



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

TECHNICKÁ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Martin Dvouletý

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

BRNO 2018

Obsah

| | |
|---------------------------------------|----|
| 1. ÚDAJE O STAVBĚ..... | 3 |
| 1.1. Účel stavby | 3 |
| 2. A – VSTUPNÍ PORTÁL | 4 |
| 2.1. Geometrie konstrukce | 4 |
| 2.1.1. Axonometrie | 5 |
| 2.1.2. Půdorys | 6 |
| 2.2. Popis řešené konstrukce | 7 |
| 2.2.1. Materiál..... | 7 |
| 2.2.2. Opláštění konstrukce | 7 |
| 2.3. Popis konstrukčních prvků..... | 8 |
| 2.3.1. Čelní sloupy..... | 8 |
| 2.3.2. Boční sloupy | 9 |
| 2.3.3. Nosné lemování konstrukce..... | 10 |
| 2.3.4. Konstrukční dílce | 10 |
| 2.4. Spodní stavba | 11 |
| 2.5. Výpočtový model..... | 11 |
| 2.6. Zatížení | 11 |
| 2.6.1. Zatížení proměnné..... | 12 |
| 2.6.2. Zatěžovací stavy..... | 12 |
| 2.7. Výroba konstrukce..... | 13 |
| 2.8. Montáž | 14 |
| 2.9. Povrchové úpravy | 15 |
| 3. B – VÝSTAVNÍ HALA..... | 16 |
| 3.1. Geometrie konstrukce | 16 |
| 3.1.1. Axonometrie | 16 |

| | | |
|----------|--|----|
| 3.1.2. | Půdorys | 17 |
| 3.1.3. | Čelní pohled – severní | 17 |
| 3.1.4. | Čelní pohled – jižní | 18 |
| 3.1.5. | Charakteristická geometrie vazníku | 18 |
| 3.2. | Popis řešené konstrukce | 19 |
| 3.2.1. | Materiál | 19 |
| 3.2.2. | Opláštění konstrukce | 19 |
| 3.2.2.1. | Opláštění střešní konstrukce | 19 |
| 3.2.2.2. | Opláštění čela konstrukce | 20 |
| 3.3. | Popis konstrukčních prvků | 21 |
| 3.3.1. | Vazník | 21 |
| 3.3.2. | Čelní sloupy | 22 |
| 3.3.3. | Podélné ztužení | 23 |
| 3.3.4. | Zavětrování | 24 |
| 3.3.5. | Paždík mezi sloupy – jižní strana | 25 |
| 3.3.6. | Konstrukce pro připojení portálu | 25 |
| 3.4. | Spodní stavba | 26 |
| 3.5. | Výpočtový model | 26 |
| 3.6. | Zatížení | 26 |
| 3.6.1. | Zatížení proměnné | 27 |
| 3.6.2. | Zatěžovací stavy | 27 |
| 3.7. | Výroba konstrukce | 29 |
| 3.8. | Montáž | 30 |
| 3.9. | Povrchové úpravy | 31 |
| 3.10. | Seznam použité literatury | 31 |

1. ÚDAJE O STAVBĚ

1.1. Účel stavby

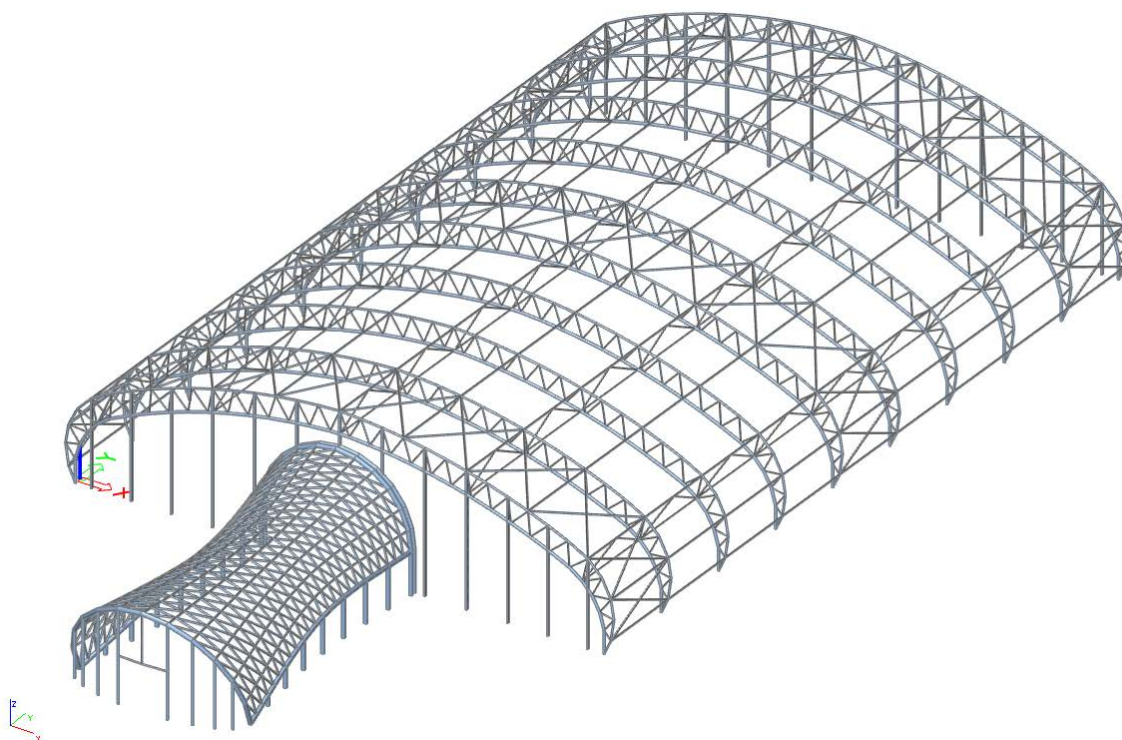
Navržená stavba multifunkčního pavilonu se skládá ze dvou konstrukcí. Jednou z těchto konstrukcí, je vstupní portál. Jedná se o velmi atypickou konstrukci, která je kompletně prosklená. Vstupní portál je příhradová skořepina ve tvaru hyperboloidu a bude plnit významnou estetickou funkci, pro stavbu jako celek.

Druhou konstrukcí, která se nachází za vstupním portálem, je samotná výstavní hala, která je tvořena rovinnými příhradovými vazníky, které jsou složeny z několika poloměrů a dochází tak k efektu eliptického tvaru celé konstrukce.

Obě stavby jsou mezi sebou dilatovány a to o 120 mm. Staticky tedy působí odděleně a jsou tak i řešeny. Samotná technická zpráva je taktéž rozdělena na dvě kapitoly, dle řešené konstrukce.

Celá stavba se bude nacházet v okrajové části města Zlína.

Zastavěná plocha obou konstrukcí činí přibližně 2200 m².



2. A – VSTUPNÍ PORTÁL

2.1. Geometrie konstrukce

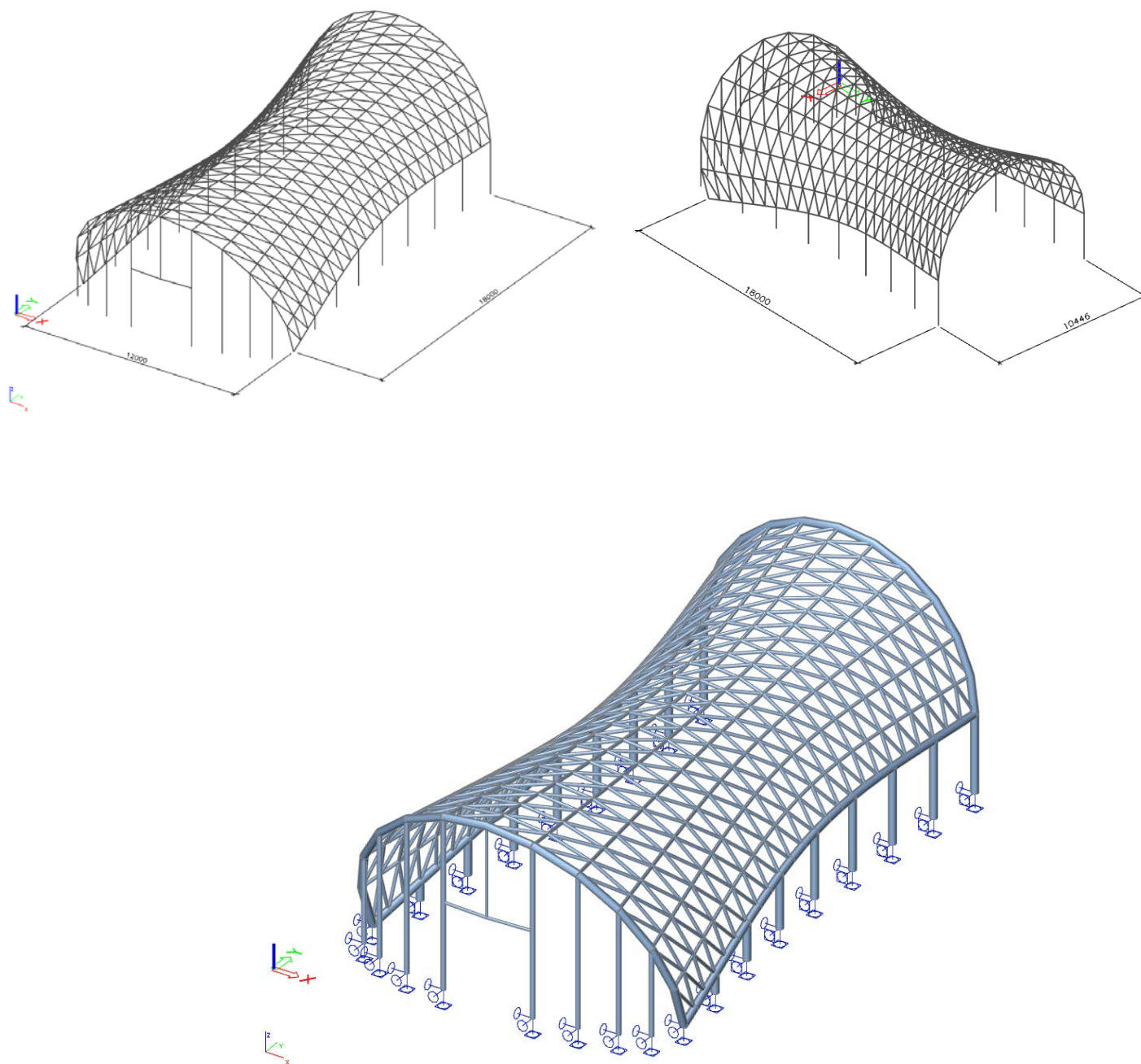
Vstupní portál je atypická příhradová konstrukce ve tvaru hyperboloidu. Celý tento vstupní portál je tvořen ze svařovaných dílců a je kompletně prosklený. Střešní konstrukci tvoří diagonály, uspořádané do trojúhelníkových tvarů. Tyto diagonály tvoří střešní konstrukci a přecházejí do nosného lemování konstrukce. Samotné nosné lemování je podpíráno nosnými sloupy. Vstupní portál má proměnnou výšku, kde největší činní 8,258 m. Portál je dlouhý 20,394 m a má proměnnou šířku, z nichž největší je 12,000 m.

Konstrukce nemá žádné příčné ani podélné ztužení a to z důvodu její samotné geometrie. Díky uspořádání diagonál v střešní konstrukci a tvaru samotné konstrukce, nebylo potřeba navrhovat podélné, ani příčné ztužení konstrukce.

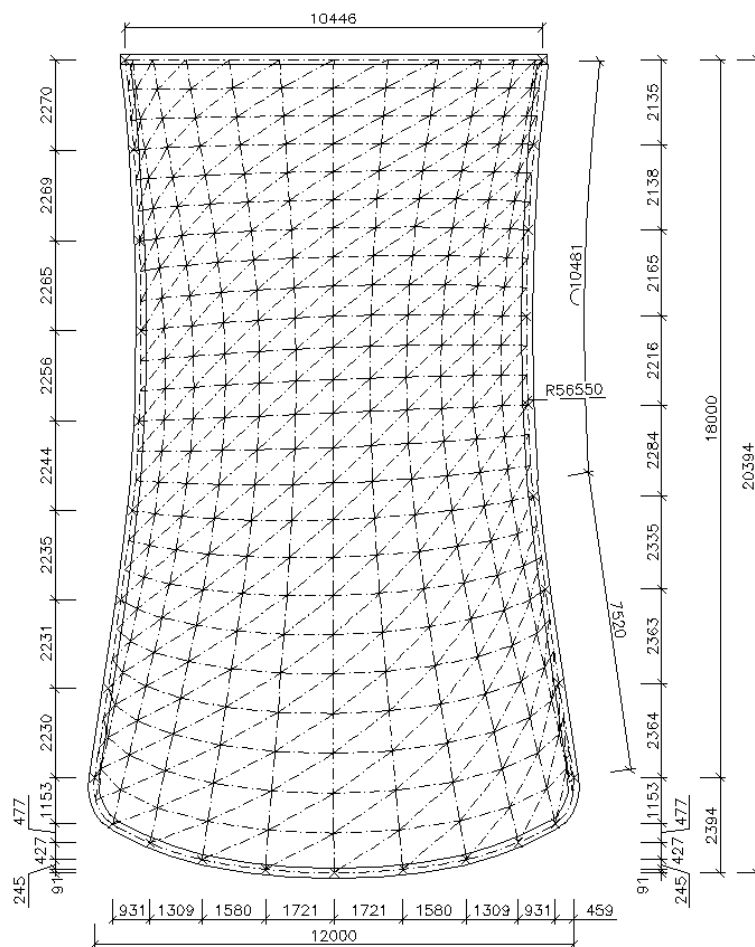
Celkový popis samotné geometrie je velmi složitý, protože se jedná o nestandardní konstrukci, která má proměnný tvar a to ve všech směrech. Pro samotnou představu konstrukce, slouží výkresová dokumentace, popřípadě axonometrické pohledy, obsaženy v technické zprávě.

| | |
|---------------------|------------------------|
| Zastavěná plocha: | 208,590m ² |
| Obestavěný prostor: | 1460,110m ³ |

2.1.1. Axonometrie



2.1.2. Půdorys



2.2. Popis řešení konstrukce

2.2.1. Materiál

Veškeré nosné i nenosné části navrhované konstrukce jsou navrženy z oceli S355JR, dle ČSN EN 1090-2.

Mez kluzu: $f_y = 355 \text{ MPa}$

Modul pružnosti v tahu a tlaku: $E = 210 \text{ GPa}$

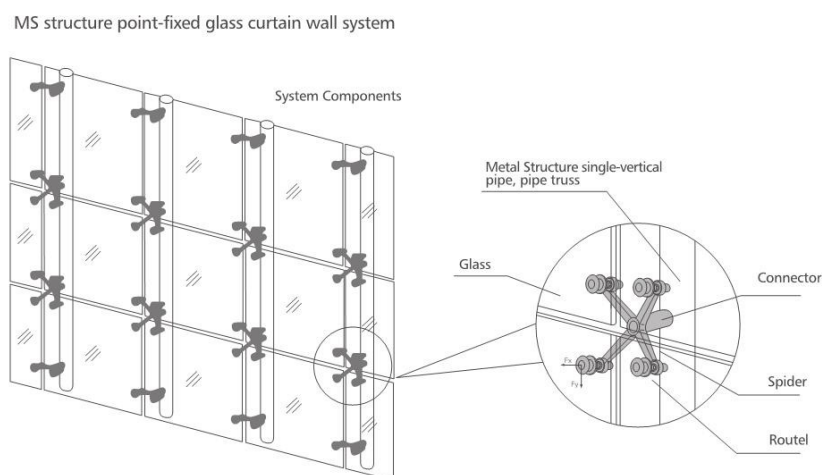
Modul pružnosti ve smyku: $G = 81 \text{ GPa}$

2.2.2. Opláštění konstrukce

Celá konstrukce je kompletně zasklena. Samotné zasklení, bude řešeno systémově, kvůli netypickému tvaru celé konstrukce.

Sklo, které bude použito na zasklení konstrukce, je vrstvené kalené sklo 10.10.4. Jelikož je zasklení konstrukce řešeno systémově, je nutností předat potřebné informace vyhotoviteli systému, kterým bude konstrukce zasklena.

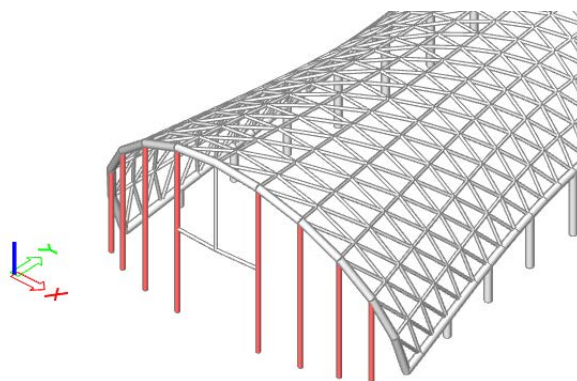
Samotné uchycování skel bude řešeno pomocí úchytů (SPIDER). Samotná volba úchytů (SPIDER) a jejich rozmístění, bude přímo závislá na zhotoviteli opláštění konstrukce. Taktéž je nutností předat vyhotoviteli opláštění statický model konstrukce, aby bylo možno navrhnout skleněné tabule, popřípadě pro kontrolu únosnosti navrženého skla 10.10.4. Samotné sklo bude tvarováno dle geometrie konstrukce a bude uchyceno již zmiňovaným úchytným systémem SPIDER.



2.3. Popis konstrukčních prvků

Pro názornost je u některých popisovaných prvků přiložen vizuální obrázek, pro představu, o které prvky se konkrétně jedná, aby tak nedošlo k případným neshodám, nebo neporozumění popisovaného prvku.

2.3.1. Čelní sloupy

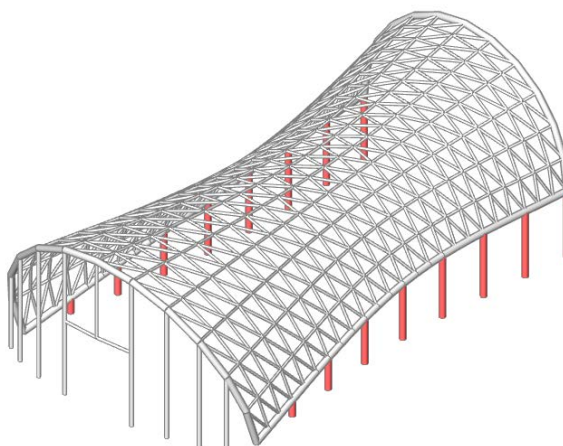


Čelní sloupy jsou navrženy z profilů TR $\varnothing 168,3 \times 8,0$. Jsou vždy umístěny do styčnicků nosného lemování konstrukce a diagonál vyplňující střešní konstrukci. Vzdálenost těchto sloupů, je proměnná. Sloupy mají od sebe proměnnou vzdálenost. Funkcí sloupů je podpírat nosné lemování střešní konstrukce a napomáhat celkové tuhosti stavby.

Sloupy jsou přivařeny k patnímu plechu P20-300x300mm, pomocí koutového svaru velikosti $a = 3 \text{ mm}$. Podlité patního plechu je navrženo v tloušťce 40 mm. Kotvení bylo řešeno pomocí kotevního systému HILTI a to konkrétně HIT-RE 500 V3 + HIT-V (8.8) M20. Efektivní hloubka kotvení je 250 mm a šrouby jsou umístěny 40 mm od okraje patního plechu.

Konkrétní rozmístění šroubů je obsaženo ve výkresové dokumentaci.

2.3.2. Boční sloupy



Boční sloupy jsou navrženy z profilů TR $\varnothing 273,0 \times 12,5$. Velikost těchto sloupů je důležitá, protože podpírají nosné lemování konstrukce, stejného profilu a taktéž přenášejí všechny účinky příčných a podélných zatížení, působící na konstrukci. Vzdálenost těchto sloupů, je proměnná.

Profily sloupů jsou taktéž důležité kvůli přípustné relativní deformaci konstrukce, kterou portál musí splňovat, jelikož je celý prosklený.

Kotvení sloupů je řešeno na patní plech P20-750x650mm a k tomuto plechu jsou přivařeny svarem velikosti $a = 4\text{mm}$. Podlité patního plechu je navrženo v tloušťce 40 mm. Zadní sloupy, které jsou nejbližší k budoucí připojované hale, jsou přivařeny na patní plech P20-550x400mm svarem $a = 4\text{mm}$. Kotvení zadních sloupů je tedy řešeno jinak, než-li u zbytku bočních sloupů a to z důvodu návaznosti na připojovanou výstavní halu a vyřešení konfliktu s kotvením této haly.

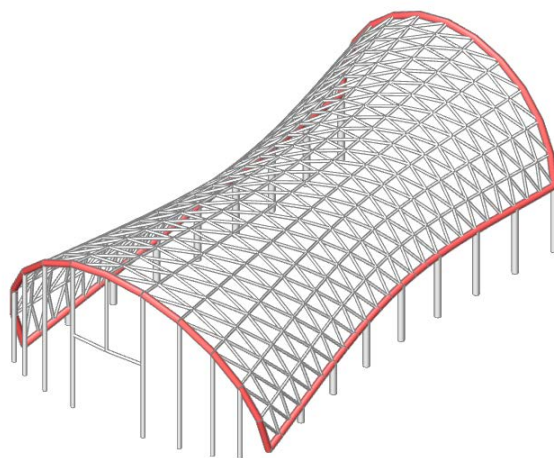
Kotvení bylo taktéž řešeno pomocí kotevního systému HILTI.

Zadní sloupy jsou kotveny pomocí kotevního systému HIT-RE 500 V3 + HIT-V (8.8) M24 a efektivní hloubkou kotvení 450mm. Taktéž je nutné pro přenos smykové síly připojit smykovou záračku IPE80 o délce 140mm (efektivní hloubka 100mm).

Zbytek bočních sloupů je zakotveno pomocí kotevního systému HIT-RE 500 V3 + HIT-V (8.8) M20 a efektivní hloubkou kotvení 400mm.

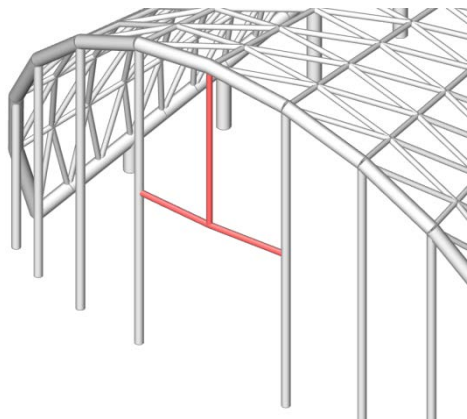
Veškeré kotvení bočních sloupů, je řešeno tak, že se samotné kotvení chová tuze v příčném směru a z tohoto důvodu, bylo v příčném směru přivařeno několik výztuh k patnímu plechu a samotnému sloupu.

2.3.3. Nosné lemování konstrukce



Navrženo z profilů stejných jako jsou boční sloupy, tedy TR $\varnothing 273,0 \times 12,5$. Lemování slouží jako výztužný prvek střešní konstrukce a přenáší tak účinky sil působící na střešní konstrukci do sloupů. Samotné lemování je připojeno k čelním i bočním sloupům pomocí půl-V svarů.

2.3.4. Konstrukční dílce



Tyto prvky jsou navrženy z profilů TR $\varnothing 114,3 \times 5,0$ a slouží jako pomocná konstrukce pro budoucí dveřní systém samo-otvíracích dveří a taktéž jsou nápomocny pro budoucí zasklení čela konstrukce.

2.4. Spodní stavba

Celá spodní stavba je řešena základovým pásem. Tento základový pás má v boční části konstrukce šířku 2,000 m a v čele 1,400 m. Základový pás má stejně jako konstrukce atypický tvar a tak je velmi důležité správnost jeho provedení. Pás je vyhotoven do hloubky 1,255 m. Důležitý je beton, ze kterého bude spodní stavba vyhotovena. Jedná se o beton C25/30.

2.5. Výpočtový model



V programu SCIA ENGINEER A NEMETSCHEK COMPANY byl vytvořen model konstrukce v prostoru. Jednotlivé prvky a jejich vzájemné spojení bylo realizováno způsobem popsáním v předchozí kapitole 2.3. - Popis konstrukčních prvků. Následně byly prvky zatíženy příslušným zatížením odpovídajícím daným zatěžovacím stavům uvedené v následující kapitole: 2.6. - Zatížení.

Dále byly zadány kombinační vztahy dle kombinačních pravidel MSÚ (STR/GEO) soubor B - rovnice 6.10a a 6.10b. Dále pak MSP - charakteristická. Následně byly programem spočteny vnitřní síly a deformace na jednotlivých prutech a celá konstrukce posouzena jak ručně, tak strojovým výpočtem.

2.6. Zatížení

Veškerá zatížení konstrukce, kromě zatížení konstrukce větrem, jsou provedena standardním způsobem dle příslušné normy. Jelikož se však jedná o atypickou konstrukci tak i k zatížení konstrukce větrem muselo být přistupováno s určitou idealizací. Jednotlivá zatížení jsou níže jednoduše popsána. Podrobnější popis zejména zatížení větrem na konstrukci, je rozepsán v ručním statickém posudku.

2.6.1. Zatížení proměnné

SNÍH

Zlín => II Sněhová oblast=> $s_k=1,0 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$

VÍTR

Zlín => $v_{b,0}= 25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

kategorie terénu 2

2.6.2. Zatěžovací stavy

| Jméno | Popis | Typ působení | Skupina zatížení | Směr | Působení | Rídící zat. stav |
|-------------------------|----------|-----------------------|------------------|------|------------|------------------|
| | Spec | Typ zatížení | | | | |
| ZS1 | | Stálé Vlastní tíha | SZ1 | -Z | | |
| ZS2_OSTATNÍ_STÁLÉ | | Stálé Standard | SZ1 | | | |
| ZS3_SNÍH_PLNÝ | Standard | Proměnné Statické | SNÍH | | Krátkodobé | Žádný |
| ZS4_SNÍH_LEVÝ | Standard | Proměnné Statické | SNÍH | | Krátkodobé | Žádný |
| ZS5_SNÍH_PRAVÝ | Standard | Proměnné Statické | SNÍH | | Krátkodobé | Žádný |
| ZS6_SNÍH_NAVÁTÝ_ZLEVA | Standard | Proměnné Statické | SNÍH | | Krátkodobé | Žádný |
| ZS7_SNÍH_NAVÁTÝ_ZPRAVA | Standard | Proměnné Statické | SNÍH | | Krátkodobé | Žádný |
| ZS8_SNÍH_NAVĚJ | Standard | Proměnné Statické | SNÍH | | Krátkodobé | Žádný |
| ZS9_VÍTR_PODÉLNÝ | Standard | Proměnné Statické | VÍTR | | Krátkodobé | Žádný |
| ZS10_VÍTR_PŘÍČNÝ_ZLEVA | Standard | Proměnné Statické | VÍTR | | Krátkodobé | Žádný |
| ZS11_VÍTR_PŘÍČNÝ_ZPRAVA | Standard | Proměnné Statické | VÍTR | | Krátkodobé | Žádný |

ZS1 - vlastní tíha:

Toto zatížení vygeneroval program sám, na základě materiálových charakteristik prvků a podle dimenzí navrhnutých prvků.

ZS2 - ostatní stálé:

Tento zatěžovací stav je tvořen:

- vrstvené kalené sklo: $0,5 \text{ kN/m}^2$
- uchycení skel (SPIDER): $0,02 \text{ kN/m}^2$

ZS3, ZS4, ZS5, ZS6, ZS7, Z S8 – zatížení sněhem:

Konstrukce je idealizována tak, aby se dala zatížit všemi druhy zatížením sněhem. Postup zatížení byl aplikován pomocí normy a to konkrétně zatížením na válcové střechy. Podrobný postup je uveden v ručním statickém posudku.

ZS9, ZS10, ZS11 – zatížení větrem

V podélném směru je konstrukce zatížena pouze větrem jdoucím ze severní strany a to proto, že z jižní je stíněna připojenou výstavní halou. V podélném směru byla konstrukce zatížena dle zatížení větrem na sedlovou střechu a následným výpočtem jednotlivých zatěžovacích oblastí.

V příčném směru je konstrukce zatížena dle normy a to konkrétně zatížení na klenbové střechy a kopule.

V obou směrech je konstrukce patřičně idealizována. Samotná idealizace a postup zatížení je uveden v ručním statickém posudku.

2.7. Výroba konstrukce

Výroba bude spočívat ve vyhotovení samostatných dílců konstrukce, které budou následně dopraveny na stavbu a bude provedena jejich montáž popsána v následující kapitole.

Velmi důležitá je výroba střešní konstrukce, která musí být velmi přesná a precizní, aby nedocházelo k problémům na stavbě. Samotná střešní konstrukce bude rozdělena do několika segmentů, které budou dovezeny na stavbu a následně budou k sobě přivařeny. Přesnost výroby celé konstrukce je velmi důležitá a je za potřebí, aby byly vyhotoveny přesné výkresy jednotlivých segmentů střešní konstrukce.

Výroba dílců bude probíhat ve výrobním závodě a bude se řídit podle normy ČSN EN 1090-2 - Technické požadavky na ocelové konstrukce. A taktéž podle platných norem. Důraz je kladen na přesnost provedení dílců, aby byla co nejvíce usnadněna montáž a případné problémy na stavbě spojeny s montáží vyrobených dílců. Výrobní kategorie konstrukce je EXC2.

2.8. Montáž

Nejprve budou vybetonovány základové pásy. Po 28 dnech, potřebných pro zatvrdnutí základových patek, mohou být kotveny sloupy. Na stavbě dojde ke kotvení sloupů, které budou osazeny na podložky umístěné na základovém pásu. Sloupy se následně zrektifikují a budou podlity betonem. Taktéž dojde k osazení chemických kotev a injektáži volného prostoru mezi kotvami a patním plechem.

Zadní sloupy konstrukce, budou na stavbě spojeny se zadním nosným lemováním pomocí montážních svarů. Tyto svary je nutné podrobit defektoskopické zkoušce. Po zadních sloupů a zadního lemování, dojde ke vzniku rámu tvaru U.

Dalším krokem výstavby, je připojení nosného lemování konstrukce. Tato lemování budou dovezena na stavbu v několika dílech a na stavbě následně svařena konstrukčními svary, dle příslušné výkresové dokumentace. Všechny konstrukční svary, je nutno podrobit defektoskopické zkoušce. Po svaření nosného lemování, dojde k jeho vyzvednutí pomocí jeřábu a uchycení k nosným sloupům pomocí půl-V varů.

Jako první bude realizováno čelní lemování, protože je i zároveň kotveno do základového pásu. Bude tedy vyzvednuto jeřábem a uloženo na čelní nosné sloupy a zároveň osazeno na příslušnou pozici. Následně dojde k rektifikaci, podlití, vyhotovení chemických kotev a taktéž injektáži volného prostoru mezi kotvami a patním plechem. Dalším krokem je připojení bočního lemování, které bude taktéž vyzvednuto jeřábem, osazeno na nosné sloupy a přivařeno půl-V svary.

V posledním kroku dojde k vyzvednutí připraveného zadního rámu konstrukce a tento rám bude řádně zrektifikován a zakotven.

Po připojení nosného lemování ke sloupům, může dojít k poslední části výstavby ocelové konstrukce. Na nosné lemování budou navařeny jednotlivé segmenty střešní konstrukce. Navařování samotných segmentů bude probíhat pomocí jeřábu, vyzvednutím na patřičnou pozici. Důležité je podepření jednotlivých přivařených segmentů. Doporučuje se tyto segmenty podpírat pomocí lešení. Po vyhotovení celé střešní konstrukce, bude toto lešení rozebráno.

Všechny svary provedené na stavbě, musejí být opatřeny nátěrem.

Na závěr bude provedeno opláštění konstrukce systémovým zasklením vrstveným kaleným sklem. Za toto zasklení zodpovídá zhotovitel a musí být provedeno dle dohody.

2.9. Povrchové úpravy

Úprava povrchu konstrukce je v souladu s normou ČSN EN ISO 12944 - Nátěrové hmoty. Dále bude proveden antikorozní nátěr a podle požadované požární odolnosti konstrukce bude proveden nátěr protipožární. Dále je nutno přetřít místa, ve kterých dojde k montáži dílců a mohlo by tak dojít k narušení protikorozní nebo protipožární ochrany.

Stupeň korozní agresivity C4-vysoká

- Základní nátěr – první nátěr, nanesený po svaření dílů ve výrobně
- Podkladový nátěr – nátěr mezi základním a vrchním nátěrem
- Vrchní nátěr – poslední vrstva nátěru, v patřičném barevném odstínu

3. B – VÝSTAVNÍ HALA

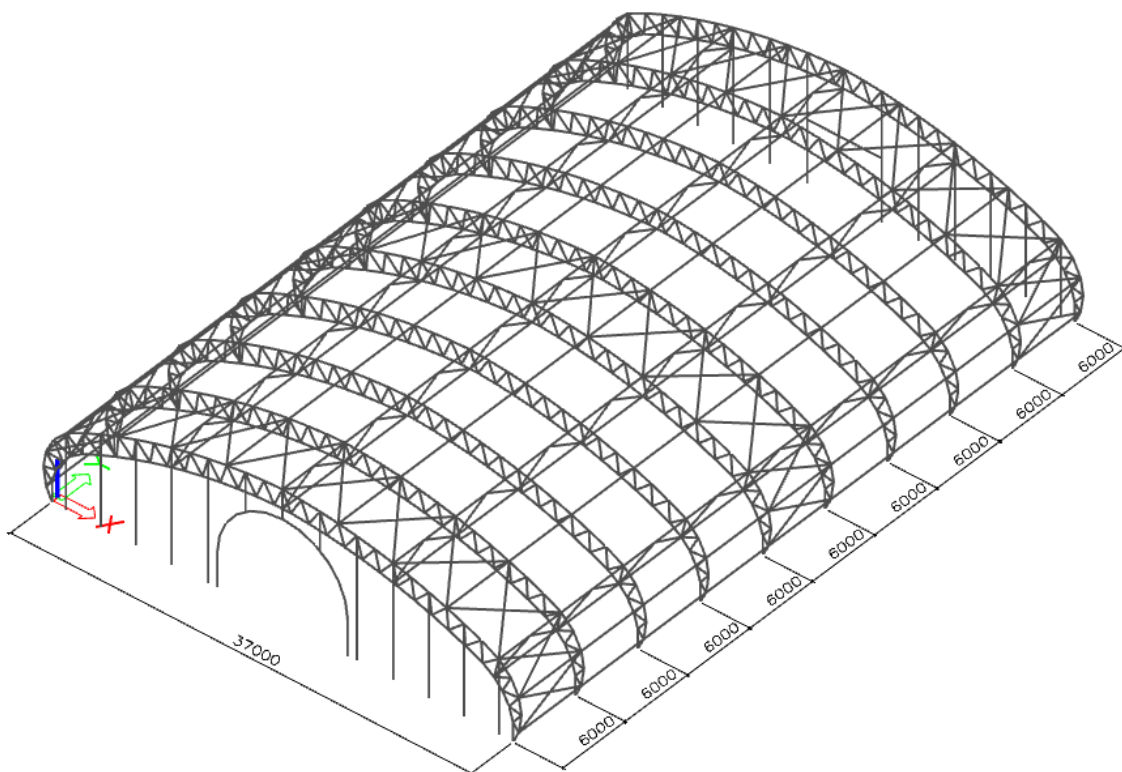
3.1. Geometrie konstrukce

Samotná výstavní hala, která je umístěna za vstupní portál, je navržena z rovinných obloukových příhradových vazníků. Obloukové vazníky jsou vytvořeny z několika poloměrů a celkově budí dojem eliptického tvaru vazníku. Vazníky mají rozpětí 37,000 m a jsou od sebe osově vzdáleny 6,000 m. Výška obloukových vazníků činí 10,530 m. V čele konstrukce jsou navrženy sloupy a konstrukce pro možné připojení vstupního portálu, popřípadě pro umístění vratového systému. Celá konstrukce výstavního pavilonu, bez vstupního portálu, je dlouhá 54,000 m a široká 37,000 m.

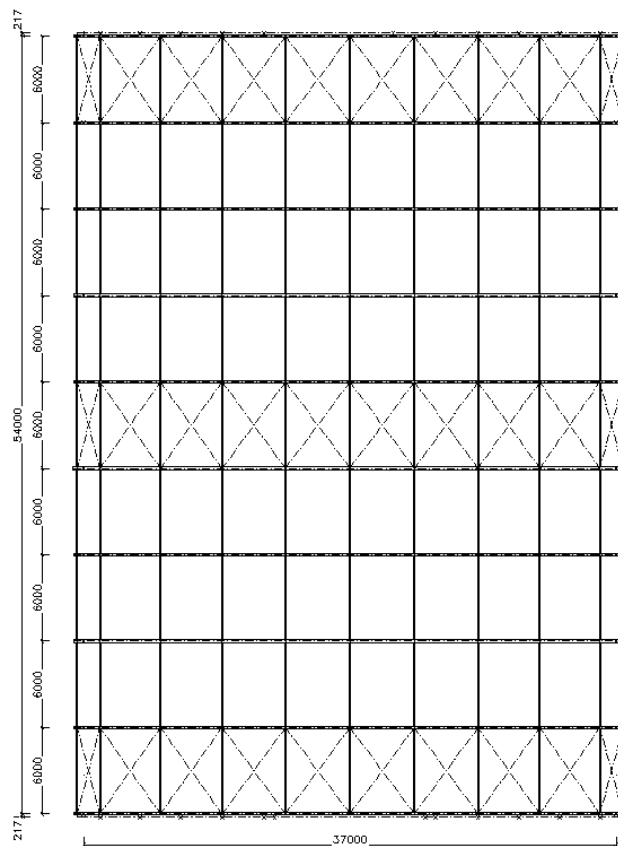
Zastavěná plocha: 1998,000m²

Obestavěný prostor: 21038,940m³

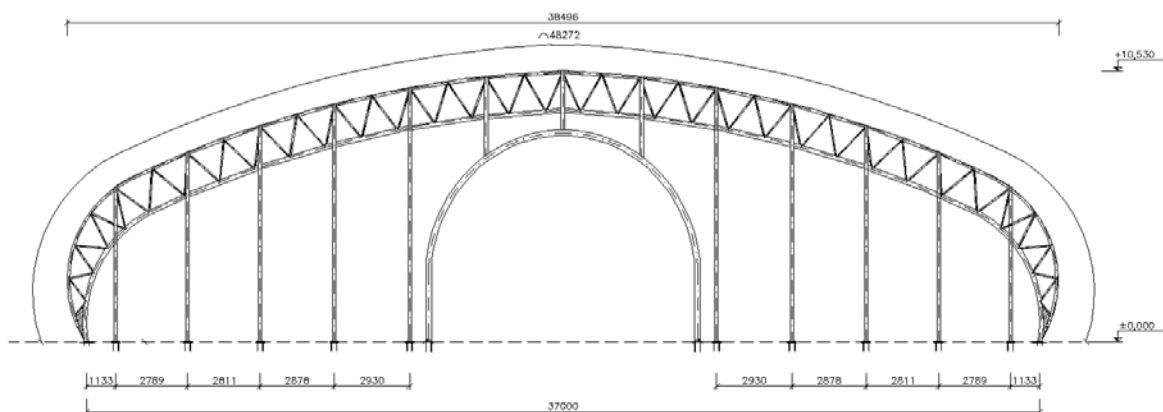
3.1.1. Axonometrie



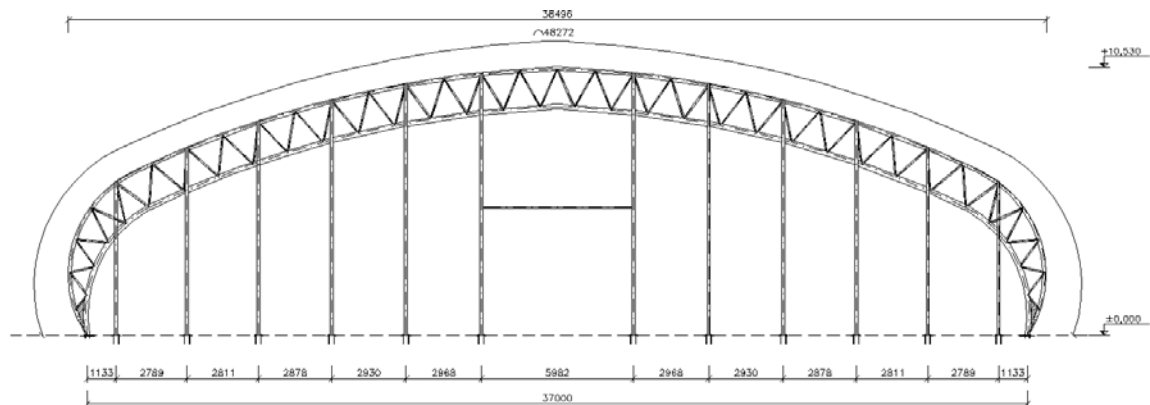
3.1.2. Půdorys



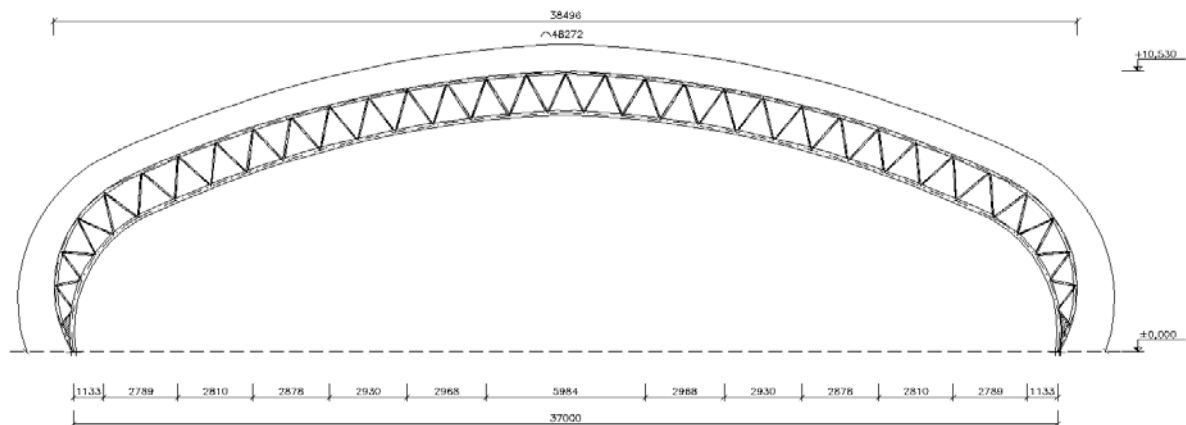
3.1.3. Čelní pohled – severní



3.1.4. Čelní pohled – jižní



3.1.5. Charakteristická geometrie vazníku



3.2. Popis řešené konstrukce

3.2.1. Materiál

Veškeré nosné i nenosné části navrhované konstrukce jsou navrženy z oceli S355JR, dle ČSN EN 1090-2.

Mez kluzu: $f_y = 355 \text{ MPa}$

Modul pružnosti v tahu a tlaku: $E = 210 \text{ GPa}$

Modul pružnosti ve smyku: $G = 81 \text{ GPa}$

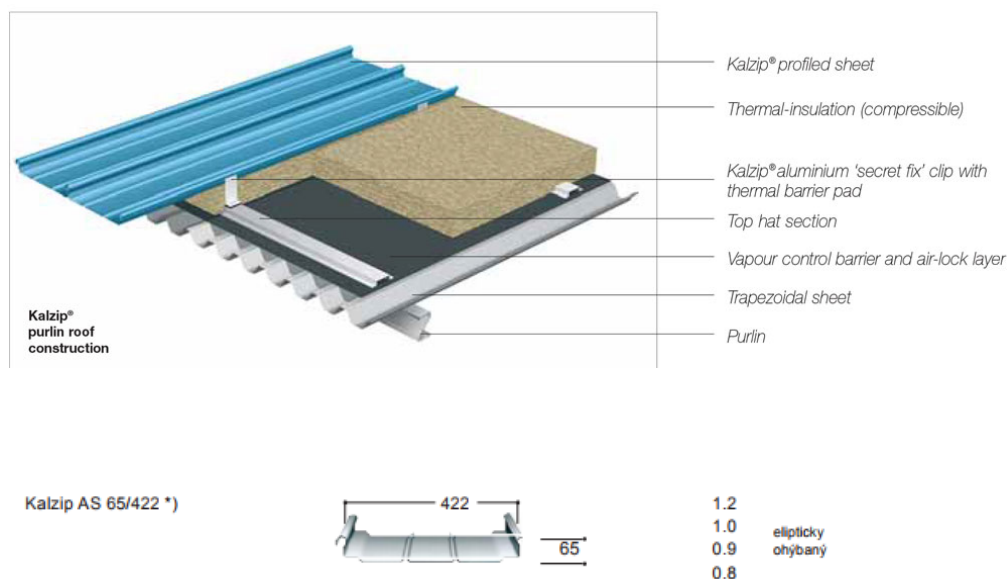
3.2.2. Opláštění konstrukce

Pro opláštění konstrukce se skládá ze dvou částí:

- opláštění střešní konstrukce: KALZIP
- opláštění čela: KINGSPAN

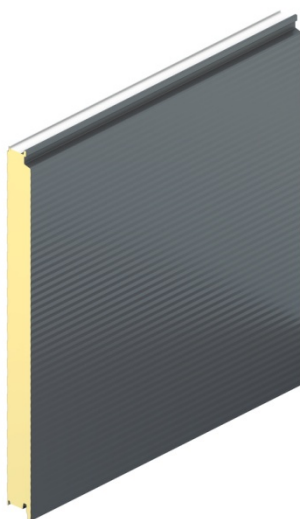
3.2.2.1. Opláštění střešní konstrukce

Opláštění střešní konstrukce, je navrženo ze systému KALZIP AS 65/422. Jedná se o systém, kdy je na konstrukci připevněn trapézový plech, na němž spočívá parotěsná zábrana. Na samotnou parotěsnou zábranu je kladena izolace, dle návrhu a v neposlední řadě je na tuto izolaci osazen plech, který má specifický tvar a možnosti ohýbání.



3.2.2.2. Opláštění čela konstrukce

Pro opláštění čela konstrukce je zvolen systém panelů KINGSPAN. Tyto panely taktéž splňují požadavky na namáhání větrem a sněhem, které garantuje výrobce tabulkovými hodnotami, které jsou níže uvedeny.



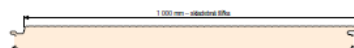
Rozměry a hmotnost

| d – tloušťka izolačního jádra [mm] | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 | 150 | 170 |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Hmotnost [kg/m²] | 10,77 | 11,17 | 11,97 | 12,77 | 13,57 | 14,77 | 15,57 |

Tabulky únosnosti

KS1000 AWP

Stěnový panel KS1000 AWP 120 – kotvení
ve skrytém spoji
plech vnější/vnitřní 0,6/0,4 mm, profilace M/Q, S280GD
podle ČSN EN 14509

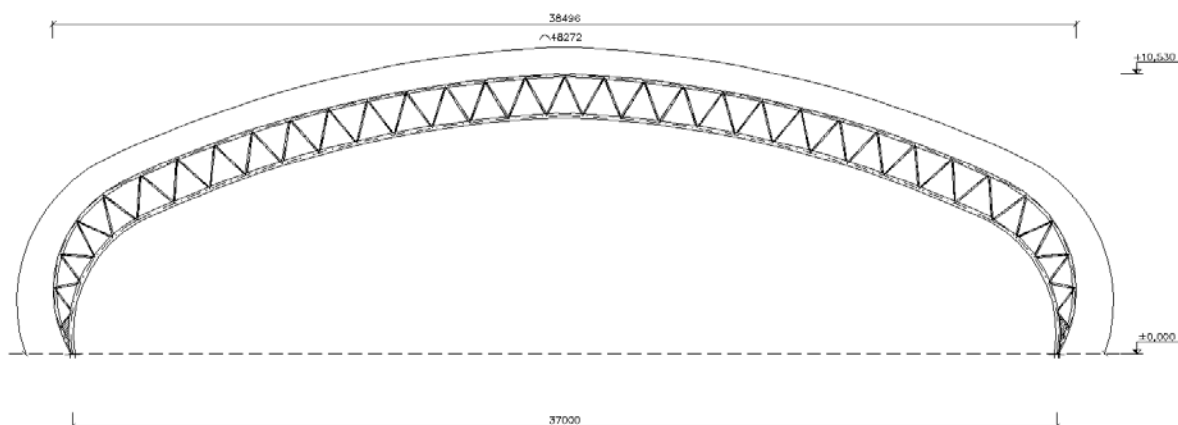


| TLAK | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| systém | barevná skupina | charakteristické proměnné zatížení | | | | | | | | Význam hodnot v tabulce: |
| | | 0,25 | 0,50 | 0,75 | 1,00 | 1,25 | 1,50 | 1,75 | 2,00 | |
| prostý nosník | I, II, III. | 40 | 40 | 53 | 65 | 76 | 85 | 94 | 102 | AA min. šířka krajní podpory [mm] X,XX max. rozpon [m] BB min. šířka střední podpory [mm] |
| | | 11,34 | 9,12 | 7,72 | 6,69 | 5,98 | 5,46 | 5,06 | 4,73 | |
| spojitý nosník o 2 polích | I. | 40 | 40 | 40 | 43 | 53 | 64 | 73 | 82 | Příklady zaclnění odstínu do skupiny: I. barevná skupina RAL 1015, 7035, 9002, 9010 II. barevná skupina RAL 9006, 9007 III. barevná skupina RAL 8004, 3009, 5010, 6020, 7016, 3000 Připustná deformace: – pro krátkodobé zatížení L/200 – pro dlouhodobé zatížení L/100 kde L je vzdálenost mezi podporami |
| | | 40 | 40 | 40 | 43 | 53 | 64 | 73 | 82 | |
| | | 60 | 60 | 62 | 85 | 107 | 128 | 147 | 164 | |
| | II. | 8,28 | 6,38 | 5,53 | 5,02 | 4,67 | 4,40 | 4,17 | 3,97 | |
| | | 60 | 60 | 62 | 85 | 107 | 128 | 147 | 164 | |
| | | 8,28 | 6,38 | 5,53 | 5,02 | 4,67 | 4,40 | 4,17 | 3,97 | |
| spojitý nosník o 3 polích | I. | 40 | 40 | 40 | 51 | 61 | 70 | 78 | 87 | Připustná deformace: – pro krátkodobé zatížení L/200 – pro dlouhodobé zatížení L/100 kde L je vzdálenost mezi podporami |
| | | 40 | 40 | 40 | 51 | 61 | 70 | 78 | 87 | |
| | | 60 | 60 | 80 | 102 | 122 | 140 | 157 | 173 | |
| | II. | 10,83 | 7,78 | 6,43 | 5,63 | 5,09 | 4,70 | 4,39 | 4,14 | |
| | | 60 | 60 | 80 | 102 | 122 | 140 | 157 | 173 | |
| | | 10,83 | 7,78 | 6,43 | 5,63 | 5,09 | 4,70 | 4,39 | 4,14 | |
| spojitý nosník o 3 polích | I. | 40 | 40 | 40 | 51 | 61 | 70 | 78 | 87 | Připustná deformace: – pro krátkodobé zatížení L/200 – pro dlouhodobé zatížení L/100 kde L je vzdálenost mezi podporami |
| | | 40 | 40 | 40 | 51 | 61 | 70 | 78 | 87 | |
| | | 60 | 60 | 80 | 102 | 122 | 140 | 157 | 173 | |
| | II. | 10,83 | 7,78 | 6,43 | 5,63 | 5,09 | 4,70 | 4,39 | 4,14 | |
| | | 60 | 60 | 80 | 102 | 122 | 140 | 157 | 173 | |
| | | 10,83 | 7,78 | 6,43 | 5,63 | 5,09 | 4,70 | 4,39 | 4,14 | |

3.3. Popis konstrukčních prvků

Pro názornost je u některých popisovaných prvků přiložen vizuální obrázek, pro představu, o které prvky se konkrétně jedná, aby tak nedošlo k případným neshodám, nebo nepochopení popisovaného prvku.

3.3.1. Vazník

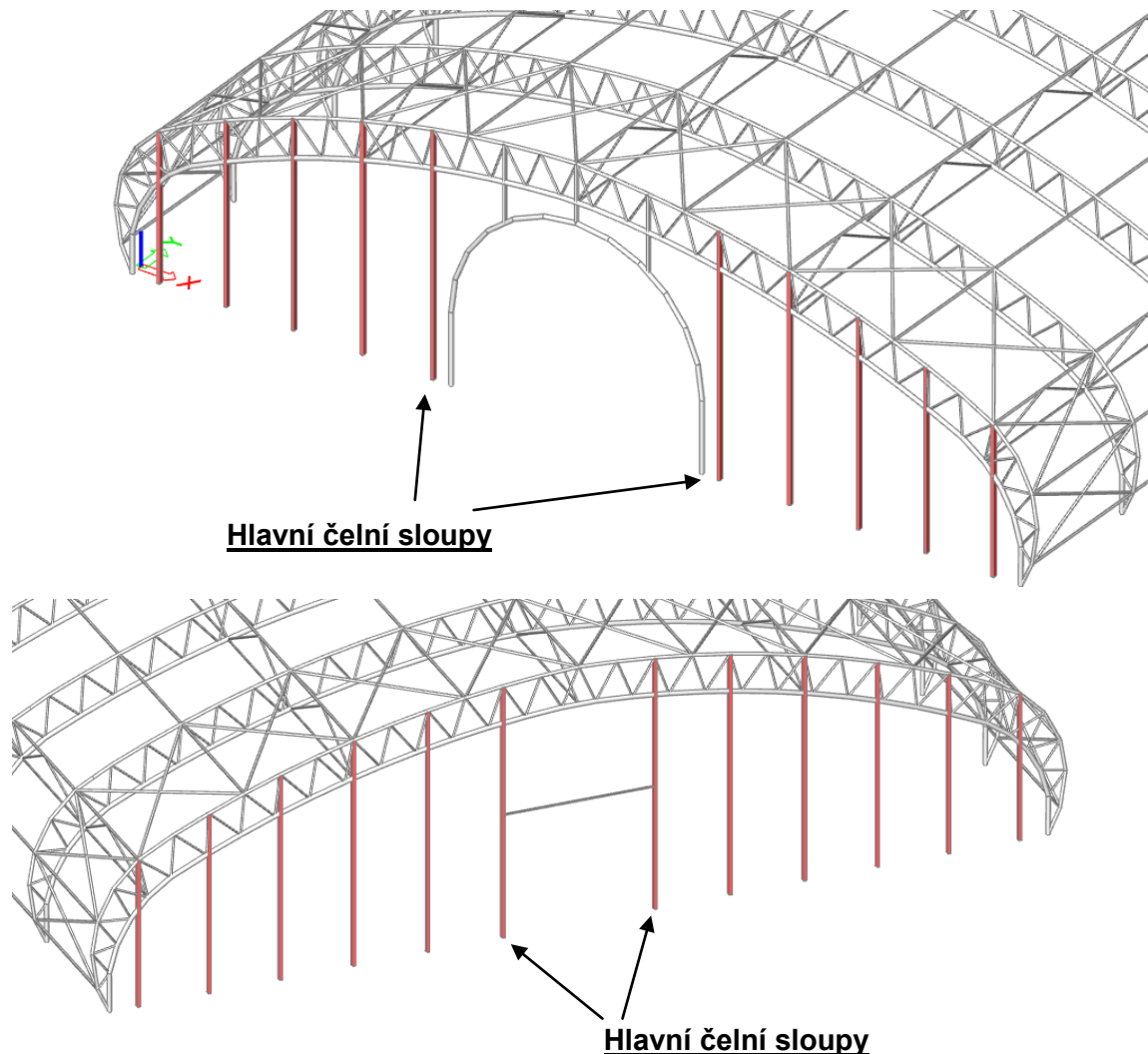


Jedná se o rovinný obloukový příhradový vazník. Vazník je složen z několika poloměrů a celkově tak budí dojem eliptického tvaru. Jednotlivé poloměry každé části vazníku, jsou podrobně zpracovány ve výkresové dokumentaci a to konkrétně ve výrobním výkrese.

- Vazník:
- horní pas: TR $\varnothing 114,3 \times 8,0$
 - dolní pas: TR $\varnothing 168,3 \times 12,5$
 - diagonály: TR $\varnothing 60,3 \times 5,0$

Vazník má rozpětí 37,000 m a výšku 10,530 m. Jednotlivé vazníky jsou v podélném směru rozmístěny po 6,000 m. Každý z vazníků, je rozdělen na tři konstrukční části, které budou dovezeny na stavbu a následně svařeny konstrukčním svarem.

3.3.2. Čelní sloupy

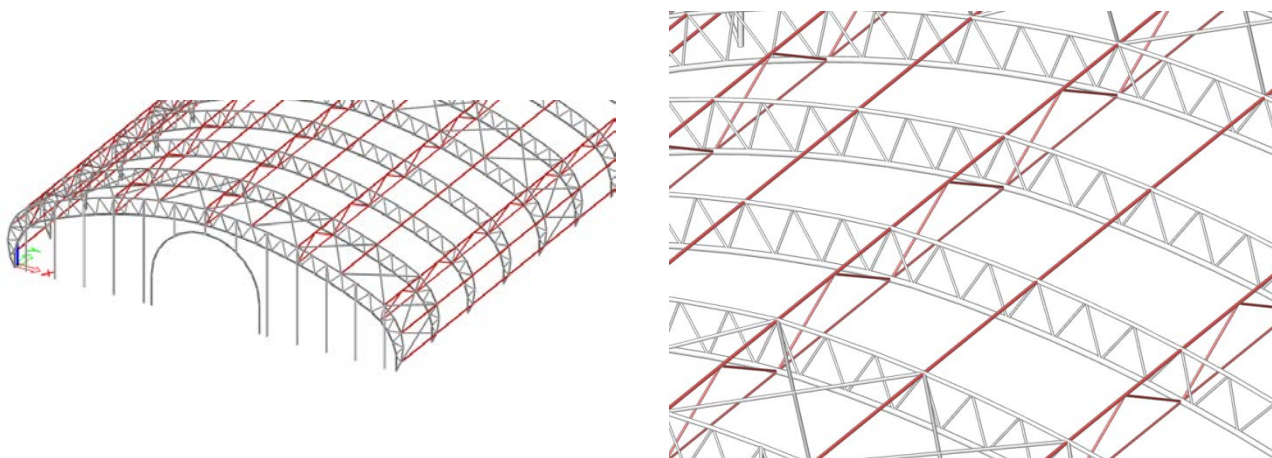


Hlavní čelní sloupy jsou navrženy z profilů HRTR 180x120x12,5 a ostatní sloupy z profilů HRTR 180x120x12,5.

Kotvení všech sloupů je realizováno totožně. Sloupy budou přivařeny k patnímu plechu P15-400x300mm, pomocí koutového svaru velikosti $a = 3 \text{ mm}$. Podlití patního plechu je navrženo v tloušťce 40 mm. Kotvení bylo řešeno pomocí kotevního systému HILTI a to konkrétně HIT-RE 500 V3 + HIT-V (8.8) M20 a efektivní hloubkou kotvení 350mm.

Konkrétní rozmístění šroubů je obsaženo ve výkresové dokumentaci.

3.3.3. Podélné ztužení



Podélné ztužení konstrukce je rozděleno na jednoduché a příhradové. Jednoduché ztužení je takové, které je v podélném směru spojeno s horními pásy vazníků. Příhradové ztužení je složeno s horního a dolního podélného prutu, spojeny diagonálami.

Jednoduché podélné ztužení: TR $\varnothing 88,9 \times 6,3$

Příhradové podélné ztužení:

- horní prut TR $\varnothing 88,9 \times 6,3$
- dolní prut TR $\varnothing 60,3 \times 4,0$
- diagonály TR $\varnothing 60,3 \times 4,0$

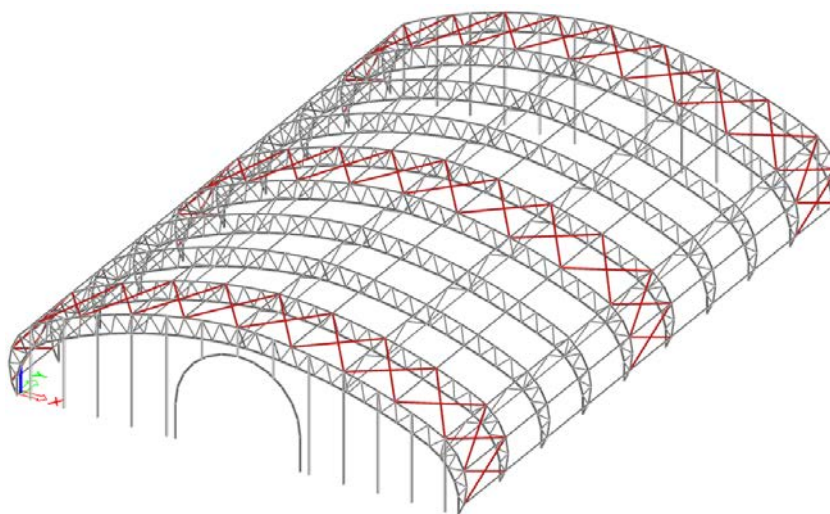
Dolní pruty a diagonály příhradového podélného ztužení, jsou záměrně navrženy menšího průměru, nežli horní podélné prutu, aby došlo ke kontrastu mezi prvky.

V místech zavětrování konstrukce jsou podélné pruty přivařeny k hornímu, popřípadě dolnímu pásu, pomocí styčnickových plechů (žiletky) svarem velikosti $a=4\text{mm}$.

V dalších polích konstrukce, kde není stavba zavětrována, jsou podélné pruty připojeny k hornímu, popřípadě dolnímu pásu vazníku, pomocí šroubového připoje na styčnickové plechy. Navržené šrouby jsou M16 (8.8).

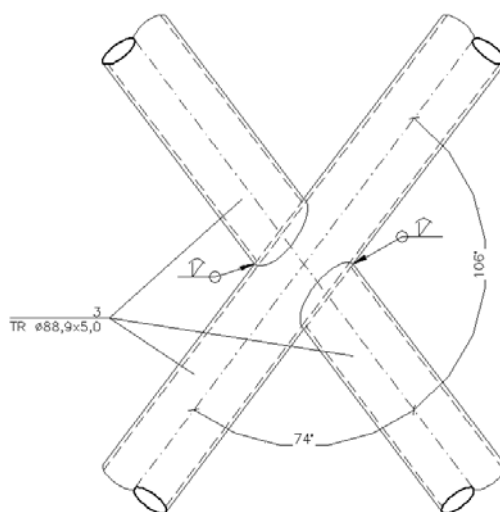
Podrobněji je řešení obsaženo ve výkresové dokumentaci.

3.3.4. Zavětrování

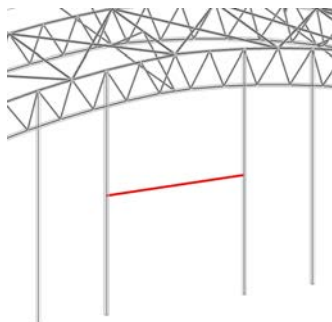


Zavětrování v příčném směru konstrukce je řešeno profily TR $\varnothing 88,9 \times 5,0$. Pole, které jsou zavětrována, jsou vždy první pole z každé strany konstrukce a střední pole. Samotné pruty zavětrování jsou mezi sebou spojeny půl-V swarem a k hornímu pasu vazníku jsou připojeny pomocí svaru, přes styčnickový plech (žiletka). Svary jsou navrženy velikosti $a = 4\text{mm}$.

Křížení ztužidel:

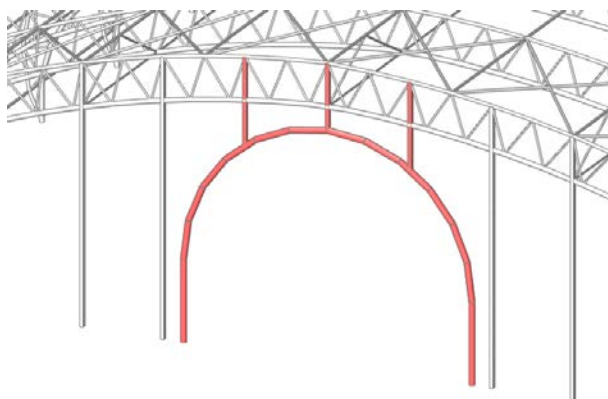


3.3.5. Paždík mezi sloupy – jižní strana



Prvek je připojen k hlavním sloupům pomocí koutového svaru velikosti $a = 3\text{mm}$. Jedná se o prvek HRTR 50x50x5,0.

3.3.6. Konstrukce pro připojení portálu



Samotná konstrukce pro napojení portálu je navržena z prvků TR $\varnothing 219 \times 6,3$. Je připojena na patní plech P15-300x300mm, pomocí koutového svaru velikosti $a=3\text{mm}$. Podlité patního plechu je řešeno velikostí 40mm. Kotvení bylo řešeno pomocí kotevního systému HILTI a to konkrétně HIT-RE 500 V3 + HIT-V (8.8) M16 a efektivní hloubkou kotvení 300mm.

Konkrétní rozmístění šroubů je obsaženo ve výkresové dokumentaci.

Ke konstrukci jsou taktéž připojeny svislice, které jsou ke zmiňované konstrukci přivařeny půl-V svarem a jsou z prvků HRTR 140x140x6,3.

3.4. Spodní stavba

Spodní stavba je řešena základovým pásem v čele budovy a to jak na severní tak i jižní straně. Tento základový pás má šířku 1,300 m. Pás je vyhotoven do hloubky 1,255 m. Důležitý je beton, ze kterého bude spodní stavba vyhotovena. Jedná se o beton C25/30.

Dále spodní stavbu tvoří základové patky, do nichž jsou kotveny příhradové vazníky. Patky jsou rozměru 600x600x1200 mm, vzdálenost patek mezi sebou činí 6,000 m.

Důležitý je beton, ze kterého bude spodní stavba vyhotovena. Jedná se o beton C25/30.

3.5. Výpočtový model



V programu SCIA ENGINEER A NEMETSCHEK COMPANY byl vytvořen model konstrukce v prostoru. Jednotlivé prvky a jejich vzájemné spojení bylo realizováno způsobem popsaným v předchozí kapitole. Následně byly prvky zatíženy příslušným zatížením odpovídajícím daným zatěžovacím stavům uvedené v následující kapitole.

Dále byly zadány kombinační vztahy dle kombinačních pravidel MSÚ (STR/GEO) soubor B - rovnice 6.10a a 6.10b. Dále pak MSP - charakteristická. Následně byly programem spočteny vnitřní síly a deformace na jednotlivých prutech a celá konstrukce posouzena jak ručně, tak strojovým výpočtem.

3.6. Zatížení

Veškerá zatížení konstrukce, kromě zatížení konstrukce větrem, jsou provedena standardním způsobem dle příslušné normy. Jelikož se však jedná o atypickou konstrukci tak i k zatížení konstrukce větrem muselo být přistupováno s určitou idealizací. Jednotlivá zatížení jsou níže jednoduše popsána. Podrobnější popis zejména zatížení větrem na konstrukci, je rozepsán v ručním statickém posudku.

3.6.1. Zatížení proměnné

SNÍH

Zlín => II Sněhová oblast=> $s_k=1,0 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$

VÍTR

Zlín => $v_{b,0}= 25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

kategorie terénu 2

3.6.2. Zatěžovací stavy

| Jméno | Popis | Typ působení | Skupina zatížení | Směr | Působení | Řídící zat. stav |
|------------------------|----------|-----------------------|------------------|------|------------|------------------|
| | Spec | Typ zatížení | | | | |
| ZS1-VLASTNÍ TÍHA | | Stálé Vlastní tíha | SZ1 | -Z | | |
| ZS2-OSTATNÍ STÁLÉ | | Stálé Standard | SZ1 | | | |
| ZS3-SNÍH I | Standard | Proměnné Statické | SNÍH | | Krátkodobé | Žádný |
| ZS4-SNÍH II pravý | Standard | Proměnné Statické | SNÍH | | Krátkodobé | Žádný |
| ZS5-SNÍH II levý | Standard | Proměnné Statické | SNÍH | | Krátkodobé | Žádný |
| ZS6-VÍTR PODÉLNÝ I | Standard | Proměnné Statické | VÍTR | | Krátkodobé | Žádný |
| ZS7-VÍTR PODÉLNÝ II | Standard | Proměnné Statické | VÍTR | | Krátkodobé | Žádný |
| ZS8-VÍTR PŘÍČNÝ zleva | Standard | Proměnné Statické | VÍTR | | Krátkodobé | Žádný |
| ZS9-VÍTR PŘÍČNÝ zprava | Standard | Proměnné Statické | VÍTR | | Krátkodobé | Žádný |

ZS1 - vlastní tíha:

Toto zatížení vygeneroval program sám, na základě materiálových charakteristik prvků a podle dimenzí navrhnutých prvků.

ZS2 - ostatní stálé:

Tento zatěžovací stav je tvořen:

STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

| | |
|--|-----------------------|
| <u>Trapézový plech</u> (TR 150/280, tl. 1mm) | 0,20kN/m ² |
| <u>Tepelná izolace</u> (tl. 200mm) | 0,11kN/m ² |
| <u>Parotěsná zábrana</u> | 0,01kN/m ² |
| <u>Fasádní systém Kalzip</u> (AS 65/422; tl. 1,2 mm; elipticky ohýbaný) | 0,05kN/m ² |
| <u>Osvětlení + VZT</u> | 0,10kN/m ² |
| <u>Detaily - ODHADEM</u> (plechy, přípoj. mat.) | 0,02kN/m ² |

OPLÁŠTĚNÍ ČELA KONSTRUKCE

| | |
|---|-----------------------|
| <u>KINGSPAN</u> KS1000 AWP, tl. 120mm - kotvení ve skrytém spoji | 0,19kN/m ² |
|---|-----------------------|

ZS3 ,ZS4, ZS5 – zatížení sněhem:

Konstrukce je idealizována tak, aby se dala zatížit potřebnými druhy zatížení sněhem. Postup zatížení je aplikován pomocí normy a to konkrétně zatížením na válcové střechy. Podrobný postup je uveden v ručním statickém posudku.

ZS6, ZS7, ZS8, ZS9 – zatížení větrem:

V podélném směru je konstrukce zatížena dle zatížení větrem na sedlovou střechu a následným výpočtem jednotlivých zatěžovacích oblastí.

V příčném směru je konstrukce zatížena dle normy a to konkrétně zatížením na klenbové střechy a kopule.

V obou směrech je konstrukce patřičně idealizována. Samotná idealizace a postup zatížení je podrobně uveden v ručním statickém posudku.

3.7. Výroba konstrukce

Výroba bude spočívat ve vyhotovení samostatných dílců konstrukce, které budou následně dopraveny na stavbu a bude provedena jejich montáž popsána v následující kapitole.

Důležitá je výroba vazníků, které jsou složeny ze tří konstrukčních celků, kterou budou následně dopraveny na stavbu a tam spojeny pomocí konstrukčních svarů. Tyto konstrukční svary musejí být následně podrobeny defektoskopické zkoušce.

Výroba dílců bude probíhat ve výrobním závodě a bude se řídit podle normy ČSN EN 1090-2 - Technické požadavky na ocelové konstrukce. A taktéž podle platných norem.

Důraz je kladen na přesnost provedení dílců, aby byla co nejvíce usnadněna montáž a případné problémy na stavbě spojeny s montáží vyrobených dílců. Výrobní kategorie konstrukce je EXC2.

3.8. Montáž

Nejprve budou vybetonovány základové pásy a patky. Po 28 dnech, potřebných pro zatvrdnutí základových patek a následně mohou být kotveny sloupy. Na stavbě dojde ke kotvení sloupů, které budou osazeny na podložky umístěné na základovém pásu. Sloupy se následně zrektifikují a budou podlity betonem. Taktéž dojde k osazení chemických kotev a injektáži volného prostoru mezi kotvami a patním plechem.

Stejně tak bude vyhotovena i konstrukce pro připojení portálu, která bude vyzvednuta jako celek a kotvena stejným způsobem, jako předešlé sloupy.

Samotný vazník, který bude dovezen na stavbu, bude složen ze tří částí. Tyto části se na stavbě svaří konstrukčními svary a následně se svary podrobí defektoskopické zkoušce. Po vyhotovení vazníku bude vazník vyzvednut a umístěn na podložky na základových patkách, následně se vazníky zrektifikují, podlijí betonem a zakotví pomocí chemických kotev.

Po postavení prvního vazníku bude tento vazník spojen s čelními sloupy pomocí šroubových přípojů, na již vyhotovené styčníky. Stejným způsobem, jako byl realizován první vazník, bude postaven i vazník další.

Mezi vazníky následně dojde ke spojení se zavětrováním, jednoduchým podélným ztužením a příhradovým podélným ztužením. Všechny přípoje jak na horní pás, popřípadě dolní pás vazníku, budou v zavětrovaných polích spojeny svarově, pomocí styčnickových plechů (žiletky) a to svarem velikosti $a = 4\text{mm}$.

Stejným způsobem se může postupovat symetricky z obou stran konstrukce, ale vzhledem k náročnosti montáže a množství prostoru, který je pro stavbu potřebný, je doporučeno montovat z jedné strany stavby na druhou. V případě možnosti využití většího prostoru pro samotnou montáž vazníků, může být stavba budována z obou stran současně.

V polích, kde se nenachází zavětrování konstrukce, jsou podélná ztužení připojena jak k hornímu, tak i spodnímu pásu vazníku, pomocí šroubových spojů, přes styčnickové plechy.

Po zhotovení celé nosné ocelové konstrukce, bude opláštěná dle navrženého systému.

Důležité je však propojení obou konstrukcí, které jsou mezi sebou dilatovány. Tato dilatace bude řešena dodatečným návrhem, který bude konzultován jak s firmou Kingspan, tak s vyhotovitelem zasklení portálu, aby nedošlo ke kolizi obou systémů.

3.9. Povrchové úpravy

Úprava povrchu konstrukce je v souladu s normou ČSN EN ISO 12944 - Nátěrové hmoty. Dále bude proveden antikorozní nátěr a podle požadované požární odolnosti konstrukce bude proveden nátěr protipožární. Dále je nutno přetřít místa, ve kterých dojde k montáži dílců a mohlo by tak dojít k narušení protikorozní nebo protipožární ochrany.

Stupeň korozní agresivity C4-vysoká

- Základní nátěr – první nátěr, nanesený po svaření dílů ve výrobě
- Podkladový nátěr – nátěr mezi základním a vrchním nátěrem
- Vrchní nátěr – poslední vrstva nátěru, v patřičném barevném odstínu

3.10. Seznam použité literatury

- 1) ČSN EN 1990 - Zásady navrhování konstrukcí
- 2) ČSN EN 1991-1-4 - Zatížení konstrukcí; část 1-3: Zatížení sněhem
- 3) ČSN EN 1993-1-4 - Zatížení konstrukcí; část 1-4: Zatížení větrem
- 4) ČSN EN 1993-1-1 - Navrhování ocelových konstrukcí
- 5) ČSN EN 1993-1-5 - Navrhování ocelových konstrukcí - Boulení stěn
- 6) ČSN EN 1993-1-8 - Navrhování ocelových konstrukcí; část 1-8: Navrhování styčníků
- 7) Střešní a obvodové pláště dostupné na: <http://www.kingspan.cz/>
- 8) Střešní a obvodové pláště dostupné na: <http://www.kalzip.cz/>