

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a dřevařská**

**Katedra zpracování dřeva a biomateriálů**



**Fakulta lesnická  
a dřevařská**

**Návrh realizace obytné dřevostavby prefabrikací pro  
trvalé bydlení**

**Diplomová práce**

**Bc. Jindřich Vítovec**

**Ing. Přemysl Šedivka, Ph.D.**

**2024**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jindřich Vítovec

Dřevěné konstrukce a stavby na bázi dřeva

Název práce

**Návrh realizace obytné dřevostavby prefabrikací pro trvalé bydlení**

Název anglicky

**Proposal for the implementation of a residential wooden building produced by prefabrication for permanent housing**

### Cíle práce

Cílem první části diplomového projektu je vypracování literárního rozboru oblasti provedení prefabrikované dřevostavby pro trvalé bydlení z hlediska technologie výroby. Cílem druhé části je vypracování projektu ve stupni realizační dokumentace stavby pro trvalé bydlení dle stávajícího projektu či architektonické studie. Dalším cílem je zpracování výkresové dokumentace jako výstup pro výrobu vybrané části dřevostavby včetně řešení vybraných konstrukčních detailů, řešených z hlediska technologie výroby. Součástí práce bude vypracování statického posudku konkrétního zvoleného konstrukčního prvku, třech detailů konstrukčních spojů, základní posouzení vybrané části objektu z hlediska stavební fyziky a rozpočtu pro realizaci.

### Metodika

V první části závěrečného diplomového projektu bude zpracování literárního rozboru oblasti technologie výroby pro prefabrikaci objektů pro trvalé bydlení. Bude vybrán projekt anebo architektonická studie návrhu a konstrukce vybrané části objektu pro trvalé bydlení. Bude vypracován projekt ve stupni realizační dokumentace stavby, jejíž součástí bude technická zpráva, výkresová dokumentace jako výstup pro výrobu vybrané části dřevostavby včetně funkčního řešení minimálně pěti vybraných konstrukčních detailů, řešených z hlediska technologie výroby, dokumentace vybraného konstrukčního prvku pro CNC a statický posudek konkrétního zvoleného konstrukčního prvku. Součástí práce pak bude základní posouzení vybrané části objektu z hlediska stavební fyziky a rozpočtu pro realizaci.

Červenec – srpen 2023:

- Literární rozbor problematiky výroby objektu.

Září – říjen 2023:

- Realizační dokumentace vybrané části dřevostavby na základě vzorového projektu či architektonické studie.

Říjen – prosinec 2023:

- Souhrnná technická zpráva.

Říjen 2023 – únor 2024:

- Výkresová dokumentace pro výrobu vybrané části dřevostavby včetně funkčního řešení konstrukčních detailů.
- Statický posudek konkrétního konstrukčního prvku a třech detailů konstrukčních spojů.
- Posouzení vybrané části objektu z hlediska stavební fyziky.
- Rozpočet pro realizaci pro vybranou část objektu.

Březen 2024:

- Prezentace kompletní závěrečné práce vedoucímu.

Duben 2024:

- Odevzdání závěrečné práce.



**Doporučený rozsah práce**

60 – 80 stran

**Klíčová slova**

Dřevostavba; konstrukce na bázi dřeva; prefabrikace; výroba

---

**Doporučené zdroje informací**

- Borgström, E. Design of timber structures: Structural aspects of timber construction. SE 102 04  
Stockholm: Swedish Forest Industries Federation, 2016. ISBN 978-91-980304-8-8
- Faherty, F.K. (1998). Wood Engineering and Construction Handbook. New York: McGraw Hill. ISBN-13:  
978-0070220706
- Kolb, J. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2. aktualizované vydání v České republice. Přeložil Bohumil Koželouh. Praha: Grada, 2011. ISBN 9788024740713
- Kuklík, P. Dřevěné konstrukce. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2005. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 8086769720
- Neufert, E., Neufert, P. Navrhování staveb: zásady, normy, předpisy o zařízeních, stavbě, vybavení, nárocích na prostor, prostorových vztazích, rozměrech budov, prostorech, vybavení, přístrojích z hlediska člověka jako měřítka a cíle. 2. české vyd., (35. německé vyd.). Praha: Consultinvest, 2000. ISBN 8090148662
- Newman, M. Design and Construction of Wood Framed Buildings, New York: McGraw-Hill Education, 1994. ISBN 978-0070463639
- Opderbecke, A. Das Holzbau-Buch: Für den Schulgebrauch und die Baupraxis. Wallingford: Chiron Media 2013. ISBN: 9783878707196
- Sobon, J.A., Schroeder, R. (1984). Timber Frame Construction: All About Post-and-Beam. New York: Storey Book. ISBN 9780882663661
- Steiger, L. (2017). Basics Timber Construction. Birkhäuser. Basíloj: ISBN-13: 978-3764381028
- Štefko, J., Reinprecht, L. Dřevěné stavby. Konstrukce, ochrana a údržba. Bratislava: Jaga Group, 2004. ISBN 8088905958
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2023/24 LS – FLD

**Vedoucí práce**

Ing. Přemysl Šedivka, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 29. 6. 2023

**doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 7. 2023

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**

Děkan

V Praze dne 23. 03. 2024

---

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Návrh realizace obytné dřevostavby prefabrikací pro trvalé bydlení vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne \_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Přemyslu Šedivkovi Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a pomoc při jejím vypracování.

# Návrh realizace obytné dřevostavby prefabrikací pro trvalé bydlení

## Souhrn

Diplomová práce se zaměřuje na problematiku prefabrikovaných dřevostaveb pro trvalé bydlení. Cílem práce je v první části provést literární rozbor na téma vývoj dřevostaveb, typy dřevostaveb a možnosti technologie prefabrikace.

Součástí práce je i zpracování výkresové dokumentace jako výstup pro výrobu vybrané části dřevostavby včetně funkčního řešení minimálně pěti vybraných konstrukčních detailů, řešených z hlediska technologie výroby. Dále je zpracována dokumentace vybraného konstrukčního prvku pro CNC a statický posudek zvoleného konstrukčního prvku a posouzení 3 detailů spojů. Součástí práce je také základní posouzení obálky z hlediska stavební fyziky a rozpočtu pro realizaci.

Výstupem práce je komplexní přehled o technologii výroby prefabrikovaných dřevostaveb, návrh a dokumentace rodinného domu v souladu s moderními trendy a technologiemi, ověření funkčnosti a proveditelnosti vybraných konstrukčních detailů, posouzení a ekonomické stránky prefabrikované dřevostavby.

**Klíčová slova:** prefabrikace dřevostavby, technologie výroby, realizační dokumentace, výrobní dokumentace.

# **Proposal for the implementation of a residential wooden building produced by prefabrication for permanent housing**

## **Summary**

The thesis focuses on the issue of prefabricated wooden buildings for permanent housing. The aim of the thesis is in the first part to make a literature analysis on the development of wooden buildings, types of wooden buildings and the possibilities of prefabrication technology.

The work also includes the preparation of drawings as an output for the production of a selected part of the wooden building, including the functional design of at least five selected construction details, solved in terms of production technology. In addition, the documentation of the selected structural element for CNC and the static assessment of the selected structural element and the assessment of 3 details of the joints are prepared. The work also includes a basic envelope assessment in terms of structural physics and budget for implementation.

The output of the thesis is a comprehensive overview of prefabricated timber building technology, design and documentation of the house in accordance with modern trends and technologies, verification of the functionality and feasibility of the selected structural details and assessment and economics of the prefabricated timber building.

**Keywords:** prefabrication of wooden buildings, production technology, implementation documentation, production documentation.



# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>11</b>
<b>2 Literární rešerše</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1 Historie a vývoj dřevostaveb</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2 Ekologická stránka dřevostaveb</b> .....	<b>14</b>
<b>2.3 Typy dřevostaveb</b> .....	<b>15</b>
2.3.1 Srubové stavby.....	15
2.3.2 Hrázděné stavby.....	16
2.3.3 Skeletové stavby.....	17
2.3.4 Stavby z masivních panelů.....	18
2.3.5 Sloupkové stavby.....	19
<b>2.4 Konstrukční systémy lehkého skeletu</b> .....	<b>20</b>
2.4.1 Balloon frame.....	20
2.4.2 Platform frame.....	21
<b>2.5 Jednotlivé vrstvy panelů</b> .....	<b>22</b>
<b>2.6 Vnikání vlhkosti do konstrukce</b> .....	<b>23</b>
2.6.1 Difúzně otevřené konstrukce.....	24
2.6.2 Difúzně uzavřené konstrukce.....	25
<b>2.7 Technologie prefabrikace</b> .....	<b>25</b>
2.7.1 Prvková prefabrikace.....	25
2.7.2 Panelová prefabrikace.....	26
2.7.3 Modulová prefabrikace.....	27
2.7.4 Celková prefabrikace.....	28
<b>3 Metodika</b> .....	<b>29</b>
<b>4 Praktická část</b> .....	<b>30</b>
<b>4.1 Výrobní dokumentace</b> .....	<b>30</b>
4.1.1 Vynesení půdorysu.....	30
4.1.2 Stavební otvory.....	31
4.1.3 Technika prostředí.....	32
4.1.4 Elektro instalace.....	33
4.1.5 Statické prvky.....	33
4.1.6 Grafické popisky.....	34
4.1.7 3D modelování.....	35
4.1.8 Kontrola.....	40
4.1.9 Tvorba výrobních výkresů.....	42
4.1.10 Export výrobních dat.....	43
<b>4.2 Statické posouzení zvoleného prvku</b> .....	<b>45</b>

4.3	Posouzení 3 spojů.....	47
4.4	Stavební fyzika .....	47
4.5	Rozpočet .....	48
5	Výsledky .....	50
5.1	Výkresová část .....	50
5.2	Stavební fyzika .....	50
5.3	Statické posouzení prvku a spojů .....	51
5.4	Rozpočet .....	52
6	Diskuze .....	53
7	Závěr .....	54
8	Literatura.....	55
9	Seznam obrázků.....	59
10	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	60
11	Samostatné přílohy .....	61

# 1 Úvod

Dřevostavby mají na českém trhu stále větší zastoupení. Díky jedinečným vlastnostem se čím dál častěji využívají pro rodinné domy.

V současné době stojí stavební průmysl před mnoha výzvami, z nichž jednou z nejvýznamnějších je hledání efektivních a udržitelných způsobů výstavby. Prefabrikované dřevostavby pro trvalé bydlení představují jedno z možných řešení, které slibuje nejen rychlost a ekonomickou efektivitu, ale také ekologickou šetrnost. Tato diplomová práce si klade za cíl prozkoumat a analyzovat různé aspekty prefabrikace dřevostaveb, od technologických procesů výroby až po realizaci konkrétních stavebních projektů.

Prefabrikované dřevostavby jsou téměř vždy připravovány na CNC strojích. Z tohoto důvodu si vždy realizační firma zpracovává svoji dokumentaci pro výrobu. Realizační firmy využívají 3D software pro snažší řešení detailu a především pro možný export na CNC stroje.

Impulzem pro vznik této diplomové práce byla stáž autora v realizační firmě, která se zabývá výrobou panelových dřevostaveb. Volba tématu diplomové práce vychází ze zájmu o oblast moderních stavebních technologií a ekologického bydlení. Prefabrikované dřevostavby představují inovativní a udržitelný způsob výstavby, který nabízí mnoho výhod, jako je rychlá montáž a nízká energetická náročnost.

Tato diplomová práce by měla přinést přehled o technologii výroby prefabrikovaných dřevostaveb a posoudit jejich technické, energetické a ekonomické aspekty.

## **Cíl práce**

Cílem první části diplomového projektu je vypracování literárního rozboru oblasti provedení prefabrikované dřevostavby pro trvalé bydlení z hlediska technologie výroby. Cílem druhé části je vypracování projektu ve stupni realizační dokumentace stavby pro trvalé bydlení dle stávajícího projektu či architektonické studie. Dalším cílem je zpracování výkresové dokumentace jako výstup pro výrobu vybrané části dřevostavby včetně řešení vybraných konstrukčních detailů, řešených z hlediska technologie výroby. Součástí práce bude vypracování statického posudku konkrétního zvoleného konstrukčního prvku, třech detailů konstrukčních spojů, základní posouzení vybrané části objektu z hlediska stavební fyziky a rozpočtu pro realizaci.

## 2 Literární rešerše

### 2.1 Historie a vývoj dřevostaveb

Dřevo jako konstrukční materiál bylo využíváno od pravěku. Pro nosnou konstrukci chýší byly využívány větve či menší kmeny. Plášť těchto chýší byl tvořen kůží nebo rákosem vyplněným hlínou. Dřevo bylo vyžito především kvůli jeho snadné dostupnosti a snadnosti na opracování.

Ve středověku se rozvinuly nové typy dřevostaveb. V tomto období záleželo především na dostupnosti materiálu. Na jihu Evropy se stavěly většinou hliněné a kamenné stavby. Ve střední Evropě se, díky rozvoji nových technologií pro zpracování a obrábění dřeva, začaly postupně rozšiřovat roubené stavby. Původně se používaly neotesané kmeny kladené na sebe na koncích spojené pomocí tesařských spojů. Později se využívaly kmeny mírně otesané a pak hraněné. Nejčastěji se pro napojení využívalo tesařského spoje rybiny. Pro utěsnění spáry, která vzniká mezi trámky se využíval mech a hlína ([www.mezistromy.cz](http://www.mezistromy.cz)).

Koncem 15. století sem přinesli němečtí osadníci technologii hrázděných staveb. Hrázděná stavba se skládala z vodorovných a svislých dřevěných prvků zpevněné šikmými vzpěrami. Výplň nejčastěji byla z mazaniny (hrnčířská hlína s plevami) nebo vepřovice (nepálená hliněná cihla). V hustě zastavěných oblastech nově vznikajících a rozvíjejících se měst docházelo k četným a rozsáhlým požárům dřevěných staveb. Příkladem je velký požár Londýna v roce 1666, který zničil značnou část města. Tato událost a další podobné katastrofy vedly k přehodnocení materiálů používaných pro stavbu domů ve městech ([www.casopisstavebnictvi.cz](http://www.casopisstavebnictvi.cz)).

Velkým zlomem bylo pro stavebnictví období průmyslové revoluce. Začaly se nově využívat materiály jako beton, železo a plast. V tomto období však dřevostavby nezaznamenaly výrazný posun, jelikož u nás byly lesy vyčerpány z předchozí energetické krize (Smola 2009).

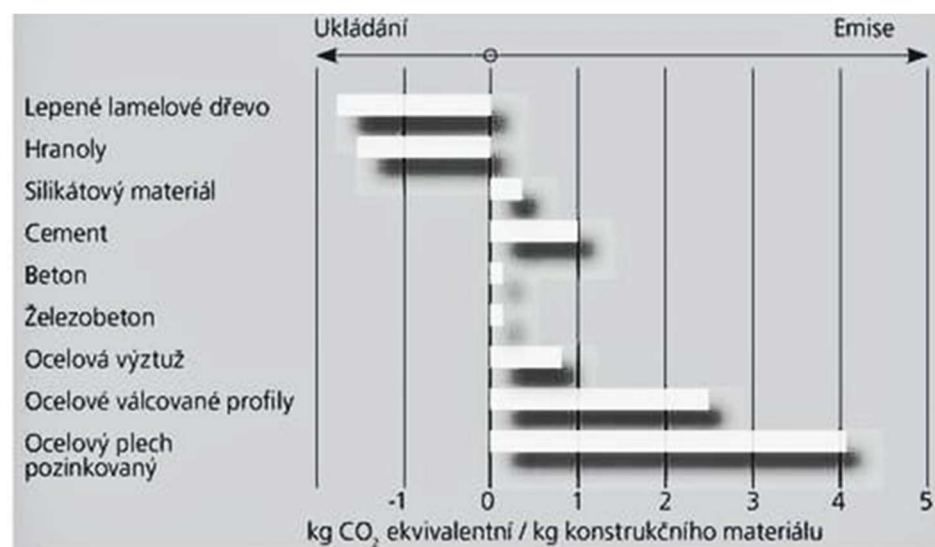
V 19. století, s rozvojem pilařského průmyslu, vzniká technologie sloupkové dřevostavby. Za předchůdce lze považovat hrázděné stavby. Sloupkové dřevostavby se dočkaly největšího uplatnění v Americe. Zde se hojně využíval systém two by four, označující šířku a výšku prvků v palcích. V Americe vznikly už i první prefabrikované domy, které se v továrně vyrobily, celé smontovaly, následně rozložily a odvezly na stavby, kde se opětovně smontovaly ([www.gebasdomy.cz](http://www.gebasdomy.cz)).

Na území českého státu se dřevostavby v tomto období takřka nevyskytovaly. Bylo to zapříčiněno nedostatkem dřevní hmoty v důsledku častých kalamit. Stavěly se převážně zděné domy a dřevo se využívalo na krov. Vznikly také první deskové materiály jako dřevotřískové

desky, překližované desky. Dřevěné deskové materiály se zpočátku využívaly jako pomocný materiál pro betonové konstrukce, kvůli své krátké životnosti. Po druhé světové válce se Československo odklonilo od vývoje dřevostaveb. V německy mluvících zemích byla velká poptávka po bytových jednotkách, jelikož velké množství bytů bylo zničeno ve druhé světové válce. Tuto poptávku z části pokryly dřevostavby. U nás však bylo dřevo bráno jako pomocný materiál při výstavbě. Po roce 89 skokově narostl počet firem zabývajících se dřevostavbami. V počátku byla kvalita většinou špatná, nebyly vyřešeny detaily, vzduchotěsnost a celkově stavební fyzika často ani statika. Nedostatečná kvalita provedení a komfort při užívání domů však v očích veřejnosti ještě více degradoval stavby ze dřeva. Kolem roku 2000 se do České republiky začínají dostávat informace a zkušenosti o dřevostavbách z Německa a Rakouska. Tím se rapidně zvýšila kvalita a komfort při užívání. V dnešní době mají dřevostavby čím dál větší zastoupení na trhu ([www.mezistromy.cz](http://www.mezistromy.cz)).

## 2.2 Ekologická stránka dřevostaveb

Dřevo je materiál s minimální uhlíkovou stopou, jejíž cesta začíná v lese, kde stromy absorbují  $\text{CO}_2$  z atmosféry. Proces fotosyntézy umožňuje stromům uložit uhlík do svého dřeva a uvolnit zpět kyslík ( $\text{O}_2$ ) do ovzduší. Dřevo takovým způsobem sebere uhlík a po konci své životnosti ho lze jednoduše uvolnit zpět do atmosféry například hořením. V posledních letech se však usiluje o prodloužení tohoto cyklu tím, že se dřevní hmota recykluje a znovu využívá. Tento přístup umožňuje zadržet větší množství uhlíku ve formě dřeva po delší dobu. Naopak při výrobě různých stavebních materiálů vznikají emise  $\text{CO}_2$  viz obrázek 1, které mají negativní dopad na životní prostředí a udržitelnost planety (Kobl, 2011).



Obrázek 1 Porovnání ukládání a emisí  $\text{CO}_2$  při výrobě stavebních materiálů

(Kobl, 2011)

Z dlouhodobého pohledu se ze stavebních materiálů vždy stává odpad, kterého je potřeba se na konci životnosti zbavit. Konstrukce ze dřeva mají v tomto ohledu výhodu nízké energetické náročnosti na výrobu. Pilařské závody mají snahu odebírat dřevní surovinu z blízkých lesů, tím omezují náklady na dopravu a je to pro ně ekonomické. Při porovnání celkové energie potřebné pro výrobu 1t dřeva a jiného materiálu vychází pálená cihla 3násobně, beton 6násobně, konstrukční ocel 24násobně a hliníkové slitiny 126násobně. V těchto výpočtech není dále započítáno s možností dřevo proměnit na energii po skončení životnosti. Při zvolení dřevěné konstrukce místo železobetonové lze ušetřit až 1/3 energie potřebnou na výrobu materiálů (Štefko, 2006).

Prefabrikované dřevostavby produkují přibližně o 20-30% méně počátečních emisí skleníkových plynů. Tovární výrobou nevzniká takový odpad jako při staveništní výstavbě. Veškeré materiály musí být však dopraveny do výrobní haly a poté na staveniště. Je zde však vyšší vytiženost kamionů. Technologie přepravy stavebních dílců má vyšší potenciál ke snížení skleníkových plynů (Takano, 2014).

## 2.3 Typy dřevostaveb

### 2.3.1 Srubové stavby

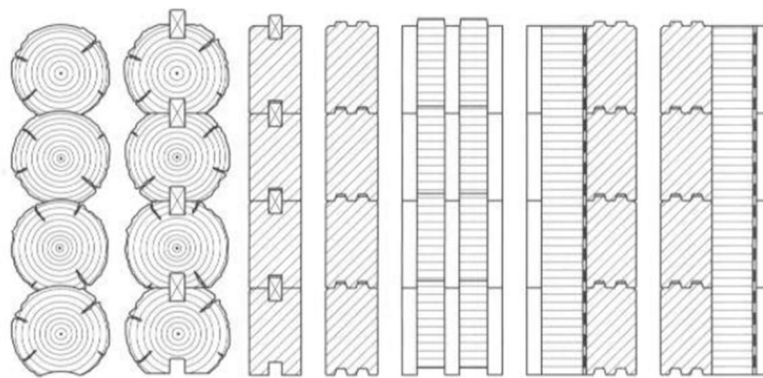
Srub je dřevostavba skládající se z vodorovných dřevěných prvků, které jsou v rozích spojeny roubením viz obrázek 2. Vodorovné prvky mohou být kulatého průřezu nebo opracovány na hranoly. U kulatého průřezu se kulatina zbaví pouze kůry a následně je zpracována tesařsky. Tento druh srubů se považuje za kanadskou technologii (Houdek, 2004).



Obrázek 2 Kanadský srub

(<https://www.srub.cz/katalog-cenik-srubu-roubenek/detail/su-pe--arkansas/>, 20.1.2024)

Sruby se mohou dále skládat z opracovaných prvků ze dvou stran tzv. prizem. Nejnovějším typem srubů jsou sruby z opracovaných prvků ze všech čtyř stran. Srubové stavby vyžadují mnoho zkušeností a tesařskou zručnost. Kvůli sesedání musí být vyřešeny všechny detaily. Srub z nesusušeného dřeva může sesedat až o 25 mm na poschodí. Sesedání musí být uzpůsobeny všechny stavební otvory, kotvení schodů, instalace, prostupy komínů a další. Pro splnění dnešních tepelně izolačních standardů je zapotřebí přidat dodatečnou izolaci. Sruby se nejvíce stavěly v horských oblastech, v místech s dobrou dostupností dřeva. Pro sruby jsou vhodné rovné kmeny s malou sbíhavostí, a proto se pro sruby volí jehličnaté stromy jako smrk, modřín, borovice (Mackie, 2011).



**Obrázek 3 Druhy vodorovných prvků srubu**

(Kobl, 2011)

### 2.3.2 Hrázděné stavby

Konstrukce hrázděné stěny zahrnuje použití hraněných svislých a vodorovných trámů, které jsou pevně ztuženy pomocí šikmých vzpěr. Tato konstrukce slouží jako nosná část, zatímco volný prostor uvnitř je vyplněn materiálem, který nemá nosnou funkci (např. mazanina, vepřovice, později pálené cihly (Vinař, 2017).

Tato technologie stavby byla využívána pro venkovské domy, zejména v Anglii, Německu, České republice a dalších evropských zemích. Často byla používána při výstavbě městských obytných domů. Jednalo o typickou architekturu středověkých měst. Hrázděné stavby byly oblíbené pro svou trvanlivost a snadnou dostupnost materiálů. V dnešní době už nevzniká příliš nových hrázděných staveb (Vařeka, 2007).





**Obrázek 3 Hrázděná stavba**

(<https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/2524-prave-hrazdene-stavby-jsou-jiz-historii>, 20.1.2024)

### 2.3.3 Skeletové stavby

Skeletové stavby se vyznačují tím, že obvodový plášť nepřenáší zatížení a plní pouze funkce izolační a ochranou. Nosná konstrukce je především tvořena sloupy a vodorovnými trámy většinou v daném rastru. Tato konstrukce dovoluje navrhovat stavby s velkým otevřeným prostorem. Předsazený plášť také dovoluje navrhnutí velkých prosklených ploch bez nutného přerušení viz obrázek níže (Černá, 2020).



**Obrázek 4 Dřevostavba z těžkého skeletu**

(<https://www.tfh.cz/tezky-skelet-v-polabi>, 31.01.2024)

Těžký skelet je vhodný především pro stavby většího bytového charakteru například stavby občanské vybavenosti, administrativní budovy... Vzhledem k větším průřezům se v těžkém skeletu zejména využívá lepené lamelové dřevo, které je sice dražší, ale splňuje nároky na kvalitu. Nosné prvky jsou spojovány ocelovými svorníky a styčníky. Vodorovné ztužení je zajištěno zpravidla stropy. Svislé pak obvodovým pláštěm nebo tuhým jádrem (Černá, 2020).

### 2.3.4 Stavby z masivních panelů

Panely pro stavby z masivních panelů jsou tvořeny z 3 a více vrstev, které jsou na sebe kolmé. Dnes se nejčastěji můžeme setkat s pojmem dřevostavby z CLT panelů. Tento název vznikl z Cross Laminated Timber v překladu křížem lepené dřevo. CLT panely se skládají z vysušených lamel, které se následně lepí křížem. Toto zajišťuje rozměrovou stálost a eliminuje kroucení. Nosnou konstrukci pak tvoří samotné desky (www.cltsk.info).

Desky se vyznačují výbornou prostorovou tuhostí. Tato vlastnost se hodí především pro využití při výškových budovách. Za nevýhodu lze považovat velkou spotřebu dřevní suroviny. Někteří výrobci toto řeší využitím jiných technologií dřevostavby, například tím, že pro větší rozpory využívají trémové stropy (<https://novatop-system.cz/>).



Obrázek 5 dřevostavba z CLT panelů

([https://www.jafholz.cz/cz\\_responsive/sortiment/materialy-pro-drevostavby/clt-panely/2022/CLT%20panely%20-%20vlastnosti.pdf](https://www.jafholz.cz/cz_responsive/sortiment/materialy-pro-drevostavby/clt-panely/2022/CLT%20panely%20-%20vlastnosti.pdf), 01.02.2024)

Výhodou je, že samotné CLT panely tvoří vzduchotěsnou obálku a jsou vhodné pro difúzně otevřené konstrukce. CLT panely se vyrábí ve dvou kvalitách, nepohledové a pohledové značené NSi a Si. CLT panely jsou vždy prefabrikované. Toto zajišťuje vysokou přesnost a rychlou montáž, na kterou je však potřeba těžká technika. Křížem lepené panely se využívají pro stěny, stropy, ale i pro střešní panely. CLT technologie je po sloupkové konstrukci nejrozšířenější. Vhodné využití nalézají v rodinných domech, obrázek výše, ale i u vícepodlažních budov. (Pavlas, 2016)

### 2.3.5 Sloupkové stavby

Sloupkové dřevostavby jsou dnes nejrozšířenější z již zmiňovaných konstrukcí. Nosná konstrukce se skládá ze svislých sloupků, které jsou připevněny k horní a spodní pásnici obrázek 6. Mezi sloupky je vložena izolace. Prostorovou tuhost zajišťují desky připevněné na sloupky. Jsou známy dva způsoby výstavby platform frame a ballon frame. U ballon frame sloupky probíhají více patry a u platform frame jsou zkráceny na výšku podlaží. Z větší části se dnes využívá platform frame, jelikož je technologicky i konstrukčně výhodnější s ohledem na možnou prefabrikaci. Sloupky jsou považovány jako tepelný most. Z tohoto důvodu se volí, pokud možno co nejmenší, nejčastěji šířky 60 až 80 mm a výšky 120 až 200 mm. Sloupky mohou být ze stavebního řeziva, KVH a v případě využití větších rozměrů z BSH. Sloupky jsou rozmístěny v osové vzdálenosti 625 mm. Tento rozměr je dán rozměry desek, které mají šířku 1250 mm (Pejša, 2016).



**Obrázek 6 Konstrukce sloupkové dřevostavby**

(<https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-stavebni-materialy-na-bazi-obnovitelných-zdroju-surovin.html>, 03.02.2024)

Výhodou sloupkových dřevostaveb je flexibilita a jejich variabilita. Sloupková konstrukce umožňuje různé dispozice a tvary prostorů. Nejčastěji se využívají pro stavby rodinných domků, ale ve světě existují i menší haly nebo veřejné budovy (Růžička, 2014).

## 2.4 Konstrukční systémy lehkého skeletu

### 2.4.1 Balloon frame

Ballon frame je technologie dřevostaveb, která se využívala v oblastech bohatých na jehličnaté lesy, jako je Skandinávie, Kanada... Jehličnaté lesy jsou vhodnější než listnaté, jelikož je zapotřebí dlouhých sloupků, které probíhají přes více pater. Sloupky probíhají od spodní pásnice až k horní pásnici dalšího patra obrázek 7. Toto řešení zajišťuje prostorovou tuhost a provázanost pater. Mezilehlé podlahové konstrukce byly připevněny k probíhajícím sloupkům, často i částečně zapsušeny. Podlahové konstrukce tak bránily sloupkům proti vzpěru. U ballon frame konstrukcí je zapotřebí dbát na vzpěr, zvláště u stěn, které neztužují stropy. Vzpěr je zapotřebí posoudit, jelikož sloupky mají stejný průřez jako u platform frame, ale jsou násobně delší (Simpson, 2019).



Obrázek 7 Balloon frame konstrukce

(<https://storables.com/diy/building-construction/what-is-balloon-frame-construction/>, 12.02.2024)

V 19. století v Americe bylo dostatek kvalitního dřeva, chyběla však kvalifikovaná pracovní síla. Situace se změnila s masovou výrobou hřebíků a jiných kovových spojovacích prvků. Toto zatraktivnilo sloupkovou konstrukci, jelikož nebylo zapotřebí takové zručnosti jako u hrázděné konstrukce, která využívala především tesařské spoje jako čepy, dlaby, přeplátování, rybiny .... Poprvé si tak mohli farmáři postavit vlastní budovy i bez náročného tesařského učení. Jednoduchost konstrukce měla za následek snížení ceny a zvýšení dostupnosti. Díky této technologii si mohli i chudší Severoameričané dovolit vlastní bydlení. Toto mělo za následek snazší osídlení západu Spojených států a Kanady. Balloon frame však potřeboval velmi dlouhé sloupky kterých byl v USA nedostatek. Délkově nastavované dřevo se ve dvacátých letech ještě nepoužívalo, tak nastoupila technologie platform frame a začala značně převažovat. (en.wikipedia.org)

- Výhody:**
- Rychlost výstavby
  - Stejně profily na téměř celou stavbu
  - Při výrobě je ještě možné měnit dispozici
  - Při výstavbě není zapotřebí těžké techniky

- Nevýhody:**
- Pouze staveništní montáž
  - Zvýšené nároky na délku dřevěných prvků
  - Náročnost na konstrukční spoje

#### 2.4.2 Platform frame

Platform frame se skládá z dílů postavených vzájemně na sebe. Jedná se dnes o nejpoužívanější konstrukční systém dřevostaveb. Sloupky oproti balloon frame probíhají pouze přes jedno patro obrázek 8. Tomuto musí být přizpůsobeny detaily zejména pro zajištění vzduchotěsnosti. Tento systém je vhodný pro prefabrikaci, která značně urychluje staveništní montáž. Lze ho tedy realizovat jak staveništní montáží, tak prefabrikací a dovezení panelů na stavbu (Osborn, 2010).

Jeho nevýhodou je, že při stavění dílů na sebe nastává otláčování vodorovných prvků jeho rámové konstrukce kolmo k vláknům dřeva. V případě vícepodlažních budov, v důsledku sesychání prvků, dochází k významné svislé deformaci nosné konstrukce, která může představovat problémy v oblasti fasády. Z výše uvedených důvodů je konstrukční systém vhodný pro menší objekty jako rodinné domy nebo budovy do čtyř nadzemních pater (Kuklík, 2023).

- Výhody:**
- Rychlost výstavby
  - Stejné profily na téměř celou stavbu
  - Menší nároky na délku prvků
  - Možnost prefabrikace
- Nevýhody**
- Omezené rozměry přepravní délkou a výškou
  - U prefabrikace nutnost použití těžké techniky
  - Nevhodné pro budovy vyšší než 4 patra



**Obrázek 8 Dřevostavba platform frame**

(<https://www.drevoastavby.cz/component/content/article/151-o-drevostavbach/2865-5-duvodu-pro-sloupkovy-system>, 13.2.2024)

Modifikovaný ballon frame, jedná se o kombinaci platform frame a ballon frame. Sloupky probíhají přes jedno patro, pouze krajní probíhají přes více pater, které vzájemně provazují (Kobl, 2011).

## **2.5 Jednotlivé vrstvy panelů**

Jednotlivé panely se skládají z více vrstev, kde na každou vrstvu jsou kladeny jiné požadavky. Některé vrstvy přenášejí zatížení, jiné izolují... Každá vrstva má jiné vlastnosti, podle kterých je vhodně zvolena a zařazena. Zvolený materiál musí splňovat požadavky dané vrstvy. Jednotlivé vrstvy mají určité pořadí dle jejich funkce (Hájek, 1997).

**Vnější obkladová vrstva:** Tato vrstva chrání stavbu před povětrnostními vlivy, jako déšť, sníh a sluneční záření. Vnější vrstva může být tvořena například dřevěnými palubky, omítkou a jinými vhodnými materiály. Nejčastěji se využívají pastovité probarvené venkovní omítky, zejména díky snadné aplikaci, možnosti mnoho textur, snadnému obarvení a dlouhé životnosti (Blaha, 2004).

**Izolační vrstva** je důležitou součástí dřevostavby. Plní především tepelně izolační funkci. Pomáhá udržovat teplotu v interiéru a snižovat tepelné ztráty. Nejběžněji používané izolační materiály u dřevostaveb jsou minerální vaty, polyuretanové pěny nebo dřevovláknité desky. Vrstva má vysoké požadavky na součinitel tepelné vodivosti, ale je dobré počítat i s měrnou tepelnou kapacitou (Pregizer, 2009).

**Nosná konstrukce** je zpravidla tvořena dřevěnými sloupky. Nejčastěji jsou používány materiály: KVH, BSH, rostlé dřevo. Tyto prvky přenáší váhu celého stavebního systému a poskytují stabilitu a odolnost proti silám způsobených vlastní tíhou, sněhem... Jednotlivé sloupky jsou dále ztuženy deskami nejčastěji OSB nebo dřevovláknitými deskami. Tyto desky zajišťují tuhost a zavětrování konstrukce (Hájek, 1997).

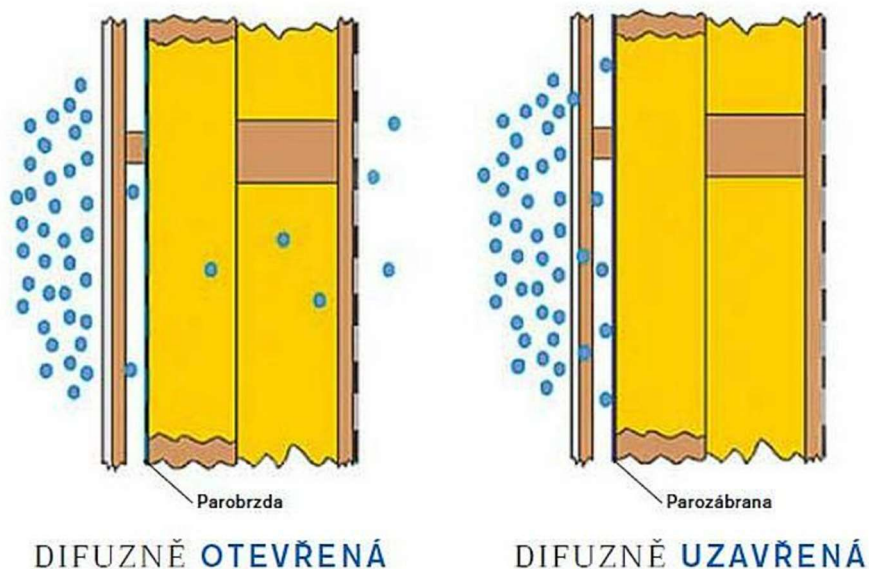
**Difúzní folie** slouží k omezení průchodu vodní páry z vnitřku domu ven. Tato vrstva zabraňuje vzniku kondenzace a hromadění vlhkosti uvnitř stěny. Nejčastěji se používají parozábrany, které jsou propustné pro vodní páru ve směru ven. Tyto folie zajišťují také vzduchotěsnost obálky (Novák, 2008).

**Vnitřní vrstva:** Poslední vrstva stěny je vnitřní obkladová vrstva, která tvoří vnitřní povrch místnosti. Zpravidla je připevněna na dřevěném roštu, ve kterém se vede veškerá instalace. Vnitřní vrstva je tvořena například sádkartonovými deskami, sádrovláknitými deskami, dřevěnými obklady nebo jinými vhodnými materiály pro interiérové provedení (Kubečková, 2012).

## 2.6 Vnikání vlhkosti do konstrukce

U dřevostaveb je zapotřebí řešit vlhkost daleko více než u zděných staveb. Vlhkost je zapotřebí řešit ve všech případech jako zatékání, vzlínání vlhkosti a vnikání vzdušné vlhkosti. Zatékání lze eliminovat zvolením a provedením správných detailů. Zemní vlhkost se řeší správným provedením hydroizolace na základové desce. Z hlediska vnikání vzdušné vlhkosti

do konstrukce lze dřevostavby rozdělit na difúzně otevřené a difúzně uzavřené. Vzdušná vlhkost se snaží pronikat z prostředí s nižší koncentrací do prostředí s vyšší koncentrací, tedy z interiéru do exteriéru (Dashofer, 2009).



Obrázek 9 Difúzně otevřená a uzavřená stěna

(<https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/6568-difuzne-otevrena-nebo-difuzne-uzavrena-stena-do-drevostavby>, 3.3.2024)

### 2.6.1 Difúzně otevřené konstrukce

Difúzně otevřená konstrukce pracuje na principu prostupu plynů. Skladba tak umožňuje prostupu vlhkosti z interiéru do exteriéru. Je proto důležité správné použití materiálu a také pořadí. Jednotlivé vrstvy se musí řadit podle difúzního odporu. Vrstvy s vyšším difúzním odporem musí být na straně interiéru a s přibývajícimi vrstvami musí odpor klesat. Snižující se difúzní odpor směrem z interiéru do exteriéru je nutný, aby se vodní pára v konstrukci nehromadila (Krňanský, 2008).

Množství vlhkosti vpuštěné do konstrukce redukuje parobrzdá. Ta se nachází co nejbližší k interiéru. Nejčastěji se používají folie s nízkým difúzním odporem, sádrovláknité desky a OSB desky. Pro tepelnou izolaci se využívají dřevovláknité desky, foukané dřevní vlákno, celulóza, minerální vata. Vzhledem k vyšší pořizovací ceně těchto materiálů jsou difúzně otevřené skladby z hlediska financí náročnější (Zeman, 2021).



## **2.6.2 Difúzně uzavřené konstrukce**

U difúzně uzavřené konstrukce neproniká vlhkost do konstrukce. Ve skladbě se nachází parozábrana nejčastěji PE folie. Parozábrana má vysoký difúzní odpor a nepropouští vodní páru do konstrukce. U této skladby nesmí být v parozábraně žádné defekty, kdy i malé defekty mají fatální dopady, jelikož se voda nemá, jak dostat z konstrukce. U difúzně uzavřené skladby lze využít i klasický polystyren nebo grafitový polystyren. Difúzně uzavřené konstrukce nejsou tak náročné na řazení jednotlivých skladeb a volbu materiálů jako difúzně otevřené. Jsou cenově dostupnější, ale pro správné fungování musí být také správně provedeny (Zeman, 2021).

## **2.7 Technologie prefabrikace**

Prefabrikace dřevostaveb je moderní stavební technika, která přináší mnoho výhod, ale zároveň i určitá omezení. Její hlavní výhodou je rychlost montáže a přesnost. Montáž se pohybuje v rámci dnů až týdnů podle zvoleného stupně. Vysoká přesnost je dána prefabrickacími jednotlivými díly. Pro opracování se využívají přesná CNC centra, která pracují s milimetrovou přesností. Přesnost je v prefabrickaci důležitá, jinak by mohlo dojít na stavbě k nasčítání nepřesností a výsledný dům by nebyl kvalitní. Pro obrábění na CNC centrech a tovární výrobu je nutná výrobní dokumentace. Prefabrikace však přináší i různá omezení, především omezení linky, omezení přepravou. U vyšších stupňů prefabrikace je nutné využít pro montáž těžkou techniku (Karabegović, 2019).

### **2.7.1 Prvková prefabrikace**

Prvková prefabrikace je nejnižší stupeň prefabrikace. Kdy jednotlivé prvky jsou vyřezány a opracovány na hale. Následně jsou naloženy, převezeny na staveniště a smontovány. Tímto výrobním postupem se nejčastěji vyrábí sruby a roubenky. Lze ho však využít i u sloupkové konstrukce. Jednotlivé dřevěné prvky se vyrábí různými způsoby, v závislosti na typu dřevostavby. Sloupkové a roubené dřevostavby se nejčastěji vyrábí na tesařských CNC strojích. Dřevěné prvky se zaříznou na požadovanou délku a následně se zhotovují spoje jako rybiny, přeplátování.... Po opracování se jednotlivé prvky popíší pro snadnější montáž. Pro ulehčení montáže je vhodné prvky vyrábět a nakládat dle postupu montáže. U sloupkové konstrukce je vhodné seskupovat prvky jednotlivých stěn. Tento stupeň prefabrikace je nejbližší k takzvané letmé montáži. Není zde zapotřebí tak těžké techniky jako u panelové prefabrickaci, nicméně značně ulehčuje a urychluje montáž (Hundegger K2-Industry, 2020).

### 2.7.2 Panelová prefabrikace

Panelová prefabrikace je technologie, kdy jsou jednotlivé panely vyráběny v továrně a poté převezeny a sestaveny na místě stavby. Panely tvoří především stěny a stropy, lze však prefabrikovat i střešní panely, atiky... Jednotlivé panely mohou být v různém stupni dokončení od opláštěných pouze z jedné strany po kompletně opláštěné s okny, fasádou...(Svajlenka, 2020).



Obrázek 10 Panelová prefabrikace

(<https://www.drevoastavby.cz/vse-o-drevostavbach/jak-na-drevostavbu/jak-stavba-probiha/5109-stavba-drevostavby-kvalita-je-podminkou-nutnou>, 3.3.2024)

#### Postup výroby:

- **Opracování dřevěných prvků.** Opracováním se provádí pomocí tesařských CNC strojů. Jednotlivé prvky jsou nařezány na požadované rozměry a jsou na nich vyhotoveny všechny spoje. Stejně jakou u prvkové prefabrikace
- **Skládání rámu.** Skládání probíhá na speciálních stolech. Může probíhat manuálně nebo strojně dle možností výroby.
- **Opláštění rámu.** Opláštění také může probíhat strojně nebo manuálně. Při opláštění z obou stran se panely na stolech překlápí.
- **Osazení oken dveří.** Tento krok je pouze u obvodových stěnových panelů s vyšším stupněm dokončení. Okna a dveře lze osazovat i na stavbě (Svajlenka, 2020).

### **Skladování:**

Skladování panelů probíhá na ležato nebo na stojato dle typu panelů. Stropní panely, střešní panely se skladují především na ležato. Stěnové panely spíše na stojato v kolejnicových držácích, panely osazené okny a dveřmi je nutné skladovat na stojato.

### **Přeprava a montáž**

Pro přepravu se využívají těžké nákladní automobily. Jejich přepravními rozměry jsou dána největší omezení pro panelové dřevostavby. Největší výhodou je montáž, ta probíhá v řádu několika dnů v závislosti na velikosti a složitosti objektu. Pro panelovou montáž je nutné využít těžkou techniku (Hrovatin, 2005).

### **Výhody Panelové Prefabrikace:**

**Rychlost výstavby:** Díky tomu, že většina práce je provedena v továrně, je možné stavbu dokončit mnohem rychleji než při tradiční výstavbě. Rychlost montáže se pohybuje v řádu několika dnů v závislosti na velikosti a složitosti objektu.

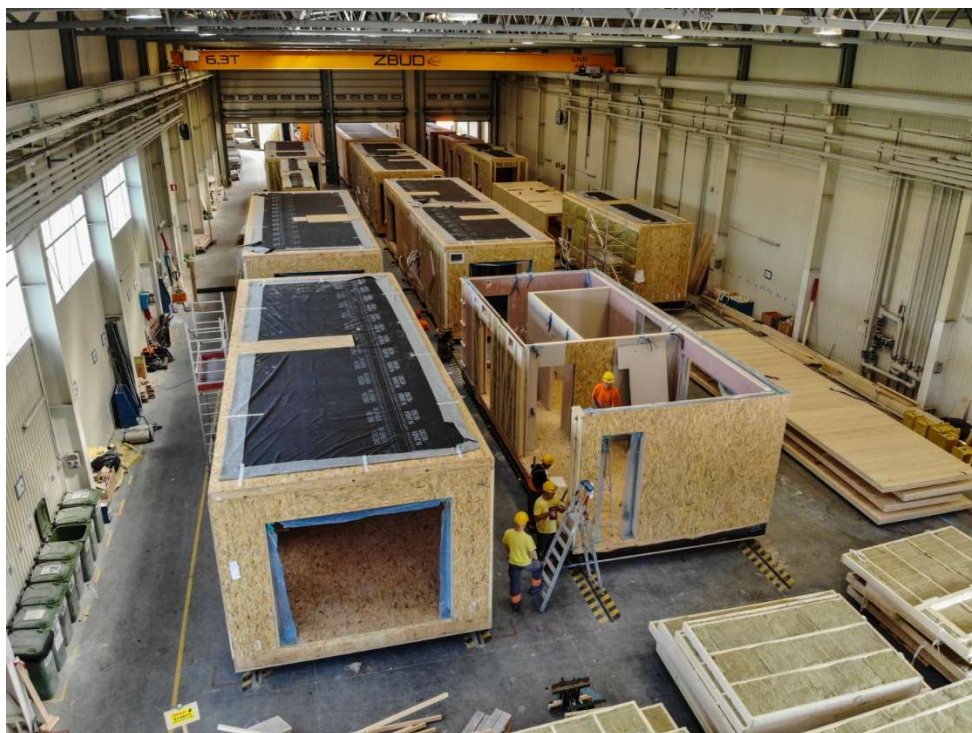
**Kvalita výroby:** Prefabrikace probíhá většinou na CNC obráběcích centrech, které jsou velice přesné. Kontrola kvality je také mnohem jednodušší v kontrolovaném prostředí továrny, to vede k vyšší kvalitě výsledné stavby.

**Efektivita:** Prefabrikace umožňuje využít CNC obrábění. Moderní CNC stroje dokáží nařezat dřevěné prvky v rámci několika hodin. Efektivita práce je tudíž větší. Dále umožňuje efektivní využití materiálů a snižuje množství odpadu (Šopík, 2011).

### **2.7.3 Modulová prefabrikace**

Modulární prefabrikace je proces, ve kterém jsou v prefabrikovány celé moduly budovy, většinou včetně instalací a dokončovacích prací. Moduly mají oproti panelům i třetí rozměr. Jednotlivé moduly se zpravidla skládají z jednotlivých panelů. Postup výroby je stejný jako u panelové prefabrikace, jen je přidána další operace a to montáž. Jednotlivé moduly zpravidla už obsahují okna i dveře z továrny. Pro modulovou prefabrikaci jsou vhodné konstrukční systémy z CLT panelů, nebo prefabrikované sloupkové panely (Šopík, 2011).

Tyto moduly jsou dopraveny na staveniště pomocí těžké techniky. Z možných přepravních rozměrů vyplývají rozměrové omezení. Při dopravě je potřeba využít více nákladních automobilů. Díky třetímu rozměru modulu není možné takové efektivní využití nákladového prostoru (PURLIVE, 2023).



**Obrázek 11 Výroba jednotlivých modulů**

([https://www.bluvision.eu/modularni-stavby\\_28](https://www.bluvision.eu/modularni-stavby_28), 2.3.2024)

Staveništní montáž probíhá pomocí těžké techniky, jsou zde i zvýšené požadavky na jeřáb. Hlavní výhodou je rychlost montáže a výstavby. Zkrácení staveništní výstavby je díky přesunutí vícero operací do továrny (Ecokit, 2021).

#### **2.7.4 Celková prefabrikace**

Při celkové prefabrikaci je postup stejný jako u panelové prefabrikaci, jen se vytvořené panely skládají v továrně. Oproti modulové prefabrikaci se neskládají pouze moduly, ale celá stavba s veškerou instalací, rozvody, střechou.... Oproti předchozím systémům má nejrychlejší montáž. Stavba se v podstatě usadí na místo a připojí na dané přípojky vody, kanalizace a elektrickou síť. Tento způsob je vhodný pouze pro menší objekty, z důvodu přepravních rozměrů. Často je zapotřebí speciálních nadrozměrných přeprav (Šopík, 2011).

### 3 Metodika

Práce se zabývá kompletním zpracováním výrobní dokumentace, posouzením jednoho zvoleného prvku, posouzení tří spojů a posouzení dřevěných panelů z hlediska stavební fyziky.

Výrobní dokumentace je specifickou formou dokumentace, kterou si zpracovává realizační firma dle vlastních požadavků. Na kvalitě této dokumentace závisí kvalita výsledné dřevostavby, rychlost montáže, snadnost výroby. Nevyřešené problémy značně prodlužují a prodražují výstavbu. Výrobní dokumentaci vytváří výrobní technik někdy nazýván přípravař výroby. U prefabrikovaných dřevostaveb je tato dokumentace nezbytná. Z této dokumentace se vytváří data pro jednotlivé CNC stroje, výkresy pro jednotlivé panely a návod pro montáž. Výrobní dokumentace nemá daný přesný rámec. Musí být však jasná a srozumitelná a obsahovat netypické náročné detaily. Součástí výrobní dokumentace je i montážní dokumentace, zajišťující rychlou a bezproblémovou montáž.

Součástí diplomové práce je i statické posouzení konstrukčního prvku. Statické posouzení je klíčovým krokem při návrhu stavebních konstrukcí. Provádí se pro zajištění bezpečnosti konstrukce, optimalizace materiálů a zajištění funkčnosti. Konstrukce musí být dostatečně pevná a odolná vůči zatížení například větrem, sněhem, vlastní tíhou... S posouzením je spjato i posouzením 3 spojů. Při správné dimenzaci prvků může být slabým místem právě spoj. Konstrukce by i přes správnou dimenzi nefungovala.

S ohledem na zamezení tepelných ztrát je nutné skladby panelů řešit i z pohledu stavební fyziky. Tato diplomová práce se zabývá posouzením základního parametru, a to součinitelem prostupu tepla ( $U$ ), který vyjadřuje schopnost stavebního materiálu nebo celé konstrukce tepelně izolovat.

Rozpočet stavby je klíčovým prvkem pro investora i realizační firmu. Vytváří se z důvodu odhadu nákladů, plánování, porovnání nabídek a financování. Kvalitní rozpočet je důležitým prvkem pro úspěšnou a efektivní realizaci stavebního projektu.

## 4 Praktická část

### 4.1 Výrobní dokumentace

Výrobní dokumentace vychází z dokumentace pro stavební povolení. Vytváří ji realizační firma dle svých požadavků. Výrobní dokumentaci zpracovává výrobní technik. Ten do ní zapracovává informace z více zdrojů například z vzorkování stavby, výkresů elektroinstalací, půdorysů, statického stanoviska.... Musí dbát na omezení výrobní linky, postupu výroby a postupu montáže. V následujících bodech je popsán postup přípravy výroby panelů s vysokým stupněm prefabrikace a automatizovanou výrobou.

Pro vytváření výrobní dokumentace se využívají specializované rýsovací softwary. Základním požadavkem na software je možnost exportu na CNC linky. Vhodné softwary jsou například CADwork, SEMA software nebo Dietrich's. Pro tuto diplomovou práci byl použit software CADwork 3D a 2D.

Pro vytvoření výrobní dokumentace rodinného domu jsou zapotřebí především výkresy koordinační situace stavby, půdorysy přízemí a dalších pater, pohledy, řez, rozvody ZTI, půdorys ústředního vytápění a výkres elektroinstalace. Tyto výkresy zpracovávají autorizovaní inženýři nebo technici pro stavební povolení.

#### 4.1.1 Vynesení půdorysu

Pro vynesení půdorysu je vhodné vycházet ze souborů dxf nebo dwg, které poskytl projektant pro stavební povolení. Bez těchto souborů se lze obejít, ale rýsovat pouze podle PDF nebo tištěné verze značně prodlužuje rýsovací čas. Tyto výkresy musí být řádně okótovány. Nejlepší volbou by bylo využití přímo BIM souborů přímo od projektanta stavebního povolení.

Pro diplomovou práci byly poskytnuty soubory dxf, které se musí exportovat do souboru CADwork 2.d. Půdorysy se dále překopírují do čistého výchozího souboru. Půdorysy se překopírují do vlastní vrstvy a slouží jako záchytné body. Veškeré rozměry je však nutno ještě kontrolovat dle kót. Případná chyba na začátku by znamenala upravování mnoha následných kroků.

Půdorysy se obkreslí pomocí stěn, které mají už definované vlastnosti. Mají definovaný název, tloušťku skladby, vnitřní i vnější stranu. Je nutné prvky, které mají vliv na 3D elementaci, vkládat do jedné hladiny. Ve velkých realizačních firmách může 2D a 3D rýsovat odlišný specializovaný technik. Po vynesení stěn je nutné změnit výšku v tomto případě na výšku panelu 2880 mm. V případě delších stěn než 12 m se musí stěna rozdělit na více panelů. Spoj je vhodné zvolit v místě, kde půjde snadno panely napojit. Ve zvoleném systému nelze

vytvořit podélný spoj například za spojem obvodu a vnitřní příčkou. Bylo by zde složité napojení sádrokartonových desek, nebo by se musel ručně předělat detail stěny. Pokud vznikne taková situace, může například vyplývat ze statiky, kdy statik využívá příček místo tahových kotev. Je vhodné směr elementace směřovat do podélného spoje. U obvodových panelů je nutné rozlišovat vnitřní a vnější stranu, neboli první opláštěnou a druhou opláštěnou stranu. Dle koordinačního výkresu se zaznačí umístění jeřábu. Dle umístění jeřábu se volí průběžný a neprůběžný spoj. Poslední panel by se neměl vkládat mezi dva panely, z důvodu snadné montáže, proto by měl být alespoň jeden spoj průběžný. Pro diplomovou práci byly zvoleny obvodové stěny o tloušťce 401 mm s 200 mm dřevěným rámem a 160 mm grafitovým polystyrenem. Kvůli omezení linky a postupu výroby je nutné jako první opláštěnou stranu zvolit na straně interiéru. Pro vnitřní příčky byly zvoleny stěny s tloušťkou 190 mm a 150 mm s konstrukčním rámem 140 mm a 100 mm. Případně u stěn mezi garáží a obytným prostorem je zapotřebí zajistit vzduchotěsnou rovinu.

Předstěny se ve zvoleném konstrukčním systému provádí pouze pro umístění tzv. PU bloků pro umyvadla, sprchy, bidety nebo pro závěsné WC. Tyto prostupy nesmí být umístěny na obvodových panelech z důvodu porušení PE folie. Porušením PE folie by do konstrukce vnikala vlhkost a nebyla by zajištěna vzduchotěsnost obálky.

V případě nedostupného místa je stavbyvedoucím naplánována překládka na menší nákladní automobil. Panely se musí rozdělit dle přepravní délky nákladního automobilu.

#### **4.1.2 Stavební otvory**

Stavebním otvorem se myslí okna, vnitřní dveře, vchodové dveře... Okna jsou zvolena podle potřebného typu. V závislosti na zvoleném typu se ve 3D vytvoří potřebná příprava pro žaluzie, nebo rolety. Jelikož se panely vyrábí na přesných CNC strojích s přesností na milimetry, není zapotřebí velká nadmíra stavebního otvoru. V tomto případě bylo zvolena nadmíra 25 mm na šířku a 27 mm na výšku. 25 mm nadmíra se schová pomocí sádrokartonové obložky tloušťky 15 mm. Výška stavebního otvoru se zadává od spodní hrany panelu, neboli tzv. hrubé podlahy. V půdorysu pro stavební povolení je uváděna výška parapetu od čisté podlahy. Pro přepočítání jen nutné přičíst tloušťku podlahy. Například okno číslo 1 má rozměry 1780/1370 mm a otvor zhotovený pro toto okno je 1805/1397 mm a výška parapetu od hrubé podlahy je 1091 mm. Balkonové dveře jsou ve výšce 166 mm. Toto je provedení prahu u podlahy 210 mm dle detailu výrobce oken. Při správně vypočtených oknech by měla výška nadpraží být stejná, pokud není jinak zadáno v projektu. V případě HS portálu je nutné využít větší tloušťku stěny, buď s 280 mm rámem, nebo zvětšit tloušťku pomocí předstěny.

Stavební otvory pro vnitřní dveře se zhotovují o 10 cm širší, než je čistá šířka, která se uvádí v objednávkách, pro dveře světlé šířky 800 mm je zapotřebí otvor 900 mm. Na výšku otvoru se připočítává tloušťka podlahy a 50 mm. Otvor je zhotoven až na úroveň hrubé podlahy. Spodní pásnice se ponechá v celku a zhotovují se pouze vyfrézované drážky pro snadnější vyříznutí na stavbě. Spodní pásnice se vyřezává z důvodu vedení instalací a kvůli možností popraskání betonu v místě dveří. Standardní objednávací výška dveří je 1970 mm nebo 2100 mm (Remeš, 2014).

Například dveře z místnosti 101 do místnosti 103 je objednávkový rozměr 800/2100 mm. Rozměr otvoru pro tyto dveře je 900/2360 mm. U vnitřních dveří se nejčastěji využívá obložková zárubeň. Je nutné počítat s obložkou a neumísťovat blízko spojů stěn. Obložka přesahuje o 35 mm od šířky stavebního otvoru, tento údaj se může lišit v závislosti na typu a výrobci dveří.

#### **4.1.3 Technika prostředí**

Podlahové vytápění nalezneme ve výkresech pro stavební povolení pod názvem technika prostředí. Zde nalezneme umístění a rozměry rozvaděčů podlahového topení a naznačené všechny potřebné prostupy. Rozvaděč podlahového topení se nachází ve stěně číslo 3 a rozvaděč pro 2NP ve stěně číslo 13. Pro rozvaděč je zhotovena příprava pomocí deklu. Dekl je odnímatelná část, která je pouze přišroubovaná nikoliv přisponkovaná. Předepsaný rozvaděč je REHAU HKV D6 o rozměrech 605 mm x 730 mm x 130 mm v provedení na omítku. Přívod k rozdělovači podlahového topení 1NP probíhá skrz dveře, tudíž není nutné zhotovovat prostupy. Pro napojení rozdělovače podlahového topení 2NP je zapotřebí zhotovit dekl na výšku panelu ve stěně číslo 4. Rozvody do jednotlivých místností prochází skrz otvory vnitřních dveří, tudíž není zapotřebí zhotovovat žádné prostupy v panelech. V obvodovém panelu číslo 2 pod oknem číslo 5 je nutné zhotovit dekl do výšky 600 mm pro napojení vnitřní a vnější jednotky tepelného čerpadla. Po napojení je nutné prolepit difúzní folii pro dodržení vzduchotěsné obálky.

Rozvody teplé a studené vody se nachází ve výkresech půdorysu rozvodů ZTI. Dům je napojen na místní vodovod. Voda je přivedena do technické místnosti ze základové desky, vychází mimo stěnu, tudíž není zapotřebí zhotovovat dekl. Rozvody vody prochází otvory pro vnitřní dveře. Ve stěně číslo 4 se zhotovil dekl pro propojení 2NP. Pro nezámrzný ventil se zhotovuje dekl do výšky 1200 mm. Osazení zahradního ventilu probíhá na stavbě. Dekl v obvodové stěně se musí prolepit. Projektanti se snaží vést topení a vodu v místě dveří, ne vždy toto lze takto řešit, a proto je jednodušší vyhotovit prostup. Tímto se ušetří zbytečné



přidávání operací ve výrobě. Rozvody vody a topení se provádí v podlaze a jsou zhotovovány až na stavbě.

#### **4.1.4 Elektroinstalace**

U vysoké prefabrikace panelů je možné i továrně zhotovit otvory pro elektroinstalaci. Pro snadnější orientaci se zařízení elektro rýsuje do samostatné hladiny. Hladina elektro má pro usnadnění nastavenou výšku hladiny + 210 mm, poté se výšky zadávají od čisté podlahy. Podklady pro vývrty pro elektroinstalaci jsou výkresy technika prostředí – elektroinstalace a podklady od kuchyňského studia. Pokud není ve výkresu technika prostředí – elektroinstalace specifikována výška postupuje se dle doporučené normy ČSN 33 2130. Zásuvky jsou v projektu standartně umístěny ve výšce 300 mm od čisté podlahy, vypínače 1050 mm. V kuchyni jsou obvykle zásuvky a vypínače ve výšce dle pracovní desky. Osová vzdálenost vícenásobných zásuvek je 70 mm s maximální počtem 5 zásuvek v řadě. Další krabice pro zásuvky je osově vzdálena 140 mm. Průměr osazeného vykrúžovacího vrtáku na zvoleném CNC stroji multifunkční most je 68 mm. Dvozásuvky potřebují větší průměr 73 mm. Na zvoleném multifunkčním mostě není vykrúžovací vrták dané velikosti. Lze to však řešit použitím stopkové frézy nebo lze pouze naznačit V frézou místo a vykroužit jej ručně na stavbě nebo ve výrobě. Použitím stopkové frézy nemusí být kvalita opracování odpovídající. Z důvodu akustiky a požární bezpečnosti není vhodné umísťovat zásuvky naproti sobě. Někdy to však investor vyžaduje viz stěna číslo 18 vypínače naproti sobě. Z certifikace stěny je povoleno max 4násobné otvory naproti sobě.

#### **4.1.5 Statické prvky**

Statické prvky se vkládají do samostatné hladiny. Veškeré statické prvky jsou ve statickém stanovisku. Jedná se především o dřevěné prvky KVH a BSH nebo železné prvky jako tahové kotvy nebo I nebo H nosníků. Prvky KVH a BSH je nutné vybírat dle rozměrů na skladě. Podklady pro statika jsou půdorysy, pohledy, umístění stavby, naznačení příček, pod kterými jsou základové pasy. Statik předepisuje pouze nejmenší možný průřez. Pokud se například překlad BSH nevejde nad okno v případě, kdy je nižší panel a roleta nebo žaluzie. Je zapotřebí zkontrolovat se statikem využití LVL prvku nebo HEB, které je zapuštěné do horního pásu. Statik dále předepisuje minimální osovou vzdálenost sponek. Sponky jsou rozmístěny po 120 mm pokud je předepsáno méně, je nutné toto změnit při exportu na multifunkční most. Ve statickém posouzení se může také nacházet situace, že sloupek probíhá skrz spodní pásnici až

na základovou desku, viz sloupek GL24h 200/140 ve stěně číslo 4. Toto je z důvodu otláčení spodní pásnice kolmo na vlákna.

#### 4.1.6 Grafické popisky

Grafické popisky jako kóty, místnosti... si realizační firma volí dle vlastních potřeb. Každá popiska na výkrese má svojí vlastní funkci buď pro výrobu, kontrolu výroby, montáž nebo dodělávky na stavbě. Popisky musí být čitelné a jasné.

Výkres musí být řádně okótován na stavbě. Je lepší pokud je tam nějaká kóta 2x než vůbec. Kóty slouží pro výrobu, kontrolu a montáž stavby. Kótují se jednotlivé pokoje a tloušťky stěn pro snadnější montáž na stavbě. Dále se kótují ze stejného důvodu vnitřní dveře k nějakému bodu, roh, stěna..., tato kóta slouží pro rozmístění podložek a úhelníků. Kótují se také rozměry a umístění stavebních otvorů pro výrobu a možnou kontrolu. Dále se kótuje umístění statických sloupků, umístění rozvaděčů a přesně umístěných zásuvek, na které investor dbá.

Značení panelů je číslo v kroužku. Každý panel musí mít vlastní číslo. Číslo slouží výrobě, nakládce, montáži a orientaci ve výkresech. Předstěny nemusí mít číslo, jelikož se sestavují buď přímo na stavbě nebo jsou do místnosti vloženy po smontování příslušného patra. Stěny se číslovají dle snadnosti montáže. Začíná se od nejbližší stěny od jeřábu, aby při montáži jeřábík viděl na usazování stěny. Druhá stěna by měla s první stěnou tvořit T spoj nebo rohový, pro lepší stabilizaci. Poslední stěna v patře by měla zaklápět celé patro, neměla by být vložena mezi dvě už osazené stěny. Pozici jeřábu určuje stavbyvedoucí, nebo se určuje dle koordinačního a situačního výkresu. Každý panel by měl obsahovat i šipku se stranou vrtání pro uvědomění možnosti montáže. Vrtání může být i z vnitra příčky například u protipožární stěny, nebo když v místě spoje se nachází dřevěný obklad montovaný ve výrobě.

Značení oken se nachází v trojúhelníčku u každého okna. Zde je především pro správné osazení ve výrobě. Okna od výrobce jsou s daným číslem. Značení oken urychluje montáž a eliminuje chyby. Každé okno by mělo být dále značeno v jakém poměru je rozděleno a zda je otevírací, pevné, nebo výklopné.

Popisky místností se přejímají z projektu pro stavební povolení. Slouží zde pro snadnější orientaci ve výkresech. Dle typu místnosti se volí například sádrokarton. Pro koupelny a technické místnosti se používá sádrokarton do vlhkých prostor.

#### 4.1.7 3D modelování

3D modelování je nutné pro prefabrikovanou výrobu, která využívá CNC obrábění. Pro 3D modelování jsou vhodné programy například CADwork, SEMA software nebo Dietrich's, které umožňují export dat pro CNC. Pro diplomovou práci byl použit software CadWork 3D.

Z CadWork 2D se přenesou veškeré 3D prvky jako obálky stěn, okna, dveře, příprava pro WC, umyvadla.... Dále se zvolí elementace a vypočtou se obálky stěn. Stěny jsou zde řazeny do podskupin a jednotlivá patra do skupin. Značení podskupin je dle interních zvyklostí. První písmenko značí patro: E značí 1NP, D značí 2NP. Druhé písmenko značí, zda se jedná o obvodovou stěnu – A, nebo interiérovou stěnu – I. Pokud je navíc písmenko S, jedná se o panel, který není možné vyrábět na multifunkčním mostě a je vyráběn zvlášť ručně na překlápěcích stolech. Pokud by například došlo k záměně písmenek výroba by nemusela nainstalovat difúzní folii nebo by panel nebylo možné vyrobit a chyběl by na stavbě. Čísla panelů se nastavují dle 2D.

Do 3D se přidá elektro z 2D. Daná tělesa mají předdefinovanou výšku a řezná tělesa. Daná tělesa se musí přiřadit do příslušné podskupiny. Vývrty se musí dále přiřadit na příslušnou stranu pro správný export pro multifunkční most. Stejným způsobem se přidávají statické prvky. Pro rozeznání a zamezení nechtěného odstranění jsou statické sloupky odlišeny barvou, BSH šedě a KVH.



Obrázek 12 Sloupková konstrukce stěny

(vlastní tvorba)

Jednotlivé stěny se dále ručně upravují. Jsou zde omezení linky, které je nutné dodržet. Pro úsporu materiálu je povoleno začínat pouze celou nebo poloviční OSB deskou. U oken, dveří a deklů nesmí být užší proužek než 40 mm. Sponkovací hlava na multifunkčním mostě by nepřisponkovala daný proužek. Lze umístit poloviční OSB desku doprostřed stěny. Dělení OSB

desek musí být na první i druhé opláštěné straně stejné. U stěn označených písmenem S je zvolena ruční výroba, zde lze začít OSB deskou jakéhokoliv rozměru 30 mm až 1250 mm lze i desku otočit a zvolit kladení desky vodorovně. OSB desky lze vybírat z naskladněných rozměrů. Spoj OSB desky musí být na sloupku a minimálně 3 cm od kraje viz obrázek níže.



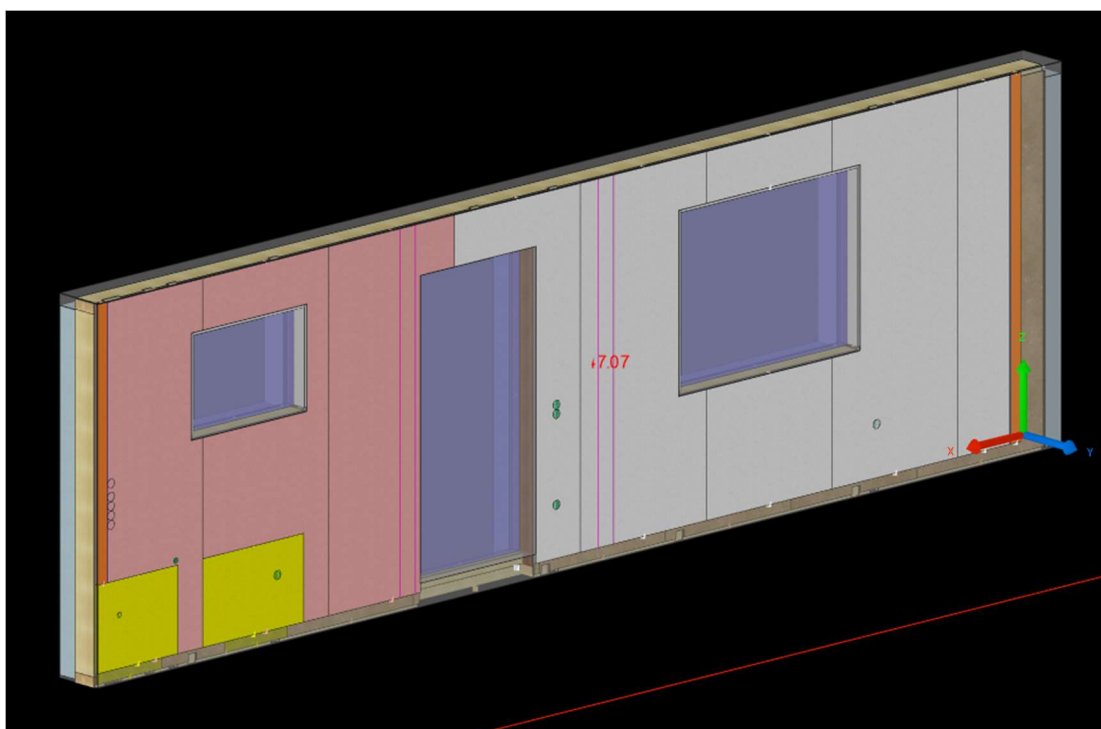
**Obrázek 13 Rozdělení OSB u obvodové stěny**

(vlastní tvorba)

U sádkartonových desek lze začít pouze deskami 120; 93,9; 83,4; 62,5; 41,7 nebo 31,3. Šířkou 120 mm se začíná z důvodu uříznutí zúženého konce, zbylé rozměry jsou buď 1/2; 1/3 nebo 1/4 desky. Ve stěně nesmí být proužky užší než 90 mm multifunkční most by danou část nepřisponkoval. Přesah OSB a SDK musí být více než 150 mm a to i v místě deklů. Je nutné vyhnout se křížovému spoji. Jediné, kde je povolen křížový spoj jsou deklly. Ty jsou pouze sešroubované a na stavbě se prohodí SDK desky případně úplně vymění a křížový spoj zanikne.

Následuje úprava dřevěné konstrukce. Osová rozteč sloupků je 625 mm, rozteč vychází z rozměrů OSB desek. Maximální mezera mezi sloupky je 700 mm. Toto nelze u statické stěny. Mezi sloupky nesmí vzniknout mezera menší než 40 mm, nedošlo by zde k doplnění tepelné izolace. Toto lze řešit nejlépe přesunutím sloupku, přidáním dalšího sloupku, zaměněním za jiný dostupný rozměr a v krajních případech výdřevou, která se nechá zhotovit na truhlářské dílně. Jednotlivé prvky musí být přesně pojmenovány, pokud by například prvek umístěný vodorovně v panelu se jmenoval sloupek, obsluha multifunkčního mostu by ho nedostala v daném pořadí a konstrukce by nemusela jít složit, nebo pokud by v panelu byly dvě spodní pásnice, nebo chyběl název spodní pásnice špatně by se vyexportovala WUP data pro multifunkční most. Všechny prvky musí mít správně nastaveny osy pro správné značení. Každý dřevěný prvek musí mít v datech nastaveno výrobu, kde se bude zpracovávat například Hundegger K2, truhlářská výroba....

Dekly se při správném použití výpočtových detailů vytvoří samy. Dekl se skládá z ochranné plochy SDK, OSB a z řezných a frézovacích linií. Díky ochranné ploše OSB se OSB desky nebudou přisponkovávat, ale pouze se přišroubují vruty. Řezná linie musí být na sloupku a minimálně 30 mm od kraje, dále musí být protažena o 60 mm pro celé proříznutí až do rohu deklu viz obrázek 14. V místě, kde se již nachází spoj desek je vhodné řeznou linii odstranit pro zkrácení strojového času obrábění. SDK ochranná plocha také zamezuje přisponkování a v místě se jen přivrtá. V sádkartonu se nenachází řezná linie, ale frézovací linie V frézy. Při zhotovování a úpravě deklu je nutné dodržet pravidla pro SDK a OSB. Jednotlivé plochy a řezné linie musí být přiřazeny k správným stranám.



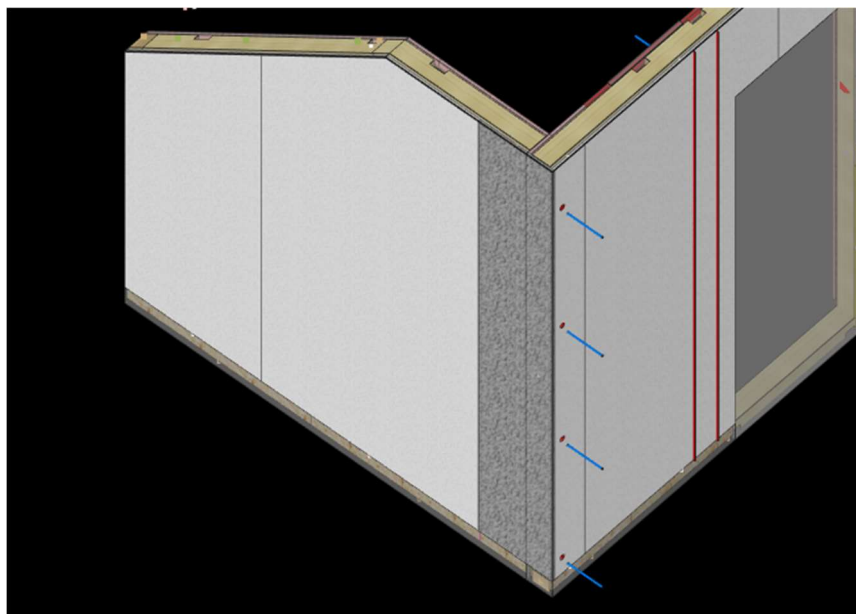
**Obrázek 14 Opláštění panelu SDK deskami**

(vlastní tvorba)

Ze statického stanoviska může být ve spoji předepsáno více vrutů. Toto je zapotřebí manuálně přepracovat. Dále může být u konkrétních desek předepsáno sponkování po menších vzdálenostech nejčastěji 80 mm. To se změní pouze změnou materiálu na OSB – statické, kde je v exportu přednastaveno sponkování po 80 mm jinak se jedná o klasické OSB.

Nestandardní detaily, které se nevypočítají dle výpočtových detailů, musí být zaznamenány ve 2D výkresech. Jelikož elementaci a 2D plány může dělat odlišný konstruktér, je vhodné vložit poznámky pro konstruktéra, který dělá elementaci. Detaily mohou být například napojení u krovu, spoj zevnitř panelu....

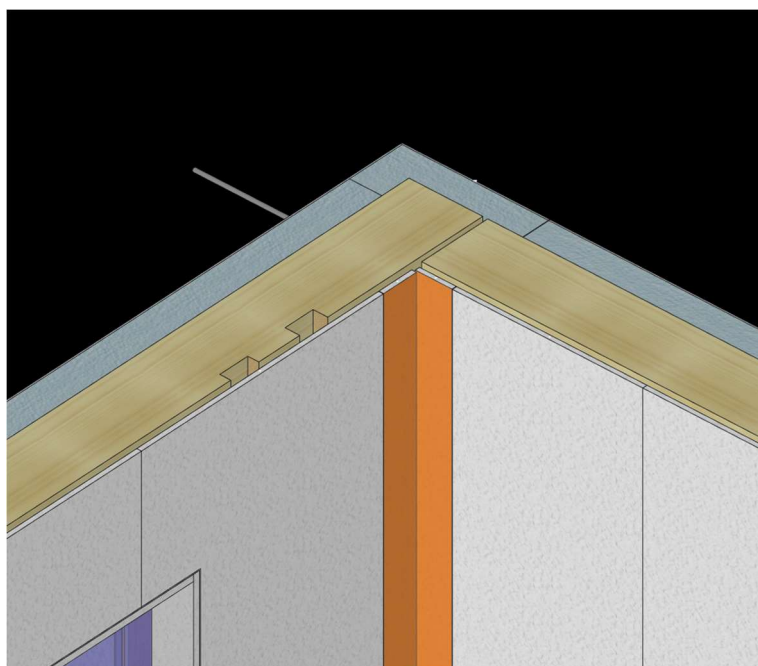
Klasické napojení vnitřních panelů probíhá viz obrázek níže. Šedá část se doplní na stavbě a musí být vypnuta pro multifunkční most. Sádkarton se doplňuje na stavbě pro zamezení popraskání v místě spoje viz obrázek níže.



**Obrázek 15 Rohové napojení vnitřních stěn**

(vlastní tvorba)

U napojení obvodových panelů se zhotovuje v rozích ochranná plocha SDK viz obrázek níže. Oranžová část se nesponkuje ale pouze přišroubuje. Na stavbě dojde k odmontování částí prolepení folie a následnému vrácení zpět.



**Obrázek 16 Napojení obvodových panelů**

(vlastní tvorba)

Po manuálním přepracování stěnových panelů se u panelů vypočte těžiště dle podskupin. Pro zvolený zvedací systém je nutné předpřipravit vývrty průměru 40 mm. Zvolený zvedací systém umožňuje zvedat panely do 1000 kg na jeden vývrt. Pro panely do 1000 kg a 5 m délky stačí jeden vývrt v místě těžiště. Pro panely těžší než 1000 kg nebo delší než 5 m se zhotovují 2 vývrty max 2 m od těžiště. Vývrty předpřipravují na dřevoobráběcí CNC. Vývrty pro zvedací systém nesmí být v místě sloupku a minimálně vzdáleny 65 mm od hrany horní pásnice. V panelu se mohou předpřipravovat vývrty pro kolejnicový systém skladování. Jelikož výška panelu je 2880 mm, není zapotřebí vývrty předpřipravovat. U nižších panelů se připravují 2 vývrty průměru 40 mm maximálně 9 m od středu panelu. U panelů kratších než 3 m se vývrty nemusí zhotovovat.

Stropní panely se vytváří pomocí 3D schránek. Stropní panely je nutné rozvrhnout s ohledem na statiku a přepravních rozměrů. Je nutné dodržet pnutí stropu případně změnit po konzultaci se statikem. Maximální přepravní rozměry jsou 12 m na délku a 2,4 m na šířku. Stropní panely se na rozdíl od stěnových přepravují na ležato.

Po přidání stropních schránek se zpusť automatická elementace. Ta vytvoří stropní žebra, OSB desky, izolaci a podhledové latě. Při správném výběru výpočtových detailů vytvoří i standardní napojení panelů. Následně se musí všechny stropní panely manuálně upravit. Stropní žebra se musí umístit a upravit dle statického stanoviska. Následně se přidají železné prvky a dle nich upraví dřevěné prvky. Standardní rozměry stropního žebra jsou 60/240 mm dle statického stanoviska jsou zde umístěny 80/200 mm. Pro montáž latí 20/70 mm se umísťují pomocná stropní žebra na kraj stěny probíhající ve stejném směru. Ve stropě se dále zhotovují dekly pro stoupačky vody, topení a kanalizace. Můžou se zde nacházet rozvody vzduchotechniky, pro které je nutná speciální příprava. Výstupy nebo stupy mohou vyúšťovat jak do 1NP tak do 2NP. Z hotového 3D se následně vytvoří plány a přenesou do 2D. Ve 2D se přidají popisky panelů jako čísla panelů a kóty.

Krov není u tohoto objektu tvořen ze střešních panelů, jelikož by bylo zapotřebí přidat jeden nákladní automobil navíc, který by nejel vytižen. Z tohoto důvodu se zvolil klasický krov, který se smontuje až na stavbě. Střešní panely by měly mít předpřipraveny střešní latě, střešní folii a izolaci. Jednotlivé prvky jako krokve, vaznice, výměny se ručně vymodelují. Dle řezu a půdorysu. U krokví se vytvoří osedlání, vyfrézování pro palubky a předvrtání pro vruty. Jako jednotlivé prvky se budou zpracovávat i dřevěné prvky stropu 2 NP. Vaznice mají na jedné straně drážky pro určení správné strany. Na vaznicích je vytvořeno značení pomocí tužky. Naznačeny jsou jednotlivá žebra a umístění krokví. Veškeré prvky mají dané číslo pro snadnou

staveništní montáž. Jednotlivé prvky jsou označeny ve výkresu půdorysu krovu. Veškeré 3D tělesa se vloží do jednoho souboru viz obrázek 17.

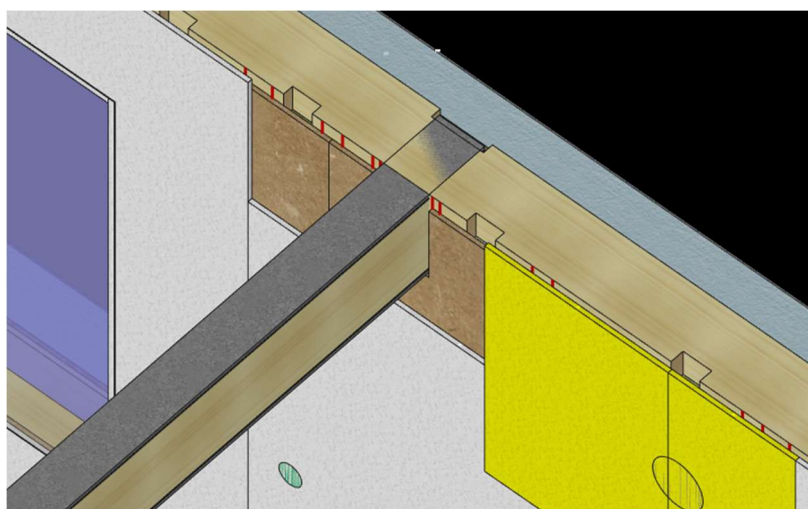


Obrázek 17 Kompletní 3D model

(vlastní tvorba)

#### 4.1.8 Kontrola

Před samotným exportem je vhodné provést kontrolu. Ve zvoleném programu CadWork jsou na to speciální nástroje. První se provádí kontrola zdvojených prvků, toto odhalí stejné prvky se stejnými vlastnostmi například 2x vrtání pro zásuvku, zdvojené sloupky.... Následně se provádí kontrola kolize. Kolizní prvky je nutné překontrolovat a případně upravit. Některé prvky kolidují schválně například obrázek níže. Horní pásnice koliduje se železným průvlakem. Zde je horní pásnice v celku z důvodu přepravy a zvedání panelu. Horní pásnice se prořízne až na stavbě.



Obrázek 18 Detail napojení průvlaku a obvodvé stěny

(vlastní tvorba)



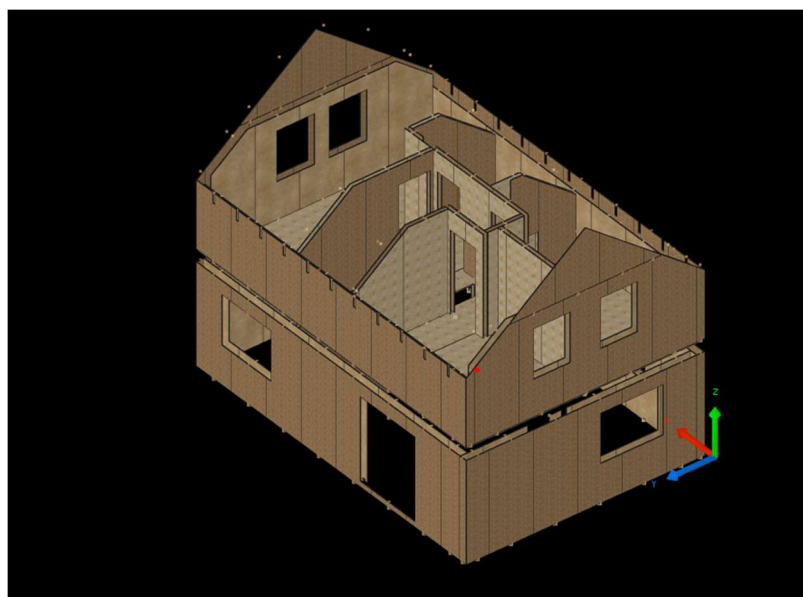
Následuje kontrola strojů, zda všechny prvky jsou přiřazeny na konkrétní stroj. Dřevěné prvky se opracovávají na CNC centru Hundegger K2 viz. Je také zapotřebí zkontrolovat i materiály, které nemají být exportovány například šedá deska vynechání SDK, které musí být vypnuto na multifunkčním mostě.



**Obrázek 19 Dřevěná konstrukce dřevostavby**

(vlastní tvorba)

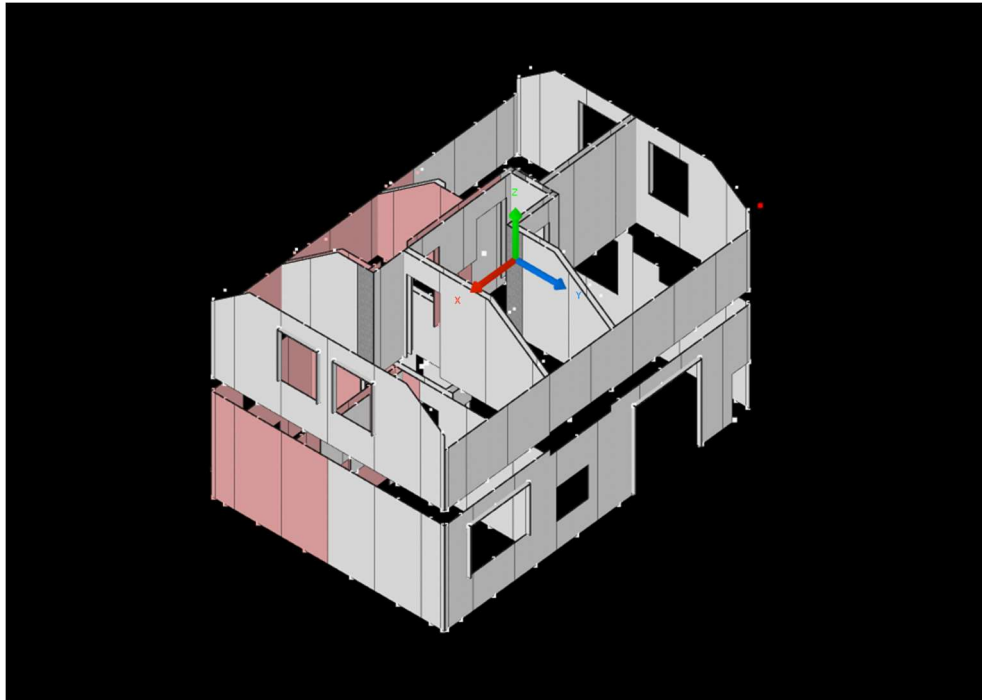
Následuje kontrola OSB, zda jsou dodržena pravidla. Kontroluje se, zda jsou prvky správně přiřazeny na vnější a vnitřní strana viz odlišná barva obrázek 20. Kontroluje se také přiřazení prvků do skupin a podskupin.



**Obrázek 20 Kontrola OSB**

(vlastní tvorba)

Po kontrole OSB desek následuje kontrola SDK desek. Zde se také kontroluje přiřazení do skupin a podskupin. Dále se kontroluje, zda byla dodržena pravidla pro SDK desky, jako například vyhnutí se užším proužkům než 90 mm nebo zda někde nevznikl křížový spoj. Kontroluje se také zda ve vlhkých místnostech, koupelny nebo technické místnosti, je SDK do velkých prostor viz obrázek 21 desky růžové barvy.



**Obrázek 21 Kontrola SDK**

(vlastní tvorba)

#### **4.1.9 Tvorba výrobních výkresů**

Výrobní výkresy stěn se vytváří dle stavebních podskupin. Ze 3D se automaticky vyexportují výrobní výkresy. Výkresy se vytváří na základě jednotlivých stran. Po vyexportování je nutné všechny výkresy překontrolovat případně upravit strany nebo odstranit nepotřebné prvky. Výkresy se automaticky okótují na základě zvolených pravidel. Komplikovanější výkresy se musí následně okótovat manuálně. Je zapotřebí zaměřit se na panely, které jsou skládány ručně tzn. ty, které jsou označeny písmenem S a neprocházejí přes multifunkční most. Doplní se také popisky a čísla oken z 2D plánů.

#### 4.1.10 Export výrobních dat

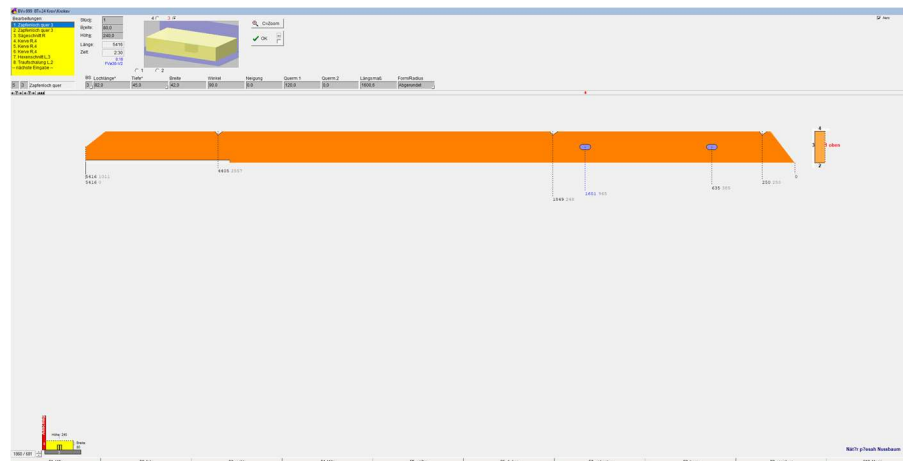
Při exportu dat se začíná očíslováním jednotlivých dřevěných prvků. Všechny dřevěné prvky se opracovávají na CNC obráběcím centru Hundegger K2. Po výpočtu jednotlivých čísel se vypočítají data prvků přidají se vývrty značení... Následuje export do formátu bvn. Formát bvn se otevře v aplikaci EKP a provede se kontrola viz obrázek 22.

Nr	Bauteil	Stk	lst	Breite	Höhe	Länge	Paket	SK	Bemerkung	Profil	Dach	Typ	Zeit
1	KrovVaznice	1	0	140,0	240,0	9618		24h IND					4:45
2	KrovVaznice	1	0	200,0	360,0	9618		24h IND					3:48
3	KrovVaznice	1	0	200,0	360,0	9618		24h IND					3:48
4	KrovVazník	4	0	140,0	140,0	919		24h IND					1:51
5	KrovVSlapek	2	0	140,0	140,0	1154		24h IND					2:19
7	KrovVKleřina	1	0	60,0	240,0	568		VH NSI					0:57
8	KrovVKleřina	1	0	60,0	240,0	880		VH NSI					1:09
9	KrovVKleřina	1	0	60,0	240,0	1623		VH NSI					1:28
10	KrovVKleřina	1	0	60,0	240,0	2259		VH NSI					0:54
11	KrovVKleřina	7	0	60,0	240,0	2259		VH NSI					0:33
12	KrovVKleřina	1	0	60,0	240,0	2259		VH NSI					0:52
13	KrovVKrokev	4	0	80,0	220,0	5401		VH NSI	Nát?r p?esah Nu				1:24
14	KrovVKrokev	4	0	80,0	220,0	5458		VH NSI	Nát?r celý prvek				1:20
15	KrovVKrokev	1	0	80,0	240,0	635		VH NSI					1:25
16	KrovVKrokev	2	0	80,0	240,0	966		VH NSI					1:27
17	KrovVKrokev	1	0	80,0	240,0	1220		VH NSI	Nát?r p?esah Nu				2:57
18	KrovVKrokev	2	0	80,0	240,0	1520		VH NSI					1:29
19	KrovVKrokev	1	0	80,0	240,0	2677		VH NSI					1:30
20	KrovVKrokev	1	0	80,0	240,0	3816		VH NSI	Nát?r p?esah Nu				2:13
21	KrovVKrokev	12	0	80,0	240,0	5416		VH NSI	Nát?r p?esah Nu				2:00
22	KrovVKrokev	1	0	80,0	240,0	5416		VH NSI	Nát?r p?esah Nu				2:41
23	KrovVKrokev	1	0	80,0	240,0	5416		VH NSI	Nát?r p?esah Nu				2:24
24	KrovVKrokev	1	0	80,0	240,0	5416		VH NSI	Nát?r p?esah Nu				2:30
25	KrovVKrokev	1	0	80,0	240,0	5416		VH NSI	Nát?r p?esah Nu				2:40
26	KrovVřm?na	2	0	60,0	240,0	625		VH NSI					0:57
27	KrovVřm?na	2	0	60,0	240,0	810		VH NSI					1:25
28	KrovVřm?na	2	0	60,0	240,0	1660		VH NSI					1:58
29	KrovVřm?na	1	0	60,0	240,0	1675		VH NSI					1:56
31	KrovVřm?na	2	0	80,0	240,0	1675		VH NSI					2:15
32	KrovVřm?na	2	0	80,0	240,0	1675		VH NSI					2:13
33	EA_01Brüstungsholz	1	0	60,0	200,0	1815		St?ny VH NSI					0:52
34	EA_01Vřáh	1	0	80,0	200,0	6475		St?ny VH NSI					6:59
35	EA_01Schwelle	1	0	80,0	200,0	6475		St?ny VH NSI					6:30
36	EA_01Vřáh	2	0	60,0	200,0	951		St?ny VH NSI					0:31
37	EA_01Vřáh	1	0	60,0	200,0	2720		St?ny VH NSI					0:49
38	EA_01Vřáh	7	0	60,0	200,0	2720		St?ny VH NSI					0:35
39	EA_01Vřáh	1	0	80,0	200,0	2720		St?ny VH NSI					0:35
40	EA_01Vřáh	1	0	60,0	200,0	1815		St?ny VH NSI					0:34
41	EA_02Brüstungsholz	1	0	60,0	200,0	1160		St?ny VH NSI					0:58
42	EA_02Brüstungsholz	1	0	60,0	200,0	1815		St?ny VH NSI					1:00
43	EA_02Vřáh	1	0	80,0	200,0	3405		St?ny VH NSI					5:24
44	EA_02Schwelle	1	0	80,0	200,0	3405		St?ny VH NSI					14:31
45	EA_02Vřáh	1	0	60,0	200,0	951		St?ny VH NSI					1:43

Obrázek 22 Seznam obráběných prvků v EKP

(vlastní tvorba)

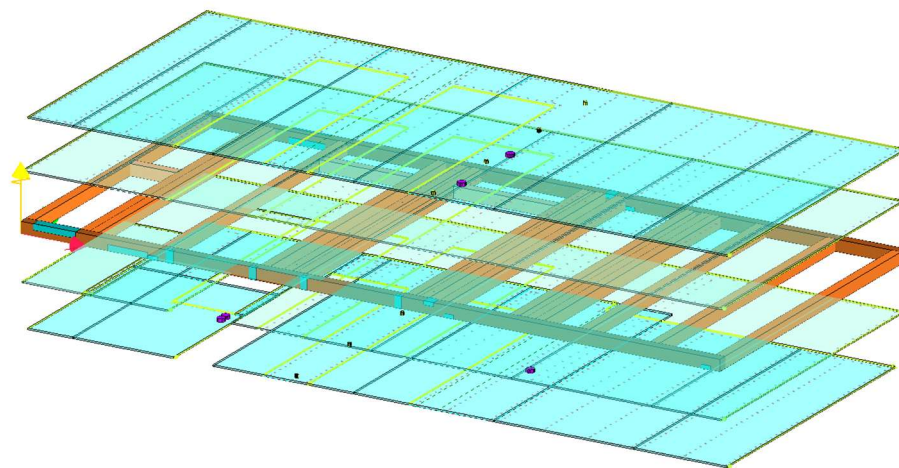
Kontroluje se, zda jsou v prvku všechny zářezy, vrtání, značení viz obrázek níže. Některé chyby mohou být pouze ruční odebrání nebo nahrazení vrtání 6 mm za dostupný vrták 8 mm. Některé ale mohou znamenat, že se daný prvek vůbec nevyrobí. Každý prvek lze rozkliknout a vidět všechny druhy obrábění viz obrázek 23.



**Obrázek 23 Jednotlivé obráběcí operace**

(vlastní tvorba)

Dále se vytváří WUP data pro multifunkční most. Daným OSB deskám se přiřadí jednotlivá čísla. Následně se také přiřadí čísla SDK deskám. Je vhodné překontrolovat, zda se nepřiradila čísla i náhodně zapnutým liniím. Následuje výpočet dat pro daný multifunkční most a export do souboru WUP. Dále probíhá kontrola jednotlivých panelů, zda se data vyexportovala správně, kontroluje se především přítomnost sponkování, vývrty pro elektro, řezné linie a jednotlivé prvky.



**Obrázek 24 Kontrola WUP dat pro multifunkční most**

(vlastní tvorba)

Pravidla, pro vytvoření výkresové dokumentace, 3D modelu a exportu na CNC stroje, byla čerpána z vnitřní směrnice dané realizační firmy.

## 4.2 Statické posouzení zvoleného prvku

Pro statické posouzení prvku bylo zvoleno stropní žebro nad místností číslo 104. Pro posouzení byly využity softwary FIN Zatížení a FIN 2d. Stropní žebro je uloženo na 3 bodech na obvodových stěnách a železném průvlaku IPE 270. Na zvolené žebro působí vlastní tíha, skladba podlahy 2NP, užité zatížení a nenosná příčka číslo 14.

### Projekt

Datum : 11.03.2024

### Norma

Použita národní příloha pro Česko

### 1 Protokol zatížení: Plošné zatížení

Stálé zatížení	Charakt. [kN/m <sup>2</sup> ]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m <sup>2</sup> ]
Vlastní tíha nosné konstrukce			
OSB (6,20 × 0,022)	0,14	1,35	0,19
Součet: Vlastní tíha nosné konstrukce	0,14	1,35	0,19
Ostatní stálé zatížení			
minerální plst' (0,30 × 0,014)	0,00	1,35	0,00
PVC (13,80 × 0,010)	0,14	1,35	0,19
betonová mazanina (23,00 × 0,068)	1,56	1,35	2,11
polystyren (10,50 × 0,112)	1,18	1,35	1,59
SDK 1x12,5 mm včetně konstrukce	0,15	1,35	0,20
Součet: Ostatní stálé zatížení	3,03	1,35	4,09
Součet: Stálé zatížení	3,17	1,35	4,28
<b>Proměnné zatížení</b>	<b>Charakt.</b> [kN/m <sup>2</sup> ]	<b>Souč.</b> [-]	<b>Návrh.</b> [kN/m <sup>2</sup> ]
Užitné zatížení			
A Obytné plochy a plochy pro domácí činnosti - stropní konstrukce	1,50	1,50	2,25
Součet: Užitné zatížení	1,50	1,50	2,25
Součet: Proměnné zatížení	1,50	1,50	2,25
Součet zatížení	4,67	1,40	6,53

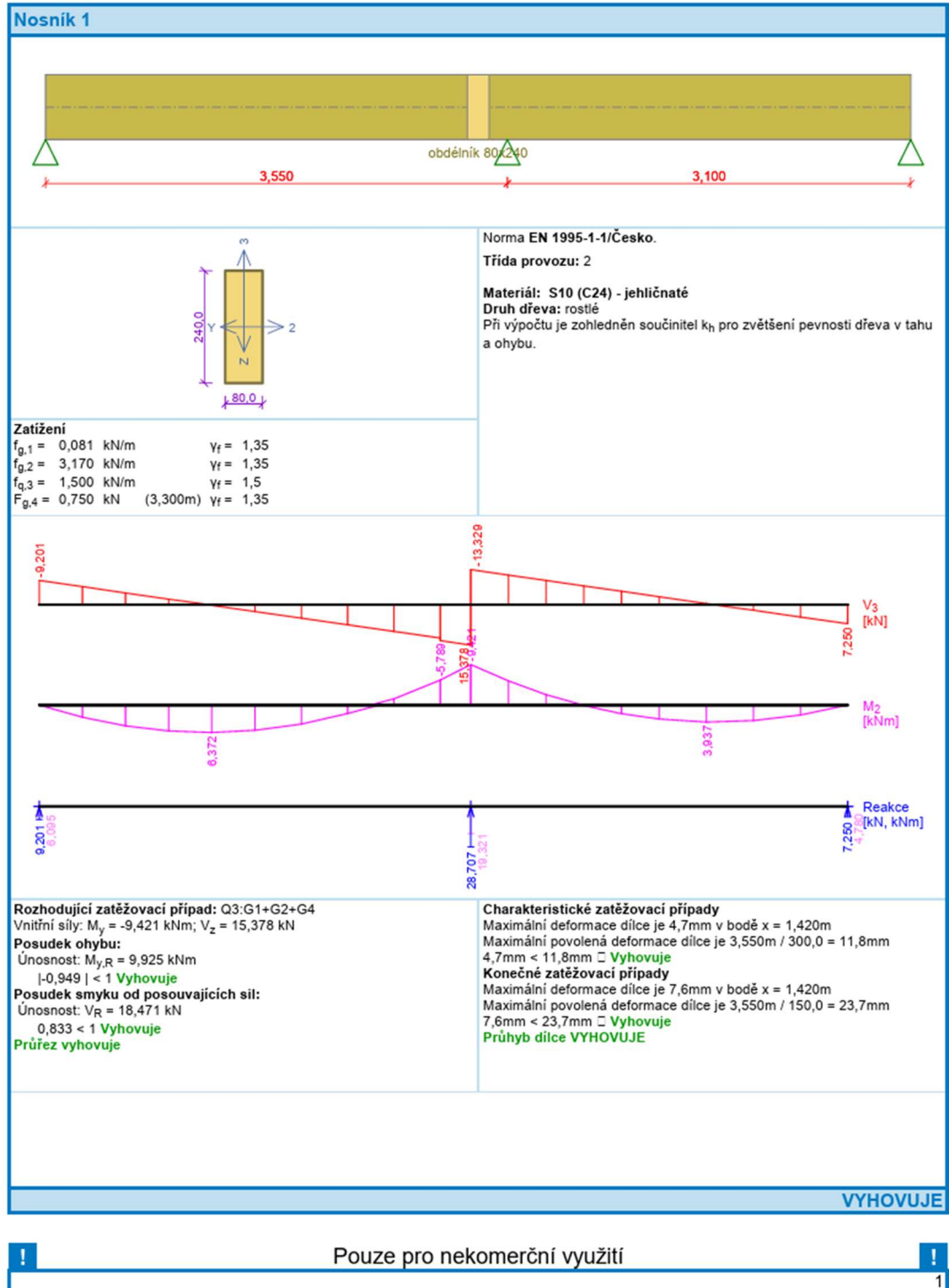
### 2 Protokol zatížení: Liniové zatížení

Stálé zatížení	Charakt. [kN/m]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m]
Ostatní stálé zatížení			
Ostatní stálé zatížení	0,74	1,35	1,00
Součet: Ostatní stálé zatížení	0,74	1,35	1,00
Součet: Stálé zatížení	0,74	1,35	1,00
Součet zatížení	0,74	1,35	1,00

Obrázek 25 Výpočet zatížení

(vlastní tvorba)

Dále se charakteristické zatížení přidalo do softwaru 2D, kde se přepočítalo s osovou vzdáleností nosníků a vynásobilo koeficientem pro dané zatížení. Navrhované žebro z materiálu S10 (C24) o průřezu 80/240 mm vyhovělo.



Obrázek 26 Posouzení stropního žebra 80/240 mm

(vlastní tvorba)

### 4.3 Posouzení 3 spojů

Statické posouzení spojů ve dřevostavbách je důležité k zajištění stability, nosnosti a bezpečnosti celé konstrukce. Posouzení spojů pomáhá optimalizovat konstrukci s ohledem na ekonomiku a jednoduchost provádění. Spoj by měl respektovat architektonický záměr a přání investora. Správně navržené a posouzené spoje zajistí, že konstrukce odolá všem zatěžovacím účinkům a bude chránit životy a majetek. Posouzení spojů může vést k úspoře materiálu a zjednodušení montáže konstrukce.

V diplomové práci byli vybrány 3 spoje. Pro posouzení spojů byl použit software SFS Designer Software. První posuzovaný spoj je spoj panelů číslo 8 a 5. Zde dochází dle statického stanoviska k největšímu zatížení a namáhání šroubového spoje. Namáhání je způsobeno zatížením od stropu a pozednicové stěny v 2NP. Dále byl posuzován spoj překladu a horní pásnice nad oknem číslo 4 zde dochází k největšímu zatížení překladu a horní pásnice je to dáno pnutím stropu a velikostí pokoje 103. Jako poslední spoj byl zvolen spoj středové vaznice a stropního žebra v 2NP. Tento spoj přenáší zatížení od skladby stropu a maximální užité zatížení půdy předepsané statikem  $1,5 \text{ KN/m}^2$ . Bylo vybráno žebro nad místností 202 s výrobním číslem 11. Spoj byl vybrán, jelikož přenáší největší zatížení, protože žebro není podepřeno příčkou.

### 4.4 Stavební fyzika

Posouzení skladby stavební konstrukce z hlediska šíření tepla a vodní páry je důležitým krokem k zajištění energetické efektivity, komfortního vnitřního prostředí a ochrany konstrukce. Součinitel prostupu tepla ( $U$ ) hraje klíčovou roli v tomto procesu, jelikož udává, kolik tepla uniká konstrukcí za daných teplotních rozdílů. Čím nižší je hodnota  $U$ , tím méně tepla prochází konstrukcí a tím menší jsou tepelné ztráty ([www.stavba.tzb-info.cz](http://www.stavba.tzb-info.cz)).

Posouzení skladby konstrukce umožňuje optimalizovat skladbu tak, aby se minimalizovaly tepelné ztráty a maximalizovala se energetická účinnost budovy. Zohledňuje vliv tepelných mostů a navrhuje řešení pro jejich minimalizaci. Zároveň zajišťuje optimální tepelnou pohodu v interiéru během celého roku a předchází kondenzaci vodní páry a tvorbě plísní. Tím chrání konstrukci před poškozením v důsledku vlhkosti a prodlužuje její životnost (Smola, 2011)

Posouzení skladby dle šíření tepla a vodní páry je vhodné pro novostavby i rekonstrukce. Snižuje náklady na vytápění a chlazení budovy, minimalizuje náklady na údržbu a opravy konstrukce a zvyšuje hodnotu nemovitosti (Bečková, 2015).

Pro účely diplomové práce byl využit software Teplo 2017 EDU. Kvůli omezení edukační verze byly sloučené některé vrstvy například, vrstvy polystyrenu ve skladbě podlahy 1NP 40 mm a 60 mm v celkovou tloušťku 100 mm.

#### 4.5 Rozpočet

Rozpočet stavby je klíčovým nástrojem v procesu plánování a realizace stavebních projektů. Jeho hlavní funkcí je poskytnout detailní přehled očekávaných nákladů na stavbu, včetně cen materiálů, prací a dalších souvisejících nákladů. Rozpočet také umožňuje investorovi plánovat a kontrolovat náklady během celého průběhu stavby. Díky tomu lze sledovat, zda se stavba drží plánu, nebo zda dochází k překročení nákladů. Další důležitou funkcí rozpočtu je, že slouží jako podklad pro získání financování, například hypotečního úvěru. Rozpočet může být také užitečný při výběru dodavatelů, kteří mohou své nabídky předložit na základě položek uvedených v rozpočtu. Rozpočet stavby je vhodný pro jakýkoliv stavební projekt, ať už se jedná o novou stavbu, rekonstrukci nebo rozšíření existujícího objektu. Jeho použití může vést k úspoře peněz, času a minimalizaci rizika neočekávaných nákladů.

Pro sestavení rozpočtu byl využit software kubix a Kros 4. Aplikace KUBIX je určena pro velmi rychlé sestavení předpokládané ceny stavby. Je vhodná k počáteční optimalizaci stavebních nákladů ve fázi definování investičního záměru. Cena je zde počítána na základě typu objektu, velikosti... Výsledná cena pro navrhovaný dům je 6 168 403,- s DPH, je zde zahrnut i vyšší standard technologií.

IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY A ZPRACOVATELE **Kubix**  
URS

Název:	diplomová práce	Datum:	18. 10. 2023
Typ objektu:	Rodinné domy	Cenová soustava	ÚRS: 2023
Umístění:			
Katastrální území:			
Parcelní číslo:			
Zpracovatel:		IČ:	
Adresa:		Telefon:	
Zodpovědná osoba: Jindřich Vitovec		Email: xvijt025@studenti.czu.cz	
Vlastník (investor):		IČ:	
Adresa:		Telefon:	
		Email:	
<b>Celková cena stavby bez DPH</b>		5 363 829,40 Kč	
DPH: 15%		804 574,41 Kč	
<b>Celková cena stavby s DPH</b>		<b>6 168 403,81 Kč</b>	
<small>Orientační předpokládané náklady na realizaci stavby stanovené aplikací KUBIX v. 1.2.2 v cenové úrovni 2023. Copyright © ÚRS CZ a.s., 2023</small>			

**Obrázek 27 Rozpočet z softwaru Kubix**

(vlastní tvorba)



V softwaru Kros 4 byl vytvořen položkový rozpočet, kde byly přidány materiály a práce k přidaným materiálům. Veškeré plochy, objemy byly převzaty z 3D modelu. Zařízení pro elektro, UT a ZTI byla převzata z příslušných technických zpráv pro stavebního povolení. Jelikož se jedná o RD z roku 2023 je zde počítáno se sníženou daní 15%. Výsledná cena vypočtena pomocí softwaru Kros 4 je 5 973 451,- včetně DPH.

<b>KRYCÍ LIST ROZPOČTU</b>					
Název stavby	Novostavba rodinný dům			JKSO	
Název objektu	Diplomová práce			EČO	
				Místo	
Objednatel				IČO	DIČ
Projektant					
Zhotovitel					
Zpracoval					
Rozpočet číslo		Dne	25.10.2023	CZ-CPV	
				CZ-CPA	
Měrné a účelové jednotky					
Počet	Náklady / 1 m.j.	Počet	Náklady / 1 m.j.	Počet	Náklady / 1 m.j.
0	0,00	0	0,00	0	0,00
Rozpočtové náklady v CZK					
A	Základní rozp. náklady	B	Doplňkové náklady	C	Náklady na umístění stavby
1	HSV Dodávky 1 013 917,14	8	Práce přesčas 0,00	13	Zařízení staveniště 0,00
2	Montáž 910 548,10	9	Bez pevné podl. 0,00	14	Projektové práce 0,00
3	PSV Dodávky 2 108 458,99	10	Kulturní památka 0,00	15	Územní vlivy 0,00
4	Montáž 1 140 777,85	11		16	Provozní vlivy 0,00
5	"M" Dodávky 0,00			17	Jiné VRN 0,00
6	Montáž 0,00			18	VRN z rozpočtu 0,00
7	ZRN (ř.) 5 173 702,08	12	DN (ř. 8-11)	19	VRN (ř. 13-18) 0,00
20	HZS 0,00	21	Kompl. činnost 0,00	22	Ostatní náklady 20 603,82
Projektant, Zhotovitel, Objednatel				<b>D</b>	<b>Celkem bez DPH 5 194 305,90</b>
					DPH % Základ daně DPH celkem
					snížená 15,0 5 194 305,90 779 145,89
					základní 21,0 0,00 0,00
					<b>Cena s DPH 5 973 451,79</b>
				<b>E</b>	<b>Přípočty a odpočty</b>
					Dodá zadavatel 0,00
					Klouzavá doložka 0,00
					Zvýhodnění 0,00

Obrázek 28 Krycí list rozpočtu ze softwaru Kros 4

(vlastní tvorba)

## 5 Výsledky

### 5.1 Výkresová část

Výsledkem této části je výrobní dokumentace, dle které se realizoval daný dům. Realizační dokumentace sloužila jako podklad pro vytvoření 3D modelu. Daný 3D model dále pro vytvoření dat pro dřevoobráběcí CNC hundegger k2, který vyřezal veškeré dřevěné prvky. Následně byly prvky roztrženy do jednotlivých podskupin dle stěn. Následovalo složení jednotlivých panelů na automatické lince. Jednotlivé výrobní výkresy stěn slouží pro kontrolu a dokončovací práce, nebo pro panely, které nelze obrábět pomocí multifukčního mostu. Podle výrobní dokumentace se i stavba montovala.

### 5.2 Stavební fyzika

Z hlediska stavební fyziky byly posuzovány skladby především na parametry: tepelný odpor konstrukce, součinitel prostupu tepla konstrukce a maximální množství zkondenzované vodní páry v konstrukci za rok.

Výsledné skladby střechy a stěny splňují doporučené hodnoty pro pasivní budovy. Dále kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce, roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu a roční množství kondenzátu  $M_c$ , a tedy musí být nižší než 0,1 kg/m<sup>2</sup>.rok nebo 3-6 % plošné hmotnosti materiálů (nižší z hodnot). Tyto požadavky skladby splňují.

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla (W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> )			
	Vypočtená hodnota $U_T$ (W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> )	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ (W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> )	Doporučená hodnota $U_{N,20}$ (W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> )	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$ (W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> )
		0,3	0,2	0,18 – 0,12
Obvodová stěna	0.107	splněno	splněno	splněno
Střecha zateplená	0.151	splněno	splněno	splněno

Tabulka 1 Součinitel prostupu tepla obvodové stěny a zateplené střechy  
(vlastní tvorba)

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ )			
	Vypočtená hodnota $U_T (\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1})$	Požadovaná hodnota $U_{N,20} (\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1})$	Doporučená hodnota $U_{N,20} (\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1})$	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{\text{pas},20} (\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1})$
		0.45	0.30	0,22 – 0,15
Podlaha RD	0.301	splněno	nesplněno	nesplněno

**Tabulka 2 Součinitel prostupu tepla podlahy 1NP**  
(vlastní tvorba)

Skladba podlahy v 1NP je těsně nad mezí doporučených hodnot. Bylo by vhodné podlahu upravit, aby obálka jako celek splňovala doporučené hodnoty pro pasivní budovy. Úprava podlahy by mohla spočívat například zvětšením tloušťky polystyrenu o 60 mm na 160 mm. Tato skladba by se součinitelem prostupu tepla, 0,21 ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ), splnila doporučené hodnoty pro pasivní budovy. Tuto změnu však nelze uskutečnit ve fázi výrobní dokumentace. Byla by potřebná konzultace s projektantem, investorem a realizační firmou. Pro změnu tloušťky podlahy by bylo zapotřebí předělat stavební projekt. Od Výšky podlahy se odvíjí například výška parapetu, místnosti...

### 5.3 Statické posouzení prvku a spojů

Pro statické posouzení prvku a 3 spojů byl záměrně vybrán nepříznivý stav. Jelikož se jedná o reálně realizovaný dům, kde statiku celého rodinného domu počítal autorizovaný inženýr. Statický výpočet proběhl pouze pro ověření. Stropní žebro bylo posuzováno a vyhovělo na smyk, ohyb a průhyb viz obrázek s výsledky níže.

### Celkové posouzení

**Rozhodující zatěžovací případ:** Q3:G1+G2+G4

Vnitřní síly:  $M_y = -9,421$  kNm;  $V_z = 15,378$  kN

**Posudek ohybu:**

Únosnost:  $M_{y,R} = 9,925$  kNm

$|-0,949| < 1$  **Vyhovuje**

**Posudek smyku od posouvajících sil:**

Únosnost:  $V_R = 18,471$  kN

$0,833 < 1$  **Vyhovuje**

**Průřez vyhovuje**

**Průhyb**

**Charakteristické zatěžovací případy**

Maximální deformace dílce je 4,7mm v bodě  $x = 1,420$ m

Maximální povolená deformace dílce je  $3,550$ m /  $300,0 = 11,8$ mm

$4,7$ mm <  $11,8$ mm  **Vyhovuje**

**Konečné zatěžovací případy**

Maximální deformace dílce je 7,6mm v bodě  $x = 1,420$ m

Maximální povolená deformace dílce je  $3,550$ m /  $150,0 = 23,7$ mm

$7,6$ mm <  $23,7$ mm  **Vyhovuje**

**Průhyb dílce VYHOVUJE**

charakteristická (MSP)

### Obrázek 29 Výsledky celkového posouzení stropního žebra

(vlastní tvorba)

Spoje byly spočteny pomocí softwaru SFS, zvolené šroubové spoje vyhověly na vytažení a únosnost spoje viz přílohy.

## 5.4 Rozpočet

Pro sestavení rozpočtu byl využit software kubix a Kros 4. Cena na základě Kubixu vyšla 6 168 403 Kč včetně DPH. Pro přesnější výslednou cenu by použit položkový rozpočet ve softwaru Kros4, kde výsledná cena vyšla 5 940 334 Kč včetně DPH. Tyto ceny lze porovnat s odhadem projektanta a reálnou cenou.

Odhadovaná cena projektanta byla:

- spodní stavba: 900 000,- Kč vč. DPH
- inženýrské sítě a přípojky vody a kanalizace: 200 000,- Kč vč. DPH
- vrchní stavba RD: 4 500 000,- Kč vč. DPH
- zpevněné plochy, terénní úpravy: 100 000,- Kč vč. DPH
- SOUČET: 5 700 000,- Kč vč. DPH

Reálná cena, kterou nám sdělil investor byla přibližně 5 980 000 Kč včetně DPH, jelikož se rodinný dům realizoval v roce 2023 je zde snížená sazba DPH 15 %. Nejblíže k finální ceně byl položkový rozpočet, který je nejpodrobnější.

## 6 Diskuze

Výsledky práce ukazují, že prefabrikované dřevostavby jsou vhodné pro trvalé bydlení a splňují všechny požadavky na komfortní a zdravé bydlení. Technologie výroby prefabrikovaných dřevostaveb se neustále vyvíjejí a umožňují stále komplexnější a variabilnější řešení.

Diplomová práce se zabývá problematikou dřevostaveb a pasivních domů. Byla zpracována výrobní dokumentace pro dřevostavbu rodinného domu, která sloužila pro výrobu a montáž domu. Pro vytvoření výrobní dokumentace byl použit software CADwork 29, možnou alternativou by mohly být například softwary SEMA software nebo Dietrich's. Jelikož se jedná o prefabrikovanou výrobu je výrobní dokumentace velmi důležitá. Od kvality výrobní dokumentace se odvíjí celková kvalita dřevostavby.

Skladby stěn a střechy splňují požadavky na pasivní domy. Skladba podlahy nespĺňuje doporučené hodnoty pro pasivní domy, avšak je stále v souladu s platnými normami. Jelikož se jedná o realizovaný projekt nelze skladby libovolně měnit. Pro úpravu skladeb by bylo zapotřebí upravit projekt pro stavební povolení a s tím spojené náležitosti. Daná skladba stěny by musela být testována a certifikována.

Statické posouzení stropního žebra a 3 spojů prokázalo jejich dostatečnou únosnost. Spoje jsou navrhnuty v systému firmy SFS, tyto spoje byly zvoleny, jelikož daná realizační firma tyto spoje využívá. Alternativou těchto spojovacích prostředků mohou být například spojovací prvky od firmy Würth. Při využití alternativních spojovacích prostředků by bylo nutné prvky přepočítat, zda splňují požadavky a jsou vhodné pro konkrétní typ spoje.

Reálná cena byla přibližně 5 980 000 Kč včetně DPH, jelikož se rodinný dům realizoval v roce 2023 je zde snížená sazba DPH 15 %. Pokud by se stejná stavba realizovala v roce 2024 byla by zde snížená sazba DPH 12 %. Při zachování cen materiálů a prací by rozdíl snížené sazby byl 156 000 Kč. Nejbližší k finální ceně byl položkový rozpočet, který je nejpodrobnější.

Výsledky práce jsou v souladu s poznatky jiných autorů v oblasti prefabrikovaných dřevostaveb. Práce potvrzuje, že prefabrikované dřevostavby představují ekologickou a energeticky efektivní alternativu k tradičním stavebním technologiím.

## **7 Závěr**

Daná diplomová práce shrnuje poznatky o technologii výroby prefabrikovaných dřevostaveb pro trvalé bydlení a prezentuje projekt rodinného domu v nízkoenergetickém standardu. Práce potvrzuje, že prefabrikované dřevostavby představují moderní a perspektivní řešení pro trvalé bydlení.

Diplomový projekt představil komplexní pohled na problematiku prefabrikovaných dřevostaveb pro trvalé bydlení. V první části byl proveden literární rozbor, který poskytl základ pro praktickou část práce. Druhá část projektu, zahrnující vypracování realizační dokumentace, byla zpracována s důrazem pro detail a funkčnost konstrukčních prvků, což bylo podpořeno výkresovou dokumentací a technickou zprávou. Dále byla ověřena statická únosnost zvoleného stropního žebra a posouzeny 3 detaily spojení.

Fyzikální vlastnosti stavby byly spočteny pro ověření energetické efektivity dřevostavby. Dále byl sestaven rozpočet pro realizaci stavby s ohledem na ekonomickou efektivitu a udržitelnost projektu.

## 8 Literatura

BLAHA, Martin, 2004. Omítky [online]. Praha: Grada [cit. 2022-03-24]. ISBN 80-247-0898-1.

HÁJEK, Václav, 1997. Stavíme ze dřeva. Praha: Sobotáles. ISBN 80-859-2044-1

HOUDEK, Dalibor a Otakar KOUDELKA, 2004. Srubové domy z kulatin. Brno: ERA Group. Technická knihovna (ERA). ISBN 80-865-1797-7.

HROVATIN, Jasna, 2005. Contemporary systems of prefabricated wooden house construction. Zabreb: Univ Zabreb. ISBN 953-6307-80-4.

KARABEGOVIĆ, Isak, 2019. New Technologies, Development and Application. Imprint: Springer. Lecture Notes in Networks and Systems, 42. ISBN 978-3-319-90893-9.

KOLB, Josef, 2011. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2., aktualiz. vyd. v České republice. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4071-3.

KUBEČKOVÁ, Darja a Marcela HALÍŘOVÁ, 2012. Konstrukce ze sádkartonu. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3831-4.

MACKIE, Allan, 2011. The Owner-built Log House. 1. Firefly Books. ISBN 9781554077908.

NOVÁK, Jiří, 2008. Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov. Praha: Grada. Stavitel. ISBN 978-80-247-1953-5.

OSBORN, Roe, 2010. Framing a House. GUILD OF MASTER CRAFTSMEN. ISBN 1600851010.

PAVLAS, Marek, 2016. Dřevostavby z vrstvených masivních panelů: technologie CLT. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0055-2.

PREGIZER, Dieter, 2009. Zásady pro stavbu pasivního domu. Praha: Grada. Stavitel. ISBN 978-80-247-2431-7.

REMEŠ, Josef, 2014. Stavební příručka: to nejdůležitější z norem, vyhlášek a zákonů. 2., aktualiz. vyd. Praha: Grada. Stavitel. ISBN 978-80-247-5142-9.

RŮŽIČKA, Martin, 2014. Moderní dřevostavba. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3298-5.

SMOLA, Josef, 2011. Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů. Praha: Grada. ISBN 478-80-247-2995-4.

ŠTEFKO, Jozef, Ladislav REINPRECHT a Petr KUKLÍK, 2006. Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba. 2., české vyd. Bratislava: Jaga. Můj dom. ISBN 80-807-6043-8.

VAŘEKA, Josef a Václav FROLEC, 2007. Lidová architektura: encyklopedie. 2., přeprac. vyd., V nakl. Grada 1. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-802-4712-048

WILEY, John, 2019. Complete Book of Framing. John Wiley & Sons. ISBN 9781119528524.

### **Internetové zdroje**

BEČKOVSKÁ, Tereza, 2015. Optimalizace návrhu moderních nízkoenergetických dřevostaveb. Brno. Dostupné také z: <https://theses.cz/id/ocvuv1/25350.pdf>. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně.

ČERNÁ, Jana, 2020. Skeletové stavby domů na klíč [online]. [cit. 2024-03-30]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/skeletove-stavby-domu-na-klic-23048.htm>

DASHOFER, Verlag, 2009. Příčiny vlhnutí stavebních objektů [online]. [cit. 2024-03-31]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/vlhkost-a-kondenzace-v-konstrukcich/5396-priciny-vlhnuti-stavebnich-objektu>

ECOKIT, 2021. Výhody prefabrikace komponentové modulární konstrukce. Ecokit [online]. [cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <https://ecokit.cz/vyhody-prefabrikace-komponentove-modularni-konstrukce/>

Historie dřevostaveb v ČR (část 1/2) – Dřevostavby od pradávne historie do raného novověku konce 18. století, 2017. MeziStromy [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: [https://www.mezistromy.cz/drevostavby/historie-drevostaveb-v-cr-\(cast-1\)-drevostavby-od-pradavne-historie-do-raneho-novoveku-konce-18-stoleti/odborny](https://www.mezistromy.cz/drevostavby/historie-drevostaveb-v-cr-(cast-1)-drevostavby-od-pradavne-historie-do-raneho-novoveku-konce-18-stoleti/odborny)

Historie dřevostaveb v ČR (část 2/2) – Dřevostavby od první průmyslové revoluce do současnosti, 2017. MeziStromy [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: [https://www.mezistromy.cz/drevostavby/historie-drevostaveb-v-cr-\(cast-2\)--drevostavby-od-prvni-prumyslove-revoluce-do-soucasnosti/odborny](https://www.mezistromy.cz/drevostavby/historie-drevostaveb-v-cr-(cast-2)--drevostavby-od-prvni-prumyslove-revoluce-do-soucasnosti/odborny)

Historie, vývoj dřevostaveb. Gebas domy [online]. [cit. 2017-10-25]. Dostupné z: <http://www.gebasdomy.cz/2-historie-vyvoj-drevostaveb-82633c43505416a8fa6f93d477d78ef0/4>

Hundegger K2-Industry, 2020. Hundegger [online]. [cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <https://www.hundegger.com/de-de/maschinen/abbundmaschinen/k2-industry>



KUKLÍK, Petr a Anna GREGOROVÁ. Keltský dům z období kolem roku 400 př. n. l. In: Časopis stavebnictví[online]. 2015 [cit. 2023-10-25]. Dostupné z: [https://www.casopisstavebnictvi.cz/minulost-a-soucasnost-staveb-ze-dreva\\_N5385](https://www.casopisstavebnictvi.cz/minulost-a-soucasnost-staveb-ze-dreva_N5385)

KUKLÍK, Petr a Anna GREGOROVÁ, 2023. Konstrukční systémy vícepodlažních dřevostaveb [online]. [cit. 2024-03-30]. Dostupné z: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-konstrukcni-systemy-vicepodlaznich-drevostaveb.html>

KRŇANSKÝ, Jan, 2008. Difúzně otevřené konstrukce dřevostaveb [online]. [cit. 2024-03-31]. Dostupné z: <https://portal.cvut.cz/wp-content/uploads/2017/04/HP2008-20-Krnansky.pdf>

NOVATOP [online]. [cit. 2024-03-03]. Dostupné z: <https://novatop-system.cz/ke-stazeni/technicka-dokumentace/>

PURLIVE, 2023. Modulové domy na klíč. PURLIVE.cz [online]. [cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <https://www.purlive.cz/cz/modulove-domy-na-klic.html>

Stora Enso Wood Products Building Solutions [online]. 2015 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://www.cltsk.info/wp-content/uploads/2019/10/Kompletny-katalog-CLT.pdf>

SMOLA, Josef. Léta rozvoje i nucený útlum – historie dřevostaveb v Česku. Dřevo a stavby [online]. 2009, (2/2009) [cit. 2024-03-03]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/stavba/drevostavby/leta-rozvoje-i-nuceny-utlum-historie-drevostaveb-v-cesku.aspx>

SVAJLENKA, J a M KOZLOVSKÁ, 2020. WOS Top Header [online]. TECHNICAL UNIVERSITY OF KOŠICE FACULTY OF CIVIL ENGINEERING. [cit. 2024-03-31]. Dostupné z: <https://www-webofscience-com.infozdroje.czu.cz/wos/woscc/full-record/WOS:000606326200062>

ŠOPÍK, Michal, 2011. Stupně prefabrikace dřevostaveb [online]. [cit. 2024-03-31]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/stupne-prefabrikace-drevostaveb>

TAKANO, A., F. PITTAU, A. HAFNER, S. OTT, M. HUGHES a E. DE ANGELIS, 2014. Greenhouse gas emission from construction stage of wooden buildings. International Wood Products Journal [online]. 5(4), 217-223 [cit. 2024-03-28]. ISSN 2042-6445. Dostupné z: doi:10.1179/2042645314Y.0000000077

TZBINFO. Součinitel prostupu tepla. TZB-info [online]. [cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>

VINAŘ, Jan a Bohumil STRAKA, 2017. Konstrukční principy hrázděných staveb (1. část) [online]. Brno [cit. 2024-03-30]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/16100-konstrukcni-principy-hrazdenych-staveb-1-cast>

Wikipedia. Framing (construction). In: Wikipedia, The Free Encyclopedia [online]. [cit. 2024-03-30]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Framing\\_\(construction\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Framing_(construction))

Wikipedie. Rozpočet stavby. Wikipedie, Otevřená encyklopedie: [online]. [cit. 2024-03-30]. Dostupný z [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Rozpo%C4%8Det\\_stavby&oldid=22920489](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Rozpo%C4%8Det_stavby&oldid=22920489)

ZEMAN, Daniel, 2021. Difuzně otevřenou nebo uzavřenou skladbu stěny dřevostavby? [online]. [cit. 2024-03-31]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/6568-difuzne-otevrena-nebo-difuzne-uzavrena-stena-do-drevostavby>

#### **Normy**

- ČSN EN 1995-1-1 (731701) - Eurokód 5: *Navrhování dřevěných konstrukcí Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*
- ČSN 33 2130 (332130) *Elektrické instalace nízkého napětí.*

## 9 Seznam obrázků

Obrázek 1 Porovnání ukládání a emisí CO <sub>2</sub> při výrobě stavebních materiálů.....	14
Obrázek 2 Kanadský srub .....	15
Obrázek 3 Hrázděná stavba.....	17
Obrázek 4 Dřevostavba z těžkého skeletu .....	17
Obrázek 5 Dřevostavba z CLT panelů .....	18
Obrázek 6 Konstrukce sloupkové dřevostavby.....	19
Obrázek 7 Balloon frame konstrukce .....	20
Obrázek 8 Dřevostavba platform frame.....	22
Obrázek 9 Difúzně otevřená a uzavřená stěna.....	24
Obrázek 10 Panelová prefabrikace .....	26
Obrázek 11 Výroba jednotlivých modulů .....	28
Obrázek 12 Sloupková konstrukce stěny.....	35
Obrázek 13 Rozdělení OSB u obvodové stěny .....	36
Obrázek 14 Opláštění panelu SDK deskami .....	37
Obrázek 15 Rohové napojení vnitřních stěn .....	38
Obrázek 16 Napojení obvodových panelů .....	38
Obrázek 17 Kompletní 3D model.....	40
Obrázek 18 Detail napojení průvlaku a obvodvé stěny.....	40
Obrázek 19 Dřevěná konstrukce dřevostavby .....	41
Obrázek 20 Kontrola OSB .....	41
Obrázek 21 Kontrola SDK.....	42
Obrázek 22 Seznam obráběných prvků v EKP .....	43
Obrázek 23 Jednotlivé obráběcí operace.....	44
Obrázek 24 Kontrola WUP dat pro multifunkční most.....	44
Obrázek 25 Výpočet zatížení .....	45
Obrázek 26 Posouzení stropního žebra 80/240 mm.....	46
Obrázek 27 Rozpočet z softwaru Kubix .....	48
Obrázek 28 Krycí list rozpočtu ze softwaru Kros 4 .....	49
Obrázek 29 Výsledky celkového posouzení stropního žebra .....	52

## 10 Seznam použitých zkratk a symbolů

2D	Dvourozměrný – prvky nacházející v jedné rovině
3D	Trojrozměrný – prvky nacházející se v prostoru
BIM	Building Information Modeling - digitální model stavby
BSH	Lepené lamelové dřevo
BVN	Přípona souboru pro CNC Hundegger
CAD	Computer Aided Design – 2D a 3D počítačové projektování
CLT	Cross laminated timber – křížem lepené dřevo
CNC	Computer Numeric Control – číslicové řízení počítačem
DWG	DraWinG – nativní formát souborů programu AutoCAD
DXF	Drawing Exchange Format – formát pro výměnu dat mezi Programy
GL24h	Lepené lamelové dřevo dané pevnosti
IPE	Profil železného nosníku
KVH	Délkově nastavené čtyřstranně hoblované profily
OSB	Oriented strand board – lisovaná deska z orientovaně rozprostřených velkoplošných třísek
S10 (C24)	Třída kvality dřeva
SDK	Sádrokartonové desky
WUP	Přípona souboru pro CNC multifunkční most
ZTI	Zdravotně technické instalace

## **11 Samostatné přílohy**

- Půdorys 1NP
- Půdorys 2NP
- Pohledy
- Řez
- Výrobní půdorys stropu 1NP
- Výpis skladeb konstrukcí
- Detail soklu
- Montážní půdorys krovu
- Výrobní výkresy stěn
- Technická zpráva
- Protokoly SFS
- Protokol teplo 2017
- Položkový rozpočet RD