

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Konstrukční návrh pro realizaci stavby

mobilní obytné dřevostavby

Diplomová práce

Autor: Bc. Jaroslav Beneš

Vedoucí práce: Ing. Miloš Pavelek, PhD.

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jaroslav Beneš

Dřevěné konstrukce a stavby na bázi dřeva

Název práce

Konstrukční návrh pro realizaci stavby mobilní obytné dřevostavby

Název anglicky

Project of Wooden Mobile Home Construction

Cíle práce

Cílem práce je vypracování projektové dokumentace pro realizaci stavby části architektonicko-stavebního řešení vlastního návrhu mobilní obytné dřevostavby. V první části bude zpracováno konstrukční řešení a optimalizace (základní tvarové, dispoziční, konstrukční a materiálové provedení) s umístěním objektu do konkrétní lokality včetně optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště. Součástí první části bude zpracování požadavků na optimalizaci rozměrů s ohledem na přepravu stavby a její možné budoucí přemístění. V druhé části práce bude zpracováno architektonicko-stavební řešení včetně konstrukčních detailů a technické zprávy. Dílčím cílem je návrh, posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky. Obsahem projektové dokumentace bude (1) souhrnná technická zpráva, (2) situační výkresy objektu, (3) dokumentace dílčího technického řešení (architektonicko-stavební řešení) pro realizaci stavby (4) porovnání vybraných konstrukčních systémů na bázi dřeva vyhovující pro stavbu mobilní obytné dřevostavby.

Metodika

- Literární rešerše
- Konstrukční řešení a optimalizace (základní tvarové, dispoziční, konstrukční a materiálové provedení) s ohledem na možnosti přepravy
- Souhrnná technická zpráva
- Situační výkresy objektu
- Projektová dokumentace dílčího technického řešení pro realizaci stavby – Architektonicko-stavební řešení
- Posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky
- Porovnání vybraných konstrukčních systémů na bázi dřeva vyhovující pro stavbu mobilní dřevostavby
- Závěr

Doporučený rozsah práce

30 – 50 normostran textu + přílohy

Klíčová slova

Konstrukce na bázi dřeva; mobilní stavba; projektová dokumentace; architektonicko-stavební řešení.

Doporučené zdroje informací

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

ČSN 73 0540-2: Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Český normalizační institut. Praha, Česká republika., 2011.

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

CHYBÍK, Josef. Přírodní stavební materiály. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-2532-1.

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

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

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

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

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Miloš Pavelek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 29. 7. 2021

doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 13. 12. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Konstrukční návrh pro realizaci stavby mobilní obytné dřevostavby“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Miloše Pavelka, PhD. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, 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 5.4. 2023

Bc. Jaroslav Beneš



Poděkování

Moc rád bych poděkoval především Ing. Miloši Pavelkovi, PhD. za ochotu a pomoc při psaní mé diplomové práce. Moje poděkování patří taktéž rodičům, sestře, snoubence, příbuzným a kamarádům za jejich trpělivost, shovívavost a podporu.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem mobilní obytné dřevostavby.

Práce je rozdělena na část literární rešerše a na část metodickou. V literární rešerši je zaprvé popsána historie a vývoj staveb ze dřeva od pravěku až do současnosti s ohlédnutím rozdílného vývoje skrz západní kontinent a Evropu. Zadruhé jsou v literární rešerši popsány a vyvráceny mýty o dřevostavbách, které se šíří mezi lidmi a jsou založeny na povrchních představách a neznalostí celé pravdy. Dále jsou zde rozepsány jednotlivé konstrukční systémy dřevostaveb, včetně mobilních a modulových domů, které se v poslední době stávají obrovským fenoménem. Pro výstavbu mobilního domu porovnávám tři konstrukční systémy – sloupkový systém, panelový systém a konstrukci z europanelů. V práci také uvádím velký vliv energie z pohledu spotřeby i závislosti na zdrojích, funkce nosných konstrukcí, konstrukční materiály používané pro výstavbu dřevostaveb a základní problematiku a požadavky požární bezpečnosti, stavební fyziky a legislativy.

V druhé části mé diplomové práce řeším návrh konstrukce mobilní dřevostavby dle vlastního návrhu. Společně s vypracovanou projektovou dokumentací, vytvořenou v softwaru AutoCAD od společnosti Autodesk, přikládám i výsledky stavební fyziky ze softwarů Teplo 2017 a Area 2017. Dále je v metodice uveden rozpočet mobilního domu, který je zpracován v softwaru Kros 4. Statické posouzení krokve je zpracováno pomocí programu FIN EC a posouzení tří konstrukčních spojů pomocí MS Excel.

Mobilní dům splňuje všechny požadavky podle závazné legislativy. Problematika mobilních domů se ukazuje jako možné řešení vlastního bydlení, které je pro lidi finančně dostupnější než běžná zástavba.

Klíčová slova: Konstrukce na bázi dřeva, mobilní stavba, projektová dokumentace, architektonicko-stavební řešení.

Abstract

The thesis deals with the structural design of a mobile residential wooden building.

The thesis is divided into a literature search and a methodological part. In the literature search, firstly, the history and development of timber buildings from prehistoric times to the present day is described with a look back at the different developments across the Western continent and Europe. Secondly, the literature search describes and debunks the myths about timber buildings that are spread among people based on superficial ideas and ignorance of the whole truth. It also discusses the different construction systems of timber buildings, including mobile and modular houses, which have become a huge phenomenon in recent times. For the construction of a mobile home, I compare three construction systems - the post-and-beam system, the panel system and the Euro-panel construction. I also consider the major impact of energy in terms of consumption and resource dependency, the function of the supporting structures, the construction materials used for the construction of timber buildings and the basic issues and requirements of fire safety, building physics and legislation.

In the second part of my thesis I am designing a mobile wooden building according to my own design. Together with the design documentation, created in AutoCAD software from Autodesk, I attach the building physics results from Teplo 2017 and Area 2017 software. Furthermore, the methodology includes the budget of the mobile home, which is prepared in Kros 4 software. The structural design of the rafters is prepared using FIN EC and the design of the three structural joints using MS Excel.

The mobile home meets all the requirements of the mandatory legislation. The issue of mobile homes is proving to be a possible solution for people to own their own housing, which is more affordable than conventional housing.

Keywords: Wood-based construction, mobile construction, project documentation, architectural and construction solutions.

Obsah

Seznam obrázků	11
Seznam tabulek	11
Seznam použitých zkratk.....	13
Seznam použitých veličin.....	13
Indexy	14
Jednotky	15
1 Úvod.....	16
2 Cíl práce	18
3 Literární rešerše	19
3.1 Historie dřevostaveb	19
3.2 Mýty o dřevostavbách.....	22
3.3 Typologie dřevostaveb	25
3.3.1 Mobilní dům	26
3.3.2 Modulový dům.....	28
3.4 Základy mobilních a modulových domů.....	28
3.5 Konstrukční systémy.....	30
3.5.1 Balloon frame	30
3.5.2 Platform frame	31
3.5.3 Panelová konstrukce	32
3.5.4 Europanely	33
3.6 Obvodový plášť	34
3.6.1 Difúzně otevřená a uzavřená skladba	34
3.6.2 Energie a ekologie	36
3.6.3 Nízkoenergetický a pasivní standard	37
3.7 Střešní plášť	38
3.7.1 Plochá střecha	38
3.7.2 Šikmá střecha	39

3.7.3 Jednoplášťová a dvouplášťová střecha	39
3.8 Konstrukční materiály	40
3.8.1 OSB.....	40
3.8.2 KVH.....	41
3.8.3 Sádrokarton	42
3.8.4 Parobrzda/parozábrana.....	43
3.8.5 Grenaisol.....	44
3.8.6 Purenit.....	44
3.8.7 Cetris.....	45
3.8.8 Fasádní modřínová prkna.....	45
3.8.9 Tepelná izolace	46
3.9 Požární bezpečnost.....	50
3.10 Stavební fyzika	52
3.10.1 Fyzikální veličiny	53
3.10.2 Konstrukční veličiny.....	54
3.10.3 Požadavky	54
3.10.4 Tepelný most.....	56
3.10.5 Blower door test.....	56
3.11 Legislativa	57
4 Metodika	59
5 Výsledky.....	60
5.1 Vyhodnocení skladeb	60
5.1.1 Obvodová stěna – fasáda Cetris.....	60
5.1.2 Obvodová stěna – koupelna.....	61
5.1.3 Obvodová stěna – fasáda MD	62
5.1.4 Podlaha – denní místnost	63
5.1.5 Podlaha – koupelna.....	64
5.1.6 Střecha	65
5.2 Vyhodnocení detailů	66
5.2.1 Detail rohu – koupelna.....	67
5.2.2 Detail podlaha – okno	68

5.2.3 Detail stěna – podlaha.....	69
5.3 Výsledky rozpočtu.....	70
6 Závěr.....	71
Seznam použitých zdrojů	72
Seznam příloh.....	81

Seznam obrázků

Obrázek 1. Mobilní dům (Toder, 2021)	27
Obrázek 2. Přívěs Vlemmix (Vlemmix, 2023)	29
Obrázek 3. Stavební systém z europanelů (Europanel, 2017)	33
Obrázek 4. Cínkovaný spoj KVH (KVH).....	42
Obrázek 5. Požadavky na součinitel prostupu tepla (Remeš, 2014).....	55

Seznam tabulek

Tabulka 1: Požadavek na součinitel prostupu tepla – Stěna fasáda cetris	60
Tabulka 2: Požadavek na teplotní faktor – Stěna fasáda cetris	61
Tabulka 3: Požadavek na šíření vlhkosti – Stěna fasáda cetris	61
Tabulka 4: Požadavek na součinitel prostupu tepla – Stěna koupelna.....	61
Tabulka 5: Požadavek na teplotní faktor – Stěna koupelna	62
Tabulka 6: Požadavek na šíření vlhkosti – Stěna koupelna	62
Tabulka 7: Požadavek na součinitel prostupu tepla – Stěna fasáda MD.....	62
Tabulka 8: Požadavek na teplotní faktor – Stěna fasáda MD	63
Tabulka 9: Požadavek na šíření vlhkosti – Stěna fasáda MD	63
Tabulka 10: Požadavek na součinitel prostupu tepla – Podlaha denní místnost...	63
Tabulka 11: Požadavek na teplotní faktor – Podlaha denní místnost	64
Tabulka 12: Požadavek na šíření vlhkosti – Podlaha denní místnost	64
Tabulka 13: Požadavek na součinitel prostupu tepla – Podlaha koupelna.....	64
Tabulka 14: Požadavek na teplotní faktor – Podlaha koupelna	65
Tabulka 15: Požadavek na šíření vlhkosti – Podlaha koupelna	65
Tabulka 16: Požadavek na součinitel prostupu tepla – Střecha	65
Tabulka 17: Požadavek na teplotní faktor – Střecha.....	66
Tabulka 18: Požadavek na šíření vlhkosti – Střecha.....	66
Tabulka 19: Požadavek na teplotní faktor – Roh/ koupelna	67
Tabulka 20: Požadavky na šíření vlhkosti – Roh/ koupelna	67
Tabulka 21: Požadavek na teplotní faktor – Podlaha/ okno.....	68
Tabulka 22: Požadavky na šíření vlhkosti – Podlaha/ okno	68
Tabulka 23: Požadavek na lineární činitel prostupu tepla – Podlaha/ okno	69
Tabulka 24: Požadavek na teplotní faktor – Stěna/ podlaha	69

Tabulka 25: Požadavky na šíření vlhkosti – Stěna/ podlaha.....	70
--	----

Seznam použitých zkratk

CLT	Cross laminated timber
ČSN	Česká technická norma
DPH	Daň z přidané hodnoty
EN	Evropská norma
EPS	Expandovaný polystyren
Kč	Česká koruna
KVH	Konstruktionsvollholz
MDF	Středně tvrdá dřevovláknitá deska
ND	Nulový dům
NED	Nízkoenergetický dům
USA	Spojené státy americké
OSB	Oriented Strand Board
PD	Pasivní dům
PIR	Tvrdá pěna z polyisokyanurátu
PUR	Polyuretanová pěna
UV	Ultrafialové záření
WC	Toaleta
XPS	Extrudovaný polystyren

Seznam použitých veličin

B	[m]	Šířka prvku
c	[J/kgK]	Měrná tepelná kapacita
d	[m]	Tloušťka
E	[Pa]	Modul pružnosti
f	[N]	Pevnost
f_{Rsi}	[-]	Teplotní faktor vnitřního povrchu
$f_{Rsi,cr}$	[-]	Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu
$f_{Rsi,N}$	[-]	Požadovaná nejnižší hodnota teplotního faktoru
F	[N]	Síla
H	[m]	Výška prvku
K_{mod}	[-]	Modifikační součinitel

L	[m]	Délka prvku
L_{nw}	[dB]	Normalizovaná hladina kročejového hluku
M	[m]	Moment
M_{ev}	[kg/m ² a]	Množství vypařitelné vodní páry za rok
$M_{c,a}$	[kg/m ² a]	Množství zkondenzované vodní páry za rok
N	[N]	Normálová síla
R	[m ² K/W]	Tepelný odpor
R	[N]	Únosnost spojovacího vrutu
R_w	[dB]	Stavební neprůzvučnost
S_d	[m]	Ekvivalentní difúzní tloušťka
T	[°]	Teplota
U	[W/m ² K]	Součinitel prostupu tepla
V	[N]	Posouvací síla
W	[m]	Průhyb
γ_m	[-]	Dílčí součinitel vlastnosti materiálu
λ	[W/mK]	Součinitel tepelné vodivosti
μ	[-]	Faktor difúzního odporu
ρ	[kg/m ³]	Objemová hmotnost
ψ	[m]	Lineární činitel prostupu tepla

Indexy

a	Rok
c	Tlak
d	Charakteristická
e	Exteriér
fin	Konečný
head	Hlavní
i	Interiér
inst	Okamžitý
k	Návrhová
m	Ohyb
N,20	Normová

pas	Pasivní
t	Vypočteno
v	Střih
vl	Vlastní tíha
w	Vítr
y	Osa Y
z	Osa Z
0	Rovnoběžně s vlákny
90	Kolmo na vlákna

Jednotky

°C	Stupeň celsia
J	Joule
K	Kelvin
kg	Kilogram
kN	Kilonewton
MPa	Megapascal
m	Metr
m ²	Metr čtvereční
m ³	Metr krychlový
N	Newton
Pa	Pascal
W	Watt

1 Úvod

Dřevostavby nás doprovází už několik tisíciletí. Dřevo a kamen patří k nejstarším materiálům využívané člověkem při budování svých skrýší a obydlí. Pravecí lidé sbírali větve, kámen, kly a kůže ze zabitých mamutů, z kterých pak dohromady sestavili své úkryty. Postupem času se člověk naučil používat nástroje, kterými bylo možné opracovat i větší kusy dřeva. Dřevo je tedy v oblasti dřevostaveb prověřený materiál, který plní nejen funkci nosnou, ale i tepelně technickou a v poslední řadě i estetickou.

Dřevo je zkrátka fascinující a všestranný materiál. Můžeme ho použít pro výrobu předmětů denní potřeby, šperků, papíru, dveří, oken, domů nebo i mrakodrapů. V některých svých vlastnostech dokonce předčí i dnes nadměru používané materiály jako je například beton nebo cihla.

Dřevo je sice přírodní a téměř dokonalý materiál, ale kromě výhod má pro potřeby člověka i své nevýhody. Většina lidí si ohledně nevýhod dřeva spojí s ohněm, což do jisté míry stále vyvolává strach. Bohužel strach je důsledkem neznalosti dřeva jako materiálu a jeho výhod jako jsou ekologie, nízká hustota, energická nenáročnost výroby oproti materiálům jako je například beton nebo ocel, široká variabilita využití, pevnost, pružnost a další. Postupně se daří lidstvo přesvědčit o tom, že dřevo je skvělá substance, ze které si mohou postavit svůj vysněný dům.

Naneštěstí se v nedávné době objevil nový koronavirus, který všem změnil životy. Globální chaos, počítání nakažených a mrtvých, hrozící finanční krize, která zastaví ekonomiku. Svět si nedá pokoj. K tomu všemu jsme svědky války mezi Ukrajinou a Ruskem. Ukazuje se, jak je vše závislé na energiích, ropě a dalších komoditách, které si s trhem pohrávají. S ohledem na stoupající ceny stavebních materiálů a nemovitostí se lidé stále častěji potýkají s problémy spojené s financováním a budováním vlastního bydlení.

V důsledku finanční krize se lidé začínají uskromňovat a více počítají svoje výdaje na domácnost. Z toho důvodu je nyní velmi aktuálním a mediálně probíraným řešením bydlení v mobilních dřevostavbách nebo také v angličtině tiny house.

Mobilní dřevostavba se v posledním roce těší nevídané pozornosti. Lidově se jedná o dřevostavbu na kolech, která se svojí podlahovou plochou může rovnat městskému bytu pro tříčlennou rodinu. A právě o mobilní dřevostavbě je tato práce.

2 Cíl práce

Cílem práce je vypracování projektové dokumentace pro realizaci stavby části architektonicko-stavebního řešení vlastního návrhu mobilní obytné dřevostavby. V první části bude zpracováno konstrukční řešení a optimalizace (základní tvarové, dispoziční, konstrukční a materiálové provedení) s umístěním objektu do konkrétní lokality včetně optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště. Součástí první části bude zpracování požadavků na optimalizaci rozměrů s ohledem na přepravu stavby a její možné budoucí přemístění. V druhé části bude zpracováno architektonicko-stavební řešení včetně konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky. Obsahem projektové dokumentace bude

- (1) souhrnná technická zpráva,
- (2) situační výkresy objektu,
- (3) dokumentace dílčího technického řešení (architektonicko-stavební řešení) pro realizaci stavby
- (4) porovnání vybraných konstrukčních systémů na bázi dřeva vyhovující pro stavbu mobilní obytné dřevostavby.

3 Literární rešerše

3.1 Historie dřevostaveb

Historie dřevostaveb sahá již do pravěku, kdy si pravěcí lidé stavěli svá obydlí z mamutích kostí, kožešin, ale i z větví, kůry, hlíny a kamene. Nástupem neolitu neboli mladší doby kamenné se podle průzkumů začaly stavět skryše, které měly konstrukčně oddělenou střechu od svislých stěn. K tomuto období lidstva je i přisuzován začátek chování dobytka, pěstování plodin a zemědělství. Tehdejší společenství lidí tvořilo osady, které byly ohraničené palisádou. Postupný vývoj také dovolil stavět přímo na vodě i na rašelině. Nosnou konstrukci tvořily kůly zaražené do dna těsně vedle sebe, které vyčnívaly nad hladinou, a poté byla na ně umístěna deska jako základ dřevěné chatrče. Těmto stavbám se říká palisádové. Stavby pletivové na rozdíl od palisádových potřebovaly pevnou půdu, na které ležela nosná konstrukce z trámů, na nichž spočíval povalový rošt tvořící podlahu. Obecně se dá říci, že s lepšími vynálezy a nástroji bylo možné vytvořit složitější konstrukce. Bylo již možné dřevo opracovat. Objevují se spoje dřeva omotané lýkem. Prapůvod dnešních tesařských spojů. Stěny tvořené z hlíny a větví postupně nahradily první sruby. Sruby daly základ pro další budoucnost dřevostaveb a rozdělily konstrukce na dvě skupiny, a to na masivní a tyčové. Vedle masivních, do kterých patří zmíněné sruby, jsou to tyčové konstrukce, které podle názvu napovídají o tvaru nosných prvků. Jedná se o dřevěnou soustavu sloupků a vzpěr, mezi kterými je prostor vyplněn jiným materiálem (Vaverka, 2008).

Dřevo bylo skoro vytlačeno ze stavebnictví v 19. století, kdy ve světě panovala průmyslová revoluce. Do stavebního oboru se masivně rozšířily materiály jako ocel a beton, které otevřely nové možnosti. V té době se tolik nenahlíželo na spotřebu energie a na ekologii tak, jako je tomu dnes. Obrovské možnosti těchto materiálů daly člověku pocit krále světa, a aniž by si uvědomoval pozdější následky, tak začal bez milosti krást přírodní zdroje, o kterých si myslel, že jsou neomezené a zadarmo. Historie se opakuje. To, co je nové, je skvělé, to, co je staré, je už k ničemu. Tato myšlenka se tehdy týkala dřeva a dřevostaveb samotných. Zlom nastal ve druhé světové válce, kdy kvůli masivní poptávce průmyslových materiálů, které nebyly k dostání, bylo potřeba tyto materiály urychleně nahradit.

Válka skončila a dřevo jako přírodní materiál se opět začalo postupně vracet do stavitelského odvětví, hlavně v zemích Švédska, Finska, Rakouska, Německa a Švýcarska. Dřevostavby zaznamenaly stabilní rozvoj, výzkum a postupně se z toho vyvinul i učební obor (Růžička, 2006).

V každé ze zmíněných zemí byl ale historický vývoj odlišný.

Severní Amerika

Masivní osidlování Ameriky přineslo problém s bydlením. Bylo potřeba co nejrychleji a nejjednodušeji postavit tisíce domů. Nabízela se možnost stavět z cihel, ale tento systém byl moc těžký, zdoluhavý a vyžadoval velkou míru řemeslné zdatnosti. Navíc toto bydlení by bylo příliš drahé. V okolí byl dostatek lesů, a tak ohledně konstrukčního materiálu bylo jasno. Podle historických pramenů byli noví osadníci lidé, kteří nebyli nijak svázáni se svojí mateřskou zemí kulturně ani hodnotově a chtěli udělat radikální řez se svým dosavadním životem. Přijeli do Ameriky, aby začali úplně nový život a byli připraveni na cokoli. S tlakem na nutnost bydlení vymysleli přistěhovalci nejjednodušší způsoby výroby dřevostaveb. Ke stavbě nepotřebovali složité nástroje, znalosti nebo zkušenosti. To se ukázalo být jistou výhodou oproti stavební kultuře ve východních zemích. Americký systém byl založen na stavbě všeho ze stejných prvků, aby se maximalizovala efektivnost a ukojila se velká poptávka, kterou Evropa v této oblasti nezažila. Zároveň pokud si mladá rodina v Americe potřebovala postavit dům, tak si ho postavila hned. Z obecného hlediska lze říci, že vývoj dřevostaveb v Severní Americe ukázal výhody stavění ze dřeva (Růžička, 2006).

Začátkem 70. let minulého století přišel první ropný šok. Konkrétně v roce 1973 Jomkipurská válka ukázala, jak moc je lidstvo závislé na zdrojích energie. A konflikty přibývaly. Ať už to byla Íránská revoluce v roce 1980, válka v perském zálivu 1990 nebo útok na World Trade Center v roce 2001, do stavebnictví to přineslo revoluci v získávání solární energie. Důraz byl kladen na velké prosklené plochy, solární panely a velký zdroj tepla, zato izolace se moc neřešila. Toto byli představitelé nízkoenergetických domů první generace (Hudec, 2008).

V současné době žije více než 20 miliónů Američanů v mobilních domech. Tyto domy společně vytvářejí parky, o kterých si urbanisté a výzkumníci myslí, že

se jedná o problém. Přitom vlastnit mobilní dům v parku představuje možnost dostupného bydlení a zároveň pomáhá zlepšit klima. I když tyto domy musí od roku 1976 splňovat federální bezpečnostní normy a jsou již srovnatelné s běžnou zástavbou, lidé mají předsudky o kvalitě a trvanlivosti mobilních domů, které jsou přibližně o polovinu levnější než klasické domy. Bohužel většina obyvatel obytných parků nejsou vlastníky pozemků, na kterých stojí jejich příbytek. To dává právo majiteli pozemku vykázat obyvatele. Proto se postupně začaly formovat komunity lidí, které skupují pozemky, aby měly jistotu a kontrolu. Samosprávy měst chtějí tyto parky využít pro klasickou zástavbu. To znamená, že obyvatel parků by byli vyhnáni na méně významné pozemky, třeba i u dálnic. V oblasti legislativy bylo přijato 20 zákonů, které pomáhají obyvatelům nakupovat parky, kde žijí. ROC USA je neziskový sociální podnik, který vytvořil více než 280 komunit a přes 18 000 domácností. Dokonce i prezident Joe Biden a jeho bytový plán zahrnuje rozsáhlou podporu bytovým parkům (Lamb, 2022).

Evropa

V Evropě to bylo komplikovanější. Kvůli častým požárům se začalo stavět z cihel a kamenů, které byly vnímány jako známka moci a bohatství. Evropani mají v sobě zakódováno, že stavět z cihel a jiných průmyslových materiálů je dlouhodobá investice s pocitem udržitelnosti a solidnosti (Růžička, 2006).

V důsledku těchto pocitů vznikly nízkoenergetické domy druhé generace, kde se už dbalo na tepelnou izolaci, kvalitnější montáž oken a začalo se řešit tepelné zónování, což znamená používání rekuperace, solárních panelů a nově vyvinuté tepelné izolace. To dalo základ pro vývoj pasivního standardu, který si vystačí pouze se solárními zisky a z vnitřního provozu domu. První pasivní dům byl postaven na základě teorie Dr. Wolfganga Feista v německém Darmstadtu v roce 1991 (Hudec, 2008).

ČR a postkomunistické země

Komunistický režim v podstatě zakázal používání dřeva ve stavebnictví jako nosný materiál staveb. Dovolil ho pouze pro pomocné konstrukce. Budoucnost se zaměřila na beton a ocel jako obraz nové doby. Dřevostavby upadly téměř

v zapomnění. A bohužel se to podepsalo i na našich lesích. Dřevo si rostlo dál, vyváželi jsme ho do světa a o naše lesy jsme se moc nestarali. Životní prostředí začalo trpět i od výroby cementu a oceli, jejichž výroba spotřebovává mnohem více energie než zpracování dřeva. S chátrajícími lesy postupně mizeli i odborníci na dřevo, a to dospělo do fáze, že se v podstatě učíme vše od znova (Růžička, 2006).

3.2 Mýty o dřevostavbách

Stavební obor je velice komplexní. Neexistuje jediný správný nebo univerzální systém. Vše závisí na podmínkách, okolnostech a prioritách. Dřevo a jeho použití jako stavebního materiálu má sice svá úskalí a limity, ale nelze ho hned zavrhnout. Nejprve je potřeba tento materiál důkladně prostudovat a pochopit, jak se chová. Poté je možné vyvodit podložené závěry. Bohužel se okolo dřevostaveb nashromáždily nepodložené mýty, které se přiči se skutečností, a to pouze z neznalosti tohoto úžasného materiálu. Dá se říci, že nejvíc dezinformací vypouštějí do světa lidé, kteří nejsou seznámeni s touto problematikou, nikdy ani v dřevostavbě nebyli nebo to nepoznali, ale jsou skálopevně přesvědčeni o své pravdě. Argumenty typu, že dřevostavby jsou ze sirek, že to shoří, za pět let to shnije nebo názor, že cihla je cihla a cihla vydrží všechno, jsou jasným důkazem. Odborníci na dřevo a dřevostavby jsou toho názoru, že dřevo je cesta, po které je potřeba se vydat (Růžička, 2006).

Hořlavost

Dřevo hoří. To ví každý, kdo se někdy snažil rozdělát oheň. Tento argument tu končí. Tímto způsobem uvažování jsou všichni lidé sebevrazi. Usedají denně do aut, které mají plnou nádrž těkavé a hořlavé látky, a tím ohrožují i ostatní účastníky silničního provozu. Naneštěstí důsledkem pokroku je nutná daň. Pokud bychom tedy takhle uvažovali a do budoucna se chtěli vyvarovat možného požáru, zbavme se tedy i nábytku, záclon a všech hořlavých materiálů v interiérech, které jsou v konečném důsledku reálnou příčinou požárů staveb. Je důležité se na dřevostavby koukat z opačného pohledu. Studovat a zkoumat, jak se dřevostavba chová při požáru, a na základě toho postupně zlepšovat požární odolnost a bezpečnost. Tyto znalosti a zkušenosti umožňují navrhnout, v případě požáru, bezpečný únik

z objektu. Zajistit, aby se případný požár snadno uhasil a v neposlední řadě, aby případná obnova byla co nejméně zatěžující, zjistíme, že dřevo je v této oblasti skvělou volbou a předčí i cihlu s ocelí. Dřevo je od přírody dokonalý a inteligentní materiál, který ví, jak se chovat i za hoření. Oproti oceli a betonu dřevo náhle nespadne. Vzpomeňme si na katastrofický pád dvojčat z roku 2001. Dřevo odhořívá z povrchu dovnitř a soustavně vytváří vrstvu pyrolýzy, která dokonce brání před rychlým procesem hoření, a tak nezasažený materiál v jádru je stále plnohodnotně funkční. Chování je tedy předvídatelné (Růžička, 2006).

Akustika

Akustika není zcela předvídatelná. Akustiku v budovách ovlivňují parametry konstrukce a detailů. Jedná se o individuální problematiku, protože pro někoho může být například hluk padající kapky uklidňující, ale pro jiného formou mučení. Obecným cílem tedy je zajistit, aby stavební objekt negeneroval nepříjemné zvuky pro obyvatele. Těžké betonové nebo cihelné stavby mají výhodu v přirozeném útlumu vibrací, a to díky hmotnosti. U lehkých staveb jako jsou dřevostavby je potřeba hledat jiná řešení pro akustický komfort než zbytečně přidávat hmotnost budovy pro získání výrazného útlumu zvuků. Koneckonců dřevo se používá i pro výrobu hudebních nástrojů, kde se chová jako přirozený zvukový zesilovač. A tomuto efektu je u staveb potřeba zabránit (Růžička, 2006).

Životnost

V dnešní době je hojně rozšířen názor, že dlouhodobá investice do staveb je skvělá a výnosná investice, ale je potřeba nezapomínat, že i dům nebo auto potřebují stálou péči pro to, aby sloužily co nejdéle. Je tedy potřeba započítat provozní náklady, které se nám touto investicí nemusí vrátit. Pro větší přehlednost je možné životnost rozdělit na dva typy. Fyzická životnost je doba, po kterou objekt splňuje fyzicky své funkce. Druhým typem je morální životnost. To je čas, po který je pro rodinu pohodlné bydlet v objektu v rámci jedné generace. Opět se jedná o individuální požadavky a představy o dispozici a další provoz budovy. Z toho vyplývá, že stavět dům, co má přežít po generace, bude s velkou pravděpodobností ne zcela vyhovující pro jednotlivé generace a bude potřeba rekonstrukce. Nabízí se

otázka, jestli je výhodné platit za dlouhověkost a jestli není lepší investovat tak, aby případné rekonstrukce byly co nejrychlejší, nejsnazší. Potom by se docílilo toho, že stavba se bude podřizovat nám, a ne my jí (Růžička, 2006).

Tepelná akumulace

Tepelná akumulace je vlastnost materiálu pojmout a uchovat přebytečné teplo z okolí a v případě nedostatku tepla v místnosti ho zpětně vracet, aby byla zachována teplotní rovnováha a tepelná pohoda. Lepší akumulace neznámá lepší izolace. Kámen, zdivo a beton dobře akumulují, ale nelze je ovládat pro zpětný přísun tepla. Dřevostavby nedokážou tento potenciál plně využít. Sruby jsou výjimkou. Masivní stěny jsou ideálním poměrem mezi akumulací a tepelnou izolací. Inteligentní a efektivní akumulace se ale projeví pouze u velkého množství dřeva. Aby se člověk cítil příjemně a byly splněny hygienické podmínky, je akumulace nutná, ale lze ji vyřešit jinými způsoby než využitím těžkých materiálů (Růžička, 2006).

Plísně a houby

Aby se do dřeva pustili biotičtí a abiotičtí činitelé, musí nastat určité podmínky, kde zásadní roli hrají teplota a vlhkost. Pro zabránění nechtěného vniknutí škůdců a následného vzniku poškození dřeva je potřeba dodržet konstrukční ochranu, což znamená vyřešit detaily, eliminovat tepelné mosty, vyhnout se cyklickému styku s kapalnou vodou a další. Pro dřevo je ideální se s vodou nepotkat anebo ho ponořit do vody dlouhodobě jako je tomu například v Benátkách. Ponoření do vody, kde není vzdušný kyslík, je také ochrana dřeva (TZB-info, 2018).

Ekologie a prostředí

Když se hovoří o dřevostavbách, tak si lidé představují pokácené stromy, ničení životního prostředí, ale zapomínají na kamenolomy a doly, které krajinu nevratně mění. Dřevo jako biomasa nebo také obnovitelný zdroj znovu vyroste, ale neobnovitelné zdroje kamene, kaolinu nebo cementu se v původní formě do přírody nevrátí. Dalším významným problémem je spotřeba energie. Dřevo spotřebuje

oproti zmíněným materiálům významně méně energie na zpracování i dopravu. Využívat dřevo pro výstavbu a navracet materiál zpět do přírody znamená udržitelnost, zachování biodiverzity a naši schopnost plnit ekologické, ekonomické a sociální funkce nejen na místní, ale i na mezinárodní úrovni bez poškození ekosystémů (TZB-info, 2018).

3.3 Typologie dřevostaveb

Dřevostavby se podle konstrukce dělí na:

- Sruby
- Hrázděná konstrukce
- Sloupková konstrukce
- Panelová konstrukce
- Skeletová konstrukce
- Konstrukce z prefabrikovaných tvarovek (Štefko, 2004)

Srubová konstrukce se skládá z vodorovných nosných prvků, které jsou v rozích přeplátovány s přesahem, kterému se říká zhlaví. Velké zastoupení dřeva si vyžaduje odbornost řemeslníků a větší pracnost výroby. Důležité je už při návrhu nezapomenout na tvarové změny a sesedání dřeva.

Hrázděná konstrukce se skládá z nosné dřevěné kostry a cihelné výplně. Stejně jako u srubů se vyžaduje odbornost řemeslníků pro větší pracnost. Dřevěná kostra se skládá ze sloupů, vzpěr, prahů, překladů a vaznic. Tyto prvky jsou spojeny tesařskými spoji.

Sloupkovou, panelovou konstrukci a konstrukci z europanelů rozvádím a porovnávám níže, protože tyto lehké systémy jsou vhodné pro stavbu mobilních domů.

Skeletová konstrukce je tvořena ze sloupků a průvlaků. Výplněmi jsou obvodové stěny zajišťující tuhost a jiné vlastnosti budovy. Pro nosné prvky je použito lepené lamelové dřevo, I nosníky nebo příhradové nosníky. Skeletový systém umožňuje instalaci velkých prosklených ploch. Nevýhodou je potřeba techniky a vyšší nároky na kvalitu dřeva.

Konstrukce z prefabrikovaných tvarovek je dřevěná verze klasického zděného systému. Základním prvkem suché a jednoduché montáže je dutý dřevěný modul vážící až 10 kilogramů. Moduly jsou mezi sebou spojovány na pero a drážku. Do dutin je umístěna tepelná izolace na bázi recyklovaného papíru a korku. Dalšími výhodami jsou rychlá montáž a nenáročnost na techniku (Štefko, 2004).

Existují i další konstrukční typy dřevostaveb. Stále větší popularitu získávají CLT panely a mobilní domy.

CLT panel je dřevěný prefabrikovaný dílec, který oplývá samými výhodami. Zjednodušeně lze popsat výrobu CLT panelů jako plošně na sebe lepené spárovky, jejichž orientace se kolmo střídá. Kolmá orientace od okolních vrstev má stejné důvody a výhody jako u výroby překližky (Pavlas, 2016). Dřevo je totiž anizotropní materiál, což znamená, že vykazuje odlišné vlastnosti v různých směrech. Anizotropie je u dřeva vnímána spíše jako nevýhoda, ale lze ji výrazně omezit křížovým lepením vrstev dřeva. Výsledný produkt vykazuje tvarovou stálost a téměř srovnatelnou pevnost v obou směrech (Herzog, 2004). Ve srovnání s panelovou konstrukcí se CLT panely také vyznačují vysokou prefabrikací, ale bez předem zabudovaných oken a dveří (Pavlas, 2016).

Technologická společnost Google zahájila stavbu své kancelářské budovy z CLT panelů. Pětipatrová budova se nachází v Sunnyvale u Moffett Field. Google tímto krokem navazuje na projekt Mjøstårnet timber high-rise, což je norská 18 – ti patrová věž postavená kompletně zmíněným systémem. Cílem je obeznámit projektanty s výhodami dřevostaveb a aktivně se účastnit akcí, které podporují dřevostavby. Google neskončí pouze u jedné kancelářské budovy, už plánuje další výstavbu (Holzbauwelt, 2021).

3.3.1 Mobilní dům

Mobilní dům zažívá v poslední době obrovský boom, protože se jedná o finančně dostupné bydlení. Mobilní dům nebo také Tiny house (Obrázek 1) je obydlí, které je stavěno na přívěsu, což umožňuje celkovou mobilitu. Mobilita je vnímána jako výhoda, protože lze s domem cestovat. Má pochopitelně i řadu nevýhod. Jednou z nich je malý obytný prostor, který nemusí vyhovovat každému

nebo si člověk nezvykne na prostorovou skromnost. Další nevýhodou jsou předem dané maximální rozměry domu kvůli transportu na silnicích (Tiny home builders, 2022).

Tiny house není jen bydlení v malém prostoru, ale jde o životní styl a hnutí, které se vrací ke kořenům podstaty života a ukazuje co člověk nutně potřebuje ke šťastnému životu. Zároveň to demonstruje i podstatu životního prostředí a návratu k přírodě tak, jak to bylo v minulosti. Mobilní domky jsou plnohodnotně vybavené a vhodné pro lidi, kteří chtějí žít jednoduše. Trend mobilních domů vznikl v USA v 70. letech minulého století. Po hurikánu Katrina v roce 2005 se poptávka po mobilních domech zvýšila (Marjolein in het klein, 2017).

Mobilní dům lze uzpůsobit jak na sezonní, tak i celoroční užívání. Sezonní mobilní dům nemá izolaci, a proto je ideální například jako letní chata u zahrady. Celoroční mobilní domy už disponují tepelnou izolací, vytápěcím systémem a přípojkami na inženýrské sítě, nebo alespoň na elektrickou síť (Chytré bydlení, 2020).

Mobilní domek lze využívat i jako doplněk ke stávajícímu domu pro přespaní návštěvy při oslavách nebo ho lze pronajímat online (Toder, 2021).



Obrázek 1. Mobilní dům (Toder, 2021)

3.3.2 Modulový dům

Modulové domy nebo také buňky se od mobilních domů liší nejvíce v systému základů. Zatímco mobilní domy mají funkční podvozek, modulový dům podvozek nemá a je postaven na předem připravené základy pomocí jeřábu. Mobilita je zde taky zajištěna. Pokud vlastníkovu přestane vyhovovat dosavadní pozemek, může buňku opět nechat jeřábem naložit na nákladní auto a převézt na nové místo, což s běžným domem nelze (Chytré bydlení, 2020).

Ještě jednou věcí se liší modulové domy od těch mobilních. Modulový dům se skládá z jednotlivých modulů – buněk, které je možno spojovat a tím rozšiřovat obytný prostor podle představ investora. To je neodolatelná výhoda, ke které můžeme přičíst možnost přemístění, maximální prefabrikaci a cenovou dostupnost. Naproti tomu se může stát, že investor je nadšený pro ekologii a udržitelnost, ale zmenšený prostor, kde v podstatě ztrácí soukromí, nezvládá. Proto je důležité si bydlení nejdříve vyzkoušet, například na dovolené v Itálii. V případě koupě nebo stěhování modulového domu může být dalším problémem samotná cesta. Po cestě se mohou objevit nízké podjezdy, mosty zabraňující průjezd nákladního auta, úzké cesty nebo neprůjezdné zatačky. Pro získání úvěru na mobilní a modulové domy je potřeba splnit požadavky pro stavbu rodinného domu (Modrá pyramida, 2021).

3.4 Základy mobilních a modulových domů

Mobilní a modulové domy mají tu výhodu, že nemusí stát na betonových základech, jako je tomu u většiny domů, protože dřevostavby jsou mnohem lehčí než stavby zděné. Odpadá tím práce na vyhloubení základových rýh, betonování a technologické pauzy při dozrávání betonu. Tento fakt se výrazně a příznivě projeví na ceně. U mobilních domů je základem v podstatě pojízdný přívěs (příloha 1), který může být použit buď ze starých zemědělských sběracích vozů, které je potřeba rozebrat a odstranit hrazení tak, aby vznikl přívěs s nosným rámem pro dřevostavbu, nebo nechat vyrobit a svařit přívěs na zakázku. Třetí možností je si zakoupit předem vyrobené přívěsy (Obrázek 2), které mají předepsané rozměry, počet náprav a nosnost. Zásadní je umístění přívěsu na pozemku. Terén může být svažité a dům nakloněný, což je pochopitelně nežádoucí a vyloučeno. Proto se domy na přívěsech orientují na místech, kde je rovina. Dostatečnou stabilitu domu

zajišťují podpěry, které jsou opřeny o betonové dlaždice. Podpěry mohou být jako samostatné ocelové výrobky, nebo jako součást přívěsu. Takové přívěsy vyrábí firma Vlemmix. Firma Vlemmix se specializuje na výrobu přívěsů pro převážení lodí, malých domů a strojů. Firma vznikla v roce 2006. Její zakladatel Wim Vlemmix k sobě postupně přizval svoje syny Ricka a Base, kteří přispěli k zavedení moderních technologií pro efektivnější výrobu. Nyní je firma evropskou jedničkou na trhu (Vlemmix, 2023).



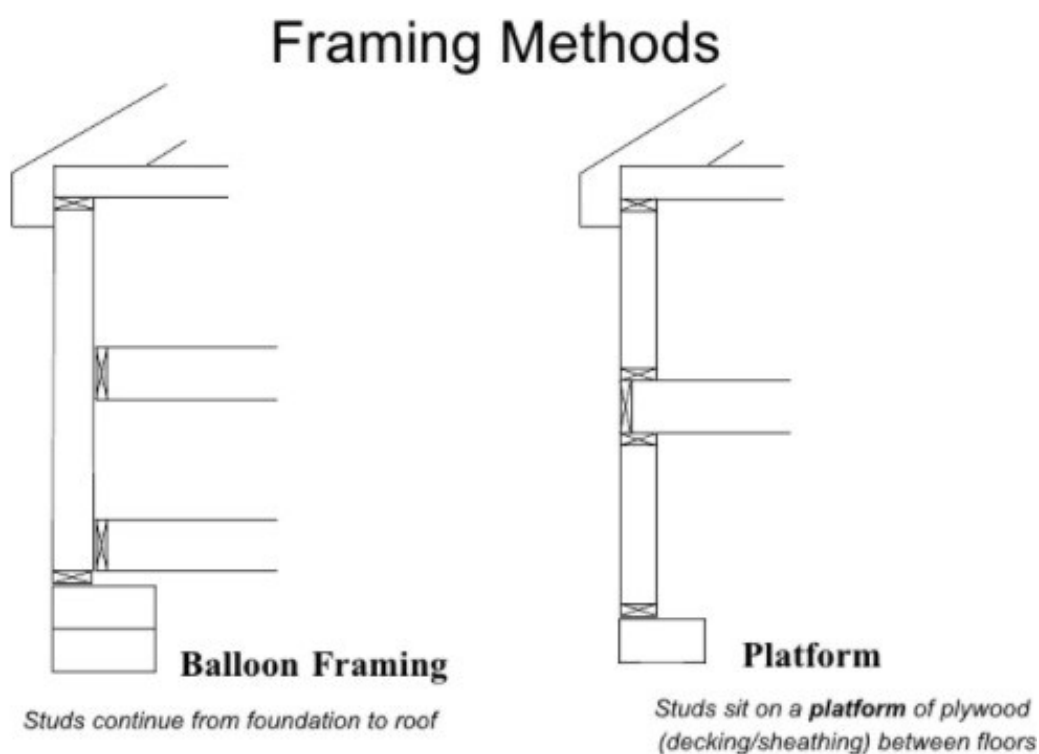
Obrázek 2. Přívěs Vlemmix (Vlemmix, 2023)

Modulové domy mají základy vytvořeny z betonových patek, nebo soustavou zemních vrutů. Tyto systémy umožňují vzduchu proudit pod samotnou budovou. Tomuto systému se říká Crawl Space. Jde o vůbec nejlepší ochranu před radonem, který vniká z podloží do konstrukcí. Neustálé provětrání základů bezpečně odvádí radon pryč (Růžička, 2006). Zemní vruty jsou oproti betonovým patkám méně pracné a zároveň hned po zavrtání je možné je ihned zatížit. Zemní vruty jsou ocelové a pozinkované tubusy se závitem, které lze opakovaně zavrtávat na jiná místa. Uvádí se, že životnost je až 150 let. V kombinaci s modulovými domy je zajištěna maximální mobilita. Bohužel vruty nelze použít v oblastech, kde je půda stále nasycena vodou nebo není moc stabilní a obsahuje písky. Pro dřevostavby se doporučuje použít vruty dlouhé minimálně 1,3 metru. Jednak se zajistí větší nosnost vrutů, a zároveň se dosáhne nezámrazné hloubky (Strefa, 2021).

3.5 Konstrukční systémy

Sloupkový systém je jedním z nejpoužívanějších stavebních systémů dřevostaveb celosvětově. Koncept je založen na použití jednoho profilu prvků pro celý dům (Kolb, 2011).

Dřevěné rámy jsou sbíjeny z fošen a sloupků, které mají rozteč podle konstrukčních desek 625 mm. Konstrukční desky zajišťují ztužení rámu a nahrazují tak dřevěné vzpěry, které se objevují u klasických krovů nebo hrázděné konstrukce. Jsou známy dva typy sloupkového systému. Jsou to Balloon frame a Platform frame (Kuklík, 2005).



Obrázek 3. Balloon frame a Platform frame (Potter, 2021)

3.5.1 Balloon frame

Sloupková stavba typu Balloon frame se stala ve 30. letech 19. století převratným řešením nových staveb v Americe. Bylo to konkrétně v Chicagu, kde se zrodil tento nový a převratný stavební systém dřevostaveb. Nebylo potřeba být

zkušeným tesařem a stavět složité konstrukční spoje. Balloon frame představoval způsob, jak postavit nové domy rychle a levně (Sidler, 2015).

Traduje se, že první sloupkovou stavbu postavil dřevařský magnát George Snow v roce 1832, kdy Chicago zažívalo masivní nárůst přistěhovalců, a tím pádem nedostupnost bydlení. Před samotnou sloupkovou technologií již zde existovala technologie těžkého skeletu, ale ta vyžadovala tesařské opracování, velké úsilí a těžkou techniku. Dřevěné rámy sloupkového typu tak nahradily skeletové stavby. Nosný rám se skládá buď z masivních fošen, nebo i modernějších I nosníků, které ještě výrazněji zlepšují tepelně – technické vlastnosti stěn. Ač Balloon frame nevypadá nijak zajímavě, z pohledu stavební technologie jde o další velmi důležitý pokrok v historii stavění. Typickým poznávacím znakem Balloon frame jsou svislé nosné fošny, které tvoří stěnový rám přes více než jedno podlaží a zatížení od střechy je přímo svedeno do základů. Jinak řečeno, stropní nosníky jsou jednotlivě připevněny na prvky svislých stěn. Jednoduchost sloupkové stavby spočívá v jednoduchosti montáže. Jednotlivé prvky se spojují mechanickými spojovacími prostředky – hřebíky. Stavební prvky jsou lehké a není potřeba těžké techniky. Je jednodušší naučit lidi s kladivem, než je učit tesařské spoje. Větší poptávka po dřevě způsobila, že se na poloostrově Michigan začalo objevovat rostoucí množství parních pil. Oproti pilám u vodních mlýnů měly parní pily větší výkon a denně produkovaly skoro 30 000 stop dřeva, což je okolo 10 000 metrů. Velká produkce si vyžádala jednotné rozměry řeziva. Hřebíky potřebovaly také masivní výrobu. Do průmyslové revoluce se každý hřeb koval ručně, a dokonce byly tak vzácné, že se staré stavby pálily, aby se hřebíky mohly znovu použít. V dnešním měřítku je to srovnatelné s poptávkou po osobních počítačích nebo letenkách. Vlivem průmyslové revoluce se podařilo vyrábět desetitisíce hřebíků denně a v důsledku toho cena klesla čtyřnásobně. V roce 1871 byl v Chicagu požár, který ukázal, že dlouhé prvky stěn tvoří cestu pro šíření požáru bez zábrany. Druhý styl sloupkové konstrukce tento problém částečně řeší (Potter, 2021).

3.5.2 Platform frame

Platform frame se zrodil taktéž v Chicagu, ale až ve 40. letech 19. století. Na rozdíl od prvního systému je u Platform frame poznávacím znakem ukončení

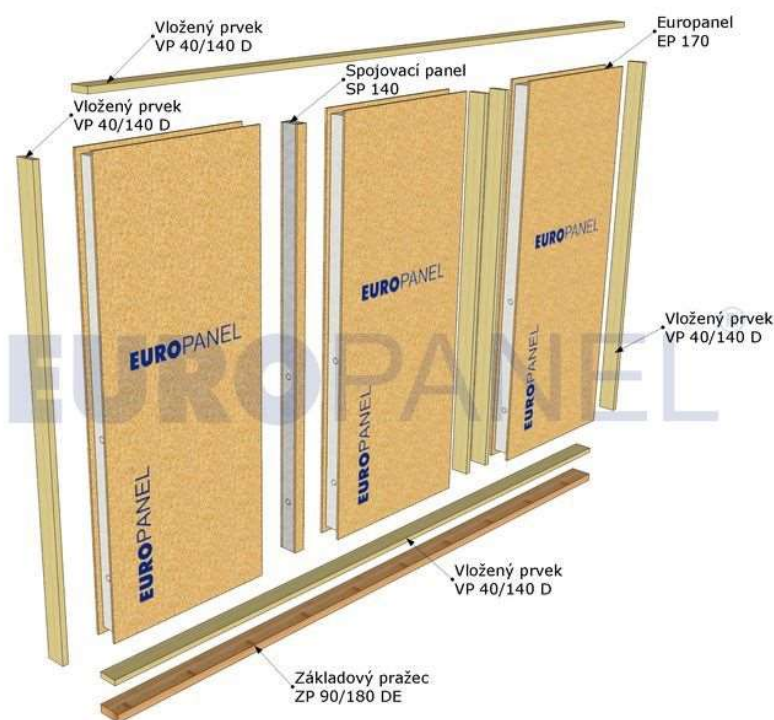
stěnových rámu v každém podlaží, na které jsou poté usazeny samostatné stěnové rámy. To ještě zdatně zjednodušuje celkovou montáž. Podlahový rám, který je zaklopen konstrukční deskou, slouží jako pracovní plošina pro sestavení a sbíjení svislých rámu. V porovnání s panelovým systémem stavění je sloupková konstrukce Platform frame náchylná na nepřízeň počasí. Zato montáž rámu přímo na staveništi umožňuje případnou variabilitu (Kuiper, 2009).

3.5.3 Panelová konstrukce

Panelový konstrukční systém je dnes nejrozšířenějším stavebním systémem dřevostaveb. Konstrukčně vychází ze sloupkového systému. Nosnou částí obou systémů je dřevěný rám opláštěn velkoplošným materiálem. Panelový systém se oproti sloupkovému systému vyznačuje především vysokou prefabrikací. Jednotlivé panely jsou montovány ve výrobních halách. Výroba je tak nezávislá na změně počasí. Další výhodou je kontrola. Ve výrobní hale má každý dělník jiný úkol. Někdo má za úkol zkracovat KVH hranoly na přesnou délku a jiný například kompletuje dřevěné rámy s opláštěním a vloženou izolací na pneumatických nebo hydraulických stolech. Tyto postupné procesy umožňují vyloučení chyb, které by mohly v dokončené stavbě znamenat velký problém. Technologie panelové konstrukce je navržena tak, aby montáž celé stavby byla co nejefektivnější, nejrychlejší a nejpresnější. Proto je ve výrobní hale prostor, kam jsou panely mechanicky převezeny a otočeny z horizontální polohy do svislé. Poté se zabudovávají okna a dveře, které se kvalitně zaizolují a přelepí okenními páskami. Nakonec mohou být panely dokončeny fasádou. To vše se děje v prostředí, kde teplota a vlhkost příliš nekolísají. Oproti sloupkové technologii má panelová své nevýhody. Hotové panely již nelze rozměrově upravovat. S tím se pojí předem promyšlený a řádně zkonultovaný plán stavby a dispozice s projektantem. Další nevýhodou je nutná potřeba těžké techniky, tedy kamionu a jeřábu. Velikost panelů je závislá na kamionové přepravě. Rozměry dosahují maximálně 3,5 x 12 metrů. Takový panel už nelze zvedat a přesouvat ručně (Štefko, 2004).

3.5.4 Europanely

Europanely jsou dalším lehkým konstrukčním systémem vhodným pro stavbu mobilních domů. Europanel (obrázek 3) je sendvič, který se skládá z EPS polystyrenového jádra a oboustranného opláštění z OSB desek. Univerzálnost europanelů spočívá v tom, že je lze použít ve vodorovných konstrukcích, ale i ve svislých a střešních. Oproti sloupkové a panelové konstrukci mají nevýhodu v oblasti difúze vodní páry. Sloupkovou a panelovou konstrukci lze navrhnout jako difúzně otevřenou, kdy se nejčastěji používá minerální izolace. Minerální izolace je oproti EPS difúzně otevřená. Zároveň je EPS oproti minerální izolaci hořlavý. Negativní vlastnosti polystyrenu vyvažuje nízká cena, která se projeví na celkové ceně stavby. Samotný proces výstavby probíhá v postupném kladení europanelů na základový práh. Europanely mají po celém obvodu drážku, která zajistí dosednutí izolace na základový práh stejné tloušťky. To samé platí i u svislých dřevěných prvků, které jsou vkládány do drážek mezi jednotlivými panely. Přesahy OSB desek zajistí celistvost povrchu, zakrytí nosných prvků a mechanické provázání s kostrou. Velkou výhodou je hmotnost panelů. Stavbu není potřeba provádět s použitím těžké techniky (Europanel, 2017).



Obrázek 3. Stavební systém z europanelů (Europanel, 2017)

3.6 Obvodový plášť

Obvodový plášť je konstrukce, která pro každou budovu plní dvě hlavní funkce. Nosná funkce obvodového pláště spočívá v přenesení veškerého zatížení do základů, které jsou pevně spojeny se zemí. Zatížení vzniká z vlastní váhy samotné konstrukce obvodového pláště, dále ze zatížení větrem, sněhem nebo z provozu a obývání budovy. Ochranná funkce je rozsáhlejší a zahrnuje odolnost proti povětrnosti, vlhkosti, požáru, dále sem patří tepelná ochrana, neprůzvučnost a zvuková izolace. Obvodová konstrukce má ohledně povětrnosti za úkol ochránit sama sebe před vlivy, které by postupně znehodnocovaly jednotlivé materiály ve skladbě stěny. Ty materiály, které mají zachovat interiérové klima. To už je v podstatě tepelná ochrana (Kolb, 2011).

Tepelná ochrana zprostředkována izolacemi izoluje vnitřní teplo. Tepelné izolace fungují i jako akustické izolace, a tedy jako ochrana proti nepříjemnému okolnímu hluku, jako je například projíždějící vlak v blízkosti objektu. Dále obvodový plášť chrání vnitřní klima před vlivy počasí. Je potřeba ochránit i opačné působení na stěny z interiéru. Myslí se tím hlavně ochrana proti vlhkosti. Uvnitř budov se hromadí vlhkost z našeho dýchání, vaření nebo sprchování a společně s teplotou a tlakem vzduchu se vlhkost snaží dostat skrz konstrukci. Jedná se o přirozený a termodynamický jev rovnováhy (Smola, 2011).

Riziko je v tom, že tato rovnováha může nastat v půli cesty skrz obvodovou stěnu a vlhkost tam zkondenzuje. Následky kondenzace mohou být vážné (Růžička, 2014).

Dále je potřeba v rámci konstrukce budovy zabezpečit dostatečnou neprůzvučnost, aby bylo zachováno soukromí. Narušování soukromí akustickými emisemi má vliv na zdraví člověka. Ochrannou funkcí se myslí i protipožární opatření, aby se předešlo vzniku požáru, jeho přenesení z jednoho prostoru do druhého v rámci interiéru, nebo dokonce přenesení na okolní budovy (Kolb, 2011).

Dále se zabývám dvěma systémy řešení obvodových konstrukcí.

3.6.1 Difúzně otevřená a uzavřená skladba

Jak už bylo výše zmíněno, vlhkost z interiéru může představovat závažné riziko pro obvodové konstrukce, a to výrazně větší u dřevostaveb než u zděných

nebo betonových staveb. Difúzně otevřený systém a difúzně uzavřený systém jsou dvě varianty obvodového pláště, které pracují se vzdušnou vlhkostí naprosto odlišně. Obě varianty mají pochopitelně svoje výhody i nevýhody, které je důležité individuálně zvážit pro každý návrh domu nebo jiné stavby. V oblasti dřevostaveb je naprosto zásadní kvalita provedení celé stavby.

Difúzně otevřená skladba pracuje se vzdušnou vlhkostí tím způsobem, že postupně a řízeně propouští vodní páru z interiéru do konstrukce, kterou pára prochází bez vlivu na materiály uvnitř. V ideálním případě pára projde celou konstrukcí bez komplikací až do exteriéru, kde je absorbována a odvedena okolním vzduchem. Konstrukce tak zůstává suchá a stále plně funkční. Pro řízení propouštění vlhkosti se používá takzvaná parobrzdá, nejčastěji OSB deska. Pro správný návrh difúzně otevřené konstrukce je nutné dodržet následující zásady. Konstrukční skladba materiálů má být poskládaná tak, aby faktor difuzního odporu klesal směrem od interiéru do exteriéru. Tedy tak, aby parobrzdá měla v konstrukci nejvyšší hodnotu faktoru a nejvíce brzdila páru v průniku než ostatní materiály. Na hranici vnějšího prostředí a svislé konstrukce je omítka, která podle této zásady má mít naopak nejmenší odpor proti průniku vlhkosti, jako například silikonová omítka (Růžička, 2014). Další zásadou je volbou materiálu zajistit kladnou bilanci kondenzátu. Bohužel se v řadě případů stává, že přes zimní měsíce, kdy je mezi interiérem a exteriérem větší rozdíl teplot, je i větší rozdíl tlaků, které ženu vlhkost zevnitř ven. V důsledku toho se v průřezu stěny zužuje teplotní gradient pro vlhkostní bezpečnost konstrukce a vlhkost kondenzuje uvnitř konstrukce, ale to nutně neznamená, že je vše ztraceno a zničeno. Kladná bilance kondenzátu znamená, že se v rámci jednoho roku odpaří více vody, než kolik zkondenzovalo. Tím se zajistí bezpečnost konstrukce a zachování funkcí obvodového pláště. Maximální množství zkondenzované páry navíc musí být $0,1 \text{ kg/m}^2$ za rok, aby byly splněny normové požadavky (Zahradníček, 2007).

Difúzně uzavřený systém pracuje s vlhkostí naopak než otevřený. Páru vůbec nepropouští a je hermeticky uzavřen. Parotěsnost je zabezpečena parozábranou. Folie, která se nejčastěji vyrábí z polyetylenu nebo polyvinylchloridu, se umísťuje v rámci obvodového pláště stejně jako OSB deska, tedy jako vnitřní záklop nosné konstrukce těsně před hlavní izolací. Nevýhodou

tohoto systému je to, že se při aplikaci parozábrany musí postupovat velmi důsledně a důkladně. Veškeré díry, spoje a sponky je potřeba přelepit speciální páskou pro výslednou celistvost. Parozábrana propustí teplo, ale ne vlhkost, které se může nahromadit poměrně hodně. Pokud by došlo nějakým způsobem k perforaci, kondenzaci páry nebo zatečení kondenzátu dovnitř izolace, tak potom záleží, jestli je konstrukce schopna tuto vlhkost odvětrat ven. Pokud ne, jde o vážný problém. Výhodou tohoto systému je nižší cena stavby, než kdyby byla stavěna s difúzně otevřeným systémem (Růžička, 2014). Člověk denně vyprodukuje až 3 litry vlhkosti dýcháním a pocením (Hudec, 2008).

3.6.2 Energie a ekologie

Lidstvo má odjakživa velký vliv na přírodu, a to globálně. Nemluvě o znečištěných oceánech a mikroplastech, které ovlivňují život v moři a následně i na souši. Nemluvě o ropných haváriích, které opět znečistily oceány a vyžádaly si nespočet zvířecích obětí. Nemluvě o těžbě ropy a dalších fosilních paliv, které vznikaly po miliony let z ostatků dinosaurů a zeminou zakonzervovaných dřevin. Nemluvě o válkách, které mají obrovskou spotřebu energie i peněz, a bohužel přinášejí obrovskou ztrátu na životech. Nemluvě o globálně zvyšující se teplotě a tím způsobené rychlejší a rychlejší tání ledovců, což má za následek zvyšování mořské hladiny a nevyzpytatelné změny počasí. Každá lidská činnost má určitý vliv na životní prostředí. Má se na mysli doprava, která vypouští do ovzduší emise skleníkových plynů. Dále je to těžba hornin a fosilních paliv, která nenávratně přetváří přírodu. Je to také průmysl, který spotřebovává energii pro přeměnu surovin na výrobky a polotovary. A v neposlední řadě je to stavebnictví. Zkrátka se dá říct, že existence těchto odvětví je závislá na naší potřebě bydlet v pořádných domech, a ne v chýších. Přitom celosvětová spotřeba energie je ze 48 % zastoupena starými obytnými budovami, z 20 % novou výstavbou, 13 % energie spotřebovává průmysl a 19 % je vynaloženo do dopravy. Není přece správné tolik zatěžovat životní prostředí. Obrovský potenciál úspory energií se naskýtá právě ve stavebnictví. Lze stavět domy s co nejmenší spotřebou energie až na nutnou energii, kterou potřebuje. Energie se dá ušetřit na větrání, svícení, topení a ohřevu vody.

Dřevostavby se ukazují jako výhodné řešení nejen v oblasti úspory energie pro provoz domu, ale i samotné výroby domu (Šmelhaus, 2004).

V poslední době se hodně mluví o nízkoenergetickém a pasivním standardu.

3.6.3 Nízkoenergetický a pasivní standard

Nízkoenergetický dům je takový dům, který spotřebuje až 50 kWh/m² za rok. Klade se důraz na kvalitní izolaci, větší tloušťku izolace a vyřešené konstrukční detaily, aby se zamezilo tepelným mostům. Dále je časté, že se pro vytápění používají kotle s nižším výkonem a na obnovitelné zdroje, nebo například podlahové vytápění, fotovoltaické panely a další. Řízené větrání rekuperací je také způsob, jak šetřit energie a peníze. Rekuperace je elektronické zařízení, které se zjednodušeně skládá z rozvodných trubek a rekuperační jednotky, ve které se teplo vydýchaného vzduchu předává čerstvému vzduchu, který je ventilátorem přiváděn z venkovního prostředí. Rekuperace pomáhá i alergikům, protože odvádí prachové částice ven. Účinnost je vysoká, běžně okolo 90 %. Další vstupní investicí jsou kvalitní okna a dveře. U výplní otvorů je zásadní použití trojskla a správné provedení montáže. Volí se okna větších rozměrů, které propustí větší sluneční záření do interiéru. S tím souvisí i urbanismus a dispozice stavby. Urbanismus stavby je ideální volba pozemku pro stavbu a orientace budovy v rámci pozemku pro co největší solární zisky. Dispozice je vnitřní rozdělení prostoru stavby na jednotlivé pokoje a místnosti tak, aby umožňovala logické řešení umístění zón pro spaní, hygienu a obývání. Tvar stavby je také důležitý. V jednoduchosti je nejen krása, ale i úspora (Nagy, 2009).

Pasivní standard je definován maximální spotřebou 15 kWh/m² za rok. Ve srovnání s NED, což je zkratka pro nízkoenergetický dům, je pasivní dům vybaven stejnými technologiemi jako například rekuperací nebo fotovoltaikou. Má také velkoformátová okna s trojskly, aby získával sluneční energii, která zahřívá interiérové plochy, ale na rozdíl od NED nepotřebuje žádný kotel a hlavní zdroj tepla, protože má silnější izolaci, která je obvykle okolo 50 centimetrů (Nagy, 2009). Mezi pasivní zdroje se řadí tepelné výkony člověka, kuchyňských spotřebičů jako je trouba, počítačů, svíček nebo páry v koupelně. To radikálně mění energetickou závislost obecně (Tywoniak, 2008). Tepelný výkon člověka je 100 W,

svíčka má 30 W a počítač okolo 150 W. Pro ještě větší úsporu je ideální používat jen velmi úsporné spotřebiče, které sníží energie o dalších 40 % i více. Nakonec je dobré dodat, že pořizovací náklady PD – pasivního domu se od NED tolik neliší. Náklady, za které by se u nízkoenergetického domu pořídil otopný systém, se u pasivního domu investují do větší tloušťky izolace. Rozdíl je ale v provozních nákladech (Smola, 2007).

Dnešní technologie nekončí u pasivního domu. Pasivní standard se ukazuje jako začátek cesty. Dalším standardem je ND – nulový dům, který má maximální roční spotřebu 5kWh/m². Vyžaduje už větší investice, a to hlavně do zásobníků na teplou vodu, která se ohřívá z přebytků fotovoltaické elektrárny. Posledním typem je plusový dům, který vyrobí více energie, než je schopen spotřebovat, a přebytečnou energii posílá do veřejné sítě až po maximální akumulaci energie v nádržích a bateriích. Plusový dům je naprosto nezávislým domem (Nagy, 2009).

3.7 Střešní plášť

Každá stavba je vystavena nepříznivému počasí. První funkcí této konstrukce je tedy ochránit celou stavbu a zabránit vniku vody a cizích předmětů nejen do interiéru, ale hlavně do konstrukce samotné. Podle tvaru se střešní konstrukce dělí do dvou základních skupin, kterými jsou ploché střechy a šikmé střechy (Kolb, 2011).

Podle typu konstrukce se střechy dělí na jednoplášťové a dvouplášťové (Smola, 2011).

3.7.1 Plochá střecha

U ploché střechy je na začátku dobré říct, že plochá neznamená vodorovná. Pokud by střecha byla vodorovná, držela by se na ní srážková voda, která by byla největším rizikem z hlediska trvanlivosti střešní konstrukce, ale i z nosného hlediska, protože voda něco váží. Funkcí střechy je také bezpečně odvádět srážkovou vodu pryč, k tomu je potřeba zajistit sklon střechy. Ploché střechy mají doporučený sklon minimálně 2 %, což znamená, že na vzdálenosti jednoho metru je výškový rozdíl 2 centimetry. Proto je nutné u takových střech dbát na vysokou kvalitu provedení hydroizolace (Růžička, 2014).

Každopádně jsou ploché střechy z hlediska tepelně – technického velmi výhodné, protože mají minimální možnou ochlazovanou plochu (Smola, 2011).

Ploché střechy mají blíže staticky ke stropům než ke konstrukci šikmých střech a jsou hojně využívány u novostaveb pro svůj architektonický vzhled modernosti (Růžička, 2014).

3.7.2 Šikmá střecha

Šikmé konstrukce střech byly nejpoužívanější v minulosti a stále jsou častým požadavkem stavebních úřadů. Největším rozdílem mezi plochou a šikmou střechou je sklon. Podle normy ČSN 73 0019 se za plochou střechu bere konstrukce, která má sklon do 5° , přepočteno na procenta přibližně 8,8 %. Šikmé střechy mají sklon větší než 5° a až do 45° . Podle tvaru se šikmé střechy dělí na sedlové, pultové, valbové, polovalbové, stanové a mansardové. Nejrozšířenější jsou sedlové a pultové, které jsou také nejvhodnější ze šikmých střech. Pultová střecha je v podstatě polovina sedlové a je také snazší na montáž. Ostatní tvarové typy střech mohou být estetičtější, ale jejich plocha zhoršuje výslednou tepelnou bilanci a komplikací jsou také konstrukční detaily. Sklon střechy je také dost závislý na použité krytině (Smola, 2011).

3.7.3 Jednoplášťová a dvouplášťová střecha

Jednoplášťová konstrukce se od dvouplášťové liší absencí vzduchové mezery mezi nosnou konstrukcí a krytinou. U jednoplášťové střechy jsou všechny vrstvy v těsném kontaktu. Dvouplášťové střechy mají buď odvětrávanou mezeru v oblasti kontratátí, anebo rovnou odvětrávaný celý půdní neobytný prostor. Větrané mezery je nutné uzavřít sítí proti hmyzu.

Zvláštním typem je zelená střecha. Jedná se nejčastěji o plochou střechu, na které je možné sázet a pěstovat nejen suchomilné rostliny, ale i stromy, pokud je vegetační souvrství tlustší než 1 metr. Tuto technologii používali už v devátém století před naším letopočtem v Babylónu. Zelené střechy se používají pro své výhody, jako je například tepelná stabilita podkroví a ochrana proti přehřívání v létě nebo zadržování srážkové vody (Smola, 2011).

3.8 Konstrukční materiály

V této kapitole jsou charakterizovány stavební materiály, které jsou nejčastěji používané v oblasti dřevostaveb.

3.8.1 OSB

OSB je deskový materiál tvořený z dřevěných třísek. Tyto třísky jsou uspořádány do tří vrstev, které jsou na sebe kolmé. Křížové skládání třísek má stejný efekt jako u překližek. Pouhé otočení a kolmá orientace vrstvy oproti ostatním přináší celkovému materiálu podstatně lepší mechanické vlastnosti, než kdyby byly všechny vrstvy orientovány stejně. Slovo orientace je i v názvu samotného materiálu – Oriented strand board. Samotnou orientací se nezlepší pouze vlastnosti jako je tuhost, pevnost, ale i tvarová stálost. Tvarovou stálostí se rozumí cílené potlačení anizotropie, což je typická vlastnost masivního dřeva. Tento materiál přináší spousty výhod a vlastností. Například jde pro výrobu zužitkovat i kulatinu, která má nízkou kvalitu a malý průměr (Yuan, 2021). Díky stejné orientaci dvou krajních vrstev má deska v tomto směru dvakrát větší pevnost v ohybu než ve směru příčném. Lze zužitkovat jehličnany, listnáče, nebo i bambus, tedy dřeviny o hustotě 300 až 700 kg/m³. Na výrobu a výsledné vlastnosti výrobku mají vliv všechny faktory (Jones, 2017). OSB je široce využívaný materiál a pro jeho masovou výrobu a univerzálnost použití je potřeba zvolit optimální variantu poměru mezi faktory. Ovlivňujícími faktory jsou třísky a jejich hustota, geometrie nebo vlhkost, dále je to druh a množství lepidla, které se v průběhu výroby stříká na třísky. Nakonec jsou to parametry lisování, kde hraje roli čas, teplota a tlak, které ovlivňují konečnou pevnost a hustotní profil. Nejčastějšími druhy lepidel obsažených v deskách jsou fenol-formaldehydová, melamin-formaldehydová nebo izokyanátová. Všechna zmíněná jsou voděodolná, ale nezabrání zcela nechtěnému bobtnání třísek, a proto je do celkové směsi třísek a lepidla přidáván parafin. OSB deska se nejčastěji používá v oblasti stavebnictví jako konstrukční materiál pro opláštění konstrukce dřevostaveb. Dále se používají jako obalové materiály, nebo i v nábytkářství jako kostra pro čalouněný nábytek. OSB desky se třídí do čtyř tříd podle prostředí a typu zatížení (Böhm, 2012)

3.8.2 KVH

Využití masivního dřeva ve stavitelství je vysoké, ale i přesto je limitováno vadami dřeva a kulatinou. Nejčastějším problémem je sesychání a borcení, což je změna rozměrů a tvaru. Dalšími vadami jsou suky, trhliny a další. Tyto nedostatky, které jsou pouze pro člověka vnímány jako vady, bohužel snižují pevnost a estetiku. KVH je moderní technologie, která řeší vyjmenované problémy. Kouzlo tkví v tom, že se řezivo nejprve vysuší a poté je zbaveno vad příčným řezáním. Zkrácené řezivo ve formě přířezů o žádané kvalitě je nastavováno zubovým spojem (Obrázek 4), který je vyfrézován z čel přířezů. V konečném důsledku separováním vad se docílilo lepších mechanických vlastností. KVH pochází z německého Konstruktionvollholz (Böhm, 2012).

Lepidlo je jednou z nejdůležitějších složek KVH a ostatních konstrukčních materiálů jako je například Glulam. Pro stavebnictví je důležité, aby lepidla vydržela po celou životnost konstrukce a zároveň vytvářela adhezi a kohezi pevnostně minimálně srovnatelnou se dřevem (Klapálek, 2019).

Průřezy mají rozměry až do 14x26 centimetrů. KVH je prodáváno ve dvou třídách kvality. První třída, která má označení KVH Si, se používá na viditelných místech, tedy pro tento typ se netolerují vady jako u druhé třídy, která má označení KVH NSi a ohledně vad je benevolentnější, protože se naopak používají do skrytých prostor jako jsou nosné rámy dřevostaveb. Průmyslově vysušené a lepené dřevo má vlhkost přibližně 15 %, čímž je zaručena tvarová stálost v konstrukci a zároveň ochrana proti biotickým činitelům. Nejvíce používané dřevo pro výrobu KVH je smrk, ale je možno použít i borovici nebo modřín. Jednotlivé přířezy se lepí buď polyuretanovým lepidlem, nebo melaminmočovinoformaldehydovým lepidlem. Oba typy vykazují rychlost vytvrzení, malou tloušťku spáry, odolnost proti vlhkosti i chemickým vlivům a požadovanou pevnost (KVH).



Obrázek 4. Cinkovaný spoj KVH (KVH)

3.8.3 Sádrokarton

Koncem minulého století spatřil světlo světa nový stavební materiál ze sádry a papíru. Z USA se patentovaný a ryze nový materiál rozletěl do světa. Technologie materiálu je založena na jednoduchosti, přizpůsobivosti, recyklovatelnosti, opracovatelnosti, všestrannosti a snadné údržbě a opravě. Zároveň je tento materiál biologicky neškodný a nenarušuje životní prostředí. Každá deska obsahuje vlákna v jádru, která jsou smíchána se sádrou, a tato směs je obalena kartonem. Vyrábí se tloušťky od 6,5 milimetru až po 18 milimetrů, ale pro stavebnictví je nejvyužívanější deska o tloušťce 12,5 milimetru. Barva kartonu a potisk určuje výskyt použití (Nyč, 2001).

Podle výskytu použití se sádrokarton rozděluje do čtyř skupin s označením A, H, F a FH. Standardní sádrokartonové desky s označením A se používají v interiérech bez velkých požadavků na ochranu proti ohni. Označení H udává, že deska je vhodná pro instalaci do prostor se zvýšenou vlhkostí, jako je WC, koupelna nebo kuchyně. Desky mají zelenou barvu a modrý popis. Označení F je pro protipožární desky, které mají bílou, růžovou, nebo červenou barvu kartonu s červeným popisem. A poslední FH desky se od přechozích liší tím, že jsou navíc impregnovány do vlhkého prostředí a zároveň jsou protipožární. Fyzikální vlastnosti sádrokartonu ovlivňují akustiku, tepelně-izolační vlastnosti, vlhkost prostředí a požární vlastnosti. Akustiku konstrukce vyjadřuje vážená stavební

neprůzvučnost R_w a vážená stavební normalizovaná hladina kročejového hluku L_{nw} . Neprůzvučnost R_w se týká svislých stěn. Normalizovaná hladina kročejového hluku se vztahuje na posuzování podlah, jejich konstrukcí a schopnost izolace hluku. Ohledně tepelně-izolačních vlastností je potřeba zmínit fakt, že sádrokarton není izolant, ale i přesto má optimálně nízkou tepelnou jímavost. Tepelná jímavost materiálu je schopnost pohlcovat teplo. Sádra je difúzně otevřeným materiálem. Nelze ho ale použít do mokrých provozů. Sádrokarton by se zdeformoval a znehodnotil. Pro protipožární odolnost desek se do směsi sádry přidává skelné rouno. Zároveň sádra obsahuje vázanou vodu, která se při požáru vlivem teploty odpařuje a tím desky ochlazuje (Kubečková, 2012).

3.8.4 Parobrzda/parozábrana

Parobrzda a parozábrana jsou folie, které mají za úkol moderovat vlhkost a pracovat s vlhkostí, která se snaží z interiéru dostat skrz konstrukci do exteriéru. Každá z folií ale pracuje na jiném principu, a při jejich záměně dojde k vážným problémům v konstrukci.

Parobrzda nebo také paropropustná folie, jak z názvu vyplývá, propouští páru. Lidově se říká, že konstrukce může dýchat. Dalším názvem pro parobrzdu je pojistná hydroizolace. Pojistná hydroizolace je součástí skladby střech a nachází se pod hlavní hydroizolací, tedy krytinou. Pojistná hydroizolace má za úkol nejen propouštět páru z nosné konstrukce a izolace, ale i zabránit případnému zatečení srážkové vody do jádra nosné konstrukce. S paropropustností se pojí pojem ekvivalentní difúzní tloušťka, což je veličina, která udává tloušťku vrstvy vzduchu, která propustí stejné množství páry jako folie. Hodnota je okolo 10 centimetrů tloušťky a je i nižší.

Parozábrana neboli parotěsná folie má za úkol nepropustit páru do nosné konstrukce a izolace. Hrozí zde kondenzace a s tím spojená menší účinnost izolace a zvýšení vlhkosti dřeva, které může být následně napadeno plísní. Ekvivalentní difúzní tloušťka se pohybuje v desítkách metrů. Pro zajištění parotěsnosti, tedy i vzduchotěsnosti, je potřeba dbát na kvalitní napojení folií oboustrannou lepicí páskou, nepodceňovat ani prostupy konstrukcí, jako jsou různé potrubí, a nakonec utěsnit samotné napojení folie na nosnou konstrukci spojovacími prostředky.

Existuje zvláštní typ parozábrany s označením Vario, který dokáže v průběhu roku měnit svoje vlastnosti. V zimě je parozábrana nepropustná, ale v létě umožňuje částečnou paropropustnost konstrukce směrem do interiéru (Nyč, 2001).

3.8.5 Grenaisol

Grenaisol je protipožární materiál, který vyrábí česká firma Grena, a.s. Desky tvoří směs dvou složek, kterými jsou expandovaný vermikulit a speciální anorganické pojivo. Reakce na oheň Grenaisolu je podle ČSN EN 13501-1 třída A1. Vlastně všechny další materiály vyrobené firmou Grena, které jsou vyrobené z expandovaného vermikulitu a pojiva, mají reakci na oheň ve třídě A1. Tyto materiály dokážou snést teplotu přibližně 1200 °C. Dalšími vlastnostmi jsou například ideální poměr mezi hustotou a únosností materiálu, zdravotní nezávadnost, lehká opracovatelnost, tepelně-izolační vlastnost anebo odolnost proti teplotním šokům. Tento materiál je vhodný pro izolaci mezi stěnou a krbem, izolaci komínových těles od konstrukce domu nebo vytvoření sopouchu v konstrukci. Desky Grenaisol mají rozměry 600x1200 a 800x1200 milimetrů.

Vermikulit, který je základní složkou výrobků firmy Grena, je pokládán za univerzální nerost. Hojně je používán v chovatelství, zemědělství, hutnictví nebo ve stavebnictví. Vermikulit je složen z prvků hořčíku, železa, hliníku, křemíku, kyslíku a vodíku. Zároveň se chemicky jedná o hydrát, což je vázaná voda. A právě voda má hlavní roli při výrobě expandovaného vermikulitu. Během zahřívání nerostu se materiál rozpíná vlivem tlaku páry z obsažené vody. Tlakem páry se oddělí jednotlivé vrstvy nerostu a vzniknou póry. Tomuto procesu se říká exfoliace (Grenamat, 2023).

3.8.6 Purenit

Purenit od firmy Puren je stavební materiál z PIR pěny na polyuretanové bázi. Materiál je opracovatelný podobně jako dřevo. V porovnání se dřevem je Purenit hustší než jehličnaté dřevo. Vyznačuje se odolností proti vlivu chemikálií a vody (Smproduct, 2012).

Odolnost proti vodě je velkou výhodou, protože nedochází k bobtnání, které by zapříčinilo změnu rozměrů a vytvoření podmínek pro rozvoj plísní. Purenit je

znám hlavně pro své izolační a pevnostní vlastnosti. Součinitel tepelné vodivosti se pohybuje okolo 0,08 W/mK. Testy prokazují, že Purenit snese tlak až 7,5 MPa. Nejčastěji se s ním lze setkat ve stavebnictví, kde se instaluje jako základový práh pro výplně otvorů a tím přispívá k eliminování tepelných mostů. Vyrábí se z něho i nábytek do aut, nákladních lodí a jachet (Hašková, 2013).

3.8.7 Cetrís

Jedná se o konstrukční desku tvořenou přibližně 60 % dřevěných třísek, 25 % cementu, 10 % vody a zbylých 5 % tvoří mineralizující aditiva. Dřevěné třísky mají rozměry až 0,3x25 milimetrů a jsou děleny do dvou frakcí. Hrubá frakce je ve střední vrstvě a jemnější v krajních vrstvách pro hladký povrch (Böhm, 2012).

Díky hustotě cementotřískových desek, která je přibližně 1350 kg/m³, má tento materiál výborné akustické vlastnosti a je vhodné ho použít v interiéru jako plášť. Kromě mrazuvzdornosti nebo odolnosti proti vlhkosti, abiotickým a biotickým škůdcům je další vítanou výhodou těchto desek v oblasti dřevostaveb požární odolnost s reakcí na oheň skupiny A2 (Cetrís – základní vlastnosti, 2018).

Často se cementotřískové desky využívají jako plášť odvětrávaných fasád. Odvětrávaná fasáda je systém, který řeší estetiku celého objektu, odvádí přebytečnou vlhkost z konstrukce do ovzduší, aby se nehromadila a nezpůsobovala problémy. Řeší také akustický útlum, protipožární vlastnosti objektu a povětrnostní vlivy tak, aby chránily nosnou konstrukci a izolaci. Existují dva typy montážního uložení desek. Prvním typem je Cetrís VARIO, u kterého jsou typické přiznané spáry. Druhým typem je Cetrís PLANK, kde se desky překrývají podobně jako střešní tašky (Cetrís – obklady, 2018).

3.8.8 Fasádní modřínová prkna

Modřín je jehličnan, jehož jehlice opadávají. Jeho malé šišky směřují vzhůru k nebi. Ohledně dřeva a jeho vlastností je modřín jedno z nejtrvanlivějších dřev u nás. Tato jádrová dřevina je polotvrdá, pevná, červenohnědá s nejjasnějším přechodem letokruhů neboli nejostřejším přechodem jarního a letního dřeva. Na rozdíl od borovice, která má velké množství pryskyřice, je modřín méně smolnatý, to se projevuje na jeho obrábění, lepení i povrchové úpravě. Ovšem je potřeba

dodat, že i přes menší procento obsahu pryskyřice ve dřevě, má modřín zásmolky. Zásmolek nebo také smolník je malý prostor, který vyplňuje pryskyřice. Před povrchovou úpravou je lepší vyspravit tato místa. Modřín je vhodný nejen pro výrobu masivního nábytku, ale i pro výrobky vystavené exteriérovým vlivům. Je známo, že se používal a dodnes používá na výrobu šindele. Mít v dnešní době modřínovou šindel na vlastním domě je luxus, přesto se modřín na novostavbách objevuje třeba jako fasádní obklad z prken (Patričný, 2019).

3.8.9 Tepelná izolace

Tepelná izolace má ve stavbě jednu z nejdůležitějších funkcí. Uchovávat teplo a vytvářet klima v interiéru. Nástupem nízkenergetických a pasivních standardů je tepelná izolace tématem, které se nemá odbýt. Závisí na tom, jak životnost stavby, tak i ekonomická stránka vytápění. Spotřeba izolace pro běžný rodinný dům je přibližně až 200 m³ (Smola, 2011).

A tento objem je potřeba do stavby zasadit tak, aby se zamezilo tepelným mostům bez ohledu na místo stavby (Humm, 1999).

Tepelnými mosty se zabýváme v kapitole stavební fyziky.

Při výběru nejvhodnější izolace je důležité prostudovat si jednotlivé typy a zjistit vlastnosti, které uvádí samotný výrobce izolací, protože použitím jiné izolace do konkrétní konstrukce může změnit, a to i negativně, tepelně-technické parametry. Ideální a univerzální izolace neexistuje. Univerzální izolace by vždy vykazovala co nejmenší tepelnou vodivost, účinnou tepelnou kapacitu a vysokou hustotu. Díky vysoké hustotě by izolace vykazovala lepší akustické vlastnosti (Smola, 2011).

Tepelné izolace lze rozdělit do několika kategorií. Podle umístění izolace v rámci konstrukce se dělí na kontaktní a bezkontaktní.

Kontaktní systém je založen na izolaci, která má pevný tvar ve formě desek nebo bloků, jež se nalepují a kotví na hlavní nosnou konstrukci. Přes připevněnou izolaci je následně zhotovena tenkovrstvá omítka s perlínkou a poté dokončovací nátěr nebo stěrka.

Druhým typem jsou izolace bezkontaktní. Systém je založen na vložené izolaci mezi prvky hlavní nosné konstrukce, nebo na roštu ukotveném do zdiva a

vyplněného izolací. Tento typ je hojně využíván při výrobě dřevostaveb a zároveň je to jedna z předností a výhod dřevostaveb. Nejčastější výplňovou izolací je minerální vata, kterou lze oproti deskám v kontaktním systému lehce tvarovat a která je mnohem měkčí (Hudec, 2008).

Technickými vlastnostmi, které charakterizují tepelné izolace, se zabývám v kapitole Stavební fyzika.

Další rozdělení tepelných izolací je podle původu materiálu. Mezi izolace z neobnovitelných zdrojů, jinak řečeno anorganických, patří například minerální vlna, polystyren, pěnový polyuretan, pěnové sklo a další. Zástupci izolací organického původu jsou výrobky na bázi dřeva, foukaná celulóza, dřevovláknité desky, ovčí vlna, konopí, sláma, len, korek a další biomasa (Smola, 2011).

Zvláštním typem je vakuová izolace. Je přibližně desetkrát účinnější než všechny ostatní izolace. Desetkrát účinnější znamená i desetkrát tenčí než obvyklá izolace. Jedná se o sendvičový panel, který má vnější ochranné vrstvy proti poškození. Uvnitř je tenká kovová folie, která zajišťuje vzduchotěsnost a zároveň odráží tepelnou radiaci. A nakonec vlastní izolace tvořená nanokřemíkovou strukturou s velkou pórovitostí. Póry jsou menší než molekuly vzduchu (Smola, 2011).

Vakuová izolace se dnes běžně používá v chladících boxech automobilů. Budoucnost je možná i v oblasti palivových nádrží automobilů. Firma BMW vyvíjí nádrže na kapalný vodík (-251 °C), které jsou izolovány 70 vrstvami hliníkových folií ve vakuu. Celková tloušťka 2,5 centimetru je ekvivalentem 5 metrů silného polystyrenu. To znamená, že je dokonce až 300x lepší než polystyren, protože hodnota součinitele tepelné vodivosti je 0,0001 W/mK. Bohužel vakuové izolace nejsou vhodným typem pro domy (Humm, 1999).

Polystyren jako zástupce izolací anorganického původu se dále dělí na extrudovaný XPS a expandovaný EPS (Smola, 2011). Extrudovaný má menší součinitel tepelné vodivosti hodnoty 0,035 W/mK. Dalšími vlastnostmi jsou například nenasákavost nebo odolnost proti teplotě do + 75 °C. Používá se jako izolace základů, podlah a v dalších místech, kde je stálé vlhkostní zatížení (Šubrt, 1999). U základů je vhodné, aby polystyren obaloval základové pásy po celé výšce počínaje nezámrznou hloubkou (Šubrt, 2005). Expandovaný polystyren je

nejrozšířenější izolací v Česku, protože je nejlevnější. Součinitel tepelné vodivosti je o jednu setinu vyšší, tedy přibližně 0,04 W/mK. Nevýhoda polystyrenu je v tom, že se snaží vrátit do nenapěněného stavu hlavně v místech, kde teplota vystoupá nad 70 °C. Tyto podmínky vznikají u fasád domů. Dalšími nevýhodami jsou například hořlavost a difúzní nepropustnost (Šubrt, 1998).

Minerální vlna je společně s polystyrenem nejrozšířenější tepelnou izolací. Vyrábí se z čediče, diabasu, briket a zbytků z výroby minerální izolace. Tato směs se zahřeje až vznikne tavenina, která má více než 1600 °C. Tavenina následně prochází procesem, kdy se tvoří vlákna, na které je rozprášena syntetická pryskyřice. Vytvrzení pryskyřičného pojiva probíhá ve vytvrzovací tlakové peci, kde má vzduch teplotu 600 °C. Z pece se vytvrzený a stlačený materiál přesouvá na formátovací linku. Výrobky se poté balí do bloků, rolí a rohoží. Tloušťka izolace je maximálně 330 milimetrů. Minerální vlna je difúzně otevřená, nenasákavá a v podstatě nehořlavá. Nedoporučuje se minerální vlnu zabudovat do suterénu, protože je zde vyšší vlhkost, která zhoršuje izolační vlastnosti. Nevýhodou této izolace je její koroze, která vzniká při určité teplotě a vlhkosti. Energie spotřebovaná pro výrobu minerální izolace je vysoká (Smola, 2011).

Obvykle má součinitel tepelné vodivosti hodnotu okolo 0,039 W/mK (Hudec, 2008).

Pěnový polyuretan má společně s polystyrenem stejný původ. Oba materiály se vyrábějí z ropy (Hudec, 2008). Polyuretan, také znám pod zkratkou PUR, je účinnější izolací než polystyren a minerální vlna. Součinitel tepelné vodivosti začíná hodnotou 0,02 W/mK. PUR se dělí na dvě skupiny, a to na měkkou a tvrdou pěnu. Měkká pěna je známější pod obchodním názvem molitan. Oproti tvrdé pěně se měkká ve stavebnictví nepoužívá. Tvrdá pěna se používá ve formě desek, nebo je možné ji zakoupit v montážních tubách pro vyplnění přípojovací spáry oken a dveří. Napěnění vzniká smícháním izokyanátu a polyolu a vytvrzení pěny se děje při přijímání vzdušné vlhkosti. PUR je odolný vůči teplotě, kyselinám, zásadám, plísním a mikroorganismům a nesaje vodu. Nevýhodou je například nízká odolnost vůči UV záření (Šubrt, 1998).

Pěnové sklo je mezi všemi známými izolacemi nejúnosnější. Snese zatížení až 160 tun/m². Původně český nepatentovaný vynález je dovážen z Belgie. Vyrábí

se zahřátím směsi skla, písku, dolomitu a uhlíkového prášku. Vzniklá tavenina se napěňuje díky oxidaci uhlíku a vzniká oxid uhličitý, který je nepropustně uzavřen v pórech. Kromě parotěsnosti materiálu se pěnosklo vyznačuje svojí vodotěsností, tvarovou stálostí, nehořlavostí, vysokou životností, odolností vůči kyselinám a biotickým škůdcům a šetrností k životnímu prostředí. Pěnosklo je prodáváno ve formě desek nebo granulí. Nevýhodou je postupná eroze skla, kterou způsobuje mráz a zmrzlá voda. Součinitel tepelné vodivosti pěnoskla je 0,04 W/mK (Smola, 2011).

Celulóza je zástupcem organických izolací. Výroba spočívá v rozvláknování starého papíru. Tato izolace má výhodu v hodnotě součinitele tepelné vodivosti, který je okolo 0,037 W/mK, a rychlé a snadné aplikaci foukáním. Bohužel mezi nevýhody patří mizivá únosnost v tlaku, sesedání izolace, hořlavost a vysoká nasákavost. Voda společně se vzduchem je hlavním nepřítelem celulózy. Pokud celulóza navlhne, nejen že ztrácí izolační vlastnost a zhušťuje se, ale vytváří podmínky pro napadení hmyzem a houbami. Proto je nutné tuto izolaci používat pouze v suchých prostorách a parotěsných konstrukcích. V tomto stavu je foukaná izolace vysoce hořlavá. Proti hoření a napadení houbami a hmyzem se provádí impregnace hmoty. Impregnačními látkami jsou borax a kyselina boritá (Šubrt, 1998).

Z názvu dalšího zástupce organických izolací je jasný původ. Dřevovláknitá izolace se vyrábí stejně jako MDF desky. Rozvlákněné smrkové dřevo se při mokřím procesu smíchá s vodou a hydrofobizačními přísadami jako je například parafín. Z této směsi se vytvoří koberec, který je poté odvodněn, stlačen, formátován a sušen. Ve druhém typu technologické výroby, nebo také v suchém procesu, se oproti první variantě přidává do směsi navíc lepidlo, vodní sklo a další příměsi. Mokřím proces je obecně šetrnější k životnímu prostředí, ale nákladnější na energii. Desky dřevovláknité izolace mají tloušťku až 100 milimetrů, jsou paropropustné a zdravotně nezávadné. Součinitel tepelné vodivosti se pohybuje okolo hodnoty 0,04 W/mK. Dále se vyznačuje dobrou akustikou a akumulací tepla téměř jako dřevo, což zlepšuje zpětné vyzáření tepla do interiéru (Smola, 2011).

Konopí je zázračná rostlina s vysokým rozsahem využití. Kromě lékařství se používá i ve stavebnictví a dalších průmyslových odvětvích. Rostlina nejvíce

známá pro své účinky psychotropních látek pohlcuje stejně jako dřevo oxid uhličitý z ovzduší. Zároveň roste rychleji, není potřeba se o ni tolik starat a po sklizni zanechává úrodnou půdu. Rozvlákněné konopí je přirozeně odolné vůči biotickým škůdcům. Vyrobené izolační desky jsou zdravotně nezávadné, antialergické a není potřeba přidávat retardéry hoření. Na výrobu se spotřebuje podobné množství energie jako u dřeva, ale výrazně méně než u anorganických izolací (Smola, 2011).

Sláma je posledním zastupitelem přírodní biomasy používané pro výrobu tepelné izolace, a to ve formě slaměných balíků. Sláma je vedlejším produktem během sklizně obilí z polí. Slisované bloky jsou velmi levné, ale lokálně jsou hůře dostupné kvůli malému přebytku českých zemědělců. Sláma je dobře nasákavá, a proto je potřeba ji před aplikací do konstrukce chránit před okolními vlivy. Sláma společně s hliněnou omítkou vykazuje vysokou protipožární odolnost, ale bohužel dnešní legislativa obecně přihlíží pouze na fakt, jestli daný materiál hoří nebo ne, místo toho, aby zkoumala, jakým způsobem hoří a za jakých podmínek (Smola, 2011). Zabudovaná sláma, která má hustotu 90 kg/m^3 , vykazuje nejvyšší izolační schopnost a součinitel tepelné vodivosti je přibližně $0,05 \text{ W/mK}$ (Hudec, 2008).

3.9 Požární bezpečnost

Požární bezpečnost staveb je velice důležitá, nejen u dřevostaveb, ale i u železobetonových a cihlových staveb. Většina lidí si pod slovy budova a požár vybaví události ze září roku 2001. Dodnes jsou útoky na Světové obchodní centrum v New Yorku a Pentagon z 11. září 2001 brány jako jedna z největších katastrof lidských dějin, která si vyžádala téměř 3000 obětí. Budovy postavené z betonu, oceli a skla se zřítily. Největší zásluhu měl na tom požár, který se od místa zásahů šířil postupně nahoru do horních pater. Ocel účinkem teploty ztrácí svoji pevnost. V jednom okamžiku povolily všechny zasažené prvky, které již nedokázaly udržet váhu budovy. Gravitaci už nic nestálo v cestě přeměnit tisíce tun betonu a oceli v prach. (Nist, 2021).

Pád dvojčat ukončil jednu éru a nastolil novou, která přinesla světu přísnější normy pro požární odolnost staveb. Pojmy, které jsou používány v požární bezpečnosti staveb, se liší od pojmů běžně používaných ve stavebnictví. Například výška objektu neznamena výšku od země k hřebenu střechy, ale rozdíl prvního a

nejvyššího nadzemního podlaží (Vaverka, 2008). Při návrhu budov a skladeb stěn je potřeba společně řešit nejen únosnost a tuhost konstrukcí vůči účinkům zatížení a vnitřních sil, ale i požární bezpečnost, kam patří odolnost konstrukce vůči požáru a třídy reakcí na oheň použitých materiálů (Blass, 2017). Požární bezpečnost staveb spočívá v zabránění vzniku ohně, šíření požáru a kouře do celé stavby. Dále spočívá v zabránění přenosu ohně na sousední objekty. V případě, že požár vznikne, je potřeba zajistit bezpečnou evakuaci osob a zvířat a umožnit účinný zásah hasičských jednotek. Veškeré požadavky je potřeba splnit po určitou dobu, kdy konstrukce budovy plní funkce únosnosti, stability, celistvosti a izolace.

Podle původní normy ČSN 73 0862 se materiály třídily podle pěti stupňů hořlavosti A až C3. Počátkem roku 2008 se materiály začaly zařazovat do sedmi tříd reakcí na oheň A1 až F (Vaverka, 2008).

Podle normy ČSN 73 0810 se konstrukční části dělí do tří skupin DP1, DP2 a DP3. Druhem DP1 je definována konstrukce, která nezvyšuje intenzitu požáru. Konstrukce je buď kompletně zhotovena z nosných materiálů, které vykazují reakci na oheň A1 a A2, nebo z izolačních materiálů tříd B až F, které jsou v jádru a opláštěny materiály třídy A1 a A2 a do požadované doby nevzplanou. DP2 tvoří v jádru materiály třídy B až D, které jsou opláštěny materiály třídy A1 a A2. Sem patří dřevěné konstrukce opláštěné například sádrokartonem, které musí požární odolnost plnit minimálně 30 minut. Do skupiny DP3 se zařazují všechny konstrukce, které nesplňují kritéria pro zařazení do dvou výše uvedených skupin. Do DP3 spadají všechny dřevěné konstrukce, které nejsou opláštěny protipožárními materiály.

Přitom dřevo je sice materiálem hořlavým, ale prokazatelně bezpečnějším při požáru než železobeton. Aby hořlavý materiál hořel, potřebuje tři důležité faktory. Těmito faktory jsou teplo, palivo a kyslík. Absence kteréhokoliv z těchto faktorů má za následek zastavení hoření, nebo zabránění vzniku hoření. To znamená, že člověk je schopen ovládat oheň (Vaverka, 2008).

Dalším důležitým kritériem pro navrhování staveb je posuzování požární odolnosti. Požární odolnost je charakterizována mezními stavby, dobou a konstrukčními částmi DP, které jsou popsány výše. Mezní stavy požární odolnosti popisují konstrukční únosnost a stabilitu – R, celistvost – E, tepelně-izolační

vlastnosti – I, tepelný tok – W a kouřotěsnost – S. Doba požární odolnosti konstrukcí se vyjadřuje v minutách. Odolnost konstrukcí lze zvýšit předimenzováním prvků, aplikací protipožárních obkladů, přistavením protipožární předstěny nebo aplikací nástřiků a nátěrů. Zvětšený průřez v případě požáru hoří déle, a to znamená prodloužení meze únosnosti i požární doby. Protipožární obklady jsou nejčastěji desky s obsahem minerálních pojiv jako je sádra a cement nebo desky na bázi vermikulitu a jiných nehořlavých nerostů. Nástřiky se od nátěrů liší především větší tloušťkou vrstvy a vyšší trvanlivostí.

Jednou z nejčastějších příčin vzniku požáru je teplo vyzařované z komínů a jiných tepelných zdrojů. Proto je potřeba dodržet odstupové vzdálenosti, které se stanoví zkouškou podle normy ČSN EN 1443. U starších staveb se můžeme setkat se vzdáleností 50 milimetrů od komínového tělesa. Při prostupu komína stropem nebo stěnou je předepsána minimální vzdálenost 30 centimetrů dřevěných prvků od hran komína. Tento prostor se musí vyplnit nehořlavým materiálem třídy A1 nebo A2.

Prevenčí, proti šíření požáru na okolní objekty, je stanovení odstupových vzdáleností. Požárně otevřené plochy, jako jsou například okna, určují podle své velikosti, tvaru a tepelného toku požáru, nebezpečný prostor. Tento prostor nesmí přesahovat hranici pozemku a nesmí ohrožovat sousední stavby (Vaverka, 2008).

3.10 Stavební fyzika

Stavební fyzika je souhrn oborů jako je energetika, tepelná ochrana budov, osvětlení, akustika nebo oslunění. Společně se tyto obory snaží dosáhnout stavu, kdy bude pro lidi příjemné a pohodlné pobývání v budovách. Zásadním úkolem je také dosáhnout ve fázi projektování stavu, kdy budou budoucí stavby plnit aktuální technické normy a budou navrhovány s co nejmenšími provozními náklady (Tywoniak, 2005).

3.10.1 Fyzikální veličiny

3.10.1.1 Tepelně – izolační parametry

Objemová hmotnost

Objemová hmotnost udává poměr mezi hmotnostmi a objemem stavebního materiálu včetně dutin. Objemová hmotnost je závislá na absorbované vlhkosti materiálem, a proto je potřeba udávat i procentuální zastoupení vlhkosti. Hustota materiálu a obsah vody má společně velký vliv na tepelně – akumulaci vlastnost. Značka objemové hmotnosti je ρ a jednotky [kg/m³] (Šubrt, 1998).

Měrná tepelná kapacita

Měrná tepelná kapacita, která se značí písmenem c , uvádí, kolik tepelné energie je nutné předat do 1 kg materiálu tak, aby výsledná teplota vzrostla o 1 K. Hodnota měrné kapacity se udává v [J/kg*K] (Šubrt, 1998).

Součinitel tepelné vodivosti

Další hodnotící veličinou v oblasti šíření tepla je součinitel tepelné vodivosti. Každý materiál má odlišnou schopnost vést teplo za určitý čas. Značka λ udává, kolik tepelné energie projde skrz objem 1 m³ za 1 sekundu a při rozdílu teplot 1 K. Čím je hodnota součinitele menší, tím se zvyšuje izolační schopnost daného materiálu. Vodivost materiálu úzce souvisí s obsahem vlhkosti. Obsažená vlhkost zhoršuje izolační vlastnosti. Jednotky jsou [W/m*K] (Šubrt, 1998).

3.10.1.2 Vlhkostní parametry

Faktor difúzního odporu

Vyjadřuje vlastnost daného materiálu propouštět vodní páru. Faktor difúzního odporu se značí písmenem μ a udává poměr mezi vrstvou stavebního materiálu ku vrstvě vzduchu, který má totožnou tloušťku jako materiál. Výsledek je bezrozměrný a znamená kolikrát je vzduch lepší difúzní vodič než daný materiál (Remeš, 2014).

Ekvivalentní difúzní tloušťka

Ekvivalentní difúzní tloušťka značená S_d úzce souvisí s faktorem difúzního odporu. Znamená totiž, jak tlustá vrstva vzduchu musí být, aby nahradila vrstvu daného materiálu. Výsledek se vypočítá jako součin tloušťky materiálu a jeho faktoru difúzního odporu a je uváděn v metrech (Remeš, 2014).

3.10.2 Konstrukční veličiny

3.10.2.1 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla U se vztahuje, nejen na materiálové složení skladeb stěn, ale i na celou stavbu a vyjadřuje izolační schopnost objektu jako celku. Jinak řečeno, vyjadřuje, jaké jsou energetické ztráty. Snižující se hodnota znamená menší ztráty energie (Tywoniak, 2005).

3.10.2.2 Tepelný odpor konstrukce

Tepelný odpor R je převrácená hodnota součinitele prostupu tepla a vyjadřuje, jak moc materiálová skladba brání průniku tepla skrz obálku budovy. Konstrukční skladby obsahují materiály s odlišnými tepelnými odpory, které se jednotlivě vypočítají jako podíl tloušťky vrstvy ku součiniteli tepelné vodivosti materiálu. Tyto odpory jednotlivých vrstev materiálů se sčítají pro celou tloušťku konstrukce. Zároveň je potřeba připočítat odpor při přestupu tepla z interiéru R_{si} do exteriéru R_{se} (Šubrt, 1998).

3.10.3 Požadavky

Požadavky pro součinitele prostupu tepla (Obrázek 5) a roční bilanci vodní páry se hodnotí podle normy ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky.

3.10.3.1 Součinitel prostupu tepla

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy
	$U_{N,20}$	$U_{rec,20}$	$U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,20	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,70	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,50 ²⁾	1,20	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,40 ⁷⁾	1,10	0,90
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,70	1,20	0,90
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,50	2,30	1,70
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,50	2,30	1,70
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,60	1,70	1,40
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$, v m ² /m ² , kde	$f_w \leq 0,50$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	0,2 + f_w 0,15 + 0,85 · f_w
A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m ² ; A_w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m ²	$f_w > 0,50$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$	
Kovový rám výplně otvoru	-	1,80	1,00
Nekovový rám výplně otvoru ⁵⁾	-	1,30	0,90 - 0,70
Rám lehkého obvodového pláště	-	1,80	1,20

Obrázek 5. Požadavky na součinitel prostupu tepla (Remeš, 2014)

3.10.3.2 Roční bilance vodní páry

Ve vzduchu všude okolo nás je určité procento zastoupení vodní páry. Množství vodní páry je závislé na tlaku a teplotě prostředí. Pokud se vzduch ochladí, klesne tlak a pára zabírá větší a větší procento až do stavu, kterému se říká rosný bod. Rosný bod je stav, při kterém je relativní vlhkost vzduchu 100 %. S dalším ochlazením vzduchu přebytečná pára začíná kondenzovat. Studený

vzduch zbaven přebytečné vlhkosti se po zpětném ohřátí dostává do nerovnovážného stavu a snaží se dosáhnout rovnováhy absorbováním vlhkosti. Tento jev je známý v zimních měsících, kdy teplejší interiérový vzduch se snaží proniknout skrz obálku budovy a smístit se se studeným venkovním vzduchem. Místu, kde je vzduch plně nasycen a pára začíná kondenzovat, se říká rosný bod (Šubrt, 2005). Rosný bod může nastat uvnitř konstrukce čehož, se snaží projektanti vyvarovat, a navrhnout takovou skladbu, aby v konstrukci ke kondenzaci nedocházelo, protože by kondenzát mohl vytvořit podmínky pro vznik plísní a hnilob. Pokud přeci jen ke kondenzaci dojde, je v tomto případě důležité, aby se během celého roku vypařilo více páry, než dokáže zkondenzovat. Zároveň během roku nesmí zkondenzovat větší množství než $0,1 \text{ kg/m}^2$ (ČSN 73 0540-2, 2011).

3.10.4 Tepelný most

Tepelný most je oblast, kde dochází k větším tepelným tokům než v okolí. Větší tepelné toky způsobují pokles povrchových teplot, což může vyústit až v problém vzniku rosného bodu v konstrukci (viz. 3.10.3.2). Tepelný most může být například nosný konstrukční prvek, který má horší izolační vlastnosti než vložená izolace. Přenos tepla skrz obálku má být pouze vedením. Přenos tepla prouděním naznačuje, že je nekvalitně provedeno zaizolování stěn nebo byla porušena parozábrana. Obecně je tepelný most nežádoucí, ale nelze je zcela odstranit ani při promyšleném návrhu stavby (Šubrt, 1998).

3.10.5 Blower door test

Je zkouška vzduchotěsnosti budov, při které se zkoumá kvalita provedení obálky budovy a případné zjištění defektů a tepelných mostů. Během zkoušky se v posuzovaném objektu vytvoří podtlak a pak přetlak 50 Pa pomocí výkonných ventilátorů umístěných ve vchodových dveřích. Změřené hodnoty udávají intenzitu výměny vzduchu, který proudí skrz špatně utěsněná místa. Tato zkouška trvá 1 hodinu. Blower door test se provádí před zakrytím hlavní vzduchotěsné vrstvy, aby bylo možné opravit případné odchylky nebo defekty. Vyhledávání defektů se zjišťuje pomocí termokamery, výrobniku kouře a anemometru (Lokaj, 2010).

3.11 Legislativa

Stavební zákon 183/2006 Sb. rozlišuje pojmy jako „stavba“ a „výrobek plnící funkci stavby“. Stavbou je myšleno stavební dílo, které vzniká přímo na staveništi. Výrobek plnící funkci stavby se považuje taktéž za stavbu, ale tato stavba nevzniká na staveništi, nýbrž ve výrobní hale. Za stavbu lze považovat movitou i nemovitou věc. Záleží pochopitelně i na využití stavby. Mobilní nebo modulové domy mohou být použity například jako sklad nářadí, rekreační objekt nebo objekt pro celoroční užívání. U modulových domů je podstatné, že mobilitu ztrácí v okamžiku usazení na základy, které jsou pevně spojeny se zemí.

Umístění takového objektu je předmětem požadavků nejen stavebního zákona, ale i územního plánu obce. Stavba musí splňovat požadavky územního plánování, zachovat charakter a musí být v souladu s místní infrastrukturou (MMR ČR, 2022).

Charakter území je určen podle funkce, typu zástavby a struktury nebo celkového uspořádání veřejných prostor tak, aby byly zachovány urbanistické, estetické, architektonické, kulturní a přírodní hodnoty. To vše zahrnuje územně plánovací dokumentace. Stavební povolení ani ohlášení nevyžadují stavby, které mají zastavěnou plochu do 25 m² a výšku do 5 metrů (Zákon č. 183/2006 Sb.).

Pokud je mobilní dům výrobkem plnícím funkci stavby, je podle § 103 odst. objektem, který nevyžaduje stavební povolení ani ohlášení a zároveň se na objekt nevztahuje povinnost kolaudace ani evidence na katastrálním úřadu. Potřebuje pouze územní souhlas za předpokladu, že budou splněny požadavky odstupu od hranice pozemku, která je minimálně 2 metry, a vzdálenost minimálně 7 metrů od sousední stavby. Se získáním územního souhlasu je možné ihned stavět a objekt užívat (MMR ČR, 2022).

V případě ohlášení stavby je potřeba na stavební úřad dodat dokumentaci, která obsahuje průvodní zprávu, souhrnnou technickou zprávu, situační výkresy, dokumentaci objektu včetně technologických zařízení a dokladovou část (Vyhláška č. 405/2017 Sb.).

Pro celoroční užívání mobilních domů je potřeba splnit požadavky pro rodinné domy. Světlá výška v obytných místnostech musí být minimálně 2500 milimetrů. Podkroví má minimální světlou výšku 2300 milimetrů. Světlá výška

místnosti pro osobní hygienu se záchodem musí být minimálně 2300 milimetrů.
Záchod nesmí být přímo přístupný z obytné místnosti (Vyhláška č. 268/2009 Sb.).

4 Metodika

- Literární rešerše
- Návrh základního tvarového, dispozičního, konstrukčního a materiálového řešení včetně optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště
- Souhrnná technická zpráva
- Situační výkresy objektu
- Projektová dokumentace dílčího technického řešení pro realizaci stavby (Architektonicko-stavební řešení)
- Výrobní výkres rámu obvodové stěny a podlahy
- Posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky
- Statické posouzení krokve
- Statické posouzení spoje krokve
- Statické posouzení spoje podlahových nosníků
- Statické posouzení kotvení obkladové desky
- Rozpočet
- Závěr

5 Výsledky

Veškeré výsledky jsou uvedeny v příloze, konkrétně v dokladové části. Výsledky dokazují, že byly splněny veškeré požadavky pro výstavbu zpracovaného projektu.

V této kapitole jsou stručně vyhodnoceny obvodové skladby a jejich složení. Dále jsou vyhodnoceny detaily, a nakonec je uvedena výsledná cena.

5.1 Vyhodnocení skladeb

Návrhy skladeb byly sestaveny již ve fázi studie. Byly navrženy konkrétní materiály o konkrétní tloušťce, které společně tvoří difúzně otevřený systém. Navržené skladby byly vloženy a optimalizovány v softwaru Teplo. V tomto programu se především hodnotily parametry jako jsou součinitel prostupu tepla, roční bilance vlhkosti a teplotní faktor. Podrobné výsledky posuzovaných skladeb jsou obsaženy v příloze této diplomové práce a jsou porovnány s požadavky normy.

5.1.1 Obvodová stěna – fasáda Cetris

Tabulka 1: Požadavek na součinitel prostupu tepla – Stěna fasáda cetris

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla ($W.m^{-2}.K^{-1}$)			
	Vypočtená hodnota U_T	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Vypočtená hodnota U_T	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Obvodová stěna	0,145	0,30	0,145	0,18 – 0,12
		splněno	splněno	splněno

Tabulka 2: Požadavek na teplotní faktor – Stěna fasáda cetris

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	0,964	0,918	splněno

Tabulka 3: Požadavek na šíření vlhkosti – Stěna fasáda cetris

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

5.1.2 Obvodová stěna – koupelna

Tabulka 4: Požadavek na součinitel prostupu tepla – Stěna koupelna

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla (W.m ⁻² .K ⁻¹)			
	Vypočtená hodnota U_T	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Vypočtená hodnota U_T	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Obvodová stěna	0,143	0,30	0,145	0,18 – 0,12
		splněno	splněno	splněno

Tabulka 5: Požadavek na teplotní faktor – Stěna koupelna

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	0,965	0,918	splněno

Tabulka 6: Požadavek na šíření vlhkosti – Stěna koupelna

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

5.1.3 Obvodová stěna – fasáda MD

Tabulka 7: Požadavek na součinitel prostupu tepla – Stěna fasáda MD

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla (W.m ⁻² .K ⁻¹)			
	Vypočtená hodnota U_T	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Obvodová stěna	0,145	0,30	0,20	0,18 – 0,12
		splněno	splněno	splněno

Tabulka 8: Požadavek na teplotní faktor – Stěna fasáda MD

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	0,964	0,918	splněno

Tabulka 9: Požadavek na šíření vlhkosti – Stěna fasáda MD

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

5.1.4 Podlaha – denní místnost

Tabulka 10: Požadavek na součinitel prostupu tepla – Podlaha denní místnost

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla (W.m ⁻² .K ⁻¹)			
	Vypočtená hodnota U_T	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Obvodová stěna	0,132	0,24	0,16	0,15 – 0,10
		splněno	splněno	splněno

Tabulka 11: Požadavek na teplotní faktor – Podlaha denní místnost

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	0,967	0,918	splněno

Tabulka 12: Požadavek na šíření vlhkosti – Podlaha denní místnost

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

5.1.5 Podlaha – koupelna

Tabulka 13: Požadavek na součinitel prostupu tepla – Podlaha koupelna

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla (W.m ⁻² .K ⁻¹)			
	Vypočtená hodnota U_T	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Obvodová stěna	0,132	0,24	0,16	0,15 – 0,10
		splněno	splněno	splněno

Tabulka 14: Požadavek na teplotní faktor – Podlaha koupelna

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	0,967	0,918 splněno

Tabulka 15: Požadavek na šíření vlhkosti – Podlaha koupelna

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

5.1.6 Střecha

Tabulka 16: Požadavek na součinitel prostupu tepla – Střecha

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla (W.m ⁻² .K ⁻¹)			
	Vypočtená hodnota U_T	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Obvodová stěna	0,141	0,24	0,16	0,15 – 0,10
		splněno	splněno	splněno

Tabulka 17: Požadavek na teplotní faktor – Střecha

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	0,965	0,918	splněno

Tabulka 18: Požadavek na šíření vlhkosti – Střecha

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

5.2 Vyhodnocení detailů

Detaily byly zpracovány v programu Area. Výsledky jsou porovnány s normovými požadavky. Všechny tři posuzované detaily splňují požadavky. V příloze 1 jsou podrobnější výsledky.

5.2.1 Detail rohu – koupelna

Tabulka 19: Požadavek na teplotní faktor – Roh/ koupelna

Detail	Teplotní faktor (-)			
	Exteriérová teplota (°C)	Vypočtená hodnota f_{Rsi}	Požadovaná hodnota $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr}$	Max. přípustná vlhkost na vnitřním povrchu 80%
Roh/ koupelna	-15,0	0,901	0,749	splněno

Tabulka 20: Požadavky na šíření vlhkosti – Roh/ koupelna

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

5.2.2 Detail podlaha – okno

Tabulka 21: Požadavek na teplotní faktor – Podlaha/ okno

Detail	Teplotní faktor (-)			
	Exteriérová teplota (°C)	Vypočtená hodnota f_{Rsi}	Požadovaná hodnota $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr}$	Max. přípustná vlhkost na vnitřním povrchu 80%
Podlaha/ okno	-15,0	0,749	0,656	splněno

Tabulka 22: Požadavky na šíření vlhkosti – Podlaha/ okno

Požadavky	Požadavek splněn / nesplněn
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce	splněno
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu	nehodnoceno
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)	nehodnoceno

Tabulka 23: Požadavek na lineární činitel prostupu tepla – Podlaha/ okno

Lineární tepelná vazba	Lineární činitel prostupu tepla ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)			
	Vypočtená hodnota z vnějších rozměrů Ψ_e	Požadovaná hodnota Ψ_N	Doporučená hodnota Ψ_{rec}	Doporučená hodnota pro pasivní budovy Ψ_{pas}
Podlaha/ okno	-0,037	0,10	0,03	0,01
		splněno	splněno	splněno

5.2.3 Detail stěna – podlaha

Tabulka 24: Požadavek na teplotní faktor – Stěna/ podlaha

Detail	Teplotní faktor (-)			
	Exteriérová teplota ($^{\circ}C$)	Vypočtená hodnota f_{Rsi}	Požadovaná hodnota $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr}$	Max. přípustná vlhkost na vnitřním povrchu 80%
Stěna/ podlaha	-15,0	0,749	0,656	splněno

Tabulka 25: Požadavky na šíření vlhkosti – Stěna/ podlaha

Požadavky	Požadavek splněn / nesplněn
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce	splněno
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu	nehodnoceno
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)	nehodnoceno

U všech tří detailů nedochází ke kondenzaci vlhkosti, která by ohrozila funkci dřevěných prvků.

5.3 Výsledky rozpočtu

Rozpočet byl zpracován v programu Kros 4. Mobilní dům stojí 1 351 100,- Kč s DPH.

6 Závěr

Výsledkem této práce je vlastní návrh mobilní obytné dřevostavby. Byl zvolen sloupkový konstrukční systém pro jeho výhody, kterými jsou jednoduchost, hmotnost a možnost si stavbu postavit svépomocí. Vhodnými a porovnávanými systémy pro mobilní domy byly jmenovitě sloupková konstrukce, panelová konstrukce a konstrukce z europanelů. Panelová konstrukce má oproti sloupkové konstrukci výhodu v prefabrikaci, ale nevýhodu v manipulaci a potřebě zařízení při výrobě i montáži. Europanely mají prefabrikované rozměry. Oproti sloupkové konstrukci má konstrukce z europanelů výhodu v rychlejší montáži. Difúzně uzavřená skladba může být nevýhodou tohoto systému.

Pro projekt mobilního domu byla zpracována projektová dokumentace ve stupni pro realizaci stavby. Projektová dokumentace byla zpracována v programu AutoCAD. Mobilní dům je navržen pro celoroční využití a splňuje normové požadavky pro rodinný dům. Společně s tím byly vytvořeny podrobné protokoly pro posouzení z hlediska stavební fyziky a statiky. Optimalizace skladeb z hlediska stavební fyziky byla provedena v programech Teplo 2017 a Area 2017. Mobilní dům splňuje normové požadavky stavební fyziky a hodnoty součinitele prostupu tepla všech skladeb splňují podmínku pro pasivní standard. Statické výpočty byly zpracovány v programu FIN EC a MS Excel. Posuzovaná krokev a tři spoje splňují normové požadavky.

Rozpočet byl proveden v programu Kros 4. Cena mobilní dřevostavby je 1 351 100,- Kč s DPH.

V průběhu psaní mé diplomové práce jsem prohloubil, nejen svoje znalosti v oblasti dřevostaveb a problematiky mobilních domů, ale i dovednosti v práci se softwarovými programy. Návrh mobilní dřevostavby byl zpracován pouze pro účely diplomové práce. Práce však může pomoci lidem, kteří mají v plánu stavět svůj dům, seznámit se problematikou dřevostaveb a podle toho se vybrat nejvhodnější stavební systém. Mobilní domy jsou v poslední době velkým trendem a já osobně jsem jejich zastáncem.

Seznam použitých zdrojů

Tištěné zdroje:

BLASS, Hans Joachim, SANDHASS, Carmen. *Timber Engineering – Principles for Design*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2017. ISBN 978-3-7315-0673-7.

BÖHM, Martin, REISNER, Jan a BOMBA, Jan. *Materiály na bázi dřeva*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra zpracování dřeva, 2012. ISBN 978-80-213-2251-6.

HERZOG, Thomas a kol. *Timber Construction Manual*. Birkhäuser, 2004. ISBN 978-3-7643-7025-1.

HUDEC, Mojmír. *Pasivní rodinný dům: proč a jak stavět*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-2555-0.

HUMM, Othmar. *Nízkoenergetické domy*. Praha: Grada, 1999. Stavitel. ISBN 80-7169-657-9.

JONES, Dennis a BRISCHKE, Christian. *Performance of bio-based building materials*. Woodhead Publishing, 2017. ISBN 978-0-08-100982-6.

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

KUBEČKOVÁ, Darja a HALÍŘOVÁ, Marcela. *Konstrukce ze sádrokartonu*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-3831-4.

KUKLÍK, Petr. *Dřevěné konstrukce*. 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2005. ISBN 80-86769-72-0.

LOKAJ, Antonín a kol. *Dřevostavby a dřevěné konstrukce. I. a II. díl.* 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010. ISBN 978-80-7204-732-1.

NAGY, Eugen. *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům.* Bratislava: Jaga, 2009. ISBN 978-80-8076-077-9.

NYČ, Miroslav. *Sádrokarton: stavby a rekonstrukce.* 1. vyd. Praha: Grada, 2001. Profi & hobby. ISBN 80-247-9028-9.

PATŘIČNÝ, Martin. *Velká kniha o dřevě.* 2. vyd. Praha: Euromedia Group, 2019. Universum. ISBN 978-80-7617-829-8.

PAVLAS, Marek. *Dřevostavby z vrstvených masivních panelů: technologie CLT.* 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-271-0055-2.

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

RŮŽIČKA, Martin. *Moderní dřevostavba.* 1. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3298-5.

RŮŽIČKA, Martin. *Stavíme dům ze dřeva.* 1. vyd. Praha: Grada, 2006. Profi & hobby. ISBN 80-247-1461-2.

SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů.* 1. vyd. Praha: Grada, 2011. Stavitel. ISBN 978-80-247-2995-4.

SMOLA, Josef. *Stavba rodinného domu krok za krokem.* 1. vyd. Praha: Grada, 2007. Stavitel. ISBN 978-80-247-2148-4.

ŠMELHAUS, Pavel a kol. *Nízkoenergetický dům.* 1.vyd. Praha: ABF – Arch, 2004. ISBN 80-86165-94-9.

ŠTEFKO, Jozef a REINPRECHT, Ladislav. *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba*. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 2004. ISBN 80-88905-95-8.

ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace domů a bytů*. 2. vyd. Praha: Grada, 1998. Profi & hobby. ISBN 80-7169-851-2.

ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace v otázkách a odpovědích*. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2005. Stavitelství. ISBN 80-7300-159-4.

TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005. Stavitel. ISBN 80-247-1101-X.

TYWONIAK, Jan a kol. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2061-6.

VAVERKA, Jiří a kol. *Dřevostavby pro bydlení*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2205-4.

YUAN Qiang, LIU Zhanqun, ZHENG Keren a MA Cong. *Civil engineering materials – From theory to practice*. Elsevier, 2021. ISBN 978-0-12-822865-4.

ZAHRADNÍČEK, Václav a HORÁK, Pavel. *Moderní dřevostavby*. 1. vyd. Brno: ERA, 2007. ISBN 978-80-7366-109-0.

Webové zdroje:

Europanel. *Stavební systém* [online]. 2017 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://www.europanel.cz/cz/pro-odborniky/stavebni-system/>

Grenamat. *Grenaisol – Jednoduše dokonalé, dokonale jednoduché řešení pro váš nový krb* [online]. 2023 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://www.grenamat.cz/cz/grenaisol/>

HAŠKOVÁ, Kristýna. *Co je to PURENIT?* [online]. 2013 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://www.stavebni-vzdelani.cz/co-je-purenit/>

Holzbauwelt. *Google baut eigene Unternehmensgebäude in Holzbauweise* [online]. 07.04.2021 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://www.holzbauwelt.de/aktuelles/google-baut-eigene-unternehmensgebaeude-in-holzbauweise>

Chytré bydlení. *Mobilní domy k celoročnímu bydlení – jak se bydlí pod „pohyblivou střechou* [online]. 23.07.2020 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://www.chytre-bydleni.cz/usporne-bydleni/mobilni-domy-k-celoroctnimu-bydleni-jak-se-bydli-pod-pohyblivou-strechou>

KUIPER, Kathleen. *Light-frame construction – building construction* [online]. 15.05.2009 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/light-frame-construction>

KVH. *Vorteile der verwendung von KVH* [online]. [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://www.kvh.eu/konstruktionsvollholz-kvh/vorteile-der-verwendung-von-kvh>

LAMB, Zachary, SPICER, Jason a SHI, Linda. *Debunking stereotypes about mobile homes could make them a new face of affordable housing* [online]. 28.07.2022 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://theconversation.com/debunking->

stereotypes-about-mobile-homes-could-make-them-a-new-face-of-affordable-housing-186105

Marjolein in het klein. *What is a Tiny House* [online]. 2017 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://www.marjoleininhetklein.com/en/my-tiny-house/what-is-a-tiny-house/>

Modrá pyramida. *Klady a zápory mobilheimu: proč je tak oblíbený a jak ho vybrat* [online]. 27.10.2021 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://www.modrapyramida.cz/magazin/myma-ocima/mobilni-dum-jeho-klady-a-zapory>

Nist. *World Trade Center investigation* [online]. 08.09.2021 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://www.nist.gov/world-trade-center-investigation>

POTTER, Brian. *Balloon framing i Worse is Better* [online]. 05.01.2021 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://constructionphysics.substack.com/p/balloon-framing-is-worse-is-better>

SIDLER, Scott. *How to: Tell if you have a balloon frame house* [online]. 10.08.2015 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://thecraftsmanblog.com/how-to-tell-if-you-have-a-balloon-frame-house/>

Strefa. *Zemní vruty: postavte pevné základy bez betonování* [online]. 08.02.2021 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://www.strefa.cz/zemni-vruty-zaklady-bez-betonu-p92973/>

Tiny Home Builders. *What is a Tiny House?* [online]. 2022 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://www.tinyhomebuilders.com/help/tiny-house-movement>

TODER, Elisabeth Anne. *Kleine Häuser – Trend oder Zukunft?* [online]. 01.02.2021 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://mep.trimble.com/de/resources/mep-blogs/kleine-haeuser-trend-oder-zukunft>

TZB-info. *Co je dřevostavba a mýty o dřevostavbách* [online]. 02.11.2018 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/18154-co-je-drevostavba-a-myty-o-drevostavbach>

Vlemmix. *Over Vlemmix Trailers* [online]. 2023 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://www.vlemmixaanhangwagens.nl/vlemmix-trailers/>

PDF zdroje:

Cetris. *Obklady stavebních konstrukcí* [online]. 10.05.2018 [cit. 3.4.2023]. Dokument ve formátu PDF. Dostupné z: https://www.cetris.cz/pagedata_cz/download/7-obklady.pdf?1527678357?1675586010

Cetris. *Základní vlastnosti cementotřískových desek CETRIS* [online]. 23.05.2018 [cit. 3.4.2023]. Dokument ve formátu PDF. Dostupné z: https://www.cetris.cz/pagedata_cz/download/671_2-zakladni-vlastnosti.pdf?1527582590

MMR ČR. *Mobilní domy – Metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj ČR* [online]. Praha: Odbor stavebního úřadu, květen 2022 [cit. 3.4.2023]. Dokument ve formátu PDF. Dostupné z: https://www.mmr.cz/getattachment/c94419bd-44f5-4a64-8120-3bbc12bcb00f/Mobilni-domy_5-2022.pdf.aspx?lang=cs-CZ&ext=.pdf

Smproduct. *Výkon převažuje purenit – promyšlený konstrukční materiál* [online]. 2012 [cit. 3.4.2023]. Dokument ve formátu PDF. Dostupné z: <http://www.smprodukt.cz/assets/download/purenit.pdf>

Akademické zdroje:

KLAPÁLEK, Pavel. Možnosti dodatečného vyztužování nosníků z lepeného lamelového dřeva. Praha, 2019. Disertační práce. ČVUT v Praze. Fakulta stavební. Katedra mechaniky K132. Školitel Lenka MELZEROVÁ

Legislativní zdroje:

ČSN 73 0540-2: *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2011.

Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj, 2009.

Vyhláška č. 405/2017 Sb., vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb.

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).

Seznam příloh

Příloha 1:

Provozní schéma

B. Souhrnná technická zpráva

C. Situační výkresy

C.1 Situace širších vztahů

C.2 Situace katastrální

C.3 Situace koordinační

D. Dokumentace objektů a zařízení

D.1.1 a) Technická zpráva

D.1.1 b) Výkresová část

1. Základy

2. Půdorys 1.NP

3. Půdorys spací loft

4. Podélní řez

5. Příčné řezy

6. Strop 1.NP

7. Krov a střecha

8. Pohledy

9. Výrobní výkres podlahového rámu

10. Výrobní výkres stěnového rámu

D.1.1 c) Podrobnosti

Skladby

Tabulka výplní

1. Detail napojení příčky, Detail napojení okna na stěnu

2. Detail rohu – koupelna

3. Detail napojení stěny na podlahu, Detail napojení okna na podlahu

Stavební fyzika

Protokoly z programu Teplo

Obvodová stěna – fasáda Cetris

Obvodová stěna – koupelna

Obvodová stěna – fasáda MD

Podlaha – denní místnost

Podlaha – koupelna

Střecha

Protokoly z programu Area

Detail rohu – koupelna

Detail podlaha – okno

Detail stěna – podlaha

Statické posouzení

Výpočet zatížení

Posouzení krokve

Posouzení spoje podlahového rámu

Posouzení kotvení fasádní desky

Rozpočet