



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

VYHLÍDKOVÁ VĚŽ V OBLASTI BRDY

THE VIEWING TOWER IN BRDY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kristýna Kováčová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Kristýna Kováčová
Název	Vyhlídková věž v oblasti Brdy
Vedoucí práce	Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Tvarové a dispoziční uspořádání objektu

ČSN EN 1990 "Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí"

ČSN EN 1991-1 "Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1: Obecná zatížení"

ČSN EN 1993-1 "Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

ČSN EN 1995-1 "Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte návrh nosné konstrukce rozhledny - vyhlídkové věže v oblasti Brdy. Nosné konstrukční prvky navrhnete s využitím lepeného lamelového dřeva, rostlého dřeva, materiálů na bázi dřeva nebo oceli. Volba materiálu, základních dispozičních a konstrukčních parametrů je součástí diplomové práce. Výšku věže uvažujte přibližně do 30m.

Požadované výstupy:

1. Technická zpráva
2. Statický výpočet základních nosných prvků, kotvení a směrných detailů
3. Výkresová dokumentace dle specifikace vedoucího diplomové práce
4. Výkaz výměr

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce je vypracování statického řešení vyhlídkové věže v oblasti Brdy. Konstrukce je vytvořena jako 3D model. Stanovení vnitřních sil pomocí metody konečných prvků v programu Scia Engineer 15.1. Na základě těchto sil je provedeno dimenzování nosných prvků konstrukce.

Jedná se o konstrukci z lepeného lamelového dřeva a oceli. Celková výška vyhlídkové věže činí 25,725 m. Půdorys ve tvaru kružnice je po výšce proměnný a směrem k vrcholu se konstrukce zužuje. Hlavním nosným prvkem je 8 zakřivených dřevěných žebel, která jsou uspořádána radiálně po kruhovém půdorysu. Vyhlídková věž má celkem 3 vyhlídkové plošiny.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vyhlídková věž, konstrukce, kruh, žebro, nosník, vyhlídková plošina, lepené lamelové dřevo, ocel

ABSTRACT

The subject of this thesis is a design of a viewing tower located in the area of Brdy. The structure has been created as a 3D model, the internal forces have been calculated with the use of finite element method in a structural engineering software Scia Engineer 15.1. Based on the knowledge of these forces the design of the structural systems has been done. The materials used on this construction are glued laminated timber and steel. The height of the tower is 25,725 m. The floor plan is a shape of a circle and fluctuating smaller with the gaining height. The main structural system consists of 8 curved posts which are radially situated on the circular floor plan. The tower has 3 observational platforms.

KEYWORDS

Viewing tower, construction, circle, post, beam, observational platform, glued laminated timber, steel

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Kristýna Kováčová *Vyhlídková věž v oblasti Brdy*. Brno, 2019. 40 s., 357 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových
a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Milan Šmak, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Vyhlídková věž v oblasti Brdy* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 6. 1. 2019

Bc. Kristýna Kováčová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Vyhlídková věž v oblasti Brdy* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 6. 1. 2019

Bc. Kristýna Kováčová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Milanu Šmakovi, Ph.D. za velmi cenné rady, dále za vstřícné a trpělivé jednání při konzultacích a také za veškerou pomoc při mém studiu.

Velké děkuji patří mé celé rodině, především mým rodičům, díky kterým jsem mohla studovat a také, že mě nejenom během psaní této práce, ale i během celého studia podporovali a pomáhali mi.

V poslední řadě patří poděkování Adam Studios za spolupráci na vytvoření materiálů k této diplomové práci.

OBSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE:

P0 TEXTOVÁ ČÁST

Titulní list

Zadání VŠKP

Abstrakt, klíčová slova

Bibliografická citace

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP

Prohlášení o původnosti VŠKP

Poděkování

Obsah práce

Technická zpráva řešených variant

Technická zpráva vybrané varianty

P1 STATICKÝ VÝPOČET VARIANTA 1

P1.1 Výstup Scia Engineer

P1.1.1 Souhrnné informace ke statickému výpočtu

P1.1.2 Mezní stav únosnosti

P1.1.3 Mezní stav použitelnosti

P2 STATICKÝ VÝPOČET VARIANTA 2

P2.1 Souhrnné informace ke statickému výpočtu

P2.2 Mezní stav únosnosti a použitelnosti

P3 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

VÝKRES Č. 1	PŮDORYS 0.NP, 1.NP, 2.NP, 3.NP	1:50, 200
VÝKRES Č. 2	PŮDORYS 4.NP, 5.NP, 6.NP, 7.NP, 8.NP, STŘECHA	1:50, 200
VÝKRES Č. 3	POHLED A - A', SCHÉMATICKÝ ŘEZ B - B'	1:50
VÝKRES Č. 4	DETAILY 1	1:5,10
VÝKRES Č. 5	DETAILY 2	1:5, 10
VÝKRES Č. 6	KOTEVNÍ PLÁN	1:10, 50

P4 ORIENTAČNÍ VÝKAZ MATERIÁLU



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

PO TEXTOVÁ ČÁST

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kristýna Kováčová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

TECHNICKÁ ZPRÁVA ŘEŠENÝCH VARIANT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kristýna Kováčová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2019

Obsah

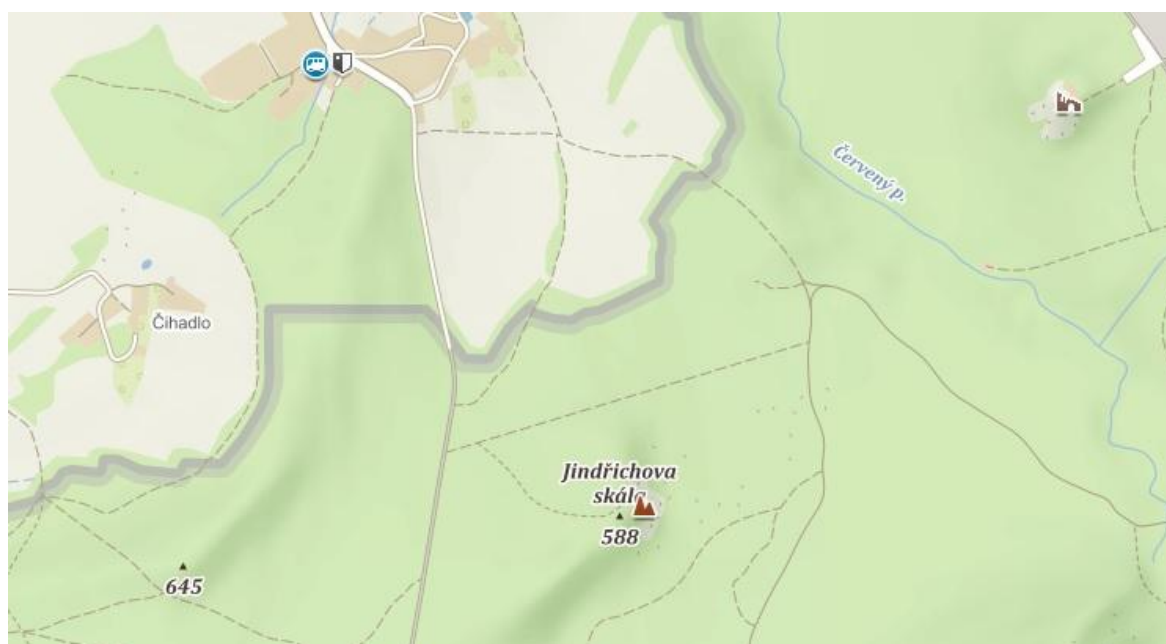
1	ÚVOD	3
2	ZATÍŽENÍ	4
3	VARIANTY ŘEŠENÍ	4
3.1	Varianta 1.....	5
3.1.1	Průřezy a materiály.....	7
3.1.2	Mezní stav únosnosti.....	7
3.1.3	3D přemístění.....	8
3.1.4	Výkaz materiálu.....	9
3.1.5	Vlastní frekvence.....	9
3.2	Varianta 2.....	10
3.2.1	Průřezy a materiály.....	11
3.2.2	Mezní stav únosnosti.....	12
3.2.3	3D přemístění.....	13
3.2.4	Výkaz materiálu.....	13
3.2.5	Vlastní frekvence.....	14
4	VYHODNOCENÍ VARIANT	14
5	Seznam obrázků	15
6	Seznam tabulek	15

1 ÚVOD

Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením nosné konstrukce vyhlídkové věže v oblasti Brdy. Objekt je situován na Jindřichově skále ležící při severním okraji CHKO Brdy, nedaleko obce Malá Víska. Vrchol Jindřichovy skála leží v nadmořské výšce 588 m. n. m. V zadání je uvedena maximální výška vyhlídkové věže a to je 30,0 m. Tento požadavek je splněn v obou variantách.



Obr. 1 Mapa oblasti



Obr. 2 Detail oblasti

Nosná konstrukce byla zpracována a řešena jako prostorová prutová konstrukce ve dvou variantách programem SCIA Engineer 15.1. Samotná konstrukce je vytvořena z dřevěných i ocelových prvků. Dřevěné prvky jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL24h, GL32h a C24, ocelové prvky jsou z oceli pevnostní třídy S235 a S355.

V rámci statického výpočtu je uvažováno posouzení hlavní nosné konstrukce vyhlídkové věže a ztužujících prvků. V této diplomové práci není řešeno posouzení spodní stavby vyhlídkové věže. Výpočet vnitřních sil je proveden ve studentské verzi výpočetního programu Scia Engineer 15.1.

2 ZATÍŽENÍ

Ve výpočtových modelech je uvažováno stálé zatížení vlastní tíhou, střešním pláštěm, podlahou, schodišťovými stupni a prstenci. Klimatická proměnná zatížení tvoří zatížení větrem a sněhem. Zatížení sněhem bylo uvažováno pouze na střechu. Další proměnné zatížení tvoří lidé.

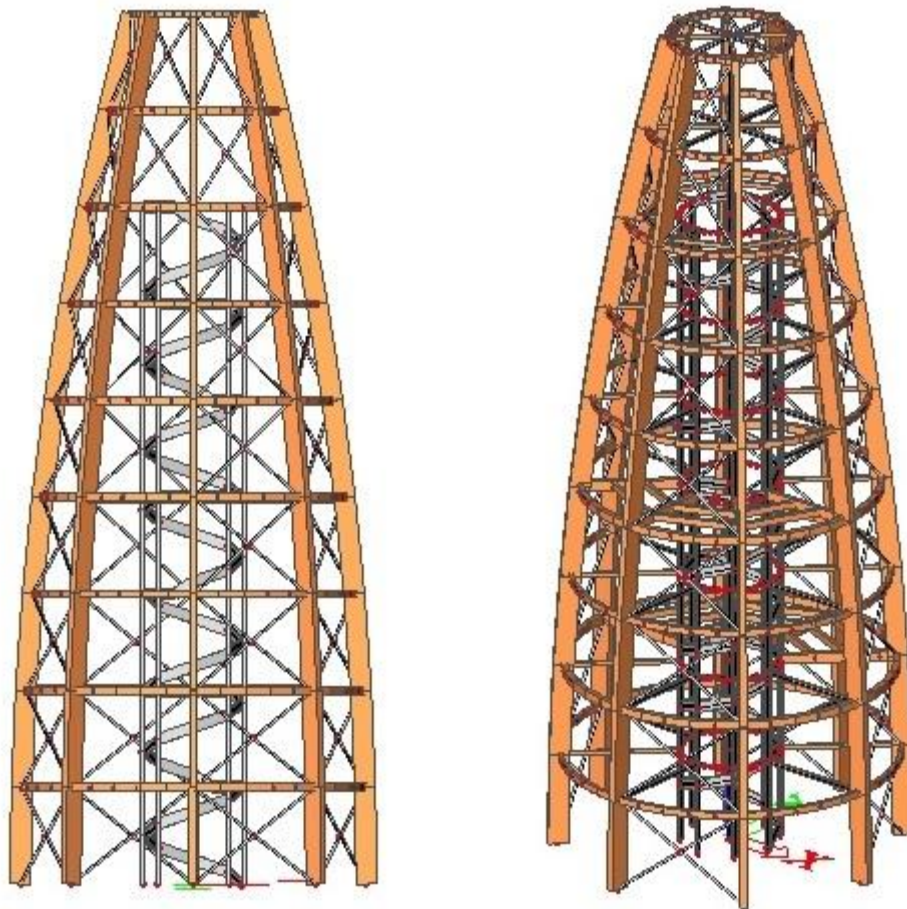
Celkem bylo zadáno do výpočtového modelu 10 zatěžovacích stavů:

1. ZS - vlastní tíha
2. ZS - stálé - střecha
3. ZS - stálé - podlaha
4. ZS - stálé - sch. stupně
5. ZS - prstence
6. ZS - lidé - plné
- 7a. ZS - lidé - na jednu stranu
- 7b. ZS - lidé - na druhou stranu
8. ZS - vítr - sání
9. ZS - vítr - tlak
10. ZS - sníh - střecha

3 VARIANTY ŘEŠENÍ

Vyhlídková věž byla vypracována ve 2 variantách, varianta 1 dřevo-ocelová a varianta 2 ocelová.

3.1 Varianta 1



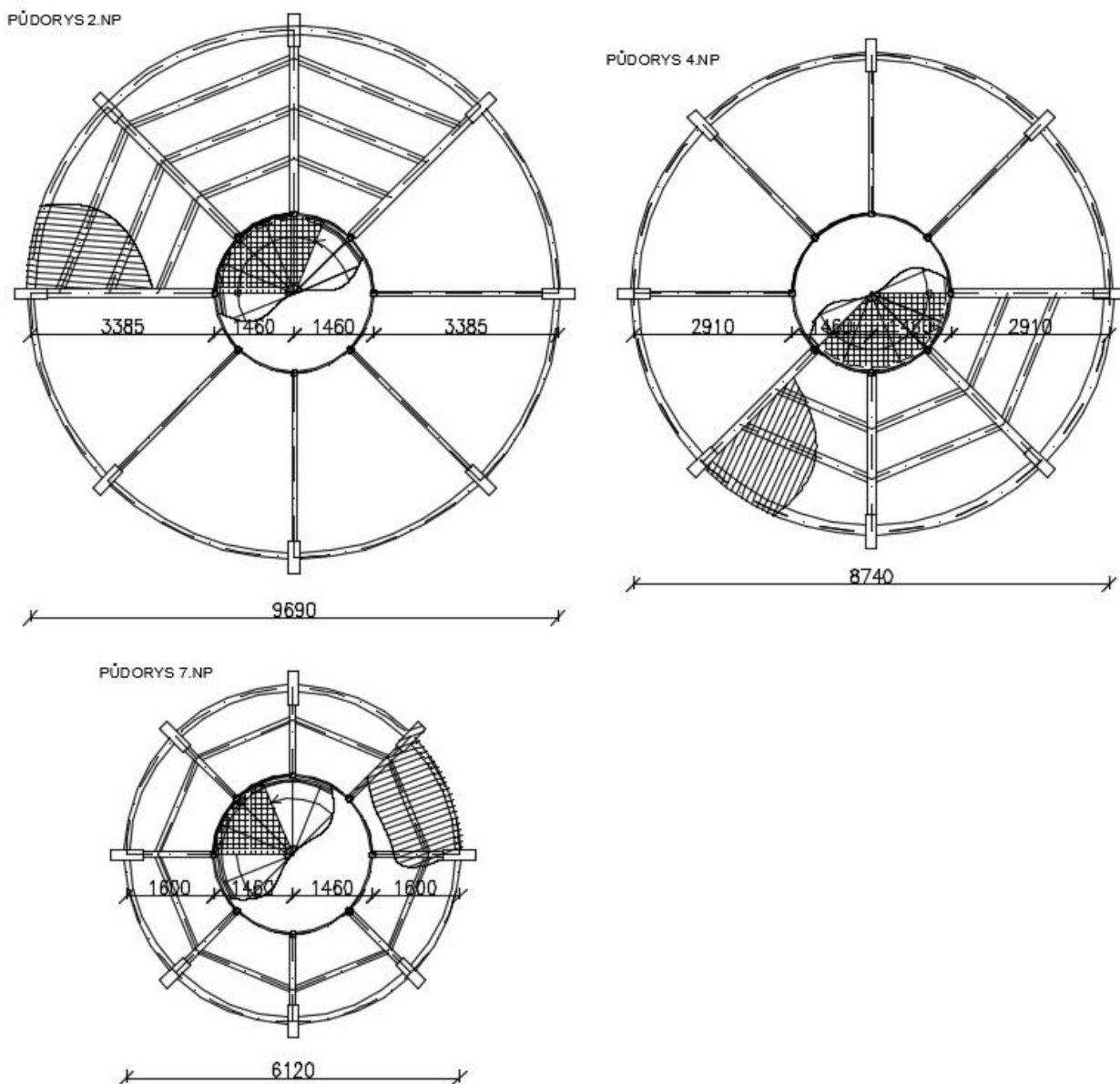
Obr. 3 Pohled a axonometrie - V1

Jedná se o kombinaci dřevěné a ocelové nosné konstrukce. Půdorysný tvar rozhledny je tvořen kruhem. Žebra tvořící nosnou konstrukce jsou zakřivená o poloměru 100 m, z tohoto důvodu je půdorys po výšce proměnný a směrem k vrcholu se konstrukce zužuje. V patě konstrukce je průměr 10 m a ve vrcholu 3,545 m. Celková výška vyhlídkové věže je 25,725 m.

Rozhledna má celkem 3 vyhlídkové plošiny. První vyhlídková plošina se nachází ve výšce 5,6 m (2.NP) a zaujímá 3/8 velikosti půdorysu. Druhá vyhlídková plošina se nachází ve výšce 11,2 m, (4.NP) a zaujímá také 3/8 velikosti půdorysu. Nejvýše položená plošina je navržena ve výšce 19,6m (7.NP) a zaujímá celý půdorys.

Žebra jsou navržena z dřeva GL24h o průřezu 200x600 mm. Celkem je jich v konstrukci 8. Uprostřed konstrukce se nachází středový sloup - vřeteno, které je tvořeno trubkou CHS 219,1/8 oceli S235. Vřeteno je s konstrukcí propojeno v 8.NP pomocí dřevěného nosníku střed a v podlaží střecha dřevěnými střešními krokviemi. Schodišťový prostor je situován uprostřed vyhlídkové věže a obklopuje ho

8 ocelových sloupů SHS 150/150/10 oceli S235. Schodiště je levotočivé ocelové a jeho stupně jsou na jedné straně uchyceny k vřetenu a na druhé do schodnice, která je podporována na ocelových sloupech. Sloupy jsou navzájem propojeny ocelovými prstenci SHS 40/40/2,5 oceli S235. Sloupy, žebra i vřeteno jsou uloženy na základovou konstrukci kloubově. Dále jsou v konstrukci navrženy dřevěné nosníky středové, které propojují žebra s vnitřním sloupovým jádrem. Průřez nosníků středových je proměnný, v místě vyhlídek jsou zesíleny. Žebra jsou navzájem propojena dřevěnými nosníky kolem, které mají také proměnné průřezy. V místě vyhlídek jsou navrženy dřevěné nosníky vyhlídky s proměnným průřezem. Ztužení konstrukce je pomocí 4 páru ocelových ztužidel v každém podlaží. Ocelová ztužidla jsou navržena z oceli S235 o průřezu CHS 76,1/4.



Obr. 4 Schéma půdorysů vyhlídek

3.1.1 Průřezy a materiály

Jméno	Typ	Materiál
Žebro	OBDEL 200; 600	GL24h
Nosník střed volný	OBDEL 80; 120	GL24h
Nosník střed pod vyhlídkou	OBDEL 160; 280	GL32h
Nosník střed 7NP	OBDEL 100; 160	GL24h
Nosník vyhlídka	OBDEL 140; 200	GL24h
Nosník vyhlídka 7NP	OBDEL 100; 140	GL24h
Nosník kolem	OBDEL 120; 200	GL24h
Nosník kolem střecha	OBDEL 200; 180	GL32h
Nosník kolem vyhlídky	OBDEL 180; 240	GL24h
Nosník krokev	OBDEL 80; 120	GL24h
Sloupy	SHS150/150/10.0	S 235
Schodnice	Obdélník 315; 50	S 235
Prstenec malý	SHS40/40/2.5	S 235
Ztužidlo	CHS76.1/4.0	S 235
Vřeteno	CHS219.1/8.0	S 235

Obr. 5 Průřezy a materiály - V1

3.1.2 Mezní stav únosnosti

Posudek dřeva podle MSÚ

Nosník	Průřez	Materiál	dx [m]	Zatěžovací stav	Jedn. posudek [-]	Posudek únosnosti [-]	Posudek stability [-]	CH/V/P
B1	Žebro - OBDEL	GL24h	2,800	CO2 - MSU/1	0,67	0,67	0,05	N12
B341	Nosník kolem - OBDEL	GL24h	0,480	CO2 - MSU/2	0,76	0,76	0,00	N12
B221	Nosník kolem vyhlídky - OBDEL	GL24h	0,686	CO2 - MSU/3	0,95	0,95	0,00	N12
B418	Nosník kolem střecha - OBDEL	GL32h	0,000	CO2 - MSU/4	0,92	0,92	0,00	N3,N12
B451	Nosník střed volný - OBDEL	GL24h	1,692	CO2 - MSU/5	0,34	0,06	0,34	N12
B442	Nosník střed pod vyhlídkou - OBDEL	GL32h	0,000	CO2 - MSU/6	0,91	0,91	0,00	N12
B516	Nosník střed 7NP - OBDEL	GL24h	0,571	CO2 - MSU/3	0,90	0,87	0,90	N12
B522	Nosník vyhlídka 7NP - OBDEL	GL24h	0,953	CO2 - MSU/3	0,80	0,78	0,80	N12
B540	Nosník vyhlídka - OBDEL	GL24h	1,657	CO2 - MSU/3	0,89	0,85	0,89	N12
B1372	Nosník krokev - OBDEL	GL24h	0,000	CO2 - MSU/7	0,45	0,45	0,00	N12

Obr. 6 MSU dřeva - V1

Posudek oceli

Lineární výpočet, Extrém : Průřez

Výběr : vše

Kombinace : CO2 - MSU

Prvek	css	mat	Stav	dx [mm]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B1205	Prstenec malý - SHS40/40/2.5	S 235	CO2 - MSU/1	0,000	0,57	0,34	0,57
B1068	Ztužidlo - CHS76.1/4.0	S 235	CO2 - MSU/1	0,000	0,77	0,51	0,77
B1209	Schodnice - Obdélník	S 235	CO2 - MSU/2	0,000	0,17	0,17	0,17
B1327	Sloupy - SHS150/150/10.0	S 235	CO2 - MSU/1	0,000	0,34	0,21	0,34
B1402	Vřeteno - CHS219.1/8.0	S 235	CO2 - MSU/1	0,000	0,09	0,02	0,09

Obr. 7 MSU ocel - V1

Průměrné využití konstrukce je: 64 %

3.1.3 3D přemístění

ux

Lineární výpočet

Kombinace : CO3 - MSP

Výběr : Vše

Poloha: V uzlech s průměrováním

Systém: Lokální

Výsledky na 1D dílci:

Extrém 1D: Globální

Jméno	Stav	dx [mm]	Vlákno	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	φ_x [mrad]	φ_y [mrad]	φ_z [mrad]	U globální [mm]
B420	CO3 - MSP/1	0,000	7	-45,3	-0,8	-3,3	7,0	4,6	-0,1	45,4
B400	CO3 - MSP/2	0,000	1	45,0	0,8	0,9	-7,0	-4,6	0,0	45,0

Obr. 8 Přemístění ux - V1

uy

Lineární výpočet

Kombinace : CO3 - MSP

Výběr : Vše

Poloha: V uzlech s průměrováním

Systém: Lokální

Výsledky na 1D dílci:

Extrém 1D: Globální

Jméno	Stav	dx [mm]	Vlákno	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	φ_x [mrad]	φ_y [mrad]	φ_z [mrad]	U globální [mm]
B1375	CO3 - MSP/1	1772,500	1	-1,9	-45,0	-3,9	-2,7	-2,7	-0,1	45,2
B73	CO3 - MSP/1	2882,929	1	-3,4	45,0	-2,8	0,6	0,0	1,3	45,2

Obr. 9 Přemístění uy - V1

3.1.4 Výkaz materiálu

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [mm ²]	Objem [m ³]
Celkový součet :	32893,9	840366504,967	3,7295e+01

Materiál	Hmotnost [kg]	Povrch [mm ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [m ³]
S 235	19593,9	244718231,201	7850,0	2,4960e+00
GL24h	12642,7	565038940,430	380,0	3,3270e+01
GL32h	657,2	30610260,010	430,0	1,5284e+00

Obr. 10 Výkaz materiálu - V1

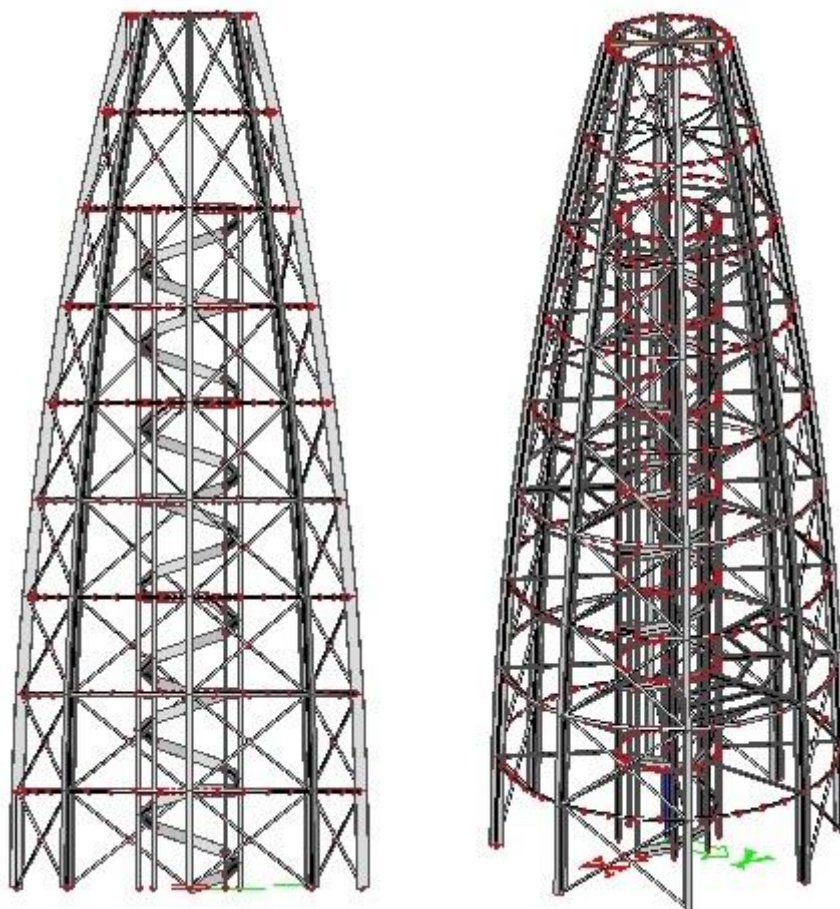
Celková hmotnost nosných prvků činí 32,9 t.

3.1.5 Vlastní frekvence

N	f [Hz]	omega [1/s]	omega ² [1/s ²]	T [s]
Kombinace hmot : CM1.				
1	3,83	24,09	580,40	0,26
2	3,87	24,31	591,19	0,26
3	4,44	27,92	779,70	0,23
4	6,50	40,86	1669,65	0,15

Obr. 11 Vlastní frekvence - V1

3.2 Varianta 2



Obr. 12 Pohled a axonometrie varianty 2

Jedná se o ocelovou nosnou konstrukci s výjimkou dřevěných střešních krokví. Dispozice je totožná s variantou 1. Rozdíl variant se liší pouze v použitém materiálu a průřezech.

Žebra jsou navržena z oceli S235 profilu IPE360. Celkem je jich v konstrukci 8. Uprostřed konstrukce se nachází středový sloup - vřeteno, které je tvořeno trubkou CHS 219,1/8 oceli S235. Vřeteno je s konstrukcí propojeno v 8.NP pomocí ocelového nosníku střed a v podlaží střecha dřevěnými střešními krokvi. Schodišťový prostor je situován uprostřed vyhlídkové věže a obklopuje ho 8 ocelových sloupů SHS 150/150/10 oceli S235. Schodiště je levotočivé ocelové a jeho stupně jsou na jedné straně uchyceny k vřetenu a na druhé do schodnice, která je podporována na ocelových sloupech. Sloupy jsou navzájem propojeny ocelovými prstenci SHS 40/40/2,5 oceli S235. Sloupy, žebra i vřeteno jsou uloženy na základovou konstrukci kloubově. Dále jsou v konstrukci navrženy ocelové nosníky středové, které propojují žebra s vnitřním sloupovým jádrem. Profil nosníků středových je IPE a velikost je proměnná, v místě vyhlídek jsou větší profily. Žebra jsou navzájem propojena

ocelovými nosníky kolem profilu IPE a jejich velikost je také proměnná. V místě vyhlídek jsou navrženy nosníky vyhlídky profilu IPE a proměnné velikosti. Ztužení konstrukce je pomocí 4 páru ocelových ztužidel v každém podlaží. Ocelová ztužidla jsou navržena z oceli S235 o průřezu CHS 76,1/4.

3.2.1 Průřezy a materiály

Jméno	Typ	Materiál
Nosník krokev	OBDEL 80; 120	C24
Sloupy	SHS150/150/10.0	S 235
Schodnice	Obdélník 315; 50	S 235
Prstenec malý	SHS40/40/2.5	S 235
Ztužidlo	CHS76.1/4.0	S 235
O_Nosník krokev	CHS33.7/2.6	S 235
O_Nosník kolem vyhlídky	CHS114.3/5.0	S 235
O_Nosník kolem	CHS60.3/5.0	S 235
O_Nosník kolem střecha	SHS50/50/3.0	S 235
O_Nosník vyhlídky 7NP	IPE80	S 235
O_Nosník vyhlídky	IPE120	S 235
O_Nosník střed volny	IPE80	S 235
O_Nosník střed pod vyhlídkou	IPE160	S 355
O_Nosník střed 7NP	IPE100	S 235
O_Žebro	IPE360	S 235
Vřeteno	CHS219.1/3.0	S 235

Obr. 13 Průřezy a materiály - V2

3.2.2 Mezní stav únosnosti

Posudek dřeva podle MSU

Nosník	Průřez	Materiál	dx [m]	Zatěžovací stav	Jedn. posudek [-]	Posudek únosnosti [-]	Posudek stability [-]	CH/V/P
B1374	Nosník krokev - OBDEL	C24	0,788	CO2 - MSU/1	0,47	0,43	0,47	N12

Obr. 14 MSU dřevo - V2

Posudek oceli

Lineární výpočet, Extrém : Průřez

Výběr : vše

Kombinace : CO2 - MSU

Prvek	css	mat	Stav	dx [mm]	Jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B65	O_Žebro - IPE360	S 235	CO2 - MSU/1	0,000	0,58	0,38	0,58
B349	O_Nosník kolem - CHS60.3/5.0	S 235	CO2 - MSU/18	240,134	0,90	0,72	0,90
B209	O_Nosník kolem vyhlídky - CHS114.3/5.0	S 235	CO2 - MSU/19	342,935	0,76	0,66	0,76
B401	O_Nosník kolem střecha - SHS50/50/3.0	S 235	CO2 - MSU/4	0,000	0,32	0,25	0,32
B434	O_Nosník střed volny - IPE80	S 235	CO2 - MSU/2	0,000	0,51	0,04	0,51
B460	O_Nosník střed pod vyhlídkou - IPE160	S 355	CO2 - MSU/20	0,000	0,86	0,71	0,86
B517	O_Nosník střed 7NP - IPE100	S 235	CO2 - MSU/21	0,000	0,66	0,58	0,66
B518	O_Nosník vyhlídky 7NP - IPE80	S 235	CO2 - MSU/19	952,681	0,82	0,64	0,82
B540	O_Nosník vyhlídky - IPE120	S 235	CO2 - MSU/22	1754,316	0,91	0,69	0,91
B541	Vřetenno - CHS219.1/8.0	S 235	CO2 - MSU/7	0,000	0,12	0,12	0,12
B1205	Prsteneček malý - SHS40/40/2.5	S 235	CO2 - MSU/1	0,000	0,61	0,34	0,61
B1002	O_Nosník krokev - CHS33.7/2.6	S 235	CO2 - MSU/18	0,000	0,64	0,10	0,64
B1068	Ztužidlo - CHS76.1/4.0	S 235	CO2 - MSU/23	0,000	0,75	0,50	0,75
B1213	Schodnice - Obdélník	S 235	CO2 - MSU/1	0,000	0,19	0,19	0,19
B1327	Sloupy - SHS150/150/10.0	S 235	CO2 - MSU/1	0,000	0,39	0,20	0,39

Obr. 15 MSU ocel - V2

Průměrné využití konstrukce je: 59%

3.2.3 3D přemístění

ux

Lineární výpočet

Kombinace: CO3 - MSP

Výběr: Vše

Polooha: V uzlech s průměrováním

Systém: Lokální

Výsledky na 1D dílci:

Extrem 1D: Globální

Jméno	Stav	dx [mm]	Vlákno	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	φ_x [mrad]	φ_y [mrad]	φ_z [mrad]	U globální [mm]
B1373	CO3 - MSP/1	0,000	7	-45,2	1,8	3,8	-3,6	8,1	0,0	45,4
B400	CO3 - MSP/2	0,000	1	44,5	1,2	1,7	-3,1	-5,2	1,0	44,6

Obr. 16 Přemístění ux - V2

uy

Lineární výpočet

Kombinace: CO3 - MSP

Výběr: Vše

Polooha: V uzlech s průměrováním

Systém: Lokální

Výsledky na 1D dílci:

Extrem 1D: Globální

Jméno	Stav	dx [mm]	Vlákno	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	φ_x [mrad]	φ_y [mrad]	φ_z [mrad]	U globální [mm]
B1375	CO3 - MSP/1	1772,500	1	-1,7	-45,0	-4,0	-2,7	-3,8	-0,1	45,2
B73	CO3 - MSP/1	2882,929	2	-3,3	45,0	-2,8	0,8	0,1	1,0	45,2

Obr. 17 Přemístění uy - V2

3.2.4 Výkaz materiálu

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [mm ²]	Objem [m ³]
Celkový součet :	34785,1	659470122,784	4,5613e+00

Materiál	Hmotnost [kg]	Povrch [mm ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [m ³]
S 235	34340,2	638127929,688	7850,0	4,3746e+00
S 355	397,2	15671429,634	7850,0	5,0604e-02
C24	47,6	5672000,408	350,0	1,3613e-01

Obr. 18 Výkaz materiálu - V2

Celková hmotnost nosných prvků činí 34,8 t.

3.2.5 Vlastní frekvence

N	f [Hz]	omega [1/s]	omega ² [1/s ²]	T [s]
Kombinace hmot : CM1.				
1	3,25	20,44	417,81	0,31
2	3,35	21,05	443,31	0,30
3	3,63	22,83	521,27	0,28
4	6,39	40,17	1613,33	0,16

Obr. 19 Vlastní frekvence - V2

4 VYHODNOCENÍ VARIANT

	VARIANTA 1	VARIANTA 2
Využití konstrukce [%]	73	69
Přemístění [mm]	45,3	45,2
Hmotnost [t]	27,6	29,5
VI. frekvence [Hz]	3,83	3,25

Tab. 1 Shrnutí vyhodnocení variant

Snažila jsem se navrhnout varianty takové, aby se sobě co nejvíce podobaly z hlediska chování a využití konstrukce. Obě varianty tedy vycházejí přibližně stejně, a proto rozhodujícím faktorem pro výběr varianty bylo estetické působení konstrukce na okolí. Z tohoto důvodu jsem se rozhodla pro **variantu 1**, protože vyhlídková věž je umístěna v CHKO Brdy a tudíž dřevěná konstrukce bude v tomto prostředí působit přirozeněji.

5 Seznam obrázků

Obr. 1	Mapa oblasti.....	3
Obr. 2	Detail oblasti.....	3
Obr. 3	Pohled a axonometrie - V1	5
Obr. 4	Schéma půdorysů vyhlídek	6
Obr. 5	Průřezy a materiály - V1	7
Obr. 6	MSU dřevo - V1	7
Obr. 7	MSU ocel - V1	8
Obr. 8	Přemístění ux - V1	8
Obr. 9	Přemístění uy - V1	8
Obr. 10	Výkaz materiálu - V1	9
Obr. 11	Vlastní frekvence - V1	9
Obr. 12	Pohled a axonometrie varianty 2.....	10
Obr. 13	Průřezy a materiály - V2.....	11
Obr. 14	MSU dřevo - V2.....	12
Obr. 15	MSU ocel - V2	12
Obr. 16	Přemístění ux - V2	13
Obr. 17	Přemístění uy - V2	13
Obr. 18	Výkaz materiálu - V2	13
Obr. 19	Vlastní frekvence - V2	14

6 Seznam tabulek

Tab. 1	Shrnutí vyhodnocení variant	14
--------	-----------------------------------	----



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

TECHNICKÁ ZPRÁVA VYBRANÉ VARIANTY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kristýna Kováčová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2019

Obsah

1	ÚVOD	4
1.1	Základní informace	4
1.2	Umístění stavby a studie místa	4
1.3	Popis objektu	7
2	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	9
2.1	Výpočtový model	9
2.2	Zatížení	9
2.3	Popis nosných prvků	11
2.3.1	Žebro (modrofialová)	13
2.3.2	Nosník kolem (žlutá)	13
2.3.3	Nosník střed (červená)	13
2.3.4	Nosník vyhlídky (zelená)	14
2.3.5	Prsteneček malý (červeněčerná)	14
2.3.6	Sloup (šedá)	15
2.3.7	Vřeteno (oranžová)	15
2.3.8	Nosník krokv (světle modrá)	15
2.3.9	Ztužidlo (růžová)	15
2.3.10	Schodiště a schodnice (okrová)	16
2.4	Kotvení	16
2.4.1	Vřeteno	16
2.4.2	Sloup	16
2.4.3	Žebro	16
2.5	Založení stavby	17
2.6	Materiál	17
2.7	Výroba konstrukce	17
2.8	Doprava	17
2.9	Postup montáže	17
2.10	Ochrana konstrukce	18
2.10.1	Ochrana dřevěných prvků	18
2.10.2	Ochrana ocelových prvků	18
2.11	Závěr	18
3	POUŽITÉ DOKUMENTY, SOFTWARE A ZKRATKY	19

3.1	Normativní dokumenty	19
3.2	Software.....	19
3.3	Literatura	19
3.4	Internetové zdroje.....	20
3.5	Použité zkratky	20
3.5.1	Malá písmena.....	20
3.5.2	Velká písmena	22
3.5.3	Řecká písmena	23
4	SEZNAM OBRÁZKŮ	24

1 ÚVOD

1.1 Základní informace

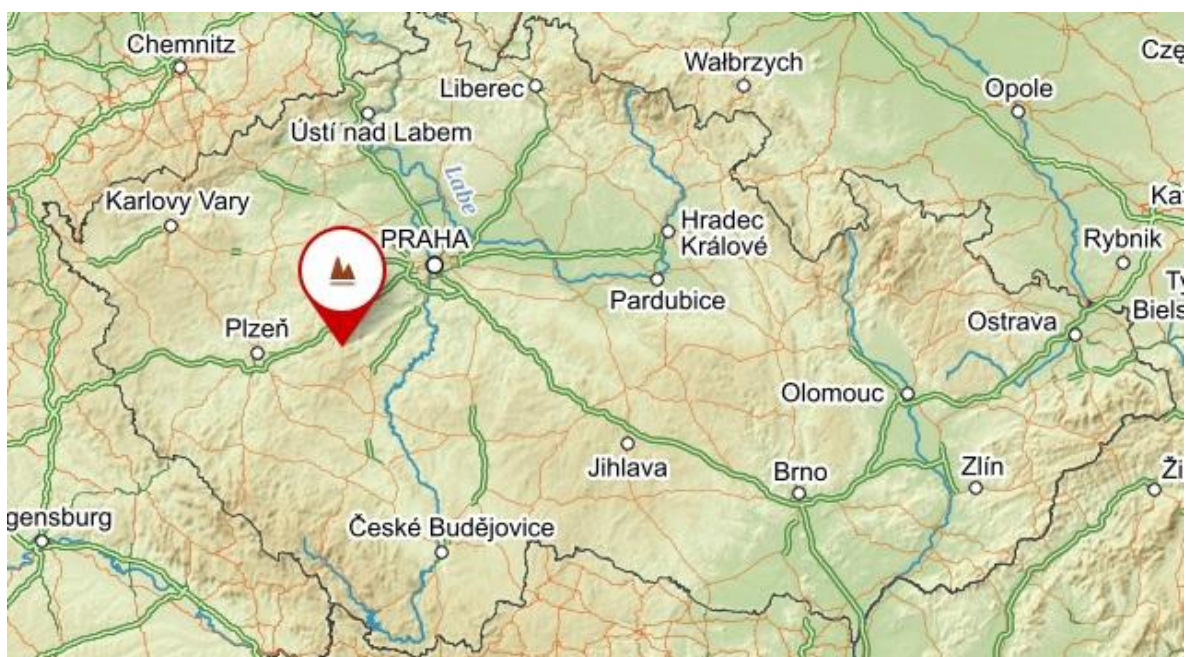
Tato diplomová práce byla zpracována s finanční podporou projektu specifického výzkumu FAST-S-18-5550 „Efektivní návrh a analýza vybraných konstrukčních prvků, detailů a spojů s ohledem na jejich skutečné chování a použitý materiál“.

Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením nosné konstrukce vyhlídkové věže v oblasti Brdy. Jedná se o konstrukci navrženou ze dvou základních materiálů, kterými jsou dřevo a ocel. Předmětem této práce není návrh ani posouzení spodní stavby.

Konstrukce byla vymodelována ve studentské verzi výpočetního programu Scia Engineer 15.1. jako 3D model. Výpočty jsou zpracovány podle platných normativů ČSN EN.

1.2 Umístění stavby a studie místa

Objekt je situován na Jindřichově skále ležící při severním okraji CHKO Brdy, nedaleko obce Malá Víska. Vrchol Jindřichovy skály leží v nadmořské výšce 588 m. n. m., ze kterého je výhled na zříceninu hradu Valdek. Jedná se tedy o vyhlídkové místo, ke kterému vede turistická cesta a z tohoto důvodu byla vyhlídková věž umístěna právě zde.



Obr. 1 Mapa oblasti



Obr. 2 Detail oblasti

Ke studii místa výstavby byla použita moderní technika. Okolí a samotné místo bylo zmapováno pomocí dronu DJI Phantom 3. Potřebné příslušenství bylo dálkového ovládání a mobilní telefon, který se propojil s dálkovým ovládáním a zajišťoval nám manipulaci s dronem a náhled na letové Info.



Obr. 3 Dron DJI Phantom 3

Během letu bylo natočeno několik záběrů, ze kterých jsme následně vytvořili úvodní video. Dále jsme také pořídily některé fotky:



Obr. 4 Pohled na Jindřichovu skálu



Obr. 5 Pohled na jihozápad



Obr. 6 Výhled na zříceninu Valdek



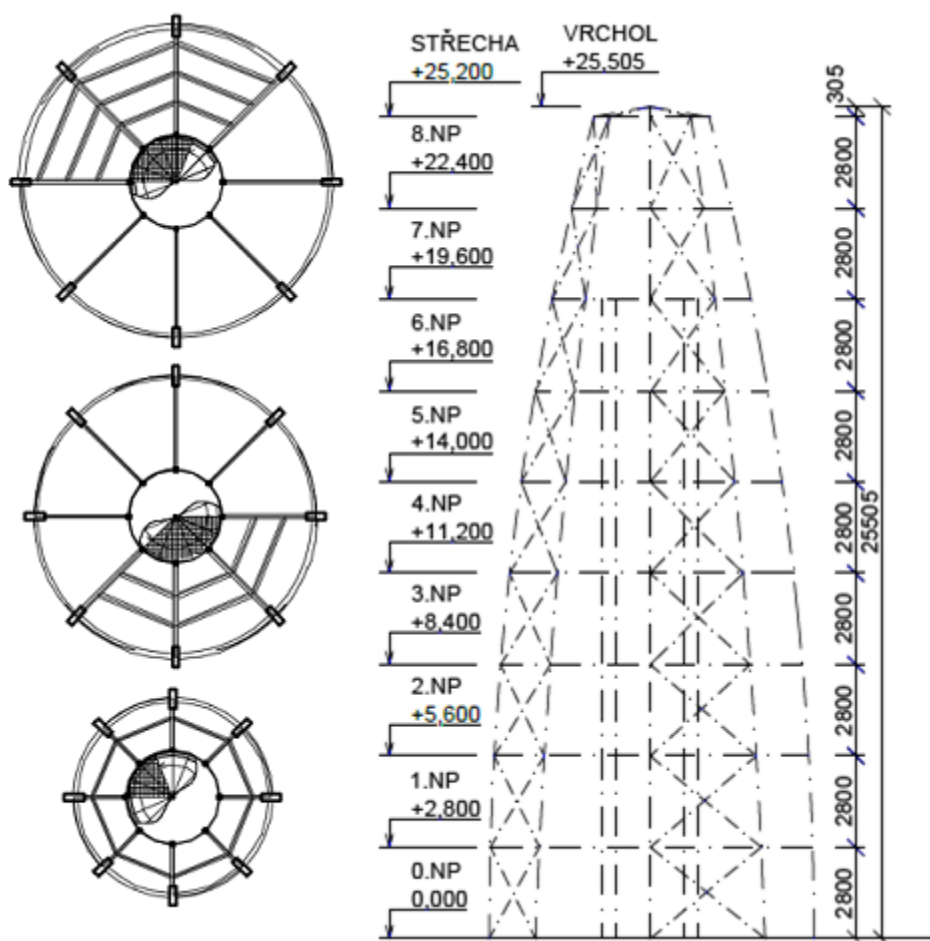
Obr. 7 Zřícenina hradu Valdek

1.3 Popis objektu

Jedná se o konstrukci, která má nosné prvky ze dřeva a oceli. Půdorysný tvar rozhledny ve tvaru kružnice. Po výšce je vyhlídková věž rozdělena na 9 výškových úrovní o konstrukční výšce 2,8 m. Dřevěná žebra tvořící nosnou konstrukce jsou zakřivená o poloměru 100 m, z tohoto důvodu je půdorys po výšce proměnný a

směrem k vrcholu se konstrukce zužuje. V patě konstrukce je průměr 10 m a ve vrcholu 3,545 m. Celková výška vyhlídkové věže je 25,725 m.

Rozhledna má celkem 3 vyhlídkové plošiny. Všechny plošiny jsou vybaveny zábradlím o výšce 1100 mm. První vyhlídková plošina se nachází ve výšce 5,6 m (2.NP) a zaujímá 3/8 velikosti půdorysu. Druhá vyhlídková plošina se nachází ve výšce 11,2 m, (4.NP) a zaujímá také 3/8 velikosti půdorysu. Výškové plošiny jsou vůči sobě pootočený o 180° tak, aby byl dohromady zajištěn výhled kolem dokola. Nejvýše položená plošina je navržena ve výšce 19,5 m (7.NP) a zaujímá celý půdorys. Poslední dvě výškové úrovně jsou nepřístupné. Rozhledna je ve vrcholu zastřešena. Pohyb mezi jednotlivými patry zajišťuje levotočivé vřetenové schodiště. V jednom rameni je celkem 16 stupňů a výška stupně je 175 mm. Schodiště je po obou stranách opatřeno ocelovým zábradlím výšky 1100 mm. Schodiště má celkem 4 mezipodesty o délkách 1230 mm a 1640 mm a 3 hlavní podesty. V celém schodišťovém prostoru je dodržena minimální podchodná výška 2100 mm.

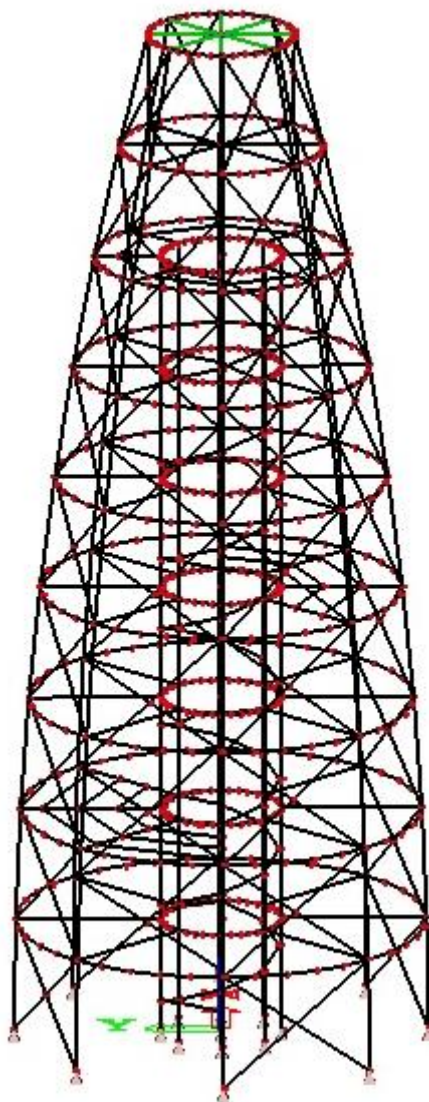


Obr. 8 Schéma konstrukce a půdorysy vyhlídkových plošin

2 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

2.1 Výpočtový model

Konstrukce byla vymodelována ve studentské verzi výpočetního programu Scia Engineer 15.1 jako prutová prostorová.



Obr. 9 Výpočtový model

2.2 Zatížení

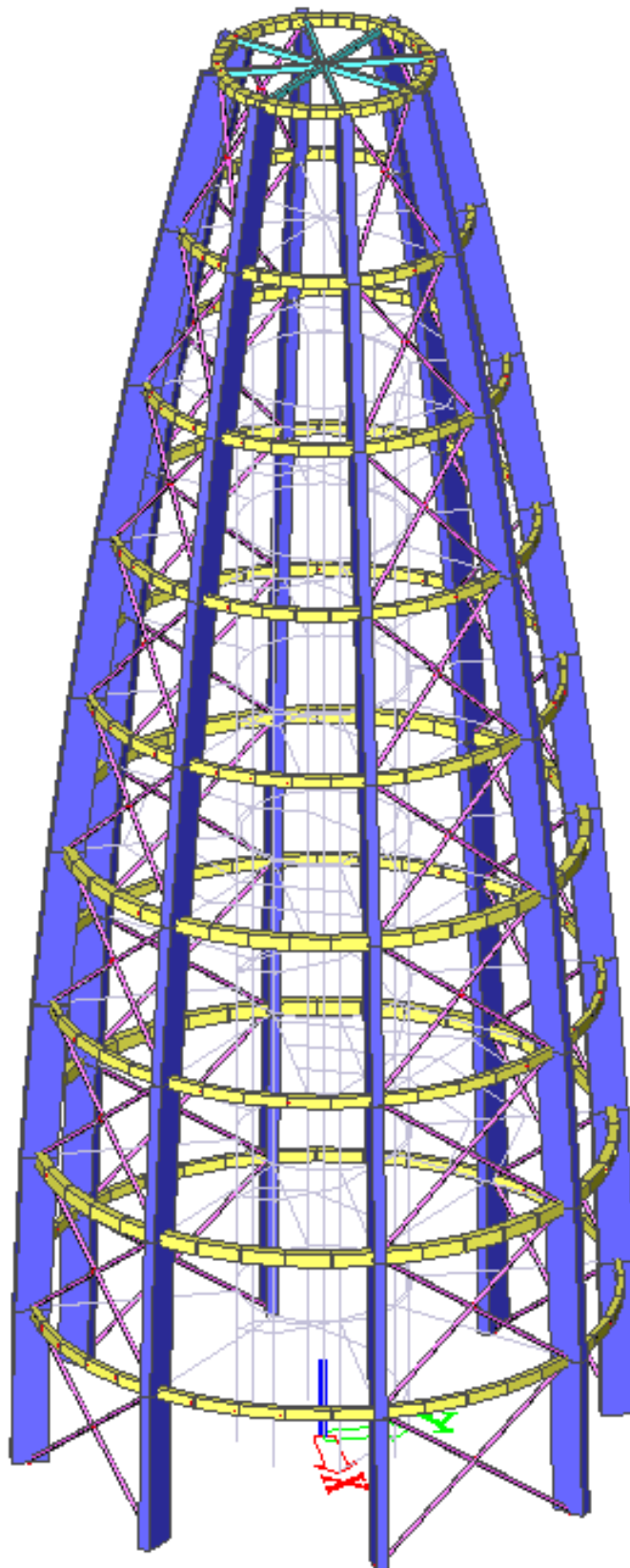
Ve výpočtovém modelu bylo uvažováno stálé zatížení vlastní tíhou, střešním pláštěm, podlahou, schodištvými stupni a prstenci. Klimatická proměnná zatížení tvoří zatížení větrem a sněhem. Další proměnné zatížení tvoří lidé.

Celkem bylo zadáno do výpočtového modelu 10 zatěžovacích stavů:

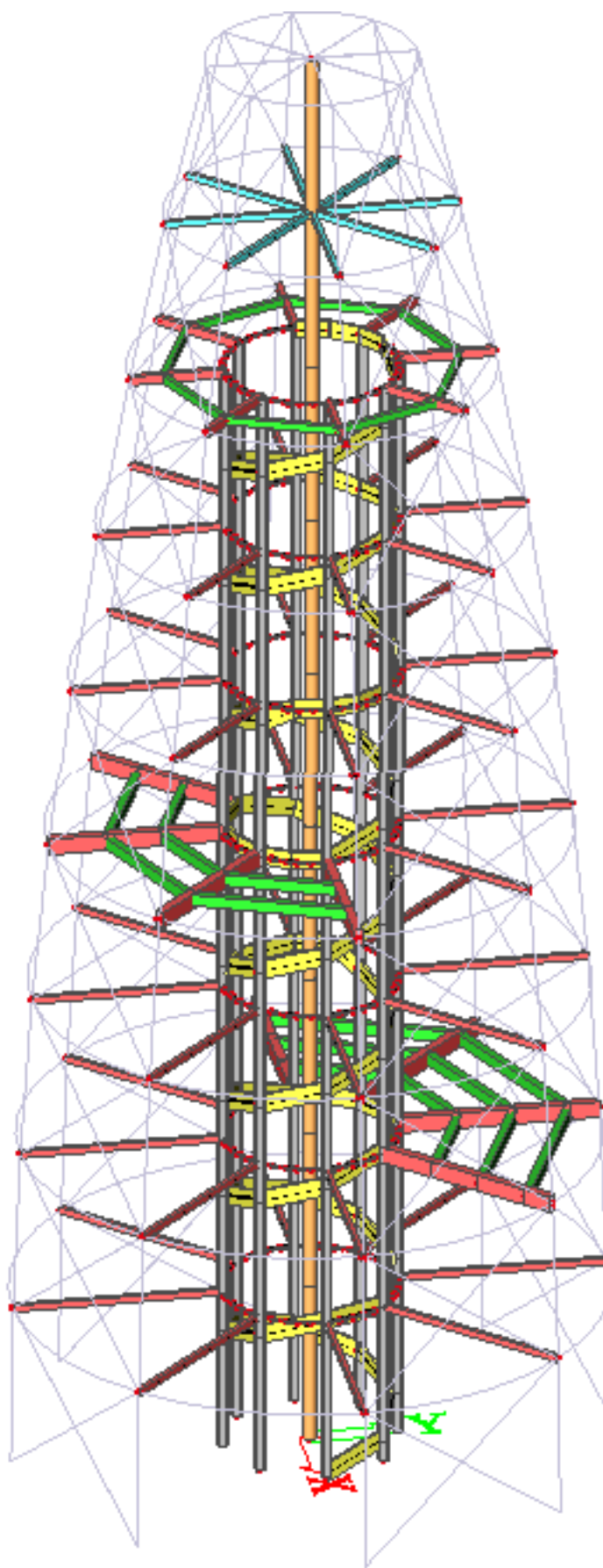
1. ZS - vlastní tíha (generována programem)
2. ZS - stálé - střecha ($g_{1,k} = 0,18 \text{ kN/m}^2$)
3. ZS - stálé - podlaha ($g_{2,k} = 0,32 \text{ kN/m}^2$)
4. ZS - stálé - sch. stupně ($g_{3,k} = 0,16 \text{ kN/m}^2$)
5. ZS - prstence (horní $g_{4,k} = 1,295 \text{ kN/m}$; dolní $g_{4,k} = 2,188 \text{ kN/m}$)
6. ZS - lidé - plné ($q_{v,k} = 5 \text{ kN/m}^2$; $q_{h,k} = 0,55 \text{ kN/m}^2$)
- 7a. ZS - lidé - na jednu stranu ($q_{v,k} = 5 \text{ kN/m}^2$; $q_{h,k} = 0,55 \text{ kN/m}^2$)
- 7b. ZS - lidé - na druhou stranu ($q_{v,k} = 5 \text{ kN/m}^2$; $q_{h,k} = 0,55 \text{ kN/m}^2$)
8. ZS - vítr - sání (proměnná hodnota)
9. ZS - vítr - tlak (proměnná hodnota)
10. ZS - sníh - střecha ($s_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$)

Konstrukce je umístěna v exteriéru, proto jsou navrhovány na třídu provozu 3.

2.3 Popis nosných prvků



Obr. 10 Schéma vnějších prvků



Obr. 11 Schéma vnitřních prvků 2

2.3.1 Žebro (modrofialová)

Průřez 200x600 mm, GL24h

V konstrukci se nachází celkem 8 žeber uspořádaných radiálně po kruhovém půdorysu. Žebro společně se sloupy a vřetenem přenáší zatížení z konstrukce přes základové patky do základové půdy. Uložení je uvažováno jako kloubové. Jedná se o zakřivený nosník o poloměru 10 m. Navzájem jsou žebra propojena ztužidly a horizontálními zakřivenými nosníky, dále nosníky kolem, a s vnitřní konstrukcí pomocí středových nosníků. Celková délka žebra v ose činí 25 480 m a skládá se ze 3 montážních dílců o délkách 9820 mm, 8490 mm a 7170 mm. Montážní spoj je proveden pomocí vnitřního plechu a svorníků přesných M24, 8.8.

2.3.2 Nosník kolem (žlutá)

- a) Nosník kolem: Průřez 120x200 mm, GL24h
- b) Nosník kolem vyhlídky: Průřez 180x240 mm, GL24h
- c) Nosník kolem střecha: Průřez 200x180 mm, GL32h

Nosník kolem je půdorysně zakřivený a tímto je vymezen průměr výškových úrovní. V každé výškové úrovni se nachází celkem 8 nosníků kolem. Nosník kolem slouží k propojení hlavních žeber a tímto ztužuje celou konstrukci. Nachází se mezi žebry a k žebru je připojen kloubově pomocí vnitřního plechu a svorníků přesných M10, 4.8. Ve výškové úrovni STŘECHA je nosník kolem vytvořen ze dvou dílců, které jsou následně na stavbě spojeny pomocí horizontálních plechů a spojovacích prostředků. Nosník kolem střecha má poloměr 3545 mm, uložen přímo na čelo žebra a zajištěn 2 vruty SFS WT-T-8,2x245. Nosník kolem je zatížen různými intenzitami zatížení, a proto byly navrženy různé průřezy a pevnosti.

2.3.3 Nosník střed (červená)

- a) Nosník střed volný: Průřez 80x120 mm, GL24h
- b) Nosník střed pod vyhlídkou: Průřez 160x280 mm, GL32h
- c) Nosník střed 7NP: Průřez 100x160 mm, GL24h

Nosník střed je přímý prvek. Pomocí něho se propojuje vnější nosná konstrukce se vnitřním sloupovým jádrem. V každé výškové úrovni se nachází celkem 8 nosníků střed. V 2NP a 4NP se v půdorysu kombinují 2 typy nosníků střed, tj. a)+b) nebo a)+c), a to z důvodu umístění vyhlídkových plošin jen na části půdorysu.

Tam, kde není tento prvek zatížen je navržen průřez a). V místech vyhlídky, kdy je nosník střed zatížen reakcemi od nosníků vyhlídky, je navržen průřez b) a ve výškové úrovni 7NP (nejvyšší vyhlídková plošina) průřez c). Nosník střed je na obou koncích připojen kloubově pomocí vnitřního plechu a svorníků přesných M10, 4.8, 10.9 a to na jedné straně k žeburu, a na druhé k ocelovému sloupu nebo vřetenu (8NP).

2.3.4 Nosník vyhlídky (zelená)

- a) Nosník vyhlídka: Průřez 140x200 mm, GL24h
b) Nosník vyhlídka 7NP: Průřez 100x140 mm, GL24h

Nosník vyhlídka je přímý prvek. Je umístěn mezi nosníky střed. Přenáší zatížení z vyhlídkových plošin do nosníků střed a ty ho následně přenášejí do žeber. Tyto nosníky se nachází pouze ve výškových úrovních 2NP, 4NP a 7NP.

V 2NP je navrženo celkem 9 nosníků průřezu a), které jsou od sebe osově vzdáleny 840, 850, 850, 840 mm (směrem od středu ven).

V 4NP je navrženo celkem 6 nosníků průřezu a), které jsou od sebe osově vzdáleny 860, 850, 1220 mm (směrem od středu ven).

V 7NP je navrženo celkem 8 nosníků průřezu b).

Nosník vyhlídky je připojen k nosníkům střed kloubově pomocí vnitřního plechu a svorníků přesných M12, 4.8.

2.3.5 Prstenec malý (červenočerná)

Průřez SHS 40/40/2,5, S235

Prstenec malý je zakřivený prvek o poloměru 1460 mm. Je umístěn mezi vnitřní sloupy v každé výškové úrovni mimo 8NP a STŘECHU. Tento prvek propojuje sloupy a společně vytvářejí vnitřní jádro. Ke sloupům je přivařen pomocí plechu a koutového svaru.

2.3.6 Sloup (šedá)

Průřez SHS 150/150/10, S235

Sloupy jsou v půdoryse rozmístěny symetricky po kruhu a v konstrukci jich je celkem 8. Uložení je uvažováno kloubové. Na sloupy je přimontována schodnice a tak přenášejí polovinu zatížení od schodiště. Sloupové jádro ztužuje celou konstrukci. Celková délka sloupů je 19 600 mm. Pro každé patro je uvažován montážní dílec sloupového jádra, tzn. montážní spoj v každém patře pomocí vnitřního svařence a šroubů M20, 8.8.

2.3.7 Vřeteno (oranžová)

Průřez CHS 219,1/8, S235

K vřetenu jsou přimontovány schodišťové stupně a tak přenáší polovinu zatížení ze schodiště (druhá je přenášena schodnicí do sloupů). Uložení je uvažováno kloubové. Vřeteno je přímo propojené s vnější konstrukcí až ve výškové úrovni 8.NP, kdy jsou na něj napojeny nosníky střed a nepřímý je propojeno pomocí schodišťových stupňů. Je součástí uvažovaného montážního dílce vnitřního jádra a montážní spoj je v každém patře. Celková délka vřetena je 25 200 mm.

2.3.8 Nosník krokev (světle modrá)

Průřez 80x120 mm, GL24h

Nosník krokev je hlavním nosným prvkem střešní konstrukce. Přenáší zatížení, které působí na střešní plášť (sníh, vítr, do nosníku kolem průřezu c). Krokve jsou ve spádu 10° a na nosník kolem osedlány a zajištěny pomocí 2 vrutů SFS WT-T-8,2x245 mm. K vřetenu jsou připojeny kloubově pomocí vnitřního plechu a svorníků přesných M10, 4.8.

2.3.9 Ztužidlo (růžová)

Průřez CHS 76,1/4, S235

Celkem jsou na konstrukci navrženy 4 vertikální pásy ztužidel vždy ob pole mezi žebry. Ztužidla jsou připevněna k žebru pomocí plechu a šroubů M16, 8.8. Křížení ztužidel je provedeno pomocí styčnickového plechu a šroubu M16, 8.8.

2.3.10 Schodiště a schodnice (okrová)

Podrobnější návrh a posouzení schodiště nebylo předmětem diplomové práce. Byla stanovena jen základní geometrie pro určení dispozičního řešení konstrukce. Uvažováno bylo schodiště ocelové levotočivé schodnicové. Schodišťové stupně jsou na jedné straně připevněny k vřetenu a na druhé straně do schodnice pomocí ocelových úhelníků, na které jsou uloženy. Stupně byly uvažovány z ocelových pororoštů. Výška schodišťového stupně je 175 mm a šířka schodišťového prostoru je 2920 mm. Schodiště je součástí vnitřního jádra a také montážního dílce. V celé konstrukci je dodržena minimální podchodná výška 2100 mm.

2.4 Kotvení

Veškeré kotvení k betonovému základu je realizováno jako kloubové pomocí ocelové patní desky a předem nebo dodatečně zabetonovaných kotevních šroubů.

2.4.1 Vřeteno

Patní deska z S235 tloušťky 10 mm je k betonovému základu přichycena pomocí dodatečně zabetonovaných šroubů $4\Phi 16$, 4.8. Velikost podlití je 30 mm. Pro přenos vodorovných sil je navržena kotevní zarážka IPE80 z oceli S235 o délce 100 mm. Vřeteno i kotevní zarážka jsou k patnímu plechu přivařeny koutovým svarem.

2.4.2 Sloup

Patní deska z S235 tloušťky 22 mm je k betonovému základu přichycena pomocí předem zabetonovaných šroubů $4\Phi 20$, 4.8 s kotevní hlavou. Všechny 4 šrouby mají společnou kotevní hlavu - kotevní koš, který je propojen po obvodu pásou. Velikost podlití je 30 mm. Pro přenos vodorovných sil je navržena kotevní zarážka IPE80 z oceli S235 o délce 100 mm. Sloup i kotevní zarážka jsou k patnímu plechu přivařeny koutovým svarem.

2.4.3 Žebro

Patní deska z S355 tloušťky 28 mm je k betonovému základu přichycena pomocí předem zabetonovaných šroubů $4\Phi 30$, 6.8 s kotevní hlavou. Každý šroub má svoji kotevní hlavu o velikosti 100x100 mm. Velikost podlití je 40 mm. Pro přenos vodorovných sil je navržena kotevní zarážka IPE80 s oceli S235 o délce 100 mm. Kotevní zarážka je k patnímu plechu přivařena koutovým svarem. Žebro je

k patnímu plechu připojeno pomocí vnitřního plechu a svorníků přesných M20, 10.9.

2.5 Založení stavby

Stavba bude založena na betonových patkách a doplněna mikropilotami. Podrobnější návrh a posouzení není předmětem diplomové práce.

2.6 Materiál

Konstrukce vyhlídkové věže je převážně tvořena z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL24h a GL32h. Ocelové prvky jsou konstrukce navrženy z pevnostní třídy S235, styčnickové plechy z pevnostní třídy S235 a S355. Dále pak svorníky, které jsou z pevnostní třídy 4.8, 6.8, 8.8 a 10.9.

2.7 Výroba konstrukce

Výroba konstrukce proběhne ve specializovaném závodě na výrobu lepených lamelových prvků. Prvky přímé se z lepeného lamelového dřeva vyrobí z dřevěných lamel tloušťky 40 - 50 mm, ostatní zakřivené prvky musí splnit podmínku $r_{in}/t > 150$, kde t je tloušťka lamely. Po zhotovení lepených lamelových prvků se provede impregnace.

2.8 Doprava

Aby bylo možné jednotlivé prvky dopravit na staveniště, byly na některých z prvků (sloup, vřeteno, žebro) navrženy montážní spoje.

2.9 Postup montáže

Před montáží samotné vyhlídkové věže je potřeba, aby byly již zhotoveny základové konstrukce a zkontrolováno osazení předem zabetonovaných kotevních šroubů. Montáž je nutno provádět pomocí jeřábu. Konstrukce musí být po celou dobu montáže stabilizována. Zajištění provedeno pomocí provizorních kotevních lan.

Postup:

- a) Montáž jednotlivých dílců vnitřního sloupového jádra do jednoho celku a osazení na základovou konstrukci
- b) Přimontování nosníků střed k vnitřnímu sloupovému jádru
- c) Montáž jednotlivých dílců žebra a následné osazení žeber na základovou konstrukci, vždy jedno a následně osazeno druhé protilehlé žebro, aby byla zabezpečena stabilita
- d) Montáž nosníků kolem na žebra, v pořadí výškových úrovní STŘECHA, 1NP, 7NP, 4NP, 8NP, 2NP, 6NP, 3NP a 5NP
- e) Montáž ztužidel
- f) Během prací se postupně osazují nosníky vyhlídky a souběžně připevňuje podlaha
- g) Montáž střešního pláště
- h) Osazení bezpečnostního vybavení

2.10 Ochrana konstrukce

2.10.1 Ochrana dřevěných prvků

Všechny prvky dřevěné konstrukce se opatří ochrannou vrstvou biotickým škůdcům. Dále opatření vícevrstevným nátěrem lazury dle třídy prostředí. Barva nátěru dle požadavků investora. Ochrana musí splňovat požadavky na působení rostlého i lepeného lamelového dřeva v daném prostředí.

2.10.2 Ochrana ocelových prvků

Ocelové prvky včetně spojovacích prostředků je nutné chránit před korozí, proto je navržena ochrana žárovým zinkováním.

2.11 Závěr

V rámci diplomové práce byla navržena konstrukce vyhlídkové věže o výšce 25,725 m v kruhovém půdorysném tvaru. V patě konstrukce je průměr 10 m a ve vrcholu 3,545 m.

Tato konstrukce byla vymodelována do programu Scia Engineer. Bylo zadáno zatížení, určena kombinace pro mezní stav únosnosti a použitelnosti. Následně byly vyhodnoceny vnitřní síly v jednotlivých prvcích konstrukce. Prvky byly dimenzovány

na největší vzniklé vnitřní síly a posuzovány programem Scia Engineer a částečně ručně v souladu s aktuálními platnými normami.

3 POUŽITÉ DOKUMENTY, SOFTWARE A ZKRATKY

3.1 Normativní dokumenty

Konstrukce dřevo-ocelové vyhlídkové věže byla navržena v souladu s těmito platnými normativními dokumenty:

- ČSN EN 1990 Eurokód 0: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3 Eurokód: Zatížení konstrukcí - Část 3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4 Eurokód: Zatížení konstrukcí - Část 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 EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

3.2 Software

- Nemetschek Group: Scia Engineer 15.1
- Autodesk: AutoCAD 2017
- Microsoft Corp.: MS Word 2010, MS Excel 2010

3.3 Literatura

- prof. Ing. Milan Holický, doc. Ing. Jana Marková, Ph.D., Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D. Dr.Sc, Zatížení stavebních konstrukcí, příručka k ČSN EN 199, Praha 2010, str. 132

- Ing. Jaromír Král, CSc., Odborné posouzení: Ing. Michael Trnka, CSc., Navrhování konstrukcí na zatížení větrem, Praha 2010, str. 11
- Dr. Ing. Volker Krämer, český překlad Bohumil Koželouh, Dřevěné konstrukce, příklady a řešení podle ČSN 73 1702, Praha, str. 318
- doc. Ing. Petr Kuklík, CSc., prof. Ing. Jiří Studnička, DrSc., Dřevěné a kovové konstrukce pro SPŠ stavební, Praha 2006, str. 187
- Ing. Jan Vaněrek, Ph.D. a kolektiv, Kovové a dřevěné materiály, Modul M01, Brno 2016, str. 127
- Ing. Karel Sýkora, Kovové a dřevěné konstrukce, Modul M04, Dřevěné konstrukce, Brno 2009, str. 64
- Doc. Ing. Marcela Karmazínová, Csc., Prvky kovových konstrukcí, Modul M02, Spoje kovových konstrukcí, Brno 2005, str. 48

3.4 Internetové zdroje

- Mapa oblasti: www.google.cz/maps
- SFS intec - vruty:
[https://www.sfsintec.biz/internet/sfsmedien.nsf/0B32E3BC82860918C12577670033B168/\\$FILE/Cenik_drevostavby.pdf](https://www.sfsintec.biz/internet/sfsmedien.nsf/0B32E3BC82860918C12577670033B168/$FILE/Cenik_drevostavby.pdf)

3.5 Použité zkratky

3.5.1 Malá písmena

a	<i>účinná výška svaru</i>
b	<i>šířka průřezu</i>
b_{ef}	<i>efektivní šířka průřezu</i>
c_{dir}	<i>součinitel směru větru</i>
c_e	<i>součinitel expozice</i>
c_j	<i>tepelný součinitel</i>
c_{net}	<i>součinitel tlaku</i>
$c_{r(z)}$	<i>součinitel drsnosti terénu</i>

C_{season}	<i>součinitel ročního období</i>
d	<i>průměr</i>
d_0	<i>průměr otvoru</i>
f	<i>frekvence</i>
$f_{c,0,g,d}$	<i>návrhová pevnost GL v tlaku rovnoběžně s vlákny</i>
$f_{c,0,g,k}$	<i>charakteristická pevnost LLD v tlaku rovnoběžně s vlákny</i>
$f_{c,90,d}$	<i>návrhová pevnost v tlaku kolmo k vláknům</i>
$f_{c,90,g,d}$	<i>návrhová pevnost GL v tlaku kolmo k vláknům</i>
$f_{c,90,g,k}$	<i>charakteristická pevnost GL v tlaku kolmo k vláknům</i>
$f_{c,90,k}$	<i>charakteristická pevnost v tlaku kolmo k vláknům</i>
f_d	<i>návrhové zatížení</i>
$f_{g,k}$	<i>charakteristické hodnota od stálého zatížení</i>
$f_{h,0,k}$	<i>charakteristická pevnost v otaleční v dřevěném prvku</i>
$f_{m,d}$	<i>návrhová pevnost v ohybu</i>
$f_{m,g,d}$	<i>návrhová pevnost GL v ohybu</i>
$f_{m,g,k}$	<i>charakteristická pevnost GL v ohybu</i>
$f_{m,k}$	<i>charakteristická pevnost v ohybu</i>
$f_{q,k}$	<i>charakteristická hodnota od proměnného zatížení</i>
$f_{t,0,g,d}$	<i>návrhová pevnost GL v tahu rovnoběžně s vlákny</i>
$f_{t,0,g,k}$	<i>charakteristická pevnost GL v tahu rovnoběžně s vlákny</i>
f_u	<i>charakteristická hodnota pevnosti oceli v tahu</i>
f_{ub}	<i>charakteristická hodnota pevnosti šroubu v tahu</i>
$f_{v,d}$	<i>návrhová pevnost ve smyku</i>
$f_{v,g,d}$	<i>návrhová pevnost GL ve smyku</i>
$f_{v,g,k}$	<i>charakteristická pevnost GL ve smyku</i>
$f_{v,k}$	<i>charakteristická pevnost ve smyku</i>

$f_{w,k}$	<i>charakteristická hodnota od zatížení větrem</i>
$f_{w,s,k}$	<i>charakteristická hodnota od zatížení větrem na zastíněné straně</i>
f_y	<i>charakteristická hodnota meze kluzu oceli</i>
h	<i>výška průřezu</i>
i_y, i_z	<i>poloměr setrvačnosti</i>

3.5.2 Velká písmena

A	<i>plocha</i>
A_{kont}	<i>kontaktní plocha</i>
A_v	<i>smyková plocha</i>
C_d	<i>pružný odpor</i>
$E_{0,05}$	<i>5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny</i>
$E_{0,mean}$	<i>střední hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny</i>
F	<i>svislá síla</i>
$F_{ax, Rk}$	<i>charakteristická osová únosnost na vytažení spoj. prostředku</i>
$F_{b, Rd}$	<i>návrhová únosnost šroubu v otláčení</i>
$F_{v, Rd}$	<i>návrhová únosnost šroubu ve stříhu</i>
$F_{v, Rk}$	<i>charakteristická únosnost šroubu ve stříhu</i>
H	<i>vodorovná síla</i>
I_c	<i>moment setrvačnosti tlačené části průřezu</i>
I_y, I_z	<i>moment setrvačnosti průřezu</i>
L	<i>délka svaru</i>
L_{cr}	<i>vzpěrná délka</i>
$M_{pl, Rd}$	<i>plastický moment únosnosti</i>
M_x, M_y, M_z	<i>ohybový moment</i>

$M_{y,Rk}$	<i>charakteristický plastický moment únosnosti spoj. prostředku</i>
N	<i>normálová síla</i>
$N_{b,Rd}$	<i>vzpěrná únosnost</i>
N_{E}, N_{Cr}	<i>kritická Eulerova síla</i>
$N_{t,Rd}$	<i>návrhová únosnost v tahu</i>
R_x, R_y, R_z	<i>reakce</i>
$V_{pl,Rd}$	<i>plastická smyková únosnost</i>
V_y, V_z	<i>posouvající síly</i>
W_t	<i>torzní modul průřezu</i>
W_y, W_z	<i>modul průřezu</i>
$W_{y,pl}, W_{z,pl}$	<i>plastický modul průřezu</i>
$Z\check{S}$	<i>zatěžovací šířka</i>

3.5.3 Řecká písmena

α_1	<i>součinitel imperfekce</i>
β_c	<i>součinitel imperfekce</i>
β_w	<i>korelační součinitel pro svary</i>
γ	<i>objemová tíha</i>
γ_G	<i>součinitel pro stálé zatížení</i>
$\gamma_{M,i}$	<i>součinitel materiálu</i>
γ_Q	<i>součinitel pro proměnného zatížení</i>
$\lambda_{m,rel}$	<i>poměrná štíhlost v ohybu</i>
$\lambda_{rel,y}$	
$\lambda_{rel,z}$	<i>poměrná štíhlost</i>
λ_y, λ_z	<i>štíhlost</i>
μ_i	<i>tvarový součinitel zatížení sněhem</i>

ρ_{vzd}	<i>měrná hmotnost vzduchu</i>
σ	<i>pevnost v tlaku (tahu)</i>
τ	<i>pevnost ve smyku</i>
χ	<i>součinitel vzpěrnosti</i>

4 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	<i>Mapa oblasti</i>	4
Obr. 2	<i>Detail oblasti</i>	5
Obr. 3	<i>Dron DJI Phantom 3</i>	5
Obr. 4	<i>Pohled na Jindřichovu skálu</i>	6
Obr. 5	<i>Pohled na jihozápad</i>	6
Obr. 6	<i>Výhled na zříceninu Valdek</i>	7
Obr. 7	<i>Zřícenina hradu Valdek</i>	7
Obr. 8	<i>Schéma konstrukce a půdorysy vyhlídkových plošin</i>	8
Obr. 9	<i>Výpočtový model</i>	9