



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

PLANETÁRIUM V BRNĚ

PLANETARIUM IN BRNO

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Veronika Revayová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ PEŠEK, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Veronika Revayová
Název	Planetárium v Brně
Vedoucí práce	Ing. Ondřej Pešek, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

Předpisy a standardy upravující požadavky na stavby pro daný typ využití.

Bujňák, J. a Vičan, J.: Navrhování ocelových konstrukcí, Žilinská univerzita v Žiline, 2012.

da Silva, L. S., Simoes, R., Gervásio, H. Design of Steel Structures. 2nd edition, ECCS

- European Convention for Constructional Steelwork, 2016.

Ferjenčík, P. a kol. Navrhovanie ocelových konštrukcií, 1. časť + 2. časť, ALFA Bratislava

/ SNTL Praha, 1986.

Marek, P. a kol. Kovové konstrukce pozemních staveb, SNTL / ALFA, Praha, 1985.

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.

ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí.

ČSN EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí.

ČSN EN 1994 Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí.

ČSN EN 1090-2: Provádění ocelových konstrukcí.

a další související normy a technické dokumenty.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte několik variant statického návrhu nosné konstrukce planetária v Brně. Nosná konstrukce bude zhotovena z oceli. Kupole planetária bude mít průměr přibližně 18 metrů, celkové půdorysné rozměry objektu budou přibližně 30 × 30 metrů. Konstrukce bude navržena na účinky klimatických zatížení odpovídajících umístění stavby v Brně. Nejvýhodnější variantu zpracujte podrobněji. Výstupem práce bude srovnání řešených variant konstrukce, statické posouzení hlavních prvků nosné konstrukce a vybraných spojů zvolené varianty, výkresová dokumentace (dispoziční výkresy, výkresy hlavních konstrukčních dílců a charakteristických detailů) a technická zpráva.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

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

Ing. Ondřej Pešek, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Predmetom diplomovej práce je návrh niekoľkých variant nosnej konštrukcie planetária v Brně. Objekt má pôdorysné rozmery o veľkosti 30x30 metrov. Hlavný nosný materiál je oceľ S235. Nosnú konštrukciu objektu tvoria stĺpy, stropnice a prievlaky. Nosnú konštrukciu kopuly tvorí priestorová konštrukcia, ktorá je vytvorená ako pologuľa nad priemerom 18 metrov. Boli spracované 3 verzie tejto kopuly. Výsledným návrhom je Geodetická kopula. Súčasťou práce je posúdenie hlavných nosných prvkov konštrukcie a vybrané detaily. Pre výpočet vnútorných síl bol použitý program Scia engineer 2016 verzia 16.1.3033.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

oceľ, kopula, prievlak, stĺp, oceľová konštrukcia, Schwedlerova kopula, Geodetická kopula, planetárium

ABSTRACT

The design of several variants of the structure of the planetarium in Brno is the subject of the diploma thesis. The building has a ground plan size of 30x30 meters. The main supporting material is S235 steel. The bearing structure of the object consists of columns, joists and beams. The bearing structure of the dome consists of a spatial structure, which is formed as a half-globe above the diameter of 18 meters. 3 versions of this dome have been processed. The resulting design is Geodetic Dome. Part of the work is an assessment of the main structural elements and selected details. The Scia engineer 2016 version 16.1.3033 was used to calculate internal forces.

KEYWORDS

steel, dome, beams, column, steel structure, Schwedler's dome, Geodetic Dome, planetarium

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA VŠKP

Bc. Veronika Revayová *Planetárium v Brně*. Brno, 2018. 26 s., 225 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedúci práce Ing. Ondřej Pešek, Ph.D.

PREHLÁSENIE O ZHODE LISTINNEJ A ELEKTRONICKEJ FORMY ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Prehlasujem, že elektronická forma odovzdanej diplomovej práce s názvom *Planetárium v Brně* je zhodná s odovzdanou listinnou formou.

V Brně dňa 8. 1. 2019

Bc. Veronika Revayová
autor práce

PREHLÁSENIE O PÔVODNOSTI ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Prehlasujem, že som diplomovú prácu s názvom *Planetárium v Brně* spracovala samostatne a že som uviedla všetky použité informačné zdroje.

V Brně dňa 8. 1. 2019

Bc. Veronika Revayová
autor práce

POĎAKOVANIE

Rada by som poďakovala vedúcemu mojej diplomovej práce Ing. Ondřejovi Peškovi, Ph.D., za rady počas vypracovávania tejto práce, za trpezlivosť a ústretovosť. Ďalej by som sa rada poďakovala svojim kamarátom a rodine za podporu počas štúdia.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

PLANETÁRIUM V BRNĚ

PLANETARIUM IN BRNO

TECHNICKÁ SPRÁVA

TECHNICAL REPORT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Veronika Revayová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ PEŠEK, Ph.D.

BRNO 2019

Obsah

Úvod.....	10
1. Použité normatívne dokumenty	10
2. Modely	10
3. Zaťaženie	11
4. Konštrukčné riešenie.....	12
4.1. Kopula	13
4.2. Stĺpy	14
4.3. Prievlaky	14
4.4. Stropnice.....	15
4.5. Stužidlá	16
5. Kotvenie a základy	16
6. Povrchová úprava	17
7. Údržba konštrukcie.....	17
8. Statické riešenie	17
9. Výkaz materiálu	18
10. Výroba	18
11. Materiál	18
12. Montáž konštrukcie.....	19
13. Doprava.....	20
14. Záver	20
15. Zoznam použitých zdrojov a literatúry.....	21
16. Internetové zdroje	21
17. Zoznam použitých skratiek a symbolov	23
18. Zoznam príloh	26
19. Zoznam obrázkov	26
20. Zoznam použitých programov.....	26

ÚVOD

Mojou úlohou v rámci diplomovej práce bolo zhotovenie návrhu ocelevej nosnej konštrukcie objektu planetária s približnými pôdorysnými rozmermi 30x30 metrov a rozmermi kopuly o priemere približne 18 metrov.

Pri návrhu konštrukcie boli navrhnuté celkovo tri modely možného riešenia kopuly planetária. Jednotlivé modely boli porovnané z hľadiska najmenšej spotreby materiálu na konštrukciu kopuly a z hľadiska deformácie kopuly. Optimalizácie boli riešené pomocou programu Scia engineer 2016 verzia 16.1.3033. Následne bol podrobnejšie spracovaný model kopuly A, ktorý podľa daných kritérií vychádzal ako najlepší.

1. POUŽITÉ NORMATÍVNE DOKUMENTY

ČSN EN 1990	Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.
ČSN EN 1991-1-1	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-1:Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.
ČSN EN 1991-1-3	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem
ČSN EN 1991-1-4	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
ČSN EN 1993-1-1	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla po pozemní stavby
ČSN EN 1993-1-8	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. – Část 1-8: Navrhování styčnicků.
ČSN EN 1090-2	Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí
ČSN EN 1991-1-5	Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou
ČSN EN 1993-1-10	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-10: Houževnatost materiálu a vlastnosti napříč tloušťkou
ČSN EN 1994	Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí

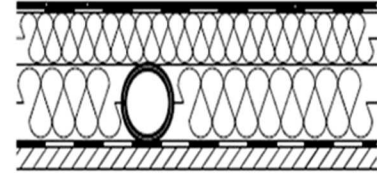
2. MODEL Y

Zadanie návrhu bolo riešené celkovo pre 3 varianty, ktoré boli následne porovnané. Model A kopula geodetická, model B ako Schwedlerova kopula 1. stupňa a model C ako Schwedlerova kopula 2. stupňa. Jednotlivé modely sa líšia geometriou priestorovej ocelevej konštrukcie kopuly a uloženým vnútorných stĺpov. Podrobnejší popis v prílohe P.1. Porovnanie navrhnutých modelov.

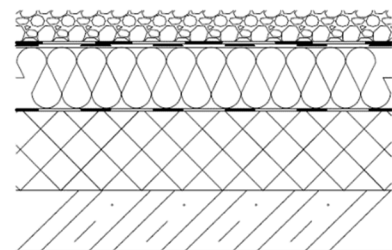
3. ZAŤAŽENIE

Vlastná tiaž nosnej konštrukcie: Automaticky generovaná programom Scia engineer 2016 verzia 16.1.3033.

Skladba strešného plášťa Kopula			
Názov vrstvy	hrúbka[m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
1.)Titanizikový plech	0,001	~	0,072
2.)Hydroizolácia POCB fólia ICOPAL UNIVERSAL	~	~	0,003
3.)Drevené late	0,060	3,500	0,210
4.)Minerálna vlna ISOVER	0,150	0,200	0,030
5.)Parotesná fólia	0,001	~	0,005
6.)Drevené strešné debnenie	0,025	4,400	0,110
$\Sigma g_{k1} =$			0,430



Skladba strešnej konštrukcie plochá strecha			
Názov vrstvy	hrúbka[m]	γ [kN/m ³]	g_k [kN/m ²]
1.)Ochranná vrstva násyp z ťaženého kameniva f16/32	0,050	16,000	0,800
2.)Ochranná geotextília	~	~	0,003
3.)POCB ICOPAL UNIVERSAL	~	~	0,003
4.)Tepelná izolácia ISOVER	0,100	0,300	0,030
5.)Parozábrana	0,001	~	0,005
6.)Spádová vrstva PORIMENT PS 500	0,130	5,000	0,650
7.)ŽB doska	0,100	25,000	2,500
$\Sigma g_{k2} =$			3,991



Ostatné stále zaťaženie:

Skladba strešného plášťa kopuly:

$$g_{k1} = 0,430 \text{ kN/m}^2$$

Skladba strešnej konštrukcie plochej strechy:

$$g_{k2} = 3,991 \text{ kN/m}^2$$

Konštrukčné sklo:

$$g_{k3} = 0,450 \text{ kN/m}^2 \text{ hrúbka panelu } 18 \text{ mm}$$

Podhlády:

$$g_{k4} = 0,060 \text{ kN/m}^2$$

Atika odhad:

$$g_{k5} = 0,500 \text{ kN/m}^2$$

Inštalácie odhad:

$$g_{k6} = 0,150 \text{ kN/m}^2$$

Zaťaženie vetrom:

Klimatická veterná oblasť III, Brno-Žebětín

$$v_{b,0} = 27,5 \text{ m/s}$$

Zaťaženie snehom:

Hodnota pre 334m.n.m odčítaná z interaktívnej mapy snehových oblastí ČR:

$$s_k = 0,90 \text{ kN/m}^2$$

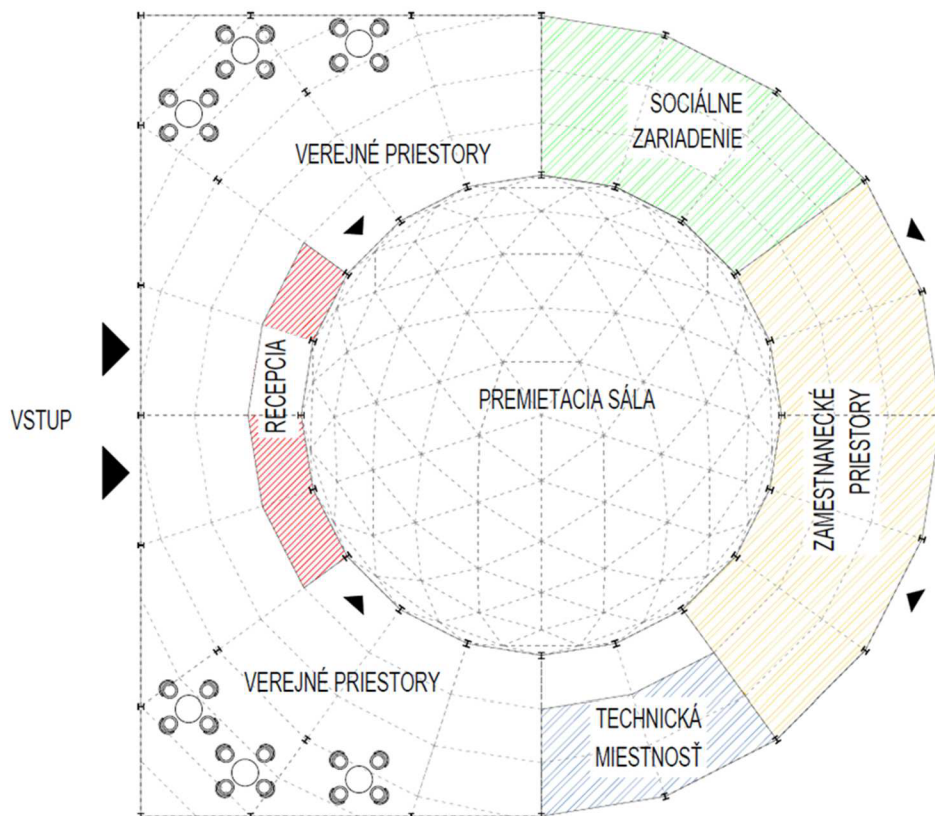
Ďalej bolo uvažované úžitkové zaťaženie pre strechy kategórie H: strechy neprístupné s výnimkou údržby a opráv $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$.

4. KONŠTRUKČNÉ RIEŠENIE

Navrhovaný objekt planetária má symetrický tvar pôdorysu príľahlej konštrukcie ku kopule len v jednej ose. Skladá sa z kolmej časti a kruhovej časti. V kolmej časti pôdorysu je tvorený obvodový plášť veľkoformátovým zasklením o hrúbke 18 milimetrov. Čo sa týka kruhovej časti pôdorysu, tu je obvodový plášť tvorený samonosným sendvičovým obmurovaním. Vnútorňa aj vonkajšia stena je navrhnutá s plných tehliel $\delta=140$ mm, tepelná izolácia medzi stenami je 150 mm z vlny ROCKWOOL VENTI MAX F. Vnútorňa vápenná omietka je jednovrstvová hrúbky 10 mm a vonkajšia vápenno cementová omietka je hrúbky 15 mm.

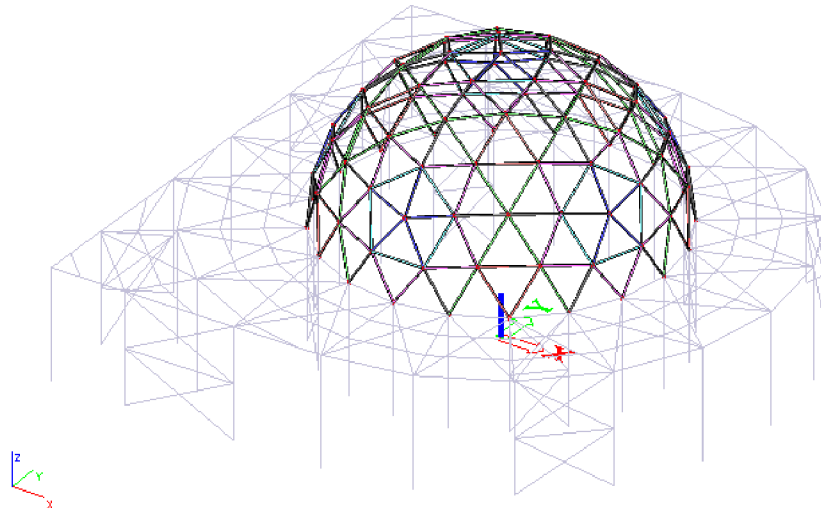
Maximálna šírka aj dĺžka objektu je 30 metrov. Maximálna výška konštrukcie je 15 metrov. Priemer kopuly planetária je 18 metrov. Kopulu tvorí priestorová konštrukcia geodetického typu vymodelovaná ako pogloba nad priemerom 18 metrov. Konštrukčná výška kopuly je 9 metrov. Hlavné nosné prvky príľahlej konštrukcie ku kopule sú stĺpy, prievlaky a stropnice. Výška stĺpov je 6 metrov.

Objekt planetária je navrhnutý na klimatické zaťaženie pre lokalitu v Brně. V objekte sa bude nachádzať zázemie zamestnancov, technická miestnosť, sociálne zariadenia, premietacia sála a verejné priestory. Verejné priestory budú slúžiť aj ako posedenie s občerstvením.



Obrázok 1: Schéma dispozície

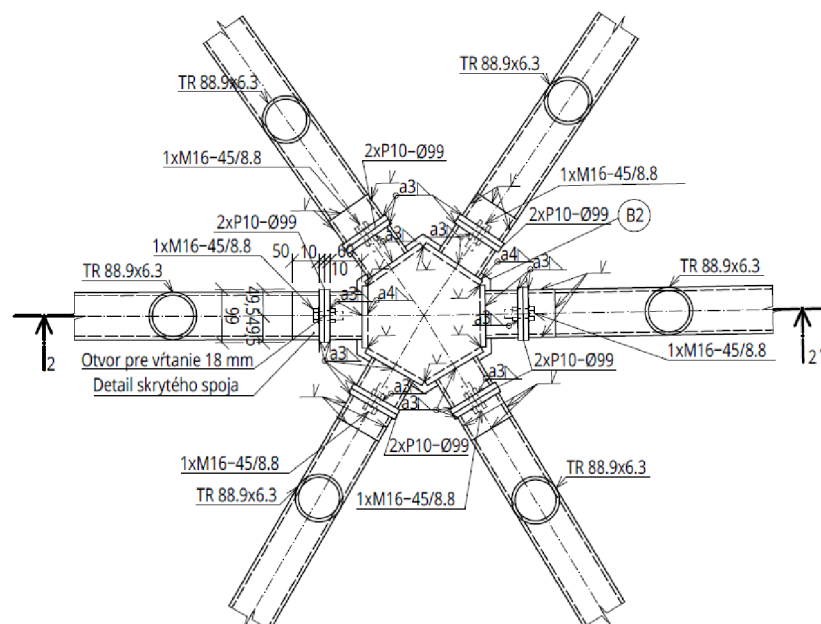
4.1. KOPULA



Obrázok 2: Prvky kopuly

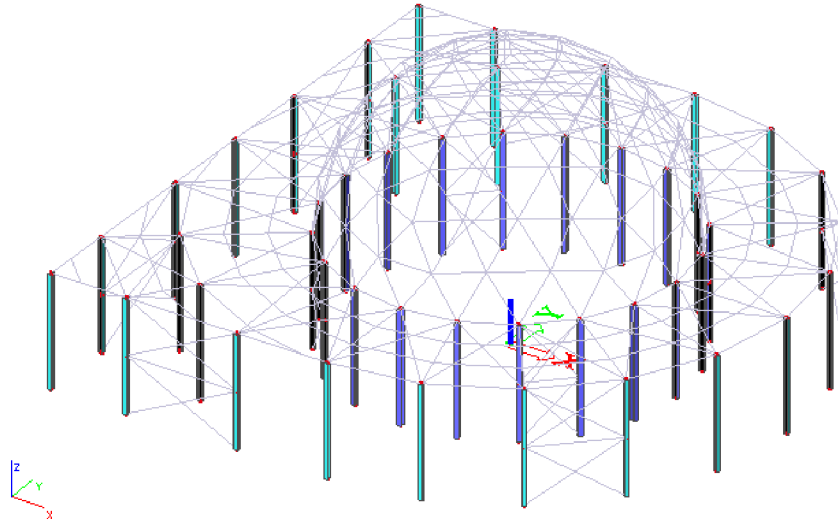
Nosná priestorová konštrukcia kopuly je navrhnutá ako geodetická. Tento geometrický tvar kopuly vznikol postupným delením dvadsaťstena-ikosaédra s uvažovaným stupňom delenia $n=4$.

Prúty kopuly sú navrhnuté ako trubky z profilu TR 88.9x6.3. Styčníky, ktoré sa vyskytujú v kopule, sú styku piatich a šiestich prútov kopuly. Návrh styčníku je riešený pomocou 5 alebo 6 uholníkovej bunky, na ktorú sú privarené krátke trúbky s deklom, do ktorého je už vyvrtaný otvor pre skrutku a z vnútornej strany je k tomuto deklu privarená matica. Následne sa k takto nachystanej bunke môžu pripevniť jednotlivé prúty kopuly, ktoré sú zakončené taktiež deklom na trúbke a otvorom pre manipuláciu zaskrutkovania skrutky. Následne sa daný otvor zakryje privarením odrezanej časti trúbky. Tento skrytý spoj je realizovaný skrutkou 1xM16 8.8. Spoj slúži aj ako montážny spoj kopuly.



Obrázok 3: Styčník kopuly

4.2. STĚPY



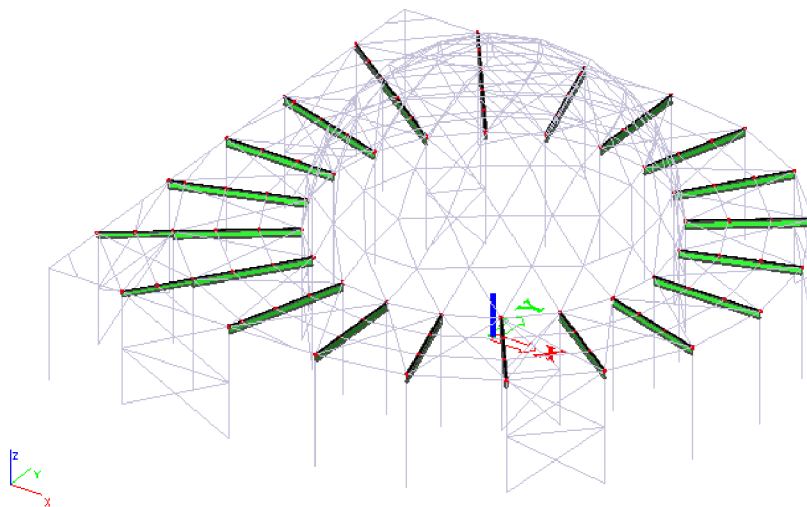
Obrázok 4: Rozmiestnenie stĺpov

Vnútorne stĺpy objektu sú usporiadané po kružnici ktorá má priemer 18 metrov. Stĺpy sú v radiálnych osiach medzi ktorými je uhol 18° . Osová vzdialenosť týchto stĺpov je 2816 mm z dôvodu usporiadania kopuly. Stĺpy sú votknuté v radiálnom smere od stredu kopuly vo svojej päte. V hlave stĺpov je uvažované kĺbové pripojenie. Stĺpy sú navrhnuté s profilu HEB240.

Medziľahlé stĺpy sú taktiež votknuté v radiálnom smere od stredu kopuly vo svojej päte. V hlave stĺpov je uvažované kĺbové pripojenie. Osová vzdialenosť týchto stĺpov je 4693 mm. Celkovo sa v objekte nachádzajú 4 medziľahlé stĺpy. Stĺpy sú navrhnuté z profilu HEB220.

Obvodové stĺpy sú navrhnuté ako obojstranne kĺbovo uložené. Ich osovú vzdialenosť sú premenlivé $x_1=y_1=4102$ mm, $x_2=y_2=6024$ mm, $x_3=y_3=4874$ mm v kolmej časti pôdorysu a v kruhovej časti pôdorysu majú osovú vzdialenosť 4693 mm. Stĺpy sú navrhnuté z profilu HEB220. Výška všetkých stĺpov je 6 metrov. Vzhľadom na dĺžky stĺpov nie sú nutné montážne spoje.

4.3. PRIEVLAKY



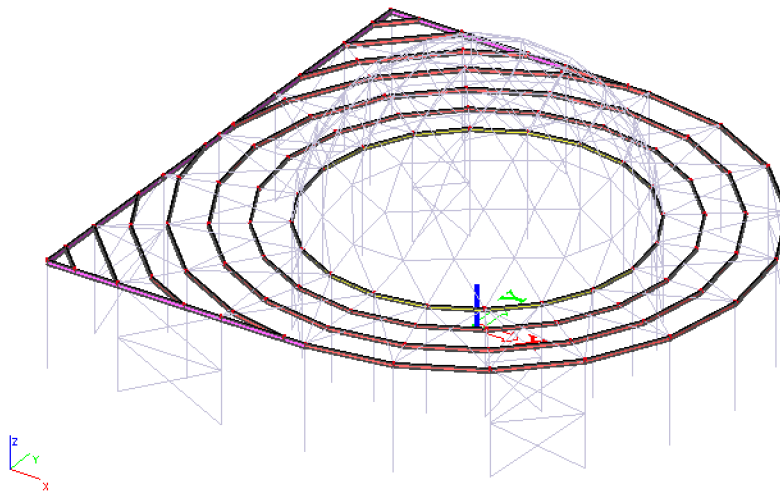
Obrázok 5: Prievlaky

Prievlaky sú navrhnuté taktiež v radiálnych osiach rastru ktorý smeruje od stredu kopuly kde medzi osami je uhol 18° . Uloženie prievlakov je kĺbové.

Systémová dĺžka väčšiny prievlakov je 6 metrov. 4 prievlaky majú systémovú dĺžku 6772 mm. Prievlaky sú pripojené na stĺpy pomocou dvoch skrutiek ku plechu ktorý je privarený k stĺpom pomocou kútových zvarov. Profil týchto prievlakov je I380.

V konštrukcii objektu sa nachádzajú ďalšie 4 krátke prievlaky z profilu I260 o systémovej dĺžke 3541 mm. Vzhľadom na dĺžky prievlakov nie sú nutné montážne spoje.

4.4. STROPNICE



Obrázok 6: Stropnice

Stropnice sú navrhnuté z viacerých profilov. Stropnice nachádzajúce sa bližšie ku kopule sú navrhnuté z profilu IPE180 so systémovou dĺžkou 2816 mm a 3442 mm. Stropnice o systémovej dĺžke 3442 mm sú kĺbovo pripojené k prievlakom a stropnice so systémovou dĺžkou 2816 mm sú kĺbovo pripojené k vnútorným stĺpom.

Ďalšie stropnice sú navrhnuté z profilu IPE220 so systémovými dĺžkami 4067 mm a 4693 mm. Tieto stropnice sú taktiež kĺbovo pripojené k prievlakom. Stropnice IPE220 dĺžky 4693 mm sú pripojené kĺbovo aj k medzilahým a vonkajším stĺpom.

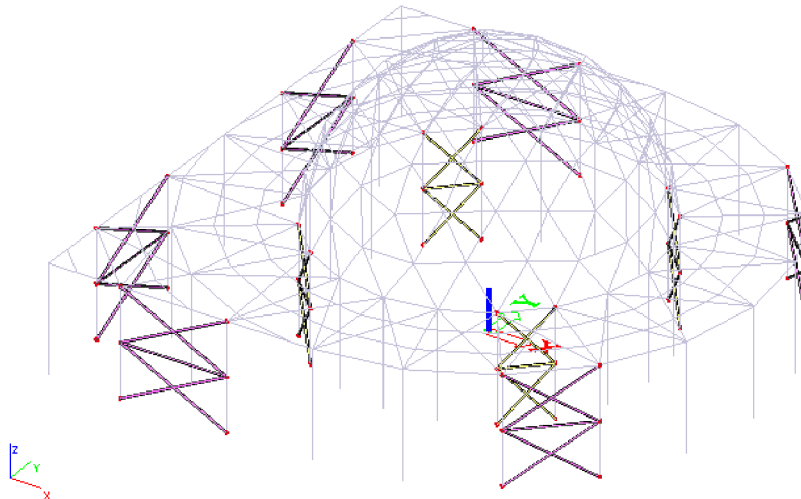
Doplňkové stropnice sú navrhnuté z profilu IPE240. Tieto stropnice majú premenlivú systémovú dĺžku vzhľadom k usporiadaniu konštrukcie a sú pripojené k prievlakom kĺbovo.

Prípoje sú realizované pomocou plechu, ktorý je privarený kútovým zvarom k prievlaku a následne je spoj plechu a stropnice realizovaný pomocou dvoch skrutiek.

Ďalej sa v objekte nachádza 12 okrajových stropníc, ktoré sú z profilu I260. Tieto sú kĺbovo pripojené k stĺpom. Prípoje k stĺpom sú riešené podobným systémom ako prípoje stropníc k prievlaku.

Stropnice spolu s betónovou doskou a spriahovacími trňmi vytvárajú spriahnutie. Spriahovacie trne majú rozličné osové vzdialenosti pre každú dĺžku stropnice. Navrhnuté sú spriahovacie trne priemeru 16 mm a dĺžky 75 mm. Železobetónová doska má hrúbku 100 mm.

4.5. STUŽIDLÁ



Obrázok 7: Stuzidlá

Stužidlá spolu s betónovou doskou spriahnutou s ocelovými profilmi zabezpečujú celkovú priestorovú tuhosť objektu.

V objekte sú navrhnuté len stenové stužidlá, a to z toho dôvodu, že tuhosť objektu vo vodorovnom smere a taktiež prenos zaťaženia v tomto smere bude zabezpečovať betónová doska spriahnutá s ocelovými nosníkmi-stropnicami.

Vnútorne stenové stužidlá sú navrhnuté z profilu TR 88.9x6.3. Celkovo sú v objekte navrhnuté štyri sústavy vnútorných stenových stužidiel. Prvky stužidla sú kĺbovo pripojené k vnútorným stĺpom a stropniciam.

Vonkajšie stenové stužidlá sú navrhnuté z dvoch profilov. Pre kratšiu osovú vzdialenosť 4693 mm medzi stĺpmi z profilu TR 88.9x6.3. Pre väčšiu osovú vzdialenosť 6024 mm medzi stĺpmi z profilu TR 114.3x3.6. Aj vonkajšie stenové stužidlá sú k stĺpom a stropniciam pripojené kĺbovo pomocou skrutiek a styčnickového plechu.

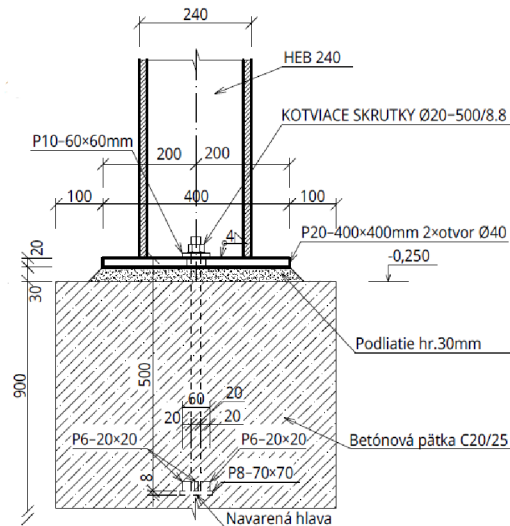
5. KOTVENIE A ZÁKLADY

Kotvenie stĺpov typu K1, K2 a K3 bude realizované pomocou dvoch štandardných kotviacich skrutiek pre kotvenie chemickými hmotami HILTI HIT-V M20-300/5.8, ktoré budú vlepéné do vyvrtaných otvorov v pätkovom plechu aj základovej pätky.

Materiál uhlíková pozinkovaná oceľ (min. 5 μm), použitá bude lepiaca hmota HIT-RE 500V3, vysoko epoxidová malta s jedinečným výkonom na spojenie výstuže a kotvenie s vysokou záťažou pre stavebné spojenia s dodatočne inštalovanou výstužou.

Betónové pätky sú navrhnuté z betónu pevnostnej triedy C20/25. Pod všetkými stĺpmi je navrhnuté podliatie o hrúbke 30 mm z cementovej malty, trieda cementu 32,5.

Pri kotvení typu K4 je ku kotviacim skrutkám privarená navyše kotviaca hlava o rozmeroch 70x70mm z dôvodu že u vnútorných stĺpov, ktoré sú súčasťou stužidiel vzniká značná ťahová sila. Tieto kotviace skrutky budú vyhotovené súčasne s betónovou pätkou typ HILTI HIT-V M20-500/8.8.



Obrázok 8: Kotvenie typu K4

6. POVRCHOVÁ ÚPRAVA

Všetky nátery musia byť vyhotovené v súlade s platnými normami. Ochrana proti korózií bude realizovaná vhodným náterom vo výrobnom závode. Základná vrstva bude o hrúbke 80 µm pri použití produktu SikaCOR Steel Protect VHS Rapid plus vrchná vrstva Sika CorroTop. Ide o univerzálny základný náter a vrchný náter na oceľ s obsahom protikorózných pigmentov.

Aplikácia bude urobená striekaním, a to pre lepšie dosiahnutie požadovanej hrúbky vrstvy.

Protipožiarna vrstva bude urobená pomocou protipožiarnych náterov.

7. ÚDRŽBA KONŠTRUKCIE

Z hľadiska životnosti konštrukcie je nutná pravidelná kontrola. Konštrukcia musí byť riadne udržiavaná po celú dobu životnosti. Prehliadky odborne spôsobilou osobou budú uskutočňované: bežná prehliadka raz za 5 rokov a podrobná prehliadka raz za 10 rokov.

8. STATICKÉ RIEŠENIE

Objekt bol riešený priestorovým modelom, ktorý bol vyhotovený v programe Scia engineer 2016 verzia 16.1.3033. Posúdenie hlavných nosných prvkov bolo uskutočnené pomocou príslušných normatívnych dokumentov na účinky zaťaženia z kombinačných účinkov vytvorených v programe. Ďalej boli posúdené spoje a styčníky.

9. VÝKAZ MATERIÁLU

Názov	Hmotnosť [kg]	Plocha [m ²]	Objem [m ³]
Celkové výsledky :	53553,2	1108,481	6,8221e+00

Vysvetlivky symbolov	
Plocha	Pozn.: pre výpočet plochy povrchu sa uvažuje iba jeden povrch každého 2D prvku

Prierez	Materiál	Jednotková hmotnosť [kg/m]	Dĺžka [m]	Hmotnosť [kg]	Plocha [m ²]	Jednotková objemová hmotnosť [kg/m ³]	Objem [m ³]
Prút_1 - RO88.9X6.3	S 235	12,8	148,988	1906,4	41,510	7850,0	2,4285e-01
Prút_2 - RO88.9X6.3	S 235	12,8	86,736	1109,8	24,166	7850,0	1,4138e-01
Prút_3 - RO88.9X6.3	S 235	12,8	140,791	1801,5	39,226	7850,0	2,2949e-01
Prút_4 - RO88.9X6.3	S 235	12,8	87,728	1122,5	24,442	7850,0	1,4300e-01
Prút_5 - RO88.9X6.3	S 235	12,8	154,156	1972,5	42,949	7850,0	2,5127e-01
Stĺp vnútorný - HEB240	S 235	83,2	120,000	9985,2	165,600	7850,0	1,2720e+00
Prievlak 1 - I380	S 235	84,0	123,088	10338,8	155,090	7850,0	1,3170e+00
Stropnice doplnkové - IPE240	S 235	30,7	39,323	1207,0	36,245	7850,0	1,5375e-01
Prievlak vysunutý - I260	S 235	41,8	14,164	592,6	12,889	7850,0	7,5495e-02
Stĺp vonkajší - HEB220	S 235	71,5	156,000	11148,8	198,120	7850,0	1,4202e+00
Krajné stropnice - I260	S 235	41,8	60,000	2510,4	54,600	7850,0	3,1980e-01
Stužidlo vnútorné 1 - RO88.9X6.3	S 235	12,8	77,095	986,5	21,479	7850,0	1,2566e-01
Stužidlo vonkajšie 1 - RO88.9X6.3	S 235	12,8	78,043	998,6	21,744	7850,0	1,2721e-01
Stužidlo vonkajšie 2 - ROR114.3/3.6	S 235	9,8	107,680	1056,6	38,657	7850,0	1,3460e-01
Stropnica 1,2 - IPE180	S 235	18,8	125,148	2348,0	87,338	7850,0	2,9910e-01
Stropnica 3,4 - IPE220	S 235	26,2	170,414	4468,1	144,426	7850,0	5,6918e-01

Hmotnosť celej konštrukcie 53 553,2 kg.

10. VÝROBA

V rámci výroby profilov sa jedná o prvky valcované za tepla. Všetky plechy, ktoré sa dajú navariť k daným profilom pred montážou na stavbe sa nachystajú predom vo výrobnjej hale. Netypické plechy v rámci šikmých napojení prvkov a bunky styčnickov v kopule sa predom vyrežú a zvaria sa v hale do požadovaného útvaru podľa šablón.

11. MATERIÁL

Materiál použitý pri návrhu ocelevej konštrukcie u všetkých prvkov je oceľ S235JR. Taktiež aj materiál pre styčnickové plechy je oceľ S235JR.

Skrutky navrhnuté v prípojoch sú priemeru 16 mm a pevnosti 4.6,5.6 a 8.8.

Skrutky navrhnuté pre kotvenie sú priemeru 20 mm a pevnosti 5.8. a 8.8.

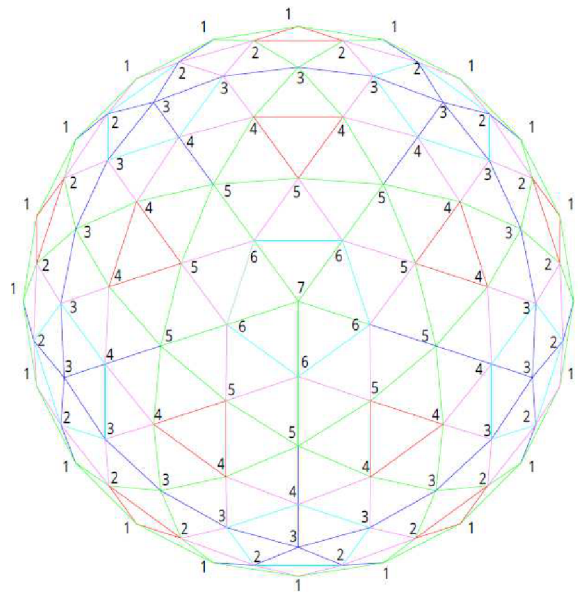
Betón použitý pre spriahnutú stropnú konštrukciu a pre základové pätky je C20/25.

Podliatie pätkových plechov je navrhnuté z cementovej malty hrúbky 30 mm, trieda cementu 32,5. Spriahovacie trne Ø16 dĺžky 75 mm.

12. MONTÁŽ KONŠTRUKCIE

Montážny postup:

- 1.) Zhotovenie betónových základov vrátane podliatia
- 2.) Vytváranie otvorov do základu a podliatia pre kotviace skrutky typu K1, K2, K3 typ K4 je nutné vytvoriť súčasne s betonážou pätky z dôvodu privarenej hlavy ku skrutke
- 3.) Pripevnenie prievlakov k stĺpom
- 4.) Osadenie a vztýčenie stĺpov, (ktoré sú súčasťou stužidiel) s prievlakmi do projektovanej polohy
- 5.) Osadenie vnútorných a vonkajších stenových stužidiel
- 6.) Osadenie a vztýčenie ostatných stĺpov s pripevnenými prievlakmi
- 7.) Vyhodenie podopretia stropníc, debnenia pre spráženie a osadenie krajných stropníc na stĺpy
- 8.) Pripevnenie zvyšných stropníc, navarenie spriahovacích trňov
- 9.) Vyhodenie betónovej dosky
- 10.) Vyhodenie podpreta-lešenia pre montáž kopuly, vyhotovenie podopretie pre bunky styčníc
- 11.) Po vytvrdnutí betónu na požadovanú pevnosť sa navaria styčnícové plechy na vnútorné stĺpy objektu
- 12.) Postup montáže kopuly bude realizovaný smerom na hor po jednotlivých styčnícokoch



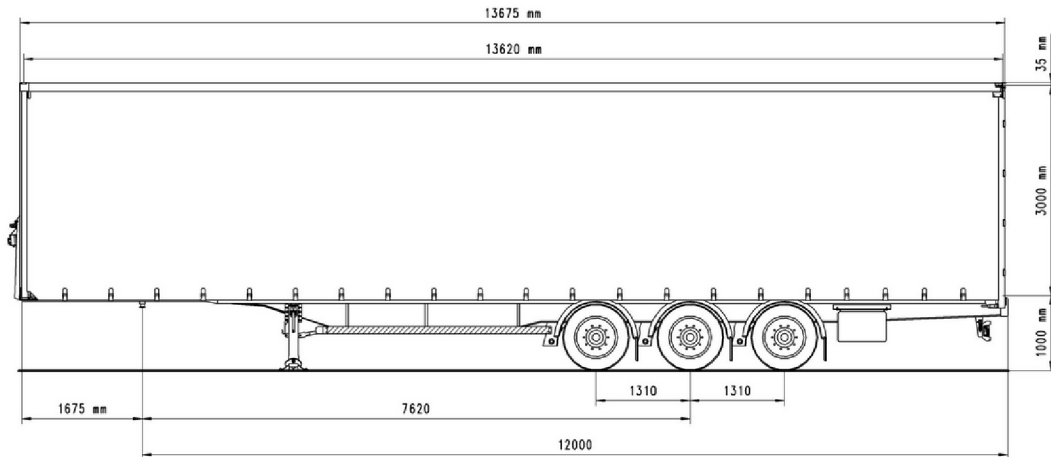
Obrázok 9: Postup montáže kopuly

- 14.) Po vyskladaní celej priestorovej konštrukcie kopuly sa osadí strešný plášť kopuly
- 15.) Po vytvrdnutí betónu na požadovanú pevnosť sa vyhotoví strešná konštrukcia plochej strechy
- 16.) Nakoniec sa osadia veľkoformátové sklenené panely a obmurujú za zvyšné časti objektu

13. DOPRAVA

Najväčšia dĺžka prvku, ktorý sa nachádza v navrhovanej konštrukcii je $L=6772$ mm. Z tohto dôvodu nie je nutná nadrozmerná preprava materiálu na stavenisko.

Profily pre montáž kopuly budú taktiež nadelené na časti (pred chystané bunky s navarenými krátkymi trúbkami s deklom a samostatné trúbky), kde je maximálna dĺžka profilu TR 88.9x6.3 2574 mm.



Obrázok 10: Príves kamiónu

14. ZÁVER

V rámci realizácie stavby je nutné dodržiavať všetky príslušné vyhlášky a predpisy, vrátane predpisov BOZP. Ocelová konštrukcia je navrhnutá na zaťaženie stálych zložiek zaťaženia a premenných zaťažení. Konštrukcia je zatriedená do triedy vyhotovenia EXC2.

Klimatické zaťaženie je uvažované pre lokalitu v Brně, Brno-Žebětín. Posúdenie bolo vyhotovené podľa ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí – Eurokód 3 (2006).

15. ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮV A LITERATURY

- [1] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. 2004. Praha: Český normalizační institut, 76s.
- [2] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb* 2007. Praha: Český normalizační institut, 44 s.
- [3] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení– Zatížení sněhem*, 2004. Praha: Český normalizační institut, 37 s.
- [4] ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení– Zatížení větrem*, 2007. Praha: Český normalizační institut, 124 s.
- [5] ČSN EN 1993-1-1. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, 2005. Praha: Český normalizační institut, 213 s.
- [6] ČSN EN 1993-1-8. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků*, 2005. Praha: Český normalizační institut, 126 s.
- [7] ČSN EN 1090-2. *Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí– Část 2: Technické požadavky ocelové konstrukce*, 2009. Praha: Český normalizační institut, 170 s.
- [8] ČSN EN 1993-1-10. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-10: Houževnatost materiálu a vlastnosti napříč tloušťkou*, 2006. Praha: Český normalizační institut, 20 s.
- [9] ČSN EN 1993-1-5. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení– Zatížení teplotou*, 2005. Praha: Český normalizační institut, 44 s.
- [10] BUJŇÁK, Ján a Josef VIČAN, 2012. *Navrhovanie ocelových konštrukcií*. Žilinská univerzita v Žiline: EDIS-vydavateľstvo ŽUŽ, Univerzitná HB, 191 s. ISBN 978-80-554-0529-2.
- [11] FERJENČÍK, Pavel, 1986. *Navrhovanie ocelových konštrukcií: celoštátna vysokoškolská príručka pre stavebné fakulty vysokých škôl*. Bratislava: Alfa. Edícia stavebníckej literatúry (Alfa).
- [12] BÁRTLOVÁ, Alice, 1977. *Vzpěr prutových soustav: určeno [také] stud. stavebních fakult vys. škol*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. Řada stavební literatury.

16. INTERNETOVÉ ZDROJE

- [1] [online], [cit. 2018-12-25]. Dostupné z:
<https://www.rockwool.cz/aplikace/fasady/provetravana-fasada-sendvicova-a-dvouvrstva-stena/>
- [2] [online], [cit. 2018-12-25]. Dostupné z:
<http://www.konstrukce.cz/clanek/elipsovite-svetliky-grid-shells-v-centru-chodov/>

- [3] [online], [cit. 2018-12-25]. Dostupné z:
https://www.hilti.sk/kotevn%C3%A1-technika/kotviace-ty%C4%8De-a-prvky/r3945?CHA_ANCHOR_SIZE_LABEL=M20#nav%2Fclose
- [4] [online], [cit. 2018-12-25]. Dostupné z: <http://ntplus.cz/protikorozi-natery-sika/kryci-barvy-sika/kryci-nater-na-kov-sika-cor-eg-5>
- [5] [online], [cit. 2019-01-03]. Dostupné z:
<https://www.chrvala.com/sk/medzinarodna-a-vnutrostatna-preprava-tovaru/>
- [6] [online], [cit. 2019-01-03]. Dostupné z: <http://www.snehovamapa.cz/>
- [7] [online], [cit. 2019-01-03]. Dostupné z: <http://www.lite-smesi.cz/cementova-lita-pena-poriment-vytvori-na-ploche-strese-spad-az-8.html>
- [8] [online], [cit. 2019-01-03]. Dostupné z:
<https://www.fce.vutbr.cz/kdk/pilgr.m/studijni-materialy/PilgrM-PrvkyKK-2018.pdf>

17. ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

A	plná prierezová plocha
A_s	plocha oslabeného prierezu
$A_{v,y}$	šmyková plocha v smere osy y
$A_{v,z}$	šmyková plocha v smere osy z
$B_{p,Rd}$	návrhová únosnosť pri pretlačení hlavy alebo matice skrutky
C_{mLT}	súčiniteľ ekvivalentného konštantného momentu
C_{my}	súčiniteľ ekvivalentného konštantného momentu
C_{mz}	súčiniteľ ekvivalentného konštantného momentu
$F_{b,Rd}$	návrhová únosnosť skrutky v otláčení
F_{Ed}	návrhová pôsobiaca sila
$F_{t,Rd}$	návrhová únosnosť skrutky v ťahu
$F_{V,Ed}$	návrhová šmyková sila
$F_{V,Rd}$	návrhová únosnosť skrutky v strihu
E	modul pružnosti v ťahu, tlaku
G	modul pružnosti v šmyku
I_t	moment zotrvačnosti v krútení
$I_{v(z)}$	intenzita turbulencie
I_w	výsekový moment zotrvačnosti
I_y	moment zotrvačnosti prierezu k ose y
I_z	moment zotrvačnosti prierezu k ose z
L	dĺžka
$L_{cr,T}$	vzperná dĺžka pri vybočení skrútením
$L_{cr,TF}$	vzperná dĺžka pri vybočení priestorovým vybočením
$L_{cr,y}$	kritická vzperná dĺžka kolmo k ose y
$L_{cr,z}$	kritická vzperná dĺžka kolmo k ose z
$M_{c,Rd}$	návrhová únosnosť v ohybe
M_{Ed}	návrhový ohybový moment
M_{Rk}	charakteristická únosnosť rozhodujúceho prierezu v ohybe
$N_{b,Rd}$	vzperná únosnosť
N_{cr}	kritická sila
$N_{cr,y}$	pružná kritická sila pri rovinnom vzpere k ose y
$N_{cr,z}$	pružná kritická sila pri rovinnom vzpere k ose z
N_{Ed}	návrhová hodnota osovej sily
$N_{pl,Rd}$	návrhová únosnosť neoslabeného prierezu
$N_{t,Rd}$	návrhová únosnosť v ťahu
$N_{u,Rd}$	návrhová únosnosť oslabeného prierezu
T_{Ed}	referenčná teplota
T_{md}	najnižšia teplota vzduchu so špecifickou dobou návratu
ΔT_r	radiálny vplyv
ΔT_σ	korekcia pre napätie a medzu klzu materiálu, imperfekciu trhliny a pre tvar a prierez prvku
ΔT_R	požiadavka bezpečnosti, ak je treba, kvôli rôznej úrovni spoľahlivosti pre rôzne použitia
$\Delta T_{\dot{\epsilon}}$	korekcia pre inú rýchlosť rastu pomernej deformácie než je referenčná rýchlosť pomernej deformácie

$\Delta T_{\epsilon_{cf}}$	korekcia pre stupeň tvarovania za studena ϵ_{cf}
$V_{E,d}$	návrhová šmyková sila
$V_{pl,Rd}$	plastická šmyková únosnosť
$W_{el,y}$	elastický prierezový modul k ose y
$W_{pl,y}$	plastický prierezový modul k ose y
$W_{el,z}$	elastický prierezový modul k ose z
$W_{pl,z}$	plastický prierezový modul k ose z

Malé písmená

a	účinná výška zvaru
b	šírka prierezu
C_{dir}	súčiniteľ smeru vetra
C_e	súčiniteľ expozície
$C_0(z)$	súčiniteľ orografie
$C_{pe,10}$	súčiniteľ tlaku
$C_{r,(z)}$	súčiniteľ drsnosti
C_{season}	súčiniteľ ročného obdobia
d	priemer konštrukcie
d	priemer skrutky
d_0	priemer otvoru skrutky
e	excentricita normálovej sily
e	vzdialenosť skrutiek od okraja
f_{cd}	návrhová hodnota valcovej pevnosti betónu v tlaku
f_{ck}	charakteristická hodnota valcovej pevnosti betónu v tlaku
f_y	medza klzu
f_u	medza pevnosti
f_{ub}	medza pevnosti materiálu skrutiek
h	výška prierezu
h_w	výška rovnej časti stojiny
i_0	polárny polomer zotrvačnosti
i_y	polomer zotrvačnosti k ose y
i_z	polomer zotrvačnosti k ose z
k_r	súčiniteľ terénu
k_w	súčiniteľ vzpernej dĺžky
k_{yy}	súčiniteľ interakcie
k_{yz}	súčiniteľ interakcie
k_z	súčiniteľ vzpernej dĺžky
k_{zy}	súčiniteľ interakcie
k_{zz}	súčiniteľ interakcie
l_{eff}	efektívna dĺžka
n	počet strihových rovín
q_d	návrhová hodnota premenného zaťaženia
q_k	charakteristická hodnota premenného zaťaženia
$q_p(z)$	maximálna hodnota dynamického tlaku vetru
s_k	charakteristická hodnota zaťaženia snehom (rovnomerné spojité zaťaženie)
t	hrúbka

w	priehyb
w_{lim}	limitná hodnota priehybu
$v_{b,0}$	východzia základná rýchlosť vetru
v_m	stredná rýchlosť vetru
w	tlak vetru (rovnomerné spojité zaťaženie)
Z_0	parameter drsnosti terénu
$Z_{0,II}$	parameter drsnosti terénu
Z	výška nad zemou
Z_{min}	minimálna výška

Velké grécke písmená

\emptyset	priemer prútu
\emptyset_{LT}	hodnota pre výpočet súčiniteľa klopenia

Malé grécke písmená

α	súčiniteľ
α_1	súčiniteľ imperfekcie
α_{LT}	súčiniteľ imperfekcie pre klopenie
β	súčiniteľ vzpernej dĺžky
β_w	korelačný súčiniteľ pre zvary závislý na druhu oceli
γ_{M0}	dielčí súčiniteľ spoľahlivosti materiálu
γ_{M1}	dielčí súčiniteľ spoľahlivosti materiálu
γ_{M2}	dielčí súčiniteľ spoľahlivosti pre spoje
ε	súčiniteľ závislý na medzi klzu
λ	štíhlosť
λ_y	štíhlosť k ose y
λ_z	štíhlosť k ose z
λ_T	pomerná štíhlosť pri klopení
λ_T	pomerná štíhlosť pri vybočení skrútením
λ_w	pomerná štíhlosť steny
λ_y	pomerná štíhlosť k ose y
λ_z	pomerná štíhlosť k ose z
μ_{cr}	bezrozmerný kritický moment
μ_i	tvarový súčiniteľ zaťaženia snehom
π	Ludolfovo číslo
ρ	merná hmotnosť vzduchu
τ	šmykové napätie
χ_{LT}	súčiniteľ klopenia
χ_T	súčiniteľ vzpernosti pri priestorovom vzpere
χ_y	súčiniteľ vzpernosti pri rovinnom vzpere k ose y
χ_z	súčiniteľ vzpernosti pri rovinnom vzpere k ose z
Ψ	súčinitele, ktorými sa definujú reprezentatívne hodnoty premenného zaťaženia
Ψ_0	pre kombinačné hodnoty
Ψ_1	pre časté hodnoty
Ψ_2	pre kvazistále hodnoty

18. ZOZNAM PRÍLOH

P.1.	POROVNANIE NAVRHNUTÝCH MODELOV	
P.2.	PROGRAMOVÉ RIEŠENIE MODELU A	
P.3.	STATICKÝ VÝPOČET MODELU A	
P.4.	VÝKRESOVÁ DOKUMENTÁCIA:	
	1. DISPOZÍCIA, PÔDORYSY A REZY	M 1:100
	2. VÝKRES KOTVENIA	M 1:100
	3. VYBRANÉ KONŠTRUKČNÉ DETAILS	M 1:10
	4. DETAILS PRIPOJENIA STUŽIDIEL	M 1:10
	5. SKLADBY STRIECH	M 1:10

19. ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1: Schéma dispozície	12
Obrázok 2: Prvky kopuly	13
Obrázok 3: Styčník kopuly	13
Obrázok 4: Rozmiestnenie stĺpov	14
Obrázok 5: Prievlaky	14
Obrázok 6: Stropnice	15
Obrázok 7: Stužidlá	16
Obrázok 8: Kotvenie typu K4	17
Obrázok 9: Postup montáže kopuly	19
Obrázok 10: Príves kamiónu	20

20. ZOZNAM POUŽITÝCH PROGRAMOV

[1]	Scia engineer 2016 verzia 16.1.3033
[2]	Word 2016
[3]	Excel 2016
[4]	AutoCAD 2017