

# **Srovnávací měření techniků a měřicích zařízení, leden 2012**



Vypracoval:

Jiří Novák  
12.10.2012



## Obsah

Obsah .....	1
Cíl.....	3
Metoda a postup .....	3
Účastníci .....	4
Výsledky.....	4
Parametry rovnice proudění $C_L$ a $n$ .....	4
Objemový tok vzduchu při 50 Pa, $V_{L50}$ .....	5
Intenzita výměny vzduchu při 50 Pa, $n_{50}$ .....	7
Porovnání s výsledky předchozího srovnávacího měření .....	8
Kontrola vybraných testů.....	9
Cíl.....	9
Metoda.....	9
Výsledky.....	9
Závěry, komentáře .....	10
Příloha 1 – Klimatické podmínky podle záznamu účastníků .....	11
Příloha 2 – Přehled výsledků.....	12
Příloha 3 – Grafické výsledky – hodnota $n_{50}$ .....	13
Příloha 4 – Grafické výsledky – měření podtlakem .....	14
Příloha 5 – Grafické výsledky – měření přetlakem.....	15



## Cíl

Srovnávací měření je organizováno jako součást programu valné hromady Asociace Blower Door CZ. Je chápáno především jako jeden z prostředků pro kontrolu kvality služby, kterou poskytují členové Asociace. Toto srovnávací měření je druhé v řadě (první proběhlo v roce 2010).

Cílem srovnávacího měření je:

- kontrola správnosti funkce měřicích zařízení používaných členy Asociace
- kontrola odborné způsobilosti měřicích techniků obsluhujících zařízení – členů Asociace

Obojí se ověřuje vzájemným porovnáním výsledků měření realizovaných:

- různými technikami s použitím různých zařízení
- na stejné budově
- za srovnatelných podmínek
- ve velmi krátkém časovém intervalu

Zkušenosti ukazují, že tento způsob kontroly může efektivně pomoci při odhalování nedostatků při obsluze zařízení nebo jeho závad. V minulosti se takto podařilo např. odhalit chybu jednoho z měřicích zařízení (systematicky vyšší naměřený objemový tok vzduchu, při  $\Delta p = 50$  Pa až o  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ ) a identifikovat její příčinu (zvýšená plošná průvzdušnost plachty – zřejmě důsledek degradace materiálu).

Cílem srovnávacího měření naopak nebyla kontrola odborné způsobilosti měřicích techniků při výpočtu vztažných veličin a přípravě budovy před měřením (stejný přístup jako při srovnávacím měření v roce 2010).

## Metoda a postup

Srovnávací měření probíhalo od 12. 1. do 13. 1. 2012. Klimatické podmínky zaznamenával každý účastník sám, během svého dílčího testu. Výsledky jsou shrnuty v Příloze 1. Teplota vnitřního, vnějšího vzduchu a jejich rozdíl se v průběhu celého srovnávacího měření sice měnily, rozdíly mezi dílčími testy by však neměly mít podstatný vliv na výsledek. V síle větru byly zaznamenány výraznější rozdíly mezi dílčími testy. Jedná se ovšem o subjektivní hodnocení účastníků, která nemusí být zcela přesná a vzájemně porovnatelná.

Měřenou budovou byl jeden z typových pasivních rodinných domů Atrea v obytném souboru Koberovy. Budova byla pro měření připravena organizátory a tato jednotná příprava se v průběhu srovnávacího měření neměnila. Jednalo se o stejnou budovu jako při srovnávacím měření v roce 2010, ovšem příprava budovy na tato dvě srovnávací měření se mohla lišit (shoda nebyla kontrolována).

Účastníci měli realizovat test při přetlaku i podtlaku v budově a vyhodnotit výsledky postupem podle ČSN EN 13829. Pro vyhodnocení výsledků používali všichni účastníci shodné hodnoty vztažných veličin (zejména vnitřní objem pro výpočet hodnoty  $n_{50}$ ). Tyto společné hodnoty vztažných veličin byly vypočítány organizátory srovnávacího měření postupem podle ČSN EN 13829. Jako výsledek testu měli účastníci odevzdat hodnoty těchto veličin:

- součinitel proudění  $C_{env}$  [ $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{Pa}^n)$ ] (výsledek měření podtlakem, přetlakem)
- součinitel proudění  $C_L$  [ $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{Pa}^n)$ ] (výsledek měření podtlakem, přetlakem)
- exponent proudění  $n$  [-] (výsledek měření podtlakem, přetlakem)
- objemový tok vzduchu při 50 Pa  $V_{50}$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] (výsledek měření podtlakem, přetlakem a jejich průměr)
- intenzita výměny vzduchu při 50 Pa  $n_{50}$  [ $\text{h}^{-1}$ ] (výsledek měření podtlakem, přetlakem a jejich průměr)

## Účastníci

Srovnávacího měření se zúčastnilo 14 techniků a 13 měřicích zařízení různých typů. Typy zařízení a jejich počty jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 Typy měřicích zařízení ve srovnávacím měření

označení	výrobce	typ	počet zařízení
1	Energy Conservatory	Minneapolis Blower Door Model 4	7
2	LTM	Blowtest 3000	2
3	Retrotec	Model Q46	1
4	Infiltec	Infiltec E3	3
celkem			13

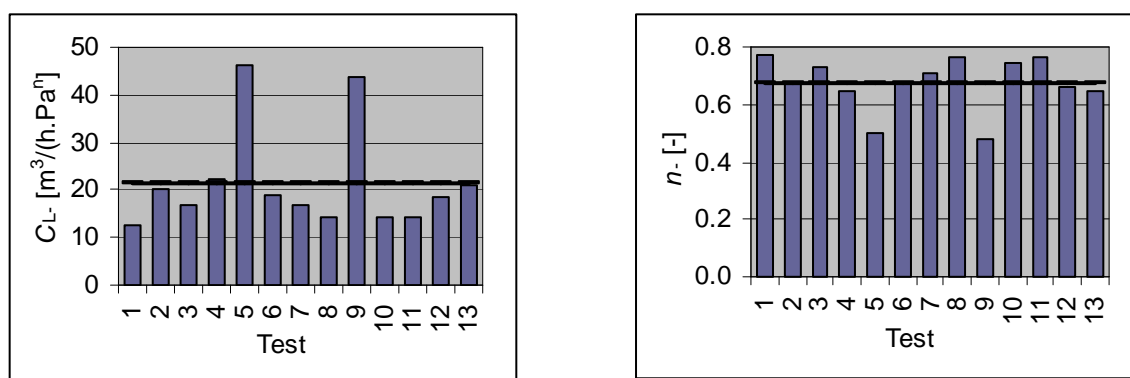
## Výsledky

Výsledky testů při podtlaku v budově jsou v dalším textu označeny dolním indexem „-“, výsledky testů při přetlaku v budově dolním indexem „+“. Výsledky testů vypočítané jako průměr z výsledku při podtlaku a přetlaku v budově (např.  $n_{50}$ ) jsou označeny dolním indexem „+/-“. Podrobnější přehledy výsledků jsou uvedeny v přílohách.

### Parametry rovnice proudění $C_L$ a $n$

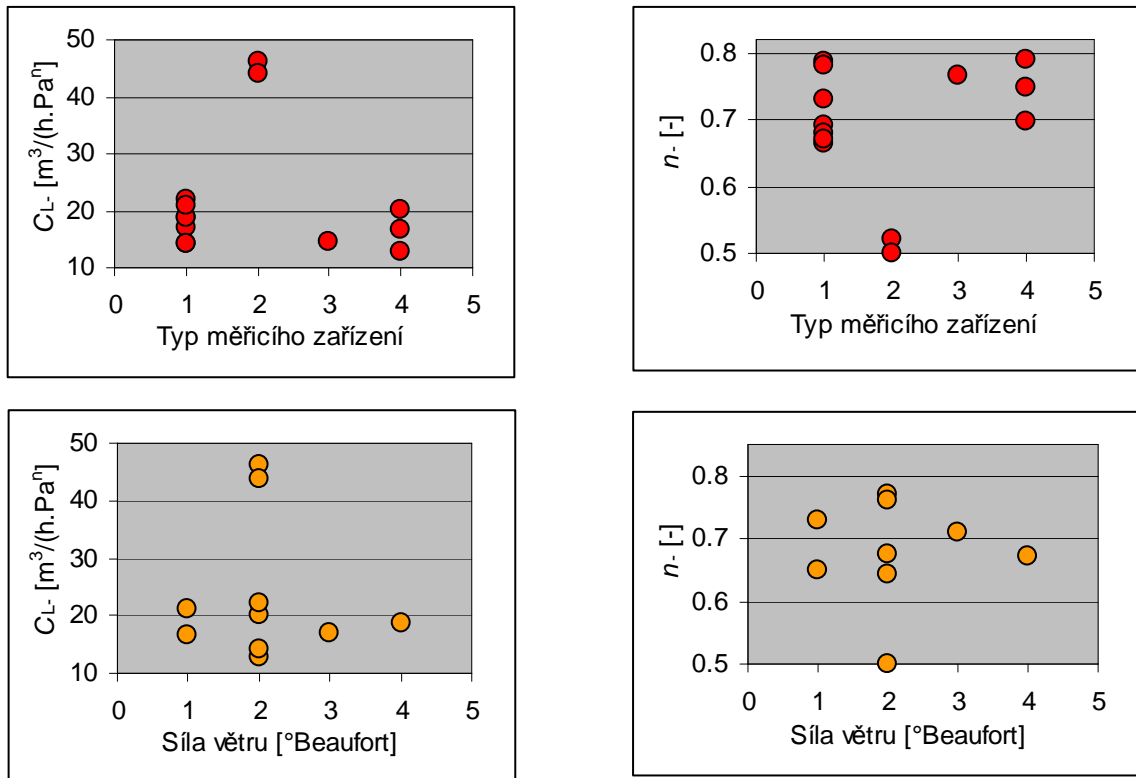
Parametry rovnice proudění  $C$  a  $n$  jsou přímo odvozeny z naměřených hodnot tlakového rozdílu a průtoku vzduchu. Chyby, které vznikly při měření, by se tedy měly projevit především v těchto veličinách. Chyby veličin  $C$  a  $n$  se budou šířit do dalších výsledků měření, např.  $V_{50}$ ,  $n_{50}$ , neboť jejich hodnoty se počítají právě z hodnot  $C$  a  $n$ .

Číselné výsledky jsou uvedeny v Příloze 2. Nápadné jsou především výsledky testů podtlakem č. 5 a 9, které se výrazně liší od výsledků ostatních testů. To platí pro součinitel proudění  $C_L$  i pro exponent proudění  $n$  (obr. 1). Hodnoty  $C_{L-}$  jsou u těchto testů výrazně vyšší. Hodnoty  $n$  jsou naopak výrazně nižší, dokonce se pohybují na fyzikálně přípustné dolní mezi. Důsledkem jsou odlišné průběhy závislosti  $V_L/\Delta p$ , zejm. v oblasti nízkých tlakových rozdílů (viz Přílohu 4 a 5). U vyšších tlakových rozdílů (např. 50 Pa) se nicméně průběhy  $V_L$  blíží ostatním testům.



Obr. 1 Parametry rovnice proudění - měření podtlakem

Odchytky zjištěné u testů podtlakem č. 5 a 9 zřejmě souvisejí s typem měřicího zařízení. Naopak, souvislost mezi odchylkou od ostatních výsledků a silou větru nelze prokázat - problematické hodnoty nebyly naměřeny při silnějším větru (obr. 2).



Obr. 2 Parametry rovnice proudění, měření podtlakem – kontrola závislosti na typu měřicího zařízení a síle větru

U měření přetlakem se tyto anomálie nevyskytují. Zjištěné hodnoty  $C_{L+}$  jsou přibližně symetricky rozloženy okolo průměrné hodnoty – to je jedním ze znaků normálního rozdělení a tedy důvěryhodnosti naměřených údajů (předpokládá se, že měřené veličiny zatížené nahodilou chybou mají normální rozdělení).

### Objemový tok vzduchu při 50 Pa, $V_{L50}$

Velmi důležitým výstupem z měření je průměrná hodnota objemového toku vzduchu při 50 Pa,  $V_{L50+/-}$  (průměr z hodnot  $V_{L50}$  získaných při měření podtlakem a přetlakem) – z ní se totiž dopočítává hodnota  $n_{50}$ , která se běžně v našem prostředí považuje za výsledek testu vzduchotěsnosti. Naměřené hodnoty objemového toku vzduchu při 50 Pa,  $V_{L50+/-}$ , se pohybují v intervalu 254 až 304 m<sup>3</sup>/h. Průměrná hodnota je 277 m<sup>3</sup>/h, mezikvartilové rozpětí 19 m<sup>3</sup>/h a směrodatná odchylka 15.2 m<sup>3</sup>/h.

Klíčovou otázkou je, zda jsou výsledky dílčích testů „dostatečně přesné“ a zda se mezi nimi nevyskytují hodnoty, které by se od ostatních lišily „více, než je přípustné“. Taková kritéria pro výsledek testu ovšem nejsou v technických předpisech zřejmě nijak definována.

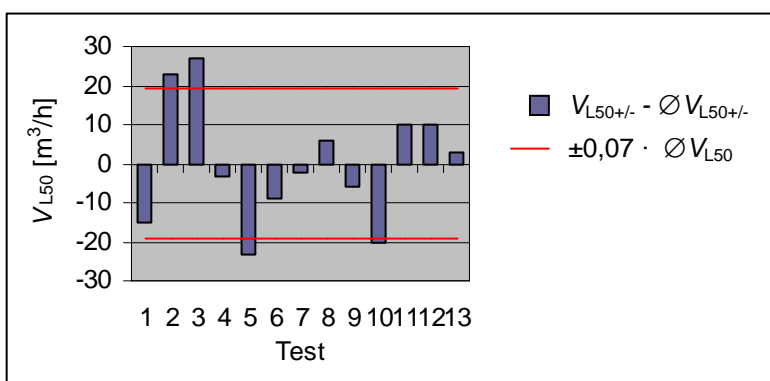
První informace o přesnosti naměřených dat může poskytnout kontrola odlehlých hodnot. V popisné statistice se za odlehlou hodnotu považuje např. hodnota, která je vzdálená od 1. nebo 3. kvartilu o více než 1.5 násobek mezikvartilového rozpětí (mohou existovat i jiná kritéria). Kontrola ukázala, že v souborech hodnot  $V_{L50+}$ ,  $V_{L50-}$  a  $V_{L50+/-}$  se takto definované odlehlé hodnoty nenacházejí. Mezi výsledky testů by se tedy neměly vyskytovat vyloženě chybné výsledky (žádné z realizovaných měření tedy pravděpodobně nebylo zatíženo mimořádně významnou chybou).

Při hodnocení přesnosti měření je dále možné vycházet z požadavku ČSN EN 13829 na přesnost zařízení pro měření objemového toku vzduchu. To má měřit s chybou max.  $\pm 7\%$  z měřené hodnoty (ČSN EN 13829, kap. 4.2.3). Změřenou hodnotu  $V_{L50+/-}$ , která se od skutečné hodnoty neliší více, než o  $\pm 7\%$ , by bylo možné považovat za dostatečně přesnou, protože byla změřena s chybou menší, než je maximální přípustná chyba samotného přístroje pro měření

objemového toku. Pokud budeme za dostatečně přesný odhad „skutečné“ hodnoty  $V_{L50+/-}$  považovat průměr z hodnot  $V_{L50+/-}$  všech dílčích testů ( $\bar{V}_{L50+/-}$ ) pak by rozdíl mezi hodnotou  $V_{L50+/-}$  z každého dílčího testu neměl být větší, než  $\pm 7\%$  průměru ze všech dílčích hodnot  $V_{L50+/-}$ , tedy:

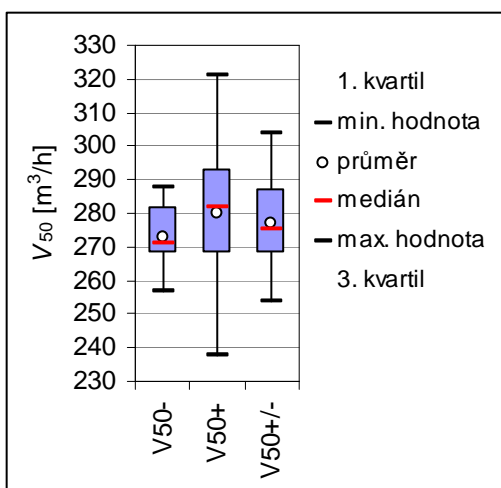
$$V_{L50+/-} - \bar{V}_{L50+/-} \leq \pm 0,07 \cdot \bar{V}_{L50+/-}$$

Z obr. 3 je zřejmé, že tuto podmínku splňuje většina testů (9 z 13, t.j. 69%). Podmínku nespĺňují testy 2, 3, 5 a 10. Správnost těchto testů by měla být ověřena.



Obr. 3 Objemový tok vzduchu při 50 Pa,  $V_{L50+/-}$  - odhad přesnosti měření

O přesnosti měření vypovídá také rozptýlenost naměřených dat - méně rozptýlená data mohou znamenat, že hodnota byla změřena s menší chybou. Rozptýlenost naměřených hodnot  $V_{L50}$  je u měření podtlakem výrazně menší, než u měření přetlakem. Významně se liší jak rozsah souboru (rozdíl mezi minimem a maximem), tak mezikvartilové rozpětí (obr. 4). Samotné výsledky srovnávacího měření neumožňují tento neočekávaný jev objasnit. V případě měření přetlakem jsou přitom naměřené hodnoty uspořádány symetricky kolem průměrné hodnoty. To je možné chápat jako základní znak normálního rozdělení a tedy určitou indikaci toho, že mezi hodnotami  $V_{L+}$  by se neměly vyskytovat výsledky vyloženě chybných měření. Průměrné hodnoty  $V_{L50+}$  a  $V_{L50-}$  se rovněž liší.

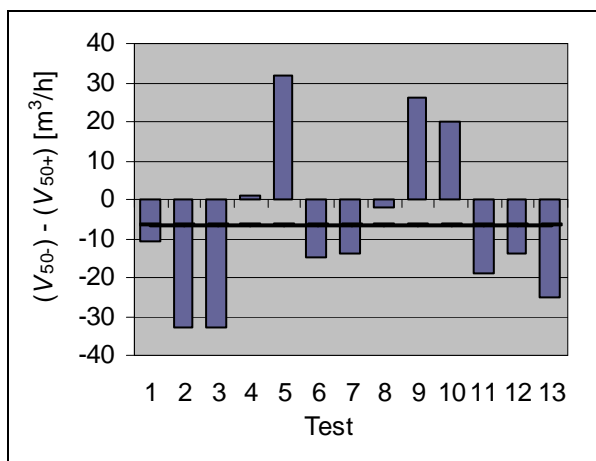


	$V_{50-}$	$V_{50+}$	$V_{50+/-}$
průměr	273.15	279.85	277.08
rozdíl max-min	31	83	50
1. kvart.	268	268	268
3. kvart.	282	293	287
mezikvartilové rozpětí	14	25	19
směrodatná odchylka	9.49	24.19	15.24

Obr. 4 Objemový tok vzduchu při 50 Pa,  $V_{L50}$  – vybrané statistické údaje

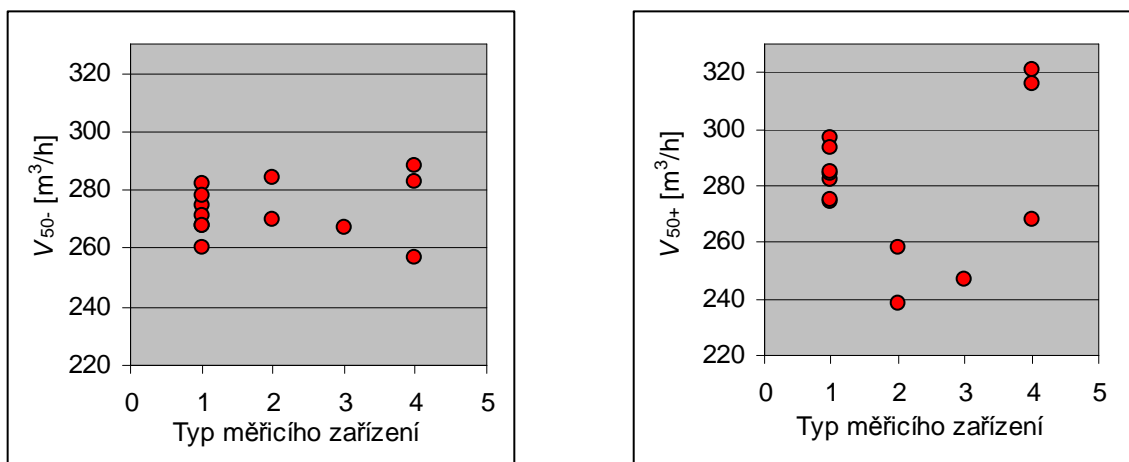
U většiny testů (8 z 13) jsou výsledky měření přetlakem výrazně vyšší, než výsledky měření podtlakem (obr. 5). V případě dvou testů je rozdíl mezi měření podtlakem a přetlakem velmi blízký nule. Pouze ve třech případech jsou výsledky měření přetlakem výrazně vyšší, než výsledky měření podtlakem. Dva z těchto případů jsou testy 5 a 9 – to může být důsledek chyby při měření podtlakem a chybných parametrů rovnice proudění (viz výše).





Obr. 5 Objemový tok vzduchu při 50 Pa,  $V_{L50}$  – rozdíl mezi měřením podtlakem a přetlakem. Tlustá čára reprezentuje průměr ze všech testů.

Výsledky měření podtlakem ( $V_{L-}$ ) se překvapivě jeví jako nezávislé na typu zařízení, přestože v případě měření č. 5 a 9, realizovaných pomocí zařízení typu 2, byly tyto hodnoty vypočítány z chybně stanovených parametrů rovnice proudění  $C_L$  a  $n$ . Naopak, výsledky měření přetlakem ( $V_{L+}$ ) se vizuálně jeví jako závislé na typu zařízení, přestože v případě z měření nebyla závislost parametrů rovnice proudění na typu zařízení zřejmá (obr. 6).



Obr. 6 Objemový tok vzduchu při 50 Pa,  $V_{L50}$  – kontrola závislosti na typu měřicího zařízení

### Intenzita výměny vzduchu při 50 Pa, $n_{50}$

Naměřené hodnoty intenzity výměny vzduchu při 50 Pa,  $n_{50+/-}$ , se pohybují v intervalu 0.78 až 0.93  $h^{-1}$ . Průměrná hodnota je 0.85  $h^{-1}$ , mezikvartilové rozpětí 0.05  $m^3/h$  a směrodatná odchylka 0.046  $m^3/h$ . Podrobnější číselné a grafické výsledky jsou v Přílohách 2 a 3.

Účastníci srovnávacího měření počítali hodnotu  $n_{50}$  vždy jako podíl objemového toku vzduchu  $V_{L50}$  (výsledek dílčího testu) a vnitřního objemu budovy  $V$ . Vzhledem k tomu, že za vnitřní objem dosazovali všichni účastníci shodnou hodnotu předepsanou organizátory, je hodnota  $n_{50}$  vždy pouze násobkem příslušné hodnoty  $V_{L50}$ . To mimo jiné znamená, že pozorování a závěry uvedené v předchozí kapitole pro hodnoty  $V_{L50}$  platí i pro hodnoty  $n_{50}$  (rozdělení dat, rozdíly mezi výsledky měření podtlakem a přetlakem).

## Porovnání s výsledky předchozího srovnávacího měření

V první řadě je potřeba upozornit, že výsledné hodnoty sledovaných veličin získané při srovnávacím měření v roce 2010 a 2012 nelze navzájem jednoduše srovnávat. Hlavním důvodem jsou možné odlišnosti v přípravě budovy před měřením. Klimatické podmínky se rovněž lišily.

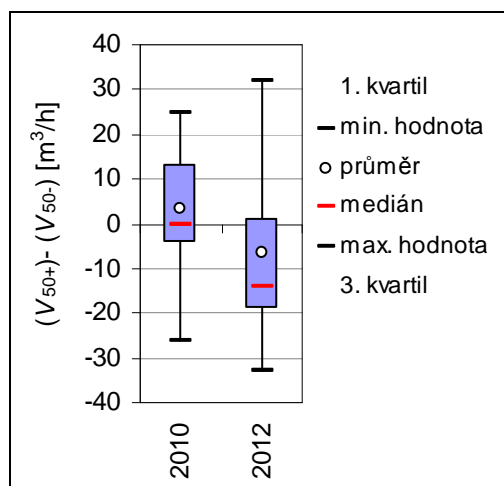
Podobně jako při srovnávacím měření v roce 2010, poskytují zařízení typu 2 v některých případech výrazně odlišné průběhy závislosti  $V_L/\Delta p$ . Stejně jako v roce 2010 je to dáno kombinací vysoké hodnoty  $C_L$  s nízkou hodnotou  $n$  u těchto testů. Je tedy pravděpodobné, že se jedná o systematickou anomálii u tohoto typu přístroje.

Hodnoty  $n_{50+/-}$  jsou v roce 2012 méně rozptýlené, než v roce 2010 (menší rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou, menší mezikvartilový rozsah, menší směrodatná odchylka – viz tab. 2). Jestliže budeme hodnotu  $n_{50+/-}$  považovat za výsledek testu, pak je možné říci, že v roce 2012 byli účastníci schopni stanovit výsledek s menší chybou. Přitom hodnota  $n_{50-}$  byla v roce 2012 stanovena dokonce s výrazně menším rozptylem a hodnota  $n_{50+}$  překvapivě naopak s o něco větším rozptylem.

Tab. 2 Porovnání statistik hodnoty výsledku testu – hodnoty  $n_{50+/-}$  - ze srovnávacích měření z roku 2010 a 2012

	$n_{50-}$ (podtlak)		$n_{50+}$ (přetlak)		$n_{50+/-}$ (průměr)	
	2010	2012	2010	2012	2010	2012
rozdíl max. – min.	0.19	0.09	0.21	0.25	0.16	0.15
mezikvartilové rozpětí	0.10	0.04	0.05	0.08	0.08	0.05
směrodatná odchylka	0.063	0.028	0.062	0.074	0.060	0.046

Zajímavé je také porovnání rozdílu mezi výsledky měření přetlakem a podtlakem. Poloha i míra rozptýlenosti zjištěných dat v roce 2010 a 2012 se liší (obr. 7). Je tedy zřejmé, že pro rozdíl mezi výsledkem měření podtlakem a přetlakem není určující pouze konstrukce budovy a prvků, kterých se měření dotýká, ale může být ovlivněn i dalšími faktory – zejm. přípravou budovy, klimatickými podmínkami a kvalitou práce měřicího technika.



Obr. 7 – Rozdíl mezi výsledkem měření podtlakem a přetlakem – porovnání výsledků ze srovnávacího měření v roce 2010 a 2012

Je obtížné určit, v kterém roce byl rozdíl mezi výsledkem měření podtlakem a přetlakem určen přesněji. Data z roku 2012 jsou rozptýlenější, ale je mezi nimi více hodnot se stejným znaménkem (69% v roce 2012, 50% v roce 2010). Předpokládá se, že obálka budovy skutečně propouští v jednom směru větší průtok vzduchu, než v druhém, proto by při bezchybném

měření měl mít rozdíl mezi výsledkem měření podtlakem a přetlakem u všech testů stejné znaménko. Méně rozptýlená data mohou znamenat, že hodnota byla stanovena s menší chybou a průměrná hodnota může být chápána jako odhad skutečné hodnoty (za předpokladu normálního rozdělení).

## Kontrola vybraných testů

### Cíl

Analýza výsledků srovnávacího měření ukázala, že výsledky některých testů se zvláštním způsobem liší od výsledků ostatních testů. Takové odlišnosti by mohly být způsobeny chybami při měření nebo při zpracování naměřených dat. Cílem této části je odhalit, proč se výsledky těchto testů liší, aby mohly být případné chyby napraveny. Kontrola byla provedena u těchto testů: 2, 3, 5, 9, 11, 12. Test 10, který by bylo vhodné rovněž ověřit, nebylo možné zkontrolovat, neboť nebyly odevzdány potřebné údaje.

### Metoda

Výsledky testu odevzdané měřicím technikem byly znovu, nezávisle vyhodnoceny postupem podle ČSN EN 13829. Kontrolovala se:

- shoda mezi hodnotami  $V_{L50+}$  a  $V_{L50-}$  uvedenými technikem jako výsledek testu a hodnotami  $V_{L50+}$  a  $V_{L50-}$  vypočítanými z parametrů rovnice proudění uvedených technikem jako výsledek testu
- shoda mezi hodnotami parametrů rovnice proudění uvedenými technikem jako výsledek testu a parametry rovnice proudění vypočítanými při kontrolním, nezávislém vyhodnocení naměřených dat.
- způsob aplikace lineární regrese při výpočtu parametrů rovnice proudění (zda např. byly z regrese vyloučeny odlehlé body)

Při kontrolním vyhodnocení (kontrola 2. podmínky) byla naměřená data použita tak, jak byla odevzdána při srovnávacím měření (pro regresi se použily všechny naměřené body). Při kontrole shody se připouštěla určitá tolerance, neboť pro bezchybné vyhodnocení často chyběly některé údaje. Především chyběla informace o tom, zda byly odevzdané hodnoty tlakového rozdílu a objemového toku vzduchu již nějak opraveny nebo ne. Zejm. v případě objemového toku vzduchu nebylo zřejmé, zda se jednalo o odečtené hodnoty  $V_r$  nebo naměřené hodnoty  $V_m$  podle ČSN EN 13829. Předpokládalo se tedy, že se jednalo o neopravené hodnoty  $V_r$ . Dále chyběl vztah pro převod mezi  $V_r$  a  $V_m$ , který může být specifický pro konkrétní typ přístroje (vztah (2) v ČSN EN 13829). Zjednodušeně se tedy předpokládalo, že  $V_r = V_m$ . Dále se předpokládalo, že odevzdané hodnoty tlakového rozdílu nebyly opravené o základní tlakový rozdíl.

### Výsledky

Kontrola testů 2 a 3 neprokázala žádné závažné chyby. Při kontrole ostatních testů byly odhaleny především tyto nedostatky:

- údaje odevzdané technikem jsou navzájem nekonzistentní – např. uvedená hodnota  $V_{L50}$  se neshoduje s hodnotou vypočítanou z uvedených parametrů rovnice proudění
- při kontrolním vyhodnocení naměřených dat byly vypočítány výrazně odlišné hodnoty parametrů rovnice proudění ( $C_{env}$ ,  $C_L$ ,  $n$ ) než jsou hodnoty uvedené technikem – tato chyba byla nalezena u testů 5 a 9, realizovaných pomocí měřicího zařízení typu 2, vždy pouze u měření podtlakem
- u některých testů nebyla zcela korektně použita regresní metoda – z regresní analýzy nebyly odstraněny měřicí body odlehlé od regresní přímky. Kontrolní výpočet bez těchto bodů vedl k výrazně odlišným hodnotám parametrů rovnice proudění s lepší korelací mezi naměřenými body a regresní přímkou
- v případě jednoho testu byly technikem odevzdány hodnoty exponentu proudění  $n$  ležící mimo fyzikálně přípustný rozsah

- u stejného testu byla navíc překročena limitní hodnota základního tlakového rozdílu podle ČSN EN 13829
- u některých testů byl zjištěn vzájemný nesoulad mezi odevzdanými hodnotami způsobený evidentně chybami při přepisování hodnot nebo podobnými chybami z nepozornosti

Z výsledků je zřejmé, že software pro vyhodnocení výsledků měření požívaný měřicím zařízením typu 2 nemusí vždy pracovat zcela správně a může generovat protokoly s chybnými výsledky. Tento software také pravděpodobně neumožňuje dostatečnou kontrolu regresní analýzy a její případnou úpravu. Některé nedostatky mohou mít původ v omezených odborných znalostech technika, některé také v nedostatečné kontrole odevzdávaných výsledků.

## Závěry, komentáře

Analýza výsledků srovnávacího měření ukázala, že mezi důležitými výsledky dílčích testů ( $V_{50}$ ,  $n_{50}$ ) se zřejmě nevyskytují vyloženě chybné hodnoty. To naznačuje, že účastníci srovnávacího měření a jejich zařízení se při měření pravděpodobně nedopouštějí hrubých chyb.

Při dalším hodnocení přesnosti se však ukázalo, že menší část hodnot  $V_{L50}$  nespĺňuje přísnější kritérium, vycházející z požadavku na přesnost zařízení pro měření objemového toku vzduchu (průměr ze všech zjištěných hodnot  $\pm 7\%$ ). Dílčí hodnoty  $V_{L50}$  se od průměru neliší o více než 10%. Přesnost tohoto klíčového výsledku měření je zřejmě uspokojivá, je zde však rezerva pro další zlepšování (očekávala se větší shoda mezi výsledky dílčích testů).

Rozdíly mezi výsledky dílčích testů ovšem nejsou zcela zanedbatelné – to platí jak pro hodnoty  $V_{L50}$  a  $n_{50}$  (viz výše), tak především pro hodnoty parametrů rovnice proudění ( $C_{env}$ ,  $C_L$ ,  $n$ ). V případě měření podtlakem byly u dvou testů zjištěny výrazně odlišné hodnoty, než u ostatních. Tyto rozdíly mezi výsledky zřejmě nejsou zcela nezávislé na typu měřicího zařízení. Kontrola vybraných testů s odlišnými výsledky ukázala, že jeden z nástrojů pro vyhodnocování výsledků měření zřejmě nepracuje správně. V protokolech vypracovaných pomocí tohoto softwaru byly nalezeny prokazatelné chyby.

Tato kontrola dále odhalila nedostatky ve vyhodnocení naměřených údajů, které mohou ve větší či menší míře souviset s odbornou způsobilostí a kvalitou práce měřicího technika. V některých případech nebyla korektním způsobem použita předepsaná metoda lineární regrese pro výpočet parametrů rovnice proudění z naměřených dat. Z naměřených dat nebyla odstraněna odlehlá měření, což vede k nevhodnému průběhu regresní přímky. Příčinou může být omezení ze strany softwaru použitého pro vyhodnocení dat (neumožňuje zásah uživatele do procesu vyhodnocení dat) nebo neznalost či opomenutí problému ze strany technika. Z hlediska zajištění kvality a dobré praxe však není žádná z těchto příčin akceptovatelná.

Mezi odevzdanými výsledky byly několikrát zjištěny údaje ležící mimo fyzikálně přípustný rozsah nebo mimo předepsané meze. To ukazuje na zřejmě nedostatečnou kontrolu odevzdávaných výsledků, nebo omezené odborné znalosti technika. O nedostatečné péči věnované kontrole výsledků svědčí rovněž několik chyb při opisování údajů.

Výsledky tohoto srovnávacího měření poukazují nejen na potřebu pravidelné kontroly kvality práce měřicích techniků, ale také na potenciální rezervy v odborných znalostech techniků a související potřebu průběžného vzdělávání.

Samostatným problémem je obsah, správnost, kontrolovatelnost a vzájemná srovnatelnost výstupů z různých nástrojů pro vyhodnocení naměřených dat. Zavedení jednotné formy protokolu zcela v souladu s ČSN EN 13829, eventuálně jednotného nástroje pro jeho vytvoření, se po této zkušenosti jeví jako velmi vhodná.

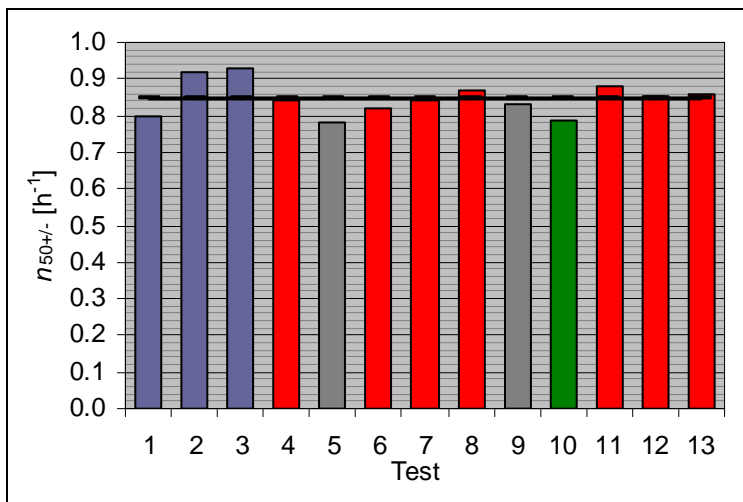
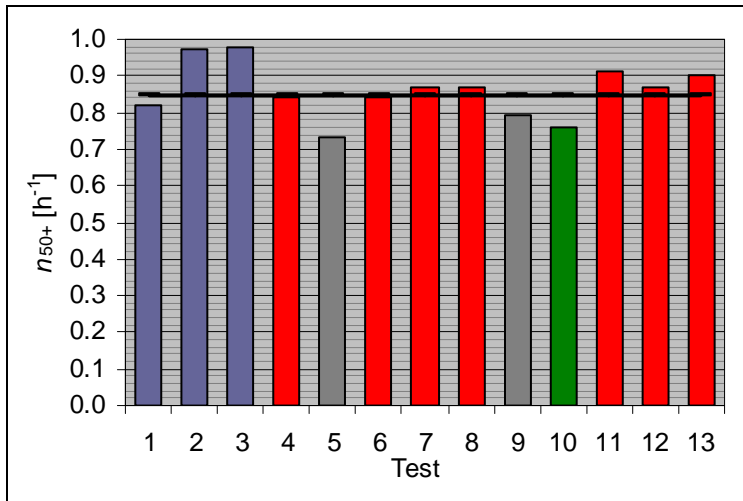
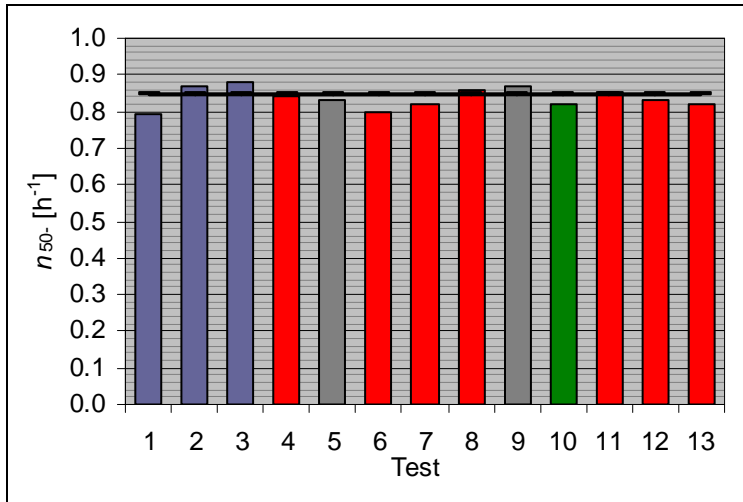
**Příloha 1 – Klimatické podmínky podle záznamu účastníků**

test pořadí	datum	začátek	konec	teplota			síla větru s [°Beaufort]	typ zařízení
				vnitřní	venkovní	rozdíl		
				$\theta_i$ [°C]	$\theta_e$ [°C]	$\Delta\theta$ [°C]		
1	12.1.2012	20:15	20:45	17.5	4.2	13.3	2	4
2	12.1.2012	21:00	21:30	17.4	4.2	13.2	2	4
3	12.1.2012	21:30	22:05	17.7	4.2	13.5	1	4
4	12.1.2012	13:30	14:00	18	6	12	2	1
5	12.1.2011	14:13	14:19	15.8	9	6.8	2	2
6	13.1.2012	7:45	8:45	16	0	16	4	1
7	13.1.2012	9:40	10:30	17	1	16	3	1
8	13.1.2012	11:00	12:00	18	6	12		1
9	13.1.2012	12:25	12:31	14	4	10	2	2
10								3
11	13.1.2012	14:00	14:45	17	4	13	2	1
12	13.1.2012	14:35	15:37	17	5	12		1
13	13.1.2012	15:50	16:10	17	5	12	1	1
průměr				16.9	4.4	12.5	2.1	
min				14.0	0.0	6.8	1.0	
max				18.0	9.0	16.0	4.0	
1. kvart.				16.8	4.0	12.0	2.0	
3. kvart.				17.6	5.3	13.4	2.0	

## Příloha 2 – Přehled výsledků

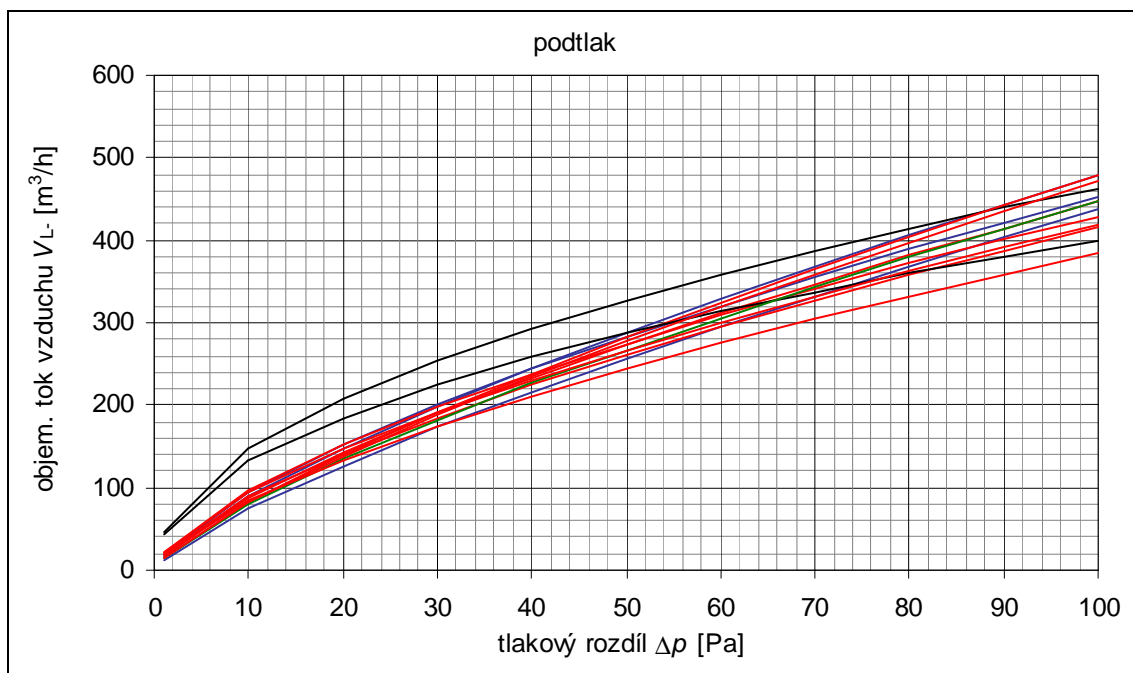
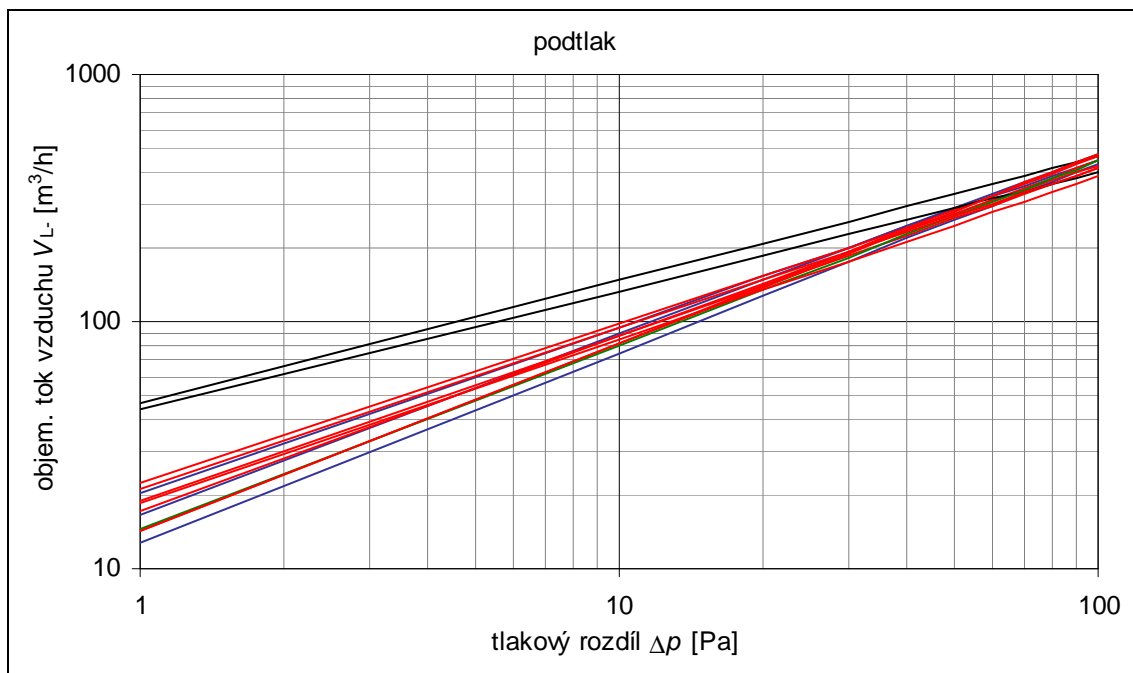
poř.č.	typ zařízení	podtlak				přetlak				průměr			
		$C_{env-}$ [m <sup>3</sup> /(h.Pa <sup>0.5</sup> )]	$C_{L-}$ [m <sup>3</sup> /(h.Pa <sup>0.5</sup> )]	$n^-$ [-]	$V_{50-}$ [m <sup>3</sup> /h]	$n_{50-}$ [h <sup>-1</sup> ]	$C_{env+}$ [m <sup>3</sup> /(h.Pa <sup>0.5</sup> )]	$C_{L+}$ [m <sup>3</sup> /(h.Pa <sup>0.5</sup> )]	$n^+$ [-]	$V_{50+}$ [m <sup>3</sup> /h]	$n_{50+}$ [h <sup>-1</sup> ]	$V_{50+/-}$ [m <sup>3</sup> /h]	$n_{50+/-}$ [h <sup>-1</sup> ]
1	4	12.6	12.7	0.77	257	0.79	18.6	18.6	0.68	268	0.82	262	0.80
2	4	20.0	20.1	0.68	283	0.87	21.7	21.8	0.68	316	0.97	300	0.92
3	4	16.6	16.7	0.73	288	0.88	25.0	25.0	0.65	321	0.98	304	0.93
4	1	22.8	22.1	0.64	275	0.84	16.6	16.6	0.72	274	0.84	274	0.84
5	2	47.1	46.3	0.50	270	0.83	16.8	16.9	0.68	238	0.73	254	0.78
6	1	0.0	18.8	0.67	260	0.80	0.0	18.7	0.69	275	0.84	268	0.82
7	1	17.0	17.0	0.71	268	0.82	19.0	19.0	0.69	282	0.87	275	0.84
8	1	0.0	14.1	0.77	282	0.86	0.0	17.2	0.72	284	0.87	283	0.87
9	2	44.6	43.9	0.48	284	0.87	14.4	14.4	0.74	258	0.79	271	0.83
10	3	14.3	14.5	0.74	267	0.82	13.4	13.6	0.74	247	0.76	257	0.79
11	1	14.0	14.1	0.76	278	0.85	24.0	21.0	0.68	297	0.91	287	0.88
12	1	18.3	18.6	0.66	271	0.83	23.4	23.5	0.64	285	0.87	287	0.85
13	1	21.0	21.0	0.65	268	0.82	25.0	26.0	0.62	293	0.90	280	0.86
průměr		19.1	21.5	0.67	273	0.84	16.8	19.4	0.69	280	0.86	277	0.85
min		0.0	12.7	0.48	257	0.79	0.0	13.6	0.62	238	0.73	254	0.78
max		47.1	46.3	0.77	288	0.88	25.0	26.0	0.74	321	0.98	304	0.93
1. kvart.		14.0	14.5	0.65	268	0.82	14.4	16.9	0.68	268	0.82	268	0.82
3. kvart.		21.0	21.0	0.74	282	0.86	23.4	21.8	0.72	293	0.90	287	0.87

**Příloha 3 – Grafické výsledky – hodnota  $n_{50}$**



- Minneapolis Blower Door Model 4
- LTM Blowtest 3000
- Retrotec Model Q46
- Infiltec E3
- průměr

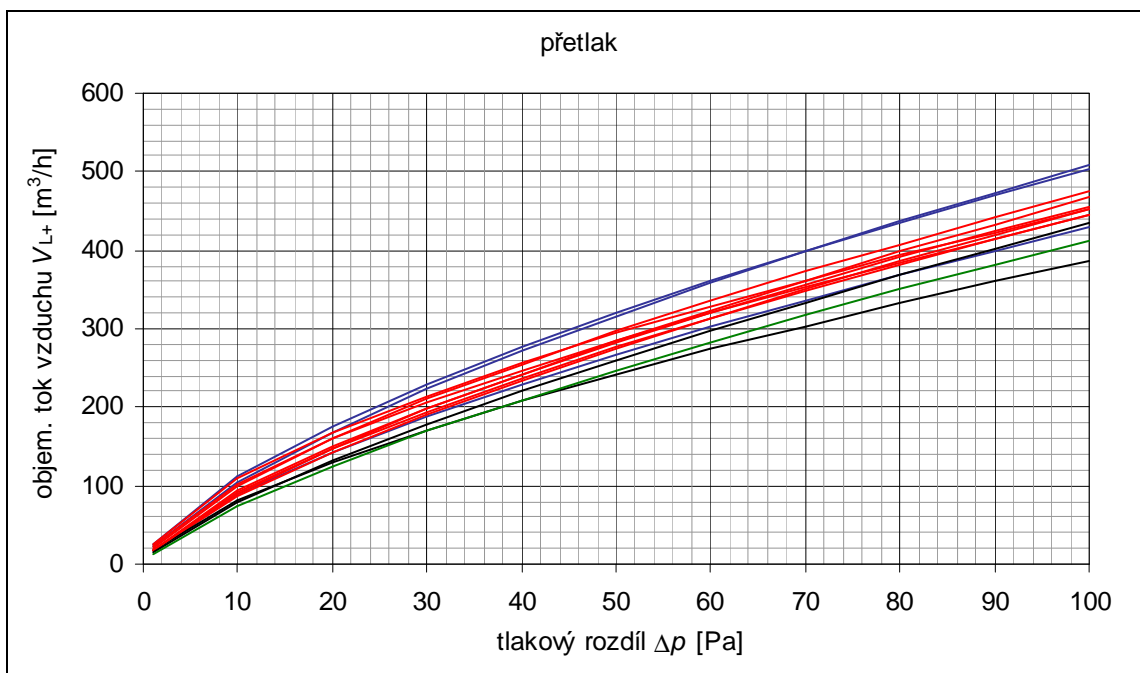
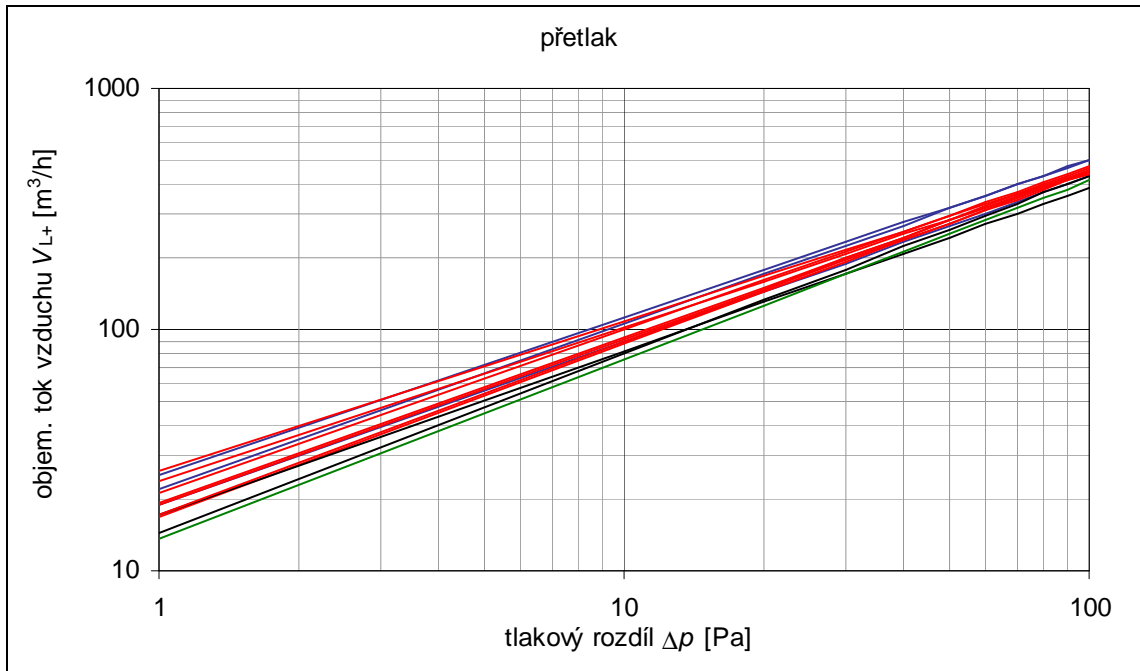
## Příloha 4 – Grafické výsledky – měření podtlakem



- Minneapolis Blower Door Model 4
- LTM Blowtest 3000
- Retrotec Model Q46
- Infiltec E3



## Příloha 5 – Grafické výsledky – měření přetlakem



- Minneapolis Blower Door Model 4
- LTM Blowtest 3000
- Retrotec Model Q46
- Infiltec E3