

Energetické a ekologické výpočty účinkov tepelných čerpadiel

Peter Tomlein

- ¹ Slovenský zväz pre chladiacu a klimatizačnú techniku, Rovinka, zvazchkt@isternet.sk a STU, SJF Bratislava

Abstrakt Využitie obnoviteľných zdrojov energie (OZE) bude oproti využitiu (napríklad) fosílnnej energie ekonomicky čoraz výhodnejšie. Tepelné čerpadlá sa už dnes ekonomicky vyplatia a perspektíva ich rozšírenia je v porovnaní s inými OZE najmenej obmedzená. Tepelné čerpadlá sú zároveň prínosné z hľadiska všetkých troch cieľov klimaticko-energetického balíčka (KEB) a ich význam bude rásť so zväčšujúcim sa podielom OZE pri výrobe elektriny. Jednotlivé príspevky tepelných čerpadiel (TČ) sa budú počítať podľa európskej legislatívy, noriem. Predmetom sú príspevky sú energetické a ekologické výpočty účinkov tepelných čerpadiel z hľadiska ich príspevku k jednotlivým cieľom KEB a ku znižovaniu energetickej náročnosti budov.

1 Úvod

Energetická efektívnosť tepelných čerpadiel je hodnotená rôznym spôsobom. V laboratórnych podmienkach sa hodnotí COP (výkonové číslo respektíve vykurovací faktor) tepelného čerpadla pri plnom zaťažení v podmienkach podľa normy STN EN 14511 a tiež SCOP (sezónne výkonové číslo) podľa normy prnEN14825, ktoré zahŕňa energie potrebné na prívod a rozvod tepelnej energie pri stanovených tepelných záťažach a klimatických podmienkach. SPF (sezónne výkonové číslo) je už hodnotené v reálnych podmienkach vo vzťahu ku budove, klimatickým podmienkam. Laboratórne namerané, vypočítané SCOP a namerané SPF v reálnych prevádzkových podmienkach umožnia stanoviť hodnoty SPF pre rôzne klimatické podmienky. Pomocou nich bude možné vypočítať koľko tepla z OZE privedú TČ do vykurovacieho systému, či ohrevu teplej vody podľa Smernice EP a R č. 2009/28/ES.

Je dôležité si uvedomiť, že hodnoty vo vzťahu k spôsobu výroby elektrickej energie, k emisiám oxidu uhličitého a podobne používané podľa právnych noriem k výpočtu energetických, ekologických účinkov tepelných čerpadiel ne sú skutočné, ale vypočítané, odhadnuté na základe dohodnutých respektíve štatisticky preukázaných hodnôt.

2 Metody a výsledky

Klimaticko-energetický balíček (KEB) je známy ako 20 × 20 × 20 do roku 2020. Ide o úspory energie, zníženie emisií CO₂ a využívanie obnoviteľnej energie s cieľom dosiahnuť v roku 2020:

1. 20-percentný podiel obnoviteľnej energie,
2. 20-percentné zvýšenie energetickej efektívnosti oproti roku 1990,
3. 20-percentnú (30-percentnú) redukciu skleníkových plynov v porovnaní s rokom 1990.

2.1 Cieľ 20% podiel obnoviteľnej energie v roku 2020

Tepelné čerpadlá prinášajú teplo z OZE

$$\text{ak platí } \text{SPF} > 1,15 \cdot 1/\eta_e \quad (1)$$

odhadnuté teplo privedené cez výparník TČ je započítané do prínosov z OZE

Výpočet energie z OZE získanej TČ podľa Smernice 2009/28/ES

Množstvo tepla z okolia privedené cez výparník TČ, brané ako teplo z OZE „E_{RES}“, sa počíta podľa nasledujúceho vzťahu:

$$E_{RES} = Q_{vyuzitelne} \cdot (1 - 1/SPF) \quad (2)$$

Zopakujme, že len TČ, pre ktoré platí :

$$SPF > 1.15 \cdot 1/\eta_e \quad (3)$$

sa berú do úvahy v rámci tejto Smernice.

kde:

- $Q_{vyuzitelne}$ množstvo tepla dodané TČ = odhadované celkové využiteľné teplo dodané tepelným čerpadlom (je to súčin inštalovaného výkonu a počtu hodín podľa druhu TČ pri plnom výkone v danej klimatickej oblasti)
- SPF (seasonal performance factor) sezónne výkonové číslo pre TČ bude odhadnuté (SCOP sa počíta podľa prEN 14825[1]) (EK vydá metodiku pre určenie SPF v danej klimatickej oblasti, na ktorej pracuje v súčasnosti viacero organizácií)
- η_e je pomer medzi vyrobenou elektrinou a spotrebou primárnej energie pri výrobe elektriny vypočítaný ako EU priemer podľa údajov Eurostatu. Tento pomer bude rásť.

Minimálne SPF, ktoré sa musí dosiahnuť, aby teplo privedené cez výparník TČ bolo započítané do prínosov z OZE, sa vypočíta podľa už uvedeného vzťahu pri znalosti η_e a PEF.

Do 1. januára 2013 prijme Komisia usmernenia o tom, ako majú členské štáty odhadovať hodnoty $Q_{vyuzitelne}$ a SPF pre rôzne technológie a aplikácie tepelných čerpadiel, pričom sa zohľadnia rozdiely klimatických podmienok, najmä veľmi studené podnebia.

Faktor primárnej spotreby energie PEF

PEF (primary energy factor) je obrátenou hodnotou η_e . Vypočíta sa ako pomer :

primárna energia vstup / získaná energia výstup

Norma EN 15316-4-5: Definície základných pojmov

- Energia dodaná Q_C – energia na výstupe z hodnoteného systému (využitá, dodaná spotrebiteľovi)
- Energia primárna Q_P – energia na vstupe, ktorá neprešla žiadnym transformačným procesom (obnoviteľná alebo neobnoviteľná)
- Faktor primárnej energie – primárna energia delená dodanou energiou na výstupe:

$$PEF = Q_P / Q_C \quad (4)$$

- Faktor neobnoviteľnej primárnej energie – primárna neobnoviteľná energia delená dodanou energiou na výstupe:

$$PEF_{noe} = Q_{Pnoe} / Q_C \quad (5)$$

Primárna energia je obnoviteľná i neobnoviteľná energia!

Minimálne sezónne výkonové číslo tepelného čerpadla pre potreby tejto Smernice podľa vzťahu $SPF > 1.15 \cdot 1/\eta_e$. PEF je obrátenou hodnotou η_e . To znamená pri $\eta_e = 0,4$ [1] $PEF=2.5$ a $SPF_{min} = 2.875$. Pri $\eta_e = 0,438$ (podľa Eurostatu v roku 2007[1]) $SPF_{min} = 2,625$. Ak SPF_{min} sa dosiahne, potom všetko odhadnuté teplo získané cez výparník z OZE sa započíta do prínosov z OZE [3].

2.2 Tepelné čerpadlá zvyšujú energetickú efektívnosť

Porovnanie účinnosti výroby tepla plynovým kotlom z primárnej energie η_t so stupňom využitia primárnej energie PER tepelným čerpadlom (*primary energy ratio*) PER je vypočítaný ako pomer dodanej ku primárnej energii (*obrátenej pomer PEF*)

Účinnosť výroby tepla plynovým kotlom η_t sa vypočíta ako pomer medzi vyrobeným teplom a spotrebou primárnej energie. Účinnosť výroby tepla z primárnej energie η_t sa používa pre plynový kotol a PER pre tepelné čerpadlo (*používa sa ak $\eta_t \geq 1$*). PER pre TČ sa vypočíta ako podiel referenčného SPF pre danú klimatickú oblasť deleného faktorom primárnej energie. Posledný návrh Eurostatu (2011) [3] uvádza pre TČ vzduch/voda v našej klimatickej oblasti $SPF=3,3$.

Primárny energetický faktor (PEF podľa STN EN 15316)) kombinovanej výroby elektrickej energie s účinnosťou $\eta_e = 0.4$ % v rámci EÚ podľa Eurostatu je 2.5 (*podľa vyhlášky 311/2009 Z.z. 2.8*). Potom:

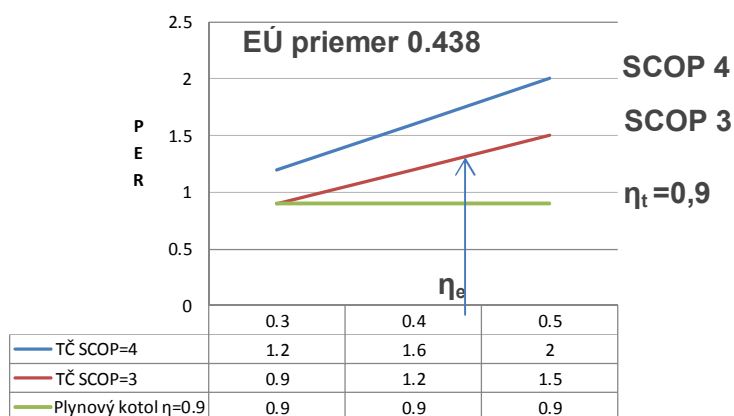
$$PER = \eta_e \cdot SPF = \frac{\text{referenčné SPF} + \text{teplotná korekcia}}{PEF} = \frac{2.7}{2.8} = 0.964 \quad (6)$$

Príklady výpočtu:

Pre SR vo vzťahu podľa Eurostatu $PEF_{2006} = 2,5$ $SPF_{a/w} = 3,1$ potom **PER = 1.24**
 Pre SR vo vzťahu podľa Eurostatu $PEF_{2007} = 2,3$ $SPF_{a/w} = 3,3$ potom **PER = 1.43**
 Pre SR vo vzťahu k výrobe elektriny v PPC $PEF_{PPCs} = 2$ $SPF = 3,3$ potom **PER = 1.65**
 Pri výrobe vo vodných elektrárnach $PEF = 1,1$ $SPF_{zem/vz} = 3,7$ potom **PER = 3.36**
 Pre porovnanie, plynovým kondenzačným kotlom sa dosiahne $\eta_{t \max}$ resp. **PER = 0.985**

Z uvedených príkladov je vidieť, že stupeň využitia primárnej energie pri výrobe tepla TČ závisí od hodnôt SPF a PEF. Pre výpočty v rámci EÚ sa budú brať priemerné hodnoty podľa Eurostatu.

Porovnanie PER plynových kotlov a tepelných čerpadiel



Obr. 1 Porovnanie stupňa využitia primárnej energie (PER) plynových kotlov a tepelných čerpadiel. Na obrázku je uvedená η_t pre plynový kotol a PER pre TČ ako súčin **PER = SPF · η_e** . **Vyššie PER zodpovedá účinnejšej výrobe tepla. Vyššie SPF sezónne výkonové číslo zodpovedá účinnejšej výrobe tepla tepelným čerpadlom.** Pri európskom priemere $\eta_e = 0.438$ z roku 2007 už TČ pri $SPF = 3$ vyrábajú teplo o viac ako 30 % účinnejšie, to znamená energeticky efektívnejšie ako plynový kotol s $\eta_t = 0,9$. Pri $\eta_e = 0,5$ (paroplynová elektrárňa) TČ vyrábajú teplo o 50 i viac % účinnejšie [4]. Podľa metodiky [2] pri $SCOP = 3,3$ v podmienkach SR (*len 20 % elektriny sa vyrába spaľovaním fosílnych palív*) vychádza PER 6,6.

2.3 Tepelné čerpadlá prinášajú nielen úsporu primárnej tepelnej energie, ale znižujú tiež emisie CO₂

CO₂ emisie v elektrárnach sú najdôležitejším faktorom z hľadiska vplyvu tepelných čerpadiel na skleníkový efekt. Ak je použitá elektrina len z vodných elektrární, tepelné čerpadlá majú vysoký potenciál redukcie CO₂ emisií. Výpočet emisií oxidu uhličitého stanovuje vyhláška č. 311/2009 Z.z. v § 4 ods. 2 s využitím prepočítacích faktorov. Podľa Tab. E.1 STN EN 15603 pre jednotlivé energetické nosiče sa uvažujú hodnoty súčiniteľa emisií CO₂ v kg/kWh: 0,277 – zemný plyn; 0,020 – drevené peletky, štiepka a kusové drevo; pre energetický mix v SR sa podľa metodického usmernenia MVaRR sa pri elektrine použije súčiniteľ emisií CO₂ 0,382. To je výrazne menej ako uvádza vyhláška č. 311/2009 Z.z. a to 0,62 kgCO₂/kWh, ale stále viac ako je skutočná hodnota vykázaná SE a to 0,178 kgCO₂/kWh vyrobenej elektriny. Výpočty emisií CO₂ na vyrobenú kWh tepla sú v nasledujúcej tabuľke podľa vzťahu:

$$\text{Emisie CO}_2/\text{kWh tepla} = \text{Emisie CO}_2/\text{kWh}_{\text{energie}} : \text{SPF respektíve } \eta_t \quad (7)$$

Tab. 1 Emisie CO₂ na kWh vyrobenej elektriny prepočítané na emisie CO₂ na kWh vyrobeného tepla.

Vykurovací systém	SPF resp η_t	Emisie CO ₂ /kWh	Emisie CO ₂ /kWh tepla	Porovnanie s PK _{kond} =100%
TČ podľa vyhl. 311/2009 Z.z.	2,7	0,62 elektriny	0,22	78
TČ podľa usmernenia k vyhl. 311	2,7	0,382 elektriny	0,14	49
TČ podľa podmienok v SR	3	0,178 elektriny	0,06	21
Elektrické vykurovanie v SR	1	0,178 elektriny	0,178	63
Plynový kondenzačný kotol	0,98	0,277 plynu	0,282	100

* Do výpočtu nie sú zahrnuté emisie chladiva so skleníkovým efektom, ktoré sa pohybujú rádovo g/kWh tepla.

Z **Tab. 1** je vidieť, že hodnoty emisií CO₂/kWh vyrobenej elektriny sú v právnych normách podstatne vyššie ako hodnoty skutočné v SR. Pri hodnotách SPF=3 a emisiách 0,178 kgCO₂/kWh vyrobenej elektriny TČ znižujú emisie CO₂ voči plynovému kondenzačnému kotlu o takmer 80 %. Ak by sme pre nový kondenzačný kotol emisie znížili podľa vyhlášky 311/2009 Z.z. na 0,201 CO₂/kWh tepla potom TČ by znížili emisie CO₂ voči plynovému kondenzačnému kotlu o viac ako 70 %. V podmienkach SR sa aj priamym elektrickým vykurovaním emituje menej CO₂ ako plynovým vykurovaním.

3 Záver

Z hodnotenia vyplýva, že tepelné čerpadlá výrazne prispievajú ku splneniu všetkých troch cieľov klimaticko energetického balíčka a preto sú podporované európskou komisiou a dotačnou politikou najmä v západných krajinách EÚ. Aby sa viac prínosov získalo, je treba viac investovať. Príroda nechce dávať zadarmo. V prípade tepelných čerpadiel však vyššia investícia je hospodárnejšia a ekologicky výhodnejšia voči napríklad solárnemu kolektoru zapojenému do sústavy s plynovým kotlom.

Literatura

- [1] EUROSTAT (2011): Accounting for Renewable Energy from Heat Pumps - download: http://circa.europa.eu/Public/irc/dsis/chpwwg/library?l=/renewable_statistics_1&vm=detailed&sb=Title
- [2] Havelský, V.: Prínos tepelných čerpadiel z hľadiska úspor primárnej energie. In: SZ CHKT, 2009.
- [3] Normy prn EN 14825, EN 15603:2008, vyhláška č. 311/2009 Z. z., Smernica EP a R č. 2009/28/ES