

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební

Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering

Doc. Ing. Jan Krňanský, CSc.

Difúzně otevřené konstrukce dřevostaveb

Diffusion – opened facade walls of wooden buildings

Summary

The philosophy of healthy living has achieved large response in building structures at last twenty years.

This tendency was accelerated by the Sick Building Syndrome (SBS) – newly recognized phenomenon related to non specific health troubles of inhabitants of some types of houses. These inhabitants felt allergic inflammation, headache, permanent breathing troubles etc. The responsibility for SBS is accredited to:

1. risky chemical and biological agents in air inside of buildings,
2. very tight or hermetic separation of internal and external environment, consequently with bad internal ventilation.

One of the reactions of engineers to the SBS and ecological trends in building industry was diffusion-opened façade wall concept. This concept is based on idea to understand façade wall as some sort of skin, enabling transport of water vapor and dry air (in reasonable scale). It means, the phenomenon of diffusion is allowed, but phenomenon of convection is not. We are able to influence effectively the dynamics of diffusion process by structure of the wall and material choice.

The diffusion opened façade walls a priori enables to solve some hygienic problems (interior surface moulds for example), they fundamentally contribute to the regeneration abilities of structures (regards to moisture averages). The diffusion opened concept of structures is especially important for modern wood housing. Actual structure of the façade walls of these houses in Czech falls behind requests, posed for modern houses.

The inaugural lecture is focused for solution of opened façade walls (and roof structures) for wooden houses. There is shown author's solution of such structure, including development troubles and experimental verification. Also practical using of that concept for real houses is shown in lecture.

The inauguration lecture is closed by some considerations about possible future ways of construction of façade walls.

Souhrn

V posledních letech se ve stavebnictví začala zřetelně prosazovat filosofie zdravého bydlení.

Kromě všeobecného trendu k využívání ekologických materiálů k tomu přispělo i prokázání tzv. syndromu nemocných budov (SBS). Jde o problém, kdy uživatelé některých budov trpí nepříliš specifickými zdravotními obtížemi, jako jsou chronická onemocnění dýchacích cest, bolesti hlavy, alergie apod.

Za vznik SBS jsou zodpovědné především dvě příčiny:

1. přítomnost rizikových látek v ovzduší budov (zdravotně závadné stavební materiály, látky vznikající při provozu budovy či jejích zařízení aj.) a
2. příliš těsné, ne-li přímo hermetické oddělení vnitřního a vnějšího prostředí budovy a současně nesprávně probíhající výměna vzduchu.

Jednou z reakcí konstruktérů na uvedené skutečnosti je i koncept tzv. difúzně otevřených konstrukcí. Tato metafora přesně znamená vytvářet obalové konstrukce (pláště budov) tak, aby umožňovaly difuzi plynů a vodních par (molekulární přenos), avšak s vyloučením konvekce. Nejde tedy o skutečné proudění plynů a par stěnami, ale o procesy daleko pomalejší. Jejich dynamiku můžeme konstrukcí pláště do jisté míry řídit.

Difúzně otevřené konstrukce umožňují a priori řešit některé problémy hygieny prostředí (např. povrchové plísně v interiérech), významně přispívají k regeneračním schopnostem konstrukcí v případě vlhkostní havárie a mají některé další zásadní výhody. Velký význam mají difúzně otevřené konstrukce pro oblast dřevostaveb, kde současný konstrukční koncept značně zaostává za moderními požadavky, kladenými na budovy.

Habilitační přednáška se proto zaměřuje právě na vyjasnění základních souvislostí při konstrukci difúzně otevřených plášťů u dřevostaveb. Na konkrétním příkladu řešení, které vypracoval habilitant, je ukázáno, jak může difúzně otevřená konstrukce dřevostavby v praxi vypadat. Vlastnosti konkrétně diskutovaného pláště jsou doložené jak pomocí kvantitativní analýzy, tak i experimentálním ověřením.

Přednáška je uzavřena úvahou o možných dalších perspektivách konstrukční tvorby obalových konstrukcí.

Klíčová slova: rozvoj dřevostaveb v ČR, současný konstrukční koncept a jeho kritika, difúzně otevřená konstrukce, biomateriály a sorpce vlhkosti, materiálové modifikace, vývoj izolace z ovčí vlny, konstrukce diffuwall, další vývoj obalových konstrukcí dřevostaveb.

Key words: wood housing development in Czech, actual concept of structures and criticism of it, diffusion-opened structures, bio-materials and sorption of water, material modifications, sheep wool insulation development, diffuwall structure, future of wooden façade skins

České vysoké učení technické v Praze

Název: Difúzně otevřené konstrukce dřevostaveb

Autor: Doc. Ing. Jan Krňanský, CSc.

Počet stran: 22

Náklad: 150 výtisků

© Jan Krňanský, 2008

ISBN

Obsah

1. DŘEVOSTAVBY ČESKU: VÝVOJ A PROGNÓZA.....	6
2. MODERNÍ TRENDY A REALITA.....	7
SOUČASNÝ KONSTRUKČNÍ KONCEPT	7
KRITIKA KONCEPTU A MRAVNÍ ASPEKT	8
TRADIČNÍ HANDICAPY DŘEVOSTAVEB.....	9
3. NOVÝ KONCEPT – DIFÚZNĚ OTEVŘENÉ PLÁŠTĚ.....	9
VLHKOSTNÍ REŽIM PLÁŠŤŮ	10
SKLADBY KONSTRUKCE JAKO SYSTÉMOVÉ ŘEŠENÍ	10
MATERIÁLOVÉ MODIFIKACE.....	11
VÝVOJ NOVÉHO VÝROBKU	12
EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘOVÁNÍ	14
PŘEHLED DOSAŽENÝCH TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ	15
CERTIFIKACE, UŽITNÝ VZOR.....	16
REALIZACE.....	17
4. DALŠÍ PERSPEKTIVY	18
5. LITERATURA:	19
6. ODBORNÝ ŽIVOTOPIS	20

1. Dřevostavby Česku: vývoj a prognóza

Dřevo bylo historicky jedním z nejvíce využívaných materiálů pro budování lidských obydlí, ať už se konstrukce stavby vytvářela pouze na bázi dřeva (například roubenky), nebo v kombinaci s jinými materiály (například hrázděné stavby). V posledních desetiletích neměly dřevostavby v našich zemích snadnou pozici, protože standardem kvality, synonymem materiálu pro bytelný a trvanlivý dům, se stala cihla. Důvody vzniku tohoto stavu byly různé; je rovněž pravdou, že k němu přispěla i nepříliš dobrá zkušenost s prvními průmyslově vyráběnými dřevostavbami u nás (asi v 60.-70. letech minulého století).

Od té doby se ovšem změnila řada skutečností: podstatným způsobem se rozšířila a zkvalitnila potřebná materiálová báze, nashromáždilo se velké množství praktických zkušeností s konstrukcí a fungováním dřevostaveb ve srovnatelných klimatických podmínkách (zejména ve Skandinávii a německy mluvících zemích), byly vyvinuté specializované průmyslové technologie pro výrobu dřevostaveb. I u nás konečně padl hluboce zakořeněný mýtus o malé dispoziční a tvarové variabilitě dřevostaveb, způsobené panelovou technologií. Dřevostavby dnes prožívají i v českých zemích nebývalý rozmach. Je tomu tak zejména z následujících důvodů:

- lidé si přivážejí ze zahraničí osobní zkušenost, že moderní dřevostavba je ve všech ohledech plnohodnotnou alternativou tradičních zděných objektů,
- rostoucí ceny energií vyžadují u konstrukcí výrazně akcentovat minimalizaci tepelných ztrát; v tomto ohledu představuje dřevostavba v porovnání se zděnou konstrukcí značně efektivnější řešení,
- sám proces výstavby dřevostavby je v porovnání s tradiční zděnou konstrukcí značně rychlejší, stavebníkovi se tak minimalizuje doba od vložení finančních prostředků do nastěhování do objektu,
- prosazují se trendy udržitelného rozvoje ve stavebnictví, které kladou důraz na využívání obnovitelných surovinových zdrojů a minimalizaci spotřeby energie vložené do zabudovávaných stavebních materiálů,
- řada stavebníků vědomě akcentuje hledisko používání ekologických materiálů, které mohou při správné konstrukci dřevostaveb aktivně přispívat k tvorbě zdravého vnitřního mikroklimatu v interiérech budov.

Až do doby před 5-6ti lety se podíl domků budovaných na bázi dřeva pohyboval v ČR na velmi nízké úrovni, řádově do 1-2 % z celkového počtu postavených domů. Intenzivně se ovšem rozvíjela jejich výroba; většina produkce však byla určena pro německý trh. Dnes se situace od základu změnila. Převážná část místní výroby zůstává v ČR a podíl dřevostaveb na celkové výstavbě rodinných domků se odhaduje na 6-7%. Lze očekávat, že tento podíl bude podobný jako v Německu (15-17%), což dává odhad okolo 4000 domků za rok.

S ohledem na prosazování myšlenek trvale udržitelného rozvoje do legislativy EU (obnovitelné surovinové zdroje) je potom samozřejmě dřevo jeho deriváty materiálem, který se postupně dostane do středu zájmu.

Dobrou zprávou je, že v ČR těžba dlouhodobě zaostává nad nárůstem dřevní hmoty.

Podmínkou uplatnění dřevěných konstrukcí je ovšem nabídka dostatečně inovativních konstrukčních řešení, schopných konkurovat silikátové bázi.

2. Moderní trendy a realita

Trendy současného moderního stavebnictví je možné ve zkratce popsat následujícími „hesly doby“:

- trvale udržitelný rozvoj ve stavebnictví, obnovitelné surovinové zdroje,
- zdravé vnitřní prostředí budov, ekologické stavění,
- ochrana tepla, energeticky úsporné budovy.

Je evidentní, že favorizovanou materiálovou bází, reflektující všechny výše uvedené proklamace, je dřevo, jeho deriváty a ostatní hmoty na biologické bázi. V souvislosti se současným způsobem využitím těchto materiálů vznikají tři základní otázky:

- a. Nakolik splňuje současný konstrukční koncept plášťů dřevostaveb výše zmíněné požadavky?
- b. Pokud nesplňuje, je vůbec možné za současného stavu této materiálové základny pláště dřevostaveb v duchu zmíněných atributů konstruovat?
- c. Oprostíme-li se od problematiky „čistých“ dřevostaveb: bylo by možné pláště na bázi dřeva aplikovat i na zděné, betonové či ocelové primární nosné konstrukce ?

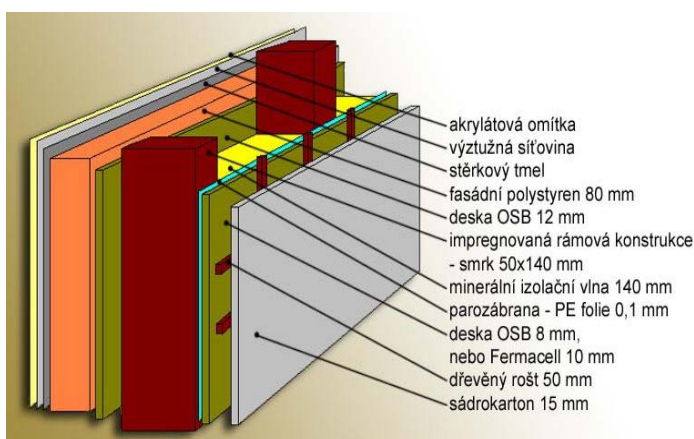
Poslední otázka je nadmíru důležitá. Kladná odpověď by totiž umožnila aplikaci biomateriálů na podstatně širší skupinu staveb, než je relativně malá oblast budov dřevěných. Ideje trvale udržitelného rozvoje ve stavebnictví by tak mohly ve velmi krátké době nalézt reálnou a značně širokou základnu pro své uplatnění.

Současný konstrukční koncept

Z pohledu konstrukčního uspořádání dnes drtivou většinu dřevostaveb tvoří dřevěná rámová konstrukce. Základní premisy, které stojí v pozadí navrhování, lze kondenzovat do následujících pravidel:

- a. Nelze připustit vstup vodní páry do konstrukce. Důvodem tohoto pravidla je obava z biologické degradace dřeva v důsledku nadměrného hromadění vlhkosti. Proto se ze strany interiéru do konstrukce vkládá parozábrana (zpravidla PE fólie).
- b. Nosná stěna se konstruuje jako symetrická „krabicová“ konstrukce (oboustranně plášťovaný rám). Důvodem tohoto pravidla je představa, že symetrická nosná stěna je ze statického hlediska optimálním řešením.

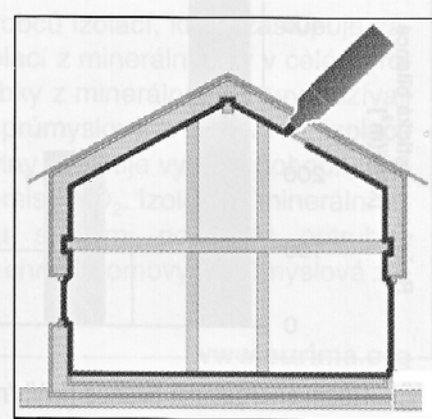
- c. Návrhová filosofie: co parciální požadavek (ochrana tepla, vlhkost, statika, akustika, estetika....), to specializovaná vrstva. Toto pravidlo je důsledkem multikriteriálních požadavků, kladených na obvodové pláště a nedostatečné nabídky materiálů se synergickým efektem.
- d. Co nejnížší cena konstrukce. Toto pravidlo je přirozeným důsledkem tržního prostředí, vede však ve svém výsledku na multimateriálová řešení, kdy báze dílčích materiálů jsou nesourodé s povahou dřeva.



Kritika konceptu a mravní aspekt

Právě uvedený koncept konstruování je možné úspěšně kritizovat z pohledu výše citovaných hesel doby.

- Hovoříme-li o obnovitelných zdrojích a ekologických materiálech, jistě lze těžko souhlasit s používáním plastových fólií, pěnového polystyrénu, formaldehydových lepidel a podobných hmot.
- Máme-li na mysli energetickou úspornost, je třeba se pozastavit nad chováním dřevostaveb v letním období. Tyto objekty mají díky malé plošné hmotnosti pláštěů malou tepelnou kapacitu. To vede v letním období k přehřívání staveb. Protože náklady na chlazení jsou 2-3x vyšší než na vytápění, jsou v tomto smyslu současné dřevostavby energeticky náročné.
- Patrně nejdůležitější otázkou je kvalita vnitřního prostředí. Vlivem zásady zamezení vniku vlhkosti do konstrukce užíváme ze strany interiéru parozábranu. Interiér tak vlastně obaluje neprodyšný, hermeticky uzavřený „vak“, prolomený občas stejně kvalitními, tj. hermeticky těsnícími okny či dveřmi. O kvalitě tohoto prostředí lze jistě s úspěchem pochybovat. Používání umělého větrání je řešením problému jen do té míry, do jaké jsme schopni trvale zaručit mikrobiologickou čistotu vzduchotechnických rozvodů.



Kromě toho vzniká ještě jedna zásadní otázka, která má spíše mravní rozměr:

Co očekává stavebník, když si chce pořídit dřevostavbu: dřevěnou nosnou konstrukci nebo život ve zdravém prostředí tvořeném přírodními materiály? Odpověď je nasnadě. V tomto smyslu se zdá být poněkud nemravné vydávat takto koncipovaná konstrukční uspořádání za dřevostavby.

Tradiční handicapy dřevostaveb

Vedle právě zmíněných problémů koncepčního typu existují rovněž objektivní technické příčiny snížené konkurenceschopnosti stávajících dřevostaveb vůči tradičním silikátovým technologiím. Patří mezi ně zejména:

- malá tepelná stabilita interiérů (léto),
- mizivá regenerace při vlhkostní havárii (parozábrana, PPS),
- konstrukčně nestabilní řešení (fatální závislost spolehlivosti celé konstrukce na neporušenosti parozábrany),
- malá vlhkostní stabilita interiérů (parozábrana),
- nízká zvukoizolační schopnost (vzduchová neprůzvučnost),
- konkurenčně chabé požární vlastnosti (velké odstupové vzdálenosti objektů, developerské hledisko).

Tyto nedostatky jsou dlouhodobě všeobecně známé a proto nemá smysl se jimi podrobně zabývat.

Odpověď na první otázku - nakolik splňuje současný konstrukční koncept plášťů dřevostaveb požadavky doby tedy je - velmi málo.

3. Nový koncept – difúzně otevřené pláště

Pokusíme se tedy odpovědět na druhou otázku, zda je vůbec možné za současného stavu této materiálové základny pláště dřevostaveb v duchu zmíněných atributů konstruovat.

V souvislosti s úvodními úvahami této přednášky se jeví jako vhodný směr pro řešení pokusit se využít konstrukční koncept difúzně otevřených konstrukcí. Úvahy budou dále ilustrovány na užitném vzorem chráněném konstrukčním řešení typu diffuwall®, které je autorským dílem habilitanta.

Pro řešení difúzně otevřeného obvodového a střešního pláště byla zvolena následující východiska.

- Povolit v rozumné míře průběh „přirozených“ přenosových dějů na rozhraní interiér/exteriér, tj. především odstranit parozábranu.
- Důsledně využívat zdravotně nezávadné biomateriály nebo recyklované materiály (tedy zejména deriváty dřeva, konopí, ovčí vlnu, recyklovaný papír, energosádu a podobně).
- Položit důraz na tepelně a vlhkostně akumulární vlastnosti plášťů (stabilita vnitřního klima).

- Pro asymetrické prostředí působení obalových konstrukcí zvolit rovněž asymetrické řešení konstrukce.
- Maximálně zjednodušit konstrukci samu (minimalizace počtu vrstev a materiálových bází).

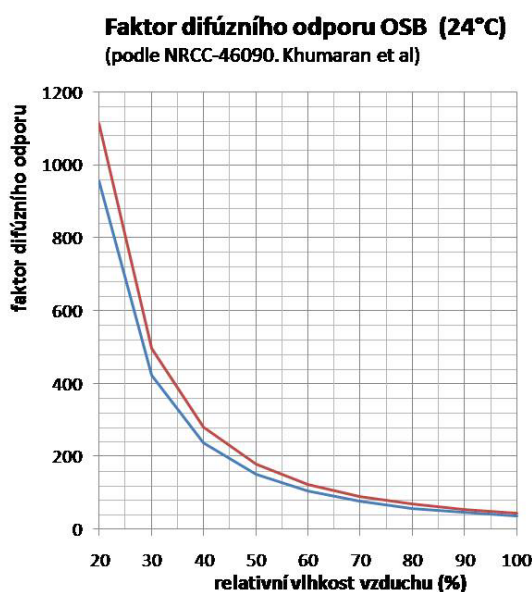
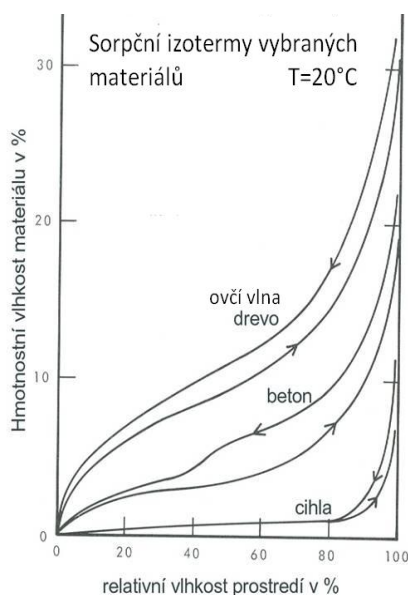
Problém, který bylo lze od zvolených východisek očekávat, spočíval v oblasti materiálů - materiály potřebných vlastností nemusely být na trhu k dispozici.

Vlhkostní režim plášťů

Pro řešení problematiky vlhkosti byla přijata následující východiska:

- docílit maximální difúzní přenos plochou stěny nebo střešního pláště, ovšem za současného splnění podmínky, že nebude docházet ke kondenzaci,
- lokální rizika kondenzace, kterým není možné se vyhnout zejména při tvorbě detailů, zvládnout pomocí sorpční schopnosti materiálů,
- vysokou sorpci vlhkosti, typickou pro biomateriály, využít ke stabilizaci vlhkostního klimatu v interiérech.

Specifická potíž, typická pro hutné materiály na bázi dřeva (cca od objemové hmotnosti 500 kg/m^3), byla dramatická závislost faktoru difúzního odporu na vlhkosti prostředí. Jeden a týž materiál má jiné charakteristiky v interiérové a exteriérové aplikaci.



Skladby konstrukce jako systémové řešení

Po zpracování výše zmíněných požadavků a východisek byla metodami kvantitativní analýzy ověřena základní skladba konstrukce. Přitom – s ohledem na co nejširší možnosti aplikace – byla konstrukce koncipována jako systémové řešení, tedy jako dostatečně flexibilní z pohledu možností určitých modifikací. Jako proměnné parametry byly přednostně uvažovány:

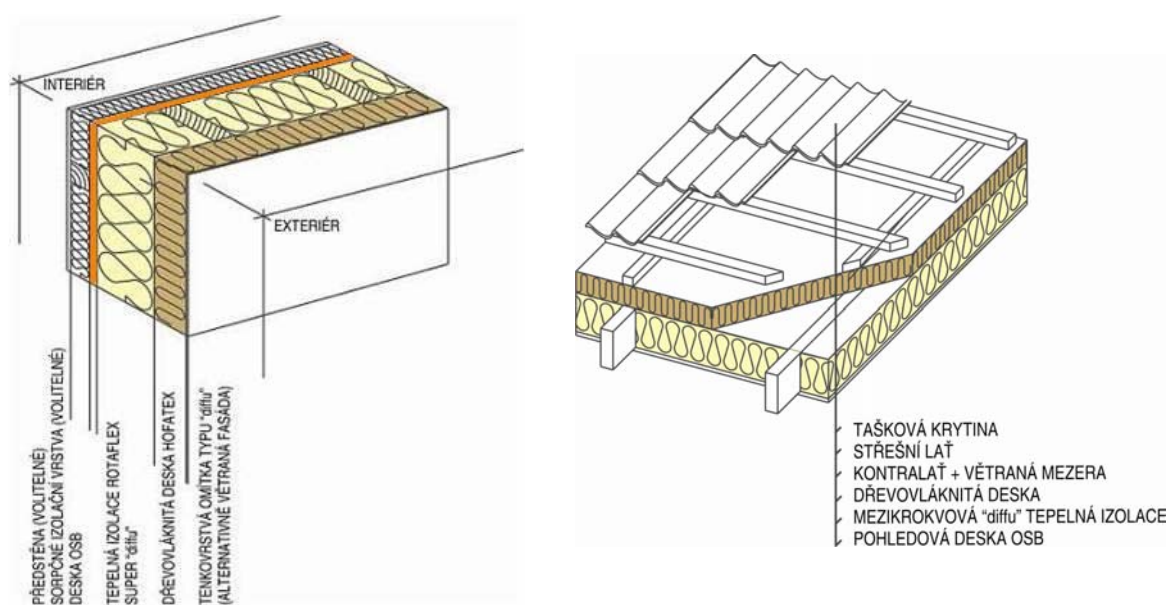
- a. energetické vlastnosti (ochrana tepla); volbou tloušťek příslušných vrstev je možné dosáhnout parametrů, odpovídajícím plášťům pasivních budov,

- b. interiérové a exteriérové úpravy (interiérové předstěny, exteriérové tenkovrstvé omítky či nekontaktní provětrávané systémy).

Základní skladba, která tvoří systémové jádro pláště a je garantem požadavků kladených na konstrukci, je třívrstvý sendvič.

Z požadavku multifunkčního působení jednotlivých vrstev (synergické efekty) a z rámcové znalosti proměny komplexu fyzikálních vlastností dřeva (v závislosti na objemové hmotnosti) byla nakonec pomocí kvantitativní analýzy navržena následující skladba:

- 1) interiérová tuhá deska ($\approx 600-700 \text{ kg/m}^3$); požadované funkce: primární statika, parobrzda, akumulace vlhkosti, akustika,
- 2) měkká výplňová izolace ($\approx 20-50 \text{ kg/m}^3$); požadované funkce: tepelná izolace, parobrzda, sorpce vlhkosti,
- 3) Exteriérová polotuhá deska ($\approx 220-270 \text{ kg/m}^3$); požadované funkce: malá statika (vybočení, pevnost povrchu fasády), tepelná izolace, parobrzda, sorpce vlhkosti při kondenzaci, tepelná kapacita, hydrofobita.



V daných objemových hmotnostech bylo možné využít některé stávající materiály beze změny, některé bylo nutné částečně modifikovat a některé výrobky bylo potřebné zcela nově vyvinout.

Materiálové modifikace

Pro interiérovou tuhou desku bylo možné v zásadě využít existující deskový materiál, tzv. OSB desky. Podmínka, která se ovšem ukazuje jako podstatná, je nutnost použít pouze desky od určitých výrobců. Napohled jinak stejné výrobky totiž zejména z hlediska transportu vlhkosti vykazují překvapivě rozdílné parametry.

Pro vnitřní měkkou výplňovou izolaci se ukázalo být jedním z podstatných kritérií praktické použití. U dřevostaveb je nutno velmi často vyplňovat i značně

členité prostory uvnitř rámu. Zásadní podmínkou je, aby izolace dolehla na rámové prvky tak, aby mezi izolací a okolními konstrukčními prvky nevznikaly vzduchové mezery. Dále se řešila otázka minimalizace pojivových materiálů, dostatečně vysoký difúzní odpor i požární odolnost. Tuto vrstvu jsme řešili ve dvou variantách:

- lacinější materiálové řešení na bázi výrobků ze skleněných vláken (společně s Union Lesní Brána, finální výrobek se dodává na trh pod označením ROTAFLEX SUPER diffu),
- zcela „zelené“, ekologické řešení na bázi ovčí vlny (společně s Jilana a.s., finální výrobek se dodává na trh pod názvem Insofleece®), viz dále.

Pro exteriérovou polotuhou desku se ukázalo jako vhodné řešení využití nelisovaných dřevovláknitých materiálů (novodobí následovníci materiálu typu Hobra). Tyto hmoty mají z pohledu potřeb dřevostaveb řadu zcela ojedinělých vlastností, a jsou v jistém smyslu pravým nositelem kvalitativního posunu v chování celé konstrukce. Mezi zásadní vlastnosti patří zejména vysoká tepelná kapacita, požární odolnost, dobré akustické vlastnosti, sorpce vlhkosti a dobré mechanické vlastnosti.



Dřevovláknité desky bylo nutno částečně modifikovat s ohledem na jejich potenciální rozlupčivost a kvalitu povrchu pro případnou tenkovrstvou omítku. Tato spolupráce proběhla se slovenskou společností Smrečina Hofatex a.s. Vedle toho bylo třeba zabývat se modifikací difúzních vlastností tenkovrstvých omítek (dostatečná propustnost pro vodní páru). Tyto modifikace byly uskutečněny ve spolupráci se slovenskou společností JUB (finální výrobek se dodává na trh pod označením JUB diffu).

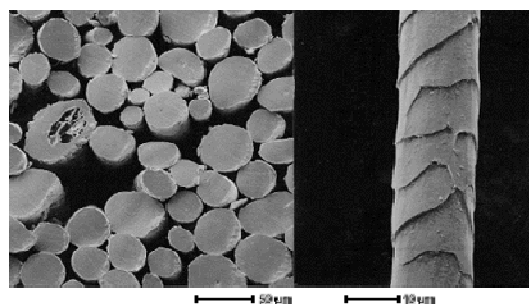
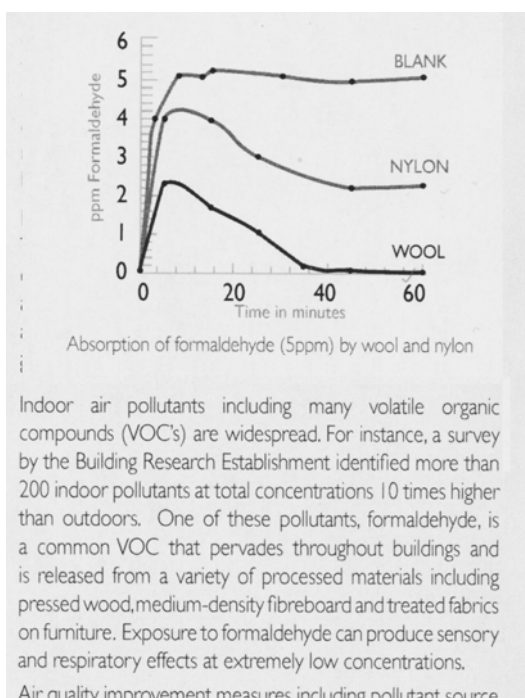
Vývoj nového výrobku

Vývoj nového výrobku si vyžádala idea izolačního materiálu na bázi ovčí vlny. Přistoupilo se k němu z několika důvodů.

- *Perspektivní materiálová báze:* ovčí vlna je obnovitelným surovinovým zdrojem, přičemž její zpracování v průmyslovém měřítku má další širší kontexty (řešení problémů kultivace podhorských krajinných oblastí, nové

pracovní příležitosti; cesta, kterou se vydala řada okolních států vč. subvencí pro stavebníky)

- *Vysoká sorpční schopnost*: vlastnost, která je využitelná ke stabilizaci vlhkosti v interiérech, a to nejen jako materiál do obalových konstrukcí, ale i do vnitřních stěn, příček, podhledů atd.).
- *Technologie kolmého vlákna*: katedra netkaných textilií TU Liberec vyvinula strojní zařízení, umožňující výrobu izolačních materiálů „s kolmým vláknem“ (vlákno kolmé k rovině izolační rohože). Následkem toho je výsledný materiál dobře zpracovatelný a vykazuje vysokou a trvalou pružnost.
- *Environmentální aktivita*: specializovanou vlastností, která je ve spektru současných stavebních materiálů unikátní, je schopnost ovčí vlny pohlcovat (adsorbovat/absorbovat) různé chemické látky, které škodí lidskému organismu. Mezi prokázané látky patří například formaldehydy, složky cigaretového kouře, ozón a PCB. Ovčí vlnu tak lze využít nejenom jako tepelnou izolaci a stabilizátor vlhkosti v interiérech budov, ale také jako přirozený „čistič“ vzduchu (odtud označení „environmentálně aktivní“).



Celkově lze konstatovat, že materiálová část vývoje výrobku se ukázala jako časově (i finančně) nejnáročnější částí práce a jenom doložila jednoznačně rostoucí roli materiálového inženýrství pro další rozvoj stavebních konstrukcí.

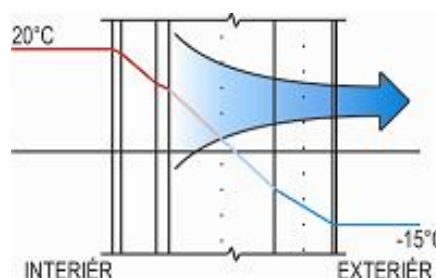
Experimentální ověřování

Po získání potřebných konstrukčních materiálů a ověření jejich specifických vlastností bylo možné přistoupit k ověření vlastností pláště jako celku.

Oblasti experimentu:

- stavebně-fyzikální ověření (prostup tepla, vlhkostní chování)
- požárně statické ověření (požární zkouška obvodového panelu pod statickým zatížením).

Stavebně-fyzikální ověření vlastností bylo prováděno na CSI Praha ve velké klimatické komoře (vzorek stěny o velikosti 2,2 x 2,5 m). Zkouška trvala 14 dní a potvrdila výpočty predikované vlastnosti konstrukce (resp. prokázala vlastnosti lepší, než které kvantitativní analýza předvíдалa). V komoře byl vytvořen ustálený teplotní a vlhkostní stav, teplota a rh „interiéru“ 20°C / 65%, teplota a rh exteriéru -15°C / 50% (prakticky suchý vzduch).



Jedním z nejzajímavějších výsledků experimentu byl efekt zimního vysušování. Vzorek byl do klimatické komory vložený s hmotnostní vlhkostí rámoviny na úrovni asi 12-14% (běžná hodnota, typická pro konstrukční dřevo). Po krátké době však čidla prokázala pokles hmotnostní vlhkosti na 6-7%. Tedy v podmínkách, kdy bychom měli očekávat v konstrukci kondenzaci par nebo alespoň rostoucí hmotnostní vlhkost materiálů (sorpce), konstrukce naopak dramaticky vyschla. Tento efekt je neobyčejně důležitý zejména s ohledem na potřebnou regenerační schopnost konstrukcí v případě havarijní vlhkosti.

Požárně-statické ověření proběhlo ve zkušebně PAVUS ve Veselí nad Lužnicí. V nejsubtilnější konfiguraci stěny prokázala konstrukce pod statickým zatížením požární odolnost interiéru / exteriéru hodnotami 90 / 120 minut, což je na dřevěnou konstrukci odolnost velmi dobrá.

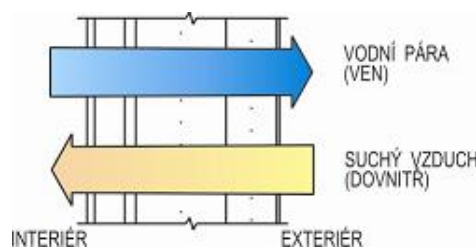


Přehled dosažených technických vlastností

Navržená konstrukce prokázala, že odpověď na druhou otázku, totiž zda je vůbec možné za současného stavu této materiálové základny pláště dřevostaveb v duchu zásad moderního stavitelství konstruovat, je jednoznačně kladná. Následující výčet dosažených vlastností toto tvrzení dokládá.

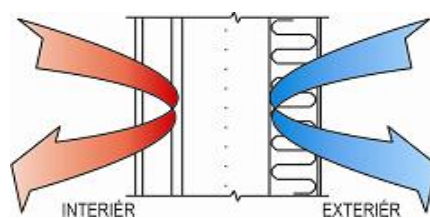
Difúzní otevřenost

Skladby konstrukcí neobsahují žádné parozábrany, které by bránily prostupu vodních par a suchého vzduchu stěnou či střechou. Tento fakt pozitivně ovlivňuje kvalitu vnitřního mikroklimatu ze zdravotního hlediska a umožňuje určité „dýchání“ konstrukcí stěn a střešních plášťů.



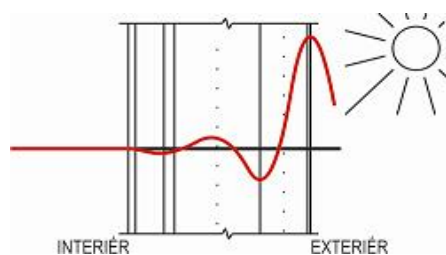
Energetická úspornost

Vynikající tepelně izolační vlastnosti používaných materiálů umožňují vytvářet objekty a konstrukce s minimálními energetickými ztrátami. Podle volitelných variant tlouštěk jednotlivých vrstev konstrukcí je možné dosáhnout parametrů nízkoenergetického až pasivního domu.



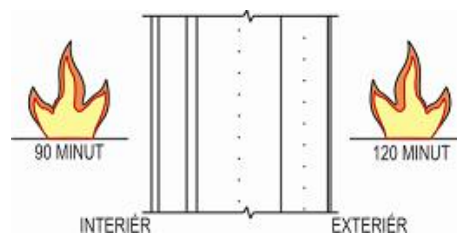
Tepelná stabilita

Díky užití dřevovláknitých desek, které mají značně vysokou tepelně akumulaci schopnost, nedochází k letnímu přehřívání objektů. Odstraňuje se tak jedna z mála nevýhod dřevostaveb – jejich malá tepelná stabilita (zejména s ohledem na letní období). Fázový posuv teplotního kmitu dosahuje hodnot 7 až 13 hodin.



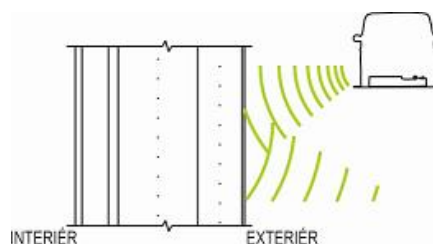
Požární odolnost

Používané materiály mají značnou požární odolnost. Při hoření jejich povrch zuhelnatí a zamezí tak rychlému šíření požáru do nitra konstrukcí. Výsledkem je nadstandardní požární odolnost konstrukcí, která dosahuje hodnot 90 minut z interiéru a 120 minut z exteriéru.



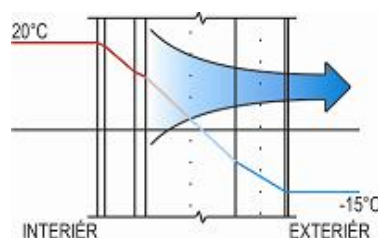
Zvukoizolační schopnost

Plošná hmotnost dřevěných konstrukcí diffuwall® je vlivem jejich skladeb a použitých materiálů vyšší, než je tomu u běžných dřevostaveb. Z toho plyne i vyšší zvukoizolační schopnost. Objekty proto lépe izolují proti hluku ve vnějším prostředí staveb.



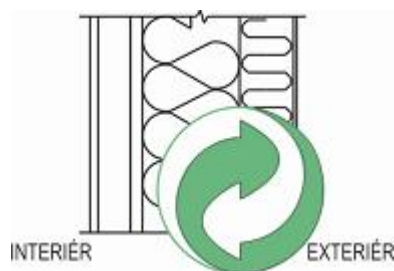
Regenerační schopnost

Difúzně otevřená konstrukce má schopnost zbavit se případné nadměrné vlhkosti. Ta se v konstrukci může objevit, dojde-li například k uzavření nadměrné vlhkosti během výstavby nebo dojde-li k havarijní situaci (kapající rozvody vody, poškození konstrukce apod.). Difúzně otevřená konstrukce v mrazivém počasí automaticky vysychá.



Ekologie a zdravotní nezávadnost

Konstrukce diffuwall® lze realizovat výhradně s použitím ověřených, ekologických, zdravotně nezávadných materiálů (tepelné izolace z dřevěných vláken a z ovčí vlny). Proto jsou tyto konstrukce šetrné k životnímu prostředí a vytvářejí zdravé prostředí uvnitř staveb.



Certifikace, užitný vzor

Inovativní koncept konstrukce vyvolal paradoxně potřebu úplné certifikace především z toho důvodu, aby byla překonána nedůvěra projektantů a realizačních firem. V současnosti je to jediná certifikovaná difúzně otevřená konstrukce v ČR a je chráněna užitným vzorem a obchodní značkou diffuwall®.



Realizace

V roce 2008, kdy byla konstrukce diffuwall® uvedena po ukončení certifikace na trh v ČR, v ní bylo realizováno řádově desítky objektů. V současnosti se připravuje použití rovněž na bytové domy, a to jak na střešní, tak i na obvodové pláště.



Odpověď na druhou otázku - zda je vůbec možné za současného stavu techniky pláště dřevostaveb v duchu hesel doby konstruovat zní tedy – ano.

4. Další perspektivy

V souvislosti s koncepčními úvahami o dalším vývoji plášťů dřevostaveb došel habilitant k následujícím závěrům:

- *Jednoznačná perspektiva biomateriálů*
Je zjevné, že využití biomateriálů bude nezbytné v kontextu udržitelného rozvoje ve stavebnictví. Podrobnějším rozbořem však dokonce docházíme k závěru, že jejich využití je primárně žádoucí proto, že tyto materiály vytvářejí zjevně pro člověka nejpřirozenější životní prostředí. Paradoxně by tak hlavním (a tržně fungujícím) motorem pro aplikaci biomateriálů do staveb mohly být především argumenty „zdravých budov“.
- *Jednoznačná správnost difúzně otevřeného konceptu*
Stávající koncept plášťů dřevostaveb je z pohledu svých historicky podmíněných konstrukčních východisek fosilií, která nemůže odpovídat současným požadavkům a trendům. Zdůvodnění tohoto závěru plyne z kontextu přednášky.
- *Aplikace na bytové domy a občanskou vybavenost*
Experimenty prokázaly, že pláště na bázi dřeva jsou ve většině situací plnohodnotným konkurentem stávajících plášťů (vesměs na silikátové bázi). Zdá se proto, že v tomto smyslu neexistuje zásadní důvod, proč nepoužít konstrukci na bázi dřeva jako samonosný plášť i na zděné, betonové či ocelové primární nosné konstrukce budov. Problémem, který bude nutné podrobněji dořešit, je požární odolnost u vyšších objektů. Tato otázka se netýká primárně odolnosti plášťových konstrukcí „v ploše“, kterou lze relativně snadno řešit vnějším obkladem z desek protipožárního typu. Problémem, který vyžaduje seriózní experimentální ověření, je zejména zajištění dostatečné požární odolnosti v oblasti perforací plášťů, tj. například v místech oken, dveří, světlíků atd.
- *Přechod na dvouvrstvé systémy a strukturní prvky*
Jak již bylo v přednášce konstatováno, zásadní roli do budoucna bude hrát ve vývoji konstrukcí materiálové inženýrství. Tak jak se bude dařit modifikovat vlastnosti výchozích materiálů a dosahovat stále lepších synergických efektů, tak bude možné konstrukce samy o sobě zjednodušovat a vytvářet je na míru požadavkům uživatelů. V oblasti plášťů na bázi dřeva lze v první etapě očekávat zjednodušení systémů z tří- na dvouvrstvé, v druhé etapě potom přechod na tzv. strukturní prvky. Ty jsou charakteristické tím, že mají proměnnou hustotu tvořícího materiálu - v daném případě dřevěné vlákniny - po tloušťce plošného prvku. Řízením hustoty bude možné do značné míry budoucí vlastnosti plášťů „programovat“ přesně podle uživatelských potřeb.

V souladu s výše uvedenými prognózami se zdá, že i na třetí otázku, totiž zda by bylo možné pláště na bázi dřeva aplikovat i konstrukce z jiných materiálů, zní odpověď ano.

5. Literatura:

- 1) Pánek, J., Krňanský, J.: Technicko-fyzikální analýza staveb, skr. FSv ČVUT Praha, 1990
- 2) Krňanský, J.: Building Structures: Engeneering Physical Analysis, monografie, vydavatel TU Liberec s finanční podporou programu Erasmus, Liberec 2007
- 3) Hutcheon, B. N., Handegord G.O.P.: Building Science for cold chmate, John Wiley and Sons, Toronto 1980
- 4) De Boehr J. H.: The Dynamical Character of Adsorption, Clarendon Press, Oxford 1968
- 5) Ponec V., Knor Z., Černý S.: Adsorpce na tuhých látkách, SNTL Praha 1968
- 6) Mrlík F.: Vlhkostné problémy stavebných materiálů a konstrukcí, Alfa, Bratislava 1985
- 7) Vodák F.: Fyzika kontinua I., skr. FSv ČVUT Praha 1979
- 8) Cabicar J.: Fyzikální chemie II (Kinetická teorie látek), skr. FJFI ČVUT Praha
- 9) De Wiest R.J.M. and contributors: Flow through porous media, Academic Press, New York and London 1969
- 10) Hakansson H.: Retarded sorption in wood-experimental study, Lund University 1998
- 11) Horáček, P.: Model vázaného šíření vlhkostního a teplotního pole při sušení dřeva, MZLÚ Brno 2004
- 12) Pereygin L.M.: Nauka o dřevu, SNTL Praha 1962

6. Odborný životopis

Doc. Ing. Jan Krňanský, CSc.

Vzdělání, kvalifikace

- 1976 Střední průmyslová škola stavební Mělník, zaměření na konstrukce pozemních staveb
- 1981 Stavební fakulta ČVUT Praha, obor Pozemní stavby, individuální diferencované studium zaměřené na staticko-konstrukční analýzu
- 1983 postgraduál Metoda konečných prvků, VUT Brno
- 1987 kandidát technických věd v oboru Teorie a konstrukce pozemních staveb,
- 1989 docent pro obor Pozemní stavby

Zaměstnání a další odborná činnost

- 1982 projektant statik Konstruktiva Praha
- 1983-1993 FSv ČVUT Praha, asistent a odborný asistent na katedře Konstrukcí pozemních staveb,
- 1988-1993 odborný asistent a docent na Katedře konstrukční fyziky budov
- 1993- společník, jednatel a ředitel firmy air hammer s.r.o. (cca 15 zaměstnanců) zaměřené na technické poradenství a obchodní činnost, zejména v oblasti dřevěných stavebních konstrukcí. Od roku 2008 pouze ředitel a jednatel této společnosti.
- 1997-2007 společník a jednatel a ředitel firmy air hammer - haubold s.r.o. (společný česko-německý podnik, cca 50 zaměstnanců) zaměřené na výrobu spojovacích prostředků pro dřevěné stavební konstrukce.
- 2003- FA TU v Liberci, vedoucí katedry pozemního stavitelství (člen vědecké a umělecké rady, předseda senátu).
- 2005-2006 Předseda zkušební autorizační komise ČKAIT pro obor Pozemní stavby
- 2006- odborný poradce firmy Insowool s.r.o., zaměřené na vývoj materiálů a technických řešení pro difúzně otevřené stavební konstrukce.

Odborná výzkumná činnost

- 1987 Vliv časového faktoru na namáhání stěnových konstrukčních systémů vícepodlažních budov, kandidátská disertační práce
- 1988- Technicko-fyzikální analýza stavebních konstrukcí. Řešení dlouhodobého vlivu nepřímých zatížení, vyvolávajících objemové změny materiálů, na životnost a trvanlivost stavebních konstrukcí (s důrazem na konstrukce tvořené kombinací více materiálů).

- 2000- Difúzně otevřené obalové konstrukce dřevostaveb, rizika související s organickou materiálovou bází.
- 2003 Vývoj tepelné izolace na bázi ovčí vlny, spolupráce na vývoji výrobní technologie (společnost Jilana a.s.).
- 2004 Vývoj aplikací pro nelisované dřevovláknité desky v oblasti progresivních konstrukcí dřevostaveb (pro společnost Hofatex Smrečina a.s.)
- 2005- Modifikace tenkovrstvých omítkových materiálů pro aplikace na difúzně otevřené obalové konstrukce staveb (pro společnost JUB a.s.)
- 2005- Vývoj tepelné izolace na bázi skleněných vláken pro difúzně otevřené konstrukce, spolupráce na vývoji výrobní technologie (se společností Union Lesní brána a.s.).
- 2006- Vývoj aplikací polymerních nanotextilních materiálů do stavebnictví (spolupráce s kolektivem Prof. Jirsáka, technologie Nanospider).
- 2008 Certifikovaný difúzně otevřený systém na bázi dřeva

Výsledkem výzkumné odborné činnosti jsou technická řešení chráněná Užitnými vzory, která na smluvním základě (Licenční smlouvy nebo Smlouvy o využití know-how) využívá k datu 10/2008 celkem 37 realizačních stavebních společností a 16 projektových organizací.

Odborná činnost pro praxi

- 1995- návrhy průmyslových výrobních linek pro výrobu dřevostaveb panelového typu (např. pro společnosti Allstav Chotýšany, RD Rýmařov, Bučina Zvolen, Axxe Nitra, OÚ Křižany aj., asi pro 15 společností).
- 1995- návrhy technologie upevňování při výrobě stěnových, stropních a střešních dílců s ohledem na jejich staticko-konstrukční působení (asi pro 25 společností v ČR a SR).
- 1995- konzultační poradenská činnost v oblasti statického a stavebně-fyzikálního návrhu obytných staveb převážně na bázi dřeva (asi 50 společností).
- 2006- vývoj a následná spolupráce na technologii výroby tepelných izolací na bázi ovčí vlny, související konzultační a poradenská činnost.
- 2006- vlhkostní vlastnosti dřevoštěpových desek (OSB), pro společnost Kronospan Jihlava
- 2007- ukončen vývoj difúzně otevřeného konstrukčního systému „diffuwall®“ pro dřevostavby (pro společnost Insowool), konzultační a poradenská činnost v souvislosti s distribucí systému mezi stavební společnostmi.

- 2008- vývoj difúzně otevřené stěny na bázi sádrovláknitých materiálů (pro společnost Rigips).
- 2008- vývoj difúzně otevřené stěny na bázi vícevrstevných masivních desek (SWP, pro společnost Agrop).

Publikační činnost

VŠ skripta 3x autor + 6x spoluautor, monografie 1x, 21 článků v odborných časopisech, průběžná účast na odborných konferencích a seminářích, 1 patent, 3 užité vzory.