

Datum: 24. 8. 2012

Název měření:

## ***02v1c – Stanovení rychlosti proudění ve zdvojené podlaze***

Cíl měření:

Určit rozložení rychlosti ve zdvojené podlaze v závislosti na otáčkách ventilátorů v jednotce Crac. Provést dva typy měření, v těsné blízkosti jednotky a směrem od jednotky ke studené uličce.

Testované zařízení:

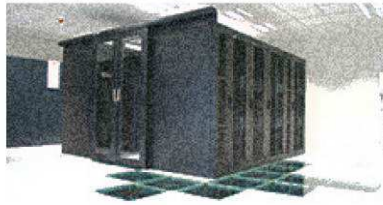
Jednotka přesné klimatizace Stulz CyberAir 2 ASD 680 CW



Měřicí zařízení:

Multifunkční měřák prostředí Testo 435-4;  
teleskopická sonda Testo se žhaveným drátkem;  
multifunkční sonda Testo pro měření vlhkosti, teploty a  
atmosferického tlaku.





## Metodika měření:

### Podmínky měření

Během měření byla v provozu pouze jedna jednotka Crac a nebyl spuštěn zdroj chladu.

Celá podlaha byla těsná, pouze ve studené uzavřené uličce osazeno 10 perforovaných dlaždic (8 klasických, 2 mříže). Prostor mezipodlahy není zcela prázdný, zaplněn standardními instalacemi (rozvody chladu, kabeláž, svod kondenzátu).

Stav vzduchu při měření:

- teplota: 24,6 °C
- tlak: 957,0 hPa
- vlhkost: 37,0 %

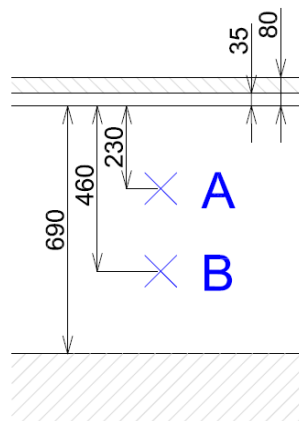
### Měřicí místa

Měření je možné rozdělit do dvou částí:

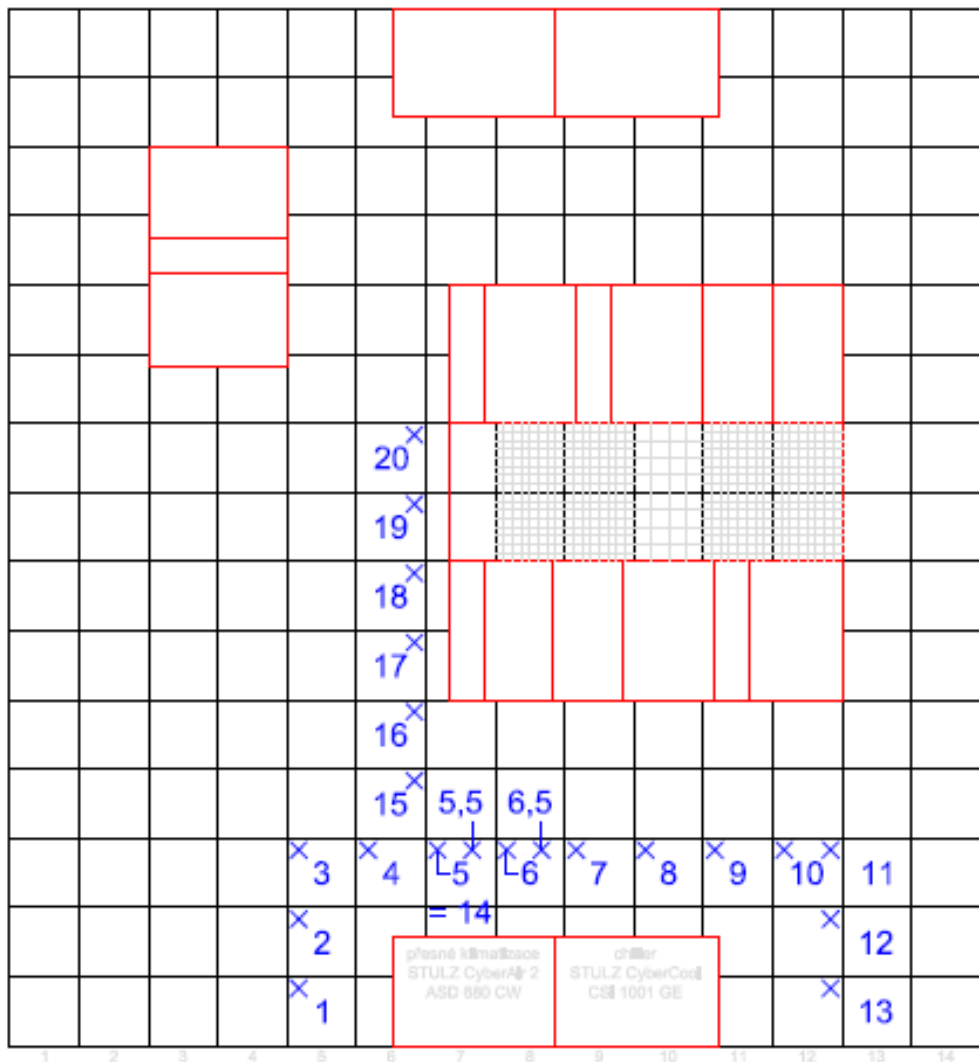
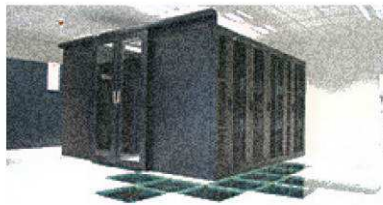
- v blízkém okolí jednotky (cca 100 cm od jednotky/chilleru dle rastru podlahy), měřeno okolo celé jednotky (měřicí místa 1 až 13, dodatečně přidána dvě měřicí místa mezi 5., 6. a 7. s ohledem na ověření vyšší rychlosti proudění v místě 6);
- od jednotky ke studené uličce (měřicí místa 14 až 20).

Ve zdvojené podlaze byla měřena rychlost ve dvou výškových úrovních 230 mm (označeno A) a 460 mm (B) od rastru zdvojené podlahy.

### Schéma rozmístění měřících bodů



vertikální rozložení měřících bodů ve zdvojené podlaze



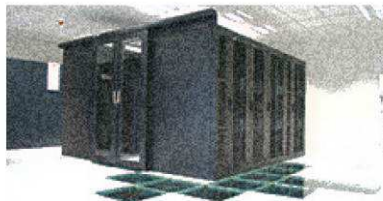
horizontální rozložení měřících bodů

### Měření

Rychlost byla měřena pomocí teleskopické sondy se žhaveným drátkem. Po vsunutí sondy do podlahy byl otvor okolo teleskopického vedení utěsněn. Natočení sondy zvoleno s ohledem na polohu měřícího bodu vzhledem k jednotce.

V každém měřícím místě měřena průměrná rychlost proudění za časový interval 20 s.

Měření bylo provedeno pro čtyři stupně otáček jednotky Crac, při nastavení 40, 60, 80 a 100 %.



## Naměřené hodnoty:

| otáčky<br>měřicí bod | 40 % |      | 60 % |      | 80 % |      | 100 % |      |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
|                      | A    | B    | A    | B    | A    | B    | A     | B    |
| 1                    | 0,37 | 1,34 | 0,49 | 1,67 | 0,70 | 2,33 | 0,99  | 2,53 |
| 2                    | 0,64 | 1,09 | 1,11 | 1,49 | 1,41 | 1,99 | 1,47  | 2,58 |
| 3                    | 0,38 | 0,56 | 0,69 | 0,65 | 1,07 | 1,10 | 1,28  | 1,17 |
| 4                    | 0,69 | 0,55 | 0,89 | 0,71 | 1,25 | 1,12 | 1,46  | 1,21 |
| 5                    | 0,47 | 0,59 | 0,69 | 1,00 | 0,90 | 1,18 | 1,00  | 1,52 |
| 5,5                  | 0,45 | 1,16 | 0,76 | 2,99 | 0,87 | 3,22 | 0,98  | 3,30 |
| 6                    | 0,46 | 1,70 | 0,63 | 3,33 | 0,88 | 4,24 | 1,18  | 5,16 |
| 6,5                  | 0,62 | 1,26 | 0,86 | 1,68 | 0,90 | 2,39 | 0,94  | 2,63 |
| 7                    | 0,46 | 0,69 | 0,50 | 1,34 | 0,86 | 2,31 | 0,94  | 2,52 |
| 8                    | 0,45 | 0,49 | 0,77 | 0,73 | 1,10 | 1,01 | 1,29  | 1,27 |
| 9                    | 0,14 | 0,22 | 0,24 | 0,36 | 0,32 | 0,57 | 0,41  | 0,54 |
| 10                   | 0,32 | 0,18 | 0,43 | 0,25 | 0,57 | 0,32 | 0,59  | 0,35 |
| 11                   | 0,32 | 0,42 | 0,61 | 0,53 | 0,95 | 0,71 | 1,19  | 0,98 |
| 12                   | 0,44 | 0,39 | 0,71 | 0,61 | 0,99 | 0,98 | 1,13  | 1,02 |
| 13                   | 0,36 | 0,22 | 0,55 | 0,61 | 0,69 | 0,77 | 0,89  | 0,88 |
| 14                   | 0,47 | 0,59 | 0,69 | 1,00 | 0,90 | 1,18 | 1,00  | 1,52 |
| 15                   | 0,42 | 0,41 | 0,63 | 0,97 | 0,87 | 1,49 | 0,97  | 1,54 |
| 16                   | 0,20 | 0,13 | 0,31 | 0,32 | 0,45 | 0,46 | 0,50  | 0,66 |
| 17                   | 0,27 | 0,18 | 0,31 | 0,22 | 0,33 | 0,35 | 0,43  | 0,28 |
| 18                   | 0,14 | 0,12 | 0,21 | 0,15 | 0,18 | 0,14 | 0,26  | 0,17 |
| 19                   | 0,14 | 0,13 | 0,17 | 0,16 | 0,16 | 0,17 | 0,21  | 0,22 |
| 20                   | 0,13 | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,13 | 0,13 | 0,14  | 0,16 |

## Výsledky měření:

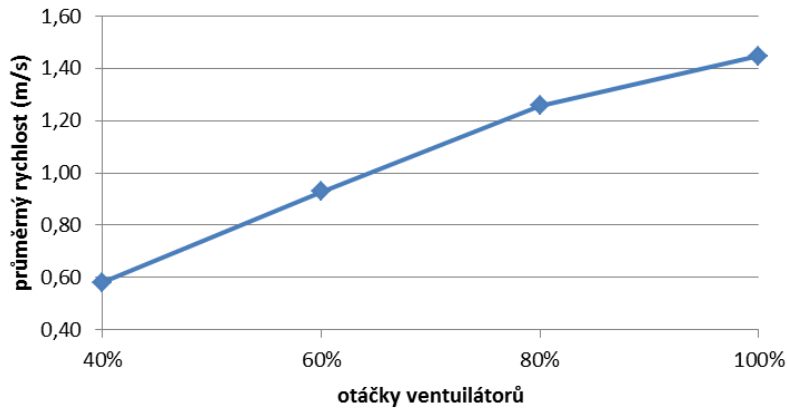
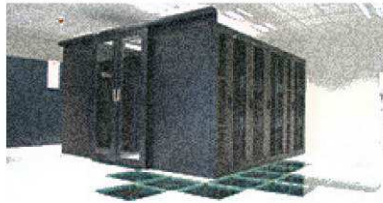
### Měření v blízkosti jednotky

Z naměřených hodnot byly určeny průměrné rychlosti v okolí jednotky (body 1 až 13, A i B) pro jednotlivé otáčky ventilátorů (40 až 60 %).

V tabulce jsou uvedeny průměrné rychlosti ve zdvojené podlaze cca 100 cm od jednotky.

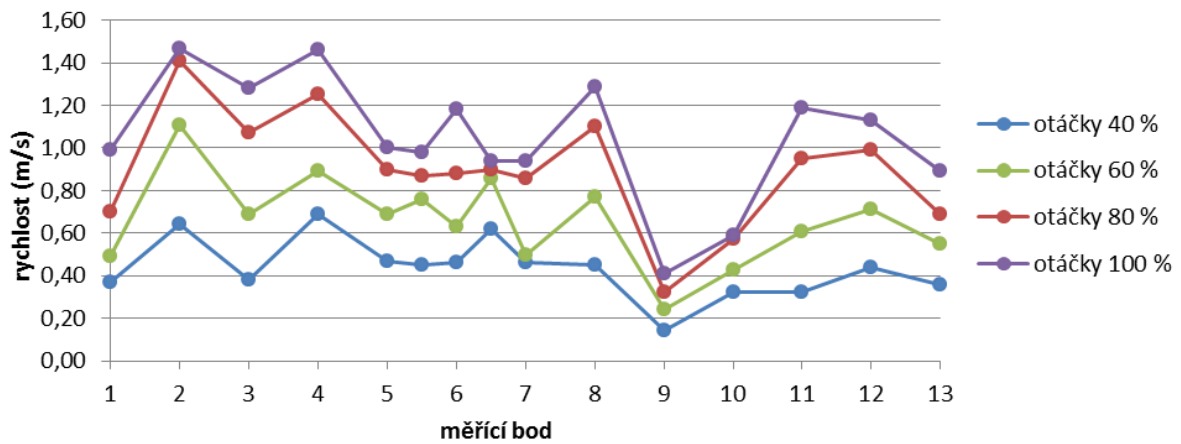
V grafu je znázorněn téměř lineární nárůst rychlosti v závislosti na otáčkách.

| otáčky         | 40%  | 60%  | 80%  | 100% |
|----------------|------|------|------|------|
| rychlost (m/s) | 0,58 | 0,93 | 1,26 | 1,45 |

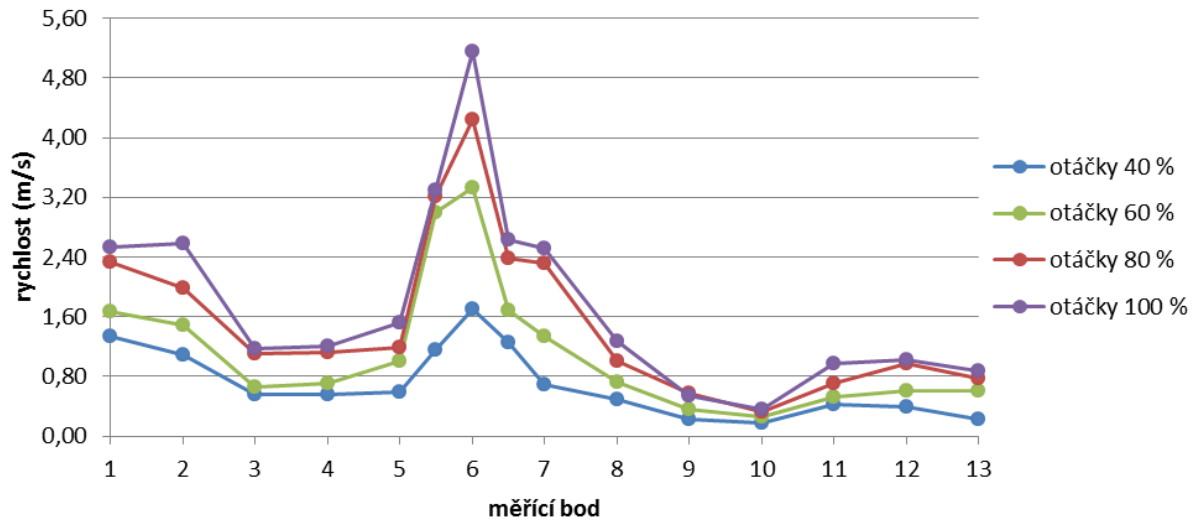
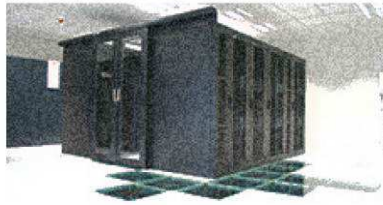


*závislost průměrné rychlosti proudění ve zdvojené podlaze na otáčkách ventilátorů*

Horizontální rozložení rychlosti v okolí jednotky je znázorněno v následujících dvou grafech (pro měřicí body 1A až 13A; 1B až 13B):



*horizontální rozložení rychlosti proudění v okolí jednotky v měřících bodech A1 až A13*

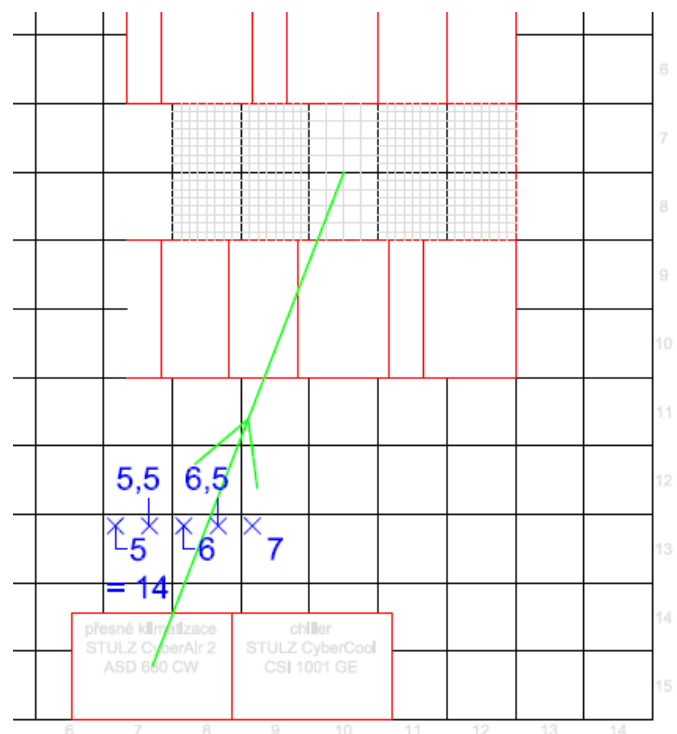


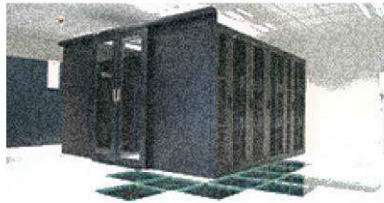
horizontální rozložení rychlosti proudění v okolí jednotky v měřících bodech B1 až B13

Na obou grafech je dobře patrný pokles rychlosti v nejvzdálenějších měřících místech 9 a 10. Vyšší rychlost je naopak v oblastech u stěn (měřící místa 1 až 3 a 11 až 13), i přes značnou vzdálenost bodů 11, 12, 13.

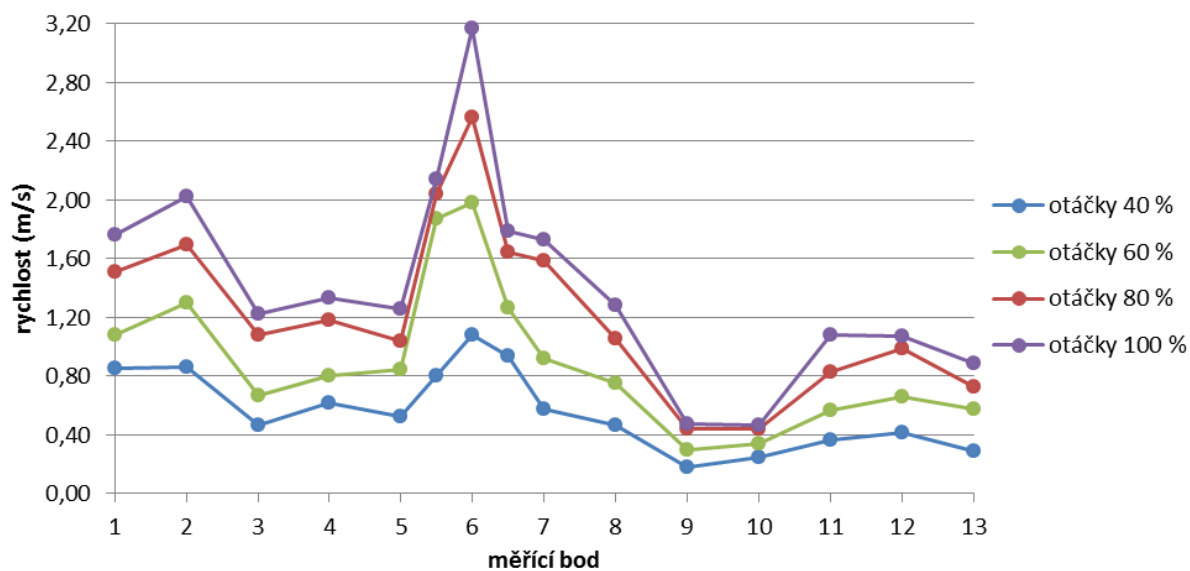
V měřícím bodě 6B dochází k několikanásobnému zvýšení rychlosti. Prostor zdvojené podlahy je v tomto místě zhruba stejně zaplněn instalacemi jako v jiných místech. Nárůst je za jakýchkoliv otáček. Pro ověření byly do okolí tohoto místa přidány další dva měřící body, které výskyt takto vysoké rychlosti potvrdily (při 100 % přes 5 m/s).

Měřící bod 6 leží zhruba na spojnici jednotky a studené uličky, chladný vzduch tlačný do podlahy tedy proudí cestou s nejmenší tlakovou ztrátou od jednotky k perforovaným dlaždicím.





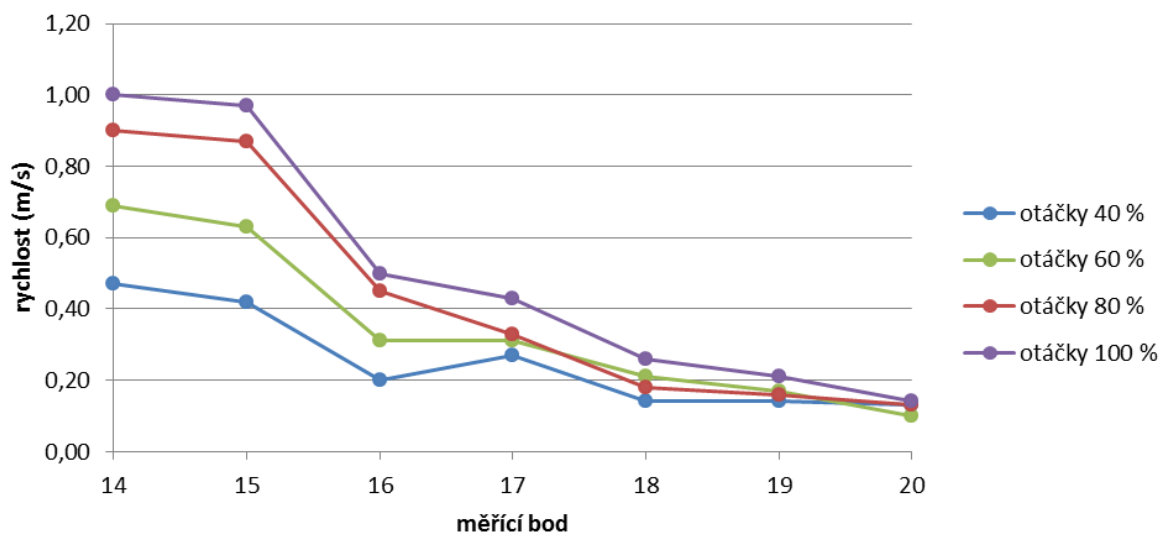
Pro lepší přehlednost je v následujícím grafu znázorněn průběh průměrné rychlosti okolo jednotky. Jedná se o průměr z naměřených hodnot A a B v jednotlivých měřících bodech 1 až 13.



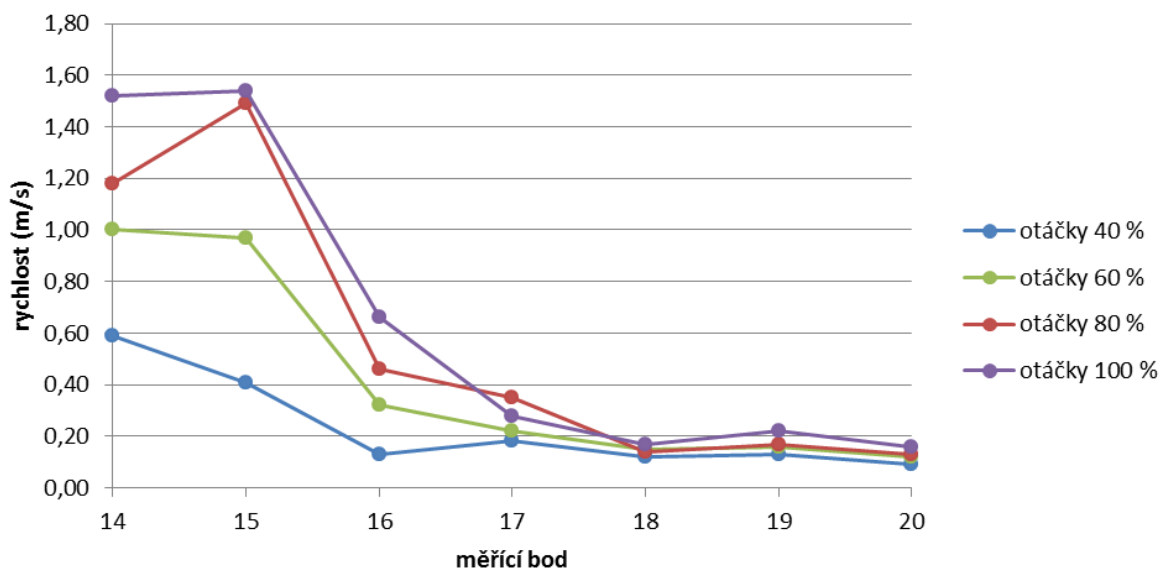
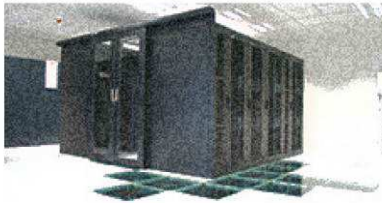
horizontální rozložení rychlosti proudění (průměr z měřících bodů A a B) v okolí jednotky v měřících bodech 1 až 13

### Měření od jednotky ke studené uličce

Horizontální rozložení rychlosti od jednotky ke studené uličce je znázorněno v následujících dvou grafech (pro měřící body 14A až 20A; 14B až 20B):



horizontální rozložení rychlosti proudění od jednotky ke studené uličce v měřících bodech A14 až A20



horizontální rozložení rychlosti proudění od jednotky ke studené uličce v měřících bodech B14 až B20

Rychlost mimo přímou spojnicí jednotky a uličky značně klesá až na hranici měřícího rozsahu sondy. Průběh v měřících bodech A a B je téměř totožný,

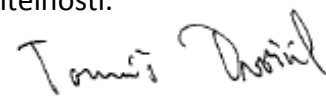
#### Závěr:

Při měření pomocí multifunkčního měřáku prostředí Testo 435-4 se sondou s žhaveným drátkem byla zjištěna rychlost proudění a její rozložení ve zdvojené podlaze. Proudění zajišťovala přesná klimatizační jednotka Stulz CyberAir. Rychlost byla měřena při otáčkách 40, 60, 80 a 100 %.

Důvodem měření bylo určení rychlostního pole okolo samotné jednotky a od jednotky ke studené uličce.

Bylo ověřeno, že rychlost v podlaze je lineárně závislá na otáčkách ventilátorů v jednotce.

Rychlost v těsné blízkosti jednotky (cca 100 cm) kolísá řádově od desetin až po jednotky m/s v závislosti na otáčkách, prostorově pak s ohledem na umístění jednotky a perforovaných podlahových dlaždic. Vyšší rychlost byla u stěny, ke které je jednotka přisazena, a na přímé spojnicí mezi jednotkou a perforovanými dlaždicemi. Mimo tuto spojnicí a se vzrůstající vzdáleností od jednotky rychlost značně poklesá až pod hranici měřitelnosti.

  
Tomáš Dvořák