



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

NÁVRH PREFABRIKOVANÉ BETONOVÉ HALY

DESIGN OF PREFABRICATED CONCRETE HALL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Viktória Cibičková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav betonových a zděných konstrukcí
Studentka:	Bc. Viktória Cibičková
Vedoucí práce:	doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Akademický rok:	2022/23
Studijní program:	N0732A260026 Stavební inženýrství – konstrukce a dopravní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh prefabrikované betonové haly

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Studentka bude řešit návrh nosné konstrukce prefabrikované haly. Studentka bude vytvářen projekt, tj. statický výpočet, výkresy tvaru, výztuže, vizualizaci apod.

Cíle a výstupy diplomové práce:

Pro dané stavební řešení navrhnete nosnou konstrukci haly. Návrh provedte min. ve dvou variantách.

Podrobněji řešte jednu vybranou variantu.

Provedte statické řešení konstrukce a nadimenzujte její části: např. vazníky, sloupy, založení apod. v rozsahu určeném vedoucím práce. Statickou analýzu provedte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně kontroly zjednodušenou metodou).

Vypracujte výkres tvaru, vizualizaci, podrobné výkresy výztuže.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic) Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce), vizualizace objektu.

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x).

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

Seznam doporučené literatury a podklady:

Architektonické podklady – situace, půdorysy, řezy.

Platné předpisy a normy (včetně změn a oprav):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení stavebních konstrukcí

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 31. 3. 2022

L. S.

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc., dr. h. c.
vedoucí ústavu

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Diplomová práca je zameraná na návrh a posúdenie montovanej betónovej haly.

Prvá časť práce sa zaoberá výberom vhodného dispozičného riešenia z viacerých navrhnutých variantov a opisom technického riešenia objektu. Po výpočte zaťaženia, ktorý odpovedá charakteru využívania objektu a klimatickým podmienkam, nasleduje posúdenie vybraných prvkov konštrukcie ako napríklad typickej väznice, väzníku, stĺpov a základových konštrukcií. Statické posúdenie bolo stanovené prostredníctvom výpočtových modelov a sprevádzala ho kontrola ručným zjednodušeným výpočtom.

Ďalšia časť sa venuje vytvoreniu štúdie chovania konštrukcie. V štúdiu bol zhodnotený návrh viacerých prevedení oceľového stuženia objektu. Úlohou bolo vybrať najvhodnejší variant. Jedným z cieľov štúdie bolo zhodnotenie výsledkov globálneho modelu z nelineárneho posúdenia prostredníctvom softwaru a taktiež zhodnotenie výsledkov deformácii vzniknutých zadaním pružných podpor do výpočtového softwaru.

V poslednej časti je navrhnutá konštrukcia demonštrovaná prostredníctvom zostavných výkresov, výkresov tvaru a výstuže vybraných prvkov, výkresov montážnych detailov, ložísk a kovaní. Súčasťou výkresovej dokumentácie sú aj vizualizácie objektu.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Montovaná hala, mrazený sklad, prefabrikát, predpätý betón, monolitický betón, železobetónová väznica, predpätý väzník, železobetónový stĺp, monolitické základové konštrukcie, monolitický základový kalich, pilóta, oceľ, stuženie, konzola, nosník, teória druhého rádu, časovo závislá analýza, straty predpätia.

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on the design and assessment of a precast concrete hall. The first part of the work deals with the selection of a suitable layout solution from several proposed variants and a description of the technical solution of the object. After the load calculation, which corresponds to the nature of the building's use and climatic conditions, is followed by an assessment of selected elements of the structure, such as a typical purlin, girder, columns and foundation structures. The static assessment was determined through computational models and was accompanied by a manual simplified calculation check. The next part is devoted to creating a study of the structure's behavior. In the study, the design of several versions of the steel bracing system of the object was evaluated. The task was to choose the most suitable variant. Another goal of the study was the evaluation of the results of the global model from the nonlinear assessment through the software, as well as the evaluation of the results of the deformation caused by entering flexible supports into the computer software. In the last part, the proposed structure is demonstrated through assembly drawings, drawings of the shape and reinforcement of selected elements, drawings of assembly details, bearings and forgings. Visualizations of the object are part of the drawing documentation.

KEYWORDS

Prefabricated hall, frozen storage, prefabricate, prestressed concrete, cast-in-place concrete, reinforced concrete purlin, prestressed girder, reinforced concrete column, cast-in-place foundations, cast-in-place footing, pile, steel, bracing system, cantilever, beam, second order theory, time depend analysis, prestress losses.

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

CIBIČKOVÁ, Viktória. *Návrh prefabrikované betonové haly*. Brno, 2023. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

PREHLÁSENIE O PÔVODNOSTI ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Prehlasujem, že som diplomovú prácu s názvom *Návrh prefabrikované betonové haly* spracovala samostatne a že som uviedla všetky použité informačné zdroje.

V Brne dňa 13. 1. 2023

Bc. Viktória Cibičková

autor

POĎAKOVANIE

Týmto by som rada poďakovala vedúcemu diplomovej práce doc. Ing. Milošovi Zichovi, Ph.D. za jeho cenné odborné rady, myšlienky a pripomienky, ktoré mi pomohli k napísaniu tejto diplomovej práce. Taktiež ďakujem mojej rodine, ktorá mi bola veľkou oporou počas celého štúdia. V neposlednej rade by som chcela poďakovať všetkým známym a priateľom, ktorí boli ku mne veľmi ústretoví a v neváhali mi ponúknuť pár objektívnych rád pri písaní záverečnej práce.

OBSAH

1. ÚVOD	10
2. TECHNICKÁ SPRÁVA	11
2.1. Identifikačné údaje o stavbe.....	11
2.2. Zdôvodnenie stavby a jej umiestnenie	12
2.3. Varianty riešenia.....	12
2.4. Opis technického riešenia.....	15
2.5. Oceľové stuženie	18
3. STATICKÝ VÝPOČET.....	19
3.1. Zaťaženie	19
3.2. Kombinácie	20
3.3. Návrh a posúdenie konštrukcií na msú a msp.....	20
3.4. Podmienky a spôsob prevádzania.....	21
4. ZÁVER	22
5. ZOZNAM OBRÁZKOV	23
6. ZOZNAM TABULIEK	24
7. ZOZNAM POUŽITÝCH NORIEM, LITERATÚRY, INTERNETOVÝCH ZDROJOV A SOFTWARE ..	25
7.1. Zoznam použitých noriem	25
7.2. Zoznam použitej literatúry.....	25
7.3. Zoznam internetových zdrojov	26
7.4. Zoznam použitého softwaru.....	26
8. ZOZNAM PRÍLOH	27

1. ÚVOD

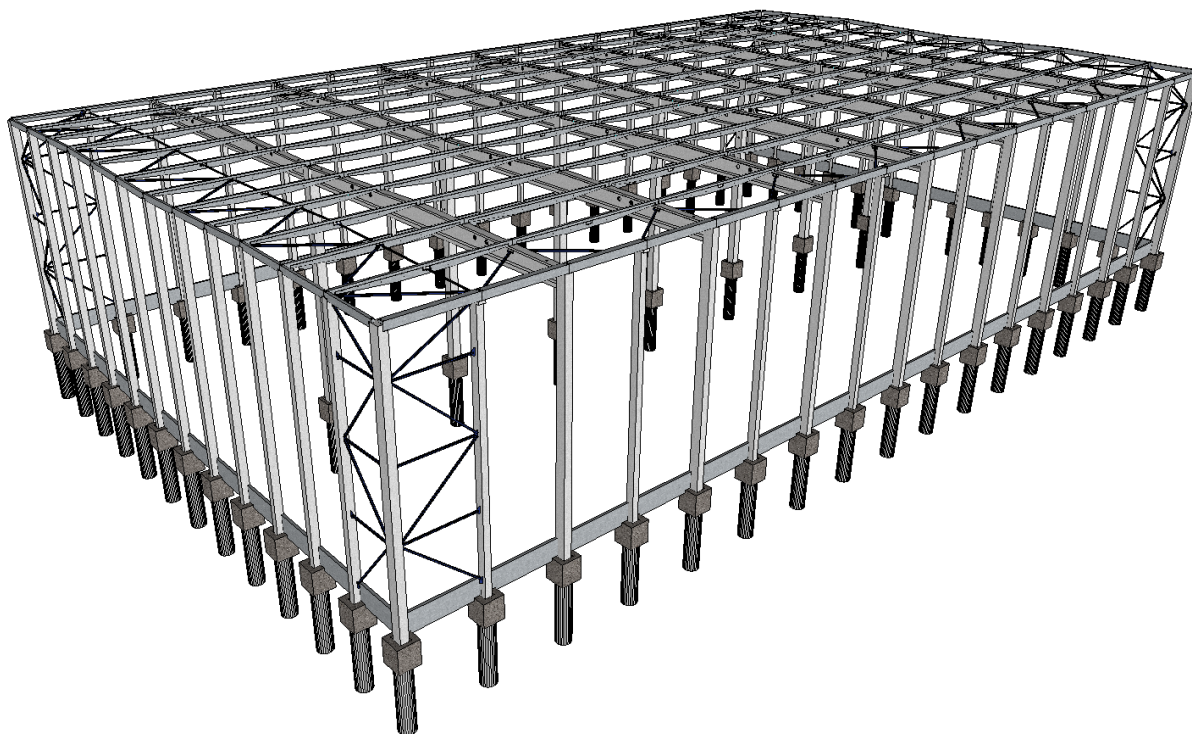
Predmetom diplomovej práce je návrh prefabrikovanej montovanej haly. Pre zadané stavebné riešenie som navrhla dva varianty, z ktorých som vybrala najoptimálnejšie riešenie. Vybraný variant som následne podrobne riešila v závislosti na pokynoch vedúceho diplomovej práce. Statické riešenie bolo prevedené prostredníctvom výpočtových modelov a sprevádzala ho kontrola ručným zjednodušeným výpočtom. Výsledky posudkov sú demonštrované prostredníctvom výkresov tvaru a výstuže, zostavných výkresov, výkresov montážnych detailov, ložísk a kovaní. Súčasťou výkresovej dokumentácie sú aj vizualizácie objektu.

Nasledujúca príloha je rozčlenená do dvoch základných častí. V prvej časti sa jedná o Technickú správu, v ktorej sa venujem charakteristike stavby, jej umiestneniu, účelu a opisu technického riešenia. V druhej časti s názvom Statický výpočet sa venujem popisu vypracovaných statických posudkov vybraných prvkov konštrukcie. Statický výpočet sa týka výpočtu zaťaženia, posudku typickej väznice, väzníku, stredového a fasádneho stĺpu, základových konštrukcií a štúdie chovania konštrukcie, v ktorej podrobnejšie rozoberiem či už návrh oceľového stuženia, ale aj stabilitný a nelineárny výpočet a uvažovanie pružných podpor.

Súčasťou práce sú taktiež prílohy. Tie rozdeľujem na časť Použité podklady, Statický výpočet a Výkresová dokumentácia.

2. TECHNICKÁ SPRÁVA

V nasledujúcich kapitolách sú podrobne popísané základné údaje o stavbe, vrátane voľby vhodného variantu a podrobného opisu technického riešenia objektu.



Obrázok 1. Prefabrikovaná betónová hala [24]

2.1. IDENTIFIKAČNÉ ÚDAJE O STAVBE

Názov stavby:	Montovaná betónová hala
Objekt:	SO 100
Názov objektu:	Mrazený sklad
Kraj:	Trenčiansky
Okres:	Ilava
Katastrálne územie:	Ilava
Autor:	Bc. Viktória Cibičková Vysoké učení technické v Brně Fakulta stavební Veveří 331/95 602 00 Brno

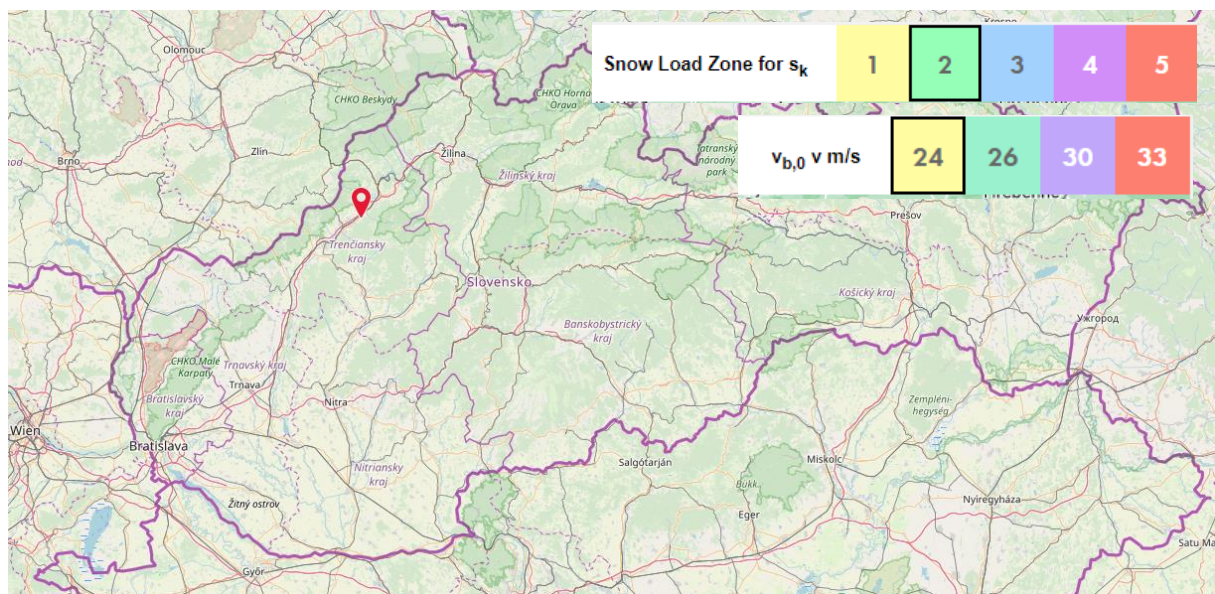
2.2. ZDÔVODNENIE STAVBY A JEJ UMIESTNENIE

2.2.1. ÚČEL STAVBY

Montovaná hala bude využívaná ako mrazený sklad, tomu odpovedá aj konštrukčné riešenie objektu. V súvislosti s touto skutočnosťou sú navrhnuté také rozmery rastra, aby bol zabezpečený otvorený priestor pre umiestnenie skladovacích prostriedkov. Vzhľadom na mraziarenský charakter objektu, okrem fasádnych sendvičových panelov budú na stĺpy zvnútra nakotvené aj chladiarenské sendvičové panely. Zaizolovanie objektu v oblasti strešnej roviny zabezpečia horizontálne chladiarenské panely. Bližšie konštrukčné riešenie objektu je popísané v nasledujúcich kapitolách.

2.2.2. CHARAKTER ÚZEMIA

Stavebný objekt sa nachádza v katastrálnom území Ilava, okres Ilava a Trenčiansky kraj na území Slovenska. Táto geografická poloha sa odzrkadlí v nasledujúcich výpočtoch. Na základe geografickej lokalizácie zaradujem posudzovanú oblasť do snehovej oblasti kat. 2 a veternej oblasti kat. 1. Iné klimatické zaťaženie do výpočtu neuvažujem.



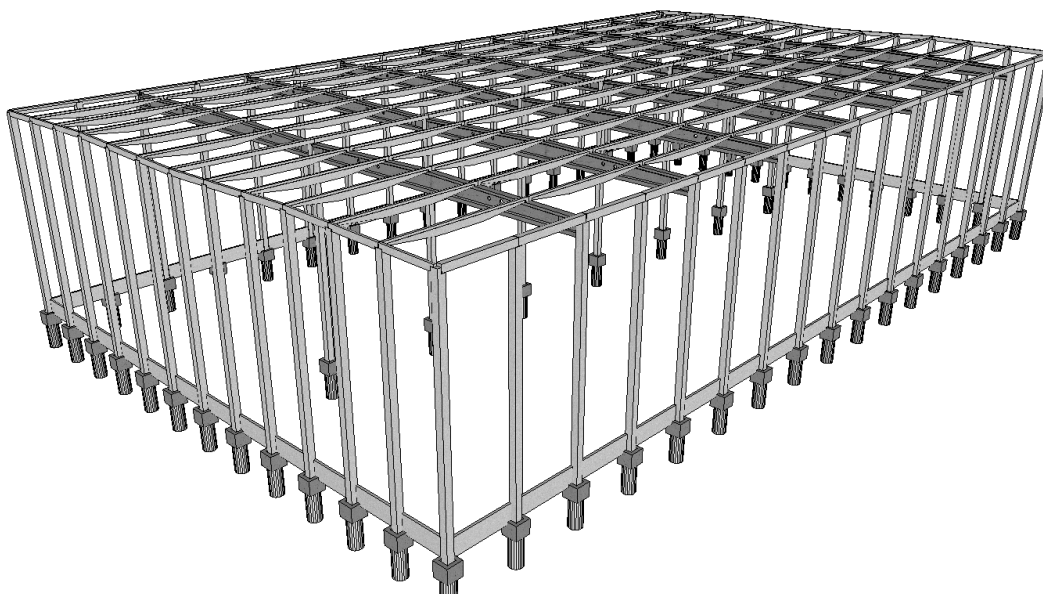
Obrázok 2. Charakter územia

2.3. VARIANTY RIEŠENIA

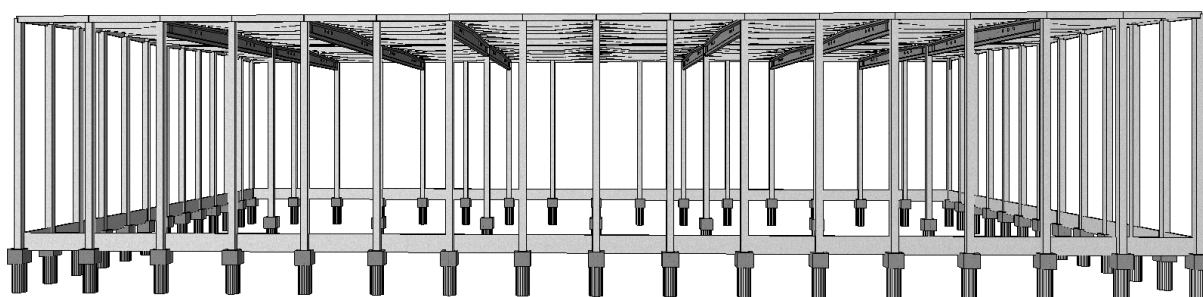
Na základe pokynov vyplývajúcich zo Zadania diplomovej práce súčasťou návrhu je aj vytvorenie minimálne dvoch variantov. Ja som navrhla dva varianty haly s prefabrikovanými prvkami. Základným rozdielom je zmena nosného smeru. V pôvodných návrhoch sú prierezy prvkov odhadnuté na základe normových odporúčaní prípadne dostupných podkladov. Bližšia špecifikácia nastane až pri podrobnom statickom posúdení.

2.3.1.VARIANT A

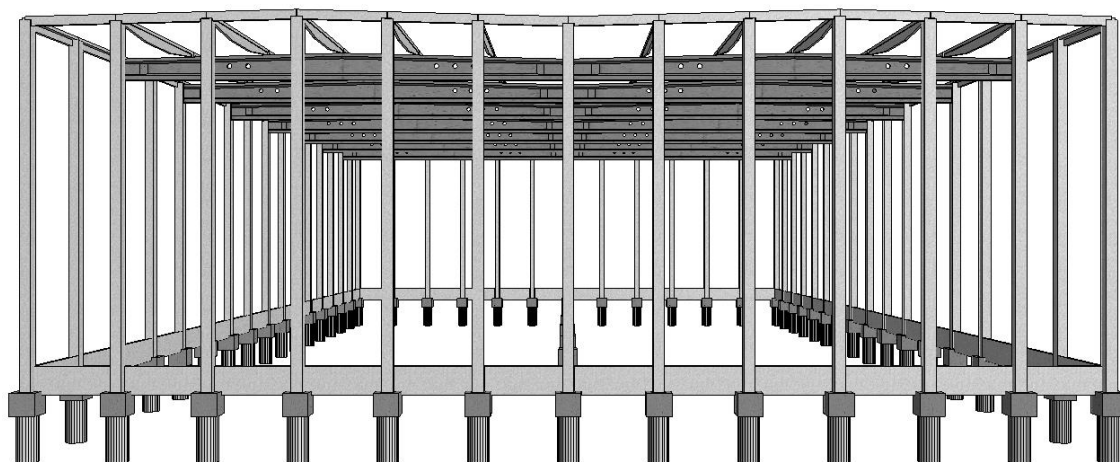
Variant A je montovaná konštrukcia, ktorej celkový rozmer meraný od krajných osí rastra je 100,000 x 58,000 m. Vzdialenosti jednotlivých polí rastra sú navrhnuté s ohľadom na rešpektovanie pokynov dodávateľa (ako napríklad voľba fasádnych panelov, prípadne trapézového plechu), ale taktiež rešpektuje doporučené maximálne rozpätia a zaťažovacie šírky jednotlivých konštrukčných prvkov. Rozmery polí rastra sú v smere pozdĺžnom 6,250 m x 16 a v smere priečnom nepárne pole 4,8430 m x 6 a párne pole 4,840 m x 6. Výška v hornej hrany najvyššie položenej väznice je +19,090 m. Minimálna svetlá výška medzi podlahou a spodnou hranou väzníku je +17,300 m. Väzníky sú predom predpäté a nábehované, v strede rozpätia majú výšku 1,700 m. Rozpätie je pre všetky polia totožné 29,000 m. Tvar väzníkov je prispôsobený priečnemu sklonu 1,5°. Na každom väzníku je navrhnutých 6 otvorov $\Phi 300$ mm, ktoré sú po trojiciach symetricky rozmiestnené. Na väzníkoch sú po dĺžke rovnomerne uložené dvojice väzníc. Tie majú navrhnutý prierez 0,750 m a dĺžku 12,500 m. Väznice sú taktiež nábehované, dodržaná je vždy priama časť v strede rozpätia o dĺžke 4,000 m. Prierezy obvodových nosníkov sú typické L-kové 0,550 x 0,450 m. Obvodové stužidlá sú obdĺžniky 0,500 x 0,200 m. Stužidlá sú uložené v smere rovnobežne s väzníkmi. Založenie je navrhnuté prostredníctvom základových monolitických kalichov a vŕtaných pilót. Rozmery základových kalichov sú navrhnuté podľa doporučení [11]. Na hlaviciach sú uložené základové nosníky o výške 1,500 m a šírke 0,200 m s hornou hranou na úrovni $\pm 0,000$ m.



Obrázok 3. Variant A [24]



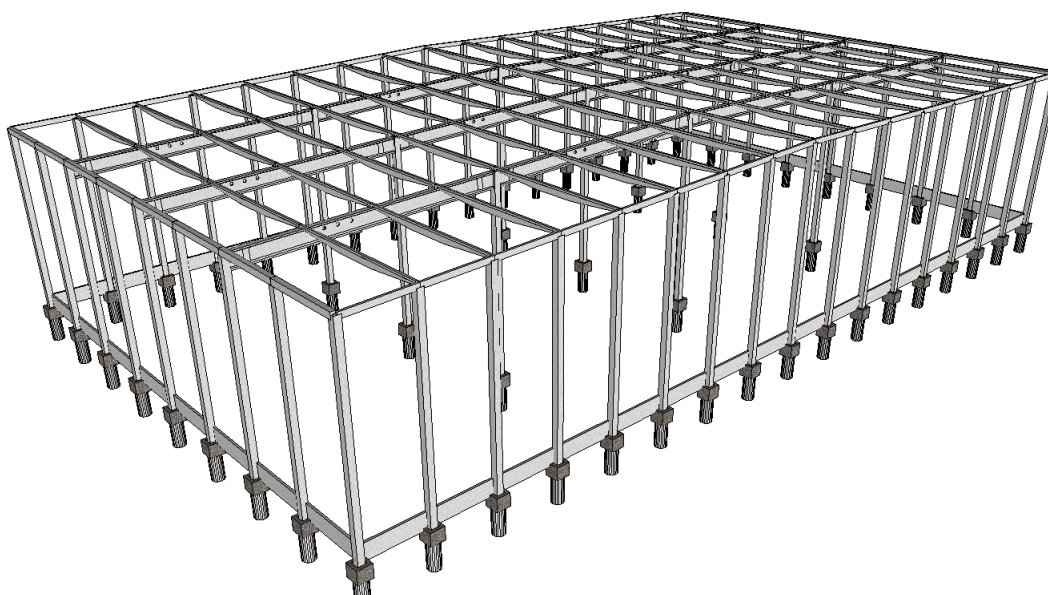
Obrázok 4. Variant A – pohľad z boku [24]



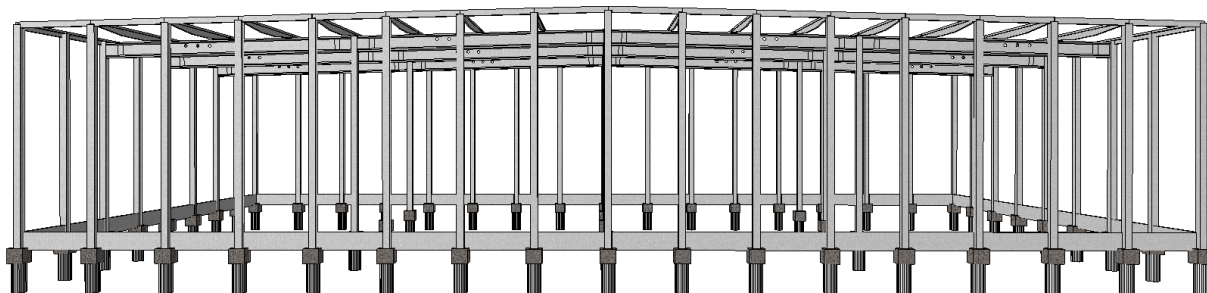
Obrázok 5. Variant A – pohľad spredu [24]

2.3.2. VARIANT B

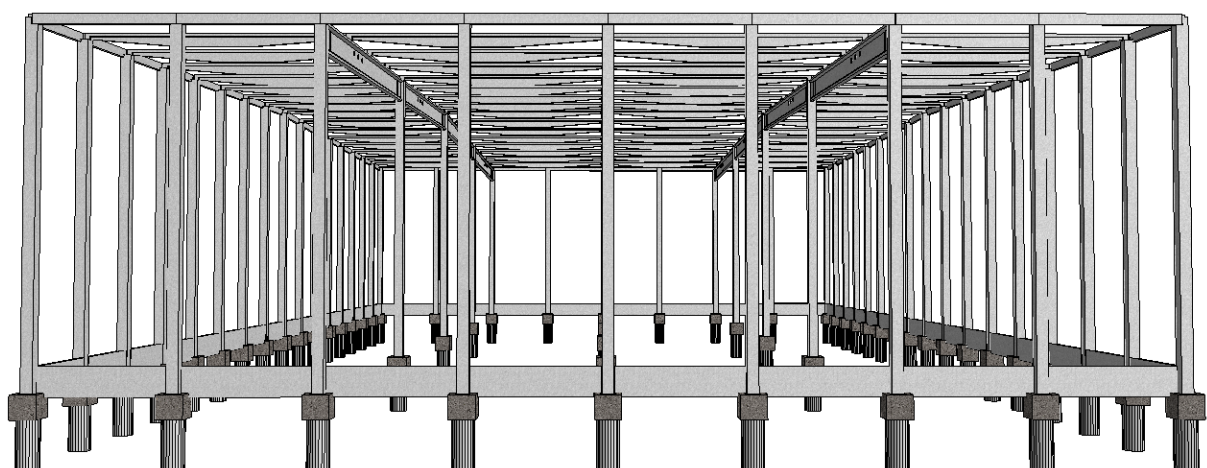
Variant B je montovaná konštrukcia a má taktiež celkové rozmery v krajných osiach rastra 100,000 x 58,000 m. Rozmery polí rastra v smere pozdĺžnom je 6,250 m x 16 a v smere priečnom 7,250 m x 8. Všetky prefabrikované stĺpy majú predbežný návrh prierezu 0,600 x 0,600 m. Výška závisí od prierezov strešných prvkov, pretože podľa požiadavky zadania je rozhodujúce dodržať výšku v hrebeni +19,090 m. Predom predpäté väzníky sú orientované v smere pozdĺžnej osi. Majú priame pásnice, celkovú výšku v strede rozpätia 1,500 m a majú rovnaké rozpätia vo všetkých poliach 25,000 m. Vzhľadom na zabezpečenie sklonu strechy sú v sklone 1,5°. Svetlá výška od hornej hrany podlahy po spodnú hranu väzníka je +15,920 m. Každý väzník má v približne 1/3 dĺžky navrhnutú trojicu otvorov $\Phi 300$ mm. Na väzníkoch sú uložené väznice výšky 0,750 m. Väznice majú opäť vo všetkých poliach rovnaké rozpätia 14,500 m. Prierezy obvodových nosníkov sú typické L-kové 0,550 x 0,450 m. Obvodové stužidlá sú obdĺžniky 0,500 x 0,200 m. Stužidlá sú uložené v smere rovnobežne s väzníkmi. Založenie je navrhnuté prostredníctvom základových monolitických kalichov a vrтанých pilót. Rozmery sú navrhnuté podľa doporučení [11]. Na hlaviciach sú uložené základové nosníky o výške 1,500 m a šírke 0,200 m s hornou hranou na úrovni $\pm 0,000$ m.



Obrázok 6. Variant B [24]



Obrázok 7. Variant B – pohľad z boku [24]



Obrázok 8. Variant B – pohľad spredu [24]

2.3.3. VOĽBA VÝSLEDNÉHO VARIANTU

Výsledný variant bol zvolený po zvážení všetkých pozitív a negatív. Pri výbere musím brať v úvahu aj účel objektu a zložitosť konštrukčného prevedenia. Na základe toho som sa rozhodla, že pre ďalšie podrobnejšie posudky volím **Variant A** – vid'. kpt. 2.3.1.

2.4. OPIS TECHNICKÉHO RIEŠENIA

Posudzovaný objekt má celkové rozmery 100,840 x 59,040 m. Rozmery sú merané od vonkajšej hrany fasádnych panelov. Hlavný raster objektu má v smere pozdĺžnom rozmer 100,000 m (6,250 m x 16) a v smere priečnom má 58,000 m (nepárne pole 4,8430 m x 6; párne pole 4,840 m x 6). Hlavnú a zároveň jediná časť objektu tvorí mraziarensky sklad. Ten je rozdelený do jednej výškovej úrovne, jedná sa teda o jednopodlažný objekt. Vnútoraná svetlá výška (od podlahy po dolnú hranu väzníka) je +17,300 m. Objekt je zastrešený plochou strechou v sklone $2,6\% = 1,5^\circ$. Skladba podlahy a strešného plášťa rešpektuje účel využívania objektu. Nosný systém haly je tvorený priestorovou prúťovou sústavou s betónovými prefabrikovanými votknutými stĺpmi. Strešná konštrukcia je tvorená sústavou betónových prefabrikovaných väzníkov, väzníc, obvodových nosníkov a stužidiel. Väznice sú ukladané kĺbovo na betónové prefabrikované stĺpy a väzníky.

Použité materiály pre jednotlivé prvky:

Betón - Stĺpy	C50/60 – XC1
Betón - Predpäté prvky (väzníky)	C50/60– XC1
Betón - Väznice, obvodové nosníky a stužidlá	C35/45– XC1
Betón - Základové nosníky	C30/37 – XC2, XF4
Betón - Základový kalich	C30/37 – XC2, XA1
Betón - Pilóta	C20/25 – XC2, XA1
Oceľová stužujúca konštrukcia	S355
Betonárska výstuž	B500B
Predpínacia výstuž (väzníky)	Y 1860 S7-15,7-A

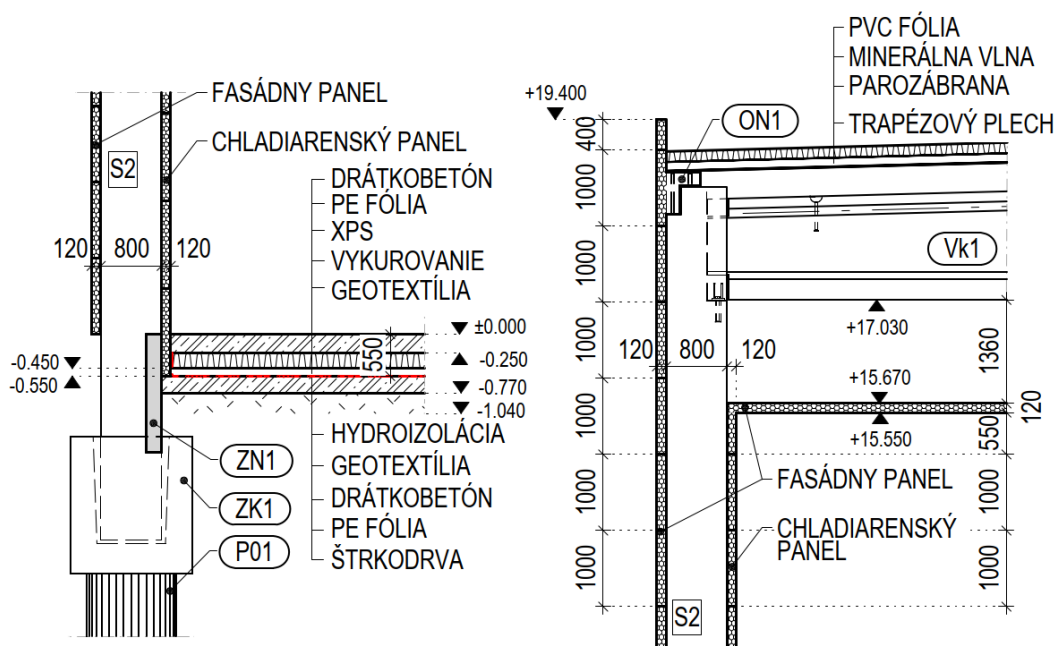
2.4.1.ZAKLADANIE

Zakladanie je prevedené prostredníctvom železobetónových vrтанých pilót, ktoré sú výstužou previazané so základovými monolitickými kalichmi. Návrh a posúdenie pilót bol vytvorený v programe GEO5 [25]. Navrhnutý priemer pilóty je 1,180 m a dĺžka 5,0 m. Základový kalich bol posúdený ručným výpočtom podľa [11], vďaka čomu sa navrhli jeho rozmery a taktiež optimálne vystuženie. Posudok sa týka základového kalichu a pilóty pod stredovými stĺpmi S1. Výsledné pôdorysné rozmery sú 1,600x1,600 m a výška kalichu je 1,800m.

2.4.2.FASÁDA A ZÁKLADOVÉ NOSNÍKY

Z exteriérovej strany sú na prefabrikované stĺpy nakotvené fasádne sendvičové panely z minerálnej vlny hr. 120 mm. Tie boli posúdené na tlak a sanie od vetru pre požadované rozpätie. V závislosti na podkladoch výrobcu [17] použijem panely, ktoré majú výšku 1,000 m. Okrem toho sa na stĺpy zo strany interiéru nakotví tepelná izolácia mraziarne – chladiarenské panely hr. 120 mm. Tieto panely budú kladené od úrovne -0,550 m, aby zabezpečili dostatočné zaizolovanie vnútornej časti objektu. Výškovo budú tieto panely končiť v úrovni +11,550 m. Výška každého panelu bude volená z katalógu výrobcu [17] 1,150 m. V horizontálnej rovine budú panely pokračovať po celom pôdoryse. Horizontálne panely budú zavesené na väzniciach pomocou oceľových lán. Väznice majú vopred zabetónované PVC trubky $\Phi 16$. Detaily prevedenia sú zobrazené v prílohe P3.4 Vizualizácie.

Statické posúdenie základové nosníkov nebolo predmetom posudku diplomovej práce. Ich rozmer sa zvolil na základe normových predpisov a odporúčaní hr. 200 mm. Výška je volená na základe hornej hrany základového kalichu a úrovne podlahy.



Obrázok 9. Detaily napojenia panelov v oblasti podlahy a strechy [24]

2.4.3. STĽPY

V prílohe diplomovej práce P1 Použité podklady boli pôvodne všetky stĺpy rovnakého prierezu 0,600 x 0,600 m. Súčasťou statického posudku je navrhnutie optimálneho riešenia, preto som stĺpy roztypovala do hlavných piatich skupín. Tým som zefektívnila ich posudok a návrh.

Stĺpy boli na roztypované do nasledujúcich skupín :

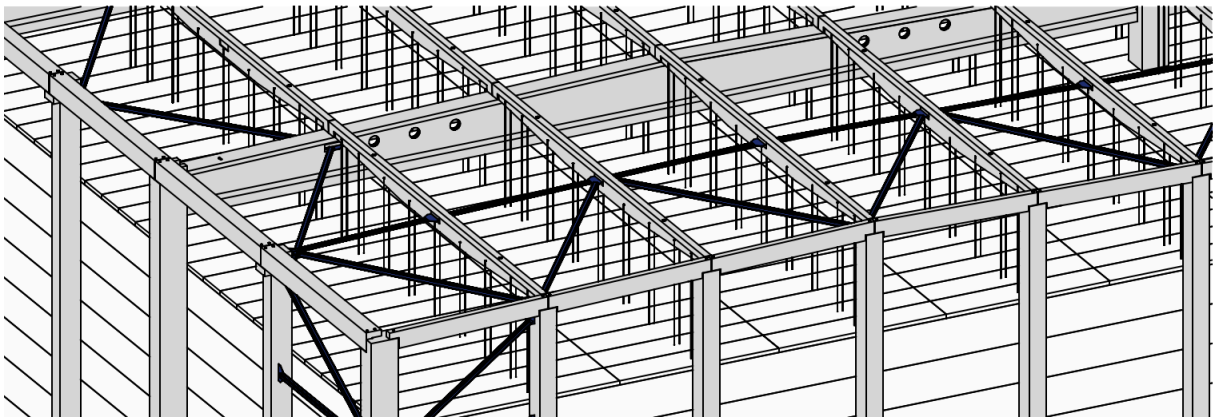
S1 – stĺpy stredové	0,800 x 0,800 m
S2 – stĺpy fasádne väzníkové	0,800 x 0,600 m
S3 – stĺpy fasádne neväzníkové	0,600 x 0,500 m
S4 – stĺpy štítové neväzníkové	0,500 x 0,600 m
S5 – stĺpy rohové	0,800 x 0,600 m

Návrh prierezov rešpektuje konštrukčné riešenie nakotvenia fasádnych panelov zo strany exteriéru a taktiež chladiarenských panelov zo strany interiéru haly. Dimenzovanie stĺpov zohľadňuje vplyv ocelového stuženia, ktoré zabezpečuje prerozdelenie vnútorných síl. Výška stĺpov v priečnom smere je premenná a závisí od priečného sklonu plochej strechy 1,5°.

2.4.4. STREŠNÉ PRVKY

- **Väznice**

Väznice sú typického „T“ tvaru výšky v strede rozpätia 0,630 m, v mieste uloženia 0,350 m. Majú po dĺžke nábehovaný tvar. Šírka hornej pásnice je 0,200 m, stojiny 0,140 m. Aby som mohla horizontálne chladiarenské panely zavesiť na väznicu, navrhla som zabetónovanie PVC trubiek $\Phi 16$, ktoré sú symetricky rozmiestnené po dĺžke prvku. Slúžia na prevlečenie ocelového lana.



Obrázok 10. Závesy na väzniciach [24]

- **Vážníky**

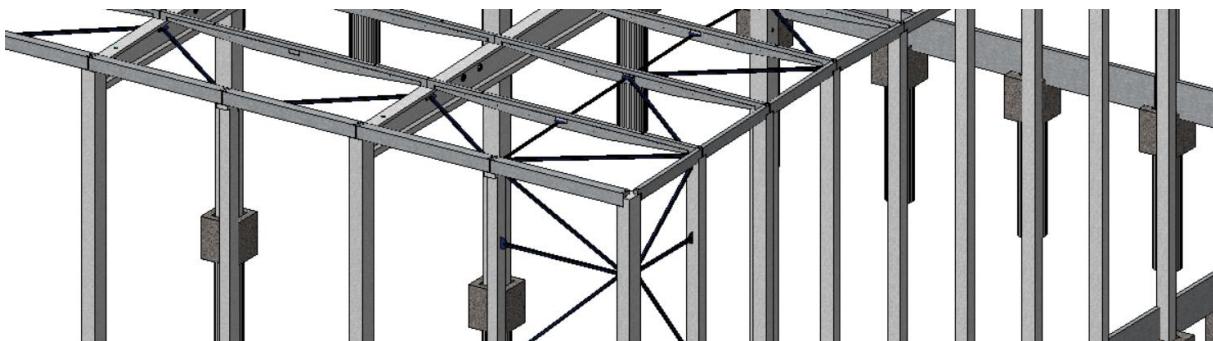
Vážníky sú predom predpäté pomocou 13-tich lán, ktoré sú podľa potreby separované v oblasti podpory. Rozmiestnenie lán rešpektuje konštrukčné požiadavky a minimálne krytie. Pri návrhu je zohľadnená prípadná kolízia s betonárskou výstužou. V pozdĺžnom smere sú nábehované, v strede rozpätia majú výšku 1,700 m. V mieste podpory majú výšku 1,320 m. Rozpätie je pre všetky polia totožné 28,450 m. Tvar vážníkov je prispôsobený priečnemu sklonu strechy 1,5°. Na každom väzníku je navrhnutých 6 otvorov, ktoré sú po trojiciach symetricky rozmiestnené. Väznice sú na väzníku uložené v rovnomerných vzdialenostiach, prenášajú na väzník zaťaženie formou osamelých bremien. Šírka dolnej pásnice je 0,370 m, hornej pásnice 0,600 m a stojiny 0,120 m.

- **Obvodové stužidlá a nosníky**

Vzhľadom na to, že obvodové stužidlá a ani nosníky nie sú predmetom statického posúdenia, prierezy sú totožné ako v pôvodnom návrhu, viď. P.1 Použité podklady. Prierezy obvodových nosníkov sú typické L-kové 0,550 x 0,450 m. Obvodové stužidlá sú obdĺžniky 0,500 x 0,200 m. Stužidlá sú uložené v smere rovnobežne s väzníkmi.

2.5. OCEĽOVÉ STUŽENIE

Súčasťou prílohy P2.6 Štúdia chovania konštrukcie je aj návrh rôznych typov stuženia a porovnávanie výsledkov deformácií a vnútorných síl na prútovom modeli. Vo výslednom zvolenom statickom modeli so stužidlami boli využité tri rôzne oceľové profily – VPH 120x120x8, VPH 90x90x6, VPH 70x70x6. Všetky sú navrhnuté z ocele S355.



Obrázok 11. Oceľové stuženie [24]

3. STATICKÝ VÝPOČET

Predmetom statického posudku je posúdenie montovaného objektu v zmysle ČSN EN 1990 [1]. Podklady pre statický výpočet sa nachádzajú v prílohe P.1 Použité podklady. Výpočet zaťaženia a kombinácie zaťaženia boli stanovené na základe ČSN EN 1991-1-1 [4], ČSN EN 1991-1-3 [5], ČSN EN 1991-1-4 [6]. Výpočet vnútorných síl a dimenzovanie prierezov boli stanovené ručným výpočtom a použitím výpočtových programov.

3.1. ZAŤAŽENIE

3.1.1. STÁLE ZAŤAŽENIE

Vlastná tiaž je napočítaná zadaním zaťažovacieho stavu LC1 – Vlastná tiaž do výpočtového programu, v ktorom je spočítaná automaticky.

Okrem toho je stále zaťaženie tvorené zaťažením strešného a obvodového plášťa.

Typ zaťaženia	Charakteristická hodnota [kN/m ²]
Stále zaťaženie strešného plášťa	0,425
Stále zaťaženie obvodového plášťa	0,379

Tabuľka 1. Stále zaťaženie

3.1.2. ÚŽITKOVÉ ZAŤAŽENIE

Úžitkové zaťaženie som určila na základe ČSN EN 1991-1-1/NA ed. A [4], pričom vzhľadom na charakter konštrukcie budem uvažovať zaťaženie Kategórie H – strechy neprístupné s výnimkou bežnej údržby a úprav.

Typ zaťaženia	Charakteristická hodnota [kN/m ²]
Úžitkové zaťaženie – Kategória H	0,750

Tabuľka 2. Úžitkové zaťaženie

3.1.3. KLIMATICKÉ ZAŤAŽENIA

Klimatické zaťaženia sú rozdelené na zaťaženie vetrom v smeroch $\pm X$, $\pm Y$ a zaťaženie snehom na strechu a na atikovú oblasť.

Typ zaťaženia	Charakteristická hodnota [kN/m ²]
Zaťaženie snehom na strechách	0,747
Zaťaženie snehom na atikovej oblasti	0,800

Tabuľka 3. Zaťaženie snehom

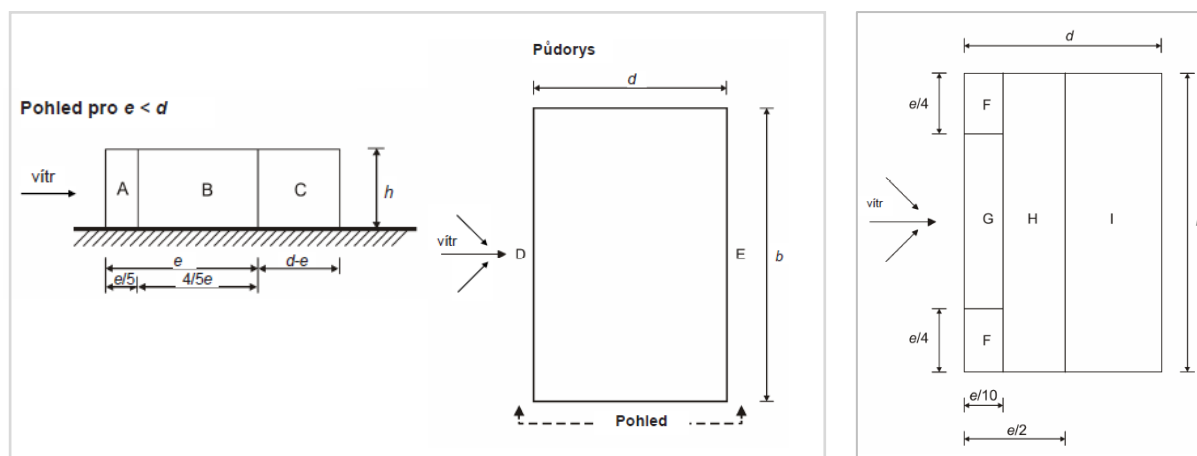
Zaťaženie vetrom závisí od toho či sa jedná o ploché strechy alebo zvislé steny. Veľkosť zaťaženia počítam na základe oblastí objektu na ktoré pôsobí vietor.

w [kN/m ²]					
Oblasť	A	B	C	D	E
Smer X	-0,928	-0,619	-0,387	0,542	-0,232
Smer Y	-0,928	-0,668	-0,387	0,550	-0,248

Tabuľka 4. Zaťaženie vetrom na zvislé steny

w [kN/m ²]					
Oblasť	F	G	H	I	
Smer X	-1,238	-0,851	-0,542	0,155	-0,155
Smer Y	-1,238	-0,851	-0,542	0,155	-0,155

Tabuľka 5. Zaťaženie vetrom na ploché strechy



Obrázok 12. Zaťaženie vetrom – zaťaženie na zvislé steny A-E ; ploché strechy G-I [6]

3.2. KOMBINÁCIE

Pre posúdenie konštrukcie boli zostavené kombinácie zaťaženia podľa ČSN EN 1990 [1].

MEDZNÝ STAV ÚNOSNOSTI – ULS

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

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

MEDZNÝ STAV POUŽÍVATEĽNOSTI – SLS

$$CH.K. \quad \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$Č.K. \quad \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,i} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

$$KVZ.K. \quad \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

3.3. NÁVRH A POSÚDENIE KONŠTRUKCIÍ NA MSÚ A MSP

Vybrané prvky konštrukcie som posúdila v závislosti na ich charaktere na MSÚ, prípadne MSP. Jedná sa o prvky: väznica V1, väzník V_{k1}, stĺpy S1, S2, S3, S4 a S5, základový kalich a základová pilóta. Všetky prvky na posúdenie MSÚ vyhoveli, prvky podrobené posudku na MSP taktiež vyhoveli s dostatočnou rezervou. Model konštrukcie bol posúdený výpočtovými softwami Scia Engineer [22], IDEA StatiCa [23], GEO5 [25] a overený zjednodušeným ručným výpočtom. Pri posúdeniach na Medzný stav použiteľnosti som overovala obmedzenie napätia, šírku trhlín a priehyb. Zaujímavým posudkom na Medzný stav únosnosti bolo overenie pootočenia väzníku v štádiu ukladania do polohy konečných podpor od pôsobenia vetru a vlastnej tiaže.

3.4. PODMIENKY A SPÔSOB PREVÁDZANIA

Keďže sa jedná o prefabrikované konštrukcie, dôležitý je proces betonáže. Pred samotnou betonážou musia byť debniace formy očistené a pripravené. Kvalita betónu musí byť rovnaká vo všetkých častiach, betón musí byť dôkladne zhutnený vibračným zariadením. Musí sa dbať na presnosť uloženia betonárskej výstuže podľa výkresovej dokumentácie a pokynov projektanta. Okrem pozície výstuže sa kontroluje taktiež aj jej krytie. Predpísaná povrchová úprava prvkov musí byť podľa výkresovej dokumentácie dodržaná. Na vytiahnutie z formy slúžia zabetónované manipulačné rúry, na transport slúžia príslušné transportné kotvy s guľovými hlavami. Následne má prebehnúť vizuálna a geometrická kontrola prvku.

Ako prvé sa zabetónujú na stavbe pilóty. V prípade, že sa armokoš základového kalichu neviaže priamo na stavbe ale príde pozváraný, je zakázané prípadnú kolidujúcu výstuž pilóty odrezať. Následne sa vybetónujú monolitické železobetónové kalichy, do ktorých sa osadia stĺpy a po kontrole sa zalejú zálievkovou hmotou, ktorá je dostatočne zhutnená vid'. P.3.14 Kovania, ložiská, montážne detaily – Detail 1. Ak je dostatočne zálievka zatvrdnutá, osadia sa väzníky na stĺpy, otvory sa opäť vyplnia zálievkovou hmotou vid'. P.3.14 Kovania, ložiská, montážne detaily – Detail 2. Pri montáži sa berie dôraz na zaistenie priestorovej tuhosti konštrukcie. Ďalším krokom je privarenie základových nosníkov prostredníctvom ocelových kovaní. Následne nastane osadenie zostávajúcich strešných prvkov vid'. P.3.14 Kovania, ložiská, montážne detaily – Detail 3 a privarenie ocelevej konštrukcie stuženia. Na koniec dôjde k osadeniu fasádnych a chladiarenských panelov, ktoré sa nakotvia na prefabrikované stĺpy.

4. ZÁVER

V diplomovej práci som sa venovala návrhu a posúdeniu montovanej betónovej haly, ktorá bude využívaná ako mrazený sklad. V práci som sa podrobnejšie zaoberala vybranými typickými prvkami ako väznica, väzník, stĺp, základový kalich a pilóta. V priebehu práce som na základe MSÚ a MSP upravovala prierezy jednotlivých prvkov tak, aby výsledný návrh bol čo najoptimálnejší a aby medzi sebou všetky prvky vhodne spolupôsobili. Niektoré z badateľných rozdielov medzi pôvodným návrhom a finálnym riešením, ktoré by som chcela spomenúť, sú napríklad zmeny prierezu väznice, prierezov všetkých stĺpov, výmena žlabovky na osi 7 za väznicu, zmena rozmeru základového kalichu a priemeru pilóty. Nosné konštrukcie objektu sú v zmysle nižšie uvedených ČSN EN plne vyhovujúce. Výpočty boli prevedené v súlade s platnými európskymi normami v oblasti zaťaženia a návrhov stavebných konštrukcií. Pri dodržaní podmienok v danom statickom výpočte je konštrukcia mechanicky a stabilitne odolná a vyhovuje aj na Medzné stavy použiteľnosti. Model konštrukcie bol posúdený výpočtovými softwarom Scia Engineer [22], IDEA StatiCa [23], GEO5 [25] a overený zjednodušeným ručným výpočtom. Postupne sa tak od jednotlivých prvkov navrhla a posúdila celá konštrukcia ako celok. Výstupom práce sú statické posúdenia vybraných prvkov a rozsiahla výkresová dokumentácia, ktorej súčasťou sú aj vizualizácie objektu.

Výroba prefabrikovaných konštrukcií má svoje pozitíva a negatíva a preto je nutné brať dôraz na všetky možné aspekty. Výhodou je výroba v ideálnych podmienkach, ktorá zabezpečuje vysokú kvalitu prvkov. Taktiež sem patrí aj časová efektívnosť výstavby. Nevýhodou je napríklad transport a montáž prvkov na stavbe, ktorá súvisí so zabezpečením, aby sa prvok dostal do projektovanej polohy. Návrh stužidiel je vhodný pre všetky montované konštrukcie, avšak projektant musí zvážiť všetky možné výhody a nevýhody, ktoré so sebou prinášajú. Je nutné zaistiť rovnomerné pôsobenie vo všetkých častiach konštrukcie.

Na záver by som chcela dodať, že spracovanie tejto práce pozitívne prehľadilo moje poznatky týkajúce sa montovaných konštrukcií.

5. ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1. Prefabrikovaná betónová hala [24].....	11
Obrázok 2. Charakter územia	12
Obrázok 3. Variant A [24].....	13
Obrázok 4. Variant A – pohľad z boku [24].....	13
Obrázok 5. Variant A – pohľad spredu [24]	14
Obrázok 6. Variant B [24].....	14
Obrázok 7. Variant B – pohľad z boku [24].....	15
Obrázok 8. Variant B – pohľad spredu [24]	15
Obrázok 9. Detaily napojenia panelov v oblasti podlahy a strechy [24]	17
Obrázok 10. Závesy na väzniciach [24]	18
Obrázok 11. Oceľové stuženie [24].....	18
Obrázok 12. Zaťaženie vetrom – zaťaženie na zvislé steny A-E ; ploché strechy G-I [6].....	20

6. ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1. Stále zaťaženie	19
Tabuľka 2. Úžitkové zaťaženie.....	19
Tabuľka 3. Zaťaženie snehom	19
Tabuľka 4. Zaťaženie vetrom na zvislé steny.....	19
Tabuľka 5. Zaťaženie vetrom na ploché strechy	20

7. ZOZNAM POUŽITÝCH NORIEM, LITERATÚRY, INTERNETOVÝCH ZDROJOV A SOFTWARE

7.1. ZOZNAM POUŽITÝCH NORIEM

- [1] ČSN EN 1990 včetně změny A1: 2004. Zásady navrhování konstrukcí.
- [2] ČSN EN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [4] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, včetně NA ed. A
- [5] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem.
- [6] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem.
- [7] ČSN EN 1991-1-6 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění.

7.2. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [8] LANÍKOVÁ, Ivana, PANÁČEK, Josef, ŠIMŮNEK, Petr, ŠTĚPÁNEK, Petr, TERZIJSKI, Ivailo. 2017. BL01 Prvky betonových konstrukcí. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2017, 145 s.
- [9] NAVRÁTIL, Jaroslav, ZICH, Miloš. 2006. Předpjatý beton. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 68 s.
- [10] HALVONIK, Jaroslav, BORZOVIČ, Viktor. 2012. Betónové mosty I. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave v Nakladateľstve STU, 2012, 217 s.
- [11] ZICH, Miloš, BAŽANT, Zdeněk. 2018. Montované betonové konstrukce. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2018, 188 s.
- [12] BARTOSCH, Václav. Montovaná konstrukce haly. Brno, 2017. 11 s., 171 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
- [13] PAVLIČKO, Jakub. Montovaná hala tělocvičny. Brno, 2021. 35 s., 300 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Michal Požár, Ph.D.

7.3. ZOZNAM INTERNETOVÝCH ZDROJOV

- [14] DEK a.s.. Hydroizolácia ALKORPLAN [online]. Dostupné na internete: [Fólia hydroizolačná z PVC-P ALKORPLAN 35176 svetlo šedá hr. 1,5 mm 1,60×15 m \(dek.sk\)](#)
- [15] KNAUF INSULATION a.s.. Tepelná izolácia – Minerálna vlna KNEIF [online]. Dostupné na internete: [SmartRoof Thermal | Knauf Insulation](#)
- [16] ArcelorMittal. Tabulky únosností trapézových profilů [online]. Dostupné na internete: [Trapezove profily.pdf \(uniza.sk\)](#)
- [17] ARPANEL. Sendvičové panely [online]. Dostupné na internete: [Chladiarenské sedvičové panely - Výroba a predaj | ARPANEL](#)
- [18] ARPANEL. Tabulky zatížení [online]. Dostupné na internete: [untitled \(arpanel.cz\)](#)
- [19] TBG METROSTAV. Technické listy značkových produktů. [online]. Dostupné na internete: <https://www.tbg-metrostav.cz/wp-content/uploads/technicke-listy-2018-tbg-mts.pdf>
- [20] HALFEN. HALFEN DEHA KKT KUGELKOPF-TRANSPORTANKERSYSTEM Produktinformation Technik [online]. Dostupné na internete: https://downloads.halfen.com/catalogues/de/media/catalogues/liftingsystems/KKT_Leviat_20.pdf
- [21] Dlubal Software s.r.o. [online]. Dostupné na internete: <https://www.dlubal.com/cs>

7.4. ZOZNAM POUŽITÉHO SOFTWARE

- [22] Scia Engineer 20.0 - Študentská verzia
- [23] IDEA StatiCa 22 - Študentská verzia
- [24] Allplan 2022 – Študentská verzia
- [25] GEO5 – Študentská verzia

8. ZOZNAM PRÍLOH

P1 POUŽITÉ PODKLADY

P1.1 Variant A – Pôdorys stĺpov a základových nosníkov	1:200
P1.2 Variant A – Pôdorys strechy	1:200
P1.3 Variant A – Pohľady a rezy	1:200
P1.4 Variant B – Pôdorys stĺpov a základových nosníkov	1:200
P1.5 Variant B – Pôdorys strechy	1:200
P1.6 Variant B – Pohľady a rezy	1:200

P2 STATICKÝ VÝPOČET

P2.1 Výpočet zaťaženia	
P2.2 Statické posúdenie väznice	
P2.3 Statické posúdenie väzníku	
P2.4 Statické posúdenie stĺpov	
P2.5 Statické posúdenie základových konštrukcií	
P2.6 Štúdia chovania konštrukcie	

P3 VÝKRESOVÁ DOKUMENTÁCIA

P3.1 Pôdorys stĺpov a základových nosníkov	1:200
P3.2 Pôdorys strechy	1:200
P3.3 Pohľady a rezy	1:200
P3.4 Vizualizácia	1:200
P3.5 Výkres tvaru väznice	1:25
P3.6 Výkres výstuže väznice	1:25
P3.7 Výkres tvaru väzníku	1:25
P3.8 Výkres výstuže väzníku	1:25
P3.9 Výkres tvaru stĺpu S1	1:25
P3.10 Výkres výstuže stĺpu S1	1:25
P3.11 Výkres tvaru stĺpu S2	1:25
P3.12 Výkres výstuže stĺpu S2	1:25
P3.13 Výkres tvaru a výstuže základových konštrukcií	1:25
P3.14 Kovania, ložiská, montážne detaily	1:25