

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



**Konstrukční návrh dřevostavby rodinného domu z CLT
panelů**

Diplomová práce

Autor: Bc. Lenka Horáková
Vedoucí práce: Ing. Miloš Pavelek, Ph.D.

2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Lenka Horáková

Dřevěné konstrukce a stavby na bázi dřeva

Název práce

Konstrukční návrh dřevostavby rodinného domu z CLT panelů

Název anglicky

Project of Family House Using CLT Panels

Cíle práce

Cílem práce je vypracování projektové dokumentace pro realizaci stavby vlastního návrhu dřevostavby rodinného domu s využitím panelů z křížem vrstveného dřeva (CLT). V první části bude navrženo základní tvarové, dispoziční, konstrukční a materiálové provedení objektu s umístěním do konkrétní lokality včetně optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště. V druhé části práce bude zpracováno architektonicko-stavební řešení ve stupni realizační dokumentace včetně konstrukčních detailů a technické zprávy. Dílčím cílem je návrh, posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky. Obsahem projektové dokumentace bude (1) souhrnná technická zpráva, (2) situační výkresy objektu, (3) dokumentace dílčího technického řešení (architektonicko-stavební řešení) a (4) optimalizace konstrukčních skladeb z hlediska stavební fyziky.

Metodika

- Literární rešerše
- Návrh základního tvarového, dispozičního, konstrukčního a materiálového provedení vč. optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště
- Souhrnná technická zpráva
- Situační výkresy objektu
- Projektová dokumentace dílčího technického řešení pro realizaci stavby – Architektonicko-stavební řešení
- Posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky
- Závěr

Harmonogram práce:

- červenec – říjen 2021: literární rešerše, návrh základního tvarového, dispozičního, konstrukčního a materiálového provedení objektu vč. optimalizace a osazení objektu na konkrétní parcele
- listopad – leden 2022: architektonicko-stavební řešení vč. technické zprávy

- únor – březen 2022: posouzení a optimalizace konstrukce z hlediska stavební fyziky

- duben 2022: odevzdání závěrečné práce



Doporučený rozsah práce

30 – 50 normostran textu + přílohy

Klíčová slova

Konstrukce na bázi dřeva; křížem vrstvené dřevo; architektonicko-stavební řešení; realizační dokumentace.

Doporučené zdroje informací

BLASS, Hans Joachim a Carmen SANDHAAS. Timber Engineering – Principles for Design. 2013. ISBN 3731506734.

GREEN, Michael a Jim TAGGART. Tall wood buildings: design, construction and performance. Basel: Birkhäuser, 2017. ISBN 3035604754;9783035604757;.

HERZOG, Thomas. Timber construction manual. Boston: Birkhäuser, 2004. ISBN 978-3-7643-7025-1.

KOLB, Josef. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Vyd. 3., přeprac. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.

PAVLAS, Marek. Dřevostavby z vrstvených masivních panelů: Technologie CLT [online].1. elektronické vydání. Praha: Grada, 2016. ISBN 8027100550.

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

Vyhláška č. 268/2009 Sb.: Vyhláška o technických požadavcích na stavby. Ministerstvo pro místní rozvoj, Praha, Česká republika, 2009. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-268>

Vyhláška č. 499/2006 Sb.: Vyhláška o dokumentaci staveb. Ministerstvo pro místní rozvoj, Praha, Česká republika, 2006. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-499>

Zákon č. 183/2006 Sb.: Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). Parlament České republiky, Praha, Česká republika, 2006. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183>

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Miloš Pavelek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 29. 7. 2021

doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 05. 04. 2023

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Konstrukční návrh dřevostavby rodinného domu z CLT panelů “ vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, 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 vědoma, 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:

Tímto bych chtěla poděkovat Ing. Miloši Pavelkovi Ph.D za odborné vedení této diplomové práce, připomínky a cenné rady. Taktéž bych chtěla poděkovat mé rodině, která mi během zpracování této práce byla vždy oporou.

Abstrakt:

Tato diplomová práce se dělí na několik dílčích částí. První část je věnována především seznámení se s problematikou vhodného umístění objektu na pozemek, typologií stavby, konstrukčnímu systému a jeho použití, materiálům vhodným pro stavbu dřevostaveb a také se zaměřuje na problematiku stavební fyziky. V další, a to již praktické části, jde o použití těchto získaných vědomostí. Pro vytvoření projektové dokumentace bylo nejdříve nutné vybrat vhodný pozemek, který dle územního plánu dovoluje na dané parcele výstavbu rodinného domu, dále dle požadavků územního plánu byla vytvořena studie, která splňuje požadavky vytyčené v typologii staveb. Dále bylo zapotřebí sestavit vhodné skladby za použití konstrukčního CLT systému. Tyto skladby byly následně optimalizovány v programu Teplo 2017 EDU a Area 2017 EDU s minimálním požadavkem na doporučené hodnoty. Následně již mohla být vytvořena projektové dokumentace rodinného domu, která byla vytvořena v ARCHICAD 25. Projektová dokumentace se skládá ze souhrnné technické zprávy, situačních výkresů, dále již technické zprávy a výkresové části v souladu s platnou legislativou. Dle metodických pokynů bylo také vytvořeno rychlé ocenění, hrubý soupis materiálového složení, výstup pro zpracování jedné stěny CNC strojem a statický posudek pro jeden konstrukční prvek a tři detaily zvolených konstrukčních spojů.

Klíčová slova:

Konstrukce na bázi dřeva; křížem vrstvené dřevo; architektonicko-stavební řešení; realizační dokumentace

Abstract:

This thesis is divided into several parts. The first part is mainly devoted to familiarization with the issue of appropriate location of objects on the plot, building typology, construction system and its use, material suitable for the construction of wooden buildings and also issues of building physics. In the next, already practical part, it is about using this acquired knowledge. In order to create the project documentation, it was first necessary to select a suitable plot of land that, according to the land use plan, allows the construction of a family house on the given plot, then, according to the requirements of the land use plan, a architectural study was created that meets the requirements outlined in the typology of buildings. Furthermore, it was necessary to assemble suitable compositions, using the structural CLT system. Which were subsequently optimized in the Teplo 2017 EDU and Area 2017 EDU programs with a minimum requirement for recommended values. Subsequently, the project documentation of the family house could be created, which was created in ARCHICAD 25. The project documentation consists of a summary technical report, situational drawings, further technical report and drawing part in accordance with applicable legislation. According to the methodological instructions, a quick assessment, a rough inventory of the material composition, an output for processing one wall with a CNC machine and a static assessment for one structural element and three details of selected structural joints were also created.

Key words:

Wood – based construction; cross-laminated timber; architectural and construction solutions; implementation documentation

Obsah

1	ÚVOD	12
2	CÍLE PRÁCE	13
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	14
3.1	UMÍSTĚNÍ STAVBY NA POZEMEK	14
3.2	TYPLOGIE	14
3.2.1	<i>Provozní vazby</i>	14
3.2.2	<i>Orientace místností ke světovým stranám</i>	15
3.2.3	<i>Požadavky pro určité místností</i>	17
3.3	KONSTRUKČNÍ SYSTÉM Z CLT PANELŮ	23
3.3.1	<i>CLT panely</i>	24
3.3.2	<i>Historie CLT</i>	24
3.3.3	<i>Suroviny pro výrobu CLT</i>	24
3.3.4	<i>Výroba CLT panelů</i>	25
3.3.5	<i>Použití CLT panelů</i>	27
3.3.6	<i>Stěnové panely</i>	27
3.3.7	<i>Stropní a střešní panely</i>	28
3.3.8	<i>Základové konstrukce používané pro stavby z CLT panelů</i>	31
3.3.9	<i>Konstrukční spoje CLT panelů</i>	35
3.3.10	<i>Kompletace</i>	40
3.4	MATERIÁL	44
3.4.1	<i>Masivní dřevo</i>	44
3.4.2	<i>Deskový materiál</i>	47
3.4.3	<i>Tepelná izolace</i>	50
3.4.4	<i>Vnější plášť</i>	53
3.5	STAVEBNÍ FYZIKA	56
3.5.1	<i>Šíření tepla</i>	56
3.5.2	<i>Difuze a kondenzace vodní páry</i>	58
3.5.3	<i>Tepelně technické požadavky</i>	58

4	METODIKA	71
5	VÝSLEDKY	72
5.1	LOKALITA.....	72
5.2	DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ	73
5.3	TVAROVÉ ŘEŠENÍ	75
5.4	KONSTRUKČNÍ SYSTÉM A VYHODNOCENÍ Z HLEDISKA STAVEBNÍ FYZIKY	75
5.4.1	<i>Obvodové stěny</i>	76
5.4.2	<i>Nosné a nenosné příčky</i>	78
5.4.3	<i>Podlaha</i>	78
5.4.4	<i>Stropní konstrukce</i>	80
5.4.5	<i>Střešní konstrukce</i>	80
5.4.6	<i>Detaily</i>	82
5.4.7	<i>Optimalizace</i>	85
6	DISKUZE	86
7	ZÁVĚR	87
8	SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	88
9	SEZNAM PŘÍLOH	92

Seznam tabulek, obrázků a vzorců:

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Požadavek na teplotní faktor – Obvodové stěny	76
Tabulka 2: Požadavek na součinitel prostupu tepla – Obvodové stěny	77
Tabulka 3: Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí - Obvodové stěny.....	77
Tabulka 4: Požadavek na teplotní faktor - Podlaha.....	78
Tabulka 5: Požadavek na součinitel prostupu tepla - Podlaha	79
Tabulka 6: Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí - Podlaha	79
Tabulka 7: Pokles dotykové teploty - Podlaha.....	80
Tabulka 8: Požadavek na teplotní faktor – Střešní konstrukce	81
Tabulka 9: Požadavek na součinitel prostupu tepla – Střešní konstrukce....	81
Tabulka 10: Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí - Střešní konstrukce..	81
Tabulka 11: Požadavek na teplotní faktor - Pata domu.....	82
Tabulka 12: Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí.....	83
Tabulka 13: Požadavek na teplotní faktor – Nároží stěn.....	83
Tabulka 14: Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí.....	84
Tabulka 15: Požadavek na lineární činitel prostupu tepla	84

Seznam obrázků:

Obrázek 1 Provozní vazby místností (Remeš a kol. 2014).....	15
Obrázek 2 Orientace místností vzhledem ke světovým stranám (Neufert, 2000)	16
Obrázek 3 Posuzovaná plocha podkroví (ČSN 73 4301, 2004)	17
Obrázek 4 Srubová, hrázděná a rámová konstrukce (Kolb, 2008).....	23
Obrázek 5 Skeletová konstrukce a stavba z masivních panelů (Kolb, 2008)	23
Obrázek 6 Rozměry elementů CLT panelu (Sandanus, Katona 2014).....	26

Obrázek 7 Stěnové panely (Pavlas, 2016)	28
Obrázek 8 Systémový panel se středním nosným roštem (Pavlas, 2016) ..	30
Obrázek 9 Stěnový panel s BSH (Pavlas, 2016)	31
Obrázek 10 Základové pasy a deska (Hazucha, 2016)	32
Obrázek 11 Plovoucí deska - pěnové sklo (Hazucha, 2016)	33
Obrázek 12 Plovoucí deska - Polystyren (Hazucha, 2016)	34
Obrázek 13 Crawl space (Hazucha, 2016)	35
Obrázek 14 Typický spoj - stěnový panel a základová deska (Pavlas, 2016)	36
Obrázek 15 Typický spoj - Napojování stěn - přeplátování a pomocí příložek (Pavlas, 2016)	37
Obrázek 16 Typický spoj - kotvení stěna a stěna, stěna a střecha (Pavlas, 2016)	37
Obrázek 17 Typický spoj - Platform-plate, Ballon-frame (Pavlas, 2016)	38
Obrázek 18 Atypický spoj – Knapp (Pavlas, 2016).....	38
Obrázek 19 Atypický spoj - závitové tyče (Pavlas, 2016)	39
Obrázek 20 Atypický spoj - Ocelový nosník (Pavlas, 2016)	40
Obrázek 21 Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu (ČSN 73 0540-2, 2011)	60
Obrázek 22 Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla (ČSN 73 0540-2, 2011)	61
Obrázek 23 Návrhové hodnoty odporu při přestupu tepla na vnější straně konstrukce a na vnitřní straně konstrukce bez povrchové kondenzace (ČSN 73 0540-2, 2011)	62
Obrázek 24 Požadované a doporučené hodnoty lineárního a bodového činitele prostupu tepla (ČSN 73 0540-2, 2011).....	65
Obrázek 25 Požadované hodnoty poklesu dotykové teploty (Šála, a kol. 2008)	66

Obrázek 26 Požadované hodnoty třídy průvzdušnosti (ČSN 73 0540-2, 2011)	70
Obrázek 27 Koeficient zastavěnosti pozemku	73
Obrázek 28 1.NP	74
Obrázek 29 2.NP	74
Obrázek 30 Vizualizace objektu.....	75

Seznam vzorců:

Vzorec 1 Podmínka nejnižší povrchové teploty (ČSN 73 0540-2, 2011)	59
Vzorec 2 Tepelný odpor konstrukce (Kulhánek, 2014)	63
Vzorec 3 Tepelný odpor celé konstrukce (Kulhánek, 2014)	63
Vzorec 4 Součinitel prostupu tepla (Kulhánek, 2014)	63
Vzorec 5 Průměrný součinitel prostupu tepla (ČSN 73 0540-2, 2011)	63
Vzorec 6 Lineární a bodový činitel prostupu tepla (ČSN 73 0540-2, 2011) ..	64
Vzorec 7 Podmínka poklesu dotykové teploty podlahy (ČSN 73 0540-2, 2011)	65
Vzorec 8 Podmínka kondenzace vodních par uvnitř konstrukce (Šála a kol. 2008)	67
Vzorec 9 Podmínka ročního množství kondenzátu (Šála a kol. 2008)	68
Vzorec 10 Podmínka ročního množství kondenzátu pro konstrukce s obsahem dřeva (Šála a kol. 2008)	68
Vzorec 11 Podmínka ročního množství kondenzátu pro ostatní konstrukce (Šála a kol. 2008)	68
Vzorec 12 Podmínka relativní vlhkosti (ČSN 73 0540-2, 2011).....	69
Vzorec 13 Podmínka celkové průvzdušnosti obálky (ČSN 73 0540-2, 2011)	69

1 Úvod

Jedním z aspektů pro kvalitní život je zajištění bydlení. V dnešní době se ale také klade důraz na kvalitu daného bydlení, s kterou je spojeno, kde, za jakých podmínek a z čeho je dům vyroben. Část populace je přesvědčena, že jediným kvalitním materiálem vhodným ke stavění objektů k bydlení je cihla a beton, a že jiný materiál není schopen dosáhnout takových kvalit. Opak je ale pravdou a dřevostavby jsou v dnešní době plně schopny nahradit stavby z jiných konstrukčních materiálů. Naopak stavby ze dřeva nabízejí hned několik konstrukčních systémů od srubů, po těžký skelet s velkým otevřeným a velmi variabilním prostorem. Tato práce je zaměřena především na stavbu z celomasivního CLT panelu, který je samostatně, ale i v kombinaci s dalšími materiály schopen nabídnout stejně kvalitní bydlení jako v již zmíněných zděných objektech. Smyslem práce je tedy rozšíření povědomí o stavbách na bázi dřeva za pomoci ukázky projektové dokumentace tvarově typického venkovského domu pro čtyřčlennou rodinu s osazením objektu do klasické venkovské zástavby. Ve venkovských zástavbách jsou pozůstatky objektů ze dřeva, které poukazují na to, že již v historii byly takovéto stavby hojně využívány. Avšak převládá přesvědčení, že u těchto staveb dojde k degradaci vzhledem k povětrnostním vlivům a napadení škůdci. Nebo jsou stavby náchylnější v mnoho dalších aspektech jako je například požár a tedy pevnost a odolnost celé stavby. Avšak v této době jsme již schopni těmto účinkům přírody a dalším vlivům zabránit a je tedy možné se navrátit zpět k těmto konstrukčním systémům a poznání nových systémů na bázi dřeva, které jsou v tomto ohledu více přijemnější pro bydlení. Dalším smyslem práce je také osobní rozvoj v této problematice a poznání možností objektů z CLT panelů.

2 Cíle práce

Cílem práce je zpracování vlastního návrhu rodinného domu, konstrukčních skladeb, jejich vyhodnocení a optimalizace z pohledu stavební fyziky a zpracování architektonicko-stavební dokumentace ve stupni realizační dokumentace. Základního architektonického návrhu stavby, tedy samotné studie bude dosaženo za pomoci vyhlášek a norem. Díky nim bude dosaženo správné orientace objektu vůči světovým stranám i uspořádání místností a zajištění dostatečných rozměrů pro jednotlivé místnosti v navrhovaném objektu. Základním aspektem pro tvorbu dokumentace bude vytvoření vhodných konstrukčních skladeb, které vyhovují nejen konstrukčním vlastnostem, ale také stavební fyzice. V tomto případě bude použit Svoboda software, přesněji program Teplo 2017 EDU a Area 2017 EDU, která spočítá součinitel prostupu tepla a následně pak tepelné mosty, vazby a vlhkost v daných detailech. Následným cílem je vyprojektování stavebně-architektonické dokumentace na základě vytvořené studie a konstrukčních skladeb. Součástí dokumentace je také souhrnná technická zpráva a situační výkresy pro navrhovaný objekt. Nedílným cílem je také zpracování literární rešerše zabývající se problematikou následné praktické části, která zahrnuje tvarové, dispoziční, materiálové a konstrukční řešení. Dále je do práce přidáno rychlé ocenění objektu, hrubý soupis materiálového složení, statický posudek pro konstrukční prvek a 3 detaily konstrukčních spojů.

3 Literární rešerše

3.1 Umístění stavby na pozemek

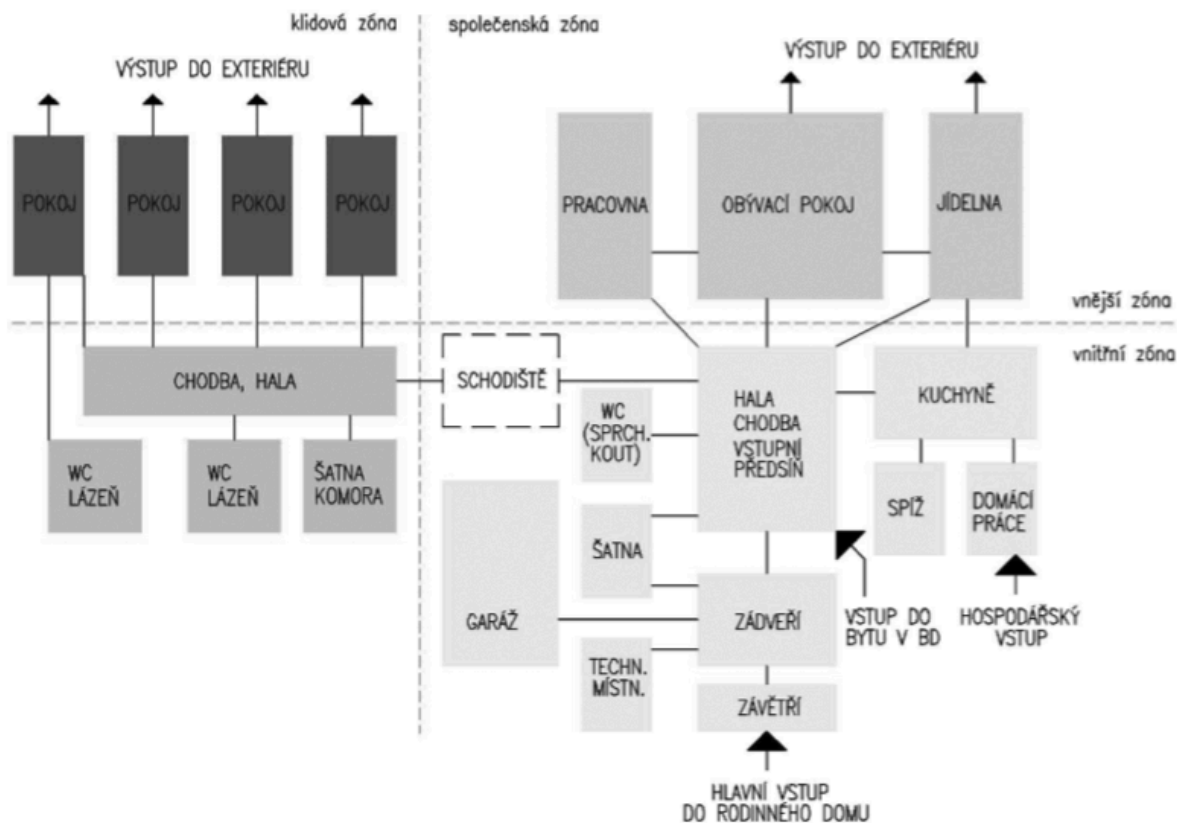
Při umísťování stavby na pozemek je důležité brát zřetel na vzájemné odstupy staveb. V tomto případě je stanovena vzdálenost mezi dvěma rodinnými domy na 7 metrů. V mimořádných případech může být rozestup 4 metry, ale pouze s podmínkou vyloučení oken v obytných místnostech v protilehlých stěnách rodinných domů. Pokud se v obytných místnostech nachází okna, vzdálenost mezi domy určuje vyšší výška protilehlých stěn. Minimální odstup rodinných domů od kraje pozemku se sousední stavbou jsou 2 metry. V případě pozemní komunikace a domem je rozestup 3 metry, pokud jsou v průčelí domu okna v obytných místnostech. Pokud se v této stěně okna ani žádné jiné otvory nenachází a je také zajištěn svod vody na okolní pozemek, může být stavba umístěna na hranici pozemku. Odstupy jsou měřeny od nejkratšího bodu vnějších stěn, teras, balkónů, hranic pozemku a okrajů pozemní komunikace (Vyhláška č. 501/2006 Sb., 2006).

3.2 Typologie

Typologie staveb se zabývá naukou o navrhování budov, kdy cílem je především zajištění kvalitního prostředí pro lidi, a to zejména při jejich práci a odpočinku. K dosažení tohoto cíle je důležité zajišťovat tyto požadavky: provozní, konstrukční, bezpečnostní, zdravotní, estetické i ekonomické (Hájek a kol. 2004).

3.2.1 Provozní vazby

Provozní vazby u staveb využívaných k bydlení řeší dispozici bytu v závislosti na funkci místností, jejich požadavkům, důležitosti a vzájemných vazbách. Mezi základní funkce místností patří: příprava stravy, odpočinek, hygiena, soukromí, apod (Hájek a kol. 2004).



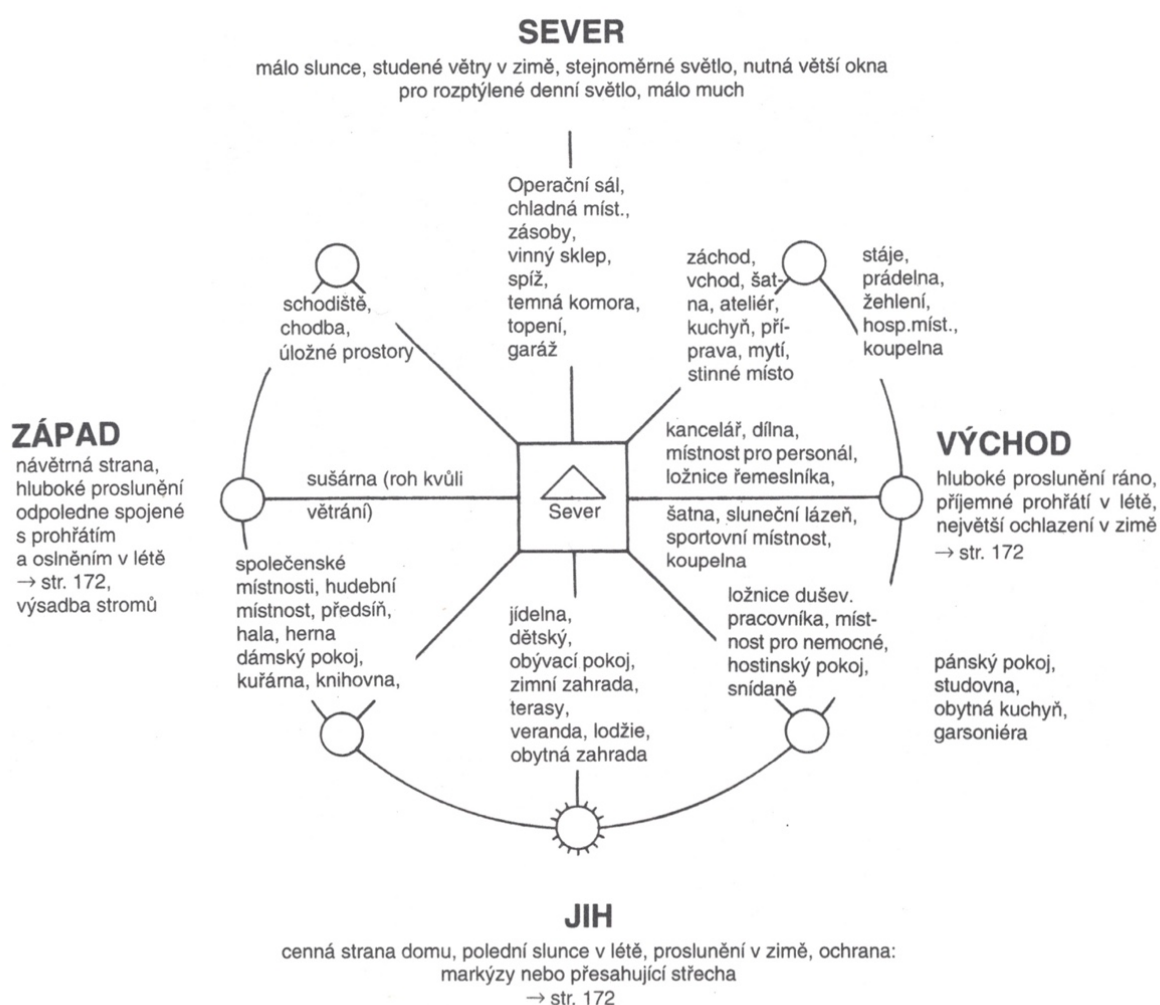
Obrázek 1 Provozní vazby místností (Remeš a kol. 2014)

Na obrázku 1 je možné vidět, že provozní vazby domu se dělí na klidovou a společenskou zónu, kdy do klidové zóny spadají ložnice obyvatelů zajišťující především funkci soukromí. Naopak společenská zóna, jak již z názvu plyne je určena pro čas strávený společně, jak s členy rodiny, tak i s případnými návštěvami. Tyto druhy místností spadají dle dalšího rozdělení provozních vazeb do vnější zóny. Do vnitřní zóny spadají jak v klidové, tak i společenské zóně koupelny, toalety, komory apod. zajišťující například funkci hygieny (Remeš a kol. 2014).

3.2.2 Orientace místností ke světovým stranám

Orientace místností ke světovým stranám nám zajišťuje dostatečné proslunění daných místností v závislosti na denní i roční době a jejich užívání. Například ložnice je vhodné směřovat na jihovýchod, kde je největší proslunění v dopoledních hodinách, zatímco u obývacího pokoje je vhodné ho směřovat

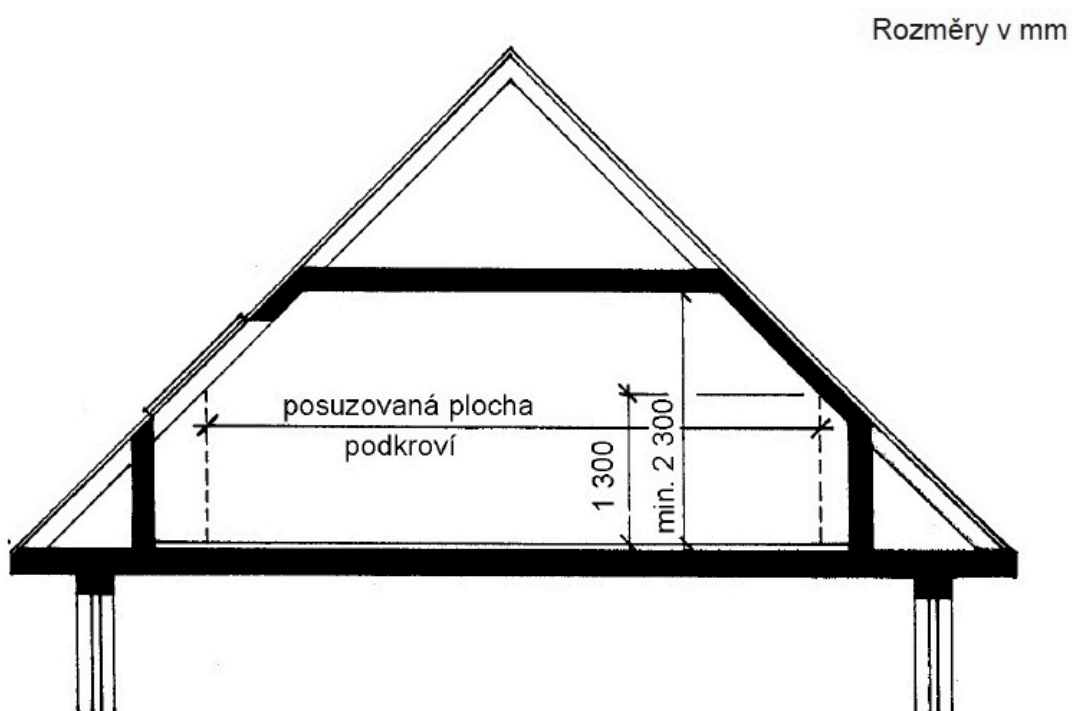
na jih, kde k největšímu proslunění dochází v poledne, ale současně je zajištěno dostatečné proslunění během celého dne. U místností orientovaných na sever je proslunění minimální, jsou tak vhodné především pro spíže, komory a místnosti, kde nevadí nedostatek světla. Těmito poznatky určíme, jak správně orientovat objekt a místnosti v něm ke světovým stranám, nebo i jak správně umístit objekt na pozemek pro případný odklon od stromů či sousedních budov, které přináší zastínění předmětného objektu (Neufert, 2000).



Obrázek 2 Orientace místností vzhledem ke světovým stranám (Neufert, 2000)

3.2.3 Požadavky pro určité místnosti

Každý druh místnosti má určité požadavky, obecně je však dáno, že minimální plocha pro obytnou místnost je 8 m^2 . Pro rodinné domy dále platí, že minimální světlá výška je 2500 mm . Výjimkou je podkroví, kde postačuje minimálně 2300 mm v případě, že je tato výška u více jak poloviny podlahové plochy (od výšky zkosení střechy 1300 mm). Dále se uvažuje objem 20 m^3 pro užívání podkroví za účelem spaní pro jednu osobu, v případě dvou osob 30 m^3 , přičemž pro každou další osobou se objem úměrně zvětšuje (ČSN 73 4301, 2004).



Obrázek 3 Posuzovaná plocha podkroví (ČSN 73 4301, 2004)

U rodinného domu je požadavek na zajištění zádveří u hlavního vchodu do domu se vstupními dveřmi o minimální šířce 900 mm , která zajišťuje přepravu věcí o rozměrech $1950 \times 800 \times 1950 \text{ mm}$. Dalším požadavkem je úroveň podlahy v obytných místnostech s rozdílem minimálně 150 mm oproti nejvyšší úrovni přilehlého terénu. V případě rozdílu těchto hodnot o více než 500 mm je nutné zajistit parapet okna minimálně ve výšce 850 mm nebo zajištění zábradlí nebo věcem jemu podobných. Zábradlí musí být taktéž doplněno u všech

pochůzných ploch s případnou možností pádu, a to v závislosti na hloubce volného prostoru (ČSN 73 4301, 2004).

Obytné místnosti a kuchyně u rodinných domů nemají být přístupné přímo ze zádveří. Dále musí být umožněno, aby místnosti bylo možné vybavit minimálně základním nábytkem podle funkce dané místnosti (ČSN 73 4301, 2004).

Každý byt musí mít prostory, které zajišťují možnost vaření, uskladnění potravin, uložení předmětů pro úklid, prostor pro osobní hygienu a umístění toalety. Dále byt také může mít speciální prostory pro domácí práce, uskladnění oděvů, apod (ČSN 73 4301, 2004).

Jedním z dalších požadavků je zajištění dostatečného proslunění, odvětrávání a vytápění (ČSN 73 4301, 2004).

3.2.3.1 Závětrí

Závětrí je prostor sloužící k ochraně před povětrnostními vlivy jako je vítr, déšť, slunce, kroupy, atd. Dříve bylo závětrí obestavěno ze tří stran a ze shora, dnes je tento způsob nahrazován zapuštěním závětrí do rodinného domu nebo například stříškou nad vstupem. Závětrí je omezeno limitem minimální hloubky 600 mm. Nemělo by se také zapomínat na okapový žlab u stříšky, osvětlení a použití protiskluzového materiálu na povrch podlah (Remeš a kol. 2014).

3.2.3.2 Zádveří

Jedná se o prostor sloužící k omezení úniku tepla, šíření hluku a omezení šíření nečistot do objektu. Prostor musí zajišťovat otvírání dveří do prostoru zádveří, poskytnout prostor pro přezouvání, odkládání oděvů a především zprostředkování prostoru pro více osob při užívání dle výše zmíněných činností. Zádveří je limitováno minimální délkou 1200 mm a šířkou 1100 mm. U těchto prostor je nutné myslet na zajištění dosažených rozměrů pro úložné prostory a zachování minimální šířky místnosti i pro případné posazení.

Nezbytné je také zajištění vhodné podlahové krytiny a dostatečného osvětlení (Remeš a kol. 2014).

3.2.3.3 Hala

Hala je prostor spojující místnosti v jedno podlaží nebo spolu se schodištěm podlaží více. Opět je nutné myslet na osvětlení místnosti a případné vybavení nábytkem (Remeš a kol. 2014).

3.2.3.4 Kuchyň

Kuchyň je prostor sloužící k přípravě pokrmů, umývání nádobí, jeho úschově, případně i k uskladnění potravin. Základním požadavkem je minimální plocha v závislosti na počtu a uskupení obytných místností. Pokud se jedná o samostatnou kuchyni, je možné mít při čtyřech obytných místnostech plochu 6 m². V případě více obytných místností jedná se již o 8 m². V případě, že je kuchyň sloučena s jídelnou, je prostor rozdělen obdobně a to 12 m² při čtyřech místnostech a 15 m² při více jak čtyřech obytných místnostech (ČSN 73 4301, 2004).

Při navrhování kuchyně je nutné pamatovat na rozměry a uspořádání skříněk a spotřebičů. V případě, že je kuchyňská linka a její spotřebiče v jedné řadě, je před nimi nutný průchod 1100 mm, v případě dvou řad stačí 1000 mm (ČSN 73 4301, 2004).

3.2.3.5 Spíž

Spíž je místnost určená pro skladování potravin. V případě, že bytová jednotka disponuje spíží, je dobré dodržet určité požadavky, mezi které patří odvětrávání dané místnosti, zajištění chladu a minimálního slunečního záření. Důležité je i myslet na rozměry regálů/skříní (Neufert, 2000).

3.2.3.6 Jídelna

Jídelna je buď tvořena samostatnou místností poblíž kuchyně nebo je její součástí. Jsou vymezeny rozměry plochy u stolu pro jednu osobu, která činí 60 x 40 cm. Taktéž jsou vymezeny minimální rozměry šíře stolu 75-80 cm a současně je požadováno zachování potřebného průchodu kolem jídelní sestavy (Neufert, 2000).

3.2.3.7 Obývací pokoj

Obývací pokoj může sloužit pro více funkcí. Je to jedna z největších místností bytu. Tento druh místnosti je limitován minimálními rozměry 3,3m šířky a jeho plochou v závislosti na počtu obytných místností v objektu. V případě třech nebo čtyř obytných místností je minimální plocha obývacího pokoje stanovena na 18 m², v kombinaci se sloučením s jídelním koutem je plocha 21 m². Pokud jsou v objektu více než čtyři obytné místnosti je rozměr stanoven na 20 m², avšak ve variantě se stolováním je požadována plocha 24 m² (ČSN 73 4301, 2004).

Při navrhování obývacího pokoje je několik aspektů, na které je vhodné myslet, jedná se o uspořádání nábytku vůči slunečním paprskům zároveň zachovávající největší možné pronikání světla, ale i umístění zastiňovací techniky (REMEŠ a kol. 2014).

3.2.3.8 Ložnice

Jedná se o obytnou místnost určenou pro spánek nebo odpočinek. Limity místnosti jsou šířka v závislosti na jednolůžku – 1,95 m nebo dvojlůžku 2,4 m a plocha která je stanovena jak pro jednu osobu – 8 m² nebo pro osoby dvě 12 m². Ložnice nemůže být průchozí místností, pokud nejsou další navazující místnosti určeny pouze pro uživatele bytu - jako je šatna nebo vlastní koupelna (ČSN 73 4301, 2004).

3.2.3.9 Dětský pokoj

Při návrhu dětského pokoje je vhodné myslet na to, že je pokoj využíván nejenom ke spánku a odpočinku jako ložnice, ale i k práci a hraní si. Je tedy důležité, aby byl pokoj dostatečně prosluněn, především jeho pracovní plocha. Limity rozměrů dětského pokoje jsou totožné jako hodnoty udané pro ložnice (Remeš a kol. 2014).

3.2.3.10 Koupelna

Jedná se o prostory, kde jsou osoby schopné provést svou hygienu, tedy slouží ke sprchování, koupání, mytí apod. Pokud byt disponuje čtyřmi nebo více místnostmi k obývání, musí disponovat alespoň dvěma umyvadly, a to v odlišných místnostech, přičemž do uvedeného počtu se nezahrnují umyvadla u záchodové mísy. Dalším aspektem je světlá výška, která činí minimálně 2300 mm, ideálně by však měla být stejná jako v ostatních místnostech v daném patře. Tento rozměr platí i pro toaletu. Totožný je u koupelny a toalety i požadavek na minimální rozměr dveří do těchto prostor, a to 700 mm. Dále je také nutností zajištění vývodu pro pračku, pokud tak není učiněno v jiném vhodném prostoru (ČSN 73 4301, 2004).

Je nutné pamatovat na dané rozměry, kterými je rozměr mezi vanou, stěnou, umyvadlem nebo otopným tělesem, který zajišťuje průchod minimálně v šířce 650 mm. Dále je také nutné zajistit prostor mezi osovou vzdáleností toalety, umyvadla a stěny, kterou tvoří minimálně 450 mm (Remeš a kol. 2014).

3.2.3.11 Toaleta

Vzhledem k typu účelu místnosti není možné její dispoziční rozvržení takové, aby byla toaleta přístupná bezprostředně z obytných místností. Pokud byt obsahuje 3 nebo 4 obytné místnosti, je povinností umístit toaletu do samostatné místnosti k tomu určené. V případě více místností je nutnost zajistit dvě toalety, a to každou v jiném patře, pokud se jedná o vícepodlažní byt. V

tomto případě lze druhou toaletu umístit, jak v prostorech pro vykonání osobní hygieny, tak i v samostatné místnosti (ČSN 73 4301, 2004).

Prostory pro umístění záchodové mísy mají své požadované rozměry a to minimálně 900 x 1200 mm v případě otevírání dveří ven a 900x1550 mm při otevírání dovnitř. Pokud je otevírání dveří umístěno bočně, je vhodné zvětšit prostor na 1300 mm. Primárně se ale doporučuje otevíravost dveří směrem ven. Dalším aspektem při navrhování toalety je minimální vzdálenost mezi záchodovou mísou a dveřmi otevíravými směrem dovnitř v jakémkoliv rozsahu v minimální hodnotě 300 mm. Dále je nutné také dodržet 500 mm mezi záchodovou mísou a stěnou či otopným tělesem (ČSN 73 4301, 2004).

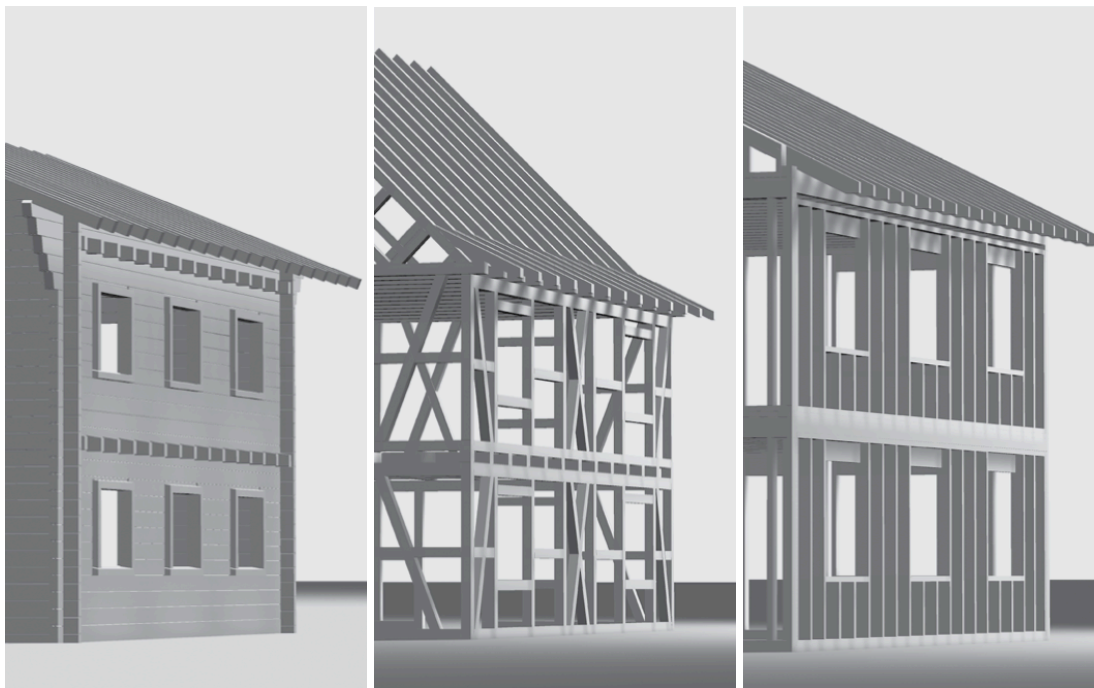
3.2.3.12 Schodiště

Schodiště v rodinných domech jsou omezena sklonem ramene na 35°, pokud konstrukční výška není více než 3000 mm je možné sklon zvýšit na 41°. Dalším omezením je minimální šířka ramene do které nezasahuje jakákoliv překážka a to 900 mm. Schodiště je nutné zaopatřit zábradlím alespoň na jedné, a to na volné straně, pokud průchodná šířka není větší než 1650 mm. Zábradlí musí být opatřeno madlem, které na koncích musí přesahovat minimálně 150 mm mimo úroveň schodiště (ČSN 73 4130, 2010).

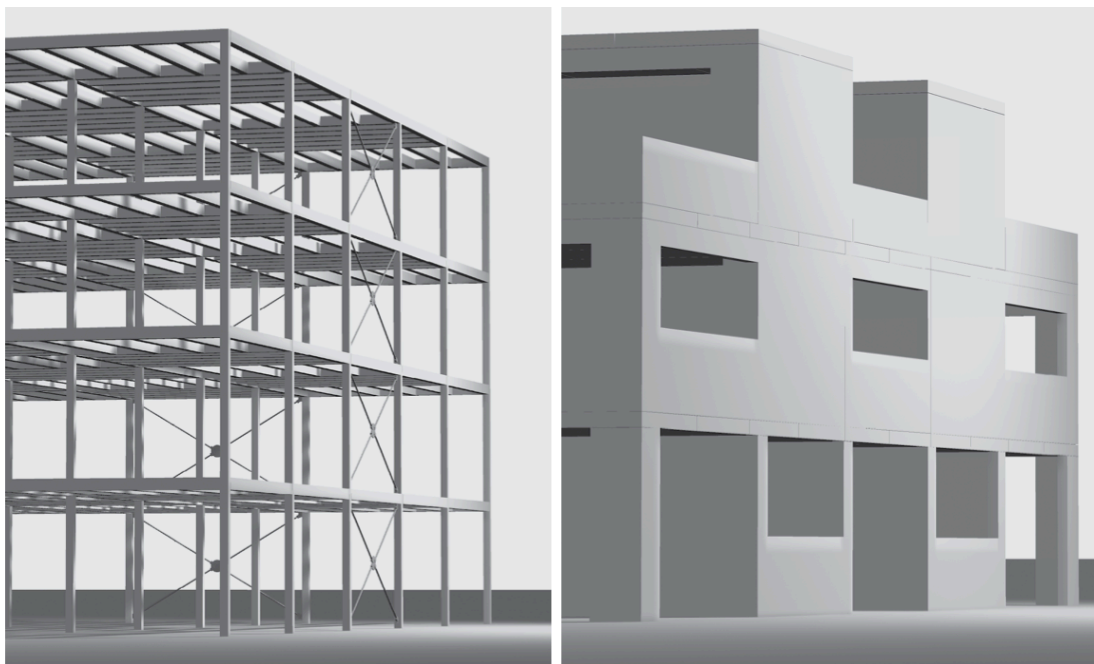
Mezipodlažní podesta u schodišť musí mít minimálně šířku navazujícího schodiště bez jakékoliv zasahující konstrukce. Avšak doporučuje se tuto hodnotu navýšit o 100 až 200 mm. Veškeré stupně v ramenu musí mít stejnou výšku a šířku, která je udávána vztahem $2h + b = 600$ až 650 mm. Ideální výška se nachází mezi 150 až 180 mm. Schodiště může mít od 3 až do 18 stupňů, ideální je však stupňů 16. V případě dvouramenných schodišť je počet stupňů v ideálním případě sobě roven (ČSN 73 4130, 2010).

3.3 Konstrukční systém z CLT panelů

Zásadními druhy konstrukčních systémů dřevostaveb jsou stavby srubové, hrázděné, rámové, skeletové a stavby z masivního dřeva, do kterých se řadí dřevěné panely z křížem vrstveného dřeva (Kolb, 2011).



Obrázek 4 Srubová, hrázděná a rámová konstrukce (Kolb, 2008)



Obrázek 5 Skeletová konstrukce a stavba z masivních panelů (Kolb, 2008)

3.3.1 CLT panely

CLT panely se celým názvem také označovány jako cross-laminated timber. Často taktéž nazývány jako X-LAM nebo českým obdobným názvem konstrukční systém dřevěných panelů z masivních vrstvených lamel. Jedná se o relativně novou technologii zpracování dřeva, která se využívá především v oboru stavebnictví, přesněji se jedná o masivní panel, který tvoří daný počet vrstev, které jsou k sobě vždy kladeny křížem. Vrstvy tvoří dřevěné lamely. Toto kolmé ukládání vrstev zajišťuje panelům vysokou tvarovou stálost (Pavlas, 2016).

Tyto masivní panely jsou vhodné pro použití v konstrukcích stropů, stěn a střech. Jedná se o prefabrikovanou výrobu, tudíž veškeré prvky jako jsou okna, dveře či schody jsou téměř dokonale vyříznuty už ve výrobních halách dle daného stavebního plánu. Jediné omezení při výrobě CLT panelů jsou velikosti a to především výrobních linek a dopravních limitů, které značně ovlivňují maximální velikost prefabrikovaných panelů (Pavlas, 2016).

3.3.2 Historie CLT

První záznam o výrobě CLT panelu byl v Rakousku firmou KLH Massivholz GmbH s čím je i spojeno označení CLT panelů jako KLH. Tato firma je na trhu od roku 1999 a dodnes stále drží jednu z předních pozic v produkci CLT panelů. Na rozvoji těchto masivních panelů se podílejí nejen vědecká pracoviště, ale i vlivné podniky v dřezpracujícím průmyslu. Z počátku nebylo zastoupení z hlediska výroby CLT panelů nikterak veliké, avšak postupem času se výroba začala rozšiřovat. Odborná veřejnost předpokládá růst CLT panelů, především v oblasti USA a to zejména Kanady, jelikož se jedná o velkého producenta dřevostaveb (Pavlas, 2016).

3.3.3 Suroviny pro výrobu CLT

Při výrobě CLT panelů se používají zejména jehličnaté dřeviny jako je smrk, borovice či jedle. V budoucnu možná dojde k rozšíření těchto dřevin o listnaté

stromy. Uvažuje se o akátu či buku, jelikož pravděpodobně v lesích dojde k obměně druhových skladeb (Růžička, 2019).

Při výrobě se výhradně používají prkna a fošny, která zpravidla nejsou opracována a nachází se v okrajové části kmene. Tyto dřeviny převažují dobrými mechanickými vlastnostmi, jako je pevnost a tuhost, ale také nižší cenou (Kuklík, Kuklíková 2011).

Rozměry formátů jsou udávány v poměru 4:1, kdy tloušťka se pohybuje okolo 10 až 45 mm a šířka 80 až 240 mm, avšak rozměry se liší v závislosti na výrobci (Kuklík, Kuklíková 2011).

Pro zajištění vysoké stability a zamezení vzniku trhlin jsou prkna vysušeny na $12\% \pm 2\%$. Hustota těchto prken se pohybuje okolo 500 kg/m^3 (Storaenso, 2015).

3.3.4 Výroba CLT panelů

Pro zajištění přesnosti, rychlosti montáže a taktéž rychlosti výroby je materiál zpracován na CNC strojích. Z počátku dochází k samotnému třídění dřeva. Pro vnější vrstvy je požadována minimální pevnostní třída C24. Dalším krokem je vyřezání veškerých vad z lamel. Poté dochází k podélnému lepení pomocí zubovitých spojů, kdy je důležité dodržení rozestupů spojů minimálně o $1/3$ šířky dané lamely. Dále se ohoblují veškeré strany lamel. V následujícím kroku dojde ke spojování do vrstev, kdy jsou lamely nejprve spojovány bočně za pomoci drážek, per, kónicky či na sraz. Vrstvy se poté ukládají tak, aby byl směr přechozích lamel vždy kolmo na nově vytvořenou vrstvu (Kuklík, Velebil 2013).

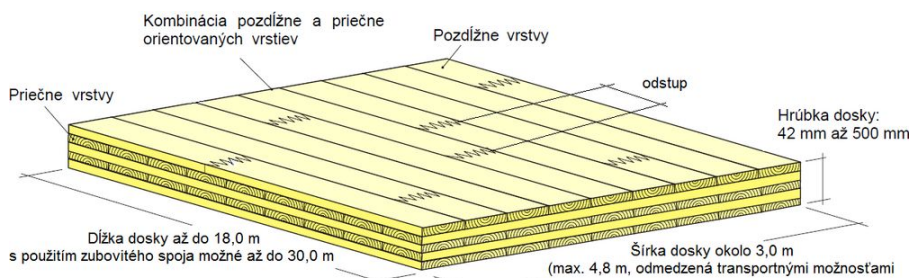
Panely jsou většinou tvořeny o třech až sedmi vrstvách, kdy jsou slepeny za pomoci polyuretanového lepidla (Jakoubková, 2017).

Při lepení je také možno použití lepidla fenolického či melaminového, od kterých se z důvodu následného úniku formaldehydu do interiéru již upouští. Mezi další možnosti spojování patří také spojování mechanickými spojovacími prostředky (Kuklík, Velebil 2013).

Pro zajištění tuhosti spoje, se lepidlo nanáší po celé ploše v rovnoměrné vrstvě. Dalším procesem je lisování panelů (Kuklík, Kuklíková 2011).

V závěru dochází k finálnímu opracování a expedici, která jak již bylo zmíněno je jedním z největších faktorů, které určují velikost CLT panelu. Mezi další faktory spadá také technologické vybavení v daném provozu. Vzhledem k limitům tvořeným přepravními možnostmi se maximální rozměr panelů pohybuje okolo 10 – 13 m délky, 2,5 – 3,5 m výšky a 0,06 – 0,4 m tloušťky. V případě větších rozměrů panelů jsou dvě možnosti. Jednou z nich, je vyrobit panel prefabrikací s následným připlacením za nadměrný náklad. A nebo využít častější, druhou metodu ve formě nastavení panelů za pomoci zubovitého spojem na místě výstavby. Panely se dělí na tři třídy pohledových kvalit a to podle typu užití: průmyslová, pohledová a nepohledová.

Při montáži na stavbě dochází k osazení panelů, za pomoci spojovacího kování a jejich následného spojení. Finálním krokem je opláštění panelů tepelnou izolací, vnějším a případně vnitřním pláštěm (Kuklík, Velebil, 2013).



Obrázek 6 Rozměry elementů CLT panelu (Sandanus, Katona 2014)

CLT panely nejsou sami o sobě schopné zajistit dostatečnou tepelnou ochranu, a proto je nutné dodatečné opláštění tepelnou izolací. Kotvení tepelné izolace se provádí především z vnější strany obvodových panelů. Následně je tepelná izolace zakryta difuzní fólií s následným obložením dle vnějšího pláště. Vnitřní strana panelu se v závislosti na třídě pohledové kvality může ponechat již bez obložení, nebo je možné například zaklopení sádrokartonovým obkladem pro vytvoření instalační předstěny (Havířová, 2006).

3.3.5 Použití CLT panelů

CLT panely využívají především ve stavebnictví, a to jako stěny, příčky, stropy či střechy. Panely je možné využít bez jakéhokoliv dalšího vyztužení i v případě otvorů oken, dveří či schodišť. Avšak v některých případech je nutné použití bodové podpory jako je například vykonzolování balkonových desek (Kuklík, Velebil 2013).

Panely nachází využití především při výstavbě rodinných domů. Avšak již je i řada vícepodlažních budov, které jsou tvořeny z CLT panelů (Pavlas, 2016).

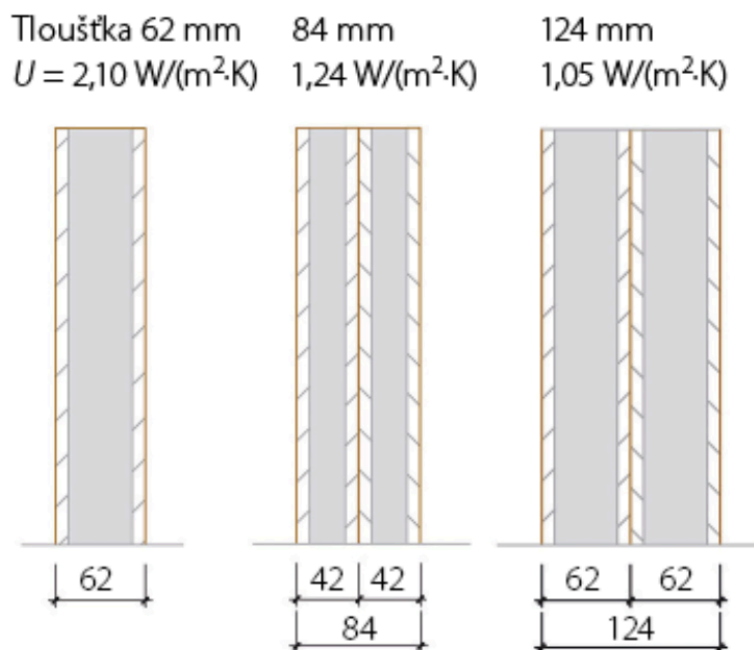
3.3.6 Stěnové panely

CLT panely určené pro stěny už při nižších rozměrech (cca 60 mm šířky) jsou schopny vykonávat nosnou funkci. Úměrně se zatížením roste i šířka panelu. Tedy čím větší zatížení, tím větší šířka. Hraniční šířkou je cca 160 mm, při které by už samotná hmotnost panelu a objem použitého dřeva nebylo vhodné (Pavlas, 2016).

Křížení vrstev nám zajišťuje to, že svislé vrstvy přenáší zatížení, zatímco vodorovné zabezpečují tvarovou stálost a prostorovou tuhost. Zpravidla se pro krajní vrstvy volí svislá orientace lamel, avšak jejich tloušťka může být odlišná či stejná jako mají ostatní lamely. Uvedené je dáno výrobcem a technologií výroby, stejně tak jako počet vrstev, ačkoliv sudý počet vrstev je pouze výjimkou, a to jakožto modifikace daného CLT panelu (Pavlas, 2016).

Dřevěné panely dokáží z části zajišťovat tepelně izolační funkci, avšak ani při vyšších tloušťkách nejsou schopny zajistit takovou hodnotu, aby splnily požadavky na normové hodnoty součinitele prostupu tepla. Dle literatury (Pavlas, 2016) CLT panel o tloušťce 84 mm má stejné izolační vlastnosti jako izolační trojsklo, zatímco při porovnání s železobetonem o stejné šířce se hodnoty pohybují v jiných řádech. Tato vlastnost je nesmírnou výhodou, jelikož je malý rozdíl mezi užitnou a zastavěnou plochou budovy, který je právě zajištěn tím, že postačí menší tloušťka tepelné izolace, než již u výše zmíněného železobetonu (Pavlas, 2016).

Mezi pozitivum stěnových panelů také spadá možnost uložení jak na výšku, tak na délku v závislosti na velikost daného podlaží. Vždy ale musí být kladen důraz na svislou orientaci krajních vrstev (Pavlas, 2016).



Obrázek 7 Stěnové panely (Pavlas, 2016)

3.3.7 Stropní a střešní panely

Panely určené pro stropní použití mají vyšší tloušťku oproti panelům určených pro stěny, jinak se ale příliš neliší. Jejich využití je nejen na stropy, ale také na rovné a šikmé střechy. Podstatným limitem je pro nás rozpon, pro který je použití panelu stále efektivní. Hodnoty tohoto rozponu se pohybují mezi 6 až 7 metry. Důležité je dbát na tloušťku, jelikož s narůstající tloušťkou narůstá i hmotnost a tím se zvětšuje spotřeba dřeva, zvyšují se náklady na stavbu, ale především se zvyšuje stále zatížení. Stejně jako u stěnových panelů je zatížení přenášeno okrajovými vrstvami, které jsou uloženy rovnoběžně s hlavním namáháním tj. rovnoběžně s rozponem. Zatímco středové vrstvy taktéž zprostředkovávají tuhost a tvarovou stálost (Pavlas, 2016).

Při navrhování budovy za použití CLT panelů je nutné již při raném návrhu přemýšlet o skladbě stropních panelů a jeho opláštění. Jelikož

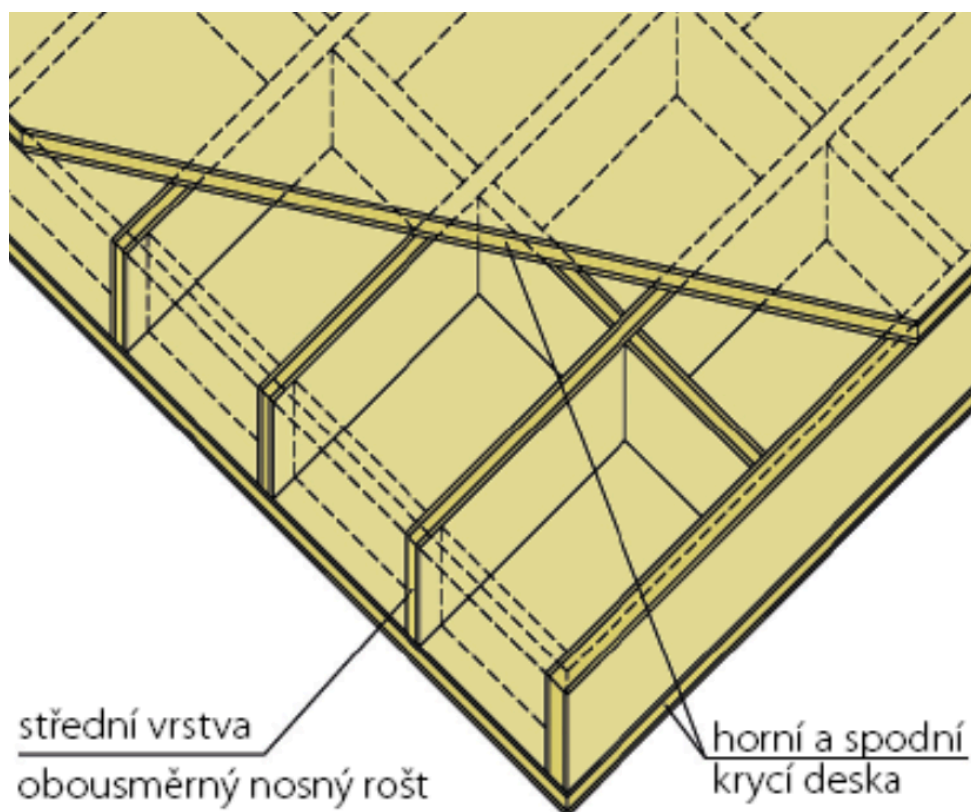
v podhledu je možné bezproblémově vést potřebné rozvody a zajistit kročejovou neprůzvučnost pomocí vhodně vložené izolace. Naopak bez opláštění panelů je skvělé využití z estetického hlediska, kdy se v interiéru nachází dřevěná stěna. V tomto případě je ale důležité dbát na provedení spáry daných panelů (Pavlas, 2016).

Obecně se panely mohou ukládat rovnoběžně s rozpětím, ale i kolmo. Avšak při rovnoběžném uložení je možné využít maximální délku panelu jako spojitý nosník kolem deseti metrů, zatímco v kolmém uložení pouze metry tři (Pavlas, 2016).

Klasické stropní panely mají alternativu v podobě systémových panelů se středním nosným roštem nebo za použití trámového stropu spolu se stěnovým panelem (Pavlas, 2016).

Při použití systémového panelu se středním nosným roštem je stále zajištěna vysoká statická únosnost, prostorová tuhost, obdobný rozpon, ale výrazně se sníží spotřeba materiálu, tím i hmotnost prvku a snížení nákladů na výstavbu. Další výhodou je také možnost vedení rozvodů skrz středový rošt, což je možné skladbou těchto elementů. Jeho spodní část tvoří vrstvená masivní deska, její tloušťka může být v závislosti např. na požární odolnost modifikována. Na ní je v příčném a podélném směru nalepen rošt, který je následně znovu zaklopen vrstvenou masivní deskou. Veškeré spoje jsou spjaty za pomoci lepidla, které se dále za studena lisují. Tyto panely vizuálně vypadají jako klasické stropní CLT panely a jsou taktéž prefabrikovány, avšak vzhledem k nižší hmotnosti dochází k výraznějšímu přenosu zvuku, je tedy vhodné vyplnit dutiny v nosném roštu akustickou izolací. Další možností jak zabránit přenosu zvuku je vhodná skladba podlahy nebo umístění izolace do podhledu (Pavlas, 2016).

Při použití těchto panelů na střechy, jak už ploché či šikmé, je výrobci často modifikují. Přesněji rošt nezaklápí vrchní deskou a docílí tak optimální hodnoty difuzního toku (Pavlas, 2016).



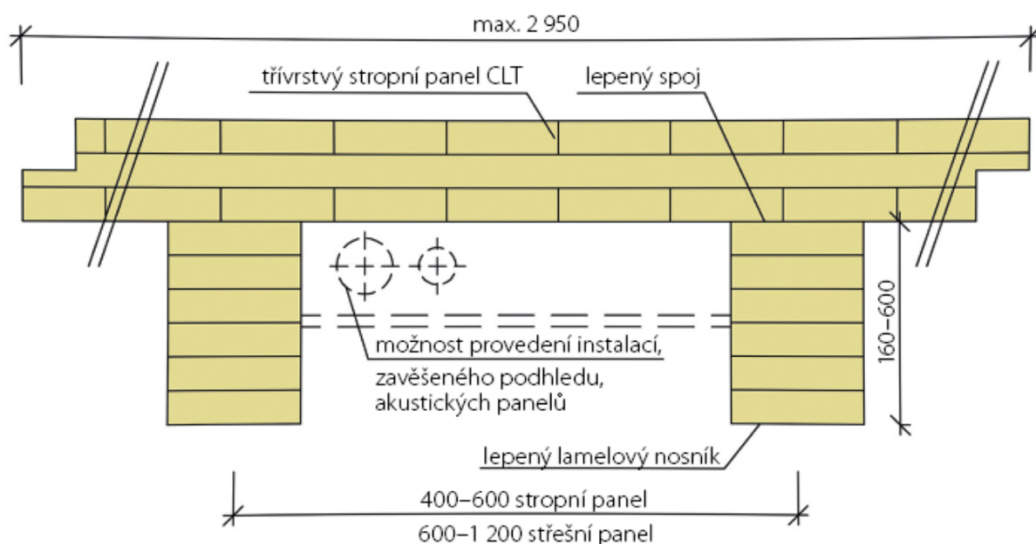
Obrázek 8 Systémový panel se středním nosným roštem (Pavlas, 2016)

V případě, že by bylo zapotřebí dosáhnout větších rozponů, lze panely se středovým nosným roštem spojit pomocí lepení s BSH hranoly neboli lepeného lamelového dřeva. Rozpon by pak tedy byl od 6 - 10 metrů. Tato varianta je vhodná pro otevřené a vzdušné prostory ať už z estetického nebo praktického hlediska, například pro kanceláře nebo průmyslové stavby. V tomto případě je pro nás důležitá hodnota rozponu žebel, a to 40 – 60 cm u stropních panelů a 60 – 120 cm u panelů střešních (Pavlas, 2016).

Další alternativou je použití stěnového CLT panelu spolu s trámy. Tato varianta je především ekonomicky příznivější. Vzhledem k vyšší pracnosti, obstarání prvků od různých dodavatelů a náročnější instalaci znamená mírné časové prodloužení lhůt o pár dnů. To v případě menších staveb jako jsou právě rodinné domy není nijak zásadní komplikace, zatímco u větších staveb se již toto řešení nedoporučuje (Pavlas, 2016).

V tomto případě je tato varianta vhodná spíše pro menší rozpony v řádu 4 - 5 metrů za použití rostlých trámů. Pokud je žádoucí dosáhnout vyšších

rozponů, lze tuto variantu trámů vyměnit za BSH hranoly. Samotné trámy se upevňují do předem připravených výřezu v panelech, kdy se docílí následné zjednodušení montáže na stavbě. Strop následně může být zaklopen různými materiály jako je bideska nebo OSB, avšak vždy by měl být kladen důraz na požadavky klienta a vizuální stránku, kterou tyto materiály mají zcela odlišnou (Pavlas, 2016).



Obrázek 9 Stěnový panel s BSH (Pavlas, 2016)

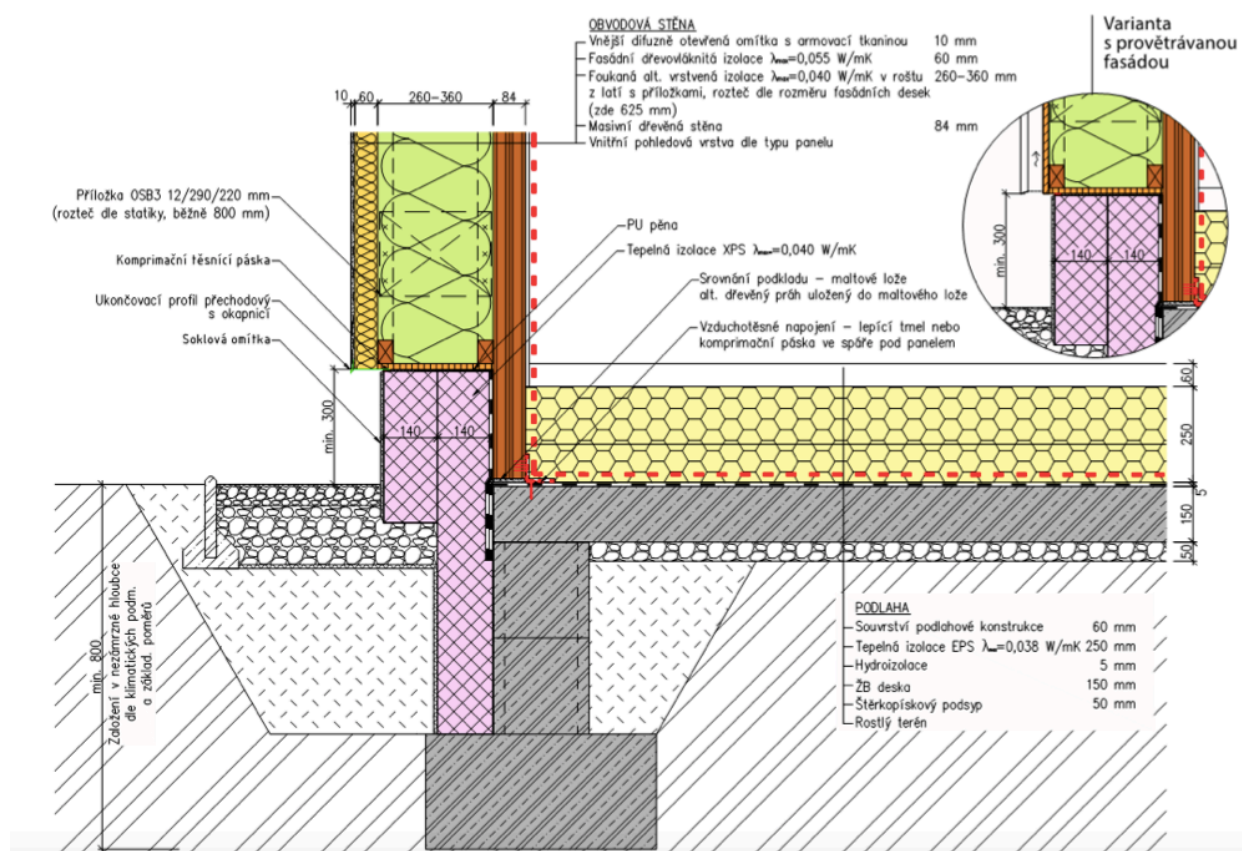
3.3.8 Základové konstrukce používané pro stavby z CLT panelů

Účelů základových konstrukcí je hned několik, a to ochránit stavbu před vlhkostí a pronikání radonu z podloží, ale i tepelně izolační funkci nebo přenos zatížení stavby do podloží. Základové konstrukce lze rozdělit na tři základní typy a ty jsou: základové pasy a deska, plovoucí deska a systém Crawl Space (Růžička, 2014).

3.3.8.1 Základové pasy a deska

Tato varianta založení je jedna z nejvíce používaným u nás. Jedná se o základy tvořené pásovými základy, na které je následně uložena železobetonová deska. Tento typ zakládání je jedna z nejdražších a zároveň i

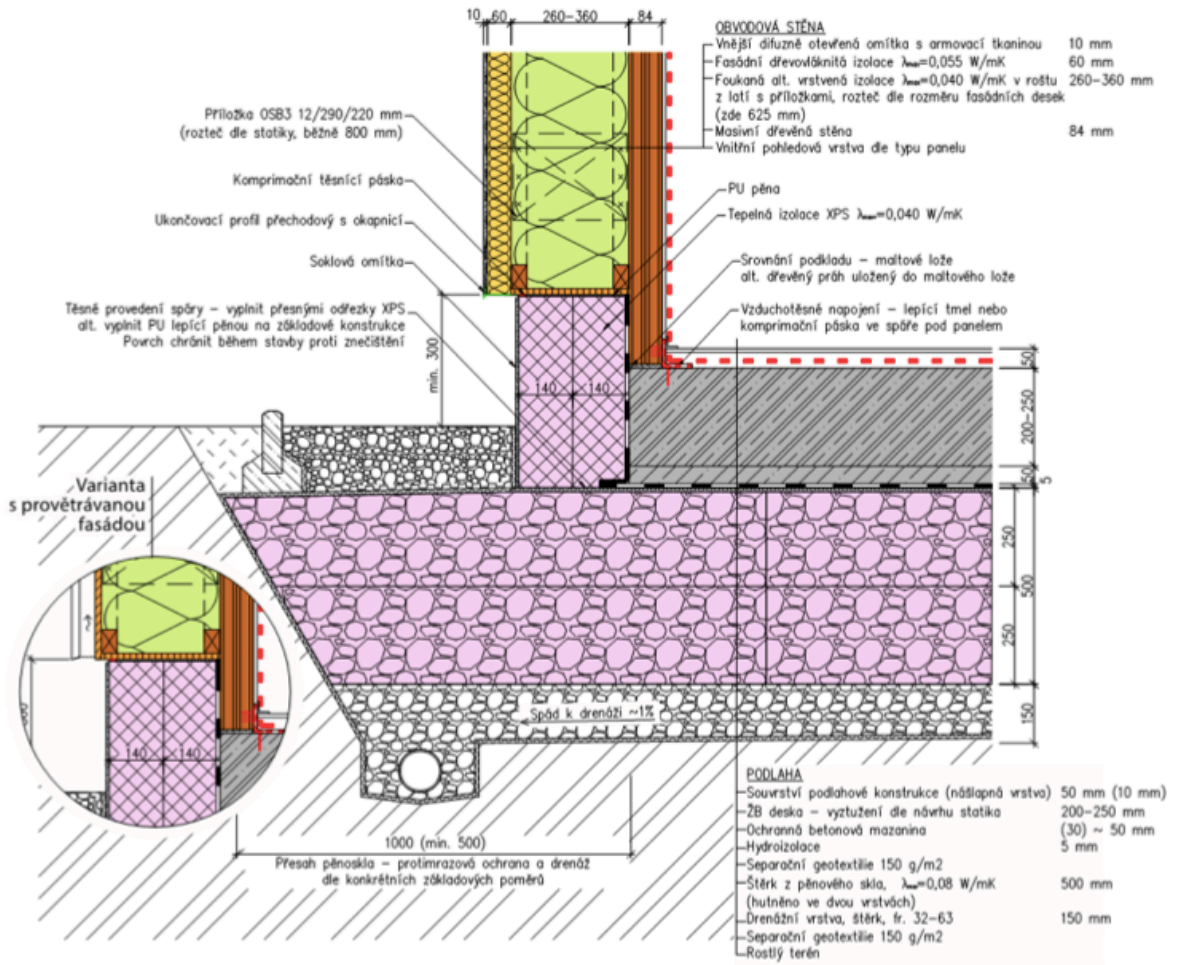
nejnáročnějších variant, při kterém s lehkou dřevostavbou není využito veškerých aspektů, která tato volba umožňuje (Růžička, 2014).



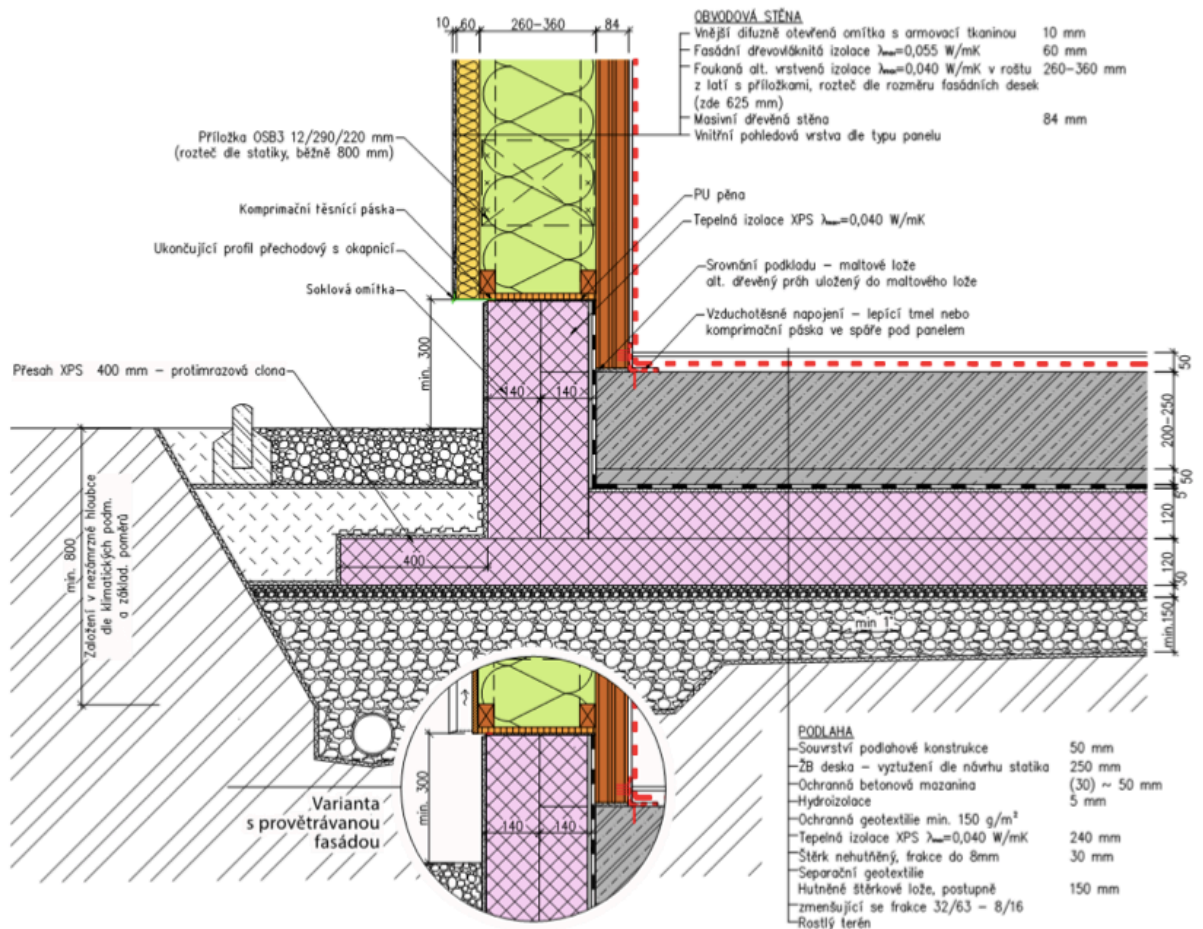
Obrázek 10 Základové pasy a deska (Hazucha, 2016)

3.3.8.2 Plovoucí deska

Plovoucí deska se u nás používá spíše výjimečně. Je vhodná pro rovinné terény, kterých lze u menších staveb bez problému docílit. Jedná se o efektivní založení stavby, které je provedeno pomocí vrstvy drceného pěnového skla nebo vrstvy polystyrenu s následným uložením betonové desky na jednu z těchto vrstev (Růžička, 2014).



Obrázek 11 Plovoucí deska - pěnové sklo (Hazucha, 2016)



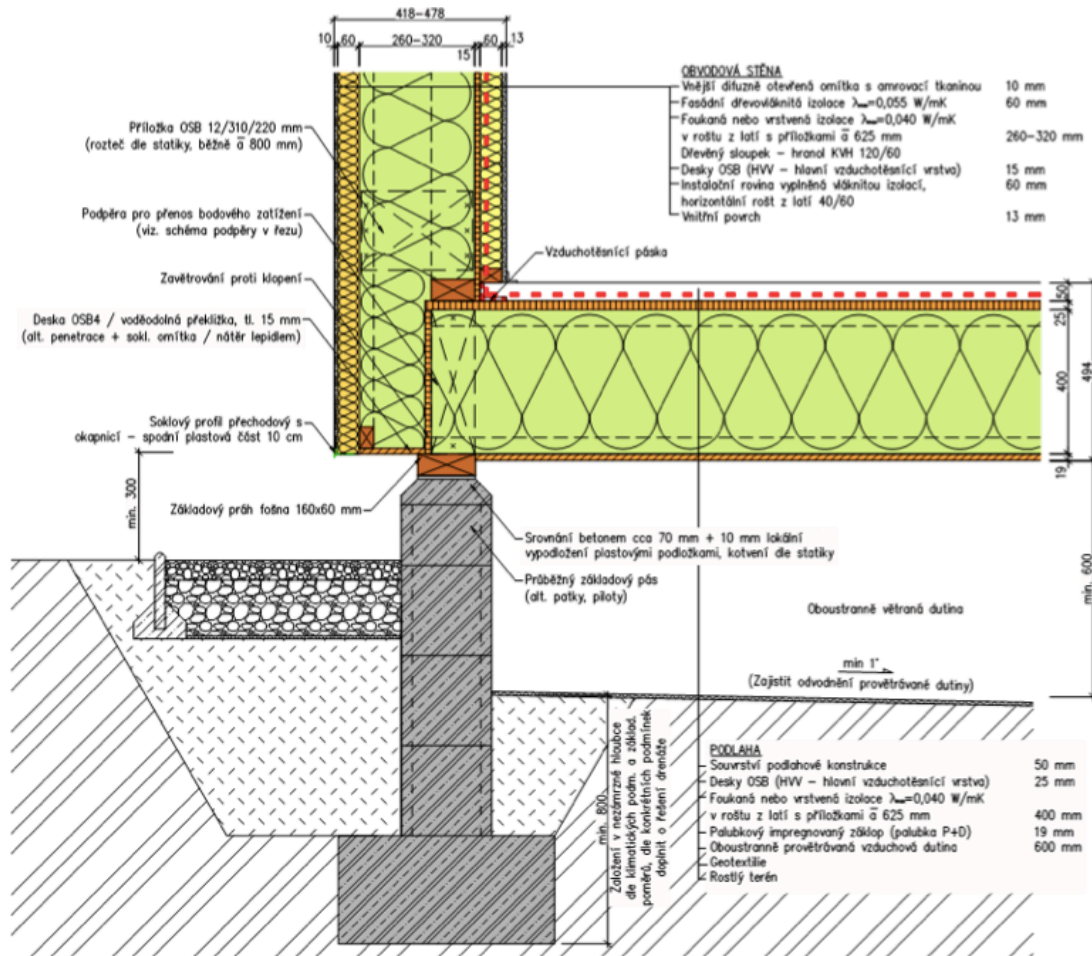
Obrázek 12 Plovoucí deska - Polystyren (Hazucha, 2016)

3.3.8.3 Crawl Space

Crawl Space neboli bodové, liniové založení stavby je ve světě známou variantou zakládání, ovšem u nás je tato varianta nepříliš častá. Jak už z názvu vyplývá, jedná se o založení na bodech. Tento typ se využívá především v horších podmínkách, které sebou přináší komplikace pro založení jiným způsobem nebo v případě omezení výkopových a betonářských prací, ale také v situaci ve které jde o architektonický záměr. Do bodových základů lze řadit hned několik typů provedení, a to základové patky, zemní vruty, mikropiloty a piloty. Značnou výhodou tohoto systému je možnost kombinace typů provedení a nalezení tak nejlepší možnosti pro danou stavbu a podloží. Další výhodou je také odvětrávaná mezera pod domem, která zajišťuje, že při správném řešení nedochází k vlhkosti v objektu vlivem vztlínání z půdy, také není potřeba se zabývat hydroizolační vrstvou nebo vrstvou proti radonu. Další výhodou je

urychlení stavby v ohledu zakládání, ale i přístup pod dům, který nám zajišťuje možnost oprav a kontrol první konstrukce podlahy (Růžička, 2014).

Pro zajištění správného fungování tohoto typu založení je důležité dodržet tři základní aspekty, kterými jsou: účinné odvětrávání prostoru pod daným objektem, zabránění proudění povrchové i podpovrchové vody pod objektem a zamezit možnému vztlínání vlhkosti z terénu (Růžička, 2014).



Obrázek 13 Crawl space (Hazucha, 2016)

3.3.9 Konstrukční spoje CLT panelů

Konstrukční spoje jsou prováděny jako suchá montáž za pomoci standardních kotvicích prvků. Mezi tyto prvky se řadí především vruty, hřebíky a ocelové kotvy. Veškeré tyto prvky jsou využívány pro řešení veškerých typických spojů, které jsou od kotvení základů až po spojení stěn, stropů a samozřejmě také

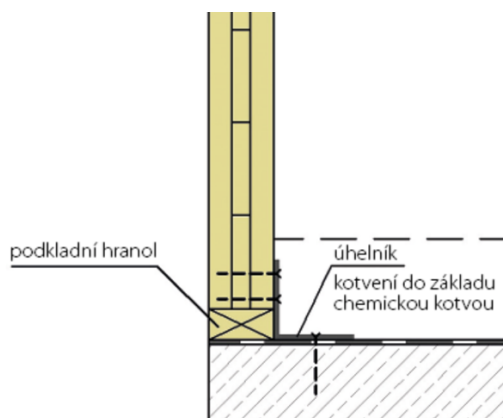
střech. Jednoduše je tedy pomocí těchto prvků spojena kompletně celá stavba (Pavlas, 2016).

U těchto spojů je velká variabilita, a je tak možné klasické spojení stěn, ale i spojení pod úhlem. Další výhodou je, že veškeré spojovací prvky mohou být skryté a je tak možnost ponechání panelů bez jakéhokoliv opláštění nebo naopak použít příznané spojovací prvky jako designerský záměr. Veškerá suchá montáž zajišťuje nesmírnou výhodu, a to v rychlosti montáže stavby. K zajištění vzduchotěsnosti stavby lze použít vložené těsnicí pásky do spojů nebo využít zalepení polyuretanovými lepidly (Pavlas, 2016).

3.3.9.1 Typické spoje

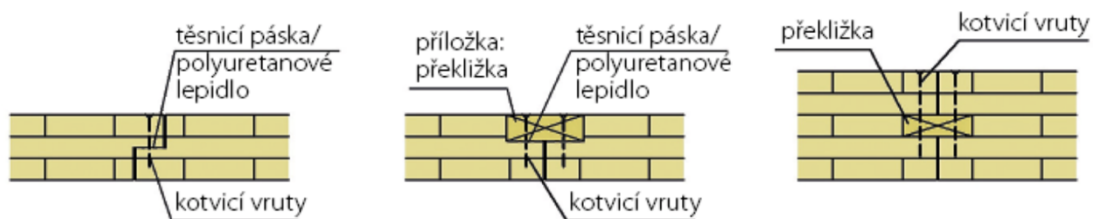
Úplně prvním a základním spojem provedeným na stavbě je napojení CLT panelů na předem připravenou základovou desku. CLT panel je možné usadit přímo na hydroizolační vrstvu nebo na podkladový hranol, který je výhodou jak pro případné vyrovnání základové desky, tedy pro snazší osazení daných panelů, tak slouží i jako zvýšená ochrana před případnou vlhkostí (Pavlas, 2016).

Panely se základovou deskou jsou spojeny pomocí standardních úhelníků nebo děrovaných plátů. Panely jsou s úhelníkem spojovány pomocí vrutů a hřebíků, zatímco spoj úhelník a základová deska je kotven pomocí chemické kotvy. Úhelníky je možné schovat do skladby podlahy, a tak nenarušují finální vzhled interiéru (Pavlas, 2016).



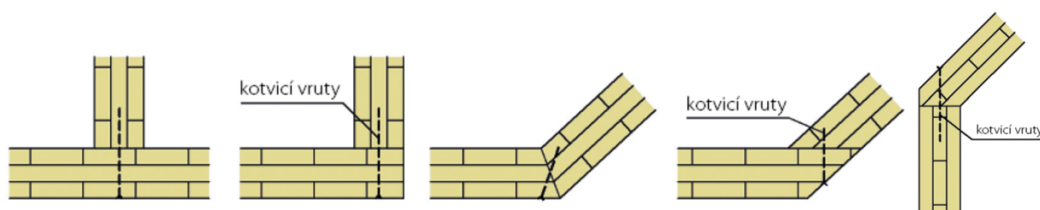
Obrázek 14 Typický spoj - stěnový panel a základová deska (Pavlas, 2016)

Při podélném napojování panelů, ať stropních či stěnových se používá takzvané přeplátování viz obrázek 15. Další možností je spojování za pomoci příložek, ty mohou být jednostranné nebo oboustranné, ale také skryté (Pavlas, 2016).



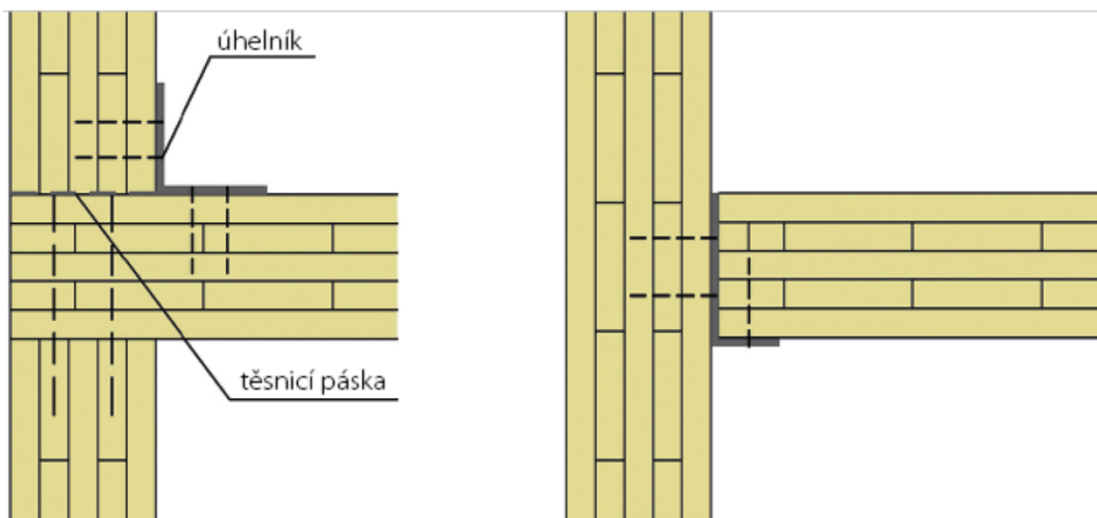
Obrázek 15 Typický spoj - Napojování stěn - přeplátování a pomocí příložek (Pavlas, 2016)

Při spojování klasických rohů u stěn nebo střech, se využívají spojovací prostředky ve formě vrtů, kterými je možné zajistit téměř jakýkoliv úhel stěn/střech (Pavlas, 2016).



Obrázek 16 Typický spoj - kotvení stěna a stěna, stěna a střecha (Pavlas, 2016)

V případě napojení stěn a stropu jsou možné dvě různé konstrukční metody. Jedna z nich je nazývána platform-plate, což znamená, že jsou stěny osazovány na výšku jednoho podlaží a následující stropní panel je na stěny položen a přimontován pomocí spojovacích prostředků. Druhá metoda se nazývá ballon-frame. V tomto případě jsou stěny postaveny průběžně přes dvě či více podlaží a stropní panel je ukotven na tuto stěnu. Vzhledem k výšce panelu a jednoduššímu způsobu výstavby je ale více využíván systém platform-plate. V tomto případě je systém kotvení pomocí vrtů a následující patro se stěnou je spjato obdobně jako základová deska a stěna nebo lze použít spojení pomocí vrtů montovaných pod úhlem. Pro zajištění vzduchové neprůzvučnosti a lepších akustických vlastností se mezi panely může umístit pružná páska (Pavlas, 2016).

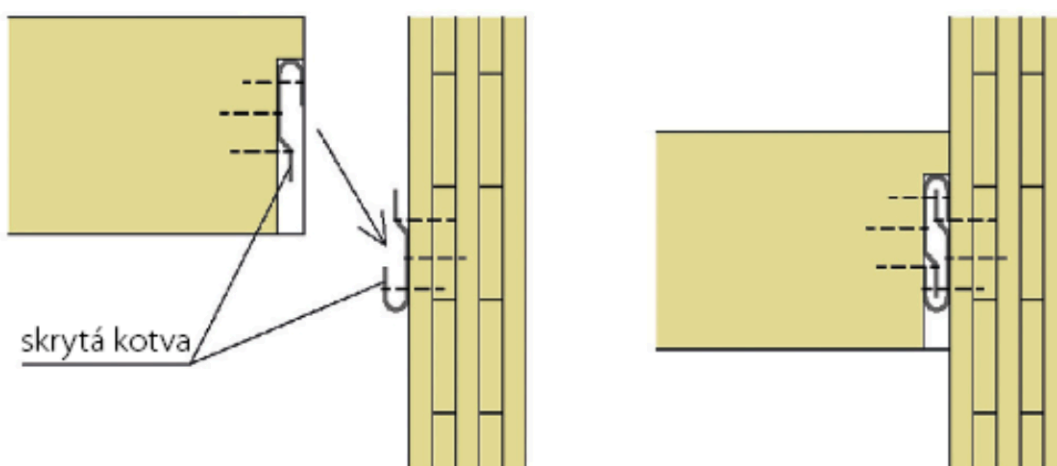


Obrázek 17 Typický spoj - Platform-plate, Ballon-frame (Pavlas, 2016)

3.3.9.2 Atypické spoje

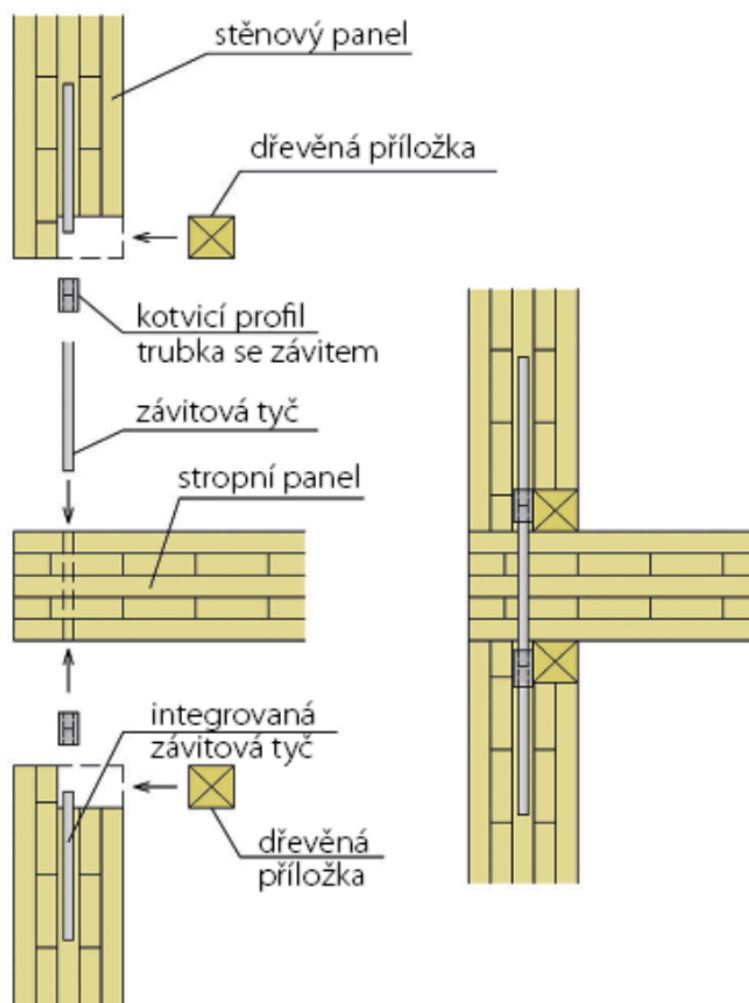
Tyto spoje jsou využívány především pro zachování estetičnosti CLT panelů nebo pro využití jiných materiálů v kombinaci s celomasivními panely (Pavlas, 2016).

Při využívání trémového stropu se velmi často uplatňuje skrytý spoj, který je označován jako Knapp. Jedná se o hák, který je již ve výrobě zadlabán do drážek. Tyto háky se následně na staveništi do sebe zaháknou a vznikne tak zcela skrytý spoj (Pavlas, 2016).



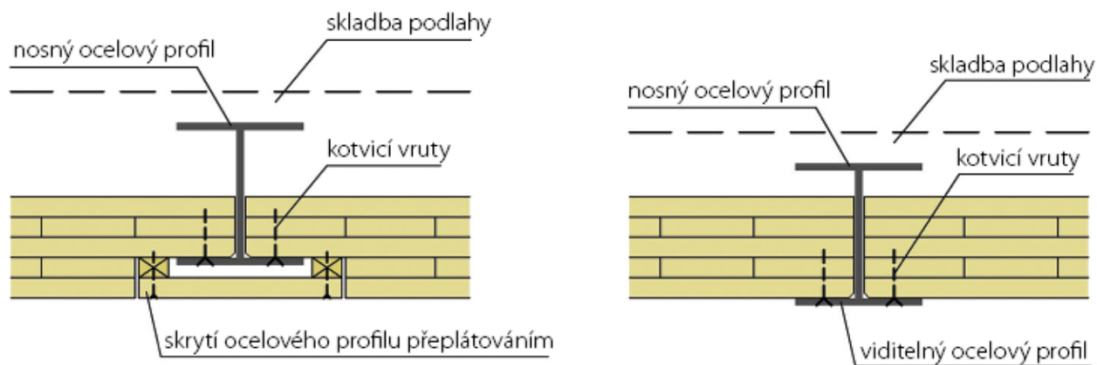
Obrázek 18 Atypický spoj – Knapp (Pavlas, 2016)

Mezi další skrytý spoj spadá kotvení pomocí závitových a ocelových tyčí. I tento typ atypického spoje je předpřipraven z výroby. Využívá se především pro spojení stěn a stropů, kdy jsou tyče zadlabány do panelů a na staveništi jsou pomocí adaptéru spolu s maticí následně ukotveny. Otvor pro možnou montáž matice na šroub je následně zakryt zátkou. Další výhodou tohoto spoje je také zvýšení požární odolnosti (Pavlas, 2016).



Obrázek 19 Atypický spoj - závitové tyče (Pavlas, 2016)

Při kombinaci materiálů s CLT panely se využívají především ocelové konstrukce, které je možné využít nejen jako sloup, ale i jako podpory pro stropní konstrukci. Zajišťují větší rozpon stropu a zároveň zvýší jeho únosnost. Při použití toho spoje může být spoj přiznaný, ale i skrytý. Při využití ocelových konstrukcí jako sloupu je zajištěno především přenesení většího zatížení (Pavlas, 2016).



Obrázek 20 Atypický spoj - Ocelový nosník (Pavlas, 2016)

3.3.10 Kompletace

Základní kompletace standartních detailů se udává v produktových listech daného produktu, proto je v této části odkázáno pouze okrajově na základní ale i atypické možnosti kompletace (Pavlas, 2016).

3.3.10.1 Svislé konstrukce - příčky

CLT panely jsou u svislých konstrukcí používány pouze u nosné části konstrukce. U nenosných stěn není jejich použití vhodným řešením. Samostatné panely neodpovídají dostatečným akustickým požadavkům pro mezipokojové příčky a vždy je nutné je doplnit o akustickou izolaci a záklop, který je prováděn buď ze sádrokartonových nebo sádrovláknitých desek. Další možností záklopu je použití bidesky pro zachování dekoru dřeva. Z ekonomického hlediska je tedy lepší použití sádrokartonové příčky, která dokáže zajistit dostatečné akustické požadavky, vně izolace vést potřebné rozvody a při použití bidesky zachovat i estetický vzhled totožný jako je právě u CLT panelů. Výhodou těchto příček je také suchá výstavba a možnost kdykoliv změnit dosavadní dispozici (Pavlas, 2016).

3.3.10.2 Vodorovné konstrukce

U vodorovných konstrukcí je největším problémem opět nevyhovění akustickým požadavkům při použití samostatného CLT panelu a také to, že

daný materiál není vhodný jako pochozí vrstva vzhledem k měkkosti dřeva, z kterého bývají panely nejčastěji používány. Stropní konstrukce jsou tedy využívány především se souvrstvím podlahové konstrukce a podhledu s vloženou izolací. Často využívanou podlahovou částí je plovoucí podlaha, u které je ale nevýhoda mokré výstavby u jinak suchého provedení CLT konstrukce. Při výstavbě je i další možnost, a to lehká plovoucí podlaha, která má místo betonové mazaniny/anhydridu, sádrovláknité desky. Obě tyto varianty mají v podlahovém souvrství vloženou kročejovou izolaci, a tak splňují akustické požadavky. Další možností, jak zajistit tyto požadavky, je podhled stropní konstrukce, která je taktéž vyplněna akustickou izolací, vložení pružné těsnící pásky mezi stěnové a stropní CLT panely a také vícevrstvý stropní panel. Při použití vícevrstvého stropního panelu je taktéž dosaženo požární odolnosti (Pavlas, 2016).

Ani při použití systémového stropního panelu tvořeného roštem, konstrukce neodpovídá akustickým požadavkům. Naopak vlastnosti v tomto směru jsou horší než u plného CLT panelu. V tomto případě dochází k vyplnění vnitřních dutin roštu, v tomto směru často používanou akustickou izolací, vápencovou drtí. Pro zajištění většího útlumu se taktéž používá skladba plovoucí podlahy a podhled, který i v tomto případě zajišťuje požární odolnost (Pavlas, 2016).

Alternativou kompletace stropních panelů je také překrývání dvou stropních CLT panelů, kdy jsou jak v horní, tak dolní části vytvořeny prostory vhodné pro vedení potřebných rozvodů. Z horní strany jsou pak tyto otvory zakryty překližkou s následnou skladbou podlahy s využitím zvukově-izolačních desek a ze spodní části je prostor taktéž vyplněn akustickou izolací s následným zaklopením dřevěnými lamelami, které docílí vzhled CLT panelů (Pavlas, 2016).

3.3.10.3 Instalační rozvody

Při problematice zabývající se instalačními rozvody je vhodné sdružení rozvodů do svislých instalačních šachet, a to především u vícepodlažních

staveb. V tomto případě jsou šachty průběžné nebo členěné po jednotlivých podlažích, avšak vždy je nutné dbát na požární ochranu. Například opláštěním protipožárním obkladem a zajištěním konstrukce z nehořlavých materiálů. Dále se rozvody vedou v instalačních předstěnách a podhledech. V tomto případě je ale důležité rozvržení rozvodů již při raném návrhu, jelikož je požadavkem i některé CLT panely ponechat v pohledové kvalitě bez záklopu, tedy bez instalační předstěny. V tomto případě se dají některé rozvody vést v předem vytvořených instalačních drážkách. Tyto drážky jsou pomocí CNC stroje provedeny již ve výrobě, kdy jsou vedeny většinou rovnoběžně s lamelami vzhledem ke statickému oslabení panelu. V kolmém směru se dělají spíše ve velmi krátkých vzdálenostech. Další možností je také vést rozvody ve vrchní vrstvě panelu, pokud se jedná o opačnou vrstvu pohledové strany panelu. Tyto varianty musí mít připraveny již při výrobě panelů a jejich následné úprava především při užívání je značně komplikovaná. Z toho i vyplývá výhoda instalačních předstěn, kdy je možné provést potřebou změnu tras a koncových prvků, ale také provést jejich nutnou údržbu. Při využití předstěn vzniká také prostor vhodný pro uložení tepelné, protipožární nebo akustické izolace. Jednou z hlavních nevýhod je ale právě zaklopení přirozeného dekoru dřeva, které nám CLT panel zprostředkovává. V tomto případě se naskytuje možnost místo sádrovláknitých a sádrokartonových desek zaklopení pomocí biodesky, ale v praxi je toto použití spíše netypické. Další alternativou je přiznané kabelové vedení na povrchu panelu. Tato varianta není esteticky vhodná pro každého uživatele (Pavlas, 2016).

Další možnost vedení rozvodů se nachází v případě použití stropu tvořeného konstrukcí s vnitřním roštem, kde jsou ve středové vrstvě roštu předem vyvrtány otvory pro vedení rozvodů a následně je tento prostor zasypán izolací. I v tomto případě je již následná úprava rozvodů značně komplikovaná (Pavlas, 2016).

3.3.10.4 Obvodové stěny

U obvodových stěn se vždy počítá s tepelně izolační vrstvou a finální fasádou směrem do exteriéru, jelikož CLT panely sami o sobě nejsou schopné vyhovět

tepelně technickým požadavkům, ani odolávat povětrnostním vlivům (Pavlas, 2016; Storaenso, 2013).

Co se týče tepelné izolace je možné zvolit libovolný vyhovující materiál, ale většinou se volí přírodní materiály jako jsou minerální nebo dřevovláknité izolace. Ve výjimečných případech je možné vidět skladbu s CLT panelem spolu s polystyrenem, ale vzhledem k tomu, že je u CLT panelů možná difuzní otevřenost skladby, se polystyrenu spíše vyhýbá (Pavlas, 2016; Storaenso, 2013).

Fasáda se velmi často používá nekontaktní provětrávaná z dřevěného laťování nebo z fasádních desek. Další možností je ale i fasáda kontaktní, a to jako tenkovrstvá omítka (Pavlas, 2016; Storaenso, 2013).

Naopak z vnitřní strany může být panel doplněn instalační předstěnou, pomocí které lze s tepelnou izolací zlepšit součinitel prostupu tepla a zároveň s vhodným záklopem zvýšit požární odolnost konstrukce (Pavlas, 2016; Storaenso, 2013).

Jednou z výhod CLT panelů je jejich malá tloušťka, která umožňuje i poměrně nízkou celkovou tloušťku skladby, kterou lze docílit větší prostor s porovnáním stejného zděného domu. Další výhodou je vzduchotěsnost panelů, která při správném provedení veškerých spojů a otvorů zajistí požadované hodnoty pro vzduchotěsnost budovy. Spoje se tedy překrývají těsnicí páskou nebo se lepí polyuretanovým lepidlem (Pavlas, 2016; Storaenso, 2013).

3.3.10.5 Konstrukce střech

U střešních konstrukcí je to téměř totožné jako u obvodových stěn. Konstrukce střechy se dále doplňuje o tepelnou izolaci, střešní krytinu a další vrstvy jako je například parozábrana. Z vnitřních stran může být konstrukce ponechána jako pohledová nebo může být opět zakryta, v tomto případě podhledem. U střech je možná velká variabilita vzhledem ke sklonu střechy a je tak možné mít stěnu plochou i šikmou (Pavlas, 2016).

3.4 Materiál

V následující části budou rozděleny, zatříděny a krátce popsány hlavní druhy materiálů využívaných při výstavbě rodinných domů.

3.4.1 Masivní dřevo

Základní dělení výrobků z masivního dřeva vyrobených pořezem paralelně ke kmeni stromu je založeno na poměru výšky a tloušťky výsledného výrobku. Výsledkem tohoto kategorizování jsou výrobky deskové, hraněné a polohraněné. Dle způsobu výroby lze získat řezivo neomítané nebo omítané. Neomítané řezivo je takové, které nemá své boky vůbec oříznuté anebo částečně. Omítané řezivo má naopak obliny seříznuty plně. Z polohy v kmeni stromu lze dělit řezivo na jádrové, vyrobené z části jádrové, nebo boční, z vnějších částí kmenu stromu (Vaverka a kol. 2008).

Deskové řezivo se dále dělí na prkna a fošny. Prkny lze označovat dřevěný materiál do tloušťky 40 mm. Fošny jsou pak materiál do tloušťky 100 mm. U obou druhů deskového řeziva se předpokládá minimálně poměr dvojnásobku tloušťky k jeho šířce. Hraněné řezivo je takového řezivo, jehož příčný průřez je kolmý a zároveň s menší šířkou, než je dvojnásobek jeho tloušťky. Hraněné řezivo je možné dále dělit dle příčných rozměrů na hranolky, hranoly a latě. Kritéria pro zmíněné dělení je jak rozměr tloušťky daného materiálu, tak i plošná výměra příčného průřezu popisovaného materiálu. Pro hranolky je směrodatná tloušťka do 100 mm s plošnou výměrou příčného průřezu od 25 do 100 cm². Hranoly jsou materiál a tloušťkou větší než 100 mm a zároveň plochou příčného průřezu více jak 100 cm². Latě pak jsou materiál, jehož plocha příčného průřezu je zhruba 10 až 25 cm². Polohraněné řezivo je materiál řezaný dvoustranně, jehož tloušťka je menší než polovina šířky daného materiálu. Lze ho dělit na polštáře a trámy (Vaverka a kol. 2008).

3.4.1.1 Masivní dřevo ve stavebnictví

Pro účely výstavby objektů ze dřeva bývají často využity více upravené výrobky ze dřeva. Tyto materiály budou krátce rozebrány v textu níže. Při zobecnění lze zmínit, že důvodem k využití níže zmíněných výrobků je sjednocení hlavně mechanických, ale i jiných vlastností přírodního materiálu, který je ze své podstaty zatížen negativy spojenými s heterogenitou dřeva. Dále se často další úpravou hlavních výrobků ze dřeva dají zlepšit jejich jednotlivé vlastnosti dle finálního účelu daného dřevěné výrobku. V praxi se pro stavební účely nejčastěji využívá dřevo jehličnaté. To je dáno mnoha faktory, kdy za hlavní lze zmínit menší rozptyl hodnot mechanických a jiných vlastností a zároveň jejich jednodušší makro a mikroskopickou strukturu než má dřevo listnaté (Böhm a kol. 2012).

3.4.1.2 KVH

Materiál označovaný KVH (Konstruktionsvollholz) lze nazvat jako dřevěný materiál určený ke konstrukčním účelům. Jedná se o materiál kvalitativně zařazený, s vyspravovanými vadami přirozeně se ve dřevě nacházejících a opracované příslušnými procesy tak, aby mohl být materiál KVH považován za dřevěný materiál s homogenními a předem stanovenými charakteristikami a vlastnostmi. Materiál KVH je celoplošně broušený, s konstantním příčným průřezem a sraženými hranami, délkově nastaveným zubovitým spojem a technicky předsušený na vlhkost 12-18 %. Materiál je možné pro zvýšení trvanlivosti vůči zejména biotickým činitelům impregnovat ochrannými látkami dle místa zabudování (Zahradníček, Horák 2007).

3.4.1.3 Lepené nosníky

Lepené nosníky vznikají plošným slepením fošen anebo hranolů. Nejčastěji se lepí ze dvou nebo tří kusů technicky vysušeného řeziva. Výrobky lepených nosníků jsou nejčastěji značeny DUO nebo TRIO. Lepené řezivo je hoblované, délkově nastavené zubovitými spoji a ve finálním lepeném nosníku se lepí tak,

aby byla pravá strana průřezu vždy orientována na vnější stranu (Vaverka a kol. 2008).

3.4.1.4 Lepené lamelové dřevo

Oproti lepeným nosníkům zmíněným výše v textu jsou průřezy lepených dřevěných lamel nejčastěji tloušťky v rozmezí od 32 do 40 mm. Jednotlivé dřevěné lamely jsou technicky předsušeny a nastaveny zubovitým spojem na nekonečnou lamelu. Hlavní výhodou lepeného lamelového dřeva je možnost výroby v požadovaných rozměrech a tvarech. Při srovnání s rostlým dřevem lze zmínit předpoklad vyšší mechanické pevnosti a tuhosti popisovaného materiálu (Vaverka a kol. 2008).

3.4.1.5 Vrstvené dřevo

Jedná se o materiál vyrobený z dýh nebo třísek většího rozměru. Principálně lze připodobnit vrstvené dřevo k překližce, kde jsou jednotlivé vrstvy dýh kladeny rovnoběžně s delším rozměrem vyráběného výrobku. V případě výroby materiálu z dýh je možné každou n-tou vrstvu dýhy klást kolmo k výrobnímu směru. V případě výroby z třísek většího rozměru jsou třísky orientovány v hlavním směru vrstveného dřeva. Po nanesení všech vrstev vysušených dýh nebo třísek je takto vytvořený nekonečný pás vrstveného dřeva zalisován a následně řezáním dělen na požadované rozměry. Z obchodních názvů popsaného materiálu v praxi často využívaných variant je možné zmínit například Kerto, Parallam nebo například Intrallam (Vaverka a kol. 2008).

3.4.1.6 CLT - Panely z vrstveného dřeva

CLT panely se vyrábějí prefabrikací ve velkých obráběcích halách na přesné rozměry definované požadavky jeho zabudování. Vyrábějí se skládáním několika vrstev lamel vzájemně spojených lepením, šroubováním nebo přes dřevěné kolíky. Počet lamel je nejčastěji lichý. Výsledný výrobek má již

zpravidla vyfrézované otvory dveří a oken a je následně převážen na místo zabudování pomocí těžké techniky. Tloušťka materiálu se pohybuje okolo 100 mm s celkovými plošnými rozměry charakterizovanými zpravidla omezeními spojených s přepravou materiálu. Panely je možné vyrábět v pohledové i nepohledové kvalitě (Pavlas, 2016).

3.4.2 Deskový materiál

Za obecnou přednost deskových, jinak i nazývaných velkoplošných, materiálů lze zmínit její požadavky na vstupní surovinu. Při výrobě deskových materiálů na bázi dřeva je možné využití dřevěného vstupního materiálu v takové formě, v jaké by byl pro jiné druhy zpracování již nepoužitelný. Dále například lze využít zbytků a vhodných odpadů při výrobě jiných materiálů, které kladou vyšší požadavky na vstupní dřevěnou surovinu, než například při výrobě dřevěných deskových materiálů a deskových materiálů na bázi dřeva. Deskový materiál lze dále kategorizovat na materiály z rostlého dřeva, třískové a vláknité desky a modifikované a kompozitní (Svoboda a kol. 2007).

V textu níže budou zmíněné hlavní kategorie podrobněji rozebrány a krátce popsány.

3.4.2.1 Desky z rostlého dřeva

Jsou vyráběny jak jednovrstvé, tak vícevrstvé. Desky mohou být složeny z dílců, které jsou na užších stranách navzájem slepené. U desek s více vrstvami jsou tyto dílce také slepeny i na svých plochách. Za dílce, ze kterých je deska vyrobena lze využít latě, lamely, hranolky nebo fošny. Mohou být nosné i nenosné s oblastí využití v suchém, vlhkém anebo venkovním prostředí. Takto vyrobený materiál lze souhrnně nazývat symbolem SWP (Svoboda a kol. 2007).

3.4.2.2 Překližované desky

Překližované desky jsou vyráběné z několika vrstev dřevěných dých, jejichž tloušťka se nejčastěji pohybuje v rozmezí 3 až 7 mm. Počet vrstev dých je většinou z důvodů lepších mechanických vlastností lichý, kladení vrstev od středu desky je zpravidla symetrické. Jedna vrstva překližované desky je zpravidla tvořena jednou vrstvou dýhy nebo sesazenkou. Dále je pravidlem, že směry vláken po sobě jdoucích vrstev desky jsou navzájem kolmé (Svoboda a kol. 2007).

3.4.2.3 Vlákňité desky

Vlákňité desky jsou definovány jako desky tlustší než 1,5 mm, kdy jejich hlavní výrobní složkou jsou lignocelulózová vlákna. Vlákna jsou vzájemně spojována zplstnatěním s využitím jejich přirozené lepivosti, anebo s využitím dodatečných pryskyřic. Desky lze vyrábět mokřým i suchým způsobem (Svoboda a kol. 2007).

Při výrobě vlákňitých desek lze k dřevěným vláknům dále přidávat anorganické látky, například cement nebo sádro. Desky vyrobené s těmito příměsi lze kategorizovat jako kombinovaný materiál. Mezi jeho hlavní přednosti lze zařadit zlepšení mechanických vlastností při srovnání totožných materiálů bez využití přídatných látek, dále pak vysoká odolnost vůči zejména biotickým činitelům a v případě desek s přídatkem cementu rovněž proti abiotickým činitelům, zejména mrazu a vlhkosti (Svoboda a kol. 2007).

3.4.2.4 Třískové desky

Třískové desky jsou materiály vyrobené slisováním a ohřevem třísek, pilin, hoblin nebo dalších s přídatkem lepidla. Výrobu desek je možné rozdělit na hlavní dva rozdílné principy, a to buď plošně lisované, nebo výtlačně lisované. Při výrobě plošně lisovaných desek jsou třísky orientovány souběžně s výrobním směrem desky. U výtlačně lisovaných desek jsou naopak třísky zpravidla orientovány kolmo na delší rozměr desky. Výtlačně lisované desky

lze rovněž identifikovat při výskytu odlehčovacích dutin uvnitř desky (Svoboda a kol. 2007).

3.4.2.5 OSB desky

Za zvláštní druh třískových desek lze označit OSB desky. Principiálně jde o obdobný materiál jako výše popisované třískové desky, avšak zejména ve stavebnictví má tento materiál širokého využití. I proto je v této práci popisován jako další druh materiálu. Desky jsou vyráběné z plochých třísek předem určeného tvaru. Jednotlivé třísky mohou být v desce neorientovány, anebo orientovány a zároveň kladeny v několika vrstvách. Nejčastěji využívané jsou třívrstvé desky, kdy jsou směry třísek v jednotlivých vrstvách na sebe vzájemně kolmé. Třísky jsou vzájemně spojeny nejčastěji fenolformaldehydovou pryskyřicí, alternativně pak například polyuretanovými pojivy (Svoboda a kol. 2007).

OSB desky mají menší objemovou hmotnost. Jak bylo zmíněno výše v textu, ve stavebnictví má tento materiál širokého uplatnění, od pomocného materiálu na stavbě, přes využití jako záklop dřevěného bednění tak po systémovou část záklopu dřevěné stěny sloužící jako parobrzdná a zároveň ztužující vrstva (Kulhánek, 2011; Böhm a kol. 2012).

3.4.2.6 Modifikované dřevo

Kategorií modifikovaného dřeva lze charakterizovat velké množství. Pro účely této práce budou v textu níže pouze krátce představeny hlavní principy modifikace dřeva. Modifikovat dřevo lze chemicky, fyzikálně nebo mechanicky. Cílem chemické a fyzikální modifikace je zejména zvýšení trvanlivosti dřeva vůči biotickým činitelům. Dále využívanými vlastnostmi těchto modifikací může být změna vizuálních a haptických vlastností takto upravených materiálů. Mechanická modifikace se pak týká zejména zvýšení zlepšení mechanických vlastností, například plošným lisováním materiálu pro zlepšení mechanických vlastností pouze v kritických místech daného materiálu dle místa jeho konečného zabudování (Svoboda a kol. 2007).

3.4.2.7 Využití zmíněných desek ve stavebnictví

Využití výše zmíněných deskových materiálů ve stavebnictví není srovnatelně hojné. Faktorů ovlivňující míru využitelnosti ve stavebnictví je větší množství, za hlavní lze například specifikovat cenu materiálu, jeho váhu a nebo podmínky zabudování. SWP ačkoli mají při srovnání s ostatními popisovanými materiály lepší mechanické vlastnosti, pro svoji cenu jsou používány zejména na pohledových místech konstrukce. V nepohledových částech stavby je lze funkčně nahradit OSB deskou. Překližované desky podobně jako třískové desky a modifikované dřevo se v praxi hojně nevyužívají. Jejich případné využití je závislé od individuálních požadavků vzniklých na stavbě. Vlákenné desky se nejčastěji využívají jako plnoplošný záklop v místech, kde je potřeba vrstvy s nižším difuzním odporem, jedná se zejména o desky DHF. Vlákenné desky pojené minerálními pojivy se dále používají v případech, kdy je požadována vyšší mechanická tuhost nebo únosnost deskového materiálu. U cementovláknitých desek je možná aplikace jako vnějšího opláštění. Využití OSB desek je ve stavebnictví velice široké, jak z důvodu nižší objemové hmotnosti, tak i nižší ceně. OSB desky lze využít jako pomocný materiál na stavbě (různé záklopy, zábradlí), i jako systémový prvek stěn a stropů stavby. Při využití na stěnách a stropu jsou jeho hlavními účely použití jako roznášecí, ztužující a případně parobrzdná vrstva (Böhm a kol. 2012).

Zejména DHF a OSB desky je možné mít běžně k dostání v provedení s pravouhlymi hranami, nebo s ukončením na pero a drážku. Využití je dle specifických požadavků projektu nebo stavebníka (Böhm a kol. 2012).

3.4.3 Tepelná izolace

Tepelná izolace je jedna z částí skladby stěny, která rozděluje prostor o různých teplotách, většinou tedy vnitřní prostor od vnějšího, ale někdy i samotné vnitřní prostory na základě využití. Jedná se o materiál o určitých vlastnostech, který ovlivňuje šíření tepla. Při vhodně zvolené izolaci a její tloušťce dochází k požadovanému součiniteli prostupu tepla. Je využívám ke snížení tepelných ztrát, a tedy i ke snížení energetické náročnosti budovy. Při

správném použití také zabraňuje degradaci dřevěných nosných konstrukcí (tzbinfo, 2001-2023).

Je vícero typu, podle kterých lze třídit tepelné izolace. Jedním z nich je rozdělení na minerální, organické, syntetické a speciální (Valda, 2015).

3.4.3.1 Minerální izolace

Jedná se o izolaci tvořenou z jemných minerálních vláken. Minerální izolace mohou být také nazývány jako minerální vlna či minerální vata. Záleží na typu hlavního materiálu, která daná izolace využívá. Mezi minerální izolace se řadí skelná, kamenná a keramická vlna a také pěnové sklo. Tato vata se využívá nejen na tepelnou izolaci, ale je také vhodná jako izolace zvuková či protipožární. Další její výhodou je paropropustnost a zároveň to, že je hydrofobní, tedy že odpuzuje vodu. Vzhledem k materiálům, ze kterých je vyráběna, také není ohrožována plísněmi či houbami, které by ji mohli výrazně poškodit. Další výhodou je také její stlačitelnost, díky ní se s ní snáze manipuluje na stavbě, ale i při uskladnění či dopravě (Valda, 2015).

V dřevostavbách je minerální izolace nejvíce využívána. Avšak u pasivních a nízkoenergetických domů již vzhledem k jejím vlastnostem dochází k nárůstům tloušťky (Zahradníček, Horák 2007).

Skelná vlna je tvořena ze skla a písku, kdy podíl skla je zhruba 80 % ku 20 % (Valda, 2015).

Kamennou izolaci tvoří diabas, čedič nebo vysokopeční strusky. Tyto materiály se spojí tmelem z cementu a dalšími látkami (Valda, 2015).

3.4.3.2 Syntetické izolace

Do syntetických izolací se řadí pěnový polystyren, extrudovaný polystyren, polyetylenová pěna, elastomerová pěna a polyuretanová pěna. Jedná se tedy především o polystyren, který je díky ceně, dobrým tepelně izolačním vlastnostem a jednoduché manipulaci jeden z nejrozšířenějších druhů izolací. Má však ale také řadu nevýhod, jakožto produkt neekologický a snadno

hořlavý. Po čase také ztrácí své vlastnosti a může tak docházet ke vzniku trhlin. Polystyren může být jak ve formě desek, tak i ve formě drti, který se využívá například do betonů, kdy dochází ke zlepšení izolačních vlastností, ale také snížení hmotnosti (Valda, 2015).

V dřevostavbách se polystyren využívá především u podlah, střech či vnějších izolací obvodových stěn. Tento typ izolace je ovšem nevhodný, pokud je cílem dosáhnout difuzně otevřenou stavbu (Zahradníček, Horák 2007).

Extrudovaný polystyren

Tento typ izolace se využívá především k zaizolování soklů, neboli místa, kde dochází ke kontaktu nosného prvku se zeminou. Tento polystyren je znám svými vylepšenými vlastnostmi, kterými je zvýšená pevnost a nenasákavost (Valda, 2015).

Polyuretanová pěna

Izolace používaná na doizolování v místech, kam nelze snadno aplikovat jiný typ izolace (Valda, 2015).

3.4.3.3 Organické izolace

Jedná se o izolace, které jsou založeny na přírodní bázi. Tyto izolace byly hojně využívány především v historii, kdy suroviny využívané pro výrobu těchto izolací byly snadno dostupné a hlavně vyráběny z obnovitelných zdrojů, což je zároveň i v aktuální době jejich velká výhoda (Valda, 2015).

Organické izolace dále můžeme dělit na rostlinného a živočišného původu. Mezi živočišné izolace se řadí především ovčí vlna a kachní peří. Do rostlinných izolací patří dřevěná vlna, celulóza, konopí, len, sláma a korek (Valda, 2015).

Ovčí vlna

Vzhledem k organickému původu této izolace je možné při instalaci pracovat bez ochranných pomůcek. Velkou výhodou nejen pro ovčí vlnu, ale i pro další organické izolace je možnost využití u difuzně otevřených konstrukcí. Jedná se o izolaci, která má velmi dobré izolační vlastnosti a může tedy konkurovat jiným

typům izolacím. Její nevýhodou je potřeba dbát na zvýšenou ochranu a vzhledem k stlačitelnosti a nízké objemové hmotnosti ji není možné aplikovat do všech typů konstrukcí. Své využití tedy určitě nenajde v konstrukcích podlah (Zahradníček, Horák 2007).

Sláma

Sláma jakožto izolace se využívá i z vnější strany nosné konstrukce. Její použití má výhodu také v dostupnosti a ekologičnosti a díky jednoduchému zpracování. Avšak při použití je nutné dbát na pravidelnou výměnu této izolace, jelikož dochází k atmosférické degradaci (Zahradníček, Horák 2007).

3.4.3.4 Speciální izolace

K dalším izolacím, které jsou v této kapitole označeny jako speciální, se řadí izolace foukaná, aerogel a izolace vakuová (Valda, 2015).

Foukaná izolace

Jedná se o izolaci využívanou především při rekonstrukcích, kdy nedochází k narušení běžného provozu v objektu. Tato izolace se aplikuje speciálním zařízením, které fouká izolaci pod tlakem i na těžko přístupná místa. Jedná se o izolaci na bázi minerální vlny, polystyrenu nebo celulózy. Jednou z výhod je kromě nenarušení provozu také téměř nulový odpad (Valda, 2015).

3.4.4 Vnější plášť

V této části práce budou krátce rozebrány možnosti a alternativy provedení vnějšího pláště budov s ohledem na využití obdobného jako je zaměření této práce. Bude se tedy jednat zejména o výčet možností provedení poslední vnější vrstvy vnějšího pláště rodinných domů a podobných obytných budov.

3.4.4.1 Omítka

Při srovnání s ostatními v této části práce zmiňovanými možnostmi provedení vnějšího pláště obálky budovy je provedení v omítce jedinou možností, jak provést danou konstrukční skladbu jako jednoplášťovou konstrukci, tedy bez odvětrávané mezery, ačkoli je rovněž možné provést ukončení fasády omítkou rovněž s odvětrávanou mezerou. Hlavní požadavek na odvětrávanou fasádu vzniká z důvodu potřeby návrhu konstrukční skladby umožňující bezchybného prostupu vodních par z interiéru do exteriéru. Dalším důvodem vzniku požadavku na odvětrávanou fasádu může být pak například potřeba provětrávání některých použitých materiálů pro obložení, například dřevěných latí, v prostředí exponovaném venkovním zejména abiotickým vlivům (CEMIX, 2021; Blaha, 2004).

Omítka kladená přímo na kontaktní zateplovací systém u obvodových stěn vytápěných objektů se stává součástí části konstrukční skladby, skrz kterou probíhá difuze vodních par. Z tohoto důvodu je v daných případech potřeba sledovat difuzní odpor použitých materiálů, u některých omítek může být i v řádu stovek. Pro výstavbu dřevostaveb se v praxi nejčastěji užívají omítky silikátové, akrylátové, silikonové nebo vápenné. Ačkoli vždy záleží na přesných hodnotách parametrů vybraného materiálu, obecně lze říci, že za omítky vhodné na difuzně otevřené konstrukční skladby lze označit omítky silikátové nebo vápenné (CEMIX, 2021; Blaha, 2004).

3.4.4.2 Dřevěný obklad

Možností řešení dřevěného obkladu fasády existuje velké množství. Obecně lze rozdělit možné řešení do dvou hlavních kategorií, a to na obklady tvořící souvislou vrstvu a na obklady s otevřenými spárami. Příkladem obkladů tvořící souvislou vrstvu mohou být profilované palubky vzájemně spojované na pero a drážku. Na vrstvu pojistné hydroizolace pod dřevěným obkladem následně není kladem požadavek UV odolnosti, avšak je naopak vhodné řešit omezení hnízdění menších živočichů a hmyzu pod fasádou. Pro tento účel lze využít například sítky nebo mřížky kotvené do míst ústění větrané vzduchové mezery

do exteriéru. Tloušťka dřevěného obkladu je doporučena minimálně o tloušťce 20 mm, při těchto tloušťkách jsou již rozměrové změny dřeva vlivem přirozených jevů považovány za přijatelné. Dle směru obkladu existují obklady vertikální, horizontální i diagonální (Kolb, 2011).

Hrany dřevěných palubek nebo latí je doporučeno provádět zakulacené z více důvodů. Jedná se zejména o požadavky kladené z hlediska případu požáru, přirozené ochrany před počasím, ale i možnosti nanesení dostatečné vrstvy ochranných chemických prostředků na takto upravené dřevěné prvky (Kolb, 2011).

Při umístění dřevěných prvků do venkovního prostředí je potřeba počítat s vyšší zátěží a tím i větším namáháním těchto prvků vlivem různých abiotických i biotických činitelů (Reinprecht, 2008). I z tohoto důvodu jsou často využívány jehličnaté dřeviny, například modřín. Při správně provedené odvětrávané vzduchové mezeře a správně navrženém přesahu střechy lze značně zamezit nebo zpomalit proces barevných změn dřevěné fasády, ačkoli někdy může být typické zešednutí dřevěné fasády klientským požadavkem. Z pohledu barevných změn je třeba věnovat zvýšenou pozornost použitým pomocným materiálům jako jsou chemické nátěry nebo kotvící prvky při využití dřevin s vysokým podílem extraktivních látek jako například modřín nebo dub. Při nesprávné kombinaci může dojít k zešednutí nebo zčernání dřeva, které je často nežádané, jelikož se následně vyskytuje pouze v určitých místech dřevěné fasády (Ingo, 2011).

3.4.4.3 Plechový obklad

Realizace fasády plechovým obkladem je v praxi často považována za moderní řešení. Jedná se o systém ohýbaných plechů, které jsou kotveny nejčastěji na podkladní rošt. Vzhledem k možnostem řešení odvodu vody v případě poruchy a zatečení pod vrstvou plechu stejně jako s ohledem na difuzi vodních par skrz konstrukční skladbu fasády je vhodné realizovat plechový obklad s odvětrávanou vzduchovou mezerou. V praxi lze využít jak ohýbání plechů přímo na stavbě, tak využitím výrobků předem ohýbaných a vzájemně

spojovaných dle předepsaných principů. V případě využití předem profilovaných dílců plechové fasády je systém kotvení realizován přes kombinaci vzájemného navlíkání a podvlékání společně s kotvicími nasouvacími lištami. Takto realizovaný plechový obklad lze považovat za vhodnější k bezporuchovému provozu vzhledem k eliminaci většiny perforací plechu jeho kotvením k podkladnímu roštu (H&B Delta, 2023; PREFA Aluminiumprodukte s.r.o., 2023).

3.4.4.4 Cementovláknitý obklad

Cementovláknitý obklad je realizován deskami dřevěných třísek nebo vláken s příměsí cementu. Výsledné desky jsou vysoce odolné vůči dešti, větrné korozi i mrazu. Kvůli obsahu cementu jsou zároveň vysoce odolné vůči biotickým činitelům, zároveň se považují za nehořlavý materiál. Při hodnocení požárně nebezpečného prostoru budovy pak takto obložená fasáda tento prostor nezvyšuje při srovnání s obložením z masivních dřevěných prken. Cementovláknité desky se kotví na podkladní rošt s provětrávanou vzduchovou mezerou. Podkladní rošt lze realizovat pomocí dřevěných latí nebo železných a hliníkových nosníků. Desky se nejčastěji do roštu kotví vruty nebo šrouby. Ačkoli se nejčastěji mezi deskami nechávají několikamilimetrové spáry, z důvodů popsaných výše je vhodné rovněž řešit uzavření provětrávané vzduchové mezery před hmyzem a menšími živočichy. Většina v praxi nejvyužívanějších dodavatelů má systémové řešení pomocí mřížek. Další využívanou výhodou je možnost barvení těchto desek do různých odstínů barev (Cembrit Holding A/S, 2021).

3.5 Stavební fyzika

3.5.1 Šíření tepla

Šíření tepla je v přírodě zcela přirozený jev, jedná se o energii, která se šíří z teplejšího prostředí do prostředí s teplotou nižší, tedy do prostředí chladnějšího. Tento jev je snaha prostředí nebo tělesa vyrovnat teplotní stav.

Šíření tepla je obecně rozlišováno na tři typy možného šíření, a to sáláním, prouděním a vedením (Kulhánek, 2011).

3.5.1.1 Vedení tepla

Vedení tepla neboli kondukce je typ šíření tepla, který je považován za nejběžnější. Vedení tepla je možné šířit jak v pevných látkách, tak i v látkách plynných. Lze tedy říct, že vedení tepla se vyskytuje téměř u všech stavebních konstrukcí. To, jak je vedení tepla v daném materiálu rychlé, nám určuje tepelnou vodivost, která nám pomocí součinitele tepelné vodivosti rozlišuje materiály na tepelné vodiče, u kterých tento součinitel dosahuje vysokých hodnot, nebo tepelné izolanty, u kterých jsou hodnoty naopak nízké. Obecně vedení tepla popisuje první a druhý Fourierův zákon. V prvním zákoně se jedná o stacionárním jednodimenzionálním teplotním poli, respektive tedy o teoretickém předpokladu, kdy jsou okrajové podmínky i průběh teplot v dané konstrukci v čase neměnné. Jde tedy o idealizované podmínky, u kterých lze laicky říct, že v tomto případě se nauvažuje s ohříváním konstrukce nebo pohybu osob, větráním objektu, střídání dne a noci či ročního období. Zatímco v druhém zákoně, lze tyto aspekty zohlednit. Jedná se tedy o nestacionární podmínky s prostorovým šířením tepla, kdy se teplotní pole mění v čase (Kulhánek, 2014).

3.5.1.2 Proudění tepla

Proudění tepla neboli konvence je typ vedení tepla, který je možné šířit jak v kapalných látkách, tak i plynných. Proudění lze dělit na nucené a přirozené, kdy přirozené proudění je označováno zahřátí látky při kterém teplo proudí pomocí rozdílných teplot. A nucené proudění, které je tvořeno za pomoci vnějšího zdroje, jako je například tepelné čerpadlo. Proudění tepla se řídí Newtonovým zákonem, který charakterizuje objemovou tíhu tepelného toku během proudění tepla (Kulhánek, 2014).

3.5.1.3 Sálání tepla

Sálání tepla neboli radiace, jehož podstatou šíření tepla je přenos elektromagnetického záření, respektive infračerveného záření. O sálání tepla lze říci, že materiály jsou schopné nejen pohlcování tepla, ale i jeho vyzařování, odražení či propouštění. Sálání dále v teorii lze rozlišit na dokonalé černá tělesa, tedy tělesa která 100 % pohlcují dopadající energii, poté odrazivá tělesa, která naopak veškerou energii odrazí a propustná tělesa. Sálání tepla se řídí Boltzmannovým zákonem, který popisuje objemovou hmotnost tepelného toku během sálání tepla (Kulhánek, 2014).

3.5.2 Difuze a kondenzace vodní páry

Difuze vodních par je rozdíl vyšších a nižších parciálních tlaků při kterém dochází k pohybu vlhkosti, což je způsobeno rozdílnou teplotou a vlhkostí ze strany interiéru a exteriéru v případě stavebních konstrukcí (Kulhánek, 2014).

3.5.2.1 Difuze vodních par

To jak se bude konstrukce chovat z hlediska difuze vodní páry, závisí velmi na pořadí jednotlivých vrstev. Když se někde zarazí v místě nízkých teplot, dochází ke kondenzaci. Vlhkostní procento je závislé na teplotě. Při vyšší teplotě se vlhkostní procento snižuje a naopak. Jestliže dosáhne snížení teploty určité meze, dochází k tzv. stoprocentní nasycenosti vodními parami (Zahradníček, Horák 2007).

3.5.3 Tepelně technické požadavky

Tyto požadavky jsou důležité především pro prevenci vad či poruch v oblasti tepelné ochrany budov. Mezi další požadavky patří taktéž tepelná pohoda, ochrana zdraví obyvatel, zajištění vhodných životních podmínek, ale i samotný stav prostředí budov, který je požadován pro užívání spolu s technologickými procesy. V neposlední řadě do těchto požadavků spadá také základ pro

vytvoření nízké energetické náročnosti budovy. Veškeré tyto požadavky jsou uvažovány na ekonomicky odpovídající životnost budovy a jejím konstrukcím, při obvyklé údržbě spolu s obvykle působícími vlivy (ČSN 73 0540-2, 2011).

Do tepelně technických požadavků spadá šíření vlhkosti, tepla, vzduchu budovami, konstrukcemi, ale i místnostmi. Taktéž také i energetická náročnost budovy (ČSN 73 0540-2, 2011).

3.5.3.1 Nejnižší povrchová teplota konstrukce

Jedná se o jeden ze čtyř aspektů, posuzovaný normou pro hodnocení prostupu tepla. Prokazuje se bezrozměrnou jednotkou f_{Rsi} jako teplotní faktor vnitřního povrchu, nebo zkráceně pouze teplotní faktor. Nejnižší povrchová teplota konstrukce slouží k zamezení kondenzace vodních par, a tedy i vzniku plísní ze strany vnitřního povrchu konstrukcí staveb (Šála a kol. 2008).

„Teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} je definován jako:

$$f_{Rsi} = 1 - U_x \cdot R_{si} \quad [-]$$

Kde U_x je lokální součinitel prostupu tepla v místě x vnitřního povrchu,

R_{si} odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce (Kulhánek, 2014).“

K riziku vzniku plísní dochází v případě, kdy vlhkost vzduchu v interiéru s přímým kontaktem konstrukce klesne na relativní vlhkost vzduchu v interiéru (ϕ_i) 80% (Kulhánek, 2014).

U nejnižší povrchové teploty konstrukce platí, že při relativní vlhkosti vzduchu v interiéru (ϕ_i) pod 60% v zimních obdobích platí následující podmínka:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$$

Vzorec 1 Podmínka nejnižší povrchové teploty (ČSN 73 0540-2, 2011)

f_{Rsi} je hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu daná požadavkem, která vychází ze vztahu $f_{Rsi} = f_{Rsi,ct}$. $f_{Rsi,ct}$ je kritický teplotní faktor vnitřního povrchu, který je udáván dle tabulky níže (ČSN 73 0540-2, 2011).

Konstrukce	Návrhová teplota vnitřního vzduchu θ_{ai} [°C]	Návrhová venková teplota θ_e [°C]								
		-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21
		Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi,cr}$								
Stavební konstrukce	20,0	0,748	0,746	0,744	0,751	0,757	0,764	0,770	0,776	0,781
	20,3	0,750	0,747	0,745	0,752	0,759	0,765	0,771	0,777	0,782
	20,6	0,751	0,749	0,747	0,754	0,760	0,766	0,772	0,778	0,783
	20,9	0,753	0,751	0,748	0,755	0,762	0,768	0,773	0,779	0,784
	21,0	0,753	0,751	0,749	0,756	0,762	0,768	0,774	0,779	0,785
Výplň otvoru podle 3.4	20,0	0,647	0,648	0,649	0,649	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650
	20,3	0,649	0,650	0,651	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652	0,651
	20,6	0,652	0,653	0,653	0,654	0,654	0,654	0,654	0,654	0,653
	20,9	0,654	0,655	0,655	0,656	0,656	0,656	0,656	0,655	0,655
	21,0	0,655	0,656	0,656	0,656	0,657	0,657	0,656	0,656	0,655

Obrázek 21 Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu (ČSN 73 0540-2, 2011)

3.5.3.2 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla je další z aspektů posuzovaný normou pro hodnocení prostupu tepla. Jedná se o veličinu, která hodnotí tepelný tok prostupu tepla daných konstrukcí, respektive vyznačuje tepelněizolační schopnosti dané konstrukce. Tyto hodnoty jsou následně využívány pro návrh větrání a vytápění. Pro součinitel prostupu tepla norma uvádí doporučené a zároveň požadované hodnoty viz obrázek 22 (Šála a kol. 2008).

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 ²⁾	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 ⁷⁾	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$, v m ² /m ² , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m ² ; A _w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m ² .	$f_w \leq 0,5$	0,3 + 1,4·f _w	0,15 + 0,85·f _w
	$f_w > 0,5$	0,7 + 0,6·f _w	
Kovový rám výplně otvoru	–	1,8	1,0
Nekovový rám výplně otvoru ⁵⁾	–	1,3	0,9 – 0,7
Rám lehkého obvodového pláště	–	1,8	1,2
POZNÁMKY			
1) Pro jednovrstvé zdivo se nejpozději do 31.12.2012 připouští hodnota 0,38 W/(m ² ·K).			
2) Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,7 W/(m ² ·K).			
3) Nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu, ovšem s ohledem na postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje tepelná ochrana na uvedené úrovni.			
4) V případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru.			
5) Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou například dřevo-hliníkové rámy.			
6) Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370.			
7) Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,5 W/(m ² ·K).			

Obrázek 22 Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla (ČSN 73 0540-2, 2011)

Pro výpočet součinitele prostupu tepla je nutné znát součinitel tepelné vodivosti λ (W/m.K), který uvádí technické listy daných materiálů. Jedná se o součinitel, který ukazuje schopnost daného materiálu vést teplo. Další veličiny, které je nutné znát pro výpočet součinitele prostupu tepla, je odpor při přestupu tepla R_{se} a R_{si} , který značí tepelný odpor vzduchové vrstvy na okrajích konstrukce s dolním indexem „e“ pro exteriér a „i“ pro interiér (Šála a kol. 2008).

Klimatické období	Druh konstrukce a povrch konstrukce	Tvar a orientace povrchu konstrukce	Odpor při přestupu tepla $R_{si}, R_{se}, R_{se}^*, R_{slik}$ m ² -K/W		
			pro výpočty šíření vlhkosti a rizika růstů plísní	pro výpočty šíření tepla	
1	2	3	4	5	
Zimní	Vnější povrch stavební konstrukce a výplně otvoru		0,04	0,04	
Zimní, při nadmořské výšce nad 1 000 m n.m.			0,03	0,03	
Letní			0,07	0,07	
Zimní i letní	Vnitřní povrch stavební konstrukce	Svislý povrch		0,25	0,13
		Vodorovný povrch Při tepelném toku	zdola nahoru	0,25	0,10
			shora dolů	0,25	0,17
		Svislý kout		0,25	0,19
		Vodorovný kout		0,25	0,21
		Vnitřní povrch výplně otvoru	Svislý povrch, nebo povrch se sklonem od 90° do 60° od vodorovné roviny		0,13
	Vodorovný povrch, nebo povrch se sklonem od 0° do 60° od vodorovné roviny		0,13	0,10	
	Vodorovný povrch při tepelném toku		zdola nahoru	0,13	0,10
			shora dolů	–	0,17
	Svislý kout		0,13	0,20	
	Vodorovný kout		0,13	0,20	
	POZNÁMKY				
1 Ve větrané vzduchové vrstvě se uvažuje odpor při přestupu tepla shodný s odporem na vnitřní straně téže konstrukce.					
2 Pro vodorovné povrchy konstrukcí mezi shodně vytápěnými prostory se pro spodní povrch uvažuje hodnota platná pro tepelný tok zdola nahoru, pro horní povrch hodnota platná pro tepelný tok shora dolů.					
3 Pro šikmé povrchy odchýlené o více než 30° od uvedených orientací se stanoví odpory při přestupu tepla lineární interpolací se zaokrouhlením na setiny.					

Obrázek 23 Návrhové hodnoty odporu při přestupu tepla na vnější straně konstrukce a na vnitřní straně konstrukce bez povrchové kondenzace (ČSN 73 0540-2, 2011)

Další důležitý vztah nutný pro výpočet součinitele prostupu tepla je tepelný odpor konstrukce R ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$), který udává schopnost materiálu vytvářet odpor při prostupu tepla danou konstrukcí (Kulhánek, 2014).

$$R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_i}{\lambda_i}$$

Vzorec 2 Tepelný odpor konstrukce (Kulhánek, 2014)

d_1 , d_2 , d_i jsou tloušťky vrstev v konstrukci (m)

Poslední veličinou důležitou pro výpočet je výsledný tepelný odpor celé konstrukce R_T ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$) (Kulhánek, 2014).

$$R_T = R_{si} + R + R_{se}$$

Vzorec 3 Tepelný odpor celé konstrukce (Kulhánek, 2014)

Díky tomuto výpočtu jsou známy všechny potřebné veličiny pro výpočet součinitele prostupu tepla U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) (Kulhánek, 2014).

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Vzorec 4 Součinitel prostupu tepla (Kulhánek, 2014)

3.5.3.3 Průměrný součinitel prostupu tepla

Jedná se o součinitel prostupu tepla, který se udává pro stavebně energetické zhodnocení vlastností objektu. Je to třetí aspekt, posuzovaný normou pro hodnocení prostupu tepla. Průměrný součinitel prostupu tepla je označován jako U_{em} [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$] a musí vyhovovat podmínce:

$$U_{em} \leq U_{em,N}$$

Vzorec 5 Průměrný součinitel prostupu tepla (ČSN 73 0540-2, 2011)

$U_{em,N}$ představuje požadovanou hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla s jednotkou ($\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$), která se stanoví výpočtem pomocí referenční budovy. Avšak nejvyšší výsledek je pro nové obytné budovy, a má hodnotu $0,50$ [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$] (ČSN 73 0540-2, 2011).

3.5.3.4 Lineární a bodový činitel prostupu tepla

Jedná se o čtvrtý důležitý aspekt posuzovaný normou pro hodnocení prostupu tepla, při kterém je u těchto dvou činitelů rozdíl v tom, že jeden vypočítán klasickým jednoduchým způsobem, který uvažuje prostupy tepla pouze v jednotlivých konstrukcích. Zatímco druhý činitel používá přesnější výpočet, při kterém zahrnuje i tepelné vazby mezi konstrukcemi. Pro tento typ je používáno dvojrozměrných nebo trojrozměrných teplotních polí. Jedná se tedy o dvě rozdílné metody, které zjišťují stejný výsledek. Je tedy možné docílit jak kladných, tak záporných hodnot. V případě kladných hodnot vypočtených pomocí jednoduchého způsobu je zjištěno, že daný výsledek je příliš pozitivní a danou obálkou budovy protéká v tepelné vazbě větší množství tepla. Zatímco záporná hodnota značí, že je tepelná vazba vhodně konstrukčně vyřešena a výsledky jsou lepší než bylo podle jednoduchého hodnocení uvažováno (Šála a kol. 2008).

Ideální variantou je, když součet kladných a záporných hodnot je roven nule a je tak zajištěn minimální tepelný tok (Šála a kol. 2008).

Lineární činitel prostupu tepla je značen jako Ψ [W/(m·K)] a bodový činitel prostupu tepla jako χ [W/K]. Pro oba tyto činitele platí podmínka:

$$\Psi \leq \Psi_N \qquad \chi \leq \chi_N$$

Vzorec 6 Lineární a bodový činitel prostupu tepla (ČSN 73 0540-2, 2011)

Ψ_N a χ_N jsou požadované hodnoty činitelů, uvedené dle tabulky níže (ČSN 73 0540-2, 2011).

Typ lineární tepelné vazby	Lineární činitel prostupu tepla [W/(m·K)]		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy
	Ψ_N	Ψ_{rec}	Ψ_{pas}
Vnější stěna navazující na další konstrukci s výjimkou výplně otvoru, např. na základ, strop nad nevytápěným prostorem, jinou vnější stěnu, střechu, lodžii či balkon, markýzu či arkýř, vnitřní stěnu a strop (při vnitřní izolaci), aj.	0,20	0,10	0,05
Vnější stěna navazující na výplň otvoru, např. na okno, dveře, vrata a část prosklené stěny v parapetu, bočním ostění a v nadpraží	0,10	0,03	0,01
Střecha navazující na výplň otvoru, např. střešní okno, světlík, poklop výlezu	0,30	0,10	0,02
Typ bodové tepelné vazby	Bodový činitel prostupu tepla [W/K]		
	χ_N	χ_{rec}	χ_{pas}
Průnik tyčové konstrukce (sloupy, nosníky, konzoly, apod.) vnější stěnou, podhledem nebo střechou	0,4	0,1	0,02

Obrázek 24 Požadované a doporučené hodnoty lineárního a bodového činitele prostupu tepla (ČSN 73 0540-2, 2011)

3.5.3.5 Pokles dotykové teploty podlahy

U poklesu dotykové teploty podlahy se hodnotí vliv lidského těla, jako lezení batolat po podlaze, nebo opírání se tělem o stavební konstrukci, zároveň ale i tepelná pohoda pro člověka (Šála a kol. 2008).

Pokles dotykové teploty podlahy je označován jako $\Delta\theta_{10}$ a platí pro něj podmínka:

$$\Delta\theta_{10} \leq \Delta\theta_{10,N}$$

Vzorec 7 Podmínka poklesu dotykové teploty podlahy (ČSN 73 0540-2, 2011)

$\Delta\theta_{10,N}$ značí požadované hodnoty pro pokles dotykové podlahy, které jsou uvedeny v tabulce níže (ČSN 73 0540-2, 2011).

Druh budovy a místnosti	Kategorie podlahy	Pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10,N}$ [°C]
Obytná budova: dětský pokoj, ložnice Občanská budova: dětská místnost jeslí, školky, pokoj intenzivní péče, pokoj nemocných dětí	I. Velmi teplé	do 3,8 včetně
Obytná budova: obývací pokoj, pracovna, předsíň sousedící s pokoji, kuchyň Občanská budova: operační sál, předsálí, ordinace, přípravná, vyšetřovna, služební místnost, chodba a předsíň nemocnice, pokoj dospělých nemocných, kancelář, rýsovna, kreslárna, pracovna, tělocvična, učebna, kabinet, laboratoř, restaurační místnost, kino, divadlo, hotelový pokoj Výrobní budova: trvalé pracovní místo při sedavé práci	II. Teplé	do 5,5 včetně

Druh budovy a místnosti	Kategorie podlahy	Pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10,N}$ [°C]
Obytná budova: koupelna, WC, předsíň před vstupem do bytu Občanská budova: WC, lázeň, převlékárna lázně, chodby, čekárny, schodiště nemocnice, taneční sál, jednací místnost, sklad se stálou obsluhou, prodejna potravin, noclehárna, trvalé pracovní místo ve výstavní síni a muzeu bez podlahy nebo předepsané teplé obuvi Výrobní budova: trvalé pracovní místo bez podlahy nebo předepsané teplé obuvi	III. Méně teplé	do 6,9 včetně
Budovy a místnosti bez požadavků	IV. Studené	od 6,9

Poznámka 2: Pro podlahy s podlahovým vytápěním se pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10}$ stanovuje a ověřuje pro vnitřní povrchovou teplotu podlahy θ_{si} stanovenou bez vlivu vytápění při návrhové teplotě přilehlého prostředí odpovídající návrhové teplotě venkovního vzduchu na začátku nebo na konci topného období $\theta_e = 13$ °C.

Obrázek 25 Požadované hodnoty poklesu dotykové teploty (Šála, a kol. 2008)

3.5.3.6 Kondenzace vodní páry v konstrukci

Kondenzace vodní páry v konstrukci je problém především u staveb, které může vodní pára ohrozit na funkčnosti dané konstrukce. Pro dřevostavby je to tedy velmi důležité, v případě výskytu totiž může dojít ke zkrácení životnosti, zvětšení tíhy konstrukce, s kterou není uvažováno ve statických výpočtech nebo vznik plísní a samotné degradaci dřevěných konstrukcí (ČSN 73 0540-2, 2011).

Kondenzace vodních par uvnitř konstrukce se hodnotí pomocí simplifikace Glasserova modelu. Tento model vyplývá z porovnání tlaků vodních par a jejich teoretického průběhu a zároveň průběhu tlaků nasycených vodních par. V případě vyobrazení těchto tlaků v křivkách dochází ke kondenzaci, je to viditelné tím, že tlaky vodních par jsou větší nebo rovny tlakům nasycených vodních par. Zónu, ve které dochází ke kondenzaci, je možné najít za pomoci tečen vycházejících z koncových bodů tlaku vodních par ke křivce tlakům nasycených vodním par. Toto vyhodnocení je dostatečné pro stanovení na straně bezpečnosti, ale naopak v tomto modelu není pojmuto mnoho aspektů, jako je například sorpční kapacita daných materiálů, šíření kapalné vlhkosti nebo proměnnost vlastností materiálu na obsah vlhkosti (Šála a kol, 2008).

Požadavek pro kondenzaci vodní pár uvnitř konstrukce platí podmínka:

$$M_c = 0$$

Vzorec 8 Podmínka kondenzace vodních par uvnitř konstrukce (Šála a kol. 2008)

Kdy M_c ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$) značí zkondenzovanou vodní páru uvnitř konstrukce, která může bezprostředně ohrozit požadovanou funkci dané konstrukce. Tento požadavek je nejbezpečnějším řešením, především u dřevostaveb, u kterých je velmi často směřováno úsilí ke splnění této přísnější varianty dané podmínky. Velmi často je však volena volba jednodušší, a to použití parotěsnících vrstev. V případě fólii však nesou rizika protržení, rozlepení či porušení prostupujícími prvky. Pro snížení rizika se využívají vrstvy z desek, které účinně tvoří parobrzdu v dané konstrukci. Dále je vhodné klást důraz na umístění vrstev v konstrukci a jejich optimalizaci, tak aby byl vytvořen lepší průběh nasycených vodních par v konstrukci pomocí průběhu teplot danou konstrukcí. Tímto způsobem je docíleno lepší vysychání konstrukce a tím i tedy nižší nároky na parotěsnící a parobrzdné vrstvy (Šála a kol. 2008).

Kondenzace vodních par v konstrukci jsou vypočítány pomocí roční bilance, a to rozdílem ročního množství zkondenzované vodní páry s vypařitelným ročním množstvím vodní páry, nebo ji lze stanovit výpočtem po měsících. Obě tyto varianty jsou považovány za sobě rovnocenné (ČSN 73 0540-4, 2005).

Pro obě tyto výpočtové metody platí vlhkostní přírážka $\Delta\varphi = 5\%$ a $\varphi_i + \Delta\varphi = 55\%$ pro prostory s vlhkými a mokřými procesy (Šála a kol. 2008).

V případě že konstrukce nesplní první přísnější podmínku, je možné za určitých okolností umožnit přiměřenou míru kondenzace. V tomto případě platí pro konstrukce, u které kondenzace vodních par neohrozí jejich funkci, omezení roční množství kondenzátu tato podmínka:

$$M_c \leq M_{c,N}$$

Vzorec 9 Podmínka ročního množství kondenzátu (Šála a kol. 2008)

$M_{c,N}$ pro jednoplášťové střechy, konstrukce obsahující dřevěné prvky a konstrukce s tepelnou izolací či vnějším obkladem s malou difuzní propustností platí:

$$M_{c,N} = 0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

Vzorec 10 Podmínka ročního množství kondenzátu pro konstrukce s obsahem dřeva (Šála a kol. 2008) nebo 3% plošné hmotnosti materiálu (Šála a kol. 2008).

Pro zbylé konstrukce platí:

$$M_{c,N} = 0,50 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

Vzorec 11 Podmínka ročního množství kondenzátu pro ostatní konstrukce (Šála a kol. 2008) nebo 5% plošné hmotnosti materiálu (Šála a kol. 2008).

Při použití těchto podmínek dále platí požadavek na roční bilanci vypařování a kondenzace vodní páry. Pro dřevěné materiály se dále musí dodržovat povolená hmotnostní vlhkost 18 %, aby nenastalo ohrožení funkce dané konstrukce (Šála a kol. 2008).

3.5.3.7 Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce

U roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce platí, že množství vypařené vodní páry z konstrukce za rok musí být větší než množství kondenzace vodních par za rok. Respektive nesmí dojít k situaci, kdy by zkondenzované vodní páry mohli zvýšit trvalou vlhkost konstrukce (ČSN 73 0540-2, 2011).

U dřeva zabudovaném v konstrukci je dále nutné dodržení následujících opatření: zajištění ochrany dřeva, její obnova, dodržení povolené vlhkosti

dřeva. V případě překročení rovnovážné hmotnostní vlhkosti dřeva při montáži konstrukce, a to 18%, je nutné zajištění odvodu této vlhkosti z konstrukce (ČSN 73 0540-2, 2011).

V případě vyloučení vlhkosti v konstrukci přiléhající k zemině se uplatňuje prvotní podmínka z kapitoly kondenzace vodních par v konstrukci. Pokud má být hodnocena konstrukce se vzduchovou mezerou, hodnotí se jako dvě samostatné konstrukce od interiéru po vzduchovou vrstvu a od vzduchové vrstvy po exteriér. Taktéž je nutné prověření relativní vlhkosti, která proudí v této vrstvě, s podmínkou:

$$\varphi_{CV} < 90\%$$

Vzorec 12 Podmínka relativní vlhkosti (ČSN 73 0540-2, 2011)

3.5.3.8 Šíření vzduchu konstrukcí a budovou

Veškeré spáry, které umožňují šíření vzduchu konstrukcí jsou nepřípustné, kromě spár funkčních jako jsou spáry u lehkých obvodových plášťů a výplní otvorů. Každou jinou spáru jako je napojení stěn, a další, je potřeba provést jako trvale vzduchotěsnou. Dále je také nutné ochránit tepelněizolační vrstvu proti vlivu tlaku větru (ČSN 73 0540-2, 2011).

Při šíření vzduchu konstrukcí a budovou se neřeší pouze netěsností spár, ale i celková průvzdušnost dané obálky. V tomto případě je minimální požadavek potvrzen za pomoci celkové intenzity výměny vzduchu, které se označuje n_{50} při 50 Pa tlakovém rozdílu v h^{-1} . Pro toto stvrzení platí podmínky:

$$n_{50} \leq n_{50,N}$$

Vzorec 13 Podmínka celkové průvzdušnosti obálky (ČSN 73 0540-2, 2011)

Hodnoty pro $n_{50,N}$ jsou udány na obrázku 26 a jsou pouze doporučené. Dle typu větrání v budově se dále dělí na dvě úrovně, kdy úroveň číslo jedna je vhodné dodržet vždy, avšak úroveň dva je vhodné dodržet přednostně. Ideální je, aby celková výměna vzduchu byla co nejnižší hodnota. Avšak ani při dodržení hodnot z obrázku 26 není zaručeno, že nedojde k narušení konstrukce z vlivů vodních par a šíření tepla v konstrukci, která není dostatečně těsná (ČSN 73 0540-2, 2011).

Větrání v budově	Doporučená hodnota celkové intenzity výměny vzduchu $n_{se,N}$ [h^{-1}]	
	Úroveň I	Úroveň II
Přirozené nebo kombinované	4,5	3,0
Nucené	1,5	1,2
Nucené se zpětným získáváním tepla	1,0	0,8
Nucené se zpětným získáváním tepla v budovách se zvláště nízkou potřebou tepla na vytápění (pasivní budovy)	0,6	0,4

Obrázek 26 Požadované hodnoty třídy průvzdušnosti (ČSN 73 0540-2, 2011)

4 Metodika

V práci bylo provedeno tvarové a dispoziční řešení dle územního plánu, vyhlášek a zákonů. U tvaru je zohledněn tvar okolních zástaveb, ale také možnost případného rozšíření zastavitelného území na daném pozemku a vytvoření dalšího objektu. Také je tento tvar vhodný z hlediska minimalizace prostupu tepla. Dispoziční řešení bylo provedeno pro čtyřčlennou rodinu s využitím prostoru pro potřeby všech členů. Dále bylo provedeno konstrukční a materiálové řešení, které je tvořeno především systémem od značky Novatop. Tyto skladby a detaily byli následně vyhodnoceny z hlediska stavební fyziky s provedenou optimalizací pro minimálně doporučené hodnoty. Dále byla provedena projektová dokumentace ve stupni realizace stavby – Architektonicko-stavební řešení, při které bylo pracováno se zjištěnými informacemi z literární rešerše, zákony a vyhláškami vztahujícím se k tomuto stupni realizace. Součástí práce byla také souhrnná technická zpráva a situační výkresy, které jsou opět provedeny v souladu s vyhláškou. Pro objekt bylo také vytvořeno rychlé ocenění stavby, soupis materiálového složení, výstup jedné stěny pro CNC a statický posudek zvoleného konstrukčního prvku a 3 detailů konstrukčních spojů.

5 Výsledky

Veškerá výkresová část, technická zpráva a souhrnná technická zpráva, protokoly týkající se stavební fyziky jsou k nalezení v příloze této práce. Dále je také možné v ní najít rychlé ocenění stavby, hrubý soupis materiálového složení, výstup pro možnost CNC zpracování a tři detaily konstrukčních spojů a konstrukční prvek hodnocen z hlediska statiky.

Veškerá výkresová část byla tvořena v souladu (Vyhláška č. 499/2006 Sb., 2006) (Zákon č. 183/2006 Sb., 2006) (Vyhláška č. 268/2009 Sb., 2009)

5.1 Lokalita

Objekt je umístěn ve vesnici Frýdnava, spadající pod obec Habry, s parcelním číslem 1271/8. Výměra parcely je 4169 m². Dle Územního plánu města Habry je zastavitelná plocha 1641 m², jelikož část parcely je vedena jako plocha zeleně, sloužící jako opatření k zamezení negativních vlivů mezi objekty a silnicí (I/38). V obci jsou vedeny veškeré potřebné sítě pro možnost stavby rodinného domu.

Podle územního plánu města Habry, spadá daná parcela do plochy smíšené obytné – venkovské, která je určena především pro bydlení v rodinných domech. Zásadním kritériem je dodržení výšky zástavby dle již stávajících objektů, taktéž intenzita zástavby v dané lokalitě a dodržení stávající urbanistické struktury.

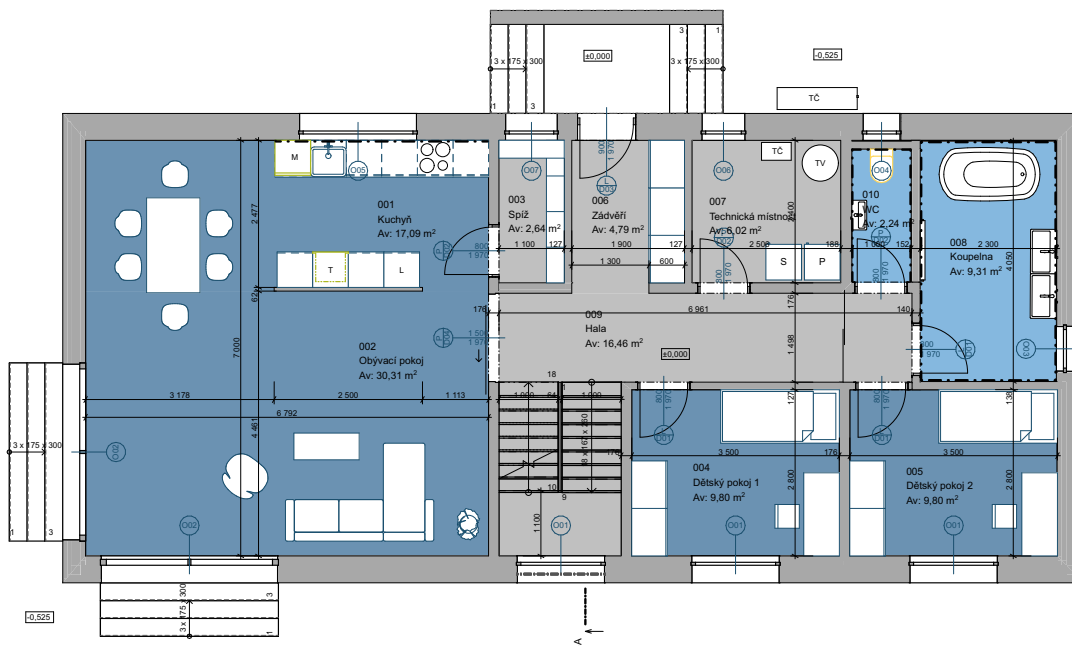
Vzhledem k tomu, že hlavní kritéria nejsou nikterak detailněji vyčíslena, byl proveden průzkum, na základě kterého bylo zjištěno, že obec tvoří jednopodlažní až třípodlažní stavby rodinných domů s hospodářskými stavbami, s typem sedlové střechy u většiny objektů, dle kterých lze vyčíslit hrubá hodnota výšky hřebene, a to cca 6-9 metrů. Vzhledem k intenzitě zástavby byly použity dvě parcely obdobné velikosti a typu, jako posuzovaná parcela, dle kterých bylo možné na základě katastrálních map zjistit obvyklou zastavěnost pozemku v obci. Pro posuzovaný pozemek č.1 byla zastavěnost stanovena na 0,33 a pro pozemek č.2 0,39. Z toho tedy vyplývá, že v dané lokalitě je intenzita zástavby na pozemku cca 40%.

Koeficient zastavěnosti pozemku			
Pozemek č.1		Pozemek č.2	
Parcela	st.70	Parcela	st.1
Výměra (m2)	2006	Výměra (m2)	2423
Plocha:		Plocha:	
Objekt č. 1	243,8	Objekt č. 1	373,5
Objekt č. 2	39,7	Objekt č. 2	62,7
Objekt č. 3	74,6	Objekt č. 3	189,9
Objekt č. 4	209,8	Objekt č. 4	288,1
Objekt č. 5	99,6	Objekt č. 5	16,9
		Objekt č. 6	28,5
Celkem:	667,5	Celkem:	959,6
Index =	0,3327517	Index =	0,396038

Obrázek 27 Koeficient zastavěnosti pozemku

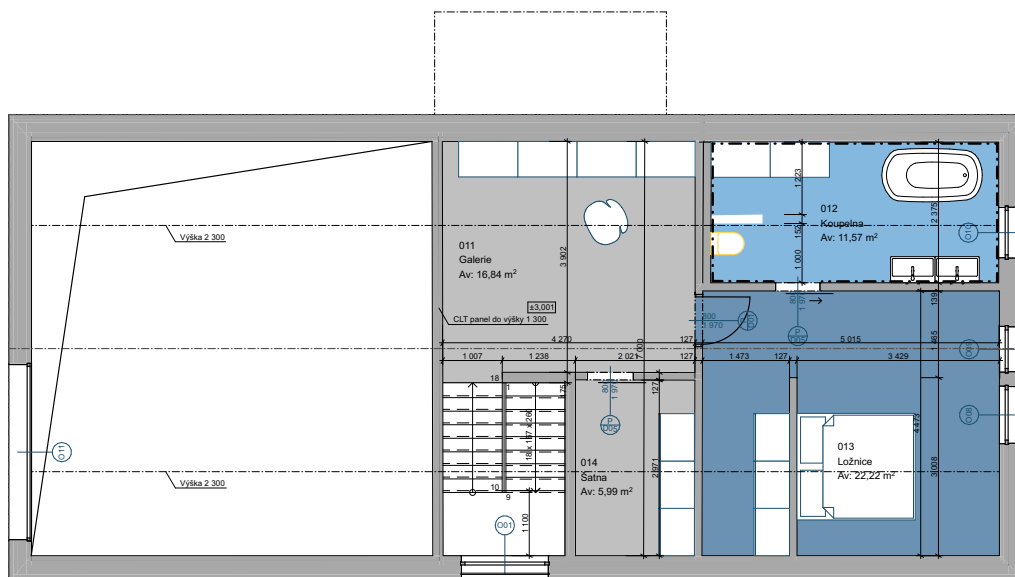
5.2 Dispoziční řešení

Objekt je navržen jako rodinný dům pro čtyřčlennou rodinu a bylo tedy zapotřebí vytvoření dostatečného prostoru pro potřeby všech osob, které jsou mimo jiné uspořádaný vhodně ke světovým stranám. Dům je navržen jako dvoupodlažní stavba, kdy v 1.NP se nachází společné prostory jako kuchyň a obývací pokoj, dále také technická místnost a koupelna, ale především také dětské pokoje, které jsou takto umístěny v blízkosti největšího centra dění.



Obrázek 28 1.NP

V 2.NP je již vytvořena klidová zóna pro rodiče s vlastní koupelnou a šatnou. Veškeré prostory jsou vždy navrženy s ohledem na světové strany. Celý dům disponuje obývacím pokojem, kuchyní s přístupem do spíže, zádveřím, halou, technickou místností, dětskými pokoji, WC, koupelnou a schodištěm do 2.NP, kde se dále nachází galerie s pohledem do obývacího pokoje a kuchyně, šatna, ložnice s úložným prostorem a koupelna.



Obrázek 29 2.NP

5.3 Tvarové řešení

Dům byl z hlediska tvaru navrhnout jako obdélník, je to jeden z nejvhodnějších typů tvarů z hlediska úspory tepla a pro zlepšení celkové energetické náročnosti. Sedlová střecha byla zvolena především s ohledem na okolní zástavbu a dodržení tak požadavku stavebního úřadu. Obecně byl tento tvar i vhodný vzhledem k tvaru pozemku, který je taktéž ve tvaru obdélníku. Vzhledem k možné budoucí změně územního plánu, bude taktéž možné na daném pozemku postavit další stavbu s přístupem z totožné komunikace, které by v případě jiného tvaru a růstu další okolní zástavby již bylo komplikovanější.



Obrázek 30 Vizualizace objektu

5.4 Konstrukční systém a vyhodnocení z hlediska stavební fyziky

V této kapitole jsou popsány skladby konstrukcí spolu s vyhodnocením ze Svoboda software. Podrobnější přehled je však k nalezení na výkresu skladeb

v projektové dokumentaci. Veškeré podrobné protokoly z programu Teplo 2017 EDU a Area 2017 EDU jsou uvedeny taktéž v příloze této práce.

5.4.1 Obvodové stěny

Konstrukčním systémem bylo zvoleno křížem vrstvené dřevo neboli CLT od značky NOVATOP. Pro použití obvodových stěn byla použita šířka 84 mm. Obvodové stěny jsou z vnější strany opláštěny tepelnou izolací ISOVER Uni spolu s nosíky STEICO wall SW 45. Další vrstvu tvoří STEICO universal spolu s dřevěným laťováním. Následně je již použita difuzní fólie TRASPIR 110, po které je provětrávána mezera s následným dřevěným laťováním nebo v případě druhé varianty následuje dřevěný záklop spolu s fasádním systémem Prefalz. Vnitřní strana je ponechána v pohledové kvalitě CLT panelu nebo opláštěna systémovým roštem spolu s izolací ISOVER Piano s následným zaklopením sádkartovou deskou. Tyto skladby byly v programu Teplo 2017 EDU vyhodnoceny jako doporučené hodnoty v případě pohledového panelu a hodnoty doporučené pro pasivní domy, skladby s předstěnou.

Tabulka 1: Požadavek na teplotní faktor – Obvodové stěny

Typ konstrukce	Teplotní faktor (-)		
	Vypočtená průměrná hodnota $f_{Rsi, m}$ (-)	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ (-) pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
Obvodová stěna – pohledový panel	0,954	0,754	vyhovuje
Obvodová stěna – instalační předstěna	0.960	0.754	vyhovuje

Tabulka 2: Požadavek na součinitel prostupu tepla – Obvodové stěny

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 $U_{pas,20}$ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$)
Obvodová stěna – pohledový panel	0,187	0,30	0,20	0,18 – 0,12
		vyhovuje	vyhovuje	nevyhovuje
Obvodová stěna – instalační předstěna	0,163	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje

Tabulka 3: Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí - Obvodové stěny

Požadavky pro obě obvodové stěny	Požadavek vyhovuje / nevyhovuje
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce	vyhovuje
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu	vyhovuje

3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než $0,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$ nebo 3-6 % plošné hmotnosti materiálů (nižší z hodnot)	vyhovuje
--	----------

V návrhu se také nachází stěna, tvořící závětrří domu. Tato stěna je postavena za pomoci modřínových sloupů o rozměru 120 x 120 mm. Tyto sloupy jsou následně opláštěny OSB deskami. Dále se jedná již o totožný plášť jako u ostatních obvodových stěn. Tedy difuzní fólie TRASPIR 110, dřevěné laťování se vzduchovou mezerou, dřevěný záklop a fasádní systém Prefalz.

5.4.2 Nosné a nenosné příčky

Nosné příčky jsou tvořeny CLT panelem o šířce 62 mm se zachováním pohledového panelu a z druhé strany opláštěné zvukovou izolací ISOVER Piano se záklopem tvořeným sádrokartonovou deskou. Zatímco nenosné příčky jsou tvořeny jako SDK stěny, tedy systémový rošt vyplněný zvukovou izolací ISOVER Piano a oboustranně opláštěný taktéž sádrokartonovou deskou.

5.4.3 Podlaha

Podlaha je složena směrem od interiéru dřevěnou podlahou nebo keramickou dlažbou dle způsobu využití místnosti. Pod podlahou lze najít betonovou mazaninu, PE fólii, EPS izolaci, hydroizolaci a následně základovou desku vyztuženou kari sítí. Pod deskou se již nachází geotextílie a štěrk. Z hlediska prostupu tepla byla tato konstrukce vyhodnocena v doporučených hodnotách.

Tabulka 4: Požadavek na teplotní faktor - Podlaha

Typ konstrukce	Teplotní faktor (-)	
	Vypočtená průměrná hodnota $f_{Rsi, m} (-)$	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr} (-)$ pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%

Podlaha	0,941	0,311	vyhovuje
---------	-------	-------	----------

Tabulka 5: Požadavek na součinitel prostupu tepla - Podlaha

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 $U_{pas,20}$ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$)
Podlaha	0,241	0,45	0,30	0,22 – 0,15
		vyhovuje	vyhovuje	nevyhovuje

Tabulka 6: Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí - Podlaha

Požadavky	Požadavek vyhovuje / nevyhovuje
2. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce	vyhovuje
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu	vyhovuje
4. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než $0,1 \text{ kg/m}^2\cdot\text{rok}$ nebo 3-6 % plošné hmotnosti materiálů (nižší z hodnot)	vyhovuje

Tabulka 7: Pokles dotykové teploty - Podlaha

Typ konstrukce	Pokles dotykové teploty (C)		
	Vypočtená hodnota dT10 (C)	Požadovaná hodnota dT10,N (C)	
Podlaha	3,61	5,5	vyhovuje

5.4.4 Stropní konstrukce

Stropní konstrukce je tvořena dřevěnými trámy se záklopem tvořeným panelem NOVATOP SOLID tloušťky 84 mm. Na panelu je následně uložena kročejová izolace ISOVER T-N a ISOVER Rigifloor. Následně je skladba tvořena PE fólií, betonovou mazaninou, lepidlem a dřevěnou podlahou nebo keramickou dlažbou dle způsobu využití dané místnosti.

V některých místnostech je dále použit podhled ze systémového roštu, který je vyplněn akustickou izolací ISOVER Piano a zaklopen sádrokartonovou deskou.

5.4.5 Střešní konstrukce

Střešní konstrukce je vytvořena konstrukčním systémem NOVATOP OPEN o tloušťce 267 mm, který je tvořen SWP deskou, KVH hranoly s tepelnou izolací ISOVER Uni. Tyto panely jsou osazeny na středovou vaznici a nosné stěny z CLT panelů. Dále jsou na tuto konstrukci uloženy latě s tepelnou izolací ISOVER Uni, poté pojistná hydroizolace, kontralatě a následně je položen dřevěný záklop se střešním systémem Prefalz. Tato skladba z hlediska stavební fyziky byla vyhodnocena v doporučených hodnotách.

Tabulka 8: Požadavek na teplotní faktor – Střešní konstrukce

Typ konstrukce	Teplotní faktor (-)		
	Vypočtená průměrná hodnota $f_{Rsi, m}$ (-)	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ (-) pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
Střecha	0,962	0,754	vyhovuje

Tabulka 9: Požadavek na součinitel prostupu tepla – Střešní konstrukce

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)			
	Vypočtená hodnota U_T ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)	Doporučená hodnota $U_{N,20}$ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
Střecha	0,157	0,24	0,16	0,15 – 0,10
		vyhovuje	vyhovuje	nevyhovuje

Tabulka 10: Požadavky na šíření vlhkosti konstrukci - Střešní konstrukce

Požadavky	Požadavek vyhovuje / nevyhovuje
3. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce	vyhovuje

2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu	vyhovuje
5. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než $0,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$ nebo 3-6 % plošné hmotnosti materiálů (nižší z hodnot)	vyhovuje

V návrhu je další střešní konstrukce, která tvoří závětrí domu. Tato konstrukce je tvořena obdobně jako střecha pro obytnou část objektu, s rozdílem tepelné izolace. Skladba je tvořena opět systémem NOVATOP OPEN, který má dále z obou stran latě se vzduchovou mezerou. Z horní části je dále difuzní fólie TRASPIR 110, kontralatě s provětrávanou mezerou, dřevěný záklop a střešní systém Prefalz. Ze spodní části je skladba tvořena latěmi, dřevěným záklopem a střešním systémem Prefalz.

5.4.6 Details

Details byli zhodnoceny pomocí programu Area 2017 EDU na tepelné toky, povrchové teploty a lineární činitel prostupu tepla. Vyhodnocení je uvedeno v tabulkách níže.

Tabulka 11: Požadavek na teplotní faktor - Pata domu

Typ hodnoceného povrchu / Typ prostoru	Exteriérová teplota (°C)	Teplotní faktor (-)		
		Vypočtená hodnota f_{Rsi} (-)	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ (-) pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
Neprůsvit. stav. kce / Ostatní prostory	-13,0	0,905	0,753	vyhovuje

Tabulka 12: Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí

Požadavky	Požadavek vyhovuje / nevyhovuje
4. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce	vyhovuje
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu	nehodnoceno
6. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) $kg/m^2 \cdot rok$	nehodnoceno pro detaily

Tabulka 13: Požadavek na teplotní faktor – Nároží stěn

Typ hodnoceného povrchu / Typ prostoru	Exteriérová teplota (°C)	Teplotní faktor (-)		
		Vypočtená hodnota f_{Rsi} (-)	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ (-) pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
Neprůsvitná stav. kce / Ostatní prostory	-15,0	0,877	0,749	vyhovuje

Tabulka 14: Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí

Požadavky	Požadavek vyhovuje / nevyhovuje
5. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce	vyhovuje
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu	vyhovuje
7. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m ² .rok	nehodnoceno pro detaily

Tabulka 15: Požadavek na lineární činitel prostupu tepla

Typ lineární tepelné vazby	Lineární činitel prostupu tepla (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)			
	Vypočtená hodnota z vnějších rozměrů ψ_e (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Požadovaná hodnota ψ_N (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota ψ_{rec} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota pro pasivní budovy ψ_{pas} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
Vnější stěna navazující na jinou konstrukci s výjimkou výplně otvoru	0,077	0,20	0,10	0,05
		vyhovuje	vyhovuje	nevyhovuje

5.4.7 Optimalizace

Veškeré skladby tvořící obálku budovy byly optimalizovány, a to za pomoci přidání tloušťky materiálu, či pozměnění daných materiálů za produkty s lepšími hodnotami pro vyhodnocení stavební fyziky. Tato optimalizace byla provedena za docílení lepších výsledků z hlediska součinitele prostupu tepla a docílení minimálně doporučených hodnot pro budovy dle (ČSN 73 0540-2, 2011), ale také pro splnění veškerých nutných požadavků jako je teplotní faktor, součinitel prostupu tepla a vyhodnocení z hlediska vlhkosti.

6 Diskuze

V samotném návrhu stavby, byla velká část 2.NP využita jako galerie s pohledem do 1.NP. V práci by tedy mohlo být zmíněno využití tohoto prostoru, například pro vytvoření pokoje pro hosty či pracovnu. Dále by mohlo být využito střešních oken, které by tento nový prostor více prosvětlyly. Z hlediska konstrukčního byly pro strop využity stropní trámy spolu s Novatop Solid. Bylo by tedy možné využití jiného systému, například Novatop Element, který naskýtá také mnoho možností. Stejně tak, by mohl být zvolen jiný dodavatel CLT panelů, které mají v dnešní době již více zastoupení. Ohledně materiálového složení stavby by stavba mohla být upravena a optimalizována pro pasivní stavby za pomoci navýšení izolace, či popřípadě jiných typů materiálů.

7 Závěr

V této práci bylo provedeno tvarové a dispoziční řešení, spolu s umístěním objektu na pozemek, které je v souladu s územním plánem. V případě tvaru bylo pohlíženo na místní zástavbu, popřípadě další zástavbu na pozemku a jednoduchost tvaru vzhledem k případné energetické úspoře. Z hlediska materiálu a konstrukčního systému bylo použito křížem vrstvené dřevo spolu s minerální izolací ve formě kamenné izolace, která je vhodná pro zateplení veškerých konstrukcí. Plášť objektu tvoří kombinace plechu a dřevěného laťování. Obálka budovy byla z hlediska výpočtu prostupu tepla vyhodnocena v doporučených hodnotách. Z hlediska vlhkosti nebyly detaily vyhodnoceny jako kritické. Dále bylo provedeno architektonicko–stavební řešení pro stupeň realizační dokumentace spolu se souhrnnou technickou zprávou a situačními výkresy. Další částí této práce je vytvoření rychlého ocenění stavby, hrubý soupis materiálového složení, výstup pro CNC stroj a statické posouzení.

Práce poukazuje na to, že je vrstvené masivní dřevo vhodné pro využití na kompletní stavbu a je možné ho kombinovat s dalšími stavebními konstrukcemi. Jedná se tedy o konstrukční systém, který by na trhu mohl být více využíván pro stavbu nejen rodinných domů.

Dalším možným řešením by mohla být opětovná optimalizace pláště budovy, a to pro hodnoty pasivního domu, spolu se zaměřením se na hodnocení stavby z celkového pohledu jako pasivní. Tedy zaměřit se i na využití možných technologií, které přispívají k pasivnímu bydlení.

8 Seznam literatury a použitých zdrojů

- Cembrit Holding A/S. CEMBRIT. *Cembrit.com* [online]. 2021 [cit. 2022-12-15]. Dostupné z: <https://www.cembrit.com/facade/colourful/cembrit-solid/>
- CEMIX. Technický list : Akrylátová omítka. *Cemix.cz* [Online]. 6. 6. 2021 [cit. 2023-02-03]. Dostupné z: <https://www.cemix.cz/ke-stazeni/technicke-listy>
- ČSN 73 0540-2. 2011. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, 2011. 56 s.
- ČSN 73 0540-4. 2005. *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. Praha : Český normalizační institut, 2005. 60 s.
- ČSN 73 4130. 2010. *Schodiště a šikmé rampy - základní požadavky*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. 28 s.
- ČSN 73 4301. 2004. *Obytné budovy*. Praha : Český normalizační institut, 2004. 28 s.
- BÖHM, Martin; REISNER, Jan a BOMBA, Jan. *Materiály na bázi dřeva*. Praha : Fakulta lesnická a dřevařská, 2012. str. 183. ISBN 978-80-213-2251-6.
- BLAHA, Martin. *Omítky : druhy, provádění, opravy*. 1. vyd. Praha : Grada, 2004. str. 97. ISBN: 80-247-0898-1.
- H&B Delta. LEHKÉ OBVODOVÉ PLÁŠTĚ A PŘÍSLUŠENSTVÍ. *H&B Delta s.r.o.* [Online]. 2023 [Cit. 2023-03-12]. Dostupné z: https://www.deltadesign.cz/wp-content/uploads/2023/03/hbdelta_katalog_lop_2023.pdf.
- HAVÍŘOVÁ, Zdeňka. *Dům ze dřeva*. 2. vyd. Brno : ERA group spol s.r.o., 2006. str. 99. ISBN 80-7366-060-1.
- HAZUCHA, Juraj. *Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2016. str. 308. ISBN 978-80-247-4551-0.

- HÁJEK, Václav, a kol. *Pozemní stavitelství III pro 3. ročník SPŠ stavebních*. Praha : Sobotáles, 2004. str.328. ISBN 80-86817-04-0.
- INGO, Gabriel. *Dřevěné fasády : materiály, návrhy, realizace*. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, a.s., 2011. str. 136. ISBN 978-80-247-3819-2.
- JAKOUBKOVÁ, Dana. CLT panel je 5krát lepším izolantem než beton. *Dřevo a stavby* [Online]. 18. 9 2017. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/4724-technologie-drevostaveb-clt-panel-je-5krat-lepsim-izolanem-nez-beton>
- KOLB, Josef. *Dřevostavby : systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. 2. vyd. Praha : Grada, 2011. str. 317. ISBN 9788024740713.
- KOLB, Josef. *Systems in Timber Engineering*. Basel ; Boston, Mass. ; Berlin : Birkhäuser, 2008. ISBN 978-3-7643-8689-4.
- KUKLÍK, Petr a KUKLÍKOVÁ, Anna. 2011. Vícepodlažní dřevostavby. *tzbinfo* [Online]. 1. 8 2011. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/nosne-systemy-drevostaveb/7690-vicepodlazni-drevostavby>.
- KUKLÍK, Petr a VELEBIL, Lukáš. Křížem vrstvené dřevo s mechanickými spoji. *tzbinfo* [Online]. 30. 12 2013. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/nosne-systemy-drevostaveb/10738-krizem-vrstvene-drevo-s-mechanickymi-spoji>. ISSN 1801-4399.
- KULHÁNEK, František. *Stavební fyzika II : stavební tepelná technika*. 4. vyd. Praha : Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2011. str. 147. ISBN 978-80-01-04239-7.
- KULHÁNEK, František. *Tepelná ochrana a energetika budov*. Praha : Informační centrum ČKAIT, 2014. ISBN 978-80-87438-48-0.
- NEUFERT, Ernst. *Navrhování staveb*. 2. vyd. Praha : Consultinvest international, 2000. str. 618. ISBN 80-901486-6-6.
- PAVLAS, Marek. *Dřevostavby z vrstvených masivních panelů*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2016. str. 96. ISBN 978-80-271-0055-2.

- PREFA. Ztvárnění fasády: NÁPADY A TIPY PRO VAŠI NOVOU FASÁDU!
PREFA [Online]. [2023] [Cit .2023-03-16]. Dostupné z:
<https://cz.prefa.com/stavebni-tipy/uprava-fasady/>
- REINPRECHT, Ladislav. *Ochrana dřeva : vysokoškolská učebnica*. 1. vyd.
Zvolen : Technická univerzita, 2008. str. 453. ISBN 978-80-228-1863-6.
- REMEŠ, Josef; UTÍKALOVÁ, Ivana; KACÁLEK, Petr; KALOUSEK, Lubor;
PETŘÍČEK, Tomáš a kol. *Stavební příručka*. Praha : Grada Publishing,
a.s., 2014. ISBN 978-80-247-5142-9.
- RŮŽIČKA, Martin. *Moderní dřevostavba*. Praha : Grada Publishing, a.s.,
2014. str. 160. ISBN 978-80-247-3298-5.
- RŮŽIČKA, Vlastimil. Dřevostavbám kraluje křížem lepené dřevo. *Můj dům*
[Online]. 25. 5 2019. Dostupné z:
https://www.mujdum.cz/rubriky/stavba/drevostavbam-kraluje-krizem-lepene-drevo_4513.html
- SANDANUS, Jaroslav a KATONA, Orsolya. Navrhovanie nosných konštrukcií
z křížom lepeného dřeva. *tzbinfo* [Online]. 13. 10 2014. Dostupné z:
<https://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/11824-navrhovanie-nosnych-konstrukcii-z-krizom-lepeneho-dreva>
- STORAENSO. Stora Enso Wood Products Building Solutions. *Storaenso*
[Online]. 2015. Dostupné z: [https://www.clt.info/wp-content/uploads/2015/10/Technicka-slozka-CLT- CS.pdf](https://www.clt.info/wp-content/uploads/2015/10/Technicka-slozka-CLT-CS.pdf)
- STORAENSO Výhody CLT. *Storaenso* [Online]. 2013. Dostupné z:
<https://www.clt.info/cz/produkty/clt-system-z-masivniho-dreva/vyhody/>
- SVOBODA, Luboš; BAŽANTOVÁ, Zdenka; MYŠKA, Milan; NOVÁK, Jaroslav;
TOBOLKA, Zdeněk; VÁVRA, Roman; VIMMROVÁ, Alena a VÝBORNÝ,
Jaroslav. *Stavební hmoty*. Bratislava : JAGA, 2007. ISBN 978-80-8076-
057-1.
- ŠÁLA, Jiří; KLEIM, Lubomír; SVOBODA, Zbyněk a TYWONIAK, Jan. *Tepelná
ochrana budov*. Praha : Informační centrum ČKAIT, 2008. 290s. ISBN
978-80-87093-30-6.

- TZBINFO. Tepelné izolace tzbinfo. *tzbinfo* [Online]. 2001-2023 [Cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace>. ISSN 1801-4399.
- VALDA, Vojtěch. *Stavba domu svépomocí*. Praha : Valda Vojtěch - Venkovský dům, 2015. str. 191. ISBN 978-80-906031-0-3.
- VAVERKA, Jiří, HAVÍŘOVÁ, Zdeňka; JINDRÁK, Miroslav a kol. *Dřevostavby pro bydlení*. 1. vyd. Praha : Grada, 2008. str. 376. ISBN 978-80-247-2205-4.
- Vyhláška č. 268/2009 Sb.: Vyhláška o technických požadavcích na stavby. *Zákony pro lidi* [Online]. 2009 [cit. 2022-08-24].
<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-268>
- Vyhláška č. 499/2006 Sb.: Vyhláška o dokumentaci staveb. *Zákony pro lidi* [Online]. 2006 [cit. 2022-08-24]. Dostupné z:
<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-499>
- Vyhláška č. 501/2006 Sb.: Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území. *Zákony pro lidi* [Online]. 10. Listopad 2006 [cit. 2022-08-24].
Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-501>
- ZAHRADNÍČEK, Václav a HORÁK, Pavel. *Moderní dřevostavby*. Brno : ERA group spol s.r.o., 2007. ISBN 978-80-7366-109-0.
- Zákon č. 183/2006 Sb.: Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). *Zákony pro lidi* [Online]. 2006 [cit. 2022-08-24].
Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183>

9 Seznam příloh

Studie (tvarové a dispoziční řešení)

01 Půdorys 1.NP

02 Půdorys 2.NP

03 Pohledy

04 Řez SA-SA'

05 Vizualizace

B. Souhrnná technická zpráva

C. Situační výkresy

C.1 Situační výkres širších vztahů

C.2 Katastrální situační výkres

C.3 Koordinační situační výkres

D. Realizační dokumentace

D.1.1 a) Technická zpráva

D.1.1 b) Výkresová část

D.1.1.1 Půdorys základů

D.1.1.2 Půdorys 1.NP

D.1.1.3 Půdorys 2.NP

D.1.1.4 Řez A-A

D.1.1.5 Řez B-B

D.1.1.6 Půdorys stropu

D.1.1.7 Půdorys krovu

D.1.1.8 Půdorys střechy

D.1.1.9 Pohledy

D.1.1.c) Dokumenty podrobností

- D.1.1.10 Detail nároží stěn
- D.1.1.11 Detail pata domu
- D.1.1.12 Detail hřeben střechy
- D.1.1.13 Detail ostění
- D.1.1.14 Detail parapetu
- D.1.1.15 Skladby konstrukcí
- D.1.1.V Výrobní dokumentace vybrané stěny

Stavební fyzika

Protokoly z programu Teplo

- Obvodová stěna – Pohledový panel
- Obvodová stěna – Instalační předstěna
- Obvodová stěna – Dvojitý SDK záklop
- Podlaha
- Podlaha – pokles dotykové teploty
- Střecha

Protokoly z programu Area

- Nároží stěn – tepelné toky
- Nároží stěn – lineární činitel prostupu tepla
- Nároží stěn – povrchová teplota
- Pata domu – tepelné toky
- Pata domu – povrchová teplota

Rychlé ocenění ÚRS

Hrubý soupis materiálového složení

Statické posouzení

- Zhodnocení vybraného konstrukčního prvku
- Zhodnocení konstrukčních spojů