

Zkoušení a hodnocení tepelných čerpadel

Heat pumps testing and evaluation

Recenzent

Ing. Zdeněk Lerl

Tepelná čerpadla jsou v současné době nabízena v širokém rozsahu užitečných vlastností, jež bohužel nejsou rozlišovány ani odbornou veřejností. Tím pak často vzniká údiv nad rozdílem cen u tepelných čerpadel podobných topných výkonů. Ve své první části se článek zabývá zkušebními podmínkami pro tepelná čerpadla vzduch – voda a kapalina – voda, v druhé části jejich hodnocením. Pro tato tepelná čerpadla jsou uvedeny podmínky pro udělení ekoznačky podle Rozhodnutí Komise č. 2007/742/ES a pro jejich zařazení do jednotlivých kategorií z hlediska energetického a hlučnosti tak, jak po vzoru zkušebny ve švýcarském městě Buchs.

Klíčová slova: vytápění, tepelné čerpadlo, topný faktor, Testzentrum Buchs

Heat pumps are currently manufactured in a wide range of usable properties. If comparing products of different manufactures, one of them must be taken into consideration. Otherwise a huge price difference of heat pumps of nearly the same heating capacity may surprise.

For the simplification of comparison and certification of manufacture's data, heat pumps are measured at norm conditions and can be eco-labeled according to Commission Decision No. 2007/742/EC. The measurement conditions and criteria for sorting based on a long term practice of the Swiss laboratory Wärmepumpen – Testzentrum Buchs are described.

Keywords: heating, heat pump, coefficient of performance (of a heat pump), Testzentrum Buchs

ÚVOD

U všech technických zařízení je dnes kladen mimořádný důraz na jejich vliv na životní prostředí. Stejně tomu je i u tepelných čerpadel (dále jen TČ), kde v globální podobě je tento vliv vyjádřen jednak ekologičností použitého chladiva, jednak topným faktorem (Coefficient of Performance – COP) v režimu vytápění či ohřevu vody, nebo chladícím faktorem (Energy efficiency Ratio – EER) v režimu chlazení. V lokální podobě, a tedy z pohledu provozovatele, je při hodnocení TČ důležitým ukazatelem též jeho hlučnost, spolehlivost, zajištěný servis, náhradní díly a objektivní technické informace od výrobce nebo prodejce. Všechny tyto skutečnosti spolupůsobí při hodnocení TČ, ovlivňují jeho užité vlastnosti a mohou se promítnout do jeho ceny.

Bezprostředním impulsem pro napsání tohoto příspěvku byl údiv jednoho kolegy nad tím, že na jedné výstavě byla TČ od různých výrobců nabízena v širokém cenovém rozsahu přesto, že uváděné výkony se od sebe tak mnoho nelišily. Vůbec mu nevadilo, že jednotliví vystavovatelé neuváděli energetické parametry TČ pro shodné provozní podmínky, nedokumentovali je certifikátem z měření na renomované zkušebně a ani to, že např. při návštěvě autosalonu mu vůbec nepřijde nenormální cenová diference u jednotlivých vystavovaných aut. Přitom i u TČ platí, že není jedno jako druhé, že je lze hodnotit a zařazovat do jednotlivých kategorií a že kvalitnější TČ přináší uživateli větší provozní komfort a úspory provozních nákladů.

Z těchto důvodů vznikl tento článek zabývající se v první části zkoušením TČ, následně jejich hodnocením.

ZKOUŠENÍ TEPELNÝCH ČERPADEL

Pro zkoušení TČ platí ČSN EN 14511-1 až 4 [1] s názvem Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin a tepelná čerpadla s elektricky poháněnými kompresory pro ohřívání a chlazení prostoru. Poslední vydání je z roku 2008 a nahrazuje vydání z dubna 2005.

Norma má čtyři části:

Část 1: Termíny a definice

Část 3: Zkušební metody

Část 2: Zkušební podmínky

Část 4: Požadavky

S ohledem na omezený rozsah tohoto článku se v dalším zaměříme jen na tepelná čerpadla typu vzduch – voda a kapalina – voda a to pouze na jejich provoz v režimu vytápění. Pro výkonové zkoušky těchto TČ jsou v ČSN EN 14511 předepsány zkušební podmínky uvedené v tab. 1 a 2.

Tab. 1 Tepelná čerpadla typu vzduch – voda. Režim vytápění

	Venkovní výměník tepla		Vnitřní výměník tepla	
	$t_{e,s}$ [°C]	$t_{e,m}$ [°C]	t_{w1} [°C]	t_{w2} [°C]
Standardní podmínky hodnocení	20	12	40	45
	7	6	30	35
			40	45
Provozní podmínky hodnocení	7	6	a)	55
				35
	2	1		45
				35
	-7	-8		45
				55
	-15	-		35
				45

Tab. 2 Tepelná čerpadla typu kapalina – voda. Režim vytápění

		Výparník		Kondenzátor	
		vstup [°C]	výstup [°C]	vstup [°C]	výstup [°C]
Standardní podmínky hodnocení	nemrzoucí kapalina	0	-3	40	45
				30	35
	voda	10	7	40	45
Provozní podmínky hodnocení	nemrzoucí kapalina	5	a)	30	35
				40	45
				40	45
				30	35
	voda	10	a)	45	45
				35	35
				45	45
				55	55

kde

$t_{e,s}$ teplota suchého teploměru vstupního vzduchu [°C];

$t_{e,m}$ teplota mokrého teploměru vstupního vzduchu [°C];

t_{w1} teplota vstupující ohřívávané vody [°C];

t_{w2} teplota vystupující ohřáté vody [°C].

a) Zkouška probíhá při objemovém průtoku vody stejném jako během zkoušky při odpovídajících standardních podmínkách hodnocení.

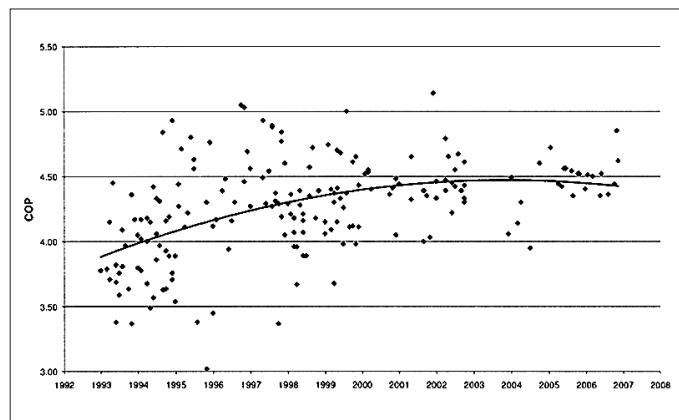
Jednotlivé zkušební tyto podmínky dále rozšiřují nad rámec uvedené normy.

Tak např. mezi nejznámější oficiální zkušební TČ patří švýcarská zkušebna ve městě Buchs (Wärmepumpen – Testzentrum Buchs, používající zkratku WPZ). Ta zkouší TČ nejen za podmínek daných EN 14511, ale i za podmínek odlišných, jak to udává tab. 3 [2], [3]. Zde stojí za povšimnutí měření při ohřevu vody z 25 na 35 °C, které se pro zkušebnu stává kritériem pro kvalitativní hodnocení TČ a jeho zařazení do kategorie kvality. Kromě toho zkouší i jejich hlučnost, u dělených TČ samostatně vnější i vnitřní část.

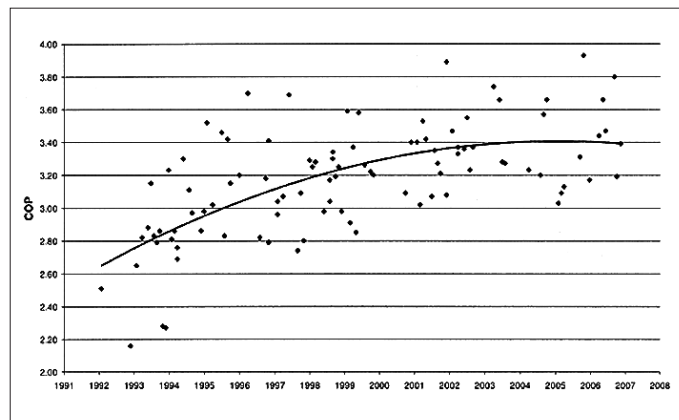
Zkušebna dlouhodobě sleduje trend vývoje COP u jimi hodnocených TČ. Ten je uveden na obr. 1 a 2 převzatých z [4].

Tab. 3 Zkušební podmínky WPZ (nad rámec ČSN EN 14511)

Typ TČ	Výparník		Kondenzátor	
	$t_{e,s}$ [°C]	$t_{e,m}$ [°C]	t_{w1} [°C]	t_{w2} [°C]
vzduch - voda	2	1	25	35
	10	8,3	a)	55
	20	13,7		55
	vstup [°C]	výstup [°C]	vstup [°C]	výstup [°C]
voda - voda	10	7	25	35
	15	a)	a)	55
	0	-3	25	35
	-5	a)	a)	55
nemrznoucí kapalina - voda	5			



Obr. 1 Topný faktor při A2/W35-25 u TČ vzduch – voda testovaných od roku 1993
Převzato z [4]



Obr. 2 Topný faktor při B0/W35-25 u TČ nemrznoucí kapalina – voda testovaných od roku 1993 – Převzato z [4]

HODNOCENÍ TEPELNÝCH ČERPADEL

1. Hodnocení ekoznačkou EU

Podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1980/2000 může být ekoznačka Společenství udělena výrobku, který má vlastnosti výrazně přispívající ke zlepšení životního prostředí. Na základě tohoto nařízení bylo v úředním věstníku EU dne 20.11.2007 zveřejněno rozhodnutí komise č. 2007/742/ES [5], kterým se stanoví ekologická kritéria pro udělení ekoznačky tepelným čerpadlům s topným výkonem do 100 kW. Tato kritéria jsou v souladu s nařízením č. 1980/200 platná tři roky, tj. do 9.11.2010.

Pro získání ekoznačky pro TČ s elektrickým pohonem musí být:

- Topný faktor větší, než je uvedeno v tab. 4

Tab. 4 Minimální topný faktor pro udělení ekoznačky TČ

Typ TČ	Výparník		Kondenzátor		min. COP [1]
	$t_{e,s}$ [°C]	$t_{e,m}$ [°C]	t_{w1} [°C]	t_{w2} [°C]	
vzduch - voda	2	1	30	35	3,1
			40	45	2,6
	vstup [°C]	výstup [°C]	vstup [°C]	výstup [°C]	
voda - voda	10	7	30	35	5,1
			40	45	4,2
	0	-3	30	35	4,3
			40	45	3,5

- Použité chladivo musí mít potenciál globálního oteplování (GWP) menší než 2000. Pokud má použité chladivo GWP menší než 150, jsou požadavky na minimální hodnotu COP sníženy o 15 %.

V rozhodnutí komise 2007/742/ES jsou uvedeny další požadavky týkající se hladiny hluku, nemrznoucí kapaliny, dokumentace, školení montérů, dostupnosti náhradních dílů apod.

2. Hodnocení zkušebnou WPZ

2.1 Hodnocení energetické

Jak vyplývá z předchozího, tato zkušebna hodnotí TČ a zařazuje je do jednotlivých kategorií podle stanovené hodnoty COP při následujících podmínkách:

- ☐ TČ systému vzduch – voda: A2 / W35-25 (ohřev vody z 25 na 35 °C),
- ☐ TČ systému voda – voda: W10 / W35-25,
- ☐ TČ systému nemrznoucí kapalina – voda: B0 / W35-25.

Takto získané hodnoty COP přepočítává na tzv. Standard-Energiekennzahl (SEKZ) podle vzorce (1)

$$SEKZ = \frac{COP}{1 + \xi * (COP - 1)} \quad (1)$$

v němž hodnota ξ charakterizuje typ TČ a platí pro ní:

- ☐ TČ systému vzduch – voda: $\xi = 0$
- ☐ TČ systému voda – voda: $\xi = 0,019$
- ☐ TČ systému nemrznoucí kapalina – voda: $\xi = 0,026$

Zařazení TČ do jednotlivých kategorií z energetického hlediska se provádí podle tab. 5.

Tab. 5 Kategorizace TČ podle hodnoty SEKZ

Kategorie	1	2	3	4	5	6	7
SEKZ	> 4,00	> 3,33 až 4,00	> 2,86 až 3,33	> 2,50 až 2,86	> 2,22 až 2,50	> 2,00 až 2,22	< 2,00

V tab. 6 je jako příklad podle [5] uvedeno rozdělení zkušebnou změřených TČ do jednotlivých kategorií.

Tab. 6 Rozdělení změřených TČ do jednotlivých kategorií z hlediska energetického

Typ TČ	Celkem hodnoceno	Kategorie			
		1	2	3	4
vzduch - voda	45	0	21	23	1
voda - voda	52	52	0	0	0
nemrzoucí kapalina - voda	91	63	28	0	0

K tab. 6 je nutné poznamenat, že mnohem lepší hodnocení TČ kapalina – kapalina ve srovnání s TČ vzduch – voda není dáno jejich lepší kvalitou, ale příznivějším nastavením hodnotícího kritéria SEKZ pro tato TČ, zejména pro voda – voda. Toto tvrzení podporuje i skutečnost, že u mnohých TČ kapalina – kapalina byla tato hodnocena jak podle kritéria pro voda – voda (W10/W35), tak i podle kritéria nemrzoucí kapalina – voda (B0/W35). V 17 případech bylo tak stejné TČ při hodnocení W10/W35 zařazeno do 1. kategorie, při hodnocení B0/W35 do 2. kategorie.

2.2 Hodnocení hlučnosti

Aby se mezi sebou mohla porovnávat TČ různých topných výkonů, pro jejich hodnocení z hlediska hlučnosti se zavádí přepočtený naměřený akustický výkon na topný výkon 10 kW podle vzorce 2,

$$L_n = L + 10 \cdot \log\left(\frac{10}{Q_t}\right) \quad (2)$$

v němž L je naměřený akustický výkon v dB(A) a Q_t naměřený topný výkon v kW. TČ se zařazují do jednotlivých kategorií z hlediska hlučnosti podle tab. 7

Tab. 7 Kategorizace TČ podle hodnoty L_n

Kategorie	1	2	3	4	5	6	7
L_n vnitřní část TČ	≤ 45	> 45 až 50	> 50 až 55	> 55 až 60	> 60 až 65	> 65 až 70	> 70
L_n vnější část TČ	≤ 55	> 55 až 60	> 60 až 65	> 65 až 70	> 70 až 75	> 75 až 80	> 80

V tab. 8 a 9 je jako příklad podle [5] uvedeno rozdělení zkušebnou změřených TČ do jednotlivých kategorií podle hlučnosti.

ZÁVĚR

Cílem článku je poukázat na skutečnost, že kvalita a užité vlastnosti se mohou u jednotlivých TČ značně lišit a tím ovlivnit jak dosažené úspory energie, tak i uživatelský komfort a provozní náklady. Přitom existují hodnotící kritéria, která mohou zájemce o TČ upozornit na kvalitu tohoto výrobku a při státní podpoře ovlivnit i výši poskytované dotace.

Jestliže TČ hodnocená švýcarskou zkušebnou podle COP byla většinou zařazena do kategorie 1. až 3. neznamena to, že by na trhu nebyla i TČ kategorií horších. Pouze tato TČ nebyla nikým přihlášená ke zkoušení

Tab. 8 Rozdělení změřených TČ systému vzduch – voda do jednotlivých kategorií z hlediska hlučnosti

	Počet hodnocených částí TČ	Kategorie						
		1	2	3	4	5	6	7
vnitřní část TČ	37	0	2	13	16	5	1	0
vnější část TČ	45	1	9	18	15	1	1	0

Tab. 9 Rozdělení změřených TČ systému kapalina – voda do jednotlivých kategorií z hlediska hlučnosti

	Celkem hodnoceno	Kategorie						
		1	2	3	4	5	6	7
voda - voda	52	4	10	19	13	5	0	1
nemrzoucí kap. - voda	91	6	17	37	22	8	1	0

a hodnocení. Přitom TČ 1. kategorie má COP více jak dvojnásobný proti podobnému TČ, ale 7. kategorie.

Příspěvek též ukazuje na skutečnost, že jestliže hodnotící kritérium podle COP používané švýcarskou zkušebnou pro hodnocení TČ systému vzduch – voda dává objektivní výsledky (zařazení TČ do 2. až 4. kategorie), u TČ systému kapalina – voda je značně mírné. To platí zejména u systému voda – voda, kde všechna TČ byla zařazena do 1. kategorie a to v řadě případů i přesto, že při hodnocení stejného TČ v provozu nemrzoucí kapalina – voda, bylo zařazeno do 2. kategorie.

Článek je zaměřen na nejčastěji používaná TČ vzduch – voda, voda – voda a nemrzoucí kapalina – voda, často označovaná jako země – voda. Zájemci o jiné typy TČ mohou pro ně nalézt zkušební podmínky v [1] a hodnotící kritéria v [5].

Při zpracování příspěvku bylo využito poznatků získaných při řešení projektu evidenční číslo SP/3g3/148/07 s názvem „Energetické a environmentální hodnocení provozu chladicích zařízení a tepelných čerpadel“ podpořeného Ministerstvem životního prostředí České republiky.

Použité zdroje:

- [1] ČSN EN 14511-1 až 4. Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin a tepelná čerpadla s elektricky poháněnými kompresory pro ohřívání a chlazení prostoru. Vydání 2008.
- [2] D-A-CH Prüfrelement. Prüfung von Luft/Wasser-Wärmepumpen. Wärmepumpen Testzentrum WPZ. Interstaatliche Hochschule für Technik NTB, Buchs. Ausgabe 21.8.2007.
- [3] D-A-CH Prüfrelement. Prüfung von Wasser/Wasser- und Sole/Wasser Wärmepumpen. Wärmepumpen Testzentrum WPZ. Interstaatliche Hochschule für Technik NTB, Buchs. Ausgabe 21.8.2007.
- [4] WPZ-Bulletin. Stand der Wärmepumpentechnik. Interstaatliche Hochschule für Technik NTB. Wärmepumpen Testzentrum WPZ. Buchs. Ausgabe 01-2008.
- [5] ROZHODNUTÍ KOMISE č. 2007/742/ES ze dne 9.11.2007, kterým se stanoví ekologická kritéria pro udělení ekoznačky Společnosti tepelným čerpadlům na elektrický nebo plynový pohon a tepelným čerpadlům absorbujícím plyn. Úřední věstník EU L 301 z 20.11.2007. ■