



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

Faculty of Civil Engineering  
Department of Steel and Timber Structures

**OCELOVÁ ROZHLEDNA RŮŽOVSKÝ VRCH**

Steel Lookout Tower Růžovský vrch

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
Master's thesis

**AUTOR PRÁCE**  
Author

Bc. Lucie Rumlenová

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
Supervisor

doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš

Praha 2017



## Obsah:

ČÁST I.:	Úvodní listy		
ČÁST II.:	Technická zpráva ke studii konstrukčních variant		
ČÁST III.:	Studie konstrukčních variant		
ČÁST IV.:	Technická zpráva		
ČÁST V.:	Statický výpočet		
ČÁST VI.:	Přílohy ke statickému výpočtu		
ČÁST VII.:	Výkresová dokumentace:	Oddíl A	Dispoziční výkresy
		Oddíl B	Konstrukční detaily



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

Faculty of Civil Engineering  
Department of Steel and Timber Structures

**OCELOVÁ ROZHLEDNA RŮŽOVSKÝ VRCH**  
Steel Lookout Tower Růžovský vrch

**ČÁST I.: Úvodní listy**  
Introductory sheets

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
Master's thesis

**AUTOR PRÁCE**  
Author

Bc. Lucie Rumlenová

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
Supervisor

doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš

Praha 2017



# SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Lucie Rumlenová

Název diplomové práce: Ocelová rozhledna Růžovský vrch

Základní část: Ocelová konstrukce rozhledny podíl: 100 %

Formulace úkolů: Statický výpočet, technická zpráva, výkresová dokumentace

Podpis vedoucího DP: 

Datum: 3.3.2017

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)



## Abstrakt

Předmětem diplomové práce je návrh a následný statický posudek ocelové konstrukce rozhledny na Růžovském vrchu. Součástí práce je rovněž studie konstrukčních variant ve vybraném území. Porovnávány jsou tři možnosti konstrukčního řešení, které se liší zejména svým půdorysem a rozestavěním hlavních nosných sloupů.

Svislou nosnou konstrukci vybrané varianty po drobné modifikaci tvoří šest zakřivených sloupů. Půdorys je tvaru pravidelného šestiúhelníku, který má délku strany v každém z pater odlišnou. Vyhlídkové plošiny jsou pak konstruovány jako rastr vodorovných nosníků, na které je kladen pochozí ocelový rošt. Schodiště je navrženo vřetenové, pravotočivé. Prostorovou stabilitu navíc zajišťují tuhá diagonální ztužidla. Hlavní vyhlídková plošina rozhledny je ve výšce + 30,060 m, celková výška konstrukce po hřeben zastřešení je pak + 34,410 m. Veškeré ocelové prvky konstrukce budou opatřeny protikorozní ochranou žárovým zinkováním.

Výpočetní model je vytvořen jako obecná prutová 3D konstrukce. Spoje jsou z velké části uvažovány kloubové, pouze v nutných případech byl použit spoj vetknutý a to k zajištění stability dané části konstrukce.

## Klíčová slova

Ocelová konstrukce, rozhledna, vyhlídková věž, studie konstrukčních variant, vřetenové schodiště, zatížení větrem, ocelový rošt, spoj šroubový, spoj svařovaný.

## Abstract

Subject of the diploma thesis is the design and consequent structural analysis of the lookout tower steel structure on Růžovský vrch hillock. A part of the thesis is a case study of design options in the selected area. Three alternatives, which differ mainly in their floor plan and layout of the main supporting columns, are being compared.

Bearing construction of the selected and slightly adjusted alternative consists of six curved columns. The floor plan is a regular hexagon that has a different side length on each floor. Observation decks are built as a girder grid that is supporting a grating walkway. The staircase is designed as circular, up-right. Overall stability is additionally guaranteed by diagonal bracings. The main observation deck is at the height + 30,060 m, overall height of the structure up to the roof ridge is + 34,410 m. All structural elements will be zinc plated.

The analytical model is a general 3D truss. Connections are mostly considered as flexible, only in necessary cases a fixed joint has been used to ensure the stability of the given structure part.

## Keywords

Steel structure, lookout tower, observation tower, design alternative case study, circular staircase, wind loads, steel grate, bolted connection, welded connection.



### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

21. května 2017

-----  
Bc. Lucie Rumlenová



## Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala všem lidem, se kterými jsem měla tu čest se po dobu studia setkat a získávat od nich cenné vědomosti, které jsem nyní mohla využít při zpracování této práce. Velké poděkování patří mému vedoucímu práce, jímž je doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš, za jeho lidský přístup a velkou trpělivost.

Poděkování v neposlední řadě patří i mé rodině a partnerovi, kteří mne povzbuzovali za všech okolností a byli mi během studia velkou oporou.





**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

Faculty of Civil Engineering  
Department of Steel and Timber Structures

**OCELOVÁ ROZHLEDNA RŮŽOVSKÝ VRCH**  
Steel Lookout Tower Růžovský vrch

**ČÁST IV.: Technická zpráva**  
Technical report

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
Master's thesis

**AUTOR PRÁCE**  
Author

Bc. Lucie Rumlenová

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
Supervisor

doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš

Praha 2017



## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Základní údaje .....</b>	<b>5</b>
2.1	Identifikační údaje stavby .....	5
2.2	Lokalita .....	6
2.3	Zdůvodnění stavby .....	6
<b>3</b>	<b>Normativní předpisy .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Předpoklady návrhu .....</b>	<b>7</b>
4.1	Materiál .....	7
4.1.1	Konstrukce.....	7
4.1.2	Pochozí ocelové rošty.....	7
4.1.3	Spojovací materiál.....	7
4.1.4	Kotvení .....	7
4.2	Zatížení.....	8
4.3	Geologické podmínky .....	8
<b>5</b>	<b>Konstrukce.....</b>	<b>9</b>
5.1	Popis.....	9
5.2	Geometrie.....	12
<b>6</b>	<b>Prostorové určení stavby.....</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>Technické řešení konstrukce.....</b>	<b>13</b>
7.1	Zemní práce.....	13
7.2	Spodní stavba .....	13
7.3	Sloup – vnější.....	13
7.4	Sloup – vnitřní.....	14
7.5	Nosníky vyhlídkových plošin .....	14
7.6	Svislé diagonální ztužidlo .....	14
7.7	Schodiště .....	15
7.8	Střecha.....	15
7.9	Spoje.....	15



7.10	Příslušenství rozhledny .....	16
7.10.1	Pochozí rošty .....	16
7.10.2	Zábradlí .....	16
7.10.3	Střešní plášť .....	16
7.10.4	Nástupní plocha .....	16
7.10.5	Opláštění .....	16
7.10.6	Bezpečnostní systém .....	17
7.11	Ochrana konstrukce .....	17
<b>8</b>	<b>Výroba a postup výstavby .....</b>	<b>18</b>
8.1	Výroba konstrukce: .....	18
8.2	Doprava na stavbu: .....	19
8.3	Postup výstavby v bodech: .....	19
<b>9</b>	<b>Provoz rozhledny .....</b>	<b>20</b>
9.1	Údržba konstrukce .....	20
9.2	Revize a prohlídky .....	20
<b>10</b>	<b>Zjednodušený výkaz materiálu .....</b>	<b>21</b>



## 1 Úvod

Předmětem tohoto statického výpočtu je návrh a statické posouzení ocelové nosné konstrukce rozhledny a jejích konstrukčních detailů. Jedná se o konstrukci zastřešené vyhlídkové věže umístěné na kopci Růžovský vrch – 619 m n. m., v oblasti Národní přírodní rezervace Růžák nacházející se v blízkosti obcí Růžová, Srbská kamenice a Jetřichovice.

Rozhledna má pět vyhlídkových plošin a svým tvarem připomíná přesýpací hodiny. Stavba je navržena jako čistě ocelová konstrukce, pouze ve skladbě střechy je využito rostlé dřevo a dřevoštěpkové OSB desky. Přípoje prvků jsou ve většině případů navrženy šroubové, v minimu případů je uvažován spoj svařovaný. Kromě pár míst, kde si to vyžaduje místní prostorová stabilita konstrukce, jsou spoje uvažovány kloubové. Půdorys má tvar pravidelného šestiúhelníku, který má po výšce konstrukce proměnnou délku strany od 3,500 m do 5,000 m. Hlavní vyhlídková plošina se nachází ve výšce 30,600 m a celková výška konstrukce až po hřeben zastřešení činí 34,410 m.

Práce obsahuje podrobný statický výpočet ocelové konstrukce, jejích konstrukčních detailů a výkresovou dokumentaci. Pro získání vnitřních sil byl vytvořen prutový 3D model ve studentské verzi softwaru Scia Engineer 2015.

Práce neobsahuje výpočet dimenzí spodní stavby, ty bude nutné zadat po provedení místního geologického průzkumu specialistům na zakládání staveb. Stanovení dimenzí bleskosvodného systému bude nutné zadat specialistovi.

Veškeré výpočty jsou provedeny v souladu s platnými normativními dokumenty, které jsou uvedeny v kapitole 3 technické zprávy nebo na konci statického výpočtu.

## 2 Základní údaje

### 2.1 Identifikační údaje stavby

Stavba:	Rozhledna Růžovský vrch
Charakter stavby:	Novostavba
Konstrukce:	Ocelová
Stupeň PD:	Diplomová práce
Obec:	Růžová
Okres:	Děčín
Kraj:	Ústecký
Katastrální území:	Růžová [743780]
GPS souřadnice:	50°49'58" N 14°19'52" E
Umístění stavby:	Vršek Růžovský vrch, + 619 m n.m.
Výška hlavní vyhlídkové plošiny:	+ 30,600 m
Zadavatel:	K134 FSv ČVUT v Praze
Projektant:	Bc. Lucie Rumlenová Studentka FSv ČVUT v Praze



Obrázek 2.1: Umístění rozhledny na mapě

## 2.2 Lokalita

Rozhledna je umístěna v katastrálním území obce Růžová, v oblasti známé jako Národní přírodní rezervace Růžák na vršku Růžovský vrch. Jedná se o vrch nacházející se mezi obcemi Růžová, Srbská kamenice a Jetřichovice. Celá oblast vrchu je pokryta souvislým lesem s vysokými stromy, které brání velkým poryvům větru. Přesné umístění rozhledny je vyznačeno ve výřezu z mapy (viz Obrázek 2.1), umístění také je uvedeno v GPS souřadnicích s nadmořskou výškou mezi identifikačními údaji stavby (kapitola 2.1 této technické zprávy).

## 2.3 Zdůvodnění stavby

Jelikož se vršek Růžovský vrch nachází v Národní přírodní rezervaci Růžák a zároveň je součástí větších chráněných území Chráněné krajinné oblasti Labské pískovce a Národního parku České Švýcarsko, pohybuje se v okolí mnoho turistů, kteří hledají nová zajímavá místa pro své výlety. Růžovský vrch, kde se v dřívějších dobách nacházela dřevěná vyhlídková věž s restaurací, se proto sám nabízí pro umístění nové rozhledny. K místu určení výstavby konstrukce rozhledny rovněž vede žlutá turistická stezka, tu však moc turistů nevyužívá z důvodů nezájmu o výšlap na kopec bez výhledu do okolí. Nejedná se tedy o tvorbu úplně nového turistického cíle, nýbrž zatraktivnění stávajícího.

## 3 Normativní předpisy

Celá diplomová práce je vypracována v souladu s platnými normativními předpisy, které se zabývají zatížením, návrhem a posouzením ocelových konstrukcí. Veškeré zdroje a literatura jsou uvedeny na konci technické zprávy. Zde jsou uvedeny nejdůležitější z nich.

- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991–1–1 Eurokód 1 Zatížení konstrukcí – Část 1–1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991–1–3 Eurokód 1 Zatížení konstrukcí – Část 1–3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991–1–4 Eurokód 1 Zatížení konstrukcí – Část 1–4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- ČSN EN 1993–1–1 Eurokód 3 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1–1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993–1–8 Eurokód 3 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1–8: Navrhování styčníků
- ČSN ISO 12494 Zatížení konstrukcí námrazou



## 4 Předpoklady návrhu

### 4.1 Materiál

#### 4.1.1 Konstrukce

Nosná ocelová konstrukce rozhledny a všechny její součásti, vyjma vybavení, budou vyhotoveny z oceli S 355 J2 G3, která má následující základní charakteristiky:

mez kluzu	$f_y = 355 \text{ MPa}$
mez pevnosti	$f_u = 490 \text{ MPa}$
hustota	$\rho = 7\,850 \text{ kg/m}^3$
modul pružnosti	$E = 210\,000 \text{ MPa}$
modul pružnosti ve smyku	$G = 80\,700 \text{ MPa}$

#### 4.1.2 Pochozí ocelové rošty

Materiál	St 37-2 (S235)	
Osová vzdálenost nosných pásků		33 mm
Osová vzdálenost nenosných pásků		33 mm

#### Vyhlídkové plošiny – NOVING P 4.40 – 33/33 – 1500:

Průřez nosného pásku	4x40 mm
----------------------	---------

#### Schodiště – NOVING P 2.40 – 33/33 – 1200:

Průřez nosného pásku	2x40 mm
----------------------	---------

#### 4.1.3 Spojovací materiál

Šrouby jsou navrhovány třídy 8.8:

mez kluzu	$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$
mez pevnosti	$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$
hustota	$\rho = 7\,850 \text{ kg/m}^3$
modul pružnosti	$E = 210\,000 \text{ MPa}$
modul pružnosti ve smyku	$G = 80\,700 \text{ MPa}$

#### 4.1.4 Kotvení

Kotevní šrouby M30 třídy 10.9:

mez kluzu	$f_{yb} = 900 \text{ MPa}$
mez pevnosti	$f_{ub} = 1000 \text{ MPa}$

## 4.2 Zatížení

Před detailním návrhem jednotlivých nosných prvků konstrukce bylo nutné stanovit velikost účinků všech zatížení. Zatížení bylo vyčísleno vždy v charakteristických hodnotách. Veškeré hodnoty a vzorce byly převzaty buď z příslušné normy nebo z technických listů konkrétních produktů, které jsou k nahlédnutí v části VI této diplomové práce.

Stálé zatížení vycházelo z následujících základních hmotností materiálů:

- Vlastní tíha konstrukce – objemová tíha oceli S355  $g_{0,k} = 7,850 \text{ kN/m}^3$
- Ostatní stálé
  - ocelový rošt – plošiny  $g_k = 0,500 \text{ kN/m}^2$
  - ocelový rošt – schod  $g_k = 0,500 \text{ kN/m}^2$
  - objemová tíha dřevo C24  $g_k = 4,200 \text{ kN/m}^3$
  - objemová tíha OSB desky  $g_k = 7,000 \text{ kN/m}^3$

Proměnná zatížení pak byla určena dle místních klimatických poměrů a předpokládanému využívání konstrukce – zde jsou uvedeny hodnoty základní vstupní hodnoty:

- Užité zatížení – užité kategorie C  $5,000 \text{ kN/m}^2$
- Zatížení klimatické
  - sníh – VII. Sněhová oblast  $7,850 \text{ kN/m}^2$
  - vítr – II. Větrná oblast  $7,850 \text{ kN/m}^2$

Charakteristické hodnoty zatížení byly následně s využitím kombinačních vzorců pro daný mezní stav, kombinačních součinitelů a dílčích součinitelů spolehlivosti sestaveny do zatěžovacích kombinací.

Z těchto kombinací pak byla vždy vybrána ta kombinace, která je pro daný stav a daný prvek nejnejpříznivější. Statický posudek byl pro nosné prvky rozhledny vždy proveden v:

- mezním stavu únosnosti, kde byla také uvažována ztráta stability prvků
- mezním stavu použitelnosti, kde byly hodnoty deformací porovnávány s nejnejpříznivějšími limitními hodnotami deformací

## 4.3 Geologické podmínky

Podrobné geologické podmínky nebyly zjišťovány, pro potřeby odhadu spodní stavby byl využit geologický profil, který byl převzat z geologických map. Po konzultaci s Ing. Mgr. Janem Valentou, Ph.D. bylo podloží klasifikováno jako R2 – R1 obtížně těžitelné.

Před započítáním výstavby bude zapotřebí provést místní podrobný geologický průzkum v blízkosti místa výstavby a dle zjištěných poměrů nadimenzovat spodní stavbu.



## 5 Konstrukce

### 5.1 Popis

Půdorys navržené konstrukce odpovídá tvarem pravidelnému šestiúhelníku. Jelikož vnější sloupy jsou navrženy jako segmenty kružnice o poloměru 145,500 m, má půdorysný šestiúhelník v každém z vyhlídkových pater odlišnou délku strany. V nejužším místě je to 3,500 m a v nejširším (tj. v patě sloupů) 5,000 m.

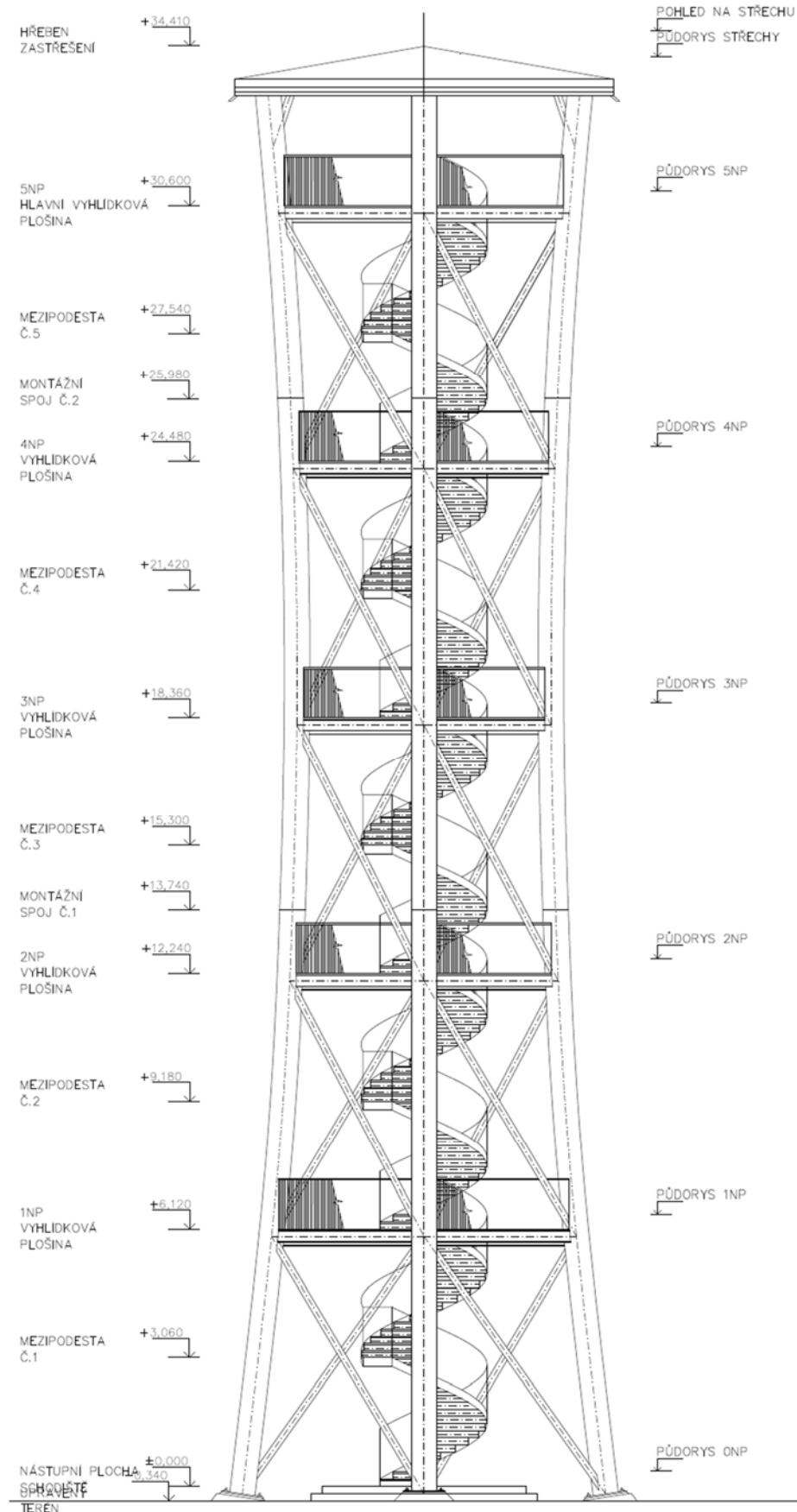
Rozhledna je tvořena celkem pěti patry, které mají konstrukční výšku 6,120 m. Nad pátým patrem s hlavní vyhlídkovou plošinou se nachází zastřešení, to je umístěné 3,060 m nad rovinou pátého podlaží. V každém patře se nachází vyhlídková plošina, která je vždy přes celou plochu patra vyjma schodišťového prostoru. Každá z vyhlídkových plošin nabízí výhled do všech světových stran a umožňuje odpočinek při výstupu. Celková výška konstrukce až po vrchol zastřešení je 34,410 m. Výškové uspořádání a pohled na konstrukci jsou vyobrazeny na následujícím obrázku (viz Obrázek 2.2).

Ve středu půdorysu konstrukce se nachází středový schodišťový sloup, kolem kterého se vine vřetenové pravotočivé schodiště. Šířka schodišťového prostoru je 1,200 m. Schodišťové stupně jsou navrženy ve tvaru lichoběžníku se zaoblenou vnější i vnitřní stranou. Největší šířka schodišťového stupně pak je 395 mm a nejmenší pochozí šířka je 100 mm. Na výstupní čáře je pak šířka schodišťového stupně 285 mm a výška 170 mm. Na jedno poschodí připadají dvě schodišťová ramena o 18 stupních s jednou mezipodestou délky 1,200 m na výstupní čáře. Celkový počet schodů pro konstrukci činí 180 schodů. V celé délce schodiště je dodržena minimální podchodná výška 2,200 m.

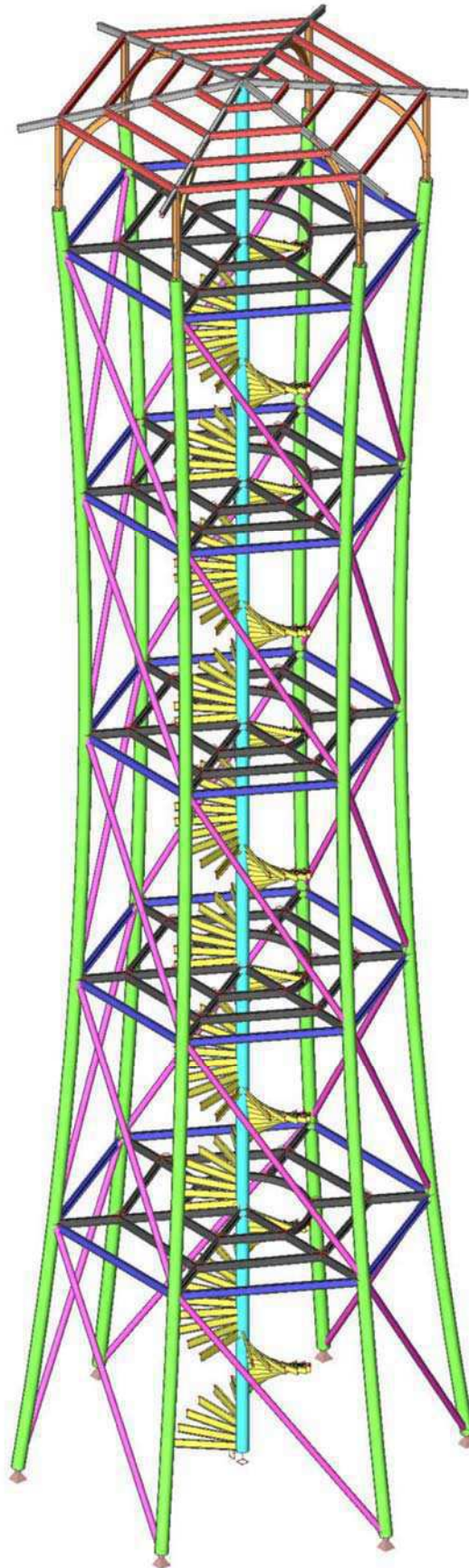
Po obvodu všech vyhlídkových plošin, schodišťového prostoru a v celé délce schodiště je instalováno ocelové zábradlí se svislou výplní minimální výšky 1,200 m nad horní hranou podlahy.

Celou konstrukci pak doplňuje zastřešení ve tvaru jehlanu o výšce 0,750 m tzn. se sklonem 15 % (8,5°). Střešní konstrukce přesahuje přes osu půdorysu hlavní vyhlídkové plošiny o 1,000 m. Tuto konstrukci tvoří ocelové krokve a vaznice, na které je přichycena skladba střešního pláště. Čela a spodní strana střešní konstrukce budou obloženy palubkami z rostlého smrkového dřeva.

Model konstrukce ve 3D zobrazení se znázorněním jednotlivých prvků nosné konstrukce viz Obrázek 2.3.



Obrázek 2.2: Výškové uspořádání konstrukce



**Legenda:**

- Světle zelená – Sloup vnější
- Světle modrá – Sloup vnitřní
- Tmavě modrá – Nosník vnější
- Černá – Nosník vnitřní
- Žlutá – Nosník schodišťový
- Růžová – Ztužidlo diagonální
- Šedá – Krokev
- Červená – Vaznice
- Oranžová – Sloupek a vzpěra zastřešení

*Obrázek 2.3: Vyznačení hlavních prvků konstrukce*

## 5.2 Geometrie

V následující tabulce (Tabulka 5.1) jsou uvedeny jednotlivé navržené průřezy daných prvků a je zde vypsána celková geometrie konstrukce. Jsou zde základní rozměry celé konstrukce, jednotlivých pater i charakteristické rozměry každého z prvků.

Patra	Výška [m]	Délka hrany [m]	Největší šířka [m]	Nejmenší šířka [m]
Základ	0,000	5,000	10,000	8,660
1	6,120	4,197	8,394	7,269
2	12,240	3,697	7,395	6,404
3	18,360	3,500	7,000	6,062
4	24,480	3,600	7,200	6,236
5	30,600	4,000	8,000	6,928
Střecha	34,410	5,3498	10,695	9,262
Prvek	Zakřivení Sklon	Celková délka	Profil	Počet konstrukčních dílců
Vnější sloup	145,500 m	31,690 m	TR Ø 610/12,5	3
Vnitřní schodišťový sloup	-	34,410 m	TR Ø 273/12,5	3
Vnější patrový nosník	-	4,197 m	IPE 330	1
Vnitřní patrový nosník	-	4,197 m	IPE 330	1
	1,500 m	4,712 m	I 300 svařenec	1
Schodišťový nosník	-	1,500 m	Z 50x10 170x10 50x10 mm	1
Vzpěry	-	2,125	IPE 140	1
Vaznice	-	4,000	IPE 140	1
Krokev	-	5,060	IPE 180	1
Diagonála	Konstrukční výška	Délka	Profil	Směr
	6,120 m	7,687 m	TR 168/20	Pravotočivý

*Tabulka 5.1: Geometrie konstrukce*

## 6 Prostorové určení stavby

Spodní stavbu vytyčí pověření geodeti v souřadnicovém systému S – JTSK a výškovém systému Bpv. Následně při výstavbě ocelové konstrukce budou v zadaných intervalech kontrolovat sestavení jednotlivých dílců konstrukce k sobě a zaznamenávat, zda geometrie odpovídá povoleným odchylkám, které jsou uvedeny v příslušné normě.

## 7 Technické řešení konstrukce

### 7.1 Zemní práce

Výkopy pro spodní stavbu konstrukce se budou provádět menší stojní technikou, která bude na stavbu dopravena po lesních cestách. Okolní terén se zajistí proti sesuvu.

### 7.2 Spodní stavba

Sloupy jsou založeny na betonovou základovou desku, která je podporována tahovými mikropilotami. Mikropiloty budou dimenzovány tak, aby dokázaly přenést tahové síly, které vznikají v patách sloupů při některých kombinacích zatěžovacích stavů, zejména v těch, ve kterých dominuje zatížení větrem. Mikropiloty svým spolupůsobením s konstrukcí zamezí případnému překlopení celé konstrukce.

Dimenzování mikropilot a základové desky bude zadáno specialistům na zakládání staveb na základě podrobného geologického průzkumu dané oblasti.

Přípoj sloupů na základovou desku je navržen za pomoci přivařených patních desek a kotevních šroubů, které budou předem zabetonovány. Kotvy budou rozmístěny dle kotevní šablony, díky tomuto opatření získáme toleranci při montáži  $\pm 20$  mm. Veškeré otvory a mezery mezi plechem a kotevním šroubem musí být zainjektovány. Smykové síly v místě patního plechu přenášejí právě kotevní šrouby. Patní plech musí být přivařen ke sloupu kolmo na jeho osu. Vzhledem k tomu, bude zapotřebí vytvořit na betonové desce náběhy tak, aby v uložení sloupu nevznikaly posouvající síly od normálového zatížení sloupu.

### 7.3 Sloup – vnější

Mezi hlavní prvky nosné konstrukce patří jednoznačně vnější ocelové sloupy. Ty tvoří segment kružnice o poloměru 145,500 m a jsou vždy ve vrcholu půdorysného šestiúhelníku. Sloupy jsou navrženy jako trubka o rozměrech  $\emptyset 610/12,5$  mm. Sloupy jsou po celé výšce konstrukce konstantní, bez zlomů. Uloženy jsou kloubově na betonovou desku pomocí chemických kotev. Kotvení je vždy pootočeno tak, aby osa otáčení byla kolmo ke středu konstrukce.

Sloupy jsou namáhány nejvíce tlakem, ohybem a ohybem s tlakem. V jistých případech ve sloupech vzniká i tah. Smykové síly jsou pro tento typ prutu malé a únosnost profilu nám ovlivňují minimálně. Vedle přenosu zatížení sloupy zvyšují značně tuhost celé konstrukce.

Vnější sloup je rozdělen na 3 konstrukční díly, tyto montážní spoje se nachází ve výškách + 13,740 a + 25,980 m.

#### 7.4 Sloup – vnitřní

Vnitřní sloup slouží primárně k přenosu zatížení od schodiště a od vnitřních patrových nosníků. Je navržen jako trubka o rozměrech  $\varnothing 273/12,5$  mm. Jedná se o přímý sloup průběžný po celé výšce konstrukce až po konstrukci střechy. Sloup je uložen na betonový základ taktéž kloubově, provedením shodně s vnějším sloupem.

#### 7.5 Nosníky vyhlídkových plošin

Nosnou konstrukci vyhlídkových plošin tvoří rastr vnitřních nosníků doplněnou po obvodu konstrukce nosníky vnějšími. Vnitřní nosník je navržen jako profil IPE 330. Vnější obvodové nosníky jsou pak z profilu IPE 330. Celý rošt zvyšuje prostorovou tuhost konstrukce.

Všechny tyto nosníky mají své horní pásnice v jedné rovině. Na tento rastr je pak ukotven ocelový podlahový rošt, který tvoří pochozí vrstvu. Vnější nosníky pak navíc přenášejí zatížení od zábradlí.

Vnější nosníky jsou kotveny do vnějších sloupů pomocí styčnickových plechů, vnitřní nosníky pak do vnitřního a vnějšího sloupu taktéž na styčnickový plech. V místě schodišťového prostoru je pak vynášen okolními vnitřními nosníky do okolí. Vnitřní nosníky jsou k ostatním připojeny buď pomocí styčnickových plechů nebo přivařeny. Svarový spoj je uvažován pouze v místě kde je třeba pevné spojení.

#### 7.6 Svislé diagonální ztužidlo

Pro zajištění celkové prostorové stability konstrukce rozhledny jsou navržena svislá diagonální ztužidla. Slouží převážně k přenesení zatížení od účinků větru do základu.

Ztužidla jsou uvažována tuhá a pouze v jednom směru, ovíjí konstrukci stejným směrem jako schodiště, pravotočivě. Ztužidla jsou vedena ve svislé rovině mezi sousedními vnějšími sloupy vždy z vrcholu šestiúhelníku jednoho podlaží do vrcholu podlaží následujícího. Přípoje jsou navrženy jako kloubové. Prvky diagonálního ztužidla přenášejí pouze normálové síly a jsou navrženy jako trubka o rozměrech  $\varnothing 168/20$  mm.

## 7.7 Schodiště

Schodiště je navrženo jako vřetenové s pravotočivým stoupáním. Jednotlivé stupně tvoří ocelový podlahový rošt umístěný na schodišťových nosnících. Ty jsou profilu Z a rošt je vždy položen na horní pásnici daného nosníku a spodní pásnici nosníku následujícího. Podlahový rošt umístěný na schodiště bude mít na nástupní hraně protiskluzové opatření.

Tyto nosníky jsou oboustranným koutovým svarem přivařeny ke středovému sloupu. Na širším konci ocelových plechů je pak umístěno zábradlí o požadované výšce 1,200 m nad hranou roštu.

## 7.8 Střecha

Střešní konstrukce má tvar pravidelného šestibokého jehlanu, který vychází z půdorysu celé konstrukce. Sklon střešní roviny je  $8,5^\circ$ . Střešní konstrukce přesahuje o 1,0 m přes osu vnějšího nosníku poslední vyhlídkové plošiny.

Vrcholové krokve jsou navrženy z ocelového profilu IPE pro lepší napojování vaznic, které jsou z profilu IPE. Horní pásnice vaznic a krokví budou mezi sebou nalícovány. Na takto připravený podklad budou připevněny OSB desky, které budou k ocelovým nosníkům připevněny. Tyto desky mají funkci bednění pro pojistnou hydroizolační folii a následnou pokládku střešní krytiny, kterou je v tomto případě pozinkovaný plech Rheinzing.

Vaznice podporuje vzpěra, která je připojena k vnějšímu nosnému sloupu. Sloup je taktéž protažen až po střešní rovinu.

## 7.9 Spoje

Přípoje nosných prvků konstrukce jsou z velké části, s ohledem na montáž, navrženy jako šroubované, kloubové. Tam, kde si to žádalo zajištění prostorové stability dané části konstrukce, jsou spoje svařované, vetknuté.

Konstrukční přípoje segmentů sloupů jsou uvažovány jako svařované. Je zde použit V svar na plný průvar. Tento přípoj je vždy navržen v místě, kde bude snadno přístupný z již smontované vyhlídkové plošiny. Montážní spoje se nachází ve výškách + 13,740 a + 25,980 m.

## 7.10 Příslušenství rozhledny

### 7.10.1 Pochozí rošty

Podlaha vyhlídkových plošin a nášlapná vrstva schodišťových stupňů je navržena z ocelových podlahových roštů Noving. Pro podlahy plošin je využit lisovaný rošt P 4.40 – 33/33 – 1 500 a pro schodišťové stupně P 2.40 – 33/33 – 1 200.

Tyto rošty budou k podpurným nosníkům přichyceny pomocí systémových úchytů Noving v minimálním počtu 4 kusy na jeden rošt. Tam, kde bude třeba rošt zaříznout z důvodů geometrie, bude rošt v tomto místě dodatečně olemován.

Schodišťové stupně budou navíc opatřeny proti skluzným páskem u nášlapné hrany.

### 7.10.2 Zábradlí

Zábradlí bude ocelové se svislou výplní, u paty s plechem plnicím funkci okopníku.

### 7.10.3 Střešní plášť

Skladba střešního pláště je následující:

- Plech
- Pojistná hydroizolační folie
- Celoplošné bednění z OSB desek
- Obkladové palubky – spodek a čela střešní konstrukce

Bednění z OSB desek bude kotveno do střešní konstrukce tak, aby sneslo zatížení při sání větru. Obkladové palubky budou opatřeny nátěrem, jak je stanoveno v kapitole 8.6 této technické zprávy.

### 7.10.4 Nástupní plocha

Plocha mezi patkami sloupů a její nejbližší okolí nebude nijak speciálně upravováno.

### 7.10.5 Opláštění

Konstrukce rozhledny je uvažována bez vnějšího opláštění.



### 7.10.6 Bezpečnostní systém

Jelikož bude rozhledna umístěna na vrcholu výrazně vyčnívajícího kopce z okolního terénu bude z bezpečnostních důvodů konstrukce vybavena bleskosvody, pro které bude vypracován samostatný projekt odborníkem.

Ze stejných důvodů bude také na střešní konstrukci instalováno noční červené výstražné osvětlení, to bude dvojité pro případ zálohy. K tomuto osvětlení bude připojen panel na sluneční energii, který zajistí jejich napájení. Při dimenzování konstrukce střechy bylo s tímto přídavným zatížením počítáno, zesílení konstrukce střechy je tedy nutné pouze v případě záměny solárního panelu za jiný.

Bude taktéž vyhotoven provozní řád rozhledny a bude vyvěšen v bezprostřední blízkosti vstupu na rozhlednu.

## 7.11 Ochrana konstrukce

Všechny ocelové prvky nosné konstrukce, zábradlí, pochozí rošty i střešních plechů včetně spojovacího materiálu budou opatřeny protikorozi ochranou. Jelikož se jedná o členitou a špatně přístupnou konstrukci, je navrženo jako protikorozi ochrana žárové zinkování pro všechny ocelové prvky konstrukce. Žárové zinkování bude provedeno dodavatelem ocelových prvků. Bude požadováno aby dle ČSN EN 10147 byl povlak Z350 ( $350 \text{ g/m}^2$ ) s minimální tloušťkou povlaku  $25 \mu\text{m}$ , to odpovídá ochraně pro třídu provozu 3 dle ČSN EN 1995 – 1 – 1.

Dřevěné pruty a desky budou proti povětrnostním vlivům chráněny přípravky s obchodním názvem Belinka. Všechny prvky budou nejprve ošetřeny základovým bezbarvým nátěrem Belinka Impregnant a následně se ve dvou vrstvách nanese barevná lazura Belinka Exterier – 68 hnědá půda. V místě jakéhokoliv mechanického poškození (tz. prasklina, použití vrutu, ...) je nutné neprodleně provést opravu nátěru daným přípravkem. Technické listy k uvedeným přípravkům jsou přiloženy v části V této diplomové práce.

## 8 Výroba a postup výstavby

### 8.1 Výroba konstrukce:

Veškeré konstrukce budou již z výroby opatřeny protikorozií ochranou. Patrové nosníky z okolí schodišťového prostoru je potřeba mezi sebou svařovat, tyto svary budou prováděny již ve výrobě a konstrukce bude dovezena na stavbu již hotová a ke zbytku se pouze přišroubuje. O jaké prvky se jedná bude specifikováno ve výrobní dokumentaci.

- **Vnější nosné sloupy**

Vnější sloupy budou rozděleny na tři montážní dílce dle umístění montážních spojů v řezech. Na jednotlivých segmentech budou již z výroby předpřipravené styčnickové plechy pro připojení vnějších nosníků a diagonálních ztužidel.

- **Vnitřní schodišťový sloup**

Vnitřní schodišťový sloup bude rozdělen na tři montážní dílce dle umístění montážních spojů v řezech. Na jednotlivých segmentech budou již z výroby předpřipravené styčnickové plechy pro připojení nosníků.

- **Schodišťový nosník**

Schodišťové nosníky budou již z výroby přivařeny ke středovému schodišťovému sloupu. V místě montážního spoje se část svaru dovaří na stavbě.

- **Vnější patrové nosníky**

Vnitřní nosníky budou z výroby připraveny tak, aby se daly pouze přišroubovat k připraveným styčnickovým plechům, které budou připraveny na vnějších sloupech

- **Vnitřní patrové nosníky**

Vnitřní nosníky budou z výroby připraveny tak, aby se daly pouze přišroubovat k připraveným styčnickovým plechům, které budou připraveny na vnitřních nosnících. Které nosníky jsou které je patrné z výkresové dokumentace a bude upřesněno ve výrobní dokumentaci.

- **Nosníky zastřešení**

Vaznice budou z výroby připraveny tak, aby se daly pouze přišroubovat k připraveným styčnickovým plechům, které budou připraveny na krokách.

## 8.2 Doprava na stavbu:

Jednotlivé díly konstrukce budou na místo staveniště dopravovány postupně dle harmonogramu stavebních prací. K přepravě budou využívána menší a větší nákladní vozidla dle velikostí a hmotnosti jednotlivých konstrukčních dílců.

## 8.3 Postup výstavby v bodech:

- Příprava staveniště
- Provedení výkopových prací pro spodní stavbu
- Vrtání a betonáž mikropilot
- Betonáž základové desky
- Technologická pauza – do dosažení alespoň 80% 28 denní pevnosti betonu
- V průběhu technologické přestávky se na místo staveniště navezou segmenty vnější a vnitřního sloupu.
- Montáž prvního segmentu k základové desce
- Montáž nosníků 1NP a pokládka pochozích plechů a zábradlí
- Osazení druhého segmentu sloupů
- Montáž nosníků 2NP a pokládka pochozích plechů a zábradlí
- Montáž nosníků 3NP a pokládka pochozích plechů a zábradlí
- Montáž nosníků 4NP a pokládka pochozích plechů a zábradlí
- Osazení třetího segmentu sloupů
- Montáž nosníků 5NP a pokládka pochozích plechů a zábradlí
- Montáž nosníků zastřešení a pokládka střešní krytiny
- Instalace bleskosvodného systému
- Osazení světelné signalizace



## **9 Provoz rozhledny**

### **9.1 Údržba konstrukce**

Údržbu bude provádět pověřená firma pravidelně a bude se zaměřovat na problematická místa na konstrukci. Mezi ně zejména patří kontrola neporušenosti nátěru obkladových palubek na střešní konstrukci, těsnost upevnění podlahových roštů a okopníků, funkčnost nočního osvětlení a v neposlední řadě kontrola celistvosti bleskosvodného systému.

### **9.2 Revize a prohlídky**

Revize a prohlídky by měl správce rozhledny provádět z preventivního hlediska pravidelně po celou životnost konstrukce. V prvních dvou letech provozu je třeba tuto prohlídku provést alespoň dvakrát ročně, v dalších letech dle předpisů. Zaměří se zejména na kontrolu hlavních nosných prvků konstrukce, utažení šroubů ve spojích a stabilitu zábradlí. Při zjištění jakýchkoli závad je správce povinen v co nejkratším čase zajistit odstranění těchto závad.

## 10 Zjednodušený výkaz materiálu

Zjednodušený výkaz materiálu je pouze orientační, není v něm zahrnut spojovací materiál, materiál pro žárové zinkování a vybavení rozhledny. Jedná se o výkaz čistě nosné konstrukce, který byl převzat z výpočetního softwaru Scia Engineer 2015.

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
Celkový součet :	80437,2	1157,233	1,0247e+01

Vysvětlivky symbolů	
Povrch	Pozn.: pro výpočet plochy povrchu se uvažuje pouze jeden povrch každého 2D dílce

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
Sloup vnější - Trubka (610; 13)	S 355	184,2	203,225	37424,6	389,435	7850,0	4,7675e+00
Sloup schodišťový vnitřní - Trubka (273; 13)	S 355	80,3	34,410	2762,7	29,510	7850,0	3,5194e-01
Diagonální ztužidlo - Trubka (168; 20)	S 355	73,0	218,231	15927,2	115,173	7850,0	2,0289e+00
Schodišťový nosník - Z (50; 10; 170; 10; 10; 50)	S 355	19,6	270,000	5298,8	140,400	7850,0	6,7500e-01
Vnitřní patrový nosník - IPE330	S 355	49,1	200,363	9846,1	251,247	7850,0	1,2543e+00
Vnější patrový nosník - IPE330	S 355	49,1	113,971	5600,6	142,914	7850,0	7,1346e-01
Vaznice - IPE140	S 355	12,9	60,000	772,4	33,032	7850,0	9,8400e-02
Vzpěra - IPE140	S 355	12,9	12,750	164,1	7,019	7850,0	2,0910e-02
Krokev - IPE180	S 355	18,8	30,336	569,1	21,171	7850,0	7,2502e-02
Vnitřní patrový nosník1 - I ng (300; 150; 150; 20; 20; 20)	S 355	87,9	23,562	2071,6	27,332	7850,0	2,6390e-01

Tabulka 10.1: Výkaz materiálu – Scia Engineer 2015

V Praze 21. května 2017

-----  
Bc. Lucie Rumlenová



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

Faculty of Civil Engineering  
Department of Steel and Timber Structures

**OCELOVÁ ROZHLEDNA RŮŽOVSKÝ VRCH**  
Steel Lookout Tower Růžovský vrch

**ČÁST V.: Statický výpočet**  
Static calculation

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
Master's thesis

**AUTOR PRÁCE**  
Author

Bc. Lucie Rumlenová

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
Supervisor

doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš

Praha 2017



## Obsah

<b>1</b>	<b>Základní údaje .....</b>	<b>6</b>
1.1	Obecné.....	6
1.2	Schéma .....	6
1.2.1	3D model konstrukce.....	6
1.2.2	Schéma konstrukce.....	11
<b>2</b>	<b>Konstrukce.....</b>	<b>13</b>
2.1	Základní charakteristiky .....	13
2.1.1	Výpis prvků konstrukce.....	13
2.1.2	Půdorys konstrukce .....	14
2.1.3	Střešní konstrukce .....	14
2.1.4	Diagonální ztužidla.....	14
2.1.5	Vnější podpory .....	15
2.1.6	Vnitřní podpory .....	15
2.1.7	Specifika modelu.....	15
<b>3</b>	<b>Materiálové charakteristiky.....</b>	<b>16</b>
3.1	Ocel .....	16
3.2	Ocelové pochozí rošty .....	16
3.3	Spojovací materiál.....	17
<b>4</b>	<b>Zatížení.....</b>	<b>18</b>
4.1	Zatížení stálé .....	18
4.1.1	Vlastní tíha nosné konstrukce.....	18
4.1.2	Ostatní stálé – vyhlídkové plošiny .....	18
4.1.3	Ostatní stálé – schodiště .....	19
4.1.4	Ostatní stálé – střecha.....	20
4.2	Zatížení proměnné.....	20
4.2.1	Užitné zatížení .....	20
4.2.2	Zatížení sněhem.....	21
4.2.3	Zatížení větrem.....	22
<b>5</b>	<b>Kombinace zatěžovacích stavů .....</b>	<b>32</b>
5.1	Zatěžovací stavy .....	32
5.2	MSÚ – Mezní stav únosnosti .....	48
5.2.1	Kombinační vzorce.....	48
5.2.2	Součinitelé .....	49
5.2.3	Výpis kombinací.....	49



5.3	MSP – Mezní stav použitelnosti .....	53
5.3.1	Kombinační vzorce.....	53
5.3.2	Součinitelé .....	54
5.3.3	Výpis kombinací.....	54
<b>6</b>	<b>Dynamické chování konstrukce.....</b>	<b>56</b>
6.1	Vlastní frekvence konstrukce .....	56
<b>7</b>	<b>Stabilita .....</b>	<b>57</b>
7.1	Globální imperfekce.....	57
7.2	Lokální imperfekce .....	58
<b>8</b>	<b>Extrémy vnitřních sil .....</b>	<b>59</b>
8.1	Nosné sloupy .....	59
8.1.1	Vnější sloup.....	59
8.1.2	Vnitřní schodišťový sloup .....	60
8.2	Patrové nosníky .....	60
8.2.1	Vnější patrový nosník.....	60
8.2.2	Vnitřní patrový nosník.....	61
8.3	Schodišťový nosník.....	62
8.4	Diagonální ztužidlo .....	62
8.5	Střešní nosníky .....	63
8.5.1	Vaznice.....	63
8.5.2	Krokev .....	63
8.5.3	Vzpěra .....	64
<b>9</b>	<b>Posouzení hlavních nosných prvků .....</b>	<b>65</b>
9.1	Vnější sloup.....	65
9.1.1	Návrh profilu .....	65
9.1.2	Zatřídění profilu .....	65
9.1.3	Mezní stav únosnosti .....	66
9.1.4	Mezní stav použitelnosti.....	69
9.2	Vnitřní sloup.....	70
9.2.1	Návrh profilu .....	70
9.2.2	Zatřídění profilu .....	70
9.2.3	Mezní stav únosnosti .....	70
9.2.4	Mezní stav použitelnosti.....	74
9.3	Vnější patrový nosník .....	74
9.3.1	Návrh profilu .....	74
9.3.2	Zatřídění profilu .....	75
9.3.3	Mezní stav únosnosti .....	75
9.3.4	Mezní stav použitelnosti.....	79





9.4	Vnitřní patrový nosník – IPE .....	79
9.4.1	Návrh profilu .....	79
9.4.2	Zatřídění profilu .....	80
9.4.3	Mezní stav únosnosti .....	80
9.4.4	Mezní stav použitelnosti.....	84
9.5	Vnitřní patrový nosník – Svařenec.....	84
9.5.1	Návrh profilu .....	84
9.5.2	Zatřídění profilu .....	85
9.5.3	Mezní stav únosnosti .....	85
9.5.4	Mezní stav použitelnosti.....	89
9.6	Schodišťový nosník.....	89
9.6.1	Návrh profilu .....	89
9.6.2	Zatřídění profilu .....	90
9.6.3	Mezní stav únosnosti .....	90
9.6.4	Mezní stav použitelnosti.....	91
9.7	Diagonální ztužidlo .....	92
9.7.1	Návrh profilu .....	92
9.7.2	Zatřídění profilu .....	92
9.7.3	Mezní stav únosnosti .....	93
9.7.4	Mezní stav použitelnosti.....	94
9.8	Střešní nosníky – Vaznice .....	94
9.8.1	Návrh profilu .....	94
9.8.2	Zatřídění profilu .....	94
9.8.3	Mezní stav únosnosti .....	95
9.8.4	Mezní stav použitelnosti.....	98
9.9	Střešní nosníky – Krokev .....	98
9.9.1	Návrh profilu .....	98
9.9.2	Zatřídění profilu .....	98
9.9.3	Mezní stav únosnosti .....	99
9.9.4	Mezní stav použitelnosti.....	102
9.10	Střešní nosníky – Vzpěra .....	102
9.10.1	Návrh profilu .....	102
9.10.2	Zatřídění profilu .....	102
9.10.3	Mezní stav únosnosti .....	103
9.10.4	Mezní stav použitelnosti.....	104
9.11	Deformace konstrukce .....	105
9.11.1	Celková vodorovná deformace.....	105



<b>10</b>	<b>Posouzení konstrukčních detailů.....</b>	<b>106</b>
10.1	Kotvení sloupů vnějších.....	106
10.1.1	Posouzení patní desky.....	106
10.1.2	Posouzení kotevních šroubů.....	107
10.1.3	Posouzení smykové zarážky.....	108
10.1.4	Posouzení svaru.....	109
10.2	Kotvení sloupu vnitřního.....	110
10.2.1	Posouzení patní desky.....	110
10.2.2	Posouzení kotevních šroubů.....	111
10.2.3	Posouzení smykové zarážky.....	112
10.2.4	Posouzení svaru.....	113
10.3	Přípoj vnějšího patrového nosníku na sloup.....	113
10.3.1	Šrouby.....	113
10.3.2	Svar.....	114
10.4	Přípoj diagonálního ztužidla na sloup.....	114
10.4.1	Šrouby.....	114
10.4.2	Svar.....	115
10.5	Přípoj vaznice.....	116
10.5.1	Šrouby.....	116
10.5.2	Svar.....	116
10.6	Vzpěra.....	117
10.6.1	Šrouby.....	117
10.6.2	Svar.....	118
<b>11</b>	<b>Seznam obrázků a tabulek.....</b>	<b>119</b>
<b>12</b>	<b>Seznam použitých zdrojů a literatury.....</b>	<b>122</b>
12.1	Normy.....	122
12.2	Skripta.....	122
12.3	Internetové zdroje.....	123

# 1 Základní údaje

## 1.1 Obecné

Cílem statického výpočtu je konstrukční návrh a následné statické posouzení ocelové konstrukce rozhledny Růžovský vrch nacházející se na vršku stejnojmenného kopce nedaleko obcí Růžová, Srbská Kamenice a Jetřichovice. Nosná konstrukce věže je navržena ocelová, pouze ve skladbě střechy je využito rostlé dřevo a OSB desky. Celý návrh konstrukce vychází ze studie konstrukčních variant, která je součástí diplomové práce. Spoje jsou s ohledem na náročnost montáže z velké části navrženy jako šroubové. Svařované spoje jsou uvažovány pouze v nezbytně nutných případech, a to zejména v místech, kde by byl šroubový spoj zbytečně složitý.

Rozhledna má půdorys tvaru pravidelného šestiúhelníku, jehož délka hrany se mění po výšce konstrukce, a to v rozmezí od 5,000 m do 3,500 m. Celková výška konstrukce po hřeben střechy je 34,410 m. Hlavní vyhlídková plošina se nachází ve výšce + 30,600 m nad nástupní plochou rozhledny. Vedlejší vyhlídkové plošiny jsou ve výškách + 6,120 m, + 12,240 m, + 18,360 m a + 24,480 m.

Ve studii byly řešeny tři konstrukční varianty, které se lišily hlavně ve svém půdorysu a rozmístění nosných sloupů. U všech tří variant byly sloupy umístěny tak, aby výsledná vyhlídková plošina měla zhruba stejnou teoretickou užitnou plochu. Pro každou z variant byl vytvořen 3D model ve studentské verzi softwaru Scia Engineer 2015 včetně aplikace zatížení. Po posouzení hlavních nosných prvků (viz část III této diplomové práce), byla vybrána nejvhodnější varianta. Ta byla následně upravena dle architektonických a estetických požadavků do podoby, která je podrobně posuzována ve statickém výpočtu.

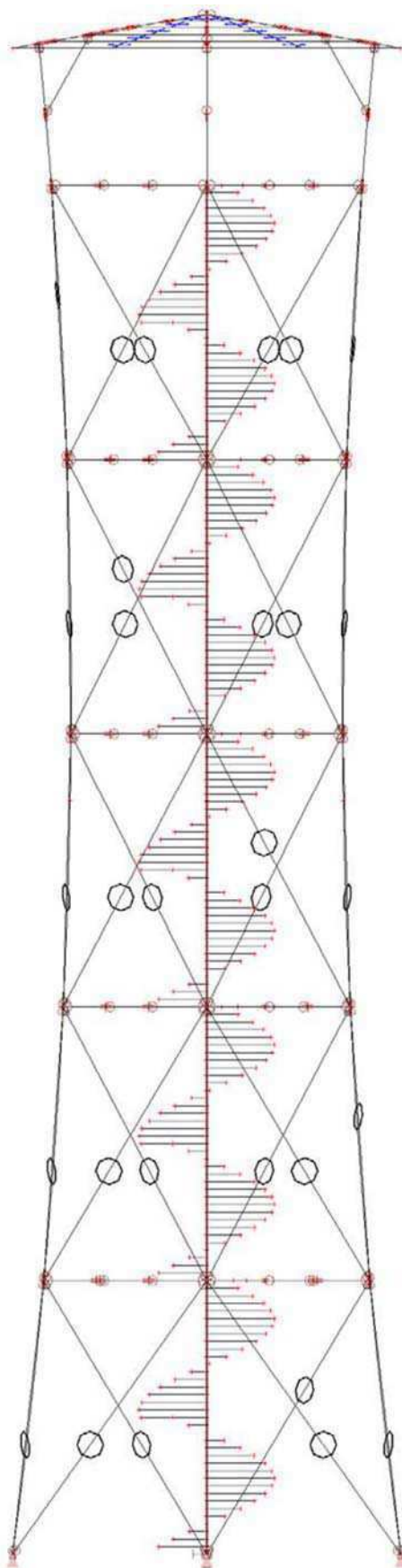
Pro upravenou konstrukci je nyní vytvořen nový 3D model s detailnějším výpočtem zatížení, ručním posouzením prvků nosné konstrukce a konstrukčních detailů, které jsou podrobně rozkresleny ve výkresové dokumentaci.

## 1.2 Schéma

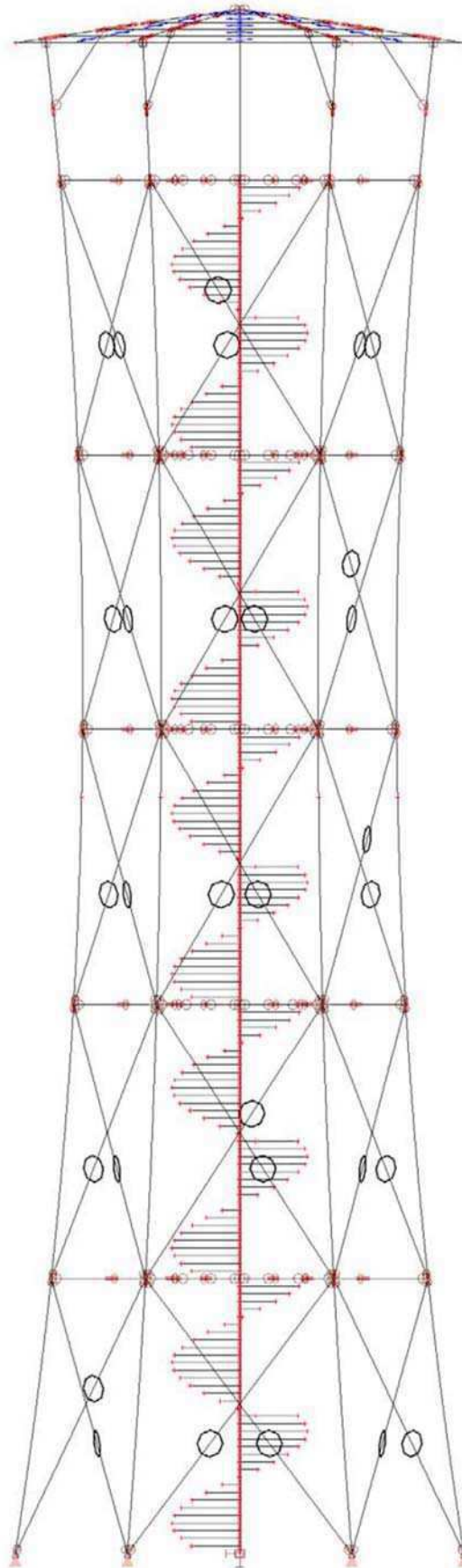
### 1.2.1 3D model konstrukce

Pohledy na 3D model konstrukce ve směru jednotlivých os globálního souřadného systému viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** až Obrázek 1.3. Na těchto obrázcích je vidět způsob modelování jednotlivých prvků a umístění zatěžovacích panelů i se znázorněním směrů roznášení zatížení.

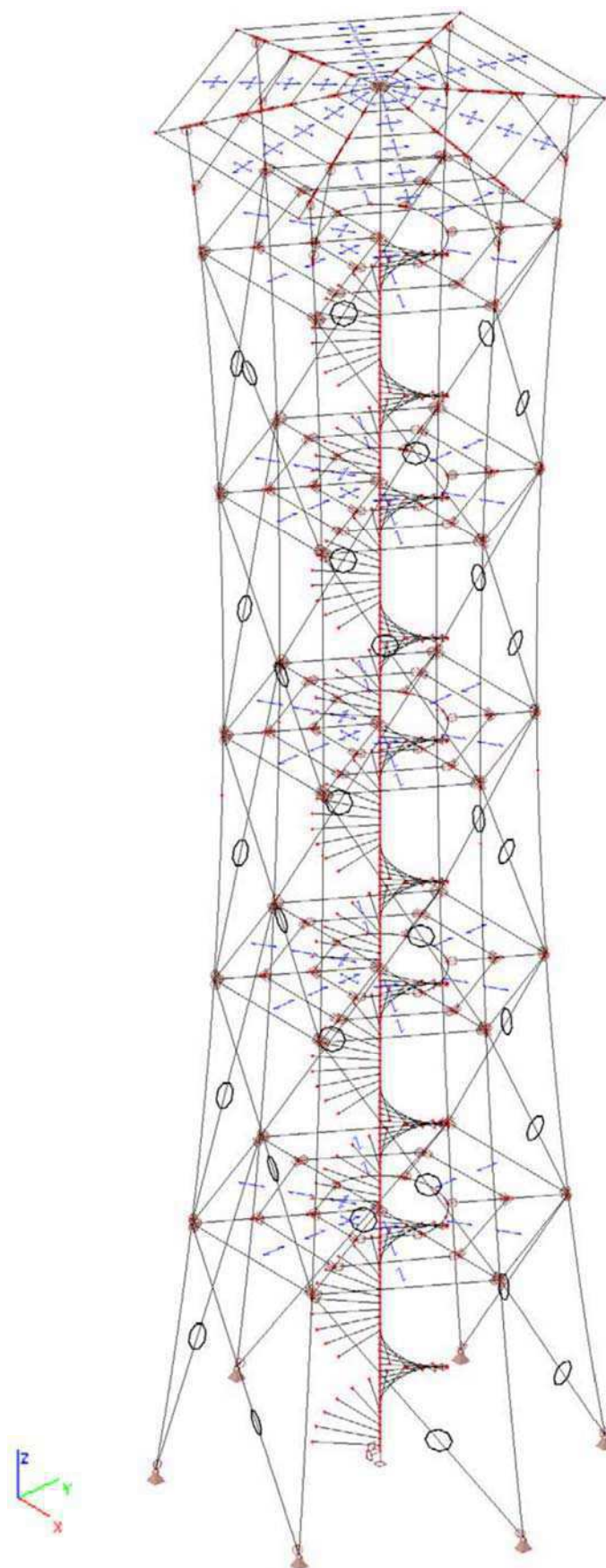
Barevné vyznačení umístění jednotlivých prvků v konstrukci viz Obrázek 1.4.. Pro přehlednost jsou zde vyznačeny všechny prvky konstrukce, tak aby bylo vždy zřejmé, o jakém prvku je řeč.



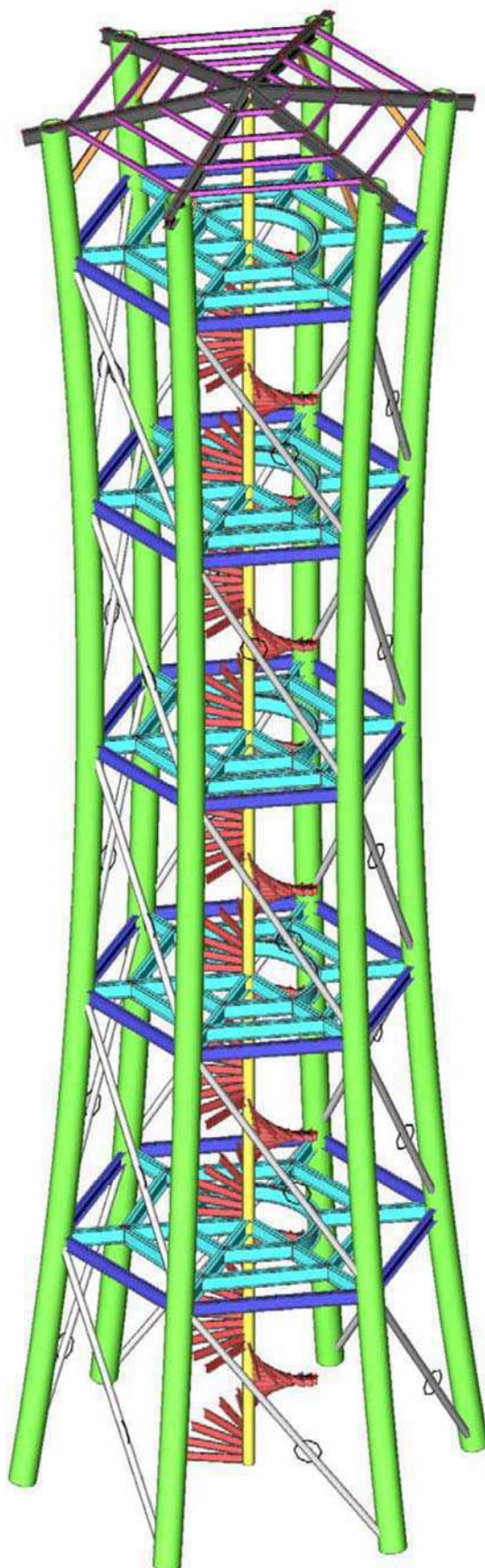
**Obrázek 1.1:** Schéma 3D modelu konstrukce – pohled ve směru  $X$  GSS



**Obrázek 1.2:** Schéma 3D modelu konstrukce – pohled ve směru Y a Z GSS



**Obrázek 1.3:** Schéma 3D modelu konstrukce – axonometrie

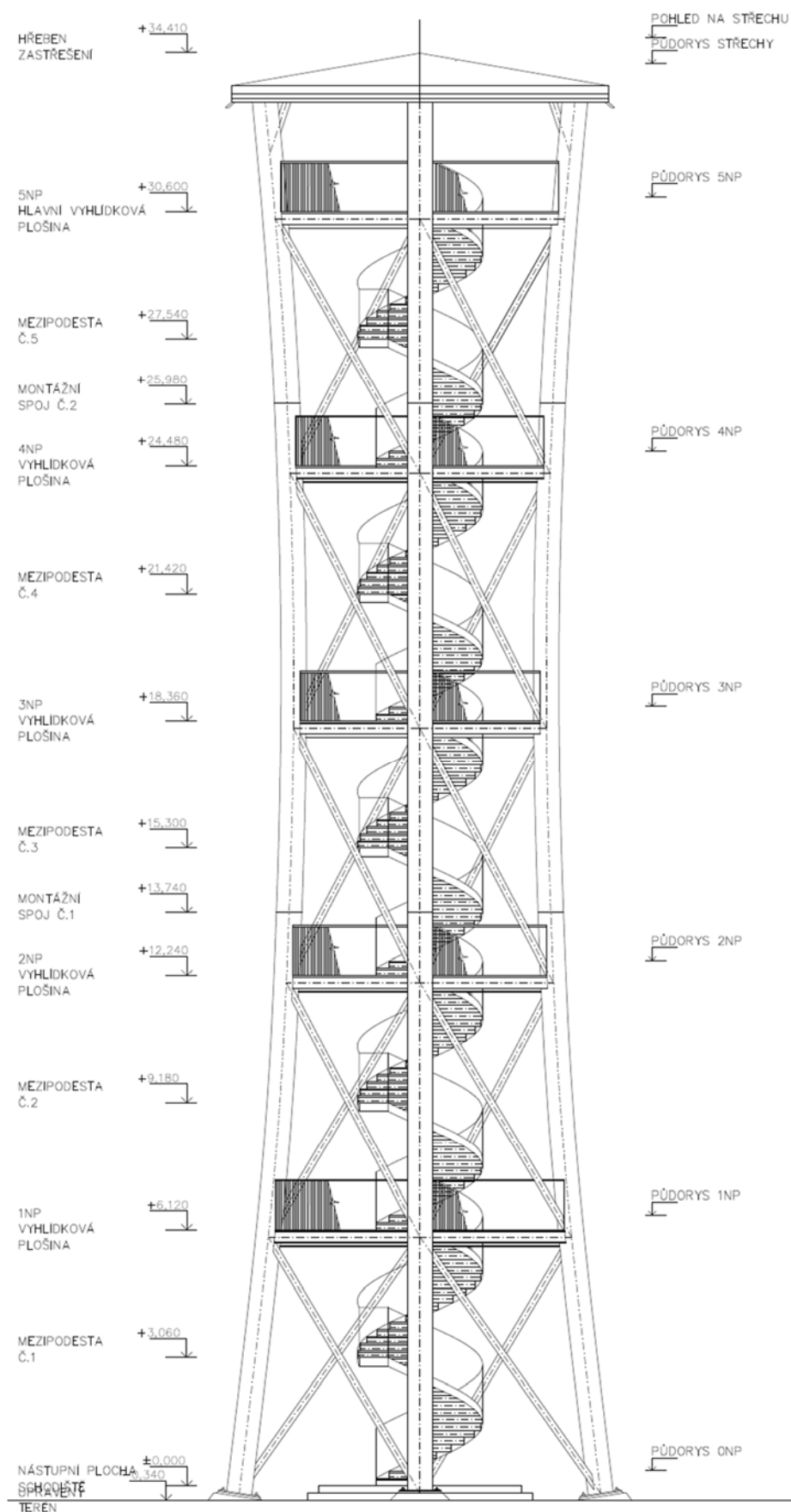


**Legenda:**

<u>Světle zelená</u>	Sloup vnější
<u>Žlutá</u>	Sloup schodišťový vnitřní
<u>Tmavě modrá</u>	Nosník patrový vnější
<u>Světle modrá</u>	Nosník patrový vnitřní
<u>Červená</u>	Schodišťový nosník
<u>Světle šedá</u>	Ztužidlo diagonální
<u>Černá</u>	Vaznice
<u>Růžová</u>	Krokev
<u>Oranžová</u>	Vzpěra

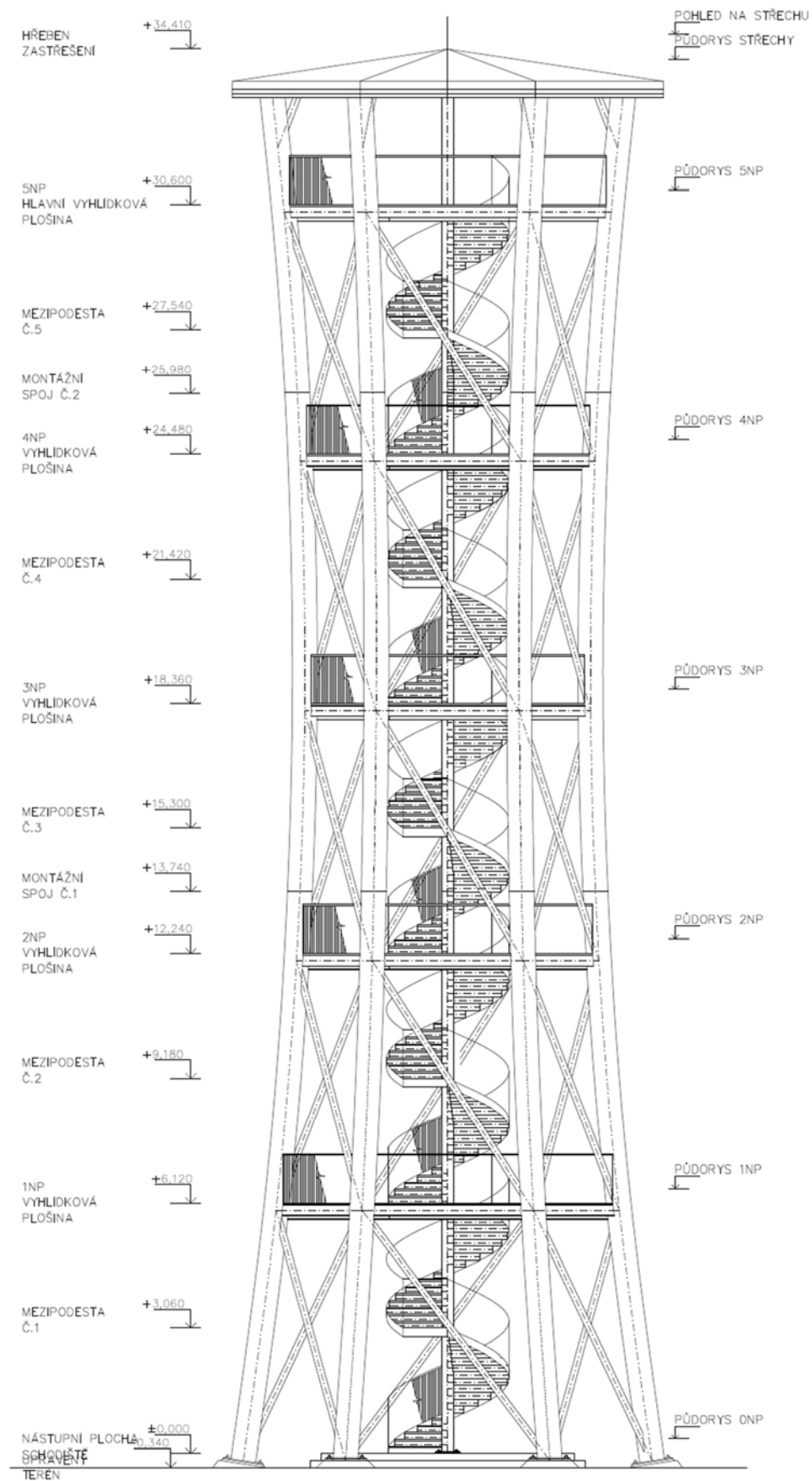
*Obrázek 1.4: Schéma 3D modelu konstrukce – vyznačení prvků*

### 1.2.2 Schéma konstrukce



**Obrázek 1.5:** Schéma konstrukce – pohled ve směru X GSS





Obrázek 1.6: Schéma konstrukce – pohled o 30° pootočený od osy X GSS

## 2 Konstrukce

### 2.1 Základní charakteristiky

Výpočetní 3D model konstrukce byl vytvořen ve studentské verzi softwaru Scia Engineer 2015. Ten je modelován jako obecná prostorová prutová konstrukce (obecná XYZ). Podkladem pro tvorbu modelu bylo osové schéma konstrukce vytvořené v programu Autodesk Auto CAD 2016, které bylo importováno do programu Scia Engineer. Model obsahuje pouze hlavní nosné prvky konstrukce, které přenášejí zatížení, tzn. vnější sloupy, vnitřní schodišťový sloup, nosníky pater, diagonální ztužidla a konzoly schodišťových stupňů. Prvky jako zábradlí, pochozí ocelové rošty atd. jsou uvažovány pouze jako zatížení. Výpis jednotlivých prvků konstrukce je rovněž uveden v kapitole 2.1.1 tohoto statického výpočtu.

<b>Popis</b>	<b>Hodnota</b>
Výška celé konstrukce	34,410 m
Konstrukční výška jednoho patra	6,120 m
Konstrukční výška posledního patra	3,060 m
Konstrukční výška mezi podestami	3,060 m
Výška zastřešení	0,750 m
Přesah zastřešení	1,000 m
Počet konstrukčních pater	6
Počet vyhlídkových plošin	5

*Tabulka 2.1: Geometrické charakteristiky konstrukce*

#### 2.1.1 Výpis prvků konstrukce

<b>Popis prvku</b>	<b>Barva v modelu</b>	<b>Typ profilu</b>
Vnější sloupy	světle zelená	trubka
Vnitřní schodišťový sloup	žlutá	trubka
Svislé diagonální ztužidlo	světle šedá	trubka
Vnější patrový nosník	tmavě modrá	profil IPE
Vnitřní patrový nosník	světle modrá	profil IPE
Schodišťový nosník	červená	Z profil
Krokev	černá	profil IPE
Vaznice	růžová	profil IPE
Vzpěra	oranžová	profil IPE

*Tabulka 2.2: Výpis prvků konstrukce*

### 2.1.2 Půdorys konstrukce

Všechna podlaží mají půdorysný tvar pravidelného šestiúhelníku, jednotlivá patra jsou však odlišná svou velikostí. Délka hrany šestiúhelníku se mění po výšce konstrukce, patra nejsou vůči sobě pootočená. Nosný vodorovný rošt je pouze v patrech, ve kterých se nachází vyhlídkové plošiny.

Nosný rošt vyhlídkových plošin se skládá z vnitřních a vnějších patrových nosníků. Vnější nosníky vždy tvoří kloubový rám tvaru šestiúhelníku. Vnitřní patrové nosníky taktéž, navíc jsou propojeny příčnicí, které jsou ukotveny do vnějších a vnitřního sloupu. Tam, kde není možné ukotvení příčných nosníků do vnitřního sloupu z důvodu schodišťového prostoru, jsou vyneseny do vedlejších nosníků tak, aby nevznikaly velké průhyby.

V následující tabulce (Tabulka 2.3) jsou uvedeny základní rozměry pro jednotlivé vyhlídkové plošiny. V místě střechy jsou krokve ve sklonu  $8,5^\circ$  a vaznice v různých výškách. Pro plošinu č. 0 jsou uvedeny rozměry pro rozmístění podpor sloupů.

Plošina	Výška [m]	Délka hrany [m]	Půdorysná plocha [m <sup>2</sup> ]
0	0,000	5,000	64,95
1	6,120	4,197	45,76
2	12,240	3,697	35,51
3	18,360	3,500	31,83
4	24,480	3,600	33,67
5	30,600	4,000	41,57

*Tabulka 2.3: Teoretické rozměry vyhlídkových pater*

### 2.1.3 Střešní konstrukce

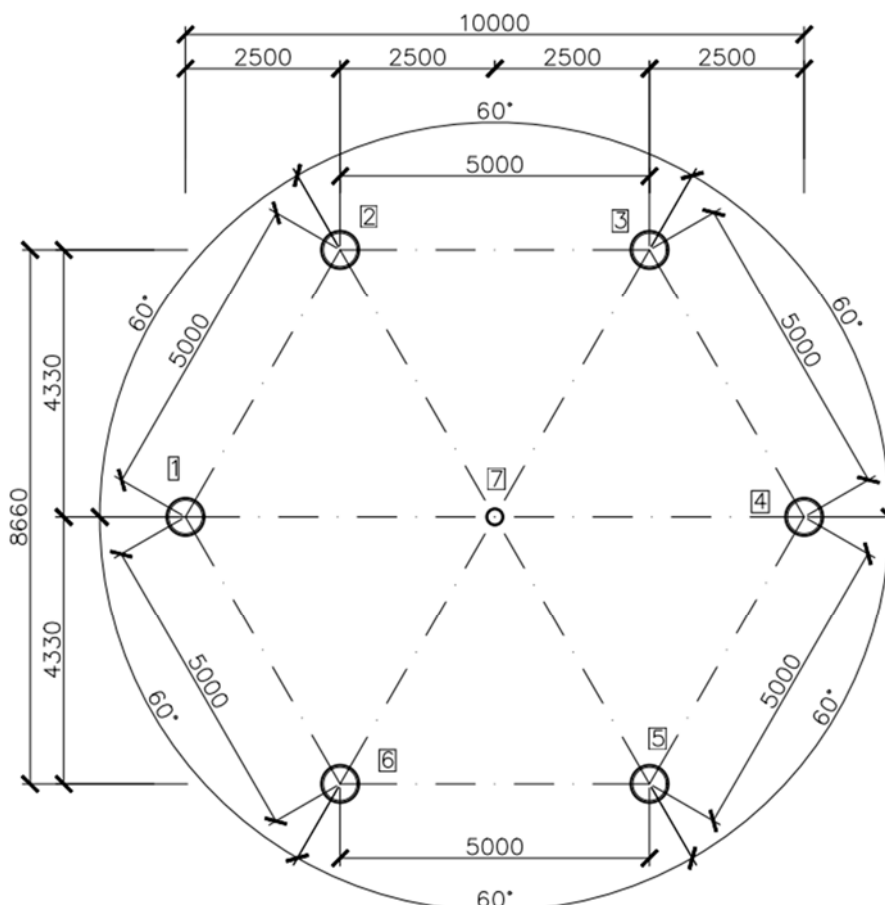
Střecha má tvar šestibokého jehlanu, podporovaného krokvy a vaznicemi, které jsou na krokve uloženy kloubově. Krokve tvoří hrany jehlanu a vaznice vynáší zatížení od skladby střešního pláště do krokví. Na vnějším konci mají krokve přesah 0,500 m za osu vnějšího patrového nosníku hlavní vyhlídkové plošiny. Celá konstrukce střechy je uložena na vnější sloupy a vzpěr. U vrcholu střechy jsou hlavní nosníky kloubově připojeny na středový schodišťový nosník.

### 2.1.4 Diagonální ztužidla

Stabilitu celé konstrukce zajišťují, mimo jiné, svíslá diagonální ztužidla přes dvě konstrukční patra. Diagonální ztužidlo je uvažováno tuhé a pouze v jednom směru, pravotočivém. Ztužidla jsou vedena vždy z vrcholu šestiúhelníku do vrcholu šestiúhelníku následujícího.

### 2.1.5 Vnější podpory

Rozmístění podpor a jejich očíslování viz Obrázek 2.1. Všechny podpory sloupů jsou modelovány kloubově a jejich natočení je takové, aby reakce byly vztažené ke globálnímu souřadnému systému.



Obrázek 2.1: Rozmístění podpor

### 2.1.6 Vnitřní podpory

Vnitřní klouby jsou využity u prutů ztužidel, nosníků roštu vyhlídkových plošin a prvků konstrukce zastřešení. Klouby jsou umístěny buď na jednom nebo na obou koncích prutu a je u nich umožněno pootočení  $\varphi_y$  a  $\varphi_z$  vztažené k lokálnímu souřadnému systému prvku.

### 2.1.7 Specifika modelu

Jelikož ztužidla jsou uvažována jako tuhá, nebylo nutné při tvorbě 3D modelu využívat žádných zvláštních zadávání, pouze bylo u těchto prvků stanoveno přenášení pouze osových sil.

### 3 Materiálové charakteristiky

V této kapitole jsou uvedeny veškeré charakteristiky materiálů, které jsou ve studii použity. Pro ocelovou nosnou konstrukci je použita ocel třídy S355 a rostlé dřevo. Jako pochozí vrstva vyhlídkových plošin a schodišťových stupů je uvažován lisovaný ocelový pochozí rošt NOVING, jehož technické listy jsou přiloženy mezi přílohami této studie (viz část VI). Rostlé dřevo je použito pouze na zaklopení střešní konstrukce, proto nejsou materiálové charakteristiky potřeba.

#### 3.1 Ocel

##### Ocel S 355 J2 G3:

Jedná se o pevnější běžnou konstrukční ocel. Je to nelegovaná konstrukční ocel vhodná ke svařování.

S	...	ocel pro stavební objekty
355	...	nejmenší mez kluzu v MPa
J2	...	vrubová houževnatost (teplota -20 °C)
G3	...	ocel uklidněná, normalizačně žíhaná

<b>Materiálové charakteristiky:</b>	$f_y$	...	mez kluzu	$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$
				$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355/1,00 = 355 \text{ MPa}$
	$f_u$	...	mez pevnosti	$f_{uk} = 490 \text{ MPa}$
				$f_{ud} = f_{uk} / \gamma_{M0} = 490/1,00 = 490 \text{ MPa}$
	$\rho$	...	hustota	$\rho = 7\,850 \text{ kg/m}^3$
	$E$	...	modul pružnosti	$E = 210\,000 \text{ MPa}$
	$G$	...	modul pružnosti ve smyku	$G = 80\,700 \text{ MPa}$
	$\nu$	...	Poissonovo číslo	$\nu = 0,3$
	$\alpha$	...	Součinitel teplotní roztažnosti	$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

#### 3.2 Ocelové pochozí rošty

##### Vyhlídkové plošiny – NOVING P 4.40 – 33/33 – 1500:

Materiál	St 37-2 (S235)
Povrchová úprava	žárové zinkování
Osová vzdálenost nosných pásků	33 mm
Osová vzdálenost nenosných pásků	33 mm
Průřez nosného pásku	4x40 mm
Nosná délka roštu – maximální	1 500 mm
Hmotnost	50,0 kg/m <sup>2</sup>



**Schodiště – NOVING P 2.40 – 33/33 – 1200:**

Materiál	St 37-2 (S235)
Povrchová úprava	žárové zinkování
Osová vzdálenost nosných pásků	33 mm
Osová vzdálenost nenosných pásků	33 mm
Průřez nosného pásku	2x40 mm
Nosná délka roštu – maximální	1 200 mm
Hmotnost	27,5 kg/m <sup>2</sup>

**3.3 Spojovací materiál**

**Šrouby třídy 8.8:**

mez kluzu	$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$
mez pevnosti	$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$
hustota	$\rho = 7\,850 \text{ kg/m}^3$
modul pružnosti	$E = 210\,000 \text{ MPa}$
modul pružnosti ve smyku	$G = 80\,700 \text{ MPa}$

## 4 Zatížení

V této kapitole jsou v souladu s platnými normami podrobně vyčísleny charakteristické hodnoty zatížení, které jsou na konstrukci uvažovány. Ty budou následně aplikovány na 3D-model konstrukce.

### 4.1 Zatížení stálé

#### 4.1.1 Vlastní tíha nosné konstrukce

Hodnota zatížení od vlastní tíhy nosné konstrukce je automaticky vygenerována softwarem Scia Engineer 2015. Vlastní tíha obsahuje pouze tíhu od nosné konstrukce, která je vymodelována. Prvky, které nejsou v modelu vytvořeny jako prvky modelu, jsou zadány jako ostatní stálé zatížení. To je vypsáno v následujících kapitolách 4.1.2, 4.1.3 a 0 tohoto statického výpočtu.

#### 4.1.2 Ostatní stálé – vyhlídkové plošiny

Mezi ostatní stálé zatížení je uvažováno zatížení od skladby podlahy jednotlivých vyhlídkových plošin a zábradlí na jejím okraji.

Všechna tato zatížení jsou nyní vyčíslena jako plošná, vyjma zábradlí, které je již nyní stanoveno jako spojité zatížení. Tato zatížení budou ve 3D modelu rozpočítána na spojité zatížení náležící danému prvku pomocí zatěžovacích panelů. Ocelové pochozí rošty roznáší zatížení ve směru nosných pásků.

- **Ocelové zábradlí se svislou výplní**

– uvažováno cca 50 kg/m<sup>1</sup>

$$g_{\text{zábradlí,k}} = 0,50 \text{ kN/m}^1$$

- **Skladba podlah vyhlídkových plošin**

– pochozí ocelové lisované rošty s pozink. povr. úpravou

P 4.40 – 33/33 – 1500

Hmotnost roštu 50 kg/m<sup>2</sup>

S ohledem na připevňovací materiál a lemování uvažují

$$g_{\text{patro,k}} = 0,60 \text{ kN/m}^2$$

### 4.1.3 Ostatní stálé – schodiště

Schodiště je navrženo jako pravotočivé vřetenové schodiště s nosným středovým sloupem. Jednotlivé schodišťové stupně jsou konstruovány jako konzoly vetknuté do středového sloupu. Mezi ostatní stálé zatížení schodiště je započteno zábradlí jako bodová síla na konci konzoly a ocelový pochozí rošt jako spojitě lichoběžníkové zatížení na prutu.

Mezipodesty jsou modelovány totožně jako schodišťové stupně, ocelový rošt a zábradlí je rozloženo mezi dvě konzoly umístěné na krajích mezipodesty.

- **Skladba podlahy schodiště**

- pochozí ocelové lisované rošty s pozink. povrch. úpravou

- P 2.40 – 33/33 – 1200

- Hmotnost roštu 27,5 kg/m<sup>2</sup>

- S ohledem na přípevňovací materiál a dodatečné lemování uvažují

$$g_{sch,k} = 0,35 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{sch,P1,k} = 0,07 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{sch,P2,k} = 0,15 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{mp,P1,k} = 0,11 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{mp,P2,k} = 0,28 \text{ kN/m}^2$$

- **Ocelové zábradlí se svislou výplní**

- uvažováno cca 50 kg/m<sup>2</sup>

$$g_{zábradlí,k} = 0,50 \text{ kN/m}^2$$

- podíl na schodišťový stupeň

$$G_{sch,z,k} = 0,20 \text{ kN}$$

- podíl na mezipodestě

$$G_{mp,z,k} = 0,45 \text{ kN}$$



#### 4.1.4 Ostatní stálé – střecha

Zatížení od střešního pláště je v modelu roznášeno pomocí zatěžovacích panelů na krokve i vaznice dle klasických zatěžovacích obrazců. Skladba je tvořena titanzinkovým plechem Rheinzink s dvojitou stojatou drážkou, pojistnou hydroizolační folií a celoplošným bedněním z OSB desek tloušťky 30 mm. S ohledem na estetiku je na čelech a spodní straně střešní konstrukce zaklopena palubkovým obložním.

- **Skladba střešního pláště**

– titanzinkový plech Rheinzink 0,8 mm	0,058 kN/m <sup>2</sup>
– pojistná hydroizolační folie	0,010 kN/m <sup>2</sup>
– bednění z OSB desek tl. 30 mm	0,188 kN/m <sup>2</sup>
– obklad z palubek	0,100 kN/m <sup>2</sup>
<hr/>	
	$g_{\text{střecha,k}} = 0,356 \text{ kN/m}^2$

## 4.2 Zatížení proměnné

### 4.2.1 Užitné zatížení

Hodnota užitného zatížení je stanovena dle příslušné normy. K roznášení plošného užitného zatížení na prutové prvky jsou využity zatěžovací panely, které obsahuje výpočetní software.

Jelikož je na vyhlídkových plošinách velká pravděpodobnost shromažďování lidí, je užitné zatížení zařazeno do kategorie C5.

Pro schodiště je pak užitné zatížení uvažováno v kategorii C3, jelikož se nepředpokládá shromažďování lidí nýbrž průchod davu lidí.

- **Zatížení davem lidí**

Plošné zatížení na vyhlídkovou plošinu

$$q_{f,k} = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

Plošné zatížení na schodišťový stupeň

$$q_{f,\text{sch},k} = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{f,\text{sch},k} = 1,50 \text{ kN/m}^2$$

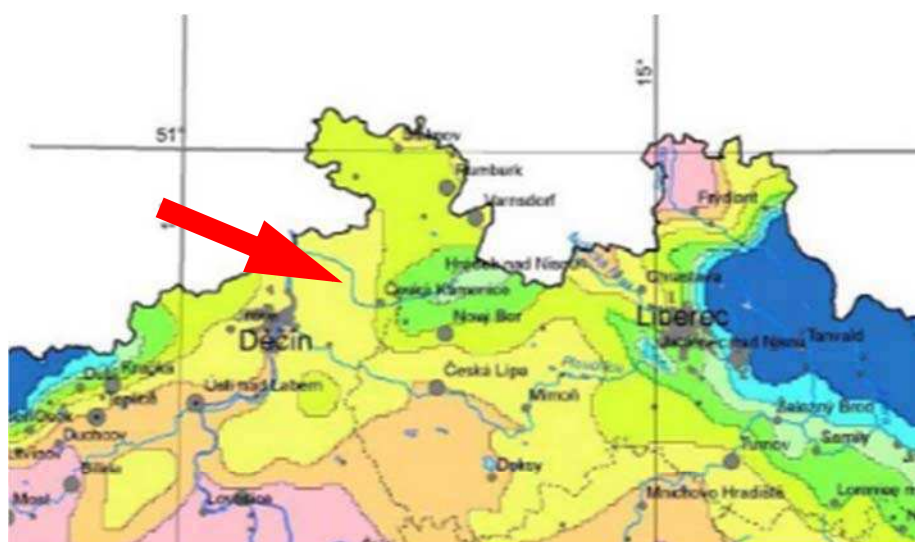
#### 4.2.2 Zatížení sněhem

Charakteristická hodnota plošného zatížení je stanovena dle rovnice:

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

Součinitel expozice...	$C_e = 1,0$	topografie normálního typu
Součinitel teploty...	$C_t = 1,0$	doporučená hodnota
Charakteristická hodnota...	$s_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$	Růžovský vrch => sněhová oblast III
Tvarový součinitel...	$\mu_i = 0,8$	$0^\circ \leq \alpha = 8,5^\circ \leq 30^\circ$

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 1,20 \text{ kN/m}^2$$



ČSN EN 1991-1-3:2005/Z1:2006  
MAPA SNĚHOVÝCH OBLASTÍ NA ÚZEMÍ ČR

Zatížení sněhem na střeších  $s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$

Oblast	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Charakteristická hodnota $s_k$ [kPa]	0,7	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	>4,0 <sup>*)</sup>

\*) Charakteristickou hodnotu určí příslušná pobočka Českého hydrometeorologického ústavu

Vypracoval Český hydrometeorologický ústav

**Obrázek 4.1:** Umístění konstrukce na mapě sněhových oblastí

Případy zahrnující sněhové zachytávače uvažovány nejsou, jelikož tyto prostředky na střeše nebudou. Rozhledna je umístěna v lese a při špatném počasí nebude přístupná ani v provozu, proto není třeba zabraňovat sklouzávání sněhu ze střechy.

- **Zatížení na střechu**

Vyčíslené zatížení předpokládá jeho působení vztažené k půdorysnému průmětu plochy střechy. Aby se dalo zatížení vložit do výpočetního modelu, je třeba tuto hodnotu přepočítat na skutečnou plochu střechy. To docílím vynásobením konstantou  $\cos \alpha$ , kde  $\alpha$  je sklon střechy.

$$s \cdot \cos \alpha = 1,20 \cdot \cos 8,5^\circ = \mathbf{1,19 \text{ kN/m}^2}$$

- **Zatížení na konstrukci**

Zatížení sněhem je uvažováno pouze na střechu. Konstrukce je prutová a na vyhlídkové plošiny i schodiště je použit ocelový pochozí rošt, proto je předpokládáno, že sníh se nebude na těchto místech kumulovat.

#### 4.2.3 Zatížení větrem

Hodnota tohoto zatížení je stanovena dle ČSN EN 1991 – 1 – 4. Jelikož se s výškou zatížení větrem mění, je třeba konstrukci po výšce rozdělit na jednotlivá pásma.

Abych byla schopna zatížení větrem aplikovat na konstrukci, je nezbytné si zvolit směry větru, kterými bude na konstrukci působit. Pro účely tohoto statického posudku jsou uvažovány směry X GSS a Y GSS. Zatížení je vždy aplikováno jak ve směru kladné osy + tak ve směru záporné – pro obě tyto osy.

Zatížení větrem na jednotlivé prvky bude spočteno pro předběžně navržené prvky. Při změně profilu v průběhu posuzování, nebude toto zatížení přepočítáváno. Stejně tak jako dílčí výpočty tohoto stanovení zatížení.

Pásma	Celková výška zóny	Výška zóny od paty sloupu	
		Spodní	Vrchní
1	6,120 m	+ 0,000 m	+ 6,120 m
2	6,120 m	+ 6,120 m	+ 12,240 m
3	6,120 m	+ 12,240 m	+ 18,360 m
4	6,120 m	+ 18,360 m	+ 24,480 m
5	9,930 m	+ 24,480 m	+ 34,410 m

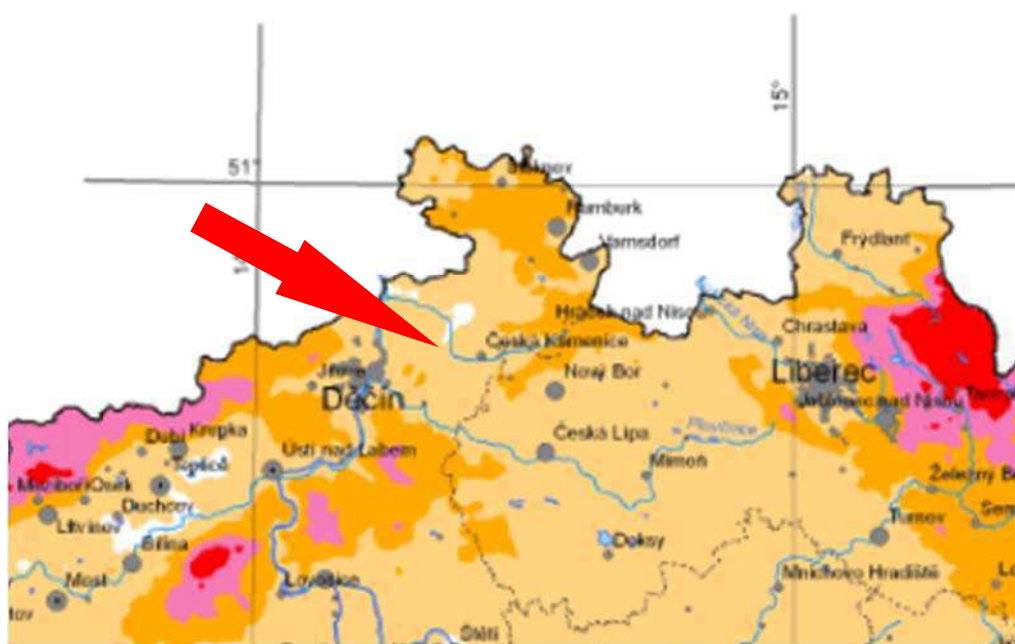
**Tabulka 4.1:** Pásma pro zatížení větrem

• **Základní rychlost větru**

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

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = \mathbf{25,0 \text{ m/s}}$$

$c_{dir} = 1,0$	Součinitel směru větru...	doporučená hodnota
$c_{season} = 1,0$	Součinitel ročního období...	doporučená hodnota
$v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$	Výchozí základní rychlost větru...	Růžovský vrch => Oblast II



MAPA VĚTRNÝCH OBLASTÍ NA ÚZEMÍ ČR

Oblast	I	II	III	IV	V
Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0}$ [m/s]	22,5	25	27,5	30	36 <sup>*)</sup>

\*) Charakteristickou hodnotu určí příslušná pobočka Českého hydrometeorologického ústavu

Vypracoval Český hydrometeorologický ústav v roce 2006

**Obrázek 4.2:** Umístění konstrukce na mapě větrných oblastí

• **Maximální dynamický tlak  $q_p(z)$**

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

$I_v(z)$	Turbulence větru...	výpočet viz Tabulka 4.2
$v_m(z)$	Střední rychlost větru...	výpočet viz Tabulka 4.2
$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$	Měrná hmotnost vzduchu...	doporučená hodnota
$q_p(z)$	Maximální dynamický tlak...	výpočet viz Tabulka 4.2

Pro  $z = 6,120 \text{ m}$ :

$$\begin{aligned} q_p(6,120) &= [1 + 7 \cdot I_v(6,120)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(6,120) = \\ &= [1 + 7 \cdot 0,332] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 16,238^2 = \mathbf{547,3 \text{ N/m}^2} \end{aligned}$$

*Výpočet  $q_p(z)$  viz Tabulka 4.2*

$v_b$ [m/s]	$z_0$ [m]	$k_r$ [-]	$z$ [m]	$c_r(z)$ [m/s]	$c_o(z)$ [m/s]	$v_m(z)$ [m/s]	$k_l$ [-]	$I_v(z)$ [-]	$q_p(z)$ [N/m <sup>2</sup> ]
25,0	0,3	0,215	6,120	0,650	1,6	25,981	1,0	0,207	<b>827,1</b>
25,0	0,3	0,215	12,240	0,799	1,6	31,952	1,0	0,169	<b>1 390,8</b>
25,0	0,3	0,215	18,360	0,886	1,6	35,446	1,0	0,152	<b>1 620,3</b>
25,0	0,3	0,215	24,480	0,948	1,6	37,924	1,0	0,142	<b>1 792,3</b>
25,0	0,3	0,215	34,410	1,021	1,6	40,858	1,0	0,132	<b>2 005,9</b>

**Tabulka 4.2:** Výpočet maximálního dynamického tlaku

**Střední rychlost větru  $v_m(z)$**

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b$$

$c_r(z)$	Součinitel drsnosti terénu	...výpočet viz Tabulka 4.2
$c_o(z) = 1,0$	Součinitel orografie	... výpočet viz Tabulka 4.2
$v_b = 25,0 \text{ m/s}$	Parametr drsnosti terénu	...viz předchozí odstavec

Pro  $z = 6,120 \text{ m}$ :

$$v_m(6,120) = c_r(6,120) \cdot c_o(6,120) \cdot v_b = 0,650 \cdot 1,6 \cdot 25,0 = 25,981 \text{ m/s}$$

*Výpočet  $v_m(z)$  viz Tabulka 4.2*



### Součinitel drsnosti terénu $c_r(z)$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad z_{min} < z < z_{max}$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,300}{0,050}\right)^{0,07} = \mathbf{0,215}$$

Kategorie terénu III – oblast rovnoměrně pokrytá vegetací (souvislý les):

$z_0 = 0,300$  m      Parametr drsnosti terénu

$z_{min} = 5,000$  m      Minimální výška

$z_{0,II} = 0,050$  m      Parametr drsnosti terénu pro kategorii terénu II

Pro  $z = 6,120$  m:

$$c_r(6,120) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,215 \cdot \ln\left(\frac{6,120}{0,300}\right) = \mathbf{0,650}$$

Výpočet  $c_r(z)$  viz Tabulka 4.2

### Součinitel orografie $c_o(z)$

Jelikož se nejedná o osamělý útes, kopec nebo sráz, a okolní terén je pozvolný, uvažují součinitel orografie hodnotou 1,0.

$$c_o(z) = 1 + 0,6 \cdot s = 1 + 0,6 \cdot 1,0 = \mathbf{1,60} \quad \text{pro } \Phi > 0,3$$

$$\Phi = \frac{H}{L_u} = \frac{219,000}{330,000} = 0,664$$

$H = 219,000$       účinná výška kopce      ...z mapy

$L_u = 330,000$       skutečná délka návětrného svahu      ...z mapy

$L_e = H/0,3 = 730,000$  m

$z = 34,410$  m      svislá vzdálenost od místa staveniště

$z/L_e = 34,410/730,000 = 0,047$

$x/L_e = 0/730,000 = 0$

$s = 1,0$

**Turbulence větru  $I_v(z)$** 

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)}$$

$k_1 = 1,0$	Součinitel turbulence	...doporučená hodnota
$c_o(z) = 1,0$	Součinitel orografie	...viz předchozí odstavec
$z_0 = 0,300 \text{ m}$	Parametr drsnosti terénu	...doporučená hodnota

Pro  $z = 6,120 \text{ m}$ :

$$I_v(6,120) = \frac{k_1}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(6,120/0,300)} = \mathbf{0,332}$$

Výpočet  $I_v(z)$  viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.****• Síly od větru na prvky konstrukce**

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z) \cdot A_{ref}$$

$F_{w,e}$	síla od větru na prvek	...výpočet viz Tabulka 4.3
$c_s c_d$	součinitel konstrukce	
$c_f$	tlak větru na povrch	...výpočet viz Tabulka 4.3
$q_p(z)$	maximální dynamický tlak	...výpočet viz Tabulka 4.2
$A_{ref}$	referenční plocha prvku	...výpočet viz Tabulka 4.3

Pro  $z = 6,120 \text{ m}$ , vnější sloup:

$$F_{w,e} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,827,1 \cdot 32,45 = 26\,839 \text{ N} = \mathbf{26,839 \text{ kN}}$$

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 1,10 \cdot 0,92 = \mathbf{1,0}$$

$$f_{w,e} = F_{w,e}/l_{ref} = \frac{26,839}{33,87} = \mathbf{0,792 \text{ kN/m'}}$$

Výpočet  $F_{w,e}(z)$  viz Tabulka 4.3Tyto síly pak budou rozpočítány na liniové zatížení na  $m'$  daného prvku.Výpočet  $f_{w,e}(z)$  viz Tabulka 4.3

Popis prvku	výškové pásmo	$q_p(z_e)$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c_s c_d$ [-]	$c_{f,0}$ [-]	$\psi_\lambda$ [-]	$c_f$ [-]	$l$ [m]	$A_{ref}$ [m <sup>2</sup> ]	$F_w$ [kN]	$f_w$ [kN/m']
vnější sloup	1	0,827	1,000	1,100	0,900	0,990	6,120	5,863	<b>4,801</b>	<b>0,784</b>
	2	1,391	1,000	1,100	0,900	0,990	6,120	5,863	<b>8,073</b>	<b>1,319</b>
	3	1,620	1,000	1,100	0,900	0,990	6,120	5,863	<b>9,405</b>	<b>1,537</b>
	4	1,792	1,000	1,100	0,900	0,990	6,120	5,863	<b>10,403</b>	<b>1,700</b>
	5	2,006	1,000	1,100	0,900	0,990	9,180	8,794	<b>17,464</b>	<b>1,902</b>
vnější patrový nosník	1	0,827	1,000	2,000	0,820	1,640	4,197	1,259	<b>1,708</b>	<b>0,407</b>
	2	1,391	1,000	2,000	0,780	1,560	3,697	1,109	<b>2,406</b>	<b>0,651</b>
	3	1,620	1,000	2,000	0,770	1,540	3,500	1,050	<b>2,620</b>	<b>0,749</b>
	4	1,792	1,000	2,000	0,780	1,560	3,600	1,080	<b>3,020</b>	<b>0,839</b>
	5	2,006	1,000	2,000	0,820	1,640	4,000	1,200	<b>3,948</b>	<b>0,987</b>
schodišťový nosník	1	0,827	1,000	2,000	0,750	1,500	1,500	0,255	<b>0,316</b>	<b>0,211</b>
	2	1,391	1,000	2,000	0,750	1,500	1,500	0,255	<b>0,532</b>	<b>0,355</b>
	3	1,620	1,000	2,000	0,750	1,500	1,500	0,255	<b>0,620</b>	<b>0,413</b>
	4	1,792	1,000	2,000	0,750	1,500	1,500	0,255	<b>0,686</b>	<b>0,457</b>
	5	2,006	1,000	2,000	0,750	1,500	1,500	0,255	<b>0,767</b>	<b>0,512</b>
vnitřní schodišťový sloup	1	0,827	1,000	1,200	0,950	1,140	6,120	1,867	<b>1,760</b>	<b>0,288</b>
	2	1,391	1,000	1,200	0,950	1,140	6,120	1,867	<b>2,960</b>	<b>0,484</b>
	3	1,620	1,000	1,200	0,950	1,140	6,120	1,867	<b>3,448</b>	<b>0,563</b>
	4	1,792	1,000	1,200	0,950	1,140	6,120	1,867	<b>3,814</b>	<b>0,623</b>
	5	2,006	1,000	1,200	0,950	1,140	9,930	3,029	<b>6,926</b>	<b>0,697</b>

**Tabulka 4.3:** Síly na prvky od zatížení větrem

Grafy pro zjišťování součinitelů síly jsou přiloženy v přílohách statického výpočtu. Pro toto zjišťování bylo vždy stanoveno Reynoldsovo číslo a ekvivalentní drsnost.





### Součinitel konstrukce $c_s c_d$

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot I_v(z_s)} = \frac{1 + 2 \cdot 3,386 \cdot 0,211 \cdot \sqrt{0,630 + 0,031}}{1 + 7 \cdot 0,211} = 0,933$$

$c_s c_d$	součinitel konstrukce
$k_p$	tlak větru na povrch
$I_v(z_s)$	turbulence větru
$B^2$	turbulence větru
$R^2$	turbulence větru

Součinitel konstrukce vyšel menší než 1,0, ale zároveň ne výrazně menší. Z toho důvodu bude součinitel konstrukce uvažován hodnotou bezpečnou, a to **1,0**.

$$c_s c_d = 1,0$$

### Součinitel maximální hodnoty $k_p$

$$k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} = \sqrt{2 \cdot \ln(0,515 \cdot 600)} = 3,386$$

T	doba integrace	...T = 600 s
---	----------------	--------------

### Frekvence přechodů s kladnou směrnici $v$

$$v = n_{1,x} \cdot \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}} = 2,38 \cdot \sqrt{\frac{0,031}{0,630 + 0,031}} = 0,515$$

### Základní vlastní frekvence $n_{1,x}$

$$n_{1,x} = 2,38 \text{ Hz}$$

Základní vlastní frekvence konstrukce byla získána z výpočetního softwaru Scia Engineer 2015.

### Součinitel odezvy pozadí $B^2$

$$B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \left(\frac{b+h}{L(z_s)}\right)^{0,63}} = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \left(\frac{10,000 + 34,410}{87,514}\right)^{0,63}} = 0,630$$

b	...šířka konstrukce	b = 10,000 m
h	...výška konstrukce	h = 34,410 m
$L(z_s)$	...měřítko délky turbulence v referenční výšce	$L(z_s) = 87,514 \text{ m}$



### Měřítka délky turbulence $L(z_s)$

$$L(z_s) = L_t \cdot \left(\frac{z_s}{z_t}\right)^\alpha$$

$$\alpha = 0,76 + 0,05 \cdot \ln(z_0) = 0,76 + 0,05 \cdot \ln(0,300) = \mathbf{0,700}$$

$$L(z_s) = L_t \cdot \left(\frac{z_s}{z_t}\right)^\alpha = 300,000 \cdot \left(\frac{34,410}{200,000}\right)^{0,700} = \mathbf{87,514 \text{ m}}$$

$z_t$	...referenční výška	$z_t = 200,000 \text{ m}$
$L_t$	...referenční měřítko délky	$L_t = 300,000 \text{ m}$
$z_0$	...parametr drsnosti terénu	$z_0 = 0,300 \text{ m}$
$z_s$	...referenční výška konstrukce	$z_s = 34,410 \text{ m}$

### Rezonanční část odezvy $R^2$

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_L(z_s, n_{1,x}) \cdot R_h(\eta_h) \cdot R_b(\eta_b) = \frac{\pi^2}{2 \cdot 0,073} \cdot 0,034 \cdot 0,065 \cdot 0,206 = \mathbf{0,031}$$

$S_L$	...výkonová spektrální hustota	$S_L = 0,034$
$R_h$	...aerodynamické admitace	$R_h = 0,065$
$R_b$	...aerodynamické admitace	$R_b = 0,206$
$\delta$	...logaritmický dekrement útlumu	$\delta = 0,073$

### Logaritmický dekrement útlumu $\delta$

$$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d = 0,05 + 0,022 + 0,00 = \mathbf{0,073}$$

$$\delta_a = \frac{c_f \cdot \rho \cdot b \cdot v_m(z_s)}{2 \cdot n_{1,x} \cdot m_e} = \frac{1,0 \cdot 1,25 \cdot 10,000 \cdot 25,536}{2 \cdot 2,38 \cdot 2 \cdot 965,9} = \mathbf{0,023}$$

$\delta_s$  logaritmický dekrement konstrukčního útlumu

$\delta_a$  logaritmický dekrement aerodynamického útlumu při základním tvaru kmitání

$\delta_d$  logaritmický dekrement útlumu od zvláštních zařízení

$\delta_s = 0,05$  ocelová příhradová věž s obyčejnými šrouby

$\delta_d = 0,00$  bez zvláštních zařízení



### Ekvivalentní hmotnost $m_e$

$$m_e = \frac{\int_0^l m(z) \cdot \Phi_1^2(z) \cdot dz}{\int_0^l \Phi_1^2(z) \cdot dz} \approx \frac{m}{h} = \frac{102\,055}{34,410} = \mathbf{2\,965,9\ kg/m'}$$

### Výkonová spektrální hustota $S_L$

$$S_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{6,8 \cdot f_L(z_s, n_{1,x})}{(1 + 10,2 \cdot f_L(z_s, n_{1,x}))^{5/3}}$$

$$f_L(z_s, n_{1,x}) = n_{1,x} \cdot \frac{L(z_s)}{v_m(z_s)} = 2,38 \cdot \frac{87,514}{25,536} = \mathbf{8,156}$$

$$S_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{6,8 \cdot f_L(z_s, n_{1,x})}{(1 + 10,2 \cdot f_L(z_s, n_{1,x}))^{5/3}} = \frac{6,8 \cdot 8,156}{(1 + 10,2 \cdot 8,156)^{5/3}} = \mathbf{0,034}$$

### Aerodynamické admittance $R_h, R_b$

$$R_h = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2 \cdot \eta_h^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot \eta_h}) = \frac{1}{14,752} - \frac{1}{2 \cdot 14,752^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot 14,752}) = \mathbf{0,065}$$

$$\eta_h = \frac{4,6 \cdot h}{L(z_s)} \cdot f_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{4,6 \cdot 34,41}{87,514} \cdot 8,156 = \mathbf{14,752}$$

$$R_b = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2 \cdot \eta_b^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot \eta_b}) = \frac{1}{4,287} - \frac{1}{2 \cdot 4,287^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot 4,287}) = \mathbf{0,206}$$

$$\eta_b = \frac{4,6 \cdot b}{L(z_s)} \cdot f_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{4,6 \cdot 10,0}{87,514} \cdot 8,156 = \mathbf{4,287}$$

• **Zatížení střechy – přístřešek**

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{p,net}$$

$w_e$  tlak větru na povrch ...výpočet viz Tabulka 4.4

$q_p(z_e)$  maximální dynamický tlak ...výpočet viz Tabulka 4.2

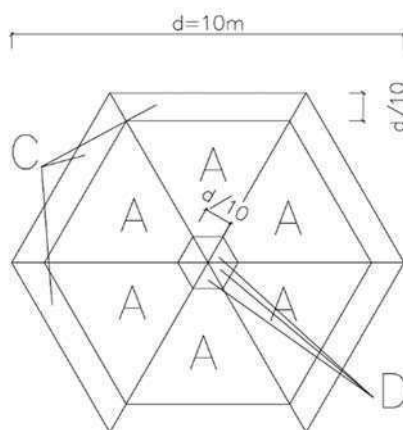
$c_{p,net}$  součinitel vnějšího tlaku ...výpočet viz Tabulka 4.4

Pro oblast A:

$$w_{e,A} = q_p(34,410) \cdot c_{p,net} = 2\,005,9 \cdot 0,67 = 1\,344,0 \text{ N/m}^2$$

Oblast	$c_f$ [-]	$q_p(z)$ [N/m <sup>2</sup> ]	$c_{p,net}$ [-]	$w_e$ [N/m <sup>2</sup> ]
<b>A</b>	0,37	2 005,9	0,67	<b>1 344 0</b>
	-0,67	2 005,9	-0,67	<b>-1 344,0</b>
<b>B</b>	0,37	2 005,9	1,80	<b>3 610,6</b>
	-0,67	2 005,9	-1,47	<b>- 2 948,7</b>
<b>C</b>	0,37	2 005,9	1,37	<b>2 748,1</b>
	-0,67	2 005,9	-1,40	<b>- 2 808,3</b>
<b>D</b>	0,37	2 005,9	0,40	<b>802,4</b>
	-0,67	2 005,9	-1,31	<b>- 2 627,7</b>

*Tabulka 4.4: Výpočet tlaku větru na povrchy*



*Obrázek 4.3: Označení povrchů*

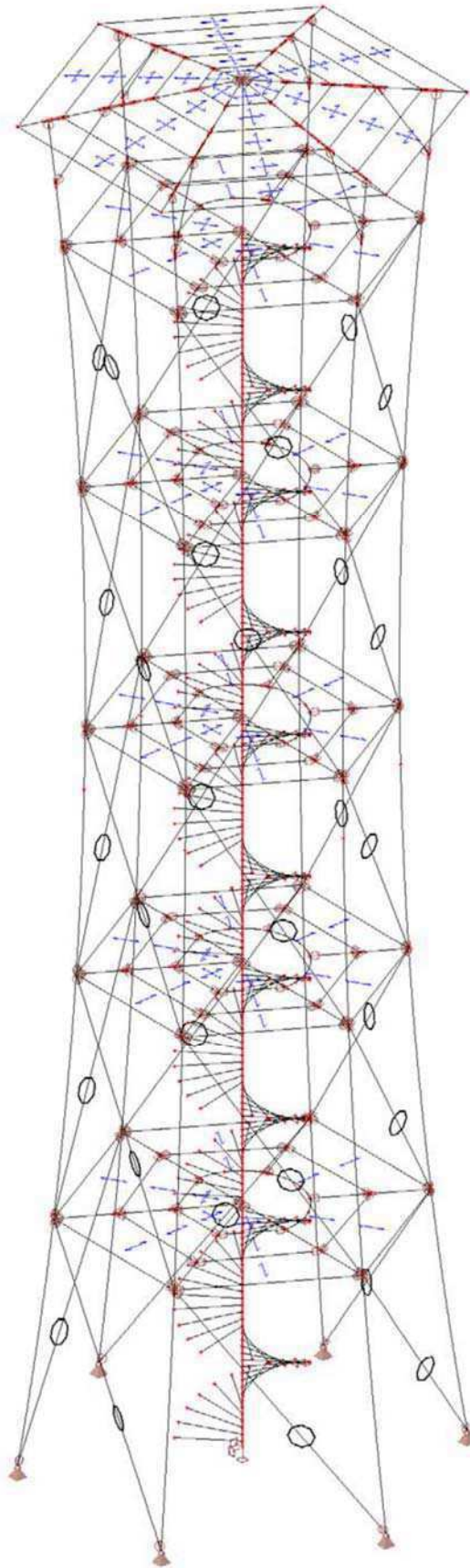
## 5 Kombinace zatěžovacích stavů

### 5.1 Zatěžovací stavy

Seznam zatěžovacích stavů		
Označení	Název	Popis
LC1	Vlastní tíha	Automaticky generováno programem Scia Engineer 2015
LC2	Ostatní stálé – rošty	Pochozí ocelové rošty vyhlídkových plošin a schodiště
LC3	Ostatní stálé – zábradlí	Zábradlí vyhlídkových plošin a schodiště
LC4	Ostatní stálé – střecha	Zatížení od skladby střechy
LC5	Užitné – plné	Zatížení davem lidí na vyhlídkových plošinách a schodišti – plná plocha
LC6	Užitné – poloviční 1	Zatížení davem lidí na vyhlídkových plošinách a schodišti – poloviční plocha 1
LC7	Užitné – poloviční 2	Zatížení davem lidí na vyhlídkových plošinách a schodišti – poloviční plocha 2
LC8	Sníh – střecha – plné	Klimatické zatížení od vrstvy sněhu – plná plocha
LC9	Sníh – střecha – poloviční +X	Klimatické zatížení od vrstvy sněhu – poloviční plocha ve směru +X
LC10	Sníh – střecha – poloviční -X	Klimatické zatížení od vrstvy sněhu – poloviční plocha ve směru -X
LC11	Sníh – střecha – poloviční +Y	Klimatické zatížení od vrstvy sněhu – poloviční plocha ve směru +Y
LC12	Sníh – střecha – poloviční -Y	Klimatické zatížení od vrstvy sněhu – poloviční plocha ve směru -Y
LC13	Námraza	Klimatické zatížení námrazou – vlastní tíha námrazy
LC14	Vítr +X	Klimatické zatížení větrem – ve směru +X
LC15	Vítr -X	Klimatické zatížení větrem – ve směru -X
LC16	Vítr +Y	Klimatické zatížení větrem – ve směru +Y
LC17	Vítr -Y	Klimatické zatížení větrem – ve směru -Y

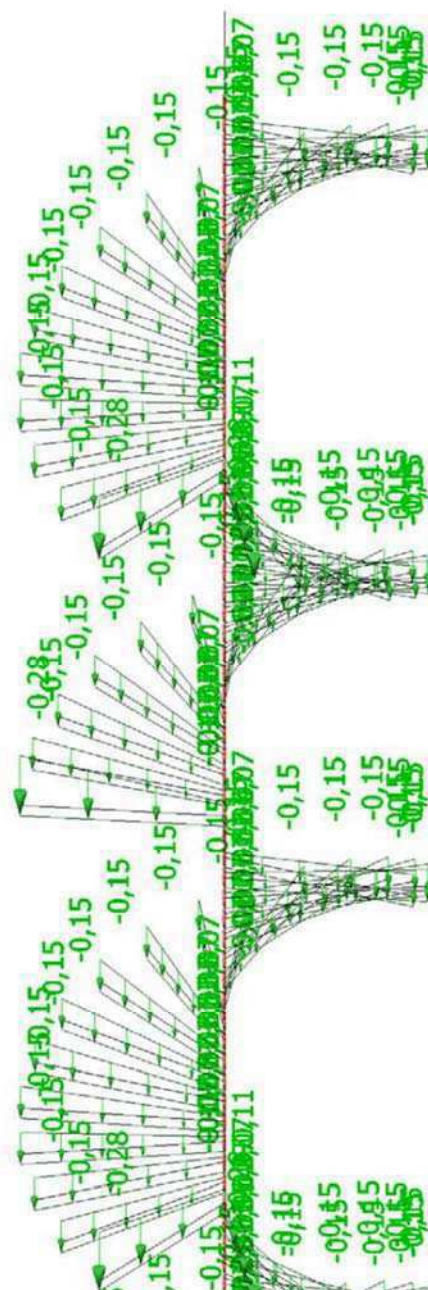
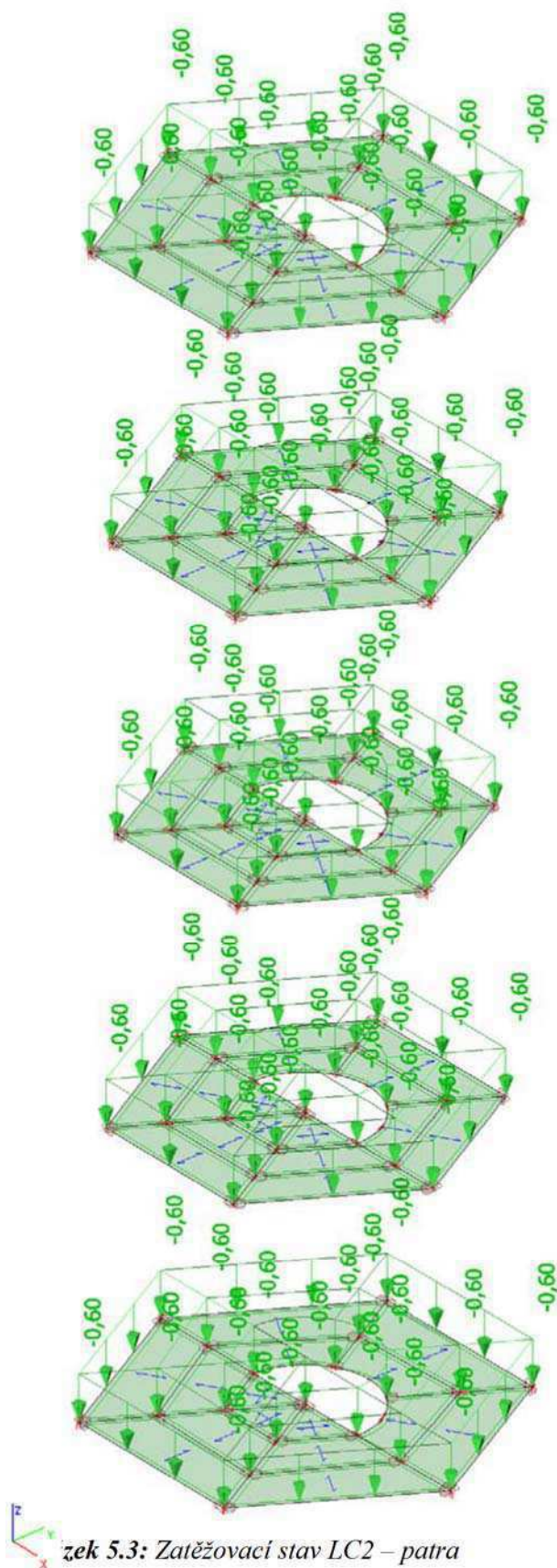
Obrázek 5.1: Zatěžovací stavy

- **Zatěžovací stav LC1 – vlastní tíha**

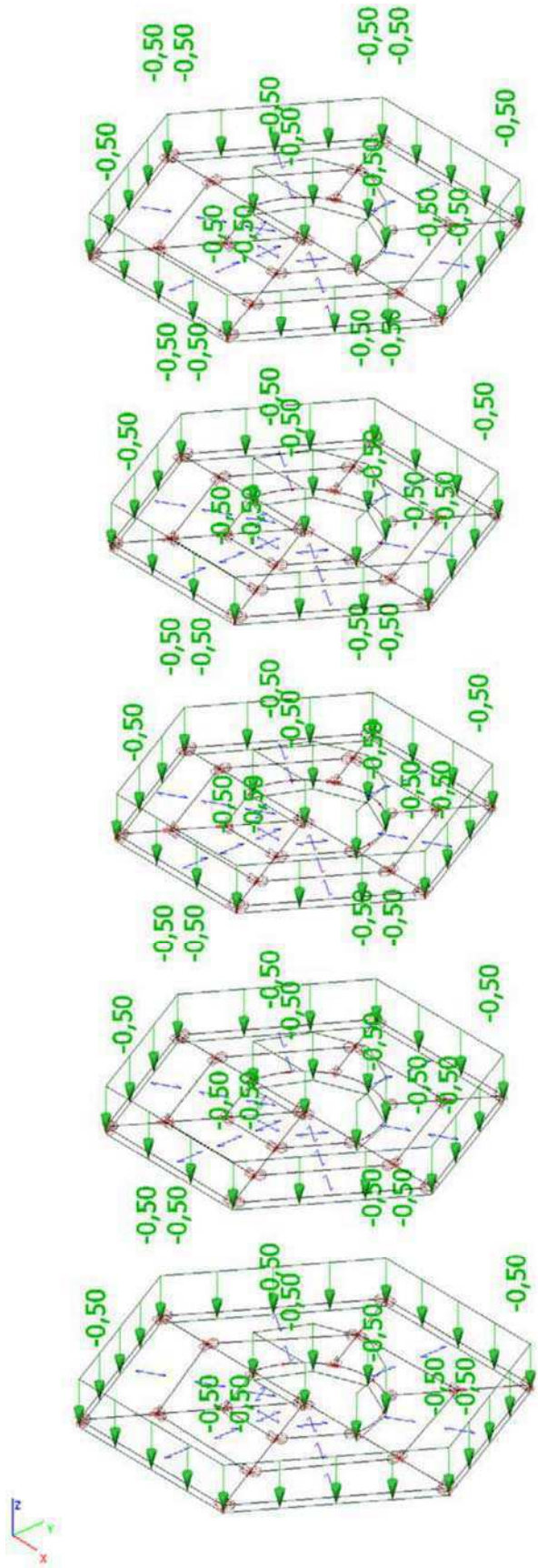


**Obrázek 5.2:** Zatěžovací stav LC1

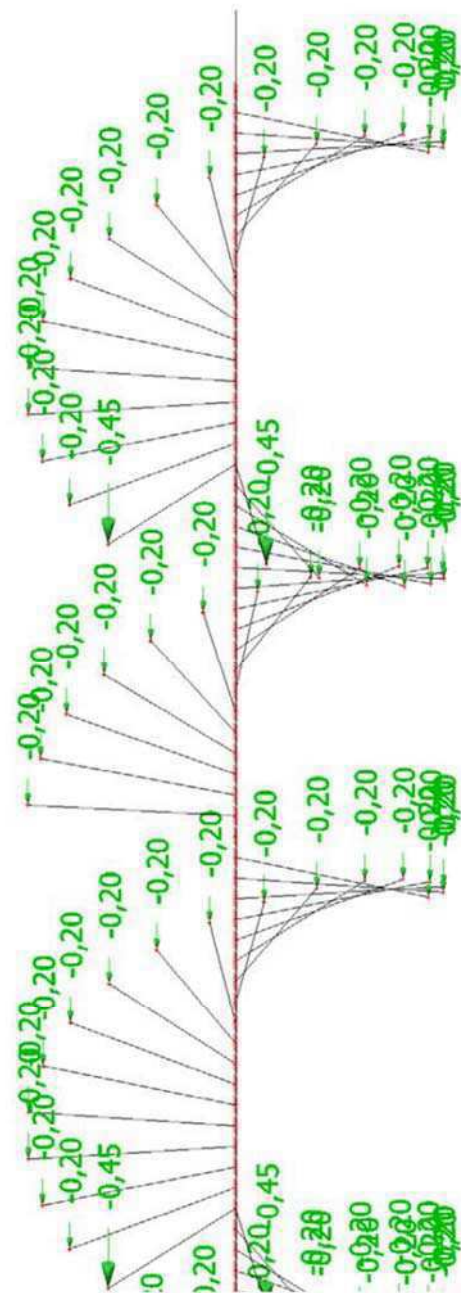
- Zatěžovací stav LC2 – Ostatní stálé – rošty



• Zatěžovací stav LC3 – Ostatní stálé – zábradlí



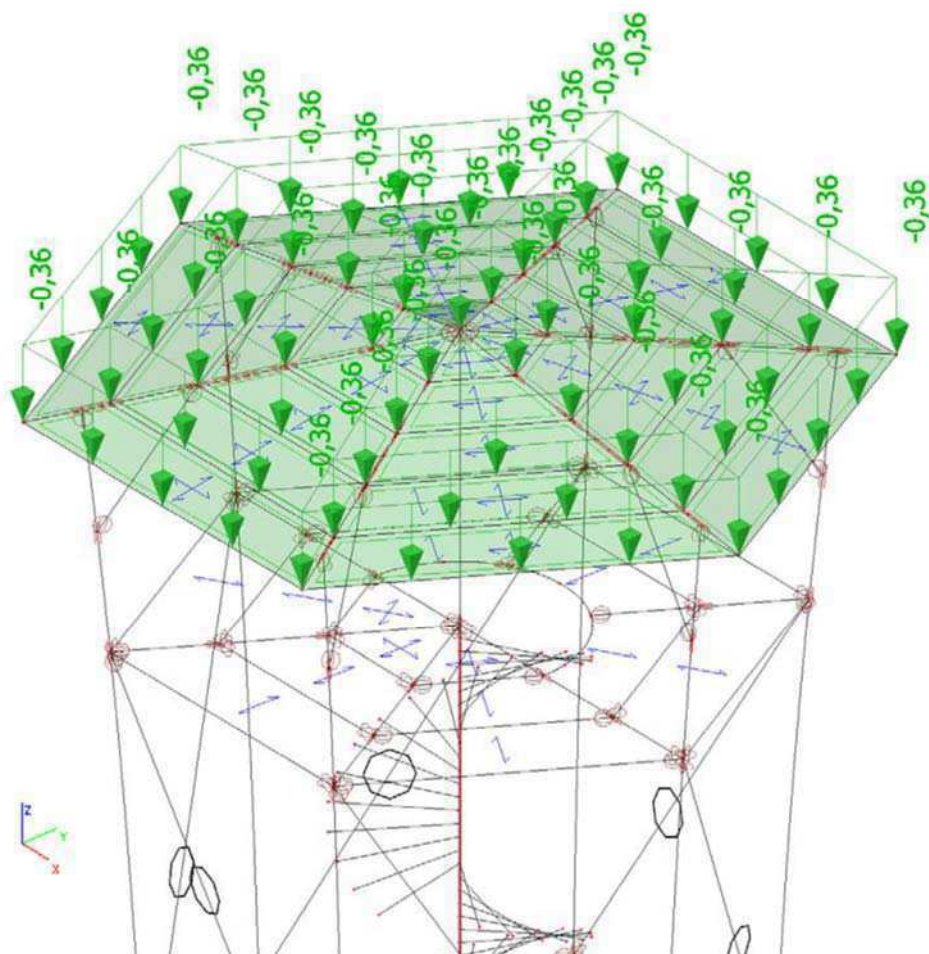
Obrázek 5.5: Zatěžovací stav LC3 – patra



Obrázek 5.6: Zatěžovací stav LC3 – schodiště

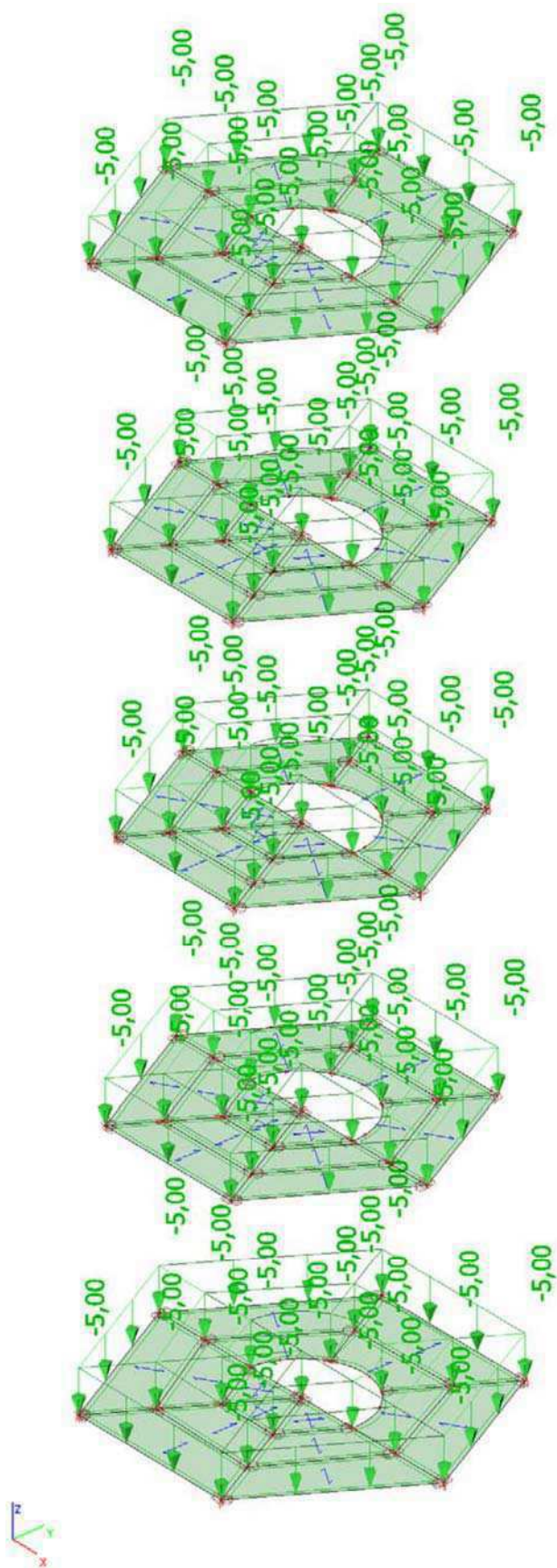


- **Zatěžovací stav LC4 – Ostatní stálé – střecha**

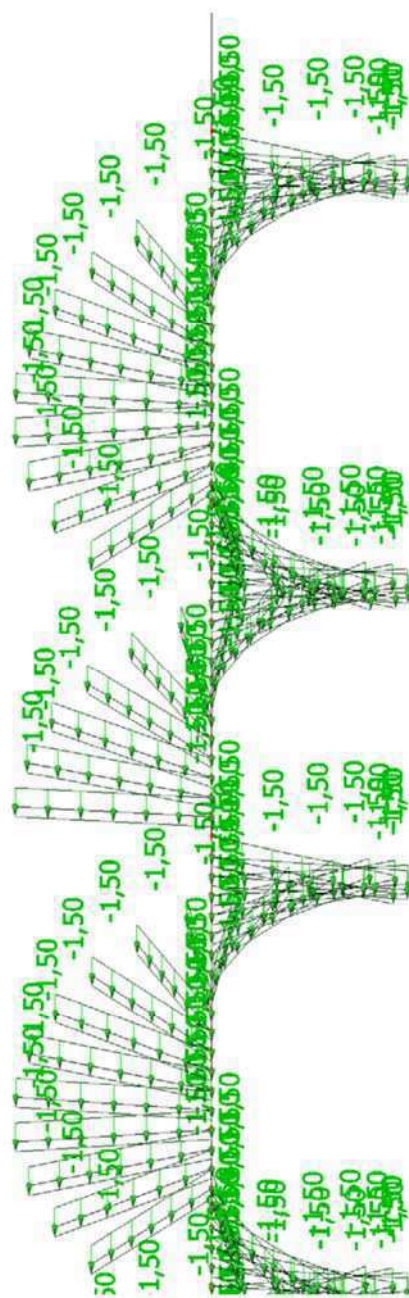


*Obrázek 5.7: Zatěžovací stav LC4 – střecha*

- Zatěžovací stav LC5 – Užitné – plné

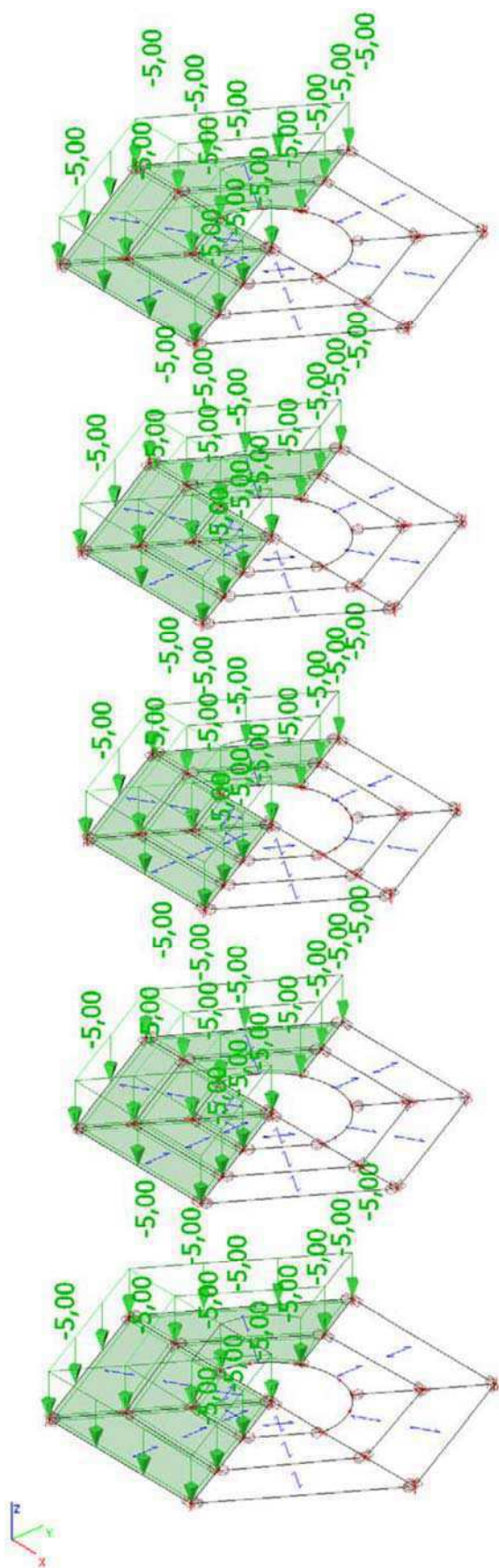


Obrázek 5.8: Zatěžovací stav LC5 – patra

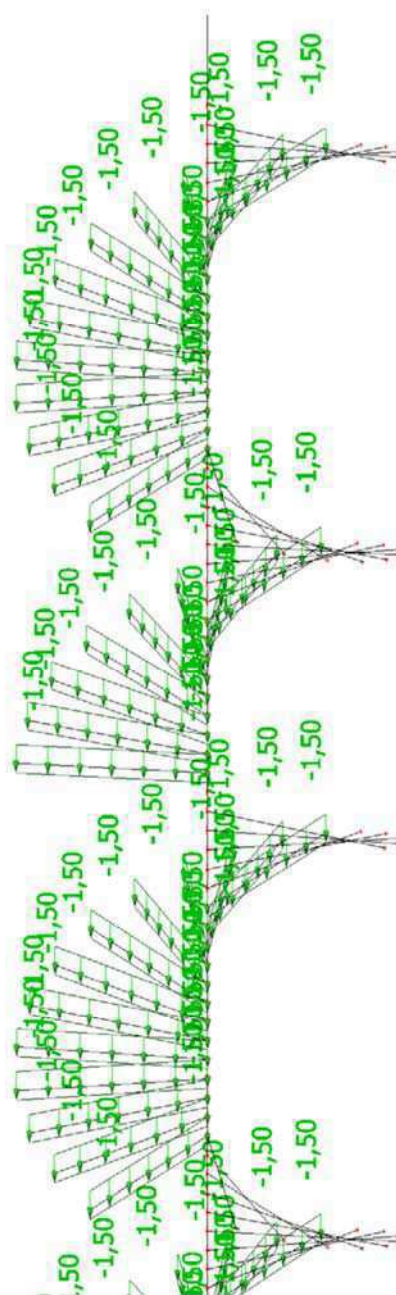


Obrázek 5.9: Zatěžovací stav LC5 – schodiště

• Zatěžovací stav LC6 – Užitné – poloviční 1

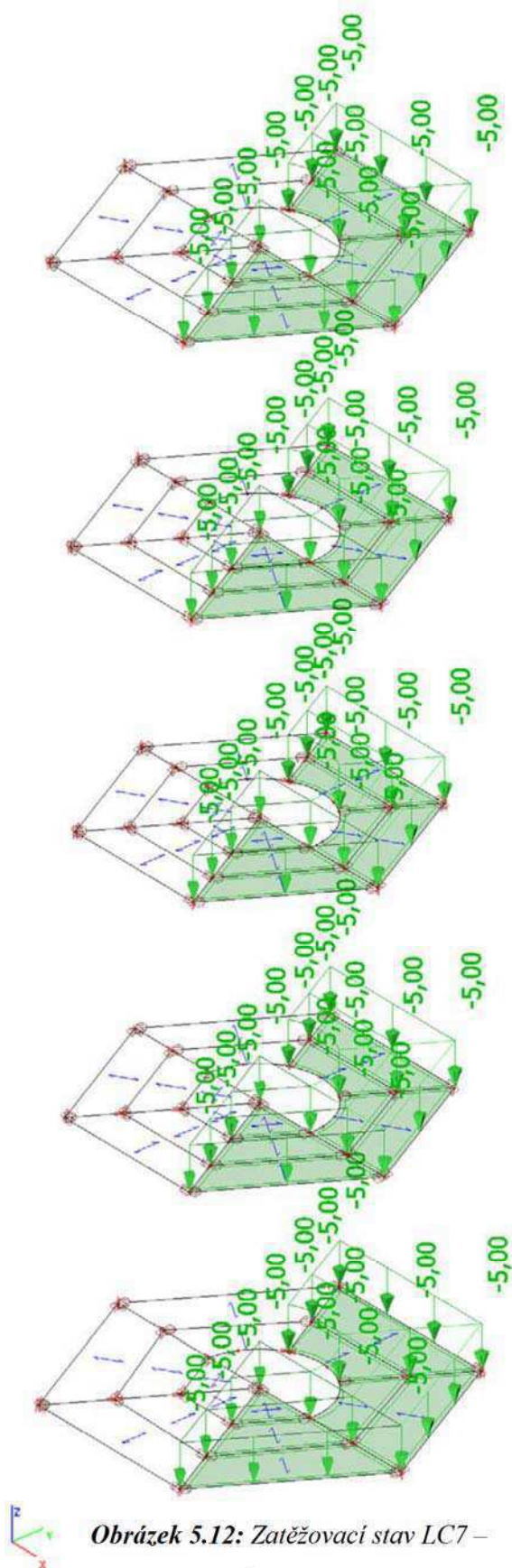


Obrázek 5.10: Zatěžovací stav LC6 – patra

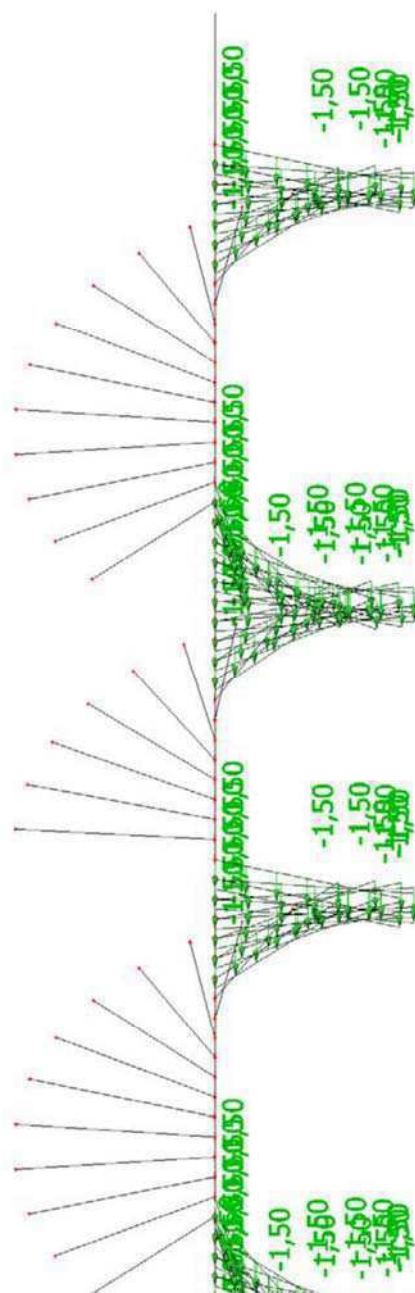


Obrázek 5.11: Zatěžovací stav LC6 – schodiště

- Zatěžovací stav LC7 – Užitné – poloviční 2

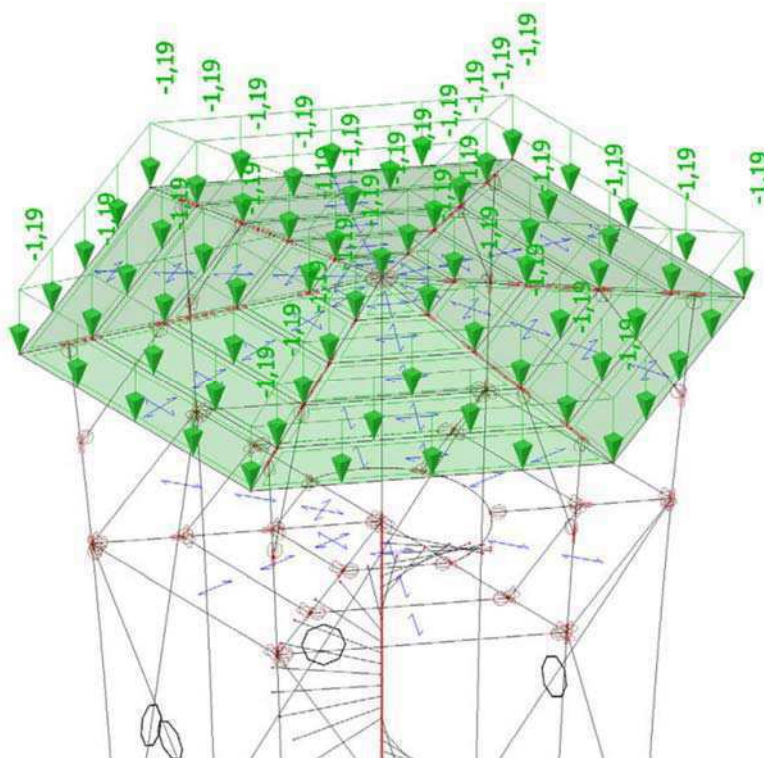


Obrázek 5.12: Zatěžovací stav LC7 –  
patra



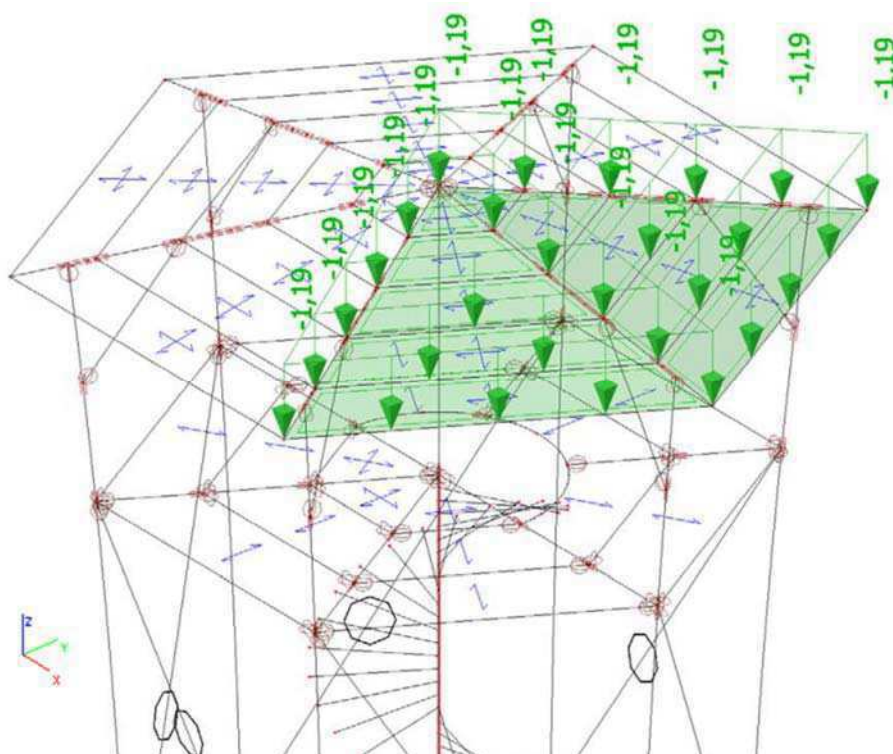
Obrázek 5.13: Zatěžovací stav LC7 – schodiště

- **Zatěžovací stav LC8 – Sníh – střecha – plné**



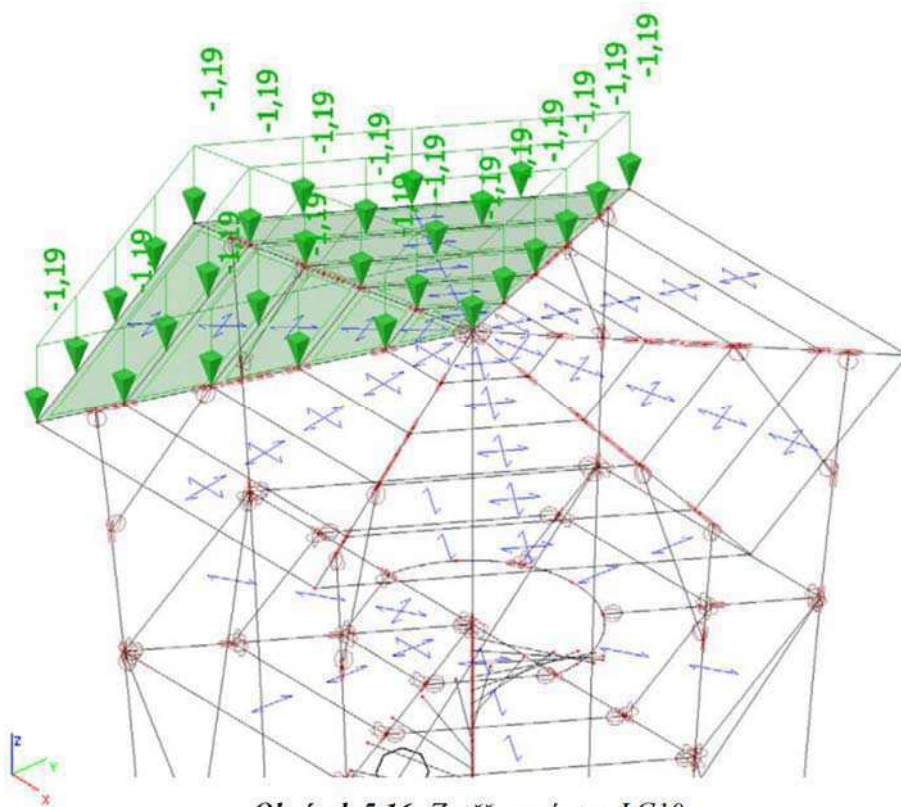
Obrázek 5.14: Zatěžovací stav LC8

- **Zatěžovací stav LC9 – Sníh – střecha – poloviční +X**



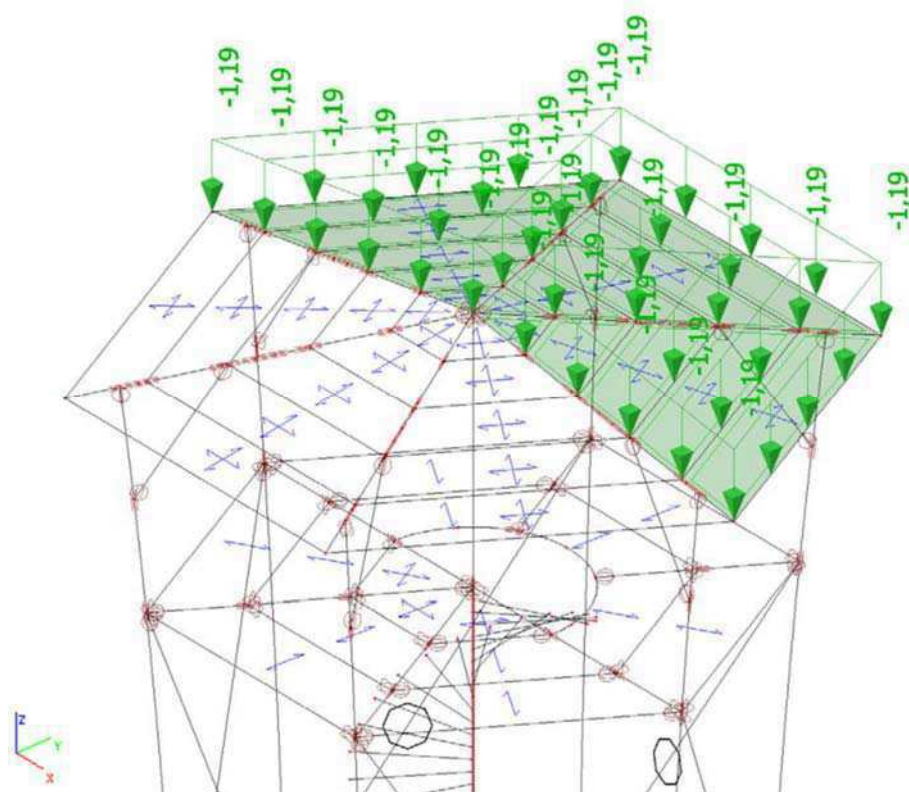
Obrázek 5.15: Zatěžovací stav LC9

- **Zatěžovací stav LC10 – Sníh – střecha – poloviční -X**



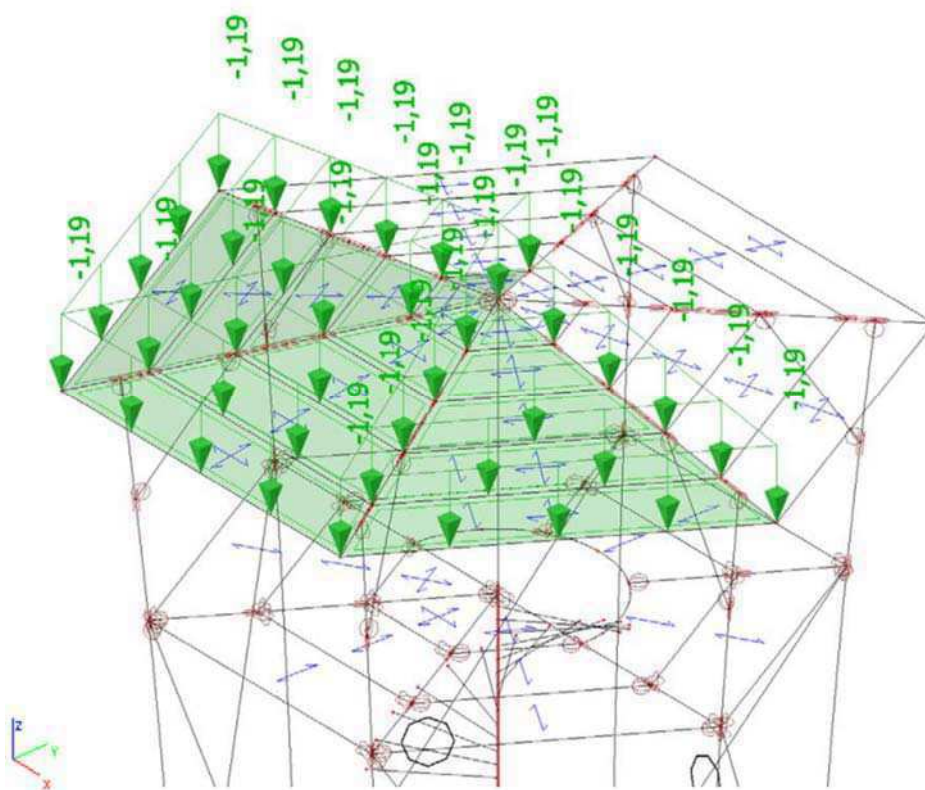
Obrázek 5.16: Zatěžovací stav LC10

- **Zatěžovací stav LC11 – Sníh – střecha – poloviční +Y**



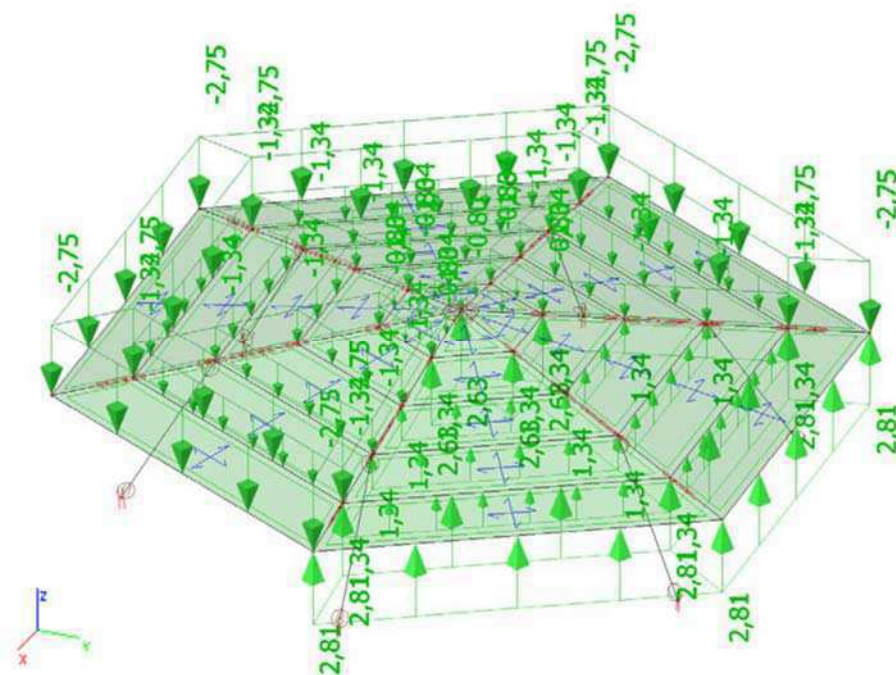
Obrázek 5.17: Zatěžovací stav LC11

- **Zatěžovací stav LC12 – Sníh – střecha – poloviční -Y**

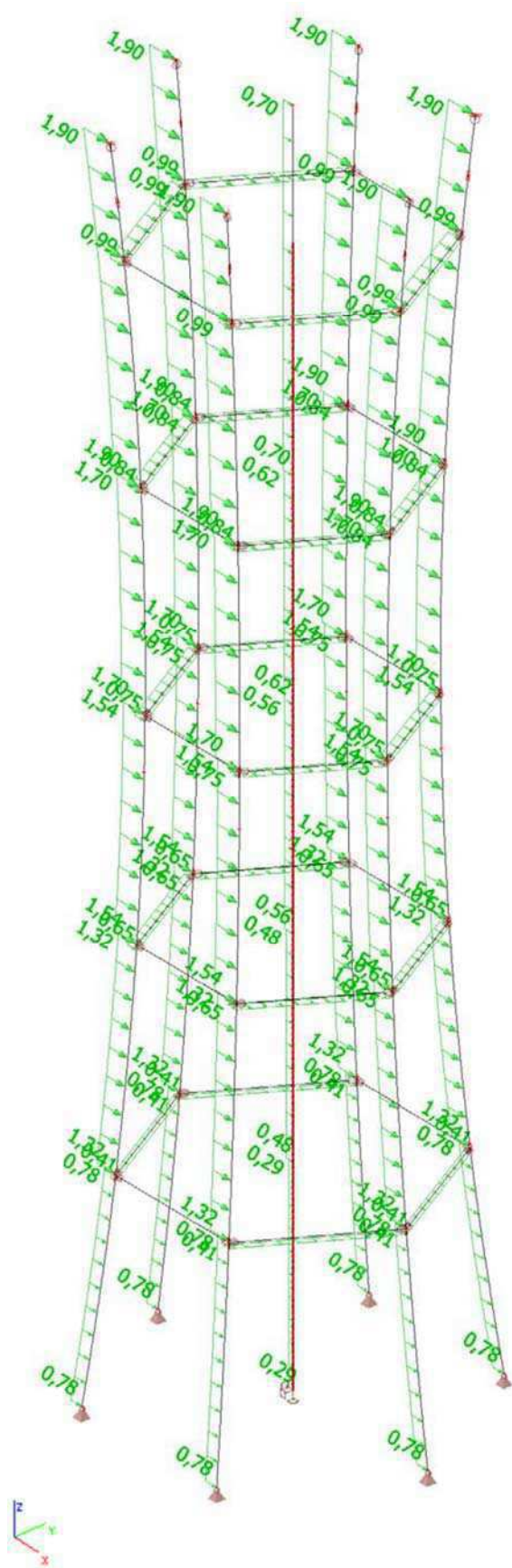


Obrázek 5.18: Zatěžovací stav LC12

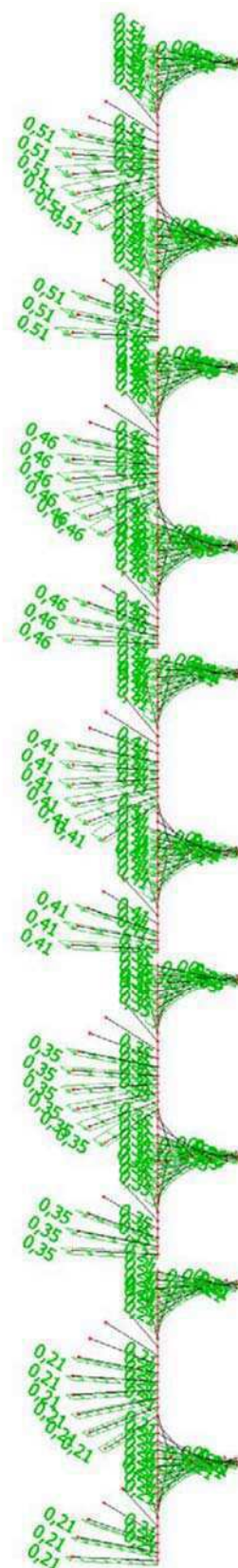
- **Zatěžovací stav LC13 – Vítr +X**



Obrázek 5.19: Zatěžovací stav LC13 – zastřešení



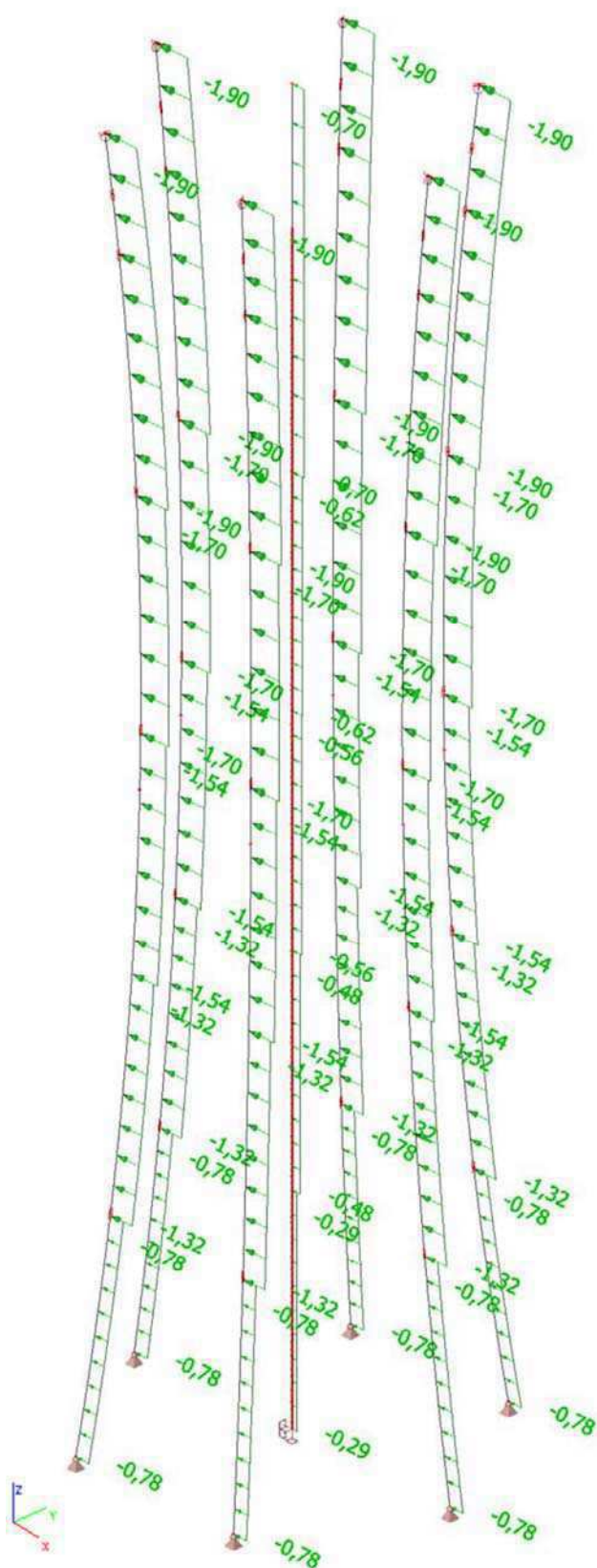
Obrázek 5.20: Zatěžovací stav LC13 – patra a sloupy



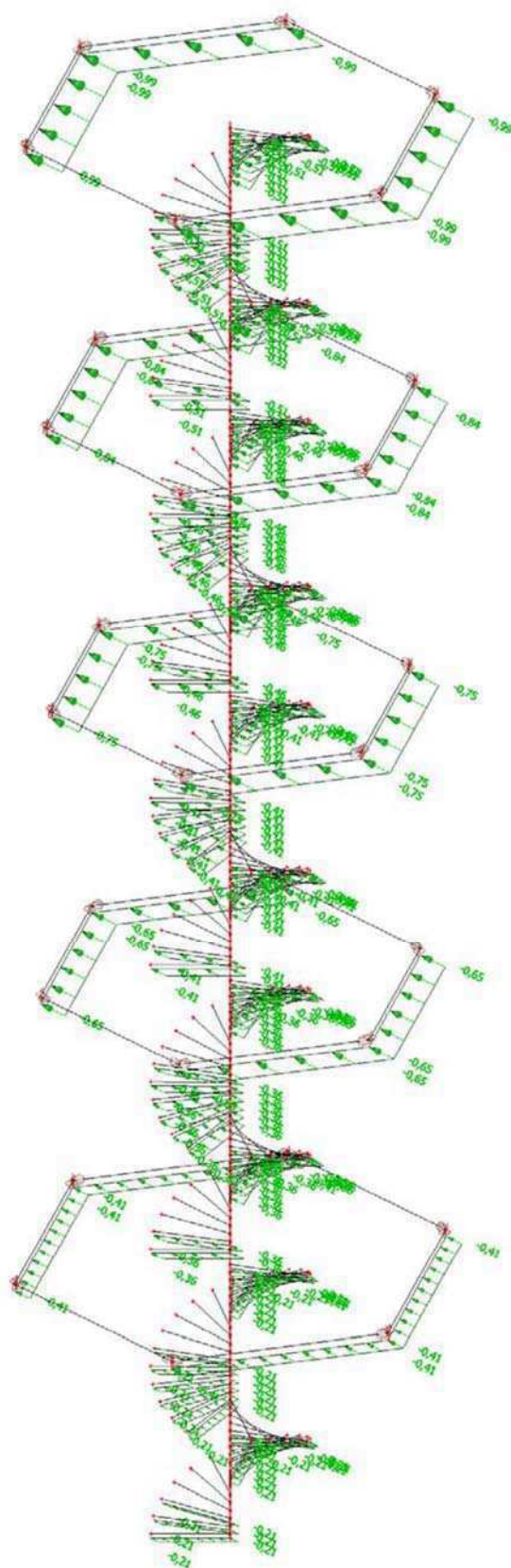
Obrázek 5.21: Zatěžovací stav LC13 – schodiště



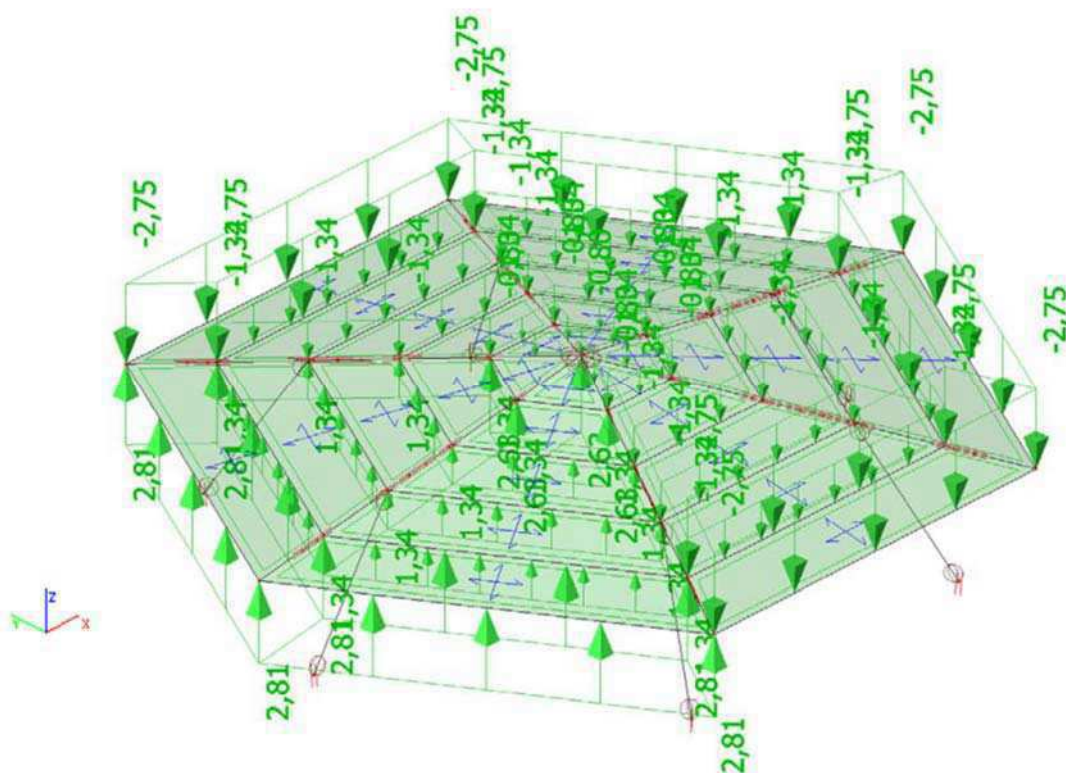
• Zatěžovací stav LC14 – Vítr -X



Obrázek 5.22: Zatěžovací stav LC14 – sloupy

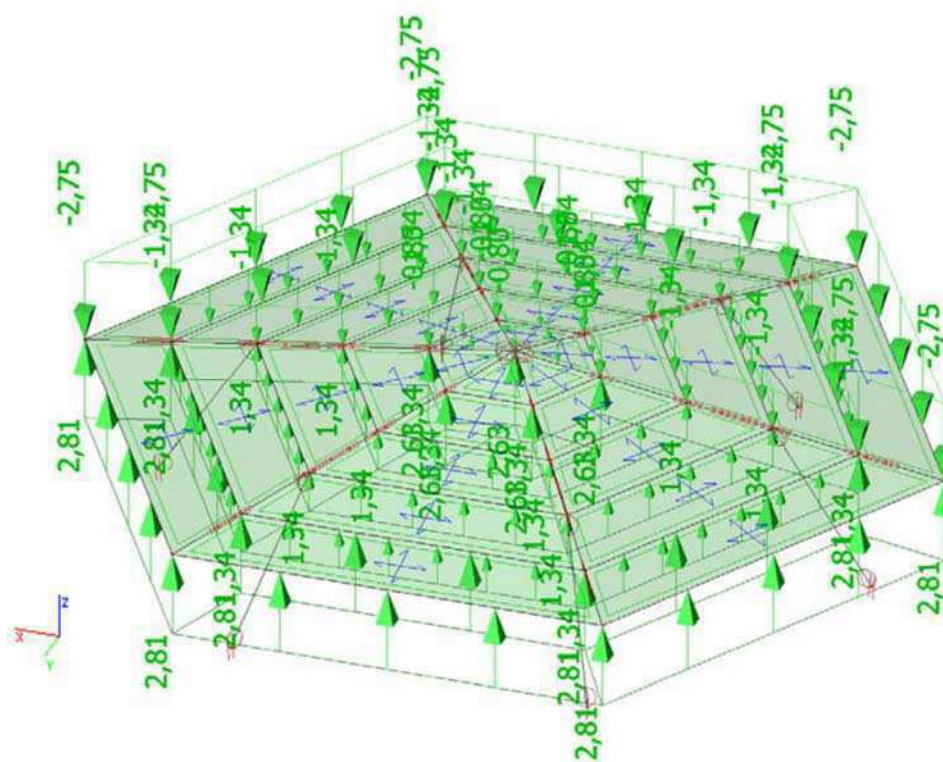


Obrázek 5.23: Zatěžovací stav LC14 – schodiště a patra

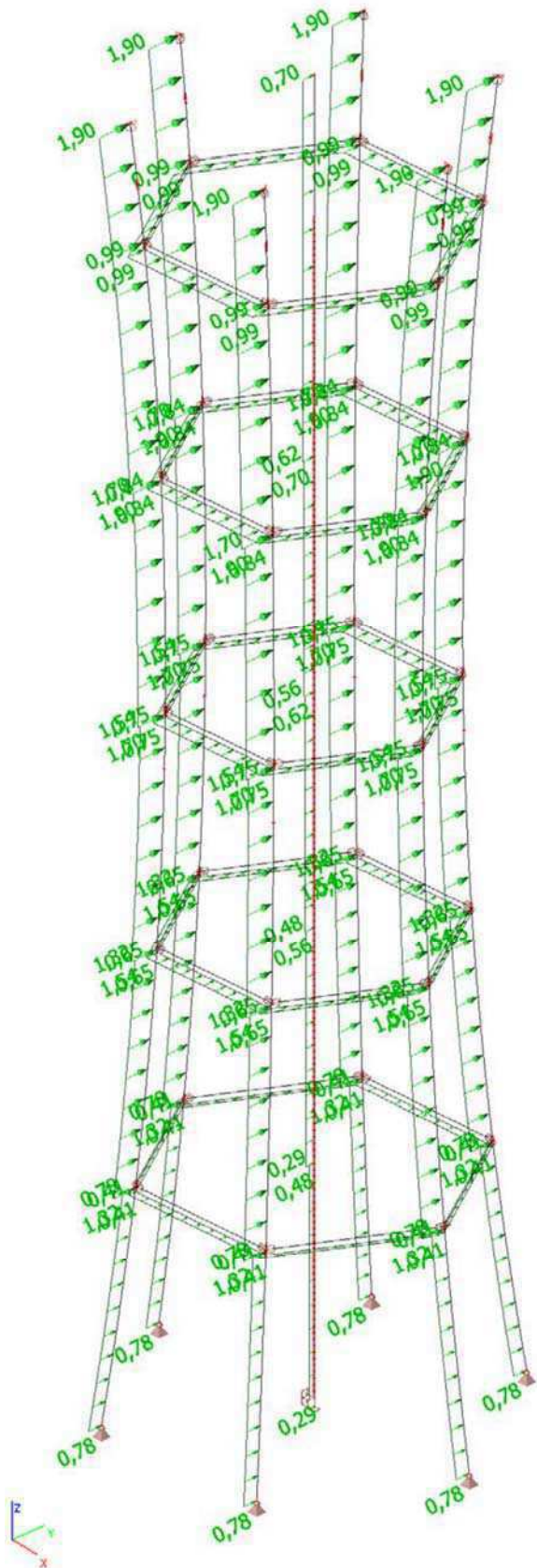


Obrázek 5.24: Zatěžovací stav LC14 – zastřešení

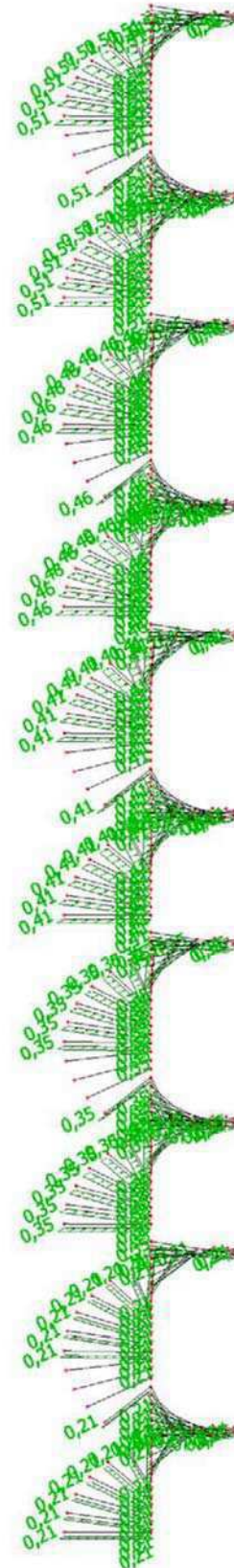
- Zatěžovací stav LC15 – Vítr +Y



Obrázek 5.25: Zatěžovací stav LC15 – zastřešení

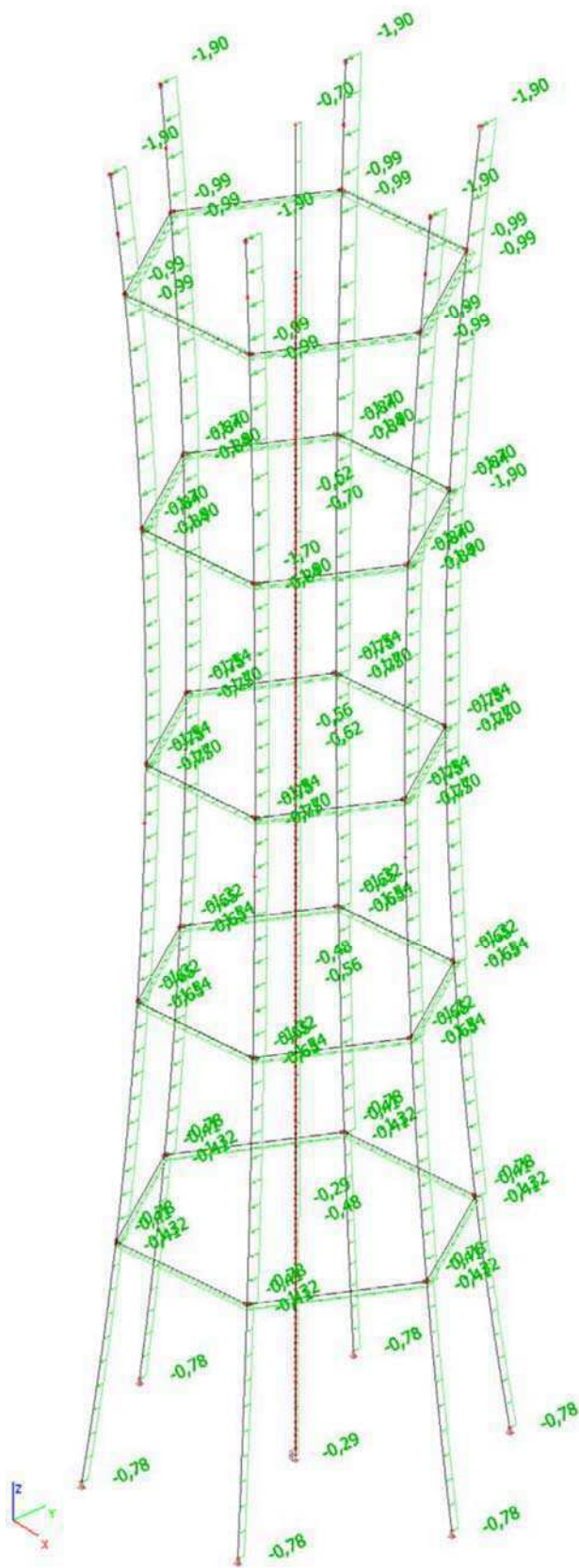


**Obrázek 5.26:** Zatěžovací stav LC15 – sloupy a patra

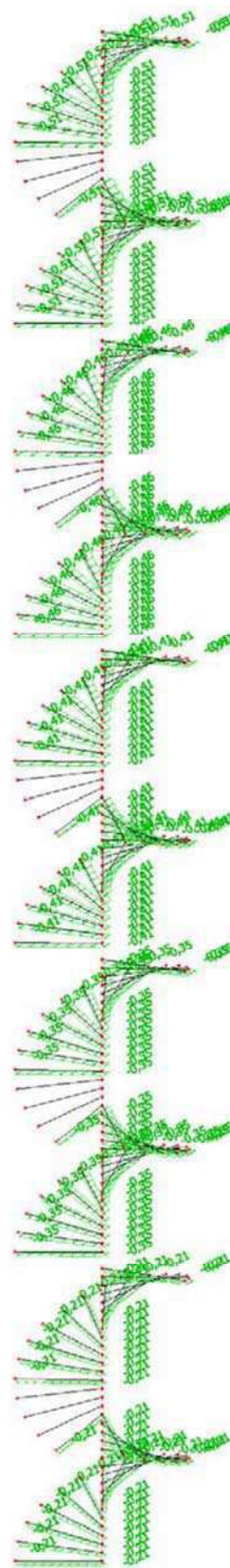


**Obrázek 5.27:** Zatěžovací stav LC15 – schodiště

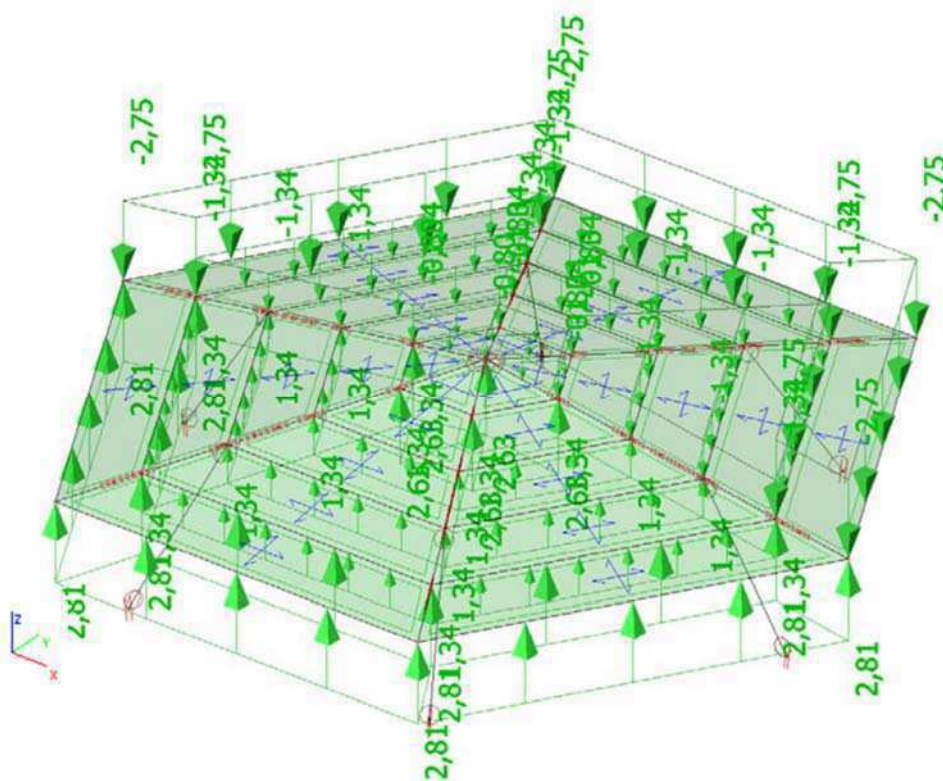
• Zatěžovací stav LC16 – Vítr -Y



Obrázek 5.28: Zatěžovací stav LC16 – sloupy a patra



Obrázek 5.29: Zatěžovací stav LC16 – schodiště



Obrázek 5.30: Zatěžovací stav LC14 – zastřešení

## 5.2 MSÚ – Mezní stav únosnosti

### 5.2.1 Kombinační vzorce

Vzorec pro tvorbu kombinačních rovnic je převzat z normy ČSN EN 1990. Pro MSÚ (STR/GEO) – stálá/přechodná zatížení tedy platí rovnice 6.10 a to v následujícím tvaru:

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

Kde:

- |                |     |   |
|----------------|-----|---|
| $\gamma_{G,j}$ | ... | dílčí součinitel spolehlivosti pro zatížení stálá               |
| $G_{k,j}$      | ... | hodnota stálého zatížení  |
| $\gamma_P$     | ... | dílčí součinitel spolehlivosti pro vliv předpětí                |
| $P$            | ... | účiněk předpětí   |
| $\gamma_{Q,1}$ | ... | dílčí součinitel spolehlivosti pro dominantní proměnné zatížení |
| $Q_{k,1}$      | ... | hodnota dominantního proměnného zatížení                        |
| $\gamma_{Q,j}$ | ... | dílčí součinitel spolehlivosti pro ostatní proměnné zatížení    |
| $\psi_{0,j}$   | ... | kombinační součinitel   |
| $Q_{k,j}$      | ... | hodnota ostatního proměnného zatížení                           |

### 5.2.2 Součinitelé

- **Dílčí součinitelé spolehlivosti –  $\gamma$**

Stálé zatížení:	nepříznivá	...	$\gamma_{G,j} = 1,35$
	příznivá	...	$\gamma_{G,j} = 1,00$
Dominantní proměnné zatížení:	nepříznivá	...	$\gamma_{Q,1} = 1,50$
	příznivá	...	$\gamma_{Q,1} = 0,00$
Ostatní proměnné zatížení:	nepříznivá	...	$\gamma_{Q,i} = 1,50$
	příznivá	...	$\gamma_{Q,i} = 0,00$

- **Kombinační součinitele pro proměnná zatížení –  $\psi$**

Zatížení užité:	kategorie C	...	$\psi_{0,i} = 0,70$
			$\psi_{1,i} = 0,70$
			$\psi_{2,i} = 0,60$
Zatížení sněhem:	výška $\leq 1\ 000$ m.n.m.	...	$\psi_{0,i} = 0,50$
			$\psi_{1,i} = 0,20$
			$\psi_{2,i} = 0,00$
Zatížení větrem:		...	$\psi_{0,i} = 0,60$
			$\psi_{1,i} = 0,20$
			$\psi_{2,i} = 0,00$
Zatížení námrazou		...	$\psi_{0,i} = 0,50$
			$\psi_{1,i} = 0,20$
			$\psi_{2,i} = 0,00$

### 5.2.3 Výpis kombinací

Tabulka s vypsanými kombinacemi pro MSÚ je převzata z programu Scia Engineer 2015.



Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
CO_MSÚ		EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,00
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,00
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,00
			LC5 - Užité - plné	1,00
			LC6 - Užité - poloviční 1	1,00
			LC7 - Užité - poloviční 2	1,00
			LC8 - Sníh - plné	1,00
			LC9 - Sníh - +X	1,00
			LC10 - Sníh - -X	1,00
			LC11 - Sníh - +Y	1,00
			LC12 - Sníh - -Y	1,00
			LC13 - Vítr +X	1,00
			LC14 - Vítr -X	1,00
			LC15 - Vítr +Y	1,00
			LC16 - Vítr -Y	1,00
CO_MSÚ_1	Obálka - únosnost		LC1 - Vlastní tíha	1,35
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,35
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,35
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,35
CO_MSÚ_2	Obálka - únosnost		LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,00
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,00
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,00
CO_MSÚ_3	Obálka - únosnost		LC1 - Vlastní tíha	1,15
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,15
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,15
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,15
CO_MSÚ_4	Obálka - únosnost		LC1 - Vlastní tíha	1,35
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,35
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,35
			LC8 - Sníh - plné	0,75
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,35
			LC9 - Sníh - +X	0,75
			LC10 - Sníh - -X	0,75
			LC11 - Sníh - +Y	0,75
			LC12 - Sníh - -Y	0,75
			LC5 - Užité - plné	1,05
			LC6 - Užité - poloviční 1	1,05
			LC7 - Užité - poloviční 2	1,05
			LC13 - Vítr +X	0,90
			LC14 - Vítr -X	0,90
			LC15 - Vítr +Y	0,90
			LC16 - Vítr -Y	0,90
CO_MSÚ_5	Obálka - únosnost		LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,00
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,00
			LC8 - Sníh - plné	0,75
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,00
			LC9 - Sníh - +X	0,75
			LC10 - Sníh - -X	0,75
			LC11 - Sníh - +Y	0,75
			LC12 - Sníh - -Y	0,75
			LC5 - Užité - plné	1,05
			LC6 - Užité - poloviční 1	1,05
			LC7 - Užité - poloviční 2	1,05
			LC13 - Vítr +X	0,90
			LC14 - Vítr -X	0,90
			LC15 - Vítr +Y	0,90
			LC16 - Vítr -Y	0,90
CO_MSÚ_6	Obálka - únosnost		LC1 - Vlastní tíha	1,15
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,15
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,15
			LC8 - Sníh - plné	1,50
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,15
			LC9 - Sníh - +X	1,50
			LC10 - Sníh - -X	1,50
			LC11 - Sníh - +Y	1,50
			LC12 - Sníh - -Y	1,50
			LC5 - Užité - plné	1,05
			LC6 - Užité - poloviční 1	1,05
			LC7 - Užité - poloviční 2	1,05
			LC13 - Vítr +X	0,90
			LC14 - Vítr -X	0,90
			LC15 - Vítr +Y	0,90
			LC16 - Vítr -Y	0,90

Tabulka 5.1: Kombinace MSÚ – část 1



Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
CO_MSÚ_7		Obálka - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,00
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,00
			LC8 - Sníh - plné	1,50
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,00
			LC9 - Sníh - +X	1,50
			LC10 - Sníh - -X	1,50
			LC11 - Sníh - +Y	1,50
			LC12 - Sníh - -Y	1,50
			LC5 - Užité - plné	1,05
			LC6 - Užité - poloviční 1	1,05
			LC7 - Užité - poloviční 2	1,05
			LC13 - Vítr +X	0,90
			LC14 - Vítr -X	0,90
			LC15 - Vítr +Y	0,90
			LC16 - Vítr -Y	0,90
CO_MSÚ_8		Obálka - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,35
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,35
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,35
			LC8 - Sníh - plné	0,75
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,35
			LC9 - Sníh - +X	0,75
			LC10 - Sníh - -X	0,75
			LC11 - Sníh - +Y	0,75
			LC12 - Sníh - -Y	0,75
			LC5 - Užité - plné	1,05
			LC6 - Užité - poloviční 1	1,05
			LC7 - Užité - poloviční 2	1,05
			LC13 - Vítr +X	0,90
			LC14 - Vítr -X	0,90
			LC15 - Vítr +Y	0,90
			LC16 - Vítr -Y	0,90
CO_MSÚ_9		Obálka - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,00
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,00
			LC8 - Sníh - plné	0,75
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,00
			LC9 - Sníh - +X	0,75
			LC10 - Sníh - -X	0,75
			LC11 - Sníh - +Y	0,75
			LC12 - Sníh - -Y	0,75
			LC5 - Užité - plné	1,05
			LC6 - Užité - poloviční 1	1,05
			LC7 - Užité - poloviční 2	1,05
			LC13 - Vítr +X	0,90
			LC14 - Vítr -X	0,90
			LC15 - Vítr +Y	0,90
			LC16 - Vítr -Y	0,90
CO_MSÚ_10		Obálka - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,15
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,15
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,15
			LC8 - Sníh - plné	0,75
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,15
			LC9 - Sníh - +X	0,75
			LC10 - Sníh - -X	0,75
			LC11 - Sníh - +Y	0,75
			LC12 - Sníh - -Y	0,75
			LC5 - Užité - plné	1,50
			LC6 - Užité - poloviční 1	1,50
			LC7 - Užité - poloviční 2	1,50
			LC13 - Vítr +X	0,90
			LC14 - Vítr -X	0,90
			LC15 - Vítr +Y	0,90
			LC16 - Vítr -Y	0,90
CO_MSÚ_11		Obálka - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,00
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,00
			LC8 - Sníh - plné	0,75
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,00
			LC9 - Sníh - +X	0,75
			LC10 - Sníh - -X	0,75
			LC11 - Sníh - +Y	0,75
			LC12 - Sníh - -Y	0,75
			LC5 - Užité - plné	1,50
			LC6 - Užité - poloviční 1	1,50
			LC7 - Užité - poloviční 2	1,50
			LC13 - Vítr +X	0,90
			LC14 - Vítr -X	0,90
			LC15 - Vítr +Y	0,90
			LC16 - Vítr -Y	0,90

Tabulka 5.2: Kombinace MSÚ – část 2





Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
CO_MSÚ_12		Obálka - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,35
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,35
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,35
			LC8 - Sníh - plné	0,75
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,35
			LC9 - Sníh - +X	0,75
			LC10 - Sníh - -X	0,75
			LC11 - Sníh - +Y	0,75
			LC12 - Sníh - -Y	0,75
			LC5 - Užité - plné	1,05
			LC6 - Užité - poloviční 1	1,05
			LC7 - Užité - poloviční 2	1,05
			LC13 - Vítr +X	0,90
			LC14 - Vítr -X	0,90
			LC15 - Vítr +Y	0,90
			LC16 - Vítr -Y	0,90
CO_MSÚ_13		Obálka - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,00
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,00
			LC8 - Sníh - plné	0,75
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,00
			LC9 - Sníh - +X	0,75
			LC10 - Sníh - -X	0,75
			LC11 - Sníh - +Y	0,75
			LC12 - Sníh - -Y	0,75
			LC5 - Užité - plné	1,05
			LC6 - Užité - poloviční 1	1,05
			LC7 - Užité - poloviční 2	1,05
			LC13 - Vítr +X	0,90
			LC14 - Vítr -X	0,90
			LC15 - Vítr +Y	0,90
			LC16 - Vítr -Y	0,90
CO_MSÚ_14		Obálka - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,15
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,15
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,15
			LC8 - Sníh - plné	0,75
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,15
			LC9 - Sníh - +X	0,75
			LC10 - Sníh - -X	0,75
			LC11 - Sníh - +Y	0,75
			LC12 - Sníh - -Y	0,75
			LC5 - Užité - plné	1,05
			LC6 - Užité - poloviční 1	1,05
			LC7 - Užité - poloviční 2	1,05
			LC13 - Vítr +X	0,90
			LC14 - Vítr -X	0,90
			LC15 - Vítr +Y	0,90
			LC16 - Vítr -Y	0,90
CO_MSÚ_15		Obálka - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,00
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,00
			LC8 - Sníh - plné	0,75
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,00
			LC9 - Sníh - +X	0,75
			LC10 - Sníh - -X	0,75
			LC11 - Sníh - +Y	0,75
			LC12 - Sníh - -Y	0,75
			LC5 - Užité - plné	1,05
			LC6 - Užité - poloviční 1	1,05
			LC7 - Užité - poloviční 2	1,05
			LC13 - Vítr +X	0,90
			LC14 - Vítr -X	0,90
			LC15 - Vítr +Y	0,90
			LC16 - Vítr -Y	0,90
CO_MSÚ_16		Obálka - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,35
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,35
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,35
			LC8 - Sníh - plné	0,75
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,35
			LC9 - Sníh - +X	0,75
			LC10 - Sníh - -X	0,75
			LC11 - Sníh - +Y	0,75
			LC12 - Sníh - -Y	0,75
			LC5 - Užité - plné	1,05
			LC6 - Užité - poloviční 1	1,05
			LC7 - Užité - poloviční 2	1,05
			LC13 - Vítr +X	0,90
			LC14 - Vítr -X	0,90
			LC15 - Vítr +Y	0,90
			LC16 - Vítr -Y	0,90

Tabulka 5.3: Kombinace MSÚ – část 3

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
CO_MSÚ_17		Obálka - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,00
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,00
			LC8 - Sníh - plné	0,75
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,00
			LC9 - Sníh - +X	0,75
			LC10 - Sníh - -X	0,75
			LC11 - Sníh - +Y	0,75
			LC12 - Sníh - -Y	0,75
			LC5 - Užité - plné	1,05
			LC6 - Užité - poloviční 1	1,05
			LC7 - Užité - poloviční 2	1,05
			LC13 - Vítr +X	0,90
			LC14 - Vítr -X	0,90
			LC15 - Vítr +Y	0,90
			LC16 - Vítr -Y	0,90
CO_MSÚ_18		Obálka - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,15
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,15
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,15
			LC8 - Sníh - plné	0,75
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,15
			LC9 - Sníh - +X	0,75
			LC10 - Sníh - -X	0,75
			LC11 - Sníh - +Y	0,75
			LC12 - Sníh - -Y	0,75
			LC5 - Užité - plné	1,05
			LC6 - Užité - poloviční 1	1,05
			LC7 - Užité - poloviční 2	1,05
			LC13 - Vítr +X	1,50
			LC14 - Vítr -X	1,50
			LC15 - Vítr +Y	1,50
			LC16 - Vítr -Y	1,50
CO_MSÚ_19		Obálka - únosnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,00
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,00
			LC8 - Sníh - plné	0,75
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,00
			LC9 - Sníh - +X	0,75
			LC10 - Sníh - -X	0,75
			LC11 - Sníh - +Y	0,75
			LC12 - Sníh - -Y	0,75
			LC5 - Užité - plné	1,05
			LC6 - Užité - poloviční 1	1,05
			LC7 - Užité - poloviční 2	1,05
			LC13 - Vítr +X	1,50
			LC14 - Vítr -X	1,50
			LC15 - Vítr +Y	1,50
			LC16 - Vítr -Y	1,50

Tabulka 5.4: Kombinace MSÚ – část 4

## 5.3 MSP – Mezní stav použitelnosti

### 5.3.1 Kombinační vzorce

Vzorec pro tvorbu kombinačních rovnic v mezním stavu použitelnosti je převzat z normy ČSN EN 1990. Pro MSP – charakteristické tedy platí rovnice v následujícím tvaru:

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

kde:

- $G_{k,j}$  ... hodnota stálého zatížení
- $P$  ... účinek předpětí
- $Q_{k,1}$  ... hodnota dominantního proměnného zatížení
- $\psi_{0,i}$  ... kombinační součinitel
- $Q_{k,i}$  ... hodnota ostatního proměnného zatížení

### 5.3.2 Součinitelé

- Kombinační součinitele pro proměnná zatížení –  $\psi$**

Zatížení užitém:	kategorie C	...	$\psi_{0,i} = 0,70$ $\psi_{1,i} = 0,70$ $\psi_{2,i} = 0,60$
Zatížení sněhem:	výška $\leq 1\ 000$ m.n.m.	...	$\psi_{0,i} = 0,50$ $\psi_{1,i} = 0,20$ $\psi_{2,i} = 0,00$
Zatížení větrem:		...	$\psi_{0,i} = 0,60$ $\psi_{1,i} = 0,20$ $\psi_{2,i} = 0,00$
Zatížení námrazou		...	$\psi_{0,i} = 0,50$ $\psi_{1,i} = 0,20$ $\psi_{2,i} = 0,00$

### 5.3.3 Výpis kombinací

Tabulka s vypsanými kombinacemi pro MSP je převzata z programu Scia Engineer 2015.

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
CO_MSP		EN-MSP charakteristická	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,00
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,00
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,00
			LC5 - Užitém - plné	1,00
			LC6 - Užitém - poloviční 1	1,00
			LC7 - Užitém - poloviční 2	1,00
			LC8 - Sníh - plné	1,00
			LC9 - Sníh - +X	1,00
			LC10 - Sníh - -X	1,00
			LC11 - Sníh - +Y	1,00
			LC12 - Sníh - -Y	1,00
			LC13 - Větr +X	1,00
			LC14 - Větr -X	1,00
			LC15 - Větr +Y	1,00
			LC16 - Větr -Y	1,00
CO_MSP_1	Obálka - použitelnost		LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,00
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,00
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,00
CO_MSP_2	Obálka - použitelnost		LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,00
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,00
			LC8 - Sníh - plné	1,00
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,00
			LC9 - Sníh - +X	1,00
			LC10 - Sníh - -X	1,00
			LC11 - Sníh - +Y	1,00
			LC12 - Sníh - -Y	1,00
			LC5 - Užitém - plné	0,70
			LC6 - Užitém - poloviční 1	0,70
			LC7 - Užitém - poloviční 2	0,70
			LC13 - Větr +X	0,60
			LC14 - Větr -X	0,60
			LC15 - Větr +Y	0,60
			LC16 - Větr -Y	0,60

**Tabulka 5.5: Kombinace MSP – část 1**



Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
CO_MSP_3		Obálka - použitelnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,00
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,00
			LC8 - Sníh - plné	0,50
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,00
			LC9 - Sníh - +X	0,50
			LC10 - Sníh - -X	0,50
			LC11 - Sníh - +Y	0,50
			LC12 - Sníh - -Y	0,50
			LC5 - Užitné - plné	1,00
			LC6 - Užitné - poloviční 1	1,00
			LC7 - Užitné - poloviční 2	1,00
			LC13 - Vítr +X	0,60
			LC14 - Vítr -X	0,60
			LC15 - Vítr +Y	0,60
			LC16 - Vítr -Y	0,60
CO_MSP_4		Obálka - použitelnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,00
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,00
			LC8 - Sníh - plné	0,50
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,00
			LC9 - Sníh - +X	0,50
			LC10 - Sníh - -X	0,50
			LC11 - Sníh - +Y	0,50
			LC12 - Sníh - -Y	0,50
			LC5 - Užitné - plné	0,70
			LC6 - Užitné - poloviční 1	0,70
			LC7 - Užitné - poloviční 2	0,70
			LC13 - Vítr +X	0,60
			LC14 - Vítr -X	0,60
			LC15 - Vítr +Y	0,60
			LC16 - Vítr -Y	0,60
CO_MSP_5		Obálka - použitelnost	LC1 - Vlastní tíha	1,00
			LC2 - Ostatní stálé - rošty	1,00
			LC3 - Ostatní stálé - zábradlí	1,00
			LC8 - Sníh - plné	0,50
			LC4 - Ostatní stálé - střecha	1,00
			LC9 - Sníh - +X	0,50
			LC10 - Sníh - -X	0,50
			LC11 - Sníh - +Y	0,50
			LC12 - Sníh - -Y	0,50
			LC5 - Užitné - plné	0,70
			LC6 - Užitné - poloviční 1	0,70
			LC7 - Užitné - poloviční 2	0,70
			LC13 - Vítr +X	1,00
			LC14 - Vítr -X	1,00
			LC15 - Vítr +Y	1,00
			LC16 - Vítr -Y	1,00

Tabulka 5.6: Kombinace MSP – část 2

## 6 Dynamické chování konstrukce

Pro zahrnutí dynamických účinků větru na konstrukci byl v kapitole 4.2.3 vypočítáván součinitel konstrukce  $c_{scd}$ , který obsahuje dynamický součinitel  $c_d$ . K tomuto výpočtu bylo zapotřebí stanovit základní vlastní frekvenci konstrukce. V softwaru Scia Engineer 2015 byla provedena modální analýza za účelem určení prvních čtyř vlastních frekvencí konstrukce.

### 6.1 Vlastní frekvence konstrukce

K provedení modální analýzy byly vytvořeny dvě skupiny hmot 1. vlastní tíha konstrukce a 2. ostatní stálé zatížení. Tyto dvě skupiny hmot byly vloženy do společné kombinace hmot.

**Vlastní frekvence**

N	f [Hz]	omega [1/s]	omega <sup>2</sup> [1/s <sup>2</sup> ]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	2,38	14,97	224,03	0,42
2	2,90	18,20	331,08	0,35
3	3,49	21,90	479,50	0,29
4	3,62	22,73	516,52	0,28

*Tabulka 6.1: Vlastní frekvence konstrukce*

Pro výpočet dynamického součinitele  $c_d$  byla použita hodnota základní vlastní frekvence  $n_{1,x} = n_{1,y} = 2,38$  Hz.

## 7 Stabilita

Hlavní nosné sloupy konstrukce jsou namáhány významným talkovým namáháním. Tato namáhání mohou způsobit vybočení, proto byl výpočet vzpěrných délek proveden za pomoci součinitele kritického zatížení  $\alpha_{cr}$ . Pro stabilitní výpočet byl vybrána kombinace MSÚ\_18, jelikož ta vyvozuje na vnější sloup nejhorší tlakový účinek.

Součinitele kritického zatížení

N	f
-	[ ]
Stabilitní kombinace : S1	
1	3,98
2	4,03
3	4,11
4	4,26

Tabulka 7.1: součinitel kritického zatížení

V normě je uvedeno, že pokud je součinitel kritického zatížení  $\alpha_{cr} < 10$  účinky 2. řádu nelze zanedbat. Další podmínka pak říká, že pokud je  $\alpha_{cr} \geq 3$ , lze tyto účinky zavést pomocí součinitele. Kombinace, která vyvozuje největší tlakové namáhání na vnější sloupy se pak tímto součinitelem vynásobí. Vztah pro daný součinitel je následující:

$$\frac{1}{1 - \frac{1}{\alpha_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{1}{3,98}} = 1,34$$

### 7.1 Globální imperfekce

Norma uvádí, že pro prutové konstrukce lze globální imperfekce zanedbat v případě, že je splněna následující podmínka:

$$H_{Ed} \geq 0,15 V_{Ed}$$

$$1\,331\,kN \geq 0,15 \cdot 6\,439\,kN$$

$$1\,331\,kN \geq 966\,kN$$

**Vyhovuje**

**Globální imperfekci můžeme zanedbat**

Lineární výpočet, Extrém : Globální

Výběr : Vše

Třída : Všechny MSU

Stav	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
CO_MSÚ_18/104	<b>887,58</b>	971,40	3512,45	-17502,84	15616,83	-52,23
CO_MSÚ_18/105	<b>-910,53</b>	-971,40	5379,97	17569,81	-15812,61	58,14
CO_MSÚ_18/106	887,58	<b>971,40</b>	5242,52	-17413,08	15688,63	-52,23
CO_MSÚ_18/107	-910,53	<b>-971,40</b>	3610,47	17553,38	-15884,37	58,14
CO_MSÚ_18/108	-22,95	0,00	<b>6439,44</b>	98,17	-225,62	5,92
CO_MSÚ_19/109	0,00	0,00	<b>1624,38</b>	27,35	19,42	0,00
CO_MSÚ_18/110	887,58	-971,40	5321,35	<b>18794,83</b>	15688,12	3,85
CO_MSÚ_18/111	-910,53	971,40	3610,48	<b>-18654,52</b>	-15883,86	2,07
CO_MSÚ_18/112	887,58	971,40	5498,23	-18564,33	<b>17769,57</b>	-52,23
CO_MSÚ_18/113	-910,53	-971,40	3433,60	18704,63	<b>-17965,31</b>	<b>58,14</b>

Tabulka 7.2: Výslednice sil

Vodorovná výslednice

$$H_{Ed} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{911^2 + 971^2} = 1\,331 \text{ kN}$$

Svislá výslednice

$$V_{Ed} = 6\,439 \text{ kN}$$

## 7.2 Lokální imperfekce

Lokální imperfekce jsou zahrnuty v posouzení tlačných prvků použitím vzorců na vzpěrnou únosnost tlačných prvků. Prvek lze posuzovat pouze na prostý tlak v případě, že je splněna podmínka:

$$\frac{\gamma_M \cdot N_{Ed}}{N_{cr}} \leq 0,04$$

Posudky tlačných prvků jsou uvedeny v kapitole 9.

## 8 Extrémy vnitřních sil

Tato kapitola obsahuje tabulky pro jednotlivé prvky s extrémy vnitřních sil. Tabulky jsou získané ze softwaru Scia Engineer 2015 a jsou vytvořeny pro každý prvek zvlášť.

Vnitřní síly jsou získávány na modelu konstrukce s profily předběžně odhadnutými. Pokud se bude profil v průběhu posuzování měnit, síly již přepočítávány nebudou. V části VI této diplomové práce je přiložen výstup ze výpočetního softwaru, kde jsou síly pro posouzené prvky.

### 8.1 Nosné sloupy

#### 8.1.1 Vnější sloup

Pro vnější sloup je dle očekávání nejvýznamnějším zatížením normálová síla. Tento prvek bude třeba posoudit na vzpěrnou únosnost prvku, tahovou únosnost a zároveň na kombinaci normálové síly s ohybovými momenty.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS  
Výběr : Vše  
Třída : Všechny MSU  
Průřez : Sloup vnější - Trubka (610; 32)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B815	Sloup vnější - Trubka	0,000	CO_MSÚ_18/1	<b>-2718,30</b>	-23,88	58,85	-0,03	0,00	-0,01
B815	Sloup vnější - Trubka	6,173	CO_MSÚ_18/2	<b>1579,66</b>	1,77	12,83	-1,10	-92,59	68,60
B1187	Sloup vnější - Trubka	6,173	CO_MSÚ_18/3	-56,46	<b>-112,90</b>	70,08	-7,88	-177,20	316,05
B1187	Sloup vnější - Trubka	6,173	CO_MSÚ_18/4	-880,83	<b>88,94</b>	-30,94	6,94	128,71	-268,97
B1191	Sloup vnější - Trubka	18,438	CO_MSÚ_18/5	-765,64	-18,72	<b>-107,69</b>	0,86	-309,15	-124,51
B1191	Sloup vnější - Trubka	12,314	CO_MSÚ_18/6	64,02	46,55	<b>139,25</b>	2,84	<b>-417,47</b>	-76,67
B815	Sloup vnější - Trubka	14,625	CO_MSÚ_18/7	-628,99	-28,63	-52,66	<b>-24,40</b>	93,76	-19,37
B815	Sloup vnější - Trubka	15,395	CO_MSÚ_18/8	-94,72	36,16	45,06	<b>13,04</b>	-18,97	20,10
B1191	Sloup vnější - Trubka	18,438	CO_MSÚ_18/7	122,15	32,34	119,14	0,54	<b>370,88</b>	165,72
B1187	Sloup vnější - Trubka	12,314	CO_MSÚ_18/3	-19,80	-91,53	53,58	-7,68	200,73	<b>-311,61</b>
B1187	Sloup vnější - Trubka	6,173	CO_MSÚ_18/3	-249,60	62,67	-45,99	-6,19	-208,48	<b>335,35</b>

Tabulka 8.1: Extrémy vnitřních sil – Vnější sloup



## 8.1.2 Vnitřní schodišťový sloup

Pro vnitřní schodišťový sloup je dle očekávání nejvýznamnějším zatížením normálová síla. Tento prvek bude třeba posoudit na vzpěrnou únosnost, únosnost v ohybu a zároveň na kombinaci normálové síly s ohybovými momenty.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS  
Výběr : Vše  
Třída : Všechny MSU  
Průřez : Sloup schodišťový vnitřní - Trubka (273; 22)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1	Sloup schodišťový vnitřní - Trubka	0,000	CO_MSÚ_18/9	<b>-1924,55</b>	12,20	1,59	-54,43	21,19	-12,17
B1	Sloup schodišťový vnitřní - Trubka	34,410	CO_MSÚ_18/10	<b>153,17</b>	0,51	0,51	-4,78	-0,09	0,21
B1	Sloup schodišťový vnitřní - Trubka	24,480	CO_MSÚ_18/11	-120,96	<b>-32,33</b>	22,56	12,91	-10,15	20,35
B1	Sloup schodišťový vnitřní - Trubka	24,480	CO_MSÚ_18/12	-258,32	<b>38,23</b>	-11,47	-15,08	16,76	-30,83
B1	Sloup schodišťový vnitřní - Trubka	24,480	CO_MSÚ_18/13	-151,71	-11,74	<b>-33,62</b>	-0,46	-36,74	-26,27
B1	Sloup schodišťový vnitřní - Trubka	24,480	CO_MSÚ_18/14	-258,29	21,42	<b>39,53</b>	-2,23	-20,38	-22,61
B1	Sloup schodišťový vnitřní - Trubka	0,000	CO_MSÚ_18/15	-1903,30	12,21	1,59	<b>-54,66</b>	21,18	-12,19
B1	Sloup schodišťový vnitřní - Trubka	0,000	CO_MSÚ_18/16	-347,93	-7,86	6,31	<b>56,74</b>	-7,64	7,79
B1	Sloup schodišťový vnitřní - Trubka	12,240	CO_MSÚ_18/17	-229,84	-13,03	-25,51	0,82	<b>-45,33</b>	-22,52
B1	Sloup schodišťový vnitřní - Trubka	12,240	CO_MSÚ_18/18	-1195,15	21,79	31,88	-0,70	<b>50,12</b>	16,53
B1	Sloup schodišťový vnitřní - Trubka	6,120	CO_MSÚ_18/19	-1634,95	-12,53	13,76	-48,96	23,18	<b>-53,06</b>
B1	Sloup schodišťový vnitřní - Trubka	4,930	CO_MSÚ_18/20	-1638,18	17,07	1,86	49,37	-10,31	<b>38,80</b>

Tabulka 8.2: Extrémy vnitřních sil – Vnitřní schodišťový sloup

## 8.2 Patrové nosníky

### 8.2.1 Vnější patrový nosník

Pro vnější patrový nosník je nejvýznamnějším zatížením normálová síla, posouvající síla i ohybový moment. Tento prvek bude třeba posoudit na vzpěrnou únosnost, únosnost v ohybu a zároveň na kombinaci normálové síly s ohybovými momenty.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS  
Výběr : Vše  
Třída : Všechny MSU  
Průřez : Vnější patrový nosník - IPE300

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B848	Vnější patrový nosník - IPE300	3,697	CO_MSÚ_18/21	<b>-418,99</b>	0,89	-25,08	-0,04	0,00	0,00
B842	Vnější patrový nosník - IPE300	4,197	CO_MSÚ_18/22	<b>392,54</b>	-0,63	-19,82	0,00	0,00	0,00
B867	Vnější patrový nosník - IPE300	0,000	CO_MSÚ_18/23	51,79	<b>-5,42</b>	3,82	0,00	0,00	0,00
B867	Vnější patrový nosník - IPE300	0,000	CO_MSÚ_18/19	-42,50	<b>5,42</b>	19,05	0,00	0,00	0,00
B842	Vnější patrový nosník - IPE300	4,197	CO_MSÚ_10/24	167,91	-0,28	<b>-35,44</b>	0,00	0,00	0,00
B842	Vnější patrový nosník - IPE300	0,000	CO_MSÚ_10/25	171,01	0,28	<b>35,44</b>	0,00	0,00	0,00
B853	Vnější patrový nosník - IPE300	0,000	CO_MSÚ_18/26	168,62	2,42	15,80	<b>-1,85</b>	0,00	0,00
B850	Vnější patrový nosník - IPE300	0,000	CO_MSÚ_18/27	-13,86	-2,42	3,99	<b>0,70</b>	0,00	0,00
B867	Vnější patrový nosník - IPE300	0,000	CO_MSÚ_18/28	14,12	-3,44	3,82	0,00	<b>0,00</b>	0,00
B842	Vnější patrový nosník - IPE300	2,099	CO_MSÚ_10/29	172,84	0,00	0,00	0,00	<b>37,18</b>	0,30
B867	Vnější patrový nosník - IPE300	2,000	CO_MSÚ_18/30	53,73	0,00	0,00	0,00	11,43	<b>-5,42</b>
B867	Vnější patrový nosník - IPE300	2,000	CO_MSÚ_18/31	-44,44	0,00	0,00	0,00	11,43	<b>5,42</b>

Tabulka 8.3: Extrémy vnitřních sil – Vnější patrový nosník

## 8.2.2 Vnitřní patrový nosník

### Válcované IPE

Pro vnitřní patrový nosník je nejvýznamnějším zatížením normálová síla, posouvající síla i ohybový moment. Tento prvek bude třeba posoudit na vzpěrnou únosnost, únosnost ve smyku a ohybu a zároveň na kombinaci normálové síly s ohybovými momenty.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS  
Výběr : Vše  
Třída : Všechny MSU  
Průřez : Vnitřní patrový nosník - IPE360

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B916	Vnitřní patrový nosník - IPE360	1,098	CO_MSÚ_18/27	<b>-287,58</b>	2,21	-29,54	0,00	-30,31	-0,28
B916	Vnitřní patrový nosník - IPE360	1,098	CO_MSÚ_18/32	<b>379,46</b>	26,36	-53,04	-0,57	-53,86	-15,17
B918	Vnitřní patrový nosník - IPE360	1,500	CO_MSÚ_18/32	-5,98	<b>-29,89</b>	-15,14	1,16	38,28	13,73
B916	Vnitřní patrový nosník - IPE360	1,098	CO_MSÚ_18/33	-124,95	<b>29,44</b>	-71,65	-0,47	-75,54	-15,07
B916	Vnitřní patrový nosník - IPE360	2,197	CO_MSÚ_18/34	-229,48	19,36	<b>-81,53</b>	-0,35	<b>-175,15</b>	11,75
B874	Vnitřní patrový nosník - IPE360	0,000	CO_MSÚ_10/35	8,12	0,37	<b>43,57</b>	0,00	0,00	0,00
B917	Vnitřní patrový nosník - IPE360	1,098	CO_MSÚ_18/32	281,15	-27,97	-17,31	<b>-8,68</b>	-16,01	30,75
B917	Vnitřní patrový nosník - IPE360	1,098	CO_MSÚ_18/27	-159,54	17,65	14,65	<b>4,01</b>	19,59	-19,41
B918	Vnitřní patrový nosník - IPE360	1,500	CO_MSÚ_18/34	13,01	-0,10	-23,34	1,46	<b>55,00</b>	-4,18
B919	Vnitřní patrový nosník - IPE360	1,099	CO_MSÚ_18/20	-168,87	-21,91	27,39	-5,39	30,63	<b>-24,09</b>
B917	Vnitřní patrový nosník - IPE360	1,098	CO_MSÚ_18/32	61,63	28,00	-15,07	-7,22	-16,03	<b>30,75</b>

Tabulka 8.4: Extrémy vnitřních sil – Vnitřní patrový nosník IPE

### Svařovaný „I“ profil

Pro vnitřní patrový nosník je nejvýznamnějším zatížením normálová síla, posouvající síla i ohybový moment. Tento prvek bude třeba posoudit na vzpěrnou únosnost, únosnost ve smyku a ohybu a zároveň na kombinaci normálové síly s ohybovými momenty.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : Hlavní  
Výběr : Vše  
Třída : Všechny MSU  
Průřez : Vnitřní patrový nosník1 - I ng (300; 150; 150; 20; 20; 20)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1142	Vnitřní patrový nosník1 - I ng	0,785	CO_MSÚ_18/4	<b>-106,00</b>	-1,08	7,69	1,05	6,69	-18,42
B1142	Vnitřní patrový nosník1 - I ng	0,785	CO_MSÚ_18/3	<b>128,23</b>	-9,50	-4,93	-0,43	10,32	18,15
B1142	Vnitřní patrový nosník1 - I ng	2,356	CO_MSÚ_18/108	70,70	<b>-55,10</b>	2,75	0,15	4,16	6,22
B1142	Vnitřní patrový nosník1 - I ng	2,356	CO_MSÚ_18/34	-54,63	<b>59,28</b>	<b>-37,75</b>	<b>-11,34</b>	-2,96	-5,66
B1142	Vnitřní patrový nosník1 - I ng	3,142	CO_MSÚ_18/34	-43,00	-49,42	<b>25,08</b>	2,27	<b>-33,63</b>	<b>40,38</b>
B1142	Vnitřní patrový nosník1 - I ng	0,000	CO_MSÚ_18/34	-77,25	-52,97	23,10	<b>10,06</b>	-3,17	22,44
B1142	Vnitřní patrový nosník1 - I ng	1,571	CO_MSÚ_18/34	-93,39	-7,25	8,51	1,33	<b>24,44</b>	-24,32
B1142	Vnitřní patrový nosník1 - I ng	3,142	CO_MSÚ_18/108	76,03	54,18	-0,88	1,20	6,46	<b>-36,57</b>

Tabulka 8.5: Extrémy vnitřních sil – Vnitřní patrový nosník svařenec

### 8.3 Schodišťový nosník

Pro schodišťový nosník je nejvýznamnějším zatížením posouvající síla a ohybový moment. Tento prvek bude třeba posoudit na únosnost v ohybu a na smyk.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : Hlavní  
Výběr : Vše  
Třída : Všechny MSU  
Průřez : Schodišťový nosník - Z (50; 10; 170; 10; 10; 50)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B440	Schodišťový nosník - Z	0,000	CO_MSÚ_18/36	<b>-2,18</b>	1,34	7,42	0,00	-5,84	-1,05
B440	Schodišťový nosník - Z	0,000	CO_MSÚ_18/37	<b>2,18</b>	0,21	1,19	0,00	-1,16	-0,21
B415	Schodišťový nosník - Z	0,000	CO_MSÚ_18/38	-0,02	<b>-1,97</b>	1,38	0,00	-1,28	1,43
B412	Schodišťový nosník - Z	0,000	CO_MSÚ_18/39	1,10	<b>3,72</b>	10,00	0,00	-7,75	<b>-2,83</b>
B1163	Schodišťový nosník - Z	1,500	CO_MSÚ_18/40	0,00	0,00	<b>0,00</b>	0,00	0,00	0,00
B412	Schodišťový nosník - Z	0,000	CO_MSÚ_10/41	-0,49	1,10	<b>10,85</b>	0,00	-8,33	-0,86
B1136	Schodišťový nosník - Z	0,300	CO_MSÚ_18/42	0,06	1,87	0,56	<b>0,00</b>	-0,53	-1,16
B1136	Schodišťový nosník - Z	-0,300	CO_MSÚ_18/43	-0,90	0,23	6,00	<b>0,00</b>	-3,80	-0,17
B412	Schodišťový nosník - Z	0,000	CO_MSÚ_10/44	-0,49	1,10	10,85	0,00	<b>-8,33</b>	-0,86
B1138	Schodišťový nosník - Z	1,500	CO_MSÚ_18/45	0,00	0,05	0,30	0,00	<b>0,00</b>	0,00
B415	Schodišťový nosník - Z	0,000	CO_MSÚ_18/46	-0,02	-1,97	1,38	0,00	-1,28	<b>1,43</b>

Tabulka 8.6: Extrémy vnitřních sil – Schodišťový nosník

### 8.4 Diagonální ztužidlo

Diagonální ztužidlo je dle předpokladů namáháno pouze osovými silami a bude posouzeno pouze na vzpěrnou a tahovou únosnost.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS  
Výběr : Vše  
Třída : Všechny MSU  
Průřez : Diagonální ztužidlo - Trubka (168; 16)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B944	Diagonální ztužidlo - Trubka	7,102	CO_MSÚ_18/47	<b>-811,67</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B944	Diagonální ztužidlo - Trubka	0,000	CO_MSÚ_18/33	<b>837,09</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B932	Diagonální ztužidlo - Trubka	0,000	CO_MSÚ_1/48	-3,59	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

Tabulka 8.7: Extrémy vnitřních sil – Diagonální ztužidlo

## 8.5 Střešní nosníky

### 8.5.1 Vaznice

Pro vaznice je nejvýznamnějším zatížením normálová síla, posouvající síla i ohybový moment. Tento prvek bude třeba posoudit na vzpěrnou únosnost, únosnost ve smyku a ohybu a zároveň na kombinaci normálové síly s ohybovými momenty.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS  
Výběr : Vše  
Třída : Všechny MSU  
Průřez : Vaznice - IPE140

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1202	Vaznice - IPE140	0,000	CO_MSÚ_18/49	<b>-34,08</b>	0,45	0,55	0,00	0,16	-0,22
B1216	Vaznice - IPE140	0,000	CO_MSÚ_18/10	<b>50,35</b>	-0,03	1,00	0,00	-1,07	0,04
B1210	Vaznice - IPE140	0,000	CO_MSÚ_18/50	25,33	<b>-0,43</b>	0,69	0,00	0,66	0,21
B1202	Vaznice - IPE140	0,000	CO_MSÚ_18/51	-21,40	<b>0,47</b>	0,53	0,00	2,46	-0,24
B1221	Vaznice - IPE140	4,000	CO_MSÚ_18/52	2,61	-0,01	<b>-33,47</b>	0,00	-19,62	0,01
B1213	Vaznice - IPE140	0,000	CO_MSÚ_18/53	15,45	-0,06	<b>33,37</b>	0,00	-19,25	0,13
B1217	Vaznice - IPE140	0,000	CO_MSÚ_18/54	32,55	-0,06	9,96	<b>0,00</b>	0,78	0,12
B1201	Vaznice - IPE140	0,000	CO_MSÚ_18/55	28,22	0,07	7,53	<b>0,00</b>	2,34	-0,17
B1221	Vaznice - IPE140	4,000	CO_MSÚ_18/56	11,37	-0,01	-33,47	0,00	<b>-19,62</b>	0,00
B1213	Vaznice - IPE140	2,000	CO_MSÚ_18/57	6,62	-0,05	-0,03	0,00	<b>14,62</b>	0,02
B1201	Vaznice - IPE140	0,000	CO_MSÚ_18/58	8,23	0,10	1,31	0,00	6,04	<b>-0,27</b>
B1205	Vaznice - IPE140	0,000	CO_MSÚ_18/59	27,89	-0,11	19,33	0,00	-7,11	<b>0,27</b>

Tabulka 8.8: Extrémy vnitřních sil – Vaznice

### 8.5.2 Krokev

Pro krokev je nejvýznamnějším zatížením normálová síla, posouvající síla i ohybový moment. Tento prvek bude třeba posoudit na vzpěrnou únosnost, únosnost ve smyku a ohybu a zároveň na kombinaci normálové síly s ohybovými momenty.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : Hlavní  
Výběr : Vše  
Třída : Všechny MSU  
Průřez : Krokev - IPE220

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B828	Krokev - IPE220	0,000	CO_MSÚ_18/10	<b>-193,88</b>	0,40	1,03	0,05	0,00	0,00
B828	Krokev - IPE220	3,034	CO_MSÚ_18/120	<b>44,25</b>	-0,46	32,03	0,01	-8,87	0,12
B824	Krokev - IPE220	4,373	CO_MSÚ_18/121	19,83	<b>-2,74</b>	-14,07	0,23	-4,69	-3,01
B1006	Krokev - IPE220	4,045	CO_MSÚ_18/33	-0,62	<b>3,63</b>	4,82	-0,26	-1,89	2,30
B828	Krokev - IPE220	4,373	CO_MSÚ_18/120	38,46	-1,21	<b>-35,24</b>	0,13	-8,41	-1,65
B825	Krokev - IPE220	3,034	CO_MSÚ_18/60	5,81	0,80	<b>44,90</b>	-0,03	-21,89	-0,42
B1006	Krokev - IPE220	4,045	CO_MSÚ_18/7	-2,53	3,62	6,02	<b>-0,27</b>	-1,95	2,31
B825	Krokev - IPE220	4,045	CO_MSÚ_18/122	1,46	-2,03	4,23	<b>0,26</b>	-2,06	1,32
B825	Krokev - IPE220	3,034	CO_MSÚ_18/123	4,32	0,84	44,89	-0,03	<b>-21,93</b>	-0,44
B829	Krokev - IPE220	4,045	CO_MSÚ_18/124	27,54	-0,69	30,62	0,03	<b>21,24</b>	-0,47
B1029	Krokev - IPE220	0,683	CO_MSÚ_18/125	-9,53	2,72	-17,73	-0,17	2,35	<b>-3,97</b>
B1006	Krokev - IPE220	4,373	CO_MSÚ_18/126	-3,67	3,53	4,20	-0,26	0,11	<b>3,50</b>

Tabulka 8.9: Extrémy vnitřních sil – Krokev

### 8.5.3 Vzpěra

Vzpěry jsou dle předpokladů namáhány zejména osovými silami a budou posouzeny pouze na vzpěrnou a tahovou únosnost.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS

Výběr : Vše

Třída : Všechny MSU

Průřez : Vzpěra - IPE180

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1224	Vzpěra - IPE180	0,000	CO_MSÚ_18/60	<b>-128,14</b>	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00
B1223	Vzpěra - IPE180	2,125	CO_MSÚ_18/2	<b>28,65</b>	0,00	-0,16	0,01	0,00	0,00
B1227	Vzpěra - IPE180	0,638	CO_MSÚ_18/61	-59,66	<b>0,00</b>	0,07	0,00	0,07	0,00
B1222	Vzpěra - IPE180	1,488	CO_MSÚ_18/62	-36,79	<b>0,00</b>	-0,07	0,01	0,07	0,00
B1222	Vzpěra - IPE180	2,125	CO_MSÚ_18/63	-26,81	0,00	<b>-0,16</b>	0,01	0,00	0,00
B1222	Vzpěra - IPE180	0,000	CO_MSÚ_18/64	-67,28	0,00	<b>0,16</b>	0,01	0,00	0,00
B1223	Vzpěra - IPE180	0,000	CO_MSÚ_18/65	-52,55	0,00	0,16	<b>-0,01</b>	0,00	0,00
B1223	Vzpěra - IPE180	0,000	CO_MSÚ_18/66	-21,07	0,00	0,16	<b>0,01</b>	0,00	0,00
B1224	Vzpěra - IPE180	2,125	CO_MSÚ_18/67	-36,97	0,00	-0,16	0,00	<b>0,00</b>	0,00
B1222	Vzpěra - IPE180	1,063	CO_MSÚ_18/68	-62,64	0,00	0,00	0,01	<b>0,09</b>	0,00
B1222	Vzpěra - IPE180	1,275	CO_MSÚ_18/7	-41,65	0,00	-0,03	0,01	0,08	<b>0,00</b>
B1222	Vzpěra - IPE180	1,275	CO_MSÚ_18/8	-66,11	0,00	-0,03	-0,01	0,08	<b>0,00</b>

Tabulka 8.10: Extrémy vnitřních sil – Vzpěra

## 9 Posouzení hlavních nosných prvků

Prvky budou posuzovány v mezním stavu únosnosti (vzpěrný tlak, prostý tlak, tah, smyk, ohyb a kombinace tlaku s ohybem) a v mezním stavu použitelnosti (relativní deformace). V MSÚ není uvažováno s klopením prvků, jednotlivé nosníky jsou příčně drženy masivním ocelovým pochodím roštem případně skladbou střechy.

V části VI této diplomové práce je přiložen výstup ze softwaru Scia Engineer, kde budou vypsány navržené prvky a jejich průřezovými charakteristikami s novými vnitřními silami atp. Na nové zatížení se konstrukce neposuzuje, proto tabulky v příloze nekorespondují s tabulkami ve statickém výpočtu.

### 9.1 Vnější sloup

#### 9.1.1 Návrh profilu

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd} \geq 2\,718,300 \text{ kN}$$

$$\chi_{odhad} = 0,60$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{odhad} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,6 \cdot A \cdot 355\,000}{1,00} \geq 2\,718,300 \text{ kN}$$

$$A_{min} \geq \frac{1,00 \cdot 2\,718,300}{0,6 \cdot 355\,000} = 12,761 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 12\,761 \text{ mm}^2$$

**Návrh: TR Ø 610/12,5 mm**

$$A = 23\,460 \text{ mm}^2$$

$$I_y = I_z = 10,5 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$W_{el,y} = W_{el,z} = 3,43 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$i_y = i_z = 211 \text{ mm}$$

#### 9.1.2 Zatřídění profilu

**Profil:** TR Ø 610/12,5

$$d/t = 610/12,5 = 48,8$$

**Materiál:** S 355

$$\varepsilon = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/f_y)} = 0,814$$

$$\varepsilon^2 = 0,662$$



<b>Podmínky:</b>	Třída 1	$d/t \leq 50 \cdot \varepsilon^2$ $48,8 \leq 33,1$	<b><i>Ne</i>vyhovuje</b>
	Třída 2	$d/t \leq 70 \cdot \varepsilon^2$ $48,8 \leq 46,3$	<b><i>Ne</i>vyhovuje</b>
	Třída 3	$d/t \leq 90 \cdot \varepsilon^2$ $48,8 \leq 59,6$	<b><i>Vy</i>hovuje</b> <b><i>Třída 3</i></b>

### 9.1.3 Mezní stav únosnosti

#### Tlak – Vzpěrná únosnost

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 2\,718 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \geq 2\,718 \text{ kN}$$

$$\alpha_a = 0,21$$

$$L_{cr} = 12,265 \text{ m}$$

$$i = 0,211 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,814 = 76,4$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i \cdot \lambda_1} = \frac{12,265}{0,211 \cdot 76,4} = 0,761$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,761 - 0,2) + 0,761^2] = 0,848$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,848 + \sqrt{0,848^2 - 0,761^2}} = 0,818$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,818 \cdot 0,02346 \cdot 355\,000}{1,00} = 6\,813 \text{ kN} \geq 2\,718 \text{ kN}$$

**39,9 %**

***Vy*hovuje**



### Tah

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 1\,579,660 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \geq 1\,579,660 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,02346 \cdot 355\,000}{1,0} = 8\,328,300 \text{ kN} \geq 1\,579,660 \text{ kN}$$

19,0 %

Vyhovuje

### Smyk

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

$$V_{Ed} = 139,250 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} \geq 139,250 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = \frac{0,015622 \cdot 355\,000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 3\,201,875 \text{ kN} \geq 139,250 \text{ kN}$$

4,4 %

Vyhovuje

### Únosnost prutu při ohybu

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0$$

$$M_{Ed} = 417,470 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{el,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \geq 417,47 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{el,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,00343 \cdot 355\,000}{1,00} = 1\,217,650 \text{ kNm} \geq 417,470 \text{ kN}$$

34,3 %

Vyhovuje



**Interakce M+N**

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

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

$$\frac{2\,718,300}{0,818 \cdot \frac{8\,328,300}{1,0}} + 0,709 \frac{417,470}{1\,217,650} + 0,709 \frac{335,350}{1\,217,650} = \mathbf{0,837} \leq \mathbf{1,0}$$

83,7 %

Vyhovuje

$$\frac{2\,718,300}{0,818 \cdot \frac{8\,328,300}{1,0}} + 0,567 \frac{417,470}{1\,217,650} + 0,709 \frac{335,350}{1\,217,650} = \mathbf{0,789} \leq \mathbf{1,0}$$

78,9 %

Vyhovuje

$$N_{Ed} = 2\,718,300 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 417,470 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 335,350 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = f_y \cdot A_i = 355\,000 \cdot 0,02346 = 8\,328,300 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y \cdot W_i = f_y \cdot W_{el,y} = 355\,000 \cdot 0,00343 = 1\,217,650 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y \cdot W_i = f_y \cdot W_{el,z} = 355\,000 \cdot 0,00343 = 1\,217,650 \text{ kNm}$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = \mathbf{0,6} \geq 0,4$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = \mathbf{0,6} \geq 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot 0,761 \frac{2\,718,300}{0,818 \cdot \frac{8\,328,300}{1,0}} \right) = \mathbf{0,709} \leq$$

$$\leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{2\,718,300}{0,818 \cdot \frac{8\,328,300}{1,0}} \right) = 0,744$$

$$k_{yz} = k_{yy} = \mathbf{0,709}$$



$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot 0,761 \frac{2\,718,300}{0,818 \cdot \frac{8\,328,300}{1,0}} \right) = \mathbf{0,709} \leq$$

$$\leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{2\,718,300}{0,818 \cdot \frac{8\,328,300}{1,0}} \right) = 0,744$$

$$k_{zy} = 0,8 \cdot k_{yy} = 0,8 \cdot 0,709 = \mathbf{0,567}$$

#### 9.1.4 Mezní stav použitelnosti

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = \sqrt{6,1^2 + 6,9^2} = \mathbf{9,2\ mm}$$

$$\delta_{tim} = \frac{l_0}{500} = \frac{33,870}{500} = \mathbf{67,7\ mm}$$

$$\frac{\delta}{\delta_{tim}} = \frac{9,2}{67,7} = \mathbf{0,136}$$

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : Hlavní  
Výběr : Vše  
Třída : Všechny MSP  
Průřez : Sloup vnější - Trubka (610; 13)

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]
B1187	13,084	CO_MSP_5/84	<b>-4,4</b>	1/2757	3,5	1/3486
B1187	12,314	CO_MSP_5/85	<b>6,1</b>	1/2014	-4,7	1/2622
B1188	33,871	CO_MSP_5/86	-3,2	<b>1/1006</b>	0,0	1/10000
B1188	33,871	CO_MSP_5/87	3,1	<b>1/1019</b>	0,0	1/10000
B1191	12,314	CO_MSP_5/88	-1,2	1/10000	<b>-5,4</b>	<b>1/2287</b>
B1191	12,314	CO_MSP_5/3	1,0	1/10000	<b>6,9</b>	<b>1/1789</b>

**Tabulka 9.1:** Posouzení vnějšího sloupu v MSP

**13,6 %**

**Vyhovuje**

## 9.2 Vnitřní sloup

### 9.2.1 Návrh profilu

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd} \geq 1\,924,550 \text{ kN}$$

$$\chi_{odhad} = 0,60$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{odhad} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,6 \cdot A \cdot 355\,000}{1,00} \geq 1\,924,550 \text{ kN}$$

$$A_{min} \geq \frac{1,00 \cdot 1\,924,550}{0,6 \cdot 355\,000} = 9,035 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 9\,035 \text{ mm}^2$$

**Návrh: TR Ø 273/12,5 mm**

$$A = 10\,230 \text{ mm}^2$$

$$I_y = I_z = 8,7 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = W_{pl,z} = 0,849 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$i_y = i_z = 92,2 \text{ mm}$$

### 9.2.2 Zatřídění profilu

**Profil:** TR Ø 273/12,5

$$d/t = 273/12,5 = 21,8$$

**Materiál:** S 355

$$\varepsilon = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814$$

$$\varepsilon^2 = 0,662$$

**Podmínky:** Třída 1

$$d/t \leq 50 \cdot \varepsilon^2$$

$$21,88 \leq 33,1$$

**Vyhovuje**

**Třída 1**

### 9.2.3 Mezní stav únosnosti

#### Tlak – Vzpěrná únosnost

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 1\,924,550 \text{ kN}$$



$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \geq 1\,924,550 \text{ kN}$$

$$\alpha_a = 0,21$$

$$L_{cr} = 6,120 \text{ m}$$

$$i = 0,0922 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,814 = 76,4$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i \cdot \lambda_1} = \frac{6,120}{0,0922 \cdot 76,4} = 0,869$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,869 - 0,2) + 0,869^2] = 0,948$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,948 + \sqrt{0,948^2 - 0,869^2}} = 0,754$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,754 \cdot 0,01023 \cdot 355\,000}{1,00} = 2\,738,264 \text{ kN} \geq 1\,924,550 \text{ kN}$$

70,3 %

Vyhovuje

### Tah

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 153,170 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \geq 153,170 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,01023 \cdot 355\,000}{1,0} = 3\,631,650 \text{ kN} \geq 153,170 \text{ kN}$$

4,2 %

Vyhovuje



### Smyk

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

$$V_{Ed} = 39,530 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} \geq 39,530 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = \frac{0,00684 \cdot 355\,000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 1\,401,922 \text{ kN} \geq 39,530 \text{ kN}$$

2,8 %

Vyhovuje

### Únosnost prutu při ohybu

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0$$

$$M_{Ed} = 53,060 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \geq 53,060 \text{ kNm}$$

$$W_{pl,y} = 849 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,000849 \cdot 355\,000}{1,00} = 301,395 \text{ kNm} \geq 53,060 \text{ kN}$$

17,6 %

Vyhovuje

### Interakce M+N

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

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

$$\frac{1\,924,550}{0,745 \cdot 3\,631,650} + 0,823 \frac{50,120}{301,395} + 0,823 \frac{53,060}{301,395} = 0,993 \leq 1,0$$

99,3 %

Vyhovuje



$$\frac{1\,924,550}{0,745 \cdot \frac{3\,631,650}{1,0}} + 0,658 \frac{50,120}{\frac{301,395}{1,0}} + 0,823 \frac{53,060}{\frac{301,395}{1,0}} = \mathbf{0,966} \leq \mathbf{1,0}$$

96,6 %

Vyhovuje

$$N_{Ed} = 1\,924,550 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 50,120 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 53,060 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = f_y \cdot A_i = 355\,000 \cdot 0,01023 = 3\,631,650 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y \cdot W_i = f_y \cdot W_{pl,y} = 355\,000 \cdot 0,000849 = 301,395 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y \cdot W_i = f_y \cdot W_{pl,z} = 355\,000 \cdot 0,000849 = 301,395 \text{ kNm}$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = \mathbf{0,6} \geq 0,4$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = \mathbf{0,6} \geq 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot 0,869 \frac{1\,924,550}{0,745 \cdot \frac{3\,631,650}{1,0}} \right) = \mathbf{0,823} \leq$$
$$\leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{1\,924,550}{0,745 \cdot \frac{3\,631,650}{1,0}} \right) = 0,856$$

$$k_{yz} = k_{yy} = \mathbf{0,823}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot 0,869 \frac{1\,924,550}{0,745 \cdot \frac{3\,631,650}{1,0}} \right) = \mathbf{0,823} \leq$$
$$\leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{1\,924,550}{0,745 \cdot \frac{3\,631,650}{1,0}} \right) = 0,856$$

$$k_{zy} = 0,8 \cdot k_{yy} = 0,8 \cdot 0,823 = \mathbf{0,658}$$

### 9.2.4 Mezní stav použitelnosti

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = \sqrt{0,7^2 + 0,4^2} = \mathbf{0,8 \text{ mm}}$$

$$\delta_{lim} = \frac{l_0}{500} = \frac{34,410}{500} = \mathbf{68,8 \text{ mm}}$$

$$\frac{\delta}{\delta_{lim}} = \frac{0,8}{68,8} = \mathbf{0,006}$$

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Třída : Všechny MSP

Průřez : Sloup schodišťový vnitřní - Trubka (273; 13)

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]
B1	32,124	CO MSP 5/89	-0,4	1/10000	0,2	1/10000
B1	32,124	CO MSP 5/90	0,7	1/5785	-0,2	1/10000
B1	10,455	CO MSP 3/91	-0,2	1/6847	0,0	1/10000
B1	32,124	CO MSP 5/92	0,0	1/10000	-0,4	1/10000
B1	32,124	CO MSP 5/93	0,3	1/10000	0,4	1/10000
B1	21,845	CO MSP 3/94	0,0	1/10000	-0,1	1/7657
B1	14,025	CO MSP 3/95	0,0	1/10000	0,2	1/5821

Tabulka 9.2: Posouzení vnitřního sloupu v MSP

0,2 %

Vyhovuje

## 9.3 Vnější patrový nosník

### 9.3.1 Návrh profilu

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd} \geq 418,990 \text{ kN}$$

$$\chi_{odhad} = 0,20$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{odhad} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,2 \cdot A \cdot 355\,000}{1,00} \geq 418,990 \text{ kN}$$

$$A_{min} \geq \frac{1,00 \cdot 418,990}{0,2 \cdot 355\,000} = 5,901 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 5\,901 \text{ mm}^2$$



**Návrh: IPE 330**

$$A = 6\,261 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 11,770 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 7,881 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 0,0804 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 0,154 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 137,0 \text{ mm}$$

$$i_z = 35,5 \text{ mm}$$

### 9.3.2 Zatřídění profilu

**Profil:** IPE 330

**Materiál:** S 355

$$\varepsilon = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/f_y)} = 0,814$$

$$\varepsilon^2 = 0,662$$

**Tabulky:** Tlak

**Třída 3**

Ohyb

**Třída 1**

### 9.3.3 Mezní stav únosnosti

#### Tlak – Vzpěrná únosnost

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 418,990 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \geq 418,990 \text{ kN}$$

$$\alpha_a = 0,21$$

$$\alpha_b = 0,34$$

$$L_{cr} = 4,197 \text{ m}$$

$$i_z = 0,0355 \text{ m}$$

$$i_y = 0,137 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,814 = 76,4$$





$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr}}{i_z \cdot \lambda_1} = \frac{4,197}{0,0355 \cdot 76,4} = 1,547$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr}}{i_y \cdot \lambda_1} = \frac{4,197}{0,137 \cdot 76,4} = 0,401$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,547 - 0,2) + 1,547^2] = 1,926$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,401 - 0,2) + 0,401^2] = 0,601$$

$$\chi_z = \frac{1}{1,926 + \sqrt{1,926^2 - 1,547^2}} = 0,325$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,601 + \sqrt{0,601^2 - 0,401^2}} = 0,954$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,325 \cdot 0,006261 \cdot 355 \, 00}{1,00} = 722,363 \, \text{kN} \geq 418,990 \, \text{kN}$$

58,0 %

Vyhovuje

### Tah

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 392,540 \, \text{kN}$$

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \geq 392,540 \, \text{kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,006261 \cdot 355 \, 000}{1,0} = 2 \, 222,655 \, \text{kN} \geq 392,540 \, \text{kN}$$

17,7 %

Vyhovuje

**Smyk**

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

$$V_{Ed} = 35,440 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} \geq 35,440 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = \frac{0,002538 \cdot 355\,000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 520,187 \text{ kN} \geq 35,440 \text{ kN}$$

6,8 %

Vyhovuje

**Únosnost prutu při ohybu**

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0$$

$$M_{Ed} = 37,180 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \geq 37,180 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,000804 \cdot 355\,000}{1,0} = 285,420 \text{ kNm} \geq 37,180 \text{ kNm}$$

13,0 %

Vyhovuje

**Interakce M+N**

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

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

$$\frac{418,990}{0,947 \cdot 2\,222,655} + 0,629 \frac{37,180}{285,420} + 0,629 \frac{5,420}{54,670} = 0,343 \leq 1,0$$

34,3 %

Vyhovuje



$$\frac{418,990}{0,295 \cdot 2\,222,655} + 0,503 \frac{37,180}{285,420} + 0,809 \frac{5,420}{54,670} = \mathbf{0,785} \leq \mathbf{1,0}$$

78,5 %

Vyhovuje

$$N_{Ed} = 418,990 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 37,180 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 5,420 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = f_y \cdot A_i = 355\,000 \cdot 0,006261 = 2\,222,655 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y \cdot W_i = f_y \cdot W_{pl,y} = 355\,000 \cdot 0,000804 = 285,420 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y \cdot W_i = f_y \cdot W_{pl,z} = 355\,000 \cdot 0,00154 = 54,670 \text{ kNm}$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = \mathbf{0,6} \geq 0,4$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = \mathbf{0,6} \geq 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot 0,401 \frac{418,990}{0,954 \cdot \frac{2\,222,655}{1,0}} \right) = \mathbf{0,629} \leq$$

$$\leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{418,990}{0,954 \cdot \frac{2\,222,655}{1,0}} \right) = 0,671$$

$$k_{yz} = k_{yy} = \mathbf{0,629}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot 1,547 \frac{418,990}{0,325 \cdot \frac{2\,222,655}{1,0}} \right) = 0,923 \leq$$

$$\leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{418,990}{0,325 \cdot \frac{2\,222,655}{1,0}} \right) = \mathbf{0,809}$$

$$k_{zy} = 0,8 \cdot k_{yy} = 0,8 \cdot 0,629 = \mathbf{0,503}$$

### 9.3.4 Mezní stav použitelnosti

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = \sqrt{2,7^2 + 2^2} = 3,4 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{l_0}{250} = \frac{4\,197}{250} = 16,8 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta}{\delta_{lim}} = \frac{3,4}{16,8} = 0,202$$

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : Hlavní  
Výběr : Vše  
Třída : Všechny MSP  
Průřez : Vnější patrový nosník - IPE330

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]
B871	2,000	CO_MSP_5/96	-2,7	1/1468	-0,2	1/10000
B871	2,000	CO_MSP_5/97	2,7	1/1468	-0,7	1/5428
B842	2,099	CO_MSP_3/98	-0,2	1/10000	-2,0	1/2062
B842	0,000	CO_MSP_1/99	0,0	0	0,0	0
B842	2,099	CO_MSP_3/98	-0,2	1/10000	-2,0	1/2062

Tabulka 9.3: Posouzení vnějšího patrového nosníku v MSP

20,2 %

Vyhovuje

## 9.4 Vnitřní patrový nosník – IPE

### 9.4.1 Návrh profilu

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd} \geq 287,580 \text{ kN}$$

$$\chi_{odhad} = 0,30$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{odhad} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,3 \cdot A \cdot 355\,000}{1,00} \geq 1\,924,550 \text{ kN}$$

$$A_{min} \geq \frac{1,00 \cdot 287,580}{0,3 \cdot 355\,000} = 2,700 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 2\,700 \text{ mm}^2$$



**Návrh: IPE 330**

$$A = 6\,261 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 11,770 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 7,881 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 0,0804 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 0,154 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 137,0 \text{ mm}$$

$$i_z = 35,5 \text{ mm}$$

#### 9.4.2 Zatřídění profilu

**Profil:** IPE 330

**Materiál:** S 355

$$\varepsilon = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/f_y)} = 0,814$$

$$\varepsilon^2 = 0,662$$

**Tabulky:** Tlak

**Třída 3**

Ohyb

**Třída 1**

#### 9.4.3 Mezní stav únosnosti

##### Tlak – Vzpěrná únosnost

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 287,580 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \geq 287,580 \text{ kN}$$

$$\alpha_a = 0,21$$

$$\alpha_b = 0,34$$

$$L_{cr} = 4,197 \text{ m}$$

$$i_z = 0,0355 \text{ m}$$

$$i_y = 0,137 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,814 = 76,4$$



$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr}}{i_z \cdot \lambda_1} = \frac{4,197}{0,0355 \cdot 76,4} = 1,547$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr}}{i_y \cdot \lambda_1} = \frac{4,197}{0,137 \cdot 76,4} = 0,401$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,547 - 0,2) + 1,547^2] = 1,926$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,401 - 0,2) + 0,401^2] = 0,601$$

$$\chi_z = \frac{1}{1,926 + \sqrt{1,926^2 - 1,547^2}} = 0,325$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,601 + \sqrt{0,601^2 - 0,401^2}} = 0,954$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,325 \cdot 0,006261 \cdot 355 \ 00}{1,00} = 722,363 \text{ kN} \geq 287,580 \text{ kN}$$

39,8 %

Vyhovuje

### Tah

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 379,460 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \geq 379,460 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,006261 \cdot 355 \ 000}{1,0} = 2 \ 222,655 \text{ kN} \geq 379,460 \text{ kN}$$

17,1 %

Vyhovuje

### Smyk

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

$$V_{Ed} = 81,530 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} \geq 81,530 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = \frac{0,002538 \cdot 355\,000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 520,187 \text{ kN} \geq 81,530 \text{ kN}$$

15,7 %

Vyhovuje

### Únosnost prutu při ohybu

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0$$

$$M_{Ed} = 175,150 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \geq 175,150 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,000804 \cdot 355\,000}{1,0} = 285,420 \text{ kNm} \geq 175,150 \text{ kN}$$

61,4 %

Vyhovuje

### Interakce M+N

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

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

$$\frac{229,480}{0,947 \cdot 2\,222,655} + 0,629 \frac{175,150}{285,420} + 0,629 \frac{11,750}{54,670} = 0,603 \leq 1,0$$

60,3 %

Vyhovuje



$$\frac{229,48}{0,295 \cdot 2\,222,655} + 0,503 \frac{175,150}{285,420} + 0,809 \frac{11,750}{54,670} = \mathbf{0,876} \leq \mathbf{1,0}$$

87,6 %

Vyhovuje

$$N_{Ed} = 418,990 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 37,180 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 5,420 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = f_y \cdot A_i = 355\,000 \cdot 0,006261 = 2\,222,655 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y \cdot W_i = f_y \cdot W_{pl,y} = 355\,000 \cdot 0,000804 = 285,420 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y \cdot W_i = f_y \cdot W_{pl,z} = 355\,000 \cdot 0,00154 = 54,670 \text{ kNm}$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = \mathbf{0,6} \geq 0,4$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = \mathbf{0,6} \geq 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot 0,401 \frac{418,990}{0,954 \cdot \frac{2\,222,655}{1,0}} \right) = \mathbf{0,629} \leq$$
$$\leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{418,990}{0,954 \cdot \frac{2\,222,655}{1,0}} \right) = 0,671$$

$$k_{yz} = k_{yy} = \mathbf{0,629}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot 1,547 \frac{418,990}{0,325 \cdot \frac{2\,222,655}{1,0}} \right) = 0,923 \leq$$
$$\leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{418,990}{0,325 \cdot \frac{2\,222,655}{1,0}} \right) = \mathbf{0,809}$$

$$k_{zy} = 0,8 \cdot k_{yy} = 0,8 \cdot 0,629 = \mathbf{0,503}$$



#### 9.4.4 Mezní stav použitelnosti

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = \sqrt{0,1^2 + 4,9^2} = 4,9 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{l_0}{250} = \frac{4\,197}{250} = 16,8 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta}{\delta_{lim}} = \frac{4,9}{16,8} = 0,292$$

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS  
Výběr : Vše  
Kombinace : CO\_MSP\_1  
Průřez : Vnitřní patrový nosník - IPE330

Prvek	dx [m]	Stav kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]
B923	0,900	CO_MSP_1/99	0,0	1/10000	-0,1	1/10000
B915	0,900	CO_MSP_1/99	0,1	1/10000	-0,1	1/10000
B915	0,900	CO_MSP_1/99	0,1	1/10000	-0,1	1/10000
B917	0,000	CO_MSP_1/99	0,0	0	-4,9	1/453
B979	2,598	CO_MSP_1/99	0,0	1/10000	0,0	1/10000
B896	1,500	CO_MSP_1/99	0,0	1/10000	0,0	1/10000

Tabulka 9.4: Posouzení vnitřního nosníku v MSP

29,2 %

Vyhovuje

### 9.5 Vnitřní patrový nosník – Svařenec

#### 9.5.1 Návrh profilu

**Návrh: svařovaný I profil 300x150x20**

$$A = 11\,200 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 1,471 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 1,142 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 1,178 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 2,510 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 115,0 \text{ mm}$$

$$i_z = 32,0 \text{ mm}$$

### 9.5.2 Zatřídění profilu

<b>Profil:</b>	svařovaný I profil 300x150x20		
vnitřní	$d/t = 260/20 = 13,0$		
vnější	$d/t = 65/20 = 3,25$		
<b>Materiál:</b>	S 355		
	$\varepsilon = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/f_y)} = 0,814$		
	$\varepsilon^2 = 0,662$		
<b>Podmínky:</b>	Třída 1 ohyb	$b/t \leq 72 \cdot \varepsilon^2$ $13 \leq 47,7$	<i>Vyhovuje</i> <b>Třída 1</b>
	Třída 1 tlak	$b/t \leq 33 \cdot \varepsilon^2$ $13 \leq 21,8$	<i>Vyhovuje</i> <b>Třída 1</b>
	Třída 1	$b/t \leq 9 \cdot \varepsilon^2$ $3,25 \leq 5,96$	<i>Vyhovuje</i> <b>Třída 1</b>

### 9.5.3 Mezní stav únosnosti

#### Tlak – Vzpěrná únosnost

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 106,000 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \geq 106,000 \text{ kN}$$

$$\alpha_a = 0,21$$

$$\alpha_b = 0,34$$

$$L_{cr} = 1,571 \text{ m}$$

$$i_z = 0,032 \text{ m}$$

$$i_y = 0,115 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,814 = 76,4$$



$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr}}{i_z \cdot \lambda_1} = \frac{1,571}{0,032 \cdot 76,4} = 0,643$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr}}{i_y \cdot \lambda_1} = \frac{1,571}{0,115 \cdot 76,4} = 0,179$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,643 - 0,2) + 0,643^2] = 0,782$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,179 - 0,2) + 0,179^2] = 0,513$$

$$\chi_z = \frac{1}{0,782 + \sqrt{0,782^2 - 0,643^2}} = 0,815$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,513 + \sqrt{0,513^2 - 0,179^2}} = 1,00$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,815 \cdot 0,0112 \cdot 355\,000}{1,00} = 3\,240\,440\,kN \geq 106\,000\,kN$$

3,3 %

Vyhovuje

### Tah

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 128,230\,kN$$

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \geq 128,230\,kN$$

$$V_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,0102 \cdot 355\,000}{1,0} = 3\,621,000\,kN \geq 128,230\,kN$$

3,5 %

Vyhovuje

### Smyk

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

$$V_{Ed} = 37,750 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} \geq 37,750 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = \frac{0,005789 \cdot 355\,000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 1\,186,510 \text{ kN} \geq 37,750 \text{ kN}$$

3,2 %

Vyhovuje

### Únosnost prutu při ohybu

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0$$

$$M_{Ed} = 40,380 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \geq 40,380 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,000251 \cdot 355\,000}{1,0} = 89,105 \text{ kNm} \geq 40,380 \text{ kN}$$

45,3 %

Vyhovuje

### Interakce M+N

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

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

$$\frac{106,000}{1,00 \cdot 3\,976,000} + 0,602 \frac{33,630}{89,105} + 0,602 \frac{40,380}{89,105} = 0,52,7 \leq 1,0$$

52,7 %

Vyhovuje



$$\frac{1\,924,550}{0,815 \cdot \frac{3\,976,000}{1,0}} + 0,485 \frac{33,630}{1,0} + 0,606 \frac{40,380}{1,0} = \mathbf{0,484} \leq \mathbf{1,0}$$

48,4 %

Vyhovuje

$$N_{Ed} = 106,000 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 33,630 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 40,380 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = f_y \cdot A_i = 355\,000 \cdot 0,0112 = 3\,976,000 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y \cdot W_i = f_y \cdot W_{pl,y} = 355\,000 \cdot 0,001178 = 418,190 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y \cdot W_i = f_y \cdot W_{pl,z} = 355\,000 \cdot 0,00251 = 89,105 \text{ kNm}$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = \mathbf{0,6} \geq 0,4$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = \mathbf{0,6} \geq 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot 0,179 \frac{106,000}{0,815 \cdot \frac{3\,976,000}{1,0}} \right) = \mathbf{0,602} \leq$$
$$\leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{106,000}{0,815 \cdot \frac{3\,976,000}{1,0}} \right) = 0,612$$

$$k_{yz} = k_{yy} = \mathbf{0,602}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot 0,643 \frac{106,000}{1,0 \cdot \frac{3\,976,000}{1,0}} \right) = \mathbf{0,606} \leq$$
$$\leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{106,000}{1,0 \cdot \frac{3\,976,000}{1,0}} \right) = 0,610$$

$$k_{zy} = 0,8 \cdot k_{yy} = 0,8 \cdot 0,606 = \mathbf{0,485}$$

### 9.5.4 Mezní stav použitelnosti

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = \sqrt{0,2^2 + 9,8^2} = 9,8 \text{ mm}$$

$$\delta_{tim} = \frac{l_0}{250} = \frac{4\,197}{250} = 16,8 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta}{\delta_{tim}} = \frac{9,8}{16,8} = 0,583$$

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS

Výběr : Vše

Kombinace : CO\_MSP\_1

Průřez : Vnitřní patrový nosník1 - I ng (300; 150; 150; 20; 20; 20)

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]
B1143	1,571	CO_MSP_1/99	-0,2	1/7088	0,3	1/10000
B1145	3,927	CO_MSP_1/99	0,2	1/7374	-0,2	1/10000
B1142	1,571	CO_MSP_1/99	0,0	1/10000	-9,8	1/482
B1142	3,927	CO_MSP_1/99	0,1	1/10000	0,8	1/5767

Tabulka 9.5: Posouzení vnitřního nosníku v MSP

58,3 %

Vyhovuje

## 9.6 Schodišťový nosník

### 9.6.1 Návrh profilu

Návrh: Z profil viz přílohy

$$A = 2\,500 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 9,5 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 3,33 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 0,138 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 0,234 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 62,0 \text{ mm}$$

$$i_z = 12,0 \text{ mm}$$

### 9.6.2 Zatřídění profilu

<b>Profil:</b>	Z profil		
vnitřní	$b/t = 50/10 = 5,0$		
vnější	$b/t = 40/10 = 4,0$		
<b>Materiál:</b>	S 355		
	$\varepsilon = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/f_y)} = 0,814$		
	$\varepsilon^2 = 0,662$		
<b>Podmínky:</b>	Třída 1 ohyb	$b/t \leq 72 \cdot \varepsilon^2$ $4,0 \leq 47,7$	<b>Vyhovuje</b> <b>Třída 1</b>
	Třída 1 tlak	$b/t \leq 33 \cdot \varepsilon^2$ $4,0 \leq 21,8$	<b>Vyhovuje</b> <b>Třída 1</b>
	Třída 1	$b/t \leq 9 \cdot \varepsilon^2$ $5,0 \leq 5,96$	<b>Vyhovuje</b> <b>Třída 1</b>

### 9.6.3 Mezní stav únosnosti

#### Smyk

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

$$V_{Ed} = 10,850 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} \geq 10,850 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = \frac{(0,01.00,05) \cdot 355 \text{ 000}}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 102,480 \text{ kN} \geq 10,850 \text{ kN}$$

10,6 %

**Vyhovuje**

### Únosnost prutu při ohybu

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0$$

$$M_{y,Ed} = 8,330 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \geq 8,330 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,000138 \cdot 355 \text{ 00}}{1,00} = 48,990 \text{ kNm} \geq 8,330 \text{ kN}$$

17,0 %

Vyhovuje

#### 9.6.4 Mezní stav použitelnosti

$$\delta = 12,0 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{l_0}{250} = \frac{2 \cdot 1,500}{250} = 12,0 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta}{\delta_{lim}} = \frac{12,0}{12,0} = 1,0$$

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní  
Výběr : Vše  
Třída : Všechny MSP  
Průřez : Schodišťový nosník - Z (50; 10; 170; 10; 10; 50)

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uz [mm]	Rel uz [1/xx]
B1131	1,500	CO_MSP_5/118	-12,0	1/125
B440	1,500	CO_MSP_5/119	10,2	1/147

Tabulka 9.6: Posouzení schodišťového nosníku v MSP

100,0 %

Vyhovuje



## 9.7 Diagonální ztužidlo

### 9.7.1 Návrh profilu

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd} \geq 811,670 \text{ kN}$$

$$\chi_{odhad} = 0,30$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{odhad} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,3 \cdot A \cdot 355\,000}{1,00} \geq 811,670 \text{ kN}$$

$$A_{min} \geq \frac{1,00 \cdot 811,670}{0,3 \cdot 355\,000} = 7,621 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 7\,621 \text{ mm}^2$$

**Návrh: TR Ø 168/20 mm**

$$A = 9\,299 \text{ mm}^2$$

$$I_y = I_z = 2\,590 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = W_{pl,z} = 0,441 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$i_y = i_z = 52,8 \text{ mm}$$

### 9.7.2 Zatřídění profilu

**Profil:** TR Ø 168/20

$$d/t = 168/20 = 8,4$$

**Materiál:** S 355

$$\varepsilon = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814$$

$$\varepsilon^2 = 0,662$$

**Podmínky:**

Třída 1

$$d/t \leq 50 \cdot \varepsilon^2$$

$$8,4 \leq 33,1$$

**Vyhovuje**

**Třída 1**

### 9.7.3 Mezní stav únosnosti

#### Tlak – Vzpěrná únosnost

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 811,670 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \geq 811,670 \text{ kN}$$

$$\alpha_a = 0,21$$

$$L_{cr} = 7,387 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,814 = 76,4$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i \cdot \lambda_1} = \frac{7,387}{0,0528 \cdot 76,4} = 1,831$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,831 - 0,2) + 1,831^2] = 2,348$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,348 + \sqrt{2,348^2 - 1,831^2}} = 0,270$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,270 \cdot 0,009299 \cdot 355 \ 00}{1,00} = \mathbf{891,309 \text{ kN} \geq 811,670 \text{ kN}}$$

91,1 %

Vyhovuje

#### Tah

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 837,090 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \geq 837,090 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,009299 \cdot 355 \ 000}{1,0} = \mathbf{3 \ 301,145 \text{ kN} \geq 837,090 \text{ kN}}$$

25,4 %

Vyhovuje

### 9.7.4 Mezní stav použitelnosti

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = 0,0 \text{ mm}$$

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS  
Výběr : Vše  
Třída : Všechny MSP  
Průřez : Diagonální ztužidlo - Trubka (168; 20)

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]
B949	1,093	CO_MSP_5/105	0,0	1/10000	0,0	1/10000
B949	4,917	CO_MSP_5/105	0,0	1/10000	0,0	1/10000
B948	5,612	CO_MSP_5/90	0,0	1/10000	0,0	1/10000
B958	2,806	CO_MSP_3/106	0,0	1/10000	0,0	1/10000

Tabulka 9.7: Posouzení diagonálního ztužidla v MSP

0,0 %

Vyhovuje

## 9.8 Střešní nosníky – Vaznice

### 9.8.1 Návrh profilu

**Návrh: IPE 140**

$$A = 1\,643 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 5,412 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 4,492 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 0,088 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 0,019 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 57,4 \text{ mm}$$

$$i_z = 16,5 \text{ mm}$$

### 9.8.2 Zatřídění profilu

**Profil:** IPE 160

**Materiál:** S 355

$$\varepsilon = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/f_y)} = 0,814$$

$$\varepsilon^2 = 0,662$$

**Tabulky:** ohyb i tlak

**Třída 1**

### 9.8.3 Mezní stav únosnosti

#### Tlak – Vzpěrná únosnost

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 34,080 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \geq 34,080 \text{ kN}$$

$$\alpha_a = 0,21$$

$$\alpha_b = 0,34$$

$$i_z = 0,0184 \text{ m}$$

$$i_y = 0,0658 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,814 = 76,4$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr}}{i_z \cdot \lambda_1} = \frac{1,345}{0,0165 \cdot 76,4} = 1,067$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr}}{i_y \cdot \lambda_1} = \frac{4,680}{0,0574 \cdot 76,4} = 0,287$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,067 - 0,2) + 1,067^2] = 1,217$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,179 - 0,2) + 0,179^2] = 0,550$$

$$\chi_z = \frac{1}{1,217 + \sqrt{1,217^2 - 1,067^2}} = 0,555$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,550 + \sqrt{0,550^2 - 0,287^2}} = 0,981$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,555 \cdot 0,001643 \cdot 355 \cdot 00}{1,00} = 323,712 \text{ kN} \geq 34,080 \text{ kN}$$

10,5 %

Vyhovuje



### Tah

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 50,350 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \geq 50,350 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,001643 \cdot 355 \ 000}{1,0} = 583,265 \text{ kN} \geq 50,350 \text{ kN}$$

8,6 %

Vyhovuje

### Smyk

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

$$V_{Ed} = 33,470 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} \geq 33,470 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = \frac{0,001643 \cdot 355 \ 000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 336,748 \text{ kN} \geq 33,470 \text{ kN}$$

9,9 %

Vyhovuje

### Únosnost prutu při ohybu

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0$$

$$M_{Ed} = 19,620 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \geq 19,620 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,00008834 \cdot 355 \ 00}{1,00} = 31,361 \text{ kNm} \geq 19,620 \text{ kN}$$

62,6 %

Vyhovuje

**Interakce M+N**

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

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

$$\frac{34,080}{0,981 \cdot 583,265} + 0,605 \frac{19,620}{31,361} = \mathbf{0,440} \leq \mathbf{1,0}$$

44,0 %

Vyhovuje

$$\frac{34,080}{0,555 \cdot 583,265} + 0,484 \frac{19,620}{31,361} = \mathbf{0,42} \leq \mathbf{1,0}$$

42,0 %

Vyhovuje

$$N_{Ed} = 34,080 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 19,620 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = f_y \cdot A_i = 355\,000 \cdot 0,001643 = 583,265 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y \cdot W_i = f_y \cdot W_{pl,y} = 355\,000 \cdot 0,00008834 = 31,361 \text{ kNm}$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = \mathbf{0,6} \geq 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot 0,287 \frac{34,080}{0,981 \cdot \frac{713,195}{1,0}} \right) = \mathbf{0,605} \leq$$

$$\leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{34,080}{0,981 \cdot \frac{713,195}{1,0}} \right) = 0,618$$

$$k_{zy} = 0,8 \cdot k_{yy} = 0,8 \cdot 0,605 = \mathbf{0,484}$$

### 9.8.4 Mezní stav použitelnosti

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = \sqrt{1,8^2 + 8,8^2} = 9,0 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{l_0}{250} = \frac{5\,000}{250} = 20,0 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta}{\delta_{lim}} = \frac{9,0}{20,0} = 0,45$$

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS  
Výběr : Vše  
Třída : Všechny MSP  
Průřez : Vaznice - IPE140

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]
B1209	2,000	CO_MSP_5/107	-1,6	1/2502	-2,0	1/2003
B1209	1,600	CO_MSP_5/108	1,8	1/2183	1,6	1/2490
B1213	2,000	CO_MSP_5/109	0,0	1/10000	-8,8	1/453
B1209	2,000	CO_MSP_5/110	-0,4	1/10000	7,2	1/556

Tabulka 9.8: Posouzení vaznice v MSP

45,0 %

Vyhovuje

## 9.9 Střešní nosníky – Krokev

### 9.9.1 Návrh profilu

Návrh: IPE 180

$$A = 10\,230 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 5,412 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 4,492 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 0,088 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 0,019 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 57,4 \text{ mm}$$

$$i_z = 16,5 \text{ mm}$$

### 9.9.2 Zatřídění profilu

Profil: IPE 180

Materiál: S 355

$$\varepsilon = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/f_y)} = 0,814$$

$$\varepsilon^2 = 0,662$$

Tabulky: tlak

Třída 2

ohyb

Třída 1

### 9.9.3 Mezní stav únosnosti

#### Tlak – Vzpěrná únosnost

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 193,880 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \geq 193,880 \text{ kN}$$

$$\alpha_a = 0,21$$

$$\alpha_b = 0,34$$

$$L_{cr} = 1,500 \text{ m}$$

$$i_z = 0,0205 \text{ m}$$

$$i_y = 0,0742 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,814 = 76,4$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr}}{i_z \cdot \lambda_1} = \frac{1,500}{0,0205 \cdot 76,4} = 0,958$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr}}{i_y \cdot \lambda_1} = \frac{1,500}{0,0742 \cdot 76,4} = 0,265$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,958 - 0,2) + 0,958^2] = 1,088$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,265 - 0,2) + 0,265^2] = 0,542$$

$$\chi_z = \frac{1}{1,088 + \sqrt{1,088^2 - 0,958^2}} = 0,624$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,542 + \sqrt{0,542^2 - 0,265^2}} = 0,985$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,625 \cdot 0,001664 \cdot 355 \cdot 00}{1,00} = 368,861 \text{ kN} \geq 193,880 \text{ kN}$$

52,6 %

Vyhovuje





### Smyk

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

$$V_{Ed} = 44,900 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} \geq 44,900 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = \frac{0,000966 \cdot 355\,000}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 197,990 \text{ kN} \geq 44,900 \text{ kN}$$

22,7 %

Vyhovuje

### Únosnost prutu při ohybu

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0$$

$$M_{Ed} = 21,930 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \geq 21,930 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,001664 \cdot 355\,000}{1,0} = 590,720 \text{ kNm} \geq 21,930 \text{ kNm}$$

3,7 %

Vyhovuje

### Interakce M+N

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

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

$$\frac{1\,924,550}{0,745 \cdot 3\,631,650} + 0,823 \frac{50,120}{301,395} + 0,823 \frac{53,060}{301,395} = 0,993 \leq 1,0$$

99,3 %

Vyhovuje



$$\frac{1\,924,550}{0,745 \cdot \frac{3\,631,650}{1,0}} + 0,658 \frac{50,120}{\frac{301,395}{1,0}} + 0,823 \frac{53,060}{\frac{301,395}{1,0}} = \mathbf{0,966} \leq \mathbf{1,0}$$

96,6 %

Vyhovuje

$$N_{Ed} = 193,880 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 21,930 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 3,970 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = f_y \cdot A_i = 355\,000 \cdot 0,002395 = 850,225 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = f_y \cdot W_i = f_y \cdot W_{pl,y} = 355\,000 \cdot 0,001664 = 590,720 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = f_y \cdot W_i = f_y \cdot W_{pl,z} = 355\,000 \cdot 0,00346 = 122,820 \text{ kNm}$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = \mathbf{0,6} \geq 0,4$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = \mathbf{0,6} \geq 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot 0,869 \frac{1\,924,550}{0,745 \cdot \frac{3\,631,650}{1,0}} \right) = \mathbf{0,823} \leq$$
$$\leq C_{my} \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{1\,924,550}{0,745 \cdot \frac{3\,631,650}{1,0}} \right) = 0,856$$

$$k_{yz} = k_{yy} = \mathbf{0,823}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot 0,869 \frac{1\,924,550}{0,745 \cdot \frac{3\,631,650}{1,0}} \right) = \mathbf{0,823} \leq$$
$$\leq C_{mz} \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,6 \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{1\,924,550}{0,745 \cdot \frac{3\,631,650}{1,0}} \right) = 0,856$$

$$k_{zy} = 0,8 \cdot k_{yy} = 0,8 \cdot 0,823 = \mathbf{0,658}$$

### 9.9.4 Mezní stav použitelnosti

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 \cdot \delta_y^2} = \sqrt{6,2^2 \cdot 1,4^2} = 6,4 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{l_0}{250} = \frac{5\,000}{250} = 20,0 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta}{\delta_{lim}} = \frac{6,4}{20,0} = 0,32$$

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS  
Výběr : Vše  
Třída : Všechny MSP  
Průřez : Krokve - IPE180

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]
B1006	5,056	CO_MSP_5/111	-6,2	1/163	0,1	1/5737
B1006	5,056	CO_MSP_5/112	5,6	1/181	0,1	1/10000
B1006	1,474	CO_MSP_5/89	0,0	1/10000	-1,4	1/2109
B829	5,056	CO_MSP_5/113	-1,9	1/540	1,2	1/569
B824	5,056	CO_MSP_5/114	5,1	1/198	-1,1	1/649

Tabulka 9.9: Posouzení krokve v MSP

32,0 %

Vyhovuje

## 9.10 Střešní nosníky – Vzpěra

### 9.10.1 Návrh profilu

Návrh: IPE 140

$$A = 1\,640 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 5,410 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 0,449 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 0,0883 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 0,0193 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 57,4 \text{ mm}$$

$$i_z = 16,5 \text{ mm}$$

### 9.10.2 Zatřídění profilu

Profil: IPE 140

Materiál: S 355

$$\varepsilon = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/f_y)} = 0,814$$

$$\varepsilon^2 = 0,662$$

Tabulky: Ohyb i tlak

Třída 1

### 9.10.3 Mezní stav únosnosti

#### Tlak – Vzpěrná únosnost

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 128,140 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \geq 128,140 \text{ kN}$$

$$\alpha_a = 0,21$$

$$\alpha_b = 0,34$$

$$i_z = 0,0165 \text{ m}$$

$$i_y = 0,0574 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,814 = 76,4$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr}}{i_z \cdot \lambda_1} = \frac{2,125}{0,0165 \cdot 76,4} = 1,686$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr}}{i_y \cdot \lambda_1} = \frac{2,125}{0,0574 \cdot 76,4} = 0,485$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,686 - 0,2) + 1,686^2] = 2,174$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,485 - 0,2) + 0,485^2] = 0,648$$

$$\chi_z = \frac{1}{2,174 + \sqrt{2,174^2 - 1,686^2}} = 0,282$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,648 + \sqrt{0,648^2 - 0,485^2}} = 0,928$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,555 \cdot 0,001643 \cdot 355 \ 00}{1,00} = 164,481 \text{ kN} \geq 128,140 \text{ kN}$$

75,5 %

Vyhovuje

**Tah**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$N_{Ed} = 28,350 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \geq 28,350 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,001643 \cdot 355\,000}{1,0} = 583,265 \text{ kN} \geq 28,650 \text{ kN}$$

4,9 %

Vyhovuje

**9.10.4 Mezní stav použitelnosti**

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = \sqrt{4,1^2 + 2,3^2} = 4,7 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{l_0}{250} = \frac{2\,125}{250} = 8,5 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta}{\delta_{lim}} = \frac{4,7}{8,5} = 0,553$$

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS

Výběr : Vše

Třída : Všechny MSP

Průřez : Vzpěra - IPE140

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]
B1226	0,000	CO MSP_5/115	-3,8	1/565	-0,1	1/10000
B1226	0,000	CO MSP_5/116	4,1	1/517	0,7	1/3079
B1222	0,000	CO MSP_5/90	2,2	1/948	-2,1	1/994
B1227	0,000	CO MSP_5/117	-2,1	1/1003	2,3	1/921

Tabulka 9.10: Posouzení vzpěry v MSP

55,3 %

Vyhovuje

## 9.11 Deformace konstrukce

### 9.11.1 Celková vodorovná deformace

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = \sqrt{53^2 + 43^2} = 68,2 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{l_0}{500} = \frac{35\,000}{500} = 70 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta}{\delta_{lim}} = \frac{68,2}{70,0} = 0,975$$

Lineární výpočet, Extrém : Globální  
Výběr : Vše  
Kombinace : CO\_MSP\_4

Uzel	Stav	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]
N1223	CO_MSP_4/154	-58,1	-9,8	-26,6
N666	CO_MSP_4/155	47,1	10,2	-4,3
N647	CO_MSP_4/146	-13,4	-46,3	-7,8
N647	CO_MSP_4/156	12,3	46,6	-2,9
N1259	CO_MSP_4/157	0,2	14,2	-46,7
N1220	CO_MSP_4/153	-8,3	-4,4	7,2

Tabulka 9.11: Posouzení vodorovné deformace konstrukce v MSP

97,5 %

Vyhovuje

## 10 Posouzení konstrukčních detailů

Podrobně nejsou posouzeny všechny detaily, které a konstrukci existují. V následující kapitole je posouzeno pouze připojení vnějších nosníků na sloup, diagonálního ztužidla na sloup, napojení vnitřních nosníků mezi sebou a napojení vaznice. Zbytek je stanoven odhadem a bylo by zapotřebí je dodatečně posoudit.

### 10.1 Kotvení sloupů vnějších

#### 10.1.1 Posouzení patní desky

- Tlak

$$N_{Ed} = -2\,041 \text{ kN}$$

Patní plech:

$$a = 900 \text{ mm}$$

$$b = 900 \text{ mm}$$

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

$$a_r = 60 \text{ mm}$$

$$b_r = 60 \text{ mm}$$

Betonový podklad:

$$a_p = 1\,020 \text{ mm}$$

$$b_p = 1\,020 \text{ mm}$$

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

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

$$a_1 = \min(a + 2a_r; 5a; a + h; 5b_1) = \min(2\,940; 4\,500; 1\,900; 9\,500) = \mathbf{1\,900 \text{ mm}}$$

$$b_1 = \min(b + 2a; 5b; b + h; 5a_1) = \min(2\,940; 4\,500; 1\,900; 9\,500) = \mathbf{1\,900 \text{ mm}}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1\,900 \cdot 1\,900}{900 \cdot 900}} = \mathbf{2,111}$$

$$f_j = \frac{0,67 \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,67 \cdot 2,111 \cdot 25}{1,50} = \mathbf{23,6 \text{ MPa}}$$

$$c = t \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0}}} = 30 \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 23,6 \cdot 1,0}} = \mathbf{44,8 \text{ mm}}$$

$$A_{eff} = 18,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$N_{Rd,bet} = A_{eff} \cdot f_j = 18,1 \cdot 10^{-2} \cdot 23\,600 = \mathbf{4\,272 \text{ kN}}$$

$$N_{Rd,ocel} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2,35 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{355\,000}{1,0} = \mathbf{8\,343 \text{ kN}}$$



$$N_{Rd} = \min(N_{Rd,bet}; N_{Rd,ocel}) = \min(4\,272; 8\,343) = 4\,272\text{ kN}$$

$$N_{Ed}/N_{Rd} = 2\,041/4\,272 = 0,478$$

47,8 %

Vyhovuje

### 10.1.2 Posouzení kotevních šroubů

- Tah

$$N_{Ed} = 2\,860\text{ kN}$$

Kotevní šrouby M30 10.9:

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

$$A_s = 561\text{ mm}^2$$

$$L = 500\text{ mm}$$

$$n = 10\text{ ks}$$

$$f_{ub} = 1\,000\text{ MPa}$$

$$f_{yb} = 900\text{ MPa}$$

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

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

Přetržení kotevních šroubů:

$$t_e = 4,3 \sqrt{\frac{b \cdot d^2}{a}} = 4,3 \sqrt{\frac{100 \cdot 30^2}{100}} = 41,5\text{ mm} > t = 30,0\text{ mm} \rightarrow \text{páčení}$$

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \frac{t_e^3 - p^3}{d^2} = 1 + 0,005 \frac{41,5^3 - 30^3}{30^2} = 1,247$$

$$F_{t,1,Ed} = \gamma_p \cdot \frac{N_{Ed}}{n} = 1,247 \cdot \frac{2\,860}{10} = 357\text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \min\left(\frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}; \frac{f_{yb} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}\right) = \min\left(\frac{0,9 \cdot 1\,000 \cdot 0,561}{1,25}; \frac{900 \cdot 0,561}{1,25}\right) = \min(404; 404) \\ = 404\text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{357}{404} = 0,884$$

88,4 %

Vyhovuje





Vytržení kotevního šroubu:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_1 \cdot f_{ck} \cdot \pi(a^2 - d^2)/4}{\gamma_{MP}} = \frac{11 \cdot 25 \cdot \pi(100^2 - 30^2)/4}{2,16} = 910 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{357}{910} = 0,392$$

39,2 %

Vyhovuje

Vytržení kužele betonu:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_1 \cdot f_{ck}^{0,5} \cdot L^{1,5} \cdot \psi}{\gamma_{MC}} = \frac{11 \cdot 25000^{0,5} \cdot 0,5^{1,5} \cdot 1,0}{1,5} = 410 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{357}{410} = 0,871$$

87,1 %

Vyhovuje

### 10.1.3 Posouzení smykové zarážky

- Smyk

$$R_x = 137 \text{ kN}$$

$$R_y = 433 \text{ kN}$$

Smyková zarážka HEB 220:

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

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

$$L = 350 \text{ mm}$$

$$W_x = 3,95 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_y = 8,3 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

Otlačení:

$$f_{c,Ed,max} = \frac{R_x}{l \cdot h} = \frac{433}{0,35 \cdot 0,1} = 12\,370 \text{ kPa} = 12,37 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_{c,Ed,max}}{f_{ck}/\gamma_c} = \frac{12,37}{25/1,5} = 0,742$$

74,2%

Vyhovuje



Únosnost:

$$M_x = R_x \cdot l = 137 \cdot 0,35 = 48 \text{ kNm}$$

$$M_y = R_y \cdot l = 433 \cdot 0,35 = 152 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{Ed,x} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{480}{3,95} = 122 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Ed,y} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1520}{8,3} = 183 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{Ed,x} + \sigma_{Ed,y}}{\frac{f_y}{\gamma_{M0}}} = \frac{122 + 183}{\frac{355}{1,0}} = 0,859$$

85,9 %

Vyhovuje

#### 10.1.4 Posouzení svaru

$$a_w = 6 \text{ mm}$$

$$l_w = 1,916 \text{ m}$$

$$F_{Ed} = 454 \text{ kN}$$

$$\tau_{II} = \frac{F_{Ed,1}}{2 \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = \frac{0,454}{2 \cdot 0,006 \cdot 1,916} = 197,5 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,85 \cdot 1,25} = 461,2 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sigma_L = \frac{F_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = \frac{0,454}{\sqrt{2} \cdot 0,006 \cdot 1,916} = 27,9 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392,0 \text{ MPa}$$

$$\tau_L = \frac{F_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = \frac{0,454}{\sqrt{2} \cdot 0,006 \cdot 1,916} = 27,9 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\tau_L^2 + 3(\sigma_L^2 + \tau_{II}^2)} = 346,6 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,85 \cdot 1,25} = 461,2 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

## 10.2 Kotvení sloupu vnitřního

### 10.2.1 Posouzení patní desky

- Tlak

$$N_{Ed} = -1\,067 \text{ kN}$$

Patní plech:

$$a = 500 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

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

$$a_r = 80 \text{ mm}$$

$$b_r = 80 \text{ mm}$$

Betonový podklad:

$$a_p = 660 \text{ mm}$$

$$b_p = 660 \text{ mm}$$

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

$$h = 1\,000 \text{ mm}$$

$$a_1 = \min(a + 2a_r; 5a; a + h; 5b_1) = \min(660; 2\,500; 1\,500; 3300) = \mathbf{660 \text{ mm}}$$

$$b_1 = \min(b + 2a; 5b; b + h; 5a_1) = \min(660; 2\,500; 1\,500; 3300) = \mathbf{660 \text{ mm}}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{660 \cdot 660}{500 \cdot 500}} = \mathbf{1,32}$$

$$f_j = \frac{0,67 \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,67 \cdot 1,32 \cdot 25}{1,50} = \mathbf{14,74 \text{ MPa}}$$

$$c = t \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0}}} = 30 \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 14,74 \cdot 1,0}} = \mathbf{85 \text{ mm}}$$

$$A_{eff} = 0,08 \text{ m}^2$$

$$N_{Rd,bet} = A_{eff} \cdot f_j = 0,08 \cdot 14740 = \mathbf{1\,179 \text{ kN}}$$

$$N_{Rd,ocel} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1,023 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{355\,000}{1,0} = \mathbf{3\,632 \text{ kN}}$$

$$N_{Rd} = \min(N_{Rd,bet}; N_{Rd,ocel}) = \min(1179; 3\,632) = \mathbf{1179 \text{ kN}}$$

$$N_{Ed}/N_{Rd} = 1067/1179 = 0,905$$

90,5 %

Vyhovuje

### 10.2.2 Posouzení kotevních šroubů

- **Tah**

$$N_{Ed} = 1\,867 \text{ kN}$$

Kotevní šrouby M30 10.9:

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

$$A_s = 561 \text{ mm}^2$$

$$L = 500 \text{ mm}$$

$$n = 6 \text{ ks}$$

$$f_{ub} = 1\,000 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} = 900 \text{ MPa}$$

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

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

Přetržení kotevních šroubů:

$$t_e = 4,3 \sqrt[3]{\frac{b \cdot d^2}{a}} = 4,3 \sqrt[3]{\frac{100 \cdot 30^2}{100}} = \mathbf{41,5 \text{ mm}} > t = 30,0 \text{ mm} \rightarrow \text{páčení}$$

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \frac{t_e^3 - p^3}{d^2} = 1 + 0,005 \frac{41,5^3 - 30^3}{30^2} = \mathbf{1,247}$$

$$F_{t,1,Ed} = \gamma_p \cdot \frac{N_{Ed}}{n} = 1,247 \cdot \frac{1867}{6} = \mathbf{388 \text{ kN}}$$

$$F_{t,Rd} = \min\left(\frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}; \frac{f_{yb} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}\right) = \min\left(\frac{0,9 \cdot 1\,000 \cdot 0,561}{1,25}; \frac{900 \cdot 0,561}{1,25}\right) = \min(404; 404) \\ = \mathbf{404 \text{ kN}}$$

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{388}{404} = 0,960$$

**96,0 %**

**Vyhovuje**

Vytržení kotevního šroubu:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_1 \cdot f_{ck} \cdot \pi(a^2 - d^2)/4}{\gamma_{MP}} = \frac{11 \cdot 25 \cdot \pi(100^2 - 30^2)/4}{2,16} = \mathbf{910 \text{ kN}}$$

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{388}{910} = \mathbf{0,426}$$

**42,6 %**

**Vyhovuje**

Vytržení kužele betonu:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_1 \cdot f_{ck}^{0,5} \cdot L^{1,5} \cdot \psi}{\gamma_{MC}} = \frac{11 \cdot 25000^{0,5} \cdot 0,5^{1,5} \cdot 1,0}{1,5} = 410 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{388}{410} = 0,946$$

94,6 %

Vyhovuje

### 10.2.3 Posouzení smykové zarážky

- Smyk

$$R_x = 18,35 \text{ kN}$$

$$R_y = 14,09 \text{ kN}$$

Smyková zarážka HEB 100:

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

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

$$L = 350 \text{ mm}$$

$$W_x = 1,04 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_y = 0,51 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

Otlačení:

$$f_{c,Ed,max} = \frac{R_x}{l \cdot h} = \frac{18,35}{0,35 \cdot 0,1} = 524 \text{ kPa} = 0,524 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_{c,Ed,max}}{f_{ck}/\gamma_c} = \frac{0,524}{25/1,5} = 0,031$$

3,1%

Vyhovuje

Únosnost:

$$M_x = R_x \cdot l = 18,35 \cdot 0,35 = 6,4 \text{ kNm}$$

$$M_y = R_y \cdot l = 14,09 \cdot 0,35 = 4,9 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{Ed,x} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{64}{1,04} = 61,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Ed,y} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{49}{0,51} = 96,1 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{Ed,x} + \sigma_{Ed,y}}{\frac{f_y}{\gamma_{M0}}} = \frac{61,5 + 96,1}{\frac{355}{1,0}} = 0,444$$

44,4 % Vyhovuje

### 10.2.4 Posouzení svaru

$$a_w = 6 \text{ mm}$$

$$l_w = 0,858 \text{ m}$$

$$F_{Ed} = 23,1 \text{ kN}$$

$$\tau_{II} = \frac{F_{Ed,1}}{2 \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = \frac{0,0231}{2 \cdot 0,006 \cdot 0,858} = 2,3 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,85 \cdot 1,25} = 461,2 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = \frac{0,0231}{\sqrt{2} \cdot 0,006 \cdot 0,858} = 3,2 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392,0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = \frac{0,0231}{\sqrt{2} \cdot 0,006 \cdot 0,858} = 3,2 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\tau_{\perp}^2 + 3(\sigma_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = 7,5 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,85 \cdot 1,25} = 461,2 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

## 10.3 Přípoj vnějšího patrového nosníku na sloup

### 10.3.1 Šrouby

$$F_{Ed} = \sqrt{5,42^2 + 35,6^2} = 36,0 \text{ kN}$$

Návrh: Ø 20 8.8

$d_0 = 22 \text{ mm}$

- **Střih**

návrhová únosnost jednostrážného šroubu – smyková rovina prochází závitem

$$F_{v,Rd} = 94,1 \text{ kN}$$

$$n = F_{Ed} / F_{v,Rd} = 36 / 94,1 = 0,4 \Rightarrow 1 \text{ šroub}$$

- **Otlačení**

Styčnickový plech tl. 8 mm

Stojina nosníku tl. 7,5 mm

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u / \gamma_{M2} = 2,5 \cdot 0,76 \cdot 20 \cdot 7,5 \cdot 490 / 1,25 \cdot 10^{-3} = 111,72 \text{ kN}$$

$$t = \min(t_w; t_p) = \min(7,5; 8) = 7,5 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0,25; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \min\left(\frac{50}{3 \cdot 22}; \frac{90}{3 \cdot 22} - 0,25; \frac{800}{490}; 1,0\right) \\ = (0,76; 1,11; 1,63; 1,0) = 0,76$$



$$k_1 = \min \left( \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \min \left( \frac{2,8 \cdot 40}{22} - 1,7; 1,4 \frac{75}{22} - 1,7; 2,5 \right)$$

$$= (3,39; 3,07; 2,50) = 2,5$$

$$n = F_{Ed} / F_{b,Rd} = 36 / 111,72 = 0,32 \quad \Rightarrow 1 \text{ šroub}$$

#### • Tažené šrouby

$$F_{Ed} = 451 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub} / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 0,000157 \cdot 800\,000 / 1,25 = 90,4 \text{ kN}$$

$$n = F_{Ed} / F_{t,Rd} = 451 / 90,4 = 4,99 \quad \Rightarrow 6 \text{ šroubů}$$

### 10.3.2 Svar

$$F_{Ed} = 451 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,1} = F_{Ed,2} = 225,5 \text{ kN}$$

$$\tau_{II} = \frac{F_{Ed,1}}{2 \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = \frac{0,2255}{2 \cdot 0,004 \cdot 0,190} = 148,4 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,85 \cdot 1,25} = 461,2 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$F_{Ed} = 36 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,1} = F_{Ed,2} = 18 \text{ kN}$$

$$\tau_{II} = \frac{F_{Ed,1}}{2 \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = 0,0 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,85 \cdot 1,25} = 461,2 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = \frac{0,018}{\sqrt{2} \cdot 0,004 \cdot (0,190)} = 16,7 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392,0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = \frac{0,018}{\sqrt{2} \cdot 0,004 \cdot (0,190)} = 16,7 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\tau_{\perp}^2 + 3(\sigma_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = 259,2 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,85 \cdot 1,25} = 461,2 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

## 10.4 Přípoj diagonálního ztužidla na sloup

### 10.4.1 Šrouby

$$F_{Ed} = 1\,045 \text{ kN}$$

Návrh: Ø 24 8.8

$d_0 = 26 \text{ mm}$

- **Střih**

návrhová únosnost jednostrážného šroubu – smyková rovina prochází dříkem

$$F_{v,Rd} = 173,7 \text{ kN}$$

$$n = F_{Ed} / F_{v,Rd} = 1\,045 / 173,7 = 5,9 \quad \Rightarrow \text{6 šroubů}$$

- **Otlačení**

Styčnickový plech tl. 20 mm

Plech prvku tl. 20 mm

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u / \gamma_{M2} = 2,39 \cdot 0,641 \cdot 24 \cdot 20 \cdot 490 / 1,25 \cdot 10^{-3} = \mathbf{288,3 \text{ kN}}$$

$$t = \min(t_w; t_p) = \min(20; 20) = \mathbf{7,5 \text{ mm}}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0,25; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \min\left(\frac{50}{3 \cdot 26}; \frac{90}{3 \cdot 26} - 0,25; \frac{800}{490}; 1,0\right) \\ = (0,641; 0,904; 1,633; 1,0) = \mathbf{0,641}$$

$$k_1 = \min\left(\frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(\frac{2,8 \cdot 46}{26} - 1,7; 1,4 \frac{76}{26} - 1,7; 2,5\right) \\ = (3,25; 2,39; 2,50) = \mathbf{2,39}$$

$$n = F_{Ed} / F_{b,Rd} = 1\,045 / 288,3 / 105,75 = 3,6 \quad \Rightarrow \text{4 šrouby}$$

- **Tažené šrouby**

$$F_{Ed} = 1\,045 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub} / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 0,000353 \cdot 800\,000 / 1,25 = 203,3 \text{ kN}$$

$$n = F_{Ed} / F_{t,Rd} = 1\,045 / 203,3 = 5,14 \quad \Rightarrow \text{6 šroubů}$$

#### 10.4.2 Svar

$$F_{Ed} = 1\,045 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,1} = F_{Ed,2} = 522,5 \text{ kN}$$

$$\tau_{II} = \frac{F_{Ed,1}}{2 \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = 0,0 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,85 \cdot 1,25} = 461,2 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sigma_l = \frac{F_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = \frac{0,5225}{\sqrt{2} \cdot 0,01 \cdot (0,168)} = 220 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392,0 \text{ MPa}$$

$$\tau_l = \frac{F_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = \frac{0,5225}{\sqrt{2} \cdot 0,01 \cdot (0,168)} = 220 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\tau_l^2 + 3(\sigma_l^2 + \tau_{II}^2)} = 440 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,85 \cdot 1,25} = 461,2 \text{ MPa}$$

Vyhovuje



## 10.5 Přípoj vaznice

### 10.5.1 Šrouby

$$F_{Ed} = \sqrt{0,45^2 + 33,5^2} = 33,5 \text{ kN}$$

*Návrh: Ø 16 8.8*

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

- **Střih**

návrhová únosnost jednotřížného šroubu – smyková rovina prochází dříkem

$$F_{v,Rd} = 77,2 \text{ kN}$$

$$n = F_{Ed} / F_{v,Rd} = 33,5 / 77,2 = 0,4 \Rightarrow 1 \text{ šroub}$$

- **Otlačení**

Styčnickový plech tl. 6 mm

Stojina nosníku tl. 4,7 mm

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u / \gamma_{M2} = 2,19 \cdot 1,0 \cdot 16 \cdot 4,7 \cdot 490 / 1,25 \cdot 10^{-3} = \mathbf{64,56 \text{ kN}}$$

$$t = \min(t_w; t_p) = \min(4,7; 6) = \mathbf{4,7 \text{ mm}}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0,25; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \min\left(\frac{35}{3 \cdot 18}; \frac{60}{3 \cdot 18} - 0,25; \frac{800}{490}; 1,0\right) \\ = (1,17; 1,11; 1,63; 1,0) = \mathbf{1,0}$$

$$k_1 = \min\left(\frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(\frac{2,8 \cdot 25}{18} - 1,7; 1,4 \frac{50}{18} - 1,7; 2,5\right) \\ = (2,19; 2,19; 2,50) = \mathbf{2,5}$$

$$n = F_{Ed} / F_{b,Rd} = 33,5 / 64,56 = 0,5 \Rightarrow 1 \text{ šroub}$$

- **Tažené šrouby**

$$F_{Ed} = 65 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub} / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 0,000157 \cdot 800 \cdot 000 / 1,25 = 90,4 \text{ kN}$$

$$n = F_{Ed} / F_{t,Rd} = 65 / 90,4 = 0,4 \Rightarrow \mathbf{2 \text{ šrouby}}$$

### 10.5.2 Svar

$$F_{Ed} = 33,5 \text{ kN}$$

$$\tau_{II} = \frac{F_{Ed}}{2 \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = \frac{0,0335}{2 \cdot 0,003 \cdot 2,0 \cdot 190} = 14,7 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \sqrt{3}} = \frac{490}{0,85 \cdot 1,25 \sqrt{3}} = 461,2 \text{ MPa}$$

*Vyhovuje*

$$\sigma_L = \frac{F_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = \frac{0,0335}{\sqrt{2} \cdot 0,003 \cdot (2 \cdot 0,190)} = 20,8 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392,0 \text{ MPa}$$

$$\tau_L = \frac{F_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = \frac{0,0335}{\sqrt{2} \cdot 0,003 \cdot (2 \cdot 0,190)} = 20,8 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\tau_L^2 + 3(\sigma_L^2 + \tau_{II}^2)} = 48,8 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,85 \cdot 1,25} = 461,2 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

## 10.6 Vzpěra

### 10.6.1 Šrouby

$$F_{Ed} = 131,4 \text{ kN}$$

Návrh: Ø 16 8.8

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

- **Střih**

návrhová únosnost jednostrážného šroubu – smyková rovina prochází dříkem

$$F_{v,Rd} = 77,2 \text{ kN}$$

$$n = F_{Ed} / F_{v,Rd} = 131,4 / 77,2 = 1,7 \quad \Rightarrow 2 \text{ šrouby}$$

- **Otlačení**

Styčnickový plech tl. 6 mm

Stojina nosníku tl. 4,7 mm

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u / \gamma_{M2} = 2,19 \cdot 1,0 \cdot 16 \cdot 4,7 \cdot 490 / 1,25 \cdot 10^{-3} = 64,56 \text{ kN}$$

$$t = \min(t_w; t_p) = \min(4,7; 6) = 4,7 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0,25; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \min\left(\frac{35}{3 \cdot 18}; \frac{60}{3 \cdot 18} - 0,25; \frac{800}{490}; 1,0\right)$$

$$= (1,17; 1,11; 1,63; 1,0) = 1,0$$

$$k_1 = \min\left(\frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(\frac{2,8 \cdot 25}{18} - 1,7; 1,4 \frac{50}{18} - 1,7; 2,5\right)$$

$$= (2,19; 2,19; 2,50) = 2,5$$

$$n = F_{Ed} / F_{b,Rd} = 131,4 / 64,56 = 2,03 \quad \Rightarrow 3 \text{ šrouby}$$



• **Tažené šrouby**

$$F_{Ed} = 131,4 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub} / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 0,000157 \cdot 800\,000 / 1,25 = 90,4 \text{ kN}$$

$$n = F_{Ed} / F_{t,Rd} = 131,4 / 90,4 = 1,5 \quad \Rightarrow 2 \text{ šrouby}$$

**10.6.2 Svar**

$$F_{Ed} = 131,4 \text{ kN}$$

$$\tau_{II} = \frac{F_{Ed}}{2 \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = 0,0 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,85 \cdot 1,25} = 461,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = \frac{0,1314}{2 \cdot 0,003 \cdot (2 \cdot 0,190)} = 5,8 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392,0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot a_{w1} \cdot l_{w1}} = \frac{0,1314}{2 \cdot 0,003 \cdot (2 \cdot 0,190)} = 5,8 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\tau_{\perp}^2 + 3(\sigma_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = 11,6 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,85 \cdot 1,25} = 461,2 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

## 11 Seznam obrázků a tabulek

### Seznam obrázků:

Obrázek 1.1: Schéma 3D modelu konstrukce – pohled ve směru X GSS.....	7
Obrázek 1.2: Schéma 3D modelu konstrukce – pohled ve směru Y a Z GSS.....	8
Obrázek 1.3: Schéma 3D modelu konstrukce – axonometrie .....	9
Obrázek 1.4: Schéma 3D modelu konstrukce – vyznačení prvků.....	10
Obrázek 1.5: Schéma konstrukce – pohled ve směru X GSS.....	11
Obrázek 1.6: Schéma konstrukce – pohled o 30 ° pootočený od osy X GSS .....	12
Obrázek 2.1: Rozmístění podpor .....	15
Obrázek 4.1: Umístění konstrukce na mapě sněhových oblastí .....	21
Obrázek 4.2: Umístění konstrukce na mapě větrných oblastí .....	23
Obrázek 4.3: Označení povrchů – Varianta „A“ .....	31
Obrázek 5.1: Zatěžovací stavy.....	32
Obrázek 5.2: Zatěžovací stav LC1 .....	33
Obrázek 5.3: Zatěžovací stav LC2 – patra .....	34
Obrázek 5.4: Zatěžovací stav LC2 – schodiště.....	34
Obrázek 5.5: Zatěžovací stav LC3 – patra .....	35
Obrázek 5.6: Zatěžovací stav LC3 – schodiště.....	35
Obrázek 5.7: Zatěžovací stav LC4 – střecha .....	36
Obrázek 5.8: Zatěžovací stav LC5 – patra .....	37
Obrázek 5.9: Zatěžovací stav LC5 – schodiště.....	37
Obrázek 5.10: Zatěžovací stav LC6 – patra.....	38
Obrázek 5.11: Zatěžovací stav LC6 – schodiště.....	38
Obrázek 5.12: Zatěžovací stav LC7 – patra.....	39
Obrázek 5.13: Zatěžovací stav LC7 – schodiště.....	39
Obrázek 5.14: Zatěžovací stav LC8.....	40
Obrázek 5.15: Zatěžovací stav LC9.....	40
Obrázek 5.16: Zatěžovací stav LC10.....	41
Obrázek 5.17: Zatěžovací stav LC11.....	41
Obrázek 5.18: Zatěžovací stav LC12.....	42
Obrázek 5.19: Zatěžovací stav LC13 – zastřešení.....	42
Obrázek 5.20: Zatěžovací stav LC13 – patra a sloupy .....	43

Obrázek 5.21: Zatěžovací stav LC13 – schodiště.....	43
Obrázek 5.22: Zatěžovací stav LC14 – sloupy.....	44
Obrázek 5.23: Zatěžovací stav LC14 – schodiště.....	44
Obrázek 5.24: Zatěžovací stav LC14 – zastřešení.....	45
Obrázek 5.25: Zatěžovací stav LC15 – zastřešení.....	45
Obrázek 5.26: Zatěžovací stav LC15 – sloupy a patra.....	46
Obrázek 5.27: Zatěžovací stav LC15 – schodiště.....	46
Obrázek 5.28: Zatěžovací stav LC16 – sloupy a patra.....	47
Obrázek 5.29: Zatěžovací stav LC16 – schodiště.....	47
Obrázek 5.30: Zatěžovací stav LC14 – zastřešení.....	48

### **Seznam tabulek:**

Tabulka 2.1: Geometrické charakteristiky konstrukce.....	13
Tabulka 2.2: Výpis prvků konstrukce.....	13
Tabulka 2.3: Teoretické rozměry vyhlídkových pater.....	14
Tabulka 4.1: Pásma pro zatížení větrem.....	22
Tabulka 4.2: Výpočet maximálního dynamického tlaku.....	24
Tabulka 4.3: Síly na prvky od zatížení větrem.....	27
Tabulka 4.4: Výpočet tlaku větru na povrchy.....	31
Tabulka 5.1: Kombinace MSÚ – část 1.....	50
Tabulka 5.2: Kombinace MSÚ – část 2.....	51
Tabulka 5.3: Kombinace MSÚ – část 3.....	52
Tabulka 5.4: Kombinace MSÚ – část 4.....	53
Tabulka 5.5: Kombinace MSP – část 1.....	54
Tabulka 5.6: Kombinace MSP – část 2.....	55
Tabulka 6.1: Vlastní frekvence konstrukce.....	56
Tabulka 7.1: součinitel kritického zatížení.....	57
Tabulka 7.2: Výslednice sil.....	58
Tabulka 8.1: Extrémy vnitřních sil – Vnější sloup.....	59
Tabulka 8.2: Extrémy vnitřních sil – Vnitřní schodišťový sloup.....	60
Tabulka 8.3: Extrémy vnitřních sil – Vnější patrový nosník.....	60
Tabulka 8.4: Extrémy vnitřních sil – Vnitřní patrový nosník IPE.....	61
Tabulka 8.5: Extrémy vnitřních sil – Vnitřní patrový nosník svařenec.....	61



Tabulka 8.6: Extrémy vnitřních sil – Schodišťový nosník .....	62
Tabulka 8.7: Extrémy vnitřních sil – Diagonální ztužidlo .....	62
Tabulka 8.8: Extrémy vnitřních sil – Vaznice .....	63
Tabulka 8.9: Extrémy vnitřních sil – Krokev .....	63
Tabulka 8.10: Extrémy vnitřních sil – Vzpěra.....	64
Tabulka 9.1: Posouzení vnějšího sloupu v MSP .....	69
Tabulka 9.2: Posouzení vnitřního sloupu v MSP .....	74
Tabulka 9.3: Posouzení vnějšího patrového nosníku v MSP .....	79
Tabulka 9.4: Posouzení vnitřního nosníku v MSP .....	84
Tabulka 9.5: Posouzení vnitřního nosníku v MSP .....	89
Tabulka 9.6: Posouzení schodišťového nosníku v MSP .....	91
Tabulka 9.7: Posouzení diagonálního ztužidla v MSP .....	94
Tabulka 9.8: Posouzení vaznice v MSP .....	98
Tabulka 9.9: Posouzení krokeve v MSP .....	102
Tabulka 9.10: Posouzení vzpěry v MSP .....	104

## 12 Seznam použitých zdrojů a literatury

### 12.1 Normy

- [1] ČSN EN 1990: *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2004. 76 s.
- [2] ČSN EN 1991-1-1: *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004. 44 s.
- [3] ČSN EN 1991-1-3: *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005. 52 s.
- [4] ČSN EN 1991-1-4: *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 124 s.
- [5] ČSN EN 1993-1-1: *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2005. 213 s.
- [6] ČSN EN 1993-1-1: *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 96 s.
- [7] ČSN EN 1993-1-8: *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 128 s.
- [8] ČSN EN 1993-1-11: *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-11: Navrhování ocelových tažených prvků*. Praha: Český normalizační institut, 2008. 40 s.
- [9] ČSN EN 1090-2+A1: *Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí: - Část 2: technické požadavky na ocelové konstrukce*. Praha: ÚNMZ, 2012. 176 s.

### 12.2 Skripta

- [10] SOKOL, Z. WALD, F.: *Ocelové konstrukce – Tabulky*. Vyd. 2. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2013. 84 s.
- [11] STUDNIČKA, J. HOLICKÝ, M. MARKOVÁ, J.: *Ocelové konstrukce 2 – Zatížení*. Vyd. 3. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2011. 138 s.
- [12] STUDNIČKA, J.: *Ocelové konstrukce*. Vyd. 1. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2004. 144 s.
- [13] STUDNIČKA, J.: *Ocelové konstrukce – Normy*. Vyd. 2. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2014. 56 s.
- [14] ELIÁŠOVÁ, M. SOKOL, Z.: *Ocelové konstrukce 1 – Příklady*. Vyd. 3. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2013. 84 s.



### 12.3 Internetové zdroje

- [15] FERONA, a.s.: *Ferona, a.s. – Velkoobchod hutním materiálem [online]*. © 2017 [cit. 2017-05-09]. Dostupné na www: <http://www.ferona.cz/>
- [16] FEROMAT BRNO, s.r.o.: *Feromat Brno, s.r.o. – Hutní a spojovací materiál [online]*. © 2017 [cit. 2017-05-09]. Dostupné na www: <http://www.feromat.cz/>
- [17] NOVING, s.r.o.: *Noving rošty, s.r.o. – Výroba roštů, tahokovů, schodišť [online]*. © 2017 [cit. 2017-05-09]. Dostupné na www: <http://www.noving.cz/>



