

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

Katedra mechaniky

# DIPLOMOVÁ PRÁCE

Stavební a finanční analýza konstrukčních systémů  
obytných budov

Autor práce: Bc. Petr Zelenka

Vedoucí práce: Ing. Luděk Vejvara, Ph.D.

Plzeň 2023

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd  
Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr ZELENKA**  
Osobní číslo: **A21N0108P**  
Studijní program: **N0732P260002 Stavební inženýrství – Moderní budovy**  
Specializace: **Navrhování a provádění budov**  
Téma práce: **Stavební a finanční analýza konstrukčních systémů obytných budov**  
Zadávací katedra: **Katedra mechaniky**

## Zásady pro vypracování

1. Shromáždění údajů a podkladů o konstrukčních systémech pro obytné budovy.
2. Návrh variant a porovnání řešení svislých a vodorovných nosných konstrukcí.
3. Zajištění prostorové tuhosti, určení rozměrů, rozpětí a materiálů.
4. porovnání cen uvedených konstrukcí a budov s různými systémy.
5. Rozbor technických řešení konstrukčního systému obytných budov, stěn a stropů.
6. Technická doporučení a optimalizace pro projektování obytných budov.



Rozsah diplomové práce: **úvodní část 50 – 60 stran A4**  
Rozsah grafických prací: **nákresy a fotografie objektů, schémata objektu, výpočty**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. Dostupná dokumentace objektů
2. Podklady výrobků stavebních materiálů a prvků
3. Obecně technické požadavky pro stavby
4. Platné normy pro navrhování nosných konstrukcí staveb a stavební fyziku
5. Stavební zákon 183/2006Sb a související vyhlášky (vč.OTP 268/2009Sb)
6. Vyhláška o dokumentaci staveb 499/2006 Sb ve znění 62/2013Sb a 405/2017Sb
7. Platné normy
  - pro konstrukci řady ČSN EN 1990, 1991, 1992, 1993, 1995, 1996, 1997, 1998
  - pro stavební fyziku – ČSN 730540, 730532

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Luděk Vejvara, Ph.D.**  
Katedra mechaniky

Datum zadání diplomové práce: **26. října 2022**  
Termín odevzdání diplomové práce: **31. května 2023**

---

**Doc. Ing. Miloš Železný, Ph.D.**  
děkan



---

**Doc. Ing. Jan Vimmr, Ph.D.**  
vedoucí katedry

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce s názvem " Stavební a finanční analýza konstrukčních systémů obytných budov" je výsledkem mé samostatné práce. Veškeré informace, údaje a zdroje uvedené v práci jsou pravdivé a byly řádně citovány a odkazovány na příslušnou literaturu.

V Plzni dne .....

.....

Bc. Petr Zelenka



## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu diplomové práce Ing. Luděkovi Vejvarovi Ph.D. za pomoc během konzultací, při kterých mi věnoval svůj čas a odborné rady. Poděkování patří také dalším vyučujícím, kteří mi poskytli odborné informace během studia. Na závěr bych chtěl projevit vděčnost své rodině a blízkým za jejich morální oporu a podporu po celou dobu mého studia.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zaměřuje na studium konstrukčních systémů obytných budov. V teoretické části jsou analyzovány různé konstrukční systémy, včetně jejich výhod a omezení. Praktická část práce se zaměřuje na provedení výpočtů pro vybrané konstrukční systémy s cílem porovnat jejich finanční náročnost. Výsledky těchto výpočtů poskytují užitečné informace pro odbornou veřejnost při rozhodování o vhodném konstrukčním systému pro obytné budovy.

## **Klíčová slova**

obytné budovy, konstrukční systémy, finanční analýza, železobeton, monolitická konstrukce, prefabrikovaná konstrukce, prefamonolitická konstrukce, zděné konstrukce

## **Abstract**

The thesis focuses on the study of structural systems in residential buildings. The theoretical part, various structural systems are analyzed, including their advantages and limitations. The practical part of the thesis involves conducting calculations for selected structural systems in order to compare their financial requirements. The results of these calculations provide valuable information for the professional community when deciding on an appropriate structural system for residential buildings.

## **Keywords**

residential buildings, structural systems, financial analysis, reinforced concrete, monolithic construction, prefabricated construction, precast monolithic construction, masonry construction

## **Bibliografická citace VŠKP**

ZELENKA, Petr. *Stavební a finanční analýza konstrukčních systémů obytných budov*. Plzeň, 2023. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra mechaniky. Vedoucí práce Ing. Luděk Vejvara, Ph.D.

## Obsah

|  |    |
|--|----|
| Úvod.....  | 15 |
| Literární přehled problematiky .....                                 | 16 |
| 1 Konstrukční systémy .....  | 16 |
| 1.1 Konstrukční systém a jeho funkce .....                           | 16 |
| 1.1.1 Základní funkce konstrukčního systému .....                    | 16 |
| 1.1.2 Volba konstrukčního systému.....                               | 17 |
| 1.2 Zatížení konstrukčního systému.....                              | 18 |
| 1.2.1 Účinky zatížení na konstrukční systém .....                    | 19 |
| 1.3 Konstrukční prvky nosných systémů .....                          | 21 |
| 1.3.1 Statické působení konstrukčních prvků .....                    | 21 |
| 1.3.2 Model statického působení prvků .....                          | 26 |
| 1.3.3 Okrajové podmínky .....  | 27 |
| 1.4 Interakce konstrukčních prvků.....                               | 27 |
| 2 Konstrukční systémy jedno a vícepodlažních budov .....             | 28 |
| 2.1 Konstrukční, materiálové a technologické třídění konstrukcí..... | 28 |
| 2.1.1 Stěnový systém .....   | 29 |
| 2.1.2 Skeletový systém .....   | 30 |
| 2.1.3 Kombinovaný systém .....                                       | 32 |
| 2.2 Uspořádání nosného systému.....                                  | 33 |
| 2.2.1 Vliv výšky na konstrukční řešení systému .....                 | 34 |
| 2.3 Stěnové systémy .....  | 35 |
| 2.3.1 Zděné stěnové systémy .....                                    | 36 |
| 2.3.2 Betonové stěnové systémy .....                                 | 37 |
| 2.3.3 Kovové stěnové systémy .....                                   | 43 |
| 2.3.4 Dřevěné stěnové systémy.....                                   | 43 |
| 2.3.5 Stěnové systémy materiálově a technologicky kombinované .....  | 44 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.4   | Sloupové systémy.....  | 44 |
| 2.4.1 | Specifické problémy konstrukčního návrhu sloupových systémů.....   | 44 |
| 2.4.2 | Zděné sloupové a pilířové systémy.....                             | 45 |
| 2.4.3 | Betonové sloupové systémy.....                                     | 46 |
| 2.4.4 | Kovové sloupové systémy .....                                      | 52 |
| 2.4.5 | Dřevěné sloupové systémy .....                                     | 53 |
| 2.4.6 | Systémy materiálově a technologicky kombinované.....               | 55 |
| 2.5   | Kombinované systémy .....  | 56 |
| 2.5.1 | Kombinace stěn a sloupů v horizontální rovině.....                 | 56 |
| 2.5.2 | Jádrové systémy .....  | 57 |
| 2.5.3 | Vertikálně kombinované systémy.....                                | 59 |
| 2.6   | Prostorová prefabrikace .....                                      | 60 |
| 2.7   | Konstrukční systémy výškových budov.....                           | 61 |
| 2.8   | Superkonstrukce.....   | 62 |
|       | Praktická část .....   | 63 |
| 3     | Metodika práce .....   | 63 |
| 3.1   | Stavební parametry.....  | 63 |
| 3.2   | Finanční analýza.....  | 63 |
| 3.3   | Porovnání a výsledky práce .....                                   | 63 |
| 3.4   | Použitý software.....  | 64 |
| 4     | Stavební parametry .....   | 64 |
| 4.1   | Stavební parametry – stropní konstrukce.....                       | 64 |
| 4.1.1 | Zatížení .....   | 64 |
| 4.1.2 | Monolitické železobetonové stropní konstrukce .....                | 66 |
| 4.1.3 | Prefabrikované stropní panely – panely SPIROLL .....               | 87 |
| 4.1.4 | Prefamonolitická stropní konstrukce – filigránová konstrukce ..... | 89 |
| 4.1.5 | Prefamonolitická stropní konstrukce – skládaný strop MIAKO .....   | 92 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 4.2    | Stavební parametry – stěny .....                         | 94  |
| 4.2.1  | Železobetonové monolitické stěny .....                   | 94  |
| 4.2.2  | Stěny z keramických tvárnic Porotherm .....              | 95  |
| 4.2.3  | Stěny z vápenopískových tvárnic Silka .....              | 95  |
| 5      | Finanční analýza.....                                    | 95  |
| 5.1    | Finanční analýza.....                                    | 95  |
| 5.1.1  | Monolitické stropní desky 5,5x5,5 m .....                | 96  |
| 5.1.2  | Stropní deska 8,25x8,25 m spojitá křížem pnutá.....      | 98  |
| 5.1.3  | Panelový strop na 5,5 m.....                             | 100 |
| 5.1.4  | Panelový strop na 8,25 m.....                            | 100 |
| 5.1.5  | Filigránový strop na 5,5 m.....                          | 101 |
| 5.1.6  | Filigránový strop na 8,25 m.....                         | 101 |
| 5.1.7  | Skládaný MIAKO strop na 5,5 m .....                      | 102 |
| 5.1.8  | Monolitická ŽB stěna tl. 200 mm .....                    | 103 |
| 5.1.9  | Monolitická ŽB stěna tl. 250 mm .....                    | 103 |
| 5.1.10 | Stěna z keramických tvárnic Porotherm 30 .....           | 103 |
| 5.1.11 | Stěna z keramických tvárnic Porotherm 38 .....           | 104 |
| 5.1.12 | Stěna z vápenopískových tvárnic Silka tl. 200 mm .....   | 105 |
| 5.1.13 | Stěna z vápenopískových tvárnic Silka tl. 240 mm .....   | 105 |
| 6      | Porovnání a výsledky práce .....                         | 106 |
| 6.1.1  | Porovnání cen stropních konstrukcí.....                  | 106 |
| 6.1.1  | Porovnání cen stěn .....                                 | 108 |
| 6.1.2  | Porovnání cen jednotlivých kombinací stropů a stěn ..... | 109 |
| 7      | Diskuze výsledků.....                                    | 114 |
| 8      | Závěr.....   | 115 |
| 9      | Reference.....   | 117 |

## Seznam obrázků

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1 - Namáhání sloupu a pilíře; Zdroj:(Hájek, 2007) .....   | 21 |
| Obrázek 2 - Namáhání stěny; Zdroj:(Hájek, 2007) .....   | 21 |
| Obrázek 3 - Namáhání trámu; Zdroj:(Hájek, 2007) .....   | 22 |
| Obrázek 4 - Namáhání desky; Zdroj:(Hájek, 2007) .....   | 22 |
| Obrázek 5 - Namáhání tuhého rámu; Zdroj:(Hájek, 2007).....  | 23 |
| Obrázek 6 - Namáhání jádra; Zdroj:(Hájek, 2007).....  | 23 |
| Obrázek 7 - Namáhání příhradové konstrukce; Zdroj:(Hájek, 2007).....  | 24 |
| Obrázek 8 - Namáhání Vierendeelova nosníku; Zdroj:(Hájek, 2007).....  | 24 |
| Obrázek 9 - Namáhání obloukové konstrukce; Zdroj:(Hájek, 2007) .....  | 25 |
| Obrázek 10 - Namáhání klenby; Zdroj:(Hájek, 2007).....  | 25 |
| Obrázek 11 - Namáhání skořepiny; Zdroj:(Hájek, 2007).....   | 25 |
| Obrázek 12 - Namáhání lanové konstrukce; Zdroj:(Hájek, 2007).....   | 26 |
| Obrázek 13 - Prutový prvek; Zdroj:(Hájek, 2007) .....   | 26 |
| Obrázek 14 - Plošný prvek; Zdroj:(Hájek, 2007) .....  | 27 |
| Obrázek 15 - Prostorový prvek; Zdroj:(Hájek, 2007).....   | 27 |
| Obrázek 16 - 3D model a půdorys stěnového příčného systému; Zdroj:(autor, 2023).....  | 29 |
| Obrázek 17 - 3D model a půdorys stěnového obousměrného systému; Zdroj:(autor, 2023)<br>.....  | 30 |
| Obrázek 18 - 3D model a půdorys skeletového příčného systému; Zdroj:(autor, 2023).....  | 31 |
| Obrázek 19 - 3D model a půdorys skeletového podélného systému; Zdroj:(autor, 2023) ..   | 31 |
| Obrázek 20 - 3D model a půdorys skeletového obousměrného systému; Zdroj:(autor, 2023)<br>.....  | 32 |
| Obrázek 21 - 3D model kombinovaného systému; Zdroj:(autor, 2023).....   | 32 |
| Obrázek 22 - Odpor jednoduché stěny a sestavy stěn; Zdroj:(Hájek, 2007) .....   | 33 |
| Obrázek 23 - Porovnání kvadratických momentů a váhy průřezů; Zdroj:(autor, 2023) ....   | 34 |
| Obrázek 24 - Porovnání odporu úzké a široké stěny; Zdroj:(autor, 2023) .....  | 35 |
| Obrázek 25 - Zděná budova; Zdroj:(Hájek, 2011) .....  | 36 |
| Obrázek 26 - Monolitická železobetonová konstrukce; Zdroj:(ASB, 2019) [online] [cit.<br>20.05.2023] Dostupné z: <a href="https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zaklady-a-hrubastavba/betonaz/zaostreno-na-monoliticke-betonove-konstrukce">https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zaklady-a-hrubastavba/betonaz/zaostreno-na-monoliticke-betonove-konstrukce</a> ..... | 39 |



|  |    |
|--|----|
| Obrázek 27 - Prefabrikovaná budova; Zdroj:(Pospíšil, 2020) [online] [cit. 20.05.2023]<br>Dostupné z: <a href="https://tvstav.cz/clanek/5752-halasytem-ks-prefa-energeticky-efektivni-betonova-hala">https://tvstav.cz/clanek/5752-halasytem-ks-prefa-energeticky-efektivni-betonova-hala</a> .....   | 41 |
| Obrázek 28 - Prefamonolitický systém ztraceného bednění; Zdroj:(Obršliková, 2021)<br>[online] [cit. 20.05.2023] Dostupné z: <a href="https://stavimbydlim.cz/jak-postavit-zaklady-domu-zakladove-pasy-a-zakladova-deska/">https://stavimbydlim.cz/jak-postavit-zaklady-domu-zakladove-pasy-a-zakladova-deska/</a> .....  | 42 |
| Obrázek 29 - Dřevěný stěnový systém; Zdroj:(Kristová, 2021) [online] [cit. 20.05.2023]<br>Dostupné z: <a href="https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/6726-konstrukce-drevostaveb-z-clt-panelu-novatop">https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/6726-konstrukce-drevostaveb-z-clt-panelu-novatop</a> .....            | 43 |
| Obrázek 30 - Vyztužení zděné konstrukce; Zdroj:(autor, 2023) .....   | 46 |
| Obrázek 31 - Monolitická bezprůvlaková skeletová stavba; Zdroj:(Zahradnický, 2018)<br>[online] [cit. 20.05.2023] Dostupné z: <a href="https://tvstav.cz/clanek/5238-kompatibilita-bednicich-systemu-peri-usnadnuje-reseni-cele-stavby">https://tvstav.cz/clanek/5238-kompatibilita-bednicich-systemu-peri-usnadnuje-reseni-cele-stavby</a> .....   | 47 |
| Obrázek 32 - Spoj prefabrikovaných dílců; Zdroj:(autor, 2021) .....  | 49 |
| Obrázek 33 - Bezprůvlakový systém lehkého skeletu; Zdroj:(dk.spsopava.cz) [online] [cit. 20.05.2023]<br>Dostupné z: <a href="http://dk.spsopava.cz:8080/fotogalzoom.php?adr=dFgx9N_2015018_140406">http://dk.spsopava.cz:8080/fotogalzoom.php?adr=dFgx9N_2015018_140406</a> .....  | 50 |
| Obrázek 34- Prefabrikované průvlaky; Zdroj:(dk.spsopava.cz) [online] [cit. 20.05.2023]<br>Dostupné z: <a href="http://dk.spsopava.cz:8080/fotogalzoom.php?adr=dFgx9N_2015018_140406">http://dk.spsopava.cz:8080/fotogalzoom.php?adr=dFgx9N_2015018_140406</a> .....  | 50 |
| Obrázek 35 - Filigránová deska; Zdroj:(žpsv) [online] [cit. 20.05.2023] Dostupné z:<br><a href="https://www.zpsv.cz/pozemni-stavby/prefabrikaty-pro-stropy-a-strechy/zakazkova-vyroba-prefabrikovanych-zelezobetonovych-desek-pro-sprazene-konstrukce/">https://www.zpsv.cz/pozemni-stavby/prefabrikaty-pro-stropy-a-strechy/zakazkova-vyroba-prefabrikovanych-zelezobetonovych-desek-pro-sprazene-konstrukce/</a> ..... | 51 |
| Obrázek 36 - Šroubový spoj; Zdroj:(Pagáč, 2013) [online] [cit. 20.05.2023] Dostupné z:<br><a href="https://www.mujsolidworks.cz/zakladni-druhy-sroubovych-spoju-a-jejich-zobrazeni-na-vykrese-2">https://www.mujsolidworks.cz/zakladni-druhy-sroubovych-spoju-a-jejich-zobrazeni-na-vykrese-2</a> .....  | 53 |
| Obrázek 37 - Protipožární obklad Promat; Zdroj:(Promat) [online] [cit. 20.05.2023]<br>Dostupné z: <a href="https://ww3.promatpraha.cz/konstrukce/ocelove-nosne-konstrukce/">https://ww3.promatpraha.cz/konstrukce/ocelove-nosne-konstrukce/</a> .....  | 53 |
| Obrázek 38 - Dřevěný lehký skelet; Zdroj:(Vejvara, 2018) [online] [cit. 20.05.2023]<br>Dostupné z: <a href="https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/17105-stanoveni-svislych-sil-od-zatizeni-drevene-vyskove-budovy">https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/17105-stanoveni-svislych-sil-od-zatizeni-drevene-vyskove-budovy</a> .....   | 54 |
| Obrázek 39 - Dřevěný těžký skelet; Zdroj:(tzb.info) [online] [cit. 20.05.2023] Dostupné z:<br><a href="https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/355-druhy-drevostaveb">https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/355-druhy-drevostaveb</a> .....  | 55 |

|  |    |
|--|----|
| Obrázek 40 - Kolmé ztužení stěnami; Zdroj:(autor, 2023).....   | 57 |
| Obrázek 41 - Umístění ztužujícího jádra; Zdroj:(autor, 2023) .....   | 58 |
| Obrázek 42- Namáhání ztužujícího jádra; Zdroj:(autor, 2023) .....  | 59 |
| Obrázek 43 - Vertikálně kombinovaný systém; Zdroj:(ASB) [online] [cit. 20.05.2023]<br>Dostupné z: <a href="https://www.asb-portal.cz/architektura/byty/bytove-domy/neugraf-novy-multifunkcni-areal-v-industrialnim-stylu/attachment/zivy-parter-otevreny-do-okolnich-ulic">https://www.asb-portal.cz/architektura/byty/bytove-domy/neugraf-novy-multifunkcni-areal-v-industrialnim-stylu/attachment/zivy-parter-otevreny-do-okolnich-ulic</a><br>..... | 60 |
| Obrázek 44- Prostorově prefabrikovaná budova; Zdroj:(Vrbík, 2010) [online] [cit. 20.05.2023] Dostupné z: <a href="https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/rodinne-domy-z-hotovych-prostorovych-modulu">https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/rodinne-domy-z-hotovych-prostorovych-modulu</a> .....   | 61 |
| Obrázek 45 - Skladba superkonstrukce; Zdroj:(autor, 2023) .....  | 62 |
| Obrázek 46 - Empirický výpočet tloušťky desky; Zdroj:(Lorenz, 2014) [online] [cit. 20.05.2023] Dostupné z: <a href="https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-1-1-1-1/">https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-1-1-1-1/</a> .....   | 66 |
| Obrázek 47 – Ohybové momenty $m_x$ na spojitě desce 5,5x5,5 m křížem pnuté; Zdroj:(autor,2023).....  | 68 |
| Obrázek 48 – Ohybové momenty $m_y$ na spojitě desce 5,5x5,5 m křížem pnuté; Zdroj:(autor, 2023) .....  | 68 |
| Obrázek 49 – Ohybové momenty $m_x$ na nespojitě desce 5,5x5,5 m křížem pnuté; Zdroj:(autor,2023).....  | 69 |
| Obrázek 50 – Ohybové momenty $m_y$ na nespojitě desce 5,5x5,5 m křížem pnuté; Zdroj:(autor, 2023) .....  | 70 |
| Obrázek 51 - Ohybové momenty $m_x$ spojitě desky na 5,5 m jednostranně pnuté; Zdroj:(autor, 2023) .....  | 71 |
| Obrázek 52 - Ohybové momenty $m_y$ spojitě desky na 5,5 m jednostranně pnuté; Zdroj:(autor, 2023) .....  | 71 |
| Obrázek 53 - Ohybové momenty $m_x$ nespojitě desky na 5,5 m jednostranně pnuté .....<br>Zdroj:(autor, 2023).....   | 72 |
| Obrázek 54 - Ohybové momenty $m_y$ nespojitě desky na 5,5 m jednostranně pnuté .....<br>Zdroj:(autor, 2023).....   | 72 |
| Obrázek 55 - Ohybové momenty $m_x$ spojitě desky na 8,25 m jednostranně pnuté .....<br>Zdroj:(autor, 2023).....  | 73 |
| Obrázek 56 - Ohybové momenty $m_y$ spojitě desky na 8,25 m jednostranně pnuté .....<br>Zdroj:(autor, 2023).....  | 74 |

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 57 - Ohybové momenty $m_x$ nespojitě desky na 8,25 m jednostranně pnuté .....                       |    |
| Zdroj:(autor, 2023).....  | 75 |
| Obrázek 58 - Ohybové momenty $m_y$ nespojitě desky na 8,25 m jednostranně pnuté .....                       |    |
| Zdroj:(autor, 2023).....  | 75 |
| Obrázek 59 - Ohybové momenty $m_x$ spojitě desky na 8,25 m jednostranně pnuté .....                         |    |
| Zdroj:(autor, 2023).....  | 76 |
| Obrázek 60 - Ohybové momenty $m_y$ spojitě desky na 8,25 m jednostranně pnuté .....                         |    |
| Zdroj:(autor, 2023).....  | 76 |
| Obrázek 61 - Ohybové momenty $m_x$ nespojitě desky na 8,25 m jednostranně pnuté .....                       |    |
| Zdroj:(autor, 2023).....  | 77 |
| Obrázek 62 - Ohybové momenty $m_y$ nespojitě desky na 8,25 m jednostranně pnuté .....                       |    |
| Zdroj:(autor, 2023).....  | 78 |
| Obrázek 63 - Nutná výztuž na křížem pnuté spojitě desce 5,5x5,5 m; Zdroj:(autor, 2023)<br>.....             | 79 |
| Obrázek 64 - Návrh výztuže na křížem pnuté spojitě desce 5,5x5,5 m; Zdroj:(autor, 2023)<br>.....            | 79 |
| Obrázek 65 - Nutná výztuž na křížem pnuté nespojitě desce 5,5x5,5 m; Zdroj:(autor, 2023)<br>.....           | 80 |
| Obrázek 66 - Návrh výztuže na křížem pnuté nespojitě desce 5,5x5,5 m; Zdroj:(autor, 2023)<br>.....          | 80 |
| Obrázek 67 - Nutná výztuž na jednostranně pnuté spojitě desce rozpětí 5,5 m; Zdroj:(autor,<br>2023) .....   | 81 |
| Obrázek 68 - Návrh výztuže na jednostranně pnuté spojitě desce rozponu 5,5 m;<br>Zdroj:(autor, 2023) .....  | 81 |
| Obrázek 69 - Nutná výztuž na jednostranně pnuté nespojitě desce rozpětí 5,5 m; Zdroj:(autor,<br>2023) ..... | 82 |
| Obrázek 70 - Návrh výztuže na jednostranně pnuté nespojitě desce 5,5x5,5 m; Zdroj:(autor,<br>2023) .....    | 82 |
| Obrázek 71 - Nutná výztuž na křížem pnuté spojitě desce 8,25x8,25 m; Zdroj:(autor, 2023)<br>.....           | 83 |
| Obrázek 72 - Návrh výztuže na křížem pnuté spojitě desce 8,25x8,25 m; Zdroj:(autor, 2023)<br>.....          | 83 |

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 73 - Nutná výztuž na křížem pnuté nespojitě desce 8,25x8,25 m; Zdroj:(autor, 2023)<br>.....   | 84 |
| Obrázek 74 - Návrh výztuže na křížem pnuté nespojitě desce 8,25x8,25 m; Zdroj:(autor,<br>2023) .....  | 84 |
| Obrázek 75 - Nutná výztuž na jednostranně pnuté spojitě desce rozpětí 8,25 m; Zdroj:(autor,<br>2023) .....  | 85 |
| Obrázek 76 - Návrh výztuže na jednostranně pnuté spojitě desce rozponu 8,25 m;<br>Zdroj:(autor, 2023).....  | 85 |
| Obrázek 77 - Nutná výztuž na jednostranně pnuté nespojitě desce rozpětí 8,25 m;<br>Zdroj:(autor, 2023).....   | 86 |
| Obrázek 78 - Návrh výztuže na jednostranně pnuté nespojitě desce rozponu 8,25m;<br>Zdroj:(autor, 2023).....   | 86 |
| Obrázek 79 - Specifikace filigránu a nadbetonávky pro místnost šířky 6 m;<br>Zdroj:( NORDSTROP) [online] [cit. 20.05.2023] Dostupné z: <a href="https://cznord.cz/wp-content/uploads/2019/03/F2-tabukla-pro-navrhov%C3%A1n%C3%AD.pdf">https://cznord.cz/wp-content/uploads/2019/03/F2-tabukla-pro-navrhov%C3%A1n%C3%AD.pdf</a> .....  | 90 |
| Obrázek 80 - Specifikace filigránu a nadbetonávky pro místnost šířky 8 m; Zdroj:(<br>NORDSTROP) [online] [cit. 20.05.2023] Dostupné z: <a href="https://cznord.cz/wp-content/uploads/2019/03/F2-tabukla-pro-navrhov%C3%A1n%C3%AD.pdf">https://cznord.cz/wp-content/uploads/2019/03/F2-tabukla-pro-navrhov%C3%A1n%C3%AD.pdf</a> .....  | 91 |
| Obrázek 81 - Možné zatížení stropu Porotherm MIAKO PTH; Zdroj:(WIENEBERGER)<br>[online] [cit. 20.05.2023] Dostupné z: <a href="https://www.wienerberger.cz/content/dam/wienerberger/czech-republic/marketing/documents-magazines/instructions-guidelines/CZ_Podklad_pro_navrhovani.pdf">https://www.wienerberger.cz/content/dam/wienerberger/czech-republic/marketing/documents-magazines/instructions-guidelines/CZ_Podklad_pro_navrhovani.pdf</a> ..... | 93 |

## Seznam grafů

|   |     |
|---|-----|
| Graf 1 - Charakteristické zatížení panelu SPH 16097; Zdroj:(STROPSYSTEM) [online] [cit. 20.05.2023] Dostupné z: <a href="https://stropsystem.cz/stropni-dilec-sph-vysky-165-mm">https://stropsystem.cz/stropni-dilec-sph-vysky-165-mm</a> ..... | 87  |
| Graf 2 - Charakteristické zatížení panelu SPH 25042; Zdroj:(STROPSYSTEM) [online] [cit. 20.05.2023] Dostupné z: <a href="https://stropsystem.cz/stropni-dilec-sph-vysky-250-mm">https://stropsystem.cz/stropni-dilec-sph-vysky-250-mm</a> ..... | 88  |
| Graf 3 - Porovnání cen stropních konstrukcí; Zdroj:(autor, 2023) .....  | 107 |
| Graf 4 - Porovnání cen jednotlivých stěn; Zdroj:(autor, 2023) .....   | 108 |
| Graf 5 - Porovnání cen kombinací na rozpětí 5,5m; Zdroj:(autor, 2023) .....   | 111 |
| Graf 6 - Porovnání cen kombinací na rozpětí 8,25m; Zdroj:(autor, 2023) .....  | 111 |
| Graf 7 - Porovnání cen všech kombinací; Zdroj:(autor, 2023) .....   | 112 |
| Graf 8 - Porovnání cen všech kombinací od nejlevnější; Zdroj:(autor, 2023) .....  | 112 |

## Seznam tabulek

|   |     |
|---|-----|
| Tabulka 1 - Výpočet užitého zatížení; Zdroj:(autor,2023) .....                                  | 65  |
| Tabulka 2 - Výpočet stálého zatížení; Zdroj:(autor, 2023).....                                  | 65  |
| Tabulka 3 – Výpočet ceny monolitických stropních desek 5,5x5,5m; Zdroj:(autor, 2023)            | 96  |
| Tabulka 4 – Výpočet ceny monolitických stropních desek 8,25x8,25m; Zdroj:(autor, 2023)<br>..... | 98  |
| Tabulka 5 – Výpočet ceny stropu SPIROLL na 5,5m; Zdroj:(autor, 2023).....                       | 100 |
| Tabulka 6 – Výpočet ceny stropu SPIROLL na 8,25m; Zdroj:(autor, 2023).....                      | 101 |
| Tabulka 7 – Výpočet ceny filigránového stropu na 5,5m; Zdroj:(autor, 2023) .....                | 101 |
| Tabulka 8 – Výpočet ceny filigránového stropu na 8,25m; Zdroj:(autor, 2023) .....               | 102 |
| Tabulka 9 – Výpočet ceny stropu MIAKO na 5,5m; Zdroj:(autor, 2023) .....                        | 102 |
| Tabulka 10 – Výpočet ceny monolitické stěny tloušťky 200mm; Zdroj:(autor, 2023) ...             | 103 |
| Tabulka 11 – Výpočet ceny monolitické stěny tloušťky 250mm; Zdroj:(autor, 2023) ...             | 103 |
| Tabulka 12 – Výpočet ceny stěny Porotherm tloušťky 300mm; Zdroj:(autor, 2023).....              | 104 |
| Tabulka 13 – Výpočet ceny stěny Porotherm tloušťky 380mm; Zdroj:(autor, 2023).....              | 104 |
| Tabulka 14 – Výpočet ceny stěny Silka tloušťky 200mm; Zdroj:(autor, 2023) .....                 | 105 |
| Tabulka 15 – Výpočet ceny stěny Silka tloušťky 240mm; Zdroj:(autor, 2023) .....                 | 105 |
| Tabulka 16 - Určení zkratk pro jednotlivé konstrukce; Zdroj:(autor, 2023) .....                 | 106 |
| Tabulka 17 - Porovnání a pořadí cen stropních konstrukcí; Zdroj:(autor, 2023) .....             | 107 |
| Tabulka 18 - Porovnání a pořadí cen stěn; Zdroj:(autor, 2023) .....                             | 108 |
| Tabulka 19 - Porovnání a pořadí cen všech kombinací; Zdroj:(autor, 2023) .....                  | 110 |

## Úvod

Tato diplomová práce se zabývá problematikou konstrukčních systémů v oblasti stavebnictví. Konstrukční systémy představují základní stavební prvky a technologie, které určují pevnost, stabilitu a funkčnost budov. Cílem této práce je analyzovat a porovnat různé konstrukční systémy pro jedno a vícepodlažní budovy a zhodnotit jejich výhody a nevýhody z hlediska technických, ekonomických a udržitelných faktorů.

První část práce se zaměřuje na teoretický základ problematiky konstrukčních systémů. Jsou zde vymezeny základní funkce konstrukčního systému a popsána volba vhodného systému pro konkrétní stavbu. Dále se práce zabývá zatížením konstrukčního systému a jeho účinky na pevnost a stabilitu budovy. Jsou také zkoumány konstrukční prvky nosných systémů a jejich modelování.

Druhá část práce se zaměřuje na konkrétní typy konstrukčních systémů pro jedno a vícepodlažní budovy. Jsou zde popsány stěnové systémy, sloupové systémy a kombinované systémy. Každý typ systému je podrobně analyzován z hlediska materiálového a technologického třídění, a je uvedeno několik konkrétních příkladů a jejich specifických vlastností.

Praktická část práce se zaměřuje na současný stav řešené problematiky doma i v zahraničí. Jsou zde formulovány cíle práce a popsána metodika práce a výzkumné metody použité při sběru dat. Dále se práce zabývá stavebními parametry, konkrétně stropními konstrukcemi a stěnami. Jsou porovnány různé typy konstrukcí z hlediska jejich zatížení, materiálu a technologie.

Finanční analýza je důležitou součástí této práce. Jsou provedeny ekonomické výpočty a porovnání nákladů na jednotlivé konstrukční systémy. Výsledky jsou prezentovány v podobě tabulek a grafů.

V závěru práce jsou shrnuty výsledky a porovnání jednotlivých konstrukčních systémů. Jsou diskutovány výhody a nevýhody jednotlivých systémů a je navržen nejvhodnější systém pro konkrétní stavbu.

Tato diplomová práce může přispívat k lepšímu porozumění problematice konstrukčních systémů v oblasti stavebnictví a poskytuje podklady pro rozhodování o volbě optimálního systému pro konkrétní stavbu.

# Literární přehled problematiky

## 1 Konstrukční systémy

### 1.1 Konstrukční systém a jeho funkce

Konstrukční systém staveb je skupina prvků, které jsou spojovány styky v jeden objekt. Jejich vzájemná korelace zajišťuje plnění funkcí a požadavků, které jsou na systém kladeny. (1)

*„Konstrukční prvek je celek složený z navzájem propojených konstrukčních prvků a subsystémů, které jsou vzhledem k vnějšímu působení okolí (zatížení aj.) ve vztahu vzájemné interakce. Konstrukční systém existuje v interakci s okolím a prokazuje cílové chování.“ (1)*

Konstrukční systém lze taktéž definovat jako množinu konstrukčních prvků včetně jejich vazeb mezi nimi. Jednotlivé prvky plní své specifické funkce v celkovém systému a díky interakci s dalšími prvky zajišťují i funkce jiných částí budovy. Toto spolupůsobení lze považovat za pozitivní (např. zvyšování celkové tuhosti objektu pomocí tuhé příčky), nebo i za negativní (např. poruchy příček způsobené průhybem stropu). (1)

#### 1.1.1 Základní funkce konstrukčního systému

Základní požadavky kladené na konstrukční systémy jsou totožné se základními požadavky na bezpečnost a vlastnosti staveb:

- **mechanická odolnost a stabilita,**
- **požární bezpečnost** (Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany obyvatelstva.),
- **ochrana zdraví osob a zvířat, zdravých životních podmínek a životního prostředí** (Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů., Vyhláška č. 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva.),
- **ochrana proti hluku** (Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.),
- **bezpečnost při užívání,**



- **úspora energie a tepelná ochrana** (Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů., Vyhláška č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov.).

Tyto požadavky musí stavba splňovat při běžné údržbě a při působení předvídatelných vlivů po dobu plánované životnosti staveb. Veškeré použité výrobky, navržené a zároveň použité, musí zaručit, že budova jako celek splňuje stanovené požadavky. (2)

Veškeré funkce konstrukčního systému zajišťují jeho součásti, kterými jsou zejména:

- **nosné konstrukce,**
- **kompletační konstrukce** (obalové a dělící konstrukce),
- **technické zařízení,**
- **funkční vybavení** (rozdělené podle skupin pozemních staveb – stavby pro bydlení, občanské stavby, průmyslové stavby, zemědělské stavby),
- **technologické vybavení.**

Základní funkcí bývá považována zejména nosná funkce, která je sice nutným základem budovy, ale kvalitní návrh konstrukčního systému je v případě pozemních staveb hlavně o rovnováze všech součástí systému. V ostatních případech staveb, jako jsou například stavby vodohospodářské, je nejdůležitější právě funkce nosná, které jsou ostatní funkční součásti podřízeny. Tato skutečnost vyžaduje po projektantech pozemních staveb komplexní přístup pro návrh systému, který nebude preferovat jen jednu z funkčních součástí (např. přílišný důraz na vzduchovou neprůzvučnost, která vyžaduje co možná největší plošnou hmotnost konstrukce, což je v protikladu s hospodárným návrhem nosného systému). Projektant tedy musí najít kompromis mezi všemi funkcemi konstrukčního systému. (1)

### 1.1.2 Volba konstrukčního systému

Volba správného konstrukčního systému spočívá primárně na základních požadavcích na bezpečnost a vlastnosti staveb. Dalšími požadavky, které určují správný výběr, jsou zejména přání investora a záměr projektanta.

Hlavním parametrem výběru je mimo jiné prostorové řešení objektu (tvar, půdorysný tvar a výška). Dalšími parametry, které jsou podmnožinou prostorového řešení, jsou konstrukční výšky podlaží, modulace systému a volba materiálů a technologie výstavby.

Dalším aspektem správné volby systému je spolupráce mezi architekty, projektanty, statiky, techniky apod. Komplexní interakce těchto profesí má předpoklady k optimálnímu návrhu systému, který splní požadavky na něj kladené. (1)

## 1.2 Zatížení konstrukčního systému

Zatížení lze definovat jako působení všech okolních vlivů na systém. Pojem zatížení lze chápat jako působení okolí na konstrukci, vyvolující v konstrukčním prvku vznik deformací a napětí.

Klasifikace zatížení:

Podle účinků:

- Přímé zatížení (přímo působící na konstrukci)
- Nepřímé zatížení (nepřímo působící na konstrukci – například účinky teploty)

Podle proměnlivosti v čase:

- Stálé zatížení (např. vlastní tíha, další konstrukce)
- Nahodilé zatížení (rozdělení – dlouhodobé, střednědobé, krátkodobé, okamžité a mimořádné)

Podle proměnlivosti v prostoru:

- Pevná zatížení (např. vlastní tíha)
- Volná zatížení (např. zatížení sněhem)

Podle odezvy konstrukce:

- Statické (nevyvolává v konstrukci zrychlení, jen napětí a deformaci)
- Dynamické (vyvolává v konstrukci zrychlení)

Podle druhu:

- Stálé zatížení (např. vlastní tíha, zatížení působícími tlaky)
- Nahodilé zatížení (např. užitné, klimatické zatížení) (3)

## 1.2.1 Účinky zatížení na konstrukční systém

Z hlediska konstrukčně statického se zatížení chápe jako souhrn různých jevů a to zejména dynamická, statická a další zatížení například chemické a biologické vlivy, Tyto jevy vyvolávají v konstrukci deformace, statická zatížení napětí a dynamická zatížení zrychlení. (1)

### 1.2.1.1 Zatížení vlastní tíhou

Zatížení vlastní tíhou je zatížení, které zvyšuje zatížení na sebe samo svojí hmotností vztažené k objemu prvku. Tento jev tedy zvyšuje zatížení na konstrukce, přes které se dále přenáší zatížení (sloup, základ, zemina základové spáry apod.). To je hlavní důvod, proč se vyvíjí snaha o co největší redukci vlastní tíhy prvku. Ovšem vlastní tíha může na konstrukci působit příznivě (např. zajištění vodorovné tuhosti budovy). Dalším pozitivem vlastní tíhy je vzduchová neprůzvučnost konstrukce, která roste zvýšením hmotností prvku, proto je nutno na návrh konstrukce nahlížet komplexně. (1)

### 1.2.1.2 Zatížení stálá

Zatížení stálá vyvozují zabudované konstrukce nebo vrstvy, které přenáší svoji vlastní tíhu, případně další zatížení (vlastní tíhy dalších konstrukcí) na ně kladená, do navrhované konstrukce. Ve zkratce lze tvrdit, že stálé zatížení na konstrukci je součtem vlastních tíh prvků, které zatěžují konstrukci navrhovanou. (1)

### 1.2.1.3 Zatížení užitná

Užitná zatížení vznikají provozem v budově a kategorizují se podle druhu provozu. Z důvodu možných budoucích rekonstrukcí nebo jiných přestaveb je nutno užitné zatížení započítávat s určitou rezervou. Podle poměru užitného zatížení se zatížením vlastní tíhou lze stanovit efektivnost nosného konstrukčního systému. Sledovaným činitelem v tomto porovnání je velikost zatížení, případně poměr ceny nosných konstrukcí k velikosti užitného zatížení. (1)

### 1.2.1.4 Zatížení větrem

Zatížení větrem působí na konstrukci tlakem a sáním. Je pravidlem, že čím vyšší budova, tím vyšší zatížení větrem na ni působí a tím větší je kladen důraz na návrh nosného systému včetně základů budovy. Zatížení větrem je přenášeno zejména prostorovou tuhostí budovy, její stabilitou a stabilitou základů. Sání je účinek, který působí hlavně na obalové konstrukce budovy, zejména na jejich kotvení k nosnému systému. (1)

#### **1.2.1.5 Zatížení sněhem**

Zatížení sněhem působí především na konstrukce střechy, největší účinek má u velkorozponových haly. S přibývajícím vlastní tíhou systému (počet podlaží) se důležitost zatížení sněhem zmenšuje. (1)

#### **1.2.1.6 Zatížení teplotou**

Zatížení teplotou má vliv primárně na obalové vrstvy konstrukce, nemalý vliv má však i na nosnou konstrukci, ve které vyvoluje změna teploty objemové změny. Z důvodu těchto změn objemu se do konstrukcí vkládají dilatační spáry, které mají za úkol tyto objemové změny pojmout. (1)

#### **1.2.1.7 Seizmická zatížení**

Seizmické zatížení se započítává v oblastech zatížených seizmicitou. Hlavním kritériem, při posuzování budovy na toto zatížení, je výšková poloha těžiště hmoty. Objekty, které mají těžiště ve vyšších podlažích, jsou na seizmická zatížení náchylnější než v objektech, kde se těžiště hmoty nachází v podlažích nižších. (1)

#### **1.2.1.8 Zatížení předpětím**

Zatížení předpětím lze definovat jako zvýšení únosnosti prvku pomocí vnesení určitého napětí. Toto řešení se využívá zejména ve velkorozponových objektech nebo v dopravních stavbách. (1)

#### **1.2.1.9 Mimořádná zatížení**

Jedná se o nepředvídatelná zatížení způsobená například výbuchem nebo nárazem vozidla. Budovy by měly být navrženy tak, aby se i přes poruchu části konstrukčního systému nezřítla celá budova. (1)

#### **1.2.1.10 Zatížení montážní**

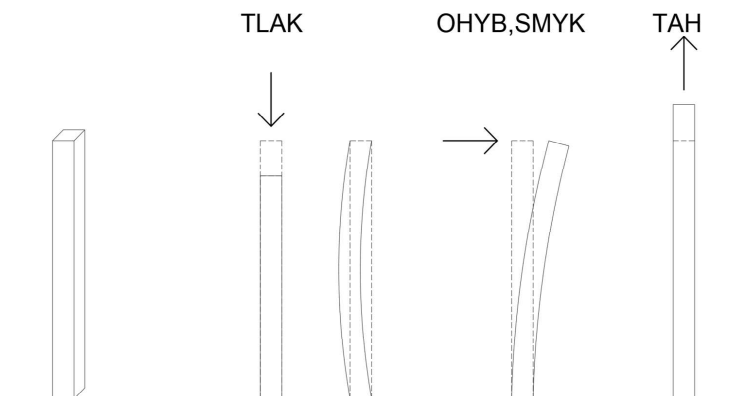
Mezi toto zatížení se řadí účinky od přepravy a montáže jednotlivých prvků konstrukce během její výstavby. Dále se do této kapitoly řadí i zatížení od výstavby konstrukcí (např. monolitické konstrukce v čerstvém stavu obsahují vodu a jsou tedy těžší než konstrukce vytvrdlé). (1)

## 1.3 Konstrukční prvky nosných systémů

### 1.3.1 Statické působení konstrukčních prvků

#### 1.3.1.1 Sloup, pilíř

Sloup a pilíř jsou prvky, kde výška značně převažuje nad rozměry průřezu (šířka a délka). Jsou namáhány hlavně tlakem, často však i ohybem nebo smykem (Obrázek 1). Kroucení a tah se u tohoto prvku objevují ojediněle. Únosnost v tlaku se v těchto prvcích redukuje takzvanými vzpěrnými součiniteli, které reprezentují skutečnost, že sloupy a pilíře mohou při určité velikosti tlaku vybočit. Součinitel vzpěru se určuje podle typu uložení prvku (klouby, vetknutí a jejich kombinace) a orientace průřezu (je předpoklad, že se bude deformovat ta strana průřezu s menším kvadratickým momentem). Součinitel je následně vynásoben délkou prvku a výsledkem je efektivní délka prvku. (1)

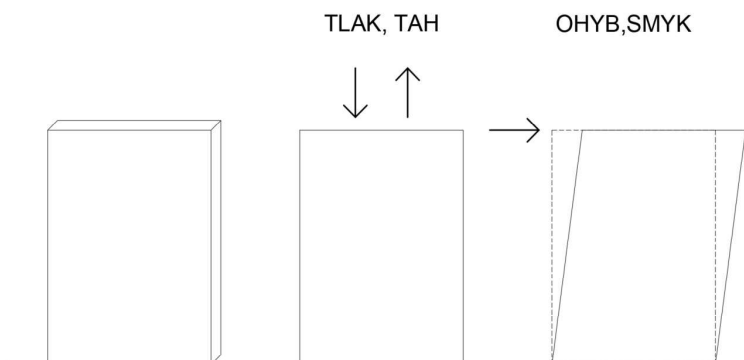


Obrázek 1 - Namáhání sloupu a pilíře

Zdroj: (Hájek, 2007)

#### 1.3.1.2 Stěna

Stěna je prvek, kde její délka a výška značně převažuje nad její šířkou. Stěna je namáhána stejně jako sloup nebo pilíř a to tlakem, ohybem, smykem a eventuálně kroucením nebo tahem (Obrázek 2). Taktéž je u stěny redukována únosnost vzpěrným součinitelem. (1)

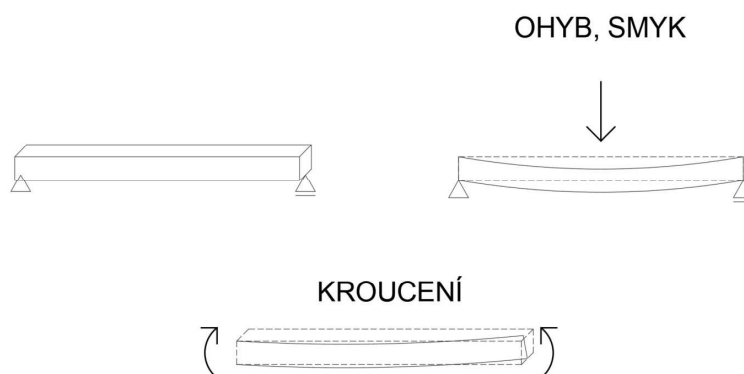


Obrázek 2 - Namáhání stěny

Zdroj: (Hájek, 2007)

### 1.3.1.3 Trám

Trám se vyznačuje tím, že jeho délka značně převyšuje jeho výšku a šířku (průřezové rozměry). Namáhán je povětšinou ohybem, smykem nebo i kroucením, v případě vodorovných reakcí od stropní konstrukce systému je trám namáhán i tahem nebo tlakem (Obrázek 3). Způsob jeho podepření určuje velikost namáhání (kloub nebo vetknutí a jejich kombinace). (1)

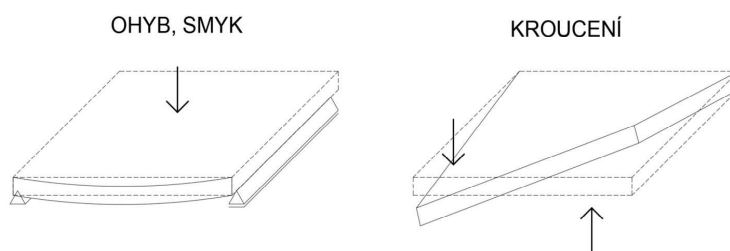


Obrázek 3 - Namáhání trámu

Zdroj: (Hájek, 2007)

### 1.3.1.4 Deska

Desku lze definovat jako prvek, kde značně převažuje její šířka a délka nad její výškou. Namáhána je převážně smykem a ohybem. V případě, že je deska pnutá oboustranně, vzniká v desce i krouticí moment (Obrázek 4). Ojediněle může být deska namáhána i tahem a tlakem. (1)

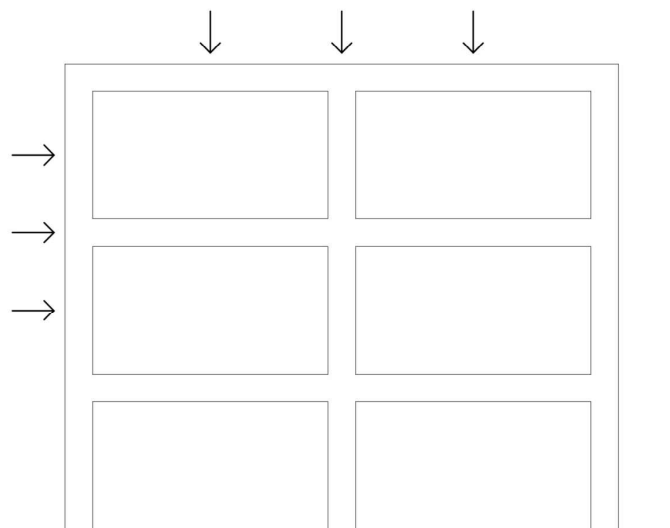


Obrázek 4 - Namáhání desky Zdroj:

(Hájek, 2007)

### 1.3.1.5 Tuhý rám

Tuhý rám je konstrukce složená z jednotlivých prvků, které jsou mezi sebou tuze spojeny. Jednotlivé prvky jsou namáhány hlavně ohybem, smykem a tlakem, někdy tahem (Obrázek 5). Při působení excentrického zatížení může v prvcích vznikat také kroucení. (1)

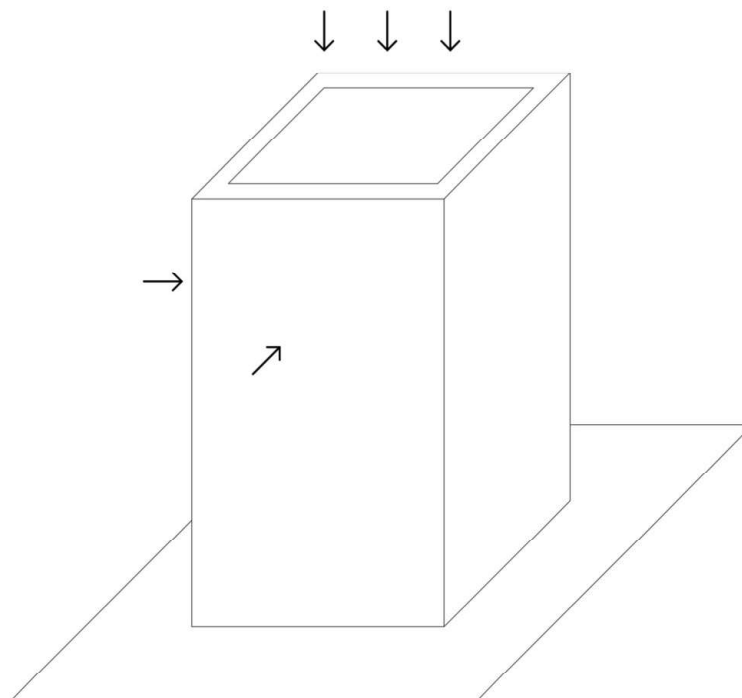


Obrázek 5 - Namáhání tuhého rámu

Zdroj: (Hájek, 2007)

### 1.3.1.6 Jádno

Jádno je sestaveno ze stěn v jeden tuhý uzavřený prostorový prvek. Jednotlivé stěny jsou namáhány deskostěnovým působením. Jádno jako jeden celek je namáháno samostatně (sloupy) a to zejména tlakem, případně tahem, ohybem nebo kroucením (Obrázek 6). Velká tuhost jádra opodstatňuje jeho využití jako tuhý prvek ve skeletových systémech vícepodlažních budov. (1)

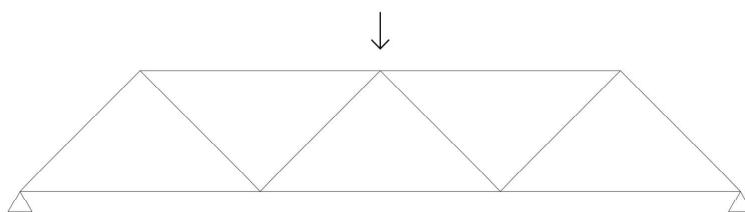


Obrázek 6 - Namáhání jádra

Zdroj: (Hájek, 2007)

### 1.3.1.7 Příhradová konstrukce

Příhradová konstrukce se využívá zejména pro přenos ohybového namáhání. Jedná se například o střešní nosníky halových staveb nebo pilíře prutových konstrukcí (stožár, potrubní most). Příhrada se skládá zpravidla z prutových prvků, které jsou mezi sebou kloubově napojeny. Hlavním principem příhrady je to, že jsou její prvky namáhány především tahem a tlakem, když se jedná o styčnickové zatížení (Obrázek 7). Jestliže se na konstrukci nachází zatížení mimostyčnickové, jsou prvky namáhány taktéž ohybem. Tuhost v ohybu je závislá na výšce příhradové konstrukce (vzdálenost mezi taženým a tlačným pásem). (1)

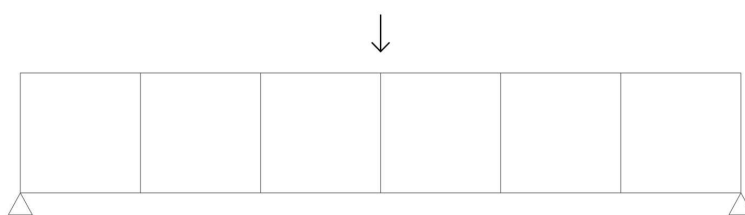


Obrázek 7 - Namáhání příhradové konstrukce

Zdroj: (Hájek, 2007)

### 1.3.1.8 Vierendeelův nosník

Tento nosník je určen zejména pro ohybové namáhání. Jeho jednotlivé prvky jsou mezi sebou tuze propojeny. Stejně jako u příhradové konstrukce jsou prvky Vierendeelova nosníku namáhány tlakem a tahem, navíc jsou však namáhány i smykem a ohybem (Obrázek 8). Taktéž se tento typ nosníku vyznačuje velikou ohybovou tuhostí, která je závislá na vzdálenosti horního a spodního pásu nosníku. (1)



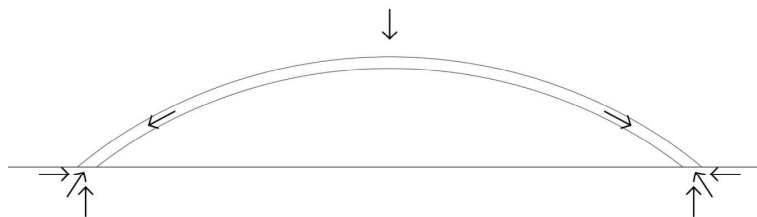
Obrázek 8 - Namáhání Vierendeelova nosníku

Zdroj: (Hájek, 2007)

### 1.3.1.9 Oblouková konstrukce

V obloukové konstrukci vzniká namáhání tlakem. Ovšem různá nehomogenita v zatížení může v konstrukci způsobit taktéž namáhání smykem a ohybem (Obrázek 9). Důsledkem tohoto rozkladu zatížení jsou velké vodorovné reakce, které oblouková konstrukce přenáší do podpor. (1)



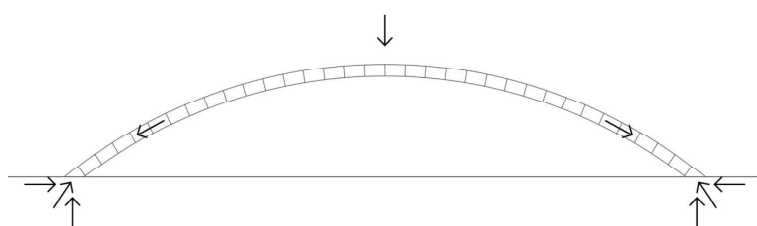


Obrázek 9 - Namáhání obloukové konstrukce

Zdroj: (Hájek, 2007)

#### 1.3.1.10 Klenba

Klenba se skládá z jednotlivých malých prvků a je namáhána tlakem. Klenba nemůže být, z důvodu spár mezi jednotlivými prvky, namáhána tahem (Obrázek 10)). Stejně jako oblouková konstrukce vyvozuje velké vodorovné namáhání na podpory. (1)

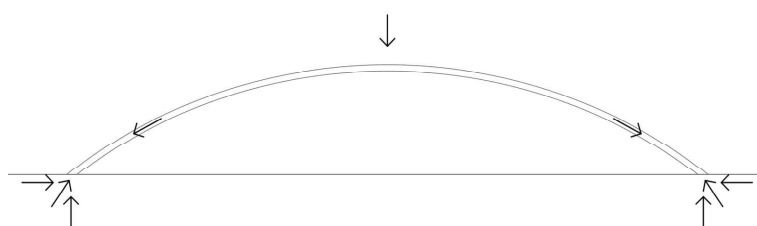


Obrázek 10 - Namáhání klenby

Zdroj: (Hájek, 2007)

#### 1.3.1.11 Skořepina

Skořepina je podobná konstrukce jako oblouková konstrukce, ale bývá namáhána nejen tlakem, ale také tahem (Obrázek 11). U skořepiny je možné i malého ohybového namáhání. Stejně tak jako u dvou předešlých prvků vzniká velké horizontální namáhání podpory. (1)

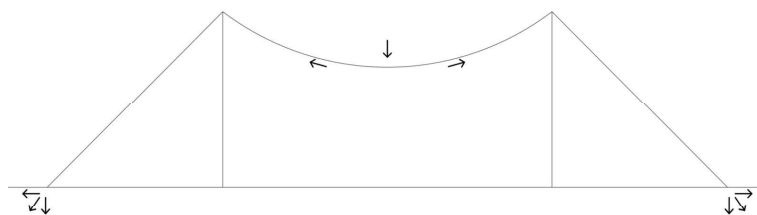


Obrázek 11 - Namáhání skořepiny

Zdroj: (Hájek, 2007)

#### 1.3.1.12 Lanová konstrukce

Lanová konstrukce se vyznačuje tím, že má minimální tuhost v ohybu, a tudíž je namáhána jen tahem (Obrázek 12). Lano je prvek, který neodolává jinému zatížení než je tah a při odlišném zatížení se snadno deformuje. (1)



Obrázek 12 - Namáhání lanové konstrukce

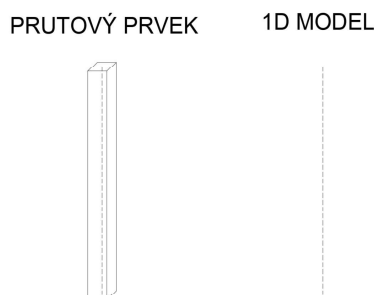
Zdroj: (Hájek, 2007)

### 1.3.2 Model statického působení prvků

Model konstrukčního systému nebo jeho prvku lze modelovat několika matematickými rovnicemi, které popisují napjatost a deformaci zatíženého prvku. Na základě délky a průřezu lze prvek modelovat podle různých výpočtových hypotéz. (1)

#### 1.3.2.1 Prutový prvek

Délka prutového prvku značně převyšuje jeho průřezové rozměry. Tato součást konstrukčního systému lze taktéž označit za tyčový prvek, nebo prvek jednodimenzionální (1D). Je reprezentován střednicí, která prvek reprezentuje v redukované podobě a přenáší na sebe jeho vlastnosti (Obrázek 13). Toto tvrzení vychází z Navierovy hypotézy nebo Vlasovy teorie tenkostěnných průřezů. Reprezentanty prutových prvků jsou zejména sloup a pilíř, které jsou nejčastěji namáhané tlakem nebo smykem, táhlo nebo lano jsou namáhané tahem. Trám může být namáhán všemi způsoby – tlak, tah, smyk, ohyb nebo kroucení. (1)



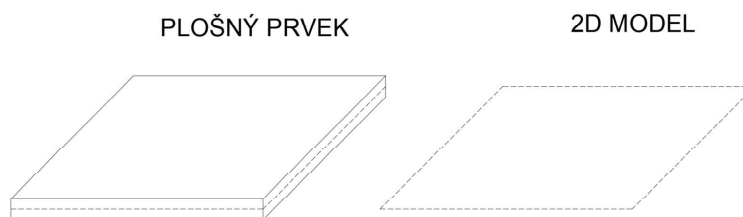
Obrázek 13 - Prutový prvek

Zdroj: (Hájek, 2007)

#### 1.3.2.2 Plošný prvek

Dva rozměry plošného prvku značně převyšují zbývající jeden rozměr. Nejmenší rozměr se u těchto prvků se označuje tloušťkou. Takový prvek lze taktéž nazývat deskovým prvkem, nebo prvek dvoudimenzionální (2D). Na místo střednice tento prvek reprezentuje střednicová rovina, která na sebe přebírá vlastnosti prvku (Obrázek 14). Plošné objekty lze rozdělit podle směru působení na stěnové, které jsou zatíženy ve střednicové rovině a jsou namáhány převážně tlakem, tahem, smykem a ohybem, a dále na deskové, kde zatížení

působí kolmo na střednicovou rovinu a jsou namáhány zejména na ohyb, smyk a kroucení, a na deskostěnové, ve kterých se oba směry působení kombinují. (1)

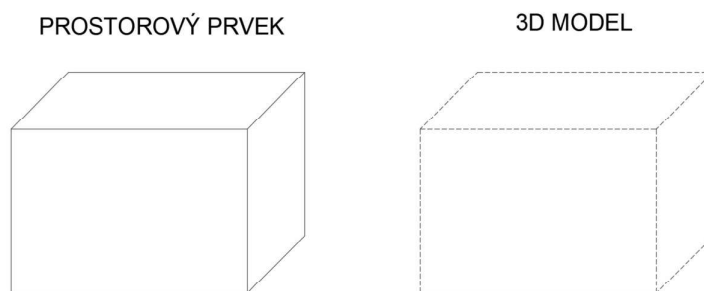


Obrázek 14 - Plošný prvek

Zdroj: (Hájek, 2007)

### 1.3.2.3 Prostorový prvek

Prostorový prvek je takový, u kterého žádný z rozměrů značně (řádově) nepřevyšuje nad ostatními. V tomto případě lze hovořit o prvku třídimenzionálním (3D). Zvyklostí je 3D prvky, jako na Obrázku 15, modelovat jednodušším způsobem (1D, 2D), čímž se předchází složitosti výpočtu ve 3D. (1)



Obrázek 15 - Prostorový prvek

Zdroj: (Hájek, 2007)

### 1.3.3 Okrajové podmínky

Velký vliv na chování prvků konstrukčního systému mají okrajové podmínky, které určují, jak jsou prvky mezi sebou vázány, nebo na jaké podpory jsou uloženy. Okrajové podmínky určují, zda dané vazby nebo podpory umožňují nebo zabraňují natočení případně posunu prvku. Jedná se o podpory modelu, které ve skutečnosti nemusí přesně odpovídat reálnému styku. Z toho vyplývá potřeba při výběru podpory během modelování stále směřovat návrh ke straně bezpečné. Do výpočtů se případně zavádí i pružná podpora s určitou hodnotou tuhosti. (1)

## 1.4 Interakce konstrukčních prvků

Interakce, nebo také spolupůsobení, mezi konstrukčními prvky vzniká spojením prvků do konstrukčního systému při působení zatížení nebo dalších vlivů. Toto

spolupůsobení lze definovat jako pozitivní nebo negativní. Negativní interakci lze zabránit dilatacemi, které oddělují prvky, které by mezi sebou přenášely nežádoucí vlivy (3)

V případě, kdy spoj prvků konstrukčních systémů zajišťuje přenesení zatížení mezi jednotlivými součástmi, jedná se o spoj nosný s nosnou interakcí. Toto spolupůsobení zajišťuje většina styků nosných konstrukcí například spoj trám/sloup.

Jedním z negativních spolupůsobení prvků je interakce mezi nosným systémem stavby s nenosnými konstrukcemi. Tyto nenosné konstrukce nebyly navrženy pro přenos zatížení, a tak v případě vyčerpání jejich únosností u nich dojde k deformaci. Neojedinělým příkladem může být přenos zatížení mezi stropní konstrukcí a příčkou pod ní, kdy se při deformaci (průhybu) stropu zatíží příčka, což může být následkem její deformaci. Tento stav nastává právě v případě, že není v přípoji nenosné příčky se stropem vytvořena dilatační spára, nebo není vytvořena v dostatečné míře (průhyb konstrukce, včetně dotvarování, a nestlačitelnou výšku dilatačního materiálu). Dále je možno mezi negativní interakce zařadit i spolupůsobení mezi nosnými prvky konstrukčního systému, které ovšem přenášejí i zatížení, na která nabyta navržena (například lano, jako táhlo, zatížené tlakem). V případě, že jsou některé z prvků konstrukčního systému nesprávně zatíženy, musí proběhnout změna konstrukčního systému, nebo funkční oddělení prvků – dilatace. (1)

## **2 Konstrukční systémy jedno a vícepodlažních budov**

### **2.1 Konstrukční, materiálové a technologické třídění konstrukcí**

Konstrukční systémy jak jednopodlažních, tak i vícepodlažních budov vytvářejí komplexní útvar, který zajišťuje odolnost proti veškerým zatížením, které na budovu působí po dobu její životnosti. U konstrukčních systémů vícepodlažních budov je potřeba zvolit dostatečně únosných stropů, nebo jiných vodorovných konstrukcí a zároveň navrhnout podpory, které spolehlivě dokáží přenést zatížení z vodorovných konstrukcí do základů a přes ně a základovou spáru do základové půdy.

Konstrukční systém je třeba volit efektivně, což znamená, že nosné prvky musejí být v objektu funkčně rozděleny co nejúčelněji. Obvykle se nabízí vícero výhodných řešení konstrukčního systému z hlediska statického a finančního, ale pro provoz v budově je důležitá její dispozice, která se určuje podle provozu.

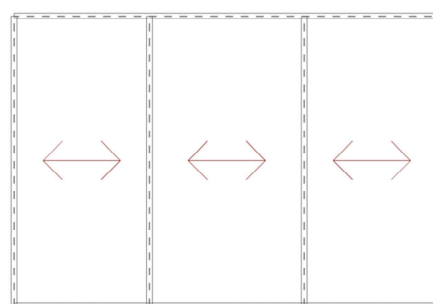
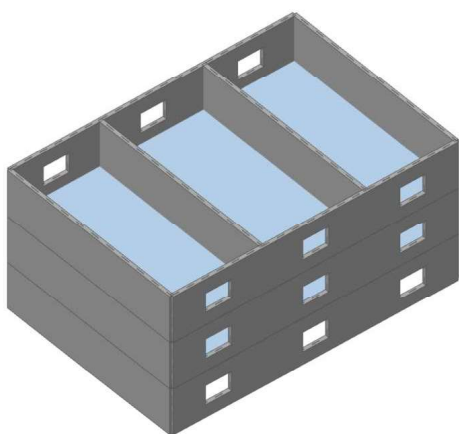
Konstrukční systém vzniká sjednocením hlavních nosných prvků ve svislém a vodorovném směru, které jsou propojeny styky. Svislé konstrukce jsou především stěny, sloupy nebo pilíře jakéhokoliv materiálu (zejména beton, ocel, zdivo a dřevo) nebo jejich kombinací. Tyto prvky určují vlastní dispozici budovy, ať otevřenou, v případě sloupů, nebo uzavřenou pomocí stěn. Nejčastěji se však, dle mého názoru, objevuje kombinace těchto prvků. Dále svislé prvky zajišťují vodorovnou tuhost, která je potřeba při vodorovných zatíženích, hlavně u vícepodlažních budov. Tuhost samozřejmě zajišťují i vodorovné prvky, zejména jejich styk se svislými konstrukcemi (například tuhý rámový roh). Méně významný je potom materiál a technologie nosných konstrukčních prvků. (1)

### 2.1.1 Stěnový systém

Stěnový systém se vyznačuje tím, že jeho svislou nosnou konstrukci tvoří jen stěny. Většinou se jedná o tuhé řešení (díky velké podélné tuhosti stěn), avšak nenabízí tak rozmanitou možnost vnitřní dispozice, jako má systém sloupový.

#### 2.1.1.1 Stěnový systém příčný

Jedná se o systém, kde jsou primární nosné stěny orientovány v příčném směru. V podélném směru se z nosných konstrukcí orientují ztužující stěny. Pnutí stropů je pak orientováno podélně, což je naznačeno šipkami na Obrázku 16. Tento systém nabízí volné řešení fasády v podélném směru (možnost velkých okenních otvorů).

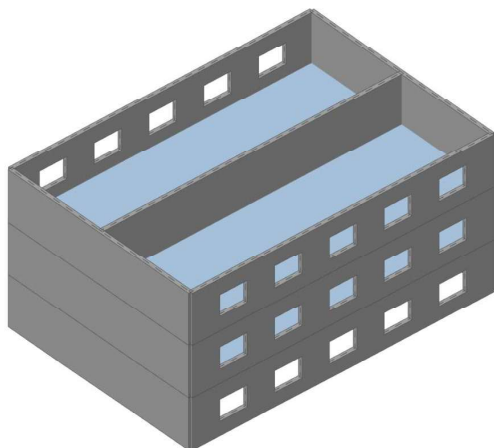


Obrázek 16 - 3D model a půdorys stěnového příčného systému

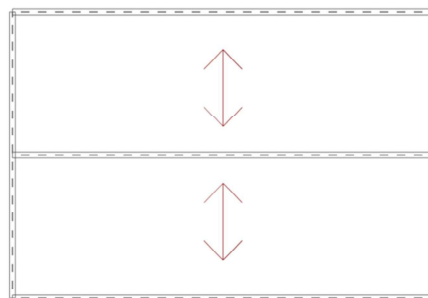
Zdroj: (autor, 2023)

### 2.1.1.2 Stěnový systém podélný

V systému podélném se primární nosné stěny orientují ve směru podélném. V opačném směru, ve směru příčném, se umísťují stěny ztužující. Pnutí stropů je v tomto systému orientováno příčně – naznačeno šipkami na Obrázku 17. Toto řešení nenabízí tak volné řešení fasády, protože primární funkcí obvodové stěny v tomto místě je únosnost.



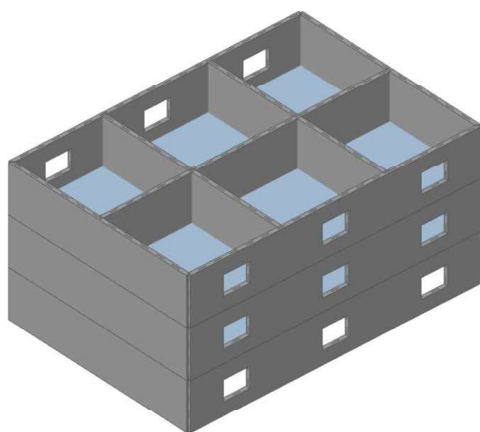
Obrázek 17 - 3D model a půdorys stěnového podélného systému



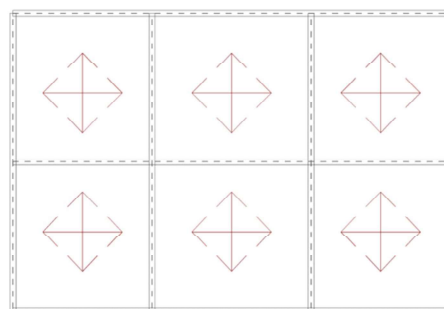
Zdroj: (autor, 2023)

### 2.1.1.3 Stěnový systém obousměrný

Obousměrný systém nabízí kombinaci stěn podélných a příčných. Jedná se o nejtuzší řešení, které ovšem značně limituje vnitřní dispozici. Stropy jsou v obousměrném systému pnuty v obou směrech (Obrázek 18).



Obrázek 17 - 3D model a půdorys stěnového obousměrného systému



Zdroj: (autor, 2023)

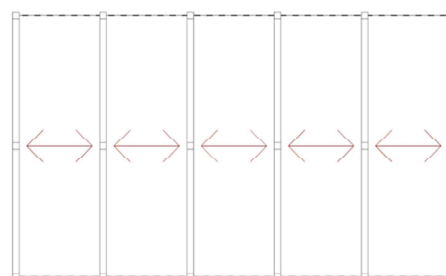
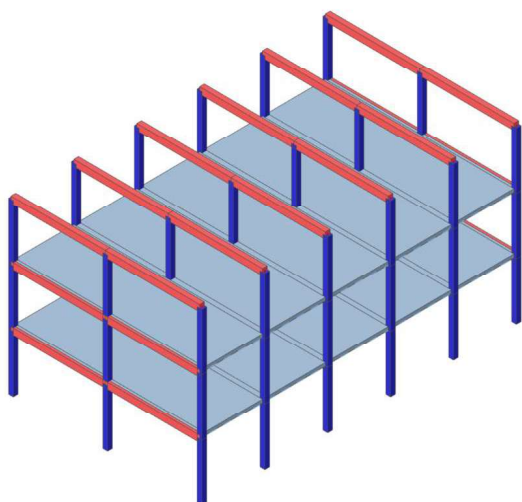
## 2.1.2 Skeletový systém

Primární nosné prvky ve skeletovém (sloupovém) systému tvoří jen sloupové sestavy, které se skládají ze sloupů a průvlaků, které jednotlivé sloupy spojují ve vodorovném směru. Jedná se o méně tuhé řešení oproti systému stěnovému. Hlavními

výhodami tohoto systému je volná dispozice uvnitř budovy a volné řešení fasády ve všech směrech. Ovšem nehodí se pro budovy s vyšším počtem podlaží, z důvodu absence ztužení.

### 2.1.2.1 Skeletový systém příčný

Jedná se o systém, kde jsou primární nosné sestavy orientovány v příčném směru. Pnutí stropu je pak orientováno ve směru podélném (Obrázek 19).

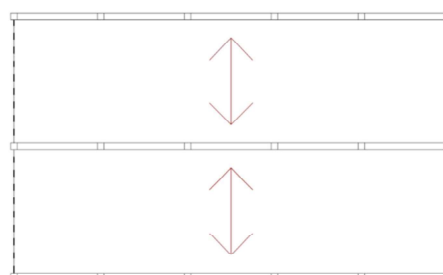
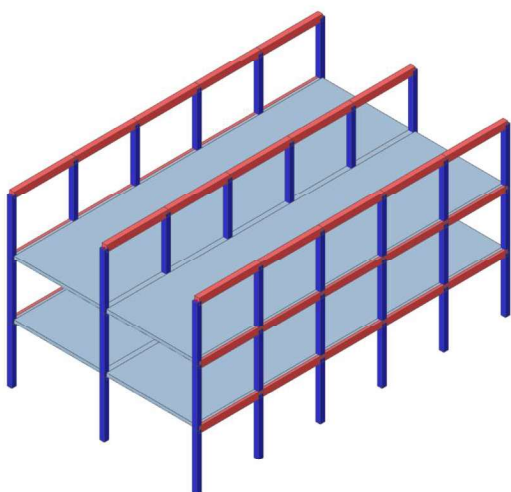


Obrázek 18 - 3D model a půdorys skeletového příčného systému

Zdroj:(autor, 2023)

### 2.1.2.2 Skeletový systém podélný

Podélný skeletový systém obsahuje nosné sestavy, které jsou orientovány v podélném směru. Stropy jsou orientovány příčně (Obrázek 20).

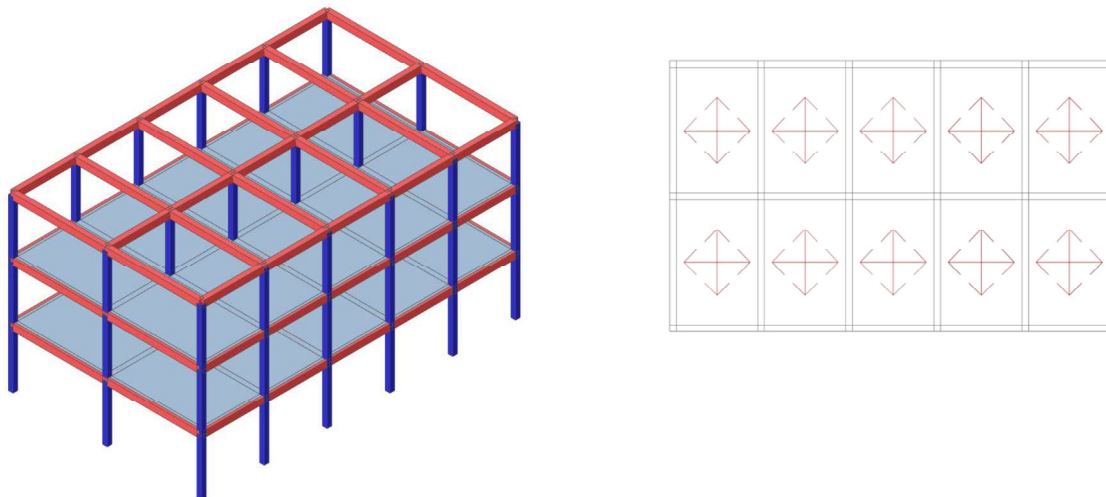


Obrázek 19 - 3D model a půdorys skeletového podélného systému

Zdroj:(autor, 2023)

### 2.1.2.3 Skeletový systém obousměrný

Nosné sestavy v tomto systému jsou orientovány obousměrně, průvlaky tedy spojují sloupy v příčném i v podélném směru (Obrázek 21).

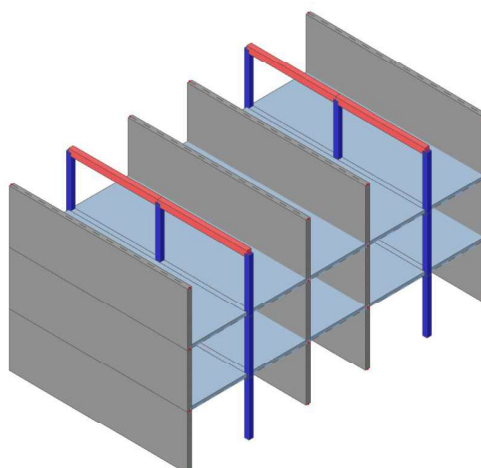


Obrázek 20 - 3D model a půdorys skeletového obousměrného systému

Zdroj:(autor, 2023)

### 2.1.3 Kombinovaný systém

Primární nosné prvky v kombinovaném systému tvoří jak sloupy s průvlaky, tak i stěny (Obrázek 22). Konstrukční prvky nemají předepsanou orientaci, a tak, podle mého názoru, je kombinovaný systém nejpoužívanější variantou při výběru konstrukčního systému. Nabízí výhody stěnového systému – tuhost i výhody skeletového systému – volná vnitřní dispozice budovy.



Obrázek 21 - 3D model kombinovaného systému

Zdroj:(autor, 2023)



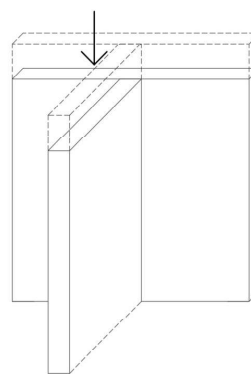
## 2.2 Uspořádání nosného systému

Hlavními činiteli nosného systému nejsou jen samotné konstrukční prvky, ale také jejich spoje – styky, které spolu s prvky společně přenášejí zatížení, na ně kladená zatížení. Méně zatížené prvky v konstrukčním systému napomáhají ke snížení deformace prvkům více zatíženým. Díky tomuto jevu dochází k částečnému vyrovnání namáhání mezi jednotlivými prvky (Obrázek 23). Toto spolupůsobení mezi prvky konstrukčního systému napomáhá k hospodárnějšímu návrhu systému. (1)

ODPOR JEDNODUCHÉ STĚNY



ODPOR SESTAVY STĚN

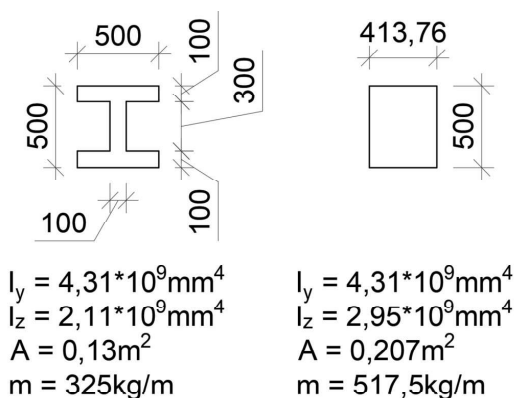


Obrázek 22 - Odpor jednoduché stěny a sestavy stěn

Zdroj: (Hájek, 2007)

Svislé zatížení vyvozuje ve svislých prvcích primárně tlak. Plocha a tvar průřezu prvku ovlivňuje spolu s druhem konstrukčního materiálu a orientací materiálu tlakovou únosnost, která musí spolehlivě pokrýt svislá (tlaková) namáhání na prvek. Do svislých prvků se přenáší tlakové zatížení i z vodorovných prvků, které jsou zatíženy převážně smykem a ohybem. (1)

Kvadratický moment  $I$  určuje spolu s modulem pružnosti, který je závislý na materiálu, tuhost průřezu. Na Obrázku 24 je porovnání dvou železobetonových profilů, které zobrazuje, že stejnou tuhost (kvadratický moment) ve směru  $y$  mohou mít prvky velice rozdílných hmotností. To reflektuje, že mohou být použity lehčí svislé konstrukční prvky se zachováním parametrů tuhosti. Na hodnotách  $I_z$ , kde je hodnota  $I$  profilu menší, je ovšem vidět, že při lehčí variantě průřezu je nutno dbát na správnou orientaci průřezu.



Obrázek 23 - Porovnání kvadratických momentů a váhy průřezů

Zdroj: (autor, 2023)

Vodorovná zatížení jsou přenášena tuhými svislými prvky, do kterých jsou břemena přenášena z vodorovných prvků, které jsou v tu chvíli namáhané tlakem. Svislou konstrukci tvoří jednotlivé prvky, nebo jejich sestavy. Pro správnou a komplexní funkci systému pak musí být jednotlivé svislé prvky propojeny právě pomocí prvků vodorovných, což zajišťuje společné působení vůči namáhání a společnou deformaci. Pro správnou funkci je taktéž nutno využít tuhých stropních konstrukcí, zejména stropních desek z monolitického betonu, nebo alespoň monolitické části (například strop s keramickými vložkami s monolitickou vrstvou). V případě využití vodorovných tyčových prvků – nosníků a použití tuhých styčníků vykazuje tato konstrukce vyšší tuhost, než součet tuhostí jednotlivých prvků. Negativem tohoto spolupůsobení je snížení únosnosti proti nerovnoměrným deformacím, jako například nerovnoměrné deformace od zatížení teplotou. (1)

### 2.2.1 Vliv výšky na konstrukční řešení systému

Výška budovy má vliv na svislá i vodorovná zatížení. Oba směry zatížení se zvyšují. Svislé zatížení se zvyšuje například vlastními tíhami konstrukce, kdežto vítr, jako reprezentant vodorovného zatížení, roste s rostoucí výškou konstrukčního systému. Svislé prvky pak fungují jako spojené konzoly, ve kterých se se zvyšujícím počtem nadzemních podlaží zvětšuje i ohybový moment, který se zvětšuje přibližně s druhou mocninou výšky budovy.

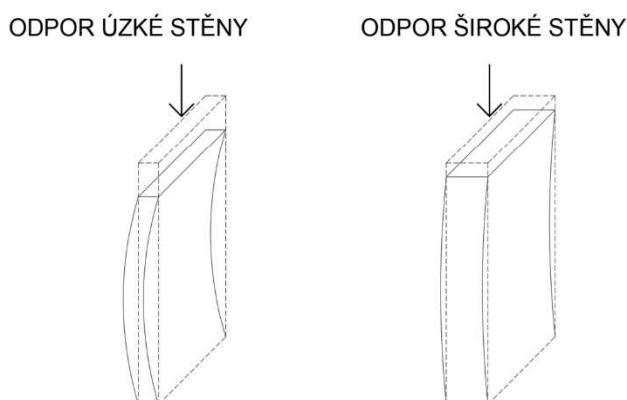
Tahová napětí vyvolaná vodorovným zatížením narůstají rychleji, než tlakové napětí od svislých zatížení, proto při určité výšce nastává okamžik, kdy se ze svislých tlačných prvků stávají prvky tažené. Toto namáhání je přenášeno až do základových konstrukcí, včetně základové spáry, která ovšem není schopna přenášet tahová napětí. Z tohoto důvodu

je nutno zabránit vzniku tahových napětí ve svislých prvcích, nebo upravit základové konstrukce, nebo konstrukční systém tak, aby tam takové namáhání nevznikalo. (1)

## 2.3 Stěnové systémy

Ve stěnových konstrukčních systémech je využíváno primárně stěn, a to k zajištění odolnosti systému proti vodorovným silám a jako podpor stropních konstrukcí. Orientace stěn nemusí být nutně jen ortogonální, ale může se využívat i stěn různě šikmých. Stejně tak nemusí být střednicové plochy stěn nutně jen rovinné, mohou být různě zakřiveny.

Jestliže je strop podepřen stěnou, jedná se o lineární podporu, která je k přenesení sil z deskové konstrukce optimální. Stěny dosahují vysoké odolnosti proti vodorovným silám zejména ve směru střednicových ploch. Menší odolnost proti ohybovým momentům vykazují stěny ve směru kolmém na střednici stěny. Proto je žádané, aby byl konstrukční systém tvořen ze stěn na sebe kolmých, což zaručuje tuhost systému v obou směrech. Návrh stěny musí být proveden optimálně, čím vyšší únosnost použitého konstrukčního materiálu, tím menší může být navržena tloušťka stěny, ale čím užší je stěna navržena, tím vyšší vliv má na její stabilitu vzpěrný tlak (Obrázek 25). Vysoká tuhost stěnových konstrukčních systémů má za následek malou odolnost systému proti nerovnoměrnému zatížení (například nerovnoměrné zatížení teplotou, nebo nerovnoměrný pokles základů).



Obrázek 24 - Porovnání odporu úzké a široké stěny

Zdroj: (autor, 2023)

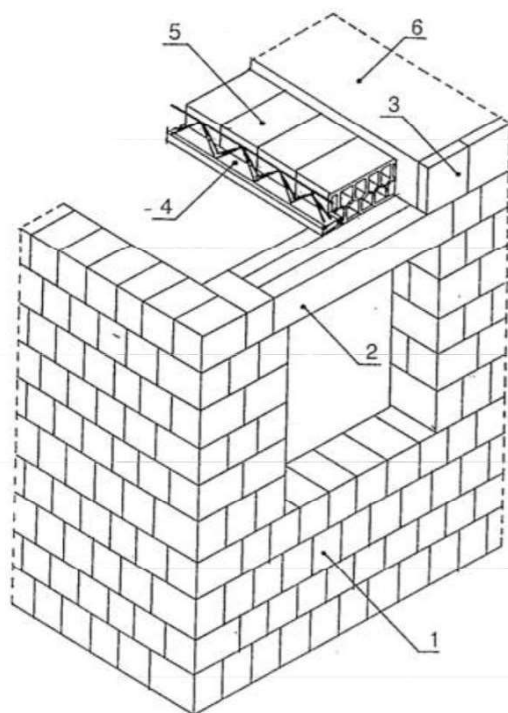
Stěnových systémů se využívá v místech, kde není třeba mnoho vnitřního prostoru, nebo se využívá jejich vysoké hmotnosti, což výrazně zlepšuje jejich vzduchovou neprůzvučnost. Tyto vlastnosti předurčují jejich, dle mého, nejčastější využití, a to v budovách pro ubytování. Další nespornou výhodou je požární odolnost nosných stěn, které

jsou často tvořeny z požárně odolných materiálů, jako je zdivo nebo beton. Vlastnosti nosných stěn snižují nároky na rozsah dělících příček. (1)

### 2.3.1 Zděné stěnové systémy

Nejčastěji používaným konstrukčním materiálem, určeným ke zdění, jsou v dnešní době keramické pálené tvárnice a pórobetonové tvárnice. Dále se využívá i tvárnic betonových nebo vápenopískových. Již jen zřídka jsou využívány cihly plně pálené nebo i kamenné zdivo.

Šířky zdiva se dnes využívají hlavně od 150mm do 500mm, kdy při menších šířkách (150, 175, 200mm) je využíváno při zdění vápenopískových tvárnic. Nosné obvodové zdivo u keramických a pórobetonových tvárnic většinou začíná na tloušťce 300mm. Tyto šířky ovšem nejsou konečné, hlavně v případě menších šířek zdiva (150-450mm), protože je zdivo obvykle doplněno tepelnou izolací. U tvárnic šířky 500mm se zatím v některých případech zateplovat nemusí. Na Obrázku 26 je zobrazena zděná budova, ve které jsou dodrženy modulové rozměry jednotlivých zdících prvků.



Obrázek 25 - Zděná budova

Zdroj: (Hájek, 2011)

Pro jednoduchost řešení zděného konstrukčního systému je důležité zachovávat kolmost stěn v dispozici. Pro šikmé spoje stěn může být nutné konstrukční zdící prvky upravovat. Kolmé spoje jsou zpravidla detailně řešené výrobcem konstrukčních zdících

prvků. Nevýhodou šikmých spojů je tak zejména pracnost provádění vzhledem k nutnosti zajistit vhodnou vazbu zdiva.

Samotný materiál zdiva se volí dle potřebných vlastností (objemová hmotnost, tepelně-izolační schopnosti, vzduchová neprůzvučnost, tepelná akumulace, apod.). Pro různé typy staveb se mohou hodit odlišné konstrukční materiály.

Použití tvárnic, které jsou orientovány především na tepelně-izolační vlastnosti, přináší zpravidla nižší únosnost stěn, a tak je zapotřebí využívat různých materiálů, které budou umístovány dle zatížení konkrétních stěn. To znamená, že například méně zatížené obvodové zdivo může mít nižší únosnost než nosné vnitřní stěny.

Zdivo musí být zatěžováno jen tlakovým namáháním, protože při namáhání tahovým vykazuje zdivo téměř nulovou únosnost. Z tohoto důvodu je důležité, aby bylo zdivo zatíženo centricky, případně aby excentricitami zatížení nepřevládalo ve zdivu tah. Tomu lze zabránit například zvýšením vlastní hmotnosti zdiva, čímž se zvětší tlaková složka namáhání, která bude větší než složka tahová. (1)

Zděné stěny však mohou být namáhány i teplotními objemovými změnami, případně vodorovným zatížením. Tato zatížení není zdivo schopno přenést, a proto musí být opatřeno konstrukcí, která tyto zatížení přenesou. V historii bylo využíváno zednických kleští, dnes se využívají zpravidla železobetonové věnce. Ty se při běžném zatížení umísťují do výšky stropních konstrukcí a případně pod pozednici krovu, kde věnec pomáhá přenášet vodorovná zatížení například od větru nebo od reakce krovu. Pro vyšší schopnost přenášet vodorovná zatížení musí být věnec provázán i se stěnami vnitřními, čímž vznikne tuhý rám. Při větší výšce zdiva se věnce umísťují nejen v místě stropních konstrukcí, ale případně i v dalším místě (například v polovině výšky zdiva).

Ve stěnách vznikají tahová namáhání v místech stavebních otvorů. Tato místa jsou tak ošetřena vložením překladu, který bývá železobetonový, ocelový nebo systémový přímo od výrobce konstrukčního zdícího materiálu. (1)

### **2.3.2 Betonové stěnové systémy**

Beton je ve stěnových systémech využíván zpravidla ve formě železobetonu, tedy betonu doplněného o ocelovou výztuž. Betonové stěny se neliší materiálem, ale technologií výroby. Stěny mohou být monolitické, pro které je vytvořeno bednění, do které se vloží

výztuž a uloží se do něj betonová směs, prefabrikované, které se přivezou na stavbu ve formě stěnových panelů, nebo prefamonolitické, kde se využije betonových tvárnic, do kterých se vloží výztuž, a následně se do nich postupně vlévá betonová směs.

Železobetonové stěny se využívají v menších šířkách díky jejich desetinasobně větší únosnosti oproti stěnám zděným. To s sebou ale přináší větší vliv vzpěru. Betonové stěny se ovšem často rozšiřují kvůli jiným vlivům, jako je vzduchová neprůzvučnost, požární odolnost, samotná technologie výstavby, nebo již zmiňovaný vzpěr. Výjimečně se využívá minimální šířky stěn 150mm, častěji však 200mm.

V případě využití betonových stropů je oproti zděným stěnám velkou výhodou využití stejného materiálu, a tak lepší interakce mezi vodorovnými a svislými prvky. Další výhodou betonových stěn je možnost využívat je i v místech s tahovým namáháním, mohou tedy sloužit i jako táhlo. Dalším přínosem betonových stěn je odolnost vůči různým zatížením při zachování jejich tloušťky. Tato skutečnost je možná díky využití různého množství výztuže v betonu, resp. železobetonu. Jednotná šířka stěn s sebou přináší zjednodušení ve formě jednotně využitelného sortimentu (bednění, napojení, apod.).

Nevýhodou betonu je oproti zděnému systému menší tepelně-izolační schopnost, v některých případech i vyšší difuzní odpor betonu. Pro zachování stejné tepelně-izolační schopnosti, při zachování šířky stěny, je tak nutno využití tepelné izolace s lepším tepelným odporem, což zpravidla znamená vyšší náklady. Další velkou nevýhodou je významně vyšší tepelná roztažnost, která vyvolává větší důraz na dilataci konstrukcí. (1)

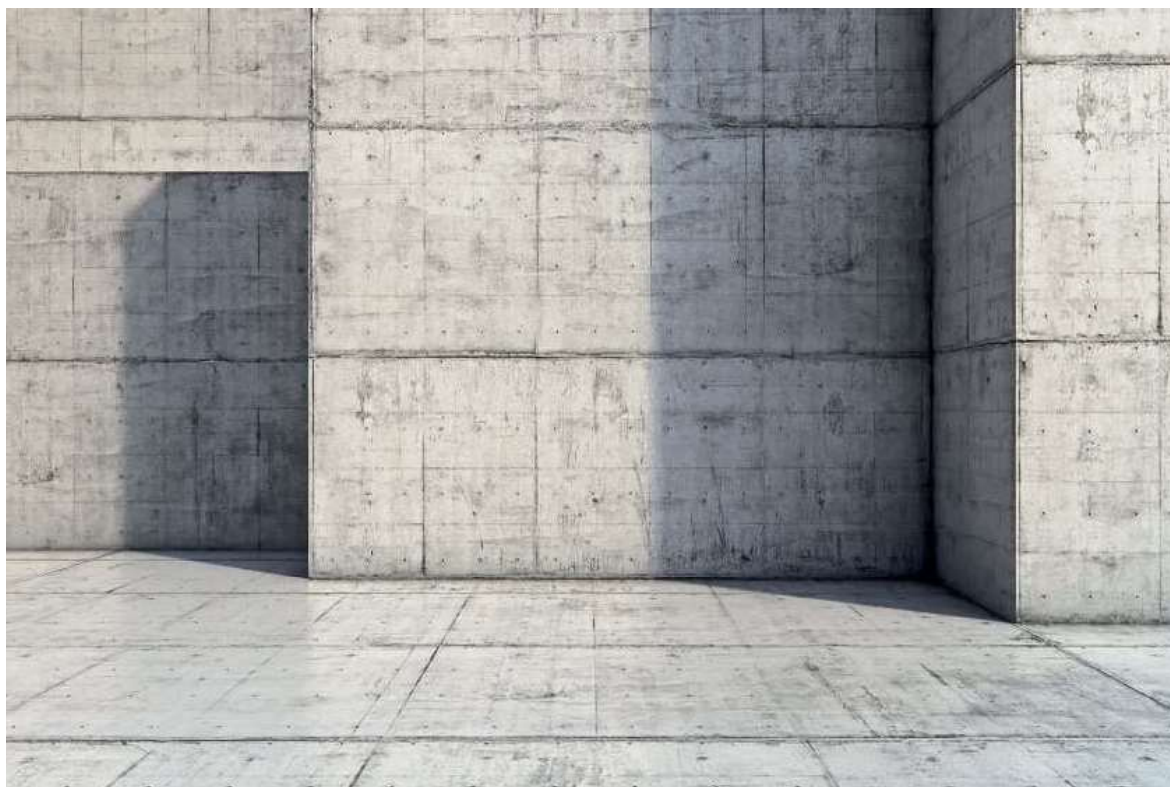
### **2.3.2.1 Systémy monolitické**

Monolitické konstrukce jsou tvarovány pomocí předem připraveného bednění, do kterého se případně umísťuje betonářská ocelová výztuž. Tento systém je vhodný pro různě tvarované konstrukce, u kterých není nutné kolmé napojení. Vhodný je i díky možnosti dokonalého spojení s vodorovnými konstrukcemi (stropy, průvlaky). Monolitický styk zajišťuje účinné rozložení sil mezi jednotlivými prvky systému. Taktéž je toto propojení vhodné při propojení hlavních nosných prvků s prvky ztužujícími. Tyto monolitické styky jsou kvůli své tuhosti náchylné k deformacím při nerovnoměrném zatížení.

Na rozdíl od zděných staveb, ve kterých je nutno dodržovat daný modul (pevný rozměr tvárnice), mohou být stavební otvory v betonových konstrukcích v takřka jakékoli pozici, když není v nějakém místě nutno vést betonářskou výztuž. Dalším omezením

konstrukce je bednění, které nedokáže být tvarováno ve všech myslitelných tvarech. Dnes nejpoužívanějším bedněním jsou systémová bednění, která bývají opakovaně používána. Jedná se o systém nosníků a desek. Dříve používaná prkna a fošny jako bednění jsou již využívána u staveb menšího rozsahu. Taková bednění mohou zanechávat na konstrukci otisk své struktury, což je vyobrazeno na Obrázku 27.

Jedním z negativ monolitických konstrukcí je, že beton při zrání prochází tzv. smršťováním (betonová hmota při tvrdnutí zmenšuje svůj objem). S touto skutečností je nutné počítat na rozdíl od prefabrikovaných konstrukcí, kdy betonová směs již prošla smrštěním při její výrobě. Smršťování je způsobeno odpařováním vody ze směsi. Tudíž smršťování probíhá do té doby, dokud se v betonové konstrukci nachází určité množství vody. Smršťování s klesajícím množstvím vody zpomaluje. Velikost smrštění je dána poměrem plochy a objemu konstrukce (jak hluboko se v konstrukci voda nachází), případně v jakém vlhkostním prostředí se konstrukce nachází. Tato vlastnost monolitických betonových konstrukcí je dalším důvodem pro vytvoření dilatačních celků, které konstrukce rozdělují do menších činitelů, ve kterých není smrštění tak výrazné. Pokud je smršťování bráněno, vzniknou v konstrukci vnitřní síly.



Obrázek 26 - Monolitická železobetonová konstrukce

Zdroj: (ASB, 2019)

Hlavní nevýhodou monolitického systému jsou technologické přestávky. Tyto přestávky trvají od uložení betonu do připraveného bednění do odbednění konstrukce. Během této doby získává beton své vlastnosti, tedy tuhne a tvrdne do určité chvíle, kdy může být konstrukce odbedněna. Během procesu tuhnutí a tvrdnutí, tedy získávání pevnosti, se uvolňuje teplo z důvodu chemické reakce mezi cementem a vodou – hydratace. Tato teplota ovlivňuje rychlost tuhnutí, čím větší teplo je uvolňováno, tím rychleji nabývá pevnost. (učebnice)

Po betonáži je při nepřízní počasí nutno beton ošetřovat. V případě vysokých teplot vzduchu, nebo přímého slunečního záření je nutno povrch konstrukce zavlažovat (kropit). Naopak při vydatných deštích je nutno konstrukce přikrývat, nebo jinak chránit proti přebytečné vodě. Při nízkých teplotách je taktéž nutno betonovou směs chránit. Řešením může být například využití nahřátého kameniva, které přináší do reakce potřebné teplo, a tak v době, kdy je hydratace na chlad nejnáchylnější, nedochází k poruše struktury čerstvého betonu. Možností jsou ještě různé přísady do betonu, které dovolí betonovat při nepatrně nižších teplotách, běžně se ovšem nedoporučuje betonovat při teplotách pod 5°C. (1)

### **2.3.2.2 Systémy prefabrikované**

Prefabrikované konstrukce jsou tvořeny ze železobetonových dílů – panelů. Dílce jsou zpravidla vyráběna mimo staveniště ve specializovaných výrobnách a poté dovezeny na staveniště, kde jsou namontovány. V případě velkých staveb je možno takovou výrobu zřídit i v místě staveniště. Velkou výhodou tohoto řešení je přesnost dílců, která je na stavbě v takové míře takřka neproveditelná.

Prefabrikace se rozděluje na objemovou a prvkovou. Objemová prefabrikace vyžaduje nejprve návrh budovy, která je pak rozdělena na díly, které se podle návrhu připraví. Tyto prvky pak mají své specifické místo v konstrukci. Kdežto prvková prefabrikace využívá již navržené dílce, které se následně skládají do požadovaného tvaru – dispozice budovy. Panely pro prvkovou prefabrikaci musí být ovšem modulově ošetřeny (například jednotná výška stěnových panelů).

Jednotlivé prefabrikované dílce je nutno opatřit monolitickými styky. Pro stykování jsou panely již připraveny například vytaženou betonářskou výztuží, nebo tvarově upraveny náběhy. Tyto styky jsou považovány za méně tuhé než u monolitického systému. To přináší nevýhodu ve snížené tuhosti objektu, ale i výhodu v podobě menší náchylnosti styků



k deformaci. Snížení tuhosti styku může zlepšit reakci na nerovnoměrné změny teploty prostředí. Na Obrázku 28 je možno vidět příklad prefabrikované nosné konstrukce bez povrchové úpravy fasády resp. povrchovou úpravu tvoří samotný panel.



Obrázek 27 - Prefabrikovaná budova

Zdroj: (Pospíšil, 2020)

Velikost resp. hmotnost jednotlivých dílců je limitována přepravními prostředky, ať se jedná o jeřáb, tak o nákladní vůz, který panely na staveniště doveze. Navíc velké prvky limitují rozmanitost dispozice a zvyšuje počet typů dílců. (1)

### 2.3.2.3 Systémy prefamonolitické

Prefamonolitické prvky využívají výhod prefabrikovaných a monolitických systémů. Monolitické konstrukce mají například nevýhodu pracnosti vybudování bednění nebo například pracné umístění výztuže do správné polohy v bednění. Nevýhodou prefa dílců je náročná přeprava ve vodorovném i svislém směru. Dalším negativem je komplikovanost provedení styků dílců tak, aby byly jeho vlastnosti podobné vlastnostem styků monolitických.

Prefabrikovaná část slouží především jako bednění, ale i jako konstrukční součást konstrukce. Doplněním monolitické části dojde ke spolupůsobení obou technologií tak, aby konstrukce spolehlivě čelila zatížení (Obrázek 29). Zároveň může být v případě užití monolitických stropů využito spojuj monolitické části konstrukce se stropem jako takřka monolitický styk.



Obrázek 28 - Prefamonolitický systém ztraceného bednění

Zdroj: (Obršliková, 2021)

Prefa prvky nejčastěji tvoří tzv. ztracené bednění, kde jeho primární funkce je zejména bednění. Využívány jsou ovšem i prefa části, které jsou v konstrukci primárně nosné a monolitický beton tvoří jen funkci konstrukční.

Důležité u prefamonolitických konstrukcí je právě interakce mezi prefabrikáty a monolitickou částí. Často jsou jejich vlastnosti různé, zejména třída a kvalita betonu. Vnitřní napětí většinou vzniká v momentě, kdy se monolitická část začne smršťovat. Z toho důvodu se do prefa části konstrukcí vkládají spřažující resp. spojovací prvky, které spolupůsobení s monolitickým betonem zajišťují. (1)

### 2.3.3 Kovové stěnové systémy

Kovové konstrukce vynikají vysokou pevností při malém množství materiálu. Z hlediska vzpěru se při použití kovu využívají vlnité plechy, které tomuto namáhání lépe odolávají. Tyto stěny ovšem nesplňují potřebné akustické, tepelněizolační ani protipožární požadavky. Další nevýhodou je nebezpečí vzniku koroze, která únosnost prvku snižuje. Na základě těchto skutečností se kovové stěny takřka nevyužívají. Jediné využití je v případě buněk nebo kontejnerů, kde jsou tyto stěny zpravidla doplněny ztužujícími nosníky.

### 2.3.4 Dřevěné stěnové systémy

Výhodou dřeva, jako konstrukčního materiálu, je jeho vysoká pevnost s poměrně malou objemovou hmotností. Hlavní nevýhodou je hořlavost dřeva a jeho náchylnost vůči biologickým vlivům. Historicky bylo dřevo využíváno především ve stavbách srubových resp. roubených, kde jednotlivé na sebe položené trámy tvořily stěnu budovy. (1)

Dnes se ovšem můžeme setkat s dřevěnými panely, které fungují na stejném principu jako prefabrikované betonové dílce (Obrázek 30). Jsou přivezeny na stavbu v již finální podobě (možno i s povrchovou úpravou), kde se montují.



Obrázek 29 - Dřevěný stěnový systém

Zdroj: (Kristová, 2021)

### **2.3.5 Stěnové systémy materiálově a technologicky kombinované**

Kombinace materiálů a technologií se využívá zejména z důvodu rozdílných vlastností jednotlivých materiálů a technologií. Z toho vyplývá, že je vhodné tyto systémy kombinovat pro dosažení nejlepšího výsledku. Například vnitřní zdivo většinou vyžaduje vyšší únosnost a je na něj kladen větší důraz na akustiku, kdežto obvodové stěny bývají méně zatížené, ale jsou u nich vyžadovány lepší tepelněizolační vlastnosti. Toto jsou vlastnosti, které se vylučují (materiál velmi únosný a akusticky vhodný zpravidla není vhodně tepelněizolační, totéž platí opačně).

Někdy se v primárně prefabrikovaných systémech nachází konstrukce, která musí být vyhotovena monoliticky, například obloukové stěny. To samé platí i opačně, a to zejména zbytečné pracnosti monolitických stěn, které mohou být jednoduše nahrazeny prefabrikáty.

Jakékoliv odlišnosti materiálů nebo technologií je nutno vhodně navrhnout, aby mezi nimi stále probíhala požadovaná interakce. Zejména prověřit styky mezi těmito konstrukcemi, kde se musí určit, jestli nebude spoj zatížen netradičně. (1)

## **2.4 Sloupové systémy**

Pro sloupové systémy se používají více únosné materiály jako je železobeton, ocel, případně dřevo nebo únosnější druhy zdiva. Tyto konstrukce se navrhují konstrukčně oddělené od ostatních, většinou dělicích konstrukcí. (1)

### **2.4.1 Specifické problémy konstrukčního návrhu sloupových systémů**

V případě, že je konstrukce namáhána jen svislými zatíženími, která lze považovat za centrická, průřez sloupů se navrhuje ve tvaru čtverce, kruhu nebo mnohoúhelníku. Po většinou se však navrhují sloupy obdélníkové, kdy delší strana je orientována ve směru větších ohybových momentů, které se na konstrukci často nachází. Samotné sloupy ovšem nedokáží odolávat větším vodorovným zatížením, případně silám, které působí excentricky, čímž vzniká ohybový moment. Z toho důvodu se skeletové systémy bez ztužujících stěn (kombinovaný systém) navrhují jen v omezených výškách.

Jisté ztužení skeletu lze vytvořit určitým propojením sloupů, což umožní omezeně zvětšit navrhovanou výšku budovy. Jako spojovací konstrukce je většinou navržený vodorovný tyčový prvek – průvlak. Spolu se ztužením má průvlak často za úkol podírat stropní desku. Zatížení ze stropu je pak přes průvlak přenášeno do sloupů. Průvlak může být

umístěn pod stropní desku, stropní deska může být součástí průvlatu, případně může být průvlak umístěn nad strop, který je pak na průvlak „zavěšen“. Pro konstrukci, která je kombinována ze sloupů a průvlaků, se zavedl název rámová konstrukce. Vodorovné tyčové prvky resp. průvlaků se pak mohou nazývat jako příčel nebo rámová příčel. Sloupy jsou pak nazývány stojkou resp. rámovou stojkou. V rámové konstrukci jsou příčle zatíženy reakcemi od stropní konstrukce a stojky jsou zatíženy svislým tlakovým zatížením a ohybovým momentem od vodorovných zatížení nebo svislých zatížení působících excentricky. Při rostoucí výšce systému se z důvodu rostoucích vnitřních sil značně zvětšují průřezy příčelí a stojek. Orientace rámových konstrukcí určují typ konstrukčního skeletového systému na příčný, podélný a obousměrný.

Funkčnějším způsobem ztužení rámové konstrukce jsou diagonály, jako šikmé nosníky spojující horní a spodní styčníky rámu. Stojky, příčle a diagonály pak vytváří příhradovou konstrukci. Při působení vodorovné síly je jedna diagonála tažená a druhá tlačena. Při opačném působení vodorovné síly si diagonály směr namáhání vymění. Z důvodu působení vzpěrného tlaku se diagonály často navrhují jen jako tažené, protože tak mohou být prvky subtilnější. Při působení tlaku resp. vzpěru se diagonála řízeně zdeformuje a tlak nepřenáší. Tyto šikmé nosníky se často navrhují z ocele (velká únosnost v tahu při malé velikosti průřezu). Diagonály jsou pak umístovány v místech, kde se navrhují příčky, těmi jsou pak ztužující prvky zakryty. V místě, kde je navrženo takové ztužení, je z důvodu přítomnosti diagonál komplikovaný návrh stavebních otvorů.

Nejefektivnějším ztužením rámové konstrukce je vložení tuhé takřka nedeformovatelné stěny, která jednotlivé prvky rámu spojuje. Taková konstrukce se nazývá diafragma, která brání pohybu styčniců, a tím změně tvaru rámové konstrukce. (1)

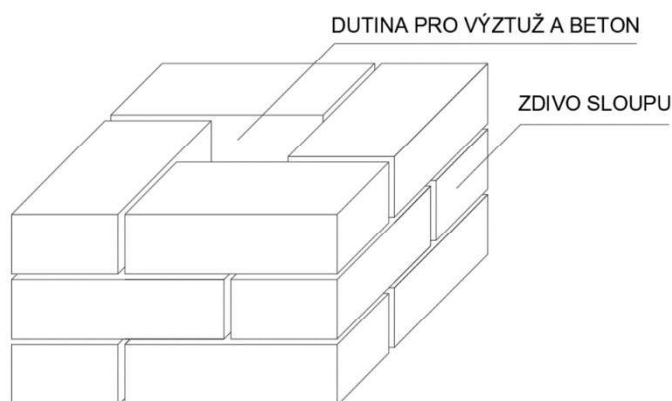
#### **2.4.2 Zděné sloupové a pilířové systémy**

Pro sloupy lze použít cihelné, tvárnice a výjimečně i kamenné zdivo. Zdivo, oproti materiálům jako je beton nebo ocel, vykazuje menší tlakovou únosnost, což má za následek větší průřezy sloupů. Nejčastěji se využívá průřezu obdélníkového nebo čtvercového, méně často pak mnohoúhelníkového. U fasádních sloupů se využívá sloupů půdorysného tvaru T, v rozích půdorysného tvaru L. Zděné sloupy lépe odolávají vzpěrnému tlaku díky jejich velkým rozměrům průřezu.



Ovšem při působení vodorovných sil, nebo při působení tlakové síly excentricky vznikají ve sloupu ohybové momenty, které jsou pro zděné sloupy kritické, protože mají minimální únosnost na toto působení.

Zdivo lze, proti ohybovým momentům, do jisté míry vyztužit. Výztuž se pak umísťuje do dutin, které se ve zdivu vytvoří. Následně se dutina s výztuží vyplní betonem (Obrázek 31). Betonářská ocel pak přenáší ohybové momenty od zatížení, nebo napomáhá zdivu odolávat tlakovému namáhání. Toto řešení, které je funkční, je ovšem pracné, takže se využívá jen v omezené míře.



Obrázek 30 - Vyztužení zděné konstrukce

Zdroj: (autor, 2023)

Výhodou nevyztuženého zděného skeletu je snadný technologický postup a při použití stejného materiálu pro dělicí příčky spolupůsobení mezi příčkami a skeletem, které navyšuje celkovou tuhost systému, zejména proti vodorovnému zatížení.

Mezi hlavní nevýhody zděného systému patří pracnost samotného zdění, kde se musí klást jednotlivé zdící prvky a spojovat je pojídlem. Následně i samotné povrchové úpravy zděných konstrukcí jsou pracné a časově náročné. Mezi hlavní nevýhody lze zařadit i velikost nosných konstrukcí, které tak zabírají místo pro jiné funkční využití v dispozici budovy. (1)

### 2.4.3 Betonové sloupové systémy

Betonové resp. železobetonové svislé konstrukce jsou velice účinným prvkem v případě přítomnosti tlakových namáhání, anebo ohybového momentu, který je přenášen především betonářskou ocelovou výztuží. Toto řešení je vhodné i v případě, kdy zděné

systemy nejsou vhodné, resp. nedokáží přenést zatížení na ně kladené. Zjednodušení stavby nastává v případě, že je stejný materiál využit i ve stropní konstrukci. (1)

#### 2.4.3.1 Systémy monolitické

Monolitická technologie výstavby je vhodná zejména díky variabilitě návrhu. To znamená, že lze statickou funkci systému vhodně kombinovat s ostatními funkcemi a požadavky na konstrukční systém. Nejčastěji využívanými průřezy sloupů jsou obdélníkové, čtvercové, kruhové nebo mnohoúhelníkové.

Sloupy mohou být kladeny v pravidelném i nepravidelném modulovém rastru. Velice často se pro zrychlení výstavby využívá systémového bednění, které je snadno montovatelné i demontovatelné. Výhodou monolitické konstrukce je možnost betonování do jakéhokoliv tvaru, ale v případě netradičního tvaru, pro který neexistuje systémové bednění, je nutno nechat bednění vyrobit na míru, což s sebou přináší komplikaci procesu výstavby.

Velkou výhodou monolitického systému je spolupůsobení jednotlivých prvků (sloupy/strop nebo sloupy/průvlaky/strop). Tyto konstrukce mohou být betonovány najednou, a tím se z konstrukce stává jeden tuhý celek. Samozřejmě musí být v návrhu brán zřetel na případné pracovní spáry. Touto interakcí může být určité množství zatížení redistribuováno na méně zatížené prvky systému. Jednotnost rámu zajišťuje ve styčnicích vysokou tuhost, což zlepšuje únosnost rámu proti vodorovným nebo excentrickým zatížením.



Obrázek 31 - Monolitická bezprůvlaková skeletová stavba

Zdroj: (Zahradnický, 2018)

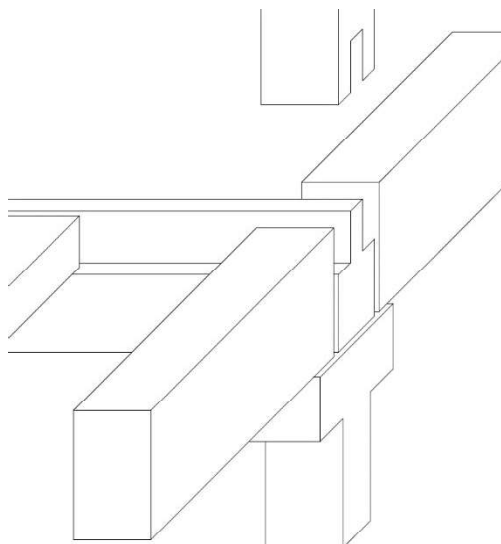
Díky vysoké tuhosti monolitických konstrukcí mohou být systémy budov s menším počtem podlaží tvořeny bez průvlaků, tedy jen sloupy a stropem s jednotnou tloušťkou stropní konstrukce (Obrázek 32). Stropní deska je doplněna o tzv. skryté resp. fiktivní průvlaky, které jsou tvořeny v tloušťce desky zhuštěnou ocelovou výztuží, která zabraňuje tzv. propíchnutí stropní desky sloupem. Propíchnutí může vzniknout, protože se v místech sloupů akumulují vnitřní síly vysokých hodnot, zejména pak smyk, nebo-li posouvající síly. V určitých konstrukcích, zejména těch vyšších, je nutno doplnit toto řešení o hlavice, které jsou umístěny na hlavě sloupu. Ty mohou být viditelné, nebo skryté stejně jako skryté průvlaky ve stropní desce. Hlavice mohou být tvořeny taktéž zhuštěnou ocelovou výztuží, nebo případně jinými ocelovými nebo litinovými prvky. Stropní konstrukce s viditelnými hlavicemi se nazývají hříbové stropy. Tento druh stropní konstrukce se využívá především v technologických budovách nebo v krytých nadzemních nebo podzemních parkovištích. V případě, že je strop doplněn o podhled, umísťuje se hříbový strop i do budov jako jsou například obchodní centra. Jednotná výška stropu bez vystupujících průvlaků je pak výhodnější při tvorbě vnitřní dispozice, příček nebo i zařízení prostoru. (1)

#### **2.4.3.2 Systémy prefabrikované**

Prefabrikace se často využívá z technologických důvodů. Jedním z těchto důvodů může být kvalita výroby prvků konstrukčního systému, která na stavbě nemusí vždy dosahovat potřebné úrovně.

Nejdůležitějším a základním bodem prefabrikace jsou styky jednotlivých dílců (Obrázek 33). Ty musí přenést namáhání od zatížení vedených z prefabrikátů. Jelikož konstrukce není z principu vždy stejně namáhána, lze jednotlivé styčníky navrhnout podle konkrétního zatížení.





Obrázek 32 - Spoj prefabrikovaných dílců

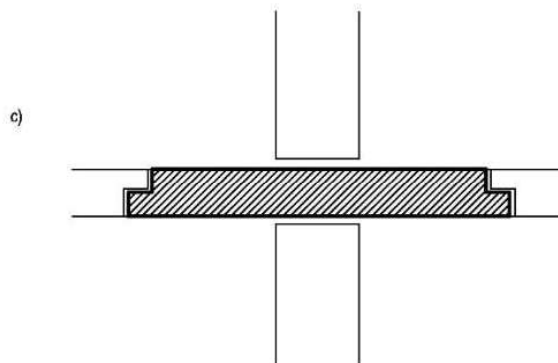
Zdroj: (autor, 2021)

V případě skeletových systémů se zpravidla jedná o tyčové prefabrikované prvky. Spojování tyčových prvků je ale náročnější než u plošných prvků, což je dáno zejména rozměrem styku. Spoje jsou rozhodující pro distribuci zatížení do správných prvků k tomu navržených. Proto musí být styčníky schopny přenášet jakékoliv namáhání. Tlaková namáhání přenáší tzv. zálivkový beton ve styku, tahová namáhání potom přenáší tzv. stykovací výztuž, která je vkládána do prostoru spoje.

Spojení výztuže je nejčastěji prováděno přivařením k ocelovým kotevním prvkům zabetonovanými v prefabrikátu. Množství výztuže je ovlivněno velikostí tahového namáhání ve styku, čím menší hodnota namáhání, tím méně výztuže je ve styku potřeba. S ubývající výztuží může za určitých podmínek ubývat i kotevních prvků mezi dílci. Styky mohou být upravovány dle potřeb návrhu, to znamená, že v určitých směrech může být styčník považován za kloubový, v jiných se může chovat jako tuhý spoj.

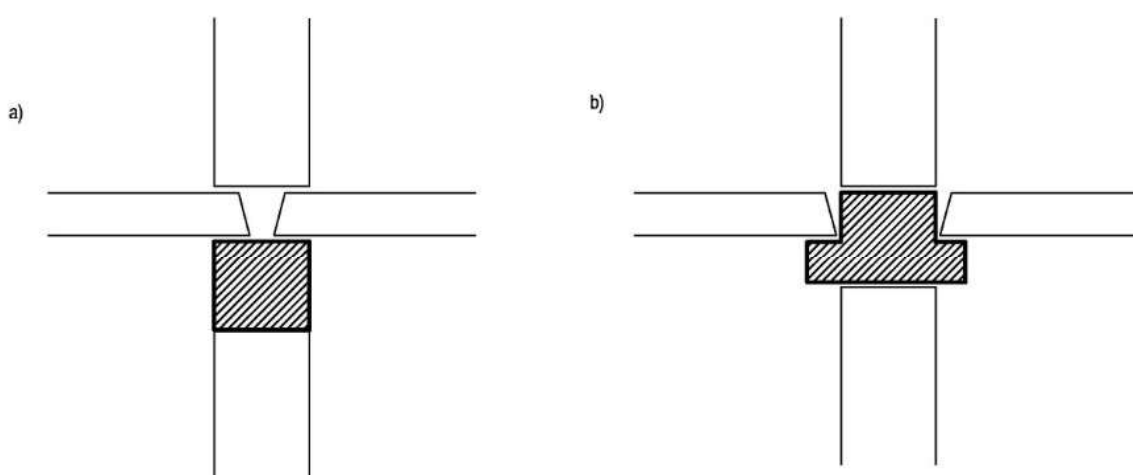
Pokud to především dopravní prostředky dovolí, můžou se do systému vkládat i rozměrnější konstrukce, například sloupy přes více podlaží. To ovšem komplikuje případné spoje s vodorovnými konstrukcemi v mezilehlých podlažích. Řešením může být ukládání průvlaků na krátké konzoly na sloupech, což samozřejmě změní statický model konstrukce. Například průvlaků jsou namísto spojitého nosníku řešeny jako prostě uložené nosníky, které nejsou v uložení schopny přenášet ohybový moment. Toto řešení zvětšuje ohybové momenty resp. deformace příčlí, ale zároveň snižují ohybové momenty přenášené do sloupů.

V méně zatížených systémech v tzv. lehkých skeletech lze tak jako u systému monolitického zvolit bezprůvlakový systém, který zaručí jednotnou tloušťku stropní konstrukce (Obrázek 34). V těchto konstrukcích se styky průvlaků umísťují do míst s nulovým ohybovým momentem resp. do míst, kde se záporný ohybový moment mění v kladný, což je zpravidla v cca 1/3 až 1/5 rozpětí příčle.



Obrázek 33 - Bezprůvlakový systém lehkého skeletu Zdroj:(dk.spsopava.cz)

O něco více zatížené skelety lze nazývat skelety středními, které již obsahují průvlaky větší výšky, než je tloušťka stropní konstrukce. Pro snížení rozdílu výšek průvlaku a tloušťky stropu se využívá průvlaků s průřezem obráceného T (Obrázek 35). Takové průvlaky pak vykazují vysokou ohybovou tuhost ve směru průvlaku, v opačném kolmém směru je ohybová tuhost výrazně menší. Z toho důvodu se v kolmém směru na směr průvlaku umísťují ztužidla, které spřahují některé sloupy. U podélných skeletových systémů se ztužidla umísťují zejména do štítů.



Obrázek 34- Prefabrikované průvlaky

Zdroj:(dk.spsopava.cz)

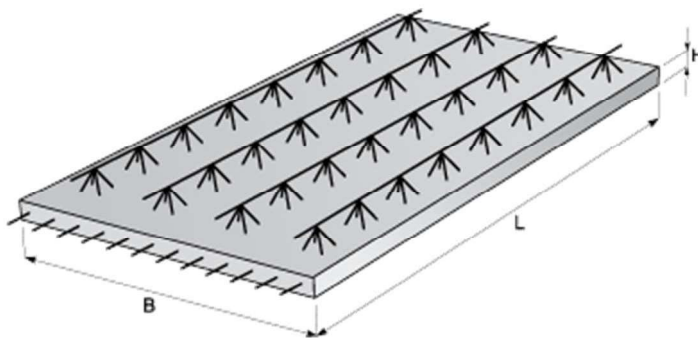
Pro více zatížené budovy, jakými mohou být různé technologické celky, se pak využívá více únosných průvlaků, které mají větší průřezové rozměry, zejména výšku.

Takové řešení pak umožňuje ukládat na příčle i velkorozponové stropní konstrukce, často předpjatými. S narůstajícími rozpony systému musí odpovídat i zvětšení průřezových rozměrů sloupů, které jsou tak namáhány většími vnitřními silami.

Komplikace ve styčnicích nastává v případě obousměrného skeletového systému, kde se do jednoho bodu sbíhá velké množství prvků. Jedná se o složitý detail, který často vyžaduje uložení některých z příčlí na krátkou konzolu sloupu. Velice často jsou skeletové systémy doplňovány ztužujícími stěnami, které se však již dají považovat za systémy kombinované. (1)

### 2.4.3.3 Systémy prefamonolitické

Systémy prefamonolitické u sloupových konstrukcí jsou stejně jako prefamonolitické systémy stěnových konstrukcí, kombinací prefabrikace s technologií monolitickou. Taktéž se jedná o využití výhod obou systémů a případně i zrychlení výstavby. V případě systémů se skrytými průvlaky resp. hlavicemi lze použít například prefa hlavic v kombinaci s monolitickou stropní konstrukcí. Prefabrikovanou částí mohou být například i tzv. filigránové stropní panely, které jsou tvořeny prefabrikovanou spodní deskou s vystupující výztuží doplněnou o monolitickou nadbetonovanou deskou (Obrázek 36).



Obrázek 35 - Filigránová deska

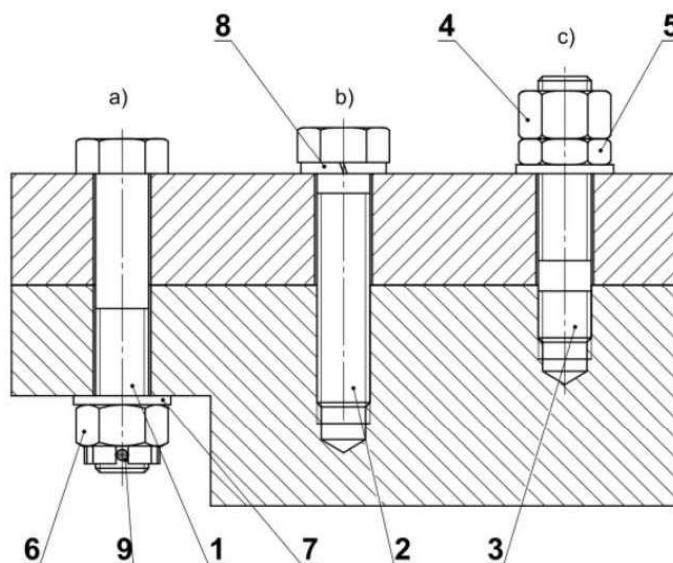
Zdroj: (žpsv)

Pro správnou funkčnost prefamonolitických konstrukcí je nutno zajistit spolupůsobení částí s rozdílnou technologií. Prefabrikované dílce musí být ve styčné ploše upraveny tak, aby docházelo k co nejlepší interakci s monolitickou částí konstrukce. Spolupůsobení nejčastěji zajišťuje výztuž, která vystupuje z prefabrikátů do monolitické části, případně je využito různého tvarování prefabrikátu. (1)

#### 2.4.4 Kovové sloupové systémy

Hlavním kovovým materiálem využívaným k nosným konstrukcím skeletových systémů je ocel, která je díky svojí únosnosti v tahu i tlaku nejvhodnější. Díky těmto vlastnostem mohou být průřezové rozměry všech prvků systému výrazně menší, což přináší efektivnější využití zastavěné plochy. Standardně používanými ocelovými profily jsou zejména válcované profily I, U nebo H, které se mohou využívat jako jednoduché, nebo se často využívá navzájem svařených zdvojených nebo i vícenásobně rozšířených profilů. Využití ocelových profilů značně zjednoduší a urychlí výstavbu, zejména díky odstranění činností jako je zdění, nebo díky odstranění technologických přestávek u konstrukcí betonových.

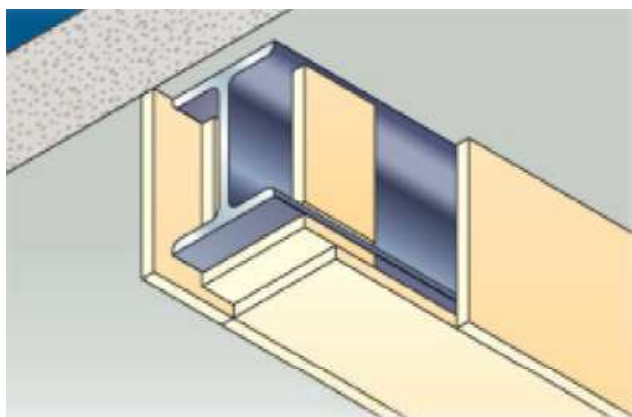
Samotné ocelové profily jsou sice vysoce únosné, ale nedostatečně odolávají excentrickým a vodorovným zatížením, zejména kvůli nízké hodnotě kvadratických momentů ocelových válcovaných nosníků. Nízká únosnost těchto mimostředních zatížení vyžaduje využití ztužujících resp. sprážujících prvků k navýšení ohybové tuhosti systému. Nejčastěji se využívá ocelová rámová konstrukce, podobná monolitické betonové, v podobě stojek a příčlů. Komplikací u ocelových konstrukcí je tuhost spojů rámu, které mohou zajišťovat silné sváry, což je ovšem na stavbě komplikovaná a pracná možnost spojování. Z toho důvodu je nejčastěji využívaným stykem šroubový spoj, díky kterému však konstrukce nedosahuje takové tuhosti, ale je značně méně pracný (Obrázek 37). K dosažení požadované ohybové tuhosti systému jsou pak konstrukce doplněny o ztužující diagonály. Tyto příčně umístěná ztužidla jsou namáhána tahem a tlakem. Relativně malá ohybová únosnost má za následek malou odolnost systému proti vodorovným a excentrickým zatížením. Problém může nastat v případě zděných příček, které mohou být navrženy tužší, než je diagonální ztužení, a tak by mohla být stěna namáhána neočekávaně a mohou vznikat deformace.



Obrázek 36 - Šroubový spoj

Zdroj: (Pagáč, 2013)

Velkým negativem ocelových konstrukcí je jejich malá požární odolnost, kdy ocelové konstrukce rychle měknou při působení vysokých teplot. Z tohoto důvodu je nutno ocelové konstrukce chránit proti účinkům požáru (Obrázek 38). K ochraně ocele se využívá protipožárních obkladů, omítek, nástřiků, nátěrů nebo jsou nosníky zabetonovány.



Obrázek 37 - Protipožární obklad Promat

Zdroj: (Promat)

Největší nevýhodou ocele je ovšem koroze, proti které musí být konstrukce chráněny. V případě, že konstrukce nelze chránit proti korozi, musí být jednotlivé prvky naddimenzovány minimálně o tloušťku počítané koroze tak, aby byla konstrukci ponechána požadovaná únosnost. (1)

## 2.4.5 Dřevěné sloupové systémy

Dřevo se vyznačuje téměř shodnou únosností v tahu i tlaku, což je velikou výhodou. Největším problémem dřevěných konstrukcí je jejich hořlavost. Tato vlastnost má za následek, že ze dřeva nemohou být stavěny vyšší budovy než jedno či dvoupodlažní.

Výjimečně lze nalézt i budovy s větším počtem nadzemních podlaží. Z důvodu velice nízké tuhosti styků dřevěných konstrukcí jsou často tyto konstrukce doplňovány o šikmé ztužující prvky, diagonály.

Pozitivem využití dřeva je možnost zvolení stejného materiálu pro svislé a vodorovné konstrukce, dokonce může být dřevo využito i na kompletační činnosti, například ve formě dřevěných obkladů. Dalšími výhodami mohou být snadná opracovatelnost, nebo například obnovitelnost dřeva. (1)

#### **2.4.5.1 Lehký dřevěný skelet**

Lehký skelet se vyznačuje subtilnějšími vodorovnými i svislými prvky, které mají relativně nízkou vzájemnou vzdálenost (Obrázek 39). Prostorovou tuhost konstrukce doplňují ještě deskové prvky, nejčastěji z materiálu na bázi dřeva. Ze subtilnějších, hustěji kladených prvků jsou vytvářeny i stropní konstrukce. (1)



Obrázek 38 - Dřevěný lehký skelet

Zdroj: (Vejvara, 2018)

#### **2.4.5.2 Těžký dřevěný skelet**

Těžké skelety jsou tvořeny masivnějšími prvky s většími rozpony (Obrázek 40). Často se využívá vrstveného dýhového dřeva nebo lepeného lamelového dřeva. Prostorová tuhost je zajištěna zavětrovacími prvky, nejčastěji diagonálami, nebo příhradami. Nosná konstrukce bývá v interiéru příznána, z exteriérové strany je na nosný systém kotven plášť. Výhodou oproti lehkému skeletu je snadná změna dispozice, kdy příčky nejsou součástí nosného systému.





Obrázek 39 - Dřevěný těžký skelet Zdroj: (tzb.info)

Hlavní nevýhodou dřevěných konstrukcí, kromě nízké požární odolnosti, je náchylnost proti biologickým vlivům například dřevokazné plísně, hmyz, houby nebo hniloba. Jedním z nejúčinnějších opatření proti těmto vlivům je hlubinná impregnace. Dalším účinným opatřením mohou být nátěry, které ovšem musí být pravidelně obnovovány. Preventivní ochranou dřevěných konstrukcí může být údržba okolního prostředí, protože dřevo špatně odolává jeho změnám. (1)

#### **2.4.6 Systémy materiálově a technologicky kombinované**

Kombinace materiálu nebo technologií se využívá pro optimalizaci návrhu tak, aby se využily jejich výhody. Pro zvětšení půdorysné plochy, třeba jen v některých podlažích, se mohou nahradit železobetonové sloupy za ocelové. V případě potřeby se mohou některé konstrukce prefabrikované doplňovat prvky monolitickými nebo zděnými.

Může být použito různých technologických prostředků jako například zvedaný strop, který je betonován v prvním podlaží, a následně je zvedán do své navržené polohy. Po zvednutí desky jsou pod strop vkládány prefabrikované sloupy. V průběhu zvedacích prací musí být budova vyztužena například lany, nebo předem připravenou ztužující konstrukcí. Další možností může být opačný postup spouštěných stropů, které se betonují v nejvyšším podlaží, a následně jsou spuštěny do své polohy. Využito může být i šplhacího bednění, které stoupá po podlažích spolu s budovou. To znamená, že po nabytí určité pevnosti betonovaných konstrukcí, se bednění zdvihne o podlaží výše, kde následuje další betonáž. (1)

## 2.5 Kombinované systémy

Nejčastěji používanou kombinací systému je skelet se ztužujícími stěnami. Stěny mohou mít další funkce, jsou jimi protipožární nebo akustická. Poměr stěn a sloupů je většinou úměrný tuhosti konstrukce. Například budovy, kde je v přízemí navržen provoz, který požaduje otevřenou dispozici, třeba restaurace, a v dalších podlažích jsou byty, bude budova v přízemí sloupová a v dalších patrech stěnová.

Příčná a podélná stěna ve skeletových systémech může přebírat většinu vodorovných zatížení, a tak celkový systém bude mít menší deformace než samotný sloupový systém nebo systém s rámy. Aby bylo vodorovné zatížení přeneseno přes sloupovou část do ztužujících stěn, musí být skeletový systém navržen s kloubovým uložením, aby nebyl tak namáhán ohybovými momenty. Jedná se tak o jednoduchý systém s kyvnými stojkami, které přenáší jen osovou sílu a jejich výztuž nemusí být průběžná mezi jednotlivými podlažními.

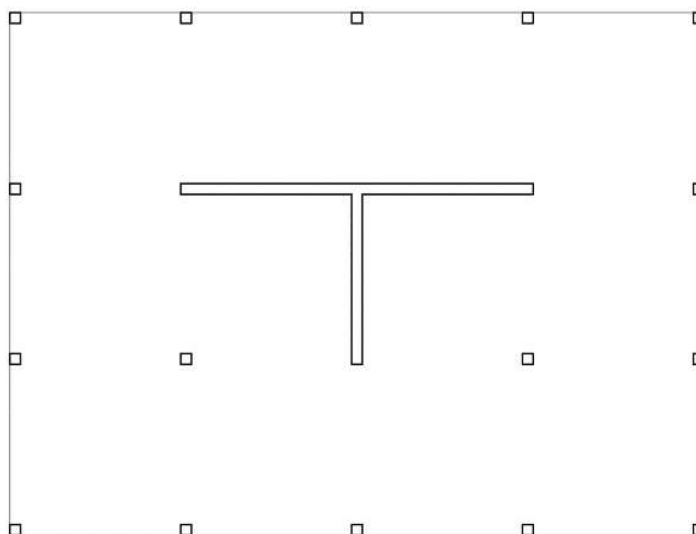
Nevýhodou tohoto řešení je rozdílné namáhání na základy a základovou spáru pod sloupy a pod stěnami. Zatímco základovou konstrukcí sloupů bývají zpravidla patky, stěny jsou uloženy na základových pasech. Jejich rozdílný odpor na základovou spáru vyvoluje různé hodnoty deformací, což přináší nebezpečí nevyžádané deformace příček a zvýšeného namáhání jednotlivých prvků konstrukčního systému. (1)

### 2.5.1 Kombinace stěn a sloupů v horizontální rovině

Stěny v kombinovaném systému jsou navrženy tak, aby plnily i jiné než statické funkce a zároveň by měly co nejméně snižovat efektivitu navržené dispozice. Ztužující stěny by měly být navrženy v místech, kde je nepravděpodobné, že budou muset být, při případné rekonstrukci, demolované nebo stavebně upravované. Na základě těchto poznatků je výhodné ztužující stěny umisťovat v místech schodišť, případně do štítových nebo podélných stěn rozdělující jednotlivé jednotky jako například byty nebo kanceláře. V případě umístění ztužidel jako obvodové stěny, je takřka znemožněno do nich při rekonstrukci umisťovat větší stavební otvory.

Pro maximalizaci ztužení je nutno ztužující stěny kolmo spojovat, čím vznikne ještě tužší útvar než stěny jednotlivé (Obrázek 41). Řádově se tak zvýší odpor proti ohybovým momentům při ponechání stejného množství materiálu. Se zvýšením odporu vůči ohybovým momentům se úměrně snižuje deformace nosných prvků, která se projeví i do nenosných součástí, jakými jsou příčky, výplně otvorů nebo případně fasádní obklady. (1)





Obrázek 40 - Kolmé ztužení stěnami

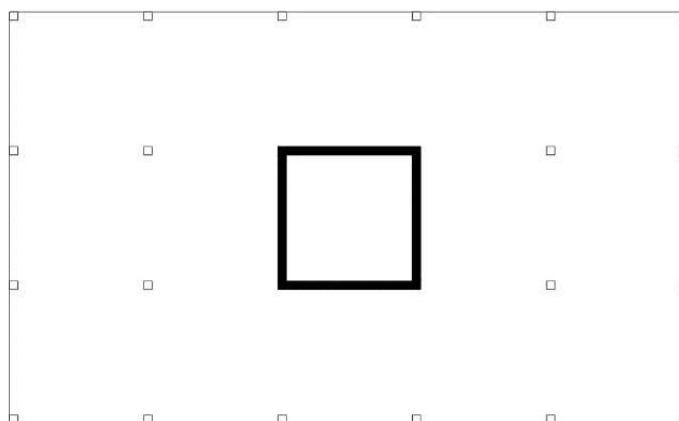
Zdroj: (autor, 2023)

Ztužující stěny musí být umístěny tak, aby v konstrukci nedocházelo k nevyžádané deformaci z důvodu tepelné roztažnosti konstrukcí, nebo pro to musí být navrženo opatření.

## 2.5.2 Jádrové systémy

Stěny v kombinovaném systému jsou často využívány i k akustickému nebo požárnímu oddělení prostor. Tyto funkce stěn nasměrovaly návrhy budov k využití výztužného jádra jako odděleného komunikačního prostoru, často umístěného přibližně na střed budovy, který funguje jako ztužující celek (Obrázek 42). Díky zpravidla používaného železobetonu je tento celek taktéž požárně oddělen od ostatních prostor budovy.

Rozměr jádra se odvíjí od velikosti schodišťového prostoru, zpravidla včetně výtahu. Velikosti těchto stavebních součástí jsou většinou dostačující k velikosti potřebného odporu proti ohybovým momentům vzniklých vodorovným zatížením. Díky propojení stěn a sloupů tuhou stropní deskou je vodorovné zatížení rozděleno na všechny prvky ve velikosti jeho ohybové tuhosti.

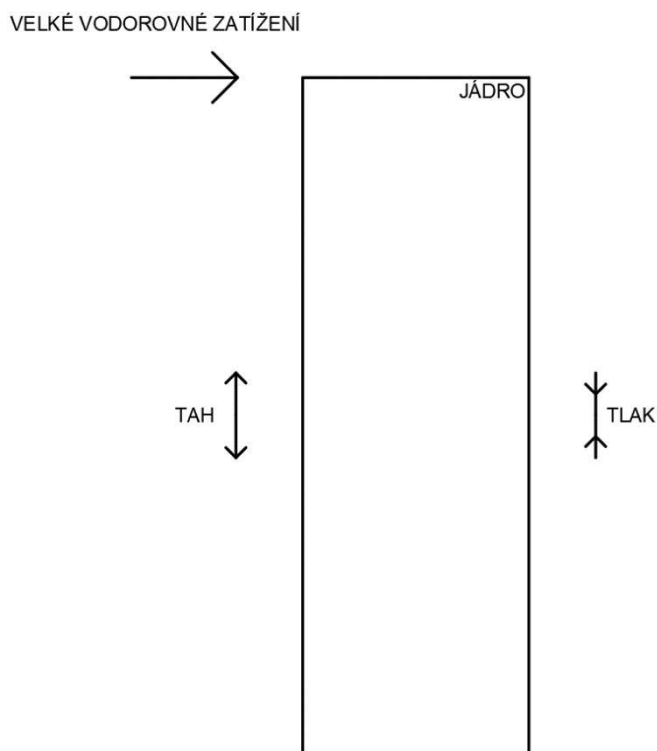


Obrázek 41 - Umístění ztužujícího jádra

Zdroj: (autor, 2023)

Na základě velmi malé ohybové tuhosti sloupů je většina z vodorovného zatížení přenesena do ztužujícího jádra, které má ohybovou tuhost násobně větší. Sloupy je možno navrhovat jako kloubově uložené, bez nároků na přenos vodorovných zatížení, což má za následek přenos veškerého vodorovného zatížení do jádra pomocí tuhé stropní konstrukce. Jelikož tak nejsou sloupy zatíženy ohybovým momentem, může být jejich průřez menší, navržen jen na přenos svislých reakcí od konstrukcí nad nimi. Rozdíl ve velikosti půdorysných rozměrů sloupu následně navyšují užitnou plochu podlaží.

V některých případech může být jádro vodorovně zatíženo tak, že v něm vznikne tah, který vyvolá problém v základech (Obrázek 43). V tomto případě musí být zvětšeno svislé (tlakové) zatížení a to například většími reakcemi od stropu, ve kterém se zvětší jeho rozpětí mezi nosným prvkem a jádrem. Dalšími možnostmi jsou různé mohutné konstrukce jako konzoly nebo táhla, která vyřeší tahové napětí v jádře, ovšem nedokáží se podílet na přenosu vodorovného zatížení.



Obrázek 42- Namáhání ztužujícího jádra

Zdroj: (autor, 2023)

Pro symetrickou deformaci je nutno jádro umísťovat do středu budovy, nikoliv k jejím okrajům. Při využití více než jednoho jádra by měl být návrh taktéž symetrický. Jádro umístěné ve středu budovy není tepelně namáháno jako jádro umístěné na okraji budovy, což vylučuje deformace způsobené tepelnou roztažností při tepelné změně prostředí. (1)

### 2.5.3 Vertikálně kombinované systémy

Budovy mohou vyžadovat různý druh konstrukčního systému v jednotlivých podlažích. Zejména se jedná o budovy, ve kterých se liší využití. Například ve městech, kde se v přízemí nachází obchody nebo jiné služby a v dalších podlažích jsou pak byty nebo kanceláře (Obrázek 44). Jedná se tedy o prostory s různými potřebami dispozice, nebo s různými velikostmi jednotlivých prostor. V podlažích, kde se nachází prostory, které vyžadují větší podlahovou plochu například restaurace, se navrhuje skeletový systém. Sloupový systém je vhodný i do prostor, kde se předpokládá častější změna dispozice během doby užívání. Zatímco pro prostory pro ubytování, kde se nachází menší oddělené prostory, je vhodnější stěnový systém. Nosnému systému pak nenáleží jen statická funkce, ale například i funkce protipožární nebo akustická.



Obrázek 43 - Vertikálně kombinovaný systém

Zdroj: (ASB)

Volba skeletového systému v přízemí může být ovlivněna i základovými poměry vyžadujícími hlubinného založení, nebo požadavkem na volnost dispozice z jiných například architektonických důvodů.

Komplikací takto kombinovaného nosného systému je přenos zatížení ze stěn do sloupů, kdy se v jejich spoji nachází velké smykové síly. Dále je tento systém citlivý na nerovnoměrné změny teploty prostředí, které mají za následek nestejně deformace základových konstrukcí. Základy se proto musí navrhovat s ohledem na tuto skutečnost. Nerovnoměrné změny teploty konstrukcí mohou být zmírněny tepelnou izolací. (1)

## 2.6 Prostorová prefabrikace

Pro zvýšení produktivity, snížení pracnosti a urychlení výstavby se začaly vyrábět velké ucelené celky tvořící celou část budovy (Obrázek 43). Prostorová prefabrikace je využívána zejména při stavbě bytů, ubytovacích jednotek nebo kanceláří. Jedná se, zatím, o nejrychlejší postup výstavby, která vyžaduje jen minimum stavebních prací. Velikost jednotlivých celků je dána rozměry dopravních prostředků pro vodorovnou i svislou dopravu. Nosná konstrukce celků je stěnová, skeletová nebo kombinovaná. Skeletové konstrukce se využívá hlavně tam, kde jedna buňka nezahrnuje celý požadovaný prostor, ale je potřeba například dvou buněk.

Nejčastěji používaným materiálem je dřevo a kov, případně plast. Beton je kvůli své hmotnosti pro tento typ výstavby nevhodný. Výroba buněk probíhá v továrnách, odkud jsou pak expedovány na téměř jakkoli vzdálená staveniště. V místě stavby jsou pak jednotlivé buňky skládány jeřábem do své definitivní pozice. Výhodou této technologie výstavby je i redukce prostoru pro zařízení staveniště. Buňky mohou nahrazovat celý konstrukční systém budovy, nebo mohou být osazeny na připravené nosné konstrukce, ve kterých pak buňky tvoří jen nenosnou výplň. (1)



Obrázek 44- Prostorově prefabrikovaná budova

Zdroj: (Vrbík, 2010)

## 2.7 Konstrukční systémy výškových budov

Konstrukce výškových budov musí odolávat značným vodorovným zatížením od větru, které se tak zařazuje mezi primární činitele ve velikostech vnitřních sil v prvcích konstrukčního systému. Stejně jako u jádrových systémů vznikají zejména v nejnižších podlažích tahové síly, které se musí eliminovat. Jedním z řešení je extrémní zvětšení ohybové tuhosti budovy, čímž se sníží normálová napětí a vodorovné deformace sloupů a stěn. Konstrukce, ve kterých hrozí vznik tahového namáhání, je nutno svisle zatížit tak, aby se napětí, i s rezervou, převrátilo na tlakové.

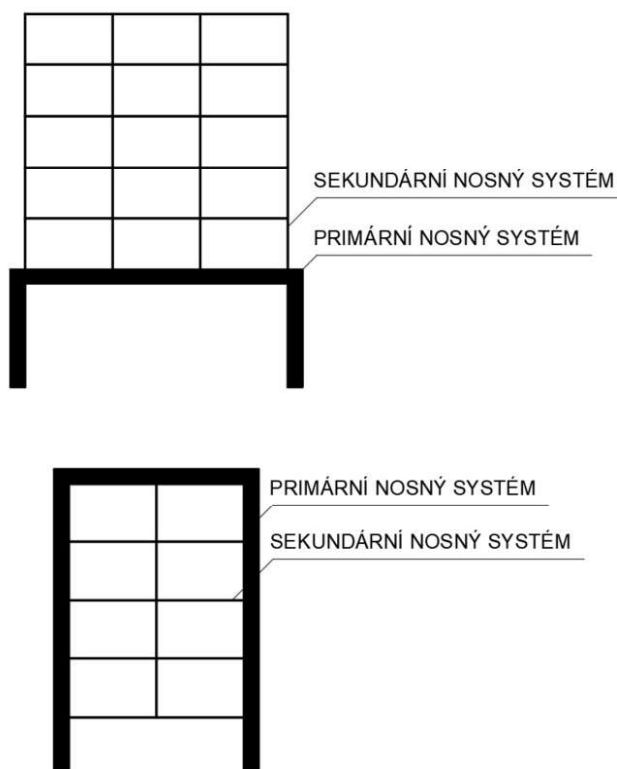
Ve výškových budovách mají často i dělicí konstrukce funkci ztužující, které se nesmí deformovat tak, že přestanou nově nabytou funkci plnit.

Funkčnost systému výškové budovy vyžaduje spolehlivé spojení takřka veškerých svislých konstrukcí. Ve výškových budovách s jádrovým systémem je výška omezena maximálními plošnými rozměry jádra tak, aby byla jeho plocha stále efektivně využitelná. Dalším řešením je tuhé spojení obvodových konstrukcí, čímž vznikne jádro v rozměru celé budovy. V kombinaci s velkorozponovými stropy je pak tento systém velice odolný proti vodorovným silám. Výškové budovy mimořádné výšky jsou opatřeny spolu s obvodovým jádrem i jádrem vnitřním, které slouží pro podporu sloupů a zvýšení ohybové tuhosti konstrukce. (1)

## 2.8 Superkonstrukce

S rostoucí výškou systému a rozpony stropů narůstají i velikosti průřezových ploch prvků, což má za následek zmenšení vnitřního prostoru budovy. Konstrukční nosné systémy jsou většinou tvořeny z materiálů s dlouhodobou životností, zatímco nenosné systémy například příčky, mají životnost značně kratší. Tento fakt vedl k tvorbě systému s razantně delší životností, který umožní několikanásobnou úpravu dispozice budovy, včetně jejich kompletačních prvků.

Nosná část může být rozdělena na primární a sekundární systém. Mohutná primární část systému je pak navržena ve větším rozsahu například přes více podlaží. Sekundární část je tvořena subtilnějšími dílci, které se během životnosti primární části můžou i několikrát vyměnit. S rostoucí výškou budovy se navyšují průřezy jen primární části, která se umísťuje zpravidla na obvodě systému (Obrázek 46). Fungování superkonstrukce je shodné jako při tradičních systémech. Nosný systém musí odolávat stejným vlivům resp. zatížením. Superkonstrukce může vyřešit například komplikaci se základovými poměry, kdy je redukován počet složitých základových konstrukcí. (1)



Obrázek 45 - Skladba superkonstrukce

Zdroj:(autor, 2023)

## **Praktická část**

### **3 Metodika práce**

Konstrukční systémy a jednotlivé konstrukce budou hodnoceny z několika hledisek. V dalších odstavcích je uveden postup a metodika práce.

#### **3.1 Stavební parametry**

Bude zkoumána pevnost a další technické parametry jednotlivých konstrukčních systémů. Návrh bude rozdělen na dvě části, stropy a stěny. Porovnání těchto parametrů nám pomůže pochopit jejich schopnost odolávat vnějším vlivům a splnit požadavky na bezpečnost a pohodlí uživatelů budovy. Rozměry systémů jsou navrženy přibližně podle velikosti parkovacích míst (2 parkovací místa a 3 parkovací místa). Tyto rozměry jsou určeny jen orientačně tak, aby byly tyto dvě varianty rozměrově porovnatelné. Systémy budou uvažovány jako stěnové, což je systém často používaný pro výstavbu bytových domů.

#### **3.2 Finanční analýza**

Bude provedena finanční analýza jednotlivých konstrukčních systémů z hlediska nákladů na jejich výstavbu. Tato analýza nám pomůže posoudit celkovou ekonomickou efektivitu jednotlivých systémů. Ceny za jednotku budou stanoveny přibližně, primárně podle cen podobných materiálů na současných stavbách. Do finanční analýzy nebudou započteny ceny povrchových úprav, skladby podlah nebo příček, jelikož jsou tyto ceny pohyblivé a ze širšího hlediska by množství použitého materiálu bylo velice podobné ve všech variantách návrhu. To samé platí o technickém vybavení nebo výplní otvorů.

#### **3.3 Porovnání a výsledky práce**

Na základě získaných výsledků budou jednotlivé konstrukční systémy vzájemně porovnány. Budou zváženy jejich výhody a nevýhody z technického i finančního hlediska. Tímto porovnáním budeme schopni identifikovat optimální konstrukční systém pro daný stavební projekt.

Tato práce může přinést cenné poznatky a doporučení pro profesionály v oblasti stavebnictví, kteří se zabývají výběrem konstrukčního systému. Pomůže lépe porozumět různým aspektům stavebního procesu a umožní zvýšit efektivitu výběru.

### **3.4 Použitý software**

Pro vyhotovení této práce bylo zapotřebí užití několika programů.

Textová editace - MS Word 2013,

Tabulky, grafy – MS Excel 2013,

Obrázky – AutoCAD 2022,

Statické výpočty – SCIA Engineer 22.1,

Ceny stavebních materiálů – KROS 4

## **4 Stavební parametry**

### **4.1 Stavební parametry – stropní konstrukce**

Tato část diplomové práce se zaměřuje na hodnocení stropních konstrukcí s konkrétními rozměry modulu 5,5x5,5 m a 8,25x8,25 m. Budou navrženy a analyzovány různé technologie a materiály pro tyto stropní konstrukce, které zahrnují monolitické desky jednosměrně i křížem pnuté, spojitě, prostě podepřené, prefabrikované panely, filigránové stropy a zástupce skládaných stropů MIAKO. Jelikož se nejedná o konkrétní budovy, monoliticky vytvářené betonové stropy budou navrženy orientačně s využitím funkce programu SCIA Engineer, která zobrazí množství potřebné výztuže. Tato funkce vypočte potřebnou výztuž na krychlový metr. Pro ostatní materiály a technologie, budou využity údaje výrobců v jejich technických listech.

#### **4.1.1 Zatížení**

Zatížení bude na všechny druhy kombinací materiálů stejné, aby byly všechny možnosti porovnatelné. To znamená, že veškeré skladby podlah, příčky a užitné zatížení budou mít shodnou hodnotu.

##### **4.1.1.1 Zatížení užitné**

Jelikož se jedná o obytné budovy, užitné zatížení bude uvažováno, dle tabulky 6.1 v normě ČSN EN 1991-1-1, v kategorii A: obytné plochy. Charakteristická hodnota tohoto zatížení bude uvažována, dle NA.2.4 tabulky 6.2(CZ) jako  $1,5\text{kN/m}^2$ . K užitnému zatížení bude, podle článku 6.3.1.2 odst. 8, připočteno zatížení příčkami, které mohou být během



životnosti stavby přemístovány. Vzhledem k tomu, že není přesně daná dispozice a není určený materiál příček, bude uvažována nejvyšší hodnota charakteristického zatížení od příček a to  $1,2 \text{ kN/m}^2$ . Užité zatížení je na konstrukci kladeno ve třech zatěžovacích stavech. Jedním ze zatěžovacích stavů je plné zatížení, další dva stavy se šachovnicově kombinují. Výpočet zatížení je uveden v Tabulce 1.

Tabulka 1 - Výpočet užitého zatížení

Zdroj: (autor, 2023)

| Užitné zatížení           |                            |            |                            |
|---------------------------|----------------------------|------------|----------------------------|
| Kategorie                 | $q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_f$ | $q_d$ [kN/m <sup>2</sup> ] |
| A - obytné budovy - strop | 1,5                        | 1,5        | 2,250                      |
| Příčky                    | 1,2                        | 1,5        | 1,800                      |
| Celkem                    | 2,7                        |            | 4,05                       |

#### 4.1.1.2 Zatížení stálé

Stálé zatížení stropů tvoří skladba podlahy, která byla navržena z běžně využívaných materiálů. Uvažována je nejčastěji používaná, nejtěžší podlahová krytina, která se v bytě nachází, a to keramická dlažba kladená na flexibilní lepidlo. Roznášecí vrstvu tvoří vrstva betonové mazaniny, doplněná o ocelová vlákna. Následující vrstvou je separační PE fólie, kladená na kročejovou izolaci, která je uložena na vyrovnávací vrstvě nosné konstrukce stropu. Vlastní zatížení je počítáno automaticky v softwaru, případně v technických listech výrobců. Celková hodnota zatížení od podlahy bytového domu je uvedena v Tabulce 2.

Tabulka 2 - Výpočet stálého zatížení

Zdroj: (autor, 2023)

| Stálé zatížení - podlaha bytového domu |              |                               |                            |            |                            |
|--|--------------|-------------------------------|----------------------------|------------|----------------------------|
| Vrstva                                 | tloušťka [m] | obj. hm. [kN/m <sup>3</sup> ] | $g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_f$ | $g_d$ [kN/m <sup>2</sup> ] |
| Keramická dlažba                       | 0,015        | 26,00                         | 0,390                      | 1,35       | 0,527                      |
| Flexibilní lepidlo                     | 0,005        | 18,00                         | 0,090                      | 1,35       | 0,122                      |
| Betonová mazanina - drátkobeton        | 0,045        | 24,00                         | 1,080                      | 1,35       | 1,458                      |
| Separací vrstva                        | -            | -                             | -                          | -          | -                          |
| Kročejová izolace                      | 0,040        | 1,00                          | 0,040                      | 1,35       | 0,054                      |
| Vyrovnávací vrstva stropu              | 0,020        | 23,00                         | 0,460                      | 1,35       | 0,621                      |
| Celkem                                 | 0,125        |                               | 2,04                       |            | 2,781                      |

## 4.1.2 Monolitické železobetonové stropní konstrukce

### 4.1.2.1 Empirický výpočet tloušťky desky

Výpočet tloušťky desky bude vyhotoven ve dvou metodách. První metoda je čerpána z technických předpisů ČKAIT (Obrázek 46). Druhá metoda je čerpána ze skript VUT Brno.

#### 4.1.2.1.1 Metoda podle PROFESISU ČKAIT

| Prvek                      |                  | Nákres | Tloušťka $h_d$<br>[mm] | Rozpětí $\ell$<br>[m] | Poměr $\ell/h_d$<br>[-] |
|----------------------------|------------------|--------|------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Deska prutá v obou směrech | • železobetonová |        | 100-250                | 3,0-11,0              | 28-35                   |

Obrázek 46 - Empirický výpočet tloušťky desky

Zdroj: (Lorenz, 2014)

Pro rozpětí 5,5 m,

$$l_1 = l_2 = 5500 \text{ mm,}$$

kde  $l_1$  a  $l_2$  je osová vzdálenost podpor desky v milimetrech,

navrhují tloušťku desky  $h = 200 \text{ mm}$ ,

$$5500/200 \approx 28.$$

=> Návrh tloušťky desky 200 mm dle Obrázku 46 vyhovuje.

Pro rozpětí 8,25 m,

$$l_1 = l_2 = 8250 \text{ mm,}$$

navrhují tloušťku desky  $h = 270 \text{ mm}$ ,

$$8250/270 \approx 31.$$

=> Návrh tloušťky desky 270mm dle Obrázku 47 vyhovuje. (4)

#### 4.1.2.1.2 Metoda dle VUTBR

pro rozpětí 5,5 m,

$$h = 1,1 \cdot (l_1 + l_2) / 75$$

kde  $l_1$  a  $l_2$  je osová vzdálenost podpor desky v milimetrech,

$h$  je výška desky,

$$h = 1,1 \cdot (5500 + 5500) / 75$$

$$h = 161,33 \text{ mm.}$$

=> Návrh tloušťky desky 200 mm vyhovuje

pro rozpětí 8,25 m...

$$h = 1,1 \cdot (l_1 + l_2) / 75$$

$$h = 1,1 \cdot (8250 + 8250) / 75$$

$$h = 242 \text{ mm.}$$

=> Návrh tloušťky desky 270 mm vyhovuje. (5)

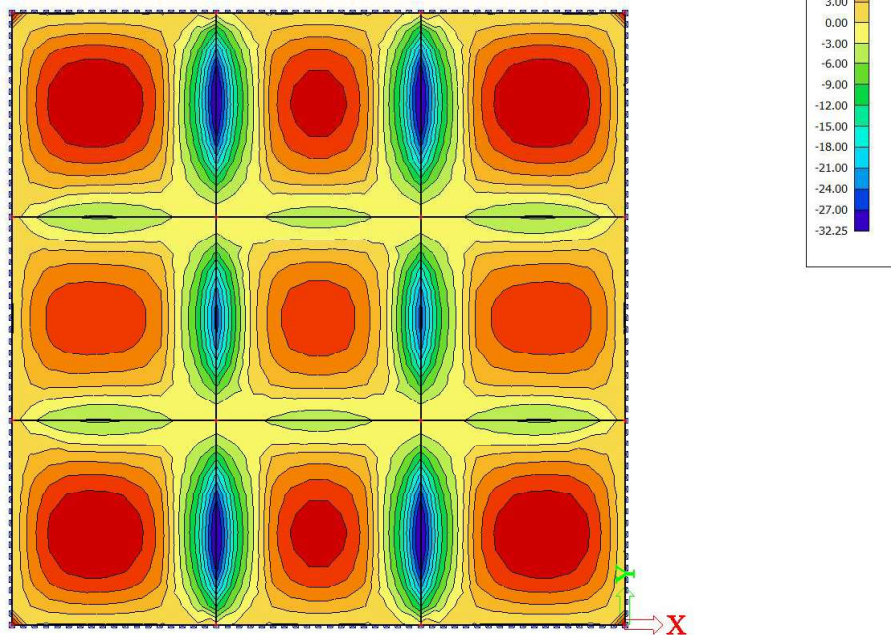
#### 4.1.2.2 Ohybové momenty stropních desek $m_x$ a $m_y$

V této kapitole budou vyobrazeny jednotlivé momenty působící na stropní desky ve směru os  $x$  a  $y$ . Kladné momenty vyvolávají tahová namáhání, zatímco záporné momenty vyvolávají namáhání tlaková. Kladné momenty jsou na obrázcích níže reprezentovány červenou barvou, záporné momenty jsou vyobrazeny barvou tmavě modrou a fialovou.

##### 4.1.2.2.1 Stropní deska 5,5x5,5 m spojitá křížem pnutá

Jedná se stropní desku, která je mezi jednotlivými poli propojená a lze ji považovat za spojitou. Jde především o ty konstrukce, které jsou betonované najednou a tak jsou na okrajích pevně propojeny. Strop je v tomto případě uvažován jako pnutý v obou směrech na modulový rozměr 5,5x5,5 m.

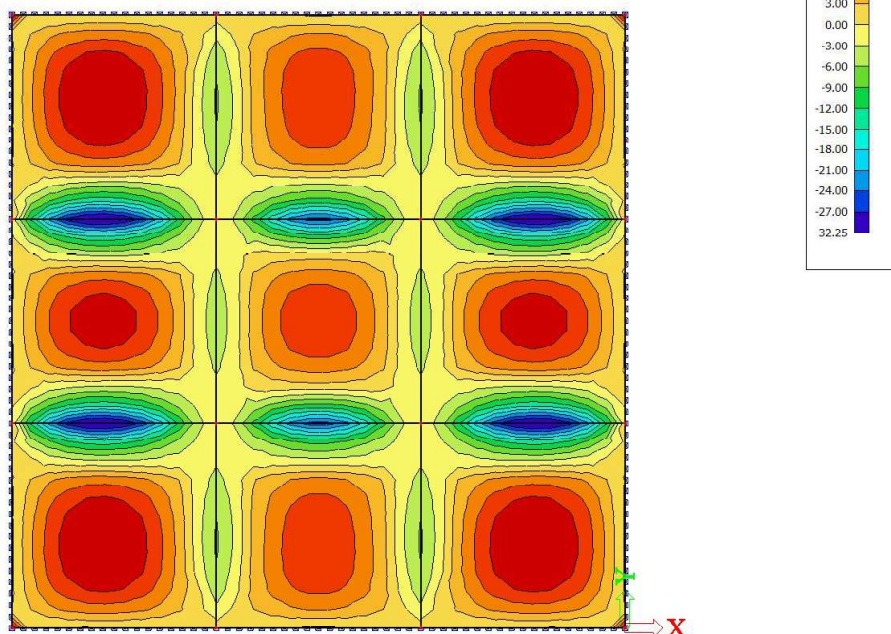
**2D vnitřní síly**  
Hodnoty:  $m_x$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Obrázek 47 – Ohybové momenty  $m_x$  na spojitě desce 5,5x5,5 m křížem pnuté

Zdroj: (autor, 2023)

**2D vnitřní síly**  
Hodnoty:  $m_y$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Obrázek 48 – Ohybové momenty  $m_y$  na spojitě desce 5,5x5,5 m křížem pnuté

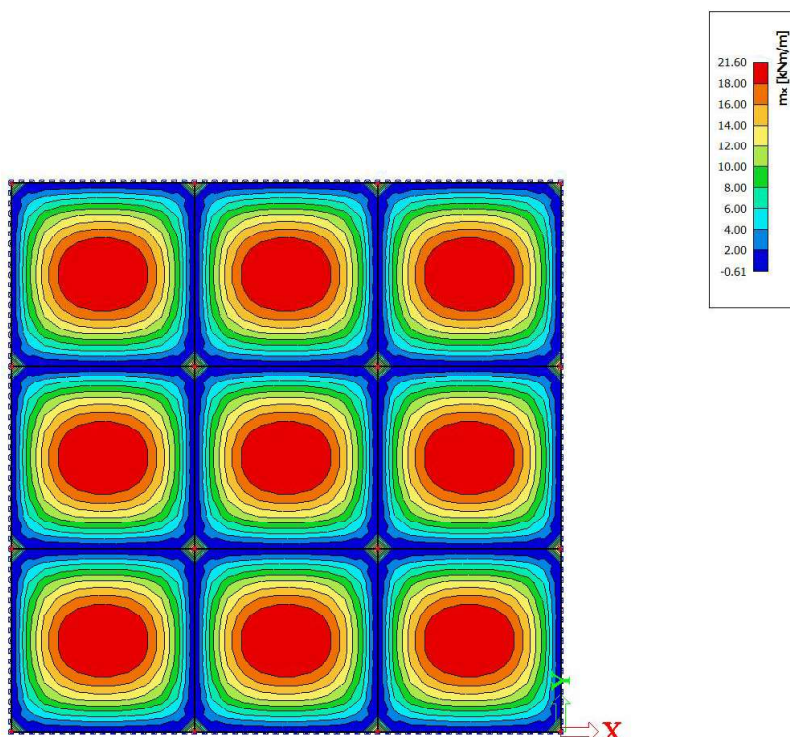
Zdroj: (autor, 2023)

Vysoké hodnoty záporných momentů v místech napojení mezi jednotlivými poli dokazují, že se skutečně jedná o spojitou desku, ve kterých záporné momenty vznikají právě nad podporami (Obrázek 47 a Obrázek 48).

#### 4.1.2.2.2 Stropní deska 5,5x5,5 m nespojitá křížem pnutá

V tomto případě jsou hodnoty ohybových momentů vypočítávané na desce nespojitě resp. na desce, kde jsou od sebe jednotlivá pole oddělena. Stropní desky jsou křížem pnuté na rozměr modulu 5,5x5,5 m.

2D vnitřní síly  
Hodnoty:  $m_x$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť

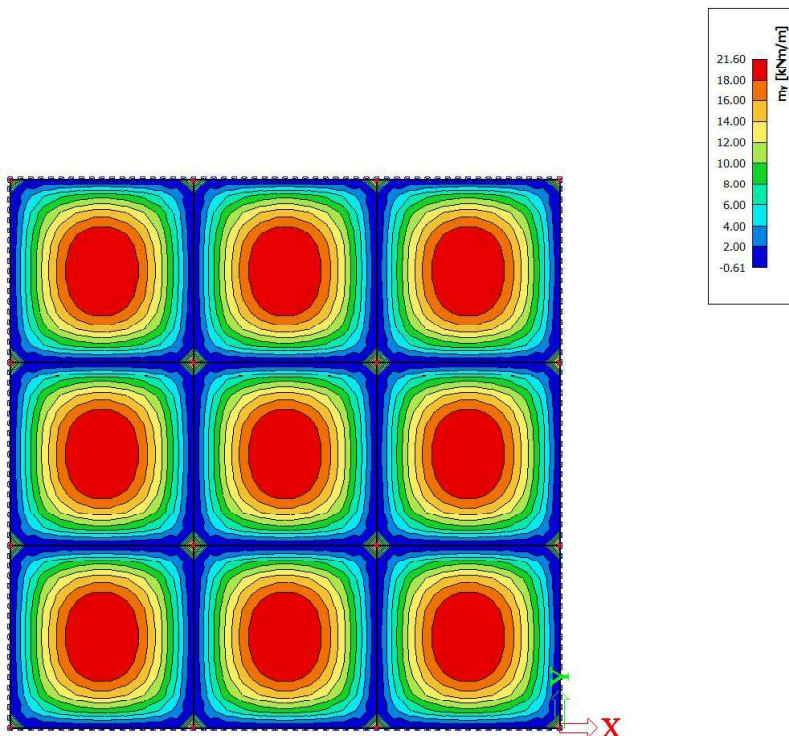


Obrázek 49 – Ohybové momenty  $m_x$  na nespojitě desce 5,5x5,5 m křížem pnuté

Zdroj: (autor, 2023)



**2D vnitřní síly**  
Hodnoty:  $m_y$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Obrázek 50 – Ohybové momenty  $m_y$  na nespojitě desce 5,5x5,5 m křížem pnuté

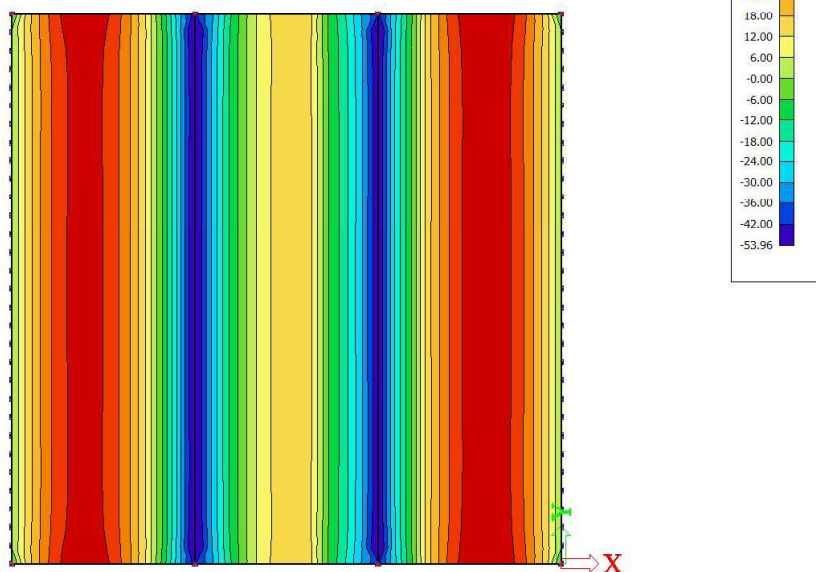
Zdroj: (autor, 2023)

Na rozdíl od předcházející varianty je z Obrázku 49 a Obrázku 50 snadné rozeznat, že se jedná o desky nespojitě. Svědčí o tom téměř nulové záporné ohybové momenty. Nespojitost má za následek větší kladné ohybové momenty, než jaké jsou zobrazeny v předcházející variantě.

#### 4.1.2.2.3 Stropní deska 5,5m spojitá jednostranně pnutá

Ve třetí variantě podepření je stropní deska uvažována jako spojitá, ale jednostranně pnutá. Na základě tohoto předpokladu je navržena pouze jedna vnitřní stěna. Vzdálenost mezi osami jednotlivých stěn je 5,5 m.

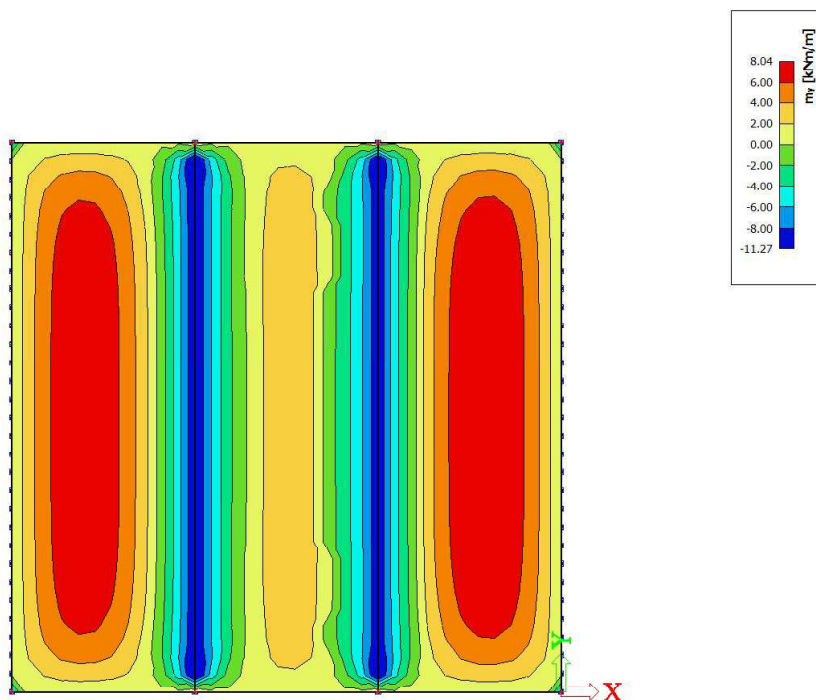
**2D vnitřní síly**  
Hodnoty:  $m_x$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obrázek 51 - Ohybové momenty  $m_x$  spojitě desky na 5,5 m jednostranně pnuté

Zdroj:(autor, 2023)

**2D vnitřní síly**  
Hodnoty:  $m_y$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obrázek 52 - Ohybové momenty  $m_y$  spojitě desky na 5,5 m jednostranně pnuté

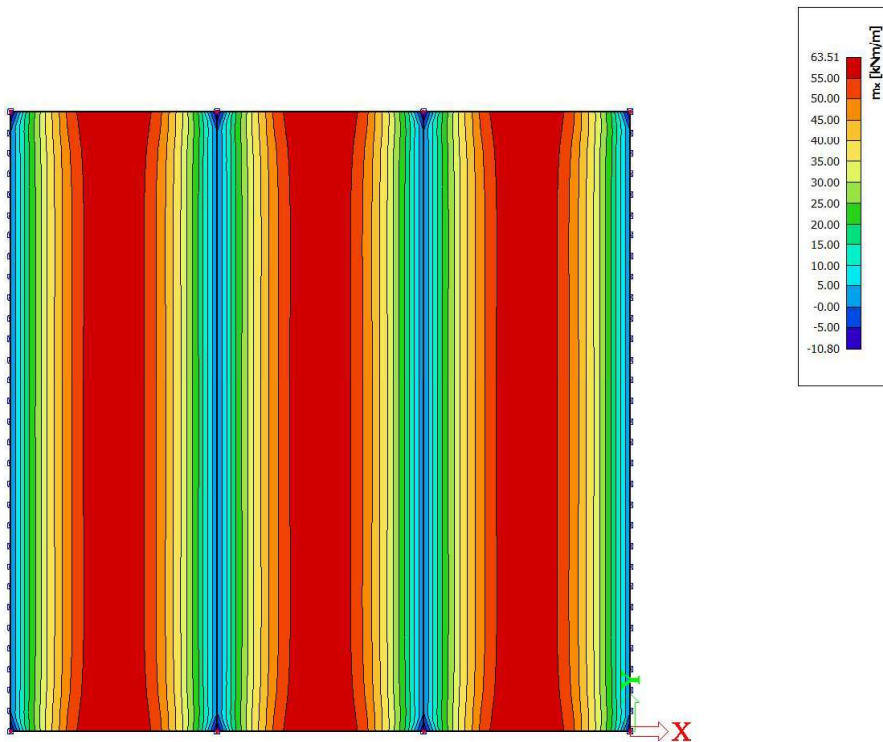
Zdroj:(autor, 2023)

Jelikož je deska spojitá, opět vznikají nad podporami vysoké hodnoty záporných momentů. Dále je z Obrázku 51 zřejmé navýšení všech hodnot ohybových momentů oproti variantám s křížem pnutou deskou. Tento jev je způsobený tím, že je veškeré zatížení přenášeno jen jedním směrem, zatímco druhý směr lze považovat jen za podpůrný, což je zobrazeno na Obrázku 52, kde ohybové momenty nabývají poměrně nízkých hodnot.

#### 4.1.2.2.4 Stropní deska 5,5 m nespojitá jednostranně pnutá

Čtvrtá varianta, a zároveň poslední s modulovým rozpětím 5,5 m, je uvažována jako jednostranně pnutá, ale nespojitá, tudíž nejsou jednotlivá stropní pole propojena.

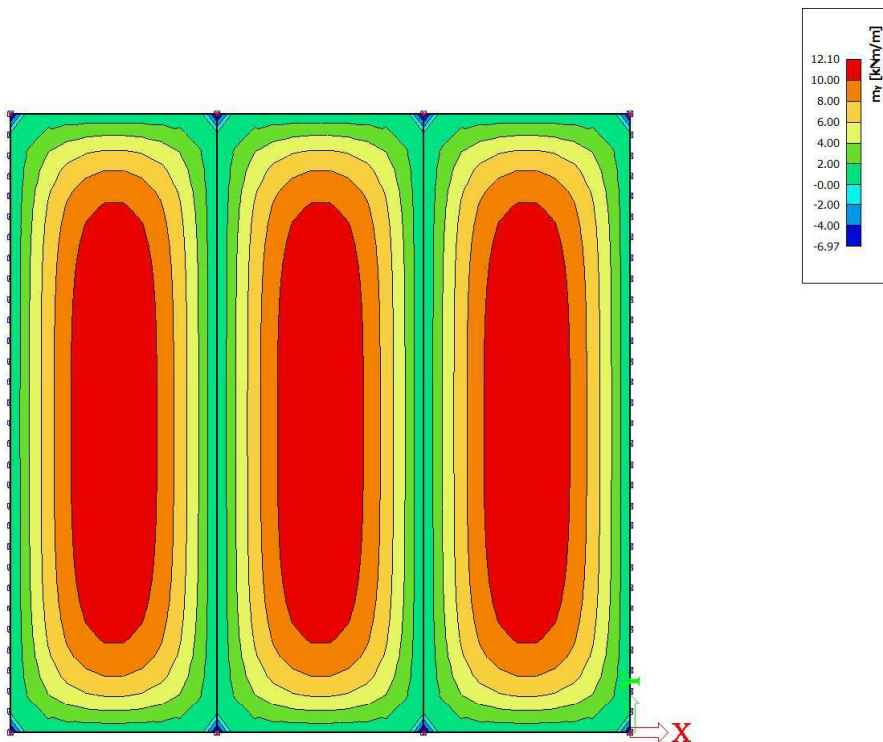
**2D vnitřní síly**  
Hodnoty:  $m_x$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obrázek 53 - Ohybové momenty  $m_x$  nespojitě desky na 5,5 m jednostranně pnuté

Zdroj:(autor, 2023)

**2D vnitřní síly**  
Hodnoty:  $m_y$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obrázek 54 - Ohybové momenty  $m_y$  nespojitě desky na 5,5 m jednostranně pnuté

Zdroj:(autor, 2023)

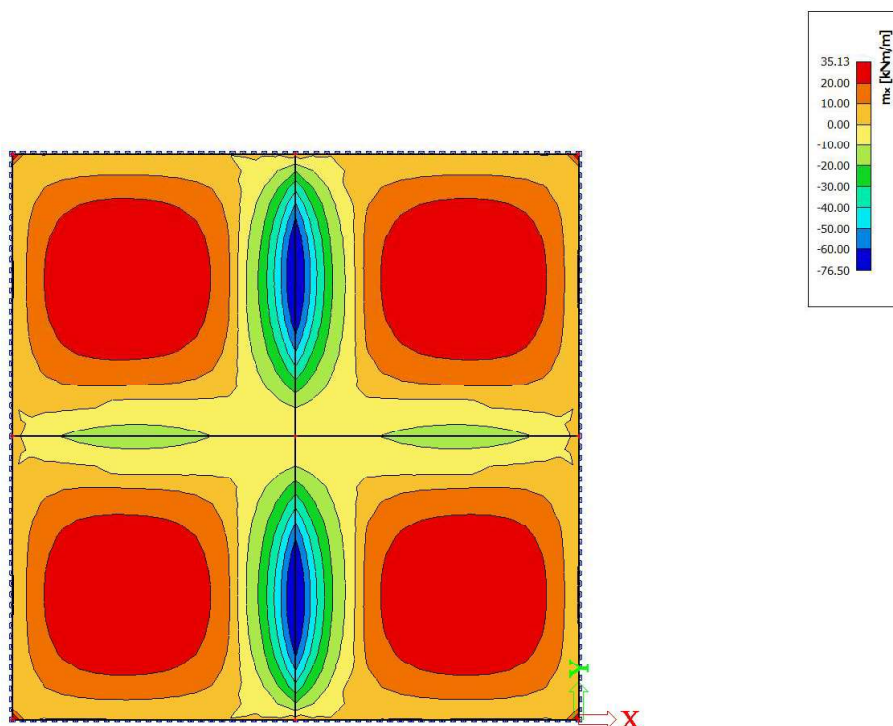


V poslední variantě menších modulových vzdáleností je zřetelný trend z druhé varianty, kde jsou záporné ohybové momenty takřka nulové, resp. záporné momenty vznikají jen na koncových bodech desky, což může být jen chybou výpočetního programu. Kladné momenty jsou opět vyšší, než ve spojitě variantě jednostranně pnuté desky.

#### 4.1.2.2.5 Stropní deska 8,25x8,25 m spojitá křížem pnutá

První variantou stropu s většími modulovými vzdálenostmi je křížem pnutá spojitá deska. Rozpětí všech podpor je 8,25 m.

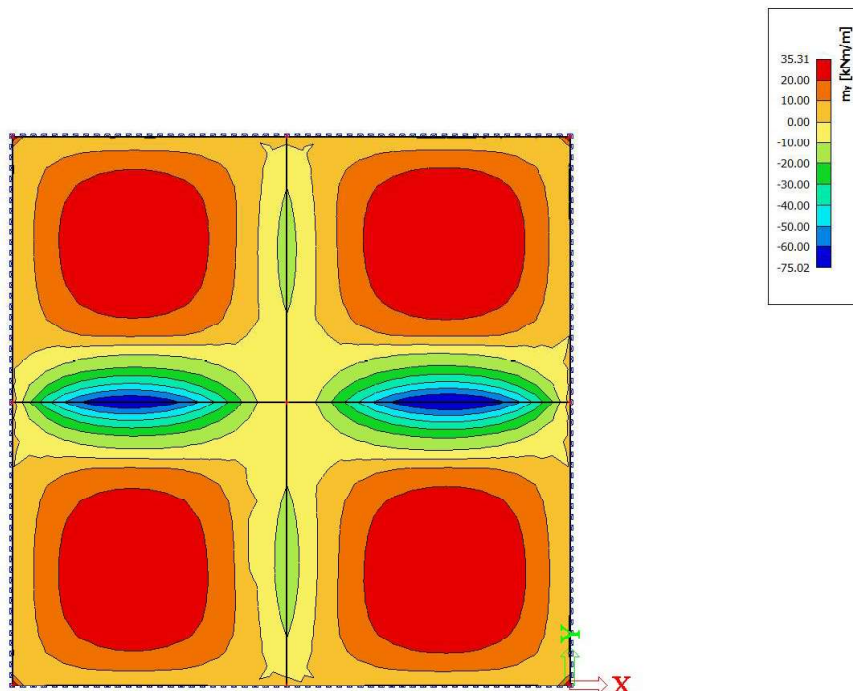
2D vnitřní síly  
Hodnoty:  $m_x$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Obrázek 55 - Ohybové momenty  $m_x$  spojitě desky na 8,25 m jednostranně pnuté

Zdroj: (autor, 2023)

**2D vnitřní síly**  
Hodnoty:  $m_y$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Obrázek 56 - Ohybové momenty  $m_y$  spojitě desky na 8,25 m jednostranně pnuté

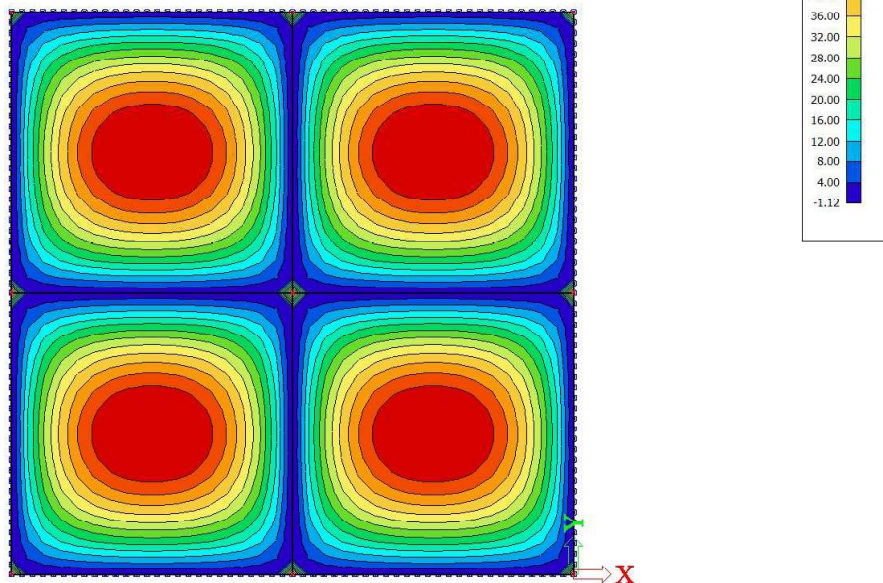
Zdroj: (autor, 2023)

Oproti variantě s menšími modulovými vzdálenostmi jsou ohybové momenty větší. Z Obrázku 55 a Obrázku 56 vyplývá, že se jedná o symetrický systém a tak jsou i hodnoty maximálních ohybových momentů v podstatě totožné. Taktéž trend velké podobnosti momentových ploch  $m_x$  a  $m_y$  v otočené orientaci.

#### 4.1.2.2.6 Stropní deska 8,25x8,25 m nespojitá křížem pnutá

V další možnosti podepření jsou vypočítané ohybové momenty na nespojitě křížem pnuté desce o rozměru 8,25x8,25 m.

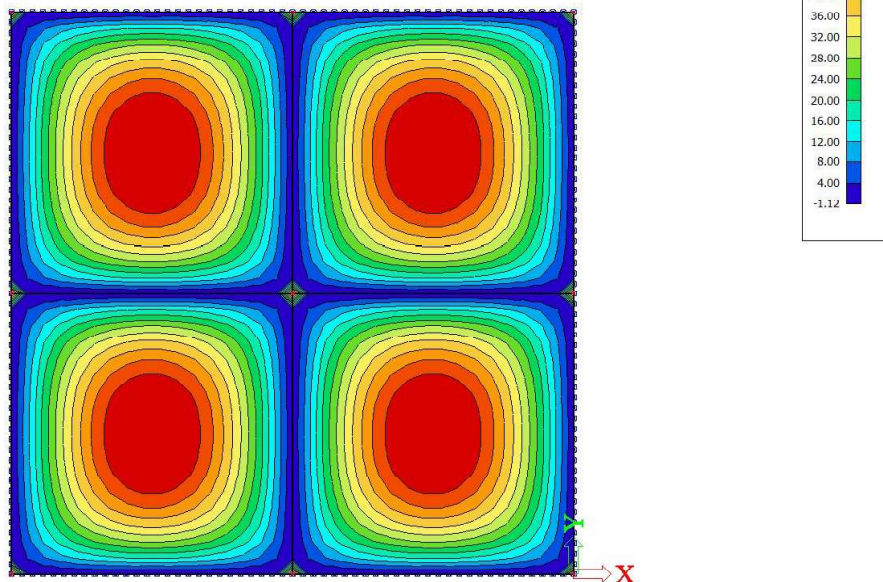
**2D vnitřní síly**  
Hodnoty:  $m_x$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Obrázek 57 - Ohybové momenty  $m_x$  nespojitě desky na 8,25 m jednostranně pnuté

Zdroj: (autor, 2023)

**2D vnitřní síly**  
Hodnoty:  $m_y$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Obrázek 58 - Ohybové momenty  $m_y$  nespojitě desky na 8,25 m jednostranně pnuté

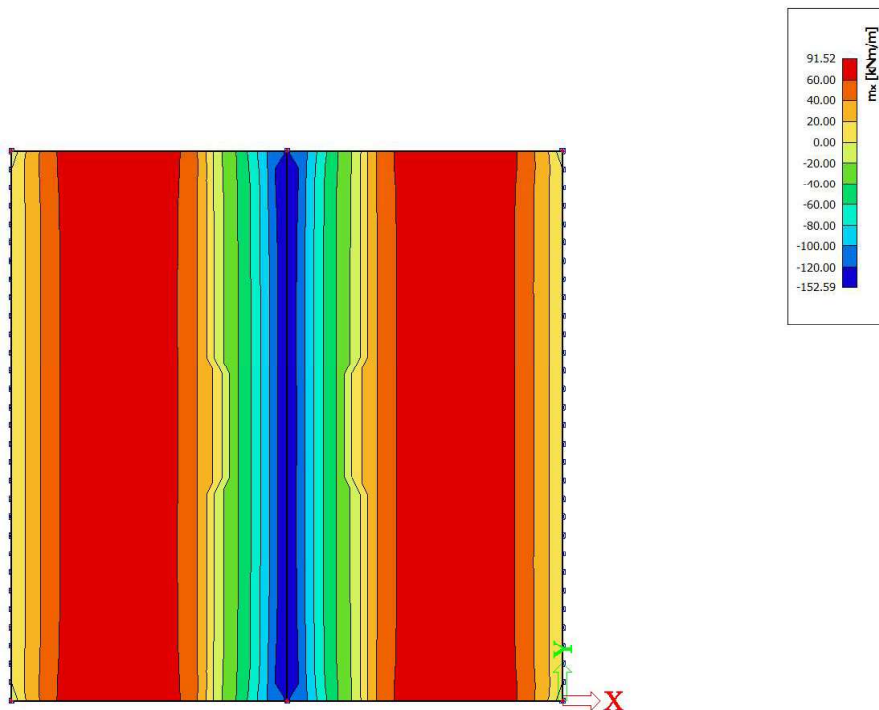
Zdroj: (autor, 2023)

Opět se jedná o bezmála identické obrazce jako v Obrázku 49 a Obrázku 50, kde je vidno téměř nulových záporných ohybových momentů a kladných ohybových momentů, které mají výrazně vyšší hodnotu než varianta spojitá.

#### 4.1.2.2.7 Stropní deska 8,25 m spojitá jednostranně pnutá

Předposlední variantou stropní konstrukce je spojitá jednostranně pnutá deska o rozpětí 8,25 m. Očekávat lze podobný tvar momentových ploch, jaký byl znázorněn ve variantě s menšími modulovými vzdálenostmi podpor.

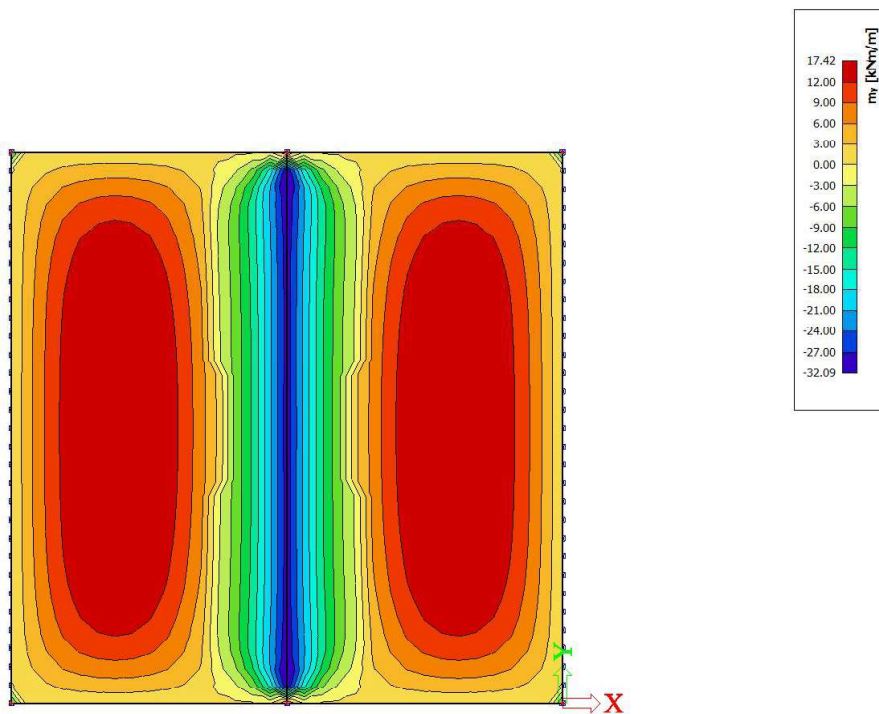
**2D vnitřní síly**  
Hodnoty:  $m_x$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Obrázek 59 - Ohybové momenty  $m_x$  spojitě desky na 8,25 m jednostranně pnuté

Zdroj: (autor, 2023)

**2D vnitřní síly**  
Hodnoty:  $m_y$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Obrázek 60 - Ohybové momenty  $m_y$  spojitě desky na 8,25 m jednostranně pnuté

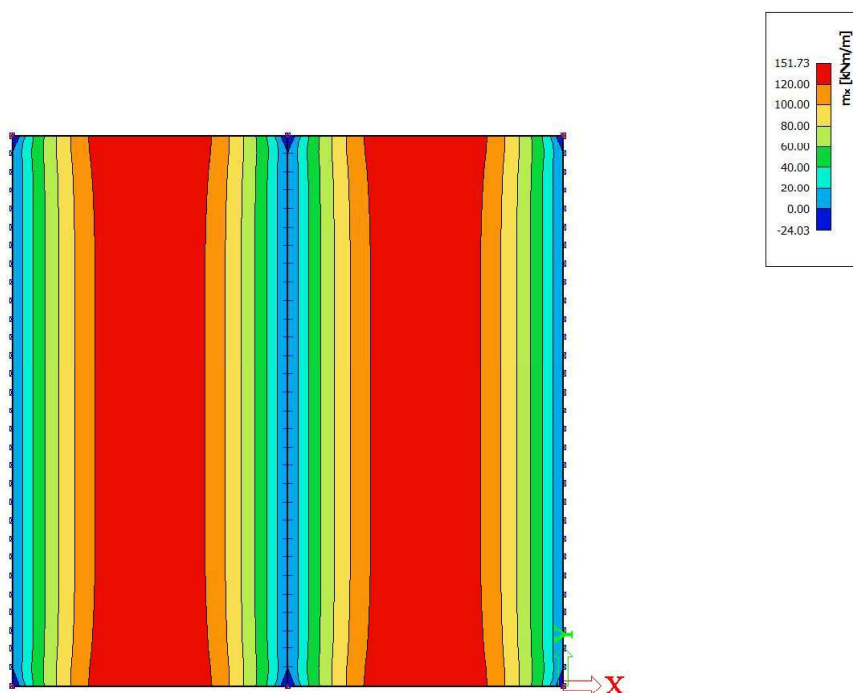
Zdroj: (autor, 2023)

Výsledné momentové plochy jsou podobné těm na Obrázku 51 a na Obrázku 52. Záporný ohybový moment nabývá vysokých hodnot podobně jako kladný ohybový moment. Vyšší záporný moment je způsoben spolupůsobením mezi poli stropních desek, které vytvářejí vetknutí, resp. velmi tuhý spoj.

#### 4.1.2.2.8 Stropní deska 8,25 m nespojitá jednostranně pnutá

Poslední možností podepření stropní konstrukce je nespojitá jednostranně pnutá deska o rozpětí 8,25 m.

2D vnitřní síly  
Hodnoty:  $m_x$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť

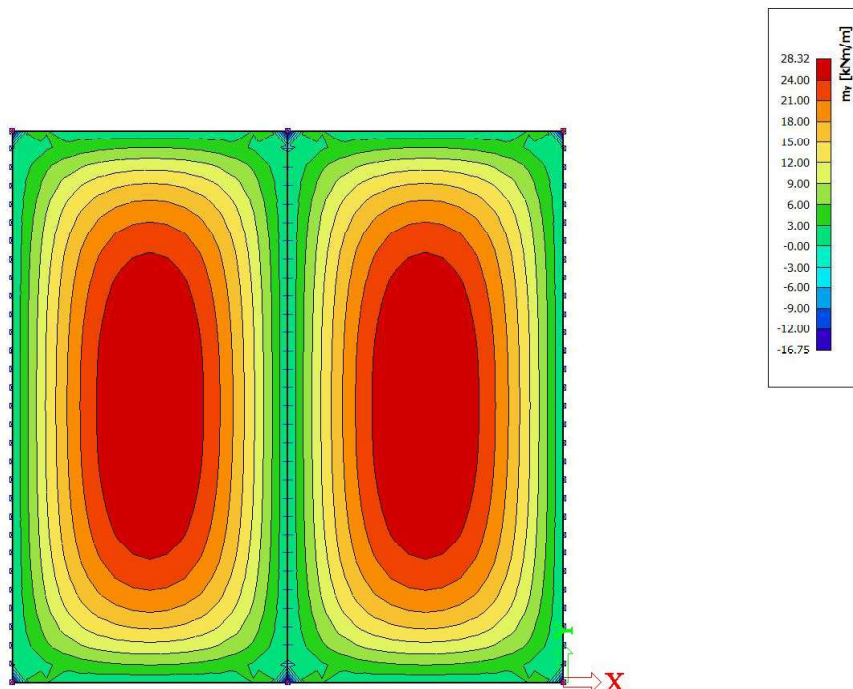


Obrázek 61 - Ohybové momenty  $m_x$  nespojitě desky na 8,25 m jednostranně pnuté

Zdroj: (autor, 2023)



**2D vnitřní síly**  
Hodnoty:  $m_y$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Obrázek 62 - Ohybové momenty  $m_y$  nespojitě desky na 8,25 m jednostranně pnuté

Zdroj: (autor, 2023)

Jak bylo avizováno, skutečně tato varianta nabývá nejvyšších hodnot kladných ohybových momentů. Záporné momenty jsou oproti kladným zanedbatelné, na rozdíl od předcházející varianty, ve které byly záporné momenty největší ze všech možností podpor stropu.

#### 4.1.2.3 Výpočet betonářské výztuže

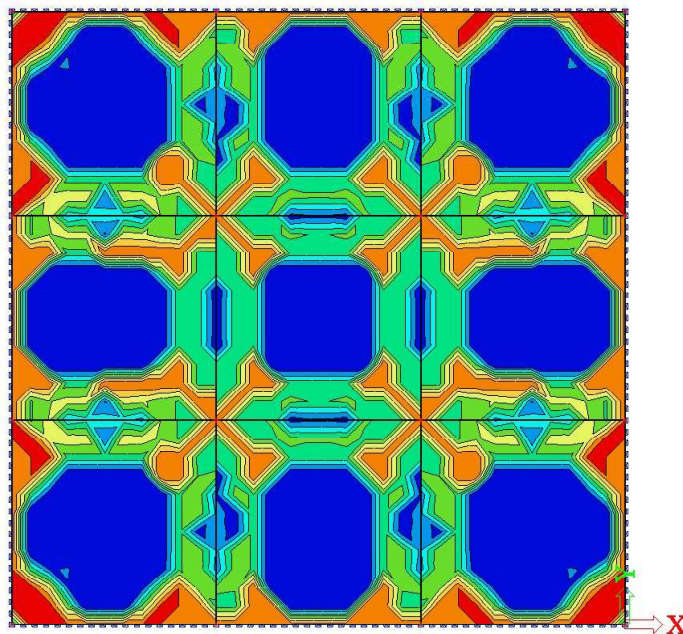
V této kapitole práce bude navržena výztuž do betonu, potřebná k přenesení tahových namáhání na stropní konstrukci.

### 4.1.2.3.1 Stropní deska 5,5x5,5 m spojitá křížem pnutá

Na Obrázku 63 je znázorněna nutná výztuž, která se v jednotlivých místech musí nacházet pro přenos tahových namáhání. Na Obrázku 64 je uveden návrh výztuže formou tzv. předpokládané výztuže v programu SCIA Engineer.

#### Návrh výztuže 2D

Hodnoty:  $G_{I,prov}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním.  
Systém: LSS prvku síť



Obrázek 63 - Nutná výztuž na křížem pnuté spojitě desce 5,5x5,5 m

Zdroj: (autor, 2023)

#### Návrh výztuže 2D

Hodnoty:  $N_{\sigma,prov,1+}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním. Systém: LSS prvku síť  
**Předpokládaná výztuž**

| Jméno | Sít'     | Pozice [m]               | Stav              | h [m] | $A_{s,prov,1+}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{\sigma,prov,1+}$ | $A_{s,prov,2+}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{\sigma,prov,2+}$ | $A_{s,prov,1-}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{\sigma,prov,1-}$ | $A_{s,prov,2-}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{\sigma,prov,2-}$ | $G_{I,prov}$ [kg/m <sup>3</sup> ]<br>Status |
|-------|----------|--------------------------|-------------------|-------|--|--|--|--|---|
| S13   | Uzel: 1  | 0,000<br>0,000<br>0,000  | MSÚ-Sada B (auto) | 0,20  | 524<br><b>ø10,0/150</b>                                      | 524<br><b>ø10,0/150</b>                                      | 524<br><b>ø10,0/300</b><br>+<br><b>ø10,0/300</b>             | 524<br><b>ø10,0/300</b><br>+<br><b>ø10,0/300</b>             | 82,27<br>OK                                 |
| S13   | Uzel: 27 | -1,000<br>1,000<br>0,000 | MSÚ-Sada B (auto) | 0,20  | 524<br>ø10,0/150   | 524<br>ø10,0/150   | 262<br>ø10,0/300   | 524<br>ø10,0/300 +<br>ø10,0/300                              | 71,98<br>OK                                 |

#### Hmotnost výztuže na jednotku objemu betonu

| Dílec  | $G_{I,prov}$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--------|-----------------------------------|
| Desky  | 61,89                             |
| Celkem | 61,89                             |

Obrázek 64 - Návrh výztuže na křížem pnuté spojitě desce 5,5x5,5 m

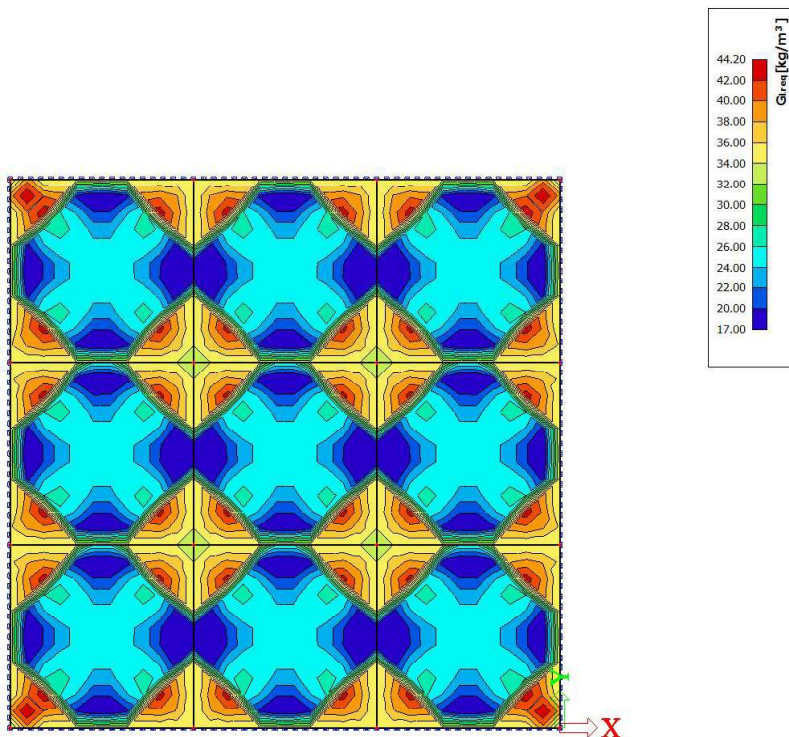
Zdroj: (autor, 2023)

#### 4.1.2.3.2 Stropní deska 5,5x5,5 m nespojitá křížem pnutá

Obrázek 65 znázorňuje minimální potřebnou výztuž ve všech místech stropní desky. Na obrázku pod ním je uveden návrh výztuže pro tuto variantu stropní desky (Obrázek 66).

##### Návrh výztuže 2D

Hodnoty:  $G_{l,prov}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním.  
Systém: LSS prvku síť



Obrázek 65 - Nutná výztuž na křížem pnuté nespojitě desce 5,5x5,5 m

Zdroj: (autor, 2023)

##### Návrh výztuže 2D

Hodnoty:  $N_{s,prov,1+}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním. Systém: LSS prvku síť

##### Předpokládaná výztuž

| Jméno | Síť     | Pozice [m]              | Stav              | h [m] | $A_{s,prov,1+}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{s,prov,1+}$ | $A_{s,prov,2+}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{s,prov,2+}$ | $A_{s,prov,1-}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{s,prov,1-}$ | $A_{s,prov,2-}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{s,prov,2-}$ | $G_{l,prov}$ [kg/m <sup>3</sup> ]<br>Status |
|-------|---------|-------------------------|-------------------|-------|---|---|---|---|---|
| S25   | Uzel: 1 | 0,000<br>0,000<br>0,000 | MSÚ-Sada B (auto) | 0,20  | 524<br>ø10,0/150  | 524<br>ø10,0/150  | 524<br>ø10,0/150  | 524<br>ø10,0/150  | 82,27<br>OK                                 |

##### Hmotnost výztuže na jednotku objemu betonu

| Dílec  | $G_{l,prov}$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--------|-----------------------------------|
| Desky  | 82,27                             |
| Celkem | 82,27                             |

Obrázek 66 - Návrh výztuže na křížem pnuté nespojitě desce 5,5x5,5 m

Zdroj: (autor, 2023)

#### 4.1.2.3.3 Stropní deska 5,5 m spojitá jednostranně pnutá

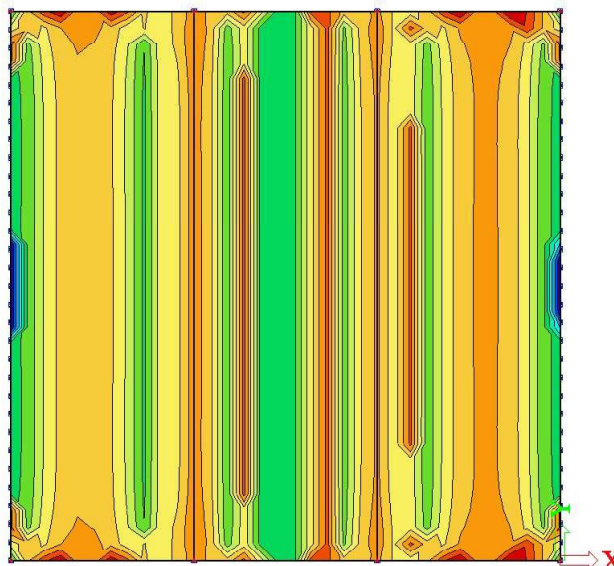
V této variantě stropní desky je výztuž navrhována primárně ve směru osy x, protože podpory jsou zpravidla umístěny rovnoběžně s osou y. Na Obrázku 67 je uvedena



minimální hmotnost výztuže na rychlový metr betonu. Na Obrázku 67 je znázorněn návrh výztuže ve smyslu předpokládané výztuže.

**Návrh výztuže 2D**

Hodnoty:  $G_{prov}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním.  
Systém: LSS prvku síť



Obrázek 67 - Nutná výztuž na jednostranně pnuté spojitě desce rozpětí 5,5 m

Zdroj:(autor, 2023)

**Návrh výztuže 2D**

Hodnoty:  $N_{s,prov,1+}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním. Systém: LSS prvku síť

**Předpokládaná výztuž**

| Jméno | Síť       | Pozice [m]                | Stav              | h [m] | $A_{s,prov,1+}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{s,prov,1+}$ | $A_{s,prov,2+}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{s,prov,2+}$ | $A_{s,prov,1-}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{s,prov,1-}$ | $A_{s,prov,2-}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{s,prov,2-}$ | $G_{l,prov}$ [kg/m <sup>3</sup> ]<br>Status |
|-------|-----------|---------------------------|-------------------|-------|---|---|---|---|---|
| S1    | Uzel: 103 | -1,500<br>0,500<br>0,000  | MSÚ-Sada B (auto) | 0,20  | 524<br>ø10,0/150  | 524<br>ø10,0/150  | 786<br>ø10,0/150<br>+<br>ø10,0/300                      | 524<br>ø10,0/150  | 92,55<br>OK                                 |
| S1    | Uzel: 3   | -5,500<br>16,500<br>0,000 | MSÚ-Sada B (auto) | 0,20  | 786<br>ø10,0/150<br>+<br>ø10,0/300                      | 524<br>ø10,0/150  | 524<br>ø10,0/150  | 524<br>ø10,0/150  | 92,55<br>OK                                 |
| S1    | Uzel: 109 | -1,500<br>3,000<br>0,000  | MSÚ-Sada B (auto) | 0,20  | 524<br>ø10,0/150  | 524<br>ø10,0/150  | 524<br>ø10,0/150  | 524<br>ø10,0/150  | 82,27<br>OK                                 |

**Hmotnost výztuže na jednotku objemu betonu**

| Dílec  | $G_{l,prov}$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--------|-----------------------------------|
| Desky  | 84,86                             |
| Celkem | 84,86                             |

Obrázek 68 - Návrh výztuže na jednostranně pnuté spojitě desce rozpou 5,5 m

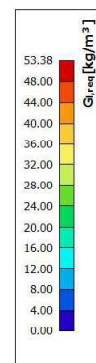
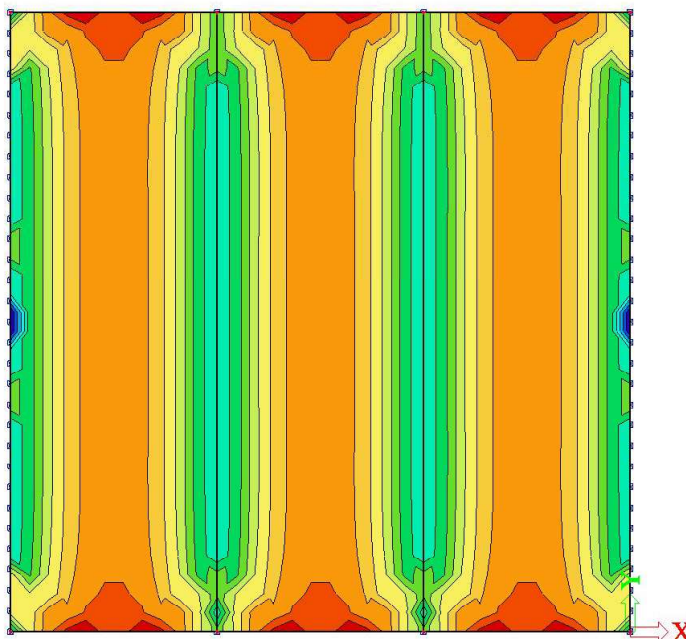
Zdroj:(autor, 2023)

#### 4.1.2.3.4 Stropní deska 5,5 m nespojitá jednostranně pnutá

V poslední variantě s menším rozpětím desky je velmi malé množství výztuže umístěno nad podporami, protože se jedná o desku nespojitou, které v těchto místech má v podstatě nulové momenty. Na Obrázku 69 je uvedena nutná potřeba výztuže a na Obrázku 70 je vyobrazen návrh výztuže z předpokládané výztuže.

##### Návrh výztuže 2D

Hodnoty:  $G_{l,req}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním.  
Systém: LSS prvku sítě



Obrázek 69 - Nutná výztuž na jednostranně pnuté nespojitě desce rozpětí 5,5 m

Zdroj:(autor, 2023)

##### Návrh výztuže 2D

Hodnoty:  $N_{s,prov,1+}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním. Systém: LSS prvku sítě

##### Předpokládaná výztuž

| Jméno | Sít'      | Pozice [m]               | Stav              | h [m] | $A_{s,prov,1+}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{s,prov,1+}$ | $A_{s,prov,2+}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{s,prov,2+}$ | $A_{s,prov,1-}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{s,prov,1-}$ | $A_{s,prov,2-}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{s,prov,2-}$ | $G_{l,prov}$ [kg/m <sup>3</sup> ]<br>Status |
|-------|-----------|--------------------------|-------------------|-------|---|---|---|---|---|
| S1    | Uzel: 172 | -2,500<br>0,000<br>0,000 | MSÚ-Sada B (auto) | 0,20  | 524<br><b>ø10,0/150</b>                                 | 524<br><b>ø10,0/150</b>                                 | 1048<br><b>ø10,0/150</b><br>+<br><b>ø10,0/150</b>       | 524<br><b>ø10,0/150</b>                                 | 102,83<br><b>OK</b>                         |

##### Hmotnost výztuže na jednotku objemu betonu

| Dílec  | $G_{l,prov}$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--------|-----------------------------------|
| Desky  | 95,98                             |
| Celkem | 95,98                             |

Obrázek 70 - Návrh výztuže na jednostranně pnuté nespojitě desce 5,5x5,5 m

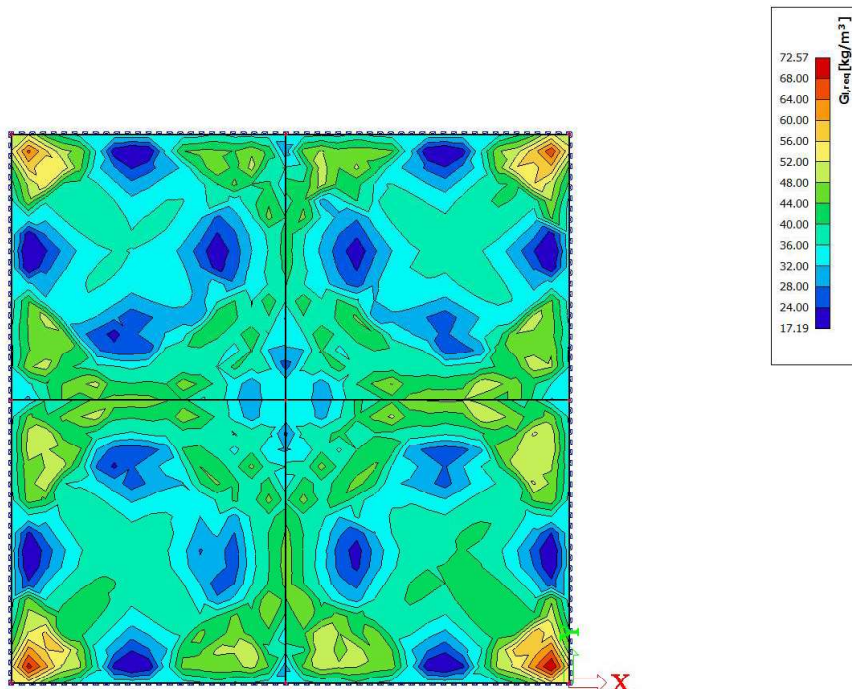
Zdroj:(autor, 2023)

### 4.1.2.3.5 Stropní deska 8,25x8,25 m spojitá křížem pnutá

Na Obrázku 71 je znázorněna nutná výztuž, potřebná k přenesení tahových namáhání a na Obrázku 72 je uveden návrh výztuže ve formě předpokládané výztuže.

#### Návrh výztuže 2D

Hodnoty:  $G_{l,req}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním.  
Systém: LSS prvku sítě



Obrázek 71 - Nutná výztuž na křížem pnuté spojitě desce 8,25x8,25 m

Zdroj:(autor, 2023)

#### Návrh výztuže 2D

Hodnoty:  $N_{s,prov,1+}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním. Systém: LSS prvku sítě

#### Předpokládaná výztuž

| Jméno | Síť       | Pozice [m]               | Stav                 | h [m] | $A_{s,prov,1+}$<br>$N_{s,prov,1+}$              | $A_{s,prov,2+}$<br>$N_{s,prov,2+}$              | $A_{s,prov,1-}$<br>$N_{s,prov,1-}$              | $A_{s,prov,2-}$<br>$N_{s,prov,2-}$              | $G_{l,prov}$<br>Status | CH/V/P |
|-------|-----------|--------------------------|----------------------|-------|---|---|---|---|------------------------|--------|
| S1    | Uzel: 35  | -7,734<br>0,971<br>0,000 | MSÚ-Sada<br>B (auto) | 0,20  | 1048<br>$\phi 10,0/150$<br>+<br>$\phi 10,0/150$ | 524<br>$\phi 10,0/150$                          | 524<br>$\phi 10,0/150$                          | 524<br>$\phi 10,0/150$                          | 102,83<br>OK           |        |
| S1    | Uzel: 262 | -5,156<br>7,279<br>0,000 | MSÚ-Sada<br>B (auto) | 0,20  | 524<br>$\phi 10,0/150$                          | 1048<br>$\phi 10,0/150$<br>+<br>$\phi 10,0/150$ | 524<br>$\phi 10,0/150$                          | 524<br>$\phi 10,0/150$                          | 102,83<br>OK           |        |
| S1    | Uzel: 2   | 0,000<br>0,000<br>0,000  | MSÚ-Sada<br>B (auto) | 0,20  | 524<br>$\phi 10,0/150$                          | 524<br>$\phi 10,0/150$                          | 1048<br>$\phi 10,0/150$<br>+<br>$\phi 10,0/150$ | 1048<br>$\phi 10,0/150$<br>+<br>$\phi 10,0/150$ | 123,40<br>OK           |        |

#### Hmotnost výztuže na jednotku objemu betonu

| Dílec  | $G_{l,prov}$<br>[kg/m³] |
|--------|-------------------------|
| Desky  | 86,42                   |
| Celkem | 86,42                   |

Obrázek 72 - Návrh výztuže na křížem pnuté spojitě desce 8,25x8,25 m

Zdroj:(autor, 2023)

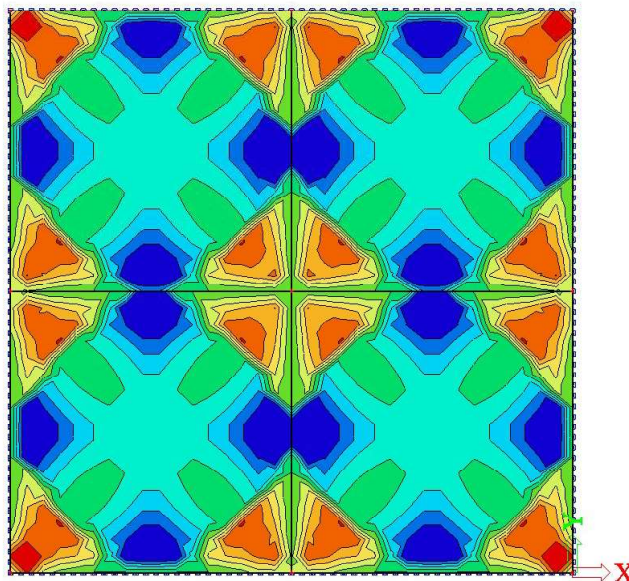


#### 4.1.2.3.6 Stropní deska 8,25x8,25 m nespojitá křížem pnutá

V poslední křížem pnuté variantě je obrazec na Obrázku 73 znázorňující množství potřebné výztuže velice podobný s Obrázkem 65, ovšem množství výztuže se dle Obrázku 74 zvýšilo oproti podobné variantě s menšími rozpony stropu.

##### Návrh výztuže 2D

Hodnoty:  $G_{res}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním.  
Systém: LSS prvku síť



Obrázek 73 - Nutná výztuž na křížem pnuté nespojitě desce 8,25x8,25 m

Zdroj:(autor, 2023)

##### Návrh výztuže 2D

Hodnoty:  $N_{a,prov,1+}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním. Systém: LSS prvku síť

##### Předpokládaná výztuž

| Jméno | Síť     | Pozice [m]              | Stav              | h [m] | $A_{s,prov,1+}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{a,prov,1+}$ | $A_{s,prov,2+}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{a,prov,2+}$ | $A_{s,prov,1-}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{a,prov,1-}$ | $A_{s,prov,2-}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{a,prov,2-}$ | $G_{l,prov}$ [kg/m <sup>3</sup> ]<br>Status | CH/V/P |
|-------|---------|-------------------------|-------------------|-------|---|---|---|---|---|--------|
| S7    | Uzel: 2 | 0,000<br>0,000<br>0,000 | MSÚ-Sada B (auto) | 0,27  | 524<br>$\phi 10,0/150$                                  | 524<br>$\phi 10,0/150$                                  | 786<br>$\phi 10,0/150$<br>+<br>$\phi 10,0/300$          | 786<br>$\phi 10,0/150$<br>+<br>$\phi 10,0/300$          | 76,17<br>OK                                 |        |

##### Hmotnost výztuže na jednotku objemu betonu

| Dílec  | $G_{l,prov}$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--------|-----------------------------------|
| Desky  | 66,84                             |
| Celkem | 66,84                             |

Obrázek 74 - Návrh výztuže na křížem pnuté nespojitě desce 8,25x8,25 m

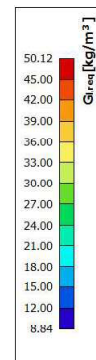
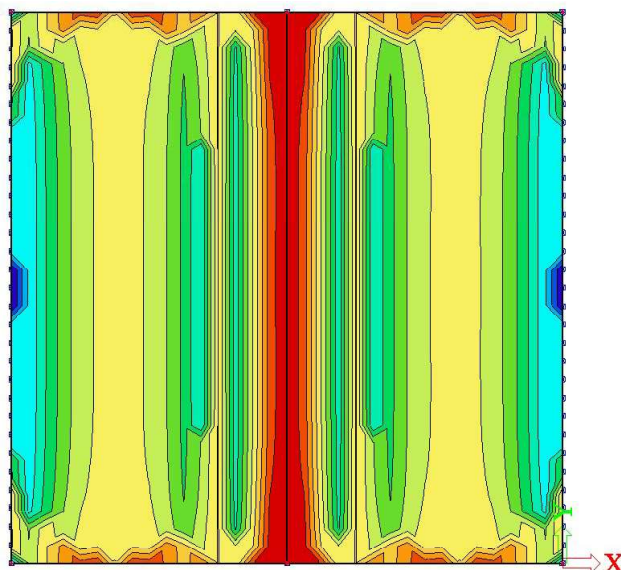
Zdroj:(autor, 2023)

#### 4.1.2.3.7 Stropní deska 8,25 m spojitá jednostranně pnutá

V předposlední možnosti podepření stropu je opět navrhována výztuž primárně ve směru osy x, kde je podle Obrázku 75 potřeba nejvíce betonářské výztuže. Obrázek 76 pak znázorňuje navržené množství výztuže podle funkce předpokládané výztuže.

##### Návrh výztuže 2D

Hodnoty:  $G_{res}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním.  
Systém: LSS prvku síť



Obrázek 75 - Nutná výztuž na jednostranně pnuté spojitě desce rozpětí 8,25 m

Zdroj:(autor, 2023)

##### Návrh výztuže 2D

Hodnoty:  $N_{\phi,prov,1+}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním. Systém: LSS prvku síť  
**Předpokládaná výztuž**

| Jméno | Síť       | Pozice [m]                | Stav              | h [m] | $A_{s,prov,1+}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{\phi,prov,1+}$ | $A_{s,prov,2+}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{\phi,prov,2+}$ | $A_{s,prov,1-}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{\phi,prov,1-}$ | $A_{s,prov,2-}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{\phi,prov,2-}$ | $G_{I,prov}$ [kg/m <sup>3</sup> ]<br>Status |
|-------|-----------|---------------------------|-------------------|-------|--|--|--|--|---|
| S1    | Uzel: 100 | -1,500<br>0,500<br>0,000  | MSÚ-Sada B (auto) | 0,27  | 754<br>$\phi 12,0/150$                                     | 524<br>$\phi 10,0/150$                                     | 1278<br>$\phi 12,0/150$<br>+<br>$\phi 10,0/150$            | 754<br>$\phi 12,0/150$                                     | 96,24<br>OK                                 |
| S1    | Uzel: 3   | -8,000<br>16,000<br>0,000 | MSÚ-Sada B (auto) | 0,27  | 1780<br>$\phi 12,0/150$<br>+<br>$\phi 14,0/150$            | 524<br>$\phi 10,0/150$                                     | 754<br>$\phi 12,0/150$                                     | 754<br>$\phi 12,0/150$                                     | 110,83<br>OK                                |
| S1    | Uzel: 302 | -4,500<br>2,000<br>0,000  | MSÚ-Sada B (auto) | 0,27  | 754<br>$\phi 12,0/150$                                     | 524<br>$\phi 10,0/150$                                     | 754<br>$\phi 12,0/150$                                     | 754<br>$\phi 12,0/150$                                     | 81,00<br>OK                                 |

##### Hmotnost výztuže na jednotku objemu betonu

| Dílec  | $G_{I,prov}$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--------|-----------------------------------|
| Desky  | 91,07                             |
| Celkem | 91,07                             |

Obrázek 76 - Návrh výztuže na jednostranně pnuté spojitě desce rozponu 8,25 m

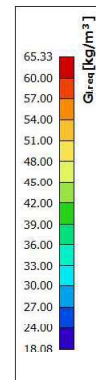
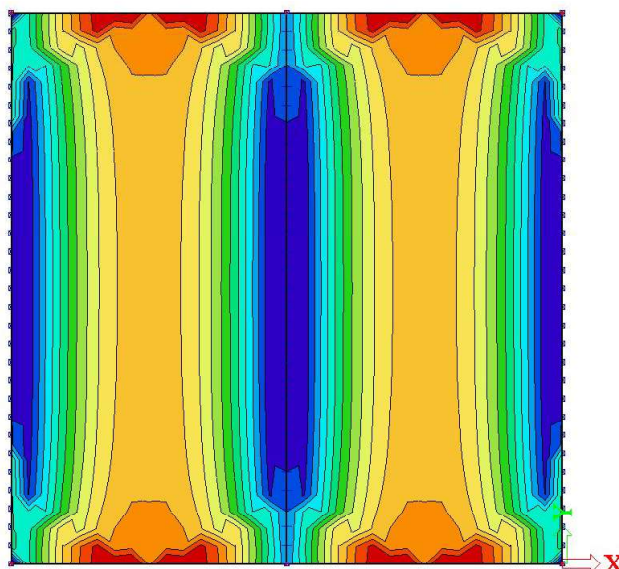
Zdroj:(autor, 2023)

#### 4.1.2.3.8 Stropní deska 8,25 m nespojitá jednostranně pnutá

Potřebná výztuž posledního zástupce stropních konstrukcí znázorňuje Obrázek 76, zatímco navrženou předpokládanou výztuž uvádí Obrázek 77.

##### Návrh výztuže 2D

Hodnoty:  $G_{req}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním.  
Systém: LSS prvku sítě



Obrázek 77 - Nutná výztuž na jednostranně pnuté nespojitě desce rozpětí 8,25 m

Zdroj:(autor, 2023)

##### Návrh výztuže 2D

Hodnoty:  $N_{s,prov,1+}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním. Systém: LSS prvku sítě  
**Předpokládaná výztuž**

| Jméno | Síť      | Pozice [m]               | Stav              | h [m] | $A_{s,prov,1+}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{s,prov,1+}$ | $A_{s,prov,2+}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{s,prov,2+}$ | $A_{s,prov,1-}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{s,prov,1-}$ | $A_{s,prov,2-}$ [mm <sup>2</sup> /m]<br>$N_{s,prov,2-}$ | $G_{l,prov}$ [kg/m <sup>3</sup> ]<br>Status |
|-------|----------|--------------------------|-------------------|-------|---|---|---|---|---|
| S1    | Uzel: 67 | -1,000<br>0,500<br>0,000 | MSÚ-Sada B (auto) | 0,27  | 524<br>ø10,0/150  | 524<br>ø10,0/150  | 1780<br>ø12,0/150<br>+<br>ø14,0/150                     | 524<br>ø10,0/150  | 97,46<br>OK                                 |
| S1    | Uzel: 75 | -1,000<br>4,000<br>0,000 | MSÚ-Sada B (auto) | 0,27  | 524<br>ø10,0/150  | 524<br>ø10,0/150  | 754<br>ø12,0/150  | 524<br>ø10,0/150  | 67,63<br>OK                                 |

##### Hmotnost výztuže na jednotku objemu betonu

| Dílec  | $G_{l,prov}$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--------|-----------------------------------|
| Desky  | 88,63                             |
| Celkem | 88,63                             |

Obrázek 78 - Návrh výztuže na jednostranně pnuté nespojitě desce rozpětí 8,25m

Zdroj:(autor, 2023)

### 4.1.3 Prefabrikované stropní panely – panely SPIROLL

Prefabrikované stropní panely jsou uvažovány jako jednosměrně pnuté. Jako příklad budou využity stropní panely SPIROLL z výroby STROPSYSTEM GOLDBECK. Druh stropního panelu SPIROLL bude vybrán dle technického listu výrobce STROPSYSTEM GOLDBECK.

#### 4.1.3.1 Výpočet zatížení na panel

Výpočet celkového zatížení  $G_k$  bude vyhotoven součtem charakteristických zatížení, konkrétně zatížení stálého z Tabulky 2 a zatížení užitečného z Tabulky 1.

$$G_k = g_k + q_k,$$

kde  $g_k$  je charakteristické stálé zatížení (zatížení skladbou podlahy),

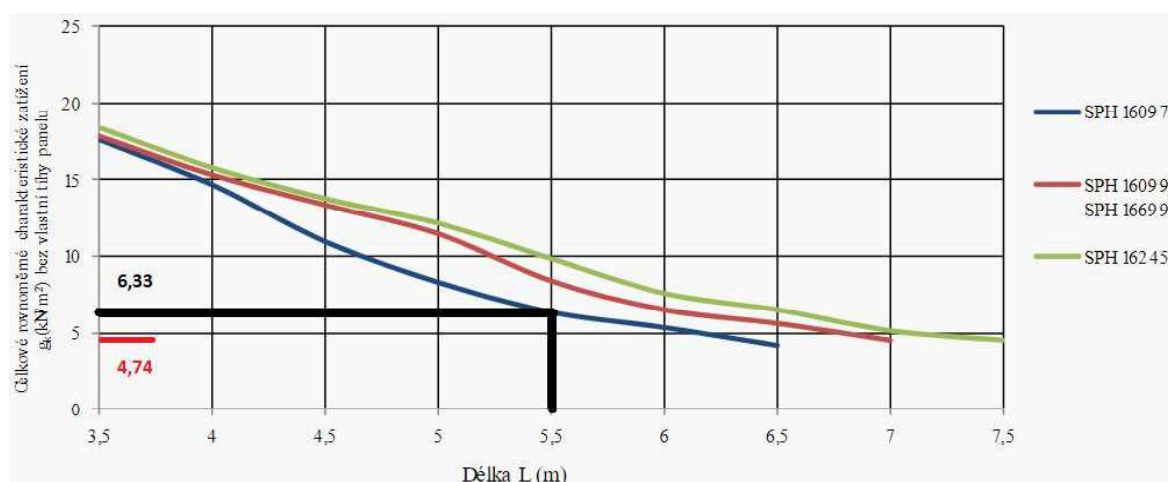
$q_k$  je charakteristické užitečné zatížení (zatížení užíváním budovy),

$$G_k = 2,04 + 2,7$$

$$G_k = 4,74 \text{ k N/m}^2$$

#### 4.1.3.2 Panelový strop na rozpětí 5,5 m

Orientační posouzení bude provedeno porovnáním hodnot zatížení v Grafu 1. Tento graf pochází ze stránek výrobce, které uvádí možné orientační charakteristické zatížení stropního panelu. Navržený panel je tloušťky 165 mm.



Graf 1 - Charakteristické zatížení panelu SPH 16097

Zdroj: (STROPSYSTEM)

Z grafu únosnosti panelu vyplývá, že panel SPH 16097 na délku 5,5 m může být zatížen hodnotou  $g_{k, \text{panel}} = 6,33 \text{ kN/m}^2$ . Jelikož je panel zatížen  $G_k = 4,74 \text{ kN/m}^2$ , stropní panel SPH 16097 výšky 165 mm vyhovuje.

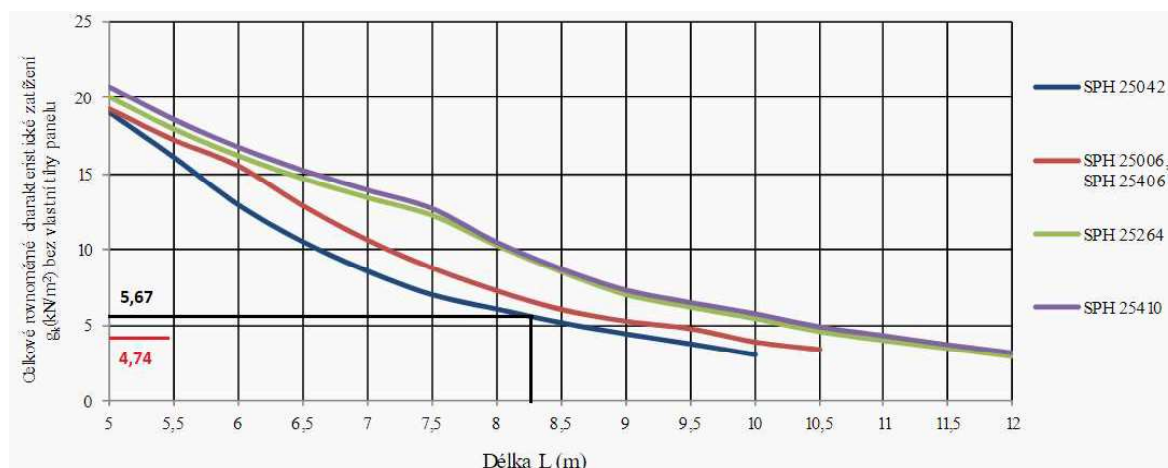
$$g_{k, \text{panel}} \geq G_k$$

$$6,33 \text{ kN/m}^2 > 4,74 \text{ kN/m}^2$$

=> VYHOVUJE

#### 4.1.3.3 Panelový strop na rozpětí 8,25 m

Navrhovaná tloušťka panelu je 250 mm. Podle grafu budou porovnány charakteristické hodnoty zatížení s možným orientačním zatížením deklarovaným výrobcem.



Graf 2 - Charakteristické zatížení panelu SPH 25042

Zdroj: (STROPSYSTEM)

Z grafu únosnosti panelu vyplývá, že panel SPH 25042 na délku 8,25 m může být zatížen hodnotou  $g_{k, \text{panel}} = 5,67 \text{ kN/m}^2$ . Jelikož je panel zatížen  $G_k = 4,74 \text{ kN/m}^2$ , stropní panel SPH 25042 výšky 250 mm vyhovuje.

$$g_{k, \text{panel}} \geq G_k$$

$$5,67 \text{ kN/m}^2 > 4,74 \text{ kN/m}^2$$

=> VYHOVUJE



#### 4.1.4 Prefamonolitická stropní konstrukce – filigránová konstrukce

Jako reprezentant prefamonolitické konstrukce bude v tomto případě využito filigránové konstrukce. Pro výpočet bude využito technického katalogu výroby NORDSTROP. Konkrétní typ panelu a výška nadbetonávky bude určena dle tabulky od výrobce pomocí porovnání navrhovaného zatížení a zatížení, které je daný panel schopen přenést.

##### 4.1.4.1 Výpočet zatížení na strop

Výpočet zatížení bude, stejně jako u předešlé varianty, vyhotoven součtem charakteristických zatížení z Tabulky 2 a z Tabulky 1.

$$G_k = g_k + q_k,$$

kde  $G_k$  je celkové charakteristické zatížení,

$g_k$  je charakteristické stálé zatížení (zatížení skladbou podlahy),

$q_k$  je charakteristické užité zatížení (zatížení užíváním budovy).

$$G_k = 2,04 + 2,7$$

$$G_k = 4,74 \text{ kN/m}^2$$

#### 4.1.4.2 Filigránový strop na rozpětí 5,5 m

Z údajů výrobce na Obrázku 79 bude zvolena kombinace filigránového panelu a výšky nadbetonávky. Strop bude uvažován s montážními podpěrami.

| ZATÍŽENÍ  | POČET ŘAD MONTÁŽNÍCH PODPĚR | SVĚTLOST MÍSTNOSTI (m)                   |  |  |  |  |
|-----------|-----------------------------|--|--|--|--|--|
|           |                             | 5,0                                      | 6,0                                      | 7,0                                      | 8,0                                      | 9,0                                      |
|           |                             | tl. konstrukce (filigrán + nadbet.) (cm) | tl. konstrukce (filigrán + nadbet.) (cm) | tl. konstrukce (filigrán + nadbet.) (cm) | tl. konstrukce (filigrán + nadbet.) (cm) | tl. konstrukce (filigrán + nadbet.) (cm) |
| 1,0 + 1,5 | bez podpěr                  | 18 (12 + 6)                              | 18 (12 + 6)                              | –  | –  | –  |
|           | 1 řada                      | 16 (6 + 10)                              | 18 (6 + 12)                              | 18 (6 + 12)                              | 20 (7 + 13)                              | 22 (8 + 14)                              |
|           | 2 řady                      | *  | *  | *  | *  | *  |
| 2,0 + 1,5 | bez podpěr                  | 18 (12 + 6)                              | 20 (12 + 8)                              | –  | –  | –  |
|           | 1 řada                      | 18 (6 + 12)                              | 18 (6 + 12)                              | 20 (7 + 13)                              | 24 (8 + 16)                              | –  |
|           | 2 řady                      | *  | *  | *  | *  | 28 (8 + 20)                              |
| 3,0 + 1,5 | bez podpěr                  | 18 (12 + 6)                              | 20 (12 + 8)                              | –  | –  | –  |
|           | 1 řada                      | 18 (6 + 12)                              | 18 (6 + 12)                              | 22 (7 + 15)                              | 24 (8 + 16)                              | –  |
|           | 2 řady                      | *  | *  | *  | *  | 30 (8 + 22)                              |
| 1,5 + 2,5 | bez podpěr                  | 18 (12 + 6)                              | 20 (12 + 8)                              | –  | –  | –  |
|           | 1 řada                      | 18 (6 + 12)                              | 18 (6 + 12)                              | 22 (7 + 15)                              | 24 (8 + 16)                              | –  |
|           | 2 řady                      | *  | *  | *  | *  | 28 (8 + 20)                              |
| 2,0 + 2,5 | bez podpěr                  | 18 (12 + 6)                              | 20 (12 + 8)                              | –  | –  | –  |
|           | 1 řada                      | 18 (6 + 12)                              | 18 (6 + 12)                              | 22 (7 + 15)                              | 24 (8 + 16)                              | –  |
|           | 2 řady                      | *  | *  | *  | *  | 29 (8 + 21)                              |
| 1,5 + 3,0 | bez podpěr                  | 18 (12 + 6)                              | 20 (12 + 8)                              | –  | –  | –  |
|           | 1 řada                      | 18 (6 + 12)                              | 18 (6 + 12)                              | 22 (6 + 16)                              | 24 (8 + 16)                              | –  |
|           | 2 řady                      | *  | *  | *  | *  | 29 (8 + 21)                              |
| 3,0 + 3,0 | bez podpěr                  | 18 (12 + 6)                              | 22 (12 + 10)                             | –  | –  | –  |
|           | 1 řada                      | 18 (6 + 12)                              | 20 (6 + 14)                              | 22 (7 + 15)                              | 26 (8 + 18)                              | –  |
|           | 2 řady                      | *  | *  | *  | *  | –  |
| 2,0 + 5,0 | bez podpěr                  | 20 (12 + 8)                              | 22 (12 + 10)                             | –  | –  | –  |
|           | 1 řada                      | 20 (7 + 13)                              | 22 (7 + 15)                              | 24 (7 + 17)                              | 28 (8 + 20)                              | –  |

Obrázek 79 - Specifikace filigránu a nadbetonávky pro místnost šířky 6 m

Zdroj: (NORDSTROP)

Podle tabulky výrobce, byl zvolen filigrán výšky 60 mm a nadbetonávka výšky 140 mm (Obrázek 79). Celková výška konstrukce je 200 mm. Tato kombinace byla zvolena pomocí nejbližšího vyššího zatížení na stropní konstrukci (2,04 + 2,7 / 3,0 + 3,0). Světlost místnosti byla odhadnuta na 5,25 m, tudíž byly vybírány hodnoty pro světlou šířku místnosti 6m jako nejbližší vyšší hodnotu v tabulce (strana bezpečná).

#### 4.1.4.3 Filigránový strop na rozpětí 8 m

Z údajů výrobce na Obrázku 80 bude zvolena kombinace filigránového panelu a výšky nadbetonávky. Strop bude uvažován s montážními podpory.

| ZATÍŽENÍ  | POČET ŘAD MONTÁŽNÍCH PODPĚR | SVĚTLOST MÍSTNOSTI (m)                   |  |  |  |  |
|-----------|-----------------------------|--|--|--|--|--|
|           |                             | 5,0                                      | 6,0                                      | 7,0                                      | 8,0                                      | 9,0                                      |
|           |                             | tl. konstrukce (filigrán + nadbet.) (cm) | tl. konstrukce (filigrán + nadbet.) (cm) | tl. konstrukce (filigrán + nadbet.) (cm) | tl. konstrukce (filigrán + nadbet.) (cm) | tl. konstrukce (filigrán + nadbet.) (cm) |
| 1,0 + 1,5 | bez podpěr                  | 18 (12 + 6)                              | 18 (12 + 6)                              | –  | –  | –  |
|           | 1 řada                      | 16 (6 + 10)                              | 18 (6 + 12)                              | 18 (6 + 12)                              | 20 (7 + 13)                              | 22 (8 + 14)                              |
|           | 2 řady                      | *  | *  | *  | *  | *  |
| 2,0 + 1,5 | bez podpěr                  | 18 (12 + 6)                              | 20 (12 + 8)                              | –  | –  | –  |
|           | 1 řada                      | 18 (6 + 12)                              | 18 (6 + 12)                              | 20 (7 + 13)                              | 24 (8 + 16)                              | –  |
|           | 2 řady                      | *  | *  | *  | *  | 28 (8 + 20)                              |
| 3,0 + 1,5 | bez podpěr                  | 18 (12 + 6)                              | 20 (12 + 8)                              | –  | –  | –  |
|           | 1 řada                      | 18 (6 + 12)                              | 18 (6 + 12)                              | 22 (7 + 15)                              | 24 (8 + 16)                              | –  |
|           | 2 řady                      | *  | *  | *  | *  | 30 (8 + 22)                              |
| 1,5 + 2,5 | bez podpěr                  | 18 (12 + 6)                              | 20 (12 + 8)                              | –  | –  | –  |
|           | 1 řada                      | 18 (6 + 12)                              | 18 (6 + 12)                              | 22 (7 + 15)                              | 24 (8 + 16)                              | –  |
|           | 2 řady                      | *  | *  | *  | *  | 28 (8 + 20)                              |
| 2,0 + 2,5 | bez podpěr                  | 18 (12 + 6)                              | 20 (12 + 8)                              | –  | –  | –  |
|           | 1 řada                      | 18 (6 + 12)                              | 18 (6 + 12)                              | 22 (7 + 15)                              | 24 (8 + 16)                              | –  |
|           | 2 řady                      | *  | *  | *  | *  | 29 (8 + 21)                              |
| 1,5 + 3,0 | bez podpěr                  | 18 (12 + 6)                              | 20 (12 + 8)                              | –  | –  | –  |
|           | 1 řada                      | 18 (6 + 12)                              | 18 (6 + 12)                              | 22 (6 + 16)                              | 24 (8 + 16)                              | –  |
|           | 2 řady                      | *  | *  | *  | *  | 29 (8 + 21)                              |
| 3,0 + 3,0 | bez podpěr                  | 18 (12 + 6)                              | 22 (12 + 10)                             | –  | –  | –  |
|           | 1 řada                      | 18 (6 + 12)                              | 20 (6 + 14)                              | 22 (7 + 15)                              | 26 (8 + 18)                              | –  |
|           | 2 řady                      | *  | *  | *  | *  | –  |
| 2,0 + 5,0 | bez podpěr                  | 20 (12 + 8)                              | 22 (12 + 10)                             | –  | –  | –  |
|           | 1 řada                      | 20 (7 + 13)                              | 22 (7 + 15)                              | 24 (7 + 17)                              | 28 (8 + 20)                              | –  |
|           | 2 řady                      | *  | *  | *  | *  | –  |

Obrázek 80 - Specifikace filigránu a nadbetonávky pro místnost šířky 8 m

Zdroj: (NORDSTROP)

Podle tabulky výrobce byla zvolena konstrukce výšky 260 mm, konkrétně filigrán výšky 80 mm a nadbetonávka výšky 180 mm (Obrázek 80). Tato kombinace byla zvolena pomocí nejbližšího vyššího zatížení na stropní konstrukci (2,04 + 2,7 / 3,0 + 3,0). Světlost místnosti byla odhadnuta na 8 m, při modulovém rozměru 8,25 m.

#### 4.1.4.4 Přídavná výztuž filigránové stropní konstrukce

Přídavná výztuž filigránové konstrukce je do konstrukce umístěna v místě záporných ohybových momentů. Jedná se tak zpravidla o místa nad podporami. Množství přídavné výztuže bylo odhadnuto.

#### 4.1.5 Prefamonolitická stropní konstrukce – skládaný strop MIAKO

Další možností prefamonolitické stropní konstrukce je strop MIAKO, ve kterém se jednotlivé keramické vložky skládají na prefabrikované nosníky, doplněné zálivkovým betonem pro zmonolitnění konstrukce. K výpočtu bylo využito podkladu pro navrhování od společnosti Wienerberger.

##### 4.1.5.1 Výpočet zatížení na strop

Zatížení bude určeno stejně jako u předešlých variant součtem charakteristických užitných a stálých zatížení. Dále bude pro výběr správného typu stropu nutno vypočítat celkové návrhové zatížení stropu.

Výpočet charakteristické zatížení:

$$G_k = g_k + q_k,$$

kde  $G_k$  je celkové charakteristické zatížení,

$g_k$  je charakteristické stálé zatížení (zatížení skladbou podlahy),

$q_k$  je charakteristické užitné zatížení (zatížení užíváním budovy).

$$G_k = 2,04 + 2,7$$

$$G_k = 4,74 \text{ kN/m}^2$$

Výpočet návrhového zatížení:

$$G_d = g_k * \gamma_k + q_k * \gamma_k$$

kde  $G_d$  je celkové návrhové zatížení,

$\gamma_k$  je součinitel zatížení (stálé = 1,35; užitné = 1,5).

$$G_d = 2,04 * 1,35 + 2,7 * 1,5$$

$$G_d = 6,8 \text{ kN/m}^2$$



#### 4.1.5.2 Skládáný MIAKO strop na rozpětí 5,5 m

| Délka nosníku<br>[mm] | Světlé rozpětí<br>[mm] | Výztuž trámečku<br>průměr | MIAKO 15/62,5 PTH, h=210 |       |               |       | MIAKO 19/62,5 PTH, h=250 |       |               |       | MIAKO 23/62,5 PTH, h=290 |       |               |       |
|-----------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|-------|---------------|-------|--------------------------|-------|---------------|-------|--------------------------|-------|---------------|-------|
|                       |                        |                           | beton C 20/25            |       | beton C 25/30 |       | beton C 20/25            |       | beton C 25/30 |       | beton C 20/25            |       | beton C 25/30 |       |
|                       |                        |                           | $g_{rd}$                 | $g_k$ | $g_{rd}$      | $g_k$ | $g_{rd}$                 | $g_k$ | $g_{rd}$      | $g_k$ | $g_{rd}$                 | $g_k$ | $g_{rd}$      | $g_k$ |
| 1750                  | 1500                   | 2∅8                       | 15,17                    |       | 16,62         |       | 17,23                    |       | 18,85         |       | 18,38                    |       | 20,13         |       |
| 2000                  | 1750                   | 2∅8                       | 12,67                    |       | 13,92         |       | 14,41                    |       | 15,82         |       | 15,35                    |       | 16,87         |       |
| 2250                  | 2000                   | 2∅8                       | 10,76                    |       | 11,87         |       | 12,27                    |       | 13,51         |       | 13,05                    |       | 14,38         |       |
| 2500                  | 2250                   | 2∅8                       | 9,26                     |       | 10,25         |       | 10,58                    |       | 11,69         |       | 11,23                    |       | 12,42         |       |
| 2750                  | 2500                   | 2∅8                       | 8,03                     |       | 8,93          |       | 9,20                     |       | 10,21         |       | 9,75                     |       | 10,83         |       |
| 3000                  | 2750                   | 2∅10                      | 8,67                     |       | 9,61          |       | 9,94                     |       | 11,00         |       | 10,55                    |       | 11,69         |       |
| 3250                  | 3000                   | 2∅10                      | 7,69                     |       | 8,56          |       | 8,84                     |       | 9,82          |       | 9,36                     |       | 10,42         |       |
| 3500                  | 3250                   | 2∅10                      | 6,85                     |       | 7,66          |       | 7,90                     |       | 8,80          |       | 8,35                     |       | 9,32          |       |
|                       |                        |                           | 14,67                    |       | 14,81         |       | 17,78                    |       | 18,80         |       | 18,88                    |       | 20,73         |       |
| 3750                  | 3500                   | 2∅10                      | 6,14                     |       | 6,81          |       | 7,09                     |       | 7,93          |       | 7,48                     |       | 8,39          |       |
|                       |                        |                           | 12,18                    |       | 12,31         |       | 15,58                    |       | 15,70         |       | 17,23                    |       | 18,96         |       |
| 4000                  | 3750                   | 2∅12                      | 6,63                     |       | 7,42          |       | 7,67                     |       | 8,56          |       | 8,11                     |       | 9,07          |       |
|                       |                        |                           | 15,14                    |       | 15,36         |       | 17,38                    |       | 19,04         |       | 18,43                    |       | 20,25         |       |
| 4250                  | 4000                   | 2∅12                      | 6,01                     |       | 6,75          |       | 6,97                     |       | 7,81          |       | 7,36                     |       | 8,26          |       |
|                       |                        |                           | 13,56                    |       | 13,77         |       | 16,03                    |       | 17,59         |       | 17,01                    |       | 18,71         |       |
| 4500                  | 4250                   | 2∅12<br>+∅6               | 5,84                     |       | 6,57          |       | 6,77                     |       | 7,59          |       | 7,14                     |       | 8,02          |       |
|                       |                        |                           | 12,86                    |       | 13,07         |       | 15,64                    |       | 16,75         |       | 16,59                    |       | 18,26         |       |
| 4750                  | 4500                   | 2∅12<br>+∅8               | 5,57                     |       | 6,28          |       | 6,47                     |       | 7,27          |       | 6,82                     |       | 7,68          |       |
|                       |                        |                           | 11,85                    |       | 12,07         |       | 15,08                    |       | 15,52         |       | 15,98                    |       | 17,61         |       |
| 5000                  | 4750                   | 2∅12<br>+∅10              | 5,38                     |       | 6,08          |       | 6,26                     |       | 7,04          |       | 6,59                     |       | 7,43          |       |
|                       |                        |                           | 10,90                    | 8,06  | 11,14         | 8,51  | 14,16                    |       | 14,39         |       | 15,55                    |       | 17,15         |       |
| 5250                  | 5000                   | 2∅12<br>+∅12              | 5,24                     | *     | 5,65          | *     | 6,10                     |       | 6,87          |       | 6,43                     |       | 7,26          |       |
|                       |                        |                           | 10,02                    | 6,71  | 10,27         | 7,11  | 13,09                    |       | 13,34         |       | 15,24                    |       | 16,29         |       |
| 5500                  | 5250                   | 2∅12<br>+∅12              | 4,83                     | 3,95  | 5,22          | 4,22  | 5,64                     |       | 6,37          |       | 5,93                     |       | 6,72          |       |
|                       |                        |                           | 9,36                     | 5,21  | 9,60          | 5,55  | 12,27                    |       | 12,51         |       | 14,30                    |       | 15,29         |       |
| 5750                  | 5500                   | 2∅12<br>+∅12              | 4,46                     | 2,96  | 4,83          | 3,18  | 5,22                     |       | 5,92          |       | 5,47                     |       | 6,23          |       |
|                       |                        |                           | 8,76                     | 3,98  | 8,99          | 4,27  | 11,52                    | 7,90  | 11,75         | 8,38  | 13,43                    |       | 14,38         |       |

Obrázek 81 - Možné zatížení stropu Porotherm MIAKO PTH

Zdroj: (WIENEGER)

Podle Obrázku 81 bude zvolen strop MIAKO 19/62,5 PTH, h=250 mm s dvojitými nosníky. Tento strop vyhovuje, protože nejbližší vyšší hodnoty možného zatížení jsou vyšší, než navrhované zatížení.

$$g_{k, \text{MIAKO}} \geq G_k,$$

kde  $g_{k, \text{MIAKO}}$  je celkové možné charakteristické zatížení.

$$11,52 \text{ kN/m}^2 > 6,8 \text{ kN/m}^2$$

=> **VYHOVUJE**

$$g_{d, \text{MIAKO}} \geq G_d,$$

kde  $g_{d, \text{MIAKO}}$  je celkové možné návrhové zatížení.

$$7,9 \text{ kN/m}^2 > 4,74 \text{ kN/m}^2$$

=> **VYHOVUJE**

#### **4.1.5.3 Skládání MIAKO strop na rozpětí 8,25 m**

Skládaný strop MIAKO není možné na rozpětí 8 m s navrženým zatížením použít.

## **4.2 Stavební parametry – stěny**

Tato část diplomové práce se zaměřuje na funkci stěn v konstrukčním systému. Stěny budou hrát klíčovou roli ve spojení s různými typy stropů. Jsou zkoumány dva konstrukční systémy s různými rozměry modulu: 5,5x5,5 m a 8,25x8,25 m. Pro každý z těchto konstrukčních systémů je proveden návrh stěn, zohledňující jejich materiálové vlastnosti, geometrii a technologii jejich výstavby.

### **4.2.1 Železobetonové monolitické stěny**

Železobetonové monolitické stěny jsou často využívanou technologií pro stavbu obytných budov. Nevýhodou tohoto druhu výstavby je každopádně technologická přestávka, při které beton zraje a další nemenší nevýhodou je nutnost vybudovat pro strop bednění. Ovšem výhodami je subtilnost konstrukce a zároveň vysoká pevnost betonu v tlaku a ocele v tahu i tlaku.

#### **4.2.1.1 Železobetonové stěny při velikosti modulu 5,5x5,5 m**

Jednou z možností svislých stěnových konstrukcí je železobetonová stěna. Tloušťka těchto stěn bude předpokládána na 200 mm. Množství výztuže ve stěnách bude navrženo předpokladem z praxe. Odhad množství výztuže bude  $60 \text{ kg/m}^3$ .

#### **4.2.1.2 Železobetonové stěny při velikosti modulu 8,25x8,25 m**

Tloušťka těchto stěn bude předpokládána na 250 mm. Množství výztuže ve stěnách bude navrženo s ohledem na praktické zkušenosti. Předpokládané množství výztuže se odhaduje na hodnotu  $60 \text{ kg/m}^3$ .

## **4.2.2 Stěny z keramických tvárnic Porotherm**

Keramické tvárnice jsou dnes asi nejpoužívanějším materiálem ve stěnách běžných podlaží. Tato technologie přináší velkou výhodu ve snadné a rychlé výstavbě. Nevýhodou je malá odolnost proti ohybovým momentům.

### **4.2.2.1 Stěny z keramických tvárnic při velikosti modulu 5,5x5,5 m**

Pro systém s menšími modulovými vzdálenostmi bude vybráno zdivo o šířce 300 mm. Rozpětí 5,5 m se dá připodobnit velikosti RD, ve kterém se tyto tvárnice využívají

### **4.2.2.2 Stěny z keramických tvárnic při velikosti modulu 8,25x8,25 m**

Pro systém s většími modulovými vzdálenostmi bude zvolena šířka zdiva 380 mm. Větší šířka stěny jí dodá lepší stabilitu i únosnost a bude lépe odolávat svislým silám z konstrukce stropu.

## **4.2.3 Stěny z vápenopískových tvárnic Silka**

Vápenopískové tvárnice jsou charakterizovány vysokou pevností při použití úzkých šířek zdiva. Nicméně tato vlastnost se odráží v menší stabilitě zdi z tohoto materiálu. Kvůli menší šířce je i zdění o něco složitější a zeď je náchylnější na vzpěrný tlak, než třeba zdivo z keramických tvárnic. Dále jsou výhodou těchto tvárnic dobré akustické vlastnosti.

### **4.2.3.1 Stěny z vápenopískových tvárnic při velikosti modulu 5,5x5,5 m**

Pro stěny menšího z modulů budou využity vápenopískové tvárnice výšky 250 mm a šířky 200 mm. Při této šířce tvárnice je nutno brát zřetel na náchylnost na vzpěrný tlak.

### **4.2.3.2 Stěny z vápenopískových tvárnic při velikosti modulu 8,25x8,25 m**

Stěny konstrukčního systému s většími modulovými rozměry bude tvořena z tvárnic výšky 250 mm a šířky 240 mm.

# **5 Finanční analýza**

## **5.1 Finanční analýza**

Tato část diplomové práce je zaměřena na finanční analýzu porovnávající různé materiály a technologie pro stropy a stěny ve dvou velikostech modulů, 5,5x5,5 m a 8,25x8,25 m. Cílem je vybrat nejvhodnější kombinaci s ohledem na technické aspekty a finanční hledisko. Jednotkové ceny jednotlivých materiálů a technologií jsou odvozeny z

praxe a v některých případech jsou odhadovány na základě podobné konstrukce. Analýza zahrnuje náklady na materiály a montáž. Veškeré ceny jsou uvedeny bez DPH.

Do cen jednotlivých materiálů nebudou započteny povrchové úpravy, jejich cena by byla přibližně stejná, proto by netvořila žádný přínos. Dále pak nejsou v konstrukčních systémech započítávány ceny podlah, příček, výplní otvorů apod.

Výsledky analýzy poslouží jako informace pro optimalizaci konstrukčních prvků vzhledem k ekonomické efektivitě projektu. V další části se budou porovnávat jednotlivé materiály a technologie. Výpočet cen stropů bude vytvářen pro celé podlaží, zatímco výpočet cen stěn, bude vytvořen jen pro jednu stěnu délky 16,5m. Takto vypočítaná cena stěny se pak vynásobí počtem použitých stěn v dané variantě dispozice, resp. konstrukčního systému.

### 5.1.1 Monolitické stropní desky 5,5x5,5 m

Jedná se o stropní monolitickou desku s modulovými vzdálenostmi podpor 5,5x5,5 m. Do výpočtu ceny v Tabulce 3 je zahrnuto bednění a jeho podpůrné konstrukce, včetně odstranění bednění a podpor. Taktéž je zahrnuta i betonářská výztuž, jejíž množství je určeno z hmotnosti na jednotku objemu jednotlivých druhů stropu. Betonářská výztuž je hlavním rozdílovým prvkem tohoto výpočtu, protože se jeho množství v každém druhu stropu liší.

Tabulka 3 – Výpočet ceny monolitických stropních desek 5,5x5,5 m

Zdroj: (autor, 2023)

| Položka  | MJ             | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
|--|----------------|----------|--------------|-------------------|
| <b><i>Spojité křížem pnuté deska</i></b>   |                |          |              |                   |
| Stropy deskové ze ŽB tř. C20/25  | m <sup>3</sup> | 54,45    | 4 080,00     | 222 156,00        |
| Zřízení bednění stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce                | m <sup>2</sup> | 272,25   | 580,00       | 157 905,00        |
| Odstranění bednění stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce             | m <sup>2</sup> | 272,25   | 141,00       | 38 387,25         |
| Zřízení podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce    | m <sup>2</sup> | 272,25   | 215,00       | 58 533,75         |
| Odstranění podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce | m <sup>2</sup> | 272,25   | 65,70        | 17 886,83         |
| Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505   | t              | 3,37     | 65 500,00    | 220 729,14        |



|  |                |          |              |                   |
|--|----------------|----------|--------------|-------------------|
| <b>Cena celkem za stropní konstrukci</b>   |                |          |              | <b>715 597,96</b> |
| Položka  | MJ             | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
| <b><i>Nespojitá křížem pnutá deska</i></b>   |                |          |              |                   |
| Stropy deskové ze ŽB tř. C20/25  | m <sup>3</sup> | 54,45    | 4 080,00     | 222 156,00        |
| Zřízení bednění stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce                | m <sup>2</sup> | 272,25   | 580,00       | 157 905,00        |
| Odstranění bednění stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce             | m <sup>2</sup> | 272,25   | 141,00       | 38 387,25         |
| Zřízení podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce    | m <sup>2</sup> | 272,25   | 215,00       | 58 533,75         |
| Odstranění podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce | m <sup>2</sup> | 272,25   | 65,70        | 17 886,83         |
| Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505   | t              | 4,48     | 65 500,00    | 293 413,90        |
| <b>Cena celkem za stropní konstrukci</b>   |                |          |              | <b>788 282,72</b> |
| Položka  | MJ             | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
| <b><i>Spojité jednostranně pnutá deska</i></b>   |                |          |              |                   |
| Stropy deskové ze ŽB tř. C20/25  | m <sup>3</sup> | 54,45    | 4 080,00     | 222 156,00        |
| Zřízení bednění stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce                | m <sup>2</sup> | 272,25   | 580,00       | 157 905,00        |
| Odstranění bednění stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce             | m <sup>2</sup> | 272,25   | 141,00       | 38 387,25         |
| Zřízení podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce    | m <sup>2</sup> | 272,25   | 215,00       | 58 533,75         |
| Odstranění podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce | m <sup>2</sup> | 272,25   | 65,70        | 17 886,83         |
| Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505   | t              | 4,62     | 65 500,00    | 302 676,03        |
| <b>Cena celkem za stropní konstrukci</b>   |                |          |              | <b>797 544,86</b> |
| Položka  | MJ             | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
| <b><i>Nespojitá jednostranně pnutá deska</i></b>   |                |          |              |                   |
| Stropy deskové ze ŽB tř. C20/25  | m <sup>3</sup> | 54,45    | 4 080,00     | 222 156,00        |

|  |                |        |           |                   |
|--|----------------|--------|-----------|-------------------|
| Zřízení bednění stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce                | m <sup>2</sup> | 272,25 | 580,00    | 157 905,00        |
| Odstranění bednění stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce             | m <sup>2</sup> | 272,25 | 141,00    | 38 387,25         |
| Zřízení podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce    | m <sup>2</sup> | 272,25 | 215,00    | 58 533,75         |
| Odstranění podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce | m <sup>2</sup> | 272,25 | 65,70     | 17 886,83         |
| Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505   | t              | 5,23   | 65 500,00 | 342 310,27        |
| <b>Cena celkem za stropní konstrukci</b>   |                |        |           | <b>837 179,10</b> |

### 5.1.2 Stropní deska 8,25x8,25 m spojitá křížem pnutá

V tomto případě probíhá výpočet cen jednotlivých monolitických desek, pouze jejich tloušťky stropní konstrukce jsou větší, než v předešlé variantě. Taktéž je do výpočtu v Tabulce 4 započtena cena bednění s podpěrnou konstrukcí včetně jejich odstranění a také betonářská výztuž, podle vypočteného množství ve výpočtu výše (Tabulka 3).

Tabulka 4 – Výpočet ceny monolitických stropních desek 8,25x8,25 m

Zdroj:(autor, 2023)

| Položka  | MJ             | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
|--|----------------|----------|--------------|-------------------|
| <b><i>Spojitá křížem pnutá deska</i></b>   |                |          |              |                   |
| Stropy deskové ze ŽB tř. C20/25  | m <sup>3</sup> | 73,51    | 4 080,00     | 299 910,60        |
| Zřízení bednění stropů deskových tl. přes 25 do 50cm bez podpěrné konstrukce               | m <sup>2</sup> | 272,25   | 645,00       | 175 601,25        |
| Odstranění bednění stropů deskových tl. přes 25 do 50cm bez podpěrné konstrukce            | m <sup>2</sup> | 272,25   | 162,00       | 44 104,50         |
| Zřízení podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce    | m <sup>2</sup> | 272,25   | 215,00       | 58 533,75         |
| Odstranění podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce | m <sup>2</sup> | 272,25   | 65,70        | 17 886,83         |
| Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505   | t              | 6,35     | 65 500,00    | 416 089,94        |

|  |                |          |              |                     |
|--|----------------|----------|--------------|---------------------|
| <b>Cena celkem za stropní konstrukci</b>   |                |          |              | <b>1 012 126,86</b> |
| Položka  | MJ             | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK]   |
| <b><i>Nespojitá křížem pnutá deska</i></b>   |                |          |              |                     |
| Stropy deskové ze ŽB tř. C20/25  | m <sup>3</sup> | 73,51    | 4 080,00     | 299 910,60          |
| Zřízení bednění stropů deskových tl. přes 25 do 50cm bez podpěrné konstrukce               | m <sup>2</sup> | 272,25   | 645,00       | 175 601,25          |
| Odstranění bednění stropů deskových tl. přes 25 do 50cm bez podpěrné konstrukce            | m <sup>2</sup> | 272,25   | 162,00       | 44 104,50           |
| Zřízení podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce    | m <sup>2</sup> | 272,25   | 215,00       | 58 533,75           |
| Odstranění podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce | m <sup>2</sup> | 272,25   | 65,70        | 17 886,83           |
| Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505   | t              | 4,91     | 65 500,00    | 321 817,31          |
| <b>Cena celkem za stropní konstrukci</b>   |                |          |              | <b>917 854,23</b>   |
| Položka  | MJ             | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK]   |
| <b><i>Spojité jednostranně pnutá deska</i></b>   |                |          |              |                     |
| Stropy deskové ze ŽB tř. C20/25  | m <sup>3</sup> | 73,51    | 4 080,00     | 299 910,60          |
| Zřízení bednění stropů deskových tl. přes 25 do 50cm bez podpěrné konstrukce               | m <sup>2</sup> | 272,25   | 645,00       | 175 601,25          |
| Odstranění bednění stropů deskových tl. přes 25 do 50cm bez podpěrné konstrukce            | m <sup>2</sup> | 272,25   | 162,00       | 44 104,50           |
| Zřízení podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce    | m <sup>2</sup> | 272,25   | 215,00       | 58 533,75           |
| Odstranění podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce | m <sup>2</sup> | 272,25   | 65,70        | 17 886,83           |
| Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505   | t              | 6,69     | 65 500,00    | 438 478,49          |
| <b>Cena celkem za stropní konstrukci</b>   |                |          |              | <b>1 034 515,41</b> |
| Položka  | MJ             | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK]   |
| <b><i>Nespojitá jednostranně pnutá deska</i></b>   |                |          |              |                     |
| Stropy deskové ze ŽB tř. C20/25  | m <sup>3</sup> | 73,51    | 4 080,00     | 299 910,60          |

|  |                |        |           |                     |
|--|----------------|--------|-----------|---------------------|
| Zřízení bednění stropů deskových tl. přes 25 do 50cm bez podpěrné konstrukce               | m <sup>2</sup> | 272,25 | 645,00    | 175 601,25          |
| Odstranění bednění stropů deskových tl. přes 25 do 50cm bez podpěrné konstrukce            | m <sup>2</sup> | 272,25 | 162,00    | 44 104,50           |
| Zřízení podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce    | m <sup>2</sup> | 272,25 | 215,00    | 58 533,75           |
| Odstranění podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce | m <sup>2</sup> | 272,25 | 65,70     | 17 886,83           |
| Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505   | t              | 6,51   | 65 500,00 | 426 730,52          |
| <b>Cena celkem za stropní konstrukci</b>   |                |        |           | <b>1 022 767,44</b> |

### 5.1.3 Panelový strop na 5,5 m

Panelový strop je tvořen, při rozpětí 5,5 m, dílci SPIROLL SPH 16097, které se ve výpočtu v Tabulce 5 jako materiál. Druhou položku tohoto výpočtu tvoří samotná montáž panelů včetně zalití spár.

Tabulka 5 – Výpočet ceny stropu SPIROLL na 5,5 m

Zdroj: (autor, 2023)

| Položka  | MJ  | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
|--|-----|----------|--------------|-------------------|
| <b>SPIROLL stropní konstrukce tl. 165 mm</b>   |     |          |              |                   |
| Montáž prefabrikovaných ŽB stropů ze stropních panelů š 1200mm dl. Přes 3800 do 7000mm, včetně zalití spár | kus | 42,00    | 857,00       | 35 994,00         |
| SPH 16097  | m   | 231,00   | 1 705,00     | 393 855,00        |
| <b>Cena celkem za stropní konstrukci</b>   |     |          |              | <b>429 849,00</b> |

### 5.1.4 Panelový strop na 8,25 m

Panelový strop je při rozpětí 8,25 m tvořen taktéž stropními dílci SPIROLL, ovšem s tloušťkou stropní konstrukce 250 mm. Jako materiál je započten panel SPH 25042. Tak jako v předchozím případě, i v Tabulce 6 je do výpočtu zahrnuta montáž stropních panelů.

Tabulka 6 – Výpočet ceny stropu SPIROLL na 8,25m

Zdroj: (autor, 2023)

| Položka   | MJ  | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
|---|-----|----------|--------------|-------------------|
| <b>SPIROLL stropní konstrukce tl. 250 mm</b>  |     |          |              |                   |
| Montáž prefabrikovaných ŽB stropů ze stropních panelů š 1200mm dl. Přes 7000 do 10000mm, včetně zalití spár | kus | 28,00    | 1 059,00     | 29 652,00         |
| SPH 25042   | m   | 231,00   | 2 475,00     | 571 725,00        |
| <b>Cena celkem za stropní konstrukci</b>  |     |          |              | <b>601 377,00</b> |

### 5.1.5 Filigránový strop na 5,5 m

Prefamonolitický filigránový strop je na rozpětí 5,5 m vysoký 200 mm, z toho je 60 mm samotný filigránový panel a 140 mm nadbetonávka. Celý komplet tvoří ve výpočtu jednu položku. Dále je do výpočtu v Tabulce 7 vložena výztuž stropu ve formě dodatečné výztuže v místě záporných momentů. Filigrány také musí být během technologické přestávky podepřeny.

Tabulka 7 – Výpočet ceny filigránového stropu na 5,5 m

Zdroj: (autor, 2023)

| Položka  | MJ             | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
|--|----------------|----------|--------------|-------------------|
| <b>Strop filigránový tl. 200 mm</b>  |                |          |              |                   |
| Montáž filigránových desek tl. 6cm včetně dodávky filigránů a nadbetonávky 14cm            | m <sup>2</sup> | 272,25   | 1 732,41     | 471 648,17        |
| Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505   | t              | 3,43     | 65 500,00    | 224 687,93        |
| Zřízení podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce    | m <sup>2</sup> | 273,25   | 215,00       | 58 748,75         |
| Odstranění podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce | m <sup>2</sup> | 273,25   | 65,70        | 17 952,53         |
| <b>Cena celkem za stropní konstrukci</b>   |                |          |              | <b>773 037,37</b> |

### 5.1.6 Filigránový strop na 8,25 m

Rozpětí stropu 8,25 m je v tomto případě překlenuto filigránovým stropem výšky 260mm, ve kterém 80 mm tvoří samotné panely a 180 mm nadbetonávka. Taktéž je do výpočtu zahrnuta doplňková výztuž a montážní podepření stropu (Tabulka 8).

Tabulka 8 – Výpočet ceny filigránového stropu na 8,25 m

Zdroj: (autor, 2023)

| Položka  | MJ             | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
|--|----------------|----------|--------------|-------------------|
| <b>Strop filigránový tl. 260 mm</b>  |                |          |              |                   |
| Montáž filigránových desek tl. 8cm včetně dodávky filigránů a nadbetonávky 18cm            | m <sup>2</sup> | 272,25   | 1 895,61     | 516 079,37        |
| Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505   | t              | 4,41     | 65 500,00    | 288 884,48        |
| Zřízení podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce    | m <sup>2</sup> | 272,25   | 215,00       | 58 533,75         |
| Odstranění podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce | m <sup>2</sup> | 272,25   | 65,70        | 17 886,83         |
| <b>Cena celkem za stropní konstrukci</b>   |                |          |              | <b>881 384,42</b> |

### 5.1.7 Skládání MIAKO strop na 5,5 m

V Tabulce 9 je proveden výpočet ceny stropu Miako tloušťky 250 mm se zdvojenými nosníky. Z důvodu většího množství nosníků musí být ke klasické položce připočteny navíc přidané nosníky. Taktéž je nutno strop opatřit podpěrnou konstrukcí v montážním stavu.

Tabulka 9 – Výpočet ceny stropu MIAKO na 5,5 m

Zdroj: (autor, 2023)

| Položka  | MJ             | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK]   |
|--|----------------|----------|--------------|---------------------|
| <b>Strop prefamonolitický MIAKO Porotherm</b>  |                |          |              |                     |
| Strop keramický tl. 25cm z vložek MIAKO PTH a keramobetonových nosníků dl. Přes 5 do 6 m OVN 62,5cm - včetně zálivky | m <sup>2</sup> | 272,25   | 2 762,39     | 752 060,68          |
| POT 575/902 (zdvojený nosník)  | kus            | 63,00    | 2 754,29     | 173 520,27          |
| Zřízení podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce                              | m <sup>2</sup> | 273,25   | 215,00       | 58 748,75           |
| Odstranění podpěrné konstrukce stropů deskových tl. přes 5 do 25cm bez podpěrné konstrukce                           | m <sup>2</sup> | 273,25   | 65,70        | 17 952,53           |
| <b>Cena celkem za stropní konstrukci</b>   |                |          |              | <b>1 002 282,22</b> |

### 5.1.8 Monolitická ŽB stěna tl. 200 mm

První z možností stěnových konstrukcí je v Tabulce 10 vypočítaná cena monolitické stěny tl. 200 mm. Do výpočtu je vložena položka oboustranného bednění a taktéž betonářské výztuže.

Tabulka 10 – Výpočet ceny monolitické stěny tloušťky 200 mm

Zdroj: (autor, 2023)

| Položka                                       | MJ             | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
|---|----------------|----------|--------------|-------------------|
| <b>Stěna ŽB tl. 200mm</b>                     |                |          |              |                   |
| Stěny nosné ze ŽB tř. C20/25                  | m <sup>3</sup> | 9,90     | 4 240,00     | 41 976,00         |
| Zřízení oboustranného bednění nosných stěn    | m <sup>2</sup> | 49,50    | 567,00       | 28 066,50         |
| Odstranění oboustranného bednění nosných stěn | m <sup>2</sup> | 49,50    | 150,00       | 7 425,00          |
| Výztuž stěn betonářskou ocelí 10 505          | t              | 0,59     | 67 100,00    | 39 857,40         |
| <b>Cena celkem za 1 stěnu</b>                 |                |          |              | <b>117 324,90</b> |

### 5.1.9 Monolitická ŽB stěna tl. 250 mm

Další zástupce monolitických stěn je stěna šířky 250 mm, jejíž cena je vypočtena v Tabulce 11. Jedná se o stejné položky jako u předcházející varianty.

Tabulka 11 – Výpočet ceny monolitické stěny tloušťky 250mm

Zdroj: (autor, 2023)

| Položka                                       | MJ             | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
|---|----------------|----------|--------------|-------------------|
| <b>Stěna ŽB tl. 250mm</b>                     |                |          |              |                   |
| Stěny nosné ze ŽB tř. C20/25                  | m <sup>3</sup> | 12,38    | 4 240,00     | 52 470,00         |
| Zřízení oboustranného bednění nosných stěn    | m <sup>2</sup> | 49,50    | 567,00       | 28 066,50         |
| Odstranění oboustranného bednění nosných stěn | m <sup>2</sup> | 49,50    | 150,00       | 7 425,00          |
| Výztuž stěn betonářskou ocelí 10 505          | t              | 0,74     | 67 100,00    | 49 821,75         |
| <b>Cena celkem za 1 stěnu</b>                 |                |          |              | <b>137 783,25</b> |

### 5.1.10 Stěna z keramických tvárnic Porotherm 30

V Tabulce 12 je vyhotoven výpočet ceny stěny z keramických tvárnic Porotherm 30 Profi P10. Připočten je ztužující věnec včetně jeho výztuže a bednění.

Tabulka 12 – Výpočet ceny stěny Porotherm tloušťky 300 mm

Zdroj: (autor, 2023)

| Položka  | MJ             | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
|--|----------------|----------|--------------|-------------------|
| <b>Stěna Porotherm 30 dl. 16,5 m</b>   |                |          |              |                   |
| Zdivo jednovrstvé z cihel Porotherm 30 Profi P10 na tenkovrstvou maltu tl 300 mm | m <sup>2</sup> | 49,50    | 1 944,15     | 96 235,43         |
| Ztužující pásy a věnce z betonu železového tř. C20/25                            | m <sup>3</sup> | 0,91     | 4 150,00     | 3 766,13          |
| Výztuž ztužujících pásů a věnců z betonářské oceli 10 505                        | t              | 0,05     | 63 400,00    | 2 876,78          |
| Zřízení bednění bočnic ztužujících pásů a věnců včetně vzpěr                     | m <sup>2</sup> | 8,25     | 509,00       | 4 199,25          |
| Odstranění bednění bočnic ztužujících pásů a věnců včetně vzpěr                  | m <sup>2</sup> | 8,25     | 107,00       | 882,75            |
| <b>Cena celkem za 1 stěnu</b>  |                |          |              | <b>107 960,33</b> |

### 5.1.11 Stěna z keramických tvárnic Porotherm 38

Dalším zástupcem zdiva je Porotherm 38 Profi, tedy širší možnost předcházející varianty. Položky jsou stejné, ovšem přepočteny na širší stěnu.

Tabulka 13 – Výpočet ceny stěny Porotherm tloušťky 380 mm

Zdroj: (autor, 2023)

| Položka  | MJ             | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
|--|----------------|----------|--------------|-------------------|
| <b>Stěna Porotherm 38 dl. 16,5 m</b>   |                |          |              |                   |
| Zdivo jednovrstvé z cihel Porotherm 38 Profi P10 na tenkovrstvou maltu tl 380 mm | m <sup>2</sup> | 49,50    | 2 323,80     | 115 028,10        |
| Ztužující pásy a věnce z betonu železového tř. C20/25                            | m <sup>3</sup> | 1,24     | 4 150,00     | 5 135,63          |
| Výztuž ztužujících pásů a věnců z betonářské oceli 10 505                        | t              | 0,06     | 63 400,00    | 3 922,88          |
| Zřízení bednění bočnic ztužujících pásů a věnců včetně vzpěr                     | m <sup>2</sup> | 8,25     | 509,00       | 4 199,25          |
| Odstranění bednění bočnic ztužujících pásů a věnců včetně vzpěr                  | m <sup>2</sup> | 8,25     | 107,00       | 882,75            |
| <b>Cena celkem za 1 stěnu</b>  |                |          |              | <b>129 168,60</b> |



### 5.1.12 Stěna z vápenopískových tvárnic Silka tl. 200 mm

V Tabulce 14 je uveden výpočet ceny zdiva z vápenopískových tvárnic Silka tl. 200 mm. Taktéž je do výpočtu započten i ztužující věnec včetně výztuže a bednění.

Tabulka 14 – Výpočet ceny stěny Silka tloušťky 200mm

Zdroj:(autor, 2023)

| Položka  | MJ             | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
|--|----------------|----------|--------------|-------------------|
| <b>Stěna SILKA tl. 200mm dl. 16,5m</b>                                   |                |          |              |                   |
| Zdivo z vápenopískových tvárnic Silka S20-2000 přes P15 do P25 tl 200 mm | m <sup>2</sup> | 49,50    | 1 594,23     | 78 914,39         |
| Ztužující pásy a věnce z betonu železového tř. C20/25                    | m <sup>3</sup> | 0,72     | 4 150,00     | 2 995,78          |
| Výztuž ztužujících pásů a věnců z betonářské oceli 10 505                | t              | 0,04     | 63 400,00    | 2 746,01          |
| Zřízení bednění bočnic ztužujících pásů a věnců včetně vzpěr             | m <sup>2</sup> | 8,25     | 509,00       | 4 199,25          |
| Odstranění bednění bočnic ztužujících pásů a věnců včetně vzpěr          | m <sup>2</sup> | 8,25     | 107,00       | 882,75            |
| <b>Cena celkem za 1 stěnu</b>  |                |          |              | <b>89 738,18</b>  |

### 5.1.13 Stěna z vápenopískových tvárnic Silka tl. 240 mm

Poslední výpočet ceny je pro variantu se zdívkem Silka šířky 240mm. Tak jako u přecházejících zděných variant je započten ztužující věnec, včetně dalších nutných položek s ním spojených (Tabulka 15).

Tabulka 15 – Výpočet ceny stěny Silka tloušťky 240mm

Zdroj:(autor, 2023)

| Položka   | MJ             | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
|---|----------------|----------|--------------|-------------------|
| <b>Stěna SILKA tl. 240mm dl. 16,5m</b>                                  |                |          |              |                   |
| Zdivo z vápenopískových tvárnic Silka S20-2000 přes P15 do P25 tl 24 mm | m <sup>2</sup> | 49,50    | 1 980,00     | 98 010,00         |
| Ztužující pásy a věnce z betonu železového tř. C20/25                   | m <sup>3</sup> | 0,83     | 4 150,00     | 3 423,75          |
| Výztuž ztužujících pásů a věnců z betonářské oceli 10 505               | t              | 0,05     | 63 400,00    | 3 138,30          |
| Zřízení bednění bočnic ztužujících pásů a věnců včetně vzpěr            | m <sup>2</sup> | 8,25     | 509,00       | 4 199,25          |

|   |                |      |        |                   |
|---|----------------|------|--------|-------------------|
| Odstranění bednění bočnic ztužujících pásů a věnců včetně vzpěr | m <sup>2</sup> | 8,25 | 107,00 | 882,75            |
| <b>Cena celkem za 1 stěnu</b>                                   |                |      |        | <b>109 654,05</b> |

## 6 Porovnání a výsledky práce

Do této kapitoly byly vybrány kombinace konstrukcí, které jsou proveditelné a ekonomicky nejvýhodnější. V Tabulce 16 jsou určeny názvy ve formě zkratk pro větší přehlednost v následujících kapitolách a grafech.

Tabulka 16 - Určení zkratk pro jednotlivé konstrukce

Zdroj:(autor, 2023)

| NÁZEV         | MODUL | POPIS  |
|---------------|-------|--|
| <b>STROPY</b> |       |  |
| FIL-1         | 5,5   | Filigránový strop výšky 200mm na 5,5m                          |
| FIL-2         | 8,25  | Filigránový strop výšky 260mm na 8,25m                         |
| MON-1         | 5,5   | Monolitická stropní deska křížem pnutá, spojitá na 5,5m        |
| MON-2         | 8,25  | Monolitická stropní deska křížem pnutá, spojitá na 8,25m       |
| MON-3         | 5,5   | Monolitická stropní deska jednostranně pnutá, spojitá na 5,5m  |
| MON-4         | 8,25  | Monolitická stropní deska jednostranně pnutá, spojitá na 8,25m |
| MIA-1         | 5,5   | MIKO strop výšky 250mm na 5,5m                                 |
| SPI-1         | 5,5   | Prefa panelový strop SPIROLL výšky 165mm na 5,5m               |
| SPI-2         | 8,25  | Prefa panelový strop SPIROLL výšky 250mm na 8,25m              |
| <b>STĚNY</b>  |       |  |
| VPC-1V        | 5,5   | Vápenopískové tvárnice Silka šířky 200mm se ztužujícím věncem  |
| VPC-2V        | 8,25  | Vápenopískové tvárnice Silka šířky 240mm se ztužujícím věncem  |
| VPC-1         | 5,5   | Vápenopískové tvárnice Silka šířky 200mm                       |
| VPC-2         | 8,25  | Vápenopískové tvárnice Silka šířky 240mm                       |
| PTH-1         | 5,5   | Keramické tvárnice Porotherm 30 Profi                          |
| PTH-2         | 8,25  | Keramické tvárnice Porotherm 38 Profi                          |
| ŽB-1          | 5,5   | Železobetonová stěna tl. 200mm                                 |
| ŽB-2          | 8,25  | Železobetonová stěna tl. 250mm                                 |

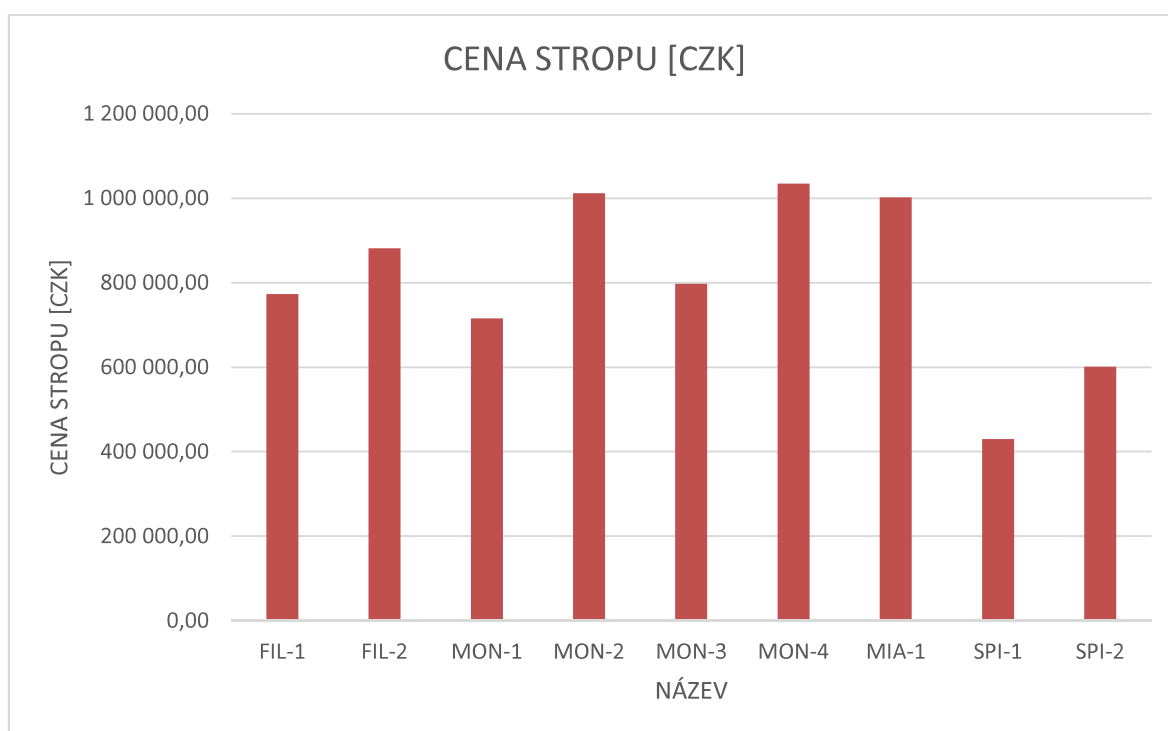
### 6.1.1 Porovnání cen stropních konstrukcí

Následuje Tabulka 17 a Graf 3, ve které je provedeno porovnání cen jednotlivých stropních konstrukcí. Dále je v tabulce určeno pořadí od nejlevnější varianty k variantě nejdražší.

Tabulka 17 - Porovnání a pořadí cen stropních konstrukcí

Zdroj: (autor, 2023)

| ČÍSLO | NÁZEV | CENA STROPU [CZK] | POŘADÍ |
|-------|-------|-------------------|--------|
| 1     | FIL-1 | 773 037,37        | 4      |
| 2     | FIL-2 | 881 384,42        | 6      |
| 3     | MON-1 | 715 597,96        | 3      |
| 4     | MON-2 | 1 012 126,86      | 8      |
| 5     | MON-3 | 797 544,86        | 5      |
| 6     | MON-4 | 1 034 515,41      | 9      |
| 7     | MIA-1 | 1 002 282,22      | 7      |
| 8     | SPI-1 | 429 849,00        | 1      |
| 9     | SPI-2 | 601 377,00        | 2      |



Graf 3 - Porovnání cen stropních konstrukcí

Zdroj: (autor, 2023)

Nejnižší cena byla vypočítána u panelových stropů SPIROLL, to zejména proto, že u prefabrikovaných dílců odpadá nutnost bednění a montážních podpor. Dále i proto, že se v panelech nachází méně betonářské výztuže. Dalšími z nejlevnějších možností jsou monolitické desky a filigránový strop na menším rozpětí. Je to dáno primárně menším množstvím betonu a výztuže z důvodu menší tloušťky stropní desky. Ovšem filigránový strop na delší rozpětí je hned dalším v pořadí cen stropních konstrukcí. Hlavním důvodem je menší množství ocelové výztuže filigránového stropu oproti monolitické konstrukci a také bednění, které u filigránů odpadá. Další, konkrétně třetí nejdražší stropní konstrukcí, je Miako Porotherm strop. Hlavním důvodem vysoké ceny tohoto stropu je nutnost použití

dvojitých nosníků kvůli vysokému zatížení. Nejdražšími variantami jsou monolitické železobetonové desky při větším rozpětí z důvodu velkého množství betonu a výztuže.

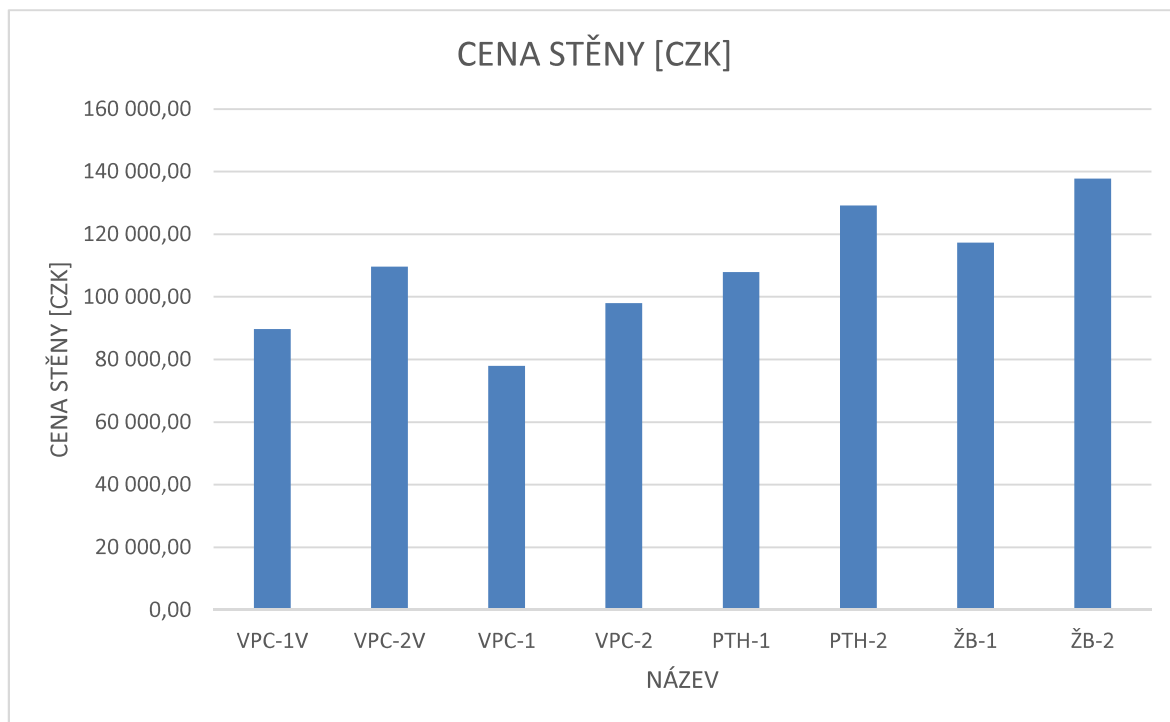
Rozhodujícím činitelem ovšem nemusí být jen cena za stropní konstrukci, ale také jejich variabilita použití se stěnovými systémy.

### 6.1.1 Porovnání cen stěn

V následující tabulce a grafu jsou porovnány ceny jednotlivých stěn. Cena je stanovena pro jednu stěnu, protože se může jejich počet v jednotlivých systémech měnit. Opět je stanoveno pořadí od nejlevnější stěny ke stěně nejdražší (Tabulka 18 a Graf 4).

Tabulka 18 - Porovnání a pořadí cen stěn Zdroj:(autor, 2023)

| ČÍSLO | NÁZEV  | CENA STĚNY [CZK] | POŘADÍ |
|-------|--------|------------------|--------|
| 1     | VPC-1V | 89 738,18        | 2      |
| 2     | VPC-2V | 109 654,05       | 5      |
| 3     | VPC-1  | 77 914,39        | 1      |
| 4     | VPC-2  | 98 010,00        | 3      |
| 5     | PTH-1  | 107 960,33       | 4      |
| 6     | PTH-2  | 129 168,60       | 7      |
| 7     | ŽB-1   | 117 324,90       | 6      |
| 8     | ŽB-2   | 137 783,25       | 8      |



Graf 4 - Porovnání cen jednotlivých stěn

Zdroj:(autor, 2023)

Nejlevnější variantou stěnové konstrukce jsou vápenopískové tvárnice. Varianty VPC-1 a VPC-2 jsou využity jen v případě monolitických stropních konstrukcí, kde nevzniká potřeba ztužujícího věnce. V ostatních případech je využito stěn VPC-1V a VPC-2V, které již cenu za ztužující věnec obsahují. Stále se ovšem jedná o nejlevnější varianty stěn spolu se stěnou PTH-1, taktéž se ztužujícím věncem obsaženým v ceně. Třetí nejdražší variantou je železobetonová stěna ŽB-1, která je oproti stěně ŽB-2 užší a tak je využito méně betonu i betonářské výztuže. Nejdražším zástupcem zděné konstrukce je stěna PTH-2. Nejméně hodnotnou variantou se jeví stěna ŽB-2, která má vysokou cenu z důvodu velkého množství betonu a výztuže navíc s potřebou oboustranného bednění.

### **6.1.2 Porovnání cen jednotlivých kombinací stropů a stěn**

Do finálního porovnání v Tabulce 19 jsou vybrány používané kombinace stavebních materiálů. Jako první dvě kombinace jsou vybrány vápenopískové stěny a filigránové stropy. Tato kombinace může fungovat jen, když bude v konkrétním případě rozhodnuto, že uložení filigránů na střední stěnu vyhoví a že na krajních stěnách nebude figurovat příliš velký ohybový moment, který vápenopískové stěny nejsou schopny přenést. To znamená, že je zařazen do tohoto porovnání, ovšem za určitých podmínek. Lepší možností je kombinace vápenopískových tvárnic s monolitickou stropní deskou, která dokáže lépe zaručit vhodný přenos zatížení do stěny a tuhost celé konstrukce je větší. Další možností je stěna z keramických tvárnic a Miako skládaný strop. Tato kombinace je výrobcem ověřená a vhodná v případě, že je prioritou účastníků výstavby jednotný materiál a jednotná technologie. Další možností je stěna z keramických tvárnic a filigránový strop, což taktéž tvoří vhodnou dvojici materiálů a technologií. Velice často používanou kombinací jsou stěny z keramických tvárnic a panelové stropy, které tvoří další dvě varianty systému. Výhodou této možnosti je snadná výstavba stěn a velice jednoduchá stropní prefabrikovaná konstrukce. Posledními dvěma variantami jsou monolitická stěna a monolitický strop. Tato kombinace je vhodná díky jednotné technologii a spolehlivému spolupůsobení mezi konstrukcemi. Ovšem je to varianta časově náročná na výstavbu, kdy jsou u obou částí konstrukce nutné technologické přestávky.

Vyloučenou kombinací je například stěna z vápenopískových tvárnic s panelovým stropem, která většinou nedokáže zaručit potřebnou tuhost systému. Zejména z důvodu subtilních stěn a prefabrikovaného stropu, tato kombinace nedokáže zaručit tuhý spoj. Z podobného důvodu byla vyloučena i varianta vápenopískových stěn spojená s MIAKO

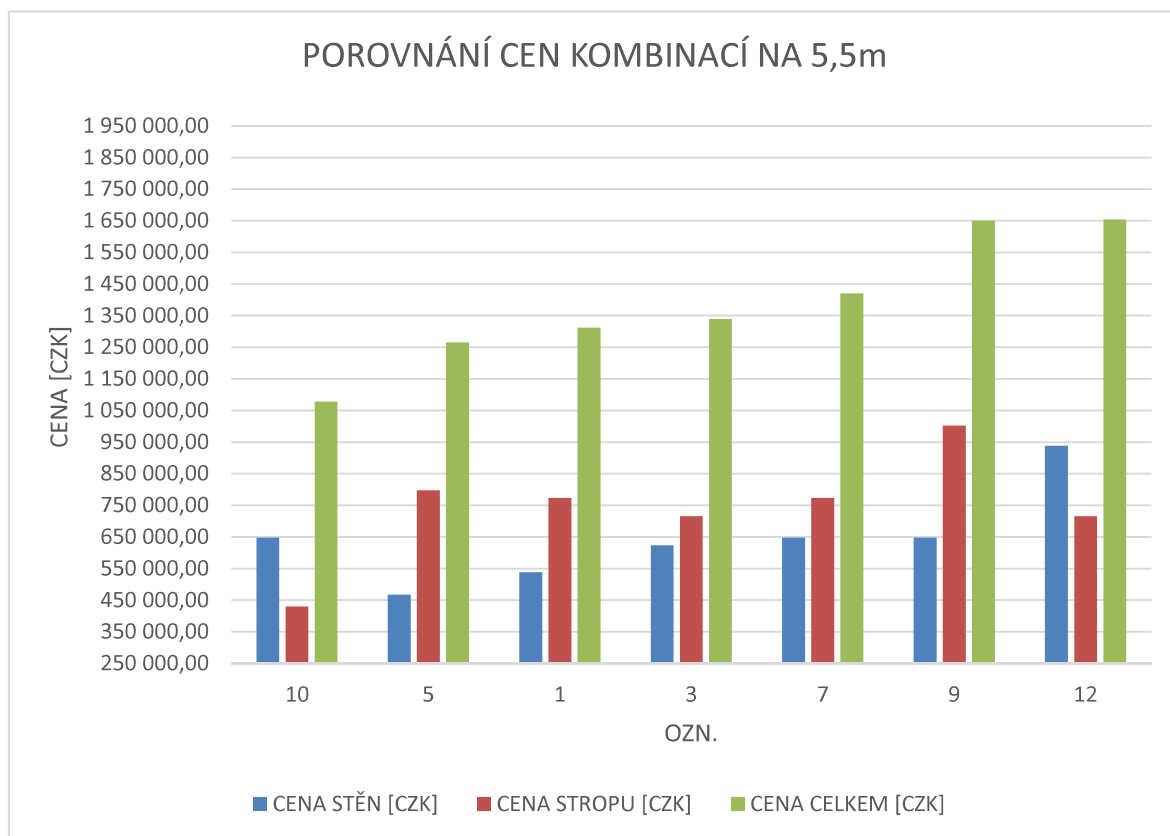
stropem. Monolitické stěny jsou kombinovány jen s monolitickým stropem kvůli jednotné technologii. Jiná kombinace s monolitickými stěnami se z praktických zkušeností nepoužívá.

Tabulka 19 - Porovnání a pořadí cen všech kombinací

Zdroj: (autor, 2023)

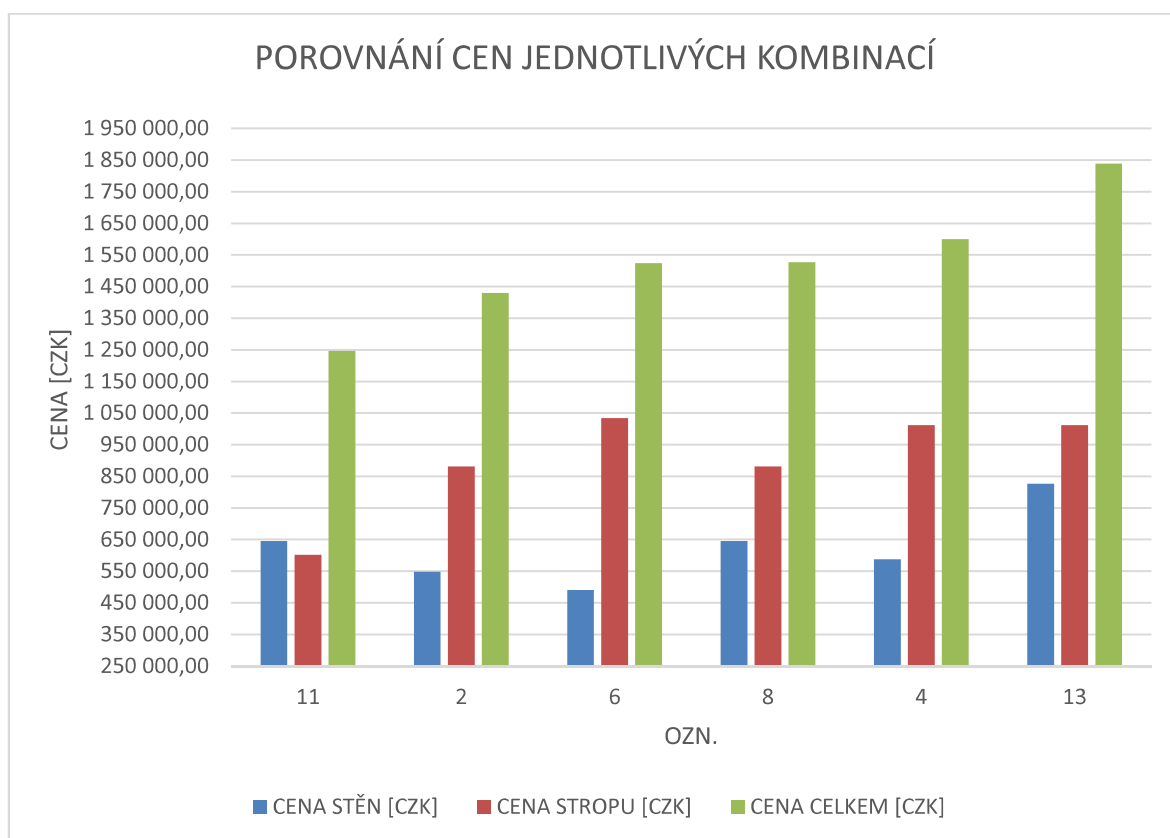
| OZN | NÁZEV            | CENA STĚNY [CZK] | POČ. STĚN | CENA STĚN [CZK] | CENA STROPU [CZK] | CENA CELKEM [CZK] | POŘADÍ |
|-----|------------------|------------------|-----------|-----------------|-------------------|-------------------|--------|
| 1   | VPC-1V/<br>FIL-1 | 89 738,18        | 6         | 538 429,08      | 773 037,37        | 1 311 466,45      | 4      |
| 2   | VPC-2V/<br>FIL-2 | 109 654,05       | 5         | 548 270,25      | 881 384,42        | 1 429 654,67      | 7      |
| 3   | VPC-1/<br>MON-1  | 77 914,39        | 8         | 623 315,12      | 715 597,96        | 1 338 913,08      | 5      |
| 4   | VPC-2/<br>MON-2  | 98 010,00        | 6         | 588 060,00      | 1 012 126,86      | 1 600 186,86      | 10     |
| 5   | VPC-1/<br>MON-3  | 77 914,39        | 6         | 467 486,34      | 797 544,86        | 1 265 031,20      | 3      |
| 6   | VPC-2/<br>MON-4  | 98 010,00        | 5         | 490 050,00      | 1 034 515,41      | 1 524 565,41      | 8      |
| 7   | PTH-1/<br>FIL-1  | 107 960,33       | 6         | 647 761,98      | 773 037,37        | 1 420 799,35      | 6      |
| 8   | PTH-2/<br>FIL-2  | 129 168,60       | 5         | 645 843,00      | 881 384,42        | 1 527 227,42      | 9      |
| 9   | PTH-1/<br>MIA-1  | 107 960,33       | 6         | 647 761,98      | 1 002 282,22      | 1 650 044,20      | 11     |
| 10  | PTH-1/<br>SPI-1  | 107 960,33       | 6         | 647 761,98      | 429 849,00        | 1 077 610,98      | 1      |
| 11  | PTH-2/<br>SPI-2  | 129 168,60       | 5         | 645 843,00      | 601 377,00        | 1 247 220,00      | 2      |
| 12  | ŽB-1/<br>MON-1   | 117 324,90       | 8         | 938 599,20      | 715 597,96        | 1 654 197,16      | 12     |
| 13  | ŽB-2/<br>MON-2   | 137 783,25       | 6         | 826 699,50      | 1 012 126,86      | 1 838 826,36      | 13     |

V následujících grafech je znázorněno porovnání cen rozdělené dle rozpětí stropů. Graf 5 zobrazuje porovnání cen konstrukčních systémů s modulovými vzdálenostmi 5,5 m, Graf 6 zachycuje porovnání cen systémů s modulovými vzdálenostmi 8,25 m.



Graf 5 - Porovnání cen kombinací na rozpětí 5,5 m

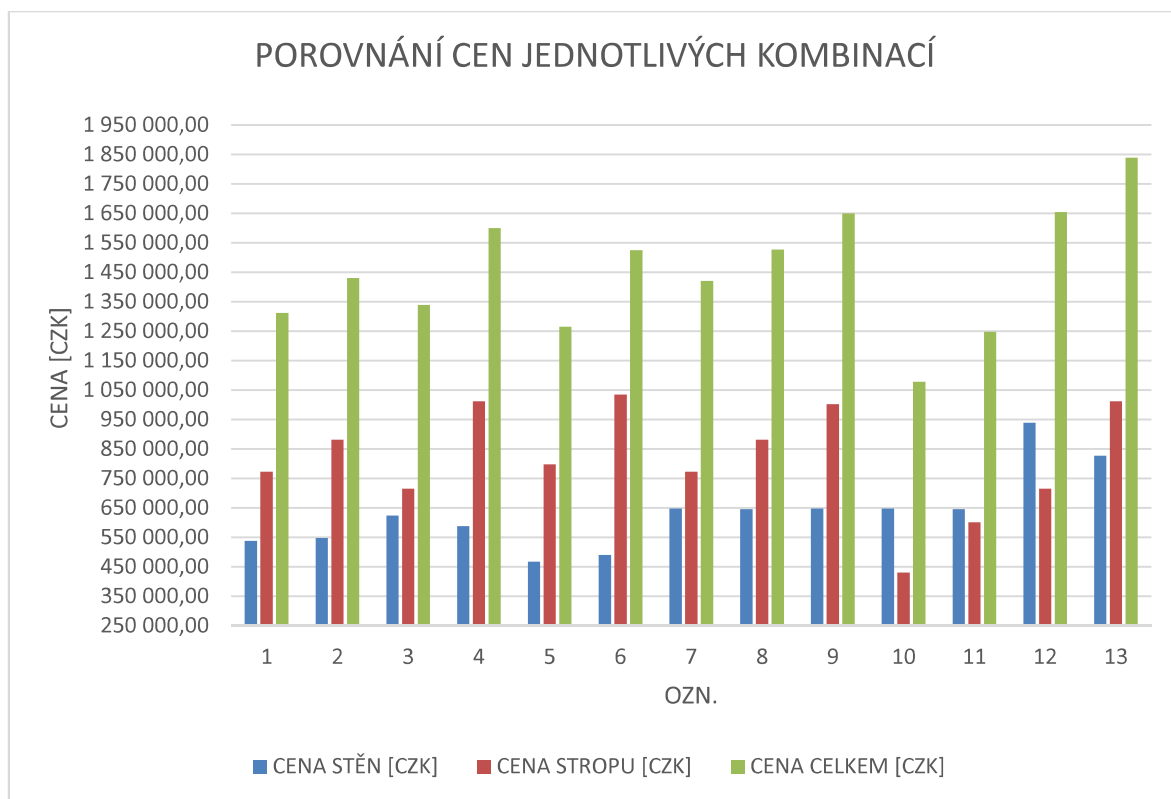
Zdroj:(autor, 2023)



Graf 6 - Porovnání cen kombinací na rozpětí 8,25 m

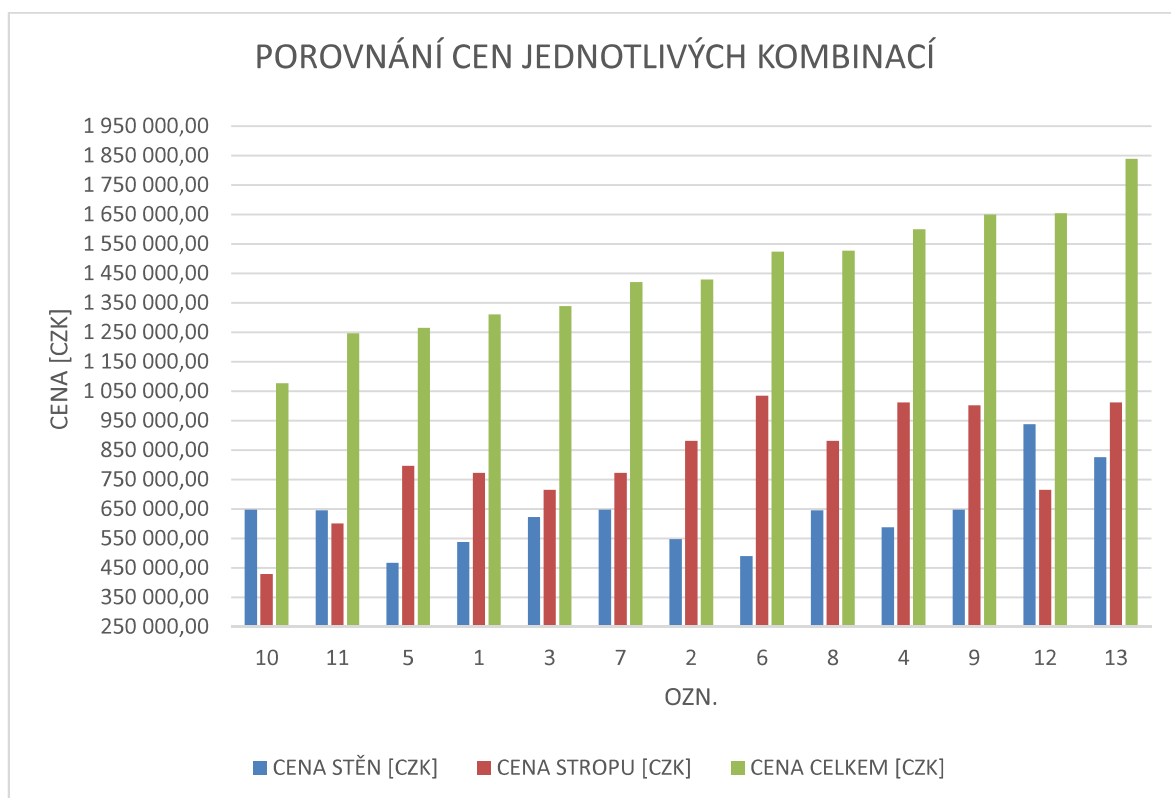
Zdroj:(autor, 2023)

V Grafu 7 je graficky znázorněno porovnání jednotlivých kombinací a v Grafu 8 je porovnání systémů v pořadí od nejlevnějšího po nejdražšího.



Graf 7 - Porovnání cen všech kombinací

Zdroj:(autor, 2023)



Graf 8 - Porovnání cen všech kombinací od nejlevnější

Zdroj:(autor, 2023)



Nejlevnější variantou konstrukčního systému je kombinace tvárnic Porotherm 30 Profi se stropní panelovou konstrukcí SPIROLL tloušťky 165 mm. Jedná se o systém s rozpětím stropů 5,5 m v podobě podélného, resp. příčného stěnového konstrukčního systému. Druhou nejlevnější možností je kombinace stěn z keramických tvárnic Porotherm 38 Profi s panelovým stropem SPIROLL o výšce 250 mm na rozpětí 8,25 m. Taktéž se jedná o podélný, či příčný stěnový systém, tentokrát se stropy na větší rozpětí. Jako třetí cenově nejvýhodnější varianta se jeví kombinace stěn z vápenopískových tvárnic Silka šířky 200 mm se spojitou monolitickou stropní konstrukcí jednostranně pnutou na rozpětí 5,5 m. Další v pořadí systémů jsou vápenopískové tvárnice Silka šířky 200 mm s filigránovou stropní konstrukcí výšky 200 mm na rozpětí 5,5 m. Ovšem tato kombinace nemusí ve všech případech vykazovat potřebnou prostorovou tuhost konstrukce. V následující variantě se opakuje druh svislé nosné konstrukce – Silka šířky 200 mm, tentokrát s monolitickou stropní konstrukcí tloušťky 200 mm křížem pnutou na rozpětí 5,5x5,5 m. Jako šestou nejlevnější kombinací jsou stěny Porotherm 30 Profi a filigránová stropní konstrukce výšky 200 mm na rozpětí 5,5 m. Přesně uprostřed cenového porovnání jsou stěny z vápenopískových tvárnic Silka šířky 240 mm s filigránovým stropem výšky 260 mm. V tomto případě opět hrozí nebezpečí nízké prostorové tuhosti systému. Šestým nejdražším řešením je kombinace stěn z vápenopískových tvárnic Silka šířky 240 mm a monolitické jednostranně pnuté desky tloušťky 270 mm. Následuje pátá nejméně finančně výhodná možnost, a to kombinace stěn z keramických tvárnic Porotherm 38 Profi s filigránovým stropem výšky 260 mm. Čtvrtou nejdražší variantou je stěna z vápenopískových tvárnic Silka šířky 240 mm s monolitickou stropní konstrukcí křížem pnutou na rozpětí 8,25x8,25 m. Třetí nejdražší možností je kombinace stěn a stropů od výrobce Porotherm, přesněji keramické tvárnice Porotherm 30 Profi a strop Miako s dvojitými nosníky. Druhým nejdražším a nejméně finančně výhodným řešením jsou kombinace monolitických stěn a monolitických stropů. Na tomto místě se konkrétně umístil systém se stěnami šířky 200 mm a stropní konstrukce tloušťky 200 mm. Nejdražší variantou je pak kombinace stěn šířky 250 mm a stropu tloušťky 270 mm v monolitickém provedení.

## 7 Diskuze výsledků

Technická proveditelnost je klíčovým faktorem při výběru konstrukčního systému. Je důležité zjistit, zda jsou vybrané systémy kompatibilní s místními stavebními předpisy a normami. Je také třeba posoudit dostupnost materiálů a technickou znalost pracovníků potřebných pro instalaci a provádění konstrukčních prací.

Nosnost je dalším faktorem, který je třeba zohlednit. Je nutné zajistit, že vybraný konstrukční systém je schopen unést očekávané zatížení a zajišťuje potřebnou pevnost a stabilitu budovy. Zde je důležité zhodnotit nejen statickou nosnost, ale také dynamické faktory, jako jsou větrné zatížení, zemětřesení nebo další vnější vlivy.

Prostorová tuhost je rovněž důležitým aspektem, který ovlivňuje stabilitu a odolnost budovy. Konstrukční systém by měl poskytovat dostatečnou tuhost a odolnost vůči deformacím, které mohou vzniknout při zatížení nebo působení vnějších sil. Nedostatečná prostorová tuhost může mít za následek trhliny, deformace nebo dokonce selhání konstrukce.

Energetická účinnost je stále důležitějším aspektem při hodnocení konstrukčních systémů. Je třeba posoudit tepelně-izolační vlastnosti a energetickou efektivitu jednotlivých systémů, které mohou ovlivnit energetickou náročnost budovy a její dlouhodobou udržitelnost.

Celková udržitelnost konstrukčního systému je dalším důležitým faktorem. Je třeba zvážit, jaké materiály jsou použity, zda jsou obnovitelné, recyklovatelné nebo mají nízkou uhlíkovou stopu. Je také vhodné posoudit životnost systému a jeho schopnost odolávat vlivům času a vnějším faktorům.

Tyto faktory by měly být brány v úvahu a porovnány s ohledem na konkrétní požadavky projektu, finanční omezení a dlouhodobé cíle. Je důležité najít vyvážený kompromis mezi cenou, technickými požadavky, nosností, prostorovou tuhostí, energetickou účinností a udržitelností, který bude nejvhodnější pro daný projekt.

## 8 Závěr

Tato diplomová práce přináší ucelený pohled na problematiku konstrukčních systémů v oblasti stavebnictví a poskytuje cenné informace pro rozhodování o volbě vhodného systému. Při výběru je však důležité brát v úvahu také další faktory, jako jsou energetická efektivita, dostupnost materiálů a specifické požadavky konkrétní stavby.

Na základě provedené analýzy a porovnání různých konstrukčních systémů navazujících podlažích vícepodlažních budov lze vyvodit několik důležitých závěrů. Nejlevnější variantou konstrukčního systému se ukázala být kombinace tvárnic Porotherm 30 Profi se stropní panelovou konstrukcí SPIROLL tloušťky 165 mm s rozpětím stropů 5,5 m. Druhou nejlevnější možností je kombinace stěn z keramických tvárnic Porotherm 38 Profi s panelovým stropem SPIROLL o výšce 250 mm na rozpětí 8,25 m.

Naopak nejdražší variantou se ukázala být kombinace monolitických železobetonových konstrukcí, a to stěn šířky 250 mm a stropu tloušťky 270 mm. Další finančně náročnější možnosti zahrnovaly kombinace monolitických stěn a stropů, stěn z keramických tvárnic Porotherm 30 Profi a stropu Miako s dvojími nosníky nebo stěn z vápenopískových tvárnic Silka šířky 240 mm s monolitickou stropní konstrukcí křížem pnutou na rozpětí 8,25x8,25 m.

Celkově lze konstatovat, že tato diplomová práce přináší ucelený pohled na problematiku konstrukčních systémů v oblasti stavebnictví. Její výsledky a závěry mohou být využity jako cenný podklad při rozhodování o volbě optimálního konstrukčního systému pro konkrétní stavby. Při výběru systému je třeba brát v úvahu technické, ekonomické faktory, ale také požadavky na nosnost, odolnost vůči zatížení a prostorovou tuhost konstrukce.

Celkově lze říci, že tato diplomová práce přináší důležité poznatky a informace, které mají význam jak pro teoretickou rovinu stavebního inženýrství, tak pro praktické aplikace ve stavebnictví. Její výsledky mohou sloužit jako výchozí bod pro další výzkum a vývoj v oblasti konstrukčních systémů a jejich optimalizace s cílem dosáhnout efektivnější a udržitelnější stavební praxe. Praktikům tak poskytuje cenné nástroje pro rozhodování a výběr vhodného konstrukčního systému s ohledem na konkrétní požadavky a omezení projektu.

Na základě výsledků této diplomové práce se nabízí několik návrhů pro další výzkum a možnosti zlepšení v oblasti konstrukčních systémů pro jedno a vícepodlažní budovy. Prvním návrhem je rozšíření srovnávací analýzy. Tato práce se zaměřila na porovnání různých konstrukčních systémů z hlediska jejich cenové efektivity. Další výzkum by mohl rozšířit tuto analýzu o další faktory, jako je energetická účinnost, životnost, ekologický otisk nebo doba výstavby. Tím by se získala komplexnější představa o výhodách a omezeních jednotlivých systémů a umožnilo by se rozhodování založené na širším spektru parametrů.

Dalším návrhem je optimalizace konstrukčních systémů pro specifické typy budov. Každý typ budovy má specifické požadavky a omezení, a proto by další výzkum mohl směřovat k optimalizaci konstrukčních systémů pro tyto specifické typy, například vysoké budovy, průmyslové stavby nebo bytové komplexy. Zohlednění těchto specifických požadavků by přineslo konkrétní návrhy a doporučení pro efektivní využití konstrukčních systémů v různých oblastech.

## 9 Reference

1. **Hájek, Petr.** *Konstrukce pozemních staveb 1: nosné konstrukce I.* Praha : Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03589-4.
2. **ČESKO.** Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby - znění od 12.11.2021. *Zákon pro lidi.cz.* [Online] © AION CS 2010-2023. [Citace: 20. 05 2023.] Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-268#p8>.
3. **HOLICKÝ, Milan, Jana MARKOVÁ a Miroslav SÝKORA.** *Zatížení stavebních konstrukcí: příručka k ČSN EN 1991.* Praha : Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. ISBN 978-80-87093-89-4.
4. **Lorenz, Karel.** Navrhování nosných konstrukcí (TP 1.11.1). *PROFESIS: Profesionální informační systém ČKAIT.* [Online] 2014, aktualizace 2022. [Citace: 20. 05. 2023.] Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-1-11-1/#3-1>.
5. **Zvolánek, Lukáš.** Vysoké učení technické v Brně - Fakulta stavební. *BL01\_PredbezneRozmery.* [Online] [Citace: 20. 05. 2023.] Dostupné z: [https://www.fce.vutbr.cz/BZK/zvolanek.l/vyuka\\_bzk/BL01\\_PredbezneRozmery.pdf](https://www.fce.vutbr.cz/BZK/zvolanek.l/vyuka_bzk/BL01_PredbezneRozmery.pdf).
6. **ČESKO.** ČSN EN 1991-1-1, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. *ČSN SPONZOROVANÝ PŘÍSTUP K ČSN.* [Online] ČAS, ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI, Vydána 2002, změněna 2010. [Citace: 20. 05. 2023.] Dostupné z: <https://sponzorpristup.agentura-cas.cz/Vysledky.aspx>.