

Dřevovláknno Pavatex ve střeše s viditelnými krokvy



Ing. Ivo Holub

V poslední době výrazně stoupl zájem o řešení šikmé střešní konstrukce s viditelnými krokvy. Proto se zaměříme na problematiku tepelné izolace na záklopu z dřevěných palubek, přičemž nosná konstrukce krovy (krokve, vaznice, sloupky, kleštiny a další nezbytné části) jsou v interiéru pohledové a vytvářejí architektonicky dominantní prvky.

Materiálová řešení

Klíčový požadavek je tloušťka izolace, která musí splnit normovou hodnotu součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$]. Krátce se zmiňme o nejčastěji používaných izolantech.

- Izolace z minerální (skelné, čedičové) vaty. Realizace je komplikovanější vzhledem ke stlačitelnosti izolantu. Samotný materiál neunes střešní krytinu. Dodavatelé systémů si nutně pomáhají vloženými pomocnými krokvy na distančních podložkách. Pokud vzdálenosti krokví neodpovídají přesně rozměrům vkládaných izolačních rohoží, přibývá navíc pracnost s dořezáváním. Z pohledu letní energetiky a tepelné stability podkroví je to nejméně vhodná varianta.
- Izolace z panelů PUR/PIR. Realizace je snazší, stačí na střešní rovinu položit souvislou vrstvu panelů. Protože materiály mají velice nízký součinitel tepelné vodivosti, je celková tloušťka střechy ze všech variant nejtenčí. Nevýhodou jsou horší akustické vlastnosti a malá

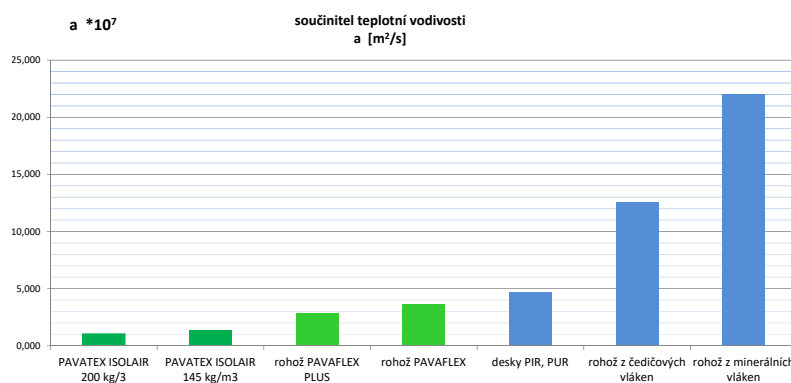
objemová hmotnost v souvislosti s menší tloušťkou. Ty mají za následek nízkou schopnost akumulovat teplo (podkrovní prostor se v letním období brzy přehřeje a následně obtížně vychládá).

- Izolace z dřevovláknitých desek Pavatex. Realizace je snazší, jednotlivé desky se pokládají na rovný povrch v souvislé vrstvě bez tepelných mostů. Obvykle je potřeba dát materiál ve dvou vrstvách na sebe, přičemž je možné použít dvou různých typů. Střecha má velice dobré akustické vlastnosti vzduchové neprůzvučnosti díky větší objemové hmotnosti a vláknité struktuře. Vyšší objemová hmotnost s patřičnou tloušťkou dřevovláknna má také za následek výraznou tepelnou setrvačnost konstrukce (podkrovní prostor se v létě nepřehřívá a není třeba používat klimatizaci). Ze všech tří zmíněných variant jediná splňuje požadavky na zimní i letní energetiku současně.

Výše uvedená tvrzení vyplývají z hodnot fyzikální veličiny zvané součinitel teplotní vodivosti (nezaměňovat se součinitelem tepelné vodivosti).

ČSN 730540 k problematice rychlosti prohřívání stavebních materiálů

Odpověď na otázku, jak se chová tepelná izolace v podmínkách, které respektují realitu, a to je rozměr času, charakterizuje hodnota součinitele tep-



Graf 1 - Sedm materiálů zmiňovaných v tomto článku; graf neobsahuje Hofatex UD, jehož výroba byla ukončena v roce 2013



Obr. 1 - Palubkový záklop nad zděným bungalovem

lotní vodivosti a ($\text{m}^2 \cdot \text{s}$). Norma ČSN 730540-1:2005 - Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie, 4.3.16 k tomu říká:

“**Součinitel teplotní vodivosti** (*temperature diffusivity factor*) a [$\text{m}^2 \cdot \text{s}$], schopnost stejnorodého materiálu o definované vlhkosti vyrovnávat rozdílné teploty při neustáleném vedení tepla, je dán vztahem:

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}$$

kde ρ je objemová hmotnost ve stavu definované vlhkosti, [$\text{kg}/(\text{m}^3)$];

λ součinitel tepelné vodivosti, [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$];

c měrná tepelná kapacita, [$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$].

POZNÁMKY

Podle hodnoty součinitele teplotní vodivosti lze usuzovat na rychlost změny teploty v určitém místě materiálu (stejnorodé vrstvě konstrukce) v důsledku změny jeho povrchové teploty. Čím je hodnota teplotní vodivosti materiálu vyšší, tím je teplota v určitém místě materiálu výrazněji závislá na změně jeho povrchové teploty“.



Obr. 3 - Hofatex UD 100 mm ve třech vrstvách



Obr. 2 - Montáž prostřední vrstvy Hofatex UD 100 mm

Jinými slovy, čím menší je hodnota součinitele teplotní vodivosti a , tím déle trvá, než se teplotní změna na jednom povrchu (reálně v exteriéru) projeví změnou teploty na druhém povrchu (reálně v exteriéru) - viz graf 1.

První realizace rok 2012

První nadkroková izolace realizovaná za spoluúčasti firmy Insowool (**kontakt na str. 25**) byla pultová střecha na zděném bungalovu v roce 2012. Obvodový plášť byl z keramických cihel Heluz (obr. 1). Majitel nás prostřednictvím projektanta oslovil s požadavkem na návrh a dodání dřevovláknitých desek v maximální možné tloušťce. Základním kritériem a požadavkem byla celoroční tepelná stabilita jednopodlažního objektu. Sklon střechy byl 12° . Tomu byly přizpůsobeny kontratlátě tvořící provětrávanou vzduchovou mezeru vysokou 80 mm. Záklop nad stropními trámy byly



Obr. 4 - Nový krov z exteriéru



Obr. 5 - Interiér podkroví, ocel, dřevo a Powerpanel jako pohledový beton

pohledové palubky tl. 18 mm. Po návrzích několika variant byla zvolena deska Hofatex UD, tloušťka 100 mm ve třech vrstvách, celkem 300 mm tepelné izolace. Protože se jednalo o dřevovláknitou izolaci o hustotě 260 kg/m^3 , odpovídala tomu i nadstandardní doba fázového posunu (obr. 2 a 3).

(Materiál: Hofatex UD, $3 \times 100 = 300 \text{ mm}$, součinitel prostupu tepla: $U = 0,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, fázový posun teplotního kmitu: $\Psi = 22,0 \text{ hodin}$, plocha střechy: cca 100 m^2 , projektant: Ing. Miroslav Khol).

Od roku 2016 bylo postupně realizováno více střech tohoto typu. Vyberme dvě zajímavé z letošního roku, které dokumentují široké využití, a to střechu rekonstrukce zděného objektu a střechu nové dřevostavby.

Rekonstrukce původní zděné usedlosti, nový krov

Architektonická a projekční kancelář Studio Raketoplán, s.r.o., nás prostřednictvím projektanta Michaela Švece oslovila s dotazem na technickou podporu při zateplení podkroví. Jednalo se o rekonstrukci původního zděného objektu půdorysu ve tvaru „L“ v obci Choustník u Tábora. Z historických důvodů bylo ponecháno jen průčelí do ulice, ostatní část budovy byla stržena a nahrazena novým zdívem, obr. 4. Majitel nemovitosti měl svoje představy, které s neutuchajícím úsilím projektanti vkládali do stavebních výkresů. Interiérové povrchy se nesou v duchu tradičních stavebních materiálů s vyloučením toho, co lze jedním slovem nazvat „plasty“. Jedinou výjimkou je zateplení soklu nových základů nezbytným EPS. Vymenujme si konkrétní převažující materiály: dřevo a výrobky ze dřeva, ocel, keramika, výrobky na bázi silikátů, sklo a pěnové sklo. Naše práce spočívala v návrhu kvalitní nadkrokové izolace v dostatečné tloušťce tak, aby splňovala podmínky celoročního pobytu v podkroví s důrazem na



Obr. 6 - Powerpanel u okapové hrany



Obr. 7 - Detail Pavatherm-Plus v úžlabí

úsporu energie v zimě a vyloučení klimatizace a přehřívání v létě. Z prvního návrhu tloušťky izolace 160 mm je konečná tloušťka 240 mm.

Konstrukce krovu se vymyká tradičním způsobům, jak je známe po staletí. Je zde v kombina-



Obr. 8 - Střecha s pojistnou hydroizolací připravena pro střešní krytinu

ci ocel (sloupky, část krokví v místě plných vazeb a kleštiny) nesoucí vaznice se zbývajícími dřevěnými krokviemi a vaznicemi, obr. 5. Důvod je prostý, uvolnit vnitřní prostor podkrovní od nežádoucích sloupků a pásků. Rovněž tradiční dřevěný palubkový záklop je nahrazen deskou Fermacell Powerpanel HD. Tím v prostoru mezi krokviemi vzniká souvislá plocha připomínající pohledový beton. Osová vzdálenost krokví je odvozena od šíře Powerpanelu tak, aby spoje desek byly vždy na krokviích (obr. 6 a 7). Fyzikální chování a vzduchotěsnost je řešena parobrzdnou deskou EGGER OSB v tloušťce 22 mm místo tenké fóliové parozábrany. Tím je do střešního pláště vnesena další hmota a současně je vyloučen materiál na bázi plastu. Dřevovláknité desky Pavatherm-Plus 120 mm jsou na sobě položeny ve dvou vrstvách tak, aby byly překryty všechny styčné spáry spodní vrstvy (obr. 8).

(Materiál: PAVATHERM-PLUS, 2 x 120 = 240 mm, součinitel prostupu tepla: $U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, fázový posun teplotního kmitu: $\Psi = 14,1$ hodiny, plocha střechy: cca 400 m², projektant: Studio Raketoplán, s.r.o.)

Dřevostavba kompletně zateplená dřevovláknem Pavatex

I tento projekt se připravoval z pohledu optimalizace tepelných izolací téměř rok. Byli jsme požádáni naším dlouholetým spolupracovníkem – projektantem v oboru difúzně otevřených konstrukcí dřevostaveb - o spolupráci v návrhu zateplení jeho vlastního rodinného domu. Připravená idea dvojice samostatných budov se sedlovou střechou se spojovacím krkem bylo poměrně jednoduché zadání. Obvodový plášť vycházel z certifikovaného difúzně otevřeného systému Diffuwall 2010. Na střešní plášť byl požadavek nadkroevní izolace. Ihned po prvním setkání bylo rozhodnuto o tloušťce izolantu 240 mm.

Svoje slovo k celé realizaci má projektant, investor, budoucí uživatel a stavební dozor v jedné

osobě. V blízké budoucnosti se bude objekt využívat pro bydlení, jako projekční kancelář a v neposlední řadě vzorový dům difúzně otevřené dřevostavby pro budoucí klienty.

Slovo projektanta a majitele

Filosofii návrhu, vývoj a odpovědi na otázky „proč a jak?“ přibližuje Ing. MARTIN ŠKOLOUD.

Co mne vedlo k výstavbě nového vzorového domu a k jeho umístění?

Výsledkem poznatků z doby nedávno minulé je překvapivé konstatování, že většina mých klientů již nehledá pozemky v příměstských satelitech, ale v prolukách obcí či nových lokálních místech určených k zastavění. Většinou to jsou pozemky, které nabízejí něco více než jen „kus“ země určený k možné zástavbě. Dalším společným znakem je i požadavek na to být v kontaktu s přírodou a použít při realizaci stavby přírodní obnovitelné materiály v maximální možné míře.

Na základě těchto dvou hlavních požadavků (a samozřejmě kupy dalších) vznikla myšlenka výstavby nového vzorového domu, který bude splňovat několikrát vznesené požadavky a stane se inspirací pro klienty, kteří chtějí něco více než jen to, co nabízí v současné době stavební firmy a projekční kanceláře. Ruku v ruce s touto myšlenkou musí jít i finanční odpovědnost a zhodnocení daného místa v nejvyšším dosažitelném rozměru.

Jaká byla počáteční vize?

Již od prvních myšlenek jsme věděli, že budeme chtít zachovat znaky lokální architektury tak, aby nový dům co nejvíce zapadl do stávající zástavby. V tomto ohledu jsme byli příjemně překvapeni zjištěním, že uvažovaný pozemek se nachází v chráněné krajinné oblasti Železné hory. Po sjednocení hlavních myšlenek, prvků místní architektury, tvaru a velikosti pozemku, jsme se rozhodli pro vizuál pozemku se dvěma budovami se sedlovými střechami a obdélníkovými půdorysy, které propojuje vstupní objekt s plochou střechou. Toto spojení objektů bude doplněno další hospodářskou budovou, sloužící svému vesnickému účelu, rovněž s plochou střechou.

Stavební systém - zde bylo jasno již na začátku

V návaznosti na požadavky zákazníků na stavbu z přírodních materiálů, naše požadavky na trvale udržitelný rozvoj, ekologii jak při výstavbě domu, během jeho užívání i během případné demolice ve vzdálené budoucnosti a recyklaci použitých materiálů, řešení toho všeho pro nás bylo jednoduché.

Jako stavební systém jsme zvolili sendvičovou dřevostavbu s difúzně otevřenými konstrukcemi. Nosná sloupková konstrukce je ukázána na obr. 9. Toto rozhodnutí jsme učinili v návaznosti na letité zkušenosti s tímto typem konstrukcí, vlastnostmi, které tento systém nabízí a přírodními materiály, z kterých se skládá. Prim v těchto konstrukcích hrají tuhé dřevovláknité desky Pavatex (obr. 10 až 12) a výplňové flexibilní dřevovláknité rohože Pavaflex, dále dřevoštěpové desky s funkcí parobrzdy včetně funkce statické, nosné trámy z konstrukčního dřeva. Jednoznačně převažují materiály, které správně zabudované v souvrství mají vyšší přidanou hodnotu (např.: pevnost, velmi dobré akustické vlastnosti, splňují požadavky letní a zimní energetiky, mají významný obsah přírodních látek, jsou z obnovitelných zdrojů, regenerační schopnost...).

Skladby konstrukcí: co pro nás bylo klíčové při volbě konstrukcí a jejich vlastností?

Základní vlastnosti konstrukcí difúzně otevřené dřevostavby a jejich volba záležela na materiálech, z kterých se tyto konstrukce skládají – a to především na využití přírodních materiálů v maximální možné míře, aby bylo zachováno zdravé vnitřní prostředí. Z tohoto důvodu byly zvoleny konstrukce obsahující dřevěné materiály a materiály ze dřeva vyráběné.

Dalším důležitým bodem při volbě konstrukcí byla energetická úspornost a tepelná stabilita v interiéru objektu. Z tohoto pohledu byly pro nás důležité dvě základní charakteristiky:

- součinitel prostupu tepla U [$W/(m^2.K)$],
- fázový posuv teplotního kmitu ψ [hodina].

Na základě těchto dvou charakteristik byly zvoleny obvodové nosné konstrukce se součinitelem prostupu tepla $U=0,158 W/(m^2.K)$ a fázovým posunutím $\psi=11,8$ hodiny. Konstrukce sedlových střech byly zvoleny se součinitelem prostupu

tepla $U=0,164 W/(m^2.K)$ a fázovým posunem $\psi=13,4$ hodiny.

Úvaha do budoucnosti

Zhodnotíme-li záměr a podíváme-li se do budoucna, tak cílem každého stavitele by mělo být tvoření objektů, které budou mít určitou přidanou hodnotu, „zapadnou“ do okolí a budou respektovat okolní zástavbu a prvky místní architektury. Tyto body by měla zohledňovat každá stavba, jelikož dnes budujeme objekty, které zde mohou stát minimálně několik dalších desetiletí a po celou dobu budou určovat ráz daného místa a krajiny. Budovy by měly splňovat současné parametry výstavby z energetického pohledu a ještě lépe je převyšovat, aby v horizontu několika desítek let byly stále v „dobré kondici“. Stále častěji se setkáváme s požadavkem na zdravé vnitřní klima a návratu k němu tak, jak tomu bylo u staveb z minulosti dávné i relativně blízké – k tomu nám nyní pomáhá „renesance“ přírodních materiálů a staveb z nich, ale i moderní technologie, které se stávají nedílnou součástí soudobých staveb – ať už se jedná o vytápěcí, větrací, stínící techniku. Dobré je si uvědomit i veškeré další návaznosti – pokud vyberu materiály do konstrukcí a technologie, které toto vše splňují, tyto parametry bych měl dodržet i při výběru materiálů a zařizovacích prvků v interiéru tak, aby bylo vše v souladu a fungovalo tak jak má. Dalším zajímavým faktorem je i vysoké procento použitých obnovitelných materiálů.

Výstavba nového vzorového domu splňuje veškeré parametry, které zde byly uvedeny a z našeho pohledu by měla být inspirací pro ty, kteří uvažují v podobném smyslu a mohla plnit i funkci poučnou pro ty, kteří cítí, že právě výše uvedené informace v nich rezonují a vyvolávají první zvědavé otázky a např. i konstatování, že by se také chtěli vydat tímto směrem. My věříme,

(Pokračování na str. 26)



Obr. 9 - Sloupková konstrukce dřevostavby



Obr. 10 - Palubkový záklop s parobrzdnou a vzduchotěsnou fólií

Co pro vás může **pavatex** udělat



LÉTO díky značné objemové hmotnosti, měrné tepelné kapacitě a nízké tepelné vodivosti chrání před horkem



ZIMA díky nízké tepelné vodivosti a značné objemové hmotnosti chrání před chladem



AKUSTIKA díky vláknité struktuře materiálu a vysoké objemové hmotnosti chrání před hlukem



POŽÁRNÍ ODOLNOST díky mimořádné tepelné kapacitě a objemové hmotnosti dlouho chrání objekt před plameny



PROPUSTNÝ PRO PÁRU díky vláknité struktuře a tím nízkému faktoru difúzního odporu umožňuje proces difúze



ZDRAVÉ BYDLENÍ díky přírodnímu materiálu a jeho fyzikálním schopnostem vytváří zdravé prostředí v interiéru



EKOLOGICKÝ MATERIÁL díky technologii výroby a obnovitelné přírodní surovině



Obr. 11 - První řada desek ISOLAIR nad vyhřívanou oblastí střechy

(Pokračování ze str. 24)

že toto je ta správná cesta moderní a udržitelné výstavby.

(Materiál: PAVATEX ISOLAIR, 2 x 120 = 240 mm kompletně nad krokviemi, součinitel prostupu tepla: $U = 0,164 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, fázový posun teplotního kmitu: $\Psi = 13,4$ hodiny, plocha šikmé střechy: cca 210 m², projektant: Navve, s.r.o., Ing Martin Školoud).

Závěr

Vše souvisí s tradičním pojetím dřevostaveb, jak je známe po staletí, tedy bez parotěsných fólií, avšak na principu unikátních vlastností dřeva (obr. 13) a fyzikálních jevů, které nás obklopují ze všech stran. Považujeme za smysluplné „procesy stavební fyziky přijmout a podřídít se jim, než



Obr. 12 - Kompletní zateplení jedné části střechy

se jim složitými technologiemi neúčelně bránit“. Proto předkládáme budoucím klientům a stavebníkům ideu, že difúzně otevřené konstrukce jsou přirozené a že vše podřizovat jen zimní energetice je vzhledem k dosaženým znalostem již dnes krátkozraké. Hermeticky uzavřené budovy s náročnou technologií mají k přirozenosti daleko **(kontakt na str. 25)**.

Literatura

- ČSN 73 0540-1: 2005 - Tepelná ochrana budov Část 1: Terminologie
- ČSN 73 0540-2: 2011 - Tepelná ochrana budov Část 2: Požadavky
- Program TEPLO 2014



Obr. 13 - Pohled do nitra objektu, z budoucího obývacího pokoje do střechy (zdroj obrázků: archiv Inowool, s.r.o. a Ing. Školoud).