

Ing. Jindřich MRLÍK, ml.  
Centrum stavebního inženýrství, a.s.  
Pracoviště Zlín

# Průvzdušnost otvorových výplní

## Air Permeability of Building Openings Closures

Recenzent  
Ing. Stanislav Toman

*Prezentované výsledky a názory se vztahují k průvzdušnosti oken a dveří (obecně výplní otvorů), vycházejí z práce v akreditované zkušební Laboratoře otvorových výplní, stavební tepelné techniky a akustiky ve Zlíně. Popis zkušebních metod, způsob vyhodnocování průvzdušnosti, normativní základna i kritická polemika některých důležitých aspektů této problematiky poskytují ucelené a hlubší poznatky. Uvedené údaje jsou využitelné v projektové praxi.*

*Klíčová slova: průvzdušnost otvorových výplní, zkušební tlak, klasifikace průvzdušnosti*

*The presented results and opinions relevant to windows and doors air permeability (generally opening closures) result from the work at the accredited testing „Laboratory of buildings opening closures, civil heat engineering and acoustics,“ at Zlín. The description of testing methods, the way air permeability has been evaluated; the standards base and critical polemic on important aspects of these problems provide a comprehensive and deeper finding. Introduced data may be used in design practice.*

**Key words:** air permeability of building closures, test pressure, air permeability classification

V souvislosti s novou kvalitou současných oken a dveří vyvstává do popředí konflikt požadovaných energetických úspor (získávaných razantním snížením infiltrace otvorových výplní) s potřebnými požadavky na větrání (danými hygienickými či technologickými předpisy). Článek, který je opřen o exaktní poznatky, má přispět k většímu pochopení problematiky průvzdušnosti výplní otvorů. Pro praktické použití projektanty je velmi užitečné porovnání předpisových požadavků s konkrétními hodnotami získanými normativními zkušebními postupy.

## 1. STANOVENÍ PRŮVZDUŠNOSTI OTVOROVÝCH VÝPLNÍ

### 1.1 Vymezení pojmů

Průvzdušnost udává množství vzduchu, které projde přes výplň za jednotku času při daném rozdílu statických tlaků. Průvzdušnost vyjadřuje netěsnost při pronikání vzduchu. V technické praxi se ověřuje těsnost, např. materiálu ocelového potrubí, kolik jednotek daného plynu proniká jedním metrem přívodu plynu. Vyšší netěsnosti než u oceli se vyskytují např. u zdvia, jehož maximální průvzdušnost stanovovala norma.

Současná norma ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky – 2/2005 (dále jen TOB/05) požaduje průvzdušnost takzvaných ostatních spár a netěsností obvodového pláště budovy téměř nulovou, nižší než nejistota měření. Ostatními spárami jsou všechny mimo funkční spáry výplní otvorů.

Funkční spára je oblast po obvodu křídla a rámu, která zajišťuje při uzavření hlavní funkce okna (nízkou průvzdušnost, vodotěsnost).

Průvzdušnost funkčních spár výplní otvorů zajišťuje část výměny vzduchu v místnostech. Norma TOB/05 uvádí v poznámce, „že do výměny vzduchu se zahrnou všechny prvky, které zajišťují výměnu vzduchu...“ Nejobvyklejším tímto prvkem je větrání otevřením okna. Často se užívají odsavače par nad vařiči, případně větrací ventilátory v koupelně. Tato zařízení způsobují podtlak, jehož důsledkem je nasávání vzduchu odjinud. V kladném případě je přísávan čistý venkovní vzduch, v záporném případě například znečištěný vzduch ze schodiště v bytovém domě.

Větrání je velmi důležitý požadavek při užívání otvorových výplní. Běžně vyráběná okna dosahují těsnosti požadované pro budovy s větráním pouze nuceným nebo s klimatizací (vysoké těsnosti). Pokud není provedeno žádné opatření, jsou špatně větrané obytné prostory v zimním období zdrojem závad staveb, vybavení interiéru a samotných oken. Např. při vysoké relativní vlhkosti (která je často jen důsledkem nedostatečného vět-

rání vnitřního vzduchu (okolo 50 % a více), může docházet ke kondenzaci na vnitřních plochách zasklení. Následuje tvorba plísní a tím hygienicky závadný prostor.<sup>1)</sup>

Základní opatření k zajištění dostatečné výměny vzduchu je intenzivní větrání otevřenými okny (kontrolovaný průvan). Má být krátké, aby nedošlo k prochlazení stěn. Podle intenzity větrání a venkovní teploty se pohybuje doba od 5 do 15 minut.

Další prvky umožňující větrání mohou být standardním nebo nadstandardním vybavením okna. Je to větrání čtvrtou polohou kliky, tzv. mikroventilací, kdy systém kování zajišťuje polohu křídla a rámu, ve které je těsnicí systém vyřazen z činnosti (těsnění není přitlačeno). Jsou to různé systémy vynechaných těsnicích profilů, případně větracích profilů bez těsnicích elementů. Výrobci plastových okenních profilů občas nabízejí systémy přivětrávání drážkami přes komory. Další větrací zařízení mohou být doplněkem okna, případně jako zcela zvláštní zařízení až k řízené výměně vzduchu s rekuperací.

Průvzdušnost se udává obvykle v m<sup>3</sup> za hodinu při daném zkušebním tlaku (respektive rozdílu tlaků). K možnosti porovnání se výsledky zkoušek přepočítávají na referenční atmosférický tlak vzduchu, teplotu, relativní vlhkost a hustotu vzduchu. Udávaný výsledek **pro různé otvorové výplně** však bohužel není srovnatelný, i když všechny normy mají původ v jediné organizaci evropské normalizace (CEN). Výsledek průvzdušnosti je totiž zkušebními normami udáván vždy k jiným okrajovým podmínkám. U oken je vztažen na 100 Pa, u vrat na 50 Pa a u lehkých obvodových plášťů (dále LOP) ke klasifikační třídě průvzdušnosti (každá třída udává referenční průvzdušnost k jinému rozdílu tlaků). Pro každou z těchto výplní platí zvláštní zkušební a třídící – klasifikační norma. Určitém jednotným prvkem je alespoň norma popisující laboratorní zkušební metodu v základu a dále jednotný sklon hodnotících křivek ve všech klasifikačních normách (Tab. 1).

Normativně se vyhodnocují dva druhy průvzdušnosti: spárová a plošná.

**Spárová průvzdušnost** je vztažena na délku spáry výplně otvoru. U pevně zasklených oken (neotevíravých) a u LOP se nevztahuje na délku funkční spáry, ale na délku všech těsněných spár (např. mezi zasklením a rámy, v dilatačních stycích atd.)

<sup>1)</sup> Poznámka redakce:

Tak jednoduché to není. Podmínkám pro vznik plísní byl věnován článek ve VVI 3/2006 str. 127.

Tab. 1 Zkušební a klasifikační normy pro průvzdušnost výplně otvorů

Výplň (ČSN EN)	Zkušební norma	Klasifikační norma
Okna a dveře	1026	12 207
Vrata	12 427	12 426
LOP	12 153	12 152

Zkušební metoda pro LOP popisuje měření pro každý typ spáry zvlášť: zvlášť funkční a pevné spáry.

V České republice je zaveden **součinitel spárové průvzdušnosti**  $i_{LV}$ . Jeho výhodou je přímá možnost porovnání různých výplní. Je definován vztahem:

$$i_{LV} = \frac{V_0}{l \Delta p^n} = \frac{C}{l} \quad (1)$$

- kde
- $V_0$  – je objemový tok vzduchu při referenčních podmínkách [m<sup>3</sup>/s]
  - $l$  – délka funkční spáry výplně otvoru [m]
  - $\Delta p$  – rozdíl statických tlaků vzduchu působících na povrchy výplně otvoru (zkušební tlak) [Pa]
  - $n$  – exponent stanovený výpočtem z naměřených údajů, závisící na tvarovém řešení spáry; obvykle se uvažuje smluvní hodnota  $n = 0,67$ ; podle ČSN EN 12 114 – exponent proudění;
  - $C$  – součinitel průvzdušnosti výplně otvoru [m<sup>3</sup>/(s · Pa<sup>n</sup>)]

**Plošná průvzdušnost** je vztažena na celkovou plochu výplně otvoru. Bohužel je užívána v klasifikační normě např. oken a její hodnota velmi snižuje vypovídací přesnost spárové průvzdušnosti. Z těchto dvou hodnot (průvzdušnosti vztažené na délku spáry a na plochu výplně) se určí třída průvzdušnosti, která se vybere podle nižší z obou hodnot (tedy podle třídy, která udává méně netěsnosti). Takto např. odlišný vztah šířky a výšky jednokřídlového okna způsobí jeho rozdílné zařazení.

Hodnocení (klasifikaci) průvzdušnosti udávají všechny klasifikační metody (viz tab. 1) formou zařazení do tříd. Mimo další pravidla (např. viz výše) je výsledek v dílčí třídě tehdy, jestliže žádná z naměřených hodnot nepřekročí hraniční čáru třídy (viz obr. 1 a 2 z předemtných norem). Chceme-li tedy podle tohoto kritéria porovnávat různé výsledky například při referenčním tlaku 100 Pa, musíme vést rovnoběžku nejvyšší naměřenou hodnotou, přesněji hodnotou nejbližší normativní čáře.

### 1.2 Zkoušení průvzdušnosti

Základní (kmenová) norma pro zkoušení průvzdušnosti je ČSN EN 12 114. Přesný popis zkoušek pro jednotlivé výplně je uveden v příslušných normách podle tab. 1. Podstatou zkoušky je zjištění průtoku vzduchu přes zkušební vzorek, a to pro nejméně šest rozdílných tlaků. Tlakové stupně pro zkoušení udávají jednotlivé normy. Výsledkem zjišťování průvzdušnosti tedy není jednotlivá průvzdušnost při daném tlaku, ale funkce

$$Q = C \Delta p^n \quad (2)$$

- kde
- $Q$  – průvzdušnost [m<sup>3</sup>/s]
  - $C$  – součinitel průvzdušnosti [m<sup>3</sup>/(s · Pa<sup>n</sup>)]
  - $\Delta p$  – rozdíl tlaků působících na výplň [Pa]
  - $n$  – exponent proudění; při klasifikaci se uvažuje  $n = 0,67$ , tj. rovnoběžka v naměřeném bodě, který je položený nejbližší normativní čáře.

Při užití českého součinitele spárové průvzdušnosti platí

$$Q = i_{LV} / \Delta p^n \quad (3)$$

Podle klasifikačních norem dojde k zařazení.

Otázkou zůstává, jak má stavební praxe používat takto určené výrobky. Stanovené klasifikační normy neposkytují ani orientační kritéria vhodnosti použití. Do budoucna se hovoří o vzniku nových národních předmetových norem. Tyto normy mají stanovit charakteristiky, pro které jsou dané třídy vhodné. Tab. 2 udává odhad požadavků podle německého předpisu (RICHTLINIE FE-05/1 z roku 2002).

Tab. 2 Odhad klasifikace podle německého předpisu RICHTLINIE FE-05/1(2002)

Výška objektu	Označení DIN 18 055	Třída podle EN 12207	Zkoušení do tlaku [Pa]	Zkušební tlak větru [Pa]
0 až 8	A	1	150	800
>8 až 20	B	2	300	1200
>20 až 100	C	3	600	1600

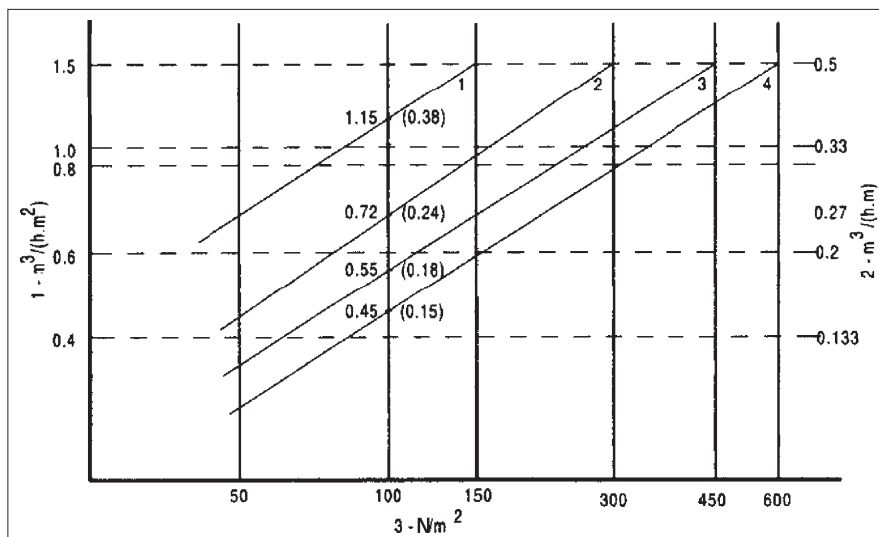
Poslední verze návrhu předmetové normy pro okna a dveře prEN 14351-1 (zaslaná k formálnímu hlasování 29. 6. 2005) obsahuje požadavek na zkoušení průvzdušnosti v přetlaku a podtlaku. Oba výsledky pro tlak v absolutní hodnotě mají být zprůměrovány a třída určena podle klasifikační normy (tab. 1).

### 1.3 Zkušební zařízení

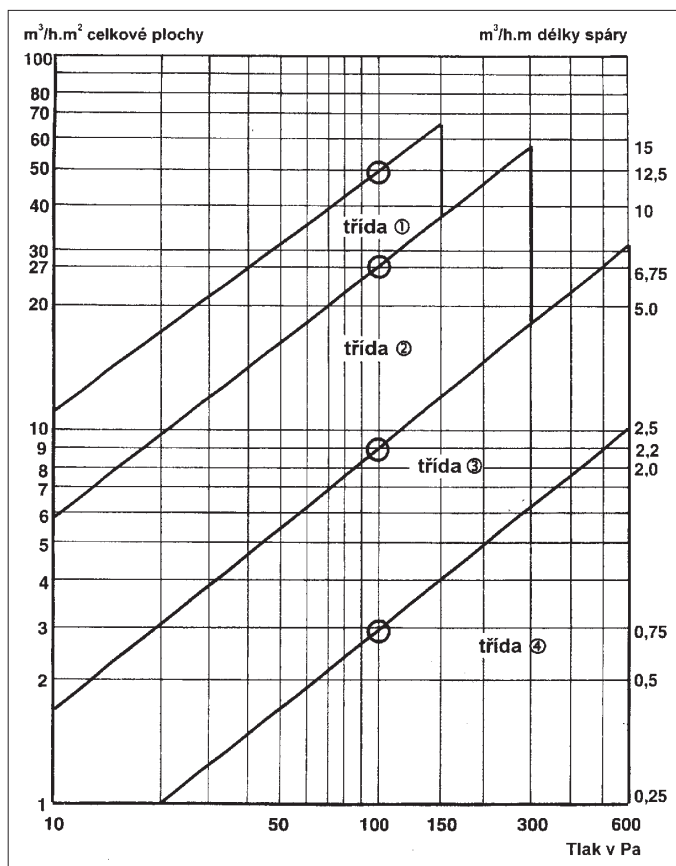
Tato kapitola poskytuje základní informace o způsobu a průběhu zkoušek průvzdušnosti.

Zkušební zařízení musí mít tyto součásti (obr. 3):

- a) Zkušební komoru, umožňující upevnění vzorku. Musí být konstruována tak, aby zkušební tlaky nezpůsobily průhyby její konstrukce, které by mohly ovlivnit výsledky zkoušky.
- b) Zařízení umožňující vytvořit řízený tlakový rozdíl na zkušebním vzorku.
- c) Prostředky schopné rychle měnit hodnoty tlakového rozdílu ve stanoveném rozsahu.
- d) Přístroj pro měření objemového toku vzduchu s přesností ± 5 %.
- e) Přístroj pro měření nastaveného tlakového rozdílu s přesností ± 5 %.
- f) Prostředky k utěsnění všech spár na zkušebním vzorku (k určení netěsnosti zkušební komory).

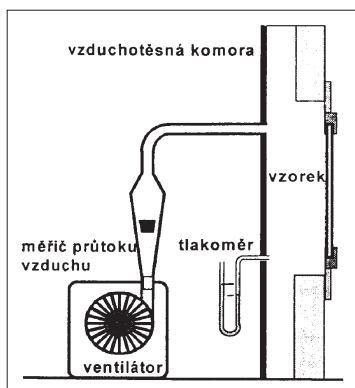


Obr. 1 Klasifikace podle ČSN EN 12 152 – Lehké obvodové pláště  
1 – průvzdušnost na plochu; 2 – průvzdušnost na délku spáry; 3 – tlak (Pa)



Obr. 2 Klasifikace podle ČSN EN 12 207 – Okna a dveře

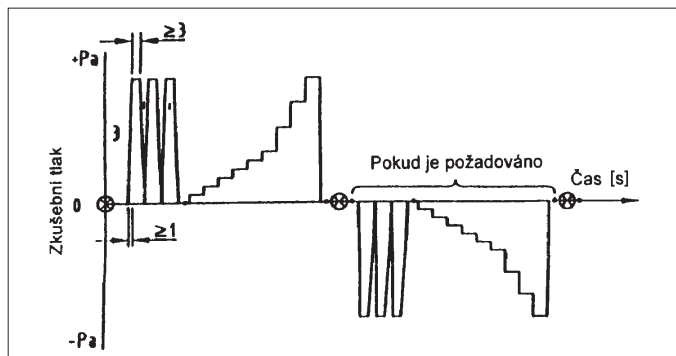
Obr. 3 Příklad zkušebního zařízení podle ČSN EN 12 114



Jednotlivé zkušební normy předepisují přesný postup zkoušky. Takovýto postup pro okna a dveře je uveden na obr. 4.

## 2. NĚKOLIK ÚDAJŮ A POZNÁMEK O PRŮVZDUŠNOSTI ZE ZKUŠEBNÍ LABORATOŘE

Na úvod následujícího oddílu dovolte malé odbočení od tématu průvzdušnosti. V evropské normalizaci (CEN) se prosadil, domnívám se, velmi ne-



Obr. 4 Přetlaková posloupnost při zkoušce podle ČSN EN 1026

čestný způsob uvádění výsledků. Výsledky výpočtu jsou vlastní normou uváděny jako výsledky zkoušky. Jako příklad lze uvést ČSN EN 673 – Sklo ve stavebnictví – Stanovení součinitele prostupu tepla (hodnota  $U$ ) – Výpočtová metoda (2002). Tato norma stanoví výpočtové normy pro součinitel prostupu tepla zasklení, podle které některé české renomované firmy vydávají osvědčení na vlastnost izolačních skel. Jestliže se vydávají prohlášení o vlastnostech na základě výpočtů, jejichž koeficienty se odečítají z tabulek normy, co dodat? Odečtení z tabulky normy není potvrzením skutečného stavu stupně plnění tepelně izolačním plynem, ani neověřuje skutečné vlastnosti tepelně odrazivé nízkoemisní vrstvy použité tabule skla. I když odborníky nezmatou (podle čísla normy lze rozpoznat, o co jde), výsledek výpočtu může snad nanejvýš sloužit k odhadu možných vlastností výrobku. **Určitě však není vlastnost vypočítaná rovnocenná vlastnosti získané výsledkem zkoušky.**

Požadavky na průvzdušnost bývají velmi náročné. Jednou stranou intervalu požadavku je úspora tepla – maximální utěsnění. Druhou mezi intervalu je požadavek na výměnu vzduchu. Při vyostření těchto požadavků vznikají otázky: „Utěšňovat nebo dýchat? Šetřit nebo zemřít?“ [1]

Při pohledu na potřebu výměny vzduchu v místnostech a netěsnosti oken je vhodné zmínit několik poznámek.

1. Průtok vzduchu netěsnostmi je závislý na rozdílu tlaků. Tento rozdíl je především funkcí rychlosti větru působícího na budovu, ale také rozdílu teplot spolu s dalšími parametry. Oba tyto ovlivňující parametry jsou permanentně variabilní.

2. Rychlost větru je velmi proměnná. Není mi znám žádný případ udušení člověka těsnými okny, ale pro zajištění dobrých podmínek pro pobyt člověka je vhodné zajistit přiměřené větrání.

3. Při kvantifikaci průvzdušnosti se používá v České republice součinitel spárové průvzdušnosti  $i_{LV}$ . Tak jako v jiných zemích, je tento součinitel zaveden vzhledem ke ztrátě tepla výměnou vzduchu. To znamená, že pravidla při hodnocení tepelných ztrát se pohybují na straně bezpečného pokrytí všech tepelných ztrát při vytápění: „V žádném případě (při žádném z měřených rozdílů tlaků) nesmí průvzdušnost překročit normativní křivku“. Pokud by byl součinitel průvzdušnosti hodnocen vzhledem k větrání, pravidla hodnocení by požadovala opak současných: „V žádném případě nesmí být průvzdušnost nižší než normativní křivka“.

4. V současnosti se vyrábějí nejčastěji otvorové výplně s obvodovým kováním a účinným těsněním. Většina měřených konstrukcí vykazuje hodnotu  $i_{LV} \cdot 10^4 < 0,1$ , která odpovídá požadavku na otvorové výplně pro budovy s větráním pouze nuceným nebo s klimatizací. Vysoká těsnost otvorových výplní je považována za důkaz správné funkce těsnícího systému. K této skutečnosti je třeba přihlídnout při hodnocení větrání. Dnes není pravda, že nově vyráběná dřevěná okna (jednoduchá, zdvojená nebo dvojitá) mají průvzdušnost  $i_{LV} \cdot 10^4 = (1,9-1,2) [m^3/(s \cdot Pa^{0,67})]$ . Průvzdušnost oken s kvalitním těsnícím profilem správně použitým by měla být  $i_{LV} \cdot 10^4 < 0,3$ .

Tab. 3 [1] uvádí zajímavé údaje pro získání určitého přehledu, jak mohou okna sloužit k větrání. Nedostatkem údajů v tabulce však je, že nejsou uvedeny okrajové podmínky uvedených hodnot. Zkušený výpočtář si je snad dokáže představit, ale přesto chybí:

- objem větrané místnosti,
- uvažovaný přetlak (snad 4 Pa podle DIN 1946 část 6?).

Dnes používaná okenní kování jsou většinou vybavena tzv. mikroventilací, tj. zajištěnou „mikro“ větrací polohou. Klika kování je v tomto případě v tzv. „čtvrté“ (odtěsněné) poloze, kdy těsnění funkční spáry je vyřazeno z činnosti. Tab. 4 udává několik hodnot větracích účinků zjištěných měření v naší zkušebně pro okna různých výrobců.

Tab. 5 uvádí zjištěné hodnoty pro okna s úpravou ke zvýšení průvzdušnosti. Vyšších hodnot je docíleno vynechaným těsnícím profilem (každý výrobce má odlišnou délku vynechaného těsnění, umístění je mimo dolní polovinu okna), případně použitím těsnícího profilu bez těsnícího elementu (profil vyplňuje drážku, aby okno nevypadalo nedokončené). Součinitel spárové průvzdušnosti se měřil vždy do 600 Pa.

Uživatelé nových oken v obytných prostorech, bez jiného řešení větrání, mají dnes dvě volby:

a) Naučí se větrat a docílí takto maximálních energetických úspor touto levnou cestou. Předpokladem této možnosti však je přiměřené vnitřní prostředí bez extrémních zdrojů vzdušné vlhkosti a znečištění. Jako příklad takového stavu lze uvést pronikání znečištěného vzduchu do bytů umístěných v horních patrech bytových domů (např. netěsnými vstupními bytovými dveřmi).

b) Dostanou se do obtíží s vlhkým vzduchem, který bude kondenzovat na chladných površích.

Dále lze zvýšit průvzdušnost a tím zlepšit větrání například:

- mikroventilací, která je dnes snad již standardním doplňkem kování,
- odstraněním části těsnění.

Na straně výrobců oken je povinnost informovat o způsobu používání jejich výrobků. Dodnes nejsou všeobecně známa rizika při pořízení nových oken. Jedním z nich je jisté snížení větrání netěsnostmi a výše uvedené obtíže se vzdušnou vlhkostí, které mohou vést ke znehodnocení obytného prostoru.

Dalším krokem trhu může být nabídka doplňků zajišťujících pomoc s větráním. Odpovědnost leží na osobě projektující vnitřní prostory a zajištění větrání. Za větrání v průběhu životnosti by snad měla mít odpovědnost obývací osoba. Kdo ji na to upozorní, kdo nám to připomene?

Kontakt na autora: [jindrich.mrlík@csizlin.cz](mailto:jindrich.mrlík@csizlin.cz)

**Použitý zdroj:**

- [1] Erich Seifert: Jak těsné musí a smí být okno? Fenster und Fassade 1981, č. 1. ■

Tab. 3 Intenzita výměny vzduchu (podle [1])

Poloha okna	$n_h$ [h <sup>-1</sup> ]
Okna, dveře zavřené	0 až 0,5
Okna sklopená, rolety stažené	0,3 až 1,5
Okna sklopená, bez rolet	0,8 až 4,0
Okna polootevřená	5 až 10
Okna zcela otevřená	9 až 15
Okna a dveře zcela otevřené (proti sobě)	asi 40

Tab. 4 Naměřené hodnoty větrání při 4. poloze kliky – kování zajišťuje polohu křídla v od-těsněném stavu

	Větrání [m <sup>3</sup> /h] při 5 Pa	Křídlo / spára [m]
Plastové okno	85	1,4 x 1,5 / 5,7
	112	1,4 x 1,5 / 5,7
	40	1,4 x 1,5 / 5,7
	58	1,4 x 1,5 / 5,7
	58	1,1 x 1,4 / 5,1
Dřevěné okno EURO IV68	13,2	0,7 x 1,4 / 4,24

Tab. 5 Naměřené hodnoty průvzdušnosti funkční spáry – při úpravách s přerušnými těsnícími profilem

$\dot{L}_v$	Okno / spára [m]
0,3	1,4x1,5 / 5,7
0,45	
0,5	
0,6	
0,93	1,4x1,5 / 5,7

**\*Magnetické chlazení ze Švýcarska**

Genu Swiss Technology Award 2006 a řadu dalších ocenění získal vynález revolučního chlazení, založeného na magnetokalorickém efektu, známém z termodynamiky již od roku 1881, kdy v rotujícím střídavém magnetickém poli se materiál na jedné straně ohřívá a na druhé straně ochlazuje. Vynález pochází z Vysoké inženýrské školy kantonu Vaud Haute École d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD) v Yverdon-les-Bains.

Konstrukčně je chlazení řešeno rotujícím výměníkem tvaru válcového mezikruží jehož jedna polovina je vystavena účinku magnetického pole. Střídavou magnetizací se tekutina proudící na jedné straně výměníku ohřívá, druhá strana výměníku s tekutinou v protiproudu chladí. Chlazení je vysoce ekologické, použití vzduchu nebo vody jako chladicí tekutiny vylučuje fluorchlorované uhlovodíky (freony), čpavek, CO<sub>2</sub> nebo solanky. Provoz chlazení potřebuje energii jen na otáčivý pohyb výměníku, nevyžaduje kompresor a tím je bezhlučný. Předností zařízení je vysoká účinnost a nízké nároky na prostor a výrobní náklady. Jako vhodného magnetokalorického materiálu se užívá slitin manganu, které mají největší magnetokalorický efekt při malých změnách intenzity pole, zatímco slitiny gadolinia mají vyšší efekt při větších změnách intenzity pole.

Vynález je vhodný k aplikaci u chladniček pro domácnost, chladicích jednotek pro výrobu, skladování a prodej potravin, klimatizačních jednotek budov, průmyslového

chlazení a automobilových klimatizačních zařízení. Výroba prvních jednotek byla již zahájena u několika výrobců, jejichž jména nebyla oznámena.

*Pramen: Tisková informace ceny Swiss Technology Award 2006 k veletrhu Hannover Messe 2006 (AB)*

**\* Ekologické tepelné čerpadlo**

Švýcarská vývojová firma awtec AG z Curychu ve spolupráci s výrobcem tepelné techniky Stiebel Eltron AG vyvinula nové tepelné čerpadlo pro vytápění a ohřev teplé vody v nízkoenergetických a pasivních domech. Ekologické tepelné čerpadlo s deskovým výměníkem používá jako první pro přenos energie přírodního, nejedovatého a nehořlavého oxidu uhličitého. Použití CO<sub>2</sub> má termodynamické výhody při ohřevu vody na vyšší teploty, vylučuje užívání i dosud přípustných halogenovaných uhlovodíků a představuje nekorodující médium pro konstrukci výměníku. Prototyp čerpadla prošel typovou certifikací ve zkušebním ústavu pro tepelná čerpadla ve Fachhochschule Buchs. Jeho předností je účinnost, při níž se z každé kWh energie vložené do pohonu čerpadla získává 5 kWh energie v teple a teplé vodě. Čerpadlo získalo nominaci na cenu Swiss Technology Award 2006 a připravuje se u Stiebel Eltron k uvedení na trh.

*Pramen: Tisková zpráva ceny Swiss Technology Award 2006 k veletrhu Hannover Messe 2006 (AB)*