



VLIV VÝMĚNY OKEN V PANELOVÉM DOMĚ

**NA SLEDOVANÉ PARAMETRY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ
V SOUVISLOSTI S VÝMĚNOU VZDUCHU
V OBYTNÉM PROSTORU**

JEDEN Z HLAVNÍCH PRVKŮ REGENERACE PANELOVÝCH DOMŮ JE VÝMĚNA STARÝCH DOSLUHUJÍCÍCH OKEN ZA OKNA NOVÁ S LEPŠÍMI TEPELNĚTECHNICKÝMI VLASTNOSTMI A S MOŽNOSTÍ REGULACE VĚTRÁNÍ. TOTO OPATŘENÍ JE DŮLEŽITÉ VNÍMAT V ŠIRŠÍCH SOUVISLOSTECH, A TO NEJEN Z HLEDISKA ENERGETIKY, ALE TAKÉ Z HLEDISKA HYGIENICKÝCH POŽADAVKŮ.

Pro Stavební bytové družstvo Dobětice v Ústí nad Labem jsme v průběhu letošního roku posuzovali technický stav všech konstrukcí a zpracovávali projektovou dokumentaci pro rekonstrukci obvodového pláště a střechy. Celkem se jednalo o tři panelové bytové domy typové soustavy OP 1.21, postavené na přelomu osmdesátých a devadesátých let 20. století.

Součástí posudku bylo také měření povrchových teplot termovizní kamerou na fasádách všech tří domů. Výsledkem bylo doporučení zateplení střechy a obvodového pláště, jehož součástí byla také výměna starých oken za okna nová. V této fázi se naskytla příležitost pro stanovení vlivu výměny oken na těsnost objektu (bytů). Pro tento účel byl vybrán vzorový byt o dispozici 4+kk, u kterého jsme provedli měření těsnosti, tzv. blower-door test, před o po výměně oken. Bližší informace o měření blower-door test jsou např. v [7] a [8].

Cíle měření byly následující:

- stanovení těsnosti bytu v provozním stavu před výměnou oken
- stanovení těsnosti bytu v provozním stavu po výměně oken a na základě porovnání s naměřenými hodnotami před výměnou oken stanovení změny stavu
- stanovení těsnosti připojovacích spár oken jako kontrola správného osazení oken prováděcí firmou
- stanovení vlivu větracích klapek nebo prořezaného těsnění oken na celkovou těsnost bytu

V průběhu měření potom byly stanoveny dílčí cíle, které jsou rozvedeny dále. Schéma měřeného bytu je na obr. /01/. Byt se nachází v 7. NP (poslední nadzemní podlaží) a tvoří jej jedna vytápěná, resp. větraná zóna. Obvodové stěny ani střecha ještě nebyly v době měření zatepleny.

SLEDOVANÉ PARAMETRY SOUVISEJÍCÍ S VÝMĚNOU VZDUCHU V PROSTORU

ČSN 73 0540-2 [2] doporučuje a rovněž požaduje splnění některých hodnot z hlediska výměny vzduchu

PARAMETRY BYTU

Vnitřní objem: 222,1 m³
Podlahová plocha: 84,1 m²
Plocha obálky bytu: 268,3 m²
Větrací systém: přirozené větrání
Vytápění: radiátory
Způsob úpravy vzduchu: bez úpravy

POPIS OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ BYTU

Obvodové stěny

(od interiéru)
 vnitřní povrchová úprava
 stěnový železobetonový panel 150 mm
 tepelná izolace z pěnového polystyrenu 80 mm
 betonová moniérka s povrchovou úpravou

Střecha

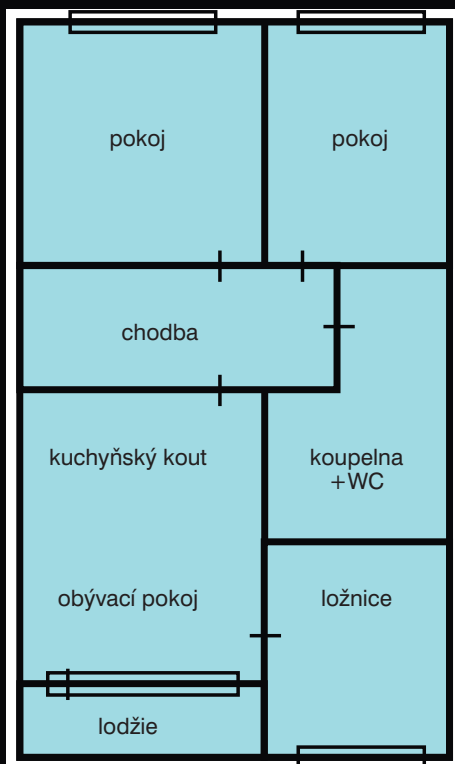
(od interiéru)
 vnitřní povrchová úprava
 železobetonový stropní panel 150 mm
 tepelná izolace ze skleněných vláken 60–250 mm
 vzduchová vrstva – žebírkový panel (tloušťka žebírek 250 mm) 30 mm
 hydroizolační souvrství z oxidovaných asfaltových pásů 12 mm

Stropní konstrukce

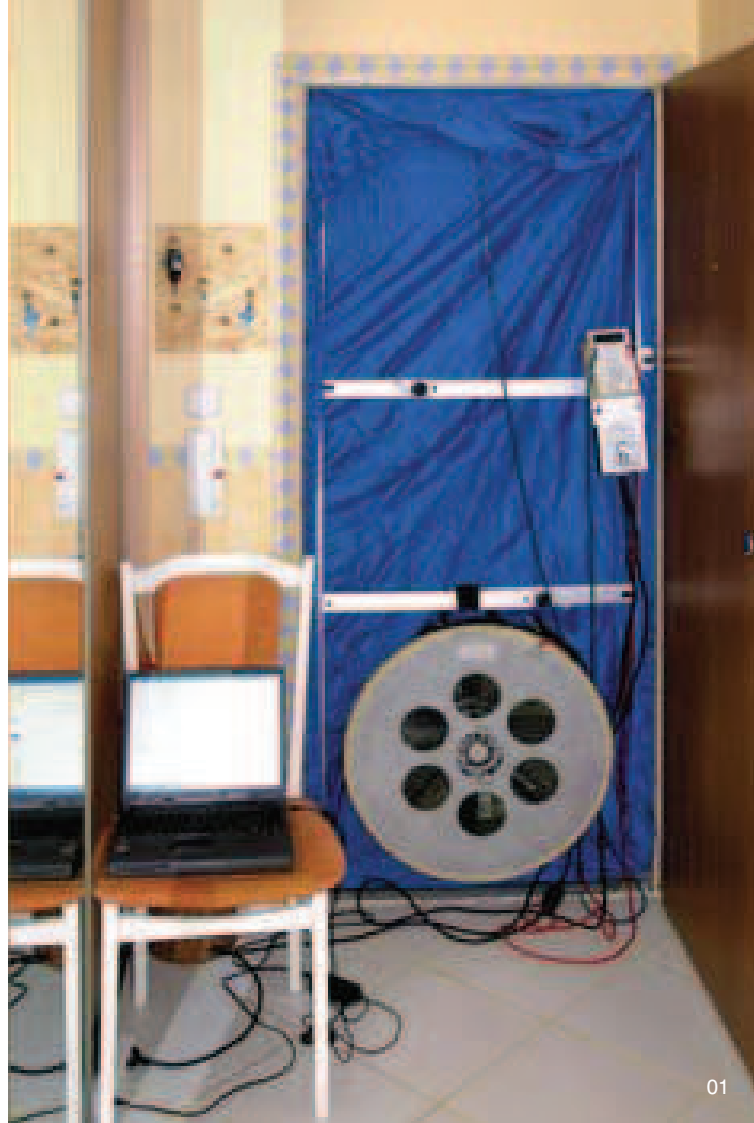
skladba podlahy
 železobetonový stropní panel 150 mm
 vnitřní povrchová úprava

Okna, dveře, výplně otvorů

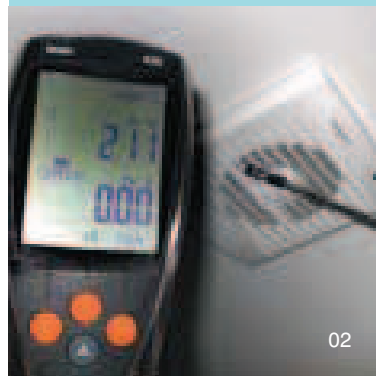
stará okna: zdvojená, rám dřevěný
 nová okna: rám plastový, zasklení izolačním dvojsklem
 vstupní dveře: dřevěné, plné



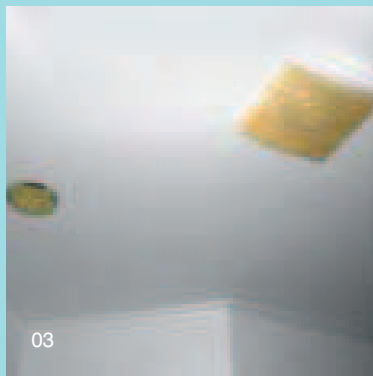
Obr. 01 | Schéma bytu



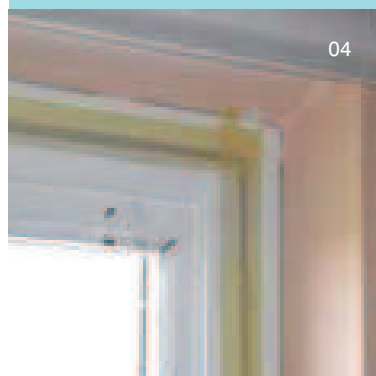
01



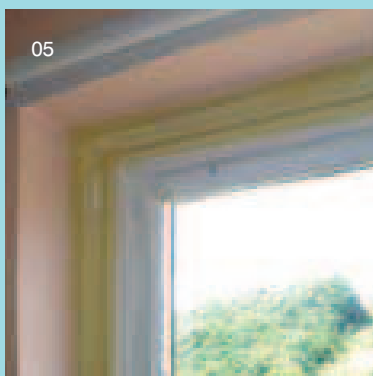
02



03



04



05

- 01 | Zařízení blower-door test osazené ve vstupních dveřích bytu
- 02 | Měření průvzdušnosti ventilačních otvorů anemometrem
- 03 | Ventilační otvor a stropní světlo v koupelně utěsněné lepicí páskou
- 04 | Přelepené funkční spáry okna
- 05 | Přelepené funkční a připojovací spáry okna

v prostoru. Dále jsou vypsány hodnoty, které nesouvisí pouze s energetikou, ale také s hygienickými požadavky pro obývaný prostor. Závěrem je uvedena i požadovaná hodnota výměny vzduchu v souvislosti s prostorem, kde je umístěn plynový spotřebič.

DOPORUČENÁ HODNOTA CELKOVÉ INTENZITY VÝMĚNY VZDUCHU DLE ČSN 73 0540-2 [2]

Celková průvzdušnost obálky budovy nebo její ucelené části se ověřuje celkovou intenzitou výměny vzduchu n_{50} při tlakovém rozdílu 50 Pa mezi interiérem a exteriérem. Měření se provádí podle ČSN EN ISO 13829 [5]. Pro budovy (prostory) s přirozeným větráním se doporučuje splnění hodnoty $n_{50} \leq 4,5 \text{ h}^{-1}$.

POŽADOVANÁ HODNOTA SPÁROVÉ PRŮVZDUŠNOSTI FUNKČNÍCH SPÁR DLE ČSN 73 0540-2 [2]

Součinitel spárové průvzdušnosti funkčních spár výplní otvorů, stanovený podle ČSN 73 0540-3 [3], musí být u výplní otvorů a lehkých obvodových plášťů $i_{LV} \leq 0,30 \times 10^{-4} (\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{Pa}^{0,67}))$. Hodnota platí pro funkční spáry výplní otvorů umístěné ve výšce od 20m do 30m včetně.

DOPORUČENÁ INTENZITA VÝMĚNY VZDUCHU V NEUŽÍVANÉ MÍSTNOSTI DLE ČSN 73 0540-2 [2]

V době, kdy místnost není užívána, se doporučuje nejnižší intenzita výměny vzduchu v místnosti $n_{\min} = 0,1 \text{ h}^{-1}$ při přirozeném tlakovém rozdílu 4 Pa mezi interiérem a exteriérem.

POŽADOVANÁ INTENZITA VÝMĚNY VZDUCHU V UŽÍVANÉ MÍSTNOSTI DLE ČSN 73 0540-2 [2]

V době, kdy místnost je užívána, se požaduje intenzita výměny vzduchu v místnosti při přirozeném tlakovém rozdílu mezi interiérem a exteriérem taková, aby splňovala při zimních návrhových podmínkách:

$$n_N < n < 1,5 n_N$$

kde $n_N [\text{h}^{-1}]$ je požadovaná intenzita výměny vzduchu v užívané místnosti

při přirozeném tlakovém rozdílu mezi interiérem a exteriérem přepočítaná z minimálních množství potřebného čerstvého vzduchu. Pro obytné a obdobné budovy leží požadovaná intenzita výměny vzduchu, přepočítaná z minimálních množství potřebného čerstvého vzduchu, obvykle mezi hodnotami $n_N = 0,3 \text{ h}^{-1}$ až $n_N = 0,6 \text{ h}^{-1}$. Zajišťuje se občasným otevíráním oken uživatelem budovy, doplňkovými větracími prvky a průvzdušností funkčních spár výplní otvorů.

POŽADOVANÁ INTENZITA
VÝMĚNY VZDUCHU V MÍSTNOSTI
S PLYNOVÝM SPOTŘEBIČEM DLE
TPG G 704 01[6]

Pokud se v panelových domech používá plyn, obvykle se spaluje v plynových spotřebičích typu A, které odebírají vzduch z prostoru, ve kterém jsou umístěny, a produkty spalování jsou odváděny do téže místnosti.

Nejmenší požadovaný objem místnosti pro bytové jednotky s více obytnými místnostmi je 20 m^3 (platí pro plynové sporáky s plynovou nebo elektrickou troubou nebo vestavnou jednotku s oddělenou varnou deskou a plynovou troubou). Pokud je nad spotřebičem instalováno odvětrávací zařízení (např. digestoř), snižuje se požadavek na nejmenší objem místnosti o 25 %.

Místnost se spotřebiči v provedení A má mít při přirozeném tlakovém rozdílu 4 Pa výměnu vzduchu alespoň $n = 1,0 \text{ h}^{-1}$, a to i při zavřených oknech a dveřích. U místnosti o objemu odpovídajícímu alespoň 1,5 násobku nejmenšího požadovaného objemu je dostačující výměna vzduchu $n = 0,8 \text{ h}^{-1}$.

METODIKA MĚŘENÍ

V ČSN EN 13829 [5] se podle účelu měření rozlišují dvě metody měření.

Metodou A se provádí měření budovy nebo prostoru v provozním stavu s tím, že se před měřením neprovádí žádná opatření, která by zlepšovala těsnost oproti běžně používanému stavu.

Metodou B se provádí měření obálky budovy nebo prostoru s tím, že se před měřením uzavrou a utěsní všechny otvory, které nemají ovlivnit výsledky měření. Obvykle se jedná o ventilátory, digestoře, komíny, sifony, prostupy do instalačních šachet apod.

MĚŘENÍ BLOWER-DOOR TEST PŘED VÝMĚNOU OKEN

Při měření byly použity obě metody, protože cílem nebylo pouze zjištění hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu v provozním stavu při tlakovém rozdílu 50 Pa, ale také zjištění vlivu jednotlivých míst, kde dochází k proudění vzduchu mezi interiérem a exteriérem, na celkovou průvzdušnost měřeného prostoru (jedná se např. o instalační šachty).

Měřen byl celý byt, tedy jedna vytápěná a větraná zóna. Zařízení blower-door test bylo umístěno ve vstupních dveřích /foto 01/. Měření těsnosti bytu jsme provedli v několika fázích před a po výměně oken. Každá fáze byla provedena při přetlaku a podtlaku v interiéru. V jednotlivých fázích byly postupně utěšňovány:

- instalační šachta, ventilační otvory v koupelně a na WC /foto 02 a 03/, stropní světla v koupelně /foto 03/
- funkční spáry oken /foto 04/
- připojovací spáry oken /foto 05/

Všechny naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce /01/.

Pro hledání netěsností byly použity při konstantním podtlaku v interiéru cca 50 Pa anemometr společně s termovizní kamerou /foto 06 až 08/. Měření bylo prováděno v létě, kdy byla teplota vzduchu v exteriéru vyšší než teplota vzduchu v bytě. Proto jsou povrchové teploty netěsností vyšší než povrchové teploty okolních konstrukcí.

VÝMĚNA OKEN

Prvním z kroků regenerace bytového domu byla výměna starých oken za nová plastová okna s lepšími tepelnětechnickými vlastnostmi a s regulací větrání.

Výměna oken proběhla do týdne po prvním měření. Při montáži oken byl použit systém dvou těsnicích pásek /foto 09/ v připojovacích spárách, parotěsnicí z interiérové strany a difuzně otevřená z exteriérové strany. Z hlediska energetických úspor jde o velmi účinné opatření, ale z hlediska hygienické výměny vzduchu mohou v případě pasivního přístupu uživatele k režimu větrání nastat problémy. V dnešní době, kdy se energie na vytápění stále zdražují, je obvyklé, že uživatel bytů v rámci úspory energie netopí a současně ani nevětrají. Důsledky takového chování jsou zvýšení relativní vlhkosti vzduchu, výskyt povrchové kondenzace a růst plísní na vnitřním povrchu konstrukcí.

Zástupci bytového družstva se pokoušeli zajistit užitnost bytu i v případě, že uživatel nebudou větrat. Proto přistoupili na doporučení dodavatele oken a nechali v pokojích a kuchyni, resp. ložnici, prořezat těsnění ve funkční spáře oken, resp. nainstalovat do funkční spáry okna větrací klapky /foto 10/. Cílem bylo zajistit minimální výměnu vzduchu v nevětraném nebo nevyužívaném prostoru. Měření průvzdušnosti mělo ukázat, do jaké míry je toto opatření účinné.

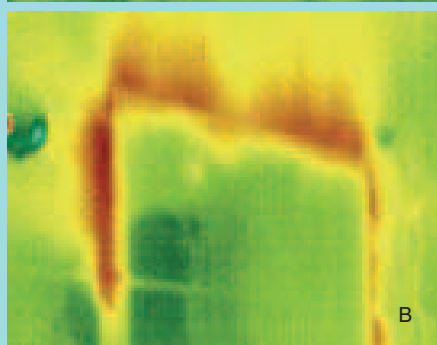
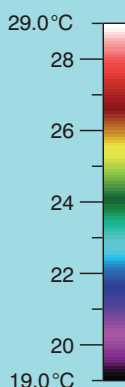
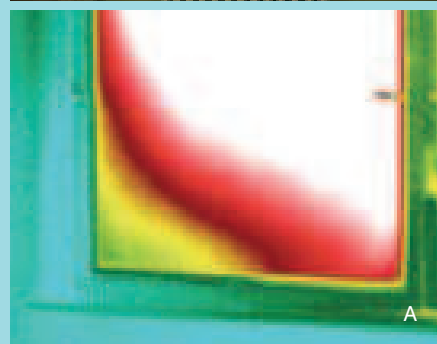
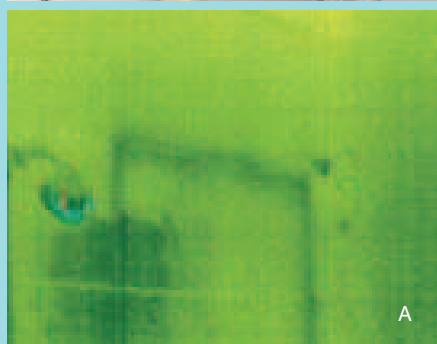
MĚŘENÍ BLOWER-DOOR TEST PO VÝMĚNĚ OKEN

Po výměně oken jsme provedli stejné fáze měření jako před výměnou, navíc doplněné o měření s utěsněnou větrací klapkou v ložnici a utěsněnými prořezy v oknech. Výsledky všech měření jsou uvedeny v tabulce /01/.

Správnost nastavení polohy křídla okna na rám okna a správnost vyplnění připojovací spáry PUR pěnou je možné zjistit termovizní kamerou při minimálním rozdílu teplot vzduchu mezi interiérem a exteriérem 5°C . Tato zakázka probíhala v létě, což neumožňuje použití termovizní kamery pro plnohodnotné hodnocení konstrukce. Se zastupiteli družstva je dohodnuto ještě jedno měření náhodně vybraného bytu.

A – Před vytvořením podtlaku
B – Po vytvoření podtlaku

06 | Neutěsněná instalační šachta
07 | Okno v ložnici
08 | Lodžiové dveře



HODNOCENÍ MĚŘENÍ TĚSNOSTI PROSTORU

INTENZITA VÝMĚNY VZDUCHU n_{50}
PŘI TLAKOVÉM ROZDÍLU 50 Pa

Před výměnou oken

Intenzita výměny vzduchu v provozním stavu $n_{50} = 5,5 \text{ h}^{-1}$ (měření 1) nesplňuje doporučenou hodnotu celkové intenzity výměny vzduchu dle ČSN 73 0540-2 [2].

Intenzita výměny vzduchu po zalepení instalační šachty, ventilačních otvorů a světel v koupelně $n_{50} = 5,1 \text{ h}^{-1}$ (měření 2) nesplňuje doporučenou hodnotu celkové intenzity výměny vzduchu dle ČSN 73 0540-2 [2]. Po dodatečném zalepení funkčních spár oken se hodnota snížila na $n_{50} = 1,7 \text{ h}^{-1}$ (měření 3). Na základě porovnání obou hodnot lze konstatovat, že funkční spáry původních oken mají rozhodující negativní vliv na celkovou těsnost bytu.

Intenzita výměny vzduchu po zalepení instalační šachty, ventilačních otvorů, světel v koupelně a funkčních spár oken je $n_{50} = 1,7 \text{ h}^{-1}$ (měření 3). Po dodatečném zalepení připojovacích spár oken se hodnota snížila na $n_{50} = 1,4 \text{ h}^{-1}$ (měření 4). Rozdíl $\Delta n_{50} = 0,3 \text{ h}^{-1}$ ukazuje, že připojovací spáry mají negativní vliv na celkovou intenzitu výměny vzduchu.

Po výměně oken

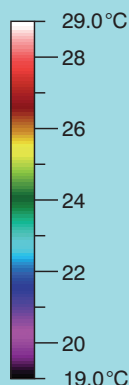
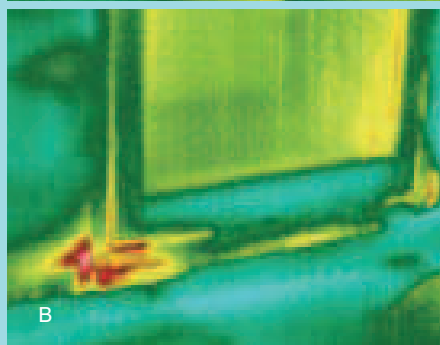
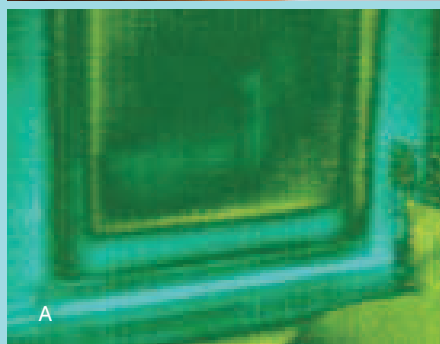
Intenzita výměny vzduchu v provozním stavu $n_{50} = 1,1 \text{ h}^{-1}$ (měření 5) splňuje jak doporučenou hodnotu pro objekty s přirozeným větráním ($4,5 \text{ h}^{-1}$), tak také pro prostory s nuceným větráním ($1,5 \text{ h}^{-1}$), viz [7]. Výměnou oken tedy došlo k výraznému zlepšení těsnosti bytu.

Intenzita výměny vzduchu po zalepení instalační šachty, ventilačních otvorů a světel v koupelně je $n_{50} = 0,36 \text{ h}^{-1}$ (měření 6). Po dodatečném zalepení

funkčních spár oken se hodnota snížila na $n_{50} = 0,34 \text{ h}^{-1}$ (měření 7). Na základě porovnání obou hodnot lze konstatovat, že funkční spáry u nových oken jsou velmi těsné. Mají nepatrný vliv na celkovou intenzitu výměny vzduchu v bytě.

Intenzita výměny vzduchu po zalepení instalační šachty, ventilačních otvorů, světel v koupelně a funkčních spár oken je $n_{50} = 0,34 \text{ h}^{-1}$ (měření 7). Po dodatečném zalepení připojovacích spár oken se hodnota nezměnila (měření 8). Je zřejmé, že připojovací spáry jsou vzduchotěsné a prováděcí firma je provedla správně.

Intenzita výměny vzduchu při pouze zalepené klapce v ložnici a zalepených prořezech těsnění oken ostatních místností je $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$ (měření 10). Na základě porovnání s hodnotou intenzity výměny vzduchu v provozním stavu $n_{50} = 1,1 \text{ h}^{-1}$ (měření 5) lze konstatovat, že klapka a prořezy těsnění mají nepatrný



vliv na celkovou intenzitu výměny vzduchu v bytě. Takto malý rozdíl obou hodnot při tlakovém rozdílu 50 Pa napovídá, že ventilační klapka a prořezy těsnění oken nezajistí při přirozeném tlakovém rozdílu 4 Pa hygienickou výměnu vzduchu v bytě.

INTENZITA VÝMĚNY VZDUCHU n_4
PŘI PŘIROZENÉM TLAKOVÉM
ROZDÍLU 4 Pa

Pro stanovení hodnoty n_{50} se obvykle provede deset měření při tlakovém rozdílu mezi interiérem a exteriérem od cca 20 Pa do cca 90 Pa v krocích po 5 Pa až 10 Pa. Naměřenými hodnotami se prokládá regresní přímka, viz [7]. Intenzita výměny vzduchu n_4 při přirozeném tlakovém rozdílu 4 Pa se stanovuje extrapolací na proložené regresní přímce.

Před výměnou oken

Intenzita výměny vzduchu v provozním stavu $n_4 = 1,08 \text{ h}^{-1}$ (měření 1) splňuje dle

ČSN 73 0540-2 [2] požadovanou hodnotu intenzity výměny vzduchu v užívané místnosti i doporučenou hodnotu intenzity výměny vzduchu v neužívané místnosti, viz kapitolu „Sledované parametry související s výměnou vzduchu v prostoru“.

Po výměně oken

Intenzita výměny vzduchu v provozním stavu $n_4 = 0,22 \text{ h}^{-1}$ (měření 5) splňuje dle ČSN 73 0540-2 [2] doporučenou hodnotu intenzity výměny vzduchu v neužívané místnosti, ale již nesplňuje požadovanou intenzitu výměny vzduchu v užívané místnosti, viz kapitolu „Sledované parametry související s výměnou vzduchu v prostoru“. To znamená, že míra těsnosti funkční spáry nových oken, která je nutná k dodržení maximální výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa paradoxně způsobuje, že není splněn požadavek na minimální hygienickou výměnu vzduchu při tlakovém rozdílu 4 Pa, a to ani při proříznutém těsnění. Tento

stav může změnit pouze uživatel bytu otevíráním oken. Optimální míru otevírání oken z hlediska hospodaření s energií už ale nelze exaktně předepsat.

SOUČINITEL SPÁROVÉ
PRŮVZDUŠNOSTI i_{LV}

Hodnota součinitele spárové průvzdušnosti okna jako výrobku je garantovaná a za hodnotu je zodpovědný výrobce. Výrobek musí splňovat závazné hodnoty ČSN 73 0540-2 [2]. Součinitel spárové průvzdušnosti použitých oken bez prořezů je $0,16 \times 10^{-4} (\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{Pa}^{0,67}))$. Při porovnání plochy funkčních spár okna a plochy prořezů lze předpokládat, že prořezy zvětší součinitel spárové průvzdušnosti natolik, že okno jako výrobek již nebude splňovat požadavek ČSN 73 0540-2 [2], viz kapitolu „Sledované parametry související s výměnou vzduchu v prostoru“.

INTENZITA VÝMĚNY VZDUCHU
V MÍSTNOSTI S PLYNOVÝM
SPOTŘEBIČEM DLE
TPG G 704 01 [5]

Pro posouzení intenzity výměny vzduchu v místnosti s plynovým spotřebičem je rozhodující stav při zavřených oknech a dveřích při přirozeném tlakovém rozdílu 4 Pa. Z důvodu větší těsnosti a malého objemu obývacího pokoje s kuchyňským koutem, na které se požadavek vztahuje, nebylo provedeno měření přímo tohoto prostoru (mimo měřicí rozsah zařízení). Pro úvahu na toto téma lze použít výsledky z měření celého bytu.

Před výměnou oken

Intenzita výměny vzduchu v provozním stavu $n_4 = 1,08 \text{ h}^{-1}$ (měření 1) splňuje požadovanou hodnotu celkové intenzity výměny vzduchu dle TPG G 704 01 [5] pro prostory s plynovým spotřebičem.

Po výměně oken

Intenzita výměny vzduchu v provozním stavu $n_4 = 0,22 \text{ h}^{-1}$ (měření 5) nesplňuje požadovanou hodnotu celkové intenzity výměny vzduchu dle TPG G 704 01 [5] pro prostory s plynovým spotřebičem.

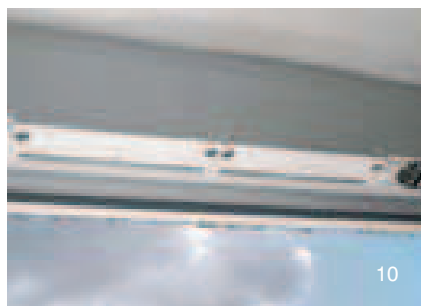
Fáze měření	Před výměnou oken			Po výměně oken		
	č. měření	n_{50} [1/h]	$*n_4$ [1/h]	č. měření	n_{50} [1/h]	$*n_4$ [1/h]
Provozní stav	1	5,50	1,08	5	1,10	0,22
Utěsněny instalační šachta, ventilační otvory a světla v koupelně	2	5,10	1,06	6	0,36	0,07
Utěsněny instalační šachta, ventilační otvory, světla v koupelně a funkční spáry oken	3	1,70	0,32	7	0,34	0,06
Utěsněny instalační šachta, ventilační otvory, světla v koupelně a funkční a připojovací spáry oken	4	1,40	0,26	8	0,34	0,06
Utěsněna pouze větrací klapka v ložnici**	-	-	-	9	1,00	0,20
Utěsněny klapka v ložnici** a všechna vyříznutí těsnění všech oken	-	-	-	10	1,00	0,20

* viz kapitolu „Intenzita výměny vzduchu n_4 při přirozeném tlakovém rozdílu 4 Pa“
 ** hodnocený prostor ložnice je u ostatních bytů standardně využíván jako kuchyň

Tabulka 01 | Výsledky měření před a po výměně oken



09



10



11

ZÁVĚR

Mimo hodnocení změřených čísel v předchozí kapitole lze formulovat navíc ještě následující závěry: Těsnicí pásy v připojovací spáře okna jsou účinným řešením její těsnosti.

Prořezání těsnění funkční spáry okna jako prostředek ke zvýšení intenzity přirozeného větrání nelze v žádném případě doporučit. Na intenzitu větrání nemá prořezání těsnění prakticky vliv. Prořezáním se pouze poškodí okno, což může znemožnit uplatnění případné reklamace výrobku.

Po výměně oken nelze současně splnit požadavek na maximální intenzitu výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa a minimální požadovanou hodnotu celkové intenzity výměny vzduchu pro prostory s plynovým spotřebičem.

Stav lze řešit:

- instalací rekuperační jednotky v rámci bytu. To je ovšem finančně velmi náročné a u většiny konstrukčních soustav panelových domů velmi obtížně proveditelné ¹⁾,
- přechodem na jiný zdroj energie, např. výměnou plynového sporáku za elektrický.

¹⁾ problematika rekuperačních jednotek viz DEKTIME 07/2006. Článek o rekuperačních jednotkách v rámci bytu připravujeme do čísla 01/2008.

<Vladimír Vymětalík>

<Viktor Zwiener>

Foto:

Vladimír Vymětalík

Viktor Zwiener

archiv SBD Dobětice, Ústí nad Labem

Poděkování:

Děkuje SBD Dobětice za vstřícný přístup při měření a poskytnutí potřebných podkladů.

Bibliografie:

- [1] Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj 137/1998 Sb. „O obecných technických požadavcích na výstavbu“
- [2] ČSN 73 0540-2:2007 (73 0540) Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky
- [3] ČSN 73 0540-3:2005 (73 0540) Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- [4] ČSN EN 13187:1999 (73 0560) Tepelné chování budov – Kvalitativní určení tepelných nepravidlostí v pláštích budov – Infračervená metoda
- [5] ČSN EN 13829:2001 (73 0577) Tepelné chování budov – Stanovení průvzdušnosti budov – Tlaková metoda
- [6] TPG G 704 01:1999 Domovní plynovody – Odběrná plynová zařízení a spotřebiče na plynná paliva v budovách
- [7] Zwiener V.: Měření těsnosti budov metodou tlakového spádu (Blower-door test) Dektime, č. 05-06/2006, str. 62-65
- [8] Zwiener V., Vymětalík V.: Měření těsnosti obvodového pláště objektu – Metoda, která se vyplatí
- [9] Časopis Stavitel, č. 3/2007, str. 41–42 Hodnocení měření těsnosti prostoru

09| Utěšňovací pásy připojovací spáry okna

10| Větrací klapky v okně ložnice

11| Měření funkčnosti větracích klapek v okně ložnice