

Prof. Ing. Jiří PETRÁK, CSc.
Ing. Miroslav PETRÁK, Ph.D.

Řešení kondenzační strany chladicích zařízení

(Část 2: Referenční klimatické podmínky)

Solution of Refrigerating Systems Condensation Side

(Part 2: Reference Climatic Conditions)

Recenzent
Prof. Ing. František Drkal, CSc.

Článek vychází z hodinových měření teploty, relativní vlhkosti a tlaku v roce 2003 na stanici Praha – Karlov. Pro jednotlivé měsíce jsou uvedeny průměrné, maximální a minimální teploty venkovního vzduchu během dne. Je sledována četnost výskytu jednotlivých teplot vzduchu jak během roku, tak i během dne, a to v intervalech 6 až 14, 14 až 22, 22 až 6 a 0 až 24 hodin. Je uvedena funkční závislost střední měrné vlhkosti a entalpie venkovního vzduchu na jeho teplotě a výsledky jsou porovnány s naměřenými údaji.

Klíčová slova: teplota venkovního vzduchu, relativní a měrná vlhkost venkovního vzduchu, entalpie venkovního vzduchu

The article is based on hourly measurements of temperature, relative humidity and pressure at Praha-Karlov station in 2003. The mean, maximum and minimum temperatures of outdoor air in the course of the day are indicated for individual months. The occurrence frequency of individual air temperatures has been monitored both in the course of the year and in the course of the day, namely at intervals 6 to 14, 14 to 22, 22 to 6 and 0 to 24 o'clock. The functional dependence of the mean specific humidity and enthalpy of outdoor air on its temperature are indicated and the results are compared with measured data.

Key words: outdoor air temperature, relative and specific humidities of outdoor air, outdoor air enthalpy

ÚVOD

Jak bylo uvedeno v předcházejícím článku [1], Praha vzhledem k ostatním sledovaným městům na území České republiky dlouhodobě vykazuje v letním období zvýšené teploty vzduchu. Představuje tak velmi nepříznivou oblast pro provoz chladicího zařízení. Z tohoto pohledu byl nejkritičtější rok rok 2003, který je v dalším považován za referenční.

Tento článek je věnován podrobnějšímu zpracování klimatických dat pro Prahu – Karlov z roku 2003. Jeho základem jsou hodinová měření teploty vzduchu, relativní vlhkosti a tlaku převzatá z [2].

Pozn.: Hodinové údaje teploty, relativní vlhkosti a tlaku venkovního vzduchu jsou údaje stanovené v hodinových intervalech, nikoliv střední hodnoty v intervalu.

1. TEPLOTA VZDUCHU

Pro hodnocení provozu chladicího zařízení je nutná znalost klimatických podmínek, zejména teploty vzduchu. Ta jednak ovlivňuje kondenzační teplotu, při níž se produkované odpadní teplo z chladicího zařízení odvádí do okolí, jednak i chladicí výkon kompenzující tepelný tok pronikající z okolí do chlazených nebo klimatizovaných prostor.

V roce 2003 byla nejnižší naměřená hodinová teplota $-11,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, nejvyšší $36,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Průměrná roční teplota vypočtená z měřených hodinových teplot byla $10,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Absolutní naměřené minimum bylo $-11,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ dne 12. ledna, maximum $36,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ dne 13. srpna. Kolik hodin v roce

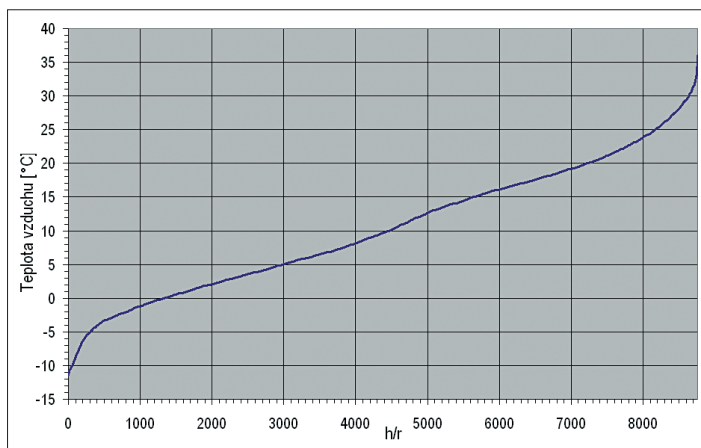
byla hodinová teplota pod určitou hodnotou udává obr. 1.

Jak se měnila teplota vzduchu během dne lze sledovat z obr. 2 až 4. Obr. 2 znázorňuje teploty průměrné, obr. 3 a 4 naměřené teploty maximální, resp. minimální pro danou hodinu během měsíce.

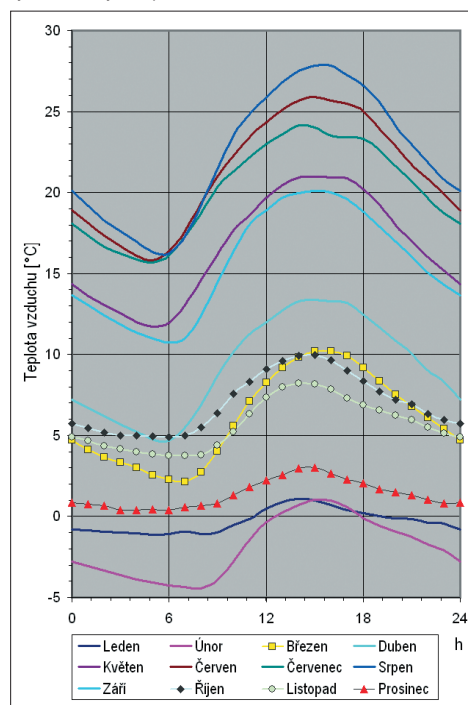
Pro simulaci provozu chladicího zařízení, o níž bude pojednáno, bylo nutné rozdělit naměřené hodinové teploty do doby mezi 6. až 14., 14. až 22. a 22. až 6. hodinou odpovídajícím obvyklým pracovním směnám. Získané výsledky jsou uvedeny v obr. 5. K němu je nutné poznamenat, že označení „směna“ má význam pouze časový a nikoliv skutečný, protože v počtech hodin jsou zahrnuty i nepracovní dny. Pro řadu případů, mezi něž patří i hodnocení provozu chladicího zařízení v průmyslovém podniku, je nutné zavést korekci, která je založena na poměru počtu pracovních dnů k celkovému počtu dnů v roce. Pro rok 2003 byl tento poměr 252 ku 365.

2. VLHKOST VZDUCHU

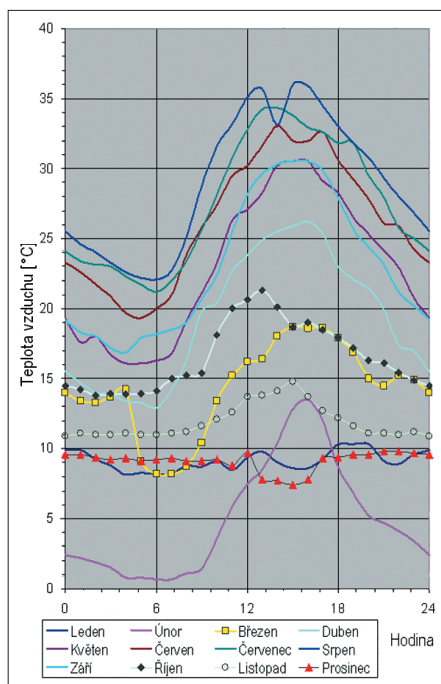
Při odvodu kondenzačního tepla z chladicího zařízení, pokud je použit odpařovací konden-



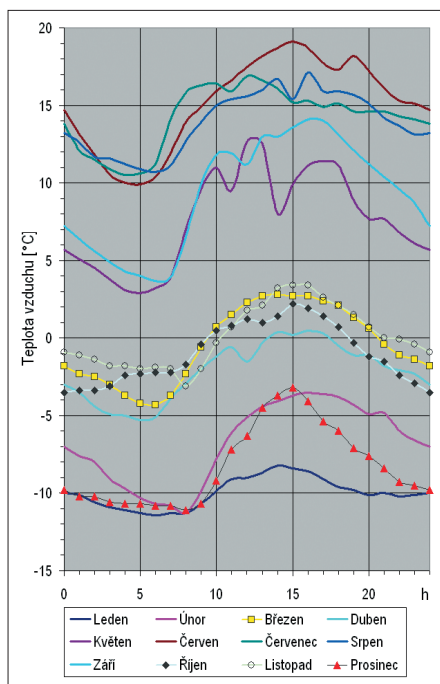
Obr. 1 Kumulativní četnost výskytu hodinových teplot vzduchu



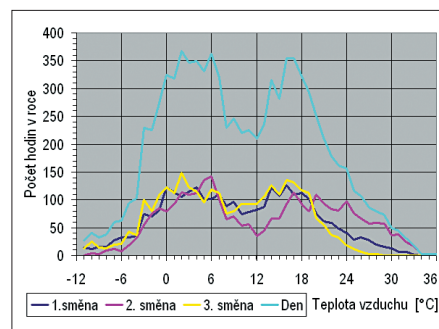
Obr. 2 Průměrná hodinová teplota vzduchu



Obr. 3 Maximální hodinová teplota vzduchu



Obr. 4 Minimální hodinová teplota vzduchu



Obr. 5 Počet hodin v roce s danou teplotou vzduchu

zátor, je další význačnou veličinou vlhkost vzduchu. Ta spolu s teplotou vzduchu ovlivňuje velikost kondenzační teploty a tím i výkonové a příkonové parametry chladicího zařízení.

Z [2] byly získány hodnoty hodinových měření relativní vlhkosti vzduchu, jež jsou znázorněny pro období roku 2003 v závislosti na teplotě na

obr. 6. Pro přepočítání na měrnou vlhkost byl použit vztah

$$x = 0,622 \frac{\varphi p_d''}{p - \varphi p_d''} \quad (1)$$

kde x je měrná vlhkost vzduchu [$\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.v.}$],

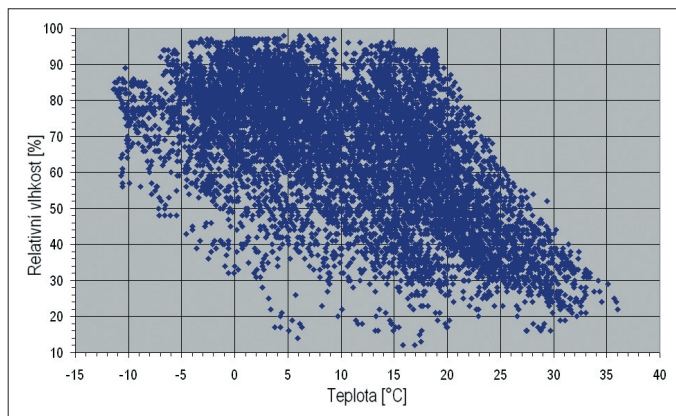
φ naměřená relativní vlhkost vzduchu [1],
 p naměřený tlak vzduchu [Pa].
 p_d'' tlak sytých vodních par [Pa], pro který dle [3] platí: pro teploty $t = -20$ až 0°C :

$$\ln p_d'' = 28,926 - \frac{6148}{273,1 + t}$$

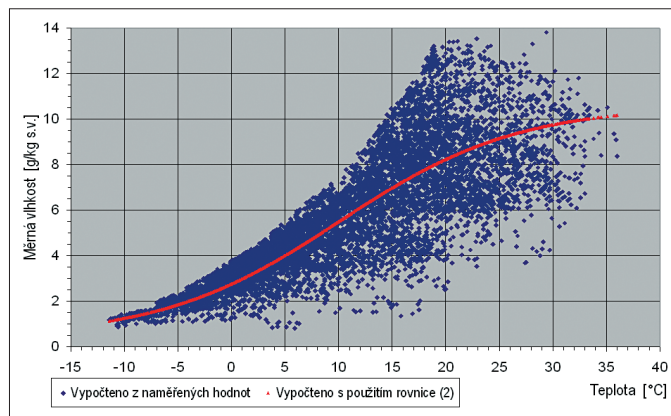
pro teploty $t = 0$ až 80°C :

$$\ln p_d'' = 23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t}$$

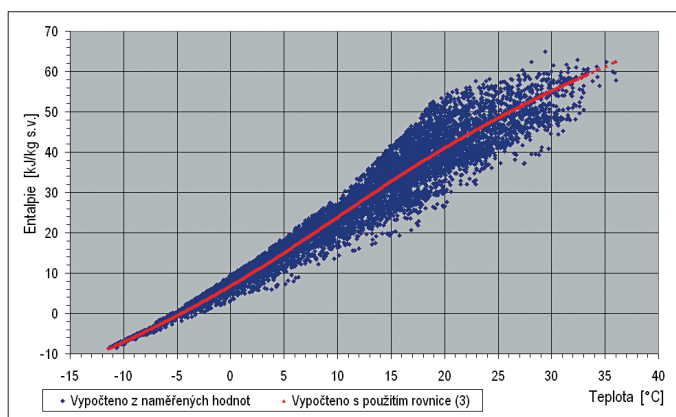
Takto vypočtené hodnoty měrné vlhkosti jsou jako jednotlivé body znázorněny modře v obr. 7. Pro modelování provozu chladicího zařízení, o němž bude pojednáno v následujícím článku, bylo nutné určit závislost měrné vlhkosti vzduchu na jeho teplotě. S využitím poznatků z [3] byl navržen vztah, který vyjadřuje střední hodnotu měrné vlhkosti venkovního vzduchu v závislosti na jeho teplotě:



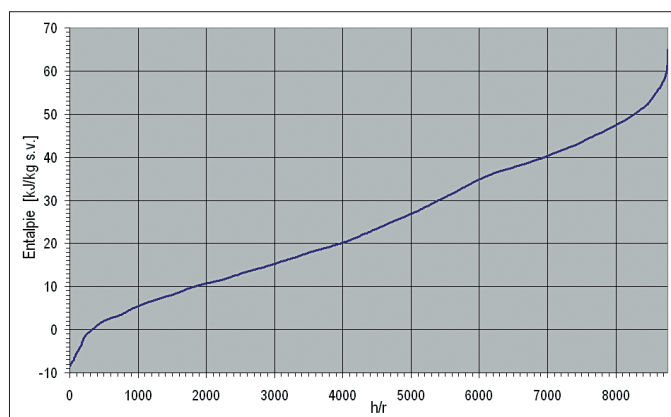
Obr. 6 Naměřená relativní vlhkost vzduchu



Obr. 7 Měrná vlhkost vzduchu vypočtená z naměřených hodnot dle rovnice (1) a z rovnice (2)



Obr. 8 Entalpie vzduchu vypočtená z naměřených hodnot a dle rovnice (2)



Obr. 9 Kumulativní četnost výskytu hodinových entalpií vzduchu

$$x = 5,1 \{1,08 + \text{thg} [0,06(t - 10)]\} \quad (2)$$

Tímto vztahem vypočtená měrná vlhkost vzduchu je v obr. 7 vyznačena červeně.

3. ENTALPIE VZDUCHU

Entalpie vlhkého vzduchu byla určena ze vztahu [3]

$$h = 1,01 t + (2500 + 1,84 t) x \quad (3)$$

h měrná entalpie vzduchu [kJ · kg⁻¹ s.v.].

V obr. 8 jsou vyneseny modrými body entalpie získané výpočtem z rovnice (3), kam byly dosazeny měrné vlhkosti vypočítané dle (1). V témže obrázku je červenou čarou zakreslena entalpie dle rovnice (3); tam pro výpočet měrné vlhkosti byla použita rovnice (2).

Při akceptování rovnice (2) pro výpočet závislosti měrné vlhkosti vzduchu na jeho teplotě, lze spojením rovnice (2) a (3) získat jednoznačnou závislost entalpie vzduchu na teplotě.

Potom je možné např. stanovit kumulativní četnost výskytu hodinové entalpie vzduchu během roku tak, jak je to provedeno v obr. 9. Tento obrázek udává, kolik hodin v roce 2003 byla v Praze entalpie vzduchu nižší než daná hodnota.

ZÁVĚR

Pro hodnocení funkce kondenzační strany chladicího zařízení je nutná znalost průběhu teploty a vlhkosti venkovního vzduchu během roku.

Protože potřebný chladicí výkon je závislý jak na tepelném toku z okolí do chlazených a klimatizovaných prostor, tak i na teple produkovaném v těchto prostorách technickou činností (stroje, osvětlení, lidé apod.), je důležitá i znalost klimatických veličin na denní době.

Popisu těchto závislostí byl proto věnován předložený příspěvek, který je jedním z výstupů projektu VaV-11/3/11/04 s názvem „Snížení energetické náročnosti průmyslových chladicích zařízení“ podpořeného v roce 2004 a 2005 Ministerstvem životního prostředí a představuje výchozí podklad pro hodnocení řešení kondenzační strany chladicích zařízení, kterému bude věnován následující příspěvek.

Použité zdroje:

- [1] Petrák J., Petrák M. Řešení kondenzační strany chladicích zařízení. (Část 1: Teplota vzduchu). 14, VVI 5/2005 str. 217
- [2] Údaje Českého hydrometeorologického ústavu Praha pro rok 2003. (Nepublikováno)
- [3] Chyský, J., Hemzal, K. a kol. Větrání a klimatizace. Technický průvodce. Praha, 1993. ISBN 80-901574-0-8.

* Chladicí stropy montované během jedné noci

Firma *Emco Bau- und Klimatechnik GmbH* měla za úkol vybavit během 6 týdnů, za probíhajícího denního provozu, 180 kanceláří závodu Siemens v Brémách zařízením s chladicími stropy. Instalace se děla vždy jen od 16 do 8 hodin.

Asi pět let stará administrativní budova musela být vzhledem ke kompletnímu zasklení a vysokým vnitřním zátěžím dodatečně vybavena chlazením ve formě stropních desek. Plocha kanceláří činí celkem 7500 m², z nichž bylo aktivováno asi 70 %. Stávající stropní desky s minerálními vlákny byly demontovány a zlikvidovány a nové desky vsazeny a propojeny spojovací technikou *Emco*. Každé noci bylo vyměněno 500 až 800 desek, celkem na 14 000 kusů. Každý večer, před započatím práce, přikryli montéři nábytek fóliemi a ráno našlo osazenstvo všechno čisté a na svém místě. Instalované akusticko-chladicí stropy sestávají z kovových děrovaných desek s integrovanými topnými/chladicími meandry měděných trubek mezi řadami otvorů. Na každou místnost, resp. zónu je jeden rozdělovač, na který jsou připojeny jednotlivé vodní okruhy. Tím je vytvořen jeden ústřední bod pro zaregulování jednotlivých okruhů.

Doby, kdy chladicí stropy představovaly velké časové nároky na instalaci a údržbu jsou ty tam. Prefabrikované systémy stropních desek splňují dnes všechny požadavky na topné a chladicí stropy, které lze pak realizovat při mnohonásobném nasazení různých řemesel.

CCI 7/2005

(Ku)

* Nová norma ASHRAE

V polovině roku 2005 předložila ASHRAE dva nové návrhy norem (směrnic) a uvolnila je k veřejné diskusi.

V normě 138P „Metody a postupy k výpočtu špičkových topných a chladicích zátěží s výjimkou nízkopodlažních obytných budov“ jsou představeny postupy k zjišťování těchto zátěží v kancelářských a výrobních budovách.

Ve směrnici 10P „Kritéria k dosažení přijatelného vnitřního prostředí“ jsou představeny a zhodnoceny komplexní souvislosti a vztahy mezi kvalitou vnitřního ovzduší (zdroje škodlivin a pachů a jejich působení, objemové průtoky venkovního vzduchu) a činiteli tepelné pohody (teplota, vlhkost, rychlost vzduchu aj.).

CCI 7/2005

(Ku)

* Snadno recyklovatelné plasty

Budou plastové přístroje, hrnky a jiné potravinářské obaly brzy přátelské k životnímu prostředí?

Mohly by být, pokud budou vyrobeny z materiálu Belland, vyvinutého v Bavorsku. Belland je nový kopolymer styrenu a akrylátu. Je snadno recyklovatelný, aniž by ztrácel své užité vlastnosti. Jeho vývoj trval dvacet let a stál 1,5 milionu eur, i když princip recyklace je velmi jednoduchý. Působením vibrací v alkalickém prostředí za dané teploty se materiál rozpouští. Nečistoty a cizorodé látky jsou odstraněny působením kyselin, které vyčištěný materiál opět srážejí. Nové výrobky je možno ze získaných granulí vyrobit vstřikováním nebo lisováním za horka. Výchozí produkt je sice dražší než polystyrén, avšak jeho recyklováním budou dosaženy značné úspory surovin a energií.

Výrobní firma materiál nejen vyrábí, ale odebírá zpět i použité výrobky k dalšímu zpracování. Linka na recyklaci se rozběhne v Tuningenu, v SRN, v roce 2006.

Více informací: werner.fiedler@bellandvisione.de.

zdroj: *Environmental Magazine, Pollutec 2005*:
www.environment-online.com

(Laj)

* SHK Moskva, další úspěch

Od 23. do 26. května 2005 představilo 317 vystavovatelů ze 17 zemí na ploše 8200 m² novinky z oblasti vytápění, větrání, klimatizace, chlazení, sanitární a měřicí techniky i ekologie. V porovnání s předchozím rokem se výstavní plocha zvětšila o 25 % a počet vystavovatelů o 6 %. Nejvíce zahraničních podniků se zúčastnilo ze SRN (65), následováno Čínou (25) a Itálií (21). Při veletrhu uspořádané symposium na téma „Moderní vytápění a klimatizace budov šetřící energií“ navštívilo 630 expertů ze 7 zemí.

Příští veletrh SHK Moskva se bude konat od 22. do 25. května 2006.

CCI 9/2005

(Ku)