

**Srovnávací měření techniků  
a měřicích zařízení, červen 2018**

**Stručná zpráva**



Vypracoval:

Jiří Novák  
6.11.2018



## Obsah

Obsah .....	1
Cíl.....	2
Místo a termín konání .....	2
Zkušební komise .....	2
Účastníci .....	2
Měřená budova .....	3
Podmínky při měření .....	3
Stav budovy .....	3
Klimatické podmínky.....	4
Vnitřní teplota .....	4
Venkovní teplota .....	4
Teplotní rozdíl .....	4
Rychlost a síla větru.....	4
Vyhodnocení .....	5
Metoda a postup .....	5
Odchytky od předepsaného postupu .....	5
Výsledky.....	5
Kontrola stavu vybavení .....	5
Technický stav .....	5
Ověření (kalibrace) .....	6
Kontrola osazení měřicího zařízení .....	6
Kontrola pracovního postupu měřicího technika .....	7
Vyhodnocení výsledků dílčích zkoušek .....	7
Kontrola úplnosti odevzdaných údajů .....	7
Kontrola správnosti měření teplot .....	7
Kontrola přípustných mezí .....	7
Kontrola vnitřní konzistentnosti odevzdaných údajů.....	8
Kontrola odlehlých hodnot .....	8
Kontrola rozptýlenosti výsledků dílčích zkoušek.....	10
Závislost výsledku na typu měřicího zařízení .....	10
Závěry .....	11
Literatura .....	12
Příloha 1 – Klimatické podmínky .....	13
Příloha 3 – Posouzení platných výsledků.....	19
Průtok vzduchu netěsnostmi $q_{50+/-}$ .....	19
Příloha 4 – Výsledek srovnávacího měření .....	20

## Cíl

Srovnávací měření organizuje rada Asociace Blower Door CZ. Je chápáno především jako jeden z prostředků pro kontrolu kvality služby, kterou poskytují členové Asociace.

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
- v krátkém časovém intervalu

Zkušenosti ukazují, že tento způsob kontroly může efektivně pomoci při odhalování nedostatků při obsluze zařízení nebo jeho závad.

Souhrn těchto činností se označuje jako srovnávací měření. Jeho součástí dosud není kontrola odborné způsobilosti měřicích techniků při výpočtu vztažných veličin a přípravě budovy před měřením.

Další povinnosti členů A.BD.CZ se kontrolují samostatně, mimo rámec srovnávacího měření. Tyto další kontroly zahrnují zejména:

- kontrolu pravidelného odevzdávání dat do databáze výsledků zkoušek vzduchotěsnosti A.BD.CZ
- kontrolu správnosti protokolu o zkoušce.

Srovnávací měření se realizuje podle Pravidel Pravidla srovnávacího měření techniků a měřicích zařízení Asociace Blower Door CZ [1].

## Místo a termín konání

Srovnávací měření probíhalo od 28.5. do 30.5. 2018 v Koberovech.

## Zkušební komise

Zkušební komise pracovala v tomto složení:

- Stanislav Paleček
- Jiří Novák
- Zbyšek Kubíček
- David Bečkovský

## Účastníci

Srovnávacího měření se zúčastnilo celkem 15 techniků a 14 měřicích zařízení různých typů. Dva technici realizovali zkoušku stejným zařízením. Každý z účastníků realizoval jednu zkoušku podle Pravidel [1], 3 zkoušky se realizovaly 29.5., 7 zkoušek 29.5. a 5 zkoušek 30.5. Typy zařízení a jejich počty jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 Typy měřících zařízení ve srovnávacím měření

ozn.	výrobce	typ	počet
1.1	Energy Conservatory	Minneapolis Blower Door Model 4	8
1.2	Energy Conservatory	Minneapolis Duct Blaster B	3
2.1	LTM	Blowtest 3000	1
3.2	Retrotec	Model Q46	2
4.1	Infiltec	Infiltec E3	1
celkem			15

## Měřená budova

Měřil se jeden z rodinných domů v obytném souboru pasivních rodinných domů vybudovaném firmou Atrea v Koberovech (obr. 1). Měřená budova slouží jako vzorový dům firmy Atrea. Dům je nepodsklepený, má jedno nadzemní podlaží a podkroví, které dohromady tvoří obytnou zónu. Nad obytným podkrovím je nevytápěná půda. Dům má vnitřní objem  $V = 326 \text{ m}^3$  (výpočet z vnitřních rozměrů).

Měřila se celá budova (resp. její obytná část) jako jedna tlaková zóna. Příprava před měřením odpovídala přibližně metodě 2 podle [2]. Přípravu budovy před měřením zajistila zkušená komise. V souladu s Pravidly [1] se tato příprava během srovnávacího měření neměnila. Účastníci osazovali svá měřící zařízení do vstupních dveří.



vnitřní objem	$V = 326 \text{ m}^3$
plocha obálky	$A_E = 293 \text{ m}^2$
podlahová plocha	$A_F = 136 \text{ m}^2$

Obr. 1 Měřená budova a vztažné hodnoty

## Podmínky při měření

### Stav budovy

Příprava budovy před měřením přibližně odpovídala metodě 2 podle [2] (zkouška obálky budovy):

- okna v měřené části budovy se uzavřela
- výlez na půdu se uzavřel (bez dalších úprav)
- nasávací a výfukové VZT potrubí se utěsnilo balónky ve VZT jednotce
- přívodní potrubí zemního výměníku tepla se utěsnilo plastovou zátkou (plastovým kýblem)
- zápachové uzávěry na kanalizačním potrubí se zalily vodou
- komínový průduch se utěsnil balónkem na horním konci (nad úroveň střechy)

Tento stav budovy zůstal zachován beze změn po celou dobu srovnávacího měření.

## Klimatické podmínky

Klimatické podmínky byly v průběhu celého srovnávacího měření zaznamenávány zkušební komisí, nezávisle na účastnících, v souladu s Pravidla [1]. Pořízený záznam vnitřní teploty, venkovní teploty a jejich rozdílu, záznam rychlosti větru, jejich základní statistické vyhodnocení jsou uvedeny v Příloze 1.

### Vnitřní teplota

Vnitřní teplota se během srovnávacího měření (ve sledovaném období – během dne od 8:00 do 19:00) pohybovala od 22.7 °C do 30.1 °C. Průměrná teplota v jednotlivých dnech byla velmi podobná - pohybovala se od 25.8 °C do 27.5 °C. Vnitřní teplota byla velmi podobná venkovní teplotě.

Průměrné hodnoty vnitřní teploty během zkoušky byly u všech dílčích zkoušek srovnatelné. Pohybovaly se v rozmezí od 25.4 °C do 28.3 °C, navzájem se tedy nelišily o více než 3°C. V průběhu dílčí zkoušky byla vnitřní teplota vždy stálá (během žádné z dílčích zkoušek se teplota nezměnila více než o 0.8°C).

### Venkovní teplota

Venkovní teplota se během srovnávacího měření (ve sledovaném období – během dne od 8:00 do 19:00) pohybovala od 19.6 do 28.9 °C. Průměrná venkovní teplota v jednotlivých dnech byla vyrovnaná - pohybovala se od 24.2. °C do 26.6 °C.

Průměrné hodnoty venkovní teploty během dílčích zkoušek se pohybovaly v rozmezí od 21.9 °C do 28.5 °C, navzájem se tedy nelišily o více než 7°C. V průběhu dílčí zkoušky byla vnitřní teplota vždy stálá (během žádné z dílčích zkoušek se teplota nezměnila více než o 1.4 °C).

### Teplotní rozdíl

Rozdíl vnitřní a venkovní teploty se během srovnávacího měření (ve sledovaném období – během dne od 8:00 do 19:00) pohyboval od -2.7 °C do 3.6 °C. Průměrný teplotní rozdíl se pohyboval od -0.8 °C do 3 °C. Zatímco 28.5. byla průměrná hodnota teplotního rozdílu záporná, v ostatních dvou dnech byla kladná (1.4 °C a 3 °C).

Průměrné hodnoty teplotního rozdílu během dílčích zkoušek se pohybovaly v rozmezí od -0.5 °C do 3.6 °C, navzájem se tedy nelišily o více než 4.1°C. V průběhu dílčí zkoušky byl teplotní rozdíl relativně stálý (během žádné z dílčích zkoušek se nezměnil více než o 1.5 °C). Průměrná hodnota teplotního rozdílu měla záporné znaménko pouze u čtyř testů. V absolutní hodnotě jsou však průměrné hodnoty teplotního rozdílu během zkoušky navzájem velmi podobné.

### Rychlost a síla větru

Záznam rychlosti větru z 29.5. je neúplný. Bohužel zcela chybí záznam pro časový úsek, během něhož byly realizovány dílčí zkoušky 1, 2 a 3.

Průměrná rychlost větru byla ve všech třech dnech velmi podobná: 0.9, 1.3 a 1 m/s. Maximální rychlost v nárazech nepřesáhla 7.5 m/s, nárazy větru s rychlostí nad 2 m/s se však vyskytovaly spíše výjimečně. Během všech tří dnů se rychlost větru pohybovala většinou od 0.2 do 1.8 m/s.

Větrné podmínky byly příznivější u dílčích zkoušek realizovaných během dopoledne, později se rychlost větru (v průměru i v nárazech) mírně zvyšovala.

Průměrné hodnoty rychlosti větru během dílčích zkoušek byly velmi podobné. Pohybovaly se v rozmezí od 0.6 m/s do 1.9 m/s, navzájem se tedy nelišily o více než 1.3 m/s. Nejvyšší rychlost větru byla rovněž u všech dílčích zkoušek podobná. Pohybovala se od 3.2 m/s do 6.3 m/s. Ani

v převládající rychlosti větru (rozpětí mezi 1. a 3. kvartilem) se jednotlivé dílčí zkoušky příliš nelišily (viz kvartilové grafy v Příloze 1).

Síla větru se podle hodnocení organizátorů během srovnávacího měření pohybovala v rozmezí 0° - 3° Beaufortovy stupnice. Podle údajů o síle větru zaznamenaných účastníky srovnávacího měření a zkušební komisí lze usuzovat, že větrné podmínky během dílčích zkoušek 1, 2 a 3, pro které chybí záznam rychlosti větru, byly podobné jako větrné podmínky během ostatních dílčích zkoušek (viz Přílohu 1).

## Vyhodnocení

Klimatické podmínky po všechny tři dny srovnávacího měření splňovaly doporučení normy [2] a byly tedy vhodné pro měření vzduchotěsnosti. Nízká rychlost větru byla pro měření příznivá. Rozdíly v klimatických podmínkách mezi jednotlivými testy i mezi jednotlivými dny byly poměrně malé. Podmínky při jednotlivých testech je tedy možné považovat za podobné, což umožňuje vzájemné porovnání výsledků testů.

## Metoda a postup

Postup realizace srovnávacího měření a postup vyhodnocení výsledků jsou podrobně popsány v Pravidlech srovnávacího měření techniků a měřicích zařízení Asociace Blower Door CZ [1].

## Odchytky od předepsaného postupu

Srovnávací měření bylo realizováno zcela v souladu s Pravidly [2], bez významných odchylek.

## Výsledky

### Kontrola stavu vybavení

#### Technický stav

Výsledky kontroly technického stavu měřicích zařízení byly zaznamenány v průběhu srovnávacího měření do kontrolního formuláře. U žádného z kontrolovaných měřicích zařízení nebyly zjištěny závady, které by mohly ohrozit přesnost nebo spolehlivost výsledků, nebo které by mohly bránit bezpečnému provozu.

U jednoho ze zařízení (zkouška č. 3) byla zjištěna netěsnost na konci hadičky pro snímání venkovního tlaku. Závada byla opravena okamžitě, před začátkem vlastní zkoušky. Tab. 2 uvádí souhrn dalších méně závažných závad nebo nedostatků.

Tab. 2 Nedostatky zjištěné při kontrole technického stavu měřicích zařízení

nedostatek	dílčí zkoušky, kterých se týká
na pohled řídký zátěr plachty (zkouška č. 3)	3
zašpiněná plachta (zkouška č. 3)	3, 7, 13
defekty na plachtě opravené lepicí páskou (zkouška č. 5)	5
těsnění v rozích rámu je uvolněné nebo navzájem nedoléhá (zkouška č.)	3, 5, 14
ulomená páka pro rozepření rámu (zkouška č.)	10

Všem účastníkům srovnávacího měření byla zaslána kopie kontrolního formuláře s popisem nalezených závad a nedostatků. Ty se doporučuje do příštího srovnávacího měření opravit, přestože podle závěru zkušební komise neohrožují přesnost, spolehlivost a bezpečnost během provozu.

## Ověření (kalibrace)

Kontrolovalo se pouze ověření (kalibrace) snímačů tlaku (mikromanometrů) na základě předložených protokolů o ověření (kalibraci). U žádného z kontrolovaných přístrojů nebyla překročena předepsaná lhůta pro ověření (1 rok). Kvalita předložených protokolů o ověření (kalibraci) se velmi lišila. Rozdíly jsou především v počtu a velikosti tlakových rozdílů, při kterých se přesnost přístroje ověřovala. Podle ČSN EN ISO 9972 [2] má být přístroj pro měření tlaku schopný měřit tlakový rozdíl s přesností  $\pm 1$  Pa v rozsahu 0 až 100 Pa. Některé protokoly neumožňují spolehlivě vyhodnotit, zda přístroj tento požadavek splňuje. V některých případech bylo v uvedeném rozsahu ověřováno příliš málo tlakových rozdílů. V některých případech dokonce není zcela zřejmý význam údajů uvedených v protokolu a srozumitelné vysvětlivky chybí. Nedostatky zaznamenané během kontroly protokolů o ověření (kalibraci) jsou souhrnně uvedeny v tab. 3. Protože se jedná o první kontrolu protokolů o ověření v tomto rozsahu, rozhodla zkušební komise, že zjištěné nedostatky budou tentokrát tolerovány. Rada Asociace do budoucna vypracuje jednotné pokyny pro kalibraci, aby byly výsledné protokoly navzájem porovnatelné a poskytovaly relevantní informace.

Tab. 3 Nedostatky zjištěné při kontrole protokolů o ověření (kalibraci)

nedostatek	dílčí zkoušky, kterých se týká
malý počet tlakových rozdílů v rozsahu 0 až 100 Pa (např. pouze 2 nebo dokonce pouze 1)	1, 2, 12, 13, 15
dostatečný počet nízkých tlakových rozdílů (do 60 Pa), ale chybí alespoň jeden tlakový rozdíl na horní hranici předepsaného rozsahu (100 Pa)	6
nejasný popis měřených veličin	6
dostatečný počet tlakových rozdílů v rozsahu 0 až 100 Pa, ale žádný tlakový rozdíl nad 100 Pa, přestože přístroj se používá pro měření tlakového rozdílu na cloně ventilátoru, který může být vyšší	10

## Kontrola osazení měřicího zařízení

Výsledky kontroly osazení měřicího zařízení byly zaznamenány v průběhu srovnávacího měření do kontrolního formuláře. Žádný z účastníků srovnávacího měření se nedopustil závažných chyb v osazení měřicího zařízení, které by mohly ohrozit přesnost nebo spolehlivost výsledků. Tab. 4 uvádí souhrn méně závažných nedostatků.

Tab. 4 Nedostatky zjištěné při kontrole osazení měřicích zařízení

nedostatek	dílčí zkoušky, kterých se týká
odběr vnitřního tlaku (konec hadičky nebo snímač tlaku) v blízkosti ventilátoru s potenciálním rizikem vlivu na měřený tlakový rozdíl	3
odběr venkovního tlaku (konec hadičky) v blízkosti ventilátoru s potenciálním rizikem vlivu na měřený tlakový rozdíl	7, 8
netěsné osazení - netěsnosti mezi plachtou a rámem vstupních dveří do budovy, záhyby na plachtě apod.	9, 10
odběr venkovního tlaku (hadíčka) vystaven působení přímého slunečního záření	11, 15
odběr venkovního tlaku (konec hadičky) bez ochrany proti nárazům větru (např. T-kus)	14
odběr venkovního tlaku (konec hadičky) blízko rohu budovy (riziko ovlivnění turbulentním prouděním kolem hrany – rohu budovy)	15

V několika případech (dílčí zkoušky č. 14, 15) dotěsnili účastníci plachtu k rámu vstupních dveří lepicí páskou.



## Kontrola pracovního postupu měřicího technika

Výsledky kontroly pracovního postupu měřicího technika byly zaznamenány v průběhu srovnávacího měření do kontrolního formuláře.

Závažnější nedostatek byl zjištěn pouze u zkoušky č. 6. V protokolu o zkoušce jsou u zkoušky při podtlaku v budově uvedeny shodné hodnoty přirozeného tlakového rozdílu jako u zkoušky při přetlaku v budově. Taková shoda je prakticky vyloučená a ani u ostatních zkoušek nebyla podobná shoda zaznamenána. Jedná se buď o chybu měření, nebo o chybnou funkci měřicího zařízení, resp. softwaru pro jeho ovládání. Pokud by přístroj neměřil přirozený tlakový rozdíl před a po zkoušce při podtlaku v budově a poté před a po zkoušce při přetlaku v budově, jednalo by se zjevně o nesoulad s pracovním postupem podle ČSN EN ISO 9972 [2]. Úspěšné absolvování kontroly pracovního postupu je u této zkoušky uznáno podmíněčně, technikovi, který zkoušku realizoval, se ukládá zjistit příčiny výše popsáního problému, odstranit je a zopakovat srovnávací měření v roce 2019.

Žádný z ostatních účastníků srovnávacího měření se nedopustil závažných chyb v postupu měření, které by mohly ohrozit přesnost nebo spolehlivost výsledků. Všichni měřicí technici realizovali měření v souladu s [2].

## Vyhodnocení výsledků dílčích zkoušek

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

Výsledky dílčích zkoušek jsou souhrnně uvedeny v Příloze 2.

## Kontrola úplnosti odevzdaných údajů

Kromě technika, který realizoval zkoušku č. 6, odevzdali všichni účastníci srovnávacího měření výsledky jimi realizované dílčí zkoušky v předepsaném rozsahu a v předepsané formě. Technik, který realizoval zkoušku č. 6, neodevzdal výstup ze softwaru pro ovládání měřicího zařízení s tzv. hrubými, neupravenými naměřenými údaji. Nedostatek byl akceptován – je známé, že zařízení, kterým byla zkouška realizována, neumožňuje takový výstup jednoduše získat.

Všichni účastníci srovnávacího měření odevzdali řádně (úplně) vyplněné formuláře pro sběr dat. Všichni účastníci srovnávacího měření odevzdali protokol o zkoušce. Soulad odevzdaných protokolů o zkoušce s požadavky ČSN EN ISO 9972 [2] se nekontroloval.

## Kontrola správnosti měření teplot

Nebyly zjištěny žádné hrubé chyby při měření teplot. Hodnoty vnitřní i venkovní teploty odevzdané měřicími technikami byly vždy v dobré shodě s nezávislým záznamem teplot pořízeným zkušební komisí. Žádná z hodnot vnitřní nebo venkovní teploty odevzdaných účastníky srovnávacího měření se od příslušné referenční hodnoty nelišila více, než předepisují Pravidla [1].

## Kontrola přípustných mezí

Hodnoty přirozeného tlakového rozdílu  $\Delta p_0$ , naměřené při dílčích zkouškách, jsou shrnuty společně s výsledky dílčích zkoušek v Příloze 2. Limitní hodnota podle ČSN EN ISO 9972 (5 Pa) nebyla překročena u žádné z dílčích zkoušek. U některých zkoušek byla ve formuláři pro sběr dat chybně vyplněna políčka pro  $\Delta p_{0,1+}$ ,  $\Delta p_{0,1-}$ ,  $\Delta p_{0,2+}$ ,  $\Delta p_{0,2-}$ , v případě, že nebyl zjištěn žádný tlakový rozdíl příslušného znaménka. V těchto případech byla místo předepsaného symbolu „-“, (pomlčka) vyplněna 0. Jedná se o akceptovatelný nedostatek.

Hodnoty součinitelů proudění  $C_{env}$  byly u všech dílčích zkoušek větší než 0.

Hodnoty součinitelů proudění  $C_L$  byly u všech dílčích zkoušek větší než 0.

Hodnoty exponentu proudění  $n$  ležely u všech dílčích zkoušek v přípustných mezích podle ČSN EN ISO 9972 [2].

Hodnoty koeficientu determinace  $r^2$  ležely u všech dílčích zkoušek v přípustných mezích podle ČSN EN ISO 9972 [2].

Hodnoty průtoku vzduchu obálkou budovy  $q_{env,50}$  byly u všech dílčích zkoušek větší než 0.

Hodnoty průtoku vzduchu netěsnostmi  $q_{50}$  byly u všech dílčích zkoušek větší než 0.

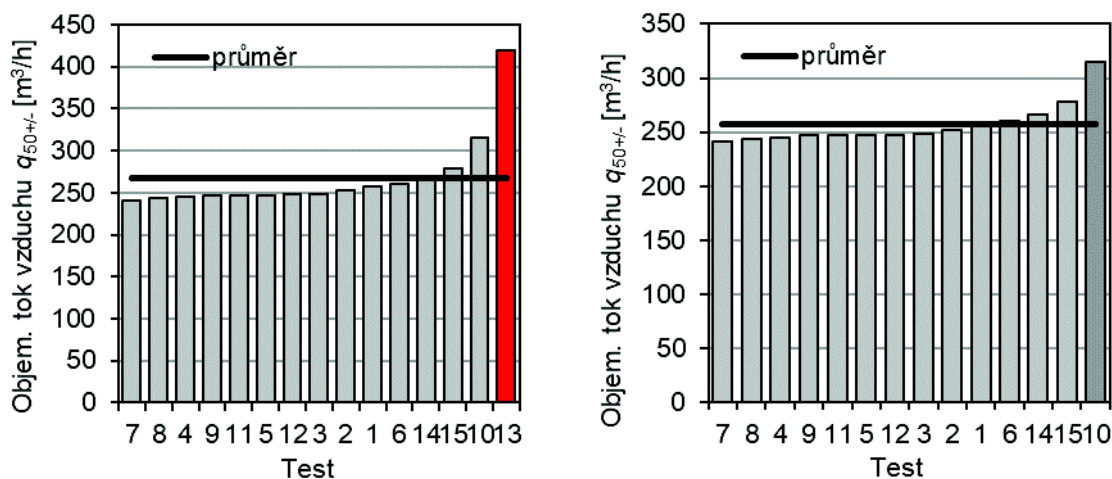
Hodnoty intenzity výměny vzduchu  $n_{50}$  byly u všech dílčích zkoušek větší než 0.

### Kontrola vnitřní konzistentnosti odevzdaných údajů

U všech dílčích zkoušek byly splněny všechny kontrolované podmínky. Údaje odevzdané účastníky srovnávacího měření byly ve všech případech vnitřně konzistentní.

### Kontrola odlehlých hodnot

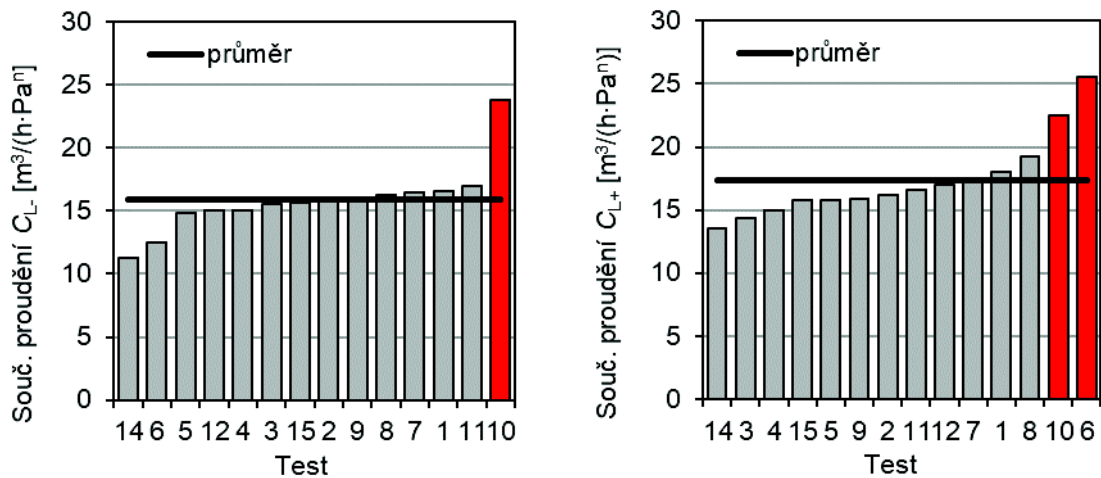
V souladu s Pravidly [2] se kontrolovala přítomnost odlehlých hodnot především v souboru odevzdaných hodnot průtoku vzduchu netěsnostmi  $q_{50+/-}$ . Grubbsův test, použitý v souladu ČSN ISO 5752 [3] pro kontrolu odlehlých hodnot označil jako odlehlou hodnotu výsledek dílčí zkoušky č. 13 (obr. 2 vlevo). Účastník, který zkoušku realizoval, nesplnil podmínku úspěšné účasti na srovnávacím měření. Zkouška č.13 byla vyloučena z dalších analýz. Po vyloučení odlehlé hodnoty se má podle [3] otestovat, zda druhá extrémní hodnota v souboru není odlehlou hodnotou (v tomto případě nejnižší hodnota v souboru). Druhá extrémní (nejvyšší) hodnota v souboru sice nebyla Grubbsovým testem označena jako odlehlá hodnota, ovšem druhá nejvyšší hodnota ano (výsledek zkoušky č. 10). ČSN EN ISO 5725 explicitně nehovoří o možnosti takového postupného testování dvou nejvyšších hodnot, proto není vhodné považovat výsledek zkoušky č. 10 za odlehlou hodnotu, je však zřejmé, že se jedná o hodnotu podezřelou (obr. 2 vpravo).



Obr. 2 Vpravo - přehled výsledků srovnávacího měření – průtok vzduchu netěsnostmi  $q_{50+/-}$ . Červeně je označena odlehlá hodnota. Vpravo – přehled výsledků po vyloučení odlehlé hodnoty (výsledek zkoušky č. 13). Tmavě šedě je označena podezřelá hodnota.

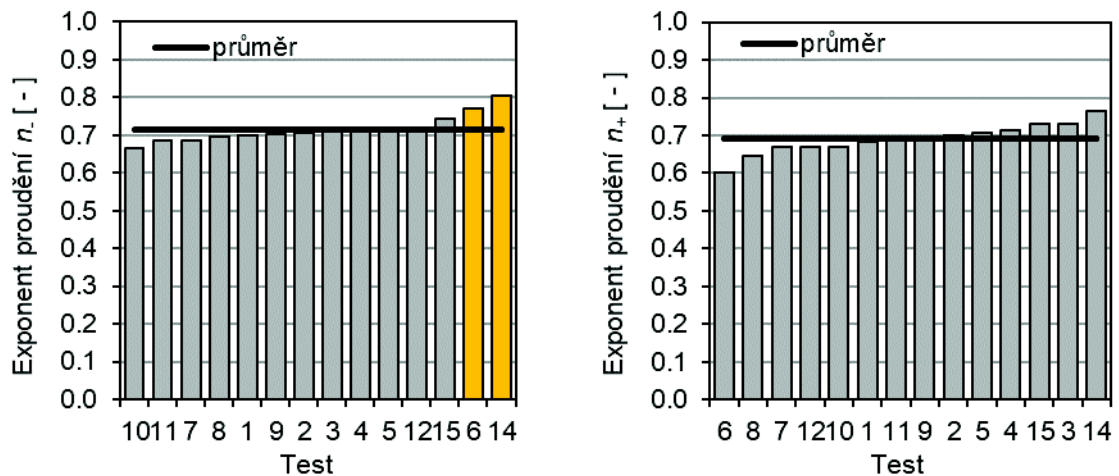
Na základě zkušenosti z předchozích let se nad rámec Pravidel [2] kontrolovala přítomnost odlehlých hodnot také v souboru hodnot součinitele proudění  $C_{L-}$ ,  $C_{L+}$ , exponentu proudění  $n_{-}$ ,  $n_{+}$  a koeficientu determinace  $r^2_{-}$  a  $r^2_{+}$ . Kontrola probíhala v souborech dat, ze kterých již byly vyloučeny výsledky zkoušky č.13.

Grubbsův test označil jako odlehlé hodnoty součinitele proudění  $C_{L-}$  zkoušky č. 10 a součinitele proudění  $C_{L+}$  zkoušek č. 10 a 6 (obr. 3). Pravidla [2] neumožňují vyloučit tyto zkoušky z dalšího hodnocení, je však zřejmé, že jejich výsledky jsou podezřelé.



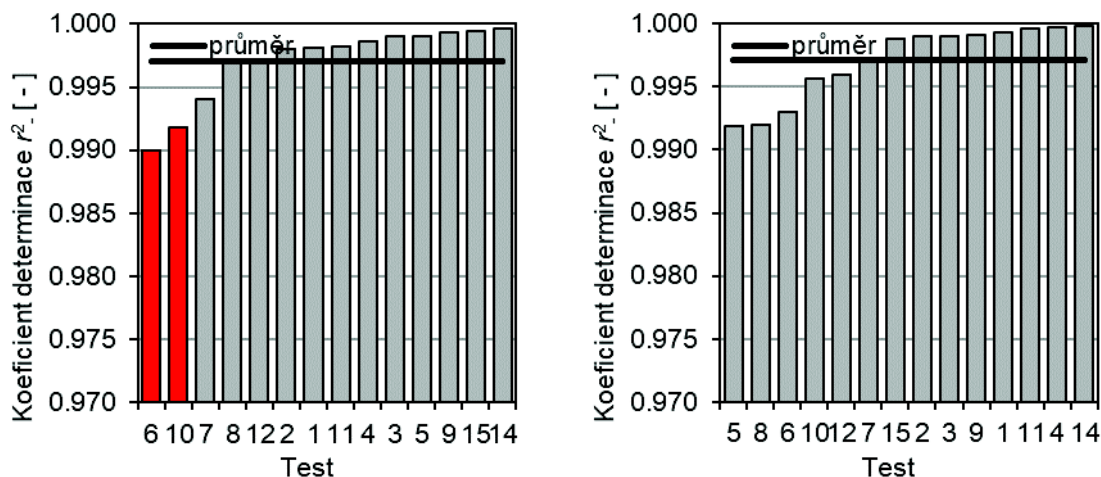
Obr. 3 Přehled výsledků srovnávacího měření po vyloučení zkoušky č. 13 – součinitel proudění  $C_{L-}$  a  $C_{L+}$ . Červeně jsou označeny odlehlé hodnoty.

Mezi hodnotami exponentu proudění nebyly zjištěny žádné odlehlé hodnoty. Grubbsův test však označil hodnoty  $n$ - zkoušky č. 6 a 14 jako vybočující hodnoty (obr. 4).



Obr. 4 Přehled výsledků srovnávacího měření po vyloučení zkoušky č. 13 – exponent proudění  $n_-$  a  $n_+$ . Oranžově jsou označeny vybočující hodnoty.

Při kontrole odlehlých hodnot v souboru hodnot koeficientu determinace  $r^2$  byly jako odlehlé hodnoty označeny hodnoty příslušející zkouškám č. 6 a 10 (obr. 5). S ohledem na Pravidla [2] nebyly tyto testy vyloučeny z dalšího hodnocení. V souboru hodnot koeficientu determinace  $r^{2+}$  žádné odlehlé ani vybočující hodnoty odhaleny nebyly.



Obr. 5 Přehled výsledků srovnávacího měření po vyloučení zkoušky č. 13 – koeficient determinace  $r^2$  a  $r^{2+}$ . Červeně jsou označeny odlehle hodnoty.

### Kontrola rozptýlenosti výsledků dílčích zkoušek

Základní statistické údaje o souboru platných výsledků jsou shrnuty v tab. 5. Grafický přehled platných výsledků je uveden v Příloze 3 spolu s grafy, které shrnují posouzení rozptýlenosti výsledků.

Tab. 5 Průtok vzduchu netěsnostmi  $q_{50\pm}$  - Základní statistické údaje

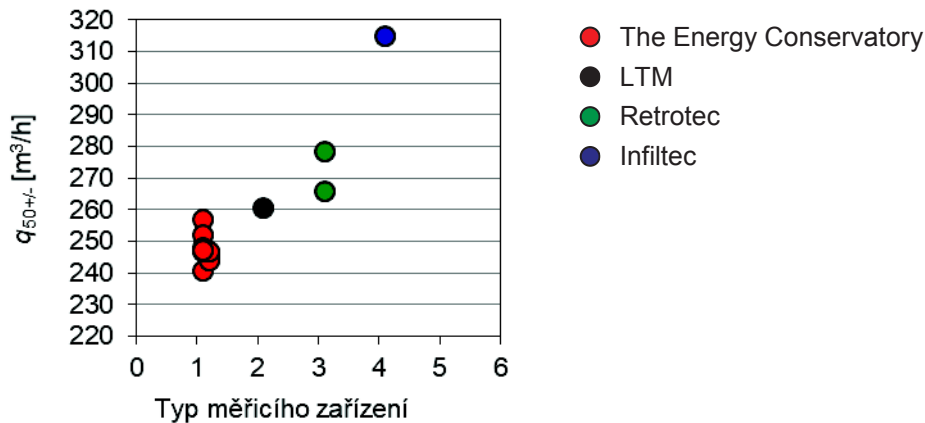
testy č.	1÷10 + 14÷15
počet výsledků	14
průměr	256.9
nejnižší hodnota	240.9
nejvyšší hodnota	315.0
1. kvartil	247.0
3. kvartil	259.6
směrodatná odchylka	19.56
variační koeficient	7.6%

Posouzení výsledků 1. způsobem ukázalo, že žádný neleží prokazatelně uvnitř stanovených mezí, avšak výsledek zkoušky č. 10 leží prokazatelně mimo stanovené meze (Příloha 3). Výsledek zkoušky č. 10 je tedy zřejmě zatížený významnou chybou a je potřeba považovat jej za podezřelý. To je zcela v souladu s výsledky kontroly odlehklých hodnot součinitele proudění  $C_L$ , exponentu proudění  $n$  a koeficientu determinace  $r^2$  (viz výše). Výsledky zkoušek č. 4, 7, 8 a 15 leží mimo stanovené meze, avšak výchytku lze vysvětlit nejistotou výsledku.

Posouzení výsledků 2. způsobem (meze představují 7% průměru z výsledků dílčích testů) ukázalo, že žádný z výsledků neleží prokazatelně uvnitř, avšak výsledek zkoušky č. 10 leží opět prokazatelně mimo stanovené meze (Příloha 3). Výsledky všech testů, kromě testu č. 15, leží uvnitř stanovených mezí. Výsledky testu č. 1 leží těsně pod horní mezí.

### Závislost výsledku na typu měřicího zařízení

V grafu na obr. 6 jsou výsledky dílčích testů vyneseny v závislosti na typu měřicího zařízení.



Obr. 6 Výsledky testu ( $q_{50+/-}$ ) v závislosti na typu měřicího zařízení

Výsledky testů realizovaných zařízeními typu 1.X (výrobce – The Energy Conservatory) a typu 2 (LTM) jsou systematicky nižší než výsledky testů realizovaných zařízeními jiných výrobců (zařízení LTM je vybaveno stejným typem rámu jako zařízení typu 1.X). Vyšší hodnotu v případě testů č. 14 a 15 (Retrotec) by bylo možné vysvětlit větší šířkou osazovacího rámu a tedy větším rizikem netěsností mezi měřicím zařízením a zárubní dveří (viz zprávy o srovnávacím měření z předchozích let). U testu č. 10 mohly k vyššímu průtoku vzduchu, kromě širšího rámu, přispět také další vlivy související s podezřelými hodnotami součinitele proudění  $C_L$ . Je naopak velmi nepravděpodobné, že by příčinou nekonzistentních hodnot  $C_L$  u testu č. 10 byly netěsnosti v osazení rámu související s jeho šířkou.

## Závěry

Klimatické podmínky byly příznivé pro měření vzduchotěsnosti a realizaci srovnávacího měření. Rozdíly v klimatických podmínkách mezi jednotlivými testy jsou relativně malé a měly by mít pouze malý vliv na rozptýlenost výsledků dílčích testů. Výsledky dílčích testů se proto považují za navzájem porovnatelné.

Kontrolou stavu vybavení úspěšně prošli všichni účastníci srovnávacího měření, přes výhrady uvedené v kontrolních formulářích a předchozím textu. Lhůty pro ověření (kalibraci) tlakových snímačů splnili všichni účastníci. Kontrole protokolů o ověření (kalibraci) se ukázala být obtížná – situaci bude potřeba do budoucna řešit např. zavedením jednotných pravidel pro ověřování.

Kontrolou osazení měřicího zařízení úspěšně prošli všichni účastníci srovnávacího měření, přes výhrady uvedené v kontrolních formulářích a předchozím textu. Doporučuje se napříště věnovat pozornost především poloze odběrů tlaku a vyvarovat se nedostatků popsaných v této zprávě.

Kontrolou pracovního postupu úspěšně prošli všichni účastníci srovnávacího měření, kromě technika, který realizoval zkoušku č. 6. Vzhledem k obavě, že nebyl dodržen postup měření základního tlakového rozdílu podle ČSN EN ISO 9972, se splnění podmínek úspěšné účasti na srovnávacím měření uznává podmínečně. Technikovi se ukládá zjistit příčiny výše popsaných problémů, odstranit je a zopakovat srovnávací měření v roce 2019.

Vyhodnocení výsledků dílčích zkoušek odhalilo jednu odlehlou hodnotu. Jedná se o zkoušku č. 13. Účastník, který zkoušku realizoval, nesplnil podmínku úspěšné účasti na srovnávacím měření. Závažné nedostatky byly zjištěny ve výsledcích zkoušek 6 a 10. Některé z výsledků těchto zkoušek nejsou konzistentní s výsledky ostatních zkoušek. Výsledek zkoušky č. 10 je podezřelý z více hledisek (viz výše). Splnění podmínek úspěšné účasti na srovnávacím měření se proto v obou případech uznává podmínečně. Technikům, kteří tyto zkoušky realizovali, se ukládá zjistit příčiny výše popsaných problémů, odstranit je a zopakovat srovnávací měření v roce 2019.

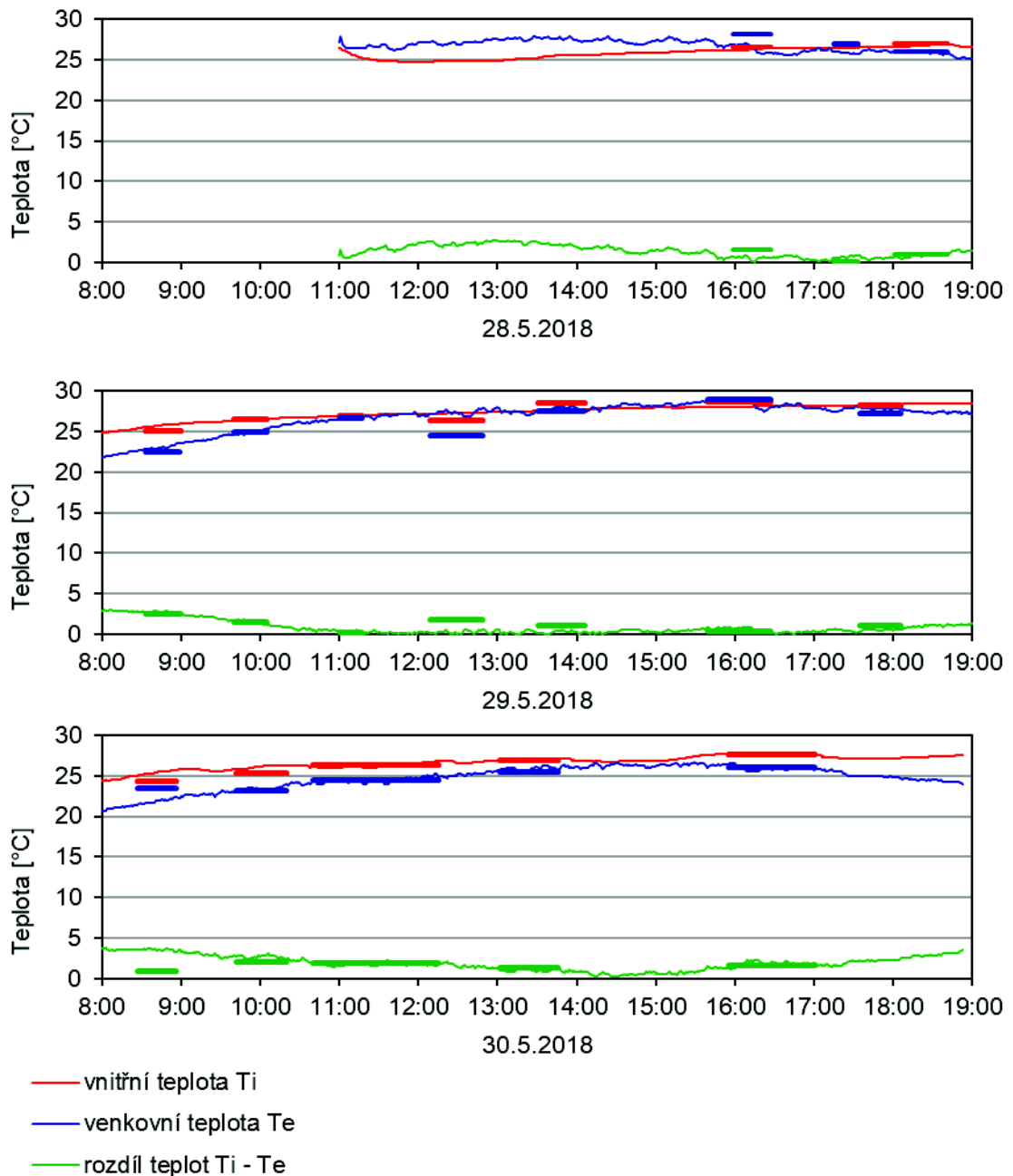
Shrnutí výsledků srovnávacího měření je uvedeno v příloze 4, včetně jmenného seznamu účastníků, kteří úspěšně absolvovali srovnávací měření.

## Literatura

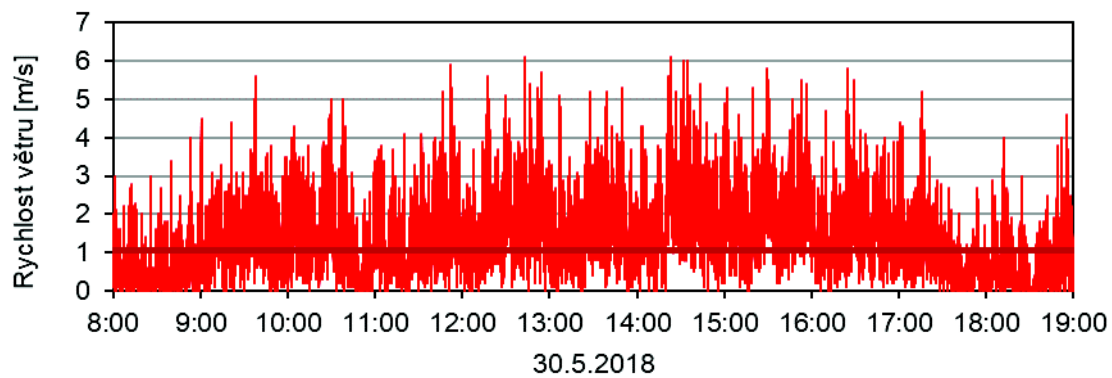
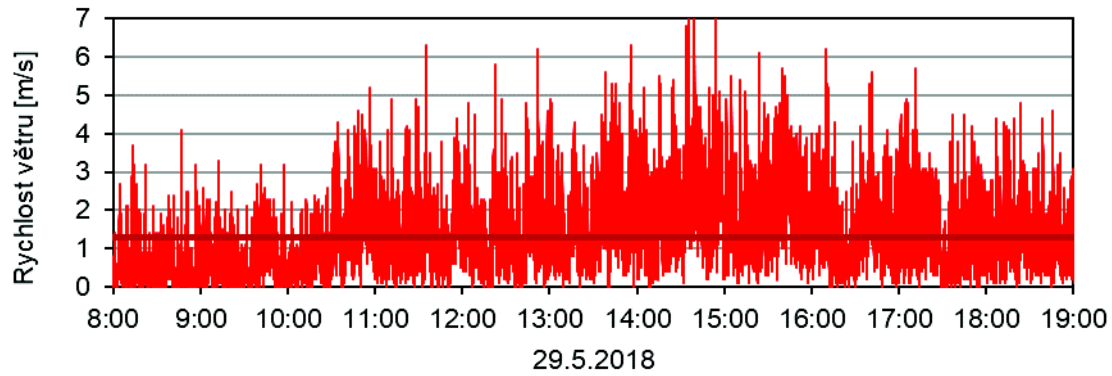
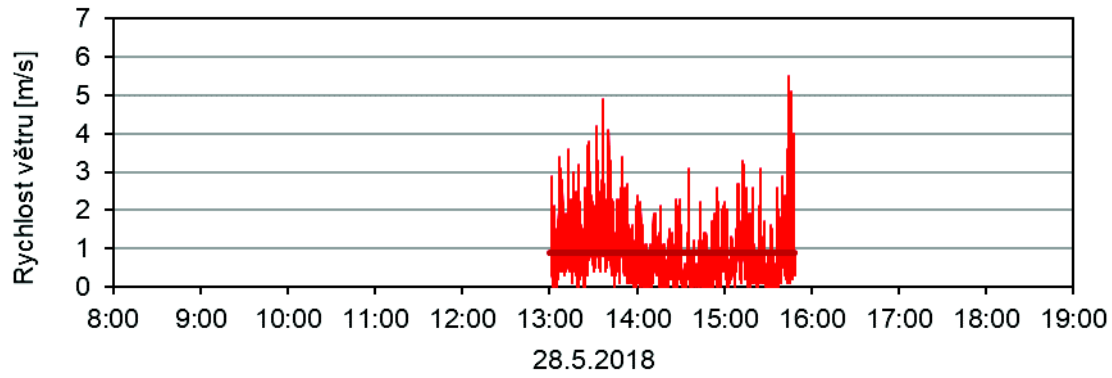
- [1] Asociace Blower Door CZ; Pravidla srovnávacího měření techniků a měřicích zařízení Asociace Blower Door CZ; 22.5.2018
- [2] ČSN EN ISO 9972 Tepelné chování budov – Stanovení průvzdušnosti budov – Tlaková metoda. ÚNMZ, Praha 2017
- [3] ČSN ISO 5725 Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření – Část 2: Základní metoda pro stanovení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti normalizované metody měření. ČNI, Praha 1997



## Příloha 1 – Klimatické podmínky

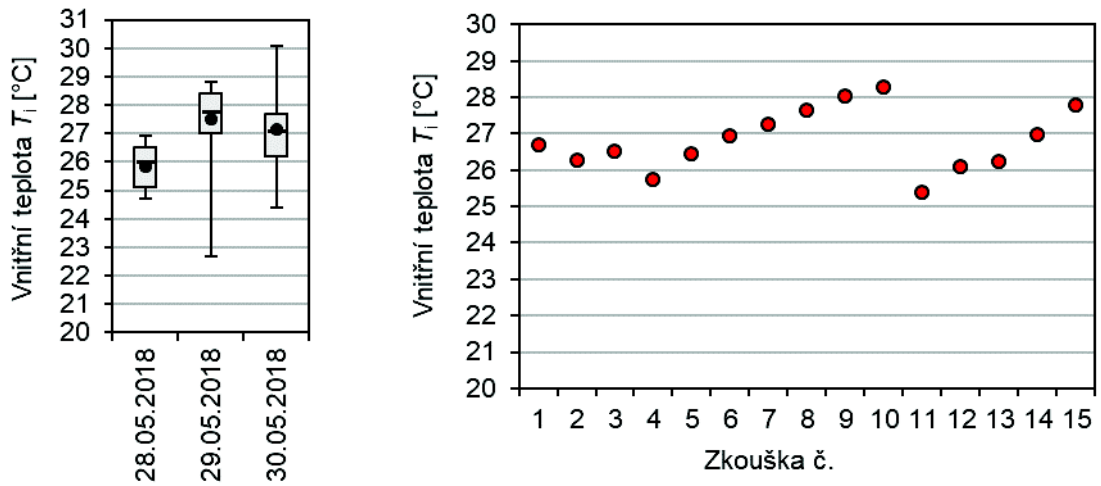


Obr. P1.1 Průběh teplot během srovnávacího měření – nezávislý záznam pořízený organizátory (tenká čára) a hodnoty předané účastníky srovnávacího měření (tlusté úsečky - délka úsečky odpovídá délce trvání testu, účastníci předávají jedinou hodnotu teploty, proto je hodnota předaná účastníky po celou dobu trvání dílčí zkoušky konstantní)

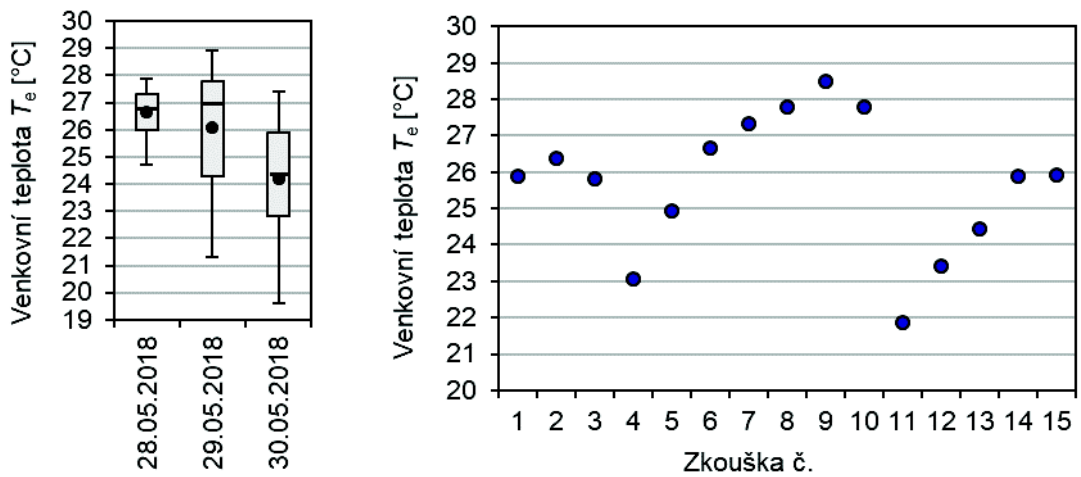


Obr. P1.2 Rychlost větru během srovnávacího měření – nezávislý záznam pořízený organizátory

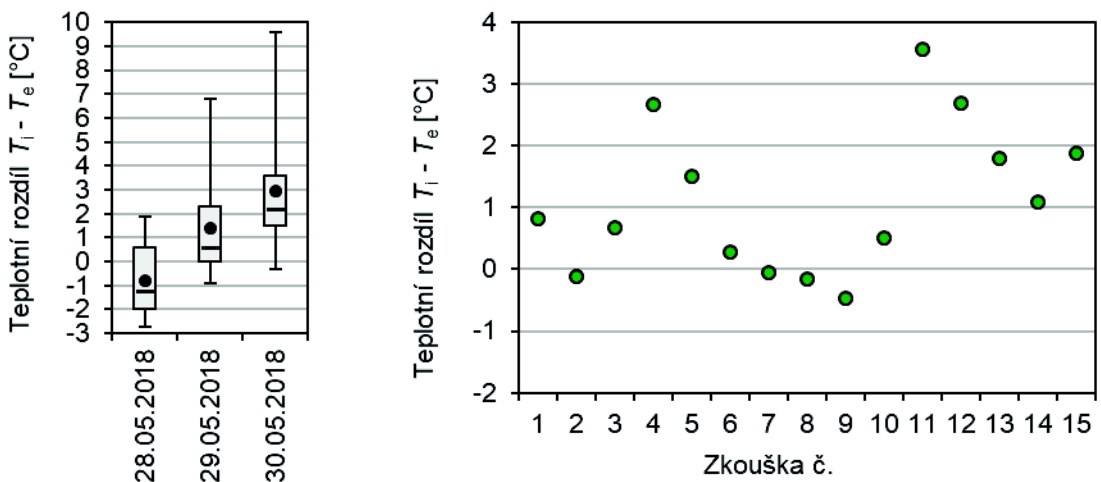




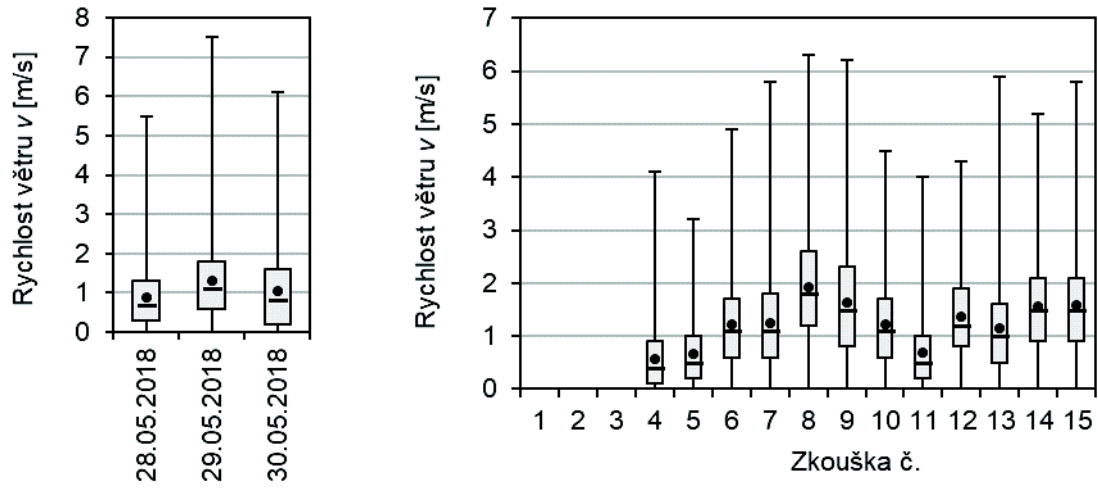
Obr. P1.3 Statické vyhodnocení průběhu vnitřní teploty během srovnávacího měření podle záznamu zkušební komise. Vlevo - statistické vyhodnocení pro jednotlivé dny. Vpravo – průměrné hodnoty pro jednotlivé dílčí zkoušky.



Obr. P1.4 Statické vyhodnocení průběhu venkovní teploty během srovnávacího měření podle záznamu zkušební komise. Vlevo - statistické vyhodnocení pro jednotlivé dny. Vpravo – průměrné hodnoty pro jednotlivé dílčí zkoušky.



Obr. P1.5 Statické vyhodnocení průběhu teplotního rozdílu během srovnávacího měření podle záznamu zkušební komise. Vlevo - statistické vyhodnocení pro jednotlivé dny. Vpravo – průměrné hodnoty pro jednotlivé dílčí zkoušky.



Obr. P1.6 Statické vyhodnocení průběhu rychlosti větru během srovnávacího měření podle záznamu zkušební komise. Vlevo - pro jednotlivé dny. Vpravo - pro jednotlivé dílčí zkoušky.

Tab. P1.1 Klimatické podmínky během dílčích zkoušek podle záznamů účastníků a podle záznamu zkušební komise. U záznamu zkušební komise se jedná o průměrnou hodnotu během dílčí zkoušky.

test č.	předáno účastníkem						záznam zkušební komise						
	zkouška			vnitřní teplota $\theta_i$ [°C]	venkovní teplota $\theta_e$ [°C]	síla větru $w$ [°B]	zkouška		vnitřní teplota $\theta_i$ [°C]	venkovní teplota $\theta_e$ [°C]	rychlost větru $v$ [m/s]	síla větru $w$ [°B]	
	datum	začátek [hod]	konec [hod]				začátek [hod]	konec [hod]					
1	28.5.2018	18:20	18:42	27.0	26.0	3	18:01	18:41	26.7	25.9	chybí	1	
2	28.5.2018	16:00	16:25	26.6	28.2	2	15:58	16:27	26.3	26.4	chybí	3	
3	28.5.2018	17:10	17:30	27.0	27.0	2	17:15	17:33	26.5	25.8	chybí	1	
4	29.5.2018	8:34	9:01	25.0	22.5	1	8:33	9:00	25.8	23.1	0.6	1	
5	29.5.2018	9:35	10:06	26.4	24.9	2	9:40	10:05	26.5	24.9	0.7	2	
6	29.5.2018	11:00	11:30	26.9	26.7	2	11:00	11:17	26.9	26.7	1.2	3	
7	29.5.2018	11:40	12:50	26.3	24.5	3	12:09	12:49	27.3	27.3	1.2	2	
8	29.5.2018	13:30	14:05	28.5	27.5	2	13:31	14:06	27.6	27.8	1.9	2	
9	29.5.2018	15:00	16:30	28.7	29.0	2	15:39	16:27	28.0	28.5	1.6	3	
10	29.5.2018	17:10	18:10	28.3	27.2	1	17:35	18:06	28.3	27.8	1.2	2	
11	30.5.2018	8:30	9:00	24.4	23.5	1	8:27	8:56	25.4	21.9	0.7	1	
12	30.05.2018	9:30	10:30	25.3	23.2	1	9:42	10:20	26.1	23.4	1.4	1	
13	30.05.2018	10:30	12:00	26.4	24.5	1	10:40	12:15	26.2	24.4	1.2	2	
14	30.5.2018	13:00	13:45	26.9	25.5	2	13:02	13:46	27.0	25.9	1.6	2	
15	30.5.2018	15:59	16:51	27.6	26.0	3	15:55	17:00	27.8	25.9	1.6	chybí	

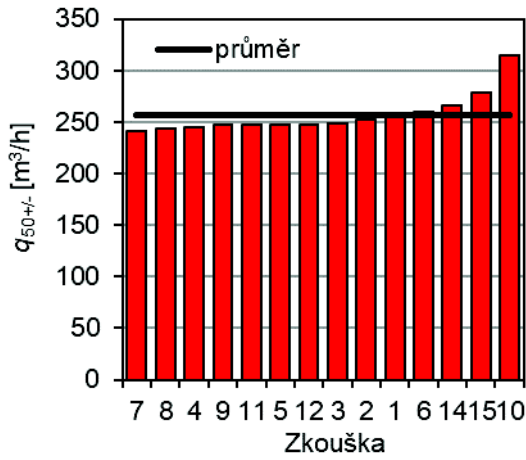
## Příloha 2 – Přehled výsledků

Tab. P2.1 Přehled výsledků dílčích zkoušek

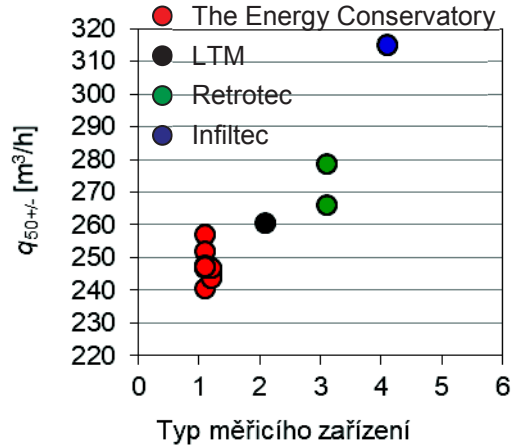
test č.	základní tlakový rozdíl						podtlak						základní tlakový rozdíl						přetlak										
	$\Delta p_{01+}$		$\Delta p_{01-}$		$\Delta p_{01-}$		$\Delta p_{02+}$		$\Delta p_{02-}$		$\Delta p_{02-}$		$\Delta p_{01+}$		$\Delta p_{01-}$		$\Delta p_{01+}$		$\Delta p_{02+}$		$\Delta p_{02-}$		$\Delta p_{02+}$						
	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	-	-0.20	-0.20	0.20	-0.50	-0.40	0.20	-0.10	0.00	0.30	-	0.30																	
2	0.40	-0.70	-0.50	-	-0.50	-0.50	0.80	-	0.80	0.40	-0.20	0.30																	
3	0.40	-	0.40	-	-1.30	-1.30	0.20	-0.50	-0.40	0.80	-	0.80																	
4	0.20	-0.31	-0.09	0.08	-0.40	-0.38	-	-0.61	-0.61	0.93	-	0.93																	
5	1.81	-0.66	0.33	0.01	-0.71	-0.69	0.18	-0.37	-0.20	1.38	-	1.38																	
6	1.06	-	1.06	0.11	-0.68	-0.47	1.06	-	1.06	0.11	-0.68	-0.47																	
7	0.10	-0.10	0.00	0.00	-0.60	-0.50	-	-0.40	-0.40	0.20	-0.20	0.10																	
8	1.30	-0.80	0.70	0.20	-1.10	-0.90	0.20	-0.60	-0.50	0.80	-0.10	0.70																	
9	0.60	-0.80	-0.20	0.10	-0.70	-0.60	0.30	-0.50	-0.30	0.50	-0.60	0.00																	
10	0.50	-	0.50	0.40	-	0.40	0.30	-0.40	-0.20	0.60	-	0.60																	
11	-	-0.70	-0.70	-	-1.20	-1.20	0.10	-0.10	0.00	2.20	-	2.20																	
12	0.10	-0.80	-0.60	0.10	-1.10	-0.90	0.30	-0.70	-0.30	1.10	-0.30	0.90																	
13	1.00	-0.90	0.50	1.10	-0.70	-0.30	0.10	-0.90	-0.90	1.70	-0.50	1.70																	
14	0.50	-	0.50	-	-0.90	-0.90	-	-0.90	-0.90	-	-0.80	-0.80																	
15	0.22	-0.59	-0.46	-	-0.99	-0.99	0.56	-0.85	-0.50	0.51	-0.11	0.31																	

test č.	podtlak							přetlak							průměr		
	$C_{env-}$	$C_{L-}$	$n-$	$r^2-$	$q_{env,50-}$	$q_{50-}$	$n_{50-}$	$C_{env+}$	$C_{L+}$	$n+$	$r^2+$	$q_{env,50+}$	$q_{50+}$	$n_{50+}$	$q_{env,50+/-}$	$q_{50+/-}$	$n_{50+/-}$
	[m <sup>3</sup> /(h.Pa <sup>n</sup> )]	[m <sup>3</sup> /(h.Pa <sup>n</sup> )]	[-]	[-]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[h <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> /(h.Pa <sup>n</sup> )]	[m <sup>3</sup> /(h.Pa <sup>n</sup> )]	[-]	[-]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[h <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[h <sup>-1</sup> ]
1	16.90	16.60	0.70	0.9981	259.28	257.07	0.78	18.40	18.00	0.68	0.9993	266.20	260.20	0.80	262.74	<b>257.14</b>	0.79
2	16.40	16.10	0.71	0.9980	258.59	253.21	0.78	16.60	16.20	0.70	0.9990	256.68	250.88	0.77	257.64	<b>252.04</b>	0.77
3	15.89	15.57	0.71	0.9990	250.36	249.51	0.77	14.65	14.36	0.73	0.9990	249.69	246.46	0.76	250.03	<b>247.99</b>	0.77
4	15.12	15.08	0.71	0.9986	247.23	246.63	0.76	15.07	14.99	0.71	0.9997	245.45	244.26	0.75	246.34	<b>245.45</b>	0.75
5	14.86	14.79	0.72	0.9990	245.83	244.68	0.75	15.84	15.74	0.71	0.9919	251.30	249.70	0.77	248.57	<b>247.19</b>	0.76
6	12.70	12.50	0.77	0.9900	258.23	254.17	0.77	25.20	25.50	0.60	0.9930	263.50	266.64	0.83	260.87	<b>260.40</b>	0.80
7	16.90	16.50	0.69	0.9940	248.36	242.48	0.75	17.70	17.40	0.67	0.9970	243.38	239.25	0.73	245.87	<b>240.87</b>	0.74
8	16.40	16.30	0.70	0.9970	253.58	247.00	0.76	19.40	19.20	0.65	0.9920	202.85	241.00	0.74	228.22	<b>244.00</b>	0.75
9	16.30	16.10	0.70	0.9993	255.00	252.00	0.77	16.10	15.90	0.70	0.9991	246.00	243.00	0.75	250.50	<b>247.00</b>	0.76
10	23.98	23.78	0.66	0.9918	322.71	320.00	0.98	22.72	22.51	0.67	0.9956	313.02	310.00	0.95	317.86	<b>315.00</b>	0.97
11	17.00	17.00	0.686	0.99825	247.00	248.00	0.76	16.70	16.60	0.689	0.99966	244.00	246.00	0.75	246.00	<b>247.00</b>	0.76
12	15.00	15.00	0.72	0.9970	250.80	251.60	0.77	17.00	17.00	0.67	0.9960	233.80	243.40	0.75	242.30	<b>247.50</b>	0.76
13	26.00	26.00	0.72	0.9980	434.70	427.10	1.31	32.00	31.00	0.66	0.9960	423.10	411.90	1.26	428.90	<b>419.50</b>	1.29
14	11.31	11.26	0.81	0.9996	264.23	263.00	0.81	13.58	13.51	0.76	0.9998	268.23	269.00	0.82	266.23	<b>266.00</b>	0.81
15	15.69	15.60	0.74	0.9994	285.84	284.58	0.87	15.85	15.74	0.73	0.9988	274.44	272.36	0.84	280.14	<b>278.50</b>	0.85

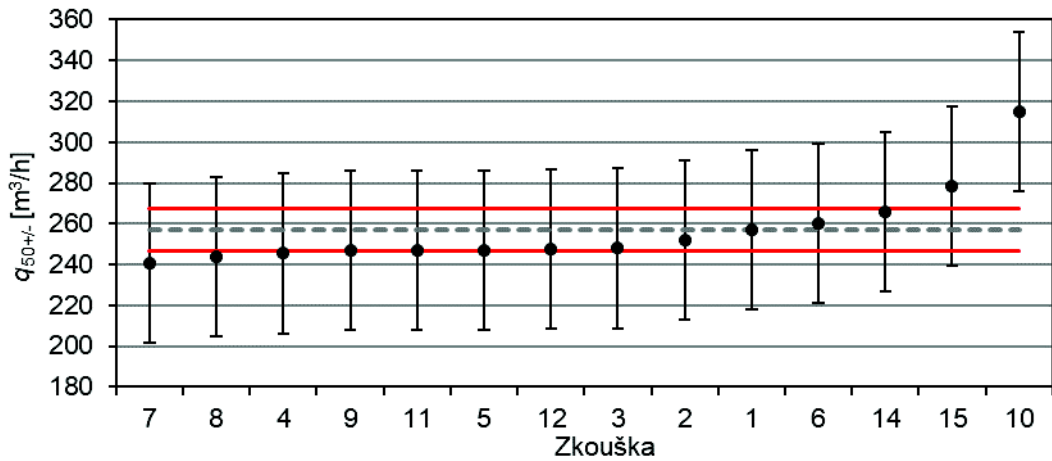
## Příloha 3 – Posouzení platných výsledků Průtok vzduchu netěsnostmi $q_{50+/-}$



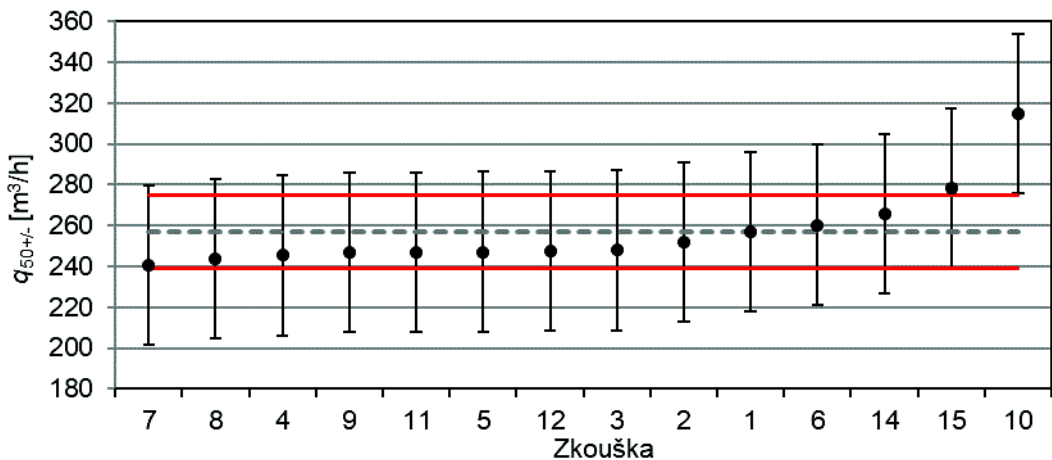
Obr. P3.1 Přehled výsledků dílčích testů



Obr. P3.2 Závislost výsledků dílčích testů na typu měřicího zařízení



Obr. P3.3 Posouzení výsledků (1. způsob – meze jsou dány dvojnásobkem směrodatné odchylky průměru)



Obr. P3.4 Posouzení výsledků (2. způsob – meze představují 7% průměru).

## Příloha 4 – Výsledek srovnávacího měření

Tab. P4.1 Výsledek vyhodnocení výsledků dílčích zkoušek

test č.	splnil podmínky?	jak?	zdůvodnění → náprava
1	ANO		
2	ANO		
3	ANO		
4	ANO		
5	ANO		
6	ANO	podmínečně	hodnoty $C_L$ a $r^2$ nekonzistentní s ostatními testy, → odstranit příčiny problémů, zopakovat SM v r. 2019
7	ANO		
8	ANO		
9	ANO		
10	ANO	podmínečně	hodnoty $C_L$ , $n$ a $r^2$ nekonzistentní s ostatními testy, podezřelý výsledek podle kontroly rozptýlenosti výsledků → odstranit příčiny problémů, zopakovat SM v r. 2019
11	ANO		
12	ANO		
13	NE		výsledek zkoušky ( $q_{50+/-}$ ) je odlehlou hodnotou
14	ANO		
15	ANO		

Tab. P4.2 Výsledek srovnávacího měření včetně výsledku kontroly plnění ostatních povinností člena Asociace

test č.	kontrola stavu vybavení	kontrola osazení měřícího zařízení	kontrola pracovního postupu	vyhodnocení výsledků dílčích zkoušek	kontrola protokolu	příspěvek do databáze	celkový výsledek
1	s výhradami	OK	OK	OK	-	-	OK
2	s výhradami	OK	OK	OK	-	-	OK
3	OK	s výhradami	OK	OK	-	-	OK
4	OK	OK	OK	OK	-	-	OK
5	OK	OK	OK	OK	-	-	OK
6	s výhradami	OK	s výhradami	s výhradami	-	-	OK
7	OK	s výhradami	OK	OK	-	-	OK
8	OK	s výhradami	OK	OK	-	-	OK
9	OK	s výhradami	OK	OK	-	-	OK
10	s výhradami	s výhradami	OK	s výhradami	-	-	OK
11	OK	s výhradami	OK	OK	-	-	OK
12	s výhradami	OK	OK	OK	-	-	OK
13	s výhradami	OK	OK	NE	-	-	NE
14	OK	s výhradami	OK	OK	-	-	OK
15	s výhradami	s výhradami	OK	OK	-	-	OK

Tab. P4.3 Jmenný seznam účastníků, kteří splnili podmínky úspěšné účasti na srovnávacím měření

příjmení	jméno	společnost
Bečkovský	David	VUT v Brně
Brich	Jiří	VVÚD, Praha, s.p.
Honsa	Václav	TZÚS Praha, s.p.
Hudec	Petr	Ing. Petr Hudec Pro-pasiv
Kubíček	Zbyšek	EZK CZ s.r.o.
Kubíček	Michael	ISOCELL GmbH.
Martínek	Stanislav	Stanislav Martínek
Novák	Jiří	FSv ČVUT
Paleček	Stanislav	Mgr. Stanislav Paleček
Sedlák	Vladimír	
Šuster	Pavel	Ing. Pavel Šuster
Tripes	Jan	TZÚS Praha, s.p.
Vašulka	Jiří	Würth s.r.o.
Vlach	František	VUT v Brně
Zwiener	Viktor	Dekprojekt s.r.o.