

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Bc. Ondrušek</u>	Jméno: <u>Michal</u>	Osobní číslo: <u>380803</u>
Zadávací katedra: <u>K134</u>		
Studijní program: <u>SI</u>		
Studijní obor: <u>K</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Tribuna fotbalového stadiónu v Sokolově</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Football Stadium Tribune in Sokolov</u>	
Pokyny pro vypracování: <u>předány osobně</u>	
Seznam doporučené literatury: <u>předán osobně</u>	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>J. Dolejš</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>5.10.2016</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>8.1.2017</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
<u>✓</u> Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

5.10.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

# SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. MICHAL ONDRUŠEK

Název diplomové práce: TRIBUNA FOTBALOVÉHO STADIÓNU V SOKOLOVĚ

Základní část: ODK podíl: 100 %

Formulace úkolů: Stavby výpočet nákladů NK a detailů, TZ, VD.

Podpis vedoucího DP

Datum: 5.10.2016

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: .....

Datum: .....

3. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: .....

Datum: .....

4. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

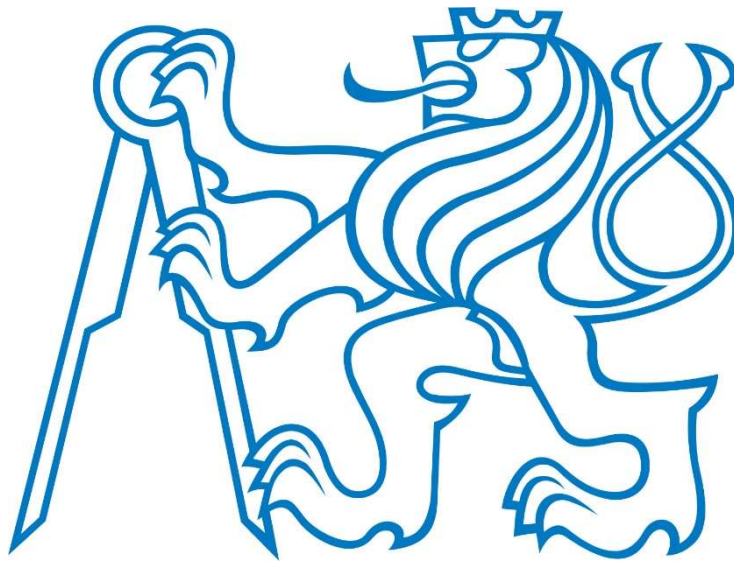
Podpis konzultanta: .....

Datum: .....

Poznámka: Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci (vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

# Diplomová práce

## Technická zpráva



Datum: 2. 1. 2017

Vypracoval: Bc. Michal Ondrušek

## Technická zpráva

### 1. Popis konstrukce

Tribuna je projektovaná jako ocelová konstrukce s železobetonovým základovým roštem. Hlavním nosným prvkem je proměnný ocelový I průřez, který tvoří podporu pro přestřešení a tribunu. Síly z hlavního nosníku jsou přenášeny do základové konstrukce pomocí tří řad sloupů, které jsou mezi sebou spojeny příčnými nosníky. Spoj mezi sloupem a hlavním nosníkem je tvořen čepovým spojem. Tuhost konstrukce ve směru příčných nosníků je zajištěna dostatečnou tuhostí celého rámu, především hlavního nosníku. Zavětrování je proto vytvořeno pouze v rovině střechy a zadní podélné části. Rám se pravidelně opakuje po 18 m, každých 6 m je doplněn rámem pomocným, pro zajištění funkčnosti tribuny. Jednotlivé rámy jsou mezi sebou spojeny systémem podélných nosníků. Podélný nosník pod konstrukcí střechy je tvořen svařovaným příhradovým nosníkem. Spoj příhradového nosníku je navržen jako jednostranný přeplátovaný spoj s jednou řadou šroubů. Spoj podélného nosníku tribuny a podélného nosníku chodby navržen jako šroubovaný pomocí úhelníku. Ostatní spoje jsou svařované, pokud není určeno jinak, svar je proveden podle tloušťky materiálu. Pochozí plochy budou a části tribuny pro diváky budou tvořeny prefabrikovanými železobetonovými deskami.

### 2. Popis lokality

GPS souřadnice: 50,17°N; 12,66°E

Nadmořská výška: 425 m.n.m



Obr. 1.: Umístění tribuny

Tribuna je umístěna ve stávajícím areálu fotbalového stadionu Sokolov, nachází se podél západní hrany hřiště. Tribunou dojde k navýšení kapacity stadionu. Vnitřní prostory tribuny umožňují vznik novému sportovnímu i administrativnímu zázemí pro klub.

Tribuna vzniká ve stávajícím areálu fotbalového stadionu, majetkoprávní vztahy nejsou nijak měněny. Přístupové poměry jsou velmi dobré, plocha nových komunikací bude minimální a bude sloužit pouze pro napojení na stávající komunikaci.

Podle geologické mapy ČR se v zájmovém území nachází písčito-hlinitý až hlinito-písčité sediment. Zemina klasifikována jako hlína písčitá – F3 s tuhou konzistencí. Návrhovou únosnost zeminy lze uvažovat 0,175 MPa. K ověření únosnosti zeminy budou provedeny zkoušky in-situ.

### **3. Použité materiály**

Pro všechny ocelové prvky bude použita ocel třídy S450J0+N. Ocel zajišťuje dostatečnou pevnost, svařitelnost a spolehlivost. Ochrana oceli proti požáru a korozi bude zajištěna formou nátěrů

Pro šroubované spoje jsou použity šrouby o poloměru 16 a 30 mm s třídou pevnosti 5.6, 5.8 a 8.8. Svařované spoje jsou tvořeny koutovými svary vytvořenými obloukovým svařováním tavící se elektrodou v ochranné atmosféře.

Základové konstrukce tvoří beton C30/37 s konstrukční výztuží B500B. Tloušťka krycí vrstvy je stanovena na 50 mm, v rámci zkoušky únosnosti zeminy je nutno ověřit agresivitu prostředí a v případě nedostatečné krycí vrstvy aktualizovat výpočet. Doba zrání betonu stanovena na 28 dní, během této doby je nutno beton ochránit proti vyschnutí pravidelným máčením betonu, zejména v prvních dnech.

### **4. Výroba ocelové konstrukce**

Ocelová konstrukce bude vyrobena v dílně. Nosníky s přípravou otvorů pro spoje pomocí úhelníků budou společně se sloupy na stavenišť dopraveny v celku. Délka sloupu nepřesahuje 12,5 m. Délka nosníků je 6 m. Hlavní nosník bude rozdělen do tří částí – část přestřešení, oblouku a část nesoucí tribunu. Jednotlivé části budou svařeny na staveništi. Všechny svary hlavního nosníku projdou rentgenovou kontrolou. Hlavní nosník bude z dílny opatřen přípravou pro čepový spoj a přípravou pro spoje s podélnými nosníky střechy.

### **5. Montáž ocelové konstrukce**

Montáž obsahuje sedm etap. Vyhloubení stavební jámy a betonáž základového roštu. Příprava základových spojů a montáž sloupů, včetně příčných nosníků. Následuje montáž hlavního nosníku a vytvoření čepového spoje mezi hlavním nosníkem a sloupy. Ve čtvrté etapě dojde k propojení konstrukce pomocí podélných nosníků v části chodby a tribuny. Následuje aktivace zavětrování, které zajistí prostorovou tuhost konstrukce. Instalace střešních příhradových

nosníků proběhne postupně od středu konstrukce směrem ke krajům pomocí jeřábu. Finální etapu tvoří umístění plošných betonových dílců.

Po první etapě je nutná technologická přestávka na zrání betonu a to 28 dní. Do jámy pro základy bude připraveno bednění a armatura a poté bude rošt vylit do bednění a následně zhutněn. Po odstranění bednění bude přihrnuta zemina a také zhutněna.

Konstrukce ve druhé až páté etapě bude dočasně jištěna než dojde k aktivaci zavětrování.

## **6. Bezpečnostní prvky**

Jako bezpečnostní prvky pro schodiště a jednotlivá patra je použito zábradlí s výškou 1100 mm se svislou výplní s maximální světlou šířkou 100 mm a svislou i vodorovnou únosností 1kN/m.

Schodiště bude tvořit vnitřní ocelovou konstrukci. Schodišťové stupně jsou navrženy jako betonové a budou opatřeny protiskluzovou úpravou.

Konstrukce není projektována jako bezbariérová. Bezbariérový přístup pro invalidy bude zajištěn přímo z hřiště ve spodních řadách tribuny.

## **7. Použitá literatura a software**

### **Literatura:**

- [1] Studnička, J.; OCELOVÉ KONSTRUKCE 10. Praha: Česká republika – Vydavatelství ČVUT, 1998; ISBN 80-01-01777-X
- [2] Studnička, J.; OCELOVÉ KONSTRUKCE. Normy; Praha: Česká republika – Vydavatelství ČVUT, 2011; ISBN 978-80-01-03930-4
- [3] Wald, F - kolektiv.; PRVKY OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ. Příklady podle Eurokódů; Praha: Česká republika – Vydavatelství ČVUT, 2000; ISBN 80-01-01623-4
- [4] Macháček, J. – Sokol, Z. – Vraný, T. – Wald, F.; Navrhování ocelových konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-1-8; Praha: Česká republika – Informační centrum ČKAIT, 2009; ISBN 978-80-87093-86-3

### **Normy:**

- [5] ČSN EN 1991-1-1
- [6] ČSN EN 1991-1-3
- [7] ČSN EN 1991-1-4
- [8] ČSN EN 1992-1-1
- [9] ČSN EN 1993-1-1

[10] ČSN EN 1993-1-8

**Software:**

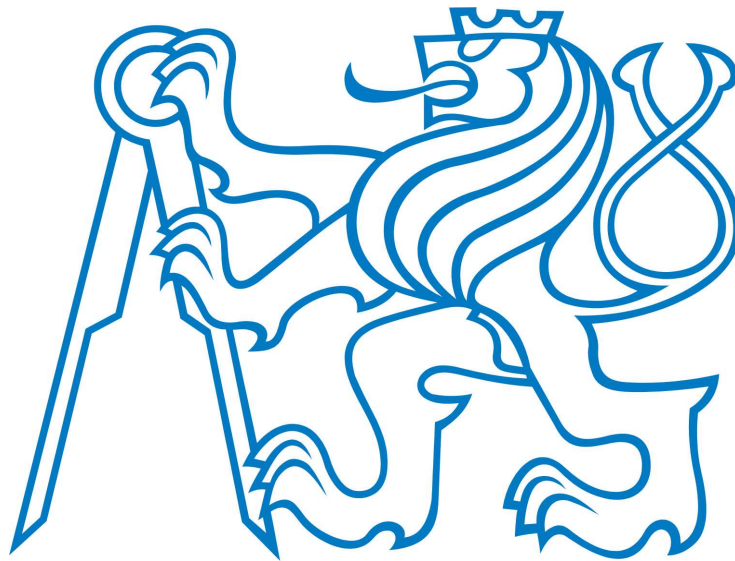
SCIA Engineer 2016, studentská verze

AutoCAD 2016, studentská verze

Programy balíku Microsoft Office

# Diplomová práce

## Statický výpočet



Datum: 30. 12. 2016

Vypracoval: Bc. Michal Ondrušek



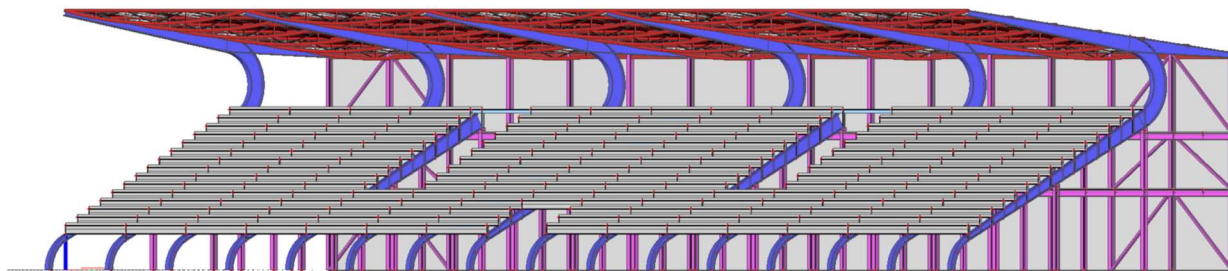
## Obsah

1	Popis objektu.....	4
1.1	Identifikační údaje.....	4
1.2	Základní údaje o tribuně.....	5
2	Použité materiály.....	6
2.1	Ocel.....	6
2.2	Beton (základové konstrukce).....	6
3	Zatížení.....	7
3.1	Stálé zatížení.....	7
3.2	Užitné zatížení.....	7
3.3	Zatížení sněhem.....	7
3.4	Zatížení větrem.....	7
3.4.1	Zatížení střechy.....	7
3.4.2	Zatížení tribuny.....	9
4	Model Scia Engineer - zatěžovací stavy.....	11
4.1	Vlastní tíha.....	11
4.2	Ostatní stálé zatížení.....	11
4.3	Užitné zatížení.....	12
4.4	Zatížení sněhem.....	15
4.5	Zatížení větrem.....	15
5	Kombinace.....	17
5.1	Skupiny zatížení.....	17
5.2	Kombinace MSÚ.....	18
5.3	Kombinace MSP.....	18
6	Posouzení nosných ocelových prvků.....	19
6.1	Střešní krytina – trapézový plech.....	19
6.1.1	Návrhové síly MSÚ.....	19
6.1.2	Posouzení MSÚ.....	19
6.2	Střešní nosník.....	19
6.2.1	Návrhové síly MSÚ.....	20
6.2.2	Posouzení MSÚ.....	20

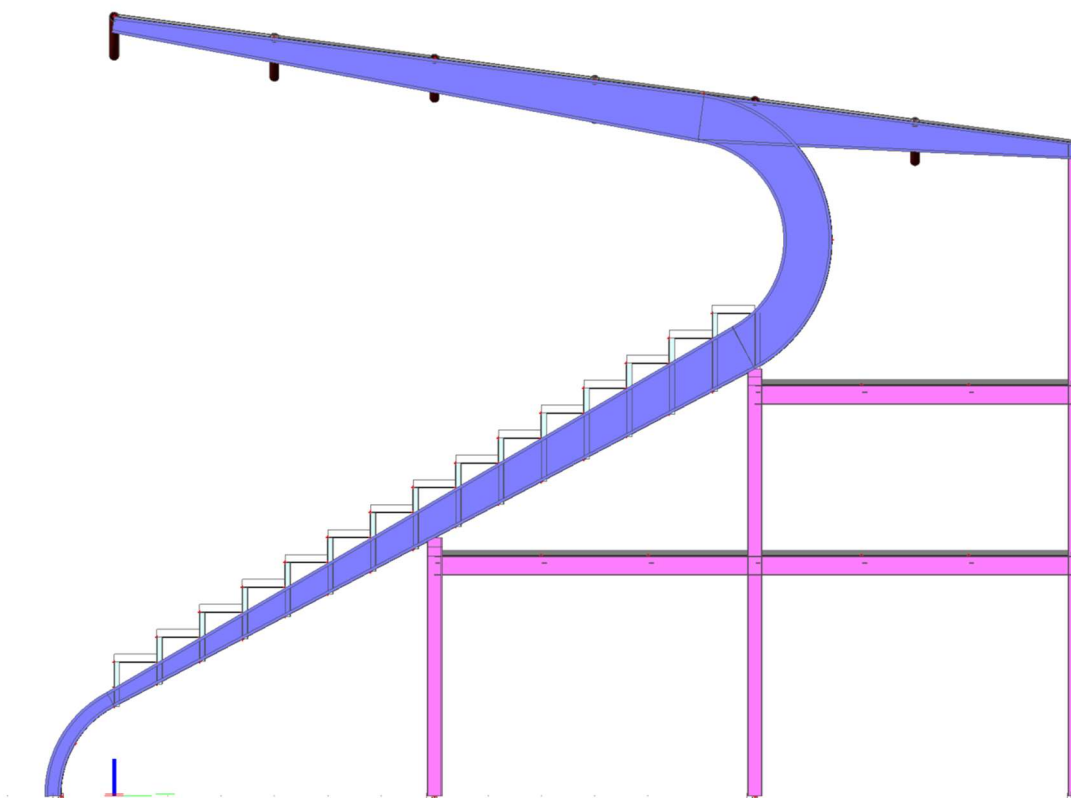
6.2.3	Průhyb MSP .....	29
6.2.4	Posouzení MSP .....	29
6.3	Nosník tribuny .....	30
6.3.1	Návrhové síly MSÚ.....	30
6.3.2	Posouzení MSÚ.....	31
6.3.3	Průhyb MSP .....	32
6.3.4	Posouzení MSP .....	32
6.3.5	Posouzení vlastních frekvencí .....	32
6.4	Hlavní nosník.....	36
6.4.1	Návrhové síly MSÚ.....	36
6.4.2	Posouzení MSÚ.....	38
6.4.3	Průhyb MSP .....	43
6.4.4	Posouzení MSP .....	44
6.4.5	Posouzení vlastních frekvencí .....	44
6.5	Podélný nosník chodby .....	45
6.5.1	Návrhové síly MSÚ.....	46
6.5.2	Posouzení MSÚ.....	47
6.5.3	Průhyb MSP .....	51
6.5.4	Posouzení MSP .....	51
6.6	Příčný nosník chodby.....	52
6.6.1	Návrhové síly MSÚ.....	52
6.6.2	Posouzení MSÚ.....	53
6.6.3	Průhyb MSP .....	57
6.6.4	Posouzení MSP .....	58
6.7	Sloup chodby .....	58
6.7.1	Návrhové síly MSÚ.....	58
6.7.2	Posouzení MSÚ.....	59
6.7.3	Průhyb MSP .....	63
6.7.4	Posouzení MSP .....	63
7	Základová konstrukce .....	64
7.1	Návrhové síly MSÚ .....	65
7.2	Sedání základové konstrukce .....	65

7.3	Napětí v základové spáře.....	66
7.4	Stabilita základové konstrukce.....	67
7.5	Hlavní výztuž základové konstrukce.....	67
8	Spoje.....	70
8.1	Základová konstrukce – sloup.....	70
8.2	Sloup – hlavní nosník.....	73
8.2.1	Návrhové síly MSÚ.....	73
8.2.2	Posouzení spoje.....	74
8.3	Střešního příhradového nosníku – hlavní nosník.....	76
8.3.1	Návrhové síly MSÚ.....	76
8.3.2	Posouzení spoje.....	77
8.4	Podélný nosník chodby – příčný nosník chodby.....	78
8.4.1	Návrhové síly MSÚ.....	78
8.4.2	Posouzení spoje.....	78
8.5	Ostatní svařované spoje.....	79

## 1 Popis objektu



Obr. 1.: Prostorový model tribuny



Obr. 2.: Příčný řez tribuny

### 1.1 Identifikační údaje

Název stavby:	Tribuna fotbalového stadiónu v Sokolově
Místo stavby:	Sokolov, areál stávajícího fotbalového stadionu
Cíl:	Návrh nosných konstrukcí fotbalové tribuny v Sokolově

Vypracoval: Bc. Michal Ondrušek  
Vedoucí práce: Doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš

## **1.2 Základní údaje o tribuně**

GPS souřadnice: 50.1709789N, 12.6567008E  
Nadmořská výška: 425 m n. m  
Výška konstrukce: 14,6 m  
Přesah konzoly přestřešení: 11,05 m  
Půdorysný rozměr: 19 x 90 m  
Typ nosné konstrukce: Ocelová konstrukce  
Základová konstrukce: Základové pasy

Model konstrukce a následný výpočet vnitřních sil, průhybů a posunů byl vytvořen pomocí studentské verze výpočtového programu SCIA Engineer 2016. Výkresová část byla vytvořena ve studentské verzi programu AutoCAD. Pro pomocné výpočty byl použit program Microsoft Excel a ke grafické úpravě posloužili programy Microsoft Word a Adobe Reader.

## 2 Použité materiály

### 2.1 Ocel

třída: S450J0+N  
 $f_y = 440 \text{ MPa}$   
 $f_u = 550 \text{ MPa}$   
 $E = 210 \text{ GPa}$   
 $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

šrouby M16 5.6  
M30 5.8  
M30 8.8

### 2.2 Beton (základové konstrukce)

třída: C30/37  
 $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$   
 $\gamma_c = 1,5$   
 $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$   
 $f_{ctk;0,05} = 2,0 \text{ MPa}$   
 $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$

### 3 Zatížení

Zatížení vytvořeno podle norem ČSN EN 1991-1-1, ČSN EN 1991-1-3 a ČSN EN 1991-1-4

#### 3.1 Stálé zatížení

Vlastní tíha generována programem. Podlaha chodby a stupně tribuny uvažovány jako prefabrikované betonové konstrukce uložené na ocelové konstrukci se zatížením do 2,8 kN/m<sup>2</sup>. Střešní krytina uvažována jako trapézová s celkovým zatížením 0,2 kN/m<sup>2</sup>.

Vlastní tíha vybavení tribuny, jako je osvětlení, zábradlí, sedadla zadána ručně v zatěžovacím stavu Ostatní stálé.

#### 3.2 Užité zatížení

Kategorie užitého zatížení pro tribunu a chodby určena jako C5 dle ČSN EN 1991-1-1 TAB. 1 a TAB. 2 – plochy, kde může dojít k vysoké koncentraci lidí.

Kategorie užitého zatížení pro střechu určena jako H dle ČSN EN 1991-1-1 TAB. 1 a TAB. 2 – nepřístupné střechy s výjimkou údržby a oprav.

#### 3.3 Zatížení sněhem

Pro danou oblast je charakteristická tíha sněhu  $s_k = 1,27$  kPa (viz. [www.snehovamapa.cz](http://www.snehovamapa.cz)).

Tvarový součinitel  $\mu_1 = 0,8$  pro  $\alpha \leq 30^\circ$ ; sklon střešních rovin  $\alpha = 10^\circ$ .

Součinitel expozice  $C_e$  uvažován roven 1,0. Součinitel tepla  $C_t$  uvažován roven 1,0.

Charakteristické zatížení sněhem  $s = \mu_1 * C_e * C_t * s_k = 1,016$  kN/m<sup>2</sup>

#### 3.4 Zatížení větrem

Pro zatížení větrem byla konstrukce rozdělena na dvě části. Střecha byla uvažována jako pultový přístřešek a tribuna jako svislá stěna s pravoúhlým půdorysem.

##### 3.4.1 Zatížení střechy

Přístřešek pultového tvaru s půdorysnými rozměry 18 x 90 m se sklonem 9°.

Zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4:

výška nad zemí:  $z = 14,600$  m

kategorie terénu: III. Překážky s volným prostorem

délka drsnosti:  $z_0 = 0,300$  m

minimální výška:  $z_{\min} = 5,000$  m

$$z_{0,II} = 0,050 \text{ m}$$

součinitel terénu:  $k_r = 0,19 * (z_0/z_{0,II})^{0,07}$

$$k_r = 0,215$$

součinitel drsnosti:  $c_{r(z)} = k_r * \ln(z/z_0)$

$$c_{r(21,2)} = 0,837$$

součinitel orografie:  $c_{0(z)} = 1,000$

zákl. rychlost větru:  $v_b = 25,000 \text{ m/s}$

stř. rychlost větru:  $v_{m(z)} = c_{r(z)} * c_{0(z)} * v_b$

$$v_{m(14,6)} = 20,920 \text{ m/s}$$

intenzita turbulence:  $I_{v(z)} = K_I / (c_{0(z)} * \ln(z/z_0))$

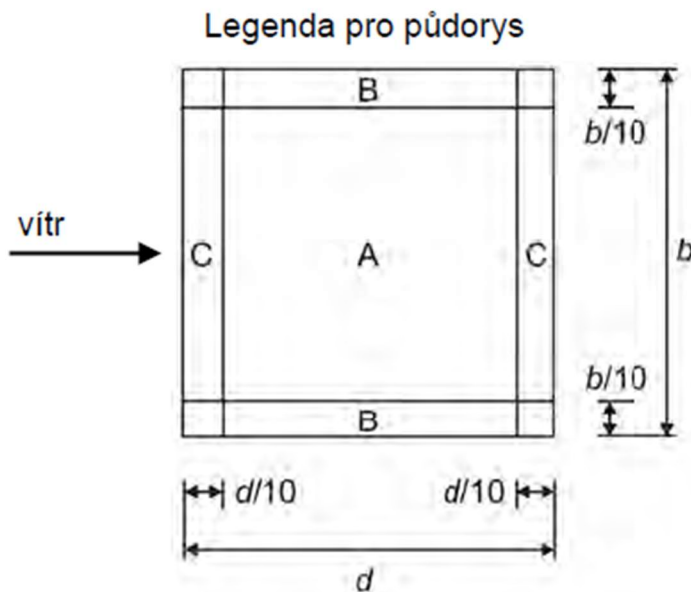
$$I_{v(14,6)} = 0,257$$

max. dynamický tlak:  $q_{p(z)} = [1+7 * I_{v(z)}] * 0,5 * \rho * v_{m(z)}^2$

$$q_{p(21,2)} = 766,350 \text{ N/m}^2$$

součinitel plnosti:  $\varphi = 1,000$

Tvar konstrukce splňuje parametry pultového přístřešku. Poloha a velikost zatížení větrem uvažována dle Tabulky 7.6



Obr. 3.: Legenda pro půdorys dle ČSN EN 1991-1-4, tabulka 7.6



$$\text{Sání větru – plocha A: } q_A = q_p(z) * C_{p,net,A} = -1,6 * 766,350 = -1,226 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sání větru – plocha B: } q_B = q_p(z) * C_{p,net,B} = -2,6 * 766,350 = -1,993 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sání větru – plocha C: } q_C = q_p(z) * C_{p,net,C} = -2,7 * 766,350 = -2,069 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tlak větru – plocha A: } q_A = q_p(z) * C_{p,net,A} = 1,2 * 766,350 = 0,920 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tlak větru – plocha B: } q_B = q_p(z) * C_{p,net,B} = 2,4 * 766,350 = 1,839 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tlak větru – plocha C: } q_C = q_p(z) * C_{p,net,C} = 1,6 * 766,350 = 1,226 \text{ kN/m}^2$$

### 3.4.2 Zatížení tribuny

Tribuna pro zatížení větrem uvažována jako skupina svislých stěn s půdorysnými rozměry 18 x 90 m.

Zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4:

$$\text{výška nad zemí: } z = 12,232 \text{ m}$$

kategorie terénu: III. Překážky s volným prostorem

$$\text{délka drsnosti: } z_0 = 0,300 \text{ m}$$

$$\text{minimální výška: } z_{\min} = 5,000 \text{ m}$$

$$z_{0,II} = 0,050 \text{ m}$$

$$\text{součinitel terénu: } k_r = 0,19 * (z_0/z_{0,II})^{0,07}$$

$$k_r = 0,215$$

$$\text{součinitel drsnosti: } c_{r(z)} = k_r * \ln(z/z_0)$$

$$c_{r(21,2)} = 0,799$$

$$\text{součinitel orografie: } c_{0(z)} = 1,000 \text{ m}$$

$$\text{zákl. rychlost větru: } v_b = 25,000 \text{ m/s}$$

$$\text{stř. rychlost větru: } v_{m(z)} = c_{r(z)} * c_{0(z)} * v_b$$

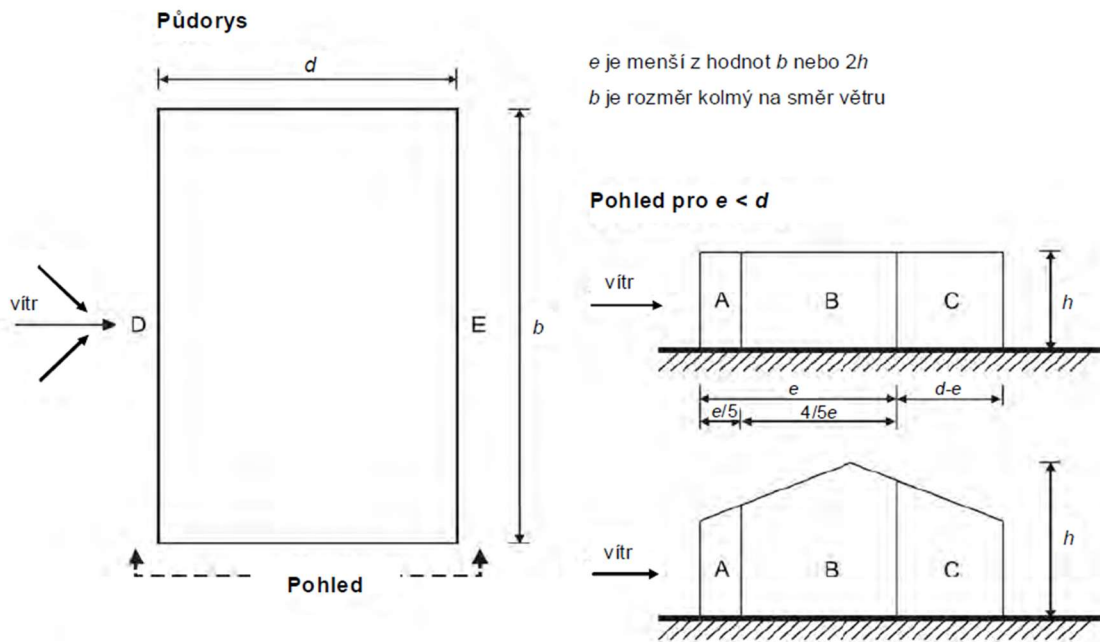
$$v_{m(14,6)} = 19,967 \text{ m/s}$$

$$\text{intenzita turbulence: } I_{v(z)} = K_I / (c_{0(z)} * \ln(z/z_0))$$

$$I_{v(14,6)} = 0,270$$

$$\text{max. dynamický tlak: } q_{p(z)} = [1 + 7 * I_{v(z)}] * 0,5 * \rho * v_{m(z)}^2$$

$$q_{p(21,2)} = 719,550 \text{ N/m}^2$$



Obr. 4.: Legenda pro svislé stěny dle ČSN EN 1991-1-4, tabulka 7.1

Tlak větru – plocha A:  $q_A = q_p(z) * C_{pe,10,A} = -1,2 * 719,550 = -1,226 \text{ kN/m}^2$

Tlak větru – plocha B:  $q_B = q_p(z) * C_{pe,10,B} = -0,8 * 719,550 = -1,993 \text{ kN/m}^2$

Tlak větru – plocha C:  $q_C = q_p(z) * C_{pe,10,C} = -0,5 * 719,550 = -2,069 \text{ kN/m}^2$

Hodnoty součinitelů  $C_{pe,10,D}$  a  $C_{pe,10,E}$  interpolovány dle ČSN EN 1991-1-4, tabulka 7.1 pro poměr  $h/d$  roven 0,680.

Sání větru – plocha D:  $q_D = q_p(z) * C_{pe,10,D} = 0,757 * 719,550 = -1,993 \text{ kN/m}^2$

Tlak větru – plocha E:  $q_E = q_p(z) * C_{pe,10,E} = -0,415 * 719,550 = -2,069 \text{ kN/m}^2$

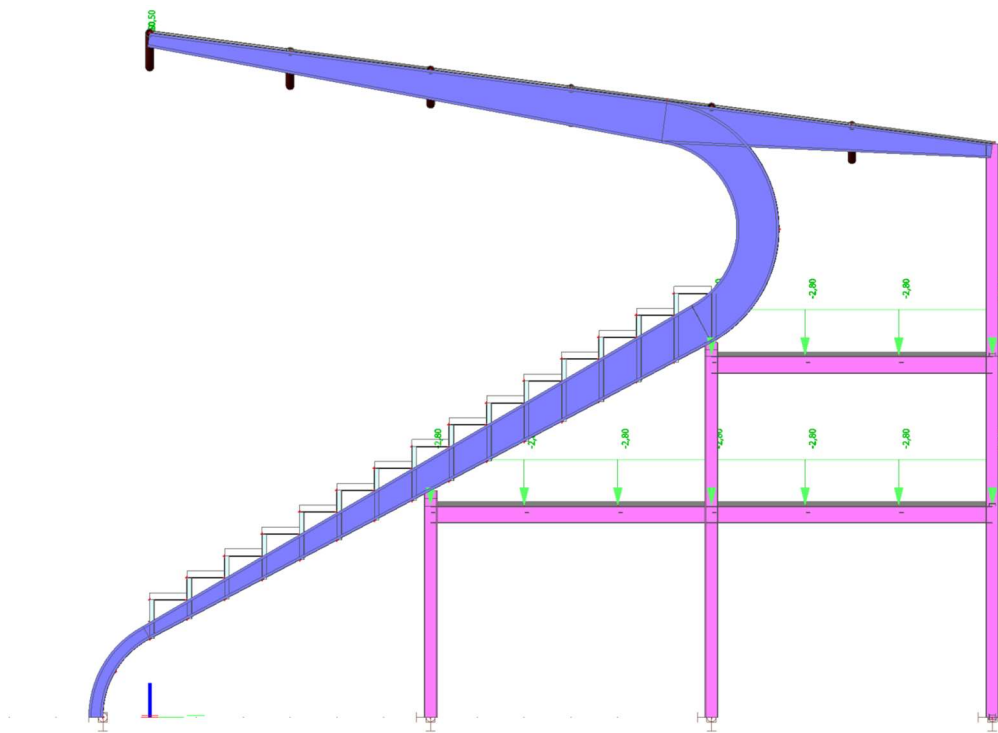
## 4 Model Scia Engineer - zatěžovací stavy

### 4.1 Vlastní tíha

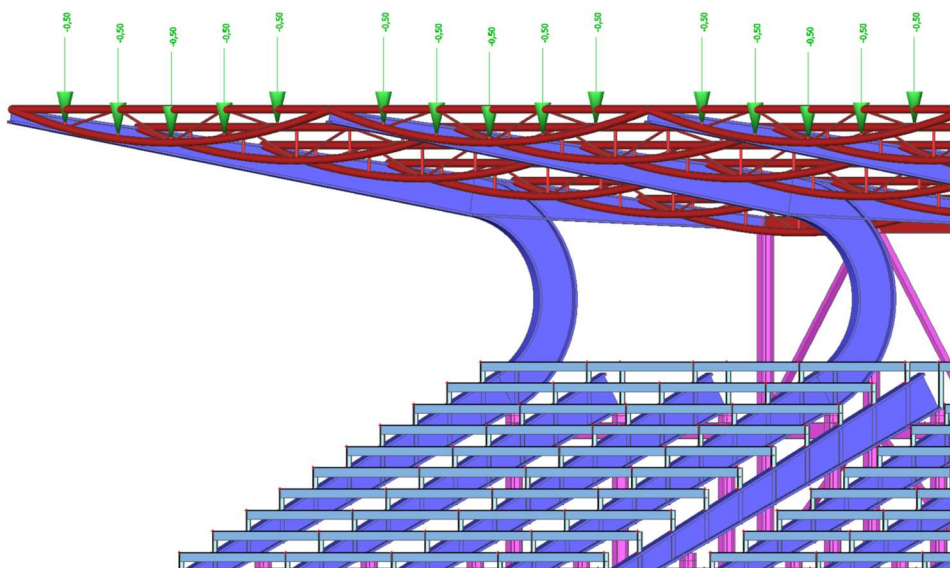
Vlastní tíha konstrukce generovaná programem.

### 4.2 Ostatní stálé zatížení

Zatížení chodeb uvažováno  $2,80 \text{ kN/m}^2$  jako skladba spřažené betonové podlahy s trapezovým plechem. Místo krytiny byl použit ocelový plech o tloušťce 3 mm, který reprezentuje vlastní tíhu trapézového plechu. Vlastní tíha plechu tl. 3 mm je  $0,236 \text{ kN/m}^2$ . Vlastní tíhu osvětlení zastupují osamělé síly o velikosti 0,5 kN rozděleny na sloupky krajních příhradových vazníků (viz Obr. 6.). Zatížení od obvodových konstrukcí není uvažováno. Obvodové konstrukce budou realizovány tak, aby docházelo k přenosu vlastní tíhy přímo do základových pasů.



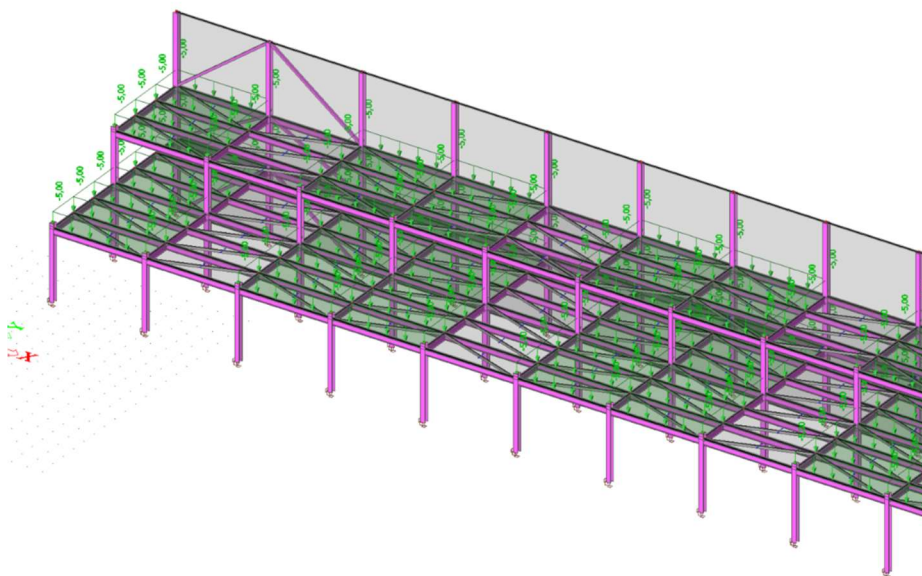
Obr. 5.: Zatěžovací stav 2 – Ostatní stálé zatížení



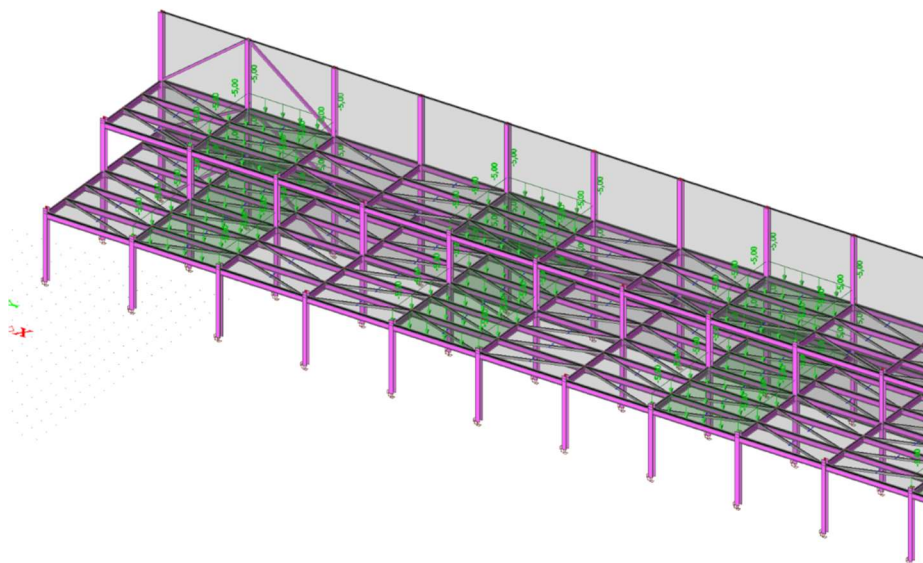
Obr. 6.: Zatěžovací stav 2 – Ostatní stálé zatížení - osvětlení

### 4.3 Užité zatížení

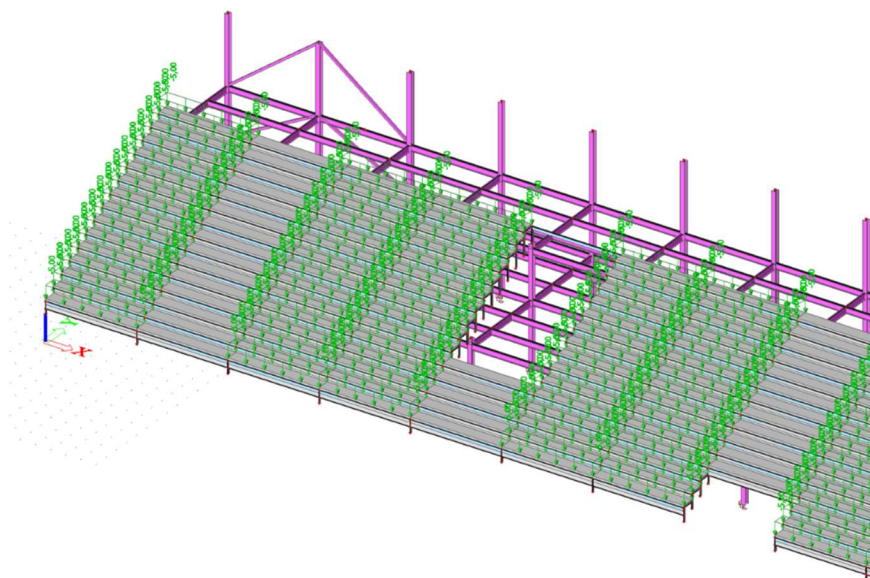
Užitné zatížení je rozděleno do šesti zatěžovacích stavů, které mohou působit zvlášť nebo také společně, a to podle výskytu osob na tribuně. Vždy dva zatěžovací stavy se týkají užitého zatížení chodby, užitého zatížení tribuny a užitého zatížení střechy. Užité zatížení chodby a tribuny určeno dle ČSN EN 1991-1-1 jako plošné zatížení o velikost  $5,0 \text{ kN/m}^2$ . Užité zatížení střechy určeno dle ČSN EN 1991-1-1 jako plošné zatížení o velikost  $0,75 \text{ kN/m}^2$ .



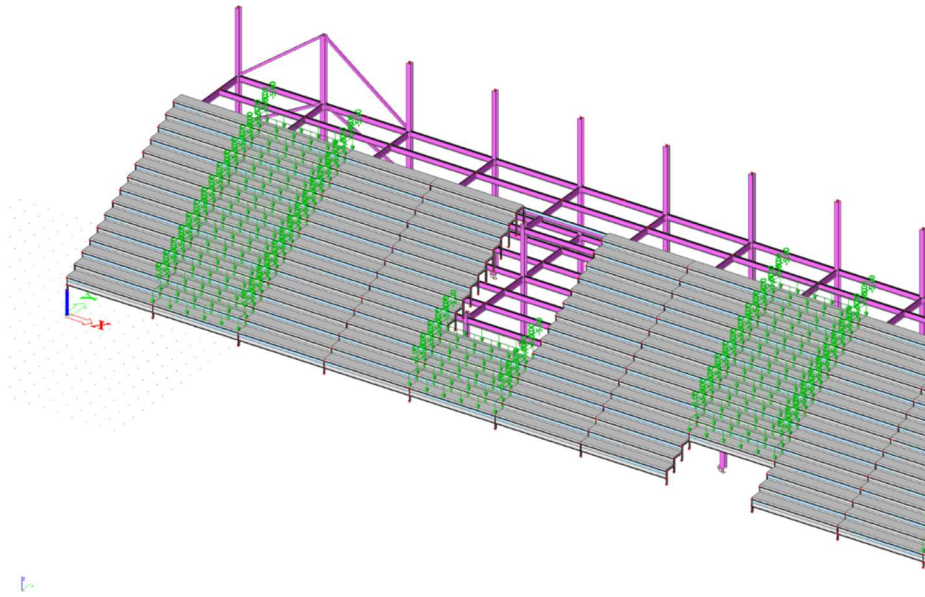
Obr. 7.: Zatěžovací stav 3 – užité zatížení chodby – kraje



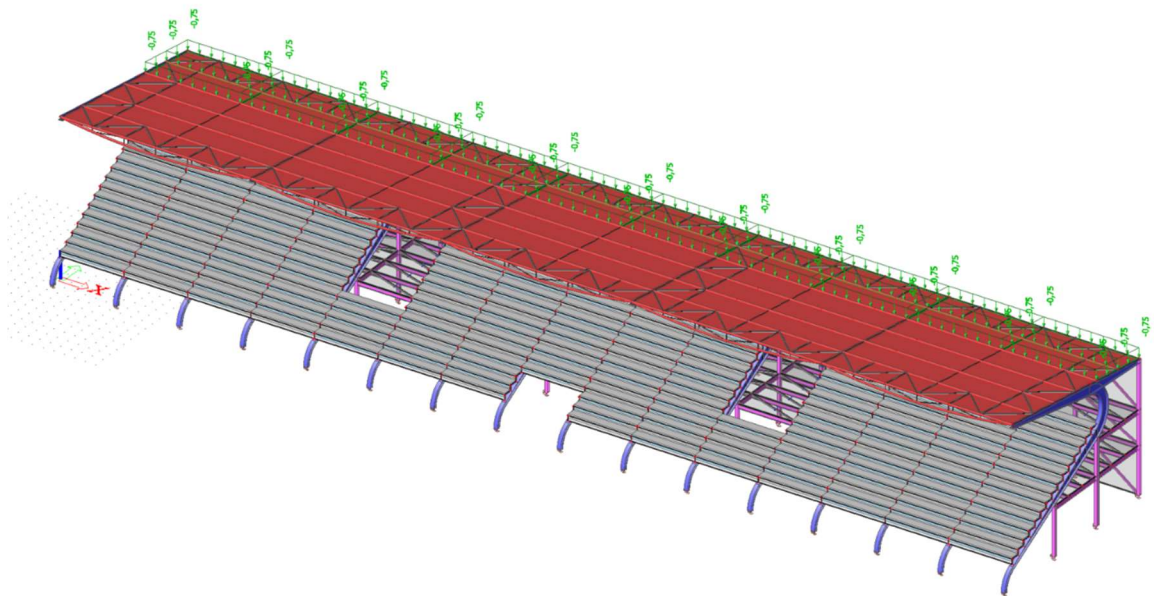
Obr. 8.: Zatěžovací stav 4 – užité zatížení chodby – střed



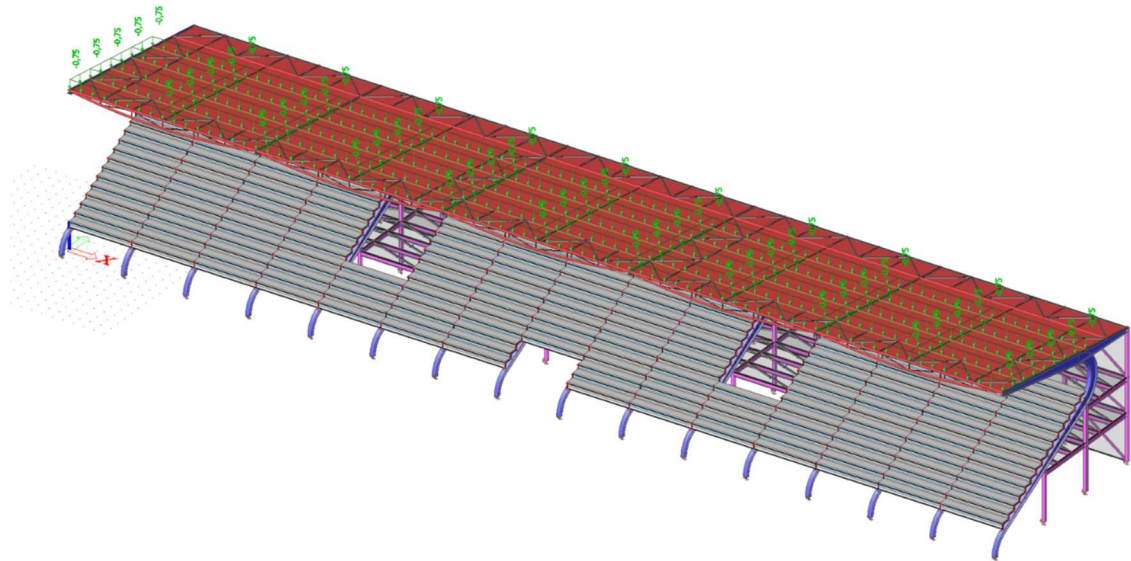
Obr. 9.: Zatěžovací stav 5 – užité zatížení tribuny - kraje



Obr. 10.: Zatěžovací stav 6 – užité zátížení tribuny – střed



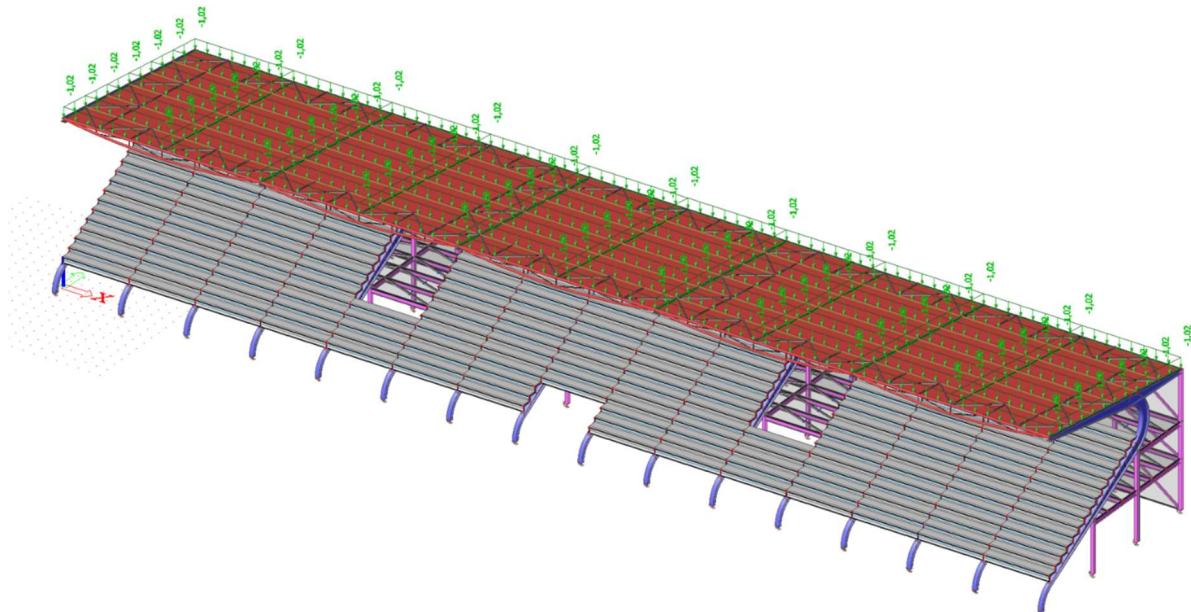
Obr. 11.: Zatěžovací stav 7 – užité zátížení střechy – zadní část



Obr. 12.: Zatěžovací stav 8 – užité zátížení střechy – přední část

#### 4.4 Zátížení sněhem

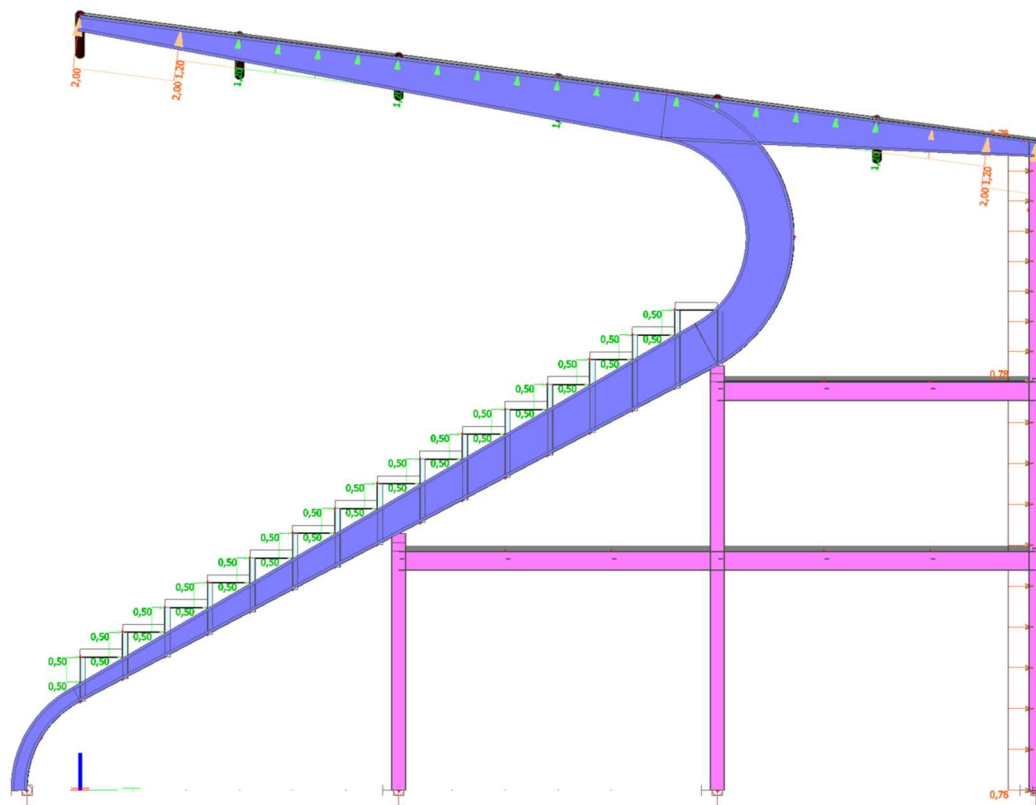
Zatížení sněhem  $s = 1,016 \text{ kN/m}^2$



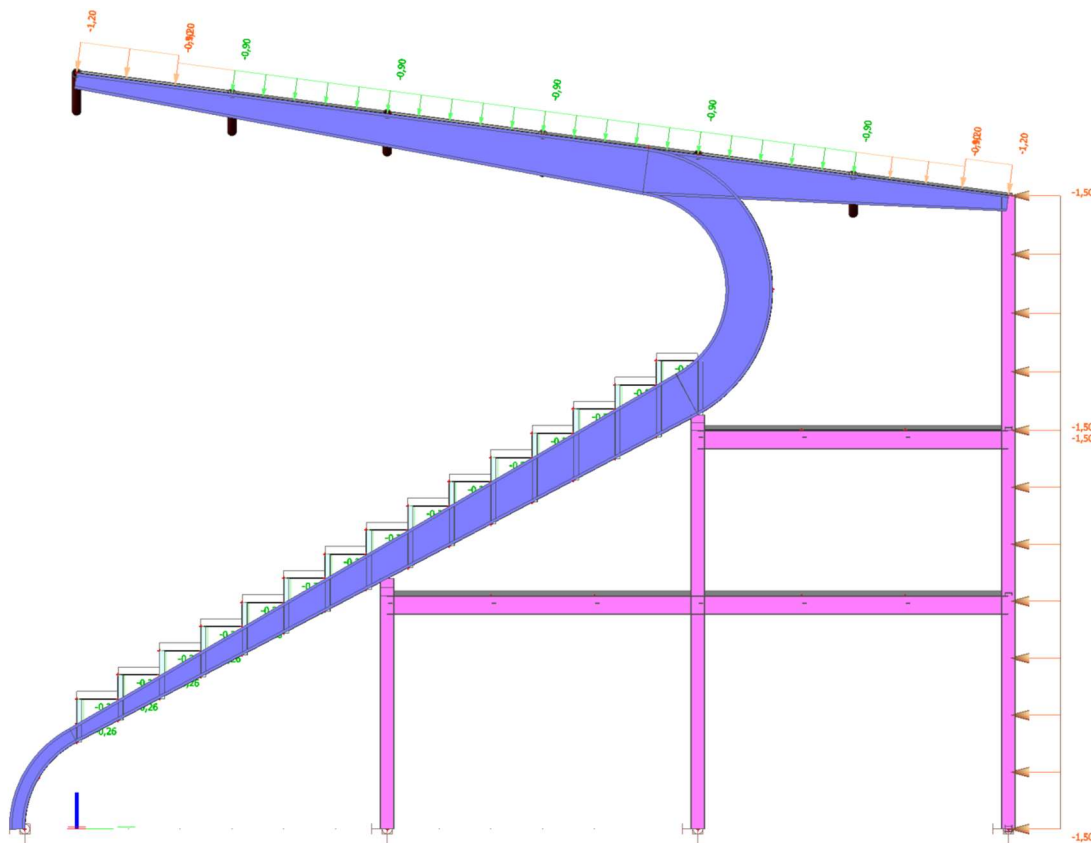
Obr. 13.: Zatěžovací stav 9 – zátížení sněhem

#### 4.5 Zátížení větrem

Zatížení větrem bylo rozděleno do 4 zatěžovacích stavů. Zátížení na tribunu směr 1 a směr dva. Zátížení na střechu tlak a sání. Na základě analýzy kombinací jednotlivých zatěžovacích stavů, uvažují zátížení ve dvou zatěžovacích stavech a to zátížení na tribunu směr 1 působící zároveň se sáním na střechu a zátížení na tribunu směr 2 působící zároveň s tlakem na střechu.



Obr. 14.: Zatěžovací stav 10 – Zatížení větrem – směr 1 + sání na střechu



Obr. 15.: Zatěžovací stav 11 – Zatížení větrem – směr 2 + tlak na střechu



## 5 Kombinace

Jednotlivé zatěžovací stavy byly vybrány na základě podrobného modelu, který obsahoval celkem 19 zatěžovacích stavů. Užité zatížení byla rozdělena na jednotlivé pole chodby, tribuny a střechy. Vítr byl uvažován zvlášť na tribuna a zvlášť na střechu. Následně byly automaticky vygenerovány rozhodující kombinace pro mezní stav únosnosti (dále jen MSÚ) a mezní stav použitelnosti (dále jen MSP). Totéž bylo provedeno pro výpočet s užitným zatížením vcelku a větrem působícím v jednom směru na tribunu pouze s vlivem sání na střechu a v druhém směru pouze s vlivem tlaku na střechu. Následně byly vybrány jednotlivé kombinace, které jsou rozhodující pro jednotlivé prvky konstrukce (pro MSÚ a MSP zvlášť). Porovnáním obou modelů s rozdílným počtem zatěžovacích stavů vznikly výsledné zatěžovací stavy a jejich kombinace. Pro MSÚ bylo vytvořeno celkově osm kombinací a pro MSP pět. Rozdíly ve využití prvků se pohybovaly okolo 2 % jejich využití v MSÚ v neprospěch modelu s podrobnějším zpracováním zatěžovacích stavů. V dalších kapitolách této práce budou průběžně uváděny rozhodující kombinace, při kterých bylo dosaženo extrémních účinků pro jednotlivé prvky.

### 5.1 Skupiny zatížení

Zatěžovací stav	Typ působení	Skupina zatížení	Vztah
ZS1 – Vlastní tíha	Stálé	Stálé	Standard
ZS2 – Ostatní stálé zatížení	Stálé	Stálé	Standard
ZS3 – Užité zatížení – Chodba - kraje	Proměnné	Užité – C5	Standard
ZS4 – Užité zatížení – Chodba - střed	Proměnné	Užité – C5	Standard
ZS5 – Užité zatížení – Tribuna - kraje	Proměnné	Užité – C5	Standard
ZS6 – Užité zatížení – Tribuna – střed	Proměnné	Užité – C5	Standard
ZS7 – Užité zatížení – Střecha – zadní část	Proměnné	Užité – H	Standard
ZS8 – Užité zatížení – Střecha – přední část	Proměnné	Užité – H	Standard
ZS9 – Zatížení sněhem	Proměnné	Sníh	Standard
ZS10 – Zatížení větrem – směr 1 + sání	Proměnné	Vítr	Výběrová
ZS11 – Zatížení větrem – směr 2 + tlak	Proměnné	Vítr	Výběrová

Tab. 1.: Skupiny zatížení (vztah skupiny určuje chování zatěžovacích stavů mezi sebou ve skupině. Pokud je skupina standard mohou se zatěžovací stavy mezi sebou volně kombinovat. Pokud je skupina výběrová do kombinace může vstoupit maximálně jeden ze zatěžovacích stavů v dané skupině)

## 5.2 Kombinace MSÚ

6.10:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

6.10a:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

6.10b:

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Součinitel	ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6	ZS7	ZS8
$\gamma$	1,35	1,35	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
$\psi_0$	X	X	0,70	0,70	0,70	0,70	0	0
$\xi$	0,85	0,85	X	X	X	X	X	X

Součinitel	ZS9	ZS10	ZS11
$\gamma$	1,50	1,50	1,50
$\psi_0$	0,7	0,6	0,60
$\xi$	X	X	X

Tab. 2.: Součinitele použité pro kombinace MSÚ

Užitné zatížení střechy se vylučuje s ostatními zatěžovacími stavy, údržba bude prováděna mimo extrémní větrné a sněhové podmínky.

Stálé zatížení přibližně odpovídá zatížení proměnným. Proto v rámci bezpečnosti je pro návrh a posouzení prvků na MSÚ použita obecná kombinace 6.10.

## 5.3 Kombinace MSP

Charakteristická kombinace MSP:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

## 6 Posouzení nosných ocelových prvků

### 6.1 Střešní krytina – trapézový plech

#### 6.1.1 Návrhové síly MSÚ

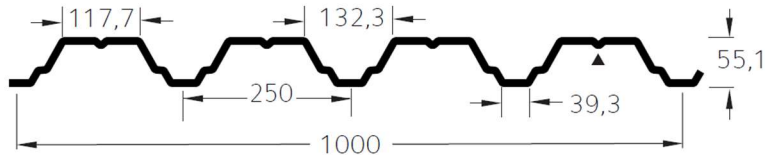
Rozhodující zatížení pro návrh trapézového plechu nastává při kombinaci maximálních účinků tlaku větru a zatížení sněhem.

Tvar kombinace:  $1,35 * ZS1 + 1,35 * ZS2 + 0,70 * 1,50 * ZS9 + 1,50 * ZS11$

Rozhodující plošné zatížení:  $q_{Ed} = 1,35 * 0,24 + 0,70 * 1,50 * 1,016 + 1,50 * 1,84 = 4,15 \text{ kN/m}^2$

#### 6.1.2 Posouzení MSÚ

Rozpětí mezi střešními nosníky jsou 3 m. Návrh střešního trapézového plechu proveden podle statických tabulek výrobce ArcelorMittal. Navržený plech Hacierco 55/250.



Obr. 16.: Trapézový plech Hacierco 55/250

Návrh tloušťky plechu 1,00 mm. Únosnost dle statických tabulek výrobce je  $5,13 \text{ kN/m}^2$  pro spojit nosník se třemi shodnými poli.

$5,13 \text{ kN/m}^2 > 4,15 \text{ kN/m}^2$  plech **vyhovuje**

### 6.2 Střešní nosník

Střešní nosník je navržen jako svařovaný příhradový nosník tvořený z ocelových trubek. Horní vazník je rovný s délkou 18,000 m. Spodní vazník je kruhově zakřivený s délkou 18,079 m. Oba vazníky jsou tvořeny průřezem TR 177,8 x 10. Sloupky jsou o průřezu TR 60,3 x 5 a diagonály TR 54 x 5.

### 6.2.1 Návrhové síly MSÚ

Průřez	dx [m]	Stav	N [kN]	My [kNm]
Příhrada - střecha - vazník 1 - RO177.8X10	18	MSU_01/1	<b>-318,4</b>	-10,18
Příhrada - střecha - vazník 1 - RO177.8X10	18	MSU_06/2	<b>93,75</b>	-23,17
Příhrada - střecha - vazník 1 - RO177.8X10	0	MSU_06/2	-185,5	<b>-41,78</b>
Příhrada - střecha - vazník 1 - RO177.8X10	13	MSU_03/3	-71,45	<b>11,78</b>
Příhrada - střecha - sloupek - RO60.3X5	0	MSU_01/1	<b>-39,34</b>	0,18
Příhrada - střecha - sloupek - RO60.3X5	0,73	MSU_07/4	<b>11,54</b>	0,04
Příhrada - střecha - sloupek - RO60.3X5	0,407	MSU_04/5	-17,23	<b>-5,37</b>
Příhrada - střecha - sloupek - RO60.3X5	0,407	MSU_04/5	-17,32	<b>5,37</b>
Příhrada - střecha - vazník 2 - RO177.8X10	12,793	MSU_07/4	<b>-143,23</b>	-1,28
Příhrada - střecha - vazník 2 - RO177.8X10	13,546	MSU_01/1	<b>613,74</b>	2,75
Příhrada - střecha - vazník 2 - RO177.8X10	18,078	MSU_03/3	73,85	<b>-34,79</b>
Příhrada - střecha - vazník 2 - RO177.8X10	3,028	MSU_03/3	492,06	<b>17,12</b>
Příhrada - střecha - diagonála - RO54X5	0	MSU_06/2	<b>-75,66</b>	0
Příhrada - střecha - diagonála - RO54X5	0	MSU_06/2	<b>50,4</b>	0,04
Příhrada - střecha - diagonála - RO54X5	3,027	MSU_07/4	15,31	<b>-0,07</b>
Příhrada - střecha - diagonála - RO54X5	1,892	MSU_03/3	-69,49	<b>0,12</b>

Tab. 3.: Vnitřní síly – střešní vazník pro MSÚ

### 6.2.2 Posouzení MSÚ

Vazník 1 – rovný vazník příhradového nosníku:

Průřez: TR 177,8x10

průměr  $d = 177,8 \text{ mm}$

tloušťka stěny  $t = 10 \text{ mm}$

plocha  $A = 5,27 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$

plastický průřezový modul  $W_{pl,y} = 2,816 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

momenty setrvačnosti  $I_y = 1,862 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$

$I_z = 1,862 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$

poloměr setrvačnosti  $i = 59 \text{ mm}$

Zatřídění:  $d/t = 177,8/10 = 17,78 < 50$   $\varepsilon^2 = 36,54$  Průřez třídy 1

Posudek rovinného vzpěru podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1, rovnice (6.46)

- trubka ocelová bezešvá tvářená za tepla  $\Rightarrow$  křivka vzpěrné pevnosti "a"

$\alpha = 0,21$

- celková délka prutu 18 m je rozdělena na šest menších polí. Nejdelší z těchto polí měří 3 m, spoje jsou řešeny jako pevné (svařované spoje)  $\Rightarrow$  vzpěrná délka:

$$L_{cr} = 2,1 \text{ m}$$

- štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{440}} = 68,624$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{2,1}{0,059} = 35,593$$

- poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{35,593}{68,624} = 0,519$$

- součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,668 + \sqrt{0,668^2 - 0,519^2}} = 0,918$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,21(0,519 - 0,2) + 0,519^2] = 0,668$$

- vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,918 * 5,27 * 10^{-3} * 440 * 10^3}{1,0} = 2129,526 \text{ kN}$$

- využití:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{318,4}{2129,5} = 0,093 = 14,95 \%$$

### **vyhovuje**

Posudek tlaku za ohybu podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.3, rovnice (6.61) a (6.62)

- únosnost v ohybu:

$$M_{rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,816 * 10^{-4} * 440 * 1000}{1,0} = 123,891 \text{ kNm}$$

- průběh momentu typu 2 podle Tab. 17 ČSN EN 1993-1-1:

$$M_{h,y} = 41,78 \text{ kNm}$$

$$M_{s,y} = -5,36 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{s,y} = -0,128$$

$$M_{h,z} = 7,01 \text{ kNm}$$

$$M_{s,z} = -0,52 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{s,z} = -0,074$$

- součinitel ekvivalentního konstantního momentu:

$$C_{my} = 0,1 - 0,8 \alpha_{s,y} = 0,1 - 0,8 * (-0,128) = 0,202 \leq 0,4; C_{my} = 0,4$$

$$C_{mz} = 0,1 - 0,8 \alpha_{s,z} = 0,1 - 0,8 * (-0,074) = 0,159 \leq 0,4; C_{mz} = 0,4$$

- interakční součinitel podle Tab. 15 ČSN EN 1993-1-1:

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,4 * \left( 1 + (0,519 - 0,2) * \frac{185,5}{2129,5} \right) = 0,411$$

$$k_{yy} \leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,4 * \left( 1 + 0,8 * \frac{185,5}{2129,5} \right) = 0,428$$

$$k_{yy} = 0,411$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,4 * \left( 1 + (0,519 - 0,2) * \frac{185,5}{2129,5} \right) = 0,411$$

$$k_{zz} \leq C_{mz} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,4 * \left( 1 + 0,8 * \frac{185,5}{2173,43} \right) = 0,428$$

$$k_{zz} = 0,411$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,6 * 0,411 = 0,246$$

$$k_{zy} = 0,6 k_{yy} = 0,6 * 0,411 = 0,246$$

- využití průřezu:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,087 + 0,139 + 0,014 = 0,234 = 24,0\%$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,087 + 0,083 + 0,023 = 0,189 = 19,4\%$$

**Vyhovuje**

Vazník 2 – zaoblený vazník příhradového nosníku:

Průřez: TR 177,8x10

průměr	$d = 177,8 \text{ mm}$
tloušťka stěny	$t = 10 \text{ mm}$
plocha	$A = 5,27 * 10^{-3} \text{ m}^2$
plastický průřezový modul	$W_{pl,y} = 2,816 * 10^{-4} \text{ m}^3$
momenty setrvačnosti	$I_y = 1,862 * 10^{-5} \text{ m}^4$
	$I_z = 1,862 * 10^{-5} \text{ m}^4$
poloměr setrvačnosti	$i = 59 \text{ mm}$

Zatřídění:  $d/t = 177,8/10 = 17,78 < 50$   $\varepsilon^2 = 36,54$  Průřez třídy 1

Posudek rovinného vzpěru podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1, rovnice (6.46)

- trubka ocelová bezešvá tvářená za tepla  $\Rightarrow$  křivka vzpěrné pevnosti "a"

$$\alpha = 0,21$$

- celková délka prutu 18,079 m je rozdělena na šest menších polí. Nejdelší z těchto polí měří 3,013 m, spoje jsou řešeny jako pevné (svařované spoje)  $\Rightarrow$  vzpěrná délka:

$$L_{cr} = 2,109 \text{ m}$$

- štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{440}} = 68,624$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{2,1}{0,059} = 35,747$$

- poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{35,747}{68,624} = 0,521$$

- součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,669 + \sqrt{0,669^2 - 0,521^2}} = 0,918$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,21(0,521 - 0,2) + 0,521^2] = 0,669$$

- vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,916 * 5,27 * 10^{-3} * 440 * 10^3}{1,0} = 2127,848 \text{ kN}$$

- využití:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{613,84}{2127,8} = 0,283 = 28,8 \%$$

### **vyhovuje**

Posudek tlaku za ohybu podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.3, rovnice (6.61) a (6.62)

- únosnost v ohybu:

$$M_{rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,816 * 10^{-4} * 440 * 1000}{1,0} = 123,891 \text{ kNm}$$

- průběh momentu typu 2 podle Tab. 17 ČSN EN 1993-1-1:

$$M_{h,y} = 15,12 \text{ kNm}$$

$$M_{s,y} = 2,30 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{s,y} = 0,152$$

$$M_{h,z} = 1,06 \text{ kNm}$$

$$M_{s,z} = 0,89 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{s,z} = 0,840$$

- součinitel ekvivalentního konstantního momentu:

$$C_{my} = 0,2 + 0,8 \alpha_{s,y} = 0,2 + 0,8 * (0,152) = 0,322 \leq 0,4; C_{my} = 0,4$$

$$C_{mz} = 0,2 - 0,8 \alpha_{s,z} = 0,2 + 0,8 * (0,840) = 0,872 \geq 0,4$$

- interakční součinitel podle Tab. 15 ČSN EN 1993-1-1:

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,4 * \left( 1 + (0,521 - 0,2) * \frac{613,84}{2127,8} \right) = 0,437$$

$$k_{yy} \leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,4 * \left( 1 + 0,8 * \frac{613,84}{2127,8} \right) = 0,492$$

$$k_{yy} = 0,437$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,872 * \left( 1 + (0,521 - 0,2) * \frac{613,84}{2127,8} \right) = 0,952$$

$$k_{zz} \leq C_{mz} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,872 * \left( 1 + 0,8 * \frac{613,84}{2127,8} \right) = 1,072$$



$$k_{zz} = 0,952$$

$$k_{yz} = 0,6 \quad k_{zz} = 0,6 * 0,952 = 0,571$$

$$k_{zy} = 0,6 \quad k_{yy} = 0,6 * 0,437 = 0,262$$

- využití průřezu:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,288 + 0,053 + 0,005 = 0,347 = 34,7 \%$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,288 + 0,032 + 0,008 = 0,328 = 32,8 \%$$

### Vyhovuje

Diagonála:

Průřez: TR 54x5

průměr  $d = 54 \text{ mm}$

tloušťka stěny  $t = 5 \text{ mm}$

plocha  $A = 7,7 * 10^{-4} \text{ m}^2$

plastický průřezový modul  $W_{pl,y} = 1,201 * 10^{-5} \text{ m}^3$

momenty setrvačnosti  $I_y = 2,33 * 10^{-7} \text{ m}^4$

$I_z = 2,33 * 10^{-7} \text{ m}^4$

poloměr setrvačnosti  $i = 17 \text{ mm}$

Zatřídění:  $d/t = 54/5 = 10,8 < 50 \quad \varepsilon^2 = 36,54 \quad \text{Průřez třídy 1}$

Posudek rovinného vzpěru podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1, rovnice (6.46)

- trubka ocelová bezešvá tvářená za tepla  $\Rightarrow$  křivka vzpěrné pevnosti "a"

$$\alpha = 0,21$$

- celková délka prutu 3,088 m, spoje jsou řešeny jako pevné (svařované spoje)  $\Rightarrow$  vzpěrná délka:

$$L_{cr} = 2,162 \text{ m}$$

- štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{440}} = 68,624$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{2,162}{0,017} = 127,153$$

- poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{127,153}{68,624} = 1,853$$

- součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,39 + \sqrt{2,39^2 - 1,853^2}} = 0,256$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,21(1,853 - 0,2) + 1,853^2] = 2,39$$

- vzpěrná únosnost:

$$N_{b,rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,256 * 7,7 * 10^{-4} * 440 * 10^3}{1,0} = 86,87 \text{ kN}$$

- využití:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{75,63}{86,87} = 0,871 = 87,1 \%$$

**vyhovuje**

Posudek tlaku za ohybu podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.3, rovnice (6.61) a (6.62)

- únosnost v ohybu:

$$M_{rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,201 * 10^{-5} * 440 * 000}{1,0} = 5,282 \text{ kNm}$$

- průběh momentu kolem osy y typu 3 a kolem osy z typu 1 podle Tab. 17 ČSN EN 1993-1-1:

$$M_{h,y} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{s,y} = 0,12 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{h,y} = 0$$

$$M_z = 0,01 \text{ kNm}$$

$$\psi * M_z = 0,02 \text{ kNm}$$

$$\psi = 0,5$$

- součinitel ekvivalentního konstantního momentu:

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \alpha_{h,y} = 0,95 + 0 = 0,95 \geq 0,4$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \psi = 0,6 + 0,4 * 0,5 = 0,80 \geq 0,4$$

- interakční součinitel podle Tab. 15 ČSN EN 1993-1-1:

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,95 * \left( 1 + (1,853 - 0,2) * \frac{75,63}{86,87} \right) = 2,317$$

$$k_{yy} \geq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,95 * \left( 1 + 0,8 * \frac{75,63}{86,87} \right) = 1,611$$

$$k_{yy} = 1,611$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,8 * \left( 1 + (1,853 - 0,2) * \frac{75,63}{86,87} \right) = 1,951$$

$$k_{zz} \geq C_{mz} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,8 * \left( 1 + 0,8 * \frac{75,63}{86,87} \right) = 1,357$$

$$k_{zz} = 1,357$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,6 * 1,357 = 0,814$$

$$k_{zy} = 0,6 k_{yy} = 0,6 * 1,611 = 0,967$$

- využití průřezu:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,871 + 0,006 + 0,003 = 0,876 = 87,9\%$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,871 + 0,004 + 0,004 = 0,877 = 87,9\%$$

**vyhovuje**

Sloupek:

Průřez: TR 60,3x5

průměr  $d = 60,3 \text{ mm}$

tloušťka stěny  $t = 5 \text{ mm}$

plocha  $A = 8,69 * 10^{-4} \text{ m}^2$

plastický průřezový modul  $W_{pl,y} = 1,53 * 10^{-5} \text{ m}^3$

momenty setrvačnosti  $I_y = 3,35 * 10^{-7} \text{ m}^4$

$I_z = 3,35 * 10^{-7} \text{ m}^4$

poloměr setrvačnosti  $i = 20 \text{ mm}$

Zatřídění:  $d/t = 60,3/5 = 12,06 < 50$   $\varepsilon^2 = 36,54$  Průřez třídy 1

Posudek rovinného vzpěru podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1, rovnice (6.46)

- trubka ocelová bezešvá tvářená za tepla  $\Rightarrow$  křivka vzpěrné pevnosti "a"

$$\alpha = 0,21$$

- celková délka prutu 0,73 m, spoje jsou řešeny jako pevné (svařované spoje)  $\Rightarrow$  vzpěrná délka:

$$L_{cr} = 0,511 \text{ m}$$

- štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{440}} = 68,624$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{0,511}{0,020} = 25,55$$

- poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{25,55}{68,624} = 0,373$$

- součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,587 + \sqrt{0,587^2 - 0,373^2}} = 0,96$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,21(0,373 - 0,2) + 0,373^2] = 0,587$$

- vzpěrná únosnost:

$$N_{b,rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,96 * 8,69 * 10^{-4} * 440 * 10^3}{1,0} = 367,039 \text{ kN}$$

- využití:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{17,27}{367,039} = 0,047 = 4,7 \%$$

**vyhovuje**

Posudek tlaku za ohybu podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.3, rovnice (6.61) a (6.62)

- únosnost v ohybu:

$$M_{rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,53 * 10^{-5} * 440 000}{1,0} = 6,728 \text{ kNm}$$

- průběh momentu kolem osy y typu 1 a kolem osy z je moment nulový podle Tab. 17 ČSN EN 1993-1-1:

$$M_y = 5,27 \text{ kNm}$$

$$\Psi * M_y = -5,37 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{5,37}{6,728} = 0,798 = 79,8 \%$$

**vyhovuje**

$$\Psi = -1,019$$

$$M_z = 0 \text{ kNm}$$

- součinitel ekvivalentního konstantního momentu:

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \Psi = 0,6 + 0,4 * (-1,019) = 0,192 \leq 0,4; C_{my} = 0,4$$

- interakční součinitel podle Tab. 15 ČSN EN 1993-1-1:

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,4 * \left( 1 + (0,372 - 0,2) * \frac{17,27}{367,039} \right) = 0,403$$

$$k_{yy} \leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,4 * \left( 1 + 0,8 * \frac{17,27}{367,039} \right) = 0,415$$

$$k_{yy} = 0,403$$

- využití průřezu:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{Rd}} = 0,047 + 0,316 = 0,363 = 36,3 \%$$

**vyhovuje**

### 6.2.3 Průhyb MSP



Obr. 17.: Průhyby příhradového nosníku pro MSP

### 6.2.4 Posouzení MSP

Maximální průhyb příhradového nosníku je 61,6 mm.

$$L/250 = 18\,000/250 = 72 \text{ mm} > 61,6 \text{ mm}$$

**Vyhovuje**

### 6.3 Nosník tribuny

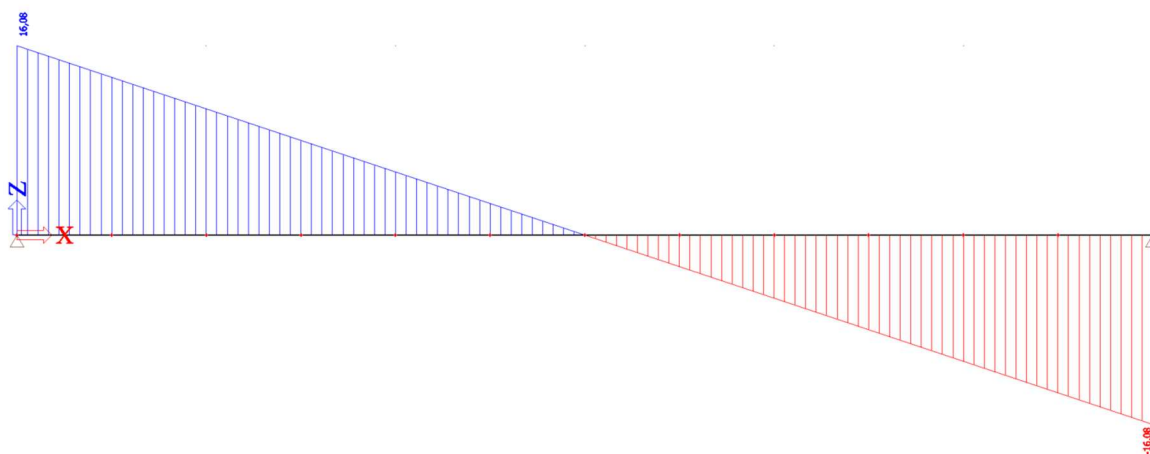
Nosník tribuny je spojen s hlavním nosníkem pomocí kloubového uložení a je navržen jako profil UPE200.

Rozhodující zatížení pro návrh nosníku tribuny nastává při kombinaci maximálních účinků užitečného zatížení a vlastní tíhy.

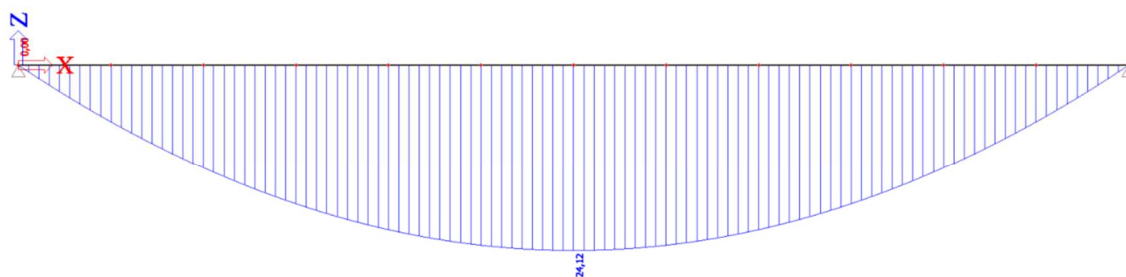
Tvar kombinace:  $1,35 * ZS1 + 1,35 * ZS2 + 1,5 * ZS5 + 1,5 * ZS6$

#### 6.3.1 Návrhové síly MSÚ

a) Posouvající síla ( $V_z = 16,08 \text{ kN}$ )



b) Moment ( $M_y = 24,12 \text{ kN}$ )



Obr. 18.: Návrhové síly pro nosník tribuny

### 6.3.2 Posouzení MSÚ

Průřez:	UPE200
výška	$h = 200 \text{ mm}$
šířka	$b = 80 \text{ mm}$
tloušťka pásnice	$t = 11 \text{ mm}$
tloušťka stojiny	$s = 6 \text{ mm}$
poloměr zaoblení	$r = 13 \text{ mm}$
plocha	$A = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
plastický průřezový modul	$W_{pl,y} = 2,20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
momenty setrvačnosti	$I_y = 1,91 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$
poloměr setrvačnosti	$i = 81 \text{ mm}$

Zatřídění:  $c/t = (b-r-s)/t = (80-13-6)/11 = 5,55 < 9 \varepsilon = 6,58$  Průřez třídy 1

Posudek únosnosti na klopení podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1, rovnice (6.54)

-  $h/b = 200/80 = 2,5 \Rightarrow$  křivka vzpěrné pevnosti "b"

$$\alpha = 0,34$$

Výpočet kritického momentu  $M_{cr}$  byl proveden pomocí softwaru Scia Engineer

Kritický moment  $M_{cr} = 32,720 \text{ kNm}$

- poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^{-4} \cdot 440 \cdot 10^3}{32,720}} = 1,720$$

- součinitel klopení:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{2,238 + \sqrt{2,238^2 - 1,720^2}} = 0,273$$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 [1 + 0,34(1,720 - 0,2) + 1,720^2] = 2,238$$

- návrhový moment únosnosti na klopení:

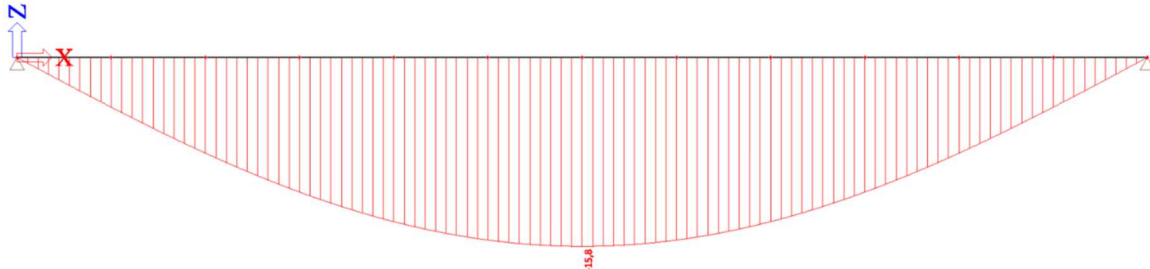
$$M_{b,rd} = \frac{\chi_{LT} W_y f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,273 \cdot 2,2 \cdot 10^{-4} \cdot 440 \cdot 10^3}{1,0} = 26,384 \text{ kN}$$

- využití:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{24,12}{26,384} = 0,914 = 91,4 \%$$

**vyhovuje**

### 6.3.3 Průhyb MSP



Obr. 19.: Průhyb nosníku tribunu (15,8 mm)

### 6.3.4 Posouzení MSP

Maximální průhyb příhradového nosníku je 15,8 mm.

$$L/250 = 6\,000/250 = 24 \text{ mm} > 15,8 \text{ mm}$$

**Vyhovuje**

### 6.3.5 Posouzení vlastních frekvencí

Posouzení vlastních frekvencí proběhlo pomocí ručního výpočtu na základě ČSN 736209 a kontrolního výpočtu pomocí softwaru Scia Engineer. Oba výpočty byly provedeny pro případ nezatížené tribuny a plně zatížené tribuny.

a) Ruční výpočet

$$f_{(j,i)} = \frac{j^2 \pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EI}{\mu_i}}$$

$$\mu_1 = 175,30 \text{ kg/m (vlastní tíha nosníku + ostatní stále zatížení)}$$

$$\mu_2 = 375,30 \text{ kg/m (vlastní tíha nosníku + ostatní stále zatížení + užité zatížení)}$$

$$f_{(1,1)} = \frac{1^2 \pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EI}{\mu_1}} = \frac{1^2 \pi}{2 \cdot 6^2} \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 1,91 \cdot 10^{-5}}{175,30}} = 6,60 \text{ Hz}$$

$$f_{(2,1)} = \frac{2^2 \pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EI}{\mu_1}} = \frac{2^2 \pi}{2 \cdot 6^2} \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 1,91 \cdot 10^{-5}}{175,30}} = 26,40 \text{ Hz}$$



$$f_{(3,1)} = \frac{3^2\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EI}{\mu_1}} = \frac{3^2\pi}{2*6^2} \sqrt{\frac{2,1*10^{11}*1,91*10^{-5}}{175,30}} = 59,40 \text{ Hz}$$

$$f_{(4,1)} = \frac{4^2\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EI}{\mu_1}} = \frac{4^2\pi}{2*6^2} \sqrt{\frac{2,1*10^{11}*1,91*10^{-5}}{175,30}} = 105,60 \text{ Hz}$$

$$f_{(5,1)} = \frac{5^2\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EI}{\mu_1}} = \frac{5^2\pi}{2*6^2} \sqrt{\frac{2,1*10^{11}*1,91*10^{-5}}{175,30}} = 165,00 \text{ Hz}$$

$$f_{(1,2)} = \frac{1^2\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EI}{\mu_1}} = \frac{1^2\pi}{2*6^2} \sqrt{\frac{2,1*10^{11}*1,91*10^{-5}}{375,30}} = 4,51 \text{ Hz}$$

$$f_{(2,2)} = \frac{2^2\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EI}{\mu_1}} = \frac{2^2\pi}{2*6^2} \sqrt{\frac{2,1*10^{11}*1,91*10^{-5}}{375,30}} = 18,04 \text{ Hz}$$

$$f_{(3,2)} = \frac{3^2\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EI}{\mu_1}} = \frac{3^2\pi}{2*6^2} \sqrt{\frac{2,1*10^{11}*1,91*10^{-5}}{375,30}} = 40,60 \text{ Hz}$$

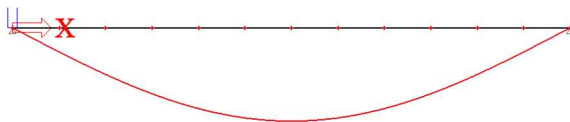
$$f_{(4,2)} = \frac{4^2\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EI}{\mu_1}} = \frac{4^2\pi}{2*6^2} \sqrt{\frac{2,1*10^{11}*1,91*10^{-5}}{375,30}} = 72,17 \text{ Hz}$$

$$f_{(5,2)} = \frac{5^2\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EI}{\mu_1}} = \frac{5^2\pi}{2*6^2} \sqrt{\frac{2,1*10^{11}*1,91*10^{-5}}{375,30}} = 112,77 \text{ Hz}$$

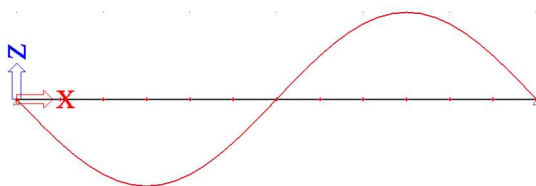
b) Výpočet pomocí softwaru

Pro nezatíženou tribunu a plně zatíženou tribunu byly vytvořeny dvě kombinace hmot odpovídající zatížením  $\mu_1$  a  $\mu_2$ . Následně byly určeny jednotlivé vlastní tvary a jim příslušící vlastní frekvence. Protokol o výpočtu tvoří samostatnou přílohu diplomové práce.

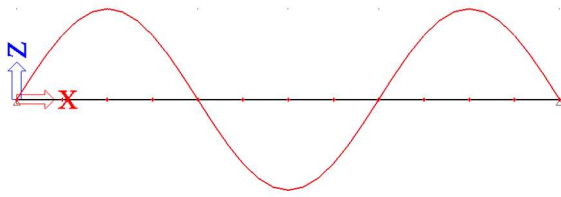
a)



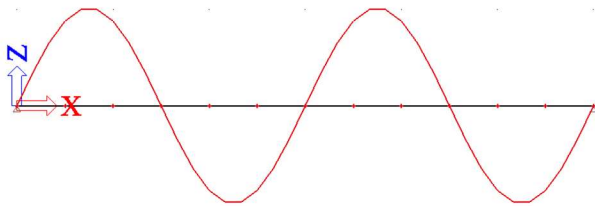
b)



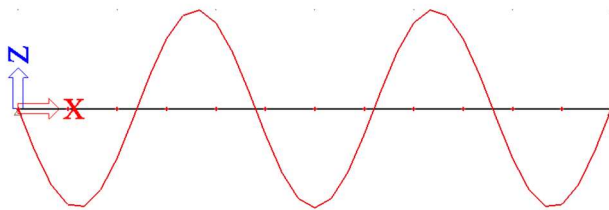
c)



d)



e)



Obr. 20.: a) 1. vlastní tvar nosníku; b) 2. vlastní tvar nosníku; c) 3. vlastní tvar nosníku;

d) 4. vlastní tvar nosníku; e) 5. vlastní tvar nosníku

$$f_{(1,1)} = 6,65 \text{ Hz}$$

$$f_{(2,1)} = 25,79 \text{ Hz}$$

$$f_{(3,1)} = 56,53 \text{ Hz}$$

$$f_{(4,1)} = 97,06 \text{ Hz}$$

$$f_{(5,1)} = 145,44 \text{ Hz}$$

$$f_{(1,2)} = 4,46 \text{ Hz}$$

$$f_{(2,2)} = 17,55 \text{ Hz}$$

$$f_{(3,2)} = 38,46 \text{ Hz}$$

$$f_{(4,2)} = 66,04 \text{ Hz}$$

$$f_{(5,2)} = 98,85 \text{ Hz}$$

Pro ruční výpočet a výpočet pomocí softwaru bylo pro první vlastní frekvenci dosaženo přibližné shody s chybou menší než 2 % pro případ nezatížené i plně zatížené konstrukce. A zároveň žádná z vlastních frekvencí konstrukce neleží v tzv. kročejovém intervalu <1,43 ; 3,33 Hz> podle ČSN 73 6203 ani v intervalu <1,60 ; 2,40 Hz> podle ČSN 73 6209.

**Vyhovuje**

## 6.4 Hlavní nosník

Hlavní nosník je navržen jako svařovaný ocelový profil s náběhy. Plný profil má výšku 900 mm, šířky pásnic 400 mm, tloušťku pásnic 50 mm a tloušťku stojiny 25 mm. V krajních polohách nosníku, kde dochází k nejmenšímu namáhání, začíná náběh s výškou 300 mm a lineárním nárůstem až k plnému profilu. Přesný tvar nosníku viz výkresová část.

Rozhodující zatížení pro návrh hlavního nosníku nastává při kombinaci maximálních účinků zatížení sněhem, užitého zatížení tribuny a tlaku větru.

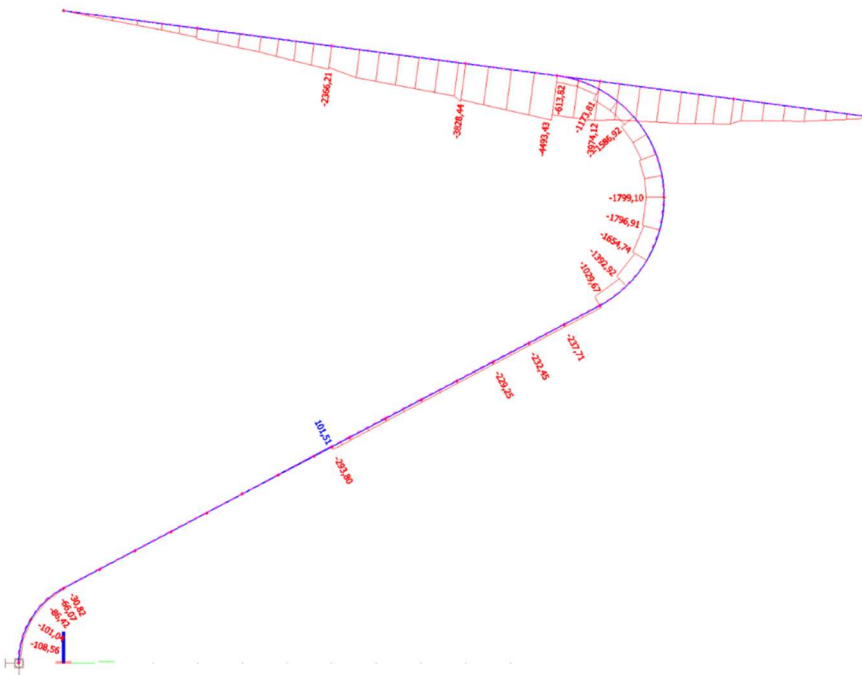
Tvar kombinace:

$$1,35 * ZS1 + 1,35 * ZS2 + 0,7 * 1,5 * ZS3 + 0,7 * 1,5 * ZS4 + 1,5 * ZS9 + 0,6 * 1,5 * ZS11$$

### 6.4.1 Návrhové síly MSÚ

a) Normálová síla

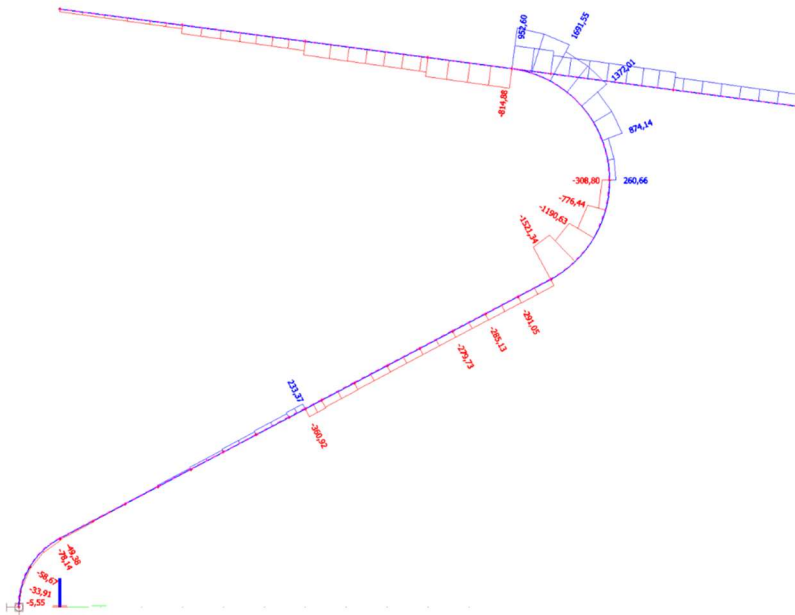
- maximum pro část přestřešení  $N_{Ed,pr} = -4493,43 \text{ kN}$
- maximum pro část oblouku  $N_{Ed,ob} = -1799,10 \text{ kN}$
- maximum pro část tribuny  $N_{Ed,tr} = -293,80 \text{ kN}$



Obr. 21.: Průběh normálových sil na hlavním nosníku pro návrhovou kombinaci

b) Posouvající síla

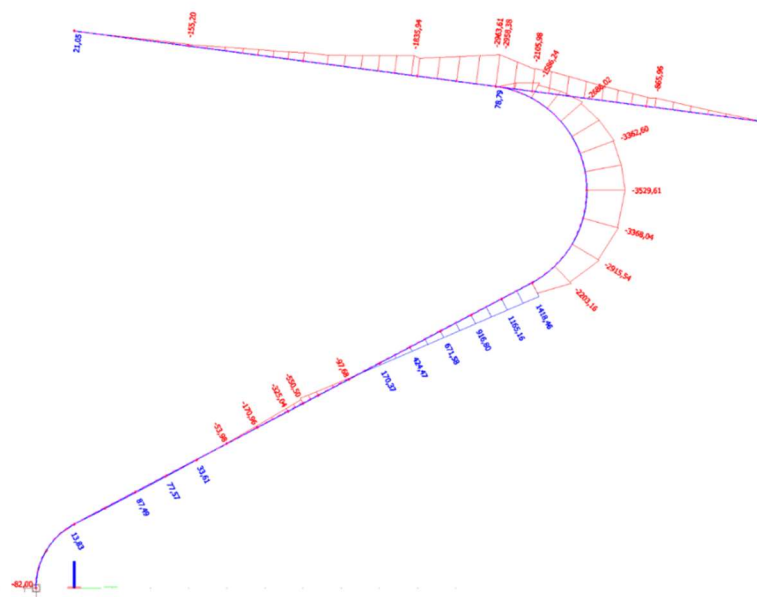
- maximum pro část přestřešení  $V_{Ed,př} = 814,88 \text{ kN}$
- maximum pro část oblouku  $V_{Ed,ob} = 1691,55 \text{ kN}$
- maximum pro část tribuny  $V_{Ed,tr} = 360,92 \text{ kN}$



Obr. 22.: Průběh posouvajících sil na hlavním nosníku pro návrhovou kombinaci

c) Moment

- maximum pro část přestřešení  $M_{Ed,př} = 2963,61 \text{ kN}$
- maximum pro část oblouku  $M_{Ed,ob} = 3529,61 \text{ kN}$
- maximum pro část tribuny  $M_{Ed,tr} = 1418,46 \text{ kN}$



Obr. 23.: Průběh momentu  $M_y$  na hlavním nosníku pro návrhovou kombinaci

#### 6.4.2 Posouzení MSÚ

Průřez:	svařovaný I průřez s náběhem – přestřešení
výška	$h = 900 \text{ mm}$
šířka pásnic	$b = 400 \text{ mm}$
tloušťka pásnic	$t = 50 \text{ mm}$
tloušťka stojiny	$s = 25 \text{ mm}$
předpokládaná šířka svaru	$r = 10 \text{ mm}$
plocha	$A = 6,00 * 10^{-2} \text{ m}^2$
plastický průřezový modul	$W_{el,y} = 1,84 * 10^{-2} \text{ m}^3$ $W_{el,z} = 2,67 * 10^{-3} \text{ m}^3$
plastický průřezový modul	$W_{pl,y} = 2,10 * 10^{-2} \text{ m}^3$ $W_{pl,z} = 4,13 * 10^{-3} \text{ m}^3$
momenty setrvačnosti	$I_y = 8,30 * 10^{-3} \text{ m}^4$ $I_z = 5,34 * 10^{-4} \text{ m}^4$
poloměr setrvačnosti	$i_y = 372 \text{ mm}$ $i_z = 94 \text{ mm}$

Zatřídění stojina:

$$c/t = (h - 2*t - 2*r)/s = 31,2 > 396 \varepsilon / (13\alpha - 1) = 30,79$$
$$< 456 \varepsilon / (13\alpha - 1) = 35,45$$

Klasifikace průřezu určena podle ČSN EN 1993-1-1 článku 5.5, tabulka 5.2 a průběhu napětí na průřezu vypočteného pomocí softwaru.

$$\alpha = 0,8$$

Průřez třídy 2

Zatřídění pásnice:

$$c/t = (b/2 - s/2 - r)/t = 3,55 < 9 \varepsilon = 6,58$$

Průřez třídy 1

Celý průřez klasifikován jako průřez třídy 2.

Posudek rovinného vzpěru podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1, rovnice (6.46)

- svařovaný I průřez  $\Rightarrow$  křivka vzpěrné pevnosti "d"

$$\alpha = 0,76$$

- celková délka prutu je 11,145 m, staticky prut působí jako vetknutá konzola  $\Rightarrow$  vzpěrná délka:

$$L_{cr} = 22,29 \text{ m}$$

- štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{440}} = 68,624$$

y-y

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{22,29}{0,372} = 59,92$$

- poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{59,92}{68,624} = 0,873$$

- součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,137 + \sqrt{1,137^2 - 0,873^2}} = 0,536$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,76(0,873 - 0,2) + 0,873^2] = 1,137$$

- vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,536 * 6,00 * 10^{-2} * 440 * 10^3}{1,0} = 14153,43 \text{ kN}$$

- využití:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{4493,43}{14153,43} = 0,317 = 31,7 \%$$

z-z

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{22,29}{0,094} = 14,89$$

- poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{14,89}{68,624} = 0,217$$

- součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,530 + \sqrt{0,530^2 - 0,217^2}} = 0,987$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,76(0,217 - 0,2) + 0,217^2] = 0,530$$

- vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,987 * 6,00 * 10^{-2} * 440 * 10^3}{1,0} = 26046,38 \text{ kN}$$

- využití:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{4493,43}{26046,38} = 0,172 = 17,2 \%$$

### **vyhovuje**

Posudek únosnosti na klopení podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1, rovnice (6.54)

Výpočet kritického momentu  $M_{cr}$  byl proveden pomocí softwaru Scia Engineer

$$\text{Kritický moment} \quad M_{cr} = 130042,31 \text{ kNm}$$

- poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,84 * 10^{-2} * 440 * 10^3}{130042,31}} = 0,25$$

$$\alpha_{LT} = 0,76$$

- součinitel klopení:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,55 + \sqrt{0,55^2 - 0,25^2}} = 0,961$$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 [1 + 0,76(0,25 - 0,2) + 0,25^2] = 0,55$$

- návrhový moment únosnosti na klopení:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} W_y f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,961 * 1,84 * 10^{-2} * 440 * 10^3}{1,0} = 7801,19 \text{ kNm}$$

- využití:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{2963,61}{7801,19} = 0,380 = 38,0 \%$$

### **vyhovuje**



Posudek tlaku za ohybu podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.3, rovnice (6.61) a (6.62)

- průběh  $M_y$  typu 3, průběh  $M_z$  typu 2 podle Tab. 17 ČSN EN 1993-1-1:

$$\alpha_{h,y} = 1,00$$

$$\alpha_{s,z} = 0,65$$

- součinitel ekvivalentního konstantního momentu:

$$C_{my} = 0,9 + 0,1 \alpha_{h,y} = 0,9 + 0,1 * 1 = 1,0 \geq 0,4$$

$$C_{mz} = 0,2 + 0,8 \alpha_{s,z} = 0,2 + 0,8 * (0,65) = 0,72 \geq 0,4$$

- interakční součinitel podle Tab. 15 ČSN EN 1993-1-1:

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 1,0 * \left( 1 + (0,87 - 0,2) * \frac{4493,43}{14153,43} \right) = 1,166$$

$$k_{yy} \leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 1,0 * \left( 1 + 0,8 * \frac{4493,43}{14153,43} \right) = 0,190$$

$$k_{yy} = 1,166$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,72 * \left( 1 + (0,22 - 0,2) * \frac{4493,43}{26046,38} \right) = 0,734$$

$$k_{zz} \leq C_{mz} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,72 * \left( 1 + 0,8 * \frac{4493,43}{26046,38} \right) = 0,792$$

$$k_{zz} = 0,734$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 0,734$$

$$k_{zy} = 0,6 k_{yy} = 0,6 * 1,166 = 0,933$$

- využití průřezu:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,317 + 0,443 + 0,001 = 0,761 = 76,1 \%$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,173 + 0,354 + 0,001 = 0,528 = 52,8 \%$$

**Vyhovuje**

Průřez: svařovaný I průřez – oblouk

Výpočet parametrů pro vzpěr a klopení obdobně jako u svařovaného I průřezu s náběhem – přestřešení.

Rozhodující posudek:

Posudek tlaku za ohybu podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.3, rovnice (6.61) a (6.62)

- využití průřezu:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,091 + 0,741 + 0,001 = 0,832 = 83,2 \%$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,112 + 0,593 + 0,001 = 0,705 = 70,5 \%$$

### **Vyhovuje**

Průřez: svařovaný I průřez s náběhem – tribuna

výška	$h = 600 \text{ mm}$
šířka pásnic	$b = 400 \text{ mm}$
tloušťka pásnic	$t = 50 \text{ mm}$
tloušťka stojiny	$s = 25 \text{ mm}$
předpokládaná šířka svaru	$r = 10 \text{ mm}$
plocha	$A = 5,25 * 10^{-2} \text{ m}^2$
plastický průřezový modul	$W_{el,y} = 1,10 * 10^{-2} \text{ m}^3$ $W_{el,z} = 2,67 * 10^{-3} \text{ m}^3$
plastický průřezový modul	$W_{pl,y} = 1,26 * 10^{-2} \text{ m}^3$ $W_{pl,z} = 4,08 * 10^{-3} \text{ m}^3$
momenty setrvačnosti	$I_y = 3,29 * 10^{-3} \text{ m}^4$ $I_z = 5,34 * 10^{-4} \text{ m}^4$
poloměr setrvačnosti	$i_y = 250 \text{ mm}$ $i_z = 101 \text{ mm}$

Pro posudek vybrán kritický průřez nad podporou v polovině průřezu, kde působí návrhové síly  $N_{Ed} = 293,80$  kN,  $V_{Ed} = 360,92$  kN a  $M_{y,Ed} = 550,50$  kNm a průřezové charakteristiky jsou zmenšeny náběhem.

Výpočet parametrů pro vzpěr a klopení obdobně jako u svařovaného I průřezu s náběhem – přestřešení.

Rozhodující posudek:

Posudek tlaku za ohybu podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.3, rovnice (6.61) a (6.62)

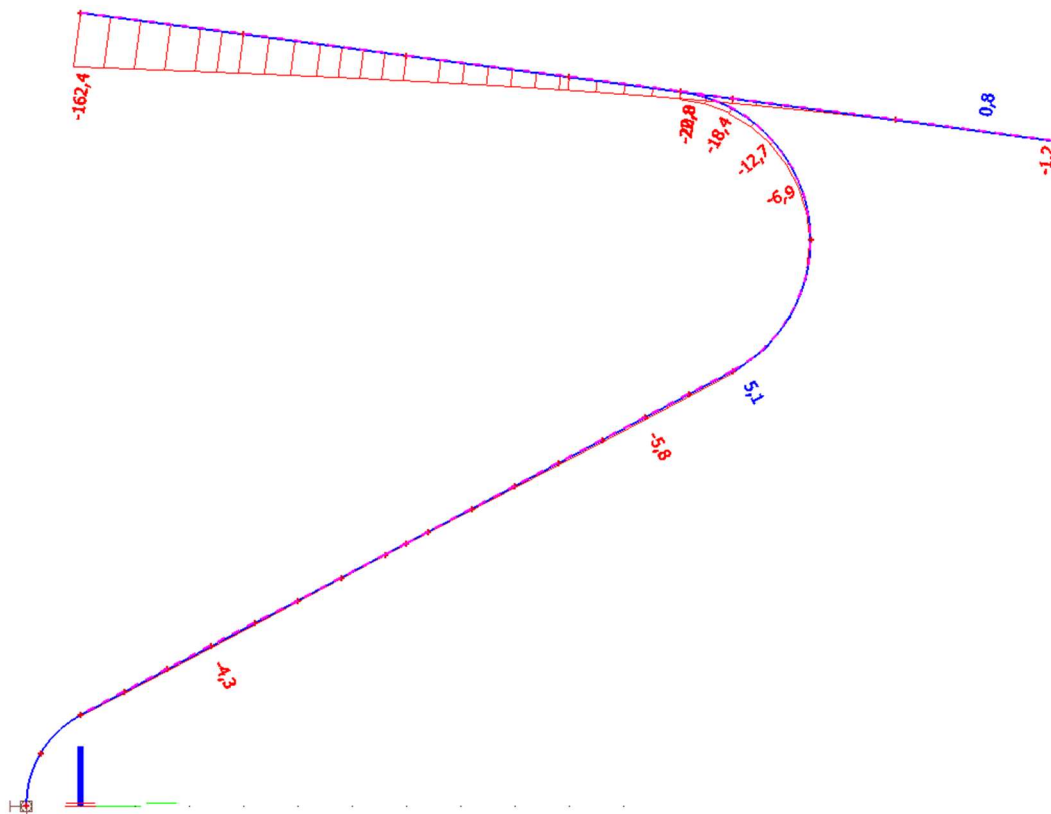
- využití průřezu:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,014 + 0,182 + 0,001 = 0,197 = 19,7 \%$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,012 + 0,145 + 0,001 = 0,158 = 15,8 \%$$

**Vyhovuje**

### 6.4.3 Průhyb MSP



Obr. 24.: Průhyb hlavního nosníku (162,4 mm)

#### 6.4.4 Posouzení MSP

Maximální průhyb hlavního nosníku je 162,4 mm.

Mezní průhyb pro konzolu:

$$2 * L/250 = 2 * 11\ 145/250 = 89,16 \text{ mm} < 162,4 \text{ mm}$$

#### Nevyhovuje

Je nutno provést nadvýšení konstrukce o 76,8 mm. To odpovídá průhybu konstrukce od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení.

Mezní průhyb pro konzolu po provedení nadvýšení:

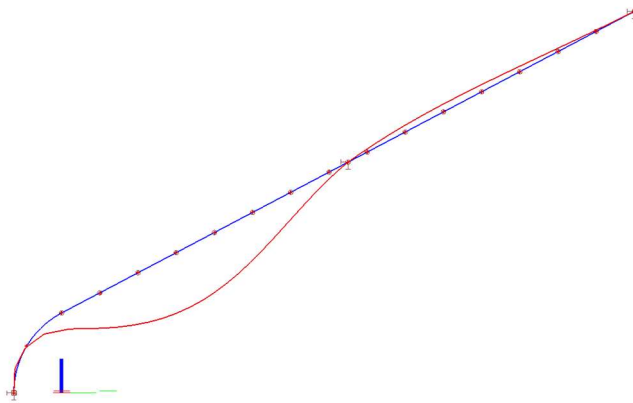
$$2 * L/250 = 2 * 11\ 145/250 = 89,16 \text{ mm} > 162,4 - 76,8 = 85,6 \text{ mm}$$

#### Vyhovuje

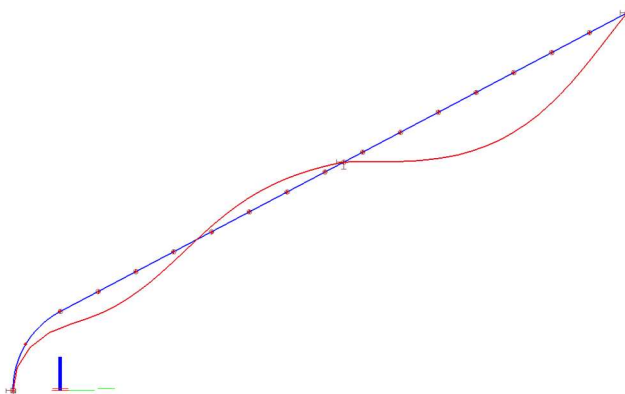
#### 6.4.5 Posouzení vlastních frekvencí

Posouzení vlastních frekvencí proběhlo pomocí softwaru Scia Engineer. Výpočet byl proveden pro případ nezatížené tribuny a plně zatížené tribuny.

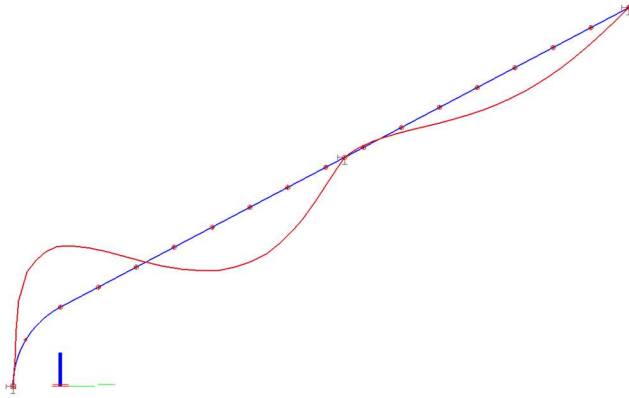
a)



b)



c)



Obr. 25.: a) 1. vlastní tvar nosníku; b) 2. vlastní tvar nosníku; c) 3. vlastní tvar nosníku;

$$f_{(1,1)} = 19,03 \text{ Hz}$$

$$f_{(2,1)} = 33,92 \text{ Hz}$$

$$f_{(3,1)} = 34,26 \text{ Hz}$$

$$f_{(1,2)} = 13,85 \text{ Hz}$$

$$f_{(2,2)} = 24,91 \text{ Hz}$$

$$f_{(3,2)} = 32,53 \text{ Hz}$$

Žádná z vlastních frekvencí konstrukce neleží v tzv. kročejovém intervalu  $\langle 1,43 ; 3,33 \text{ Hz} \rangle$  podle ČSN 73 6203 ani v intervalu  $\langle 1,60 ; 2,40 \text{ Hz} \rangle$  podle ČSN 73 6209.

### Vyhovuje

## 6.5 Podélný nosník chodby

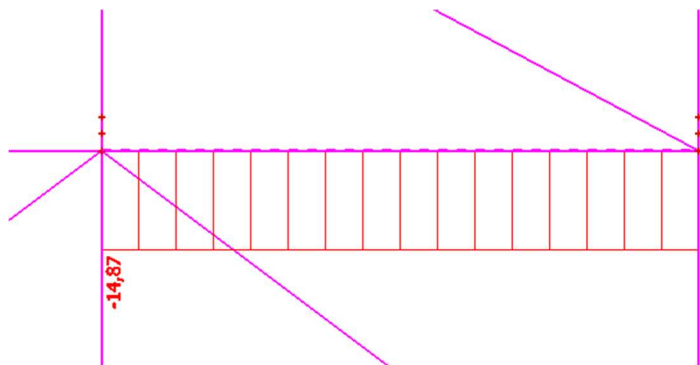
Podélný nosník chodby je spojen s příčným nosníkem chodby pomocí kloubového uložení a je navržen jako profil IPE240.

Rozhodující zatížení pro návrh podélného nosníku chodby nastává při kombinaci maximálních účinků užitečného zatížení, stálého zatížení, zatížení sněhem a zatížení větrem.

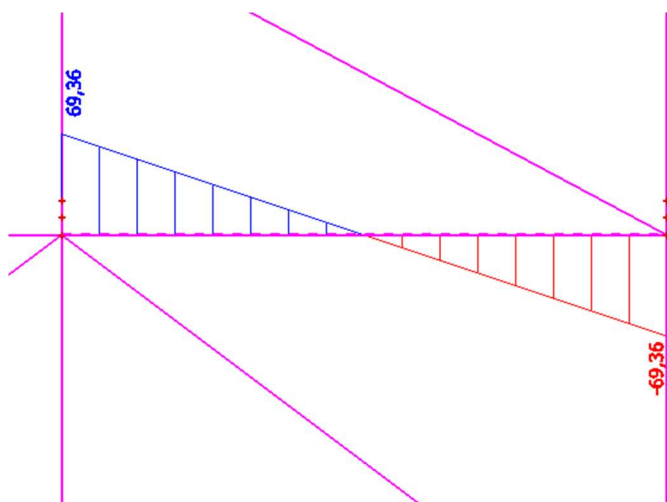
Tvar kombinace:  $1,35 * ZS1 + 1,35 * ZS2 + 1,5 * ZS3 + 1,5 * ZS4 + 1,5 * ZS5 + 1,5 * ZS6 + 0,7 * 1,5 * ZS9 + 0,6 * 1,5 * ZS11$

### 6.5.1 Návrhové síly MSÚ

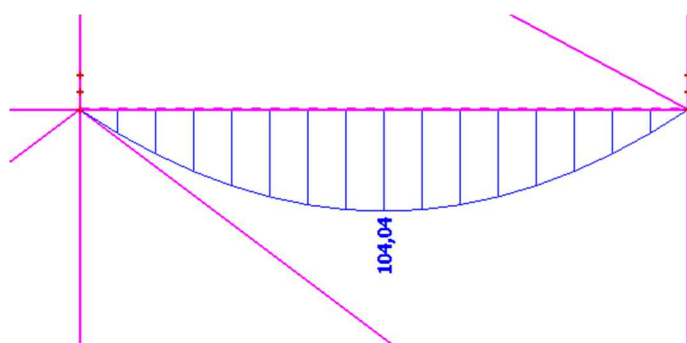
a) Normálová síla ( $N_{ed} = -14,87$  kN)



b) Posouvající síla ( $V_{z,ed} = 69,36$  kN)



c) Moment ( $M_{y,ed} = 104,04$  kN)



Obr. 26.: Návrhové síly pro podélný nosník chodby

### 6.5.2 Posouzení MSÚ

Průřez:	IPE 240
výška	$h = 240 \text{ mm}$
šířka pásnic	$b = 120 \text{ mm}$
tloušťka pásnic	$t = 10 \text{ mm}$
tloušťka stojiny	$s = 6 \text{ mm}$
poloměr zaoblení	$r = 15 \text{ mm}$
plocha	$A = 3,91 * 10^{-3} \text{ m}^2$
plastický průřezový modul	$W_{el,y} = 3,24 * 10^{-4} \text{ m}^3$ $W_{el,z} = 4,73 * 10^{-5} \text{ m}^3$
plastický průřezový modul	$W_{pl,y} = 3,67 * 10^{-4} \text{ m}^3$ $W_{pl,z} = 7,39 * 10^{-5} \text{ m}^3$
momenty setrvačnosti	$I_y = 3,89 * 10^{-5} \text{ m}^4$ $I_z = 2,84 * 10^{-6} \text{ m}^4$
poloměr setrvačnosti	$i_y = 100 \text{ mm}$ $i_z = 27 \text{ mm}$

Zatřídění stojina:

$$c/t = (h - 2*t - 2*r)/s = 31,7 < 72 \varepsilon = 52,6 \quad \text{Průřez třídy 1}$$

Zatřídění pásnice:

$$c/t = (b/2 - s/2 - r)/t = 4,2 < 9 \varepsilon = 6,6 \quad \text{Průřez třídy 1}$$

Posudek ohybové momentu podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.2.5, rovnice (6.12)

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = 161,48 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{pl,Rd}}{M_{y,Ed}} = \frac{104,04}{161,48} = 64,43\%$$

**vyhovuje**

Posudek smyku podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.2.6, rovnice (6.19)

$$A_w = (h - 2t) * s = 1320 \text{ mm}^2$$

$$A_f = 2 * b * t = 2400 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{2400}{1320} = 1,82 > 0,6; \text{ dle rovnice (6.21) lze použít výpočet pro } \tau_{Ed} = V_{Ed}/A_w$$

$$\tau_{Ed} = 69,36/0,00132 = 52,55 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{Ed}}{f_y/(\sqrt{3} \gamma_{M0})} = \frac{52,55}{254,03} = 20,68 \%$$

### **vyhovuje**

Posudek rovinného vzpěru podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1, rovnice (6.46)

- svařovaný I průřez  $\Rightarrow$  křivka vzpěrné pevnosti "a"

$$\alpha = 0,21$$

- celková délka prutu je 6 m, staticky prut působí jako kloubově uložený nosník o jednom poli  $\Rightarrow$  vzpěrná délka:

$$L_{cr} = 6 \text{ m}$$

- štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{440}} = 68,624$$

y-y

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{6000}{100} = 60$$

- poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{60}{68,624} = 0,87$$

- součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,95 + \sqrt{0,95^2 - 0,87^2}} = 0,75$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,21(0,87 - 0,2) + 0,87^2] = 0,95$$

- vzpěrná únosnost:

$$N_{b,rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,75 * 3,91 * 10^{-3} * 440 * 10^3}{1,0} = 1291,33 \text{ kN}$$

- využití:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{14,87}{1291,33} = 0,011 = 1,1 \%$$



Z-Z

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{6000}{27} = 222,2$$

- poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{222,2}{68,624} = 3,24$$

- součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{6,06 + \sqrt{6,06^2 - 3,24^2}} = 0,089$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,21(3,24 - 0,2) + 3,24^2] = 6,06$$

- vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,089 * 3,91 * 10^{-3} * 440 * 10^3}{1,0} = 153,78 \text{ kN}$$

- využití:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{14,87}{153,78} = 0,097 = 9,7 \%$$

**vyhovuje**

Posudek únosnosti na klopení podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1, rovnice (6.54)

Parametry pro kritický moment určeny podle Národní přílohy NB.3 v ČSN EN 1993-1-1. Nosník uvažován jako prostý, kloubově uložený s délkou 6 m. Zatížení bráno jako spojitě.

$$L = 6 \text{ m}$$

$$k_y = 1; k_z = 1; k_w = 1$$

$$C_{1,0} = 1,13$$

$$C_{1,1} = 1,13$$

$$\psi = 0$$

$$G = 8,08 * 10^7 \text{ kPa}$$

$$I_t = 1,29 * 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$I_w = 3,74 * 10^{-8} \text{ m}^6$$

$$K_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = 0,014$$

$$z_g = 0; z_j = 0; \zeta_g = 0; \zeta_j = 0$$

Součinitele  $C_1$ ,  $C_2$  a  $C_3$  určeny podle tabulky NB.3.2 v národní příloze NB.3

$$C_1 = 1,13; C_2 = 0,46; C_3 = 0,53$$

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

$$\mu_{cr} = 1,13$$

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

$$M_{cr} = 794,24 \text{ kNm}$$

- poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{3,67 \cdot 10^{-4} \cdot 440 \cdot 10^3}{794,24}} = 0,451$$

$$\alpha_{LT} = 0,21$$

- součinitel klopení:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,628 + \sqrt{0,628^2 - 0,451^2}} = 0,939$$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 [1 + 0,21(0,451 - 0,2) + 0,451^2] = 0,628$$

- návrhový moment únosnosti na klopení:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} W_y f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,939 \cdot 3,67 \cdot 10^{-4} \cdot 440 \cdot 10^3}{1,0} = 151,61 \text{ kNm}$$

- využití:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{104,04}{151,61} = 0,686 = 68,6 \%$$

**vyhovuje**

Posudek tlaku za ohybu podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.3, rovnice (6.61) a (6.62)

- průběh  $M_y$  typu 3 podle Tab. 17 ČSN EN 1993-1-1; moment  $M_z$  je nulový.

$$\alpha_{h,y} = 0$$

- součinitel ekvivalentního konstantního momentu:

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \alpha_{h,y} = 0,95 + 0,05 * 0 = 0,95 \geq 0,4$$

- interakční součinitel podle Tab. 15 ČSN EN 1993-1-1:

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,95 * \left( 1 + (0,87 - 0,2) * \frac{14,87}{1291,33} \right) = 0,957$$

$$k_{yy} \leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,95 * \left( 1 + 0,8 * \frac{14,87}{1291,33} \right) = 0,958$$

$$k_{yy} = 0,957$$

$$k_{zy} = 0,6 k_{yy} = 0,6 * 0,957 = 0,574$$

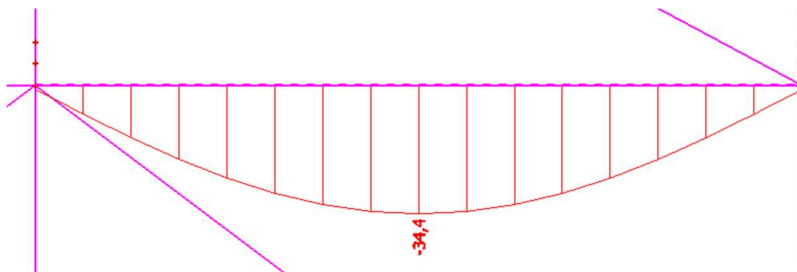
- využití průřezu:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,012 + 0,657 + 0 = 0,669 = 66,9 \%$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,097 + 0,394 + 0 = 0,491 = 49,1 \%$$

**Vyhovuje**

### 6.5.3 Průhyb MSP



Obr. 27.: Průhyb podélného nosníku chodby (34,4 mm)

### 6.5.4 Posouzení MSP

Maximální průhyb podélného nosníku chodby je 34,4 mm.

$$L/250 = 6\ 000/250 = 24,0 \text{ mm} < 34,4 \text{ mm}$$

**Nevyhovuje**, nutný návrh nového profilu - navrženo IPE 270

Maximální průhyb podélného nosníku chodby pro IPE270 je 23,7 mm.

$$L/250 = 6\ 000/250 = 24,0 \text{ mm} > 23,7 \text{ mm}$$

**Vyhovuje**

## 6.6 Příčný nosník chodby

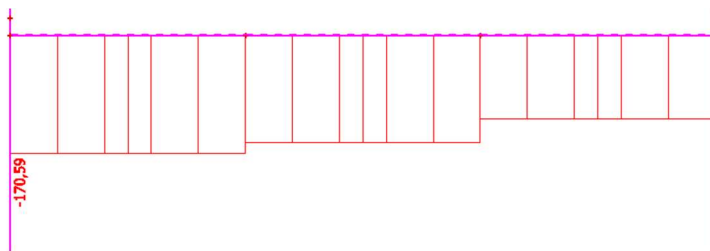
Příčný nosník chodby je vetknut do sloupů, které dále přenášejí zatížení do základů a zabezpečují tak dostatečnou tuhost konstrukce. Nosník navržen jako profil IPE 300.

Rozhodující zatížení pro návrh podélného nosníku chodby nastává při kombinaci maximálních účinků užitečného zatížení, stálého zatížení, zatížení sněhem a zatížení větrem.

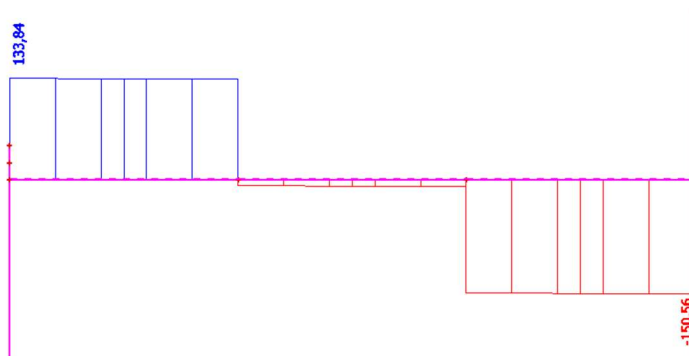
Tvar kombinace:  $1,35 * ZS1 + 1,35 * ZS2 + 1,5 * ZS3 + 1,5 * ZS4 + 1,5 * ZS5 + 1,5 * ZS6 + 0,7 * 1,5 * ZS9 + 0,6 * 1,5 * ZS11$

### 6.6.1 Návrhové síly MSÚ

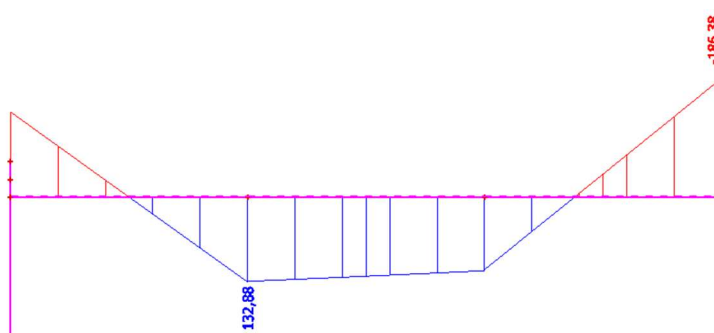
a) Normálová síla ( $N_{ed} = -170,59 \text{ kN}$ )



b) Posouvající síla ( $V_{z,ed} = 133,84 \text{ kN}$ )



c) Moment ( $M_{y,ed} = 132,88 \text{ kN}$ )



Obr. 28.: Návrhové síly pro příčný nosník chodby

### 6.6.2 Posouzení MSÚ

Průřez:	IPE 300
výška	$h = 300 \text{ mm}$
šířka pásnic	$b = 150 \text{ mm}$
tloušťka pásnic	$t = 11 \text{ mm}$
tloušťka stojiny	$s = 7 \text{ mm}$
poloměr zaoblení	$r = 15 \text{ mm}$
plocha	$A = 5,38 * 10^{-3} \text{ m}^2$
plastický průřezový modul	$W_{el,y} = 5,57 * 10^{-4} \text{ m}^3$ $W_{el,z} = 8,05 * 10^{-5} \text{ m}^3$
plastický průřezový modul	$W_{pl,y} = 6,28 * 10^{-4} \text{ m}^3$ $W_{pl,z} = 1,25 * 10^{-4} \text{ m}^3$
momenty setrvačnosti	$I_y = 8,36 * 10^{-5} \text{ m}^4$ $I_z = 6,04 * 10^{-6} \text{ m}^4$
poloměr setrvačnosti	$i_y = 125 \text{ mm}$ $i_z = 34 \text{ mm}$

Zatřídění stojina:

$$c/t = (h - 2*t - 2*r)/s = 35,4 < 72 \varepsilon = 52,6 \quad \text{Průřez třídy 1}$$

Zatřídění pásnice:

$$c/t = (b/2 - s/2 - r)/t = 5,1 < 9 \varepsilon = 6,6 \quad \text{Průřez třídy 1}$$

Posudek ohybové momentu podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.2.5, rovnice (6.12)

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = 276,32 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{pl,Rd}}{M_{y,Ed}} = \frac{132,88}{276,32} = 48,09 \%$$

**vyhovuje**

Posudek smyku podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.2.6, rovnice (6.19)

$$A_w = (h - 2t) * s = 1950 \text{ mm}^2$$

$$A_f = 2 * b * t = 3300 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{3300}{1950} = 1,70 > 0,6; \text{ dle rovnice (6.21) lze použít výpočet pro } \tau_{Ed} = V_{Ed}/A_w$$

$$\tau_{Ed} = 133,84/0,00195 = 68,78 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{Ed}}{f_y/(\sqrt{3} \gamma_{M0})} = \frac{68,78}{254,03} = 27,0 \%$$

### **vyhovuje**

Posudek rovinného vzpěru podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1, rovnice (6.46)

- svařovaný I průřez  $\Rightarrow$  křivka vzpěrné pevnosti "a"

$$\alpha = 0,21$$

- celková délka nosníku je 6 m, kraje nosníku jsou brány jako vetknuté a ve třetinách je nosník držený pomocí podélných nosníků  $\Rightarrow$  vzpěrná délka:

$$L_{cr} = 2 \text{ m}$$

- štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{440}} = 68,624$$

y-y

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{2000}{125} = 16$$

- poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{16}{68,624} = 0,23$$

- součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,53 + \sqrt{0,53^2 - 0,23^2}} = 0,99$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,21(0,23 - 0,2) + 0,23^2] = 0,53$$

- vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,99 * 5,38 * 10^{-3} * 440 * 10^3}{1,0} = 2349,90 \text{ kN}$$

- využití:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{170,59}{2349,90} = 0,073 = 7,3 \%$$

Z-Z

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{2000}{34} = 58,82$$

- poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{58,82}{68,624} = 0,86$$

- součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,94 + \sqrt{0,94^2 - 0,86^2}} = 0,76$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,21(0,86 - 0,2) + 0,86^2] = 0,94$$

- vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,76 * 5,38 * 10^{-3} * 440 * 10^3}{1,0} = 1802,49 \text{ kN}$$

- využití:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{170,59}{1802,49} = 0,095 = 9,5 \%$$

**vyhovuje**

Posudek únosnosti na klopení podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1, rovnice (6.54)

Parametry pro kritický moment určeny podle Národní přílohy NB.3 v ČSN EN 1993-1-1. Nosník uvažován jako prostý, vetknutý s délkou 6 m. Zatížení bráno jako bodové.

$$L = 2 \text{ m}$$

$$k_y = 1; k_z = 1; k_w = 0,5$$

$$C_{1,0} = 1,074$$

$$C_{1,1} = 1,074$$

$$\psi = 0,868$$

$$G = 8,08 * 10^7 \text{ kPa}$$

$$I_t = 2,01 * 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$I_w = 1,26 * 10^{-7} \text{ m}^6$$

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = 0,127$$

$$z_g = 0; z_j = 0; \zeta_g = 0; \zeta_j = 0$$

Součinitele  $C_1$ ,  $C_2$  a  $C_3$  určeny podle tabulky NB.3.2 v národní příloze NB.3

$$C_1 = 1,07; C_2 = 0; C_3 = 1$$

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

$$\mu_{cr} = 1,08$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L}$$

$$M_{cr} = 6110,5 \text{ kNm}$$

- poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{6,28 \cdot 10^{-4} \cdot 440 \cdot 10^3}{6110,5}} = 0,213$$

$$\alpha_{LT} = 0,21$$

- součinitel klopení:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,524 + \sqrt{0,524^2 - 0,213^2}} = 0,997$$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 [1 + 0,21(0,213 - 0,2) + 0,213^2] = 0,524$$

- návrhový moment únosnosti na klopení:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} W_y f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,997 \cdot 6,28 \cdot 10^{-4} \cdot 440 \cdot 10^3}{1,0} = 275,55 \text{ kNm}$$

- využití:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{132,88}{275,55} = 0,482 = 48,2 \%$$

**vyhovuje**

Posudek tlaku za ohybu podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.3, rovnice (6.61) a (6.62)

- průběh  $M_y$  a  $M_z$  typu 1 podle Tab. 17 ČSN EN 1993-1-1:

$$\psi_y = 0,868$$

$$\psi_z = 0,152; M_{z,Ed} = 0,33 \text{ kNm}$$



- součinitel ekvivalentního konstantního momentu:

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \psi_y = 0,6 + 0,4 * 0,868 = 0,95 \geq 0,4$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \psi_z = 0,6 + 0,4 * 0,152 = 0,66 \geq 0,4$$

- interakční součinitel podle Tab. 15 ČSN EN 1993-1-1:

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,95 * \left( 1 + (0,23 - 0,2) * \frac{170,6}{2349,9} \right) = 0,949$$

$$k_{yy} \leq C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,95 * \left( 1 + 0,8 * \frac{170,6}{2349,9} \right) = 1,002$$

$$k_{yy} = 0,949$$

$$k_{zy} = 0,6 k_{yy} = 0,6 * 0,949 = 0,570$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,66 * \left( 1 + (0,86 - 0,2) * \frac{170,6}{1802,5} \right) = 0,693$$

$$k_{zz} \leq C_{mz} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \right) = 0,66 * \left( 1 + 0,8 * \frac{170,6}{1802,5} \right) = 0,698$$

$$k_{zz} = 0,693$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{yy} = 0,6 * 0,693 = 0,416$$

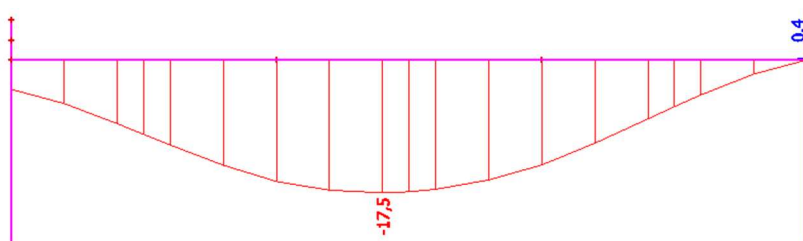
- využití průřezu:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,073 + 0,458 + 0,003 = 0,534 = 53,4 \%$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,095 + 0,275 + 0,006 = 0,376 = 37,6 \%$$

**Vyhovuje**

### 6.6.3 Průhyb MSP



Obr. 29.: Průhyb příčného nosníku chodby (17,5 mm)

#### 6.6.4 Posouzení MSP

Maximální průhyb podélného nosníku chodby je 17,5 mm.

$$L/250 = 6\,000/250 = 24,0 \text{ mm} > 17,5 \text{ mm}$$

**Vyhovuje**

### 6.7 Sloup chodby

Příčný nosník chodby je vetknut do sloupů, které dále přenášejí zatížení do základů a zabezpečují tak dostatečnou tuhost konstrukce. Sloup je navržen jako profil HEB 240.

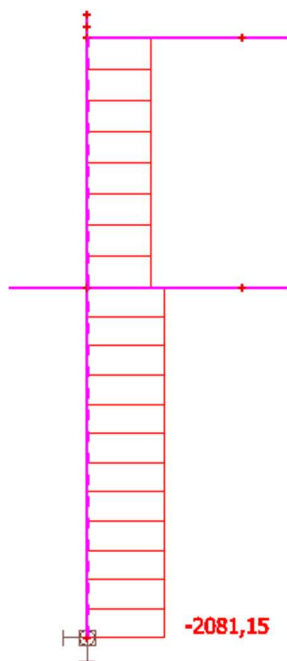
Rozhodující zatížení pro návrh podélného nosníku chodby nastává při kombinaci maximálních účinků zatížení sněhem, užitečného zatížení, stálého zatížení a zatížení větrem.

Tvar kombinace:  $1,35 * ZS1 + 1,35 * ZS2 + 0,7 * 1,5 * ZS3 + 0,7 * 1,5 * ZS4 + 0,7 * 1,5 * ZS5 + 0,7 * 1,5 * ZS6 + 1,5 * ZS9 + 0,6 * 1,5 * ZS11$

#### 6.7.1 Návrhové síly MSÚ

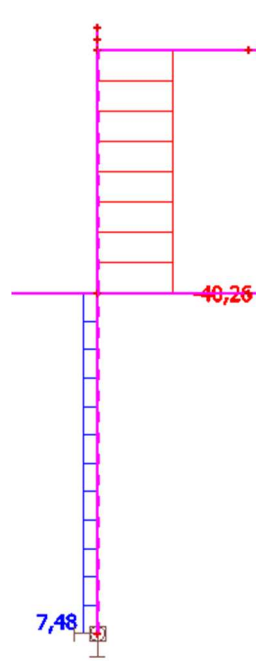
a) Návrhová normálová síla

$$(N_{ed} = -2081,15 \text{ kN})$$



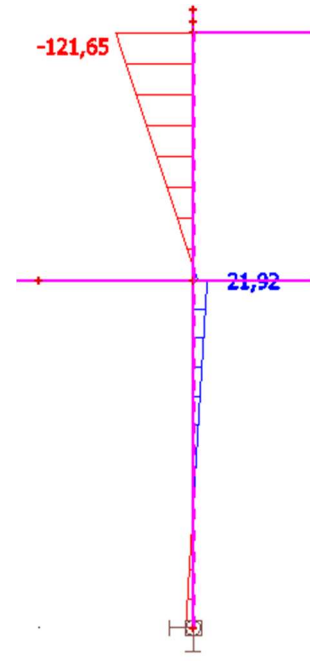
b) Návrhová posouvající síla

$$(V_{zed} = 40,26 \text{ kN})$$



c) Návrhový moment

$$(M_{y,ed} = 21,92 \text{ kN})$$



Obr. 30.: Návrhové síly pro sloup chodby

### 6.7.2 Posouzení MSÚ

Průřez:	HEB 240
výška	$h = 240 \text{ mm}$
šířka pásnic	$b = 240 \text{ mm}$
tloušťka pásnic	$t = 17 \text{ mm}$
tloušťka stojiny	$s = 10 \text{ mm}$
poloměr zaoblení	$r = 21 \text{ mm}$
plocha	$A = 1,06 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$
plastický průřezový modul	$W_{el,y} = 9,38 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ $W_{el,z} = 3,27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
plastický průřezový modul	$W_{pl,y} = 1,05 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ $W_{pl,z} = 4,98 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
momenty setrvačnosti	$I_y = 1,13 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$ $I_z = 3,92 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$
poloměr setrvačnosti	$i_y = 103 \text{ mm}$ $i_z = 61 \text{ mm}$

Zatřídění stojina:

$$c/t = (h - 2 \cdot t - 2 \cdot r)/s = 16,4 < 72 \varepsilon = 52,6 \quad \text{Průřez třídy 1}$$

Zatřídění pásnice:

$$c/t = (b/2 - s/2 - r)/t = 5,5 < 9 \varepsilon = 6,6 \quad \text{Průřez třídy 1}$$

Posudek rovinného vzpěru podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1, rovnice (6.46)

- svařovaný I průřez  $\Rightarrow$  křivka vzpěrné pevnosti "b" ve směru y-y a křivka vzpěrné pevnosti "c" ve směru z-z

- celková délka sloupu je 4,5 m, kraje sloupu jsou brány jako vetknuté  $\Rightarrow$  vzpěrná délka:

$$L_{cr} = 3,15 \text{ m}$$

- štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{440}} = 68,624$$

y-y

$$\alpha = 0,34$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{3150}{103} = 30,583$$

- poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{30,583}{68,624} = 0,45$$

- součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,64 + \sqrt{0,64^2 - 0,45^2}} = 0,908$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,34(0,45 - 0,2) + 0,45^2] = 0,64$$

- vzpěrná únosnost:

$$N_{b,rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,908 * 1,06 * 10^{-2} * 440 * 10^3}{1,0} = 4232,74 \text{ kN}$$

- využití:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{2081,15}{4232,74} = 0,492 = 49,2 \%$$

z-z

$$\alpha = 0,49$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{3150}{61} = 51,539$$

- poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{51,539}{68,624} = 0,75$$

- součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,92 + \sqrt{0,92^2 - 0,75^2}} = 0,692$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 [1 + 0,49(0,75 - 0,2) + 0,75^2] = 0,92$$

- vzpěrná únosnost:

$$N_{b,rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,692 * 1,06 * 10^{-2} * 440 * 10^3}{1,0} = 3227,34 \text{ kN}$$

- využití:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{2081,15}{3227,34} = 0,645 = 64,5 \%$$

**vyhovuje**

Posudek únosnosti na klopení podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1, rovnice (6.54)

Parametry pro kritický moment určeny podle Národní přílohy NB.3 v ČSN EN 1993-1-1.

$$L = 4,5 \text{ m}$$

$$k_y = 0,7; k_z = 0,7; k_w = 1$$

$$C_{1,0} = 3,008$$

$$C_{1,1} = 3,308$$

$$\psi = 0,536$$

$$G = 8,08 * 10^7 \text{ kPa}$$

$$I_t = 1,03 * 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_w = 4,87 * 10^{-7} \text{ m}^6$$

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = 0,025$$

$$z_g = 0; z_j = 0; \zeta_g = 0; \zeta_j = 0$$

Součinitele  $C_1$ ,  $C_2$  a  $C_3$  určeny podle tabulky NB.3.2 v národní příloze NB.3

$$C_1 = 3,016; C_2 = 0; C_3 = -1,208$$

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

$$\mu_{cr} = 4,309$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L}$$

$$M_{cr} = 54157,31 \text{ kNm}$$

- poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,05 * 10^{-3} * 440 * 10^3}{54157,31}} = 0,092$$

$$\alpha_{LT} = 0,49$$

- součinitel klopení:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,478 + \sqrt{0,478^2 - 0,092^2}} = 1,0$$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 [1 + 0,49(0,092 - 0,2) + 0,092^2] = 0,478$$

- návrhový moment únosnosti na klopení:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} W_y f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,00 * 1,05 * 10^{-3} * 440 * 10^3}{1,0} = 463,32 \text{ kNm}$$

- využití:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{21,92}{463,32} = 0,047 = 4,7 \%$$

**vyhovuje**

Posudek tlaku za ohybu podle ČSN EN 1993-1-1 článku 6.3.3, rovnice (6.61) a (6.62)

- průběh  $M_y$  a  $M_z$  typu 1 podle Tab. 17 ČSN EN 1993-1-1:

$$\psi_y = -0,536$$

$$\psi_z = -0,597; M_{z,Ed} = 1,19 \text{ kNm}$$

- součinitel ekvivalentního konstantního momentu:

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \psi_y = 0,6 + 0,4 * (-0,536) = 0,385 \leq 0,4; C_{my} = 0,4$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \psi_z = 0,6 + 0,4 * (-0,597) = 0,361 \leq 0,4; C_{mz} = 0,4$$

- interakční součinitel podle Tab. 15 ČSN EN 1993-1-1:

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}}\right) = 0,4 * \left(1 + (0,45 - 0,2) * \frac{2081,15}{4232,74}\right) = 0,448$$

$$k_{yy} \leq C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}}\right) = 0,4 * \left(1 + 0,8 * \frac{2081,15}{4234,74}\right) = 0,557$$

$$k_{yy} = 0,448$$

$$k_{zy} = 0,6 k_{yy} = 0,6 * 0,448 = 0,269$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}}\right) = 0,4 * \left(1 + (0,75 - 0,2) * \frac{2081,15}{3227,34}\right) = 0,516$$

$$k_{zz} \leq C_{mz} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}}\right) = 0,4 * \left(1 + 0,8 * \frac{2081,15}{3227,34}\right) = 0,555$$

$$k_{zz} = 0,516$$

$$k_{yz} = 0,6 \quad k_{yy} = 0,6 * 0,516 = 0,310$$

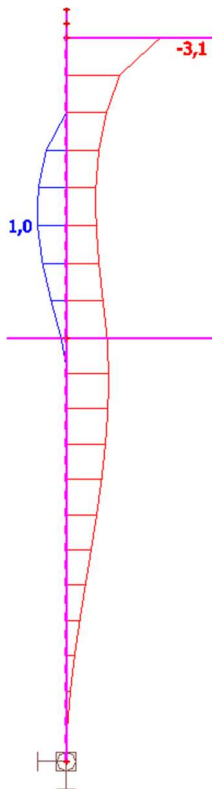
- využití průřezu:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,492 + 0,021 + 0,003 = 0,515 = 51,5 \%$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,645 + 0,013 + 0,004 = 0,662 = 66,2 \%$$

**Vyhovuje**

### 6.7.3 Průhyb MSP



Obr. 29.: Obálka průhybů sloupu chodby (3,1 mm) od MSP

### 6.7.4 Posouzení MSP

Maximální vodorovný průhyb sloupu chodby je 3,1 mm. Konstrukce posuzována jako celek.

$$h_0/500 = 4\,500/500 = 9,0 \text{ mm} > 3,1 \text{ mm}$$

**Vyhovuje**

## 7 Základová konstrukce

Podle geologické mapy ČR se v zájmovém území nachází písčito-hlinitý až hlinito-písčité sediment. Zemina klasifikována jako hlína písčité – F3 s tuhou konzistencí.

Směrné normové charakteristiky jemnozrnných zemin pro F3:

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$E_{\text{def}} = 10 \text{ MPa}$$

$$c_u = 60 \text{ kPa}$$

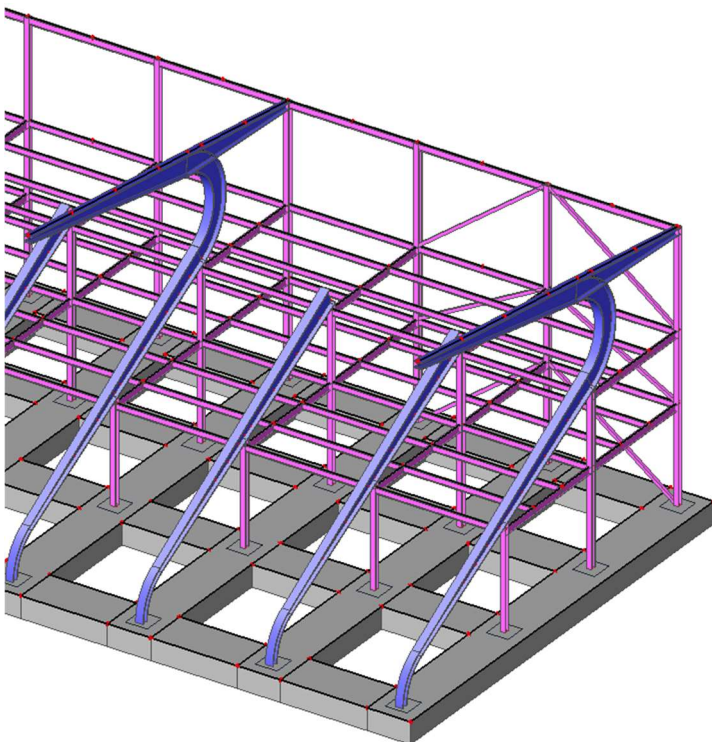
$$c_{\text{ef}} = 12 \text{ kPa}$$

$$\varphi_{\text{ef}} = 25^\circ$$

$R_{\text{dt}} = 175 \text{ kPa}$ ; při založení 0,8 až 1,5 m pro šířku základu  $\leq 3 \text{ m}$

Parametry zeminy je nutno ověřit zkouškou na místě. V případě méně příznivých parametrů je nutno vytvořit kontrolní statický výpočet základové konstrukce.

Základová konstrukce navržena jako železobetonový základový rošt. Dostatečně tuhý tak, aby nedocházelo k nerovnoměrnému sedání podpor pod sloupy. Rošt se skládá z pásů šířky 2 m a výšky 1 m.



Obr. 32.: Schéma navržené základové konstrukce



## 7.1 Návrhové síly MSÚ

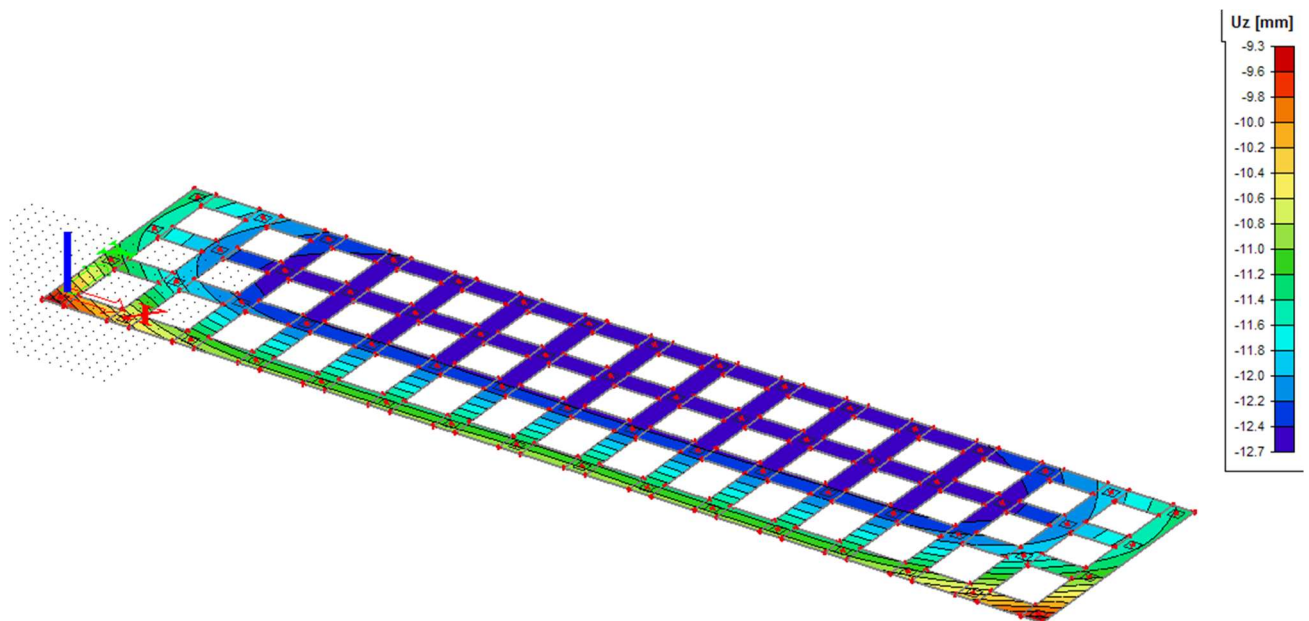
Globální maxima návrhových sil v podporách:

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn12/N37	MSU_02/1	<b>-53,55</b>	-8,00	594,89	16,93	0,22	0,21
Sn56/N1271	MSU_02/1	<b>54,79</b>	-8,35	589,86	17,54	-0,18	-0,20
Sn69/N1818	MSU_07/2	-1,36	<b>-126,51</b>	2,42	188,11	-1,91	0,40
Sn1/N1800	MSU_06/3	1,60	<b>164,79</b>	170,04	-112,36	2,19	-0,48
Sn40/N691	MSU_06/3	0,07	2,75	<b>-307,27</b>	2,75	0,16	0,00
Sn51/N989	MSU_01/4	0,42	-7,48	<b>2081,15</b>	11,76	0,71	0,00
Sn1/N1800	MSU_03/5	1,18	143,77	124,74	<b>-117,97</b>	1,63	-0,38
Sn72/N1830	MSU_08/6	0,22	-68,04	172,29	<b>233,71</b>	0,27	-0,04
Sn69/N1818	MSU_02/1	-2,22	117,84	155,21	-52,54	<b>-3,10</b>	<b>0,69</b>
Sn1/N1800	MSU_05/7	2,04	-47,48	66,51	121,36	<b>2,85</b>	-0,62
Sn1/N1800	MSU_02/1	2,00	119,58	156,17	-54,32	2,78	<b>-0,62</b>

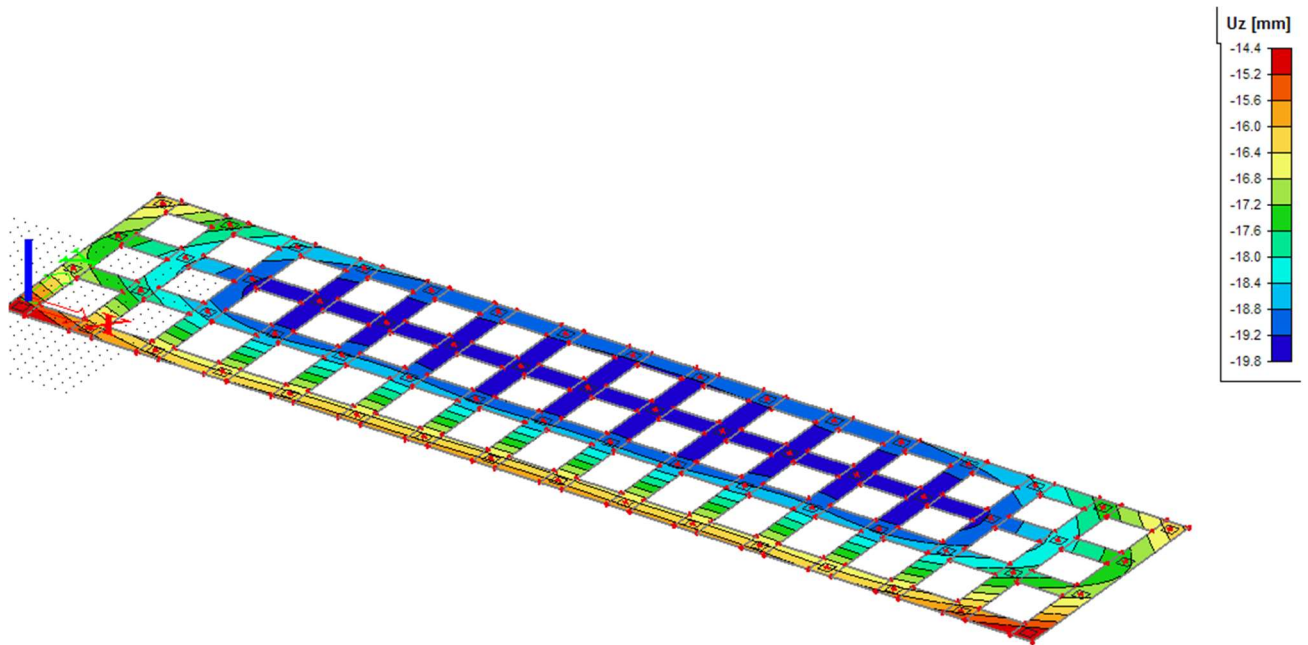
Tab. 4.: Návrhové síly v podporách

## 7.2 Sedání základové konstrukce

a) Sedání při maximálním nadlehčení krajních podpor



b) Sedání při maximálním zatížení základové konstrukce

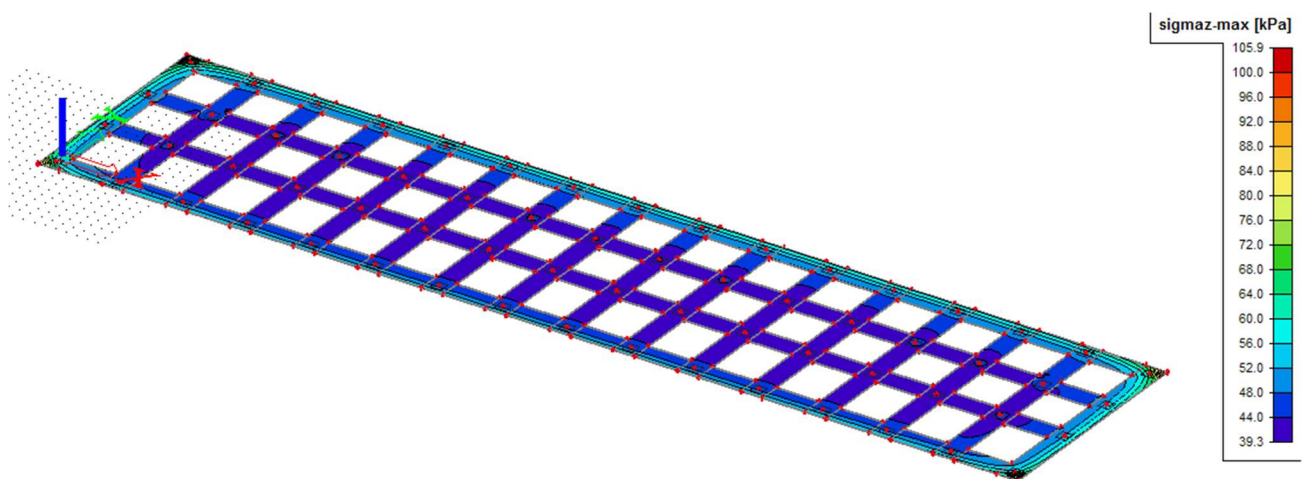


Obr. 33.: Sedání základové konstrukce

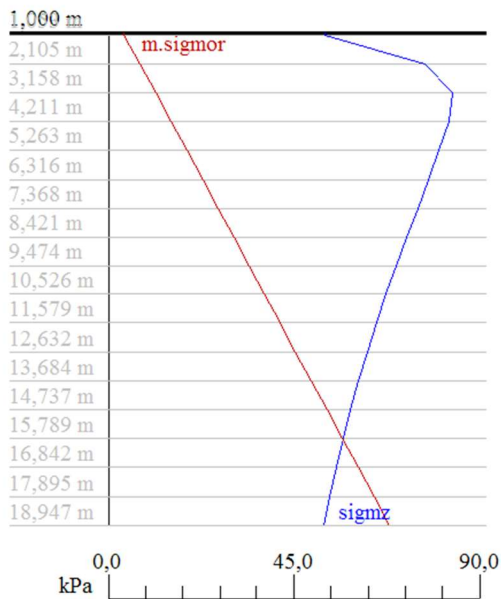
Maximální nerovnoměrné sedání mezi sousedními podporami jsou cca 3 mm. Pro dostatečně vyztužený základový rošt možno zanedbat vlivy nerovnoměrného sedání podpor. V konstrukci při tahu v krajních podporách nedochází k nadzvednutí konstrukce, z hlediska sedání a nadlehčení konstrukce není potřeba návrh základové konstrukce upravovat.

### 7.3 Napětí v základové spáře

a) Kontaktní napětí v zemině při maximálním zatížení



b) Diagram napětí v zemině v místě nejvíce zatížené podpory



Limitní hloubka = 15,827 m

Obr. 34.: Napětí v zemině

Maximální napětí kontaktní v zemině dosahuje 105,9 kPa.

$$\sigma_{z,eD} = 105,9 \text{ kPa} < R_{dt} = 175 \text{ kPa}$$

**Vyhovuje**

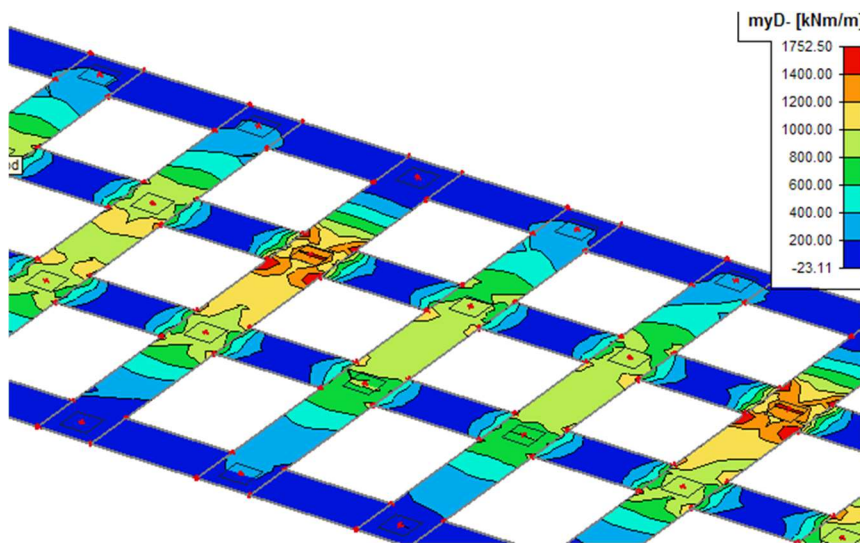
## 7.4 Stabilita základové konstrukce

Vzhledem k charakteru konstrukce nebyla stabilita konstrukce na překlopení a usmyknutí v základové spáře posuzována.

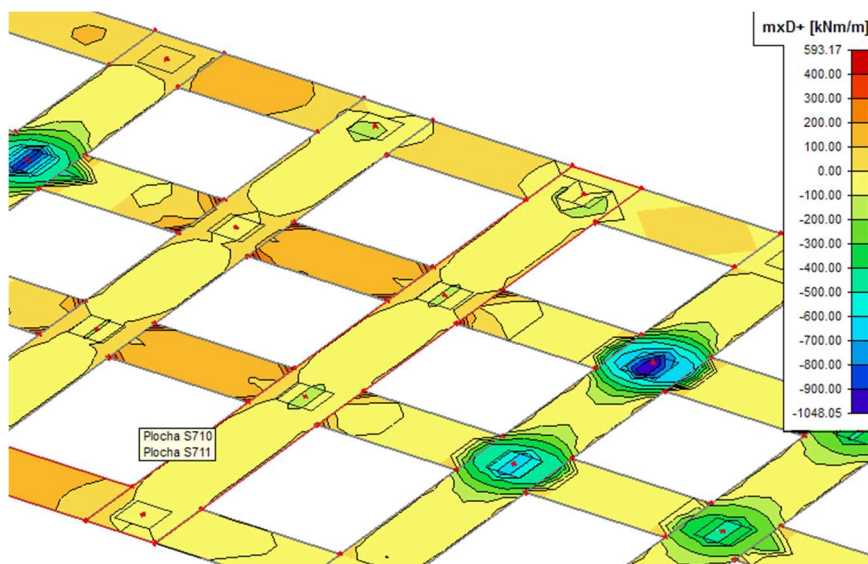
## 7.5 Hlavní výztuž základové konstrukce

Hlavní návrhové momenty při horním i dolním povrchu dosahují v místech mimo podpory hodnot do 400 kNm/m. Při spodním povrchu mezi středními podporami dosahuje návrhový moment hodnot 1200 kNm/m. V místech podpor je nutno navrhnout vhodnou přídavnou a konstrukční výztuž.

a) Návrhový moment  $m_y$ , dolní povrch



b) Návrhový moment  $m_x$ , horní povrch



Obr. 35.: Hlavní návrhové momenty

Návrh nutné výztuže pro základní moment 400 kNm/m:

krytí výztuže  $c = 50 \text{ mm}$

profil prutu  $\varnothing = 12 \text{ mm}$

vzdálenost prutů  $s = 100 \text{ mm}$

Ověření pevnosti výztuže pro základní moment 400 kNm/m:

mez kluzu výztuže B500B  $f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

pevnost betonu C30/37 v tlaku  $f_{cd} = 30/1,5 = 20 \text{ MPa}$

plocha výztuže	$A_s = 1130,97 \text{ mm}^2/\text{m}$
účinná výška průřezu	$d = h - 2 * c - \emptyset = 1000 - 2*50 - 12 = 888 \text{ mm}$
poloha neutrálné osy	$x = (A_s * f_{yd}) / (0,8 * b * f_{cd}) = (1130,97 * 434,78) / (0,8 * 1000 * 20) = 30,73 \text{ mm}$
rameno sil	$z = d - 0,4 * x = 888 - 0,4 * 30,73 = 875,71 \text{ mm}$
momentová únosnost výztuže	$M_{rd} = A_s * f_{yd} * z = 1130,97 * 434,8 * 0,876 = 430,61 \text{ kNm/m}$ $M_{rd} > M_C = 400 \text{ kNm/m}$

### Vyhovuje

Návrh nutné výztuže pro zvýšený mezipodporový moment 1200 kNm/m:

krytí výztuže	$c = 50 \text{ mm}$
profil prutu	$\emptyset = 22 \text{ mm}$
vzdálenost prutů	$s = 110 \text{ mm}$

Ověření pevnosti výztuže pro zvýšený mezipodporový moment 1200 kNm/m:

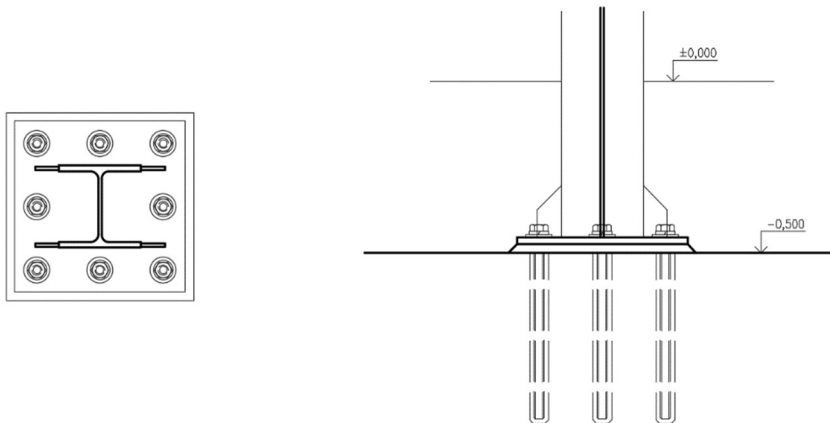
mez kluzu výztuže B500B	$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$
pevnost betonu C30/37 v tlaku	$f_{cd} = 30 / 1,5 = 20 \text{ MPa}$
plocha výztuže	$A_s = 3801,33 \text{ mm}^2/\text{m}$
účinná výška průřezu	$d = h - 2 * c - \emptyset = 1000 - 2*50 - 22 = 878 \text{ mm}$
poloha neutrálné osy	$x = (A_s * f_{yd}) / (0,8 * b * f_{cd}) = (3801,33 * 434,78) / (0,8 * 1000 * 20) = 103,3 \text{ mm}$
rameno sil	$z = d - 0,4 * x = 878 - 0,4 * 103,3 = 836,68 \text{ mm}$
momentová únosnost výztuže	$M_{rd} = A_s * f_{yd} * z = 3801,33 * 434,8 * 0,836 = 1382,8 \text{ kNm/m}$ $M_{rd} > M_C = 1200 \text{ kNm/m}$

### Vyhovuje

## 8 Spoje

### 8.1 Základová konstrukce – sloup

Návrhová pevnost betonu, účinná plocha patky a rozměry patního plechu počítány podle ČSN EN 1992-1-1. Spoj navržen jako vetknutá patka. Sloup je spojen pomocí patního plechu a chemických kotev. Návrh proveden na globální maxima návrhových sil v podporách (viz kapitola základová konstrukce – návrhové síly MSÚ).



Obr. 36.: Schéma spoje základové konstrukce a sloupu

rozměry patního plechu  $a_1 = 0,4 \text{ m}; b_1 = 0,4 \text{ m}; t = 0,02 \text{ m}$

Návrh kotvení  $8 \times \text{M}24 \text{ 5.8}$  – chemické kotvy

rozestupy mezi šrouby  $p = 160 \text{ mm}$

odstup šroubů od kraje desky  $e = 40 \text{ mm}$

roznášecí plocha v hloubce  $h = 1,0 \text{ m}$ :

$$a_2 = \min(3a_1; a_1 + h; a) = \min(1,2; 1,4; 2) = 1,2 \text{ m}$$

$$b_2 = \min(3b_1; b_1 + h; b) = \min(1,2; 1,4; 2) = 1,2 \text{ m}$$

$$A_{c1} = a_2 b_2 = 1,2 * 1,2 = 1,44 \text{ m}^2$$

zatížená plocha (lze brát jako rozměr patního plechu):

$$A_{c0} = a_1 b_1 = 0,4 * 0,4 = 0,16 \text{ m}^2$$

návrhová pevnost betonu v uložení:

$$f_{Rdu} = f_{cd} \sqrt{A_{c1}/A_{c0}} = 20 * \sqrt{1,44/0,16} = 60 \text{ Mpa} \leq 3,0 f_{cd} = 3 * 20 = 60 \text{ MPa}$$

návrhová pevnost betonu pod patkou:

$$f_{jd} = \beta_j f_{Rdu} = 2/3 * 60 = 40 \text{ MPa}$$

účinná plocha patky:

$$c = t \sqrt{\frac{f_{yd}}{3f_{jd}}} = 0,02 * \sqrt{\frac{450}{3*40}} = 0,039 \text{ m}$$

$$A_{eff} = (71684 - 10599)/1000000 = 0,061 \text{ m}^2$$

$$N_{Rd} = A_{eff} f_{jd} = 0,061 * 40 = 2443,4 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 2081,15 \text{ kN}$$

Přenos vodorovných sil v patce smykem ve šroubech:

$$F_{1,vb,Rd} = F_{b,Rd,resin} = \frac{k_t k_s d t_{b,resin} \beta f_{b,resin}}{\gamma_{M4}} = \frac{1,0 * 1,0 * 0,024 * 0,036 * 1,0 * 30}{1,0} = 25,92 \text{ kN}$$

$$F_{2,vb,Rd} = \frac{\alpha_{bc} f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,3335 * 500 * 0,000353}{1,25} = 47,09 \text{ kN}$$

$$F_{vb,Rd} = \min (F_{1,vb,Rd}; F_{2,vb,Rd}) = 25,92 \text{ kN}$$

$$\text{počet šroubů} \quad n = 8$$

$$n * F_{vb,Rd} = 8 * 25,92 = 207,36 \text{ kN} \geq V_{ed} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{164,8^2 + 1,6^2} = 164,81 \text{ kN}$$

### **vyhovuje**

Návrh šroubů na přetržení:

$$\text{únosnost jednoho šroubu v tahu} \quad F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,63 * 500 * 0,000353}{1,25} = 88,96 \text{ kN}$$

$$n * F_{t,Rd} = 8 * 88,96 = 711,68 \text{ kN} > R_{z,Ed,1} = 307,27 \text{ kN}$$

Bod otáčení spoje uvažován kolem krajní řady šroubů, rozdělení tahových sil v šroubech uvažováno jako lineární. Výslednou tahovou sílu přenáší 5 šroubů, z toho 3 s plným využitím a 2 s poloviční;  $n = 3 + 0,5 * 2 = 4$

Maximální tahová síla od momentu snižená o reakci ve směru z (v případě tahu navýšenou):

$$R_{z,Ed,2} = M_{x,rd}/(2*p) - R_z = 233,7/0,32 - 172,29 = 558,05 \text{ kN} > n * F_{t,Rd} = 355,82 \text{ kN}$$

### **nevyhovuje**

Nový návrh chemických kotev. Zvětšení na M30. Z konstrukčních důvodů plech zvětšen na 500 x 500 mm.

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,63 * 500 * 0,000561}{1,25} = 141,372 \text{ kN}$$

$$n * F_{t,Rd} = (3 + 0,5 * 2) * 141,372 = 565,49 \text{ kN} > R_{z,Ed,2} = 558,05 \text{ kN}$$

### vyhovuje

Posouzení svaru sloupu a patního plechu:

$$\text{Plocha svaru při účinné tloušťce svaru } a = 5 \text{ mm} \quad A_v = 7041 \text{ mm}^2$$

$$\text{Moment setrvačnosti svarového obrazce} \quad I_y = 7,06 * 10^7 \text{ mm}^4$$

$$\text{Průřezový modul svarového obrazce} \quad W_y = 5,88 * 10^5 \text{ mm}^3$$

$$\text{Smykové napětí – rovnoběžné} \quad \tau_{II} = \frac{\sqrt{(R_x^2 + R_y^2)}}{A_v} = \frac{68,04}{0,007041} = 9,66 \text{ MPa}$$

$$\text{Smykové napětí – kolmé} \quad \tau_{\perp} = \frac{\sqrt{(M_y^2 + M_x^2)}}{W_y \sqrt{2}} = \frac{233,7}{0,000588 * \sqrt{2}} = 281,00 \text{ MPa}$$

$$\text{Normálové napětí} \quad \sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 281,00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 281,00 < \frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 366,7 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2} = 562,3 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}} = \frac{550}{1 * 1,5} = 366,7 \text{ MPa}$$

### nevyhovuje

Návrh 4 výztuh tloušťky 10 mm a délky 70 mm pro zvětšení svarového obrazce.

Nové parametry svaru – spočtené pomocí programu AutoCAD.

$$\text{Plocha svaru při účinné tloušťce svaru } a = 5 \text{ mm} \quad A_v = 9841 \text{ mm}^2$$

$$\text{Moment setrvačnosti svarového obrazce} \quad I_y = 1,16 * 10^8 \text{ mm}^4$$

$$\text{Průřezový modul svarového obrazce} \quad W_y = 9,63 * 10^5 \text{ mm}^3$$

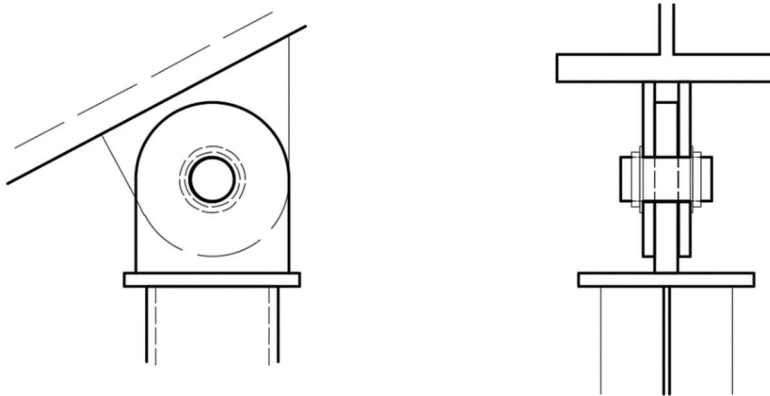
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2} = 343,5 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}} = \frac{550}{1 * 1,5} = 366,7 \text{ MPa}$$

### vyhovuje



## 8.2 Sloup – hlavní nosník

Spoj navržen jako kloubový a bude realizován přivařením profilu HEB 240 k hlavnímu nosníku, protažením sloupu a vytvořením kloubového spoje pomocí čepu.



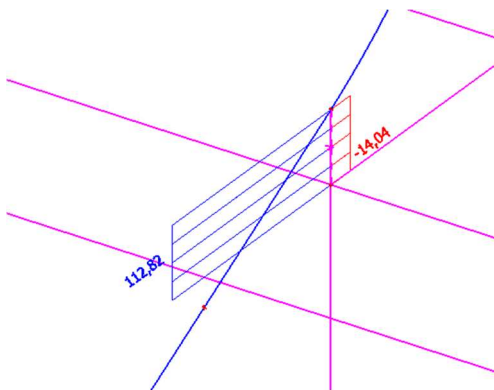
Obr. 37.: Schéma čepového spoje

### 8.2.1 Návrhové síly MSÚ

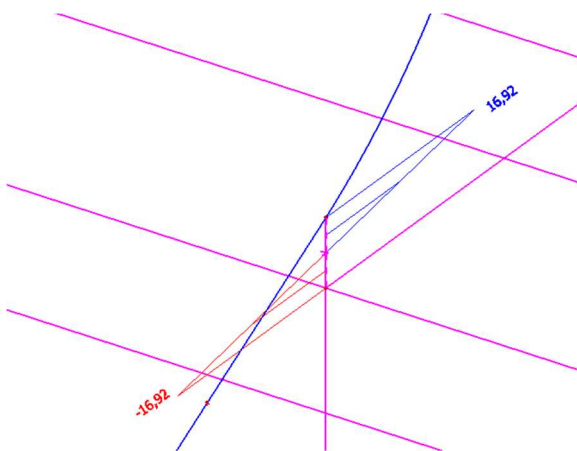
Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1968	Chodba - sloup - HEB240	0,000	MSU_06/1	<b>-1571,41</b>	-0,64	112,81	0,01	<b>-16,92</b>	2,04
B1969	Chodba - sloup - HEB240	0,150	MSU_07/2	<b>-39,57</b>	-0,08	-14,04	-0,01	-2,11	<b>-0,20</b>
B1968	Chodba - sloup - HEB240	0,000	MSU_01/5	-1543,15	<b>-0,68</b>	106,42	0,01	-15,96	<b>2,13</b>
B1968	Chodba - sloup - HEB240	0,000	MSU_07/2	-39,82	<b>-0,08</b>	<b>-14,04</b>	-0,01	2,11	-0,18
B1969	Chodba - sloup - HEB240	0,000	MSU_06/1	-1571,24	-0,64	<b>112,82</b>	<b>0,01</b>	0,00	1,94
B1968	Chodba - sloup - HEB240	0,000	MSU_08/6	-465,20	-0,30	12,63	<b>-0,01</b>	-1,89	0,57
B1969	Chodba - sloup - HEB240	0,150	MSU_06/1	-1571,08	-0,64	112,82	0,01	<b>16,92</b>	1,85

Tab. 5.: Návrhové síly v nejvíce namáhaném spoji sloupu s hlavním nosníkem

a) Obálka posouvajících sil ( $V_{Ed} = 112,82$  kN)



b) Návrhový moment  $M_y$  – nulový v místě kloubu



Obr. 38.: Návrhové síly pro spoj sloupu s hlavním nosníkem

$$F_{Ed} = \sqrt{N_{Ed}^2 + V_{z,Ed}^2} = \sqrt{1571,41^2 + 112,81^2} = 1575,45 \text{ kN}$$

### 8.2.2 Posouzení spoje

Návrh a posouzení přípoje podle tabulky 3.9 a tabulky 3.10 z ČSN EN 1993-1.8

Návrh:

$$t \geq 0,7 \sqrt{\frac{F_{Ed} \gamma_{M0}}{f_y}} = 0,7 \sqrt{\frac{1575,45 \cdot 1,0}{450 \cdot 1000}} = 41,42 \text{ mm};$$

$$t = 42 \text{ mm}$$

průměr čepu

$$d = 80 \text{ mm} < 2,5 \cdot t = 105 \text{ mm}$$

$$a \geq \frac{F_{Ed} \gamma_{M0}}{2t f_y} + \frac{2d_0}{3} = 96,3 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \gamma_{M0}}{2t f_y} + \frac{d_0}{3} = 69,0 \text{ mm}$$

plocha průřezu čepu

$$A = 0,005027 \text{ m}^2$$

jakostní třída čepu	8.8
mez kluzu plechu	$f_y = 440 \text{ MPa}$
mez kluzu čepu	$f_{yp} = 640 \text{ MPa}$
mez pevnosti čepu	$f_{up} = 800 \text{ MPa}$

Únosnost čepu ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = 0,6 * A * f_{up} / \gamma_{M2} = 0,6 * 0,005027 * 800 * 1000 / 1,25 = 1930,20 \text{ kN} > 1575,45 \text{ kN}$$

**vyhovuje**

Únosnost plechu a čepu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = 1,5 * t * d * f_y / \gamma_{M0} = 1,5 * 0,042 * 0,080 * 440 * 1000 / 1,0 = 2217,60 \text{ kN} > 1575,45 \text{ kN}$$

**vyhovuje**

Únosnost plechu a čepu v ohybu:

$$M_{ed} = F_{Ed} * (b + 4c + 2a) / 8 = 1575,45 * (0,042 + 4 * 0,001 + 2 * 0,021) / 8 = 17,33 \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = 1,5 * W_{el} * f_{yp} / \gamma_{M0} = 1,5 * \frac{\pi d^3}{32} * 640 * 1000 / 1,0 = 48,25 \text{ kNm} > 17,33 \text{ kNm}$$

**vyhovuje**

Únosnost čepu při kombinaci stříhu a ohybu:

$$(M_{ed}/M_{rd})^2 + (F_{v,Ed}/F_{v,Rd})^2 = 0,129 + 0,666 = 0,795 < 1$$

**vyhovuje**

Posouzení svaru mezi hlavním nosníkem a plechem čep:

Plocha svaru při účinné tloušťce svaru  $a = 8 \text{ mm}$        $A_v = 6192 \text{ mm}^2$

Moment setrvačnosti svarového obrazce       $I_y = 1,02 * 10^8 \text{ mm}^4$

Průřezový modul svarového obrazce       $W_y = 5,29 * 10^5 \text{ mm}^3$

Smykové napětí – rovnoběžné       $\tau_{II} = \frac{\cos(62,217^\circ) * N_{Ed}}{A_v} = \frac{732,472}{0,006192} = 118,29 \text{ MPa}$

Smykové napětí – kolmé       $\tau_{\perp} = \frac{M_y}{W_y \sqrt{2}} = \frac{233,7}{0,000588 * \sqrt{2}} = 22,60 \text{ MPa}$

Normálové napětí       $\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 22,60 \text{ MPa}$

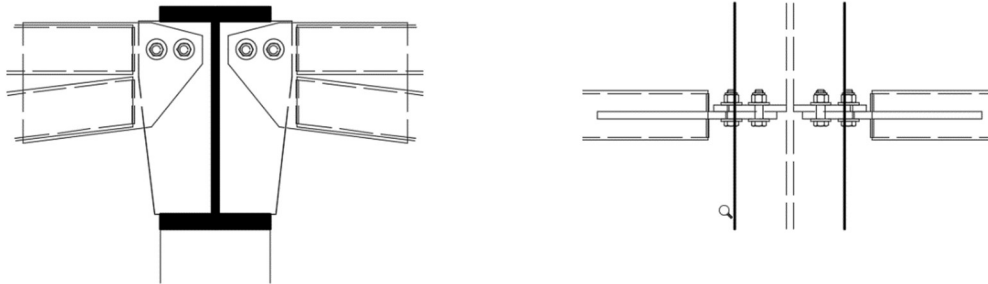
$$\sigma_{\perp} = 22,60 < \frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 366,7 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} = 209,82 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}} = \frac{550}{1 * 1,5} = 366,7 \text{ MPa}$$

**vyhovuje**

### 8.3 Střešního příhradového nosníku – hlavní nosník

Spoj navržen jako jednostranný přeplátovaný spoj s jednou řadou šroubů (2 šrouby s roztečí  $p=100 \text{ mm}$ ) podle ČSN EN 1993-1-8 tabulka 3.4. Návrh se zabývá horním vazníkem, pro spodní vazník bude použit stejný typ spoje a stejné spojovací prostředky. Oba vazníky budou připojeny na jeden plech, který bude zároveň tvořit výztuhu hlavního nosníku.



Obr. 39.: Schéma jednostranného přeplátovaného spoje

#### 8.3.1 Návrhové síly MSÚ

Návrhové síly jsou určeny ze dvou kombinací, při kterých nastává maximální tlak a maximální moment v přípoji. Momentové síly jsou rozloženy jako dvojice sil a přičteny k výsledné návrhové hodnotě.

$$N_{Ed,1} = 372,74 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,2} = 187,61 \text{ kN}$$

$$V_{y,1} = 11,42 \text{ kN}$$

$$V_{y,2} = 31,86 \text{ kN}$$

$$V_{z,1} = 13,20 \text{ kN}$$

$$V_{z,2} = 21,82 \text{ kN}$$

$$M_{y,1} = 10,64 \text{ kNm}$$

$$M_{y,2} = 41,65 \text{ kNm}$$

$$M_{z,1} = 3,06 \text{ kNm}$$

$$M_{z,2} = 8,67 \text{ kNm}$$

Posouvající síla od momentu  $M_y$ ;  $V_{z,my,i} = M_{y,i} / (2 * p)$

$$V_{z,my,1} = 10,64 / (2 * 0,1) = 53,2 \text{ kN}$$

$$V_{z,my,2} = 41,65 / (2 * 0,1) = 208,25 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,1} = V_{z,1} + V_{z,my,1} = 66,4 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,2} = V_{z,2} + V_{z,my,2} = 230,07 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed,1} = \sqrt{V_{z,Ed,1}^2 + N_{Ed,1}^2} = \sqrt{66,4^2 + 372,7^2}$$

$$F_{v,Ed,2} = \sqrt{V_{z,Ed,2}^2 + N_{Ed,2}^2} = \sqrt{230,1^2 + 187,6^2}$$

$$F_{v,Ed,1} = 378,61 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed,2} = 296,87 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \max (F_{v,Ed,1}; F_{v,Ed,1}) = 378,61 \text{ kN}$$

$$\text{Posouvající síla od momentu } M_z; V_{y,mz} = M_z / (2 * p) = 8,67 / (2 * 0,1) = 43,35 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = V_{y,mz} + V_y = 43,35 + 31,86 = 75,21 \text{ kN}$$

### 8.3.2 Posouzení spoje

Návrh a posouzení přípoje podle tabulky 3.3 a tabulky 3.14 z ČSN EN 1993-1-8

Návrh:	2 x M30 8.8 opatřené podložkou pod hlavou i maticí	
tl. plechu	t = 25 mm	
rozteč šroubů	p = 100 mm;	2,2d <sub>0</sub> = 70,4 < p < min (14t; 200) = 200
vzdálenost od kraje	e = 50 mm;	1,2d <sub>0</sub> = 38,4 < e < 4t + 40 mm = 140
plocha šroubu	A = 707 mm <sup>2</sup>	
účinná plocha	A <sub>s</sub> = 561 mm <sup>2</sup>	
mez pevnosti plechu	f <sub>u</sub> = 550 MPa	
mez kluzu šroubu	f <sub>yb</sub> = 640 MPa	
mez pevnosti šroubu	f <sub>ub</sub> = 800 MPa	

Únosnost ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \alpha_v * A * f_{ub} / \gamma_{M2} = 0,6 * 0,000707 * 800 * 1000 / 1,25 = 271,43 \text{ kN}$$

$$n * F_{v,Rd} = 2 * 271,43 = 542,86 \text{ kN} > F_{v,Ed} = 378,61 \text{ kN}$$

#### **vyhovuje**

Únosnost v otlacení – podle ČSN EN 1993-1-8 rovnice 3.2 – jednostřížné překlátované spoje:

$$F_{b,Rd} = 1,5 * t * d * f_u / \gamma_{M2} = 1,5 * 0,025 * 0,030 * 550 * 1000 / 1,25 = 495 \text{ kN}$$

$$n * F_{b,Rd} = 2 * 495 = 990 \text{ kN} > F_{v,Ed} = 378,61 \text{ kN}$$

#### **vyhovuje**

Únosnost v tahu:

$$F_{t,Rd} = k_2 * f_{ub} * A_s / \gamma_{M2} = 0,9 * 800 * 1000 * 0,000561 / 1,25 = 323,14 \text{ kN}$$

$$n * F_{t,Rd} = 2 * 323,14 = 646,27 \text{ kN} > F_{t,Ed} = 75,21 \text{ kN}$$

#### **vyhovuje**

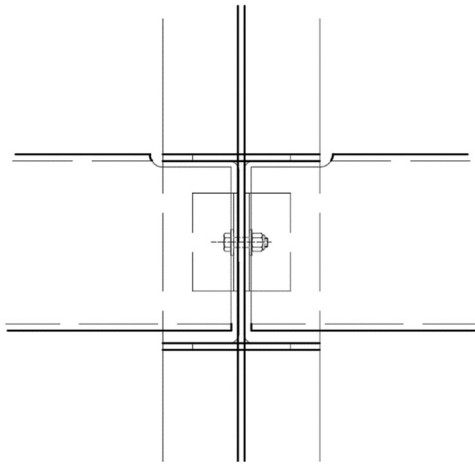
Kombinace stříhu a tahu:

$$F_{v,Ed}/F_{v,Rd} + F_{t,Ed}/1,4F_{t,Rd} = 0,697 + 0,116 = 0,813 < 1$$

**vyhovuje**

## 8.4 Podélný nosník chodby – příčný nosník chodby

Spoj podélného nosníku chodby a příčného nosníku chodby navržen jako kloubový spoj pomocí úhelníků, upálené horní pásnice a jedné řady šroubů.



Obr. 40.: Schéma přípoje pomocí úhelníku

### 8.4.1 Návrhové síly MSÚ

Návrhová síla spočítána pro šroubovaný přípoj úhelníku na stojinu podélného nosníku (tzn. včetně účinků normálové síly). Z konstrukčních důvodů může být použit též spoj svařovaný s koutovým svarem a účinnou šířkou svaru 3 mm.

$$N_{Ed} = 69,69 \text{ kN}$$

$$V_z = 12,77 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \sqrt{V_z^2 + N_{Ed}^2} = \sqrt{12,77^2 + 69,69^2} = 70,85 \text{ kN}$$

### 8.4.2 Posouzení spoje

Návrh a posouzení přípoje podle tabulky 3.3 a tabulky 3.14 z ČSN EN 1993-1.8

Návrh: 2 x M16 5.6

tl. úhelníku 70x7 t = 7 mm

tl. stojiny IPE 270 s = 7 mm

rozteč šroubů p = 50 mm;  $2,2d_0 = 39,6 < p < \min(14t; 200) = 98$

vzdálenost od kraje	$e = 30 \text{ mm};$	$1,2d_0 = 21,6 < e < 4t + 40 \text{ mm} = 68$
plocha šroubu	$A = 201 \text{ mm}^2$	
účinná plocha	$A_s = 157 \text{ mm}^2$	
mez pevnosti plechu	$f_u = 550 \text{ MPa}$	
mez kluzu šroubu	$f_{yb} = 300 \text{ MPa}$	
mez pevnosti šroubu	$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$	

Únosnost ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \alpha_v * A * f_{ub} / \gamma_{M2} = 0,6 * 0,000201 * 500 * 1000 / 1,25 = 48,25 \text{ kN}$$

$$n * F_{v,Rd} = 2 * 48,25 = 96,51 \text{ kN} > F_{v,Ed} = 70,85 \text{ kN}$$

**vyhovuje**

Únosnost v otláčení – podle ČSN EN 1993-1-8 rovnice 3.2 – jednostřížné překlátované spoje:

$$F_{b,Rd} = k_1 * \alpha_b * t * d * f_u / \gamma_{M2} = 2,19 * 0,91 * 0,007 * 0,016 * 550 * 1000 / 1,25 = 98,06 \text{ kN}$$

$$n * F_{b,Rd} = 2 * 98,06 = 196,12 \text{ kN} > F_{v,Ed} = 70,85 \text{ kN}$$

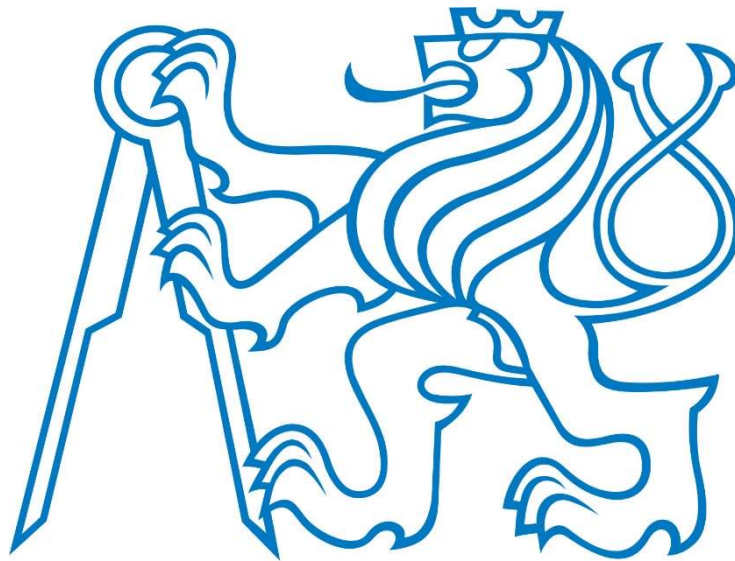
**vyhovuje**

## 8.5 Ostatní svařované spoje

Ostatní spoje jsou navrženy jako svařované s koutovým svarem podle ČSN EN 1993-1-8 kapitola 4.5.3.3 o účinné tloušťce koutového svaru odpovídající tloušťce spojovaného materiálu.

# Diplomová práce

## Výkresová část

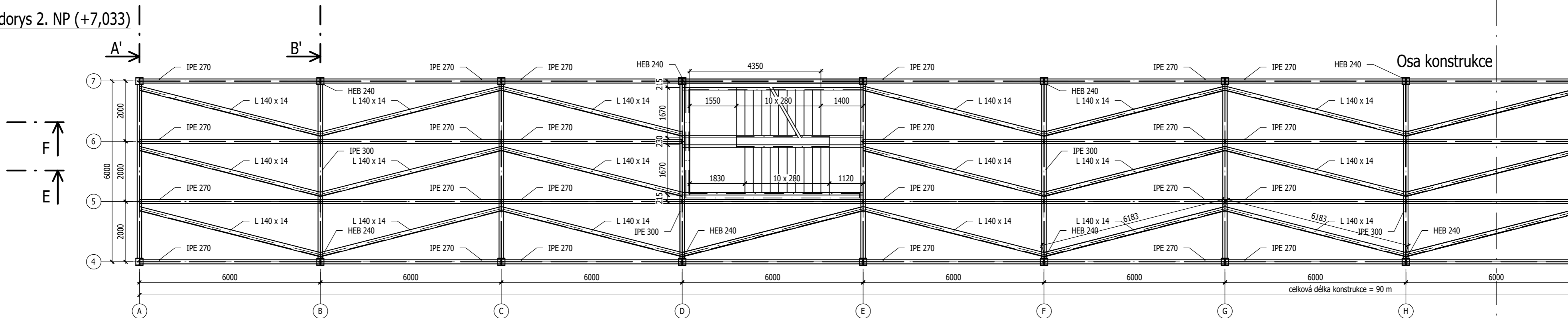


Datum: 6. 1. 2017

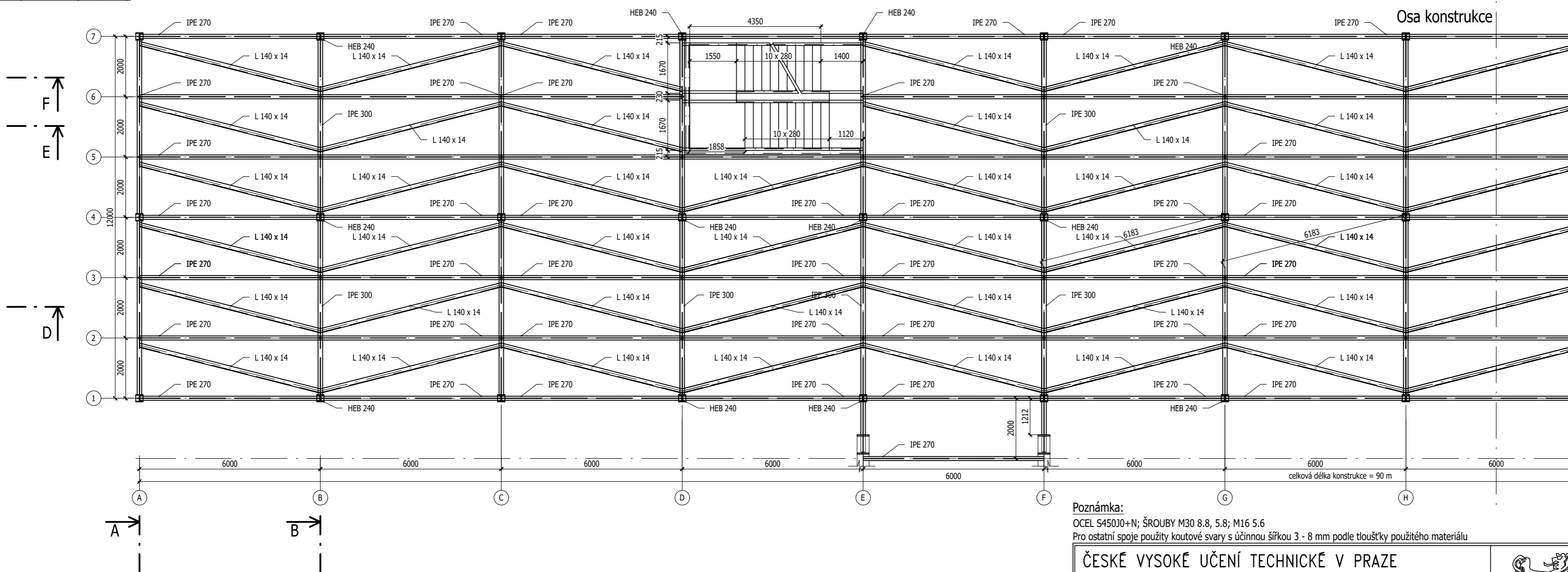
Vypracoval: Bc. Michal Ondrušek




Půdorys 2. NP (+7,033)



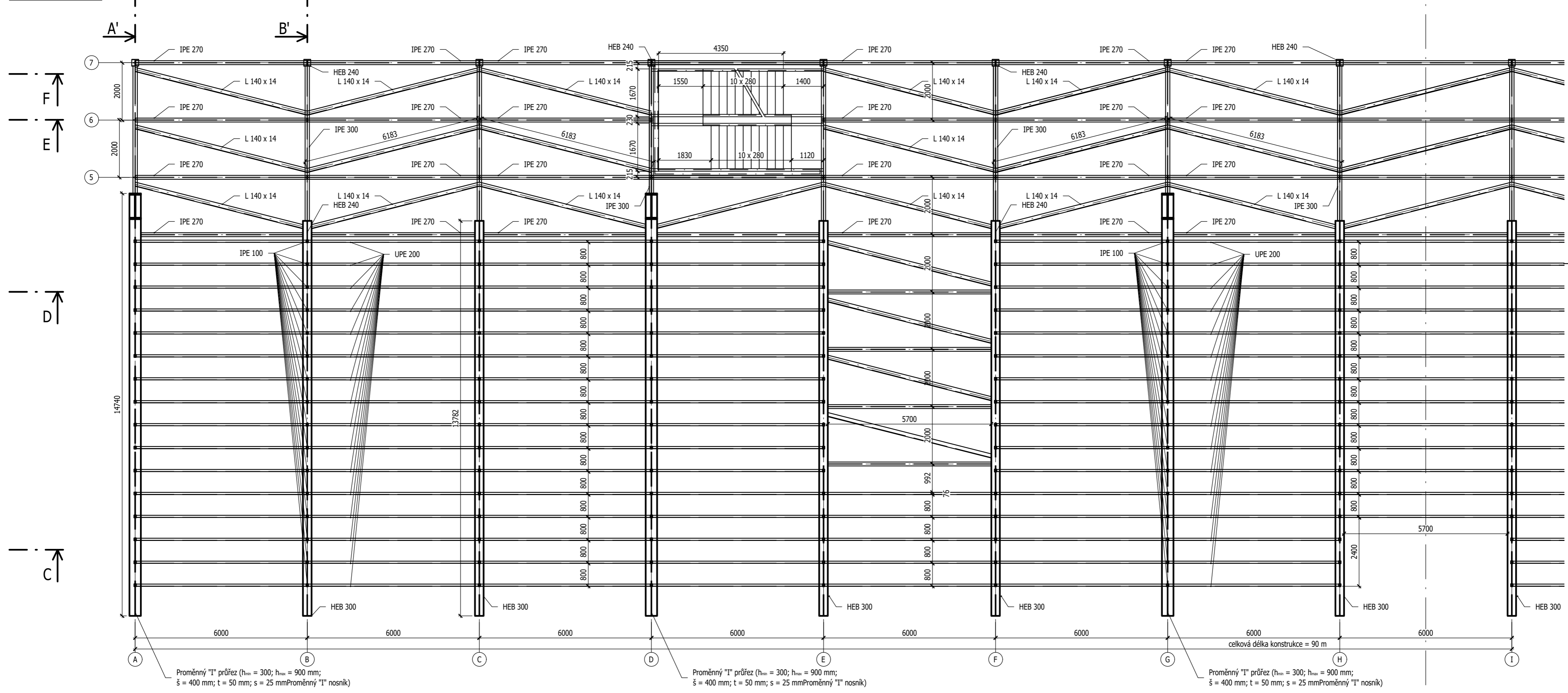
Půdorys 1. NP (+3,700)



Poznámka:  
 OCEL S450JO+N; ŠROUBY M30 8.8, 5.8; M16 5.6  
 Pro ostatní spoje použity koutové svary s účinnou šířkou 3 - 8 mm podle tloušťky použitého materiálu

<b>ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE</b> FAKULTA STAVEBNÍ – KATEDRA OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: Bc. Michal Ondrušek	VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE: Doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	
TEMA DIPLOMOVÉ PRÁCE <b>Tribuna fotbalového stadionu v Sokolově</b>		MĚŘITKO: 1:100
NÁZEV VÝKRESU: Půdorys 1. NP a 2. NP		DATUM: leden 2017
		ČÍSLO VÝKRESU: <b>1</b>

Půdorys tribuny



Proměnný "I" průřez ( $h_{min} = 300$ ;  $h_{max} = 900$  mm;  
 $\bar{s} = 400$  mm;  $t = 50$  mm;  $s = 25$  mm Proměnný "I" nosník)

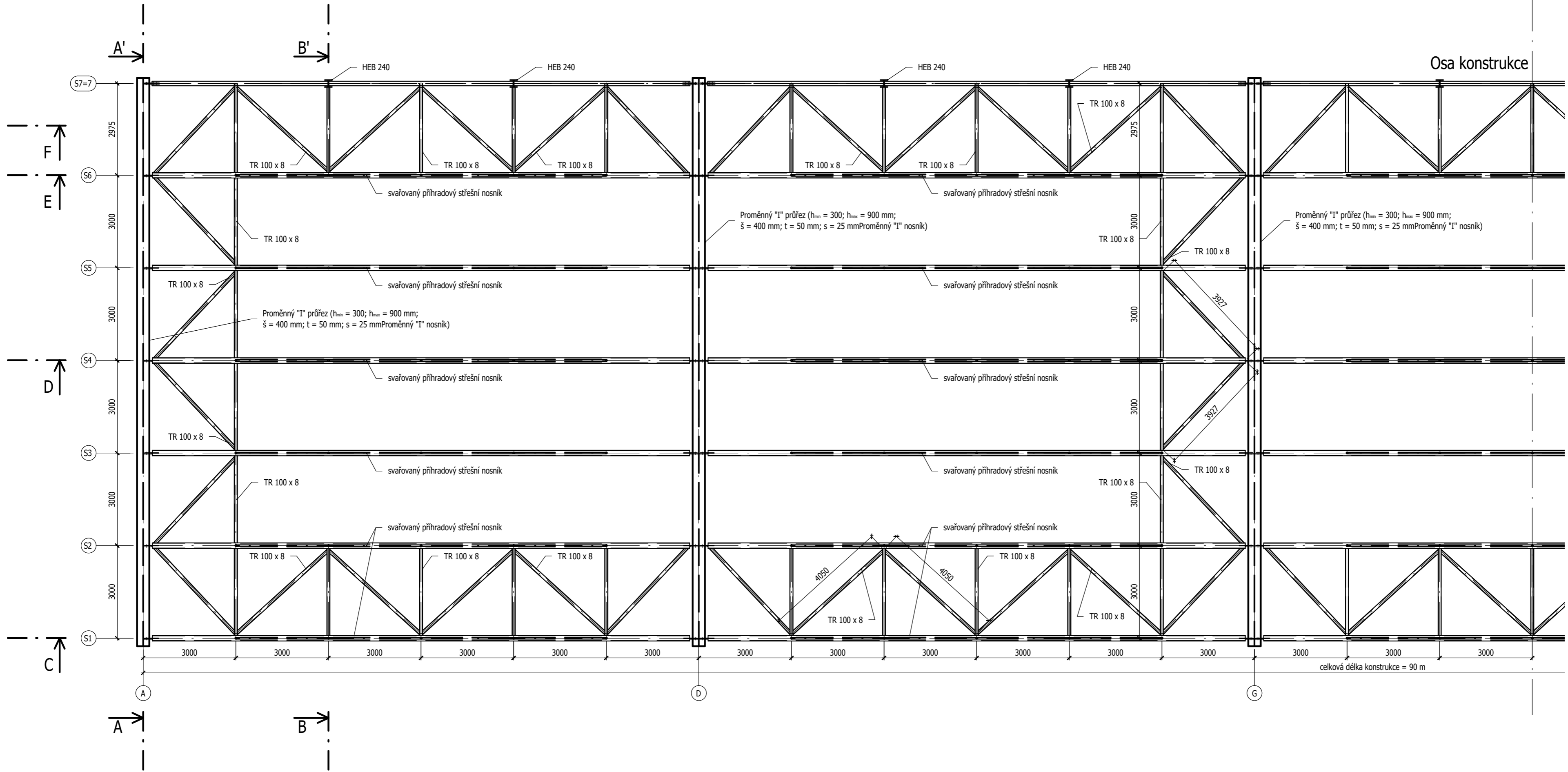
Proměnný "I" průřez ( $h_{min} = 300$ ;  $h_{max} = 900$  mm;  
 $\bar{s} = 400$  mm;  $t = 50$  mm;  $s = 25$  mm Proměnný "I" nosník)

Proměnný "I" průřez ( $h_{min} = 300$ ;  $h_{max} = 900$  mm;  
 $\bar{s} = 400$  mm;  $t = 50$  mm;  $s = 25$  mm Proměnný "I" nosník)

Poznámka:  
 OCEĽ S450J0+N  
 ŠROUBY M30 8.8, 5.8; M16 5.6  
 Pro ostatní spoje použity koutové svary s účinnou šířkou 3 - 8 mm podle tloušťky použitého materiálu

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ – KATEDRA OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: Bc. Michal Ondrušek	VEDOUČÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE: Doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	
TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE Tribuna fotbalového stadionu v Sokolově		MĚŘÍTKO: 1:100
NÁZEV VÝKRESU: Půdorys tribuny		DATUM: leden 2017
		ČÍSLO VÝKRESU: 2

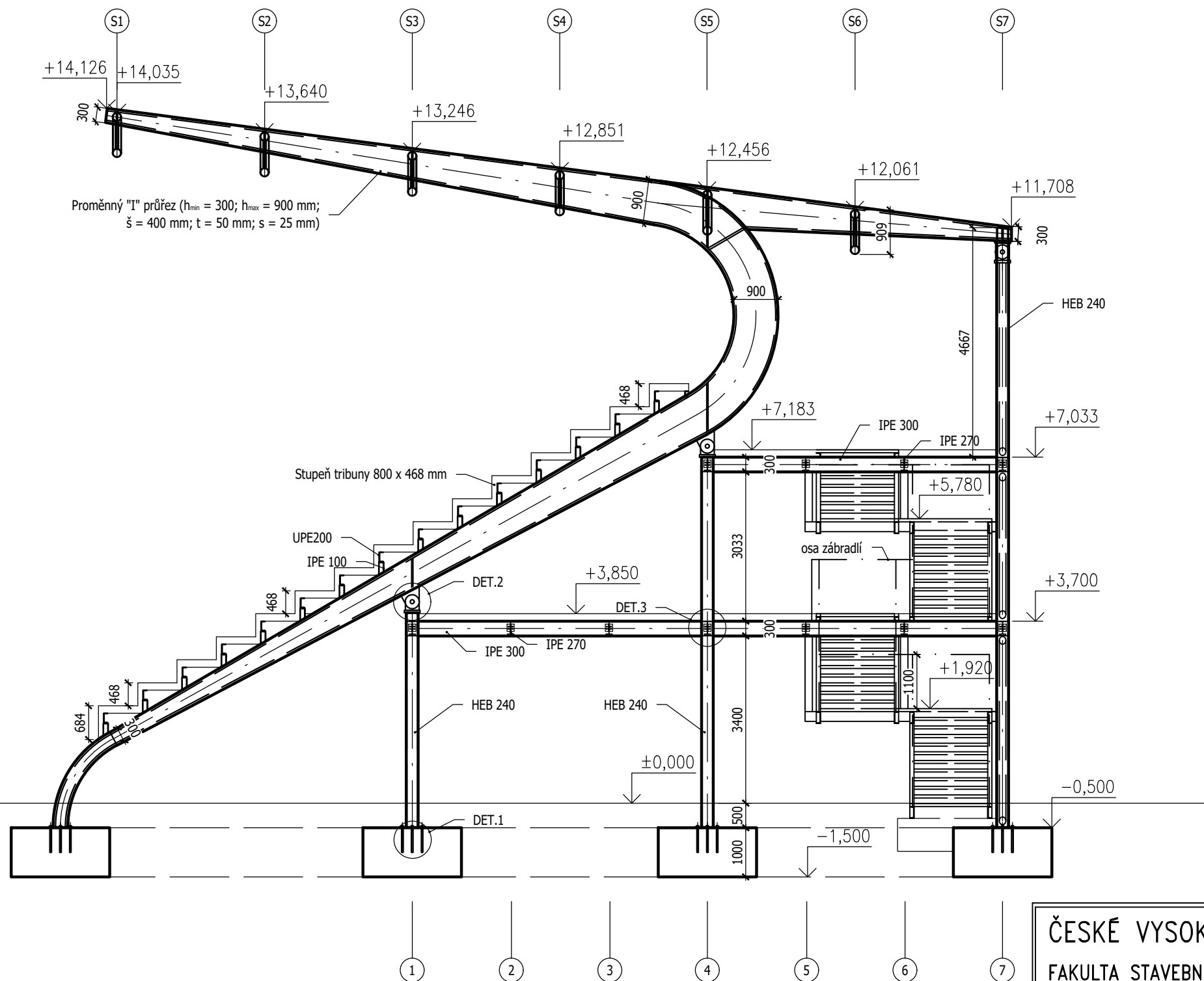
Půdorys střechy



Poznámka:  
 OCEĽ S450J0+N  
 ŠROUBY M30 8.8, 5.8; M16 5.6  
 Pro ostatní spoje použity koutové svary s účinnou šířkou 3 - 8 mm podle tloušťky použitého materiálu

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ – KATEDRA OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: Bc. Michal Ondrušek	VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE: Doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	
TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE Tribuna fotbalového stadionu v Sokolově		MĚŘÍTKO: 1:100
NÁZEV VÝKRESU: Půdorys střechy		DATUM: leden 2017
		ČÍSLO VÝKRESU: 3

# Řez A-A'

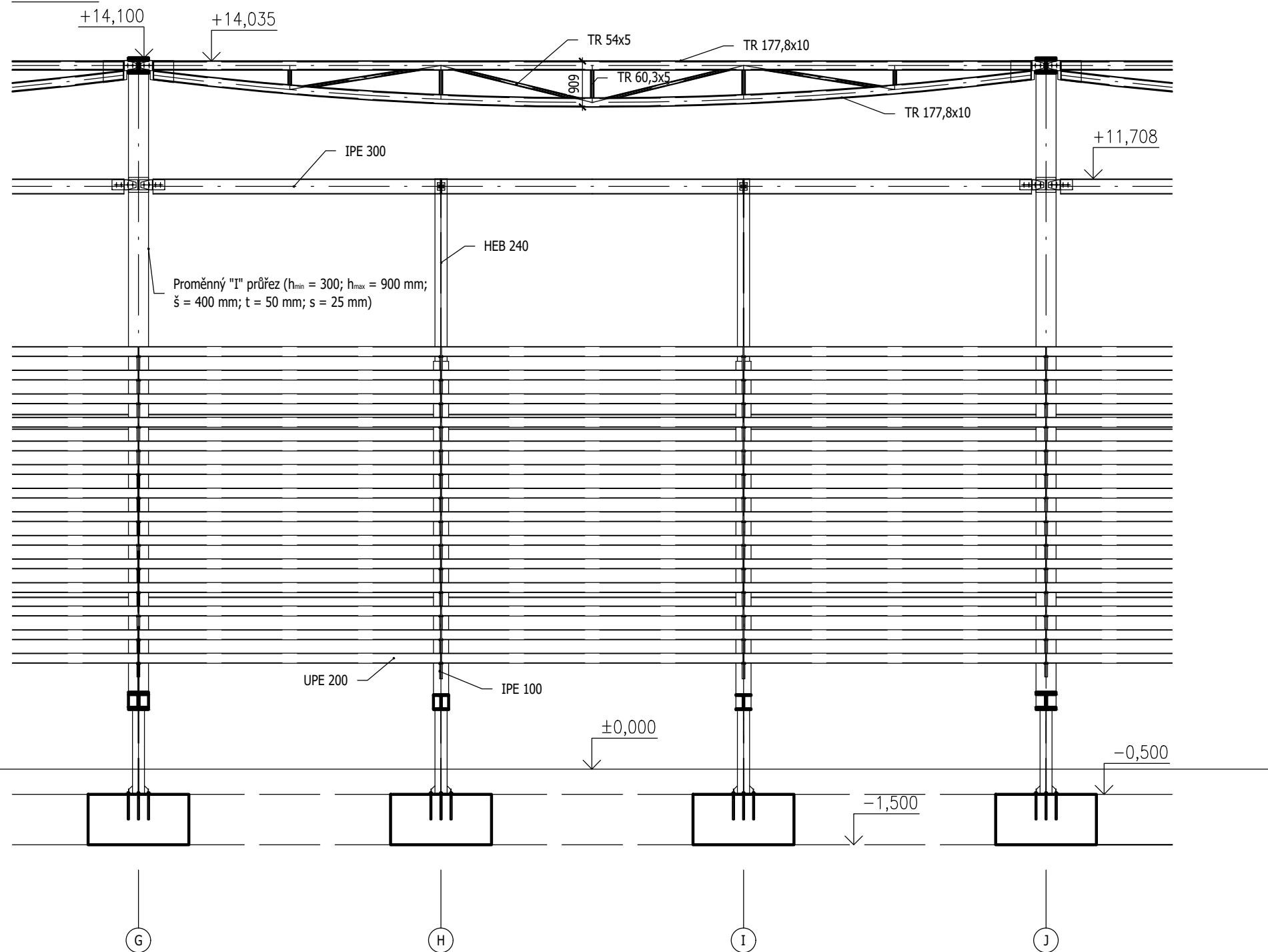


Poznámka:  
 OCEL S450J0+N  
 ŠROUBY M30 8.8, 5.8; M16 5.6  
 Pro ostatní spoje použity koutové svary s účinnou šířkou 3 - 8 mm podle tloušťky použitého materiálu

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ – KATEDRA OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: Bc. Michal Ondrušek	VEDOUČÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE: Doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	
TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE Tribuna fotbalového stadionu v Sokolově		MĚŘÍTKO: 1:100
NÁZEV VÝKRESU: Řez A-A'		DATUM: leden 2017
		ČÍSLO VÝKRESU: 4



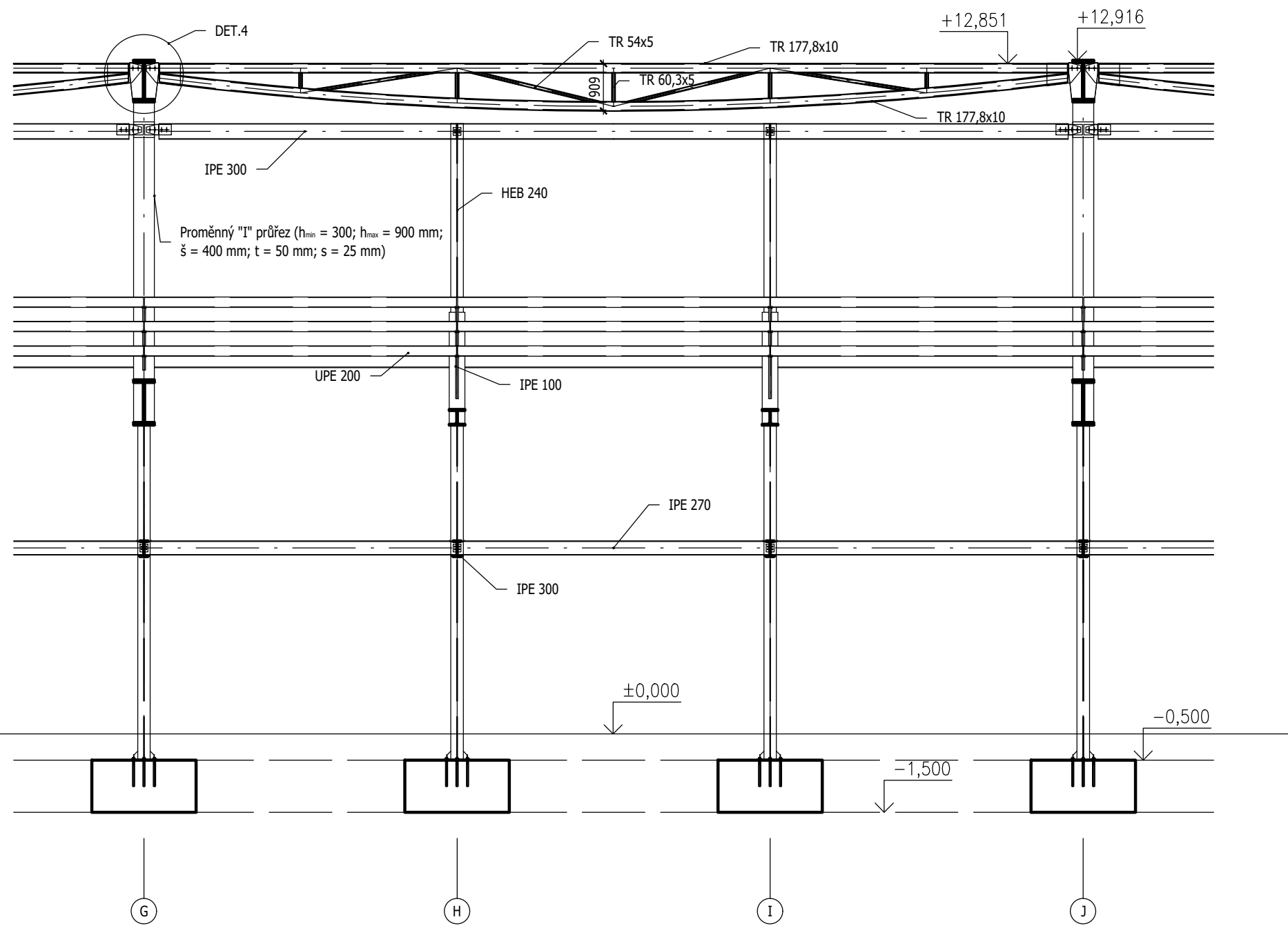
# Řez C-C'



Poznámka:  
 OCEL S450J0+N  
 ŠROUBY M30 8.8, 5.8; M16 5.6  
 Pro ostatní spoje použity koutové svary s účinnou šířkou 3 - 8 mm podle tloušťky použitého materiálu

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ – KATEDRA OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: Bc. Michal Ondrušek	VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE: Doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	
TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE Tribuna fotbalového stadionu v Sokolově		MĚŘÍTKO: 1:100
NÁZEV VÝKRESU: Řez C-C'		DATUM: leden 2017
		ČÍSLO VÝKRESU: 6

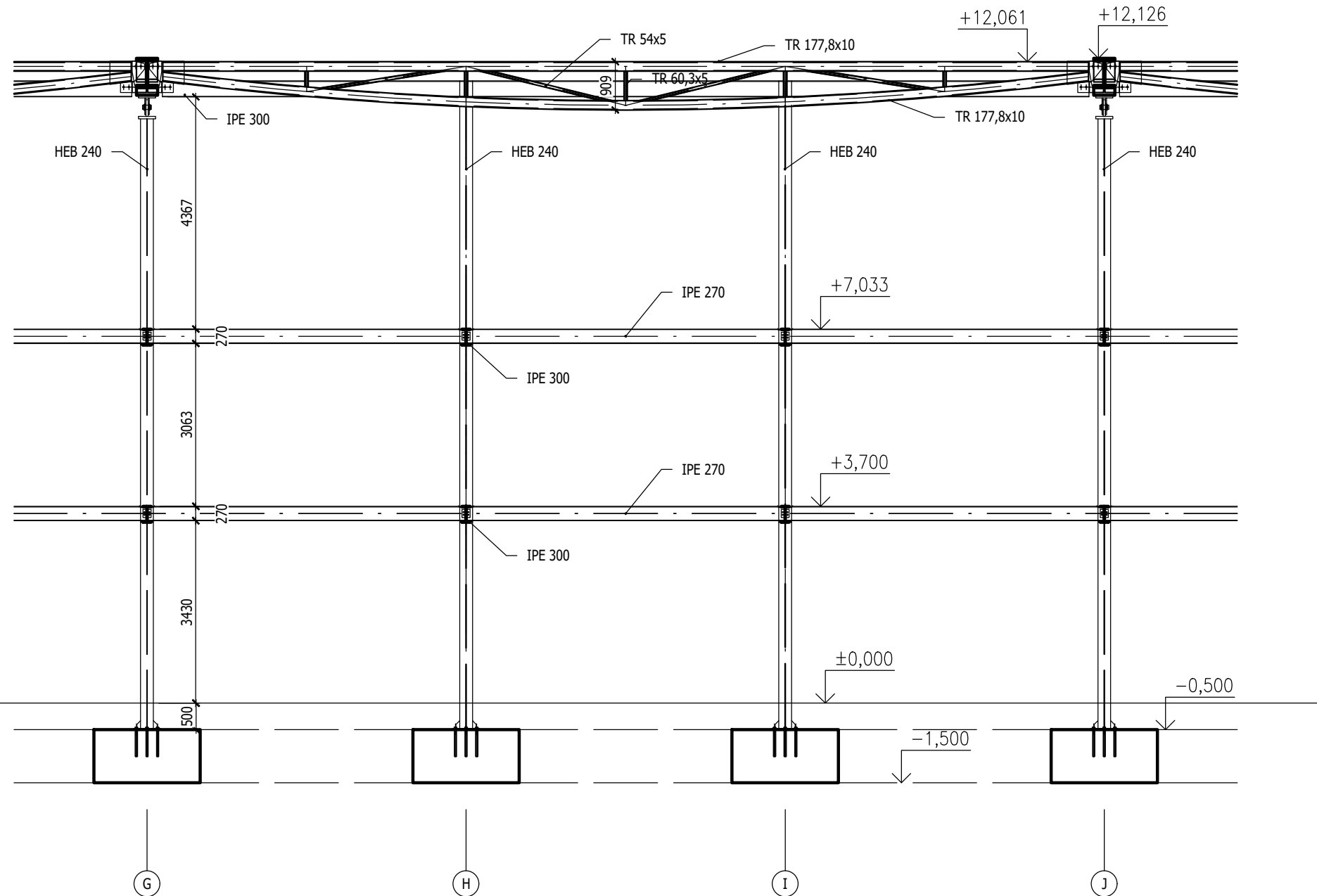
# Řez D-D'



Poznámka:  
 OCEL S450J0+N  
 ŠROUBY M30 8.8, 5.8; M16 5.6  
 Pro ostatní spoje použity koutové svary s účinnou šířkou 3 - 8 mm podle tloušťky použitého materiálu

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ – KATEDRA OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: Bc. Michal Ondrušek	VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE: Doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	
TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE Tribuna fotbalového stadionu v Sokolově		MĚŘÍTKO: 1:100
		DATUM: leden 2017
NÁZEV VÝKRESU: Řez D-D'		ČÍSLO VÝKRESU: 7

# Řez E-E'

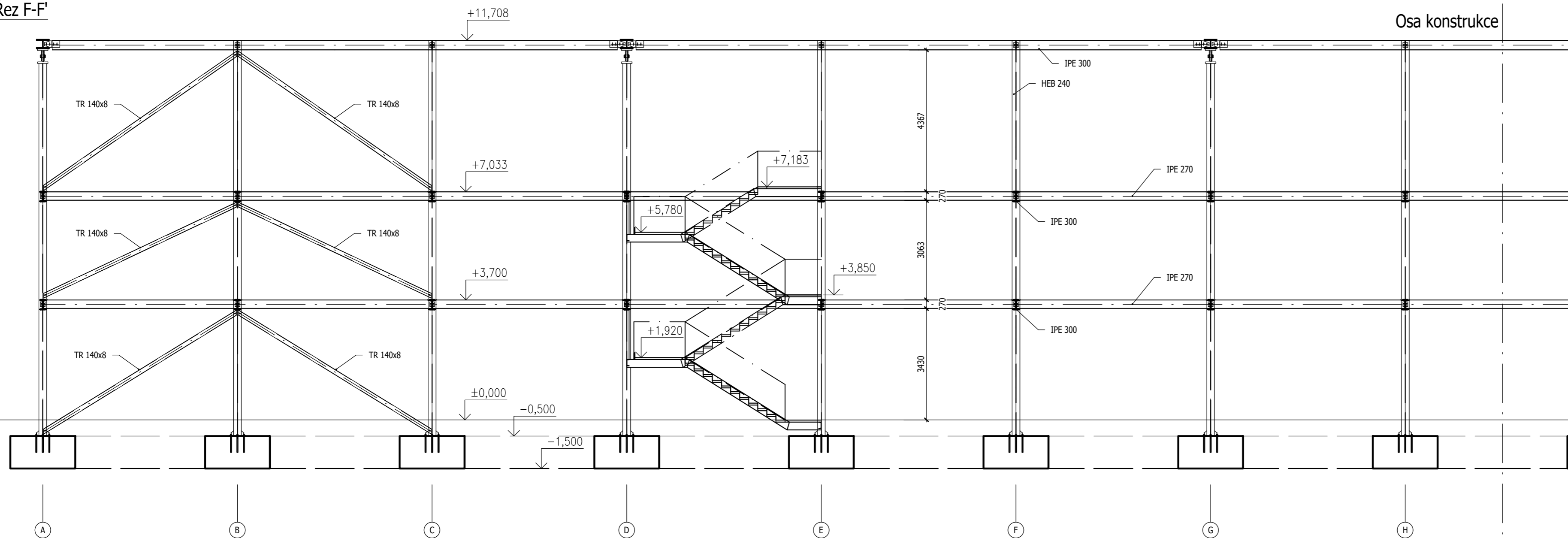


Poznámka:  
 OCEL S450J0+N  
 ŠROUBY M30 8.8, 5.8; M16 5.6  
 Pro ostatní spoje použity koutové svary s účinnou šířkou 3 - 8 mm podle tloušťky použitého materiálu


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ – KATEDRA OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: Bc. Michal Ondrušek	VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE: Doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš	
TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE Tribuna fotbalového stadionu v Sokolově		MĚŘÍTKO: 1:100
NÁZEV VÝKRESU: Řez E-E'		DATUM: leden 2017
		ČÍSLO VÝKRESU: 8



Řez F-F'

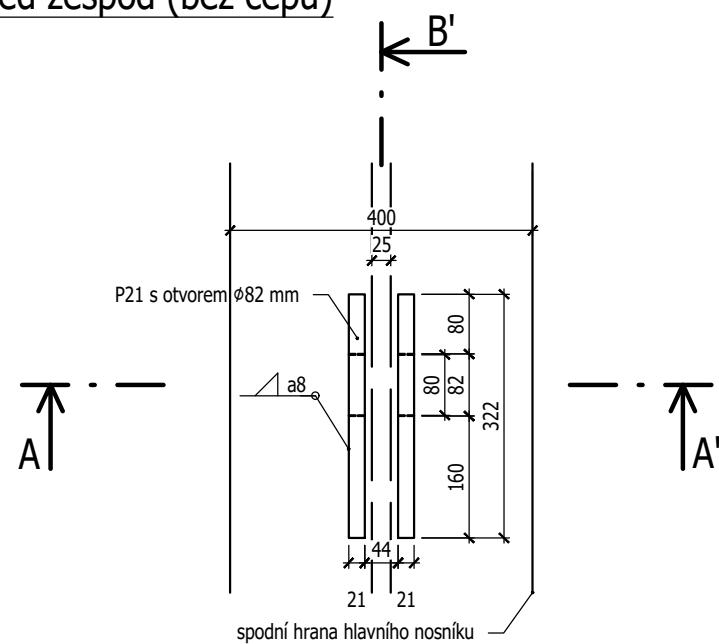


Poznámka:  
 OCEL S450J0+N  
 ŠROUBY M30 8.8, 5.8; M16 5.6  
 Pro ostatní spoje použity koutové svary s účinnou šířkou 3 - 8 mm  
 podle tloušťky použitého materiálu

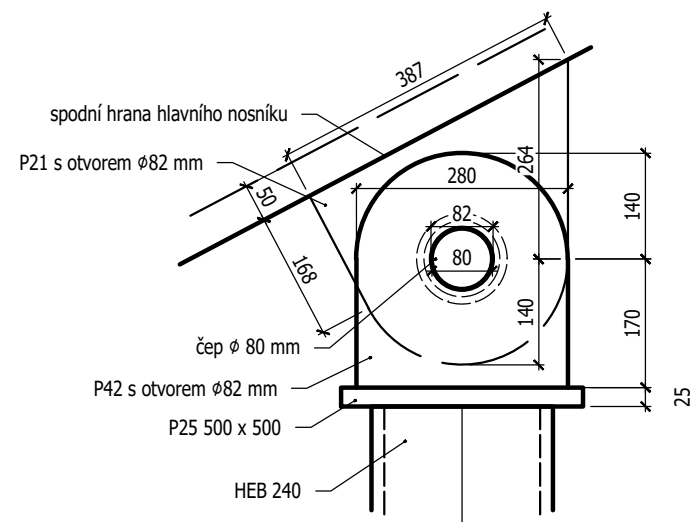
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ – KATEDRA OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ			
VYPRACOVAL: Bc. Michal Ondrušek	VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE: Doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš		
TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE Tribuna fotbalového stadionu v Sokolově		MĚŘÍTKO: 1:100	
		DATUM: leden 2017	
NÁZEV VÝKRESU: Půdorys		ČÍSLO VÝKRESU: 9	



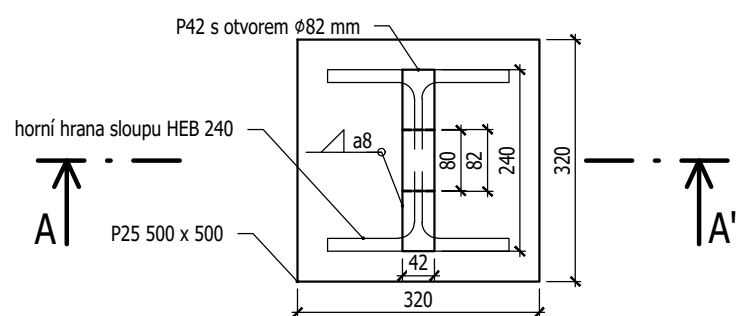
Pohled zespod (bez čepu)



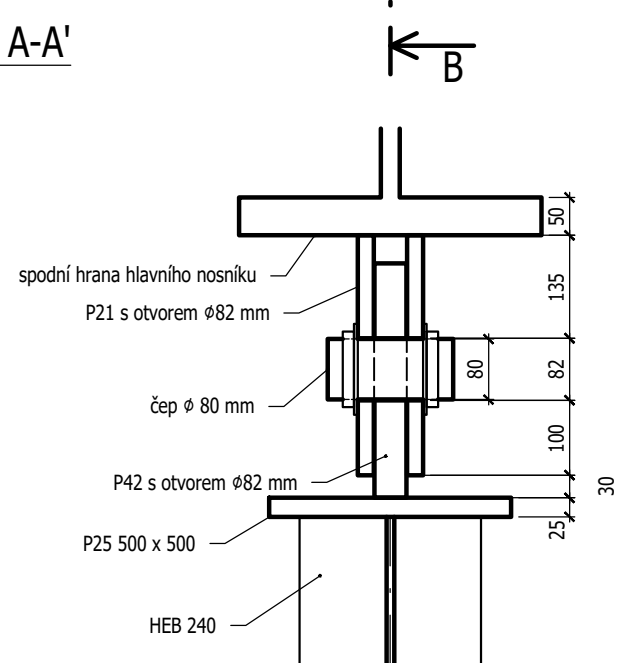
Řez B-B'



Pohled zeshora (bez čepu)



Řez A-A'



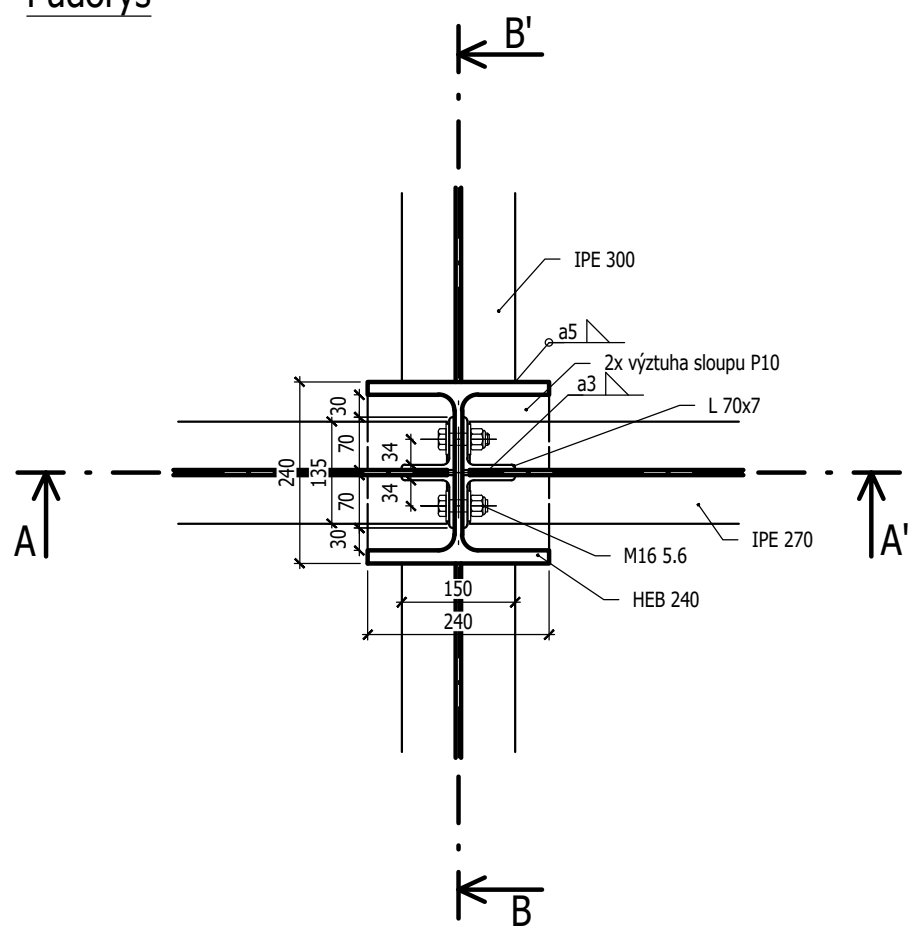
Poznámka:

OCEL S450J0+N

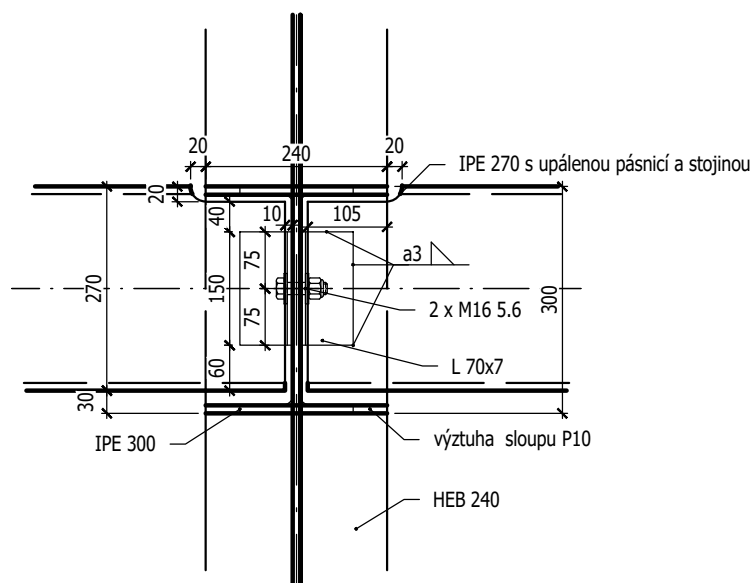
Koutový svar s účinnou šířkou 8 mm po celém obvodu čepového plechu na spoji s hlavním nosníkem a čelní deskou sloupu

<p>ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ – KATEDRA OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ</p>		
<p>VYPRACOVAL: Bc. Michal Ondrušek</p>	<p>VEDOUČÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE: Doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš</p>	
<p>TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE Tribuna fotbalového stadionu v Sokolově</p>		<p>MĚŘÍTKO: 1:10</p>
		<p>DATUM: leden 2017</p>
<p>NÁZEV VÝKRESU: Detail 2 – spoj hlavní nosník – sloup</p>		<p>ČÍSLO VÝKRESU: 11</p>

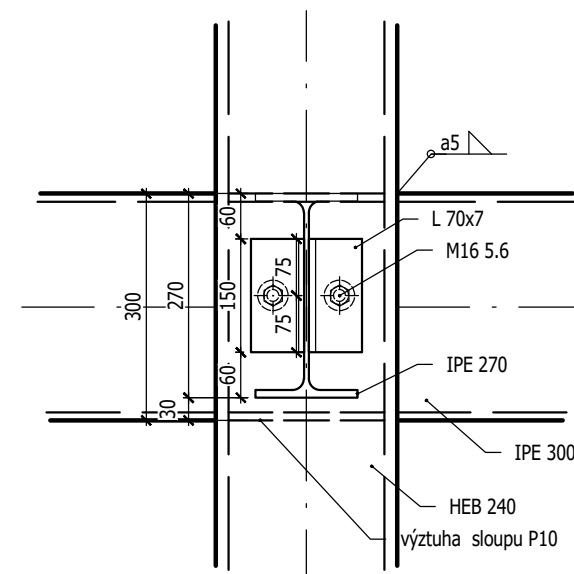
Půdorys



Řez A-A'



Řez B-B'

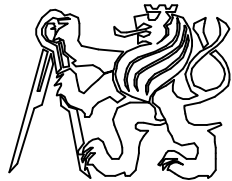


Poznámka:

OCEL S450J0+N

ŠROUBY M16 5.6

Koutový svar s účinnou šířkou 5 mm po celém obvodu příčného nosníku IPE 300 na styku se sloupem a koutový svar s účinnou šířkou 3 mm po obvodu úhelníku L 70x7 na styku se stojinou podélného nosníku IPE 270

<p>ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE          FAKULTA STAVEBNÍ – KATEDRA OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ</p>		
<p>VYPRACOVAL:          Bc. Michal Ondrušek</p>	<p>VEDOUČÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE:          Doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš</p>	
<p>TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE</p> <p>Tribuna fotbalového stadionu v Sokolově</p>		<p>MĚŘÍTKO: 1:10</p>
<p>NÁZEV VÝKRESU:</p> <p>Detail 3 – spoj nosníky – sloup</p>		<p>DATUM: leden 2017</p>
		<p>ČÍSLO VÝKRESU:</p> <p>12</p>

