

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Progrese modulové a prefabrikované výstavby dřevostaveb

Diplomová práce

Autor: Bc. Josef Hladík, DiS
Vedoucí práce: Ing. Kamil Trgala, Ph.D

2018

"Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Progrese modulové a prefabrikované výstavby dřevostaveb vypracoval samostatně pod vedením Ing. Kamil Trgala, Ph.D a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom/a, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby."

V..... dne.....

Podpis autora

Poděkování za spolupráci

Ing. Kamil Trgala, Ph.D

Zdeněk Kaňa

Ing. Michal Mázl

Ing. Arch. Vašíček David

Jiří Licek

Ing. Arch. Kateřina Mertenová

František Malík

Roman Hassmann

David Setzer

Ing. Arch. Klára Vratislavová

Jan Ševčík

Jan Somol

Ing. Marek Macháček

Ing. Arch. Pavel Horák

Ing. Arch. Václav Zahradníček

Ing. Marina Kozelková

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Josef Hladík, DiS.

Dřevařské inženýrství

Název práce

Progrese modulové a prefabrikované výstavby dřevostaveb

Název anglicky

Progression of modular and prefabricated wooden construction

Cíle práce

Vytvoření průzkumu a porovnání, v jakých ohledech je vhodnější pro výstavbu vícepodlažních a prefabrikovaných budov, použití pro konstrukci dřevěných materiálů nebo materiálů na bázi dřeva.

Metodika

Obecné uvedení do problematiky. Provedení průzkumu trhu, porovnání možností a požadavků investorů. Porovnání jednotlivých konstrukčních systémů. Návrh vhodných řešení a směrů pro vícepodlažní výstavbu budov s použitím dřevěných materiálů.

Doporučený rozsah práce

50 stran textu plus přílohy

Klíčová slova

dřevostavba, vícepodlažní, výšková budova, modulová výstavba, prefabrikace

Doporučené zdroje informací

Aicher, Simon, Wood-Based Construction for Multi-story
Beck, Romeyn Hough, The Woodbook: The Complete Plates
Coulson, Jim, Wood in Construction: How to Avoid Costly Mistakes
Garrecht, Harald, Wood Composites as Structural Element
Mahapatra, Krushna add., Multi-storey wood-frame buildings in Germany, Sweden and the UK
Mayo, Joseph, Solid Wood: Case Studies on Mass Timber Architecture, Technology and Design
Reinhardt, W., Buildings: Application of Cement Bonded

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS-FLD

Vedoucí práce

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Elektronicky schváleno dne 21.3.2018

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21.3.2018

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 18.4.2018

Abstrakt

Volba tématu této práce byla původně motivována dvěma otázkami. Současným společenským impulsem pro nalezení a řešení udržitelné výstavby budov a autorův osobní zájem ve využití dřeva v budoucnosti při stavbě velkých stavebních konstrukcí jako jsou mosty, výškové budovy a komerční prostory. Veřejný sektor hraje důležitou úlohu při podpoře staveb na bázi dřeva. A proto se na něj tato práce zaměřuje. Přes bohaté zkušenosti se stavbami na bázi dřeva mají vícepodlažní budovy v české republice stále omezené využití. Na toto téma je možné řešit různé druhy otázek, které by byly schopny poskytnout odpovědi tak, aby byl proces efektivnější a sofistikovanější. Práce se zaměřuje na porovnání jednotlivých výškových staveb, jejich praktické využití a možnosti.

Abstrakt v cizím jazyce

Choosing the topic of this work was originally motivated by two questions, and that the current social impetus for finding solutions for sustainable building and the author's personal interest in the future use of wood in the construction of large structures such as bridges and high-rise buildings and commercial premises. The public sector plays an important role in promoting the construction of wood-based. Despite intensive development experience with construction of wood-based panels have a multi-storey building in the Czech Republic is still of limited use. It is possible to solve different kinds of questions that would be able to provide answers to make the process more efficient and sophisticated. The work focuses on comparing the attitudes of high-rise wooden buildings, their use in practice and usage.

Klíčová slova

dřevostavba, vícepodlažní, výšková budova, modulová výstavba, prefabrikace

Obsah diplomové práce

Úvod	12
Cíl práce.....	13
1 Teoretický rozbor problematiky dřevostaveb v ČR.....	14
1.1 Panelový konstrukční systém	15
1.2 Materiálová odolnost vůči vlhkosti	16
1.3 Tepelně izolační materiály	17
1.4 Opláštěvací materiály	18
2 Výšková výstavba	19
2.1 Trvale udržitelný rozvoj u vícepodlažních dřevostaveb	20
2.2 Vícepodlažní dřevostavby v EU	20
2.3 Konstrukční systémy vícepodlažních budov	22
2.3.1 Lehké dřevěné skelety.....	22
2.3.2 Masivní dřevěné desky.....	22
2.3.3 Těžké dřevěné skelety.....	22
2.3.4 Porovnání	23
3 Pilotní projekty vícepodlažních dřevostaveb	24
4 Výškové budovy pro BUDOUCOST	25
5 Nejpůsobivější dřevěné konstrukce na světě.....	26
5.1 Metropol Parasol.....	26
5.2 Kizhi Pogost	27
5.3 JingXian Pagoda.....	27
6 Prefabrikace	28
6.1 Off-site prefabrikace	28
6.2 Modulární konstrukce	30
6.3 Výhody	31
7 Ekologie	32
7.1 Udržitelnost a výhody dřevěných stavebních systémů.....	32
7.2 Ekologické výhody.....	33
8 Rychlost výstavby vícepodlažních budov	35
8.1 Úspora nákladů	36
8.2 Dřevo a komerční budovy	37
9 Vnitřní prostředí a psychika	38
9.1 Fyzikální vlastnosti	38

9.2	Vzduchotěsnost.....	38
9.3	Tepelná izolace.....	38
9.4	Zvuková izolace	39
9.5	Hydrotermální aspekty.....	39
9.6	Shrnutí.....	40
9.7	Řešení fyzikálních vlastností.....	40
10	Bezpečnost.....	41
10.1	Požární bezpečnost	41
10.2	Komfort	41
11	Využití.....	42
12	Metodika	43
13	Analýza výškových staveb v zahraničí	44
13.1	Moholt 50 50.....	44
13.2	International House Sydney.....	48
13.3	Mjøstårnet.....	53
13.4	HO-HO	62
13.5	Vancouver's Brock.....	66
13.6	Puukuokka.....	68
14	Jednotící kritéria.....	71
14.1	Výsledky průzkumu	71
15	Požární bezpečnost v ČR	74
15.1	Dřevo během požáru.....	75
15.2	Požadavky na požární bezpečnost v České republice	78
15.3	Vývoj požadavků na požární bezpečnost v České republice	78
16	Případová studie vícepodlažní dřevostavby.....	79
16.1	Stavební řešení.....	79
16.2	Popis objektu.....	79
16.2.1	Dispozice	80
16.2.2	Stavební konstrukce	80
16.2.3	Navržené skladby	80
16.2.4	Vytápění	82
16.2.5	Větrání.....	82
16.2.6	Základních normy a předpisy	82
16.2.7	Požárně bezpečnostní řešení	82
16.2.8	Rozdělení do požárních úseků, stupně požární bezpečnosti	83
16.2.9	Posouzení požární odolností stavebních konstrukcí	84

16.2.10	Požární stěny	84
16.2.11	Požární stropy	85
16.2.12	Požární uzávěry otvorů	85
16.2.13	Obvodové stěny	85
16.2.14	Evakuace.....	89
16.2.15	Evakuace z bytů.....	90
16.2.16	Odstupová vzdálenost.....	93
16.2.17	Zateplení.....	93
16.2.18	Požárně bezpečnostní zařízení a instalace.....	94
16.2.19	Zařízení autonomní detekce a signalizace	95
16.2.20	Výstražné a bezpečnostní značky.....	95
16.3	Závěrečné požární ustanovení	95
17	Diskuse	96
	Závěr.....	98
	Reference	99

Seznam tabulek, obrázků a grafů

Obrázek 1. Sekvojový háj západní pobřeží USA	12
Obrázek 2. Stadthaus Murray Grove, jedna z nejvyšších mod. dřevěných budov	18
Obrázek 3. Počet podlaží v dřevostavbách podle stav. předpisů v severských zemích	21
Obrázek 4. Diagram hoření dřeva	23
Obrázek 5. Osmi podlažní H8 Rakousko a e3 Německo.....	24
Obrázek 6. Dřevěná budova Shoreditch 30metrů.....	25
Obrázek 7. LifeCycle Tower	25
Obrázek 8. Metropol Parasol.....	26
Obrázek 9. Kižský Pogost.....	27
Obrázek 10. JingXian Pagoda.....	27
Obrázek 11. Prefabrikace modulů	28
Obrázek 12. Modulární prefabrikace	29
Obrázek 13. 3D návrhy konstrukčního řešení	29
Obrázek 14. Prefabrikované dílce a jejich složení	30
Obrázek 15. Budoucnost modulární výstavby	31
Obrázek 16. Architektonická studie ekologické výstavby výškových budov	33
Obrázek 17. Potřebné množství energie potřebné pro výrobu stav. Materiálů	34
Obrázek 18. Příklad ekologicky soběstačné budovy	34
Obrázek 19. Dřevěné město.....	35
Obrázek 20. CLT panel z křížem lepených lamel.....	36
Obrázek 21. CLT konstrukční řešení.....	36
Obrázek 22. Základní škola Rakousko Fertigstellung	37
Obrázek 23. Stavba velice estetické a komfortní dřevostavby v centru Berlína.....	41
Obrázek 24. Příklad smysluplně umístěné zástavby výškové budovy	42
Obrázek 25 Pohled za rozbřezku Moholt 50/50	44
Obrázek 26 Dřevěný Interiér stavby	45
Obrázek 27 Půdorys	46
Obrázek 28 Řez stavbou.....	47
Obrázek 29 Vizualizace objektu z ulice	48
Obrázek 30 Fotkografie po realizaci.....	49
Obrázek 31 Masivní dřevo interiéru stavby bez protipožární ochrany a opláštění	50
Obrázek 32 Únikové schodiště stavby.....	51
Obrázek 33 Založení stavby připomínající lesní porost	52
Obrázek 34 Vizualizace Mjostarnet.....	53
Obrázek 35 Umístění stavby	55
Obrázek 36 Konstrukce stavby	56
Obrázek 37 Založení.....	57
Obrázek 38 Požární zkouška	58
Obrázek 39 Rohové spojení profilů	59
Obrázek 40 Statické posouzení budovy	60
Obrázek 41 Dispoziční řešení useků.....	61
Obrázek 42 HO-HO tower.....	62
Obrázek 43 Interiér HO HO Tower	63
Obrázek 44 Interier HO HO Tower	65

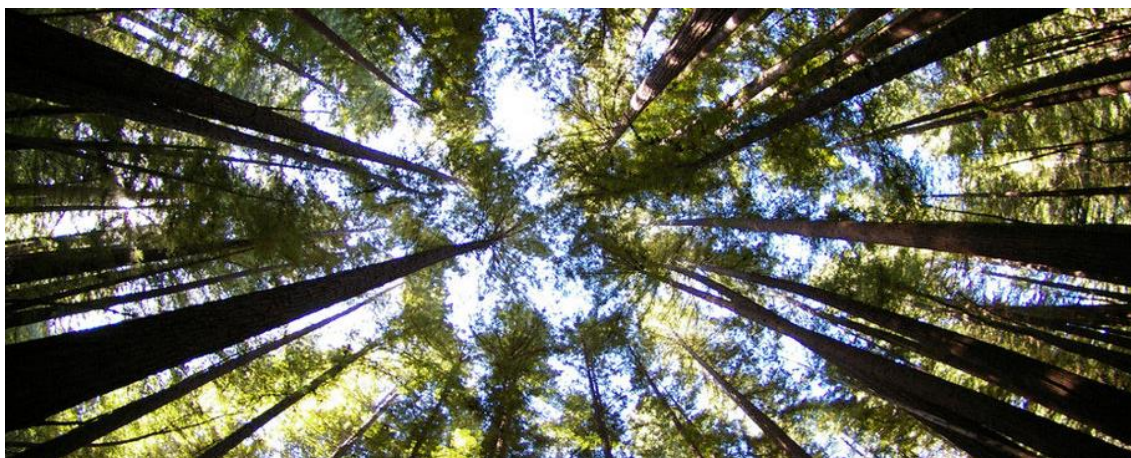
Obrázek 45 Vancouver dřevěná stavba	66
Obrázek 46 Dřevěný interier stavby	66
Obrázek 47 Konstrukce stavby	67
Obrázek 48 Puukuokka	68
Obrázek 49 Interiérové řešení požární cesty	69
Obrázek 50 Modulární způsob výstavby.....	70
Obrázek 51 Stupně požární bezpečnosti požárních úseků	75
Obrázek 52 Změna průřezu dřeva konstrukčního prvku během požáru	76
Obrázek 53 Požární odolnost stavebních konstrukcí a jejich druh	77
Obrázek 54 Obsazení objektu osobami.....	90
Obrázek 55 Výpočet odstupových vzdáleností podle ČSN 73 0802.....	94

Seznam zkratk a značek

$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	watt na metr a kelvin, značka jednotky SI
$^{\circ}C$	jednotka teploty
J/kgK	měrná tepelná kapacita
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
ZpT	difuzní odpor konstrukce
Ny	teplotní útlum konstrukce
Psi	fázový posun teplotního kmitu
RHsi	relativní vlhkost na vnitřním povrchu
Tsi	vnitřní povrchová teplota a f, R_{si} je teplotní faktor
Mc	množství zkondenzované vodní páry
Mev	množství vypařitelné vodní páry
W/m ² K	korekce součinitele prostupu Du
kNm ⁻³	ob. tíha v Newtonech

Úvod

Použití dřeva pro konstrukce až do 120 metrů se čtyřiceti patrové budovy zdají pro některé nereálné, zatímco příroda vytváří tyto konstrukce od nepaměti. Nízkopodlažní rám a lehká skeletová konstrukce je "standardní" typ výstavby v Severní Americe a do jisté míry stále populární i v Evropě. Výškové budovy z oceli a betonu byly navrhovány tak dlouho, že dřevo pro použití vícepodlažní konstrukce se zdá lidem jako zastaralé a nepraktické. Z tohoto důvodu některá dominantní paradigmatata jsou stále ještě zadržována uvnitř regulačních režimů a stavebních zákonů dodnes. Pro příklad jsou zde uvedeny některé konstrukce a budovy ze dřeva, které přežily zub času dodnes jako věž Gliwice a Ying Pagoda. Moderním příkladem je devíti-podlažní bytový dům na sídlišti v předměstí Londýna s názvem Murray Grove tower, který je postaven výhradně z pevných příčně lepených lamelových panelů dřeva. Během posledních deseti let se design a průmysl stále častěji vydává směrem ke dřevu, jako stavebního materiálu, pro výstavbu výškových budov. Tento zájem je částečně kvůli vývoji nových inženýrských dřevařských výrobků a potenciálu ekonomických přínosů prefabrikovaných dřevěných prvků a kompozitních stavebních systémů. Nicméně, nedávný důraz na důležitost zelené a udržitelné architektury, pochopení potenciálu udržitelnosti a jeho výhodách při výstavbě vysokých dřevěných staveb může být viděn jako primární motivace pro mnoho architektů, investorů, vlád a dalších stran, kteří chtějí pracovat se dřevem.



*Obrázek 1. Sekvojový háj západní pobřeží USA
(news/18-naturalnych-cudow-usa/)*

Cíl práce

Cílem práce je všeobecné seznámení s problematikou výškových a prefabrikovaných dřevostaveb, dále pak vytvoření průzkumu mezi jednotlivými stavbami v zahraničí a zapracování do témat diplomové práce. Dále pak odpovědět na otázku v jakých ohledech je vhodnější pro výstavbu vícepodlažních a prefabrikovaných budov použití konstrukcí z dřevěných materiálů nebo materiálů na bázi dřeva a prefabrikované dílce. Cílem praktické části je zpracovat reálnou podobu domu, jaké lze dosáhnout, při dodržení technických norem a zvyklostí v prostředí České republiky.

V roce 2015 se produkce dřevostaveb v ČR dostala přes hranici 13% produkce rodinných domů. Po desetiletém růstu tohoto sektoru lze očekávat obdobnou akceleraci nových řešení a praktického využití dřevostaveb k výstavbě vícepodlažních budov po vzoru západních zemí, jako jsou Rakousko, Německo a Finsko. Cílem průzkumné části je zjistit odpověď na otázku jaký je trend výstavby vícepodlažních budov v zahraničí a zároveň navrhnout řešení v dané oblasti v České republice.

1 Teoretický rozbor problematiky dřevostaveb v ČR

Dřevěné stavby mají dlouholetou tradici. Dřevo a kámen patřili mezi nejlevnější a nejdostupnější stavební materiály. V Evropě, kde byl dostatek dřeva pro stavební účely, se začaly stavět srubové domy. Tyto stavby jsou v dokonalejší formě, co se týče konstrukce a konstrukčních spojů, realizovány i v dnešní době. Jako další přišly na řadu hrázděné stavby. Jedná se o kombinaci dřeva, které plnilo nosnou funkci a jiného výplňového materiálu. Z počátku to byl kámen, avšak postupem času jej nahradily nepálené a pálené cihly. Později začínají pronikat do Evropy nové konstrukční systémy ze Severní Ameriky a z Kanady, kde je dřevo i v dnešní době považováno za hlavní stavební materiál. Ve značné míře se zde realizují kromě srubových staveb stavby sloupkové. Zde je nosná dřevěná kostra sestavená do rámu na výšku podlaží a opláštěná deskovými materiály. Následovaly stavby skeletové. Na rozdíl od staveb sloupkových mají jednotlivé nosné prvky větší dimenze a jsou v konstrukci rozmístěny ve větších vzdálenostech. Dalším důležitým momentem ve vývoji nejen dřevostaveb byl začátek používání lepeného dřeva, které umožňuje překlenutí velkých rozponů.

Do roku 1990 bylo použití dřeva pro nosné konstrukce do jisté míry omezeno. Především se využívalo na pomocné a provizorní konstrukce, protože v této době byl hlavním trendem železobeton a ocel. Většina staveb byla stavěna z betonových prefabrikátů. Tato doba měla především vliv na kvalitu našich lesů. Další pohroma byla taková, že zmizeli odborníci a lidé, kteří dřevo znali a dokázali s ním pracovat. Nelze se tedy divit, že se v dnešní době setkáváme se špatně provedenými stavbami a někteří lidé ztratili k dřevostavbám důvěru.

Po roce 1990 se vědomosti a znalosti značně rozšířili. Docházelo k tomu především díky proudění informací z USA, Rakouska a z dalších států, ve kterých použití dřeva pro nosné konstrukce nebylo přerušeno. Máme tedy možnost kde navázat, odkud brát zkušenosti a postupně se učit. Dochází také k rozšíření zájmu o tyto stavby. I přes špatné recenze, které se tu a tam objeví,

se lidé o dřevostavby zajímají a stává se z nich jakýsi trend zdravého ekologického bydlení. Bude trvat ještě řadu let, než se na našem území dostaneme na takovou úroveň, která je v ostatních státech, kde je dřevo běžně používáno například na stavby administrativních budov, škol a mnoha dalších.

1.1 Panelový konstrukční systém

Je to jeden z nejrozšířenějších systémů budov v Evropě. Základ konstrukce tvoří dřevěný rám, který je vyroben z rostlého dřeva nebo z KVH hranolů. Pokud bude rám umístěn v obvodovém plášti, budou na něj kladeny jiné požadavky z hlediska konstrukce a dimenzování, než když bude plnit funkci vnitřní nosné nebo nenosné příčky. Panely se dále vyrábějí jako podlahové, příčkové, stropní, štítové a střešní. Prostor, který vymezují jednotlivé hranoly je vyplněn tepelně a zvukově izolačním materiálem. Aby byla izolace dostatečně chráněná před vnějšími vlivy, je rám již ve výrobní hale opatřen pláštěm, který je tvořen např. OSB deskou, dřevotřískovou deskou nebo sádrovláknitou deskou. V tomto stavu mohou panely opustit výrobní halu a další vrstvy jsou přidávány až na stavbě. Další možností je, že panel opustí halu již s finálními interiérovými a exteriérovými povrchovými úpravami, včetně zabudovaných oken a dveří. Rozměry panelů se řídí našimi výrobními a dopravními možnostmi. Další kritérium je způsob výstavby. Pokud máme možnost stavět z celostěnových panelů, rozměry se mohou pohybovat okolo 12 metrů. Na rozdíl od stavby, která je prováděna svépomocí. V tom případě jsou panely šířky 1,2 metru, se kterými lze manipulovat bez pomoci strojních mechanismů. (Kolb, 2013)

Při stavbě samotné je důležitou otázkou výběr skladby obvodového pláště a použití difuzně otevřené nebo uzavřené konstrukce. Obě varianty mají samozřejmě své výhody i nevýhody. U staveb, které jsou navrženy jako difuzně otevřené, je velice důležité dodržení technologických postupů a kvalitní řešení detailů konstrukce. Dalo by se říci, že difuzně otevřená konstrukce je tolerantnější k chybám dodavatele i uživatele. Obecně platí, že pro nosnou konstrukci je nevhodné, aby přišla do styku s vlhkostí, ale u difuzně otevřených staveb tomu tak je a pokud použijeme nevhodný materiál, bude konstrukce

zadržovat vlhkost. Výhodou difuzně uzavřených staveb je její cena. Konstrukce je levnější z hlediska použitých materiálů oproti difuzně otevřené. U difuzně uzavřených staveb nám jde o to, aby bylo zamezeno průniku páry do stěny, kde by mohla zkondenzovat na vodu. Proto se kladou vysoké nároky na kvalitní provedení stavebních prací. V momentě, kdy by byla porušena fólie, by se mohly v konstrukci vyvinout plísně, houby nebo jiné škodlivé látky, které by zhoršovaly kvalitu bydlení. Správné provedení konstrukce se dá zjistit pomocí Blower-door testu. Nelze říci, který ze systému je lepší, záleží spíše na volbě zkušeného dodavatele. (Kolb, 2013)

1.2 Materiálová odolnost vůči vlhkosti

Nosná konstrukce panelu je tvořen smrkovými KVH hranoly. KVH hranoly jsou uměle vysušené dřevěné prvky, jejichž vlhkost se pohybuje okolo 15 %. Jsou hoblované ze všech stran a hrany jsou sražené. Díky jejich délkovému nastavování, pomocí zubového spoje je možné vyrábět takřka libovolné délky. Výhoda použití KVH hranolů spočívá v jejich tvarové stálosti, protože nedochází ke vzniku trhlin a tím se snižuje riziko jejich napadení škůdci. Vlhkost ovlivňuje vlastnosti dřeva. Vlhčí dřevo je těžší, ale také méně pevné, pružné a tvrdé. Změna obsahu vody ve dřevě mění akustické, tepelné, elektrické i optické vlastnosti. Ovlivňuje i opracovatelnost a trvanlivost. Nejdůležitějším parametrem je však vliv na rozměry dřeva. V zabudovaném stavu nesmí dojít, ke zvýšení vlhkosti dřeva protože zde hrozí riziko napadení dřevokazným hmyzem a plísněmi.

Stropní konstrukce je tvořena smrkovými BSH hranoly nebo příhradovými nosníky. Stejně jako KVH hranoly jsou čtyřstranně hoblované a uměle vysušené. Jejich vlhkost se pohybuje okolo 10 % ± 2 %. Jsou délkově nastavené a oproti KVH i lamelově lepené. Za předpokladu, že s hranoly budeme správně manipulovat, není třeba jejich impregnace, protože díky jejich nízkému obsahu vlhkosti nehrozí vznik hniloby a dřevokazných hub. Reakce materiálu na vlhkost je obdobná jako u KVH hranolů. Jedná se o rostlé dřevo, proto, je potřebná ochrana vůči vlhkosti jinak dochází k degradaci materiálu.

Popřípadě je nutný včasný zásah do konstrukce a její vysušení. (č.268/2009, 2009)

1.3 Tepelně izolační materiály

Ve stropních konstrukcích, v obvodových a příčkových panelech je použita foukaná celulóza, minerální vlna, skelná vlna nebo EPS.

Celulózová vlna, která se vyrábí z recyklovaného novinového papíru. Hlavní výhodou je vysoká odolnost proti ohni a zvláště to, že plamen nerozšiřuje.

Samozřejmostí je, že zde nevznikají plísně. Tato izolace je vhodná pro zateplování všech částí konstrukce, jako je např. podlaha, strop, půda nebo střecha. Pokud dojde k zatečení vody, je třeba řešit nastalou situaci s rozvahou. Malé zatečení nemůže izolaci znehodnotit. Celulóza je schopná nasáknout až OSMI násobek své hmotnosti a pak vodu opět vyloučit. Malé zatečení s izolací nic neudělá – výměna není nutná. Pokud dojde k zatečení velkého množství vody – to je vždy problém. Nejenom že dojde k vyplavení chemie z izolace, ale izolace si vlastní vahou sesedne. Poté je nutné zvážit, jestli bude stačit izolaci po vyschnutí „jen doplnit“, nebo realizovat výměnu celého objemu napadené izolace. (č.268/2009, 2009)

Minerální vlna je vyrobena z kamenné plsti. Mezi její výhody patří nehořlavost, odolnost proti škůdcům a v neposlední řadě velmi dobré tepelně izolační vlastnosti. Dlouhodobé vystavení materiálu vlhkosti, například zatopení zařízení povodňovou vodou, přináší mimo ztráty izolační účinnosti ještě další nežádoucí jevy. Pórovitou strukturu izolací z minerální vlny tvoří prostorově nahodilé uspořádání jednotlivých vláken. Jejich trvalou vzájemnou polohu zajišťuje organické pojivo. Pokud by došlo po určité době k proniknutí vody do celého průřezu izolační vrstvy, může dojít kvůli agresivním složkám záplavové vody k narušení, nebo částečnému vyplavení tohoto pojiva. Materiál slehne a ani po případném oschnutí se mu nevrátí původní struktura.

Pěnový polystyren je tvořen lehkou organickou pěnou, v dnešní době široce rozšířena na evropském trhu, především jako tepelná izolace. Obzvláště vhodné je její použití u nízkoenergetických staveb. Mezi její výhody patří jak

velmi dobré tepelně izolační vlastnosti, tak výborné mechanické vlastnosti a mnoho dalších. Tepelné izolace z pěnového polystyrenu (EPS) používané ve stavebnictví jsou již z podstaty své struktury materiálu poměrně málo nasákavé. Při laboratorních testech vykazují materiály nasákavost do 5 % svého objemu. Důležitou vlastností EPS je zachování mechanických vlastností i při zvýšené vlhkosti, z tohoto důvodu nehrozí např. sedání podlah apod. EPS si při krátkodobém zaplavení uchovává cca 95 % izolační schopnosti.

1.4 Opláštěvací materiály

Slouží k opláštění obvodových i příčkových panelů z obou stran. Druhy OSB desek jsou vhodné pro použití ve vlhkém prostředí, OSB/4 navíc odolá velkému zatížení. Tyto desky jsou vhodné pro použití jak do interiéru, tak exteriéru. Lze je využít takřka ve všech částech konstrukce dřevostavby, a to buď difuzně otevřené, nebo uzavřené. Na předstěny a příčkové stěny jsou použity sádkartonové desky. Pro opláštění stěn koupelny je použita deska s větší odolností vůči vlhkosti. Jedná se o desky pro protipožární konstrukce v prostorách s vyšším obsahem vlhkosti, jsou používány desky s označením RD. Použité desky jsou v tloušťce 12,5 mm. Mezi výhody sádkartonových desek patří jejich rychlá montáž, rovnost povrchu a snadná opravitelnost.



Obrázek 2. Stadthaus Murray Grove, jedna z nejvyšších mod. dřevěných budov
(20161020053307_apartment-facade-wood/)

2 Výšková výstavba

Argumenty proti použití dřeva jako stavebního materiálu pro výškové stavby jsou většinou povrchní a nepodložené fakty. Vlastnosti jako jsou nižší pevnost a tuhost v porovnání s jinými stavebními materiály, hořlavost dřeva, špatné akustické vlastnosti a další klasické výčitky v sobě nesou kousek pravdy. Nicméně pravda závisí na pohledu těchto pozorovatelů. Dřevo má některé specifické vlastnosti, které se vyskytují při výstavbě výškových budov. V tomto odstavci je vztah mezi těmito materiály vysvětlen. Dřevo odstupňováno podle EN 388 do pevnosti třídy C24 je srovnatelné s pevností běžného betonu. Ve srovnání s ocelí, je pevnost v tahu u dřeva o 10-20 % vyšší. Z hlediska tuhosti, oceli 10 až 20krát a u betonu jsou 3 až 5krát tužší než dřevo. Některé moderní kompozitní materiály na bázi dřeva běžně zlepšují vlastnosti dřeva nejméně dvakrát.

Konstrukční systémy ze dřeva v současnosti zažívají svůj návrat na pole staveb. Dřevo je propagováno v superlativech a je nazýváno stavebním materiálem třetího tisíciletí. Dřevostavby nejsou konstrukčním systémem, ale materiálovou variantou, která může být používána stejně rozmanitě jako ostatní stavební materiály. Stavby ze dřeva mají oproti ostatním konstrukcím řadu výhod z hlediska trvale udržitelného rozvoje. Toto téma nabývá stále na váze.

Pro rozšíření dřevostaveb (zejména těch vícepodlažních) v našem regionu je nutné posílit know-how architekta, který začíná celý projekční proces. Je důležité, aby architekt dokázal plnohodnotně nabídnout také dřevěnou materiálovou variantu budovy, samozřejmě ji uměl navrhnout a v případě vhodnosti i přesvědčil investora.

V severských zemích, Kanadě a USA mají architekti s projektanty velké množství podkladů k rychlému a efektivnímu návrhu konstrukcí. Zpracovaných do tabulek, k nalezení potřebných parametrů.

Tyto materiály a podklady vznikají jako výsledek práce mnohačlenných a profesionálních týmů. Výsledky jsou ověřeny na vzorcích skutečné velikosti a v množství umožňujícím jejich statistické zpracování. Vzhledem k rozsahu, v jakém se lehký skelet používá v nejbohatších a nejvyspělejších zemích, je tlak na jeho fungování vysoký. (Přeček, 2005)

2.1 Trvale udržitelný rozvoj u vícepodlažních dřevostaveb

Konstrukční materiál dřeva má řadu výhod jako jsou velké pevnost nízká hmotnost, estetika, obnovitelná surovina, recyklovatelnost a nižší náklady na demolici. Výrazný prvek je v tomto případě fakt, že stavební odpad tvoří v celosvětovém měřítku 13 % veškerého pevného odpadu. Na rozdíl od ostatních ekologických materiálů jako třeba nepálené hlíny nebo slámy, dřevo splňuje i požadavky vícepodlažní výstavby. Z tohoto hlediska jsou vícepodlažní dřevostavby vhodnou variantou pro toto užití.

2.2 Vícepodlažní dřevostavby v EU

V zemích severní Evropy (Švédsko, Norsko, Finsko, Dánsko) probíhal od poloviny 90. let 20. stol. výzkum „Nordic Wood Project“ s cílem doplnit předpisy a podklady týkající se navrhování dřevostaveb. Problematika vícepodlažnosti u staveb ze dřeva je zde zaměřena zejména na protipožární ochranu. První výsledky byly publikovány v roce 1999 a byla zde řešena problematika lehkých dřevěných skeletů. Rozšířená verze závěrů výzkumu, zabývající se dřevostavbami kompletně (např. včetně návrhu konstrukcí z masivního dřeva), byla publikována v roce 2002. Výsledky výzkumu byly postupně zaváděny do stavebních předpisů a vedly k zásadním změnám týkající se problematiky vícepodlažnosti dřevěných budov. (Přeček, 2005)

	1994	1997	1999	2003
Švédsko	∞	∞	∞	∞
Norsko	2	∞	∞	∞
Finsko	2	4	4	∞
Dánsko	1-2	1-2	4	∞

Obrázek 3. Počet podlaží v dřevostavbách podle stav. předpisů v severských zemích

(https://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/materialy/vicpodlazni-drevostavby-i-uvod-do-problematiky_101450.html)

Vícepodlažní dřevostavby nebyly kromě Švédska v dřevařsky tradičních zemích na severu Evropy před bezmála desíti lety žádnou samozřejmostí. Z tabulky je patrné, jak se stavební předpisy postupně měnily a povolovaly použití dřeva na vícepodlažní budovy. To vše je samozřejmě možné pouze však za předpokladu splnění řady požadavků jako např. použití sprinklerů, retardérů hoření v dřevěných obkladech fasád, ale je patrné, že tuto problematiku řešit lze, resp. u našich severních sousedů je vyřešena.

2.3 Konstrukční systémy vícepodlažních budov

Obytné domy ze dřeva mají v Evropě více než 3000 let dlouhou historii. Konstrukční varianty, jsou skeletové, stěnové a hybridní.

2.3.1 Lehké dřevěné skelety

Je konstrukční systém, z USA který vznikl ve 30. letech 19. století s označením Baloon Frame a později pod názvem Platform Frame. Tento systém dominuje dosud dřevostavbám v Severní Americe a cca od poloviny 20. století, postupně s řadou modifikací, i v Evropě a Japonsku. Malá vzdálenost sloupků a konstrukční opláštění transformuje skelet na stěnový systém s možností otvorů a otevření vnitřního prostoru. Dobrá zpracovatelnost a montáž spolu s lehkostí prvků umožňují jak staveništní, tak průmyslovou výrobu.

2.3.2 Masivní dřevěné desky

Vznik ve Švédsku za účelem výstavby jednopodlažní a dvoupodlažní domů ze stěnových panelů na výšku podlaží, používané tloušťky 50 až 120 mm, které byly vytvářeny z fošen spojovaných na pero a drážku a vyztuženy rámem stejné tloušťky. V návaznosti na tuto zkušenost v posledních cca 10 letech především v Německu, Rakousku a Švýcarsku navazuje výroba a aplikace masivních desek o tl. 50 až 300 mm – stěnových, stropních i střešních panelů. Konstrukční alternativou jsou lepené stropní žebrové prvky s výškou až 500 mm.

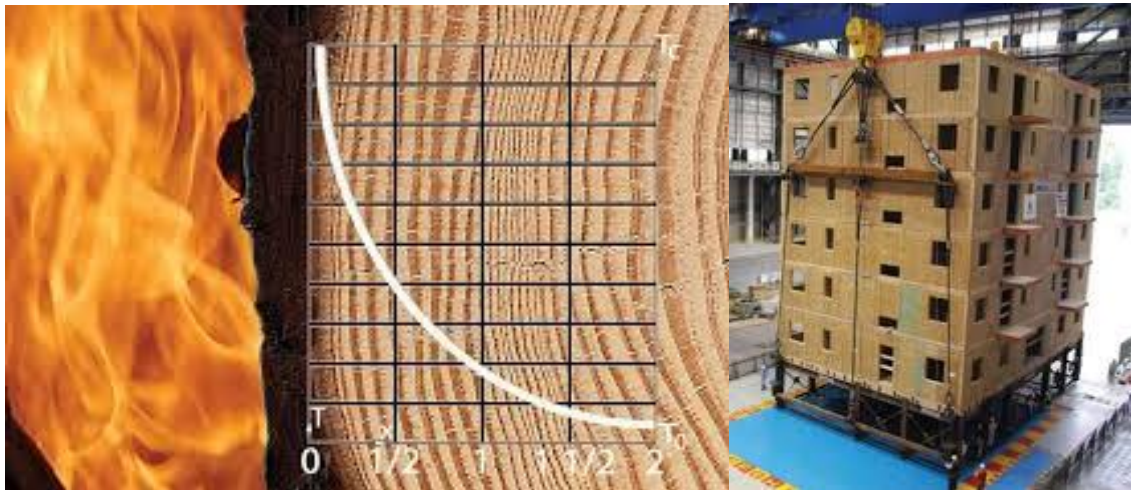
2.3.3 Těžké dřevěné skelety

Varianty těžkého skeletu se postupně vyvíjely ze středověkého německého Fachwerkbau s častým výskytem v Čechách v 16. až 19. století. Tato hrázděná konstrukce měla poměrně široké uplatnění zvláště u venkovských obytných a hospodářských budov. Současné těžké skelety jsou v bytové výstavbě uplatňovány v půdorysné modulové síti mezi 2,5 až 6 m; podstatný rozdíl ve srovnání s tradičními typy je v jejich stycích a následné nutnosti průmyslové nebo dílenské výroby prvků.

2.3.4 Porovnání

Konzervativní srovnání, průměrná hustota listnaté dřeviny je 530 kg / m^3 ve srovnání s běžně používaným betonem o hustotě asi 2400 kg / m^3 a konstrukční ocel s hustota 7850 kg / m^3 je řezivo asi 4 a půl krát lehčí než beton a asi 15krát lehčí než ocel. V tomto smyslu má dřevo některé pevnostní vlastnosti a tuhost srovnatelnou nebo lepší než ocel a beton. (Přeček, 2005)

Vícepodlažní budovy obvykle nejsou tvořeny pouze dřevem. Používáme zde materiály jako je ocel, sklo a beton. Dřevo, by však nemělo být okamžitě vyloučeno jako materiál pro budovy s několika podlažními. Je tomu přesně naopak témata, jako je úspora finančních prostředků a snížení emisí CO₂ budou v budoucnu zvyšovat poptávku po udržitelných materiálech z obnovitelných zdrojů ve všech oblastech stavebnictví.



Obrázek 4. Diagram hoření dřeva

(www.greenspec.co.uk)

3 Pilotní projekty vícepodlažních dřevostaveb

U budov, které mají více než pět pater, musí být nosná konstrukce z nehořlavých stavebních materiálů. To prakticky vylučuje využití dřeva. Je však možné v jednotlivých případech získat povolení pro stavby, které se odchyľují od těchto normativních požadavků, pokud jsou vytvořeny vhodné vylepšené požárně bezpečnostní opatření. To by mohlo zahrnovat taková opatření jako hasicí zařízení, například opláštění hořlavých materiálů nebo realizace dalších únikových cest. (Hansen, CTBUH 2017) Při dodržení popsanych zákonných ustanovení v uplynulých letech byla realizována řada pilotních projektů s vícepodlažních dřevostaveb. Zpočátku nejvyšším projektem byl sedmipodlažní bytový dům „e3“, který byl postaven na prázdné parcele v Berlíně. Zrovna nedávno byla realizována dřevěná konstrukce osmipodlažního domu „H8“ dokončena v bavorském městě Bad Aibling, v kraji Rosenheim. Tento projekt měl prokázat, že dřevo je také vhodným základním stavebním materiálem pro výškové budovy a může nahradit konvenční materiály.



Obrázek 5. Osmi podlažní H8 Rakousko a e3 Německo
(www.goethe.de)

4 Výškové budovy pro BUDOUCOST

Proveditelná hranice nezastaví dřevěné konstrukce na osmi podlažích. V londýnské čtvrti Shoreditch měří budova postavená ze dřeva téměř 30 metrů postavena v roce 2008 jako obytná věž o osmi podlažích navržena z masivního dřeva a postavena na podstavci ze železobetonu.



*Obrázek 6. Dřevěná budova Shoreditch 30metrů
(www.dezeen.com)*

Další budova, LifeCycle Tower, má 20 pater a je dílem mezinárodního týmu architektů, inženýrů a stavebních firem, kteří se účastní výzkumného projektu. Jako první pilotní projekt s osmi podlažími. Věž byla dokončena na jaře roku 2012 v Dornbirnu, v Rakousku, v těsné blízkosti bavorské hranice. V dlouhodobém horizontu nebudeme moci zabránit dřevostavbám v přesažení stávající výškové hranice současných budov.



*Obrázek 7. LifeCycle Tower
(www.baunetzwissen.de)*

5 Nejpůsobivější dřevěné konstrukce na světě

Dřevo bylo trvale populární stavební materiál po dlouhé věky. Jeho neuvěřitelná univerzálnost znamená, že je vhodné pro širokou nabídku projektů a bylo použito k vytvoření mnoho obdivuhodných konstrukcí po celém světě.

5.1 Metropol Parasol

Dřevěná stavba se nachází na náměstí La Encarnación ve staré čtvrti v Seville ve Španělsku. Navrhl ji německý architekt Jürgen Mayer a byla dokončena v dubnu 2011.



*Obrázek 8. Metropol Parasol
(gumodo.com)*

5.2 Kizhi Pogost

architektonický komplex zapsán na seznam světového dědictví UNESCO. Nachází se na ostrově Kiži na Oněžském jezeře. Je tvořen dvěma kostely se zvonící z 18. - 19. století, je obehnaný replikou tradiční ohrady z pogostů. Na ostrově se také nachází skanzen, zřízený v 60. letech 20. století, do kterého byla převezena celá řada dřevěných památek Karélie.



Obrázek 9. Kižský Pogost

(www.imgur.com)

5.3 JingXian Pagoda

Pagoda postavená v Číně, je dřevěná konstrukce postavena v roce 1056, během Khitan Liao dynastie. Pagoda byla postavena císařem Daozong z Liao . Pagoda, která přežila několik velkých zemětřesení v průběhu staletí, dosáhla takového věhlasu v rámci Číny, že jí byla přisouzena přezdívka „Muta“ (Číňan)



Obrázek 10. JingXian Pagoda

(topdownloadfreethingshere.net)

6 Prefabrikace

6.1 Off-site prefabrikace

Trendem je směr k vyššímu stupni prefabrikace. To znamená, že větší část stavebních prací se odehrává v průmyslovém závodě v dobře kontrolovaném prostředí schváleném k zajištění kvality.

Prefabrikace může zahrnovat různé součásti, jako jsou například stěnové a podlahové prvky, střechy, krovy atd., a také objem modulů. Moduly jsou prefabrikované s izolacemi, instalacemi, okny a dveřmi. Celková cena prefabrikovaných dřevěných modulů je často 20-25 % nižší, než stavba na místě, částečně kvůli úspoře času až o 80 %. (Kolb, 2013)



Obrázek 11. Prefabrikace modulů

(www.myframe.co)

Modulové stavby a modulární domy jsou sekční montované stavby nebo domy, které se skládají z několika částí nazývaných moduly. „Modular“ způsob konstrukce se liší od jiných metod výstavby budov. Jednotlivé moduly jsou konstruovány ve výrobních halách (někdy i několik set km vzdálených), pak doručovány na místo použití. Kompletní stavba prefabrikovaných sekcí je dokončena na místě. Prefabrikované části jsou ukládány na základové prahy pomocí jeřábu, sekce prefabrikovaných modulů jsou postaveny na základ a spojeny v jeden objekt. Tyto moduly mohou být umístěny vedle sebe nebo na sobě, což umožňuje širokou škálu konfigurací a stylů v rozvržení budovy. (Štefko Jozef, 2004)



Obrázek 12. Modulární prefabrikace
(www.modular.org)

Modulové stavby, také nazývané prefabrikované, jsou postaveny na vyšší úrovni stavebních norem oproti výstavbě na staveništi. Modulové stavby musí vyhovovat všem místním stavebním předpisům pro jejich navrhované použití.



Obrázek 13. 3D návrhy konstrukčního řešení
(www.woodconstruction.com)

6.2 Modulární konstrukce

Modulární konstrukce umožňuje řešení pro mnohé z problémů, kterým vícepodlažní budovy a stavební projekty čelí. Protože většina konstrukce pochází mimo pracoviště, je malé riziko poškození ostatních stávajících budov a vznikajících problémů. Náklady se značně sníží, protože nemusíte najmout několik pracovních skupin na výstavbu. Také doba výstavby se dramaticky snižuje z několika měsíců na dobu 4-6 týdnů. Sestava může být dokončena za pouhé 2-3 dny v interiérech v závislosti na složitosti stavby.

Kromě rychlejší výstavby vícepodlažních modulární budov nezahrnuje další stavební čety. To znamená úsporu na prodlevách a nečinnosti pracovníků. Tyto úspory mohou být použity k posílení zařízení, terénním úpravám, nebo k jinému použití. (Krusna, 2006)

Vícepodlažní budova musí být strukturálně celistvá. Jednou z chyb vícepodlažní modulární konstrukci je, že vzniká méně standardní konstrukce v důsledku procesu sestavování. To je ovšem mýtus. Modulární konstrukce se provádí na stejné, ne-li vyšší úrovni než u tradičních metod. Vzhledem k tomu, většina materiálů pro modulární konstrukci patrových budov je možné recyklovat. Stavby jsou zhotoveny z materiálů, které byly důkladně testovány na jejich dopad na životní prostředí.



Obrázek 14. Prefabrikované dílce a jejich složení
(www.coloradophotographics.com)

6.3 Výhody

Vícepodlažní budova není omezena modulárním stavebním procesem, spíše naopak. Kde může tradiční projekt uškodit designu budovy, modulový systém nabízí mnoho originálních řešení.

Staveniště jsou notoricky známé pro tvorbu různých otázek, zda použité materiály jsou řádně uloženy, jestli nedochází k poškození vinou manipulace dělníků, frustrování investoři, špína a údržba atd. Modulární proces výstavby výrazně zkracuje čas, ve kterém je pozemek zasažen stavbou.

Neexistuje žádný pádný argument. Modulární konstrukce je prostě lepší a efektivnější způsob provedení stavby. Budovy jsou strukturálně postaveny na stejné, ne-li vyšší úrovni než tradiční konstrukce. Z hlediska materiálů a konstrukcí ekologičtější a obnovitelné s celkově nižšími náklady. (Hansen, CTBUH 2017)



Obrázek 15. Budoucnost modulární výstavby
(www.treehugger.com)

7 Ekologie

7.1 Udržitelnost a výhody dřevěných stavebních systémů

Architekti, investoři, designéři, a některé vládní agentury projevují větší důraz na udržitelnost v pozemním stavitelství a provoz budov, protože budovy jsou hlavním přispěvatelem k emisím skleníkových plynů jak v konstrukci, tak v provozu. To vedlo ke zvýšenému zájmu o využití dřeva v budovách. Dřevo je považováno za atraktivní materiál pro zelené stavebnictví.

Použití dřeva ve stavebnictví může pozitivně přispět k udržitelnému rozvoji stavebnictví v praxi v mnoha ohledech. (Joseph, 2011) Dřevo je považováno za obnovitelný zdroj a lesy dodávající dřevo nabízí přírodní ukládání uhlíku. Těžba přírodních zdrojů a výrobní fáze dřevařských výrobků vyžadují velmi malé množství energie oproti klasickým materiálům používaných ve stavebnictví. Inovativní dřevěné systémy určené pro prefabrikaci a demontáž umožňují opakované použití materiálu, více životních cyklů výrobku a účinnější využívání zdrojů, než je obvyklé u demolic. Kromě výhod udržitelnosti, má dřevo i další pozitivní vlastnosti ve srovnání s jinými typy stavebních materiálů. Možnost prefabrikace mimo staveniště a minimalizaci práce na místě. Umožňuje tvorbu vysoce kvalitní certifikovaných výrobků. Výstavba je možná nezávisle na počasí a při vysokém tempu výstavby díky prefabrikovaným dílcům a předpřipravenosti. Dřevo umožňuje snížení stavební hmotnosti, což vede k úsporám v základové spáře. Nehledě na snadné změny na místě stavby a zvýšené flexibilitě v architektonických možnostech designu.



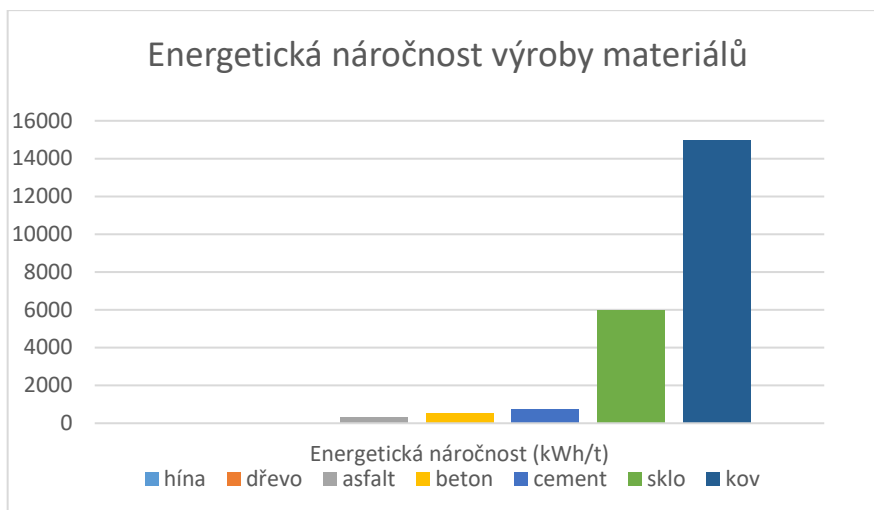
Obrázek 16. Architektonická studie ekologické výstavby výškových budov
(maistorplus.com)

7.2 Ekologické výhody

Většina více patrových budov jde stavět z betonu nebo oceli. Otázkou však zůstává, kolik energie je zapotřebí k produkci a výrobě betonu a oceli ve srovnání se dřevem?

Cement je hlavní složkou betonu a vyrábí se v pecích, zahřátím na teplotu 1450 °C, a pak znovu ochlazením na teplotu 100 °C. Využití energie k tepelnému materiálu se přímo vztahuje k emisím CO₂, a tudíž ke globálnímu oteplování.

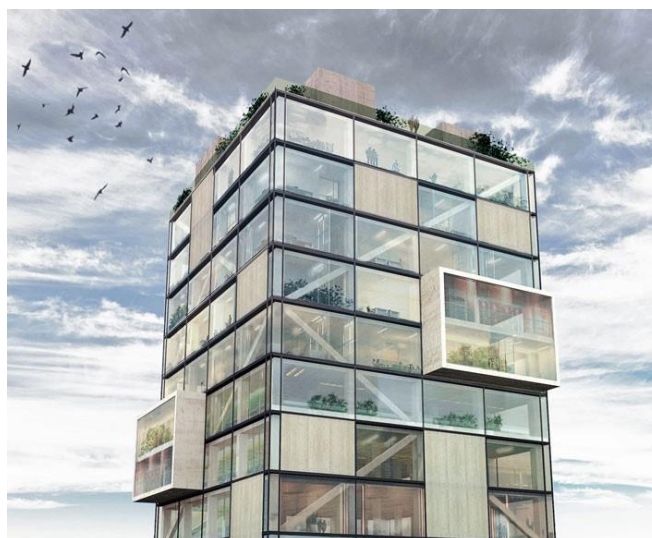
Na obrázku č. 18 je uveden přehled o množství energie potřebné k výrobě jedné tuny materiálu. Dřevo je znázorněno na obrázku levé strany spektra s 5-7,5 kWh/t zatímco cement a hliníkové slitiny jsou umístěny na pravé straně 1000 kWh/t a 72000 kWh/t v tomto pořadí, což znamená, že dřevo je trvale udržitelný materiál, alespoň ve srovnání suroviny. (Simon)



Obrázek 17. Potřebné množství energie potřebné pro výrobu stav. Materiálů

Energie potřebná k výrobě dřeva ze stromů pochází přímo ze slunce a je optimalizována prostřednictvím milionů let evoluce. Při těžbě, dřevo zpracujeme do materiálů na bázi dřeva nebo přířezů. Dřevo, které vyžaduje jen zlomek energie potřebné k výrobě oceli nebo betonu je tak logičtější variantou použití při obnovitelné výstavbě.

Z tohoto důvodu je dřevo považováno za ekologicky udržitelný stavební materiál a má významný vliv na ekologickou rovnováhu budovy, což je faktor, který se v budoucnu stává stále důležitější. (Simon)

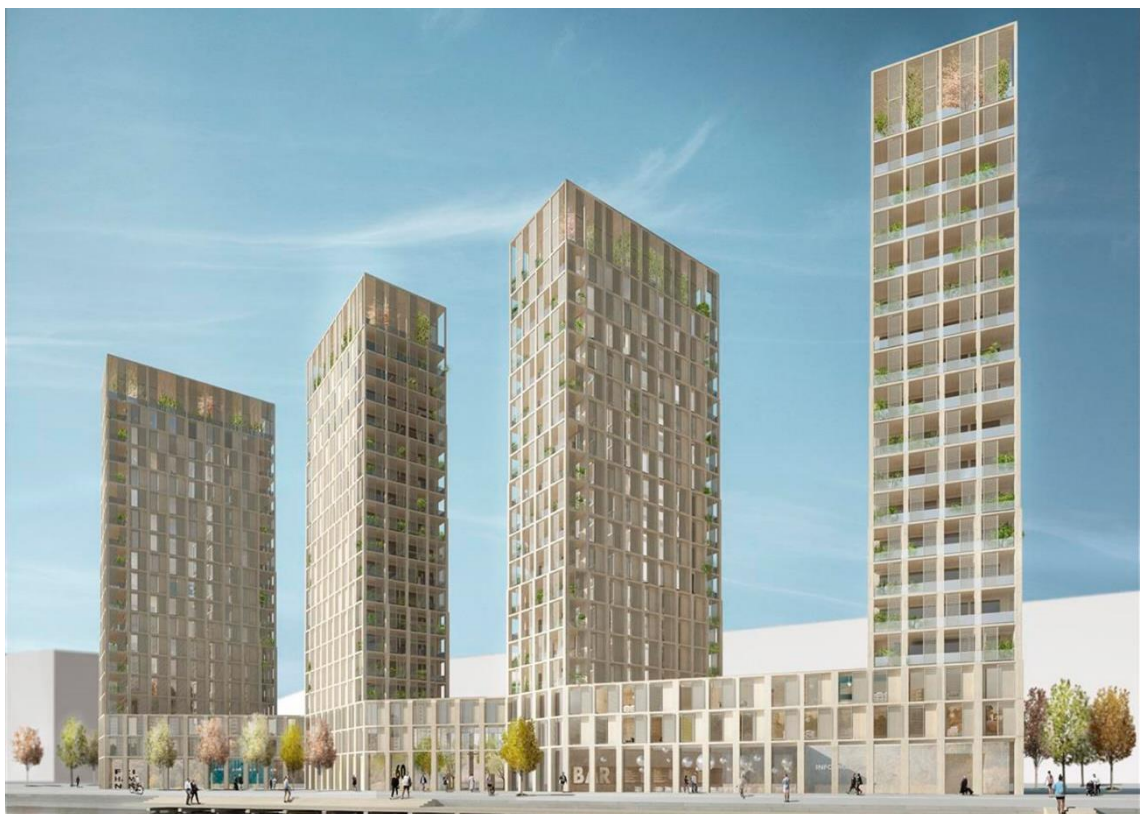


*Obrázek 18. Příklad ekologicky soběstačné budovy
(epixeiro.info)*

8 Rychlost výstavby vícepodlažních budov

Inovativní výrobky ze dřeva a rostoucí uznání nákladové efektivity dřeva, všestrannost a lehká uhlíková stopa se začíná rozšiřovat v použití u nebytových a bytových staveb. Delší rozpětí, vyšší stěny, rychlejší výstavba, inovativní technologie dělají ze dřeva životaschopnou volbu při použití u staveb, jako jsou arény, tělocvičny, haly s otevřenými prostory. Například, výrobky ze dřeva, jako je lepené lamelové dřevo může být vyrobeno tak, aby se dosáhlo rozpětí až 35 metrů a výšky až 7 metrů. (Hough)

Významnou výhodou dřeva je rychlost výstavby, která je zlepšována použitím prefabrikovanými komponenty. Kromě rychlosti je tento proces výstavby významně bezpečnější a dochází k minimalizování počtu pádů.



Obrázek 19. Dřevěné město
(piusxii.info)

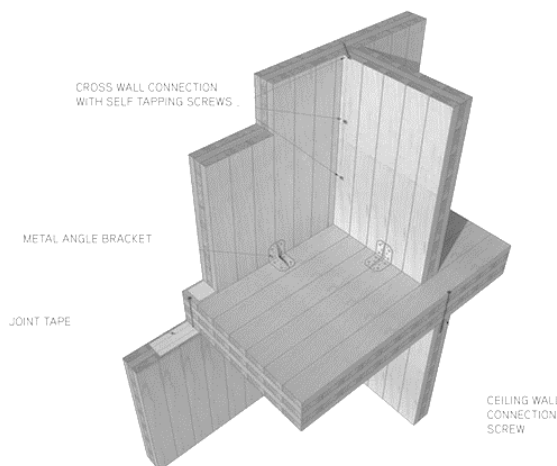
8.1 Úspora nákladů

Úspora nákladů, flexibilita design, snadno dostupný produkt, estetika, stěnové a střešní systémy pro vynikající pevnost a seismická odolnost patří mezi důvody proč architekti a inženýři používají konstrukční dřevo. Moderní stavební předpisy umožňují čtyř až pětipodlažní dřevěný rám v mnoha státech USA. Kanada v poslední době zvýšila povolenou výšku obytné dřevostavby ze čtyř pater na šest. (design., April 2002) V Evropě, dřevostavby dosahují výšky až osm pater. Tyto budovy jsou stavěny z křížem laminovaného dřeva (CLT), které také vytváří nové možnosti pro vyšší dřevostavby.

CLT je vícevrstvá dřevěná deska vyrobená ze dřeva skládaného křížem na sousední vrstvy a lepené po celé své ploše, vytvoříme tím produkt s výjimečnou pevností a tvarovou stálostí.



Obrázek 20. CLT panel z křížem lepených lamel
(resumescv.us)



Obrázek 21. CLT konstrukční řešení
(aceitepimienta.com)

Kromě inovativních produktů a technologií, se větší účinnosti při realizaci využívá konstrukčních technik, jako je Optimální hodnota inženýrství (OVE). Ačkoli získávají na popularitě jako součástí dnešního hnutí zelené budovy, OVE byla zavedena na domácí stavebnictví před více než 20 lety.

Mezi výhody patří nižší náklady na materiál, zvýšení energetické účinnosti (Protože konstrukci je prostor pro dodatečné zateplení), a méně odpadu. (Kolb, 2013)

8.2 Dřevo a komerční budovy

Nižší náklady, lehčí uhlíková stopa. V sousedním Rakousku jsou dřevěné školy stále populárnější, protože stále více lidí chápe, že dřevěná konstrukce může být efektivně navržena pro dlouhodobou životnost a účel. Kromě úspory nákladů architekti rádi citují několik klíčových výhod dřeva ve školních budovách: dřevěné trámy a sloupy předávají teplo, které zvyšuje a zlepšuje učební prostředí. (Boggs, July 1995)



Obrázek 22. Základní škola Rakousko Fertigstellung
(www.detail.de)

9 Vnitřní prostředí a psychika

9.1 Fyzikální vlastnosti

Žádoucí stavební fyzikální vlastnosti jsou pro budovy obecně důležité, a zahrnují separaci mezi prostorem uvnitř budovy a na fasádě. Materiály na bázi dřeva mohou ovlivnit vlastnosti budovy prostřednictvím hustoty konvekčních, tepelných, akustických a hydrotermálních vlastností. Řešení těchto otázek je u dřevostaveb velká výhoda v konstrukci, protože samotná tloušťka stěny může být subtilnější a nedochází tak k případnému zmenšení pronajímatelné plochy.

9.2 Vzduchotěsnost

Těsnost vzduchu, ve skutečnosti více známá jako hustota konvekce je základní stavební fyzikální vlastností konstrukce. Navržená jsou řešení dutých stěn, bariérové fólie a obložení, které jsou velmi tenké, a proto nemají vliv na využití prostoru. Naměřená hustota konvekce příčných vrstvených dřevěných panelů může být v řádu 750 Pa. Předpokládá se, že je to dost pro separační prvky. (Malo, WCTE Québec 2014) Pro tyto důvody se předpokládá, že hustota proudění neovlivňuje výšku budovy. Bariérové fólie a zasklení může vyřešit problémy s hustotou konvekce. Výhodným řešením jsou CLT panely. Jsou dostatečně vzduchotěsné, a fungují velice dobře i v praxi.

9.3 Tepelná izolace

Faktory, které mají vliv na tepelnou kvalitu izolace dělicí stěny, jsou zejména tepelná vodivost, a hustota konvekce. Za předpokladu, že absolutní hustota konvekce tepelné vodivosti zůstává jako klíčový parametr. Tepelná vodivost je závislá především na hustotě a vlhkosti a obsah použitého dřeva. Když je aplikována parotěsná zábrana a hustota konvekce zaručuje stabilní vnitřní klima lze předpokládat, že vlhkost je nízká. Obecně dřevo má dobré tepelně izolační vlastnosti ve srovnání s minerálními materiály např. betonem nebo ocelí. Materiály na bázi dřeva mají pozitivní vliv na tepelně izolačních

vlastnosti budov. Lehké dřevěné rámy mají dobré tepelně izolační vlastnosti, protože tepelná kontaktní plocha je malá po celé ploše. Dřevěné stavební systémy jsou homogenní a vytváří homogenní teplotní pole, což vede k dobrým izolačním a akumulacním vlastnostem. Pokud je dodržena absolutní hustota proudění. U tepelné izolace se neočekává, že by způsobila neobvyklé problémy s výškových budov ze dřeva. (1991-1-4, 2005)

9.4 Zvuková izolace

Z akustického hlediska je dřevo lehký stavební materiál. Šíření zvuku ve vzduchu obvykle nezpůsobuje problémy dřevostaveb. Problémem je hluk kontaktní, který je však rozhodující. Pochází z malých hmotnostních a tuhostních poměrů dřeva. Vibrace jsou vyvolány kročejovým zvukem, který vytváří povrch podlahy. Horizontální akustické oddělení mezi jednotkami obvykle není problém. Problémem však jsou vertikální akustická oddělení v budově ze dřeva.

9.5 Hydrotermální aspekty

Ovládání vlhkosti je důležité, aby si struktura dřeva zachovala svoji trvanlivost. Hydrotermální vlastnosti dřeva se liší od jiných materiálů použitých při výstavbě. Konstrukce včetně parotěsné zábrany může být použita k překonání problémů s vlhčím prostředím. Problémy s párou a vlhkostí neovlivňují výstavbu vysokých dřevěných objektů, protože řešení nevyžaduje velké množství prostoru. Parozábranou fólií můžeme vyřešit problémy s hydrotermálními aspekty.

9.6 Shrnutí

Materiály mohou ovlivnit fyzické aspekty budovy, ale dají se snadno překonat a neovlivňují výraznějším způsobem výšku budovy. Problémy s těsností a hydrotermálním aspektem lze překonat pomocí parotěsné zábrany, nebo obkladovým materiálem. Materiály na bázi dřeva mají relativně dobré tepelné vlastnosti, a proto nevyžadují více prostoru jako jiné stavební materiály. Vzhledem k tomu mohou být tyto problémy řešeny v rámci prostoru, který je obvykle k dispozici pro tyto opatření. Problém s hlukem a kročejovou izolací je však mnohem obtížnější překonat. Jakmile jsme tento problém schopni ošetřit vhodným použitím konstrukčního detailu, už nic nebrání k použití dřeva na konstrukce vícepodlažních budov.

9.7 Řešení fyzikálních vlastností

Z analýzy problému se ukázalo, že většina otázek v oblasti stavební fyziky neovlivňuje výšku dřevěných budov s výjimkou kročejového přenosu hluku z podlahy do dřeva. Konstrukce opláštění fasády se předpokládá, že nemá žádný jiný dopad než u klasické konstrukce, vyjma případů, kdy do hry vstupuje akumulace tepla zejména v letních měsících. Na toto téma se provádí průzkum v poli křížem vrstveného dřeva s prokazatelně dobrými výsledky. Podlahové systémy jsou obvykle účinnějším řešením. Obecně platí, že podlahové souvrství se skládá z horní vrstvy s relativně vysokou hmotností, následován elastickým materiálem k tlumení vibrací. (Garrecht, 2008)

10 Bezpečnost

10.1 Požární bezpečnost

Dřevo jakožto jeden ze základních konstrukčních materiálů doprovází člověka ve výstavbě od dob, kdy začal budovat svá obydlí. Úvodem poněkud skepticky lze konstatovat, že dřevostavby hořely, hoří a hořet budou, což je dáno přirozenou a často žádanou povahou dřeva. Ihned je nutné dodat, že ve stavbách kamenných, zděných, železobetonových, ocelových či prosklených hoří rovněž. Současné moderní dřevozpracující technologie předurčují dřevo jakožto obnovitelný a environmentálně šetrný materiál a produkty na jeho bázi ke stále širšímu využití. Těžiště pro dřevostavby v České republice představuje především výstavba rodinných domů, avšak svůj prostor si nachází i ve výstavbě bytových domů, staveb občanské vybavenosti atd.

10.2 Komfort

Pokud jde o vnitřní komfort budov, pocitově vyhrává dřevostavba z mnoha již zmíněných důvodů přírodního materiálu, ekologického dopadu a příjemného prostředí.



*Obrázek 23. Stavba velice estetické a komfortní dřevostavby v centru Berlína
(megnaindianrestaurant.net)*

11 Využití

kvalita výstavby však nezačíná a nekončí u vstupních dveří budov. Jednotlivé stavby vytvářejí město, v němž žijeme a jehož ulicemi denně procházíme. A kvalita ulic, náměstí a zeleně ovlivňuje kvalitu našeho každodenního života stejně, jako ji ovlivňují interiéry domů, v nichž trávíme čas. Moderní města pracují s koncepty propojujícími smysluplnou výstavbu a udržitelný rozvoj měst a vytvářejí příjemné místo pro život.



Obrázek 24. Příklad smysluplně umístěné zástavby výškové budovy
(timbertower.com)

12 Metodika

1. Vyhledání informací v odborné literatuře, odborných časopisech na internetu.
2. Obecné uvedení do problematiky výškových dřevostaveb.
3. Provedení průzkumu trhu výškových budov
4. Porovnání jednotlivých staveb a stanovení jednotících kritérií
5. Porovnání jednotlivých konstrukčních systémů a způsobu požární ochrany
6. Návrh vhodných směrů pro vícepodlažní výstavbu.
7. Případový projekt realizovatelný v ČR

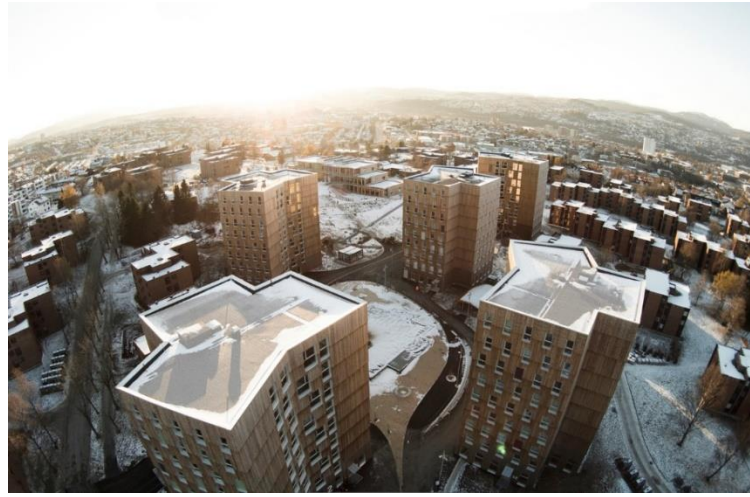
Na začátku průzkumu jsem si stanovil hlavní cíl práce a dílčí cíle.

Hlavním cílem porovnat jednotlivé už stojící budovy ze zahraničí a tyto poznatky aplikovat v domácím prostředí. Dalším cílem bylo navrhnout reálnou podobu výškové stavby ze dřeva v podmínkách České Republiky. Porovnat jednotlivé parametry stavby a požadavky na ně s ostatními zeměmi.

Inspirací pro projekt studii byla nejvyšší dřevěná budova stojící v Norsku

13 Analýza výškových staveb v zahraničí

13.1 Moholt 50|50



*Obrázek 25 Pohled za rozbřezku Moholt 50/50
(www.archdaily.com)*

Architekti: MDH Arkitekter

Umístění: Trondheim, Norsko

Plocha: 21700,0 m²

Projektový rok: 2016

Fotografie: Ivan Brodey , Tomáš Bekkavik

Výrobci: Stora Enso , Kebony, ROCKWOOL

Konstrukce CLT

Textový popis poskytnutý architekty. Studentské věže jsou součástí rozsáhlejšího masterplanu, který spojuje stávající studentskou vesnici v norském Trondheimu. Projekt využívá místo bývalého parkoviště, pro vytvoření nového srdce pro studentskou vesnici s bytovými jednotkami, mateřskou

školou, obchodem s potravinami a sportovními aktivitami. Veškeré budovy jsou konstruovány z (CLT).

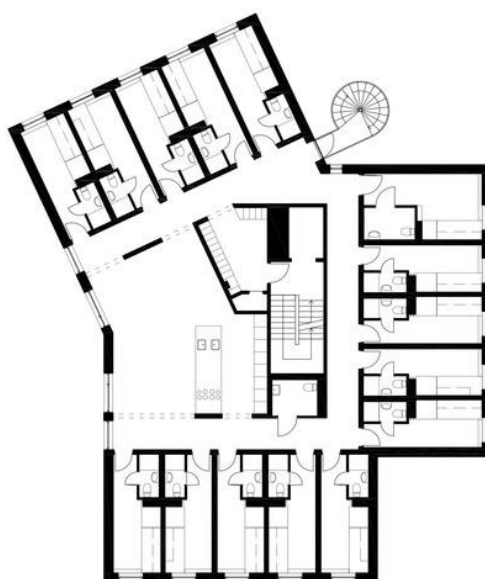


Obrázek 26 Dřevěný Interiér stavby

(vimeo.com/226106323)

V původním návrhu soutěže byly věže postaveny podle konvenčních konstrukčních metod; ocelové a betonové konstrukce s obkladem z cihel, aby projekt splnil ambiciózní energetické a klimatické cíle projektu. Projektový tým zkoumal možnost přetvoření konstrukcí na křížem vrstvené dřevěné konstrukce (CLT). (2015) Věže s relativně krátkými rozpětím tvaru Y byly v mnoha ohledech staticky optimální pro konstrukci CLT.

Přístup ke stavbě z CLT měl využít konečných povrchů prvků z CLT a co nejvíce odhalit konstrukční systém tím, že vyvine robustní a upřímnou koncepci detailů. Klouby konstrukčních prvků jsou odhaleny jako součást estetiky interiéru. Všech pět věží je 9-ti podlažních s výškou 28 metrů. Podzemní a přízemní podlaží jsou zhotoveny z odlitého železobetonu. Od 1. patra do 9. patra se celá konstrukce skládá z prefabrikovaných prvků CLT. Výtahové šachty a schodiště jsou také zkonstruovány v CLT. Vnitřní i vnější stěna jsou strukturální.



*Obrázek 27 Půdorys
(divisare.com)*

Byla provedena zkouška požáru v plném rozsahu, aby se vytvořila lepší informační základna pro kalibraci požáru, rychlost hoření a kapacitu postřikovačů. Na některých stropích a stěnách je použit sádkarton, potěr a izolace pro získání konstrukčních vlastností podle požárních a zvukových předpisů. Některé konstrukční stěny, například vnitřek schodišť, jsou natřeny transparentním protipožární ochranou barvou, která umožňuje expozici dřevěného povrchu. (Premierconstructionnews.com, 2015)



*Obrázek 28 Řez stavbou
(archdaily.com)*

Stejně jako běžné dřevěné konstrukce, mají dřevěné konstrukce CLT charakteristické smrštění v tangenciálním a radiálním směru. Fasádní obkladový systém studentských věží je navržen tak, aby mu dala teleskopickou charakteristiku, která může absorbovat smršťování podlahových prvků bez vytváření napětí v obložení. Fasády jsou obloženy borovicovými prvky ošetřenými Kebony, udržitelným produktem z měkkého dřeva, který je ekologicky zpracován na biologickou kapalinou. Ve spodní části fasády je materiál nainpregnovaný zatímco v horní části fasády je ponechán nezpracovaný a bude přirozeně působit a stárnout. (5050, 2014)

Mette Valen, obchodní ředitel společnosti Kebony, dodal: "Projektový tým pracující na Moholtu 50 | 50 udělal neuvěřitelnou práci a vytvořil velkou a úžasnou budovu uprostřed vybudované rezidenční čtvrti. Bylo nám potěšením vidět, že kladou takový význam na environmentální hodnoty a doufáme, že velikost výstavby ukáže ostatním, že dokonce i rozsáhlé projekty mohou klást udržitelnost jako klíčový cíl. "

Projekt byl nominován na cenu Mies van der Rohe 2017.

13.2 International House Sydney



*Obrázek 29 Vizualizace objektu z ulice
(cartridges.planetark.org)*

Architekti TZANNES

Umístění Barangaroo NSW 2000, Austrálie

Architekti: Alec Tzannes, Jonathan Evans

Plocha 7920,0 m²

Projektový rok 2017

Fotografie Ben Guthrie, John Gollings

Výrobci: Permasteelisa

International House v Sydney je výrazným novým prvkem ve městě a vytváří příjemné spojení mezi novým okrskem Barangaroo a historickým centrem města.



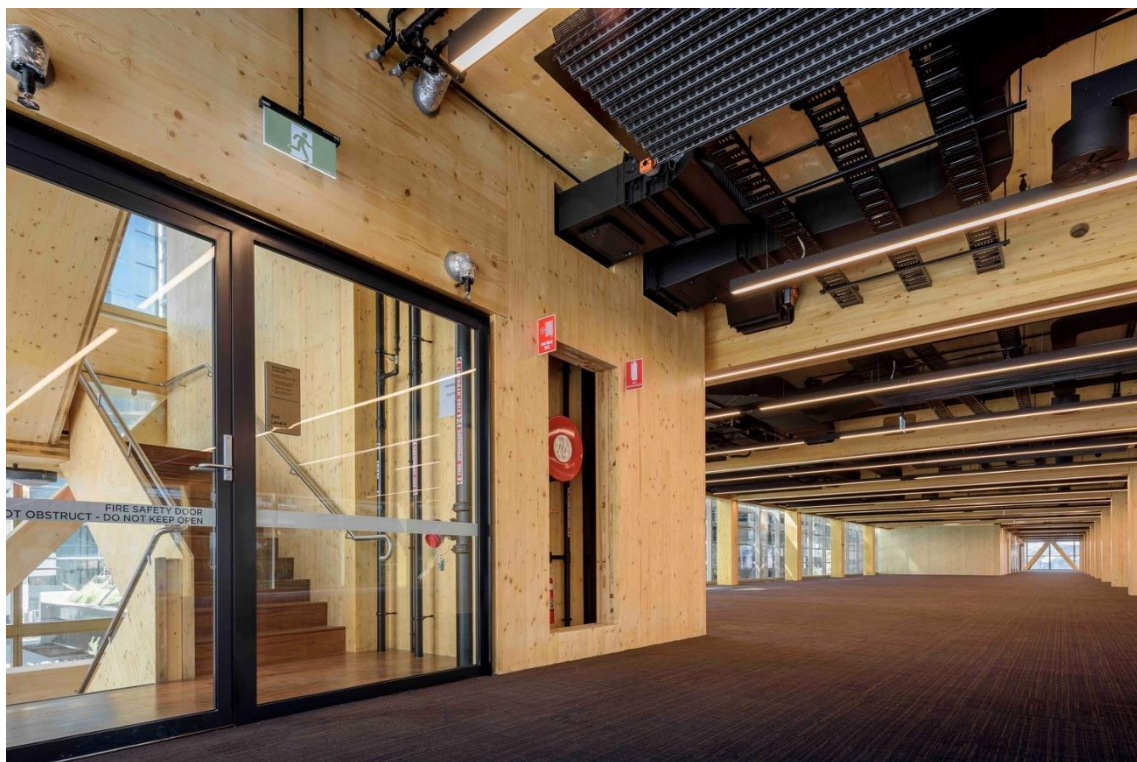
Obrázek 30 Fotkografie po realizaci

(e-architect.co.uk)

Nejvýraznějším aspektem společnosti International House Sydney je skutečnost, že šest nadzemních podlaží je postaveno výhradně z konstrukčního nebo křížového laminovaného dřeva, včetně podlah, sloupů, stěn, střech, výtahových šachet, výstupních schodů a opěrných míst podporovaných jednotkovou maloobchodní úrovní konvenční betonové konstrukce. (Cartridges.planetark, 2013)

Budova zkoumá novou podobu krásy. Vyjadřuje s estetickou účinností plně exponovanou dřevěnou konstrukci, zbavenou dalších vrstev dokončovacích materiálů.

Jedná se o architekturu, která je detailně vyladěná, dotažená ne jen pro "estetický efekt" ale jejím záměrem je stát se dlouhodobě oceněnou budovou komerčního majetku. Na výstavbu bylo použito zhruba 3500 m³ trvalého a recyklovaného dřeva. Nepoužíváním betonu bylo zabráněno tisíce tun skleníkových plynů. Důležité je, že International House Sydney dokládá, že komerční trh s nemovitostmi bude akceptovat výstavbu z masivního dřeva jako životaschopnou a vzrušující alternativu ke konvenční betonové výstavbě, čímž se zvýší příležitost architektury přispět efektivněji k nižší uhlíkové a udržitelnější budoucnosti pro rozvoj měst ve světě.

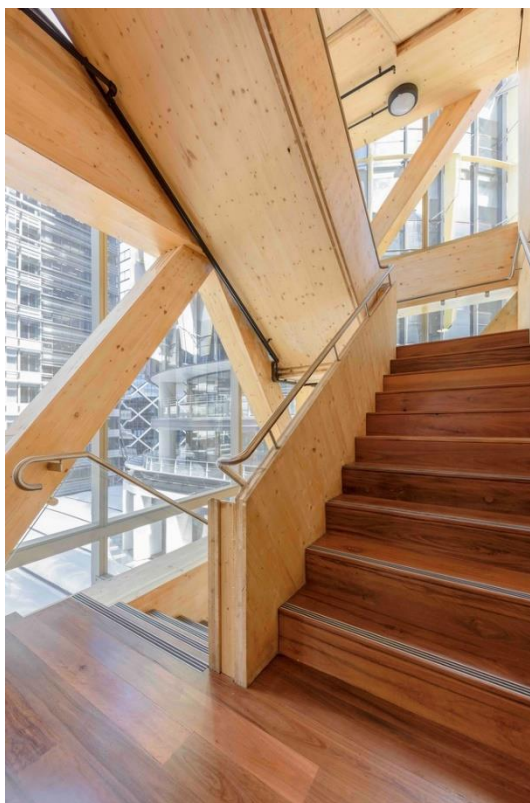


Obrázek 31 Masivní dřevo interiéru stavby bez protipožární ochrany a opláštění

(archdaily.com)

Mezinárodní dům Sydney byl koncipován tak, aby dodával radost ze zkušeností veřejného sektoru, aby dokázal vedení v ekologicky udržitelném designu a podpořil blahobyt. Úplně přirozený a obnovitelný dřevěný materiál, který se používá strukturálně, je inovativní technologií pro projekty s prokázanými vyhlídkami na jeho přijetí napříč rostoucím počtem komerčních aplikací po celém světě.

International Sydney House definuje okraj ulice obchodního a maloobchodního okruhu s velkolepou dvou podlažní kolonádou navrženou z masivního dřeva. Dalším významným veřejným prostorem, který poskytuje další možnosti pro aktivity v chráněném prostředí.

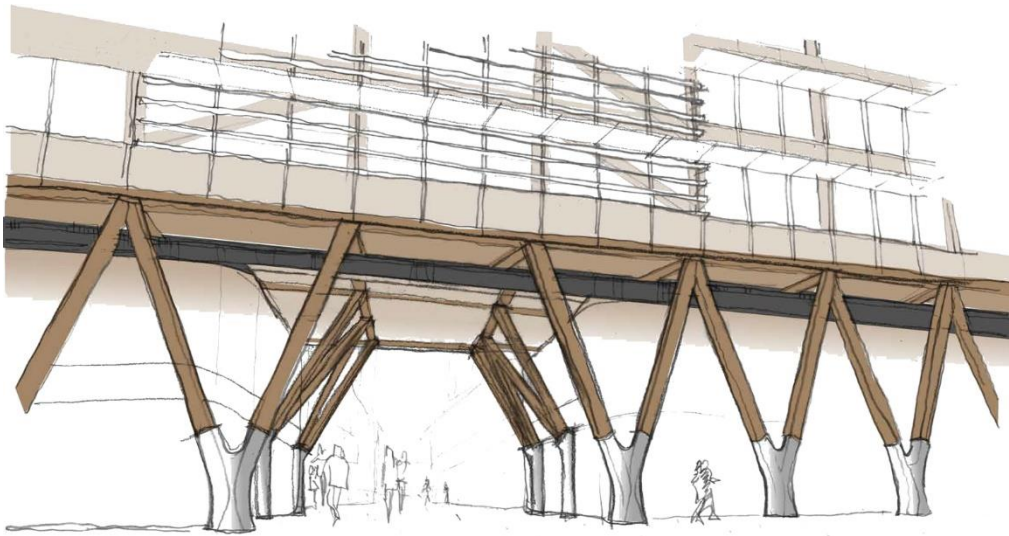


Obrázek 32 Únikové schodiště stavby

(planet-park.com)

Konstrukce přetváří konstrukční omezení vyvinutého hromadně pěstovaného dřeva a recyklovaného tvrdého dřeva tak, že vytváří silnou vizuální přítomnost a čitelnou dráhu konstrukcí nosníků. Nosníky s dvojitou výškou, zhotovené z recyklovaného dřeva, vyvolávají vzpomínky na lesní původ dřeva. Tyto starodávné stromy byly respektovány v novém průmyslovém využití, aby dále rozlišovaly architekturu a její příspěvek k návrhu veřejného prostoru.

Vůně, hmatové a vizuální podněty dřeva přinášejí přirozenější a zdravější vnitřní prostředí. Jeho pocit a přirozené teplo prokázalo, že snižuje stres a úzkost, zvláště když je spojeno se zvýšenou kvalitou vnitřního vzduchu a krásnou estetikou. (www.e-architect.co.uk, 2016)



Obrázek 33 Založení stavby připomínající lesní porost

(archdaily.com)

Prefabrikace konstrukce poskytla významné snížení doby výstavby a dodatečnou kontrolu kvality dosaženou výrobou v místě výroby. Celá prefabrikace dřevěných dílů byla dodána komplexním 3D digitálním dokumentačním procesem, který koordinuje každou penetraci, připojení a rozhraní před zadáním zakázky.

Mezinárodní dům Sydney je příkladem místa, kde se vytváří architektura, která snižuje negativní dopady na životní prostředí v zastavěném prostředí. Poskytuje trvalý obchod s uhlíkem směřujícím k budoucnosti komerčních stavebních staveb po celém světě.

13.3 Mjøstårnet



Obrázek 34 Vizualizace Mjostarnet

(Mjøstårnet - Construction of an 81 m tall timber building)

Umístění Brumunddal, Norsko

Architekt Voll Arkitekter

Dodavatel na klíč Hent Subdodavatel na klíč Moeleven Limtre

Strukturální design Sweco Klient AB Invest

Plocha 11300,0 m²

Projektový rok 2018

Mjøstårnet bude největší dřevěnou budovou na světě, která stojí 81 metrů nad zemí. Mjøstårnet bude mít společnou podlahovou plochu přibližně 11 300 metrů čtverečních. Budova bude mít 18 podlaží a bude obsahovat byty, hotel, kanceláře, restaurace a společné prostory. Kromě toho bude k dispozici plavecký bazén s rozlohou přibližně 4 700 metrů čtverečních.

Abrahamsen věří, že je možné stavět i vyšší budovy. „Je to hlavně o šířce, která určuje, jak vysokou můžeme postavit budovu ze dřeva. Větší šířka znamená, že se budova hýbe méně. Širší budova by znamenala bezproblémovou výstavbu více než 100 metrů a možná i 150 metrů a více. " (19)

Společnost Moelven Limtre bude dodávat sloupy, nosníky a diagonály, výškové šachty a schodiště z CLT a podlahové desky pro budovu věže a plaveckou halu. Moelven je zodpovědný za instalaci všech dřevěných konstrukcí. Konzultační společnost Sweco provádí konstrukční řešení pro společnost Moelven. (www.moelven.com, 2017). Projekt byl zahájen v dubnu 2017 a první stavba začala na začátku září. Budova bude sestavena ze čtyř podlaží. Celkem se jedná o pět etap výstavby. Mjøstårnet bude postaveno bez vnějšího lešení. Místo toho bude projekt využívat velký jeřáb a vnitřní lešení. Nejdříve je sestava sestavena na zemi vedle budovy, předtím, než je zdvižena nahoru. Potom jsou podlahové desky zdviženy na své místo. Budova je naplánována na dokončení v březnu 2019.

Smlouva společnosti Hent AS se odhaduje na přibližně 500 milionů NOK bez DPH. Pro společnost Moelven Limtre je smlouva se společností Hent AS o hodnotě 47 milionů NOK bez DPH. To je jedna z největších smluv společnosti Moelven Limtre. Glulam je dřevo, které je hoblováno a pak lepeno dohromady, aby vytvořilo silné sloupy a trámy. Může být také tvarován do různých tvarů, například oblouků a může být použit jako hlavní konstrukce stejným způsobem jako beton a ocel. Jako stavební materiál je lepidlo nákladově efektivní, protipožární, silné a ohebné. Dřevo ukládá CO² po celý životní cyklus a výrobní proces glulamu vyžaduje jen málo energie. Vysoké budovy s nosnými konstrukcemi ze dřeva mají velmi nízkou uhlíkovou stopu. Dřevo je jediný obnovitelný stavební materiál, který máme.



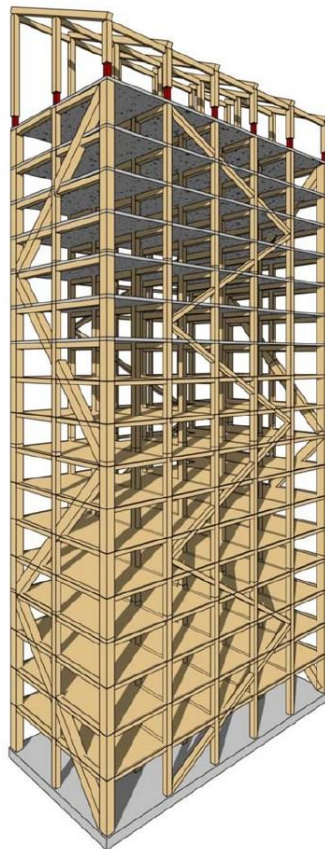
Obrázek 35 Umístění stavby

(Mjøstårnet - Construction of an 81 m tall timber building)

Schopnost vytvářet mrakodrapy ze dřeva je měřítkem udržitelné výstavby. Jako iniciátor projektu Arthur Buchardt vysvětluje, že získání lokálního smrku dramaticky snížilo uhlíkovou stopu budovy, stejně jako jednoduchou výrobu sloupů a trámů, které vyžadují malou energii pro vytvoření hlavní strukturu budovy.

Dřevo bylo často zpochybňováno kvůli častým mylným představám o jeho neschopnosti odolat požáru. Nicméně podle Abrahamsena je možné lokalizovat slepé nosníky tak, aby se navzájem vzájemně neovlivňovaly. Hlavním problémem stavby je lehká hmotnost dřevěného rámu, který se může na vrcholu hýbat až na 140 milimetrů, když čelí silným větrům regionu. Pro odstranění tohoto problému se na sedmi horních podlažích použijí betonové podlahové desky, aby se zvýšila hmotnost směrem nahoru a zpomalilo se kolísání. Budova bude také ukotvena do země piloty hloubky až 50 metrů. Vzhledem k tomu, že v soutěži o nejvyšší dřevěnou budovu dochází k dohadům, byla Radě pro vysoké budovy a městské stanoviště (CTBUH) navržena nová pravidla, který stanoví, že dřevěné budovy s betonovými jádry jsou definovány jako dřevo-betonové hybridy. Pokud tato nová pravidla vstoupí v platnost, vyloučí HoHo Tower ve Vídni a společnost Brock Commons ve Vancouveru jako dřevěné výškové budovy, takže Mjøstårnet bude mít příležitost nastavit světový rekord.

Hlavní ložisko mrakodrapů se skládá z velkoplošných příhradových vazníků podél fasád a také vnitřních sloupů a nosníků. Krovy zvládnou působící síly ve vodorovném a vertikálním směru a poskytnout budově potřebnou tuhost. CLT stěny jsou používané pro sekundární zatížení tří výtahů a dvou schodišť. CLT nepřispívá k horizontální stabilitě budovy. Mjøstårnet má mnoho podobností s 14 ti patrovou dřevěnou budovou Treet v Bergenu, která byla dokončena v prosinci 2015. Dva nejvýznamnější rozdíly jsou tyto: Mjøstårnet bude asi o 30 m vyšší a stavební moduly používané v Treet jsou výměněny za prefabrikované s podlahovými a stěnovými prvky. Velké prefabrikované fasádní prvky jsou upevněny na vnější straně dřevěných konstrukcí a tvoří obálku budovy. Tyto sendvičové prvky jsou dodávány s izolací a vnějšími panely. Stěnové prvky nepřispívají k celkové tuhosti budovy. Celkově je na stavbě 2600 m³ dřeva. Budova má rozlohu cca 17 x 37 m².

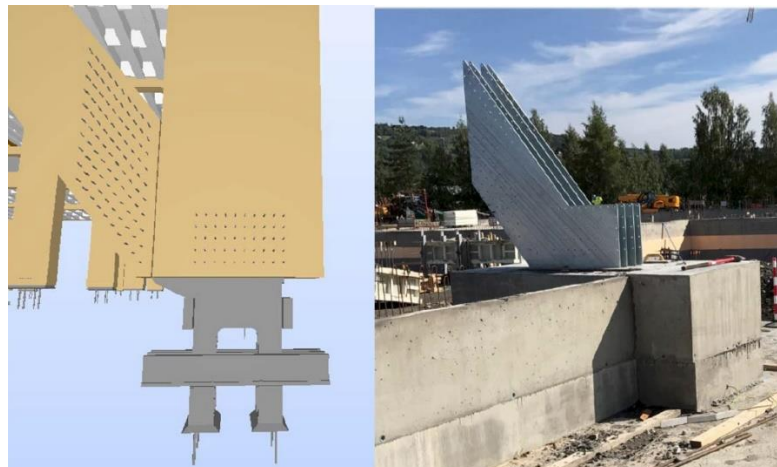


Obrázek 36 Konstrukce stavby

(Mjøstårnet - Construction of an 81 m tall timber building)

Obrovská betonová deska na zemi s piloty zvládne tlakové a tažné síly. Největší axiální síly se vyskytují v rozích budovy. Maximum ULS kompresní síla je 11500kN a maximální napětí ULS síla je 5500 kN. Průřez těchto sloupců je 1485 x 625mm. Typické vnitřní průřezy sloupců jsou 725 x 810 mm a 625 x 630 mm. Podlahy 2 až 11 jsou prefabrikované dřevěné panely. Podlahy 12 až 18 jsou beton 300 mm.

Betonové podlahy jsou složeny z prefabrikovaného dna, které působí jako bednění horní část. Výměna dřeva s betonem v horní části podlahy znamená, že budova bude těžší směrem k vrcholu. Každé patro působí jako membrána. Typické nosníky dřevěné podlahy jsou 395x585 mm a 395x675 mm. (www.moelven.com, 2017) Typické rozměry nosníků podporující betonové podlahy jsou 625x585 mm a 625x720mm.



Obrázek 37 Založení

(Mjøstårnet - Construction of an 81 m tall timber building)

Největší diagonální průřez je 625x990 mm. Maximální vypočítaná vodorovná deformace v horní části budovy je 140 mm. Na střeše se nachází dřevěná pergola, která dává stavbě výrazný architektonický vzhled. Pergola je velká dřevěná konstrukce, která je upevněna na betonovém stropu v úrovni 18. podlaží. Výška budovy přesahuje 81 m. Výška na nejvyšší obsazenou podlahu je 68 m. Výška CLT hřídele pro schody a výtahy je 74 m. Všechny lepené prvky jsou spojeny pomocí ocelových plechů a hmoždinek. Jedná se o velmi rychlé a pevné připojení, které se běžně používá na mostních konstrukcích.

Vrstvené dřevo Glulam v budově bylo vyrobeno společností Moelven Limtre. CLT Stora Enso. Norský smrk je hlavním druhem materiálu používaného pro konstrukční dřevěné části. Exkluzivní dřevo v pergole je vyrobeno z CU-impregnované skotské borovice.

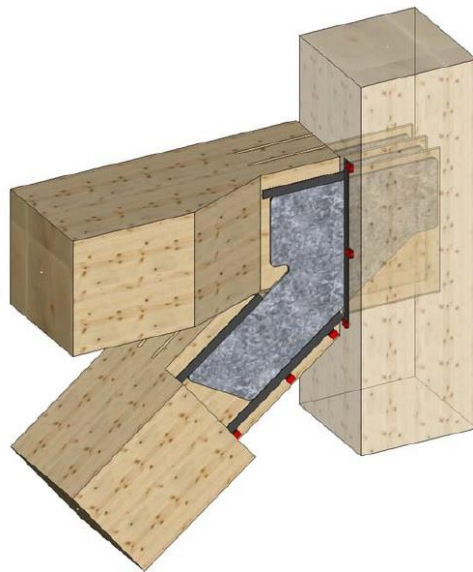
Většina stropních prvků má nahoře 50 mm betonový potěr. Prášková ocel S355 se používá ve spojení s kyselinovzdornými ocelovými hmoždinkami. Dřevěný obklad je dodáván společností Woodify a má vlastnosti zpomalující hoření. Zpráva o protipožární strategii pro tento projekt uvádí, že hlavní nosný systém musí být navržen tak, aby odolával 120 minut požáru. Sekundární zatížení jako podlahy musí odolat 90 minut požáru. Požární odolnost lze získat výpočtem z Eurokódu. Dále je návrh požáru posílen testy vyhoření, které byly provedeny 2016 v SP Firetech v Trondheimu v Norsku. Při této zkoušce byly vloženy velké lepené sloupy a vystaveny požáru podle ISO normy po dobu 90 minut. Když byly hořáky vypnuty glulam ještě chvíli hořel. Po několika hodinách teploty ve všech sloupcích klesaly a hoření se zastavilo. To dokazuje, že velké průřezy se sami zhasnou a zabrání stavbě před kolapsem. (www.moelven.com, 2017)



Obrázek 38 Požární zkouška

(Mjøstårnet - Construction of an 81 m tall timber building)

Navíc je zde použito několik dalších požárních opatření. Celá budova je vybavená sprinklery. Ocelové desky a hmoždinky ve spojení jsou vestavěné hluboko do dřeva (85+ mm). Mezery a štěrby mezi nosníky, sloupy a deskami budou opatřeny intumescentními požárními pásy. Tento materiál se rozšiřuje asi 20x kdy teplota dosáhne 150 stupňů. Pokud jde o robustnost konstrukce je navržena tak, aby udržela ztrátu horizontální tuhosti jedné dřevěné podlahy. Může také nést nárazové zatížení.



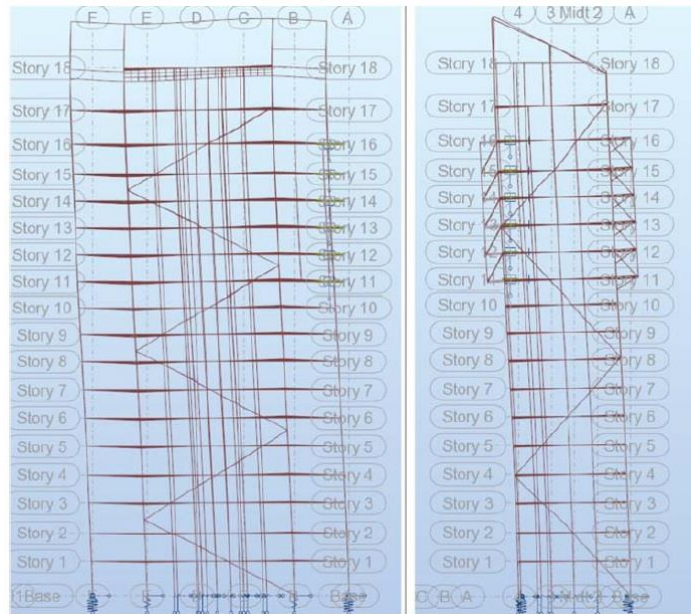
Obrázek 39 Rohové spojení profilů

(Mjøstårnet - Construction of an 81 m tall timber building)

Eurokódy s národními přílohami pro Norsko určují návrhové zatížení. Vítr, jak se ukázalo je dominantní zatížení v konstrukčních kombinacích. Větrné zatížení je bráno jako statické zatížení. Zkoušky aerodynamického tunelu nebyly považovány za nezbytné z důvodu pravidelná geometrie struktury. Seismická konstrukce je zřídka rozhodující pro stavby v Norsku.

Podlahy jsou velmi tuhé a dobře fungují. Mohou zvládnout jak akustické požadavky, tak požární požadavky. Uhlíková stopa je obzvláště nízká, odhadovaná hodnota je přibližně 65 kg CO₂ / m².

Statické návržení:



Obrázek 40 Statické posouzení budovy

(Mjøstårnet - Construction of an 81 m tall timber building)

Diplomová práce z NTNU v roce 2016 ukazuje, že měřené strukturální tlumení v roce 2016 Treet je velmi blízko k tomu, co bylo použito ve výpočtech. Eurokód 1991-1-4 (1991-1-4, 2005) uvádí pokyny pro výpočet vrcholových zrychlení. ISO 10137 poskytuje doporučená konstrukční kritéria pro vyhodnocování vibrací vyvolaných větrem. Provozní schopnost budovy také poskytuje vodítko pro lidskou odezvu na vibrace.

Pro analýzu dynamického chování budovy byl proveden model FEM



Obrázek 41 Dispoziční řešení usekú

(Mjøstårnet - Construction of an 81 m tall timber building)

Montáž společnosti Mjøstårnet se týká především instalace prefabrikovaných prvků na místě. Pro dosažení hladké montáže je důležité optimalizovat logistiku a instalaci. Navíc byla přijata značná opatření pro zajištění bezpečných pracovních podmínek na místě.

Dřevěná konstrukce je během výstavby vystavena povětrnostním vlivům. Všechny lepené plochy byly lakovány jednou vrstvou laku. Viditelné povrchy budou natřeny horní vrstvou až při a pozdější fázi. Konečná úprava sloupů v přízemí byla utěsněna epoxidovou pryskyřicí.

13.4 HO-HO



Obrázek 42 HO-HO tower

(*inhabitat.com*)

Majitel / klient: cetusBaudevelopment GmbH

Koncepce a architektura: RLP Rüdiger Lainer + Partner;

Hrubá podlahová plocha: 25.000 m² / 269.097 metrů čtverečních

Plocha k pronájmu: 19.500 m² / 209.896 m²

Typ: vysoká budova s hybridní konstrukcí dřeva a betonu (75% + 25%)

Podlaží: 24

Výška: 84 metrů

Použití: byty, kanceláře, hotel, servisy, wellness

Zahájení výstavby: předpokládaná jaro 2016

Dokončení: podzim 2017

Investice: 65 milionů. €

Nejvyšší dřevěný mrakodrap na světě ve vídeňské oblasti Seestadt Aspern.

Věž by měla být vyrobena spíše ze dřeva než z betonu, což by ušetřilo přibližně 2 800 tun emisí CO₂ (což odpovídá jízdě automobilu 25 mil. za den na 1 300 let).

Developerka projektu Kerbler Caroline Palfy, která komentovala rozhodnutí architektů o využití dřeva, v důsledku jeho přínosu pro životní prostředí řekla, "Myslím, že je důležité, že všichni v roce 2014 myslí různými způsoby. Máme dřevo, které je dokonalým stavebním materiálem pro stavbu. Bylo používáno před 200 lety a bylo perfektní a je perfektní."

Budova "HoHo" zahrnuje hotel, apartmány, restauraci, wellness centrum a kanceláře. Architekti v současné době pracují s odborníky v oblasti požární bezpečnosti, aby byla zajištěna celistvost budovy.

Současné technické možnosti nabízejí možnost využívat dřevo jako klíčový prvek při výškové výstavbě. Ve světle tohoto pozitivního vývoje architektonická praxe RLP Rüdiger Lainer + Partner nedávno vyvinula koncepci dřevěné věže, která bude realizována v dohledné budoucnosti ve Vídni. Tento projekt realizuje developer nemovitostí Cetus Baudevelopment GmbH pod vedením Ing. Caroline Palfyová. (www.archdaily.com, 2016)

V době zahájení výstavby na podzim roku 2015 byla věž nejvyšší stavbou ze dřeva na světě. Günter Kerbler, generální ředitel společnosti Kerbler Group, investoval přibližně 65 milionů eur do 19 500 m² pronajatých ploch.



Obrázek 43 Interiér HO HO Tower

(www.trae.dk)

Základním přístupem pro dřevěnou věž HoHo ve Vídeňi bylo kombinovat dřevěný konstrukční systém s efektivním uspořádáním budovy. Ve srovnání s konstrukcí z čistého dřeva vykazuje HoHo Vienna výhody hybridní konstrukce. Pro vertikální přístup a dodávky se použily podpěrná betonové jádra. Do těchto jader je pak zajištěn samonosný dřevěný konstrukční systém, který vytváří objemy pro různé použití budovy. Každý materiál je využíván tak, aby nejlépe vyhovoval různým požadavkům na konstrukční inženýrství, požární ochranu, flexibilitu, hospodárnost a prostorovou kvalitu. Tímto způsobem mohou být splněny základní požadavky na použití výškové budovy s jejími přísnými stavebními předpisy. Ve složení budov od přízemí lze odhadnout podíl použitého dřeva na 74%. Z plánovacího přístupu byl vyvinut systém, který bere v úvahu nejen základní cíle ochrany lidských bytů. Byla odvozena synergie ekonomiky a ekologie, architektury a užitečné hodnoty. V neposlední řadě působí smysluplný efekt dřeva.

Ho Ho Tower se nachází na vynikajícím místě mezi jezerským parkem a náměstím vedle stanice zastávky na severovýchodě města Vídeň. Tato centrální oblast nové městské části je rozvíjena na základě městského konceptu RLP. Různé výšky věží, vycházející z požadavků urbanistického plánování, jsou dominujícími prvky podél jezera. Samozřejmě se nedbá jen na vzhled dřevěné věže z dálky, ale na její přínos ke každodennímu životu na vídeňském městském jezeře.

Systém dřevěné konstrukce zajišťuje vysokou účinnost z hlediska tepelné izolace a použitelnosti. Dřevěné kompozitní podlahy jsou připevněny k centrálním betonovým nosným jamkám a vyčnívají až k okraji budovy. Tyto podlahové panely jsou osazeny dřevěným sloupkovým systémem kolem obrysu budovy. Tato konstrukce pak podporuje předem připravené moduly vnějších stěn, které kombinují masivní dřevěné panely s "zemitým" betonovým pláštěm a tvoří fasádu budovy. (www.moelven.com, 2017) Vnitřní plochy exponovaných dřevěných stropů, sloupů a vnější stěny vytvářejí smysluplnou, přirozenou atmosféru. Modulární design a flexibilita použití mají za následek vysokou provozuschopnost budovy. V hotelu HoHo Vienna najdete zařízené apartmány, kanceláře, restaurace a lázeňská zařízení. Následné změny v uživatelské nebo stavební funkci lze provádět efektivně. Udržitelnost nové dřevěné věže je

výsledkem sdružování koncepčních přístupů. Dřevo je efektivní z hlediska zdrojů, a to i z hlediska vtělené energie. Flexibilní a přizpůsobivé uspořádání zajišťuje, že dřevěná věž může být používána po dlouhou dobu - tato dlouhá životnost je zásadním faktorem při zvažování efektivní udržitelnosti. A jak je stanoveno v konceptu RLP pro výškové budovy, cílem je zajistit, aby se ekonomika a ekologie staly vzájemně prospěšnými.



Obrázek 44 Interier HO HO Tower

(www.holzbauaustria.at)

Architektura ve výškové budově využívá dřevo a jeho smyslnost. Dřevo v pravém smyslu tvoří podstatnou část prostorové atmosféry, která přispěje k blahu uživatelů. Konečným cílem je porozumět pravosti materiálu použitého jako prvek pro architekturu. Pro uživatele i pro chodce je dřevěný mrakodrap fyzickou a emotivní součástí každodenního života v městské části. Prefabrikované vnější stěnové moduly umožňují sochařskou a bohatě pestrou konstrukci fasád. Rozdíly v základním architektonickém tématu otevřené a uzavřené oblasti nabízejí otevřené pohledy a intimitu. Tyto varianty jsou rytmicky zdůrazněny a jsou spojeny fasádní strukturou, která obohacuje atmosféru uvnitř vídeňského Urban Lakeside. (www.e-architect.co.uk, 2016)

13.5 Vancouver's Brock



Obrázek 45 Vancouver dřevěná stavba

(www.badgerme.co)

Nedávno dokončená budova studentské rezidence na univerzitě v British Columbia (UBC) ve Vancouveru, nyní zaujímá prominentní postavení v architektuře: nejvyšší budova s dřevěnou konstrukcí na světě.

Budova byla konstruována kanadskou firmou Acton Ostry Architects Inc. Projekt je společným úsilím řady předních společností a poradenských firem včetně Fast + Epp, architektem Hermanem Kaufmannem v Rakousku a GHIL Consultants Ltd. spolu s renomovaným výrobcem. Výrobky a prvky z masivního dřeva, Structurlam.



Obrázek 46 Dřevěný interier stavby

(www.badgerme.co)

Rozkládající se až do výšky 53 metrů, budovu obývá 404 studentů a skládá se ze směsi jednopokojových a studentských jednotek, studijních a společenských prostor. S konstrukčním a realizačním týmem pracujícím v tandemu od samého počátku byl tento proces zjednodušen důkladným zkoušením spojení dřevo-dřevo na dvouprvkovém modelu před montáží na místě. To nejen umožnilo týmu testovat strukturální stabilitu, ale také pomohlo dokončit časovou osu projektu. (www.actonostry.ca, 2018)



Obrázek 47 Konstrukce stavby

(data.handyrettung.at)

Ještě více relevantní pro prefabrikační proces byl podrobný 3-D model, který pomohl různým oddělením společně diskutovat a aplikovat myšlenky před jejich dokončením pro aktuální výrobu nebo konstrukci. Díky pečlivému plánování a efektivní integraci konstrukčních procesů byla společnost Brock Commons dokončena během pouhých 70 dní poté, co byly prefabrikované komponenty připraveny k montáži - podstatně kratší než doba, kterou by potřebovala k dokončení železobetonová budova.

13.6 Puukuokka



Obrázek 48 Puukuokka

Architekti OOPEAA

Umístění 40100 Jyväskylä, Finsko

Architekt odpovědný za architektku Anssi Lassila

Projektanti architektů Juha Pakkala (stavba) lida Hedbergová (fáze návrhu)

Plocha 18650,0 m² Rok výstavby 2015

Fotografie Mikko Auerniitty

Puukuokka je první osmipodlažní dřevěná bytová budova ve Finsku. Vyvinutá ve spolupráci s Lakea je energeticky efektivní trio vícepodlažních dřevěných rámu v předměstí Jyväskylä Kuokkala, sousedící s koskovským kostelem, který také navrhl OOPEAA.

Apartmentový komplex Puukuokka se skládá ze tří budov o rozloze 6-8 podlaží. Komplex nabízí 150 bytů se společnou podlahovou plochou cca.

10.000 m². Budovy jsou tvořeny prefabrikovanými modulárními kvádrovými prvky z křížového laminovaného dřeva (CLT) s využitím koncepce Urban MultiStory vyvinuté firmou Stora Enso. Projekt bude vizuálně zlepšovat město a nabídne cenově dostupné, ekologicky efektivní bydlení, které se snadno přizpůsobí měnícím se potřebám v průběhu času. (www.archdaily.com, 2018)



Obrázek 49 Interiérové řešení požární cesty

(<http://oopeaa.com/puukuokka-housing-block-to-be-completed-in-june/>)

Na straně nádvoří byla fasáda z modřínového dřeva ponechána neupravená. Na straně směřující k ulici byla ošetřena tmavou barvou. Na dvorní straně je fasáda oživena balkony, většina balkonů je zapuštěna a vybavena posuvnými skleněnými dveřmi pokrývajícími celou délku a výšku vnitřní stěny a otevíráním výhledů do okolní krajiny. Na společných chodbách bytového domu je přítomen pocit otevřenosti a bohatství světla. Jsou prostornější než obvykle a nabízejí rytmicky uspořádané série výhledů, které se otvírají do krajiny lesů a kopců. Plán bytů je efektivně uspořádán a přítomnost dřeva na vnitřních plochách dodává živému prostoru teplo a kvalitu. Budova je charakterizována

celkově jemnou kvalitou dřevěných povrchů a pečlivě promyšlenými, avšak přímočarými detaily.

Použití modulárních prefabrikovaných prvků zajišťuje jednotný vysoký standard kvality a minimalizuje zpoždění a další problémy spojené s povětrnostními podmínkami během procesu výstavby. Modulové kvádrové prvky z křížového laminovaného dřeva jsou suché, adaptabilní, lehké a připravené k instalaci. Rám CLT slouží jako nosný a vyztužující prvek, stejně jako parotěsná a částečná tepelná izolace. Existuje méně kloubů a je zapotřebí méně materiálu než v běžných dřevěných budovách. Existuje také snížené riziko instalací vad a modulární konstrukce je více rozměrově stabilní při napadení vlhkostí.

Puukuokka propaguje nízkonákladový, nízkorizikový model financování pro nájemce. Po pronájmu bytu po dobu 20 let se stane jeho majitel. Před nástupem budoucí majitel zaplatí zálohu (7% z celkové hodnoty domu). Zbývající částka je kryta bankovním úvěrem, který je garantován státem. Ubytovatel vyplácí půjčku ve formě pronájmu za období 20 let, po níž se byt stane jeho vlastním. Prodejní cena je sjednána a dohodnutá při podpisu nájmu.



Obrázek 50 Modulární způsob výstavby

(<http://oopeaa.com/project/puukuokka-housing-block/>)

14 Jednotící kritéria

14.1 Výsledky průzkumu

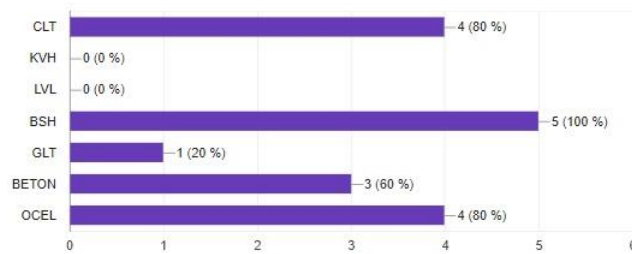
NÁZEV STAVBY

5 odpovědí

MOHOLT50/50
MJOSTARNET
HO-HO
VANCOUVER BROCK
INTERNAIONAL HOUSE SYDNEY

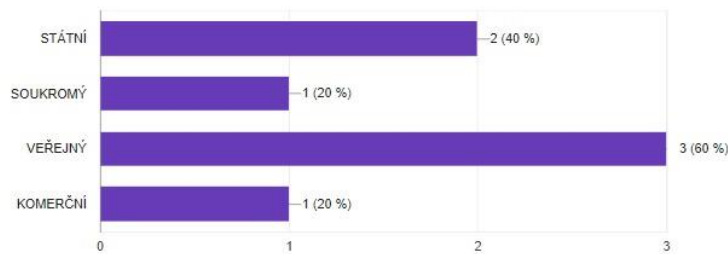
Konstrukční materiál

5 odpovědí



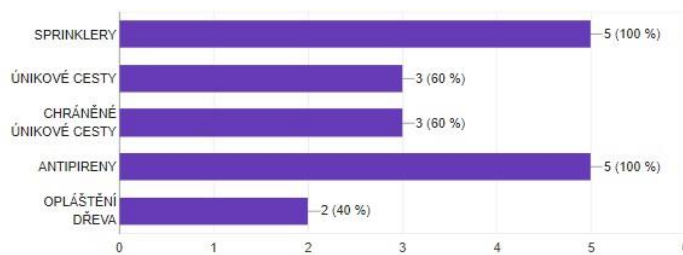
Investor

5 odpovědí



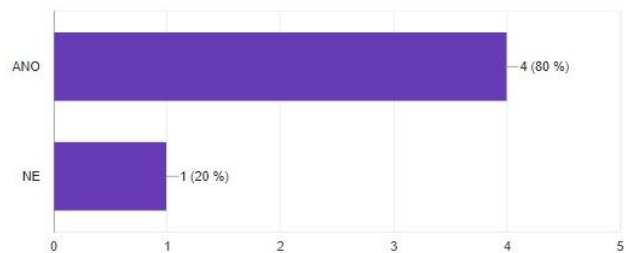
Požární bezpečnost

5 odpovědí



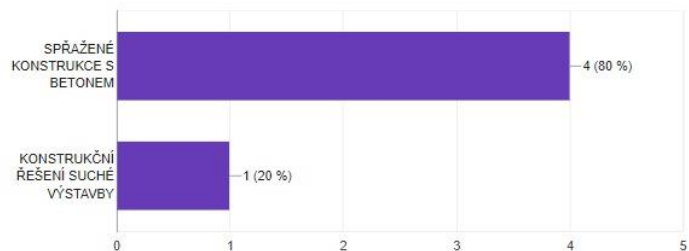
Chráněná úniková cesta ANO/NE

5 odpovědí



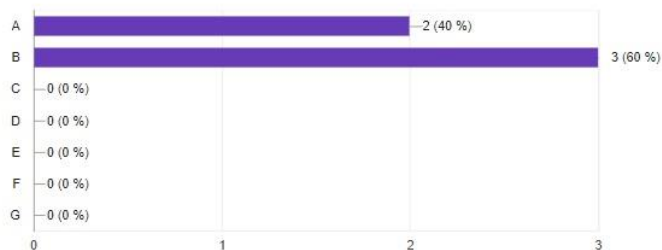
Ochrana proti hluku

5 odpovědí



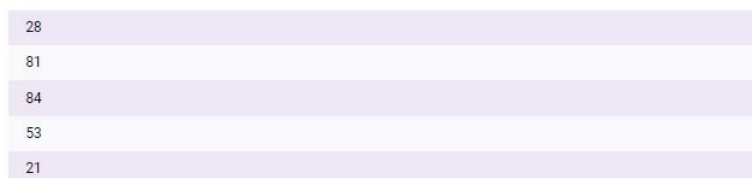
Úspora energie a tepelná ochrana

5 odpovědí



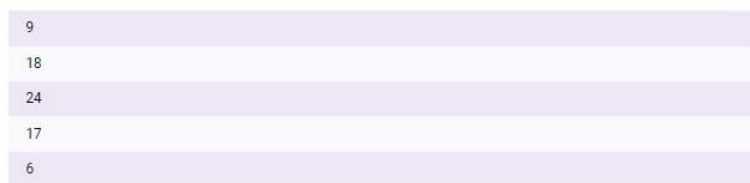
Výška v m

5 odpovědí



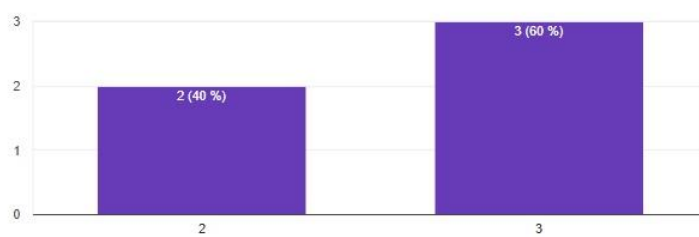
Počet podlaží

5 odpovědí



Doba výstavby

5 odpovědí



15 Požární bezpečnost v ČR

Požární bezpečnost staveb na území České republiky je komplexním souborem legislativních a normativních předpisů. Z historického hlediska, patřilo dřevo k nejrozšířenějšímu materiálu ve stavebnictví a to nejen díky své dostupnosti, ale i díky svým vlastnostem. Na základě vývoje a zkušeností postupně získávaných v průběhu času, byly na dřevo, jako konstrukční materiál, kladeny stále vyšší požadavky. Obavy z jeho hořlavosti vedly k tomu, že použití dřeva bylo omezováno ve výstavbě natolik, až došlo k úplnému zákazu jeho používání. V dnešní době zažívají dřevostavby období svého návratu, ale strach z hořlavé povahy tohoto materiálu stále přetrvává. České návrhové normy s dřevěným konstrukčním systémem stále v důsledku vývoje předpisů ve stavebnictví počítají jen okrajově.

V zahraničí jsou běžně navrhovány vícepodlažní dřevěné budovy, v České republice stále převažuje výstavba dřevěných rodinných domů. Realizace vícepodlažních dřevostaveb je zakotvena v národní legislativě jednotlivých států a jejich požadavcích na požární bezpečnost a hodnocení požární odolnosti konstrukcí.

Rozvoji vícepodlažních dřevěných budov se podílí rozvíjející se obor požárního inženýrství, díky kterému je možné posuzovat nestandardní nebo rizikové objekty nad rámec norem.

Tabulka 8 – Stupeň požární bezpečnosti požárních úseků

Konstrukční systém objektu (viz 7.2.8)	Nejvyšší výpočtové požární zatížení v posuzovaném požárním úseku $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$	Nejnižší stupeň požární bezpečnosti požárního úseku						
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
		Výška objektu h (nadzemní podlaží) m						
nehořlavý	15	12	30	60	bez omezení			
	30	O	12	30	bez omezení			
	45	O	6	22,5	45	bez omezení		
	60	O	6	12	30	45	bez omezení	
	90	O _a	O	6	12	30	45	bom.
	120	N ₁	O _a	O	6	12	30	45
	nad 120 ¹⁾	N ₁	N ₁	O _a	O	6	12	30
smíšený	10	6	12	12	18	22,5	N ₂	N ₂
	25	O	6	12	18	22,5	N ₂	N ₂
	35	O	6	12	18	22,5	N ₂	N ₂
	50	O _a	O	6	18	22,5	N ₂	N ₂
	75	N ₁	O	6	12	22,5	N ₂	N ₂
	100	N ₁	O	6	9	15	N ₂	N ₂
	nad 100 ¹⁾	N ₁	N ₁	O	6	12	N ₂	N ₂
hořlavý	10	4	9	12	12	12	N ₂	N ₂
	20	O	4	9	12	12	N ₂	N ₂
	30	O	4	9	12	12	N ₂	N ₂
	40	O _a	O	4	9	12	N ₂	N ₂
	60	N ₁	O	4	4	9	N ₂	N ₂
	80	N ₁	O _a	O	4	9	N ₂	N ₂
	nad 80 ¹⁾	N ₁	N ₁	O _a	O	4	N ₂	N ₂

Vysvětlivky k tabulce 8:
 N₁ – tohoto stupně požární bezpečnosti se nesmí použít
 N₂ – konstrukční systémy smíšené a hořlavé se nesmějí použít pro tyto stupně požární bezpečnosti;
 O – požární úseky v jednopodlažních stavebních objektech;
 O_a – požární úseky v jednopodlažních stavebních objektech a se součinitelem $a \leq 1,1$;
 POZNÁMKA ¹⁾ Je-li výpočtové požární zatížení vyšší než $180 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ u nehořlavých, $140 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ u smíšených nebo $100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ u hořlavých konstrukčních systémů a současně součinitel a je vyšší než 1,1, může územně příslušný hasičský záchranný sbor požadovat další požární bezpečnostní opatření s ohledem na konkrétní podmínky v těchto požárních úsecích (např. instalaci samočinného stabilního hasičského zařízení, samočinného odvětrávacího zařízení, zvýšení požární odolnosti nosných a požárně dělících konstrukcí a požárních uzávěrů otvorů v nich); v podzemních podlažích jsou uvedené výpočtové požární zatížení při současném součiniteli a vyšším než 1,1 bez dalších požárně bezpečnostních opatření nepřipustná.

Obrázek 51 Stupně požární bezpečnosti požárních úseků

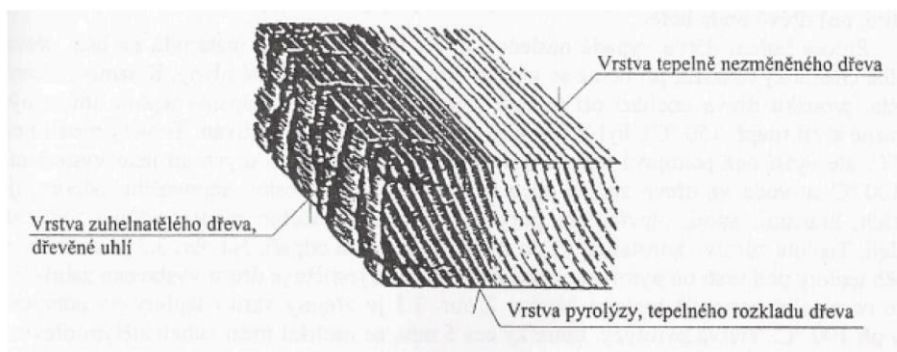
(čsn 73 0802)

15.1 Dřevo během požáru

Chování dřeva a materiálů na bázi dřeva během požáru, nelze jednoduše vymežit. Požár rozdělujeme na dvě fáze – požár vznikající a požár plně rozvinutý. Vznikající požár je ovlivňován faktory jako stupněm zápalnosti materiálu, hořlavostí materiálu nebo šířením plamene po povrchu materiálu. Plně rozvinutý požár považujeme okamžik, kdy jsou hořlavé materiály zcela

zachváceny plamenem. Zde hrají důležitou roli požadavky na schopnost zachovat si v průběhu požáru mechanické vlastnosti nebo omezit oheň tak, aby nedošlo k jeho šíření. Schopnost odolávat působení plně rozvinutému požáru je obecně nazývána požární odolností (KUKLÍK, 2005a). Rostlé dřevo potřebuje pro vznícení bez zdroje zapálení povrchovou teplotu přesahující 400 °C. Za přítomnosti zdroje zapálení je potřebná teplota pro vznícení přes 300 °C působící po určitou dobu. Hořlavost materiálu je závislá na poměru povrchu prvku a jeho objemu. Se vzrůstajícím poměrem stoupá rychlost šíření plamene. K šíření plamene po povrchu materiálu přispívají i výskyt ostrých hran a drsnost povrchu, které zvyšují povrch prvku. Z tohoto důvodu mají prvky ze dřeva zaoblované hrany a hoblovaný povrch. Negativně se na šíření plamene po povrchu podílejí praskliny a trhliny ve dřevě (KUKLÍK, 2005a).

Po vystavení dřeva plně rozvinutému požáru dojde k zapálení povrchu a jeho silnému hoření. Po krátké době se na povrchu vytvoří tepelně izolační zuhelnatělá vrstva dřeva, pod níž se vytváří vrstva tloušťky zhruba 30 mm, která je zasažená vysokou teplotou a v níž dochází k tepelnému rozkladu dřeva. Tato vrstva je označována jako vrstva pyrolýzy (KUKLÍK, 2005a).



Obrázek 52 Změna průřezu dřeva konstrukčního prvku během požáru

(Požadavky na požární bezpečnost dřevostaveb 2011)

Zuhelnatělá vrstva dřeva má šestkrát menší tepelnou vodivost než ohněm nezasažené dřevo. Díky této vrstvě, sloužící jako izolace, a nízké tepelné vodivosti dřeva probíhá rozklad pod zuhelnatělou vrstvou dřeva

pomaleji. Teplota uvnitř průřezu je proto výrazně nižší než na povrchu. Z tohoto důvodu je požární odolnost dřeva vyšší než se předpokládá (KUKLÍK, 2005b.).

Ukazatelem požární odolnosti prvků ze dřeva a materiálů na bázi dřeva se stala rychlost a hloubka zuhelnatění, která musí být brána v potaz u všech požárů přímo vystaveným prvkům. Zjednodušeně můžeme říci, že rostlé dřevo (charakteristická hustota $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ odhořívá rychlostí 0,8 mm/min, lepené lamelové dřevo rychlostí 0,7 mm/min, překližka tloušťky 20 mm odhořívá rychlostí 1 mm/min a materiály na bázi dřeva tloušťky 20 mm, vyjma překližky, 0,9 mm/min (KUKLÍK, 2003.). Zuhelnatění nemusíme brát v úvahu pro povrch prvků, které jsou během požáru kryté pláštěm požární ochrany, pokud doba, kdy dojde k porušení ochranného materiálu je vyšší nebo rovná době stanovené pro normové požární namáhání (KUKLÍK, 2010.).

Tabulka 12 – Požární odolnost stavebních konstrukcí a jejich druh

Položka	Stavební konstrukce	Stupeň požární bezpečnosti požárního úseku						
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
		Požární odolnost stavební konstrukce a její druh (viz 7.2.4) ³⁾						
1	Požární stěny a požární stropy, viz 8.2 a 8.3, a) v podzemních podlažích b) v nadzemních podlažích c) v posledním nadzemním podlaží d) mezi objekty	30 DP1 15 ⁺ 15 ⁺ 30 DP1	45 DP1 30 ⁺ 15 ⁺ 45 DP1	60 DP1 45 ⁺ 30 ⁺ 60 DP1	90 DP1 60 ⁺ 30 ⁺ 90 DP1	120 DP1 90 ⁺ 45 ⁺ 120 DP1	180 DP1 120 DP1 60 DP1 180 DP1	180 DP1 180 DP1 90 DP1 180 DP1
2	Požární uzávěry otvorů v požárních stěnách a požárních stropech, viz 8.5.1 a) v podzemních podlažích a ve všech podlažích mezi objekty b) v nadzemních podlažích c) v posledním nadzemním podlaží	15 DP1 15 DP3 15 DP3	30 DP1 15 DP3 15 DP3	30 DP1 30 DP3 15 DP3	45 DP1 30 DP3 30 DP3	60 DP1 45 DP2 30 DP3	90 DP1 60 DP1 45 DP2	90 DP1 90 DP1 60 DP1
3	Obvodové stěny, viz 8.4.1 a 8.4.10, a) zajišťující stabilitu objektu nebo jeho části 1) v podzemních podlažích 2) v nadzemních podlažích 3) v posledním nadzemním podlaží b) nezajišťující stabilitu objektu nebo jeho části (bez ohledu na podlaží)	30 DP1 15 ⁺ 15 ⁺³⁾ 15 ⁺²⁾	45 DP1 30 ⁺ 15 ⁺ 15 ⁺	60 DP1 45 ⁺ 30 ⁺ 30 ⁺	90 DP1 60 ⁺ 30 ⁺ 30 ⁺	120 DP1 90 ⁺ 45 ⁺ 45 ⁺	180 DP1 120 DP1 60 DP1 60 DP1	180 DP1 180 DP1 90 DP1 90 DP1
4	Nosné konstrukce střech, viz 8.7.2	15 ¹⁾	15	30	30	45	60 DP1	90 DP1
5	Nosné konstrukce uvnitř požárního úseku, které zajišťují stabilitu objektu, viz 8.7.1 a 8.7.2, a) v podzemních podlažích b) v nadzemních podlažích c) v posledním nadzemním podlaží	30 DP1 15 15 ¹⁾	45 DP1 30 15	60 DP1 45 30	90 DP1 60 30	120 DP1 90 45	180 DP1 120 DP1 60 DP1	180 DP1 180 DP1 90 DP1
6	Nosné konstrukce vně objektu, které zajišťují stabilitu objektu (bez ohledu na podlaží), viz 8.7.3	15 ¹⁾	15	15	30	30 DP1	45 DP1	60 DP1

(pokračování)

Obrázek 53 Požární odolnost stavebních konstrukcí a jejich druh

(ČSN 73 0802)

15.2 Požadavky na požární bezpečnost v České republice

Abychom významu požární bezpečnosti lépe porozuměli, je potřeba podívat se do historie a zjistit, co ke vzniku požárních opatření vedlo a jak se požadavky na požární bezpečnost vyvíjely.

15.3 Vývoj požadavků na požární bezpečnost v České republice

Opakované a devastující požáry. Už během středověku vznikla potřeba se jim bránit. Proto můžeme první zmínky o protipožární prevenci datovat do 13. století, kdy v rámci vznikajícího stavebního práva byly položeny základy i pro protipožární opatření (JANATA, 2009). Historické domy se konstruovaly bez komínů, kouř unikal skrz stropní otvor. Díky tomu byla častou příčinou požárů zalétnutá jiskra. Později se komíny stavěly z proutí a dřeva, následně se vymazávaly hliněnou maltou (HOŠEK, 2006). Za velký pokrok se považovaly oddělené komíny a tzv. černé kuchyně. Domy byly situovány na úzkých parcelách, které neposkytovaly možnost jakéhokoliv požárního oddělení. Zakládání nových měst mělo v tomto ohledu výhodu, ale stavba byla limitována zvyklostmi doby (JANDÁČEK, 2015).

Nejničivějším požárem svého času byl v roce 1541 požár Malé strany a Hradčan, který se díky šíření mezi budovami dostal až na Pražský Hrad (JANDÁČEK, 2015).

16 Případová studie vícepodlažní dřevostavby

16.1 Stavební řešení

Bytový dum o čtyřech obytných podlažích zastřešený plochou střechou. Objekt je nepodsklepený, založený na základové desce a základových pasech dle inženýrsko-geologického průzkumu. Přízemí tvoří prostory bytové jednotky, sklepních prostor a technického zázemí objektu. V jednotlivých podlažích se nachází bytové jednotky dle velikostní kategorie bytu.

Konstrukční řešení umožňuje dvě dispoziční varianty dle požadavků na velikostní kategorii bytových jednotek. Jednotlivá podlaží jsou vertikálně spojena schodištěm.

Bytové doma jsou řešeny konstrukčně jako panelový systém - dřevostavba. Materiálové a konstrukční řešení vychází z konstrukčních podkladů systému RIGIDUR. Stropní konstrukce dřevěné montované. Krov vazníková konstrukce krovu s podhledem Rigidur. Schodiště se předpokládá z ocelových plechových stupnic a podstupnic v ocelových schodnicích s obložením ze spodní strany sádrokartonovými deskami nebo bude železobetonové na ocelových nosnících obalených rovněž sádrokartonem. Okna plastová. Na zateplení obvodových stěn bude použito vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému s omítkou typu např. Weber therm elastik. Jedná se o ucelený výrobek třídy reakce na oheň B

16.2 Popis objektu

jedná se o 4 podlažní objekt, kde jednotlivá podlaží jsou propojena ocelovým schodištěm situovaným ve středu objektu.

Z hlediska PO se jedná o nepodsklepený objekt se 4 nadzemními podlažními se vstupem do objektu v 1.NP. Podlaží jsou ve stavební části 1.NP-4.NP - stejné pojmenování i v PBR. Objekt bude sloužit pouze k bydlení. V objektu je situováno celkem 11 bytových jednotek ve čtyřech nadzemních podlažích. Parkovací stání jsou řešena jako venkovní vedle objektu. Hlavní vstup do objektu je v 1.NP přes vstup, kde jsou umístěné i poštovní schránky. 1.NP je také přístupné z vedlejšího vstupu. V 1.NP budou vybudovány 2 bytové

jednotky, v 2.NP 3 bytové jednotky, v 3.NP 3 bytové jednotky a v 4.NP také 3 bytové jednotky. Zastavěná plocha objektu je 253,60 m².

16.2.1 Dispozice

V 1.NP objektu jsou umístěny 2 bytové jednotky, společné a sklepní prostory. V 2.NP objektu jsou umístěny 3 bytové jednotky. Ve 3.NP objektu jsou umístěny 3 bytové jednotky. Ve 4.NP objektu jsou umístěny 3 bytové jednotky.

16.2.2 Stavební konstrukce

Bytové doma jsou řešeny konstrukčně jako panelový systém - dřevostavba. Materiálové a konstrukční řešení vychází z konstrukčních podkladů systému RIGIDUR. Stropní konstrukce dřevěné montované. Krov - vazníková konstrukce krovu s podhledem Rigidur. Schodiště bude železobetonové na ocelových nosnících. Okna plastová. Na zateplení obvodových stěn bude použito vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému s omítkou typu např. Weber therm elastik. Jedná se o ucelený výrobek třídy reakce na oheň B-s1,d0, s indexem šíření plamene is = 0 mm.min-1.

16.2.3 Navržené skladby

SKLADBA OBVODOVÉ STĚNY:

- sádrokarton 12,5 mm
- sádrovláknitá deska Rigidur tl. 12,5 mm
- rámovina s tepelnou izolací t1.160 mm (nosná dřevěná kce sloupků 60/120mm a ztužidel)
- sádrovláknitá deska Rigidur tl. 12,5 mm
- sádrokarton 12,5 mm
- deska ze stabilizovaného samozhášivého pěnového polystyrénu tl. min.80 mm
- stěrka + alkáliím vzdorná síťkovina ze skelných vláken s oky 10/10 mm tl. 3-5 mm - disperzní omítkovina tl. 3 - 5 mm

SKLADBA MEZIBYTOVÉ STĚNY (POŽÁRNÍ KONSTRUKCE - RIGIPS):

- sádrokarton 12,5 mm
- sádrovláknitá deska Rigidur tl. 12,5 mm
- rámovina s tepelnou izolací t1.160 mm

- sádrovláknitá deska Rigidur tl. 12,5 mm
- sádrokarton 12,5 mm

SKLADBA VNITŘNÍ NOSNÉ STĚNY:

- sádrokarton 12,5 mm
- sádrovláknitá deska Rigidur tl. 12,5 mm rámovina s tep. izolací t1.100 mm
- sádrovláknitá deska Rigidur tl. 12,5 mm
- sádrokarton 12,5 mm

SKLADBA VNITŘNÍ NENOSNÉ STĚNY:

- sádrokarton 12,5 mm
- OSB deska tl. 12 mm
- rámovina s tepelnou izolací t1.100 mm
- OSB deska tl. 12 mm sádrokarton 12,5 mm

SKLADBA STROPNÍ KONSTRUKCE:

- nášlapná vrstva 10 mm
- podlahová deska z desek Fermacell 2 x 15 mm + polystyren 30 mm
- kročejová izolace minerální vatou t1.50 mm
- záklop — OSB desky 22 mm
- stropní nosníky z fošen cca 60/220 mm s tep.a zvukovou izolací z minerálních vláken - parotěsná zábrana z PE folie - křížový rastr z CD profilů
- 2 x sádrokarton RF 12,5 mm (Rigips)

SKLADBA ZATEPLENÉ STŘECHY (SHORA DOLŮ):

- střešní krytina PVC
- Vazníková střešní konstrukce
- tepelná izolace z celulózy nebo minerální vaty tl. 250 mm
- rošt z CD profilů f tl. 27 mm + izolace 140 mm
- parotěsná zábrana z PE folie - sádrokartonová deska Rigips — RF tl. 15 mm

16.2.4 Vytápění

Jednotlivé BJ budou vytápěny pomocí elektrických přímotopných těles. Celkový výkon a spotřeba je stanovena dle instalovaného tepelného výkonu v otopných přímotopných tělesech v jednotlivých bytových jednotkách, tělesa budou nově instalována. Příprava TV je řešena v samostatných elektricky ohřívaných zásobnících TV v BJ. Instalovaný topný výkon pro BJ max. 3,0 kW
Instalovaný topný výkon pro TV v každé bytové jednotce max. 2,0 kW (- příkon elektrického topného tělesa v zásobníku TV)

16.2.5 Větrání

Větrání obytných místností bude zajištěno přirozené — okny. Větrání koupelen, WC a odtah kuchyňských par bude zajištěno nucené — nástěnnými ventilátory s tlumičem hluku a regulací výkonu.

Napojení na inženýrské sítě - Objekt bude napojen na kanalizaci, vodovod, rozvod el. energie a sdělovací vedení.

Podklady pro zpracování požárně bezpečnostního řešení

16.2.6 Základních normy a předpisy

- ČSN 73 0833 — Budovy pro bydlení a ubytování
- ČSN 73 0818 — PBS Obsazení objektu osobami
- ČSN 73 0810 — PBS Společná ustanovení
- ČSN 73 0873 — PBS Zásobování požární vodou
- ČSN 73 0802 — PBS Nevýrobní objekty

16.2.7 Požárně bezpečnostní řešení

Obytné prostory a příslušenství BD jsou řešeny v souladu s ČSN 73 0833 a ČSN 73 0802. Technické místnosti jsou řešeny v souladu s ČSN 73 0802 jako nevýrobní objekt. Požární výška objektu je $h = 9$ m (požární výška je měřena od podlahy prvního nadzemního podlaží k podlaze posledního užitného

nadzemního podlaží). Konstrukční systém objektu je hořlavý (v souladu s čl. :7:2.6C2) ČSN 73 0802). Dle ČSN 73 0833 čl. 3.5.b) budovy skupiny OB2 — bytové domy přesahující kritéria budov OB1. Z hlediska požární ochrany dle ČSN 73 0802 má objekt 4 užitná nadzemní podlaží.

16.2.8 Rozdělení do požárních úseků, stupně požární bezpečnosti

Schodiště a vstup 1 tvoří samostatný požární úsek - nechráněnou únikovou cestu 'y souladu s čl. 5.3.2a) ČSN 73 0833. Podle tab. B.1 ČSN 73 0802 je výpočtové požární zatížení $p_p = 7,5 \text{ kg.m}^2$. Požární úsek se zařazuje dle ČSN 73 0802 tabulky 8 do II. SPB

Každá obytná buňka tvoří samostatný požární úsek.

Podle tab. B.1 ČSN 73 0802 je výpočtové požární zatížení obytné buňky $p_p = 40 \text{ kg.m}^2$. Požární úsek obytné buňky se zařazuje do IV. SPB. Instalační šachty netvoří samostatné požární tišéky, jsou součástí jednotlivých požárních úseků. Rozvaděče elektrické energie netvoří samostatné požární úseky. Výpis požárních úseků:

1.NP

N1.01/N4 — schodiště a vstup 1 (NUC) II. SPB

N1.02 — byt IV. SPB

N1.03 — byt IV. SPB

N1.04 — "sklepní kóje a kolárna' IV. SPB

2.NP

N2.01 — byt IV. SPB

N2.02 — byt IV. SPB

N2.03 — byt IV. SPB

3.NP

N3.01 — byt IV. SPB

N3.02 — byt IV. SPB

N3.03 — byt IV. SPB

4.NP

N4.01 — byt IV. SPB

N4.02 - byt IV. SPB N4.03 - byt IV. SPB

16.2.9 Posouzení požární odolnosti stavebních konstrukcí

Stavební konstrukce objektu jsou posouzeny podle ČSN 73 0802 tab. 12, pol. 1-11. Hodnoty požární odolnosti stavebních konstrukcí byly stanoveny dle Eurokódů (Pavus 2009) a dle podkladů výrobců. Montované konstrukce se neposuzují, požární odolnost bude doložena při kolaudaci výrobcem. Řešení instalačních šachet: Instalační šachty budou řešeny jako součást PÚ jednotlivých bytů, přičemž potrubní rozvody, procházející stropy mezi podlažími budou upraveny tak, že nehořlavá část stropní konstrukce (desky 2 x fermacell a 2 x SDK) bude dotažena až k líci potrubí a prostupy budou utěsněny dle požadavků ČSN 730810 těchto norem. Dvířka do instalačních šachet nemusí být požárními uzávěry.

16.2.10 Požární stěny

Požadovaná požární odolnost pro požární stěnu zajišťující stabilitu objektu je:

NOSNÁ POŽÁRNÍ STĚNA IV. SPB

b) nadzemní podlaží REI 60/DP3

c) poslední nadzemní podl. REI 30/DP3

Požadovaná požární odolnost pro požární stěnu nezajišťující stabilitu objektu je:

NENOSNÁ POŽÁRNÍ STĚNA IV. SPB

b) nadzemní podlaží EI 60/DP3

c) poslední nadzemní podl. EI 30/DP3

Požární stěny - mezi PÚ jsou výše uvedené skladby a dle katalogu Rigips 2012 str. 12 mají požární odolnost min. REI 60 DP3 - vyhovují.

16.2.11 Požární stropy

Požadovaná požární odolnost pro požární strop e:

POŽÁRNÍ STROP IV. SPB

b) nadzemní podlaží REI 60/DP3

c) poslední nadzemní podl. REI 30/DP3

Požární stropy mezi podlažími: jsou výše uvedené skladby, která uzavřením dřevěné nosné konstrukce stropu shora podlahovou deskou Fermacell 2 x 15 mm a z podhledu 1 x SDK deskou RF t1.15 mm zaručuje splnění požadované požární odolnosti REI 60 DP3.

16.2.12 Požární uzávěry otvorů

Požadovaná požární odolnost pro požární uzávěru otvorů je:

POŽÁRNÍ UZÁVĚRY IV. SPB

b) nadzemní podlaží 30/DP3

c) poslední nadzemní podlaží 30/DP3

EW omezují průniku tepla

EI brání průniku tepla

C samozavírač

Výlez do půdního prostoru ve schodišti musí vykazovat požární odolnost EI sirp3. Vstupní dveře do obytných buněk nemusí být opatřeny samozavíračem v souladu s čl. 5.3.7 ČSN 73 0833. Ostatní dveře mezi požárními úseky budou opatřeny samozavíračem.

Jednotlivé požární odolnosti požárních uzávěrů jsou vyznačeny ve výkresech. Požární odolnost požárních uzávěrů včetně zárubní bude při závěrečné kontrolní prohlídce stavby doložena certifikátem.

16.2.13 Obvodové stěny

Požadovaná požární odolnost pro obvodové stěny zajišťující stabilitu objektu je:

NOSNÁ OBVODOVÁ STĚNA IV. SPB

b) nadzemní podlaží REW 60/DP3

c) poslední nadzemní podlaží REW 30/DP3

Obvodové stěny s výše uvedenými skladbami se zateplením tepelně izolačním kompozitním systémem a s omítkou typu např. Weber therm elastik, který je ucelený výrobek třídy reakce na oheň B-s1,d0, s indexem šíření plamene is = 0 mm.min-1, mají požární odolnost (dle katalogu Rigips) REI 60 DP3 - vyhovují. Obvodová stěna výše uvedené skladby je 100% požárně uzavřenou plochou. Požadovaná požární odolnost konstrukce z vnější strany bude doložena u kolaudace od výrobce.

NOSNÉ KCE UVNITŘ PÚ IV. SPB

b) nadzemní podlaží R 60/DP3

c) poslední nadzemní podlaží R 30/DP3

nosné konstrukce uvnitř - budou provedeny jako vnitřní nosná stěnová konstrukce výše uvedené skladby, která dle katalogu Rigips 2012 str.12 splňuje požární odolnost min. REI 60 DP3 - vyhovuje. Stropy dle výše uvedené skladby (viz požární stropy) rovněž vyhovují požadavku R 60.

16.2.13.1 Konstrukce schodišť

Požadovaná požární odolnost je R 15/DP3 pro 11. SPB. 'Schodiště se předpokládá z ocelových plechových stupnic a podstupnic v ocelových schodnicích s obložením ze spodní strany sádrokartonovými deskami nebo bude železobetonové na ocelových nesnicích obalených rovněž sádrokartonem. Ukrytím ocelových nosných prvků sádrokartonem t1.12,5 mm zaručí požární odolnost schodiště R 15. Požadovaná požární odolnost konstrukce bude doložena při kolaudaci dokladem o montáži a prohlášením o shodě.

16.2.13.2 Střešní plášť

Střešní plášť nemusí vykazovat požární odolnost - nachází se nad požárním stropem posledního užitného nadzemního podlaží. Střešní plášť (střecha) objektu, který se nenachází v požárně nebezpečném prostoru, musí mít klasifikaci B_{ROOF} (ti)vyhovuje.

16.2.13.3 Prostupy rozvodů

Podle čl. 6.2.1 ČSN 73 0810 prostupy rozvodů a instalací požárně dělícími konstrukcemi musí být požárně utěsněny v souladu s ČSN 73 0810 kapitola 6.2. Prostupy jsou řešeny v rámci dotěsnění na průchodu požární stěny/stropem. Prostupy elektrických rozvodů a instalací (např. vodovodů, kanalizací, plynovodů, vzduchovodů), technických a technologických zařízení, elektrických rozvodů (kabelů, vodičů) apod., mají být navrženy tak, aby co nejméně prostupovaly požárně dělícími konstrukcemi. Konstrukce, ve kterých se vyskytují tyto prostupy, musí být dotaženy až k vnějším povrchům prostupujících zařízení a to ve stejné skladbě a se stejnou požární odolností jakou má požárně dělící konstrukce. Požárně dělící konstrukce může být případně i zaměněna (nebo upravena) v dotahované části k vnějším povrchům prostupů za předpokladu, že nedojde ke snížení požární odolnosti a ani ke změně druhu konstrukce.

Prostupy musí být navrženy a realizovány v souladu ČSN 73 0802, ČSN 73 0804, ČSN 65 0201, v případě VZT zařízení v souladu s ČSN 73 0872 a dalšími ustanoveními souvisejícími s prostupy v ČSN 73 080x.

16.2.13.4 Těsnění se provádí

a) Realizací požárně bezpečnostního zařízení - výrobku (systému) požární přepážky nebo ucpávky (v souladu ČSN EN 13501-2+A1:2010, čl. 7.5.8)

b) Dotěsněním (např. dozděním, příp. dobetonováním) hmotami třídy reakce na oheň A1 nebo A2 v celé tloušťce konstrukce a to pouze pokud se nejedná o prostupy konstrukcemi okolo CHÚC (nebo okolo požárních nebo evakuačních výtahů) a zároveň v případech specifikovaných dále. Podle bodu a) se prostupy hodnotí kritérii

- EI v požárně dělících konstrukcích EI nebo REI a nebo

- E v požárně dělících konstrukcích EW nebo REW

Podle bodu b) lze postupovat pouze v následujících případech:

1) Jedná se o prostup zděnou nebo betonovou konstrukcí (např. stěnou nebo stropem) a jedná se maximálně o 3 potrubí s trvalou náplní vody nebo jinou nehořlavou kapalinou (např. teplá nebo studená voda, topení, chlazení apod.). Potrubí musí být třídy reakce na oheň A1 nebo A2 a nebo musí mít

vnější průměr potrubí max. 30 mm. Případné izolace potrubí v místě prostupu (pokud jsou) musí být nehořlavé (tj. třídy reakce na oheň A1 nebo A2 a to s přesahem min. 500mm na obě strany konstrukce; nebo

2) Jedná se o jednotlivý vstup jednoho (samostatně vedeného) kabelu elektroinstalace (bez chráničky apod.) s vnějším průměrem kabelu do 20 mm. Takovýto vstup smí být nejvíce nejen ve zděné nebo betonové, ale i SDK nebo sendvičové konstrukci. Tato konstrukce musí být dotažena až k povrchu kabelu shodnou skladbou. Podle bodu b) se samostatně posuzují vstupy, mezi nimi je vzdálenost alespoň 500 mm.

Je-li ve zděné, betonové, sendvičové či jiné požární konstrukci v době výstavby vynechán montážní otvor (podle bodu b1), např. pro potrubí s vodou, potom po instalaci potrubí musí být otvor dozděn nebo dobetonován (v kvalitě okolní konstrukce) výrobky třídy reakce na oheň A1 nebo A2 a to až k potrubí a to v celé tloušťce konstrukce.

U vstupů podle bodu b2) se předpokládá provedení vstupu se shodným průměrem jako je průměr kabelu. Pokud by byl v sendvičové konstrukci proveden otvor větší, např. o průměru 100 mm pro kabel o průměru 20 mm, pak se postupuje podle bodu a) tohoto článku.

Těsnění případných dilatačních spár bude provedeno v souladu s čl. 6.3 ČSN 73 0810.

V případě plynovodů jsou další informace uvedeny např. v TGP 704 01. Pokud nelze z provozních nebo technických důvodů zajistit u vstupů úpravy podle článku 6.2 ČSN 73 0810 (např. skupina obtížně přístupných vstupů s nekontrolovatelným utěsněním nebo vstupy, které nelze odzkoušet a klasifikovat) může být těsnění vstupu nahrazeno jiným řešením posouzené autorizovanou osobou §11a zákona č.221/1997 Sb.

VZT Dle ČSN 73 0872 čl. 4.2.1 vstupy VZT potrubí požárně dělícími konstrukcemi požárních úseků musí být zabezpečeny požárními klapkami. Dle ČSN 73 0872 čl. 4.2.1a) VZT potrubí z nehořlavých hmot nemusí mít požární klapky, pokud průřez vstupujícího potrubí má plochu nejvýše 40 000 mm² a

jednotlivé prostupy nemají ve svém souhrnu plochu větší než 1/100 plochy požárně dělící konstrukce, kterou VZT potrubí prostupují.

V objektu nebudou požární klapky. Dle ČSN 73 0802 čl. 11.1.1 rozvodná potrubí sloužící k rozvodu nehořlavých látek tj. VZT mohou prostupovat požárně dělící konstrukcí: a) při potrubí světlého průřezu do 40 000 mm² bez dalších opatření; b) při potrubí světlého průřezu nad 40 000 mm², z nehořlavých nebo nepadně hořlavých stavebních hmot a jeho případná izolace také z nehořlavých stavebních hmot. Prostupy rozvodů a instalací požárně dělícími konstrukcemi musí být požárně utěsněny. Hmoty použité pro utěsnění musí mít třídu reakce na oheň nejvýše C a musí vykazovat požární odolnost shodnou s požární odolností konstrukce, jíž prostupují, max. 90 minut. Dle ČSN 73 0872 kap. 5 veškeré požární klapky budou pro možnost kontroly a revizí označeny čísly na konstrukci kde budou umístěny (či v blízkosti klapky). Prostor okolo klapky je nutné vždy požárně dotěsnit. Ke klapce musí být zajištěn přístup pro revize.

Dle ČSN 73 0872 čl. 4.2.2 v místě prostupu požárně dělící konstrukcí musí být VZT zařízení (potrubí, popř. jiné díly a prvky včetně pružného ohebného potrubí) z nehořlavých hmot; případná izolace tohoto zařízení musí být alespoň z nepadně hořlavých hmot a to do vzdálenosti L rovné alespoň druhé odmocnině plochy průřezu potrubí, nejméně však do vzdálenosti 500 mm. Do vzdálenosti L nesmí být na potrubí osazeny vyústky.

Požární odolnost případného chráněného potrubí (podle tab. 1 ČSN 73 0872): - I. a II. SPB EI 15 minut.

V souladu s čl. 6.2.2 ČSN 73 0810 požární klapky a klapky pro odvod kouře osazené v požárně dělících konstrukcích musí utěsněny podle podmínek stanovených pro klasifikaci požární odolnosti klapky vypracované v souladu s ČSN EN 13501-3+A1 a CSN EN 13501-4+A1 a/nebo podle ozkoušených a klasifikovaných řešení.

16.2.14 Evakuace

z objektu bude vedena po nechráněné Únikové cestě (NÚC) přímo na volné prostranství v souladu s čl. 5.3.2a) ČSN 73 0833 — požární výška objektu je h

= 9m, y objektu je 11 obytných buněk, délka nechráněné únikové cesty je 31,8m (měřeno od bytu č. 9) < 35m vyhovuje.

Označení bytu	Celková půdorysná plocha bytu	Půdorysná plocha v m ² na 1 osobu	Počet osob
Byt 1 (1.NP)	62,81	20	3,14 = 4
Byt 2 (1.NP)	45,35	20	2,27 = 3
Byt 3 (2.NP)	51,99	20	2,60 = 3
Byt 4 (2.NP)	56,69	20	2,83 = 3
Byt 5 (2.NP)	49,65	20	2,48 = 3
Byt 6 (3.NP)	51,98	20	2,60 = 3
Byt 7 (3.NP)	56,58	20	2,83 = 3
Byt 8 (3.NP)	49,65	20	2,48 = 3
Byt 9 (4.NP)	51,97	20	2,60 = 3
Byt 10 (4.NP)	70,03	20	3,50 = 4
Byt 11 (4.NP)	36,31	20	1,82 = 2
Celkem osob =			34

Obrázek 54 Obsazení objektu osobami

(ČSN 73 0818 Počtu osob jsou stanovenu dle ČSN 73 0818)

16.2.15 Evakuace z bytů

Evakuace z objektu bude vedena po nechráněné únikové cestě (NÚČ) přímo - na volné prostranství v souladu s čl. 5.3.2a) ČSN 73 0833.

Mezní délka únikové cesty

Dle ČSN 73 0833 čl. 5.3.3.1 se délky nechráněných únikových cest v obytných buňkách s podlahovou plochou do 250 m² posuzovat nemusí. Délka nechráněné únikové cesty po schodišti na volné prostranství je 31,8m (měřeno od bytu č. 9) < 35m ... **vyhovuje**

16.2.15.1 Kapacita únikové cesty

Dle ČSN 73 0833 čl. 5.3.6 v budovách skupiny OB2, které mají únikové cesty navrženy podle čl. 5.3.2 až 5.3.4.2 ČSN 73 0833 a v podlaží je nejvýše 12 obytných buněk, se považuje za postačující šířka nechráněné únikové cesty 1,1 m; průchod dveřmi může být zúžen na 0,9 m. Skutečná šířka schodiště je 1 200 mm ... **vyhovuje**. Skutečná šířka jednoho křídla dveří je 900 mm**vyhovuje**.

16.2.15.2 Provedení únikových cest

Dveře, jimiž prochází úniková cesta, musí dle čl. 9.13.1 ČSN 73 0802 umožňovat snadný a rychlý průchod, zabraňovat zachycení oděvu apod. a svým zajištěním nesmí bránit evakuaci osob ani zásahu jednotek požární ochrany. Dveře na únikových cestách, které při běžném provozu jsou zajištěny proti vstupu nepovolaných osob, musejí být při evakuaci otevíratelné a průchodné.

Dveře se musí dle čl. 9.13.2 ČSN 73 0802 otevírat ve směru úniku, s výjimkou dveří z místností nebo funkčně ucelené skupiny místností, u kterých úniková cesta začíná a s výjimkou dveří na volné prostranství pokud jimi neprochází více než 200 evakuovaných osob.

Dveře, jimiž prochází úniková cesta, musí být otevíravé otáčením křídel v postranních závěsech nebo čepech, popř. vodorovně posuvné. Podlaha na obou stranách dveří, jimiž prochází úniková cesta, musí být dle čl. 9.13.4 ČSN 73 0802 do vzdálenosti šířky dveřního křídla na stejné výškové úrovni, s výjimkou dveří na volné prostranství, za nimiž může být podlaha (chodník atd.) snížena až o 180 mm. Dveře, jimiž prochází úniková cesta, nesmí mít prahy, s výjimkou dveří z místností nebo funkčně ucelené skupiny místností, u kterých úniková cesta začíná.

Dveřní křídla započítaná do šířky únikové cesty, pokud jsou při běžném provozu zajištěna, musí mít dle čl. 9.13.5 ČSN 73 0802 na straně dveří ve směru úniku umístěn uzávěr, který umožňuje snadné a rychlé otevření křídla (např. pákový uzávěr s rukojetí nejvýše 1 200 mm nad podlahou, otevíratelný pohybem shora dolů nebo vodorovně ve směru úniku).

Podle čl. 9.13.6 ČSN 73 0802 se doporučuje, aby dveře v bočních stěnách únikové cesty, které se otevírají do únikové cesty, se otevíraly ve směru úniku na této cestě. Otevřené křídlo těchto dveří nesmí bránit pohybu na únikové cestě a zejména nesmí zužovat její započítatelnou průchozí šířku. Doporučuje se otevírat tyto dveře o 180°, a to zejména tam, kde se po únikové cestě pohybuje větší počet osob.

V souladu s čl. 5.3.7 ČSN 73 0833 vstupní dveře do jednotlivých obytných buněk nemusí být opatřeny samozavírači. Dle ČSN 73 0833 čl. 5.3.9 dveře

jednotlivých místností uvnitř bytu musí být opatřeny kováním, které umožňuje v případě nouze otevřít z druhé strany dveře zevnitř zajištěné, a to bez speciálního nářadí.

Dle poznámky ČSN 73 0833 čl. 5.3.10 se stanoví, že východové dveře z bytového domu mohou být průběžně uzamčené, přičemž se doporučuje z vnitřní strany vybavit dveře kováním, které umožní v případě jejich uzamčení možnost otevřít je bez odemčení — tzv. panikovou klikou. Běžně lze ale předpokládat, že většina osob bydlících v objektu, může uzamčené východové dveře kdykoliv odemknout.

Schodiště na únikových cestách musí dle čl. 9.14.1 ČSN 73 0802 svým provedením splňovat požadavky ČSN 73 4130.

Dle čl. 9.15.1 ČSN 73 0802 musí být únikové cesty dostatečně osvětleny denním nebo umělým světlem alespoň během provozní doby v objektu. Nechráněné únikové cesty musí mít elektrické osvětlení všude, kde je v objektu běžná elektroinstalace pro osvětlení. V budovách se musí zřetelně označit podle ČSN ISO 3864 směr úniku všude, kde východ na volné prostranství není přímo viditelný.

Podle §10 vyhlášky č. 23/2008 Sb. úniková cesta musí být vybavena bezpečnostními značkami, tabulkami a texty s bezpečnostním sdělením za účelem a v rozsahu nezbytném pro usnadnění evakuace osob. Toto bezpečnostní značení se umísťuje zejména tam, kde se mění směr úniku, kde dochází ke křížení komunikací a při jakékoli změně výškové úrovně úniku.

16.2.15.3 Nouzové osvětlení

Nouzové osvětlení se zapíná automaticky při výpadku napájení hlavním zdrojem, do té doby pracuje nouzové osvětlení na hlavní zdroj. U nouzového osvětlení je nutné zajištění nepřetržité funkce v požadované intenzitě podle ČSN 73 0802, tj. podle ČSN EN 1838. Bude provedena instalace osvětlovacích těles s vlastními bateriemi. Ve všech prostorech, kde je požadováno nouzové osvětlení musí být proveden výpočet nouzového osvětlení (průkaz intenzity vyhovující ČSN EN 1838). Ke kolaudaci bude doložen výpočet dle skutečného provedení, případně protokol o měření.

V rámci nouzového osvětlení je navrženo označení i veškerých východů na volné prostranství. Z místa, kde není přímo viditelný směr úniku, bude po realizaci stavby viditelné alespoň označení směru příslušnou značkou (bezpečnostní tabulkou). Činnost nouzového Osvětlení musí být dle ČSN EN 1838 zajištěna po dobu nejméně 60 minut:

16.2.16 Odstupová vzdálenost

Odstup od požárně otevřených ploch je stanoven pro % požárně otevřených ploch v jednotlivých podlažích, rozhodující je největší odstupová vzdálenost.

Střešní plášť Střešní plášť se nachází nad požárním stropem 4.NP a splňuje požadavky čl. 8.15.1a) ČSN 73 0802 ... v souladu s ČSN 73 0802 čl. 8.15.4b)1) se střecha (střešní plášť) nepovažuje za požárně otevřenou plochu a nevyžaduje se odstupová vzdálenost.

16.2.17 Zateplení

Na zateplení obvodových stěn bude použito vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému s omítkou typu např. Weber therm elastik. Jedná se o ucelený výrobek třídy reakce na oheň B-s1,d0, s indexem šíření plamene $i_s = 0$ mm.min⁻¹ (protokol Pavus a.s. - č.PK1-01- 07-003-C-0 a č.Pr-07-6.020).

Konstrukce zateplení se nepovažuje za požárně otevřenou plochu obvodových stěn, pokud dle ČSN 73 0810 čl. 3.1.3 je tloušťka tepelně izolačního materiálu menší jako 200 mm. Zateplení obvodových stěn je provedeno v souladu s ČSN 73 0810 čl. 3.1.3.2 (h <12m): - Ucelená sestava vnějšího zateplení musí vykazovat třídu reakce na oheň alespoň B vyhovuje, třída reakce na oheň bude doložena u kolaudace. - Tepelně-izolační materiál sestavy (samostatně) musí vykazovat třídu reakce na oheň alespoň E ... **vyhovuje**, třída reakce na oheň bude doložena u kolaudace. Při založení vnějšího zateplení nad terénem je nutné v úrovni založení aplikovat požadavky článku 3.1.3.3 ČSN 73 0810, tj. v místě založení bude vytvořen nehořlavý pruh (ucelený systém třídy reakce na oheň A1 nebo A2) šířky min. 900mm (založení pruhem např. z minerální vaty) ... **vyhovuje**, třída reakce na oheň bude, doložena u kolaudace. Ucelená sestava vnějšího zateplení bude vykazovat index šíření plamene po povrchu stavební konstrukce $i_s = 0$ mm/min ... **vyhovuje, omítka**.

Ucelená sestava vnějšího zateplení bude kontaktně spojena se zateplovanou konstrukcí ... **vyhovuje**.

Odstupové vzdálenosti jsou stanoveny podle ČSN 73 0802 v programu Ing. Bochňáka pomocí výpočtového požárního zatížení p_v , které se zvýší dle ČSN 73 0802 čl. 10.4.4a) o hodnotu 15 kg/m² u konstrukčního systému podle čl. 7.2.8c2) hořlavý systém s konstrukcemi druhu DP3, popř. nesplňující požadavky na nehořlavé či smíšené konstrukční systémy.

Výpočet odstupových vzdáleností podle ČSN 73 0802

p_v [kg.m-2]	l [m]	h_u [KW.m-2]	k_2	k_3	p_o [%]	d [m]	p_o^* [%]	d^* [m]	
55,0	0,6	1,30	119,68	0,50	0,73	100	1,13	100	1,13
55,0	1,6	1,30	119,68	0,50	0,73	100	1,89	100	1,89
55,0	1,6	2,20	119,68	0,50	0,73	100	2,46	100	2,46
55,0	2,4	1,30	119,68	0,50	0,73	100	2,28	100	2,28
55,0	0,8	1,30	119,68	0,50	0,73	100	1,33	100	1,33
55,0	1,2	1,30	119,68	0,50	0,73	100	1,64	100	1,64
55,0	1,8	1,30	119,68	0,50	0,73	100	2,00	100	2,00
55,0	1,1	2,20	119,68	0,50	0,73	100	2,00	100	2,00
55,0	1,8	2,20	119,68	0,50	0,73	100	2,61	100	2,61
55,0	2,4	1,30	119,68	0,50	0,73	100	2,28	100	2,28
55,0	2,4	2,20	119,68	0,50	0,73	100	3,02	100	3,02
Schodiště									
22,5	0,6	1,30	74,85	0,80	1,16	100	0,83	100	0,83
22,5	1,1	2,20	74,85	0,80	1,16	100	1,47	100	1,47
22,5	1,1	7,50	74,85	0,80	1,16	100	2,04	100	2,04

Obrázek 55 Výpočet odstupových vzdáleností podle ČSN 73 0802

Ovládání elektroinstalace ČSN 73 0848 V objektu bude místo pro vypnutí resp. odpojení kompletní elektroinstalace, Toto místo bude v hlavním domovním rozvaděči. Toto místo musí být označeno bezpečnostní tabulkou TOTAL STOP a „VYPNI JEN V NEBEZPEČÍ“.

16.2.18 Požárně bezpečnostní zařízení a instalace

EPS - Elektrická požární signalizace. V bytové části objektu se nepožaduje instalace systému EPS v souladu s čl. 5.5 ČSN 73 0833 a čl. 6.6.9 ČSN 73 0802 - požární výška objektu je menší než 22,5 m.

SHZ - Samočinné stabilní hasicí zařízení. Objekt nemusí být vybaven SHZ v souladu s čl. 6.6.10 ČSN 73 0802.

SOZ - Samočinné odvětrací zařízení V souladu s čl. 6.6.11 ČSN 73 0802 se ostatní části objektu nemusí vybavit SOZ.

16.2.19 Zařízení autonomní detekce a signalizace

Dle vyhl. č. 231/2008 Sb. §16 odst. 2 musí být každý byt vybaven zařízením autonomní detekce a signalizace. Toto zařízení bude umístěno v části bytu vedoucí směrem do únikové cesty (u vstupu do bytu). V bytech s podlahovou plochou větší než 150 m² a v mezonetových bytech musí být umístěno další zařízení v jiné vhodné části bytu - v objektu nejsou byty s plochou větší než 150 m². Zařízení v celkovém počtu 11 kusů budou instalována podle české technické normy ČSN EN 14604. Autonomní hlásiče musí být certifikovány, certifikáty budou doloženy ke kolaudaci.

16.2.20 Výstražné a bezpečnostní značky

V objektu budou označeny všechny hlavní uzávěry energií a přístupy k nim, elektrorozvaděče, vnitřní odběrná místa, hlavní uzávěr vody. Na elektrorozvaděčích bude upozornění "Nehas vodou ani pěnovými hasicími přístroji". Únikové cesty budou trvale volné, přístupy k hlavním uzávěrům energií a k přenosným hasicím přístrojům budou trvale volné. Dveře, vedoucí na volné prostranství, budou označeny značkou, popř. nápisem "nouzový východ" podle ČSN ISO 3864.

16.3 Závěrečné požární ustanovení

Projekt pro stavební povolení je zpracován v souladu s vyhláškou MV ČR č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb a v souladu s normami platnými v době zahájení projekčních prací. Při realizaci a užívání stavby bude dodržena vyhláška MV ČR č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb.

17 Diskuse

Výšková výstavba budov je pro rozvoj měst již nezbytnou součástí a cílem této práce nebylo diskreditovat jiné materiály jako je beton nebo ocel či kámen. Cílem bylo pouze vyzdvihnout všechna pro dřevěných materiálů a uvést několik důkazů, že tento materiál je rovnocenným partnerem pro ostatní stavební materiály.

A také nabourat paradigmatu několika reálnými příklady ze zemí kde se dřevo využívá pro naprosto úžasné sofistikované a high-tech stavby. Ale stejně jako v porovnání s klasickou výstavbou rodinných domů je rozhodování, jakou budovu stavět hlavně o pocitu investora a o přesvědčení osob účastnících se na projektu. Dřevostavby nebo materiály na bázi dřeva pouze nabízejí další možnost volby, jak co nejefektivněji využívat zdroje naší planety.

Ze stran architektů dřevo umožňuje velice různorodé použití a názor na výškovou výstavbu je velice pozitivní. Architekti jsou většinou lidé, kteří udávají směr a jsou schopni ovlivnit veliké množství lidí svým osobním postojem a názory na danou problematiku. U tématu výškových dřevostaveb panuje mezi architekty velice příznivý směr, protože dřevo je jeden ze základních pilířů jejich architektury a umožňuje kreativní řešení a realizaci odvážných a jedinečných vizí. O výhodách dřeva v tomto segmentu bychom mohli mluvit hodiny, ale ta hlavní spočívá v jeho plné obnovitelnosti a hledisko recyklace.

Přijde doba, kdy budou materiály se snadnou recyklací i daňově zvýhodněné vůči materiálům, u nichž je recyklace energeticky i technicky náročná, a tedy nákladná.

U dřeva platí, že ho lze energeticky bezezbytku využít. Vznikne sice nějaké množství oxidu uhličitého, ten však dřevo po dobu svého růstu minimálně ve stejném objemu spotřebuje. Jedná se jednoznačně o materiál budoucnosti. V poslední době přibývá lidí, kteří chtějí dřevo v masivní podobě. Největší tempo rozvoje tak zažívá systém masivních dřevěných panelů. A nejde jen o náš trh. Pakliže dnes v západní Evropě vznikají nějaké velké výrobní kapacity v rámci dřevozpracujícího průmyslu, z 90 % jsou zaměřené právě na výrobu takzvaného CLT systému, tedy masivních dřevěných panelů.

Lidé však mají zažité, že by se dřevem mělo šetřit a lesy by se neměly tolik kácet. To je velká dezinformace, realita je jiná. Roční přírůstek dřeva je u nás na úrovni cca 18 milionů m³ za rok. Těžba je ale o 2-3 miliony nižší. Každoročně se těží méně dřeva, než doroste. Existuje tedy velká rezerva a tu můžeme využít právě ve stavebnictví. Objem dřeva potřebný na průměrnou dřevostavbu doroste v našich lesích zhruba za dvě minuty.

Myšlenka komerční a výškové výstavby dřevostaveb je velice atraktivní. Avšak po hlubším zamyšlení a probrání tématu zde panuje poněkud odtažitější názor.

Lidé nemají problém s životním prostředím a obnovitelným prostředím to jsou všechno důležitá a božská témata problémem je však všeobecný názor veřejnosti, dřevo hoří a představa, že bude žít v domě potažmo bytě, který je postaven z materiálů, kterým v zimním období přikládají na chatě do kamen je pro mnoho jedinců nepředstavitelná. Ale pokud jsme se tématu drželi delší dobu a odborně si povídali o všech faktech a výhodách i nevýhodách dřevěných konstrukcí tak jsme velice často došli k názoru a určitému otočení celé myšlenky proti obecnému názoru. A to v začátcích zvolit spíše formu osvěty a informovanosti lidí o tom, že dřevo je skvělý a nadčasový materiál. Třeba formou výstavby hotelu, kde se dá argument obnovitelnosti udržitelné, přírodní konstrukce použít jako skvělý marketingový tah a výhoda proti konkurenčním hotelům. Zároveň se tak naplňuje jistá forma osvěty, protože lidé si koupí pár nocí v prostředí, které mají ve svých myslích jako hořlavé a opouští budovu po pobytu s pocitem velice příznivého prostředí a s jistou dávkou přesvědčení, že by to mohlo fungovat.

Závěr

Na závěr je vhodné zopakovat, že z pohledu v současnosti platných norem jsou na vícepodlažní dřevostavby kladeny zvláště omezující požadavky a současná legislativa je rozvoji vícepodlažních dřevostaveb v podstatě nepříznivě nakloněna.

Komplexním zkoumáním dané problematiky jsem dospěl k přesvědčení, že vícepodlažní dřevěné budovy mají v České republice ne zcela dobré podmínky pro růst. Problémem jsou svazující normové předpisy, které do jisté míry nedrží krok s dobou a drží se zaběhnutých pravidel, které brání ve větší míře využití dřeva při komerční výstavbě.

Dále je v našich podmínkách neopomenutelný lobbistický vliv ze stran monolitických a ocelářských gigantů, kteří mají značný vliv na rozhodování a samotnou legislativu. Výsledkem práce je však potvrzení, že směr, kterým se moderní stavebnictví ubírá, jasně ukazuje na to, že materiálem číslo jedna v budoucích letech bude právě dřevo pro jeho neuvěřitelné možnosti využití a nespočet kladných vlastností v celkovém cyklu výstavby a směřování k uzavření procesu obnovitelné a ekologické výstavby. Velký vliv na budoucí výstavbu dřevěných několika patrových budov budou mít právě zástupci z řad architektů a developerů, kteří mají největší vliv na budoucí substituci materiálové základny českého stavebnictví.

Výsledky sběru dat z jednotlivých vícepodlažních budov ukazují, že konstrukce KVH je při výstavbě patrových dřevostaveb v podstatě nepoužitelná a staticky nedostačující. Velký progres zaznamenávají materiály BSH a CLT desky.

Česká legislativa neumožňuje překročit limity norem než jsou 4.NP pro hořlavé stavební konstrukce. Na uvedených příkladech ze zahraničí lze pozorovat až 20-ti násobné překročení českého limitu.

Dalším omezujícím faktorem je nedostatek autorizovaných osob, které by dokázaly navrhovat vícepodlažní dřevostavby podle principů požárního inženýrství.

Reference

1991-1-4, Eurocode 1 NS-EN. 2005. *Eurocode 1 NS-EN 1991-1-4.* místo neznámé : Windloads , 2005.

5, European Standard EN 1995-1-1:2004/A1:2008 Eurocode. November 2004/2008.. *General – Common rules and rules for buildings.* London : Bruxelles, Belgium, November 2004/2008.

5050, Moholt. 2014. Moholt 5050. [Online] 2014. <http://www.arkitektur.no/moholt-5050>.

Boggs, Acceleration index for human comfort in tall buildings-peak or rms. July 1995 . *Motion Perception Tolerance and Mitigation 1997.* místo neznámé : Submitted to CTBUH Monograph Chpt. 13, July 1995 .

Byggmesteren.as. 2017. Byggmesteren.as. [Online] 2017. <https://byggmesteren.as/2017/09/05/monteringsstart-av-mjostarnet/>.

Cartridges.planetark. 2013. Cartridges.planetark. [Online] 2013. <http://cartridges.planetark.org/news/display/1316>.

č.268/2009, Vyhláška. 2009. *Sb. Vyhláška o technických požadavcích na stavby.* Praha : Grada, 2009. 656-325-85.

2009. ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení, . ÚNMZ Praha : autor neznámý, 2009.

ČSN 73 0821 - Požární bezpečnost staveb.

1984. ČSN 73 0821 Požární bezpečnost staveb, Požární odolnost stavebních konstrukcí. ÚNM Praha : autor neznámý, 1984.

1996. ČSN 73 0833 Požární bezpečnost staveb - Budovy pro bydlení a ubytování. ČNI. Praha : autor neznámý, 1996.

design., European Standard EN 1990:2002 Eurocode - Basis of structural. April 2002. *European Committee for Standardization,.* London : Bruxelles, Belgium, April 2002.

Garrecht, Harald. 2008. *Wood Composites as Structural Elements.* Praha : Grada Publishing, 2008. 8024720616.

Hansen, M. F. Olsen and O. CTBUH 2017. *Measuring vibrations and assessing dynamic properties of tall timber building* Rob Foster. *Rethinking CTBUH height criteria in the context of tall timber.* . Sydney, Oc : NTNU Trondheim, CTBUH 2017. International Conference.

Horák, Pavel. *Moderní dřevostavby.* Praha : Computer Press. 867-80-513.

HOŠEK, Zdeněk. 2006. *Požární bezpečnost staveb.* Praha : ABF. Stavební, 2006. ISBN 80-869-0522-5..

Hough, Beck Romeyn. *The Woodbook.* Finland : The Complete Plates. 806-596-8432.

ISO 10137, Bases for design of Structures. 2007 . *Serviceability of Buildings and Walkways against Vibrations.* 2007 .

- JANATA, Jiří, Václav HLADÍK a Jan KOZÁK. 2009.** *Požáry v českých zemích. 1.* Praha : Professional Publishing, 2009. ISBN 978-808-6946-962..
- JANDÁČEK, Václav. 2015.** *Požární předpisy v minulosti a jejich dopad na konstrukce budov. Stavby a požáry.* Praha : Informační centrum ČKAIT ve, 2015. ISBN 978-808-7438-619..
- Jim, Coulson. 2009.** *Wood in Constrution.* London : How to Avoid Costly, 2009. 8964-256-365.
- Joseph, Mayo. 2011.** *Solid Wood: Case Studies on Mass Timber.* France : Mefisto, 2011. 546-20-6665-985.
- Kolb, Josef. 2013.** *Dřevostavby Josef Kolb.* Praha : Grada, 2013. 978-80-247-4071-3.
- kolektiv., Zoufal R. a. 2009.** *Hodnoty požární odolnosti stavebních konstrukcí podle Eurokódů. PAVUS, a.s., Centrum technické normalizace pro požární ochranu.* Praha : autor neznámý, 2009. 978-80-904481-0-0..
- Krusna, Mahapatra. 2006.** *Multistory wood frame buildings in Germany, Sweden amd UK.* London : Biblio, 2006. 968-8695-530.
- Kuklík, P. 2005.** *Dřevěné konstrukce. ČVUT.* Praha : autor neznámý, 2005. 80-01-03310-4.
- KUKLÍK, Petr. 2005a.** *Dřevěné konstrukce.* Praha : Česká technika, 2005a. ISBN 8001033104..
- KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ,. 2010..** *Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1.* Praha: : Informační centrum ČKAIT., 2010. ISBN 978-808-7093-887..
- KUKLÍK, Petr, Anna KUKLÍKOVÁ a Karel MIKEŠ. 2003..** *Dřevené konstrukce 10 pravidla pro navrhování a řešené příklady.* Praha : Vydavatelství ČVUT., 2003. ISBN 80-010-2847-X..
- KUKLÍK, Petr,. 2005b..** *Dřevěné konstrukce.* Praha : Informační centrum ČKAIT, 2005b. ISBN 80-867-6972-0..
- Malo, Rune B. Abrahamsen and Kjell Arne. WCTE Québec 2014.** *Structural design and assembly of "Treet" – A 14-storey timber residential building in Norway.* Stockholm : autor neznámý, WCTE Québec 2014.
- Malo., M. Bjertnæs and K. 2014.** *Wind-induced motions of "Treet" .* místo neznámé : WCTE Québec, 2014.
- 2015.** Moholt-student-housing-towers. [Online] 2015. <https://mdh.no/project/moholt-student-housing-towers/>.
- December 2012 .** *Numerical models for dynamic properties of a 14 storey timber building.* Trondheim : autor neznámý, December 2012 .
- Premierconstructionnews.com. 2015.** Premierconstructionnews.com. [Online] 2015. <http://premierconstructionnews.com/2016/09/17/trondheims-new-student-village/>.
- Přeček, L. 2005.** *odpora pro navrhování vícepodlažních dřevostaveb, disertační práce.* ČVUT v Praze : Fakulta architektury, 2005.
- Simon, Aicher. Wood-based Construction.** London : for Multi-storyaNagy. 867-80-2513.
- 2010.** *SN EN 13501-3+A1 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb .* 2010.

Štefko Jozef, Reinprech Ladislav. 2004. *Dřevěné stavby - konstrukce, 1 vyd.* Bratislava : Jaga group, 2004. 80-88905-95-8.

www.actonostry.ca. 2018. www.actonostry.ca. [Online] 2018.
<http://www.actonostry.ca/2018/01/17/brock-commons-tallwood-house-11/>.

www.archdaily.com. 2018. www.archdaily.com. [Online] 2018.
<https://www.archdaily.com/614915/puukuokka-housing-block-oopeaa>.

— . **2016.** www.archdaily.com. [Online] 2016. <https://www.archdaily.com/604416/vienna-to-build-world-s-tallest-wooden-skyscraper>.

www.e-architect.co.uk. 2016. www.e-architect.co.uk. [Online] 2016. <https://www.e-architect.co.uk/sydney/international-house-in-barangaroo>.

— . **2016.** www.e-architect.co.uk. [Online] 2016. <https://www.e-architect.co.uk/vienna/hoho-tower-in-vienna>.

www.moelven.com. 2017. www.moelven.com. [Online] 2017.
<http://www.moelven.com/Products-and-services/Mjostarnet/Paper-about-the-construction-of-Mjostarnet/>.

Seznam příloh (5, November 2004/2008.)

Príloha A: Diplomová práce v elektronické podobě na CD

Príloha C: Návrh vícepodlažního bytového domu dle norem v ČR