

# Pohledové kroky – poznatky a zkušenosti



Ing. Ivo Holub

Tímto článkem volně navazuji na předchozí článek zveřejněný v tomto časopise č. 4/2018. Hovořil o počátečních zkušenostech z období, kdy výrazně vzrůstal požadavek, aby nosná dřevěná konstrukce krovu byla odhalená a stala se tak výrazným architektonickým prvkem interiéru. Byl zde také představen součinitel teplotní vodivosti, který není tak často zmiňován, ale o to větší má vypovídací schopnost (citace ČSN 730540-1: 2005 - Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie).

„4.3.16 součinitel teplotní vodivosti (temperature diffusivity factor) a [ $m^2 \cdot s$ ], schopnost stejnorodého materiálu o definované vlhkosti vyrovnávat rozdílné teploty při neustáleném vedení tepla, je dán vztahem:

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

kde  $\rho$  je objemová hmotnost ve stavu definované vlhkosti, [ $kg/(m^3)$ ];  
 $\lambda$  součinitel tepelné vodivosti, [ $W/(m \cdot K)$ ];  
 $c$  měrná tepelná kapacita, [ $J/(kg \cdot K)$ ].

## 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.“

Jinými slovy řečeno, 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 interiéru).

Ze vzorce teplotní vodivosti vyplývá, že ideální kombinace jsou sice tepelné izolace s nízkou hodnotou součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$ , a zároveň izolace s velkou objemovou hmotností a vyšší měrnou tepelnou kapacitou. Takové izolace dokáží zajistit teplotně příjemné prostředí v interiéru (graf 1).

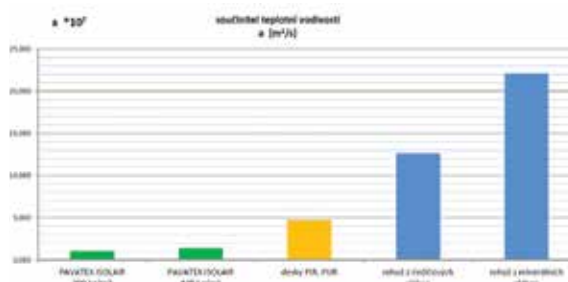
Od doby zveřejnění článku byla realizována řada takových střech a některé zkušenosti z toho nyní předkládám.

## Zjednodušeně co je dřevostavba

Vyslovíme-li slovo „dřevostavba“, každý, ať laik v oboru, nebo člověk pohybující se ve stavebnictví, si může představit mnohá a rozdílná konstrukční řešení. Dnes si obvykle vybavíme obvodový plášť tvořený dřevěnou nosnou konstrukcí z KVH profilů. Zpravidla se jedná o sloupkovou konstrukci staticky podepřenou tuhou konstrukční deskou, nebo samonosnou konstrukci skeletovou. Míra uplatnění dřeva je závislá na konkrétním systému, který stavební firma používá, případně který je projektantovi vlastní.

Některé „dřevostavby“ mají ze dřeva pouze sloupky, parapety a nadpraží. Další materiály jsou na bázi sádky, dále tenké plastové fólie a izolanty z polystyrénu a minerální vaty. V tomto případě je dřevní hmota v obvodovém plášti zastoupena jen několika málo procenty. Pojem dřevostavba je pak diskutabilní a vede obvykle k systému difúzně uzavřenému.

Pojem „dřevostavba“ spíše odpovídá konstrukčnímu pojetí, které využívá deskové materiály na bázi dřeva. Jedná se zde o tepelně izolační dřevovláknité desky Pavatex a desky OSB. Dřevovláknitá deska Pavatex obsahuje přibližně 96 % hmoty dřevních vláken a to je podstatná tepelně izolační složka. Dřevostěpková deska OSB má dvojitý význam, uplatňuje se jako vzduchotěsná obálka obvodového pláště a jako parobrzda regulující difúzi vodních par. V této souvislosti je výsledkem difúzně otevřená konstrukce, která přirozeně inklinuje k použití dřevovláknité izolace. Je zřejmé, že dřevní hmota je v obvodovém plášti pak zastoupena několika desítkami procent. Pojem dřevostavba je tak přesněji vymezen.



Graf 1 – Porovnání součinitele teplotní vodivosti vybraných materiálů

Čistou a ryzí „dřevostavbou“ si mnozí představí domek postavený jen ze dřeva, a to srub nebo roubenku (obr. 1). Stavby tohoto typu se vyznačují specifickými vlastnostmi, které poskytuje pouze tepelně neopracované dřevo:

- příjemná vůně;
- téměř stálá relativní vlhkost v interiéru;
- u některých pachů a nežádoucích složek ovzduší v interiéru;
- obvodová stěna je přirozeně difúzně otevřená;
- objekt se v létě nepřehřívá.

### Proč Pavatex na střechy dřevostaveb

Ve stavební praxi se v naší firmě (**kontakt na 3. str. obálky časopisu**) setkáváme každý rok s více projekty a máme možnost ovlivnit některé realizace ještě před dokončením. Obracují se na nás v lepším případě projektanti, v horším případě budoucí investoři s dotazem, zda a jak lze navrhnout a provést zateplení střešního pláště dřevovláknem. Obě kategorie tazatelů většinou znají, že Pavatex je vhodný materiál, jen přesně nevědí, jak jej uchopit.

S vědomím, že zastřešujeme obvodové stěny, které kromě výplně otvorů a vodorovných spár, jsou tvořeny 100% dřevem, jsou otázky namísť. Navíc téměř vždy máme na mysli pohledové krokve a nadkroevní izolaci. Málokdo se spokojí s jednoduchým, snadným a bohužel opakujícím se schématem projektanta, který ve skladbě střešní konstrukce uvádí: viditelné krokve – palubky – samolepící pás z SBS modifikované živice s hliníkovou vložkou – tepelná izolace PIR – difúzně otevřená fólie – kontralatě, latě a střešní krytina.

Každý investor si uvědomuje, že si srub/roubenku staví s vnitřním přesvědčením, s určitou filozofií, s vědomím všech výhod a nevýhod dřeva. Při nepromyšlené přípravě projektanta naráží na nesourodé materiály a výsledkem je modifikovaná živice s hliníkem a PIR nad hlavou.

Dřevovláknitá izolace nad pohledovými krokvemi



Obr. 1 - Roubenka je ideální dřevostavba s pohledovými krokvemi v interiéru a dřevovláknem Pavatex na střeše

mi (nejen nad roubenkami a sruby) má četné klady a výhody oproti jiným materiálům:

- je vyrobena z obnovitelných zdrojů;
- tvoří ji sourodý a spřízněný materiál se dřevem obvodových stěn;
- dodává střešnímu plášti celoroční tepelně izolační vlastnosti;
- vyniká nadstandardní tepelnou akumulací, kterou jiné materiály nemají.

Střešní plášť s dřevovláknitou izolací má pak tyto vlastnosti:

- je difúzně otevřený;
- obálka je vzduchotěsná;
- v podkroví udržuje celoročně stálou teplotu;
- má nedocenitelnou izolační vlastnost tzv. vzduchovou neprůzvučnost;
- obejde se bez živичné a hliníkové parotěsné fólie;
- využívá difúzní fólii mezi palubkami a Pavatexem;
- má prokázanou požární odolnost v závislosti na průřezu krokví.

### Materiálové řešení nadkroevní izolace dřevovláknem Pavatex

Postupný vývoj a přibývajících zkušeností z realizací nastolily převládající model uspořádání jednotlivých vrstev (schéma 1).

Popis jednotlivých materiálů obvyklého souvrství:

- nosná konstrukce pohledové krokve: vysušené hoblované masivní dřevo, KVH nebo BSH hranoly;
- palubkový záklop: dřevěné palubky, spoj pero-drážka, minimální tloušťka 18 mm, obvykle 20–24 mm; podle přání majitele a návrhu architekta případně deskové materiály na bázi dřeva (překližka, biodeska, osb apod.);
- parobrzdňá a vzduchotěsná fólie: systémová membrána pavatex dsb 2; ekvivalentní difúzní tloušťka sd – 2,0 m.

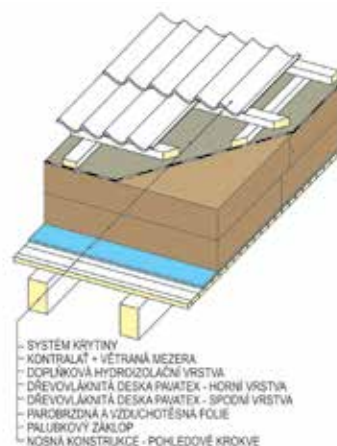


Schéma 1 - Souvrství Pavatex nad pohledovými krokvemi

- dřevoláknitá deska pavatex, spodní vrstva: tuhá dřevoláknitá deska, například pavatherm;  $\lambda = 0,038 \text{ W/(m.K)}$ ;  $\rho = 110 \text{ kg/m}^3$ ; tupý spoj;
- dřevoláknitá deskapavatex, horní vrstva: tuhá dřevoláknitá deska, například isolair;  $\lambda = 0,041 \text{ W/(m.K)}$ ;  $\rho = 145 \text{ kg/m}^3$ ; spoj pero-drážka; deska je hydrofobizovaná;
- doplňková hydroizolační vrstva: systémová membrána pavatex adb; ekvivalentní difúzní tloušťka  $s_d = 0,02 \text{ m}$ ; nebo jakákoliv jiná vhodná difúzní podstřešní fólie splňující požadavky bezpečnému sklonu krytiny a třídy těsnosti;
- kontralatě: minimální rozměr kontralatě je 40/60 mm; provětrávaná vzduchová meze- ra je nutná podmínka pro transport vodní páry.

### Stavebně fyzikální vlastnosti střešního pláště

Posuzujeme-li podle výše uvedeného textu vlastnosti nadkrokevní izolace, máme vždy na mysli majitele stavby a jeho příjemný pocit z pobytu v podkrovních místnostech, většinou ložnicích. Ve snaze umožnit spánek za přijatelné teploty s vyloučením klimatizace, klademe důraz na tzv. letní energetiku, vyjádřenou fázovým posunem teplotního kmitu. V tab. 1 jsou uvedeny dva parametry v závislosti na tloušťce spodní vrstvy (deska PAVATHERM) a tloušťce horní vrstvy (deska ISO-LAIR / COMBI). Žlutě je v tabulce vyznačena doporučená kombinace obou materiálů v tloušťkách 120 + 120 mm:

- zimní energetika: součinitel prostupu tepla  $U = 0,158 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$ ;
- letní energetika: fázový posun teplotního kmitu  $\Psi = 12,6$  hodiny.

### Požární odolnost konstrukce

Experimentální ověření požární odolnosti provedl výrobce dřevolákna ve výzkumném ústavu v Braunschweigu. Model byl připraven podle DIN EN 1365-2 tak, aby byla dosažena požární odolnost 45 minut. Tomu odpovídal navržený průřez krokví 120/240 mm.

Protokol a naměřené teploty během zkoušky posloužily jako výchozí technický podklad k posouzení podle ČSN EN 13501-2. Protokol „POŽÁRNĚ KLASIFIKAČNÍ OSVĚDČENÍ“ č.j.: PKO – 18 – 076/AO204 zpracoval Technický a zkušební ústav stavební v Praze. Výsledné hodnoty požární odolnosti v závislosti na průřezu krokví jsou uvedeny v tab. 2

### Kotvení střešního pláště do krokví

Nezanedbatelným předpokladem pro správný návrh a provedení střešního pláště je statická stránka. Jedná se o kotvení dlouhými vruty. Celé souvrství se šroubuje přes kontralatě do krokví (používají se dlouhé stavební vruty). Do návrhu a posouzení vstupuje několik parametrů: zatížení větrem, sněhem a střešní krytinou, sklon střechy, vzdálenost krokví, délka kontralatí a mechanické vlastnosti tepelné izolace. Výsledkem je počet a vzdálenost vrutů na každé kontralatě. Ze sortimentu spojovacích prvků výrobce se na střešní plášť používají dva typy, přičemž oba se šroubují bez předvrtání.

- TWIN UD – délka 170–520 mm, vrut se záпустnou hlavou a dvojitým závitem; šroubuje se šikmo pod úhlem 30° od kolmice ke střešní rovině. Staticky zajišťuje svislé zatížení.
- HT-T-FH-PT – délka 140–400 mm, vrut s plochou hlavou a jedním závitem; šroubuje se kolmo ke střešní rovině; staticky zajišťuje tahové síly od sání větru.

Isolair Combi $\lambda = 0,041$ $\rho = 145$	NADKROKEVNÍ IZOLACE na palubkovém záklopu PAVATHERM ( $\lambda = 0,038 \text{ W/(m.K)}$ ; $\rho = 110 \text{ kg/m}^3$ )											
	Tloušťka	100 mm		120 mm		140 mm		160 mm		180 mm		200 mm
mm	U	$\Psi$	U	$\Psi$	U	$\Psi$	U	$\Psi$	U	$\Psi$	U	$\Psi$
60	0,230	7,6	0,205	8,8	0,185	9,9	0,169	11,0	0,155	12,2	0,143	13,3
80	0,207	8,9	0,187	10,1	0,170	11,2	0,156	12,3	0,144	13,5	0,134	14,6
100	0,188	10,2	0,171	11,3	0,157	12,5	0,145	13,6	0,135	14,7	0,126	15,9
120	0,172	11,4	0,158	12,6	0,146	13,7	0,135	14,9	0,126	16,0	0,119	17,1
140	0,159	12,7	0,147	13,8	0,135	15,0	0,127	16,1	0,119	17,2		
160	0,147	14,0	0,137	15,1	0,128	16,2	0,120	17,4				

$U$  = součinitel prostupu tepla [ $\text{W/(m}^2\text{.K)}$ ]; tzv. zimní energetika  
 $\Psi$  = fázový posun teplotního kmitu [hodina]; tzv. letní energetika  
 Tab 1 - Stavebně fyzikální vlastnosti souvrství podle schema 1

PROFIL KROKVE		POŽÁRNÍ ODOLNOST
šířka	výška	RE, REI
mm	mm	minuty
80	100 - 240	20
100	80 - 140	20
120	80 - 100	20
100	160 - 240	30
120	120 - 220	30
120	240	45

Tab. 2 - Požární odolnost konstrukce podle průřezu krokve

### Štítové a podélné stěny podkroví

Svislé stěny podkroví nad roubenkami (a ostatními dřevostavbami) jsou zpravidla rámové samonosné konstrukce (obr. 2). Přistupujeme k nim jako k jiným obvodovým stěnám s výjimkou, že ne vždy vyžadují statické posílení deskou OSB. Tepelně izolační výplňový materiál obvykle volíme v souladu s ostatními materiály, a to pružnou dřevovláknitou rohož PAVAFLEX. Difúze vodní páry a vzduchotěsnost je v interiéru řešená membránou PAVATEX DB 3,5 (obr. 3).



Obr. 2 - Podkroví



Obr. 3 - Difúzně otevřená štítová a podélná stěna podkroví

### Realizace střechy nad roubenkou

V létě roku 2018 nás oslovil budoucí majitel roubenky z Posázaví. Měl představu změnit projekto-ovou dokumentaci střechy s minerální vatou mezi a také pod krokviemi parotěsnou fólii a sádrokartonem a to na pohledové krokve s přírodní dřevovláknitou izolací. S tím souvisel požadavek na difúzně otevřenou konstrukci, aby vše bylo v souladu s dřevěnou koncepcí svislých obvodových stěn. Rovněž požadavek na celoroční teplotní stabilitu hrál významnou roli. K realizaci došlo za ne celý rok, koncem jara 2019.

Tepelná izolace střechy je zde poskládaná z dvou vrstev desky PAVATHERM-PLUS (tloušťka 2 x 120 = = 240 mm). Na palubkový podhled je rozvinuta vzduchotěsná parobrzdňá membrána PAVATEX DB 3,5. Majitel měl možnost střechu realizovat svépomocí. Půdorys roubenky má tvar „T“ se stejnou výškou hřebene, sklon sedlové střechy je 30°. Stavba má poměrně velké střešní přesahy podél okapu a podél tří štítů, proto izolační vrstva je položena pouze nad vytápěnou plochou (obr. 4 až 6).

Plocha střechy s tepelnou izolací je 210 m<sup>2</sup>. Na kotvení je použito 200 kusů vrutů TWIN UD 440 mm a 200 kusů vrutů HT-T-FH-PT 360 mm.



Obr. 4 - Souvislá plocha z desek Pavatex





Obr. 5 - Plocha z desek Pavatex před dokončením u hřebene



Obr. 6 - Vymezená plocha pro Pavatex nad vytápěným podkrovím

A jak je s tímto řešením spokojen ten, kdo bude tento objekt obývat? O vyjádření jsme požádali jeho majitele, Agátu a Marka Menšíkových:

„Naším hlavním cílem bylo postavit dům, který bude v souladu s přírodou. Takový, který bude „dýchat“ a bude pro nás vlídným objetím domova. A tak jsme se vydali cestou dřeva. Ideálně čistého dřeva. Roubená stavba si pak přirozeně vyžádala specifické materiály. Například zděná kamna na dřevo (aktuálně v procesu vymýšlení s kamnářem Jiřím Rakušanem), vápenopískové cihly a dřevovláknité izolační desky a další.

Když jsme se rozhodovali o izolaci střechy, vyslechli jsme samozřejmě spoustu nejrůznějších rad a doporučení se zaručenou kvalitou a funkcí. Nás ale oslovilo dřevovláknito a to velmi prostě, totiž ohmatem na veletrhu dřevostavby.

Posléze, během zvažování konečného rozhodnutí, jsme narazili na faktory, které jsme neznali u běžnějších izolačních materiálů, nebo se nikde nezmiňovaly. Především šlo o tzv. fázový posun spojený s objemovou hmotností konkrétního materiálu. Pro nás zcela nová informace. Ta vedla k poznatku o radikálně jiných schopnostech izolace budovy hlavně v letních měsících, kdy teplota pod střešní krytinou může dosahovat až 80°C. Takže jsme naše myšlenky



Obr. 7 - Nosná kostra dřevostavby



Obr. 8 - Parobrzdná vzduchotěsná membrána Pavatex DSB 2 na střeše, obvodová stěna Diffuwall 2010 v přízemí



Obr. 9 - Pokládání desek Pavatex

nasměřovali spíše směrem k ochraně rodiny před letním horkem (ochrana před zimou je myslím při 240 mm nepřerušené izolace samozřejmostí).

Úvaha o letním horku nás také navedla k nadkroevní izolaci, která je prakticky bez tepelných mostů (zrušili jsme i střešní okna). Dřevovláknité desky Pavatex pak dokázaly splnit všechna zmíněná kritéria. Sice ještě nebydlíme, ale věříme našemu instinktu, který je pro nás stejně důležitý jako tabulky a zkušenosti mou-

drých stavitelů. V neposlední řadě se s dřevovláknitými deskami krásně pracovalo a navíc máme v domě viditelné krokve. A to je velký estetický bonus. Pokládku pohledových palubek i celé izolace jsme v pohodě zvládli svépomocí."

### Realizace střechy nad dřevostavbou

Obdobně tomu bylo u realizace nadkroevní izolace a obvodového pláště dřevostavby investora z Královéhradeckého kraje, pana Miloslava Plašila, který byl i jejím stavitel. Původní projekt doznal před realizací podstatných změn. Vnější obvodová stěna difúzně uzavřená se změnila na difúzně otevřený certifikovaný systém Diffuwall 2010. Střešní plášť s parotěsnou fólií a minerální vatou se změnil na difúzně otevřenou souvrství s nadkroevní izolací Pavatex a pohledovými krokvemi. Důležitý argument byl protokol „Požárně klasifikační osvědčení“ střechy s pohledovými krokvemi vyžádaný stavebním úřadem v průběhu řízení o povolení stavby.

Tepelná izolace střechy je nakonec poskládaná ze dvou vrstev desky PAVATHERM-PLUS, tloušťka  $2 \times 120 = 240$  mm. Na palubkový podhled je rozvinuta vzduchotěsná parobrzdná membrána PAVATEX DSB 2. Majitel má velké zkušenosti s dřevostavbami ze své profese, může si celou stavbu řídit a podstatnou část udělat sám. Půdorys dřevostavby má obdélníkový tvar se zastřešeným ochozem podél tří stěn. Sklon sedlové střechy je  $45^\circ$ . Střešní přesahy podél okapu a štítů jsou bez tepelné izolace (obr. 7 až 10).

Plocha sedlové střechy s tepelnou izolací je  $155 \text{ m}^2$ . Na kotvení je použito 150 kusů vrutů TWIN UD 400 mm a 200 kusů vrutů HT-T-FH-PT 360 mm.

(Textové a obrazové zdroje: Insowool s.r.o. ; Technické listy dřevovláknité desky a fólie Pavatex; Program TEPLŮ 2014; Marek Menšík; Miroslav Plašil; Pavatex SA.)



Obr. 10 - Střecha po dokončení, obvodová stěna čeká na dřevěný obklad