



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 II.: Technická zpráva ke studii konstrukčních variant
Technical report of study of structural options

DIPLOMOVÁ PRÁCE
Master's thesis

AUTOR PRÁCE
Author

Bc. Lucie Rumlenová

VEDOUCÍ PRÁCE
Supervisor

doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš

Praha 2017



Obsah

1	Základní údaje	3
1.1	Identifikační údaje stavby	3
1.2	Popis variant.....	4
1.2.1	Varianta A	4
1.2.2	Varianta B.....	4
1.2.3	Varianta C.....	5
2	Normativní předpisy.....	7
3	Předpoklady návrhu	7
4	Materiál.....	8
4.1	Konstrukce	8
4.2	Pochozí ocelové lisované rošty	8
5	Porovnání.....	8
5.1	Zjednodušený výkaz materiálu	9
5.2	Vodorovná deformace konstrukce	10
5.3	Vlastní frekvence konstrukce.....	11
5.4	Využitelná plocha vyhlídkových plošin.....	11
6	Vyhodnocení	12

1 Základní údaje

1.1 Identifikační údaje stavby

Stavba:	Ocelová rozhledna Růžovský vrch
Charakter stavby:	Novostavba
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 1.1: Umístění rozhledny na mapě

1.2 Popis variant

Všechny varianty jsou navrženy jako čistě ocelové konstrukce. A mají teoretickou plochou vyhlídkové plošiny je 31,800 m².

Po výšce rozhledny je umístěno celkem pět vyhlídkových plošin jejichž konstrukční výška je jako u předešlé varianty 6,120 m. Výška hlavní vyhlídkové plošiny je 30,600 m a celková výška po madlo zábradlí je 31,800 m. Všechny sloupy jsou na betonové základy taktéž uloženy kloubově.

1.2.1 Varianta A

Půdorys varianty „A“ tvoří tvar pravidelného šestiúhelníku o straně 3,500 m. Celková šířka mezi vrcholy šestiúhelníku v půdorysu konstrukce pak činí 7,000 m. V každém vrcholu šestiúhelníku je umístěn vnější nosný sloup, který vynáší jednotlivá patra vyhlídkových plošin. Ve středu půdorysu je pak umístěn středový sloup, do něhož jsou vetknuty jednotlivé stupně vřetenového schodiště, které se okolo sloupu v pravotočivém stoupání ovíjí.

Vnější nosné sloupy jsou navrženy jako ocelová trubka o rozměrech Ø 610/25 mm. Středový sloup je pak navržen jako ocelová trubka o rozměrech Ø 194/18 mm. Středový sloup je se zbytkem konstrukce propojen rastrem vnitřních vodorovných nosníků, vnitřní nosníky pater jsou navrženy jako profily IPE 180. Tam, kde není možné kvůli schodišťovému prostoru ukotvit nosníky do středového sloupu přímo, jsou vyneseny do okolních nosníků a ty následně ukotveny do středového sloupu. Vnější nosníky pak spojují vnější sloupy mezi sebou a jsou z profilu IPE 200.

Celá konstrukce je doplněna svislým diagonálním ztužidlem. Toto ztužidlo je uvažováno jako tuhé a je navrženo jako ocelová trubka Ø 152/9 mm. Ovíjí se kolem celé konstrukce ve smyslu schodiště tzn. pravotočivém. Jeho konstrukční výška je 6,120 m stejně jako konstrukční výška pater.

1.2.2 Varianta B

Půdorys tvoří tvar nepravidelného symetrického šestiúhelníku o delší straně 5,250 m a kratší straně 2,000 m. V každém vrcholu šestiúhelníku je umístěn vnější nosný sloup, který vynáší jednotlivá patra vyhlídkových plošin. Ve středu půdorysu se pak nachází opět středový sloup, do něhož jsou vetknuty jednotlivé stupně vřetenového schodiště, které se okolo sloupu v pravotočivém stoupání ovíjí.

Vnější nosné sloupy jsou navrženy jako ocelová trubka o rozměrech Ø 660/30 mm. Středový sloup je pak navržen taktéž jako ocelová trubka, tentokrát o rozměrech Ø 219/20 mm. Středový sloup je pak se zbytkem konstrukce propojen rastrem vnitřních vodorovných nosníků, které tvoří konstrukci vyhlídkových plošin. Vnitřní nosníky pater jsou navrženy jako profily IPE 330. Vnější nosníky pak spojují vnější sloupy mezi sebou a jsou z profilu IPE 360.



Celá konstrukce je doplněna svislým diagonálním ztužidlem. Toto ztužidlo je uvažováno jako tuhé a je vedeno v obou směrech tzn. s křížením. Je navrženo jako ocelová trubka $\varnothing 168/12,5$ mm. Vede vždy z vrcholu šestiúhelníku do následujícího vrcholu, jeho konstrukční výška je tedy 6,120 m stejně jako konstrukční výška pater.

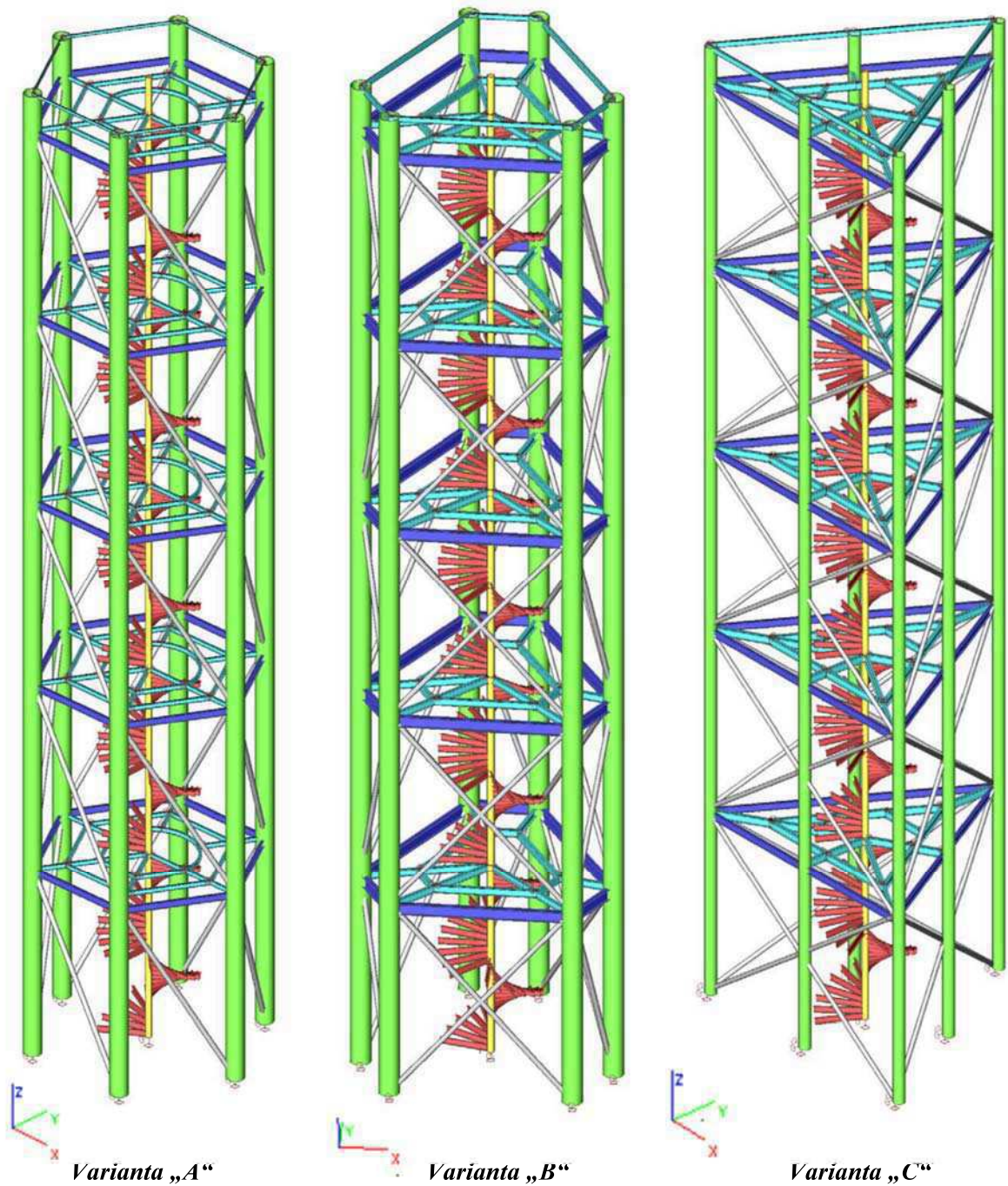
1.2.3 Varianta C

Půdorys tvoří tvar rovnostranného trojúhelníku o straně 8,570 m. V každém vrcholu a v polovině stany trojúhelníku je umístěn vnější nosný sloup, který vynáší jednotlivá patra vyhlídkových plošin. Ve středu půdorysu je pak umístěn středový sloup, do něhož jsou vetknuty jednotlivé stupně vřetenového schodiště, které se okolo sloupu v pravotočivém stoupání ovíjí.

Vnější nosné sloupy jsou navrženy jako ocelová trubka o rozměrech $\varnothing 406/28$ mm. Ty jsou sestaveny kolem středového sloupu do tvaru trojúhelníku, spolu s ním tvoří svislý nosný systém. Středový sloup je pak navrženo taktéž jako ocelová trubka o rozměrech $\varnothing 194/18$ mm.

Hlavní nosný systém schodiště je totožný s předchozími variantami. Středový sloup je se zbytkem konstrukce propojen rastrem vnitřních vodorovných nosníků, které tvoří konstrukci vyhlídkových plošin. Vnitřní nosníky pater jsou navrženy jako profily IPE 240. Tam, kde není možné kvůli schodišťovému prostoru ukotvit nosníky do sloupu přímo, jsou vyneseny do okolních nosníků a ty následně do středového sloupu. Vnější nosníky pak spojují vnější sloupy mezi sebou a jsou z profilu IPE 240.

Celá konstrukce je doplněna svislým diagonálním ztužidlem. Toto ztužidlo je uvažováno jako tuhé, v obou směrech s křížením v místě sloupu v polovině délky strany. Je navrženo jako ocelová trubka $\varnothing 140/8$ mm. Vede vždy z vrcholu trojúhelníku do vrcholu následujícího s tím, že v polovině konstrukční výšky patra je ukotveno do mezilehlého sloupu, jeho konstrukční výška je tedy polovina konstrukční výšky patra což je 3,060 m.



Obrázek 1.2: 3D zobrazení modelu – Varianta „B“

Legenda:

Světle zelená	Sloup vnější
Žlutá	Sloup vnitřní
Tmavě modrá	Nosník vnější
Světle modrá	Nosník vnitřní
Červená	Schodišťový nosník
Světle šedá	Ztužidlo diagonální



2 Normativní předpisy

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

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

3 Předpoklady návrhu

Studie konstrukčních variant je vytvořena pro lokalitu severních Čech – kopec Růžovský vrch. Větrná oblast tohoto místa odpovídá dle mapy větrných oblastí oblasti II, která má základní rychlost větru $v_{b0} = 25,000$ m/s, kategorie terénu je vzhledem k souvislému porostu lesem určena jako kategorie III.

Mezi kritéria, která zde porováváme patří jednak vodorovná deformace konstrukce, základní vlastní frekvence a využitelnost vyhlídkových plošin. Jako další je zde uvažována hmotnost výsledné nosné konstrukce, ta je sice důležitá, ale není nutné, aby zvítězila nejlehčí konstrukce. Dalším významným parametrem při vyhodnocování je komfort uživatelů rozhledny. V neposlední řadě však bude mít na výsledek také vliv estetika, tato podmínka je velmi subjektivní a bude konzultována s vedoucím diplomové práce.

4 Materiál

4.1 Konstrukce

Ocel S 355 J2 G3:	mez kluzu	$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$
	mez pevnosti	$f_{uk} = 490 \text{ MPa}$
	hustota	$\rho = 7\,850 \text{ kg/m}^3$

4.2 Pochozí ocelové lisované rošty

Materiál	St 37-2 (S235)	
Povrchová úprava		žárové zinkování
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
Nosná délka roštu – maximální	1 500 mm
Hmotnost	50,0 kg/m ²

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

Průřez nosného pásku	2x40 mm
Nosná délka roštu – maximální	1 200 mm
Hmotnost	27,5 kg/m ²

5 Porovnání

Zde porovnáváme charakteristiky jednotlivých variant dle předem stanovených kritérií.

Po vyhodnocení všech kritérií, a to zejména z hlediska vizuální estetiky, a konzultaci s vedoucím diplomové práce, byla pro podrobný statický osudek vybrána varianta „A“. Ve výsledku měla na výběr vítězné varianty největší podíl estetika a komfort uživatelů na výsledné posuzované konstrukci.

Varianta	Maximální vodorovná deformace	Základní vlastní frekvence	Využitelná plocha	Celková hmotnost
A	25,0 mm	2,22 Hz	27,79 m ²	88 781 kg
B	23,3 mm	2,75 Hz	26,66 m ²	125 357 kg
C	30,1 mm	2,23 Hz	26,78 m ²	52 871 kg

Tabulka 5.1: Celková porovnávací tabulka konstrukčních variant

5.1 Zjednodušený výkaz materiálu

Jednotlivé zjednodušené tabulky s hmotnostmi nosné konstrukce jsou pouze orientační, neobsahují spojovací materiál ani vybavení rozhledny (ocelové zábradlí, podlahové rošty, ...). Jsou převzaty z výpočetního softwaru Scia Engineer 2015 a slouží pouze k porovnání pro účely studie.

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
Celkový součet :	87637,9	858,814	1,1164e+01

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

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [m ³]
Vnější sloup - Trubka (610; 25)	S 355	360,6	190,800	68802,7	365,625	7850,0	8,7647e+00
Vnitřní schodišťový sloup - Trubka (194; 18)	S 355	78,1	31,800	2484,0	19,380	7850,0	3,1643e-01
Zábradlí - CFRHS30X30X3	S 355	2,4	21,000	49,6	2,310	7850,0	6,3210e-03
Diagonální ztužidlo - Trubka (152; 9)	S 355	31,7	211,504	6711,6	100,993	7850,0	8,5498e-01
Schodišťový stupeň - Z (50; 6; 170; 6; 6; 50)	S 355	12,2	270,000	3281,0	142,560	7850,0	4,1796e-01
Vnitřní patrový nosník - IPE180	S 355	18,8	211,062	3959,8	147,295	7850,0	5,0444e-01
Vnější patrový nosník - IPE200	S 355	22,4	105,000	2349,1	80,651	7850,0	2,9925e-01

Tabulka 5.2: Výkaz materiálu pro variantu „A“

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
Celkový součet :	125356,9	1082,450	1,5969e+01

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

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [m ³]
Vnější sloup - Trubka (660; 30)	S 355	466,0	190,800	88914,3	395,594	7850,0	1,1327e+01
Vnitřní schodišťový sloup - Trubka (219; 20)	S 355	98,1	31,800	3120,6	21,878	7850,0	3,9753e-01
Zábradlí - CFRHS30X30X3	S 355	2,4	21,750	51,4	2,393	7850,0	6,5467e-03
Diagonální ztužidlo - Trubka (168; 13)	S 355	47,9	338,477	16221,9	178,635	7850,0	2,0665e+00
Schodišťový nosník - Z (50; 6; 170; 6; 6; 50)	S 355	12,2	276,000	3353,9	145,728	7850,0	4,2725e-01
Vnitřní patrový nosník - IPE330	S 355	49,1	152,389	7488,5	191,089	7850,0	9,5395e-01
Vnější patrový nosník - IPE360	S 355	57,1	108,750	6206,3	147,134	7850,0	7,9061e-01

Tabulka 5.3: Výkaz materiálu pro variantu „B“

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
Celkový součet :	73306,7	831,242	9,3384e+00

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [m ³]
Vnější sloup - Trubka (406; 28)	S 355	261,0	190,800	49792,0	243,350	7850,0	6,3429e+00
Vnitřní schodišťový sloup - Trubka (194; 18)	S 355	78,1	31,800	2484,0	19,380	7850,0	3,1643e-01
Zábradlí - CFRHS30X30X3	S 355	2,4	25,710	60,7	2,828	7850,0	7,7387e-03
Diagonální ztužidlo - Trubka (140; 8)	S 355	26,0	315,926	8225,9	138,945	7850,0	1,0479e+00
Schodišťový nosník - Z (50; 6; 170; 6; 6; 50)	S 355	12,2	270,000	3281,0	142,560	7850,0	4,1796e-01
Vnitřní patrový nosník - IPE240	S 355	30,7	179,760	5517,5	165,690	7850,0	7,0286e-01
Vnější patrový nosník - IPE240	S 355	30,7	128,550	3945,7	118,488	7850,0	5,0263e-01

Tabulka 5.4: Výkaz materiálu pro variantu „C“

5.2 Vodorovná deformace konstrukce

Jedním z kritérií je celková vodorovná výchylka konstrukce od nejvýznamnější kombinace zatěžovacích stavů.

Lineární výpočet, Extrém : Globální
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP

Uzel	Stav	U _x [mm]	U _y [mm]	U _z [mm]
N643	CO24/25	-7,3	0,0	-7,1
N664	CO28/26	18,1	0,0	-5,2
N443	CO34/29	5,8	-5,4	-4,6
N646	CO30/19	-1,5	17,2	-4,9
N1012	CO32/22	10,1	0,6	-14,2
N936	CO22/24	-1,3	13,7	0,3

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = \sqrt{18,1^2 + 17,2^2} = 25,0 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{h_0}{500} = \frac{31\,800}{500} = 63,6 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta}{\delta_{lim}} = \frac{25,0}{63,6} = 0,39$$

Tabulka 5.5: Maximální vodorovná výchylka – varianta „A“

Lineární výpočet, Extrém : Globální
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP

Uzel	Stav	U _x [mm]	U _y [mm]	U _z [mm]
N757	CO30/1	-12,9	4,2	-0,8
N756	CO31/2	10,4	17,3	-1,2
N669	CO26/3	0,2	-19,1	-6,8
N755	CO31/2	3,4	21,4	-1,2
N643	CO32/4	-5,9	-5,4	-9,2
N719	CO21/5	0,7	-14,1	0,7

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = \sqrt{10,4^2 + 21,4^2} = 23,8 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{h_0}{500} = \frac{31\,800}{500} = 63,6 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta}{\delta_{lim}} = \frac{23,8}{63,6} = 0,37$$

Tabulka 5.6: Maximální vodorovná výchylka – varianta „B“

Lineární výpočet, Extrém : Globální
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP

Uzel	Stav	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]
N810	CO30/20	-10,3	11,1	-1,0
N667	CO25/26	7,5	-0,4	-7,1
N793	CO26/17	7,1	-28,3	-0,6
N890	CO31/28	-2,3	12,6	-2,7
N847	CO32/21	0,2	-13,9	-14,5
N700	CO21/22	0,0	-23,2	2,2

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = \sqrt{10,3^2 + 28,3^2} = 30,1 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{h_0}{500} = \frac{31\,800}{500} = 63,6 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta}{\delta_{lim}} = \frac{30,1}{63,6} = 0,47$$

Tabulka 5.7: Maximální vodorovná výchylka – varianta „C“

5.3 Vlastní frekvence konstrukce

Jedním z kritérií je celková vodorovná výchylka konstrukce od nejvýznamnější kombinace zatěžovacích stavů.

N	f [Hz]	omega [1/s]	omega ² [1/s ²]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	2,22	13,97	195,12	0,45
2	2,87	18,01	324,29	0,35
3	2,87	18,04	325,51	0,35
4	4,11	25,80	665,87	0,24

Tabulka 5.8: Vlastní frekvence – varianta „A“

N	f [Hz]	omega [1/s]	omega ² [1/s ²]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	2,75	17,28	298,47	0,36
2	3,17	19,93	397,33	0,32
3	3,18	19,96	398,34	0,31
4	3,18	19,97	398,68	0,31

Tabulka 5.9: Vlastní frekvence – varianta „B“

N	f [Hz]	omega [1/s]	omega ² [1/s ²]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	2,23	13,98	195,47	0,45
2	3,48	21,83	476,71	0,29
3	3,70	23,24	540,15	0,27
4	4,42	27,75	770,08	0,23

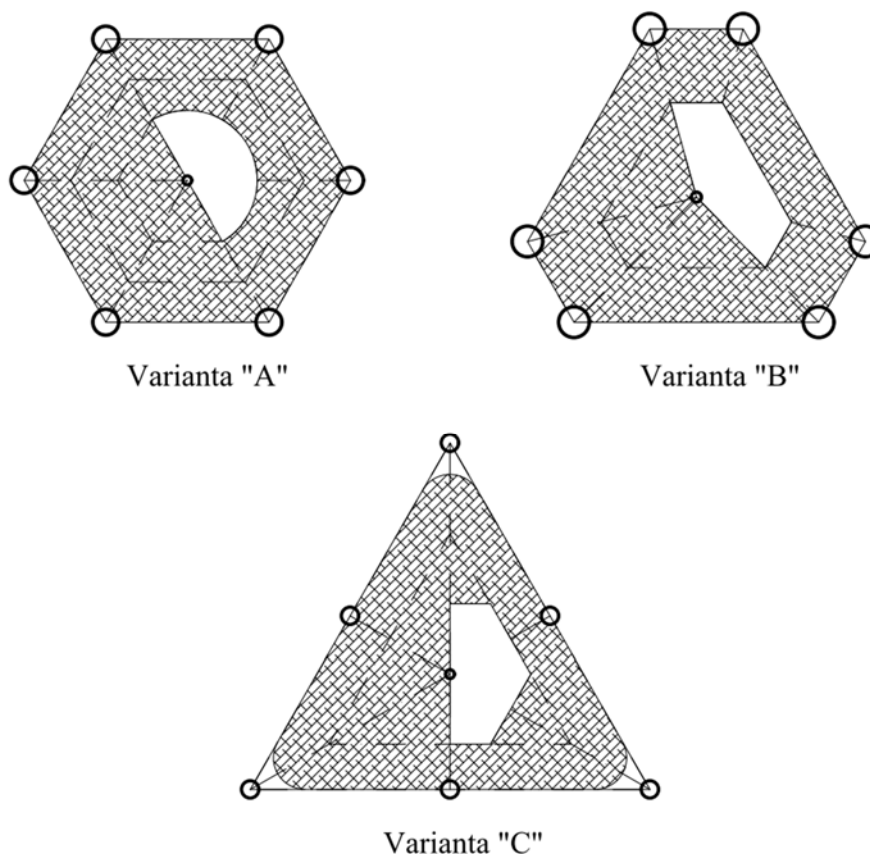
Tabulka 5.10: Vlastní frekvence – varianta „C“

5.4 Využitelná plocha vyhlídkových plošin

Všechny varianty byly teoreticky navrženy tak, aby půdorys měl shodnou teoretickou plochu. Zejména po návrhu profilu vnějších sloupů se plocha zmenšila. Zmenšení uvažují také u trojúhelníkového půdorysu v jeho „špičkách“.

Varianta	Využitelná plocha plošiny
A	27,790 m ²
B	26,660 m ²
C	26,780 m ²

Tabulka 5.11: Porovnání využitelných ploch



Obrázek 5.2: Využitelné plochy vyhlídkových plošin

6 Vyhodnocení

Ve studii byly zkonstruovány a namodelovány tři varianty řešení ocelové nosné konstrukce rozhledny. U všech byla jako hlavní materiál použita ocel pevnostní třídy S 355.

Z hlediska vodorovné deformace zvítězila varianta „B“ s deformací 23,3 mm, ale v těsném závěsu za ní je varianta „A“. Vlastní frekvence mají všechny tři varianty podobné, ale jako nejméně vhodná se ukázala varianta „B“. Ve využitelnosti plošin jednoznačně vede varianta „A“. Nejrozdílnější výsledky jsou ovšem ve hmotnosti nosné konstrukce, tam zvítězila varianta C, která je oproti ostatním výrazně lehčí. Jediný problém u varianty „C“ je v tom, že v půdorysu vyhlídkových plošin se nachází místo, kde by mohl vznikat problém v pohybu návštěvníků. Z hlediska komfortu uživatelů je na první příčce jednoznačně varianta „A“, která umožňuje výhled do všech světových stran a plošina je dostatečně prostorná k tomu, aby se na návštěvníci vyhnuli.

Po vyhodnocení kritérií, která jsme si na začátku určili, byla vybrána pro podrobný statický výpočet varianta „A“. Tato varianta bude ještě upravena tak, aby odpovídala nárokům na architektonickou estetiku a komfort pro uživatele (tzn. výhled do všech světových stran a zastřešení).



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 III.: Studie konstrukčních variant
Study of structural options

DIPLOMOVÁ PRÁCE
Master's thesis

AUTOR PRÁCE
Author

Bc. Lucie Rumlenová

VEDOUCÍ PRÁCE
Supervisor

doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš

Praha 2017



Obsah

1	Úvod.....	5
2	Podmínky a předpoklady studie.....	6
3	Konstrukční řešení.....	6
3.1	Varianta „A“	7
3.1.1	Popis	7
3.1.2	Výpočetní model	7
3.2	Varianta „B“	11
3.2.1	Popis	11
3.2.2	Výpočetní model	11
3.3	Varianta „C“	15
3.3.1	Popis	15
3.3.2	Výpočetní model	15
4	Materiálové charakteristiky.....	19
4.1	Konstrukce	19
4.2	Pochozí ocelové rošty	19
5	Rozbor zatížení.....	20
5.1	Zatížení stálé	20
5.1.1	Vlastní tíha	20
5.1.2	Ostatní stálé – vyhlídkové plošiny	20
5.1.3	Ostatní stálé zatížení – schodiště.....	20
5.2	Zatížení proměnné.....	21
5.2.1	Užitné zatížení	21
5.2.2	Zatížení větrem.....	22
5.2.3	Zatížení sněhem.....	27
6	Kombinace zatěžovacích stavů	28
6.1	Zatěžovací stavy.....	28
6.2	MSÚ	30
6.2.1	Kombinační vzorce.....	30
6.2.2	Součinitelé	30
6.2.3	Výpis kombinací.....	31



6.3	MSP.....	32
6.3.1	Kombinační vzorce.....	32
6.3.2	Součinitelé.....	32
6.3.3	Výpis kombinací.....	32
7	Posouzení hlavních prvků	34
7.1	Varianta „A“	34
7.1.1	Vnější sloup.....	34
7.1.2	Vnitřní schodišťový sloup.....	35
7.1.3	Schodišťový nosník.....	36
7.1.4	Vnější patrový nosník.....	37
7.1.5	Vnitřní patrový nosník.....	38
7.1.6	Diagonální ztužidlo	39
7.2	Varianta „B“	40
7.2.1	Vnější sloup.....	40
7.2.2	Vnitřní schodišťový sloup.....	41
7.2.3	Schodišťový nosník.....	42
7.2.4	Vnější patrový nosník.....	43
7.2.5	Vnitřní patrový nosník.....	44
7.2.6	Diagonální ztužidlo	45
7.3	Varianta „C“	46
7.3.1	Vnější sloup.....	46
7.3.2	Vnitřní schodišťový sloup.....	47
7.3.3	Schodišťový nosník.....	48
7.3.4	Vnější patrový nosník.....	49
7.3.5	Vnitřní patrový nosník.....	50
7.3.6	Diagonální ztužidlo	51
8	Výkaz materiálu	52
8.1	Varianta „A“	52
8.2	Varianta „B“	52
8.3	Varianta „C“	53
9	Porovnání.....	53
9.1	Vodorovná deformace konstrukce	54
9.2	Vlastní frekvence konstrukce.....	55
9.3	Využitelná plocha vyhlídkových plošin.....	56
9.4	Spotřeba materiálu	57



10 Závěr	57
11 Rejstřík obrázků a tabulek	58
12 Seznam použitých symbolů, značek a zkratek	61
13 Použitá literatura	62
14 Přílohy studie konstrukčních variant	63
14.1 Seznam příloh.....	63



1 Úvod

Tématem předložené studie je porovnání tří konstrukčních řešení ocelové konstrukce rozhledny Růžovský vrch nacházející se v blízkosti obcí Růžová, Srbská kamenice a Jetřichovice v nadmořské výšce 619 m n.m. Cílem je vybrat nejvhodnější konstrukční variantu dle předem stanovených kritérií. Pro vybranou variantu bude následně vypracován podrobný statický výpočet s posudkem a výkresová dokumentace.

Jednotlivé varianty se od sebe liší zejména svým půdorysem a rozestavěním hlavních nosných sloupů. Pro účely studie jsou všechny varianty uvažovány po výšce konstantní, jednotlivá patra jsou tedy totožná a nejsou vůči sobě pootočena. Zastřešení není v tomto stupni dokumentace uvažováno. Materiál je u všech tří možností použit shodný, jedná se o ocel třídy pevnosti S355.

Po vyhodnocení získaných hmotností konstrukcí, využitelnosti vyhlídkových plošin, maximálních deformací a estetického dojmu z konstrukce, je možno porovnat jednotlivé návrhy a zvolit tak tu nejvhodnější variantu.

2 Podmínky a předpoklady studie

Studie konstrukčních variant je vytvořena pro lokalitu severních Čech – kopec Růžovský vrch. Větrná oblast tohoto místa odpovídá dle mapy větrných oblastí oblasti II, která má základní rychlost větru $v_{b0} = 25,0$ m/s, kategorie terénu je vzhledem k souvislému porostu lesem určena jako kategorie III. Podrobné určení zatížení větrem a hodnoty ostatního zatížení je stanoveno v kapitole 4 této studie. Pro všechny varianty je stanoveno zatížení vlastní tíhou, zatížení od vybavení rozhledny, užitná a klimatická zatížení. Zatížení námrazou pro účely studie není řešeno.

Mezi kritéria, která se budou na konci této studie porovnávat a budou určovat vítěznou variantu, patří jednak vodorovná deformace konstrukce, základní vlastní frekvence a využitelnost vyhlídkových plošin. Jako další se bude také porovnávat hmotnost výsledné nosné konstrukce, ta je sice důležitá, ale není nutné, aby zvítězila nejlehčí konstrukce. Dalším významným parametrem při vyhodnocování je komfort uživatelů rozhledny. Toto je velmi důležité pro provoz vyhlídkové věže, jelikož bude-li čímkoli bráněno na vyhlídkových plošinách volnému průchodu lidí, hrozí, že se zastaví také provoz na schodišti a tím pádem se celkově znesnadnění provoz na rozhledně. Tomuto nelze úplně zabránit, ale lze návrh provést tak, aby se riziko snížilo. V neposlední řadě však bude mít na výsledek také vliv estetika, tato podmínka je velmi subjektivní a bude konzultována s vedoucím diplomové práce.

3 Konstrukční řešení

Nosná konstrukce rozhledny je navržena jako ocelová s převážně kloubovými spoji. Pro každou z variant je zpracován 3D model, kde je konstrukce modelována jako obecná XYZ prutová. Pro tvorbu 3D modelů byl použit výpočetní software Scia Engineer 2015. Mezi kritérii zadání práce byla výška hlavní vyhlídkové plošiny cca 30,000 m. Ta je splněna, ve všech třech variantách je shodně navržena 30,600 m.

V principu jsou varianty velmi podobné. Skládají se z hlavních nosných sloupů, které jsou průběžné od paty až po vrchol rozhledny. Patra vyhlídkových plošin jsou tvořena rastrem ocelových nosníků, na které je kladen pochozí ocelový podlahový rošt. Konstrukčně se liší pouze půdorysně, tzn. rozmístěním sloupů a tvarem vyhlídkových plošin.

Jako pochozí vrstva vyhlídkových plošin a schodiště jsou uvažovány pochozí ocelové lisované rošty, detailnější specifikace viz technické listy, které naleznete v kapitole 14 této studie. Tyto rošty jsou, vzhledem ke konstrukci schodiště, na patro a schodiště uvažovány stejného typu – lisované s velikostí ok 33 x 33 mm, pouze tloušťka nosného pásku je na schodišti zmenšena.

3.1 Varianta „A“

3.1.1 Popis

Varianta „A“ je čistě ocelová konstrukce, jejíž půdorys tvoří tvar pravidelného šestiúhelníku o straně 3,500 m. Celková šířka mezi vrcholy šestiúhelníku v půdorysu konstrukce pak činí 7,000 m. Teoretická plocha vyhlídkové plošiny je 31,800 m². V každém vrcholu šestiúhelníku je umístěn vnější nosný sloup, který vynáší jednotlivá patra vyhlídkových plošin. Ve středu půdorysu je pak umístěn středový sloup, do něhož jsou vetknuty jednotlivé stupně vřetenového schodiště, které se okolo sloupu v pravotočivém stoupání ovíjí. Po výšce rozhledny je umístěno celkem pět vyhlídkových plošin jejichž konstrukční výška je vždy 6,120 m. Výška hlavní vyhlídkové plošiny je 30,600 m a celková výška po madlo zábradlí je 31,800 m.

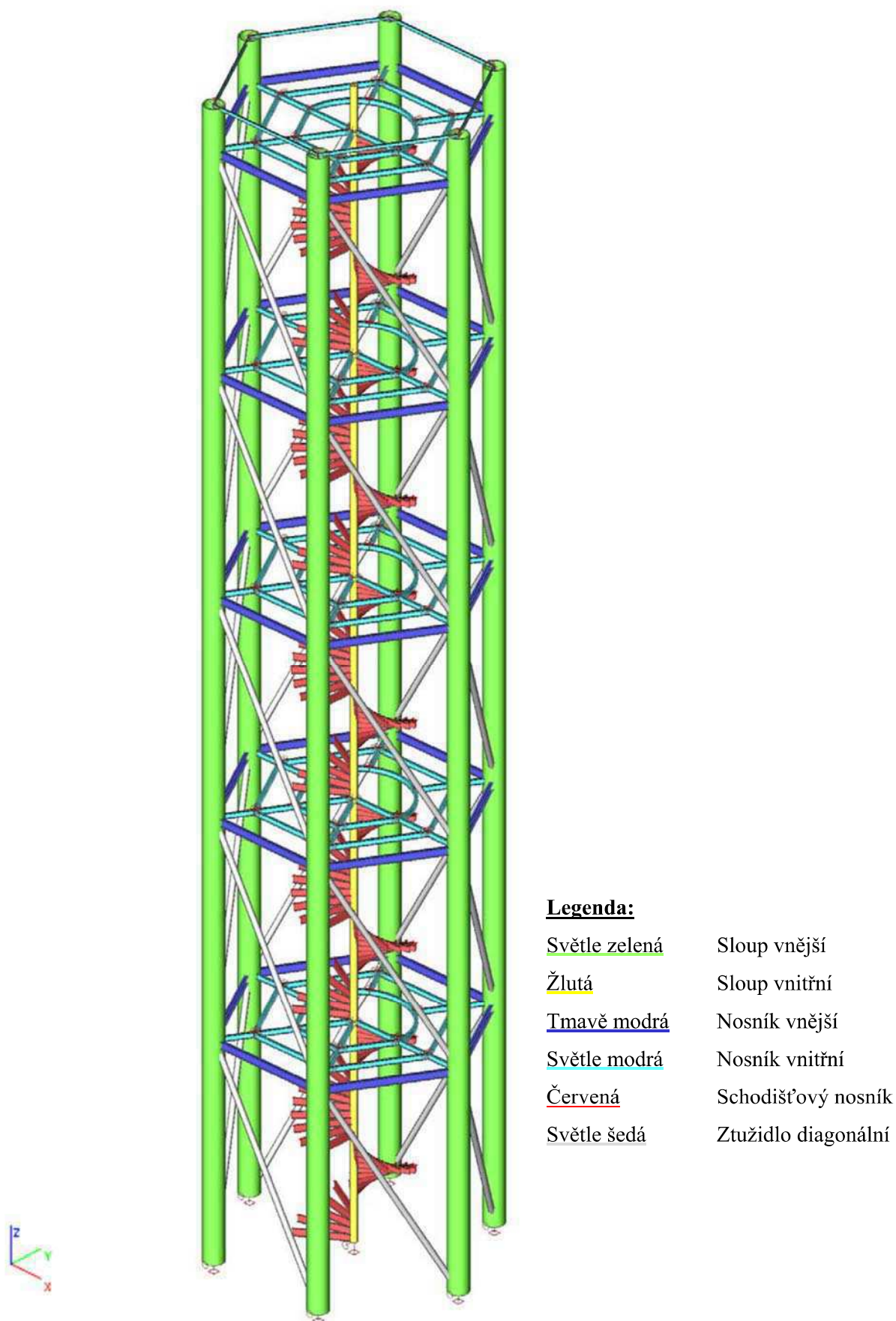
Vnější nosné sloupy jsou navrženy jako ocelová trubka o rozměrech $\varnothing 610/25$ mm. Ty jsou sestaveny kolem středového sloupu do tvaru šestiúhelníku (viz Obrázek 3.3), spolu s ním tvoří svislý nosný systém. Středový sloup je pak navržen taktéž jako ocelová trubka, nyní však o rozměrech $\varnothing 194/18$ mm. Všechny sloupy jsou na betonový základ uloženy kloubově.

Hlavní nosný systém schodiště tvoří spolu se středovým sloupem schodišťové nosníky, které jsou umístěny pod každý schod. Tyto nosníky jsou vykonzolovány ze středového sloupu. Tyto nosníky jsou ze Z profilu specifikovaného v kapitole 14 této studie. Středový sloup je se zbytkem konstrukce propojen rastrem vnitřních vodorovných nosníků, které tvoří nosnou konstrukci vyhlídkových plošin. Vnitřní nosníky pater jsou navrženy jako profily IPE 180. Tam, kde není možné kvůli schodišťovému prostoru ukotvit nosníky do středového sloupu přímo, jsou vyneseny do okolních nosníků a ty následně do středového sloupu. Vnější nosníky pak spojují vnější sloupy mezi sebou a jsou z profilu IPE 200.

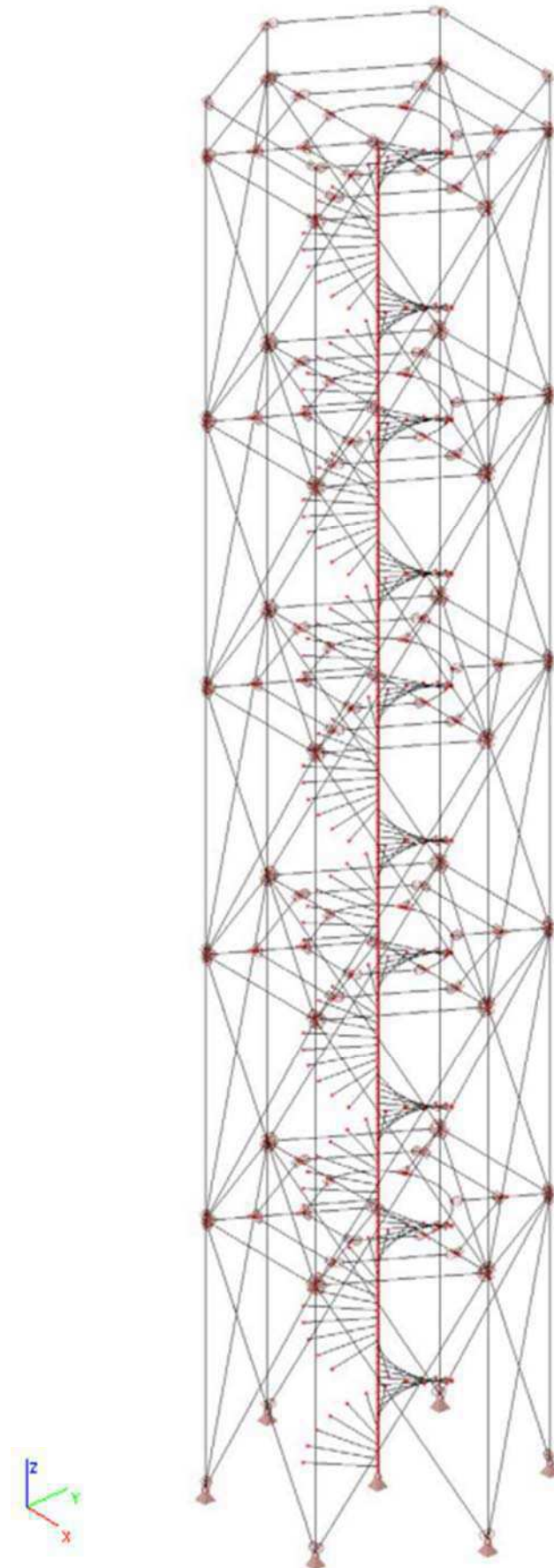
Celá konstrukce je doplněna svislým diagonálním ztužidlem. Toto ztužidlo je uvažováno jako tuhé a je navrženo jako ocelová trubka $\varnothing 152/9$ mm. Ovíjí se kolem celé konstrukce mezi vnějšími sloupy pouze v jednom směru, a to ve stejném smyslu jako schodiště tzn. pravotočivém. Vede vždy z vrcholu šestiúhelníku do následujícího vrcholu, jeho konstrukční výška je tedy 6,120 m stejně jako konstrukční výška pater. Celková geometrie viz Obrázek 3.1 až Obrázek 3.3.

3.1.2 Výpočetní model

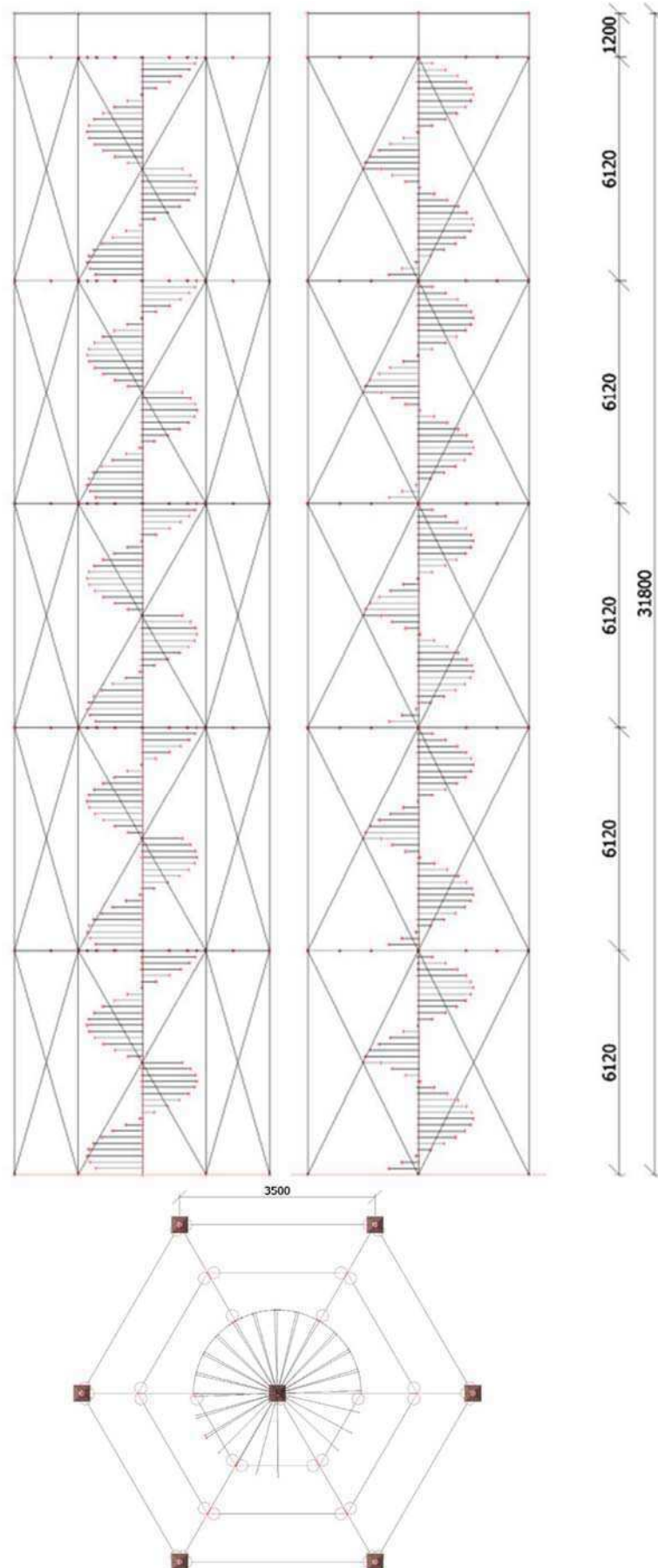
Pro získání vnitřních sil pro jednotlivé prvky, byl vytvořen 3D model celé konstrukce. Ten byl modelován ve výpočetním softwaru Scia Engineer 2015 jako obecná XYZ konstrukce. Prvky jsou zadávány jako pruty. Pro účely studie je zadáno relativně malé množství zatěžovacích stavů, proto jsou kombinace zatěžovacích stavů zadány jako lineární a vypsány jsou v kapitole 6.2.3 a 6.3.3 této studie.



Obrázek 3.1: 3D zobrazení modelu – Varianta „A“



Obrázek 3.2: Schéma drátěného 3D modelu – Varianta „A“



Obrázek 3.3: Pohledy ve směru osy X, Y a Z – Varianta „A“

3.2 Varianta „B“

3.2.1 Popis

Varianta „B“ je, jako předchozí, čistě ocelová konstrukce. Její půdorys tvoří tvar nepravidelného symetrického šestiúhelníku o delší straně 5,250 m a kratší straně 2,000 m. Teoretická plocha vyhlídkové plošiny je 31,800 m², stejně jako v předchozím případě. V každém vrcholu šestiúhelníku je umístěn vnější nosný sloup, který vynáší jednotlivá patra vyhlídkových plošin. Ve středu půdorysu se pak nachází opět středový sloup, do něhož jsou vetknuty jednotlivé stupně vřetenového schodiště, které se okolo sloupu v pravotočivém stoupání ovíjí. Po výšce rozhledny je umístěno celkem pět vyhlídkových plošin jejichž konstrukční výška je jako u předešlé varianty 6,120 m. Výška hlavní vyhlídkové plošiny je 30,600 m a celková výška po madlo zábradlí je 31,800 m.

Vnější nosné sloupy jsou navrženy jako ocelová trubka o rozměrech Ø 660/30 mm. Ty jsou sestaveny kolem středového sloupu do tvaru nepravidelného šestiúhelníku (viz Obrázek 3.6), spolu s ním tvoří svislý nosný systém. Středový sloup je pak navržen taktéž jako ocelová trubka, tentokrát o rozměrech Ø 219/20 mm. Všechny sloupy jsou na betonové základy uloženy kloubově.

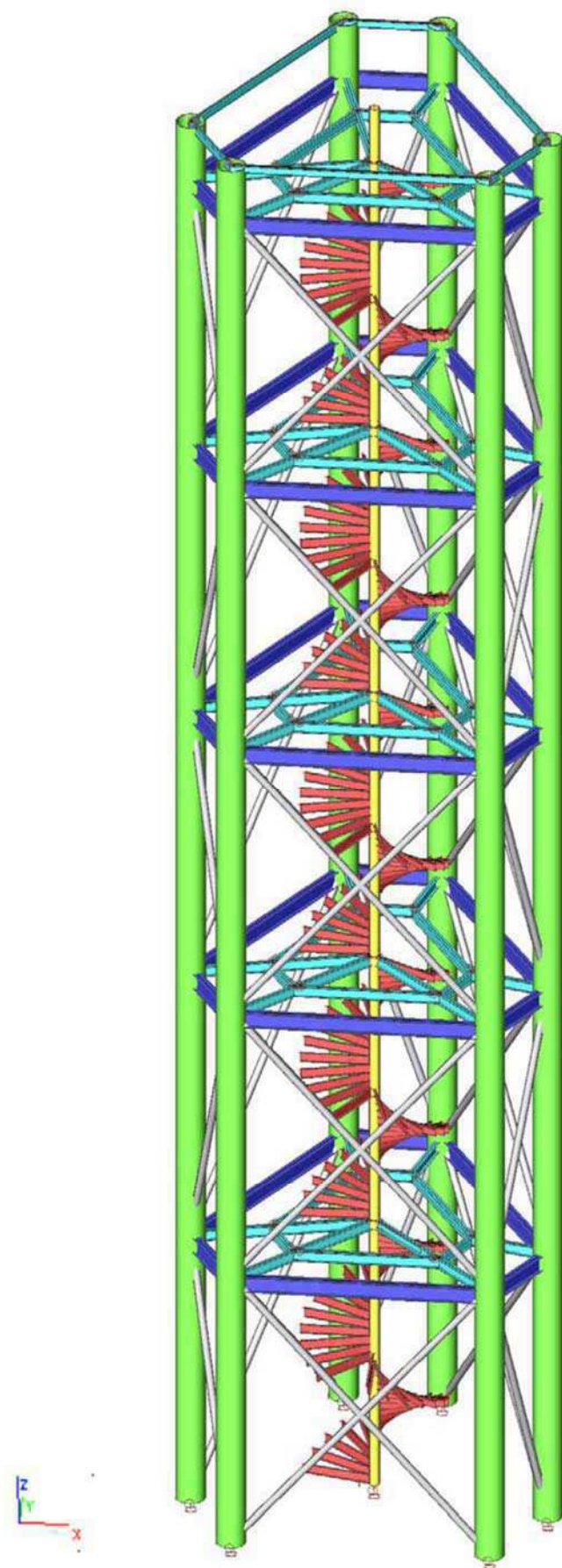
Hlavní nosný systém schodiště je totožný s předchozí variantou. Středový sloup je se zbytkem konstrukce propojen rastrem vnitřních vodorovných nosníků, které tvoří konstrukci vyhlídkových plošin. Vnitřní nosníky pater jsou navrženy jako profily IPE 330. Tam, kde není možné kvůli schodišťovému prostoru ukotvit nosníky do sloupu přímo, jsou vyneseny do okolních nosníků a ty následně do sloupu. Vnější nosníky pak spojují vnější sloupy mezi sebou a jsou z profilu IPE 360.

Celá konstrukce je doplněna svislým diagonálním ztužidlem. Toto ztužidlo je uvažováno jako tuhé a je vedeno v obou směrech tzn. s křížením. Je navrženo jako ocelová trubka Ø 168/12,5 mm. Vede vždy z vrcholu šestiúhelníku do následujícího vrcholu, jeho konstrukční výška je tedy 6,120 m stejně jako konstrukční výška pater.

Celková geometrie je patrná z Obrázek 3.4 až Obrázek 3.6.

3.2.2 Výpočetní model

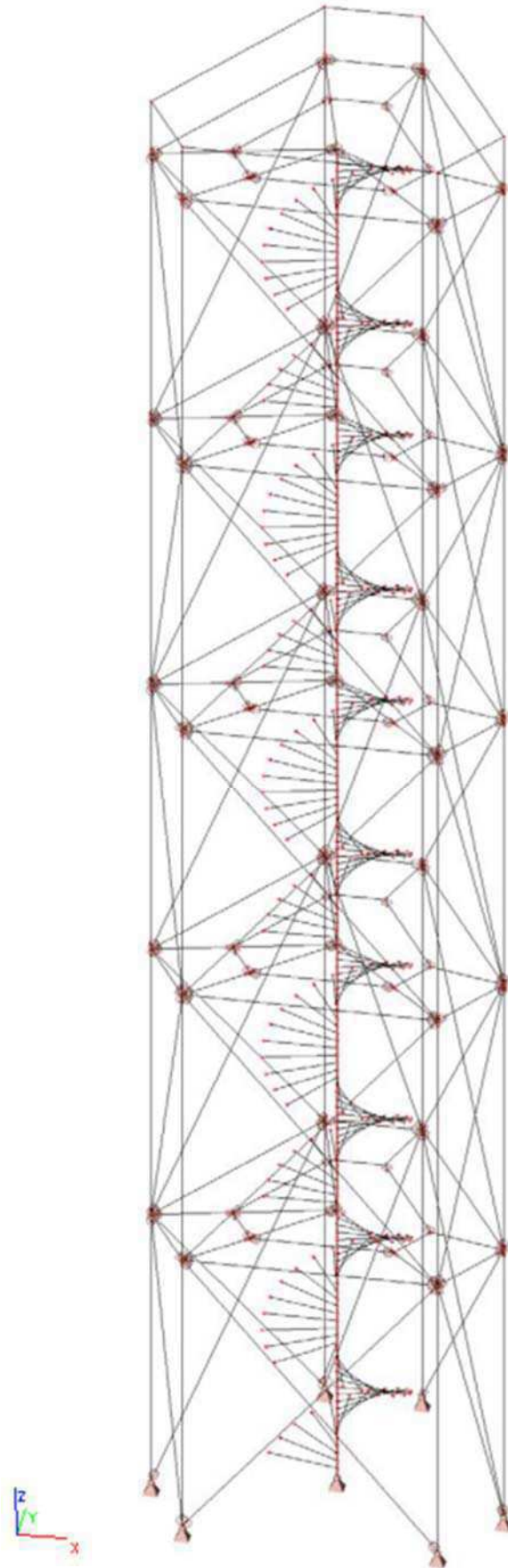
Pro získání vnitřních sil pro jednotlivé prvky, byl vytvořen 3D model celé konstrukce. Ten byl modelován ve výpočetním softwaru Scia Engineer 2015 jako obecná XYZ konstrukce. Prvky jsou zadávány jako pruty. Pro účely studie je zadáváno relativně malé množství zatěžovacích stavů, proto jsou kombinace zatěžovacích stavů zadány jako lineární a vypsány jsou v kapitole 6.2.3 a 6.3.3 této studie.



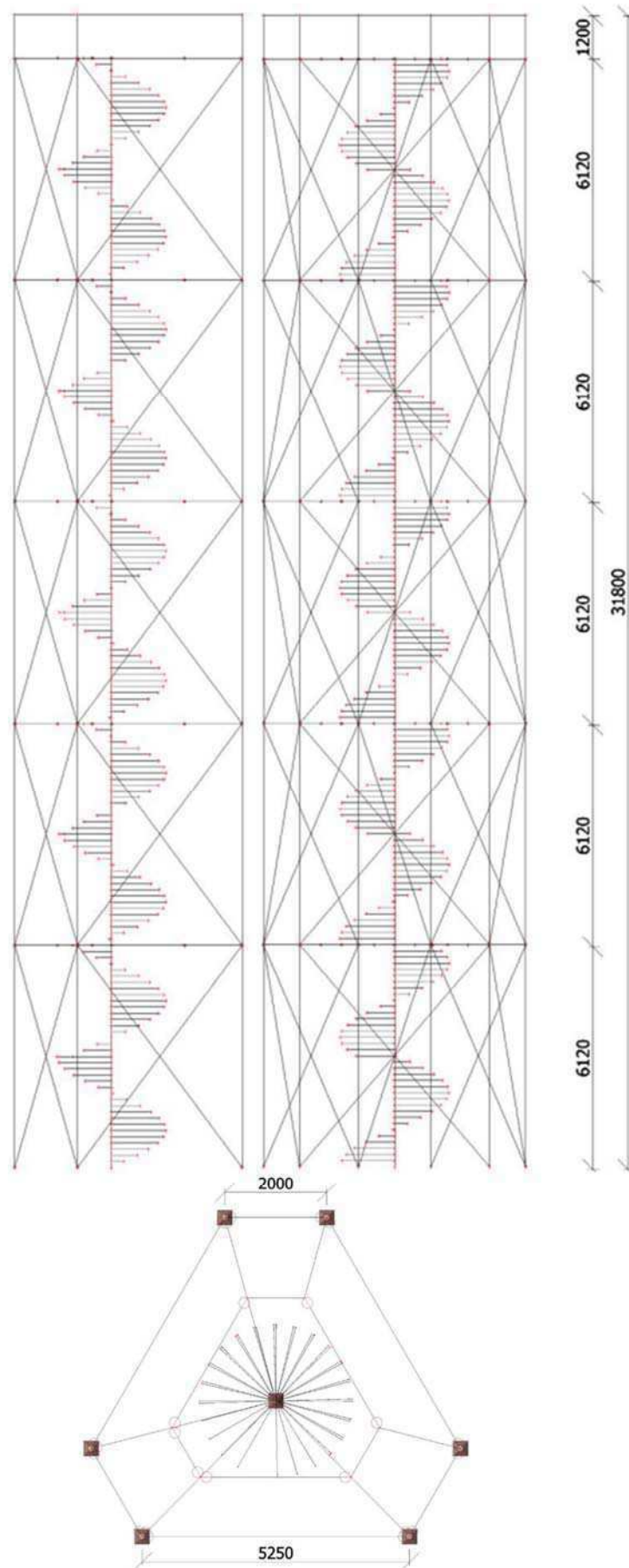
Legenda:

<u>Světle zelená</u>	Sloup vnější
<u>Žlutá</u>	Sloup vnitřní
<u>Tmavě modrá</u>	Nosník vnější
<u>Světle modrá</u>	Nosník vnitřní
<u>Červená</u>	Schodišťový nosník
<u>Světle šedá</u>	Ztužidlo diagonální

Obrázek 3.4: 3D zobrazení modelu – Varianta „B“



Obrázek 3.5: Schéma drátěného 3D modelu – Varianta „B“



Obrázek 3.6: Pohledy ve směru osy X, Y a Z – Varianta „B“

3.3 Varianta „C“

3.3.1 Popis

Varianta „C“ je, jako obě předchozí, čistě ocelová konstrukce. Její půdorys tvoří tvar rovnostranného trojúhelníku o straně 8,570 m. Teoretická plocha vyhlídkové plošiny je 31,800 m². V každém vrcholu a v polovině stany trojúhelníku je umístěn vnější nosný sloup, který vynáší jednotlivá patra vyhlídkových plošin. Ve středu půdorysu je pak umístěn středový sloup, do něhož jsou vetknuty jednotlivé stupně vřetenového schodiště, které se okolo sloupu v pravotočivém stoupání ovíjí. Po výšce rozhledny je umístěno celkem pět vyhlídkových plošin jejichž konstrukční výška je jako u předešlých variant 6,120 m. Výška hlavní vyhlídkové plošiny je 30,600 m a celková výška po madlo zábradlí je 31,800 m.

Vnější nosné sloupy jsou navrženy jako ocelová trubka o rozměrech $\varnothing 406/28$ mm. Ty jsou sestaveny kolem středového sloupu do tvaru trojúhelníku (viz Obrázek 3.9), spolu s ním tvoří svislý nosný systém. Středový sloup je pak navržen taktéž jako ocelová trubka o rozměrech $\varnothing 194/18$ mm. Všechny sloupy jsou na betonové základy taktéž uloženy kloubově.

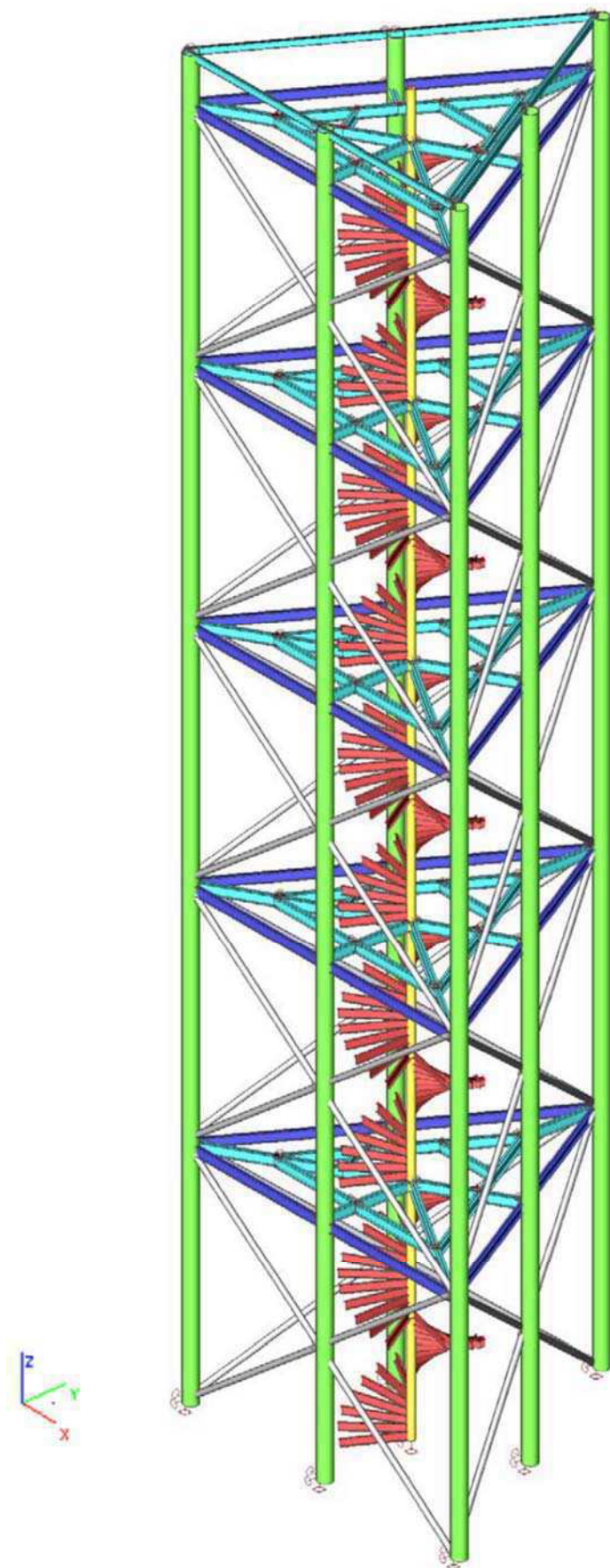
Hlavní nosný systém schodiště je totožný s předchozími variantami. Středový sloup je se zbytkem konstrukce propojen rastrem vnitřních vodorovných nosníků, které tvoří konstrukci vyhlídkových plošin. Vnitřní nosníky pater jsou navrženy jako profily IPE 240. Tam, kde není možné kvůli schodišťovému prostoru ukotvit nosníky do sloupu přímo, jsou vyneseny do okolních nosníků a ty následně do středového sloupu. Vnější nosníky pak spojují vnější sloupy mezi sebou a jsou z profilu IPE 240.

Celá konstrukce je doplněna svislým diagonálním ztužidlem. Toto ztužidlo je uvažováno jako tuhé, v obou směrech s křížením v místě sloupu v polovině délky strany. Je navrženo jako ocelová trubka $\varnothing 140/8$ mm. Vede vždy z vrcholu trojúhelníku do vrcholu následujícího s tím, že v polovině konstrukční výšky patra je ukotveno do mezilehlého sloupu, jeho konstrukční výška je tedy polovina konstrukční výšky patra což je 3,060 m.

Celková geometrie je patrná z Obrázek 3.7 až Obrázek 3.9.

3.3.2 Výpočetní model

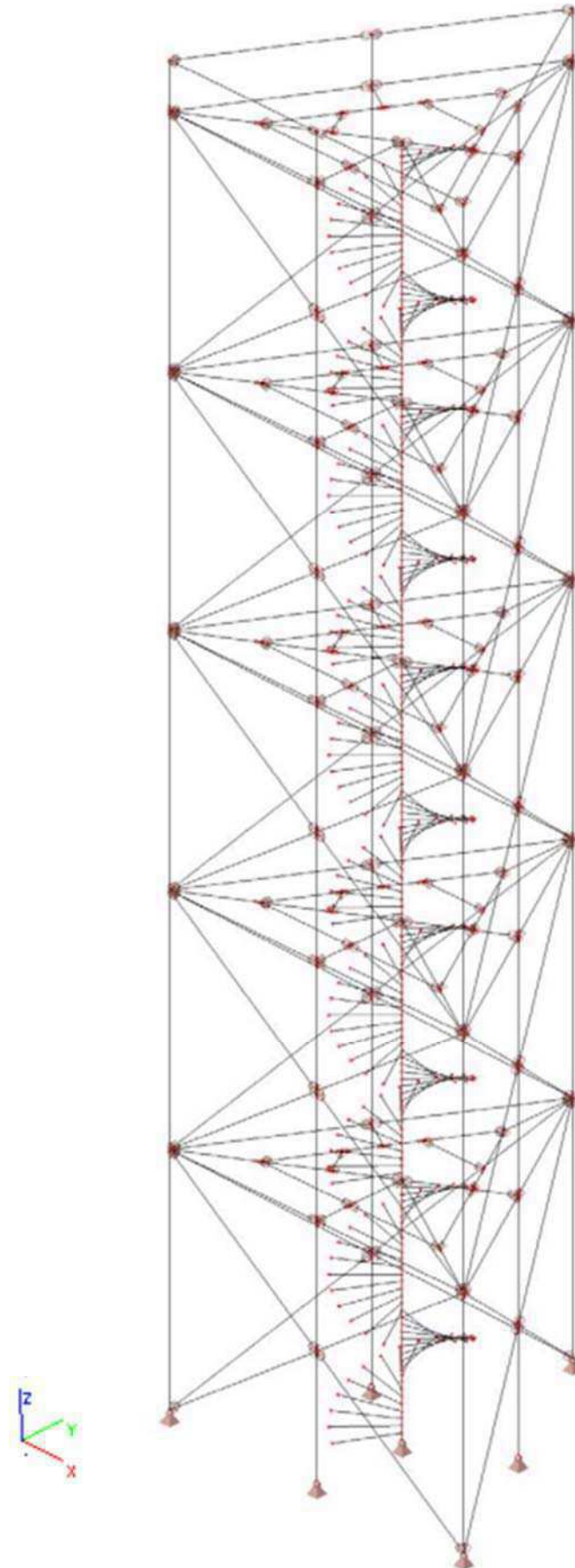
Pro získání vnitřních sil pro jednotlivé prvky, byl vytvořen 3D model celé konstrukce. Ten byl modelován ve výpočetním softwaru Scia Engineer 2015 jako obecná XYZ konstrukce. Prvky jsou zadávány jako pruty. Pro účely studie je zadáváno relativně malé množství zatěžovacích stavů, proto jsou kombinace zatěžovacích stavů zadány jako lineární a vypsány jsou v kapitole 6.2.3 a 6.3.3 této studie.



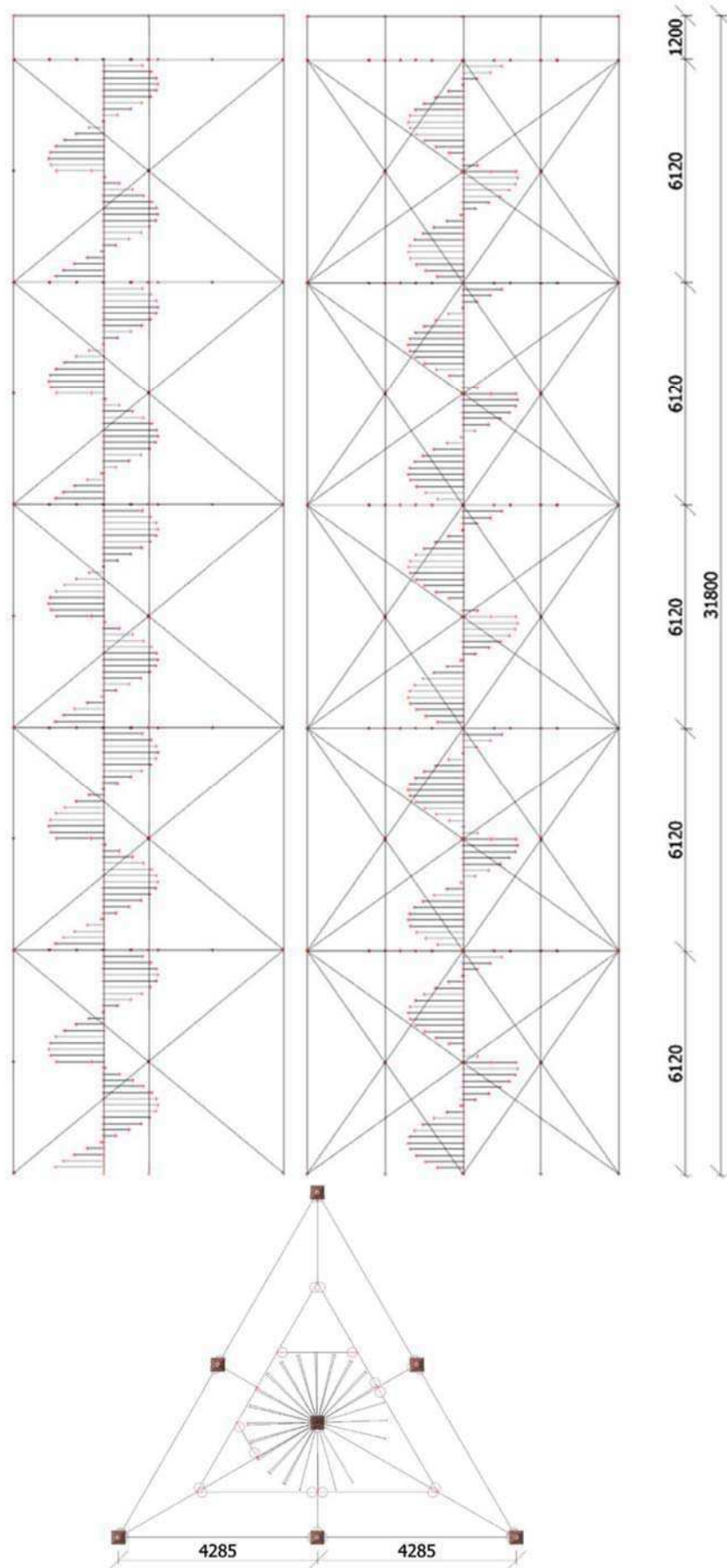
Legenda:

<u>Světle zelená</u>	Sloup vnější
<u>Žlutá</u>	Sloup vnitřní
<u>Tmavě modrá</u>	Nosník vnější
<u>Světle modrá</u>	Nosník vnitřní
<u>Červená</u>	Schodišťový nosník
<u>Světle šedá</u>	Ztužidlo diagonální

Obrázek 3.7: 3D zobrazení modelu – Varianta „C“



Obrázek 3.8: Schéma drátěného 3D modelu – Varianta „C“



Obrázek 3.9: Pohledy ve směru os X, Y a Z – Varianta „C“

4 Materiálové charakteristiky

V této kapitole jsou uvedeny veškeré charakteristiky materiálů, které jsou ve studii použity. Pro ocelovou nosnou konstrukci je použita ocel třídy S355. Jako pochozí vrstva vyhlídkových plošin a schodišťových stupů je uvažován lisovaný ocelový pochozí rošt NOVING, jehož technické listy jsou přiloženy mezi přílohami této studie.

4.1 Konstrukce

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

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

4.2 Pochozí ocelové rošty

Materiál	St 37-2 (S235)
Povrchová úprava	žárové zinkování
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
Nosná délka roštu – maximální	1 500 mm
Hmotnost	50,0 kg/m ²

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

Průřez nosného pásku	2x40 mm
Nosná délka roštu – maximální	1 200 mm
Hmotnost	27,5 kg/m ²

5 Rozbor zatížení

Zde jsou vyčíslena zatížení, která jsou aplikována na 3D modely všech tří variant konstrukčního řešení. Hodnota zatížení je vždy získána v souladu s platnými normativními předpisy.

5.1 Zatížení stálé

5.1.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha nosných prvků konstrukce je automaticky generována výpočetním softwarem Scia Engineer 2015. Prvky, které nejsou v modelu vytvořeny, jsou uvažovány jako ostatní stálé zatížení. Ty jsou vypsány v kapitole 5.1.2 a 5.1.3 této studie.

5.1.2 Ostatní stálé – vyhlídkové plošiny

Do ostatního stálého zatížení započítávám skladbu podlahy jednotlivých vyhlídkových plošin a zábradlí na jejich okraji. Zatížení od plošných podlahových roštů je rozpočteno na prvky pomocí zatěžovacích panelů ve výpočtovém softwaru.

- **Ocelové zábradlí se svislou výplní**

– uvažováno cca 50 kg/m¹

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

- **Skladba podlah vyhlídkových plošin**

– pochozí ocelové lisované rošty s pozink. povrch. úpravou

P 4.40 – 33/33 – 1500

Hmotnost roštu 50 kg/m²

S ohledem na připevňovací materiál a lemování je tíha navýšena

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

5.1.3 Ostatní stálé zatížení – schodiště

Do ostatního stálého 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 podesty.

- **Skladba podlahy schodiště**

- pochozí ocelové lisované rošty s pozink. povr. úpravou

- P 2.40 – 33/33 – 1200

- Hmotnost roštu 27,5 kg/m²

- S ohledem na přípevňovací materiál a lemování je tíha navýšena

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

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

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

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

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

- **Ocelové zábradlí se svislou výplní**

- uvažováno cca 50 kg/m²

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

- podíl na schodišťový stupeň

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

- podíl na nosník mezipodesty

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

5.2 Zatížení proměnné

5.2.1 Užité zatížení

Na vyhlídkových plošinách je vysoká pravděpodobnost shromažďování lidí, proto je užité zatížení zařazeno do kategorie C5.

Pro schodiště je pak užité zatížení uvažováno v kategorii C3, jelikož se nepředpokládá shromažďování lidí nýbrž pouze jejich průchod.

- **Zatížení davem lidí**

- Plošné zatížení na vyhlídkovou plošinu

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

- Plošné zatížení na schodišťový stupeň

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

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

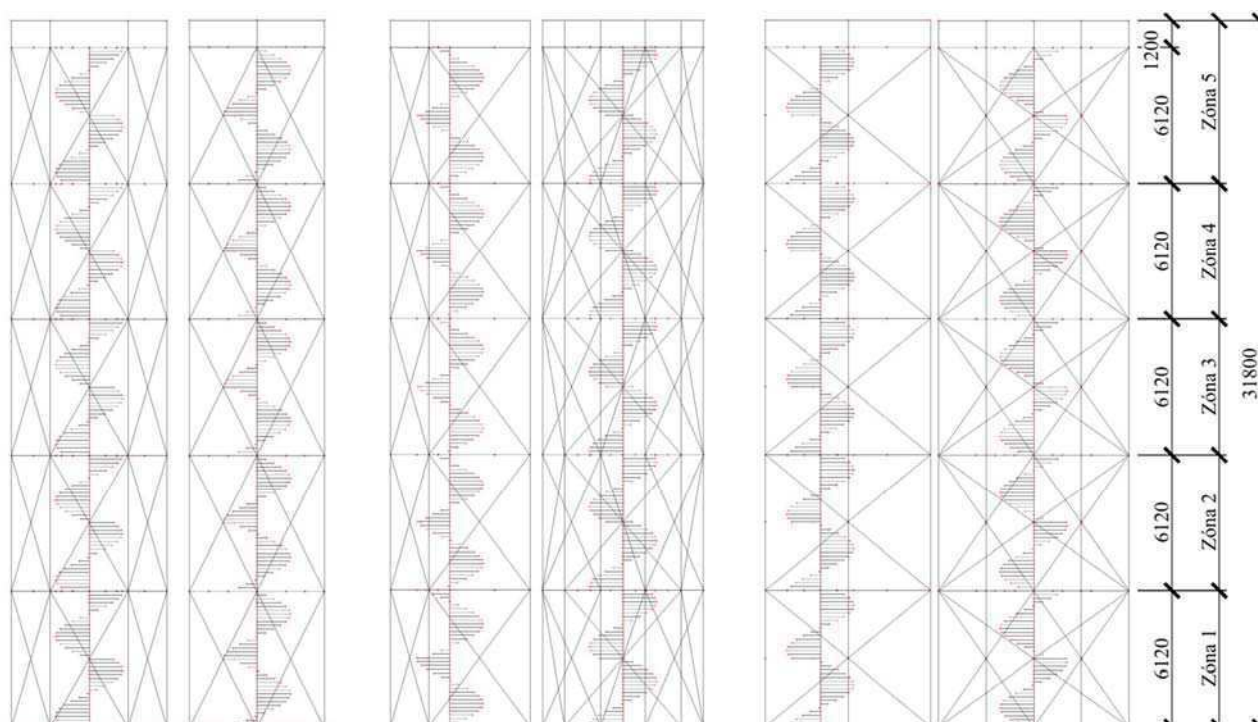
5.2.2 Zatížení větrem

Toto klimatické zatížení je pro daný typ konstrukce velmi významný. Pro účely studie je zatížení uvažováno takovým způsobem, jako kdyby byla konstrukce opláštěna a zatížení působilo plošným tlakem (resp. sáním) na plášť konstrukce. Proto bude zatížení aplikováno pouze na vnější nosné sloupy, vnější patrové nosníky a zábradelní nosník v nejvyšším patře rozhledny.

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 větrná pásma. Všechny varianty mají shodné výšky vyhlídkových plošin i celkovou výšku konstrukce, proto budou pásma pro všechny tři modely stejná.

Pásma	Celková délka zóny	Výška zóny od patky 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	7,320 m	+ 24,480 m	+ 31,800 m

Tabulka 5.1: Tabulka pásem pro zatížení větrem



Obrázek 5.1: Větrná pásma po výšce konstrukcí

Abych byla schopna zatížení větrem aplikovat na konstrukci, je nezbytné si zvolit směry větru, kterými bude na konstrukci působit. Pro účely tohoto zjednodušeného statického posudku jsou uvažovány vždy dva směry, + X GSS a + Y GSS pro variantu „A“ a pro variantu „B“ a „C“ jsou to pak směry + Y GSS a – Y GSS.

Zatížení je rozpočítáno na konstrukční prvky jednotlivých variant pomocí zatěžovacích panelů v softwaru Scia Engineer.

- **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

$c_{season} = 1,0$

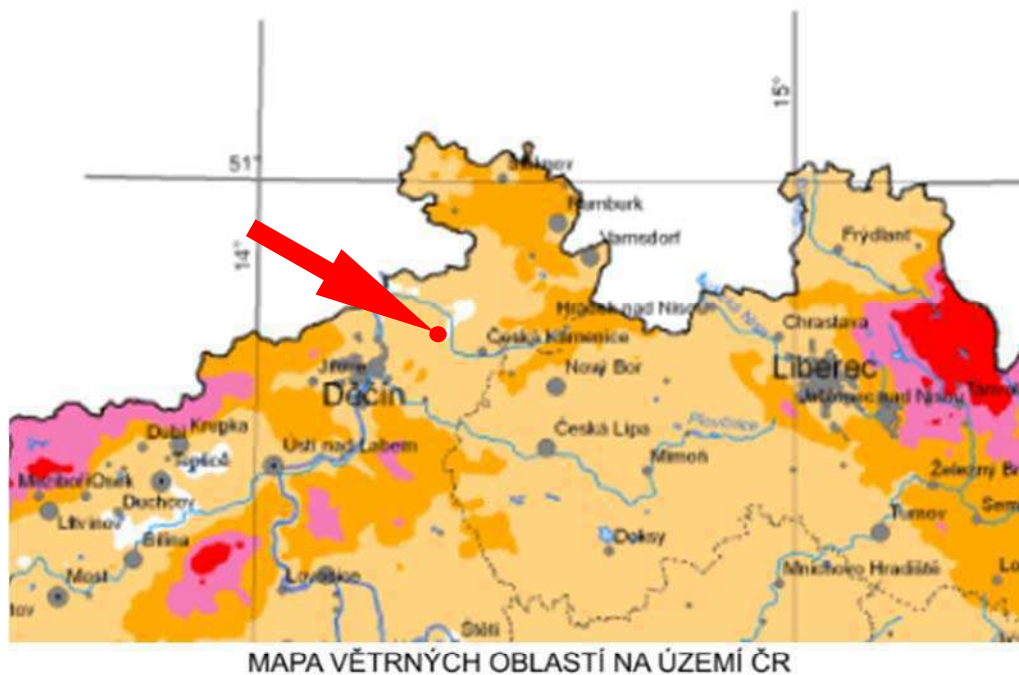
Součinitel ročního období...

doporučená hodnota

$v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$

Výchozí základní rychlost větru...

Růžovský vrch => Oblast II



Oblast

I	II	III	IV	V
22,5	25	27,5	30	36 ^{*)}

Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0}$ [m/s]

*) Charakteristickou hodnotu určí příslušná pobočka Českého hydrometeorologického ústavu

Vypracoval Český hydrometeorologický ústav v roce 2006

Obrázek 5.2: 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 5.2
$v_m(z)$	střední rychlost větru	...výpočet viz Tabulka 5.2
$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$	měrná hmotnost vzduchu	...doporučená hodnota
$q_p(z)$	maximální dynamický tlak	...výpočet viz Tabulka 5.2

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

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

Výpočet $q_p(z)$ viz Tabulka 5.2

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 ²]
25,0	0,3	0,215	6,120	0,650	1,0	16,238	1,0	0,332	547,3
25,0	0,3	0,215	12,240	0,799	1,0	19,970	1,0	0,270	719,7
25,0	0,3	0,215	18,360	0,886	1,0	22,154	1,0	0,243	828,6
25,0	0,3	0,215	24,480	0,948	1,0	23,703	1,0	0,227	909,5
25,0	0,3	0,215	31,800	1,004	1,0	25,111	1,0	0,214	985,7

Tabulka 5.2: 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 5.2
$c_o(z) = 1,0$	Součinitel orografie	...viz následující odstavec
$v_b = 25,0 \text{ m/s}$	Parametr drsnosti terénu	...viz předchozí odstavec

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

$$v_m(6,120) = c_r(6,120) \cdot c_o(6,120) \cdot v_b = 0,650 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 16,238 \text{ m/s}$$

Výpočet $v_m(z)$ viz Tabulka 5.2

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

$z_{max} = 200,000$ m Maximální 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 5.2

Součinitel orografie $c_o(z)$

Pro účely studie konstrukčních variant uvažuji součinitel orografie hodnotou 1,0.

$$c_o(z) = \mathbf{1,0} \quad z_{min} < z < z_{max}$$

Turbulence větru $I_v(z)$

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

$k_l = 1,0$ Součinitel turbulence ...doporučená hodnota

$c_o(z) = 1,0$ Součinitel orografie ...viz předchozí odstavec

$z_0 = 0,300$ m Parametr drsnosti terénu ...doporučená hodnota

Pro $z = 6,120$ m:

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

Výpočet $I_v(z)$ viz Tabulka 5.2

• **Tlak větru na povrchy**

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

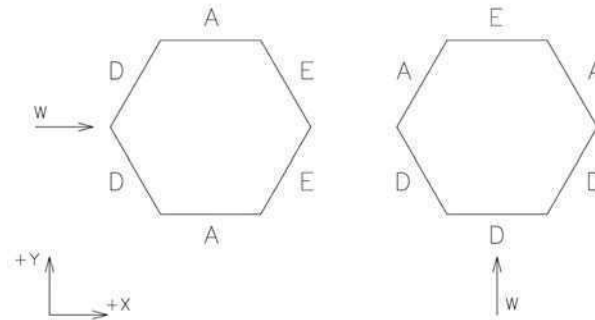
w_e	tlak větru na povrch	...výpočet viz Tabulka 5.3
$q_p(z_e)$	maximální dynamický tlak	...výpočet viz Tabulka 5.2
c_{pe}	součinitel vnějšího tlaku	...výpočet viz Tabulka 5.3

Pro $z = 6,120$ m oblast A:

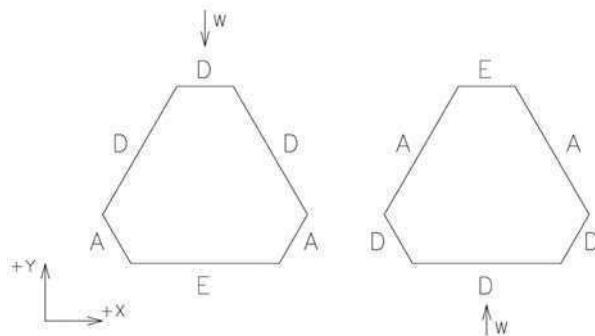
$$w_{e,A} = q_p(6,120) \cdot c_{pe,10} = 547,3 \cdot -1,2 = -656,8 \text{ N/m}^2$$

Oblast	z [m]	$q_p(z)$ [N/m ²]	$c_{pe,10}$ [-]	$c_{pe,1}$ [-]	w_e [N/m ²]
A	6,120	547,3	-1,2	-1,4	-656,8
	12,240	719,7			-863,7
	18,360	828,6			-994,4
	24,480	909,5			-1 091,4
	31,800	985,7			-1 182,8
B	6,120	547,3	-0,8	-1,1	-437,9
	12,240	719,7			-575,8
	18,360	828,6			-662,9
	24,480	909,5			-727,6
	31,800	985,7			-788,6
C	6,120	547,3	-0,5	-0,5	-273,7
	12,240	719,7			-359,9
	18,360	828,6			-414,3
	24,480	909,5			-454,8
	31,800	985,7			-492,8
D	6,120	547,3	0,8	1,0	437,9
	12,240	719,7			575,8
	18,360	828,6			662,9
	24,480	909,5			727,6
	31,800	985,7			788,6
E	6,120	547,3	-0,7	-0,7	-383,1
	12,240	719,7			-503,8
	18,360	828,6			-580,0
	24,480	909,5			-636,7
	31,800	985,7			-690,0

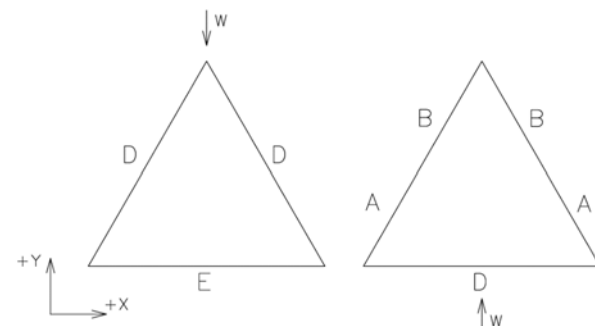
Tabulka 5.3: Výpočet tlaku větru na povrchy



Obrázek 5.3: Označení povrchů – Varianta „A“



Obrázek 5.4: Označení povrchů – Varianta „B“



Obrázek 5.5: Označení povrchů – Varianta „C“

5.2.3 Zatížení sněhem

Klimatické zatížení tohoto typu není v rámci studie uvažován, jelikož se ani na jedné z variant v tuto chvíli nenachází zastřešení. Celá konstrukce je otevřená a pochozí vrstva bude tvořena podlahovými ocelovými rošty, které neumožňují hromadění sněhu v patrech vyhlídkových plošin.

6 Kombinace zatěžovacích stavů

6.1 Zatěžovací stavy

Zatěžovací stavy, které jsou v této studii použity viz Tabulka 6.1 až Tabulka 6.3. Pro každou z variant je pro přehlednost vytvořena vlastní tabulka.

Z těchto zatěžovacích stavů jsou v následující kapitole (6.2 a 6.3) sestaveny kombinace zatížení, a to pomocí kombinačních vzorců převzatých z příslušné normy.

Obrázky znázorňující aplikaci jednotlivých zatěžovacích stavů pro všechny varianty jsou přiloženy v kapitole 14 této studie.

Seznam zatěžovacích stavů – Varianta „A“		
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	Užitné – plné	Zatížení davem lidí na vyhlídkových plošinách a schodišti – plná plocha
LC5	Užitné – poloviční 1	Zatížení davem lidí na vyhlídkových plošinách a schodišti – poloviční plocha 1
LC6	Užitné – poloviční 2	Zatížení davem lidí na vyhlídkových plošinách a schodišti – poloviční plocha 2
LC7	Vítr +X	Klimatické zatížení větrem – ve směru +X GSS
LC8	Vítr +Y	Klimatické zatížení větrem – ve směru +Y GSS

Tabulka 6.1: Zatěžovací stavy – varianta „A“

Seznam zatěžovacích stavů – Varianta „B“		
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	Užitné – plné	Zatížení davem lidí na vyhlídkových plošinách a schodišti – plná plocha
LC5	Užitné – poloviční 1	Zatížení davem lidí na vyhlídkových plošinách a schodišti – poloviční plocha 1
LC6	Užitné – poloviční 2	Zatížení davem lidí na vyhlídkových plošinách a schodišti – poloviční plocha 2
LC7	Vítr -Y	Klimatické zatížení větrem – ve směru -Y GSS
LC8	Vítr +Y	Klimatické zatížení větrem – ve směru +Y GSS

Tabulka 6.2: Zatěžovací stavy – varianta „B“

Seznam zatěžovacích stavů – Varianta „C“		
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	Užitné – plné	Zatížení davem lidí na vyhlídkových plošinách a schodišti – plná plocha
LC5	Užitné – poloviční 1	Zatížení davem lidí na vyhlídkových plošinách a schodišti – poloviční plocha 1
LC6	Užitné – poloviční 2	Zatížení davem lidí na vyhlídkových plošinách a schodišti – poloviční plocha 2
LC7	Vítr -Y	Klimatické zatížení větrem – ve směru -Y GSS
LC8	Vítr +Y	Klimatické zatížení větrem – ve směru +Y GSS

Tabulka 6.3: Zatěžovací stavy – varianta „C“

6.2 MSÚ

6.2.1 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
γ_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

6.2.2 Součinitelé

- **Dílčí součinitelé spolehlivosti – γ**

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 – ψ**

Zatížení užité:	kategorie C	...	$\psi_{0,j} = 0,70$
		...	$\psi_{1,j} = 0,70$
		...	$\psi_{2,j} = 0,60$
Zatížení větrem:		...	$\psi_{0,j} = 0,60$
		...	$\psi_{1,j} = 0,20$
		...	$\psi_{2,j} = 0,00$

6.2.3 Výpis kombinací

Kombinace zatěžovacích stavů pro MSÚ nebyly pro účely studie převzaty z výpočetního softwaru Scia Engineer 2015, který kombinace obvykle automaticky generuje. Jelikož je zde uvažováno relativně málo zatěžovacích stavů, jsou zadány jako lineární a jejich výpis viz Tabulka 6.4. Tato tabulka platí pro všechny tři varianty současně.

Získané tabulky s kombinacemi jsou k dispozici také v kapitole 14 této studie, kde jsou připojeny výstupy z výpočetních 3D modelů všech tří variant.

Číslo kombinace	Typ zatížení					
	Stálé	Vítr +X (-Y)	Vítr +Y	Užitné plné	Užitné poloviční 1	Užitné poloviční 2
CO1	1,00	1,50	-	-	-	-
CO2	1,00	-	1,50	-	-	-
CO3	1,35	1,50	-	-	-	-
CO4	1,35	-	1,50	-	-	-
CO5	1,35	-	-	1,50	-	-
CO6	1,35	-	-	-	1,50	-
CO7	1,35	-	-	-	-	1,50
CO8	1,35	1,50	-	1,50 . 0,7	-	-
CO9	1,35	1,50	-	-	1,50 . 0,7	-
CO10	1,35	1,50	-	-	-	1,50 . 0,7
CO11	1,35	-	1,50	1,50 . 0,7	-	-
CO12	1,35	-	1,50	-	1,50 . 0,7	-
CO13	1,35	-	1,50	-	-	1,50 . 0,7
CO14	1,35	1,50 . 0,6	-	1,50	-	-
CO15	1,35	1,50 . 0,6	-	-	1,50	-
CO16	1,35	1,50 . 0,6	-	-	-	1,50
CO17	1,35	-	1,50 . 0,6	1,50	-	-
CO18	1,35	-	1,50 . 0,6	-	1,50	-
CO19	1,35	-	1,50 . 0,6	-	-	1,50
CO20	1,35	-	-	-	-	-

Tabulka 6.4: MSÚ – Výpis kombinací a součinitelů

6.3 MSP

6.3.1 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
$\psi_{0,j}$	...	kombinační součinitel
$Q_{k,j}$	...	hodnota ostatního proměnného zatížení

6.3.2 Součinitelé

- **Kombinační součinitele pro proměnná zatížení – ψ**

Zatížení užitné:	kategorie C	...	$\psi_{0,j} = 0,70$ $\psi_{1,j} = 0,70$ $\psi_{2,j} = 0,60$
Zatížení větrem:		...	$\psi_{0,j} = 0,60$ $\psi_{1,j} = 0,20$ $\psi_{2,j} = 0,00$

6.3.3 Výpis kombinací

Ani kombinace zatěžovacích stavů pro MSP nebyly převzaty z výpočetního softwaru Scia Engineer 2015. Veškeré kombinace jsou zadány jako lineární, proto jsou kombinace vytvořeny ručně (Tabulka 6.5).

Získané tabulky s kombinacemi ze softwaru jsou k dispozici v kapitole 14 této studie, kde jsou připojeny výstupy z výpočetních 3D modelů všech tří variant. Pro přehlednost je připojena tabulka s výpisem kombinací a součinitelů. Tato tabulka platí pro všechny tři varianty současně.



Číslo kombinace	Typ zatížení					
	Stálé	Vítr +X (-Y)	Vítr +Y	Užitné plné	Užitné poloviční 1	Užitné Poloviční 2
CO21	1,00	1,00	-	-	-	-
CO22	1,00	-	1,00	-	-	-
CO23	1,00	-	-	1,00	-	-
CO24	1,00	-	-	-	1,00	-
CO25	1,00	-	-	-	-	1,00
CO26	1,00	1,00	-	1,00 . 0,7		
CO27	1,00	1,00	-		1,00 . 0,7	
CO28	1,00	1,00	-			1,00*0,7
CO29	1,00	-	1,00	1,00 . 0,7		
CO30	1,00	-	1,00		1,00 . 0,7	
CO31	1,00	-	1,00			1,00 . 0,7
CO32	1,00	1,00 . 0,6	-	1,00		
CO33	1,00	1,00 . 0,6	-		1,00	
CO34	1,00	1,00 . 0,6	-			1,00
CO35	1,00	-	1,00 . 0,6	1,00		
CO36	1,00	-	1,00 . 0,6		1,00	
CO37	1,00	-	1,00 . 0,6			1,00
CO38	1,00	-	-	-	-	-

Tabulka 6.5: MSP – Výpis kombinací a součinitelů

7 Posouzení hlavních prvků

V této kapitole jsou uvedeny tabulky s posouzením jednotlivých nosných prvků konstrukce pro každou z variant. Ke každému z hlavních nosných prvků konstrukce je uvedena tabulka s maximálními vnitřními silami, posouzením v mezním stavu únosnosti a použitelnosti.

7.1 Varianta „A“

7.1.1 Vnější sloup

U vnějšího sloupu se ukázala jako rozhodující tlaková normálová síla. Z tohoto důvodu je u posouzení na mezní stav únosnosti rozhodující stabilita. Průřez je v MSÚ navržen na 100 %. Mezní stav použitelnosti není pro tento prvek podstatný.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnější sloup - Trubka (610; 25)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1319	Vnější sloup - Trubka	0,000	CO11/1	-903,90	-2,84	-2,99	-0,70	0,00	0,00
B1322	Vnější sloup - Trubka	6,120	CO2/2	478,91	6,86	0,79	0,00	4,85	8,49
B1320	Vnější sloup - Trubka	24,480	CO8/3	-112,24	-12,23	4,92	-0,07	1,47	20,07
B1317	Vnější sloup - Trubka	30,600	CO12/4	-26,32	9,83	-0,11	0,00	0,10	2,94
B1319	Vnější sloup - Trubka	24,480	CO12/4	-101,75	-7,05	-9,68	0,04	13,67	1,56
B1320	Vnější sloup - Trubka	24,480	CO11/1	-68,72	-6,78	9,22	0,13	-11,11	1,00
B1320	Vnější sloup - Trubka	0,000	CO1/5	-552,08	-2,06	1,63	-1,26	0,00	0,00
B1319	Vnější sloup - Trubka	0,000	CO8/3	-244,48	-3,49	2,06	0,76	0,00	0,00
B1320	Vnější sloup - Trubka	6,120	CO8/3	-537,02	-9,76	8,54	-0,72	-20,47	30,04
B1318	Vnější sloup - Trubka	6,120	CO12/4	-404,98	-4,62	-8,05	0,00	25,45	3,67
B1319	Vnější sloup - Trubka	30,600	CO6/6	-38,67	-6,57	-3,91	0,13	-14,68	-26,66

Tabulka 7.1: Vnitřní síly – vnější sloup – varianta „A“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnější sloup - Trubka (610; 25)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1319	Vnější sloup - Trubka	S 355	CO11/1	0,000	1,00	0,06	1,00
B1319	Vnější sloup - Trubka	S 355	CO11/1	2,448	0,99	0,06	0,99
B1319	Vnější sloup - Trubka	S 355	CO11/1	0,000	1,00	0,06	1,00

Tabulka 7.2: Posouzení MSÚ – vnější sloup – varianta „A“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP
Vrstva : Vnější sloup

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1322	8,568	CO27/16	-0,1	1/10000	-0,1	1/10000	0,00	0,00
B1317	21,420	CO30/17	0,1	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00
B1318	21,420	CO27/16	0,0	1/10000	-0,1	1/10000	0,00	0,00
B1319	28,152	CO30/17	0,1	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00

Tabulka 7.3: Posouzení MSP – vnější sloup – varianta „A“

7.1.2 Vnitřní schodišťový sloup

U vnitřního schodišťového sloupu je rozhodující tlaková normálová síla. Z tohoto důvodu je u posouzení na mezní stav únosnosti rozhodující zejména stabilita. Průřez je v MSÚ navržen na 88 %. Mezní stav použitelnosti není pro tento typ prvku významný, pouze při kombinaci se zatěžovacím stavem polovičního užitečného zatížení vzniká významnější deformace, ale i v tomto případě je profil využit z 26 %.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnitřní schodišťový sloup - Trubka (194; 18)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	0,000	CO14/7	-1046,16	1,92	4,74	0,00	0,00	0,00
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	31,800	CO1/5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	5,100	CO18/8	-563,75	-1,49	7,22	0,00	-3,79	1,10
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	26,860	CO19/9	-97,32	5,83	-2,06	0,00	-5,35	-8,49
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	24,480	CO16/10	-130,32	5,81	-2,10	0,00	2,44	-5,19
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	0,000	CO18/8	-667,05	-1,49	7,22	0,00	0,00	0,00
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	0,000	CO17/11	-1046,14	1,88	4,74	0,00	0,00	0,00
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	0,000	CO20/12	-216,94	0,35	0,99	0,00	0,00	0,00
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	1,700	CO5/13	-1003,31	1,90	4,72	0,00	-16,18	-0,03
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	21,930	CO14/7	-328,19	2,75	4,02	0,00	15,13	-1,72
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	8,840	CO17/11	-768,59	3,34	3,57	0,00	2,09	-15,34
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	29,070	CO5/13	-93,50	4,24	2,99	0,00	0,95	16,71

Tabulka 7.4: Vnitřní síly – vnitřní schodišťový sloup – varianta „A“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnitřní schodišťový sloup - Trubka (194; 18)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	S 355	CO5/13	8,330	0,88	0,32	0,88
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	S 355	CO5/13	1,360	0,73	0,40	0,73
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	S 355	CO5/13	8,330	0,88	0,32	0,88

Tabulka 7.5: Posouzení MSÚ – vnitřní schodišťový sloup – varianta „A“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP
Vrstva : Vnitřní schodišťový sloup

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1	28,815	CO23/18	-0,2	1/5406	0,0	1/10000	0,04	0,00
B1	31,800	CO32/19	1,6	1/767	-0,5	1/2667	0,26	0,08
B1	31,800	CO26/20	1,3	1/893	-0,5	1/2631	0,22	0,08
B1	1,785	CO23/18	0,0	1/10000	0,2	1/5389	0,00	0,04

Tabulka 7.6: Posouzení MSP – vnitřní schodišťový sloup – varianta „A“

7.1.3 Schodišťový nosník

Schodišťový nosník je namáhán zejména ohybovým momentem a posouvající silou. Proto je u tohoto prvku v mezním stavu únosnosti posouzení pevnosti a stability na shodné úrovni. Průřez je navržen zejména s ohledem na konstrukční požadavky, v MSÚ je navržen na 37 %. Jelikož se jedná o konzolu, bude pro tento prvek mezní stav použitelnosti významný. Proto posouzení v MSP vychází 86 %.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Schodišťový stupeň - Z (50; 6; 170; 6; 6; 50)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B437	Schodišťový stupeň - Z	0,150	CO10/14	0,00	0,00	2,82	0,00	-2,10	0,00
B376	Schodišťový stupeň - Z	0,300	CO12/4	0,00	0,00	2,54	0,00	-1,70	0,00
B427	Schodišťový stupeň - Z	0,450	CO17/11	0,00	0,00	2,97	0,00	-1,71	0,00
B1111	Schodišťový stupeň - Z	0,450	CO12/4	0,00	0,00	1,09	0,00	-0,91	0,00
B255	Schodišťový stupeň - Z	1,500	CO1/5	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00
B1054	Schodišťový stupeň - Z	0,000	CO5/13	0,00	0,00	4,62	0,00	-3,96	0,00
B418	Schodišťový stupeň - Z	0,000	CO1/5	0,00	0,00	0,54	0,00	-0,57	0,00
B437	Schodišťový stupeň - Z	0,300	CO10/14	0,00	0,00	2,54	0,00	-1,70	0,00
B1131	Schodišťový stupeň - Z	1,500	CO4/15	0,00	0,00	0,61	0,00	0,00	0,00
B1130	Schodišťový stupeň - Z	0,150	CO12/4	0,00	0,00	1,20	0,00	-1,25	0,00
B430	Schodišťový stupeň - Z	0,150	CO14/7	0,00	0,00	3,73	0,00	-2,72	0,00

Tabulka 7.7: Vnitřní síly – schodišťový nosník – varianta „A“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Schodišťový stupeň - Z (50; 6; 170; 6; 6; 50)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1054	Schodišťový stupeň - Z	S 355	CO5/13	0,000	0,37	0,32	0,37
B1054	Schodišťový stupeň - Z	S 355	CO5/13	0,000	0,37	0,32	0,37
B1054	Schodišťový stupeň - Z	S 355	CO5/13	0,000	0,37	0,32	0,37

Tabulka 7.8: Posouzení MSÚ – schodišťový nosník – varianta „A“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP
Vrstva : Schodišťový nosník

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1054	1,500	CO25/26	-6,5	1/233	-3,6	1/413	0,86	0,48
B389	0,600	CO33/25	0,8	1/1798	-0,7	1/2010	0,11	0,10
B353	0,600	CO32/19	0,8	1/1798	-1,0	1/1512	0,11	0,13
B1054	1,500	CO32/19	-6,5	1/233	-4,6	1/326	0,86	0,61
B293	1,500	CO28/24	0,0	0	0,3	1/4552	0,00	0,04

Tabulka 7.9: Posouzení MSP – schodišťový nosník – varianta „A“

7.1.4 Vnější patrový nosník

Vnější patrový nosník je namáhán zejména normálovou silou, má totiž funkci rozpěry mezi vnějšími sloupy při zatížení pouze větrem. Proto je u tohoto prvku v mezním stavu únosnosti posouzení stability významnější než pevnosti. Průřez je navržen v MSÚ na 96 %. Průhyb taktěž způsobuje zejména zatížení větrem a prvek je v MSP navržen na 95 %.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnější patrový nosník - IPE200

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1329	Vnější patrový nosník - IPE200	3,500	CO2/2	-110,15	-1,62	-1,71	0,00	0,00	0,00
B1334	Vnější patrový nosník - IPE200	0,000	CO10/14	113,43	-4,87	6,29	0,00	0,00	0,00
B1349	Vnější patrový nosník - IPE200	0,000	CO1/5	-37,91	-6,65	1,71	0,00	0,00	0,00
B1349	Vnější patrový nosník - IPE200	3,500	CO1/5	-37,91	6,65	-1,71	0,00	0,00	0,00
B1329	Vnější patrový nosník - IPE200	3,500	CO5/13	0,47	0,00	-8,00	0,00	0,00	0,00
B1329	Vnější patrový nosník - IPE200	0,000	CO5/13	0,47	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00
B1331	Vnější patrový nosník - IPE200	0,000	CO10/14	-101,18	-4,87	2,31	0,00	0,00	0,00
B1332	Vnější patrový nosník - IPE200	0,000	CO10/14	-41,06	-2,46	6,29	0,00	0,00	0,00
B1352	Vnější patrový nosník - IPE200	0,000	CO10/14	40,27	-6,65	6,29	0,00	0,00	0,00
B1329	Vnější patrový nosník - IPE200	1,750	CO5/13	0,47	0,00	0,00	0,00	7,00	0,00
B1349	Vnější patrový nosník - IPE200	1,750	CO1/5	-37,91	0,00	0,00	0,00	1,50	-5,82
B1352	Vnější patrový nosník - IPE200	1,750	CO2/2	-9,62	0,00	0,00	0,00	1,50	3,88

Tabulka 7.10: Vnitřní síly – vnější patrový nosník – varianta „A“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnější patrový nosník - IPE200

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1331	Vnější patrový nosník - IPE200	S 355	CO8/3	1,750	0,96	0,27	0,96
B1349	Vnější patrový nosník - IPE200	S 355	CO8/3	1,750	0,66	0,37	0,66
B1331	Vnější patrový nosník - IPE200	S 355	CO8/3	0,000	0,96	0,10	0,96

Tabulka 7.11: Posouzení MSÚ – vnější patrový nosník – varianta „A“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP
Vrstva : Vnější patrový nosník

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1352	1,750	CO22/21	-11,1	1/316	-0,5	1/7214	0,63	0,03
B1349	1,750	CO21/22	16,6	1/211	-0,5	1/7214	0,95	0,03
B1340	1,750	CO34/23	8,1	1/430	-1,6	1/2247	0,47	0,09
B1329	0,000	CO21/22	0,0	0	0,0	0	0,00	0,00
B1329	1,750	CO23/18	0,0	1/10000	-1,6	1/2247	0,00	0,09

Tabulka 7.12: Posouzení MSP – vnější patrový nosník – varianta „A“

7.1.5 Vnitřní patrový nosník

Vnitřní patrový nosník je namáhán zejména ohybovým momentem a posouvající silou. Pro kombinace s převažujícím zatížením větrem je opět významná i normálová síla. Proto je u tohoto prvku v mezním stavu únosnosti posouzení pevnosti a stability na shodné úrovni. Průřez je navržen zejména s ohledem na mezní stav použitelnosti, v MSÚ je navržen na 55 %. Posouzení v MSP pak vychází 90 %.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnitřní patrový nosník - IPE180

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1410	Vnitřní patrový nosník - IPE180	0,000	CO8/3	-25,62	0,36	9,55	-0,02	0,00	0,00
B1413	Vnitřní patrový nosník - IPE180	0,000	CO2/2	25,92	-0,01	1,55	0,01	0,00	0,00
B1424	Vnitřní patrový nosník - IPE180	0,785	CO10/14	2,11	-2,39	-0,57	-0,09	0,29	0,07
B1440	Vnitřní patrový nosník - IPE180	1,571	CO10/14	0,87	2,61	0,28	-0,01	-0,18	-1,90
B1395	Vnitřní patrový nosník - IPE180	2,000	CO18/8	-2,28	-0,14	-24,98	-0,01	-32,03	-0,05
B1409	Vnitřní patrový nosník - IPE180	0,000	CO17/11	-2,18	0,01	18,51	0,00	0,00	0,00
B1323	Vnitřní patrový nosník - IPE180	0,785	CO17/11	-0,17	0,06	-2,01	-0,28	0,83	-0,01
B1323	Vnitřní patrový nosník - IPE180	3,142	CO19/9	-0,52	-0,18	1,91	0,29	-0,55	0,06
B1409	Vnitřní patrový nosník - IPE180	1,000	CO17/11	-1,46	-0,02	-0,35	0,00	18,39	0,01
B1440	Vnitřní patrový nosník - IPE180	1,571	CO10/14	0,82	-2,29	-0,57	-0,10	-0,15	-1,90
B1440	Vnitřní patrový nosník - IPE180	3,142	CO10/14	2,06	1,83	-0,67	-0,03	-0,49	1,54

Tabulka 7.13: Vnitřní síly – vnitřní patrový nosník – varianta „A“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnitřní patrový nosník - IPE180

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1411	Vnitřní patrový nosník - IPE180	S 355	CO6/6	2,000	0,55	0,54	0,55
B1395	Vnitřní patrový nosník - IPE180	S 355	CO18/8	2,000	0,54	0,54	0,49
B1411	Vnitřní patrový nosník - IPE180	S 355	CO6/6	2,000	0,55	0,54	0,55

Tabulka 7.14: Posouzení MSÚ – vnitřní patrový nosník – varianta „A“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP
Vrstva : Vnitřní patrový nosník

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1440	3,927	CO30/17	-5,2	1/302	-1,4	1/3393	0,66	0,06
B1440	2,356	CO28/24	6,8	1/230	1,6	1/3039	0,87	0,07
B1361	0,000	CO33/25	0,0	0	-9,0	1/222	0,00	0,90
B1440	2,356	CO25/26	0,4	1/3841	2,8	1/1712	0,05	0,12

Tabulka 7.15: Posouzení MSP – vnitřní patrový nosník – varianta „A“

7.1.6 Diagonální ztužidlo

U diagonálního ztužidla se ukázala jako rozhodující tlaková normálová síla, prvek není vůbec namáhán ohybovým momentem. Z tohoto důvodu je u posouzení na mezní stav únosnosti rozhodující zejména stabilita. Průřez je v MSÚ navržen na 91 %. Mezní stav použitelnosti není pro tento typ prvku významný.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS

Výběr : Vše

Třída : Všechny MSU

Průřez : Diagonální ztužidlo - Trubka (152; 9)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1452	Diagonální ztužidlo - Trubka	0,000	CO10/14	-269,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B1455	Diagonální ztužidlo - Trubka	7,050	CO10/14	241,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B1447	Diagonální ztužidlo - Trubka	0,000	CO1/5	-132,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabulka 7.16: Vnitřní síly – diagonální ztužidlo – varianta „A“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez

Výběr : Vše

Třída : Všechny MSU

Průřez : Diagonální ztužidlo - Trubka (152; 9)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1452	Diagonální ztužidlo - Trubka	S 355	CO10/14	0,000	0,91	0,19	0,91
B1452	Diagonální ztužidlo - Trubka	S 355	CO10/14	0,000	0,91	0,19	0,91
B1452	Diagonální ztužidlo - Trubka	S 355	CO10/14	0,000	0,91	0,19	0,91

Tabulka 7.17: Posouzení MSÚ – diagonální ztužidlo – varianta „A“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS

Výběr : Vše

Třída : Všechny MSP

Vrstva : Diagonální ztužidlo

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1457	7,050	CO29/27	0,0	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00
B1463	6,679	CO28/24	0,0	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00
B1447	6,679	CO28/24	0,0	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00
B1454	7,050	CO29/27	0,0	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00
B1470	6,679	CO28/24	0,0	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00
B1447	5,195	CO22/21	0,0	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00
B1447	7,050	CO22/21	0,0	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00
B1457	6,679	CO28/24	0,0	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00

Tabulka 7.18: Posouzení MSP – diagonální ztužidlo – varianta „A“

7.2 Varianta „B“

7.2.1 Vnější sloup

Pro prvek vnějšího sloupu se ukázala jako rozhodující tlaková normálová síla. Proto je u posouzení na mezní stav únosnosti rozhodující stabilita. Průřez je v MSÚ navržen na 98 %. Mezní stav použitelnosti není pro tento prvek podstatný.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnější sloup - Trubka (660; 30)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1150	Vnější sloup - Trubka	0,000	CO11/6	-1457,25	-2,75	-8,96	0,00	0,00	0,00
B1150	Vnější sloup - Trubka	6,120	CO1/7	1193,53	-15,57	-1,73	0,00	-10,62	-17,53
B1149	Vnější sloup - Trubka	30,600	CO8/8	8,32	-22,95	2,47	-0,26	10,16	-31,02
B1147	Vnější sloup - Trubka	30,600	CO11/6	-26,58	19,66	0,20	0,00	1,56	7,85
B1149	Vnější sloup - Trubka	12,240	CO12/9	-671,94	5,06	-18,55	16,86	-44,87	17,04
B1149	Vnější sloup - Trubka	24,480	CO11/6	-150,06	-13,17	19,94	4,78	-30,76	21,17
B1149	Vnější sloup - Trubka	0,000	CO10/10	834,89	8,11	0,09	-2,75	0,00	0,00
B1149	Vnější sloup - Trubka	0,000	CO12/9	-702,13	-2,46	11,71	18,94	0,00	0,00
B1148	Vnější sloup - Trubka	6,120	CO10/10	-535,95	8,74	15,90	-2,38	-48,24	-8,50
B1148	Vnější sloup - Trubka	30,600	CO5/11	-72,33	2,80	8,91	0,14	37,17	8,58
B1149	Vnější sloup - Trubka	30,600	CO14/12	-27,73	-19,03	3,24	-0,12	12,05	-38,68
B1149	Vnější sloup - Trubka	12,240	CO13/13	-521,09	-10,65	17,23	13,51	-46,61	33,29

Tabulka 7.19: Vnitřní síly – vnější sloup – varianta „B“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnější sloup - Trubka (660; 30)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1147	Vnější sloup - Trubka	S 355	CO8/8	0,000	0,98	0,06	0,98
B1150	Vnější sloup - Trubka	S 355	CO11/6	6,120	0,83	0,08	0,83
B1147	Vnější sloup - Trubka	S 355	CO8/8	0,000	0,98	0,06	0,98

Tabulka 7.20: Posouzení MSÚ – vnější sloup – varianta „B“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP
Vrstva : Vnější sloupy

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1147	21,420	CO26/3	-0,1	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00
B1147	21,420	CO22/23	0,1	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00
B1148	3,060	CO29/24	0,0	1/10000	-0,1	1/10000	0,00	0,00
B1150	14,688	CO31/2	0,1	1/10000	0,1	1/10000	0,00	0,00

Tabulka 7.21: Posouzení MSP – vnější sloup – varianta „B“

7.2.2 Vnitřní schodišťový sloup

U vnitřního schodišťového sloupu se ukázala jako rozhodující tlaková normálová síla. Z tohoto důvodu je u posouzení na mezní stav únosnosti rozhodující zejména stabilita. Průřez je v MSÚ navržen na 67 %. Mezní stav použitelnosti není pro tento typ prvku významný, pouze při kombinaci se zatěžovacím stavem polovičního užitého zatížení vzniká významnější deformace, ale i v tomto případě je profil využit z 19 %.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnitřní schodišťový sloup - Trubka (219; 20)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	0,000	CO14/12	-1295,81	2,89	4,09	0,00	0,00	0,00
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	31,800	CO3/14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	22,780	CO18/15	-300,88	-2,28	5,51	0,00	0,22	7,97
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	24,480	CO19/16	-127,92	7,75	-1,36	0,00	3,92	-6,39
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	24,480	CO16/17	-127,92	7,72	-1,45	0,00	4,43	-6,21
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	0,000	CO6/18	-945,75	-1,95	5,80	0,00	0,00	0,00
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	0,000	CO4/19	-248,60	0,54	0,84	0,00	0,00	0,00
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	1,530	CO17/20	-1256,73	2,88	4,07	0,00	-16,32	-1,72
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	21,930	CO14/12	-429,51	2,91	3,60	0,00	15,12	-1,58
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	21,080	CO17/20	-452,15	2,90	3,57	0,00	1,96	-15,32
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	29,070	CO14/12	-143,48	4,66	2,18	0,00	-0,80	17,92

Tabulka 7.22: Vnitřní síly – vnitřní schodišťový sloup – varianta „B“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnitřní schodišťový sloup - Trubka (219; 20)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	S 355	CO17/20	8,330		0,29	0,67
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	S 355	CO17/20	1,360	0,52	0,36	0,52
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	S 355	CO17/20	8,330	0,67	0,29	0,67

Tabulka 7.23: Posouzení MSÚ – vnitřní schodišťový sloup – varianta „B“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP
Vrstva : Vnitřní sloup

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1	28,815	CO32/4	-0,1	1/8078	0,0	1/10000	0,02	0,00
B1	31,800	CO35/25	1,5	1/1036	-0,4	1/3813	0,19	0,05
B1	31,800	CO26/3	0,8	1/1876	-0,8	1/1784	0,11	0,11
B1	31,800	CO22/23	0,5	1/2826	0,2	1/8322	0,07	0,02

Tabulka 7.24: Posouzení MSP – vnitřní schodišťový sloup – varianta „B“

7.2.3 Schodišťový nosník

Schodišťový nosník je namáhán zejména ohybovým momentem a posouvající silou. Proto je u tohoto prvku v mezním stavu únosnosti posouzení pevnosti a stability na shodné úrovni. Průřez je navržen zejména s ohledem na konstrukční požadavky, v MSÚ je navržen na 37 %. Jelikož se jedná o konzolu, bude pro tento prvek mezní stav použitelnosti významný. Proto posouzení v MSP vychází 86 %.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Schodišťový stupeň - Z (50; 6; 170; 6; 6; 50)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B437	Schodišťový stupeň - Z	0,150	CO10/14	0,00	0,00	2,82	0,00	-2,10	0,00
B376	Schodišťový stupeň - Z	0,300	CO12/4	0,00	0,00	2,54	0,00	-1,70	0,00
B427	Schodišťový stupeň - Z	0,450	CO17/11	0,00	0,00	2,97	0,00	-1,71	0,00
B1111	Schodišťový stupeň - Z	0,450	CO12/4	0,00	0,00	1,09	0,00	-0,91	0,00
B255	Schodišťový stupeň - Z	1,500	CO1/5	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00
B1054	Schodišťový stupeň - Z	0,000	CO5/13	0,00	0,00	4,62	0,00	-3,96	0,00
B418	Schodišťový stupeň - Z	0,000	CO1/5	0,00	0,00	0,54	0,00	-0,57	0,00
B437	Schodišťový stupeň - Z	0,300	CO10/14	0,00	0,00	2,54	0,00	-1,70	0,00
B1131	Schodišťový stupeň - Z	1,500	CO4/15	0,00	0,00	0,61	0,00	0,00	0,00
B1130	Schodišťový stupeň - Z	0,150	CO12/4	0,00	0,00	1,20	0,00	-1,25	0,00
B430	Schodišťový stupeň - Z	0,150	CO14/7	0,00	0,00	3,73	0,00	-2,72	0,00

Tabulka 7.25: Vnitřní síly – schodišťový nosník – varianta „B“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Schodišťový stupeň - Z (50; 6; 170; 6; 6; 50)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1054	Schodišťový stupeň - Z	S 355	CO5/13	0,000	0,37	0,32	0,37
B1054	Schodišťový stupeň - Z	S 355	CO5/13	0,000	0,37	0,32	0,37
B1054	Schodišťový stupeň - Z	S 355	CO5/13	0,000	0,37	0,32	0,37

Tabulka 7.26: Posouzení MSÚ – schodišťový nosník – varianta „B“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP
Vrstva : Schodišťový nosník

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1054	1,500	CO25/26	-6,5	1/233	-3,6	1/413	0,86	0,48
B389	0,600	CO33/25	0,8	1/1798	-0,7	1/2010	0,11	0,10
B353	0,600	CO32/19	0,8	1/1798	-1,0	1/1512	0,11	0,13
B1054	1,500	CO32/19	-6,5	1/233	-4,6	1/326	0,86	0,61
B293	1,500	CO28/24	0,0	0	0,3	1/4552	0,00	0,04

Tabulka 7.27: Posouzení MSP – schodišťový nosník – varianta „B“

7.2.4 Vnější patrový nosník

Vnější patrový nosník je namáhán ohybovým momentem a posouvající silou. Pro kombinace s převažujícím zatížením větrem je opět významná i normálová síla. Proto je u tohoto prvku v mezním stavu únosnosti posouzení pevnosti a stability na shodné úrovni. V MSÚ je navržen na 98 %. Posouzení v MSP pak vychází 96 %.

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

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1158	Vnější patrový nosník - IPE360	0,000	CO9/21	-58,68	-1,87	2,07	0,00	0,00	0,00
B1170	Vnější patrový nosník - IPE360	0,000	CO13/13	90,47	2,75	10,37	-0,01	0,00	0,00
B1175	Vnější patrový nosník - IPE360	0,000	CO2/22	3,66	-21,91	3,70	0,00	0,00	0,00
B1175	Vnější patrový nosník - IPE360	5,250	CO2/22	28,96	21,91	-3,70	0,00	0,00	0,00
B1157	Vnější patrový nosník - IPE360	5,250	CO5/11	14,52	0,00	-28,04	0,00	0,00	0,00
B1157	Vnější patrový nosník - IPE360	0,000	CO5/11	14,52	0,00	28,04	0,00	0,00	0,00
B1158	Vnější patrový nosník - IPE360	0,000	CO11/6	89,69	1,63	10,37	-0,01	0,00	0,00
B1159	Vnější patrový nosník - IPE360	0,000	CO12/9	21,01	-12,44	5,00	0,01	0,00	0,00
B1166	Vnější patrový nosník - IPE360	2,000	CO8/8	31,92	3,64	-10,37	0,00	0,00	0,00
B1157	Vnější patrový nosník - IPE360	2,625	CO5/11	14,52	0,00	0,00	0,00	36,80	0,00
B1175	Vnější patrový nosník - IPE360	2,625	CO2/22	16,31	0,00	0,00	0,00	4,86	-28,76
B1179	Vnější patrový nosník - IPE360	2,625	CO2/22	13,80	0,00	0,00	0,00	4,86	22,14

Tabulka 7.28: Vnitřní síly – vnější patrový nosník – varianta „B“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnější patrový nosník - IPE360

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1171	Vnější patrový nosník - IPE360	S 355	CO11/6	2,625	0,69	0,39	0,69
B1175	Vnější patrový nosník - IPE360	S 355	CO11/6	2,625	0,49	0,43	0,49
B1171	Vnější patrový nosník - IPE360	S 355	CO11/6	2,625	0,69	0,39	0,69

Tabulka 7.29: Posouzení MSÚ – vnější patrový nosník – varianta „B“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP
Vrstva : vnější nosník

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1179	2,625	CO22/23	-19,4	1/271	-0,4	1/10000	0,74	0,02
B1175	2,625	CO22/23	25,2	1/208	-0,4	1/10000	0,96	0,02
B1175	2,625	CO33/26	-5,8	1/902	-2,2	1/2378	0,22	0,08
B1157	0,000	CO21/5	0,0	0	0,0	0	0,00	0,00
B1157	2,625	CO23/27	0,0	1/10000	-2,2	1/2378	0,00	0,08

Tabulka 7.30: Posouzení MSP – vnější patrový nosník – varianta „B“

7.2.5 Vnitřní patrový nosník

Vnitřní patrový nosník je namáhán zejména ohybovým momentem a posouvající silou. Pro kombinace s převažujícím zatížením větrem je opět významná i normálová síla. Proto je u tohoto prvku v mezním stavu únosnosti posouzení pevnosti a stability na shodné úrovni. Průřez je navržen zejména s ohledem na mezní stav únosnosti, v MSÚ je navržen na 88 %. Posouzení v MSP pak vychází 40 %.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS

Výběr : Vše

Třída : Všechny MSU

Průřez : Vnitřní patrový nosník - IPE330

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1228	Vnitřní patrový nosník - IPE330	1,641	CO13/13	-84,92	-6,54	-0,85	0,00	4,16	13,76
B1226	Vnitřní patrový nosník - IPE330	0,000	CO11/6	68,22	-6,56	18,68	0,03	-29,82	-4,12
B1239	Vnitřní patrový nosník - IPE330	1,641	CO12/9	-25,72	-13,61	-5,15	-0,04	20,00	28,62
B1243	Vnitřní patrový nosník - IPE330	0,000	CO12/9	30,33	41,52	0,97	-0,05	0,10	-30,98
B1187	Vnitřní patrový nosník - IPE330	3,744	CO14/12	12,72	0,32	-27,34	0,00	0,00	0,00
B1237	Vnitřní patrový nosník - IPE330	0,000	CO17/20	-19,94	-3,74	24,60	-0,04	-39,55	-2,90
B1243	Vnitřní patrový nosník - IPE330	0,000	CO18/15	18,16	25,24	0,93	-0,07	0,13	-18,84
B1245	Vnitřní patrový nosník - IPE330	0,000	CO6/18	-0,62	0,71	1,28	0,07	-0,07	-0,27
B1223	Vnitřní patrový nosník - IPE330	1,641	CO18/15	37,13	5,10	22,50	0,01	37,80	8,37
B1245	Vnitřní patrový nosník - IPE330	1,123	CO12/9	-5,66	40,03	-0,97	0,05	0,10	30,06

Tabulka 7.31: Vnitřní síly – vnitřní patrový nosník – varianta „B“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez

Výběr : Vše

Třída : Všechny MSU

Průřez : Vnitřní patrový nosník - IPE330

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1224	Vnitřní patrový nosník - IPE330	S 355	CO11/6	1,641	0,88	0,48	0,88
B1245	Vnitřní patrový nosník - IPE330	S 355	CO12/9	1,123	0,86	0,86	0,35
B1224	Vnitřní patrový nosník - IPE330	S 355	CO11/6	1,641	0,88	0,48	0,88

Tabulka 7.32: Posouzení MSÚ – vnitřní patrový nosník – varianta „B“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS

Výběr : Vše

Třída : Všechny MSP

Vrstva : Vnitřní nosník

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1227	1,992	CO30/1	-7,5	1/499	-0,7	1/5024	0,40	0,04
B1238	0,821	CO30/1	1,4	1/1195	-0,1	1/10000	0,17	0,01
B1236	3,744	CO32/4	0,0	0	-5,6	1/667	0,00	0,39
B1190	1,641	CO22/23	0,0	0	0,3	1/5148	0,00	0,04

Tabulka 7.33: Posouzení MSP – vnitřní patrový nosník – varianta „B“

7.2.6 Diagonální ztužidlo

U diagonálního ztužidla se ukázala jako rozhodující tlaková normálová síla, tento typ prvku není namáhán ohybovými momenty. Z tohoto důvodu je u posouzení na mezní stav únosnosti rozhodující zejména stabilita. Průřez je v MSÚ navržen na 96 %. Mezní stav použitelnosti není pro tento typ prvku významný.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Diagonální ztužidlo - Trubka (168; 13)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1257	Diagonální ztužidlo - Trubka	0,000	CO8/8	-395,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B1258	Diagonální ztužidlo - Trubka	8,063	CO1/7	404,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B1247	Diagonální ztužidlo - Trubka	0,000	CO1/7	-359,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabulka 7.34: Vnitřní síly – diagonální ztužidlo – varianta „B“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Diagonální ztužidlo - Trubka (168; 13)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1257	Diagonální ztužidlo - Trubka	S 355	CO8/8	0,000	0,96	0,18	0,96
B1258	Diagonální ztužidlo - Trubka	S 355	CO1/7	8,063	0,19	0,19	0,00
B1257	Diagonální ztužidlo - Trubka	S 355	CO8/8	0,000	0,96	0,18	0,96

Tabulka 7.35: Posouzení MSÚ – diagonální ztužidlo – varianta „B“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP
Vrstva : ztužidla

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1256	4,244	CO31/2	0,0	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00
B1256	0,424	CO31/2	0,0	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00
B1254	4,244	CO31/2	0,0	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00
B1291	6,009	CO30/1	0,0	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00
B1287	6,009	CO22/23	0,0	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00
B1287	3,219	CO22/23	0,0	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00
B1287	3,863	CO22/23	0,0	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00
B1287	0,429	CO22/23	0,0	1/10000	0,0	1/10000	0,00	0,00

Tabulka 7.36: Posouzení MSP – diagonální ztužidlo – varianta „B“

7.3 Varianta „C“

7.3.1 Vnější sloup

Pro prvek vnějšího sloupu se ukázala jako rozhodující tlaková normálová síla. Proto je u posouzení na mezní stav únosnosti rozhodující stabilita. Průřez je v MSÚ navržen na 84 %. Mezní stav použitelnosti není pro tento prvek podstatný.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnější sloup - Trubka (406; 28)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1147	Vnější sloup - Trubka	0,000	CO10/1	-1071,74	4,53	-0,13	0,00	0,00	0,00
B1146	Vnější sloup - Trubka	6,120	CO1/2	1213,05	-8,03	-0,02	0,36	-0,11	-10,08
B1146	Vnější sloup - Trubka	30,600	CO8/3	-17,12	-14,65	-0,02	0,12	0,02	-25,84
B1269	Vnější sloup - Trubka	3,060	CO1/2	11,08	10,07	-5,22	1,97	13,04	-9,68
B1269	Vnější sloup - Trubka	18,360	CO11/4	-184,12	-5,56	-17,83	-1,03	22,11	7,66
B1270	Vnější sloup - Trubka	24,480	CO11/4	-89,84	-1,75	10,94	0,00	-9,31	0,69
B1269	Vnější sloup - Trubka	0,000	CO13/5	-294,07	-2,56	-11,23	-4,36	0,00	0,00
B1269	Vnější sloup - Trubka	0,000	CO9/6	-233,08	-1,62	1,76	1,97	0,00	0,00
B1269	Vnější sloup - Trubka	30,600	CO14/7	-100,08	-9,69	-11,19	0,68	-48,63	-32,34
B1269	Vnější sloup - Trubka	12,240	CO17/8	-317,99	-4,98	-13,74	-1,14	27,82	12,98
B1146	Vnější sloup - Trubka	30,600	CO14/7	-43,17	-13,48	-0,03	0,11	0,02	-32,44
B1146	Vnější sloup - Trubka	6,120	CO17/8	-510,16	-6,79	-0,02	-0,39	0,02	22,03

Tabulka 7.37: Vnitřní síly – vnější sloup – varianta „C“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnější sloup - Trubka (406; 28)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1145	Vnější sloup - Trubka	S 355	CO9/6	0,000	0,84	0,09	0,84
B1146	Vnější sloup - Trubka	S 355	CO1/2	6,120	0,11	0,11	0,09
B1145	Vnější sloup - Trubka	S 355	CO9/6	0,000	0,84	0,09	0,84

Tabulka 7.38: Posouzení MSÚ – vnější sloup – varianta „C“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP
Průřez : Vnější sloup - Trubka (406; 28)

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1271	31,800	CO26/10	-0,4	1/2717	0,0	0	0,07	0,00
B1146	28,764	CO35/21	0,2	1/10000	0,0	1/10000	0,01	0,00
B1271	31,800	CO22/11	0,1	1/10000	0,0	0	0,02	0,00
B1269	13,770	CO32/12	-0,1	1/10000	-0,1	1/10000	0,00	0,01
B1269	29,070	CO35/21	0,1	1/10000	0,2	1/10000	0,01	0,02

Tabulka 7.39: Posouzení MSP – vnější sloup – varianta „C“

7.3.2 Vnitřní schodišťový sloup

U vnitřního schodišťového sloupu se ukázala jako rozhodující tlaková normálová síla. Z tohoto důvodu je u posouzení na mezní stav únosnosti rozhodující zejména stabilita. Průřez je v MSÚ navržen na 83 %. Mezní stav použitelnosti není pro tento typ prvku významný, pouze při kombinaci se zatěžovacím stavem polovičního užitého zatížení vzniká významnější deformace, ale i v tomto případě je profil využit z 26 %.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnitřní schodišťový sloup - Trubka (194; 18)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	0,000	CO14/7	-1212,67	1,89	4,71	0,00	0,00	0,00
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	31,800	CO17/8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	31,667	CO8/3	-0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	24,480	CO17/8	-243,82	4,28	2,98	0,00	5,41	-7,08
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	24,480	CO19/14	-146,95	3,30	-2,84	0,00	2,62	-4,37
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	0,000	CO18/15	-776,89	0,73	7,66	0,00	0,00	0,00
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	0,000	CO4/16	-235,04	0,33	0,99	0,00	0,00	0,00
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	1,700	CO14/7	-1169,82	1,89	4,71	0,00	-16,19	-0,03
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	21,930	CO17/8	-394,89	2,72	4,01	0,00	14,97	-1,77
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	8,840	CO17/8	-901,60	3,32	3,58	0,00	2,01	-15,24
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	29,070	CO14/7	-126,83	4,22	2,98	0,00	0,91	16,91

Tabulka 7.40: Vnitřní síly – vnitřní schodišťový sloup – varianta „C“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnitřní schodišťový sloup - Trubka (194; 18)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	S 355	CO17/8	8,330	0,83	0,36	0,83
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	S 355	CO14/7	1,360	0,69	0,45	0,69
B1	Vnitřní schodišťový sloup - Trubka	S 355	CO17/8	8,330	0,83	0,36	0,83

Tabulka 7.41: Posouzení MSÚ – vnitřní schodišťový sloup – varianta „C“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP
Průřez : Vnitřní schodišťový sloup - Trubka (194; 18)

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1	28,815	CO32/12	-0,2	1/5332	0,0	1/10000	0,04	0,00
B1	31,800	CO35/21	2,0	1/775	-0,4	1/3360	0,26	0,06
B1	31,800	CO23/22	1,9	1/821	-0,4	1/3352	0,24	0,06
B1	1,785	CO32/12	0,0	1/10000	0,2	1/5386	0,00	0,04

Tabulka 7.42: Posouzení MSP – vnitřní schodišťový sloup – varianta „C“

7.3.3 Schodišťový nosník

Schodišťový nosník je namáhán zejména ohybovým momentem a posouvající silou. Proto je u tohoto prvku v mezním stavu únosnosti posouzení pevnosti a stability na shodné úrovni. Průřez je navržen zejména s ohledem na konstrukční požadavky, v MSÚ je navržen na 37 %. Jelikož se jedná o konzolu, bude pro tento prvek mezní stav použitelnosti významný. Proto posouzení v MSP vychází 86 %.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Schodišťový stupeň - Z (50; 6; 170; 6; 6; 50)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B437	Schodišťový stupeň - Z	0,150	CO10/14	0,00	0,00	2,82	0,00	-2,10	0,00
B376	Schodišťový stupeň - Z	0,300	CO12/4	0,00	0,00	2,54	0,00	-1,70	0,00
B427	Schodišťový stupeň - Z	0,450	CO17/11	0,00	0,00	2,97	0,00	-1,71	0,00
B1111	Schodišťový stupeň - Z	0,450	CO12/4	0,00	0,00	1,09	0,00	-0,91	0,00
B255	Schodišťový stupeň - Z	1,500	CO1/5	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00
B1054	Schodišťový stupeň - Z	0,000	CO5/13	0,00	0,00	4,62	0,00	-3,96	0,00
B418	Schodišťový stupeň - Z	0,000	CO1/5	0,00	0,00	0,54	0,00	-0,57	0,00
B437	Schodišťový stupeň - Z	0,300	CO10/14	0,00	0,00	2,54	0,00	-1,70	0,00
B1131	Schodišťový stupeň - Z	1,500	CO4/15	0,00	0,00	0,61	0,00	0,00	0,00
B1130	Schodišťový stupeň - Z	0,150	CO12/4	0,00	0,00	1,20	0,00	-1,25	0,00
B430	Schodišťový stupeň - Z	0,150	CO14/7	0,00	0,00	3,73	0,00	-2,72	0,00

Tabulka 7.43: Vnitřní síly – schodišťový nosník – varianta „C“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Schodišťový stupeň - Z (50; 6; 170; 6; 6; 50)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1054	Schodišťový stupeň - Z	S 355	CO5/13	0,000	0,37	0,32	0,37
B1054	Schodišťový stupeň - Z	S 355	CO5/13	0,000	0,37	0,32	0,37
B1054	Schodišťový stupeň - Z	S 355	CO5/13	0,000	0,37	0,32	0,37

Tabulka 7.44: Posouzení MSÚ – schodišťový nosník – varianta „C“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP
Vrstva : Schodišťový nosník

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1054	1,500	CO25/26	-6,5	1/233	-3,6	1/413	0,86	0,48
B389	0,600	CO33/25	0,8	1/1798	-0,7	1/2010	0,11	0,10
B353	0,600	CO32/19	0,8	1/1798	-1,0	1/1512	0,11	0,13
B1054	1,500	CO32/19	-6,5	1/233	-4,6	1/326	0,86	0,61
B293	1,500	CO28/24	0,0	0	0,3	1/4552	0,00	0,04

Tabulka 7.45: Posouzení MSP – schodišťový nosník – varianta „C“

7.3.4 Vnější patrový nosník

Vnější patrový nosník je namáhán ohybovým momentem a posouvající silou. Pro kombinace s převažujícím zatížením větrem je opět významná i normálová síla. Proto je u tohoto prvku v mezním stavu únosnosti posouzení pevnosti a stability na shodné úrovni. V MSÚ je navržen na 55 %. Posouzení v MSP pak vychází 85 %.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnější patrový nosník - IPE240

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1163	Vnější patrový nosník - IPE240	0,000	CO8/3	-21,83	2,19	14,68	0,00	0,00	0,00
B1303	Vnější patrový nosník - IPE240	0,000	CO9/6	17,24	-3,83	14,68	0,00	0,00	0,00
B1436	Vnější patrový nosník - IPE240	0,000	CO2/17	-14,01	-7,98	2,76	0,00	0,00	0,00
B1436	Vnější patrový nosník - IPE240	4,285	CO2/17	-4,80	7,98	-2,76	0,00	0,00	0,00
B1163	Vnější patrový nosník - IPE240	4,285	CO5/18	-9,69	0,00	-19,38	0,00	0,00	0,00
B1163	Vnější patrový nosník - IPE240	0,000	CO5/18	-9,69	0,00	19,38	0,00	0,00	0,00
B1163	Vnější patrový nosník - IPE240	0,000	CO17/8	-14,29	-3,41	19,38	-0,01	0,00	0,00
B1302	Vnější patrový nosník - IPE240	0,000	CO17/8	-2,20	-2,28	19,38	0,00	0,00	0,00
B1417	Vnější patrový nosník - IPE240	0,000	CO9/6	-2,17	2,82	14,68	0,00	0,00	0,00
B1163	Vnější patrový nosník - IPE240	2,143	CO5/18	-9,69	0,00	0,00	0,00	20,76	0,00
B1436	Vnější patrový nosník - IPE240	2,143	CO2/17	-9,41	0,00	0,00	0,00	2,96	-8,54
B1438	Vnější patrový nosník - IPE240	2,143	CO2/17	6,35	0,00	0,00	0,00	2,96	6,58

Tabulka 7.46: Vnitřní síly – vnější patrový nosník – varianta „C“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnější patrový nosník - IPE240

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1441	Vnější patrový nosník - IPE240	S 355	CO11/4	2,999	0,55	0,28	0,55
B1436	Vnější patrový nosník - IPE240	S 355	CO11/4	2,142	0,54	0,34	0,54
B1441	Vnější patrový nosník - IPE240	S 355	CO11/4	2,999	0,55	0,28	0,55

Tabulka 7.47: Posouzení MSÚ – vnější patrový nosník – varianta „C“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP
Průřez : Vnější patrový nosník - IPE240

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1438	2,143	CO22/11	-14,1	1/304	-0,7	1/5987	0,66	0,03
B1436	2,143	CO22/11	18,3	1/234	-0,7	1/5987	0,85	0,03
B1163	2,143	CO32/12	-3,0	1/1421	-3,4	1/1252	0,14	0,16
B1163	0,000	CO21/13	0,0	0	0,0	0	0,00	0,00
B1163	2,143	CO24/24	0,0	1/10000	-3,4	1/1252	0,00	0,16
B1163	2,143	CO33/25	-3,0	1/1421	-3,4	1/1252	0,14	0,16

Tabulka 7.48: Posouzení MSP – vnější patrový nosník – varianta „C“

7.3.5 Vnitřní patrový nosník

Vnitřní patrový nosník je namáhán zejména ohybovým momentem a posouvající silou. Pro kombinace s převažujícím zatížením větrem je opět významná i normálová síla. Proto je u tohoto prvku v mezním stavu únosnosti posouzení pevnosti a stability na shodné úrovni. Průřez je navržen zejména s ohledem na mezní stav únosnosti, v MSÚ je navržen na 95 %. Posouzení v MSP pak vychází 64 %.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnitřní patrový nosník - IPE240

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1454	Vnitřní patrový nosník - IPE240	1,948	CO8/3	-37,30	4,08	-4,53	0,00	27,96	-2,18
B1454	Vnitřní patrový nosník - IPE240	1,948	CO2/17	52,93	-8,82	-0,22	0,00	4,03	4,70
B1429	Vnitřní patrový nosník - IPE240	1,732	CO11/4	1,25	-13,80	-7,48	0,00	9,05	11,95
B1428	Vnitřní patrový nosník - IPE240	1,732	CO11/4	-8,15	19,10	-17,26	0,00	-7,91	-2,78
B1428	Vnitřní patrový nosník - IPE240	2,598	CO17/8	-2,93	12,00	-30,95	0,01	-33,96	8,65
B1427	Vnitřní patrový nosník - IPE240	0,000	CO17/8	20,23	-2,64	58,99	-0,01	-57,24	0,77
B1395	Vnitřní patrový nosník - IPE240	0,000	CO15/19	-1,16	0,00	1,03	-0,03	0,00	0,00
B1389	Vnitřní patrový nosník - IPE240	0,000	CO10/1	-8,05	1,12	17,07	0,02	-16,42	-0,35
B1369	Vnitřní patrový nosník - IPE240	1,948	CO14/7	-9,55	-0,04	-12,83	0,00	60,52	0,13
B1435	Vnitřní patrový nosník - IPE240	3,448	CO11/4	46,15	9,37	-8,87	0,00	17,65	-9,06
B1428	Vnitřní patrový nosník - IPE240	2,598	CO11/4	-8,15	19,10	-23,20	0,00	-25,43	13,77

Tabulka 7.49: Vnitřní síly – vnitřní patrový nosník – varianta „C“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Vnitřní patrový nosník - IPE240

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1428	Vnitřní patrový nosník - IPE240	S 355	CO11/4	2,598	0,95	0,45	0,95
B1428	Vnitřní patrový nosník - IPE240	S 355	CO11/4	2,598	0,86	0,56	0,86
B1428	Vnitřní patrový nosník - IPE240	S 355	CO11/4	2,598	0,95	0,45	0,95

Tabulka 7.50: Posouzení MSÚ – vnitřní patrový nosník – varianta „C“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP
Průřez : Vnitřní patrový nosník - IPE240

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1428	2,598	CO29/23	-10,5	1/497	3,3	1/1560	0,40	0,13
B1435	3,448	CO29/23	6,9	1/721	-4,1	1/1201	0,28	0,17
B1429	1,485	CO29/23	-7,5	1/348	-0,6	1/4568	0,57	0,04
B1369	2,548	CO35/21	0,0	1/10000	-13,9	1/355	0,00	0,56
B1428	2,598	CO35/21	-6,6	1/790	4,4	1/1177	0,25	0,17
B1370	0,974	CO35/21	0,0	0	-3,1	1/314	0,00	0,64
B1428	2,598	CO35/21	-6,6	1/790	4,4	1/1177	0,25	0,17

Tabulka 7.51: Posouzení MSP – vnitřní patrový nosník – varianta „C“

7.3.6 Diagonální ztužidlo

U diagonálního ztužidla se ukázala jako rozhodující tlaková normálová síla, ohybové momenty jsou nulové. Z tohoto důvodu je u posouzení na mezní stav únosnosti rozhodující zejména stabilita. Průřez je v MSÚ navržen na 82 %. Mezní stav použitelnosti není pro tento typ prvku významný.

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Diagonální ztužidlo - Trubka (140; 8)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1249	Diagonální ztužidlo - Trubka	0,000	CO8/3	-272,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B1250	Diagonální ztužidlo - Trubka	0,000	CO1/2	265,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B1148	Diagonální ztužidlo - Trubka	0,000	CO1/2	-15,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabulka 7.52: Vnitřní síly – diagonální ztužidlo – varianta „C“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSU
Průřez : Diagonální ztužidlo - Trubka (140; 8)

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1249	Diagonální ztužidlo - Trubka	S 355	CO8/3	0,000	0,82	0,23	0,82
B1249	Diagonální ztužidlo - Trubka	S 355	CO8/3	0,000	0,82	0,23	0,82
B1249	Diagonální ztužidlo - Trubka	S 355	CO8/3	0,000	0,82	0,23	0,82

Tabulka 7.53: Posouzení MSÚ – diagonální ztužidlo – varianta „C“

Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : LSS
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP
Průřez : Diagonální ztužidlo - Trubka (140; 8)

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
B1301	0,000	CO26/10	-6,2	1/854	0,0	0	0,23	0,00
B1298	0,000	CO30/9	11,0	1/479	0,0	0	0,42	0,00
B1299	4,936	CO27/28	-0,2	1/10000	0,0	1/10000	0,01	0,00
B1261	4,607	CO28/29	-0,7	1/8067	0,0	1/10990	0,02	0,00

Tabulka 7.54: Posouzení MSP – diagonální ztužidlo – varianta „C“

8 Výkaz materiálu

Jednotlivé tabulky s hmotnostmi nosné konstrukce jsou pouze orientační a jsou převzaty z výpočetního softwaru Scia Engineer 2015. Neobsahují spojovací materiál ani vybavení rozhledny (ocelové zábradlí, podlahové rošty, ...). Tabulky slouží čistě k porovnání hmotnosti výsledné nosné konstrukce jednotlivých variant a pro toto porovnání je vybavení rozhledny zanedbatelné.

8.1 Varianta „A“

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
Celkový součet :	87637,9	858,814	1,1164e+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 ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [m ³]
Vnější sloup - Trubka (610; 25)	S 355	360,6	190,800	68802,7	365,625	7850,0	8,7647e+00
Vnitřní schodišťový sloup - Trubka (194; 18)	S 355	78,1	31,800	2484,0	19,380	7850,0	3,1643e-01
Zábradlí - CFRHS30X30X3	S 355	2,4	21,000	49,6	2,310	7850,0	6,3210e-03
Diagonální ztužidlo - Trubka (152; 9)	S 355	31,7	211,504	6711,6	100,993	7850,0	8,5498e-01
Schodišťový stupeň - Z (50; 6; 170; 6; 6; 50)	S 355	12,2	270,000	3281,0	142,560	7850,0	4,1796e-01
Vnitřní patrový nosník - IPE180	S 355	18,8	211,062	3959,8	147,295	7850,0	5,0444e-01
Vnější patrový nosník - IPE200	S 355	22,4	105,000	2349,1	80,651	7850,0	2,9925e-01

Tabulka 8.1: Výkaz materiálu pro variantu „A“

8.2 Varianta „B“

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
Celkový součet :	125356,9	1082,450	1,5969e+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 ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [m ³]
Vnější sloup - Trubka (660; 30)	S 355	466,0	190,800	88914,3	395,594	7850,0	1,1327e+01
Vnitřní schodišťový sloup - Trubka (219; 20)	S 355	98,1	31,800	3120,6	21,878	7850,0	3,9753e-01
Zábradlí - CFRHS30X30X3	S 355	2,4	21,750	51,4	2,393	7850,0	6,5467e-03
Diagonální ztužidlo - Trubka (168; 13)	S 355	47,9	338,477	16221,9	178,635	7850,0	2,0665e+00
Schodišťový nosník - Z (50; 6; 170; 6; 6; 50)	S 355	12,2	276,000	3353,9	145,728	7850,0	4,2725e-01
Vnitřní patrový nosník - IPE330	S 355	49,1	152,389	7488,5	191,089	7850,0	9,5395e-01
Vnější patrový nosník - IPE360	S 355	57,1	108,750	6206,3	147,134	7850,0	7,9061e-01

Tabulka 8.2: Výkaz materiálu pro variantu „B“

8.3 Varianta „C“

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
Celkový součet :	73306,7	831,242	9,3384e+00

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 ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [m ³]
Vnější sloup - Trubka (406; 28)	S 355	261,0	190,800	49792,0	243,350	7850,0	6,3429e+00
Vnitřní schodišťový sloup - Trubka (194; 18)	S 355	78,1	31,800	2484,0	19,380	7850,0	3,1643e-01
Zábradlí - CFRHS30X30X3	S 355	2,4	25,710	60,7	2,828	7850,0	7,7387e-03
Diagonální ztužidlo - Trubka (140; 8)	S 355	26,0	315,926	8225,9	138,945	7850,0	1,0479e+00
Schodišťový nosník - Z (50; 6; 170; 6; 6; 50)	S 355	12,2	270,000	3281,0	142,560	7850,0	4,1796e-01
Vnitřní patrový nosník - IPE240	S 355	30,7	179,760	5517,5	165,690	7850,0	7,0286e-01
Vnější patrový nosník - IPE240	S 355	30,7	128,550	3945,7	118,488	7850,0	5,0263e-01

Tabulka 8.3: Výkaz materiálu pro variantu „C“

9 Porovnání

V této kapitole jsou porovnány charakteristiky jednotlivých variant dle předem stanovených kritérií. Ta, která bude v nejvíce bodech vyhovovat kritériím, bude podrobně navržena a posouzena v další části diplomové práce. V neposlední řadě musím posoudit i estetiku konstrukce.

Po vyhodnocení všech kritérií, a to zejména z hlediska vizuální estetiky, byla pro podrobný statický osudek vybrána varianta „A“. Výběr varianty byl také konzultován s vedoucím diplomové práce, V následujících podkapitolách jsou uvedeny porovnání jednotlivých parametrů. Ve výsledku měla na výběr vítězné varianty největší podíl estetika a komfort uživatelů na výsledné posuzované konstrukci.

Varianta	Maximální vodorovná deformace	Základní vlastní frekvence	Využitelná plocha	Celková hmotnost
A	25,0 mm	2,22 Hz	27,79 m ²	87 638 kg
B	23,8 mm	2,75 Hz	26,66 m ²	125 357 kg
C	30,1 mm	2,23 Hz	26,78 m ²	73 307 kg

Tabulka 9.1: Celková porovnávací tabulka konstrukčních variant

9.1 Vodorovná deformace konstrukce

Jedním z kritérií je celková vodorovná výchylka konstrukce od nejvýznamnější kombinace zatěžovacích stavů.

Lineární výpočet, Extrém : Globální
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP

Uzel	Stav	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]
N643	CO24/25	-7,3	0,0	-7,1
N664	CO28/26	18,1	0,0	-5,2
N443	CO34/29	5,8	-5,4	-4,6
N646	CO30/19	-1,5	17,2	-4,9
N1012	CO32/22	10,1	0,6	-14,2
N936	CO22/24	-1,3	13,7	0,3

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = \sqrt{18,1^2 + 17,2^2} = 25,0 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{h_0}{500} = \frac{31\,800}{500} = 63,6 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta}{\delta_{lim}} = \frac{25,0}{63,6} = 0,39$$

Tabulka 9.2: Maximální vodorovná výchylka – varianta „A“

Lineární výpočet, Extrém : Globální
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP

Uzel	Stav	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]
N757	CO30/1	-12,9	4,2	-0,8
N756	CO31/2	10,4	17,3	-1,2
N669	CO26/3	0,2	-19,1	-6,8
N755	CO31/2	3,4	21,4	-1,2
N643	CO32/4	-5,9	-5,4	-9,2
N719	CO21/5	0,7	-14,1	0,7

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = \sqrt{10,4^2 + 21,4^2} = 23,8 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{h_0}{500} = \frac{31\,800}{500} = 63,6 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta}{\delta_{lim}} = \frac{23,8}{63,6} = 0,37$$

Tabulka 9.3: Maximální vodorovná výchylka – varianta „B“

Lineární výpočet, Extrém : Globální
Výběr : Vše
Třída : Všechny MSP

Uzel	Stav	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]
N810	CO30/20	-10,3	11,1	-1,0
N667	CO25/26	7,5	-0,4	-7,1
N793	CO26/17	7,1	-28,3	-0,6
N890	CO31/28	-2,3	12,6	-2,7
N847	CO32/21	0,2	-13,9	-14,5
N700	CO21/22	0,0	-23,2	2,2

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = \sqrt{10,3^2 + 28,3^2} = 30,1 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{h_0}{500} = \frac{31\,800}{500} = 63,6 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta}{\delta_{lim}} = \frac{30,1}{63,6} = 0,47$$

Tabulka 9.4: Maximální vodorovná výchylka – varianta „C“

Varianta	Maximální vodorovná výchylka
A	25,0 mm
B	23,8 mm
C	30,1 mm

Tabulka 9.5: Porovnání maximálních vodorovných výchylek

9.2 Vlastní frekvence konstrukce

Jedním z kritérií je celková vodorovná výchylka konstrukce od nejvýznamnější kombinace zatěžovacích stavů.

N	f [Hz]	omega [1/s]	omega ² [1/s ²]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	2,22	13,97	195,12	0,45
2	2,87	18,01	324,29	0,35
3	2,87	18,04	325,51	0,35
4	4,11	25,80	665,87	0,24

Tabulka 9.6: Vlastní frekvence – varianta „A“

N	f [Hz]	omega [1/s]	omega ² [1/s ²]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	2,75	17,28	298,47	0,36
2	3,17	19,93	397,33	0,32
3	3,18	19,96	398,34	0,31
4	3,18	19,97	398,68	0,31

Tabulka 9.7: Vlastní frekvence – varianta „B“

N	f [Hz]	omega [1/s]	omega ² [1/s ²]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	2,23	13,98	195,47	0,45
2	3,48	21,83	476,71	0,29
3	3,70	23,24	540,15	0,27
4	4,42	27,75	770,08	0,23

Tabulka 9.8: Vlastní frekvence – varianta „C“

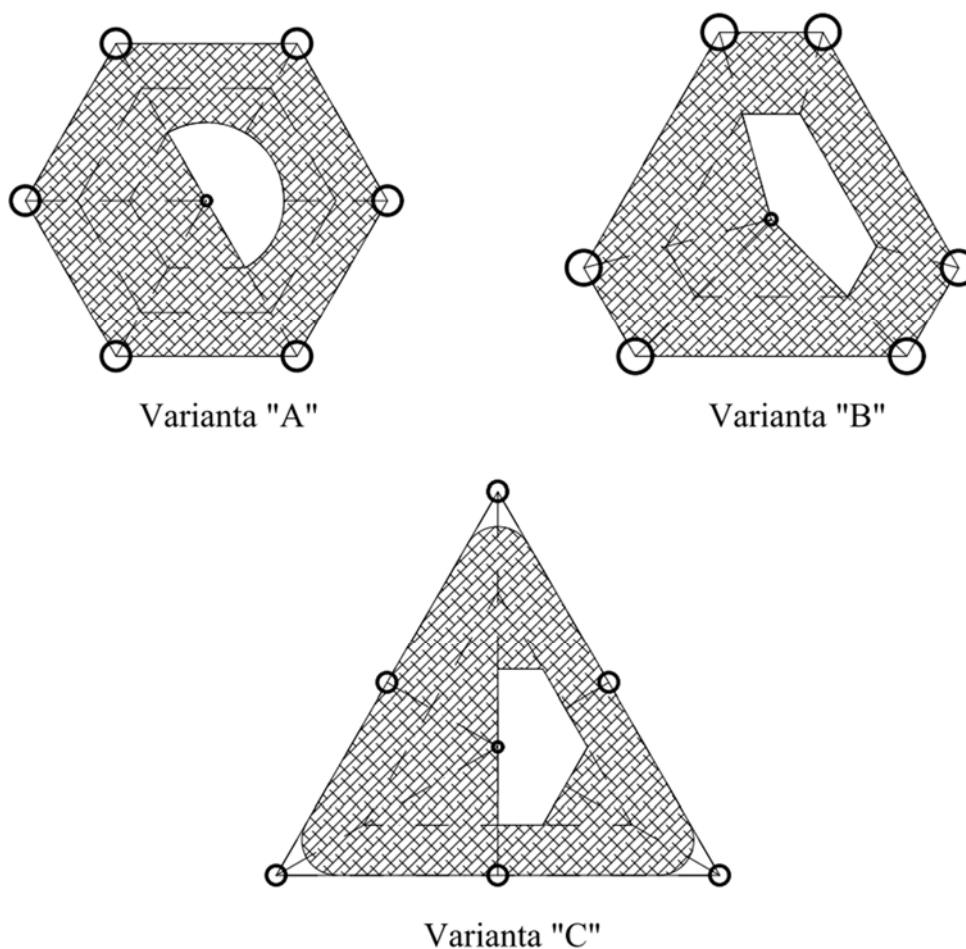
Varianta	Základní vlastní frekvence
A	2,22 Hz
B	2,75 Hz
C	2,23 Hz

Tabulka 9.9: Porovnání vlastních frekvencí

9.3 Využitelná plocha vyhlídkových plošin

Dalším významným kritériem pro vyhodnocení efektivity konstrukce je využitelná plocha vyhlídkové plošiny. Všechny varianty byly teoreticky navrženy tak, aby půdorys měl shodnou teoretickou plochu. Zejména po návrhu profilu vnějších sloupů se plocha zmenšila. Zmenšení uvažují také u trojúhelníkového půdorysu v jeho „špičkách“.

Schematické znázornění využitelných ploch jednotlivých půdorysů viz Obrázek 9.1. Vyčíslení těchto ploch je pak zapsáno do tabulky (Tabulka 9.10).



Obrázek 9.1: Využitelné plochy vyhlídkových plošin

Varianta	Využitelná plocha plošiny
A	27,790 m ²
B	26,660 m ²
C	26,780 m ²

Tabulka 9.10: Porovnání využitelných ploch

9.4 Spotřeba materiálu

Následující jednoduchá tabulka ukazuje rozdíly v hmotnosti jednotlivých konstrukčních variant. Hmotnosti jsou převzaty z kapitoly 8 této studie.

Varianta	Celková hmotnost konstrukce
A	87 638 kg
B	125 357 kg
C	73 307 kg

Tabulka 9.11: Porovnání hmotností konstrukčních variant

10 Závěr

Ve studii byly zkonstruovány a namodelovány tři varianty řešení ocelové nosné konstrukce rozhledny na kopci Růžovský vrch. U všech byla jako hlavní materiál použita ocel pevnostní třídy S 355. Méně významné a nenosné části (např. zábradlí, podlahové rošty, ...) jsou pak z materiálu méně únosného, zejména dle specifik výrobce daných dílců.

Z hlediska vodorovné deformace zvítězila varianta „B“ s deformací 23,8 mm, v těsném závěsu za ní je varianta „A“. Vlastní frekvence mají všechny tři varianty podobné, ale jako nejméně vhodná se ukázala varianta „B“. Ve využitelnosti plošin jednoznačně vede varianta „A“. Nejrozdílnější výsledky jsou ovšem ve hmotnosti nosné konstrukce, tam zvítězila varianta C, která je oproti ostatním výrazně lehčí. Jediný problém u varianty „C“ je v tom, že v půdorysu vyhlídkových plošin se nachází místo, kde by mohl vznikat problém v pohybu návštěvníků. Z hlediska komfortu uživatelů je na první příčce jednoznačně varianta „A“, která umožňuje výhled do všech světových stran a plošina je dostatečně prostorná k tomu, aby se na návštěvníci vyhnuli.

Po vyhodnocení kritérií, která jsme si na začátku určili, byla vybrána pro podrobný statický výpočet varianta „A“. Tato varianta bude ještě upravena tak, aby odpovídala nárokům na architektonickou estetiku a komfort pro uživatele (tzn. výhled do všech světových stran a zastřešení).

11 Rejstřík obrázků a tabulek

Seznam obrázků:

Obrázek 3.1: 3D zobrazení modelu – Varianta „A“	8
Obrázek 3.2: Schéma drátěného 3D modelu – Varianta „A“	9
Obrázek 3.3: Pohledy ve směru osy X, Y a Z – Varianta „A“	10
Obrázek 3.4: 3D zobrazení modelu – Varianta „B“	12
Obrázek 3.5: Schéma drátěného 3D modelu – Varianta „B“	13
Obrázek 3.6: Pohledy ve směru osy X, Y a Z – Varianta „B“	14
Obrázek 3.7: 3D zobrazení modelu – Varianta „C“	16
Obrázek 3.8: Schéma drátěného 3D modelu – Varianta „C“	17
Obrázek 3.9: Pohledy ve směru os X, Y a Z – Varianta „C“	18
Obrázek 5.1: Větrná pásma po výšce konstrukcí.....	22
Obrázek 5.2: Umístění konstrukce na mapě větrných oblastí	23
Obrázek 5.3: Označení povrchů – Varianta „A“	27
Obrázek 5.4: Označení povrchů – Varianta „B“	27
Obrázek 5.5: Označení povrchů – Varianta „C“	27
Obrázek 9.1: Využitelné plochy vyhlídkových plošin	56

Seznam tabulek:

Tabulka 5.1: Tabulka pásem pro zatížení větrem.....	22
Tabulka 5.2: Výpočet maximálního dynamického tlaku.....	24
Tabulka 5.3: Výpočet tlaku větru na povrchy	26
Tabulka 6.1: Zatěžovací stavy – varianta „A“	28
Tabulka 6.2: Zatěžovací stavy – varianta „B“	29
Tabulka 6.3: Zatěžovací stavy – varianta „C“	29
Tabulka 6.4: MSÚ – Výpis kombinací a součinitelů.....	31
Tabulka 6.5: MSP – Výpis kombinací a součinitelů	33
Tabulka 7.1: Vnitřní síly – vnější sloup – varianta „A“	34
Tabulka 7.2: Posouzení MSÚ – vnější sloup – varianta „A“	34
Tabulka 7.3: Posouzení MSP – vnější sloup – varianta „A“	34
Tabulka 7.4: Vnitřní síly – vnitřní schodišťový sloup – varianta „A“	35
Tabulka 7.5: Posouzení MSÚ – vnitřní schodišťový sloup – varianta „A“	35
Tabulka 7.6: Posouzení MSP – vnitřní schodišťový sloup – varianta „A“	35



Tabulka 7.7: Vnitřní síly – schodišťový nosník – varianta „A“	36
Tabulka 7.8: Posouzení MSÚ – schodišťový nosník – varianta „A“	36
Tabulka 7.9: Posouzení MSP – schodišťový nosník – varianta „A“	36
Tabulka 7.10: Vnitřní síly – vnější patrový nosník – varianta „A“	37
Tabulka 7.11: Posouzení MSÚ – vnější patrový nosník – varianta „A“	37
Tabulka 7.12: Posouzení MSP – vnější patrový nosník – varianta „A“	37
Tabulka 7.13: Vnitřní síly – vnitřní patrový nosník – varianta „A“	38
Tabulka 7.14: Posouzení MSÚ – vnitřní patrový nosník – varianta „A“	38
Tabulka 7.15: Posouzení MSP – vnitřní patrový nosník – varianta „A“	38
Tabulka 7.16: Vnitřní síly – diagonální ztužidlo – varianta „A“	39
Tabulka 7.17: Posouzení MSÚ – diagonální ztužidlo – varianta „A“	39
Tabulka 7.18: Posouzení MSP – diagonální ztužidlo – varianta „A“	39
Tabulka 7.19: Vnitřní síly – vnější sloup – varianta „B“	40
Tabulka 7.20: Posouzení MSÚ – vnější sloup – varianta „B“	40
Tabulka 7.21: Posouzení MSP – vnější sloup – varianta „B“	40
Tabulka 7.22: Vnitřní síly – vnitřní schodišťový sloup – varianta „B“	41
Tabulka 7.23: Posouzení MSÚ – vnitřní schodišťový sloup – varianta „B“	41
Tabulka 7.24: Posouzení MSP – vnitřní schodišťový sloup – varianta „B“	41
Tabulka 7.25: Vnitřní síly – schodišťový nosník – varianta „B“	42
Tabulka 7.26: Posouzení MSÚ – schodišťový nosník – varianta „B“	42
Tabulka 7.27: Posouzení MSP – schodišťový nosník – varianta „B“	42
Tabulka 7.28: Vnitřní síly – vnější patrový nosník – varianta „B“	43
Tabulka 7.29: Posouzení MSÚ – vnější patrový nosník – varianta „B“	43
Tabulka 7.30: Posouzení MSP – vnější patrový nosník – varianta „B“	43
Tabulka 7.31: Vnitřní síly – vnitřní patrový nosník – varianta „B“	44
Tabulka 7.32: Posouzení MSÚ – vnitřní patrový nosník – varianta „B“	44
Tabulka 7.33: Posouzení MSP – vnitřní patrový nosník – varianta „B“	44
Tabulka 7.34: Vnitřní síly – diagonální ztužidlo – varianta „B“	45
Tabulka 7.35: Posouzení MSÚ – diagonální ztužidlo – varianta „B“	45
Tabulka 7.36: Posouzení MSP – diagonální ztužidlo – varianta „B“	45
Tabulka 7.37: Vnitřní síly – vnější sloup – varianta „C“	46
Tabulka 7.38: Posouzení MSÚ – vnější sloup – varianta „C“	46
Tabulka 7.39: Posouzení MSP – vnější sloup – varianta „C“	46
Tabulka 7.40: Vnitřní síly – vnitřní schodišťový sloup – varianta „C“	47



Tabulka 7.41: Posouzení MSÚ – vnitřní schodišťový sloup – varianta „C“	47
Tabulka 7.42: Posouzení MSP – vnitřní schodišťový sloup – varianta „C“	47
Tabulka 7.43: Vnitřní síly – schodišťový nosník – varianta „C“	48
Tabulka 7.44: Posouzení MSÚ – schodišťový nosník – varianta „C“	48
Tabulka 7.45: Posouzení MSP – schodišťový nosník – varianta „C“	48
Tabulka 7.46: Vnitřní síly – vnější patrový nosník – varianta „C“	49
Tabulka 7.47: Posouzení MSÚ – vnější patrový nosník – varianta „C“	49
Tabulka 7.48: Posouzení MSP – vnější patrový nosník – varianta „C“	49
Tabulka 7.49: Vnitřní síly – vnitřní patrový nosník – varianta „C“	50
Tabulka 7.50: Posouzení MSÚ – vnitřní patrový nosník – varianta „C“	50
Tabulka 7.51: Posouzení MSP – vnitřní patrový nosník – varianta „C“	50
Tabulka 7.52: Vnitřní síly – diagonální ztužidlo – varianta „C“	51
Tabulka 7.53: Posouzení MSÚ – diagonální ztužidlo – varianta „C“	51
Tabulka 7.54: Posouzení MSP – diagonální ztužidlo – varianta „C“	51
Tabulka 8.1: Výkaz materiálu pro variantu „A“	52
Tabulka 8.2: Výkaz materiálu pro variantu „B“	52
Tabulka 8.3: Výkaz materiálu pro variantu „C“	53
Tabulka 9.1: Celková porovnávací tabulka konstrukčních variant	53
Tabulka 9.2: Maximální vodorovná výchylka – varianta „A“	54
Tabulka 9.3: Maximální vodorovná výchylka – varianta „B“	54
Tabulka 9.4: Maximální vodorovná výchylka – varianta „C“	54
Tabulka 9.5: Porovnání maximálních vodorovné výchylky	54
Tabulka 9.6: Vlastní frekvence – varianta „A“	55
Tabulka 9.7: Vlastní frekvence – varianta „B“	55
Tabulka 9.8: Vlastní frekvence – varianta „C“	55
Tabulka 9.9: Porovnání vlastních frekvencí	55
Tabulka 9.10: Porovnání využitelných ploch	56
Tabulka 9.11: Porovnání hmotností konstrukčních variant	57



12 Seznam použitých symbolů, značek a zkratk

m n.m.	metrů nad mořem	$G_{sch,z,k}$	bodová síla na schodišťový nosník od podlahového roštu - schod
m/s	metry za sekundu	$G_{mp,z,k}$	bodová síla na schodišťový nosník od podlahového roštu - mezipodesta
mm	milimetr	$q_{f,k}$	plošné zatížení od užitého zatížení – dav lidí
m	metr	$q_{f,sch,k}$	spojité zatížení od užitého zatížení – dav lidí - schod
m^2	metr čtverečný	$q_{f,sch,k}$	spojité zatížení od užitého zatížení – dav lidí - mezipodesta
m^3	metr čtverečný	+ X GSS	směr osy -X globálního souřadného systému
kg	kilogram	+ Y GSS	směr osy +Y globálního souřadného systému
kg/m	kilogram na metr	- Y GSS	směr osy -Y globálního souřadného systému
kg/m ²	kilogram na metr čtverečný	LSS	lokální souřadný systém
kg/m ³	kilogram na metr kubický	$V_{b,0}$	výchozí základní rychlost větru
N	newton	c_{dir}	součinitel směru
N/m ²	newton na metr čtverečný	c_{season}	součinitel ročního období
kNm	kilonewtonmetr	$V_{b,0}$	výchozí základní rychlost větru
kN	kilonewton	V_b	základní rychlost větru
MPa	megapascal	$V_m(z)$	střední rychlost větru
Hz	hertz	$I_v(z)$	turbulence větru
s	sekunda	ρ	měrná hmotnost vzduchu
Ø	průměr	$c_r(z)$	součinitel drsnosti terénu
S	ocel pro stavební objekty	$c_0(z)$	součinitel orografie
355	nejmenší mez kluzu v MPa	z_0	parametr drsnosti terénu
J2	vrubová houževnatost (teplota -20 °C)	z_{min}	minimální výška
G3	ocel uklidněná, normalizačně žíhaná	z_{max}	maximální výška
f_{yk}	charakteristická hodnota meze kluzu	$z_{0,II}$	parametr drsnosti terénu pro kategorii terénu II
f_{yd}	návrhová hodnota meze kluzu	k_r	součinitel terénu
γ_s	materiálový součinitel spolehlivosti	k_l	součinitel turbulence
f_{uk}	charakteristická hodnota meze pevnosti	$q_p(z)$	maximální dynamický tlak
f_{ud}	návrhová hodnota meze pevnosti	w_e	tlak větru na povrch
ρ	hustota	c_{pe}	součinitel vnějšího tlaku obecně
E	modul pružnosti	$c_{pe,1}$	součinitel vnějšího tlaku pro plochy do 10 m ²
G	modul pružnosti ve smyku	$c_{pe,10}$	součinitel vnějšího tlaku pro plochy nad 10 m ²
ν	Poissonovo číslo	MSÚ	mezní stav únosnosti
α	součinitel teplotní roztažnosti	MSP	mezní stav použitelnosti
$g_{zábradlí,k}$	spojité zatížení od zábradlí	$\gamma_{G,j}$	dílčí součinitel spolehlivosti pro zatížení stálá
$g_{patro,k}$	plošné zatížení od podlahových roštů na patro	$G_{k,j}$	hodnota stálého zatížení
$g_{sch,k}$	plošné zatížení od podlahových roštů na schodišti	γ_P	dílčí součinitel spolehlivosti pro vliv předpětí
$g_{sch,P1,k}$	nižší hodnota lichoběžníkového zatížení od podlahového roštu - schod	P	účinek předpětí
$g_{sch,P2,k}$	vyšší hodnota lichoběžníkového zatížení od podlahového roštu - schod	$\gamma_{Q,1}$	dílčí součinitel spolehlivosti pro dominantní proměnné zatížení
$g_{mp,P1,k}$	nižší hodnota lichoběžníkového zatížení od podlahového roštu - mezipodesta	$Q_{k,1}$	hodnota dominantního proměnného zatížení
$g_{mp,P2,k}$	vyšší hodnota lichoběžníkového zatížení od podlahového roštu - mezipodesta		



γ_{Qj}	dílčí součinitel spolehlivosti pro ostatní proměnné zatížení	M_z	ohybový moment kolem osy Z
ψ_{0j}	kombinační součinitel	U_x	posun ve směru osy X
$Q_{k,j}$	hodnota ostatního proměnného zatížení	U_y	posun ve směru osy Y
N	normálová síla v prvku	U_z	posun ve směru osy Z
V_y	posouvající síla ve směru osy Y	u_y	relativní deformace ve směru osy Y
V_z	posouvající síla ve směru osy Z	u_z	relativní deformace ve směru osy Z
M_x	ohybový moment kolem osy X	f	vlastní frekvence
M_y	ohybový moment kolem osy Y	T	perioda

13 Použitá literatura

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 1991-1-4: *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 124 s.
- [4] 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.
- [5] ČSN EN 1993-1-8: *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 128 s.
- [6] ČSN EN 1993-1-11: *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-11: Navrhování ocelových tažených prvků*. Praha: Český normalizační institut, 2008. 40 s.
- [7] ČSN EN 1090-2+A1: *Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí: - Část 2: technické požadavky na ocelové konstrukce*. Praha: ÚNMZ, 2012. 176 s.

Skripta:

- [8] SOKOL, Z. WALD, F.: *Ocelové konstrukce – Tabulky*. Vyd. 2. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2013. 84 s.
- [9] STUDNIČKA, J. HOLICKÝ, M. MARKOVÁ, J.: *Ocelové konstrukce 2 – Zatížení*. Vyd. 3. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2011. 138 s.
- [10] STUDNIČKA, J.: *Ocelové konstrukce*. Vyd. 1. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2004. 144 s.



- [11] STUDNIČKA, J.: *Ocelové konstrukce – Normy*. Vyd. 2. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2014. 56 s.
- [12] ELIÁŠOVÁ, M. SOKOL, Z.: *Ocelové konstrukce 1 – Příklady*. Vyd. 3. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2013. 84 s.

Internetové zdroje:

- [13] FERONA, a.s.: *Ferona, a.s. – Velkoobchod hutním materiálem [online]*. © 2017 [cit. 2017-05-09]. Dostupné na www: <http://www.ferona.cz/>
- [14] 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/>
- [15] 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/>

14 Přílohy studie konstrukčních variant

14.1 Seznam příloh

<u>Engineering Report</u>	celkem 72 str.
Engineering Report – varianta „A“	24 str.
Engineering Report – varianta „B“	24 str.
Engineering Report – varianta „C“	24 str.
<u>Technické listy – NOVING ocelové rošty</u>	celkem 23 str.