



Obr. 1 Srubová stavba kostela za polárním kruhem – Saariselkä, Finsko

Ing. Martin Němec, Ing. Renata Davidová

Stanovení tepelného odporu

1. Úvod

V současné době spotřeba dřeva ve stavebnictví rychle roste a do povědomí lidí se stále častěji dostávají dřevostavby. Odborná veřejnost začíná dokonce hovořit o nadcházejícím období dřevěných konstrukcí. Nejpřirozenější z obytných domů zhotovovaných z materiálů na bázi dřeva je tradiční masivní srubová stavba. Díky přirozenému dýchání (jev sorpce a desorpce, u dřeva s výraznou hysterezí) dřevěných prvků se v místnostech vytváří jedinečné mikroklima, které má jednoznačně pozitivní vliv na celkový zdravotní stav člověka. Ve srubových domech je velmi příjemná atmosféra, která v nás navozuje dávno zapomenutý pocit spojení s přírodou.

Laická i odborná veřejnost je v současné době vystavena tlaku ze strany výrobců stavebních materiálů prezentacemi v odborných časopisech a formou reklam a článků v tematicky zaměřených přílohách deníků. Jsou uváděny hodnoty součinitelů prostupu tepla (dříve hodnoty tepelného odporu), normové požadavky a údaje, o kolik právě jejich výrobek přesahuje požadované, nebo lépe, doporučené hodnoty normy ČSN 73 0540-2 [1]. Ze strany výrobců srubových staveb se však těchto údajů dočkáme velmi sporadicky, tyto firmy správně uvádějí jiné přednosti dřevěných staveb. Stanovení součinitele prostupu tepla srubových staveb (dále jen U_N) je totiž problematické, jak bude uvedeno dále.

2. Problém modelování transportních dějů

Pokud bychom chtěli modelovat transportní děje ve dřevěné stěně přesně, museli bychom se zabývat řešením složitých diferenciálních rovnic a jejich zapracováním do výpočetního programu. Tímto problémem se zabývali tvůrci programu WUFI v Holzkirchenu (Künzel, Krišcher, Krus) [2], u nás Mrlik [3]. Dřevo dokáže vlhkost z interiéru nejen rychle přijímat, ale podle potřeby také uvolnit zpět, a to současně s teplem a funguje potom jako přirozený

zvlhčovač vzduchu interiéru [4]. Tyto vlastnosti dělají ze dřeva jedinečný materiál, při tepelně technických výpočtech však musíme vycházet ze značných zjednodušení. Tepelný odpor v tomto článku je tedy stanoven zjednodušeně pouze na základě samotného průběhu teplot s vyloučením spolupůsobení vlhkosti, je nižší a vychází jen z tvarového uspořádání materiálů o různých součinitelích tepelné vodivosti.

Problém, kterým se tento článek zabývá, jsou vodorovné spoje srubové stěny firmy OK Pyrus, tzn. místo styku dvou na sebe doseďajících klád. Jeho řešení (obr. 2) pomocí polyuretanové pěny, kterou se navíc vyplňovaly neustále se postupně rozevírající nevyplněné spoje, je nevyhovující z hlediska netěsnosti, která je dána neelastičností pěny. Dřevo jako organický materiál mění vlivem vnějších podmínek svůj tvar. Vnitřní napětí při vysychání dřeva způsobuje trhliny. Důsledkem toho se spoje stěny začaly rozevírat, konstrukce již netvořila kompaktní celek a do interiéru začal proudit nežádoucí studený vzduch z exteriéru. Bylo nutné provádět stále častěji se opakující nákladné dodatečné opravy.

Tento detail srubové stěny byl posléze nahrazen jinou tvarovou variantou s těsnicím páskem a výplní elastickou nenasákavou mi-

nerální vlnou (obr. 3). Těsnící pásek byl zvolen pro svou elastičnost, tedy schopnost kopírovat tvarové změny dřeva v místě spoje.

3. Grafické výsledky výpočtu teplotního pole

Výpočet dvourozměrného stacionárního teplotního pole obvodové srubové stěny byl proveden programem ANSYS 5.7 [5] pomocí plošných prvků PLANE 55. Při výpočtu byly zohledněny tyto okrajové podmínky:

Teplota vzduchu v interiéru $\theta_i = 20^\circ\text{C}$

Teplota vzduchu v exteriéru $\theta_e = -18^\circ\text{C}$

Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně

$$R_{si} = 0,125 \text{ m}^2\text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

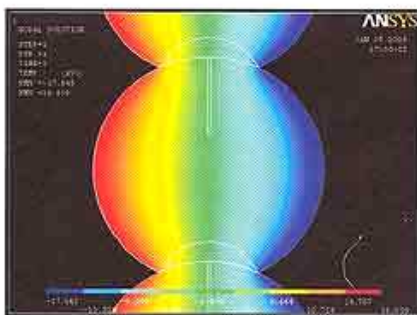
Odpor při přestupu tepla na vnější straně

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

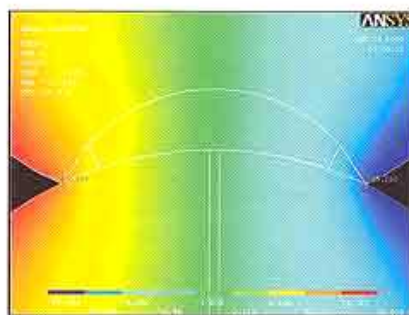
Příslušní součinitelé tepelné vodivosti λ – viz. tab. 1.

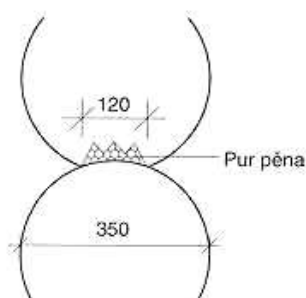
Tabulka 1: Součinitelé tepelné vodivosti [6], [7], [9]

Materiál	Návrhová hodnota součinitele tepelné vodivosti λ (W/m.K)
Dřevo – smrk	0,13
Tepelná izolace	0,04
Těsnící páska	0,055
Vzduchová mezera	0,046

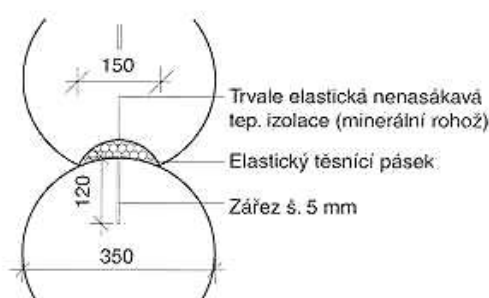


Obr. 4 Teplotní pole stěny

Obr. 5 Minimální teploty na povrchu stěny ($\theta_{\text{min}} = +15,355^\circ\text{C}$, $\theta_{\text{max}} = -15,853^\circ\text{C}$)



Obr. 2 Původní řešení detailu spoje stěny



Obr. 3 Nové řešení detailu spoje stěny

dřevěné srubové stěny

4. Výpočet tepelného odporu

Pro stanovení hodnoty tepelného odporu opakujícího se segmentu stěny, resp. jejího součinitele prostupu tepla, bylo použito hodnot teplot na površích stěny, které byly vypočítány na uzlech sítě, již byl model pokryt a jejíž strany jsou dlouhé přibližně 6 mm. Při výpočtu tepelného odporu jsme vycházeli z faktu, že hustota tepelného toku q má stejnou hodnotu před vstupem do stěny, při průchodu stěnou, i při výstupu ze stěny a ze vztahu pro výpočet hustoty tepelného toku [8]:

$$q_i = q = q_e \quad (1)$$

$$q = \frac{\bar{\Theta}_i - \bar{\Theta}_e}{R} = (\bar{\Theta}_i - \bar{\Theta}_e) \cdot \frac{1}{R_{si}} = (\bar{\Theta}_i - \bar{\Theta}_e) \cdot \frac{1}{R_{se}} \quad (2)$$

kde R_{si} je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně v $\text{m}^2\text{K/W}$,

R_{se} odpor při přestupu tepla na vnější straně v $\text{m}^2\text{K/W}$,

q hustota tepelného toku ve W.m^{-2} ,

$\bar{\Theta}_i$ teplota vnitřního vzduchu,

$\bar{\Theta}_e$ teplota vnějšího vzduchu,

$\bar{\Theta}_s$ střední teplota na vnějším povrchu segmentu stěny,

$\bar{\Theta}_i$ střední teplota na vnitřním povrchu segmentu stěny,

q_i, q_e jednotlivé hustoty tepelného toku.

Tepelný odpor ze vztahu (2) lze vyjádřit takto:

$$R = \frac{\bar{\Theta}_i - \bar{\Theta}_e}{\bar{\Theta}_s - \bar{\Theta}_e} \cdot R_{se} \quad (3)$$

Tímto způsobem stanovený tepelný odpor stěny činí po dosazení příslušných hodnot $2,67 \text{ m}^2\text{K/W}$, tedy $U = 0,374 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$ dle ČSN 73 0510-2. Tato hodnota je nižší než požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro venkovní těžkou stěnu $U_N = 0,38 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$, tedy požadavek uvedené normy splňuje.

6. Závěr

Pokud by při výpočtu bylo použito hodnoty součinitele tepelné vodivosti dle [6] $\lambda = 0,18 \text{ W/m.K}$, nebylo by požadované hodnoty dosaženo. Pro nižší hodnotu λ hovoří poznatky z praxe, kdy s postupujícími roky užívání objektu jsou náklady na vytápění stále nižší, což je způsobeno postupným vysycháním dřeva, tedy zvětšováním podílu vzduchu v jeho struktuře. Stejně tak změna geometrického tvaru (zúžení místa styku klád) by vedla ke zhoršení hodnoty U .

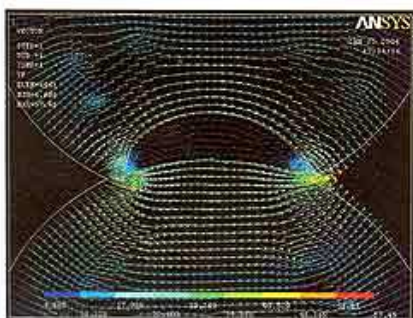
Dalším způsobem naopak zvýšení tepelného odporu stěny by byl jeho výpočet se započítáním příznivého vlivu vlhkosti a tedy se zavedením dalších, značně složitých, transportních rovnic. Tento výpočet je však komplikovaný a není v silách autorů tohoto článku. Asi poslední možností stanovení hodnoty U je laboratorní zkouška prostupu tepla segmentem stěny, ovšem se započítáním příznivého vlivu spolupůsobení dřeva s vlhkostí. Metody stanovení tepelného odporu však pracují s vyloučením vlhkosti z okolí, tedy s minimem ovlivňujících vstupních veličin.

Otázkou zůstává použití jiné metodiky stanovení tepelné technické charakteristik a odlišného hodnocení energetické náročnosti objektů (např. literatura [10]) z podob-

ně se chovajících organických materiálů jako jsou dřevo nebo hlína. Stanovení tepelného odporu z výpočtu teplotního pole s vyloučením vlhkosti se jeví jako nedostatečné.

7. Literatura

- [1] ČSN 73 0540-2: Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky, Český normalizační institut, Praha 2002
- [2] Künzel, H.: Zusammenhang zwischen der Feuchtigkeit von Aussenbauteilen in der Praxis und den Sorptionseigenschaften der Baustoffe, Baufyzik 4, 1982
- [3] MRLÍK, F.: Vlhkostné problémy stavebních materiálů a konstrukcí, Alfa, Bratislava 1985
- [4] BLAICH, J.: Bauschäden, IRB Verlag, Stuttgart, 1994
- [5] SWANSON ANALYSIS SYSTEMS, INC.: Ansys 5.7, Houston, 2001
- [6] ČSN 73 0540-3: Tepelná ochrana budov. Část 3: Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování, Český normalizační institut, Praha 1994
- [7] prEN ISO 10077-2: Thermal performance of windows, doors and shutters, Calculation of thermal transmittance, Part 2: Numerical method for frames (ISO/DIS 10077-2:1998), European Committee for Standardization, Brussels 2001
- [8] HALAHYJA, M., CHMÚRNÝ, Z., STERNOVÁ, Z.: Stavební tepelná technika, Jaga group, v. o. s., Bratislava 1998
- [9] ČSN EN 12524: Stavební materiály a výrobky – Tepelně vlhkostní vlastnosti – Tabulkové návrhové vlastnosti, Český normalizační institut, Praha 2001
- [10] MUIR, D., OSBORNE, P.: The energy economics and thermal performance of log house, A log home guide energy report, technical edition, Canada 1983



Obr. 6 Teplotní pole stěny