



Vysoké učení technické v Brně
Ústav procesního a ekologického inženýrství

Procter & Gamble Professional



Určení efektivity sušení v bubnových sušičkách

PROTOKOL O PROVEDENÉM MĚŘENÍ

Vypracovali:

Ing. Martin Pavlas, ÚPEI FSI VUT v Brně
Ing. Vladimír Kšenzuliak, PG Professional

V Brně, 1.11.2007

Účel měření

- Porovnat efektivitu sušení ve stroji Kannegiesser a Elektrolux
- Provést odhad spotřeby páry v těchto zařízeních jako hodnoty nezbytné pro další optimalizaci celého energetického systému

Použitá metodika

Vzhledem k nákladnému měření přímé spotřeby páry na sušičce je aplikována tzv. nepřímá metoda určení spotřeby tepla při sušení prádla. Určují se spotřeba tepla pro odpaření vlhkosti, ztrátové teplo odnášené z prostoru sušičky proudem odpadního vzduchu a na základě zkušeností jsou odhadnuty ostatní tepelné ztráty (především tepelné ztráty radiací do okolního prostředí). Při platnosti energetické bilance posuzovaného systému – bubnové sušičky – je pak jejich součet roven teplu dodaného v parním registru kondenzací páry.

Použité měřicí přístroje

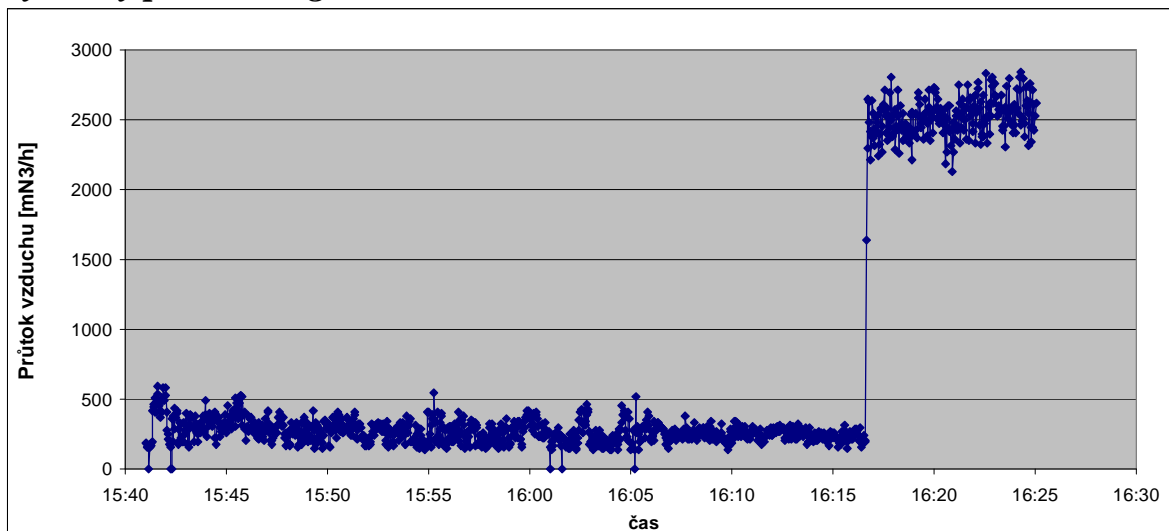
- Servisní přístroj pro klimatizační a větrací systémy Testo 445 vybaveného vrtulkovou anemometrickou/teplotní sondou a robustní vysokoteplotní/vlhkostní sondou.



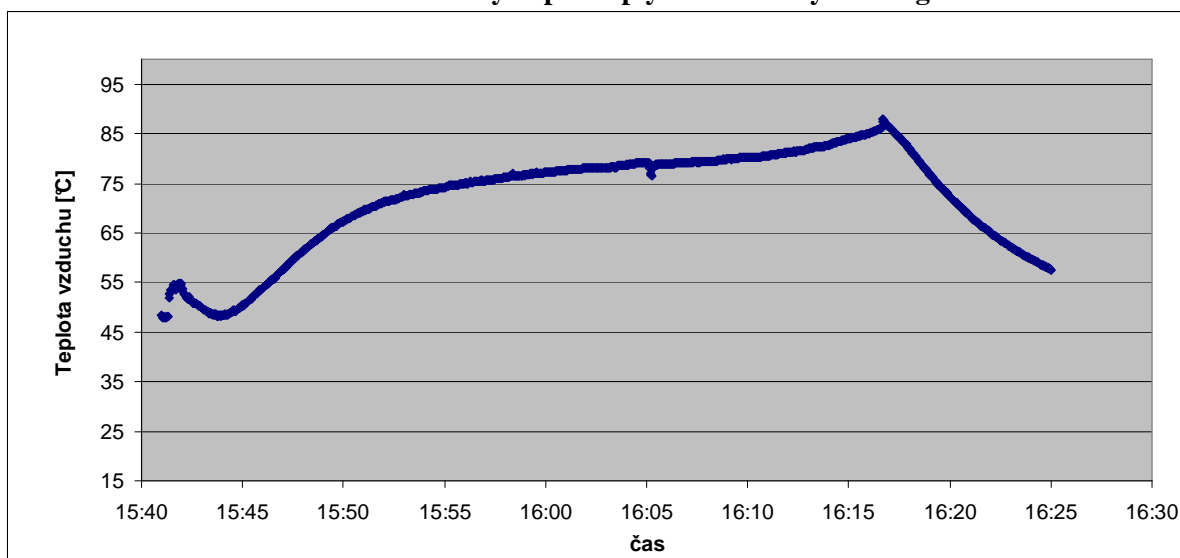
Měřené veličiny a jejich následné zpracování

- Sondy se otvorem o velikosti 12 mm vloží do výstupního potrubí. Je měřena okamžitá rychlost potrubí, teplota výstupního odpadního vzduchu a obsah vodní páry vyjádřený jako absolutní nebo relativní vlhkost vzduchu.
- Výpočtem se určuje průtok odpadního proudu a ztrátové teplo odnášené z prostoru sušičky výstupním potrubím (entalpie odpadního proudu) a další nezbytné veličiny pro určení parametrů hodnotících energetickou náročnost.

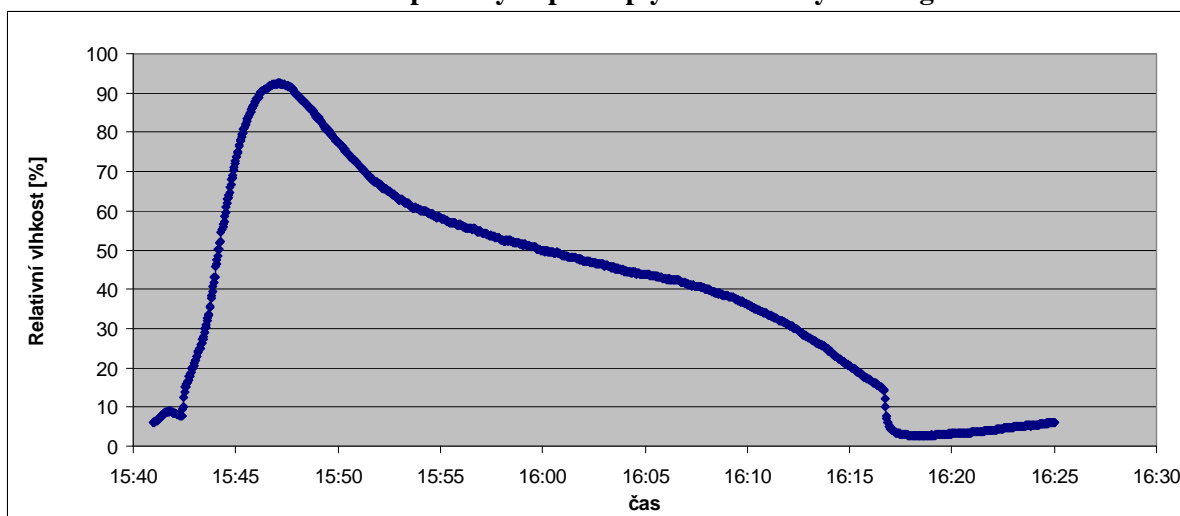
Výsledky pro Kannegiesser TM 50D-WU-MC



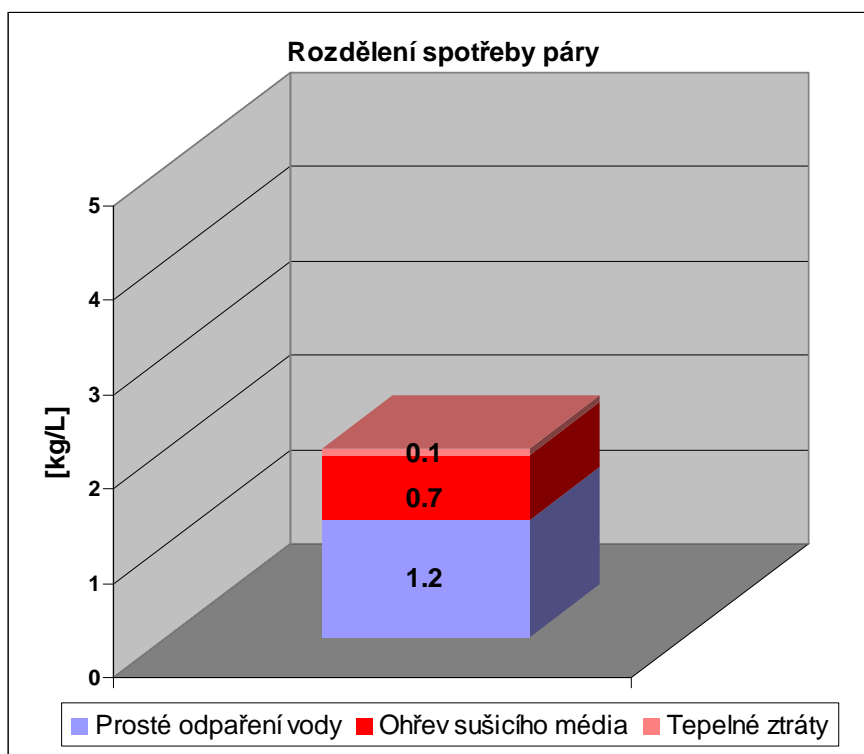
Obr. 1. Průtok výstupních plynů ze sušičky Kannegiesser



Obr. 2. Teplota výstupních plynů ze sušičky Kannegiesser



Obr. 3. Relativní vlhkost výstupních plynů ze sušičky Kannegiesser

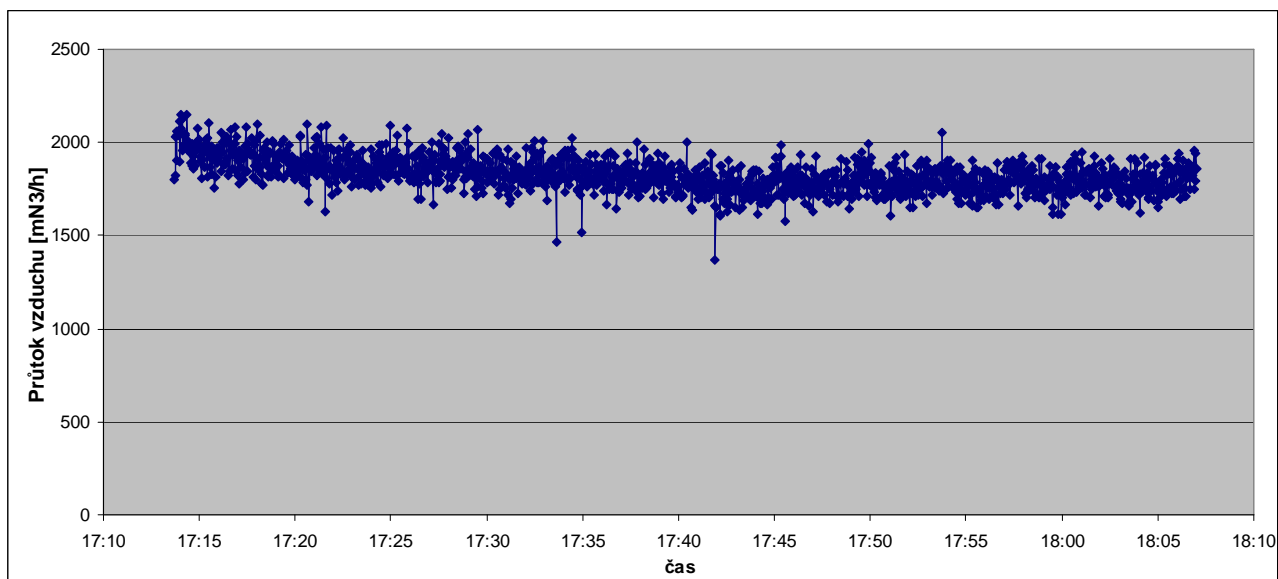


Obr. 4. Spotřeba páry pro sušičky Kannegiesser

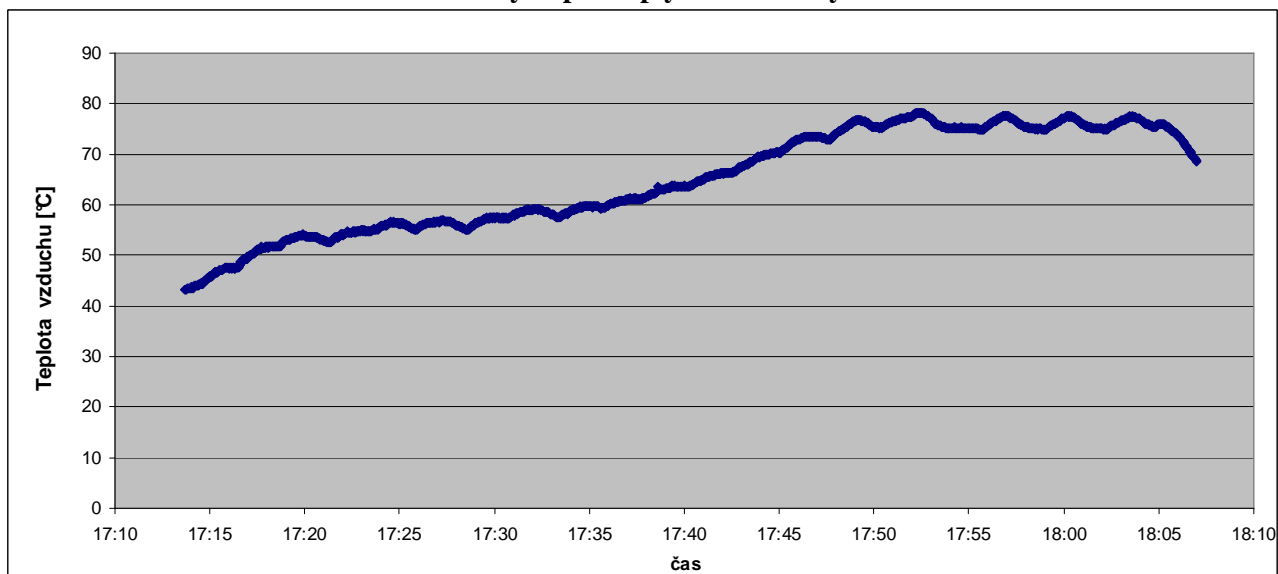
Obr. 1, 2 a 3 zobrazují průběh nejdůležitějších veličin, tj. průtoku, teploty a relativní vlhkosti výstupních plynů. Sušicí program byl nastaven následujícím způsobem: 30 min sušení + 8 min ochlazování. Při sušicím cyklu je výstupní průtok a tedy i nasávané množství čerstvého chladného vzduchu velmi nízké (cca 250 m_N³/h, vztaženo na tzv. normální podmínky 0°C, 101,3 kPa). Potřebné proudění v bubnu je dosaženo výraznou recirkulací média. Relativní vlhkost vzduchu (stupeň nasycení) je poměrně vysoká. Při ochlazování se v důsledku změny polohy cirkulační klapky zvedne množství nasávaného vzduchu až na 2500 m_N³/h.

Pro hodnocení energetické náročnosti se u sušiček vyjadřuje tzv. měrná spotřeba páry. Ta pro stroj Kannegiesser při provedeném měření činila **2.0 kg páry na litr odpařené vody**. Obr. 4 zobrazuje celkovou spotřebu páry rozdělenou do tří položek. Energie využitá na prosté odpaření vody je energie, která je nutná na přeměnu vody ve vodní páru, která se následně odvádí. Jedná se o efektivně využitou část celkové spotřeby, protože odpařování vody je smyslem sušení a tuto hodnotu není možné žádným způsobem snížit. Druhá položka představuje nevyužitě teplo v odcházejícím vzduchu. Jedná se o položku ztrátovou a je žádoucí tuto hodnotu minimalizovat. Třetí položka představuje ztráty tepla radiací z povrchu stroje.

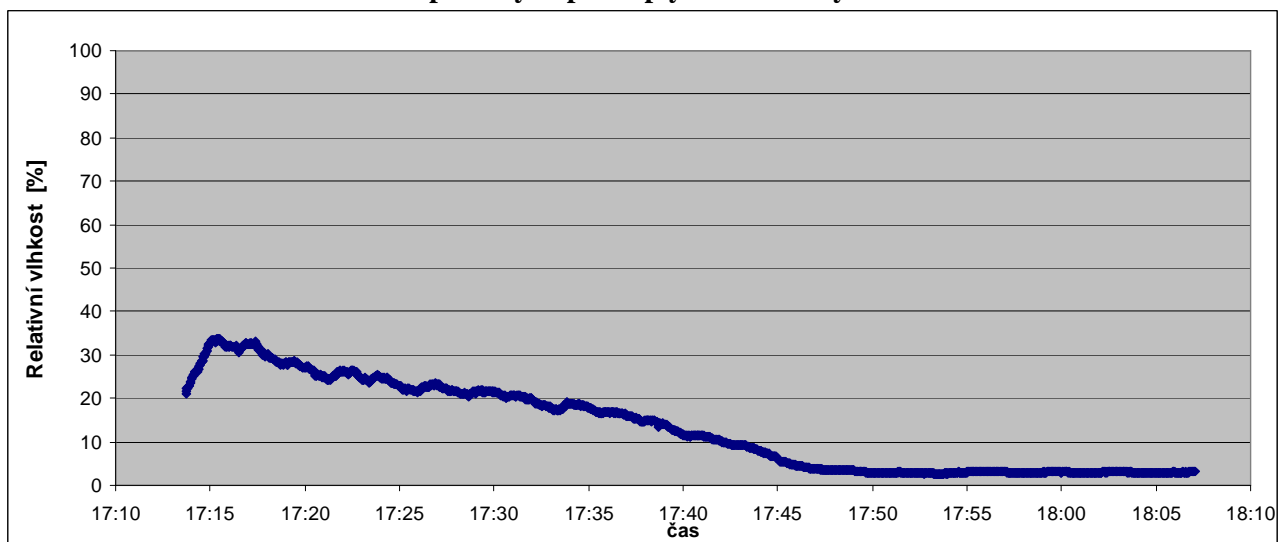
Výsledky pro Electrolux T31200



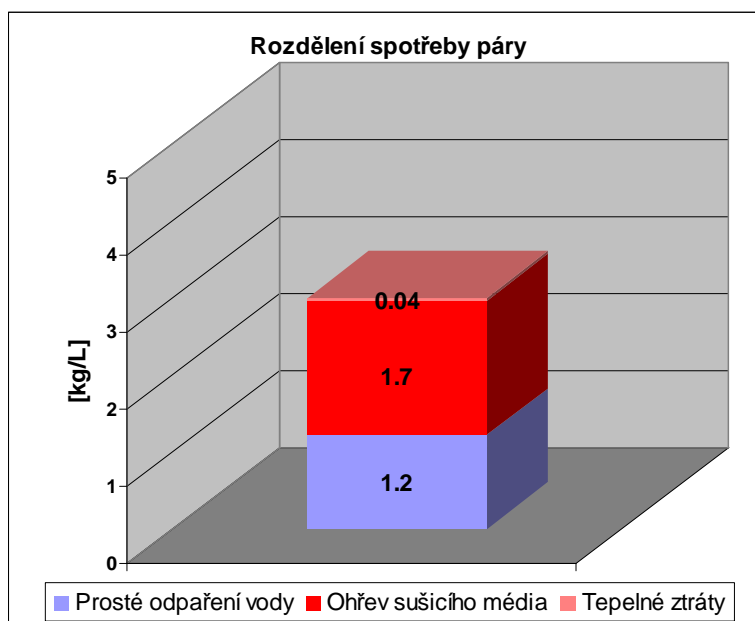
Obr. 5. Průtok výstupních plynů ze sušičky Electrolux



Obr. 6. Teplota výstupních plynů ze sušičky Electrolux



Obr. 7. Relativní vlhkost výstupních plynů ze sušičky Electrolux



Obr. 8. Spotřeba páry pro sušičku Electrolux

Obr. 5,6 a 7 zobrazují průběh podstatných parametrů pro sušičku Electrolux. Doba cyklu sušení byla nastavena na 1 hod. Průtok sušícího média je výrazně vyšší, cca $1800 \text{ m}_N^3/\text{h}$, nasycení ohozích plynů vlhkosti výrazně menší. S tím souvisí téměř 2,5 x vyšší nároky na ztrátové teplo dodané médiu (1,7 kg/l pro Elektrolux ve srovnání s hodnotou 0,7 pro Kannegiesser). Celková spotřeba páry pro tuto sušičku je **3.0 kg páry na litr odpařené vody**.

Závěr:

Sušení v sušičkách elektrolux je výrazně méně účinné než sušení v sušičkách kannegiesser. Účinnost sušení v sušičkách elektrolux je 40% zatímco v sušičkách kannegiesser až 60%. Spotřeba páry v sušičkách kannegiesser přibližně odpovídá katalogové hodnotě 2 kg páry na 1 litr odpařené vody a toto sušení se dá považovat za přiměřeně účinné. Z průběhu relativní vlhkosti výstupních plynů u sušiček elektrolux (obr. 7) je zřejmé že prádlo bylo suché už po cca 35 minutách a dalších 25 minut už bylo pouze plýtváním energie.

Je potřeba vzít v úvahu i fakt že sušičky pracovali s tlakem páry 6 až 7 barů (podle tlakoměru umístěném za sušičkami kannegiesser) místo 11 barů na které byli konstruovány. Zvýšení tlaku výrazně zlepšil rychlost sušení a naopak snížil účinnost sušení jestli se adekvátně nezkrátí doba sušení.