

## Měření úniků tepla u dřevostaveb z masívu

Autoři: Doc. Ing. Jiří Hirš, CSc., Hana Janíková, VUT v Brně, FAST, ÚTZB

Ing. Martin Mohapl, Ph.D., VUT v Brně, FAST, ÚTST

Ing. Oldřich Šašinka, MBA, ČMAIRN, o.s., Brno

### Úvod:

*„Dřevo je ideální materiál – zaživa se stará o naše zdravé životní prostředí, mrtvé nám věrně slouží na stavbách, když ho nepotřebujeme, tak se beze zbytku ztratí – dokonalá bezodpadová technologie“. (Ing. Pavel Kubů)*

V českých zemích bylo převládajícím řešením v období středověku pro obytné domy roubení, němečtí osadníci přicházející do české kotliny v průběhu 13. století obohatili tuzemské znalosti o technologii hrázděné stavby. Oba systémy bylo možné kombinovat, jak to ostatně často vidíme dodnes v historických jádrech některých západoevropských měst. (Ing. arch. Josef Smola, převzato z časopisu *Dřevo&stavby*)

Kolébku srubových staveb z opracované kulatiny jsou zřejmě severské země evropského kontinentu a později také Severní Amerika a Kanada. Zpočátku byly sruby stavěny jako provizorní obydlí, proto se jich tolik nedochovalo. Avšak v 70. letech 20. století dochází v USA ke znovuoživení zájmu o srubová obydlí, se všemi důsledky průmyslové řemeslné výroby, využití nových materiálů a konstrukcí, které zvýšily technické parametry a užitnou hodnotu těchto staveb. (Dalibor Houdek, Otakar Koudelka: *Srubové domy z kulatin*, MM Publishing, 3. vydání, 2009)

### Důvody pro měření

V současné době není autorům znám žádný ucelený výzkum v ČR, který by se zabýval problematikou tepelné prostupnosti realizovaných dřevostaveb z masívu (srub/kulatina či roubenka/trámy).

Z tohoto důvodu vznikla na FAST VUT v Brně, Ústavu TZB ve spolupráci s občanským sdružením ČMAIRN, o.s. a firmou OK Pyrus, s.r.o., myšlenka zorganizovat průzkum, který by zmapoval vybrané srubové stavby od různých dodavatelských firem a pokusil se poukázat na přednosti, ale i na nedostatky, jak použitého materiálu-masivního dřeva, tak uvedené stavební technologie – srubové konstrukce.

Příslušné normy sice popisují tepelně technické vlastnosti dřeva i dřevěných konstrukcí, určují výpočtové hodnoty požadovaných koeficientů, ale dále se již nikdo nezabývá posouzením reálných staveb z hlediska splnění projektových požadavků.

Tepelná pohoda a pocitové vnímání tepla je v masivní dřevostavbě vnímáno poněkud odlišně oproti klasickým zděným stavbám. Rovněž tak reakce srubové stěny na kolísání relativní vlhkosti vzduchu v interiéru je odlišná od klasických materiálů. Dřevo má značnou schopnost pohlcovat a zpětně uvolňovat vlhkost v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu, ve kterém se nachází. Je nepochybné, že právě spolupůsobení faktorů vlhkosti a vlastní teploty v místnosti hraje velkou roli na pocit tepelné pohody.

Na stavební fakultě VUT v Brně bylo v minulosti provedeno počítačové modelování tepelně-technických vlastností srubových stěn. Při výpočtech však autoři vycházeli z určitých zjednodušení a byl vyloučen vliv spolupůsobení vlhkosti. Modelování se především zaměřilo na oblast spojů

podélných drážek, k výpočtům bylo použito programu ANSYS 5.7. Řešením složitých rovnic bylo stanoveno, že srubová stěna o středovém průměru klád 350mm ze smrkového dřeva, s podélnou drážkou utěsněnou pomocí nenasákavé minerální vlny a paměťové těsnicí pásky dosahuje výpočtové hodnoty tepelného odporu  $R = 2,67 \text{ [m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}\text{]}$ , tedy její součinitel prostupu tepla činí  $U = 0,374 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}\text{]}$ .

Dalšími ovlivňujícími faktory jsou vzduchová infiltrace detailů, jako jsou podélné spoje klád, spoje obvodových rámců dveří, oken a srubových stěn, spoje mezi základovou konstrukcí a prahovou kládou, prostupy střešní konstrukcí, atd. A v neposlední řadě je nutno vzít do úvahy také tepelně-akumulační schopnost masivních srubových stěn, která pozitivně ovlivňuje celkovou energetickou bilanci.

Je tedy možno konstatovat, že hodnota tepelného odporu srubových stěn má svůj reálný limit, který je dán průměrem použité kulatiny, ale díky poněkud podceňované tepelně-akumulační schopnosti srubových stěn je podle dostupných pramenů (např. *Log Homes Council, USA; National Bureau of Standards, USA*) jeho výpočtem stanovená hodnota v průměru o 30 % nižší než jeho reálná hodnota potvrzená měřeními.

Naše terénní měření v zimních podmínkách (venkovní teploty se pohybovaly od  $-21 \text{ }^\circ\text{C}$  do  $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ ) se zaměřilo především na odhalení problematických míst v konstrukcích srubových stěn, než na potvrzení výše uvedených poznatků, které však našimi výsledky nebyly zpochybněny.

## Cíle

Cíle výzkumu bylo možné rozdělit do několika oblastí.

Měření tepelně izolačních vlastností na 10 srubech

Doporučení pro výstavbu srubových konstrukcí

Tvorba modelu pro energetickou bilanci objektu a teplotní chování vybraných konstrukcí

K tvorbě modelu byl při výzkumu využit dánský software BSim, který umožňuje s využitím klimatických dat pro ČR modelovat energetickou bilanci budov a některé další teoretické výpočty spojené s energetickým chováním budov. Pro modelování teplotního chování vybraných konstrukčních detailů byl použit výpočetní program pro simulaci přenosu tepla a proudění - software CalA, který je vyvíjen na Ústavu technických zařízení budov, FAST VUT v Brně.

## Použité metody

### Sběr dat v terénu

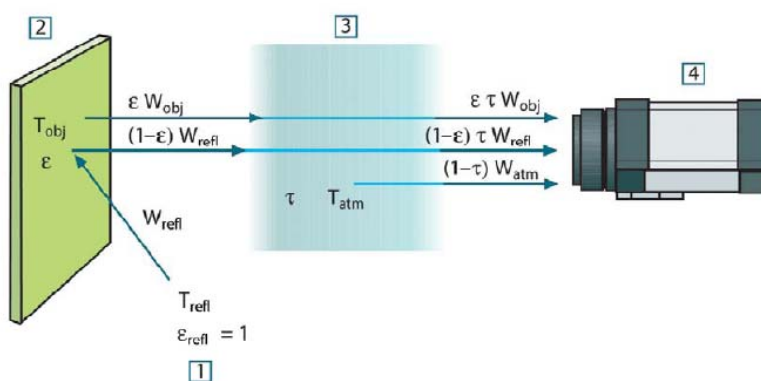
Za stěžejní metodu pro popis chování masivních dřevostaveb jsme zvolili sběr dat v terénu a to především s využitím termokamery. Vytipované stavby byly snímkovány v zimním období, konkrétně v lednu 2010. Pro měření se podařilo využít nejstudenějších dní v období letošní zimy, kdy nejnižší teplota, za které probíhala měření, byla  $-21 \text{ }^\circ\text{C}$  a „nejtepleji“ bylo  $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

V první etapě měření proběhlo v 10 lokalitách na území Moravy, a to výhradně na obytných domech – srubech, zhotovených „kanadskou“ technologií.

Kromě uvedené metody byly majitelům srubů kladeny dotazy z jednotného dotazníku. Jednalo se technické otázky týkající se např. velikosti zastavěné plochy, počtu podlaží, systému vytápění, využití alternativních zdrojů energie a podobně. Odpovědi byly vyhodnoceny a podávají dílčí informaci o technických parametrech těchto staveb.

## Stručně o termografii

Termovizní snímkování se ve stavební praxi používá jako nepřímá bezkontaktní metoda pro analýzu tepelného chování objektu, konstrukce nebo stavebního detailu. Podstatou je snímání infračerveného záření těles. Termosnímkování je založeno na fyzikálním principu, kdy všechna tělesa s teplotou nad 0 K vyzařují elektromagnetické záření. Elektromagnetické spektrum je rozděleno do několika skupin (vlnová pásma) na základě vlnových délek. Termografie začíná pracovat s vlnovým pásmem infračerveného záření. Jeho hranice začíná tam, kde končí viditelné pásmo a končí, kde začínají mikrovlnné vlnové délky. V praxi to zahrnuje měření teplot v rozmezí -40 °C do +10 000 °C. Zjednodušené schéma bezkontaktního snímání teplot je znázorněno na následujícím obrázku.



Obr. 1 Schematický náčrt obecné měřicí termografické situace 1 - okolí; 2 - objekt; 3 - atmosféra; 4 – kamera

Při měření je nutné si uvědomit, že detektor snímá záření nejen z měřeného objektu, ale i záření z okolního prostředí a také odražené z povrchu objektu. Samozřejmě se jedná o zjednodušené schéma. Nejdůležitější podmínkou je správné definování emisivity měřeného objektu. Emisivita nabývající hodnot 0 až 1, je definována jako poměr intenzity vyzařování daného tělesa k intenzitě vyzařování černého tělesa při stejné teplotě.

U termografie se využívá pouze část z celého elektromagnetického spektra a to infračervené pásmo. Toto záření je mimo pásmo lidského vidění. Je proto nutné zachycený obraz teplotního pole transformovat do grafické podoby. Výstupem snímku je termogram, obraz tepelného pole, kde ke každé teplotě je přiřazena barva podle přiložené škály.

Pro pořizování termogramů jsme použili termokameru FLUKE TI 55FT – 20 s objektivem 20 mm. Tato termokamera je kromě objektivu pro infrasnímání vybavena také objektivem klasického digitálního fotoaparátu. Tato hardwarová vlastnost umožňuje pořídit ve stejný okamžik infrasnímek i digitální fotografii ze stejného místa a úhlu. Pokud byly použity objektivy se stejnou ohniskovou vzdáleností je možné tyto snímky následně prolnout. Tato funkce se nazývá Infra Red Fusion.

### Postproces

Při následném zpracování termogramů v postprocesu je možné využít některý z dostupných SW nástrojů. V našem případě byl využit SmartView Fluke Thermography verze 2.0. Tento program nám umožnil detekovat tepelně -technicky nejslabší místa na obvodových pláštích posuzovaných staveb.

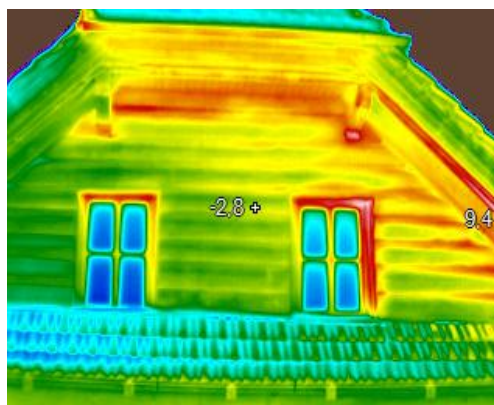
### Expertní posouzení

Dalším krokem je obvykle posouzení konstrukce z hlediska příčin úniků tepla a návrh příslušných opatření.

Na obrázcích jsou patrné zřetelné závady konstrukce štítové stěny, místa s největšími tepelnými úniky jsou zobrazena červeně.



*Pohled na štítovou stěnu objektu*



*Detail štítu, chybně provedena izolace. Viditelný tepelný most v oblasti podbití a ostění okna*

V př  
íští  
m  
pokr  
áčov  
ání  
se  
zam  
ěří  
me  
na

podrobnější popis sledovaných srubových staveb včetně lokalizace nejzávažnějších poruch z hlediska úniků tepla.

### Literatura:

- [1] HIRŠ, J.; ŠPAČKOVÁ, L.; WAWERKA, R., Modelování spotřeby energie budov, příspěvek na konferenci *Building Services and Energy in Buildings*, ISBN 978-80-7204-629-4, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, Brno, 2009
- [2] ŠIKULA, O., Manuál k softwaru CalA, , ISBN 978-80-7399-879-0, Tribun EU s.r.o., Brno, 2009
- [3] JANÍKOVÁ, H., Vyhodnocení termografie dřevostaveb, SVOČ, FAST VUT v Brně, 2010

[4] MOHAPL, M., Možnosti využití technologie INFRA RED FUSION při termodiagnostice staveb, příspěvek na konferenci *XII. Mezinárodní vědecká konference*, ISBN 978-80-7204-629-4, Akademické nakladatelství CERM, Brno, 2009

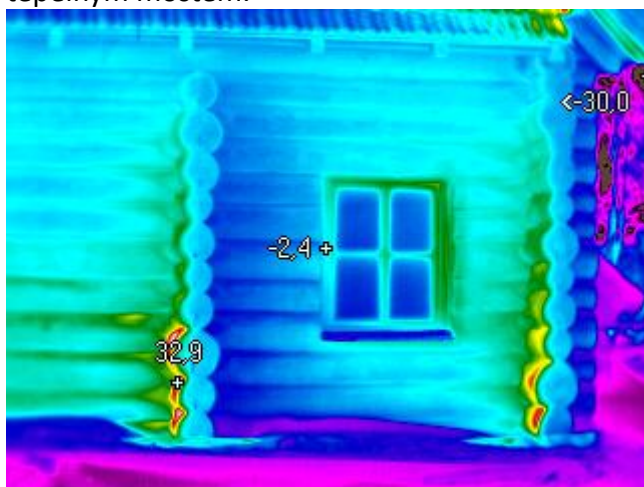
## Lokální problémy s tepelnou vodivostí u masivních dřevostaveb

### Úvod

Kvalita provedení obvodového pláště budov hraje významnou úlohu v zajištění její tepelné ochrany a také k udržení zdravého vnitřního prostředí. Stavby z dřevěného masivu lze považovat za stavebnicové systémy, v kterých je nutné věnovat pozornost zejména dobrému provedení spojů jednotlivých dílů mezi sebou a základovou konstrukcí.

### Spojování dřevěných profilů

Z konstrukčního hlediska je u masivních dřevostaveb velmi důležitá kvalita provedených spojů v obvodové nosné konstrukci. U srubů a roubenek mají dřevěné profily nejen funkci nosnou, ale jsou zároveň jediným tepelným izolantem. U staveb sendvičových se nedokonalé spoje nosné dřevěné konstrukce překryjí tepelnou izolací a finální vrstvou, která vyřeší problém tepelný i estetický. Proto jsou u masivních dřevostaveb nároky na řemeslné zpracování spojů vysoké. Tesařské spoje nutné v místech styku dvou stěn je nutné chápat jako oslabení tepelně izolační hmoty. Tedy i dobře provedený spoj je místo se zvětšeným prostupem tepla a lze jej považovat za malý tepelný most. Jak je vidět na termogramu obr. 1 špatně provedený spoj se stává výrazným tepelným mostem.



Obr. 1 Termogram spojů srubové konstrukce (foto IR20100127\_1129.jpg)

Je vhodné zdůraznit, že popisované nedokonalosti se mohou projevit ihned při prvním zimním období, ale mohou se objevit i později při tzv. dotvarování dřevěné konstrukce.

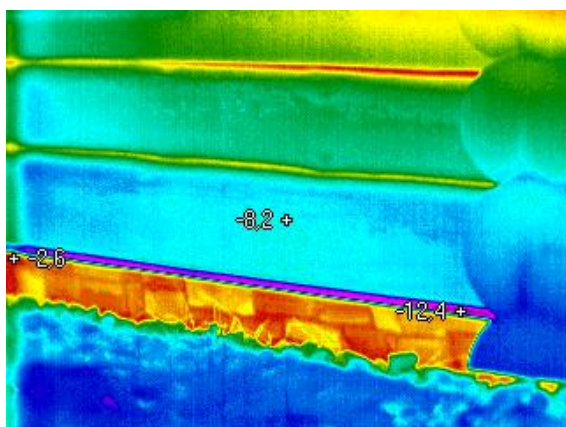
### Problematická soklová oblast

Z našeho dlouhodobého průzkumu mnoha masivních dřevostaveb vyplývá, že nejčastěji se vyskytující a nejvýraznější je tepelný most v oblasti soklu. Typický příklad je patrný na termogramu obr. 2. Červeně prokreslené místo představuje liniový tepelný most. Tento tepelný most se u daného objektu nacházel po celém obvodu vnějších stěn. Výrazně tak přispíval k celkovým tepelným ztrátám objektu.

Ke vzniku místa se zvýšeným tepelným prostupem přispívá hned několik faktorů. Masivní

dřevostavby jsou zakládány většinou na betonové desce, kde je řešen především problém hydroizolace. Tepelná izolace vkládána není a to buď proto, že byla stavebníkem opomenuta, případně je odmítána z důvodů estetických. Tepelná izolace podlah je ložena až v ploše interiéru. Pod zakládacím dřevěným prvkem tepelná izolace není vkládána z důvodů stlačitelnosti většiny tepelných izolantů.

Důsledky popisovaného konstrukčního řešení jsou o to horší, pokud je do podlahy instalováno podlahové vytápění. Z dotazníkového průzkumu, který byl proveden v rámci systematického termosnímkování referenčních staveb vyplynulo, že ve výrazném procentuálním zastoupení bylo v masivních dřevostavbách instalováno podlahové vytápění. Toto technické řešení má logické opodstatnění. Kromě zřejmých výhod podlahového vytápění jako je například možnost použití nízkoteplotních zdrojů tepla, příjemného rozložení teplot vzduchu a komfort při užívání. Nelze také opomenout důvody estetické. Na interiérové straně srubové stěny zavěšený radiátor může působit velmi nevzhledně. Při instalaci podlahového vytápění navíc odpadají problémy s rozvody tepelné soustavy. Důležitý je tedy návrh a provedení tepelné izolace, tak aby se teplo šířilo do oblasti soklu co nejméně.



Obr. 2 Tepelný most v oblasti soklu  
fotoIR20100211\_1477.jpg



Obr. 3 Kritická oblast srubové stavby  
fotoIR20100211\_1477.jpg

### Prostupující konstrukční prvky

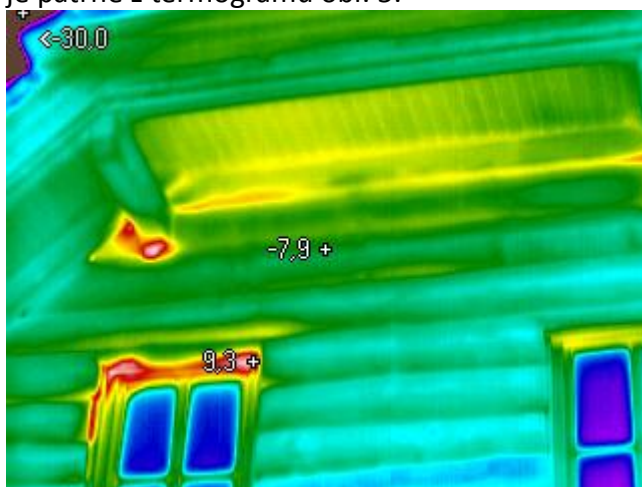
Kromě zmíněných spojů v rozích masivních dřevostaveb nelze na termogramu celé dřevostavby přehlédnout další kritická místa. Jedná se o prostupující konstrukční prvky srubového domu. Z funkčních nebo estetických důvodů prostupují obálkou např. vaznice krovu nebo stropní trámy, které mohou vynášet balkonovou podestu. V těchto místech opět záleží na přesnosti provedení a preciznosti zapravení. Ne zrovna ideální stav dokumentuje termogram na obr. 4.



Obr. 4 Únik tepla v oblasti prostupujícího prvku ( IR20100127\_1128)

### Osazení oken

Při volbě okenních výplní stavebníci srubů volí dřevěné profily s dvojsklem popřípadě trojsklem. Okna jako taková splňují součinitel prostupu tepla garantovaný výrobcem, ale velmi individuální je vsazení do dřevěného ostění. U tradičních zděných domů, kde po montáži oken přichází na řadu dodatečné zateplení je řešení ostění podstatně jednodušší. Celé ostění se z exteriérové strany tepelně zaizoluje. U masivních dřevostaveb se celé ostění většinou pouze olištuje a z tepelného hlediska se toto místo neřeší. Výsledkem bývá liniový tepelný most v okolí jinak kvalitního okna, což je patrné z termogramu obr. 5.



Obr. 5 Výrazný tepelný most v ostění okna ( IR20100127\_1127)

### Závěr

V článku bylo poukázáno s využitím termografické diagnostiky na několik základních chyb při realizaci dřevostaveb z masivu. Těmto chybám lze předejít dodržením zásad montáže a využitím správně vyřešených detailů k omezení tepelných mostů.

**Poznámka: Text neprošel redakční ani jazykovou úpravou!**