

Ing. Jan SEDLÁŘ  
 ČVUT v Praze  
 Univerzitní centrum energeticky  
 efektivních budov

# Porovnání tepelného čerpadla a solární soustavy pro ohřev vody

## Comparison of Heat Pump and Solar System for Water Heating

Recenzenti:  
 doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D.  
 Ing. Petr Šerks

Studie porovnává použití tepelného čerpadla se solárními soustavami na přípravu teplé vody pro bytový dům v Praze. Pro porovnání je použito meteorologických údajů ze stanice Praha – Karlov a programu vyvinutého v rámci diplomové práce. Srovnání je provedeno jak energeticky, tak orientačně ekonomicky.

**Klíčová slova:** tepelné čerpadlo, solární soustava, příprava teplé vody

The author compares use of heat pump with solar systems serving for heating hot water for a block of flats in Prague, in his study. The meteorological data from the station Prague – Karlov and the program developed in the framework of a diploma work are taken for the comparison. The comparison is elaborated both from the energy point of view and economically from an orientation view.

**Key words:** heat pump, solar system, hot water preparation

### ÚVOD

Ohřev vody tepelnými čerpadly a solární soustavou je v současné době na vzestupu a se zvyšující se cenou energií lze očekávat, že tento trend bude v budoucnu i nadále pokračovat. Energetická výhodnost obou systémů je vykoupena vyššími pořizovacími náklady a většinou nutností úprav současných systémů ohřevu vody a vytápění. Oba systémy patří mezi obnovitelné zdroje energie a jejich instalace byla v minulých letech podporována vládními dotacemi, především z programu Zelená úsporám.

Cílem provedené studie je popsat obecně jejich možnosti v podmínkách České republiky a vzájemně je porovnat jak energeticky, tak zjednodušeně i ekonomicky. K tomu účelu byl vytvořen program ve Visual Basic for Applications v MS Excel doplněný menší databází plochých solárních kolektorů a tepelných čerpadel. Pro porovnání byl zvolen bytový dům v Praze.

### KLIMATICKÉ VELIČINY

V geografických podmínkách ČR se během dne i roku mění podmínky pro práci tepelných čerpadel i solárních kolektorů. Výkon těchto zařízení je proto časově nestálý a je nutné je hodnotit v podrobných časových úsecích. V programu jsou proto obě zařízení porovnávána ve stejném časovém okamžiku a následně v delším časovém období. Program pracuje s databází naměřených meteorologických veličin ze stanice Praha – Karlov z let 2003 až 2007, kde jsou k dispozici jednotlivě naměřené hodinové údaje teploty venkovního vzduchu  $t_e$  [°C], relativní vlhkosti  $\varphi$  [-], atmosférického tlaku  $p$  [Pa], globálního ozáření  $G_z$  [W/m<sup>2</sup>] a další.

### Průměrné teploty

Teplota venkovního vzduchu má významný vliv na výkon tepelného čerpadla a je jí ovlivněn i výkon solárního kolektoru. S rostoucí teplotou roste za jinak stejných podmínek výkon obou zařízení. V tab. 1 jsou zobrazeny průměrné teploty v jednotlivých měsících pro roky 2003 až 2007.

Průměrná teplota venkovního vzduchu se během let příliš nemění. Výrazné jsou však rozdíly mezi jednotlivými měsíci v roce. To významně ovlivňuje především výkon tepelných čerpadel vzduch-voda. Závislost na teplotě venkovního vzduchu je menší u solárních kolektorů a velmi malá u tepelných čerpadel země-voda. U tepelných čerpadel vzduch-voda je situace ještě zhoršena nutným odtáváním výparníku, který namrzá již při teplotách okolo 5 až 10 °C.

### Průměrné sluneční ozáření na vodorovnou plochu

Výkon solárních kolektorů se mění během roku spolu s dopadajícím slunečním zářením a je funkcí mnoha veličin (sluneční ozáření, úhel dopadu paprsků, teplota kapaliny atd.), z nichž některé se během dne i roku výrazně mění. Spolu s hodnotou globálního ozáření na vodorovnou plochu se mění i úhel dopadu paprsků a trvání slunečního svitu. To působí spolu s proměnnou teplotou venkovního vzduchu a výsledkem je značná výkonová nerovnoměrnost solárních soustav během roku.

### ZAŘÍZENÍ

#### Tepelná čerpadla

Studie se zabývá pouze tepelnými čerpadly vzduch-voda, která jsou v současnosti nejpoužívanějším a nejčastěji instalovaným typem tepelných čerpadel na českém trhu (viz tab. 2).

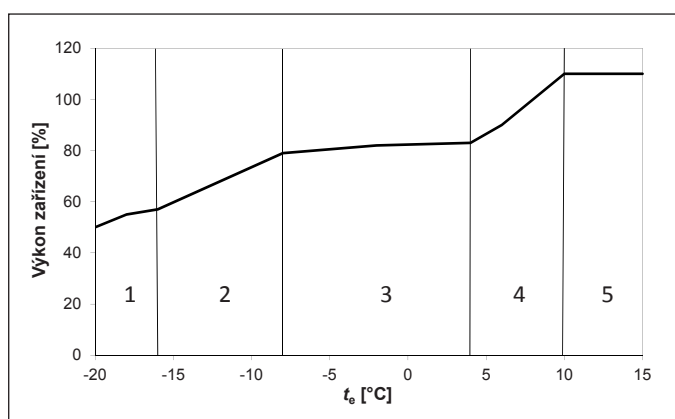
Tab. 1 Průměrné teploty venkovního vzduchu ze stanice Prahy Karlov v letech 2003 až 2007

Rok	Měsíc												Roční průměr
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
2003	0,0	-1,5	6,5	9,8	17,0	21,7	20,7	22,7	15,8	7,2	6,2	1,6	10,6
2004	-1,8	3,3	5,1	11,1	13,6	17,6	19,8	20,8	15,7	11,1	5,4	1,4	10,3
2005	2,4	-1,1	4,1	11,8	15,4	18,5	20,0	18,1	16,7	11,7	4,1	1,1	10,2
2006	-3,7	-0,2	2,8	10,3	15,2	19,5	24,7	17,4	18,6	12,4	7,5	3,9	10,7
2007	4,9	4,4	7,4	13,2	16,6	20,3	20,2	19,4	13,0	9,0	2,8	0,9	11,0

Tab. 2 Výkon nově instalovaných tepelných čerpadel v ČR [2]

Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Vzduch-vzduch [kW]	190	470	1 522	787	1 764	621	719
Vzduch-voda [kW]	11 039	17 968	19 073	23 343	32 967	52 282	57 753
Země-voda [kW]	11 285	18 593	24 585	28 868	26 747	27 078	26 055
Voda-voda [kW]	1595	3015	4135	1694	1642	1898	1533
Jiné [kW]	639	0	193	0	1 373	17	41
Celkem [kW]	24 748	40 046	49 508	54 692	64 493	81 896	86 101

Tato tepelná čerpadla odčerpávají energii z venkovního vzduchu na primární straně a po navýšení její teplotní úrovně ji pak předávají vodě na sekundární straně. Oproti jiným typům mají hlavní nevýhodu v namrzání


 Obr. 1 Závislost výkonu tepelného čerpadla vzduch-voda na venkovní teplotě  $t_e$ 

výparníku, a to již při nadnulových teplotách. Pro uživatele je důležité znát výkon, příkon nebo topný faktor. Topný faktor udává, kolikrát více tepla tepelné čerpadlo dodá do systému, než spotřebuje elektrické energie, a je funkcí teploty venkovního vzduchu  $t_e$  [°C] a teploty ohřevu teplé vody  $t_w$  [°C]. Závislost výkonu zařízení na venkovní teplotě pro typ vzduch-voda není lineární. Při velice nízkých venkovních teplotách tepelné čerpadlo nepracuje (oblast 1 na obr. 1). Výkon zařízení roste s rostoucí venkovní teplotou (oblast 2 na obr. 1). Při teplotách blízkých 0 °C výkon stagnuje, což je dáno především zvýšenou potřebou odtávání (oblast 3 na obr. 1). Při nadnulových teplotách pak výkon opět výrazně roste s rostoucí teplotou  $t_e$  (oblast 4 na obr. 1). Námraza se může tvořit, ale odtává se pouze sepnutím ventilátoru okolním vzduchem při nečinnosti tepelného čerpadla. Po dosažení maximálního výkonu zařízení již výkon s rostoucí teplotou neroste (oblast 5 na obr. 1).

Průběh výkonu na obr. 1 je naměřen pro jednu teplotu ohřívání vody. Výrobce většinou udává pro potřeby projektanta ve formě tabulky celé spektrum výkonů při normou požadovaných teplotách vzduchu (a normou stanovené relativní vlhkosti) a teplotě ohřívání vody. Pro zákazníka jsou pak při výběru tepelného čerpadla výkonové hodnoty a hodnoty topného faktoru jedny z nejdůležitějších vodítek. Zákazník by si ale měl

vždy dát pozor na to, že výkon ani topný faktor nejsou v žádném případě s měnicími se teplotami venkovního vzduchu, vlhkosti a teploty ohřívání vody konstantní. Pokud výrobce udává pouze jednu hodnotu topného faktoru, je třeba vědět, pro jaké podmínky tato konkrétní hodnota platí a nenechat se „nachytat“ marketingovou strategií firmy udávající pouze nejlepší výkonové parametry.

### Solární kolektory

Solární kolektory jsou technická zařízení sloužící k přímé přeměně energie slunečního záření na tepelnou energii. Na českém trhu mají dlouhou tradici a v posledních letech byly předmětem dotace Zelená úsporám, podobně jako tepelná čerpadla. Plocha solárních kolektorů pracujících na území ČR se každoročně zvětšuje (viz tab. 3).

Slunce je v současnosti nejlevnějším zdrojem energie. Na „výrobu“ tepla ze solárních kolektorů se nespoteřebává na rozdíl od tepelných čerpadel téměř žádná elektrická energie. Je potřeba pouze elektrická energie pro pohon oběhového čerpadla, které zabezpečuje průtok teplotnosné látky kolektorem. Nevýhodou je značná proměnnost výkonu solárního kolektoru během dne i roku a s tím související nutnost větší akumulace.

### VÝPOČTOVÝ PROGRAM

#### Obecně o programu

Stěžejním bodem studie bylo porovnání obou systémů ohřevu v delším časovém období. Samotný výpočtový program je koncipován co nejobecněji tak, aby se nejednalo o jednoúčelový produkt aplikovatelný pouze na jedno konkrétní zadání.

Aby uvedený program pracoval na základě reálných dat, zpracovává databázi meteorologických hodnot ze stanice Praha – Karlov naměřenou od 1. 1. 2003 do 31. 12. 2007. Pro lepší uživatelskou použitelnost zpracovává vždy pouze zadaný interval a není tedy třeba počítat najednou celých 5 let. V meteorologické databázi jsou k dispozici naměřené hodnoty teploty, slunečního ozáření, relativní vlhkosti a další, které si program zkopíruje pro další použití.

#### Solární kolektory

Program pracuje s databází plochých solárních kolektorů. Uživatel programu si z databáze jednoduše vybere příslušný kolektor, nebo ručně vloží jeho charakteristiky. Databázi programu je možné i jednoduše roz-

Tab. 3 Plocha solárních kolektorů v ČR [2]

Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Ploché zasklené [m <sup>2</sup> ]	73 768	90 777	109 899	135 914	175 766	249 664	298 814
Vakuové trubkové [m <sup>2</sup> ]	10 121	13 673	20 228	28 739	40 556	58 275	74 925
Koncentrační [m <sup>2</sup> ]	805	805	805	830	830	930	930
Celkem [m <sup>2</sup> ]	84 694	105 255	130 933	165 482	217 151	308 868	374 668

šířit. Dále si uživatel zvolí geometrické charakteristiky (sklon, azimut kolektoru), nadmořskou výšku, albedo a celkovou plochu nebo počet kolektorů.

Po načtení meteorologických údajů program vyčíslí při známé teplotě vstupní vody do kolektoru jeho teoretický výkon pro každou hodinu sledovaného období.

### Teplná čerpadla

Z údajů od vybraných výrobců byla vytvořena databáze tepelných čerpadel vzduch-voda. Tato databáze obsahuje závislost výkonu a příkonu tepelného čerpadla na venkovní teplotě a na teplotě ohřevu vody ve formátu běžně uváděném jednotlivými výrobci. Následně byl pak vytvořen algoritmus výpočtu tepelného výkonu a příkonu čerpadla v závislosti na venkovní teplotě a teplotě teplé vody.

Protože výrobci uvádějí charakteristiky tepelného čerpadla formou tabulky bodů, je možné těmito body proložit přímkou pro jednotlivé kondenzační teploty a zjistit jejich rovnice. Počet bodů nestačí k vykreslení průběhu výkonu jako na obr. 1, proto je nutné spokojit se s lineární aproximací. Z těchto rovnic pak program dokáže vyčíslit výkon a příkon pro jakoukoli kombinaci teploty venkovního vzduchu a teploty ohřevu teplé vody s respektováním technických možností tepelného čerpadla.

### Potřeba teplé vody

Pro potřeby programu a pro jednoduchost nastavení potřeby teplé vody je program doplněn tabulkou, do které si uživatel zadá denní průběh potřeby tepla během každého dne v týdnu. Pro obecné výpočty v programu lze říci, že se potřeba teplé vody během roku nemění, pokud by uživatel chtěl počítat s proměnnou potřebou i během roku, musí výpočet rozfázovat. Program byl doplněn o model spotřeby z normy ČSN EN 16147:2011 [3].

### Modely přípravy teplé vody

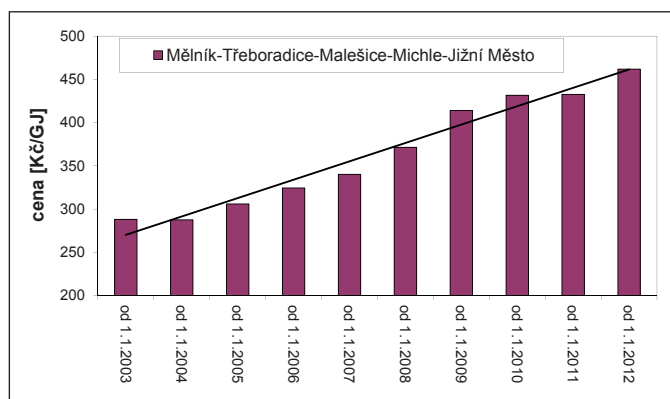
Program je vybaven modelem přípravy teplé vody tepelným čerpadlem a solární soustavou, který je v obou případech doplněn o záložní zdroj tepla. Model se solárními kolektory pracuje podobně jako tepelné čerpadlo. Solární kolektor, zjednodušeně řečeno, ohřívá teplotonosnou látku na požadovanou teplotu výstupu. Při známé vstupní a výstupní teplotě na kolektoru, známých geometrických a geografických charakteristikách a slunečním ozáření se určí výkon kolektoru a následně průtok kolektorem (oběhové čerpadlo mění průtok podle výstupní teploty). Oproti skutečnosti se jedná o zkrácení. Model s tepelným čerpadlem pracuje podobně. Tepelné čerpadlo v modelu dodá vždy požadovanou teplotu na výstupu a podle jeho aktuálního výkonu ve výpočtu se nastaví průtok. Detailní popis výpočtového postupu včetně rovnic je uveden v [1].

### PŘÍPADOVÁ STUDIE

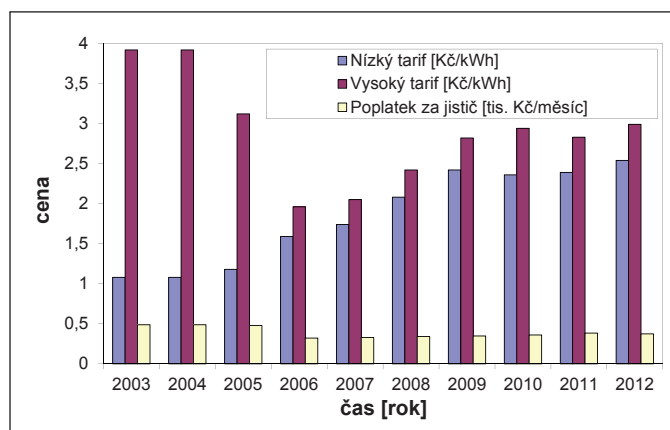
Pro porovnání obou systémů byl zvolen bytový dům v Praze s ohřevem teplé vody soustavou centralizovaného zásobování teplem. Spotřeba teplé vody je 5 m<sup>3</sup> denně. Teplota teplé vody je nastavena na 55 °C. Teplota vstupní studené vody je 13,5 °C. Projekt používá kolektory s celkovou plochou apertury 78,5 m<sup>2</sup> a tři akumulční nádoby s objemem 1 m<sup>3</sup>. Cena realizace je 1,75 mil. Kč. Porovnávaný systém pracující s tepelným čerpadlem stojí 715 tis. Kč bez dotace.

### Ceny energií

Pro jednoduchost se uvažuje předchozí napojení objektu na centrální zásobování teplem z Pražské teplárenské soustavy Mělník-Třeboradice-Malešice-Michle-Jižní Město v jednosložkovém tarifu od Pražské teplárenské (viz obr. 2). Průměrný meziroční růst cen tepla je ve sledovaném období 5 %.



Obr. 2 Růst ceny tepla Pražské Teplárenské a.s. [4]



Obr. 3 Růst ceny elektřiny od PRE a.s. [5]

### Ceny elektřiny

Ceny elektřiny jsou převzaty za posledních 10 let od PRE v sazbě D 45d – dvoutarifová sazba s operativním řízením doby a platností nízkého tarifu po dobu 20 hodin.

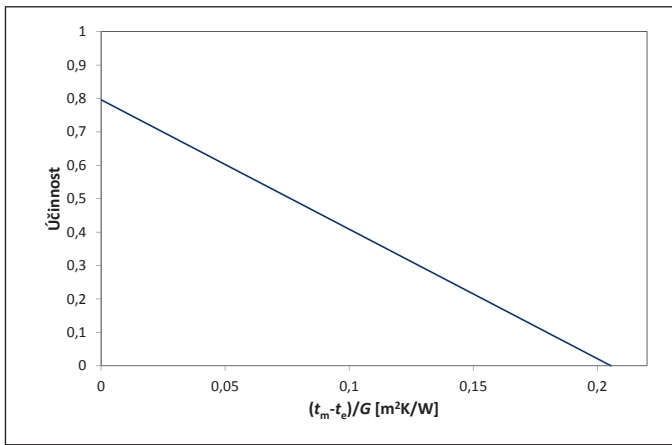
Na obr. 3 je vidět zpočátku proces přibližování ceny za nízký a vysoký tarif a následně celkové zdražování obou. Ceny za jistič se v čase příliš nemění. Průměrný meziroční růst ceny elektřiny ve sledovaném období byl 7,2 %.

### Model odběru teplé vody

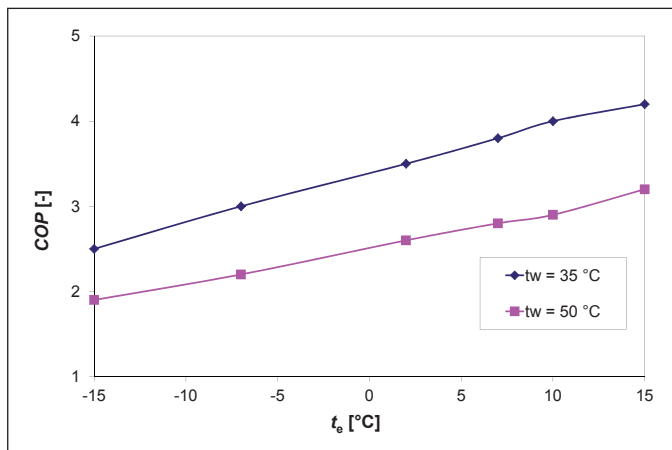
Pro simulaci průběhu odběru je zvolen profil M z normy ČSN EN 16147:2011 [3] pro 41 bytových jednotek. Systém pracuje s jednou akumulční nádobou o objemu 3 m<sup>3</sup>. Pokud tepelné čerpadlo nebo instalovaná solární soustava nedodá potřebné teplo, voda v akumulční nádobě se dohřeje na požadovanou teplotu doplňkovým zdrojem tepla (v případě solární soustavy výměníkem soustavy centralizovaného zásobování teplem, pro tepelná čerpadla elektrickou energií).

Pro výpočet bylo zvoleno období mezi lety 2003 a 2007. Použité solární kolektory jsou REGULUS KPS11APL. Účinnost je uvedena na obr. 4. Účinnost kolektoru je vztahena k rozdílu střední teploty teplotonosné látky v kolektoru  $t_m$  a okolí  $t_e$ , poděleným ozářením kolektoru G. Pro porovnání je použito tepelné čerpadlo od firmy PZP řady HP3AW model 12 SE. Průběh topného faktoru v závislosti na venkovní teplotě je uveden na obr. 5. Dále jsou zvoleny ztráty v rozvodech o velikosti 5 % z celkové dodané tepla.

Část získaného tepla je neustále odváděna z akumulční nádoby do okolí. Tento ztrátový tok je považován za konstantní a jeho velikost je určena pro válcovou akumulční nádobu o průměru 1 m, výšce 3,82 m, izolaci 5 cm (tepelná vodivost  $\lambda = 0,04$  W/mK) na 100 W při teplotním rozdílu



Obr. 4 Účinnost solárního kolektoru KPS11ALP při  $G = 1000 \text{ W/m}^2$  [6]



Obr. 5 Charakteristika tepelného čerpadla PZP řady HP3AW model 12 SE [7]

20 K mezi vodou v akumulační nádobě a okolním vzduchem (součinitel přestupu tepla mezi nádobou a okolním vzduchem je  $8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

**Energetický rozbor**

Potřeba tepla pro přípravu teplé vody v tab. 5 je součtem denních potřeb za celé období pěti let. Protože není systém lépe popsán, jsou ztráty definovány jako 5 % z vyrobeného tepla. Tepelné čerpadlo vyrobí celkově za rok daleko více tepla a je v chodu delší dobu než kolektory, proto je jeho ztráta v rozvodech větší (viz položka tepelné ztráty v rozvodech v tab. 5).

Při výpočtu potřeby pomocné elektrické energie pro pohon oběhového čerpadla se vycházelo z předpokládaných větších tlakových ztrát so-

lární soustavy. Doba chodu oběhového čerpadla tepelného čerpadla je ale podstatně větší, proto je celková spotřeba obou systémů ve studii podobná.

Tab. 5 je doplněna o spotřebu elektrické energie na pohon samotného tepelného čerpadla za celou dobu provozu. Pro systém s tepelným čerpadlem je uvažován jako doplňkový zdroj elektrokotel, který dohřeje vodu vždy na požadovanou teplotu.

Pokrytí celkové potřeby tepla solární soustavou a tepelným čerpadlem a jejich topný faktor je uveden v tab. 6.

Tab. 6 Výsledky z modelu solární soustavy a modelu tepelného čerpadla za 5 let

Systém	Tepelné čerpadlo	Solární soustava
Pokrytí potřeby	96 %	42 %
COP	2,57	84,52

Použité modely soustav přípravy teplé vody jsou vzájemně srovnatelné svým zapojením a mohou sloužit k porovnání obou soustav z hlediska dlouhodobého provozu. Tepelné čerpadlo dokáže dodat dostatečné množství tepla při celoročním provozu. Spolu s akumulační nádobou pokrývá potřebu i ve špičkách. Solární soustava v zimě a přechodovém období svým výkonem nepostačuje krýt potřebu, a proto má ve sledovaném příkladu solární soustava velkou dodávku tepla z doplňkového zdroje.

**Ekonomie provozu**

To, co investora zajímá, je ekonomická výhodnost daného řešení. Na tomto místě je důležité zdůraznit, že se jedná o ekonomické hodnocení zjednodušeného modelu. Nezapočítaly se náklady na provoz oběhových čerpadel, na údržbu a servis, změny cen energií apod. Zároveň model nezohledňuje otázku spolehlivosti. Pro porovnání je uvažována životnost obou zařízení 20 let.

Pro další výpočty jsou uvažovány již pouze průměrné výsledné hodnoty za sledované období 2003 až 2007 (viz tab. 7 a tab. 8).

Tab. 7 Upravené výsledky modelu solární soustavy za rok

Průměrná potřeba tepla v TV za rok	87 518	kWh/rok
Průměrná dodávka solárních kolektorů za rok	36 463	
Průměrně dodáno doplňkovým zdrojem za rok	51 035	

Tab. 5 Výsledky z modelu solární soustavy a modelu tepelného čerpadla za 5 let

Systém ohřevu vody		Tepelné čerpadlo	Solární soustava
Potřeba tepla v TV za 5 let		437 592	
Dodávka TČ/zisk kolektorů		447576	196523
z toho	tepelné ztráty v rozvodech	22379	9826
	tepelné ztráty akumulační nádoby	4380	4380
Čistá dodávka TČ/solárních kolektorů		420817	182317
Dodáno doplňkovým zdrojem		16742	255173
Spotřeba oběhového čerpadla		2 018	2 326
Spotřeba elektřiny na pohon TČ za 5 let		172159	0
Spotřeba elektřiny celkem		190 919	2 326

Tab. 8 Upravené výsledky modelu TČ za rok

Průměrná spotřeba tepla v TV za rok	87 518	kWh/rok
Průměrná dodávka z TČ za rok	84 163	
Průměrně dodáno doplňkovým zdrojem za rok	3348	
Průměrná spotřeba elektřiny na pohon TČ	34 432	

### Roční náklady na provoz

Nově instalované zařízení (tepelné čerpadlo i solární soustava) oproti původní soustavě centralizovaného zásobování teplem generuje úspory. Nejprve je proto nutné si vyjádřit náklady původní i nové soustavy na přípravu teplé vody v jednotlivých letech podle vztahu

$$C_t = S \cdot c_1 \cdot (1+i)^t \quad (1)$$

kde  $C_t$  náklady na ohřev vody v roce  $t$  [tis. Kč]  
 $S$  roční potřeba energie na přípravu teplé vody [kWh]  
 $c_1$  cena tepla v prvním roce realizace investice [Kč/kWh]  
 $i$  průměrný roční přírůstek ceny energie [-]  
 $t$  pořadové číslo roku provozu soustavy [-]

CZT:

$$C_t = 87518 \cdot 1,662 \cdot (1+0,05)^t \quad (2)$$

Solární systém:

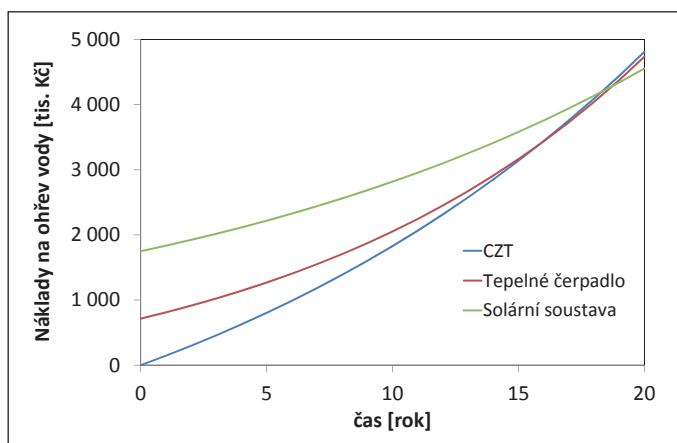
$$C_t = 50858 \cdot 1,662 \cdot (1+0,05)^t \quad (3)$$

Tepelná čerpadla:

$$C_t = (34347 + 3320) \cdot 2,54 \cdot (1+0,072)^t \quad (4)$$

Na obr. 6 jsou znázorněny náklady na přípravu teplé vody pro původní systém CZT, tepelné čerpadlo i solární soustavu. Pro všechny soustavy platí, že z dlouhodobého pohledu mají přibližně stejné kumulované náklady na ohřev vody. Tepelné čerpadlo instalované pouze pro ohřev vody pracuje po většinu roku s nízkým  $COP$ , což spolu s rychleji rostoucí cenou elektřiny představuje limitující faktory pro jeho použití.

Pro obě soustavy platí, že jejich návratnost přímo závisí na ceně za teplo z původního zdroje, který budou nahrazovat, nebo na alternativách. Tepelné čerpadlo i solární soustavu lze doporučit všude tam, kde se



Obr. 6 Kumulované náklady na přípravu teplé vody

používá k ohřevu vody a vytápění elektrická energie nebo jiný relativně dražší systém přípravy teplé vody.

### ZÁVĚR

Solární soustava je v porovnání s tepelným čerpadlem v uvedeném systému finančně výhodnější (má menší kumulované provozní a investiční náklady za odhadovanou dobu životnosti investice). Diskontovaná doba návratnosti investice je u tepelného čerpadla 15,7 let a u solární soustavy 18,3 let (viz obr. 6).

Velkou nevýhodou solární soustavy v uvažovaném systému je větší počáteční investice, která při uvažování inflace vede k prodražení systému (prodlouží se tzv. diskontovaná doba návratnosti investice). Pokud investor nemá prostředky, musí si je vypůjčit, což vede také k prodloužení diskontované doby návratnosti. Pro zmírnění tohoto efektu stát přistupuje k dotacím (např. program Zelená úsporám).

Návratnost investice do tepelného čerpadla v modelovaném případě závisí především na růstu ceny elektrické energie. Počítaný růst ceny elektřiny o 7,2 % je podle autora do budoucna spíše pesimistický odhad. Tepelná čerpadla obecně pracují při přípravě teplé vody s nízkým topným faktorem, což se také projevilo na dlouhé návratnosti.

V tab. 9 je cena tepla přepočtená přes investiční náklady při životnosti soustav 5, 10, 15 a 20 let.

Tab. 9 Cena tepla v Kč/GJ z jednotlivých zdrojů tepla při uvažování různé životnosti investice

Životnost investice	CZT	Tepelné čerpadlo	Solární soustava
[let]	[Kč/GJ]		
5	510	805	1408
10	580	651	894
15	664	669	757
20	763	751	722

Kontakt na autora: Jan.Sedlar@seznam.cz

### Použité zdroje:

- [1] Sedlář, J. *Solární kolektor a tepelné čerpadlo pro ohřev teplé vody: Diplomová práce*. Praha, 2012. ČVUT v Praze.
- [2] Bufka, A. Rosecký, D. *Obnovitelné zdroje energie v roce 2011*. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR. Praha, 2012.
- [3] ČSN EN 16147:2011. *Tepelná čerpadla s elektricky poháněnými kompresory - Zkoušení a požadavky na značení jednotek pro teplou užitkovou vodu*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [4] Ceníky tepelné energie. PRAŽSKÁ TEPLÁRENSKÁ A.S. [online]. [cit. 2013-07-18]. Dostupné z: <http://www.ptas.cz/ceny-tepelne-energie/ceniky>
- [5] Přehled cen elektrické energie. TZB-info [online]. [cit. 2013-07-19]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/prehled-cen-elektricke-energie>
- [6] Sluneční kolektor KPS11ALP-technický list. REGULUS SPOL. S R.O. *Regulus: Tepelná čerpadla, solární systémy a větrání s rekuperací* [online]. [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/slunenci-kolektor-kps11>
- [7] Tepelná čerpadla vzduch voda Split. PZP KOMPLET A.S. [online]. [cit. 2013-07-18]. Dostupné z: <http://www.tepelna-cerpadla-pzp.cz/cs/tepelna-cerpadla-vzduch-voda-split-22.html>