

Ekonomické posúdenie možnosti využívania slnečných kolektorov na ohrev teplej úžitkovej vody a vykurovanie

Lívia Bodonská¹

Economical judge possibility uses solar collectors to warm service water and heating

The sun-heated water has been used from before fossil fuels started to determine the direction of our power consumption. This article is focused on the assessing of the use of solar energy as one of inexhaustible resources that has multiple uses, including hot water service systems.

Heating is rendered through solar collectors that permit to transform solar energy to warm water. We divide solar collectors into various groups but in principle they are medium temperature collectors and low temperature collectors.

The work is directed also on the solar collector market. In our case the market is just at its initial stage as this technology is little known and costs of collectors are rather high, compared to our conditions, on average, they may grow up to 100,000 Slovak crowns per a family house. Because it is the only investment and the costs of operation are minimum throughout the entire collectors lifetime, from the economic point of view, it is a rather advantageous investment.

Solar collectors are used in heating and also in hot service water systems in family houses, where they permit to lower costs for the consumption of many kinds of energies. In the hot service water system, solar collectors permit to lower the consumption by almost 70 %.

This way of using the solar energy is very prospective and in future it will be used in various sectors.

Key words: solar collector, solar energy

Úvod

Slnkom ohrievaná voda sa využívala dávno pred tým, ako fosílna palivá začali určovať smer našej energetickej spotreby. Základné princípy ohrevu sú známe od nepamäti. Čierny povrch sa zahrieva na Slnku rýchlejšie ako biely, alebo svetlý. A práve tento princíp využívajú dnešné solárne kolektory. Prvý známy plochý kolektor bol vyvinutý v roku 1767 švajčiarskym vedcom Horacom de Saussurom a neskôr bol zdokonalený Johnom Herschelom, ktorý ho využíval na varenie jedla počas svojej expedície v Južnej Afrike v roku 1830.

Technológia solárnych kolektorov sa vyvinula do približne súčasnej podoby v roku 1908, keď William J. Bailey z americkej oceliarne Carneige Steel Company vyrobil kolektor s izolovaným rámom a medenými rúrkami. Kolektor bol veľmi podobný termosifónovému. Bailey predal asi 400 kusov kolektorov do konca 1. svetovej vojny a podnikateľ z Floridy, ktorý jeho patent kúpil, predal ďalších približne 60 000 kusov do roku 1941. Obmedzenie predaja medi v USA počas 2. svetovej vojny viedlo k prudkému poklesu výroby a predaja kolektorov.

Slnečné žiarenie je elektromagnetické žiarenie s vlnovými dĺžkami v rozsahu od 0,28 do 3,0 μm . Slnečné spektrum zahŕňa malý podiel ultrafialového žiarenia (0,28 do 3,8 μm), ktoré je pre ľudské oko neviditeľné a predstavuje asi 2 % solárneho spektra. Viditeľné svetlo má vlnové dĺžky od 0,38 do 0,78 μm a predstavuje asi 49 % spektra. Zvyšok tvorí infračervené žiarenie s vlnovými dĺžkami 0,78 - 3,0 μm .

Slnko neustále produkuje obrovské množstvo energie - približne $1,1 \times 10^{20}$ kWh každú sekundu (jedna kilowatthodina je množstvo energie, ktoré spotrebuje 100 W žiarovka za dobu 10 hodín). Vrchná vrstva atmosféry prijíma asi 2 miliardy Slnkom vytvorenej energie, čo je asi $1,5 \times 10^{18}$ kWh za rok. V dôsledku odrazu, rozptylu a absorpcie plynmi a aerosólmi v atmosfére dopadá na zemský povrch 47 % z tejto energie. Okamžitý výkon slnečného zdroja je po prechode atmosférou $1,7 \times 10^{17}$ W.

V našich zemepisných podmienkach to znamená, že energia dopadajúca na plochu 1 m^2 dosahuje hodnotu 1000 až 1250 kWh rok⁻¹ (cca 5 GJ). Z uvedených údajov vyplýva, že teoreticky pri 100 % účinnosti využitia tejto energie by sme z plochy 3 x 3,3 m mohli získať dostatok energie na pokrytie celoročnej spotreby tepla a teplej vody priemernej domácnosti na Slovensku. Bariéru pre takéto využitie nepredstavuje len nerealizovateľná 100 % - ná účinnosť zariadenia, ale aj odchýlky v množstve dopadajúceho žiarenia v priebehu roka, jeho energetickej hustote a v neposlednom rade aj vysoká cena slnečných kolektorov, ktorá sa pohybuje rádovo okolo 100 000 korún. [2], [1]

¹ Ing. Lívia Bodonská, Katedra manažmentu a podnikania, F BERG TU, Park Komenského 19, 043 84 Košice (Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 21. 8. 2006)

Zemská atmosféra sa otepľuje v dôsledku priameho slnečného žiarenia priamo a nepriamo rozptylom žiarenia vo vzduchu. Súčet oboch týchto zložiek predstavuje globálne žiarenie. Množstvo dopadajúceho žiarenia na konkrétnom mieste však závisí na viacerých faktoroch, ako sú:

- zemepisná poloha,
- miestna klíma,
- ročné obdobie,
- sklon povrchu k dopadajúcejmu žiareniu.



Obr. 1. Slnečný kolektor Heliostar 400 V

Obr. 1. Solar Collector Heliostar 400 V

Energetická účinnosť solárnych systémov

Množstvo energie vyrobenej slnečným kolektorom závisí od dopadajúceho žiarenia a od účinnosti celého systému. Intenzita slnečného žiarenia sa často mení a je kľúčovým parametrom solárneho zariadenia. Účinnosť solárneho systému závisí na účinnosti kolektorov a stratách v obehovom systéme teplej vody (kolektor-zásobník). Účinnosť obehového systému je závislá na viacerých špecifických parametroch. Účinnosť kolektora je definovaná ako podiel vyrobenej energie a energie dopadajúcej na kolektor obr. 1.

Je evidentné, že účinnosti sa pre rôzne typy kolektorov líšia a okrem intenzity dopadajúceho slnečného žiarenia závisia aj od tepelných strát (straty smerom do okolia kolektora) a optických strát (závislých na absorptivite konverznej vrstvy absorbéra a priepustnosti transparentného krytu). Väčšie straty znamenajú nižšiu účinnosť.

V tab. 1 je uvedená účinnosť slnečných kolektorov v Strednej Európe v letnom dni [3].

Tab. 1. Účinnosť slnečných kolektorov v Strednej Európe v letnom dni.

Tab. 1. Efficiency of solar collectors at Central Europe in summer days.

Typ kolektora	Účinnosť pri teplotnom rozdiely [%]		
	0 °C (vykurovanie bazénov)	40 °C (príprava teplej vody pre domácnosť)	50 °C (**) (vykurovanie bazénov)
Absorbátor bez pokrytia	90	20	0
Plochý kolektor (neselektívne pokrytie)	75	35	0
Plochý kolektor (selektívne pokrytie)	80	55	25
Vákuový kolektor	60	55	50

* Rozdiel medzi okolitou teplotou vzduchu a teplotou vody vo vnútri kolektora

** Hodnoty pre nižšiu intenzitu žiarenia začiatkom jari (400 W m^{-2})

Finančné náklady a možnosti financovania

Solárne kolektory spolu s ostatnými nevyhnutnými zariadeniami sa vyznačujú relatívne vysokou cenou celého zariadenia, ktorá v našich podmienkach pre jeden rodinný dom môže dosiahnuť i 100 tisíc korún.

Nevýhodou je, že celú investíciu, ktorá je vyššia, ako v prípade plynového alebo elektrického kotla, je potrebné realizovať na začiatku. Fakt, že počas životnosti solárneho zariadenia nie je potrebné platiť za palivo znamená, že celkové náklady počas životnosti zariadenia sú zvyčajne nižšie ako v prípade plynového alebo elektrického kotla.

Návratnosť vložených investícií závisí hlavne na cene fosílnych palív nahradených slnečným žiarením a v Európe sa pohybuje na úrovni 10 rokov. Životnosť solárnych zariadení však býva 20 a viac rokov. Veľkou výhodou je, že majiteľ takéhoto zariadenia nebude ohrozený rastom cien klasických palív v budúcnosti. Dôležitou črtou solárneho zariadenia je tzv. energetická návratnosť, t.j. doba po ktorú zariadenie vyrobí toľko energie, koľko sa spotrebovalo na jeho výrobu. V Severnej Európe s minimom slnečného žiarenia je táto doba približne 3 roky [2].

Možnosti financovania

Záujemcovia o inštalovanie solárneho systému majú okrem vlastných zdrojov aj ďalšie možnosti ako financovať investície, či už grantové, alebo komerčné. Keďže investície sú vďaka úspornej energii v porovnaní s klasickými zdrojmi tepla návratné, nie je problém využiť služby jednej z bánk poskytujúcich hypotekárne, či iné úvery pre spotrebiteľov. Grantové financovanie a podpora štátu je u nás redukovaná na podporu investícií zo Štruktúrovaných fondov EÚ, tá však nie je určená fyzickým osobám, či majiteľom rodinných domov. Okrem toho sú projekty využívania slnečnej energie podporované aj zo štátneho rozpočtu nezávislým Enviromentálnym fondom, avšak len na verejnoprospešné účely [7].

Energetická koncepcia SR z pohľadu tepelnej energie

Na výrobu tepla v priemysle a bytovo-komunálnom sektore (BKS) sa spotrebuje v súčasnosti cca 39 % primárnych energetických zdrojov. Doterajší vývoj a prognóza celkovej spotreby tepla na vykurovanie a prípravu teplej úžitkovej vody (TÚV) v BKS sú uvedené v tab. 2.

Tab. 2. Spotreba tepla [PJ].

Tab. 2. Consumption of heat [PJ].

Spotrebiteľ	1990	1991	1992	1995	2000	2005	2010
priemysel	211,2	179,9	162,5	147,9	153,1	153,7	147,3
BKS	106,0	104,9	104,5	104,3	103,0	104,0	104,0
v tom: individ. vykurovanie	64,7	62,9	62,7	62,0	60,0	60,0	60,0
systém CZT	42,3	42,0	41,8	42,3	43,0	44,0	44,0
S p o l u	317,2	284,8	267,0	252,2	256,1	275,7	251,3

Centrálne zásobovanie teplom (CZT) v súčasnosti predstavuje v BKS 38 % celkových dodávok energie pre zabezpečenie tepla domácnostiam. Verejná energetika z toho dodala do bytovej sféry 45 %, priemyselné podniky 17 % a blokové a domové kotolne 38 % tepla. Z celkového počtu 885 029 bytov vo viacpodlažných obytných domoch sa zo SCZT (samostatné centrálne zásobovanie teplom) vykuruje takmer 90 %. Palivová základňa zdrojov SCZT využíva 71,3 % zemný plyn, 16,4 % uhlie, 6,7 % vykurovací olej a 5,6 % iný druh paliva.

Spotreba tepla vo forme pary, resp. horúcej vody pre zabezpečenie technologického procesu výroby v priemyselných podnikoch, ako i spotreba tepla pre vykurovanie výrobných hál, prevádzkových a administratívnych objektov je v súčasnosti na úrovni cca 150 PJ rok⁻¹. Výroba tepla sa zabezpečuje väčšinou vo vlastných centrálnych energetických zdrojoch priemyselných podnikov. V poslednom období nastal záujem aj o výstavbu menších kogeneračných jednotiek zo strany investorov, tento záujem sa však stretol len s malou podporou štátnych inštitúcií.

Z celkového počtu cca 970 tis. bytov, ktoré sú vykurované individuálnym spôsobom, pripadá na individuálnu bytovú výstavbu (väčšinou rodinné domy) cca 870 tis. bytov. Ústredné vykurovanie (vrátane etážového) má 70 % bytov, 30 % bytov má lokálne kúrenie (elektrické vykurovanie, kachle na uhlie, zemný plyn, drevo).

Celkový inštalovaný výkon energetických zdrojov v teplárenských sústavách priemyselných podnikov je 8 300 MW tepelného výkonu a 750 MW elektrického výkonu. V roku 1997 sa v nich vyrobilo 2 700 GWh elektrickej energie a dodalo do SCZT viac ako 50 PJ tepla. Vysoký tepelný výkon a nízky elektrický výkon potvrdzujú neefektívne využívanie primárnych energetických zdrojov. Ostatná priemyselná spotreba sa zabezpečovala monovýrobou tepla v kotlových zariadeniach. [5], [6].

Výpočet celkovej ročnej spotreby energie na vykurovanie a ohrev TÚV v rodinnom dome

Vykurovanie:

Vykurovacie denné stupne [5]:

$$D = d (t_{is} + t_{es}) 33531 \text{ K. dni}$$

Opravný súčiniteľ $\varepsilon = \varepsilon_i \varepsilon_t \varepsilon_d = 0,765$

$$Q_{VYK,r} = \frac{\varepsilon}{\mu_o \mu_r} \cdot \frac{24 Q_c D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

kde:

tepelná strata	$Q_c = 12,5 \text{ kW}$
priemerná vnútorná teplota	$t_{is} = 19 \text{ °C}$
priemerná teplota behom vykurovacieho obdobia	$t_{es} = 4,3 \text{ °C}$
vonkajšia výpočtová teplota	$t_e = 15 \text{ °C}$
dĺžka vykurovacieho obdobia	$d = 225 \text{ dní}$

koeficient tepelnej straty infiltráciou a prestupom	$e_i = 0,85$
koeficient zníženia teploty cez deň a cez noc	$e_t = 0,90$
koeficient skrátenia doby vykurovania s prestávkami prevádzky	$e_d = 1,00$

μ_o - účinnosť obsluhy, spravidla 0,9

μ_r - účinnosť rozvodu vykurovania, spravidla 0,95 - 0,98

Ročné náklady $Q_{VYK,r}$ 104,3 GJ / 29 000 kWh

Ohrev TÚV:

Denná potreba tepla na ohrev TÚV [7]

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \frac{\zeta c v_{2P} (t_2 - t_1)}{3600} = 25,7 \text{ kWh}$$

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} d + 0,8 Q_{TUV,d} \frac{t_2 - t_{SVL}}{t_2 - t_{SVZ}} (N - d)$$

kde

teplota studenej vody	$t_1 = 10 \text{ °C}$
teplota zohriatej vody	$t_2 = 55 \text{ °C}$
celková spotreba na 1 deň	$v_{2P} = 0,328 \text{ m}^3$
koeficient energetických strát	$z = 0,5$
teplota studenej vody v lete	$t_{SVL} = 15 \text{ °C}$
teplota studenej vody v zime	$t_{SVZ} = 5 \text{ °C}$
počet pracovných dní sústavy v roku	$N = 365 \text{ dní}$
merná hmotnosť vody	$\zeta = 1000 \text{ kg m}^{-3}$
merná tepelná kapacita vody	$c = 4186 \text{ J (kg.K)}^{-1}$

Ročné náklady: $Q_{TUV,r}$ 30,1 GJ / 8 400 kWh

Celková ročná spotreba energie na vykurovanie a ohrev TÚV

Celkové ročné náklady na vykurovanie a ohrev teplej úžitkovej vody klasickými spôsobmi, čiže plynom, elektrickou energiou, alebo tuhým palivom sú približne 37 300 kWh za rok.

$$Q_r = Q_{VYK,r} + Q_{TUV,r} = \begin{cases} 134,4 \text{ GJ} \\ 37\,300 \text{ kWh} \end{cases}$$

Záver

Energetický zisk pri zostave so 4 kolektormi je približne 4 800 kWh za rok, pretože energetický zisk jedného kolektoru je približne 1 200 kWh ročne, čo samozrejme závisí aj od spôsobu využívania,

geografickej polohy domu, na ktorom je inštalovaný, orientácie kolektoru na niektorú zo svetových strán a v neposlednom rade od mikroklimatických podmienok danej oblasti.

Keďže zostava so 4 kolektormi je schopná vyrobiť ročne približne 4 800 kWh energie, nie je schopná pokryť potrebné množstvo energie v rodinnom dome aj na vykurovanie a aj ohrev TUV, čo je približne 37 300 kWh. V tomto prípade je výhodnejšie využívať kolektory len na ohrev TUV, kde potreba energie je približne 8 400 kWh za rok.

Na vykurovanie, ktoré predstavuje spotrebu približne 29 000 kWh energie na rok, je vhodnejšie mať samostatný vykurovací systém pozostávajúci z plynového kotla, ktorého súčasťou je aj plynový prietokový ohrievač vody, ktorý je možné zároveň využiť na doohrev TUV. Problémom je, že kotol nie je ľahké zosynchronizovať so zásobníkom TUV a kolektorom, pretože staré zásobníky nie sú prispôsobené na pripojenie kolektorov a je potrebné ich vymeniť za novšie typy.

*Príspevok je výstupom riešenia grantovej úlohy
VEGA 1/3349/06.*

Literatúra - References

- [1] Rybár, P., Tauš, P., Rybár, R.: Alternatívne zdroje energie I - Slnčná energia, *Elfa, Košice 2001.*
- [2] OZE - Slnčná energia
- [3] Thermo/solar: Slnčné kolektory Heliostar – navrhovanie, montáž, obsluha, *Thermo/solar Žiar, 1994.*
- [4] www.oteple.sk
- [5] www.tzb-info.cz
- [6] www.energetická.koncepcia.sk
- [7] www.slnecna.energia.sk