

# ISPLATIVOST UGRADNJE SOLARNIH KOLEKTORA I SOLARNIH BOJLERA ZA ZAGREVANJE VODE U DOMAĆINSTVIMA

## COST-EFFECTIVENESS OF INSTALLING SOLAR PANELS AND SOLAR WATER HEATERS FOR WATER HEATING IN HOUSEHOLDS

Strahinja Starčević<sup>1)</sup>, Marko Antonijević<sup>2)</sup>, dr Slobodan Savić<sup>3)</sup>,  
dr Dušan Gordić<sup>4)</sup>, dr Vanja Šušteršić<sup>5)</sup>

**Rezime:** U ovom radu je razmatrana mogućnost uštede električne energije za grejanje sanitарне vode u domaćinstvima ugradnjom solarnih panela, tj. solarnih bojlera. Sva energija koju koristimo potiče od sunca, pa se može reći da je njena eksploatacija veoma isplativa. Korišćenje sunčeve energije za zagrevanje vode u domovima je, za razliku od korišćenja električne energije, znatno isplativije.

U prvom delu daju se napomene o energiji sunca i vrstama solarnih kolektora, kao i o toplotnoj konverziji. U drugom delu prikazuje se način funkcionisanja postrojenja koje pretvara sunčevu energiju u toplotnu, kao i proračun isplativosti ovakve investicije.

**Ključne reči:** solarni kolektor, solarni bojler, sunčeva energija.

**Abstract:** This paper studies the method to save electrical energy used for water heating in households by incorporating solar panels, i.e. solar water heaters. All the energy that we use comes from the Sun, so it can be considered a very profitable exploitation. When it comes to alternative energy sources, it is said that they are very useful and lucrative. The use of solar energy for water heating in homes, unlike the use of electricity is very profitable.

The first part of the paper describes the power of the Sun and the types of solar collectors as well as the thermal conversion. The second part explains the operation of the plant that converts solar energy into heat and studies the cost-effectiveness of this investment.

**Key words:** solar collector, solar boiler, sun energy.

### 1. UVOD

Republika Srbija ima solidan potencijal za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora, kao što su energija biomase, energija malih hidroelektrana, energija sunca, energija vетра i geotermalna energija. Energetski potencijal ovih izvora energije, koji bi mogao da se iskoristi, procenjen je na preko 4,3 miliona tona ekvivalentne nafte (Mton) godišnje, pri čemu bi se oko 0,6 Mton dobilo iskorišćenjem sunčevog zračenja [1]. Ovaj iznos predstavlja približno 4% trenutne potrošnje primarne energije u Srbiji.

Energija sunca, kao što je poznato, predstavlja besplatni, neograničen i čist izvor energije koji ne utiče negativno na živi svet. Na trenutnom stupnju tehnološkog razvoja ova vrsta energije relativno lako može da se konverte u toplotnu. Međutim, veliku pre-

preku za eksploataciju solarne energije čine značajna početna finansijska ulaganja za instaliranje odgovarajuće opreme. To je jedan od glavnih razloga zašto se i dalje u velikoj meri koriste fosilna goriva, koja imaju negativnih uticaja na život i zdravlje ljudi a štetne posledice na životnu sredinu.

Postoje dva načina proizvodnje toplotne energije uz pomoć solarne energije, a to su: pasivno i aktivno grejanje. Pasivno grejanje je prirodno grejanje bez upotrebe dodatne opreme ili uređaja. Za aktivno grejanje se koriste kolektori (solarni paneli) [2]. Proizvedena toplota može da se iskoristi za zagrevanje vode u stambenim i javnim objektima.

Srbija je zemlja sa veoma velikim brojem sunčanih sati u toku godine. Godišnji odnos ostvarene i moguće ozračenosti je oko 50% i iznad proseka je u odnosu na većinu evropskih zemalja. Potencijal naše zemlje za primenu

- 1) Strahinja Starčević, Fakultet inženjerskih nauka, Sestre Janjić 6, mail: straya992@hotmail.com
- 2) Marko Antonijević, Fakultet inženjerskih nauka, Sestre Janjić 6, mail: markoantonijevic@live.com
- 3) dr Slobodan Savić, Fakultet inženjerskih nauka, Sestre Janjić 6, mail: ssavic@kg.ac.rs
- 4) dr Dušan Gordić, Fakultet inženjerskih nauka, Sestre Janjić 6, mail: gordic@kg.ac.rs
- 5) dr Vanja Šušteršić, Fakultet inženjerskih nauka, Sestre Janjić 6, mail: vanjas@kg.ac.rs

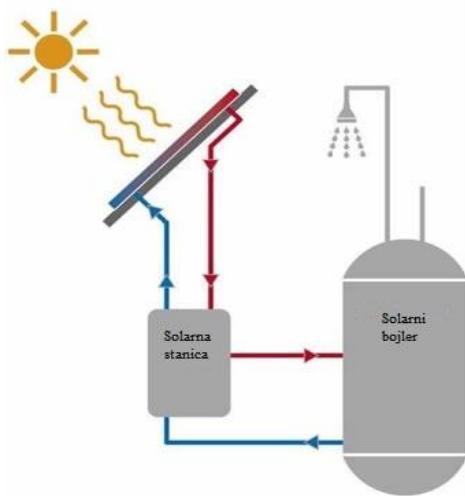
sunčeve energije je veliki ali, očigledno, nedovoljno iskorišćen.

Cene električne energije, nafte, prirodnog gasa i uglja stalno su u porastu. Razlika između eksploatacije pomenutih energenata i korišćenja sunčeve energije je u tome što se kod upotrebe fosilnih energenata redovno izdvajaju finansijska sredstva, a kod solarnih sistema postoje ulaganja praktično jedino prilikom ugradnje. Troškovi održavanja solarnih sistema su relativno mali, a za neke vrste sistema čak i ne postoje. Za one sisteme, koje treba održavati, u prosjeku cena održavanja je oko 1% na godišnjem nivou, od ukupne vrednosti sistema. Životni vek ovih sistema iznosi od 20 - 50 godina.

Iako je stepen iskorišćenja solarnih sistema maksimalan u područjima sa mnogo sunčanih dana, postoje sistemi koji su veoma efikasni i u hladnijim predelima. U oblastima sa dužim trajanjem snežnog pokrivača tokom zimskog perioda, rad ovih sistema nije ugrožen budući da se, zbog geometrijskog položaja kolektora, sneg veoma kratko zadržava na njihovoj površini. Sistemi su, takođe, efikasni i kada je oblačno, budući da su konstruisani tako, da je dovoljno malo svetlosti za njihovo funkcionisanje.

## 2. TOPLOTNA KONVERZIJA

Energija sunčevog zračenja transformiše se u toplotnu energiju na apsorberu prijemnika sunčevog zračenja. Ti prijemnici se nazivaju toplotnim kolektorima (slika 1).



Slika 1 - Primer toplotne konverzije

Efikasnost ovakve transformacije energije kreće od 35% do 55%, a u pojedinim slučajevima čak i do 70%. Osnovi toplotne konverzije sunčevog zračenja nalaze se u direktnoj apsorbaciji

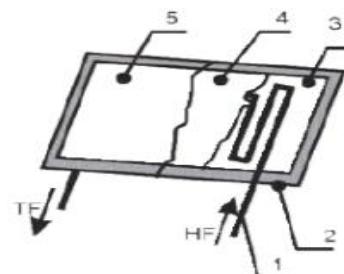
sunčevog zračenja na kolektorima, odakle se apsorbovana energija pomoću toplotnih vibracija materijala apsorbera i elektrona sa povećanom energijom prenosi na radni fluid solarnog sistema, a zatim na potrošnu vodu [3].

## 3. SOLARNI KOLEKTORI ZA ZAGREVANJE VODE

Kolektori se izrađuju od materijala koji potpuno apsorbuju sunčevu energiju. Mogu se postavljati na krov, fasadu ili neku noseću konstrukciju.

Toplotni kolektori se, prema tipu fluida koji cirkuliše kroz njih, dele na kolektore sa tečnim fluidom i one sa vazduhom, a prema opsegu radnih temperatura na niskotemperaturne (ravni kolektori i kolektori sa vakuumskim cevima) i kolektore sa koncentrisanjem sunčevog zračenja (srednjotemperaturne i visokotemperaturne) [3].

Klasični, ravni kolektori su najpovoljniji zbog cene i zbog jednostavne konstrukcije, ali u hladnijim periodima godine imaju manju efikasnost zbog toplotnih gubitaka. Za takve periode korisniji su vakuumski kolektori koji se sastoje od vakuumskih staklenih cevi u kojima je smeštena apsorbciona površina. Budući da su vakuumski kolektori skuplji od ravnih, preporučuju se za stambene objekte u kojima se redovno boravi. Za objekte u primorskim mestima ili one koji se koriste pretežno leti, preporučuju se klasični ravni kolektori. Ovi kolektori (slika 2) proizvode niže temperature i manje električne energije, dok vakuumski imaju specijalna koncentrujuća ogledala, zbog čega su i efikasniji.



Slika 2 - Ravni solarni kolektor

Upotrebotom ravnih toplotnih kolektora se dobijaju temperature fluida do 100°C. Ovakvi kolektori [3] se sastoje od:

- 1 - cevi, obično bakarne, kroz koju struji fluid (HF - ulaz hladnog fluida, TF - izlaz toplog fluida);
- 2 - kućišta;
- 3 - termoizolacije (najčešće mineralne vune);
- 4 - apsorbera (bakarne crno obojene ploče čvrsto vezane sa cevima)

5 - staklene ploče sa antireflektujućim slojem.

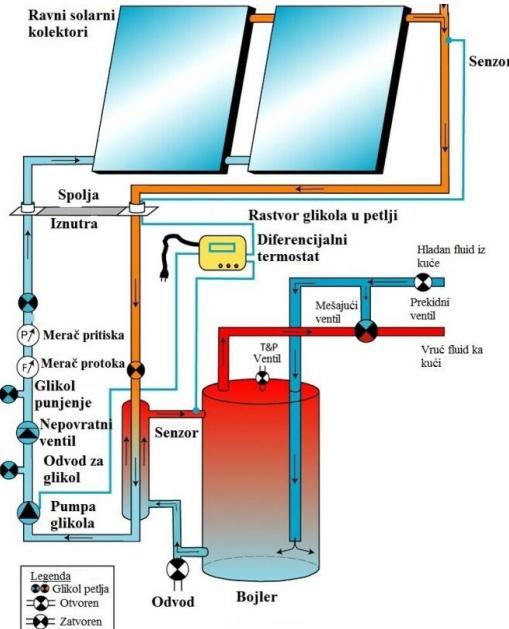
#### 4. NAČIN FUNKCIONISANJA I DELOVI SOLARNOG SISTEMA

Solarni uredjaji za zagrevanje potrošne vode sastoje se iz više komponenti. Najvažnija je, razume se, solarni kolektor. Ukoliko postoji potreba, ugrađuje se više kolektora koji mogu biti spojeni serijski ili paralelno.

U solarnim sistemima postoje dva cirkulaciona kruga - primarni i sekundarni. U primarnom krugu apsorbovana toplota se prenosi do izmenjivača toplove. Prenosilac toplove u primarnom krugu je najčešće smeša vode sa etilen glikolom. U sekundarnom krugu se toplota preko izmenjivača predaje akumulatoru te topote, a odatle posredno ili direktno potrošaču, kao topla sanitarna voda. U ovakovom sistemu mora da postoji i dodatni sistem za grejanje vode, jer solarna energija noću i zimi ne može u potpunosti da zadovolji potrebe potrošača.

Postrojenje za zagrevanje sanitarne vode uglavnom se sastoji od sledećih komponenti: solarnih kolektora, solarnog bojlera, cirkulacione pumpe, diferencijalnog termostata, cevi, nepovratnog ventila, senzora, odvoda, merača pritiska, merača protoka i mešajućeg ventila (slika 3). U unutrašnjosti solarnog bojlera nalazi se izmenjivač toplove spiralnog oblika čija je površina veća u odnosu na izmenjivač toplove koji se koristi kod konvencionalnih bojlera. Praksa je da se koriste solarni bojleri sa dva izmenjivača i elektrogrejačem. Uloga diferencijalnog termostata je da meri temperaturu u bojleru i na izlazu iz kolektora. Kada je temperatura u kolektoru veća za desetak stepeni od temperature u bojleru, uključuje se cirkulaciona pumpa, čime se omogućava veoma efikasan prenos energije od kolektora do vode u bojleru. Uloga nepovratnog ventila je da spreči da se voda hlađi preko kolektora [4].

Efikasnost delovanja sistema je mera uskladjenosti kolektora sa bojlerom i izmenjivačem topote. U bojleru se nalaze slojevi vode različitih temperatura od dna (hladna voda) prema vrhu (topla voda). Stoga su bojleri sa manjim prečnikom i većom visinom efikasniji jer se omogućava optimalniji prenos topote strujanjem. Naime, toplija voda struji prema vrhu bojlera, pa je njena temperatura na vrhu viša. Ukoliko sunčev zračenje nije dovoljno, voda se, kao što je već pomenuto, dodatno zagreva sistemom konvencionalnog grejanja. Pritiskom u cevima sprečava se povratno zračenje apsorbera, čime se i stepen efikasnosti kolektora znatno povećava.



*Slika 3 - Šema postrojenja za solarno grejanje vode*

#### 5. ISPLATIVOST UGRADNJE SISTEMA ZA SOLARNO GREJANJE SANITARNE VODE

Solarni sistemi su, po pravilu, skuplji od konvencionalnih sistema, koji se uglavnom koriste, ali je njihova velika prednost ekološka čistoća.

Solarnim sistemom za zagrevanje vode može se u proseku uštedeti 50-60% godišnje potrebne energije, a optimalno projektovan sistem može zadovoljiti čak i do 80% godišnje potrebe za toplom vodom. U letnjem periodu se konvencionalni sistem zagrevanja vode može isključiti, čime se smanjuje emisija štetnih gasova usled sagorevanja fosilnih goriva. Korišćenjem solarnih sistema može se uobičajena upotreba gasa ili lož-ulja smanjiti za oko 25%.

Zapremina bojlera za ugradnju može se veoma lako izračunati tako što se broj osoba domaćinstva pomnoži pojedinačnim utroškom tople vode po jednom danu (oko 50 l po osobi). Kako bi se povećala akumulacija sunčeve energije, dobijeni proizvod se uvećava za 50% kada sunca ima, dok kod velikih solarnih sistema ovo uvećanje od 50% nije neophodno. Ako rezultat koji se dobije varira između dva bojlera sa različitim zapreminama, praksa je da se izabere bojler veće zapremine. Detalji se utvrđuju nakon pregleda celog objekta i sagledavanja njegovog položaja u odnosu na prividnu sunčevu putanju tokom dana.

Srbija ima prosečno 2200 sunčanih sati godišnje, što znači da se od sunca može dobiti 600-1000 kWh/m<sup>2</sup> energije. Ovaj podatak predstavlja jedan od ključnih argumenata, zbog kojeg bi trebalo više da se ulaže u eksploataciju sunčeve energije [3].

Kompletna oprema sistema za konvertovanje sunčeve energije u toplotnu, sa ugradnjom košta oko 600 evra. Neophodni su: dva pločasta kolektora sa krovnim nosačima, bojler zapremine 120 litara sa slojevitim punjenjem, prateći ventili i zaštite, nosač bojlera i spojne cevi. Montaža se obavlja na krovu, vrši se hidrauličko povezivanje, uz obaveznu upotrebu adekvatnog antifirza [5].

U domaćinstvima se, uglavnom, koriste bojleri snage 2 kW. Za zagrevanje vode u bojleru ovlike snage potrebno je oko 3 - 4 h dnevno. Računica pokazuje da je dnevna potrošnja električne energije, potrebna za zagrevanje vode od 6 - 8 kWh, tako da će se u ovom radu, zbog preglednosti, koristiti srednja vrednost potrošene električne energije koja iznosi 7 kWh po jednom danu. Godina ima 365 dana, tako da ovaj broj dana pomnožen sa dnevnom potrošnjom električne energije daje godišnju potrošnju od 2555 kWh. Ukoliko se godišnja potrošnja električne energije pomnoži sa prosečnom cenom od 5 dinara po 1 kWh, tj. cenom od 0,05 evra, dobija se proizvod koji pokazuje cenu potrošene električne energije u toku godine, a njegova vrednost je 128 evra. Ukoliko je prosečna cena električne struje 7 dinara po 1 kWh, tj. 0,07 evra, tada se dobija trošak od 179 evra godišnje. Zaključuje se da je potrebno nešto manje od 4 godine kako bi se početna investicija isplatila. Pri tome se ne uzima u obzir očekivano povećanje cene energenata (zbog inflacije ili iz nekog drugog opravdanog razloga).

Istraživanja [6], koja su razmatrala uticaj klimatskih promena na potrošnju električne energije u stambenom sektoru Brazila, na pravi način su pokazala koliko se uštedi zamenom električnih bojlera solarnim.

Uredaj	Mesečni prosek potrošnje po domaćinstvu		Godišnji prosek potrošnje po domaćinstvu		Ukupna potrošnja u stambenom sektoru		
	(kWh mjesec)		(kWh godina)		(TWh godina)		
	2008	2030	2008	2030	2008	2030	
Električni bojleri	Scenario 1	25.92	35.54	310.99	426.50	17.90	34.90
	Scenario 2	10.37	14.22	124.40	170.60	9.48	18.49
Ukupno	Scenario 1	136.40	289.16	1.636.80	3.469.92	94.20	283.97
	Scenario 2	120.85	267.83	1.450.20	3.214.02	85.78	267.55
Potencijal uštede električne energije		15.55	21.33	186.60	255.90	8.42	16.42
						8.9%	5.8%
				Prosек		7.7%	

Tabela 1 - Rezultati ostvarenih ušteda u stambenom sektoru Brazila

Ova istraživanja (Tabela 1) pokazala su da se na godišnjem nivou uštedi čak 11,50 TWh električne energije i da će do 2030. godine ušteda narasti na 16,42 TWh. Zaključuje se da je u stambenom sektoru moguća ušteda električne energije od 7,7 % godišnje.

## 6. ZAKLJUČAK

Zalihe uglja i nafte u svetu sve su manje, pa će cena konvencionalnog vida energije u budućnosti neprestano da raste. Zato se nameće potreba većeg ulaganja u razvoj i istraživanje obnovljivih izvora energije. Sunčeva energija je ogroman, nepresušni izvor obnovljive energije kojom se može zadovoljiti deo energetskih potreba Republike Srbije.

Ugradnjom solarnih sistema u domaćinstva u Srbiji ostvarila bi se značajna finansijska ušteda. Uštedeni novac mogao bi da se preusmeri na zadovoljenje drugih životnih potreba. Ulaganje u štednju energije doprinosi velikoj uštedi u periodu od svega nekoliko godina.

Konačno, ulaganja u obnovljive izvore energije, povećanje njihovog korišćenja (u ovom slučaju solarne energije), uz smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu, ulaganja u energetsku efikasnost, štednja bilo kog vida energije su, zapravo, pravi ekonomski interesi Republike Srbije.

## ZAHVALNICA

Ovaj rad predstavlja deo istraživanja realizovanih na projektu III 42013, finasiranom od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] Zakon o Prostornom planu Republike Srbije od 2010. do 2020. godine, Službeni glasnik RS, br. 88/2010, Beograd, 2010
- [2] <http://sveznalica.wordpress.com/2010/01/01>
- [3] <http://www.scribd.com/doc/32332944/Sunčeva-energija>
- [4] <http://moj-dom.me/energija/bojler-na-solarnu-energiju/>
- [5] [http://www.sokdoo.com/?gclid=CISA\\_5SpkbYCFcRV3god4IMAUG](http://www.sokdoo.com/?gclid=CISA_5SpkbYCFcRV3god4IMAUG)
- [6] Morishita, C., Ghisi, E.: Assessment of the impact of energy-efficient household appliances on the electricity consumption in the residential sector of Brazil, World Energy Congress, Issue 2.6, Montreal, 2010