

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Porovnání dřevěných a silikátovo-keramických
konstrukcí s následnou ekonomickou analýzou**

Bakalářská práce

Autor: Jiří Polena

Vedoucí práce: Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jiří Polena

Hospodářská a správní služba v lesním hospodářství

Název práce

Porovnání dřevěných a silikátovo – keramických konstrukcí s následnou ekonomickou analýzou

Název anglicky

Comparison of wood and silicate – ceramic constructions followed by economic analysis

Cíle práce

Cílem práce bude konstrukční porovnání zvolených stavebních konstrukcí a jako vedlejší cíl bude jednoduché ekonomické vyhodnocení zvolených konstrukcí.

Metodika

1. Rešerše
2. Výběr stavebních konstrukcí
3. Konstrukční a materiálová analýza stavebních konstrukcí
4. Identifikace materiálové a časové náročnosti
5. Ekonomické vyhodnocení

Doporučený rozsah práce

40-50 stran včetně textu a příloh

Klíčová slova

konstrukce, dřevostavba, materiálové náklady, ekonomická analýza

Doporučené zdroje informací

ČSN EN ISO 6946. Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda

ČSN 73 0540. Tepelná ochrana budov. Část 1-4

Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5. Vyd. 1. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004, 401 s. ISBN 80-867-6913-5.

HORÁK, Pavel, ZAHRADNÍČEK, Václav. Moderní dřevostavby. 1. vyd. Brno : ERA group, 2007. 155 s., ISBN 978-80-7366-109-0

CHMÚRNÝ, I. Tepelná ochrana budov. Prvé vydanie. Bratislava, Jaga group, 2003, 214 s. ISBN 80-88905-27-3

KOLDINSKÁ, K. – ŠTEFKO, M. Sociální reformy ve střední Evropě – cesta k novému modelu sociálního státu?. Praha: Auditorium, 2011. ISBN 978-80-87284-14-8.

KUKLÍK, P. – REINPRECHT, L. – ŠTEFKO, J. – BRAUNŠTEINOVÁ, Z. Dřevěné stavby : konstrukce, ochrana a údržba. Bratislava: Jaga, 2009. ISBN 978-80-8076-080-9.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Konzultant

Doc. Ing. Roman Sloup, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 26. 10. 2016

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 1. 2017

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2017

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Porovnání dřevěných a silikátovo-keramických konstrukcí s následnou ekonomickou analýzou vypracoval samostatně pod vedením Ing. Kamila Trgali, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské 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 19.4.2017

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Kamilu Trgalovi, Ph.D. za jeho trpělivost, cenné rady, ochotu a pomoc při vypracování této bakalářské práce. Mé velké díky také patří slečně Gabriele Svobodové a všem ostatním, kteří mě při zpracování práce podporovali.

Abstrakt

Název práce: Porovnání dřevěných a silikátovo-keramických stavebních konstrukcí s následnou ekonomickou analýzou.

Bakalářská práce se zabývá vlastnostmi a technickým provedením systémů dřevěných konstrukcí a definuje materiály na bázi dřeva určené pro požití v těchto systémech. Práce dále popisuje vznik, historii a vývoj jednotlivých konstrukcí až do jejich dnešní podoby. Jejich klady a zápory, způsob a náročnost při provádění na staveništi. Cílem práce je pomocí jednoduché ekonomické analýzy porovnat nejběžněji prováděné konstrukce na dřevěné a silikátové bázi v České republice z ekonomického i environmentálního hlediska.

Klíčová slova: konstrukce, dřevostavba, ekonomická analýza

Abstract

Title of the thesis: Comparison of wood and silicate-ceramic construction followed by economic analysis

This bachelor thesis deals with properties and technical types of timber structural system and define wood-based materials in these systems. Thesis describe formation, history, and developments in its present form, their pros and cons the manner and intensity of construction. The point of the thesis is economics and environmental comparison the most common wood and silicate-ceramic base construction in the Czech Republic using simple economic analysis.

Key words: structural system, timber house, economic analysis

OBSAH

1. ÚVOD.....	10
2. CÍLE PRÁCE.....	10
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	11
3.1. Dřevo jako stavební materiál	11
3.1.1. Struktura a vlastnosti dřeva	11
3.1.2. Přednosti a nedostatky staveb ze dřeva	12
3.1.3. Materiálová báze dřevěných staveb.....	13
3.2. Přehled konstrukčních systémů dřevostaveb	16
3.2.1. Masivní dřevěné konstrukce	16
3.2.1.1. Srubové a roubené konstrukce	17
3.2.1.2. Masivní panelové konstrukce.....	20
3.2.2. Skeletové dřevěné konstrukce.....	21
3.2.2.1. Hrázděné konstrukce	24
3.2.2.2. Lehké skeletové konstrukce.....	25
3.2.3. Elementární dřevěné konstrukce	27
3.2.3.1. Rámové konstrukce	27
3.2.3.2. Panelové konstrukce	29
3.3. Difuzně otevřená a uzavřená skladba konstrukce.....	31
3.3.1. Difuzně otevřená skladba konstrukce	31
3.3.2. Difuzně uzavřená skladba konstrukce	32
3.3.3. Instalační předstěna	33
3.4. Ochrana dřeva v konstrukcích	34
3.4.1. Biologičtí škůdci.....	34
3.4.2. Chemická ochrana dřeva.....	34
3.4.3. Konstrukční ochrana dřeva	35
3.5. Suroviny pro výrobu silikátových a keramických stavebních materiálů..	36
3.6. Materiály pro zdící prvky	37
3.7. Pojící silikátové materiály	39
3.7.1. Malta	39
3.7.2. Beton.....	39
3.8. Konstrukční systémy zděných staveb	40
4. METODIKA.....	42
4.1. Získávání podkladů k literární rešerši	42
4.2. Výběr stavebních konstrukcí.....	42
4.3. Ekonomická analýza.....	42

5. VÝSLEDKY	43
5.1. Dřevěná konstrukce.....	43
5.2. Silikátovo-keramická konstrukce.....	45
5.3. Staveništní pracnost.....	46
6. DISKUZE.....	47
7. ZÁVĚR	49
8. SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	50

SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

Tab. č 1: Rozdělení dřevin podle hustoty.....	11
Tab. č. 2: Porovnání energetické náročnosti na výrobu krokve.....	12
Tab. č. 3: Třídy trvanlivosti dřevin.....	35
Tab. č. 4: Rozdělení zdících prvků	38
Tab. č. 5: Položkový rozpočet - dif. uz. dřevěné konstrukce	44
Tab. č. 6: Položkový rozpočet - dif. ot. dřevěné konstrukce	45
Tab. č. 7: Položkový rozpočet - cihelné bloky Porotherm.....	46
Tab. č. 8: Staveništní pracnost konstrukcí	46
Tab. č. 9: Hmotnost konstrukcí	48
Obr. č. 1: Vazby spojů masivních konstrukcí	17
Obr. č. 2: Masivního dřevěný panel	20
Obr. č. 3: Dřevěná skeletová konstrukce	21
Obr. č. 4: Napojení nosníku skeletové konstrukce	23
Obr. č. 5: Dřevěná kostra hrázděné stěny s tesařskými spoji	24
Obr. č. 6: Sloupkový systém Balloon-Frame.....	26
Obr. č. 7: Sloupkový systém Platform-Frame	27
Obr. č. 8: Rámová konstrukce	28
Obr. č. 9: Výroba stěny panelové konstrukce	30
Obr. č. 10: Difuzně otevřená skladba konstrukce	32
Obr. č. 11: Difuzně uzavřená skladba konstrukce.....	33
Obr. č. 12: Pálený cihelný blok Porotherm.....	38
Obr. č. 13: Roznos zatížení zděných konstrukcí.....	40
Obr. č. 14: Možnosti vazeb zdiva.....	41
Obr. č. 15: Emise CO ₂ - výroba stav. materiálů.....	47

1. ÚVOD

Podíl a obliba staveb domů, hal a budov na bázi dřeva v České republice roste rychlým tempem. Stalo se tak díky zlepšení image dřeva jako stavebního materiálu, zlepšením informovanosti a vyšší důvěře obyvatelstva v tento stavební materiál. Mnozí investoři si při výběru konstrukčního materiálu pro své stavby začínají uvědomovat mnoho pozitivních faktů týkajících se staveb ze dřeva. Svými vynikajícími tepelně technickými vlastnostmi, vynecháním mokrého stavebního procesu při výstavbě, její rychlostí a pozitivními pocity, které dřevo jako přírodní materiál vyvolává, může snadno konkurovat stavebním konstrukcím na silikátové bázi. Dřevo je plně obnovitelná surovina produkovaná lesem, jehož obnova je srovnatelná s délkou lidského života a mnohdy překonává samotnou životnost staveb. Zvýšení podílu dřevostaveb na českém trhu by měly pomoci standardy nízkoenergetických a pasivních domů. Dle mého názoru jsou dřevo a materiály na jeho bázi materiálem budoucnosti a stojí za to vyvíjet o něj zvýšený zájem a dále investovat do možností jejich využití.

2. CÍL PRÁCE

Cílem této práce je rozlišit a popsat jednotlivé systémy stavebních konstrukcí na dřevěné a silikátové bázi z konstrukčního i materiálového hlediska. Definovat jejich technické parametry, zhodnotit výhody a nevýhody, způsob a pracnost výstavby. Vedlejším cílem bude sestavení jednoduchého materiálového rozpočtu na 1 m² svislé a vodorovné stěny zvolených konstrukcí a porovnání jejich staveništní pracnosti.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1. Dřevo jako stavební materiál

Díky mnohostranné využitelnosti, snadné dostupnosti a opracování provází dřevo člověka při výstavbě obydlí jeho celou civilizační historií až do dnešních dní (Zahradníček, 2007).

3.1.1. Struktura a vlastnosti dřeva

Dřevo je anizotropní organický materiál. Po chemické stránce se jedná o kompozitní materiál skládající se z celulózy, hemicelulózy, ligninu a doprovodných látek (Vaverka, 2008).

Dřevo lze rozdělit do dvou základních skupin – jehličnany a listnáče. Díky svému rovnému a dlouhému kmenu jsou jehličnany takřka předurčeny k výrobě materiálu pro dřevěné konstrukce. Použití listnatého dřeva je poměrně vzácné a využívá se zejména při stavbě srubů v severní Americe (Houdek, 2004).

Poměr pevnosti a ohebnosti dřeva je daleko lepší než například u oceli a je přirovnatelný k hliníkovým slitinám, bereme-li v úvahu ohyb nebo tah rovnoměrně s vlákny. Relativně nízká je však jeho pevnost v tahu kolmo na vlákna a ve smyku rovnoběžně s vlákny. Výskyt vad ve dřevě (suky, odklon vláken) vede k jeho nehomogenitě. Vzhledem ke kovům, plastům nebo minerálním materiálům má dřevo díky své nehomogenitě široký rozptyl fyzikálních vlastností (Štefko, 2004).

Vlhkost je nejvýznamnější charakteristika, která ovlivňuje fyzikální i mechanické vlastnosti dřeva. Hmotnost i objem dřeva je dán jeho vlhkostí (viz. tabulka č. 1). Vlivem vnikání nebo unikání vody do buněčných stěn dochází k přibližování nebo oddalování řetězců celulózy, což způsobuje rozměrové změny dřeva. Bereme-li v úvahu hodnoty rozměrových změn vlivem změn vlhkosti, dají se dřeviny rozdělit do tří kategorií: Málo sesychavé dřeviny – tis, olše, akát, kaštanovník, středně sesychavé – borovice, smrk, jedle, dub, javor, ořešák a hodně sesychavé – modřín, bříza, buk, habr, lípa (Houdek, 2004).

Tabulka č. 1: Rozdělení dřevin podle jejich hustoty při 12 % vlhkosti (Houdek, 2004).

Dřeva s nízkou hustotou ($\rho_{12} < 540 \text{ kg.m}^{-3}$)
Borovice, smrk, jedle, topol, lípa, vrba, olše, osika
Dřeva se střední hustotou ($\rho_{12} < 540\text{-}750 \text{ kg.m}^{-3}$)
Modřín, tis, bříza, buk, hrušeň, dub, ořešák, jilm, jasan, třešeň, kaštanovník
Dřeva s vysokou hustotou ($\rho_{12} > 750 \text{ kg.m}^{-3}$)
Habr, zimoztráz, dřín, moruše, akát

3.1.2. Přednosti a nedostatky staveb ze dřeva

V očích neodborné veřejnosti symbolizují často domy na bázi dřeva pouze provizorní konstrukce vykazující nízkou trvanlivost, nedostatečnou izolaci, nízkou odolnost proti požáru či hluku. V současné době však mají technologie konstrukce rodinných domů na bázi dřeva a silikátů či keramiky srovnatelné fyzikální vlastnosti. Dřevěné stavby standardních stavebních systémů zajišťují lepší tepelnou ochranu a jsou ekonomičtější řešením, pokud je kladen důraz na rychlost výstavby. Přířnos technologie dřevěných konstrukcí spočívá také ve snižování energetické náročnosti budovy a snižování zátěže pro životní prostředí. Základní surovinou pro výrobu konstrukcí ze dřeva je tradiční, strategický a zejména plně obnovitelný materiál – dřevo. Praxe již dlouho dobu ukazuje, že nejekonomičtější řešením hrubé stavby budov s nízkou spotřebou energie je právě použití dřevěných konstrukcí. Pokud budeme porovnávat celkovou energetickou náročnost budov, bude v dnešní době jistě hrát svou úlohu i energetická náročnost vyvinutá na jejich výstavbu a dopravu materiálu. V porovnání měrné spotřeby energie na výrobu 1 t materiálu vychází například pro beton 3-násobně vyšší nebo pro konstrukční ocel dokonce 24-násobně vyšší energetická náročnost. Nízký poměr hmotnosti dřevěného nosného prvku k ostatním materiálům se ještě více projeví vezmeme-li v úvahu jeho únosnost (viz. tabulka č. 2) (Zahradníček, 2007).

Tabulka č. 2: Porovnání energetické náročnosti na výrobu krokve délky 7,3m (Štefko, 2004).

Materiál	Objem prvku	Hmotnost	Energetická náročnost na výrobu a dopravu
Dřevo (smrk)	0,125 m ³	87,5 kg	55,8 MJ
Železobeton	0,173 m ³	440 kg	1 660 MJ

S ohledem na ochranu životního prostředí je nutné zmínit, že všechny stavební hmoty se nakonec jednoho dne stanou odpadem. V souvislosti s tím má dřevo nespornou výhodu v tom směru, že po skončení jeho životnosti nebudeme muset dodat energii k jeho likvidaci, ale naopak ji jeho spálením získáme.

Dřevo je významný nosič energie. Jeho výroba a spotřeba vede ke snížení spotřeby energie a ke snížení zátěže na životního prostředí. Výroba dřevěných konstrukcí jako jediná vylučuje tvorbu nezpracovatelného odpadu při výrobě. Dřevo je plně obnovitelná surovina produkovaná lesem, jehož obnova je srovnatelná s délkou lidského života. Při použití v interiéru nás bude zajímat, že dřevo a výrobky ze dřeva mají velmi dobré akustické vlastnosti a schopnost regulovat vlhkost. Z ekonomického hlediska nám použití dřeva dává možnost výstavby svépomocí, s nižšími nároky na odborné profese a stavební mechanizmy (Vaverka, 2008).

Charakteristické technologické vlastnosti dřeva jsou jeho snadná opracovatelnost a dělitelnost, spojovatelnost, lehká montáž, přeprava a skladování. Nevýhodami použití dřeva mohou být faktory jako jsou nižší životnost vlivem omezené trvanlivosti v náročných expozicích, objemové a tvarové změny vlivem vlhkosti a snížená odolnost vůči účinkům živelných pohrom, například uragánů (Kolbl, 2011).

Většina nepříznivých vlastností dřevěných staveb lze eliminovat správným konstrukčním návrhem, použitím materiálu vhodné specifikace, použitím chemických ochranných prostředků a dalších například protipožárních materiálů (retardérů hoření). Poruchám konstrukce vlivem tvarových změn a anizotropie dřeva lze předejít použitím technologie progresivních konstrukcí za pomoci lepeného lamelového dřeva (Štefko, 2004).

V České republice je dřevo velmi nedoceněný materiál. Často se lze setkat s názorem, že pro stavění ze dřeva tu chybí tradice. Společným úkolem stavitelů dřevostaveb by mělo být úsilí v hledání argumentů ke zvýšení spotřeby dřeva ve stavebním průmyslu. Dříví hraje nezanedbatelnou úlohu v národní i mezinárodní ekonomice. Jedná se o všestranně využitelnou surovinou, která je při rozumném hospodaření prakticky nevyčerpatelná. Častým argumentem proti stavbám ze dřeva bývají obavy z požáru. Odolnost nosných stěn rodinných domů je dle platných norem na požární odolnost půl hodiny. Již základní konstrukce s dřevěnými sloupky o velikosti 50x100 mm a opláštěnými sádkartonovými deskami a tloušťce 12,5 mm tuto normu splňují. Větší průřezy dřevěných sloupků než 60x120 mm nemusejí být dokonce protipožárně zajištěny. Oproti železným či železobetonovým stavbám je výhodou, že chování dřeva při požáru je předvídatelné a nezřítí se bez předchozího varování. Pokud se budeme zabývat problematikou, zda jsou dřevostavby vhodné do záplavových oblastí, jde jednoduše říci, že se dřevostavby nehodí do míst s pravděpodobností rychle tekoucí vody. Proces vysušování dřevostaveb je mnohem kratší než u klasického zdiva, v průměru můžeme hovořit o dvou týdnech, než vlhkost dřevěných dílů klesne pod 20 % a je možné zahájit opravy (Sloup, 2003).

3.1.3. Materiálová báze dřevěných staveb

Optimální volba týkající se použití jednotlivých materiálů je zárukou kvalitně provedené dřevostavby. S rostoucím zájmem investorů o dřevostavby zažívají velký rozvoj i materiály pro stavbu a konstrukce. Nové a vyspělé „high-tech“ materiály nemusejí být však vždy nejlepší volbou i přes své nízké nároky na vloženou energii při zpracování, zdravotní nezávadnost, recyklovatelnost a přesnost. Konstatování, že použitím kvalitnějších či dražších materiálů bude automaticky kvalitnější i stavba, nemusí být vždy pravdivé a v konečném důsledku může jít pouze o plýtvání zdrojů a peněz investora. Je nutné jednotlivé materiály dobře znát a mít jasnou představu o vhodnosti použití. Trend rozvoje nových materiálů lze v současné době sledovat především v oblasti izolačních a deskových konstrukčních materiálů. Novým trendem je používání

materiálů na přírodní bázi, jedná se o materiály na bázi dřeva, rostlin, odpadů z výroby jiných surovin či také ovčí vlna jako produkt živočišné výroby. Tyto materiály vynikají především svými tepelně izolačními vlastnostmi a pozitivními dopady na lidské zdraví. Některé vlastnosti mohou být pro většinu z nás překvapující, příkladem je velice dobrá požární odolnost izolací ze slámy. Existuje také mnoho materiálů, které nejsou na bázi dřeva, ale při výstavbě dřevostaveb se běžně využívají. Jedná se o výrobky, jimiž je možné eliminovat nebo zmírnit některé nevýhody dřevostaveb jako je požární ochrana, vylepšení akustických vlastností a zlepšení akumulace tepla. Pro požární ochranu jsou využívány desky na bázi sádry – sádrovláknité a sádrokartonové desky. Pro zvýšení tepelné akumulace objektu je vhodné použít prostředky určené ke zvýšení vzduchové neprůzvučnosti. Vhodné je vložení horizontální akumulární vrstvy z betonu nebo využití vertikální akumulace pomocí akumulárního jádra z nepálené cihly, jež je také možné využít jako estetický prvek interiéru (Zahradníček, 2011).

Podle Krále (2008) se materiály na bázi dřeva pro dřevostavby rozlišují do tří základních skupin: Masivní, aglomerované, překližkové.

Skupinu masivních dřevěných materiálů zastupuje zejména řezivo a další materiály z něj vyrobené. Řezivem se nazývá konstrukční rostlé dřevo. Pro konstrukční účely se nejvíce používá dřevo z jehličnatých dřevin pro svoje vhodné fyzikální a mechanické vlastnosti. Podle poměru výšky k tloušťce a svým rozměrům se dělí na deskové, hraněné a polohraněné. Parametry deskového řeziva jsou: tloušťka do 100 mm, šířka je větší než dvojnásobek tloušťky. Podle tloušťky deskové řezivo dělíme na prkna (tloušťka do 40 mm) a fošny (tloušťka 40-100 mm). Pokud šířka je menší než dvojnásobek tloušťky, jedná se o hraněné řezivo. Hraněné řezivo se dělí na hranolky (tloušťka do 100 mm, plocha příčného průřezu je 25-100 cm²), hranoly (tloušťka větší než 100 mm, plocha příčného průřezu je větší než 100 cm²), latě (plocha příčného průřezu je 10–25 cm²) (Svoboda, 2013).

Alternativou ke konstrukčním prvkům z jednoho kusu rostlého dřeva je tzv. KVH hranol (zkratka pochází z německého označení Konstruktionsvollholz). KVH hranoly se vyrábí nejčastěji ze smrkového řeziva vysušeného na 15 % vlhkosti, ze kterého se vyřeží všechny vady (suky, praskliny atd.). Do takto připraveného řeziva se strojně vyfrézují zubovité spoje, do kterých se nanese lepidlo a následně se tlakem spojí. Finální úpravou je čtyřstranné hoblování a sražení hran. Výhodou KVH hranolů je jejich délka, která se nemusí omezovat délkou rostlé kulatiny. KVH hranoly se běžně dodávají i v délkách přesahujících 16 m. Při správném zabudování do konstrukce již není třeba tyto hranoly dodatečně ošetřovat proti biotickým škůdcům (Soukup, 2012).

Lepené lamelové dřevo se vyrábí délkovým nastavováním pevnostně tříděných prken zubovitým spojem a vzniká tak nekonečná lamela. Lamely o stejné tloušťce (nejčastěji od 32 do 40 mm) se lepením spojují do lamelového prvku. Výhody lepeného

dřeva oproti dřevu rostlému tkví v možnostech výroby libovolného tvaru, požadovaného rozměru a vyšší pevnosti a tuhosti prvku. Před započítáním lepení se jednotlivé lamely vysušují na vlhkost okolo 12 %, která se shoduje s vlhkostí ve vnitřních vytápěných prostorech. Plošným spojením dvou nebo tří fošen či hranolů vznikají lepené nosníky. Podle počtu lepených prvků lze rozlišit tzv. DUO nebo TRIO nosníky. Nosníky se lepí tak, aby pravá strana přífazu byla vždy na vnější straně (Vaverka, 2008).

Základními požadavky na kvalitu stavebního řeziva je jeho pevnost a vlhkost. V projektové dokumentaci musí být požadovaná vlhkost konstrukčních prvků uvedena. Rozlišujeme dvě třídy pevnosti dřeva, SI – řezivo normální pevnosti, SII – řezivo nízké pevnosti. S ohledem na druh a způsob namáhání konstrukce provádí výběr a kontrolu dřeva její výrobce (Štefko, 2004).

Mezi aglomerované materiály na dřevěné bázi se řadí třískové a vláknité desky vyrobené z dřevěných částic a lignocelulósových vláken. Soudržnosti je v případě třískových desek dosaženo pomocí lepidla a lisováním za tepla, v případě vláknitých desek se využívá zplstnatění vláken s přidáním syntetické pryskyřice (Havířová, 2008).

OSB desky jsou celosvětově nejrozšířenějším konstrukčním materiálem na dřevěné bázi. Jsou vyrobené z dlouhých a štíhlých třísek jehličnatého dřeva. Uplatňují se zejména jako vyztužovací desky v dřevěných kostrách a v konstrukcích střech, v případě difúzně otevřeného konstrukčního systému dřevostaveb slouží OSB desky jako parobrzda. Jejich struktura se často přiznává v interiéru na podlahách, stěnách nebo v podhledech. Svou univerzálností a snadnou opracovatelností se v průběhu let stala jakýmsi maskotem dřevěných staveb (Zahradníček, 2011).

Alternativou pro OSB desky jsou desky cementotřískové, které se vyrábějí lisováním částí dřeva, jako pojivo se používá hydraulický cement. Jejich hlavním využitím je tvorba protipožární příčky. Při použití na vnějších obvodových pláštích je nutno brát v potaz její tepelnou roztažnost a počítat s dostatečnou dilatací (Havířová, 2008).

Podobné použití jako cementotřískové desky mají i desky cementovláknité, jež se ale vyrábí ve velmi vysoké kvalitě povrchové úpravy a používají se proto jako viditelný fasádní nebo interiérový obklad. (Zahradníček, 2011).

Překližkové desky se vyrábějí slepením minimálně tří vrstev loupaných nebo krájených dýh kladených tak, že vlákna sousedních vrstev svírají úhel 90°. Vodovzdornost překližky lze ovlivnit použitím různých druhů lepidel, její vzhled ovlivní druh použité dýhy nebo konečná povrchová úprava. Vzhledem ke své vysoké ceně se ke konstrukčním účelům téměř nepoužívají (Vaverka, 2008).

3.2. Přehled konstrukčních systémů dřevostaveb

Jak uvádí Růžička (2002), dřevěná konstrukce a dřevostavba jsou nezávisle na použitém systému konstrukce dva odlišné pojmy. Z technického hlediska je dřevostavba rozsáhlý projekt, který je třeba řešit komplexně, kdežto dřevěná konstrukce je pouze její částí. Dřevěné stavební konstrukce dělíme do tří skupin – masivní, skeletové, elementární.

3.2.1. Masivní dřevěné konstrukce

Masivní dřevěné stavby se vyznačují tím, že podíl masivního dřeva v konstrukci je větší než 50 % vlastního nosného systému. Samotný nosný systém je tvořen velkorozměrovými plošnými dílci. (Kolbl, 2011)

Za nejstarší konstrukční prvek dřevěných konstrukcí je považována neopracovaná kláda. V případě správného osazení do krajiny vytvářejí stavby z masivního dřeva velmi působivou architekturu a neopakovatelnou vnitřní atmosféru, což zapříčinilo, že nebylo nutné při konstruování tohoto typu stavby v průběhu let měnit jeho základní principy. Například roubenky mají v naší krajině bohatou tradici a spousta z nich s námi v použitelném stavu přetrvává již staletí. Vezmeme-li v úvahu klady a záporu staveb z masivního dřeva, bude jistě největší devizou jejich materiálová čistota a neopakovatelná vnitřní atmosféra (Růžička, 2002).

Jako nevýhodu lze krom nízké variability stavby při jejím návrhu jako je například podlažnost zmínit především vysoká spotřeba dřevní hmoty při její realizaci. Pro srovnání potřebuje srub na svou konstrukci osmkrát až patnáctkrát více řeziva na 1 m² stěny než současné rámové konstrukce (Zahradníček, 2011).

Za základ všech současně realizovaných masivních dřevěných staveb je považována právě stavba srubová. Stěny tvořili trámy vodorovně vrstvené na sebe a vázané v nárožích tesařskými spoji. Historicky nejpoužívanější vazbou pro spojování klád byl přesah nárožních konců trámů, který vznikl pravděpodobně již ve středověku. Zdokonalováním systémů nárožních spojů vznikl tzv. rybinový spoj, u kterého se již nevyskytovaly přesahy zhlaví trámů (viz. obrázek č. 1) (Vaverka, 2008).

samotného dřeva. Pokud uvažujeme o dlouhodobém a pohodlném užívání srubu, a chtěli bychom zachovat jeho vnitřní i venkovní vzhled, je možné při navrhování zvážit využití tzv. třívrstvého srubového systému, kde mezi dvě vrstvy kulatiny vložíme ještě tepelnou izolaci (Zahradníček, 2011).

Použitím dobře vysušeného dřeva v konstrukcích jsou minimalizovány případné objemové změny, které jsou zapříčiněny jeho vysycháním. Takové dřevo je vhodné ke strojnímu opracování. Při tradiční ruční řemeslné výrobě zůstává průměr kulatiny zpravidla větší než při strojním opracování, a je zachován přirozený tvar kmene. Průřez kmene může mít kruhový tvar, při kterém spodní okraj klády kopíruje tvar klády, na které leží. Můžeme se také setkat s ručně opracovanými kládami v podobě prizem nebo hranolů, nebo se může tvar a průměr kmene zachovat. Problematika tepelně technických vlastností obvodového pláště u srubových staveb bývá často diskutována zejména v souvislosti s nedostatečným součinitelem prostupu tepla a vzduchotěsnosti konstrukcí. Požadovaných vlastností na vzduchotěsnost obvodové stěny lze i tohoto druhu staveb dosáhnout, a to sice správným provedením utěsnění spár obvodového pláště (Štefko, 2004).

Bez dodatečné vrstvy tepelné izolace i v případě dosti masivní kulatiny však nezískáme stavbu nízkoenergetickou, na vině je vysoká hodnota prostupu tepla samotného dřeva. Pokud uvažujeme o dlouhodobém a pohodlném užívání srubu, a chtěli bychom zachovat jeho vnitřní i venkovní vzhled, je možné při navrhování zvážit využití tzv. třívrstvého srubového systému, kde mezi dvě vrstvy kulatiny vložíme ještě tepelnou izolaci (Zahradníček, 2011).

Z hygienického hlediska je nutné, aby se v interiéru vzduch pravidelně měnil. Srubové stavby dosahují v porovnání s lehkými dřevěnými konstrukcemi daleko vyšších tepelně akumulčních schopností. Při poklesu teploty v interiéru nám pomůže tepelně naakumulovaná stěna teplotu znovu vyrovnat. Při porovnání například s cihlou bude však tepelná akumulace dřeva mnohem nižší. Při výběru vhodného konstrukčního materiálu je však také nutné hledat správný poměr mezi tepelnou izolací a akumulčními schopnostmi. Dřevo v tomto srovnání vychází jako ideální konstrukční materiál. Tepelný odpor dodatečně nezateplené srubové stěny udává středový průměr použité kulatiny. Čím větší tloušťka nebo průměr kulatiny bude, tím se zvýší i její tepelný odpor. Běžně používaný průměr středové kulatiny pro srubové stěny je mezi 300-400 mm, který je dán dostupností materiálu a v neposlední řadě i jeho cenou. U dřevin používaných k výrobě srubových stěn můžeme najít poměrně velké rozdíly v tepelném odporu na jednotku tloušťky. V porovnání běžně používaných jehličnatých dřevin jako jsou smrk a modřín činí rozdíl 20-30 %, tento údaj potvrzuje fakt, že s rostoucí hustotou dřeva se snižuje jeho schopnost izolovat teplo. Porovnáme-li smrkové dřevo jako nejčastěji používané u dřevěných konstrukcí se stavebními materiály na bázi silikátů, zjistíme, že jeho tepelná vodivost je více než čtyřikrát nižší než v případě pálené cihly, a dokonce desetkrát nižší než u prostého betonu. V porovnání smrkového dřeva s minerální vlnou dosahuje dřevo při stejné tloušťce zhruba 40 % hodnoty tepelného odporu minerální vlny. Při postupu

stanovování tepelného odporu srubové stěny je nutné brát v úvahu rozdílný průměr klád na tlustším a tenčím konci. Výzkum, který probíhal ve výzkumném ústavu National Research Council v Kanadě, stanovil koeficient průřezu srubové stěny, který se používá ke stanovení efektivní tloušťky stěny. Koeficient byl stanoven na hodnotě 0,77 což znamená, že pokud bude středový průměr kulatiny 30 cm, efektivní tloušťka stěny se výpočtem ($30 \times 0,77$) stanoví na 23,1 cm. Takto stanovený středový průměr se použije ke konečnému výpočtu tepelného odporu stěny. Pro zajímavost je koeficient průřezu u srubové konstrukce vyrobené z hranolu stanoven na hodnotě 0,98 (Houdek, 2004).

Nejdůležitějším faktorem při realizaci srubu je výběr vhodného dřeva. Použité dřevo by mělo být na první pohled zdravé a nemělo by jevit známky biologického poškození. Těžba dřeva by měla probíhat nejlépe v zimních měsících, protože dřevokazní škůdci jsou v tomto období v nečinnosti a včasné odstranění kůry po těžbě nebude mít vliv na kvalitu dřeva. V zimním období se u dřeva vlivem pomalejšího vysoušení budou u výřezů méně objevovat vysušné trhliny. U dřeva těžného v letních měsících je nutno dále investovat do impregnace k ochraně před biotickými škůdci (Štefko, 2004).

Vhodným materiálem pro stavbu srubových konstrukcí jsou jehličnaté dřeviny – smrk, jedle, modřín, borovice. Ve zdejších klimatických podmínkách se k výstavbě osvědčil především smrk. Výhodou smrkového dřeva je nejnižší objemová hmotnost po vysušení, a tudíž vysoký obsah vzduchu plnicí funkci tepelného izolantu. Výhodou použití modřínového dřeva je naopak jeho vysoká odolnost proti napadení dřevokaznými houbami a hmyzem, z těchto důvodů se modřínové dřevo používá zejména na velmi exponovaných místech stavby. Staří stavitelé využívali odolnosti modřínu tak, že modřínové klády použili na dvě až tři spodní řady stěny, které jsou vlivem vlhkosti nejvíce namáhány a na zbytek stěny použili klády smrkové (Houdek, 2004).

Velmi charakteristické pro srubové stavby je míra sednutí konstrukce. Již při návrhu se musí kalkulovat s faktem, že každé poschodí může běžně sednout až o 25 mm. Tuto hodnotu je nutné akceptovat zejména u napojení konstrukce na komín, a u otvorů jako jsou okna nebo dveře. Problém sesedání konstrukce se řeší osazovacími rámy a dostatečnými mezerami, aby dřevěná stěna mohla sesedat bez překážek (Kolbl, 2011).

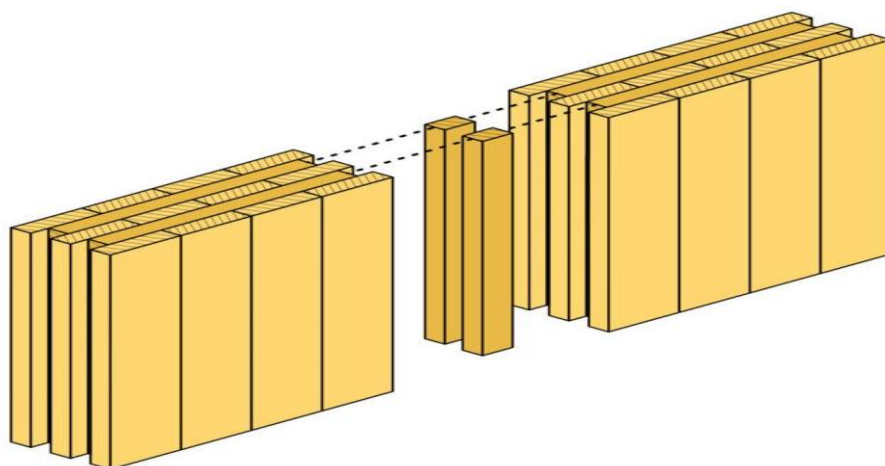
Při provádění výstavby srubů se užívají dvě technologie – řemeslná a průmyslová. Řemeslně vyrobené konstrukce tvoří pouhou jednu čtvrtinu celkového množství prováděných srubových staveb. Dalo by se tedy předpokládat, že řemeslný způsob výroby je pomalu na ústupu, avšak pravda to není. Důvodem je pomalu klesající množství řemeslníků ovládajících toto řemeslo, a tudíž neuspokojená poptávka po řemeslně prováděných konstrukcích. Zbylé tři čtvrtiny poptávky musí tím pádem uspokojit konstrukce vyrobené průmyslovou technologií, které mají jistě i své příznivce. Pokud bychom měli srovnávat kvalitu řemeslně a průmyslově vyráběných srubů, nelze jednoznačně říci, zda kvalitnější stavba je provedena prvním či druhým způsobem, otázka kvality bude vždy záležet zejména na jejím výrobcu (Houdek, 2004).

3.2.1.2. Masivní panelové konstrukce

Moderní alternativou klasické srubové konstrukce je konstrukce panelová. Největší výhodou moderní panelové stěny je vysoká přesnost a důkladná kontrola použitého materiálu při výrobě (Zahradníček, 2011).

Jak uvádí Kolbl (2011) při konstrukci masivního dřevěného panelu byla snaha sloučit do jednoho nosného elementu prvky tepelné izolace, dutin pro vnitřní instalace a výhod, které přináší dřevo ve vnitřní části konstrukce. Masivní dřevo nebo desky na bázi dřeva, které se k sobě lepí, spojují hřebíky nebo hmoždíky tvoří hlavní nosné jádro dílce.

Fyzikální vlastnosti takové stěny jsou z hlediska vysokého podílu dřeva a tepelné akumulace velice podobné srubové stěně. Rozdílem je, že panelová stěna byla vyvinuta pro použití u moderních konstrukcí dneška. Výhodou stavby z masivního dřevěného panelu proti stavbě srubové je nižší spotřeba kvalitního řeziva, protože pro její výrobu se běžně využívá boční řezivo. Tyto masivní panely také nevykazují objemové změny v takové míře, která je pro srub typická (Vaverka, 2008).



Obrázek. č. 2: Masivního dřevěný panel pro použití v panelovém systému dřevěné konstrukce (www.stavba.tzb-info.cz, 2017-03-11).

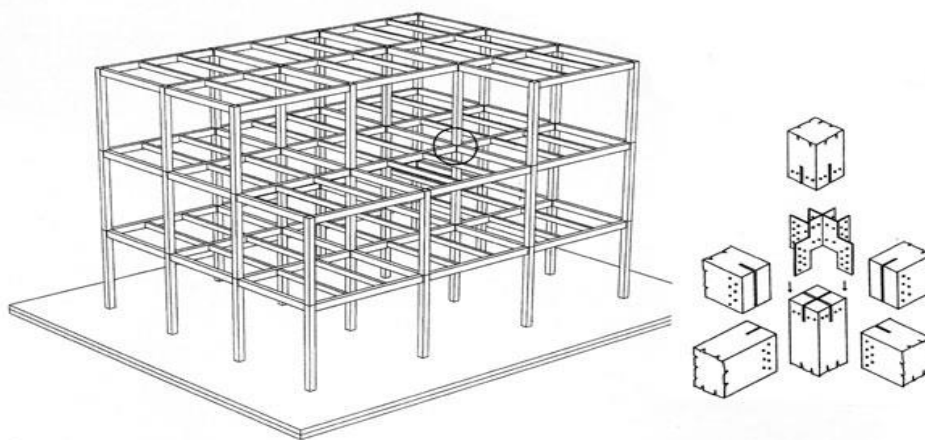
Přírodní estetiky lze dosáhnout orientací a přiznáním panelové stěny v interiéru, dobré tepelně technické vlastnosti a estetičnost konstrukce lze dosáhnout vrstvou tepelné izolace a vhodným obvodovým pláštěm. Pro své dobré akustické parametry jsou tyto panely také vhodné k použití na konstrukci stropu. Charakteristickou vlastností masivního dřevěného panelu je jeho vysoká pevnost, zvláště pak v ohybu a na vzpěr. Vzhledem ke své váze je panel vhodné použít především u prefabrikované výstavby, použitím těžké montážní techniky na místě by se montáž stala velmi nákladnou. Výroba panelů probíhá zejména v západní Evropě a investice do výrobních technologií pomohly vyřešit technické problémy v oblasti spojů, charakteristické pro všechny panelové systémy. S přihlédnutím k vysoce vyspělé technologii se dá očekávat, že v budoucnu bude množství staveb prováděných technologií masivních panelových konstrukcí růst.

Mezi běžné druhy masivních dřevěných panelů se řadí: vrstvené masivní bloky z navzájem polepených protisměrných dřevodesek (viz. obrázek č. 2), lepené masivní truhlíky s vyplněním dutin tepelnou izolací, bloky z rovnaného řeziva nebo lepených hranolů. (Zahradníček, 2011).

Pro výrobu masivních dřevěných panelů se používá technologie křížového slepování řeziva. Křížově slepené řezivo se skládá z 3-5 vrstev prken, které jsou k sobě navzájem slepeny pod úhlem 90°, vyrábí se nejčastěji ze smrkového nebo jedlového dřeva. Takto vytvořené plošné dílce vynikají vysokou tvarovou stálostí a schopností přenášet zatížení v hlavním i vedlejším nosném směru. Další možností výroby masivních dřevěných panelů je výroba z vrstveného řeziva. Tyto dílce se skládají z dřevěných lamel tloušťky 20–50 mm, které probíhají celou délkou dílce. Nastavováním lamel například zubovitým spojem lze získat formáty velkých rozměrů. Lamely se k sobě spojují hřebíky nebo kolíky z tvrdého dřeva pro zlepšení smykových sil v příčném směru, tímto procesem dochází k homogenizaci celého dílce. Z nabídky výrobců si lze vybrat z mnoha možností podoby povrchu a profilování, nejčastější tloušťky dílců jsou 80 a 240 mm (Kolbl, 2011).

3.2.2. Skeletové dřevěné konstrukce

Skeletová konstrukce je primárně tvořena sloupy z tyčových prvků, nosníky a výztužnými prvky v pravidelném rastru. Sekundární nosná konstrukce je tvořena stropy z nosníků nebo z plošných prefabrikovaných konstrukčních dílců. Vnitřní prostor, který je utvářen stěnami, nemusí přenášet žádná konstrukční zatížení, a proto se může zabudovat do nosného skeletu nezávisle, což poskytuje vysokou variabilitu uspořádání interiéru. Pro budovu, u které uvažujeme o velkých prosklených plochách nebo velkorozměrných oknech je skeletová konstrukce vhodná varianta. Skeletová konstrukce přenáší zatížení pomocí bodově uspořádaných sloupů. Modulová síť, ve které se nosné sloupy rozmísťují, určuje konečný architektonický vzhled budovy (Kolbl, 2011).



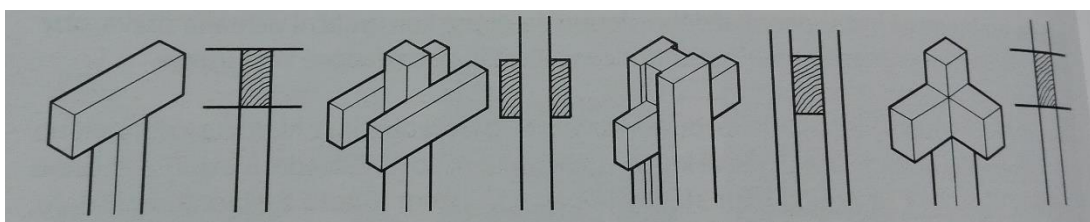
Obrázek č. 3 Dřevěná skeletová konstrukce s pravouhlym rastrem a ukázkou spojovacího styčnicku (www.casopisstavebnictvi.cz, 2017-03-18).

Nejčastěji se setkáme s pravoúhlou modulovou sítí (rastrem), její tvar však může být i trojúhelníkový nebo kruhový. Nosné sloupy této konstrukce jsou osazovány přímo do základové konstrukce, proto musí být u paty sloupu zajištěna dostatečná konstrukční ochrana dřeva (Vaverka, 2008).

Z důvodu ochrany proti povětrnosti se obvodový plášť budovy zpravidla neprůvzdušně uzavírá a fasádní materiály se osazují beze spár. Nosné dřevěné skelety jsou protipólem rámovým nebo srubovým dřevěným konstrukcím, u nichž lineární nosnou strukturu tvoří stěny budovy. Dřevěný skelet v kombinaci s ocelovými prvky bývá často ideálním řešením pro konstrukce vícepodlažních komplexních budov, jakou jsou budovy správní, průmyslové, bytové nebo školní. Nejčastěji preferovaným materiálem pro konstrukce dřevěných skeletových staveb je lepené lamelové dřevo. Jeho použití se dá zdůvodnit větším rozpětím mezi jednotlivými nosnými sloupy, obzvláště u rozměrnějšího konstrukčního rastu. Dalším důvodem je, že vnitřní strana vnějších zdí se ponechává viditelná a je tedy vhodné dřevěné prvky z estetického hlediska v interiéru přiznat. Na základě potřeb uživatele stavby se při navrhování stanovuje rastrový rozměr. Pro dřevěné skeletové konstrukce se časem osvědčily tyto rozměry pravoúhlého rastru: 1250/1250 mm, 2500/2500 mm, 5000/5000 mm, 6250/6250 mm, 7500/7500 mm. Tyto vzdálenosti nebyly zvoleny pouhou náhodou, všechny rozměry jsou násobkem základního modulu o rozměru 625 mm, nejběžněji používaného u deskových materiálů pro obvodové pláště (Kolbl, 2011).

Vznik moderních skeletových konstrukcí se datuje do druhé poloviny 19. století. Jejich rozšíření je často spojováno s obdobím vzniku moderní architektury. V Evropě se skeletové konstrukce uplatňovaly nejprve v průmyslových stavbách, na americkém území nahradily skelety u výškových budov klasické stěnové systémy. Prudkého rozvoje dosáhl skeletový systém v období funkcionalismu, díky své volné architektonické dispozici a možnosti využít prvek pro funkcionalismus typický – okna pásového formátu. Nahrazení konstrukčních prvků z oceli nebo betonu dřevem bylo jen dalším krokem vývoje stavebních konstrukcí. Moderní dřevěné skelety s použitím lepeného lamelového dřeva vykazují vynikající statické vlastnosti, mnohdy dokonce ještě lepší než skelety ocelové. Jeho nízká váha a možnost navrhovat konstrukci s daleko subtilnějšími prvky je proti stejné konstrukci z železobetonu výhodnější. Z hlediska energetické náročnosti výroby a nízké tepelné vodivosti nemůže beton ani ocel nosným prvkům z lepeného lamelového dřeva konkurovat. Vezmeme-li v úvahu potřebu výstavby nízkoenergetických veřejných budov, dá se v budoucnu očekávat zvýšený nárůst poptávky po budovách tvořených dřevěným skeletovým systémem (Zahradníček, 2011).

V praxi rozlišujeme čtyři základní typy dřevěných skeletových konstrukcí, které se v zásadě liší podle typu napojení hlavního nosníku na nosný sloup: 1) sloup a na něm uložený nosník, 2) sloup a dvojitý nosník, 3) dvojitý sloup a nosník, 4) sloup a přilehlý nosník (viz. obrázek č. 4) (Kolbl, 2011).



Obrázek č.4: Základní typy dřevěných skeletových konstrukcí s různými napojeními hlavního nosníku na nosný sloup (Kolbl, 2011).

Systém jednoho sloupu a na něm uloženého nosníku lze použít pouze pro jednopodlažní konstrukce. Hlavní nosníky se shora pokládají na sloupy, které jsou stejně dlouhé jako výška podlaží. Možnost uložení hlavních nosníků přímo na sloupy je z důvodu přenášení svislé síly pouze kontaktním tlakem velkou výhodou oproti ostatním systémům. Vedlejší nosníky tvořící strop se ve většině případů ukládají na hlavní nosníky, pouze v případě úmyslného snížení stropní konstrukce mohou být vedlejší nosníky zavěšeny mezi nosníky hlavní. Zbylé tři konstrukční systémy lze použít pro konstrukce vícepodlažních staveb. Systémy – sloup a dvojitý nosník, dvojitý sloup a nosník se vyznačují spojením konstrukčních prvků pomocí kleštín. V prvním případě jsou průběžné nosníky připojené ke sloupu z obou stran. V případě druhém je průběžný nosný sloup tvořen dvěma částmi, jimiž prochází hlavní nosník. Pro tyto systémy lze použít běžných ocelových spojovacích prostředků. Nevýhodou systémů je nebezpečí tepelných mostů, které mohou nastat při tvorbě převisů prostupem stropní konstrukce obvodovým pláštěm budovy. Systém – sloup a přilehlý nosník se provádí formou jednodílného průběžného sloupu a prostého nosníku přidělaném v libovolné výškové úrovni. Připojení hlavního nosníku na sloup vyžaduje speciální spojovací prostředky, příkladem jsou patentované systémy od firem Janebo nebo Blumen. Vytváření převislých konců je možné pouze formou nezávislé nosné konstrukce zavěšené před fasádou (Vaverka, 2008).

Při návrhu dřevěné skeletové konstrukce se můžeme rozhodnout, zda konstrukci ponecháme viditelnou, či zda ji včleníme do konstrukce stěny. Podle této volby lze rozlišit systém integrovaný, kde je nosný skelet ukryt v konstrukci stěny a je zcela neviditelný. Systém částečně integrovaný, kde se plocha stěny rozděluje jednotlivými nosnými sloupy skeletu. Poslední variantou je systém neintegrovaný, kde sloupy jsou zcela odděleny od konstrukce stěn a tvoří hlavní architektonickou dominantu celé stavby. Neintegrovaný systém je výhodný díky možnosti volby libovolného umístění obvodového pláště budovy vzhledem k nosným sloupům, obvodové stěny se tedy mohou umísťovat před nebo za krajní řadu sloupů (Vaverka, 2008).

Uspořádání nosné konstrukce ve větší půdorysné síti logicky vyžaduje zvýšenou spotřebu dřeva, avšak celkové náklady na nosný skelet se zvětšeným rozměrem modulu

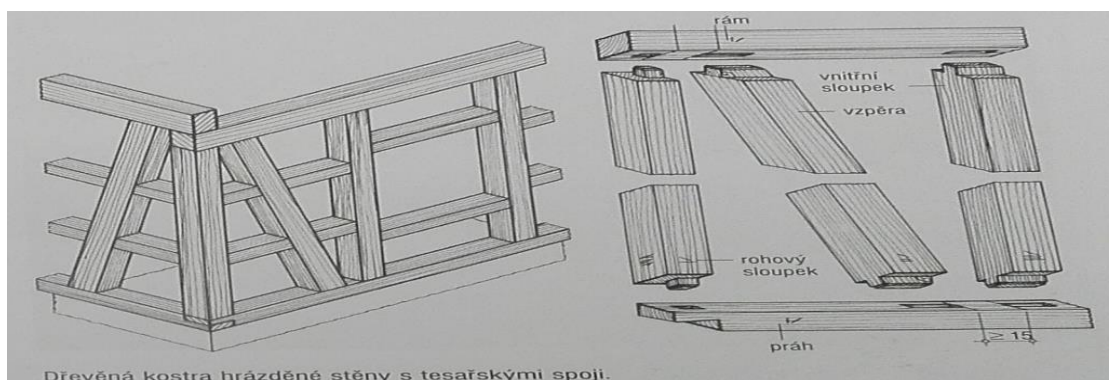
klesají. Příčina tkví ve všeobecně vysoké finanční náročnosti styčníků, jejichž množství v konstrukci s větším rastrem klesá (Kolbl, 2011).

3.2.2.1. Hrázděné konstrukce

Hrázděné konstrukce jsou jakousi podkategorií konstrukcí skeletových. Hrázděné konstrukce se od těch skeletových liší především v tvorbě nosné kostry. Skeletové konstrukce tvoří vodorovně a svisle uspořádané prvky, proti hrázděným konstrukcím jsou šikmé vzpěry vynechány a tesařské spoje jsou nahrazeny spoji inženýrskými (Vaverka, 2008).

Konstrukce hrázděných staveb je tvořena pomocí dřevěné kostry, volný prostor mezi dřevěnými sloupy bývá často vyplněn cihlovým zdivem. Kostra hrázděné konstrukce sestává ze sloupů, vaznic, vzpěr, prahů a překladů (viz. obrázek č. 5). Dřevěná kostra je na stavbách dominantním architektonickým prvkem a ponechává se viditelná, tepelná izolace se proto aplikuje z vnitřních stran stěn. Pohledově přiznaná konstrukce klade vysoké nároky na estetičnost, proto je důležitá kvalitní povrchová úprava a precizní opracování konstrukčního dřeva. Dekorační dřevěné prvky do jisté míry ještě zdůrazňují strukturu celé hrázděné stavby (Štefko, 2004).

Hrázděné stavby vznikly v regionech, kde nebyla dostatečná produkce dřeva potřebného pro konstrukce srubové. Větší část konstrukce se vyráběla z běžně trvalých dřevin, pouze na prahový věnec bylo často použito trvalejšího dřeva jako je dub nebo modřín. Hrázděná konstrukční soustava je tvořena pravidelnou sítí obdélníků a čtverců, okna jsou částmi integrovanými do konstrukčního systému. Jednotlivé dřevěné konstrukční části byly k sobě v minulosti spojovány převážně pomocí tesařských spojů, nejčastějšími používanými spoji byly čepy nebo kolíky. Jednotlivé dřevěné části se konstruují v poměrně malých vzdálenostech, proto nejsou spoje ve větší míře namáhány a k přenosu svislého zatížení dochází přímo kontaktními styky dřeva. Díky těmto vlastnostem je hrázděný konstrukční systém velice vhodný pro patrovou výstavbu (Kolbl, 2011).



Obrázek č. 5: Dřevěná kostra hrázděné stěny s tesařskými spoji (Kolbl, 2011).

Hrázděné stavby vznikaly téměř po celé Evropě, převážnou většinu z nich lze spatřit především ve východní a střední Evropě, v Anglii, severním Německu, ale také v Dánsku, Nizozemsku nebo severní Francii. Na českém území začaly vznikat první stavby vybudované technikou hrázdění koncem 15. století s přílivem německých přistěhovalců. Zprvu se na českém území technologie hrázdění využívala především pro stavbu kostelů. U hrázděných staveb se v průběhu let vyvinuly odlišnosti, které jsou typické pro regiony, ve kterých se vyskytují. V městských zástavbách byly hrázděné domy v druhé polovině 19. století omítány. Důvodem byla jednak zvýšená požární odolnost konstrukce ale také snaha, aby hrázděné stavby dostaly jakousi „městskou tvář“ a více se podobaly stavbám zděným. V dnešní době se vzhledem ke zvýšeným nárokům na tepelně technické vlastnosti klasické hrázděné stavby s venkovní viditelnou konstrukcí téměř vůbec neprovádějí. Vývojem nových materiálů byli masivní výztužné části nahrazeny deskovými materiály na bázi dřeva a použití tesařských spojů pomalu ustupuje přesnějším a hospodárnějším ocelovým spojovacím prostředkům. Od hrázděných domů s klasickými vzpěrami a příčkami se i díky „novým“ konstrukčně ekonomičtějším variantám dřevěných konstrukcí ustupuje. Uplatnění však ještě nacházejí ve stavbách pro zemědělské použití nebo u jednoduchých jednopodlažních účelových staveb, kde dokáže být hrázděná konstrukce s použitím moderních tesařských strojů a výrobních linek ještě relativně hospodárná (Štefko, 2004).

3.2.2.2. Lehké skeletové konstrukce (sloupkové konstrukce)

Odborné označení lehký skeletový systém konstrukce je více známý pod názvem sloupková konstrukce, v následujícím textu bude tedy tak nazýván.

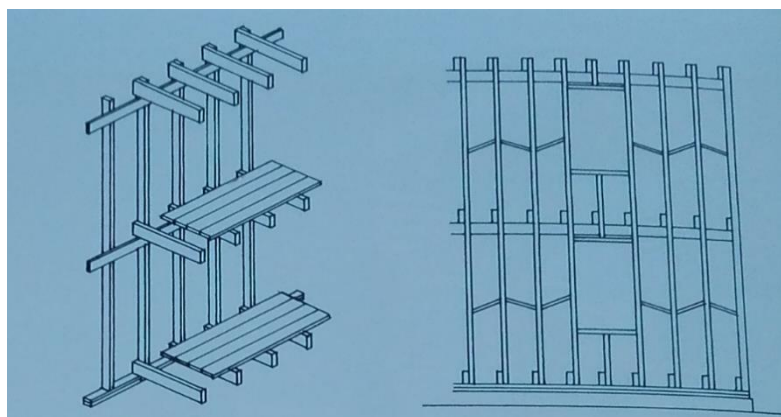
Nosná sloupková konstrukce sestává z tyčové kostry, sestavené z řeziva a pláště, který má za úkol nosnou kostru usazenou do obdélníkového rámu stabilizovat. Tyčová kostra vyrovnává svislé zatížení od střechy až do základů, vodorovná zatížení tvořená výztužnými silami a větrem přenáší plášť konstrukce z desek na bázi dřeva (Kolbl, 2011).

Výstavba sloupkovým systémem konstrukce probíhá přímo na staveništi. Stavba konstrukce probíhá tak, že se pomocí hřebíků a plechových spojek navzájem spojují nařezané fošny nebo hranoly. Tímto postupem se zadaná konstrukce postaví. Pro tento systém jsou typické malé vzdálenosti mezi jednotlivými sloupkovými prvky, stejně jako malý průměr konstrukčního řeziva. Řezivem použitým pro stavbu sloupkových konstrukcí jsou fošny nebo hranoly jednotného profilu. Díky kompaktnějším rozměrům dílů se materiál na stavbu snadno transportuje, a ve většině případů není k výstavbě potřeba těžké techniky. Nevýhodou tohoto systému je, že práce probíhající na staveništi mohou díky časové náročnosti a vyšším nárokům na kvalifikovanější tesaře celou stavbu prodražit. Další nevýhoda je nutnost chránit v průběhu výstavby nezavětrovanou konstrukci proti povětrnostním vlivům a dešti (www.drevenastavba.cz, [b.r.]).

Jak uvádí Růžička (2014) sloupková konstrukce se podle způsobu uložení stropní konstrukce rozlišuje na dva základní systémy – Balloon-Frame a Platform-Frame.

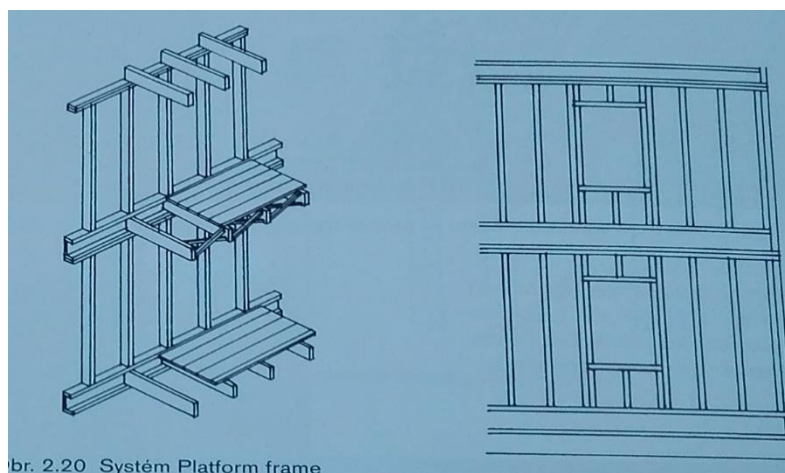
Systém Balloon-Frame se zrodil ve Spojených státech amerických kolem roku 1850 s požadavkem na rychlou výstavbu. Rychlý rozvoj tohoto systému je spojován s průmyslovou výrobou hřebíků, společně s lepšími možnostmi přepravy a dostupností materiálů. „Žebrový“ systém konstrukce typu Balloon-Frame se skládá ze sloupků postavených v malých vzdálenostech. Po úspěších založených na zkušenostech s výstavbou tohoto konstrukčního systému v Americe se sloupkové stavby (v Německu označované jako „kostrové stavby“) rozšířily kolem roku 1930 i do Evropy (Růžička, 2014).

U tohoto systému procházejí sloupky, tvořící stěnovou konstrukci průběžně přes všechna podlaží (viz obrázek č. 6). Prahy a vaznice tvoří spodní a horní uzavření konstrukce. Systém Balloon-Frame je vhodný pro jedno až dvoupatrové stavby (Kolbl, 2011).



Obrázek č. 6: Sloupkový systém Balloon-Frame (Štefko, 2004).

Dalším zdokonalením sloupkové konstrukce vznikl systém Platform-Frame. Platform-Frame je systém, který tvoří poschodovou skladbu konstrukce. Plošina na každém hotovém podlaží se používá jako další pracovní plocha pro vytvoření stěn dalšího podlaží. Vzhledem k architektonickému řešení je tento systém velmi flexibilní. Konstrukce využívá stojek přerušovaných v úrovni stropu (viz. obrázek č. 7) a používá se pro výstavbu vícepodlažních staveb (Kolbl, 2011).



br. 2.20 Systém Platform frame

Obrázek č. 7: Sloupkový systém Platform-Frame (Štefko, 2004).

3.2.3. Elementární dřevěné konstrukce

Charakteristickým znakem elementárních staveb ze dřeva je složení konstrukce z jednotlivých elementů, nejčastěji přířezů jednotného profilu. Skladba konstrukce je mimo dřevěných přířezů doplněna dalšími konstrukčními materiály. Systém elementární konstrukce vznikl v Americe na přelomu 19. a 20. století, kde se vyvinul zjednodušením konstrukce hrázděné. Základním rozdílem mezi hrázděnou a elementární konstrukcí je způsob ztužení konstrukce. Ke ztužení elementární konstrukce se již nevyužívá šikmých vzpěr z tyčových prvků, jako tomu je u hrázděné konstrukce, nýbrž tak dochází pomocí vnějšího opláštění, které se dříve provádělo přibitím prken, dnes se provádí pomocí velkoplošných materiálů (Vaverka, 2008).

Do kategorie elementárních dřevěných konstrukcí patří podle Kolbla (2011) konstrukce rámové a panelové.

3.2.3.1. Rámové konstrukce

Rámový systém konstrukce je v současné době nejrozšířenější konstrukcí dřevostaveb v Evropě a severní Americe. Systém vznikl začátkem 20. století na americkém kontinentě a způsobil obrovský rozmach tehdejšího dřevozpracujícího průmyslu, který se i v dnešní době v severní Americe drží na té nejvyšší úrovni (Zahradníček, 2007).

Rámový systém výstavby se transformoval do podoby osvědčeného konstrukčního systému využívaného po celém světě. Podle odhadů vzniká až 90 % všech volně stojících jedno až dvoupodlažních rodinných domů v severní Americe právě systémem dřevěné rámové konstrukce. Ve Švýcarsku, Skandinávii, Kanadě nebo USA byly již experimentálně postaveny vícepodlažní rámové stavby a pozitivní zkušenosti ukazují, že tento konstrukční systém je s úpravami pro vícepodlažní budovy vhodný. Vlastnosti staveb využívající rámové konstrukce byly ve střední Evropě přizpůsobeny

zdejšími potřebami, které se vyznačují vysokou hospodárností, jednoduchostí a architektonickou volností systému (Kolbl, 2011).

Největší výhodou je montáž konstrukce z prakticky jednoho profilu materiálu (nejčastěji fošen či KVH hranolů), který se od výrobce na staveništi dováží ve formě předem kontrolovaných, vyrovnaných a svázaných bloků. Z hlediska efektivnosti výstavby je rámový konstrukční systém ten nejpropracovanější na celém světě, z tohoto důvodu ho postupně přebírají i výrobci prefabrikovaných dřevostaveb (Zahradníček, 2007).

Český název „rámové stavby“ vznikl z anglického termínu Timber frame houses. Tento termín však ze statického hlediska nevyjadřuje rámové působení konstrukce. Název rámová stavba lze vysvětlit tak, že nosná konstrukce stavby má ve většině případů tvar obdélníkového rámu (Kolbl, 2011).

V některých případech se lze setkat i s označením pro konstrukce rámových staveb „two by four“, které však není tak úplně pravdivé. Přestože se rámové konstrukce mohou stavět i takto, nejedená se o synonymum k tomuto označení. Termíny „two by four“ nebo „two by six“ označují průřez nosného prvku v palcích. V námi používané metrické soustavě odpovídá průřezu rozměr prvku přibližně 50x100 mm respektive 50x150 mm (Štefko, 2004).

Nosná konstrukce rámových staveb je sestavena z dřevěného rámu z přířezů jednotného profilu. Dřevěný rám stěn sestává ze spodního prahu, horního rámu a ze svislých stojek. Stejný systém lze kromě konstrukce stěn použít i pro konstrukci střechy nebo stropu (viz. obrázek č. 8). Ztužení konstrukce se provádí pomocí výztužného opláštění, na které se dříve používala prkna, dnes se však provádí pomocí velkoplošných deskových materiálů. Takto tvořené konstrukce dřevostaveb lze rozdělit na ty realizované přímo na staveništi a ty prefabrikované, které jsou vyráběny ve výrobních halách (Vaverka, 2008).



*Obrázek č. 8: Rámová konstrukce jednopodlažního rodinného domu
(www.ceskestavby.cz, 2017-03-11).*

Konstrukčními částmi rámového systému pro jedno a dvoupodlažní stavby jsou dřevěné prvky s průřezem nejčastěji 60/120 mm. Kvůli zvýšeným požadavkům na tloušťku izolace, běžně i více než 120 mm, je nutné buď použít materiál s větším průřezem, nebo vytvořit novou izolační vrstvu na nezávislé konstrukci. Standardně vyráběné prvky mají průřez 120, 160, 180, 200 mm. Dobře provedenou druhou vrstvou izolace lze eliminovat tepelné mosty, měla by proto při návrhu být upřednostněna před zvětšováním průřezu konstrukčních částí. V případě podlažní rámové stavby, musí být průřezy kvůli většímu přenášení zatížení zvětšeny. Použitím lepeného dřeva lze docílit zvýšení stability rámových konstrukcí (Kolbl, 2011).

Při výstavbě na staveništi se jednotlivé přířezy spojují natupo pomocí hřebíků nebo vrutů. Konstrukce se z jednotlivých fošen sestavuje ve vodorovné poloze, nejčastěji přímo na základové desce stavby. Po sestavení se konstrukce stěny zvedá do svislé polohy, kde se následně provede kontrola svislosti a rovinnosti. Po kontrole a případné opravě se konstrukce dočasně zavětruje diagonálními vzpěrami, ty se z konstrukce mohou odstranit až po montáži výztužného opláštění. Funkci obvodového věnce plní druhý vodorovný rám, který se připevní na konstrukce stěn jednoho podlaží v úrovni horního rámu (Zahradníček, 2007).

Při částečné prefabrikaci rámových dřevostaveb je ve výrobním závodě předem sestaven dřevěný rám s jednostranným opláštěním. Dovezené části rámové konstrukce se k sobě smontují a vytvoří celkovou konstrukci stavby, která je již schopná přenášet konstrukční zatížení, čímž je již možno provést její zastřešení (Vaverka, 2008).

3.2.3.2. Panelové konstrukce

Dřevěný rám s výztužným opláštěním pomocí plošných elementů je nejčastějším nosným systémem panelové konstrukce. Alternativní variantou mohou být plošné dílce sestavené z tyčových prvků ve tvaru dutého truhlíku, který se vytváří lepením z jednotlivých přířezů. Tyto dílce mohou sloužit pro nosné části stavby, a to jak pro stěny, tak i stropy nebo střešní plášť (Vaverka, 2008).

Jednotlivé budovy panelových dřevostaveb se projektují, konstruuji, vyrábějí a montují jako dílce ve výrobních závodech, přičemž míra prefabrikace je zde zásadní. Výroba probíhá často v klimatizovaných výrobních halách, které poskytují optimální podmínky pro vysokou přesnost výroby. Za pomoci výrobních strojů řízených počítači zde vznikají precizní a přesné výrobky. Pro účely přepravy a montáže se využívají moderní přepravní a zdvihací stroje s důrazem na přesnost a šetrnost k přepravovaným výrobkům, díky čemuž je možné vyrábět dílce velkých rozměrů. Sama velikost dílců je tak omezena pouze předpisy silničního provozu, které limitují přepravní možnosti. Například montáž rodinného domu na pozemku pak probíhá velmi rychle, ve většině případů v rámci jednoho až dvou dnů (Kolbl, 2011).

Při sestavování panelové konstrukce ve výrobním závodě se provede jeho opláštění z jedné strany, dílec se pak na speciálním výrobním stole překlopí na opačnou

stranu, kde se mezi jednotlivé stojky vkládá vláknitá izolace a následně se provede příprava na potřebné rozvody elektriny a vody (viz. obrázek č. 9). Pokud se jedná o difuzně uzavřenou skladbu konstrukce, bude po těchto krocích ještě následovat instalace parozábrany, poté se dílec může oplástit i z druhé strany. Množství a materiálová struktura skladby konstrukce je dána výrobní dokumentací té konkrétní stavby. Po umístění a zaaretování dílce ve svislé poloze na speciálním stole se provedou kompletační práce jako je finální zateplovací systém z vnější strany, osazení rámu oken a dveří, a následné povrchové úpravy. Takto vytvořené panely se naloží na nákladní vozy a transportují se přímo na staveniště, kde se již osazují na základovou desku a následně spojí k sobě (Vaverka, 2008).



Obrázek č. 9: Výroba stěny panelové konstrukce ve firmě RD Rýmařov
(www.ceskestavby.cz, 2017-03-11).

Skladba stěn elementárních dřevostaveb je dána fyzikálními, statickými, architektonickými a protipožárními parametry konstrukce. Pohledově se od sebe jednotlivě vytvořené konstrukce budou lišit pouze v detailech. Těmito detaily mohou být odlišné systémy kotvení konstrukce k základům stavby nebo rohové spoje obvodových stěn. Výztužné opláštění se u elementárních konstrukcí provádí především pomocí OSB desek, dřevotřískových a sádrovláknitých desek. Pokud použijeme OSB nebo dřevotřískové desky v interiérové straně stěny konstrukce, musíme na ně pro zvýšení protipožární odolnosti instalovat ještě jednu vrstvu, ideálně sádrokartonovou desku vhodné tloušťky. Na exteriérovou stranu stěny lze použít v případě difuzně uzavřené skladby konstrukce kontaktní zateplovací systém nejčastěji pomocí polystyrenu. V případě difuzně otevřené skladby konstrukce se používá fasádní izolace s odvětrávanou mezerou. Při výrobě panelových dřevostaveb lze dosáhnout téměř plné prefabrikace pomocí výroby kompletních buněk, jejichž komplex tvoří celou stavbu. Buňky se vytvoří kompletně ve výrobním závodě a následně se transportují na staveniště. Běžně se tyto systémy buněk využívají při výstavbě jednopodlažních budov, výjimečně lze však narazit i na objekty vícepodlažní (Vaverka, 2008).

3.3. Difuzně otevřená a uzavřená skladba konstrukce

Název těchto typů skladeb konstrukcí je odvozen od umožnění nebo neumožnění konstrukci jevu difuze. Často diskutovaná otázka problematiky difuzního řešení staveb tkví v tom, že ve zdejších klimatických podmínkách se především v zimním období vzájemně liší podmínky v prostředí interiéru a exteriéru stavby. Užíváním stavby je produkováno velké množství vlhkosti, kterou však pojímá teplý vzduch. Následkem toho máme teplý a vlhký vzduch v interiéru, a v exteriéru naopak vzduch studený a suchý. Přírodní jev nazývaný difuze má za cíl vyrovnat teplotu a vlhkost vzduchu přes vnější obal stavby, který navzájem odděluje tyto dvě rozdílná prostředí. Čím více bude tloušťka obvodové stěny větší, a zároveň čím hůře bude propouštět vodní páru, bude se stěna difuzi bránit více. Důležitý je v tomto případě tok vzduchu z interiéru do exteriéru budovy. Skladba moderní dřevostavby sestává vždy hned z několika vrstev, které mají rozdílné schopnosti vodní páru propouštět. Pro správnou funkci konstrukce bude záležet na volbě materiálů, které budou při návrhu zvažovány. Neméně důležitá je také tloušťka, v jaké materiály uplatníme a jejich pozice v rámci skladby stěny. Jednotlivé vrstvy obvodové stěny zabezpečují ve skladbě rozdílné úkoly. Tyto úkoly by se daly rozdělit do několika funkcí – konstrukčních, obalových, tepelně izolačních apod. Každá taková vrstva se chová z hlediska difuze odlišně, úkolem odborníka na základě jeho znalostí je „poskládat“ z vhodných materiálů plně funkční skladbu konstrukce (Růžička, 2014).

Základními veličiny udávající difuzní vlastnosti materiálů jsou:

Součinitel difuze vodní páry δ (s) je dříve používaná veličina k obecnému vyjádření difúzní propustnosti stavebních materiálů pro vodní páru, sloužící k charakterizaci difuzní schopnosti. Jedná se o konstantu úměrnosti mezi hustotou difuzního toku a směru růstu částečného tlaku vodní páry.

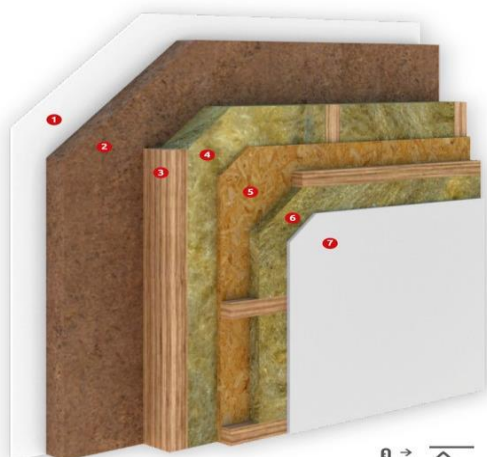
V dnešní době je více používaná veličina *Faktor difuzního odporu μ (-)* vyjadřující, kolikrát lépe propouští vodní páru nehybná vrstva vzduchu než stejná tloušťka daného materiálu.

Ekvivalentní difúzní tloušťka S_d (m) určuje, kolik metrů vzduchové vrstvy by svými difúzními vlastnostmi nahradilo danou vrstvu. Tato veličina se využívá ke stanovení difúzních vlastností parotěsných fólií (Hejhálek, 2017).

3.3.1. Difuzně otevřená skladba konstrukce

Difuzně otevřená konstrukce je taková skladba obvodového pláště budovy, která umožní průchod vodní páry z interiéru do exteriéru tak, aby budova byla sama schopna regulovat své vnitřní klima. Tok vodní páry není jednostranný, vzduch tedy prostupuje z exteriéru i do interiéru, jeho vlhkost je však podstatně nižší. Množství páry procházející skrz konstrukci regulujeme pomocí parobrzděné vrstvy (nejčastěji tvořena OSB deskou), která díky svým vlastnostem propouští vodní páru jen částečně. Ekvivalentní difuzní tloušťka S_d takové parobrzdě se pohybuje okolo 5 m. Na své cestě skrz konstrukci může v některých případech vodní pára dosáhnout rosného bodu a proměnit se ve vodu. Ve

správně provedené difuzně otevřenou konstrukci nic nebrání vodní páře, která se dostala skrz parobrzdnou vrstvu, aby bezpečně prošla až do exteriéru (Štefko, 2004).



LUCERN DIFUZ DIFUZNĚ OTEVŘENÝ SYSTÉM

- 1 Finální silikonová omítka, zrna 1,5 mm
- 2 Dřevolázníková deska 80 mm
- 3 Nosná konstrukce KVH 160 mm x 60 mm
- 4 Minerální izolace – skelná vlna 160 mm
- 5 Parobrzda OSB P+D, 15 mm
- 6 Minerální izolace – skelná vlna 60 mm
- 7 Konstrukční deska Rigistabil 12,5 mm

U=0,162 W/m²K
Síla stěny 333 mm

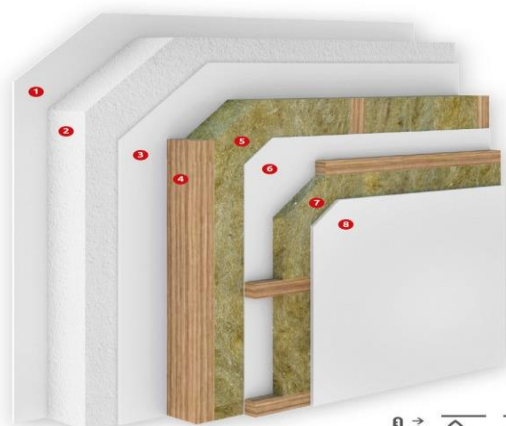


Obrázek č. 10: Difuzně otevřená skladba konstrukce firmy Lucernstav, s. r. o. (www.lucern.cz, 2017-03-11).

Z hlediska správného a dlouhodobého fungování konstrukce je difuzně otevřená skladba tím nejbezpečnějším řešením. Vlhkost dřeva v této konstrukci se neustále mění, což je pro dřevo přirozený jev, který mu umožní udržet si svou vlhkost v ideálním poměru k vlhkosti venkovního prostředí. Kontakt s vnějším prostředím zaručuje, že i v zimním období bude konstrukce správně vysychat díky suchému zimnímu vzduchu procházející skrz skladbu. Efekt, který difuze v konstrukci způsobuje, můžeme bez přehánění přirovnat k přirozenému dýchání, kterému bychom neměli bránit. Vlivem prostupu vzduchu mohou vzájemně vnitřní a vnější prostředí komunikovat a chovat se přirozeně, takové vlastnosti jsou pro dlouhodobé fungování konstrukce jednoznačně přínosné. Při návrhu difuzně otevřenou skladby je pro dlouhodobě správné fungování nutná odborná znalost navrhovaných materiálů. Vzhledem k vysokému počtu vrstev a nutnosti jejich důkladné montáže budou nároky na provedení této skladby vyšší než v případě difuzně uzavřené skladby. Vyšší spotřeba materiálu a práce bude proti konstrukci difuzně uzavřené finančně nákladnější (Růžička, 2014).

3.3.2. Difuzně uzavřená skladba konstrukce

Difuzně uzavřené skladby neumožňují vstup vodní páry do konstrukce, a tudíž v nich nenastává jev difuze. Uzavřenosti skladby docílíme pomocí parozábrany. Parozábrana je těsnicí fólie vyrobená z hliníku nebo plastu, která nedovolí páře vstoupit do konstrukce. Další vrstvy již tedy můžeme bez přihlížení k jejich difuzním vlastnostem řadit ve skladbě prakticky libovolně. Ekvivalentní difuzní tloušťka parozábrany S_d se pohybuje od 40 do 200 m, v případě těch nejkvalitnějších materiálů lze docílit i hodnoty S_d 1500 m (Zahradníček, 2007).



**LUCERN
EKO PLUS**
DIFÚZNĚ UZAVŘENÝ SYSTÉM

- 1 Finální silikonová omítka, zrnó 1,5 mm
- 2 Tepelná izolace EPS 160 mm
- 3 Konstrukční deska Rigitabil 15 mm
- 4 Nosná konstrukce KVH 120 mm x 60 mm
- 5 Minerální izolace – skelná vlna 120 mm
- 6 Parotěsná fólie PE 190 g/m²
- 7 Minerální izolace – skelná vlna 40 mm
- 8 Konstrukční deska Rigitabil 12,5 mm

U=0,136 W/m²K
Síla stěny 360 mm



Obrázek č.11: Difuzně uzavřená skladba konstrukce firmy Lucernstav, s. r. o.
(www.lucern.cz, 2017-03-11).

Argumenty hovořící pro použití difuzně uzavřené konstrukce může být větší jednoduchost její skladby proti konstrukci difuzně otevřené, nižší cena a v neposlední řadě i menší tloušťka stěny, díky které můžeme získat větší plochu obytného prostoru. Riziko použití této skladby tkví v tom, že prakticky nelze zajistit dokonalou neprostupnost skrz parotěsnou vrstvu. Problém je nutno hledat v instalaci parotěsné fólie, zejména pak v detailech jejích spojů. Dokonce i malé narušení těsnosti parotěsné vrstvy může mít za následek tzv. vanový efekt, který může mít pro správné fungování konstrukce fatální následky. Negativem difuzně uzavřené skladby je právě její uzavřenost, při které nedochází k pohybu vzduchu ani vlhkosti. Uzavřenost může evokovat pocit, že dům působí jako plastový pytel, který má ke vzdušnému a přírodě blízkému charakteru bydlení „ve dřevě“ daleko (Štefko, 2004).

Difuzně uzavřené skladby mohou fungovat bezvadně, jen pokud budou správně navrženy, bezchybně provedeny a pokud jejich uživatel nedopustí neodborné zásahy do konstrukce, které by mohly parotěsnou vrstvu porušit (Růžička, 2014).

3.3.3. Instalační předstěna

Společná část konstrukce stěn obou typů skladeb je instalační předstěna. Jejím úkolem je vytvořit prostor na vnitřní straně stěny, určený k vedení elektroinstalace, rozvodů vody nebo odpadů. Montáž instalační předstěny je vhodný způsob, jak omezit prostupy v izolaci a vyhnout se porušení parozábrnné nebo parozábrnné vrstvy. Tato předstěna se nejčastěji vytváří pomocí laťového roštu, na který se připevňují sádkartonové desky, prostor může být ještě vyplněn tepelnou izolací pro zvýšení tepelných izolačních parametrů obvodových stěn (www.usporedomy.cz, 2016).

3.4. Ochrana dřeva v konstrukcích

Podle Růžičky (2014) je největším ohrožovatelem dřeva v dřevěných konstrukcích sám člověk. Špatným návrhem, provedením, údržbou a provozováním stavby může její bezproblémové užívání velice rychle zkrátit. Špatný přístup ke dřevěné stavbě může její životnost omezit na několik málo let, naopak s citlivým přístupem může být stavba provozována i řadu staletí.

3.4.1. Biologičtí škůdci

Kromě člověka patří mezi hrozby dřeva v konstrukcích biologičtí škůdci, konkrétně dřevokazné houby a dřevokazný hmyz. Pro dřevo je více než pro kterýkoliv jiný stavební materiál potřeba najít optimální podmínky, ve kterých bude provozovat svoji funkci, stejně tak je nutné i vyhledat příčiny omezující jeho životnost. Pokud použijeme zdravé dřevo, které umístíme do vhodných podmínek, bude vůči vlivům škůdců rezistentní. Použitím v nevhodných podmínkách povede ke snížení jeho imunity a následně vhodným podmínkám k napadení dřevokaznými škůdci (Houdek, 2004).

Skutečnost, že zárodky a spory dřevokazných hub se běžně vyskytují v ovzduší nelze nijak ovlivnit. K jejich „aktivaci“ a dalšímu rozvoji však dochází pouze na určitých místech a za určitých podmínek. Mezi tyto podmínky patří vyšší teplota, malý pohyb vzduchu a zejména vyšší vlhkost. Obecně lze konstatovat, že základní podmínkou pro rozvoj a působení většiny biologických škůdců je vlhkost dřeva nad 18 % hmotnosti. Jako příklad nejnebezpečnějších dřevokazných hub na našem území lze uvést dřevomorku domácí, trámovku polní nebo konioforu sklepní. Nejčastěji se s nimi lze setkat na místech kontaktu dřeva s vlhkým zdivem nebo zeminou, a v místech, kam zatéká, nebo kde kondenzuje voda. Jako jediné řešení opravy napadené dřevěné části budovy je často její úplné odstranění a nahrazení částí novou. Ze zástupců dřevokazného hmyzu představují největší nebezpečí tesařík krovový, červotoč umrlčí nebo červotoč proužkovaný. (Růžička, 2002)

3.4.2. Chemická ochrana

Proti biotickému poškození lze bojovat pomocí chemické ochrany dřeva. Chemickou ochranou se rozumí aplikace speciálních chemických prostředků. Aplikace roztoku na dřevo dělíme na technologii beztlakovou a tlakovou. Aplikace ochranných roztoků beztlakovou technologií probíhá nátěrem, nástřikem nebo máčením. Jedná se však pouze o preventivní ochranu, která ochrání dřevo jen po omezený čas a je tedy nezbytné provádět pravidelnou údržbu dřeva. Beztlaková technologie se používá nejčastěji při opravách nebo rekonstrukcích, kdy je nutno rychle ošetřit poškozená místa. Beztlakovou ošetření nelze rozhodně považovat za technologii určenou k dlouhodobé ochraně. Tlaková impregnace dřeva se provádí v tlakových nádržích, kde lze vyvolat podtlak a umožnit tak roztoku proniknout hlouběji do dřevěného prvku. Tlaková impregnace výrazně zvyšuje odolnost dřeva a takto ošetřené dřevo lze bez větších obav

použit na více exponovaných místech konstrukce, například na základové prahy (Vaverka, 2008).

Zdravotní škodlivost chemických ochranných prostředků se vyjadřuje v pěti hygienických stupních podle kontaktu člověka se dřevem: 1. neškodné, 2. možný pravidelný styk (užití v obytných prostorách), 3. příležitostný styk v interiéru, 4. příležitostný styk v exteriéru, 5. styk vyloučen. Větší část běžně užívaných prostředků určených k ochraně dřeva má stupeň hygienické zdravotní škodlivosti 2 nebo 3. (Žák, 1998).

3.4.3. Konstrukční ochrana

Jednotlivé dřeviny mají různou trvanlivost, dělí se do pěti tříd (viz. tabulka č. 3). S několika výjimkami platí pravidlo, že čím je hustota dřeva vyšší, tím delší je trvanlivost dané dřeviny. Pro dřevěné prvky, které jsou v kontaktu se základy, je vhodné zvolit dřevinu třídy trvanlivosti 2, pro ostatní prvky pak postačí třída 3 nebo 4 (Bílek, 2005).

Tabulka č. 3: Třídy trvanlivosti dřevin (Bílek, 2005).

Třída trvanlivosti	Dřevina	Hustota dřeva (kg/m ³)
1 – velmi trvanlivé	teak	680
2 - trvanlivé	dub	600 - 700
3 – středně trvanlivé	modřín, borovice, douglaska	520 - 600
4 – málo trvanlivé	smrk, jedle	450 - 500
5 - netrvanlivé	Buk, topol	450 - 600

Nejúčinnější a nejpřirozenější možnou ochranou dřeva v konstrukcích je projekčně-konstrukční ochrana. Mezi hlavní zásady této ochrany patří: ochrana před přímým deštěm, vlhkostí, slunečním svitem a nutnost proudění vzduchu kolem dřeva.

Pro dodržení těchto zásad je nutné při návrhu stavby dodržet několik principů:

Dostatečný přesah střechy – správně navržený přesah střechy účinně chrání fasádu před přímým deštěm a slunečními paprsky. Optimální přesah střechy je takový, který v letních měsících zamezuje slunečním paprskům ohřívat interiér. Tímto řešením lze navíc také ušetřit finanční prostředky jinak vynaložené na koupi předokenních žaluzií nebo jiného způsobu zastínění oken (Růžička, 2014).

Úprava terénu kolem stavby – pro správné zajištění funkce konstrukce je nutné minimalizovat vliv vlhkosti a odstřikování dešťové vody na dřevěné konstrukce uložené na základech. Toho lze docílit úpravou terénu okolo stavby. Pata dřevěné nosné konstrukce musí být umístěna minimálně 30 cm nad úroveň terénu. V případě porušení tohoto pravidla by mohlo hrozit zatečení vody do spodní partie stavby, následně nutná výměna základového prahu je pak ta nejsložitější a nejdražší možná oprava konstrukce. Vhodně upravený terén, zamezující odstřikování dešťové vody na fasádu stavby, by měl

být vzdálen minimálně 20 cm od boční hrany fasádního pláště. Zcela nevhodné je ukončení fasádního pláště tvrdým povrchem, jako je beton nebo dlažba, naopak vhodným funkčním a estetickým řešením je použití oblázků nebo drobného kameniva k oddělení stavby od okolního terénu (Zahradníček, 2007).

Odvětrání a proudění vzduchu – jednoduchým a efektivním způsobem ochrany stavby proti vlhkosti je dostatečně proudící vzduch kolem ní. Uzavřené prostory nebo dutiny kterými neprochází vzduch nebo nejdou odvětrávat, jsou obzvláště pro dřevostavby velkou hrozbou. Dostatečné odvětrávání lze docílit následujícími dvěma způsoby:

- umístěním vstupních a výstupních otvorů pro vzduch s co největším výškovým rozdílem
- provedením odvětrávací mezery na vnějším líci obvodového pláště, který vyvolá komínový efekt a zapříčiní tak proudění vzduchu (Růžička, 2014).

3.5. Suroviny pro výrobu silikátových a keramických stavebních materiálů

Přírodní kámen je jedním z nejstarších staviv a patří k základním surovinám vhodným pro výrobu stavebních hmot. Pojmeme přírodní kamenný materiál rozumíme především horniny, které se skládají z minerálů. Horniny lze použít ke stavbě buď v přírodním stavu nebo po opracování či mechanické úpravě. Kameninová forma je vhodná pro výrobu malt, betonů nebo umělého kamene. Hutnickým zpracováním hornin lze získat materiály vhodné ke stavebním účelům. Horniny jsou základní surovinou pro výrobu silikátových stavebních materiálů, pro výrobu pojiv jako je sádra, vápno nebo cement, a pro výrobu stavební keramiky (Svoboda, 2013).

Silikáty neboli křemičitany tvoří z hlediska celkového rozšíření v zemské kůře nejvýznamnější třídu minerálů. Pokud ke křemičitanům přičteme i křemen, zjistíme, že tyto silikáty tvoří zhruba 95 % objemu zemské kůry. Křemen (SiO_2) je krystalický minerál, který se vyznačuje vysokou tvrdostí a odolností vůči chemickým vlivům. Prvky tvořící silikátové materiály jsou živec, žula, čedič, vápenec, pískovec, břidlice, slídy, vermikulit a vulkanická skla. Nejvýznamnějším silikátovým stavivem jsou výrobky z betonu (Netopilová, 2004).

Keramika je již po staletí materiálem, který lze široce uplatňovat. Díky relativně snadné technologii výroby a snadné dostupnosti lze nalézt cihlářské výrobky z keramiky pocházející z dob i tisíců let př. n. l. Základní surovinou pro výrobu keramiky jsou anorganické nerudné suroviny, které jsou převážně zvětralé vyvěřelé horniny. Keramické výrobky patří do skupiny synteticky vyrobených stavebních hmot, zpevněných žářem. Vyznačují se vysokou tvrdostí, pevností v tlaku a nízkou tepelnou vodivostí. Keramické výrobky lze dělit na dvě kategorie:

- hrubé – vyrobené z hrubě zrnitých surovin bez přísad taviv,

- jemné – při jejich výrobě se využívají taviva, která se při pálení roztaví a vyplní mezery mezi zrny minerálů, tento proces se nazývá slinování (Ovčačiková, 2013).

Při výrobě stavební keramiky vznikají nejčastěji cihlářské výrobky, tvarovky, krytiny a speciální žáruvzdorné materiály. Základními surovinami pro cihlářské výrobky jsou:

- ostřivo (písek, škvára apod.) snižující plastičnost výrobní směsi,
- lehčivo (piliny z tvrdého dřeva, polystyrenové granule, uhelný prach apod.), které má za cíl zvýšit tepelně izolační vlastnosti výrobků nebo snížit jejich energetickou náročnost při výrobě.

Výroba cihlářských výrobků probíhá vytvarováním surovinové směsi do požadovaného tvaru, sušením a následným vypalováním. Teplota vypalování pro cihlářské výroby je 900-1100 °C, pro speciální žáruvzdorné výrobky pak 1300-1600 °C (Svoboda, 2013).

3.6. Materiály pro zdící prvky

Zdivo tvoří nejčastěji dvě základní části, zdící prvky (cihly, bloky, tvárnice) a spojovací malta. V případě opěrných stěn nebo bloků navršených z kamene lze zdít i nasucho bez přidané malty. Pro zdivo se využívají přírodní nebo uměle vytvořené materiály. Přírodními materiály jsou druhy přírodního kamene, kdy plochý nebo kvádrový tvar vznikl především těžbou bez dalších úprav. Upraveným přírodním materiálem je opracovaný kámen s pravidelným tvarem nebo nepálené cihly (Jeneš, 2005).

Tradičním vyráběným zdícím materiálem jsou plně pálené cihly s rozměrem 290x140x65 mm a cihly metrické s rozměrem 240x125x65 mm, dále cihly betonové či vápenopískové. Jejich postupným vývojem vznikly tzv. pokrokové zdící materiály jako jsou bloky nebo tvárnice. Pokrokové materiály vznikly jako náhrada více cihel najednou, jejich tloušťka byla optimalizována na 240, 300 nebo 375 mm (Netopilová, 2004).

Tradiční plně cihly se u novostaveb již nepoužívají. Důvodem je vysoká pracnost při stavbě konstrukce a vyšší spotřeba malty oproti moderním zdícím materiálům. V dnešní době se pro zděné konstrukce používají moderní typy cihel, tvárnic nebo bloků se zvětšenými rozměry oproti těm původním (viz tabulka č. 4). Umožňují tak stavět zdi na celou jejich šířku a vytváří tak tzv. jednovrstvou konstrukci (Vejvara, 2016).

Tabulka č. 4: Rozdělení zdících prvků (Vejvara, 2016).

Materiál pro zdící prvky	Příklady prvku
Pálené	Plné cihly, cihelné bloky svislé děrované
Vápenopískové	Plné cihly, plné bloky a cihly se svislými otvory
Betonové s hutním anebo s pórovitým kamenivem	Betonové tvárnice s otvory, plné betonové cihly
Pórobetonové	Plné tvárnice
Umělý kámen	-
Kamenné pravidelné prvky	Přírodní kámen – kvádrové zdivo

Díky vyššímu zatížení je na vnitřní nosné stěny nutné používat zdící prvky s vyšší pevností a bez otvorů. Nejslabší tloušťka pro nosné stěny podle Eurokódu 6 je 140 mm. Takto úzké stěny však musí být upnuty mezi tuhé vodorovné stropní konstrukce. Zdivo na vnější stěny je od základů navrhováno jako jednovrstvé na celou tloušťku nosné stěny. Tyto výrobky se dělí do dvou skupin:

- výrobky s nutností dodatečné tepelné izolace
- výrobky s nosnou i tepelně izolační funkcí.

Oba typy se od sebe liší svou tloušťkou. Tloušťka nosné vrstvy varianty bez tepelné izolace je od 175 do 300 mm, ve druhém případě je tloušťka od 375 do 500 mm (Vejvara, 2016).

Příklady nosných tepelně izolačních materiálů pro nosné zdivo:

- Pórobeton (Ytong, Porfix)
- Pálené s velkým počtem svislých malých vzduchových otvorů (Heluz, Wienerberger)
- Pálené s velkým počtem malých svislých otvorů vyplněných tepelnou izolací (Heluz family)
- Pálené s velkými otvory vyplněnými tepelnou izolací (Porotherm T)
- Keramzitové (Liatherm)
- Betonové s integrovanou vrstvou tepelné izolace (Livetherm) (Svoboda, 2013).



Obrázek č. 12: Pálený cihelný blok Porotherm s minerální izolací (Wienerberger.cz, 2017).

3.7. Pojící Silikátové materiály

3.7.1. Malta

Malta se vyrábí smícháním drobného kameniva a anorganického pojiva (vápna a cementu), takto vytvořená směs se smísením s vodou upravuje na požadovanou konzistenci. Vlastnosti malty lze dále ovlivnit ještě přidáním přísad a příměsí. Malta může být vyráběna přímo na staveništi, v takovém případě hovoříme o staveništní maltě, nebo ve výrobním závodě, ze kterého se expeduje a na staveništi se rozmíchá s vodou (suchá maltová směs). Další, avšak méně využívanou možností, je příprava hotové malty ve výrobním závodě a následně doprava této mokré směsi na staveniště. Podle konkrétního účelu použití lze rozlišit malty určené pro zdění, vnitřní či vnější omítky, či pro lepení dlažeb a obkladů. Malta má za úkol spojovat jednotlivé prvky v jeden stavební celek, přenášet a vyrovnávat účinky zatížení konstrukce a chránit samotnou konstrukci proti atmosférickým vlivům (Svoboda, 2013).

3.7.2. Beton

Beton je umělý kompozitní materiál vznikající ztvrdnutím směsi pojiva (nejčastěji cementu), plniva (šterku, písku, drtě) a vody. Struktura betonu je tvořena hrubým kamenivem - šterkem, jehož mezery vyplňuje kamenivo jemné - písek a cementový tmel. Takto vytvořená struktura v sobě uzavírá chemicky nevázanou vodu, která hraje v procesu tvrdnutí zásadní úlohu. Její množství je závislé na hydrataci hmoty a vlhkosti prostředí. Proces smršťování a dotvarování betonu souvisí s množstvím nepotřebné vody pro hydrataci, odpařující se do okolního prostředí. Primární vlastnosti jsou ovlivněny skladbou a poměrem jeho základních složek. Sekundární vlastnosti ovlivňuje okolní prostřední beton, jako jsou agresivní činitele nebo vlhkost. Konečnou pevnost, pružnost nebo trvanlivost lze docílit přidáním speciálních přísad a příměsí (Hanzlová, 2013).

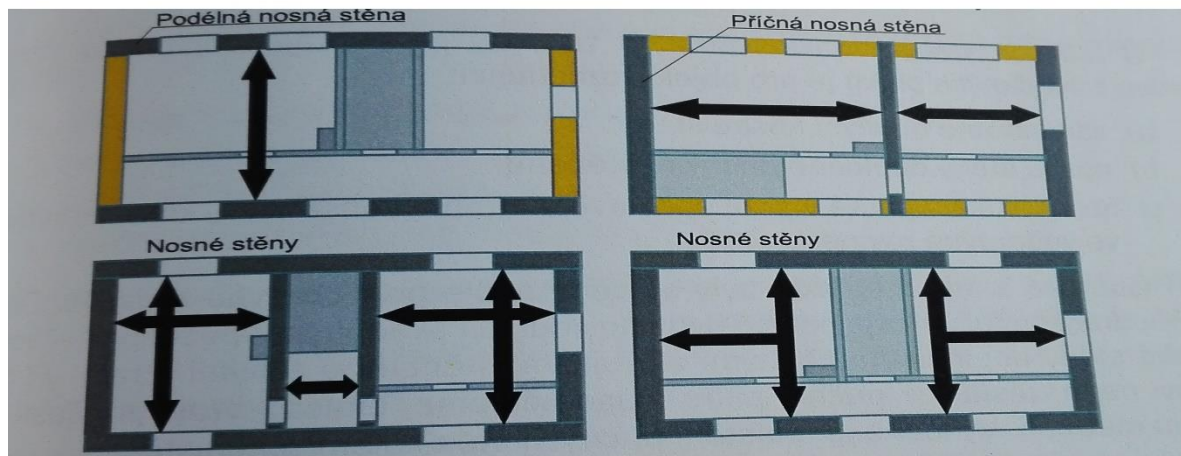
Vysoká pevnost v tlaku, současně však i nízká pevnost v tahu a značná lomová křehkost patří mezi charakteristické vlastnosti betonu. Beton bez výztuže je označován jako beton prostý a je možné ho použít pouze na místech, kde převládá tlakové napětí. V místech, kde vzniká tahové napětí je beton nutné vyztužit ocelovými pruty, v takovém případě hovoříme o železobetonu nebo předpjatém betonu. Beton se ztuženou strukturou pomocí ocelových nebo polymerových vláken se nazývá vláknobeton (Svoboda, 2013).

ČSN EN 206 rozlišuje beton podle objemové hmotnosti do tří kategorií: beton lehký, běžný a těžký. Objemová hmotnost lehkého betonu je 800–2000 kg/m³ a při výrobě se používá pórovité kamenivo. Vyznačuje se dobrými tepelně izolačními vlastnostmi. Používá se zejména při výrobě prefabrikovaných dílců pro stavitelství. Běžný beton má objemovou hmotnost 2000-2600 kg/m³. Objemovou hmotnost těžkého betonu je větší než 2600 kg/m³ a k jeho výrobě je použito těžkého kameniva. Uplatnění

nachází v masivních konstrukcích chránících před rentgenovým zářením nebo jadernou energií. Beton lze rozdělit také podle účelu použití, a to buď na beton konstrukční, který plní statické požadavky, nebo beton výplňový (Hanzlová, 2013).

3.8. Konstrukční systémy zděných staveb

Konstrukční systém zděných staveb se navrhuje podle způsobu zatížení nosných stěn od stropní konstrukce. Existují čtyři základní provedení: a) podélný systém, b) příčný systém, c) obousměrný nosný systém, d) kombinace těchto systémů (viz. obrázek č 13).

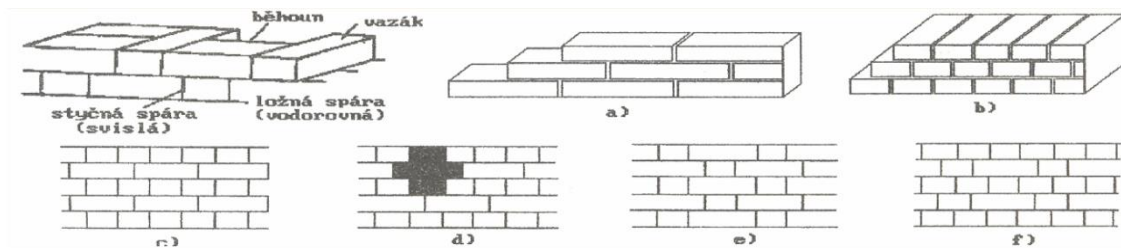


Obrázek č. 13: Roznos zatížení zděných konstrukcí (Vejvara, 2016).

Výhodou podélného a příčného systému je, že své svislé protilehlé nosné stěny jasně definuje. Nevýhodou se pak jeví zmenšení využitelné plochy stěn kvůli umístění dveří a oken. Obousměrný konstrukční systém přenáší své zatížení na větší počet stěn (na podélné i příčné), což je pro stabilitu konstrukce velmi výhodné. Díky menšímu působení zatížení lze použít konstrukční materiály s nižší pevností. Poměr mezilehlých stran však v takové konstrukci musí být do poměru 1:2, protože v takovém případě lze ještě využít roznos zatížení v obou směrech (Vejvara, 2016).

Konstrukce zděných staveb rozlišují tři způsoby řešení k zajištění tuhosti: a) samostatné masivní nosné stěny, b) nosné stěny doplněné příčnými stěnami, c) nosné stěny upnuté v patě a v hlavě o stropní konstrukce, které jsou tuhé ve vodorovné rovině.

Při samotném zdění musíme nejprve vytvořit pod zdivo nadzákladové konstrukce spojovací a vyrovnávací vrstvu za pomoci malty. Základním předpokladem spojitosti a tuhosti stěny je správná vazba zdících prvků (viz. obrázek č. 14). V místech se zvýšeným zatížením, jako například pod nosníky nebo v místě uložení překladů, je vhodné použít spojovací maltu i pro svislé spáry zdiva (Jeneš, 2005).



Vazba zdiva a) běhounová, b) vazáková, c) polokřížová, d) křížová, e) gotická či polská, f) holandská

Obrázek č. 14: Možnosti vazeb zdiva (Svoboda, 2013).

Pro zajištění dostatečné tuhosti zděné konstrukce je v oblasti stropu nutné doplnit pozedním věncem, který zdivo svazuje a zachycuje jeho tahová napětí. Pro tvorbu pozedního věnce lze využít železobetonu, vyzdívek z příčkových tvárnic nebo speciálních věncových tvarovek. Obvyklé použití železobetonu však není tou nejlepší variantou, protože vznikne fyzikálně nevhodná změna povrchu, kdy se na materiálu zdiva vytvoří pás jiného materiálu (Vejvara, 2016).

Příčky mají funkci nezávislých nenosných zděných konstrukcí, jejich tloušťka se při návrhu odvozuje od jejich délky a výšky. Příčky se osazují na separační podložku a je nutné je z důvodu možného průhybu stropu oddělit od stropní konstrukce spárou vyplněnou stlačitelnou izolací (Jeneš, 2005).

4. METODIKA

4.1. Získávání podkladů k literární rešerši

K vypracování literární rešerše byly vyhledány a shromážděny odborné publikace a materiály zabývající se problematikou dřevěných a silikátovo-keramických stavebních konstrukcí. Z těchto materiálů byly získány veškeré informace a data potřebná k objasnění dané problematiky. V literární rešerši byla uvedena také konstrukční a materiálová charakteristika jednotlivých konstrukcí.

4.2. Výběr stavebních konstrukcí

Pro porovnání dřevěných a silikátovo-keramických stavebních konstrukcí byly vybrány nejčastěji prováděné konstrukce obou kategorií v České republice. Z kategorie dřevěných konstrukcí byla zvolena konstrukce rámová ve dvou základních vyhotoveních, a to ve skladbě difuzně otevřená a skladbě difuzně uzavřená. Z konstrukcí silikátovo-keramických byla zvolena konstrukce zděná z cihelných bloků značky Porotherm.

4.3. Ekonomická analýza

Údaje a data potřebná k analyzování zvolených konstrukcí byla čerpána z několika zdrojů. V rámci ekonomické analýzy bylo cílem získat údaje k sestavení materiálového rozpočtu na 1 m² svislé a vodorovné konstrukce. Údaje o materiálové skladbě konstrukcí byly poskytnuty firmami Lucernstav, s.r.o. a Anglický resort, s. r. o. Ceny materiálů vycházejí z aktuálního ceníku prodejce stavebních hmot Stavebniny DEK, a. s. pro rok 2017. Jedná se o maloobchodní ceny včetně DPH. Základní hodnoty pro určení staveništní pracnosti jednotlivých úkonů byly čerpány z hodnot českých stavebních standardů Ústavu pro racionalizaci staveb a technických listů použitých materiálů. Tloušťka a hmotnost jednotlivých materiálů ve skladbách konstrukcí byly zjištěny z technických listů daných stavebních materiálů.

5. VÝSLEDKY

Celková skladba jednotlivých konstrukcí tzn. zejména množství použitého izolačního materiálu byla ve všech třech případech vybrána tak, aby výsledná hodnota součinitele prostupu tepla U splňovala doporučené hodnoty ČSN 730540-2: 2011 pro nízkoenergetické budovy. Konkrétní hodnota pro těžké vnější stěny (silikátová varianta) je $U < 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, pro lehké vnější stěny (dřevěná varianta) stanovuje norma hodnotu $U < 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

5.1. Dřevěná konstrukce

K porovnání konstrukcí byla ze zástupců dřevostaveb vybrána rámová konstrukce sendvičové skladby. Rámová konstrukce je v České republice i celosvětově nejpoužívanější konstrukcí pro stavby rodinných domů ze dřeva, a je proto vhodná ke srovnání se stavebními konstrukcemi na bázi silikát-keramiky.

Rámová konstrukce byla analyzována ve dvou základních variantách sendvičové skladby, a to jako difuzně uzavřená a difuzně otevřená skladba. Analyzované konstrukce jsou v praxi realizovány společností Lucernstav, s.r.o. při výstavbě rodinných domů na území České republiky.

Difuzně uzavřená skladba rámové konstrukce

Základem svislé konstrukce je rám z KVH hranolů o profilu 60x120 mm vyztužený konstrukční deskou RigiStabil tloušťky 15 mm z exteriérové strany. Tepelná izolace je provedena skelnou vlnou tloušťky 120 mm osazenou do nosné konstrukce a fasádní polystyrenovou deskou tloušťky 160 mm přidělanou k výztužné desce. Na polystyrenovou desku se nanáší lepící tmel s vrstvou výztužné skleněné tkaniny. Na takto vytvořenou vrstvu je možno nanést finální omítku. Z vnitřní strany konstrukce je připevněna parotěsná fólie. V interiérové straně konstrukce je nainstalována montážní předstěna pomocí KVH hranolů o tloušťce 40 mm určená pro vedení elektroinstalace a rozvodů vody. Pro zlepšení tepelně technických vlastností obvodové stěny je v předstěně ještě umístěna 40 mm vrstva minerální izolace. Interiérový obklad konstrukce tvoří konstrukční deska RigiStabil tloušťky 12,5 mm.

Základním prvkem vodorovné konstrukce je dřevěná stropnice tvořená KVH hranolem o profilu 120x220 mm, ve které je umístěna izolace ze skelné vlny. Ve směru od spodního po horní patro je podhledovým materiálem sádkartonová deska Rigips tloušťky 12,5 mm přidělaná na montážní předstěně z KVH hranolu o tloušťce 40 mm, sloužící částečně i jako ztužující prvek stropnic. Na stropnici je ze spodní strany připevněna parotěsná fólie. Z pohledu horního patra je na stropnici přibitý záklop z OSB desky o tloušťce 25 mm. Na záklop se přilepí podlahový polystyren o tloušťce 50 mm, který slouží jako tepelná izolace horního patra pro podlahové vytápění, a zároveň zvyšuje kročejovou neprůzvučnost.

Tabulka č. 5: Položkový rozpočet materiálu na 1 m² difuzně uzavřené sklady dřevěné rámové konstrukce.

Svislá konstrukce (U = 0,136 W/m ² K)							
Pořadí	Materiál	MJ	Množství	Cena za MJ (Kč)	Cena celkem (Kč)	Tloušťka (mm)	Váha (kg)
1.	Konstrukční deska - RigiStabil 12.5 mm	m ²	1,0	141,0	141,0	12,5	9,7
2.	Minerální izolace - skelná vlna Knaufi 40 mm	m ²	1,0	33,5	33,5	* 40,0	0,5
3.	Montážní předstěna - KVH 40x60 mm Stora Enso	bm	2,6	44,6	113,7	40,0	3,6
4.	Parotěsná PE fólie Bachi	m ²	1,0	23,4	23,4	0,2	0,2
5.	Minerální izolace - skelná vlna Knauf 120 mm	m ²	1,0	81,3	81,3	* 120,0	1,6
6.	Nosná konstrukce - KVH 60x120 mm Stora Enso	bm	3,8	129,3	491,3	120,0	14,6
7.	Konstrukční deska - RigiStabil 15mm	m ²	1,0	209,0	209,0	15,0	11,6
8.	Tepelná izolace - EPS fasádní polystyren	m ²	1,0	257,0	257,0	160,0	1,5
9.	Lepicí a stěrkovací tmel Baunit	kg	4,2	20,5	86,1	3,0	4,2
10.	Skleněná tkanina Vertex	m ²	1,2	23,7	27,3	1,0	0,1
Celkem za svislou konstrukci		m²	-	-	1 463,6	351,7	47,6
Vodorovná konstrukce							
Pořadí	Materiál	MJ	Množství	Cena za MJ (Kč)	Cena celkem (Kč)	Tloušťka (mm)	Váha (kg)
1.	SDK -Rigips 12,5 mm	m ²	1,0	52,1	52,1	12,5	9,2
2.	Montážní předstěna - KVH 40x60 mm Stora Enso	bm	2,6	44,6	113,7	40,0	3,6
3.	Parotěsná PE fólie Bachi	m ²	1,0	23,4	23,4	0,2	0,2
4.	Stropnice - KVH 220x120 mm Stora Enso	bm	3,8	237,1	901,0	220,0	8,5
5.	Minerální izolace - skelná vlna Knauf 120 mm	m ²	1,0	81,3	81,3	* 120,0	1,6
6.	Základ stropnic - OSB 25 mm Kronospan	m ²	1,0	248,6	248,6	25,0	19,9
7.	Lepicí a stěrkovací tmel Baunit	kg	4,2	20,5	86,1	3,0	4,2
8.	Polystyren podlahový - RigiFloor 50 mm	m ²	1,0	66,2	66,2	50,0	0,8
Celkem za vodorovnou konstrukci		m²	-	-	1 572,4	350,7	48,0

* Poznámka: Tyto hodnoty se do celkové tloušťky konstrukce nezapočítávají, neboť v uvedené skladbě tvoří konstrukce a v ní umístěná tepelné izolace jednu vrstvu stejné tloušťky.

Difuzně otevřená skladba rámové konstrukce

Nosná část svislé difuzně otevřené sklady konstrukce je sestavena z KVH hranolů o profilu 60x160 mm vyplněná tepelnou izolací ze skelné vlny o stejné tloušťce. Jako záklon a zároveň ztužující prvek konstrukce je použita dřevovláknitá deska tloušťky 80 mm. Pro její ochranu proti povětrnosti a srážkovým vlivům je deska opatřena 1,5 mm silnou vrstvou silikonového nátěru. Z vnitřní strany konstrukce je provedena potřebná parobrzdá pomocí dřevoštěpkové OSB desky tloušťky 15 mm. Montážní předstěna, vyrobená taktéž z KVH hranolů o tloušťce 60 mm je vyplněna minerální izolací ze skelné vlny o stejné tloušťce. Jako pohledový materiál z vnitřní strany konstrukce slouží konstrukční deska RigiStabil o tloušťce 12,5 mm.

Vodorovná konstrukce difuzně otevřené skladby se od té difuzně uzavřené liší pouze v absenci jedné vrstvy - parotěsné fólie.

Tabulka č.6: Položkový rozpočet materiálu na 1 m² difuzně otevřené sklady dřevěné rámové konstrukce.

Svislá konstrukce (U = 0,162 W/m ² K)							
Pořadí	Materiál	MJ	Množství	Cena za MJ (Kč)	Cena celkem (Kč)	Tloušťka (mm)	Váha (kg)
1.	Konstrukční deska - RigiStabil 12.5 mm	m ²	1,0	141,0	141,0	12,5	9,7
2.	Minerální izolace - skelná vlna Knauf 60 mm	m ²	1,0	41,7	41,7	* 60,0	0,8
3.	Montážní předstěna - KVH 40x60 mm Stora Enso	bm	2,6	44,6	113,7	60,0	3,6
4.	Parobrzda - OSB P+D 15 mm	m ²	1,0	148,4	148,4	15,0	11,9
5.	Minerální izolace - skelná vlna Isover 160 mm	m ²	1,0	88,5	88,5	* 160,0	2,1
6.	Nosná konstrukce - KVH 60x160 mm Stora Enso	bm	3,8	172,4	655,1	160,0	19,5
7.	Dřevovláknitá deska - Steico 80 mm	m ²	1,0	668,1	668,1	80,0	19,2
8.	Silikonový nátěr Cemix	kg	2,3	106,2	244,3	1,5	2,3
Celkem za svislou konstrukci		m²	-	-	2 100,8	329,0	69,1
Vodorovná konstrukce							
Pořadí	Materiál	MJ	Množství	Cena za MJ (Kč)	Cena celkem (Kč)	Tloušťka (mm)	Váha (kg)
1.	SDK deska - Rigips 12,5 mm	m ²	1,0	52,1	52,1	12,5	9,2
2.	Montážní předstěna - KVH 40x60 mm Stora Enso	bm	2,6	44,6	113,7	40,0	3,6
3.	Stropnice - KVH 220x120 mm Stora Enso	bm	3,8	237,1	901,0	220,0	8,5
4.	Minerální izolace - skelná vlna Knauf 120 mm	m ²	1,0	81,3	81,3	* 120,0	1,6
5.	Záklop stropnic - OSB 25 mm Kronospan	m ²	1,0	248,6	248,6	25,0	19,9
6.	Lepicí a stěrkový tmel Baumit	kg	4,2	20,5	86,1	3,0	4,2
7.	Polystyren podlahový - RigiFloor 50 mm	m ²	1,0	66,2	66,2	50,0	0,8
Celkem za vodorovnou konstrukci		m²	-	-	1 549,0	350,5	47,8

* Poznámka: Tyto hodnoty se do celkové tloušťky konstrukce nezapočítávají, neboť v uvedené skladbě tvoří konstrukce a v ní umístěná tepelně izolace jednu vrstvu stejné vrstvy.

5.2. Silikátovo-keramické konstrukce

Za zástupce silikátovo-keramických stavebních konstrukcí byla vybrána nejpoužívanější konstrukce pro tento druh staveb v České republice, zděná konstrukce z broušených cihelných bloků značky Porotherm výrobce Wienergerger, a. s. určených pro omítané jednovrstvé nosné zdivo. Zvolená materiálová skladba konstrukce je v praxi realizována společností Anglický resort, a. s. pro výstavbu rodinných a bytových domů na území České republiky.

Svislá konstrukce je primárně tvořena cihelnými bloky o šířce 300 mm spojovanými tenkovrstvou tepelně izolační maltou. Z vnitřní strany konstrukce je nanášena omítka o minimální tloušťce 25 mm sloužící k plošnému vyrovnání struktury zdících bloků. Z vnější strany je konstrukce opatřena 100 mm vrstvou fasádního polystyrenu ke zlepšení tepelně izolačních vlastností. Polystyrenová vrstva je potažena vrstvou lepícího tmelu, do kterého se pro větší odolnost instaluje výztužná skleněná tkanina. Na takto vytvořenou vrstvu lze nanášet finální omítku.

Základ vodorovné konstrukce této zděné stavby tvoří železobetonový stropní panel značky Spiroll o tloušťce 200 mm, uložený na železobetonovém věnci min. tloušťky 190 mm. Na stropní panel se ze spodní pohledové strany aplikuje buď vrstva vnitřní omítky o tloušťce min. 15 mm nebo lze vytvořit podhled ze sádkartonových desek. Na vrchní stranu stropního panelu se aplikuje vrstva lehké betonové zálivky k vyrovnání povrchu podlahy.

Tabulka č. 7: Položkový rozpočet materiálu na 1 m² konstrukce tvořené cihelnými bloky Porotherm.

Svislá konstrukce (U = 0,22 W/m ² K)							
Pořadí	Materiál	MJ	Množství	Cena za MJ (Kč)	Cena celkem (Kč)	Tloušťka (mm)	Váha (kg)
1.	Omítka stěn vnitřní - Hasit 25mm	m ²	1,0	228,3	228,3	25,0	13,8
2.	Zdivo - Porotherm Profi P15 300mm	ks	16,0	41,5	664,0	300,0	251,2
3.	Teplněizolační malta - Porotherm	kg	18,3	5,5	100,7	3,0	18,3
4.	Fasádní polystyren - EPS DEK 100 mm	m ²	1,0	139,1	139,1	100,0	1,0
5.	Lepicí a stěrkoovací tmel Baumit	kg	4,2	20,5	86,1	3,0	4,2
6.	Skleněná tkanina Vertex	m ²	1,2	23,7	27,3	1,0	0,1
Celkem za svislou konstrukci		m²	-	-	1 245,5	432,0	288,6
Vodorovná konstrukce							
Pořadí	Materiál	MJ	Množství	Cena za MJ (Kč)	Cena celkem (Kč)	Tloušťka (mm)	Váha (kg)
1.	Ztužující pás věnce - ŽB 190 mm	m ³	0,06	2 660,0	151,6	* 190,0	43,9
2.	Omítka stěn vnitřní - Hasit 15mm	m ²	1,00	228,3	228,3	15,0	6,9
3.	Stropní panel - Spiroll PPS 200 mm	m ²	1,00	1 167,0	1 167,0	200,0	246,0
4.	Betonová záhlívka- Liapor	kg	3,40	10,3	35,0	5,0	3,4
Celkem za vodorovnou konstrukci		m²	-	-	1 581,9	220,0	300,2

* Poznámka: Ztužující pás věnce se do celkové tloušťky vodorovné konstrukce nezapočítává, v případě zděných staveb je to nutné vyztužení svislé konstrukce pro uložení konstrukce vodorovné.

5.3. Staveništní pracnost

Staveništní pracnost zvolených konstrukcí vychází z hodnot českých stavebních standardů a technických listů použitých materiálů. Hodnoty v sobě zahrnují zhotovení konstrukce, její osazení a manipulaci na staveništi. Údaje uvádějí zhotovení nosné konstrukce v potřebném čase (h) na jeden metr čtvereční jejich plochy bez připevnění vnějšího zateplovacího systému, omítek a interiérového obkladu. Obecně se předpokládá, že provedení interiéru nebo fasádního zakončení konstrukce si bude svou pracností velmi podobné.

Tabulka č. 8: Staveništní pracnost konstrukcí.

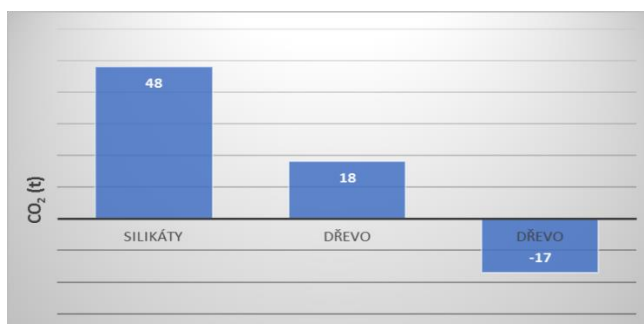
Dřevěná varianta - rámová konstrukce			
Svislá konstrukce		Vodorovné konstrukce	
Položka	hod/ m ²	Položka	hod/ m ²
Zhotovení nosného rámu	0,46	Zhotovení a osazení stropnicového rámu	0,37
Připevnění konstr. ztužující desky	0,10	Připevnění inst. stěny - ztuž prvek	0,16
Vložení tepelné izolace z min. vlny	0,13	Vložení tepelné izolace z min. vlny	0,16
Připojení konstr. k základové desce	0,09	Připevnění horního záklopu	0,05
Celkem	0,77	Celkem	0,74
Silikátovo-keramická varianta - konstrukce z cihelných bloků			
Svislá konstrukce		Vodorovné konstrukce	
Položka	hod/ m ²	Položka	hod/ m ²
Založení spodní řady konstrukce	0,48	Tvorba ŽB věnce	0,66
Vyzdění pomocí bloků tl. 300 mm	0,77	Ukotvení stropního panelu	0,48
		Odlití betonové záhlívky	0,33
Celkem	1,25	Celkem	1,47

6. DISKUZE

Ekonomické vyjádření hodnoty plánované stavby je velmi obtížné a náklady na realizaci nelze zužovat pouze na cenu materiálu a práce. Podle mého názoru by mělo být přirozené do této hodnoty zahrnout i ceny vložených energií a zohlednit možné dopady na životní prostředí. Zvýšení podílu dřeva v celkovém množství prováděných stavebních konstrukcích je v plném souladu s životním prostředím a dlouhodobě udržitelným využíváním surovinných zdrojů.

Výroba stavebních hmot bude v budoucnu ještě více limitována množstvím zásob surovinových zdrojů. Převážná část výroby materiálů pro bytovou výstavbu je totiž založena na silikátových čili neobnovitelných zdrojích. Životnost průmyslových zásob těchto komodit podle střízlivých odhadů nepřesahuje 200 let. Přeprava a těžba silikátových surovinových zdrojů značně poškozují krajinu a otevírání nových těžebních ložisek je vždy spojeno s celou řadou obtíží. Nabízeným řešením je podle mého názoru zvýšení podílu dřeva ve stavebních konstrukcích, kde tato plně obnovitelná surovina dokáže z větší části silikáty nahradit.

Obrázek. č. 15: Množství emisí CO₂ (t) vzniklých z energií potřebných na výrobou stavebních materiálů pro dům o užitné ploše 100 m² (Bílek, 2005).



Poznámka: Záporná hodnota (-17) vyjadřuje schopnost dřeva CO₂ dočasně vázat.

Podle Sloupa (2003) je na stavební konstrukce, jakožto na celou stavbu nutné nahlížet z dlouhodobější perspektivy. Už při návrhu konstrukce by bylo vhodné uvážit energetickou náročnost celého životního cyklu, tzn. celkovou hodnotu spotřeby energie od samotné výstavby přes opravy až po demolici.

Tabulka č. 9: Hmotnost konstrukce na silikátové a dřevěné bázi objektu o užité ploše 100 m² (Bílek, 2005).

Silikátová varianta		Dřevěná varianta	
Materiál	Hmotnost (t)	Materiál	Hmotnost (t)
Omítky	14,8	Konstr. dřevo	6,0
Cihly	35,2	Dřev. desk. mat.	3,4
Železobeton	55,0	Sádkart. desk.	1,6
Ostatní mat.	8,0	Minerální izolace	1,3
		Omítka	0,7
Celkem	113,0	Celkem	13,0

Jednou z nezanedbatelných výhod staveb ze dřeva je omezení stavebního odpadu. Demolicí staveb na silikátové bázi vzniká obrovské množství odpadu - více než 1 t/m² podlahové plochy (viz. tabulka č. 9), který má velice malou možnost dalšího využití. Jeho recyklace je navíc velmi energeticky nákladná. Naproti tomu demolice staveb na bázi dřeva je i díky nižší hmotnosti relativně snadná, a možnosti recyklace dřeva jsou přeci jen podstatně větší.

7. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala porovnáním dřevěných a silikátovo-keramických stavebních konstrukcí. V rešerši byly rozlišeny a popsány jednotlivé konstrukční systémy s jejich materiálovou skladbou. Čtenáři byly poskytnuty základní informace o způsobu jejich vzniku, historii a vhodném uplatnění. Z práce jsou mimo jiné zřejmé výhody i nevýhody popisovaných konstrukčních systémů. Dále byly popsány materiály sloužící k realizaci konstrukcí, suroviny a postupy potřebné k jejich výrobě. Tato práce shrnuje základní povědomí o typech stavebních konstrukcí a výhodách dřevěných či silikátovo-keramických staveb.

Na základě zjištěných údajů z provedené analýzy vyplývá, že cena materiálu 1 m² svislé stěny konstrukce zvolené silikátovo-keramické varianty je oproti průměru dřevěných variant o 42 % (Kč 523/m²) nižší. U vodorovných konstrukcí je naopak cena dřevěných variant v průměru nižší o zhruba 1 % (Kč 21/m²). Menší tloušťkou svislé stěny disponuje dřevěná konstrukce, v průměru za obě její porovnávané varianty je tloušťka 340 mm, tloušťka silikátovo-keramické stěny konstrukce činí 432 mm, tzn. rozdíl 27 % (92 mm). Tloušťka vodorovné konstrukce je v průměru dřevěných variant o 37 % (131 mm) větší oproti konstrukci silikátovo-keramické. Hmotnost dřevěných variant svislé konstrukce je v průměru 58,4 kg/m², to je výrazně méně v porovnání se silikátovo-keramickou konstrukcí – 288,6 kg/m² rozdíl 394 % (230 kg/m²). Rozdíl v případě vodorovné konstrukce je ještě markantnější, průměrná hmotnost dřevěných variant je 47,9 kg/m², silikátovo-keramická varianta má hmotnost 300,2 kg/m², rozdíl tedy činí 527 % (252 kg/m²). Staveništní pracnost je v případě vodorovné i svislé konstrukce nižší pro srovnávanou dřevěnou variantu, rozdíl v pracnosti svislé konstrukce činí 62 %, v případě vodorovné konstrukce je pracnost dřevěné konstrukce zhruba poloviční než u porovnávané silikátovo-keramické varianty.

Z výsledků analýzy vyplývá, že volba mezi dřevěnou či silikátovo-keramickou konstrukcí stavby bude vždy záležet na konkrétním parametru, který je pro subjekt nejdůležitější.

8. SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

Literární zdroje:

BÍLEK, V. *Dřevostavby: navrhování dřevěných vícepodlažních budov*. vyd. Praha: ČVUT v Praze, 2005. 251 s. ISBN 80-01-03159-4.

ČECHOVÁ, J.; STÖHROVÁ, J.; a kol. *Dřevěné konstrukce: technické a kulturní dědictví v edukativní praxi*. vyd. Brno: Technické muzeum v Brně, 2013. 174 s. ISBN 978-80-87896-02-0.

HANZLOVÁ, H.; ŠMEJKAL, J. *Betonové a zděné konstrukce I: základy navrhování betonových konstrukcí*. vyd. Praha: ČVUT v Praze, 2013. 256 s. ISBN 978-80-01-05323-2.

HOUDEK, D.; KOUDELKA, O. *Srubové domy z kulatin*. vyd. Brno: Era group, 2004. 161 s. ISBN 80-86517-97-7.

JENEŠ, R.; PODROUŽKOVÁ, B. *Zděné konstrukce: M01 Základy navrhování*. vyd. Brno: VUT Brno, 2005. 64 s.

KOLBL, J. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. 3 aktualizované vyd. Praha: Grada publishing, 2011. 317 s. ISBN 978-80-247-4071-3.

KOŽELUH, B. *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5*. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004. 401 s. ISBN 80-86769-13-5.

KRÄMER, V. *Dřevěné konstrukce: Příklady řešení podle ČSN 73 1702*. 2. modifikované vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2011. ISBN 978-80-87438-16-9.

NETOPILOVÁ, M. *Materiály: stavební materiály*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2004. 127 s. ISBN 80-86634-24-2.

OVČAČÍKOVÁ, H.; VLČEK, J. *Speciální keramické materiály*. první vyd. Ostrava: VŠB Technická univerzita Ostrava, 2013. 111 s. ISBN 978-80-248-3365-1.

RŮŽIČKA, M. *Dřevostavby*. 1. vyd. Brno: Era group, 2002. 118 s. ISBN 80-86517-39-X.

RŮŽIČKA, M. *Moderní dřevostavba*. 1. vyd. Praha: Grada publishing, 2014. 156 s. ISBN 978-80-247.

SLOUP, R. *Ekonomická efektivnost využití dřeva v národním hospodářství*. Disertační práce. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. Lesnická fakulta, 2003. 138 s.

Současné dřevostavby a nové materiály na bázi dřeva: sborník příspěvků z mezinárodní vědecké konference pořádané při příležitosti oslav 90. výročí založení Lesnické a dřevařské fakulty MZLU v Brně: 25.-26. září 2008, Křtiny. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. 208 s. ISBN 978-80-7375-213-2.

SVOBODA, L.; a kol. *Stavební materiály.* 3. vyd. Praha: Luboš Svoboda, 2013. 950 s. ISBN 978-80-260-4972-2.

ŠTEFKO, J.; REINPRECHT, L. *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba.* vyd. Bratislava: Jaga group, 2004. 196 s. ISBN 80-88905-95-8.

VAVERKA, J.; HAVÍŘOVÁ, Z.; JINDRÁK, M.; a kol. *Dřevostavby pro bydlení.* vyd. Praha: Grada publishing, 2008. 376 s. ISBN 978-80-247-2205-4.

VEJVARA, L. *Zděné konstrukce I: základní informace a příklady k navrhování podle Eurokódu 6.* vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2016. 120 s. ISBN 978-80-261-0578-7.

ZAHRADNÍČEK, V.; HORÁK, P. *Moderní dřevostavby.* 2. aktualizované vydání. vyd. Brno: Era group, 2007. 155 s. ISBN 978-80-7366-109-0.

ŽÁK, J.; REINPRECHT, L. *Ochrana dřeva ve stavbě: odborná příručka pro stavebníky, investory, projektanty a architekty.* vyd. Praha: ABF, 1998. 93 s. ISBN 80-86165-00-0

Internetové zdroje:

HEJHÁLEK, J. *Difúze vodní páry.* Stavebnictví 3000 [online]. 2017 [cit. 2017-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/difuze-vodni-pary-veliciny-hodnoty-a-jednotky/>>.

Instalační předstěna. Úsporné domy [online]. 2017 [cit. 2017-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.usporedomy.cz/instalacni-predstena>>.

Sloupková konstrukce z fošen a hranolů. Dřevěná stavba [online]. 2017 [cit. 2017-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://drevenastavba.cz/sloupkova-konstrukce>>.

SOUKUP, O. *6 důvodů pro KVH hranoly.* Dřevostavitel [online]. 2012 [cit. 2017-03-11]. Dostupné z WWW: <<https://www.drevostavitel.cz/clanek/6-duvodu-pro-kvh-hranoly>>

