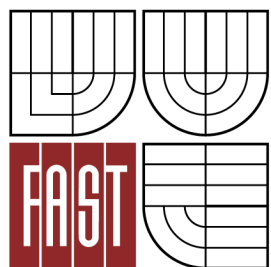




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## VÝSTAVNÍ PAVILON

### 01 VSTUPNÍ DATA

#### DIPLOMOVÁ PRÁCE

AUTOR PRÁCE

Bc. LENKA SHÁNĚLOVÁ

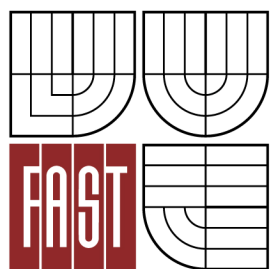
VEDOUCÍ PRÁCE

Doc. Ing. MIROSLAV BAJER, CSc.

BRNO 2014



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

## VÝSTAVNÍ PAVILON

EXHIBITION PAVILION

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

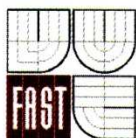
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

BC. LENKA SHÁNĚLOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. MIROSLAV BAJER, CSc.

BRNO 2014



# 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

**Diplomant** Bc. LENKA SHÁNĚLOVÁ

**Název** Výstavní pavilon

**Vedoucí diplomové práce** doc. Ing. Miroslav Bajer, CSc.


**Datum zadání diplomové práce** 31. 3. 2013

**Datum odevzdání diplomové práce** 17. 1. 2014

V Brně dne 31. 3. 2013

  
.....  
doc. Ing. Marcela Karmazinová, CSc.  
Vedoucí ústavu



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



## **Podklady a literatura**

1. Lederer, F. Priestorové ocelové konštrukcie
2. Wanke, J., Spal, L. Ocelové trubkové konstrukce
3. Ferjenčík, P., Lederer, F., Schun, J., Melcher, J., Voříšek, V., Chladný, E. Navrhovanie ocelových konštrukcií

Skripta zabývajúcej sa danou problematikou .

Normatívni dokumenty z dané problematiky

## **Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)**

Vypracujte návrh nosné ocelové konstrukce výstavního pavilonu podle předané dispozice. Zpracujte variantní řešení návrhu, zvolenou variantu rozpracujte. Objekt se nachází v lokalitě Trutnov. "

Předepsané přílohy

Technická zpráva se zhodnocením variant řešení.

Statický výpočet hlavních nosných částí, návrh a výpočet směrných detailů.

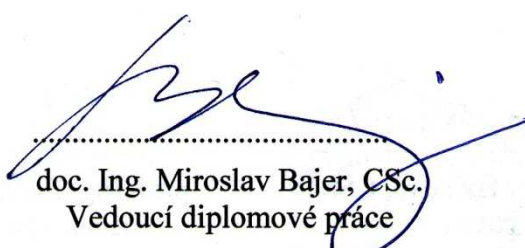
Výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím diplomové práce

Výkaz materiálu.

## **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).



doc. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Vedoucí diplomové práce

## **Abstrakt**

Obsahem diplomové práce je návrh ocelové konstrukce výstavního pavilonu, který je tvořen sloupy, kopulí, lucernou a zavěšenou lávkou. Objekt bude sloužit k pořádání výstav přednášek organizovaných městem Trutnov. V práci jsou vypracovány dvě varianty konstrukčního řešení kopule - kopule Schwedlerova a Föpplova. Jedná se o ocelové prostorové prutové konstrukce. Práce obsahuje statické posouzení prostorové konstrukce a kulových styčnicků v programu SCIA Engineer pro obě varianty. Ruční posouzení prutů, směrných detailů a kotvení, technická zpráva a výkresová dokumentace je vypracována pouze pro vybranou variantu konstrukce se Schwedlerovou kopulí.

## **Klíčová slova**

výstavní pavilon, ocelová konstrukce, sloup, kopule, lucerna, zavěšená lávka, kotvení, kulová styčník, směrný detail, Schwedlerov kopule, Föpplova kopule, prut

## **Abstract**

The Master's thesis contains design of steel construction of exhibition pavilion, which is consists of columns, dome, lantern and suspension footbridge. Building will be intended for organizing exhibitions and conferences by town Trutnov. Two models of variants of dome's construction are drafted in this work— Schwedler's and Föpple's dome. Models are space tubular structures. The work contains static assessment of spatial structures and spherical steel joint in program SCIA Engineer for both variants. Hand assessment of bars, basic details and anchoring, technical report and drawing dokumentation are drafted for selected variant construction with Schwedler's dome.

## **Keywords**

exhibition pavilion, steel construction, column, dome, lantern, suspension footbridge, anchoring, spherical steel joint, basic detail, Schwedler's dome, Föpple's dome, bar

## **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Lenka Shánělová *Výstavní pavilon*. Brno, 2014. 24 s.,381 s. příl. Diplomová práce.  
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí.  
Vedoucí práce doc. Ing. Miroslav Bajer, CSc..

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12.1.2014

*Lenka Šánělová*

.....  
podpis autora  
Bc. Lenka Šánělová

# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 12.1.2014

*Lenka Štárnělová*

.....  
podpis autora  
Bc. Lenka Štárnělová



## POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

**Vedoucí práce** doc. Ing. Miroslav Bajer, CSc.

**Autor práce** Bc. Lenka Shánělová

**Škola** Vysoké učení technické v Brně

**Fakulta** Stavební

**Ústav** Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

**Studijní obor** 3607T009 Konstrukce a dopravní stavby

**Studijní program** N3607 Stavební inženýrství

**Název práce** Výstavní pavilon

**Název práce v anglickém jazyce** Exhibition Pavilion

**Typ práce** Diplomová práce

**Přidělovaný titul** Ing.

**Jazyk práce** Čeština

**Datový formát elektronické verze**

**Anotace práce** Obsahem diplomové práce je návrh ocelové konstrukce výstavního pavilonu, který je tvořen sloupy, kopulí, lucernou a zavěšenou lávkou. Objekt bude sloužit k pořádání výstav přednášek organizovaných městem Trutnov. V práci jsou vypracovány dvě varianty konstrukčního řešení kopule - kopule Schwedlerova a Föpplova. Jedná se o ocelové prostorové prutové konstrukce. Práce obsahuje statické posouzení prostorové konstrukce a kulových styčnic v programu SCIA Engineer pro obě varianty. Ruční posouzení prutů, směrných detailů a kotvení, technická zpráva a výkresová dokumentace je vypracována pouze pro vybranou variantu konstrukce se Schwedlerovou kopulí.

**Anotace práce v anglickém jazyce** The Master's thesis contains design of steel construction of exhibition pavilion, which consists of columns, dome, lantern and suspension footbridge. Building will be intended for organizing exhibitions and conferences by town Trutnov. Two models of variants of dome's construction are drafted in this work— Schwedler's and Föppl's dome. Models are space tubular structures. The work contains static assessment of

spatial structures and spherical steel joint in program SCIA Engineer for both variants. Hand assessment of bars, basic details and anchoring, technical report and drawing documentation are drafted for selected variant construction with Schwedler's dome.

**Klíčová slova** výstavní pavilon, ocelová konstrukce, sloup, kopule, lucerna, zavěšená lávka, kotvení, kulová styčník, směrný detail, Schwedlerov kopule, Föpplova kopule, prut

**Klíčová slova v anglickém jazyce** exhibition pavilion, steel construction, column, dome, lantern, suspension footbridge, anchoring, spherical steel joint, basic detail, Schwedler's dome, Föpple's dome, bar

**Poděkování:**

Poděkování patří především vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Miroslavu Bajerovi, CSc. za odborné vedení a poskytnuté rady. Také za vstřícné, ochotné a hlavně trpělivé jednání při konzultacích. Dále bych chtěla poděkovat rodičům, manželovi a kolegům, především Ing. Vladimírovi Ferklovi a Ing. Vladimírovi Snopkovi za podporu a cenné rady při tvorbě diplomové práce a při studiu na vysoké škole.

## **SEZNAM POUŽITÝCH NOREM**

- ČSN EN 1990:Zásady navrhování konstrukcí (účinnost od 1.3.2004)  
ČSN EN 1991-1-1:Obecná zatížení- objemové tíhy, vlastní tíhy a užitná zatížení pozemních staveb (účinnost od 1.3. 2004)  
ČSN EN 1991-1-3:Obecná zatížení - zatížení sněhem (účinnost od 1.10. 2005)  
ČSN EN 1991-1-4:Obecná zatížení- zatížení větrem (účinnost od 1.4.2007)  
ČSN EN 1993-1-1:Navrhování ocelových konstrukcí- obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby (účinnost od 1.12.2006)  
ČSN EN 1993-1-8:Navrhování ocelových konstrukcí - navrhování styčníků (účinnost od 1.12.2006)  
ČSN EN 1090-2+A1: Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí;  
Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce (účinnost od 1.1.2012)

## **SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- LEDERER, F. *Priestorové ocelové konštrukcie*  
WANKE, J.;SPAL,L. *Ocelové trubkové konstrukce*  
FERJENČÍK,P.;LEDERER,F.;SCHUN,J.;MELCHER,J.;VOŘÍŠEK,V.;CHLADNÝ,E.*Navrhovanie ocelových konštrukcií*  
LEDERER, F. a kol. *Ocelové konstrukce pozemních staveb*  
BARTLOVÁ,A. *Vzpěr prutových soustav*  
STUDNIČKA, J.; ŠAFKA,J. *Vzpěr a boulení ocelových konstrukcí*

## **SEZNAM PŘÍLOH:**

**01 VSTUPNÍ DATA**

**02 TECHNICKÁ ZPRÁVA**

**03 SCHWEDLEROVA KOPULE - STATICKÝ VÝPOČET**

**04 SCHWEDLEROVA KOPULE - SCIA**

**05 FÖPPLOVA KOPULE - SCIA**

**06 SCHWEDLEROVA KOPULE - LÁVKA**

**07 FÖPPLOVA KOPULE - LÁVKA**

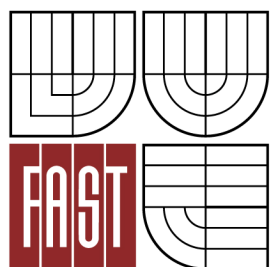
**08 SCHWEDLEROVA KOPULE - KULOVÝ STYČNÍK**

**09 FÖPPLOVA KOPULE - KULOVÝ STYČNÍK**

**10 SCHWEDLEROVA KOPULE - VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE**



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

VÝSTAVNÍ PAVILON

**02 TECHNICKÁ ZPRÁVA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

AUTOR PRÁCE

Bc. LENKA SHÁNĚLOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

Doc. Ing. MIROSLAV BAJER, CSc.

BRNO 2014

## **OBSAH:**

1 ÚVOD.....	2
2 SEZNAM POUŽITÝCH PODKLADŮ.....	2
2.1 SEZNAM PROJEKČNÍCH PODKLADŮ.....	2
2.2 SEZNAM NOREM.....	2
2.3 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	3
3 VARIANTY ŘEŠENÍ.....	3
3.1 VARIANTA 1 – SCHWEDLEROVA KOPULE.....	4
3.2 VARIANTA 2 – FÖPPLOVA KOPULE.....	4
3.3 ZHODNOCENÍ VARIANT.....	4
4 POPIS KONSTRUKCE.....	5
4.1 ZÁKLADY.....	5
4.2 KONSTRUKCE KOPULE.....	5
4.2.1 SLOUPY.....	5
4.2.2 MERIDIÁNY.....	5
4.2.3 PATRO.....	5
4.2.4 VÝPLETY.....	5
4.2.5 PRSTENEC.....	6
4.3 KONSTRUKCE LUCERNA.....	6
4.3.1 PAPERSEK.....	6
4.3.2 VNITŘNÍ PRSTENEC.....	6
4.4 KONSTRUKCE LÁVKY.....	6
4.4.1 PODÉLNÍK LÁVKA.....	6
4.4.2 PŘÍČNÍK LÁVKA.....	6
4.4.3 TÁHLO LÁVKA.....	7
4.4.4 VZPĚRA LÁVKA.....	7
4.4.5 ZTUŽENÍ LÁVKA.....	7
5 OBVODOVÝ A STŘEŠNÍ PLÁŠŤ, POCHOZÍ PLOCHA LÁVKA.....	7
6 ZATÍŽENÍ A VÝPOČET.....	8
6.1 ZATÍŽENÍ.....	8
6.2 VÝPOČET.....	9
7 OCHRANA KONSTRUKCE.....	9
8 POŽADAVKY NA PROTIPOŽÁRNÍ OCHRANU.....	9
9 POŽADAVKY NA VYPRACOVÁNÍ VÝROBNÍ DOKUMENTACE KONSTRUKCE.....	9
10 HYGIENA A BEZPEČNOST PRÁCE.....	10
11 POŽADAVKY NA VÝROBU, MONTÁŽ A ÚDRŽBU.....	10
12 MONTÁŽ.....	11
13 HMOTNOST KONSTRUKCE A VÝKAZ MATERIÁLU.....	13

# **TECHNICKÁ ZPRÁVA**

## **1 ÚVOD:**

Součástí dokumentace pro provádění stavby v rámci ocelových konstrukcí je návrhí nosných ocelových konstrukcí pro stavbu VÝSTAVNÍ PAVILON. Stavba je umístěna v Trutnově.

Součástí ocelové konstrukce je samotná nosná konstrukce kopule a dále konstrukce lucerny a zavěšené lávky. Hlavní konstrukční prvky jsou popsány v kapitole Popis konstrukce. Další drobné doplňkové ocelové konstrukce jsou patrné z výkresové dokumentace.

Součástí mnou navržené ocelové konstrukce je i skládaný střešní plášť. Skleněná fasáda a systém pochozího skla na lávce je pouze informativní z hlediska zatížení a bude upřesněna specializovaným dodavatelem těchto konstrukčních detailů.

Rozsah ocelové konstrukce je patrný kromě této technické zprávy také z příloh:

- 03 Schwedlerova kopule - STATICKÝ VÝPOČET
- 10 Schwedlerova kopule - VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

## **2 SEZNAM POUŽITÝCH PODKLADŮ:**

### **2.1 SEZNAM PROJEKČNÍCH PODKLADŮ**

Podkladem pro vypracování dokumentace je předaná základní dispozice od investora.

### **2.2 SEZNAM NOREM**

ČSN EN 1990:Zásady navrhování konstrukcí (účinnost od 1.3.2004)

ČSN EN 1991-1-1:Obecná zatížení- objemové tíhy, vlastní tíhy a užitná zatížení pozemních staveb (účinnost od 1.3.2004)

ČSN EN 1991-1-3:Obecná zatížení - zatížení sněhem (účinnost od 1.10. 2005)

ČSN EN 1991-1-4:Obecná zatížení- zatížení větrem (účinnost od 1.4.2007)

ČSN EN 1993-1-1:Navrhování ocelových konstrukcí- obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby (účinnost od 1.12.2006)

ČSN EN 1993-1-8:Navrhování ocelových konstrukcí - navrhování styčníků (účinnost od 1.12.2006)

ČSN EN 1090-2+A1: Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí;

Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce (účinnost od 1.1.2012)

## 2.3 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

LEDERER, F. *Priestorové ocelové konštrukcie*

WANKE, J.; SPAL, L. *Ocelové trubkové konštrukce*

FERJENČÍK, P.; LEDERER, F.; SCHUN, J.; MELCHER, J.; VOŘÍŠEK, V.; CHLADNÝ, E. *Navrhovanie ocelových konštrukcií*

LEDERER, F. a kol. *Ocelové konštrukce pozemních staveb*

BARTLOVÁ, A. *Vzpěr prutových soustav*

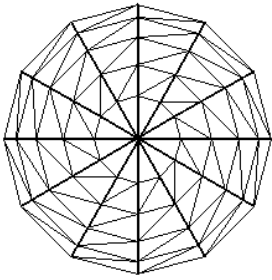
STUDNIČKA, J.; ŠAFKA, J. *Vzpěr a boulení ocelových konstrukcí*

## 3 VARIANTY ŘEŠENÍ:

V rámci této práce byly navrženy dvě varianty. Obě varianty mají shodnou základní geometrii - půdorysný průměr 23,25 m, výška sloupů 3,0 m, výška kopule 8,42 m a výška lucerny 1,35 m. Obě kopule leží na sloupech pravidelně rozmístěných po kružnici a tvořících dvanáctiúhelník. Rozdílný je prostorový konstrukční systém. Pro obě varianty byl zpracován prostorový výpočtový model všech základních částí konstrukce (kopule, lucerna, lávka) a návrh kulového styčníku. Oběma variantám byly posouzeny všechny prvky v programu SCIA Engineer. Podrobné dimenzování a posouzení jednotlivých prvků konstrukce včetně kotvení a směrných detailů bylo ručně provedeno pouze pro vybranou variantu. Výkresová dokumentace byla taktéž zpracována pouze pro vybranou variantu.



### 3.1 VARIANTA 1 - SCHWEDLEROVA KOPULE

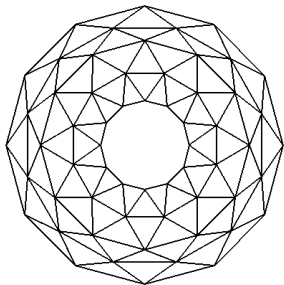


Prostorový konstrukční systém je tvořen hlavními nosíky meridiány, které jsou tzv. poledníky konstrukce. Ty jsou kloubově uloženy na sloupech a vetknuty do prstence. Dále jsou v konstrukci ztužující horizontální (patro) a šikmé (výplety) pruty propojující jednotlivé zlomy meridiánů. Všechny pruty jsou spojeny do kulového styčnicku s průchozí trubkou meridiánu. Sloupy jsou kloubově zakotveny do betonových základů. Lucerna je uložena na prstenci.

Zatíženy byly meridiány a paprsky lucerny. Zatížení bylo zadáno jako lichoběžníkové, proměnné jak hodnotou, tak zatěžovací šířkou.

Hmotnost konstrukce bez zavěšené lávky je 12,62 t (dle software SCIA Engineer).

### 3.2 VARIANTA 2 - FÖPPLOVA KOPULE



Prostorový konstrukční systém je tvořen pruty tvořící trojúhelníkovou síť. Ty jsou kloubově propojeny na kulových styčnicích bez průchozí trubky. Kopule je kloubově uložena na sloupech a vetknuta do prstence. Sloupy jsou kloubově zakotveny do betonových základů. Lucerna je uložena na prstenci.

Pro zatížení konstrukce byly využity zatěžovací panely, které měly hranice tvořené pruty tvořící trojúhelníkovou síť.

Hmotnost konstrukce bez zavěšené lávky je 12,52 t (dle SCIA Engineer).

### 3.3 ZHODNOCENÍ VARIANT

K podrobnému výpočtu byla vybrána varianta 1, tedy Schwedlerova kopule. Důvodem byla jednodušší montáž a menší náchylnost konstrukce na nerovnoměrné sedání podpor. Dalším důvodem je menší členitost obvodového pláště, tudíž i jeho jednodušší sestavení a zakotvení. Hmotnost oceli hlavního konstrukce bez zavěšené lávky je u obou variant téměř shodná.

## **4 POPIS KONSTRUKCE:**

V popisu konstrukce se objevuje dodatečné číselné označení jednotlivých nosníků. Tyto čísla stoupají s výškovým umístěním nosníku. Přesněji máme 4 výškové hladiny, které vždy horizontálně propojují jednotlivé kulové styčníky. Nosník má dodatečné číslo podle hladiny nad kterou leží.

### **4.1 ZÁKLADY**

Konstrukce je po obvodu založena na základových pásech, které jsou umístěny pod všechny sloupy. Základy budou z betonu třídy C20/25. Detailní návrh základů v práci nebyl řešen.

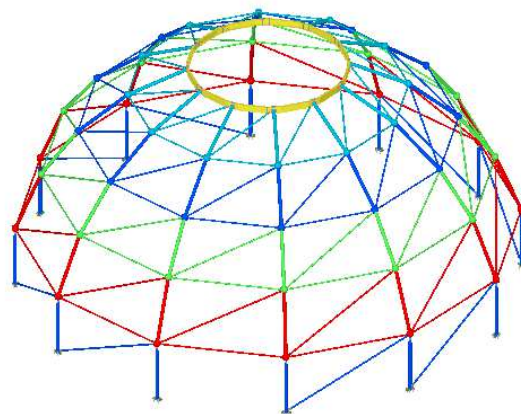
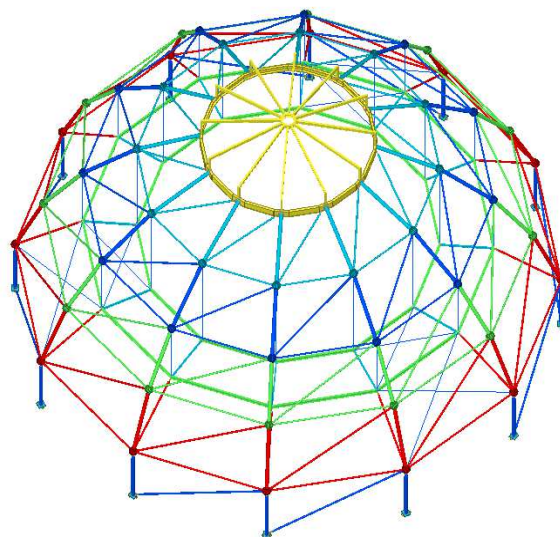
### **4.2 KONSTRUKCE KOPULE**

#### **4.2.1 SLOUPY**

Sloupy jsou kloubové. Leží v každé radiální ose rastru konstrukce. Jsou vyhotoveny z oceli S235, bezešvé válcované trubky RO 168,3x4. Prvek je dlouhý 3,0 m. Celý nosník je přímý. K betonové patce jsou upevněny pomocí patního plechu tl. 12mm(S235), který je ke sloupu přivařen koutovým obvodovým svarem  $a=4$  mm. Patní plech je k betonovému základu připevněn pomocí HILTI kotevních šroubů M16x125/348 HAS-E-F (chemická lepená kotva HILTI HIT-HY 200).

#### **4.2.2 MERIDIÁNY**

Leží v každé radiální ose rastru konstrukce. Tedy hlavní nosný prvek kopule je svařen ze 4 částí stejného průměru bezešvé válcované trubky a proměnné tloušťce stěny. Průřezy jsou. Meridián 1,2,3: RO168,3x8 a Meridián 4: RO168,3x5. Všechny jsou vyhotoveny z oceli S355. Na sloup je uložen kloubově pomocí čepu M30 6.8, druhý konec je rámově připojen přes čelní desku  $t=8$  mm (S235), která je ke stojině prstence přišroubována přes 4xM16 5.6. Jednotlivé pruty jsou svařeny zabroušeným obvodovým V svarem. Tento spoj je ukryt v kulovém styčníku  $\phi$  350 mm,  $t=10$ mm(S355), kulový styčník je vyztužen diskem  $t=10$ mm (S355). Detailnější návrh tohoto styčníku najdete v příloze 08 Schwedlerova kopule-KULOVÝ STYČNÍK.



### 4.2.3 PATRO

Horizontální ztužující prut propojující jednotlivé zlomy na meridiánech. Nosníky jsou montážně přivařeny obvodovým zabroušeným 1/2 V na obou stranách ke kulovému styčníku. Průřezy i materiál prutů se liší po výšce konstrukce, všechny pruty jsou z bezešvých válcovaných trubek, Patro 1: R082,5x4 (S235), Patro2: R076,1x4 (S235), Patro3: R076,1x8 (S355), Patro4: R076,1x10 (S355).

### 4.2.4 VÝPLETY

Šikmé ztužující pruty propojující jednotlivé zlomy na meridiánech. Všechny nosníky vždy stoupají ve stejném směru. Nosníky jsou montážně přivařeny obvodovým zabroušeným 1/2 V na obou stranách ke kulovému styčníku. Výjimku tvoří prut Výplety 0 a Výplety 4, které jsou buď kloubově připojeny ke sloupu nebo prstenci pomocí ucha  $t=8$  mm (S235) a 2xM16 5.6. Průřezy prutů se liší po výšce konstrukce, všechny pruty jsou z bezešvých válcovaných trubek (S355), Výplety 0,1: R088,9x4, Výplety 2,3,4: R082,5x4. Leží v každé radiální ose rastru konstrukce. Výplety 0 jsou vždy v každém třetím poli vynechané z důvodu umístění vchodu do objektu.

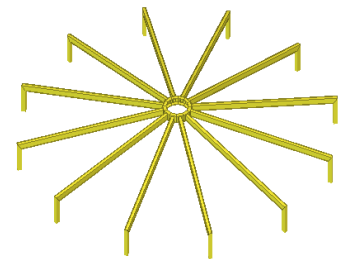
### 4.2.5 PRSTENEC

Tedy vnější prstavec lucerny, nosník složený z 24 prutů tvořící mnohoúhelník o průměru vepsané kružnice 7500 mm, pruty jsou dvou délek. Průřez UPE330 (S355). Pruty jsou rámově spojeny v nosník (z toho 4 spoje jsou montážní), který je nosnou částí jak samotné kopule, tak je na něm i kloubově uložena lucerna.

## 4.3 KONSTRUKCE LUCERNA

### 4.3.1 PAPERSEK

Tedy hlavní nosný prvek lucerny, jedná se o 12 nosníků radiálně symetrických. Průřezem je obdelníkový dutý průřez 160x80x10 (S355). Nosník se vždy skládá ze 2 prutů rámově spojených, tvořících "hokejku". Kloubově uložený na horní pásnici vnějšího prstence a přivařeny k vnitřnímu prstenci lucerny.

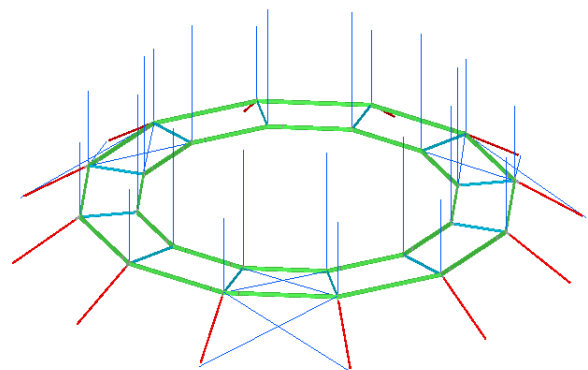


### 4.3.2 VNITŘNÍ PRSTENEC

Nosník složený z 12 prutů tvořící mnohoúhelník o průměru vepsané kružnice 575 mm. Jednotlivé pruty jsou mezi sebou svařeny obvodovým V svarem. Průřez UPE200 (S355).

## 4.4 KONSTRUKCE LÁVKY

Rozhodující kritérium je výška pochozí plochy lávky  $\pm 5,00$  m.



#### 4.4.1 PODÉLNÍK LÁVKA

Tedy hlavní nosný prvek "mostovky" lávky, jedná se o 2x12 nosníků radiálně symetrických tvořících 2 mnohoúhelníky o průměrech vepsaných kružnic vnější: 16950 mm, vnitřní: 12450 mm. Osová vzdálenost obou úhelníků je tedy 2250 mm. Průřezem je IPE160 (S355) ". Pruty jsou svařeny zabroušeným obvodovým V svarem. Do každého pole je vložena dvojice šroubových montážních spojů do vzdálenosti 600 mm od svaru. Montážní šroubový spoj přes čelní desku t=6 mm (S235) a 4xM12 5.6.

#### 4.4.2 PŘÍČNÍK LÁVKA

Horizontální ztužující prut propojující jednotlivé zlomy na podélnících lávky. Kopírují radiální osy rastru konstrukce a leží na každé ose. Průřez IPE100(S355) připojený kloubově ke zlomu pomocí ucha t=8 mm (S235) a 2xM12 5.6.

#### 4.4.3 TÁHLO LÁVKA

Tedy závěsy na kterých je zavěšena konstrukce "mostovky" lávky. Průřez D18 (S355), Závěsy vychází ze všech kulových styčníků umístěných v 3. a 4. výškové hladině kopule a směřují ke zlomům na podélnících lávky. Jsou kloubově uchyceny pomocí čepů M16 6.8.

#### 4.4.4 VZPĚRA LÁVKA

Podpírající prvek lávky, vycházející ze všech kulových styčníků v 1. výškové hladině ke zlomům podélníků lávky. Průřez bezešvé válcované trubky R088,9x5(S355) připojený kloubově ke zlomu pomocí ucha t=8 mm(S235) a přivařený montážním obvodovým 1/2 V svarem ke kulovému styčníku.

#### 4.4.5 ZTUŽENÍ LÁVKA

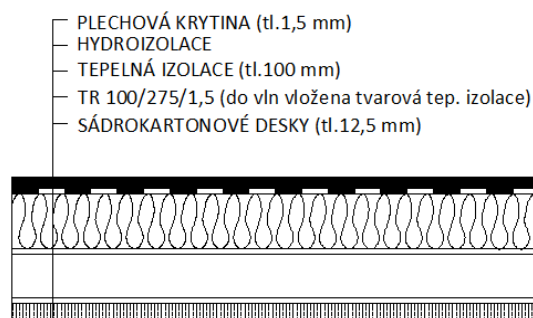
Ztužení lávky diagonálními pruty průřezu D18(S355). Umístěné v každém čtvrtém poli mezi vzpěrami lávky a také mezi příčníky lávky. Připojení pomocí čepů.

### **5 OBVODOVÝ A STŘEŠNÍ PLÁŠŤ, POCHOZÍ PLOCHA LÁVKY:**

Kopule je opláštěna dvěma typy pláštěů.

Prvním je skládaný plášť tvořený nosným trapézovým plechem TR 100/275/1,0, do vln plechu je vložena tvarová tepelná izolace, další izolace o tloušťce 100 mm leží i na plechu. Izolace je zakryta hydroizolací a plechovou krytinou tvořenou pozinkovaným plechem tl. 1,5 mm.

Zevnitř objektu může být na plášti zavěšen podhled určený dle architektonicko-stavebního řešení nebo dle investora. Tento typ pláště je nad 1., 3. a 4. výškovou hladinou. Druhým typem pláště je prosklená fasáda z konstrukčního skla, přesněji VSG lepeného skla. Z důvodu větší izolace je navržen jako dvouvrstvý izolační s vakuovou



mezerou mezi skly. Tloušťka jednoho skla je 5,0 mm. Skleněné tabule jsou připevněny pomocí technologie beztmelého zasklívání - systém WEAL. Tento systém je uchycen pomocí speciálních šroubů do pomocného T průřezu, který je navařený na meridiány. Tento typ pláště je nad 2. výškovou hladinou z důvodu možnosti výhledu z lávky uvnitř objektu a také na lucerně.

Pochozí plocha lávky je tvořena ze čtyřvrstvého VSG lepeného skla a dřevěných hranolů. Přesnější určení dle architektonicko-stavebního řešení nebo dle investora.

## **6 ZATÍŽENÍ A VÝPOČET:**

### **6.1 ZATÍŽENÍ**

Je stanoveno dle:

ČSN EN 1991-1-1:Obecná zatížení- objemové tíhy, vlastní tíhy a užitná zatížení pozemních staveb (účinnost od 1.3. 2004)

ČSN EN 1991-1-3:Obecná zatížení - zatížení sněhem (účinnost od 1.10. 2005)

ČSN EN 1991-1-4:Obecná zatížení- zatížení větrem (účinnost od 1.4.2007)

Podrobný výpočet je rozepsán v příloze 03 Schwedlerova kopule-**STATICKÝ VÝPOČET**. Konstrukce se nachází v obci Trutnov a je tedy uvažována sněhová oblast V a větrná oblast II.

Ve výpočtu jsou uvedeny tyto zatěžovací stavy:

ZS1- vlastní tíha

ZS2-ostatní stálé

ZS3- užitné

ZS4-nesymetrické užitné

ZS5-sníh nenavátý

ZS6-sníh navátý 1A

ZS7-sníh navátý 1B

ZS8-sníh navátý 2A

ZS9-sníh navátý 2B

ZS10-sníh navátý 3A

ZS11-sníh navátý 3B

ZS12-vítr 1

ZS13-vítr 2

Ve výpočtu je uvažováno s těmito kombinacemi:

**MSÚ**- dle ČSN EN 1990 - příloha NA1 a A1

- rovnice 6.10a) a 6.10b), kombinuje výpočetní program SCIA Engineer (kombinace EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B)

$$6.10a) - \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$6.10b) - \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

**MSP** - dle ČSN EN 1990 - příloha NA1 a A1

- rovnice 6.11b), kombinuje výpočetní program SCIA Engineer (kombinace EN-MSP charakteristická)

$$6.11b) - \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

## 6.2 VÝPOČET

Pro výpočet byly vytvořeny prostorové prutové modely obou variant v programu SCIA Engineer 2013. Na základě výpočtu vnitřních sil a deformací v tomto softwaru byly stanoveny dimenze prutů, které byly následně posouzeny programem a u vybrané varianty také ověřeny ručním výpočtem. Součástí tohoto statického výpočtu je i posouzení kotvení a vybraných směrných detailů.

## 7 OCHRANA KONSTRUKCE:

Všechny ocelové konstrukce budou opatřeny nátěrovým systémem.

Spojovací materiál pro vnitřní konstrukce bude v pozinkovaném provedení. Spojovací materiál pro venkovní konstrukce bude v nerezovém provedení (upevnění pláště).

Stupeň korozní agresivity prostředí je C2 dle ČSN ISO 9223, ČSN ISO 9224, ČSN EN ISO 12944-2.

Životnost ochrany OK nátěrovým systémem se předpokládá 20 let. Je navržena protikorozní ochrana nátěrovým systémem o celkové nominální tloušťce 200 $\mu$ m dle ČSN EN ISO 12944 na povrch Sa2 ½ připravený otryskáním dle ČSN ISO 8504-2.

Kompletní nátěrový systém bude proveden v dílně v barevném odstínu dle architektonicko-stavebního řešení nebo dle investora. Na stavbě se provede očištění poškozených ploch a povrchu montážních svarů a tyto plochy se opatří kompletním nátěrem. Styčné plochy před provedením přípojů musí být očištěny a odmaštěny.

Všechny ocelové konstrukce, které přicházejí do přímého styku s betonem (zejména kotevní desky sloupů) musí být opatřeny asfaltovým nátěrem ALIT z důvodu ochrany před bludnými proudy.

Protipožární nátěr bude navržen specializovanou firmou.

Uzemnění není součástí tohoto projektu.

## **8 POŽADAVKY NA PROTIPOŽÁRNÍ OCHRANU KONSTRUKCE:**

Celá konstrukce bude chráněna protipožárním nátěrem. Požární odolnost nátěru musí být 45 minut. Konstrukce je celá viditelná.

## **9 POŽADAVKY NA VYPRACOVÁNÍ VÝROBNÍ DOKUMENTACE KONSTRUKCE:**

Tato projektová dokumentace ocelové konstrukce pro provedení stavby slouží jako podklad pro vypracování výrobní dokumentace ocelové konstrukce, kterou zajišťují zhotovitel stavby. V žádném případě tato projektová dokumentace neslouží pro výrobu ocelové konstrukce.

## **10 HYGIENA A BEZPEČNOST PRÁCE:**

Pro práce na stavbách platí nařízení vlády (NV) č.591/2006 Sb., o bližších minimálních požadavcích na BOZP na staveništích. Práce ve výškách a nad volnou hloubkou řeší NV č.362/2005 Sb. Obě uvedené NV navazují na zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek BOZP. Bezpečnostní opatření svařování a pálení předepisují normy ČSN 05 0601, ČSN 05 0610 A ČSN 05 0630. Proškolení vedoucích zaměstnanců dodavatelů zajistí zadavatel.

Při montáži nutno dbát bezpečnostních pokynů provozu.

## **11 POŽADAVKY NA VÝROBU, MONTÁŽ A ÚDRŽBU:**

Nosná ocelová konstrukce je navržena z válcovaných profilů se šroubovými a svařovanými montážními přípoji. Uzavřené profily je nutno těsně zavíčkovat. Pro výrobu. Pro montáž a údržbu platí ustanovení norem ČSN EN 1090-1, ČSN EN 1090-2. Nosné prvky ocelové konstrukce jsou navrženy z oceli pevnostní třídy S235 a S355 se zaručenou svařitelností. Rozměry průřezů nosných konstrukcí jsou patrné z výkresové dokumentace.

Všechny přípoje pro vnitřní konstrukce, z oceli s pozinkovanou úpravou, budou provedeny pomocí šroubů pevnostní třídy 5.6, čepy a kotvy z pevnostní třídy 6.8.

Přípoje ocelových konstrukcí musí být provedeny tak, aby nebyly v kolizi s vnějším pláštěm celé konstrukce a s podhledem pod pláštěm v celém objektu.

## **12 MONTÁŽ:**

Montáž se nesmí zahájit, pokud staveniště pro práce na stavbě není v souladu s technickými požadavky a požadavky bezpečnosti práce, které musí uvažovat následující údaje:

- zřízení a údržba zpevněného povrchu pro jeřáby a přepravní zařízení
- přístupové cesty na staveniště včetně cest na staveništi
- půdní podmínky ovlivňující bezpečné operace strojního zařízení
- možný pokles montážních podpěr pro konstrukci
- detaily podzemních zařízení, vedení kabelů ve výšce nebo překážky na staveništi
- omezení rozměrů nebo váhy dílců, které se mohou dopravit na staveniště
- zvláštní klimatické podmínky a podmínky prostředí na staveništi nebo v okolí staveniště
- zvláštnosti přilehlých konstrukcí ovlivňující nebo ovlivněné pracemi

Popis postupu montáže se řídí podle normy ČSN EN 1090-2+A1, odstavec 9.3.1 Zásady projektu pro montážní postupy. Základním podkladem pro montáž je montážní výkres v příloze 10 Schwedlerova kopule – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

umístění a typy montážních spojů: v konstrukci se vyskytují šroubové, čepové a montážně vařené spoje

- maximální kus, rozměr, hmotnost a umístění: nejtěžší a největší montážní dílec je svařenec meridiánu o hmotnosti 384,6 kg a rozměrech 12,0 m x 2,5 m, je umístěn v každé radiální ose rastru jako hlavní nosný prvek kopule. Doporučuji pro montáž použít autojeřáb AD 20 T s maximální nosností 20t

- sled montáže:

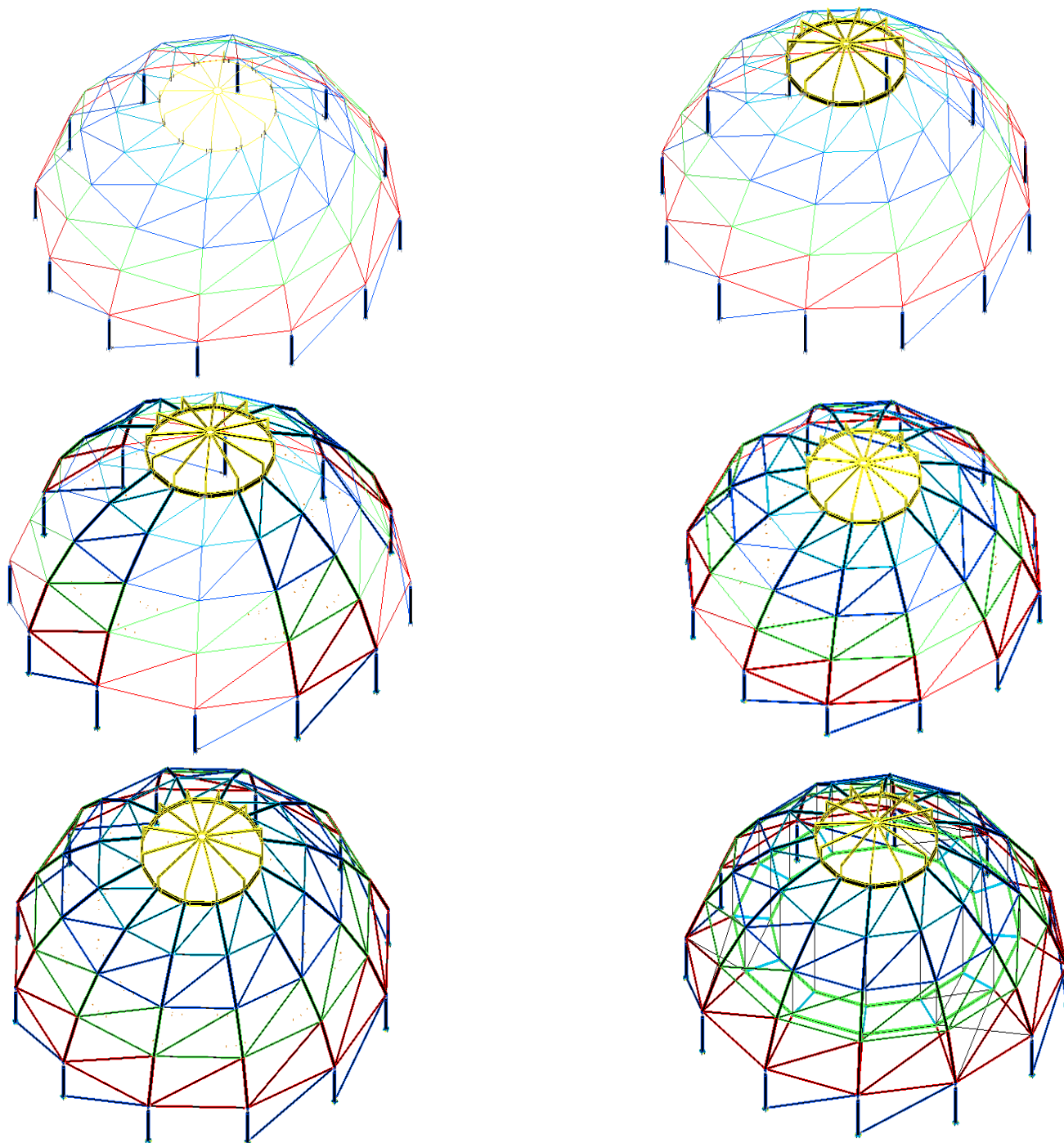
- 1) Po dosažení dostatečné únosnosti betonových základů se zhotoví chemické kotvy. Poté se pomocí podlití a montážních podložek vyrovnají nerovnosti základů. Nakonec se osadí sloupy na čelní desky. Sloupy se musí dostatečně zavětrovat pomocnými nosníky do doby aplikace ztužujících diagonálních nosníků výplety 0.
- 2) Před sestavením konstrukce bude postavené montážní lešení v místě vrcholového vnějšího prstence. Montážní lešení musí být dostatečně prostorově ztuženo.
- 3) Na toto lešení se poté osadí celá lucerna, která se sestaví ve výškové hladině 0. Nejprve sešroubujeme vnější prsteneček, poté montážně svaříme vnitřní prsteneček, který je tvořen čtyřmi dílci tvořenými jak prstencem tak i paprsky. Obě části lucerny poté sešroubujeme (paprsky přes čelní desku k pásnici vnějšího prstence).
- 4) V dalším kroku se k prstenci připojí každý třetí svařenec meridiánů s navařenými kulovými styčníky. Ty se našroubují přes čelní desku k vnějšímu prstenci a propojí se přes čep ke sloupu.
- 5) Následovat bude montáž dalších čtyř protilehlých svařenců meridiánů. Mezi sousední meridiány se do míst kulových styčníků montážně vevaří a přišroubují horizontální a diagonální výztužné pruty (patra a výplety).
- 6) Před osazením poslední čtveřice protilehlých svařenců meridiánů se montážní lešení demontuje a uskladní se mimo objekt.
- 7) Poté se montážně přivaří a přišroubují zbylé ztužující pruty.

8) Dalším krokem je zavěšení lávky. Začne se přivařením vzpěr lávky na kulové styčníky ve výškové hladině 1. Dílec obsahuje i zárodky vnějších podélníků lávky, které se zavěsí na táhlo lávky pomocí čepu. Ve stejném kroku zavěsíme na táhlo i zárodky vnitřních podélníků lávky.

9) K těmto zárodkům se přes čelní desku přišroubují střední části podélníků lávky.

10) Nakonec přišroubuje mezi podélníky mezilehlé příčné lávky. Následuje instalace ztužení lávky přes čepy.

11) Poté připevníme na „mostovku“ lávky pochozí povrch, přimontujeme zábradlí a schodiště (není předmětem této dokumentace).



## 12. HMOTNOST KONSTRUKCE A VÝKAZ MATERIÁLU:

Celková hmotnost nové ocelové konstrukce je 12,62 t.

### 28. Výkaz materiálu

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [mm <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
<small>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</small>			
Celkový součet :	12623,2	283337734,550	1,6081e+00

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [mm]	Hmotnost [kg]	Povrch [mm <sup>2</sup> ]	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
<small>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</small>							
patro1 - RO82.5X4	S 235	7,7	72210,480	558,9	18702514,648	7850,0	7,1200e-02
patro2 - RO76.1X4	S 235	7,1	65367,958	464,9	15622943,878	7850,0	5,9223e-02
patro3 - RO76.1X8	S 355	13,4	54439,915	730,8	12983378,410	7850,0	9,3092e-02
patro4 - RO76.1X10	S 355	16,3	40113,605	655,0	9566695,213	7850,0	8,3436e-02
výplety1 - RO88.9X4	S 355	8,4	78518,745	659,5	21906736,374	7850,0	8,4015e-02
meridián1 - RO168.3X8	S 355	31,6	38012,402	1202,5	20070549,011	7850,0	1,5319e-01
meridián2 - RO168.3X8	S 355	31,6	34283,161	1084,6	18101509,094	7850,0	1,3816e-01
meridián3 - RO168.3X8	S 355	31,6	35996,113	1138,8	19005949,920	7850,0	1,4506e-01
meridián4 - RO168.3X5	S 355	20,2	36004,566	726,4	19046415,329	7850,0	9,2532e-02
výplety2 - RO82.5X4	S 355	7,7	68803,802	532,5	17820186,615	7850,0	6,7841e-02
výplety3 - RO82.5X4	S 355	7,7	58974,812	456,6	15274477,005	7850,0	5,8149e-02
výplety4 - RO82.5X4	S 355	7,7	47227,978	365,5	12232046,127	7850,0	4,6567e-02
prstenec - UPE330	S 355	53,2	23527,443	1252,2	24528530,121	7850,0	1,5952e-01
výplety0 - RO88.9X4	S 355	8,4	53791,199	451,8	15007744,789	7850,0	5,7557e-02
lucerna - UPE200	S 355	22,8	1840,080	419,9	1282241,344	7850,0	5,3362e-03
sloupy - RO168.3X4	S 235	16,2	36000,000	562,2	19007997,513	7850,0	7,4160e-02
paprsek - MSH160x80x10.0	S 355	33,7	51052,471	1719,3	23177820,206	7850,0	2,1902e-01