

doc. Ing. Vladimír ZMRHAL, Ph.D.
ČVUT v Praze, Fakulta strojní,
Ústav techniky prostředí

Výběr stavů venkovního vzduchu pro dimenzování výměníků tepla ve vzduchotechnice

Selection of the Outdoor Air Parameters for Designing of Heat Exchangers in Air-Conditioning

Recenzenti:
prof. Ing. František Drkal, CSc.
Ing. Václav Šimánek

Článek prezentuje postup při stanovení zimních a letních stavů venkovního vzduchu pro dimenzování výměníků tepla ve větracích a klimatizačních zařízeních. Pro výběr byly použity klimatické údaje za posledních 30 let (1985–2014). Výstupem jsou tabulární hodnoty teploty a entalpie venkovního vzduchu s definovaným procentuálním výskytem pro 35 vybraných měst v ČR, které byly, na základě předloženého rozboru, vloženy do přílohy normy ČSN 12 7010/Z1. Příloha normy je doplněna komentářem, jenž podává návod na používání prezentovaných klimatických dat.

Klíčová slova: větrání, klimatizace, vlhký vzduch, teplota, entalpie, venkovní vzduch, výkon, výměník

The paper presents method to determine outdoor air states in winter and summer, for design of heat exchangers in ventilation and air-conditioning systems. The climatic data from the last 30 years (1985–2014) has been used for the determination. The output is tabular values of temperature and enthalpy of the outdoor air which were inserted in the annex of the standard ČSN 12 7010/Z1 on the basis of the presented analysis, with a defined percentage incidence for the 35 selected cities of the Czech Republic. The annex of the standard is accompanied by a commentary, which provides guidance on the use of the presented climatic data.

Keywords: ventilation, air-conditioning, moist air, temperature, enthalpy, outdoor air, capacity, heat exchanger

ÚVOD

Aby větrací a klimatizační zařízení plnila svou funkci po většinu roku, je pro jejich návrh nutno znát extrémní údaje venkovního vzduchu. Pro dimenzování chladičů vzduchu v letním období se dodnes používají data uvedená v publikaci prof. Chyského „Vlhký vzduch“ z roku 1977 [5], kde jsou uvedeny letní výpočtové teploty a entalpie venkovního vzduchu pro 104 okresních měst v ČSSR. Nejedná se o absolutní extrémy, ale o hodnoty s určitou pravděpodobností výskytu. Je známo, že tyto údaje jsou poplatné své době, např. v Praze se entalpie venkovního vzduchu běžně volí minimálně o 2 kJ/kg vyšší (viz tab. 1), než uvádí předmětná literatura [5] (56 kJ/kg).

Pro výpočet tepelných ztrát budov se používají venkovní výpočtové teploty $t_{e,vzp}$ (-12; -15; -18 °C) uvedené v normě ČSN EN 12831 [10], které se pro účely dimenzování větracích a klimatizačních zařízení nehodí. Jedná se o průměrné teploty v dané lokalitě za 5 nejchladnějších dnů (z 30letého období). V době vzniku těchto údajů se navíc předpokládalo, že akumulací schopnost obvodových stěn se dokáže se změnami teploty venkovního vzduchu vypořádat. Pro dimenzování ohřívaců vzduchu v zimním období se venkovní výpočtové teploty snižují o 3 až 5 °C. Relativní vlhkost venkovního vzduchu se v zimě uvažuje 100 %. Příklad takto definovaných výpočtových hodnot pro Prahu je uveden v tab. 1.

Tab. 1 Příklad běžně používaných návrhových hodnot pro Prahu

Tab. 1 Examples of the commonly used design values for Prague

Parametry venkovního vzduchu	Zimní výpočtový stav	Letní výpočtový stav
Teplota	$t_{e,vzp} - 3\text{ °C} = -15\text{ °C}$	32 °C
Relativní vlhkost	100 %	-
Entalpie	-	56 (58) kJ/kg

Výše zmíněný postup byl zanesen i do revidované normy ČSN 12 7010:2014 [9]. V době jejího vzniku nebyly k dispozici aktuální klimatické údaje. Z pohledu projekční praxe vzduchotechniky je však tato norma první oficiální dokument, který popisuje způsob použití návrhových hodnot venkovního vzduchu.

Je zřejmé, že vývoj klimatu se za posledních 30 let poněkud změnil, a proto se jeví jako vhodné návrhové údaje venkovního vzduchu aktualizovat. Součástí předloženého článku je popis tohoto kroku, který zavádí údaje respektující četnost výskytu extrémních hodnot venkovního vzduchu (obdobně jako ASHRAE [1]) a stanovuje podmínky pro jejich praktické využití. Zpřesněním klimatických dat pro návrh větracích a klimatizačních zařízení se dosáhne optimálního návrhu výkonu výměníků sloužících k úpravě venkovního vzduchu i s ohledem na charakter a účel zařízení.

TESTOVÁNÍ DAT

Z hlediska dimenzování výměníků tepla ve větracích a klimatizačních zařízeních je důležité znát návrhové (extrémní) stavy vzduchu. Stav vzduchu musí být vždy určen dvěma parametry. V zimním období se jedná o teplotu venkovního vzduchu t_e (teplotu suchého teploměru) a relativní vlhkost φ_e . Vzhledem k tomu, že v nejchladnějších obdobích roku je vzduch suchý a měrná vlhkost vzduchu se pohybuje v malém rozsahu hodnot, lze pro dimenzování ohřívaců uvažovat $\varphi_e = 100\text{ %}$ a úloha se omezí na hledání extrémní teploty venkovního vzduchu. V letním období je situace o poznání složitější. Stav vzduchu je zpravidla dán teplotou venkovního vzduchu t_e a entálií h_e . Jak bude poukázáno dále, entalpie je pro stanovení výkonu chladiče stěžejní veličinou. Pro přepočty fyzikálních vlastností vlhkého vzduchu byly použity vztahy běžně používané v teorii vlhkého vzduchu [2],[5].

K testování metody výběru návrhových dat byla použita data poskytnutá Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ), který

jako jediná instituce v ČR disponuje meteorologickými údaji za delší časové období (alespoň 15 let) v požadovaném formátu, ve standardním čase (SEČ) s hodinovým časovým krokem. Pro účely testování dat byly na základě jednání s ČHMÚ vybrány 2 stanice s uceleným hodinovým záznamem dat, denními minimy, maximy a hodnotami změřenými v 7 a ve 14 hodin:

- Kocelovice (období 1991–2005),
- Praha-Ruzyně (období 1991–2005).

Většina meteorologických stanic však není vybavena zařízením pro hodinový záznam dat a klimatické údaje se zaznamenávají v 7, 14 a 21 hodin (teplota, relativní vlhkost vzduchu aj.). Hodnoty jsou doplněny údaji o minimální a maximální denní teplotě venkovního vzduchu. Této technické situaci musel být výběr dat přizpůsoben.

Výběr vhodného souboru dat

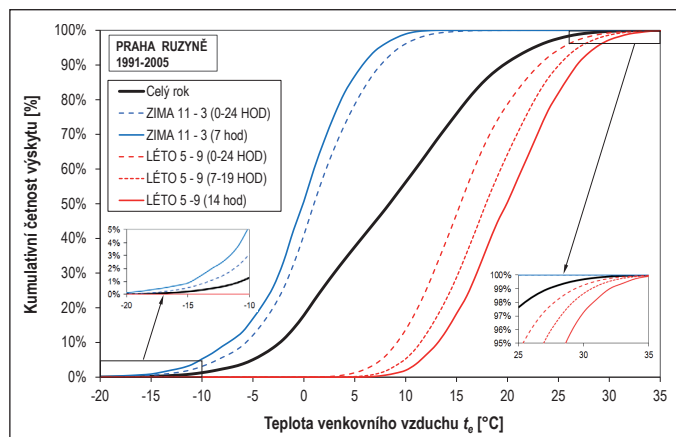
Při testování byl výběr klimatických dat prováděn pro různá časová období. Jednak se jednalo o celoroční výběr, kdy se do výběru zahrnula veškerá data 15letého období (obdobně jako metodika ASHRAE [1]). Vzhledem k tomu, že dimenzování výměníků tepla se provádí pro extrémní hodnoty, byl výběr realizován rovněž pro zúžené teple (květen až září) a chladné období roku (listopad až březen).

Na obr. 1 je uvedena kumulativní četnost výskytu (percentil) teploty venkovního vzduchu pro zkoumané období (Praha-Ruzyně 1991–2005). Černá křivka zahrnuje všechna hodinová data za 15 let. Modré křivky zahrnují chladné období roku (v obrázku označeno jako ZIMA – listopad až březen), červené pak teplé období (v obrázku označeno jako LÉTO – květen až září). S ohledem na dostupnost klimatických údajů byly, kromě souboru hodnot 0 až 24 h, vytvořeny soubory hodnot naměřených v 7 h, ve 14 h a v létě v 7 až 19 h.

Poznámka: Percentil udává poměrný počet hodnot v souboru nižších nebo vyšších než daná hodnota.

Statistický výběr dat

Hodinová a denní data byla podrobena statistickému hodnocení v podobě určení hodnoty s definovaným procentuálním výskytem (percentilem). Pro zkoumání byly zvoleny (na základě ASHRAE [1]) procentuální četnosti výskytu (dále percentily) 99,8; 99,6; 99 a 98 % pro teplé období roku a 0,2; 0,4; 1 a 2 % pro období chladné. V tab. 2 jsou vidět rozdíly



Obr. 1 Kumulativní četnost (percentil) výskytu teploty venkovního vzduchu pro různé soubory klimatických dat

Fig. 1 Cumulative frequency (percentile) of the outdoor air temperatures occurrence for different sets of climatic data

Tab. 2a Testování pro Prahu-Ruzyni: letní teplotní extrémy

Tab. 2a Testing for the case of Prague-Ruzyně: summer temperature extremes

Období	Celý rok			Teplé období roku		
Měsíce	leden až prosinec			květen až září		
Percentil	Hodinová data (7–19)	Denní maxima	Hodnoty ve 14 hod	Hodinová data (7–19)	Denní maxima	Hodnoty ve 14 hod
99,8	32,0	33,8	33,3	33,3	34,7	34,2
99,6	30,8	33,0	32,1	32,2	33,8	33,4
99	28,9	31,0	30,4	30,7	33,0	32,0
98	27,1	29,5	28,9	29,2	31,4	30,8

Tab. 2b Testování pro Prahu-Ruzyni: zimní teplotní extrémy

Tab. 2b Testing for the case of Prague-Ruzyně: winter temperature extremes

Období	Celý rok			Chladné období roku		
Měsíce	leden až prosinec			listopad až březen		
Percentil	Hodinová data (0–24)	Denní minima	Hodnoty v 7 hod	Hodinová data (0–24)	Denní minima	Hodnoty v 7 hod
0,2	-15,2	-17,6	-16,6	-17,1	-19,5	-18,8
0,4	-13,4	-16,2	-14,7	-15,5	-17,7	-17,6
1	-10,8	-13,8	-12,3	-13,3	-16,1	-14,7
2	-8,7	-11,8	-10,1	-11,2	-14,4	-13,0

ve výběru parametrů venkovního vzduchu z různých souborů dat. Obdobným způsobem byly vybrány i entalpie venkovního vzduchu pro teplé období roku (čísleně neuváděny).

Počátečním cílem metody výběru dat pro dimenzování ohřivačů a chladičů je stanovení extrémních klimatických údajů, které budou vybírány ze souboru denních dat, resp. denních extrémů (konzultováno s ČHMÚ). Jak již bylo uvedeno, na stanicích ČHMÚ dochází k záznamu údajů v 7, 14 a 21 hodin a dále se zaznamenávají minimální a maximální denní teploty suchého teploměru. Bohužel k maximální teplotě vzduchu není k dispozici odpovídající entalpie, resp. vlhkost vzduchu. Z tohoto důvodu byl výběr dat realizován z hodnot naměřených v 7.00 hodin (pro chladné období roku) a ve 14.00 hodin (pro teplé období roku).

Poznámka: Z analýzy dat zobrazených na obr. 1 lze stanovit počet hodin, kdy bude teplota vzduchu překročena/podkročena. Ve zkoumaném 15letém období bude návrhová teplota vzduchu pro teplé období roku překročena v následujícím počtu hodin:

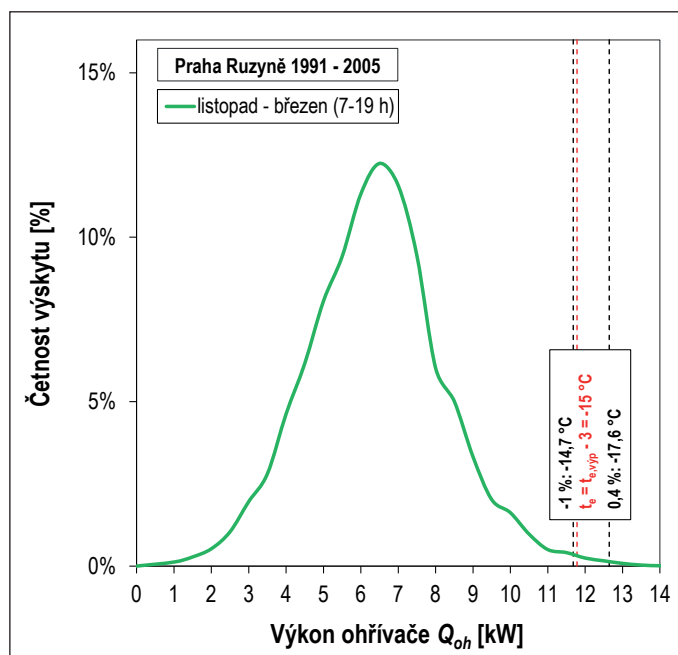
Pro percentil 99,6 % 70 h
99,0 % 134 h
98,0 % 270 h

Návrhová teplota pro chladné období roku bude podkročena v počtu hodin:

Pro percentil 0,4 % 82 h
1,0 % 313 h

Výkon ohřivače

Výkon potřebný k ohřevu venkovního vzduchu je dán pouze citelným tokem tepla a závisí na průtoku vzduchu a rozdílu teplot. Pro daný průtok a teplotu přiváděného vzduchu se maximální výkon ohřivače určí z minimální teploty venkovního vzduchu.



Obr. 2 Četnosti výskytu výkonu ohřivače (Praha-Ruzyně 1991–2005)

Fig. 2 Frequency curve of heater capacity occurrence (Prague-Ruzyně 1991–2005)

Na obr. 2 je výkon ohřivače vyhodnocen statisticky v podobě četnosti výskytu během zkoumaného chladného období (1991–2005, v provozu od 7.00 do 19.00 hodin). Výkon ohřivače byl stanoven pro průtok vzduchu 1000 m³/h a teplotu přiváděného vzduchu $t_p = 20^\circ\text{C}$. V grafu jsou rovněž vyznačeny výkony (čárkované čáry), které odpovídají vybraným teplotám venkovního vzduchu s percentilem 0,4; a 1 % podle tab. 2 (hodnoty v 7 hodin) a podle teploty $t_{e,vyp} - 3^\circ\text{C}$ (červeně) z tab. 1.

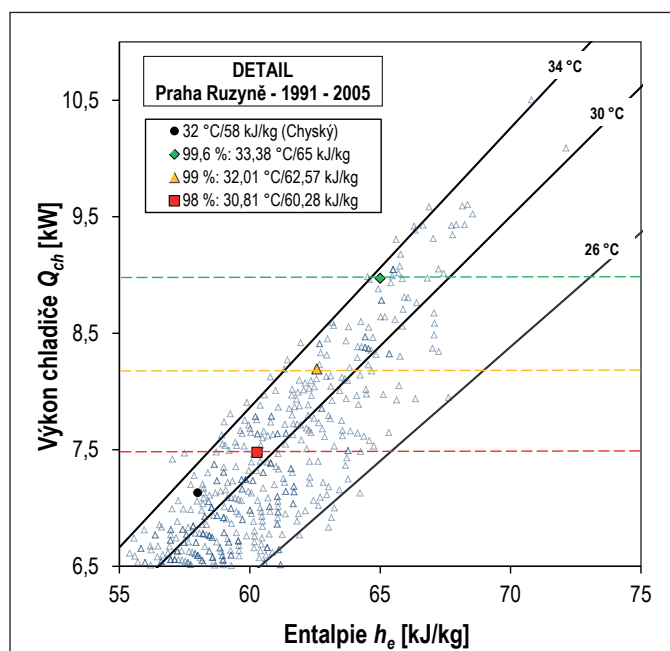
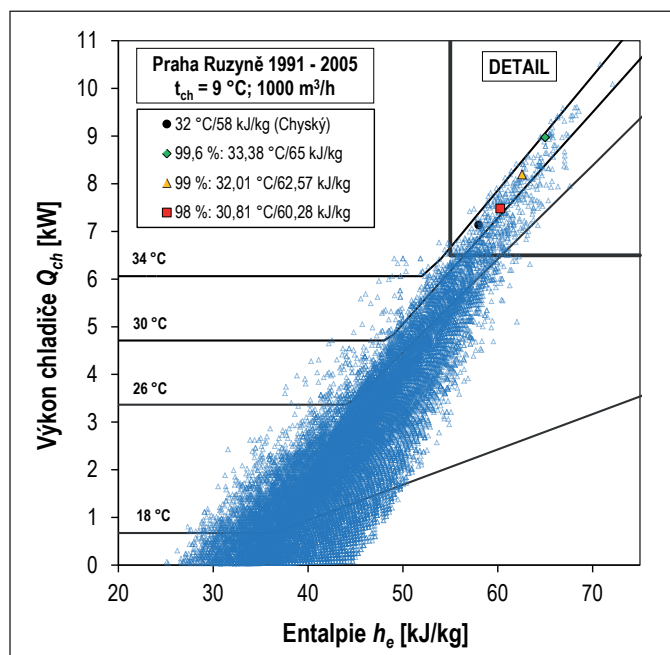
Z uvedeného grafu je zřejmé, jakým způsobem pracuje ohřivač během roku. Většinu času (cca 50 % při provozu v zimě) pracuje ohřivač s menším výkonem, než je polovina jmenovitého výkonu. Z obr. 2 je zřejmé, že maximální výkon ohřivače je využit po velmi krátkou část roku. Z pohledu návrhu ohřivače je však důležité, že tyto extrémní stavy venkovního vzduchu mohou nastat a je nutno s nimi kalkulovat.

Výkon chladiče

Z hlediska výběru letních extrémů pro dimenzování chladiče vzduchu je situace o poznání složitější, neboť do analýzy vstupuje kromě teploty také vlhkost, resp. entalpie vzduchu. Při analýze byly teplota venkovního vzduchu a entalpie vybírány statisticky s předpokládanou četností výskytu, což znamená, že vybrané teploty a entalpie spolu vzájemně (časově) nesouvisí. Otázkou tedy bylo, zda lze tyto dvě nezávislé stanovené hodnoty provázat – určit z nich návrhový stav vzduchu. Z tohoto důvodu byl analyzován výkon chladiče, který závisí jak na rozdílu teplot, tak na rozdílu měrných vlhkostí vzduchu, resp. na rozdílu entalpií.

Pro výkonové analýzy byl stanoven výkon chladiče vzduchu (podle [8]) s povrchovou teplotou $t_{ch} = 5^\circ\text{C}$ (přímý výparník), 9 a 15 $^\circ\text{C}$ (vodní chladiče). Průtok vzduchu chladičem byl zvolen 1000 m³/h, hustota vzduchu je uvažována konstantní $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ a měrná tepelná kapacita vzduchu $c = 1010 \text{ J/kgK}$. Požadovaná teplota vzduchu za chladičem byla $t_p = 16^\circ\text{C}$. Pro analýzy byly uvažovány všechny stavy vzduchu (hodinová data Praha-Ruzyně) s teplotou t_e vyšší než 16 $^\circ\text{C}$. Tlak vzduchu odpovídal naměřeným hodnotám.

Na obr. 3 nahoře je zobrazena závislost chladičového výkonu na entalpii pro všechny stavy vzduchu (1991–2005) s teplotou $\geq 16^\circ\text{C}$ (modré

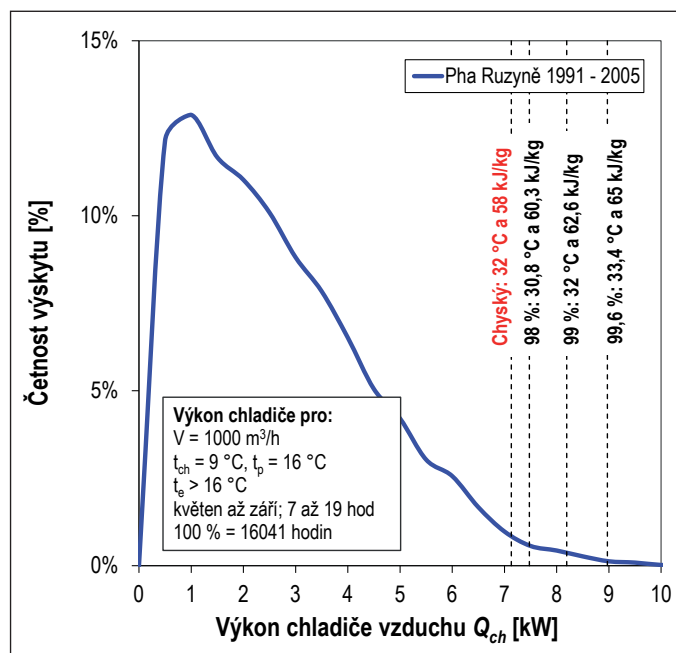


Obr. 3 Výkon chladiče. Nahoře: pro všechny zkoumané stavy vzduchu (Praha-Ruzyně 1991–2005); dole: detail

Fig. 3 Cooler capacity. Up: for all the examined state of air (Prague-Ruzyně 1991–2005); bottom: in detail

body). Barevně jsou vyznačeny body, které představují výkon chladiče pro vybrané stavy vzduchu (percentil 98; 99 a 99,6 % v 14 hod. – viz tab. 2a). Černý bod představuje výkon pro doposud používaný extrém pro Prahu (32 $^\circ\text{C}$ a 58 kJ/kg). Černé přímky představují izotermy. Z obr. 3 je vidět, že oblast vytvořená z modrých bodů má zřetelný trend, zejména při vyšších výkonech chladiče, a stavy vzduchu určené ze statistického šetření leží právě v této vymezené oblasti.

Na obr. 3 dole je znázorněn detail zmiňované oblasti. Většina modrých bodů leží pod návrhovými stavy vzduchu. Z detailu je zřejmé, kolik stavů vzduchu nevyhoví návrhovému výkonu. Např. návrhový výkon chladiče určený pro stav vzduchu odpovídající 99,6% percentilu (zelený bod) zajistí potřebný výkon téměř v celém zkoumaném období. Pouze pro body



Obr. 4 Četnost výskytu výkonu chladíče během léta ($t_{ch} = 9\text{ °C}$)
Fig. 4 Frequency curve of cooler capacity during summer ($t_{ch} = 9\text{ °C}$)

ležící nad zelenou čárkovanou přímkou je požadován vyšší výkon než výkon návrhový, což nastává jen v 0,1 % případů. Stav vzduchu určený z percentilu 99,6 % tak představuje návrh na extrémní letní podmínky pro náročné aplikace (viz dále).

Na obr. 4 je výkon chladíče s povrchovou teplotou 9 °C vyhodnocen statisticky v podobě četnosti výskytu během zkoumaného teplého období (1991–2005, v provozu od 7.00 do 19.00 hodin). V grafu jsou rovněž vyneseny chladicí výkony (čárkované čáry), které odpovídají vybraným teplotám venkovního vzduchu s percentilem 98; 99 a 99,6 % podle tab. 2 (hodnoty ve 14 hodin). Pro porovnání je zde červeně znázorněn výkon pro běžně používaný stav vzduchu 32 °C a 58 kJ/kg .

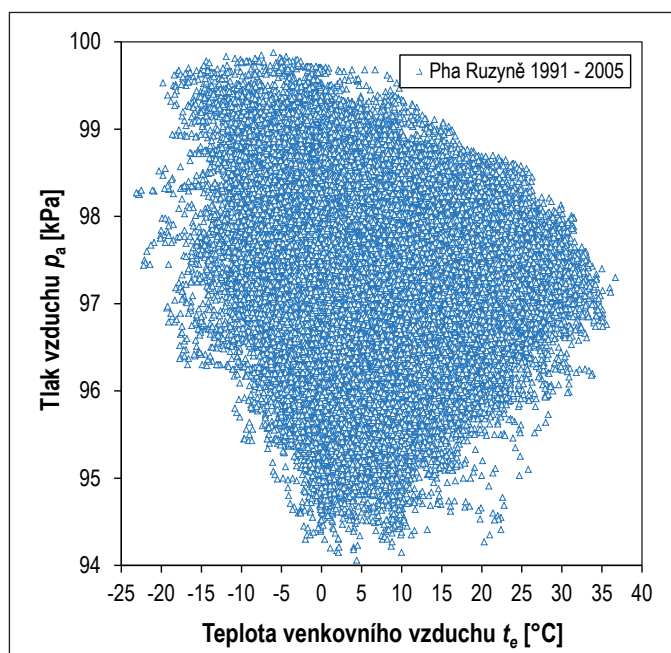
Vliv tlaku vzduchu

Stav vzduchu určuje rovněž jeho tlak. Výběr klimatických dat zohledňuje tlak vzduchu naměřený v dané lokalitě a konkrétním čase (v hodinových intervalech za 15 let). Při dimenzování větracích a klimatizačních zařízení se zpravidla pracuje s tlakem konstantním (např. 100 kPa) a případné rozdíly mohou mít vliv na výkon chladíče.

Na obr. 5 je znázorněna závislost tlaku vzduchu na teplotě venkovního vzduchu (naměřené údaje) pro zkoumané období v Praze-Ruzyni. Výkon chladíče byl stanoven pro konkrétní okrajové podmínky ($t_e = 32\text{ °C}$, $\phi_e = 40\%$, $t_p = 16\text{ °C}$, $t_{ch} = 9\text{ °C}$; $V_e = 1000\text{ m}^3/\text{h}$). Při uvažování tlaku 100 kPa bude výkon chladíče $8,34\text{ kW}$, při tlaku 94 kPa pak $8,53\text{ kW}$. Rozdíl ve výkonu chladíče pro maximální a minimální hodnotu tlaku činí cca 2 % a vliv tlaku vzduchu při dimenzování chladíče lze tedy považovat za málo významný. Přesto je v normě ČSN 12 7010/Z1 pro každou lokalitu uveden i údaj průměrného tlaku vzduchu, pro případné psychrometrické výpočty.

Výběr dat pro ČSN 12 7010/Z1 a jejich použití

Konečný výběr parametrů venkovního vzduchu byl realizován z 30letého období 1985 až 2014. Délka období byla konzultována s ČHMÚ. Čím delší časové období se použije, tím bude menší nejistota výběru [1]. Parametry pro dimenzování chladiců vzduchu byly vybírány z teplého období roku (květen až září) z hodnot naměřených ve



Obr. 5 Tlak vzduchu v závislosti na teplotě venkovního vzduchu pro Prahu-Ruzyni
Fig. 5 Air pressure in dependence on the outdoor air temperature for Prague-Ruzyně

14.00 hodin (reprezentují maximální hodnoty). Parametry pro návrh ohřivačů vzduchu byly vybírány z chladného období roku (listopad až březen) z hodnot naměřených v 7.00 hodin (reprezentují minimální hodnoty). Údaje v ČSN 12 7010/Z1 obsahují i absolutní extrémy (maximální a minimální teploty a entalpie venkovního vzduchu) za uplynulých 30 let. Tyto extrémní údaje se vyskytují zřídka a mají pouze informativní charakter. Příklad prezentace parametrů venkovního vzduchu je uveden v tab. 3.

Výpočtové teploty a entalpie v teplém období roku jsou vyjádřeny formou kumulativních četností výskytu (tzv. percentilů) 98, 99 a 99,6 %. Výpočtové teploty v chladném období roku vyjadřují percentily 0,4 a 1,0 %.

Výběr klimatických údajů byl realizován celkem pro 35 lokalit v ČR (viz níže). Pro každou lokalitu je v normě uvedena vztažná nadmořská výška a průměrný tlak vzduchu.

Tab. 3 Příklad parametrů venkovního vzduchu podle ČSN 127010/Z1 pro Prahu-Klementinum

Tab. 3 Examples of outdoor air parameters according to the ČSN 127010/Z1 for Prague-Klementinum

	Teplé období roku			Chladné období roku	
Percentil (procento výskytu)	99,6 %	99 %	98 %	0,4 %	1 %
Teplota venkovního vzduchu ($^{\circ}\text{C}$)	34,3	32,9	31,8	-14,8	-12,5
Entalpie venkovního vzduchu (kJ/kg s.v.)	67,5	64,3	62,3	-	-
Absolutní extrémy	Maximum			Minimum	
Teplota venkovního vzduchu ($^{\circ}\text{C}$)	35,8			-20,2	
Entalpie venkovního vzduchu (kJ/kg s.v.)	74,2			-18,9	

Lokality:

1) Benešov, 2) Blansko, 3) Brno, 4) České Budějovice, 5) Český Krumlov, 6) Desná, 7) Cheb, 8) Chomutov, 9) Harrachov, 10) Hradec Králové, 11) Jeseník, 12) Karlovy Vary, 13) Klatovy, 14) Kralupy nad Vltavou, 15) Kutná Hora, 16) Liberec, 17) Mladá Boleslav, 18) Náchod, 19) Olomouc, 20) Ostrava, 21) Plzeň, 22) Praha-Klementinum, 23) Praha-Ruzyně, 24) Příbram, 25) Rakovník, 26) Šumperk, 27) Tábor, 28) Třebíč, 29) Uherské Hradiště, 30) Ústí nad Labem, 31) Ústí nad Orlicí, 32) Vizovice, 33) Vsetín, 34) Znojmo, 35) Zruč nad Sázavou.

Pro Prahu byly využity dvě stanice. Parametry venkovního vzduchu pro Prahu-Ruzyni reprezentují údaje na okraji Prahy, parametry pro Prahu-Klementinum reprezentují údaje v centru města a zohledňují vliv tepelného ostrova.

Použití parametrů venkovního vzduchu

Textová část přílohy A k normě ČSN 12 7010/Z1 definuje použití prezentovaných parametrů venkovního vzduchu. Projektant vzduchotechnického zařízení zvolí výpočtový stav vzduchu s ohledem na charakter a účel navrhovaného zařízení.

Teplé období roku. Pro návrh klimatizačních systémů na úpravu teploty a vlhkosti vnitřního vzduchu, kde krátkodobé překročení teploty nebo relativní vlhkosti vnitřního vzduchu nezpůsobí zdravotní rizika, případně materiálové škody, se použije percentil 98 %. Jedná se o klimatizační systémy pro administrativní budovy, občanskou výstavbu (hotely, sportoviště aj.), kde relativní vlhkost vnitřního vzduchu, zpravidla bez úpravy, bude udržována v letním období v rozmezí, které pro dané prostředí definují nebo doporučují právní předpisy, normy.

Pro návrh systémů, u kterých je třeba zajistit v letním období jak teplotu vnitřního vzduchu, tak relativní vlhkost vzduchu v užším pásmu hodnot, se použije percentil 99 %. Pro aplikace, kde ani krátkodobé překročení teploty a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu není žádoucí, se použije percentil 99,6 %.

Chladné období roku. Pro návrh ohřivačů i výměníků pro zpětné získávání tepla, kde krátkodobé podkročení návrhové teploty přiváděného vzduchu nezpůsobí zdravotní rizika, případně materiálové škody se použije percentil 1 % (např. administrativní, občanské budovy a budovy podobného charakteru, zemědělské objekty apod.). Pro aplikace, kde ani krátkodobé podkročení návrhové teploty přiváděného vzduchu není žádoucí, se použije percentil 0,4 %. Relativní vlhkost venkovního vzduchu v zimním období se volí $\varphi_e = 100$ %.

ZÁVĚR

Teploty a entalpie venkovního vzduchu uvedené v tomto článku (z období 1991–2005) byly použity pouze pro popis metodiky výběru klimatických dat a jejich testování. Pro dimenzování výměníků tepla se použijí údaje uvedené v ČSN 12 7010/Z1, které byly vybírány ze souboru dat z období (1985–2014). Výsledky výběru parametrů venkovního vzduchu jsou součástí přílohy k normě ČSN 12 7010 v podobě Změny Z1.

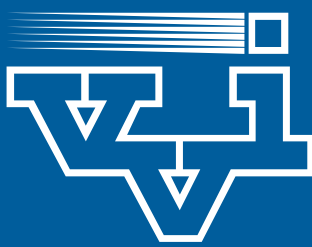
Kontakt na autora: Vladimir.Zmrhal@fs.cvut.cz

Poděkování: Práce byla podpořena projektem MPO Efekt č. 122D14200 „Výběr stavů venkovního vzduchu pro dimenzování výměníků tepla ve větracích a klimatizačních zařízeních“.



Použité zdroje:

- [1] ASHRAE Handbook 2009. *Fundamentals*. 2009, Atlanta: ASHRAE. ISBN 978-1-933742-55-7.
- [2] DRKAL, F., ZMRHAL, V. *Větrání*. Česká technika – nakladatelství ČVUT. 2015.
- [3] HEMZAL, K. Studie o letních klimatických poměrech v Praze. *Zdravotní technika a vzduchotechnika*. 1960, č. 4, roč. 3.
- [4] CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. *Větrání a klimatizace*. Brno: Bolit, 1993.
- [5] CHYSKÝ, J. *Vlhký vzduch*. Praha: SNTL. 1977.
- [6] PETRÁK, M. Modelování klimatických dat. *Vytápění, větrání, instalace*. 2010, roč. 53, č. 2, s. 71-74. ISSN 1210-1389.
- [7] ZMRHAL, V., BARTÁK, M., DRKAL, F., LAIN, M. *Specifikace metody výběru parametrů venkovního vzduchu pro dimenzování výměníků tepla ve větracích a klimatizačních zařízeních*. Praha, 2014. Technická zpráva. Fakulta strojní ČVUT v Praze, Ústav techniky prostředí.
- [8] ZMRHAL, V. Porovnání spotřeby energie vodních klimatizačních systémů. *Vytápění, větrání, instalace*. 2010, roč. 19, č. 2, s. 80-83. ISSN 1210-1389.
- [9] ČSN 12 7010. Vzduchotechnická zařízení – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení – Obecná ustanovení. ÚNMZ. 2014.
- [10] ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu. ÚNMZ. 2005. ■



VYTÁPĚNÍ VĚTRÁNÍ INSTALACE

Vážení přátelé,
Společnost pro techniku prostředí nabízí
2. přepracované vydání

Názvoslovního výkladového slovníku z oboru Technika prostředí

v Č-N-A, A-Č-N, N-Č-A mutacích

Obsahuje terminologii oborů:
Vytápění, Solární technika, Tepelná izolace, Chladicí technika,
Tepelná čerpadla, Větrání, Klimatizace, Hluk a otřesy, Průmyslová
vzduchotechnika, Pneumatická doprava, Čistota ovzduší, Odprašování,
Hygiena, Automatická regulace, Ekonomika investic,
Domovní vodovody, Plynovody, Kanalizace.

Slovník je možno zakoupit:

- v Univerzitním knihkupectví ČVUT, budova NTK, Technická 6,
160 80 Praha 6 nebo si nechat zaslat dobírkou:
e-mail: vera.mikulkova@ctn.cvut.cz – tel. 224 355 003;
- osobně v sekretariátu Společnosti pro techniku prostředí:
Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1 nebo
- v redakci VVI – Fakulta strojní, 8. p., Technická 4, 166 07
Praha 6.

Cena 110 Kč vč DPH