

Lesy České republiky, s.p., Hradec Králové

**VÝZKUMNÉ PROJEKTY
GRANTOVÉ SLUŽBY LČR**



Projekt

**MOŽNOSTI VĚTŠÍHO UPLATNĚNÍ DŘEVĚNÝCH
VÍCEPODLAŽNÍCH BUDOV V POROVNÁNÍ SE
ZDĚNÝMI VÍCEPODLAŽNÍMI BUDOVAMI**

Souhrnná textová část závěrečné zprávy

Řešitel

**České vysoké učení technické v Praze
Univerzitní centrum energeticky efektivních budov**



Odpovědný řešitel:

doc. Ing. Petr Kuklík, CSc.

Spoluřešitelé:

Ing. Radek Brandejs, Ph.D., Ing. Marek Pokorný Ph.D.,
Ing. Jan Pošta, Ph.D., Ing. Stanislav Boubalík,
Ing. arch. Anna Gregorová, Ing. Magdaléna Charvátová,
Ing. Robert Jára, Ing. Marie Jírů, Ing. Petr Mydlil,
mjr. Ivana Nohová v.v., Ing. Miloš Slavík, Ing. Hana Slavíková,
Ing. Lukáš Velebil, Ing. Martin Volf

Buštěhrad, březen 2017

Obsah

Předmluva	3
A) Úvod do problematiky vícepodlažních budov na bázi dřeva	4
B) Nejdůležitější poznatky z analýz dílčí problematiky související s možností uplatnění dřeva ve vícepodlažních stavbách	8
C) Porovnání referenčních vícepodlažních budov na bázi dřeva se zděnými/silikátovými vícepodlažními budovami z hlediska ekonomického, stavebně technologického, energetické náročnosti a životního cyklu	26
D) Závěr	73

Předmluva

Projekt si klade za cíl komplexní posouzení možností většího uplatnění vícepodlažních budov na bázi dřeva v porovnání se zděnými/silikátovými budovami.

V rámci řešení projektu byly nejprve zpracovány návrhy Referenčních vícepodlažních budov na bázi dřeva pro porovnání s vícepodlažními zděnými/silikátovými budovami. V případě vícepodlažních obytných budov byly pro porovnání vybrány konstrukční systémy na bázi lehkého skeletu a masivní deskové konstrukce. V případě vícepodlažních administrativních budov byl pro porovnání vybrán těžký skelet.

Referenční vícepodlažní budovy na bázi dřeva byly porovnány s vícepodlažními zděnými/silikátovými budovami z těchto hledisek:

- Nákladů na výstavbu.
- Časové náročnosti výstavby.
- Energetické náročnosti na výstavbu a provoz.
- Ekologie výstavby a bilance uhlíkové stopy (LCA).

Zpracovány též byly analýzy dílčí problematiky související s možnostmi uplatnění dřeva ve vícepodlažních budovách v různých podobách:

- Souhrn požadavků na požární bezpečnost vícepodlažních dřevostaveb podle technických norem platných v ČR.
- Požadavky na požární bezpečnost vícepodlažních dřevostaveb ve vybraných zemích Evropy.
- Experimentálně získané poznatky o požární bezpečnosti dřevostaveb z hlediska požadavků na odstupové vzdálenosti a uzavřenost požární plochy.
- Nové poznatky o možnostech řešení problematiky požární odolnosti a tuhosti vícepodlažních dřevostaveb s lehkým dřevěným skeletem.
- Analýza možností použití křížem vrstveného dřeva (CLT) na vícepodlažní dřevostavby.
- Mechanicky spojované křížem vrstvené dřevo (CLT).
- Kompozitní dřevobetonové stropní konstrukce.
- Prefabrikované systémy na bázi dřeva pro zateplování vícepodlažních budov.

V této souhrnné textové části závěrečné zprávy jsou uvedeny hlavní poznatky získané v rámci řešení projektu.

Výkresy, rozpočty, harmonogramy výstavby atd. Referenčních budov a všechny zmiňované analýzy dílčí problematiky související s možnostmi uplatnění dřeva ve vícepodlažních budovách jsou zpracovány v samostatných přílohách.

A) ÚVOD DO PROBLEMATIKY VÍCEPDLAŽNÍCH BUDOV NA BÁZI DŘEVA

V České republice i v celém středoevropském regionu sledujeme v posledních letech zvyšující se zájem o výstavbu z ekologicky šetrných materiálů. Mezi tyto materiály můžeme jistě zařadit dřevo a výrobky na bázi dřeva. Přestože se v České republice zvyšuje nejen zájem, ale i počet realizací staveb na bázi dřeva, je jejich podíl na výstavbě budov přibližně desetiprocentní. V souladu s evropskou směrnicí 31/2010/EU, která stanovuje společný cíl snížit do roku 2020 spotřebu energie v budovách o 20 % při současném zvýšení podílu využití obnovitelných zdrojů energie na 20 % a snížení produkce skleníkových plynů o 20%, je tato oblast stavebnictví vysoce perspektivním oborem. Aby perspektiva mohla být naplňována, je třeba poskytnout specializovaným výrobcům dřevostaveb dostatek pádných, věcných a přesvědčivých argumentů a nástrojů pro jednání s investory, orgány státní správy, architektky a projektanty.

V zájmu zlepšení životního prostředí v Evropě je klíčovou otázkou snížení obsahu oxidu uhličitého v ovzduší. Jednou z cest řešení tohoto problému je větší využití možností lesa jako jeho likvidátora a současně producenta obnovitelného a ekologického stavebního materiálu - dřeva.

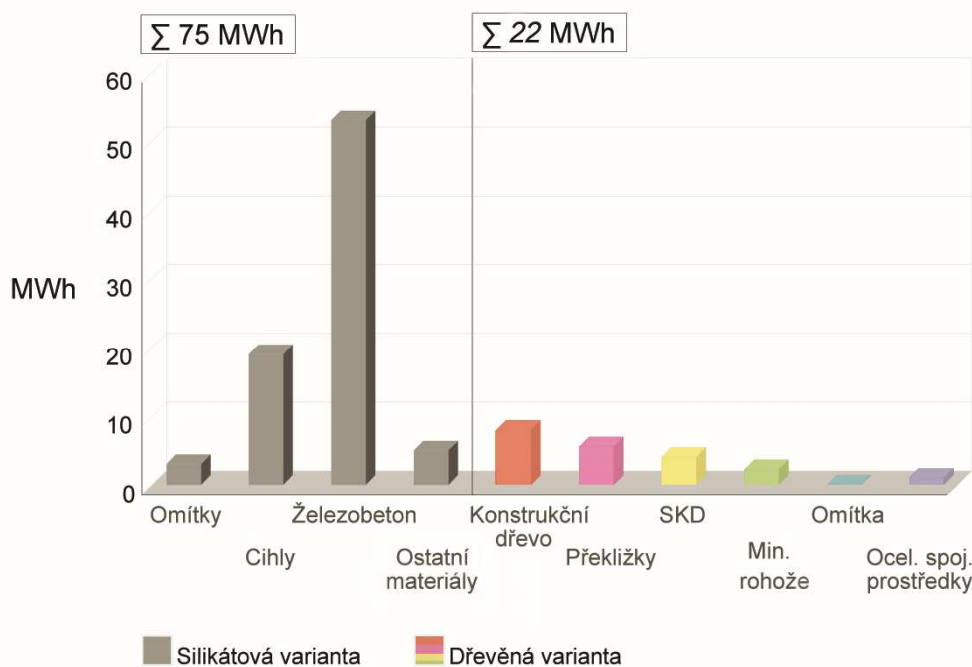
Z energetického hlediska je les „fotosyntézní elektrárnou“, která na ploše 1 ha za dobu růstu hospodářského lesa (80 – 100 let) akumuluje v kmenech stromů průměrně 750 MWh energie a každý m³ dřeva obsahuje cca 5,1 MWh energie. Tato fakta ukazují na základní potenciál dřevostaveb z hlediska energetických úspor.

Energetické úspory a s nimi spojené ekologické efekty lze u dřevostaveb ve srovnání se silikátovými stavbami dosáhnout v jednotlivých fázích stavební výroby: těžba, přeprava a zpracování surovin; výroba a přeprava stavebních materiálů a výrobků; vlastní výstavba.

Například v případě bytové jednotky na bázi dřevostavby o půdorysné ploše 100 m² je spotřeba energií na její realizaci cca 22 MWh a v případě silikátové stavby cca 75 MWh, viz obr. 1.

Dalších úspor ve srovnání se silikátovými stavbami lze potom docílit při provozu dřevostaveb - především vytápění, větrání a osvětlení, ale také při jejich údržbě a modernizaci v průběhu užívání.

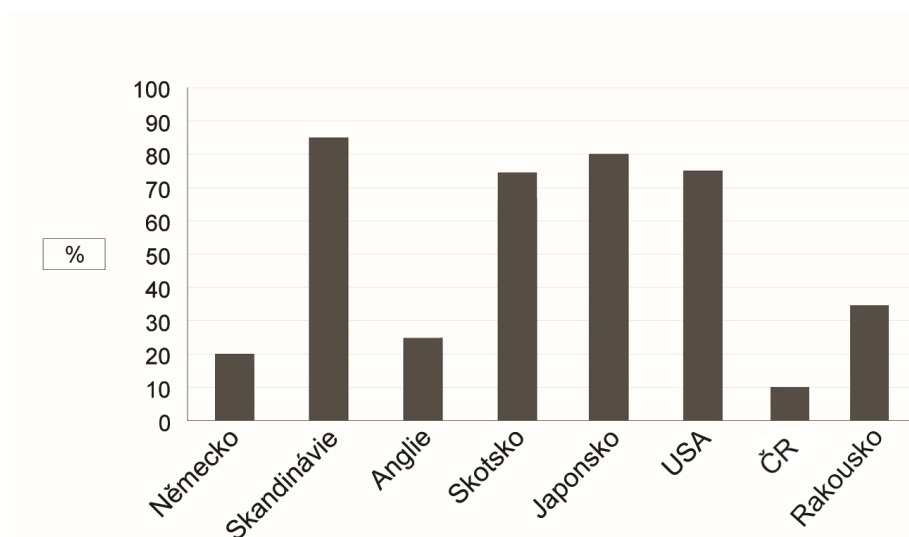
Menší náklady si vyžádá i likvidace dřevostavby po jejím dožití včetně možné recyklace odpadu, případně jeho energetického využití.



Obr. 1 Spotřeba energie na realizaci 100 m² nadzemní konstrukce bytu

Bytová výstavba na konci 20. století

Od roku 1989 prošla bytová výstavba v České republice několika kvantitativními i kvalitativními zvraty a do současnosti nenalezla optimální strukturu, která by funkčně, ekonomicky, sociálně a ekologicky byla v souladu, jak s požadavky různých vrstev obyvatelstva, tak se surovinovými, energetickými, dopravními a ekologickými možnostmi a zájmy státu. V návaznosti na předcházející vývoj bylo v období 1989 – 93 ročně realizováno cca 55 tisíc bytů, z toho 93 % v železobetonových panelových domech. Bylo to vyvrcholení 40 let uplatňovaného monotónního urbanismu. Zděné, především rodinné domy, byly stavěny v rozsahu cca 4 % a ostatní, včetně dřevěných, cca 3 %. V letech 1994 – 96 došlo k podstatnému zvratu a železobetonové panelové domy začaly tvořit pouze cca 20 % a zděné rodinné i bytové domy již 74 %. Současně však došlo i k prudkému poklesu dokončených bytů na 12 až 13 tisíc ročně. K obnově růstu dokončených bytů docházelo jen velmi zvolna, do r. 2003 jen na cca 27 tisíc bytů. Podíl zděných domů a bytů se dále zvyšoval až na 85 – 87 % a současně podíl železobetonových poklesl pod 5 %. Domy ze dřeva tvořily přibližně 1 – 2 % z celkové bytové výstavby. Hlavní silou nástupu zděných domů byla staletou zkušenost s jejich realizací, ověřená funkční kvalita, architektonický vkus malých i větších investorů vycházející zvláště z meziválečné tradice bytové výstavby. V současnosti se dřevostavby pozvolna stále více používají především při výstavbě rodinných domů a částečně i bytových domů. Oproti řadě zemí se je však jejich podíl stále relativně malý, viz obr. 2, a to i v porovnání se zeměmi se stejnou stavební kulturou jako je Německo a Rakousko.



Obr. 2 Podíl dřeva na bytové výstavbě

Nicméně dřevostavby se významně podílí na exportu českého stavebnictví, což je dokladem vysoké úrovně jejich výrobců.

Důležité také je, že většina výrobců dbá na kvalitu svých výrobků a někteří z nich mají svoji produkci certifikovánu.

Pro větší využití dřevostaveb hovoří tyto hlavní důvody:

- ekonomicko energetické (na vytápění je oproti běžným silikátovým stavbám potřeba polovina až třetina energií),
- rychlost výstavby,
- pohoda vnitřního prostředí,
- více vyhovuje změnám způsobu života v čase (úpravy, rekonstrukce apod.),
- vysoká kvalita a přesnost provedení,

- nízké náklady na založení stavby vzhledem k nižší tíže dřevostavby (možnost stavět i tam, kde jsou složitější základové poměry),
- větší užitný prostor ve vztahu k zastavěné ploše než u staveb provedených klasickou technologií,
- dřevostavba je tzv. suchá výstavba, kterou lze realizovat celoročně bez dopadu na kvalitu provedení.

Současné možnosti využití dřeva ve stavebnictví

Je možné konstatovat, že proces rehabilitace dřeva, jako stavebního materiálu, byl na celém světě započat již na přelomu 70. a 80. let 20. století. Bylo to díky tomu, že velké dřevařské firmy zahájily úzkou spolupráci především s chemickým průmyslem (nová lepidla, ochranné prostředky na dřevo, chemické modifikace dřeva), strojním a elektrotechnickým průmyslem (stroje a přístroje na třídění řeziva, nové pilařské technologie, počítači řízené sušárny, strojní technologie pro výrobu nových materiálů na bázi dřeva atd.).

Podmínky pro širší uplatnění dřeva ve stavebnictví byly vytvořeny v rámci aktivit různých komisí světových a evropských organizací, které se podílejí na výzkumu a technické normalizaci v oboru dřevěných konstrukcí.

Pro navrhování dřevěných konstrukcí byly připraveny nové návrhové postupy včetně postupů pro navrhování dřevěných konstrukcí na účinky požáru. Byl vytvořen jednotný soubor evropských technických norem, který platí i v ČR, která je řádným členem CENy (Evropské normalizační organizace).

V zájmu širšího využití dřeva ve stavebnictví u nás však bude především třeba překonat zkreslené představy veřejnosti o dřevu jako stavebním materiálu.

V současnosti je skutečně mnoho objektivních důvodů pro to, aby dřevo začalo být více využíváno ve stavebnictví a především v bytové výstavbě. Patří mezi ně zejména tyto:

- Používání dřeva napomůže zachovat pro budoucnost zbývající zdroje vyčerpatelných surovin.
- Dřevařský průmysl způsobuje relativně malé znečištění životního prostředí, které je dále redukováno modernizací výrobních procesů.
- Vyvíjeny jsou stále progresivnější technologie třídění a zpracování dřeva, provádění spojů prvků ze dřeva a materiálů na bázi dřeva a postupy pro navrhování dřevěných konstrukcí.
- Dřevo může spolupůsobit jak s ocelí, tak i s betonem a spoluvytvářet tak hospodárné smíšené konstrukce.
- Ačkoliv dřevo je zápalné a hořlavé, jeho chování při požáru je předvídatelné a dobře navržené dřevěné konstrukce mají velmi dobrou požární odolnost.
- Pro výrobu dřeva a materiálů na bázi dřeva je všeobecně zapotřebí málo energie.
- Dřevo je recyklovatelné, nebo může být použito jako zdroj energie, který nepůsobí velké znečištění ovzduší.

Konstrukční systémy vícepodlažních budov na bázi dřeva

Těžký skelet je prostorový nosný konstrukční systém vytvořený ze svislých a vodorovných nosných prvků z hraněného řeziva, lepeného lamelového dřeva, vrstveného dřeva, Parallamu či Intrallamu. Kompletuje se nenosnými obvodovými pláštěmi a dělicími konstrukcemi příček.

Pro těžké dřevěné skelety jsou typické především tyto modulové rozměry 1,20 x 1,20 m; 1,25 x 1,25 m; 3,60 x 3,60 m a 4,80 x 4,80 m.

Novodobé konstrukce těžkých dřevěných skeletů mohou mít několik variant, které se liší provedením styků vodorovných a svislých prvků:

skelet s jednodílnými průvlaky a sloupy; skelet s dvojdílnými průvlaky a jednodílnými sloupy; skelet s jednodílnými průvlaky a dvojdílnými sloupy.

Těžké skeletové konstrukční systémy se vyznačují velkou půdorysnou dispoziční volností. Jejich určitou nevýhodou je to, že se většinou zhotovují z lepených lamelových prvků a náročnější (oproti klasickým tesařským konstrukcím) je i provedení konstrukčních detailů.

Lehké skelety tvoří převážně fošny, prkna a deskové materiály na bázi dřeva a sádry. Sloupky tohoto systému jsou poměrně hustě vedle sebe, obvykle je jejich vzdálenost 625 mm.

Rozlišujeme tři základní typy lehkých skeletů:

Balloon frame; modifikovaný Balloon frame; Plattform frame.

Plattform frame má podlaží z dílů posazených vzájemně na sebe a je dnes nejpoužívanějším typem lehkého skeletu při stavbě jednopodlažních a vícepodlažních budov.

Masivní deskové systémy se vyznačují různými způsoby provedení prvků stěn a stropů:

- ručně sbíjené prvky, nebo průmyslově vyráběné lepené prvky;
- prvky s různým počtem vrstev stejně či křížem orientovaných;
- prvky s dutinami či bez dutin.

Nejdůležitějším rozdílem mezi masivními dřevěnými (MTC) a lehkými dřevěnými (LTC) konstrukčními systémy je skutečnost, že u MTC systému je jasné oddělení nosné a izolační funkce jednotlivých vrstev. Pro MTC a LTC systémy se používají také jiné skupiny materiálů. Zatím co u LTC se využívají prutové prvky s opláštěním, u MTC jsou to velkoplošné prvky.

Další výhodou MTC systému je skutečnost, že většinou nepotřebuje žádné parozábrany a v porovnání s LTC systémy vykazuje lepší tepelnou kapacitu. Pro oba systémy existují různé způsoby provedení fasády.

U systému MTC se používají masivní, velké, nosné prvky (např. z CLT), čímž se dá při dodržení pravidel spojování dosáhnout vysoké tuhosti konstrukce. To je důležité pro využití tohoto systému v budovách s velkým dynamickým zatížením.

B) NEJDŮLEŽITĚJŠÍ POZNATKY Z ANALÝZ DÍLČÍ PROBLEMATIKY SOUVISEJÍCÍ S MOŽNOSTÍ UPLATNĚNÍ DŘEVA VE VÍCEPDLAŽNÍCH BUDOVÁCH

Analýzy dílčí problematiky související s možností uplatnění dřeva ve vícepodlažních budovách jsou zpracovány v samostatných přílohách projektu.

V této souhrnné textové části závěrečné zprávy je z těchto analýz uveden pouze jejich obsah a nejdůležitější poznatky.

Souhrn požadavků na požární bezpečnost vícepodlažních dřevostaveb podle technických norem platných v ČR

Cílem této analýzy bylo podat ucelený soubor informací o vztahu staveb ze dřeva k požáru jak z hlediska požární bezpečnosti, tak z hlediska požární odolnosti.

Z poměrně rozsáhlého souboru získaných informací je možné přijmout následující závěr.

Dřevostavby jsou v současnosti nejčastěji využívány pro stavbu rodinných domů, méně často obytných a administrativních budov. Tyto stavby patří do skupiny nevýrobních budov se specifickým postupem posuzování požární bezpečnosti stavby podle ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní budovy. Výhodou těchto druhů staveb je poměrně spolehlivé stanovení nahodilého požárního zatížení a tím i celého požárního rizika požárního úseku, které je jedním z rozhodujících faktorů pro požadavky na požární odolnost stavebních konstrukcí. Pro dřevěné stavební konstrukce je vyhláškou č. 23/2006 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění pozdějších předpisů, taxativně požadován IV. stupeň požární bezpečnosti. Ten je dán i v tabulce ČSN 73 0802 pro hořlavý konstrukční systém objektu v závislosti na nejvyšším výpočtovém požárním zatížení v posuzovaném požárním úseku a na požární výšce objektu „h“, která se měří od prvního k poslednímu užitému nadzemnímu podlaží. Pro hořlavý konstrukční systém a bytovou výstavbu s předpokládaným požárním zatížením 40 kg.m^{-2} je přípustná požární výška do 9 m, to je do 4 nadzemních podlaží, u administrativních budov s potřebným zázemím je možné dosáhnout maximálního požárního rizika 60 kg.m^{-2} a tím požární výšky do 4 m, tj. 2 nadzemních podlaží. Z normy ČSN 73 0802 též vyplývá, že hořlavé stavební konstrukce nelze v tomto stupni požární bezpečnosti použít na požární stěny a stropy v podzemních podlažích a mezi objekty, dále v obvodových stěnách, které zajišťují stabilitu objektu nebo u stěn chráněných únikových cest, požárních a evakuačních výtahů a u požárních pásů v obvodových stěnách. Požadavky na nehořlavé požární pásy bez požárně otevřených ploch a s požadovanou požární odolností lze však nahradit stabilním sprinklerovým hasicím zařízením nebo doplňkovým sprinklerovým hasicím zařízením u objektů s požární výškou až do 12 m. Bez použití vyhrazeného požárně bezpečnostního zařízení je dalším možným řešením požárních pásů v obvodových stěnách členění fasády, kde ustoupením líce obvodové stěny nad požárním stropem nebo pod požárním stropem o 900 mm, případně prodloužením požárního stropu před líc obvodové stěny v rozvinuté šířce 1200 mm budou normové požadavky na požární pásy splněny.

U všech staveb a u dřevostaveb zvláště je pro požární bezpečnost stavby prioritou zajištění bezpečných únikových cest a omezení šíření požáru z jednoho požárního úseku do druhého. V praxi jsou tyto základní požadavky řešeny bez osobního přístupu ke každé stavbě zvlášť. Při řešení dispozice je třeba uvažovat i nad skutečným provozem stavby, věkem či schopnostmi jejich uživatelů. Při návrhu únikových a evakuačních cest, byť z nehořlavých konstrukcí, je třeba řešit jejich tvar bez zbytečně vyčnívajících konstrukcí a lomených chodeb, které lze prakticky jen obtížně odvětrat i přes to, že početně normovým požadavkům vyhovují.

Omezení použití dřeva v některých nosných konstrukcích není zásadní a normy v oboru požární bezpečnosti staveb poskytují možnosti využití dřeva v daleko větší míře, než jaká je současná praxe.

Podle způsobu užívání stavby a její výšky je však třeba přizpůsobit i způsob použití hořlavých konstrukcí. Při požáru bývají velkým problémem pro zasahující hasiče dutiny ve stavebních konstrukcích, kterými se oheň nekontrolovatelně šíří. Nejčastěji se jedná např. o povrchové opláštění dřevěných konstrukcí sádrokartonovými deskami, které jsou navrhovány pro zajištění požadované požární odolnosti a po dokončení stavby prokazovány prohlášením stálosti vlastností na požární stěny nebo stropy podle provedených zkoušek. V jejich plochách ale nejsou při tepelném namáhání ve zkušebně provedeny otvory např. pro okna a dveře. Při navrhování a realizaci takové konstrukce s otvory není splněna podmínka, že se požární stěna musí stýkat s požárním stropem. Neodzkoušené rámy otvorů nebo rohy místností jsou tak místem, kterým se požár šíří a pro zasahující jednotky se pak stává prioritou odstraňování sádrokartonových desek místo včasné lokalizace a likvidace požáru. U provádění sádrokartonové konstrukce jako systému je také zásadní kvalita odvedené práce podle pokynů výrobce. Slabým místem sendvičových konstrukcí s požární odolností je jejich upevnění na nosnou konstrukci a vzájemné napojení. U těchto stavebních výrobků by měly být stanoveny zásady pro zabudování do stavby v technické dokumentaci výrobce, jejichž splnění by znamenalo i garanci požadovaných vlastností. Při posuzování hořlavých konstrukcí podle Eurokódů musí být vždy dodrženy okrajové podmínky a skutečné složení jednotlivých vrstev. Takto posuzovaná stavební konstrukce není zkoušena u oznámeného subjektu a prohlášením stálosti vlastností stavebního výrobku nebo konstrukce je prohlášení autora projektové dokumentace, že stavba byla provedena podle jím zpracovaného projektu včetně detailů a stanovených podmínek. Jakákoliv odchylka od předepsaných hmot nebo konstrukcí znamená ve svém důsledku neplatnost takového prohlášení a podle občanského zákoníku i vadu díla s právní odpovědností za vzniklé škody.

Nedílnou součástí požární bezpečnosti stavby je i její správné a bezpečné umístění na stavební pozemek. Dřevostavby vykazují proti nehořlavým stavebním konstrukcím větší odstupové vzdálenosti a tím i větší požárně nebezpečný prostor. Často jsou domy osazovány do malých pozemků, kvůli jejich cenám. Vzniká tak problém s přesahem požárně nebezpečného prostoru přes stavební pozemek, což omezuje vlastnická práva sousedních vlastníků nebo je problém řešen požární stěnou na hranici pozemků mezi oběma vlastníky, která musí radiaci při požáru odstínit. Na malém pozemku obvykle úzkého obdélníkového tvaru pak bývá skutečností i vzdálenost mezi okny rodinného domu a požární zdí menší než dva metry, což znehodnotí nejen vzhled dřevostavby, její smysl, ale i pohodu při jejím užívání.

Pro zasahující hasiče je uvnitř stavby konstrukce z rostlého dřeva nebo konstrukce z lepeného lamelového či vrstveného dřeva dobře čitelná. U těchto konstrukcí mohou podle úbytku dřeva při hoření vyhodnotit, kam ještě smí vstoupit, což například u ocelových konstrukcí nelze. Větší uplatnění dřevěných konstrukcí je možné i v bytových domech do čtyř nadzemních podlaží, u jednopodlažních shromažďovacích prostor, dvoupodlažních škol a školek a nelze zapomenout i na zemědělské stavby a výrobní budovy, které spadají pod pravidla ČSN 73 0804 Požární bezpečnost staveb – Výrobní budovy. Podstatně větší možnosti využití dřeva ve stavbách lze docílit instalací požárně bezpečnostních zařízení. Kromě detekce a větrání je to zejména sprinklerové hasicí zařízení, které je dnes možné využít i při malé spotřebě hasiva, nezpůsobuje závažné následné škody, je esteticky přijatelné a investice do něj se velmi brzy vrátí. S výjimkou rodinných domů je vhodné zvážit i instalaci plynu do dřevostaveb. Jeho přívody se v praxi obtížně zavírají a zbytkový plyn v potrubí může podstatně zvýšit intenzitu a rozsah požáru.

Požární bezpečnost stavby je celým souborem prací, od návrhu po realizaci a užívání. Podmínkou požární bezpečnosti je na začátku výběr staveniště, odpovídající účelu stavby, kvalitní projektová dokumentace s odůvodněným návrhem všech konkrétních stavebních výrobků a konstrukcí s detaily, které požární bezpečnost stavby ovlivňují. Velkým přínosem projektantům, zhotovitelům staveb, stavebníkům i úřadům by pro dřevostavby byl jakýsi „katalog typových zásad“, kde by pro nezkoušené stavební výrobky byly uvedeny možnosti řešení napojení konstrukcí s jejich požární odolností, detaily nosných prvků a líců u otvorů v požárně dělicích konstrukcích apod. Při realizaci staveb je důležitý postup výhradně podle projektové dokumentace, ověřené stavebním úřadem a

projektová dokumentace to musí umožnit. Nezbytný je autorský dozor projektanta, při kterém lze zkontrolovat nejen správné provedení stavby, ale i případné změny. Při zpracování projektové dokumentace by proto měl být navržen plán kontrolních prohlídek pro stavební úřad ve stádiích, která jsou pro požární bezpečnost stavby důležitá. Stavební a technický dozor je podle stavebního zákona odpovědný za správné použití a zabudování navržených výrobků podle projektu.

Zcela nové možnosti při řešení problematiky požární bezpečnosti a odolnosti dřevostaveb nám dává **požární inženýrství**. V kontextu s českým prostředím je **požární inženýrství** vnímáno jako disciplína, která přistupuje k otázkám požární bezpečnosti komplexním způsobem a využívá postupy, které jsou odlišné od tradičních způsobů zajištění požární bezpečnosti. Tyto postupy se využívají jako alternativní přístup k tradičním normovým postupům zejména v případech, kdy aplikace standardních normativních přístupů vede k neefektivním, nepřiměřeným či dokonce neproveditelným opatřením. Metody požárního inženýrství jsou i v našem domácím prostředí vnímány jako neoddelitelná součást vývoje tohoto oboru. V období let 2009 a 2010 došlo k úpravě tzv. kmenových norem požární bezpečnosti staveb, ve kterých byl postup při požárně inženýrském řešení vymezen informativními přílohami, např. I podle ČSN 73 0802. Zavedení systému pro posuzování projektů zpracovaných požárním inženýrstvím je prezentováno jako jeden z cílů Koncepce požární prevence v České republice do roku 2016 vypracované MV GR HZS.

Požadavky na požární bezpečnost vícepodlažních dřevostaveb ve vybraných zemích Evropy

Tato analýza je zaměřena na požadavky na požární bezpečnost vícepodlažních dřevostaveb ve vybraných zemích Evropy. V Evropské Unii platí soubor společných norem pro všechny členské státy. Tyto normy popisují, jak navrhovat a používat dané materiály a konstrukce. Každý stát si pak už sám reguluje požadavky na konstrukce. Mezi tyto požadavky patří i požadavky na požární bezpečnost staveb. V následujícím textu jsou prezentovány informace o tom, jak se požární bezpečnost staveb ze dřeva řeší v různých státech v Evropě.

Rakousko

- **Základní požadavky**

Ve směrnicih OIB Directive 2 (příručka pro návrh), ve spojení se směrniceh Directive 2.1, 2.2 a 2.3, Rakouský Institut pro pozemní stavitelství (OIB) vypracoval požadavky na požární ochranu jako základ pro harmonizaci. V současné době spolkové země Burgenland, Korutany, Dolní Rakousy, Horní Rakousy, Tyrolsko, Vorarlbersko a Vídeň zahrnuly tyto požadavky do svých příslušných zemských stavebních předpisů. V zásadě OIB Directive umožňuje až čtyřpodlažní dřevěnou konstrukci, obecně s minimální požární odolností 60 minut (R 60) všech elementů. Konstrukce, které rozdělují požární úseky, musí mít minimálně R 90, konstrukce v nejvyšším patře musí mít minimálně R 30.

- **Požární úseky**

Pro efektivní omezení požáru a kouře v konstrukci, směrnice OIB Directive 2 definuje maximální plochu požárního úseku jako 1200 m² pro obytnou plochu a 1600 m² pro komerční účely pro nadzemní podlaží, při maximální šířce požárního úseku 60 m. Požární úseky nesmí zasahovat přes více jak 4 patra. Až do budov třídy 4 (maximální úroveň úniku 11 m, maximálně 4 nadzemní podlaží), prvky oddělující požární úseky mohou být ze dřeva s požární odolností 90 minut (R 90).

Otvory v obvodových stěnách, které jsou připojeny ke stěnám oddělujícím požární úseky, musí být minimálně 0,5 m od osy stěn požárních úseků. Jestliže není použito srovnatelné opatření proti šíření požáru, otvory ve střeše (střešní okna a vikýře u šikmých střech) musí být vzdáleny minimálně 1 m (vodorovná vzdálenost) od osy stěny oddělující požární úseky.

Jestliže není použito srovnatelné opatření proti šíření požáru, stěny oddělující požární úseky musí přesahovat nejméně 15 cm nad střechem. Pro stropní konstrukce, které oddělují požární úseky, musí být proveden pruh výšky minimálně 1,2 m na odvodové stěně s požární odolností EI 90 nebo stropní konstrukce musí být prodloužena prvkem minimálně o 0,8 m s požární odolností EI 90.

- **Vyjímky**

V některých případech může dojít k odchýlení od požadavků zveřejněných v OIB směrnících. Jestliže je dané řešení ověřeno pomocí koncepce požární odolnosti, která ukazuje splnění všech cílů ochrany na stejné úrovni, jaká je uvedena v OIB Directive, lze ho použít. Koncepce požární odolnosti musí být vypracována podle OIB příručky. Je doporučeno v předstihu objasnit kompenzační opatření příslušnému orgánu. Koncepce požární ochrany může být vypracována pouze specialisty s odbornými znalostmi a zkušenostmi s požární ochranou. Kompenzační opatření mohou zahrnout zmenšení požárního úseku, konstrukční opatření (např. zapouzdrnění dřevěných konstrukcí) a další ochranná opatření (systém detekce požáru, hasicí zařízení).

- **Blízká budoucnost**

Zrevidované směrnice Directive byly publikovány na začátku dubna 2015. Cílem této revize bylo snížit náklady na stavbu obytných budov a zredukovat určitou diskriminaci některých stavebních materiálů. Se změnou směrnice byl navýšen počet podlaží v dřevěné konstrukci na 6 podlaží a byl zvětšen požární úsek pro obytné budovy.

- **Výzkum**

Výzkumné projekty v Rakousku se soustředily na několik oblastí týkajících se požární bezpečnosti dřevěných konstrukcí. Mezi tyto oblasti patřilo vyšetřování požární bezpečnosti výškových budov ze dřeva, technické řešení pro hybridní konstrukce, řešení fasád, průniků, studie proveditelnosti a demonstrační provedení staveb. Výsledky výzkumu jsou shrnuty ve dvou technických příručkách, které jsou zveřejněny v *Holzforschung Austria*.

Někteří developeři plánují výstavbu výškových obytných budov ve Vídni. Jedna výšková budova by měla mít 24 podlaží s maximální výškou 84 m. Tato budova je zatím navržena jako hybridní konstrukce, kombinace dřeva s železobetonem. Budova by měla být postavena do roku 2018.

Německo

- **Základní požadavky**

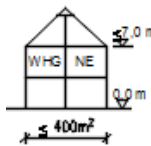
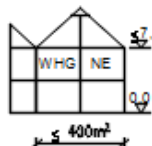
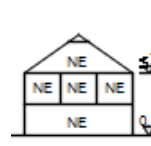
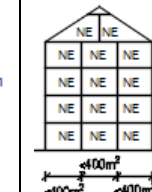
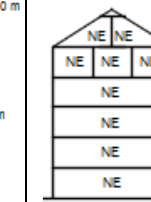
Použití přírodních materiálů, jako je dřevo, sláma, ovčí vlna nebo rákos má v Německu dlouhou tradici. Tyto materiály byly používány pro konstrukční prvky, izolace nebo zastřešení po staletí, ale byly nahrazeny průmyslově vyráběnými materiály na minerální bázi. V porovnání se zeměmi v Severní Evropě je v Německu použití přírodních materiálů celkem nízké. V průměru je v Německu pouze 15 % ze všech obytných budov a 20 % administrativních budov postaveno ze dřeva, pro vícepodlažní stavby je to méně než 1%. Takto malý počet dřevěných staveb je způsoben mnoha existujícími předsudky a znepokojením stavebních orgánů, společně s omezením ve stavebních normách a předpisech pro použití přírodních materiálů, z většiny týkajících se požární bezpečnosti.

Německo je federální země skládající se z 16 států, které si udržují omezenou suverenitu. Každý stát řeší stavební předpisy pro dané území, proto nejsou jednotné. Pro harmonizaci požadavků je dána modelová stavební norma sestavená na konferenci všech ministrů zastřešujících stavebnictví, která slouží jako průvodní dokument. Samotné stavební regulace jednotlivých států se významně liší.

Existující modelová stavební norma (MBO), která byla představena v roce 2002, uvažuje 5 tříd obytných, administrativních budov a budov pro speciální účely (montážní budovy, nemocnice, hotely, průmyslové budovy, sklady aj.), norma také definuje požadavky na požární bezpečnost pro dané třídy. Tyto požadavky jsou na bázi nařízení a jsou rozšířena o informace týkající se obecných

požadavků na požární bezpečnost a také pro povolení pokročilého konstruování návrhem založeným na užitných vlastnostech. Souhrn požadavků pro stavební prvky a materiály uvedené v modelové stavební normě zaměřené na přírodní stavební prvky je uveden v následující tabulce 1.

Tabulka 1 - Požadavky na požární bezpečnost v Německu

Třída/ požadavky	1	2	3	4	5
					
Hrana podlahy nejvyššího patra	≤ 7 m	≤ 7 m	≤ 7 m	≤ 13 m	≤ 22 m
Celková plocha	≤ 400 m ²	≤ 400 m ²	-	-	-
Maximální velikost bytové jednotky	-	-	-	≤ 400 m ²	-
Maximální počet bytových jednotek	≤ 2	≤ 2	-	-	-
Záchranné vybavení pro hasiče	skládací žebřík			Otočný žebřík na hasicím autě	
Nosné prvky	-	R 30	R 30	R 60/K ₂ 60 ^a	R 90 ^b
Oddělovací prvky	-	EI 30	EI 30	EI 60/ K ₂ 60 ^{a,d}	EI 90 ^b
Stěny okolo schodiště	-	-	EI 30	EI 60 M/K ₂ 60 ^a	REI 90 M ^b
Požární stěny	-	REI 60/K ₂ 60 ^a nebo REI 90 _{0→1} /REI 30 _{1→0}		REI 60 M/K ₂ /60 ^a	REI 90 M ^b
Obvodové stěny (nenosné)	-	-	-	Nehořlavý materiál nebo EI30	
Fasáda	-	-	-	Obtížně hořlavý materiál ^c	
Úniková cesta	EI 30 + nehořlavé obložení				

^a – uzavřít nehořlavým opláštěním, ^b – nehořlavý materiál, ^c – podle klasifikace normy DIN 4102-1 a E DIN 4102-20,

^d – nehořlavá izolace dutin

Jak je vidět v předchozí tabulce (tab. 1), použití konstrukčního dřeva je omezeno, dřevo je možné použít pouze v budově do 4 podlaží bez speciálního povolení stavební dozorové kanceláře. Díky nehořlavému opláštění (K₂60) ve třídě 4 se tyto budovy chovají v požadované době stejně jako konstrukce z materiálu na minerální bázi. Pro budovy s hranou podlahy nejvyššího patra výše než 13 m (do 5 podlaží), nosná konstrukce musí být z nehořlavých stavebních materiálů.

Navíc regulace a příručky, týkající se budov pro speciální účely, obsahují další omezení pro použití výrobků a prvků z materiálů na přírodní bázi.

Nicméně v jednotlivých případech je možné obdržet schválení pro budovu, která se odlišuje od předepsaných požadavků, na základě návrhu založeného na užitných vlastnostech. Povolení je možné obdržet pouze v případě, že míra bezpečnosti je dosažena použitím jiných opatření, jako je návrh sprinklerů nebo přidáním další únikové cesty.

Je potřeba zmínit skutečnost, že návrh založený na užitných vlastnostech vyžaduje vysokou úroveň vzdělanosti společně se znalostmi o chování materiálů na bázi přírodních látek při požáru. Požadované znalosti bohužel nejsou v současnosti v Německou plně poskytovány.

- **Výzkum**

Pro vyplnění mezer v normách byly provedeny (nebo se stále provádějí) následující výzkumné práce:

- Optimalizace výstavby a budovy třídy 4 z dřevěných rámových prvků (2012-2013).

Doporučení pro optimalizaci návrhu dřevěných rámových konstrukcí a jejich prvků s požární odolností REI 60/K₂60 jsou výstupem tohoto výzkumu. Navíc byl zkoumán vliv spojovacích prostředků na zapálení obložených dřevěných nosných prvků a vliv montážního systému na selhání obložení.

- Zkušební zařízení pro zkoumání doutnání / doutnající hoření izolačních materiálů (2012-2014).

Byly testovány metody hodnocení materiálů z hlediska vyrobitelnosti, nezávislosti na druhu materiálu a podle jejich doutnání.

- Chování velkoformátových střešních konstrukcí ze dřeva při požáru (2012-2014).

Prvky, detaily a penetrační systémy pro dřevěné rámové střešní konstrukce z přírodních materiálů s minerální izolací byly vyvinuty tak, aby se zabránilo šíření plamene na střeše a znemožnilo se žhavé spalování uvnitř dřevěných rámových konstrukcí v průmyslových budovách. Byly provedeny požární testy na skutečný požár s hranicemi dřeva podle DIN 18234.

- Katalog detailů pro vícepodlažní budovy ze dřeva (2012-2014).

Byl vytvořen katalog prvků a detailů. Tento katalog obsahuje právně a technicky bezchybné, bez problému použitelné dřevěné prvky a související konstrukční detaily s požární klasifikací REI 60/K₂60. Tato řešení rozšiřují existující modelovou příručku s požárními požadavky pro vícepodlažní budovy ze dřeva.

- Spoj primárního a sekundárního nosníku v dřevěných konstrukcích při požáru (2013-2015).

Bylo zkoumáno chování a nosnost spojů se zavěšenými trámy (spojení pomocí párových zkřížených celozávitových šroubů) při trvání požáru 30 a 60 minut. Z testů byla následně odvozena doporučení pro návrh, tak aby bylo dosaženo klasifikace požární bezpečnosti. Navíc bylo vytvořeno obecné hodnocení metod pro celozávitové šrouby s přepracováním Eurokódu 1995-1-2.

- Požární bezpečnost budov se styčnickovými deskami (2013-2015).

Byla vytvořena příručka pro preventivní a ochranná požární opatření pro střešní konstrukce se styčnickovými deskami.

- Standardizovaný koncept požární bezpečnosti pro vícepodlažní dřevěné budovy (2013-2016).

Tento výzkum stále probíhá. Jeho primárním cílem je vývoj alternativních řešení a náhradních metod pro vytvoření přijatelného standardizovaného řešení požární bezpečnosti pro vícepodlažní budovy.

- Kapacita požární ochrany izolačních materiálů na přírodní bázi pro dřevěné rámové konstrukce (2015-2017).

Tento výzkum stále probíhá. Výzkum je zaměřen na posouzení kapacity požární ochrany izolačních materiálů na přírodní bázi, jako jsou například dřevěná a celulózová vlákna, dřevěné obložení.

Výsledkem bude poskytnutí informací pro rozšíření normativních výpočtových metod podle Eurokódu/EN 1995-1-2 pro dělicí a nosnou funkci dřevěných rámových konstrukcí.

Švédsko

- **Začátek v devadesátých letech**

Vícepodlažní budovy ze dřeva byly poprvé představeny ve Švédsku v roce 1994, kdy byl přijat nový národní předpis založený na návrhu uvažujícím užité vlastnosti konstrukce. Do té doby byly více jak dvoupodlažní budovy ze dřeva ve Švédsku zakázány, tento zákaz trval více než 100 let. Vývoj daného předpisu byl urychlen přijetím Evropské Směrnice o stavebních výrobcích (CPD – European Construction Products Directive, nyní CPR – Construction Products Regulation) v roce 1988. Konstrukční pravidla ohledně hořlavých produktů byla shromážděna ve švédské příručce Brandsäkra Trähus, která definuje standard kvality pro mnoho stavebních projektů. Byla zpracována a vydána příručka Požární bezpečnost ve dřevěných budovách založená na evropském projektu „Požár ve dřevu“ (Fire in Timber).

- **Nové možnosti v navrhování**

Bylo vyvinuto mnoho nových možností pro pokročilejší návrhy dřevěných konstrukcí. Modely pro nosné a nenosné konstrukce jsou nyní k dispozici. Správné řešení detailů v konstrukci je velmi důležité.

V roce 2012 vstoupily v platnost nové švédské předpisy požární bezpečnosti s nejobsáhlejšími změnami od devadesátých let 20. století. Hlavním cílem této změny bylo vytvořit objektivní požadavky na požární bezpečnost.

- **Struktura stavebních předpisů**

Struktura švédských stavebních předpisů je vytvořena pomocí několika úrovní. Na nejvyšší úrovni je to parlament a vláda, kteří specifikují povinné funkční požadavky. Pod nimi je národní rada pro bydlení, budovy a plánování, která specifikuje závazná ustanovení a přijatelnou úroveň bezpečnosti/užitných vlastností. Na nejnižší úrovni jsou příručky pro návrh od třetích stran. Návrh založený na užitných vlastnostech (PBD - performance based design) musí být aplikován všude tam, kde se vyskytnou odchylky od definovaných přijatelných řešení. PBD může být použit a zpracován dvěma způsoby, za prvé jako analytický návrh podle předepsaných nařízení nebo za druhé jako 100% analytický návrh.

- **Řešené problémy**

PBD by měl obsahovat následující části.

- Nosné konstrukce

Dřevěné vícepodlažní budovy mají typickou výšku do 8 podlaží. Zatímco jednotlivé domy (1 až 2 podlaží) musí dosáhnout požární odolnosti R 30, budovy do 4 podlaží musí dosahovat požární odolnosti R 60 a 5 až 8 podlažní budovy musí dosáhnout požární odolnosti R 60 pro vodorovné a R 90 pro svislé nosné prvky. Budovy, které mají více jak 16 pater musí být navrženy analyticky, tento návrh může obsahovat sprinklery. Severská technická specifikace (Nordic Technical Specification) pro ověření návrhu na požární bezpečnost již byla vydána.

- Detaily

Správné vyřešení detailů je základní předpoklad pro návrh budovy, který neohrožuje pasivní ochranu konstrukčních prvků proti požáru. Zvláštní pozornost musí být věnovaná požárním zábranám,

střešním ventilacím (typické švédské domy mají větranou atiku), požární oddělení v atice (nepovinné pro budovy < 400 m²). Nejdůležitější je použití požárních zábran pro vyhnutí se plíživým požárům v konstrukci. Tento typ požáru se objevil v mnoha starších dřevěných budovách a v současnosti i v moderních, modulových typech dřevěných vícepodlažních dřevěných budov.

- Dřevěné fasády

Ve Švédsku, stejně jako v dalších státech, existují omezení pro použití dřeva jako venkovního obkladu na fasádu. Tato omezení jsou zavedena hlavně kvůli nebezpečí vzestupného šíření plamene, proto je požadován ověřovací test v plném měřítku (SP Fire 105). Jestliže dřevo ošetřené zpomalovači hoření splní test, potom je požadovaný doplňkový dlouhodobý test užitných vlastností. Vícepodlažní budovy (více než 2 podlaží) se dřevěnou fasádou, bez ohledu na konstrukci, většinou vyžadují sprinklery uvnitř budovy, aby se zabránilo nebezpečí svislého šíření plamene.

- Izolace a obložení z hořlavých materiálů

Hořlavé izolační materiály se stávají čím dál více populární. Nicméně nedávno navržené omezení amonné soli v celé Evropě kvůli snížení doutnání znamená velkou výzvu pro budoucnost těchto izolačních produktů. Ve švédských stavebních předpisech musí být materiály s Evropskou třídou nižší než D-s2 chráněny tak, aby dosáhly alespoň této třídy. Materiál, který je třeba chránit, je například hořlavá izolace. V závislosti na třídě budovy by obložení mělo splnit požadavky K₂10/B-s1. To znamená, že neošetřený dřevěný povrch má omezené použití ve vyšších a větších budovách, jestliže nejsou instalovány sprinklery.

Finsko

Požární předpisy jsou založeny na funkčních (základních) požadavcích požární bezpečnosti ve vztahu k nosným prvkům, vzniku a rozšíření požáru a kouře, bezpečnosti obyvatel a záchranných týmů. Požadavky uvedené v předpisech jsou povinné a nemohou být zpochybněny bez schválení místního stavebního úřadu.

• **Požární předpisy**

Existují dva způsoby, kterými je možné ověřit dodržení požadavků na požární bezpečnost:

- Požadavky na požární bezpečnost jsou považované za vyhovující, když je budova navržena a postavena v souladu s požární třídou a numerickým kritériem specifikovaným v předpisech a příručkách.
- Požadavky na požární bezpečnost jsou považovány za vyhovující, jestliže je budova navržena a postavena v souladu s požárními scénáři, které musí pokrýt podmínky, jenž by mohly nastat v dané budově. Splnění požadavků se řeší případ od případu a berou se v úvahu vlastnosti a účel budovy.

Funkční principy regulací nelimitují použití konkrétních stavebních materiálů, ani materiálů na přírodní bázi. Nicméně regulace založené na užitných vlastnostech týkající se únosnosti uvádějí, že když je návrh nosných konstrukcí založený na požárním konceptu, budova je považována za dostatečně požárně bezpečnou, když splňuje následující body:

- Budovy o více než dvou podlažích se obecně nezhroutí během požáru nebo chladnutí.
- Budovy o maximálně 2 podlažích se nezhroutí během času potřebného k zajištění evakuace, záchranné akce a k ovládnutí požáru.

V části předpisů, které jsou považovány za vyhovující, tyto požadavky odpovídají například následujícím požadavkům:

- Použití nosných prvků, které nesplňují minimální třídu A2-s1 je dovoleno maximálně v 8 podlažní budově s použitím sprinklerů, nebo ve 2 podlažní budově bez použití sprinklerů.

Podle hrubého návrhu (deemed to satisfy) povrch vnitřních stěn a stropů může být z výrobků, které splňují třídu D-2s,d2 (jako jsou výrobky na bázi dřeva) v následujících budovách nebo jejich částích:

- Byty a kanceláře (kromě východů), montážní a obchodní prostory s požárním zatížením menším než 600 MJ/m² a plochou menší než 300 m.²

Podlahy třídy D_{FL}-s₁ (dřevo) mohou být použity skoro ve všech typech budov nebo jejich částech.

Vnější použití výrobků, které splňují požární třídu D-s2, d2 jsou považována za vyhovující v následujících případech:

- Rezidenčních a administrativních budov do 8 podlaží při použití sprinklerů, nebo do 2 až 4 podlaží bez použití sprinklerů, v závislosti na třídě dané budovy.

• Výzkum a vývoj

Hlavní zainteresované strany ve vývoji a výzkumu chování za požáru a požární bezpečnosti jsou následující subjekty:

- VTT Technické výzkumné centrum Finska Ltd (Research Centre of Finland), které reprezentuje státní neziskovou výzkumnou organizaci.
- Aalto University a Tampere University of Technology, které reprezentují vysoké školy.
- KK-Palokonsultti OY a Palotekninen Insinööritoimisto Markku Kauriala Oy reprezentují soukromý sektor a praktickou aplikaci požárně bezpečnostního inženýrství.

Dále jsou uvedeny některé příklady současných výzkumných projektů ve Finsku:

- Požární bezpečnost ve dřevěných budovách – Technická příručka pro Evropu.
- Rozvoj zázemí pro revizi finských požárních předpisů.
- Požární bezpečnost dřevěných balkónů, fasád a říms.
- Návod pro návrh založený na užitných vlastnostech (performance based design) dřevěných vícepodlažních budov ze dřeva se připravuje.

• Dřevěné konstrukce ve Finsku

Požárně bezpečnostní inženýrství se pravidelně využívá pro návrh vícepodlažních budov z dřevěných rámových konstrukcí. Hlavními důvody jsou, že skoro vždy se některé detaily liší od předepsaných pravidel nebo koncept přesahuje limity specifikované požárními třídami nebo numerickými analýzami.

Ve Finsku je dřevo jasná jednička na trhu pro jedno nebo dvoupodlažní budovy. Pro vícepodlažní budovy (> 2 podlaží) je podíl dřevěných budov na trhu pouze 5 % po poslední změně požárních předpisů. S ohledem na všechny nové budovy je 50 % všech fasád a 42 % nosných prvků v současnosti ze dřeva.

Hlavní výzvou budoucnosti pro širší použití dřeva a dalších přírodních materiálů je jejich přijetí také v jiných typech budov, než jsou obytné a administrativní budovy podle předepsaných pravidel. Nové výrobky, které dosahují třídy reakce na oheň vyšší než D-s2, d2 a ukazují dlouhodobou trvanlivost ve venkovních podmínkách, jsou připraveny pro širší použití.

Švýcarsko

• Předpisy požární bezpečnosti

Prvního ledna 2015 se ve Švýcarsku změnilo předpisy požární bezpečnosti. Nové předpisy přinesly výrazné výhody v mnoha oblastech. Například nyní je možné použít konstrukční dřevo i pro výškové

budovy při návrhu podle speciálních pravidel. Další změny zahrnují zjednodušení zatřídění budov (nizkopodlažní budova, vícepodlažní budova a výšková budova) a použití, které jasně přiděluje požadavky na požární bezpečnost. Předpisy požární bezpečnosti chrání osoby a majetek proti nebezpečí vzniku požáru. Cílí na majitele a uživatele budov, zařízení a vybavení, plus na všechny osoby, které se zabývají plánováním, stavbou, obsluhou nebo údržbou daných prostor. Dřevo jako konstrukční materiál může být použito ve všech kategoriích budov. Pokud jde o požadavky na požární bezpečnost, není žádný rozdíl mezi hořlavými a nehořlavými konstrukčními prvky. Konstrukční prvky ze dřeva nyní mohou mít větší požární odolnost než je R 60 (60 minut). Obytné, administrativní budovy a školy, stejně jako průmyslové a komerční budovy mohou být navrženy jako dřevěné konstrukce až do výšky 30 m (nizkopodlažní a vícepodlažní budovy). Pro výškové budovy je použití dřevěné konstrukce možné za určitých podmínek (zapouzdření).

Pro požární návrh dřevěných budov Lignum (švýcarský dřevozpracující průmysl) publikoval rozsáhlou dokumentaci, která je považována požárními autoritami jako současný stav poznání. Tato dokumentace o požární bezpečnosti dřevěných budov reprezentuje důležitý nástroj plánování, návrhu, provedení projektů pro architekty, inženýry, požární autority a dodavatele.

Požární návrh konstrukčních prvků ze dřeva může být proveden podle následujících možností:

- Použití produktů nebo dílů, které jsou dány v registru švýcarské požární bezpečnosti (Swiss Fire Safety Register).
- Použití standardizovaných komponentů, například podle Lignum dokumentace požární bezpečnosti, publikace komponenty ze dřeva – desky, stěny a obložení s požární odolností.
- Ověření pomocí výpočtů použitím uznaných výpočtových metod, například podle Lignum dokumentace požární bezpečnosti „Požární návrh konstrukčních prvků a spojů“.

Stupeň zaručení kvality požární bezpečnosti je definován pro každou budovu v jednom ze čtyř stupňů kvality, které definují odpovídající požadavky a odpovědnost osob zapojených v procesu. Dřevěné budovy, které jsou přiděleny do kategorie nizkopodlažních budov, patří do systému zaručení kvality 1 (QSS 1), budovy z kategorie vícepodlažních budov patří do systému zaručení kvality 2 (QSS 2). Dřevěné budovy z QSS 2 vyžadují účast experta, který je zodpovědný za zaručení kvality návrhu požární bezpečnosti.

• Výzkum

Chování dřevěných konstrukcí při požáru je zkoumáno ve Švýcarsku hlavně v Institutu pozemního stavitelství (IBK) na ETH Zurich. Hotové a právě probíhající výzkumné projekty jsou v tabulce 2.

Tabulka 2- Výzkumné projekty ve Švýcarsku

Výzkumný projekt	Typ zkoušky	Doba trvání požární zkoušky
Požární odolnost kompozitní desky dřevo – beton	Ve velkém měřítku, ISO požár	60 až 90 minut
Požární odolnost dřevěných desek tvořených dutými prvky	Ve velkém měřítku, ISO požár	60 až 105 minut
Požární odolnost stěnové sestavy lehkého dřevěného skeletu	Ve velkém měřítku, ISO požár	60 minut
Požární odolnost stěn z dřevěných bloků	Ve velkém měřítku, ISO požár	30 až 90 minut
Požární odolnost panelů z křížem vrstveného dřeva	Ve velkém měřítku, ISO požár	30 až 70 minut
Požární odolnost mnohonásobných	Ve velkém měřítku,	30 až 70 minut

smykových spojení ocel – dřevo	ISO požár	
Požární odolnost smykového spoje nosník – sloup	Ve velkém měřítku, ISO požár	30 až 80 minut
Požární odolnost lepených dřevěných konstrukčních prvků	Ve velkém měřítku, ISO požár	20 až 70 minut
Chování hotelů z dřevěných modulových jednotek	Ve skutečné velikosti, přírodní požární podmínky	4 minuty až do vyhoření

Nové výpočetní modely pro dřevěné desky, stěny a spoje byly vytvořeny na základě experimentální a numerické analýzy. Tyto studie dovolily revizi švýcarských požárních předpisů, které nyní dovolují obytné dřevěné budovy až do výšky 6 podlaží. Tato změna výrazně zvýšila počet dřevěných budov. Institut pozemního stavitelství na ETH Zurich má rozsáhlé zkušenosti v provádění experimentů zahrnujících komplexní požární zkoušky zatížených konstrukčních prvků, částí a spojů. Požární zkoušky konstrukčních prvků malého měřítka, středního měřítka nebo skutečné velikosti jsou většinou realizovány v požární laboratoři ve švýcarských federálních laboratořích pro vědu o materiálech a techniku (Empa) v Dubendorfu, který se nachází kousek od Zurichu. Požární laboratoř obsahuje 3 rozdílné pece:

- Velká vodorovná pec s otvorem zhruba 3 x 5 m,
- Vodorovná pec pro zmenšené modely s otvorem zhruba 1 x 0,8 m,
- Velká svislá pec s otvorem zhruba 3 x 3 m.

• **Budoucí výzvy**

Ačkoli v minulých letech bylo získáno mnoho důležitých poznatků o konstrukčním chování dřevěných prvků, stále zbývá několik mezer ve znalostech. Tyto mezery jsou například v následujících oblastech.

- Data pro skutečné požáry: K dispozici je nedostatek statistických informací o požáru reálných dřevěných budov. Tyto informace chybí ve většině zemí. Aby se mohly vyvinout pravděpodobnostní návrhové metody, je nutné mít k dispozici data o počtu a závažnosti požárů, efektivitě automatických a ručních hasicích prostředků.
- Experiment na konstrukcích skutečných rozměrů: Více testů na konstrukcích skutečných rozměrů jsou potřeba pro zjištění informací o požární závažnosti. Kvůli zvyšujícímu se trendu vícepodlažních dřevěných budov je důležité opatrně adresovat vliv hořlavých materiálů na intenzitu požáru, zejména když v konstrukci není žádné zapouzdření ani sprinklery.
- Experimenty v malém měřítku: Více experimentů na zmenšených modelech je potřeba pro ohodnocení míry zuhelnatění různých typů dřeva a dřevěných výrobků při přírodních podmínkách pro požár, pro ohodnocení samohasicích vlastností různých typů dřeva a vlastností dřeva při různých stupních vystavení požáru, pro ohodnocení různých typů požárních zářezek, pro ohodnocení chování různých typů spojů atd.
- Modelování: Existující požární modely musí být rozšířeny tak, aby mohly zahrnout změny ve ventilačních podmínkách při rozvoji požáru a přesunu požáru ve velkých prostorách. Kvůli dřevěným konstrukcím musí být do modelů zahrnut přínos hořlavých materiálů. Jednoduché tepelné modely mohou být použity pro návrh velkých dřevěných konstrukcí, pokud rychlost zuhelnatění dřeva je známa pro různé teploty požáru. Rychlost zuhelnatění dřeva je dobře známa u vystavení dřeva normovému požáru, ale je nutné znát změny v rychlosti zuhelnatění u vystavení dřeva více reálnějšímu požáru. Více výzkumu, který zahrnuje i experimenty ve velkém měřítku, je požadováno pro zjištění rychlosti zuhelnatění, potřebné pro jednoduché výpočetní modely aplikované na více realistické požáry. Pokročilé tepelné modelování může být provedeno použitím metody konečných prvků (FEM). Tyto pokročilé metody jsou důležité pro vývoj jednoduchých modelů zuhelnatění, ale nejsou obvykle požadovány pro návrh.

Hlavním problémem pro vývoj pokročilejších tepelných výpočetních modelů je získání přesných časově závislých a teplotně závislých tepelných vlastností materiálů. Kompletní požární modelování konstrukce pomocí FEM požaduje spojení tepelné a mechanické analýzy. Tato analýza je velmi složitě dosažitelná kvůli velkému počtu neznámých vstupních hodnot. Pro standardní vystavení ISO požáru bylo dosaženo obrovské zlepšení. Nicméně stále mnoho věcí musí být zjištěno pro získání přesných vstupních hodnot tak, aby chování dřevěné konstrukce vystavené skutečnému požáru mohlo být předpovězeno pravdivě.

- Návrh na užité vlastnosti konstrukce: Mezinárodní dohoda je potřeba pro celkovou koncepci návrhu na užité vlastnosti pro požární bezpečnost (a požární odolnost), konzistentní pro všechny materiály. Měla by být založena na požárním návrhu pro různé typy a velikosti budov a osazenstva. Toto musí být zahrnuto pro vývoj pravděpodobnostních nebo semi-pravděpodobnostních návrhových metod požární bezpečnosti tak, aby byl podpořen návrh budov, který splňuje cíle pro pravděpodobnost kolapsu konstrukce, specifikovanou v moderních normách.

Velká Británie

Dřevěné konstrukce a použití materiálů na přírodní bázi zažívají ve Velké Británii něco jako renesanci. Použití lehkého dřevěného skeletu a masivních dřevěných konstrukcí pro vícepodlažní budovy se znásobilo v posledních letech hlavně kvůli změnám v předpisech a na základě výsledků výzkumných projektů financovaných vládou a dřevařským průmyslem. Mezi další důvody patří i udržitelnost a snaha o snížení emisí oxidu uhličitého spolu s ekonomickými výhodami a snahou o podporu výstavby částečně mimo staveniště.

- **Historický kontext**

Velký londýnský požár v roce 1666 vedl k přísným stavebním předpisům ve Velké Británii, které vážně omezily široké použití dřeva jako konstrukčního materiálu. Odstranění „stavebního zákona“ (Building Act) posunulo Velkou Británii směrem k funkčním předpisům, teoreticky povolilo budovy ze dřeva, i když jenom nízkopodlažní budovy (maximálně 4 podlaží).

- **Změny v předpisech**

Současné změny ve stavebních předpisech ve Velké Británii kombinované s vysoce profilovými výzkumnými projekty vedly na přelomu tisíciletí k uvolnění, které znovu podpořilo použití lehkých a těžkých skeletových i dřevěných konstrukcí z rostlého dřeva pro vícepodlažní dřevěné konstrukce. Toto vedlo ke dvěma výzvám, které jsou v současnosti často citovány v britském stavebním průmyslu:

- Zvýšení koncentrace vysokopodlažních obytných budov v městských centrech.
- Rostoucí trend budov z dřevěných skeletových konstrukcí, lepených lamelových prvků a prvků z křížem vrstveného dřeva (CLT).

Stavba budov v Anglii a Walesu je řízena stavebními předpisy (Building Regulation), které jsou podpořeny sadou „schválených dokumentů“ (Approved Documents). Tyto dokumenty nabízejí praktické příručky, jak vyhovět mnoha funkčním požadavkům a stanovují minimální požární odolnost po různé části budovy. Mají poskytnout vedení pro obvyklé konstrukční situace. Poskytují také vedení pro použití různých typů obkladů a obložení, které se mohou použít podle účelu budovy, výšky budovy atd. Nicméně alternativní způsoby k dosažení dodržení předpisů jsou povoleny a neexistuje žádná výslovná povinnost přijmout konkrétní řešení. Toto povzbuzuje inovace v návrhu a v konstrukcích v porovnání s více nařizujícím systémem.

- **Požáry na staveništích a výsledné dodatečné výzkumy/příručky**

Navzdory vzkvétajícímu použití dřeva ve stavebním sektoru, z jistého pohledu již schválené dokumenty (Approved Documents) nedrží tempo s inovacemi ve stavebním sektoru. Je to ovlivněno počtem významných požárů u dřevěných rámových konstrukcí a konstrukcí z lepeného lamelového dřeva, ať už v hotových budovách nebo v budovách ve výstavbě. Tyto požáry vyústily ve značné úsilí ve výzkumu, které zahrnuje i projekt TF2000 v 90. letech 20. století a produkce celé řady pokynů pro dřevěné rámové konstrukce i masivní dřevěné konstrukce ve výstavbě.

Avšak značné neshody zůstávají mezi stavebnictvím a pojišťovacími odvětvími ohledně rizik a výhod dřevěných konstrukcí různých typů, další výzkum je nutný pro podporu správného rozhodování.

- **Lepené lamelové dřevo, křížem vrstvené dřevo a hybridní budovy**

Použití křížem vrstveného dřeva (CLT), někdy ve spojení s lepeným lamelovým dřevem nebo s hybridními ocelovými či železobetonovými konstrukčními prvky, se rychle rozvíjí ve Velké Británii. Jako rychlejší, „zelenější“ alternativa ocelových nebo železobetonových rámových konstrukcí. Trh se zvýšil o 300% za poslední 2 roky a výšky 9 až 10 podlaží jsou čím dál častější. Tento vývoj vedl k několika právě probíhajícím výzkumným projektům na chování konstrukčních systémů z CLT za požáru. Jeden například probíhá v BRE Centru pro inženýrství požární bezpečnosti (BRE Centre for Fire Safety Engineering) na Univerzitě v Edinburghu.

- **Další problémy**

Existují i další materiály na přírodní bázi, u kterých lze pozorovat nárůst používání ve Velké Británii. U těchto materiálů byly vyjádřeny jisté obavy s ohledem na jejich chování při požáru. Mezi tyto materiály patří například následující materiály:

- Konstrukční izolační panely (SIPS).
- Konstrukce ze slámy.
- Mechanicky vrstvené dřevo pomocí dřevěných kolíků.
- Kompozitní panely z biopolymeru (například jako obklady).
- Izolace na přírodní bázi (například vlna).

Norsko

- **Stavební předpisy**

Poslední verze Norského územního a stavebního zákona byla vydána v roce 2010 ministerstvem místní samosprávy a regionálního rozvoje. Technické předpisy podle tohoto zákona jsou rozvíjeny a udržovány norskými stavebními autoritami (DiBK). Tyto technické předpisy, pojmenované TEK10, jsou založené na užitných vlastnostech a popisují stupeň bezpečnosti, ale specifické požadavky poskytují jenom v omezené míře. Pokyny k technickým předpisům (TEK10) poskytují několik postupů, které splňují požadavky technických předpisů (TEK10). Konkrétní řešení, která jsou považována jako východiska a plní požadavky, mohou být nalezeny v mnoha uznávaných zdrojích. Některé ze zdrojů jsou uvedeny v technických předpisech. Jedním ze zdrojů je například SINTEF Budovy a Infrastruktury, který publikoval sérii stavebně výzkumných příruček pro navrhování, které patří mezi jeden ze zdrojů takzvaných předdokumentačních řešení detailů (pre-documented detail solutions). Jedna z kapitol v technických předpisech pokrývá bezpečnost v případě požáru a je, jako v mnoha dalších zemích, jedna z nejvíce obsáhlých kapitol předpisů.

Návrh požární bezpečnosti budov může být zdokumentován dvěma způsoby:

- Podle pokynů k technickým předpisům.
- Analýzou a požárně inženýrským návrhem.

Předpisy nejsou použitelné pro složitější budovy, je požadován návrh založený na analýze. Severské země mají dlouhou tradici spolupráce na předpisech požární bezpečnosti budov. Proto filozofie požárních předpisů v různých severských zemích je podobná, detaily a nařízení jsou v některých případech identické, v jiných případech se mohou lišit. Národní technické osvědčení může splňovat požadavky v jedné severské zemi, ale nemusí být platné v další zemi.

- **Výzkum požární bezpečnosti**

SP požární výzkum AS (bývalý SINTEF NBL – Norská požární laboratoř) v Trondheimu je hlavní institucí pro požární výzkum v Norsku. Tuto instituci vlastní ze 70% SP ve Švédsku a z 30% SINTEF v Norsku. Hlavní výzkumné aktivity jsou spojené s chováním různých materiálů a stavebních prvků při požáru. SP požární výzkum AS často spolupracuje s partnery z jiných norských institucí, jako je Sintef, univerzity atd..

Některé příklady nedávných výzkumných projektů:

- Požární bezpečnost stavebních výrobků z polymerů (2011-2014).
- Inženýrství požární bezpečnosti pro inovativní a udržitelné řešení budov (severský projekt vedený SP požárním výzkumem ve Švédsku (2014-2017).
- EMRIS (podrobnosti jsou uvedeny níže (2015-2017).
- Požární bezpečnost v energeticky úsporných a „zelených“ budovách (2015).

Vysoká škola StordHaugesund (HSH) vzdělává inženýry zaměřené na požární bezpečnost a do určité míry také provádí výzkum požární bezpečnosti. Projekt nazvaný EMRIS (Emerging Risks from Smouldering Fires – rozvíjející se rizika z doutnajících požárů) začal v lednu 2015 a bude trvat 3 roky. SP požární výzkum AS je součástí projektu EMRIS a následující testy spolu s EMRIS budou provedeny dalšími norskými institucemi:

- Gexcon v Bergenu, který provádí výzkum a vývoj spojený s požárem a explozí související hlavně s ropným průmyslem.
- PFI v Trondheimu (Paper and Fibre Research Institut – Výzkumný institut papíru a celulózy), který provádí výzkum na požární bezpečnost izolačních materiálů na bázi celulózy.

SINTEF Budovy a Infrastruktura provádí výzkum budoucích technologií pro použití materiálů, návrhu požární bezpečnosti, architektury a stavební fyziky, adaptací na změny klimatu, energetické účinnosti a infrastruktury. SINTEF se soustřeďuje na komunikační know-how pro stavební průmysl a společnost jako celek pomocí publikací v různých časopisech, ve veřejných zdrojích a stavebně výzkumných příručkách pro navrhování. Výzkum se soustřeďuje na správné a bezpečné použití materiálů a výrobků v praxi a také na vývoj metod pro navrhování. Navíc, SINTEF vydává technické osvědčení pro produkty a konstrukční systémy podle norských stavebních předpisů TEK10.

Některé významné příklady:

- SmartTES – Inovace ve dřevěných konstrukcích pro modernizaci obvodových plášťů (2010-2013).
- SUSREF- Udržitelné rekonstrukce obvodových stěn a fasád (2009-2012).

- **Budoucí výzvy**

Vícepodlažní dřevěné budovy – Jak dosáhnout dostatečné požární bezpečnosti pro tento typ budov v městských i příměstských oblastech? Jaká jsou správná kritéria/požadavky a opatření pro zabránění šíření požáru?

Energeticky úsporné budovy – Jak ovlivní požární bezpečnost nové materiály a konstrukční metody?

Hořlavé konstrukční a izolační materiály – Požárně bezpečné použití a správné testovací metody s vhodnými kritérii testů. Jaká ochrana těchto materiálů je považována za dostatečnou?

Hořlavý povrch materiálů: Jak ovlivňují vznik a rozšíření požáru? Jak je jimi ovlivněna požární odolnost?

Fasády: Jak ovlivňují různé typy fasádních obkladů a větrných bariér rozšíření požáru na fasádě? Opatření proti rozšíření požáru?

Hašení požárů: Jak ovlivňují materiály na přírodní bázi hašení požáru v porovnání s jinými materiály? Jaké metody se nejvíce hodí na hašení těchto materiálů?

Experimentálně získané poznatky o požární bezpečnosti dřevostaveb z hlediska požadavků na odstupové vzdálenosti a uzavřenost požární plochy

Z hlediska požární bezpečnosti jsou pro dřevostavby kritické požadavky na odstupové vzdálenosti a uzavřenost požární plochy jejich stěn. Zmiňované kritické požadavky jsou často vnímány velmi subjektivně. Jako příspěvek k vyjasnění této problematiky byla proto zpracována analýza „Experimentálně získané poznatky o požární bezpečnosti dřevostaveb z hlediska požadavků na odstupové vzdálenosti a uzavřenost požární plochy“, která je přílohou této souhrnné textové části závěrečné zprávy.

Full scale požární zkouška, která je v tomto dokumentu popsána, byla provedena na jednopodlažním objektu, kde stěny i strop byly vytvořeny z lehkého dřevěného skeletu. Půdorysný rozměr objektu byl 3 000 x 3 000 mm s výškou stěn 4 000 mm, strop (střecha) byl umístěn ve výšce 2 870 mm.

Cílem zkoušky bylo ověřit chování dřevostavby jako celku za požáru po dobu 30 minut a výsledky porovnat s výpočetními postupy podle v ČR platných technických norem.

Mechanické zatížení bylo navrženo tak, aby odpovídalo bytovému domu, kde je proměnné/užitné zatížení 1,5 kN/m². Při požární situaci je statisticky ověřeno, že mechanické zatížení dosahuje nižších hodnot, proto bylo při výpočtu mimořádné návrhové situace za požáru počítáno s kvazistálou hodnotou proměnného zatížení ($\psi_{2,1} = 0,3$). Proměnné zatížení 0,45 kN/m² bylo vyvozeno pomocí pytlů se štěrkem, které byly umístěny rovnoměrně na stropu/střeše objektu. Stálé zatížení tvořila nosná konstrukce střechy.

Požární zatížení bylo vyvozeno pomocí dřevěných latí. Požární zatížení běžného bytového domu je dáno průměrnou hodnotou $q_{f,k} = 780 \text{ MJ/m}^2$, která zde byla použita.

Výsledky zkoušky byly příznivější v porovnání s výpočetními postupy podle v ČR platných technických norem. Faktorem ale je, že u full scale zkoušek velmi záleží na klimatických podmínkách, které v tomto případě byly příznivé (nebyl tropický den a nefoukal vítr).

Nové poznatky o možnostech řešení problematiky požární odolnosti a tuhosti vícepodlažních dřevostaveb s lehkým dřevěným skeletem

Klíčovou problematikou u vícepodlažních dřevostaveb je z technického hlediska především: požární odolnost, prostorová tuhost a akustika.

Analýza „Nové poznatky o možnostech řešení problematiky požární odolnosti a tuhosti vícepodlažních dřevostaveb s lehkým dřevěným skeletem“ je věnována vícepodlažním budovám s lehkým dřevěným skeletem. Rozpracována je v ní za prvé problematika určení příspěvku desek na bázi sádky k požární odolnosti dřevostaveb a to uvedením hodnot času porušení desek na bázi sádky -

t_f , které v Eurokódu 5 nejsou uvedeny. Za druhé pak postup pro stanovení svíslého stlačení vícepodlažní dřevostavby, které se nepříjemně projevuje především trhlinami na fasádě.

Analýza možností použití křížem vrstveného dřeva (CLT) na vícepodlažní dřevostavby

Zpracovaná analýza se zabývá možnostmi použití křížem vrstveného dřeva (CLT) na vícepodlažní budovy ze dřeva. Pro výrobu křížem vrstveného dřeva (CLT) sice již od letošního roku existuje harmonizovaná evropská norma EN 16351, ale nikoliv technická norma, která by dávala uživatelům podklady pro navrhování konstrukcí z tohoto materiálu. Přitom tento materiál je velice vhodný pro vícepodlažní budovy ze dřeva a splňuje i požadavky z hlediska hodnocení životního cyklu (LCA) budov.

Analýza se zabývá CLT jako takovým, zkoumá jeho mechanické vlastnosti a popisuje možné analytické metody pro jeho návrh. Dále zkoumá použitelnost těchto metod pro samotný výpočet momentové únosnosti a průhybu stropních CLT panelů.

Popisuje problematiku navrhování vícepodlažních budov z CLT za běžné teploty i za požáru. Zaměřuje se na všechny důležité aspekty návrhu těchto budov včetně detailů a doplňuje je o příklady již postavených vícepodlažních budov z CLT.

Mechanicky spojované křížem vrstvené dřevo (CLT)

Nejrozšířenějším způsobem spojování jednotlivých vrstev panelů z křížem vrstveného dřeva je celoplošné lepení pomocí jednosložkových polyuretanových, fenolických, aminových a kopolymerních disperzních lepidel. Tato lepidla neobsahují žádné složky, které mohou uvolňovat formaldehyd, těkavé organické, nebo ve vodě rozpustné látky. Jsou však založena na petrochemické bázi (deriváty ropy a zemního plynu), což je fosilní surovina, která je, na rozdíl od dřeva, neobnovitelná. Při výrobě je v tomto případě třeba zohlednit parametry jako lisovací tlak, množství použitého lepidla, vlhkost lepených prvků, dobu vytvrzování, teplotu i relativní vlhkost vzduchu.

Alternativou lepicího procesu je použití mechanických spojovacích prostředků kolíkového typu, jako jsou dřevěné kolíky, hřebíky, nebo vruty.

Dřevěné spojovací kolíky jsou nejčastěji vyrobeny z bukového, nebo dubového dřeva. Při výrobě jsou do lamel, vysušených na vlhkost $12 \% \pm 2 \%$ vyvrtány otvory, do kterých jsou vlisovány kolíky z tvrdého dřeva, předsušeného na vlhkost 6 - 8 %. Po zalisování začnou kolíky absorbovat vlhkost ze svého okolí. Hygroskopickým vlhnutím dojde k zvětšování tloušťky buněčných stěn a tím k nabobtnání spojovacích prostředků, zajišťujícímu vzájemné spolupůsobení celého prvku. Mezi systémy využívající tento princip spojování patří i systém Holz 100, který jako středovou vrstvu panelu využívá hranoly obdélníkového průřezu.

Spojování vrstev pomocí hřebíků využívá např. systém MHM. Hliníkové kroužkové hřebíky $\varnothing 2,5$ mm s drážkovaným dříkem propojují vždy tři vrstvy kolmo uspořádaných lamel různé šířky ležících na sobě. Každé křížení lamel je spojeno dvěma hřebíky. Tímto způsobem mohou být na sebe lamely vrstveny až do tloušťky panelu 340 mm a počtu 15 vrstev. Maximální výrobní rozměry panelů jsou 3,25 x 6 m.

Panely spojované vruty, které jsou předmětem této analýzy, jsou vytvořeny ze třech, případně pěti vrstev hoblovaných prken tloušťky 27 mm.

Poznatky získané z provedených experimentálních měření ukazují, že stěnové panely vyrobené z mechanicky spojovaného křížem vrstveného dřeva vykazují velmi dobré mechanické i požární vlastnosti, umožňující jejich použití v běžných stavebních konstrukcích. Přitom mechanicky spojované dřevo je materiálem, který nevyžaduje tak náročnou výrobní technologii jako lepené CLT.

V předložené analýze jsou uvedeny velmi zajímavé výsledky, týkající se mimo jiné i torzní únosnosti a tuhosti tzv. momentových spojů, se kterými se setkáváme nejen v případě mechanicky spojovaného CLT.

Kompozitní dřevobetonové stropní konstrukce

Kompozitní dřevobetonové stropní konstrukce se dosud používaly především při zesilování stávajících stropů s dřevěnými stropními nosníky. Velkou perspektivu však mají i v případě dřevobetonových stropů vícepodlažních budov na bázi dřeva. Provedením betonové desky, kterou spřáhneme s dřevěnými nosníky pomocí různých spřáhovacích prostředků, výrazně zvýšíme tuhost i únosnost stropní konstrukce. Dřevobetonové stropní konstrukce mají též lepší parametry kročejové a vzduchové neprůzvučnosti a požární odolnosti oproti tradičním dřevěným stropům.

V případě, že jsou pro spřážení dřeva a betonu použity mechanické spojovací prostředky je problematika navrhování kompozitních dřevobetonových nosníků za běžné teploty již zapracována do Eurokódů, které byly zavedeny do soustavy ČSN v České republice jako ČSN EN.

Kompozitní dřevobetonové konstrukce lze zjednodušeně řešit s využitím:

ČSN EN 1992-1-1, ČSN EN 1995-1-1 a ČSN EN 1995-2 následujícím způsobem.

Návrh kompozitního dřevobetonového průřezu je popsán v článku 5.3 ČSN EN 1995-2 s tím, že šířka betonové desky, která spolupůsobí se dřevěným nosníkem $b_{ef,c}$, se určí podle článku 5.3.2.1 ČSN EN 1992-1-1.

Kompozitní dřevobetonový T průřez se potom posoudí podle přílohy B ČSN EN 1995-1-1, která je věnována nosníkům složeného průřezu s mechanickými spojovacími prostředky, přičemž hodnoty modulu prokluzu pro spoj dřevo-beton jsou uvedeny v článku 7.1 této normy.

Tento postup lze ale použít pouze v případě, že mezi dřevěným nosníkem a betonovou deskou není mezilehlá vrstva, např. bednění.

Výpočet podle ČSN EN je konzervativní a hodnoty únosnosti a tuhosti spřážení pomocí spojovacích prostředků kolíkového typu jsou přibližné.

Na základě provedeného výzkumu únosnosti a tuhosti spřážení dřeva a betonu bylo zjištěno, že především tuhost, určovaná podle ČSN EN 1995-1-1, je cca o 20 % nadhodnocována, neboť norma předpokládá, že spojovací prostředek je v betonu dokonale vetknut a při zatížení nedochází k jeho zatlačení do betonu, což není pravda. Důležitým poznatkem též je, že jakost betonu má vliv na únosnost spojovacích prostředků ve spojích dřevo-beton, ale nikoliv již na jejich tuhost.

V analýze, která je přílohou závěrečné zprávy je zpracován i výpočetní postup pro případ, že mezi dřevěným nosníkem a betonovou deskou je mezilehlá vrstva, např. bednění.

Zpracována je zde i problematika navrhování kompozitních dřevobetonových konstrukcí na účinky požáru.

Prefabrikované systémy na bázi dřeva pro zateplování vícepodlažních budov.

Tato analýza je zaměřena na prefabrikované systémy na bázi dřeva pro zateplování vícepodlažních budov. Spotřeba energie je dominantně dána již existujícími budovami. Předpokládá se, že v roce 2050 ve většině vyspělých zemí budou nové budovy spotřebovávat pouze 10 % - 20 % celkové spotřeby energií a zbylých 80 % bude spotřebováno existujícími budovami.

V současné době rekonstrukce stávajících obytných budov řeší většinou pouze určitě části budov, například střechu, fasádu nebo topení. Toto řešení je většinou neefektivní a často i velmi drahé řešení bez žádoucího snížení spotřeby energie. Optimální výsledek nemůže být dosažen rekonstrukcí pouze

jedné části budovy, toto řešení často končí vytvořením nového problému, například lokální kondenzace vody nebo přehřívání budovy.

Předmětem zájmu je proto vytvořit inovativní koncept renovace celé budovy pro typickou obytnou budovu. Koncept je založen na standardizovaných fasádních a střešních systémech, které jsou vhodné k prefabrikaci, viz obr. 1.



Obr. 1 Instalace přídatných vysoce prefabrikovaných fasádních dílců

C) POROVNÁNÍ REFERENČNÍCH VÍCEPODLAŽNÍCH BUDOV NA BÁZI DŘEVA SE ZDĚNÝMI/SILIKÁTOVÝMI VÍCEPODLAŽNÍMI BUDOVAMI Z HLEDISKA EKONOMICKÉHO, STAVEBNĚ TECHNOLOGICKÉHO, ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI A ŽIVOTNÍHO CYKLU

1. REFERENČNÍ OBJEKTY

Pro ekonomickou a stavebně technologickou analýzu byly zvoleny dva typy porovnávaných staveb:

- A. Obytná budova – Bytový dům
- B. Administrativní budova

Pro každý typ stavby byla rozpracována základní projektová dokumentace, vždy ve třech variantách.

Pro bytový dům:

- A.1 Dřevostavba z lehkého skeletu
- A.2 Dřevostavba z CLT panelů
- A.3 Zděná stavba

Pro administrativní budovu:

- B.1 Těžký dřevěný skelet
- B.2 Železobetonový skelet se zděnými výplňovými konstrukcemi
- B.3 Železobetonový skelet s výplňovými konstrukcemi na bázi dřeva (LOP)

A. Bytový dům – popis:

Pro potřeby projektu je uvažováno staveniště v intravilánu obce v okrajové části zástavby. Pozemek je rovinný, bez vzrostlé zeleně a bez překážek. Pozemek není situován v ochranných pásmech. Dostupnost pozemku je po zpevněné komunikaci pro osobní i nákladní dopravu.

Stavba je koncipována jako čtyřpodlažní, samostatně stojící objekt přibližně obdélníkového půdorysu s rozměry 23,1 x 11,0m, se sedlovou střechou s plechovou střešní krytinou a se stěnami s exteriérovou povrchovou úpravou tvořenou minerální hladenou omítkou. Hlavní vchod, navržený v úrovni prvního nadzemního podlaží, je umístěn uprostřed jihovýchodní strany budovy. K objektu přiléhají plochy pro odstavná stání vozidel.

Výkopové práce

Základová spára bude vyhloubena strojně na kótě -1,470. Díky tomu, že se jedná o stavbu na tzv. „zelené louce“, je nutné jako první v prostoru stavby a upraveného terénu provést úpravu povrchu staveniště a sejmut ornici v tloušťce 0,2 m po celé zastavěné ploše, včetně rozšíření základových pásů. Ornice se deponuje na vhodné místo k závěrečnému ohumusování ploch

upraveného terénu po provedené výstavbě objektu. Výkop pro základové pásy je při strojním těžení nutno provést o 100 mm hlouběji, kde se provede štěrkový hutněný násyp. To platí i pro dno jámy před provedením podkladních betonů pod vodorovnou izolaci.

Vytěžená zemina bude deponována na vlastním pozemku a bude využita pro následné terénní úpravy.

Stěny výkopu se nemusí zajišťovat žádnou dočasnou konstrukcí.

Základy

Základovou půdu tvoří hlinito-štěrkovitá zemina (F1), která se vyskytuje v hl. 0,40 - 4,40 m. Nасыpaná zemina bude hutněna po max. 0,3 m na pevnost minimálně 250 kPa.

Obvodové a vnitřní stěny jsou založeny na monolitických základových pasech z prostého betonu třídy C 20/25 - XC2 - CI 0,2 - D_{max} 22 - S1. Na srovnanou rovinu se provede podkladní beton tloušťky 120 mm s vloženou KARI sítí 6 x 100 x 100 mm, který tvoří rovinu pro položení hydroizolace.

Předpokládá se, že nejvyšší hladina spodní vody na staveništi je 4,00 metrů pod úrovní základové spáry.

Svislé nosné konstrukce

Dřevostavba z lehkého skeletu

Svislé nosné konstrukce nadzemních podlaží tvoří sloupky z rostlého délkově nastavovaného dřeva (KVH) třídy pevnosti C24.

Obvodové a vnitřní stěny jsou tvořeny dřevěnými rámy, které jsou vyplněny sloupky. Osová vzdálenost sloupků je 625 mm. Průřez sloupků je 60x120 mm. Mezi sloupky je umístěna tepelná izolace z minerální vlny v tloušťce 120 mm. Prahy rámu jsou průřezu 120 x 120 mm. Sloupky jsou k prahům kotveny pozinkovanými úhelníky. Celé rámové sestavy jsou rovněž kotveny ocelovými pozinkovanými úhelníky ze sortimentu firmy Bova. Rámová konstrukce je zaklopena sádrovláknitými deskami fermacell.

Prostorová tuhost objektu je zajištěna ztužujícím železobetonovým schodištovým jádrem.

Stěny železobetonového schodištvého jádra jsou navrženy tloušťky 250 mm z betonu třídy C 30/37 XC3 (CZ) - CI 0,1 - D_{max} 16 - S2.

Dřevostavba z CLT panelů

Svislé nosné konstrukce nadzemních podlaží jsou tvořeny panely z křížem vrstveného dřeva celkové tloušťky 100 mm. Panel se skládá ze tří vrstev, vnější vrstvy mají tloušťku 35 mm, vnitřní vrstva má tloušťku 30 mm (35 + 30 + 35), všechny tři vrstvy jsou z lamel pevnostní třídy C24.

Obvodové stěny jsou tvořeny jedním panelem s minerální izolací a minerální omítkou, z interiéru je panel obložen dvěma vrstvami SDK obkladu celkové tloušťky 25 mm (12,5 + 12,5 mm). Vnitřní nosné stěny jsou tvořeny dvěma CLT panely, mezi které je vložena akustická izolace. Směrem do interiéru jsou panely obloženy dvěma SDK deskami celkové tloušťky 25 mm.

Prostorová tuhost objektu je zajištěna stěnami z CLT panelů.

Zděná stavba

Svislé nosné obvodové konstrukce nadzemních podlaží tvoří keramické zdivo Porotherm AKU 25 tl. 250 mm. Svislé nosné vnitřní konstrukce jsou z keramického zdiva Porotherm AKU 30 tl. 300 mm.

Prostorová tuhost objektu je zajištěna ztužujícím železobetonovým schodišťovým jádrem.

Stěny železobetonového schodišťového jádra jsou navrženy tloušťky 250 mm z betonu třídy C 30/37 XC3 (CZ) - Cl 0,1 - D_{max} 16 - S2.

Překlady

Dřevostavba z lehkého skeletu

V místě okenních otvorů obvodových stěn se do konstrukce rámu provedou výměny. Překlady (výměny) budou provedeny ze dřeva pevnostní třídy C24 o profilu 120x160 mm.

Překlady nad otvory dělicích příček budou provedeny z dřeva třídy C24 o profilu 160x60 mm.

Dřevostavba z CLT panelů

Otvory v panelech jsou vytvořeny už při výrobě panelu, „překlady“ tvoří samotný panel.

Zděná stavba

Nad okenními otvory v obvodových stěnách jsou překlady. Překlady jsou keramické Porotherm 3x KP7. Překlady nad otvory dělicích příček budou provedeny opět Porotherm KP11,5.

Vodorovné nosné konstrukce

Dřevostavba lehký dřevěný skelet

Stropní konstrukce je tvořena stropnicemi z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL24h. Stropnice mají profil 100x240 mm a jsou v osových vzdálenostech 625 mm. Stropnice jsou uloženy na rámové prahy stěn. Mezi jednotlivé stropnice budou uprostřed rozpětí vloženy dřevěné rozpěry o profilu 60x120 mm. Stropní nosníky jsou shora opatřeny záklopem z desek OSB/3 tloušťky 22 mm.

Dřevostavba z CLT panelů

Stropní konstrukce je tvořena stropními CLT panely tloušťky 150 mm. Stropní panely mají 5 vrstev (40 + 20 + 30 + 20 + 40 mm), všechny tři vrstvy jsou z lamel pevnostní třídy C24.

Zděná stavba

Stropní konstrukce je tvořena keramobetonovými stropy Miako (trámky+vložky). Celková tloušťka keramického stropu včetně nabetonávky je 250 mm. Osová vzdálenost trámečků je 625 mm. Keramický strop je po celém obvodu opatřen železobetonovým věncem z betonu C25/30.

Vertikální komunikace

Hlavní železobetonové schodiště

Vnitřní schodiště umístěné v komunikačním jádru je navrženo jako železobetonové, monolitické a je tvořeno žb deskou tloušťky 130 mm. Schodiště je řešeno jako dvojramenné levotočivé šířky 1100 mm.

Stupnice a podstupnice jsou navrženy z keramických obkladů.

Dělicí a výplnové konstrukce

Dřevostavba z lehkého skeletu

Dělicí příčky jsou obdobně tvořeny rámovou konstrukcí lehkého skeletu. Sloupky jsou navrženy v osových vzdálenostech 625 mm. Konstrukce ostění otvorů šířky větší než 900 mm jsou vytvořeny přidáním sloupků, které vynášejí překlad (výměnu). Příčky jsou tvořeny sloupky profilu 60x80 mm z rostlého dřeva třídy pevnosti C24, které jsou opláštěny sádrovláknitými deskami. Příčky jsou vyplněny tepelnou izolací ISOVER UNI tloušťky 60 mm. Všechny příčky jsou navrženy jako nenosné.

Dřevostavba z CLT panelů

Dělicí příčky jsou tvořeny rámovou konstrukcí lehkého skeletu. Sloupky jsou navrženy v osových vzdálenostech 625 mm. Konstrukce ostění otvorů šířky větší než 900 mm jsou vytvořeny přidáním sloupků, které vynášejí překlad (výměnu). Příčky jsou tvořeny sloupky profilu 60x80 mm z rostlého dřeva třídy pevnosti C24, které jsou opláštěny sádrovláknitými deskami. Příčky jsou vyplněny tepelnou izolací ISOVER UNI tloušťky 60 mm. Všechny příčky jsou navrženy jako nenosné.

V místech s potřebou větší zvukové izolace mezi místnostmi jsou navrženy příčky s rámovou konstrukcí lehkého skeletu tloušťky 150 mm.

Zděná stavba

Dělicí příčky jsou zhotoveny z keramických příčkovek Porotherm Aku 11,5. Tloušťka příček je 115mm. Příčky jsou opatřeny hladkou omítkou.

Nosná konstrukce střechy

Nosná konstrukce zastřešení je tvořena příhradovými vazníky z dřeva třídy C 24. Vazníky jsou navrženy v technologii lisovaných styčnic pomocí ocelových desek s prolisovanými trny. Vazníky jsou v osových vzdálenostech 1000 mm. Ztužení ve střešní rovině je řešeno diagonálními zavětrovacími kříži z řeziva C24, případně zavětrovacími Bova pásy. Vazníky jsou na obvodových stěnách uloženy do pozednic.

Střešní plášť

Střešní plášť je tvořen drážkovou plechovou střešní krytinou Lindab PLX tloušťky 0,6 mm spojovanou na stojatou drážku. Krytina je kotvena ke střešním latím.

Předsazené konstrukce - balkóny

Dřevostavba z lehkého skeletu

Balkóny jsou tvořeny vykonzolovanými stropními trámy. V místě přechodu do exteriéru jsou trámy obaleny tepelnou izolací.

Dřevostavba z CLT panelů

Balkóny jsou tvořeny vykonzolovanými stropními CLT panely. V místě přechodu do exteriéru jsou trámy obaleny tepelnou izolací.

Zděná stavba

Balkóny jsou tvořeny vykonzolovanými železobetonovými deskami tl. 160mm. V místě přechodu konstrukcí do exteriéru jsou využity isonosníky.

Izolace proti vodě

Spodní stavba

Hydroizolace bude provedena asfaltovými pásy. Navržené pásy VEDAG ELASTOBIT GG 40 tloušťky 4 mm vyhovují zároveň do prostředí se středním radonovým rizikem. Izolace bude chráněna geotextílií 600g/m².

Vrchní stavba

Pod keramickou dlažbou bude v podlahové konstrukci provedena hydroizolační stěrka CERAMIC SYSTEM SE tloušťky 0,8 mm.

Tepelné izolace

Dřevostavba z lehkého skeletu

Tepelná izolace obvodového pláště nadzemních podlaží je řešena vložím minerální izolace tloušťky 120 mm do konstrukce rámu a tloušťky 40 mm do konstrukce předstěny. Z vnější strany rámové konstrukce je provedeno zateplení z polystyrenu EPS greywall v tloušťce 80 mm.

Strop pod nezateplenou půdou je zateplen minerální izolací tloušťky 240 mm + 30 mm.

Podlaha 1.NP je zateplená podlahovým polystyrenem EPS.

Dřevostavba z CLT panelů

Tepelná izolace obvodového pláště je tvořena minerální izolací tloušťky 220 mm.

Strop pod nezateplenou půdou je zateplen minerální izolací tloušťky 240 mm + 30 mm.

Podlaha 1.NP je zateplená podlahovým polystyrenem EPS.

Zděná stavba

Tepelná izolace obvodových stěn je řešena vnějším zateplením z polystyrenu EPS Greywall tloušťky 180 mm.

Strop pod nezateplenou půdou je zateplen minerální izolací tloušťky 240mm + 30mm.

Podlaha 1.NP je zateplená podlahovým polystyrenem EPS.

Splnění požadavků na energetickou náročnost budov a splnění porovnávacích ukazatelů podle jednotné metody výpočtu energetické náročnosti budov

Hodnocená konstrukce	Součinitel prostupu tepla U_N [W/(m ² ·K)]		Souč. prostupu tepla
			U [W/(m ² ·K)]
	Požadované	Doporučené	Navržené
Stropní pod nevytápěnou půdou	0,30	0,20	0,168
Podlaha na terénu	0,45	0,30	0,29
Obvodová stěna - lehký skelet	0,30	0,20	0,171
Obvodová stěna - zděná konstrukce	0,30	0,25	0,167
Obvodová stěna - CLT konstrukce	0,30	0,25	0,171
Výplně otvorů ve vnější stěně	1,50	1,20	0,90

Úpravy povrchů

Vnitřní a vnější povrchy stěn

Dřevostavba z lehkého skeletu

Povrchy stěn schodišťového jádra z příznané betonové konstrukce jsou opatřeny epoxidovým nátěrem na beton JUB EPOXIL tloušťky 0,2 mm.

Povrchové úpravy exteriérové části soklu jsou řešeny ušlechtilou soklovou tenkovrstvou omítkou BAUMIT tloušťky 3,0 mm.

Povrchové úpravy obvodových stěn nadzemních podlaží jsou řešeny difúzně otevřeným omítkovým systémem s minerální hladenou omítkou BAUMIT tloušťky 1,5 mm.

Dřevostavba z CLT panelů

Vnitřní stěny jsou opatřeny stěrkou na SDK obklady.

Povrchové úpravy obvodových stěn nadzemních podlaží jsou řešeny difúzně otevřeným omítkovým systémem s minerální hladenou omítkou BAUMIT tloušťky 1,5 mm.

Zděná stavba

Povrchy stěn schodišťového jádra z příznané betonové konstrukce jsou opatřeny epoxidovým nátěrem na beton JUB EPOXIL tloušťky 0,2 mm.

Povrchové úpravy exteriérové části soklu jsou řešeny ušlechtilou soklovou tenkovrstvou omítkou BAUMIT tloušťky 3,0 mm.

Povrchové úpravy obvodových stěn nadzemních podlaží jsou řešeny difúzně otevřeným omítkovým systémem s minerální hladenou omítkou BAUMIT tloušťky 1,5 mm.

Povrchy stropů

Povrchová úprava stropů nad jednotlivými podlažími je tvořena hladkými omítkami a sádrokartony.

Podlahy

Nášlapná vrstva podlah je rozdílná dle účelu místností, v nichž je použita. V pokojích je navržena laminátová podlaha HARO TRITTY tloušťky 7 mm, na toaletách, v kuchyních, komunikačních chodbách je navržena keramická dlažba RAKO ANDALUSIA 298x298 tloušťky 8 mm.

Všechny skladby podlah v objektu jsou, z důvodu přenosu kročejového hluku, navrženy jako plovoucí (vyjma schodištových ramen).

Výplně otvorů

Vnitřní dveře

Vnitřní dveře jsou navrženy dřevěné, s dřevěnou obložkovou zárubní SAPELI. Vstupy do komunikačního jádra budou v protipožárním provedení.

Okna v obvodových stěnách

Okna a dveře v obvodových stěnách budou řešena jako dřevěná, zasklená izolačními trojskly.

Konstrukce klempířské

Okapové systémy budou provedeny z barveného legovaného hliníku RAL 7005 - světle šedá fy. PREFA, vnější parapety budou řešeny z taženého hliníkového plechu r.š. 190 mm RAL 9016 - bílá.

Zdravotně technické instalace

Kanalizace

Objekt je připojen k oddílné kanalizaci. Vzhledem k účelu projektu nejsou řešeny vlastní přípojky splaškové a dešťové kanalizace.

Splašková kanalizace

Svodné potrubí

Ležaté potrubí v objektu je provedeno z PVC potrubí. Potrubí je vedeno v podlaze 1.NP.

Stoupací potrubí

V objektu je umístěno osm stoupacích potrubí z PVC. V objektu je navrženo systém odhlučnění vnitřní kanalizace z polypropylenového třívrstvého potrubí WAVIN SITECH. Všechna stoupací potrubí jsou odvětrána větrací hlavici ústící 500mm nad úroveň střešní roviny.

Připojovací potrubí

Veškerá připojovací potrubí jsou provedena z trubek PVC umístěných v předstěných, popř. v podlaze. Připojení všech zařizovacích předmětů ke kanalizaci je vždy provedeno přes zápachovou uzávěrku.

Dešťová kanalizace

Objekt je zastřešen sedlovou střechou. Dešťová voda je svedena kruhovými svody s ochrannou folií PREFA z barveného legovaného hliníku DN 100, falcované provedení, spojení nýty, RAL 7005 - světle šedá. Potrubí je vedeno vně objektu a kotveno k fasádě.

Vodovod

Objekt bude připojen k vodovodnímu řadu. Vzhledem k účelu projektu není řešena vlastní přípojka vodovodu.

Ležatý rozvod

Ležaté potrubí je v celém objektu navrženo z plastových trubek (materiál PVC). Potrubí je vedeno pod stropy v podhledu a v podlaze. Po celé délce má potrubí sklon 0,5%, DN 40 mm.

Stoupací potrubí

V objektu jsou navrženy čtyři stoupací sestavy potrubí DN 40 mm (SV, TUV, C) z PVC. Všechna stoupací potrubí jsou vedena příslušnými instalačními prostupy. V patě všech stoupacích potrubí jsou umístěny vypouštěcí ventily. V 4. NP je nad nejvyšším připojením připojovacího potrubí cirkulační potrubí propojeno s potrubím TUV. Na konec každého potrubí jsou v 4. NP osazeny provzdušňovací a odvzdušňovací ventily.

Připojovací potrubí

Veškerá připojovací potrubí jsou provedena z trubek PVC DN 20 mm, nad sebou v instalačních předstěných, popř. v rámových konstrukcích, se sklonem 0,5 %.

Potrubí je izolováno izolačními návleky z PUR odpovídajícího vnitřního průměru.

Vytápění

Objekt bude připojen k plynovodu. Plynová kotelna bude umístěna mimo hlavní objekt. Vzhledem k účelu projektu není řešena vlastní přípojka plynu ani kotelna.

Vnitřní rozvody jsou teplovodní - horizontální otopná soustava se spodním rozvodem. Vedení přívodního a vratného potrubí z měděných trubek je řešeno většinou v podlaze. Přívodní a vratné potrubí je zapojeno jako protiproudé.

V objektu jsou navržena samostatně stojící otopná tělesa VERANO KONWEKTOR typ Clasic 12 C a V a zapuštěná tělesa typ VP. Každé otopné těleso bude osazeno termostatickou hlaví a odvzdušňovacím ventilem.

Stavba není navržena jako bezbariérová.

B. Administrativní budova – popis

Pro potřeby projektu je uvažováno staveniště v intravilánu obce v okrajové části zástavby. Pozemek je rovinný, bez vzrostlé zeleně a bez překážek. Pozemek není situován v ochranných pásmech. Dostupnost pozemku je po zpevněné komunikaci pro osobní i nákladní dopravu.

Stavba je koncipována jako čtyřpodlažní, samostatně stojící objekt obdélníkového půdorysu o rozměrech cca 25,0 x 20,8 m, se sedlovou střechou s plechovou střešní krytinou a se stěnami s exteriérovou povrchovou úpravou tvořenou minerální hlazenou omítkou. Hlavní vchod, navržený v úrovni prvního nadzemního podlaží, je umístěn na jihozápadní straně objektu. Jihozápadní a severovýchodní fasáda objektu je přerušena vertikální linií prosklených pásů procházející po celé výšce objektu.

Výkopové práce

Díky tomu, že se jedná o stavbu na tzv. „zelené louce“ je nutné jako první v prostoru stavby a upraveného terénu provést úpravu povrchu staveniště a sejmut ornici v tloušťce 0,2 m po celé zastavěné ploše včetně rozšíření základových pásů. Ornice se deponuje na vhodné místo k závěrečnému ohumusování ploch upraveného terénu po provedené výstavbě objektu.

Vytěžená zemina bude deponována na vlastním pozemku a bude využita pro následné terénní úpravy.

Stěny výkopu se nemusí zajišťovat žádnou dočasnou konstrukcí.

Základy

Základovou půdu tvoří hlinito-šterkovitá zemina (F1), která se vyskytuje v hl. 0,40 - 4,40 m. Nasypaná zemina bude hutněna po max. 0,3 m na pevnost minimálně 250 kPa.

Sloupy jsou založeny na monolitických základových patkách, obvodové a vnitřní stěny jsou založeny na monolitických základových pasech z prostého betonu třídy C 20/25 - XC2 - CI 0,2 - D_{max} 22 - S1. Na srovnanou rovinu se provede podkladní beton s vloženou KARI sítí 6 x 100 x 100 mm, který tvoří rovinu pro položení hydroizolace. Po provedení hydroizolace bude položena vrstva tepelné izolace tloušťky 140 mm. Pod výtahovou šachtou bude vybetonována základová deska tloušťky 300 mm.

Předpokládá se, že nejvyšší hladina spodní vody na staveništi je 4,60 metrů pod úrovní základové spáry.

Svislé nosné konstrukce

Těžký dřevěný skelet

Svislé nosné konstrukce nadzemních podlaží tvoří sloupy z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL 24h a GL 28h.

Vnitřní sloupy jsou tvořeny jedním průběžným prvkem profilu 400/140 mm a dvěma příložkami profilu 260/140 mm, nesoucími dvoudílné stropní průvlaky. Jednotlivé prvky sloupů jsou propojeny pozinkovanými vruty do dřeva se zápustnou hlavou ze zušlechtěné uhlíkové oceli, SFS-INTEC WFC-T-8,0 x 300. Sloupy jsou kotveny kloubově. Krajiní sloupy v obvodových stěnách rovnoběžných s osou objektu jsou navrženy jako průběžné profilu 340/160 mm. Krajiní sloupy v obvodových stěnách, kolmých k ose objektu (ve štítových stěnách), jsou navrženy profilu

160/160 mm a jsou stropními průvlaky po výšce přerušeny. Průběžné sloupy jsou kloubově napojovány v 1/3 výšky podlaží.

Stěny železobetonového schodišťového jádra jsou navrženy tloušťky 200 mm z betonu třídy C 30/37 XC3 (CZ) - Cl 0,1 - D_{max} 16 - S2.

ŽB skelet se zděnými výplňovými konstrukcemi

Svislé nosné konstrukce nadzemních podlaží tvoří železobetonové sloupy z betonu třídy C 30/37 XC3 (CZ) - Cl 0,1 - D_{max} 16 - S2.

Stěny železobetonového schodišťového jádra jsou navrženy tloušťky 150 a 200 mm z betonu třídy C 30/37 XC3 (CZ) - Cl 0,1 - D_{max} 16 - S2.

ŽB skelet s výplňovými konstrukcemi na bázi dřeva

Svislé nosné konstrukce nadzemních podlaží tvoří železobetonové sloupy z betonu třídy C 30/37 XC3 (CZ) - Cl 0,1 - D_{max} 16 - S2.

Stěny železobetonového schodišťového jádra jsou navrženy tloušťky 150 a 200 mm z betonu třídy C 30/37 XC3 (CZ) - Cl 0,1 - D_{max} 16 - S2.

Překlady

Těžký dřevěný skelet

V místě okenních otvorů v obvodové stěně se do stěny vloží překlady a podepřou se přidavnými sloupky. Překlady nad okny na rozpon max. 1770 mm budou provedeny z rostlého dřeva pevnostní třídy C24 (S10) o profilu 160/120 mm. Minimální délka uložení překladů je 60 mm. Sloupky pod překlady otvorů budou řádně kotveny k přilehlým sloupkům, čímž bude zabráněno jejich vybočení.

Překlady v obvodové stěně 1.NP na rozpon max. 2670 mm budou provedeny z rostlého dřeva třídy S10 o profilu 160/120 mm. Překlady budou kotveny z boku ke sloupům těžkého skeletu ocelovými úhelníky.

Překlady nad otvory dělicích příček budou provedeny z rostlého dřeva třídy S10 o profilu 160/60 mm.

ŽB skelet se zděnými výplňovými konstrukcemi

V místě okenních otvorů v obvodové stěně se do stěny vloží překlady Porotherm KP7.

Překlady nad otvory dělicích příček budou provedeny systémové Porotherm KP11,5.

ŽB skelet s výplňovými konstrukcemi na bázi dřeva

V místě okenních otvorů v obvodové stěně se do stěny vloží překlady a podepřou se přidavnými sloupky. Překlady nad okny na rozpon max. 1770 mm budou provedeny z rostlého dřeva pevnostní třídy C24 o profilu 160 x 120 mm. Minimální délka uložení překladů je 60 mm. Sloupky pod překlady otvorů budou řádně kotveny k přilehlým sloupkům, čímž bude zabráněno jejich vybočení.

Překlady v obvodové stěně 1.NP na rozpon max. 2670 mm budou provedeny z rostlého dřeva třídy C24 o profilu 160 x 120 mm.

Překlady nad otvory dělicích příček budou provedeny z rostlého dřeva třídy C24 o profilu 160/60 mm.

Vodorovné nosné konstrukce

Těžký dřevěný skelet

Stropní konstrukce je tvořena stropnicemi z rostlého dřeva profilu 100/180 mm v osových vzdálenostech 625 mm osazenými z boku k dvojdielným průvlakům z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL 28h profilu 2 x 160/500 mm v osových vzdálenostech 5000 mm. Stropnice jsou uloženy kloubově na trémové botky Simpson Strong-Tie kotvené k stropním průvlakům a jsou navrženy jako prostě podepřené nosníky na teoretické rozpětí 4,53 m. Stropní nosníky budou shora opatřeny záklopem z desek OSB. Po osazení záklopu budou na nosníky připevněny vruty SFS-VB-48-7.5x100 mm. Na nosníky bude aplikována železobetonová vrstva tloušťky 60 mm s vloženou KARI sítí 150x150x6 mm.

Zastropení výtahové šachty bude provedeno železobetonovou monolitickou deskou s vloženou KARI sítí tloušťky 100 mm. Zastropení má funkci dělicí a protipožární.

ŽB skelet se zděnými výplňovými konstrukcemi

Stropní konstrukce je tvořena průvlakem ze železobetonu z betonu třídy C 30/37 XC3 (CZ) - Cl 0,1 - D_{max} 16 - S2 a oceli B 500B. Průvlak je průřezu 250 x 600 mm. Na průvlak je vybetonována železobetonová deska tloušťky 160 mm. Je z betonu třídy C 30/37 XC3 (CZ) - Cl 0,1 - D_{max} 16 - S2 a oceli B 500B. Deska je pnutá v obou směrech.

ŽB skelet s výplňovými konstrukcemi na bázi dřeva

Stropní konstrukce je tvořena průvlakem ze železobetonu z betonu třídy C 30/37 XC3 (CZ) - Cl 0,1 - D_{max} 16 - S2 a oceli B 500B. Průvlak je průřezu 250 x 600 mm. Na průvlak je vybetonována železobetonová deska tloušťky 160 mm. Je z betonu třídy C 30/37 XC3 (CZ) - Cl 0,1 - D_{max} 16 - S2 a oceli B 500B. Deska je pnutá v obou směrech.

Vertikální komunikace

Hlavní železobetonové schodiště

Vnitřní schodiště umístěné v komunikačním jádru je navrženo jako železobetonové, monolitické a je tvořeno čtyřikrát zalomenou deskou tloušťky 140 mm. Schodiště je řešeno jako trojramenné pravotočivé šířky 1200 mm na konstrukční výšku 3570 mm.

Stupnice a podstupnice jsou navrženy z žulových obkladů.

Schodišťové zábradlí je tvořeno skleněnými panely vetknutými po celé délce. Sklo je navrženo jako vrstvené, plavené, tloušťky 2 x 19 mm s mezivrstvou z PVB (4 x 0,38 mm). Výška zábradlí je 1100 mm.

Hlavní schodišťová podesta je tvořena železobetonovou monolitickou vetknutou deskou. Z důvodu zamezení přenosu kročejového hluku je opatřena plovoucí podlahou.

Vedlejší dřevěné schodiště

Vedlejší schodiště, propojující 3.NP a 4.NP, je řešeno jako dřevěné schodnicové. Schodnice je tvořena nosníkem z rostlého bukového dřeva profilu 60/320 mm. Stupnice je z rostlého bukového dřeva profilu 305/50 mm a je spojena se schodnicemi na rovnou drážku o hloubce 30 mm. Schodnice jsou ve vzdálenosti 1500 mm staženy ocelovými táhly o průměru 12 mm. Horní rameno

je uloženo na podestový a mezipodestový nosník, dolní rameno na nosník mezipodestový a plný stupeň.

Zábradlí je tvořeno dřevěnými smrkovými sloupky profilu 80/80 mm, zakotvenými do stupnic, skleněnou výplní a dřevěným madlem. Výplň tvoří tepelně zpevněné sklo tloušťky 15 mm. Výška zábradlí je 1100 mm.

Výtah

Jednotlivá podlaží objektu budou propojena osobním výtahem bez strojovny, umístěným v železobetonovém komunikačním jádře. Kabina je vhodná pro jednoho uživatele na invalidním vozíku s průvodcem, ovládání uzpůsobeno sedící osobě.

Dělicí a výplňové konstrukce

Těžký dřevěný skelet

Dělicí příčky i konstrukce obvodového pláště jsou tvořeny rámovou konstrukcí lehkého skeletu systému Platform frame. Sloupky jsou navrženy v osových vzdálenostech 625 mm, rozepřené ve výši 1630 mm vodorovnými rozpěrami stejného profilu. Konstrukce ostění otvorů šířky větší než 900 mm jsou vytvořeny přidáním sloupků, které vynášejí překlad. Příčky jsou tvořeny sloupky profilu 60/100 mm z rostlého dřeva třídy pevnosti C24 (S10) s vlhkostí maximálně 15 % opláštěných sádrovláknitými deskami. Příčky jsou vyplněny tepelnou izolací ISOVER UNI tloušťky 100 mm.

Všechny příčky jsou navrženy jako nenosné, s kluzným uložením pod stropní konstrukcí.

Na toaletách jsou osazeny WC kabinky SENZOR BOHEMIA AQUALINE z DTD desek tloušťky 28mm s melaminovým povrchem. Hrany jsou osazené v hliníkovém profilu s úpravou ELOX.

Obvodový plášť je řešen jako difúzně otevřený systém DIFUWALL firmy INSOWOOL ze sloupků profilu 60/160 mm z rostlého dřeva třídy pevnosti C24 s vlhkostí maximálně 15 % v osových vzdálenostech 625 mm. Sloupky jsou z vnitřní strany opláštěny deskami EGGER EUROSTRAND OSB 3 E0 tloušťky 18 mm a ze strany vnější dřevovláknitými deskami HOFATEX UD. Z interiéru tvoří finální vrstvu opláštění sádrovláknité desky RIGIDUR tloušťky 12,5 mm osazené na instalační předstěně tloušťky 40 mm tvořené vodorovnými hranolky 40 x 60 mm v osových vzdálenostech 300 mm. Instalační předstěna i nosný rám obvodového pláště jsou vyplněny tepelnou izolací ISOVER UNI.

Obvodové stěny 1.NP jsou osazeny na základové pasy a kotveny přes podkladní hranolky pomocí galvanicky pozinkovaných závitových tyčí. Obvodové stěny vyšších podlaží jsou kotveny pomocí kotevních prvků SIMPSON STRONG-TIE.

ŽB skelet se zděnými výplňovými konstrukcemi

Dělicí příčky i konstrukce obvodového pláště jsou tvořeny keramickým zdivem Porotherm. Příčky jsou z příčkovek Porotherm AKU 11,5. Obvodový výplňový plášť je z Porotherm AKU 25.

Všechny příčky jsou navrženy jako nenosné.

Na toaletách jsou osazeny WC kabinky SENZOR BOHEMIA AQUALINE z DTD desek tloušťky 28mm s melaminovým povrchem. Hrany jsou osazené v hliníkovém profilu s úpravou ELOX.

ŽB skelet s výplňovými konstrukcemi na bázi dřeva

Dělicí příčky i konstrukce obvodového pláště jsou tvořeny rámovou konstrukcí lehkého skeletu systému Platform frame. Sloupky jsou navrženy v osových vzdálenostech 625 mm, rozepřené ve výši 1630 mm vodorovnými rozpěrami stejného profilu. Konstrukce ostění otvorů

šířky větší než 900 mm jsou vytvořeny přidáním sloupků, které vynášejí překlad. Příčky jsou tvořeny sloupky profilu 60/100 mm z rostlého dřeva třídy pevnosti C24 (S10) s vlhkostí maximálně 15 % opláštěných sádrovláknitými deskami. Příčky jsou vyplněny tepelnou izolací ISOVER UNI tloušťky 100 mm.

Všechny příčky jsou navrženy jako nenosné, s kluzným uložením pod stropní konstrukcí.

Na toaletách jsou osazeny WC kabinky SENZOR BOHEMIA AQUALINE z DTD desek tloušťky 28mm s melaminovým povrchem. Hrany jsou osazeny v hliníkovém profilu s úpravou ELOX.

Nosná konstrukce střechy

Nosná konstrukce zastřešení je tvořena nosníky z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL24h profilu 120/240 mm v osových vzdálenostech 1250 mm. Nosníky jsou rozepřeny rozpěrami z rostlého dřeva třídy pevnosti C24 (S10) profilu 100/100 mm v osových vzdálenostech 2200 mm resp. 2690 mm, kotvenými k hlavním nosníkům pomocí trémových botek SIMPSON STRONG-TIE. Ztužení ve střešní rovině je řešeno diagonálními ztužidly SIMPSON STRONG-TIE. Nosníky jsou na obvodových stěnách uloženy kloubově, umožňujících jejich vodorovný posun. Pozednice jsou profilu 200/300 mm z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL 28h. Vnitřní kloubové podpory tvoří vaznice profilu 160/380 mm z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL28h uložené na sloupcích profilu 160/160 mm z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL24h a pozednice profilu 160/120 mm z rostlého dřeva třídy pevnosti C24 (S10) uložené na stropní konstrukci železobetonového schodišťového jádra.

Střešní plášť

Střešní plášť je tvořen drážkovou plechovou střešní krytinou Lindab PLX tloušťky 0,6 mm spojovanou na stojatou drážku. Krytina je kotvena k záklopu OSB skrz tepelnou izolaci pomocí pozinkovaných kotevních plechů.

Vstup na střechu je umožněn otvorem rozměru 450 x 450 mm umístěným nad schodišťovým jádrem.

Izolace proti vodě

Spodní stavba

Hydroizolace bude provedena asfaltovými pásy. Navržené pásy VEDAG ELASTOBIT GG 40 tloušťky 4 mm vyhovují zároveň do prostředí se středním radonovým rizikem. Izolace bude chráněna geotextílií 600 g/m².

Vrchní stavba

Pod keramickou dlažbou bude v podlahové konstrukci provedena hydroizolační stěrka.

Separáční vrstvu v konstrukci dřevobetonového stropu tvoří folie z měkčeného PVC FATRA tloušťky 1,2 mm, separáční vrstvu mezi betonovou mazaninou tepelnou (akustickou) izolací tvoří PE folie.

Do skladby střechy bude použit celoplošně natavený asfaltový modifikovaný hydroizolační pás VEDAG VEDATECT PYE G 200 S4 tloušťky 4 mm.

Tepelné a akustické izolace

Tepelné izolace:

Těžký dřevěný skelet

Tepelná izolace obvodového pláště nadzemních podlaží je řešena vložением minerální izolace ISOVER UNI tloušťky 160 mm do konstrukce rámu a tloušťky 40 mm do konstrukce předstěny. Z vnější strany rámové konstrukce je provedeno zateplení v tloušťce 120 mm.

Střešní plášť je zateplen minerální izolací ISOVER tloušťky 300 mm na záklopu z desek OSB.

Podlaha 1.NP je zateplena deskami z minerálních vláken ISOVER TDPT v tloušťce 140 mm.

ŽB skelet se zděnými výplňovými konstrukcemi

Tepelná izolace obvodového pláště nadzemních podlaží je řešena zateplovacím systémem s polystyrenem EPS Greywall v tloušťce 180 mm.

Střešní plášť je zateplen minerální izolací ISOVER tloušťky 300 mm na záklopu z desek OSB.

Podlaha 1.NP je zateplena deskami z minerálních vláken ISOVER TDPT v tloušťce 140 mm.

ŽB skelet s výplňovými konstrukcemi na bázi dřeva

Tepelná izolace obvodového pláště nadzemních podlaží je řešena vložением minerální izolace ISOVER UNI tloušťky 160 mm do konstrukce rámu a tloušťky 40 mm do konstrukce předstěny. Z vnější strany rámové konstrukce je provedeno zateplení v tloušťce 120 mm.

Střešní plášť je zateplen minerální izolací ISOVER tloušťky 300 mm na záklopu z desek OSB.

Podlaha 1.NP je zateplena deskami z minerálních vláken ISOVER TDPT v tloušťce 140 mm.

Splnění požadavků na energetickou náročnost budov a splnění porovnávacích ukazatelů podle jednotné metody výpočtu energetické náročnosti budov

Hodnocená konstrukce	Součinitel prostupu tepla U_N [W/(m ² ·K)]		Souč. prostupu tepla U [W/(m ² ·K)]
	Požadované	Doporučené	Navržené
Střešní konstrukce	0,24	0,16	0,23
Podlaha na terénu	0,45	0,30	0,17
Obvodová stěna - Dřevěný skelet +výplňová konstrukce na bázi dřeva	0,30	0,20	0,17
Obvodová stěna – ŽB skelet +zděná výplňová konstrukce	0,30	0,25	0,17
Obvodová stěna - ŽB skelet +výplňová konstrukce na bázi dřeva (komunikační jádro)	0,30	0,25	0,18
Výplně otvorů ve vnější stěně	1,50	1,20	0,90
Výplně otvorů ve střešní rovině	1,40	1,10	0,72

Akustické izolace:

Kročejovou izolaci ve skladbách podlah tvoří minerální izolace ISOVER TDPT tloušťky 40 mm.

Úpravy povrchů

Vnitřní povrchy stěn

Těžký dřevěný skelet

Povrchy stěn schodišťového jádra z příznané betonové konstrukce jsou opatřeny epoxidovým nátěrem na beton tloušťky 0,2 mm.

Stěny s konstrukcí na bázi dřeva jsou opatřeny základním nátěrem akrylátové emulze a akrylátovou mozaikovou barvou. Na toaletách a v kuchyňkách je navržen keramický obklad.

ŽB skelet se zděnými výplňovými konstrukcemi

Povrchy stěn schodišťového jádra z příznané betonové konstrukce jsou opatřeny epoxidovým nátěrem na beton tloušťky 0,2 mm.

Stěny obvodového pláště jsou opatřeny vápennou hladkou omítkou. Na sociálním zařízení je navržen keramický obklad.

ŽB skelet s výplňovými konstrukcemi na bázi dřeva

Povrchy stěn schodišťového jádra z příznané betonové konstrukce jsou opatřeny epoxidovým nátěrem na beton tloušťky 0,2 mm.

Stěny s konstrukcí na bázi dřeva jsou opatřeny základním nátěrem akrylátové emulze a akrylátovou mozaikovou barvou 0,2 mm. Na toaletách a v kuchyňkách je navržen keramický obklad.

Vnější povrchy

Povrchové úpravy exteriérové části soklu jsou řešeny ušlechtilou soklovou tenkovrstvou omítkou tloušťky 3,0 mm.

Povrchové úpravy obvodových stěn nadzemních podlaží jsou řešeny difúzně otevřeným omítkovým systémem s minerální hlazenou omítkou tloušťky 1,5 mm.

Podhledy a povrchy stropů

Stropní akustické podhledy jsou navrženy ze sádkartonových stropních desek RIGIPS RF(DF) 2 x 12,5 mm a akustické minerální izolace ISOVER UNI tl. 30 mm. Stropní podhledy mají požárně dělící funkci.

Povrchovou úpravu stropu nad posledním nadzemním podlažím (střešní konstrukce) tvoří podbití z trojstranně hoblovaných prken 100/24 mm, ošetřených lazurovacím lakem.

Podlahy

Nášlapná vrstva podlah je rozdílná dle účelu místností, v nichž je použita. V kancelářských prostorách je navržena laminátová podlaha HARO TRITTY tloušťky 7 mm, na toaletách, v kuchynkách, jídelnách a v 1.NP je navržena keramická dlažba RAKO.

Všechny skladby podlah v objektu jsou, z důvodu přenosu kročejového hluku, navrženy jako plovoucí (vyjma schodištvých ramen).

Výplně otvorů

Vnitřní dveře

Vnitřní dveře jsou navrženy dřevěné, s dřevěnou obložkovou zárubní SAPELI. Vstupy do komunikačního jádra budou v protipožárním provedení.

Okna v obvodových stěnách

Okna a dveře v obvodových stěnách budou řešena jako dřevěná, zasklená izolačními trojskly. Vnitřní parapety budou z dřevotřískových desek snosem, vnější parapety budou provedeny jako tažené hliníkové, r.š. 190 mm.

Fasádní systém zasklení

Jihozápadní a severovýchodní fasády objektu jsou přerušeny vertikálními liniemi prosklených pásů tvořených fasádním systémem z kombinace dřeva a hliníku. Vnitřní strana pláště je z dřevěných nosných hranolů s pohledovou šířkou 60 mm a stavební hloubkou 150 mm. Izolační dvojsklo je z venkovní strany zaskleno pomocí hliníkových profilů šířky 60 mm

Hlavní vstup do objektu je opatřen automatickými dřevěnými dveřmi v dvoukřídlém provedení řízenými na fotobuňku.

Okna ve střešním plášti

Elektricky ovládaná otevíravá okna VELUX (CVP) 1200 x 1200 mm.

Konstrukce klempířské

Okapové systémy budou provedeny z barveného legovaného hliníku RAL 7005 - světle šedá fy. PREFA, vnější parapety budou řešeny z taženého hliníkového plechu r.š. 190 mm RAL 9016 - bílá.

Zdravotně technické instalace

Kanalizace

Objekt je připojen k oddílné kanalizaci. Vzhledem k účelu projektu nejsou řešeny vlastní přípojky splaškové a dešťové kanalizace.

Splašková kanalizace

Ležaté potrubí v objektu je provedeno z PVC potrubí. Potrubí je vedeno v podlaze 1.NP.

V objektu jsou umístěny tři stoupací potrubí z PVC. V objektu je navržen systém odhlučnění vnitřní kanalizace z polypropylenového třívrstvého potrubí WAVIN SITECH. Všechna stoupací potrubí jsou odvětrána větrací hlavicí ústící 500mm nad úroveň střešní roviny.

Veškerá přípojovací potrubí jsou provedena z trubek PVC umístěných v předstěnách, popř. v podlaze. Připojení všech zařizovacích předmětů ke kanalizaci je vždy provedeno přes zápachovou uzávěrku.

Dešťová kanalizace

Objekt je zastřešen sedlovou střechou. Dešťová voda je svedena čtyřmi kruhovými svody s ochrannou folií PREFA z barveného legovaného hliníku DN 100, falcované provedení, spojení nýty, RAL 7005 - světle šedá. Potrubí je vedeno vně objektu a kotveno k fasádě.

Vodovod

Objekt bude připojen k vodovodnímu řadu. Vzhledem k účelu projektu není řešena vlastní přípojka vodovodu.

Ležatý rozvod

Ležaté potrubí je v celém objektu navrženo z plastových trubek (materiál PVC). Potrubí je vedeno pod stropy v podhledu a v podlaze. Po celé délce má potrubí sklon 0,5%.

Stoupací potrubí

V objektu jsou navrženy dvě stoupací sestavy potrubí DN 40mm (SV, TUV, C) z PVC. Všechna stoupací potrubí jsou vedena příslušnými instalačními prostupy.

Přípojovací potrubí

Veškerá přípojovací potrubí jsou provedena z trubek PVC DN 20 mm, nad sebou v instalačních předstěnách, popř. v rámových konstrukcích, se sklonem 0,5 %.

Potrubí je izolováno izolačními návlaky z PUR odpovídajícího vnitřního průměru.

Vytápění

Objekt bude připojen k plynovodu. Plynová kotelna bude umístěna mimo hlavní objekt. Vzhledem k účelu projektu není řešena vlastní přípojka plynu ani kotelna.

Vnitřní rozvody jsou teplovodní - horizontální otopná soustava se spodním rozvodem. Vedení přívodního a vratného potrubí z měděných trubek je řešeno většinou v podlaze. Přívodní a vratné potrubí je zapojeno jako protiproudé.

V objektu jsou navržena samostatně stojící otopná tělesa VERANO KONWEKTOR typ Clasic 12 C a V a zapuštěná tělesa typ VP. Každé otopné těleso bude osazeno termostatickou hlavicí a odvětrávacím ventilem.

Zastřešení vchodů

Zastřešení hlavního vchodu je řešeno přístřeškem z vrstveného, za tepla ohýbaného skla. Podpory zastřešení tvoří dřevěné sloupky profilu 120/120 mm z rostlého dřeva třídy pevnosti C24 (S10). Sloupky budou vetknuty do podkladu pomocí stavebního kování SIMPSON STRONG-TIE. Při okraji střešní plochy bude instalován okapový žlab.

2. EKONOMICKÁ ANALÝZA

Bytový dům

2.1. Popis metody hodnocení

Odhad stavebních nákladů byl zpracován na základě cenové databáze RTS 2015. V případě agregovaných položek byla využita cenová databáze již realizovaných projektů.

Použité jednotkové ceny představují současnou cenovou úroveň k I. pol. 2015 se zohledněním míry inflace v průběhu posledního období. Pro cenový odhad nákladů byly použity ve velkém podílu zejména technologických odhadů nákladů jednotkové ceny dodávek a prací (JC/m²), aproximované a vztahené z realizovaných projektů na užitnou plochu, a to v rozsahu poskytnuté projektové dokumentace.

Odborný odhad stavebních nákladů obsahuje pouze a výhradně stavební náklady a náklady technologií a povrchů bez mobiliáře, ať již vestavěného nebo volného.

Součástí odhadu nákladů **nejsou** stavební náklady a náklady technologií níže uvedené:

- Přípojky inženýrských sítí
- Zdroj tepla
- Osvětlovací tělesa
- Venkovní úpravy terénu, zahradní práce, oplocení, zpevněné plochy, přístupové chodníky, parkování

Součástí předloženého odhadu nákladů dále **nejsou** níže uvedené položky:

- Cena nákupu pronájmu nebo jiné formy získání dané nemovitosti
- Náklady financování
- Pojištění stavby
- Náklady právního zastupování
- Poplatky orgánům státní správy
- Technický dozor stavby
- Vybavení interiérů
- a veškeré tzv. soft costs – tj.:
 - náklady projektového řízení a koordinace stavebních prací,
 - náklady cenového řízení projektu,
 - náklady technického dozoru investora,
 - náklady koordinátora BOZB,
 - náklady projektová přípravy a návrhu budovy,
 - náklady inženýringu projednání územního řízení, stavební povolení, vodoprávního povolení, oznámení dopadu na životní prostředí a jiných,
 - průzkumy, geodetické zaměření a další měření staveniště,

— ostatní náklady nestavebního charakteru jmenně neuvedené v rozpočtu.

2.2. Přehled souhrnných výsledků

Položkový rozpočet			
Stavba:		BYTOVÝ DŮM - LEHKÝ DŘEVĚNÝ SKELET	
Název zakázky:		Projekt GS LČR č. 5/2016 „Možnosti většího uplatnění dřevěných vícepodlažních budov v porovnání se zděnými vícepodlažními budovami“	
Vypracoval:		Ing. Hana Slavíková	
Rozpis ceny			Celkem
HSV			3 264 711,56
PSV			11 985 786,01
MON			966 749,80
Vedlejší náklady			567 603,75
Ostatní náklady			0,00
Celkem			16 784 851,12
Rekapitulace daní			
Základ pro sníženou DPH	15	%	2 517 727,67 CZK
Základ pro základní DPH	21	%	0,00 CZK
Cena celkem bez DPH			16 784 851,12 CZK
Cena celkem s DPH			19 302 578,79 CZK
v <u> Praze </u> dne <u> 19.12.2016 </u>			

Rekapitulace dílů

Číslo	Název	Typ dílu		Celkem
1	Zemní práce	HSV		132 208,00
2	Základy, zvláštní zakládání	HSV		444 015,10
3	Svislé a kompletní konstrukce	HSV		814 937,60

4	Vodorovné konstrukce	HSV		212 355,00
61	Upravy povrchů vnitřní	HSV		40 255,40
62	Upravy povrchů vnější	HSV		1 029 021,00
63	Podlahy a podlahové konstrukce	HSV		281 310,05
94	Lešení a stavební výtahy	HSV		246 011,97
95	Dokončovací kce na pozem.stav.	HSV		64 597,44
711	Izolace proti vodě	PSV		203 098,58
713	Izolace tepelné	PSV		414 241,96
721	Vnitřní kanalizace	PSV		410 052,50
722	Vnitřní vodovod	PSV		588 781,60
725	Zařizovací předměty	PSV		372 540,81
733	Rozvod potrubí	PSV		211 759,75
735	Otopná tělesa	PSV		266 381,50
762	Konstrukce tesařské	PSV		114 965,97
763	Dřevostavby	PSV		4 599 803,35
764	Konstrukce klempířské	PSV		544 409,74
766	Konstrukce truhlářské	PSV		2 500 873,69
767	Konstrukce zámečnické	PSV		388 322,52
771	Podlahy z dlaždic a obklady	PSV		372 042,82
775	Podlahy vlysové a parketové	PSV		416 796,14
781	Obklady keramické	PSV		376 849,36
784	Malby	PSV		204 865,72
M21	Elektromontáže	MON		966 749,80
VN	Vedlejší náklady	VN		567 603,75
Cena celkem				16 784 851,12

Položkový rozpočet

Stavba:	BYTOVÝ DŮM - MASIVNÍ DESKOVÁ KONSTRUKCE - CLT		
Zakázka:	Projekt GS LČR č. 5/2016 „Možnosti většího uplatnění dřevěných vícepodlažních budov v porovnání se zděnými vícepodlažními budovami“		
Vypracoval:	Ing. Hana Slavíková		
Rozpis ceny			Celkem
HSV			4 179 282,86
PSV			13 963 499,80
MON			966 749,80
Vedlejší náklady			630 614,49
Ostatní náklady			0,00
Celkem			19 740 146,95
Rekapitulace daní			
Základ pro sníženou DPH	15	%	2 961 022,04 CZK
Základ pro základní DPH	21	%	0,00 CZK
Cena celkem bez DPH			19 740 146,95 CZK
Cena celkem s DPH			22 701 168,99 CZK
v <u> Praze </u> dne <u> 19.12.2016 </u>			

Rekapitulace dílů

Číslo	Název	Typ dílu		Celkem
1	Zemní práce	HSV		138 784,00
2	Základy,zvláštní zakládání	HSV		571 775,80
3	Svislé a kompletní konstrukce	HSV		1 169 391,10
4	Vodorovné konstrukce	HSV		212 355,00

62	Upravy povrchů vnější	HSV		1 408 341,00
63	Podlahy a podlahové konstrukce	HSV		368 026,55
94	Lešení a stavební výtahy	HSV		246 011,97
95	Dokončovací kce na pozem.stav.	HSV		64 597,44
711	Izolace proti vodě	PSV		203 098,58
713	Izolace tepelné	PSV		360 839,78
721	Vnitřní kanalizace	PSV		410 052,50
722	Vnitřní vodovod	PSV		588 781,60
725	Zařizovací předměty	PSV		379 968,61
733	Rozvod potrubí	PSV		211 759,75
735	Otopná tělesa	PSV		266 381,50
762	Konstrukce tesařské	PSV		84 339,79
763	Dřevostavby	PSV		6 654 117,93
764	Konstrukce klempířské	PSV		544 409,60
766	Konstrukce truhlářské	PSV		2 500 873,69
767	Konstrukce zámečnické	PSV		388 322,56
771	Podlahy z dlaždic a obklady	PSV		372 042,69
775	Podlahy vlysové a parketové	PSV		416 796,14
781	Obklady keramické	PSV		376 849,36
784	Malby	PSV		204 865,72
M21	Elektromontáže	MON		966 749,80
VN	Vedlejší náklady	VN		630 614,49
Cena celkem				19 740 146,95

Položkový rozpočet

Stavba: BYTOVÝ DŮM - ZDĚNÝ STĚNOVÝ SYSTÉM			
Název zakázky: Projekt GS LČR č. 5/2016 „Možnosti většího uplatnění dřevěných vícepodlažních budov v porovnání se zděnými vícepodlažními budovami“			
Vypracoval: Ing. Hana Slavíková			
Rozpis ceny			Celkem
HSV			8 225 237,08
PSV			7 711 312,81
MON			995 183,50
Vedlejší náklady			1 100 562,71
Ostatní náklady			0,00
Celkem			18 032 296,10
Rekapitulace daní			
Základ pro sníženou DPH	15 %		2 704 844,42 CZK
Základ pro základní DPH	21 %		0,00 CZK
Cena celkem bez DPH			18 032 296,10 CZK
Cena celkem s DPH			20 737 140,52 CZK
v <u> Praze </u> dne <u> 19.12.2016 </u>			

Rekapitulace dílů

Číslo	Název	Typ dílu			Celkem
1	Zemní práce	HSV			152 484,00
2	Základy,zvláštní zakládání	HSV			807 809,70
3	Svislé a kompletní konstrukce	HSV			1 990 996,40
4	Vodorovné konstrukce	HSV			1 554 141,76
61	Upravy povrchů vnitřní	HSV			887 518,35

62	Upravy povrchů vnější	HSV			1 425 274,50
63	Podlahy a podlahové konstrukce	HSV			362 408,70
94	Lešení a stavební výtahy	HSV			246 067,76
95	Dokončovací kce na pozem.stav.	HSV			64 649,31
99	Staveništní přesun hmot	HSV			733 886,60
711	Izolace proti vodě	PSV			159 444,58
713	Izolace tepelné	PSV			265 209,99
721	Vnitřní kanalizace	PSV			418 112,50
722	Vnitřní vodovod	PSV			602 163,00
725	Zařizovací předměty	PSV			379 968,61
733	Rozvod potrubí	PSV			228 549,75
735	Otopná tělesa	PSV			266 381,50
762	Konstrukce tesařské	PSV			303 287,66
763	Dřevostavby	PSV			304 435,59
764	Konstrukce klempířské	PSV			544 409,78
766	Konstrukce truhlářské	PSV			2 500 873,69
767	Konstrukce zámečnické	PSV			388 322,56
771	Podlahy z dlaždic a obklady	PSV			372 042,69
775	Podlahy vlysové a parketové	PSV			416 796,10
781	Obklady keramické	PSV			376 849,51
784	Malby	PSV			184 465,30
M21	Elektromontáže	MON			995 183,50
VN	Vedlejší náklady	VN			1 100 562,71
Cena celkem					18 032 296,10

2.3. Závěr z ekonomické analýzy

V tabulce 2.1 jsou uvedeny základní rozpočtové ukazatele pro jednotlivé varianty bytového domu. Uvedena je jednak celková cena a tato cena je dále přepočtena na jednotkovou cenu, vztahenou na 1m² užité plochy a dále na 1m³ obestavěného prostoru.

**ROZPOČTOVÉ UKAZATELE
BYTOVÝ DŮM**

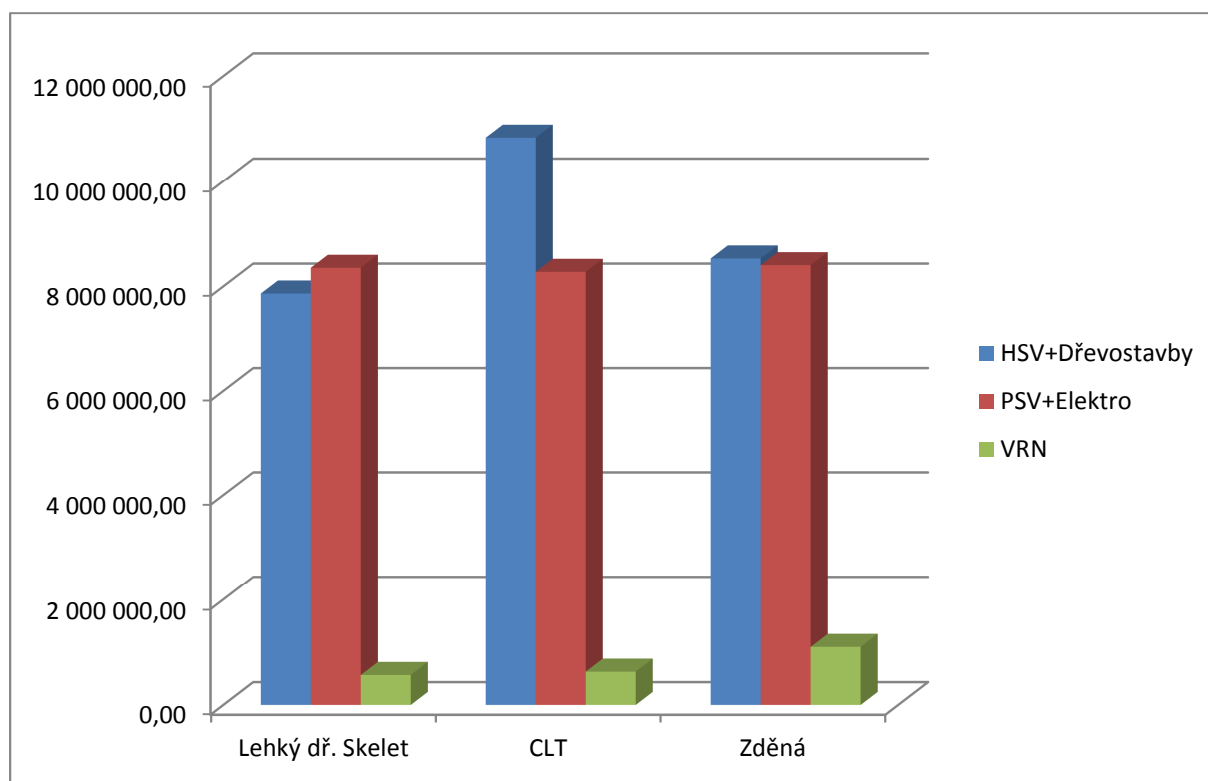
	Užitná plocha			Obestavěný prostor	Celková cena bez DPH	Jednotková cena	
	Bytová plocha	Společné prostory	Celková užité plocha			Cena za m2 užité plochy bez DPH	Cena za m3 obestavěného prostoru bez DPH
	(m2)	(m2)	(m2)	(m3)	(CZK)	(CZK)	(CZK)
Zděný stěnový systém	639	171	810	3 297	18 032 296	22 260	5 470
Lehký dřevěný skelet	666	171	837	3 297	16 784 851	20 065	5 092
Masivní desková konstrukce - CLT	680	166	845	3 300	19 740 147	23 353	5 982

Tabulka 2.1 Základní rozpočtové ukazatele

Pro přesnější možnost porovnání jednotlivých konstrukčních variant byly dále náklady rozděleny do třech skupin – HSV+dřevostavby, PSV+elektro, VRN. Rozdělení dle tohoto kritéria je zřejmé z tabulky 2.2 a grafu 2.1.

	Lehký dř. Skelet	CLT	Zděná
HSV+Dřevostavby	7 864 514,91	10 833 400,79	8 529 672,67
PSV+Elektro	8 352 732,46	8 276 131,67	8 402 060,72
VRN	567 603,75	630 614,49	1 100 562,71
Celkem	16 784 851,12	19 740 146,95	18 032 296,10

Tabulka 2.2 Rozdělení nákladů dle skupin rozpočtových dílů



Graf 2.1 Rozdělení nákladů dle skupin rozpočtových dílů

Poznámka:

Uvedené ceny neobsahují kompletní výčet nákladů, souvisejících s realizací dané stavby. Seznam položek, které nejsou obsaženy, je uveden v kapitole 2.1. Nezapočítané položky jsou závislé na mnoha okrajových podmínkách a není možné je zcela zobecnit. Navíc pro účel tohoto projektu jsou to položky, které by negativně zkreslovaly porovnávané varianty.

Není též zohledněn finanční bonus, který přináší kratší doba výstavby a následné dřívější příjmy v podobě nájmu apod. Tento bonus by zvýhodnil stavby na bázi lehkého dřevěného skeletu a CLT vůči stavbě zděné.

Administrativní budova

2.4. Popis metody hodnocení

Odhad stavebních nákladů byl zpracován na základě cenové databáze RTS 2015. V případě agregovaných položek byla využita cenová databáze již realizovaných projektů.

Použité jednotkové ceny představují současnou cenovou úroveň k I. pol. 2015 se zohledněním míry inflace v průběhu posledního období. Pro cenový odhad nákladů byly použity ve velkém podílu zejména technologických odhadů nákladů jednotkové ceny dodávek a prací (JC/m²), aproximované a vztahené z realizovaných projektů na užitnou plochu, a to v rozsahu poskytnuté projektové dokumentace.

Odborný odhad stavebních nákladů obsahuje pouze a výhradně stavební náklady a náklady technologií a povrchů bez mobiliáře, ať již vestavěného nebo volného.

Součástí odhadu nákladů **nejsou** stavební náklady a náklady technologií níže uvedené:

- Přípojky inženýrských sítí
- Zdroj tepla
- Osvětlovací tělesa
- Venkovní úpravy terénu, zahradní práce, oplocení, zpevněné plochy, přístupové chodníky, parkování
- Slaboproudé rozvody – datová síť, EZS, EPS, evakuační rozhlas

Součástí předloženého odhadu nákladů dále **nejsou** níže uvedené položky:

- Cena nákupu pronájmu nebo jiné formy získání dané nemovitosti
- Náklady financování
- Pojištění stavby
- Náklady právního zastupování
- Poplatky orgánům státní správy
- Technický dozor stavby
- Vybavení interiérů
- a veškeré tzv. soft costs – tj.:
 - náklady projektového řízení a koordinace stavebních prací,
 - náklady cenového řízení projektu,
 - náklady technického dozoru investora,
 - náklady koordinátora BOZB,
 - náklady projektová přípravy a návrhu budovy,
 - náklady inženýringu projednání územního řízení, stavební povolení, vodoprávního povolení, oznámení dopadu na životní prostředí a jiných,
 - průzkumy, geodetické zaměření a další měření staveniště,

— ostatní náklady nestavebního charakteru jmenně neuvedené v rozpočtu.

2.5. Přehled souhrnných výsledků

Položkový rozpočet			
Stavba:	ADMINISTRATIVA - TĚŽKÝ DŘEVĚNÝ SKELET		
Zakázka:	Projekt GS LČR č. 5/2016 „Možnosti většího uplatnění dřevěných vícepodlažních budov v porovnání se zděnými vícepodlažními budovami“		
Vypracoval:	Ing. Hana Slavíková		
Rozpis ceny			Celkem
HSV			6 747 704,01
PSV			20 574 974,92
MON			3 121 133,80
Vedlejší náklady			1 065 533,42
Ostatní náklady			0,00
Celkem			31 509 346,15
Rekapitulace daní			
Základ pro sníženou DPH	15	%	0,00 CZK
Základ pro základní DPH	21	%	6 616 962,69 CZK
Cena celkem bez DPH			31 509 346,15 CZK
Cena celkem s DPH			38 126 308,84 CZK
v	<u> Praze </u>	dne	<u> 20.12.2016 </u>

Rekapitulace dílů

Číslo	Název	Typ dílu			Celkem
1	Zemní práce	HSV			202 379,00
2	Základy,zvláštní zakládání	HSV			444 983,76
3	Svislé a kompletní konstrukce	HSV			2 097 197,00
4	Vodorovné konstrukce	HSV			561 248,00
46	Zpevněné plochy	HSV			635 500,00
61	Upravy povrchů vnitřní	HSV			16 500,75
62	Upravy povrchů vnější	HSV			1 511 523,20
63	Podlahy a podlahové konstrukce	HSV			814 598,90
94	Lešení a stavební výtahy	HSV			345 984,04
95	Dokončovací kce na pozem.stav.	HSV			117 789,36
711	Izolace proti vodě	PSV			399 866,43
712	Živičné krytiny	PSV			395 947,85
713	Izolace tepelné	PSV			2 058 985,88
721	Vnitřní kanalizace	PSV			288 461,25
722	Vnitřní vodovod	PSV			342 157,20
725	Zařizovací předměty	PSV			395 089,99
733	Rozvod potrubí	PSV			327 114,45
735	Otopná tělesa	PSV			997 645,00
762	Konstrukce tesařské	PSV			1 943 567,50
763	Dřevostavby	PSV			5 040 884,92
764	Konstrukce klempířské	PSV			987 358,52
766	Konstrukce truhlářské	PSV			2 970 215,40
767	Konstrukce zámečnické	PSV			580 032,68
771	Podlahy z dlaždic a obklady	PSV			600 935,53
772	Kamenné dlažby	PSV			175 643,59

775	Podlahy vlysové a parketové	PSV			837 128,85
781	Obklady keramické	PSV			127 933,61
783	Nátěry	PSV			206 474,75
784	Malby	PSV			136 808,64
786	Čalounické úpravy	PSV			1 421 947,20
787	Zasklívání	PSV			340 775,68
M21	Elektromontáže	MON			1 548 706,80
M33	Montáže dopravních zař. a vah	MON			1 345 827,00
M44	Montáže stabil.hasících zaříz.	MON			226 600,00
VN	Vedlejší náklady	VN			1 065 533,42
Cena celkem					31 509 346,15

Položkový rozpočet

Stavba ADMINISTRATIVA - ŽB SKELET SE ZDĚNOU VÝPLNÍ			
Zakázka:	Projekt GS LČR č. 5/2016 „Možnosti většího uplatnění dřevěných vícepodlažních budov v porovnání se zděnými vícepodlažními budovami“		
Vypracoval:	Ing. Hana Slavíková		
Rozpis ceny			Celkem
HSV			10 742 916,10
PSV			15 743 588,25
MON			3 121 133,80
Vedlejší náklady			1 036 267,33
Ostatní náklady			0,00
Celkem			30 643 905,48
Rekapitulace daní			
Základ pro sníženou DPH	15 %		0,00 CZK
Základ pro základní DPH	21 %		6 435 220,15 CZK
Cena celkem bez DPH			30 643 905,48 CZK
Cena celkem s DPH			37 079 125,63 CZK
v	<u>Praze</u>	dne	<u>20.12.2016</u>

Rekapitulace dílů

Číslo	Název	Typ dílu			Celkem
1	Zemní práce	HSV			215 554,90
2	Základy,zvláštní zakládání	HSV			585 880,31
3	Svislé a kompletní konstrukce	HSV			2 853 246,20
4	Vodorovné konstrukce	HSV			2 872 314,60
46	Zpevněné plochy	HSV			635 500,00
61	Upravy povrchů vnitřní	HSV			311 497,05
62	Upravy povrchů vnější	HSV			1 334 515,20
63	Podlahy a podlahové konstrukce	HSV			512 709,60
94	Lešení a stavební výtahy	HSV			346 446,30
95	Dokončovací kce na pozem.stav.	HSV			118 219,14
99	Staveništní přesun hmot	HSV			957 032,80
711	Izolace proti vodě	PSV			399 866,43
712	Živičné krytiny	PSV			395 947,85
713	Izolace tepelné	PSV			1 560 978,76
721	Vnitřní kanalizace	PSV			288 461,25
722	Vnitřní vodovod	PSV			342 157,20
725	Zařizovací předměty	PSV			395 089,99
733	Rozvod potrubí	PSV			327 114,45
735	Otopná tělesa	PSV			997 645,00
762	Konstrukce tesařské	PSV			1 744 056,37
763	Dřevostavby	PSV			913 323,49
764	Konstrukce klempířské	PSV			987 358,52
766	Konstrukce truhlářské	PSV			2 970 215,40
767	Konstrukce zámečnické	PSV			580 032,64
771	Podlahy z dlaždic a obklady	PSV			600 935,53

772	Kamenné dlažby	PSV			175 643,59
775	Podlahy vlysové a parketové	PSV			837 128,85
781	Obklady keramické	PSV			127 933,61
783	Nátěry	PSV			206 474,75
784	Malby	PSV			130 501,69
786	Čalounické úpravy	PSV			1 421 947,20
787	Zasklívání	PSV			340 775,68
M21	Elektromontáže	MON			1 548 706,80
M33	Montáže dopravních zař. a vah	MON			1 345 827,00
M44	Montáže stabil.hasících zaříz.	MON			226 600,00
VN	Vedlejší náklady	VN			1 036 267,33
Cena celkem					30 643 905,48

Položkový rozpočet

Stavba: ADMINISTRATIVA - ŽB SKELET S VÝPLNÍ Z DŘEVĚNÝCH PANELŮ

Zakázka: Projekt GS LČR č. 5/2016 „Možnosti většího uplatnění dřevěných vícepodlažních budov v porovnání se zděnými vícepodlažními budovami“

Vypracoval: Ing. Hana Slavíková

Rozpis ceny	Celkem		
HSV			8 646 158,30
PSV			17 384 597,35
MON			3 121 133,80
Vedlejší náklady			1 020 316,12
Ostatní náklady			0,00
Celkem			30 172 205,57

Rekapitulace daní

Základ pro sníženou DPH	15 %	0,00 CZK
Základ pro základní DPH	21 %	6 336 163,17 CZK

Cena celkem bez DPH **30 172 205,57** CZK

Cena celkem s DPH **36 508 368,74** CZK

v **Praze** dne **20.12.2016**

Rekapitulace dílů

Číslo	Název	Typ dílu			Celkem
1	Zemní práce	HSV			215 554,90
2	Základy,zvláštní zakládání	HSV			585 880,31
3	Svislé a kompletní konstrukce	HSV			1 743 505,00
4	Vodorovné konstrukce	HSV			2 478 548,60
46	Zpevněné plochy	HSV			635 500,00
61	Upravy povrchů vnitřní	HSV			16 500,75
62	Upravy povrchů vnější	HSV			1 226 875,20
63	Podlahy a podlahové konstrukce	HSV			512 709,60
94	Lešení a stavební výtahy	HSV			346 446,30
95	Dokončovací kce na pozem.stav.	HSV			118 219,14
99	Staveništní přesun hmot	HSV			766 418,50
711	Izolace proti vodě	PSV			399 866,43
712	Živičné krytiny	PSV			395 947,85
713	Izolace tepelné	PSV			1 797 345,06
721	Vnitřní kanalizace	PSV			288 461,25
722	Vnitřní vodovod	PSV			342 157,20
725	Zařizovací předměty	PSV			395 089,99
733	Rozvod potrubí	PSV			327 114,45
735	Otopná tělesa	PSV			997 645,00
762	Konstrukce tesařské	PSV			1 943 567,50
763	Dřevostavby	PSV			2 112 148,21
764	Konstrukce klempířské	PSV			987 358,52
766	Konstrukce truhlářské	PSV			2 970 215,40
767	Konstrukce zámečnické	PSV			580 032,64
771	Podlahy z dlaždic a obklady	PSV			600 935,53

772	Kamenné dlažby	PSV			175 643,59
775	Podlahy vlysové a parketové	PSV			837 128,85
781	Obklady keramické	PSV			127 933,61
783	Nátěry	PSV			206 474,75
784	Malby	PSV			136 808,64
786	Čalounické úpravy	PSV			1 421 947,20
787	Zasklívání	PSV			340 775,68
M21	Elektromontáže	MON			1 548 706,80
M33	Montáže dopravních zař. a vah	MON			1 345 827,00
M44	Montáže stabil.hasících zařiz.	MON			226 600,00
VN	Vedlejší náklady	VN			1 020 316,12
Cena celkem					30 172 205,57

2.6. Závěr z ekonomické analýzy

V tabulce 2.3 jsou uvedeny základní rozpočtové ukazatele pro jednotlivé varianty administrativní budovy. Uvedena je jednak celková cena a tato cena je dále přepočtena na jednotkovou cenu, vztahenou na 1m² užitné plochy a dále na 1m³ obestavěného prostoru.

ROZPOČTOVÉ UKAZATELE ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA

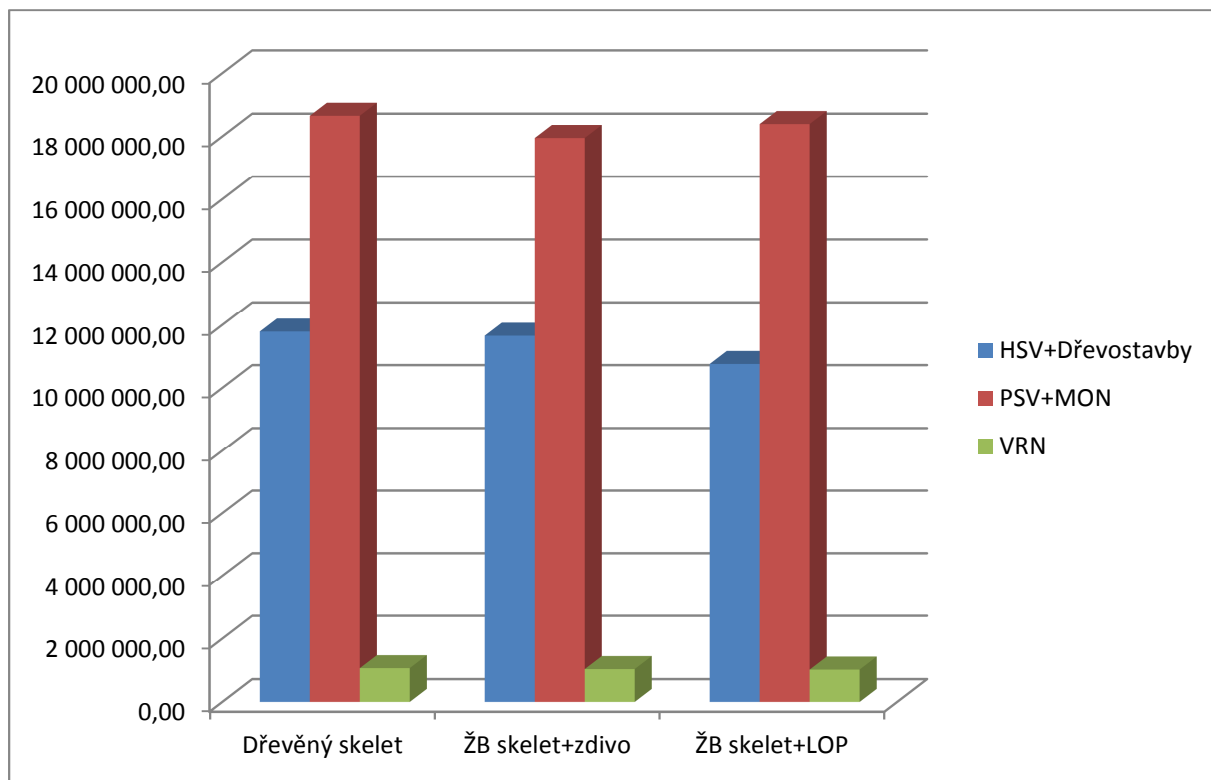
	Užitná plocha			Obestavěný prostor	Celková cena bez DPH	Jednotková cena	
	Komerční plocha	Společné prostory	Celková užitná plocha			Cena za m2 užitné plochy bez DPH	Cena za m3 obestavěného prostoru bez DPH
	(m2)	(m2)	(m2)			(CZK)	(CZK)
Těžký dřevěný skelet	1 453	137	1 590	7 319	31 509 346	19 817	4 305
ŽB skelet + výplň dřevěnými panely	1 453	137	1 590	7 331	30 172 206	18 976	4 116
ŽB skelet + výplň zdivem	1 459	137	1 596	7 419	30 643 905	19 200	4 131

Tabulka 2.3 Základní rozpočtové ukazatele

Pro přesnější možnost porovnání jednotlivých konstrukčních variant byly dále náklady rozděleny do třech skupin – HSV+dřevostavby, PSV+Montáže, VRN. Rozdělení dle tohoto kritéria je zřejmé z tabulky 2.4 a grafu 2.2.

	Dřevěný skelet	ŽB skelet+zdivo	ŽB skelet+LOP
HSV+Dřevostavby	11 788 588,93	11 656 239,59	10 758 306,51
PSV+MON	18 655 223,80	17 951 398,56	18 393 582,94
VRN	1 065 533,42	1 036 267,33	1 020 316,12
Celkem	31 509 346,15	30 643 905,48	30 172 205,57

Tabulka 2.4 Rozdělení nákladů dle skupin rozpočtových dílů



Graf 2.2 Rozdělení nákladů dle skupin rozpočtových děl

Poznámka:

Uvedené ceny neobsahují kompletní výčet nákladů, souvisejících s realizací dané stavby. Seznam položek, které nejsou obsaženy, je uveden v kapitole 2.4. Nezapočítané položky jsou závislé na mnoha okrajových podmínkách a není možné je zcela zobecnit. Navíc pro účel tohoto projektu jsou to položky, které by negativně zkreslovaly porovnávané varianty.

Není též zohledněn finanční bonus, který přináší kratší doba výstavby a následné dřívější příjmy v podobě nájmu apod. Tento bonus by zvýhodnil stavby na bázi dřeva vůči železobetonovému skeletu s vyzdívkami.

3. STAVEBNĚ TECHNOLOGICKÁ ANALÝZA

Stavebně technologická analýza je v rámci projektu zaměřena na časovou náročnost výstavby jednotlivých variant. Zpracována je ve formě stavebně technické analýzy rozhodujících technologických etap.

Bytový dům

3.1. Předpoklady hodnocení

V harmonogramu výstavby jsou uvažovány všechny základní stavební etapy, nutné k realizaci stavby jako celku.

Součástí harmonogramu **nejsou** stavební práce a etapy níže uvedené:

- Dílenská dokumentace zhotovitele
- Přípojky inženýrských sítí
- Zdroj tepla
- Osvětlovací tělesa
- Vnitřní vybavení mobiliářem a nábytkem
- Venkovní úpravy terénu, zahradní práce, oplocení, zpevněné plochy, přístupové chodníky, parkování

3.2. Harmonogramy výstavby

Harmonogramy jednotlivých variant jsou v samostatné příloze. Jednotlivé etapy výstavby jsou dále zařazeny do těchto skupin, vzájemně se prolínajících:

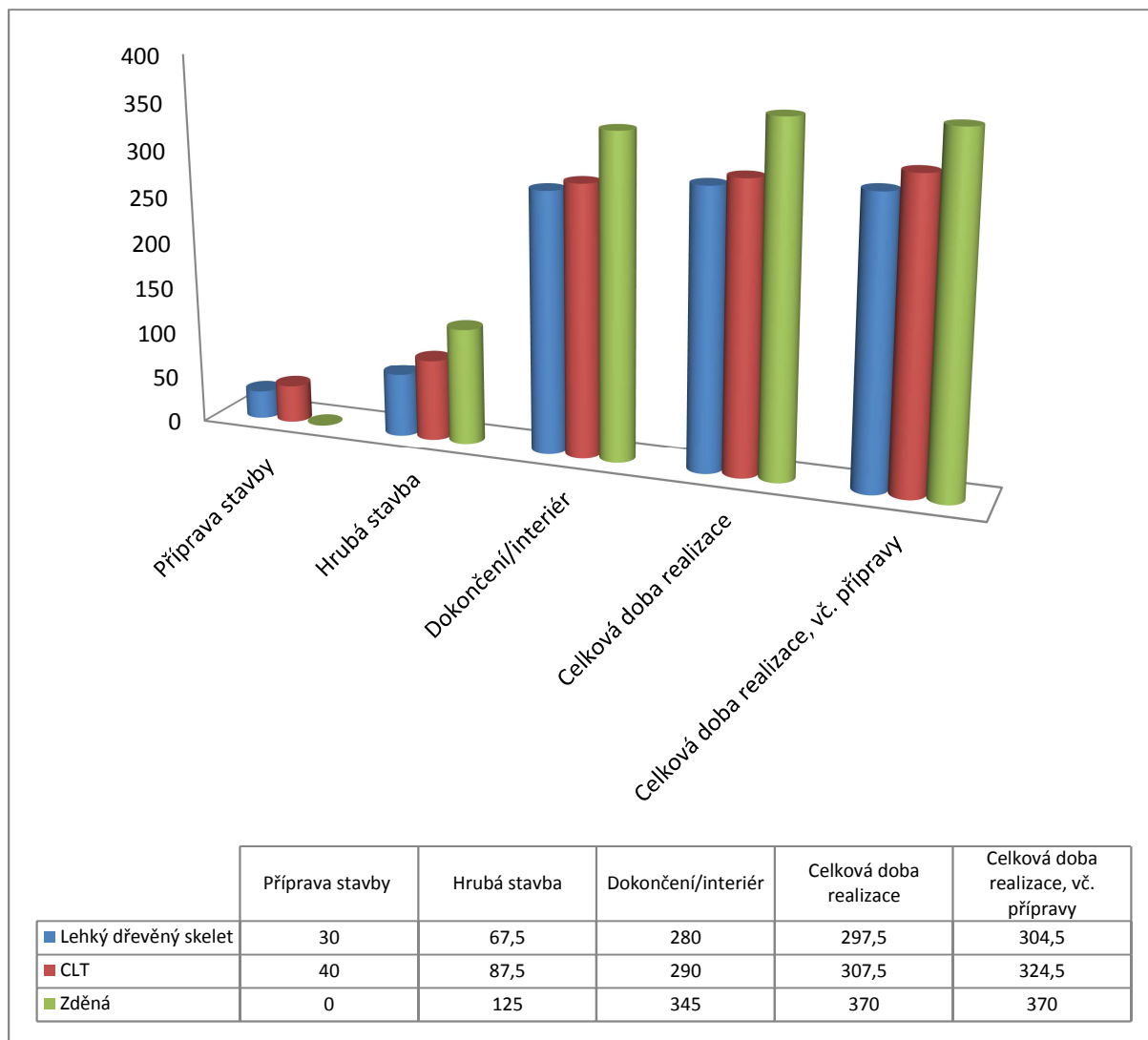
1. Příprava stavby
2. Hrubá stavba
3. Dokončení/interiér

Vzájemné sjednocení skupiny „Hrubá stavba“ a „Dokončení/interiér“ dává celkovou dobu realizace stavby.

Vzájemné sjednocení skupin „Příprava stavby“, „Hrubá stavba“ a „Dokončení/interiér“ dává celkovou dobu realizace stavby včetně přípravy.

Skupina prací	Lehký dřevěný skelet	CLT	Zděná
Příprava stavby	30	40	0
Hrubá stavba	67,5	87,5	125
Dokončení/interiér	280	290	345
Celková doba realizace	297,5	307,5	370
Celková doba realizace, vč. přípravy	304,5	324,5	370

Tabulka 3.1 Časová náročnost skupin stavebních prací (ve dnech)



Graf 3.1 Porovnání časové náročnosti pro jednotlivé varianty (ve dnech)

3.3. Závěr

Z grafu 3.1 je patrné, že z hlediska rychlosti výstavby je nejvýhodnější dřevěný konstrukční systém – lehký skelet. O něco delší doba výstavby je u konstrukčního systému z CLT. Rozdíl je v hrubé stavbě i v dokončovacích pracích. Výsledný rozdíl v celkové době realizace není ale vysoký a je jistě vyvážen jinými vlastnostmi CLT (precizní zpracování ve výrobě, větší podlahová plocha, ...).

Časově nejnáročnější je konstrukční systém zděný. Nejsledovanější je jistě porovnání doby realizace na staveništi, tzn. celková doba realizace stavby. V porovnávaném případě je pro zděný konstrukční systém tato doba cca o 24,3% vyšší než pro lehký dřevěný skelet, resp. o 20,3% než CLT. I po započítání doby na přípravu, tzn. výrobu prefabrikátů, zůstává rozdíl výrazný. Celková doba realizace, včetně přípravy je pro zděný konstrukční systém cca o 21,5% vyšší než pro lehký dřevěný skelet, resp. o 14,0% než CLT.

Ještě větší zvýhodnění prefabrikovaných systémů (lehký dřevěný skelet, CLT) by nastalo v případě vysoce kompletizovaných stěnových panelů, vč. kompletačních prvků a PSV, s minimalizací dokončovacích prací.

Administrativní budova

3.4. Předpoklady hodnocení

V harmonogramu výstavby jsou uvažovány všechny základní stavební etapy, nutné k realizaci stavby jako celku.

Součástí harmonogramu **nejsou** stavební práce a etapy níže uvedené:

- Dílenská dokumentace zhotovitele
- Přípojky inženýrských sítí
- Zdroj tepla
- Osvětlovací tělesa
- Vnitřní vybavení mobiliářem a nábytkem
- Venkovní úpravy terénu, zahradní práce, oplocení, zpevněné plochy, přístupové chodníky, parkování

3.5. Harmonogramy výstavby

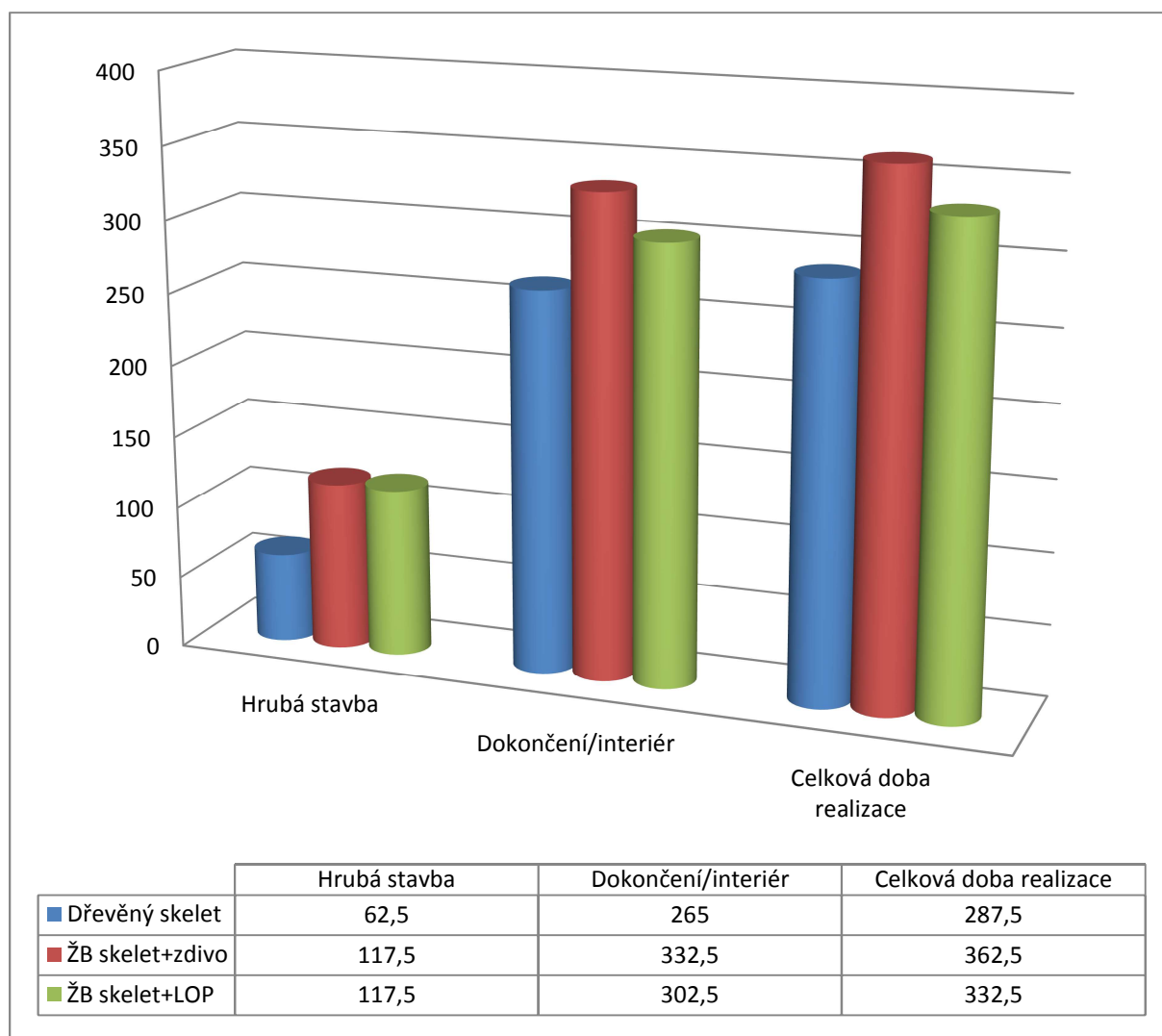
Harmonogramy jednotlivých variant jsou v samostatné příloze. Jednotlivé etapy výstavby jsou dále zařazeny do těchto skupin, vzájemně se prolínajících:

1. Hrubá stavba
2. Dokončení/interiér

Vzájemné sjednocení (nikoliv součet) obou skupin dává celkovou dobu realizace stavby.

Skupina prací	Dřevěný skelet	ŽB skelet+zdivo	ŽB skelet+LOP
Hrubá stavba	62,5	117,5	117,5
Dokončení/interiér	265	332,5	302,5
Celková doba realizace	287,5	362,5	332,5

Tabulka 3.2 Časová náročnost skupin stavebních prací



Graf 3.2 Porovnání časové náročnosti pro jednotlivé varianty

3.6. Závěr

Z grafu 3.2 je patrné, že z hlediska rychlosti výstavby je nejvýhodnější dřevěný konstrukční systém – těžký skelet. O něco delší doba výstavby je u konstrukčního systému železobetonového s lehkým obvodovým pláštěm (LOP). Nejdélší doba výstavby je u železobetonového skeletu s vyzdívanými konstrukcemi pláště. Rozdíl je v hrubé stavbě i v dokončovacích pracích.

Celková doba realizace stavby je pro porovnávaný případ u ŽB skeletu s vyzdívkami vyšší o cca 26,1% než pro těžký dřevěný skelet. ŽB skelet s LOP je z hlediska časové náročnosti horší o cca 15,7% než těžký dřevěný skelet. Nezanedbatelný je i rozdíl samotného ŽB skeletu s různými variantami obvodového pláště. V případě použití LOP je celková doba realizace stavby o cca 9% kratší než pro vyzdívanou variantu.

Ještě větší zvýhodnění prefabrikovaných systémů (těžký dřevěný skelet, popř. železobetonový skelet s lehkým obvodovým pláštěm) by nastalo v případě vysoce kompletizovaných stěnových panelů, vč. kompletačních prvků a PSV, s minimalizací dokončovacích prací.

4. ANALÝZA ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI

4.1. Způsob výpočtu

Veškeré výpočty v rámci této kapitoly byly provedeny v programu PROTECH, který patří k nejrozšířenějším softwarům pro danou oblast. Výpočty jsou sestaveny dle platných norem. Výpočty jsou zaměřeny zejména na hodnocení energetické náročnosti budov. Program je schopen vypočítat i akumulaci schopnosti definovaných konstrukcí. Přesnost výpočtu závisí zejména na vhodně zvolených počátečních podmínkách a co nejpřesnějšího definování konkrétních stavebních konstrukcí.

4.2. Vyhodnocení tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí budov

Energetické hodnocení objektu je zpracováno podle ČSN 73 0540, ČSN EN 12831 a vyhl. 194/2007 Sb. **Celková tepelná ztráta objektu je vyjádřena jako součet tepelných ztrát prostupem Φ_{Tm} a tepelné ztráty větráním Φ_{Vm} , a dále odečtením tepelných zisků Q_z .**

$$Q_{cm} = \Phi_{HLM} + Q_z$$
$$\Phi_{HLM} = \Phi_{Tm} + \Phi_{Vm} + \Phi_{RHm}$$

Výpočet tepelných ztrát prostupem Φ_{Tm} je součet tepelných toků prostupem tepla jednotlivých konstrukcí (stěny, stropy, podlahy, výplňové konstrukce) v ustáleném tepelném stavu jednotlivými konstrukcemi ohraničujícími vytápěné místnosti do venkovního prostředí nebo do sousedních místností. Je ovlivněna především plochou ochlazované konstrukce a velikostí součinitele prostupu tepla U této konstrukce (vliv materiálu ochlazované konstrukce).

Tepelná ztráta větráním Φ_{Vm} vychází z objemového toku větracího vzduchu a rozdílem vnitřní a vnější výpočtové teploty. Objemový tok větracího vzduchu pak vychází z intenzity výměny vzduchu dle hygienických norem. Je nejvíce ovlivněna intenzitou větrání budovy, způsobem větrání budovy (přirozené větrání či mechanické větrání) a infiltrací obvodovým pláštěm budovy.

Tepelné zisky Q_z z vnitřních zdrojů tepla a ze slunečního záření za otopné období se stanoví pro občanské a obytné budovy za podmínky, že je instalována dynamická regulace otopného systému. Je ovlivněna počtem osob v objektu, činností osob v objektu, instalovanými technologiemi, orientací objektu na světovou stranu, stíněním objektu, druhy oken a typem zasklení (odrazivost).

4.2.1. Bytový dům – tepelná ztráta objektu

Výpočtová tepelná ztráta objektu		
<i>(výpočet podle ČSN EN 12831)</i>		
Φ_{Tm} Tepelná ztráta prostupem	13,7	kW
Φ_{Vm} Tepelná ztráta výměnou vzduchu	17,3	kW
Φ_{RHm} Tepelná ztráta zátopová	0	
Q_{HLM} Celková tepelná ztráta	31	kW

Vzhledem k prakticky shodným tepelně technickým vlastnostem všech tří variant (zděný objekt, CLT panel, lehký skelet) je výpočtová tepelná ztráta i potřeba energie na vytápění u všech tří variant shodná. Tato shoda byla zvolena záměrně, aby při shodné energetické náročnosti bylo možné porovnávat ostatní parametry jednotlivých variant.

Energetický štítek obálky budovy pro všechny varianty bytového domu:

Klasifikační třída B – úsporná

Klasifikační ukazatel: CI = 0,67

4.2.2. Bytový dům - vliv skladby konstrukcí na pokles teploty

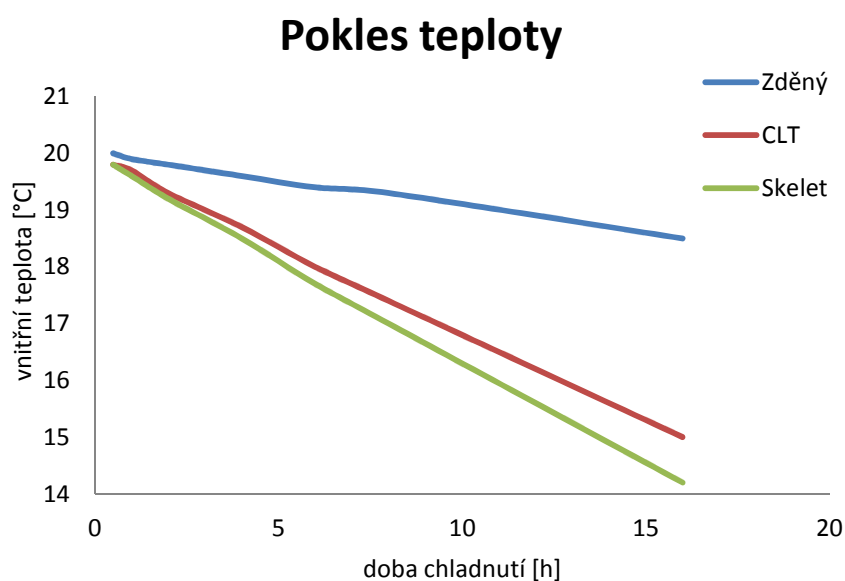
Uvažované varianty provedení stavby se od sebe liší zejména provedením konstrukcí vnějších stěn. Zatímco v případě zděného systému se jedná o těžkou stěnu, varianty s CLT panely i lehký skelet patří do lehkých konstrukcí. Tím jsou ovlivněny zejména akumulční schopnosti materiálu.

Obecně vzato může mít akumulace vliv i na spotřebu energie na vytápění, vždy však záleží na zvoleném režimu, úrovni regulace, ale i na přístupu jednotlivých uživatelů. Akumulční schopnosti nabývají na významu především při:

- Přerušovaném provozu budovy
- Velkém objemu konstrukcí (starší zástavba)
- Relativně vysoké tepelné ztrátě (starší zástavba)

Vzhledem k tomu, že se jedná o moderní budovy s poměrně nízkou tepelnou ztrátou, malým objemem konstrukcí a relativně stálým provozem, lze akumulční schopnosti konstrukcí při výpočtu spotřeby energie zanedbat. Akumulace může mít však vliv na tepelnou pohodu obyvatel.

Následující graf uvádí pokles teploty v průběhu chladnutí konstrukcí pro všechny tři varianty při přerušení vytápění. Graf zobrazuje část budovy, která chladne nejrychleji (2. a 3. NP).



Ačkoli je patrný výrazný rozdíl mezi zděnou variantou a variantou s CLT a lehkým skeletem, výsledný pokles teploty po osmihodinovém přerušení vytápění je maximálně 3°C. Důležité je si uvědomit, že při standardním způsobu regulace vytápění k úplnému přerušení vytápění dochází jen zřídka, např. při dlouhodobé nepřítomnosti obyvatel bytu.

Při běžném užívání a správném nastavení regulačních prvků systému vytápění nebude mít volba konstrukce svislých stěn na tepelnou pohodu významný vliv. Naopak může být pozitivně vnímána nízká akumulční schopnost varianty CLT a lehkého skeletu při zátoku, kdy bude tepelné pohody dosaženo rychleji než u zděné varianty. To však lze opět odstranit např. instalací většího zdroje tepla než by odpovídalo výpočtové tepelné ztrátě.

4.2.3. Bytový dům - výpočet spotřeby energií

Roční potřeba tepla na vytápění bytového domu byla pro všechny tři varianty vypočtena na 240 GJ/rok. Potřeba tepla vychází z následujících předpokladů:

- Umístění typového domu: Praha (výpočtová venkovní teplota -13°C)
- Spotřeba paliva přepočtena na dlouhodobý teplotní normál (229 otopných dnů)
- Účinnost výroby tepla ze zemního plynu: 97 %
- Účinnost výroby tepla z elektřiny: 99,5 %
- Provozní topný faktor tepelného čerpadla: 3
- Účinnost výroby tepla z biomasy: 85 %
- Kogenerační výroba elektřiny a tepla pomocí zařízení WAVE Enterprise: 4 kWe, 50 kWt; pokrytí vlastní spotřeby, uvažování úspory poplatku za OZE, zelené bonusy ve výši 1 330 Kč/MWh.
- Náklady zahrnují pouze spotřeby energií na vytápění, není uvažováno s ohřevem teplé vody.

		Zemní plyn	Elektřina	Tepelné čerpadlo	Kotel na biomasu	WAVE Enterprise
Potřeba tepla	GJ/rok	240				
Spotřeba paliva	GJ/rok	247	241	80	282	342
	MWh/rok	68,7	67,0	22,2	78	95
Cena paliva	Kč/MWh	1 300	2 172	2 089	540	540
Náklady	Kč/rok	89 347	145 528	46 422	42 353	33 159

4.2.4. Administrativní budova – tepelná ztráta objektu

Výpočtová tepelná ztráta objektu			
<i>(výpočet podle ČSN EN 12831)</i>			
Φ_{Tm} Tepelná ztráta prostupem		23	kW
Φ_{Vm} Tepelná ztráta výměnou vzduchu		42	kW
Φ_{RHm} Tepelná ztráta zátopová		0	
Q_{Hlm} Celková tepelná ztráta		64	kW

Vzhledem k prakticky shodným tepelně technickým vlastnostem všech tří variant (těžký dřevěný skelet, železobetonový skelet+zděná výplň, železobetonový skelet+LOP) je výpočtová tepelná ztráta i potřeba energie na vytápění u všech tří variant shodná. Tato shoda byla zvolena záměrně, aby při shodné energetické náročnosti bylo možné porovnávat ostatní parametry jednotlivých variant.

Energetický štítek obálky budovy pro všechny varianty administrativní budovy:

Klasifikační třída B – úsporná

Klasifikační ukazatel: CI = 0,60

4.2.5. Administrativní budova - vliv skladby konstrukcí na pokles teploty

Uvažované varianty provedení stavby se od sebe liší zejména provedením konstrukcí vnějších stěn. Dvě ze tří uvažovaných variant shodně obsahují nosný skelet ze železobetonu. Kromě své nosné funkce mají ŽB nosníky vliv i na akumulaci tepla.

Varianta I uvažuje s kombinací ŽB skeletu a zděné výplně, varianta II s kombinací ŽB skeletu a lehkého obvodového pláště.

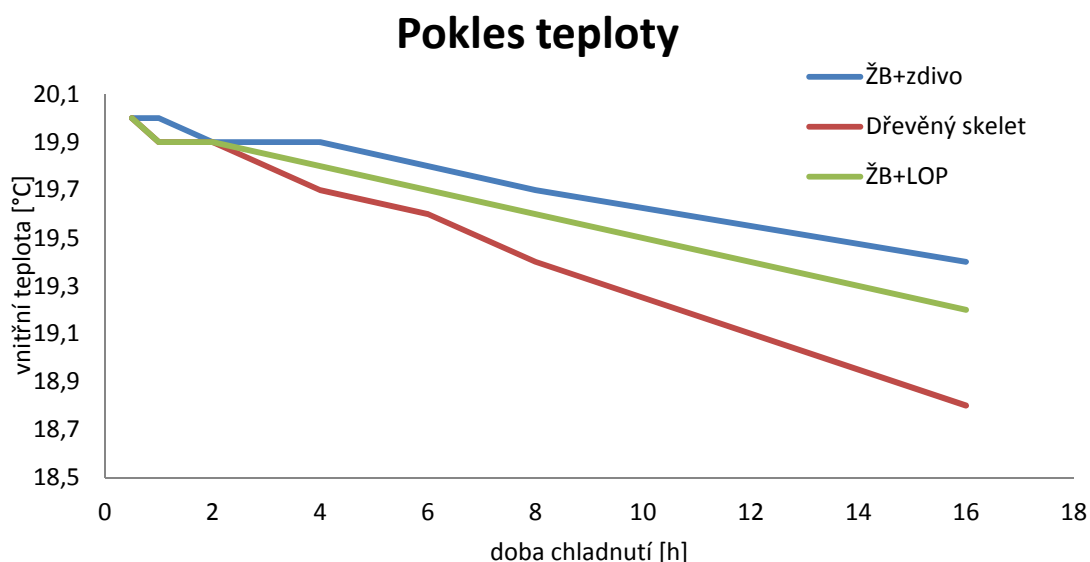
Varianta III obsahuje těžký dřevěný skelet se stěnami na bázi dřevěného lehkého skeletu.

Obecně vzato může mít akumulace vliv i na spotřebu energie na vytápění, vždy však záleží na zvoleném režimu, úrovni regulace, ale i na přístupu jednotlivých uživatelů. Akumulační schopnosti nabývají na významu především při:

- Přerušovaném provozu budovy
- Velkém objemu konstrukcí (starší zástavba)
- Relativně vysoké tepelné ztrátě (starší zástavba)

Vzhledem k tomu, že se jedná o moderní budovu s poměrně nízkou tepelnou ztrátou, malým objemem konstrukcí a relativně stálým provozem, lze akumulační schopnosti konstrukcí při výpočtu spotřeby energie zanedbat. Akumulace může mít však vliv na tepelnou pohodu uživatelů.

Následující graf uvádí pokles teploty v průběhu chladnutí konstrukcí pro všechny tři varianty při přerušení vytápění. Graf zobrazuje budovu jako celek.



Největší rozdíl v rychlosti poklesu vnitřních teplot je mezi variantou ŽB skelet+zdivo a těžkým dřevěným skeletem. Kombinace ŽB+LOP tak významný rozdíl poklesu nevykazuje. Je zřejmé, že železobetonová konstrukce akumulační vlastnosti značně ovlivní. Celkově se jedná o 22 nosníků po celé výšce budovy (s výjimkou podkrovní) s celkovým objemem 16 m³ a tepelnou kapacitou 1 020 J/kg K, který dokáže při zvýšení teploty o 1°C absorbovat přibližně 10 kWh tepla, což je z hlediska akumulace nezanedbatelná hodnota.

U všech třech variant je však pokles teploty při přerušení vytápění poměrně pomalý, při správném nastavení regulačních prvků nebude mít volba konstrukce na tepelnou pohodu uživatelů významný vliv.

4.2.6. Administrativní budova - výpočet spotřeby energií

Roční potřeba tepla na vytápění administrativní budovy byla pro všechny tři varianty vypočtena na 500 GJ/rok. Potřeba tepla vychází z následujících předpokladů:

- Umístění typového domu: Praha (výpočtová venkovní teplota -13°C)
- Spotřeba paliva přepočtena na dlouhodobý teplotní normál (229 otopných dnů)
- Účinnost výroby tepla ze zemního plynu: 97 %
- Účinnost výroby tepla z elektřiny: 99,5 %
- Provozní topný faktor tepelného čerpadla: 3
- Účinnost výroby tepla z biomasy: 85 %
- Kogenerační výroba elektřiny a tepla pomocí zařízení WAVE Enterprise: 4 kWe, 50 kWt; pokrytí vlastní spotřeby, uvažování úspory poplatku za OZE, zelené bonusy ve výši 1 330 Kč/MWh.
- Náklady zahrnují pouze spotřeby energií na vytápění, není uvažováno s ohřevem teplé vody.

		Zemní plyn	Elektřina	Tepelné čerpadlo	Kotel na biomasu	WAVE Enterprise
Potřeba tepla	GJ/rok	500				
Spotřeba paliva	GJ/rok	515	503	167	588	712
	MWh/rok	143,2	139,6	46,3	163	198
Cena paliva	Kč/MWh	1 300	2 172	2 089	540	540
Náklady	Kč/rok	186 140	303 183	96 713	88 235	69 082

5. HODNOCENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU

Budovy ze dřeva mají oproti zděným nebo betonovým budovám řadu nesporných výhod, které jsou do jisté míry měřitelné z hlediska požadavků trvale udržitelného rozvoje a hodnocení životního cyklu stavby (LCA – live cycle assessment), což nabývá stále více na důležitosti.

V dubnu 2011 vešlo v platnost nové Nařízení evropského parlamentu a rady 305/2011, které nahradilo zmíněnou Směrnicí 89/106. Protože se ze Směrnice stalo Nařízení, nemusí být, na rozdíl od Směrnice, aplikováno v členských zemích dalším národním předpisem. Má tedy přímou působnost ve všech členských státech EU.

Nařízení téměř kopíruje požadavky na stavby uvedené ve Směrnici. **Novinkou je požadavek č. 7 na stavby z oblasti udržitelné výstavby.**

Jak tento požadavek naplnit je v současnosti předmětem řešení.

Přílohou této souhrnné textové zprávy je proto zpracováno hodnocení životního cyklu vícepodlažních budov na bázi dřeva a zděných/silikátových budov, které byly navrženy v rámci tohoto projektu.

D) ZÁVĚR

V současné době jsou na stavební konstrukce kladeny rostoucí ekonomické, technologické a energetické požadavky, které je však potřeba vnímat i z pohledu environmentálně udržitelného rozvoje. Z tohoto pohledu je využití dřeva a materiálů na bázi dřeva velmi žádoucí, protože jen dostupné a snadno recyklovatelné materiály mají budoucnost v trvale udržitelném rozvoji. Dřevo je přitom velice unikátním stavebním materiálem. Pochází z obnovitelného surovinového zdroje - lesa a na jeho zpracování není potřeba vynaložit tolik energie jako na výrobu oceli a betonu.

Pro větší využití dřevostaveb hovoří tyto hlavní důvody:

- ekonomicko energetické (na vytápění je oproti běžným silikátovým stavbám potřeba polovina až třetina energií),
- rychlost výstavby,
- pohoda vnitřního prostředí, což je zásadní subjektivní parametr vnímání stavby člověkem a má vliv i např. na jeho produktivitu,
- více vyhovuje změnám způsobu života v čase (úpravy, rekonstrukce apod.),
- vysoká kvalita, přesnost provedení a pevná cena,
- nízké náklady na založení stavby vzhledem k nižší tíže dřevostavby (možnost stavět i tam, kde jsou složitější základové poměry),
- větší užitný prostor ve vztahu k zastavěné ploše než u staveb provedených klasickou technologií,
- dřevostavba je tzv. suchá výstavba, kterou lze realizovat celoročně bez dopadu na kvalitu provedení.

U vícepodlažních budov na bázi dřeva se obecně za klíčové otázky jejich realizace považuje **požární odolnost, prostorová tuhost a akustika**.

Dosažená úroveň poznání nám umožňuje řešit problematiku **požární odolnosti** dřevostaveb velmi sofistikovaně a normy z oboru požární bezpečnosti staveb poskytují možnosti využití dřeva v daleko větší míře, než jaká je současná praxe.

Zcela nové možnosti při řešení problematiky požární bezpečnosti a odolnosti dřevostaveb nám potom dává **požární inženýrství**. V kontextu s českým prostředím je **požární inženýrství** vnímáno jako disciplína, která přistupuje k otázkám požární bezpečnosti komplexním způsobem a využívá postupy, které jsou odlišné od tradičních způsobů zajištění požární bezpečnosti. Tyto postupy, nazývané také **inženýrské metody** (zde nacházíme paralelu s anglickým termínem Performance-Based Approach/Design) se využívají jako alternativní přístup k tradičním normovým postupům zejména v případech, kdy aplikace standardních normativních přístupů vede k neefektivním, nepřiměřeným či dokonce neproveditelným opatřením. Metody požárního inženýrství jsou i v našem domácím prostředí vnímány jako neoddelitelná součást vývoje tohoto oboru. V období let 2009 a 2010 došlo k úpravě tzv. kmenových norem požární bezpečnosti staveb, ve kterých byl postup při požárně inženýrském řešení vymezen informativními přílohami, např. I podle ČSN 73 0802. Zavedení systému pro posuzování projektů zpracovaných požárním inženýrstvím je prezentováno jako jeden z cílů Koncepce požární prevence v České republice do roku 2016 vypracované MV GŘ HZS.

Specifičností ČR oproti Evropě je v zásadě pouze skutečnost, že se konstrukční části (dílců a prvky) třídí do 3 skupin – DP1, DP2, DP3 a posuzují se, zda:

- mohou přispívat k intenzitě požáru (uvolňují teplo) v požadované době požární odolnosti;
- mají použité hmoty s rozdílnou reakcí na oheň, vliv na stabilitu a únosnost konstrukčních částí.

Toto třídění Evropa nezná a v našich podmínkách toto třídění dřevostavby určitým způsobem handicapuje.

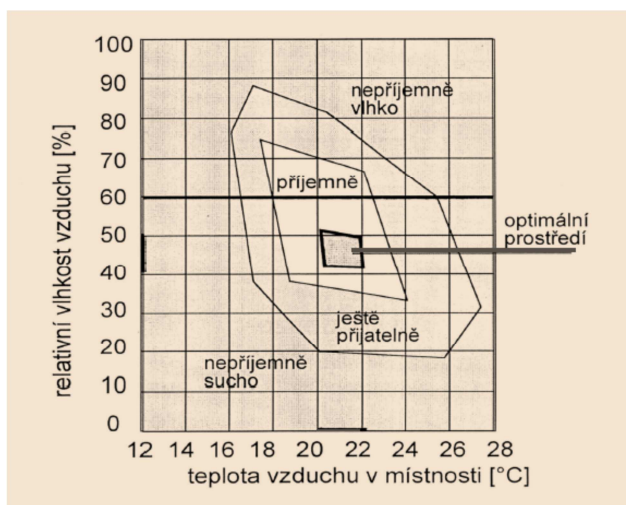
Prostorová tuhost dřevostaveb je též dobře řešitelná díky možnosti použití masivních deskových dílců a kompozitních dřevobetonových stropních konstrukcí.

Vzduchová neprůzvučnost bytových domů na bázi dřeva se dnes již vyrovná zděné/silikátové stavbě. Sendvičovou konstrukcí, tedy vrstvením materiálů s různou tuhostí, se totiž výrazně omezuje přenos zvuku.

Kročejová neprůzvučnost je též již dobře řešitelná např. pomocí již zmíněných kompozitních dřevobetonových stropů. Tyto by v brzké budoucnosti měly být k dispozici v prefabrikované podobě, aby odpadl mokry proces na stavbě.

Velkou výhodou dřevostaveb z pohledu vnitřního prostředí je **povrchová teplota stěn**. Skladba pláště dřevěného domu má velmi malou akumulaci schopnost (což je obecně chápáno jako nevýhoda, ale ...). V kombinaci s kvalitním zaizolováním to ale znamená, že povrchová teplota např. sádkokartonu se velmi rychle přizpůsobuje teplotě okolního vzduchu, čili v zimním období je relativně vysoká. Tento faktor je základní veličinou pro posuzování tzv. pohody bydlení. Prakticky lze říci, že v interiéru s teplotou 20°C a chladnými stěnami můžeme mít pocit chladu a vyžadujeme vyšší teplotu vzduchu. V interiéru s teplotou opět 20°C, ale naopak s relativně teplými stěnami (bez velkého rozdílu mezi teplotou vzduchu a povrchovou teplotou stěny) je ale pohoda bydlení vyšší, pocit tepla je dostačující a nevyžadujeme vyšší teplotu vzduchu. Zmíněný faktor povrchové teploty stěn a eliminace tepelných mostů vede k vyloučení kondenzace vodních par na stěnách, tedy k zamezení vývoje a růstu plísní atd.

Vnitřní mikroklima je jeden z nejdůležitějších aspektů zdravého bydlení a pobytu v pracovním prostředí. Pro udržení stability vnitřního prostředí je nezbytné již v projektové přípravě dřevostaveb navrhovat zodpovědně skladbu konstrukcí, tvořících obálku budovy, odpovídající regulační techniku (termostatické ventily, regulace vytápěcího systému) spolu s optimálním návrhem způsobu výměny vzduchu a udržení doporučených hodnot teploty vnitřního vzduchu a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu, viz obr 1.



Obr. 1 Doporučené hodnoty teploty a relativní vlhkosti vzduchu v místnosti (zdroj Státní zdravotní ústav)

Závěrem je možno konstatovat, že hlavní „nevýhodou“ dřevostaveb je nutnost věnovat **větší pozornost projektu stavby**, tedy vhodně zvolené skladbě plášťů s vyřešením všech detailů. Na funkčnost a především **životnost dřevostavby** má totiž správný návrh a bezchybné provedení stavby hlavní vliv. Především oblast **vlhkostního režimu stavby** (difuze vodních par a zamezení jejich kondenzace v konstrukci), a s ním spojené tepelně-technické vlastnosti stavby vyžadují opravdu **kvalitní řešení**.