



01

HLEDÁNÍ PŘÍČIN NEDOSTATEČNÉ VZDUCHOTĚSNOSTI STŘECHY RODINNÉHO DOMU V LIBERCI

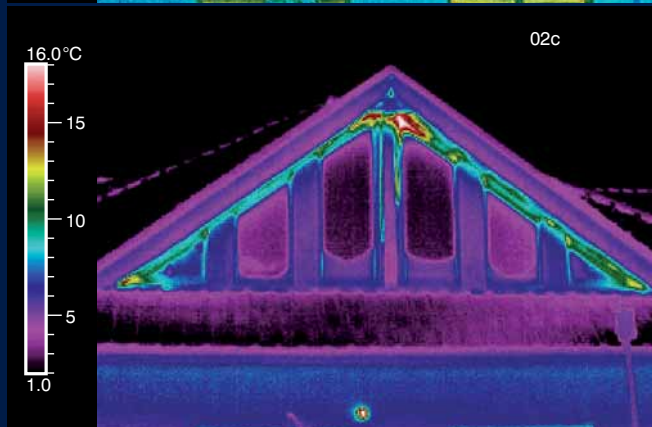
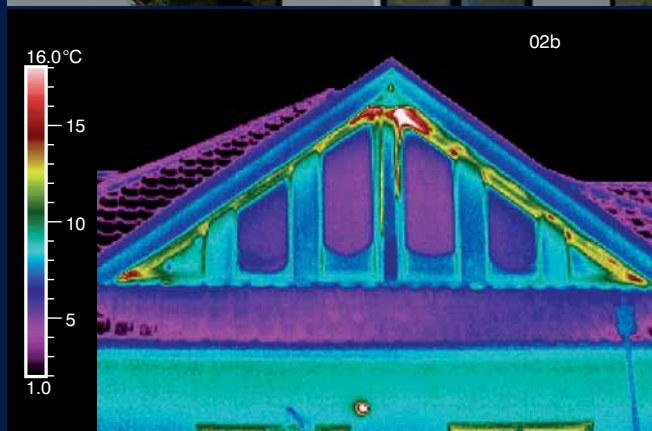
O PROBLEMATICE VZDUCHOTĚSNOSTI RODINNÝCH DOMŮ JSME JIŽ NA STRÁNKÁCH DEKTIME PSALI ([1], [2]). V TOMTO ČLÁNKU BYCHOM SE ČHTĚLI NA TUTO PROBLEMATIKU PODÍVAT Z JINÉHO KONCE. ŘEŠILI JSME DŮM, U NĚHOŽ NAMĚŘENÁ HODNOTA INTENZITY VÝMĚNY VZDUCHU PŘI TLAKOVÉM ROZDÍLU 50 PA MEZI INTERIÉREM A EXTERIÉREM SPLNILA S REZERVOU DOPORUČENOU HODNOTU PLATNOU V ČR, ALE MAJITEL DOMU MĚL PŘESTO V ZIMNÍM OBDOBÍ PROBLÉM ZAJISTIT VYTÁPĚNÍM POŽADOVANOU TEPLotu V NĚKTERÝCH MÍSTNOSTECH.

V rámci reklamačního řízení probíhalo postupné rozkrývání konstrukcí a jejich oprava. Tím se naskytla jedinečná příležitost ke konfrontaci výsledků měření průvzdušnosti s reálným stavem. Dvoupatrová dřevostavba rodinného domu o čtvercovém půdoryse se stranou cca 12 m má přízemí montované z celostěnových panelů s tepelnou izolací mezi sloupky. Stěny jsou z vnější strany opatřeny ETICS. Parozábrana je umístěna kontaktně za vnitřním SDK obkladem. Obytné podkroví je tvořeno stanovou vaznicovou střechou s trojúhelníkovými vikýři ve všech střešních plochách. Tepelná izolace ze skleněných vláken je pod a mezi krokviemi. Z vnější strany je chráněna kontaktní pojistnou hydroizolací z fólie lehkého typu. Mezi střešní krytinou z plechových střešních taškových tabulí a pojistnou hydroizolací je větraná vrstva. Z interiéru je ke krokvim bodově zavěšen SDK rošt, na který je natažena parotěsnicí vrstva z fólie lehkého typu. Stejně jako u stěn je také u střechy SDK podhled v kontaktu s parotěsnicí vrstvou.

Výstavba domu probíhala na přelomu let 2007 a 2008. Měření vzduchotěsnosti metodou Blower-Door test proběhlo v dubnu 2008 ještě v průběhu realizace. V té době už bohužel byla zakryta parotěsnicí vrstva. Naměřená intenzita výměny vzduchu $3,0 \text{ h}^{-1}$ ($2,9 \text{ h}^{-1}$ při podtlaku a $3,1 \text{ h}^{-1}$ při přetlaku) s rezervou splňuje hodnotu $4,5 \text{ h}^{-1}$ v ČR doporučenou pro přirozeně větrané domy. I přes tyto příznivé hodnoty byly termodiagnostikou odhaleny některé nevzduchotěsné detaily a byla doporučena jejich oprava. Především však bylo doporučeno seřízení kování oken.

Pokud je v zimním období bezvětrí, je v interiéru vytápěných objektů obvykle mírný přetlak. Ten je způsoben vyšší teplotou vzduchu v interiéru. Tepelný tok směřuje z interiéru do exteriéru. U nevzduchotěsných detailů jsou potom z exteriéru termografií odhaleny zvýšené povrchové teploty.

Na /obr. 02/ je termovizní snímek jednoho z vikýřů. Na snímku jsou patrné zvýšené a především nerovnoměrné rozložené povrchové

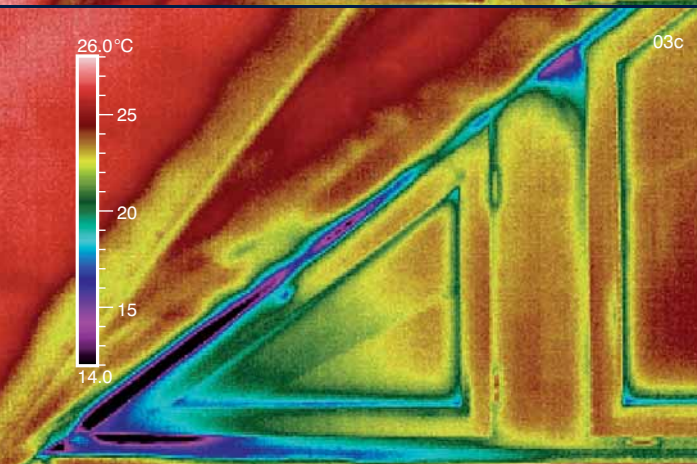
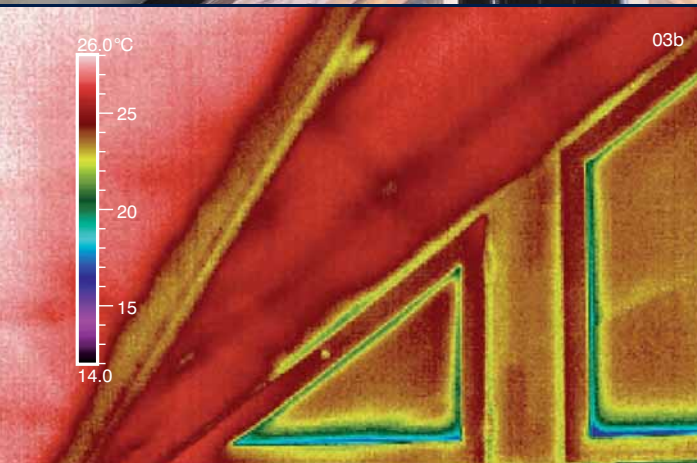


01 | celkový pohled na dům

02a – c | Vikýř z exteriéru. Na termogramu je patrné nerovnoměrné teplotní pole v úrovni nadpraží okna

02b | odražená teplota -35 °C stupnice platí pro plochy vystavené působení oblohy

02c | odražená teplota $4,9 \text{ °C}$ stupnice platí pro části zastíněné jinými konstrukcemi (např. nadpraží okna)



- 03a | Ostrý úhel u parapetu neumožňuje dostatečné vzduchotěsné provedení připojovací spáry
- 03b | Termogram za přirozených tlakových podmínek
- 03c | Termogram při podtlaku v interiéru

teploty v oblasti nadpraží vikýřových oken, které ukazují na pronikání teplého vzduchu z interiéru do exteriéru. Pro vyloučení vlivu odražené teploty od jasné oblohy jsou parametry snímku nastavovány dvakrát.

Na /obr. 03 a 04/ jsou termovizní snímky stejného vikýře z interiéru za přirozených tlakových podmínek a při udržovaném podtlaku v interiéru. Na termovizních snímcích za přirozených tlakových podmínek (bezvětrí) je patrné rovnoměrné teplotní pole v okolí oken. To je způsobeno výše uvedeným jevem, kdy teplo „uniká“ z interiéru do exteriéru a v nevzduchotěsných detailech dochází ke zvyšování povrchových teplot. Při stanovení vzduchotěsnosti domu metodou Blower-Door test se při měření podtlakem obrátí proudění a nevzduchotěsnými detaily dochází k nasávání vnějšího studeného vzduchu do interiéru. Přitom se v okolí nevzduchotěsných konstrukcí snižují povrchové teploty.

Na /obr. 05/ je termovizní snímek okna s chybně seřízeným kováním. Křídlo je v rámu okna vzpříčené a funkční spárou může pronikat větší množství vzduchu.

V průběhu první zimy majitel domu zaznamenal, že v podkroví je průměrná teplota vzduchu o cca 4 až 5°C nižší než v přízemí. Navíc v nejchladnějších dnech nelze koupelnu a dětský pokoj v podkroví vytopit na více jak 18°C. Před druhou zimou byl rozkryt jeden z vikýřů (koupelna). Přitom se zjistilo, že ve střeše je dostatek tepelné izolace /foto 06/, ale že parotěsnicí vrstva střechy a stěn není spojitě napojena na související konstrukce, viz dále. Obdobné vady byly nalezeny i při pozdějším rozkrývání dalších vikýřů (cca po půl roce). V zimě mezi prvním a druhým rozkrýváním bylo provedeno kontrolní měření průvzdušnosti s opětovnou detekcí netěsností termovizní kamerou. Po opravě jednoho vikýře se průměrná průvzdušnost snížila ze 3,0 h⁻¹ na 2,7 h⁻¹.

Připojovací spára okna má mít šířku cca 1 až 2 cm, má být vyplněna

tepelněizolačním materiálem a z obou stran má být uzavřena. Z interiéru se používá parotěsnicí a z exteriéru difuzně otevřená lepicí páska. Na /foto 07/ je patrné, že okno je osazené přímo na dřevěný trám a přípojovací spára má šířku cca 1–2 mm, tzn. je prakticky „nulová“. Obdobně byla přípojovací spára řešena také u ostění a nadpraží. Těsnicí pásky zcela chyběly a navíc je parotěsnicí fólie stěny seříznutá s hranou parapetu /foto 07/. V úrovni parapetu tedy byla parotěsnicí vrstva zcela přerušena. U čela vikýře byla parotěsnicí fólie ukončena volně /foto 08/. Detail na /foto 08/ odpovídá detailům na /obr. 03 a 04/ v interiéru. Obdobně nebyla fólie vzduchotěsně přilepena k hřebenové vaznici /obr. 09/. Na fotografii z interiéru je patrná prasklá spára mezi SDK deskami. Na /obr. 10/ je potom nároží, kde byla fólie namačkaná a nedostatečně slepená.

Velmi zajímavý je fakt, že na domě byla prokazatelně chybně provedená parotěsnicí vrstva, ale výsledky měření průvzdušnosti byly vyhovující. Dle našeho názoru mají tuto anomálii na svědomí dvě příčiny:

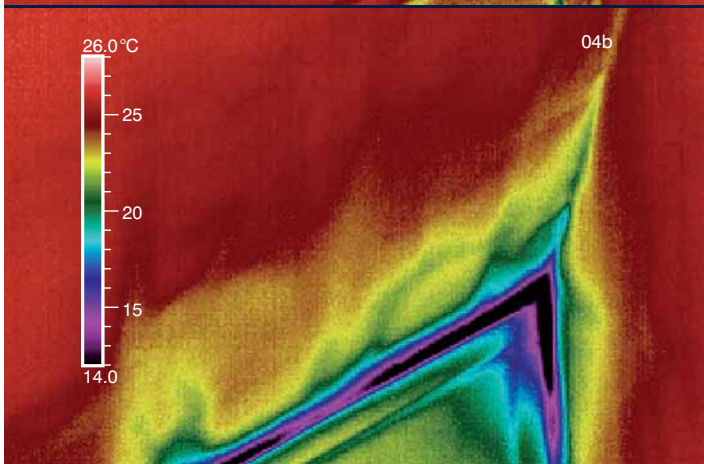
1) Dosud byla řeč pouze o podkroví domu. V přízemí nebyly nalezeny tak významné netěsnosti jako v podkroví. Na základě provedeného průzkumu a po důkladné prohlídce termovizních snímků jsme přesvědčeni, že na domě došlo k „zprůměrování“ průvzdušnosti solidně provedeného přízemí a nedostatečně vzduchotěsně provedeného podkroví. Měřením průvzdušnosti se kontroluje celková těsnost obálky domu. Měření dílčí části domu je možné, ale někdy neproveditelné, protože jednotlivé části nejsou vzduchotěsně oddělitelné. To je právě náš případ. Mezi přízemím a podkrovím domu chybí celistvá vzduchotěsnicí vrstva. Na základě zkušeností z jiných měření odhadujeme, že průvzdušnost přízemí, které tvoří cca 2/3 objemu domu, by pravděpodobně byla nižší než $2,0 \text{ h}^{-1}$. Ze znalosti celkového a dílčích objemů, celkové a odhadnuté dílčí průvzdušnosti



04



04a

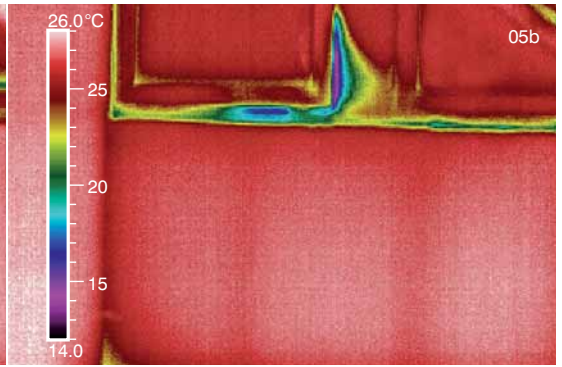
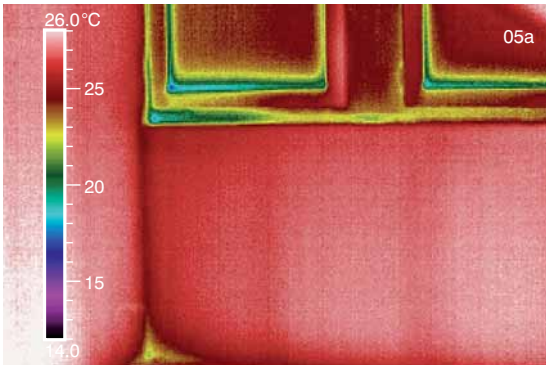


04b

04a| Ostrý úhel u parapetu neumožňuje dostatečné vzduchotěsné provedení přípojovací spáry

04b| Termogram za přirozených tlakových podmínek

04c| Termogram při podtlaku v interiéru



a objemového toku při tlakovém rozdílu 50 Pa lze dopočítat, že pro celkovou průvzdušnost domu $3,0 \text{ h}^{-1}$ a průvzdušnost přízemí cca $2,0 \text{ h}^{-1}$ musí být průvzdušnost podkrovní cca $5,4 \text{ h}^{-1}$.

2) V ČR je doporučena hodnota intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa pro objekty s přirozeným větráním rovna nejvýše $4,5 \text{ h}^{-1}$. Za hranicemi ČR je ale doporučena nebo požadována hodnota nejvýše $3,0 \text{ h}^{-1}$. To znamená, že česká legislativa je daleko benevolentnější. Není nám známa jiná země, kde by byla hodnota stejná jako v ČR.

ZÁVĚR

Dům je z architektonického hlediska velice zajímavý. Některé detaily jsou ale navrženy tak, že jsou technologiemi lehké výstavby prakticky neproveditelné. Velký problém spatřujeme ve vikýřových oknech, která zabírají celou stěnu vikýře. V každém vikýři jsou vždy 2 okna odělena sloupkem. Takové uspořádání a trojúhelníkový tvar okna mají za důsledek 4 ostré úhly v každém vikýři. Připojovací spára v těchto místech je těžko přístupná a proto musí být řešena obzvláště pečlivě. Kvalita provedení byla ale v tomto případě velice špatná.

Navíc byly u některých oken připojovací spáry takřka „nulové“. Malá nebo „nulová“ připojovací spára je z tepelnětechnického hlediska horší než spára nadměrná. Nelze ji spolehlivě utěsnit.

Dalším z problémů domu je poloha parotěsnicí vrstvy střechy vzhledem k ostatním vrstvám a technologie její montáže. Skladba střechy od tepelné izolace směrem do interiéru byla realizována z interiéru. Parotěsnicí vrstva natažená na SDK rošt a kontaktně přišroubovaná spolu se SDK deskami neumožňuje dokonalé

05a – b | Neseřížené kování, vzpříčené křídlo v rámu okna

05a | Termogram za přirozených tlakových podmínek

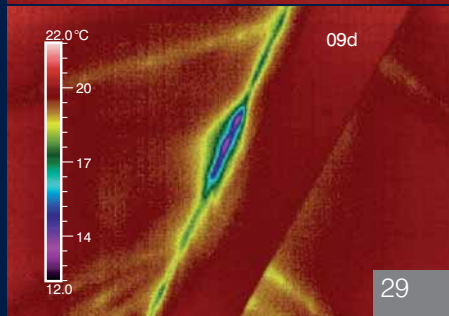
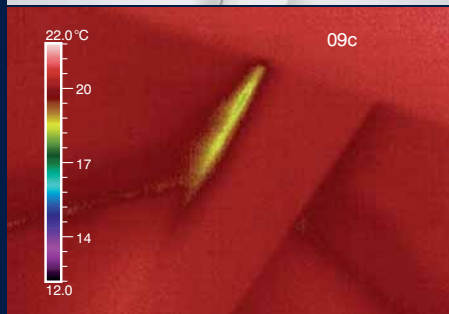
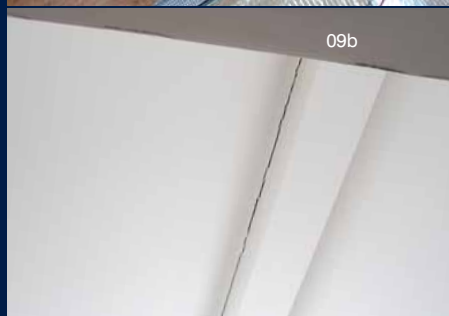
05b | Termogram při podtlaku v interiéru

06 | Rozkrytá střecha

07 | Parotěsnicí fólie stěny seříznutá s hranou parapetu a nulová připojovací spára okna vikýře

08 | U štítu vikýře není fólie nalepená na související konstrukci, v tomto případě přímo k oknu

09a – d | Volně ukončená fólie u štítové vaznice vikýře

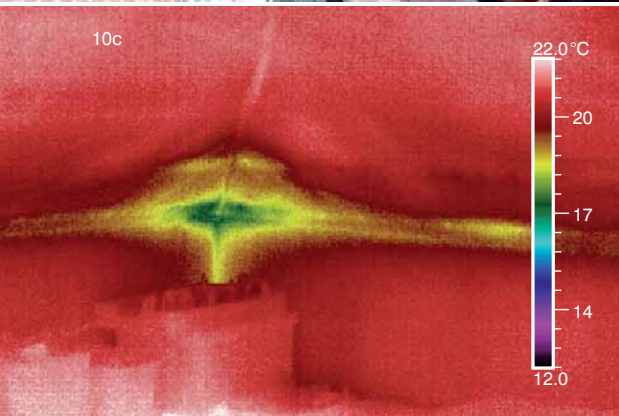




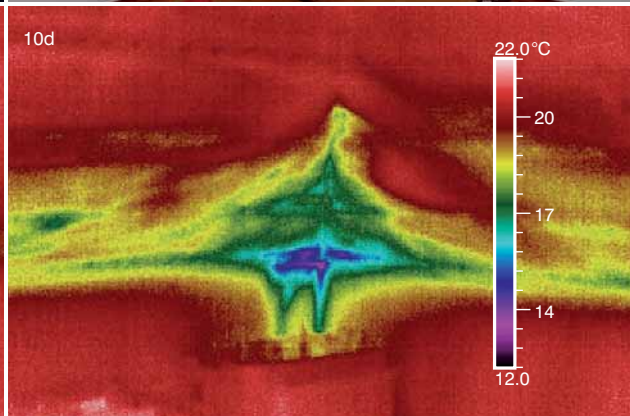
10a



10b



10c



10d

10a – d | Kout podkrovní místnosti

slepení v ploše. Pokud je spoj mimo rošt, je při lepení páskou zatlačen do měkké vaty a nemusí dojít k jeho dokonalému slepení. Při této montáži navíc nelze fólii parotěsnicí vrstvy dostatečně vzduchotěsně napojit na související konstrukce a fólie je ukončena „natupo“. Rovněž přimontování SDK desek kontaktně na čerstvé nosné dřevěné prvky krovu (např. vrcholová vaznice vikýře) je problematické. Při postupném vysychání dřeva dochází ke zkroucení SDK desek nebo ke vzniku trhlin /obr. 09/.

Nesmíme samozřejmě zapomenout na energetické hledisko. Měřený dům je příkladem toho, že chybně navrženými nebo realizovanými detaily dochází k velkému úniku tepla a některé prostory se mohou stát „nevytopitelnými“, protože návrh otopné soustavy předpokládal určitou těsnost.

V ČR doporučená hodnota intenzity výměny vzduchu $4,5 \text{ h}^{-1}$ při tlakovém rozdílu 50 Pa je velice benevolentní a ukazuje se, že její splnění je možné i při horší technologické kázní.

Společnost DEKPROJEKT provádí měření průvzdušnosti od roku 2006. Naše průměrná naměřená hodnota u domů s přirozeným větráním bez rozdílu konstrukčního systému je cca $2,0 \text{ h}^{-1}$. Ze zkušenosti můžeme říct, že pokud je naměřená hodnota na hotovém domě vyšší než cca $2,5 \text{ h}^{-1}$, lze hovořit o špatné realizaci se systémovou chybou buď v projektu nebo při realizaci. Velká pozornost je věnována realizacím nízkoenergetických a pasivních objektů, objekty s přirozeným větráním jsou podceňovány. I když se jejich procentuální zastoupení pomalu snižuje, stále tvoří cca 80-90 % výstavby. Průvzdušnost je jedna z mála měřitelných a objektivně hodnotitelných vlastností, která vypovídá o kvalitě realizace. V současné době prosazujeme snížení normou doporučené hodnoty ze $4,5 \text{ h}^{-1}$ alespoň na všude uznávanou hodnotu $3,0 \text{ h}^{-1}$. Zároveň doporučujeme klientům, aby požadovanou hodnotu průvzdušnosti zakotvili přímo do smlouvy o dílo na realizovanou stavbu.

Společnost DEKPROJEKT poskytuje konzultace o problematice průvzdušnosti při přípravě výstavby, v průběhu realizací i při přejímkách staveb.

<Viktor Zwiener>

Děkujeme panu Janu Hlouškovi za poskytnutí fotodokumentace a vstřícný přístup při měření a rozebírání střechy.

Literatura:

- [1] Zwiener V.: Blower-Door test při měření staveb s lehkou obvodovou konstrukcí DEKTIME 05 | 2007, str. 4-12
- [2] Zwiener V., Mařík D.: Vzduchotěsnicí vrstva z OSB desek DEKTIME Speciál | 2008, str. 30-34
- [3] ČSN 73 0540-2 *Teplná ochrana budov - Část 2: Požadavky*