

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



Česká
zemědělská
univerzita
v Praze

**NÁVRH MULTIFUNKČNÍHO FITNESS CENTRA
Z KŘÍŽEM VRSTVENÉHO DŘEVA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor práce: Bc. Hana Vokřínková

Obor studia: Dřevěné konstrukce a stavby na bázi dřeva

Vedoucí práce: Ing. Miloš Pavelek, Ph.D.

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Hana Vokřínková

Dřevěné konstrukce a stavby na bázi dřeva

Název práce

Návrh multifunkčního fitness centra z křížem vrstveného dřeva

Název anglicky

Project of a Multifunctional Fitness Center Using CLT Panels

Cíle práce

Cílem práce je vypracování projektové dokumentace pro realizaci stavby vlastního návrhu multifunkčního objektu, který bude sloužit pro sportovní i odpočinkové využití. Objekt bude navržen z konstrukčního systému na bázi dřeva. V první část bude navrženo základní tvarové, dispoziční, konstrukční a materiálové provedení objektu s umístěním objektu do konkrétní lokality včetně optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště. V druhé část práce bude zpracována projektová dokumentace pro realizaci stavby. Dílčím cílem je návrh, posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky. Obsahem projektové dokumentace pro realizaci stavby (architektonicko-stavební řešení) bude (1) technická zpráva, (2) výkresová část, (3) dokumenty podrobnost. Součástí práce bude statický posudek a výstup dokumentace pro CNC stroje.

Metodika

- Literární rešerše
- Návrh základního tvarového, dispozičního, konstrukčního a materiálového provedení vč. optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště
- Projektová dokumentace dílčího technického řešení pro realizaci stavby – Architektonicko-stavební řešení (technická zpráva, výkresová část, dokumenty podrobností)
- Posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky
- Statický posudek zvoleného konstrukčního prvku a konstrukčních spojů
- Rozpočet dílčí části stavby
- Výstup dokumentace pro CNC stroje
- Závěr

Harmonogram práce:

- červenec – říjen 2022: literární rešerše, návrh základního tvarového, dispozičního, konstrukčního a materiálového provedení objektu vč. optimalizace a osazení objektu na konkrétní parcele
- listopad–leden 2023: projektová dokumentace dílčího technického řešení pro realizaci stavby– Architektonickostavební řešení
- únor–březen 2023: posouzení a optimalizace konstrukce z hlediska stavební fyziky, statický posudek, výstup dokumentace pro CNC stroje
- duben 2023: odevzdání závěrečné práce

Doporučený rozsah práce

40 – 60 normostran textu + přílohy

Klíčová slova

Multifunkční objekt; dřevostavba; panely z masivního dřeva; architektonicko-stavební řešení.

Doporučené zdroje informací

BLASS, Hans Joachim a Carmen SANDHAAS. Dřevařské inženýrství – zásady pro projektování. 2013. ISBN 3731506734.

HAZUCHA, Juraj. Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy: doporučení pro návrh a stavbu. První vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 9788024745510;8024745518;

HERZOG, Tomáš. Konstrukce dřeva na ruční. 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.

Vyhláška č. 268/2009 Sb.: Vyhláška o technických požadavcích na stavby. Ministerstvo pro místní rozvoj, Praha, Česká republika, 2009. Dostupné z: [h ps://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-268](https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-268)

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

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Miloš Pavelek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 20. 7. 2022

doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 31. 8. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 27. 10. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma návrh multifunkčního fitness centra z křížem vrstveného dřeva vypracovala samostatně pod vedením Ing. Miloše Paveleka, Ph.D., a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu práce Ing. Miloši Pavelekovi za vedení během vypracování mé diplomové práce a za cenné rady, připomínky a konzultace. Dále bych ráda poděkovala panu Ing. Josefu Mitterpachovi za rady z hlediska dělení stavby dle požární bezpečnosti staveb a také panu MgA. Štěpánu Zápotockému za odbornou pomoc v případě řešení typologie budovy.

Abstrakt

Tématem mé diplomové práce je zpracování návrhu multifunkčního objektu, jak pro sportovní, tak i odpočinkové využití. Jako hlavní konstrukční systém byl zvolen panelový systém CLT. Jedná se o nový dvoupodlažní podsklepený objekt s plochou střechou, jehož panelový řešení je navrženo v souladu s vyhláškou č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavbu. Návrh splňuje také požadavky, které vyplývají z vyhlášky č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území. Centrum naplňuje veškeré požadavky pro sportoviště tohoto typu a bude určeno, jak pro vrcholové sportovce, tak i pro úplné začátečníky nebo rodiny s dětmi.

Diplomová práce je rozčleněna do tří částí: rešerše, praktická část a přílohy, které tvoří výkresovou dokumentaci návrhu. Hlavním obsahem rešeršní části, je seznámení se zvoleným konstrukčním systémem, použitým u zvolené dřevostavby. Dále je charakterizováno téma vícepodlažních dřevostaveb, jak v České republice, tak i ve světě. Pozornost je zde orientována také na požární odolnost tohoto typu staveb a porovnání těchto legislativních požadavků mezi jednotlivými zeměmi. V závěru rešerše je rozebráno téma multifunkčních fitness center, zaměřené na Českou republiku, z pohledu realizací těchto staveb, a dále pak také popis, jak tyto objekty vypadají z pohledu typologie.

Klíčová slova

Multifunkční objekt; dřevostavba; panely z masivního dřeva; architektonicko-stavební řešení; stavební fyzika, vícepodlažní stavba.

Abstrakt

The topic of my diploma thesis is the design of a multifunctional object for sports as well as leisure activities. As the main construction system, the CLT panel system was chosen. It is a new two-level basement building with a flat roof, whose panel solution is designed in accordance with Decree No. 268/2009 Coll., on technical requirements for construction. The project also meets the requirements resulting from Decree No. 501/2006 Coll., on general requirements for the use of the territory. The centre meets all the requirements for a sports facility of this type and it will be addressed to top athletes as well as complete beginners or families with kids.

The diploma thesis is divided into three parts: research, practical part and annexes, which form the drawing documentation of the project. The main content of the research part is an introduction to the selected structural system used in the chosen wooden building. The topic of multi-level wooden buildings in the Czech Republic as well as in the world is also characterized. The focus here is also on the fire resistance of this type of buildings and the comparison of these legislative requirements among countries. At the end of the research, the topic of multifunctional fitness centres, focusing on the Czech Republic, is discussed from the perspective of the realisation of these buildings, and then there is also a description of what these buildings look like from the perspective of typology.

Keywords

Multifunctional building; timber building; solid wood panels; architectural and constructional design; building physics, multi-storey building.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

| | |
|-----------------|--|
| ADMD | Asociace dodavatelů montovaných domů |
| a. s. | Akciová společnost |
| BSH | Brettschichtholz |
| CLT | Cross laminated timber |
| CAD | Computer Aided Design |
| CNC | Computer Numerical Control |
| CO ₂ | Oxid uhličitý |
| ČSN | Česká technická norma |
| ČR | Česká republika |
| DNK | Dokument národní kvality |
| DP1, DP2, DP3 | Druhy konstrukčních částí z požárního hlediska |
| EN | Evropská norma |
| EU | Evropská unie |
| LEED | Vedení v energetickém a environmentálním designu |
| OSB | Oriented Strand Board |
| PENB | Průkaz energetické náročnosti budovy |
| SDK | Sádkarton |
| s. r. o. | Společnost s ručením omezením |
| TBF | System dva na čtyři palce (system two by four) |
| USA | Spojené státy americké |
| VDC | Virtual Design & Construction |

SEZNAM VZORCŮ

- (1) Součinitel prostupu tepla
- (2) Souhrnný tepelný odpor
- (3) Tepelný odpor pro jednovrstvou konstrukci
- (4) Vzájemný vztah součinitele prostupu tepla U a tepelného odporu konstrukce R ,
popř. odporu při prostupu tepla R_T
- (5) Průměrný součinitel prostupu tepla

- (6) Průměrný součinitel prostupu tepla s požadovanou hodnotou N
- (7) Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla pro nové obytné budovy
- (8) Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla pro ostatní budovy
- (9) Doporučená hodnota průměrného součinitele prostupu tepla pro budovy
- (10) Průměrný součinitel tepla budovy nebo její ucelené části
- (11) Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru nebo jeho části
- (12) Činitel teplotní redukce
- (13) Tepelná vodivost
- (14) Koeficient prostupu tepla
- (15) Odpor při přestupu tepla
- (16) Tepelná vodivost CLT
- (17) Koeficient prostupu tepla (CLT)

SEZNAM POJMŮ V PROBLEMATICE STAVEBNÍ FYZIKY

| | | |
|-----------------|---|-------------------------|
| w | Vlhkost dřeva | [%] |
| θ_i | Návrhová vnitřní teplota vzduchu | [°C] |
| θ_e | Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období | [°C] |
| R_T | Odpor konstrukce při prostupu tepla | [m ² ·K/W] |
| R_{si} | Tepelný odpor při přestupu tepla z vnitřního prostředí do konstrukce | [(m ² ·K)/W] |
| R | Tepelný odpor konstrukce | [(m ² ·K)/W] |
| R_{se} | Tepelný odpor, který vzniká při přestupu tepla z konstrukce do vnějšího prostředí | [(m ² ·K)/W] |
| d | Tloušťka vrstvy či tloušťka vrstvy v konstrukci | [m] |
| λ | Součinitel tepelné vodivosti | [W/(m·K)] |
| λ_{CLT} | Součinitel tepelné vodivosti CLT | [W/(m·K)] |
| U | Součinitel prostupu tepla | [W/(m ² ·K)] |
| U_{CLT100} | Koeficient prostupu tepla | [W/(m ² ·K)] |
| $U_{em,N}$ | Pož. hodnota průměrného součinitele prostupu tepla | [W/(m ² ·K)] |
| U_{em} | Průměrný součinitel prostupu tepla | [W/(m ² ·K)] |

| | | |
|------------------|--|-------------------------|
| θ_{im} | Převažující návrhová vnitřní teplota | |
| f_v | Poměrovou plochu průsvitných výplňových otvorů obvodového pláště | |
| A | Celkovou plochu konstrukcí ohraničujících vytápěný objem budovy (či její zóny) | [m ²] |
| V | Vytápěný objem budovy | [m ³] |
| $U_{em,rec}$ | Doporučená hodnota průměrného součinitele prostupu tepla budovy | [W/(m ² .K)] |
| H_T | Tepelný tok prostupem tepla budovy nebo její části | [W/K] |
| A_i | Plocha konstrukce, která ohraničuje vytápěný prostor | [m ²] |
| U_i | Součinitel prostupu tepla konstrukce ve | [W/(m ² .K)] |
| b_i | Činitel teplotní redukce pro konstrukci | |
| ΔU_{tbn} | Označení pro průměrný vliv tepelných vazeb na hranici budovy či její části | [W/(m ² .K)] |
| R_w | Vážený index redukce zvuku | [dB] |
| L_{nw} | Vážený normalizovaný kročejový akustický tlak | [dB] |

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| 1. ÚVOD | 1 |
| 2. CÍLE PRÁCE | 3 |
| 3. LITERÁRNÍ PŘEHLED | 4 |
| 3.1. KONSTRUKČNÍ SYSTÉMY DŘEVOSTAVEB | 4 |
| 3.2. STAVEBNÍ FYZIKA | 8 |
| 3.2.1 <i>Tepelná ochrana budov</i> | 8 |
| 3.3. STAVEBNÍ FYZIKA SE ZAMĚŘENÍM NA CLT | 14 |
| 3.3.1 <i>Tepelná izolace</i> | 14 |
| 3.3.2 <i>Neprodyšnost</i> | 16 |
| 3.4. POŽADAVKY NA ENERGETICKOU NÁROČNOST BUDOV | 16 |
| 3.5. KLASIFIKACE BUDOV DLE ČSN 730540-2 | 19 |
| 3.6. CHARAKTERISTIKA STĚNOVÉHO SYSTÉMU CLT | 21 |
| 3.6.1 <i>Historický původ CLT technologie</i> | 21 |
| 3.7. OBECNÉ VÝKONY SYSTÉMU CLT | 22 |
| 3.8. VÝHODY A NEVÝHODY STĚNOVÉHO SYSTÉMU CLT | 23 |
| 3.9. POPIS TECHNOLOGIE CLT | 24 |
| 3.9.1 <i>Výroba CLT</i> | 28 |
| 3.9.2 <i>Technologie CLT v České republice</i> | 34 |
| 3.10. VÝROBCI CLT PANELŮ V ČR..... | 35 |
| 3.11. VÍCEPDLAŽNÍ DŘEVOSTAVBY Z CLT | 36 |
| 3.12. POŽÁRNÍ ODOLNOST CLT..... | 36 |
| 3.13. POŽÁRNÍ ODOLNOST OBECNĚ..... | 37 |
| 3.13.1 <i>Normativní omezení v ČR</i> | 37 |
| 3.13.2 <i>Porovnání normativního omezení v ČR se zahraničím</i> | 39 |
| 3.14. PŘÍKLADY VÍCEPDLAŽNÍCH DŘEVOSTAVEB VE SVĚTĚ | 41 |
| 3.15. VÝHLED VÍCEPDLAŽNÍCH DŘEVOSTAVEB VE SVĚTĚ DO BUDOUCNA | 45 |
| 3.16. VÝHLED VÍCEPDLAŽNÍCH DŘEVOSTAVEB V ČESKÉ REPUBLICE DO BUDOUCNA | 49 |
| 3.17. ÚVOD DO MULTIFUNKČNÍHO FITNESS CENTRA | 50 |
| 3.17.1 <i>Pohled na fitness centra z hlediska typologie</i> | 51 |
| 3.17.2 <i>Fitness centra v České republice</i> | 56 |
| 3.17.3 <i>Fitness centra z materiálu na bázi dřeva ve světě</i> | 56 |
| 3.17.4 <i>Požadavky stanovené dle ČSN EN 17229</i> | 59 |
| 4. METODIKA | 59 |
| 5. STUDIE | 60 |
| 5.1. ARCHITEKTONICKÝ NÁVRH STAVBY | 60 |
| 5.2. VOLBA LOKALITY | 60 |
| 5.3. TVAROVÉ A DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ | 60 |
| 5.4. POSOUZENÍ TEPELNĚ TECHNICKÉHO VÝPOČTU | 63 |
| 5.5. POSOUZENÍ - SOFTWARE TEPLO 2017 EDU | 63 |
| 5.6. POSOUZENÍ - SOFTWARE AREA 2014 EDU | 64 |
| 5.7. POSTUP OPTIMALIZACE TEPELNĚ TECH. VÝSLEDKŮ Z PROGRAMU TEPLO 2017 EDU | 65 |
| 5.8. FINAČNÍ NACENĚNÍ DÍLČÍ ČÁSTI NAVRŽENÉHO OBJEKTU V PROGRAMU KROS 4 | 65 |
| 6. VÝSLEDKY | 65 |
| 6.1. VÝSLEDKY POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH SKLADEB | 65 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 6.1.1 | <i>Výsledky - programu Teplo 2017 EDU – jednorozměrné teplotní pole</i> | 65 |
| 6.1.2 | <i>Výsledky – program Area 2017 EDU- dvourozměrné teplotní pole</i> | 74 |
| 6.2. | VÝSLEDKY - STATICKÉ POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍHO PRVKU A KONSTRUKČNÍCH DETAILŮ | 78 |
| 6.3. | VÝSLEDKY – SESTAVENÍ ROZPOČTU V PROGRAMU KROSS 4 | 78 |
| 7. | ZÁVĚR | 79 |
| 8. | DISKUZE | 80 |
| 9. | SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ | 81 |
| 10. | SEZNAM POUŽITÝCH SOFTWAREŮ | 91 |
| 11. | SEZNAM PŘÍLOH | 94 |

1. ÚVOD

Tato diplomová se zaměřuje na návrh vícepodlažní dřevostavby s použitím obnovitelných materiálů. Odpověď na otázku, proč jsem dala přednost návrhu objektu z obnovitelných materiálů namísto běžných materiálů, je jednoduchá. Na rozhodování, které materiály byly zvoleny pro realizaci mého objektu, měly vliv především výhody, kterými tyto jednotlivé vrstvy navržené skladby, oproti silikátovým materiálům dominují. Výhodou výstavby jak vícepodlažní stavby, tak i rodinného domu z obnovitelných materiálů, kde značnou roli zaujímá dřevo, je určitě rychlost výstavby. Rychlost výstavby se může, podle zvolené technologie a míry prefabrikace, pohybovat v rozpětí několika dní. Jako výhodou lze nepochybně také zmínit pozitivní vliv dřeva, a to z hlediska snižování uhlíkové stopy, kdy dřevo, díky svým vlastnostem, na sebe dokáže vázat CO₂. Kromě toho že má tento heterogenní materiál pozitivní vliv na lidské zdraví, působí pozitivně i psychiku člověka.

V posledních letech zájem o výstavbu dřevostaveb roste, jedním z hlavních důvodů může být například, požadavek zákazníků či investorů na udržitelnost, rychlost stavění, ekologické zdravé a komfortní bydlení. Kromě environmentálních požadavků na stavbu, jsou pro případné investory, také důležité čím dál větší tepelně technické požadavky. Pro naplnění těchto podmínek, se jako nejvýhodnější varianta nabízejí právě dřevostavby, a to díky vlastnostem, kterými tyto stavby dominují. Nejčastějšími zákazníky, se zájmem o dřevostavby, jsou povětšinou mladí lidé ve věku 30–40 let, kteří se na tento druh výstavby dívají z několika hledisek. V první řadě, jde určitě o rychlost výstavby, která se pohybuje v rozmezí od jednoho týdne po jeden měsíc, v závislosti na stupni dokončení domu. Dalším rozhodujícím parametrem jsou vynikající tepelně izolační vlastnosti budovy. V současné době se téměř všechny domy staví v nízkoenergetickém nebo pasivním standardu. Neméně důležitým hlediskem je také příznivý poměr ceny a kvality. Právě garance kvality jakékoliv stavby bývá často pro většinu investorů tím rozhodujícím hlediskem. Parametrem kvality jsou certifikovány všichni renomovaní výrobci, kteří jsou permanentně z hlediska kvality přezkušováni. Nejčastěji se jedná o výrobce, kteří jsou členy známé Asociace dodavatelů montovaných domů (ADMD). Těmto členům je certifikace podle Dokumentu národní kvality (DNK), udělována Výzkumným a vývojovým ústavem dřevařským Praha. Vlastnění tohoto dokumentu je nezbytnou podmínkou pro členství v Asociaci.

Ve světě dřevostaveb existuje celá řada konstrukčních systémů, z kterých lze vybírat při volbě výstavby ať už rodinného domu nebo jiné veřejné budovy. Mezi ty nejznámější a zároveň nejprováděnější, bez pochyby patří dřevostavby z lehkého skeletu a dřevostavby z masivních panelů. Jak jsou tyto nejběžnější konstrukční systémy charakterizovány, je více popsáno v úvodu rešeršní části. Naopak nejmenší zastoupení v České republice zaujímají srubové konstrukce a dřevostavby z těžkého skeletu. V případě staveb dosahujících větších rozměrů a výšek, se nejčastěji uvažuje jako vhodná volba konstrukčního systému, již zmíněná dřevostavba z masivních panelů. V souvislosti s tímto konstrukčním systémem se často setkáváme s pojmy

jako je BSH, nebo CLT. Jedná se v podstatě o trémové, nebo plošné prvky na bázi dřeva. Tyto prvky jsou vyráběny sofistikovaným opracováním na CNC obráběcích linkách. V této diplomové práci je pozornost věnována nejen návrhu vícepodlažní multifunkční dřevostavby, ale také volbě vhodného konstrukčního systému pro tento typ stavby. Jako nejvhodnější variantu a zároveň nejdominantnější prvek, byl pro můj návrh zvolen právě již zmíněný stěnový systém, konkrétně výstavba pomocí CLT panelů. Více o výhodách a použití těchto panelů z křížem vrstveného dřeva, jak v ČR, tak i ve světě, je uvedeno v kapitole č. 3.

2. CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem této diplomové práce je vytvoření vlastního návrhu multifunkčního fitness centra, s tím související vypracování projektové dokumentace pro realizaci stavby. První část, tohoto cíle, je zaměřena na zpracování studie z pohledu architektonického, to znamená základní tvarové, konstrukční, dispoziční a materiálové provedení. Součástí bude i konkrétní umístění navrženého objektu do konkrétní lokality. Druhá část bude spočívat ve vypracování projektové dokumentace pro realizaci stavby. Obsahem tohoto architektonicko-stavebního řešení bude technická zpráva, výkresová část a dokumenty podrobností.

Mimo hlavní cíl jsou předmětem práce i dílčí cíle:

- posouzení a optimalizace jednotlivých vrstev v difúzně otevřených skladbách panelů,
- posouzení vybraných konstrukčních detailů,
- vypracování statického posudku vybraného prvku
- vypracování výstupní dokumentace pro CNC stroje.

Výsledkem diplomové práce je návrh a optimalizace vlastností obálky objektu v počítačovém softwaru Area a Teplo, tak aby byl splněn standard pro nízkoenergetické domy.

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1. KONSTRUKČNÍ SYSTÉMY DŘEVOSTAVEB

Jak již bylo zmíněno v úvodu práce, v době 21. století existuje celá řada konstrukčních systémů, které lze při výstavbě dřevostavby využít. Na to, jak tyto konstrukční systémy lze rozdělit, je hned několik názorů. Dle Hůlky a kol. (2014) můžeme tyto systémy dělit na: rámové stavby, skeletové stavby, stavby z dřevěných panelů a stavby z masivního dřeva. Podobný pohled na toto členění má i Smola (2018), podle kterého je dělení konstrukcí dřevostaveb rozšířených v Evropě následující: srubové a roubené stavby, hrázděné stavby, těžké skeletové stavby a lehké skeletové stavby, stavby z prvků z masivního dřeva. Dále pak také dělí tyto konstrukční systémy podle toho, jaká je u nich míra prefabrikace na: stavby montované z jednotlivých prvků přímo na stavbě, stavby částečně prefabrikované, stavby panelové z plošných prvků, a nakonec stavby z 3D prostorových prefabrikátů – buněk. Jiný pohled na dělení těchto konstrukcí uvádí Borgström (2016). Ten ve své publikaci dělí konstrukční systémy na: rovinné prvky (Light frame systém, Solid wood systems, Engineered wood products), modulární systémy (Light frame modular systems, X-lam modular systems), sloupkové a nosníkové systémy (Short-span structures, Long-span structures).

V následující podkapitole je popsána stručná charakteristika těchto všech, jichž výše zmíněných konstrukčních systémů dřevostaveb. Jednotlivé systémy budou charakterizovány popořadě na základě rozdělení dle Smoly (2018). Smola (2018) považuje za základní typy konstrukcí dřevostaveb, které jsou rozšířené v Evropě, především tyto:

- srubové, roubené stavby,
- lehké a těžké skeletové stavby,
- hrázděné stavby,
- stavby z prvků z masivního dřeva.

Z hlediska míry prefabrikace pak dále Smola (2018) rozeznává:

- stavby částečně prefabrikované,
- stavby panelové z plošných prvků,
- stavby montované z jednotlivých prvků přímo na stavbě,
- stavby z 3d prostorových prefabrikátů – buněk.

RÁMOVÝ KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

Dle Kolba (2011), je tento druh konstrukce definován jako rámová stavba, kterou tvoří nosná kostra stěn. Tyto stěny jsou dále tvořeny z rámu obdélníkového tvaru, jehož jeden prvek je tvořen ze spodního a horního dřevěného prahu společně s okrajovými sloupky. Těchto již zmíněných prvků je ve stěně tohoto konstrukčního systému zpravidla větší počet kusů než jeden.

Podle Dashöfera (2009), lze tento konstrukční systém popsat jako systém, který se principiálně skládá ze spodního prahu situovaného na hraně vnitřního obrysu stěny. Horní práh je totožně

umístěn ve stejné poloze, ale ve světlé vzdálenosti cca 2,5m. Tato hodnota však není pevně stanovená, liší v závislosti na četnosti prahů se zohledněním dalších požadavků jako je:

- konstrukční výška (jak tloušťka stropu, tak i jeho konstrukční řešení)
- světlá výška (s ohledem na dveřní a okenní otvory)
- výška podlaží (celková výška stavby, výpočet schodiště).

Dle Kolba (2008), nosnou konstrukci staveb z tohoto konstrukčního systému, tvoří rám skládající se z tyčových prvků, které jsou opláštěné konstrukčními deskami na bázi dřeva pro dosažení lepší stability. Tyčová kostra přenáší veškeré vzniklé užité zatížení ze stropů a střech. Samotné opláštění pak zachycuje síly, které vznikají účinkem větru či výstužných sil.

Podle Hedarové (2019) je nosná konstrukce, rámového konstrukčního systému, tvořena ze sloupků z řeziva a ze staticky účinného pláště, jehož funkcí je celková stabilizace kostry stěn konstrukce. Svislé zatížení je přenášeno přes sloupky a vodorovné zatížení, jako je například zatížení větrem, je přenášeno přes stabilizující plášť. Opláštění kostry je většinou řešeno konstrukční deskou na bázi dřeva, rostlým dřevem či SDK deskou v případě interiérového řešení. Prostory, mezi jednotlivými sloupky, obklopené konstrukční deskou jsou vyplněny tepelnou izolací. Pro dodržení tepelně-technických požadavků jsou desky ze strany exteriéru skladby, opatřeny další vrstvou tepelně-izolačního materiálu. Tato vrstva je následně chráněna fasádou, kterou může být například omítka či obklad.

Tento typ konstrukčního systému, je někdy označován jako systém „Two by Four“ nebo také „sendvičová konstrukce“. V České republice je rámová konstrukce využívána především pro výstavbu rodinných domů. Rámový konstrukční systém se vyvinul ze známých systémů jménem Balloon-Frame a Plattform-Frame, jejichž zastoupení na výstavbě rodinných domů, v USA a v Kanadě, zaujímalo 90% (Kolb 2008).

Kolb (2011) dále také uvádí, že se jedná o systém, který je v zemích EU označován též jako TBF, a to dle původního průřezu řeziva, které je v USA uváděno v palcích. Růžička (2014) uvádí, že na začátku druhé poloviny 19. století byl v USA vyvinut fošnový rámový systém TBF, který je do současné doby považován za nejpoužívanější systém v oboru moderních dřevostaveb.

Na území České republiky je právě tento rámový konstrukční systém nejčastěji realizován, a to z mnoha důvodů. Jeden z hlavních výrazných důvodů, je fakt, že systém nám umožňuje dosáhnout velice nízkých součinitelů přestupu tepla samozřejmě v závislosti na tloušťce stěny. Díky této skutečnosti je často využíván pro realizaci nízkoenergetických či dokonce i pasivních staveb (Kolb 2008).

Podle Trandové (2021), je době 21. století, pro investora stavebního díla nejdůležitější odpovědět si na otázku: Jakou formou by měla být budoucí budova smontována? Tato úvaha však úzce souvisí s prvopočátečním návrhem konstrukčního systému. To znamená, od vyprojektování konstrukčních detailů a spojů z pohledu napojení všech jednotlivých

konstrukčních nosných či nenosných prvků, až po samotnou výrobu a konečnou přípravu nosné konstrukce. V současné době můžeme montáž staveb na bázi dřeva rozdělit do dvou forem:

- staveništní montáž
- panelová montáž.

Dle Matuškové (2020), lze montáž rámové konstrukce, rozdělit dokonce do tří forem a to na: staveništní, panelovou a modulovou. Kolb (2011) uvádí, že v případě modulového modulu se jedná podstatně o způsob montáže s nejvyšším stupněm možné dosažené prefabrikace. To znamená, že je možné celý modul kompletně smontovat v hale a na stavbu ho následně převést jako již hotový objekt, včetně stěn, stropů, podlah i povrchových úprav.

Trandová (2021) je té myšlenky, že na konečném rozhodnutí o tom, který zde již uvedených systémů montáže použijeme pro realizaci dané stavby by určitě neměl mít vliv na finální kvalitě provedení dané dřevostavby. Jak u panelové, tak i u staveništní montáže vstupuje totiž do průběhu výstavby, nutnost montáže a také řemeslného dokončení určité konstrukce do finální podoby dané stavby. Tyto rozdílné systémy se mezi sebou liší hlavně ve výši celkové částky za stavební dílo, v použité technologii výroby, ve způsobu dopravy a také samozřejmě v času nutného k zrealizování hrubé stavby na staveništi.

SKELETOVÝ KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

Základ tohoto typu systému je tvořen nosnou kostrou, která je složena z tyčových prvků. Na rozdíl od rámové konstrukce, musí kostra skeletového systému přenášet veškerá vzniklá zatížení do základů, a to bez spolupůsobení výztužných prvků, jako jsou například stěny nebo opláštění. Stěny zde zaujímají funkci výplňovou a dělicí (Hedarová 2019).

Kolb (2011) charakterizuje tento typ konstrukce, jakou nosný konstrukční systém, který je tvořen z masivních sloupů (vertikální směr) a průvlaků (horizontální směr) tvořící tuhé nosné rámy. Průvlaky je zajištěn přenos zatížení od střechy, stěn a stropů do sloupů. Funkcí sloupů je pak roznáší zatížení bodově do základových konstrukcí. Oba zmíněné prvky jsou přitom jednoduché a nacházejí se ve stejné rovině. Značnou výhodou tohoto provedení je možnost připojení průvlaků na sloup ze všech čtyř stran buď v jedné rovině anebo v libovolné výšce.

Nosné prvky skeletové konstrukce jsou většinou rozmístěny v určitém rastru, často se vychází z modulu 625 mm. Na základě tohoto modulu jsou časté rastrové rozměry jeho násobkem, je například o rastr 1250x1250 mm, 2500x2500 mm nebo také 5000x5000 mm a další. Skeletový typ staveb se ve většině případech realizuje s většími rozpony, které umožňují větší variabilitu řešení vnitřní dispozice. Pro tyto objekty větších rozponů, se jako materiál pro nosné prvky, nejvíce využívá lepené dřevo. V dnešní době je spojení vodorovných a svislých prvků realizováno prostřednictvím spojovacích prostředků jako jsou svorníky, hákové desky atd. V minulosti se pro tyto účely využívalo tesařských spojů (Kolb 2008).

Kromě již zmíněné výhody dispoziční řešení, dominuje skeletový systém i možností kombinace různých stavebních materiálů, nebo také možností zakomponování velkorozměrových skleněných ploch. Napříč zde zmíněným výhodám, má tento systém i své

nevýhody. Mezi ty hlavní patří například náročnost statických výpočtů, nutnost přítomnosti těžké techniky a vyšší pořizovací náklady (Hedarová 2019).

MASIVNÍ KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

Dle Koudelky a Houdka (2004), představují masivní stavby na bázi dřeva konstrukční systém, jehož nosná část stěn je tvořena z masivního dřeva ať už ve formě kulatiny, řeziva nebo přířezů. Při realizaci těchto masivních dřevěných staveb se proto spotřebuje osmkrát až patnáctkrát více dřevní hmoty na 1 m² stěny, než je tomu u rámové stavby. Konstrukční systémy těchto masivních dřevěných konstrukcí můžeme rozdělit do dvou samostatných skupin, které se od sebe navzájem liší ale jádro mají stejné. Hlavním kritériem těchto dvou skupin je, že jejich nosná konstrukce je tvořena minimálně z 50% z masivního dřeva. Tyto skupiny tedy rozdělujeme na:

- srubové a roubené stavby
- novodobé masivní stavby.

Podle Veselého (2013) je toto zjednodušené dělení, z důvodu velkého obsahu kategorií novodobých masivních dřevostaveb, dále podrobněji rozděleno na:

- tradiční
 - srubové a roubené dřevostavby,
- novodobé
 - stavby ze skládaných přířezů,
 - stavby z vrstveného masivu,
 - stavby z dílcových prvků.

Obě zmíněné skupiny jsou dnes často realizovány a s každou s také pojí nesporné klady a zápory spojené s jejich realizací. V současné době se nachází tento typ dřevostaveb v období, kde je kladen veliký důraz na tepelnou ochranu budov, a proto jsou zpravidla masivní stěny doplněny o další tepelně izolační vrstvy. Samotná dřevěná konstrukce by totiž nebyla schopna splnit požadavky spojené s tepelnou ochranou budov, které jsou určené pro pobyt lidí (Koudelka, Houdek 2004).

NOVODOBÉ MASIVNÍ DŘEVOSTAVBY

Vývin tohoto novodobého systému staveb započal spolu s možností průmyslové výroby velkoplošných dílců. Svými vlastnostmi se v podstatě nijak moc neliší od systému klasických srubových staveb, nic méně však oproti těmto klasickým systémům dosahují vysoké přesnosti a kvality výroby. Jak již byl zmíněno, součástí nosné konstrukce jsou velkorozměrové plošné dílce či konstrukční prvky malých formátů z přířezů masivního dřeva, nebo také desky na bázi dřeva, ty však jen v menší míře. Jednotlivé mohou být vyrobeny jako plný masivní průřez nebo se mohou skládat ze složeného průřezu. V případě složeného průřezu se jedná o tzn. průřez vylehčený dutinami, které jsou z pravidla zaizolovány a tím je dosaženo lepšího tepelného odporu dílce. Tyto masivní bloky se uplatňují jak jako nosná konstrukce pro stěny, tak i konstrukce pro stropy, a dokonce jsou použitelné i jako střešní dílce (Kolb 2008).

Podobně jako Veselý (2013) rozděluje tyto novodobé systémy do skupin, tak i Kolb (2008) dělí tyto zmíněné systémy na další typy podsystémů. Rozčlenění je stanovené na základě toho, jakým způsobem jsou k sobě jednotlivé přířezy v dílcích sestaveny. Tyto podsystémy můžeme tedy rozdělit na:

- vrstvené řezivo,
- křížem kolíkované dílce,
- křížem spleené řezivo,
- materiály na bázi dřeva,
- složené průřezy (Kolb 2008).

U těchto novodobých masivních dřevostaveb je výhodou, že vznikají pomocí ekonomičtějšímu využití materiálů, kdy samotná konstrukce je složena z menších kusů nebo případně z nevyužívaných odřezků, které by jinak nenašly jiné využití. Značná výhoda spočívá také v možnosti větší prefabrikace, kdy jsou jednotlivé díly (stěny) smontovány v halách a na stanovišti dochází pouze k jejich spojení dohromady. Za největší pozitivum těchto systémů lze považovat především jejich rychlost výstavby a velkou variabilitu provádění.

3.2. STAVEBNÍ FYZIKA

V této podkapitole je pozornost věnována také pojmu stavební fyzika, která s návrhem jakéhokoli objektu, ať už zděného či z materiálů na bázi dřeva, úzce souvisí. Základní charakteristiku tohoto pojmu a terminologii týkající se této problematiky nalezneme v ČSN 73 0540-1. V případě zjišťování požadavků, které jsou stanovené na konstrukce musíme nahlédnout do českých technických norem č. 73 0540-2. Abychom jsme měli přehled o návrhových hodnotách a veličinách potřebných při posouzení jednotlivých konstrukcí, měli bychom svou pozornost také směřovat k ČSN 73 0540-3, kde jsou tyto hodnoty stanoveny. Pro samotné výpočtové metody pak využijeme ČSN 730540-4.

3.2.1 Tepelná ochrana budov

Jako první je zde soustředěno na výše zmíněnou technickou normu č. 73 0540-2. Původní hlavní název tohoto souboru tepelně technických norem zněl „Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov“, díky revizi v roce 1994 se však toto pojmenování změnila na „Tepelná ochrana budov“. Požadavky vyplývající z tohoto nařízení jsou závazně zakotveny ve dvou okruzích předpisů, a to ve Stavebním zákoně č. 183/2006 Sb a jeho vyhláškách, zejména v č. 137/1998 Sb. a č. 499/2006. Druhý kruh tvoří požadavky spojené se zákonem č. 406/2000 Sb., resp. s jeho novelizovaným zpracováním evropské směrnice 2002/91/ES, uvedené v úplném znění v zákoně č. 406/2006 Sb, a jeho prováděcí vyhlášce č. 148/2007 Sb., známé pod názvem Energetická náročnost budov. Konkrétnějším normativním dokumentem, který stanovuje požadavky v této oblasti a uvádí normové hodnoty, které dělá závaznými uvedená vyhláška č. 137/1998 Sb. je ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky (Šála a kol. 2007).

Předmětem této normy je stanovení tepelně technických požadavků pro navrhování a ověřování budov, kdy je znám určitý požadovaný stav vnitřního prostředí při jejich užívání, které zajištění plnění základních požadavků na stavby. Spadá sem zejména hospodárné splnění základního požadavku na úsporu energie a tepelnou ochranu budov (Česká technická norma 2011).

V současné době patří tyto tepelně technické vlastnosti materiálů, tvořících obálku budovy, mezi nejčastěji sledované parametry, které dokáží znatelně ovlivnit celkovou energetickou náročnost budovy.

Podle Vaverky (2006) zohledňují tepelně technické požadavky tyto následující oblasti:

- šíření tepla konstrukcí (součinitel prostupu tepla konstrukce),
- šíření vlhkosti (difuzi konstrukcí),
- prostup tepla obálkou budovy,
- šíření vzduchu konstrukcí (průvzdušnost).

Dle Kulhánka (2011) je důležitým prvním krokem, při návrhu jednotlivých částí obálky budovy či při hodnocení energetických vlastností objektu, určení parametrů venkovního prostředí v dané lokalitě. Mezi tyto zmíněné parametry řadíme například: teplotu, vlhkost vzduchu, směr a rychlost proudícího větru nebo také parametry slunečního záření. V případě technického výpočtu uvažujeme s průměrnými hodnoty těchto parametrů, jedná se zde o tzv. ustálené (stacionární) podmínky.

Nejběžnějším parametrem, který je u nových či stávajících rekonstrukcí udáván, je součinitel prostupu tepla konstrukce nebo také prostup tepla obálkou budovy. Množství energie, které se může ztratit tepelnými ztrátami totiž v životnosti stavby často představuje největší podíl z celkové spotřeby energie. Pokud se nám tedy povede snížit tyto tepelné ztráty, můžeme tak snížit i celkovou energetickou náročnost budovy (tzbinfo 2001-2022).

Součinitel prostupu tepla

Tento parametr nám vyjadřuje, kolik tepla unikne danou konstrukcí jejíž plocha činí 1m^2 , při teplotním rozdílu jejich povrchů 1K . Součinitel prostupu tepla značíme písmenem U_T, U a jeho jednotkou je $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. U -hodnota nám pak říká, jaká je celková výměna tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředími, které jsou od sebe navzájem oddělené stavební konstrukcí o tepelném odporu R s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami. V tomto parametru také zahrnuje vliv všech možných tepelných mostů, a to včetně vlivu prostupujících kotev či hmoždinek, které jsou ve většině případech součástí konstrukce. V případě že souhrnný vliv působení vzniklých tepelných mostů tvoří méně než 5 % celkové hodnoty součinitele, lze tento nevýznamný vliv zanedbat (tzbinfo 2001-2022). Hodnotu tohoto parametru stanovujeme nejen pro obvodový plášť objektu, ale i pro další prvky konstrukce – podlahu, okna, zasklení a střechu (Houška 2016).

Dle normy ČSN 73 0540-2 rozlišujeme dvě hodnoty souč. prostupu tepla. Jedná se o hodnotu požadovanou a doporučenou, obě tyto hodnoty musí být splněny (Hůlka a kol. 2014).

Požadovanou hodnotu U je zapotřebí chápat jako max. přípustnou hodnotu, která nám zabezpečuje všechny stanovené požadavky týkající se kvality vnitřního mikroklimatu, se zohledněním potřeby tepla na vytápění objektu se však jedná o hodnotu zcela standardní, a to bez možnosti dosažení znatelnějších energetických úspor. Oproti tomu doporučená hodnota U dává možnost velmi racionálního využití tepelné energie. V případě užití doporučené hodnoty lze snadno ovlivnit kvalitu vnějšího prostředí formou snížení požadavků, týkajících se energetických zdrojů. Návrh stavební konstrukce se z tohoto pohledu na úsporu energetických zdrojů, za užití doporučených hodnot součinitele prostupu tepla, jeví jako optimální (Kulhánek 2006).

Při správném řešení tloušťky tepelné izolace je možné dosáhnout obou těchto zmíněných hodnot (Hůlka a kol. 2014). Na základě normy ČSN 73 0540 musí také navržené stavební konstrukce ve vytápěných či klimatizovaných budovách s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi_i \leq 60\%$ vykazovat takovou hodnotu U , aby platila následující podmínka: $U \leq U_N$, kde U_N představuje požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla ve $W/m^2 \cdot K$. Samotný parametr je definován vztahy:

$$U_T(U) = \frac{1}{R_T} \quad [1]$$

kde označení R_T znamená odpor konstrukce při prostupu tepla [$m^2 \cdot K/W$].

Podle již výše zmíněné normy lze R_T také definovat jako souhrnný tepelný odpor, který brání výměně tepla mezi prostředními oddělenými od sebe stavebními konstrukcemi o určitém tepelném odporu R . Tento parametr je definován vztahy:

$$R_t = R_{si} + R + R_{se} \quad [(m^2 \cdot K)/W] \quad [2]$$

kde R_{si} představuje tepelný odpor při přestupu tepla z vnitřního prostředí do konstrukce [$(m^2 \cdot K)/W$], R je tepelný odpor konstrukce [$(m^2 \cdot K)/W$] a R_{se} je tepelný odpor, který vzniká při přestupu tepla z konstrukce do vnějšího prostředí [$(m^2 \cdot K)/W$].

Oba odpory při přestupu tepla, jak R_{si} na vnitřní straně, tak i R_{se} na vnější straně, jsou stanoveny pro jednotlivé konstrukce i jejich umístění. Tyto odpory pro neprůsvitné části jsou stanoveny v normě ČSN EN ISO 6946 pro rovinné povrchy. Jakých hodnot tyto odpory nabývají můžeme vidět v tabulce č. 1 níže.

Tabulka 1: odpor při přestupu tepla stavební konstrukcí (Vavříčka, 2015)

| Tepelný odpor při prostupu tepla ($m^2 \cdot K/W$) | Směr tepelného toku | | |
|--|---------------------|-----------|------|
| | nahoru | vodorovně | dolů |
| R_{si} | 0,10 | 0,13 | 0,17 |
| R_{se} | 0,04 | 0,04 | 0,04 |

Tepelný odpor R charakterizován jako parametr, který nám vyjadřuje, jakou plochou konstrukce a při jakém teplotním rozdílu na jejích površích dojde k přenosu 1 Wattu neboli

k přenosu energie o velikosti 1 J za 1 sekundu. Jedná se o tepelněizolační vlastnost vrstvy materiálu nebo nestejnorodé vrstvy materiálu či popř. stavební konstrukce dané tloušťky. Pokud známe hodnotu součinitele tepelné vodivosti vrstvy materiálu a jeli tato hodnota konstantní, dále pak, jsou-li povrchy kolmé na směr tepelného toku vzájemně rovnoběžné a vrstvou tak proudí rovnoměrný tepelný tok, je tento tepelný odpor definován následujícím vztahy:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad [3]$$

kde d je označení tloušťky vrstvy či tloušťky vrstvy v konstrukci [m], a λ je součinitel tepelné vodivosti [W/(m·K)] (tzbinfo).

Vzájemný vztah součinitele prostupu tepla U , ve W/(m²·K), a tepelného odporu konstrukce R , v m²·K/W, popř. odporu při prostupu tepla R_T , v m²·K/W, je dán vztahy:

$$U_T(U) = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{R_T} \quad [4]$$

Součinitel prostupu tepla U a tepelný odpor konstrukce R se stanovuje při zimních návrhových okrajových podmínkách pro podmínky ustáleného šíření tepla (tzbinfo 2001-2022).

Prostup tepla obálkou budovy

Stejně jako součinitel prostupu tepla, tak i prostup tepla obálkou budovy neboli průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} , nalezneme stanovený v ČSN 730540-2. V této normě jsou uvedené požadavky, které vyjadřují vliv stavebního řešení na potřebu energie na vytápění, a to bez zohlednění faktorů jako je například chování uživatelů nebo vliv klimatických podmínek. U_{em} patří mezi hodnotící kritéria, které řadíme do kategorie porovnávacích ukazatelů. Čím nižší je hodnota tohoto průměrného součinitele prostupu tepla, tím je nižší prostup tepla obálkou budovy a tím je také nižší energetická náročnost, která je základním předpokladem pro efektivní využití energetických zdrojů (Dlesek a kol. 2011).

Dle vyhlášky č. 78/2013 Sb či č. 264/2020 Sb. v pozdějším znění, musí mít hodnocený objekt hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla nižší, než je hodnota požadovaná. Tuto podmínku lze vyjádřit vztahy:

$$U_{em} \leq U_{em,N} \quad [5]$$

kde $U_{em,N}$ je požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla, ve W/(m²·K), a U_{em} je průměrný součinitel prostupu tepla W/(m²·K).

Jak již bylo zmíněno výše hodnota U_{em} budovy musí být nižší nebo rovna požadované hodnotě tohoto součinitele $U_{em,N}$, často se uvádí jak hodnota požadovaná, tak i doporučená, která se v závislosti na objemovém tvaru budovy stanoví z tabulky č.2. Tuto tabulku můžeme použít pro všechny obytné budovy či nebytové budovy, které mají poměrovou plochu průsvitných výplní otvorů obvodového pláště $f_w \leq 0,50$ a převažující návrhovou vnitřní teplotu $\theta_{im} = 20^\circ \text{ C}$ (Dlasek a kol. 2011).

Tabulka 2: Požadované a doporučené hodnoty $U_{em,N}$. (ČSN 730540-2 2007)

| Objemový faktor tvaru budovy $A/V \text{ [m}^2/\text{m}^3\text{]}$ | Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N} \text{ [W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})\text{]}$ | |
|---|--|--------------------------------|
| | Požadované hodnoty $U_{em,rq}$ | Doporučené hodnoty $U_{em,rc}$ |
| $\leq 0,2$ | 1,05 | 0,79 |
| 0,3 | 0,80 | 0,60 |
| 0,4 | 0,68 | 0,51 |
| 0,5 | 0,60 | 0,45 |
| 0,6 | 0,55 | 0,41 |
| 0,7 | 0,51 | 0,39 |
| 0,8 | 0,49 | 0,37 |
| 0,9 | 0,47 | 0,35 |
| $\geq 1,0$ | 0,45 | 0,34 |
| Mezilehlé hodnoty (zaokrouhlené na setiny) | $0,30 + \frac{0,15}{(A/V)}$ | $0,75 \cdot U_{em,rq}$ |

V případě požadované hodnoty $U_{em,N}$ se pro budovy s převažující vnitřní návrhovou teplotou od 18°C do 22°C , vychází z následujícího vztahu:

$$U_{em,N} = \frac{\sum U_{N,j} \cdot A_j \cdot b_j}{A_j} + 0,02 \quad [6]$$

kde $U_{N,j}$ představuje požadovaný součinitel prostupu tepla j-té konstrukce na obálce budovy nebo jiné zóny ve $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, A_j je plocha j-té teplosměnné konstrukce v m^2 a b_j je činitel teplotní redukce j-té teplosměnné konstrukce.

S použitím výše uvedeného vztahu [6] jsou spojována následující pravidla, která je důležité dodržet, aby byl na průměrný součinitel prostupu tepla stanoven správně:

- hodnota $U_{em,N}$, kterou získáme vypočtením vztahu [6], nesmí překročit následující limity:
 - hodnota pro nové obytné budovy:

$$U_{em,N} = 0,5 \quad \text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K}), \quad [7]$$

- hodnota pro ostatní budovy vyjádřená vztahy:

$$U_{em,N} = 0,30 + \frac{0,15}{A/V} \quad \text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K}), \quad [8]$$

kde parametr A značí celkovou plochu konstrukcí ohraničujících vytápěný objem budovy (či její zóny) v m^2 , V představuje vytápěný objem budovy v m^3 . Obě tyto zmíněné veličiny se stanovují z vnějších rozměrů. V případě poměru A/V jehož hodnota se pohybuje v rozmezí \leq

0,2 se uvažuje s hodnotou $U_{em,N} = 1,05 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Pokud ale tato výsledná hodnota poměru dosahuje výsledku $> 1,0$ pak hodnota $U_{em,N} = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Dobré je zde zmínit i vztah kterým je definována doporučená hodnota průměrného součinitele prostupu tepla budovy, tento vztah stanoven jako:

$$U_{em,rec} = 0,75 \cdot U_{em,N}, \quad [\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})] \quad [9]$$

kde $U_{em,N}$ značí požadovaný prům. souč. prostupu tepla budovy či její zóny v $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ (Mařík, Odehnal, & Štajnrt 2014).

Dle ČSN 730540-4 se průměrný součinitel tepla budovy nebo její ucelené části U_{em} stanoví dle následujících vztahů:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A}, \quad \text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K}) \quad [10]$$

kde A představuje celkovou plochu konstrukcí ohraničujících vytápěný objem budovy nebo její části v m^2 a označení H_T je pak tepelný tok prostupem tepla budovy nebo její části ve W/K (Mařík, Odehnal, & Štajnrt 2014).

Podle vyhlášky č. 264/2020 sb. se měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru nebo jeho části, stanoví z následujícího vztahu:

$$H_t = \sum A_i \cdot U_i \cdot b_i + A_i \cdot \Delta U_{t_{bm}} \quad [11]$$

kde označení A_i představuje plochu konstrukce, která ohraničuje vytápěný prostor v m^2 , U_i znázorňuje součinitel prostupu tepla konstrukce ve $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, b_i je činitel teplotní redukce pro konstrukci, $\Delta U_{t_{bm}}$ je označení pro průměrný vliv tepelných vazeb na hranici budovy či její části v $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

Hodnota $\Delta U_{t_{bm}}$ bývá často odhadována na základě kvality navržených detailů, jako standartní hodnotu však uvažujeme $\Delta U_{t_{bm}} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Dle normy ČSN 730540-4 však tuto hodnotu $\Delta U_{t_{bm}}$ lze snížit až na $0,02 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ a to pro objekty které mají důsledně optimalizované tepelné mosty. Naopak, budovy se zanedbaným řešením tepelných mostů může tato hodnota snadno překročit i hranici $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

Parametr b , tedy činitel teplotní redukce, můžeme stanovit buď orientačně z tabulkových hodnot, které nalezneme v ČSN 730540-3, nebo lze tuto hodnotu stanovit přesněji v závislosti na typu konstrukce a na působících okrajových podmínkách. Pro konstrukce, které jsou v přímým styku s vnějším vzduchem se používá níže uvedené vztahy:

$$b = \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_{im} - \theta_e} \quad [12]$$

kde θ_i označuje návrhovou vnitřní teplotu působící na danou konstrukci ve $^{\circ}\text{C}$, θ_e představuje návrhovou teplotu venkovního vzduchu v zimním období ve $^{\circ}\text{C}$ a θ_{im} je převažující návrhová vnitřní teplota ve $^{\circ}\text{C}$. V nejběžnějším případě, kdy $\theta_i = \theta_{im}$, se vychází hodnoty pro činitel teplotní redukce $b = 1,0$.

3.3. STAVEBNÍ FYZIKA SE ZAMĚŘENÍM NA CLT

3.3.1 Tepelná izolace

Jak bylo uvedeno v kapitole výše, tepelně izolační účinek konstrukční součásti se určuje na základě její hodny U , tzv. koeficientu prostupu tepla. Aby byl výpočet této hodnoty proveditelný je zapotřebí znát polohu, konstrukci a tepelnou vodivost λ jednotlivých obsažených stavebních materiálů. Tepelnou vodivost dřeva lze podstatě určit dle jeho objemové hmotnosti a vlhkosti a pro CLT panel ji lze zjistit pomocí následující rovnice:

$$\lambda = 0,000146 * \rho_k + 0,035449 \quad [13]$$

kde λ je tepelná vodivost v $[W/mK]$ a ρ_k představuje charakteristickou objemovou hmotnost při referenční vlhkosti dřeva $w = 12\%$ v $[kg/m^3]$.

Charakteristická objemová hmotnost lamel CLT byla stanovena na $\rho_k = 512 kg/m^3$. V případě těchto hodnot pro CLT tepelná vodivost $\lambda = 0,110 W/mK$. Tato zjištěná hodnota byla pro křížem vrstvené dřevo potvrzena výzkumným ústavem SP Technical Research Institute of Sweden (Assessment: Declared thermal conductivity 2009). Stejně tak jako SP Technical Research Institute of Sweden, tak i rakouská norma ÖNORM B 3012, udává pro smrkové dřevo hodnotu $\lambda = 0,110 W/mK$ (ÖNORM EN B 3012 2003-12-01).

Pro vlhkost dřeva se zde uvažuje s průměrnou hodnotou 12%, přičemž u obvodových stěn je možné v relevantních zimních měsících očekávat vlhkost pohybující se pod hranicí 12%. V případě nižší vlhkosti dřeva se dále snižuje skutečná hodnota tepelné vodivosti (Stora Enso 2015). Dle ÖNORM EN 12524 je pro dřevo, s odpovídající objemovou hmotností, uvedena hodnota pro dimenzování tepelné vodivosti 0,13 W/mK.

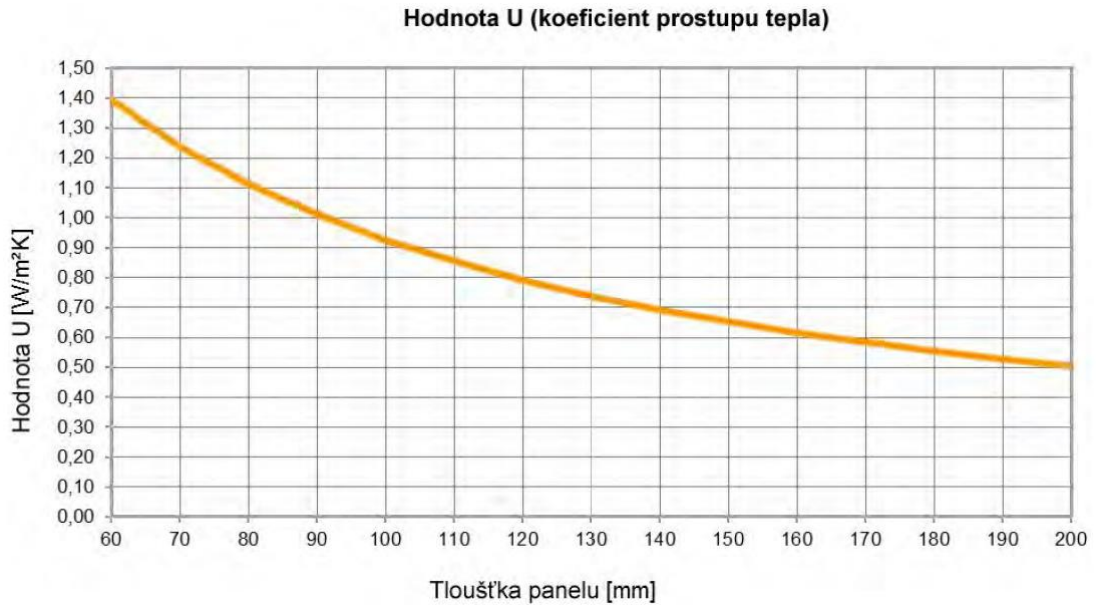
Hodnota U panelu CLT

Názorný výpočet hodnoty U panelu CLT pro obvodovou stěnu o tloušťce 100 mm, můžeme vidět na ukázkovém příkladě viz tabulka níže, samozřejmě se zohledněním vnitřních a venkovních koeficientů prostupu tepla:

Tabulka 3: Výpočet hodnoty U panelu CLT (Stora Enso 2015)

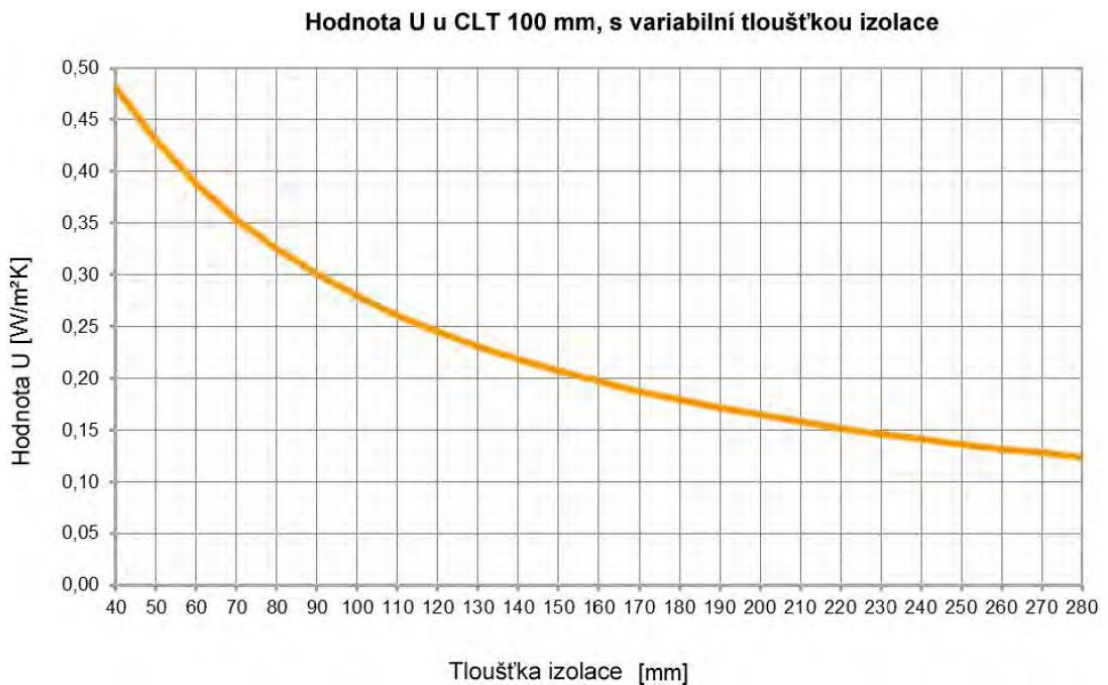
| | | |
|----------------------------------|--|------|
| Koeficient prostupu tepla | $U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se}}$ | [14] |
| Odpor při přestupu tepla | $R_{si} = 0,13 m^2 K / W$ $R_{se} = 0,04 m^2 K / W$ | [15] |
| Tepelná vodivost CLT | $\lambda_{CLT} = 0,11 W / mK$ | [16] |
| Koeficient prostupu tepla | $U_{CLT,100} = \frac{1}{0,13 m^2 K / W + \frac{0,1 m}{0,11 W / mK} + 0,04 m^2 K / W}$ $= 0,927 W / m^2 K$ | [17] |

Na tomto grafu můžeme pozorovat, jak se zaznamenaná hodnota U mění v závislosti na tloušťce neobložených panelů CLT.



Graf 1: Hodnoty U neobložených panelů CLT pro obvodové stěny (Stora Enso 2015)

Na grafu č. 2 je zobrazeno, jak se vyvíjejí zaznamenané hodnoty U v případě izolovaných panelů CLT o tloušťce 100 mm v závislosti na tloušťce použité izolace (skupina tepelné vodivosti WLG 040).



Graf 2: Hodnoty U izolovaných panelů CLT o tloušťce 100 mm pro obvodové stěny v závislosti na tloušťce (Stora Enso 2015)

3.3.2 Neprodyšnost

S ohledem na tepelně izolační vlastnosti CLT panelu je nezbytné také zmínit pojem neprodyšnost, resp. konvekční těsnost. Přestože se tyto panely zhotovují z nejméně tří vrstev křížem lepených jednovrstvých lamelových desek, dominují výbornou neprodyšností. Toto tvrzení o neprodyšnosti a sesazení panelů CLT testoval a potvrdil v roce 2008 výzkumný ústav Holzforschung Austria (HOLZFORSCHUNG AUSTRIA 2008-06-11). Konkrétně jsou ve zkušební zprávě tohoto výzkumného ústavu, zaznamenány informace o tom že sesazení panelů a samotný panel CLT vykazují tak vysokou neprodyšnost, že se objemové proudy pohybovaly mimo měřitelný rozsah (Stora Enso 2015).

Výborná vzduchotěsnost patří mezi certifikovanou a léty vyzkoušenou vlastnost panelů CLT danou jejich strukturou. To znamená i výhodu při stavbě budov, kdy zpravidla není nutná vzduchotěsná fólie na vnitřní straně obvodových stěn. Tato absence vzduchotěsné fólie se pozitivně projevuje na plánovaných nákladech a přispívá také k zabránění možným chybám a stavebním škodám, kromě toho také zkracuje dobu výstavby a fázi montáže. U jiných typů dřevostaveb, jako je například stavba s dřevěným rámem, se vedle konstrukce musí také navíc vytvořit ještě neprodyšná úroveň (Stora Enso 2015).

3.4. POŽADAVKY NA ENERGETICKOU NÁROČNOST BUDOV

Základní principy, vyjádření a výpočty energetické náročnosti budovy definuje a popisuje evropská norma EN 15217. ENB je zde vyjádřena pomocí globálního indikátoru. Každý stát, který je členem EU má právo si určit globální indikátor z následujících čtyř variant:

- dodaná energie,
- primární energie,
- emise CO₂,
- celkové náklady na energii.

V případě České republiky byl jako globální indikátor zvolen dodaná energie, to znamená že energetická náročnost budovy EP je tedy vyjádřena množstvím dodané energie (Ministerstvo průmyslu a obchodu 2007).

V období od roku 2016 do roku 2020, dochází v České republice k postupné změně ve výstavbě budov, a to k energeticky účinnějším stavbám. Konkrétně zde mluvíme o energetickém standardu tzv. budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Tento termín budova s téměř nulovou spotřebou energie a sní spojená vymahatelnost plnění parametrů tohoto typu budov jsou ukotveny v českém právu. Povinnost výstavby budov v tomto energetickém standardu, tedy v budovy s téměř nulovou spotřebou energie (dále jen „BTNSE“), udává směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov. Do národní legislativy byl tento požadavek transponován zákonem č. 318/2012, kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb. Výsledkem tohoto postupného vývoje je stav, kdy všechny budovy, u kterých byla podána žádost o stavební povolení od data 1.1.2020, vzniká povinnost splňovat

požadavky na standard pro BTNSE. Tyto požadavky, které budou muset BTNSE splňovat, jsou definované ve vyhlášce č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, ve znění pozdějších předpisů (Ministerstvo průmyslu a obchodu 2019).

Směrnice 31/2010/EU také ve svém obsahu nabádá k tomu, aby se stavělo s minimální energetickou náročností. Na závěry a doporučení z této směrnice dále na lokální úrovni přímo navazují: norma ČSN EN 730540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2, konkrétně pak Vyhláška 78/2013 Sb.- O energetické náročnosti budov. Jak tato norma, tak i vyhláška nám stanují jaké jsou tepelně technické požadavky pro nově plánovanou výstavbu tak, aby tato budova splňovala základní požadavky na stavby s důrazem, který je kladen zejména na splnění požadavků v oblasti úspory energie, zajištění ochrany a zdraví a zdravých životních podmínek při konkrétním požadovaném stavu vnitřního prostředí. V této normě ČSN EN 730540-2 také, krom těchto požadavků na navrhování a ověřování, je uvedený i výčet jednotlivých opatření, která energetickou náročnost budovy dokáží výrazně ovlivnit.

Mezi tato opatření zejména patří:

- a) volba vhodného pozemku a osazení objektu na něm,
- b) vhodná orientace ke světovým stranám s ohledem na to jaký bude dopad přímého slunečního záření během roku, zohlednění současné či v budoucnu předpokládané zastínění budovy sousední zástavbou, nebo také ohled na převládající směr a intenzitu větru,
- c) tvarové řešení budovy jako je například kompaktnost tvaru, členitost povrchů. Toto tvarové řešení budovy vyjadřuje nejlépe objemový faktor tvaru A/v , tj. poměrem mezi ochlazovanou plochou obálky budovy a vytápěným objemem budovy.
- d) velikost prosklených ploch na jednotlivých fasádách,
- e) vnitřní tepelné zisky podle charakteru provozu,
- f) velikost temperovaných a vytápěných prostorů a jejich přiměřenost daného účelu,
- g) vnitřní uspořádání s ohledem na soulad vytápěcích režimů či tepelných zón a orientaci prostorů vůči světovým stranám (ČSN EN 730540-2).

Hodnocení energetické náročnosti budov se týká jak vlastníků, stavebníků tak i provozovatelů budov. Požadavky, které jsou s touto ener. náročností budov spojovány, jsou kladeny jak na energetickou náročnost budovy při její výstavbě, tak i při změně dokončené budovy či na energetickou klasifikaci při prodeji nebo pronájmu či povinnosti zpracovat PENB pro organizační složky státu (TZB-info 2022).

Podle paragrafu § 6a „Energetická náročnost budov“ zákona č. 406/2006 Sb. je stavebník, vlastník či společenství vlastníků jednotek povinen se řídit, při pořízení stavby nebo změně stavby, těmito povinnostmi:

- splnění požadavků na ener. náročnost budovy dle vyhlášky č. 148/2007 Sb.,
- splnění porovnávacích ukazatelů mezi které například patří požadované tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí nebo vlastnosti a provoz techn. zařízení budovy a osvětlení,
- splnění požadavků, které jsou stanoveny harmonizovanými českými technickými normami.

Výsledkem splnění všech těchto výše zmíněných požadavků je tzv. „Průkaz energetické náročnosti budovy“, který stavebník, vlastník budovy či společenství vlastníků jednotek dokládá (Ministerstvo průmyslu a obchodu 2007).

Energetická náročnost staveb nás vlastně informuje o tom, jak je provoz nemovitosti energeticky náročný, a to pomocí písmen A-G, stejně jako je tomu u domácích elektrických spotřebičů. Mluvíme zde především o typu a technických údajích budovy, o užití energie v budově, energetickou bilanci budovy pro standardní užívání či o bilanci energie dodané (předpis č. 78/2013 Sb.).

Dle Sekerky (2013) je pojem energetická náročnost budovy charakterizována jako parametr podávající informaci o energetické náročnosti provozu budovy či jiného domu nebo nemovitosti, kdy jde o různá hlediska, zejména z pohledu na hospodaření s energiemi. Podle vyhlášky o energetické náročnosti budov se budovy nově posuzují procentuálně vůči referenční budově. Dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. se referenční budovou rozumí výpočtově definovaná budova téhož druhu, velikosti a stejného geometrického tvaru samozřejmě včetně prosklených ploch a částí, dále stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou i přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním či stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, samozřejmě s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejich konstrukcí a technických systémů budovy (předpis č. 78/2013 Sb.).

V souvislosti s pojmem energetická náročnost budovy, bych zde chtěla uvést také termín Ukazatele energetické náročnosti budovy, které s jsou jeho součástí. Mezi tyto ukazatele řadíme:

- průměrný součinitel prostupu tepla,
- celková primární energie za rok,
- celková dodaná energie za rok,
- neobnovitelná primární energie za rok,
- součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici,
- dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu a přípravu teplé vody či osvětlení za rok,
- účinnost technických systémů (Vaverka, Chybík, & Mrlík 2000).

Těchto ukazatelů ener. náročnosti budov je poměrně velké množství. Kdy a který požadavek je v případě nové či změněné budovy nutné splnit při prokazování ener. náročnosti budovy, je přesně definováno v §6.

Hodnoty výše zmíněných ukazatelů a referenční budovy jsou stanoveny výpočtem prostřednictvím dokumentace. V případě že by se jednalo o dokončené budovy, musely by být vstupní údaje pro výpočet v souladu se současným stavem budovy (Manuál ANSYS).

V případě výpočtu hodnot ukazatelů ener. náročnosti referenční budovy se používají hodnoty parametrů budovy, stavebních prvků a konstrukcí či technických systémů budovy, které jsou uvedené v příloze č. 1 k normě ČSN 730540 a parametry typické pro užívání budovy.

3.5. KLASIFIKACE BUDOV DLE ČSN 730540-2

Z hlediska stavebnictví je zavedena následující, již všeobecně používaná, klasifikace budov na: pasivní budovy, nízkoenergetické budovy, nulové budovy, energetické nezávislé budovy.

Nízkoenergetické domy

Tento typ budov, je charakterizován nízkou potřebou tepla na vytápění a toho je dosaženo díky optimalizovanému stavebnímu řešení obálky budovy, to znamená použití zvýšené tepelné izolace stěn, podlahy, střechy a výběr kvalitnějších oken. Hodnota měrné potřeby tepla na vytápění se pohybuje do 50 kWh/m². Když se zaměříme na vztah k hodnocení ener. náročnosti, musí tento druh budov plnit třídu C, vhodné je však i vyhovět požadavkům třídy B. Nízkoenergetický dům je charakteristický těmito základními znaky:

- nejvíce jeho prosklených ploch je orientováno na jih,
- tvar je kompaktní a bez zbytečných výčnělků,
- použití nadstandardní tepelné izolace,
- použití strojního větrání s rekuperací tepla,
- regulace vytápění využívající tepelné zisky,
- množství tepla potřebného na vytápění je do 50 kWh/m² za rok (Beranovský, Hudcová, & Kašparová 2007).

Energeticky pasivní domy

Koncepce tohoto druhu domu má základ snížení závislosti na dodávkách energie. Pasivní dům je charakterizován jako budova s velmi nízkou spotřebou energie a s roční měrnou potřebou tepla na vytápění jejíž hodnota je menší než 15 kWh/m². Pojem pasivní dům je dále znám jako budova, která vykazuje nízkou ztrátu tepla a obejde se bez klasické otopné soustavy. To znamená, že si vystačí s tepelnými zisky od lidí, slunce nebo elektrických spotřebičů a tím vytopí po většinu roku celou budovu. Náklady spojené s realizací tohoto typu domů jsou obdobné jako u běžné novostavby. I pasivní domy mají taktéž několik základních znaků:

- jednoduchý půdorysný tvar bez zbytečných výčnělků,
- orientace prosklených ploch na jižní stranu,
- dobrý architektonický návrh,
- použití nadstandardní tepelné izolace a zajištěná vzduchotěsnost domu,
- pečlivé řešení tepelných mostů a regulace vytápění, která využívá tepelné zisky,
- použití strojního větrání s rekuperací tepla,
- možnost absence klasického topného systému

- hodnota spotřeby tepla na vytápění dosahující max. 15 kWh/m² za rok (Beranovský, Hudcová, & Kašparová 2007).

V současné době patří pasivní dům stále mezi technicky nejpokročilejší energetický standard, kterého lze při výstavbě domu dosáhnout. Vlastník či stavebník tohoto standardu dosáhne ve chvíli, kdy dům optimalizuje podle všech bodů desatera chytrého návrhu úsporných domů, které sestavilo Centrum pasivního domu. Zaměří se tedy na energetickou efektivitu od prvních úvah o novém domě a každý z možných parametrů pečlivě optimalizuje (Čejka & Česká 2022).

Dle normy ČSN EN 730540-2, přílohy A, jsou pro pasivní domy různorodé požadavky, kdy dva nejzásadnější jsou na větrání a vytápění.

Se zaměřením na větrání v obytných místnostech, se doporučuje toto větrání rovnotlaké se zařízením pro zpětné získávání tepla a s co největší možnou účinností. Podmínkou nuceného větrání je splnění požadavků vyplývajících z ČSN EN 730540-2 (2011).

V případě nízké potřeby na vytápění se podle normy ČSN EN 730540-2 (2011) doporučuje otopné soustavy pro pasivní domy navrhovat jako nízkoteplotní. Toto řešení by mělo umožňovat efektivně využít obnovitelné zdroje při dosažení vnitřní tepelné pohody. S tím také souvisí navrhnutí vytápění s vazbou na vnitřní teplotu místnosti nebo podle zátěže, z důvodu snadného přehřívání. Jako značná nevýhoda se zde jeví vysoká tepelná setrvačnost a zvýšení tepelné ztráty dotčenými stavebními konstrukcemi, těchto nízkoteplotních soustav.

Energeticky nulové domy

Řeč je zde podstatě o pasivním domu, jehož spotřeba energie je v max. míře z obnovitelných zdrojů. Šetření a výroba energie je v tomto případě v rovnováze. Těchto požadovaných parametrů však většinou nedosáhneme pomocí výrazného zlepšení tepelné izolace, ale např. pomocí navýšení plochy fotovoltaických panelů či malou větrnou turbínou, a tím je kryta i vlastní spotřeba. V případě nulových domů jsou tento typ budov považovány domy s potřebou tepla, která je menší než 5 kWh/m². Pro realizaci nulového domu vyžaduje mimořádně vhodných podmínek a obnáší jednoznačně vysoké investice do technického zařízení (Tywoniak 2011).

Jak bylo již zmíněno, nulové domy jsou zpravidla navrhovány tak, aby svými standardy odpovídaly pasivním domům. Podle normy ČSN EN 730540-2 je pak posuzujeme dle: „roční bilance ener. potřeb a energetické produkce v budově a jejím okolí vyjádřené v hodnotách primární energie“ (ČSN EN 730540-2, 2011, str. 42).

Energeticky nezávislé domy

Koncepce těchto domů spočívá v nezávislosti dodávek energie z veřejných elektrických sítí. Veškerá energie použitá na vytápění, přípravu teplé vody či provoz vysoce úsporných elektrospotřebičů je pokrývána z přímého slunečního záření. Aby toto čerpání ze slunečního

záření bylo možné je nutností mít fotovoltaický systém jakožto zdroj elek. energie (Beranovský, Hudcová, & Kašparová 2007).

Tyto typy budov jsou navrhovány, jako pasivní nebo nulové s výhodou, právě z důvodu nízké potřeby energie. Využívání energie je zde optimalizováno prostřednictvím moderních technologií, aby i při nahodilém výpadku energie nedošlo k ohrožení zdravých životních podmínek při požadovaném stavu vnitřního prostředí (Čejka & Česká 2022).

Aktivní (plusový) dům

Aktivní dům lze definovat jako nulový dům, který vyrobí více energie, než je k jeho provozu potřeba. Pro tento typ domů se uvažuje roční spotřeba tepla pro vytápění 0 kWh/m². Aktivní dům využívá obnovitelných zdrojů energie jako jsou například: geotermální vrt, solární kolektory, vodní a větrné elektrárny či fotovoltaické panely. Aktivní domy jsou schopny dlouhodobého provozu bez vnějších vstupů energie a také nezanechávají uhlíkovou stopu (Kuthan 2021).

3.6. CHARAKTERISTIKA STĚNOVÉHO SYSTÉMU CLT

3.6.1 Historický původ CLT technologie

Podle Josepha Mayo (2015) bylo křížem vrstvené dřevo, z lichých vrstev lamel, poprvé patentováno ve Francii, a to již na přelomu 80. let 20. století. K jeho většímu rozvoji však došlo až v průběhu 90. let, a to na území Německa a Rakouska. Prvotním impulzem pro použití této technologie, byl cíl zmenšení odpadu z pil. Odřezky, které vznikaly při opracování lepeného lamelového dřeva nebo velkých trámů, byly nevyužity nebo se své uplatnění našly v méně hodnotné odnoži výroby. Oproti těmto dvěma zmíněným materiálům, CLT využívá nejen lamely s menšími rozměry, ale také z nich vytvoří panely s vyšší pevností (Joseph Mayo 2015). Podle S. Gagnona (2010), byl vývoj této technologie umožněn díky úzké kooperaci mezi vědeckými pracovišti a významnými dřevozpracovatelskými podniky. Na vývoji technologie měl značný podíl zejména Institut dřevěných konstrukcí TU ve Štýrském Hradci (Karacabeyli & Douglas 2013).

Jako první známý výrobce, který se zabývá tvorbou CLT panelů, je světově uznávaná rakouská společnost KLH Massivholz GmbH. Založení této korporace je datováno k roku 1999, od této doby až do současnosti si stále společnost drží přední místo mezi výrobci těchto CLT panelů. (Pavlas 2016).

Na počátku byl nástup této nové technologie jen pozvolný. Teprve až po roce 2000 došlo k širšímu uplatnění těchto vrstvených panelů. Rozšíření technologie postupovalo poměrně rychle, jak po mateřské zemi, tak i v okolních zemích. V současnosti již existuje mnoho osvědčených výrobců CLT panelů, kteří na světovém trhu působí. Těmito výrobci často bývají velké podniky, které tyto konstrukční panely dodávají do různých zemí Evropy. V blízké době je očekávaný značný nárůst využití technologie především v Severní Americe, a to konkrétně v Kanadě a ve Spojených státech amerických (Pavlas 2016).

Jako první uplatnění, již od počátku výroby, zaujmuly CLT panely své významné místo především u výstavby rodinných domů. Postupně se však jeho vhodnost ukázala i při realizaci stavby větších rozměrů. Jako typický příklad můžu uvést stavbu vícepodlažní budovy Murray Grove Tower v Londýně, ukázkou této stavby můžete vidět na obrázku č. 1. Jedná se o osmipodlažní bytový dům, jehož výstavba byla dokončena v roce 2009. Nosná konstrukce této stavby je realizována, z již výše zmíněné technologie, jde vlastně o první užití masivních dřevěných panelů pro vícepodlažní budovu vůbec. Nedaleko Murray Grove Tower byl v roce 2010 realizován i další projekt známý pod názvem Bridport House. Jedná o soubor také bytových vícepodlažních staveb, které mají obdobnou výšku jako Murray Grove Tower. V průběhu 21. století je však dokončována řada podobných projektů, které svou výškou přesahují již výše zmíněnou stavbu. I přes tyto zmíněné příklady staveb, však těžištěm uplatnění masivních dřevěných panelů zůstává u rodinných domů (Houdek 2011).



Obrázek 1: Murray Grove Tower, Zdroj: (earchitect.com)

Mezi vedoucí země, které se zabývají realizacemi dřevostaveb z CLT podle Radovana Cvetkoviće (2015), patří: Rakousko, Německo, Itálie, Spojené království dále pak také severské země jako je Norsko, Švédsko, Švýcarsko. Tyto státy se k roku 2015 pyšily s cca 0,6 až 1 milionem m³ postavených staveb z tohoto konstrukčního systému na bázi dřeva (Boellaard, Lootens, & Ard-Jan 2007). V uplynulých desetiletí bylo, pomocí této technologie, postaveno značné množství obytných či školních budov po celé Evropě. Díky přednostem, jako je vysoká stabilita, dobrá tepelná izolace či dobré chování v případě zemětřesení nebo požáru, lze pomocí této technologii, úspěšně nahradit klasické zděné či skeletové systémy (Cvetković a kol. 2015).

3.7. OBECNÉ VÝKONY SYSTÉMU CLT

Mezi jednu z mnoha významných vlastností tohoto systému patří jeho ekologičnost. Z hlediska environmentální výkonnosti má CLT, v několika aspektech, lepší vlastnosti než beton či ocel. Některý z těchto aspektů je například obnovitelnost dřeva, jeho recyklovatelnost, obnovitelnost či ukládání uhlíku. V případě požární výkonnosti, mohou mít sestavy CLT ze své podstaty vynikající požární odolnost, a to díky tlustým průřezům, které při vystavení ohni zuhelnatěly pomalou a předvídatelnou rychlostí. Jako důkaz těchto požárně odolných vlastností, můžu uvést demonstrační zkoušku uskutečněnou na území Itálie společností IVALSA Trees a Timber Institute a korporací FPInnovations sídlící v Kanadě. Tato zkouška byla provedena na budově, dosahující výšky 3podlaží, realizované z CLT panelů. Předmětem tohoto měření byla požární místnost, která byla ze strany interiéru chráněna sádkokartone. Jako výsledek bylo zjištěno, že obsah místnosti, později i CLT stěnové panely, hořely po dobu

1 hodiny, a to, aniž by se požár rozšířil do sousedních místností nebo podlaží (Frangi a kol. 2009). Za zmínku stojí i akustický výkon zmíněného konstrukčního systému. V Evropě byl akustický výkon CLT panelů hodnocen jako zvuková třída B a A. V případě vnější obvodové stěny, o tloušťce panelu 85 mm a s tl. izolace 150 mm, se hodnota R_w pohybuje v rozmezí 47 až 52 dB (min, 43). Pro příčky je tato hodnota stanovena v rozhraní 65 až 75 dB (min. 50) a pro strop až $L_{nw} = 40$ dB (max. 53). Ukazatel R_w zde představuje vážený index redukce zvuku a ukazatel L_{nw} zde označuje vážený normalizovaný kročejový akustický tlak (Cvetković a kol. 2015).

System CLT má ale i své nedostatky. Konkrétněji je pozornost zaměřena na slabinu, co se týče podlah realizovaných z tohoto systému. Jedná se nízký poměr tlumení vibrací, který v případě podlah z CLT představuje cca 1% kritický poměr tlumení. Musíme však také vzít v úvahu, to že vyšší frekvence podlahy představuje snadnější ovládání vibrací, a naopak nižší tlumení má za následek nižší komfort pro člověka. Již zmíněné tlumení je do značné míry ovlivněno stupněm integrace podlahy do okolních konstrukčních částí, zejména doplněním příček. Díky zvýšení tlumícího poměru, prostřednictvím produktového designu a konstrukce CLT podlahy pomocí detailů, budou podlahové systémy CLT nákladově efektivnější, lépe umístitelné a mohou soutěžit i s betonovými deskami. Jako další obecný výkon systému CLT bych zde chtěla uvést výkon tepelný. Dle evropských zdrojů bývá často naznačováno, že CLT poskytuje tepelný výkon hmoty pro budovu, což může být spojeno se snížením energie na vytápění a chlazení. Jedná se o typ konstrukce, která má stejné základní tepelné vlastnosti jako dřevo, ze kterého byla vyrobena. Dřevo považujeme z hlediska tepelné kapacity a tepelného odporu, za stavební materiál průměrný. Hodnoty CLT jsou však jednoduše vylepšeny díky jeho tloušťce (Cvetković a kol. 2015).

3.8. VÝHODY A NEVÝHODY STĚNOVÉHO SYSTÉMU CLT

Během dvaceti let, se křížem lepené dřevo stalo široce používaným stavebním materiálem v částech starého kontinentu a začalo přitahovat i celosvětovou pozornost. S tímto konstrukčním materiálem se pojí řada výhod, včetně vynikajících strukturálních a ekologických vlastností, dále také rychlost a efektivita se kterou lze budovy CLT stavět (Espinoza a kol. 2016).

Jako první z výhod lze uvést možnost použití stavebního systému CLT pro velká rozpětí bez mezilehlých podpěr. Jako příklad, této výhody, zde uvádím panel CLT, který se skládá ze sedmi vrstev s celkovou tloušťkou devět palců a lze ho použít k rozpětí přibližně 25 stop (Karacabeyli & Douglas 2013). V případě „kasetových“ či „skládaných“ podlah umožňují variace CLT ještě větší rozpětí (Crespell & Gagnon 2010).

Jde-li o konstrukční vlastnosti, CLT panely lze použít jako nosné desky nebo také smykové stěny, na rozdíl od jiných kompozitních panelových výrobků na bázi dřeva, a to je jejich další výhodou (Steiger, Gülzow, & Gsell 2008).

Výhody tohoto systému, lze zmínit i v případě jeho požárních vlastností, díky předvídatelným vlastnostem hoření dřevěných konstrukčních prvků velkých přířezů

(Forest Products Laboratory 2010). Krom toho také na rozdíl od dřevěného rámového systému, konstrukce z křížem vrstveného dřeva vytváří omezené skryté prostory, což snižuje šíření požáru (Graft 2011). Pozitivní poznatky můžeme zmínit i v případě seismické výkonnosti CLT, která byla předmět několika studií. Jako důkaz můžu uvést experiment, kdy byl vzorek sedmipatrové budovy vystaven silným pohybům podobným zemětřesení, ekvivalentním 7,2 stupně Richterovy stupnice. CLT, při tomto průzkumu, vykazovalo vynikající seismické chování s maximálními mezipatrovými posuny 1,5 palce a boční deformací méně než 12 palců (Quenneville & Morris 2007).

Výhodou této technologie je také její ekologičnost. Z pohledu ochrany ŽP, ve srovnání s ocelí a cihlami či sklem a plastem či betonem si tento stavební systém vede znatelně lépe (Lippke a kol. 2004; Wilson a kol. 2005; CORRIM 2010; Hubbard a Bowe 2010). Ekologické vlastnosti CLT systému pochází především ze základních vlastností dřeva, které byly v četných hodnoceních životního cyklu prokázány jako mimořádně příznivé. Díky udržitelně obhospodařovaným lesům, křížem vrstvené dřevu, snižuje nahrazení betonu, oceli nebo plastů dřevem jako suroviny emise uhlíku. Jako zajímavou skutečnost bych zde chtěla zmínit studii realizovanou společností US Forest Service a uskutečněnou roku 2011. Tato korporace dospěla k závěru, že dřevo je z hlediska enviromentálních vlastností lepší než řada jiných materiálů, jako je například beton či ocel, a to i když dřevo pochází z nemocných stromů (Ritter a kol. 2011). Enviromentální výkonnost, vícepodlažních budov postavených z CLT a betonu, byla porovnávána již řadou nezávislých studií. Všechny tyto studie však došli konzistentně ke stejnému výsledku, a to, že budovy CLT mají nižší ztělesněnou energii nežli budovy na bázi betonu a také lepší výkon co se týče v porovnání s betonem či ocelí, v případě že jde o poškození ozónové vrstvy, potenciál globálního oteplování a eutrofizaci (John a kol. 2008; Robertson a kol. 2012; Chen 2012; Durlinger a kol. 2013). Jak bylo řečeno v úvodu práce, další výhodou, kterou i dřevo navíc disponuje je to, že působí jako pohlcovač uhlíku (Bowyer a kol. 2011). Za zmínku stojí také testy provedené v Kanadě, kde bylo prokázáno, že těkavé organické sloučeniny a emise formaldehydu CLT mohou být pod stanovenými normami (Robertson a kol. 2012).

3.9. POPIS TECHNOLOGIE CLT

Podle toho jak systém CLT konstrukčně řešen, je řazen mezi masivní dřevostavby. Jako masivní dřevostavby jsou označovány ty typy budov, jejichž stěny, v plné ploše, obsahují dřevěný materiál a jejich část není redukována do jednotlivých podpor. Mezi typické zástupce této skupiny bezpochyby patří sruby a tradiční roubenky (Pavlas 2016). Oproti roubenkám a srubům, vynikají CLT panely vysokou tvarovou stálostí a dalšími přednostmi (Nešporová 2017).

Pod zkráceným označením CLT se skrývají tři anglická slova známá jako cross-laminated timber. Jedná se o nejčastěji vídanou anglickou zkratku, ale můžeme se setkat i s jiným označením jako je X-LAM, který označuje tutéž technologii (Nešporová 2017). Českým ekvivalentem tohoto

původního anglického názvu je konstrukční systém dřevěných panelů z masivních vrstvených lamel (Pavlas 2016).

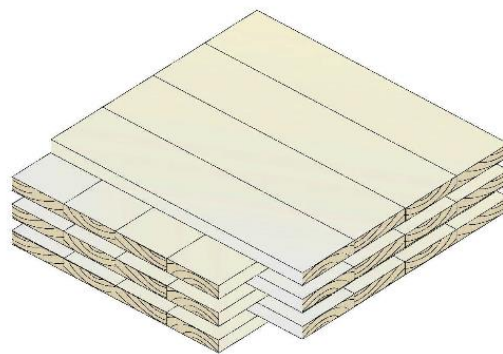
CLT neboli křížem vrstvené dřevo, jsou tedy stavební velkoformátové dílce, které jsou složeny z křížem orientovaných vrstev masivního dřeva. Jednotlivé vrstvy jsou k sobě vzájemně slepeny ve všech směrech, viz obrázek č. 2. Jako spojovací prostředek, který se nejčastěji používá při jejich slepení, jsou polyuretanová lepidla. Na zhotovení těchto panelů se používají různé druhy jehličnatých dřevin. Převážně se však upřednostňuje smrkové dřevo, ale můžeme se setkat i panely, na jejichž výrobu bylo použito i borovicové dřevo či jiné jehličnaté dřeviny. Dřevo, které je při výrobě panelů použito, je vysušeno na cca 8% vlhkosti, aby byla zajištěna vysoká odolnost proti atmosférickým vlivům (sluneční záření, vítr, vzdušná vlhkost atd.) a zabráňuje vzniku trhlin (Lokaj, Dobeš, & Papesch 2018).

Jak již bylo zmíněno výše, základem této technologie je dřevěný panel, který je složený z určitého množství vzájemně kolmých vrstev viz obrázek č.3. Každá tato vrstva je dále pak složena z masivních lamel. Jednotlivé vrstvy jsou slisovány a navzájem k sobě za studena slepeny. Slepením určitého množství vrstev dohromady tak vzniká křížem lepená deska, kterou pak můžeme dle požadovaných vlastností použít buď pro nosnou konstrukci stěn, stropu nebo i střechy. Díky kolmému směřování lamel sousedících vrstev, je zajištěna vysoká tvarová stálost elementů. Panely CLT se skládají minimálně ze tří a maximálně zpravidla ze sedmi vrstev. Tloušťka panelů se pak může běžně pohybovat od 60 do 240 mm ((Karacabeyli & Dooglas 2013).

Dle portálu ABS se tloušťky těchto panelů nejčastěji pohybují od 80 mm až do tlouštěk cca 400 mm v závislosti na konkrétním výrobcí (Urbancová 2016). Podle Karacabeiliho a Gagnona (2019) může tloušťka dokonce až 20 palců tedy 508 mm. Všechny prvky obsažené v masivním panelu, jsou vyráběné přímo na míru dle individuálních projektů. Jedná se tedy o technologii, která není nijak vázána na nutnost dodržovat modulové rozměry. CLT panely se nevyrábějí v typových řadách a sériích, které by mohly omezovat možnosti návrhu. Rozměrová omezení vycházejí pak především z možností výrobních linek a z dopravních limitů. Maximální výška těchto panelů se pohybuje zpravidla kolem 3m, a maximální délka je pak dána dle jednotlivých výrobců od 16 do 18 m (Gagnon & Pirvu 2010).



Obrázek 2: vrstvený masivní panel,
Zdroj: (stavebnictvi3000.cz)



Obrázek 3: Ukázka konfigurace panelu CLT,
Zdroj: (Karacabeyli & Dooglas 2013)

KONSTRUKCE Z CLT PANELŮ

Jak již bylo zmíněno zpočátku kapitoly č. 3.7, CLT panely konstrukční systém masivních dřevostaveb, který je vhodný pro stavby různých měřítek a různého použití. Tento systém CLT panelů umožňuje vytvořit staticky vysoce odolnou masivní celodřevěnou konstrukci. Základním principem výstavby je sestavení konstrukce, která spočívá v prostém ukládání panelů ve vodorovném, svislém či také v šikmém směru. Z interiérové strany se často tyto nosné panely mohou nechat bez opláštění. Nejčastějšími důvody, proč se toto interiérové opláštění nedělá, je požadavek na docílení zřetelně čitelné konstrukce a s tím související i zdůraznění pohledové kvality těchto dřevěných panelů s výrazným estetickým účinkem (Pavlas 2016).

Masivní panely z křížem vrstveného dřeva se mohou v určitých aspektech, dle jednotlivých výrobců, lišit. Rozdíly jsou především znatelné v tloušťce vrstev, rozměrových limitech dodávaných výrobků, a také v jejich skladbě. Nejčastěji se v typické skladbě CLT panelu zpravidla setkáváme s lichým počtem vrstev. Tloušťka lamel v každé vrstvě se pohybuje zpravidla v rozmezí mezi 10 až 50 mm. Výroba jednotlivých panelů probíhá za pomoci automatizovaného CNC zařízení, které pracuje na základě zadaných CAD dat. Po celou dobu je celý výrobní proces digitálně kontrolován (Gagnon & Pirvu 2010).

Primární využití těchto masivních CLT panelů, je především pro difuzně otevřenou konstrukci. V případě, když se vhodně zvolí skladba obvodových konstrukcí, tak nedochází ke vzniku rizika kondenzace vodních par, a mizí tak i nebezpečí nevhodného provedení fóliové parozábrany, nejrizikovějšího místa difuzně uzavřených dřevostaveb (Pavlas 2016).

Důležitým bodem, který je třeba zmínit v případě posuzování CLT technologie, představuje akustika. Dřevěná masivní konstrukce se vyznačuje lepšími hodnotami akustického útlumu v porovnání s tradičními lehkými rámovými systémy budov na bázi dřeva. Samozřejmě ale panely obvykle samy o sobě požadavkům z hlediska akustických vlastností nevyhoví. Nejčastěji pak u mezi bytových příček a u stropní konstrukce je nutno použít doplňkové zvukové izolace a případných dalších řešení, které vedou ke zvýšení akustického útlumu konstrukce (Pavlas 2016).

Pro výstavbu dřevostaveb z masivních CLT panelů je vždy zapotřebí použití zdvihací techniky. Hlavním důvodem je vysoká hmotnost a velké rozměry jednotlivých elementů těchto panelů. Jedna z hlavních výhod CLT panelů je snadná a rychlá montáž, kterou lze provádět i během zimních měsíců. Typickým příkladem rychlosti sestavení vícepodlažní budovy lze zmínit stavbu Murray Grove Tower, ukázkou montáže panelů lze vidět na fotografii č.5. CLT konstrukce této osmipodlažní stavby byla realizována během osmi týdnů. Především u staveb větších měřítek se nejvíce projeví efektivita vysoké rychlosti výstavby. Právě již zmíněná vysoká rychlost výstavby může být u některých projektů, zejména u vícepodlažních staveb, jedním z hlavních důvodů pro volbu CLT konstrukce (Waugh, Weis, & Wells 2009).

Jak již bylo zmíněno v kapitole č. 3.7 masivní panely z křížem vrstveného dřeva lze použít jak nosné konstrukce stropu, tak i stěn i střechy. Použití CLT panelů pro každý jednotlivý díl nosné konstrukce se vyznačuje danými specifiky. Jako první příklad můžeme uvést stěnové panely, které jsou charakteristické svou nízkou tloušťkou. Druhým příkladem jsou pak stropní panely, které lze efektivně používat u šesti až sedmi metrových rozponů. Čím větší je rozpon, tím výrazněji se zvyšuje jejich tloušťka a s tím je také spojena vyšší cena konstrukce. Aby se uspořil materiál, tak byly vyvinuty alternativní typy panelů, které jsou vhodné pro střešní a stropní konstrukce. (Pavlas 2016).



Obrázek 4: výstavba Murray Grove,
Zdroj: (slideshare.net)

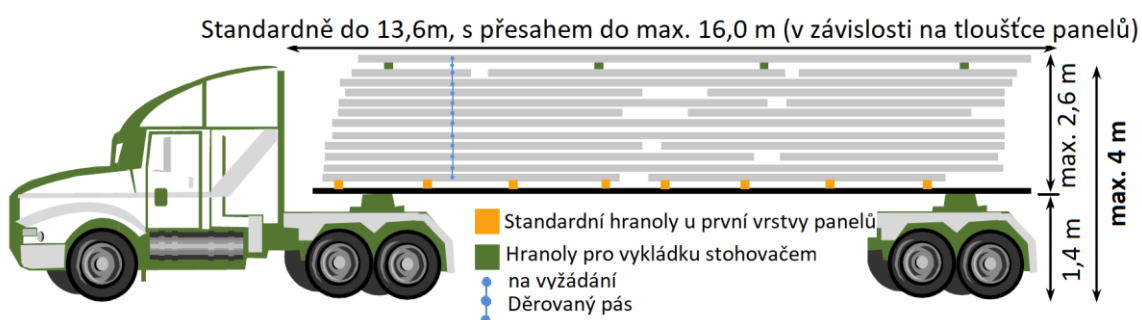


Obrázek 5: ukázka montáže budovy,
Zdroj: (slideshare.net)

DOPRAVA CLT PANELŮ NA STANOVIŠTĚ

V případě převozu CLT panelů z výrobní haly na stanoviště je nejčastěji využíváno kamionové dopravy. Naložení může být realizováno dvěma způsoby, a to buď naloženo nebo nastojato. Při první variantě, tedy při naložení naloženo, se při naložení, na standardní návěs, může naložit max. 25 t přičemž max. ložná délka činí 13,6 m s maximální ložnou šířkou 2,95 m. Pokud by to však tloušťka CLT panelů připouštěla, bylo by možné na standardním návěsu přepravovat tyto panely s max. délkou dosahující až 16,0 m. Pokud by byla potřeba, panely z křížem vrstveného dřeva, po naložení zajistit, použily by se pásy, a to tři kusy na každé straně, aby se zamezilo případnému bočnímu sklouznutí poté dojde k následnému přehrnutí plachtou nákladního vozidla. Důvodem je nutná ochrana panelů vůči povětrnostním vlivům. Nakonec se ještě mezi upevňovací pásy a panely musejí vložit chrániče hran z kartonu. U první naložené vrstvy panelů je standardně vkládáno minimálně 8 kusů podkladových hranolů o průřezu 75 x 75 mm nebo 95 x 95 mm. Všechny vrstvy, které pak následují se však nakládají přímo na sebe (Stora Enso 2015). Ukázku naložení CLT panelů na standardní návěs nákladní dopravy můžeme vidět na obrázku č. 6.

V druhém způsobu naložení masivních panelů, tedy při naložení na stojato, se často využívá velkoobjemový přívěs, kde možné při tomto způsobu, naložit max. 20 t při maximální ložné délce 13,6 m s max. ložnou výškou činicí 3,0 m. V úvahu musíme brát stojany ve tvaru písmene A, kdy je nezbytné počítat s nižším vytížením než v případě naložení naležato. Každý návěš obsahuje min. 6 stojanů ve tvaru písmene A, o které jsou CLT panely opřeny a následně sešroubovány. Poté se panely ze strany podstavců opětovně spojí pomocí stahovacích pásů a opět se stáhne kompletní náklad. V další fázi se panely postaví na zajišťovací klíny, jejichž funkcí je zamezení sklouznutí nebo převržení panelů. Stejně jako u varianty na ležato, tak i zde se mezi upevňovací pásy a panely musejí vložit chrániče hran z kartonu (Stora Enso 2015).



Obrázek 6: Ukázka naložení CLT panelů naležato, Zdroj: (Stora Enso 2015)

3.9.1 Výroba CLT

Globální výroba tohoto masivního systému CLT, od jeho uvedení na trh, které je datováno k počátku 90 let. 20. století, rostla rychlým tempem. Ve většina odhadech je uváděna celosvětová roční produkce CLT pro rok 2014 na více než 600 000 m³ (Muszyński 2015; Plackner 2015). Podle Placknera (2015) měla tato hodnota produkce CLT v následujících 10 letech od roku 2014, potencionálně dosáhnout 3 milionů m³, přičemž většina tohoto růstu byla očekávána v zemích mimo západní Evropu.

V následující kapitole je stručně popsán postup výroby masivních panelů z křížem vrstveného dřeva, a to krok po kroku. Jako každý výrobní proces, tak i výroba CLT panelů, se skládá z několika na sebe navazujících částí.

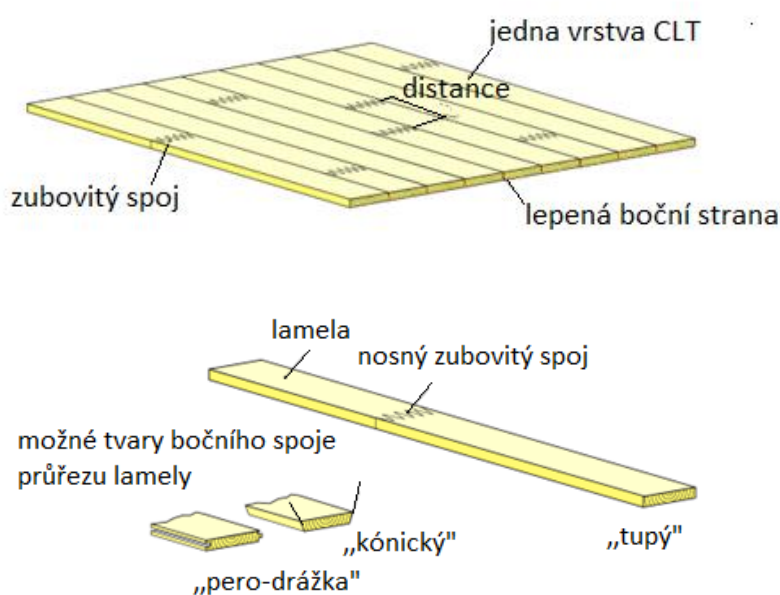
Prvním úkolem před samotným započítím výroby, je provedení vhodné volby druhu dřeviny pro výrobu prken a fošen. Pro tyto základní suroviny se používá jehličnaté řezivo, které je vymanipulováno z okrajových částí kmenů stromů (Kuklík & Velebil 2013). Hlavním druhem dřeviny, který se v současnosti nejvíce pro CLT používá, je smrk. K dispozici jsou však i jiné dřeviny jako například borovice lesní, douglaska a modřín. Na vnější vrstvu může být použita i borovice švýcarská (*Pinus Sylvestris*), tento druh zajistí vysoce kvalitní povrchovou úpravu exponovaných panelů (GreenSpec 2022).

První fází výroby, je sušení. Je důležité, aby byl materiál důkladně vysušen, a to přibližně na přibližně $w = 12\% \pm 2\%$. Po dosažení požadované vlhkosti se provádí strojní, v některých případech vizuální, třídění dřeva (Kuklík & Velebil 2013). Třídění je prováděno na základě

platné normy, která pro Českou republiku zní ČSN 72 2824-1. Podle této normy se materiál třídí do jednotlivých pevnostních tříd. Pro vnější vrstvy se jedná o minimálně pevnostní třídu C24 (dle ČSN EN 338) (Kuklík & Velebil 2013).

Po vyřídění následuje vyřezání jednotlivých částí lamel, ve kterých se nacházejí vady a negativně tak ovlivňují parametry materiálu. Jako další krok následuje podélné slepení lamel pomocí zubovitých spojů (dle ČSN 385) s podmínkou dodržení minimálního odsazení o 1/3 šířky lamely (dle ČSN EN 386) (Kuklík & Velebil 2013). Orientace vnějších vrstev je obvykle tak, aby vrstvy probíhaly paralelně se směrem rozpětí (GreenSpec 2022).

Ukázku napojení lamel pomocí zubovitého spoje můžeme vidět na obrázku č. 7. na obrázku č. 8 si také můžeme prohlédnout možné typy bočního spojení lamel.

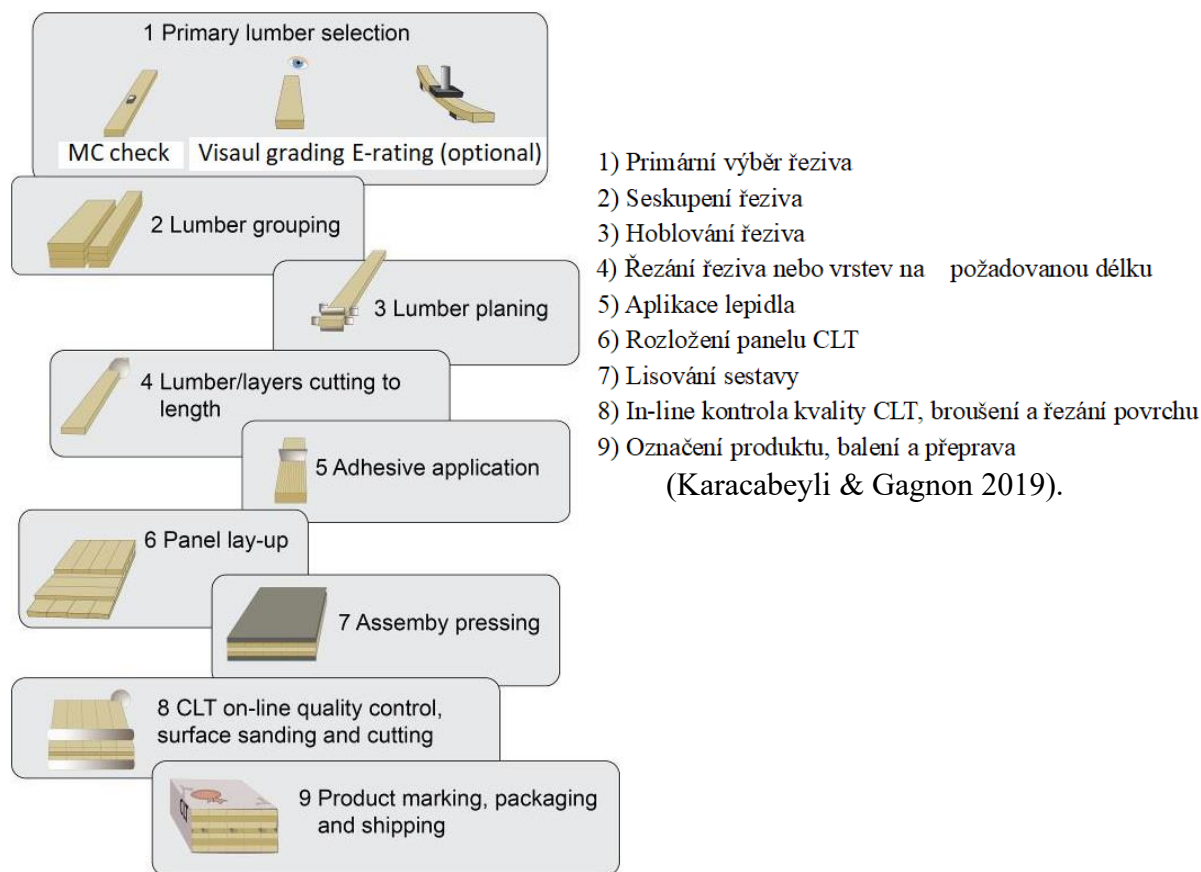


Obrázek 7: Lamely slepené do jedné desky/vrstvy pro výrobu, Obrázek 8: Lamela s různými bočními spoji, Zdroj: (Petr Kuklík)

Vzniklé lamelové pásy se následně natírají lepidlem a přilepí se kolmo k lamelám přilehlé vrstvy. Účinná přilnavost je zaručena pomocí hydraulické nebo lisové techniky (GreenSpec 2022). Poslední fází je finální opracování, po této fázi je výrobek připraven k expedici na místo stavby. CLT panel je podle požadavků dodáván ve 3 určitých třídách optické kvality: pohledová, nepohledová a průmyslová (Kuklík & Velebil 2013).

V současné době neexistuje žádná norma, která by výrobu CLT nějak zvlášť regulovala. Dnes již má většina firem pro svoje výrobky technické osvědčení. Ani požadavky týkající se navrhování CLT nejsou také zatím zahrnuty v Eurokódu 5 (Petr Kuklík).

Na obrázku č. 9 můžeme vidět schematické znázornění typického výrobního procesu CLT, podle Erola Karacabeliho (2019), který ve své knize zahrnuje následujících devět základních kroků:



Obrázek 9: Schéma výrobního procesu CLT, Zdroj: (Karacabeyli & Gagnon 2019)

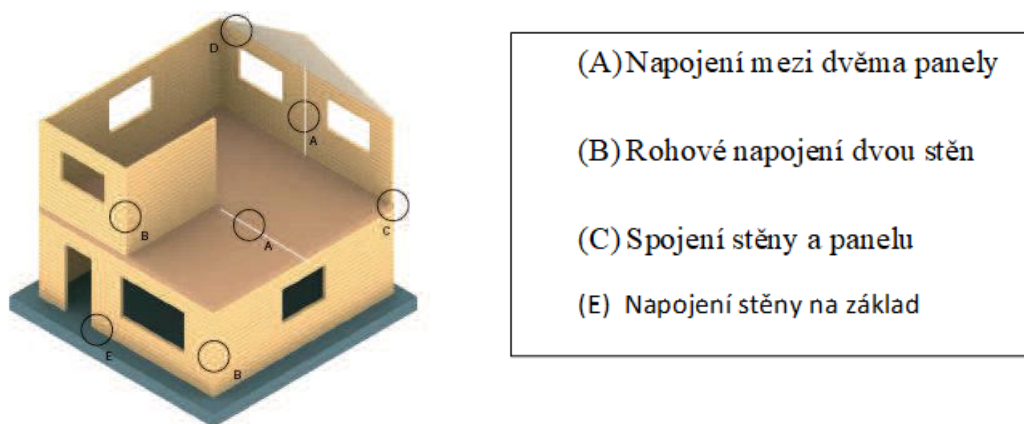
Dokončené CLT panely jsou následně rozděleny na „prvky“. Tyto prvky se většinou očišťují a expedují podle požadavků montážní plánu přímo na určené stanoviště. Na místě výstavby probíhá následná instalace panelů, která obvykle vyžaduje mobilní jeřáb, elektrické nářadí a několik tesařů či mobilních jeřábníků. Panely jsou zvedány na místo určení pomocí předem vložených háčků nebo popruhů. Jednotlivé stěny jsou umístěny na vrchní vrstvu spárovacího lože pro spoje CLT/beton a pěnová páska pro spoje CLT/CLT, v místech, kde jsou malé upevňovací desky umístěné podél linie stěn. V některých případech se na koncové zrno CLT aplikují i těsnicí pásy, aby se snížil potenciál účinku vlhkosti a vytvořily se tak vzduchotěsné konstrukce. Možné je také použití tzv. elastomerových podpěr díky kterým lze také docílit snížení účinků okolního hluku (Forest and Wood Products Australia, 2014)

Pro obecnou stavbu platí, že dodávkový vůz zaparkuje přímo na staveništi, kde je každý panel vyložen a upevněn na stanovené místo. Tyto panely jsou v jsou v nákladním vozidle naloženy v opačném pořadí, v jakém budou vyžadovány instalace. V podmínkách, kde není možné CLT panely instalovat ihned, je možné jejich vyložení a zároveň uložení nad zemí pod vodotěsným krytem. Díky relativně nízké hmotnosti panelů je běžné využívat samotnou budovu jako dočasné skladiště (Forest and Wood Products Australia, 2014).

KONSTRUKČNÍ SPOJE CLT PANELŮ

V souvislosti s výrobou těchto panelů je zapotřebí také zmínit, jakým způsobem se vůbec tyto jednotlivé konstrukce na sebe napojují. Jakými různými způsoby lze toto napojení provést, a jak tyto varianty napojení vypadají, stručně popisují níže. Pozornost v této kapitole je směřována, jak k typickým spojům CLT panelů, tak i k těm atypickým. V této části je také rozebrané téma těch nejčastějších napojení mezi CLT panely a stěnami.

Jako první jsou zde zmíněna ta nejběžnější místa, kde k napojení již zmíněných panelů dochází. Mezi tato místa je zařazeno napojení mezi dvěma jednotlivými panely, spojení dvou stěn v nároží, napojení základu se stěnou a v nakonec napojení panelu a stěny. Ukázkou všech těchto zmíněných napojení můžeme vidět na obrázku č. 10 níže.



Obrázek 10: Typy spojů CLT panelů, Zdroj: (narrative content group 2016)

Způsob spojení mezi dvěma panely

Pro napojení dvou panelů existuje několik možných typů spojení, které lze použít. Při volbě vhodného spoje závisí především na tom, zdali má konkrétní spoj přenášet ohybový moment nebo nikoli. Jak již bylo zmíněno v kapitolách více, doprava panelů na místo určení bývá často problematické, proto jsou na stavbu dopravovány po kusech, kde probíhá i jejich následné spojení. V následující tabulce si můžeme prohlédnout různé typy možných spojů s drobným popisem ke každému z nich.

Způsob napojení stěn v nároží

V případě tohoto napojení mluvíme o rohové spojení dvou nosných stěn, či napojení příčky s nosnou stěnou. Příklady možných spojů může taktéž v tabulce níže.

Způsob napojení panelu a stěny

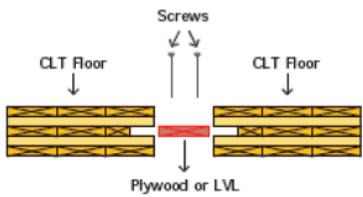
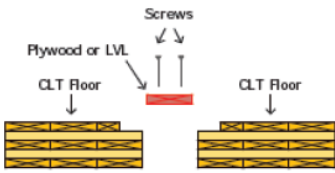
Při napojování stropní desky se stěnovým prvkem, je nejdůležitější vyhnout se spojení s čelní stranou panelu. Ukázkou provedení těchto spojů můžeme vidět v tabulce níže.

Způsob napojení panelu na základy

Napojení v těchto místech může být provedeno jak zevnitř (ocelový úhelník), tak i z venku (ocelová deska). Jedná se o spojení CLT panelu například s železobetonovým základem, které probíhá většinou pomocí použití ocelového úhelníku nebo ocelové desky. I tyto typy spojů můžeme vidět na stránce níže.

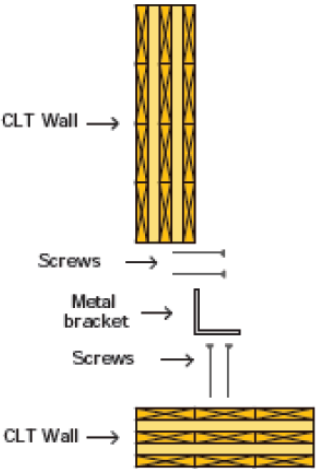
Napojení dvou panelů

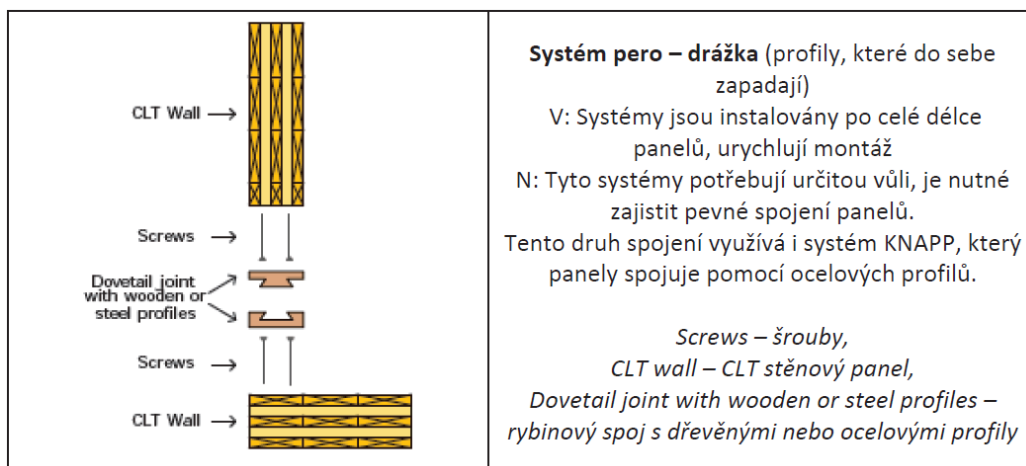
Tabulka 4: Spojení mezi dvěma panely, Zdroj: (narrative content group 2016)

| Spoj | Popis |
|--|---|
|  <p>The diagram shows two CLT floor panels (CLT Floor) joined together. A red horizontal line represents the internal insert (Plywood or LVL). Two screws (Screws) are shown passing through the top of the panels into the insert.</p> | <p>Spojení pomocí vnitřní vložky</p> <p>V: Velmi výhodné pro smyk (dvojitě přenášení smyku), poskytuje dodatečnou únosnost pro normálové a momentové (kolmo k rovině) namáhání</p> <p>N: Panely musí být profilovány už v továrně, spojení náročné na přesnost</p> <p><i>Screws – šrouby, CLT floor – CLT stropní panel, Plywood or LVL – překližka nebo LVL</i></p> |
|  <p>The diagram shows two CLT floor panels (CLT Floor) joined together. A red horizontal line represents the top insert (Plywood or LVL). Two screws (Screws) are shown passing through the top of the panels into the insert.</p> | <p>Spojení pomocí horní vložky</p> <p>V: Jednoduché a rychle spojení</p> <p>N: Jednoduché přenášení smykových sil</p> <p><i>Screws – šrouby, CLT floor – CLT stropní panel, Plywood or LVL – překližka nebo LVL</i></p> |

Rohové napojení

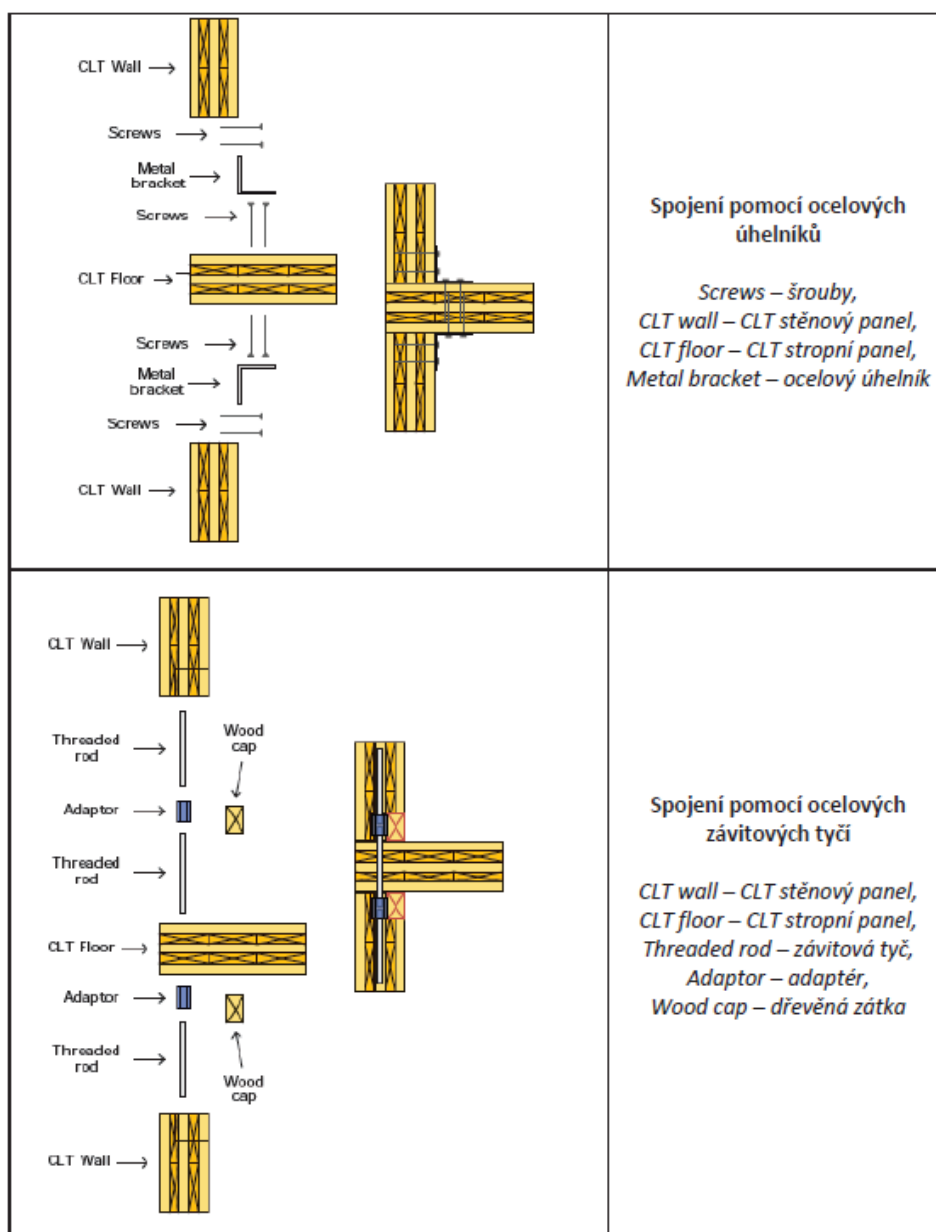
Tabulka 5: Ukázka rohového napojení panelů, Zdroj: (narrative content group 2016)

| | |
|--|---|
|  <p>The diagram shows a corner joint between a CLT wall (CLT Wall) and a CLT floor (CLT Floor). A metal bracket (Metal bracket) is used to connect them. Two screws (Screws) are shown passing through the wall and floor into the bracket.</p> | <p>Spojení pomocí ocelových úhelníků</p> <p>V: Jedno z nejjednodušších spojení, má velkou únosnost</p> <p>N: Při použití CLT jako finální úpravy interiéru není toto spojení žádoucí, navíc má menší požární odolnost než skryté spoje</p> <p>Na styku stěn je těsnící pás.</p> <p><i>Screws – šrouby, CLT wall – CLT stěnový panel, Metal bracket – ocelový úhelník</i></p> |
|--|---|



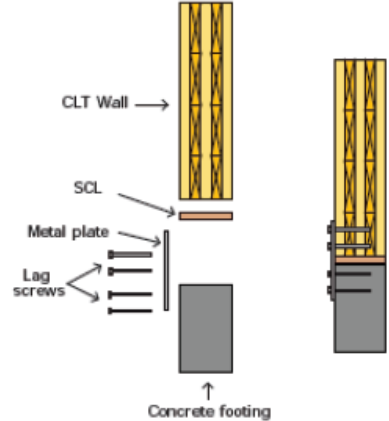
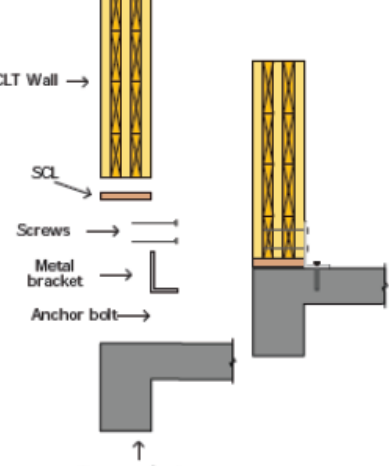
Spojení panelu se stěnou

Tabulka 6: Napojení panelu se stěnou, Zdroj: (narrative content group 2016)



Napojení panelu se základem

Tabulka 7: Ukázka napojení panelu na základ, Zdroj: (narrative content group 2016)

| Spoj | Popis |
|---|--|
|  <p>The diagram illustrates the connection of a CLT wall to a concrete footing using a metal plate and lag screws. On the left, a cross-section shows the CLT wall, a structural composite wood (SCL) layer, a metal plate, and lag screws connecting to a concrete footing. On the right, a perspective view shows the wall and footing assembly.</p> | <p>Spojení pomocí ocelové desky (vnější) Dřevěná deska chrání dřevo před vlhkostí a pomáhá vyrovnávat případné nerovnosti povrchů. Spoj je možné provést i bez dřevěné desky.</p> <p><i>CLT wall – CLT stěnový panel, Metal plate – ocelová deska, Lag screws – šrouby, SCL – strukturální kompozitní dřevo, Concrete footing – betonový základ</i></p> |
|  <p>The diagram illustrates the connection of a CLT wall to a concrete footing using a metal bracket and anchor bolt. On the left, a cross-section shows the CLT wall, a structural composite wood (SCL) layer, screws, a metal bracket, and an anchor bolt connecting to a concrete footing. On the right, a perspective view shows the wall and footing assembly.</p> | <p>Spojení pomocí ocelového úhelníku (vnitřní)</p> <p><i>CLT wall – CLT stěnový panel, Metal bracket – ocelový úhelník, Screws – šrouby, SCL – strukturální kompozitní dřevo, Concrete footing – betonový základ, Anchor bolt – kotevní šroub</i></p> |

Mezi nejčastější konstrukční prostředky pro napojení panelů z křížem vrstveného dřeva, patří především vruty, hřebíky a samozřejmě ocelové kotvy. Ve většině případech je montáž konstrukčních spojů prováděna suchou cestou.

3.9.2 Technologie CLT v České republice

Technologie CLT se začala v České republice rozvíjet začátkem 21. století. Většinu realizací na území České republiky stále zaujímají rodinné domy, velký potenciál se ale nalézá i v budovách větších rozměrů a budovách občanské vybavenosti jako jsou například školky bytové doby apod (Nešporová 2017). V průběhu 21. století došlo z hlediska využití masivních dřevěných panelů z křížem vrstveného dřeva k výraznému pokroku. Jedná se o novodobý progresivní konstrukční typ, který se během posledních patnácti let stal právoplatnou alternativou pro lehké rámové a skeletové dřevostavby. Použití této technologie na našem území je i výhodou z hlediska blízkosti předních výrobců a jejich kvalitního zastoupení včetně

technické podpory. Velký podíl na rozvoji dřevostaveb v České republice má také i tuzemská společnost Agrop Nova, a.s., která je známá svým systémem Novatop (Pavlas 2016).

3.10. VÝROBCI CLT PANELŮ V ČR

Na území České republiky lze, jako nejznámější výrobce, uvést hned dva představitele a to: rakouskou společnost Stora Enso a českou korporaci Novatop. Rozdíl mezi těmito firmami, v oblasti výroby CLT, je odlišnost v použité technologii. Panely, společnosti Stora, jsou charakteristické větším objemem a jsou složeny ze 3 vrstev. Jednotlivé tyto vrstvy dosahují tloušťky 2 cm. Panely své využití nacházejí především jako „hrubý“ stavební materiál u kterého se dále počítá s následnou povrchovou úpravou, nejčastěji se z těchto panelů dělají předstěny, které svým provedením zároveň umožňují vedení instalací po povrchu stěny. V případě přípravy skrytých drážek v panelech, například pro vedení elektroinstalace, však Stora Enso tuto úpravu neumožňuje. Důvodem je zvolená technologie i velký objem výroby. Hotové panely však můžeme využít jak na vertikální stěny, tak i na horizontální (stropy, střechy) konstrukce. Oproti zvolenému postupu výroby korporace Stora Enso, vychází společnost Novatop z technologie tzv. biodesky, kde základní prvek tvoří panel, který je složený ze tří vrstev. Vnější strany jsou tvořeny z povrchových lamel o tl. 9 mm a středové jádro je z běžného řeziva. Tento panel je díky tloušťce 84 mm dostatečně stabilní prvek, který bez jakýchkoliv překážek vyhoví jako nosná stěna pro rodinné dvoupodlažní domy a také je zde zaručena vysoká kvalita povrchu. Veškerá běžná příprava veškerých prostupů pro instalace a vrtání skrytých drážek pro vedení elektřiny, je u panelů Novatop řešeno, uvnitř stěn, v hotovém panelu na stavbě jsou pak již zrovna připravené otvory pro osazení elektro krabic. Na rozdíl od desek Stora Enso systém Novatop nám neumožňuje využití samotné desky pro horizontální konstrukce. Pro tento typ konstrukcí má však tato společnost vlastní řešení, které spočívá v použití tzv. Element a Open panelů. Myšlenka je založená na trémové konstrukci, která je spojena pomocí biodesky o tl. 27 mm, a to buď po jedné (Open), nebo po obou stranách (Element). Prostor mezi těmito trámy lze vyplnit buď tepelnou izolací, nebo v případě stropních konstrukcí mezi obytnými patry také akustickými polštáři (SAMarchitekti, s. r. o.).

Třetím výrobcem, panelů z křížem vrstveného dřeva na území České republiky, který je zde uveden, je společnost NEMA s. r. o. Jedná se o korporaci jejíž konstrukční systém CLT, jsem si zvolila pro většinovou část realizace svého projektu. Firma dominuje řadou kvalitních certifikátů, vlastním certifikovaným systémem skladeb s vysokými požárními a akustickými hodnotami a panely opracovává s přesností ± 1 mm na strojích od firmy Hundegger. Tyto CLT panely vynikají hlavně vysokou tvarovou stálostí a společnost je může dodávat jak samostatně, tak i opláštěné pomocí CNC strojů na halách. Korporace nabízí široký sortiment těchto masivních panelů, určených jak pro obvodové stěny, vnitřní příčky tak i stropní konstrukce (NEMA, spol, s.r.o.).

Dalším výrobcem CLT panelů, v České republice, který je zde zmíněn, je společnost Kasper. Tato společnost pro samotnou výrobu stěnových dílců používá nejčastěji smrkové či modřínové dřevo. Panely jsou složeny z minimálně 3 navzájem kolmých vrstev masivního dřeva, kterou jsou slepeny pomocí ekologického přípravku, bez obsahu formaldehydu.

Společnost nabízí panely jak nepohledové, tak i pohledové z jedné či obou stran. Firma Kasper je nejen výrobcem nosných stěn dřevostaveb, ale také distributorem (KASPER CZ 2023).

Mezi další známé dodavatele dřevostaveb z vrstveného dřeva v ČR patří například: 3AE s.r.o., DŘEVOSTAVBY BISKUP, s.r.o., Prodesi/Domesi, AGROP NOVA a.s. a mnoho dalších (Dodavatelé dřevostaveb Z VRSTVENÉHO DŘEVA (CLT)).

3.11. VÍCEPODLAŽNÍ DŘEVOSTAVBY Z CLT

Jak již bylo zmíněno výše, použití CLT konstrukcí je vhodné nejen pro druhy budov, typu rodinné domy, ale také pro stavby značně větších rozměrů. Technické vlastnosti těchto masivních panelů z křížem vrstveného dřeva, díky kterým je možné realizovat technologii pro stavby větších měřítek, jsou hlavně vysoká požární odolnost, vysoká prostorová tuhost konstrukce a v neposlední řadě také velmi dobré akustické vlastnosti panelů. Dalším rozhodujícím bodem, proč se rozhodnout stavět z CLT, je nepochybně vysoká rychlost výstavby a snadná montáž panelových konstrukcí a s tím spojené nízké nároky na zařízení stanoviště. Díky těmto zmíněným vlastnostem může být aplikace masivních panelů plnohodnotnou alternativou k ostatním druhům konstrukce, především pak pro železobetonové a tradiční zděné konstrukce. V souvislosti s železobetonovou a zděnou konstrukcí je třeba zmínit také přidanou hodnotu dřevěných konstrukcí, kterou vrstvený panel vyniká. Touto přidanou hodnotou je nízká ekologická zátěž budovy (Houdek 2015).

I přes značné výhody této technologie, jsou zde i výrazná úskalí, které limitují využívání dřevěných konstrukcí pro vícepodlažní budovy, a to nejen v ČR ale i po celém světě. Jedná se především o požadavky na požárněbezpečnostní řešení budov, tuhost a akustiku (Pavlas 2016).

Více o požadavku na požárněbezpečnostní řešení, jakož to současný předmět největších diskusí v oboru vícepodlažních dřevostaveb, popisují v kapitole č. 4.3.

3.12. POŽÁRNÍ ODOLNOST CLT

Na dřevo, které je uplatněné v základní nosné konstrukci bývá často nahlíženo jako na druhořadý materiál, a to hlavně z pohledu požární odolnosti. Existuje ale řada realizovaných budov o osmi a více podlažích s dřevěnou nosnou konstrukcí, které ovšem toto tvrzení vyvracejí. Dnes nám dokazují že ani z pohledu požární ochrany se nejedná o méněcenný materiál (Pavlas 2016).

Jak určitě všichni víme, v případě dřeva se jedná o hořlavý materiál. Dřevo i materiály na bázi dřeva zařazuje, dle normy ČSN 73 0862, do třídy C1, C2 a C3, tedy mezi materiály, které jsou buď těžce, středně nebo lehce hořlavé (ČSN 730802). Proto je posouzení tohoto typu budov z hlediska požární bezpečnosti podstatnou součástí projektu a může mít v neposlední řadě i zásadní vliv na celkový návrh. Požárněbezpečnostní požadavky na řešení budovy často bývají hlavním kritériem, které udává limit výšky budov na bázi dřeva. Tyto požadavky však mohou být v jednotlivých zemích výrazně odlišné (Pavlas 2016).

CLT panely jakožto masivní konstrukce, se vyznačuje výbornou požární odolností. Díky této vlastnosti bývají často srovnávány s ostatními tradičními masivními nehořlavými konstrukcemi. V případě, že se jedná o třívrstvý panel, je jeho odolnost uváděna REI30, u pětivrstvých REI60 a u sedmivrstvých panelů až REI90 (Storaenso 2014). Každý výrobce je povinen doložit požární odolnost prostřednictvím certifikátu o klasifikaci požární odolnosti jednotlivých nosných panelů, případně i celé skladby konstrukce (Novatop 2020).

Jak již bylo zmíněno, CLT je schopné samo o sobě odolat požáru, obkládat ho tedy dalším ochranným materiálem není nutné. Pokud je dřevo panelu přiznané a není na něm žádný obklad, stačí pak přidat jenom vrstvu či vrstvy navíc a panel může dosáhnout požadované požární odolnosti (Schmidt & Griffin 2013).

3.13. POŽÁRNÍ ODOLNOST OBECNĚ

V případě dřevěných prvků se požární odolnost stanoví dle rychlosti odhořívání, tvaru a rozměru konstrukce a na základě druhu namáhání. Pro teoretický výpočet je zapotřebí splnění základního požadavku, a to, aby byl ohořelý nosný prvek ještě schopen přenést maximální normové zatížení, kterému může být za požáru vystaven. Na základě této statické podmínky potom dokáže stanovit maximální přípustnou tloušťku vrstvy která odhořela a ze známé rychlosti odhořívání dřeva určíme i dobu, za kterou tato vrstva odhoří (Rusinová, Juráková, & Sedláková 2007).

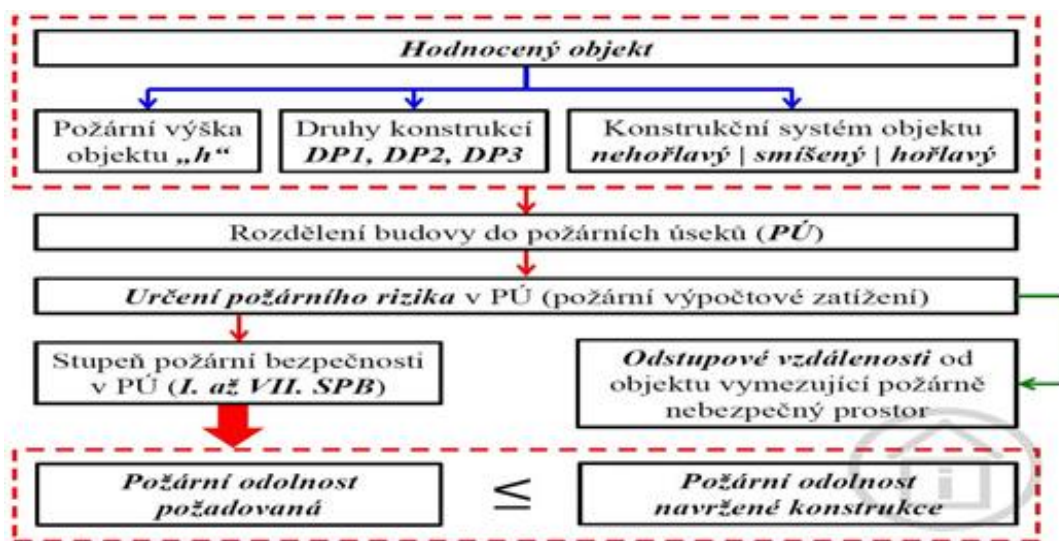
V zápisu o požární odolnosti poté nalezneme zapsány údaje jako například: jeden či kombinace více mezních stavů, klasifikační dobu a často se zde uvede i druh konstrukční části (např. R15 DP3, REI30 DP2). Požární odolnost lze tedy definovat jako: schopnost stavebních konstrukcí, ať už nosných nebo požárně dělících, odolávat po určitou dobu účinkům normového požáru. To znamená, že si materiál dokáže zachovat svou nosnost, celistvost i izolační schopnost, které jsou vyjádřené v tzv. mezními stavy (Pokorný 2013). Na obrázku č.11 níže, pak můžeme vidět schéma, jak se hodnotí objekt z hlediska požární bezpečnosti stavby.

3.13.1 Normativní omezení v ČR

Dle ČSN 73 0810, jsou z hlediska požární odolnosti, stavební prvky zařazeny do tří kategorií a to: DP1, DP2 a DP3. Toto označení nám říká, do jaké míry nám použitý prvky zvyšují či nezvyšují intenzitu požáru během doby požární odolnosti. Do kategorie DP1 spadají prvky, které tuto intenzitu nezvyšují a jsou provedeny z nehořlavých materiálů. Typickým zástupcem této skupiny jsou například železobetonové konstrukce, či zděné a ocelové. Prvky jako je dřevo nebo jiné prvky na bázi dřeva, jsou zařazeny do skupin DP2 (tj. smíšené) a DP3 (hořlavé). Do kategorie pod označením DP2, spadají taktéž konstrukce, které po dobu požární odolnosti nezvyšují požární riziko. Nosná část těchto konstrukcí ale může být provedena z hořlavých materiálů pouze za předpokladu, že budou opatřeny nehořlavou povrchovou vrstvou spadající do třídy A1 či A2. Typickým příkladem opláštění pro tento účel, je obklad z desek na bázi sádry. Do poslední kategorie, tedy kategorie DP3 řadíme takové stavební prvky, které během doby požární odolnosti zvyšují intenzitu požáru. Do této skupiny spadají dřevěné

konstrukce, které nemají další opláštění (Vaverka, Havířová, Jindrák & a kol. 2008; ČSN 73 0802).

Z hlediska požární odolnosti podléhá, dle dalšího řazení, i konstrukční systém stavby. Buď se jedná o systém nehořlavý, smíšený nebo hořlavý. Nehořlavý systém je složen ze stavebních prvků kategorie DP1. Smíšený systém je pak kombinace DP1 a DP2. Konkrétně jde o kombinaci provedení svislých konstrukcí z kategorie DP1 a vodorovných konstrukcí, které jsou zařazeny v kategorii DP2. Typickým příkladem tohoto smíšeného systému je zděná budova s trémovými stropy. Systém hořlavý se skládá z vodorovných i svislých konstrukcí spadající do skupiny DP2 a DP3. Tento systém je charakteristický pro budovy na bázi dřeva. Dřevo je zde použito jak k výstavbě stropů, tak i stěn (ČSN 73 0802; Pavlas 2016).



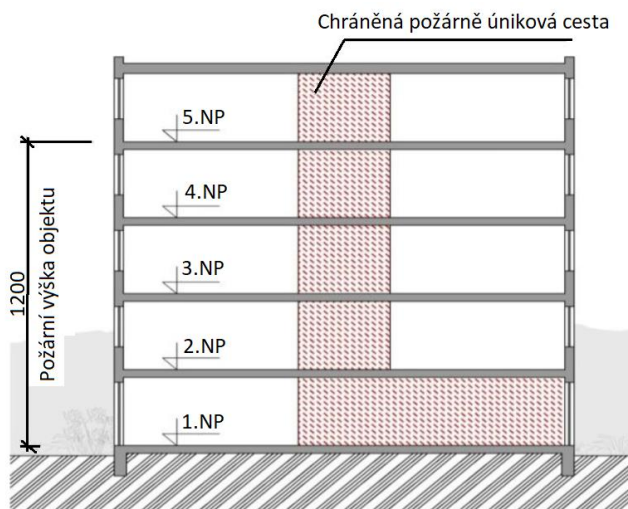
Obrázek 11: Hodnocení objektů z hlediska požární bezpečnostní stavby
Zdroj: (stavba.tzb-info.cz)

CLT panely, jakožto konstrukční systém na bázi dřeva, spadá do kategorie hořlavých systémů. Z tohoto důvodu, je zapotřebí si tento systém trochu více přiblížit.

Na budovy z materiálu na bázi dřeva, které pod tento systém spadají, se vztahují především omezení z pohledu požární výšky budovy. Tato požární výška je stanovena na 9 m, resp. 12 m. Tyto zmíněné hodnoty výšek jsou stanoveny dle normy 73 0802. V případě, že bychom chtěli navrhnout budovu dosahující maximální požární výšky 12 m, tak je vyžadováno uplatnění kombinovaných konstrukčních systémů. Samozřejmě pro jmenovitou výšku 12 či 9 metrů, je zásadní dodržet i další požadavky požární odolnosti jednotlivých konstrukcí podle již výše zmíněné normy ČSN 73 0802 (ČSN 73 0802; Kuklík 2011). Ukázkou možnosti dosažení maximální výšky těchto druhů budov, můžeme vidět na obr. č.12.

Abychom správně pochopili, co si pod požární výškou 12 m představit, je zapotřebí si definovat co vůbec požární výška znamená. Pojem požární výška je charakterizována jako vzdálenost mezi podlahou nejnižšího nadzemního podlaží a podlahou nejvyššího nadzemního podlaží. Je tedy jasné, že se nejedná o celkovou výšku budovy (Pavlas 2016).

Pokud dojde ke splnění normovaných požadavků, tak to praxi znamená že je možné realizovat stavbu na bázi dřeva s maximálním počtem pěti podlaží (Vaverka, Havířová, Jindrák, & a kol. 2008).



Obrázek 12: Možnosti dosažení max. výšky dřevostavby při dodržení výškových limitů dle požadavků požární ochrany, Zdroj: (Pavlas 2013)

3.13.2 Porovnání normativního omezení v ČR se zahraničím

V případě že si pro návrh jakéhokoli objektu zvolíme dřevo, bude pro realizaci stavby výška či počet podlaží vždy kritickým úsekem. Pro budovy ze dřeva jsou tyto specifikované pojmy kritické po celém světě a jsou omezeny příslušnými požárně bezpečnostními předpisy (Kuklík, Kuklíková, & Gregorová 2019). V níže uvedené tabulce můžeme vidět přehled povoleného počtu podlaží týkajících se vybraných zemích podle národních technických norem požární bezpečnosti. Z tabulky č. 8 je zřejmé že v mnoha případech je evropské normativní nastavení maximální povolené výšky či počtu povolených podlaží, velmi konzervativní.

Za všimnutí v tabulce také stojí zmínit skutečnost, že povolená výška vícepodlažních dřevostaveb stanovená dle normativních předpisů v České republice, je srovnatelná například i s Rakouskem, Německem nebo Polskem. Pokud zemích, viz tabulka č.8, vznikají vysokopodlažní stavby na bázi dřeva, jedná se mnohdy o stavění nad rámec standardních předpisů požární ochrany. V případě povolení této stavby, je pak výsledkem požárně inženýrský přístup, který je povolen uplatňovat i na území České republiky (Polák 2019). Tento požárně inženýrský přístup (Performance based design – PBD), je však v jednotlivých zemích rozdílný (Kuklík, Kuklíková, & Gregorová 2019). Jako příklad uplatnění tohoto inženýrského přístupu lze uvést například budovu Treet nacházející se v norském Bergenu dosahující 49 metrů, nebo přednedávnm dokončenou HoHo Tower stojící v Rakousku mající 84 metrů (Polák 2019).

Jako jednu z dalších zemí, která se od České republiky liší svými normativními omezeními v oblasti požární bezpečnosti, je možné zmínit například Norsko. Jedná se o stát, který sice nemá omezen počet podlaží dřevostaveb, ale běžně se v této zemi staví do maximální výšky 8 podlaží budovy. Tento rozsah max. počtu podlaží, je totiž obecně pro dřevostavby o

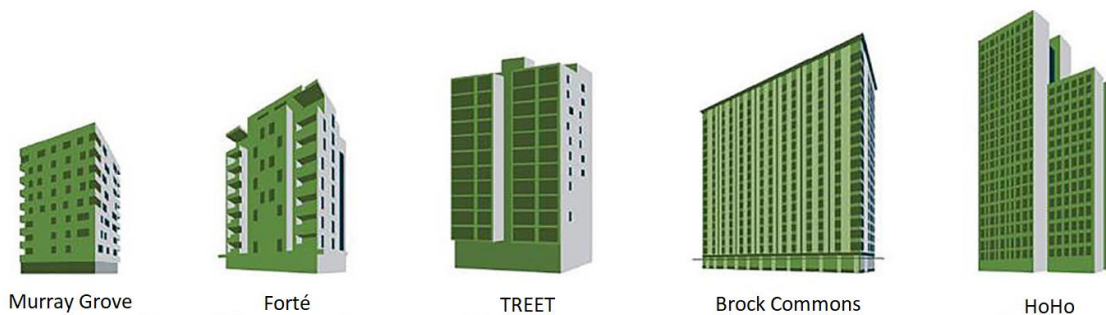
více podlaží chápán jako akceptovatelný z hlediska více méně standardního požárního zásahu. V současné době Norové staví, s využitím požárně inženýrského přístupu, výškovou budovu ze dřeva Mjøstårnet (Kuklík, Kuklíková, & Gregorová 2019). Tato stavba byla dokončena v roce 2019 a dosahuje výšky 85,4 metrů s 18 podlažími (Moelven 2022).

Tabulka 8: Výšky budov ze dřeva v Evropě a ve světě,
Zdroj: (Polák 2019)

| Země | Podlaží | | Výška (v m) | |
|--------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| | bez sprinklerů | se sprinklery | bez sprinklerů | se sprinklery |
| Rakousko | 6 | 6 | - | - |
| Belgie | neomezena | neomezena | neomezena | neomezena |
| Česko | 4 | 5 | 9 | 12 |
| Dánsko | 4 | 4 | - | - |
| Finsko | 4 | 8 | - | - |
| Francie | 15 | 15 | 50 | 50 |
| Německo | 5 | 5 | - | - |
| Řecko | neomezena | neomezena | neomezena | neomezena |
| Maďarsko | 2 | 2 | - | - |
| Island | 1 | neomezena | - | - |
| Irsko | neomezena | neomezena | neomezena | neomezena |
| Itálie | 5 | 5 | | |
| Nizozemí | neomezena | neomezena | neomezena | neomezena |
| Norsko | neomezena | neomezena | neomezena | neomezena |
| Polsko | 4 | 4 | - | - |
| Portugalsko | 2 | 2 | - | - |
| Rumunsko | 3 | 3 | - | - |
| Slovensko | 4 | 5 | 9 | 12 |
| Slovinsko | 8 | 8 | 22 | 22 |
| Španělsko | neomezena | neomezena | neomezena | neomezena |
| Švédsko | neomezena | neomezena | neomezena | neomezena |
| Švýcarsko | 6 | 6 | - | - |
| UK | 6 | 6 | 18 | 18 |
| Austrálie | 3 | 3 | - | - |
| Nový Zéland | neomezena | neomezena | neomezena | neomezena |
| Kanada | 3 | 6 | - | - |
| USA | 5 | 6 | 19,8 | 25,9 |
| Japonsko | 3 | 3 | 13 | 13 |

3.14. PŘÍKLADY VÍCEPDLAŽNÍCH DŘEVOSTAVEB VE SVĚTĚ

Podle Poláka (2019) má křížem vrstvené dřevo při výstavbě vícepodlažních staveb velkou budoucnost. Mimo již zmíněné značné výhody či dobré vlastnosti, které jsem již zmínila v kapitolách výše, se CLT panel vyznačuje i dobrými vlastnostmi jak za běžné teploty, tak za požáru. Poslední zkoušky podle Poláka (2019) prokázaly požární odolnost 10 minut. Na obrázku č. 13 níže můžeme vidět, jak se schematicky vyvíjely vícepodlažní dřevostavby ve světě v průběhu posledních let.



Obrázek 13: Ukázka schématického vývoje tvaru a počtu podlaží již realizovaných dřevostaveb, Zdroj: (Polák 2019)

Jako první na tomto obrázku můžeme vidět dřevostavbu Murray Grove, která byla postavena v Londýně. Jedná se o 8 podlažní stavbu, která byla dokončena roku 2009. Druhá v pořadí je zde budova Forté, která byla realizována v roce 2013 v hlavním městě australského státu Victoria tedy v Melbourne. Tato vícepodlažní dřevostavba čítá 10 podlaží. Třetí v pořadí je zde na obrázku zobrazen TREET v Bergenu se svými 14 podlažími a s dokončením stavby roku 2015. Předposlední zde uvedenou dřevostavbou je Brock Commons, situovanou ve Vancouveru. Tato stavba čítá 18 podlaží a bylo dokončena roku 2017. Jako poslední, a zároveň nejvyšší z jichž uvedených staveb, je tu dřevostavba HoHo se základy ve Vídni. Tato vícepodlažní dřevostavba dominuje svými 24 podlažími a byla dokončena roku 2019 (Polák 2019). Více informací o některých z těchto vícepodlažních dřevostaveb z křížem vrstveného dřeva je uvedeno níže.

FORTÉ V MELBOURNE

Forté byla, ještě před méně než 10 lety nejvyšší budovou z CLT své doby. Jak již už bylo zmíněno výše, jedná se o vícepodlažní dřevostavbu dokončenou v roce 2013 v centru Melbourne. Forté je také známá pod názvem C2East, věž, která byla navržena tak aby se v ní odrážel současný životní styl v centru města Victoria Harbour při kombinaci iniciativ životního prostředí (KVH 2012). Stavba byla realizována v oblasti velmi špatné základové půdy, a proto bylo jako hlavní konstrukční prvek vybráno dřevo. Forté byl prvním z řady plánovaných budov vyrobených z CLT v této oblasti a jednalo se také o první CLT projekt v Austrálii vůbec (Addy Saeed 2013).

V době, kdy byl projekt ve fázi návrhu, nebylo možné postavit tak vysokou budovu na bázi dřeva bez podrobného výzkumu. V roce 2016 Australská norma umožňovala navrhovat

podle schválených metod (deemed to satisfy) nebo podle alternativního návrhu, kdy ale v případě použití nových materiálů a postupů muselo být navrhování podpořeno vlastním testováním a výzkumem. Společnost LendLease, jejíž úkolem byla výstavba Forté, toto vše udělala a poznatky, které získala při návrhu Forté plánuje použít i u další výstavby, kterou plánuje v této oblasti. Část experimentu firmy LendLease, také spočívalo ve zjištění, zdali jsou vůbec lidé ochotni bydlet ve dřevostavbě. Aby bylo na první pohled jasné že se jedná o dům se dřevěnou konstrukcí, nechala korporace některé vnitřní stěny v bytech odhaleny, tedy bez použití sádkartonového obkladu. Prodej těchto bytových jednotek začal neobvykle, a to až po dokončení stavby. Během jednoho týdnu byly tyto byty vyprodány (Architecture & Design 2013).

Jak základová deska, tak i deska prvního nadzemního podlaží Forte byla postavena z geopolymerního betonu. Důvodem použití tohoto materiálu byla větší rozpětí požadovaná v prodejních prostorech, a také z důvodu obecné dobré praxe, jak udržet dřevo daleko od země. Jakmile došlo ke ztuhnutí základového betonu, byly na stavbu přivezeny CLT panely z vlastního nedalekého skladu. Po přívozu panelů na staveniště, došlo k jejich zvednutí do konečné polohy a spojení dohromady pomocí šroubů či kovových držáků. Jako první byly vztyčeny panely tvořící schodišťová jádra, které byly postaveny svisle. V okamžiku, kdy byla jádra na místě, byly panely umístěny na jejich stranách tak aby tvořily vnitřní a vnější stěny. Šířka panelu zde představuje výšku podlaží budovy. Po dokončení stěn byly na tyto konstrukce položeny podlahové panely. Tento proces se opakoval do doby, dokud nebylo dosaženo plné výšky budovy. Střecha byla řešena stejně jako každé patro (WoodSolutions 2022).

Předlohou pro tuto stavbu byla budova realizovaná v Londýně Graphite apartments, která je má 9 podlaží a dosahuje výšky 29,75 m (Polák 2019). Jak již tato vícepodlažní dřevostavba vypadá můžeme vidět na obrázcích č.14 a 15.



Obrázek 14: Ukázka Forté v Melbourne, Obrázek 15: Ukázka výstavby Forté v Melbourne
Zdroj: (Addy Saeed 2013)

BROCK COMMONS VE VANCOVERU

Jak bylo již zmíněno výše, Brock Commons je 18patrová dřevostavba, která je jednou z nejvyšších současných hybridních staveb z masového dřeva svého druhu na světě. Jedná se o studentskou rezidenci, která je umístěna nad kampusem Point Grey University of British Columbia (naturally:wood 2022). To, jak tato rezidence vypadá můžeme vidět na obrázcích č. 16 a 17.

Díky výšce 54 metrů se, tato vysoká obytná věž na bázi dřeva, stala po svém dokončení v roce 2017, nejvyšší dřevěnou hybridní budovou na světě. Tento projekt, první svého druhu, se pyšní mezinárodním uznáním a mediálním ohlasem za rozšíření možnosti vysoké výstavby ze dřeva a také odráží celosvětový zájem o udržitelnější způsoby výstavby výškových budov pro bydlení s vysokou hustotou (naturally:wood, 2022).



Obrázek 17: Ukázka Brock Commons
Zdroj: (naturally:wood 2022)



Obrázek 16: Ukázka montáže panelů
Zdroj: (naturally:wood 2022)

V současné době je Brock Commons domovem pro více jak čtyři sta studentů, nachází se zde více než 270 ateliérů a 33 jednotek se čtyřmi ložnicemi. Společné prostory, které jsou určené pro společenská setkání a studium, obklopují studenty odhaleným přiznaným dřevem a zároveň je z těchto prostor možný úchvatný pohled na Vancouver's Burrard Inlet (Acton Ostry Architects, 2023).

Konstrukce této 18 podlažní budovy, je inovativní a účinný systém z lepeného lamelového dřeva (glulam) z douglasky, řeziva s paralelními lamelami a sloupy (PSL), které přímo podepírají 5vrstvé podlahové panely z CLT, a to bez potřeby spodních nosníků. Ocelová spojka, která je zde použita konstrukční spojovací prostředek, umožňuje přímý přenos zatížení mezi sloupy a poskytuje nosnou plochu pro panely z křížem vrstveného dřeva. Opláštění stavby je řešené jako prefabrikovaný panelový systém s opláštěním pomocí dřevovláknitého vysokotlakého laminátu (naturally:wood 2022).

Stavba z masového dřeva je umístěna na jednopodlažním betonovém pódiu. Jednotlivé dřevěné komponenty jsou zapouzdřeny do sádkokartonu, za účelem zvýšení požární odolnosti. Toto materiálové řešení zajistilo rychlé schválení kódu a splnilo přísná plánová omezení. Pro interiér budovy byly použity teplé dřevěné povrchy, a to v přízemí a ve společenských a

studijních prostorách. Jak jsem již zmínila výše, sloupy jsou vyrobené z lepeného dřeva a jsou ponechány odhalené. Chodby jsou vybaveny dřevěnými dveřmi a na vestibuly výtahů byly použity, stejně jako u opláštění v exteriéru, stejné dřevovláknité obkladové panely (Think Wood 2023).

Vysoká masivní konstrukce Brock Commons dosáhla nových rekordních výšek za pomoci použití pokročilé prefabrikované konstrukce a designu. To zahrnovalo virtuální návrh a konstrukční modelování VDC. VDC je technologie, která se používá pro vizualizaci, analýzu a přijímání lepších a spolupracujících rozhodnutí v každé fázi projektu. Tato moderní technologie umožnila návrhářskému týmu testovat a odstraňovat problémy s různými řešeními, dále pak předkládat návrhy přímo výrobcí masového dřeva pro přesnou výrobu a také do detailu plánovat sekvenci a montáž stavby na místě (ArchDaily 2008).

Společnost, která se zabývala výstavbou Brock Commons, zavedla při realizaci stavby metody prefabrikované dřevěné konstrukce Just in time, která šetří čas a zvyšuje efektivitu. Všechny hlavní dřevěné konstrukční a hybridní prvky byly vyrobeny mimo stanoviště stavby, pro rychlejší instalaci na místě při dodání. Jedná se úspornou metodu z hlediska času, která pochází z výroby automobilů a zajišťuje, že na místo určení byly dodány správné materiály, a to ve správném pořadí a ve správném čase. Výsledkem účinnosti této technologie bylo, že celá hromadná dřevěná nástavba, a to včetně prefabrikovaných vnějších stěnových panelů, které byly opláštěny z dřevěných vláken a pryskyřice, byla celá zkompletována za 70 dní skupinou devíti montážníků dřeva. Dokončení těchto sestav proběhlo o dva měsíce rychleji, než bylo původně naplánováno (naturally:wood 2022).

HOHO IN WIEN

Výšková dřevostavba Hoho se stala jedním z největších městských rozvojových projektů v Evropě. Tuto stavbu lze nalézt na místě bývalého letiště Aspern, nyní v nově vznikající městské části Seestadt Aspern. Tato oblast je charakteristická tím, že obyvatelé mají výhled na nedaleké jezero a poměrně rychlý přístup k nedalekému metru. Mrakodrap se tyčí do výšky 84 metrů a disponuje 24 podlažími, které nabízí jak byty, hotel či kanceláře, tak i obchody včetně restaurací a wellness centrum. Náklady spojené s realizací hybridní konstrukce Hoho stavby vyšly na 65 milionů eur, což z tohoto projektu činilo finančně dosažitelnou investici, která byla srovnatelná s náklady na stavbu klasických železobetonových mrakodrapů (Dohnal 2021). Vzhled budovy můžete vidět na obrázcích č. 18 a 19 níže.

Celková podlahová plocha této velkolepé stavby dosahuje 25 000 metrů čtverečních, na první pohled tato vysoká hodnota vzbuzuje obavy o stabilitu dřevěné konstrukce, ale v tomto případě je to zcela zbytečné. Jedná se totiž o hybridní konstrukční řešení tohoto mrakodrapu. Dominantním materiálem je zde dřevo, které zaujímá 75%. Tento materiálem je pak dále posílen o železobetonové jádro. Navíc jsou také posílené masivní dřevěné stropy, které pokrývá tenká vrstva betonu (HASSLACHER NORICA TIMBER 2023).

Pro realizaci této výškové budovy byly také použity panely z křížem vrstveného dřeva. Developerovi, který se na tuto výstavbu zaměřoval, se podařilo navíc nalézt i místního

dodavatele dřeva, který čerpá materiál z pravidelně obnovitelných lesů. Díky tomuto faktu již zmíněný projekt získal prestižní zlaté ocenění LEED. Ocenění LEED je celosvětově respektovaný certifikační systém udržitelnosti budov (Dohnal 2021).



Obrázek 18: Ukázka HoHo stavby
Zdroj: (DERFRITZ 2022)



Obrázek 19: Detailní pohled na fasádu budovy
Zdroj: (Dohnal 2021)

Nejen interiéry ale i exteriér je řešený dřevěnými povrchy, které jsou inspirované povrchem kmenů stromů. Modřínovými deskami, které dávají fasádě dlouhou životnost, jsou pak opláštěné stěny v přízemí a prvním patře spolu s přilehlou budovou. Na zbytek naper byly použity eternitové panely, které jsou odolné vůči povětrnostním vlivům a zároveň jsou schopny izolovat hluk. Tato hybridní konstrukce má však více pozitiv, než jsem uvedla doposud. Projekt Hoho vyniká také zejména díky nízkým hodnotám produkovaných emisí. Dřevo je totiž obnovitelný a ekologičtější materiál oproti konvenčním materiálům, jako je například železo či beton, které tvoří menšinový podíl. Jedná se o uhlíkově neutrální materiál (HoHo Wien 2021).

Budova HoHo také splňuje požadavky ekologického stavitelství, finanční dostupnosti a také moderního designu. Zároveň ale také vzbuzuje obavy místního odboru týkajícího se požární bezpečnosti. I přesto, že je většina konstrukcí budovy ze dřeva, disponuje i prvky, které snižují rizika vzniku požáru. Jedním z pozitiv již výše zmíněných fasádních eternitových panelů je totiž i jejich dobrá požární odolnost. Pozitivem této dřevostavby je i to, že disponuje vysoce progresivním protipožárním systémem (Dohnal 2021).

3.15. VÝHLED VÍCEPDLAŽNÍCH DŘEVOSTAVEB VE SVĚTĚ DO BUDOUCNA

Diskuse na téma vícepodlažních staveb na bázi dřeva kolují po celém světě již řadu let. Mezi hlavní argumenty, které vícepodlažním dřevostavbám předpovídají světlou budoucnost jsou například: dřevo je obnovitelný a udržitelný materiál, stromy v sobě uchovávají CO₂, nevídaná estetická kvalita dřeva, zkrácení doby výstavby nebo také rychle měnící se legislativa

po celém světě. Jako ukázkový příklad změny legislativy ve světě, můžu uvést nový Australian Building Code, který nyní umožňuje stavět ze dřeva budovy až do výšky 25 metrů (Redakce 2017).

Mimo již zmíněné realizované vícepodlažní dřevostavby na bázi dřeva, které svou výškou dosahují několik metrů, bych zde chtěla uvést i dvě země, které mají za cíl postavit budovy dosahující daleko větších výšek. Jako první příklad takové země se tu zaměřuji na severskou zemi Švýcarsko a druhá pozornost bude věnována zemi na východě tedy Japonsku.

ROCKET&TIGERLI – ŠVÝCARSKO

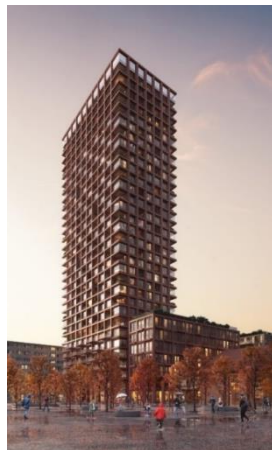
V roce 2022, představilo dánské studio Schmidt Hammer Lassen vzhled plánované nejvyšší obytné stavby na světě postavené ze dřeva. Věž by se tyčít do výšky 100 metrů a měla by nosit název Rocket & Tigerli. Tato dřevostavba by měla vyrůst na území švýcarského města Winterthur nedaleko Curychu, a to v průběhu následujících čtyř let. Mělo by se jednat o realizaci čtyř těsně navázaných budov různých výškových úrovní, z nichž jeden bude mít právě již zmíněnou výšku 100 metrů a stane dle švýcarských architektů nejvyšší budovou světa s nosnou dřevěnou konstrukcí (Petříková 2022). Ukázkou návrhu vzhledu této budovy můžeme vidět na obrázcích č. 20 a 21 níže.

Každá ze čtyř budov je něčím specifická, má svou vlastní vizuální identitu, prostřednictvím které zde vzniká silný pocit sounáležitosti mezi obyvateli, a to nejen s budovou, ve které jsou ubytováni, ale i zároveň s celou čtvrtí. Díky tomu že návrh těchto čtyř budov je vymyšlen tak aby jednotlivé budovy sloužily k rámování krajiny, je městský prostor složen ze sekvencí. Díky tomuto situačnímu uspořádání se zde vytvoří světlé průchody a také zelené plochy na úrovni ulice aktivní čtvrť s výraznou identitou (Schmidt Hammer Lassen Architects 2022).

Název této velkolepé dřevostavby Rocket&Tigerli odkazuje na lokomotivy, které byly na tomto místě v minulosti vyráběny. Stavba by měla nabízet široké spektrum využití kombinující běžné bydlení, studentské bydlení, nebo také restauraci, sky-bar, lázně, maloobchodní prostory či hotel. Tato rozmanitá škála možného využití si dává za cíl vybudovat čtvrť, která bude aktivní pro všechny, a to po celý den (Petříková 2022). Pro švýcarské architekty byl tento jedinečný projekt technologickou výzvou, při níž bude možné vyzkoušet nové konstrukční systémy. Návrh této věže představily architekti ze studia Schmidt Hammer Lassen a jejich kolegové z týmu Cometti Truffer Hotel Architects. Předmětem návrhu je navržení výrazných dřevěných trámů, které budou budoucím obyvatelům dodávat pocit, že bydlí ve výjimečné dřevěné budově. Projekt vlastně představuje tak trochu milník ve výstavbě dřevostaveb, a to nejen z hlediska nevídané výšky budovy, která by měla dosahovat 100 metrů, díky které by vytvořily rekord pro obytné budovy s nosnou dřevěnou konstrukcí, ale také z pohledu zavedení nového inovativního konstrukčního systému, který se dívá na dřevo jako na přírodní alternativu za beton. Na vývoji této nové technologie se podílela švýcarská společnost Implenia a Švýcarský federální technologický institut v Zürichu (Schmidt Hammer Lassen Architects 2022).

Při návrh vnějšího vzhledu této stavby, architekti mysleli i na okolní prostředí, a po dokončení by proto měla budova působit jako přirozené pokračování okolní architektury. Tmavě červené cihly a žluté terakotonové cihly spolu v kombinaci s detaily v zelené barvě budou sloužit pro obložení fasády. Tato pestrá barevná kombinace barev v sobě odráží již existující červené střechy a žluté cihly historických budov vybudovaných této oblasti. Kromě návrhu vhodného vnějšího vzhledu fasády, svou pozornost architekti zaměřili také na interiérovou část této stavby. Skvělou práci zde při návrhu, samotných bytových jednotek, odvedlo studio. Jeho hlavním cílem či záměrem bylo odbourat typickou nevýhodu výškových bytových domů. Tuto nevýhodu, shledávají především v absenci dostatku světla a v malém životním prostoru. Byty v Rocket&Tigerli však, díky návrhu, nabídnou budoucímu obyvateli pravý opak. Tyto byty jsou charakteristické svou velmi štedrou podlahovou plochou a neuvěřitelným přílivem denního světla. Prostory těchto bytových jednotek jsou navrženy zpravidla k univerzálnímu využití, dle individuálních potřeb potenciálního obyvatele (Petříková 2022).

A jaká je odpověď na otázku, kdy se budou moci ubytovat první potenciální obyvatelé? Konkrétní datum není v současné době pevně ustanoveno, ale zatím se stále mluví o myšlence, že první ubytování v této 100 metrů vysoké stavbě, by mělo být realizováno již v roce 2026 (Petříková 2022).



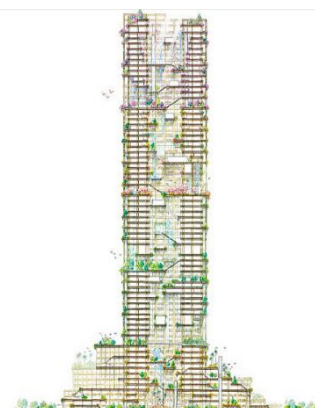
Obrázek 20: Ukázka modelu budovy, Obrázek 21: Ukázka konstrukce stavby
Zdroj: (Schmidt Hammer Lassen Architects

W350 – JAPONSKO

Společnost Sumitomo Forestry Co, Ltd začala v roce 2018 připravovat koncept W350. Jednalo se o plán na vytvoření 350 metrů vysoké výškové budovy na bázi dřeva, která by měla být dokončena v roce 2041, což by znamenalo 350 let od založení korporace v roce 1691. Cílem této společnosti je vytvořit města, která budou šetrná k životnímu prostředí a využívající dřevo, kde se stanou lesy prostřednictvím zvýšeného využití dřevěné architektury pro výškové budovy. Značná část tohoto koncepčního plánu byla zpracována ve výzkumném ústavu Tsukuba a ve výzkumném a vývojovém zařízení korporace Sumitomo Forestry. Záměrem tohoto institutu je rozšíření možností pro dřevostavby jako cestovní mapu pro budoucí technologie, jako je

například vývoj stavebních metod, technologií, které jsou šetrné k životnímu prostředí a stromů, které se stávají zdroji a stavebními materiály (Sumitomo Forestry Co., Ltd. 2018).

Jak již bylo zmíněno výše, Sumitomo Forestry navrhl koncept 70podlažního hybridního mrakodrapu převážně ze dřeva, a to k 350. výročí společnosti v roce 2041. Tato ambiciózní a do budoucna vyhlížející věž, pojmenovaná W350 by měla svou výškou skoro čtyřicetkrát přesahovat již existující 18podlažní věž Brock Commons Student Residence ve Vancouveru. Tento 350 metrů vysoký mrakodrap byl navržený již zmíněnou laboratoří Tsukuba společnosti Sumitomo a dále pak ve spolupráci s tokijskou prací Nikken Sekkei. Díky tomuto návrhu se stala tato budova nejvyšší stavbou Japonska (Ravenscroft 2018). Ukázkou tohoto mrakodrapu můžeme vidět na obrázku č.22 a 23 níže.



Obrázek 22: Ukázka modelu stavby W350, Obrázek 23: Ukázka náčrtu budovy
Zdroj: (Sumitomo Forestry Co., Ltd. 2018)

Tato výšková věž by měla z realizována z hybridní dřevěné a ocelové konstrukce s použitím 90% dřevěných materiálů (Sumitomo Forestry Co., Ltd. 2018). Dřevo spotřebované při výstavbě by mělo dosáhnout hodnoty 185 000 metrů krychlových (Ravenscroft 2018). Bude zde použita vyztužená trubkovitá konstrukce, ve které budou umístěny výztuhy pro regulaci vibrací ocelového rámu (diagonální výztuhy), situované uvnitř nosíkové a sloupové konstrukce vyrobené z kombinace dřeva a oceli (Sumitomo Forestry Co., Ltd. 2018).

Na vnější straně stavby by se měly vyjímat balkony, které obléhají budovu ze všech čtyř stran. Tento balkonový prostor je navržený tak aby budoucím obyvatelům dávala možnost vychutnat si čerstvý venkovní vzduch, bohaté přírodní prvky a sluneční záření. Navržená zeleň navazuje ze země až k nejvyšším pater s balkonovou částí a také bude nabízet pohled na biodiverzitu v městském prostředí (Sumitomo Forestry Co., Ltd. 2018). Ukázkou návrhu těchto balkonů můžeme vidět zde na obrázku č. 24.



Obrázek 24: Ukázka provedení balkonů u W350
Zdroj: (Sumitomo Forestry Co., Ltd. 2018)

Společnost Sumitomo Forestry odhaduje předběžnou částku nákladů ve výši 4,2 miliard liber. Tato hodnota představuje téměř dvojnásobek, oproti konvenční výškové budově, která byla postavena se současnou technologií. Korporace se však bude snažit tyto náklady, a to díky vývoji nové technologie (Ravenscroft 2018).

Již v historii se většina budov stavěla ze dřeva, riziko požáru se však díky počtu dřevěných budov výrazně snížilo. Důležitým milníkem ve výstavbě budov ze dřeva byl rok 2010, kdy byla realizace těchto budov podpořena zákonem o podpoře používání dřeva ve veřejných budovách (Ravenscroft 2018). Japonsko si dalo cíl, stát se světovým hráčem co se týče technologie pro zvýšení možností dřeva. Dále se pak snaží vyvolat a zvýšit přitažlivost lesů, zdrojů dřeva, zeleně a stromů, aby přispěli k lidem, korporaci a globálnímu životnímu prostředí (Sumitomo Forestry Co., Ltd. 2018). Plány spojené s věží W350 jsou poslední z řady návrhů na konceptuální dřevěné mrakodrapy (Ravenscroft 2018).

3.16. VÝHLED VÍCEPDLAŽNÍCH DŘEVOSTAVEB V ČESKÉ REPUBLICĚ DO BUDOUCNA

Co se týče výhledu vícepodlažních dřevostaveb do budoucna, Česká republika za tím tohoto žebříčku nejvyšších staveb na bázi dřeva příliš nezasahuje. Důvodem jsou, nikoli nedostatek znalostí a technologie, ale stanovená striktní legislativa. Pro to, aby se v České republice prosadila mírnější legislativa, bojují s odkazem na mnohé zahraniční projekty celé týmy českých stavitelů a architektů. V roce 2017 dokonce tyto architekti a stavitelé uspořádali společnou mezinárodní konferenci zvanou Grow UP na toto téma. Zdali se i u nás budeme v blízké budoucnosti setkávat i se stavbami jako je například již výše zmíněný Treet nebo W350, je zatím podle všeho nepravděpodobné (Hýrková 2018). Jediný příklad pokusu o nejvyšší dřevostavbu v České republice můžu uvést projekt, který byl představen v roce 2017 v Praze v rámci veletrhu Dřevostavby.

12 METROVÁ BUDOVA – HOLEŠOVICE

Jedná se o výškovou budovu, která se skládá ze čtyř podlaží a její hlavní nosná konstrukce se skládá z těžkého dřevěného skeletu (BSH) a z masivních dřevěných panelů (CLT) z křížem lepeného dřeva. Jak jsem již zmínila v předchozí kapitole, Česká republika je, co se týče výšek budov legislativně limitována dvanácti metry. Tato výška je počítána od prvního podlaží po podlahu posledního podlaží. V případě charakterizované stavby na výstavišti v pražských Holešovicích, však činila tato výška 13,180 metrů (Růžička 2017).

Ve spodní části byla situována kavárna, kde bylo možné sedět, a v následujících patrech se nacházela moderní kancelář, hotelový pokoj a obytná zóna. Stavbu projektovali zástupci známé společnosti Prodesi, konkrétně Ing. Monika Moravcová a Ing. Jakub Smeykal (Prodesi|Domesi 2017). Ukázkou této 12 metrové stavby, postavené v Holešovicích, můžeme vidět na obrázku č. 25.

Konstrukční systém se skládá z kombinace masivního skeletu (BSH) a CLT (Novatop) stěn pro zavětrování konstrukce. Stropy zde byly navrženy ve třech provedeních a to: trémový s pohledovými trámy, stropní element od Novatopu a varianta stropu z dřevěných I-Nosníků od společnosti Steico. Jako spojovací prvky bylo použito množství styčnickových plechů v nároží, skryté patky pro trámy, dále pak horní a dolní plechy pro ztužující áčka a také množství šroubů a vrutů, matek či podložek a úhelníků. Celkem se jednalo o desítky na míru vyrobených styčnickových plechů a stovky kusů spojovacího materiálu. Pro realizaci masivního skeletu byly použity BSH sloupy, ke byly opracovány na CNC stroji a měli průřez 200/200 mm, průřez průvlatku trámu činil 200/400. V případě CLT prvků, se jednalo o 84 mm silnou ztužující stěnu



Obrázek 25: Ukázka 12 metrové věže
Zdroj: (Růžička 2017)

v přízemí a 62 mm silné stěny ve zbylých podlažích. K již výše zmíněnému zavětrování pomohlo také provázání OSB deskami v úrovni stropů. Převážně o tomto zavětrování mluvím o provedení v přízemí a vnitřní příčce v druhém patře a o ztužujících áčkách z BSH (Růžička 2017).

Protože se jedná o vícepodlažní budovu, je zapotřebí zmínit i důležitý pojem statika. Konečné statické řešení tohoto projektu zpracovala společnost RECOC, se kterou korporace Prodesi dlouhodobě spolupracuje na vývoji vícepodlažních dřevostaveb i jiných podobných projektech (Růžička 2014).

3.17. ÚVOD DO MULTIFUNKČNÍHO FITNESS CENTRA

Jak již název diplomové práce napovídá, tématem této práce není pouze návrh dřevostavby za pomoci technologie CLT, ale konkrétněji se jde o zaměření i na návrh vícepodlažního multifukčního fitness centra. Abychom jsme si dokázali představit na jaký druh stavby je zde svedena pozornost, je zapotřebí vymezit si i základní charakteristiku multifunkčního fitness centra.

Před definováním pojmu fitness centrum, je nezbytné si nejdříve charakterizovat samotný pojem fitness. Není jednoduché jednoznačně definovat co se pojmem fitness skrývá, neexistuje vlastně jedna jediná správná definice či vymezení. „Dle sportovní medicíny lze fitness chápat jako kombinaci ohebnosti, síly a kardiovaskulární vytrvalosti“ (Maguire 2008). Dalším a zároveň nejrozšířenějším vymezením tohoto pojmu je vymezení fitness jako „cvičení ve fitness centrech. Náplní je například jak cvičení s volnými činkami, tak i cvičení na trenažérech či další doplněné aktivity jako jsou aerobní aktivity na speciálních trenažérech atd (Stackeová 2002).

Fitness centrum je tedy definováno jako zařízení, jehož prostory slouží k provozování fitness. Většinou jedinců je tento prostor chápáný, jako zařízení, které veřejnosti umožňuje

zlepšovat jejich sílu, ohebnost a vytrvalost, a to vše pod jednou střechou. V dnešní době se většinou ovšem jedná o posilovnu, která tvoří základ fitness centra a tato část je doplňována o další sály, které slouží například pro skupinová cvičení či další služby, mezi které řadíme například prodej potravinových doplňků, sauna, bazény či solárium nebo také masáže.

A v čem bude mnou navržené fitness centrum multifukční? Můj návrh je orientován nejen na zázemí pro fitness ale také na prostory pro odpočinkové vyžití. Tato relaxační zóna bude určena pro všechny potencionální návštěvníky ale především i pro rodiny s dětmi. Součástí bude také malé zázemí právě pro děti a malá místní prodejna zaměřená na prodej sportovních doplňků.

3.17.1 Pohled na fitness centra z hlediska typologie

Dnes, v době 21. století, již existuje celá řada center, která se zaměřují na poskytování služeb z hlediska fitness. Každé z těchto fitness center se od sebe navzájem odlišují, ať už z pohledu zaměření na cílovou skupinu nebo množství nabízených služeb, tak i z pohledu architektonického. Za celou dobu existence center tohoto zaměří, bylo realizováno přes tisíc těchto staveb o různých velikostech a také o různých půdorysných tvarech. Podle České komory fitness, k roku 2019, na českém trhu operuje kolem 1000 – 1200 fitness center (Benešová 2019).

Jak již bylo zmíněno výše, jeden z rozdílů mezi fitness centry je také jejich velikost. Podle této veličiny můžeme tato centra rozdělit na malá, střední, a velká. Do skupiny malých center zařazujeme takové stavby jejich půdorysná plocha se pohybuje v rozmezí 30 až 100 m². V těchto centrech se můžeme často setkat s pocitem přátelské až rodinné atmosféry, omezujícím parametrem je zde však již zmíněná velikost, která limituje možnosti vybavení fitness centra. Střední velikostí jsou charakterizována centra jejich půdorysná plocha dosahuje velikosti od 100 do 350 m². Ve stavbě této velikosti už možné vybavit posilovnu všemi potřebnými stroji či jinými doplňkovými službami. Skupině velkých fitness center dominují stavby s půdorysnou plochou přesahující 350 m². Hlavní výhodou velkých center je především množství nabízených strojů a dalších poskytovaných služeb. Výhodou je samozřejmě také upokojujání většího počtu zákazníků najednou. Nevýhodou však může být absence intimní atmosféry a s tím spojený nedostatek soukromí při cvičení (Kolouch & Boháčková 1994).

Nejen dle velikosti, ale i podle dalších kritérií, můžeme fitness centra rozdělit, a to již dle zmíněných nabídek služeb a, nebo vybavení. Na to, jaký druh fitness centra bych chtěla navrhnout, má ovšem především vliv zvolná cílová skupina návštěvníků. Je totiž rozdíl mezi tím, jak by mělo vypadat centrum které je určené kulturistům, a prostory které navštěvují především ženy. To je důvodem, proč v současné době vznikají fitness centra, která se buď specializují pouze pro ženy či se orientují na rodiny nebo na mladé klienty či seniory. V případě center orientovaných na rodiny, jsou tyto prostory vybaveny například dětským koutkem nebo i prostory nabízející cvičení pro děti. Podle toho, na jakou cílovou skupinu se zaměříme, se může kromě vybavení prostor, lišit i druh přehrávané hudby, která bude znít z reproduktorů. Jiná hudba bude provázet klienty při cvičení ve fitness centrech na venkově a jiná ve městě.

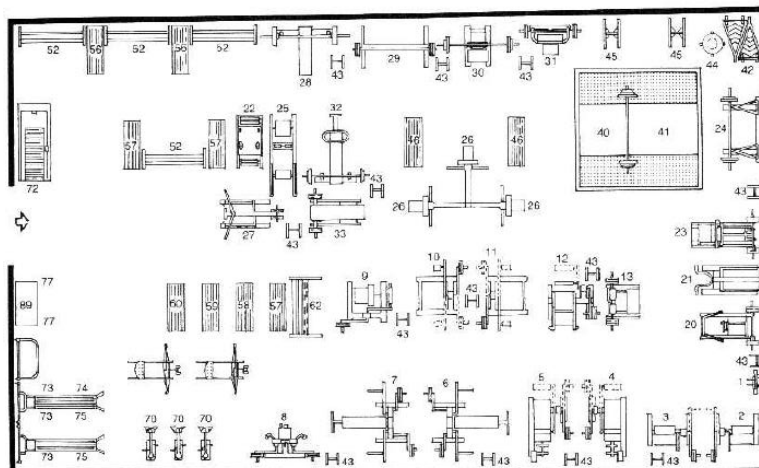
Kromě vybavení a druhu hudby, je cílové skupině, přizpůsobený i vzhled a personál fitness center (Maguire 2008).

S návrhem fitness centra z hlediska typologie, je spojena celá řada norem. Hlavní klíčovou normou, nezbytnou pro návrh stavby, je technická norma ČSN EN 17229 (940400). Jedná se o dokument, který nám stanovuje základní minimální požadavky na poskytování fyzické aktivity ve fitness centrech. Tato norma také obsahuje manažerské a provozní postupy, které jsou zaměřené na nabízení a poskytování služby ve spojení s požadavky na vhodný výběr a umístění vybavení (Hrazdil 2021). Jako další normy, kterými je nezbytné se řídit při návrhu, bych chtěla uvést ČSN EN 12503 Sportovní žíněnký, ČSN EN 957-1 Stacionární tréninkové zařízení, ČSN EN 12193 Světlo a osvětlení – Osvětlení sportovišť, ČSN EN 15312 Víceúčelové sportovní zařízení s volným přístupem – Funkční a bezpečnostní požadavky, zkušební metody.

Z pohledu typologie Navrátil, Mudr a Malý (2010) uvádějí dvě prostorové formy fitness centra a to: vícepodlažní a jednopodlažní, dále pak dvě možnosti řešení funkčních částí a to: halové řešení a rozdělení do více místností. Recepce je situována ve vstupním prostoru, kromě přivítání klientů, může nabízet i doplňkový prodej jako je například prodej sportovních doplňků, nápojů atd. Samozřejmě na recepci probíhají i úhrady konzumovaných služeb, které jsou návštěvníkovi zaznamenávány elektronicky na účet během spotřeby při pohybu po centru. Prostor obklopující recepci je často řešen jako odpočívárna a jako místo pro setkání. Dále na tento prostor navazuje hygienické zázemí, které je tvořeno šatnami, záchody či sprchami. Šatny by měly být navrženy tak aby byly prostorově stísněné. Toto šatnové zázemí bývají často rozděleny na nečisté a čisté. Při navrhování je nezbytné také mít na paměti, že prostory určené pro fitness musí mít zajištěnou požadovanou výměnu vzduchu a také myslet na snadný úklid všech provozních místností.

Dle normy ČSN EN 12193, jak jsem již zmínila výše, by měly být prostory dostatečně osvětleny. Jako vhodná barva světla, se doporučuje teplejší odstín, ve kterém má lidská kůže přirozený odstín. Stěny tvořící obvod cvičebních prostor by měly být obloženy zrcadly, a to z důvodu, aby sportovec mohl při vlastním cvičení sám sebe kontrolovat při správném držení těla. Z pohledu zdravotního je sportovce důležité sledovat, jaký způsobem, a zdali vůbec správně pohybují se zatěžovaným pohybovým aparátem. Dále by měla být v návrhu správně zvolena podlaha, z důvodu hygienického, by se mělo o jednat o bezprašné povrchy, na příklad koberce jsou jako podlaha v těchto prostorech určitě nevhodným řešením. Jako vhodná varianta se osvědčily sportovní povrchy na bázi plastů či gumy. Předností těchto materiálů je určitě odolnost vůči mechanickému poškození, se kterými se nejčastěji setkáváme například u plovoucích podlah při pádu činky či jiného náčiní (Navrátil, Mudra, & Malý 2010).

V případě posiloven a fitnesscenter jejichž kapacita se pohybuje v rozmezí 40 -45 osob musíme vycházet z velikosti prostoru minimálně 200 m². Ukázku řešení takové prostoru můžeme vidět na obrázku č.26 níže. Světla výška všech těchto místností je stanovena na 3,0 m. Při návrhu je také zvolit šířku místností 6 m, tato šířka je vhodná z hlediska optimálního postavení přístrojů do dvou řad. Délka těchto místností by měla být 15 m, a to především z důvodu přehlednosti při tréninku (Neufert 2000).



Obrázek 26: Příklad posilovny o velikosti 200 m² (Neufert 2000)

V případě pohledu na samotnou posilovnu, by měla být tato místnost, v provozním schématu fitness centra, situována tak, aby byl návštěvníkům umožněn strečink či rozcvičení v kardiozóně i před ostatními sportovními aktivitami, které jsou ve fitness centru nabízené. Část posilovny pro kardiovaskulární neboli vytrvalostní trénink, často také označováno jako kardiozóna, je většinou oddělována do samostatné místnosti. Tento prostor je vybaven zařízením jako jsou běžecké pásy, veslařské trenažery, steppery či rotopedy. V této místnosti je předvíám dlouhodobější vytrvalostní trénink, proto zde bývají umístěovány velkoplošné TV projekce, které by měli přispět ke snížení psychické zátěže klienta. Tyto stejné TV monitory, jsou z totožného důvodu, instalované i v hlavním prostoru posilovny spolu s reproduktory pro prostorové ozvučení (Navrátil, Mudra, & Malý 2010).

Součástí nabídky fitness centra často bývá i možnost umělého opalování v soláriu. Tuto možnost využívají jak sportovci, tak i klienti bez sportovních zájmů. Prostory se soláriem byly měly být tedy situovány v úzké vazbě na recepci, klienti totiž nepotřebují vstupovat do šatny či umývárny (Neufert 2000).

Své prostory, tj. šatnu a místnost pro provedení vstupního pohovoru s klientem, tu také naleznou osobní trenéři. Náplň práce těchto osobních trenéru většinou spočívá v práci s klientem, se zaměřím na sestavování jeho tréninkového plánu (Navrátil, Mudra, & Malý 2010).

Běžnou službou, kterou v dnešní době fitness centra také nabízejí, jsou regenerační prostory. Tyto prostory jsou navrhovány i případě této diplomové práce, proto jim je i zde věnována menší pozornost.

Regenerační prostory, jako je sauna, bývají často zřizovány u větších sportovních objektů a ve většině případech jsou navštěvovány profesionálními i amatérskými sportovci. Funkce tohoto zařízení spočívá v odstranění mimořádné fyzické a psychické zátěže vzniklé při náročném cvičení. Místnosti jsou specifické svými provozními a hygienickými požadavky. Jedná se o prostory, které jsou vybavené nákladnými zařizovacími předměty a technologií. Návrh těchto prostor, včetně vybavení, kapacity a provozování, je nezbytné konzultovat a řešit spolu se sportovním lékařem, trenérem a dalšími odborníky (Neufert 2000).

Součástí regeneračních prostor jsou takzvané základní provozní celky, které obsahují vstupní část, komunikace, šatny, umývárny, WC sportovců, suché prostory regenerace, mokré prostory regenerace a samozřejmě saunu. V případě úseků jako je vstupní prostor a komunikace, dělíme tyto prostory dle hygienických požadavků na čisté a nečisté. Na vstupní prostor, často na nečisté straně, navazuje recepce, jejíž funkcí je výdej prádla (sklad čistého a použitého prádla), případně i prodej či možnost občerstvení a krátkodobého posezení. V tomto případě se však považuje za vhodné doplnit tuto vstupní část o samostatné WC. Když se zaměříme na šatny, ty jsou děleny na dvě části, konkrétně na čisté a nečisté zóny. Tyto zmíněné zóny by se navzájem neměly křížit. Nejčastějším způsobem, jak tomu zabránit, je použití tzv. obkročné lavičky pro oddělení nečisté a čisté části. V případě stanovení počtu zařizovacích předmětů, nacházejících se v umývárkách a toaletách sportovců, neplatí pro tato zařízení žádné závazné normy. V tomto případě se držíme obecných hygienických požadavků (Navrátil, Mudra, & Malý 2010). Pro představu je zde uvedena tabulka č. 10. s počtem jednotlivých zařízení, v těchto prostorech, jak pro muže, tak pro ženy.

Počet sprch je v umývárkách stanovený tak aby odpovídal kapacitě šaten v poměru 1 sprcha na 3-5 míst v šatně (Miškovský & et al. 1981).

Tabulka 9: Stanovení počtu zařizovacích předmětů dle (Miškovský a kol. 1981)

| | pisoiáry | umývadla | WC |
|-------------|----------|----------|----|
| Muži | | | |
| 1–10 osob | 1 | 1 | 1 |
| 11–35 osob | 2 | 2 | 1 |
| 36–60 osob | 2 | 3 | 1 |
| Ženy | | | |
| 1–10 osob | 1 | | 1 |
| 11–25 osob | 2 | | 1 |
| 26–45 osob | 3 | | 1 |

Suché prostory regenerace jsou charakteristické tím, že v případě vhodných podmínek nemusí být děleny podle pohlaví. Tyto prostory jsou vybaveny různými masážními přístroji, regenerační posilovnou či víceúčelovým sálem a dále pak například

vybavením podle doporučení sportovního lékaře (Navrátil, Mudra, & Malý 2010). V tabulce č. 9 můžeme vidět příklad plošných doporučených standardů pro některé vybrané prostory.

Tabulka 10: Doporučené plošné standardy některých částí (Miškovský a kol. 1981)

| prostor | max. doporuč. kapacita | plošný standard |
|------------------------|------------------------|--|
| suché prostory | | |
| regenerační posilovna | 6 | 36 m ² |
| víceúčelový sál | 6 | 4 m ² /osoba |
| masážní přístroje | 4 | 2 m ² /osoba |
| mokré prostory | | |
| bazénová část | 16 | 6,5 m ² /osoba |
| vanové a podv. masáže | 3+1 | 5 m ² –12 m ² /osoba |
| vířivé a šlapací lázně | 2+2 | 3 m ² /osoba |
| vodní stříky | 1 | 14 m ² |
| ruční masáže | 4 | 8 m ² /osoba |

Mokré prostory regenerace jsou charakterizované jako místa, která vyžadují oddělení podle pohlaví střídavý provoz. Hlavní náplní těchto prostor jsou podvodní a vanové masáže, vodní stříky, dále pak také parní lázně, vířivé a šlapací lázně, nebo ruční masáže a další (Navrátil, Mudra, & Malý 2010).

Jako poslední provozní celek jsou zde uvedeny sauny. Pojmem sauna je označována soustava prostorů pro horkovzdušnou potní lázeň. Pokud je toto zařízení součástí sportovní centra, může mít vazbu na šatnovou část, nebo může být realizován jako samostatný provoz s vlastní šatnou. Při navrhování saun se řídíme danými požadavky dle vyhlášky č. 135/2004 Sb., která nám stanovuje, jaké jsou hygienické požadavky na koupaliště, sauny a také jaké jsou limity písku jsou stanoveny na pískovištích venkovních hracích ploch. Hlavní prostorem sauny je tzv. prohřívárna. Tato místnost má vysoké nároky na dokonalé provedení tepelné izolace stěn s parotěsnou zábranou a také na zajištění přívodu a odtahu vzduchu správným směrem (Neufert 2000). V tabulce č. 11 můžeme vidět plošné standardy týkající se prostorů sauny, a to dle výše zmíněné vyhlášky.

Tabulka 11: Plošné standardy prostorů sauny dle vyhlášky č. 135/2004 Sb.

| prostor | plošný standard, počet | další údaje |
|---|--|------------------|
| umývárna: počet sprch | 1 sprcha /4 místa v ohřívárně | |
| WC | min. 1 WC /100 mužů | |
| | dále 1 pisoár /každých 50 mužů | |
| | min. 1 WC /každých 50 žen | |
| prohřívárna | 2 m ³ /osob | min. s.v. 210 cm |
| vnitřní ochlazovna s ochlazov. bazénkem | 0,5 m ² /1 místo v prohřívárně | |
| vnější ochlazovna | min. 2,0 m ² /1 místo v prohřívárně | |
| odpočívárna | min. 2,0 m ² /1 místo v prohřívárně | |

Teplota v hlavní části sauny může dosahovat až 110 °C. Interiérový dřevěný obklad spolu s lavicemi a lehátky, která jsou alespoň ve dvou různých výškách, by měly být provedeny z obroušeného, měkkého suchého dřeva. Toto dřevo by mělo být bez smolných ložisek a bez napouštění a barvení. Na prohřívárnu pak dále navazuje ochlazovna, která může být jak vnitřní, tak i vnější, každopádně v obou případech mluvíme o zařízení sloužící k ochlazení těla. Provozním centrem sauny je umývárna, která je vybavena sprchami a navazuje přímo na šatnu (Navrátil, Mudra, & Malý 2010).

Pro příjemný pobyt v sauně a ostatních prostorech pro regeneraci je kromě bezchybného provozního návrhu, také věnovat pozornost kvalitě návrhu interiéru. Je nezbytné zařídit nejen dostatek přístupu denního světla ale také akustickou pohodu. U mokřích provozů je většina povrchů řešena, dle hygienických požadavků, keramickými obklady, které odrážejí zvuk, a jsou proto akusticky nevhodné. Proto abychom dosáhli akustického útlumu, musíme volit jiné vhodnější materiály. Požadavkem je také aby všechny prostory musí být náležitě vytápěny a větrány. Pokud pro větrání nestačí pouze přirozená výměna vzduchu okny, musí být zajištěno větrání pomocí nuceného větrání (Neufert 2000).

Na obrázku č.27 můžeme vidět ukázkou provozního schématu samostatné sauny.

1. čekárna, 2. šatna s obkročnou lavičkou,
3. umývárna, 4. potnice, 5. WC, 6. odpočívárna,
7. vnější ochlazovna, 8. ochlazovací bazének,
9. recepce, 9. recepce, 10. přípravná, 11. technická místnost



Obrázek 27: Schéma sauny pro 5-6 osob (Navrátil, Mudra, & Malý 2010)

3.17.2 Fitness centra v České republice

V současné době, v České republice můžeme narazit na fitness centra takřka na každé rohu. Jedná se o centra, která jsou zaměřena převážně na určité skupiny lidí například existují fitness centra pouze pro ženy či muže, fitness pro seniory, fitness zaměřená na funkční trénink apod. Ve všech případech jsou stavby těchto fitness center navrženy z neekologických materiálů jako je například beton. Je v málo případech jsem se setkala se zapojením dřeva či materiálů na bázi dřeva, do návrhu realizace budovy. Dřevo zde pokaždé zaujímal pouze funkci estetickou a jednalo se o interiérové prvky.

V mé diplomové práci je navrhnutý pravý opak. Navržené multifunkční centrum bude vhodné pro všechny kategorie lidí bez škatulkování, s možností nejen sportovního vyžití. Toto multifunkční centrum budou moci navštívit, jak vrcholový sportovci, tak i rodiny s dětmi, lidé, kteří se sportem teprve začínají, nebo také lidé starších věkových kategorií, jako například senioři. Projekt je navržený jako dřevostavba, takže dřevo bude důležitým prvkem nejen pro estetický dojem, ale i jako nosná konstrukce stavby.

3.17.3 Fitness centra z materiálu na bázi dřeva ve světě

FITNESS & WELLNESS CENTRUM UBC-O

Jako první ukázkový příklad použití materiálů na bázi dřeva, pro hlavní konstrukční systém dřevostavby ve světě, lze uvést Fitness a wellness centrum v kampusu UBC V Okanaganu. Jedná se o kanadský projekt, který je výsledkem soutěže design-build. Cílem této soutěže je předvést inovativní technologii dřevěných konstrukcí a také zároveň poskytnout, jak nová tréninková zařízení pro studentské sportovce, tak i nový prostor určený pro kardio trénink, jógu, silový trénink, bojová umění atd (UBC PROPERTIES TRUST).

Když byl prováděn průzkum pružné konstrukce značného rozpětí, byly CLT panely přetvořeny na hluboké, štíhlé trámy, které byly vzájemně proříznuty. Důvodem průřezu, bylo vytvoření buněčné mřížky, která podpírá vnější plášť. Vytvořené trámy spolu s mřížkou ve spojení s CLT sloupy pak tvoří jednotný ucelený rámec. Tato zvolená buněčná strategie se stala

základem některých nejúčinnějších struktur vytvořených přírodou: lehkých materiálů, které jsou pevnější, a to díky své voštinové geometrii (McFarland Marceau Architects 2022).

Jako zajímavost lze také uvést skutečnost, že zde byla navržena sada dílů z balzového dřeva podobně jako u modelu letadla, a to hlavně z důvodu využití jednoduchosti a rychlosti konstrukce CLT. Složité tvary, které se v objektu nacházejí, byly efektivně řezány z obdélníkových velkých listů křížově laminovaného SPF řeziva s min. odpadem. Jednotlivé díly byly poté na místě napojeny pomocí kolíků a zásuvek z nerezové oceli (UBC PROPERTIES TRUST).

V celém tomto realizovaném návrhu byl vyvinut jazyk z masového dřeva, přičemž vlastnosti CLT se staly základní nedílnou součástí systému budovy. Příkladem jsou hluboké CLT kazety střešní konstrukce. Ukázkou těchto CLT kazet můžete vidět na obrázku č 28. níže. Výhodou této konstrukce je, že poskytuje velké plochy pro nasměrování světla, akustické tlumení či skrytí sprinklerů (Kindred Construction 2022).

Celé toto fitness centrum bylo vybudováno díky finančnímu daru od zakladatelské rodiny Kelowna Flightcraft, Barry Lapointe a Mary Jo Schnepf a jejich zaměstnanců. Pomocí tohoto daru, jehož výše činila 3,5 milionu dolarů, vzniklo první a jediné fitness centrum postavené pro tento účel na akademické půdě, které bylo otevřeno v létě roku 2013 (The University of British Columbia 2013).

Možnosti sportovního vyžití jsou zde různorodá. Na horní úrovni, hlavní fitness centrum, nabízí 4000 čtverečních stop inovativního kardio vybavení, dále pak řadu posilovacích strojů a v neposlední řadě také otevřený prostor a spoustu možností pro volnou váhu (McFarland Marceau Architects 2022).



Obrázek 28: Ukázka stropu z CLT kazet, Zdroj: (McFarland Marceau Architects 2022)

KOMUNITNÍ CENTRUM HIDDEN CREEK

Jako druhý příklad stavby na bázi dřeva je zde uvedeno Komunitní centrum Hidden Creek v Hillsboro, Oregon. Jedná se o jedno z prvních komunitních center s masovým dřevem v zemi. Hidden Creek demonstruje efektivní využití (CLT) křížem lepeného dřeva v designu komunitního centra. Dřevostavba se nachází v parku a lese o rozloze 20 akrů a nabízí biofilní design (WOODWORKS 2022).

Konstrukční systém tohoto projektu je postaven z naklápěcích betonových stěn a křížem lepeného dřeva. Jedná se o první celostátní hromadné dřevěné komunitní centrum v Hillsboro, se sloupkovým a trámovým rámem, jehož funkcí je podepření podlahy a střešní roviny CLT (OP SIS ARCHITECTURE 2022).

Konstrukční tým pro realizaci plně využil konzoly a vícepólové nosníky pro vytvoření otevřených prostor, a také pro optimalizaci denního světla a výhledů. Důvodem bylo také, aby bylo umožněno zaměstnancům snadno dohlížet na prostory aktivit. Realizátoři se snažili konstrukční uspořádání pečlivě zvážit. Směrem na východ/západ je využívána přísná mřížka 13 stop a 3 palce ekonomiky a kapacity CLT panelů. Tato mřížka byla namodifikována tak aby vytvořila krytý vstup s trojicí 18 stop konzolových dvojitých lepených lamelových nosníků, které podporují 9vrstvou palubu CLT. Severojižní mřížka je charakteristická tím, že pojme programové prvky vyžadující zvýšené zatížení a také delší rozpětí a to včetně 90 stop lepených lamelových nosníků v tělocvičně (WOODWORKS 2022).

Dřevostavba je charakteristická inovativním zeleným designem a prosvětlenou architekturou, která spojuje společenské, kulturní a rekreační prostory, které jsou inkluzivní a přístupné komunitě. Tyto zmíněné prostory zahrnují prostory jako je tělocvična se dvěma kurty, posilovna, dále pak dvě cvičební či taneční místnosti, a společenskou místnost s kapacitou 300 míst (OP SIS ARCHITECTURE 2022). Jak toto komunitní centrum vypadá můžeme vidět na fotografiích níže. Dále zde najdeme i například učebny, dvě fitness studia, a dokonce i fitness centrum a venkovní sportoviště (Hillsboro 2022).

Zařízení umístěné v komunitním centru, je vyčíslené v hodnotě 37 milionů USD a bylo naplánováno a navrženo pomocí aktivního zapojení široké veřejnosti. Konkrétně jde o zapojení 18členného občanského poradního výboru a také se vycházelo ze statistiky platného průzkumu a webového průzkumu. Díky velkému solárnímu poli, které je situováno na střeše komunitního křídla, a přirozené ventilaci je opatřeními na úsporu vody a vyváženým denním osvětlením toto komunitní centrum zařazeno do programu Energy Trust of Oregon's Path to Net-Zero (OP SIS ARCHITECTURE 2022).



Obrázek 29: Ukázka sportovní hal Obrázek 30: Pohled na komunitní centrum
Zdroj: (WOODWORKS 2022)

3.17.4 Požadavky stanovené dle ČSN EN 17229

Jedná se o požadavky vycházející z české technické normy, která se zaměřuje na fitness centra, konkrétněji pak na jejich požadavky na vybavení a provoz centra, a na požadavky na provoz a řízení. Tento dokument nám také stanovuje, jaké jsou minimální požadavky na fyzické aktivity ve fitness centrech.

Náplní této normy jsou nejen požadavky ale také důležité termíny a definice. Jednou z takových základních definic, pro tuto diplomovou práci, je pojem fitness centrum. Podle normy jde o veřejně přístupné místo, kde jsou poskytovány různé fyzické aktivity jak pro skupiny, tak i jednotlivce (ČSN EN 17229).

V případě normovaných požadavků je pro náplň této práce pak nezbytný odstavec č. 4.5 se zaměřením na Provoz a řízení. Obecně se jedná o zpracované písemné postupy a zásady, které se týkají provozu a řízení v oblasti fitness centra. Ze strany bezpečnosti se zejména pak jedná o tyto požadavky na: elektrické napájení vybavení, podlahy a povrchy v cvičebních prostorách a na chodbách. Dále jsou zde zmíněné i další požadavky jako například: požadavek na větrání, teplotu, osvětlení, hlučnost atd. (ČSN EN 17229).

Požadavek na teplotu je specifický tím, že ve všech navržených prostorách, určených ke cvičení, musí být viditelná hodnota teploty. Každé fitness centrum má vinnost uživatele informovat o zvýšeném riziku, pokud naměřená teplota přesáhne hranici 26°C, aby se uživatel mohl včas sám rozhodnout o zvoleném druhu a intenzitě zamýšleného cvičení (ČSN EN 17229). Dle požadavku č. 4.5.6 Osvětlení, je povinností každého fitness centra, poskytovat ve svých cvičebních prostorách dostatek světla, tak aby bylo zajištěno bezpečné provádění plánovaného cvičení. V souvislosti s osvětlením je dokázáno, že intenzita světla ve cvičebních prostoru má značný vliv na prožitek z fyzické aktivity, které jednotlivá fitness centra nabízejí. Z tohoto důvodu je ve cvičebních prostorách těchto center, dovoleno odchýlit se od norem EN pro osvětlení.

4. METODIKA

Diplomová práce je vypracována a rozčleněna do následujících úseků:

- literární rešerše,
- vypracování architektonické studie,
 - tvarové, dispoziční provedení, materiálové a konstrukční řešení objektu,
- vypracování projektové dokumentace pro realizaci stavby,
 - technické zprávy,
 - výkresové dokumentace,
 - dokumentace podrobností,
- posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky,
- statické posouzení vybraných nosných prvků a konstrukčních spojů,
- vypracování výstupní dokumentace pro CNC stroje,
- sestavení dílčího rozpočtu v programu Kross.

5. STUDIE

V první části je pozornost zaměřena na zpracování studie z pohledu architektonického, to znamená základní tvarové, konstrukční, dispoziční a materiálové provedení. Součástí bude samozřejmě i konkrétní umístění navrženého objektu do konkrétní lokality. Druhá část této diplomové práce bude věnována vypracování projektové dokumentace pro realizaci stavby. Obsahem tohoto architektonicko-stavebního řešení bude technická zpráva, výkresová část a dokumenty podrobností. Dílčími cíli jsou pak, návrh, posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky. V poslední části práce zaměřím pozornost na vypracování statického posudku a výstupní dokumentace pro CNC stroje.

5.1. ARCHITEKTONICKÝ NÁVRH STAVBY

Jako první krok v rámci architektonické studie, byl proveden návrh vhodného usazení stavby na pozemek zvolené lokality. S tímto krokem byly spojeny požadavky na obsah architektonické studie, které spočívaly ve vypracování základních arch. výkresů, kterými jsou řezy, půdorysy, jednotlivé pohledy, a samozřejmě samotný katastrální situační výkres. Veškeré tyto CAD výstupy byly zpracovány v navrhovacím softwarech ArchiCAD a AutoCAD.

5.2. VOLBA LOKALITY

Plocha pozemku se nachází v obci Chýně ve Středočeském kraji, konkrétněji okres Praha-západ. Jedná se o území o celkové výměře 2 152 m² situované v převážně rodinné zástavbě. Dle územního plánu této obce, je pro novou výstavbu na daném pozemku, stanoveno přípustné využití stavby spolu s prostorovým uspořádáním plánovaných stavebních záměrů. Podle ÚP je pozemek určen pro občanské vybavení, tělovýchovu a sport. V rámci požadavků obce se dále jedná o výškovou hladinu stavby dosující maximálně 12 m, dále pak o omezení zaměřené na zastavěnost pozemku, kdy možná zastavitelnost hlavní stavbou činí 40 %, 10% vedlejší stavbou. Veškeré zpevněné plochy zaujímají max. 20 % z vytyčeného území spolu se zelení do 30 %.

5.3. TVAROVÉ A DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ

Samotný návrh objektu byl přizpůsoben tak aby svým tvarovým a dispozičním řešením splňoval již výše zmíněné regulační požadavky vycházející z území plánovací dokumentace obce. Objekt je okolní zástavbou obestavěn pouze ze severní či severo-východní strany, a je od těchto sousedních budov v dostatečné odstupní vzdálenosti, tudíž nedochází k jeho zastínění ani následnému ochlazování plochy konstrukcí. To znamená, že se zde nachází minimální množství ploch ochlazovaných konstrukcí a vytápěný objem budovy nemusí být vysoký, což má za následek menší ztráty energie.

Z hlediska tvarového řešení se jedná o objekt jednoduchého půdorysu, pravidelného tvaru, sloužený ze dvou obdélníků. Multifunkční centrum je navrženo jako dvoupodlažní stavba s pultovými střechami o sklonu 20° a 6° .

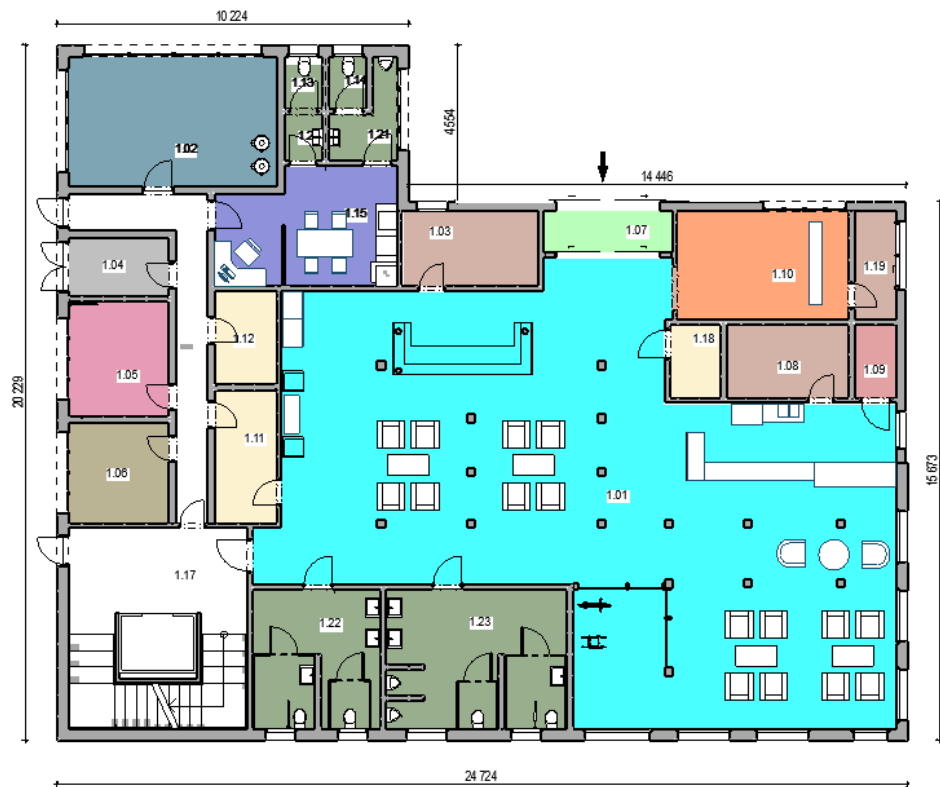
Předmět stavby byl umístěn na zvolené parcelu tím způsobem, aby z pohledu dispozice byly veškeré chladné místnosti, které jsou charakteristické s minimální potřebou oken, jako jsou například koupelny, technická místnost, schodiště, toaleta a šatny, byly svou polohou v objektu orientovány na severní stranu. Na jih byly naopak orientovány konstrukce s co nejvíce prosklených plochami. Na tuto světovou stranu jsou v případě přízemí situovány místnosti jako je kavárna, dětský koutek, společenské prostory, v prvním nadzemním podlaží zaujímá tuto veškerou jižní plochu prostor pro vykonávání fyzické aktivity. Dispoziční řešení a velikost místností je uvedeno v tabulkách a studiích podlaží níže. Multifunkční fitness centrum bylo dispozičně navrženo pro 60 až 90 osob mimo obsluhující personál.

Tabulka 12: Tabulka místností 1.NP

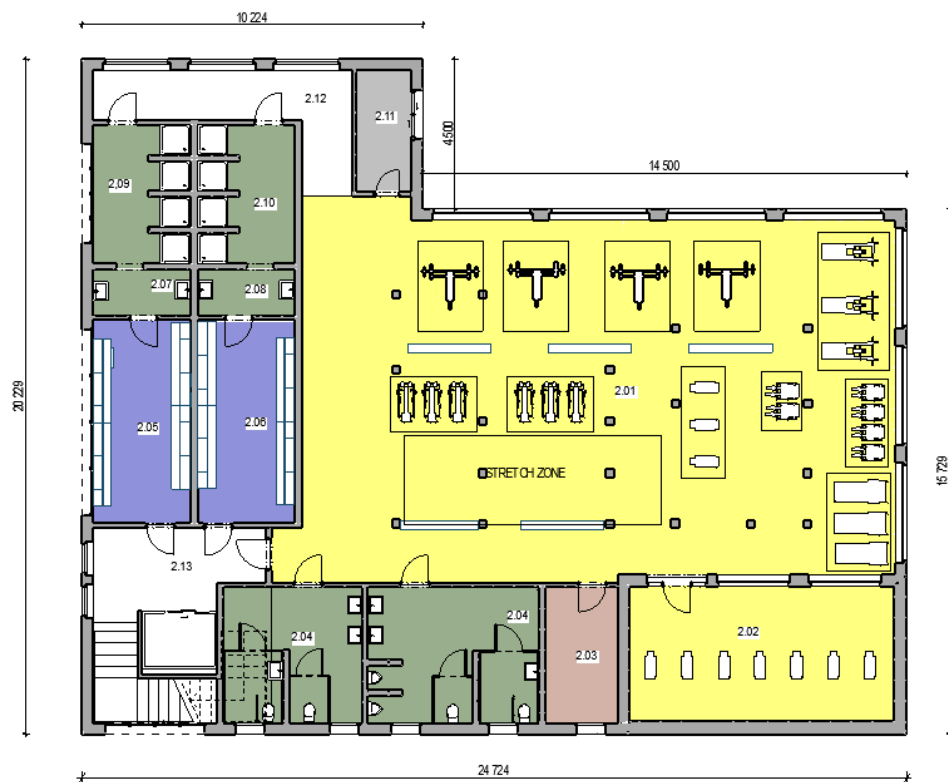
| TABULKA MÍSTNOSTÍ 1.NP | | |
|------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Č. | Název místnosti | Plocha (m2) |
| 1.01 | RECEPCE + KAVÁRNA | 174,42 |
| 1.02 | TECHNICKÁ M. | 22,79 |
| 1.03 | SKLAD- RECEPCE | 8,52 |
| 1.04 | PŘEJÍMKA ZBOŽÍ | 4,82 |
| 1.05 | ZÁSBOVÁNÍ | 9,67 |
| 1.06 | OBAL. PROSTRORY | 8,53 |
| 1.07 | ZÁDVEŘÍ | 4,41 |
| 1.08 | SKLAD - KAVÁRNA | 7,57 |
| 1.09 | CHLADÍCÍ BOX | 2,59 |
| 1.10 | PRODEJNA | 15,50 |
| 1.11 | ÚKLID RECEPCE | 6,85 |
| 1.12 | ÚKLID - ZAMCI | 4,76 |
| 1.13 | WC- ŽENY | 1,66 |
| 1.14 | WC- MUŽI | 1,65 |
| 1.15 | ZAZEMI ZAM-CI + KANCELAR | 16,70 |
| 1.16 | CHODBA | 11,94 |
| 1.17 | CHODBA S VÝTAHEM | 18,13 |
| 1.18 | ÚKLID- KAVÁRNA | 3,11 |
| 1.19 | SKLAD- PRODEJNA | 4,01 |
| 1.20 | SOC. ZAŘÍZENÍ ŽENY | 1,49 |
| 1.21 | SOC. ZAŘÍZENÍ MUŽI | 3,85 |
| 1.22 | WC - ŽENY | 14,67 |
| 1.23 | WC- MUŽI | 20,50 |
| | | 368,13 m² |

Tabulka 13: Tabulka místností 2.NP (autor)

| TABULKA MÍSTNOSTÍ 2.NP | | |
|------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Č. | Název místnosti | Plocha (m2) |
| 2.09 | SPRCHY - ŽENY | 11,58 |
| 2.01 | FITNESS ZÓNA | 194,75 |
| 2.02 | FITNESS VENKOVNÍ ZÓNA | 32,01 |
| 2.03 | SKLAD | 8,86 |
| 2.04 | SOC. ZAŘÍZENÍ - MUŽI | 20,12 |
| 2.04 | SOC. ZAŘÍZENÍ- ŽENY | 16,59 |
| 2.05 | ŠATNA - ŽENY | 17,61 |
| 2.06 | ŠATNA - MUŽI | 17,48 |
| 2.07 | UMÝVÁRNA - ŽENY | 3,99 |
| 2.08 | UMÝVÁRNA - MUŽI | 3,98 |
| 2.10 | SPRCHY - MUŽI | 11,47 |
| 2.11 | ÚKLID | 5,82 |
| 2.12 | CHODBA | 14,85 |
| 2.13 | CHODBA | 23,49 |
| | | 382,62 m² |



Obrázek 31: Dispoziční řešení 1.NP (autor)



Obrázek 32: Dispoziční řešení 2.NP (autor)

Charakteristika konstrukčního a materiálového řešení viz Technická zpráva.

5.4. POSOUZENÍ TEPELNĚ TECHNICKÉHO VÝPOČTU

Podkladem pro stanovení výpočetní techniky pro tepelně-vlhkostní chování konstrukce objektu se stala norma ČSN ISO 13788.

Při návrhu i následném optimalizování a posouzení konstrukčních detailů byla použita zkušební studentská verze softwaru Teplo 2017 EDU, Area 2017 LT a Meshgen Area 2011. Konkrétně je zde řeč o detailech, u nichž byl proveden výpočet, posouzení a zhodnocení normativních požadavků na obvodové konstrukce, za úvahy, že při výpočtech byly stanoveny stacionární okrajové podmínky. Pomocí těchto okrajových podmínek v tepelně technických výpočtech obálky budovy, můžeme rychle zjistit, zda v určité konstrukci dochází či nedochází ke kondenzaci vodní páry a dále jakých hodnot nabývá součinitel prostupu tepla souvrství dané konstrukce.

Kromě součinitele prostupu tepla, který získáme zadáním konstrukce do výše zmíněného programu Teplo 2017 EDU, nám tento software také stanoví hodnoty tepelného odporu, hodnotu teplotní faktoru, nejnižší povrchovou teplotu, pokles dotykové teploty či hodnotu roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry na základě EN ISO 6946, ČSN 730540, EN ISO 13788 a STN 730540.

Stejně jako ze softwaru Teplo 2017 EDU, tak z programu Area 2017 LT, je možné získat výstupy v podobě hodnot teplotní faktoru, roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry. Mimo tyto uvedené parametry, software vyhodnotí konstrukci z hlediska měrného tepelného toku, hustoty tepelného toku vodní páry, a to vše podle EN ISO 10 211, EN ISO 13788, ČSN 730540 a STN 730540. V případě tohoto programu jde vlastně o posouzení dvourozměrných stavebních detailů se zaměřením na prostup tepla a difúzi vodní páry, při použití metody konečných prvků.

5.5. POSOUZENÍ - SOFTWARE TEPLA 2017 EDU

Při posuzování v tomto programu bylo postupováno následovně:

- 1) Zadání jednotlivých předmětných materiálů, o daných tloušťkách, do softwaru Teplo 2017 EDU. Veškeré tloušťky byly do zadání vyplňovány v metrech. Materiály byly zadávány v pořadí, v jakém byly navrženy (podklad - výpis skladeb)
- 2) Volba typu konstrukce (obvodová stěna, střecha, strop ...)
- 3) Zadání okrajových stacionárních podmínek pro vybranou oblast obce Chýně
- 4) Zadání třídy vnitřní vlhkosti – 4. třída (vysoká vlhkost – jídelny sportovní haly), 2. třída

Na základě stanovení okrajových podmínek a určení známé třídy vnitřní vlhkosti se následně automaticky sami vyplnily hodnoty udávající: návrhové povrchové teploty, tepelný odpor při přestupu tepla a měsíční průměrnou bilanci vlhkosti.

- 5) Zadání typu směru tepelného toku, podle druhu konstrukce
- 6) Posouzení jednotlivých konstrukcí podle ČSN 73 0540-2

Výstupem tohoto softwaru bylo především posouzení požadovaných hodnot těchto veličin: součinitele prostupu tepla, bilance zkondenzované vodní páry či teplotního faktoru, a to formou tabulek a grafů.

5.6. POSOUZENÍ - SOFTWARE AREA 2014 EDU

Před zadáváním informací do programu jako takovým, bylo nezbytné rozkreslení zvolených reprezentativní detailů, které měly být posuzovány. V této práci se jednalo především o detail napojení obvodových stěn v nároží a detail vzájemného napojení obvodové stěna a stropní konstrukce. Geometrie těchto dvou vybraných detailů byla dopodrobna vymodelována v softwaru Archicad 2025. Díky pečlivému rozkreslení detailů, byly graficky definovány vstupní údaje sloužené dvourozměrným polem, souhrnem čar a bodů. Při rozkreslování byla dodržena i požadovaná min. vzdálenost 1m, od hrany detailu, na každou stranu. Po dokončení grafické stránky detailu v softwaru Archicad 2025, byl soubor uložen s koncovkou souboru dxf a importován do programu Autocad 22, kde byly opraveny nepřesnosti, vzniklé při rýsování, s přesností na 0,01 mm. Následně byly upravené detaily vyexportovány a nahrány do pomocného programu Meshgen Area 2011 EDU. V případě Meshegenu se jedná o převodník mezi dxf a samotným programem Area 2014 EDU, pro modely detailů s obecně křivočarými hranicemi oblastí.

Práce v softwaru Meshgen Area 2011 EDU byla realizována v následujících krocích:

- 1) Nahrání zvoleného detailu do programu Meshgen Area 2011 EDU
- 2) Dodatečné opravení chyb geometrie pomocí automatických nástrojů

V případě, že automat. nástroje nefungovaly, byl detail upraven pomocí posunů bodů a křivek.

- 3) Zadání automatického vyplnění materiálů

Tam, kde k tomuto vyplnění nedošlo, bylo nezbytné přidělit určitý materiál vybrané ploše ručně. Při ručním zadávání bylo každému materiálu přiděleno jméno a barva.

- 4) Stanovení okrajových podmínek pro dané hrany (rozdělení podmínek na podmínky v INT a EXT)
- 5) Generování trojúhelníkové diagonální sítě (s maximálním počtem 4000 uzlů)
- 6) Generování souborů v textovém formátu
- 7) Nahrání do posuzujícího softwaru Area 2014 EDU

Při posouzení v softwaru Meshgen Area 2011 EDU bylo postupováno v následujících krocích:

- 1) Stanovení skutečných vlastností materiálů daného detailu

K tomuto kroku byla využita knihovna od Svoboda software, prostřednictvím které byla každému materiálu přidána požadovaná návrhová hodnota součinitele tepelné vodivosti a měrné tepelné kapacity.

- 2) Stanovení hodnot působení (INT, EXT) pro každou okrajovou podmínku

- 3) Stanovení směru působení tepelného toku (zdola nahoru, shora dolů, vodorovný)
- 4) Provedení výpočtu + generování protokolu

Ve výstupním protokolu je vyobrazena tepelná propustnost mezi okolím a prostředím. Tato hodnota je dále použita pro výpočet lineárního činitele prostupu tepla. Protokol dále obsahuje informace o tom, zdali v konstrukci dochází ke kondenzaci či nikoli. V případě že ke kondenzaci v konstrukci dochází, je nezbytné, aby množství této kondenzující páry bylo menší než množství vodní páry odpařitelné v [kg/m.s].

5.7. POSTUP OPTIMALIZACE TEPELNĚ TECH. VÝSLEDKŮ Z PROGRAMU TEPLA 2017 EDU

Optimalizace byla provedena u konstrukcí obvodového pláště, střešního pláště a u konstrukcí podlah nacházejících se na upraveném terénu. Hlavním cílem při optimalizaci jednotlivých sendvičových konstrukcí bylo dosažení takových výstupních hodnot, aby navržená skladba konstrukce splňovala stanovený standart nízkoenergetických či pasivních budov. Samotnému optimalizování předcházela průzkum tepelně technických vlastností jednotlivých navržených či alternativních materiálů u různých výrobců. Na základě zjištěných informací formací byla provedena optimalizace, která ve většině případech spočívala v úpravě tloušťek izolačního materiálu či úplné výměně stávajícího materiálu o určitých vlastnostech, za jiný s vlastnostmi vhodnějšími. V případě podlahových konstrukcí byla hlavním předmětem optimalizace hydroizolační (protiradonová) fólie základů. Hlavním sledovaným parametrem u těchto fólií byl difúzní odpor, který byl u tohoto navrženého materiálu v průběhu optimalizace řádově zvětšen.

5.8. FINAČNÍ NACENĚNÍ DÍLČÍ ČÁSTI NAVRŽENÉHO OBJEKTU V PROGRAMU KROS 4

Samotnému sestavení rozpočtu dílčí části objektu předcházela předběžný zjednodušený rozpočet v novém online softwaru jménem RYCHLÉ OCENĚNÍ ÚRS. V tomto programu byla pro objekt stanovena předběžná orientační cena, která se určila na základě velikosti obestavěného prostoru a podlahových ploch. Pro přesnější a podrobnější nacenění dílčí stavby byl sestaven položkový rozpočet v softwaru Kros 4, který obsahuje veškeré materiálové řešení včetně stavebních či projekčních prací apod. Jako předmět pro nacenění dílčí části byla vybrána konstrukce obvodových nosných stěn.

6. VÝSLEDKY

6.1. VÝSLEDKY POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH SKLADEB

6.1.1 Výsledky- programu Teplo 2017 EDU – jednorozměrné teplotní pole

Výsledků z programu Teplo 20147 EDU, bylo dosaženo na základě výše zmíněného postupu viz kapitola č. 5.6. Předmětem těchto výstupů byl dílčí protokol, stanovený v souladu s ČSN 730540-2, a souhrnný protokol obsahující veškeré informace (veličiny) o navržené skladbách, jako je například průměrný součinitel prostupu tepla. Příklady dalších výstupních veličin jsou uvedeny v kapitole č. 5.6. Tyto výstupy jsou součástí přílohy č. 6 diplomové práce.

Veškeré navržené konstrukce, již v prvním stupni návrhu, splňovaly požadavek na minimální požadovanou hodnotu pro standardní budovy tj. 0,30 a 0,24 pro střechy do 45°. Cílem však bylo, aby obálka budovy splňovala požadavek, alespoň pro nízkoenergetické stavby, i tohoto parametru bylo dosaženo. Hodnota U pro nízkoenergetické domy se pohybuje v rozhraní 0,25-0,14 W/m². K. I přes splnění cíle však u těchto konstrukcí byla provedena optimalizace, pro získání ještě lepších tepel. technických hodnot. Výsledky stávajících a optimalizovaných konstrukcí jsou zaneseny v tabulkách níže.

OBVODOVÁ STĚNA – VARIANTA S OMÍTKOU

Tabulka 14: Optimalizace součinitele prostupu tepla obvodové konstrukce- s omítkou (autor)

| MATERIÁLY | STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE | | OPTIMALIZOVANÁ KONSTRUKCE | |
|--|----------------------|---|---------------------------|---|
| | d (m) | λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹) | d (m) | λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹) |
| CLT PANEL | 0,0800 | 0,1200 | 0,0800 | 0,1200 |
| STEICO therm S | 0,2000 | 0,0420 | 0,3000 | 0,0420 |
| DUCEM rýhovaná omítka | 0,0020 | 0,0020 | 0,0020 | 0,0020 |
| Celková tloušťka (m) | 0,2820 | | 0,3820 | |
| U_T (W.m⁻².K⁻¹) - vypočtená hodnota konstrukce | 0,179 | | 0,125 | |
| U_{N,20} (W.m⁻².K⁻¹) - standardní budovy požadovaná hodnota | 0,30 | | | |
| U_{rec,20} (W.m⁻².K⁻¹) - standardní budovy doporučená hodnota | těžká: 0,25 | | lehká: 0,20 | |
| U_{pas,20} (W.m⁻².K⁻¹) - pasivní budovy doporučená hodnota | 0,18 - 0,12 | | | |

Tabulka 15: Okrajové podmínky- obvod. konstrukce – varianta s omítkou (autor)

| Parametr | Hodnota |
|--|---------|
| Návrhová vnitřní teplota T _i | 20 |
| Návrhová teplota vnitřního vzduchu T _{ai} | 20,6 |
| Návrhová venkovní teplota T _{ae} | -13 |
| Relativní vlhkost v interiéru RH _i | 50% |

Tabulka 16: II. Požadavek na souč. prostupu tepla – obvod. konstrukce s omítkou (autor)

| Typ konstrukce | Součinitel prostupu tepla (W.m ⁻² .K ⁻¹) | | | |
|----------------|---|---|---|--|
| | Vypočtená hodnota U _T (W.m ⁻² .K ⁻¹) | Požadovaná hodnota U _{N,20} (W.m ⁻² .K ⁻¹) | Doporučená hodnota U _{N,20} (W.m ⁻² .K ⁻¹) | Doporučená hodnota pro pasivní budovy U _{pas,20} (W.m ⁻² .K ⁻¹) |
| Obvodová stěna | 0,179 | 0,30 | 0,20 | 0,18 – 0,12 |
| | | splněno | splněno | splněno |

Tabulka 17: Požadavek na teplotní faktor – obvod. konstrukce – varianta s omítkou (autor)

| Typ konstrukce | Teplotní faktor (-) | |
|----------------|--|---|
| | Vypočtená průměrná hodnota f _{Rs, m} (-) | Požadovaná hodnota f _{Rs, N = f_{Rs, cr}} (-) pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% |
| Obvodová stěna | 0,956 | 0,751 splněno |

Tabulka 18: III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí- obvod. konstrukce s omítkou (autor)

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

OBVODOVÁ STĚNA – VARIANTA S DŘEVĚNÝM OBKLADEM

Tabulka 19: Optimalizace součinitele prostupu tepla obvodové konstrukce - s obkladem (autor)

| MATERIÁL | STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE | | OPTIMALIZOVANÁ KONSTRUKCE | |
|---|----------------------|---|---------------------------|---|
| | d (m) | λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹) | d (m) | λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹) |
| CLT PANEL | 0,0800 | 0,1200 | 0,0800 | 0,1200 |
| STEICO therm S | 0,2000 | 0,0420 | 0,2200 | 0,0420 |
| DIFÚZNĚ PROPUSTNÁ FÓLIE DEKTEN FASSADE II | 0,00035 | 0,3900 | 0,00035 | 0,3900 |
| VZDUCHOVÁ MEZERA + ROŠT Z LATÍ KVH 60/40 | 0,0400 | 0,211 | 0,0400 | 0,211 |
| DŘEVĚNÝ OBKLAD – SIBÍRSKÝ MODŘÍN (VERTIKÁLNÍ) | 0,0190 | 0,13 | 0,0190 | 0,13 |
| Celková tloušťka (m) | 0,2802 | | 0,302 | |
| U_T (W.m ⁻² .K ⁻¹) - vypočtená hodnota konstrukce | 0,179 | | 0,165 | |
| $U_{N,20}$ (W.m ⁻² .K ⁻¹) - standardní budovy požadovaná hodnota | 0,30 | | | |
| $U_{rec,20}$ (W.m ⁻² .K ⁻¹) - standardní budovy doporučená hodnota | těžká: 0,25 | | lehká: 0,20 | |
| $U_{pas,20}$ (W.m ⁻² .K ⁻¹) - pasivní budovy doporučená hodnota | 0,18 - 0,12 | | | |

Tabulka 20: Okrajové podmínky- obvod. konstrukce s obkladem (autor)

| Parametr | Hodnota |
|---|---------|
| Návrhová vnitřní teplota T_i | 20 |
| Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} | 20,6 |
| Návrhová venkovní teplota T_{ae} | -13 |
| Relativní vlhkost v interiéru RH_i | 50% |

Tabulka 21: II. Požadavek na souč. prostupu tepla – obvod. konstrukce s obkladem (autor)

| Typ konstrukce | Součinitel prostupu tepla (W.m ⁻² .K ⁻¹) | | | |
|----------------|--|--|--|---|
| | Vypočtená hodnota U_T (W.m ⁻² .K ⁻¹) | Požadovaná hodnota $U_{N,20}$ (W.m ⁻² .K ⁻¹) | Doporučená hodnota $U_{N,20}$ (W.m ⁻² .K ⁻¹) | Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$ (W.m ⁻² .K ⁻¹) |
| Obvodová stěna | 0,179 | 0,30 | 0,20 | 0,18 – 0,12 |
| | | splněno | splněno | splněno |

Tabulka 22: Požadavek na teplotní faktor – obvod. konstrukce s obkladem (autor)

| 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 | 0,956 | 0,751 | splněno |

Tabulka 23: III. Požad. na šíření vlhkosti konstrukcí- obvod. konstrukce s obkladem (autor)

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

STŘEŠNÍ KONSTRUKCE

Tabulka 24: Optimalizace součinitele prostupu tepla střešní konstrukce (autor)

| MATERIÁLY | STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE | | OPTIMALIZOVANÁ KONSTRUKCE | |
|---|----------------------|---|---------------------------|---|
| | d (m) | λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹) | d (m) | λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹) |
| SÁDROKARTONOVÁ DESKA RIBIPS | 0,0150 | 0,2500 | 0,0150 | 0,2500 |
| SÁDROKARTONOVÁ DESKA RIBIPS | 0,0150 | 0,2500 | 0,0150 | 0,2500 |
| NEVĚTRANÁ VZDUCHOVÁ MEZERA + ROŠT Z LATÍ KVH | 0,0600 | 0,2120 | 0,0600 | 0,2120 |
| OSB DESKA KRONOSPAN | 0,0150 | 0,1300 | 0,0150 | 0,1300 |
| DŘEVOVLÁKNITÁ IZOLACE STEICOFLOC + KROKVE KVH 60/240 | 0,2400 | 0,0530 | 0,2600 | 0,0530 |
| PAROPRUPUSTNÁ DVD EGGER DHF | 0,0150 | 0,1000 | 0,0150 | 0,1000 |
| Celková tloušťka (m) | 0,3600 | | 0,3800 | |
| U_T (W.m ⁻² .K ⁻¹) - vypočtená hodnota konstrukce | 0,186 | | 0,174 | |
| $U_{N,20}$ (W.m ⁻² .K ⁻¹) - standardní budovy požadovaná hodnota | 0,24 | | | |
| $U_{rec,20}$ (W.m ⁻² .K ⁻¹) - standardní budovy doporučená hodnota | těžká: 0,25 | | lehká: 0,20 | |
| $U_{pas,20}$ (W.m ⁻² .K ⁻¹) - pasivní budovy doporučená hodnota | 0,18 - 0,12 | | | |

Tabulka 25: Okrajové podmínky- střešní konstrukce (autor)

| Parametr | Hodnota |
|---|---------|
| Návrhová vnitřní teplota T_i | 20 |
| Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} | 20,6 |
| Návrhová venkovní teplota T_{ae} | -13 |
| Relativní vlhkost v interiéru R_{Hi} | 50% |

Tabulka 26: Požadavek na teplotní faktor – střešní konstrukce (autor)

| 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% | |
| Střeška | 0,954 | 0,751 | splněno |

Tabulka 27:II. Požadavek na součinitel prostupu tepla- střešní konstrukce (autor)

| 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 $U_{pas,20}$ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) |
| Střeška | 0,186 | 0,24 | 0,16 | 0,15 – 0,10 |
| | | splněno | nesplněno | nesplněno |

Tabulka 28: : III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí – střešní konstrukce (autor)

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

PODLAHA NA TERÉNU – VARIANTA S DŘEVĚNOU NÁŠL. VRSTVOU

Tabulka 29: Optimalizace součinitele prostupu tepla podlahové konstrukce (autor)

| MATERIÁLY | SSTÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE | | OPTIMALIZOVANÁ KONSTRUKCE | |
|---|-----------------------|---|---------------------------|---|
| | d (m) | λ ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$) | d (m) | λ ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$) |
| DUBOVÉ PARKETY EGGER | 0,025 | 0,0250 | 0,025 | 0,0250 |
| KNAUF INSULATION PTS | 0,050 | 0,0500 | 0,050 | 0,0500 |
| OSB DESKA KRONOSPAN | 0,018 | 0,0180 | 0,018 | 0,0180 |
| OSB DESKA KRONOSPAN | 0,018 | 0,0180 | 0,018 | 0,0180 |
| PODLAHOVÝ POLYSTYREN EPS 100 STYROTRADE | 0,060 | 0,0600 | 0,080 | 0,0600 |
| PODLAHOVÝ POLYSTYREN EPS 100 STYROTRADE | 0,080 | 0,0800 | 0,100 | 0,0800 |
| ORLIMEX ZEMNÍ HYDROIZOLAČNÍ FÓLIE Z PVC | 0,001 | 1,000 | 0,001 | 1,000 |
| ŽELEZOBETON C30/37 | 0,2 | 2,000 | 0,2 | 2,000 |
| ŠTERKODŘÍ FRAKCE 0/32 | 0,25 | 1,0000 | 0,25 | 0,1000 |
| SUCHÁ HLÍNA | 2,000 | 0,7000 | 2,000 | 0,7000 |
| Celková tloušťka (m) | 0,702 | | 0,742 | |
| U_T ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) - vypočtená hodnota konstrukce | 0,174 | | 0,147 | |
| $U_{N,20}$ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) - standardní budovy požadovaná hodnota | 0,30 | | | |
| $U_{rec,20}$ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) - standardní budovy doporučená hodnota | těžká: 0,25 | | lehká: 0,20 | |
| $U_{pas,20}$ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) - pasivní budovy doporučená hodnota | 0,18 - 0,12 | | | |

Tabulka 30: Okrajové podmínky- podlahová konstrukce (autor)

| Parametr | Hodnota |
|---|---------------|
| Návrhová vnitřní teplota T_i | 20 |
| Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} | 20,6 |
| Návrhová venkovní teplota T_{ae} | -15 |
| Relativní vlhkost v interiéru RH_i | 50,0% (+5,0%) |

Tabulka 31: Požadavek na teplotní faktor- podlahová konstrukce (autor)

| 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 | 0,957 | 0,422 | splněno |

Tabulka 32: II. Požadavek na součinitel prostupu tepla- podlahová konstrukce (autor)

| 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 $U_{pas,20}$ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) |
| Podlaha v přízemí | 0,174 | 0,45 | 0,30 | 0,22 - 0,15 |
| | | splněno | splněno | nesplněno |

Tabulka 33: III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí- podlahové konstrukce (autor)

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

PODLAHA NA TERÉNU – VARIANTA S BETONOVOU NÁŠL. VRSTVOU

Tabulka 34: Optimalizace součinitele prostupu tepla podlahy s bet. nášl. vrstvou (autor)

| MATERIÁLY | STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE | | OPTIMALIZOVANÁ KONSTRUKCE | |
|--|----------------------|---|---------------------------|---|
| | d (m) | λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹) | d (m) | λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹) |
| ANHYDRITOVÝ POTĚR- BETONOVÁ PODLAHA | 0,0700 | 1,5000 | 0,025 | 0,0250 |
| PE SEPARAČNÍ FÓLIE | 0,0002 | 1,0000 | 0,050 | 0,0500 |
| ELEKT. TOPNÁ FÓLIE HEATMAX PREMIUM GOLD | 0,0005 | 1,0000 | 0,0005 | 1,0000 |
| PODLAHOVÝ POLYSTYREN EPS 100 STYROTRADE | 0,0600 | 0,0600 | 0,080 | 0,0600 |
| PODLAHOVÝ POLYSTYREN EPS 100 STYROTRADE | 0,0800 | 0,0800 | 0,100 | 0,0800 |
| ORLIMEX ZEMNÍ HYDROIZOLAČNÍ FÓLIE Z PVC | 0,0020 | 0,2100 | 0,001 | 1,000 |
| ŽELEZOBETON C30/37 | 0,2000 | 2,000 | 0,200 | 2,000 |
| ŠTERKODRŤ FRAKCE 0/32 | 0,2500 | 1,0000 | 0,250 | 0,1000 |
| SUCHÁ HLÍNA | 2,000 | 0,7000 | 2,000 | 0,7000 |
| Celková tloušťka (m) | 0,6627 | | 0,7027 | |
| U_T (W.m⁻².K⁻¹) - vypočtená hodnota konstrukce | 0,240 | | 0,193 | |
| U_{N,20} (W.m⁻².K⁻¹) - standardní budovy požadovaná hodnota | 0,30 | | | |
| U_{rec,20} (W.m⁻².K⁻¹) - standardní budovy doporučená hodnota | těžká: 0,25 | | lehká: 0,20 | |
| U_{pas,20} (W.m⁻².K⁻¹) - pasivní budovy doporučená hodnota | 0,18 - 0,12 | | | |

Tabulka 35: Okrajové podmínky - podlahy s bet. nášl. vrstvou (autor)

| Parametr | Hodnota |
|--|---------------|
| Návrhová vnitřní teplota T _i | 20 |
| Návrhová teplota vnitřního vzduchu T _{ai} | 20,6 |
| Návrhová venkovní teplota T _{ae} | -15 |
| Relativní vlhkost v interiéru RH _i | 50,0% (+5,0%) |

Tabulka 36: II. Požadavek na součinitel prostupu tepla - podlahy s bet. nášl. vrstvou (autor)

| Typ konstrukce | Součinitel prostupu tepla (W.m ⁻² .K ⁻¹) | | | |
|-------------------|---|---|---|---|
| | Vypočtená hodnota U _T (W.m ⁻² .K ⁻¹) | Požadovaná hodnota U _{N,20} (W.m ⁻² .K ⁻¹) | Doporučená hodnota U _{N,20} (W.m ⁻² .K ⁻¹) | Doporučená hodnota pro pasivní budovy U _{pas,20} (W.m ⁻² .K ⁻¹) |
| Podlaha v přízemí | 0,240 | 0,45 | 0,30 | 0,22 - 0,15 |
| | | splněno | splněno | nesplněno |

Tabulka 37: Požadavek na teplotní faktor- podlahy s bet. nášl. vrstvou (autor)

| 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 v přízemí | 0,941 | 0,422 | splněno |

Tabulka 38:III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí- podlahy s bet. nášl. vrstvou (autor)

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

PODLAHA NA TERÉNU – VARIANTA S KERAMICKOU NÁŠL. VRSTVOU

Tabulka 39: Optimalizace součinitele prostupu tepla- podlahy s ker. nášl. vrstvou (autor)

| MATERIÁLY | STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE | | OPTIMALIZOVANÁ KONSTRUKCE | |
|---|----------------------|---|---------------------------|---|
| | d (m) | λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹) | d (m) | λ (W.m ⁻¹ .K ⁻¹) |
| KERAMICKÁ DLAŽBA TIERRA GREY | 0,0080 | 1,0100 | 0,0250 | 0,0250 |
| KNAUF INSULATION PTS | 0,0040 | 0,8000 | 0,0500 | 0,0500 |
| OSB DESKA KRONOSPAN | 0,0100 | 1,5000 | 0,0180 | 0,0180 |
| OSB DESKA KRONOSPAN | 0,0002 | 1,0000 | 0,01800 | 0,0180 |
| ELEKT. TOPNÁ FÓLIE HEATMAX PREMIUM GOLD | 0,0005 | 1,0000 | 0,0005 | 1,0000 |
| PODLAHOVÝ POLYSTYREN EPS 100 STYROTRADE | 0,0600 | 0,0600 | 0,0800 | 0,0600 |
| PODLAHOVÝ POLYSTYREN EPS 100 STYROTRADE | 0,0800 | 0,0800 | 0,1000 | 0,0800 |
| ORLIMEX ZEMNÍ HYDROIZOLAČNÍ FÓLIE Z PVC | 0,0020 | 0,2100 | 0,0010 | 1,000 |
| ŽELEZOBETON C30/37 | 0,2000 | 2,000 | 0,2000 | 2,000 |
| ŠTERKODRŤ FRAKCE 0/32 | 0,2500 | 1,0000 | 0,2500 | 0,1000 |
| SUCHÁ HLÍNA | 2,000 | 0,7000 | 2,000 | 0,7000 |
| Celková tloušťka (m) | 0,7027 | | 0,742 | |
| U_T (W.m ⁻² .K ⁻¹) - vypočtená hodnota konstrukce | 0,242 | | 0,194 | |
| $U_{N,20}$ (W.m ⁻² .K ⁻¹) - standardní budovy požadovaná hodnota | 0,30 | | | |
| $U_{rec,20}$ (W.m ⁻² .K ⁻¹) - standardní budovy doporučená hodnota | těžká: 0,25 | | lehká: 0,20 | |
| $U_{pas,20}$ (W.m ⁻² .K ⁻¹) - pasivní budovy doporučená hodnota | 0,18 - 0,12 | | | |

Tabulka 41: Okrajové podmínky- podlahy s ker. násl. vrstvou (autor)

| Parametr | Hodnota |
|---|---------------|
| Návrhová vnitřní teplota T_i | 20 |
| Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} | 20,6 |
| Návrhová venkovní teplota T_{ae} | -15 |
| Relativní vlhkost v interiéru RH_i | 50,0% (+5,0%) |

Tabulka 40: II. Požadavek na součinitel prostupu tepla- podlahy s ker. násl. vrstvou (autor)

| 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 $U_{pas,20}$ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) |
| Podlaha v přízemí | 0,242 | 0,45 | 0,30 | 0,22 - 0,15 |
| | | splněno | splněno | nesplněno |

Tabulka 43:III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí- podlahy s ker. násl. vrstvou (autor)

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

Tabulka 42: Požadavek na teplotní faktor- podlahy s ker. násl. vrstvou (autor)

| 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 v přízemí | 0,941 | 0,422 | splněno |

Vyhodnocení výsledků

Optimalizace skladeb jednotlivých konstrukcí spočívala především úpravou parametrů tepelně izolačních materiálů. Jednalo se o navýšení tloušťky těchto prvků, tak aby se zvýšil celkový parametr součinitele prostupu tepla U dané konstrukce.

Z výstupů softwaru Teplo 2017 EDU, bylo zjištěno, že navržené konstrukce splňují veškeré normativní požadavky stanovené dle ČSN 730540-2. Ve všech konstrukcích nedochází ke kondenzaci vodní páry, která by mohla ohrozit funkci konstrukce. Také je splněn požadavek týkající se ročního množství kondenzátu, jehož hodnota je vždy nižší, než je roční kapacita odparu.

6.1.2 Výsledky – program Area 2017 EDU- dvourozměrné teplotní pole

Pro zhodnocení výsledků dvourozměrného teplotního pole, byly pro posouzení využity softwary Meshgen Area 2017 EDU a následně Area 2017 EDU. Postup na základě, kterého byly stanoveny tyto výsledky, je uveden v kapitole č. 5.7.

Stejně jako u programu Teplo 2017 EDU, tak u softwaru Area 2017 EDU, jsou předmětem výstupu souhrnný protokol, vyhodnocení výsledků dle ČSN 730540-2. Součástí těchto protokolů je také výstup v podobě lineárního činitele prostupu tepla. Všechny tyto výstupy jsou součástí diplomové práce ve formě přílohy č. 7.

OBVODOVÁ KONSTRUKCE – VARIANTA S DŘEVĚNÝM OBKLADEM

Tabulka 44: Vypočtené technické parametry – obvodová konstrukce (autor)

| Parametr | | Vypočtená hodnota | |
|---|-------|---------------------|-------------------------------|
| Teplotní faktor f_{Rsi} (-) | | 0,834 | |
| Vnitřní minimální povrchová teplota °C pro teplotu vzduchu v interiéru 20°C a exteriérových teplotách °C: | -15,0 | $T_{s,min} = 15,04$ | > teplota rosného bodu: 10,18 |
| Lineární činitel prostupu tepla z vnějších rozměrů ψ_e (W.m ⁻¹ .K ⁻¹) | | 0,170 | |

Tabulka 45:I. Požadavek na teplotní faktor – obvodová konstrukce (autor)

| Typ hodnoceného povrchu / Typ prostoru | Exteriérová teplota (°C) | Teplotní faktor (-) | | |
|---|-----------------------------|---------------------------------------|--|---------|
| | | Vypočtená hodnota f_{Rsi} (-) | Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, sk}$ (-) pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% | |
| Neprůsvitná stavební konstrukce / Ostatní prostory | -15,0 | 0,834 | 0,749 | splněno |

Tabulka 46: II. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí – obvodová konstrukce (autor)

| Požadavky | Požadavek splněn / nesplněn |
|--|--------------------------------|
| 1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce | splněno |
| 2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu | splněno |
| 3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m ² .rok | nehodnoceno pro detaily |

Poznámka: Pro detaily se 3. požadavek z výše uvedené tabulky č. 44, nehodnotí. Toto hodnocení je možné jen pro 1-D konstrukce

Tabulka 47: III. Požadavek na lineární činitel prostupu tepla – obvodová konstrukce (autor)

| 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 | 0,170 | 0,20 | 0,10 | 0,05 |
| | | splněno | nesplněno | nesplněno |

STROPNÍ KONSTRUKCE

Tabulka 48: Vypočtené technické parametry – stropní konstrukce (autor)

| Parametr | | Vypočtená hodnota | |
|---|-------|---------------------|-------------------------------|
| Teplotní faktor f_{Rsi} (-) | | 0,910 | |
| Vnitřní minimální povrchová teplota °C pro teplotu vzduchu v interiéru 20°C a exteriérových teplotách °C: | -15,0 | $T_{s,min} = 17,75$ | > teplota rosného bodu: 10,18 |
| Lineární činitel prostupu tepla z vnějších rozměrů ψ_e (W.m ⁻¹ .K ⁻¹) | | 0,196 | |

Tabulka 49: I. Požadavek na teplotní faktor– stropní konstrukce (autor)

| 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 stavební konstrukce / Ostatní prostory | -15,0 | 0,910 | 0,749 | splněno |

Tabulka 50: II. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí– stropní konstrukce (autor)

| Požadavky | Požadavek splněn / nesplněn |
|--|--------------------------------|
| 1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce | splněno |
| 2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu | splněno |
| 3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m ² .rok | nehodnoceno pro detaily |

Poznámka: Pro detaily se 3. požadavek z výše uvedené tabulky č. 48, nehodnotí. Toto hodnocení je možné jen pro 1-D konstrukce.

Tabulka 51: III. Požadavek na lineární činitel prostupu tepla– stropní konstrukce (autor)

| 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 | 0,196 | 0,20 splněno | 0,10 nesplněno | 0,05 nesplněno |

STŘEŠNÍ KONSTRUKCE

Tabulka 52: Vypočtené technické parametry – střešní konstrukce (autor)

| Parametr | | Vypočtená hodnota | |
|---|-------|---------------------|-------------------------------|
| Teplotní faktor f_{Rsi} (-) | | 0,805 | |
| Vnitřní minimální povrchová teplota °C pro teplotu vzduchu v interiéru 20°C a exteriérových teplotách °C: | -15,0 | $T_{s,min} = 13,99$ | > teplota rosného bodu: 10,18 |
| Lineární činitel prostupu tepla z vnějších rozměrů ψ_e (W.m ⁻¹ .K ⁻¹) | | 0,199 | |

Tabulka 53:I. Požadavek na teplotní faktor střešní konstrukce (autor)

| 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 stavební konstrukce / Ostatní prostory | -15,0 | 0,805 | 0,749 | splněno |

Tabulka 54:II. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí střešní konstrukce (autor)

| Požadavky | Požadavek splněn / nesplněn |
|--|--------------------------------|
| 1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce | splněno |
| 2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu | splněno |
| 3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m ² .rok | nehodnoceno pro detaily |

Poznámka: Pro detaily se 3. požadavek z výše uvedené tabulky č. 52, nehodnotí. Toto hodnocení je možné jen pro 1-D konstrukce.

Tabulka 55:III. Požadavek na lineární činitel prostupu tepla střešní konstrukce (autor)

| 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 | 0,199 | 0,20 | 0,10 | 0,05 |
| | | splněno | nesplněno | nesplněno |

Vyhodnocení výsledků

V případě hodnocení zvolených konstrukčních detailů, v softwaru Area 2017 EDU, bylo zjištěno, že v některých navržených detailech dochází během modelového roku ke kondenzaci. Těchto výsledků bylo dosaženo u detailu napojení střešní konstrukce na obvodovou stěnu, a napojení obvodových konstrukcí v nároží.

Maximální množství kondenzátu, v případě napojení střešní konstrukce, dosahovalo hodnoty $M_{c,a} = 4,930e^{-01} \text{ kg/m}^2$. Tento kondenzát se však během modelového roku stačí vypařit, tudíž je požadavek na šíření vlhkosti konstrukcí, splněn. Návrh střešní konstrukce splňuje také požadavek na teplotní faktor, kdy $f_{Rsi,N} = 0,749 < f_{Rsi} = 0,805$. Splněn je i požadavek týkající se lineárního činitele prostupu tepla kde výsledný lin. činitel prostupu tepla $P_{si} = 0,199 \text{ W/mk}$ a maximální přípustný lin. činitel $P_{si,N} = 0,20 \text{ W/mk}$.

Detail nároží obvodových stěn je dalším místem kde dochází během modelového roku ke vzniku kondenzace. Množství zjištěného kondenzátu bylo vypočteno na $M_{c,a} = 1,423 \text{ e}00 \text{ kg/m}^2$, tento vzniklý kondenzát se během roku stihne odpařit. Teplotní faktor dosahuje hodnoty $f_{Rsi} = 0,834$ a lin. činitel prostupu tepla $P_{si} = 0,170 \text{ W/mk}$. Na základě těchto zjištěných parametrů, lze usoudit že navržený detail splňuje požadavky dle ČSN 730540-2.

Navržený detail napojení stropu na obvodovou konstrukci splňuje všechny již výše zmíněné požadavky. V tomto detailu během modelového roku nedochází ke vzniku kondenzace. Teplotní faktor je vypočten na $f_{Rsi} = 0,910$ a lineární činitel prostupu tepla $P_{si} 0,196 \text{ W/mk}$.

6.2. VÝSLEDKY - STATICKÉ POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍHO PRVKU A KONSTRUKČNÍCH DETAILŮ

Při navrhování a následném posuzování jednotlivých konstrukčních prvků a detailů, byla použita Příručka 2 k Eurokódu 5 (Manfred a kol. 2008). Všechny vybrané prvky splňují veškeré podmínky a požadavky z hlediska statického navrhování. Způsob zpracování výpočtů a posouzení viz příloha č. 5.

6.3. VÝSLEDKY – SESTAVENÍ ROZPOČTU V PROGRAMU KROSS 4

Samotnému zpracování dílčího rozpočtu multifunkčního fitness centra, předcházelo sestavení předběžného online rozpočtu, který zastřešuje soustava RYRO. Jedná se o zjednodušený rozpočet v aplikaci RYCHLÉ OCENĚNÍ ÚRS, kde byl předběžný výsledek celé stavby naceněn na 39 253 900 Kč bez DPH. V případě softwaru KROS 4 se jednalo o podrobnější reálnější položkový rozpočet, zaměřený pouze na dílčí část stavby, jehož výsledkem byla konečná cena v hodnotě 4 340 242,57 Kč bez DPH. Výstupy z obou zmíněných softwarů jsou přiloženy v příloze č. 8.

7. ZÁVĚR

Zpracování diplomové práce proběhlo na základě předem definovaného metodického postupu, který obsahoval: vypracování rešerše k danému tématu, zpracování architektonické studie a projektové dokumentace pro realizaci stavby, dále posouzení a optimalizaci navržených konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky, statický posudek zvolených nosných prvků a konstrukčních spojů, vypracování výstupní dokumentace pro CNC stroje, a nakonec sestavení dílčího rozpočtu stavby v programu Kros 4.

Jako první byl vytvořen předběžný návrh multifunkčního fitness centra formou studie z pohledu architektonického řešení. S tímto krokem se pojilo umístění navržené stavby na konkrétní pozemek či parcelu. V tomto případě se jednalo volný pozemek v obci Chýně ve Středočeském kraji.

V práci byly splněny všechny hlavní i dílčí cíle zmíněné v úvodu práce. V souladu s platnými normami a nařízeními, byla zpracována dokumentace pro realizaci stavby, jejíž obsahem byla technická zpráva a výkresová část. V softwarech AREA EDU 2017 a TEPLA EDU 2017, bylo provedeno posouzení navržených skladeb, z hlediska stavební fyziky, a následně jejich optimalizace. Výstupem z obou zmíněných programů byl souhrnný protokol a vyhodnocení výsledků dle kritérií ČSN 730540-2. Na základě výstupů ze softwaru teplo bylo zjištěno, že navržené skladby splňují požadavky na základní požadované hodnoty $U_{N,20}$. Při posuzování byl u všech konstrukcí, kromě střešní konstrukce, splněn i vlastní cíl, který spočíval v návrhu skladby konstrukcí, tak aby byl splněn požadavek průměrného součinitele prostupu tepla U pro nízkoenergetické domy. I přes provedení optimalizace v případě střešní konstrukce nebyl požadavek pro nízkoenergetické stavby splněn, jedním z důvodů může být například slabá vrstva tepelněizolačního materiálu.

Mimo jiné byl také splněn cíl v případě statického posouzení navrženého konstrukčního prvku a konstrukčních spojů. V obou případech se jedná o splnění požadavků z hlediska statiky. V závěru práce byl sestavený dílčí rozpočet stavby, jehož předmětem byly především nosné prvky obvodových nosných konstrukcí objektu, reprezentované CLT panely. Výsledná hodnota nacenění této části stavby byla stanovena na 4 340 242,57 Kč bez DPH.

Mimo hlavní a dílčí cíle diplomové práce, byly splněny i cíle osobní. Prvním osobním cílem bylo navrhnout fitness centrum z konstrukcí na bázi dřeva a odstranit tak absenci tohoto typu staveb na území České republiky. Druhým cílem bylo, navrhnout objekt tak aby nedošlo ke škatulkování zákazníků, tj. aby fitness centrum bylo vhodné jak pro vrchové sportovce, tak i pro rodiny s dětmi nebo i starší zájemce. Třetím osobním cílem, bylo zajištění bezbariérovosti stavby, tj. aby byl zajištěn vstup i pro osoby s omezenou schopností pohybu. Posledním mým cílem bylo navržení fitness centra tak aby bylo multifunkční, to znamená, že ve objektu bylo navrženo několik různých provozů, které poskytovaly odlišné služby (kavárna, prodejna produktů atd...).

Z výše zmíněných údajů, lze tedy konstatovat, že veškeré cíle, jak ty hlavní a dílčí, tak i ty osobní, byly dle metodického postupu diplomové práce splněny.

8. DISKUZE

Předmětem diskuse je novostavba multifunkčního fitness centra z křížem vrstveného dřeva (CLT). Na základě osobní průzkumu v oblasti výstavby fitness center, bylo zjištěno že tento typ budov se na území České republiky realizuje převážně z tvárnice systémů na bázi betonu, pórobeton atd., nikoli z materiálu na bázi dřeva. Důvodem, zde nejspíše může být nedůvěra lidí v jedinečné vlastnosti a výhody dřeva a pro veřejnost malé povědomí o panelovém systému CLT obecně. Z důvodu, že ČR nebyly dosud realizovány podobné dřevostavby tohoto typu, nelze tuto navrženou stavbu nijak porovnat s jinými.

9. SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

Odborná literatura

Augustin, Manfred, Kolbein BELL, Petr KUKLÍK, Anna KUKLÍKOVÁ, Antonín LOKAJ a Miroslav PREMROV. *Příručka 2 – Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5* [online]. 2008, 131 [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook_2_CZ.pdf

Crespell, P. a Gagnon, S. 2010. *Cross Laminated Timber: A Primer*. Vancouver, BC, Kanada : FPInnovations, 2010, 2010. str. 24 p. ISBN 9780864885449.

Dashöfer, Verlag. 2009. *Montované nosné konstrukce - dřevěné konstrukce (online)*. Praha : TZB-info, Topinfo s.r.o., 2. Březen 2009. ISSN 1801-4399.

Forest and Wood Products Australia. 2014. *Massive Timber Construction Systems Cross-laminated Timber (CLT)*. místo neznámé : © 2013 Forest and Wood Products Australia Limited, 2014. stránky 12-13. ISBN 978-1-921763-49-6.

Gagnon, S. a Pirvu, C. 2010. *CLT handbook*. Quebec : FP Innovations, 2010. ISBN 978-0-86488-533-1.

Houdek. 2011. *Revolution of Wood Construction in Canada*. Volyně: VOŠ Volyně : Dřevostavby 2011, 2011. str. 115. ISBN 978-80-86837-33-8.

Houdek, D. 2015. *Dřevostavby 2015, Tall Wood Buildings*. místo neznámé : Volyně : VOŠ Volyně, 2015. str. str. 144. ISBN 978-80-86837-72-7.

Karacabeyli a Dooglas. 2013. *CLT Handbook CROSS- LAMINATED TIMBER*. místo neznámé : FPInnovations, 2013. ISBN 9780864885531.

Karacabeyli, Erol a Gagnon, Sylvain. 2019. *Canadian CLT Handbook*. místo neznámé : FPInnovations.ca, 2019. str. 812. Sv. Volume I. ISBN 978-0-86488-592-0.

Kolb, Josef. 2008. *Dřevostavby. Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Přel. B. Koželouh*. Praha : Grada Publishing, 2008. str. 320 s. Sv. 1. vydání. ISBN 978-80-247-2275-7.

—. 2011. *Dřevostavby: Systém nosných konstrukcí, obvodové pláště*. místo neznámé : Grada Publishing a.s., 2011. Sv. 3. aktualizované vydání. ISBN 978-80-247-7115-1.

Kolouch, Vladimír a Boháčková, Libuše. 1994. *Cvičení ve fitcentrech - posilování. (Část A)*. Olomouc : Univerzita Palackého, 1994. ISBN 80-7067-369-9.

Kulhánek, František. 2006. *STAVEBNÍ FYZIKA II, Stavební tepelná technika*. místo neznámé : Česká technika- nakladatelství ČVUT, Thákurova1, 160 41 Praha 6, 2006. str. 143 s. ISBN 80-01-03408-9.

—. 2011. *Stavební fyzika II: Stavební tepelná technika*. Praha : Česká technika, nakladatelství ČVUT, 2011. str. 157 s. ISBN 978-80-01-04957-0.

- Maguire, Jennifer Smith. 2008. *Fit for Consumption, Sociology and the Business of Fitness*. New York : Published September 17, 2007 by Routledge, 2008. str. 252 Pages . ISBN 9780415421805.
- Navrátil, Arnošt, Mudra, Václav a Malý, Jaroslav. 2010. *Sportovní haly*. Praha : Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2010. str. 231 s. ISBN 978-80-01-04525-1.
- Neufert, Ernst. 2000. *NAVRHOVÁNÍ STAVEB, příručka pro stavební odborníky, stavebníky, vyučující i studenty*. [překl.] Pavel Schier. 2. čes. vyd. místo neznámé : Consultinvest, 2000. ISBN 80-901486-6-2.
- Pavlas, Marek. 2016. *Dřevostavby z vrstvených masivních panelů*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2016. ISBN 987-80-271-0055-2.
- Roy Rob. (2004). *Tinber Framing for the Rest of Us: A Guide to Contemporary Post and Beam Construction (Mother Earth News Wiser Living Series, 12)*. NEW SOCIETY PUBLISHERS.
- Rusinová, Marie, Juráková, Táňa a Sedláková, Markéta. 2007. *Požární bezpečnost staveb: modul M01 : požární bezpečnost staveb*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2007. Sv. Vyd.1. ISBN 978-80-7204-511-2
- Růžička, Martin. 2014. *Moderní dřevostavba*. Praha : Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3298-5.
- Stackeová, D. 2002. *Vývoj fitness v České republice po r. 1989*. Praha,FTVS UK : sborník z Celofakultního semináře společenskovední sekce FTVS, 2002. stránky str. 41-47. ISBN 80-86317-21-8.
- Vaverka, Chybík a Mrlík. 2000. *Stavební fyzika 2 Tepelná technika*. Brno : VUTIUM, 2000. ISBN13 9788021416499.
- Vaverka, Jiří. 2006. *Stavební tepelná technika a energetika budov*. Brno : VUTIUM, 2006. str. 648 s. Sv. Vyd. 1. ISBN 80-214-2910-0.
- Vaverka, Jiří, a další. 2008. *Dřevostavby pro bydlení*. stavitel. Praha 7 : Grada Publishing, a.s., 2008. str. 380 str. Sv. První vydání. ISBN 978-80-247-2 205-4.
- Forest Products Laboratory. (2010). *Wood Handbook, Wood as an Engineering Material*. 508 p. Madison, Wisconsin: United States Department of Agriculture, Forest Service.
- Hůlka, a kol. (2014). *DŘEVOSTAVBY RODINNÝCH DOMŮ*, Technická příručka pro žáky středních průmyslových škol stavebních oboru 34-47-M/01 Stavebnictví. *1.vydání*. Opava: Střední průmyslová škola stavební, Opava, příspěvková organizace.
- Karacabeyli, & Douglas. (2013). *CLT Handbook CROSS- LAMINATED TIMBER*. Kanada: FPInnovations.
- Kuklík. 2011. *Požární odolnost vícepodlažních budov na bázi dřeva*. Volyně: VOŠ Volyně : Dřevostavby 2011, 2011. str. 165 . ISBN 978-80-86837-33-8.

Polák, S. (Leden 2019). STUDIE ZAMĚŘENÁ NA ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU POŽADAVKŮ NA POŽÁRNÍ BEZPEČNOST DŘEVOSTAVEB V ČR A V ZAHRANIČÍ. *VÝZKUMNÉ PROJEKTY GRANTOVÉ SLUŽBY LČR*, 20-71. Praha: Lesy České republiky, s. p., Hradec Králové. Získáno 17. Říjen 2022

Seznam internetových zdrojů

Acton Ostry Architects. (2023). Brock Commons Tallwood House. Copyright © 2023 Archello. Získáno 6. Leden 2023, z https://archello-com.translate.google/project/brock-commons-tallwood-house?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=sc

Addy Saeed. (9. Květen 2013). Australia's Forte Apartments: The World's Tallest CTL Building. *Torontonian Online* 2007 - 2013. Získáno 21. Říjen 2022, z <https://www.torontonianonline.com/>

ArchDaily. (2008). Inside Vancouver's Brock Commons, the World's Tallest Mass Timber Building. Copyright © All rights reserved. ArchDaily 2008. Získáno 6. Leden 2023, z https://www-archdaily-com.translate.google/879625/inside-vancouver-brock-commons-the-worlds-tallest-timber-structured-building?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=sc

Architecture & Design. (2013). Forte by Lend Lease. Melbourne VIC. Získáno 21. Říjen 2022, z <https://www.architectureanddesign.com.au/projects/multi-residential/forte-by-lend-lease#>

Assessment: Declared thermal conductivity. (10. Červenec 2009). SE-50462 Boras, SP Technical Research Institute of Sweden.

Benešová, K. (2. Zář 2019). Máme pro vás výsledky z průzkumu fitness trhu 2019! ČESKÁ KOMORA FITNESS. Získáno 7. Listopad 2022, z <https://komorafitness.cz/vysledky-pruzkumu-fitness-trhu-2019/>

Beranovský, Hudcová, L., & Kašparová, M. (2007). Zásady výstavby nízkoenergetických domů. *EkoWATT [online]*. Získáno 1. Leden 2023, z <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/usporovenergie/zasady-vystavby-nizkoenergetickych-domu>

Boellaard, B., Lootens, & Ard-Jan. (2007). An application of the massive timber structure in a multi-storey housing design: an integrated architectural and engineering approach for the Dutch building market. Získáno 9. Prosinec 2022, z <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1016675&dswid=-825>

Borgström, E. (2016). *Design of timber structures, Structural aspects of timber construction* (Sv. II). Stockholm: Swedish Forest Industries Federation. Načteno z www.swedishwood.com

Bowyer, J., Bratkovich, S., Frank, M., Fernholz, K., Howe, J., & Stai, S. (2011). *Správa lesů pro snižování emisí uhlíku*. Minneapolis, MN: Dovetail Partners, Inc.

- CORRIM. (2010). „Konsorcium pro výzkum obnovitelných průmyslových materiálů,“. Získáno 22. Prosinec 2022, z <http://www.corrim.org/>
- Cvetković, R., Stojić, D., Krasić, S., & Marković, N. (12. May 2015). INNOVATIVE STRUCTURAL CLT SYSTEM IN PROJECTING AND BUILDING OF STUDENT HOUSES. *FACTA UNIVERSITATIS*, pp.54-64. Faculty of Civil Engineering and Architecture, University of Niš, Serbia. Načteno z https://www.researchgate.net/profile/Nemanja-Markovic-2/publication/283740387_Innovative_structural_CLT_system_in_projecting_and_building_of_student_houses/links/56b1d3e608ae56d7b06bc1f2/Innovative-structural-CLT-system-in-projecting-and-building-of-stude
- Čejka, M., & Česká, D. (11. Duben 2022). Energetické standardy budov v roce 2022. *Dřevostavby, časopis o bydlení - DřevoStavby*. Copyright © 2023 Kladenská 107, Praha 6. Získáno 1. Leden 2022, z <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/doporujeme/6909-energeticke-standardy-budov-v-roce-2022>
- Česká technická norma. (Říjen 2011). ČSN 73 0540-2. Copyright © DocPlayer.cz. Získáno 28. Prosinec 2022, z <https://docplayer.cz/8109427-Ceska-technicka-norma.html>
- Dashöfer, V. (2. Březen 2009). Montované nosné konstrukce - dřevěné konstrukce (online). Praha: TZB-info. Získáno 28. Listopad 2022, z <https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/5455-montovane-nosne-konstrukce-drevene-konstrukce>
- DERFRITZ. (2022). HoHo. Získáno 22. Říjen 2022, z https://www-ctbuh-org.translate.goog/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=sc
- Dlesek a kol. (8. Listopad 2011). PROSTUP TEPLA OBÁLKOU BUDOVY. 1 s. Verlag Dashöfer. Získáno 30. Prosinec 2022, z https://www.stavebniklub.cz/33/prostup-tepla-obalkou-budovy-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EtubJWUWXt_LKXTNoJkIBlw/?query=prostup%20tepla%20ob%20kou%20budovy&serp=1
- Dodavatelé dřevostaveb Z VRSTVENÉHO DŘEVA (CLT). (nedatováno). *Dřevostavby, časopis o bydlení - DřevoStavby*. Copyright © 2023 Kladenská 107, Praha 6. Získáno 19. Leden 2023, z <https://www.drevoastavby.cz/adresar-firem/drevostavby/montovane-drevostavby/konstrukce-z-vrstveneho-dreva>
- Dohnal, R. (15. Leden 2021). Dřevěný mrakodrap HoHo ve Vídni boří hranice evropského stavitelství. Získáno 22. Říjen 2022, z <https://www.drevostavitel.cz/clanek/dreveny-mrakodrap-ve-vidni-bori-hranice-evropskeho-stavitelstvi>
- Durlinger, B., Crossin, E., & Wong, J. (2013). "Posouzení životního cyklu budovy z křížově vrstveného dřeva.". Melbourne, Austrálie: Market Access , Forest and Wood Products Australia.
- Espinoza, O., Trujillo, Buehlmann, U., & Mallo, M. F. L. (2016). Křížově vrstvené dřevo: Stav a potřeby výzkumu v Evropě. *BioResources*, stránky 281-295. Získáno 21. Prosinec 2022, z

- https://bioresources-cnr-ncsu-edu.translate.googleusercontent.com/translate/g/translate?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=sc
- Frangi, A., Fontana, M., Hugi, E., & Jöbstl, R. (2009). Experimental analysis of cross-laminated timber. *Fire Safety Journal*(44), 1078-1087.
- GEBAS domy s.r.o. (2014-2022). Technologie- Novodobé konstrukční systémy dřevostaveb. Získáno 23. Listopad 2022, z www.gebasdomy.cz
- Graft, S. (8.-9. Únor 2011). „Požární výkon sestav CLT,“ Cross Laminated Timber Symposium. [prezentace v PowerPointu]. Vancouver, BC, Kanada: FPIInnovations.
- GreenSpec. (2022). Křížové dřevo / CLT: Výrobní proces. Získáno 26. Srpen 2022, z www-greenspec-co-uk.translate.googleusercontent.com/translate/g/translate?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=sc
- HASSLACHER NORICA TIMBER. (2023). HoHo Wien. Copyright © cetus Baudevelopment GmbH. Získáno 6. Leden 2023, z https://www-hasslacher-com.translate.googleusercontent.com/translate/g/translate?_x_tr_sl=de&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=sc
- Hedarová, M. (2019). DŘEVOSTAVBY. Copyright © DocPlayer.cz. Získáno 23. Listopad 2022, z <https://docplayer.cz/109569926-Drevostavby-magda-hedarova-2-s.html>
- Hillsboro. (2022). Hidden Creek Community Center. Hillsboro, Oregon. Získáno 15. Říjen 2022, z <https://www.hillsboro-oregon.gov/our-city/departments/parks-recreation/facilities-rentals/hidden-creek>
- HoHo Wien. (2021). HoHo Wien steht für die ANDERE Gewerbefläche für arbeiten, kaufen, konsumieren, mit Stil. Copyright © Copyright 2021. Získáno 6. Leden 2023, z https://www-hoho--wien-at.translate.googleusercontent.com/translate/g/translate?_x_tr_sl=de&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=sc
- HOLZFORSCHUNG AUSTRIA (2008-06-11); Kontrolní zpráva; Zkouška neprodyšnosti na jednom panelu se dvěma různými napojeními
- Houška, P. (23. Srpen 2016). Když se řekne součinitel prostupu tepla. *Dřevostavby, časopis o bydlení - DřevoStavby*. Copyright © 2022 Kladenská 107, Praha 6. Získáno 29. Prosinec 2022, z <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/izolace/4001-kdyz-se-rekne-soucinitel-prostupu-tepla>
- Hrazdil, J. (2021). ČSN EN 17229 (940400). © 2003 - 2022 Ing. Jiří Hrazdil - Technické normy. Získáno 8. Listopad 2022, z <https://shop.normy.biz/detail/511810>
- Hubbard, SS, Bowe, & SA. (2010). „Inventář celého životního cyklu masivních dřevěných podlah ve východních USA,“. 79-89. *Wood and Fiber Science* 42 (CORRIM Special Issue). Získáno 22. Prosinec 2022
- Hýrková, M. (5. Srpen 2018). Kam sahají nejvyšší dřevostavby světa? Mají až desítky pater! Získáno 26. Říjen 2022, z <https://www.drevostavitel.cz/clanek/nejvyssi-drevostavby>

- Chen, Y. (2012). "Porovnání vlivu na životní prostředí u pětipodlažní budovy postavené z křížově lepeného dřeva a betonu,". *Sustainable Building Science Program*. Vancouver, BC, Kanada: University of British Columbia – Department of Wood Science.
- INKAPO. (2013). Energetický posudek - způsob hodnocení pro dotační programy. *Inženýrská kancelář a poradenství [online]*. INKAPO. Získáno 1. Leden 2023, z <http://www.inkapo.cz/sluzby/energeticky-posudek>
- John, S., Neber, B., Perez, N., & Buchanan, A. (2008). „Dopady vícepodlažních budov s použitím různých stavebních materiálů na životní prostředí,. Christchurch, Nový Zéland: Univerzita v Canterbury – Katedra civilních a přírodních zdrojů inženýrství.
- Joseph Mayo. (2015). *Solid Wood, Case Studies in Mass Timber Architecture*. London and New York: Routledge.
- KASPER CZ. (2023). Dřevěné panely - produkty. Copyright ©2023 KASPER CZ . Získáno 19. Leden 2023, z https://www.kaspercz.cz/produkty/drevene-panely_4/
- Kindred Construction. (2022). UBC Okanagan Fitness & Wellness Centre. Copyright © Kindred Construction. Získáno 6. Leden 2023, z <https://www.kindredconstruction.com/institutional-projects/ubc-okanagan-fitness-wellness-centre/>
- KLH. (2012). PROJECT FORTÉ TOWER MELBOURNE. KLH. Získáno 19. Říjen 2022
- Kuklík, P., & Velebil, L. (30. Prosinec 2013). Křížem vrstvené dřevo s mechanickými spoji. *TZB-info*. Získáno 26. Srpen 2022, z stavba.tzb-info.cz
- Kuklík, P., Kuklíková, A., & Gregorová, A. (22. Červenec 2019). Nové poznatky v oblasti požární odolnosti vícepodlažních dřevostaveb. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. Získáno 17. Říjen 2022, z <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/19345-nove-poznatky-v-oblasti-pozarni-odolnosti-vicepodlaznich-drevostaveb>
- Kuthan, J. (25. Leden 2021). Nízkoenergetický, pasivní, nulový dům? Pojdme se v tom zorientovat. *Dřevostavby, časopis o bydlení - DřevoStavby*. Copyright © 2023 Kladenská 107, Praha 6. Získáno 1. Leden 2023, z <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/pasivni-domy/5057-nizkoenergeticky-pasivni-nulovy-dum-pojdme-se-zorientovat>
- Lippke, B., Wilson, J., Perez-Garcia, J., Bowyer, J., & Meil, J. (2004). „CORRIM: Environmentální vliv obnovitelných stavebních materiálů na životní prostředí,“. 8-19. *Forest Products Journal* 54 (6). Získáno 22. Prosinec 2022
- Lokaj, A., Dobeš, P., & Papesch, R. (11. Červen 2018). Ohybová tuhost vybraných CLT panelů. *tzbinfo*. Získáno 22. Srpen 2022, z stavba.tzb-info.cz
- Maguire, J. S. (2008). *Fit for Consumption, Sociology and the Business of Fitness*. New York: Published September 17, 2007 by Routledge.

Maguire, S. J. (2008). Fit for Consumption - Sociology and the business offitness,. *Open Journal of Social Sciences*, str.1. Získáno 12. Říjen 2022

Manuál ANSYS. (nedatováno).

Mařík, R., Odehnal, L., & Štajnrt, P. (2014). Návrh a posuzování staveb z hlediska stavební fyziky. *1. vydání*, 64 s. Opava: Střední průmyslová škola stavební, Opava, příspěvková organizace. Získáno 30. Prosinec 2022, z <https://docplayer.cz/2605215-Stavebni-fyzika-navrh-a-posuzovani-staveb-z-hlediska-stavebni-fyziky.html>

Matušková, B. (15. Říjen 2020). Velké srovnání dřevostaveb: výhody, nevýhody a ceny jednotlivých konstrukčních systémů [online]. Brno. Získáno 28. Listopad 2022, z <https://www.drevostavitel.cz/clanek/srovnani-drevostaveb>

McFarland Marceau Architects. (2022). Fitness & Wellness centrum UBC-O. Kelowna, BC. Získáno 15. Říjen 2022, z www.mmal.ca

Ministerstvo průmyslu a obchodu. (Srpen 2007). Energetická náročnost budov, Podrobnosti výpočtové metody - Metodická příručka. 59 s. Praha: MPO. Získáno 31. Prosinec 2022, z <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiO8OXt8KP8AhVWVfEDHUYXBvoQFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.mpo.cz%2Fassets%2Fdokumenty%2F33171%2F37038%2F414738%2Fpriloha001.doc&usq=AOvVaw0u8Q-oNtVAL0eHPGZ0mzSn>

Ministerstvo průmyslu a obchodu. (10. Prosinec 2019). Požadavky na energetickou náročnost budov se stavebním povolením od 1. 1. 2020. Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2022. Získáno 31. Prosinec 2022, z <https://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-stavby/19978-pozadavky-na-energeticou-narocnost-budov-se-stavebnim-povolenim-od-1-1-2020>

Moelven. (2022). Mjøstårnet. Získáno 18. Říjen 2022, z https://www.moelven.com.translate.goog/mjostarnet/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=sc

Muszyński, L. (2015). “The CLT talk,” 2015 Small Log Conference. [PowerPoint Presentation]. Coeur d'Alene, ID: Forest Business Network.

narrative content group. (2016). Cross Laminated Timber Comes To America And The New York Times Is On It. Získáno 7. Říjen 2022, z <http://www.treehugger.com/green-architecture/cross-laminated-timber-comes-americaand->

naturally:wood. (13. Září 2022). Brock Commons Tallwood House. Získáno 22. Říjen 2022, z https://www-naturallywood-com.translate.goog/blog/getting-technical-and-going-taller-with-timber/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=sc

Miškovský, M., & et al. (1981). *Prostory pro regeneraci sil*. Praha: Olympia pro ÚV ČSTV.

NEMA, spol, s.r.o. (nedatováno). CLT panely Nema. © Copyright nema.cz 2023. Získáno 19. Leden 2023, z <https://www.nema.cz/drevostavebni-panely/clt-panely-nema>

- Nešporová, K. (18. Říjen 2017). CLT panely: Vrstvené masivní panely, které voní dřevem. *DŘEVOSTAVITEL*. Získáno 21. Srpen 2022, z www.drevostavitel.cz
- Novatop. (2020). *novatop-system.cz*. Získáno 27. Srpen 2022, z novatop-system.cz/ke-stazeni/
- OPSIS ARCHITECTURE. (2022). Hidden Creek Community Center. Portland, Oregon. Získáno 15. Říjen 2022, z <https://www.opsisarch.com>
- Petr Kuklík. (nedatováno). Metody výstavby budov ze dřeva. *Prohlubovací kurs v oboru dřevostaveb*, adoc.pub. proLignum. Získáno 27. Srpen 2022, z adoc.pub
- Petríková, K. (20. Červen 2022). Nejvyšší obytná dřevostavba na světě vyroste ve Švýcarsku do roku 2026. Bude mít 100 metrů. Získáno 25. Říjen 2022, z <https://www.drevostavitel.cz/clanek/nejvyssi-obytna-drevostavba>
- Plackner, H. (2015). "Brettsper Holz wlichst global,". *12.-13. Holzkurier* 2015. Získáno 5. Prosinec 2022, z https://bioresources-cnr-ncsu-edu.translate.goog/resources/cross-laminated-timber-status-and-research-needs-in-europe/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=sc
- Pokorný, M. (18. Listopad 2013). Hlediska požární bezpečnosti dřevostaveb v České republice, 1. díl. *tzbinfo (online)*. Katedra konstrukcí pozemních staveb, Fakulta stavební ČVUT v Praze. Získáno 6. Leden 2023, z <http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/10599-hlediska-pozarni-bezpecnosti-drevostaveb-v-ceske-republice-1-dil>.
- Prodesi|Domesi. (29. Leden 2017). V Praze se představí nejvyšší dřevostavba v ČR i vícepodlažní budovy na bázi dřeva. Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2023. Získáno 6. Leden 2023
- Quenneville, P., & Morris, H. (2007). „Simulace zemětřesení při zemětřesení v Japonsku – Výkon zemětřesení vícepodlažních budov z křížově vrstveného dřeva,“. *Timber Design Journal*, 15(4), 3-8. New Zealand.
- Ravenscroft, T. (19. Únor 2018). Nejvyšší dřevěná věž na světě navržena pro Tokio. Získáno 25. Říjen 2022, z https://www.dezeen-com.translate.goog/2018/02/19/sumitomo-forestry-w350-worlds-tallest-wooden-skyscraper-conceptual-architecture-tokyo-japan/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=sc
- Redakce. (17. Leden 2017). Proč se vícepodlažním dřevostavbám předpovídá světlá budoucnost. *DŘEVOstavby.cz*. Získáno 22. Říjen 2022, z <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/doporucujeme/4386-proc-se-vicepodlaznim-drevostavbam-predpovida-svetla-budoucnost>
- Růžička. (26. Únor 2017). Vícepodlažní dřevostavby patří do měst budoucnosti. Získáno 26. Říjen 2022, z <https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/15417-vicepodlazni-drevostavby-patri-do-mest-budoucnosti>

SAMarchitekti, s. r. o. (nedatováno). CLT - progresivní technologie ve stavebnictví. 2000 – 2019 SAMarchitekti s.r.o. Získáno 19. Leden 2023, z <https://www.samarchitekti.cz/novinky/clt-progresivni-technologie-ve-stavebnictvi>

Sekerka, P. (4. Březen 2013). ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY. *PRAŽSKÉ BYDLENÍ*. All Right Reserved 2018. Získáno 31. Prosinec 2022, z Dostupné z: <http://prazskebydleni.cz/energeticka-narocnost-budovy/>

Schmidt Hammer Lassen Architects. (14. Duben 2022). We are designing the world's tallest timber residential building. Získáno 25. Říjen 2022, z <https://www.shl.dk/rockettigerli/>

Schmidt, J., & Griffin, C. (24. Červenec 2013). Barriers to the design and use of cross-laminated timber structures in high-rise housing. Portland state University. Získáno 27. Srpen 2022, z http://web.pdx.edu/~cgriffin/research/jschmidt_clt.pdf.

Smola, J. (5. Březen 2018). Asi tak 20 konstrukčních systémů dřevostaveb... Vyznáte se? *DŘEVO&stavby.cz*. Získáno 23. Listopad 2022, z <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/4909-2018-03-05-06-55-17>

Steiger, R., Gülzow, A., & Gsell, D. (29.-30. Říjen 2008). „Nedestruktivní hodnocení vlastností elastického materiálu křížově vrstveného dřeva (CLT)“, příspěvek prezentovaný na konferenci COST E53. Delft, Nizozemsko. Načteno z http://www.coste53.net/downloads/Delft/Presentations/COSTE53-Conference_Delft_Steiger_Guelzow_Gsell.pdf.

Storaenso. (Leden 2014). *CLT - Cross Laminated Timber; Požární bezpečnost*. Získáno 27. Srpen 2022, z www.clt.info: www.cltcz.info/o-produktu/

Stora Enso. (2015). Stora Enso Wood Products Building Solutions. *Version 05/2015*. © Stora Enso 2015. Získáno 21. Leden 2023, z https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewj6i8q9zNj8AhUYgosKHVplC-8QFnoECAwQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.cltcz.info%2Fdocs%2FTechnicka-slozka-CLT-CS.pdf&usq=AOvVaw0hgFopTG8zWuFEwV-_7f97

Sumitomo Forestry Co., Ltd. (8. Únor 2018). Lesnický plán Sumitomo na výstavbu 350 metrů vysoké dřevěné výškové budovy v roce 2041. Získáno 25. Říjen 2022, z <https://japan-product.com/tag/sumitomo-corporation/>

The University of British Columbia. (2013). Hangár Fitness & Wellness centrum. Kelewa, British Columbia, Kanada. Získáno 15. Říjen 2022, z https://recreation-ok-ubc-ca.translate.goog/facilities/hangar-fitness-wellness-centre/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=sc

Think Wood. (2023). Brock Commons Tallwood House. Copyright ©2023 Think Wood. Získáno 6. Leden 2023, z <https://www-thinkwood-com.translate.goog/construction->

projects/brock-commons-tallwood-house?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=sc

Trandová, L. (15. Červen 2021). Statistika výstavby dřevostaveb 2020. Copyright © 2012. Získáno 31. Říjen 2022, z <https://www.cklop.cz/aktualita/243-cz-posel-dobrych-zprav-statistiky-vystavby-drevostaveb-2020>

Tywoniak, J. (5. Zář 2011). Nulové domy. Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2022. Získáno 1. Leden 2022, z <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/7785-nulove-domy>

tzbinfo. (2001-2022). Součinitel prostupu tepla. Copyright Topinfo s.r.o. Získáno 28. Prosinec 2022, z <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>

TZB-info. (2022). Energetická náročnost budov. Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2022. Získáno 31. Prosinec 2022, z <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov>

tzbinfo. (nedatováno). Tepelný odpor R. Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2022. Získáno 29. Prosinec 2022, z <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-r>

UBC PROPERTIES TRUST. (nedatováno). Fitness a wellness centrum UBCO. Získáno 19. Leden 2023, z https://www-ubcproperties-com.translate.google/projects/ubco-fitness-and-wellness-centre/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=sc

UBC PROPERTIES TRUST. (nedatováno). UBCO Fitness and Wellness Centre - A case study. WoodWORKS a Canadian Wood Council Program. Získáno 19. Leden 2023, z <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=8070522a195148b8JmltdHM9MTY3NDA4NjQwMCZpZ3VpZD0yMmU1OWU4Yi03YzRhLTY2Y2ItMjg2MC05MTYzN2QwODY3M2EmaW5zaWQ9NTIwNQ&ptn=3&hsh=3&fclid=22e59e8b-7c4a-66cb-2860-91637d08673a&psq=UBCO+Fitness+and+Wellness+Centre+-+Wood-Works&u=a1aHR>

Urbancová, M. (4. Červenec 2016). Moderní dřevostavby z masivních dřevěných panelů (CLT). ABS. Praha: Jaga Media, s.r.o. . Získáno 22. Srpen 2022, z www.asb-portal.cz

Vavříčka, R. (2015). VYTÁPĚNÍ - cvičení č.1, Výpočet tepelných ztrát. Praha: Copyright © DocPlayer.cz. Získáno 29. Prosinec 2022, z <https://docplayer.cz/11053339-Kde-u-soucinitel-prostupu-tepla-stavebni-konstrukce-w-m2-k-rsi-vnitri-tepelny-odpor-pri-prestupu-tepla-internal-w-m2-k-rse-vnejsi-tepelny.html>

WoodSolutions. (2022). Forte Living. *WoodSolutions. Home | WoodSolutions [online]*. Copyright 2022 Forest and Wood Products Australia Ltd. Získáno 6. Leden 2023, z <https://www.woodsolutions.com.au/case-studies/forte-living>

WOODWORKS. (2022). Komunitní centrum Hidden Creek. Získáno 15. Říjen 2022, z <https://www.woodworks.org/award-gallery/hidden-creek-community-center/>

SEZNAM NOREM, VYHLÁŠEK A ZÁKONŮ

ÚZ 1396 Stavební zákon, vyhlášky a další předpisy

ČSN 73 0862- Stanovení stupně hořlavosti stavebních hmot

ČSN 73 0810 – Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení

ČSN EN 17229 (940400) Aktuální vydání – Fitness centra – Požadavky na vybavení a provoz centra – Požadavky na provoz a řízení

ČSN 730540-1 - Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie

ČSN 730540-2 - Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky

ČSN 730540-3 - Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin

ČSN 730540-4 - Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody

ČSN 730802 - Požární bezpečnost staveb. Nevýrobní objekty

Vyhláška č. 264/2020 Sb. - Vyhláška o energetické náročnosti budov

ČSN EN 15217 - Energetická náročnost budov - Metody pro vyjádření energetické náročnosti a pro energetickou certifikaci budov (nově ČSN EN ISO 52003-1 - Energetická náročnost budov - Ukazatele, požadavky, hodnocení a průkazy - Část 1: Obecné aspekty a aplikace celkové energetické náročnosti)

ČSN EN ISO 6946 (730558) - Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda (nově ČSN EN ISO 6946 (730558) Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtové metody (2020))

ČSN EN 15312+A1 (940521) - Víceúčelové sportovní zařízení s volným přístupem - Funkční a bezpečnostní požadavky a metody zkoušení

ČSN EN 957-1 (940201) - Stacionární tréninková zařízení - Část 1: Základní bezpečnostní požadavky a zkušební metody (nově ČSN EN ISO 20957-1 (940201) Stacionární tréninková zařízení - Část 1: Základní bezpečnostní požadavky a zkušební metody (2014))

ČSN EN 12193 (360454) - Světlo a osvětlení - Osvětlení sportovišť (nově ČSN EN 12193 (360454) Světlo a osvětlení - Osvětlení sportovišť (2019))

10. SEZNAM POUŽITÝCH SOFTWAREŮ

- Teplo 2017 EDU (Svoboda Software) – freeware verze
- Archicad 25 – výuková verze
- Area 2017 LT (Svoboda Software) – freeware verze
- Meshgen Area 2011 (Svoboda Software) – freeware verze
- Kros 4

- Cadwork 2022
- AutoCAD 2022 – výuková verze
- DEKSOFT RYCHLÉ OCENĚNÍ ÚRS - modul KUBIX
- Microsoft office 365

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| OBRÁZEK 1: MURRAY GROVE TOWER | 22 |
| OBRÁZEK 2: VRSTVENÝ MASIVNÍ PANEL | 25 |
| OBRÁZEK 3: UKÁZKA KONFIGURACE PANELU CLT | 25 |
| OBRÁZEK 4: VÝSTAVBA MURRAY GROVE | 27 |
| OBRÁZEK 5: UKÁZKA MONTÁŽE BUDOVY | 27 |
| OBRÁZEK 6: UKÁZKA NALOŽENÍ CLT PANELŮ NALEŽATO | 28 |
| OBRÁZEK 7: LAMELY SLEPENÉ DO JEDNÉ DESKY/VRSTVY PRO VÝROBU, CLT | 29 |
| OBRÁZEK 8: LAMELA S RŮZNÝMI BOČNÍMI SPOJI | 29 |
| OBRÁZEK 9: SCHÉMA VÝROBNÍHO PROCESU CLT | 30 |
| OBRÁZEK 10: TYPY SPOJŮ CLT PANELŮ | 31 |
| OBRÁZEK 11: HODNOCENÍ OBJEKTŮ Z HLEDISKA POŽÁRNÍ BEZPEČNOSTNÍ STAVBY | 38 |
| OBRÁZEK 12: MOŽNOSTI DOSAŽENÍ MAX. VÝŠKY DŘEVOSTAVBY PŘI DODRŽENÍ VÝŠKOVÝCH LIMITŮ DLE POŽ. POŽÁRNÍ OCHRANY | 39 |
| OBRÁZEK 13: UKÁZKA SCHÉMATICKÉHO VÝVOJE TVARU A POČTU PODLAŽÍ JIŽ REALIZOVANÝCH DŘEVOSTAVEB | 41 |
| OBRÁZEK 14: UKÁZKA FORTÉ V MELBOURNE | 42 |
| OBRÁZEK 15: UKÁZKA VÝSTAVBY FORTÉ V MELBOURNE | 42 |
| OBRÁZEK 17: UKÁZKA MONTÁŽE PANELŮ | 43 |
| OBRÁZEK 16: UKÁZKA BROCK COMMONS | 43 |
| OBRÁZEK 18: UKÁZKA HOHO STAVBY | 45 |
| OBRÁZEK 19: DETAILNÍ POHLED NA FASÁDU BUDOVY | 45 |
| OBRÁZEK 20: UKÁZKA MODELU BUDOVY | 47 |
| OBRÁZEK 21: UKÁZKA KONSTRUKCE STAVBY | 47 |
| OBRÁZEK 22: UKÁZKA MODELU STAVBY W350 | 48 |
| OBRÁZEK 23: UKÁZKA NÁČRTU BUDOVY W350 | 48 |
| OBRÁZEK 24: UKÁZKA PROVEDENÍ BALKÓNŮ U W350 | 48 |
| OBRÁZEK 25: UKÁZKA 12 METROVÉ VĚŽE | 50 |
| OBRÁZEK 26: PŘÍKLAD POSILOVNY O VELIKOSTI 200 M ² | 53 |
| OBRÁZEK 27: SCHÉMA SAUNY PRO 5-6 OSOB | 56 |
| OBRÁZEK 28: UKÁZKA STROPU Z CLT KAZET | 57 |
| OBRÁZEK 29: UKÁZKA SPORTOVNÍ HALY | 58 |
| OBRÁZEK 30: POHLED NA KOMUNITNÍ CENTRUM Z EXTERIÉRU | 58 |
| OBRÁZEK 31: DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ 1.NP | 62 |
| OBRÁZEK 32: DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ 2.NP | 62 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| TABULKA 1: ODPOR PŘI PŘESTUPU TEPLA STAVEBNÍ KONSTRUKCÍ | 10 |
| TABULKA 2: POŽADOVANÉ A DOPORUČENÉ HODNOTY U _{EM,N} | 12 |
| TABULKA 3: VÝPOČET HODNOTY U PANELU CLT | 14 |
| TABULKA 4: SPOJENÍ MEZI DVĚMA PANELE | 32 |

| | |
|--|----|
| TABULKA 5: UKÁZKA ROHOVÉHO NAPOJENÍ PANELŮ | 32 |
| TABULKA 6: NAPOJENÍ PANELU SE STĚNOU | 33 |
| TABULKA 7: UKÁZKA NAPOJENÍ PANELU NA ZÁKLAD | 34 |
| TABULKA 8: VÝŠKY BUDOV ZE DŘEVA V EVROPĚ A VE SVĚTĚ | 40 |
| TABULKA 9: STANOVENÍ POČTU ZAŘIZOVACÍCH PŘEDMĚTŮ DLE (MIŠKOVSKÝ A KOL. 1981) | 54 |
| TABULKA 10: DOPORUČENÉ PLOŠNÉ STANDARDY NĚKTERÝCH ČÁSTÍ (MIŠKOVSKÝ A KOL. 1981) | 54 |
| TABULKA 11: PLOŠNÉ STANDARDY PROSTORŮ SAUNY DLE VYHLÁŠKY Č. 135/2004 Sb..... | 55 |
| TABULKA 12: TABULKA MÍSTNOSTÍ 1.NP | 61 |
| TABULKA 13: TABULKA MÍSTNOSTÍ 2.NP..... | 61 |
| TABULKA 14: OPTIMALIZACE SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA OBVODOVÉ KONSTRUKCE- S OMÍTKOU | 66 |
| TABULKA 15: OKRAJOVÉ PODMÍNKY- OBVOD. KONSTRUKCE – VARIANTA S OMÍTKOU | 66 |
| TABULKA 16: II. POŽADAVEK NA SOUČ. PROSTUPU TEPLA – OBVOD. KONSTRUKCE S OMÍTKOU | 66 |
| TABULKA 17: POŽADAVEK NA TEPLTNÍ FAKTOR – OBVOD. KONSTRUKCE – VARIANTA S OMÍTKOU | 66 |
| TABULKA 18: III. POŽADAVKY NA ŠÍŘENÍ VLHKOSTI KONSTRUKCÍ- OBVOD. KONSTRUKCE S OMÍTKOU | 67 |
| TABULKA 19: OPTIMALIZACE SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA OBVODOVÉ KONSTRUKCE - S OBKLADEM..... | 67 |
| TABULKA 20: OKRAJOVÉ PODMÍNKY- OBVOD. KONSTRUKCE S OBKLADEM..... | 67 |
| TABULKA 21: II. POŽADAVEK NA SOUČ. PROSTUPU TEPLA – OBVOD. KONSTRUKCE S OBKLADEM | 67 |
| TABULKA 22: POŽADAVEK NA TEPLTNÍ FAKTOR – OBVOD. KONSTRUKCE S OBKLADEM | 68 |
| TABULKA 23: III. POŽAD. NA ŠÍŘENÍ VLHKOSTI KONSTRUKCÍ- OBVOD. KONSTRUKCE S OBKLADEM | 68 |
| TABULKA 24: OPTIMALIZACE SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA STŘEŠNÍ KONSTRUKCE | 68 |
| TABULKA 25: OKRAJOVÉ PODMÍNKY- STŘEŠNÍ KONSTRUKCE | 68 |
| TABULKA 26: POŽADAVEK NA TEPLTNÍ FAKTOR – STŘEŠNÍ KONSTRUKCE | 69 |
| TABULKA 27: II. POŽADAVEK NA SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA- STŘEŠNÍ KONSTRUKCE..... | 69 |
| TABULKA 28: : III. POŽADAVKY NA ŠÍŘENÍ VLHKOSTI KONSTRUKCÍ – STŘEŠNÍ KONSTRUKCE | 69 |
| TABULKA 29: OPTIMALIZACE SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA PODLAHOVÉ KONSTRUKCE | 69 |
| TABULKA 30: OKRAJOVÉ PODMÍNKY- PODLAHOVÁ KONSTRUKCE | 70 |
| TABULKA 31: POŽADAVEK NA TEPLTNÍ FAKTOR- PODLAHOVÁ KONSTRUKCE..... | 70 |
| TABULKA 32: II. POŽADAVEK NA SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA- PODLAHOVÁ KONSTRUKCE | 70 |
| TABULKA 33: III. POŽADAVKY NA ŠÍŘENÍ VLHKOSTI KONSTRUKCÍ- PODLAHOVÉ KONSTRUKCE..... | 70 |
| TABULKA 34: OPTIMALIZACE SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA- PODLAHY S BET. NÁŠL. VRSTVOU | 71 |
| TABULKA 35: OKRAJOVÉ PODMÍNKY - PODLAHY S BET. NÁŠL. VRSTVOU | 71 |
| TABULKA 36: II. POŽADAVEK NA SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA - PODLAHY S BET. NÁŠL. VRSTVOU..... | 71 |
| TABULKA 37: POŽADAVEK NA TEPLTNÍ FAKTOR- PODLAHY S BET. NÁŠL. VRSTVOU..... | 72 |
| TABULKA 38: III. POŽADAVKY NA ŠÍŘENÍ VLHKOSTI KONSTRUKCÍ- PODLAHY S BET. NÁŠL. VRSTVOU | 72 |
| TABULKA 39: OPTIMALIZACE SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA- PODLAHY S KER. NÁŠL. VRSTVOU | 72 |
| TABULKA 40: II. POŽADAVEK NA SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA- PODLAHY S KER. NÁŠL. VRSTVOU | 73 |
| TABULKA 40: OKRAJOVÉ PODMÍNKY- PODLAHY S KER. NÁŠL. VRSTVOU | 73 |
| TABULKA 42: POŽADAVEK NA TEPLTNÍ FAKTOR- PODLAHY S KER. NÁŠL. VRSTVOU..... | 73 |
| TABULKA 41: III. POŽADAVKY NA ŠÍŘENÍ VLHKOSTI KONSTRUKCÍ- PODLAHY S KER. NÁŠL. VRSTVOU | 73 |
| TABULKA 44: VYPOČTENÉ TECHNICKÉ PARAMETRY – OBVODOVÁ KONSTRUKCE | 75 |
| TABULKA 45: I. POŽADAVEK NA TEPLTNÍ FAKTOR – OBVODOVÁ KONSTRUKCE..... | 75 |
| TABULKA 46: II. POŽADAVKY NA ŠÍŘENÍ VLHKOSTI KONSTRUKCÍ – OBVODOVÁ KONSTRUKCE | 75 |
| TABULKA 47: III. POŽADAVEK NA LINEÁRNÍ ČINITEL PROSTUPU TEPLA – OBVODOVÁ KONSTRUKCE | 75 |
| TABULKA 48: VYPOČTENÉ TECHNICKÉ PARAMETRY – STROPNÍ KONSTRUKCE | 76 |
| TABULKA 49: I. POŽADAVEK NA TEPLTNÍ FAKTOR – STROPNÍ KONSTRUKCE | 76 |
| TABULKA 50: II. POŽADAVKY NA ŠÍŘENÍ VLHKOSTI KONSTRUKCÍ – STROPNÍ KONSTRUKCE..... | 76 |
| TABULKA 51: III. POŽADAVEK NA LINEÁRNÍ ČINITEL PROSTUPU TEPLA – STROPNÍ KONSTRUKCE | 76 |

| | |
|---|----|
| TABULKA 52:VYPOČTENÉ TECHNICKÉ PARAMETRY– STŘEŠNÍ KONSTRUKCE | 77 |
| TABULKA 53:I. POŽADAVEK NA TEPLOTNÍ FAKTOR STŘEŠNÍ KONSTRUKCE | 77 |
| TABULKA 54:II. POŽADAVKY NA ŠÍŘENÍ VLHKOSTI KONSTRUKCÍ STŘEŠNÍ KONSTRUKCE | 77 |
| TABULKA 55:III. POŽADAVEK NA LINEÁRNÍ ČINITEL PROSTUPU TEPLA STŘEŠNÍ KONSTRUKCE | 77 |

SEZNAM GRAFŮ

| | |
|---|----|
| GRAF 1:HODNOTY U NEOBLOŽENÝCH PANELŮ CLT PRO OBVODOVÉ STĚNY | 15 |
| GRAF 2:HODNOTY U IZOLOVANÝCH PANELŮ CLT O TLOUŠŤCE 100 MM PRO OBVODOVÉ STĚNY V ZÁVISLOSTI NA TLOUŠŤCE | 15 |

11. SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1 Průvodní zpráva
- Příloha č. 2 Vizualizace objektu
- Příloha č. 3 Technická zpráva
- Příloha č. 4 Výrobní dokumentace dílčí části stavba – výstup pro CNC
- Příloha č. 5 Statické posouzení konstrukčního prvku a detailů
- Příloha č. 6 Tepelně technický výpočet - Protokol ze softwaru Teplo 2017 EDU
- Příloha č. 7 Tepelně technický výpočet - Protokol ze softwaru Area 2017 EDU
- Příloha č. 8 Položkový rozpočet dílčí části stavby + zjednodušený rozpočet celé stavby

SEZNAM NAVRŽENÝCH MATERIÁLŮ PRO REALIZACI STAVBY

Tepelné izolace

- Dřevovláknitá deska STEICO PROTECT DRY

Zdroj: web.steico.com

- Foukaná izolace STEICO FLOC

Zdroj: web.steico.com

- Kročejová a tepelná izolace KNAUF INSULATION PTN

Zdroj: bmsl.cz

- Tepelná izolace EPS PRO – DOMA

Zdroj: pro-doma.cz

- Tepelná izolace – extrudovaný polystyren STYRO XPS HP-L

Zdroj: styrotrade.cz

- Podlahový polystyren EPS 100 STYROTRADE

Zdroj: styrotrade.cz

- Akustická izolace – DVD STEICO THERM SD

Zdroj: web.steico.com

- Tepelná izolace – TECHNONICOL, XPS CARBON PROF FAS 300

Zdroj: dskstavebniny.cz

Deskové materiály

- Konstrukční sádrovláknitá deska RIGISTABIL

Zdroj: rigips.cz

- Konstrukční SDK KNAUF GREEN

Zdroj: dek.cz

- Deska systémová DEKPERIMETER PV-NR75

Zdroj: dek.cz

- OSB deska KRONOSPAN

Zdroj: kronospan.com

Masivní prvky

- Krokve KVH

Zdroj: nema.cz

- CLT Panely

Zdroj: nema. cz, dekwood.cz

- Latě, kontralatě KVH

Zdroj: lika-zn.cz

Fólie

- ORLIMEX hydroizolační fólie z PVC HYDROTOP

Zdroj: topmaterialy.cz

- Difúzně propustná fólie DEKTEN FASSADE II

Zdroj: dek.cz