



IMPROVIZOVANÉ KRYTY S PLASTOVÝMI OKNY.

Vlastimil Sýkora ¹⁾ Čestmír Hylák ²⁾
Ján Pivovarník ³⁾

ABSTRAKT

V súčasnej dobe sa nepočítá s budovaním nových úkrytových priestorov, pričom stávajúci úkrytový fond je nedostatočný. V prípade válečného ohrozenia by toto bolo riešeno pomocou tzv. improvizovaných úkrytov, ktoré by si obyvateľstvo budovalo svépomocí. V mnoha prípadoch sú však súčasťou takto budovaných krytů rôzne otvory, ako napr. okna a dvere, ktoré by bolo nevyhnutné predem vhodným spôsobom zatiesniť. Cieľom tejto práce bolo promeňovanie prietoku vzduchu moderného typu okna (plastového) oplepeného vhodnou izolačnou páskou, popr. doplneného o polyetylenovú fóliu, a to pri rôznych vstupných tlakoch (rychlostiach vetru). Na základe takto naměřených hodnôt bol diskutovaný a posudzovaný vliv spôsobu oplepení okna na jeho tesnosť, a tým i na tesnosť budovaného improvizovaného krytu.

Kľúčová slova: improvizovaná ochrana, plastové okno, prietok vzduchu

ABSTRACT

At present, it is not planned to build new shelters, whereas the existing ones are insufficient. In case of a military threat, this situation would be solved by so-called improvised shelters, which would be built by the citizens themselves. In many cases, however, various openings, such as windows and doors, form critical part of shelters. Such openings should be carefully sealed in advance and in the right way. The aim of this work was to test air permeability of a modern type of window (plastic one) sealed off with suitable insulation tape, possibly even supplemented with a polyethylene film, at various input pressures (wind speeds). On the basis of these measured values, the effect of the method of window sealing on its permeability, and therefore on the permeability of the improvised shelter was discussed and assessed.

Key words: air permeability, improvised protection, plastic window

1. pplk. Ing. Vlastimil Sýkora, CSc. (MV GR HZS ČR, Institut ochrany obyvateľstva; Na Lužci 204, 533 41 Lázně Bohdaneč, Česká republika; tel.: +420 950 580 351; e: vlastimil.sykora@ioolb.izscr.cz)

2. Ing. Čestmír Hylák (MV GR HZS České republiky, Institut ochrany obyvateľstva)

3. Ing. Ján Pivovarník (MV GR HZS České republiky, Institut ochrany obyvateľstva)

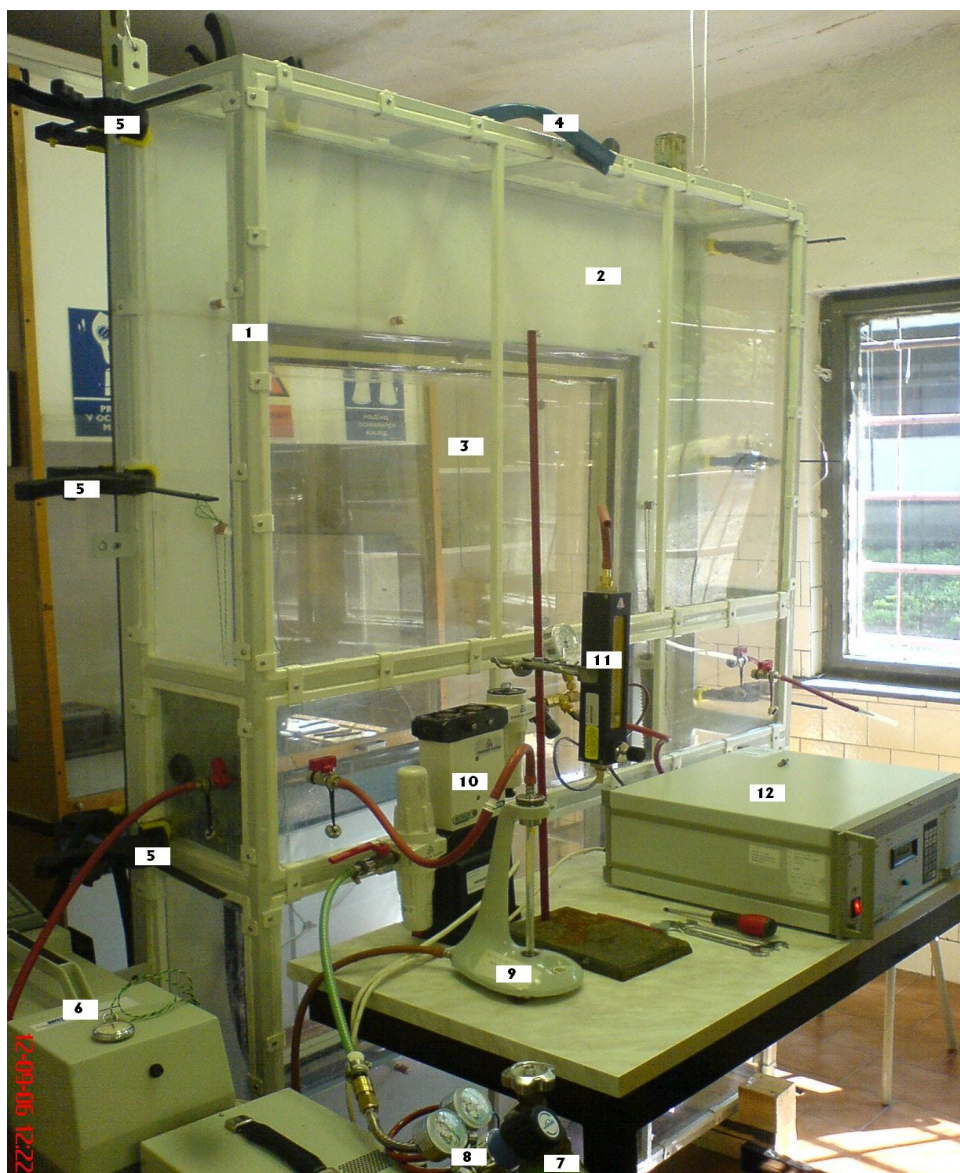
1 ÚVOD

V letech 2006 - 2009 byla Institutem ochrany obyvatelstva v rámci výzkumného úkolu „Zjišťování těsnosti stavebních otvorů v improvizovaných úkrytech a způsob jejich dotěsnění (OKNO)“ řešena problematika budování improvizovaných úkrytů. Řešení úkolu vycházelo z „Konceptů ochrany obyvatelstva...“, dle kterých se nepočítalo se zřizováním a údržbou úkrytů. K ukrytí při mimořádných událostech s rizikem kontaminace nebezpečnými látkami a účinků pronikavé radiace bylo občanům doporučováno využívat přirozených ochranných vlastností staveb s úpravami zamezujícími jejich průnik.

Vlastním cílem úkolu bylo jednak navržení a vyrobení speciální testovací komory pro posuzování těsnosti oken tak, jak je to zavedeno ve státní zkušebně, tj. dle norem ČSN EN 12207[1] a ČSN EN 1026[2] a její použití pro měření těsnosti vhodně zatěsněného plastového okna oblepeného izolační páskou, popř. doplněného o polyethylenovou fólii.

2 ZKUŠEBNÍ KOMORA

Pro měření těsnosti stavebních otvorů byla vyvinuta a vyrobena zkušební komora (ZK) skládající se z kovových profilů s výplní na bázi organického skla (obrázek č. 1). Komora byla osazena kohouty sloužícími jako uzavíratelné průchodky pro měření tlaku a koncentrace zkušební látky a pro napouštění a vypouštění zkušební látky.



Obrázek č. 1 Zkušební komora

1	-	komora	7	-	tlaková láhev s SF ₆
2	-	polypropylenová přepážka	8	-	redukční ventil
3	-	testované okno	9	-	průtokoměr
4	-	velká truhlářská svorka	10	-	generátor suchého vzduchu
5	-	malá truhlářská svorka	11	-	rotametr
6	-	spektrofotometr MIRAN	12	-	kalibrační zařízení SYCOS-3

2.1 METODY MĚŘENÍ

Pro měření těsnosti zkušební komory a oblepeného plastového okna byly použity tyto metody:

- měření rychlosti poklesu tlaku,
- měření množství vzduchu potřebného k udržení příslušného tlaku (průvzdušnost).

2.2 OZNAČENÍ ZPŮSOBU ZATĚSNĚNÍ SPÁR OKNA

Pro zkušební okna byla jako materiál pro zatěsnění nežádoucích otvorů (otvory pro montáž meziskelních žaluzií a otočných závěsů) použita plastelína a pro vlastní experiment (oblepení, resp. zatěsňování spár) lepicí páska o šířce 48,5 mm [3,4].

Strana, způsob oblepení vlastního okna, popř. použití dalších těsnících materiálů je uvedeno v následujícím textu.

- „A“ - zkušební rám bez okna, místo okna plná PP deska,
- „B“ - okno bez úprav (nezalepené, pouze otvory pro montáž meziskelních žaluzií a otočné závěsy zaslepeny pomocí plastelíny),
- „C“ - okno s úpravou vnitřní strany, pomocí izolepy zalepena spára mezi křídlem a rámem a oblepen zasklívací profil,
- „D“ - okno s úpravou vnější strany, pomocí izolepy zalepena spára mezi křídlem a rámem a oblepen zasklívací profil,
- „E“ - okno s úpravou vnitřní a vnější strany, pomocí izolepy z obou stran zalepena spára mezi křídlem a rámem a oblepen zasklívací profil,
- „F“ - okno bez úprav, z vnější strany zatěsněné pomocí PE fólie,
- „G“ - okno s úpravou vnitřní strany jako „C“, z vnější strany zatěsněné pomocí PE fólie,
- „H“ - okno s úpravou vnější strany jako „D“, z vnější strany zatěsněné pomocí PE fólie,
- „I“ - okno s úpravou vnitřní a vnější strany jako „E“, z vnější strany zatěsněné pomocí PE fólie.

2.3 VÝPOČET PRŮVZDUŠNOSTI

Průvzdušnost (vztažná na délku spáry PP desky nebo okna) byla vypočtena dle následujících vztahů:

$$P_{dsk} = Q_{vzduchu} \times 60 / (1000 \times 5,380)$$

kde: $Q_{vzduchu}$... množství dodávaného vzduchu [$\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$]
 P_{dsk} ... průvzdušnost vztažená na délku spáry komory [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$]
5,380 ... celková délka spáry plastového okna [m]

2.4 MĚŘENÍ RYCHLOSTI POKLESU TLAKU

Zkouška spočívala ve sledování rychlosti poklesu tlaku z předepsané hodnoty (300 Pa) na hodnotu požadovanou (10 Pa), přičemž jejím prvotním cílem bylo jednoduchým způsobem prokázat, zda daný systém (samotná ZK, popř. ZK s nezatěsněným či jakýmkoli způsobem zatěsněným oknem) je těsný, popř. do jaké

míry. Obdobným způsobem se testují i vyráběná okna[5]. Z naměřených hodnot (tabulka č. 1; obrázek č. 2) vplynuly následující závěry:

1) Ve všech případech, kdy byla ZK osazena oknem, tj. v případě měření zatěsněných oken „B“ – „I“, docházelo v porovnání s výsledky získanými při měření samotné ZK osazené pouze PP deskou („A“) k velmi rychlému poklesu tlaku (komora osazená oknem s jakýmkoli způsobem zatěsněnými spárami vykazovala daleko větší počet netěsností než komora bez oken).

2) Při stejném způsobu oblepení okna bylo zatěsnění s polyethylenovou (PE) fólií v porovnání s oknem bez této fólie vždy účinnější (pomalejší pokles tlaku) - viz porovnávané dvojice oblepení „F“-„B“, „G“-„C“, „H“-„D“ a „I“-„E“. Také všechna oblepená okna doplněná o PE fólii (systémy „F“, „G“, „H“ nebo „I“) byla v porovnání s oblepenými okny bez této fólie (systémy „B“, „C“, „D“ a „E“) vždy těsnější.

3) Nezatěsněné okno bez fólie („B“) bylo vždy méně těsné než okno zatěsněné pouze pomocí lepicí pásky („C“, „D“ a „E“), což se projevilo prodloužením doby potřebné k dosažení požadovaného tlaku 10 Pa. Tyto výsledky odpovídaly již dříve změřenému dřevěnému oknu [6]. Jestliže však okno kromě oblepení bylo zatěsněno z vnější strany PE fólií („F“), naměřené výsledky již s předchozími měřeními nekorespondují. Naopak při tomto způsobu zatěsnění bylo dosaženo nejnižší rychlosti poklesu tlaku ve zkušební komoře, přičemž tento pokles byl skoro 30x delší, než v případě okna bez fólie („B“). Je pravděpodobné, že u tohoto typu okna, které je samo o sobě dostatečně těsné, oblepení okna nehraje již tak významnou roli a fólie ovlivňuje zatěsnění jiným způsobem, než v případě dřevěného okna.

4) Těsnější bylo také okno oblepené z obou stran v porovnání s oknem oblepeným buď z vnější nebo z vnitřní strany („E“ v porovnání s „C“ a „D“ či „I“ s „G“ a „H“).

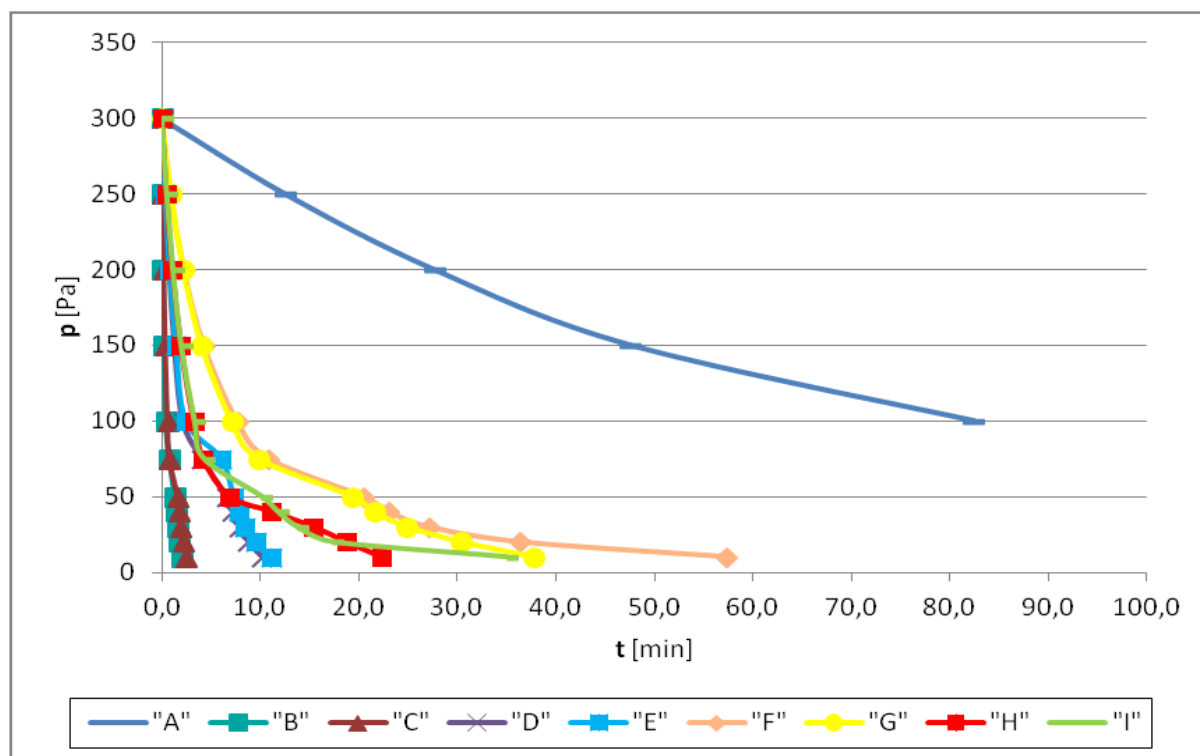
5) Výrazný rozdíl se projevil také v tom, která strana okna byla zatěsněna, jestli vnější nebo vnitřní. U okna bez fólie („C“ v porovnání s „D“) bylo účinnější vnější oblepení u okna s fólií („G“ v porovnání s „H“) naopak vnitřní. Mechanismy rozdílného chování však zatím nejsou přesně známy.

6) Značný rozdíl v době potřebné k dosažení limitního tlaku 10 Pa byl naměřen jak u systémů bez fólie („B“ a „C“ v porovnání s „D“ a „E“), tak i s fólií („F“ a „H“ v porovnání s „G“ a „I“). Tyto rozdíly souvisí s dokonalejším utěsněním okna, kdy nedochází v tak velké míře ke vzniku kanálků, jimiž by mohl do vnitřního prostoru proudit vzduch (tlačený vzduch při vnějším zatěsnění těsnicí páskou zatlačuje do spár, naopak při vnitřním zatěsnění je těsnicí páska ze spár vytlačována, což se projevuje větší netěsností systému). V případech, kdy je okno doplněno fólií, opět tento mechanismus plně neplatí, přesto i zde je vliv fólie nezanedbatelný.

7) Ani v případě nejlepšího způsobu zatěsnění okna („F“) nebylo dosaženo těsnosti srovnatelné se samotnou zkušební komorou osazenou pouze PP deskou („A“).

Tabulka č. 1 Pokles tlaku v závislosti na druhu zatěsnění

P [Pa]	Způsob zatěsnění okna								
	"A"	"B"	"C"	"D"	"E"	"F"	"G"	"H"	"I"
	Rychlost poklesu tlaku [hod:min:sec]								
300	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0:12:33	0:00:02	0:00:05	0:00:19	0:00:21	0:00:54	0:00:56	0:00:28	0:00:30
200	0:27:40	0:00:05	0:00:11	0:00:44	0:00:49	0:02:15	0:02:12	0:01:05	0:01:08
150	0:47:35	0:00:13	0:00:20	0:01:16	0:01:26	0:04:15	0:04:02	0:01:56	0:01:58
100	1:22:23	0:00:24	0:00:34	0:02:07	0:02:25	0:07:38	0:07:05	0:03:14	0:03:20
75		0:00:48	0:00:45	0:04:01	0:06:00	0:10:50	0:09:51	0:04:12	0:04:17
50		0:01:18	0:01:37	0:06:32	0:07:15	0:20:25	0:19:20	0:06:51	0:10:09
40		0:01:26	0:01:46	0:07:08	0:07:51	0:23:03	0:21:35	0:11:08	0:11:48
30		0:01:34	0:01:56	0:07:51	0:08:23	0:27:05	0:24:52	0:15:20	0:13:45
20		0:01:45	0:02:08	0:08:45	0:09:30	0:36:18	0:30:25	0:18:42	0:17:22
10		0:02:00	0:02:26	0:10:07	0:11:08	0:57:17	0:37:44	0:22:15	0:35:00



Obrázek č. 2 Pokles tlaku v komoře v závislosti na čase pro všechny způsoby zatěsnění okna

2.5 MĚŘENÍ PRŮVZDUŠNOSTI

Další způsob měření spočíval v plynulém dodávání vzduchu do ZK, a to takovým způsobem, aby byl v komoře za daných podmínek dosažen konstantní tlak, čili aby bylo dosaženo rovnováhy mezi dodávaným vzduchem a vzduchem, který proudí z komory díky netěsnostem směrem ven. Z dodávaného, resp. odcházejícího

množství vzduchu byla vypočtena průvzdušnost daného systému., v tomto případě zatěsněného okna, a to průvzdušnost vztažená na délku spáry okna.

Souhrnné výsledky pro všechny způsoby zatěsnění okna jsou uvedeny na obrázcích č. 3 (bez fólie) a č. 4 (s fólií). Z jednotlivých výsledků vyplynuly tyto závěry:

1. Zkušební komora osazená PP deskou („A“) vykazala minimální průvzdušnost (max. těsnost), a to až do tlaku 40 Pa (prakticky neměřitelné), tj. do odpovídající rychlosti větru okolo 29 km.h⁻¹).

2. Naopak, okno zatěsněné pouze z vnitřní strany („C“), vyžadovalo při nastavení příslušného tlaku uvnitř ZK poměrně vysoké množství dodávaného vzduchu, přičemž tlaku 200 Pa nebylo možné se stávajícím zařízením dosáhnout (tato hodnota odpovídala rychlosti větru cca 66 km.h⁻¹). Takto zatěsněné okno bylo z pohledu těsnosti též značně netěsné.

3. Odlišná situace nastala ale v případě okna zatěsněného z vnější strany („D“), kdy pro dosažení max. měřeného tlaku 300 Pa (odpovídající rychlosti větru 79 km.h⁻¹) bylo nutné dodávat výrazně nižší množství vzduchu (těsnější systém) než tomu bylo v případě vnitřního zatěsnění. Důvodem bylo dokonalejší utěsnění okna, při kterém nedocházelo v tak velké míře ke vzniku kanálků, jimiž by mohl do vnitřního prostoru proudit vzduch.

4. Oboustranné zatěsnění okna sice dále zvýšilo těsnost systému a snížilo jeho průvzdušnost, avšak naměřené rozdíly již nebyly tak významné („E“ v porovnání s „D“).

5. Ve všech případech však platilo, že s rostoucím tlakem (rychlostí větru) bylo požadováno vyšší množství dodávaného vzduchu, což vedlo k vyšší průvzdušnosti daného systému.

6) Poněkud odlišné výsledky byly naměřeny u oken dodatečně oblepených PE fólií. Porovnáním stejným způsobem zatěsněných oken - „B“-„F“, „C“-„G“, „D“- „H“ a „E“-„I“ (vnější zatěsnění - vnější zatěsnění + fólie) se ukázalo, že množství dodávaného vzduchu pro udržení konstantního tlaku bylo v případě zatěsnění oken s fólií výrazně nižší, a tím i zároveň vypočtená průvzdušnost, naopak těsnost daného systému se zvyšovala. Rozdíly mezi jednotlivými způsoby zatěsnění při použití PE fólie nejsou však až tak významné (1,9-3,6 l.min⁻¹).

7) Vliv fólie se zejména projevil u okna nezatěsněného („F“) a u okna zatěsněného z vnitřní strany („G“). U těchto dvou systémů bylo k udržení příslušného tlaku zapotřebí nejmenšího množství dodávaného vzduchu, čili tyto systémy vykazaly nejvyšší těsnost. U vnějšího zatěsnění („H“), kdy vlivem proudícího vzduchu (tlaku) byla izolační páska, resp. fólie, vtlačována do spár a tedy by mělo docházet ke zlepšení těsnosti systému, nebylo použití fólie až tak významné, přesto i zde její použití

v porovnání se systémem bez fólie („D“) vedlo do určité míry ke zlepšení těsnosti daného systému.

8) Nejlepší těsnosti (nejmenší průvzdušnosti), tak jak bylo očekáváno, bylo dosaženo u okna zatěsněného z obou stran a navíc zaizolovaného z vnější strany fólií („I“), a to až do tlaku 75 Pa. Při tlacích nad 100 Pa (rychlosti větru 79 km.h^{-1}) byly u systémů „F“ a „G“ naopak naměřeny nepatrně nižší hodnoty, než tomu bylo v případě zatěsnění „I“. Rozdíl mezi nejlépe zatěsněným systémem („F“ a „G“) a systémem obsahujícím PP deskou („A“) pro tlak 300 Pa byl pouze $1,5 \text{ l.min}^{-1}$, což představovalo přibližně 5-ti násobně vyšší množství dodávaného vzduchu. Při nižších tlacích, pravděpodobně i vlivem menší přesnosti při dodávání vzduchu, byly tyto rozdíly s klesajícím tlakem postupně vyšší.

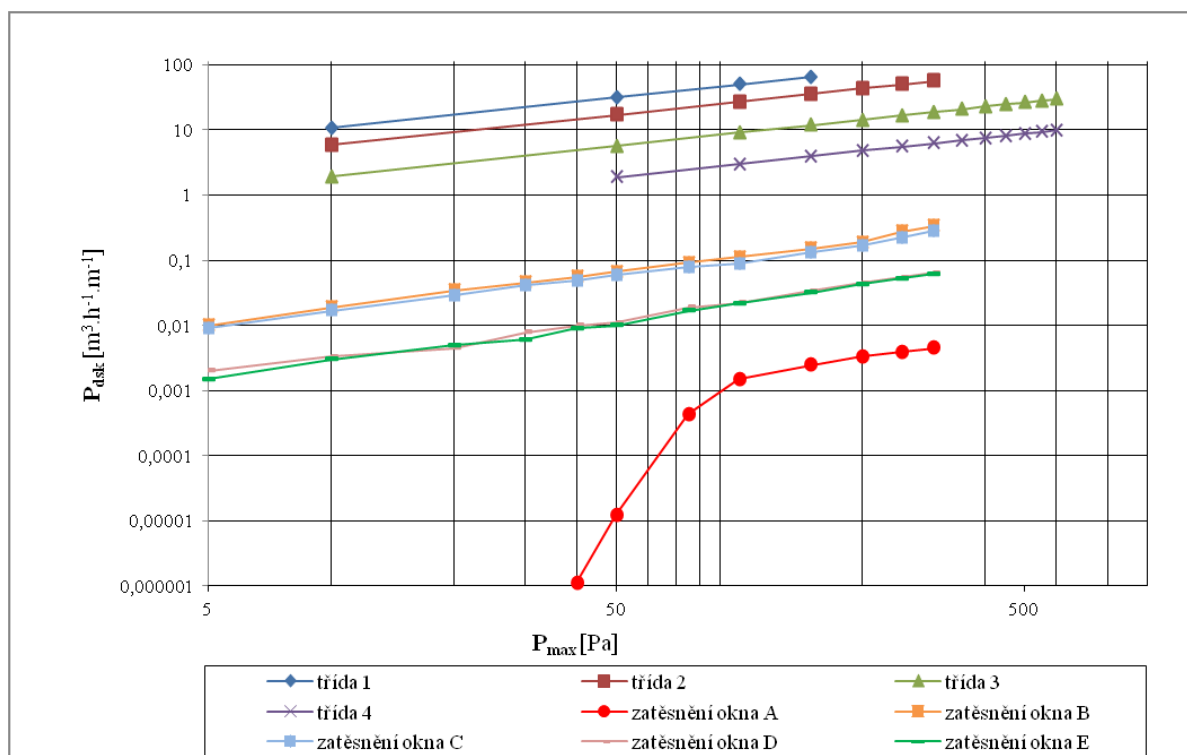
9) Ve všech případech opět platilo, že s rostoucím tlakem bylo požadováno vyšší množství dodávaného vzduchu, což vedlo k růstu průvzdušnosti daného systému zatěsnění.

10) Rozdíl mezi nejlepším způsobem zatěsnění okna („I“) a komorou zatěsněnou PP deskou („A“) v množství dodávaného vzduchu byl např. při tlaku 100 Pa (rychlosti větru 45 km.h^{-1}) přibližně 89 %.

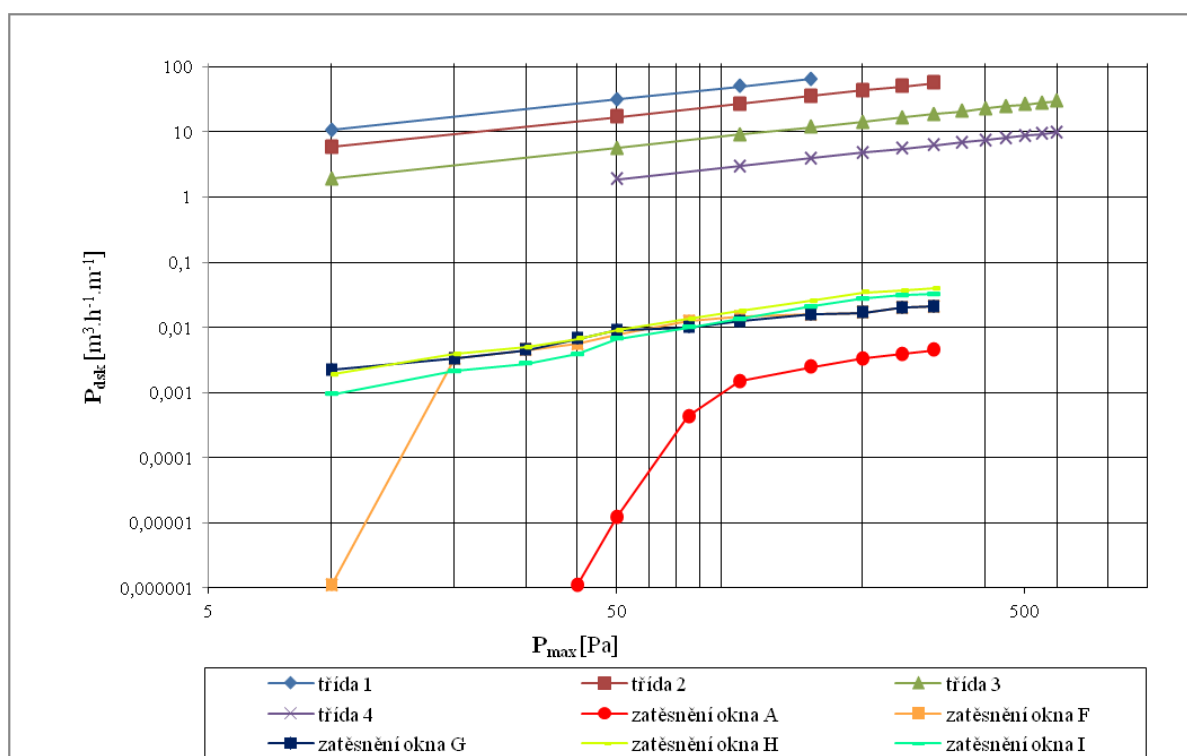
Na obrázcích č. 3 (bez fólie) a č. 4 (s fólií) bylo též provedeno grafické porovnání naměřených hodnot s hodnotami průvzdušnosti vyplývající dle klasifikační normy ČSN EN 12207, kde zatřídění je charakterizováno 4 třídami, přičemž třída 4 je považována za třídu s nejmenší průvzdušností, z čehož vyplývá, že se jedná o velmi těsné okno.

Z dlouhodobého průzkumu v současné době vyráběných dřevěných a plastových oken ve vztahu k těsnosti a průvzdušnosti lze konstatovat, že nejčastěji dosahovanou třídou je u těchto typů oken třída 4 (přibližně 95 %) a třída 3 (přibližně 5 %)[7].

Naměřené hodnoty průvzdušnosti pro jednotlivé způsoby zatěsnění okna ve všech případech dosahovaly lepších výsledků, než odpovídalo nejvyšší třídě průvzdušnosti 4. Obdobně i naměřené hodnoty průvzdušnosti v případě jakýmkoli způsobem zatěsněného okna oblepeného pomocí izolační pásky (nižší hodnoty P_{dsk}) v porovnání s oknem neoblepeným byly nižší, čili předpokládaná třída průvzdušnosti takto zatěsněných oken by byla vyšší, než je udáváno ve výše zmiňované normě.



Obrázek č. 3 Průvzdušnost okna vztažená na délku spáry - měření bez fólie, systémy „A“, „B“, „C“, „D“ a „E“



Obrázek č. 4 Průvzdušnost okna vztažená na délku spáry - měření s fólií, systémy „A“, „F“, „G“, „H“ a „I“

3 ZÁVĚR

Pokusy prokázaly, že způsob zatěsnění okna oblepením spár má značný vliv na velikost průniku nebezpečné látky směrem do vnitřního prostoru improvizovaného úkrytu. Nalezené rozdíly ukazují, zejména v porovnání s nezatěsněným oknem, jak je v jednotlivých případech oblepení účinné a do jaké míry můžou takto improvizované zatěsněné prostory chránit civilní obyvatelstvo. Bylo také prokázáno, že rychlost pronikání, a tím i zamoření vnitřního prostoru, je do značné míry ovlivněna tlakem jako simulátorem rychlosti větru.

Cílem tohoto příspěvku bylo poukázat na reálné možnosti účinné ochrany obyvatelstva při úniku nebezpečných látek. Z výše uvedeného jednoznačně vyplývá, že ochrana obyvatelstva ukrytím v budovách je za předpokladu respektování fyzikálně-chemických zákonitostí velmi efektivní a je zcela oprávněně doporučovaným ochranným opatřením.

LITERATURA

- [1] ČSN EN 12207 Okna a dveře – Průvzdušnost – Klasifikace.
- [2] ČSN EN 1026 Okna a dveře – Průvzdušnost – Zkušební metoda.
- [3] PIVOVARNÍK, J.; HYLÁK, Č.; SÝKORA, V.: Metodika optimálního způsobu dotěšňování oken, dveří a dalších stavebních otvorů v improvizovaných úkrytech. Lázně Bohdaneč: MV-GŘ HZS ČR Institut ochrany obyvatelstva, 2010.
- [4] ZAPLETAL, M.: Technická zpráva č. 01/2005 o speciálních konstrukčních úpravách dřevěného okna zdvojeného, otočného kolem svislé osy, za účelem snížení filtrace. Zlín 2005.
- [5] SIHYUN, P., MINHEE, K., JAE-HAN, L., SEUNG-YEONG, S. 2017. Influence of Drainage Holes on Condensation Risk and Air-tightness of Windows. An Experimental Case Study of Triple Glazing PVC Windows. In: *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. Vol. 16, no 1, pp. 83-90.
- [6] SÝKORA, V.; HYLÁK, Č.; PIVOVARNÍK, J.: Nové možnosti v improvizované ochraně ukrytím. Sborník příspěvků z mezinárodní konference, SPBI-FBI, VŠB – Technická univerzita Ostrava 2011, s. 124-128, ISBN 978-80-7385-096-8.
- [7] BENCSIK, B., KOVÁCS, Z., DÉNES, L. 2011. Sealings influence on windows air tightness performance. In.: *PRO LIGNO*. Vol. 7, no 4, pp. 83-91.