

## Současné otvorové výplně na českém a evropském trhu - III

# ANALÝZA FAKTORŮ OVLIVŇUJÍCÍCH POVRCHOVOU TEPLOTU V OBLASTI ZASKLÍVACÍ SPÁRY - ČÁST B

Ing. Roman Jiráček, Ph.D., DECOEN v.o.s., roman.jirak@decoen.cz



Obrázek č. 1 – vzorky okenních konstrukcí.

Prvky mající majoritní vliv na vnitřní povrchovou teplotu v kritických místech otvorových výplní [2] a jejich analýza jsou důležitými kroky k prohloubení znalostí o těchto konstrukcích. Výsledky výpočtů a experimentů mohou napomoci např. volbě vhodných okenních konstrukcí do různých objektů a lokalit. A mohou být základním kamenem dalšího vývoje otvorových výplní. Kriticky nízká povrchová teplota v zasklívací spáře a v rohu zasklení jako důsledek kondenzace vodních par, vzniku plísní a narušení zdravotní a hygienické nezávadnosti vnitřního prostředí, je největším důvodem ke stížnostem a reklamacím [1]. Jako faktory mající největší vliv na povrchovou teplotu byly stanoveny **distanční rámečky, materiál okenního rámu a hloubka uložení zasklívací jednotky**. Předcházející

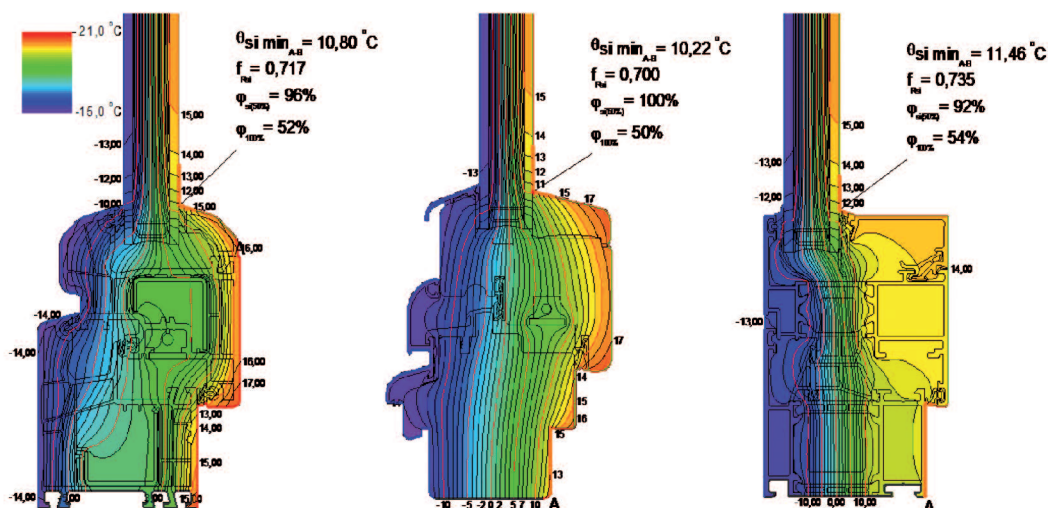
článek [3] se soustředil na distanční rámečky a jeho závěrem byla srovnání distančních rámečků dle jejich tepelně technických vlastností, resp. dle vlivu na vnitřní povrchovou teplotu v oblasti zasklívací spáry. Předložený článek se bude zabývat analýzou zbylých dvou faktorů.

### 1 Vliv materiálu okenního rámu na povrchovou teplotu

Tato část si klade za cíl vyhodnotit chování povrchové teploty v závislosti na třech druzích konstrukcí. Konkrétně se jedná o dřevěný, plastový a hliníkový okenní rám, které byly zvoleny nejhodnějšími reprezentanty nejčastějších materiálů rámu na trhu. Analýza byla provedena pomocí matematických modelů a zároveň bylo provedeno experimentální měření v laboratoři za pomoci dvou klimatických komor.

### 1.1 Zkušební vzorky – analyzované konstrukce

Protože analýza obsahovala i experimentální část, bylo nutné nechat vyrobit tři zkušební vzorky tak, aby všechny faktory, mimo druhu rámu jako analyzovaného faktoru, zůstaly konstantní. Do všech vzorků byla zasklena zasklívací jednotka o součiniteli prostupu tepla  $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  s distančním rámečkem SWISSPACER V tak, aby výsledky nebyly ovlivňovány jinými faktory. Vzhledem ke skutečnosti, že hloubka uložení zasklívací jednotky je považována za jeden z faktorů mající vliv na povrchovou teplotu v naší zkoumané oblasti, a protože zvolené konstrukce mají běžně hloubku uložení odlišnou, byly vyrobeny na zakázku tak, aby hloubka uložení zasklívací jednotky byla u všech vzorků 15 mm. Zkušeb-



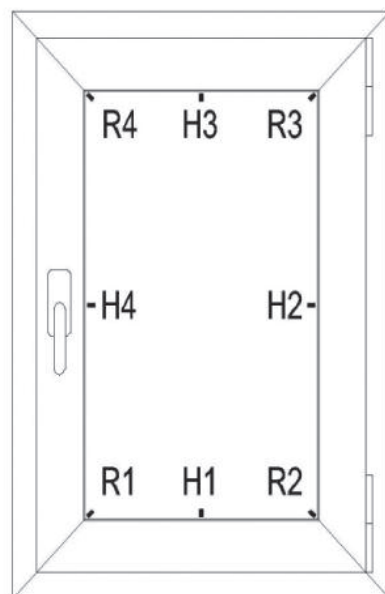
Obrázek č. 2 – grafické výstupy dvourozměrného výpočtu.



Obrázek č. 3 – osazení okenní konstrukce – tepelná izolace.



Obrázek č. 4 – osazení okenní konstrukce – zamezení infiltrace.



Obrázek č. 5 – schéma osazení čidel.

ní vzorky o rozměrech 680 x 720 mm jsou vidět na obrázku č. 1.

## 1.2 Výpočtová analýza vlivu materiálu okenního rámu

Výpočty všech tří druhů okenních konstrukcí byly provedeny za stejných podmínek jako v případě analýzy distančních rámečků v programu Flixo. Na obrázku č. 2 jsou grafické výstupy, které zobrazují hodnotu povrchové teploty a teplotního faktoru v oblasti zasklívací spáry.

Protože všechny ostatní faktory jsou pro jednotlivé konstrukce stejné, lze z těchto výsledků vyzorovat, jakým způsobem materiál okenního rámu ovlivňuje povrchovou teplotu. Nejnižší hodnotu (10,22 °C) vykazala

dřevěná okenní konstrukce. U plastové konstrukce byla vypočtena hodnota 10,80 °C. Nejvyšší hodnotu (11,46 °C) vykazala hliníková okenní konstrukce. Rozdíly mezi jednotlivými materiály jsou cca 0,6 °C, což není v praxi zanedbatelná hodnota.

## 1.3 Experimentální analýza vlivu materiálu okenního rámu

Aby byly výsledky co nejvíce věrohodné, bylo pro potvrzení, resp. vyvrácení výsledků výpočtů provedeno experimentální měření na třech výše popsanych vzorcích okenních konstrukcí.

### Popis experimentu

Experiment byl proveden v Experimentálním centru Fakulty stavební ČVUT v Praze. Pro měření byly použity dvě klimatické komory

CTS-CLIMATIC TEST CHAMBERS 40/350, které svými parametry vyhovovaly požadavkům experimentu. Jednotlivé vzorky byly osazeny do tunelu CTS tak, aby nedocházelo k výměně vzduchu mezi okenní konstrukcí a tunelem a aby připojovací spára byla co nejvíce tepelně izolována. Provedení v případě hliníkové konstrukce je zobrazeno na obrázcích č. 3 a 4.

Připojovací spára byla vyplněna montážní PE pěnou a přelepena neprodyšnou páskou. Na okenní konstrukce byla umístěna teplotní čidla do všech rohů a doprostřed jednotlivých vlysů podle následujícího schématu (obrázek č. 5).

Tunel s osazeným zkušebním vzorkem byl umístěn mezi dvě klimatické komory. První komora simulovala okrajové podmínky vnitřního prostředí a druhá podmínky vnějšího prostředí (byly nastaveny hodnoty stejné jako v předchozích případech  $\theta_{ai} = 21\text{ °C}$ ,  $\theta_e = -15\text{ °C}$ ). Data z teplotních čidel byla přenášena do měřicího přístroje DEWETRON jednou za 0,5 sekundy. Klimatické komory, tunel a měřicí přístroj jsou zobrazeny na obrázku č. 6. Před každým měřením byl ponechán dostatečný čas pro vyrovnání teplot v komoře a ve zkušebním vzorku. Samotné měření trvalo po dobu 4 hodin. Přístroj zaznamenal u každého teplotního čidla 28 800 hodnot. Protože klimatické komory byly schopny udržet nastavenou teplotu s vysokou přesností, vykazovaly výstupy pouze malý rozptyl. Jako výsledek pro zvolené okrajové podmínky tohoto statického měření byla považována nejčastější hodnota ze všech zaznamenaných hodnot.

### Výsledky experimentu

Vyhodnocené výsledky experimentu zobrazuje následující tabulka č. 1. Pro každý vzorek je u daného čidla zobrazena nejčastější hodnota, průměr z naměřených hodnot a velikost



Obrázek č. 6 – laboratoř.

Materiál	Hodnota:	R1	R2	R3	R4	H1	H2	H3	H4
PLAST	Nejčastější	8,77	8,07	13,97	13,69	10,90	13,63	15,82	14,16
	Průměr	8,84	8,07	13,97	13,69	10,90	13,63	15,82	14,16
	Rozptyl	0,21	0,09	0,04	0,06	0,06	0,80	0,04	0,04
DŘEVO	Nejčastější	9,52	9,24	12,53	14,09	10,16	13,28	15,43	15,63
	Průměr	9,49	9,21	12,48	14,05	10,13	13,23	15,40	15,55
	Rozptyl	0,35	0,32	0,42	0,51	0,34	0,38	0,46	0,73
HLINÍK	Nejčastější	10,77	9,76	12,78	13,69	12,07	13,90	14,40	13,68
	Průměr	10,78	9,76	12,78	13,69	12,07	13,90	14,40	13,67
	Rozptyl	0,10	0,05	0,03	0,04	0,07	0,07	0,05	0,05

Tabulka č. 1 – výsledné hodnoty měření.

jejich rozptylu. Rozptyl se ve většině případů pohyboval do 0,1 °C, větší rozdíly zaznamenala pouze dřevěná konstrukce. Nejvyšší teplotu (12,07 °C) v místě teplotního čidla H1 (místo charakteristického průřezu rámu shodné s předešlými modely dvou rozměrných výpočtů) vykazala hliníková okenní konstrukce. Naopak nejnižší teplota 10,16 °C ve stejném místě byla naměřena u okenní konstrukce dřevěné.

Naměřené hodnoty v experimentální části a vypočtené teploty z matematické analýzy prokázaly pouze malou odchylku. V případě dřevěné konstrukce byl rozdíl  $\Delta\theta_{H1,dřevo} = 0,06$  °C, v případě konstrukce plastové  $\Delta\theta_{H1,plast} = 0,1$  °C a největší rozdíl ( $\Delta\theta_{H1,hlinik} = 0,61$  °C) vykazovala hliníková konstrukce. Výsledky experimentu jasně potvrzují výstupy z předcházejících výpočtů v místě charakteristického průřezu rámu, tedy v místě umístění teplotního čidla H1.

Skutečnost, že nejvyšší povrchová teplota byla prokázána u hliníkové konstrukce, se může na první pohled zdát paradoxní. Lze ji ale vysvětlit vysokou tepelnou vodivostí hliníku ( $\lambda = 160$  W/m<sup>2</sup>K), díky které je zvýšena hustota tepelného toku v této oblasti oproti konstrukcím z jiného materiálu ( $\lambda_{dřevo} = 0,13$  W/m<sup>2</sup>K,  $\lambda_{plast} = 0,17$  W/m<sup>2</sup>K), a tak je riziková oblast více zahřívána.

V případech ostatních čidel nebylo vždy pořadí konstrukcí ve vlivu na povrchovou teplotu v oblasti zasklívací spáry stejné. Vzhledem ke skutečnosti, že měření vnitřních povrchových teplot, zvláště u otvorových výplní, je velmi problematickou záležitostí, a protože otvorové výplně jsou složitou a členitou konstrukcí, nelze tuto změnu pořadí u některých čidel reálně objasnit. Přesto by bylo vhodné v místech čidel R1, R2, H1, umístěných ve spodní části konstrukce (v místě, kde je nejvyšší riziko vzniku kondenzátu), se o vysvětlení pokusit.

Profilace svislých a vodorovných vlysů u plastové a hliníkové konstrukce lze považovat

za geometricky shodné. U dřevěné konstrukce tomu tak není. Zde jsou teploty ovlivněny přítomností hliníkové okapnice umístěné ve spodním vlysu. Okapnice díky své vysoké vodivosti snižuje povrchovou teplotu na vnitřním povrchu, proto u dřevěné konstrukce byla v průběhu experimentu naměřena nejnižší povrchová teplota v místě čidla H1. Protože svislé vlysy tuto část již neobsahují, není v místech čidel R1 a R2 její působení zdvojnásobeno, a tak o tolik snížena povrchová teplota v rohu, jako tomu je u ostatních dvou vzorků, které mají svislé vodorovné profily geometricky shodné. Dalo by se tedy také předpokládat, že v případě absence této části okapnice a stejné profilace jako u svislých vlysů by nejnižší hodnotu v místě čidla H1 vykazovala plastová okenní konstrukce.

Výsledky analýzy vlivu materiálů vysvětlují, proč stížnosti na kondenzaci vodních par zabudovaných hliníkových okenních konstrukcí nejsou na prvním místě, jako je tomu u konstrukcí plastových a dřevěných.

Srovnáním hodnot jednotlivých teplotních čidel po obvodu zasklívací spáry u všech tří měření je potvrzen závěr první výzkumné části této práce, že nejnižší vnitřní povrchová teplota se u okenní konstrukce vyskytuje ve spodním rohu zasklívací spáry.

I u tohoto experimentu je patrná odlišnost mezi jednotlivými čidly umístěnými v rozích zasklívací spáry nebo uprostřed vlysů. Přestože geometrie vlysů by měla být mimo dřevěnou konstrukci stejná, naměřila teplotní čidla výrazně odlišné teploty, které by výpočet podle současných normových předpisů nemohl prokázat. Odlišnost je opět přikládána rozdílnému proudění vzduchu v jednotlivých místech.

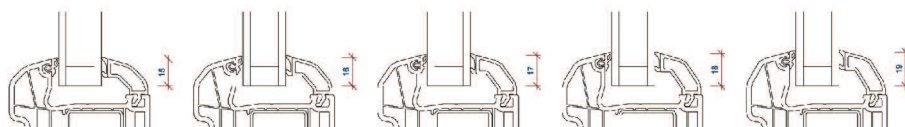
## 2 Vliv hloubky uložení zasklívací jednotky

Posledním analyzovaným faktorem ovlivňujícím povrchovou teplotu v místě zasklívací spáry je hloubka uložení zasklívací jednotky do okenního křídla, popřípadě rámu. V předcházející části byl analyzován distanční rámeček,

čím větší vliv má hloubka uložení na povrchovou teplotu. Například v případě distančního rámečku Aluminium Spacer Bar Bentable rozdíl mezi teplotami v případě 15mm a 25mm hloubky uložení činní  $\Delta\theta_{s15-25} = 3,53$  °C a u nejlepšího rámečku SWISSPACER V pouze  $\Delta\theta_{s15-25} = 1,45$  °C. Stejně tak je možné z grafu vypočítat, že rozdíl mezi distančními rámečky se s vlivem zvyšující se hloubky uložení snižují. Rozdíl mezi zmíněnými rámečky v případě hloubky uložení 15 mm je  $\Delta\theta_{s15} = 4,44$  °C (vzhledem k tomu, že se jedná o nejčastější hloubku uložení vyskytující se na trhu u plastových oken, je tento rozdíl výrazný a potvrzuje význam druhu rámečku) a pro hloubku 25 mm již jen  $\Delta\theta_{s15} = 2,36$  °C.

Další graf č. 2 porovnává chování nejnižší vnitřní povrchové teploty v závislosti na hloubce uložení u všech tří okenních konstrukcí. Průběhy teplot u dřevěného okenního rámu jsou vyneseny pomocí tečkované křivky, u plastového rámu pomocí plné křivky a u rámu hliníkového pomocí křivky čárkované. Pro přehlednost jsou zobrazeny jen dva distanční rámečky.

Na grafu je vidět, že tendence zvyšování povrchové teploty, jak byla prokázána u plastové okenní konstrukce, je shodná pro všechny typy rámu. Touto analýzou byla prokázána závislost vnitřní povrchové teploty na hloubce uložení zasklívací jednotky. Konkrétní průběh povrchových teplot je ovlivněn druhem distančního rámečku a druhem okenního rámu. Jinými slovy závisí na míře přídavného tepelného toku tvořeného napojením zasklívací jednotky a okenního rámu.



Obrázek č. 7 změny hloubky uložení zasklívací jednotky.

### Závěr

Byly analyzovány druhy materiálů okenních ráků a hloubka uložení zasklívací jednotky jako faktory ovlivňující vnitřní povrchovou teplotu v oblasti zasklívací spáry otvorových výplní. Byly vyvozeny následující závěry:

- materiál druhu ráku má značně ovlivňuje povrchovou teplotu v oblasti zasklívací spáry. Nejvyšší teploty byly vypočteny i naměřeny u hliníkové konstrukce, která díky vysoké tepelné vodivosti hliníku zvyšuje hustotu tepelného toku, a snadněji tak přivádí teplotu vnitřního prostředí do místa zasklívací spáry, čímž ji ohřívá,
- se zvyšující se hloubkou uložení zasklívací jednotky do okenního ráku se výraznou měrou zvyšuje vnitřní povrchová teplota, a to nezávisle na druhu distančního rámečku a druhu materiálu okenního ráku. Jejimi druhy je ovlivněna pouze míra zvýšení povrchové teploty.

Na základě vyvozených závěrů lze stanovit pravidla a konstrukční opatření pro zvýšení vnitřní povrchové teploty, respektive teplotního faktoru vnitřního povrchu v oblasti zasklívací spáry otvorových výplní tak, aby bylo eliminováno riziko vzniku kondenzace vodních par a narušení zdravotní a hygienické nezávadnosti jak samotné konstrukce, tak i přilehlého prostředí.

1. Zasklívat izolační skla s distančními rámečky tvořící co možná nejmenší tepelný most.

2. Používat profilaci rámových konstrukcí, která dovoluje co nejhlubší uložení zasklívacích jednotek.

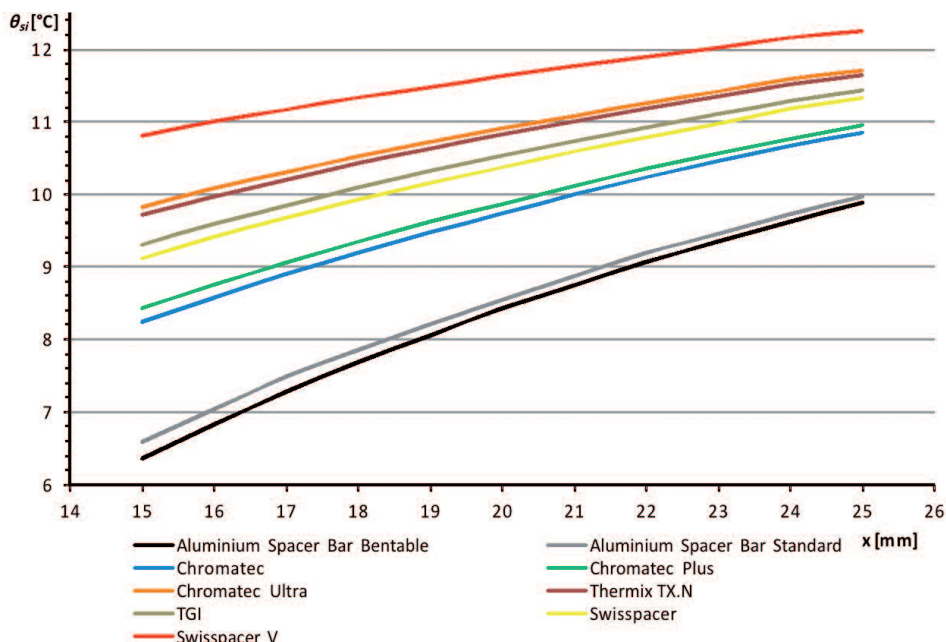
[1] R. JIRÁK, *Současné otvorové výplně na českém a evropském trhu I*, Materiály pro stavbu 2/2013, str. 36. a 37.

[2] R. JIRÁK, *Současné otvorové výplně na českém a evropském trhu II - Nejkritičtější místa z pohledu kondenzace vodních par na vnitřním povrchu*, Materiály pro stavbu 3/2013, str. 21. - 25.

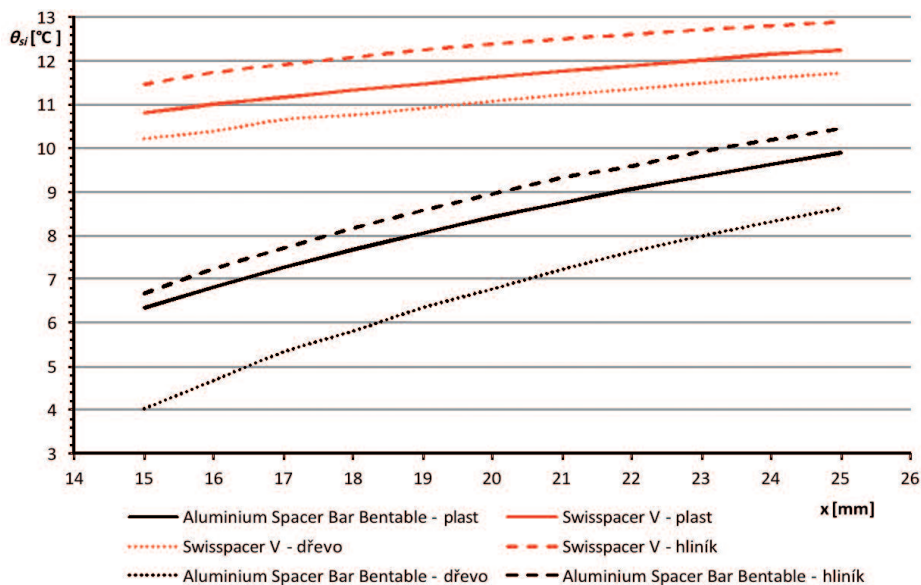
[3] R. JIRÁK, *Současné otvorové výplně na českém a evropském trhu III - Analýza faktorů ovlivňujících povrchovou teplotu v oblasti zasklívací spáry - část A*, Materiály pro stavbu 4/2013, str. 16. - 19.

#### Ing. Roman Jirák, Ph.D. (\*1982)

je soudním znalcem v oboru stavebnictví se specializací na otvorové výplně a tepelnou techniku lehkých obvodových plášťů. Absolvoval doktorské studium na ČVUT Fakultě stavební v Praze. Dva roky pracoval jako tepelný technik ve společnosti Skanska v závodě lehkých obvodových plášťů. Po té strávil čtvrt roku na pracovní stáži v IFT Rosenheim v Německu, kde se soustředil na simulaci transportu tepla skrz LOP a otvorové výplně. V současné době řídí společnost DECOEN v.o.s. zaměřující se na tepelnou techniku a na snižování energetické náročnosti budov.



Graf č. 1 – vliv hloubky uložení ZJ u plastové konstrukce na vnitřní povrchové teplotě v oblasti zasklívací spáry.



Graf č. 2 – vliv hloubky uložení ZJ u různých materiálů okenních ráků na vnitřní povrchovou teplotu

**DECOEN**  
design consulting energy

Tel.: 724 638 998  
Email: info@decoen.cz  
Web: www.decoen.cz

- Soudní znalecké posudky otvorových výplní a LOP
- Průkazy energetické náročnosti budov
- Tepelně technické posudky
- Technický dozor investora
- Energetické audity
- Kompletní projekční činnost