

Doc. Ing. Ladislav BÖSZÖRMÉNYI,
CSc.
Ing. Ladislav BÖSZÖRMÉNYI
Technická univerzita v Košiciach,
Ústav budov a prostredia

Perspektívy nahradenia fosílnych palív v malých zdrojoch tepla

Perspectives of Fossil Fuels Substitution in Small Heat Sources

Recenzent
Prof. Ing. František Hrdlička, CSc.

Zásobování budov teplem z netradičních zdrojů nabývá na významu. Energeticky úsporné domy mohou mít ve značné míře potřebu tepla pokrytu využitím solární energie. Realizovatelnost kombinovaných způsobů vytápění může být posouzena ekonomickým výpočtem doby návratnosti investice. Příspěvek uvádí příklad dynamického výpočtu hospodárnosti.

Klíčová slova: solární energie, vytápění, ekonomie investic, doba návratnosti

Building heat supply from unconventional sources is acquiring its importance. The heat demand of energy saving houses can be to a great extent covered by the solar energy utilization. The feasibility of combined heating concepts can be assessed by an economical calculation of the investment payback period. An example of a dynamic economy calculation is described in the article.

Keywords: solar energy, heating, investment economy, payback period

Vplyvom priemyselnej revolúcie sa na Zemi vytvoril kvalitatívne nový stav, aký v jej vyše 4 miliardy rokov starej histórii nemá obdobu. V historicky veľmi krátkom časovom období uvoľňujeme energiu a oxid uhlíčitý akumulované počas stovky miliónov rokov vo fosílnych palivách. Podľa mnohých klimatológov, zástancov hypotézy o globálnom otepľovaní tým mohli byť odštartované procesy, ktoré hrozia porušením dnešného relatívne stabilného stavu zemskej klímy a v konečnom dôsledku môžu viesť k radikálnemu zhoršeniu podmienok života na Zemi. Na túto prognózu promptne zareagovali kompetentní politici, ochrannárske organizácie, predstavitelia médií, vedeckých komunit a odborných kruhov a aj mnohé známe osobnosti laickej verejnosti a začalo sa celosvetové ťaženie za znížovanie emisie CO₂ a iných skleníkových plynov s cieľom zastaviť globálne otepľovanie. Dojímavá starosť o budúci vývoj ľudskej populácie priniesla pre mnohých vysoké uznanie a popularitu. Vrcholom bolo udelenie Nobelovej ceny za mier v roku 2007.

Skutočnosť je však taká, že ani najnovšie výsledky vedeckého bádania zatiaľ neumožňujú nájsť spoľahlivú odpoveď na mnohé nejasnosti v súvislostiach emisie skleníkových plynov, ich koncentrácie v atmosfére a globálnym otepľovaním a ani na to, či globálne otepľovanie je skutočný alebo len pseudoprávny problém. Aj bez vedeckých úvah je však známy fakt, že zdroje fosílnych palív sú vyčerpatelné. Preto určite skutočným problémom ľudstva, hlavne nastupujúcich generácií, je udržateľnosť alebo skôr neudržateľnosť zásobovania energiou na báze fosílnych palív. So zvyšovaním koncentrácie CO₂ si príroda tak či onak vie poradiť. Avšak energia sa nedá recyklovať a po spálení posledného litra ropy, posledného metra kubického zemného plynu a posledného kilogramu uhlia budú fosílné zdroje energie pre ľudstvo navždy stratené. Nič iné nám neostáva, než využívať ich čo najracionálnejšie. Pritom pod racionálnym využívaním treba chápať aj, a najmä ich nahrádzanie nevyčerpatelnými obnoviteľnými zdrojmi všade, kde je to technicky možné a ekonomicky únosné. Globálne otepľovanie to pravdepodobne neumožní zastaviť (možno nanajvýš mierne spomaliť). Prispieje však k zníženiu environmentálnej záťaže skutočnými škodlivinami (oxidy sýry a dusíka, tuhé znečisťujúce látky) a k vytvoreniu podmienok pre udržateľné zásobovanie energiami, pretože predlžuje životnosť zásob fosílnych palív a tak ostane viac času na vyriešenie problému ich plnohodnotného nahradenia, azda najväčšieho globálneho problému ľudstva. Preto je bezpochyby správne, že zvyšovanie energetickej efektívnosti a rozvoj obnoviteľnej energetiky patria medzi hlavné priority energetickej a environmentálnej politiky EÚ. Egoistické užívanie výhod jednoduchého získavania relatívne lacnej energie z fosílnych palív a štiepných látok a zanechanie problému ich nahradenia po vyčerpaní zásob, ako aj problému rádioaktívneho odpadu nastupujúcim generáciám bez snahy podieľať sa na ich

vyriešení je nezlučiteľné so správaním sa civilizovaného človeka. Otázne však je, či nástroje tejto politiky založené na podpore dosiahnutia kvantifikovaných cieľov redukcie emisie CO₂, resp. zvyšovania podielu obnoviteľných zdrojov sú správne a účinné.

1. PREDSTAVA KVÁZI-PLNOSOLÁRNEHO ZÁSOBOVANIA BUDOV TEPLOM

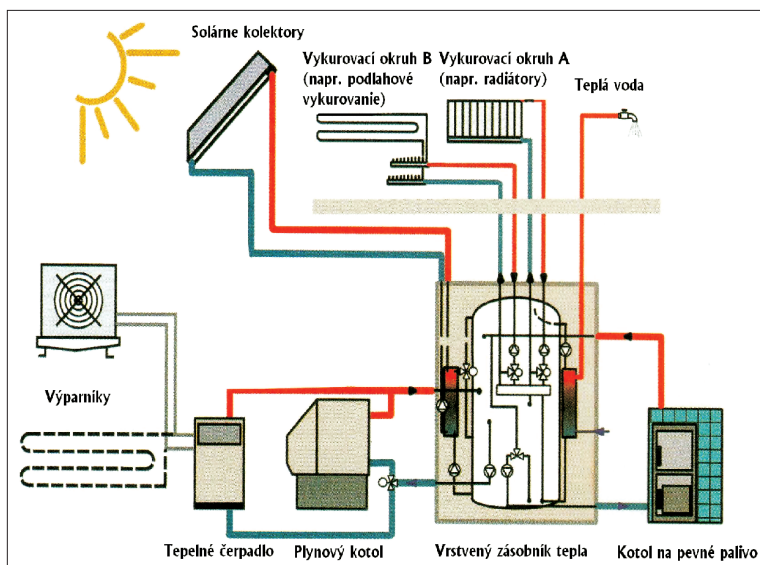
V Európskej únii budovy s podielom vyše 40 % sú najväčším spotrebiteľom energie, ktorá sa v rozhodujúcej miere využíva na vykurovanie a prípravu teplej vody. Na tieto účely je postačujúce teplo na pomerne nízkej teplotnej úrovni, čo je často možné zabezpečiť aj z obnoviteľných zdrojov prostredníctvom akéhosi kvázi-plnosolárneho systému zásobovania teplom, v ktorom z fosílného zdroja pochádza nanajvýš pomocná energia. V rozšírení týchto systémov existuje veľký a relatívne ľahko využiteľný potenciál pre dosiahnutie strategického cieľa energetickej politiky EÚ znížiť emisiu CO₂ o 20 % do roku 2020 v záujme udržateľného zásobovania teplom.

Za najjednoduchšie a najhospodárnejšie riešenie kvázi-plnosolárneho zásobovania teplom možno považovať nahradenie fosílného paliva biopalivom, lebo biomasa je akumulovaná forma solárnej energie. Aj keď je biomasa považovaná za CO₂ – neutrálne palivo, jej spaľovanie je sprevádzané emisiami škodlivín, hlavne NO_x CO a tuhých znečisťujúcich látok. Okrem toho zdroje biomasy musíme využívať tiež veľmi šetrne aj preto, aby sa neporušila rovnováha medzi produkciou a spotrebou. Preto optimálnou náhradou fosílného paliva by mohla byť kombinované využívanie dvoch, prípadne až troch obnoviteľných zdrojov energie. Okrem biomasy prichádzajú do úvahy energia slnečného žiarenia a teplo prostredia. Nevyčerpatelným zdrojom najčistejšej energie je slnečné žiarenie. Preto jeho využívanie pri kvázi-plnosolárnom zásobovaní teplom by malo byť samozrejmosťou. V súčasnosti prijateľná ekonomická efektívnosť sa dá dosiahnuť hlavne pri jeho kombinácii s biomasou.

Základné možnosti realizácie kvázi – plnosolárneho systému vhodného hlavne pre decentralizované zásobovanie teplom rodinných domov a iných porovnateľných budov sú znázornené na obr. 1. Solárne zariadenie podľa neho môže byť kombinované kotlom na pevné alebo plyné biopalivo alebo tepelným čerpadlom. Využívanie bioplynu ako hlavného zdroja tepla v takých systémoch je skôr teoretická možnosť, pretože zmysluplnejšie je jeho nasadenie pri kombinovanej výrobe elektriny a tepla. Okrem takých *bivalentných systémov* z hľadiska energetickej efektívnosti môže byť výhodná aj kombinácia troch zdrojov tepla, (napr. solárne

kolektory + kotol na pevné biopalivo + tepelné čerpadlo). Pre nízkú ekonomickú efektívnosť však takéto *trivalentné systémy* predstavujú tiež skôr teoretickú možnosť než reálnu alternatívu. Podľa aktuálnych trendov výskumu a vývoja v nie príliš vzdialenej budúcnosti bude reálnou alternatívou aj kombinácia solárneho zariadenia a mikrokogeneračného zdroja, napr. na báze palivového článku, ktorý ako palivo by využíval vodík získaný z obnoviteľného zdroja, alebo Stirlingovho motora, ktorý teoreticky môže využiť ľubovoľné palivo.

Z hľadiska environmentálnej záťaže je žiaduci čo najväčší podiel energie slnečného žiarenia na krytí celkovej ročnej potreby tepla, tzv. stupeň solárneho krytia. Jeho optimálna veľkosť odpovedajúca minimálnym nákladom závisí hlavne od kvality tepelnej ochrany budovy a od aktuálneho ekonomického prostredia. Zvyšovanie úrovne „nízkoenergetickosti“ budovy a cien fosílnych palív má za následok zväčšovanie tohto podielu. V extrémnom prípade skutočného plno solárneho zásobovania teplom energia slnečného žiarenia by bola jediným zdrojom tepla.



Obr. 1 Principiálna technologická schéma kvázi-plnosolárneho zásobovania teplom

2. DOBA NÁVRATNOSTI INVESTÍCIE

Súčasný stav techniky už v súčasnosti umožňuje bezproblémovú realizáciu rôznych alternatív systémov kvázi-plno solárneho zásobovania a využívaním výsledkov výskumu a vývoja sa tieto možnosti stále viac rozširujú. Z hľadiska prínosu k trvalo udržateľnému rozvoju ešte väčší význam majú ich ekonomické, environmentálne a sociálne aspekty. O ich konkurencieschopnosti však rozhoduje predovšetkým ekonomická efektívnosť, ktorá v konečnom dôsledku v značnej miere môže odrážať aj environmentálne a sociálne súvislosti.

V odbornej a hlavne laickej verejnosti prevláda názor o nízkej ekonomickej efektívnosti kvázi-plnosolárneho zásobovania teplom. Je nesporné, že sa vyznačuje vysokou nákladovosťou, ale je chybou tento názor zovšeobecniť a dopredu rezignovať na možnosť jeho aplikácie, ak to nepotvrdí seriózna ekonomická analýza. Metodike ekonomickej analýzy je pritom nutné venovať náležitú pozornosť, aby jej výsledky poskytli presvedčivé argumenty pre rozhodovanie.

Na posúdenie ekonomickej efektívnosti možno použiť rôzne ukazovatele. Medzi najobľúbenejšie a najakceptovanejšie patrí *doba návratnosti investície*. V danom prípade nie je možné očakávať také hodnoty tohto ukazovateľa, pri ktorých *statická metóda* výpočtu dáva prijateľné výsledky (do cca 4–5 rokov). Preto na jeho určenie by sa mala používať *dynamická metóda*, ktorej výsledkom je tzv. *diskontovaná doba návratnosti*. Tento ukazovateľ predstavuje dobu vyjadrenú počtom rokov n za ktorú suma diskontovaných hodnôt ročného hospodárskeho výsledku U (v našom prípade je to úspora nákladov) dosiahne hodnotu celkových výdavkov V pri zohľadnení parametrov dynamického ekonomického prostredia. Z podmienky $V = U$ vyplýva podľa [1] a [3] rovnica:

$$C(1+r)^n + m \cdot C \frac{(1+r)^n - (1+z)^n}{r-z} = E \frac{(1+r)^n - (1+e)^n}{r-e}, \quad (1)$$

v ktorej celkové výdavky sú vyjadrené ako súčet nákladov na obstarávanie (prvý člen ľavej strany) a udržiavanie (druhý člen ľavej strany). Pritom ročné náklady na udržiavanie D sú vyjadrené pomocou jednorázových obstarávacích nákladov C a špecifických udržiavacích nákladov m vzťahom:

$$D = m \cdot C \quad (2)$$

Význam ďalších symbolov v rovnici (1)

- r – úroková miera,
- z – inflačná miera pre zariadenie,

- e – inflačná miera pre energiu,
- E – ročný hospodársky výsledok, v danom prípade úspora nákladov na energiu.

Hodnoty doby návratnosti n podľa rovnice (1) sa dajú určiť pomocou obr. 2 pri rôznych kombináciách r, m, z, e v závislosti na pomere E/C . Prevrátená hodnota tohto pomeru $n_0 = C/E$ sa často interpretuje ako doba návratnosti. V skutočnosti taký charakter naozaj má, ale je to statická doba návratnosti, ktorá nezohľadňuje dynamiku ekonomického prostredia, preto môže byť len hrubým priblížením dynamickej doby návratnosti n , ktorá lepšie vystihuje skutočnosť hlavne pri vyšších hodnotách n_0 . Pri systémoch kvázi-plno solárneho zásobovania teplom sa dajú reálne očakávať práve takéto hodnoty n_0 , preto na hodnotenie ich ekonomickej efektívnosti by sa nemala používať.

Funkciou systému zásobovania budovy teplom je uspokojovanie nárokov spotrebiteľa na komfort. Preto otázka, za aký čas sa vrátia náklady vynaložené napr. na kúpu kotla na zemný plyn, je nezmyselná. Problém ekonomickej efektívnosti však môže byť formulovaný ako stanovenie času, za ktorý sa vrátia náklady vynaložené navyše napr. na kondenzačný kotol ročnými úsporami nákladov na energiu.

Podobne aj ekonomická efektívnosť kvázi-plnosolárneho systému sa dá posúdiť len na základe porovnania s nejakou inou alternatívou, pri ktorej sú náklady vynaložené na obstarávanie a udržiavanie nižšie ale náklady na energiu vyššie. Spravidla je to konvenčný vykurovací systém s kotlom na plynne alebo pevné fosílné palivo u ktorých sú dosť výrazne nižšie hlavne náklady na obstarávanie.

Pri porovnávej analýze dvoch alternatív je veľmi dôležité správne určenie nákladov a úspor. V rovnici (1) sa za C dosadzuje rozdiel obstarávacích nákladov kvázi-plnosolárneho a konvenčného systému zásobovania teplom. V hrubom priblížení to odpovedá nákladom na obstarávanie solárneho zariadenia, ale spravidla je to o niečo, v niektorých prípadoch výrazne väčšia suma. Analogicky v rovnici (2) je nutné dosadzovať za m rozdiel špecifických udržiavacích nákladov kvázi-plnosolárneho (m_s) a konvenčného systému (m_k)

$$D = (m_s - m_k)C \quad (3)$$

Na základe obr. 2 je možné orientačne porovnať hodnoty statickej doby návratnosti n_0 s dynamickej dobou návratnosti pri troch kombináciách jednotlivých parametrov. Pri $E/C = 0,2$, teda $n_0 = C/E = 5$ rokov by bola pri úrokovej miere $r = 0,1$ a zanedbaní inflácie na zariadenia a energiu (krivka A)

doba návratnosti 11 až rokov. Našťastie hlavne v dôsledku rozdielnych inflačných sadzieb na zariadenia a energiu bude táto doba nižšia, V prípade kombinácie parametrov podľa krivky B $n \approx 7,2$ rokov a pri kombinácii podľa krivky C len $n \approx 5,7$ rokov, čo je hodnota veľmi blízka statickej dobe návratnosti. Pri niektorých kombináciách parametrov r , m , z , e bude dynamická doba návratnosti dokonca $n \leq n_0$.

3. CELKOVÝ HOSPODÁRSKY VÝSLEDOK

Po uplynutí doby návratnosti n do konca životnosti T systém produkuje každý rok čistý zisk, ktorý sa dá určiť ako rozdiel úspor a nákladov na udržiavanie. Celkový hospodársky výsledok dosiahnutý počas zvyšku životnosti $T-n$ sa dá vyjadriť vzťahom:

$$H_c = E \frac{(1+r)^{T-n} - (1+e)^{T-n}}{r-e} - (m_s - m_k) C \frac{(1+r)^{T-n} - (1+z)^{T-n}}{r-z} \quad (4)$$

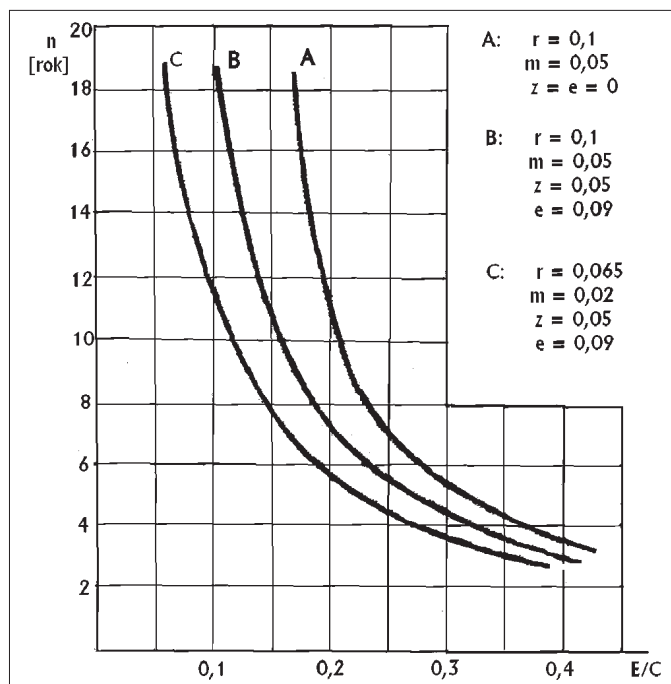
Hodnota celkového hospodárskeho výsledku spravidla výrazne prevyšuje náklady na obstarávanie, preto môže byť silnejším argumentom v prospech realizácie energeticky úsporného, ale na prvý pohľad neprimerane drahého kvázi-plnosolárneho systému zásobovania teplom než doba návratnosti. Tento fakt možno podložiť zjednodušenou ekonomickou analýzou využívania solárnej zostavy Heliostar Kombi s 8 kolektormi, pomocou ktorej možno dosiahnuť ročnú úsporu nákladov v porovnaní s výrobou tepla zo zemného plynu okolo 16 000 Sk. Jednorazové obstarávacie náklady sa odhadujú na cca 220 000 Sk (vrátane DPH a montáže). Statická doba návratnosti tak vychádza na $n_0 = 13,75$ a dynamická doba návratnosti podľa krivky C na približne 15 rokov. Ak zanedbáme rozdiel medzi udržiavacími nákladmi na solárny a konvenčný systém (druhý člen pravej strany rovnice (4)) a predpokladáme životnosť $T = 30$ rokov, celkový hospodársky výsledok bude: $H_c = 684\,800$ Sk, čo je približne trojnásobok jednorazových obstarávacích nákladov. Pri životnosti $T = 25$ rokov by bolo $H_c = 313\,600$ Sk.

Veľmi často praktizovanú ekonomickú analýzu, ktorej výsledkom je určenie doby návratnosti bez celkového hospodárskeho výsledku, nemožno považovať za plnohodnotnú.

ZÁVER

Vývoj cien fosílnych palív v budúcnosti zrejme vytvorí vhodné podmienky k tomu, aby sa kvázi-plno solárne systémy stali konkurencieschopnou alternatívou pre zásobovanie rodinných domov a iných porovnateľných budov teplom. Je celospoločenským záujmom, aby cesta k tomu bola čo najkratšia, pretože môže mať určujúci význam pre trvalo udržateľný rozvoj v tejto oblasti. Preto by nebolo správne nečinne spoliehať sa na to, že trh problém relatívne nízkej ekonomickej efektívnosti časom vyrieši. Je nutné využiť všetky možnosti na to, aby sa tieto systémy čo najskôr stali lákavou alternatívou aj pre menej solventných majiteľov rodinných domov.

Výskum a vývoj v tejto oblasti zrejme bude generovať technické opatrenia, ktoré umožnia aspoň relatívne znížiť investičnú náročnosť. Rezervy možno hľadať napr. v zlepšení technicko-ekonomických parametrov, vo využívaní nových materiálov a technológií výroby jednotlivých komponentov, vo zvyšovaní sériovosti ich výroby, ako aj v oblasti projektovania systémov. Napriek tomu je nereálne očakávať v tejto oblasti taký pokrok, že pre bežných spotrebiteľov, ktorí rozhodujú hlavne na základe výšky obstarávacích nákladov, budú systémy kvázi-plnosolárneho zásobovania teplom v dohľadnej dobe plne akceptované. V záujme prelomenia bariéry nedôvery je nutné im poskytnúť aj seriózne ekonomické informácie. Presvedčivým argumentom v prospech kvázi-plnosolárneho zásobovania teplom môže byť hodnota celkového hospodárskeho výsledku, hlavne keď je výrazne vyššia než obstarávacie náklady. To sa môže ľahko stať pri zariadeniach s dlhou životnosťou, ako sú napr. solárne kolektory, ktoré možno prevádzkovať aj 30 rokov.



Obr. 2 Dynamická doba návratnosti n v závislosti na statickej dobe $n_0 = C/E$

Proces zlepšovania konkurencieschopnosti môže významnou mierou ovplyvniť aj energetická politika. Jej nástroje by však mali byť aplikované veľmi citlivo, aby odpovedali celospoločenskému významu týchto systémov a nedeformovali neprimerane trhové podmienky. Je potešiteľné, že túto potrebu konečne pochopila aj vláda SR a v dokumente „Stratégia vyššieho využívania obnoviteľných zdrojov“ navrhuje finančnú podporu inštalácie solárnych kolektorov a kotlov na biomasu aj pre fyzické osoby. Škoda, že tento zámer v roku 2008 zostane v polohe „tu máš nič, drž ho pevne“. V štátnom rozpočte totiž na tento účel neboli vyčlenené prostriedky. Či bude táto podpora reálna od roku 2009 a jej výška postačujúca na očakávané zvýšenie záujmu o využívanie kvázi-plno solárnych systémov zásobovania teplom, ukáže budúcnosť.

Voľbu vhodnej stratégie zlepšenia ekonomickej efektívnosti aplikáciou technických a politicko-ekonomických nástrojov umožnia aj výsledky analýzy ich vplyvu na dobu návratnosti a celkový hospodársky výsledok podľa popísanej metodiky za predpokladu správneho určovania hodnôt jednotlivých parametrov ekonomického prostredia.

Publikácia vznikla v súvislosti s riešením výskumného projektu VEGA 1/3234/06.
Kontakt na autora: ladislav.boszormenyi@tuke.sk

Použité zdroje:

- [1] Boer, K., W.: Payback of Solar Systems. *Solar Energy*, 1978, 20. p. 225.
- [2] Gács, I.: Answers of Energy Industry to the Climate Change. Proceedings of the 4th International Conference Climate Change – Energy Awareness – Energy Efficiency, Visegrád 2005.
- [3] Imre, L.: A szoláris termikus rendszerek gazdaságosságának értékelése. *Magyar Energetika*. 1999, VII., 3. p. 44..
- [4] Kovács, F.: Kérdőjelek a fosszilis energiahordozók felhasználása és globális felmelegedés témakörében. *Magyar Energetika*, 2004, XII. Évf., 3. Sz.,
- [5] Kutílek, M.: Globální oteplování a klimatické změny v minulosti. www.cepin.cz.
- [6] Loužek, M.: Hysterie globálního oteplování. www.cepin.cz.
- [7] Loužek, M.: Neplánujeme atmosféru – příroda si pomůže. www.cepin.cz.
- [8] Mach, P.: Sporná teorie globálního oteplování. Newsletter CEPu. www.cepin.cz.
- [9] Petráš, D., Lulkovičová, O., Takács, J., Fűri, B.: Nízko teplotné vykurovanie a obnoviteľné zdroje energie. Jaga, Bratislava 2001. ■