} = 0,82 ; 1,0$$

$k_1$  je nejmenší z hodnot :

$$2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 4,52 ; \boxed{2,5}$$

$$1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7 = 2,58 ; \boxed{2,5}$$

$$\alpha_b := 0,74 ; k_1 := 2,5$$

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,82 \cdot 16 \cdot 10 \cdot 490 \cdot 10^{-3}}{1,25}$$

$$F_{b,Rd} = 116,03 \text{ kN} ;$$

**Určení počtu šroubů :**

**Střih :**

$$\frac{R_{1,Ed}}{F_{v,Rd}} = 2,84 \rightarrow \boxed{4 \text{ šrouby}}$$

**Otlačení :**

$$\frac{R_{1,Ed} + R_{2,Ed}}{F_{b,Rd}} = 1,47 \rightarrow 2 \text{ šrouby}$$

**Návrh svaru :**

čelní deska bude přivařena ke stropnici 2 koutovými svary

$$\sqrt{\sigma_{kolmo}^2 + 3 \cdot \left( \tau_{kolmo}^2 + \tau_{rovnoběžně}^2 \right)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sigma_{kolmo} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$tl. svaru a_w := 3,0 \text{ mm}$$

$$F := R_{1,Ed} = 85,51 \text{ kN}$$

zatížení působí rovnoběžně s osou svaru

$$\sigma_{kolmo} := 0 \quad \tau_{kolmo} := 0$$

$$\tau_{rovnoběžně} := \frac{F}{a_w \cdot L_w}$$

**délka svaru :**

$$L_w := 2 \cdot e_1 + (n_b - 1) \cdot p_1 = 135 \text{ mm}$$

$$\tau_{rovnoběžně} := \frac{F}{a_w \cdot L_w} = \frac{85,51}{3,0 \cdot 135}$$

$$\tau_{rovnoběžně} = 211,14 \text{ MPa}$$

počet  
šroubů  
 $n_b := 2$

**Posouzení :**

$$\tau_{\text{rovnoběžně}} = 211,14 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Smyková únosnost oslabeného průřezu stropnice :**

Plocha stojiny stropnice přenášející smyk do čelní desky

$$A_{vz} := t_w \cdot L_w = 5,3 \cdot 135$$

$$A_{vz} = 756 \text{ mm}^2$$

**Únosnost ve smyku :**

$$V_{p1,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{756 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{\sqrt{3}}$$

$$V_{p1,Rd} = 154,95 \text{ kN}$$

**Posouzení :**

$$V_{p1,Rd} = 154,95 \text{ kN} \geq R_{Ed,max} = 85,51 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

pro IPE 200

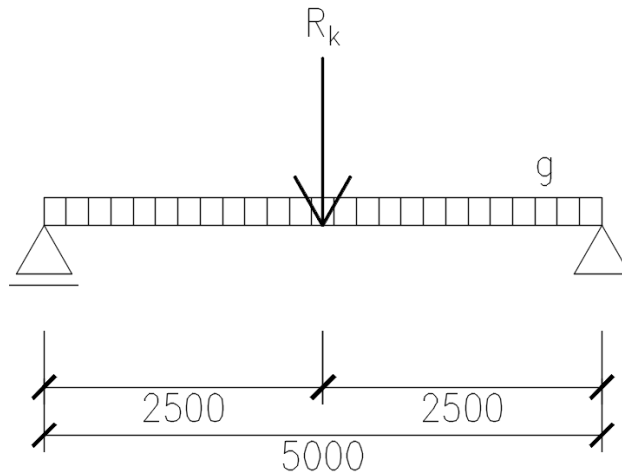
$$t_w := 5,6 \text{ mm}$$

$$f_{yd} := 355 \text{ MPa}$$

$$R_{Ed,max} := R_{1,Ed}$$

## 8. NÁVRH A POSOUZENÍ PRŮVLAKU

Schéma



### 8.1 ZATÍŽENÍ

od stropnice - resp. od dvou stropnic

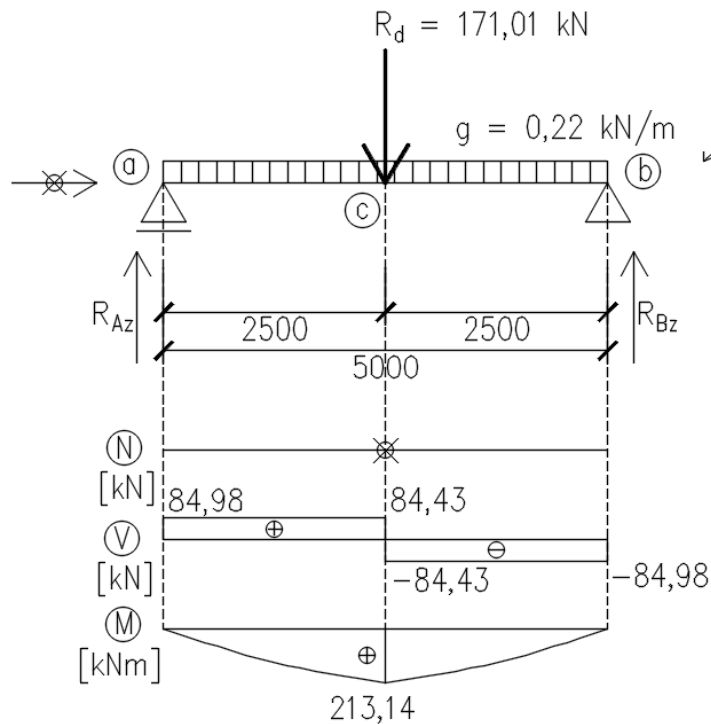
$$R_d := f_{g,d} \cdot \frac{L}{2} \cdot 2 = 24,43 \cdot \frac{7,0}{2} \cdot 2$$

$$R_d := 171,01 \text{ kN}$$

vlastní tíha

$$g := 0,22 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \text{ (odhad)}$$

## 8.2 VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL



$$\sum \uparrow: R_{Bz} \cdot 5 - R_d \cdot 2,5 - g \cdot 5^2 \cdot \frac{1}{2} = 0$$

$$R_{Bz} = 84,98 \text{ kN}$$

$$R_{Bz} = R_{Az}$$

$$V_{Ed,max} = R_{Az} = R_{Bz}$$

$$M_{Ed,max} = R_{Az} \cdot 2,5 + g \cdot 2,5^2 \cdot \frac{1}{2} = 213,14 \text{ kNm}$$

## 8.3 MSÚ

### 8.3.1 Ohybová únosnost

**NÁVRH : IPE 220**

$$W_{y,pl} := 285 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

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

$$W_{y,el} := 252 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$b := 110 \text{ mm}$$

$$I_y := 2772 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$c := 55 \text{ mm}$$

$$I_z := 204,9 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$t_w := 5,9 \text{ mm}$$

$$I_\omega := 22670 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$$

$$t_f := 9,2 \text{ mm}$$

$$I_t := 9,07 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$r_{..} := 12 \text{ mm}$$

$$A_a := 3340 \text{ mm}^2$$

$$d := 177,6 \text{ mm}$$

**PRŮVLAK - PROVOZNÍ STÁDIUM - OHYB**

$$\text{výpočet účinné šířky : } b_{eff} := \min \left( 2 \cdot \frac{L_p}{8}; b \right)$$

$$L_p := 5,0 \text{ m} - \text{délka průvlaku}$$

$$b := 7,0 \text{ m} - \text{rozteč průvlaků}$$

$$2 \cdot \frac{L_p}{8} = 1,25 \text{ m}$$

$$b_{eff} := 1,25 \text{ m}$$

beton: C25/30

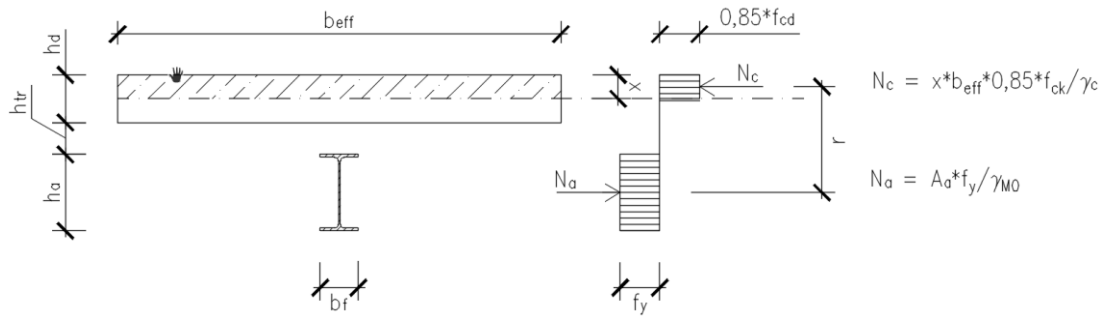
$$f_{ck} := 25 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c := 1,5$$

$$E_{cm} := 32 \text{ GPa}$$

výpočet polohy neutrální osy :

Předpoklad - neutrální osa leží v betonové desce



$$\gamma_{M0} := 1,15$$

$$N_a := N_c$$

$$x \cdot b_{eff} \cdot 0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = A_a \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$h_d := 90 \text{ mm}$$

$$x \cdot 1,25 \cdot 0,85 \cdot \frac{25}{1,5} = 3340 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{355}{1,15}$$

$$h_{tr} := 60 \text{ mm}$$

$$x := \frac{3340 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3 \cdot 1,15}{1,15 \cdot 25 \cdot 0,85 \cdot 1,25} \text{ mm} = 58,22 \text{ mm} < 90 \text{ mm} \text{ předpoklad splněn}$$

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

$$N_c := x \cdot b_{eff} \cdot 0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1031,04 \text{ kN}$$

$$N_a = 1031,04 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} := N_a \cdot r$$

$$r := h_d + h_{tr} + \frac{h_a}{2}$$

$$r = 260 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = 268,07 \text{ kN m}$$

$$M_{pl,Rd} = 268,07 \text{ kNm} > M_{Ed} = 213,14 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### 8.3.2 Smyková únosnost

$$A_{vz} := 1588 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \geq V_{Ed}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{1588 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,15 \cdot \sqrt{3}}$$

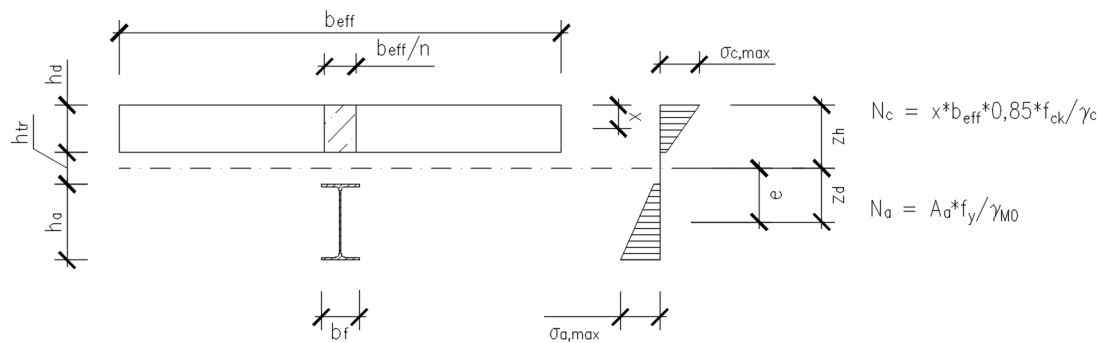
$$V_{pl,Rd} := 283,02 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := 84,98 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = 0,3 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$V_{pl,Rd} = 283,02 \text{ kN} > V_{Ed} = 84,98 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### 8.4 MSP



$$\sigma_{c,max} := \frac{M_k}{n \cdot I_i} \cdot z_h \leq 0,85 \cdot f_{ck}$$

$$\sigma_{a,max} := \frac{M_k}{I_i} \cdot z_d \leq f_{yk}$$

modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování  $E'_c := \frac{E_{cm}}{2} = \frac{30,5 \text{ GPa}}{2} = 15,25 \text{ GPa}$

pracovní součinitel pro ideální průřez  $n := \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210 \text{ GPa}}{15,25 \text{ GPa}} = 13,77$

charakteristické hodnoty zatížení :

$$f_{g,k} := 17,26 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L := 7 \text{ m}$$

$$M_{Ek} := \frac{1}{8} \cdot f_{g,k} \cdot L^2 = 105,72 \text{ kN m}$$

$$z_a := 90 + 60 + \frac{220}{2}$$

$$z_a = 260 \text{ mm}$$

$$z_c := \frac{90}{2} = 45 \text{ mm}$$

$$e = e_0$$

moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i := I_a + A_a \cdot (z_a - e_0)^2 + \frac{1}{n} \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot h_d^3 + b_{eff} \cdot h_d \cdot (z_d - e_0)^2 \right)$$

$$A_i := A_a + \frac{b_{eff} \cdot h_d}{n} = 3340 + \frac{1750 \cdot 90}{13,77} = 14447,91 \text{ mm}^2$$

$$e_0 := \frac{z_a \cdot A_a + z_c \cdot b_{eff} \cdot \frac{h_d}{n}}{A_i} = \frac{260 \cdot 3340 + 45 \cdot 1750 \cdot \frac{90}{13,77}}{14447,91} = 95,73$$

$$I_i := 2772 + 3340 \cdot (250 - 95,73)^2 + \frac{1}{13,77} \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot 1750 \cdot 90^3 + 1750 \cdot 90 \cdot (45 - 95,73)^2 \right)$$

$$I_i := 11642,73 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$M_0 := \frac{1}{8} \cdot g_{k,0} \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 2,84 \cdot 7^2 = 17,4 \text{ kN m}$$

$$M_p := \frac{1}{8} \cdot g_{k,p} \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 14,43 \cdot 7^2 = 88,38 \text{ kN m}$$

$$z_d := h_a + h_d + h_{tr} - x = 220 + 90 + 60 - 58,22 = 311,78 \text{ mm}$$

$$z_h := h_a + h_d + h_{tr} - z_d = 220 + 90 + 60 - 311,78 = 58,22 \text{ mm}$$

Největší napětí v betonové desce :

$$\sigma_{c,max} := \frac{M_p}{n \cdot I_i} \cdot z_h = \frac{88,38}{13,77 \cdot 11642,73 \cdot 10^{-8} \cdot 1000} \cdot 0,05822 = 3,21 \text{ MPa} \leq 0,85 \cdot f_{ck}$$

$$\sigma_{c,max} := 3,21 \text{ MPa} < 0,85 \cdot f_{ck} = 21,25 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Největší napětí v ocelovém profilu :

$$\sigma_{a,max} := \sigma_0 + \sigma_p = \frac{M_0}{W_{y,p1}} + \frac{M_p}{I_i} \cdot z_d = \frac{17,4 \cdot 10^6}{285 \cdot 10^3} + \frac{88,38}{11642,73 \cdot 10^{-8} \cdot 1000} \cdot 0,31178$$

$$\sigma_{a,max} := 297,72 \text{ MPa} < f_{yk} := 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Průhyb od porměnného zatížení:

$$\delta := \frac{1}{48} \cdot \frac{Q_k \cdot L^3}{E_a \cdot I_i} \leq \frac{L}{400}$$

Jen od užitého zatížení :

$$Q_k := g_k \cdot L = 7,5 \cdot 7,0 = 52,5 \text{ kN}$$

$$\delta = \frac{1}{48} \cdot \frac{52,5 \cdot 7,0^3}{210 \cdot 10^3 \cdot 11642,73 \cdot 10^{-8}} \leq \frac{7000}{400}$$

$$\delta = 15,34 \text{ mm} \leq 17,5 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



**Průhyb od celkového zatížení:**

$$\delta := \frac{1}{E_a \cdot I_i} \cdot \left( \frac{5}{384} \cdot g_{IPE} \cdot L^4 + \frac{1}{48} \cdot F_k \cdot L^3 \right) \leq \frac{L}{250}$$

$$g_{IPE} := 0,26 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$F_k := 17,0 \cdot 7,0 = 119 \text{ kN}$$

$$\delta = \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot 11642,73 \cdot 10^{-8}} \cdot \left( \frac{5}{384} \cdot 0,26 \cdot 7,0^4 + \frac{1}{48} \cdot 119 \cdot 7,0^3 \right) \leq \frac{7000}{250}$$

$$\delta = 35,11 \text{ mm} \leq 28 \text{ mm} \rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

**NÁVRH VĚTŠÍHO PROFILU - IPE 240 → NEBUDEME POSUZOVAT, NÁVRH VYHOVÍ**

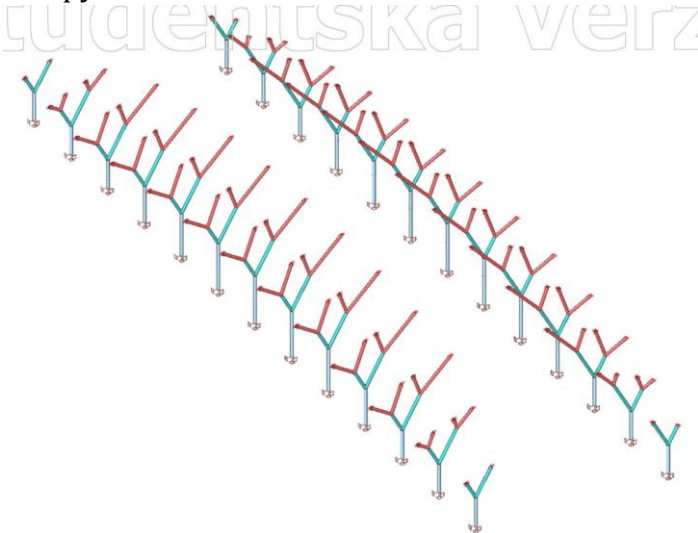
## 9. NUMERICKÝ MODEL KONSTRUKCE

Výpočet vnitřních sil provedeme v softwaru Scia Engineer 22 [11]

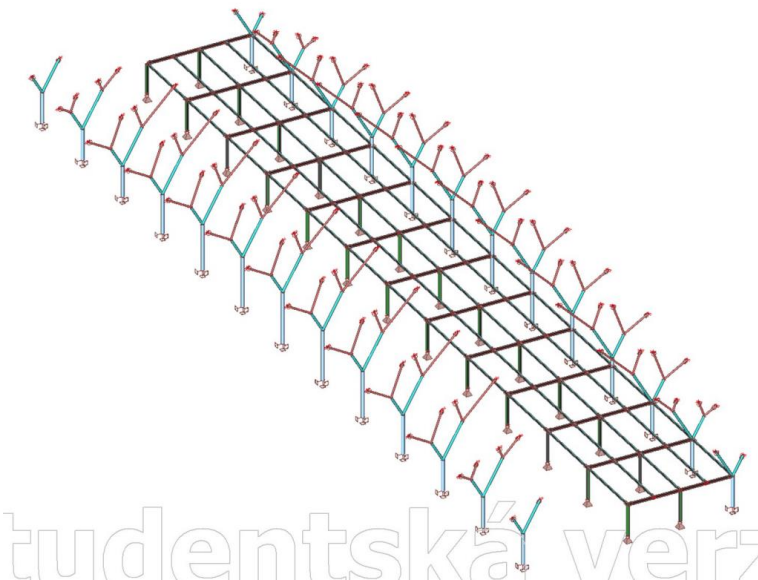
Zaměříme se na výpočet a posouzení nejlépe zatížené konstrukce

### 9.1 SCHÉMA KONSTRUKCE

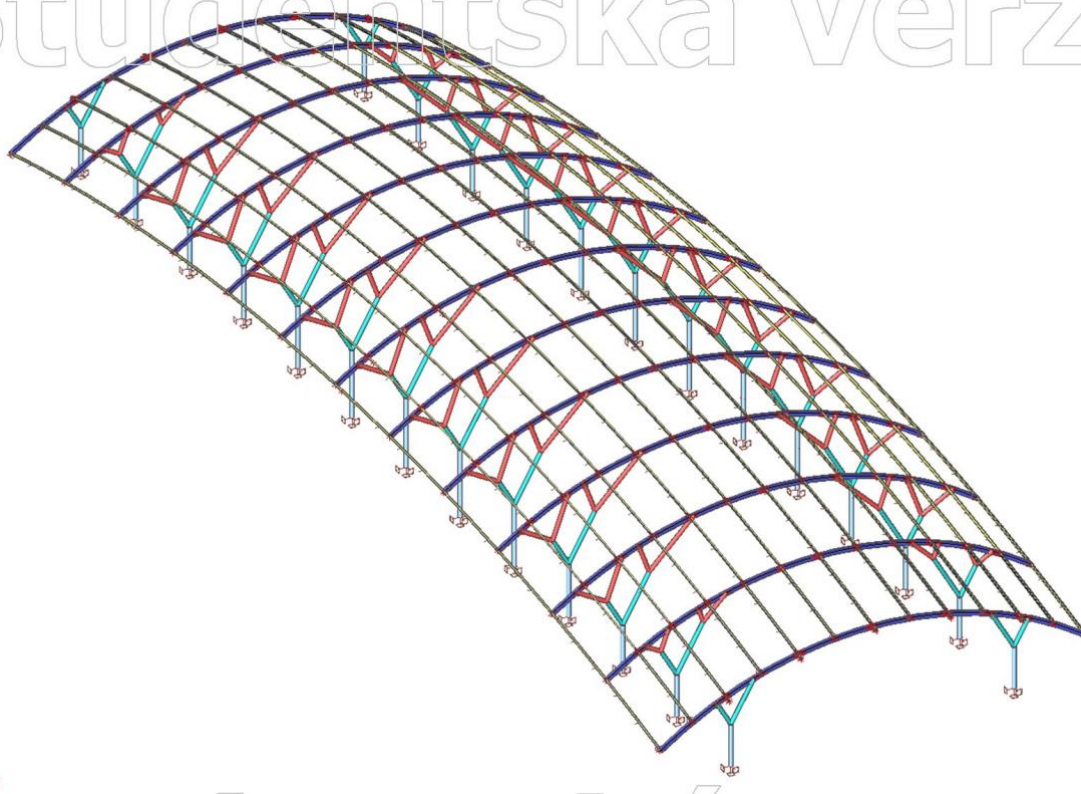
Sloupy



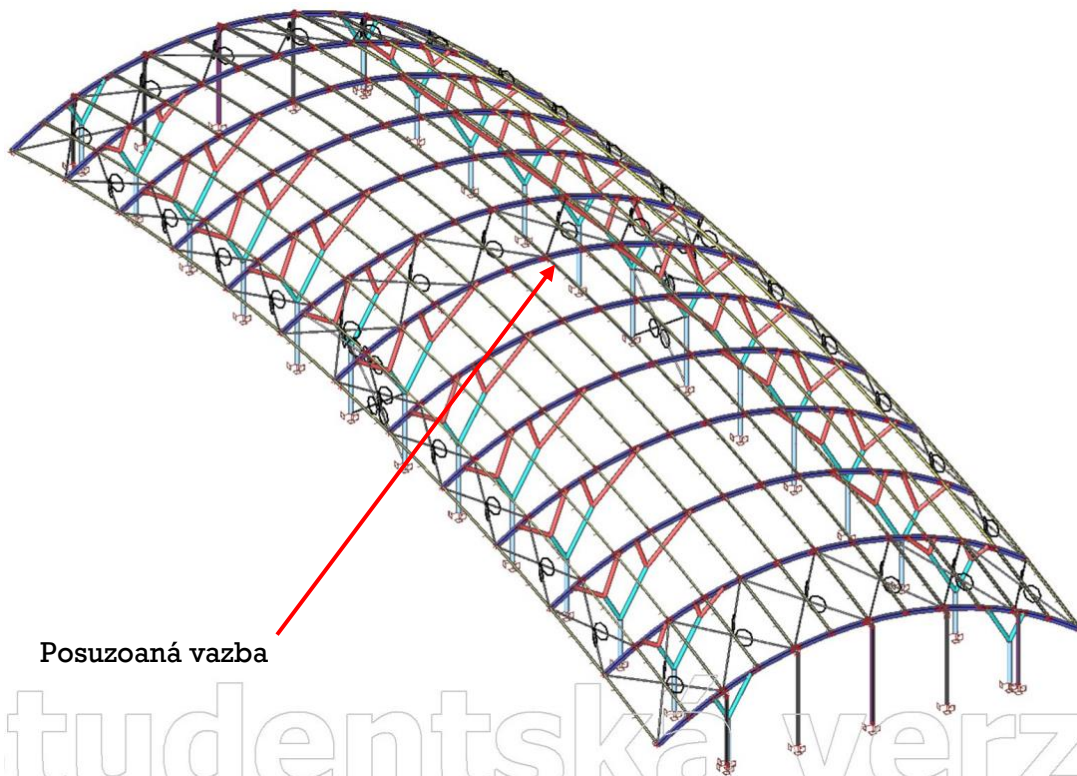
Sloupy + vestavba



### Základní konstrukce haly

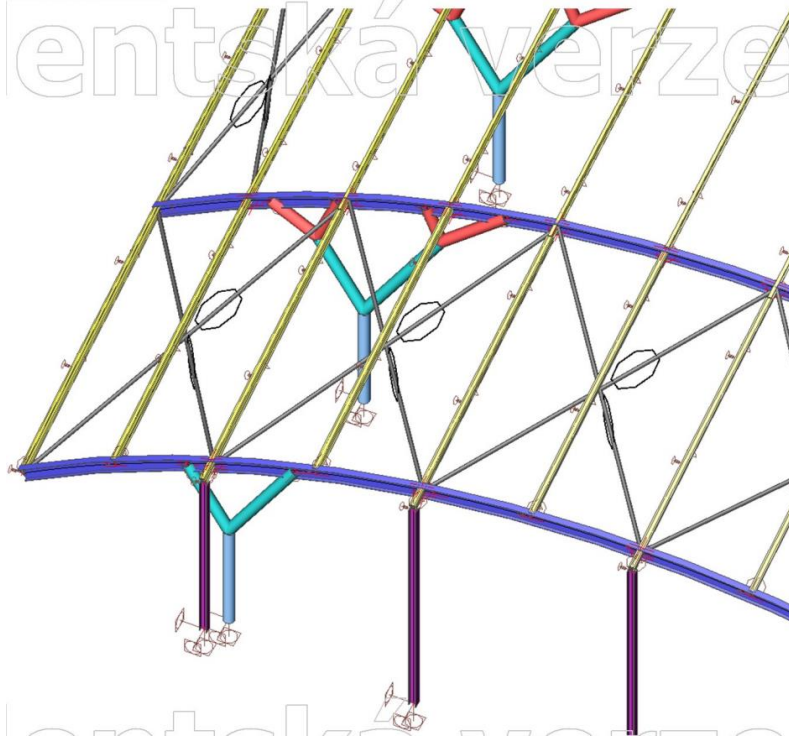


### Kompletní nosná konstrukce

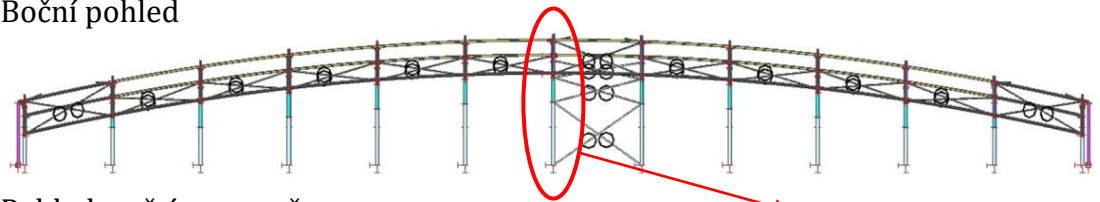


Posuzovaná vazba

Detailní pohled na štítovou stěnu



Boční pohled



Pohled na štítovou stěnu

Posuzovaná vazba

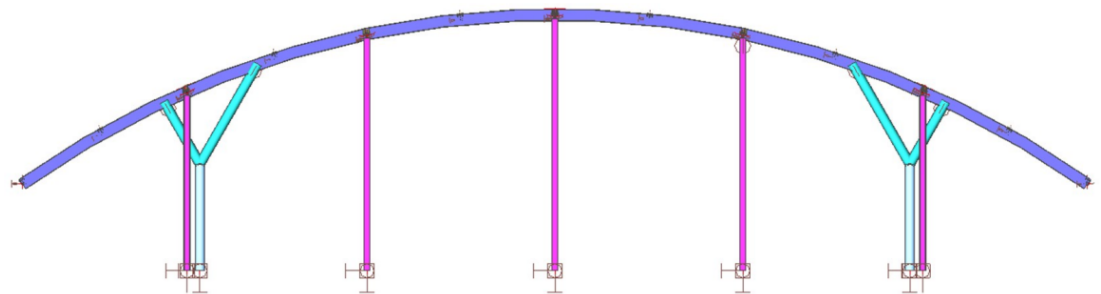
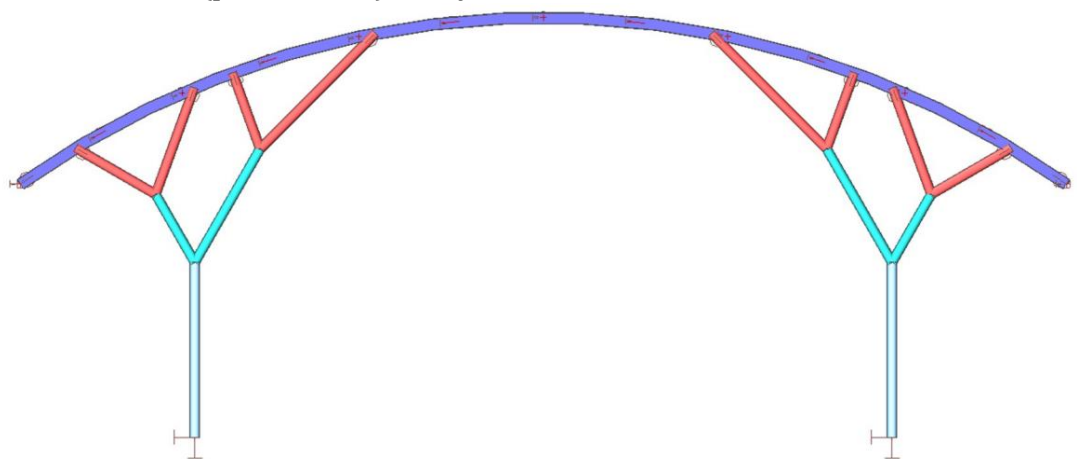


Schéma hlavní (posuzované) vazby



## 9.2 VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

### 9.2.1 Zatěžovací stavy

#### **Stálé**

ZS\_1 – Vlastní tíha

ZS\_2 – Stálé

#### **Proměnné**

ZS\_3 – Kategorie H

ZS\_4 – Kategorie C

ZS\_5 – Sníh 1

ZS\_6 – Sníh 2

ZS\_7 – Sníh 3

ZS\_8 – Vítr příčný - štítová stěna

ZS\_9 – Vítr příčný - stěna

ZS\_10 – Vítr příčný - střecha

ZS\_11 – Vítr podélný - štítová stěna

ZS\_12 – Vítr podélný - stěna

ZS\_13 - Vítr podélný - střecha

### 9.2.2 Kombinace zatěžovacích stavů

#### MSÚ

```

KZ_1 - g
KZ_2 - g + q + s_1
KZ_3 - g + q + s_2
KZ_4 - g + q + s_3
KZ_5 - g + q + s_1 + 0,9*w_1
KZ_6 - g + q + s_2 + 0,9*w_1
KZ_7 - g + q + s_3 + 0,9*w_1
KZ_8 - g + q + s_1 + 0,9*w_2
KZ_9 - g + q + s_2 + 0,9*w_2
KZ_10 - g + q + s_3 + 0,9*w_2
KZ_11 - g + q + 0,75*s_1 + w_1
KZ_12 - g + q + 0,75*s_2 + w_1
KZ_13 - g + q + 0,75*s_3 + w_1
KZ_14 - g + q + 0,75*s_1 + w_2
KZ_15 - g + q + 0,75*s_2 + w_2
KZ_16 - g + q + 0,75*s_3 + w_2
KZ_17 - g_min + w_1
KZ_18 - g_min + w_2

```

Obrázek 21 - kombinace zatěžovacích stavů ve Scia Engineer

#### MSP

```

KZ_2_MSP - g + q + s_1
KZ_3_MSP - g + q + s_2
KZ_10_MSP - g + q + s_3 + w_2

```

Obrázek 22 - kombinace zatěžovacích stavů ve Scia Engineer



9.2.3 C

Jméno	Klíč kombinace
KZ_4/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4 + 1.50*ZS7
KZ_3/2	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4 + 1.50*ZS6
KZ_18/3	ZS1 + ZS2 + 1.50*ZS11 + 1.50*ZS13 + 1.50*ZS12
KZ_16/4	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4 + 1.50*ZS11 + 0.75*ZS7 + 1.50*ZS13 + 1.50*ZS12
KZ_2/5	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4 + 1.50*ZS5
KZ_10/6	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4 + 0.90*ZS11 + 1.50*ZS7 + 0.90*ZS13 + 0.90*ZS12
MSÚ-Sada B (auto)/7	
KZ_17/8	ZS1 + ZS2 + 1.50*ZS8 + 1.50*ZS9 + 1.50*ZS10
KZ_14/9	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4 + 0.75*ZS5 + 1.50*ZS11 + 1.50*ZS13 + 1.50*ZS12
KZ_6/10	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS8 + 0.90*ZS9 + 0.90*ZS10
KZ_15/11	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4 + 1.50*ZS11 + 0.75*ZS6 + 1.50*ZS13 + 1.50*ZS12
KZ_9/12	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4 + 0.90*ZS11 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS13 + 0.90*ZS12
KZ_8/13	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS11 + 0.90*ZS13 + 0.90*ZS12
KZ_19/14	1.50*ZS1 + 1.50*ZS2 + 1.50*ZS4
KZ_12/15	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4 + 0.75*ZS6 + 1.50*ZS8 + 1.50*ZS9 + 1.50*ZS10

9.3 TABULKOVÉ VÝSLEDKY VŠECH ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

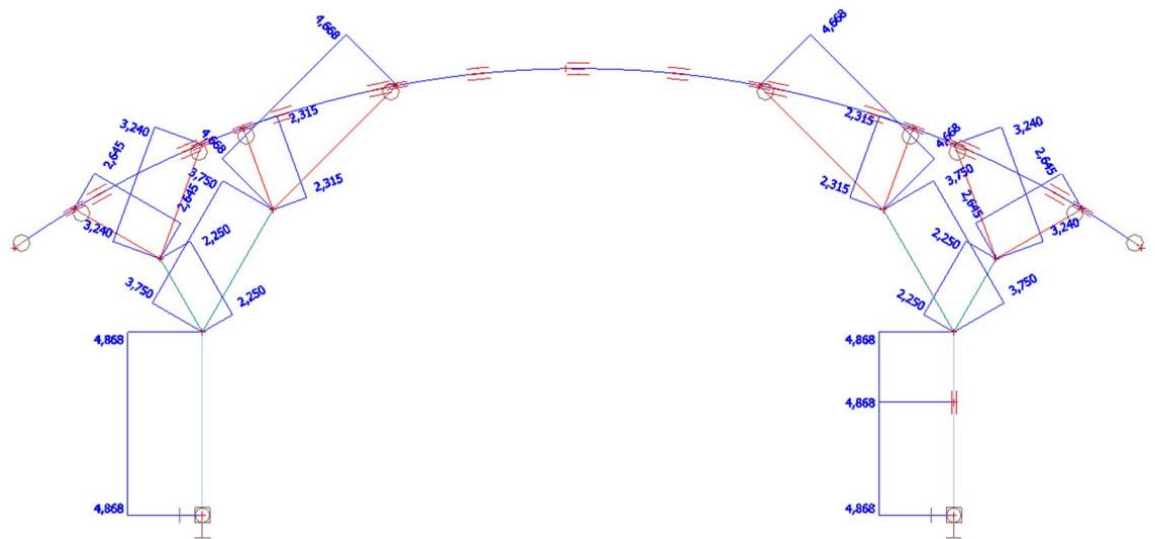
Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
Vazník	11,137+	KZ_4/1	<b>-111,08</b>	-2,64	47,08	0,04	-52,70	2,90
Vazník	21,318-	KZ_2/2	<b>169,94</b>	2,21	105,64	0,32	-31,64	2,60
Vazník	29,313+	KZ_5/3	2,77	<b>37,42</b>	-70,51	-0,39	-63,32	-14,15
Vazník	11,137-	KZ_4/1	114,38	-3,67	<b>-104,55</b>	0,03	-52,70	2,90
Vazník	20,841+	KZ_2/2	168,04	2,21	<b>109,10</b>	0,28	-82,91	1,55
Vazník	5,330+	KZ_9/4	135,88	-3,90	-46,42	<b>-0,67</b>	11,71	8,69
Vazník	2,279-	KZ_3/5	11,69	<b>-45,98</b>	95,84	<b>0,59</b>	-122,51	-0,62
Vazník	1,892+	KZ_3/5	9,96	-45,98	96,28	0,42	<b>-159,61</b>	<b>17,14</b>
Vazník	15,989-	KZ_2/2	-91,42	2,04	27,86	0,05	<b>119,87</b>	2,91
Vazník	2,665+	KZ_3/5	108,70	10,95	46,37	0,44	-85,59	<b>-18,39</b>
Sloup_spodní	0,000	KZ_10/6	-348,82	2,11	<b>-64,22</b>	2,67	<b>161,27</b>	0,00
Sloup_spodní	0,000	KZ_17/7	-153,57	0,80	<b>17,69</b>	1,48	-36,07	0,00
Sloup_spodní	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/8	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	0,00	<b>0,00</b>	0,00	0,00
Sloup_spodní	5,000	KZ_2/2	-448,05	1,85	-55,80	<b>3,61</b>	<b>-136,67</b>	9,23
Sloup_spodní	0,000	KZ_2/2	<b>-476,80</b>	1,85	-55,80	3,61	142,35	<b>0,00</b>
Sloup_spodní	5,000	KZ_14/9	-248,57	<b>2,59</b>	-38,11	2,38	-107,39	<b>12,94</b>
Sloup_spodní13	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/8	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	0,00	0,00
Sloup_spodní13	0,000	KZ_8/10	-428,34	2,16	<b>55,21</b>	-1,55	<b>-133,58</b>	0,00
Sloup_spodní13	5,000	KZ_4/1	-439,11	1,41	48,74	-1,64	<b>124,27</b>	7,07
Sloup_spodní13	0,000	KZ_3/5	<b>-520,98</b>	1,95	21,15	<b>-2,54</b>	-54,24	<b>0,00</b>
Sloup_spodní13	5,000	KZ_9/4	-371,01	<b>2,52</b>	17,36	-2,08	50,62	<b>12,61</b>
Sloupy_střední12	0,000	KZ_3/5	<b>-167,72</b>	14,26	-30,96	-2,58	55,64	-11,02
Sloupy_střední12	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/8	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	0,00	<b>0,00</b>	0,00	0,00
Sloupy_střední12	2,250	KZ_17/7	-68,17	7,58	<b>2,29</b>	-1,43	0,17	11,58
Sloupy_střední12	0,000	KZ_14/9	-85,73	10,65	-27,36	<b>-3,60</b>	62,54	-11,13

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
Sloupy_střední12	2,250	KZ_2/2	-153,72	15,18	-64,19	-2,70	-36,84	22,23
Sloupy_střední12	0,000	KZ_2/2	-155,40	15,18	-52,60	-2,70	94,55	-11,92
Sloupy_střední12	0,000	KZ_8/10	-123,02	13,78	-45,28	-3,47	88,15	-12,49
Sloupy_střední13	0,000	KZ_2/2	-383,71	0,36	12,44	-1,23	-42,12	-2,11
Sloupy_střední13	0,000	KZ_18/11	-102,16	-0,52	12,09	1,10	-30,46	2,03
Sloupy_střední13	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sloupy_střední13	0,000	KZ_10/6	-300,74	-0,12	19,20	-0,02	-55,18	0,03
Sloupy_střední13	3,750	KZ_16/12	-214,40	-0,43	16,28	0,78	15,68	-0,16
Sloupy_střední13	0,000	KZ_5/3	-317,36	0,38	9,64	-1,29	-31,11	-2,20
Sloupy_střední41	0,000	KZ_3/5	-217,89	-17,43	-29,22	3,95	46,53	12,43
Sloupy_střední41	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sloupy_střední41	2,250	KZ_2/2	-159,16	-14,60	-61,29	3,26	-37,51	-22,50
Sloupy_střední41	0,000	KZ_2/2	-160,84	-14,60	-49,69	3,26	87,34	10,35
Sloupy_střední41	2,250	KZ_3/5	-216,22	-17,43	-40,82	3,95	-32,26	-26,78
Sloupy_střední41	0,000	KZ_9/4	-186,66	-16,05	-21,87	4,70	39,97	12,90
Sloupy_střední42	0,000	KZ_2/2	-363,55	-0,48	8,15	1,61	-31,64	2,12
Sloupy_střední42	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sloupy_střední42	0,000	KZ_3/5	-315,21	-0,52	-0,35	1,71	-5,00	2,45
Sloupy_střední42	3,750	KZ_6/13	-271,79	-0,48	-4,22	1,58	-11,00	0,49
Sloupy_střední42	0,000	KZ_4/1	-352,47	-0,51	20,43	1,78	-55,33	2,19
Sloupy_střední42	0,000	KZ_10/6	-301,88	-0,10	23,47	0,78	-60,98	0,38
Sloupy_střední42	3,750	KZ_10/6	-299,09	-0,10	21,86	0,78	24,04	0,02
Sloupy_střední42	0,000	KZ_18/11	-92,94	0,44	9,66	-0,82	-24,55	-1,91
Sloupy_vrchní	2,645	KZ_18/11	-68,07	-2,17	-7,05	0,37	0,00	0,00
Sloupy_vrchní	0,000	KZ_8/10	-166,46	-6,06	17,82	0,24	-21,17	16,03
Sloupy_vrchní	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sloupy_vrchní	0,000	KZ_14/9	-128,94	-4,46	17,27	0,38	-15,16	11,79
Sloupy_vrchní	0,000	KZ_2/2	-185,63	-6,96	16,11	0,03	-23,48	18,42
Sloupy_vrchní	1,587-	KZ_18/11	-68,40	-2,17	0,68	0,37	3,37	2,30
Sloupy_vrchní1	0,000	KZ_12/14	-49,82	2,28	-0,26	-0,49	2,39	-7,37
Sloupy_vrchní1	3,240	KZ_16/12	16,06	0,71	-1,42	-0,57	0,00	0,00
Sloupy_vrchní1	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sloupy_vrchní1	3,240	KZ_2/2	-3,09	2,78	-4,60	-0,63	0,00	0,00
Sloupy_vrchní1	0,000	KZ_8/10	7,18	1,92	-2,78	-0,67	10,55	-6,22
Sloupy_vrchní1	0,000	KZ_17/7	-37,10	1,44	0,52	-0,31	-0,54	-4,66
Sloupy_vrchní1	0,000	KZ_2/2	-5,70	2,78	-3,65	-0,63	13,37	-8,99
Sloupy_vrchní2	0,000	KZ_2/2	-312,37	-0,60	2,25	-0,42	-3,89	2,81
Sloupy_vrchní2	0,000	KZ_5/3	-258,22	-0,61	2,15	-0,43	-3,40	2,85
Sloupy_vrchní2	4,668	KZ_16/12	-160,44	-0,29	-1,86	-0,46	0,00	0,00
Sloupy_vrchní2	0,000	KZ_10/6	-233,44	-0,42	1,21	-0,48	0,95	1,97
Sloupy_vrchní2	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sloupy_vrchní2	0,000	KZ_3/5	-247,31	-0,56	2,31	-0,39	-4,15	2,61
Sloupy_vrchní2	1,400	KZ_16/12	-162,42	-0,29	0,12	-0,46	2,85	0,96
Sloupy_vrchní3	0,000	KZ_2/2	-119,09	-0,96	2,68	2,51	-5,42	2,23
Sloupy_vrchní3	0,000	KZ_5/3	-97,28	-0,99	2,69	2,53	-5,44	2,30
Sloupy_vrchní3	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sloupy_vrchní3	0,000	KZ_16/12	-80,40	0,14	6,21	2,05	-13,59	-0,33
Sloupy_vrchní3	0,000	KZ_18/11	-41,78	0,40	4,74	1,33	-10,40	-0,92
Sloupy_vrchní44	0,000	KZ_2/2	-300,54	0,95	2,55	0,03	-5,28	-4,43
Sloupy_vrchní44	4,668	KZ_10/6	-224,88	0,94	-2,32	0,07	0,00	0,00
Sloupy_vrchní44	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sloupy_vrchní44	0,000	KZ_15/15	-153,64	0,67	1,71	0,15	-1,38	-3,13
Sloupy_vrchní44	0,000	KZ_6/13	-235,47	0,98	3,00	0,08	-7,38	-4,57
Sloupy_vrchní44	0,934-	KZ_10/6	-227,15	0,94	-0,05	0,07	4,43	-3,50
Sloupy_vrchní44	0,000	KZ_4/1	-274,53	1,03	1,00	0,01	1,94	-4,83
Sloupy_vrchní45	0,000	KZ_18/11	-35,89	-0,11	3,73	-1,77	-8,04	0,25
Sloupy_vrchní45	2,315	KZ_6/13	-67,38	1,46	-1,90	-3,53	0,00	0,00
Sloupy_vrchní45	0,000	KZ_9/4	-73,63	1,01	0,90	-3,58	-1,29	-2,35
Sloupy_vrchní45	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sloupy_vrchní45	0,000	KZ_10/6	-112,30	1,03	8,90	-3,51	-19,82	-2,39
Sloupy_vrchní45	0,000	KZ_6/13	-69,25	1,46	-1,22	-3,53	3,62	-3,39
Sloupy_vrchní45	0,000	KZ_4/1	-122,26	1,54	7,39	-3,46	-16,33	-3,57
Sloupy_vrchní66	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sloupy_vrchní66	2,645	KZ_16/12	-121,83	4,58	-7,83	-0,53	0,00	0,00
Sloupy_vrchní66	0,000	KZ_8/10	-163,83	6,32	17,96	-0,41	-21,55	-16,73
Sloupy_vrchní66	0,000	KZ_2/2	-187,75	7,19	16,23	-0,20	-23,80	-19,01





Systémové délky jednotlivých částí sloupu

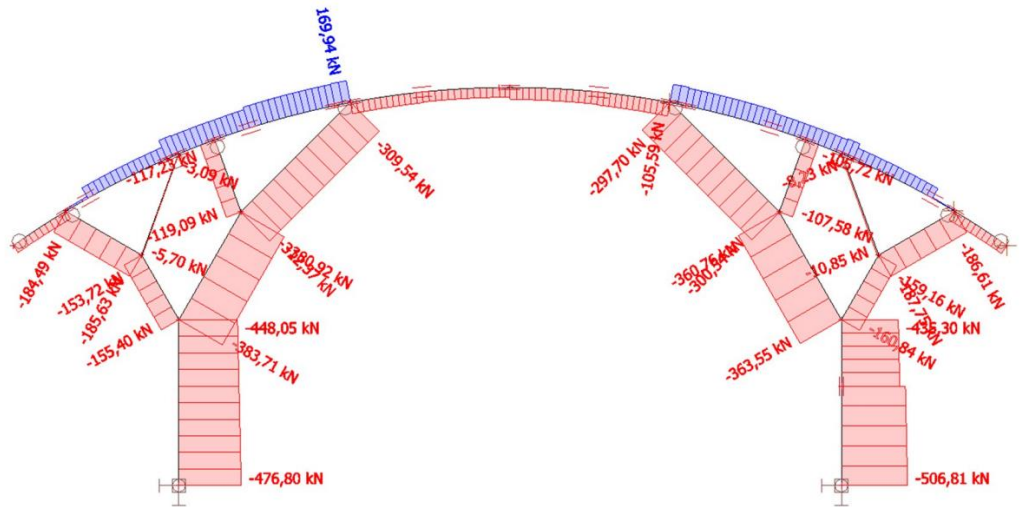


#### 9.4\_VYKRESLENÍ VÝLEDKŮ MSÚ Výsledky nejnepříznivějších kombinací

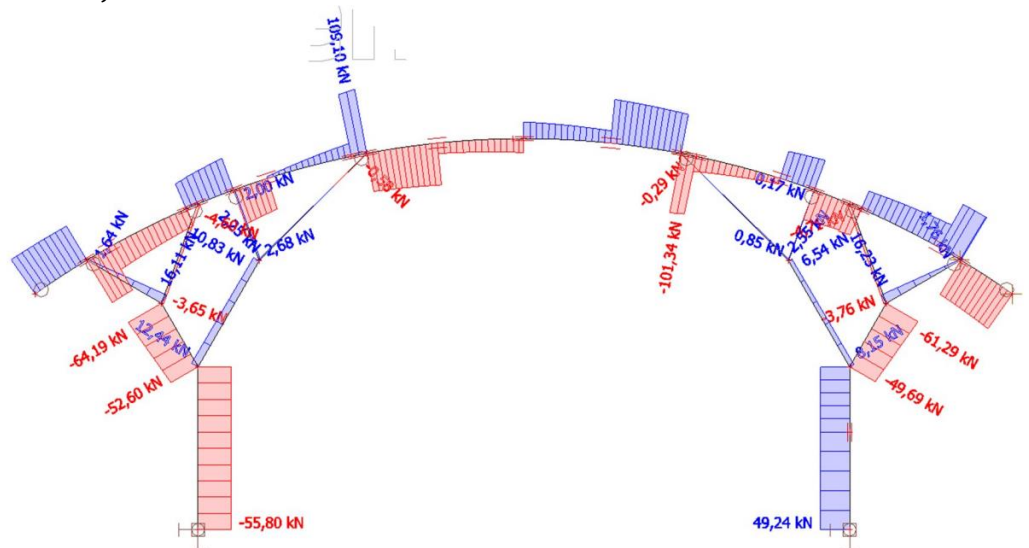


**KZ\_2 (KZ\_2/5); KZ\_3 (KZ\_3/2); KZ\_10 (KZ\_10/6)**

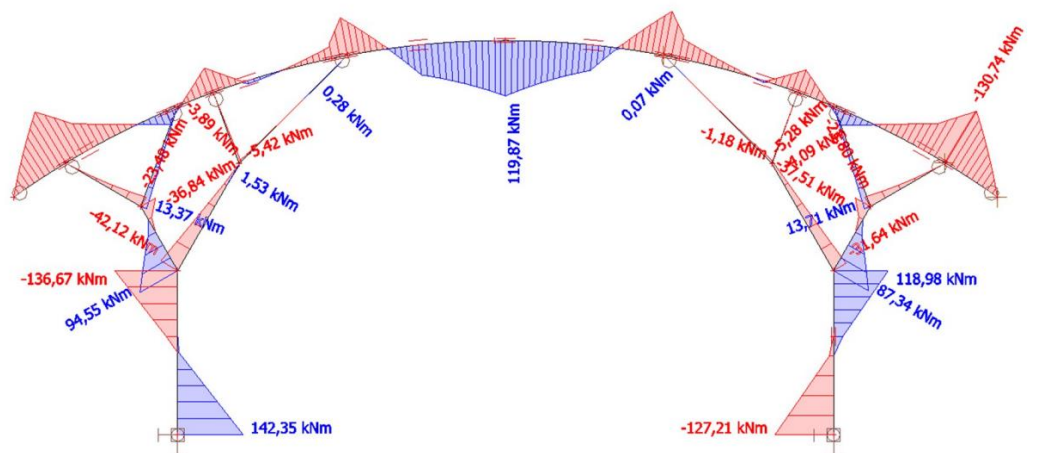
**9.4.1 Normálová síla od KZ 2**



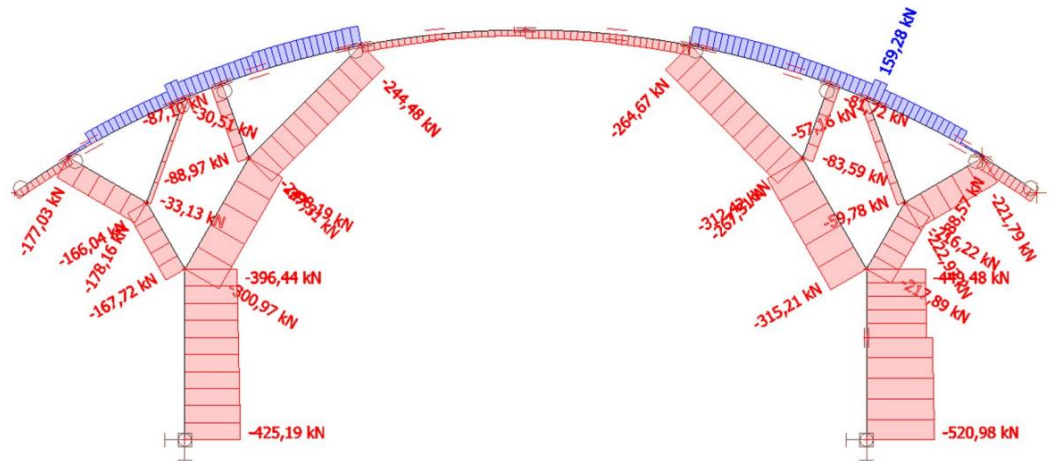
**9.4.2 Posouvající síla od KZ 2**



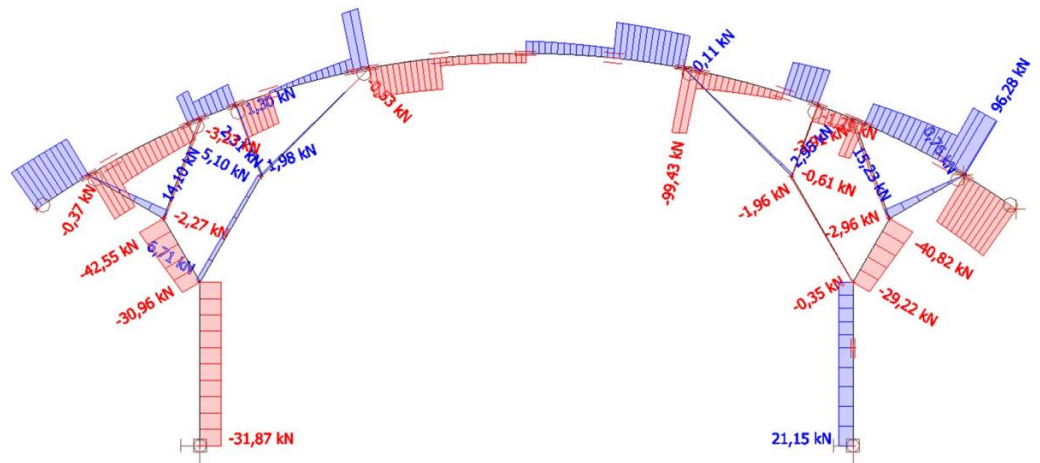
**9.4.3 Ohybový moment od KZ 2**



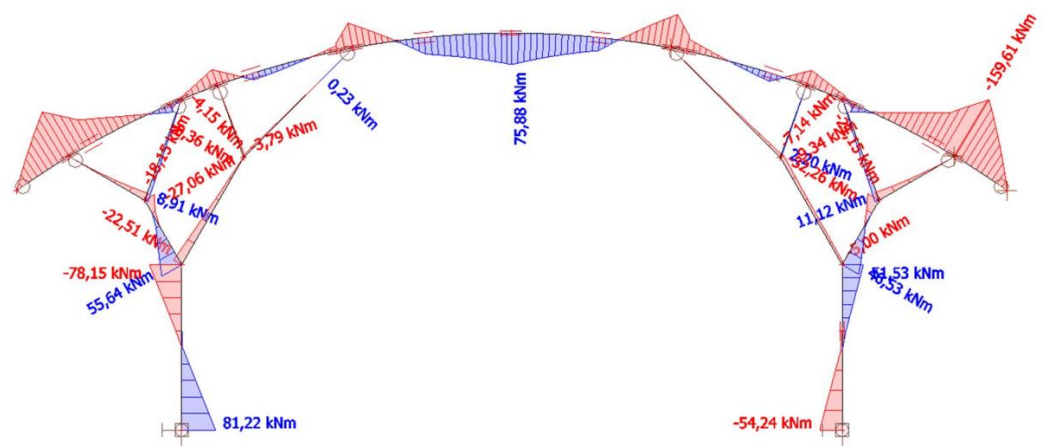
9.4.4 Normálová síla od KZ 3



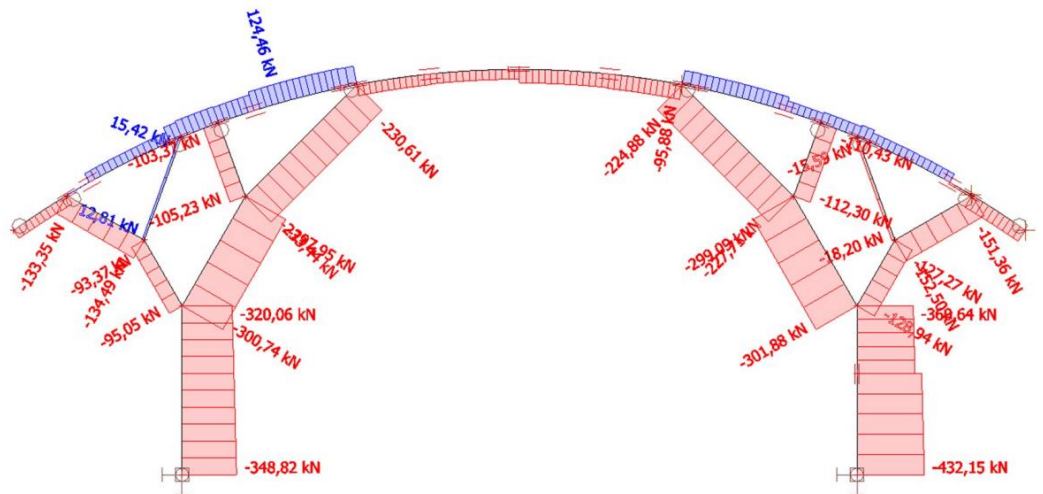
9.4.5 Posouvající síla od KZ 3



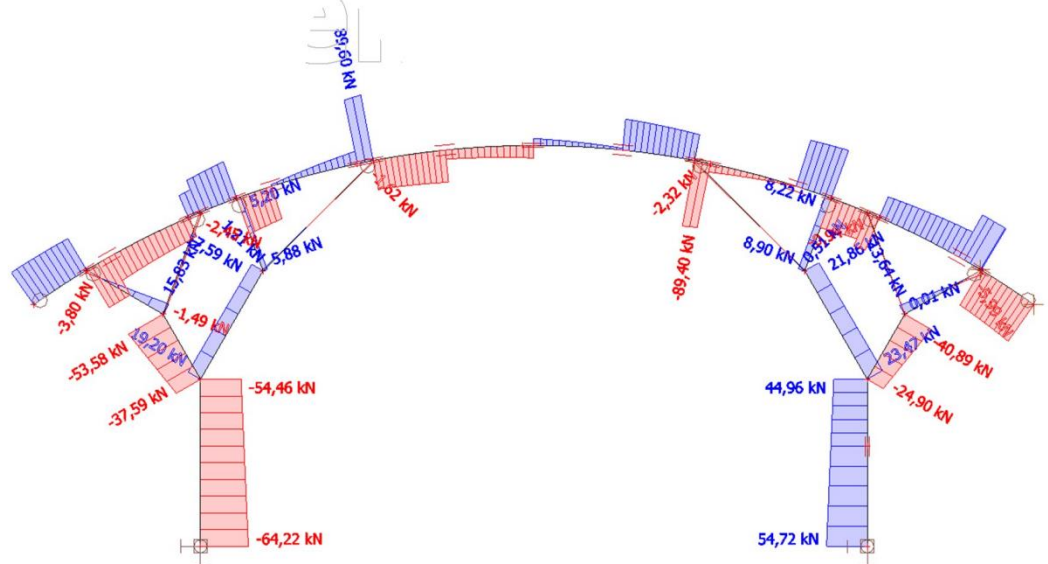
9.4.6 Ohybový moment od KZ 3



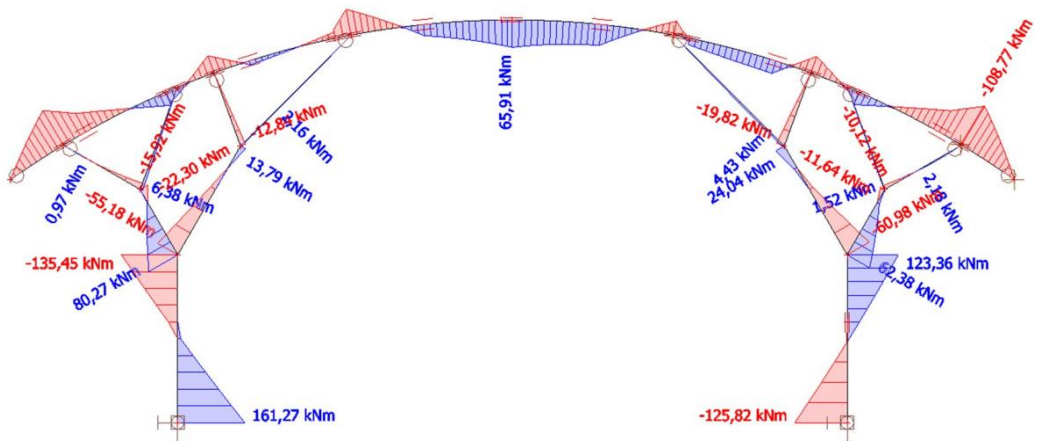
9.4.7 Normálová síla od KZ 10



9.4.8 Posouvající síla od KZ 10



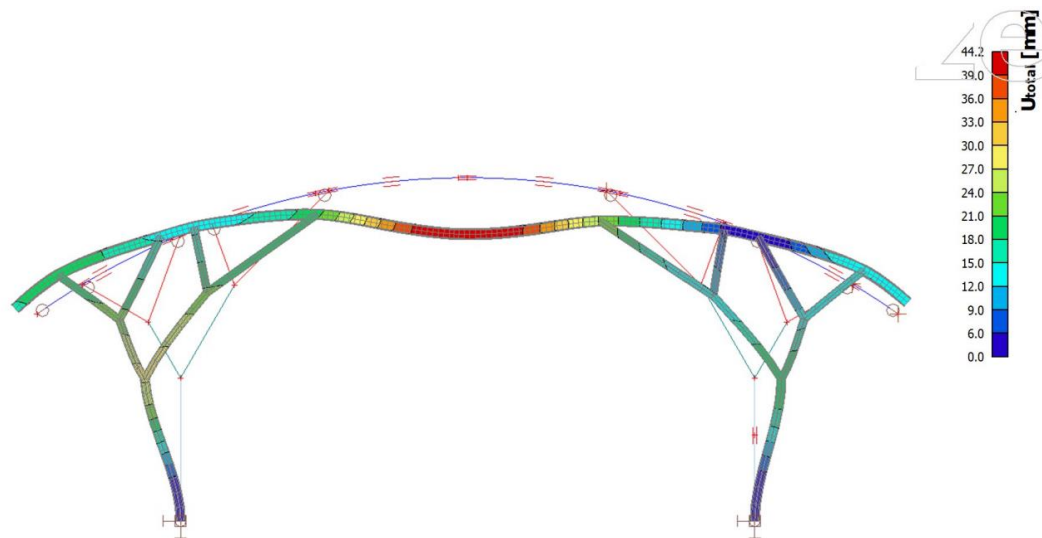
9.4.9 Ohybový moment od KZ 10



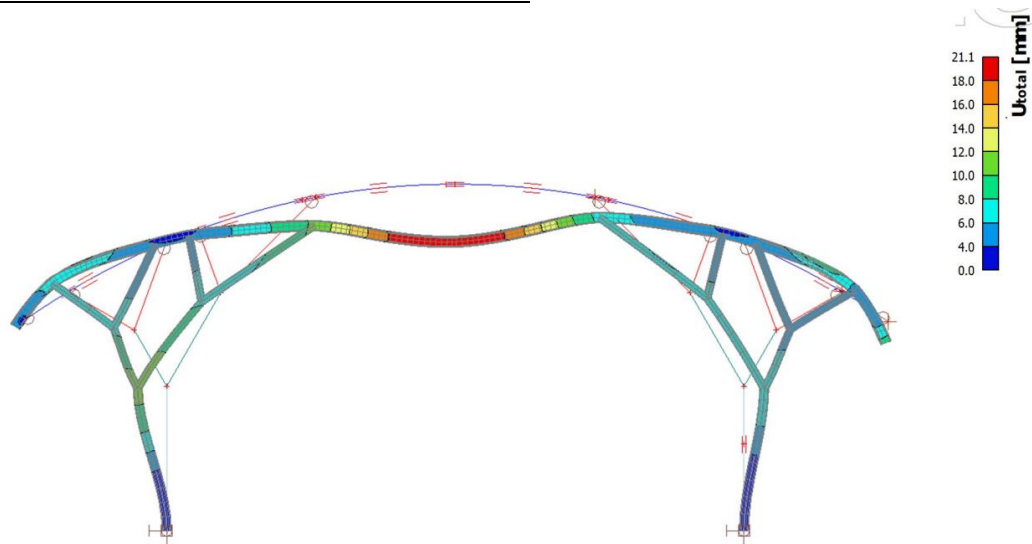
## 9.5 VYKRESLENÍ VÝSLEDKŮ MSP

Výsledky nejnepříznivějších kombinací – KZ\_2\_MSP, KZ\_3\_MSP, KZ\_4\_MSP

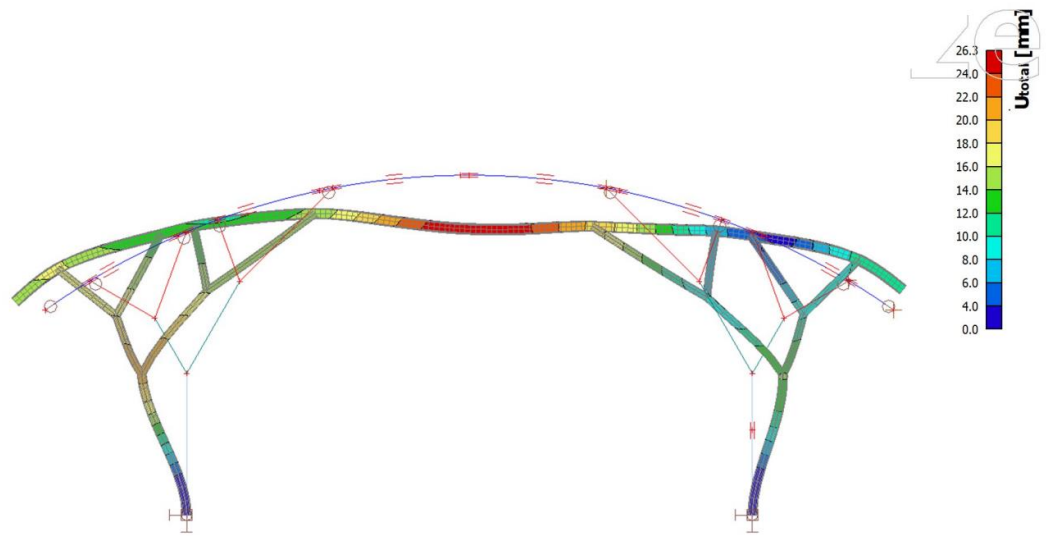
### 9.5.1 3D deformace konstrukce od KZ 2 MSP



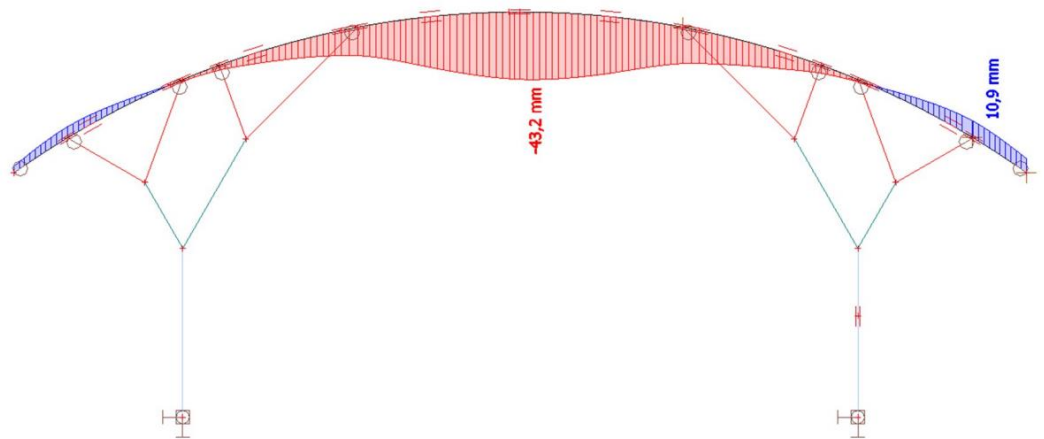
### 9.5.2 3D deformace konstrukce od KZ 3 MSP



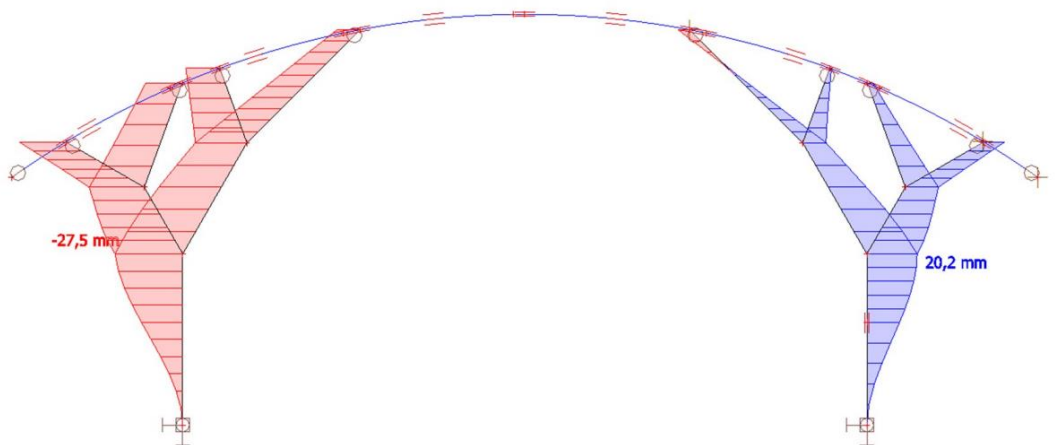
### 9.5.3 3D deformace konstrukce od KZ 10 MSP



### 9.5.4 Svislá deformace vazníku od KZ 2 MSP



### 9.5.5 Vodorovná celých sloupů deformace od KZ 2 MSP



## 9.6 INFORMACE KE VZPĚRU

Ly	Systémová délka pro vzpěr kolem osy y
ky	Součinitel vzpěrné délky (použitý při posudku) pro vybočení rovinným vzpěrem kolem osy y
ly	Účinná vzpěrná délka pro vzpěr kolem osy y $l_y = L_y \cdot k_y$
Lam y	Štíhlost pro vybočení kolmo k ose y $\lambda_y = \frac{l_y}{i}$ ly : účinná vzpěrná délka pro vzpěr kolem osy y iy : poloměr setrvačnosti kolem osy z
Lz	Systémová délka pro vzpěr kolem osy z
kz	Součinitel vzpěrné délky (použitý při posudku) pro vybočení rovinným vzpěrem kolem osy z
lz	Účinná vzpěrná délka pro vzpěr kolem osy z $l_z = L_z \cdot k_z$
Lam z	Štíhlost pro vybočení kolmo k ose z $\lambda_z = \frac{l_z}{i}$ lz : účinná vzpěrná délka pro vzpěr kolem osy z iz : poloměr setrvačnosti kolem osy z
I LTB	Účinná vzpěrná délka pro klopení $I_{LTB} = k_{LTB} \cdot L_{LTB}$

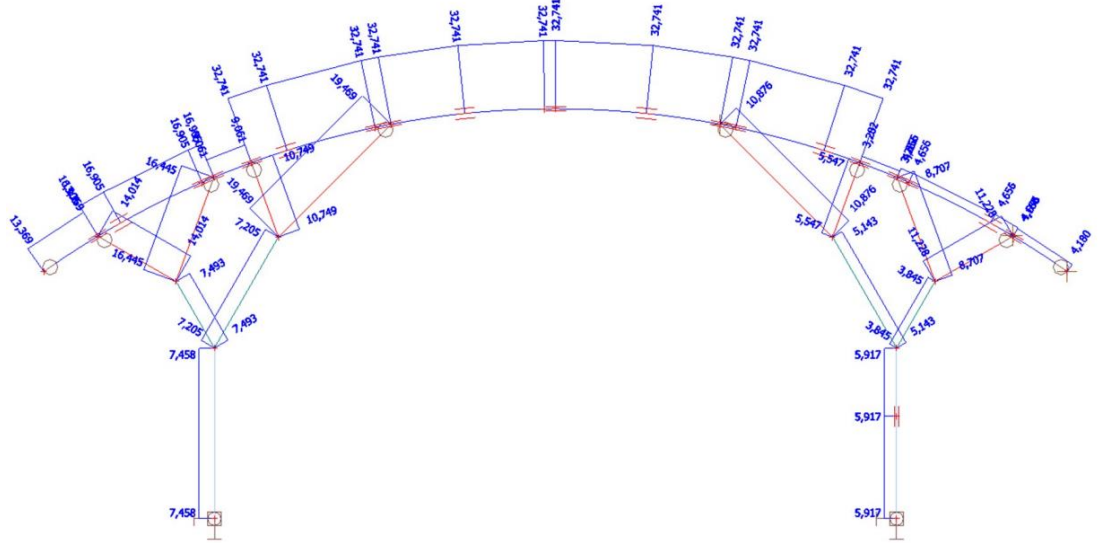
Obrázek 23 - informace ke vzpěru převzaté ze Scia Engineer [11]



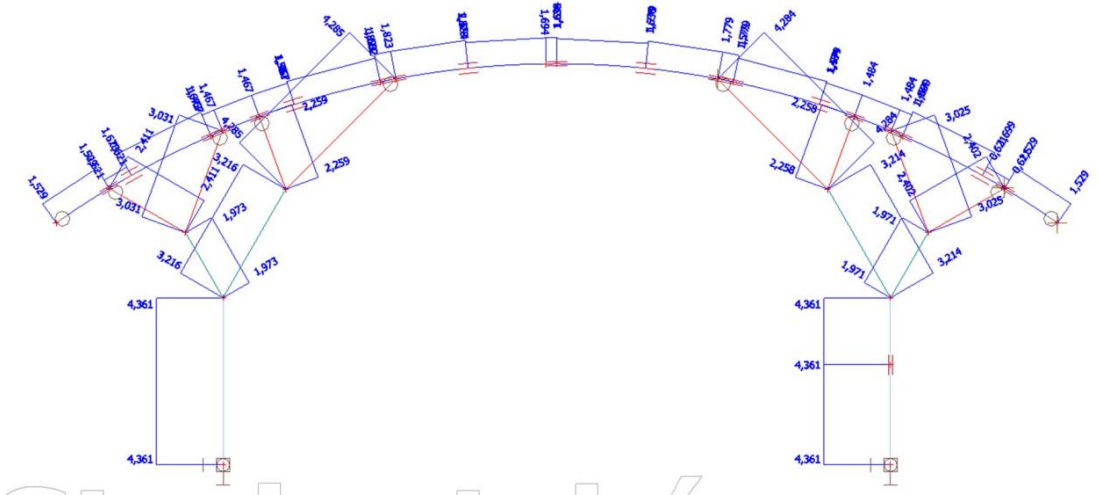
Dílec	Jméno průřezu	Část	Posuvně y	Ly	ky	ly	Lam y	lyz	1LTB
				[m]	[-]	[m]	[-]	[m]	[m]
			Posuvně z	Lz	kz	Lz	Lam z		
				[m]	[-]	[m]	[-]		
Vazník	CS3 - Vazník	1	Ano	1,892	3,451	6,530	47,623	1,892	1,892
			Ne	1,892	0,810	1,532	43,190		
Vazník	CS3 - Vazník	2	Ano	3,814	1,564	5,966	43,511	0,773	0,773
			Ne	0,773	0,803	0,621	17,490		
Vazník	CS3 - Vazník	3	Ano	3,814	1,564	5,966	43,511	2,665	2,665
			Ne	2,665	0,613	1,633	46,017		
Vazník	CS3 - Vazník	4	Ano	3,814	1,564	5,966	43,511	2,665	2,665
			Ne	2,665	0,532	1,418	39,962		
Vazník	CS3 - Vazník	5	Ano	1,181	2,211	2,612	19,047	2,665	2,665
			Ne	2,665	0,532	1,418	39,962		
Vazník	CS3 - Vazník	6	Ano	18,203	1,837	33,436	243,845	2,665	2,665
			Ne	2,665	0,532	1,418	39,962		
Vazník	CS3 - Vazník	7	Ano	18,203	1,837	33,436	243,845	2,665	2,665
			Ne	2,665	0,581	1,547	43,606		
Vazník	CS3 - Vazník	8	Ano	18,203	1,837	33,436	243,845	2,665	2,665
			Ne	2,665	0,774	2,062	58,113		
Vazník	CS3 - Vazník	9	Ano	18,203	1,837	33,436	243,845	2,665	2,665
			Ne	2,665	0,774	2,062	58,113		
Vazník	CS3 - Vazník	10	Ano	18,203	1,837	33,436	243,845	2,665	2,665
			Ne	2,665	0,792	2,110	59,459		
Vazník	CS3 - Vazník	11	Ano	18,203	1,837	33,436	243,845	2,665	2,665
			Ne	2,665	0,756	2,014	56,766		
Vazník	CS3 - Vazník	12	Ano	18,203	1,837	33,436	243,845	2,665	2,665
			Ne	2,665	0,756	2,014	56,766		
Vazník	CS3 - Vazník	13	Ano	18,203	1,837	33,436	243,845	2,665	2,665
			Ne	2,665	0,745	1,984	55,923		
Vazník	CS3 - Vazník	14	Ano	18,203	1,837	33,436	243,845	2,665	2,665
			Ne	2,665	0,745	1,984	55,923		
Vazník	CS3 - Vazník	15	Ano	18,203	1,837	33,436	243,845	2,665	2,665
			Ne	2,665	0,583	1,554	43,793		
Vazník	CS3 - Vazník	16	Ano	18,203	1,837	33,436	243,845	2,665	2,665
			Ne	2,665	0,534	1,424	40,140		
Vazník	CS3 - Vazník	17	Ano	1,181	2,717	3,210	23,410	2,665	2,665
			Ne	2,665	0,534	1,424	40,140		
Vazník	CS3 - Vazník	18	Ano	3,814	1,832	6,988	50,962	2,665	2,665
			Ne	2,665	0,534	1,424	40,140		
Vazník	CS3 - Vazník	19	Ano	3,814	1,832	6,988	50,962	2,665	2,665
			Ne	2,665	0,612	1,632	45,996		
Vazník	CS3 - Vazník	20	Ano	3,814	1,832	6,988	50,962	0,773	0,773
			Ne	0,773	0,804	0,621	17,496		
Vazník	CS3 - Vazník	21	Ano	1,892	5,820	11,013	80,317	1,892	1,892
			Ne	1,892	0,810	1,532	43,187		
Sloup_spodní	CS5 - Sloup_spodní	1	Ano	5,000	1,635	8,175	73,611	5,000	5,000
			Ne	5,000	0,632	3,160	28,457		
Sloup_spodní13	CS5 - Sloup_spodní	1	Ano	5,000	1,110	5,548	49,957	5,000	5,000
			Ne	5,000	0,631	3,157	28,426		
Sloup_spodní13	CS5 - Sloup_spodní	2	Ano	5,000	1,110	5,548	49,957	5,000	5,000
			Ne	5,000	0,631	3,157	28,426		
Sloupy_střední12	CS6 - Sloup_střední	1	Ano	2,250	2,487	5,596	60,127	2,250	2,250
			Ne	2,250	0,887	1,996	21,445		
Sloupy_střední13	CS6 - Sloup_střední	1	Ano	3,750	2,151	8,065	86,657	3,750	3,750
			Ne	3,750	0,838	3,143	33,771		
Sloupy_střední41	CS6 - Sloup_střední	1	Ano	2,250	2,134	4,802	51,600	2,250	2,250
			Ne	2,250	0,886	1,993	21,417		
Sloupy_střední42	CS6 - Sloup_střední	1	Ano	3,750	1,527	5,725	61,517	3,750	3,750
			Ne	3,750	0,837	3,140	33,745		
Sloupy_vrchní	CS7 - Sloup_vrchní1	1	Ano	2,645	4,747	12,557	134,926	2,645	2,645
			Ne	2,645	0,883	2,337	25,107		
Sloupy_vrchní1	CS7 - Sloup_vrchní1	1	Ano	3,240	3,638	11,787	126,652	3,240	3,240
			Ne	3,240	0,937	3,035	32,611		
Sloupy_vrchní2	CS7 - Sloup_vrchní1	1	Ano	4,668	4,126	19,259	206,947	4,668	4,668
			Ne	4,668	0,899	4,198	45,105		
Sloupy_vrchní3	CS7 - Sloup_vrchní1	1	Ano	2,315	9,977	23,099	248,208	2,315	2,315
			Ne	2,315	0,978	2,265	24,340		
Sloupy_vrchní44	CS7 - Sloup_vrchní1	1	Ano	4,668	3,554	16,590	178,268	4,668	4,668
			Ne	4,668	0,899	4,196	45,085		
Sloupy_vrchní45	CS7 - Sloup_vrchní1	1	Ano	2,315	3,693	8,550	91,875	2,315	2,315
			Ne	2,315	0,978	2,265	24,335		
Sloupy_vrchní66	CS7 - Sloup_vrchní1	1	Ano	2,645	10,000	26,455	284,260	2,645	2,645
			Ne	2,645	0,885	2,341	25,153		
Sloupy_vrchní67	CS7 - Sloup_vrchní1	1	Ano	3,240	4,398	14,247	153,087	3,240	3,240

Obrázek 24 - tabulka štiřlosti oceli

Vzpěrné délky dílců k ose y



Vzpěrné délky dílců k ose z



## 10. POSOUZENÍ VYBRANÝCH ČÁSTÍ KONSTRUKCE

### 10.1 POSOUZENÍ VAZNÍKU

Posudek provedeme celkem na třech místech – na vykonzolovaném konci, v krajním poli a v kritickém průřezu

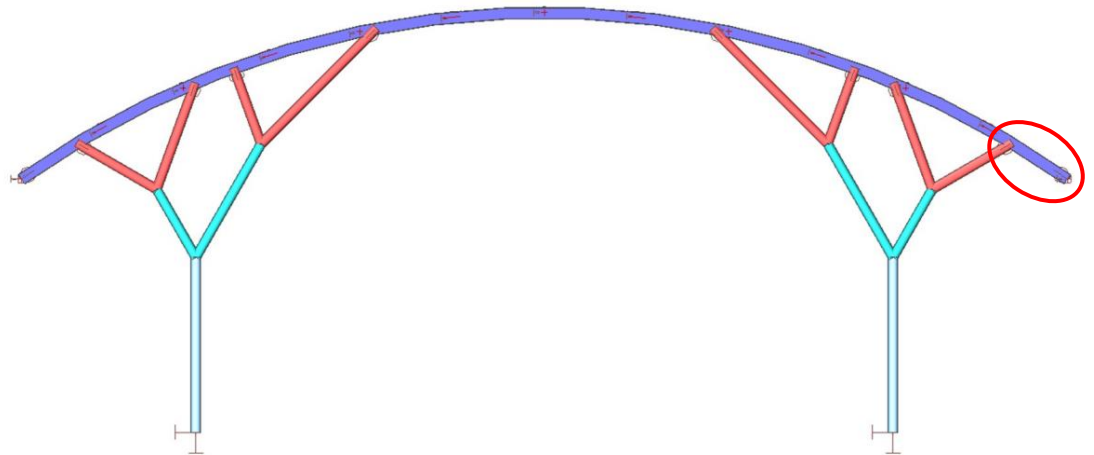
Posudek konzoly a krajního pole provedeme v software Scia Engineer 22 [11]

Posudek kritického průřezu provedeme ručně



### 10.1.1 Návrh a posouzení konzoly vazníku

Vyznačení posuzované části



Délka posuzované části:  $L = 1892 \text{ mm}$

Výpočet vychází z hodnot pro KZ\_3 viz. str. 52

Data štíhlosti dílce viz. str. 57

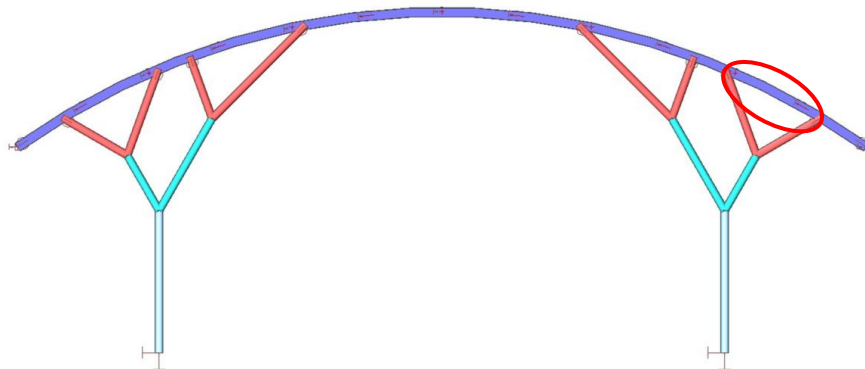
Posudek proveden pomocí Scia Engineer [11]

Detailní protokol o výpočtu viz. příloha č.3

Konzola vyhověla, využití průřezu: **52%**

### Návrh a posouzení krajního pole vazníku

Vyznačení posuzované části



Délka posuzované části:  $L = 3612 \text{ mm}$

Výpočet vychází z hodnot pro KZ\_3 viz. str. 52

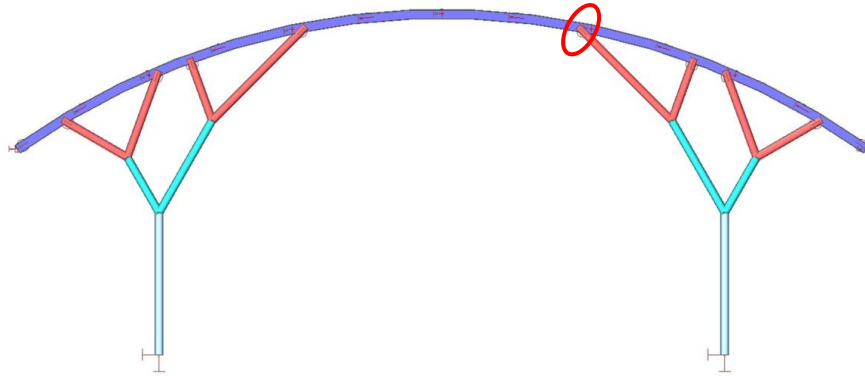
Posudek proveden pomocí Scia Engineer [11]

Detailní protokol o výpočtu viz. příloha č.3

Konzola vyhověla, využití průřezu: **43 %**

### 10.1.2 Návrh a posouzení kritického průřezu vazníku

Vyznačení posuzované části

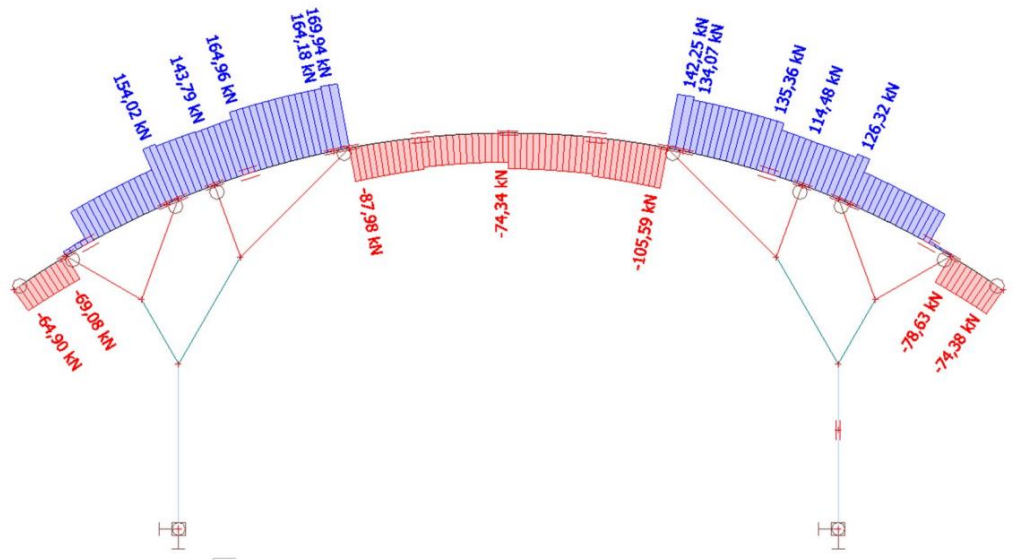


Výpočet vychází z hodnot pro KZ\_2 viz. str. 51

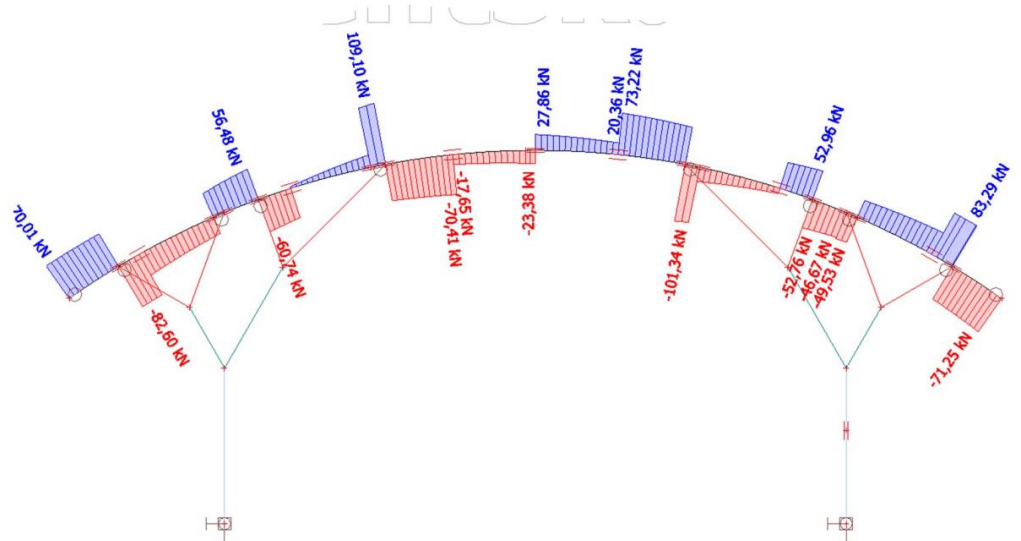
Délka prostřední části vazníku  $L = 10\,850\text{ mm}$

Podrobný průběh vnitřních sil na vazníku

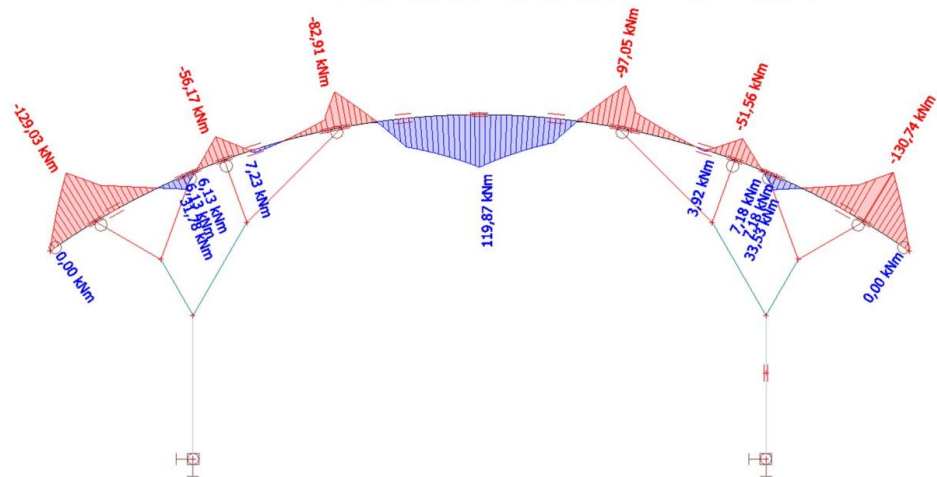
N



V<sub>z</sub>



M<sub>y</sub>



**Vstupní hodnoty :**

$N_{Ed} := 142,25 \text{ kN}$   
 $V_{Ed} := 101,34 \text{ kN}$   
 $M_{Ed} := 97,05 \text{ kN m}$   
 $Y_{M0} := 1,0$   
 $Y_{M1} := 1,0$   
 $f_y := 355 \text{ MPa}$   
 $E := 210 \text{ GPa}$   
 $G := 81 \text{ GPa}$

**NÁVRH : IPE 360**

$W_{pl,y} := 1019 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$   
 $W_{pl,z} := 191,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$   
 $I_y := 16270 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$   
 $I_z := 1043 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$   
 $I_\omega := 313600 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$   
 $I_t := 37,32 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$   
 $A := 7273 \text{ mm}^2$   
 $A_{vz} := 3514 \text{ mm}^2$   
 $h := 360 \text{ mm}$   
 $b := 170 \text{ mm}$   
 $c := 85 \text{ mm}$   
 $t_w := 8,0 \text{ mm}$   
 $t_f := 12,7 \text{ mm}$   
 $r := 18,0 \text{ mm}$   
 $d := 298,6 \text{ mm}$   
 $i_y := 150 \text{ mm}$   
 $i_z := 37,9 \text{ mm}$

**Posouzení MSÚ :**

**Zatřídění průřezu :**

stojina :  $\frac{d}{t_w} = \frac{298,6}{8,0} = 37,33 < 72 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 72 \cdot \sqrt{\frac{235}{355}} = 58,58 \rightarrow \text{třída 1.}$

pásnice :  $\frac{c}{t_f} = \frac{85}{12,7} = 6,69 < 10 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{235}{355}} = 8,14 \rightarrow \text{třída 1.}$

**Návrhová únosnost v tlaku :**

$$N_{pl,Rd} := \frac{A \cdot f_y}{Y_{M0}} = \frac{7273 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00}$$

$$N_{pl,Rd} = 2581,92 \text{ kN}$$

**posouzení :**

$$N_{Ed} = 142,25 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$$

$$N_{Ed} = 142,25 \text{ kN} < N_{pl,Rd} = 2581,92 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \cdot 100 = 5,51 \%$$

Návrhová únosnost ve smyku :

$$V_{p1,Rd} := \frac{A_{vz}}{Y_{MO}} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}} = \frac{3514}{1,0} \cdot \frac{355}{\sqrt{3}}$$

$$V_{p1,Rd} = 720,23 \text{ kN}$$

posouzení :

$$V_{Ed} = 101,34 \text{ kN}$$

$$\boxed{V_{Ed} \leq V_{p1,Rd}}$$

$$V_{p1,Ed} := 66,23 \text{ kN} < V_{p1,Rd} = 720,23 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití průřezu :

$$\frac{V_{p1,Ed}}{V_{p1,Rd}} \cdot 100 = 9,2 \quad \%$$

Návrhová únosnost v ohybu :

$$M_{p1,Rd} := \frac{W_{p1,y} \cdot f_y}{Y_{MO}} = \frac{1019 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} = 361,74 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 361,74 \text{ kNm}$$

posouzení :

$$M_{Ed} = 97,05 \text{ kN m}$$

$$\boxed{M_{Ed} \leq M_{p1,Rd}}$$

$$M_{Ed} = 97,05 \text{ kN m} < M_{p1,Rd} := 361,74 \text{ kN m} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití průřezu :

$$\frac{M_{Ed}}{M_{p1,Rd}} \cdot 100 = 26,83 \%$$

Posouzení rovinného vzpěru :

Vzpěrná délky :

vzpěrnou délku vypočteme v softvaru Scia Engineer 22

$$L_{cr} := 32,741 \text{ m}$$

$$N_{cr} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 16270 \cdot 10^{-8}}{32,741^2}$$

$$N_{cr} = 314,57 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost :

$$\lambda' := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{7273 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{314,57}}$$

$$\boxed{\lambda' = 2,86}$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda'^2}}$$

$$\alpha := 0,21$$

křivka  
vzpěrnosti a

$$Y_{M0} := 1,00$$

$$Y_{M1} := 1,00$$

$$\phi := 0,5 \cdot \left( 1 + \alpha \cdot (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2 \right) = 0,5 \cdot \left( 1 + 0,21 \cdot (2,86 - 0,2) + 2,86^2 \right)$$

$$\boxed{\phi = 4,88}$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{4,88 + \sqrt{4,88^2 - 2,86^2}}$$

$$\boxed{\chi = 0,11}$$

**Posouzení :**

$$N_{C,Rd} := \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{Y_{M0}} \geq N_{Ed} = 142,25 \text{ kN}$$

$$N_{C,Rd} = 0,11 \cdot 7273 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{355 \cdot 10^3}{1,00}$$

$$N_{C,Rd} = 292,12 \text{ kN} > N_{Ed} = 142,25 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**využití průřezu :**

$$\boxed{\frac{N_{Ed}}{N_{C,Rd}} = 48,7 \%} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení klopení :**

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

$$\phi_{LT} := 0,5 \cdot \left( 1 + \alpha \cdot (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda'_{LT}{}^2 \right)$$

$$\beta := 0,75 \quad \text{- doporučené hodnota válcované průřezu dle ČSN EN 1993-1-1 [3]}$$

$$\lambda'_{LT,0} := 0,4$$

Pro válcované I průřez

$$\frac{h}{b} = 2,12 > 1,2$$

křivka vzpěrnosti a

$$\alpha := 0,21$$









opravný součinitel :

$$\chi_{LT,mod} := \frac{\chi_{LT}}{f}$$

$$f := 1 - 0,5 \cdot \left( 1 - k_c \right) \cdot \left( 1 - 2,0 \cdot (\lambda'_{LT} - 0,8)^2 \right) \quad \text{ale } f \leq 1,0$$

opravný součinitel  $k_c$  se stanoví dle normy ČSN EN 1993-1-1 [3]

$$\boxed{k_c := 0,77}$$

Rozdělení momentů	$k_c$
 $\psi = 1$	1,00
 $-1 \leq \psi \leq 1$	$\frac{1}{1,33 - 0,33\psi}$
	0,94
	0,90
	0,91
	0,86
	0,77
	0,82

Obrázek 25 - tabulka opravných součinitelů  $k_c$

poměrná štíhlost :  $\lambda'_{LT} := \sqrt{\frac{M_R}{M_{cr}}}$

$$\lambda'_{LT} := \sqrt{\frac{W_{eff} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

**Kritický moment :**

kritický moment :  $M_{cr} := \mu_{cr} \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}{L}}$

$L := 2,665 \text{ m}$  vzdálenost bodů zajišťující vazník proti vybočení z roviny  
= vzdálenost vaznic

bezrozměrný kritický moment :

$$\mu_{cr} := \frac{C_1}{k_z} \cdot \left( \sqrt{1 + k_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)^2} - (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j) \right)$$

$k_z := 1,0$  - kloubové žení obou konců

zatížení působí ve středu smyku  $\rightarrow C_2 := 0$

jedná se o symterický průřez  $\rightarrow C_3 := 0$

součinitel momentu na klopení :

ohybový moment na konci posuzované části nosníku :  $M_1 := 119,87 \text{ kN m}$

ohybový moment ve středu posuzované části nosníku :  $M_2 := 97,05 \text{ kN m}$

poměr koncových momentů :

$$\psi := \frac{M_2}{M_1} = 0,81$$

$$C_1 := \left(0,310 + 0,428 \cdot \psi + 0,26 \cdot \psi^2\right)^{-0,5} = 1,1$$

zpětné dosazení do vzorců :

$$k_{wt} := \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_\omega}{G \cdot I_t}} = \frac{3,14}{1,0 \cdot 2,665} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 313600 \cdot 10^{-12}}{81 \cdot 10^3 \cdot 37,32 \cdot 10^{-8}}}$$

- není bráněno deplnaci  $k_w := 1,0$

$$k_{wt} = 1,74$$

$$\mu_{cr} := \frac{C_1}{k_z} \cdot \left( \sqrt{1 + k_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)^2} - (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j) \right)$$

$$\mu_{cr} = \frac{1,1}{1,0} \cdot \left( \sqrt{1 + 1,74^2 + 0} - 0 \right)$$

$$\mu_{cr} = 2,21$$

$$M_{cr} := \mu_{cr} \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}{L}}$$

$$M_{cr} = 2,21 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 1043 \cdot 10^{-8} \cdot 81 \cdot 10^3 \cdot 37,32 \cdot 10^{-8}}{2,665}}$$

$$M_{cr} = 669,41 \text{ kN m}$$

$$\lambda'_{LT} := \sqrt{\frac{W_{eff} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1019 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{430,52}}$$

$$\lambda'_{LT} = 0,74$$

$$f := 1 - 0,5 \cdot (1 - k_c) \cdot \left( 1 - 2,0 \cdot (\lambda'_{LT} - 0,8)^2 \right)$$

$$f = 1 - 0,5 \cdot (1 - 0,77) \cdot \left( 1 - 2,0 \cdot (0,74 - 0,8)^2 \right)$$

$$f = 0,89$$

$$\phi_{LT} := 0,5 \cdot \left( 1 + \alpha \cdot (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda'_{LT}^2 \right)$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot \left( 1 + 0,21 \cdot (0,74 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,74^2 \right)$$

$$\phi_{LT} = 0,74$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda'_{LT}^2}} = \frac{1}{0,74 + \sqrt{0,74^2 - 0,75 \cdot 0,74^2}}$$

$$\chi_{LT} = 0,9$$

$$k_c = 0,77$$

$$\chi_{LT,mod} := \frac{\chi_{LT}}{f} = \frac{0,79}{0,89}$$

$$\chi_{LT,mod} = 1,02$$

**Posouzení ohybové únosnosti nosníku :**

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$M_{Rd} := \chi_{LT,mod} \cdot W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 1,02 \cdot 1019 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{355 \cdot 10^3}{1,0}$$

$$M_{Rd} = 367,58 \text{ kN m}$$

$$M_{Ed} = 97,05 \text{ kN m} \leq M_{Rd} = 367,58 \text{ kN m} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**využití průřezu :**

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 26,4 \% \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení kombinace ohybu a osové síly :**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT,mod} \cdot M_{y,Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\chi_{LT,mod} \cdot M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$$\text{jelikož } M_{z,Ed} := 0 \text{ kN m}$$

→ úprava vzorce

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT,mod} \cdot M_{y,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \leq 1,0$$

$$\lambda' = 2,86$$

$\chi_y$  - součinitel vzpěrnosti k ose y

$$\chi = 0,11$$

$$\chi_y := \chi = 0,11 \text{ - součinitel vzpěrnosti k ose y viz výpočet rovinného vzpěru}$$

$\chi_z$  - součinitel vzpěrnosti k ose z

**Vzpěrná délka k ose z :**

vzpěrnou délku vypočteme v softwaru Scia Engineer 22

$$L_{cr,z} := 1,779 \text{ m}$$

**Štíhlost prutu :**

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 46,94$$

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

**Relativní štíhlost :**

$$\lambda_{1,z} := 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 0,81$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{1,z} = 76,4$$



Poměrná štíhlost :

$$\lambda'_{LT,z} := \frac{\lambda_z}{\lambda_{1,z}} = 0,61$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda'_{LT,z}{}^2}}$$

$$\alpha := 0,21$$

$$\phi_z := 0,5 \cdot \left( 1 + \alpha \cdot (\lambda'_{LT,z} - 0,2) + (\lambda'_{LT,z})^2 \right) = 0,5 \cdot \left( 1 + 0,21 \cdot (0,61 - 0,2) + 0,61^2 \right)$$

$$\phi_z = 0,73$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda'_{LT,z}{}^2}} = \frac{1}{0,73 + \sqrt{0,73^2 - 0,61^2}}$$

$$\chi_z = 0,88$$

$$\lambda' = 2,86$$

součinitel  $k_{YY}$

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

$$k_{YY,1} := C_{my} \cdot (1 + (\lambda' - 0,2)) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}} = 0,9 \cdot \left( 1 + (2,86 - 0,2) \cdot \frac{142,25}{0,11 \cdot 2581,92} \right) = 2,1$$

$$k_{YY,2} := C_{my} \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}} \right) = 0,9 \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{142,25}{0,11 \cdot 2581,92} \right) = 1,26$$

$$k_{YY} := \min(k_{YY,1}; k_{YY,2}) = \min(2,1; 1,26)$$

$$k_{YY} := 1,26$$

$$M_h := 97,05 \text{ kN m}$$

$$M_s := 119,87 \text{ kN m}$$

součinitel  $k_{zy}$

$$C_{mLT} := 0,6 + 0,4 \cdot \alpha_h$$

poměr koncových momentů :

$$\alpha_h := \frac{M_h}{M_s} = \frac{97,05}{119,87}$$

$$\alpha_h = 0,81$$

$$C_{mLT} = 0,92$$

$$\lambda'_{LT,z} = 0,61 \geq 0,4$$

$$\lambda'_{LT,z} = 0,61$$

$$k_{zy,1} := 1 - \frac{0,1 \cdot \lambda'_{LT,z}}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{p1,Rd}} = 1 - \frac{0,1 \cdot 0,61}{(0,92 - 0,25)} \cdot \frac{142,25}{0,88 \cdot 2581,92} = 0,99$$

$$k_{zy,2} := 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{p1,Rd}} = 1 - \frac{0,1}{(0,92 - 0,25)} \cdot \frac{142,25}{0,88 \cdot 2581,92} = 0,99$$

$$k_{zy} := \max(k_{zy,1}; k_{zy,2}) = \min(0,99; 0,99)$$

$$k_{zy} := 0,99$$

**posouzení :**

**vstupní hodnoty :**

$$N_{Ed} = 142,25 \text{ kN} \quad \chi_y = 0,11 \quad k_{yy} = 1,26$$

$$N_{Rd} := N_{p1,Rd} = 2581,92 \text{ kN} \quad \chi_z = 0,88 \quad k_{zy} = 0,99$$

$$M_{y,Ed} := M_{Ed} = 97,05 \text{ kN m} \quad \chi_{LT,mod} = 1,02$$

$$M_{y,Rd} := M_{p1,Rd} = 361,74 \text{ kN m}$$

**dosazení do vzorců :**

$$\frac{142,25}{0,11 \cdot 2581,92} + 1,26 \cdot \frac{97,05}{1,02 \cdot 361,74} = 0,83 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{142,25}{0,88 \cdot 2581,92} + 0,99 \cdot \frac{97,05}{361,74} = 0,33 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Posudek vyhověl, využití průřezu : 83%**

**Posouzení MSP :**

při mezním stavu použitelnosti  $\gamma_{MO} = \gamma_{M1} = \gamma_G = \gamma_Q = 1,0$

, nedochází k plastifikaci nosníku

pro výpočet průhybu využijeme software Scia Engineer 22

$$\delta := 43,2 \text{ mm}$$

$L_w := 10850 \text{ mm}$  - rozpětí střední posuzované části nosníku

$$\delta_{max} := \frac{L_w}{250} = \frac{10850}{250}$$

$$\delta_{max} = 43,4 \text{ mm}$$

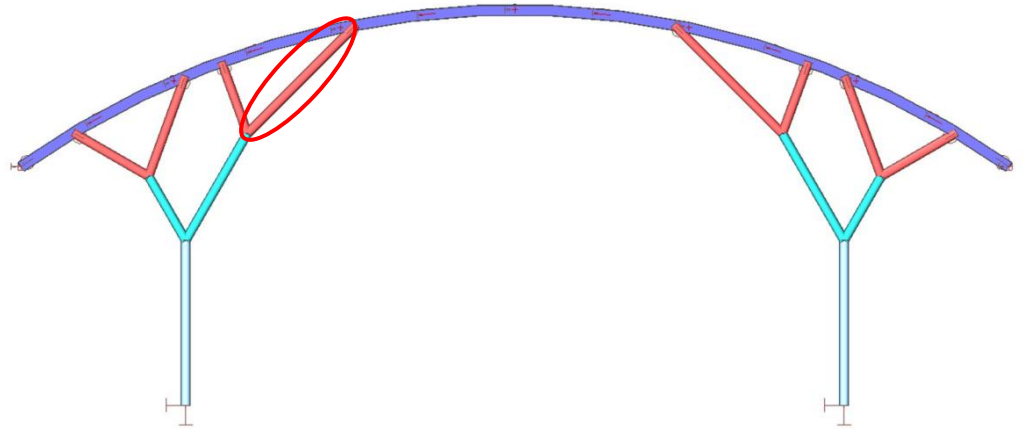
$$\delta \leq \delta_{max}$$

$$\delta = 43,2 \text{ mm} > \delta_{max} = 43,4 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 10.2 NÁVRH A POSOUZENÍ SLOUPU

### 10.2.1 Návrh a posouzení vrchní části sloupu

Vyznačení posuzované části

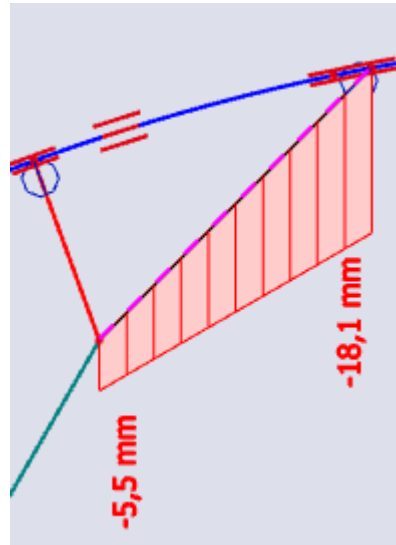


Délka dílce:  $L = 4\,620\text{ mm}$

Výpočet vychází z hodnot pro KZ\_2 viz. str. 21

Data štíhlosti dílce viz. str. 57

Svislý posun vrchního sloupu – využijeme pro posouzení MSP



**NÁVRH : KRUHOVÁ TRUBKA 273 x 10,0**

$$d := 273\text{ mm} \quad I := 7150 \cdot 10^4\text{ mm}^4$$

$$t := 10,0\text{ mm} \quad W := 524 \cdot 10^3\text{ mm}^3$$

$$A := 8262\text{ mm}^2 \quad W_{pl} := 692 \cdot 10^3\text{ mm}^3$$

$$A_{vz} := 5260\text{ mm}^2 \quad i := 93,1\text{ mm}$$

**Vnitřní síly :**

$$N_{Ed} := 309,54\text{ kN}$$

$$V_{Ed} := 2,25\text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 3,89\text{ kN m}$$

$$f_y := 355\text{ MPa}$$

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

$$G := 81\text{ GPa}$$

**Zatřídění průřezu :**

pro trubky platí :

$$\frac{d}{t} = \frac{273}{10}$$

$$\frac{d}{t} = 27,3$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 0,81$$

$$\frac{d}{t} \leq 50 \cdot \varepsilon^2 \rightarrow \text{třída 1.}$$

$$27,3 \leq 50 \cdot 0,81^2 = 32,81 \rightarrow \text{průřez je 1. třídy}$$

**Posouzení únosnosti v tahu :**

$$N_{Ed} = 309,54 \text{ kN}$$

$$N_{p1,Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{8262 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00}$$

$$N_{p1,Rd} = 2933,01 \text{ kN}$$

**Posouzení :**

$$N_{p1,Rd} \geq N_{Ed}$$

$$N_{p1,Rd} = 2933,01 \text{ kN} > N_{Ed} = 309,54 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení únosnosti v tlaku :**

**Vzpěrná délky :**

vzpěrnou délku vypočteme v softwaru Scia Engineer 22

$$L_{cr} := 19,469 \text{ m}$$

$$N_{cr} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 7150 \cdot 10^{-8}}{19,469^2}$$

$$N_{cr} = 390,96 \text{ kN}$$

**Poměrná štíhlost :**

$$\lambda' := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{8262 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{390,96}}$$

$$\lambda' = 2,74$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda'^2}}$$

$$\alpha := 0,21$$

$$\phi := 0,5 \cdot \left( 1 + \alpha \cdot (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2 \right) = 0,5 \cdot \left( 1 + 0,21 \cdot (2,74 - 0,2) + 2,74^2 \right)$$

$$\phi = 4,52$$

$$Y_{M0} := 1,0$$

$$Y_{M1} := 1,0$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda \cdot 2}} = \frac{1}{4,52 + \sqrt{4,52^2 - 2,74^2}}$$

$$\chi = 0,12$$

**Posouzení :**

$$N_{c,Rd} := \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{Y_{M0}} \geq N_{Ed} = 309,54 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = 361,65 \text{ kN} > N_{Ed} = 309,54 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**využití průřezu :**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 85,59 \% \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení ohybové únosnosti nosníku :**

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$M_{Rd} := \chi \cdot W_{pl} \cdot \frac{f_y}{Y_{M1}} = 0,12 \cdot 692 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{355 \cdot 10^3}{1,0}$$

$$M_{Rd} = 30,29 \text{ kN m}$$

$$M_{Ed} = 3,89 \text{ kN m} \leq M_{Rd} = 30,29 \text{ kN m} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**využití průřezu :**

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 12,84 \% \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení únosnosti v ohybu :**

duť uzavřený průřez  $\rightarrow$  neklopí, nebudeme posuzovat

$$M_{p1,Rd} := \frac{W_{p1} \cdot f_y}{Y_{M0}} = \frac{849 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00}$$

$$M_{p1,Rd} = 245,66 \text{ kN m}$$

**Posouzení :**

$$M_{p1,Rd} \geq M_{Ed}$$

$$M_{p1,Rd} = 245,66 \text{ kN m} > M_{Ed} = 3,89 \text{ kN m} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Smyková únosnost :**

$$V_{p1,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{Y_{M0}} = \frac{5260 \cdot 10^{-6} \cdot \left( \frac{355 \cdot 10^3}{\sqrt{3}} \right)}{1,00}$$

$$V_{p1,Rd} = 1078,09 \text{ kN}$$

$$V_{p1,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{p1,Rd} = 1078,09 \text{ kN} > V_{Ed} = 2,25 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení kombinace ohybu a osové síly :**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT,mod} \cdot M_{y,Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\chi_{LT,mod} \cdot M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

dutý průřez → neklopí →  $\chi_{LT,mod} := 1,00$

jelikož  $M_{z,Ed} := 0 \text{ kN m}$

→ úprava vzorce

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT,mod} \cdot M_{y,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \leq 1,0$$

Součinitel vzpěrnosti k ose y :

$$\chi_y := \chi = 0,12$$

Součinitel vzpěrnosti k ose z :

$\chi_z$  - součinitel vzpěrnosti k ose z

Vzpěrná délka k ose z :

vzpěrnou délku vypočteme v softwaru Scia Engineer 22

$$L_{cr,z} := 4,285 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 7150 \cdot 10^{-8}}{4,285^2}$$

$$N_{cr,z} = 8070,93 \text{ kN}$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost :

$$\lambda'_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{8262 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{34853,61}}$$

$$\lambda'_z = 0,6$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda'^2}}$$

$$\alpha := 0,21$$

$$\phi_z := 0,5 \cdot \left( 1 + \alpha \cdot (\lambda'_z - 0,2) + \lambda'^2 \right) = 0,5 \cdot \left( 1 + 0,21 \cdot (0,6 - 0,2) + 0,6^2 \right)$$

$$\phi_z = 0,72$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{0,72 + \sqrt{0,72^2 - 0,6^2}}$$

$$\chi_z = 0,89$$

součinitel  $k_{YY}$

$C_{my} := 0,9$  - tvar momentového obrazce je lineární

$$k_{YY,1} := C_{my} \cdot (1 + (\lambda' - 0,2)) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_Y \cdot N_{p1,Rd}} = 0,9 \cdot \left( 1 + (2,74 - 0,2) \cdot \frac{309,54}{0,12 \cdot 2933,01} \right) = 2,91$$

$$k_{YY,2} := C_{my} \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_Y \cdot N_{p1,Rd}} \right) = 0,9 \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{309,54}{0,12 \cdot 2933,01} \right) = 1,53$$

$$k_{YY} := \min(k_{YY,1}; k_{YY,2}) = \min(2,91; 1,53)$$

$$k_{YY} := 1,53$$

součinitel  $k_{ZY}$

zjednodušeně určíme jako :

$$k_{ZY} := 0,6 \cdot k_{YY} = 0,6 \cdot 1,53$$

$$k_{ZY} = 0,92$$

posouzení :

vstupní hodnoty zatížení :

$$N_{Ed} = 309,54 \text{ kN} \quad \chi_Y = 0,12 \quad k_{YY} = 1,53$$

$$N_{Rd} := N_{p1,Rd} = 2933,01 \text{ kN} \quad \chi_Z = 0,89 \quad k_{ZY} = 0,92$$

$$M_{Y,Ed} := M_{Ed} = 3,89 \text{ kN m} \quad \chi_{LT,mod} = 1$$

$$M_{Y,Rd} := M_{p1,Rd} = 245,66 \text{ kN m}$$

dosazení do vzorců :

$$\frac{309,54}{0,12 \cdot 2933,01} + 1,53 \cdot \frac{3,89}{1,00 \cdot 245,66} = 0,9 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{309,54}{0,89 \cdot 2933,01} + 0,92 \cdot \frac{3,89}{245,66} = 0,25 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posudek vyhověl, využití průřezu : 90%

Posouzení MSP :

při mezním stavu použitelnosti  $Y_{M0} = Y_{M1} = Y_G = Y_Q = 1,0$

, nedochází k plastifikaci nosníku

pro výpočet průhybu využijeme software Scia Engineer 22

$$\delta := 18,1 \text{ mm}$$

$L_w := 4668 \text{ mm}$  - délka posuzovaného dílce

$$\delta_{max} := \frac{L_w}{250} = \frac{4668}{250}$$

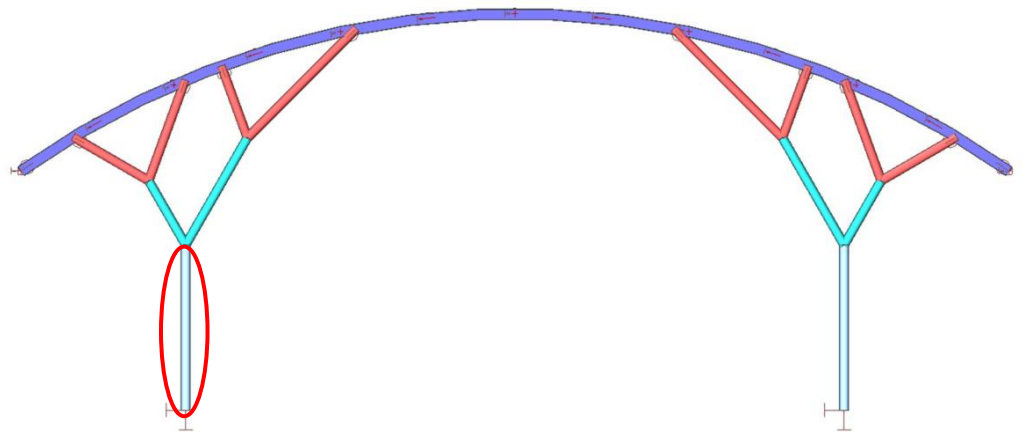
$$\delta_{max} = 18,67 \text{ mm}$$

$$\delta \leq \delta_{max}$$

$$\delta = 18,1 \text{ mm} < \delta_{max} = 18,67 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## Návrh a posouzení spodní části sloupu

Vyznačení posuzované části



Délka dílce:  $L = 5\,000\text{ mm}$

Výpočet vychází z hodnot pro KZ\_2 viz. str. 51

Data štíhlosti dílce viz. str. 57

### **NÁVRH : KRUHOVÁ TRUBKA 323,9 x 10,0**

$$f_y := 355\text{ MPa}$$

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

$$G := 81\text{ GPa}$$

$$d := 323,9\text{ mm} \quad I := 12200 \cdot 10^4\text{ mm}^4$$

$$t := 10,0\text{ mm} \quad W := 751 \cdot 10^3\text{ mm}^3$$

$$A := 9865\text{ mm}^2 \quad W_{pl} := 986 \cdot 10^3\text{ mm}^3$$

$$A_{vz} := 6280\text{ mm}^2 \quad i := 111,0\text{ mm}$$

#### **Vnitřní síly :**

$$N_{Ed} := 476,80\text{ kN}$$

$$V_{Ed} := 55,80\text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 142,35\text{ kN m}$$

#### **Zatřídění průřezu :**

pro trubky platí :

$$\frac{d}{t} = \frac{323,9}{10}$$

$$\frac{d}{t} = 32,39$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235\text{ MPa}}{f_y}} = 0,81$$

$$\frac{d}{t} \leq 50 \cdot \varepsilon^2 \rightarrow \text{třída 1.}$$

$$32,39 \leq 50 \cdot 0,81^2 = 32,81 \rightarrow \text{průřez je 1. třídy}$$



**Posouzení únosnosti v tahu :**

$$N_{Ed} = 476,8 \text{ kN}$$

$$Y_{M0} := 1,00$$

$$N_{pl,Rd} := \frac{A \cdot f_y}{Y_{M0}} = \frac{12200 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00}$$

$$N_{pl,Rd} = 3502,08 \text{ kN}$$

**Posouzení :**

$$N_{pl,Rd} \geq N_{Ed}$$

$$N_{pl,Rd} = 3502,08 \text{ kN} > N_{Ed} = 476,8 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**využití průřezu :**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = 13,61 \% \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení únosnosti v tlaku :**

**Vzpěrná délky :**

vzpěrnou délku vypočteme v softwaru Scia Engineer 22

$$L_{cr} := 7,458 \text{ m}$$

$$N_{cr} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 12200 \cdot 10^{-8}}{7,458^2}$$

$$N_{cr} = 4546,05 \text{ kN}$$

**Poměrná štíhlost :**

$$\lambda' := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{8262 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{4546,05}}$$

$$\lambda' = 0,88$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda'^2}}$$

$$\alpha := 0,21$$

$$\phi := 0,5 \cdot \left( 1 + \alpha \cdot (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2 \right) = 0,5 \cdot \left( 1 + 0,21 \cdot (0,88 - 0,2) + 0,88^2 \right)$$

$$\phi = 0,96$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{0,96 + \sqrt{0,96^2 - 0,88^2}}$$

$$Y_{M0} := 1,0$$

$$Y_{M1} := 1,0$$

$$\chi = 0,75$$

**Posouzení :**

$$N_{c,Rd} := \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{Y_{M0}} \geq N_{Ed} = 476,8 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = 2621,11 \text{ kN} > N_{Ed} = 476,8 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**využití průřezu :**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 18,19 \% \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení ohybové únosnosti nosníku :**

$$\boxed{M_{Ed} \leq M_{Rd}}$$

$$M_{Rd} := \chi \cdot W_{pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,07 \cdot 692 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{355 \cdot 10^3}{1,0}$$

$$M_{Rd} = 261,98 \text{ kN m}$$

$$M_{Ed} = 142,35 \text{ kN m} \leq M_{Rd} = 261,98 \text{ kN m} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**využití průřezu :**

$$\boxed{\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 54,34 \%} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení únosnosti v ohybu :**

dutý uzavřený průřez  $\rightarrow$  neklopí, nebudeme posuzovat

$$M_{pl,Rd} := \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{986 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00}$$

$$M_{pl,Rd} = 350,03 \text{ kN m}$$

**Posouzení :**

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed}$$

$$M_{pl,Rd} = 350,03 \text{ kN m} > M_{Ed} = 142,35 \text{ kN m} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Smyková únosnost :**

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{6280 \cdot 10^{-6} \cdot \left( \frac{355 \cdot 10^3}{\sqrt{3}} \right)}{1,00}$$

$$V_{pl,Rd} = 1287,14 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{pl,Rd} = 1287,14 \text{ kN} > V_{Ed} = 55,8 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení kombinace ohybu a osové síly :**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT,mod} \cdot M_{y,Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\chi_{LT,mod} \cdot M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

dutý průřez  $\rightarrow$  neklopí  $\rightarrow \chi_{LT,mod} := 1,00$

jelikož  $M_{z,Ed} := 0 \text{ kN m}$

$\rightarrow$  úprava vzorce

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT,mod} \cdot M_{y,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \leq 1,0$$

Součinitel vzpěrnosti k ose y :

$$\chi_y := \chi = 0,75$$

Součinitel vzpěrnosti k ose z :

$\chi_z$  - součinitel vzpěrnosti k ose z

Vzpěrná délka k ose z :

vzpěrnou délku vypočteme v softwaru Scia Engineer 22

$$L_{cr,z} := 4,361 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 12200 \cdot 10^{-8}}{4,361^2}$$

$$N_{cr,z} = 13295,56 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost :

$$\lambda'_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{8262 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{13295,56}}$$

$$\lambda'_z = 0,51$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda'^2_z}}$$

$$\phi_z := 0,5 \cdot \left( 1 + \alpha \cdot (\lambda'_z - 0,2) + \lambda'^2_z \right) = 0,5 \cdot \left( 1 + 0,21 \cdot (0,51 - 0,2) + 0,51^2 \right)$$

$$\phi_z = 0,66$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda'^2_z}} = \frac{1}{0,66 + \sqrt{0,66^2 - 0,51^2}}$$

$$\chi_z = 0,92$$

součinitel  $k_{yy}$

$C_{my} := 0,9$  - tvar momentového obrazce je lineární

$$k_{yy,1} := C_{my} \cdot (1 + (\lambda' - 0,2)) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}} = 0,9 \cdot \left( 1 + (0,88 - 0,2) \cdot \frac{476,80}{0,75 \cdot 3502,08} \right) = 1,01$$

$$k_{yy,2} := C_{my} \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}} \right) = 0,9 \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{476,80}{0,75 \cdot 3502,08} \right) = 1,03$$

$$k_{yy} := \min(k_{yy,1}; k_{yy,2}) = \min(1,01; 1,03)$$

$$k_{yy} := 1,01$$

součinitel  $k_{zy}$

$$k_{zy} := 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,01$$

$$k_{zy} = 0,61$$

posouzení :

vstupní hodnoty zatížení :

$$N_{Ed} = 476,8 \text{ kN} \quad \chi_Y = 0,75 \quad k_{YY} = 1,01$$

$$N_{Rd} := N_{pl,Rd} = 3502,08 \text{ kN} \quad \chi_z = 0,92 \quad k_{zy} = 0,61$$

$$M_{Y,Ed} := M_{Ed} = 142,35 \text{ kN m} \quad \chi_{LT,mod} = 1$$

$$M_{Y,Rd} := M_{pl,Rd} = 350,03 \text{ kN m}$$

dosazení do vzorců :

$$\frac{476,8}{0,75 \cdot 3502,08} + 1,01 \cdot \frac{142,35}{1,00 \cdot 350,03} = 0,59 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{476,8}{0,92 \cdot 3502,08} + 0,61 \cdot \frac{142,35}{350,03} = 0,4 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posudek vyhověl, využití průřezu : 59%

Posouzení MSP :

při mezním stavu použitelnosti  $\gamma_{M0} = \gamma_{M1} = \gamma_G = \gamma_Q = 1,0$

, nedochází k plastifikaci nosníku

pro výpočet vodorovného posunu využijeme software Scia Engineer 22

$$\delta := 27,5 \text{ mm}$$

$L_w := 5000 \text{ mm}$  - délka posuzovaného dílce

$$\delta_{max} := \frac{L_w}{150} = \frac{5000}{150}$$

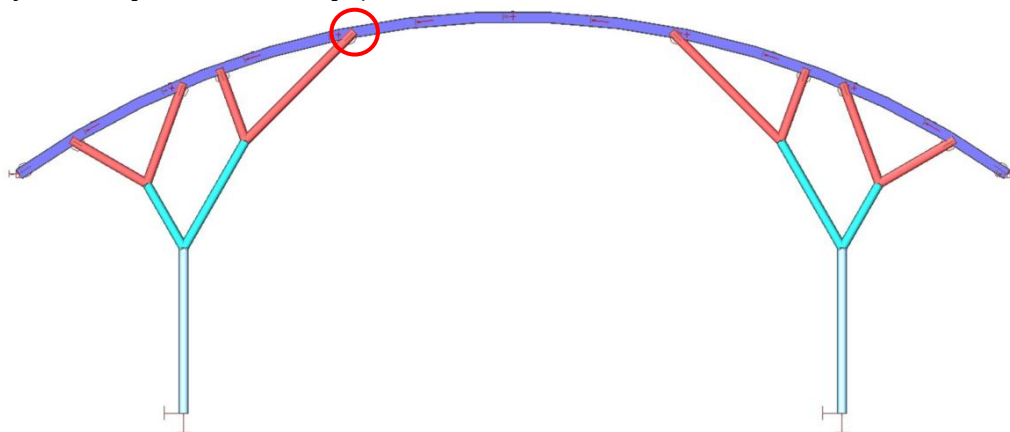
$$\delta_{max} = 33,33 \text{ mm}$$

$$\delta \leq \delta_{max}$$

$$\delta = 27,5 \text{ mm} < \delta_{max} = 33,33 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### 10.3 NÁVRH A POSOUZENÍ ČEPOVÉHO SPOJE

Vyznačení posuzovaného spoje

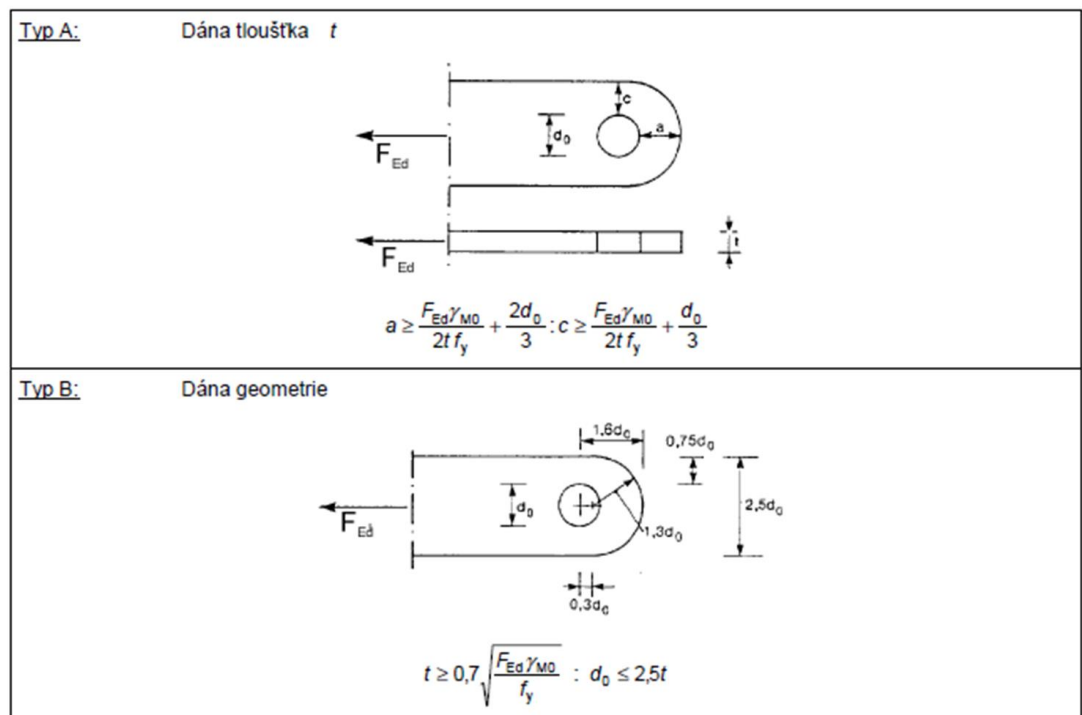
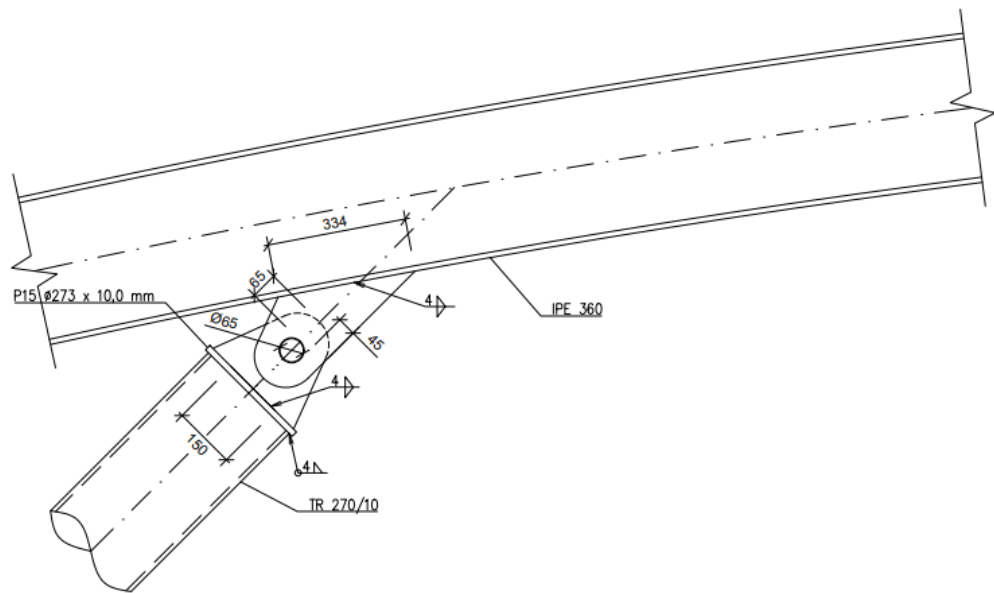


Spoj budeme posuzovat na zatížení od nejnepříznivější kombinace KZ\_2

Vnitřní síly viz. str. 51

Čep budeme navrhovat jako výměnný

Schéma spoje



Obrázek 26 - geometrické požadavky na pruty ukončené čepovými spoji viz. [8]

Pro výměnný čep je nutno splnit podmínku :

$$\sigma_{h,Ed} \leq f_{h,Rd}$$

$$\sigma_{h,Ed} := 0,591 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot F_{b,Ed,ser} \cdot (d_0 - d)}{d^2 \cdot t}}$$

$$f_{h,Rd} := \frac{2,5 \cdot f_y}{\gamma_{M6,ser}}$$

$d$  - průměr čepu

$d_0$  - průměr otvoru pro čep

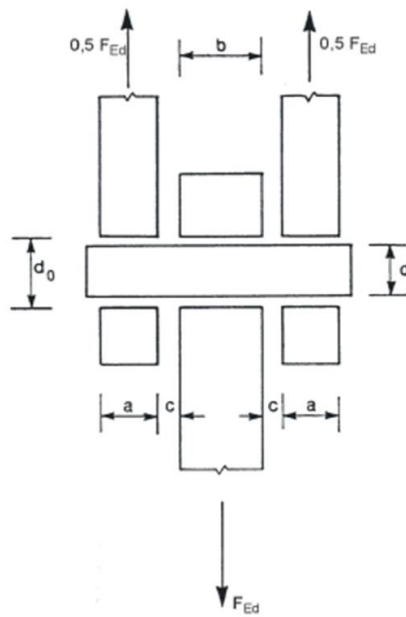
$F_{b,Ed,ser}$  - návrhová hodnota síly, která se přenáší ložiskem v MSP

$$\gamma_{M6,ser} := 1,0$$

$$\gamma_{M0} := 1,0$$

Způsob porušení	Návrhové podmínky
Únosnost čepu ve sřihu	$F_{v,Rd} = 0,6 A f_{up}/\gamma_{M2} \geq F_{v,Ed}$
Únosnost plechu a čepu v otláčení Pro výměnný čep se má splnit také podmínka	$F_{b,Rd} = 1,5 t d f_y/\gamma_{M0} \geq F_{b,Ed}$ $F_{b,Rd,ser} = 0,6 t d f_y/\gamma_{M0,ser} \geq F_{b,Ed,ser}$
Únosnost čepu v ohybu Pro výměnný čep se má splnit také podmínka	$M_{Rd} = 1,5 W_{ef} f_{yp}/\gamma_{M0} \geq M_{Ed}$ $M_{Rd,ser} = 0,8 W_{ef} f_{yp}/\gamma_{M0,ser} \geq M_{Ed,ser}$
Únosnost čepu při kombinaci sřihu a ohybu	$\left[ \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[ \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1$
$d$ je průměr čepu; $f_y$ nižší z meze kluzu čepu a spojované části; $f_{up}$ mez pevnosti čepu; $f_{yp}$ mez kluzu čepu; $t$ tloušťka spojované části; $A$ plocha průřezu čepu.	

Obrázek 27 - návrhová kritéria pro čepové spoje [8]



Obrázek 28 - návrhové rozměry pro čepové spoje [8]

$$f_y := 355 \text{ MPa}$$

$$b := t$$

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

$$a_p := \frac{b}{2}$$

$$c_p := b - (b - 2 \text{ mm})$$

Ohybový moment v čepu :

$$M_{Ed} := \frac{F_{Ed}}{8} \cdot (b + 4 \cdot c_p + 2 \cdot a_p)$$

**MAXIMÁLNÍ NÁVRHOVÉ ZATÍŽENÍ :**

$$F_{b,Ed,ser} := 272,48 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} := 309,54 \text{ kN}$$

**NÁVRH ROZMĚRŮ ČEPU :**

$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot Y_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3}$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \cdot Y_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3}$$

$$d_0 \leq 2,5 \cdot t$$

$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_{Ed} \cdot Y_{M0}}{f_y}}$$

$$t_{min} := 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_{Ed} \cdot Y_{M0}}{f_y}} = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{309,54 \cdot 1,0}{355 \cdot 10^3}}$$

$$t_{min} = 20,67 \text{ mm}$$

$$t := 25 \text{ mm}$$

$$d_{0,min} := 2,5 \cdot t = 2,5 \cdot 22$$

$$d_{0,min} = 62,5 \text{ mm}$$

$$d_0 := 65 \text{ mm}$$

$$d := 63 \text{ mm}$$

$$c_{min} := \frac{F_{Ed} \cdot Y_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{309,54 \cdot 1,0}{2 \cdot 0,025 \cdot 355} + \frac{0,065}{3}$$

$$c_{min} = 39,11 \text{ mm}$$

$$c := 45 \text{ mm}$$

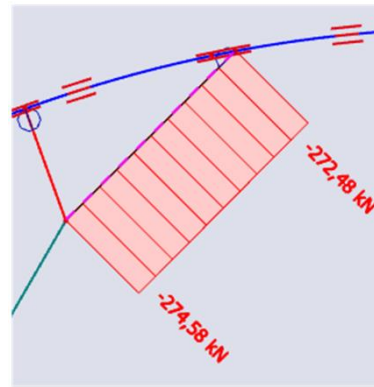
$$a_{min} := \frac{F_{Ed} \cdot Y_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{309,54 \cdot 1,0}{2 \cdot 0,025 \cdot 355} + \frac{2 \cdot 0,065}{3}$$

$$a_{min} = 60,77 \text{ mm}$$

$$a := 65 \text{ mm}$$

**Únosnost čepu ve stříhu :**

$$F_{v,Rd} := 0,6 \cdot A \cdot \frac{f_{up}}{Y_{M2}} \geq F_{v,Ed}$$



Obrázek 29 - síly působící na přípoj v MSP

$$f_{up} := 510 \text{ MPa}$$

$$Y_{M2} := 1,25$$

$$F_{v,Ed} := F_{Ed}$$

$$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 63^2}{4}$$

$$A = 3117,25 \text{ mm}^2$$

$$F_{c,Rd} := 0,6 \cdot A \cdot \frac{f_{up}}{Y_{M2}} = 0,6 \cdot 2642,08 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{510}{1,25}$$

$$F_{c,Rd} = 763,1 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 309,54 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$f_{up} := 510 \text{ MPa}$$

$$Y_{M2} := 1,25$$

$$F_{v,Ed} := F_{Ed}$$

Únosnost plechu a čepu v otláčení :

$$F_{b,Rd} := 1,5 \cdot t \cdot d \cdot \frac{f_y}{Y_{M6,ser}} \geq F_{b,Ed}$$

$$F_{b,Rd} := 1,5 \cdot t \cdot d \cdot \frac{f_y}{Y_{M6,ser}} = 1,5 \cdot 20 \cdot 58 \cdot \frac{355}{1,0}$$

$$F_{b,Rd} = 838,69 \text{ kN}$$

$$t = 25 \text{ mm}$$

$$d = 63 \text{ mm}$$

$$F_{b,Rd,ser} := 0,6 \cdot t \cdot d \cdot \frac{f_y}{Y_{M6,ser}} \geq F_{b,Ed,ser}$$

$$F_{b,Rd,ser} := 0,6 \cdot t \cdot d \cdot \frac{f_y}{Y_{M6,ser}} = 0,6 \cdot 25 \cdot 63 \cdot \frac{355}{1,0}$$

$$F_{b,Rd,ser} = 335,48 \text{ kN} \geq F_{b,Ed,ser} = 272,48 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Využití :

$$\frac{F_{b,Ed,ser}}{F_{b,Rd,ser}} = 81,22 \%$$

Únosnost čepu v ohybu :

$$M_{Rd} := 1,5 \cdot W_{el} \cdot \frac{f_{yp}}{Y_{M0}} \geq M_{Ed}$$

$$W_{el} := \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 63^3}{32}$$

$$W_{el} = 24,55 \text{ mm}^3 \cdot 10^3$$

$$M_{Rd} := 1,5 \cdot W_{el} \cdot \frac{f_{yp}}{Y_{M0}} = 1,5 \cdot 19,16 \cdot 10^3 \cdot \frac{355}{1,0}$$

$$M_{Rd} = 13,07 \text{ kN m}$$

$$f_{yp} := 355 \text{ MPa}$$



$$M_{Ed} := \frac{F_{Ed}}{8} \cdot (b + 4 \cdot c_p + 2 \cdot a_p) = \frac{309,54}{8} \cdot 25 + 4 \cdot 2 + 2 \cdot 12,5$$

$$b := t = 25 \text{ mm}$$

$$a_p := \frac{b}{2} = 12,5 \text{ mm}$$

$$c_p := b - (b - 2 \text{ mm}) = 2 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} = 13,07 \text{ kN m} \geq M_{Ed} = 2,24 \text{ kN m} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$M_{Rd,ser} := 0,8 \cdot W_{eL} \cdot \frac{f_{yP}}{Y_{M0}} \geq M_{Ed,ser}$$

$$M_{Ed,ser} := \frac{F_{b,Ed,ser}}{8} \cdot (b + 4 \cdot c_p + 2 \cdot a_p) = \frac{272,48}{8} \cdot 25 + 4 \cdot 2 + 2 \cdot 12,5$$

$$M_{Rd,ser} := 0,8 \cdot W_{eL} \cdot \frac{f_{yP}}{Y_{M0}} = 0,8 \cdot 19,16 \cdot 10^3 \cdot \frac{355}{1,0}$$

$$M_{Rd,ser} = 6,97 \text{ kN m}$$

$$M_{Rd,ser} = 6,97 \text{ kN m} \geq M_{Ed,ser} = 1,98 \text{ kN m} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost čepu při kombinaci stříhu a ohybu :

$$\left( \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 + \left( \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 \leq 1,0$$

vstupní hodnoty :

$$M_{Ed} = 2,24 \text{ kN m}$$

$$M_{Rd} = 13,07 \text{ kN m}$$

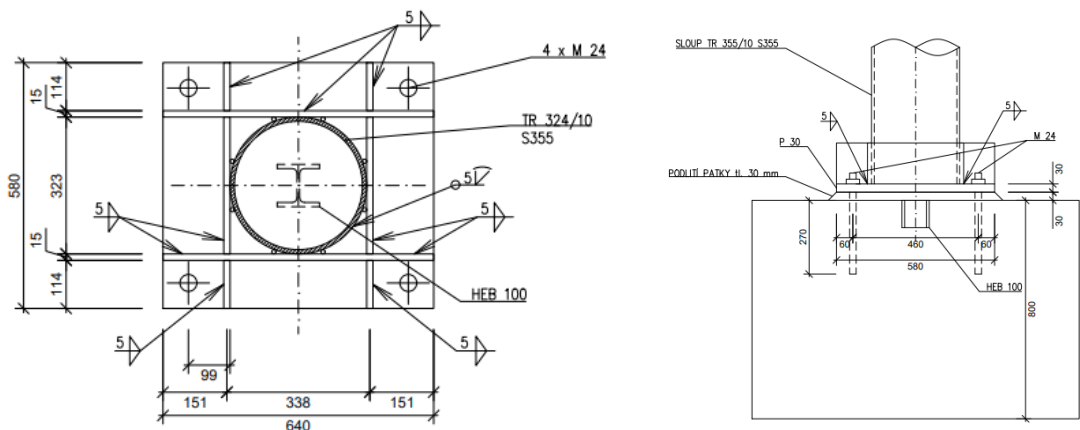
$$F_{v,Ed} = 309,54 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 763,1 \text{ kN}$$

dosazení do vzorce :

$$\left( \frac{2,24}{13,07} \right)^2 + \left( \frac{309,54}{763,1} \right)^2 = 0,19 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 10.4 NÁVRH A POSOUZENÍ VETKNUTÉ PATKY SLOUPU



**NÁVRH:**  $d \times \check{s} \times v = 1800 \text{ mm} \times 1200 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$   
 beton: C20/25  
 výztuž: B500 B

**zatížení:**

zatížení od KZ\_2 – nejnepríznivější kombinace

viz. str. 51

$$N_{Ed} = 476,80 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 55,80 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 142,35 \text{ kNm}$$

Patní plech

**Vstupní hodnoty :**

Zatížení :

$$N_{Ed} := 476,80 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := 55,80 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 142,35 \text{ kN m}$$

Ocel s355 :

$$Y_{M0} := 1,0$$

$$Y_{M1} := 1,15$$

$$f_y := 355 \text{ MPa}$$

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

$$G := 81 \text{ GPa}$$

Parametry základové patky :

$$d \times \check{s} \times v = 1,8 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \quad a_c := 1800 \text{ mm}$$

$$\text{beton : C 20/25} \quad b_c := 1200 \text{ mm}$$

$$f_{ck} := 20 \text{ MPa} \quad h := 800 \text{ mm}$$

$$Y_c := 1,5$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{Y_c} = \frac{20}{1,5}$$

$$f_{cd} = 13,33 \text{ MPa}$$

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

Parametry patního plechu :

$$a_1 := 640 \text{ mm}$$

$$b_1 := 580 \text{ mm}$$

$$A_1 := a_1 \cdot b_1 = 640 \cdot 580$$

$$A_1 = 0,37 \text{ m}^2$$

$$f_{yk} := 355 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{Y_{M0}}$$

$$f_{yd} = 355 \text{ MPa}$$

tloušťka patního plechu :

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

rozteč šroubů :

$$e_a := 60 \text{ mm}$$

$$e_b := 60 \text{ mm}$$

$$p_a := 520 \text{ mm}$$

$$p_b := 460 \text{ mm}$$

**Efektivní plocha pod patní deskou :**

$$a_2 = \min(a_c; 3 \cdot a_1; a_1 + h) = \min(1800; 3 \cdot 640; 640 + 800)$$

$$b_2 = \min(b_c; 3 \cdot b_1; b_1 + h) = \min(1200; 3 \cdot 580; 580 + 800)$$

$$a_2 = \min(1800; 1920; 1440)$$

$$b_2 = \min(1200; 1740; 1380)$$

$$a_2 := 1440 \text{ mm}$$

$$b_2 := 1200 \text{ mm}$$

$$A_2 := a_2 \cdot b_2 = 1440 \cdot 1200$$

$$A_2 = 1,73 \text{ m}^2$$

**Návrhová pevnost betonu v tlaku pod patní deskou je :**

$$f_{jd} := \beta_j \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{1,73}{0,37}} \cdot \frac{20}{1,5}$$

$$f_{jd} = 19,18 \text{ MPa}$$

**Přesah desky :**

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 19,18 \cdot 1,0}}$$

$$c = 74,52 \text{ mm}$$

**Účinná šířka patního plechu :**

$$b_{eff} := 2 \cdot t_v + 4 \cdot c = 2 \cdot 15 + 74,52$$

$$t_v := 15 \text{ mm} - \text{tloušťka plechu výztuhy}$$

$$b_{eff} = 328,08 \text{ mm}$$

**Excentricita zatížení :**

$$e_z := \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{42,35}{476,80}$$

$$e_z = 298,55 \text{ mm}$$

$$\beta_j := \frac{2}{3}$$

**Výpočet tahové síly v kotevních šroubech :**

Určení velikosti tlačené oblasti x :

$$r := p_a = 520 \text{ mm}$$

$$N_{Ed} \cdot (r + e_z) - N_c \cdot \left( r + \frac{a}{2} - \frac{x}{2} \right) = 0$$

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

úprava rovnice :

$$476800 \cdot (520 + 298,55) - 328,08 \cdot 19,18 \cdot x \cdot \left( 520 + \frac{640}{2} - \frac{x}{2} \right) = 0$$

$$390284640 - 3272138,39 \cdot x - 2013623,81 \cdot x - 3146,29 \cdot x^2 = 0$$

$$3146,29 \cdot x^2 - 5285762,2 \cdot x + 390284640 = 0$$

$$x_1 := 1602,60 \text{ mm} \rightarrow \text{tento kořen nedává smysluplné řešení}$$

$$x_2 := 77,4 \text{ mm}$$

$$x := x_2 = 77,4 \text{ mm}$$

Síla v tlačené části vetknuté patky :

$$N_c = 487 \text{ kN}$$

Síla do kotevních šroubů :

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

$$T = 497,44 - 476,80$$

$$T = 10,2 \text{ kN}$$

**Únosnost šroubů :**

**NÁVRH: 2x kotevní šroub M20 pevnosti 4.8**

plocha závitu :

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

mez kluzu :

$$f_{yb} := 320 \text{ MPa}$$

mez pevnosti :

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

$$Y_{M2} := 1,25$$

$$F_{t,Rd} := 0,85 \cdot \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{Y_{M2}} = 0,85 \cdot \frac{0,9 \cdot 245 \cdot 10^{-6} \cdot 400 \cdot 10^3}{1,25}$$

$$F_{t,Rd} = 59,98 \text{ kN}$$

**Posouzení :**

$$T \leq F_{t,Rd}$$

$$T = 10,2 \text{ kN} < F_{t,Rd} = 59,98 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Průřez patky :**

rozhoduje tlačena strana patky

$$M_p := M_c$$

$$V_p := N_c = 487 \text{ kN}$$

plocha :

$$A := 640 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm} + 2 \cdot 15 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm} = 23700 \text{ mm}^2$$

plastická neutrální osa :

$$z_{pl} := \frac{A}{2 \cdot 640 \text{ mm}} = 18,52 \text{ mm}$$

Zatřídění :

plastická neutrální osa prochází patním plechem, svislé výzutyhy jsou proto v plastickém vztahu rovnoměrně tlačené

zatřídění se provede pro tlačenu přečnávající část pásnice

$$\frac{c}{t_p} = \frac{74,52}{15} = 4,97$$

$$t_p - z_{pl} = 11,48 \text{ mm}$$

$$W_{pl,y} := \left( \left( (18,52 \text{ mm})^2 + (11,48 \text{ mm})^2 \right) \cdot \frac{640 \text{ mm}}{2} + 2 \cdot 15 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm} \cdot (60 \text{ mm} + 11,48 \text{ mm}) \right) = 473589,86 \text{ mm}^3$$

$$M_{pl,Rd} := W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 473589,86 \cdot 355$$

$$M_{pl,Rd} = 168,12 \text{ kN m}$$

$$V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{vd}}{\sqrt{3}} = \frac{2 \cdot 15 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm} \cdot 355 \text{ MPa}}{\sqrt{3}} = 922,32 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} := 922,32 \text{ kN}$$

Posouzení :

$$V_{pl,Rd} = 922,32 \text{ kN} > V_p = 487 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$V_{pl,Rd} = 922,32 \text{ kN} < 2 \cdot V_p = 974 \text{ kN} \rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

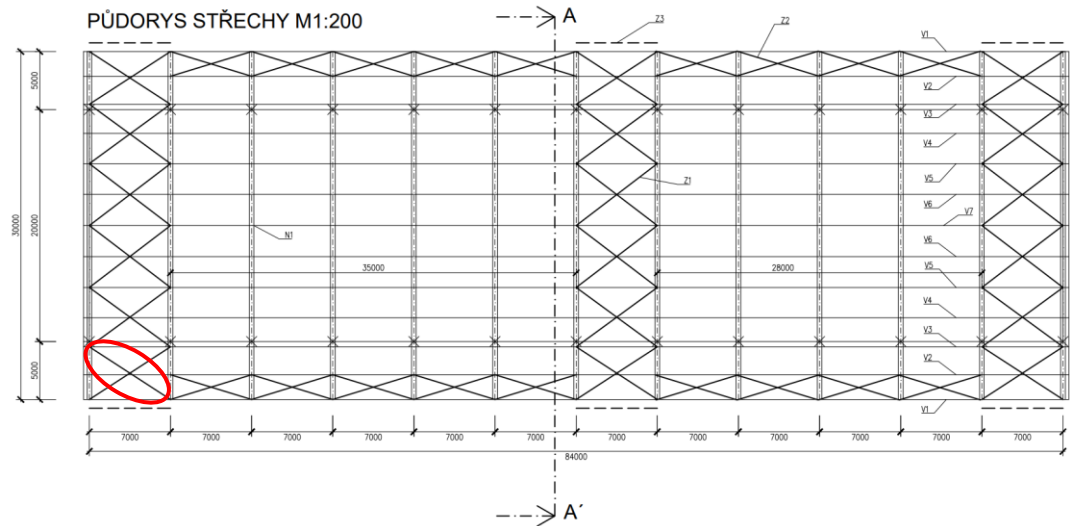
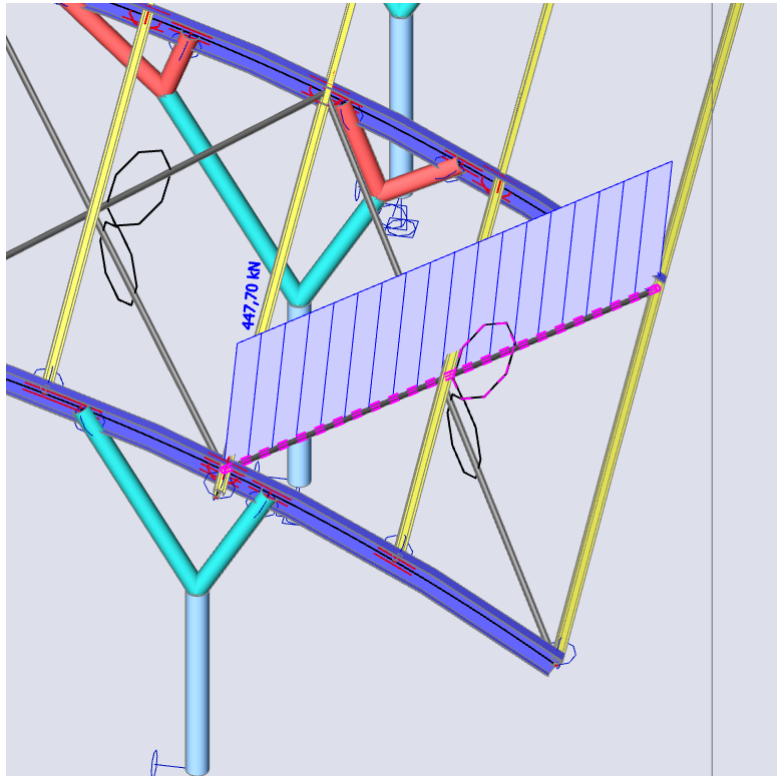
použijeme smykovou zarážku

$$M_{pl,Rd} = 168,12 \text{ kN m} > M_p = 48,21 \text{ kN m} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 10.5 NÁVRH A POSOUZENÍ STŘEŠNÍHO ZTUŽIDLA

Vnitřní síly vypočtené v software Scia Engineer 2022 [11]

Nejvíce zatížené ztužidlo



**NÁVRH : KRUHOVÁ TRUBKA 76 x 7,0**

$$d := 76 \text{ mm} \quad I := 91,2 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$t := 7,0 \text{ mm} \quad W := 24,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A := 1517 \text{ mm}^2 \quad W_{pl} := 33,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{vz} := 966 \text{ mm}^2 \quad i := 24,5 \text{ mm}$$

**Tahová normálová síla :**

$$N_{Ed, tah} := 447,70 \text{ kN}$$

**Zatřídění průřezu :**

pro trubky platí :

$$\frac{d}{t} = \frac{76}{7}$$

$$\frac{d}{t} = 10,86$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 0,81$$

$$\frac{d}{t} \leq 50 \cdot \varepsilon^2 \rightarrow \text{třída 1.}$$

$$27,3 \leq 50 \cdot 0,81^2 = 32,81 \rightarrow \text{průřez je 1. třídy}$$

**Posouzení únosnosti v tahu :**

$$N_{Ed, tah} = 447,7 \text{ kN}$$

$$N_{pl, Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1517 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00}$$

$$N_{pl, Rd} = 538,54 \text{ kN}$$

**Posouzení :**

$$N_{pl, Rd} \geq N_{Ed}$$

$$N_{pl, Rd} = 538,54 \text{ kN} > N_{Ed, tah} = 447,7 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Využití :**

$$\frac{N_{Ed, tah}}{N_{pl, Rd}} = 83,13 \%$$

**Návrh a posouzení šroubovaného přípoje :**

**NÁVRH : ŠROUB 5x M20 8.8**

+ spojovací plech P10 z S355

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

**Únosnost ve stříhu :**

smyková rovina prochází závitem

$$F_{v, Rd} := n \cdot \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad \alpha_v := 0,6 \text{ pro pevnostní třídu 8.8}$$

plocha dříku šroubu :

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

počet střížných rovin :

$$n := 1$$

$$Y_{M2} := 1,25$$

$$F_{v,Rd} := n \cdot \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{Y_{M2}} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 245 \cdot 10^{-6} \cdot 800 \cdot 10^3}{1,25}$$

$$F_{v,Rd} = 94,08 \text{ kN}$$

**Únosnost v otláčení :**

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{Y_{M2}}$$

průměr šroubu :

$$d := 20 \text{ mm}$$

nejmenší tloušťka spojovaných prvků :

$$t := 15 \text{ mm}$$

mez pevnosti spojovaných prvků :

$$f_u := 490 \text{ MPa}$$

$\alpha_b$  je nejmenší z hodnot :

$$\frac{e_1}{3 \cdot d_0} ; \frac{f_{ub}}{f_u} ; 1,0 \text{ pro šrouby na konci}$$

$$\frac{P_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} ; \frac{f_{ub}}{f_u} ; 1,0 \text{ pro vnitřní šrouby}$$

$k_1$  je nejmenší z hodnot :

$$2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 ; 2,5 \text{ pro šrouby u okraje}$$

$$1,4 \cdot \frac{P_2}{d_0} - 1,7 ; 2,5 \text{ pro vnitřní šrouby}$$

$\alpha_b$  je nejmenší z hodnot :

$$\frac{e_1}{3 \cdot d_0} = 0,76 ; \frac{f_{ub}}{f_u} = 1,63 ; 1,0$$

$$\frac{P_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} = 0,81 ; \frac{f_{ub}}{f_u} = 1,63 ; 1,0$$

$k_1$  je nejmenší z hodnot :

$$2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 4,66 ; \boxed{2,5}$$

$$1,4 \cdot \frac{P_2}{d_0} - 1,7 = 2,75 ; \boxed{2,5}$$

$$\alpha_b := 0,76 ; k_1 := 2,5$$

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{Y_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,76 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 490 \cdot 10^{-3}}{1,25}$$

$$F_{b,Rd} = 223,44 \text{ kN}$$

pro M20 :

$$P_1 := 70 \text{ mm}$$

$$P_2 := 70 \text{ mm}$$

$$e_1 := 50 \text{ mm}$$

$$e_2 := 50 \text{ mm}$$

$$d_0 := 22 \text{ mm}$$



**Určení počtu šroubů :**

**Střih :**

$$\frac{N_{Ed, tah}}{F_{v, Rd}} = 4,76 \rightarrow \boxed{5 \text{ šroubů}}$$

**Otlačení :**

$$\frac{N_{Ed, tah}}{F_{b, Rd}} = 2 \rightarrow 2 \text{ šrouby}$$

**Návrh svaru :**

$$\sqrt{\sigma_{kolmo}^2 + 3 \cdot \left( \tau_{kolmo}^2 + \tau_{rovnoběžně}^2 \right)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

pro S355 :

$$\beta_w := 0,9$$

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kolmo} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\text{tl. svaru } a_w := 4,0 \text{ mm}$$

$$F := N_{Ed, tah} = 447,7 \text{ kN}$$

zatížení působí rovnoběžně s osou svaru

$$\sigma_{kolmo} := 0 \quad \tau_{kolmo} := 0$$

$$\tau_{rovnoběžně} := \frac{F}{a_w \cdot L_w}$$

délka svaru :

$$L_w := 2 \cdot e_1 + (n_b - 1) \cdot p_1 = 380 \text{ mm}$$

$$\tau_{rovnoběžně} := \frac{F}{a_w \cdot L_w} = \frac{447,7}{3,0 \cdot 380}$$

$$\tau_{rovnoběžně} = 294,54 \text{ MPa}$$

**Posouzení :**

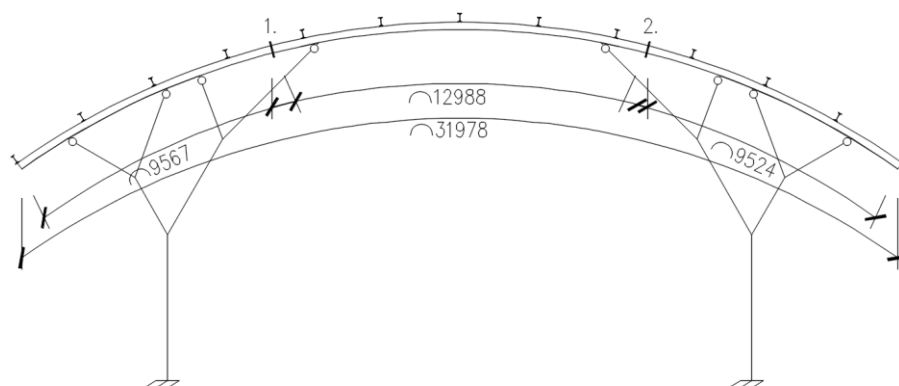
$$\tau_{rovnoběžně} = 294,54 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

počet šroubů

$$n_b := 5$$

## 10.6 NÁVRH A POSOUZENÍ MONTÁŽNÍHO PŘÍPOJE VAZNÍKU

Umístění montážních spojů



maximální délka úseku  $L = 12\,988 \text{ mm}$

Montážní přípoje jsou umístěny do míst s nulovým ohybovým momentem

Návrh a posudek provedeme v Software IDEA StatiCa 22 viz. příloha č. 4

## ZDROJE

### Použité normy

- [1] ČSN EN 1990, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení Sněhem
- [4] ČSN EN 1991-1-4, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení Větrem
- [5] ČSN EN 1991-1-6, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení při provádění
- [6] ČSN EN 1993-1-1, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [7] ČSN EN 1993-1-3, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-3: Obecná pravidla – Doplnující pravidla pro za studena tvarované prvky a plošné profily
- [8] ČSN EN 1993-1-8, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků
- [9] ČSN EN 1994-1-1, Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí – Část 1-1 Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

### Další odkazy

- [10] CB Profil a.s., Křižíkova 1762, 370 01 České Budějovice, Česká republika

### Použitý software

- [11] Scia Engineer 22
- [12] Autodesk Autocad 2023
- [13] MS Word 365
- [14] MS Excel 365
- [15] FIN EC – Zatížení
- [16] SMath Studio

[17] IDEA StatiCa 22.0

### **Použitá literatura**

[18] GRIMM, Friedrich, 2003, Konstrutieren mit Hohlprofilen, první vydání, Ernst & Sohn, ISBN 978-3433028339

[19] SOKOL, Zdeněk, WALD, František, 2019, OCELOVÉ KONSTRUKCE. Tabulky, 2. dotisk, 3. vydání, Česká technika – nakladatelství ČVUT, Thákurova 1, 160 41 Praha 6, České Vysoké Učení Technické, ISBN 978-80-01-06032-2

# **PŘÍLOHA A – TECHNICKÁ ZPRÁVA**

# TECHNICKÁ ZPRÁVA

Název projektu: Nádražní hala v Mladé Boleslavi  
Vypracoval: Pavel Babák  
Datum: 22. 5. 2023

# 1. Základní údaje o projektu

## 1.1. Obecný popis stavby

Předmětem projektu je novostavba nádražní haly v Mladé Boleslavi. Stavba je tvořena obloukovou konstrukcí, která zastřešuje hlavní atrium stavby. Uvnitř stavby se nachází vestavba určená pro komerční využití. Stavba disponuje zelenou střechou a fasáda budovy směrem do kolejiště je prosklená. Strana směrem k příjezdové cestě a parkovišti je tvořena sendvičovými izolačními panely.

## 1.2. Podklady pro zhotovení projektu

### Použité normy

- [1] ČSN EN 1990, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení Sněhem
- [4] ČSN EN 1991-1-4, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení Větrem
- [5] ČSN EN 1991-1-6, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení při provádění
- [6] ČSN EN 1993-1-1, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [7] ČSN EN 1993-1-3, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-3: Obecná pravidla – Doplnující pravidla pro za studena tvarované prvky a plošné profily
- [8] ČSN EN 1993-1-8, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnic
- [9] ČSN EN 1994-1-1, Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí – Část 1-1 Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

### Další odkazy

- [10] CB Profil a.s., Křižíkova 1762, 370 01 České Budějovice, Česká republika

### Použitý software

- [11] Scia Engineer 22
- [12] Autodesk Autocad 2023
- [13] MS Word 365
- [14] MS Excel 365
- [15] FIN EC – Zatížení
- [16] SMath Studio
- [17] IDEA StatiCa 22.0

### Použitá literatura

- [18] GRIMM, Friedrich, 2003, Konstruieren mit Hohlprofilen, první vydání, Ernst & Sohn, ISBN 978-3433028339
- [19] SOKOL, Zdeněk, WALD, František, 2019, OCELOVÉ KONSTRUKCE. Tabulky, 2. dotisk, 3. vydání, Česká technika – nakladatelství ČVUT, Thákurova 1, 160 41 Praha 6, České Vysoké Učení Technické, ISBN 978-80-01-06032-2

## 2. Základní charakteristika konstrukčního řešení

### 2.1. Urbanistické, architektonické a dispoziční řešení stavby

Předmětem projektu je nádražní hala o půdorysných rozměrech 84 x 20m (+10m konzoly) a výšce 12,5m. Střecha je navržena jako oblouková ve dvou směrech. Uvnitř haly se nachází ocelobetonová vestavba určená pro komerční využití.

### 2.2. Technické řešení stavby

Příčná vazba ocelové konstrukce je tvořena 2 sloupy, které jsou nápaditě rozvětvením od úrovně 3,0 metrů. Na sloupech je uložen ocelový vazník profilu IPE 360, který je dimenzován na přenos veškerého stálého i proměnného zatížení (sníh, vítr).

Do jedné poloviny haly zasahuje vestavba s rozpětím 10,0 m. Nosnou konstrukci tvoří ocelobetonový skelet podpíraný ocelovými sloupy HEB 200 s příčnou osovou vzdáleností 5,0 m, které jsou kloubově uloženy. Vestavba je poté v jedné části kloubově připojena ke sloupům hlavní vazby. Vaznice tvoří profily IPE 200, které jsou uloženy na průvlak. Průvlak je nadimenzován jako IPE 240. Založení sloupů hlavní vazby je na úrovni -1,1m. A nejvyšší bod střechy nad úrovní podlahy v 1NP (+0,00 m) je +12,5m.

Půdorys nosné konstrukce tvoří obdélník o rozměrech 84,0 m x 30,0 m (měřeno osově), Hlavní nosné sloupy jsou nadimenzovány jako kruhové trubky o průměru 323,9 mm a tloušťce stěny 10,0 mm. Na jedné straně haly tyto sloupy přenášejí zatížení jak ze střechy, tak z vestavby která je k nim připojena. Sloupy jsou stromovitě rozvětveny kdy jednotlivé větve jsou tvořeny kruhovými trubkami o průměru 273 mm a tloušťce stěny 10,0 mm. Tyto větve přenášejí stálé zatížení působící na střešní konstrukci haly do hlavních nosných sloupů. Dále také přenášejí zatížení od sněhu a větru. Větve jsou navrženy tak aby byly primárně namáhány osovou silou. vetknuté. Na sloupových větvích je uložen hlavní nosný prvek konstrukce a to plnostěnný obloukový vazník. Ten přenáší veškeré stálé zatížení od střešního pláště tak od vaznic, je namáhán jak osovou silou tak posouvající silou tak ohybovým momentem.

Průvlak vestavby bude při betonáži podepřen.

Ztracené bednění bude tvořeno trapézovým plechem TR60/235 o tloušťce plechu 1,25mm, stropnice bude při betonáži bude podepřena. Výška vestavby nad úrovní podlahy v 1NP (+0,00 m) je +3,0m (osa průvlaku).

Vedlejší sloupy (sloupy štítové stěny) jsou primárně určené k upevnění obvodového pláště a přenosu zatížení od větru. Jsou navrženy jako HEB 200 a jsou kloubově uloženy.

Střešní vaznice jsou navrženy jako zakřivený nosník průřezu IPE 160. Vaznice přenášejí stálé zatížení od střešního pláště a zatížení sněhem a větrem.

Střešní ztužidla a stěnová ztužidla jsou navržena jako kruhové trubky o průměru 76,0 mm a tloušťce stěny 7,0 mm.

## 3. Zatížení

Uvedeny jsou charakteristické hodnoty zatížení. Pro získání hodnot návrhových je nutno provést přenosování příčným dílčím součinitelem bezpečnosti, který byl uvažován hodnotou 1,35 pro stálá a 1,5 pro proměnná zatížení.

### 3.1. Stálá zatížení

Vlastní tíha ocelových konstrukcí je generována programem Scia Engineer 22.1. Ostatní vlastní tíhy viz. statický výpočet.

### 3.2. Užitná zatížení

Střecha je nepochozí s výjimkou běžné údržby a oprav. Uvažováno zatížení 0,75 kN/m<sup>2</sup> (kategorie H dle ČSN EN 1991-1-1).

V hlavní části objektu je uvažováno zatížení 3,0 kN/m<sup>2</sup> pro stropní konstrukce

(kategorie C2 dle ČSN EN 1991-1-1).

### 3.3. Zatížení sněhem

Objekt se nachází v Mladé Boleslavi – sněhová oblast II. Střecha objektu je kombinace obloukové a pultové střechy s rozdílnými výškami. Zatížení větrem bylo stanoveno s ohledem na rozdílnost střech.

### 3.4. Zatížení větrem

Objekt se nachází v Mladé Boleslavi – II. větrná oblast, kategorie terénu – III. →oblast rovnoměrně pokrytá vegetací nebo budovami s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20m násobek výšky překážky.

## 4. Nosný systém

### 4.1. Přehled nosných prvků haly

#### Stropnice– IPE 200, S 355

- délka 7,0 m
- při betonáži podepřeno
- spřažený s betonovou deskou
- kloubový spoj

#### Průvlak– IPE 240, S355

- délka 5,0 m
- při betonáži podepřeno
- spřažený s betonovou deskou trn
- kloubový spoj

#### Sloup – HEB 200 - vestavba

- délka 3,0 m
- kloubový spoj

#### Sloup – TR 323,9 x 10,0, S355

- délky 3,0 až 5,0 m
- vetknutá patka
- kloubový spoj na průvlak
- vetknutý spoj s větví sloupu

#### Sloup – TR 273 x 10,0, S355

- různá délka dle umístění
- kloubový přípoj k vazníku
- vetknutý spoj s ostatními větvemi sloupu

#### Sloup – HEB 200 – obvodový plášť

- délka 4,0 m až 6,0 m
- vetknutá patka
- kloubový spoj na průvlak
- vetknutý spoj s větví sloupu

#### Vazník – IPE 360

- délka 32,0 m
- kloubové čepové spoje s větvemi sloupu
- kloubový spoj s vaznicemi

#### Vaznice – IPE 160

- délka 7,1 m
- Kloubový spoj s vazníkem

#### Ztužidla

- různé délky v závislosti na poloze haly
- kloubové spoje s vazníky, vaznicemi a sloupy



## 5. Posouzení konstrukce

Posouzení MSU proběhlo v programu Scia Engineer, tak ručním výpočtem. Posouzení MSP pak proběhlo v programu SCIA Engineer. Všechny konstrukce jsou navrženy tak, aby vyhověly na oba mezní stavy. Dimenze prvků viz výkresová dokumentace. Výpočet jednotlivých prvků viz výpočtová dokumentace.

## 6. Materiály

Hlavní prvky ocelové konstrukce věže jsou navrženy z oceli S355J2G3 nebo z oceli obdobných vlastností z hlediska houževnatosti.

Použité šrouby jsou jakosti 4.8 a 8.8

Betonové konstrukce na pevnině jsou navrženy z konstrukčního betonu C20/25.

## 7. Provádění a montáž konstrukce

Jednotlivé montážní díly jsou šroubované. Největší montážní díl je vazník IPE 360 délky 13,0 m. Nejdříve bude stavba zaměřena. Poté budou započnou zemní práce (skrývka, srovnání terénu, výkopy). Na to navazuje betonáž patek. Osazení sloupů na připravenou stavbu. Obloukové

vazníky budou na stavbě spojeny do celku pomocí šroubů a osazeny na sloupy bez provizorních podpor najednou souběžně se ztužidly.

Průvlaky se stropnicemi budou osazeny a podepřeny při betonáži. Poté bude objekt opláštěn dle požadavků výrobce.

## 8. Ztužení haly

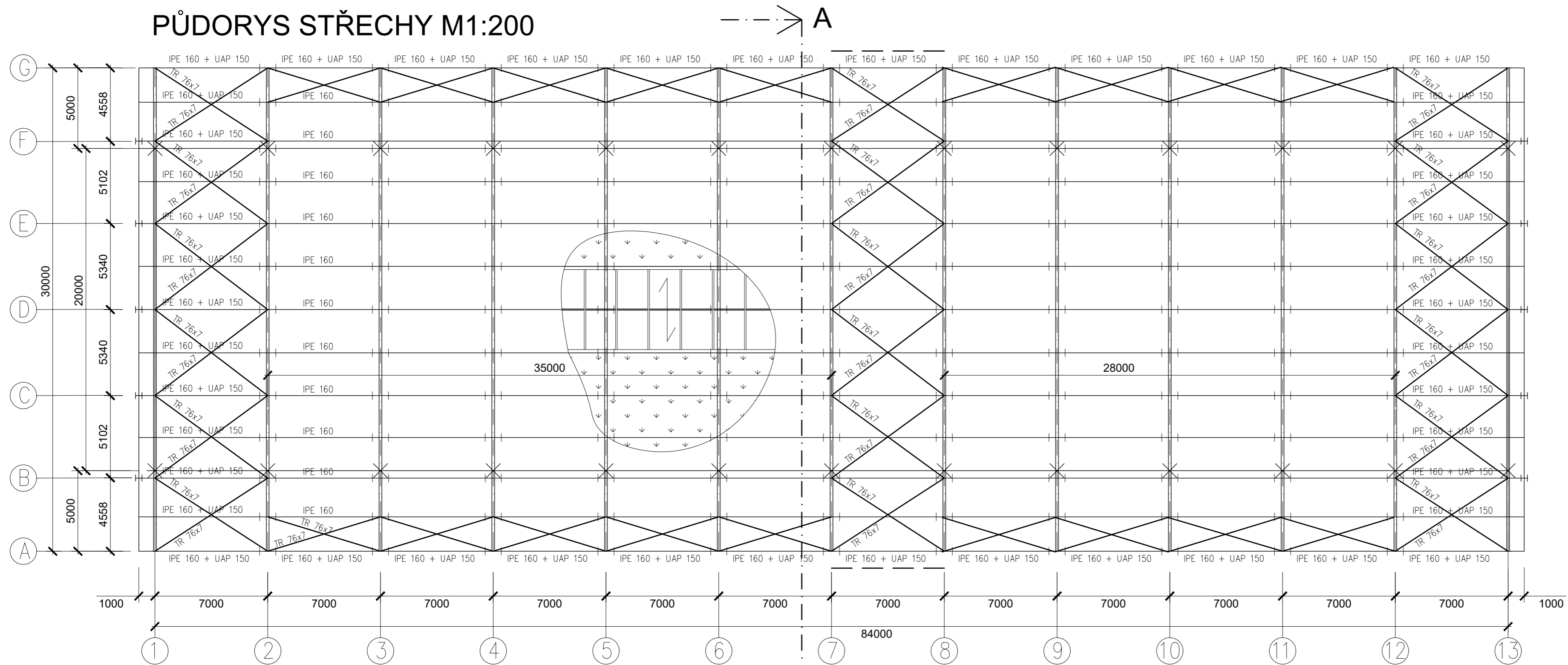
Objekt je ztužen v střešní rovině příčným a podélným ztužidlem TR 70 x 7,0. Plnostěnný oblouk je ztužen tuhými střešními tabulí. Hlavní svislá ztužidla jsou diagonály TR 70 x 7,0. Více výkresová dokumentace.

## 9. Ochrana ocelové konstrukce

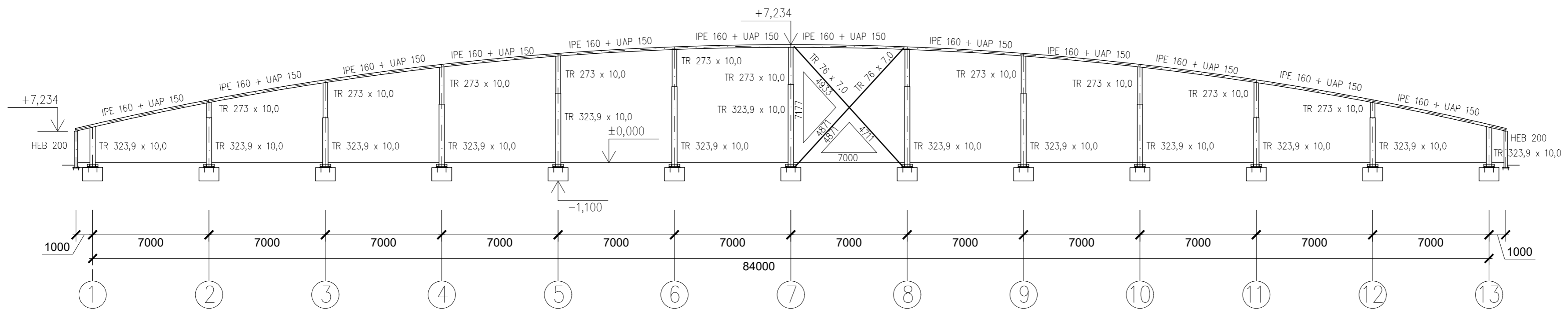
Ochrana ocelové konstrukce proti korozi bude na úrovni C2 a bude řešena nátěry. Základní nátěr bude akrylový, dvouvrstvý o tloušťce 80 µm. Finální nátěr bude akrylový, dvouvrstvý o tloušťce 40 µm.

# **PŘÍLOHA B – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE**

# PŮDORYS STŘECHY M1:200

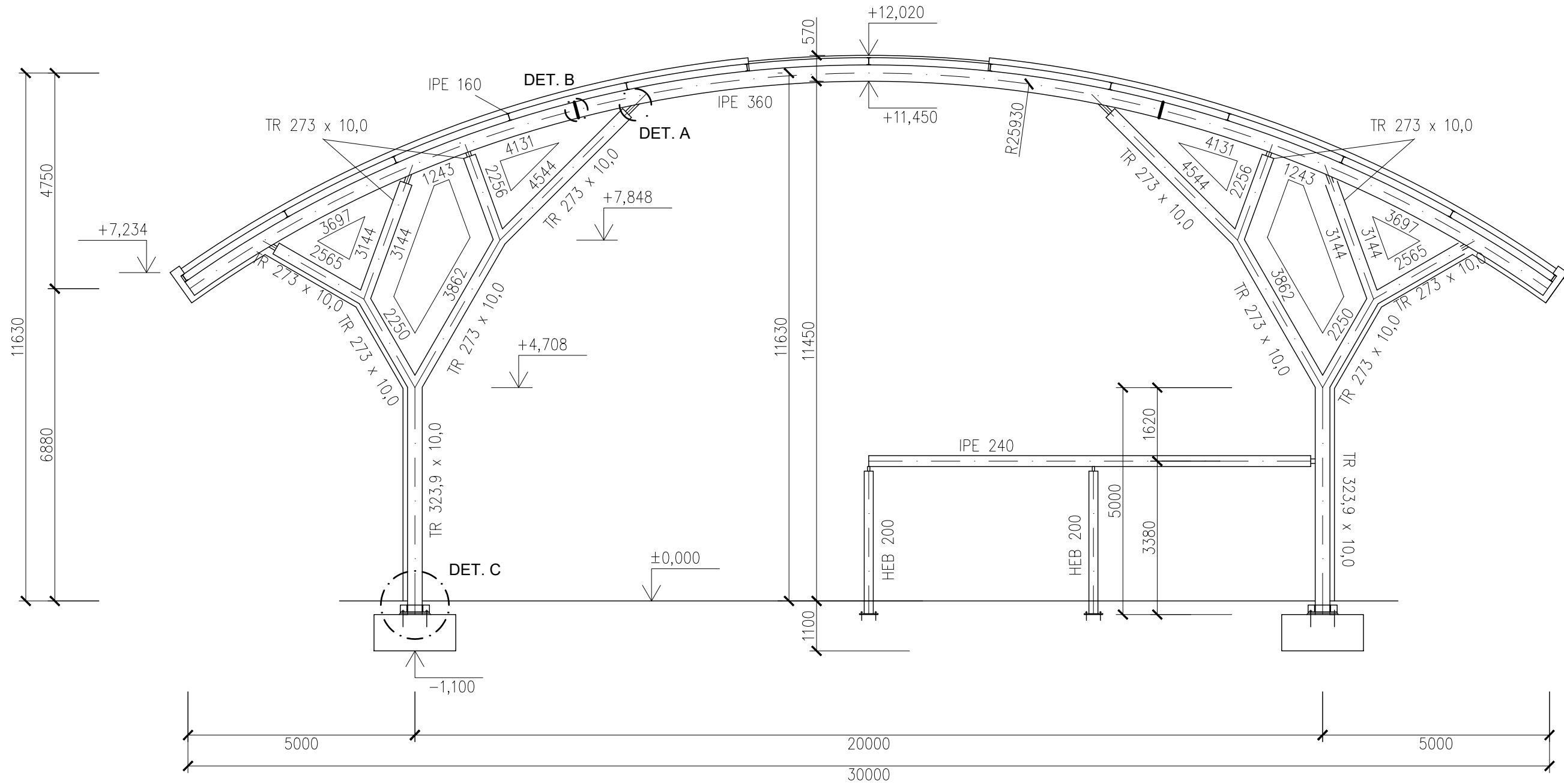


# POHLED B M1:200



Zpracoval:	Pavel Babák	Vedoucí cvičení:	prof. Ing. Martina Eliášová, CSc.	Fakulta stavební	
Předmět:	BAPC	Školní rok:	2022/2023	ČVUT	
Název úlohy:	Bakalářská práce			Datum:	22.5.2023
Název výkresu:	Půdorys + Pohled			Měřítko:	1:200
				Číslo výkresu:	001

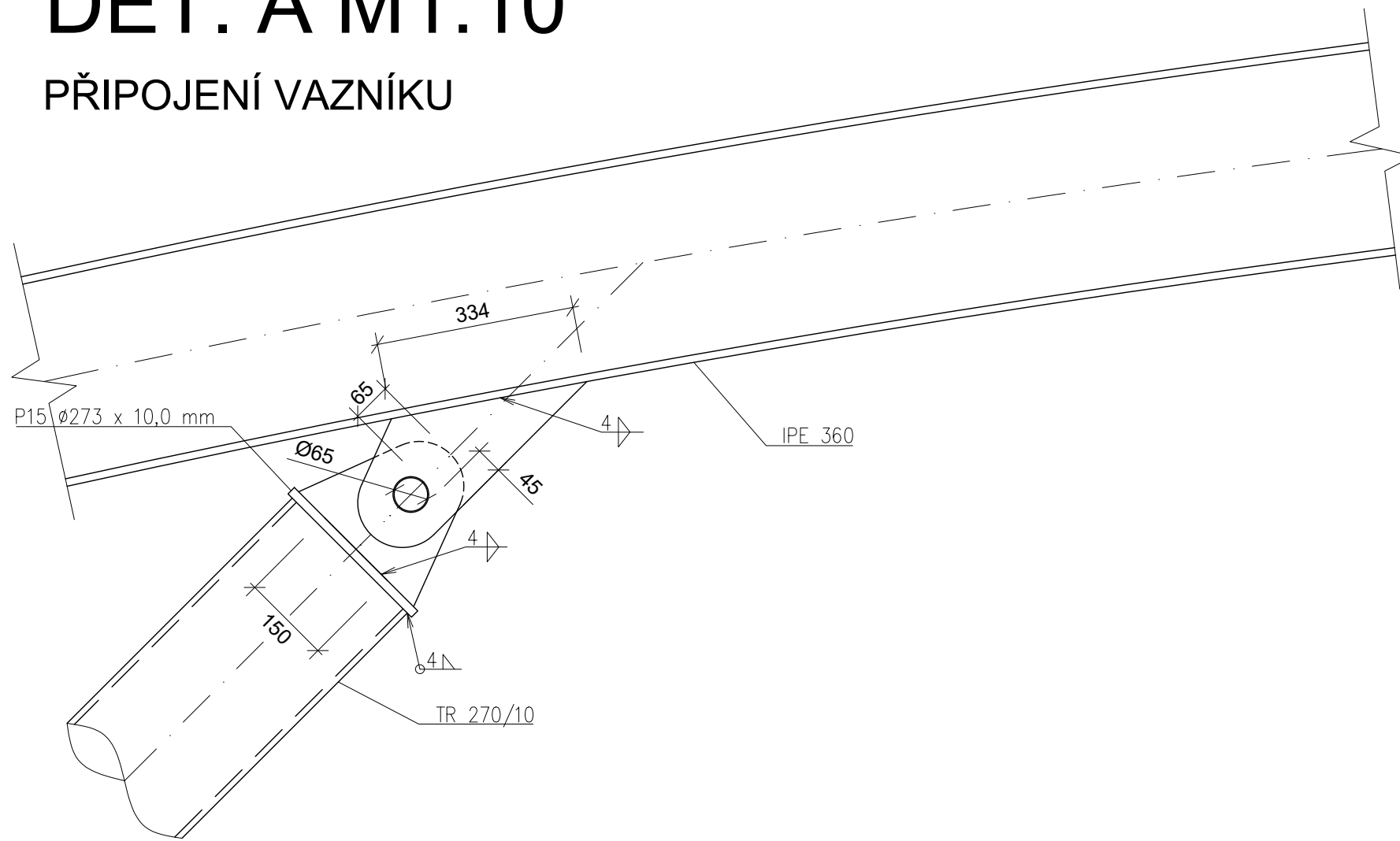
# ŘEZ A - A' M1:100




Zpracoval: Pavel Babák	Vedoucí cvičení: prof. Ing. Martina Eliášová, CSc.	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: BAPC	Školní rok: 2022/2023	
Název úlohy: <b>Bakalářská práce</b>	Datum: 22.5.2023	
Název výkresu: <b>Řez A-A'</b>	Měřítko: 1:100	
	Číslo výkresu: <b>002</b>	

# DET. A M1:10

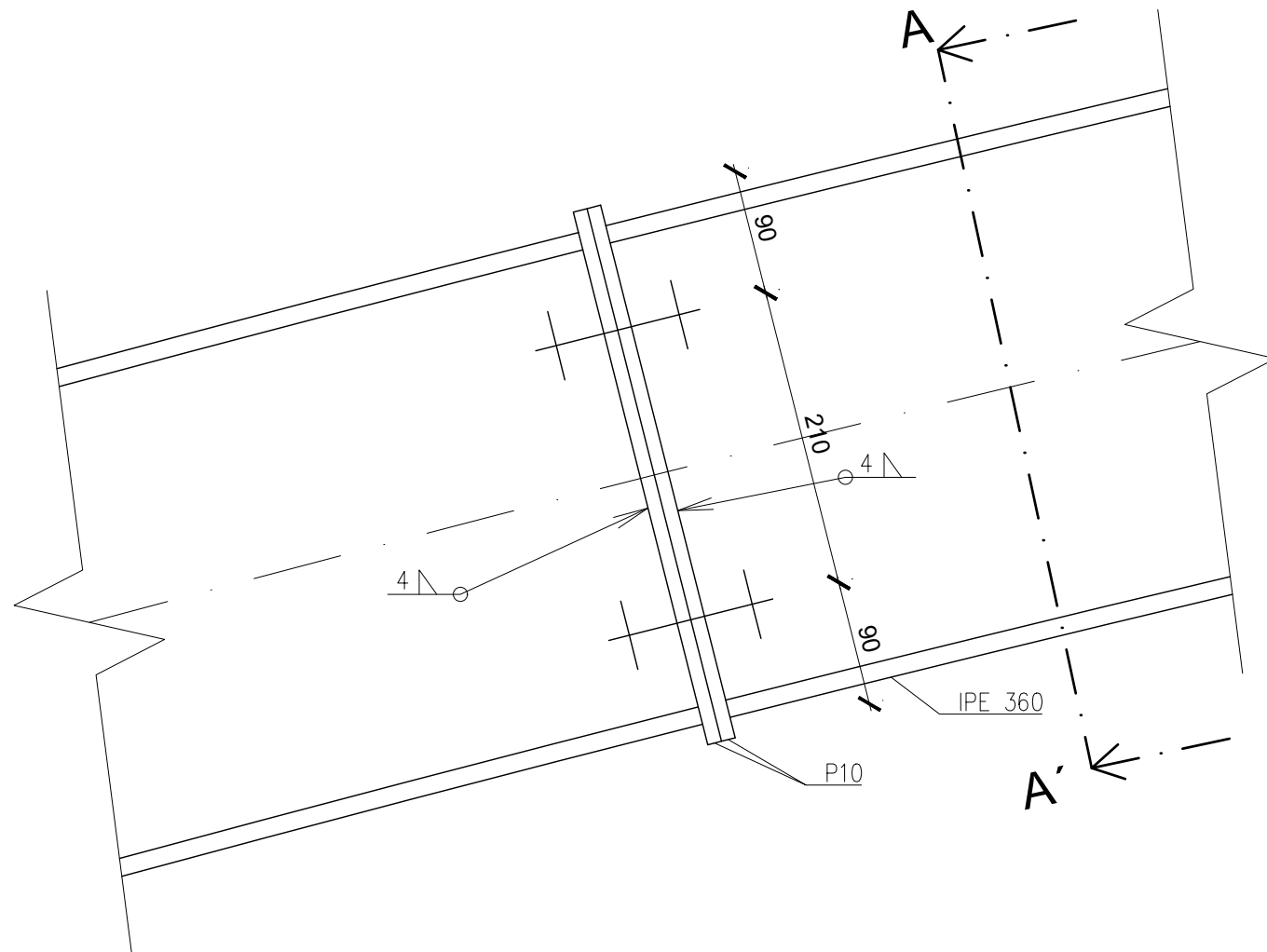
## PŘIPOJENÍ VAZNÍKU



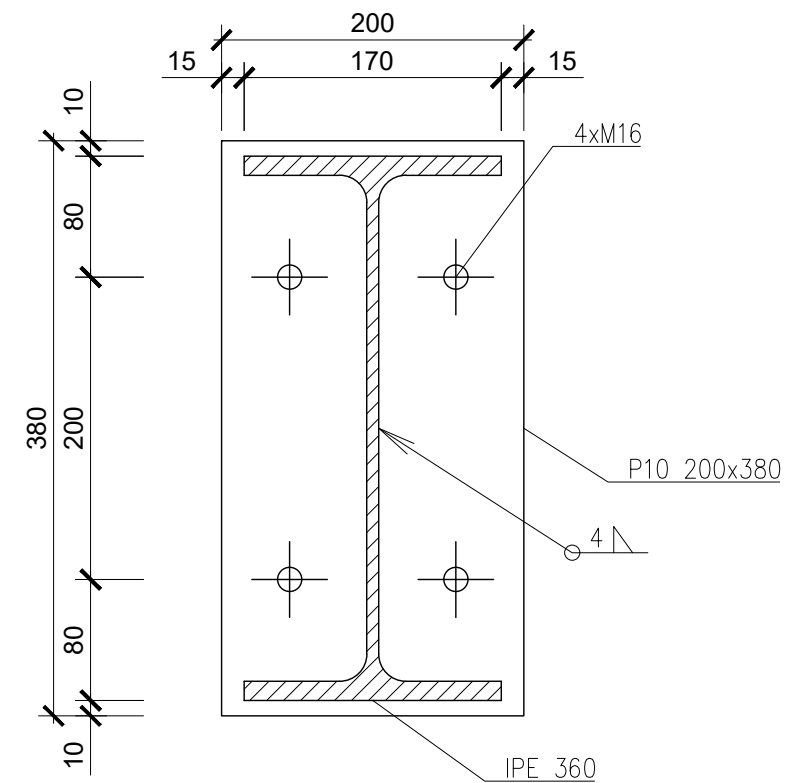
Zpracoval: Pavel Babák	Vedoucí cvičení: prof. Ing. Martina Eliášová, CSc.	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: BAPC	Školní rok: 2022/2023	
Název úlohy: <b>Bakalářská práce</b>	Datum: 22.5.2023	Měřítko: 1:10
Název výkresu: <b>Detail A</b>	Číslo výkresu: <b>003</b>	

# DET. B M1:5

MONTÁŽNÍ PŘÍPOJ VAZNÍKU



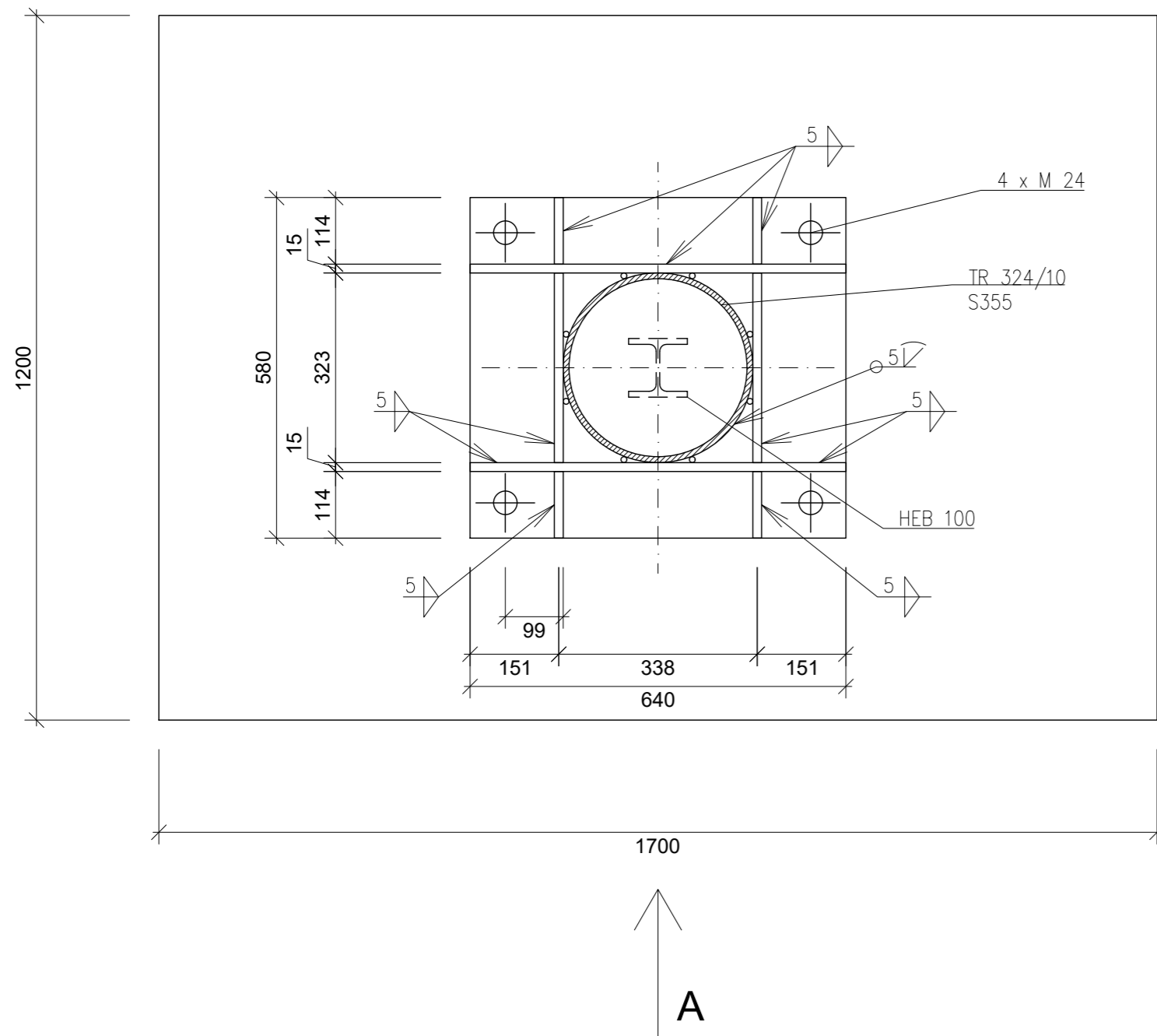
## ŘEZ A-A'



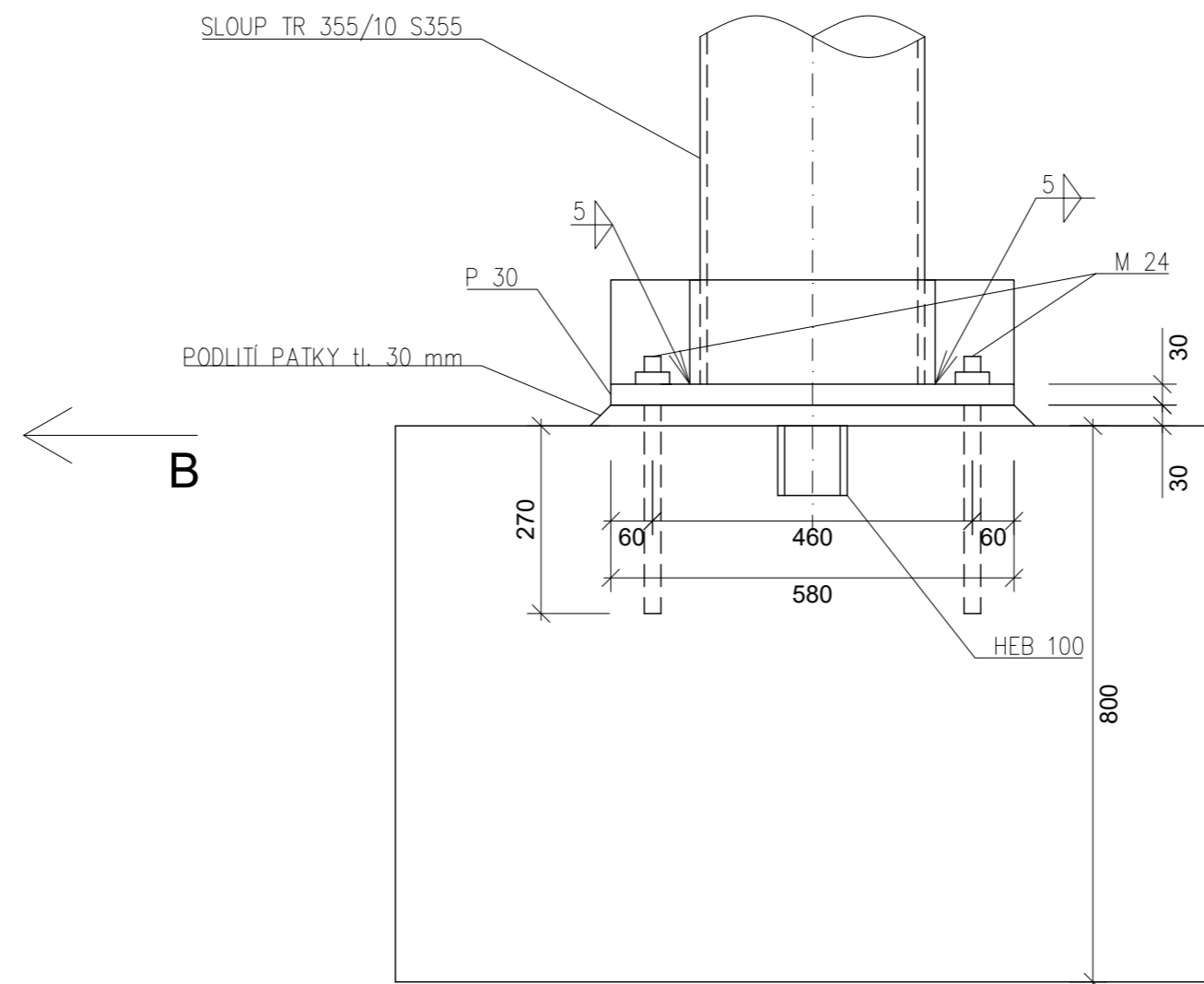
Zpracoval: Pavel Babák	Vedoucí cvičení: prof. Ing. Martina Eliášová, CSc.	Fakulta stavební ČVUT
Předmět: BAPC	Školní rok: 2022/2023	
Název úlohy: <b>Bakalářská práce</b>	Datum: 22.5.2023	
Název výkresu: <b>Detail B</b>	Měřítko: 1:5	
	Číslo výkresu: <b>004</b>	

# DET. C M1:10

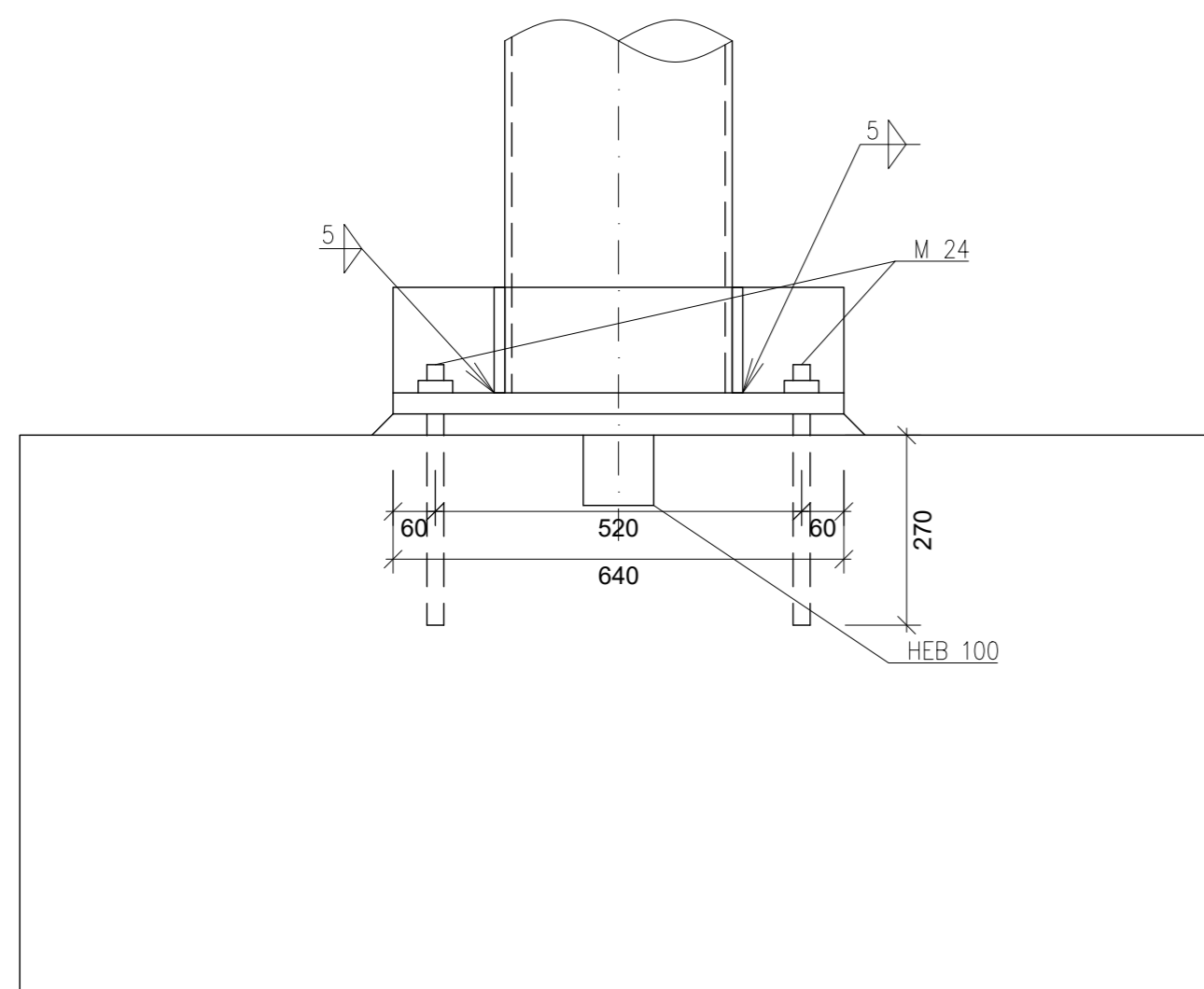
VETKNUTÁ PATKA



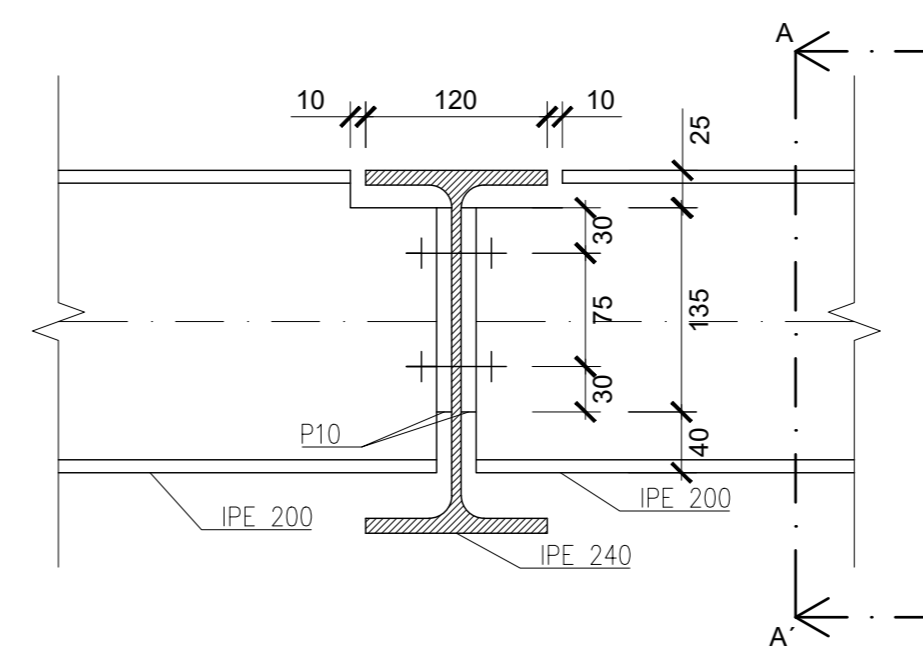
POHLED B



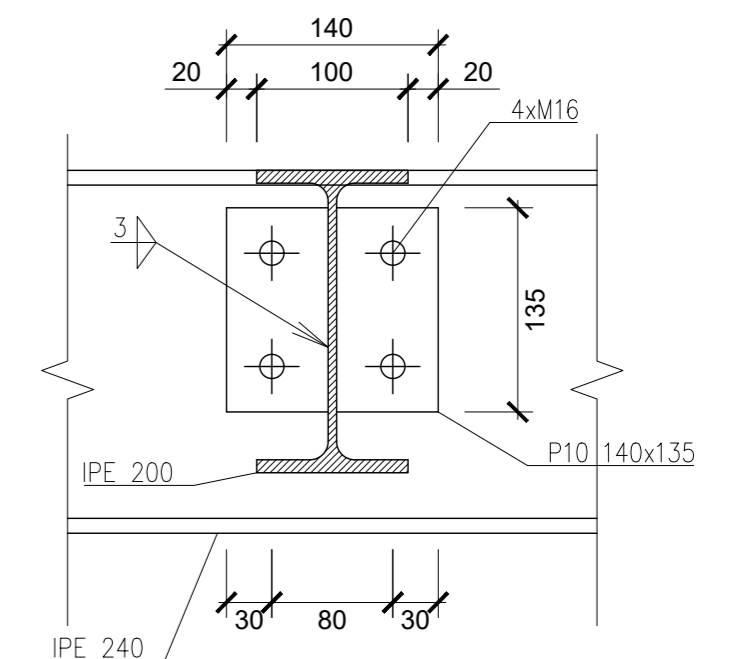
POHLED A



PŘÍPOJ STROPNICE NA PRŮVLAK



ŘEZ A-A'



Zpracoval:	Pavel Babák	Vedoucí cvičení:	prof. Ing. Martina Eliášová, CSc.	Fakulta stavební ČVUT	
Předmět:	BAPC	Školní rok:	2022/2023		
Název úlohy:	Bakalářská práce			Datum:	22.5.2023
Název výkresu:	Detail C + přípoj stropnice			Měřítko:	1:10, 1:5
				Číslo výkresu:	005

**PŘÍLOHA C – POSOUZENÍ VAZNÍKU  
V PROGRAMU SCIA ENGINEER 22**



# Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993

Lineární výpočet

Třída: Všechny MSU

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Řez

Výběr: Vázník

Vybrané řezy: Zadané řezy

## Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec Vazník	0,000 / 31,978 m	IPE360	Válcovaný	S 355	Všechny MSU	0,52 -
--------------	------------------	--------	-----------	-------	-------------	--------

### Klíč kombinace

Všechny MSU / 1.35\*ZS1 + 1.35\*ZS2 + 1.50\*ZS4 + 1.50\*ZS6

### Dílicí souč. spolehlivosti

Únosnost průřezů	$\gamma_{M0}$	1,00
Únosnost na stabilitu	$\gamma_{M1}$	1,00
Únosnost čistého průřezu	$\gamma_{M2}$	1,25

### Materiál

Mez kluzu	$f_y$	355,0	MPa
Pevnost v tahu	$f_u$	490,0	MPa

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	$N_{Ed}$	-83,21	kN
Smyková síla	$V_{y,Ed}$	8,96	kN
Smyková síla	$V_{z,Ed}$	-86,85	kN
Kroucení	$T_{Ed}$	-0,25	kNm
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

### Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída limit
1	SO	63	13	11439,176	11439,176	1,0	0,4	1,0	5,0	7,3	8,1	11,4	1
3	SO	63	13	11439,176	11439,176	1,0	0,4	1,0	5,0	7,3	8,1	11,4	1
4	I	299	8	11439,176	11439,176	1,0		1,0	37,3	22,8	27,7	30,9	4
5	SO	63	13	11439,176	11439,176	1,0	0,4	1,0	5,0	7,3	8,1	11,4	1
7	SO	63	13	11439,176	11439,176	1,0	0,4	1,0	5,0	7,3	8,1	11,4	1

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 4

### Efektivní průřez N-

#### Výpočet efektivní šířky

Podle EN 1993-1-5 čl. 4.4

Id	Typ	$b_p$ [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\lambda_p$ [-]	$\rho$ [-]	$b_e$ [mm]	$b_{e1}$ [mm]	$b_{e2}$ [mm]
1	SO	63	355000,000	355000,000	1,0	0,4	0,3	1,0	63		
3	SO	63	355000,000	355000,000	1,0	0,4	0,3	1,0	63		
4	I	299	355000,000	355000,000	1,0	4,0	0,8	0,9	269	135	135
5	SO	63	355000,000	355000,000	1,0	0,4	0,3	1,0	63		
7	SO	63	355000,000	355000,000	1,0	0,4	0,3	1,0	63		

### Efektivní vlastnosti

Efektivní plocha	$A_{eff}$	7,0374e-03	m <sup>2</sup>			
Efektivní moment setrvačnosti	$I_{eff,y}$	1,6269e-04	m <sup>4</sup>	$I_{eff,z}$	1,0435e-05	m <sup>4</sup>
Efektivní modul průřezu	$W_{eff,y}$	9,0383e-04	m <sup>3</sup>	$W_{eff,z}$	1,2276e-04	m <sup>3</sup>
Posun těžiště	$e_{N,y}$	0	mm	$e_{N,z}$	0	mm

### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

Efektivní průřezová plocha	$A_{eff}$	7,0374e-03	m <sup>2</sup>
Tlaková únosnost	$N_{c,Rd}$	2498,29	kN
Jedn. posudek		0,03	-

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,0374 \cdot 10^{-3} [m^2] \times 355,0 [MPa]}{1,00} = 2498,29 [kN]$$

(EC3-1-1: 6.11)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-83,21[\text{kN}]|}{2498,29[\text{kN}]} = 0,03 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.9)

**Posudek smyku pro  $V_y$** 

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Součinitel smykové korekce	$\eta$	1,20	
Smyk. plocha	$A_v$	4,5260e-03	m <sup>2</sup>
Plastická smyková únosnost pro $V_y$	$V_{pl,y,Rd}$	927,65	kN
Jedn. posudek		0,01	-

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{4,5260 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times \frac{355,0[\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 927,65[\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.18)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{c,y,Rd}} = \frac{|8,96[\text{kN}]|}{927,65[\text{kN}]} = 0,01 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.17)

**Posudek smyku pro  $V_z$** 

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Součinitel smykové korekce	$\eta$	1,20	
Smyk. plocha	$A_v$	3,5108e-03	m <sup>2</sup>
Plastická smyková únosnost pro $V_z$	$V_{pl,z,Rd}$	719,57	kN
Jedn. posudek		0,12	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{3,5108 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times \frac{355,0[\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 719,57[\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.18)

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|-86,85[\text{kN}]|}{719,57[\text{kN}]} = 0,12 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.17)

**Posudek kroucení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Index vlákna	Vlákno	2	
Celkový krouticí moment	$T_{Ed}$	8,6	MPa
Pružná smyková únosnost	$T_{Rd}$	205,0	MPa
Jedn. posudek		0,04	-

$$\tau_{Ed} = \frac{T_{Ed}}{T_{Ed,unit}} \times \tau_{Ed,unit} = \frac{-0,25[\text{kNm}]}{1,00[\text{kNm}]} \times 34029,165[\text{kN/m}^2] = 8,6[\text{MPa}]$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{355,0[\text{MPa}]}{\sqrt{3} \times 1,00} = 205,0[\text{MPa}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{\tau_{Ed}}{\tau_{Rd}} = \frac{8,6[\text{MPa}]}{205,0[\text{MPa}]} = 0,04 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.23)

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

**....:POSUDEK STABILITY:....****Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr**

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 1,892 m

Rozhodující součinitel využití  $\eta$ : 0,59

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 &amp; 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	63	13	132850,725	29350,270	0,2	1,0	1,0	5,0	7,3	8,1	17,3	1
3	SO	63	13	205136,756	308637,211	0,7	0,5	1,0	5,0	7,3	8,1	11,6	1
4	I	299	8	145104,754	-147841,922	-1,0		0,5	37,3	59,3	68,3	102,8	1
5	SO	63	13	-135587,893	-32087,439								
7	SO	63	13	-207873,925	-311374,379								

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

**Poznámka:** Rozhodující poloha pro klasifikaci stability je založena na součiniteli využití  $\eta$  podle Semi-Comp+.**Posudek rovinného vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru		yy	zz	
Typ posuvných styčniců		posuvné	neposuvné	
Systémová délka	L	1,892	1,892	m
Součinitel vzpěru	k	2,21	0,81	
Vzpěrná délka	$l_{cr}$	4,180	1,529	m
Kritické Eulerovo zatížení	$N_{cr}$	19300,23	9243,34	kN
Štíhlost	$\lambda$	27,94	40,37	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel}$	0,37	0,53	



Parametry vzpěru		yy	zz
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20

**Poznámka:** Štíhlost nebo velikost tlakové síly umožňují ignorovat účinky rovinného vzpěru podle EN 1993-1-1 článek 6.3.1.2(4)

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 1,6270 \cdot 10^{-4} [\text{m}^4]}{4,180 [\text{m}]^2} = 19300,23 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 1,0430 \cdot 10^{-5} [\text{m}^4]}{1,529 [\text{m}]^2} = 9243,34 [\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{4,180 [\text{m}]}{150 [\text{mm}]} = 27,94$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{1,529 [\text{m}]}{38 [\text{mm}]} = 40,37$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{27,94}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{355,0 [\text{MPa}]}}} = 0,37$$

(EC3-1-1: 6.50)

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{40,37}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{355,0 [\text{MPa}]}}} = 0,53$$

(EC3-1-1: 6.50)

### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Pro tento I průřez je únosnost na prostorový vzpěr vyšší než únosnost na rovinný vzpěr. Prostorový vzpěr proto není ve výstupu uveden.

### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku			
Interakční metoda		alternativní metoda 2	
Průřezová plocha	A	7,2700e-03	m <sup>2</sup>
Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	1,0190e-03	m <sup>3</sup>
Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	1,9100e-04	m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla	$N_{Ed}$	83,21	kN
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{y,Ed}$	-159,61	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{z,Ed}$	16,96	kNm
Charakteristická tlaková únosnost	$N_{Rk}$	2580,85	kN
Charakteristická momentová únosnost	$M_{y,Rk}$	361,75	kNm
Charakteristická momentová únosnost	$M_{z,Rk}$	67,81	kNm
Redukční součinitel	$\chi_y$	1,00	
Redukční součinitel	$\chi_z$	1,00	
Modifikovaný redukční součinitel	$\chi_{LT,mod}$	1,00	
Interakční součinitel	$k_{yy}$	0,90	
Interakční součinitel	$k_{yz}$	0,37	
Interakční součinitel	$k_{zy}$	0,54	
Interakční součinitel	$k_{zz}$	0,61	

Maximální moment  $M_{y,Ed}$  je odvozen z nosníku Vazník pozice 1,892 m.

Maximální moment  $M_{z,Ed}$  je odvozen z nosníku Vazník pozice 1,892 m.

Parametry interakční metody 2			
Metoda pro součinitel interakce		Tabulka B.1	
Posuvnost styčnicků y		posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{my}$	0,90	
Výsledný typ zatížení z		liniový moment M	
Poměr koncových momentů	$\psi_z$	0,00	
Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{mz}$	0,60	
Výsledný typ zatížení LT		liniové zatížení q	
Koncový moment	$M_{h,LT}$	-159,61	kNm
Moment v poli	$M_{s,LT}$	-81,00	kNm
Součinitel	$\alpha_{s,LT}$	0,51	
Poměr koncových momentů	$\psi_{LT}$	0,00	
Součinitel ekvivalentního momentu	$C_{mLT}$	0,61	

$$\text{Posudek (6.61)} = 0,03 + 0,40 + 0,09 = 0,52 -$$

$$\text{Posudek (6.62)} = 0,03 + 0,24 + 0,15 = 0,42 -$$

$$\chi_z = \min(\chi_z, \chi) = \min(1,00, 1,00) = 1,00$$

$$C_{my} = 0,90$$

$$C_{mz} = \max(0,6 + 0,4 \times \psi_z, 0,4) = \max(0,6 + 0,4 \times 0,00, 0,4) = \max(0,60, 0,40) = 0,60$$

$$\alpha_{s,LT} = \frac{M_{s,LT}}{M_{h,LT}} = \frac{-81,00[\text{kNm}]}{-159,61[\text{kNm}]} = 0,51$$

$$C_{m,LT} = \max(0,2 + 0,8 \times \alpha_{s,LT}, 0,4) = \max(0,2 + 0,8 \times 0,51, 0,4) = \max(0,61, 0,40) = 0,61$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 7,2700 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 355,0[\text{MPa}] = 2530,85[\text{kN}]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 1,0190 \cdot 10^{-3}[\text{m}^3] \times 355,0[\text{MPa}] = 361,75[\text{kNm}]$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 1,9100 \cdot 10^{-4}[\text{m}^3] \times 355,0[\text{MPa}] = 67,81[\text{kNm}]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[ 1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[ 1 + (0,37 - 0,2) \times \frac{83,21[\text{kN}]}{1,00 \times \frac{2580,85[\text{kN}]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{83,21[\text{kN}]}{1,00 \times \frac{2580,85[\text{kN}]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,90, 0,92\} = 0,90$$

$$k_{yz} = 0,6 \times k_{zz} = 0,6 \times 0,61 = 0,37$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 0,90 = 0,54$$

$$k_{zz} = \min \left\{ C_{mz} \times \left[ 1 + (2 \times \lambda_{rel,z} - 0,6) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{mz} \times \left( 1 + 1,4 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,60 \times \left[ 1 + (2 \times 0,53 - 0,6) \times \frac{83,21[\text{kN}]}{1,00 \times \frac{2580,85[\text{kN}]}{1,00}} \right], 0,60 \times \left( 1 + 1,4 \times \frac{83,21[\text{kN}]}{1,00 \times \frac{2580,85[\text{kN}]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,61, 0,63\} = 0,61$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{83,21[\text{kN}]}{1,00 \times \frac{2580,85[\text{kN}]}{1,00}} + 0,90 \times \frac{|-159,61[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{361,75[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,37 \times \frac{|16,96[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{\frac{67,81[\text{kNm}]}{1,00}} = 0,52 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.61})$$

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{83,21[\text{kN}]}{1,00 \times \frac{2580,85[\text{kN}]}{1,00}} + 0,54 \times \frac{|-159,61[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{361,75[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,61 \times \frac{|16,96[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{\frac{67,81[\text{kNm}]}{1,00}} = 0,42 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.62})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61)}, \text{Posudek (6.62)}) = \max(0,52, 0,42) = 0,52 \leq 1,00$$

### Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

Parametry ztráty stability od smyku			
Délka pole vzpěru	a	31,978	m
Stojina		nevyztužený	
Výška stojiny	h <sub>w</sub>	335	mm
Tloušťka stojiny	t	8	mm
Materiálový součinitel	ε	0,81	
Součinitel smykové korekce	η	1,20	

Ověření ztráty stability od smyku		
Štíhlost stojiny	h <sub>w</sub> /t	41,83
Limit štíhlosti stojiny		48,82

$$h_w/t = \frac{h_w}{t} = \frac{335[\text{mm}]}{8[\text{mm}]} = 41,83$$

$$\text{limitní } h_w/t = \frac{72 \times \varepsilon}{\eta} = \frac{72 \times 0,81}{1,20} = 48,82$$

**Poznámka:** Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

### Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec Vazník	1,919 / 31,978 m	IPE360	Válcovaný	S 355	Všechny MSU	0,43 -
--------------	------------------	--------	-----------	-------	-------------	--------

Klíč kombinace	
Všechny MSU / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4 + 1.50*ZS6	

Dílní souč. spolehlivosti		
Únosnost průřezů	$\gamma_{M0}$	1,00
Únosnost na stabilitu	$\gamma_{M1}$	1,00
Únosnost čistého průřezu	$\gamma_{M2}$	1,25

Materiál			
Mez kluzu	$f_y$	355,0	MPa
Pevnost v tahu	$f_u$	490,0	MPa

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 1,919 m

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	$N_{Ed}$	10,68	kN
Smyková síla	$V_{y,Ed}$	-45,98	kN
Smyková síla	$V_{z,Ed}$	96,18	kN
Kroucení	$T_{Ed}$	0,54	kNm
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	-157,07	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	15,93	kNm

#### Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	63	13	132607,175	36450,767	0,3	0,9	1,0	5,0	7,3	8,1	16,6	1
3	SO	63	13	199764,031	295920,439	0,7	0,5	1,0	5,0	7,3	8,1	11,6	1
4	I	299	8	142676,416	-145612,837	-1,0		0,5	37,3	59,3	68,4	103,0	1
5	SO	63	13	-135543,596	-39387,188								
7	SO	63	13	-202700,452	-298856,860								

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

#### Posudek na tah

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.3 a rovnice (6.5)

Průřezová plocha	A	7,2700e-03	m <sup>2</sup>
Plastická tahová únosnost	$N_{pl,Rd}$	2580,85	kN
Mezní tahová únosnost	$N_{u,Rd}$	2564,86	kN
Tahová únosnost	$N_{t,Rd}$	2564,86	kN
Jedn. posudek		0,00	-

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,2700 \cdot 10^{-3} [m^2] \times 355,0 [MPa]}{1,00} = 2580,85 [kN] \quad (EC3-1-1: 6.6)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \times A \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 7,2700 \cdot 10^{-3} [m^2] \times 490,0 [MPa]}{1,25} = 2564,86 [kN] \quad (EC3-1-1: 6.7)$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}, N_{u,Rd}) = \min(2580,85 [kN], 2564,86 [kN]) = 2564,86 [kN]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{10,68 [kN]}{2564,86 [kN]} = 0,00 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1: 6.5)$$

#### Posudek ohybového momentu pro $M_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	1,0190e-03	m <sup>3</sup>
Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	361,75	kNm
Jedn. posudek		0,43	-

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,0190 \cdot 10^{-3} [m^3] \times 355,0 [MPa]}{1,00} = 361,75 [kNm] \quad (EC3-1-1: 6.13)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|-157,07 [kNm]|}{361,75 [kNm]} = 0,43 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1: 6.12)$$

#### Posudek ohybového momentu pro $M_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	1,9100e-04	m <sup>3</sup>
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	67,81	kNm
Jedn. posudek		0,23	-

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,9100 \cdot 10^{-4} [m^3] \times 355,0 [MPa]}{1,00} = 67,81 [kNm] \quad (EC3-1-1: 6.13)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = \frac{|15,93 [kNm]|}{67,81 [kNm]} = 0,23 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1: 6.12)$$

#### Posudek smyku pro $V_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)



Součinitel smykové korekce	$\eta$	1,20	
Smyk. plocha	$A_v$	4,5260e-03	m <sup>2</sup>
Plastická smyková únosnost pro $V_y$	$V_{pl,y,Rd}$	927,65	kN
Jedn. posudek		0,05	-

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{4,5260 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 927,65 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.16})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{c,y,Rd}} = \frac{|-45,98 [\text{kN}]|}{927,65 [\text{kN}]} = 0,05 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

### Posudek smyku pro $V_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Součinitel smykové korekce	$\eta$	1,20	
Smyk. plocha	$A_v$	3,5108e-03	m <sup>2</sup>
Plastická smyková únosnost pro $V_z$	$V_{pl,z,Rd}$	719,57	kN
Jedn. posudek		0,13	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{3,5108 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 719,57 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|96,18 [\text{kN}]|}{719,57 [\text{kN}]} = 0,13 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

### Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Index vlákna	Vlákno	2	
Celkový kroučící moment	$T_{Ed}$	18,3	MPa
Pružná smyková únosnost	$T_{Rd}$	205,0	MPa
Jedn. posudek		0,09	-

$$\tau_{Ed} = \left| \frac{T_{Ed}}{T_{Ed,unit}} \times \tau_{Ed,unit} \right| = \left| \frac{0,54 [\text{kNm}]}{1,00 [\text{kNm}]} \times 34029,165 [\text{kN/m}^2] \right| = 18,3 [\text{MPa}]$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3} \times 1,00} = 205,0 [\text{MPa}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{\tau_{Ed}}{\tau_{Rd}} = \frac{18,3 [\text{MPa}]}{205,0 [\text{MPa}]} = 0,09 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.23})$$

### Kombinovaný posudek smyku a kroucení pro $V_y$ a $\tau_{t,Ed}$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 & 6.2.7 a rovnice (6.25), (6.25)

Plastická smyková únosnost pro $V_y$ a $T_{Ed}$	$V_{pl,T,y,Rd}$	893,85	kN
Jedn. posudek		0,05	-

$$V_{pl,T,y,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed} \times \gamma_{M0} \times \sqrt{3}}{1,25 \times f_y}} \times V_{pl,y,Rd} = \sqrt{1 - \frac{18,3 [\text{MPa}] \times 1,00 \times \sqrt{3}}{1,25 \times 355,0 [\text{MPa}]}} \times 927,65 [\text{kN}] = 893,85 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.26})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{pl,T,y,Rd}} = \frac{|-45,98 [\text{kN}]|}{893,85 [\text{kN}]} = 0,05 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.25})$$

### Kombinovaný posudek smyku a kroucení pro $V_z$ a $\tau_{t,Ed}$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 & 6.2.7 a rovnice (6.25), (6.26)

Plastická smyková únosnost pro $V_z$ a $T_{Ed}$	$V_{pl,T,z,Rd}$	693,35	kN
Jedn. posudek		0,14	-

$$V_{pl,T,z,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed} \times \gamma_{M0} \times \sqrt{3}}{1,25 \times f_y}} \times V_{pl,z,Rd} = \sqrt{1 - \frac{18,3 [\text{MPa}] \times 1,00 \times \sqrt{3}}{1,25 \times 355,0 [\text{MPa}]}} \times 719,57 [\text{kN}] = 693,35 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.26})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{pl,T,z,Rd}} = \frac{|96,18 [\text{kN}]|}{693,35 [\text{kN}]} = 0,14 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.25})$$

### Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.41)

Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	361,75	kNm
Exponent ohybového poměru y	$\alpha$	2,00	
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	67,81	kNm
Exponent ohybového poměru z	$\beta$	1,00	

$$\text{Posudek (6.41)} = 0,19 + 0,23 = 0,42 -$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,0190 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 361,75 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,9100 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 67,81 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$\beta = 1,00$$

$$\text{Jedn. posudek} = \left( \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} \right)^\alpha + \left( \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} \right)^\beta = \left( \frac{|-157,07[\text{kNm}]|}{361,75[\text{kNm}]} \right)^{2,00} + \left( \frac{|15,93[\text{kNm}]|}{67,81[\text{kNm}]} \right)^{1,00} = 0,42 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.41})$$

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické smykové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.33) i (6.34) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4)

její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.35) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4)

její vliv na momentovou únosnost kolem osy z-z se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

#### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 1,892 m

Rozhodující součinitel využití  $\eta$ : 0,59

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	63	13	132850,725	29350,270	0,2	1,0	1,0	5,0	7,3	8,1	17,3	1
3	SO	63	13	205136,756	308637,211	0,7	0,5	1,0	5,0	7,3	8,1	11,6	1
4	I	299	8	145104,754	-147841,922	-1,0		0,5	37,3	59,3	68,3	102,8	1
5	SO	63	13	-135587,893	-32087,439								
7	SO	63	13	-207873,925	-311374,379								

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

**Poznámka:** Rozhodující poloha pro klasifikaci stability je založena na součiniteli využití  $\eta$  podle Semi-Comp+.

#### Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.3 a rovnice (6.54)

Parametry klopení			
Metoda pro křivku klopení		Alternativní případ	
Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	1,0190e-03	m <sup>3</sup>
Pružný kritický moment	$M_{cr}$	8218,74	kNm
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,LT}$	0,21	
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,LT,0}$	0,40	

**Poznámka:** Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

Parametry $M_{cr}$			
Délka klopení	$l_{LT}$	0,773	m
Vliv pozice zatížení		bez vlivu	
Opravný součinitel	k	1,00	
Opravný součinitel	$k_w$	1,00	
Součinitel momentu na klopení	$C_1$	1,29	
Součinitel momentu na klopení	$C_2$	0,00	
Součinitel momentu na klopení	$C_3$	1,00	
Vzdálenost středu smyku	$d_z$	0	mm
Vzdálenost polohy zatížení	$z_g$	0	mm
Konstanta monosymetrie	$\beta_y$	0	mm
Konstanta monosymetrie	$z_j$	0	mm

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{LT}^2} \times \left[ \sqrt{\left( \frac{k}{k_w} \right)^2 \times \frac{I_w}{I_z} + \frac{l_{LT}^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z}} + (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j)^2 - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j) \right] = 1,29$$

$$\times \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,0430 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4]}{0,773[\text{m}]^2}$$

$$\times \left[ \sqrt{\left( \frac{1,00}{1,00} \right)^2 \times \frac{3,1400 \cdot 10^{-7}[\text{m}^6]}{1,0430 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4]} + \frac{0,773[\text{m}]^2 \times 80769,2[\text{MPa}] \times 3,7300 \cdot 10^{-7}[\text{m}^4]}{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,0430 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4]} + (0,00 \times 0[\text{mm}] - 1,00 \times 0[\text{mm}])^2 - (0,00 \times 0[\text{mm}] - 1,00 \times 0[\text{mm}])} \right]$$

$$= 8218,74[\text{kNm}]$$

$$\lambda_{rel,LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,0190 \cdot 10^{-3}[\text{m}^3] \times 355,0[\text{MPa}]}{8218,74[\text{kNm}]} = 0,21$$

**Poznámka:** Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

#### Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

Studentská verze

Parametry ztráty stability od smyku			
Délka pole vzpěru	a	31,978	m
Stojina		nevztyženy	
Výška stojiny	$h_w$	335	mm
Tloušťka stojiny	t	8	mm
Materiálový součinitel	$\varepsilon$	0,81	
Součinitel smykové korekce	$\eta$	1,20	

Ověření ztráty stability od smyku		
Štíhlost stojiny	$h_w/t$	41,83
Limit štíhlosti stojiny		48,82

$$h_w/t = \frac{h_w}{t} = \frac{335[\text{mm}]}{8[\text{mm}]} = 41,83$$

$$\text{limitní } h_w/t = \frac{72 \times \varepsilon}{\eta} = \frac{72 \times 0,81}{1,20} = 48,82$$

**Poznámka:** Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

#### Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec Vazník	1,919 / 31,978	IPE360	Válcovaný	S 355	Všechny MSU	0,43 -
	m					

Klíč kombinace	
Všechny MSU / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4 + 1.50*ZS6	

Dílicí souč. spolehlivosti		
Únosnost průřezů	$\gamma_{M0}$	1,00
Únosnost na stabilitu	$\gamma_{M1}$	1,00
Únosnost čistého průřezu	$\gamma_{M2}$	1,25

Materiál			
Mez kluzu	$f_y$	355,0	MPa
Pevnost v tahu	$f_u$	490,0	MPa

#### ....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 1,919 m

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	$N_{Ed}$	10,68	kN
Smyková síla	$V_{y,Ed}$	-45,98	kN
Smyková síla	$V_{z,Ed}$	96,18	kN
Kroucení	$T_{Ed}$	0,54	kNm
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	-157,07	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	15,93	kNm

#### Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	63	13	132607,175	36450,767	0,3	0,9	1,0	5,0	7,3	8,1	16,6	1
3	SO	63	13	199764,031	295920,439	0,7	0,5	1,0	5,0	7,3	8,1	11,6	1
4	I	299	8	142676,416	-145612,837	-1,0		0,5	37,3	59,3	68,4	103,0	1
5	SO	63	13	-135543,596	-39387,188								
7	SO	63	13	-202700,452	-298856,860								

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

#### Posudek na tah

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.3 a rovnice (6.5)

Průřezová plocha	A	7,2700e-03	m <sup>2</sup>
Plastická tahová únosnost	$N_{pl,Rd}$	2580,85	kN
Mezní tahová únosnost	$N_{u,Rd}$	2564,86	kN
Tahová únosnost	$N_{t,Rd}$	2564,86	kN
Jedn. posudek		0,00	-

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,2700 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 2580,85[\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.6})$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \times A \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 7,2700 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 490,0[\text{MPa}]}{1,25} = 2564,86[\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.7})$$

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}, N_{u,Rd}) = \min(2580,85[\text{kN}], 2564,86[\text{kN}]) = 2564,86[\text{kN}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{10,68[\text{kN}]}{2564,86[\text{kN}]} = 0,00 < 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.5})$$



### Posudek ohybového momentu pro $M_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	1,0190e-03	m <sup>3</sup>
Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	361,75	kNm
Jedn. posudek		0,43	-

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,0190 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 361,75 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|-157,07 [\text{kNm}]|}{361,75 [\text{kNm}]} = 0,43 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.12})$$

### Posudek ohybového momentu pro $M_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	1,9100e-04	m <sup>3</sup>
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	67,81	kNm
Jedn. posudek		0,23	-

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,9100 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 67,81 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = \frac{|15,93 [\text{kNm}]|}{67,81 [\text{kNm}]} = 0,23 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.12})$$

### Posudek smyku pro $V_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Součinitel smykové korekce	$\eta$	1,20	
Smyk. plocha	$A_v$	4,5260e-03	m <sup>2</sup>
Plastická smyková únosnost pro $V_y$	$V_{pl,y,Rd}$	927,65	kN
Jedn. posudek		0,05	-

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{4,5260 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 927,65 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{c,y,Rd}} = \frac{|-45,98 [\text{kN}]|}{927,65 [\text{kN}]} = 0,05 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

### Posudek smyku pro $V_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Součinitel smykové korekce	$\eta$	1,20	
Smyk. plocha	$A_v$	3,5108e-03	m <sup>2</sup>
Plastická smyková únosnost pro $V_z$	$V_{pl,z,Rd}$	719,57	kN
Jedn. posudek		0,13	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{3,5108 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 719,57 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|96,18 [\text{kN}]|}{719,57 [\text{kN}]} = 0,13 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

### Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Index vlákna	Vlákno	2	
Celkový krouticí moment	$T_{Ed}$	18,3	MPa
Pružná smyková únosnost	$T_{Rd}$	205,0	MPa
Jedn. posudek		0,09	-

$$\tau_{Ed} = \left| \frac{T_{Ed}}{T_{Ed,unit}} \times \tau_{Ed,unit} \right| = \left| \frac{0,54 [\text{kNm}]}{1,00 [\text{kNm}]} \times 34029,165 [\text{kN/m}^2] \right| = 18,3 [\text{MPa}]$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3} \times 1,00} = 205,0 [\text{MPa}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{\tau_{Ed}}{\tau_{Rd}} = \frac{18,3 [\text{MPa}]}{205,0 [\text{MPa}]} = 0,09 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.23})$$

### Kombinovaný posudek smyku a kroucení pro $V_y$ a $\tau_{t,Ed}$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 & 6.2.7 a rovnice (6.25), (6.26)

Plastická smyková únosnost pro $V_y$ a $T_{Ed}$	$V_{pl,T,y,Rd}$	893,85	kN
Jedn. posudek		0,05	-

$$V_{pl,T,y,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed} \times \gamma_{M0} \times \sqrt{3}}{1,25 \times f_y}} \times V_{pl,y,Rd} = \sqrt{1 - \frac{18,3 [\text{MPa}] \times 1,00 \times \sqrt{3}}{1,25 \times 355,0 [\text{MPa}]}} \times 927,65 [\text{kN}] = 893,85 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.26})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{pl,T,y,Rd}} = \frac{|-45,98 [\text{kN}]|}{893,85 [\text{kN}]} = 0,05 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.25})$$

### Kombinovaný posudek smyku a kroucení pro $V_z$ a $\tau_{t,Ed}$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 & 6.2.7 a rovnice (6.25), (6.26)

Plastická smyková únosnost pro $V_z$	$V_{pl,T,z,Rd}$	693,35	kN
$a T_{Ed}$			
Jedn. posudek		0,14	-

$$V_{pl,T,z,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed} \times \gamma_{M0} \times \sqrt{3}}{1,25 \times f_y}} \times V_{pl,z,Rd} = \sqrt{1 - \frac{18,3[\text{MPa}] \times 1,00 \times \sqrt{3}}{1,25 \times 355,0[\text{MPa}]}} \times 719,57[\text{kN}] = 693,35[\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.26})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{pl,T,z,Rd}} = \frac{|96,18[\text{kN}]|}{693,35[\text{kN}]} = 0,14 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.25})$$

### Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.41)

Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	361,75	kNm
Exponent ohybového poměru $y$	$\alpha$	2,00	
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	67,81	kNm
Exponent ohybového poměru $z$	$\beta$	1,00	

Posudek (6.41) = 0,19 + 0,23 = 0,42 -

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,0190 \cdot 10^{-3}[\text{m}^3] \times 355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 361,75[\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$\alpha = 2,00$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,9100 \cdot 10^{-4}[\text{m}^3] \times 355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 67,81[\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$\beta = 1,00$

$$\text{Jedn. posudek} = \left( \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} \right)^\alpha + \left( \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} \right)^\beta = \left( \frac{|-157,07[\text{kNm}]|}{361,75[\text{kNm}]} \right)^{2,00} + \left( \frac{|15,93[\text{kNm}]|}{67,81[\text{kNm}]} \right)^{1,00} = 0,42 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.41})$$

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické smykové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.33) i (6.34) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4) její vliv na momentovou únosnost kolem osy  $y-y$  se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.35) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4) její vliv na momentovou únosnost kolem osy  $z-z$  se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 1,892 m

Rozhodující součinitel využití  $\eta$ : 0,59

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	63	13	132850,725	29350,270	0,2	1,0	1,0	5,0	7,3	8,1	17,3	1
3	SO	63	13	205136,756	308637,211	0,7	0,5	1,0	5,0	7,3	8,1	11,6	1
4	I	299	8	145104,754	-147841,922	-1,0		0,5	37,3	59,3	68,3	102,8	1
5	SO	63	13	-135587,893	-32087,439								
7	SO	63	13	-207873,925	-311374,379								

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

**Poznámka:** Rozhodující poloha pro klasifikaci stability je založena na součiniteli využití  $\eta$  podle Semi-Comp+.

### Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.3 a rovnice (6.54)

Parametry klopení			
Metoda pro křivku klopení		Alternativní případ	
Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	1,0190e-03	m <sup>3</sup>
Pružný kritický moment	$M_{cr}$	8218,74	kNm
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,LT}$	0,21	
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,LT,0}$	0,40	

**Poznámka:** Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

Parametry $M_{cr}$			
Délka klopení	$l_{LT}$	0,773	m
Vliv pozice zatížení		bez vlivu	
Opravný součinitel	$k$	1,00	
Opravný součinitel	$k_w$	1,00	
Součinitel momentu na klopení	$C_1$	1,29	
Součinitel momentu na klopení	$C_2$	0,00	
Součinitel momentu na klopení	$C_3$	1,00	
Vzdálenost středů smyku	$c_z$	0	m

**Parametry  $M_{cr}$** 

Vzdálenost polohy zatížení	$z_g$	0	mm
Konstanta monosymetrie	$\beta_y$	0	mm
Konstanta nososymetrie	$z_i$	0	mm

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_T^2} \times \left[ \left( \frac{k}{k_w} \right)^2 \times \frac{I_w}{I_z} + \frac{l_T \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z} + (C_2 \times z_g - C_3 \times z_i)^2 - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_i) \right] = 1,29$$

$$\times \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,0430 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4]}{0,773[\text{m}]^2}$$

$$\times \left[ \sqrt{\left( \frac{1,00}{1,00} \right)^2 \times \frac{3,1400 \cdot 10^{-7}[\text{m}^6]}{1,0430 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4]} + \frac{0,773[\text{m}]^2 \times 80769,2[\text{MPa}] \times 3,7300 \cdot 10^{-7}[\text{m}^4]}{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,0430 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4]} + (0,00 \times 0[\text{mm}] - 1,00 \times 0[\text{mm}])^2 - (0,00 \times 0[\text{mm}] - 1,00 \times 0[\text{mm}])} \right]$$

$$= 8218,74[\text{kNm}]$$

$$\lambda_{rel,LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,0190 \cdot 10^{-3}[\text{m}^3] \times 355,0[\text{MPa}]}{8218,74[\text{kNm}]} = 0,21$$

**Poznámka:** Parametry C se určí podle ECSS 119 2006 / Galea 2002

**Posudek ztráty stability od smyku**

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

**Parametry ztráty stability od smyku**

Délka pole vzpěru	a	31,978	m
Stojina		nevztažený	
Výška stojiny	$h_w$	335	mm
Tloušťka stojiny	t	8	mm
Materiálový součinitel	$\varepsilon$	0,81	
Součinitel smykové korekce	$\eta$	1,20	

**Ověření ztráty stability od smyku**

Štíhlost stojiny	$h_w/t$	41,83
Limit štíhlosti stojiny		48,82

$$h_w/t = \frac{h_w}{t} = \frac{335[\text{mm}]}{8[\text{mm}]} = 41,83$$

$$\text{limitní } h_w/t = \frac{72 \times \varepsilon}{\eta} = \frac{72 \times 0,81}{1,20} = 48,82$$

**Poznámka:** Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).

Prvek splňuje podmínky stabilního posudku.

**Posudek EN 1993-1-1**

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

<b>Dílec Vazník</b>	<b>11,137 / 31,978</b>	<b>IPE360</b>	<b>Válcovaný</b>	<b>S 355</b>	<b>Všechny MSU</b>	<b>0,77 -</b>
	<b>m</b>					

**Klíč kombinace**

Všechny MSU / 1.35\*ZS1 + 1.35\*ZS2 + 1.50\*ZS4 + 1.50\*ZS5

**Dílicí souč. spolehlivosti**

Únosnost průřezů	$\gamma_{M0}$	1,00
Únosnost na stabilitu	$\gamma_{M1}$	1,00
Únosnost čistého průřezu	$\gamma_{M2}$	1,25

**Materiál**

Mez kluzu	$f_y$	355,0	MPa
Pevnost v tahu	$f_u$	490,0	MPa

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

**Kritický posudek je na pozici 11,137 m**

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	$N_{Ed}$	-105,59	kN
Smyková síla	$V_{y,Ed}$	-2,32	kN
Smyková síla	$V_{z,Ed}$	66,23	kN
Kroucení	$T_{Ed}$	0,04	kNm
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	-97,03	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	2,54	kNm

**Klasifikace pro návrh průřezu**

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Studentská verze



Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	63	13	112729,196	97403,977	0,9	0,5	1,0	5,0	7,3	8,1	11,8	1
3	SO	63	13	123432,523	138757,742	0,9	0,4	1,0	5,0	7,3	8,1	11,3	1
4	I	299	8	103558,544	-74526,200	-0,7		0,6	37,3	49,0	57,3	76,7	1
5	SO	63	13	-83696,852	-68371,634								
7	SO	63	13	-94400,180	-109725,398								

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.  
Průřez je klasifikován třídou 1

### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

Průřezová plocha	A	7,2700e-03	m <sup>2</sup>
Tlaková únosnost	$N_{c,Rd}$	2580,85	kN
Jedn. posudek		0,04	-

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,2700 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 2580,85 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.10})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-105,59 [\text{kN}]|}{2580,85 [\text{kN}]} = 0,04 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.9})$$

### Posudek ohybového momentu pro $M_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	1,0190e-03	m <sup>3</sup>
Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	361,75	kNm
Jedn. posudek		0,27	-

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,0190 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 361,75 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|-97,03 [\text{kNm}]|}{361,75 [\text{kNm}]} = 0,27 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.12})$$

### Posudek ohybového momentu pro $M_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	1,9100e-04	m <sup>3</sup>
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	67,81	kNm
Jedn. posudek		0,04	-

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,9100 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 67,81 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = \frac{|2,54 [\text{kNm}]|}{67,81 [\text{kNm}]} = 0,04 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.12})$$

### Posudek smyku pro $V_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Součinitel smykové korekce	$\eta$	1,20	
Smyk. plocha	$A_v$	4,5260e-03	m <sup>2</sup>
Plastická smyková únosnost pro $V_y$	$V_{pl,y,Rd}$	927,65	kN
Jedn. posudek		0,00	-

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{4,5260 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 927,65 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{c,y,Rd}} = \frac{|-2,32 [\text{kN}]|}{927,65 [\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

### Posudek smyku pro $V_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Součinitel smykové korekce	$\eta$	1,20	
Smyk. plocha	$A_v$	3,5108e-03	m <sup>2</sup>
Plastická smyková únosnost pro $V_z$	$V_{pl,z,Rd}$	719,57	kN
Jedn. posudek		0,09	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{3,5108 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 719,57 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|66,23 [\text{kN}]|}{719,57 [\text{kN}]} = 0,09 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

### Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Index vlákna	Vlákno	2	
Číselný kroučící moment	$T_{Ed}$	1,3	MPa
Pružná smyková únosnost	$T_{Rd}$	205,0	MPa
Jedn. posudek		0,01	-

$$\tau_{Ed} = \frac{T_{Ed}}{T_{Ed,unit}} \times \tau_{Ed,unit} = \left| \frac{0,04[\text{kNm}]}{1,00[\text{kNm}]} \times 34029,165[\text{kN/m}^2] \right| = 1,3[\text{MPa}]$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{355,0[\text{MPa}]}{\sqrt{3} \times 1,00} = 205,0[\text{MPa}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{\tau_{Ed}}{\tau_{Rd}} = \frac{1,3[\text{MPa}]}{205,0[\text{MPa}]} = 0,01 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.23)

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

### Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.41)

Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	361,75	kNm
Exponent ohybového poměru y	$\alpha$	2,00	
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	67,81	kNm
Exponent ohybového poměru z	$\beta$	1,00	

$$\text{Posudek (6.41)} = 0,07 + 0,04 = 0,11$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,0190 \cdot 10^{-3}[\text{m}^3] \times 355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 361,75[\text{kNm}]$$

(EC3-1-1: 6.13)

$$\alpha = 2,00$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,9100 \cdot 10^{-4}[\text{m}^3] \times 355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 67,81[\text{kNm}]$$

(EC3-1-1: 6.13)

$$\beta = 1,00$$

$$\text{Jedn. posudek} = \left( \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} \right)^\alpha + \left( \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} \right)^\beta = \left( \frac{|-97,03[\text{kNm}]|}{361,75[\text{kNm}]} \right)^{2,00} + \left( \frac{|2,54[\text{kNm}]|}{67,81[\text{kNm}]} \right)^{1,00} = 0,11 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.41)

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické smykové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.33) i (6.34) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4)

její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.35) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4)

její vliv na momentovou únosnost kolem osy z-z se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

### ....:POSUDEK STABILITY:....

#### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 1,892 m

Rozhodující součinitel využití  $\eta$ : 0,48

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	63	13	108593,328	21242,564	0,2	1,1	1,0	5,0	7,3	8,1	17,7	1
3	SO	63	13	169600,211	256950,975	0,7	0,5	1,0	5,0	7,3	8,1	11,6	1
4	I	299	8	119529,300	-120423,322	-1,0		0,5	37,3	58,8	67,8	101,6	1
5	SO	63	13	-109487,350	-22136,586								
7	SO	63	13	-170494,233	-257844,997								

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

**Poznámka:** Rozhodující poloha pro klasifikaci stability je založena na součiniteli využití  $\eta$  podle Semi-Comp+.

### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru		yy	zz	
Typ posuvných styčnic		posuvné	neposuvné	
Systémová délka	L	18,203	2,665	m
Součinitel vzpěru	k	1,80	0,67	
Vzpěrná délka	$l_{cr}$	32,741	1,779	m
Kritické Eulerovo zatížení	$N_{cr}$	314,58	6829,07	kN
Štíhlost	$\lambda$	218,86	46,97	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel}$	2,86	0,61	
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka		a	b	
Imperfekce	$\alpha$	0,21	0,34	
Redukční součinitel	$\chi$	0,11	0,83	
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	292,11	2141,04	kN

Posudek rovinného vzpěru			
Průřezová plocha	A	7,2700e-03	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	292,11	kN
Jedn. posudek		0,36	-

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{I_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,6270 \cdot 10^{-4}[\text{m}^4]}{32,741[\text{m}]^2} = 314,58[\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{I_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,0430 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4]}{1,779[\text{m}]^2} = 6829,07[\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{32,741[\text{m}]}{150[\text{mm}]} = 218,86$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{1,779[\text{m}]}{38[\text{mm}]} = 46,97$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{218,86}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[\text{MPa}]}{355,0[\text{MPa}]}}} = 2,86$$

(EC3-1-1: 6.50)

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{46,97}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[\text{MPa}]}{355,0[\text{MPa}]}}} = 0,61$$

(EC3-1-1: 6.50)

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (2,86 - 0,20) + 2,86^2] = 4,88$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,61 - 0,20) + 0,61^2] = 0,76$$

$$\chi_y = \min\left(\frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,y}^2}, 1\right) = \min\left(\frac{1}{4,88 + \sqrt{4,88^2 - 2,86^2}}, \frac{1}{2,86^2}, 1\right) = \min(0,11, 0,12, 1) = 0,11$$

(EC3-1-1: 6.49)

$$\chi_z = \min\left(\frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,z}^2}, 1\right) = \min\left(\frac{1}{0,76 + \sqrt{0,76^2 - 0,61^2}}, \frac{1}{0,61^2}, 1\right) = \min(0,83, 2,65, 1) = 0,83$$

(EC3-1-1: 6.49)

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,11 \times 7,2700 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 292,11[\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.47)

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,83 \times 7,2700 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 2141,04[\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.47)

$$N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd}, N_{b,z,Rd}) = \min(292,11[\text{kN}], 2141,04[\text{kN}]) = 292,11[\text{kN}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-105,59[\text{kN}]|}{292,11[\text{kN}]} = 0,36 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.46)

### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Pro tento I průřez je únosnost na prostorový vzpěr vyšší než únosnost na rovinný vzpěr. Prostorový vzpěr proto není ve výstupu uveden.

### Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.3 a rovnice (6.54)

Parametry klopení			
Metoda pro křivku klopení		Alternativní případ	
Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	1,0190e-03	$\text{m}^3$
Pružný kritický moment	$M_{cr}$	755,30	$\text{kNm}$
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,LT}$	0,69	
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,LT,0}$	0,40	

**Poznámka:** Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

Parametry $M_{cr}$			
Délka klopení	$l_{LT}$	2,665	$\text{m}$
Vliv pozice zatížení		bez vlivu	
Opravný součinitel	$k$	1,00	
Opravný součinitel	$k_w$	1,00	
Součinitel momentu na klopení	$C_1$	1,24	
Součinitel momentu na klopení	$C_2$	0,58	
Součinitel momentu na klopení	$C_3$	0,41	
Vzdálenost středu smyku	$d_z$	0	$\text{mm}$
Vzdálenost polohy zatížení	$z_g$	0	$\text{mm}$
Konstanta monosymetrie	$\beta_y$	0	$\text{mm}$
Konstanta monosymetrie	$z_j$	0	$\text{mm}$

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{LT}^2} \times \left[ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \times \frac{I_w}{I_z} + \frac{l_{LT}^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z}} + (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j)^2 - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j) \right] = 1,24$$

$$\times \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,0430 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4]}{2,665[\text{m}]^2}$$

$$\times \left[ \sqrt{\left(\frac{1,00}{1,00}\right)^2 \times \frac{3,1400 \cdot 10^{-7}[\text{m}^6]}{1,0430 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4]} + \frac{2,665[\text{m}]^2 \times 80769,2[\text{MPa}] \times 3,7300 \cdot 10^{-7}[\text{m}^4]}{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,0430 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4}} + (0,58 \times 0[\text{mm}] - 0,41 \times 0[\text{mm}])^2 - (0,58 \times 0[\text{mm}] - 0,41 \times 0[\text{mm}])} \right]$$

$$= 755,30[\text{kNm}]$$



$$\lambda_{rel,LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{Er}}} = \sqrt{\frac{1,0190 \cdot 10^{-3} [m^3] \times 355,0 [MPa]}{755,30 [kNm]}} = 0,69$$

**Poznámka:** Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku			
Interakční metoda		alternativní metoda 2	
Průřezová plocha	A	7,2700e-03	m <sup>2</sup>
Plastický modul průřezu	W <sub>pl,y</sub>	1,0190e-03	m <sup>3</sup>
Plastický modul průřezu	W <sub>pl,z</sub>	1,9100e-04	m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla	N <sub>Ed</sub>	105,59	kN
Návrhový ohybový moment (maximum)	M <sub>y,Ed</sub>	119,87	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum)	M <sub>z,Ed</sub>	4,11	kNm
Charakteristická tlaková únosnost	N <sub>Rk</sub>	2580,85	kN
Charakteristická momentová únosnost	M <sub>y,Rk</sub>	361,75	kNm
Charakteristická momentová únosnost	M <sub>z,Rk</sub>	67,81	kNm
Redukční součinitel	χ <sub>y</sub>	0,11	
Redukční součinitel	χ <sub>z</sub>	0,83	
Modifikovaný redukční součinitel	χ <sub>LT,mod</sub>	1,00	
Interakční součinitel	k <sub>yy</sub>	1,16	
Interakční součinitel	k <sub>yz</sub>	0,43	
Interakční součinitel	k <sub>zy</sub>	0,70	
Interakční součinitel	k <sub>zz</sub>	0,72	

Maximální moment M<sub>y,Ed</sub> je odvozen z nosníku Vazník pozice 15,989 m.

Maximální moment M<sub>z,Ed</sub> je odvozen z nosníku Vazník pozice 10,659 m.

Parametry interakční metody 2			
Metoda pro součinitel interakce		Tabulka B.1	
Posuvnost styčniců y		posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu	C <sub>my</sub>	0,90	
Výsledný typ zatížení z		bodové zatížení F	
Koncový moment	M <sub>h,z</sub>	4,11	kNm
Moment v poli	M <sub>s,z</sub>	2,54	kNm
Součinitel	α <sub>s,z</sub>	0,62	
Poměr koncových momentů	ψ <sub>z</sub>	-0,62	
Součinitel ekvivalentního momentu	C <sub>mz</sub>	0,69	
Výsledný typ zatížení LT		bodové zatížení F	
Koncový moment	M <sub>h,LT</sub>	55,55	kNm
Moment v poli	M <sub>s,LT</sub>	-97,05	kNm
Součinitel	α <sub>h,LT</sub>	-0,57	
Poměr koncových momentů	ψ <sub>LT</sub>	-0,89	
Součinitel ekvivalentního momentu	C <sub>mLT</sub>	0,94	

$$\text{Posudek (6.61)} = 0,36 + 0,38 + 0,03 = 0,77 -$$

$$\text{Posudek (6.62)} = 0,05 + 0,23 + 0,04 = 0,32 -$$

$$\chi_z = \min(\chi_z, \chi) = \min(0,83, 1,00) = 0,83$$

$$C_{my} = 0,90$$

$$\alpha_{s,z} = \frac{M_{s,z}}{M_{h,z}} = \frac{2,54 [kNm]}{4,11 [kNm]} = 0,62$$

$$C_{mz} = \max(0,2 + 0,8 \times \alpha_{s,z}, 0,4) = \max(0,2 + 0,8 \times 0,62, 0,4) = \max(0,69, 0,40) = 0,69$$

$$\alpha_{h,LT} = \frac{M_{h,LT}}{M_{s,LT}} = \frac{55,55 [kNm]}{-97,05 [kNm]} = -0,57$$

$$C_{mLT} = 0,9 + 0,1 \times \alpha_{h,LT} \times (1 + 2 \times \psi_{LT}) = 0,9 + 0,1 \times -0,57 \times (1 + 2 \times -0,89) = 0,94$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 7,2700 \cdot 10^{-3} [m^2] \times 355,0 [MPa] = 2580,85 [kN]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 1,0190 \cdot 10^{-3} [m^3] \times 355,0 [MPa] = 361,75 [kNm]$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 1,9100 \cdot 10^{-4} [m^3] \times 355,0 [MPa] = 67,81 [kNm]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[ 1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[ 1 + (2,86 - 0,2) \times \frac{105,59 [kN]}{0,11 \times \frac{2580,85 [kN]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{105,59 [kN]}{0,11 \times \frac{2580,85 [kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{1,77, 1,16\} = 1,16$$

$$k_{yz} = 0,6 \times k_{zz} = 0,6 \times 0,72 = 0,43$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 1,16 = 0,70$$

$$k_{zz} = \min \left\{ C_{mz} \times \left[ 1 + (2 \times \lambda_{rel,z} - 0,6) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1,z}}} \right], C_{mz} \times \left( 1 + 1,4 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,69 \times \left[ 1 + (2 \times 0,61 - 0,6) \times \frac{105,59[kN]}{0,83 \times \frac{2580,85[kN]}{1,00}} \right], 0,69 \times \left( 1 + 1,4 \times \frac{105,59[kN]}{0,83 \times \frac{2580,85[kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,72, 0,74\} = 0,72$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{|105,59[kN]|}{0,11 \times \frac{2580,85[kN]}{1,00}} + 1,16 \times \frac{|119,87[kNm]| + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{361,75[kNm]}{1,00}} + 0,43 \times \frac{|4,11[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{67,81[kNm]}{1,00}} = \mathbf{0,77 \leq 1,00}$$

(EC3-1-1: 6.61)

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{|105,59[kN]|}{0,83 \times \frac{2580,85[kN]}{1,00}} + 0,70 \times \frac{|119,87[kNm]| + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{361,75[kNm]}{1,00}} + 0,72 \times \frac{|4,11[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{67,81[kNm]}{1,00}} = \mathbf{0,32 \leq 1,00}$$

(EC3-1-1: 6.62)

Jedn. posudek = max (Posudek (6.61), Posudek (6.62)) = max (0,77, 0,32) = **0,77 ≤ 1,00**

### Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

Parametry ztráty stability od smyku			
Délka pole vzpěru	a	31,978	m
Stojina		nevzduřené	
Výška stojiny	h <sub>w</sub>	335	mm
Tloušťka stojiny	t	8	mm
Materiálový součinitel	ε	0,81	
Součinitel smykové korekce	η	1,20	

### Ověření ztráty stability od smyku

Štíhlost stojiny	h <sub>w</sub> /t	41,83
Limit štíhlosti stojiny		48,82

$$h_w/t = \frac{h_w}{t} = \frac{335[mm]}{8[mm]} = 41,83$$

$$\text{limitní } h_w/t = \frac{72 \times \varepsilon}{\eta} = \frac{72 \times 0,81}{1,20} = 48,82$$

**Poznámka:** Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

### Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

<b>Dílec Vazník</b>	<b>11,137 / 31,978</b>	<b>IPE360</b>	<b>Válcovaný</b>	<b>S 355</b>	<b>Všechny MSU</b>	<b>0,77 -</b>
	<b>m</b>					

### Klíč kombinace

Všechny MSU / 1.35\*ZS1 + 1.35\*ZS2 + 1.50\*ZS4 + 1.50\*ZS5

### Dílicí souč. spolehlivosti

Únosnost průřezů	γ <sub>M0</sub>	1,00
Únosnost na stabilitu	γ <sub>M1</sub>	1,00
Únosnost čistého průřezu	γ <sub>M2</sub>	1,25

### Materiál

Mez kluzu	f <sub>y</sub>	355,0	MPa
Pevnost v tahu	f <sub>u</sub>	490,0	MPa

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

**Kritický posudek je na pozici 11,137 m**

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	N <sub>Ed</sub>	-105,59	kN
Smyková síla	V <sub>y,Ed</sub>	-2,32	kN
Smyková síla	V <sub>z,Ed</sub>	66,23	kN
Kroucení	T <sub>Ed</sub>	0,04	kNm
Ohybový moment	M <sub>y,Ed</sub>	-97,03	kNm
Ohybový moment	M <sub>z,Ed</sub>	2,54	kNm

### Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vycňivajících částí podle EN 1993-1-1 tabučky 5.2 listu 1 & 2



Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	63	13	112730,529	97405,032	0,9	0,5	1,0	5,0	7,3	8,1	11,8	1
3	SO	63	13	123434,051	138759,548	0,9	0,4	1,0	5,0	7,3	8,1	11,3	1
4	I	299	8	103559,774	-74527,421	-0,7		0,6	37,3	49,0	57,3	76,7	1
5	SO	63	13	-83698,176	-68372,679								
7	SO	63	13	-94401,698	-109727,195								

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.  
Průřez je klasifikován třídou 1

### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

Průřezová plocha	A	7,2700e-03	m <sup>2</sup>
Tlaková únosnost	$N_{c,Rd}$	2580,85	kN
Jedn. posudek		0,04	-

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,2700 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 2580,85 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.10})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-105,59 [\text{kN}]|}{2580,85 [\text{kN}]} = 0,04 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.9})$$

### Posudek ohybového momentu pro $M_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	1,0190e-03	m <sup>3</sup>
Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	361,75	kNm
Jedn. posudek		0,27	-

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,0190 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 361,75 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|-97,03 [\text{kNm}]|}{361,75 [\text{kNm}]} = 0,27 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.12})$$

### Posudek ohybového momentu pro $M_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Plastický modul průřezu	$W_{pl,z}$	1,9100e-04	m <sup>3</sup>
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	67,81	kNm
Jedn. posudek		0,04	-

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,9100 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3] \times 355,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 67,81 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = \frac{|2,54 [\text{kNm}]|}{67,81 [\text{kNm}]} = 0,04 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.12})$$

### Posudek smyku pro $V_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Součinitel smykové korekce	$\eta$	1,20	
Smyk. plocha	$A_v$	4,5260e-03	m <sup>2</sup>
Plastická smyková únosnost pro $V_y$	$V_{pl,y,Rd}$	927,65	kN
Jedn. posudek		0,00	-

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{4,5260 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 927,65 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{y,Ed}|}{V_{c,y,Rd}} = \frac{|-2,32 [\text{kN}]|}{927,65 [\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

### Posudek smyku pro $V_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Součinitel smykové korekce	$\eta$	1,20	
Smyk. plocha	$A_v$	3,5108e-03	m <sup>2</sup>
Plastická smyková únosnost pro $V_z$	$V_{pl,z,Rd}$	719,57	kN
Jedn. posudek		0,09	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{3,5108 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times \frac{355,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 719,57 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|66,23 [\text{kN}]|}{719,57 [\text{kN}]} = 0,09 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

### Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Index vlákná	Vlákná	2	
Číselný kroučící moment	$T_{Ed}$	1,3	MPa
Pružná smyková únosnost	$T_{Rd}$	205,0	MPa
Jedn. posudek		0,01	-

$$\tau_{Ed} = \frac{T_{Ed}}{T_{Ed,unit}} \times \tau_{Ed,unit} = \left| \frac{0,04[\text{kNm}]}{1,00[\text{kNm}]} \times 34029,165[\text{kN/m}^2] \right| = 1,3[\text{MPa}]$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{355,0[\text{MPa}]}{\sqrt{3} \times 1,00} = 205,0[\text{MPa}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{\tau_{Ed}}{\tau_{Rd}} = \frac{1,3[\text{MPa}]}{205,0[\text{MPa}]} = 0,01 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.23)

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

### Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.41)

Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	361,75	kNm
Exponent ohybového poměru y	$\alpha$	2,00	
Plastický ohybový moment	$M_{pl,z,Rd}$	67,81	kNm
Exponent ohybového poměru z	$\beta$	1,00	

$$\text{Posudek (6.41)} = 0,07 + 0,04 = 0,11$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,0190 \cdot 10^{-3}[\text{m}^3] \times 355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 361,75[\text{kNm}]$$

(EC3-1-1: 6.13)

$$\alpha = 2,00$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,9100 \cdot 10^{-4}[\text{m}^3] \times 355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 67,81[\text{kNm}]$$

(EC3-1-1: 6.13)

$$\beta = 1,00$$

$$\text{Jedn. posudek} = \left( \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} \right)^\alpha + \left( \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} \right)^\beta = \left( \frac{|-97,03[\text{kNm}]|}{361,75[\text{kNm}]} \right)^{2,00} + \left( \frac{|2,54[\text{kNm}]|}{67,81[\text{kNm}]} \right)^{1,00} = 0,11 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.41)

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické smykové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.33) i (6.34) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4)

její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.35) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4)

její vliv na momentovou únosnost kolem osy z-z se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

### ....:POSUDEK STABILITY:....

#### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 1,892 m

Rozhodující součinitel využití  $\eta$ : 0,48

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	63	13	108593,328	21242,564	0,2	1,1	1,0	5,0	7,3	8,1	17,7	1
3	SO	63	13	169600,211	256950,975	0,7	0,5	1,0	5,0	7,3	8,1	11,6	1
4	I	299	8	119529,300	-120423,322	-1,0		0,5	37,3	58,8	67,8	101,6	1
5	SO	63	13	-109487,350	-22136,586								
7	SO	63	13	-170494,233	-257844,997								

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

**Poznámka:** Rozhodující poloha pro klasifikaci stability je založena na součiniteli využití  $\eta$  podle Semi-Comp+.

#### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru		yy	zz	
Typ posuvných styčniců		posuvné	neposuvné	
Systémová délka	L	18,203	2,665	m
Součinitel vzpěru	k	1,80	0,67	
Vzpěrná délka	$l_{cr}$	32,741	1,779	m
Kritické Eulerovo zatížení	$N_{cr}$	314,58	6829,07	kN
Štíhlost	$\lambda$	218,86	46,97	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel}$	2,86	0,61	
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka		a	b	
Imperfekce	$\alpha$	0,21	0,34	
Redukční součinitel	$\chi$	0,11	0,83	
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	292,11	2141,04	kN

Posudek rovinného vzpěru			
Průřezová plocha	A	7,2700e-03	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	292,11	kN
Jedn. posudek		0,36	-

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{I_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,6270 \cdot 10^{-4}[\text{m}^4]}{32,741[\text{m}]^2} = 314,58[\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{I_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,0430 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4]}{1,779[\text{m}]^2} = 6829,07[\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{32,741[\text{m}]}{150[\text{mm}]} = 218,86$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{1,779[\text{m}]}{38[\text{mm}]} = 46,97$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{218,86}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[\text{MPa}]}{355,0[\text{MPa}]}}} = 2,86$$

(EC3-1-1: 6.50)

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{46,97}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[\text{MPa}]}{355,0[\text{MPa}]}}} = 0,61$$

(EC3-1-1: 6.50)

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (2,86 - 0,20) + 2,86^2] = 4,88$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,61 - 0,20) + 0,61^2] = 0,76$$

$$\chi_y = \min\left(\frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,y}^2}, 1\right) = \min\left(\frac{1}{4,88 + \sqrt{4,88^2 - 2,86^2}}, \frac{1}{2,86^2}, 1\right) = \min(0,11, 0,12, 1) = 0,11$$

(EC3-1-1: 6.49)

$$\chi_z = \min\left(\frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,z}^2}, 1\right) = \min\left(\frac{1}{0,76 + \sqrt{0,76^2 - 0,61^2}}, \frac{1}{0,61^2}, 1\right) = \min(0,83, 2,65, 1) = 0,83$$

(EC3-1-1: 6.49)

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,11 \times 7,2700 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 292,11[\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.47)

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,83 \times 7,2700 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 355,0[\text{MPa}]}{1,00} = 2141,04[\text{kN}]$$

(EC3-1-1: 6.47)

$$N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd}, N_{b,z,Rd}) = \min(292,11[\text{kN}], 2141,04[\text{kN}]) = 292,11[\text{kN}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-105,59[\text{kN}]|}{292,11[\text{kN}]} = 0,36 \leq 1,00$$

(EC3-1-1: 6.46)

### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Pro tento I průřez je únosnost na prostorový vzpěr vyšší než únosnost na rovinný vzpěr. Prostorový vzpěr proto není ve výstupu uveden.

### Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.3 a rovnice (6.54)

Parametry klopení			
Metoda pro křivku klopení		Alternativní případ	
Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	1,0190e-03	$\text{m}^3$
Pružný kritický moment	$M_{cr}$	755,30	$\text{kNm}$
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,LT}$	0,69	
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,LT,0}$	0,40	

**Poznámka:** Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

Parametry $M_{cr}$			
Délka klopení	$l_{LT}$	2,665	$\text{m}$
Vliv pozice zatížení		bez vlivu	
Opravný součinitel	$k$	1,00	
Opravný součinitel	$k_w$	1,00	
Součinitel momentu na klopení	$C_1$	1,24	
Součinitel momentu na klopení	$C_2$	0,58	
Součinitel momentu na klopení	$C_3$	0,41	
Vzdálenost středu smyku	$d_z$	0	$\text{mm}$
Vzdálenost polohy zatížení	$z_g$	0	$\text{mm}$
Konstanta monosymetrie	$\beta_y$	0	$\text{mm}$
Konstanta monosymetrie	$z_j$	0	$\text{mm}$

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{LT}^2} \times \left[ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \times \frac{I_w}{I_z} + \frac{l_{LT}^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z}} + (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j)^2 - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j) \right] = 1,24$$

$$\times \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,0430 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4]}{2,665[\text{m}]^2}$$

$$\times \left[ \sqrt{\left(\frac{1,00}{1,00}\right)^2 \times \frac{3,1400 \cdot 10^{-7}[\text{m}^6]}{1,0430 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4]} + \frac{2,665[\text{m}]^2 \times 80769,2[\text{MPa}] \times 3,7300 \cdot 10^{-7}[\text{m}^4]}{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,0430 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4}} + (0,58 \times 0[\text{mm}] - 0,41 \times 0[\text{mm}])^2 - (0,58 \times 0[\text{mm}] - 0,41 \times 0[\text{mm}])} \right]$$

$$= 755,30[\text{kNm}]$$



$$\lambda_{rel,LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{zr}}} = \sqrt{\frac{1,0190 \cdot 10^{-3} [m^3] \times 355,0 [MPa]}{755,30 [kNm]}} = 0,69$$

**Poznámka:** Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku			
Interakční metoda		alternativní metoda 2	
Průřezová plocha	A	7,2700e-03	m <sup>2</sup>
Plastický modul průřezu	W <sub>pl,y</sub>	1,0190e-03	m <sup>3</sup>
Plastický modul průřezu	W <sub>pl,z</sub>	1,9100e-04	m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla	N <sub>Ed</sub>	105,59	kN
Návrhový ohybový moment (maximum)	M <sub>y,Ed</sub>	119,87	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum)	M <sub>z,Ed</sub>	4,11	kNm
Charakteristická tlaková únosnost	N <sub>Rk</sub>	2580,85	kN
Charakteristická momentová únosnost	M <sub>y,Rk</sub>	361,75	kNm
Charakteristická momentová únosnost	M <sub>z,Rk</sub>	67,81	kNm
Redukční součinitel	χ <sub>y</sub>	0,11	
Redukční součinitel	χ <sub>z</sub>	0,83	
Modifikovaný redukční součinitel	χ <sub>LT,mod</sub>	1,00	
Interakční součinitel	k <sub>yy</sub>	1,16	
Interakční součinitel	k <sub>yz</sub>	0,43	
Interakční součinitel	k <sub>zy</sub>	0,70	
Interakční součinitel	k <sub>zz</sub>	0,72	

Maximální moment M<sub>y,Ed</sub> je odvozen z nosníku Vazník pozice 15,989 m.

Maximální moment M<sub>z,Ed</sub> je odvozen z nosníku Vazník pozice 10,659 m.

Parametry interakční metody 2			
Metoda pro součinitel interakce		Tabulka B.1	
Posuvnost styčniců y		posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu	C <sub>my</sub>	0,90	
Výsledný typ zatížení z		bodové zatížení F	
Koncový moment	M <sub>h,z</sub>	4,11	kNm
Moment v poli	M <sub>s,z</sub>	2,54	kNm
Součinitel	α <sub>s,z</sub>	0,62	
Poměr koncových momentů	ψ <sub>z</sub>	-0,62	
Součinitel ekvivalentního momentu	C <sub>mz</sub>	0,69	
Výsledný typ zatížení LT		bodové zatížení F	
Koncový moment	M <sub>h,LT</sub>	55,55	kNm
Moment v poli	M <sub>s,LT</sub>	-97,05	kNm
Součinitel	α <sub>h,LT</sub>	-0,57	
Poměr koncových momentů	ψ <sub>LT</sub>	-0,89	
Součinitel ekvivalentního momentu	C <sub>mLT</sub>	0,94	

$$\text{Posudek (6.61)} = 0,36 + 0,38 + 0,03 = 0,77 -$$

$$\text{Posudek (6.62)} = 0,05 + 0,23 + 0,04 = 0,32 -$$

$$\chi_z = \min(\chi_z, \chi) = \min(0,83, 1,00) = 0,83$$

$$C_{my} = 0,90$$

$$\alpha_{s,z} = \frac{M_{s,z}}{M_{h,z}} = \frac{2,54 [kNm]}{4,11 [kNm]} = 0,62$$

$$C_{mz} = \max(0,2 + 0,8 \times \alpha_{s,z}, 0,4) = \max(0,2 + 0,8 \times 0,62, 0,4) = \max(0,69, 0,40) = 0,69$$

$$\alpha_{h,LT} = \frac{M_{h,LT}}{M_{s,LT}} = \frac{55,55 [kNm]}{-97,05 [kNm]} = -0,57$$

$$C_{mLT} = 0,9 + 0,1 \times \alpha_{h,LT} \times (1 + 2 \times \psi_{LT}) = 0,9 + 0,1 \times -0,57 \times (1 + 2 \times -0,89) = 0,94$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 7,2700 \cdot 10^{-3} [m^2] \times 355,0 [MPa] = 2580,85 [kN]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 1,0190 \cdot 10^{-3} [m^3] \times 355,0 [MPa] = 361,75 [kNm]$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 1,9100 \cdot 10^{-4} [m^3] \times 355,0 [MPa] = 67,81 [kNm]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[ 1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[ 1 + (2,86 - 0,2) \times \frac{105,59 [kN]}{0,11 \times \frac{2580,85 [kN]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{105,59 [kN]}{0,11 \times \frac{2580,85 [kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{1,77, 1,16\} = 1,16$$

$$k_{yz} = 0,6 \times k_{zz} = 0,6 \times 0,72 = 0,43$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 1,16 = 0,70$$

$$k_{zz} = \min \left\{ C_{mz} \times \left[ 1 + (2 \times \lambda_{rel,z} - 0,6) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1-1}}} \right], C_{mz} \times \left( 1 + 1,4 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,69 \times \left[ 1 + (2 \times 0,61 - 0,6) \times \frac{105,59[\text{kN}]}{0,83 \times \frac{2580,85[\text{kN}]}{1,00}} \right], 0,69 \times \left( 1 + 1,4 \times \frac{105,59[\text{kN}]}{0,83 \times \frac{2580,85[\text{kN}]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,72, 0,74\} = 0,72$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{|105,59[\text{kN}]|}{0,11 \times \frac{2580,85[\text{kN}]}{1,00}} + 1,16 \times \frac{|119,87[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{361,75[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,43 \times \frac{|4,11[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{\frac{67,81[\text{kNm}]}{1,00}} = \mathbf{0,77 \leq 1,00}$$

(EC3-1-1: 6.61)

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{|105,59[\text{kN}]|}{0,83 \times \frac{2580,85[\text{kN}]}{1,00}} + 0,70 \times \frac{|119,87[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{361,75[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,72 \times \frac{|4,11[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{\frac{67,81[\text{kNm}]}{1,00}} = \mathbf{0,32 \leq 1,00}$$

(EC3-1-1: 6.62)

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61), Posudek (6.62)}) = \max(0,77, 0,32) = \mathbf{0,77 \leq 1,00}$$

### Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

Parametry ztráty stability od smyku			
Délka pole vzpěru	a	31,978	m
Stojina		nevztužený	
Výška stojiny	h <sub>w</sub>	335	mm
Tloušťka stojiny	t	8	mm
Materiálový součinitel	ε	0,81	
Součinitel smykové korekce	η	1,20	

Ověření ztráty stability od smyku		
Štíhlost stojiny	h <sub>w</sub> /t	41,83
Limit štíhlosti stojiny		48,82

$$h_w/t = \frac{h_w}{t} = \frac{335[\text{mm}]}{8[\text{mm}]} = 41,83$$

$$\text{limitní } h_w/t = \frac{72 \times \varepsilon}{\eta} = \frac{72 \times 0,81}{1,20} = 48,82$$

**Poznámka:** Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

Studentská verze

**PŘÍLOHA D – POSOUZENÍ MONTÁŽNÍHO PŘÍPOJE  
VAZNÍKU V PROGRAMU IdeaStatiCa 22**

**Project:** Bakalářská práce  
**Project no:** 001  
**Author:** Pavel Babák

## Project data

Project name Bakalářská práce  
Project number 001  
Author Pavel Babák  
Description Montážní přípoj  
Date 18.5.2023  
Design code EN

## Material

Steel S 355



Project: **Bakalářská práce**  
Project no: **001**  
Author: **Pavel Babák**

## Project item CON1

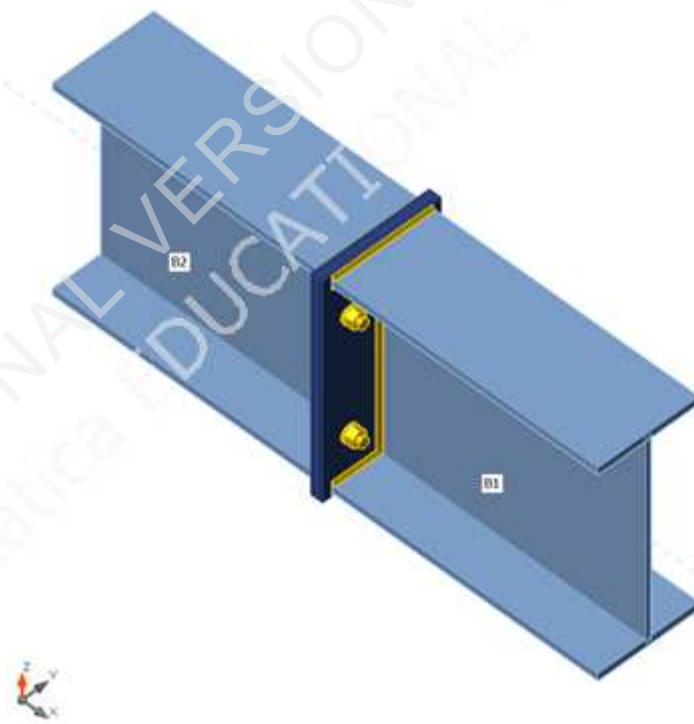
### Design

Name: CON1  
Description:  
Analysis: Stress, strain/ loads in equilibrium

### Members

#### Geometry

Name	Cross-section	$\beta$ - Direction [°]	$\gamma$ - Pitch [°]	$\alpha$ - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
B1	1 - IPE360	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Node
B2	1 - IPE360	180,0	0,0	0,0	0	0	0	Node



Project: **Bakalářská práce**  
Project no: **001**  
Author: **Pavel Babák**



### Cross-sections

Name	Material
1 - IPE360	S 355

Project: **Bakalářská práce**  
 Project no: **001**  
 Author: **Pavel Babák**

## Cross-sections

Name	Material	Drawing
1 - IPE360	S 355	

## Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	$f_u$ [MPa]	Gross area [mm <sup>2</sup> ]
M16 8.8	M16 8.8	16	800,0	201

## Load effects (forces in equilibrium)

Name	Member	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
LE1	B1	164,2	0,0	15,5	0,0	0,0	0,0
	B2	164,2	0,0	-15,5	0,0	0,0	0,0

## Check

### Summary

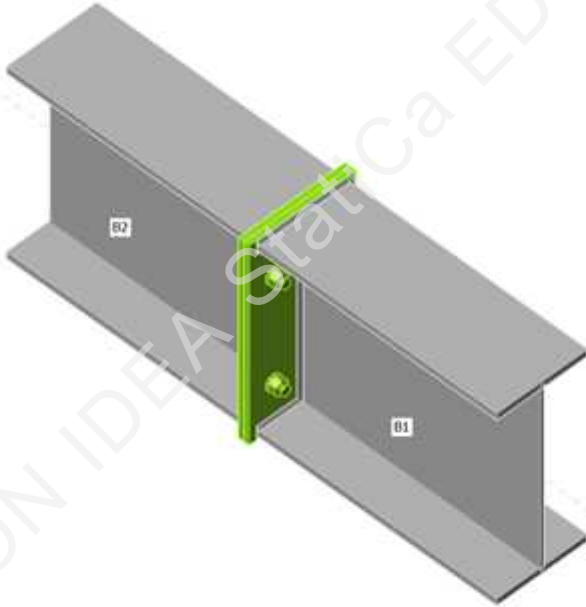
Name	Value	Status
Analysis	100,0%	OK
Plates	0,1 < 5,0%	OK
Bolts	71,7 < 100%	OK
Welds	52,6 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	

## Plates

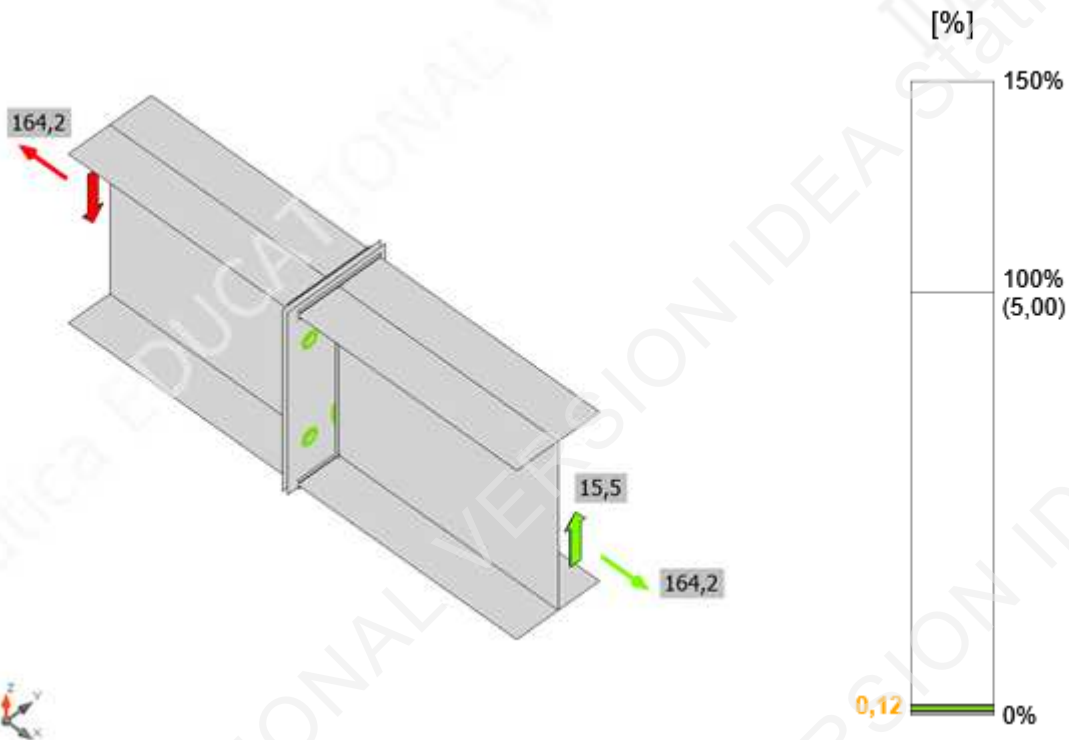
Name	Thickness [mm]	Loads	$\sigma_{Ed}$ [MPa]	$\epsilon_{pl}$ [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Status
B1-bfl 1	12,7	LE1	117,1	0,0	0,0	OK
B1-tfl 1	12,7	LE1	120,6	0,0	0,0	OK
B1-w 1	8,0	LE1	78,7	0,0	0,0	OK
B2-bfl 1	12,7	LE1	120,5	0,0	0,0	OK
B2-tfl 1	12,7	LE1	117,1	0,0	0,0	OK
B2-w 1	8,0	LE1	79,3	0,0	0,0	OK
PP1a	10,0	LE1	355,2	0,1	110,9	OK
PP1b	10,0	LE1	355,2	0,1	110,9	OK

**Design data**

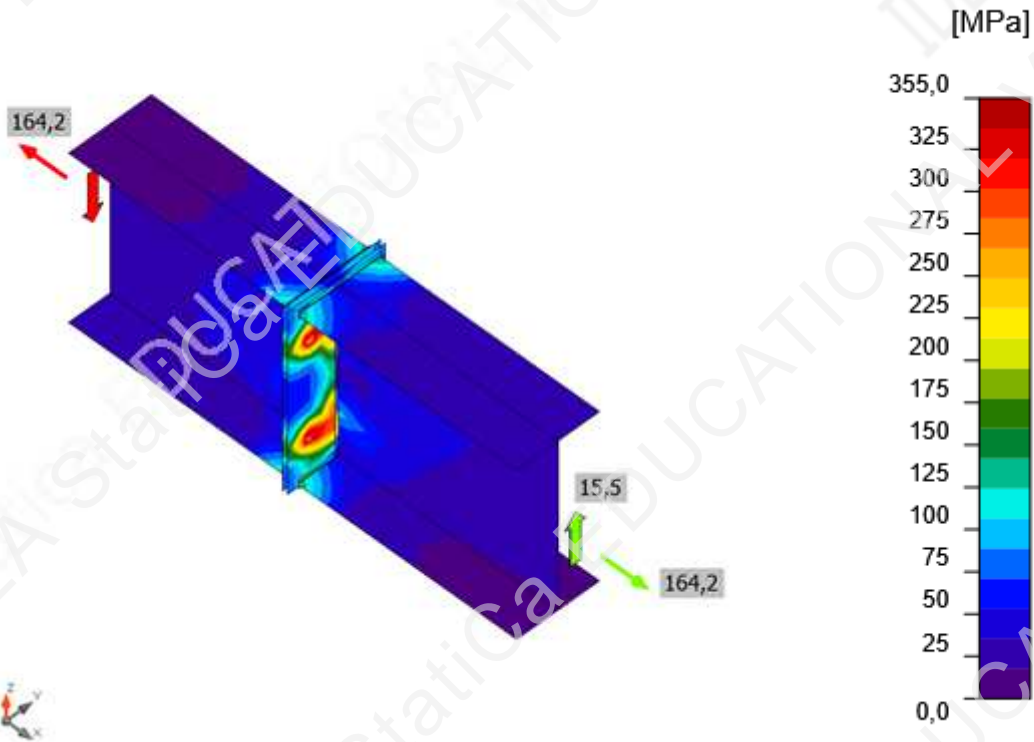
Material	$f_y$ [MPa]	$\epsilon_{lim}$ [%]
S 355	355,0	5,0



Overall check, LE1



Strain check, LE1



Equivalent stress, LE1

**Bolts**

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	$U_{t_t}$ [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	$U_{t_s}$ [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Status
	B9	LE1	64,6	3,9	71,4	156,8	6,4	57,4	OK
	B10	LE1	64,8	3,9	71,7	156,8	6,4	57,6	OK
	B11	LE1	64,6	3,9	71,4	156,8	6,4	57,4	OK
	B12	LE1	64,8	3,9	71,7	156,8	6,4	57,6	OK

**Design data**

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M16 8.8 - 1	90,4	187,5	60,3

### Detailed result for B9

#### Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 90,4 \text{ kN} \geq F_t = 64,6 \text{ kN}$$

where:

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Factor}$$

$$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Safety factor}$$

#### Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 187,5 \text{ kN} \geq F_t = 64,6 \text{ kN}$$

where:

$$d_m = 25 \text{ mm} \quad \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller}$$

$$t_p = 10 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$f_u = 490,0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Safety factor}$$

#### Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 60,3 \text{ kN} \geq V = 3,9 \text{ kN}$$

where:

$$\beta_p = 1,00 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$\alpha_v = 0,60 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Safety factor}$$

**Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)**

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 156,8 \text{ kN} \geq V = 3,9 \text{ kN}$$

where:

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50$$

– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 1,00$$

– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer

$e_2 = 45 \text{ mm}$  – Distance to the plate edge perpendicular to the shear force

$p_2 = 110 \text{ mm}$  – Distance between bolts perpendicular to the shear force

$d_0 = 18 \text{ mm}$  – Bolt hole diameter

$e_1 = 87 \text{ mm}$  – Distance to the plate edge in the direction of the shear force

$p_1 = \infty \text{ mm}$  – Distance between bolts in the direction of the shear force

$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$  – Ultimate tensile strength of the bolt

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$d = 16 \text{ mm}$  – Nominal diameter of the fastener

$t = 10 \text{ mm}$  – Thickness of the plate

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

**Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)**

$$U_{tts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = 57,4 \%$$

**Utilization in tension**

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 71,4 \%$$

**Utilization in shear**

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 6,4 \%$$



### Detailed result for B10

#### Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 90,4 \text{ kN} \geq F_t = 64,8 \text{ kN}$$

where:

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Factor}$$

$$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Safety factor}$$

#### Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 187,5 \text{ kN} \geq F_t = 64,8 \text{ kN}$$

where:

$$d_m = 25 \text{ mm} \quad \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller}$$

$$t_p = 10 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$f_u = 490,0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Safety factor}$$

#### Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 60,3 \text{ kN} \geq V = 3,9 \text{ kN}$$

where:

$$\beta_p = 1,00 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$\alpha_v = 0,60 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Safety factor}$$

**Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)**

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 156,8 \text{ kN} \geq V = 3,9 \text{ kN}$$

where:

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50$$

– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 1,00$$

– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer

$e_2 = 45 \text{ mm}$  – Distance to the plate edge perpendicular to the shear force

$p_2 = 110 \text{ mm}$  – Distance between bolts perpendicular to the shear force

$d_0 = 18 \text{ mm}$  – Bolt hole diameter

$e_1 = 87 \text{ mm}$  – Distance to the plate edge in the direction of the shear force

$p_1 = \infty \text{ mm}$  – Distance between bolts in the direction of the shear force

$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$  – Ultimate tensile strength of the bolt

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$d = 16 \text{ mm}$  – Nominal diameter of the fastener

$t = 10 \text{ mm}$  – Thickness of the plate

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

**Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)**

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{1,4 F_{v,Rd}} = 57,6 \%$$

**Utilization in tension**

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 71,7 \%$$

**Utilization in shear**

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 6,4 \%$$

### Detailed result for B11

#### Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 90,4 \text{ kN} \geq F_t = 64,6 \text{ kN}$$

where:

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Factor}$$

$$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Safety factor}$$

#### Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 187,5 \text{ kN} \geq F_t = 64,6 \text{ kN}$$

where:

$$d_m = 25 \text{ mm} \quad \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller}$$

$$t_p = 10 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$f_u = 490,0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Safety factor}$$

#### Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 60,3 \text{ kN} \geq V = 3,9 \text{ kN}$$

where:

$$\beta_p = 1,00 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$\alpha_v = 0,60 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Safety factor}$$

**Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)**

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 156,8 \text{ kN} \geq V = 3,9 \text{ kN}$$

where:

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50$$

– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 1,00$$

– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer

$e_2 = 45 \text{ mm}$  – Distance to the plate edge perpendicular to the shear force

$p_2 = 110 \text{ mm}$  – Distance between bolts perpendicular to the shear force

$d_0 = 18 \text{ mm}$  – Bolt hole diameter

$e_1 = 287 \text{ mm}$  – Distance to the plate edge in the direction of the shear force

$p_1 = 200 \text{ mm}$  – Distance between bolts in the direction of the shear force

$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$  – Ultimate tensile strength of the bolt

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$d = 16 \text{ mm}$  – Nominal diameter of the fastener

$t = 10 \text{ mm}$  – Thickness of the plate

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

**Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)**

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = 57,4 \%$$

**Utilization in tension**

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 71,4 \%$$

**Utilization in shear**

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 6,4 \%$$

### Detailed result for B12

#### Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 90,4 \text{ kN} \geq F_t = 64,8 \text{ kN}$$

where:

$$k_2 = 0,90 \quad \text{– Factor}$$

$$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Safety factor}$$

#### Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 187,5 \text{ kN} \geq F_t = 64,8 \text{ kN}$$

where:

$$d_m = 25 \text{ mm} \quad \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller}$$

$$t_p = 10 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$f_u = 490,0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Safety factor}$$

#### Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 60,3 \text{ kN} \geq V = 3,9 \text{ kN}$$

where:

$$\beta_p = 1,00 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$\alpha_v = 0,60 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Safety factor}$$

**Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)**

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 156,8 \text{ kN} \geq V = 3,9 \text{ kN}$$

where:

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5\right) = 2,50$$

– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 1,00$$

– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer

$$e_2 = 45 \text{ mm}$$

– Distance to the plate edge perpendicular to the shear force

$$p_2 = 110 \text{ mm}$$

– Distance between bolts perpendicular to the shear force

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

– Bolt hole diameter

$$e_1 = 287 \text{ mm}$$

– Distance to the plate edge in the direction of the shear force

$$p_1 = 200 \text{ mm}$$

– Distance between bolts in the direction of the shear force

$$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$$

– Ultimate tensile strength of the bolt

$$f_u = 490,0 \text{ MPa}$$

– Ultimate strength

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

– Nominal diameter of the fastener

$$t = 10 \text{ mm}$$

– Thickness of the plate

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

– Safety factor

**Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)**

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = 57,6 \%$$

**Utilization in tension**

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 71,7 \%$$

**Utilization in shear**

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 6,4 \%$$

## Welds

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	$\varepsilon_{pl}$ [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	$U_t$ [%]	$U_{t,c}$ [%]	Status
PP1a	B2-bfl 1	▲ 4,0 ▲	170	LE1	199,9	0,0	120,5	72,9	56,2	45,9	29,6	OK
		▲ 4,0 ▲	170	LE1	118,2	0,0	-36,5	61,4	21,0	27,1	23,1	OK
PP1a	B2-tfl 1	▲ 4,0 ▲	170	LE1	117,1	0,0	-34,6	-61,0	-21,1	26,9	23,2	OK
		▲ 4,0 ▲	170	LE1	195,4	0,0	118,2	-71,7	-54,1	44,9	28,7	OK
PP1a	B2-w 1	▲ 4,0 ▲	347	LE1	225,1	0,0	106,2	-43,4	106,1	51,7	21,3	OK
		▲ 4,0 ▲	347	LE1	229,3	0,0	107,3	46,8	-107,2	52,6	21,4	OK
PP1b	B1-bfl 1	▲ 4,0 ▲	170	LE1	196,5	0,0	118,9	72,2	54,2	45,1	29,0	OK
		▲ 4,0 ▲	170	LE1	118,0	0,0	-34,2	61,6	21,4	27,1	23,1	OK
PP1b	B1-tfl 1	▲ 4,0 ▲	170	LE1	116,9	0,0	-36,0	-60,5	-21,6	26,8	23,3	OK
		▲ 4,0 ▲	170	LE1	200,5	0,0	120,8	-73,3	-56,2	46,0	29,3	OK
PP1b	B1-w 1	▲ 4,0 ▲	347	LE1	226,9	0,0	105,8	47,8	105,5	52,1	21,4	OK
		▲ 4,0 ▲	347	LE1	221,8	0,0	103,9	-44,1	-104,2	50,9	21,3	OK

## Design data

	$\beta_w$ [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	$0,9 \sigma$ [MPa]
S 355	0,90	435,6	352,8

## Detailed result for PP1a B2-bfl 1

### Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 199,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 120,5 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$\beta_w = 0,90$  – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

## Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 45,9 \%$$



**Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)**

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 118,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 36,5 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$\beta_w = 0,90$  – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

**Stress utilization**

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 27,1 \%$$

**Detailed result for PP1a B2-tfl 1**

**Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)**

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 117,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 34,6 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$\beta_w = 0,90$  – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

**Stress utilization**

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 26,9 \%$$

**Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)**

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 195,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 118,2 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$\beta_w = 0,90$  – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

**Stress utilization**

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 44,9 \%$$

#### Detailed result for PP1a B2-w 1

##### Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 225,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 106,2 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$\beta_w = 0,90$  – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

##### Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 51,7 \%$$

##### Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 229,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 107,3 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$\beta_w = 0,90$  – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

##### Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 52,6 \%$$

#### Detailed result for PP1b B1-bfl 1

##### Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 196,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 118,9 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$\beta_w = 0,90$  – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

##### Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 45,1 \%$$

##### Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 118,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 34,2 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$\beta_w = 0,90$  – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

##### Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 27,1 \%$$

#### Detailed result for PP1b B1-tfl 1

##### Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 116,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 36,0 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$\beta_w = 0,90$  – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

##### Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 26,8 \%$$

##### Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 200,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 120,8 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$\beta_w = 0,90$  – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

##### Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 46,0 \%$$

### Detailed result for PP1b B1-w 1

#### Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 226,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 105,8 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$\beta_w = 0,90$  – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

#### Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 52,1 \%$$

#### Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 221,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 103,9 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Ultimate strength

$\beta_w = 0,90$  – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$  – Safety factor

#### Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 50,9 \%$$

### Buckling

Buckling analysis was not calculated.

Project: **Bakalářská práce**  
 Project no: **001**  
 Author: **Pavel Babák**

## Code settings

Item	Value	Unit	Reference
Y <sub>M0</sub>	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Y <sub>M1</sub>	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Y <sub>M2</sub>	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
Y <sub>M3</sub>	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
Y <sub>C</sub>	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
Y <sub>Inst</sub>	1,20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Joint coefficient β <sub>j</sub>	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Effective area - influence of mesh size	0,10	-	
Friction coefficient - concrete	0,25	-	EN 1993-1-8
Friction coefficient in slip-resistance	0,30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Limit plastic strain	0,05	-	EN 1993-1-5
Detailing	No		
Distance between bolts [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Distance between bolts and edge [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Concrete breakout resistance check	Both		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Use calculated α <sub>b</sub> in bearing check.	Yes		EN 1993-1-8: tab 3.4
Cracked concrete	Yes		EN 1992-4
Local deformation check	No		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Local deformation limit	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Geometrical nonlinearity (GMNA)	Yes		Analysis with large deformations for hollow section joints
Braced system	No		EN 1993-1-8: 5.2.2.5