

**Vysoké učení technické v Brně  
Fakulta stavební**

Studentská vědecká a odborná činnost  
Akademický rok 2011/2012

## **Vyhlídková věž**

Jméno a příjmení studenta, ročník, obor: Lucie Fabiánová, 4.ročník, K  
Vedoucí práce: Ing. Václav Röder  
Katedra / Ústav: KDK

## Obsah

|   |    |
|---|----|
| Abstrakt .....                          | 3  |
| Abstract .....                          | 3  |
| 1 Úvod .....                            | 4  |
| 2 Varianta A.....                       | 4  |
| 2.1 Konstrukční řešení varianty A ..... | 5  |
| 2.2 Hodnocení varianty A.....           | 5  |
| 3 Varianta B.....                       | 6  |
| 3.1 Konstrukční řešení varianty B ..... | 6  |
| 3.2 Hodnocení varianty B.....           | 6  |
| 4 Vyhodnocení a zvolená varianta.....   | 7  |
| 5 Geometrie modelu .....                | 7  |
| 5.1 Rozměry konstrukce .....            | 7  |
| 5.2 Model konstrukce.....               | 7  |
| 6 Zatížení konstrukce .....             | 8  |
| 6.1 Stálé zatížení konstrukce.....      | 8  |
| 6.1.1 Vlastní tíha.....                 | 8  |
| 6.1.2 Ostatní stálé zatížení .....      | 8  |
| 6.2 Zatížení proměnné.....              | 9  |
| 6.3 Zatížení sněhem .....               | 9  |
| 6.4 Zatížení větrem.....                | 9  |
| 7 Zatěžovací stavy.....                 | 10 |
| 8 Kombinace zatěžovacích stavů .....    | 10 |
| 9 Posouzení Mezních stavů .....         | 10 |
| 9.1 Mezní stav únosnosti .....          | 10 |
| 9.2 Mezní stav použitelnosti.....       | 11 |
| 10 Varianty průřezů .....               | 11 |
| 11 Technologie výstavby .....           | 12 |
| 12 Založení stavby .....                | 12 |
| Literatura .....                        | 13 |

## **Abstrakt**

Předmětem práce je návrh vyhlídkové věže. Konstrukce je ocelová příhradová a je řešena ve dvou variantách. Věž se skládá ze 7.NP, výška věže je 19,6m, půdorysné rozměry jsou 3x3m. Konstrukce je půdorysně ovinuta kolem schodišťové části věže. Jednotlivá vyhlídková patra jsou ve výšce 8,4m a 16,8m. Věž je částečně prosklená. Hlavní důraz je kladen na ekonomické (více variant průřezů) a architektonické požadavky. Vyhlídková věž je navržena do oblasti Orlických hor.

## **Abstract**

The object of this bachelor thesis is the proposal of the viewing tower. The construction is made of the steel truss and it is designed in two versions. The tower consists of 7 floors, the height of the tower is 19.6 meters and the floor area dimensions are 3x3 meters. The construction of this tower is wrapped around the stairs part of the tower. Particular floors with their viewpoints are at a height of 8.4 meters and 16.8 meters. The tower is partly glassed-in. This thesis focuses mainly on the economic (several variants of cross-sections) and architectural requirements. The viewing tower is designed for the region of the Eagle Mountains.

# 1 Úvod

V rámci řešení jsou zvoleny dvě varianty, varianta A a varianta B. Tyto varianty se od sebe výrazně liší, a to převážně z hlediska architektonického.

Konstrukční systém je příhradový. Jednotlivé spoje jsou kloubové i rámové. Přípoje všech ztužidel jsou pouze kloubové.

Schodiště je řešeno jako vřetenové s hlavní nosnou konstrukcí ocelovou, stupnice jsou dřevěné. Zábradlí je ocelové ve zvýšené výšce 1m nad úrovní stupnice.

Konstrukce střechy se skládá z trapézového plechu upevněného na laťování, bednění a ocelových stropnicích. Plechový podhled je rovněž upevněn na ocelových stropnicích. Sklon střechy je 8°.

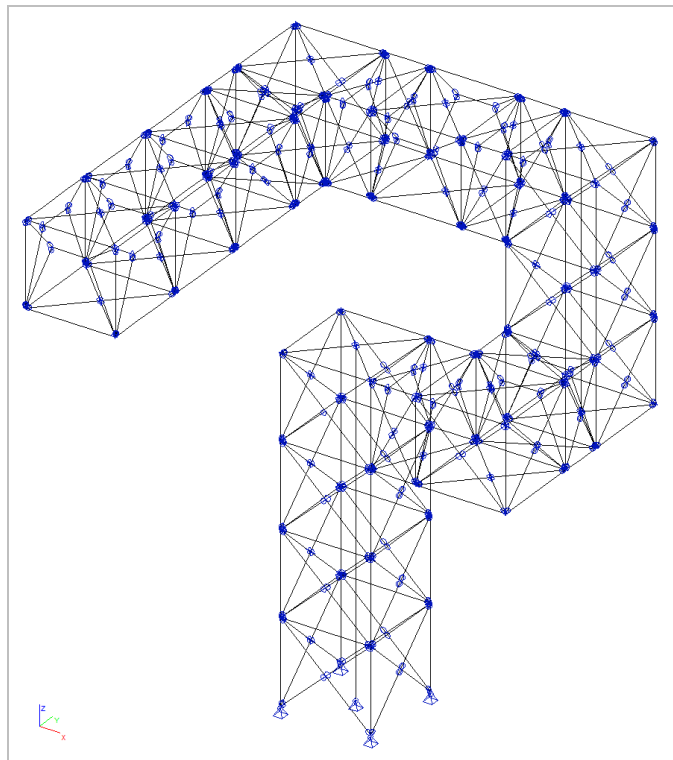
Konstrukce podlahy je ze dřevěných smrkových palubek uložených na polštářích, bednění a ocelových podlahových nosnících. Jak ve skladbě střešního pláště, tak i v konstrukci podlahy je použita izolace proti vodě a vlhkosti.

Obvodový plášť se skládá ze dvou materiálů – ze skla (bezpečnostní kalené sklo) a dřeva. Ve vyhlídkových patrech jsou skleněné tabule připojené systémem ocelových kotev. Tento systém se opakuje i ve svislých (schodišťových) částech vyhlídkové věže a kombinuje se s plnými dřevěnými tabulemi.

Větrání je umožněno mezerami (spárami) mezi připojením obvodového pláště na hlavní nosnou konstrukci vyhlídkové věže.

Z architektonického pohledu jsou obě dvě varianty lehké a vzdušné a nosná konstrukce je zcela příznaná.

## 2 Varianta A



Obr. 1: Výpočtový model varianty A

## **2.1 Konstrukční řešení varianty A**

Varianta A je řešena jako příhradová konstrukce, jejíž celková výška je 16,8m. Půdorysně zaobírá svislá schodišťová část prostor 3x3m. Horní volné rameno je dlouhé 13,5m. Druhé horní rameno je dlouhé 12m. Vyhlídková patra jsou v této variantě dvě – jedno ve výšce 8,4m a druhé ve výšce 14m.

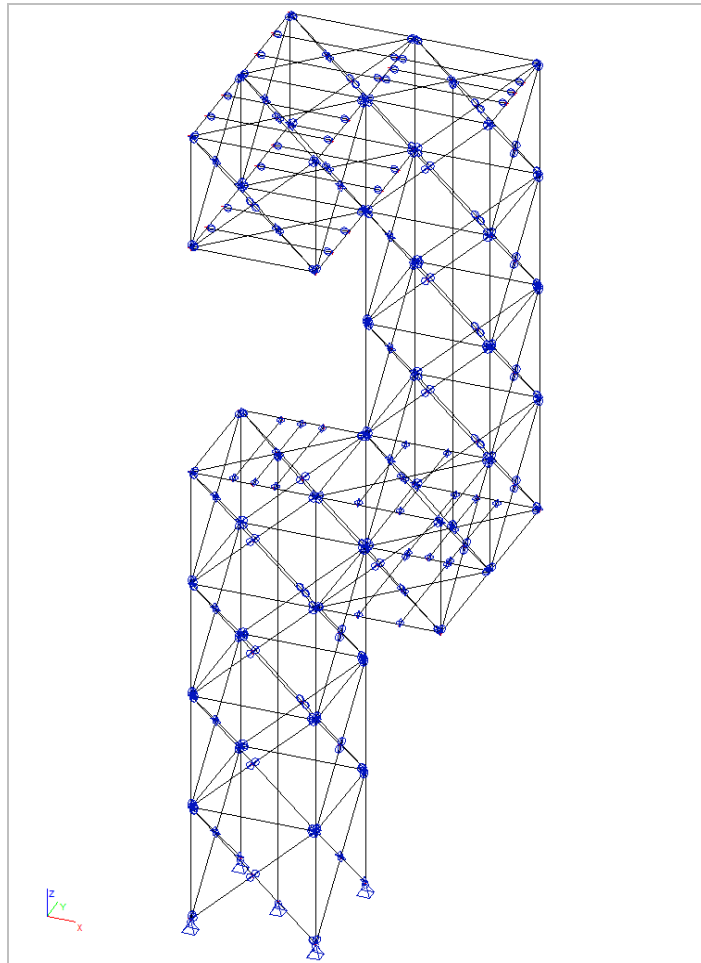
Tato varianta je půdorysně ovinuta kolem spodní schodišťové části. Toto ovinutí je odsazeno o 1,5m. Z bočního pohledu je konstrukce stupňovitě rozdělená, přičemž jednotlivé úrovně jsou odsunuty od středu spodní schodišťové části vyhlídkové věže.

## **2.2 Hodnocení varianty A**

Tato varianta byla vymodelována v programu SCIA ENGINEER 2008. Výsledkem zatížení byly veliké vnitřní síly a veliké deformace konstrukce, které nebylo možné dimenzovat s použitím „běžných průřezů a běžných materiálů“. Z tohoto důvodu vznikl nový návrh – varianta B.

Z hlediska architektonického je tato varianta zajímavější, nevšední a rozhodně odvážnější řešení.

### 3 Varianta B



Obr. 2: Výpočtový model varianty B

#### 3.1 Konstrukční řešení varianty B

Varianta B vychází z návrhu varianty A. Jedná se opět o příhradovou konstrukci. Výška je větší než u varianty A, je tedy 19,6m. V půdorysu došlo také ke změně. Konstrukce je půdorysně ovinuta bezprostředně kolem spodní schodišťové části vyhlídkové věže. Jednotlivá vyhlídková patra jsou ve výšce 8,4m a 16,8m.

#### 3.2 Hodnocení varianty B

Varianta B byla opět vymodelována v programu SCIA ENGINEER 2008. Výsledkem zatížení byly vnitřní síly a deformace, které je možné vyřešit s použitím oceli S235 a „běžných průřezů“.

Z hlediska architektonického je tato varianta střídmější, méně odvážná, avšak více elegantní a více jí odpovídá slovní označení „věž“.

## 4 Vyhodnocení a zvolená varianta

Z hodnocení obou variant vychází jak z hlediska statického tak i z hlediska architektonického výhodnější varianta B. Tuto variantu lze navrhnout z běžně dostupných materiálů a s použitím častých průřezů, nepožadují se zde speciální nároky jak na materiál, tak na zhotovení konstrukce.

Z těchto důvodů je varianta B podrobně rozpracována v dalších částech této práce.

## 5 Geometrie modelu

### 5.1 Rozměry konstrukce

Výška věže: 19,6m

Výška vyhlídkových pater: 8,4m a 16,8m

Konstrukční výška patra: 2,8m

Počet pater: 6

Osová vzdálenost sloupů v obou směrech: 3m

Počet hlavních sloupů: 4

Počet schodů/patro: 15

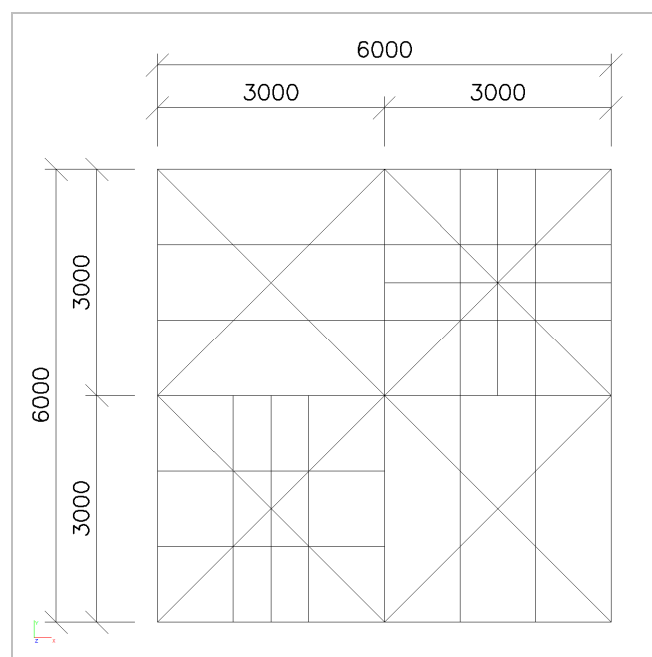
Počet schodů celkem: 90

Tvar střechy: pultová

Sklon střechy: 8°

### 5.2 Model konstrukce

Konstrukce vyhlídkové věže byla vytvořena v programu AUTOCAD 2008. Dále byla importována do programu SCIA ENGINEER 2008.



Obr. 3: Půdorysné schéma modelu

## 6 Zatížení konstrukce

### 6.1 Stálé zatížení konstrukce

#### 6.1.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha je vypočtena programem SCIA ENGINEER 2008.

#### 6.1.2 Ostatní stálé zatížení

Tab. 1: Skladba podlahy

| MATERIÁL                          | TL. (m) | OBJ. TÍHÁ (kN/m <sup>3</sup> ) | g <sub>k</sub> (kN/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------------|---------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Dřevěné podlahové palubky - smrk  | 0,028   | 6,800                          | 0,191                               |
| Polštáře – á 500mm, 50x30mm       | -       | 6,800                          | 0,031                               |
| HI – asfaltový pás, 3 vrstvy      | 0,003   | 0,006                          | 0,001                               |
| Bednění                           | 0,048   | 6,800                          | 0,326                               |
| Ocelové vaznice HEB á 1m          | -       | 78,00                          | 0,014                               |
| Plechový podhled                  | 0,001   | 71,00                          | 0,071                               |
| $\Sigma g_k$ (kN/m <sup>2</sup> ) |         |                                | 0,640                               |

Tab. 2: Konstrukce střešního pláště

| MATERIÁL                          | TL. (m) | OBJ. TÍHÁ (kN/m <sup>3</sup> ) | g <sub>k</sub> (kN/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------------|---------|--------------------------------|-------------------------------------|
| trapézový plech                   | 0,001   | 71,00                          | 0,071                               |
| Laťování – á 400mm, 30x50mm       | -       | 6,800                          | 0,026                               |
| Kontralatě – á 600mm, 25x25mm     | -       | 6,800                          | 0,009                               |
| HI – asfaltový pás, 3 vrstvy      | 0,002   | 0,006                          | 0,001                               |
| Bednění                           | 0,024   | 6,800                          | 0,163                               |
| Ocelové vaznice HEB á 1m          | -       | 78,00                          | 0,014                               |
| Dřevěný podhled                   | 0,012   | 6,800                          | 0,071                               |
| $\Sigma g_k$ (kN/m <sup>2</sup> ) |         |                                | 0,361                               |

Tab. 3: Konstrukce obvodového pláště

| MATERIÁL                          | TL. (m) | OBJ. TÍHÁ (kN/m <sup>3</sup> ) | g <sub>k</sub> (kN/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------------|---------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Bezpečnostní kalené sklo          | 0,012   | 28,000                         | 0,336                               |
| Kotvy skla                        | 6KS     | -                              | 0,001                               |
| $\Sigma g_k$ (kN/m <sup>2</sup> ) |         |                                | 0,337                               |

Tab. 4: Konstrukce schodiště

| MATERIÁL             | V (m <sup>3</sup> ) | OBJ. TÍHÁ (kN/m <sup>3</sup> ) | G <sub>k</sub> (kN/m) |
|----------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Vřeteno              | 0,0135              | 78,000                         | 1,054                 |
| 15 stupňů / 1 patro  | 0,0286              | 27,000                         | 0,773                 |
| Úhelníky 2ks/1stupeň | 0,0091              | 78,000                         | 0,699                 |
| Zábradlí             | 0,0124              | 78,000                         | 0,964                 |
| $\Sigma G_k$ (kN/m)  |                     |                                | 3,490                 |

Schodiště bude provedeno jako kovová vřetenová konstrukce.



## 6.2 Zatížení proměnné

Kategorie: C3 – plochy bez překážek pro pohyb osob, např. plochy v muzeích, ve výstavních sáních a přístupové plochy ve veřejných a administrativních budovách, hotelích, nemocnicích, železničních nádražích a halách

=> C3= 3 až 5 kN/m<sup>2</sup>

Pro střední úroveň vyhlídkové věže (výška 11,2m) je uvažováno rovnoměrné proměnné charakteristické zatížení  $q_k=5\text{kN/m}^2$ , pro horní část vyhlídkové věže (výška 16,8m) je uvažováno rovnoměrné proměnné charakteristické zatížení  $q_k=4\text{kN/m}^2$ .

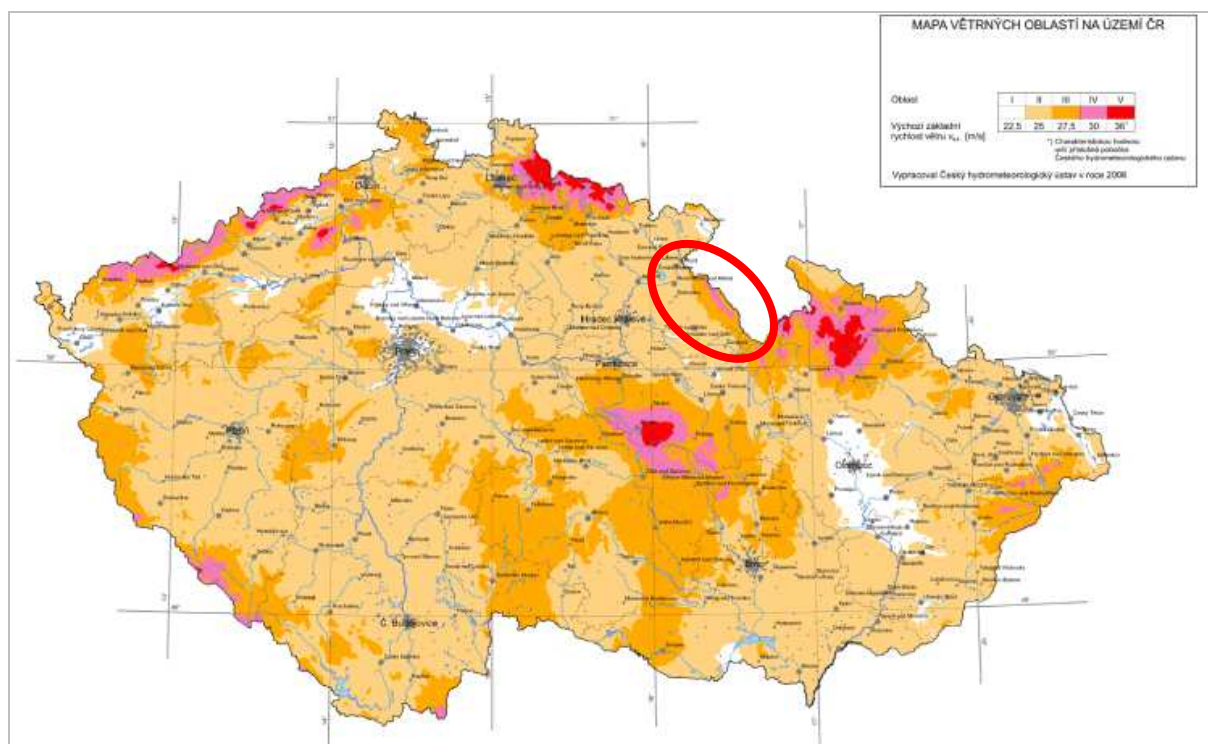
## 6.3 Zatížení sněhem

Oblast Orlické hory, Velká Deštná (50°18'5,271" N, 16°23'51,745" E)  
1115m n.m.

→ oblast VIII. →  $S_0 > 4,0\text{kN/m}^2$  → ČHMÚ

## 6.4 Zatížení větrem

Základní rychlost větru  $V_{b,0} = 30,0\text{ m/s}$  (viz mapa větrných oblastí)



Obr. 4: Mapa větrných oblastí na území ČR

## 7 Zatěžovací stavy

Tab. 5: Zatěžovací stavy

| NÁZEV ZS | POPIS    | TYP PŮSOBENÍ | SKUPINA ZATÍŽENÍ | TYP ZATÍŽENÍ | PŮSOBENÍ   |
|----------|----------|--------------|------------------|--------------|------------|
| 1 STÁLÉ  | vl. tíha | Stálé        | vlastní tíha     | Vlastní tíha |            |
| 2 STÁLÉ  | ostatní  | Stálé        | stálé            | Standard     |            |
| 3 SNÍH   |          | Proměnné     | sníh             | Statické     | Krátkodobé |
| 4 SVÍTR  | zleva    | Proměnné     | vítr             | Statické     |            |
| 5 SVÍTR  | zprava   | Proměnné     | vítr             | Statické     |            |
| 6 SVÍTR  | zepřed   | Proměnné     | vítr             | Statické     |            |
| 7 SVÍTR  | zezadu   | Proměnné     | vítr             | Statické     |            |
| 8 PROM   | všude    | Proměnné     | proměnné         | Statické     | Krátkodobé |
| 9 PROM   | vrch     | Proměnné     | proměnné         | Statické     | Krátkodobé |
| 10 PROM  | střed    | Proměnné     | proměnné         | Statické     | Krátkodobé |
| 11 PROM  | všude    | Proměnné     | schody           | Statické     | Krátkodobé |
| 12 SCHOD | vrch     | Proměnné     | schody           | Statické     | Krátkodobé |
| 13 SCHOD | dole     | Proměnné     | schody           | Statické     | Krátkodobé |
| 14 DVÍTR |          | Proměnné     | vítr             | Dynamické    |            |

## 8 Kombinace zatěžovacích stavů

Kombinace zatěžovacích stavů jsou provedeny dle rovnice (1) a (2).

Kombinace pro 1. Mezní stav únosnosti:

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

Kombinace pro 2. Mezní stav použitelnosti:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (2)$$

## 9 Posouzení Mezních stavů

### 9.1 Mezní stav únosnosti

Všechny prvky byly posouzeny dle ČSN EN 1993-1-1: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

Pro vybrané prvky byl proveden ruční výpočet na posouzení pro tah, tlak (se vzpěrem), ohyb (s klopením), smyk a kroucení.

Ostatní prvky byly posouzeny v programu SCIA ENGINEER 2008.

## 9.2 Mezní stav použitelnosti

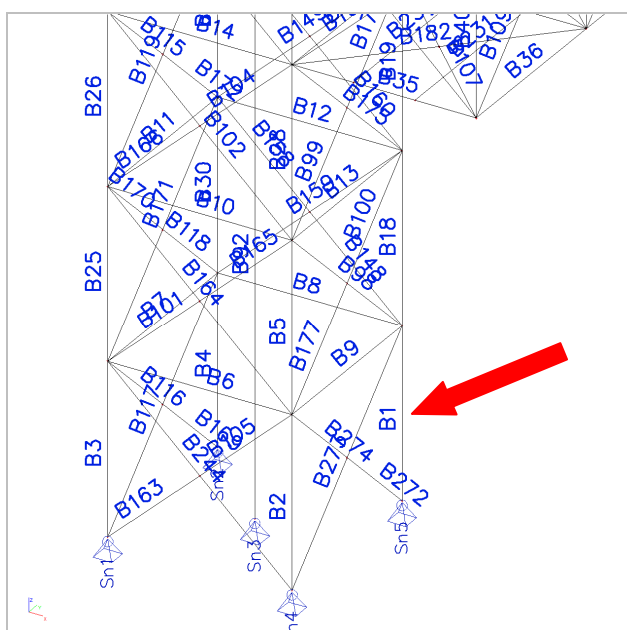
Byl posouzen pomocí programu SCIA ENGINEER 2008. Hlavní vodorovný posun konstrukce způsoboval velké problémy. Bylo zapotřebí, aby vodorovný posun byl menší než:

$$u_{lim} = \frac{h}{500} = \frac{19\,600}{500} = 39,2\text{mm} \quad (3)$$

Po provedení dimenzování na 2. Mezní stav, je  $u=32\text{mm}$  a tedy vyhovuje.

## 10 Varianty průřezů

Porovnání průřezu vychází ze zatížení prutu B1. Vybrané typy průřezů jsou posouzené pouze na 1. mezní stav. Zvoleny jsou nejběžnější typy ocelových a sprážených ocelo-betonových průřezů.



Obr. 5: Umístění prutu B1

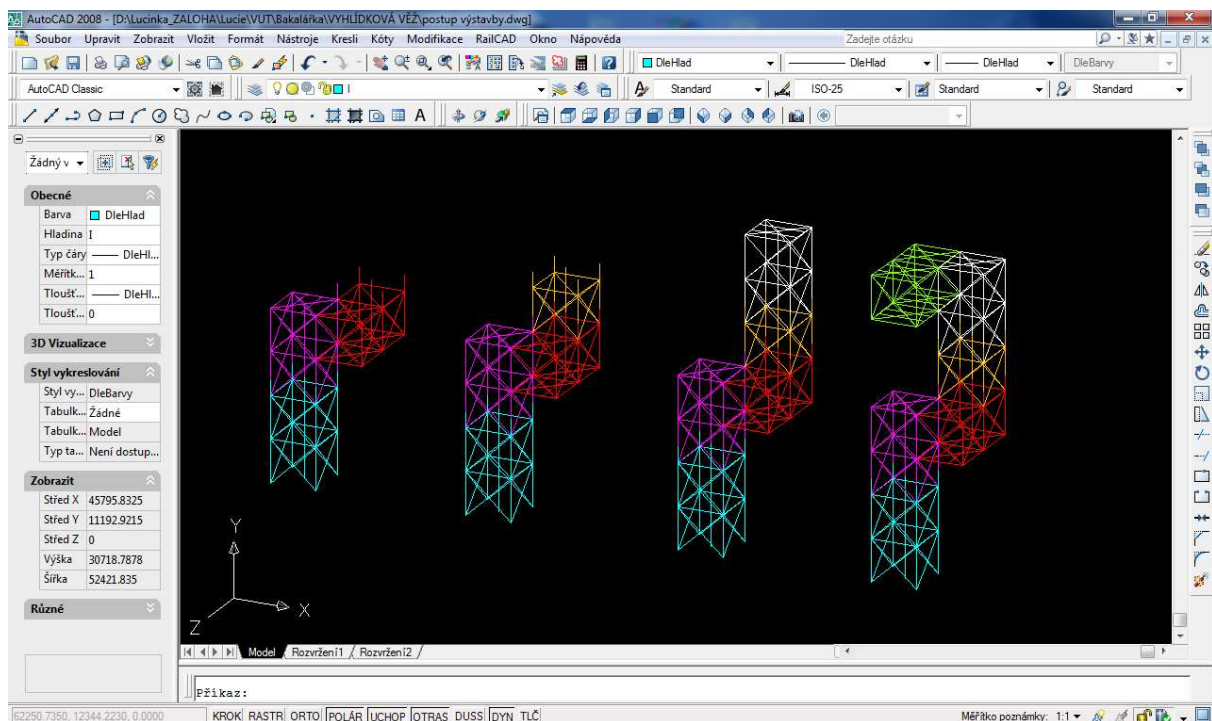
Tab. 6: Varianty průřezů

| PRŮŘEZ                         | OCELOVÝ                     | SPŘÁŽENÉ OCELO-BETONOVÉ |                             |                                 |
|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
|                                | ČLENĚNÝ S RÁMOVÝMI SPOJKAMI | KRUHOVÝ PRŮŘEZ          | ČÁSTEČNĚ OBETONOVANÝ PRŮŘEZ | CELÝ OBETONOVANÝ PRŮŘEZ         |
| Profil                         | 2xUPE 270                   | CHS273X6.3              | HEB200                      | HEB160                          |
| Hmotnost oceli [kg]            | 205                         | 116                     | 172                         | 127                             |
| Objem betonu [m <sup>3</sup> ] | 0                           | 0,149                   | 0,090                       | 0,168                           |
| Výztuž                         | NE                          | NE                      | NE                          | 4 $\phi$ 10mm,<br>TŘ $\phi$ 8mm |
| Tuhost [Nmm <sup>2</sup> ]     | $1,102 \cdot 10^{13}$       | $1,447 \cdot 10^{13}$   | $6,648 \cdot 10^{12}$       | $9,395 \cdot 10^{12}$           |
| Únosnost [kN]                  | 2 023,4                     | 2191,3                  | 2074,4                      | 2 159,3                         |

## 11 Technologie výstavby

Konstrukce se nachází v Orlických horách, na nejvyšším vrcholu Velké Deštné (1115m n.m.). Z tohoto důvodu bude konstrukce přivezena na staveniště po jednotlivých dílech, které budou mít rozměr do 3,5x4,5x7,5m (doprava větší dílů není možná z důvodu úzkých komunikací a nízkých průjezdných profilů mostů a nadjezdů). Z toho vyplývá, že části konstrukce budou přivezeny na stavbu jednotlivě a až na místě budou smontovány. Veškeré drobné detaily budou zhotoveny dílensky.

Postup výstavby je zobrazen na obrázku viz níže. Jednotlivé barevné části značí části konstrukce, které budou převezeny jako jeden díl na staveniště a následně na místě budou připojeny k již zhotovené části vyhlídkové věže. Veškeré další konstrukce, jako je např. střešní plášť či obvodový plášť, budou dovezeny na staveniště a teprve po dokončení celé hlavní nosné konstrukce věže a schodiště budou přimontovány.



Obr. 6: Postup výstavby

## 12 Založení stavby

Konstrukce věže je založena na železobetonové desce a mikropilotách. Deska má rozměry 4,5 x 4,5m a tloušťku 600mm. Mikropiloty jsou rozmístěny pod sloupy v oblasti 1,5x1,5m po osové vzdálenosti 500mm. Průměr mikropiloty je 150mm a délka 8m.

Založení je pouze ve fázi návrhu a není dále podrobně řešeno v rámci této práce.

## Literatura

- [1] ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, Praha: ÚNMZ, 2003, 43 stran
- [2] ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem, Praha: ÚNMZ, 2004, 37 stran
- [3] ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem, Praha: ÚNMZ, 2007, 124 stran
- [4] ČSN EN 1993-1-1: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Praha: ÚNMZ, 2006, 96 stran
- [5] ČSN EN 1993-1-8: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Navrhování styčnic, Praha: ÚNMZ, 2006, 126 stran
- [6] ČSN EN 1994-1-1: Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Praha: ÚNMZ, 2006, 102 stran
- [7] Macháček, J., Sokol, Z., Vraný, T. a Wald, F., Navrhování ocelových konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-1-8. Navrhování hliníkových konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1999-1, Praha: ČKAIT, 2009, 182 stran, ISBN 978-80-87093-86-3
- [8] Studnička, J., Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1994-1-1, Praha: ČKAIT, 2009, 116 stran, ISBN 978-80-87093-85-6
- [9] Zich, M., Nečas, R., Koláček, J., Strnad, J., Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů, Brno: Typos, 2010, 145 stran, ISBN 978-80-86897-38-7
- [10] Valíček, J., Návrh rozhledny v Javornících, Brno 2009, bakalářská práce, 103 stran