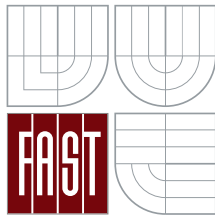


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## DIVADLO V PŘEROVĚ

THEATRE IN PREROV

## TECHNICKÁ ZPRÁVA

ENGINEERING REPORT

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

#### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Tichák

#### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Barnat, Ph.D.

BRNO 2015



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Studijní program</b>        | N3607 Stavební inženýrství  |
| <b>Typ studijního programu</b> | Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia |
| <b>Studijní obor</b>           | 3608T001 Pozemní stavby   |
| <b>Pracoviště</b>              | Ústav kovových a dřevěných konstrukcí                             |

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

**Diplomant** Bc. Tomáš Tichák

**Název** Divadlo v Přerově

**Vedoucí diplomové práce** Ing. Jan Barnat, Ph.D.

**Datum zadání  
diplomové práce** 31. 3. 2015

**Datum odevzdání  
diplomové práce** 15. 1. 2016

V Brně dne 31. 3. 2015

.....  
prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## Podklady a literatura

- [1] ČSN EN 1995-1-1 Navrhování dřevěných konstrukcí - Obecná pravidla
- [2] ČSN EN 1993-1-1 až 8 Navrhování ocelových konstrukcí
- [3] Koželouh B.: Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5 - Step 1 Navrhování a konstrukční materiály, Bohumil Koželouh 1998
- [4] ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení- Vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [5] ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení- Zatížení sněhem
- [6] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení- Zatížení větrem

## Zásady pro vypracování

Vypracujte návrh nosné konstrukce objektu divadla v městě Přerov. Minimální zastavěná plocha je stanovena na 400 m<sup>2</sup>. Minimální volná šířka zastřešení je stanovena na 25 m. Dispoziční řešení navrhnete v souladu s architektonickými a technickými požadavky souvisejícími s účelem stavby ve dvou variantách. Varianty posuďte předběžně dle vhodné zvolených kritérií a vybranou variantu detailně zpracujte. Pro nosnou konstrukci užíjte primárně ocel pevnosti S235 nebo rostlé či lepené lamelové dřevo standardní pevnosti. Vypracujte statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce včetně řešení směrných detailů. Vypracujte technickou zprávu a výkresovou dokumentaci v rozsahu specifikovaném vedoucím práce. Z výkresové dokumentace se předpokládá: dispoziční výkresy, plán kotvení, výkresy směrných detailů a konstrukční výkres vybraných nosných prvků. Popisná data (vkládá student před odevzdáním práce)

## Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

.....  
Ing. Jan Barnat, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

## **Abstrakt**

Cílem této práce je návrh nosné konstrukce objektu divadla v městě Přerov. Stavba se skládá ze dvou konstrukčně nezávislých objektů – dřevěná část zastřešuje jeviště, ocelová obsahuje jeviště a zázemí. Stavba má nepravidelný půdorys. Půdorysné rozměry objektu jsou 72 x 54 m. Výška 17,5 m. Zastavěná plocha činí 2000 m<sup>2</sup>. Dřevěná konstrukce se skládá z prvků z lepeného lamelového dřeva, rostlého dřeva a oceli. Ocelová konstrukce je tvořena příčnými kloubovými vazbami, ocelobetonovými spřaženými stropy, příhradovými vazníky a ztužidly. Práce obsahuje návrh, výpočet a posouzení zatížené konstrukce včetně spojů. Pro výpočet vnitřních sil v konstrukci bylo využito programu pro statickou analýzu konstrukcí Dlubal RFEM 5. K práci je přiložena výkresová dokumentace.

## **Klíčová slova**

Divadlo, Rostlé dřevo, Lepené lamelové dřevo, Plnostěnný oblouk, Dřevěná konstrukce, Ocelová konstrukce, Vícepodlažní budova, Spřažená konstrukce, Příhradový vazník, Příhradové ztužidlo

## **Abstract**

The main purpose of this work is a structural design of the building of theatre in Prerov city. The building has irregular shape. The structure is 72 m long, 54 m wide and 14,5 m high. Footprint equals to 2000 m<sup>2</sup>. Timber part of the building consists of glued laminated timber elements, as well as solid-sawn timber and steel ones. Steel part of the building includes transversal joint frames, composite steel and concrete ceilings, truss girders and bracings. This document includes design, internal force enumeration and structural assessment, including joints. Dlubal RFEM 5 structural analysis and design software has been utilized in the process. Drawings of the structure are enclosed.

## **Keywords**

Theatre, Timber structure, Steel structure, Glued laminated timber, Solid-sawn timber, Multi-storey building, Composite steel and concrete structure, Truss girder, Truss bracing

## Bibliografická citace VŠKP

Bc. Tomáš Tichák *Divadlo v Přerově*. Brno, 2016. 158 s., 280 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Barnat, Ph.D.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15.1.2016

.....  
podpis autora  
Bc. Tomáš Tichák

**Poděkování:**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Janu Barnatovi za poskytnutí cenných rad, zodpovězení všech mých dotazů a za celkové vedení při vypracování diplomové práce.

V Brně dne 15.1.2016

.....  
podpis autora

Bc. Tomáš Tichák

## OBSAH

|   |    |
|---|----|
| 1. ÚVOD.....  | 3  |
| 2. POUŽITÉ NORMY.....   | 4  |
| 3. POPIS STAVBY.....  | 5  |
| 4. VARIANTY ŘEŠENÍ.....   | 7  |
| 5. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ.....  | 10 |
| 5.1 BUDOVA A .....  | 10 |
| 5.1.1 RADIÁLNÍ OBLOUK.....  | 10 |
| 5.1.2 OBLOUK PŘÍMÉ ČÁSTI .....                                      | 11 |
| 5.1.3 VAZNICE.....  | 11 |
| 5.1.4 PRSTENEC .....  | 11 |
| 5.2 BUDOVA B.....   | 11 |
| 5.2.1 SLOUPY .....  | 12 |
| 5.2.2 PRŮVLAKY .....  | 12 |
| 5.2.3 STROPNICE .....   | 12 |
| 5.2.4 VAZNICE.....  | 12 |
| 5.2.5 VAZNÍKY.....  | 12 |
| 5.2.6 ŽTUŽIDLA .....  | 12 |
| 6. MATERIÁL.....  | 13 |
| 7. ZATÍŽENÍ.....  | 14 |
| 8. OCHRANA KONSTRUKCE .....   | 14 |
| 8.1 OCHRANA DŘEVĚNÝCH PRVKŮ PROTI HOUBÁM A DŘEVOKAZNÉMU HMYZU ..... | 14 |
| 8.1 OCHRANA OCELOVÝCH PRVKŮ PROTI KOROZI .....                      | 14 |
| 9. DOPRAVA.....   | 15 |
| 10. MONTÁŽ.....   | 15 |
| 10.1 BUDOVA A.....  | 15 |
| 10.2 BUDOVA B .....   | 15 |
| 12. LITERATURA .....  | 18 |



## 1. Úvod

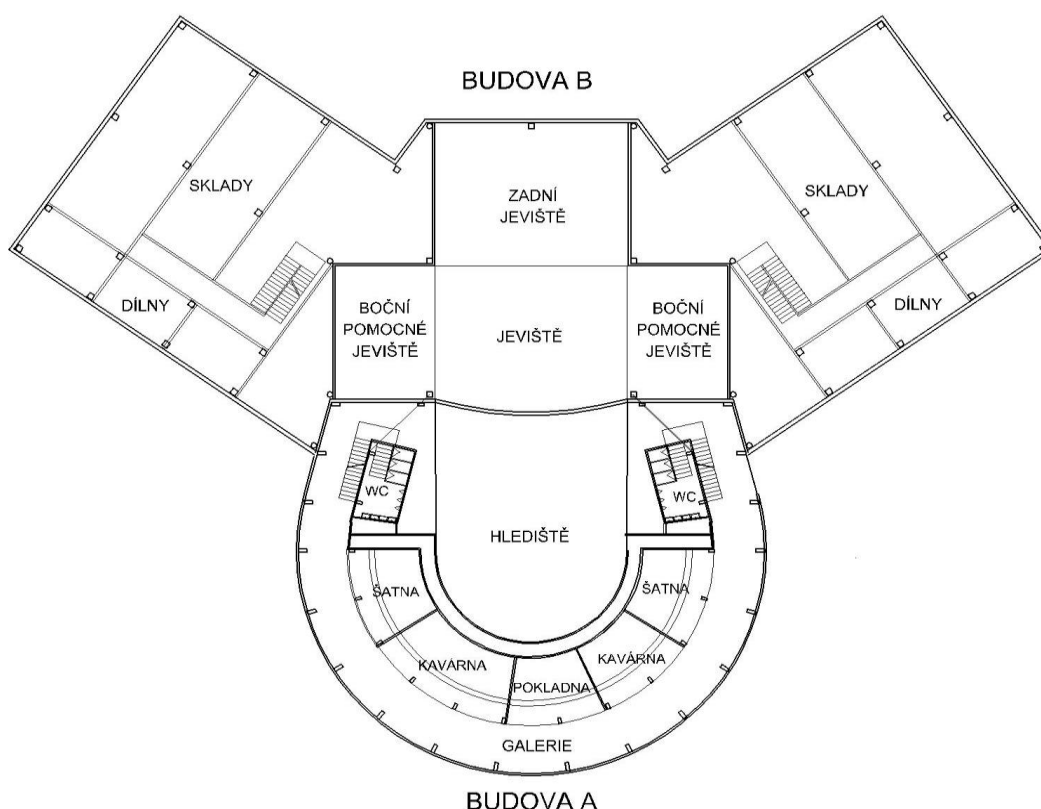
Předmětem projektu je návrh nosné konstrukce objektu divadla v městě Přerov. Objekt sestává ze dvou konstrukčně nezávislých celků. Konstrukce budovy A je zhotovena z lepeného lamelového dřeva, smrkového rostlého dřeva a ocelových spojovacích prostředků. Konstrukce budovy B je ocelová. Divadlo se nachází v okresním městě Přerově v Olomouckém kraji. Půdorysné rozměry objektu jsou 72 x 54 m. Výška 17,5 m. Zastavěná plocha činí 2000 m<sup>2</sup>. Konstrukce je navržena a posouzena dle příslušných norem s ohledem na prostorové uspořádání objektu. Pro všechny mezní stavy je uvažována třída prostředí 2, vlhkost dřeva při montáži je stanovena na 20 %.

## 2. Použité normy

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód 1: Zásady navrhování konstrukcí, Český normalizační institut, 2004
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, Český normalizační institut, 2004
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Zatížení sněhem, Český normalizační institut, 2004
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Zatížení větrem, Český normalizační institut, 2007
- [5] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Český normalizační institut, 2006
- [6] ČSN EN 1991-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků, Český normalizační institut, 2006
- [7] ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [8] ČSN EN 1194 Dřevěné konstrukce- Lepené lamelové dřevo – Pevnostní třídy a stanovení charakteristických hodnot, Český normalizační institut, 2013
- [9] ČSN EN 338 Konstrukční dřevo, Český normalizační institut, 2010
- [10] ČSN 73 1401 Navrhování ocelových konstrukcí, Český normalizační institut, 1994
- [11] ČSN ISO 690 Bibliografické citace, 2011

### 3. Popis stavby

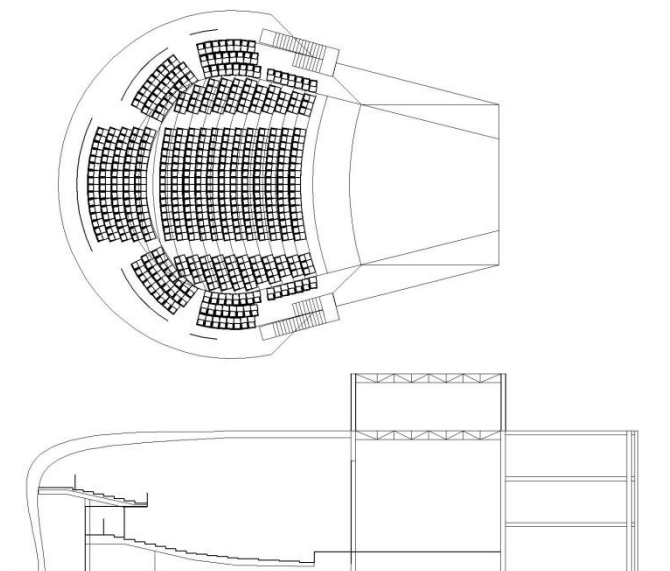
Objekt divadla sestává ze dvou funkčně propojených budov. Budova A má tvar poloviny válce se zaoblenou střechou - viz obr. 3 Poloměr válce činí 16,25 m, výška budovy je 12,5 m. V této budově se nachází prostor hlediště se zázemím a galerií po obvodě. Hlediště má kapacitu 600 diváků. Hlediště je vyvýšeno nad úroveň podlahy 1.NP a podepřeno samostatnou nosnou konstrukcí (viz obr. 2). Obvodový plášť je tvořen prosklenou fasádou v systému Schüco FWS 50 do výšky 7,4 m, dále střešními panely kingspan KS1000 X-DEK. Uvnitř budovy je přiznaná dřevěná konstrukce oblouků a vaznic, po obvodě galerie jsou přiznané kotevní prvky. Hlavními pohledovými materiály jsou sklo, dřevo a ocel.



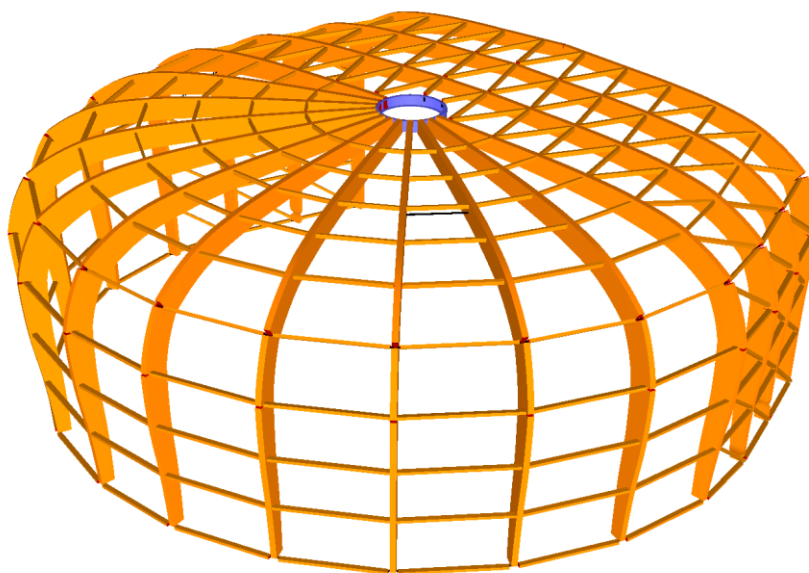
Obr. 1 - Dispozice 1.NP

Budova B je třípodlažní, 1.NP má konstrukční výšku 4,5 m, 2. a 3. NP 4 m. Budova je vysoká 12,5 m, ovšem nad prostorem jeviště je nástavec pro provaziště a opony 5 m vysoký. celková výška je tedy 17,5 m. Půdorysný tvar je zřejmý z obr. 1. Ve střední části budovy se nachází centrální jeviště s provazištěm, dvě boční pomocná jeviště a zadní jeviště. střední část má půdorysný rozměr cca. 26 x 20 m a navazuje na budovu A. V přední části budovy se nachází portál o rozměrech 12 x 8 m, který dispozičně propojuje obě budovy. Portál je možno uzavřít ocelovou protipožární oponou a tím naprosto oddělit hlediště a jeviště. Po stranách střední části symetricky navazují dva trakty o rozměru cca. 20 x 20 m, které jsou půdorysně pootočené o 45° oproti centrální části budovy. V nich se nacházejí sklady, kanceláře a zázemí divadla. V každém traktu je schodiště a výtah. Lehký obvodový plášť je zavěšen na obvodové sloupy.

Budova má plochou střechu, střešní plášť je tvořen PUR panely kingspan KS1000 X-DEK. Hlavní pohledové materiály v exteriéru jsou hliníkové plechy a sklo, na střeše pozinkovaný ocelový plech. V interiéru jsou v prostoru jeviště přiznané ocelové konstrukční prvky (sloupy a vazníky). V prostorách zázemí je konstrukce skryta sádkartonovými předstěnami a podhledy.



Obr. 2 - Hlediště a jeviště - půdorys a řez

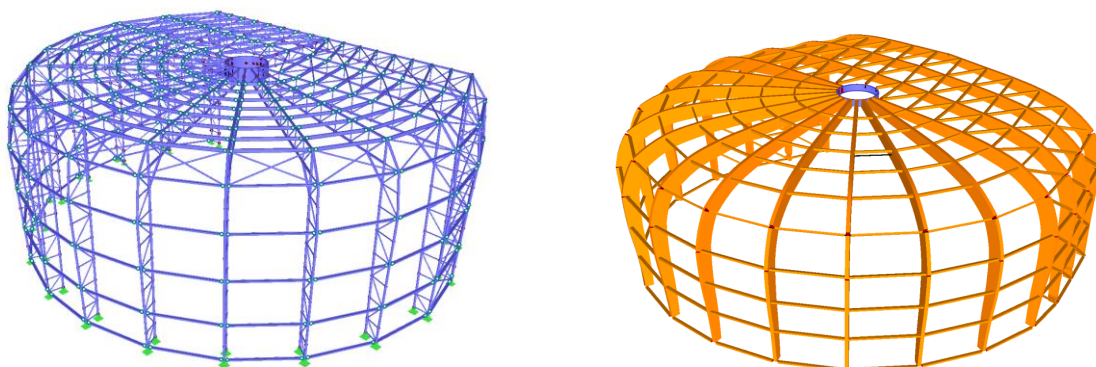


Obr.3 - Budova A v pohledu (nosná dřevěná konstrukce)

#### 4. Varianty řešení

Pro budovu A byly vypracovány dvě varianty konstrukčního řešení. Obě varianty měly shodnou dispozici hlavních nosných prvků – rámu, či vazníků vetknutých do středového prstence, stejný půdorysný rozměr i výšku. Každá varianta vycházela z použití odlišného konstrukčního materiálu. Varianta 1 počítala s ocelovou příhradovou konstrukcí. Varianta 2 vycházela z použití masivních obloukových vazníků z lepeného lamelového dřeva.

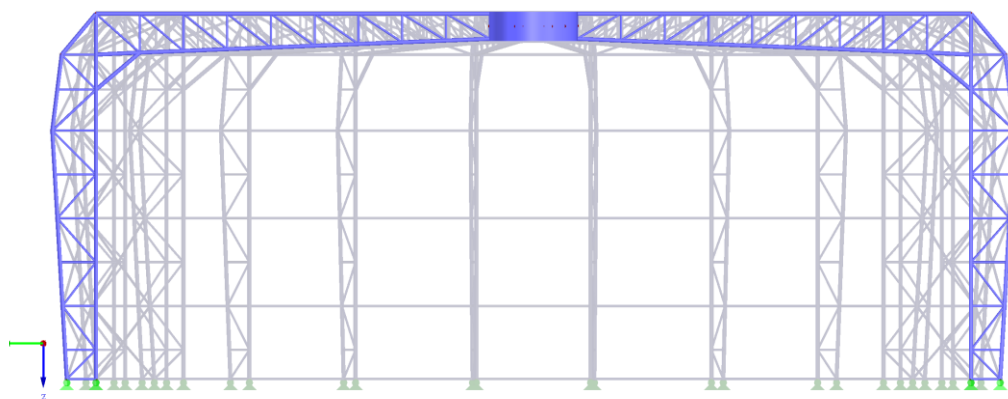
Pro obě varianty byla provedena statická analýza I. řádu v programu Dlubal RFEM5 pro 7 zatěžovacích stavů a 11 kombinací. Bylo provedeno dimenzování prvků s ohledem na únosnost a míru deformace konstrukce tak, aby byly obě varianty srovnatelné.



Obr.4 – Budova A v pohledu – varianty nosné konstrukce

##### Varianta 1 – ocelové příhradové rámy:

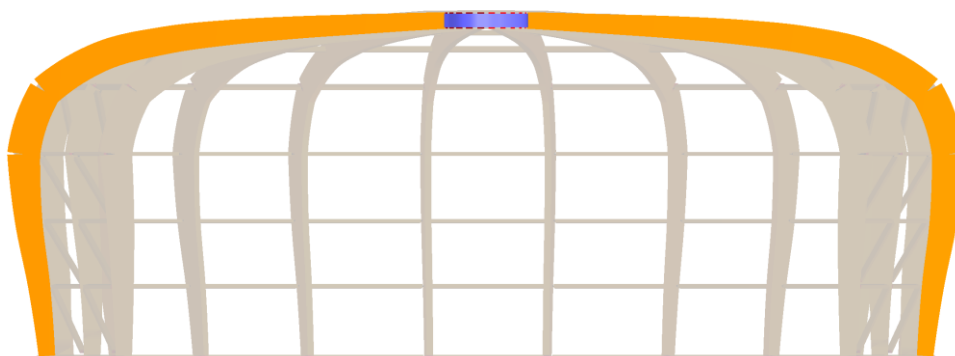
Konstrukce je tvořena příhradovými rámy z oceli S235. Rámy jsou svařované z trubek a rozdělené v rohu na dvě části – vodorovnou a svislou. Montážní spoj je šroubový. Rámy jsou kloubově uloženy na patní plech na železobetonové základové patky. Ve vrcholu jsou připojeny k ocelovému prstenci. Vaznice průřezu IPE 200 jsou připojeny kloubově k hornímu pásu vazníků. Stabilita konstrukce je zajištěna příčným příhradovým ztužidlem v přímé části a obvodovým okapovým ztužidlem v kupoli. Ztužidla jsou tvořena kloubově připojenými trubkami.



Obr.5 – Budova A v příčném řezu – var. 1

Varianta 2 - dřevěné lepené obloukové vazníky:

Konstrukce je tvořena vazníky z lepeného lamelového dřeva GL24h, vaznicemi z rostlého dřeva C22 a vrcholovým prstencem z oceli S235. Vazníky mají zakřivenou střednici a proměnný průřez. Sestávají ze dvou částí spojených montážním spojem. jsou kloubově uloženy na žb. patky pomocí čepového ložiska a ve vrcholu připojeny k prstenci. Vaznice jsou kloubově připojeny k obloukům. Stabilita konstrukce je zajištěna příčným ztužidlem v podélné části tvořeným oblouky a vaznicemi.



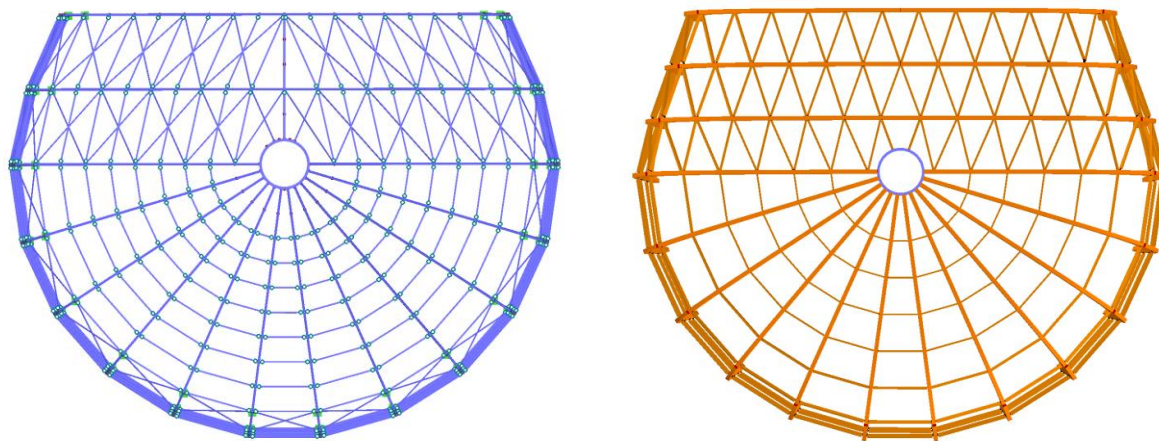
Obr.6 – Budova A v příčném řezu – var. 2

| Varianta 1   |                     |             |                  |                   | Varianta 2              |                      |               |                      |                   |
|--|---------------------|-------------|------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|---------------|----------------------|-------------------|
| <b>hmotnost konstrukce</b>   |                     |             |                  |                   |                         |                      |               |                      |                   |
| Prvek  | materiál            | počet       | celková hmotnost |                   | Prvek                   | materiál             | počet         | celková hmotnost     |                   |
| Vazník   | S235                | 16          | 35.29            | t                 | Vazník                  | GL24                 | 18            | 4.8                  | t                 |
| Vaznice  | S235                | 204         | 16.03            | t                 | Vaznice                 | C22                  | 236           | 8.4                  | t                 |
| Ztužidlo   | S235                | 100         | 5.42             | t                 | Prsteneček              | S235                 | 1             | 0.64                 | t                 |
| Prsteneček   | S235                | 1           | 0.64             | t                 |                         |                      |               |                      |                   |
| <b>celkem</b>  |                     |             | <b>57.38</b>     | <b>t</b>          | <b>celkem</b>           |                      |               | <b>13.84</b>         | <b>t</b>          |
| <b>deformace konstrukce</b>  |                     |             |                  |                   |                         |                      |               |                      |                   |
| maximální průhyb   |                     |             | 138              | mm                | maximální průhyb        |                      |               | 148                  | mm                |
| max. vodorovné posunutí  |                     |             | 24               | mm                | max. vodorovné posunutí |                      |               | 31                   | mm                |
| <i>pozn.: je myšleno vodorovné posunutí ve směru osy souměrnosti směrem k sousední budově - pro potřeby dilatace</i> |                     |             |                  |                   |                         |                      |               |                      |                   |
| <b>složitosť konstrukce</b>  |                     |             |                  |                   |                         |                      |               |                      |                   |
| Prvek  | počet dílčích částí | počet spojů | plocha povrchu   |                   | prvek                   | počet dílčích částí  | počet spojů   | plocha povrchu       |                   |
| Vazník   | 42                  | 73          | 32.2             | m <sup>2</sup>    | Vazník                  | 2                    | 3             | 49.2                 | m <sup>2</sup>    |
| Vaznice  | 1                   | 2           | 0.77             | m <sup>2</sup> /m | Vaznice                 | 1                    | 2             | 0.66                 | m <sup>2</sup> /m |
| Prsteneček   | 3                   | 2           | 15.3             | m <sup>2</sup>    | Prsteneček              | 3                    | 2             | 15.3                 | m <sup>2</sup>    |
| Ztužidlo   | 1                   | 2           | 0.15             | m <sup>2</sup>    |                         |                      |               |                      |                   |
| <b>celkem</b>  |                     |             | <b>979</b>       | <b>1778</b>       | <b>1016.5</b>           | <b>m<sup>2</sup></b> | <b>celkem</b> |                      |                   |
|  |                     |             |                  |                   | <b>275</b>              | <b>528</b>           | <b>1368.1</b> | <b>m<sup>2</sup></b> |                   |
| <i>pozn.: počet spojů zahrnuje spoje mezi dílčími částmi prvku a napojení na podporující prvky</i>                   |                     |             |                  |                   |                         |                      |               |                      |                   |

Tab. 1 – Srovnání variant

Obě varianty byly navrženy jako staticky rovnicenné – což dokládají srovnatelné hodnoty deformací (viz tab. 1). Pro detailní zpracování byla zvolena druhá varianta – dřevěná konstrukce. Hlavním důvodem byla nižší složitost – podstatně menší počet dílčích prvků a spojů, což se odrazí v nižších nákladech na práci při výrobě konstrukce a menší pravděpodobnosti vzniku vad a poruch. Dalším důvodem je menší hmotnost prvků, která povede k menším nárokům na strojní zařízení při montáži.

Dřevěná nosná konstrukce je esteticky příjemnější a její použití je vhodné vzhledem k tomu, že konstrukční prvky budou viditelné.



Obr. 7 – Budova A (pohled shora) – varianty nosné konstrukce

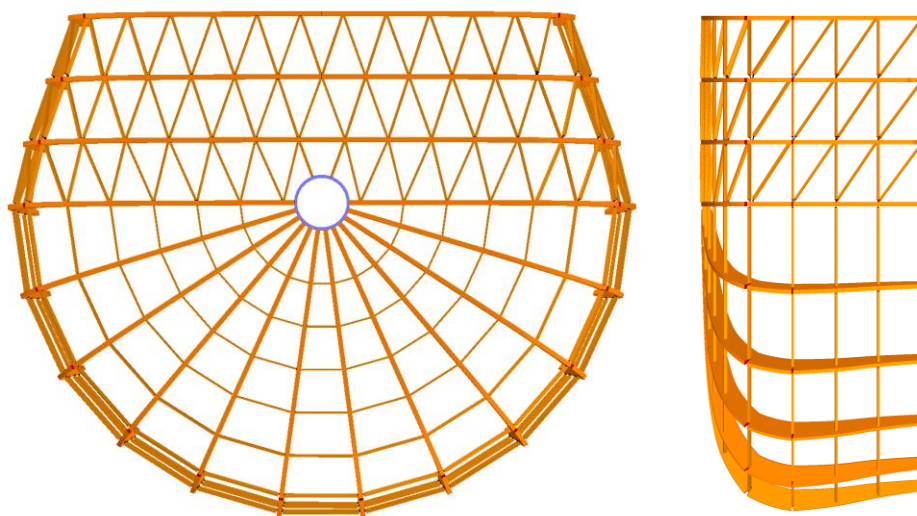
## 5. Konstrukční řešení

### 5.1 Budova A

Hlavním nosným prvkem konstrukce jsou oblouky z lepeného lamelového dřeva třídy GL24h, které tvoří radiální prvek konstrukce. Konstrukce sestává z poloviny kopule tvořené 12 radiálními oblouky vetknutými ve vrcholu do ocelového prstence a tří příčných vazeb, které jsou také tvořeny oblouky z lepeného lamelového dřeva a které navazují na kopuli. Rozteč vazeb je 3,5 m. Oblouky v kopuli jsou rozměrově identické. Oblouky jsou ukotveny pomocí čepového kloubového ložiska k železobetonovým základovým patkám.

Konstrukce je opláštěná prosklenou fasádou v systému Schüco FWS 50 do výšky 7,4 m, dále střešními sendvičovými PUR panely Kingspan KS1000 X-DEK tloušťky 120 mm. opláštění je uloženo na vaznicích z rostlého smrkového dřeva C22. Vaznice jsou zapuštěné – horní rovina vaznic lícuje s vnější rovinou oblouků.

Stabilita konstrukce v podélném směru je zajištěna třemi příčnými ztužidly. Z důvodu asymetrického uspořádání konstrukce v podélném směru je nutné zachytit poměrně velké vodorovné namáhání. Proto je prakticky celá přímá část konstrukce ztužena. Příčné ztužidlo je tvořeno příhradovým nosníkem, který sestává ze dvou sousedících oblouků, které tvoří pásy nosníku, a vaznic působících jako svislice i diagonály. V příčném směru je konstrukce symetrická a je stabilní bez dalšího ztužení.



Obr. 8 – Budova A – pohled shora a z boku

#### 5.1.1 Radiální oblouk

Tvoří hlavní nosný prvek konstrukce. Oblouk má zhruba tvar zaobleného otočeného L. Střednice má tvar obecné křivky. Průřez je proměnný s konstantní šířkou. V patě a ve vrcholu má rozměr 600 x 250 mm, cca ve 2/5 délky střednice (v místě pomyslného rámového rohu, kde je nejvíce namáhán ohybem) je to 1200 x 250 mm. Oblouk je v patě uložen kloubově v obou směrech, ve vrcholu je připojen k ocelovému prstenci – přípoj je kolem vodorovné osy tuhý, okolo svislé osy se chová jako kloub. Vzepětí oblouku je 12,5 m, délka střednice je 26 m. Poloměr zakřivení je proměnný, nejméně však 6 m. Oblouk je navržen z lepeného lamelového dřeva třídy GL24h s maximální tloušťkou lamel 40 mm.



Oblouk je z důvodu dopravy a montáže rozdělen na dvě části, první (svislá) je 11,6 m dlouhá, druhá (vodorovná) má délku 10 m. Vzepětí dílčích částí nepřesahuje 4,5 m. Jednotlivé části jsou spojeny montážním spojem.

### 5.1.2 Oblouk přímé části

Má stejné parametry jako předchozí oblouk, avšak vrcholová část je společná pro celou vazbu a má délku 20 (resp. 18, resp. 15) m.

### 5.1.3 Vaznice

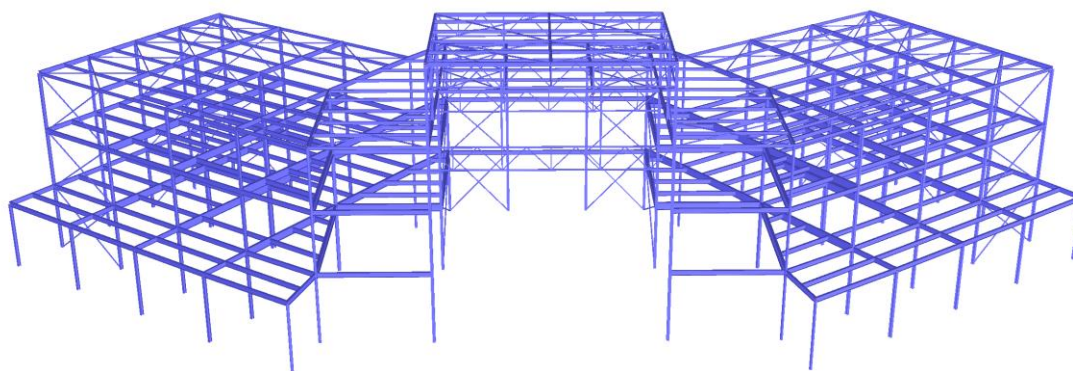
Vynášejí střešní plášť, jsou připojeny k oblouku, slouží jako svislice a diagonály v příčném ztužidle, zajišťují podélné ztužení konstrukce. Jsou vyrobeny z rostlého smrkového dřeva třídy C22. Vaznice jsou ve třech variantách podle průřezu: 100 x 180 mm, 130 x 200 mm a 180 x 200 mm. Průřezy jsou konstantní po celé délce vaznic. Vaznice mají různou délku, podle jejich umístění v konstrukci. Jsou ukotveny do oblouku pomocí styčnickových plechů a svorníků. Staticky se jedná o prosté nosníky kloubově uložené.

### 5.1.4 Prstenec

Vrcholový prstenec je navržen jako svařovaný prvek z oceli S235 JR. Průřez je tvaru U s rozměry: stojna 500 x 10 mm, pásnice 160 x 12 mm. Průměr prstence je 3 m. K prstenci je připojeno 12 oblouků a dvě diagonální vaznice pomocí přivařených styčnickových plechů a svorníků Ø12 mm.

## **5.2 Budova B**

Nosná ocelová konstrukce je navržena z oceli S235 JR. U spřažených stropů je použit beton třídy C25/30. Konstrukce sestává z příčných rámu tvořených průběžnými, kloubově uloženými sloupy a kloubově připojenými průvlaky. Stropy jsou spřažené ocelobetonové. Stropnice jsou kloubově uloženy na průvlaky. Stabilitu konstrukce v podélném i příčném směru zajišťují stěnová ztužidla v krajních polích. Spolupůsobení ztužených a volných vazeb je dosaženo pomocí tuhých stropních desek a v posledním podlaží pomocí střešních ztužidel. Pro zastřešení jeviště je použito svařovaných příhradových vazníků, které zároveň vynášejí technologická zařízení jeviště včetně opon.



*Obr. 9 – Budova B v pohledu (nosná ocelová konstrukce)*

### 5.2.1 Sloupy

Sloupy jsou navrženy primárně z profilů HEA 260 a HEA 180, pouze v místech, kde dochází ke změně směru konstrukčních prvků jsou navrženy v kruhovém průřezu. Sloupy jsou kotveny do spodní železobetonové stavby kloubově. Fasádní sloupy z profilů IPE 220 jsou také kotveny kloubově.

### 5.2.2 Průvlaky

Jsou navrženy na převládající rozpětí 8 m z profilů IPE 300, resp. IPE 500. jsou kloubově připojeny ke sloupům pomocí šroubované čelní desky.

### 5.2.3 Stropnice

Jsou navrženy na rozpětí 6 m z profilů IPE 220. Jsou uloženy na průvlaky kloubově pomocí přišroubovaných L profilů v rozteči 2 m. Stropnice jsou zapuštěné – horní hrana lícuje s horní hranou průvlaku. Jsou spřaženy se stropní deskou ocelovými trny. Stropní deska je železobetonová, betonovaná do trapézových plechů uložených příčně na stropnice.

### 5.2.4 Vaznice

Jsou navrženy na rozpětí 6 m z profilů IPE 200. Jsou uloženy na průvlaky kloubově pomocí přišroubovaných L profilů v rozteči 2 m. Vaznice jsou zapuštěné – horní hrana lícuje s horní hranou průvlaku. Vynášejí střešní plášť – PUR panel kingspan KS1000 X-DEK.

### 5.2.5 Vazníky

Prostor jeviště má rozměr 14 x 9,6 m. Na jeho zastřešení je použito příhradových vazníků. Vazníky jsou navrženy jako svařované z trubek, s výjimkou horního pásu, který je navržen ze svařovaného T profilu pro snazší uložení vaznic a střešního pláště. Vazníky jsou připojeny ke sloupům pomocí šroubových přípojů.

### 5.2.6 Ztužidla

Stěnová i střešní ztužidla jsou navržena z trubek RO 88,9 x 5,0 tvarovaných za tepla. Staticky působí jako příhradové pruty. Jsou připojeny k nosným prvkům pomocí styčnickových plechů a šroubového spoje.

## 6. Materiál

### Rostlé dřevo C22

|                                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| charakteristická pevnost v ohybu  | $f_{m,k} = 22 \text{ Mpa}$      |
| návrhová pevnost v ohybu          | $f_{m,d} = 15,23 \text{ Mpa}$   |
| charakteristická pevnost v tahu   | $f_{t,0,k} = 13 \text{ Mpa}$    |
| návrhová pevnost v tahu           | $f_{t,0,d} = 9 \text{ Mpa}$     |
| charakteristická pevnost v tlaku  | $f_{c,0,k} = 20 \text{ Mpa}$    |
| návrhová pevnost v tlaku          | $f_{c,0,d} = 13,85 \text{ Mpa}$ |
| charakteristická pevnost ve smyku | $f_{v,k} = 2,0 \text{ Mpa}$     |
| návrhová pevnost ve smyku         | $f_{v,d} = 1,385 \text{ Mpa}$   |
| modul pružnosti                   | $E_{0,mean} = 10 \text{ Gpa}$   |
|                                   | $E_{0,05} = 6,7 \text{ Gpa}$    |
| hustota                           | $\rho = 340 \text{ kg/m}^3$     |

### Lepené lamelové dřevo GL24h

|                                   |                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| charakteristická pevnost v ohybu  | $f_{m,k} = 24 \text{ Mpa}$       |
| návrhová pevnost v ohybu          | $f_{m,d} = 17,28 \text{ Mpa}$    |
| charakteristická pevnost v tahu   | $f_{t,0,k} = 16,5 \text{ Mpa}$   |
| návrhová pevnost v tahu           | $f_{t,0,d} = 11,888 \text{ Mpa}$ |
| charakteristická pevnost v tahu ⊥ | $f_{t,90,k} = 0,4 \text{ Mpa}$   |
| návrhová pevnost v tahu ⊥         | $f_{t,90,d} = 0,288 \text{ Mpa}$ |
| charakteristická pevnost v tlaku  | $f_{c,0,k} = 24 \text{ Mpa}$     |
| návrhová pevnost v tlaku          | $f_{c,0,d} = 17,28 \text{ Mpa}$  |
| charakteristická pevnost ve smyku | $f_{v,k} = 2,7 \text{ Mpa}$      |
| návrhová pevnost ve smyku         | $f_{v,d} = 1,94 \text{ Mpa}$     |
| modul pružnosti                   | $E_{0,mean} = 11,66 \text{ Gpa}$ |
|                                   | $E_{0,05} = 9,4 \text{ Gpa}$     |
| hustota                           | $\rho = 380 \text{ kg/m}^3$      |

### Ocel S235

|                 |                         |
|-----------------|-------------------------|
| mez kluzu       | $f_y = 235 \text{ MPa}$ |
| mez pevnosti    | $f_u = 360 \text{ MPa}$ |
| modul pružnosti | $E = 210 \text{ Gpa}$   |
|                 | $G = 80,77 \text{ Gpa}$ |

## 7. Zatížení

Ve výpočtu uvažujeme celkem 7 zatěžovacích stavů a 11 kombinací. Vlastní tíha konstrukce je generována programem REFM 5.

Zatížení sněhem je stanoveno pro lokalitu Přerov, která se nachází v II. sněhové oblasti s charakteristickou tíhou sněhu  $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$ , sníh je uvažován ve dvou případech zatížení. První případ je nenavátý sníh rovnoměrně rozdělený na půdorysnou plochu střechy. Druhý případ uvažuje nerovnoměrné navátí sněhu.

Zatížení větrem je stanoveno pro lokalitu Přerov, která se nachází v I. větrné oblasti s výchozí základní rychlostí větru  $v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$ . Zatížení větrem uvažujeme ve třech případech: v podélném směru z důvodu nesymetrie konstrukce uvažujeme vítr ve směru a proti směru osy souměrnosti, v příčném směru je konstrukce symetrická - uvažujeme pouze jeden případ. Konstrukce střešního pláště je namáhána tlakem nebo sáním kolmo na rovinu střechy. Čelní stěny jsou namáhány na návětrné straně tlakem a na závětrné straně sáním.

Statický model je vytvořen v programu DLUBAL RFEM 5. Modelem je trojrozměrná prutová konstrukce.

## 8. Ochrana konstrukce

### 8.1 Ochrana dřevěných prvků proti houbám a dřevokaznému hmyzu

Dřevěné prvky jsou ošetřeny bezbarvým impregnačním nátěrem proti houbám a plísním a poté natřeny tenkovrstvou bezbarvou lazuroou ve třech vrstvách. Všechny dřevěné prvky budou do konstrukce zabudovány vysušené na vlhkost max. 15 %. V případě prvků z lepeného lamelového dřeva je tento požadavek splněn dodržáním technologie výroby, v případě prvků z rostlého dřeva se doporučuje použití vysušených jakostních hranolů, např. hranolů KVH-Nsi.

### 8.1 Ochrana ocelových prvků proti korozi

Ocelové prvky se opatří žárově pozinkovaným povrchem Fe/Zn 25 u hřebíků, kolíků a vrutů a Fe/Zn 25c u svorníků, šroubů a plechů, pokud již nejsou opatřeny protikorozní ochranou z výroby.

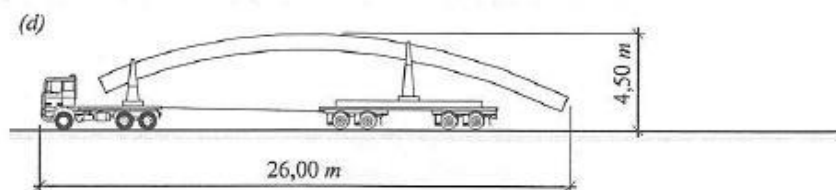
## 9. Doprava

Doprava segmentů oblouku a dlouhých sloupů bude provedena pomocí speciálního tahače s plošinovým přívěsem. Ostatní prvky budou dopraveny nákladním vozidlem s návěsem.

|                        |    |              |              |
|------------------------|----|--------------|--------------|
| Rozměry segmentů jsou: | 1. | délka 11,6 m | výška 4,30 m |
|                        | 2. | délka 9,65 m | výška 1,36 m |
|                        | 3. | délka 20,0 m | výška 1,30 m |
|                        | 4. | délka 17,8 m | výška 1,25 m |
|                        | 5. | délka 15,5 m | výška 1,20 m |

mezní délka sloupu je 14,5 m

rozměry ostatních prvků nepřesahují 8 m



Obr. 10 – speciální přepravní vozidlo

## 10. Montáž

### 10.1 Budova A

Před začátkem montáže je třeba připravit železobetonové konstrukce spodní stavby. Po zaměření přesné polohy kotevních ložisek se na hotové patky pomocí lepených kotev připevní spodní část čepového ložiska. Pomocí autojeřábu se uloží krajní segmenty oblouků dvou sousedních vazeb přímé části a provede se jejich ukotvení do ložisek. Segmenty budou podepřeny lehkým posuvným lešením. Poté se provede montáž vaznic příčného ztužidla. Postup se zopakuje na protější straně. Nakonec se pomocí autojeřábu vloží střední segmenty obou oblouků, upevní se montážními spoji a namontují se vaznice. Obdobně se provede montáž třetí vazby. Poté se autojeřábem zvedne vrcholový prstenc a podepře se provizorním lešením. K prstenci se vyzvednou horní segmenty oblouků a na provizorním lešení se připojí k prstenci. Podobně jako u předchozích vazeb se provede osazení spodních segmentů oblouků do ložisek a připojení k horním segmentům pomocí montážního spoje. Namontují se zbývající vaznice. Nakonec se provede montáž střešního a obvodového pláště.

### 10.2 Budova B

Montáž začne od severního rohu budovy osazením sloupů na železobetonové patky na patní plech pomocí předem zabetonovaných šroubů. Po osazení sloupů dvou vazeb se přejde k montáži průvlaků a stropnic na stojící sloupy. Konstrukce se zavětruje osazením stěnového ztužidla v rohu stavby. Obdobně se namontují další rámy, až bude stát polovina budovy. Osadí se průvlak a stropnice 1. podlaží. Na stropnice se příčně položí trapézové

plechy. Provede se navaření spřahovacích trnů. Po zkontrolování montážních spojů a spřahovacích trnů se vybetonuje stropní deska. Dále budou pokračovat práce na vyšších podlažích ve stejném pořadí. Doplní se stěnová ztužidla a sloupky.

Celý postup se zopakuje od východního rohu budovy – osazení sloupů, průvlaky, stropnice, betonáž, ztužidla. Obě poloviny se propojí v prostoru jeviště průvlaky. Nakonec se osadí příhradové vazníky, vaznice a střešní ztužidla.

Provede se pokládka a kotvení panelů střešního pláště na vaznice. Provede se montáž podpůrné konstrukce lehkého obvodového pláště a opláštění stěn. Následuje dokončení interiéru.

## 11. Výkaz materiálu

### VÝPIS PRVKŮ - BUDOVA A

| OZN. | PROFIL        | MATERIÁL | DÉLKA [m] | POPIS                    | POČET |
|------|---------------|----------|-----------|--------------------------|-------|
| O1.1 | 250x600~1250  | GL24h    | 15        | SEGMENT LEPENÉHO OBLOUKU | 12    |
| O1.2 | 250x1000~600  | GL24h    | 10        | SEGMENT LEPENÉHO OBLOUKU | 12    |
| O2.1 | 250x600~1250  | GL24h    | 14        | SEGMENT LEPENÉHO OBLOUKU | 2     |
| O2.2 | 250x1000~600  | GL24h    | 20        | SEGMENT LEPENÉHO OBLOUKU | 1     |
| O3.1 | 250x600~1250  | GL24h    | 14.8      | SEGMENT LEPENÉHO OBLOUKU | 2     |
| O3.2 | 250x1000~600  | GL24h    | 17.6      | SEGMENT LEPENÉHO OBLOUKU | 1     |
| O4.1 | 250x600~1250  | GL24h    | 15.5      | SEGMENT LEPENÉHO OBLOUKU | 2     |
| O4.2 | 250x1000~600  | GL24h    | 15        | SEGMENT LEPENÉHO OBLOUKU | 1     |
| K1   | 100x180       | C22      | VIZ DET.  | DŘEVĚNÁ VAZNICE          | 44    |
| K2   | 130x200       | C22      | VIZ DET.  | DŘEVĚNÁ VAZNICE          | 164   |
| K3   | 180x200       | C22      | VIZ DET.  | DŘEVĚNÁ VAZNICE          | 28    |
| U1   | 160/500/10/12 | S235     | VIZ DET.  | OCELOVÝ PRSTENEC         | 1     |

### VÝPIS PRVKŮ - BUDOVA B

| OZN. | PROFIL       | MATERIÁL | DÉLKA [m] | POPIS                  | POČET |
|------|--------------|----------|-----------|------------------------|-------|
| C1   | HEA 260      | S 235    | 12.5      | VNITŘNÍ SLOUP          | 4     |
| C2   | HEA 180      | S 235    | 12.5      | OBVODOVÝ SLOUP         | 20    |
| C3   | HEA 180      | S 235    | 4.5       | OBVODOVÝ SLOUP         | 8     |
| C4   | RO 244.5x6.3 | S 235    | 12.5      | VNITŘNÍ KRUHOVÝ SLOUP  | 2     |
| C5   | RO 177.8x5.0 | S 235    | 12.5      | OBVODOVÝ KRUHOVÝ SLOUP | 4     |
| C6   | RO 177.8x5.0 | S 235    | 4.5       | OBVODOVÝ KRUHOVÝ SLOUP | 2     |
| C7   | HEA 180      | S 235    | 17.5      | OBVODOVÝ SLOUP JEVIŠTĚ | 4     |
| C8   | IPE 220      | S 235    | 12.5      | SLOUPEK                | 4     |
| V1   | VIZ DETAIL   | S 235    | 14        | PŘÍHRADOVÝ VAZNÍK      | 1     |
| V2   | VIZ DETAIL   | S 235    | 14        | PŘÍHRADOVÝ VAZNÍK      | 1     |
| V3   | VIZ DETAIL   | S 235    | 14        | PŘÍHRADOVÝ VAZNÍK      | 2     |
| V4   | VIZ DETAIL   | S 235    | 9.6       | PŘÍHRADOVÝ VAZNÍK      | 3     |
| P1   | IPE 500      | S 235    | 8         | PRŮVLAK                | 24    |
| P2   | IPE 300      | S 235    | 8         | PRŮVLAK                | 24    |
| P3   | IPE 300      | S 235    | 3.5       | PRŮVLAK                | 8     |

|       |           |       |       |                                |     |
|-------|-----------|-------|-------|--------------------------------|-----|
| P4    | IPE 300   | S 235 | 3.65  | PRŮVLAK                        | 2   |
| P5    | IPE 300   | S 235 | 6.825 | PRŮVLAK                        | 8   |
| P6    | IPE 300   | S 235 | 4.2   | PRŮVLAK                        | 4   |
| P7    | IPE 300   | S 235 | 5.6   | PRŮVLAK                        | 2   |
| P8    | IPE 300   | S 235 | 3.8   | PRŮVLAK                        | 4   |
| P9    | IPE 500   | S 235 | 9.6   | PRŮVLAK                        | 8   |
| P10   | IPE 500   | S 235 | 9.65  | PRŮVLAK                        | 8   |
| S1    | IPE 220   | S 235 | 6     | SPŘAŽENÁ STROPNICE             | 112 |
| S1.1  | IPE 220   | S 235 | 6.7   | SPŘAŽENÁ STROPNICE             | 4   |
| S1.2  | IPE 220   | S 235 | 6.1   | SPŘAŽENÁ STROPNICE             | 4   |
| S1.3  | IPE 220   | S 235 | 5.5   | SPŘAŽENÁ STROPNICE             | 4   |
| S1.4  | IPE 220   | S 235 | 4.1   | SPŘAŽENÁ STROPNICE             | 4   |
| S1.5  | IPE 220   | S 235 | 2.6   | SPŘAŽENÁ STROPNICE             | 4   |
| S1.6  | IPE 220   | S 235 | 1.2   | SPŘAŽENÁ STROPNICE             | 4   |
| S1.7  | IPE 220   | S 235 | 5.25  | SPŘAŽENÁ STROPNICE             | 4   |
| S1.8  | IPE 220   | S 235 | 3.8   | SPŘAŽENÁ STROPNICE             | 4   |
| S1.9  | IPE 220   | S 235 | 2.4   | SPŘAŽENÁ STROPNICE             | 4   |
| S1.10 | IPE 220   | S 235 | 1     | SPŘAŽENÁ STROPNICE             | 4   |
| S2    | IPE 200   | S 235 | 6     | STROPNICE                      | 54  |
| S2.3  | IPE 200   | S 235 | 5.5   | STROPNICE                      | 2   |
| S2.4  | IPE 200   | S 235 | 4.1   | STROPNICE                      | 2   |
| S2.5  | IPE 200   | S 235 | 2.6   | STROPNICE                      | 2   |
| S2.6  | IPE 200   | S 235 | 1.2   | STROPNICE                      | 2   |
| S2.7  | IPE 200   | S 235 | 5.25  | STROPNICE                      | 2   |
| S2.8  | IPE 200   | S 235 | 3.8   | STROPNICE                      | 2   |
| S2.9  | IPE 200   | S 235 | 2.4   | STROPNICE                      | 2   |
| S2.10 | IPE 200   | S 235 | 1     | STROPNICE                      | 2   |
| S3    | IPE 200   | S 235 | 6.825 | STROPNICE                      | 12  |
| S4    | IPE 200   | S 235 | 4.2   | STROPNICE                      | 10  |
| S5    | IPE 200   | S 235 | 5.6   | STROPNICE                      | 5   |
| Z1    | RO 88.9x6 | S 235 | 8.3   | STĚNOVÉ PŘÍHRADOVÉ<br>ZTUŽIDLO | 12  |
| Z2    | RO 88.9x6 | S 235 | 10    | STĚNOVÉ PŘÍHRADOVÉ<br>ZTUŽIDLO | 16  |
| Z3    | RO 88.9x6 | S 235 | 6.8   | STĚNOVÉ PŘÍHRADOVÉ<br>ZTUŽIDLO | 24  |
| Z4    | RO 88.9x6 | S 235 | 7.2   | STĚNOVÉ PŘÍHRADOVÉ<br>ZTUŽIDLO | 12  |
| Z5    | RO 88.9x6 | S 235 | 6.85  | STŘEŠNÍ PŘÍHRADOVÉ ZTUŽIDLO    | 24  |
| Z6    | RO 88.9x6 | S 235 | 7.5   | STŘEŠNÍ PŘÍHRADOVÉ ZTUŽIDLO    | 4   |
| Z7    | RO 88.9x6 | S 235 | 5.55  | STŘEŠNÍ PŘÍHRADOVÉ ZTUŽIDLO    | 12  |
| Z8    | RO 88.9x6 | S 235 | 4.25  | STŘEŠNÍ PŘÍHRADOVÉ ZTUŽIDLO    | 4   |
| Z9    | RO 88.9x6 | S 235 | 7.65  | STŘEŠNÍ PŘÍHRADOVÉ ZTUŽIDLO    | 8   |
| Z10   | RO 88.9x6 | S 235 | 7     | STŘEŠNÍ PŘÍHRADOVÉ ZTUŽIDLO    | 4   |

Tab. 2 - Výpis prvků konstrukce

## 12. Literatura

- [8] Kuklík P.: Příručka 1 - Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5, 2008
- [9] Kuklík P.: Příručka 2 - Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5, 2008
- [10] Blass, H. J. a kol: Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, STEP 1. (Překlad Koželouh B.), 1995
- [11] Blass, H. J. a kol: Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, STEP 2. (Překlad Koželouh B.), 1995
- [12] Straka B.: Navrhování dřevěných konstrukcí, Akademické nakladatelství CERM, Brno 1996

### webové stránky:

KINGSPAN: sendvičové panely. [online]. [cit. 2015-08-21]. Dostupné z:  
<http://panely.kingspan.cz/sendvicove-panely-zatepleni-izolace-oplasteni-1725.html>