



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ**

INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

**EKONOMICKÉ HODNOCENÍ DŘEVOSTAVEB**

ECONOMIC EVALUATION OF WOOD BUILDINGS

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Lucie Gregorová

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. MILOSLAV VÝSKALA, Ph.D.

**BRNO 2019**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

|                         |                                                       |
|-------------------------|-------------------------------------------------------|
| Studijní program        | B3607 Stavební inženýrství                            |
| Typ studijního programu | Bakalářský studijní program s prezenční formou studia |
| Studijní obor           | 3607R038 Management stavebnictví                      |
| Pracoviště              | Ústav stavební ekonomiky a řízení                     |

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

|                 |                                  |
|-----------------|----------------------------------|
| Student         | Lucie Gregorová                  |
| Název           | Ekonomické hodnocení dřevostaveb |
| Vedoucí práce   | Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.     |
| Datum zadání    | 30. 11. 2018                     |
| Datum odevzdání | 24. 5. 2019                      |

V Brně dne 30. 11. 2018

---

doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.  
Vedoucí ústavu

---

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

## **PODKLADY A LITERATURA**

Srubové domy z kulatiny, Dalibor Houdek, Otakar Koudelka (MM Publishing, 2011, ISBN 978-80-904414-4-6)

Dřevěné stavby, Jozef Štefko, Ladislav Reinprecht, Petr Kuklík (Jaga group, 2006, ISBN 978-80-8076-080-9)

Moderní dřevostavby, Pavel Horák (Computer press, 2011, ISBN 978-80-251356-8-6)

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

Cílem práce je analýza vybraných částí životního cyklu staveb pro individuální bydlení se zaměřením na dřevostavby.

1. Definice dřevostavby, parametry zvoleného objektu.
  2. Životní cyklus staveb.
  3. Náklady (vybraných částí) životního cyklu staveb.
  5. Analýza nákladů životního cyklu dřevostavby v konkrétních příkladech.
- Očekávaným výstupem práce bude analýza nákladů (vybraných částí) životního cyklu dřevostaveb.

## **STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

---

Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Cílem práce je porovnání rámové konstrukce dřevostavby a zděné stavby v rámci první a druhé fáze životního cyklu stavby.

Vybranými faktory těchto fází jsou náklady a časová náročnost konstrukcí, porovnání hmotností konstrukcí, tepelně izolační vlastnosti a požární odolnost konstrukcí. Dále jsou srovnány náklady na výstavbu a doba výstavby dřevostavby a zděné stavby.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Dřevostavba, rámová konstrukce dřevostavby, zděná stavba, konstrukční systémy, životní cyklus stavby, porovnání, náklady

## **ABSTRACT**

The aim of the bachelor thesis is comparing timber frame construction and masonry building in the first and second part of building life cycle.

The selected factors of these parts are costs and time-consuming of structure, comparing the masses of structures, their thermal insulation properties and their fire resistance. In the end, there is a comparison of costs of construction and construction lead-time for timber structure and masonry building.

## **KEYWORDS**

Timber structure, timber frame construction, masonry building, component systems, building life cycle, comparing, costs, construction lead-time

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Lucie Gregorová *Ekonomické hodnocení dřevostaveb*. Brno, 2019. 46 s., 34 s. příl.  
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Ekonomické hodnocení dřevostaveb* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 16. 4. 2019

---

Lucie Gregorová  
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Ekonomické hodnocení dřevostaveb* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 16. 4. 2019

---

Lucie Gregorová  
autor práce

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat Ing. Miloslavu Výskalovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce a dále pak Ing. Karlu Tomečkovi za poskytnutí projektu pro vypracování této práce.

# Obsah

|       |                                                                 |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Úvod.....                                                       | 1  |
| 2     | Dřevostavby .....                                               | 2  |
| 2.1   | Historický vývoj dřevostaveb.....                               | 2  |
| 2.2   | Dřevěné rámové stavby .....                                     | 3  |
| 3     | Dřevo jako konstrukční materiál.....                            | 5  |
| 3.1   | Stavba dřeva a jeho vlastnosti .....                            | 5  |
| 3.1.1 | Fyzikální vlastnosti dřeva .....                                | 6  |
| 3.1.2 | Mechanické vlastnosti dřeva .....                               | 7  |
| 3.2   | Materiály na bázi dřeva .....                                   | 8  |
| 3.3   | Vlastnosti vybraných materiálů pro konstrukci dřevostavby ..... | 8  |
| 4     | Zděná stavba.....                                               | 13 |
| 4.1   | Historický vývoj cihel .....                                    | 13 |
| 5     | Životní cyklus stavby .....                                     | 14 |
| 5.1   | Předinvestiční fáze .....                                       | 15 |
| 5.2   | Investiční fáze.....                                            | 16 |
| 5.2.1 | Etapa plánování.....                                            | 16 |
| 5.2.2 | Etapa realizace .....                                           | 17 |
| 5.3   | Provozní fáze.....                                              | 18 |
| 5.4   | Likvidační fáze .....                                           | 18 |
| 6     | Výhody a nevýhody srovnávaných konstrukčních systémů .....      | 19 |
| 6.1   | Výhody dřevostaveb.....                                         | 19 |
| 6.2   | Nevýhody dřevostaveb .....                                      | 20 |
| 6.3   | Výhody zděných staveb.....                                      | 21 |
| 6.4   | Nevýhody zděných staveb.....                                    | 21 |
| 7     | Ekonomické a časové porovnání zděné stavby a dřevostavby.....   | 22 |
| 7.1   | Popis objektu .....                                             | 22 |
| 7.1.1 | Základová konstrukce .....                                      | 23 |
| 7.1.2 | Obvodová stěna.....                                             | 24 |
| 7.1.3 | Vnitřní nosné stěny .....                                       | 25 |
| 7.1.4 | Stropní konstrukce .....                                        | 25 |
| 7.1.5 | Příčky .....                                                    | 26 |
| 7.1.6 | Střešní konstrukce .....                                        | 27 |

|     |                                                               |    |
|-----|---------------------------------------------------------------|----|
| 7.2 | Nákladová náročnost vybraných konstrukcí .....                | 28 |
| 7.3 | Časová náročnost výstavby vybraných konstrukcí.....           | 29 |
| 7.4 | Hmotnosti vybraných konstrukcí .....                          | 31 |
| 7.5 | Tepelně izolační vlastnosti vybraných konstrukcí .....        | 32 |
| 7.6 | Požární odolnost a reakce na oheň vybraných konstrukcí.....   | 34 |
| 7.7 | Srovnání náročnosti výstavby dřevostavby a zděné stavby ..... | 36 |
| 8   | Závěr .....                                                   | 41 |
| 9   | Zdroje .....                                                  | 42 |
| 10  | Seznam obrázků .....                                          | 44 |
| 11  | Seznam tabulek .....                                          | 44 |
| 12  | Seznam grafů.....                                             | 44 |
| 13  | Přílohy .....                                                 | 45 |
| 14  | Seznam použitých zkratk.....                                  | 46 |

# 1 Úvod

Území České republiky disponuje poměrně velkými zásobami dřeva, které by se daly využít pro výstavbu rodinných domů nebo i domů vícepodlažních jako alternativa zděných konstrukčních systémů. Z pohledu šetrnosti k životnímu prostředí by rozšíření dřevostaveb jistě mělo pozitivní vliv. Avšak stále spoustu lidí od výstavby dřevostavby odrazují některé vlastnosti dřeva. Tato práce srovnává vlastnosti, které by mohly být podkladem investorů při rozhodování mezi zděným a dřevěným konstrukčním systémem.

Hlavním cílem práce je ekonomické zhodnocení dřevostavby v rámci předinvestiční a investiční fáze v porovnání se zděnou stavbou. Dalšími dvěma fázemi – fází provozní a fází likvidační – se zabývá Eva Gáliková.

Teoretická část práce definuje, co je to dřevostavba a jak se vyvíjela. Jsou zde uvedeny vlastnosti dřeva a materiálů, které se pro výstavbu dřevostaveb nejčastěji používají. Dále se zabývá prvními dvěma fázemi životního cyklu staveb – fází předinvestiční a fází investiční. V závěru první části jsou sepsány výhody a nevýhody dřevostaveb i zděných staveb.

Jako podklad praktické části této práce slouží projekt již existujícího zděného bytového domu v Olomouci. Projekt nám byl poskytnut panem Ing. Karlem Tomečkem, který působí jako jednatel ve firmě TOMA Olomouc s.r.o. Praktická část práce je zaměřena na konkrétní porovnání obou systémů staveb. Je zde popsán objekt a jeho vybrané konstrukce, na které jsou vypracovány varianty konstrukcí pro dřevostavbu. Jsou srovnány náklady a časová náročnost výstavby jak vybraných konstrukcí staveb, tak i celé stavby. Dále byly vybrány vlastnosti materiálů vybraných konstrukcí jako je požární odolnost a tepelně izolační vlastnosti, které mohou sloužit jako podklad pro rozhodování při výběru konstrukčního systému.

## 2 Dřevostavby

Dřevostavba je stavba, jejímž hlavním konstrukčním materiálem je dřevo nebo materiály na bázi dřeva. Pro výstavbu dřevostaveb se používá převážně dřevo jehličnatých stromů. Nejčastěji používané dřevo je dřevo smrkové.

Typy dřevostaveb:

- roubenky, sruby
- hrázděné domy
- skeletové dřevostavby
- rámové dřevostavby
- dřevostavby z panelů [1]

### 2.1 Historický vývoj dřevostaveb

Dřevo spolu s kamenem je nejstarším stavebním materiálem. První zmínky o stavbách s převážnou částí dřevěného materiálu pochází již ze starší a střední doby kamenné. Z této doby se dochovaly pouze části přístřešků, které si stavěli lovci.

Stavby, které lze považovat za skutečnou architekturu, se datují až do období neolitu. Začaly se stavět domy se svislými stěnami a konstrukčně oddělenou střechou. Stavěly se tzv. dlouhé domy, jejichž základní konstrukci tvořilo pět řad kůlů zahroubených do země. Obvodové stěny byly proplétány proutím a poté omazány hlínou. V případě stavění na rašeliništích byly domy vybudovány na vrstvách dřeva. Tyto vrstvy se skládaly z množství větví a kůr, které následně zpevnily hlínou.

První principy konstruování skeletu je řazeno do období starověku na území dnešní Číny, Indie a Japonska. Jednalo se již o konstrukce velice propracované a rozvinuté. Jednotlivé prvky byly rozmísťovány do určitých vzdáleností, tudíž by se dalo říci, že už v této době bylo použito modulování. Tento typ skeletu byl použit i pro kamenné stavby, které se na rozdíl od dřevěných dochovaly dodnes.

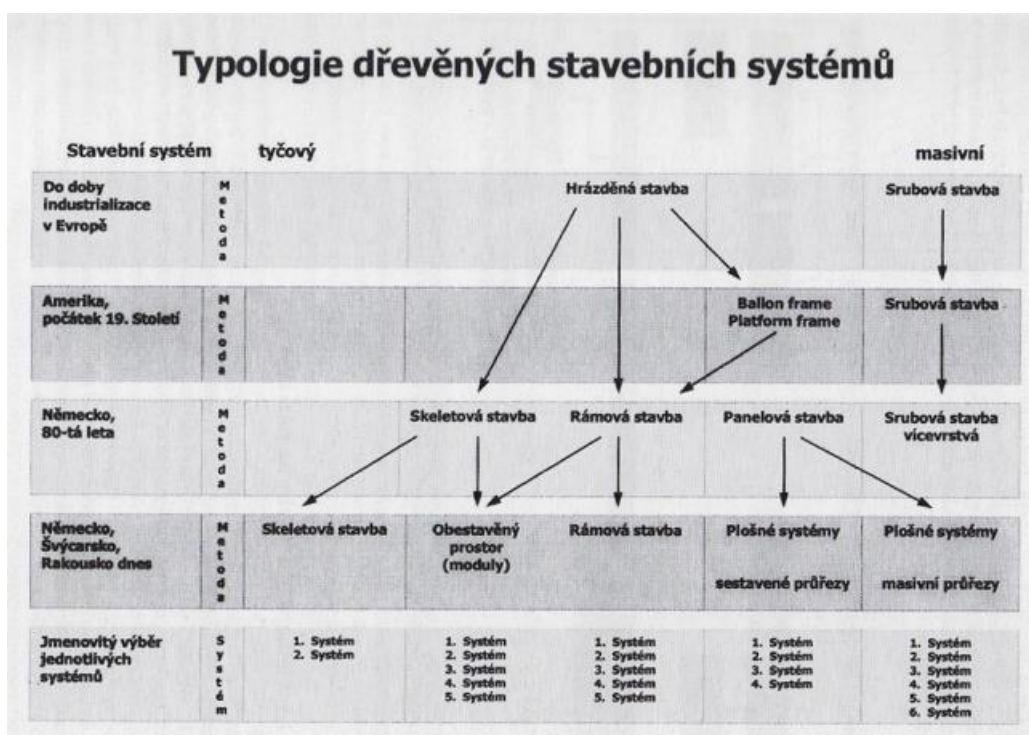
V období středověku byl zaznamenán značný vývoj dřevěných staveb. Byly známy základní konstrukční systémy. Stavěly se převážně stavby roubené a skeletové. Roubené stavby sloužily jako obytné a vojenské, zatímco skeletový systém, který se velmi rychle vyvinul do hrázděné konstrukce, byl používán pro výstavbu církevních a veřejných budov. Hrázděnou konstrukci tvoří hraněné prvky, které byly spojeny tesařskými spoji. Dřevěná nosná konstrukce byla viditelná z vnější strany. Z důvodu zajištění tuhosti konstrukce byly prováděny šikmé vzpěry a zavětrovadla. Tento typ architektury se nám v mnoha zemích dochoval až do dnes, a to nejen v zahraničí, ale i na našem území.

Teprve až v 19. století se v Americe hrázděné. Dnes jej známe pod názvem „Timber – Frame“. Masivní trámy byly nahrazeny prvky o podstatně menších průřezích a namísto tesařských spojů se začaly používat hřebíky. Existují dva typy sloupkového systému dřevostaveb, které se rozlišují způsobem uložení stropu v konstrukci. Prvním typem je konstrukce s průběžnými stojkami, druhým pak konstrukce s přerušnými stojkami v úrovni stropu. Postupně se tento systém dřevostaveb dostával do Evropy, a to zejména do Německa pod názvem „skeletové“, anebo „žebrové“ konstrukce.

S dřevěnými stavbami typu sloupkové konstrukce se u nás můžeme setkat dodnes, a to pod názvem „skeletové stavby“.

Zhruba současně s rámovými stavbami se v sedmdesátých a osmdesátých letech rozvíjela výstavba dřevostaveb s použitím velkoplošných materiálů na bázi dřeva. Základním prvek byla zpočátku třísková deska, dnes však tyto desky nahrazují desky OSB, sádrovláknité desky či dřevovláknité desky apod. Výstavba probíhá převážně ve výrobních halách a na staveništi se poté pouze smontují jednotlivé prvky dohromady, což výstavbu poměrně zrychluje, a hlavně je dřevo více chráněno před povětrnostními vlivy. Tento způsob stavění se projevil i na klasických hrázděných dřevostavbách. Byly zachovány masivní tyčové prvky konstrukce, ale vodorovné a šikmé prvky byly odstraněny. Tímto způsobem vznikla skeletová stavba, jak ji známe dnes. [2] [3]

Přehled vývoje dřevěných systémů znázorňuje tato tabulka:



Obr. 1: Typologie dřevěných stavebních systémů [2]

## 2.2 Dřevěné rámové stavby

Jak je již zmíněno, předchůdcem rámové dřevostavby je například hrázděná stavba či konstrukce typu „ballon-frame“ (systém průběžných sloupků od základů po konstrukci střechy) nebo „platform-frame“ (systém přerušovaných sloupků stropními konstrukcemi). Konstrukce takového typu jsou nejběžnějším typem systému dřevostaveb. Rámová dřevostavba může být prováděna dvěma způsoby – realizací přímo na staveništi z dřevěných prvků nebo předvýrobou dřevěných ráků s jednostranným opláštěním ve výrobních halách. [2]

U rámové konstrukce dřevostavby lze vymyslet nespočetné množství skladeb stěn. U obvodových stěn je možné navrhnout dva typy systémů skladeb, a to buď difuzně

otevřený nebo difuzně uzavřený systém. Systémy se rozlišují prostupem vzduchových částic skrze konstrukci stěny. Tento pohyb je ovlivňován například poklesem či nárůstem teploty. Difuzně otevřený systém se řeší nahrazením parozábrany parobrzdou, která pronikající páry pouze brzdí (nezastavuje je). Typickou parobrzdou jsou desky na bázi dřeva, jejichž spoje jsou přelepeny páskou. Další roli hraje použití vhodné izolace jako jsou například dřevovláknité desky, foukaná dřevní izolace nebo izolace minerální. Z hlediska použití materiálu je tento systém ekologičtější.

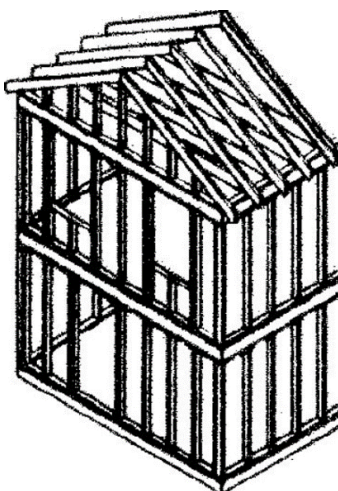
Naopak difuzně uzavřená konstrukce zamezuje pronikání vodních par skrz konstrukci tzv. parozábranou. Parozábrana je materiál, který disponuje vysokým difuzním odporem, tudíž konstrukce nemůže pořádně „dýchat“. Z konstrukce se stává difuzně uzavřená v případě obložení stěny polystyrenem. Jestliže dojde k jeho porušení, do konstrukce začne pronikat vlhký vzduch a tím bude docházet ke kondenzaci, což může vést ke vzniku plísní. [4]

Základem skladby stěny jsou dřevěné svislé profily v osových vzdálenostech 600 nebo 625 mm. Jejich úkolem je přenášet svislé účinky zatížení stavby. Společně s vodorovnými profily tvoří tuhý nosný rám. Přenos vodorovných účinků zatížení zajišťují velkoplošné materiály, které jsou ke svislým prvkům připevněny hřebíky. Obvodové stěny jsou zpravidla z vnější strany opatřeny izolací a omítkou. Ze strany vnitřní jsou pak desky na bázi dřeva či desky sádrovláknité nebo sádrokartonové s omítkou.

Pro nosnou konstrukci rámových staveb se zpravidla používá dřevo rostlé nebo lepené, které zajišťuje dobrou stabilitu tvaru stavby. Zpravidla se nejvíce využívá dřevo smrkové. [5]

Charakteristika dřevěných rámových staveb:

- Prostor pro architektonické řešení
- Konstrukční systém je jednoduchý
- Konstrukce je ztužená opláštěním
- Nosná konstrukce je z normovaných prvků
- Možnost vícepatrové výstavby
- Z hlediska doby výstavby nenáročná (prefabrikace) aj. [6]



*Obr. 2: Rámový konstrukční systém [7]*

### 3 Dřevo jako konstrukční materiál

V dnešní době se naše společnost stále více zabývá tématem životního prostředí v souvislosti s obnovitelnými zdroji. Myslím si, že ve stavebnictví je právě jednou z nejlepších cest zvolení dřeva jako stavebního materiálu. Dřevo je přírodní, nehomogenní a obnovitelný materiál. Skrze jeho charakteristiku je jeho použití šetrné k životnímu prostředí. Má všestranné využití a díky svým dobrým vlastnostem je čím dál více oblíbený. Avšak pro spoustu lidí stále nepředstavuje nejvhodnější volbu materiálu k výstavbě domu pro bydlení. Je to zapříčiněno jeho negativními vlastnostmi, jako jsou například anizotropie a schopnost vázat vodu. Dnes již lze dřevo proti takovým vlastnostem poměrně dobře chránit.

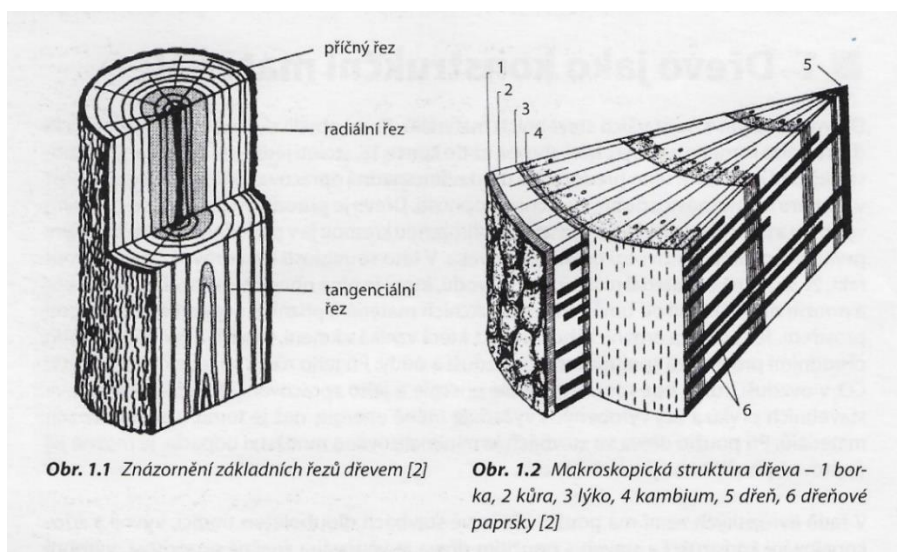
#### 3.1 Stavba dřeva a jeho vlastnosti

Dřevo je tvořené z buněk. Základními buňkami jsou buňky kambia. Kambium je uloženo pod kůrou stromu a je příčinou vzniku dřeva.

Jak již bylo zmíněno, dřevo je anizotropní materiál. Anizotropní znamená, že v různých směrech má dřevo různé vlastnosti. Abychom jej tedy mohli lépe zkoumat a dále jej co nejúčinněji využívat, je rozděleno do tří skupin dle směru vláken. V každém směru má jiné vlastnosti, kterými jsou například pevnost, tuhost, sesychání či bobtnání.

Rozlišujeme tedy tyto směry:

- Příčný směr – směr, který vede kolmo na osu stromu
- Radiální směr – jinak můžeme říci směr podélný, který je veden rovnoběžně s osou stromu (kmene)
- Tangenciální směr – jinak řečeno tečnový směr. Je to směr, který je stejně jako radiální směr veden rovnoběžně s osou stromu, ale jde mimo osu – tzn. že jde tečnou k letokruhu. [8]



Obr.3.1 a 3.2: Struktura dřeva [2]

Stavbu dřeva lze pozorovat následujícími způsoby: pouhým okem, případně lupou, tedy makroskopicky, nebo mikroskopicky, tedy zvětšením dřeva pod mikroskopem. Při makroskopickém pozorování v příčném řezu můžeme vidět borku, což je odlupující se kůra, dále kůru, jednotlivé letokruhy, dřev, dřevové paprsky, pryskyřičné kanálky, běl a lýko.

Letokruhy vznikají ročním přírůstem dřeva. Tvoří různě široké kruhy, které se skládají z jarního a letního dřeva. Jarní a letní dřevo rozeznáváme podle barev. Jarní dřevo je světlejší, zatímco letní dřevo je hustší a tmavší.

Ve stavebnictví se používá dřevo jak jehličnatých, tak i listnatých dřevin. Nejčastěji se však používá dřevo jehličnatých stromů, a to zejména smrk.

Listnaté dřeviny se převážně používají jako spojovací prvky konstrukcí. Je to dáno tím, že každá dřevina má odlišné vlastnosti a jinou strukturu. Navzájem je od sebe rozeznáme nejen díky makroskopické a mikroskopické struktuře, ale převážně na základě fyzikálních a mechanických vlastností.

### 3.1.1 Fyzikální vlastnosti dřeva

Fyzikální vlastnosti dřeva zahrnují vlastnosti viditelné na první pohled. Takovými vlastnostmi jsou barva, lesk, vůně, vlastnosti vnitřní – hustota, a v neposlední řadě fyzikální jevy, kam spadá vlhkost, tepelná vodivost, zvuková vodivost apod. Na základě těchto vlastností se následně rozhodujeme o výběru dřeva pro daný výrobek.

#### Vlhkost dřeva

Vlhkost je u dřeva jednou z nejdůležitějších vlastností. Dřevo je schopné na sebe vázat vodu z vnějšího okolí, a naopak i odevzdávat. Vodu odevzdává buď v kapalně nebo plynné podobě. Obsah vody ve dřevě má vliv na objemové změny dřeva.

Dřevo obsahuje dva typy vod – vodu vázanou a vodu volnou. Volná voda je voda vyskytující se v buněčných dutinách. Je to voda, která vyživuje strom. Voda vázaná je voda vyskytující se v buněčných stěnách. Po skácení stromu se nejdříve vypaří voda volná a poté voda vázaná, čímž je zapříčiněno zmenšení buněčných stěn, a dochází k sesychání. Proces vypařování trvá do té doby, než nastane stav vlhkostní rovnováhy neboli stav, kdy vlhkost dřeva odpovídá teplotě a vlhkosti okolního prostředí.

Vlhkost vyjadřuje procentuální množství vody obsažené ve dřevě. Je uváděna buď jako absolutní vlhkost (poměr hmotnosti vody k hmotnosti dřeva v suchém stavu) anebo relativní vlhkost (poměr hmotnosti vody k hmotnosti dřeva v mokrém stavu). Dřevo se podle vlhkosti dělí do pěti skupin:

- a) Mokrý dřevo – vlhkost > 100 %
- b) Čerstvě pokácené dřevo – vlhkost 50-100 %
- c) Vysušené dřevo na vzduchu – vlhkost 15-22 %
- d) Dřevo vysušené na teplotu v interiéru budovy – vlhkost 8–15 %
- e) Absolutně suché dřevo – vlhkost 0 %

Změnami teplot a změnou relativní vlhkosti prostředí, ve kterém se dřevo nachází, může u daného prvku dojít k deformacím. Jestliže chceme předejít budoucím

deformacím, je nutné, aby dřevo při zpracování a při výrobě mělo technickou vlhkost. Technickou vlhkostí se rozumí vlhkost výrobní i provozní.

Během životnosti dřeva u něj probíhají objemové změny, které vznikají buď ztrácením vlhkosti nebo naopak přijímáním vlhkosti z okolního prostředí. Tyto změny nazýváme sesychání a bobtnání. V praxi záleží, v jakém směru má daná změna vliv. Jestliže dochází ke změnám v příčném a tangenciálním směru, nesmíme je při dimenzování dřevěného prvku zanedbat.

### Tepelná vodivost

V dnešní době se naše společnost zaobírá více kvalitou a cenou. Další důležitou roli hraje tepelná vodivost neboli schopnost dřeva přenášet teplo. Dřevo poměrně vyniká svou tepelnou vodivostí i roztažností. V porovnání s betonem má dřevo menší tepelnou vodivost, tedy přenos tepla z teplejší části do chladnější. Je to dáno jeho pórovitostí a malou objemovou hmotností. To je důvodem, proč je vhodné dřevo použít jako tepelně izolační materiál. Výhodou malé teplotní roztažnosti je, že se u dřevěných konstrukcí nemusí provádět dilatační spáry. [2] [9]

## 3.1.2 Mechanické vlastnosti dřeva

Mechanické vlastnosti popisují schopnost dřeva odolávat silám, které na daný prvek působí z vnějšího prostředí. Jsou ovlivněny způsobem zatížení a jeho dobou trvání.

Mechanické vlastnosti tedy dělíme následujícím způsobem:

- a) Dle způsobu zatížení
  - statické
  - dynamické
- b) Dle doby trvání
  - stálé – >10 let
  - dlouhodobé – 6 měsíců - 10 let
  - střednědobé – 1 týden - 6 měsíců
  - krátkodobé – <1 týden
  - okamžikové

Statická pevnost zahrnuje pevnost v tahu, tlaku, v ohybu, ve smyku a v kroucení. Dynamickou pevností je označovaná například štipatelnost či tvrdost.

Dalšími vlivy, které ovlivňují mechanické vlastnosti, jsou některé fyzikální vlastnosti, jako jsou objemová hmotnost a vlhkost dřeva, nebo i rychlost zatížení, suky, trhliny apod.

Mezi základní vlastnosti patří právě pevnost. Pevnost je vyjádřena napětím, během kterého dojde k porušení daného prvku. Se zvyšující se vlhkostí dřeva klesá pevnost a tuhost. Naopak pevnost je vyšší, jestliže je dřevo bez vad a s ucelenou strukturou.

Pevnosti dřeva se převážně odvíjejí od směru působení sil na směr vláken. Například jestliže síla působí ve směru vláken, je pevnost v ohybu mnohem menší, než

kdyby síla působila kolmo na vlákna. Obecně však ve směru vláken dřevo vykazuje větší pevnosti než kolmo na vlákna. [2] [9]

## 3.2 Materiály na bázi dřeva

Samotné dřevo je známé obsahem různých vad, suků a dalšími vlastnostmi, které ovlivňují jeho použitelnost. Vzhledem k těmto vlastnostem, bylo vyvinuto průmyslové zpracování dřeva. Při průmyslovém zpracování lze dřevo mnohem efektivněji využít, a to z důvodu mechanického rozdělení na malé kousky. Pro průmyslové zpracování dřeva lze využít dřevo různých rozměrů. Výhodou takového zpracování je šetrnost k životnímu prostředí.

Výrobky vyrobené z průmyslově zpracovaného dřeva využijeme zejména při konstruování stěn, stropů nebo i střešních konstrukcí.

Existuje řada typů materiálů na bázi dřeva:

- překližované desky
- vláknité desky
- třískové desky
- speciální – OSB desky, vrstvené dřevo, a jiné [5]

## 3.3 Vlastnosti vybraných materiálů pro konstrukci dřevostavby

V současné době se na trhu vyskytuje velké množství materiálů pro výstavbu dřevostavby. Existují různé druhy dřevěných tyčových prvků, izolačních materiálů či dřevěných deskových materiálů.

Popis vybraných materiálů pro konstrukci dřevostavby:

### KVH

KHV hranoly jsou masivní dřevěné profily pro konstrukci dřevostaveb. Pro jejich výrobu se používá jehličnaté dřevo, nejčastěji dřevo smrkové. Aby byly minimalizované případné deformace dřeva, vyrábí se KVH hranoly vysušením řeziva na vlhkost 15 % ( $\pm 3$  %). Vysušení do této vlhkosti profily chrání před dřevokaznými škůdci. Následně se hranolům srazí hrany a jsou hoblované do požadovaných rozměrů. Aby hranoly dosáhly požadovaných kvalit, jsou zbavené suků, rozpraskanosti a jiných vad. Nakonec se z čela hranolů vyfrézují tzv. cinky neboli zubové spoje. Za pomoci lepidla a zubového spoje jsou k sobě jednotlivé prvky spojeny. Díky zubovitému spoji lze KVH vyrábět až do délky 16 metrů.

Ideální rozměr KVH je průřez 100/240 mm. Při přesáhnutí takového rozměru by mohlo dojít k deformaci. V případě nutnosti větších rozměrů lze KVH hranoly nahradit hranoly BSH. [10]

Dle účelu použití se vyrábějí dva typy KHV:

- KHV v konstrukční kvalitě (KVH – NSi)
- KVH v pohledové kvalitě (KVH – Si)

Vhodné použití:

- Nosné konstrukce
- Střešní konstrukce [11]



*Obr. 4: Zubový spoj KVH tzv. Cink [12]*

## **Lepené dřevo**

Lepené dřevo dělíme na dva druhy dle počtu a způsobu lepení lamel:

- DUO/TRIO hranoly
- BSH hranoly

### DUO/TRIO hranoly

Jak již vyplývá z názvu hranolů, skládají se ze dvou nebo tří lamel, které jsou k sobě slepené. Lamely jsou šířky 60 nebo 80 mm a výšky do 280 mm. Stejně jako KVH hranoly se nejčastěji vyrábějí ze smrkového dřeva. Vyrábí se do délky 20 metrů, tedy o 4 metry delší než KVH hranoly. Pevnost DUO či TRIO hranolů je srovnatelná s KVH – nejčastěji jsou pevnostní třídy C24. Je možné je použít jak v nepohledové, tak i v pohledové variantě. [12]

### BSH hranoly

BSH hranoly se vyrábějí slepením čtyř a více lamel z masivního dřeva. Jednotlivé lamely se nejprve vysuší na požadovanou vlhkost 12 % a poté jsou k sobě z boční strany slepené. Tloušťka jedné lamely je 40 mm a její šířka dosahuje maximálně 200 mm. Profily nemusejí být vždy rovné. Například nosníky jsou určitým způsobem zakřivené. V závislosti na zakřivení se používají lamely o menších šířkách.

Dle účelu použití se vyrábějí dva typy:

- BSH v pohledové kvalitě (BSH Si)
- BSH v průmyslové kvalitě (BSH NSi)

BSH hranoly se vyrábějí v pevnostních třídách od GL24 do GL36. Z hlediska mechanických vlastností BSH hranoly oproti KVH vykazují výrazně lepší vlastnosti, a to

zejména v ohybu, v tahu rovnoběžně s vlákny či v tlaku rovnoběžně s vlákny. Z pohledu tuhosti jsou BSH hranoly pružnější jak ve směru rovnoběžném s vlákny, tak i ve směru kolmo na vlákna.

Přehled charakteristických hodnot pevností KVH a BSH hranolů v N/mm<sup>2</sup> (hodnoty jsou převzaté od výrobců):

|                          | KVH | BSH  |      |
|--------------------------|-----|------|------|
| Pevnost                  | C24 | GL24 | GL28 |
| Ohyb                     | 24  | 24   | 28   |
| Tah rovnoběžně s vlákny  | 14  | 16,5 | 19,5 |
| Tah kolmo k vláknům      | 0,4 | 0,4  | 0,45 |
| Tlak rovnoběžně s vlákny | 21  | 24   | 26,5 |
| Tlak kolmo k vláknům     | 2,5 | 2,7  | 3    |
| Smyk                     | 4   | 2,7  | 3,2  |

Tab. 1: Přehled charakteristických hodnot pevností KVH a BSH hranolů [34]

Vhodné použití BSH hranolů:

- Nosné konstrukce
- Střešní vazníky
- Stropní trámy
- průvlaky
- nosníky
- sloupy aj. [13]

### Sádrovláknité desky (fermacell)

Sádrovláknité desky jsou vyráběny ze sádry a dřevěných vláken, která jsou často z novinového papíru. K materiálům se přidá voda a poté se suroviny stlačují pod vysokým tlakem, dokud nevzniknou pevné desky. Desky se vysuší a následně řezou dle daných formátů. Jejich výroba je ekologicky nezávadná.

Sádrovláknité desky jsou charakteristické velkou tuhostí a únosností, dobrou požární odolností i zvukovými a tepelně izolačními vlastnostmi. Lze je použít jako materiál ztužující dřevostavbu ve vodorovném směru.

Desky fermacell napomáhají k příjemnému klimatu, tudíž jsou doporučovány pro vnitřní výstavbu.

Vhodné použití:

- Nenosné i nosné příčky
- Nosné stěny – štítové, požární, venkovní, bytové
- Opláštění stěn i stropů
- Podhledy aj. [14]

## **Dřevovláknité desky**

Dřevovláknité desky jsou tvořené dřevním vláknem. Desky vynikají difuzní otevřeností a vysokou pevností v tlaku.

Vhodné použití:

- Střešní konstrukce
- Stěny [15]

## **Konstrukce podlah**

### **OSB desky**

OSB jsou velkoformátové vícevrstvé desky. Vyrábějí se ze smrkových nebo borovicových plochých třísek, které jsou umístěné rovnoběžně s délkou desky. Ve střední vrstvě desky jsou umístěny kolmo nebo náhodně na vnější vrstvy třísek.

OSB desky jsou vyznačovány velkou pevností i tuhostí, dobrými akustickými a tepelně izolačními vlastnostmi. Lze je použít i jako nosný materiál.

Vhodné použití:

- Plošný prvek pro dřevostavby
- Nosný materiál pro podlahy, stropy i střešní konstrukce
- Bednicí materiál
- Truhlářské konstrukce aj. [16]



*Obr. 5: OSB desky [16]*

### **Sádrokartonové desky**

Sádrokartonové desky se skládají ze směsi sádry a vody uložené mezi dva kartony. Desky zlepšují tepelnou akumulační schopnost a jsou vhodné i do difuzně otevřeného systému staveb. Existuje několik typů sádrokartonových desek:

- SDK impregnované – desky zelené barvy vhodné do prostorů s vlhkostí až 75 % při 20 °C
- SDK s požární odolností – desky šedo-bílé barvy vhodné pro místnosti s požadavkem zvýšené protipožární odolnosti a vlhkosti prostředí 65 % při 20 °C
- SDK impregnované s požární odolností – desky zelené barvy s kombinací vlastností předchozích dvou typů desek [17]

### **Izolační materiály**

Izolace slouží jako ochrana stěn před únikem tepla. V dřevostavbách se vkládají dovnitř konstrukce stěny mezi dřevěné sloupky. Volba správné izolace může ovlivnit vlastnosti a kvalitu stavby. Izolace se dělí na dva základní typy, a to na polystyren a minerální izolace.

Polystyren je nejčastějším typem izolace. Velice dobře odolává vlhkosti. U dřevostaveb se využívá převážně k izolaci základů, podlah a k izolaci obvodového pláště. Vzhledem k tomu, že polystyren disponuje vysokým difuzním odporem, nelze jej využít pro typ dřevostavby, která je podkladem této práce, tedy dřevostavba s difuzně otevřeným systémem.

Minerální izolace má velmi dobré tepelné, zvukové i protipožární vlastnosti. Je ekologicky nezávadná. Skládá se totiž z přírodních surovin – minerálních vláken.

Minerální izolace se dělí na dle typu materiálů na:

- Minerální vatu/kamennou vatu/čedičovou vatu
- Skelnou vatu [18]

### **Minerální vata**

Minerální vata je mnohdy označována jako čedičová či kamenná vata. Jedná se o izolaci z přírodních minerálních vláken. Vzniká roztavením čediče, který spolu s přidanými pojivy tvoří kamennou vlnu.

Na trhu materiálů se vyskytuje ve dvou formách – desková nebo foukaná. Desková minerální vata vzniká litím roztaveného materiálu na rotující kotouče. Tvoří se tenká vlákna, která jsou na sebe uložena do vrstev a následně vyřezávaná či formovaná do požadovaných tvarů dle potřebných vlastností. Foukaná vata je aplikována přímo na stavbě.

Vata je paropropustná, což je ideální pro difuzně otevřený systém obvodové stěny, který je účelem projektu. Je charakterizována velice dobrými tepelně i zvukově izolačními vlastnostmi, protipožární odolností, nehořlavostí a odolností proti dřevokazným škůdcům.

Vhodné použití minerálních vat:

- Provětrávané fasády
- Příčky
- střechy
- stropy
- podhledy [19] [20]



Obr. 6: Minerální izolace ISOVER [19]

### Skelná vata

Skelná vata je stejně jako minerální vata přírodní materiál. Vyrábí se z křemičitého písku nebo z recyklovaného rozvlákněného skla. Mnohdy se k vláknům skla přidávají přísady kvůli lepší soudržnosti směsi. Typickým pojivem je formaldehydová pryskyřice, díky které má vata žlutou barvu. Oproti minerální vatě je ve výrobě formována do rolí.

Jedná se o pružný nehořlavý materiál, který je vhodný i pro protipožární izolaci. Je objemově stálá a nepodléhá působení plísní, hmyzu ani hlodavců.

Vhodné použití skelné vaty:

- mezi krokve nebo mezi sloupky stavby
- stropy
- podhledy
- provětrávané fasády [21]

## 4 Zděná stavba

### 4.1 Historický vývoj cihel

Nejstarší zmínky o cihle, přesněji o cihle nepálené, se datují k období 8 500 – 7 500 let př.n.l. Zpočátku byly cihly vyráběné z hlíny polovypouklého tvaru. Teprve o něco později se začaly objevovat cihly s hranami, a to cihly čtvercového tvaru. Před použitím procházely fází sušením na slunci až po dobu 2 let.

Vzhledem k tomu, že vypouklý tvar nebyl zcela výhodný, muselo dojít k nějakému dalšímu vývoji. V 6. tisíciletí př.n.l. byla vyvinuta forma, která dala cihlám tvar, který známe dnes. Tento pokrok napomohl k vývoji nového prvku – klenby. Teprve až na počátku 1. století př.n.l. začali Římané vyrábět cihly pálené v mobilních pecích.

K dalšímu velkému rozšíření cihel došlo ve 12. století, ale teprve až ke konci 18. století se začaly používat ve větší míře. V tomto období u nás vznikaly cihly o velmi podobných rozměrech jako jsou dnes.

V období revoluce v 19. století došlo k dalšímu velkému pokroku ve výrobě cihel. Průmysl se rychle rozvíjel. Byl kladen čím dál větší důraz na rychlejší výstavbu. Z toho důvodu vznikly cihly lehčené. K vylehčení cihly bylo dosaženo vytvořením dutin. Rozvoj cihel od té doby značně rostl. K lehčeným cihlám přibýval další cihlářský

sortiment od cihel jiných rozměrů až po cihly, které odolávaly mrazu či chemickým vlivům. Takové typy cihel se se drží na trhu dodnes.

Ve 21. století se zvyšovaly nároky z hlediska tepelného a akustického i z hlediska pevnosti. Požadavek rychlé výstavby zapříčinil zvětšování rozměrů cihly. S tím vzniklo nové stykování tvárnic. Cihly jsou vyráběné z hlíny a z jílu. Z důvodu tepelně izolačních vlastností jsou děrované ve tvaru malých šestiúhelníků či obdélníků. [22] [23]

Dnes jsou nejčastěji využívané tvárnice typu therm, a to většinou tvárnice Poro-therm. Jedná se o cihly broušené, které jsou vhodné pro omítané zdivo. Ke zdění se používají malty převážně pro tenké spáry. Průměrná tloušťka ložné spáry je 12 mm. Svislá spára se často nemaltuje z důvodu spojení tvárnic typu P+D neboli perodrážka. [24]

## 5 Životní cyklus stavby

### Definice stavby:

*„Za stavbu se považují veškerá stavební díla, bez zřetele na jejich stavebně technické provedení, účel a dobu trvání.“ [25]*

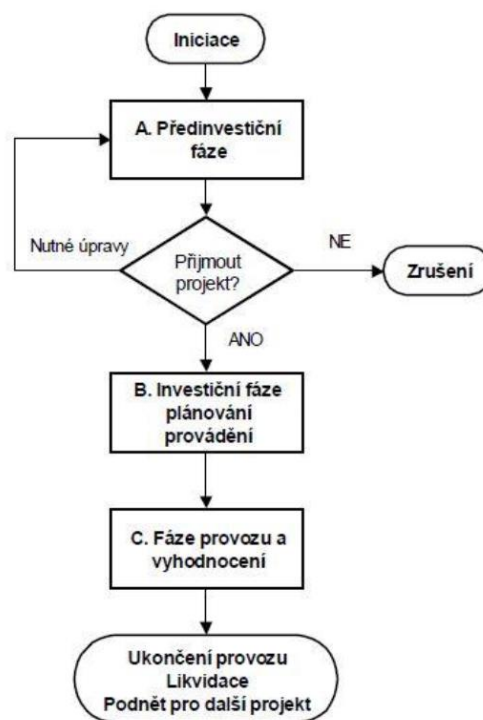
### Životní cyklus

Životní cyklus je proces, kdy se z investičního záměru projektu stává provozuschopná stavba za účelem dosažení cílů projektu. Aby bylo těchto cílů dosaženo, je po celou dobu výstavby potřeba projekt stavby plánovat, financovat, kontrolovat, řídit a koordinovat.

Od cílů se odvíjí další procesy, a tak je nutné stanovit cíle již na počátku projektu. Jedná se zejména o cíle věcné, ekonomické a časové. Obecně jsou stanovené například funkčností, spolehlivostí, ziskem, rentabilitou, termíny zahájení prací apod. [25]

Z časového hlediska stavba prochází několika životními fázemi neboli etapami. Základními čtyřmi fázemi jsou předinvestiční fáze, investiční fáze, fáze provozní a fáze likvidační. Tyto fáze se dělí dle odlišných činností, doby trvání, cílů a užitků. Zahrnují veškeré informace a množství dokumentací od první iniciace výstavby až po likvidaci stavby.

Náklady životního cyklu stavby lze pozorovat z různých úhlů pohledů. Můžeme je rozdělit na tři základní druhy. Prvním typem jsou náklady, které jsou přímo součástí stavby. Druhým typem jsou náklady provozní (údržba, energie apod.). Poslední typ tvoří náklady administrativní, které jsou spjaté se správou nemovitosti. [26]



Obr. 7: Fáze životního cyklu stavby [34]

## 5.1 Předinvestiční fáze

Předinvestiční fáze je fází nejdůležitější. Je to fáze, ve které dochází k důležitým rozhodnutím a lze zde ovlivnit výši nákladů v rámci celého životního cyklu. Za předinvestiční fázi zodpovídá investor. Zahrnuje iniciaci projektu, jeho plánování až do doby rozhodnutí o přijetí projektu.

V této fázi se shromažďují různé charakteristiky projektu. Odpovídá se zde na otázky „co“, „jak“, „kdy“, „proč“ a „za kolik“. Na jejich základě se definují cíle, rozsah projektu a další specifikace, které udávají, čeho by měl daný projekt dosáhnout.

Sestavuje se předběžný stavební plán, na jehož základě se odhadují pořizovací náklady stavby. Vybírají se subjekty, které se budou podílet na výstavbě projektu, čímž se určí organizace a řízení výstavby. Je důležité stanovit si případná nebezpečí a rizika, která by se v průběhu realizování projektu mohla vyskytnout. S tím také souvisí ujasnění investičního záměru.

Pro rozhodování o projektu nám napomáhá řada dokumentů, které se v této fázi zpracovávají. Například již při iniciaci projektu se vypracovává studie příležitostí a studie předinvestiční. Dále se zpracovávají studie proveditelnosti, územní studie či studie hodnotící vliv na životní prostředí. V neposlední řadě do této fáze spadá dokumentace k územnímu řízení.

## Studie proveditelnosti

Studie proveditelnosti odpovídá na otázku, zda je projekt efektivní neboli proveditelný. Jejím úkolem je zhodnotit realizační možnosti a poskytnout tak důležité informace pro rozhodnutí o přijetí projektu.

Obsahem studie jsou základní údaje o projektu jako jsou název, cíl, umístění, etapy projektu apod. Je zpracována analýza trhu, marketingové strategie a marketingový mix. Součástí studie je také vypracování plánů pro řízení, organizování a kontrolu lidských zdrojů i veškerých probíhajících procesů. Dále jsou zmíněny veškeré technické i technologické problémy projektu a dopad na životní prostředí. Stanovují se investiční náklady, dlouhodobý i oběžný majetek, druh použitých materiálů. Je řešena ekonomická a finanční analýza, která se zabývá volbou správného způsobu financování. Z již zjištěných informací se vyhodnotí, zda je projekt efektivní a jaká rizika se v průběhu výstavbového projektu mohou vyskytnout. V závěru studie je vypracován časový harmonogram všech činností a fází projektu.

Součástí studie proveditelnosti je analýza nákladů a přínosů neboli analýza CBA. Jejím úkolem je rozšířit hodnocení projektu o společenské dopady.

Veškeré dokumenty předinvestiční fáze by měly být definovány srozumitelně a přehledně z důvodu využití v dalších fázích – převážně ve fázi investiční. [26]

## 5.2 Investiční fáze

Investiční fáze je nejpracnější a nejnákladnější částí životního cyklu stavby. V tuto chvíli je již přesně dáno, co a kde se bude realizovat. Zbývá upřesnit časové rozmezí realizace, jakým způsobem, kým a za kolik bude projekt realizovaný. [26]

Celá investiční fáze lze popsat těmito kroky:

- *Vypracování prováděcích plánů*
- *Vypsání soutěže a projektanta, výběr projektanta, uzavírání smluv s projektantem*
- *Zpracování dokumentace k územnímu řízení*
- *Vypracování projektu pro stavební povolení*
- *Stavební řízení*
- *Realizace stavby*
- *Zkušební provoz*
- *Přejímka stavby a kolaudace* [27]

Investiční fáze se dělí se na dvě základní etapy:

- etapa plánování
- etapa realizace [26]

### 5.2.1 Etapa plánování

Etapa plánování se skládá z tzv. přípravy projektu, předprojektu a vlastního projektu. Hlavním účelem etapy je dopracovat podklady z předinvestiční fáze. Tato etapa především zahrnuje projektovou a realizační činnosti včetně uzavírání smluv potřebných

k realizaci projektu. Řeší se zejména způsob financování. Zpracovává se dokumentace zadávací a dokumentace pro stavební řízení.

Pro stavební povolení při stavebním řízení projektant zpracovává dokumentaci souborného řešení neboli dokumentaci Basic Design, ve které je projekt dotažen do úrovně, dle které je možné schválit finální řešení realizace.

Dále se zpracovává dokumentace Detail Design, která obsahuje řešení jednotlivých konstrukcí na základě smluv, které byly uzavřené s realizátory.

Aby mohlo být zahájeno stavební řízení, je nutné zpracovat dokumentaci pro stavební povolení (DSP) a k tomu příslušné doklady. Na základě odsouhlasené dokumentace DSP stavebním úřadem je dále možné zpracovat další dokumenty včetně dokumentace pro provádění stavby, díky níž lze uzavřít smlouvu o realizaci stavby. Následně se upřesní způsob financování, vytvoří se časový plán, organizační struktura, zařízení staveniště a plán zajištění jakosti.

Přehled jednotlivých kroků etapy plánování:

- Průzkumy – inženýrsko-geologický průzkum, stavebně-historický průzkum apod.
- Zajištění pozemku – uzavření kupní/nájemní smlouvy
- Způsob organizace a řízení – výběr inženýringové společnosti a projektanta
- Časový plán
- Finanční plán
- Dokumentace pro územní řízení
- Dokumentace pro stavební povolení
- Zadávací dokumentace
- Kontrolní rozpočet
- Výběr dodavatele
- Uzavření smlouvy o dílo
- Dokumentace pro provedení stavby [26]

## 5.2.2 Etapa realizace

V průběhu získávání stavebního povolení od stavebního úřadu se plynule přechází z etapy plánování do etapy realizace. Etapa realizace je období, které zahrnuje předání staveniště, provedení stavby, její dokončení a následné uvedení do provozu. Etapa realizace a tím pádem i celá investiční fáze končí předáním a převzetím zhotovené provozuschopné stavby. Je vydán kolaudační souhlas.

Prvním krokem této etapy je předání a zařizování staveniště. O předání staveniště a jeho podmínkách musí být proveden záznam ve smlouvě o dílo a zápis do stavebního deníku. Zařízení staveniště je v řešení zhotovitele stavebního díla. Náklady vynaložené na provozní, výrobní a sociální vybavení se promítají v ceně stavebního díla.

Dalším krokem je výrobní příprava, jejíž součástí je časový plán, organizace výstavby a výrobní kalkulace. Cílem výrobní přípravy je aktualizovat poklady tak, aby odpovídaly provádění stavby, tj. zajištění lidských zdrojů, stavebního materiálu, zařízení a strojů ve správný čas, na správném místě.

Neoddělitelnou součástí při realizaci stavebního díla jsou stavební dozory. Stavebním dozerem se rozumí buď autorský dozor nebo technický dozor investora. V průběhu výstavby sleduje a kontroluje, zda jsou dosud provedené práce v požadované kvalitě a zda jsou v souladu s časovým a finančním plánem. V závislosti na provedených pracích jsou prováděny revizní zkoušky, o kterých je taktéž vedený záznam ve stavebním deníku. [26]

Po zhotovení stavby dojde k předání a převzetí stavebního díla mezi objednatelem a zhotovitelem. Jedná se o právní akt, jehož realizace a plnění je uvedeno ve smlouvě o dílo. V rámci předání stavby je zhotovitel povinen předat i příslušné dokumenty a zprávy o provedených zkouškách, certifikáty a atesty. Předání a převzetí stavby bude zapsáno (předávací protokol). Předávací protokol (případně smlouva o dílo) obsahuje kromě jiného i lhůtu, ve které by zhotovitel měl odstranit poslední vady a nedodělky. [28]

Přehled dokumentace etapy realizace:

- Smlouvy, případně změny smluv s dodatky
- Stavební deník
- Dokumentace jakosti – veškeré zápisy ze zkoušek, certifikáty a atesty, které jsou zpracovány podle právních předpisů
- Protokoly dokazující dodržení parametrů projektu související s technickými normami a stavebním povolením – jedná se především o revizní zprávy vodovodu, plynovodu, kanalizace apod.
- Podklady pro závěrečné vyúčtování stavby – udává přehled o veškerých platbách investora zhotoviteli
- Protokol o předání stavby
- Dokumentace skutečného provedení stavby a fotodokumentace
- Provozní dokumentace

Hlavním účelem etapy realizace je zhotovit stavbu dle uzavřených smluv za předem stanovenou cenu v daném čase a odpovídající kvalitě. Po ověření zkušebním provozem zhotovitel předá stavbu objednateli. Etapa realizace je ukončena získáním kolaudačního souhlasu k provozování. [26]

## 5.3 Provozní fáze

Ukončením zkušebního provozu stavby a obdržení kolaudačního souhlasu je zahájena provozní fáze neboli fáze ukončování. Smyslem této fáze je zajistit spolehlivost stavby prostřednictvím oprav a udržování. Jestliže to stavba vyžaduje, spadají do provozní fáze i případné rekonstrukce či modernizace. [26]

## 5.4 Likvidační fáze

Likvidační fáze je poslední fází životního cyklu stavby. Přestože již nedochází k realizaci výstavbového projektu, stále může vykazovat poslední příjmy a výdaje, které jsou spojeny s likvidací díla. Je zpracována dokumentace k odstranění stavby. Nemusí dojít přímo k demolici stavby, ale jen k rekonstrukci se změnou účelu současně s novým stavebním a kolaudačním řízením. [27]

## 6 Výhody a nevýhody srovnávaných konstrukčních systémů

### 6.1 Výhody dřevostaveb

Z hlediska celoroční výstavby:

- Suchý proces výstavby dovoluje provádět stavební práce po celý rok
- Možnost předvýroby ve výrobních halách
- Menší časová náročnost výstavby a tím i nižší náklady
- Možnost vytápění ihned po zkonstruování hrubé stavby a tím pádem je na rozdíl od zděných staveb možné ihned dokončit stavební práce v interiéru bez větší vlhkosti vzduchu

Z hlediska konstrukce:

- Menší hmotnost konstrukčního systému – není potřeba navrhovat základy na tak velkou nosnost jako u zděné stavby
- Variabilita – nepříliš náročné opravy a úpravy jako je například posun dveřního otvoru či posun příčky. Konstrukce nevyžadují bourání.
- Menší tloušťka stěn při zachování stejných nebo dokonce i lepších vlastností než u zděné stavby
- Oproti zděnému systému u dřevostaveb dochází ke zvětšení užitého prostoru díky užším stěnám
- Dobré tepelněizolační vlastnosti – konstrukce mají velmi dobré součinitele prostupu tepla, tudíž vykazují malé tepelné ztráty
- Energetická úspora

Dřevostavba je vyznačována dobrými tepelněizolačními vlastnostmi. Konstrukce mají velmi dobré součinitele prostupu tepla, tudíž vykazují malé tepelné ztráty. Lze tedy poměrně snadno dosáhnout pasivního či nízkoenergetického domu.

- Difúzně otevřený systém
  - zamezení vzniku plísní v konstrukcích
  - zbavuje konstrukci nadměrné vzdušné vlhkosti
  - schopnost pohlcovat zvýšenou relativní vlhkost
  - zdravější a přirozené klima
- Ekologicky šetrné
  - použití ekologicky šetrnějších či přírodních materiálů
  - výstavba z obnovitelných zdrojů

- kvalita vnitřního prostředí z důvodu použití přírodních materiálů nebo i díky použití parobrzdy namísto parozábrany
- kladná uhlíková stopa při výstavbě
- Poměrně dlouhá životnost

Životnost dřevostavby může trvat do sta let za předpokladu dodržování správných podmínek.

- Lepší odolnost proti náporům vody – v případě povodní dřevostavby vodu sice poměrně rychle nasáknou, avšak poté jsou oproti zděným stavbám schopné rychleji vysychat
- Demolice

Demolice dřevostavby je méně náročná z hlediska nákladů a je ekologicky a energeticky šetrnější než u zděné stavby, ze které po demolici vznikne velké množství sutí a různého odpadu.

## 6.2 Nevýhody dřevostaveb

Stejně jako každá stavba má i dřevostavba své nevýhody. Použitím správných materiálů, vypracováním dobrého projektu, dodržením norem či správných technologických postupů, lze nevýhody zmírnit nebo i zcela odstranit.

- Požární odolnost

Hořlavost dřevěné konstrukce je nejčastější obavou při pomyšlení na dřevostavbu. Dřevěné materiály mají požární odolnost nižší než jiné stavební materiály. Avšak dnes už jsou stavební materiály a stavební konstrukce v oblasti požární odolnosti podstatně pokročilejší než dříve. Odolnost lze zvýšit správným návrhem konstrukce a správným výběrem materiálů. Například lze použít i různé nehořlavé obklady, sádrovláknité desky, které jsou zcela nehořlavé, nebo protipožární SDK [29]

- Nízká akumulace tepla

Dřevostavba se velmi dobře vytápí. K vytopení postačí velice krátký čas a díky dobrým tepelněizolačním vlastnostem si vytápěné prostory svoji teplotu poměrně dlouho udrží.

- Životnost

Jak již bylo zmíněno ve výhodách dřevostaveb, životnost staveb může dosáhnout klidně i sta let, jestliže jsou určité části stavby dobře udržované. Průměrná doba životnosti dřevostavby se odhaduje zhruba o 25-40 % kratší než

u zděné stavby. Avšak stejně jako u zděného systému je zhruba po 40 až 50 letech nutná výměna určitých konstrukcí jako jsou například okna, izolace, střech apod.

- Tvarová nestálost dřeva
  - u dřeva dochází k objemovým a tvarovým změnám
  - vlivem vlhkosti a změnám teplot, vad, trhlin apod.
- Nižší odolnost proti opravdu silným větrům (uragánům)
- Zvuková izolace

Dřevo není nejlepším zvukovým izolantem. Je tedy potřeba navrhovat a dodržovat navržení zvukové izolace.

## 6.3 Výhody zděných staveb

- Dobré akumulční schopnosti
- Lepší akustické či kročejové vlastnosti
- Delší životnost staveb
- Z pohledu provádění stavby svépomocí je zděná stavba lepším řešením

## 6.4 Nevýhody zděných staveb

- Mokrý proces výstavby
- Nutné technologické přestávky
- Delší doba výstavby (není možná výstavba hrubé stavby v zimním období)
- Negativní vliv na životní prostředí
- Výstavba z neobnovitelných zdrojů
- Velká hmotnost určitých stavebních prvků
- Nákladnější rekonstrukce
- Větší tloušťka stěn a tím méně užitého prostoru
- Delší doba vysoušení zdiva po povodních
- Větší energetická náročnost z hlediska vytápění [30] [31]

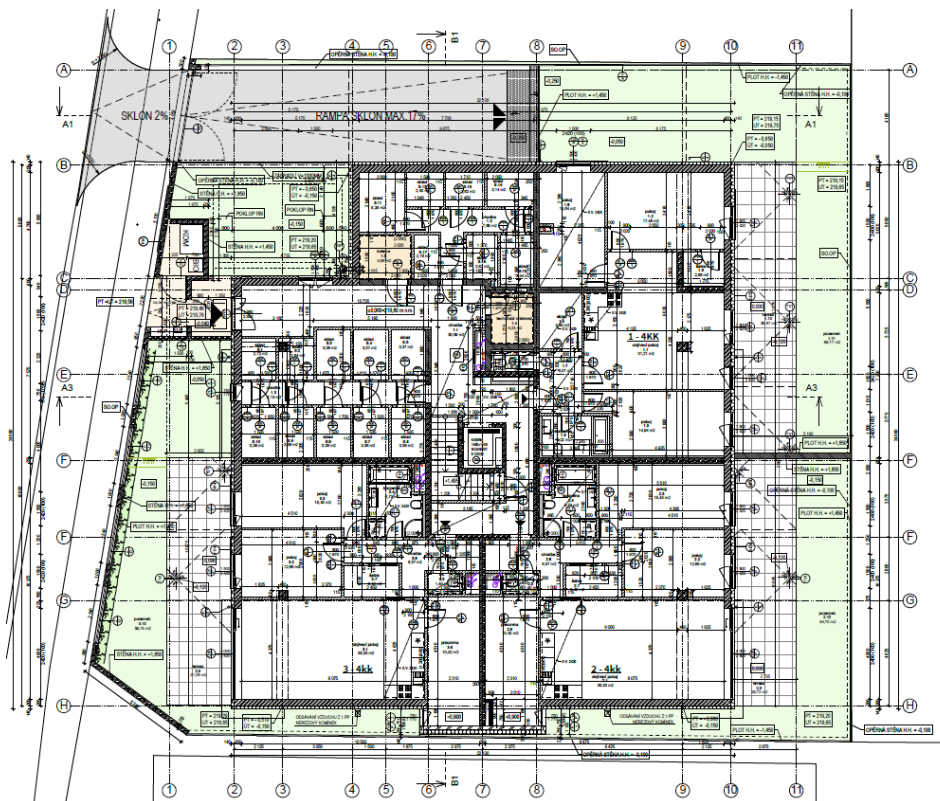
## 7 Ekonomické a časové porovnání zděné stavby a dřevostavby

Hlavními faktory ovlivňující výstavbu jsou převážně náklady na výstavbu a její časová náročnost. Obsahem této kapitoly je seznámení s objektem, který byl podkladem pro vypracování zhodnocení zděné stavby a dřevostavby. Projektová dokumentace je zpracována na zděný systém. Na základě konstrukce zděné stavby jsou vypracované jednotlivé konstrukční varianty dřevostavby. Z hlediska nákladů byly porovnány tyto konstrukce: základové konstrukce, obvodové stěny, nosné stěny, příčky, stropní konstrukce, a i střešní konstrukce.

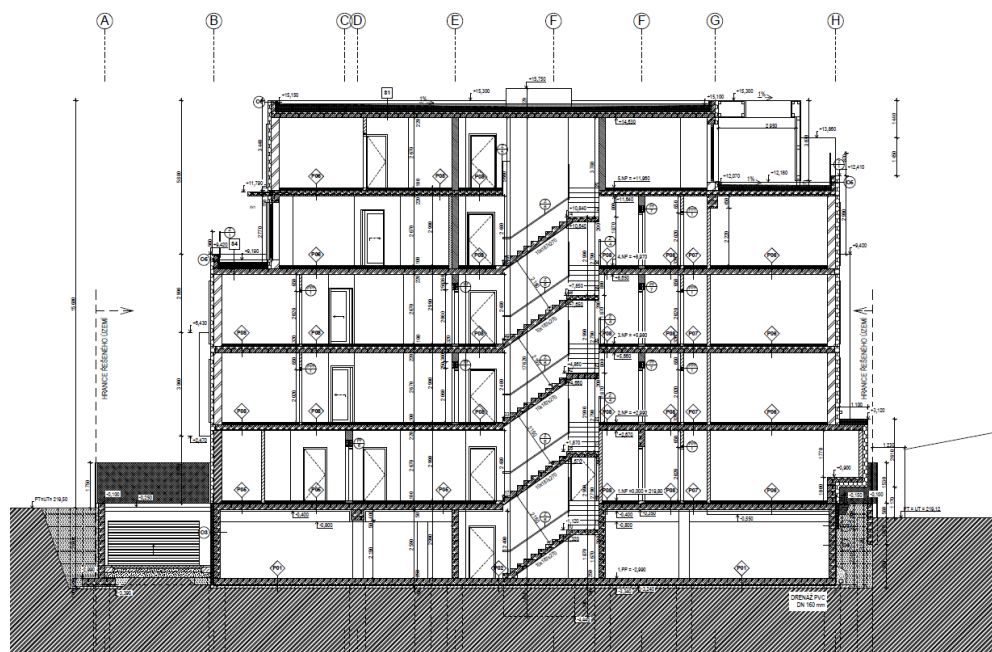
Porovnání konstrukcí je provedeno na základě sestavení rozpočtů jednotlivých konstrukcí v rozpočtovém programu KROS 4.

### 7.1 Popis objektu

Jedná se o bytový dům s pěti nadzemními podlažími a suterénem. Suterén slouží jako parkovací plocha. Nosná konstrukce objektu je navržena zděná z keramických tvárnic Porotherm s monolitickými železobetonovými stropními konstrukcemi. Obvodová konstrukce suterénu je tvořena z vodostavebních železobetonových stěn, které jsou doplněny nosnými sloupy. Součástí objektu je výtahová šachta, která je konstruována ze železobetonu. Konstrukčně se jedná o kombinaci skeletu, který tvoří suterén, a stěnového systému v dalších podlažích.



Obr. 8: Půdorys 1.NP podkladového projektu zděné stavby [32]



Obr. 9: Řez podkladového projektu zděné stavby [32]

## 7.1.1 Základová konstrukce

### Základová konstrukce zděné stavby

Stavba ve vybraném projektu je založena na základové desce tloušťky 250 mm, která je osazená na železobetonových pilotách o různých průměrech. Z důvodu hydroizolačních vlastností jsou obvodové stěny suterénu a základové desky navrženy jako monolitické z vodostavebního betonu. Pod základovými konstrukcemi je navrženo provedení vrstvy podkladního betonu díky lepšímu provádění vázacích prací ocelové výztuže.

V úrovni výkopů kolem základů bude provedena drenáž pomocí drenážních PVC trubek. Voda z drenáže tak bude odváděna do propustného podloží, kde bude voda vsakována.

Pod základovou deskou bude natavena protiradonová hydroizolace ve formě asfaltových pásů. Hydroizolace bude provedena i v místech, kde dochází ke kontaktu stěn suterénu se zeminou. Stěny budou po obvodu doplněné o tepelnou izolaci XPS.

### Základová konstrukce dřevostavby

S ohledem na daný projekt by základová konstrukce dřevostavby měla být provedena stejně jako u výstavby zděné stavby. Je to dáno geologickými a hydrogeologickými poměry příslušné lokality. Z inženýrsko-geologického průzkumu byly základové poměry stanoveny jako relativně složité. V území se nachází plastické jíly, a proto musí být provedena drenáž pro odvod dešťové vody.

V případě provádění výstavby v jiné lokalitě s jinými základními poměry, by se náklady na zhotovení základů dřevostavby pohybovaly níže než u zděné stavby. Je to

zapříčiněno hmotností konstrukčního systému, která je u dřevostaveb podstatně menší, a proto by základy u dřevěné stavby nebyly navrhovány na tak velkou nosnost.

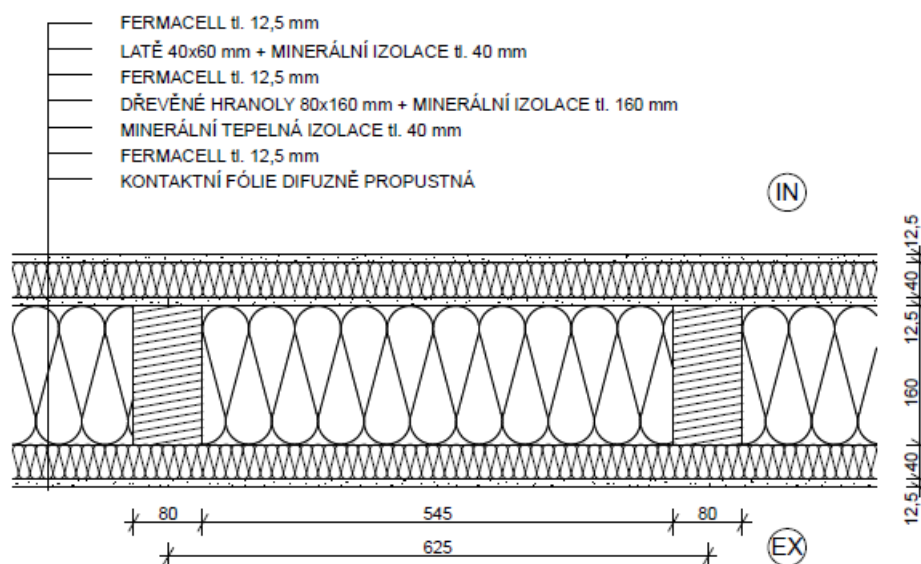
## 7.1.2 Obvodová stěna

### Obvodová stěna zděné stavby

Obvodové stěny jsou tvořeny keramickými tvárnicemi Porotherm 30 P+D o tloušťce 300 mm. Po obvodu jsou doplněny kontaktním zateplovacím systémem z polystyrenu EPS 70F tloušťky 140 mm včetně armovací tkaniny. Z exteriéru je skladba zakončena silikon silikátovou fasádní omítkou. Jako povrchová úprava interiéru je navržena strojně nanášená hladká sádrová omítka o tloušťce 15 mm.

### Obvodová stěna dřevostavby

Hlavní nosnou konstrukci obvodové stěny dřevostavby plní dřevěné hranoly o rozměru 80x160 mm. Prostor vytvořený mezi hranoly je vyplněn minerální izolací tloušťky 160 mm. Ze strany interiéru je ke konstrukci mechanicky kotvená sádrovláknitá deska fermacell 12,5 mm a k ní jsou vodorovně připevněny dřevěné latě o rozměru 40x60 mm. Vzniklé mezery mezi nimi jsou vyplněny minerální izolací tloušťky 40 mm. Konstrukce je uzavřena sádrovláknitou deskou fermacell tloušťky 12,5 mm. Ze strany exteriéru jsou opět dřevěné latě o rozměru 40x60 mm včetně minerální izolace tloušťky 40 mm. Celá konstrukce je uzavřena sádrovláknitou deskou fermacell 12,5 mm a kontaktní difúzně propustnou fólií. Fasáda se následně může řešit různými způsoby, například zavěšenými provětrávanými fasádami.



Obr. 10: Řez obvodové stěny navržené dřevostavby [33]

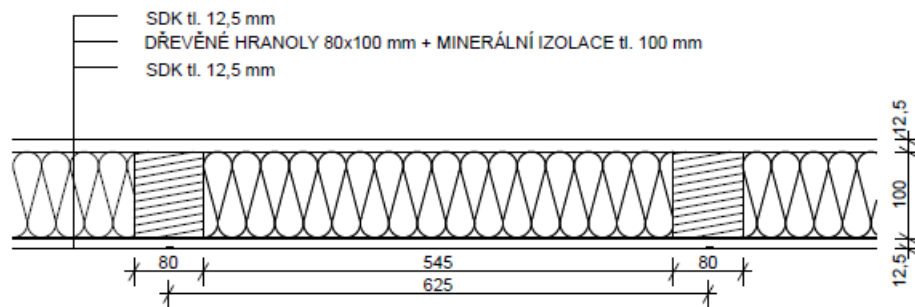
### 7.1.3 Vnitřní nosné stěny

#### Vnitřní nosná stěna zděné stavby

Vnitřní nosná stěna zděné stavby je navržena z akustických keramických tvárnic Porotherm 25 AKU SYM tloušťky 250 mm. Povrchová úprava stěn je řešena strojně nanášenou hladkou sádrovou omítkou o tloušťce 15 mm.

#### Vnitřní nosná stěna dřevostavby

Hlavní nosnou konstrukci vnitřní nosné stěny tvoří dřevěné hranoly o rozměru 80x100 mm. Prostor, který mezi hranoly vznikne, je vyplněn minerální izolací tloušťky 100 mm. Konstrukce stěny je z interiéru i exteriéru uzavřena sádrokartonovými deskami tloušťky 12,5 mm.



Obr. 11: Řez vnitřní nosné stěny navržené dřevostavby [33]

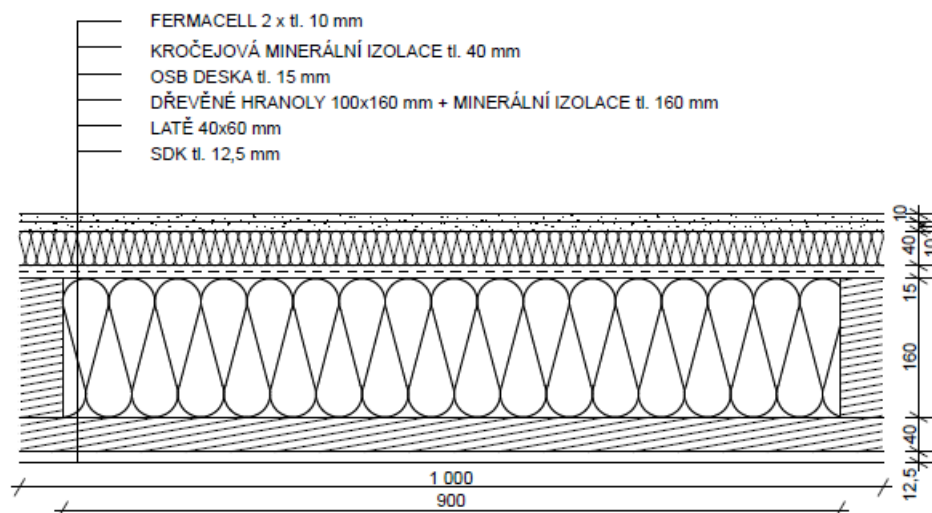
### 7.1.4 Stropní konstrukce

#### Stropní konstrukce zděné stavby

Stropní konstrukce zděné stavby je navržena jako monolitická železobetonová deska (C30/37) tloušťky 250 mm s výztuží B550B a Kari sítí. Ze spodní strany je konstrukce doplněna 50 mm tepelné izolace. Ze strany horní je položena kročejová izolace tloušťky 40 mm, PE separační fólie a anhydritový potěr tloušťky 50 mm.

#### Stropní konstrukce dřevostavby

Hlavní nosnou konstrukci stropu tvoří dřevěné hranoly o rozměrech 100x160 mm. Vzniklé prostory mezi hranoly jsou po celé výšce dutiny vyplněny minerální izolací o tloušťce 160 mm. Ze spodní strany jsou mechanicky kotvené kontralatě o rozměrech 40x60 mm, které jsou zakryté sádrokartonovou deskou tloušťky 12,5 mm. Z horní strany je k hranolům přivrtaná OSB deska tloušťky 15 mm. Na OSB je položena kročejová izolace tloušťky 40 mm. Celá stropní konstrukce je uzavřena dvěma sádrovláknitými deskami fermacell o tloušťkách 10 mm.



Obr. 12: Řez stropní konstrukce navržené dřevostavby [33]

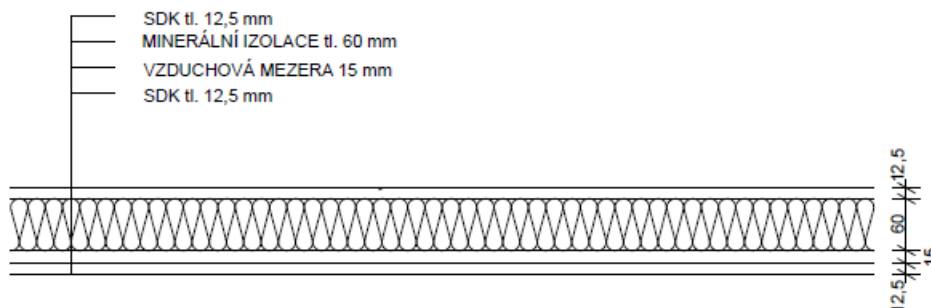
## 7.1.5 Příčky

### Příčky zděné stavby

Vnitřní příčky jsou navrženy z keramických tvárnic Porotherm 11,5 – tloušťka příček je tedy 115 mm. Povrchová úprava příček je řešena strojně nanášenou sádrovou omítkou a následnou dvojnásobnou malbou.

### Příčky dřevostavby

Vnitřní příčky dřevostavby jsou řešeny systémem SDK tloušťky 100 mm. Stěna se skládá ze dvou sádrokartonových desek o tloušťkách 12,5 mm, které jsou osazené do hliníkových profilů CW a UW 75. Dutina mezi sádrokartonovými deskami je částečně vyplněna minerální akustickou izolací tloušťky 60 mm. Povrchová úprava příček je řešena dvojnásobnou malbou.



Obr. 13: Řez příčky navržené dřevostavby [33]

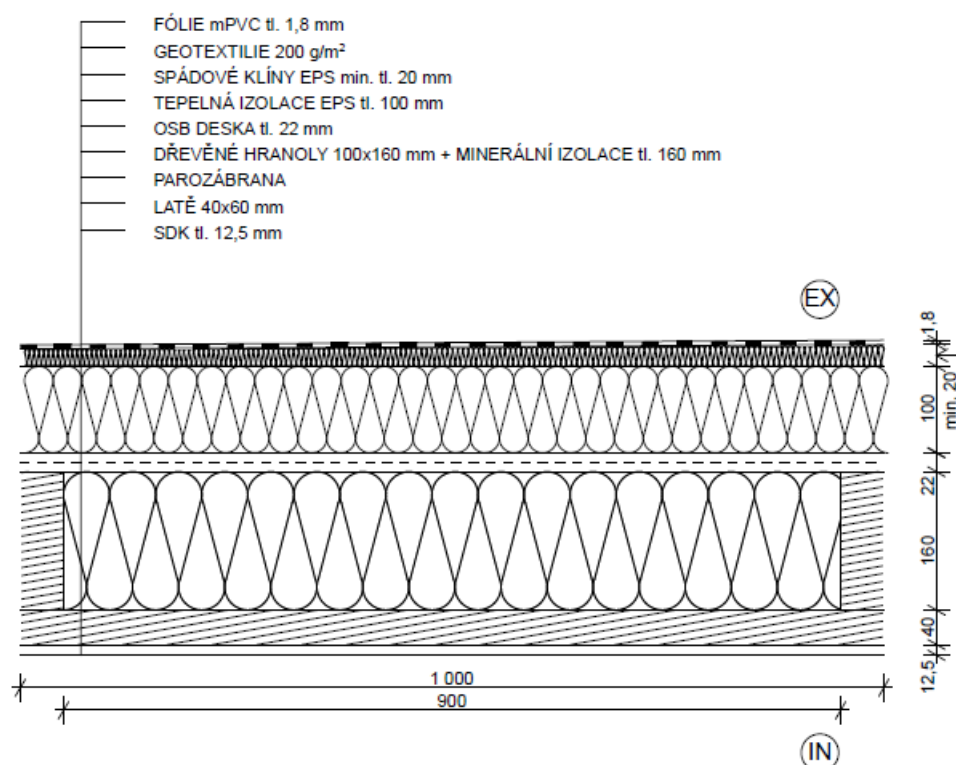
## 7.1.6 Střešní konstrukce

### **Střešní konstrukce zděné stavby**

Střecha je řešena jako plochá jednoplášťová. Nosná konstrukce střechy je tvořena stropní monolitickou železobetonovou deskou tloušťky 250 mm, která je z interiéru strojně omítnutá sádrovou omítkou o tloušťce 15 mm. Z horní strany je železobetonová deska natřená penetračním nátěrem. Po nanesení penetrace je navrženo natavení asfaltového pásu SBS po celé ploše o tloušťce 4 mm. Další vrstvu tvoří tepelná izolace EPS 150S tloušťky 180 mm a tepelná izolace spádové klíny z EPS o minimální tloušťce 20 mm. Podkladní vrstvu povlakové krytiny bude tvořit netkaná geotextílie. Povlaková krytina bude položena hydroizolační fólie PVC tloušťky 1,8 mm, která se nakonec přitíží kačírkem 50–100 mm frakce 16/32.

### **Střešní konstrukce dřevostavby**

Střešní konstrukce je stejně jako u zděné stavby řešena jako plochá jednoplášťová. Nosnou konstrukci střechy tvoří dřevěné hranoly o rozměrech 100x160 mm s vyplněním dutin mezi hranoly minerální izolací tloušťky 160 mm. Spodní strana konstrukce je překrytá parozábranou, přes kterou jsou mechanicky kotvené kontralatě 40x60 mm překryté sádrokartonovou deskou 12,5 mm. Z horní strany nosné konstrukce je přivrtnána OSB deska tloušťky 22 mm. Na stropní konstrukci je dále volně položená tepelná izolace EPS 150 tloušťky 100 mm a tepelná izolace typy spádové klíny minimální tloušťky 20 mm. Na izolaci se položí podkladní vrstva povlakové krytiny – geotextílie. Následně se pomocí hmoždinek ukotví střešní hydroizolační PVC fólie tloušťky 1,8 mm.



Obr. 14: Řez střešní konstrukce navržené dřevostavby [33]

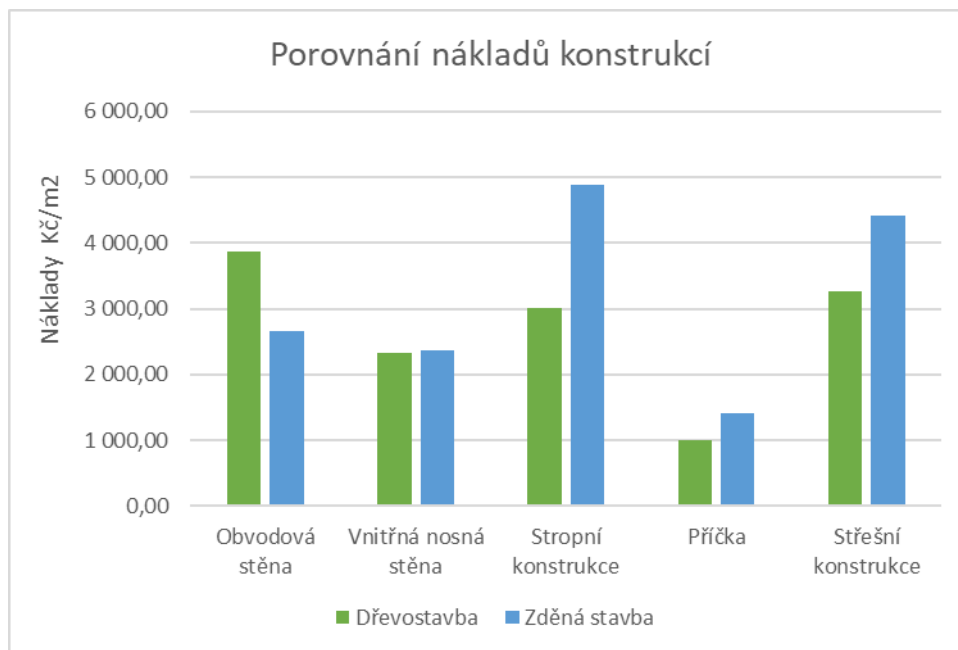
## 7.2 Nákladová náročnost vybraných konstrukcí

Náklady potřebné na výstavbu jsou jedním z hlavních faktorů, o který se investor při výstavbě nejvíce zajímá. Náklady jednotlivých konstrukcí byly stanoveny sestavením rozpočtů v rozpočtovém programu KROS 4. Nejprve byly vypracovány rozpočty konstrukcí zděného systému podle skladeb uvedených v projektu, který je podkladem této práce. Na základě těchto skladeb byly navrhnuté alternativy konstrukcí pro dřevěnou stavbu a poté byly zpracovány rozpočty i pro tyto alternativy. Všechny rozpočty byly sestaveny na 1 m<sup>2</sup> dané konstrukce. Veškeré rozpočty naleznete v Příloze 1.a–5.b.

### Srovnání nákladů vybraných konstrukcí

|                     | <b>Dřevostavba</b>        | <b>Zděná stavba</b>       |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|
|                     | Cena [Kč/m <sup>2</sup> ] | Cena [Kč/m <sup>2</sup> ] |
| Obvodová stěna      | 3 862,83                  | 2 658,97                  |
| Vnitřní nosná stěna | 2 339,43                  | 2 373,11                  |
| Příčka              | 994,90                    | 1 410,77                  |
| Stropní konstrukce  | 3 021,84                  | 4 878,60                  |
| Střešní konstrukce  | 3 262,04                  | 4 423,00                  |

Tab. 2: Porovnání nákladů vybraných konstrukcí [34]



*Graf 1: Porovnání nákladů vybraných konstrukcí [34]*

Z grafického znázornění nákladů vybraných konstrukcí je patrné, že až na konstrukci obvodové stěny jsou všechny řešené konstrukce dřevostavby levnější než u zděné stavby. Náklady na výstavbu 1 m<sup>2</sup> obvodové stěny dřevostavby jsou o cca 31 % vyšší než u obvodové stěny zděné stavby. Naopak například náklady stropní konstrukce dřevostavby jsou o 38 % nižší než u zděné stavby. Střešní konstrukce dřevostavby vychází také lépe než u zděné varianty, a to o 26 %. Podobně je to i u příček, kde náklady na výstavbu 1 m<sup>2</sup> příčky dřevěné stavby vychází o cca 29 % méně. Náklady na výstavbu vnitřních nosných stěn jsou téměř srovnatelné. Rozdíl v nákladech nosných stěn činí necelá 2 %. Dále je potřeba si uvědomit, že uvedené náklady jsou srovnávané v případě, že výstavba obou staveb bude realizovaná přímo na staveništi. Dřevostavbu je možné dopravit na staveniště již z předem vyrobených částí ve výrobních halách.

### 7.3 Časová náročnost výstavby vybraných konstrukcí

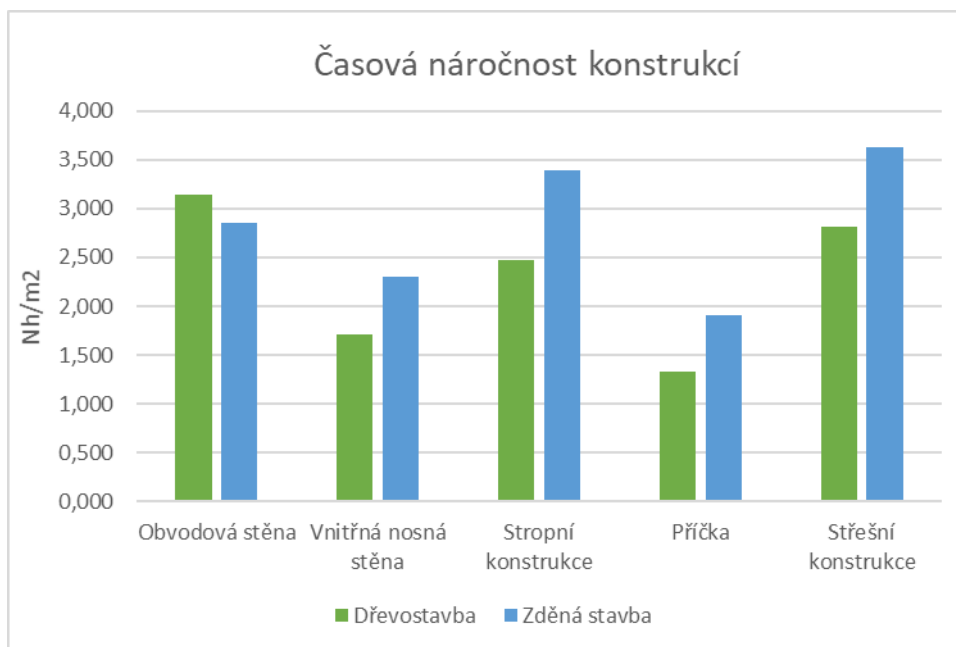
V dnešní době může být právě čas dalším důležitým faktorem ve stavebnictví. U některých investorů může čas hrát rozhodující roli například pro výběr konstrukčního systému. Z tohoto důvodu byla provedena analýza časové náročnosti vybraných konstrukcí obou konstrukčních systémů.

Při sestavování rozpočtu pro zjištění nákladů na konstrukce byly do jednotlivých rozpočtů vkládány položky, jejichž součástí je záložka TOV neboli Technicko-organizační varianta. Technicko-organizační varianta (TOV) se skládá z položek jako jsou například dělníci, stroje či veškerý potřebný materiál. U všech položek je uvedena měrná jednotka. U položky „Dělník“ je měrnou jednotkou Nh (normohodina) neboli doba, kterou dělník potřebuje pro vykonání dané práce. Součtem uvedených normohodin z rozpočtu byla stanovena časová náročnost výstavby. Časová náročnost byla vypočítána jako normohodiny na 1 m<sup>2</sup>. Veškeré hodnoty normohodin naleznete v Přílohách 1.a–5.b.

### Porovnání časové náročnosti výstavby vybraných konstrukcí

|                     | <b>Dřevostavba</b> | <b>Zděná stavba</b> |
|---------------------|--------------------|---------------------|
|                     | Nh/m <sup>2</sup>  | Nh/m <sup>2</sup>   |
| Obvodová stěna      | 3,14               | 2,86                |
| Vnitřní nosná stěna | 1,71               | 2,30                |
| Příčka              | 1,33               | 1,91                |
| Stropní konstrukce  | 2,48               | 3,39                |
| Střešní konstrukce  | 2,82               | 3,63                |

Tab. 3: Porovnání časové náročnosti výstavby vybraných konstrukcí [34]



Graf 2: Porovnání časové náročnosti výstavby vybraných konstrukcí [34]

Grafické srovnání časové náročnosti výstavby vybraných konstrukcí ukazuje, že konstrukce dřevostavby jsou časově méně náročné než konstrukce zděné stavby. Výjimkou je obvodová stěna, která je u dřevostavby o 0,28 Nh/m<sup>2</sup> (9 %) náročnější. Největší rozdíl v normohodinách vykazují stropní konstrukce. Stropní konstrukce zděné stavby je o 0,91 Nh/m<sup>2</sup> (téměř o 27 %) náročnější. Rozdíl časové náročnosti mezi vnitřními nosnými stěnami a příčkami je víceméně stejný. Výstavba zděné vnitřní nosné stěny je o 0,59 Nh/m<sup>2</sup> náročnější než u dřevostavby a stejně tak i zděná příčka, která je o 0,58 Nh/m<sup>2</sup> náročnější než příčka dřevostavby. Poslední srovnávanou konstrukcí je střešní konstrukce. Střešní konstrukce zděné stavby má časovou náročnost výstavby o 0,81 Nh/m<sup>2</sup> vyšší než dřevostavba. Opět se musí brát v úvahu, že porovnání z hlediska časové náročnosti bylo provedeno pro realizaci staveb přímo na staveništi. Konstrukce

dřevostavby mohou být předem vyrobeny ve výrobních halách. Tím by se její výstavba poměrně urychlila.

## 7.4 Hmotnosti vybraných konstrukcí

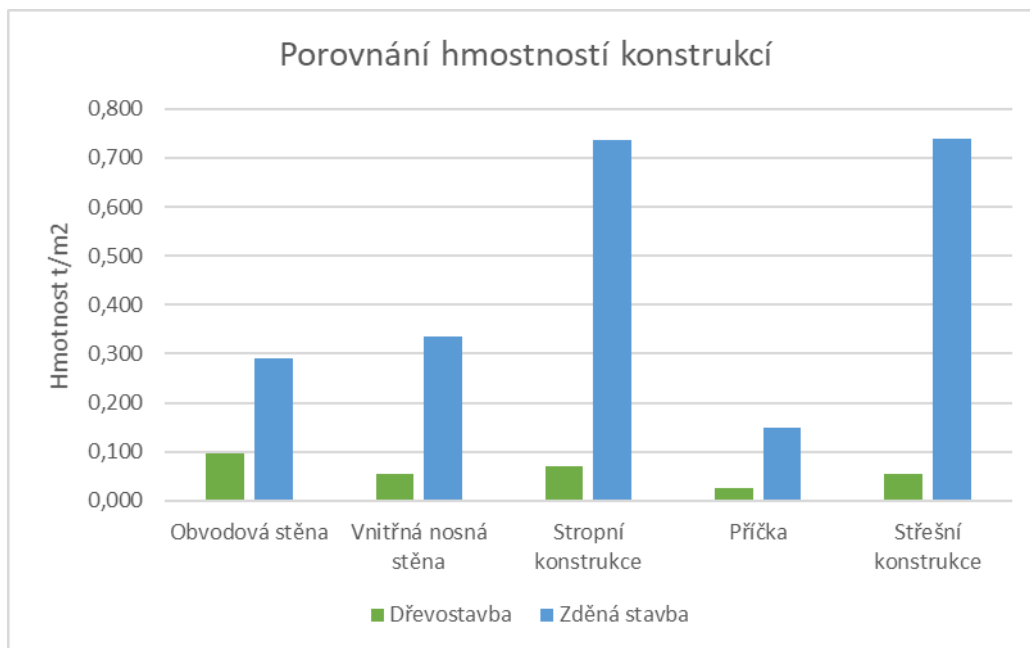
Další faktor, který může investora ovlivňovat, je hmotnost konstrukcí. Je to faktor, který ovlivňuje technickou, a hlavně finanční náročnost zakládání staveb. Čím jsou konstrukce těžší, tím jsou základy dimenzovány na větší únosnost. Tudiž náklady na zhotovení základů budou také vyšší. Hmotnost může hrát roli z hlediska nákladů například i při dopravě materiálů nebo konstrukčních částí. na stavenišť.

Nevýhoda vyšší hmotností konstrukcí může být i z pohledu vnitrostaveništní dopravy, kdy pro přesun materiálů či výrobků musí být navrhnut jeřáb o vyšší nosnosti, a tudíž i finančně náročnější.

### Porovnání hmotností vybraných konstrukcí

|                     | <b>Dřevostavba</b>           | <b>Zděná stavba</b>          |
|---------------------|------------------------------|------------------------------|
|                     | Hmotnost [t/m <sup>2</sup> ] | Hmotnost [t/m <sup>2</sup> ] |
| Obvodová stěna      | 0,097                        | 0,291                        |
| Vnitřní nosná stěna | 0,055                        | 0,334                        |
| Příčka              | 0,026                        | 0,150                        |
| Stropní konstrukce  | 0,070                        | 0,736                        |
| Střešní konstrukce  | 0,055                        | 0,740                        |

*Tab. 4: Porovnání hmotností vybraných konstrukcí [34]*



Graf 3: Porovnání hmotností vybraných konstrukcí [34]

Z grafického znázornění je na první pohled patrné, že co se týká hmotností konstrukcí nemůže zděná stavba dřevostavbě konkurovat. Všechny vybrané konstrukce dřevostavby jsou výrazně lehčí oproti zděné stavbě. Nejmenší váhový rozdíl vykazují obvodové stěny. Obvodová stěna zděná má hmotnost 3x větší než obvodová stěna dřevostavby. U ostatních konstrukcí jsou rozdíly podstatně větší. Vnitřní nosná stěna a příčka zděné stavby jsou téměř 6x těžší než u dřevěné stavby. Stropní konstrukce zděné stavby je až 10,5x těžší než stropní konstrukce dřevostavby. Avšak největší váhový rozdíl vykazují střešní konstrukce, kdy střešní konstrukce zděné stavby je až 13,5x těžší než střešní konstrukce dřevostavby. Uvedené hmotnosti konstrukcí naleznete v Přílohách 1.a–5.b.

## 7.5 Tepelně izolační vlastnosti vybraných konstrukcí

Při výběru konstrukčního systému stavby je kladen důraz i na tepelně izolační vlastnosti konstrukcí. Tepelně izolační vlastnost je schopnost materiálů přijmout, uvolňovat a udržovat teplo. Je třeba na tyto vlastnosti dbát, a to nejen z důvodu čím dál větších požadavků stanovených v normách, ale také z důvodu rostoucích nákladů na energie. A právě při rozhodování o výběru dřevěného nebo zděného konstrukčního systému jsou tyto vlastnosti poměrně zajímavé, protože dřevo v této oblasti vyniká.

Pro stanovení tepelně izolačních vlastností musí být vypočítán součinitel prostupu tepla  $U$ . Ten se získá pomocí součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$ , který je uveden j u téměř každého materiálu již od výrobce.

V rámci této práce byl proveden výpočet pro obvodovou stěnu, stropní konstrukci nad suterénem a pro střešní konstrukci jak u zděné stavby, tak i u dřevostavby. Pro výpočet součinitelů prostupu tepla byl použit program Teplo 2014. Do programu byly zadané veškeré materiály ze skladeb konstrukcí včetně jejich tloušťky a součinitelů

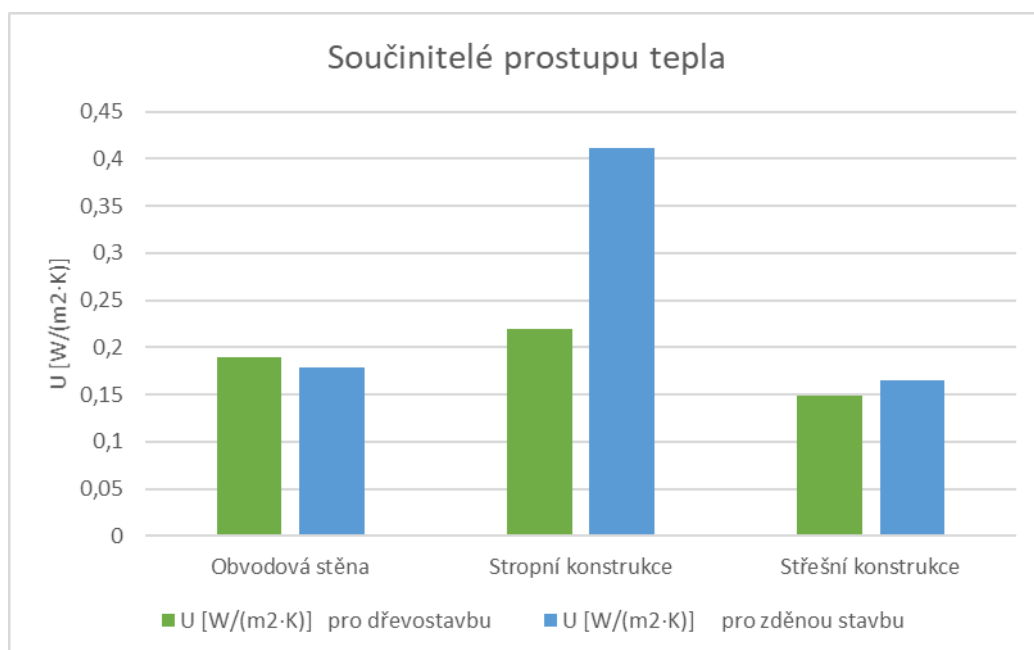
tepelné vodivosti  $\lambda$ . Výstupem výpočtu jsou hodnoty uvedené v tabulce níže (viz. Tab. 5). Celý výpočet naleznete v Příloze 6.

#### Vyhodnocení výstupů z programu Teplo 2014 pro vybrané konstrukce

|                    | $U$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]<br>pro dřevostavbu | $U$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]<br>pro zděnou stavbu | $U_{N,20}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]<br>požadované hodnoty | $U_{rec,20}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]<br>doporučené hodnoty | $U_{pas,20}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]<br>doporučené hodnoty<br>pro pasivní domy |
|--------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Obvodová stěna     | <b>0,189</b>                                   | <b>0,179</b>                                     | 0,3                                                      | těžká: 0,25<br>lehká: 0,2                                  | 0,18 až 0,12                                                                   |
| Stropní konstrukce | <b>0,219</b>                                   | <b>0,412</b>                                     | 0,6                                                      | 0,4                                                        | 0,3 až 0,2                                                                     |
| Střešní konstrukce | <b>0,149</b>                                   | <b>0,165</b>                                     | 0,24                                                     | 0,16                                                       | 0,15 až 0,1                                                                    |

Tab. 5: Součinitelů prostupu tepla vybraných konstrukcí [34]

Z tabulky součinitelů prostupu tepla je zřejmé, že všechny konstrukce na prostup tepla vyhovují požadovaným i doporučeným hodnotám. U dřevěné stavby dvě konstrukce ze tří vyhovují doporučeným hodnotám pro pasivní domy. Jedná se o stropní a střešní konstrukci. U zděné stavby vyhovuje hodnotám pro pasivní dům pouze jedna konstrukce a tou je obvodová stěna. Konstrukce, které vyhovují hodnotám pro pasivní domy, jsou vhodné, jestliže chceme mít co nejnižší náklady na vytápění.



Graf 4: Porovnání součinitelů prostupu tepla vybraných konstrukcí [34]

Z grafického znázornění můžeme vidět, že obvodové stěny a střešní konstrukce mají hodnoty prostupu tepla velmi podobné. U obvodové stěny je zděná varianta z hlediska prostupu tepla jen o  $0,01 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  lepší než u dřevostavby. Naopak u střešní konstrukce je dřevěná varianta  $0,016 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  lepší než u zděné stavby. Ovšem největší rozdíl vykazují stropní konstrukce. Stropní konstrukce byla řešena v 1. NP nad suterénem, tudíž na obou stranách konstrukcí je jiná teplota. Součinitel prostupu tepla u stropní konstrukce dřevostavby vychází o  $0,193 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  lépe než u zděné stavby. Vzhledem k tomu, že hodnoty se liší jen nepatrně, náklady na vytápění nebudou nijak zásadně rozdílné.

Mezi další faktory, které ovlivňují náklady na vytápění a které můžeme ovlivnit již v předinvestiční, případně investiční fázi, spadá správně zrealizovaný projekt. Tím je myšleno, aby stavba byla situována na dobrém území, aby okna byla orientována na vhodné světové strany apod.

## 7.6 Požární odolnost a reakce na oheň vybraných konstrukcí

Spoustu lidí od výstavby dřevostavby odradí právě její požární odolnost. Avšak je potřeba si uvědomit, že dřevěné konstrukční prvky v dřevostavbách jsou chráněné nehořlavými materiály. Již při návrhu projektu může být tedy ovlivněno jaké materiály budou pro danou dřevostavbu použity, aby vyhovovaly požadovaným protipožárním normám.

Materiály se řadí dle požární odolnosti nebo dle třídy reakce na oheň. Třídy reakce na oheň se označují dle evropské normy, kde jsou stupně hořlavosti označeny písmeny A1, A2, B, C, D a E nebo F. [29]

Pro srovnání požárních odolností konstrukcí této práce byly použity hodnoty stanovené již výrobcem v technických listech produktů. Požární odolnosti materiálů byly porovnány u konstrukce obvodové stěny, vnitřní nosné stěny, stropní konstrukce, střešní konstrukce a příčky.

### Srovnání tříd reakcí na oheň u materiálů obvodových stěn

| Dřevostavba - obvodová stěna    |                      | Zděná stavba - obvodová stěna |                      |
|---------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|
| Typ materiálu                   | Třída reakce na oheň | Typ materiálu                 | Třída reakce na oheň |
| Smrkové dřevo                   | C2                   | Tvárnice Porotherm            | A1                   |
| Minerální izolace Isover UNI    | A1                   | Polystyren                    | E                    |
| Sádrovláknité desky - Fermacell | A2                   |                               |                      |

Tab. 6: Reakce materiálů na oheň obvodových stěn zděné stavby a dřevostavby [34]

Skladba obvodové stěny (viz. Obr. 10) je uvnitř mezi trámy, které jsou dle reakce na oheň řazeny do materiálů středně hořlavých, tvořena minerální vatou, která má skvělou požární odolnost, tedy třídu A1. Ze strany exteriéru i interiéru je následně uzavřena sádrovláknitými deskami fermacell, které jsou klasifikovány třídou A2, tudíž jde taktéž o nehořlavý materiál. Naproti tomu obvodová stěna zděné stavby je tvořena pouze keramickými tvárnicemi Porotherm, které jsou sice nehořlavé, ale na straně exteriéru je přilepen polystyren, který je zařazen do třídy E – tedy lehce hořlavý.

#### Srovnání tříd reakcí na oheň u materiálů vnitřních nosných stěn

Vzhledem k tomu, že skladby vnitřních nosných stěn jsou velmi podobné obvodovým stěnám (viz. Obr. 11), budou tedy i třídy reakcí na oheň srovnatelné.

#### Srovnání tříd reakcí na oheň u materiálů stropních konstrukcí

| Dřevostavba - stropní konstrukce |                      | Zděná stavba - stropní konstrukce  |                      |
|----------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|
| Typ materiálu                    | Třída reakce na oheň | Typ materiálu                      | Třída reakce na oheň |
| SDK                              | B                    | Tepelná izolace multipor           | A1                   |
| Smrkové dřevo                    | C2                   | Beton                              | A1                   |
| Minerální izolace Isover UNI     | A1                   | Kročejová izolace Isover RigiFloor | E                    |
| OSB                              | D                    | Anhydritový potěr weber.floor      | A1                   |
| Minerální izolace Isover T-N     | A1                   |                                    |                      |
| Sádrovláknité desky - Fermacell  | A2                   |                                    |                      |

Tab. 7: Reakce materiálů na oheň stropních konstrukcí zděné stavby a dřevostavby [34]

U skladby stropní konstrukce dřevostavby (viz. Obr. 12) jsou opět dutiny mezi dřevěnými hranoly vyplněny minerální izolací, která je nehořlavá. Co se týká dřevěných hranolů, z hlediska požární odolnosti záleží na průřezu hranolu a na použitých povrchových úpravách. Trámy by pak mohly mít mnohem lepší odolnost, než je uvedeno v tabulce výše (viz. Tab. 7). Konstrukce je ze spodní strany zakrytá SDK podhledem. Samotná SDK deska se řadí do třídy D (středně hořlavý). V našem případě by SDK podhled disponoval požární odolností EI 15 – EI 30. Avšak konstrukce lze navrhnout i z jiné tloušťky desky či z více desek. V takovém případě by byl SDK podhled dimenzován až na EI 120. Z horní strany stropní konstrukce je OSB deska, která je poměrně hořlavá. Ale celá konstrukce je uzavřena sádrovláknitými deskami fermacell, které jsou požárně odolné (nehořlavé).

Materiály stropní konstrukce zděné stavby disponují dobrými odolnostmi proti ohni. Kromě kročejové izolace, která je lehce hořlavá, jsou všechny ostatní materiály nehořlavé.

Dle mého názoru mohou být stropní konstrukce z hlediska požárních odolností poměrně vyrovnané při použití správných materiálů.

#### Srovnání tříd reakcí na oheň u materiálů střešních konstrukcí

Skladba střešní konstrukce dřevostavby (viz. Obr. 14) je založena na konstrukci stropní konstrukce dřevostavby s výjimkou toho, že na horní straně stropní konstrukce střechy je hned na OSB desce vrstva tepelné izolace, kterou začíná samotná konstrukce střechy. Střešní konstrukce zděné stavby je řešená zase obdobně jako strop zděné stavby. Z hlediska reakce na oheň bude střešní konstrukce tedy srovnatelná se stropní konstrukcí.

Střecha dřevostavby je zakončena mPVC, které je nehořlavé. Stejně je zakončena i střecha zděné stavby s tím rozdílem, že PVC je zatíženo kačírkem.

Po srovnání požárních odolností materiálů střešních konstrukcí je patrné, že obě konstrukce, jak zděné, tak i dřevěné stavby, nevykazují špatnými vlastnostmi z hlediska protipožárního.

#### Srovnání požárních odolností příček

| Dřevostavba - příčka |                  | Zděná stavba - příčka |                  |
|----------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| Typ materiálu        | Požární odolnost | Typ materiálu         | Požární odolnost |
| SDK příčka CW75      | EI 60            | Tvárnice Porotherm 11 | EI 120           |

Tab. 8: Požární odolnosti příček zděné stavby a dřevostavby [34]

Požární odolnosti příček byly převzaty z technických listů od výrobců daných konstrukcí/materiálů. Sádrokartonová příčka dřevostavby vykazuje menší požární odolnost než keramické tvárnice Porotherm, přestože se SDK podle třídy reakce na oheň řadí do třídy B (nesnadno hořlavý). Je však možné požární odolnost sádrokartonové příčky zvýšit zvolením SDK příčky dvojité opláštěné, která disponuje požární odolností odpovídající zděné příčce a to EI 120.

Na základě těchto informací si myslím, že si konstrukce příček zděné stavby i dřevostavby mohou konkurovat.

## 7.7 Srovnání náročnosti výstavby dřevostavby a zděné stavby

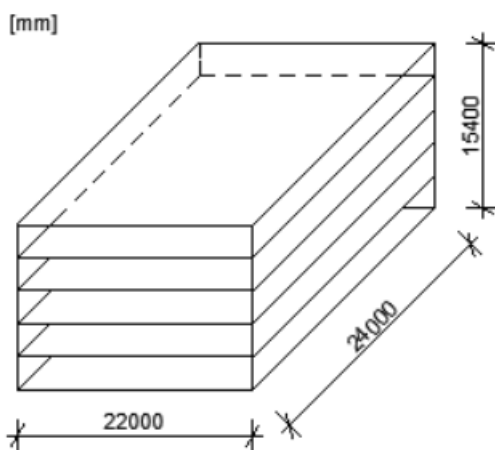
Na základě vyhodnocení jednotlivých konstrukcí může být porovnána výstavba jednotlivých konstrukčních systémů. Pro srovnání dřevostavby se zděnou stavbou jako celek bylo potřeba stanovit jednotné rozměry objektů. Rozměry stavby byly zhruba určeny na základě projektu bytového domu Dvořákova, který je podkladem této práce. Konstrukce byla zjednodušena na nečlenitý objekt o obdélníkovém půdorysu 22x24 metrů a o výšce 15,4 metrů (viz. Obr. 15).

V rámci srovnání byla porovnána nákladová a časová náročnost vybraných konstrukčních systémů staveb. Pro výpočty byly použity pouze obvodové stěny, stropní

konstrukce a střešní konstrukce. Nákladová náročnost byla stanovena na základě nákladů na 1 m<sup>2</sup> jednotlivých konstrukcí, které byly stanoveny v rozpočtovém programu KROS 4 (viz. Přílohy 1.a–5.b). Dále musely být vypočteny plochy vybraných konstrukcí a následně vynásobeny s náklady na 1 m<sup>2</sup>. Sečtením vypočítaných nákladů pro dané konstrukce byly získány celkové náklady pro celý objekt dřevěné i zděné varianty konstrukčního systému.

Další prováděnou analýzou bylo srovnání časové náročnosti obou typů staveb. Časová náročnost byla určena na základě normohodin. Hodnoty normohodin na 1 m<sup>2</sup> byly převzaté z předem stanovených rozpočtů jednotlivých konstrukcí (viz. Přílohy 1.a–5.b). Následně byly normohodiny vynásobeny s vypočítanými plochami konstrukcí. Součtem těchto hodnot byla získána celková časová náročnost pro celé objekty jak dřevostavby, tak i zděné stavby.

#### Postup výpočtu:



Obr. 15: Zjednodušení stavby pro výpočet náročnosti výstavby celého objektu [34]

$$A_{\text{půdorys}} = 528 \text{ m}^2$$

$$h = 15,4 \text{ m}$$

$$\text{Obvodová stěna: } 15,4 \cdot 2 \cdot (24 + 22) = 1416,8 \text{ m}^2$$

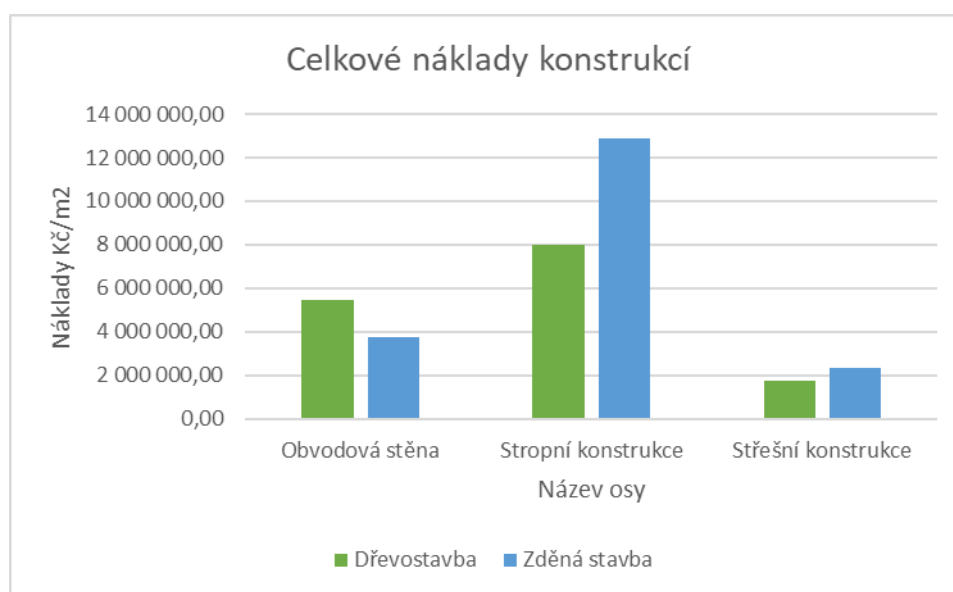
$$\text{Podlaha: } 5 \cdot 528 = 2640 \text{ m}^2$$

$$\text{Střecha: } 22 \cdot 24 = 528 \text{ m}^2$$

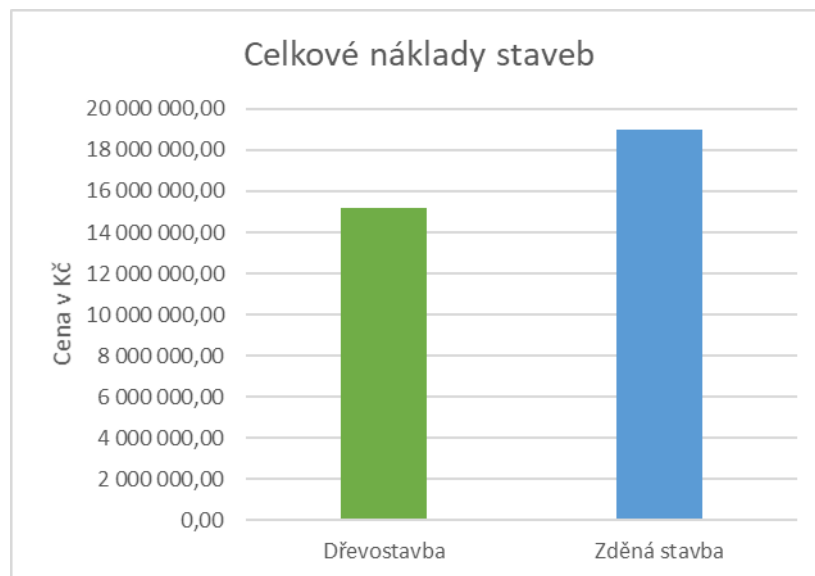
Náklady na výstavbu objektu dřevostavby a zděné stavby

|                    | Dřevostavba       |                      | Zděná stavba      |                      |
|--------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
|                    | Kč/m <sup>2</sup> | Celkem v Kč          | Kč/m <sup>2</sup> | Celkem v Kč          |
| Obvodová stěna     | 3 862,83          | 5 472 857,54         | 2 658,97          | 3 767 228,70         |
| Stropní konstrukce | 3 021,84          | 7 977 657,60         | 4 878,60          | 12 879 504,00        |
| Střešní konstrukce | 3 262,04          | 1 722 357,12         | 4 423,00          | 2 335 344,00         |
| Cena celkem        |                   | <b>15 172 872,26</b> |                   | <b>18 982 076,70</b> |

Tab. 9: Srovnání nákladů na výstavbu dřevostavby a zděné stavby [34]



Graf 5: Porovnání celkových nákladů na výstavbu vybraných konstrukcí [34]



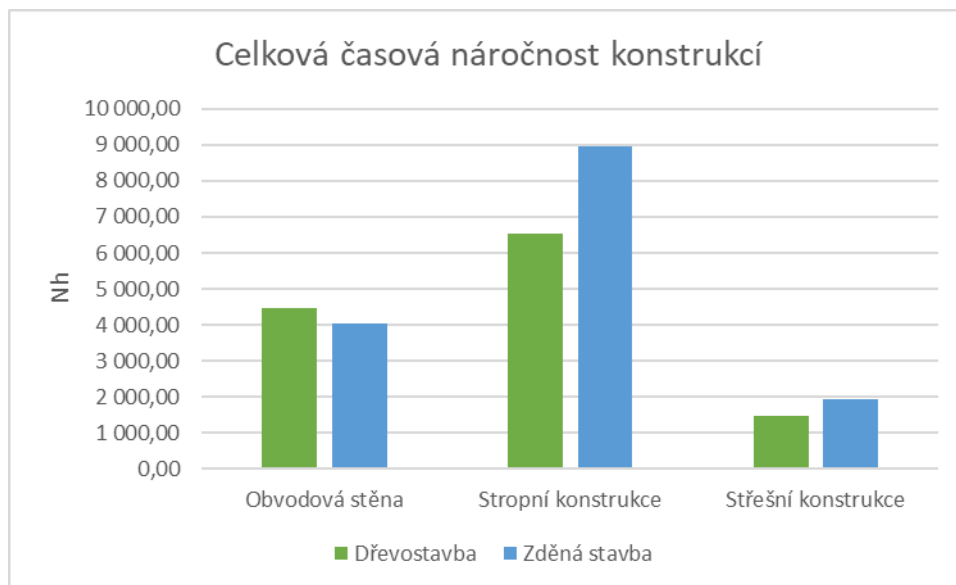
Graf 6: Srovnání nákladů na výstavbu dřevostavby a zděné stavby [34]

Z grafického znázornění je na první pohled vidět, že výstavba zděné stavby bude z hlediska nákladů náročnější. Dřevostavba vychází o 3 809 204,44 Kč levněji než zděná stavba. Procentuální rozdíl je 20 %. Příčinou takového cenového rozdílu jsou hlavně náklady na výstavbu stropní konstrukce zděné stavby (viz. Graf 5).

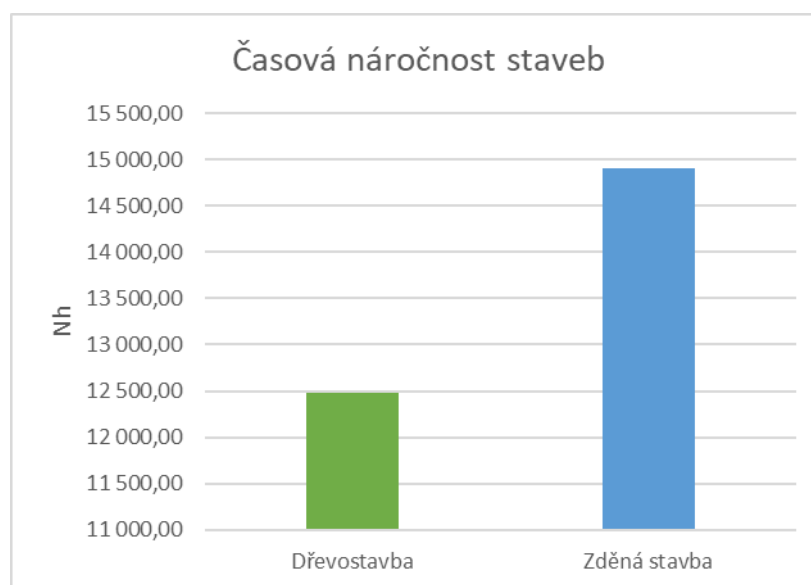
#### Časová náročnost výstavby objektu dřevostavby a zděné stavby

|                    | Dřevostavba       |                   | Zděná stavba      |                  |
|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
|                    | Nh/m <sup>2</sup> | Celkem Nh         | Nh/m <sup>2</sup> | Celkem Nh        |
| Obvodová stěna     | 3,143             | 4 453,002         | 2,857             | 4 047,798        |
| Stropní konstrukce | 2,479             | 6 544,560         | 3,388             | 8 944,320        |
| Střešní konstrukce | 2,815             | 1 486,320         | 3,634             | 1 918,752        |
| Nh celkem          |                   | <b>12 483,882</b> |                   | <b>14 910,87</b> |

Tab. 10: Srovnání časové náročnosti výstavby dřevostavby a zděné stavby [34]



*Graf 7: : Porovnání celkové časové náročnosti výstavby dřevostavby a zděné stavby [34]*



*Graf 8: : Srovnání časové náročnosti výstavby dřevostavby a zděné stavby [34]*

Dle uvedených grafů lze vidět, že výstavba dřevostavby by byla zrealizována mnohem rychleji. Přesněji výstavba dřevostavby zabere o 2 426,99 Nh méně než zděná stavba. Rozdíl v rychlosti výstavby procentuálně vychází zhruba na 16 %. Dřevostavbu lze zkonstruovat rychleji z důvodu suché výstavby a případné předvýroby dílců ve výrobních halách.

## 8 Závěr

Práce byla provedena za účelem srovnání vybraných parametrů v rámci předinvestiční a investiční fáze životního cyklu dřevostavby a zděné stavby. Investorům by práce mohla napomoci v rozhodování při výběru vhodného projektu pro výstavbu.

Výstupem práce je zhodnocení staveb z hlediska nákladů a časové náročnosti na výstavbu nejen jednotlivých konstrukcí, ale i na výstavbu celé stavby, a to v rámci realizace staveb přímo na staveništi. Dalším výstupem je porovnání vybraných vlastností konstrukcí jak zděné stavby, tak i dřevostavby, kterými jsou požární odolnost a tepelně izolační vlastnosti.

Přehled nákladů a časové náročnosti na výstavbu obou typů konstrukčních systémů:

|                     | <b>Celkem v Kč</b> | <b>Celkem Nh</b> |
|---------------------|--------------------|------------------|
| <b>Dřevostavba</b>  | 15 172 872,26      | 12 483,88        |
| <b>Zděná stavba</b> | 18 982 076,70      | 14 910,87        |

*Tab. 11: Přehled nákladů a časové náročnosti staveb [34]*

Z tabulky (Tab. 11) je vidět, že dřevostavba si z pohledu potřebných nákladů a časové náročnosti na výstavbu stojí lépe než zděná stavba. Náklady na realizaci dřevostavby vycházejí o více jak 3 mi. Kč méně v porovnání se zděnou stavbou. Potřebný čas pro výstavbu dřevostavby je o téměř 2 500 Nh nižší než u zděné stavby. V případě, že by části dřevostavby byly konstruovány již ve výrobních halách a na staveništi proběhla pouze montáž, pravděpodobně by se uvedené hodnoty ještě lišily ve prospěch dřevostavby.

Dále byly porovnány tepelně izolační vlastnosti u vybraných konstrukcí (obvodová stěna, stropní konstrukce a střešní konstrukce). Při srovnání tepelně izolačních vlastností vybraných konstrukcí zděné stavby a dřevostavby bylo zjištěno, že dvě ze tří konstrukcí dřevostavby vyhoví požadovaným podmínkám pro pasivní domy. Z tohoto důvodu by měly být náklady potřebné na energie dřevostavby nižší než u zděné stavby.

V neposlední řadě byl zohledněn faktor požární odolnosti vybraných konstrukcí staveb. Byly stanoveny třídy reakcí na oheň u jednotlivých materiálů konstrukcí a na jejich základě byly srovnány konstrukce zděné stavby a dřevostavby. Srovnáním bylo zjištěno, že konstrukce dřevostavby mohou v oblasti požární odolnosti konkurovat konstrukcím zděné stavby.

Přehled faktorů, ve kterých dřevostavby oproti zděné stavbě vyniká:

- Časová náročnost výstavby
- Cena stavby
- Tepelně izolační vlastnosti
- Šetrnost k životnímu prostředí

## 9 Zdroje

- [1] 25m.cz [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://www.25m.cz/2017/05/20/co-je-to-drevostavba/>
- [2] VAVERKA, Jiří. *Dřevostavby pro bydlení*. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2205-4.
- [3] ZAHŘADNÍČEK, Václav a Pavel HORÁK. *Moderní dřevostavby*. Brno: ERA, 2007. 21. století. ISBN 978-80-7366-109-0.
- [4] Drevoastavby.cz [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/4069-kdyz-se-rekne-difuzne-otevrena-skladba-steny>
- [5] HAVÍŘOVÁ, Zdeňka. *Dům ze dřeva*. Brno: ERA Group, 2005. Stavíme. Stavba. ISBN 80-7366-008-3.
- [6] KOLB, Josef. *Dřevostavby*. 2. aktual. vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4071-3.
- [7] TZB-info [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/10919-montovane-domy-na-bazi-dreva-vyvoj-a-zakladni-typy-1-dil>
- [8] MeziStromy.cz [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.mezistromy.cz/vlastnosti-dreva-a-drevostaveb/stavba-dreva-cast-1-2/odborny>
- [9] GANDELOVÁ, Libuše, Petr HORÁČEK a Jarmila ŠLEZINGEROVÁ. *Nauka o dřevě*. Vyd. 3., nezměn. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009. ISBN 978-80-7375-312-2.
- [10] Dřevostavitel.cz [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/6-duvodu-pro-kvh-hranoly>
- [11] DEKWOOD [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://dekwood.cz/produkty/kvh>
- [12] KONSTRUKCE [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: [http://www.konstrukce.cz/clanek/kvh-duobalken-triobalken-vyrobky-z-technicky-vysuseneho-masivniho-dreva-podle-evropskych-norem/#foto\\_clanek](http://www.konstrukce.cz/clanek/kvh-duobalken-triobalken-vyrobky-z-technicky-vysuseneho-masivniho-dreva-podle-evropskych-norem/#foto_clanek)
- [12] Dřevostavitel.cz [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/lepeno-drevo-to-natre-oceli>
- [13] DEKWOOD [online] [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://dekwood.cz/produkty/bsh>
- [14] Fermacell.cz [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.fermacell.cz/cz/produkty/sadrovlaknity-produkty/sadrovlaknity-desky>
- [15] DEKWOOD [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://dekwood.cz/produkty/steico>
- [16] DEKWOOD [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://dekwood.cz/produkty/osb>
- [17] Dřevostavitel.cz [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/velkoplosne-materialy-2-dil>
- [18] Dřevostavitel.cz [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/izolacni-materialy-2-dil>
- [19] Isover.cz [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-uni>
- [20] Tepelná izolace [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z:

- <http://www.tepelna-izolace.cz/rozdil-mezi-cedicovou-a-sklenou-vatou.html>
- [21] *TZB-info* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>
- [22] *Davar.cz* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: [http://davar.cz/badatelna/xref/cih\\_historie.htm](http://davar.cz/badatelna/xref/cih_historie.htm)
- [23] *Wienerberger.cz* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://wienerberger.cz/fakta/cihla-a-jej%C3%AD-historie>
- [24] *Wienerberger.cz* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://wienerberger.cz/produkty/porotherm-30-profi#collapse-collapse1366455224180>
- [25] NOVÁK, Jiří, Ludmila HAČKAJLOVÁ a Jaroslava NOVÁKOVÁ. *Ekonomika a management pro studenty bakalářského studia v programu SI*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03051-2. str. 6
- [26] PROSTĚJOVSKÁ, Zita. *Management výstavbových projektů*. V Praze: České vysoké učení technické, 2008. Str. 32 ISBN 978-80-01-04142-0.
- [27] MARKOVÁ, L. a kolektiv. *Náklady životního cyklu stavby*. V Brně: Ústav stavební ekonomiky a řízení na Fakultě stavební Vysokého učení technického v Brně, 2011. Str. 15. ISBN 978-80-7204-762-8
- [28] *EPRAVO.CZ* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.epravo.cz/top/clanky/predani-a-prevzeti-stavby-107799.html>
- [29] *Tepelná izolace* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://www.tepelna-izolace.cz/pozarni-odolnost-drevostavby-vhodne-materialy.html>
- [30] *Design plan* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://www.designplan.cz/informace-standardy/zdena-stavba-vs-drevostavba/>
- [31] LENOCH, Josef a František KALOUSEK. *Ekonomická analýza dřevostaveb*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010. ISBN 978-80-7375-473-0.
- [32] Výkresová dokumentace projektu bytového domu
- [33] Vlastní zpracování společně s Evou Gálíkovou
- [34] Vlastní zpracování

## 10 Seznam obrázků

- Obr. 1: Typologie dřevěných stavebních systémů*  
*Obr. 2: Rámový konstrukční systém dřevostaveb*  
*Obr. 3.1 a 3.2: Struktura dřeva*  
*Obr. 4: Zubový spoj KVH tzv. Cink*  
*Obr. 5: OSB desky*  
*Obr. 6: Minerální izolace ISOVER*  
*Obr. 7: Fáze životního cyklu stavby*  
*Obr. 8: Půdorys 1.NP podkladového projektu zděné stavby*  
*Obr. 9: Řez podkladového projektu zděné stavby*  
*Obr. 10: Řez obvodové stěny navržené dřevostavby*  
*Obr. 11: Řez vnitřní nosné stěny navržené dřevostavby*  
*Obr. 12: Řez stropní konstrukce navržené dřevostavby*  
*Obr. 13: Řez příčky navržené dřevostavby*  
*Obr. 14: Řez střešní konstrukce navržené dřevostavby*  
*Obr. 15: Zjednodušení stavby pro výpočet náročnosti výstavby celého objektu*

## 11 Seznam tabulek

- Tab. 1: Přehled charakteristických hodnot pevností KVH a BSH hranolů*  
*Tab. 2: Porovnání nákladů vybraných konstrukcí*  
*Tab. 3: Porovnání časové náročnosti výstavby vybraných konstrukcí*  
*Tab. 4: Porovnání hmotností vybraných konstrukcí*  
*Tab. 5: Součinitelé prostupu tepla vybraných konstrukcí*  
*Tab. 6: Reakce materiálů na oheň obvodových stěn zděné stavby a dřevostavby*  
*Tab. 7: Reakce materiálů na oheň stropních konstrukcí zděné stavby a dřevostavby*  
*Tab. 8: Požární odolnosti příček zděné stavby a dřevostavby*  
*Tab. 9: Srovnání nákladů na výstavbu dřevostavby a zděné stavby*  
*Tab. 10: Srovnání časové náročnosti výstavby dřevostavby a zděné stavby*  
*Tab. 11: Přehled nákladů a časové náročnosti staveb*

## 12 Seznam grafů

- Graf 1: Porovnání nákladů vybraných konstrukcí*  
*Graf 2: Porovnání časové náročnosti výstavby vybraných konstrukcí*  
*Graf 3: Porovnání hmotností vybraných konstrukcí*  
*Graf 4: Porovnání součinitelů prostupu tepla vybraných konstrukcí*  
*Graf 5: Porovnání celkových nákladů na výstavbu vybraných konstrukcí*  
*Graf 6: Srovnání nákladů na výstavbu dřevostavby a zděné stavby*  
*Graf 7: : Porovnání celkové časové náročnosti výstavby dřevostavby a zděné stavby*  
*Graf 8: : Srovnání časové náročnosti výstavby dřevostavby a zděné stavby*

## 13 Přílohy

- 1.a – Rozpočet obvodové stěny dřevostavby
- 1.b – Rozpočet obvodové stěny zděné stavby
- 2.a – Rozpočet vnitřní nosné stěny dřevostavby
- 2.b – Rozpočet vnitřní nosné stěny zděné stavby
- 3.a – Rozpočet stropní konstrukce dřevostavby
- 3.b – Rozpočet stropní konstrukce zděné stavby
- 4.a – Rozpočet příčky dřevostavby
- 4.b – Rozpočet příčky zděné stavby
- 5.a – Rozpočet střešní konstrukce dřevostavby
- 5.b – Rozpočet střešní konstrukce zděné stavby
- 6. Výpočet prostupu tepla  $U$  konstrukcemi zděné stavby a dřevostavby

## 14 Seznam použitých zkratek

m<sup>2</sup> – metr čtvereční

mm – milimetr

Nh – normohodina

U – součinitel prostupu tepla

$\lambda$  – lambda – součinitel tepelné vodivosti

TOV – Technicko-organizační varianta

SDK – sádrokartonová deska

PVC – polyvinylchlorid

KVH – konstrukční dřevěné hranoly

BSH – lepené konstrukční dřevěné hranoly

EPS – polystyren