

EFIKASNOST KORIŠĆENJA SUNČEVE ENERGIJE PRIJEMNICIMA SA TEČNOŠĆU I VAZDUHOM KAO NOSIOCIMA TOPLOTE

Velimir Šćekić

velimirscekic@yahoo.com

*Univerzitet UNION Beograd, Fakultet za strateški i operativni menadžment,
11 070 Beograd, Srbija*

Izvod

Smanjenje zaliha fosilnih – iscrpljivih, ali i neobnovljivih, goriva i povećane koncentracije štetnih gasova na globalnom nivou, uticali su na intenzivan razvoj alternativnih izvora energije, usled čega korišćenje energije sunca zauzima značajnu ulogu u proizvodnji energije iz obnovljivih izvora. U radu su prikazani sistemi i način apsorpcije sunčeve energije koncentrišućim kolektorima, čija je primena u svetu svake godine sve izraženija. Podatak, da će se na ovaj način do 2040 godine proizvoditi oko 20 % ukupne svetske potrošnje električne energije, dodatno nameće potrebu da se ovom načinu dobijanja energije posveti posebna pažnja, naročito zbog činjenice, da je manje – više, ovaj izvor na raspolaganju svim delovima planete.

***Ključne reči:** energija, sunce, solarni kolektori, vazduh, tečnost.*

UVOD

Energija je danas, jedna od najvažnijih komponenti razvoja i funkcionisanja privrede i društva uopšte. Energetika ima ključni geopolitički značaj, pri čemu dominantan doprinos ovakvom stanju stvaraju klimatske promene i sigurnost snabdevanja energentima, uzimajući u obzir pre svega činjenicu, da su rezerve nafte i prirodnog gasa ograničene i koncentrisane u malom broju država. Borbe oko pristupa energetske izvora, tokom istorije, često su dovodile do energetske kriza, koje su prouzrokovale poremećaje u snabdevanju energijom na tržištu, a njihovo produbljivanje često i do brojnih sukoba uključujući i ratove.

Rezerve nafte su ograničene i pretpostavlja se da isih ima još za najviše 40-tak godina, gasa za 60-tak, a uglja za oko 200 godina. Veliki je problem što su pliće rezerve uglja (bliže površini), kao i one, koje su bile boljeg kvaliteta već eksploatisane.

To će dodatno proizvodnju energije učiniti skupljom i složnijom. Takođe, povećanje broja stanovnika sa 2,5 milijarde 1950 g. na blizu 7 milijardi danas, ili pretpostavljenih 10 milijardi do 2050 g., kao i kontinuirano poboljšanje komfornosti življenja, dovodi do povećanja potrošnje energije, tj. tražnje. To nameće potrebu za iznalaženjem novih izvora energije, po mogućnosti iz obnovljivih izvora.

Pored energije vetra, plime i oseke, biomase, teškog vodonika i dr. posebnu pažnju treba posvetiti i energiji sunca, naročito iz razloga što je delimično dostupna svim delovima sveta, čija se adsorpcija može ostvariti raznim kolektorima.

NISKOTEMPERATURNNA KONVERZIJA

Toplotna niskotemperaturna konverzija sunčevog zračenja se vrši u: [3]

- aktivnim i
- pasivnim sistemima za konverziju sunčevog zračenja (solarne kuće, staklenici, plastenici, itd.)

Za niskotemperaturnu konverziju sunčevog zračenja (temperatura radnog fluida je ispod 100°C) koriste se ravni niskotemperaturni PSE ili kako se često u praksi nazivaju "**ravni solarni kolektori**". To su uređaji koji vrše **konverziju direktne i difuzne komponente sunčevog zračenja** u toplotnu energiju, odnosno u unutrašnju energiju radnog fluida. Prema vrsti nosioca toplote ravni PSE, o kojima će i biti reči u ovom radu, se mogu podeliti na: [3]

- PSE sa tečnošću kao nosiocem toplote (vodeni PSE) i
- PSE sa vazduhom kao nosiocem toplote.

PRIJEMNICI SUNČEVE ENERGIJE SA TEČNOŠĆU KAO NOSIOCEM TOPLOTE

Radni medijum koji se koristi u PSE sa tečnošću kao nosiocem toplote je:

- voda, ili
- tečnost sa antifrizom kao dodatkom protiv zamrzavanja.

U zavisnosti od konstrukcionih karakteristika vodeni solarni kolektori se mogu podeliti na:

- nezastakljene, vodene solarne kolektore,
- kolektore sa jednim transparentom i jeftinom termoizolacijom koji se koriste za zagrevanje vode obično do 60° C i
- kolektore sa dvostrukim transparentom i dobrom termoizolacijom koji se koriste za zagrevanje vode leti do 100° C.

Nezastakljeni, vodeni solarni kolektori

Nezastakljeni, vodeni prijemnici sunčeve energije (sl.1) predstavljaju najjednostavnije i najjeftinije konstrukcije kolektora, tako da ne čudi podatak da je reč o najprodavanijoj vrsti kolektora (po kvadratnom metru) u Severnoj Americi. Kolektor je sastavljen samo od apsorbera (obično izrađen od UV otporne crne plastike (polipropilen, polietilen)), kroz koji struji voda. Obzirom da je apsorber u direktnom kontaktu sa okolnim - vazduhom (bez staklenog pokrivača i termoizolacije), apsorpcija i toplotni gubici su maksimalni, namenjeni su za niskotemperaturne aplikacije (od 24-32°C), prvenstveno grejanju vode u bazenima i uzgajalištima riba. **Ravni – vodeni - zastakljeni solarni kolektori**

Ravni niskotemperaturni solarni kolektori su u osnovi najkorišćenija i na tržištu najprisutnija vrsta solarnih kolektora, pa se često u praksi nazivaju "klasičnim kolektorima". Princip rada ravnih kolektora je relativno jednostavan - sunčevo zračenje koje "pada" na kolektor, najvećim delom prolazi kroz prednji pokrivač (transparent) i apsorbuje na površini apsorbera. Kondukcijom kroz apsorber i konvekcijom u cevima apsorbera, radni fluid preuzima toplotnu energiju sunčevog zračenja. Radne temperature koje se ostvaruju u "klasičnim kolektorima" su relativno niske i iznose oko 100°C. Ako se ne vrši odvođenje toplote radnim medijumom (prazan hod) temperature dostižu i 180°C.



Slika 1. Nezastakljeni vodeni kolektor [3]

Ravni solarni kolektori (sl.2) se sastoje od sledećih elemenata:

- kućišta
- elemenata za vezu i zaptivanje,
- termičke izolacije
- transparenta (prozirne pokrivke – staklene ploče) i
- apsorbera.



Slika 2. Ravan vodeni solarni kolektor sa paralelnim tokom tečnosti kroz apsorber [3]

Kućište PSE objedinjuje sve navedene delove solarnog kolektora u jednu funkcionalnu celinu i štiti unutrašnje delove kolektora od spoljašnjih i atmosferskih uticaja kao i od mehaničkih oštećenja. Najčešće se izrađuju od pocinkovanog čeličnog lima i valjanih aluminijumskih profila, odnosno njegovih legura (koji se predhodno eloksiraju), ali se mogu izrađivati i od jeftinijih plastičnih materijala.

Smanjenje toplotnih gubitaka se ostvaruje **termoizolacijom**, koja se postavlja u kućište kolektora iza apsorberske ploče. Materijal za izradu termoizolacije je najčešće ekspanzirana poliuretanska pena, koja ne upija vodu, a delimično ukružuje kućište. Kao termoizolatori se koriste i drugi materijali, tab 1.

Transparent solarnog kolektora zatvara prostor iznad apsorbujuće površine kolektora, čime se smanjuju toplotni gubici i obezbeđuje prolaz sunčevih zraka do apsorbera. Rastojanje između prednjeg staklenog pokrivača i apsorbera obično iznosi od 2-5 cm. Materijal transparenta je najčešće obično prozorsko staklo debljine 4mm, a ređe kaljeno staklo debljine 5 mm. Znatno jeftiniji su prozirni plastični materijali debljine do 2 mm, nelomljivi su, laki, ali imaju veliku propustljivost za ultraljubičasto zračenje. Od nedavno upotrebljavaju se i specijalne ultravioletno stabilne plastične folije (tedlar folija, fiberglas i teflon). U zavisnosti od namene ravni solarni kolektori se izrađuju sa:

- jednim, ili
- dva prednja pokrivača.

Tabela 1. Termičke i fizičke karakteristike termoizolatora kod solarnih kolektora kao [6]

Materijal	Gustina $\rho [kg/dm^3]$	Temperatura $t [^\circ C]$	Koeficijent provođenja toplote $\lambda [W/mK]$
Poliureanska tvrda pena, ekspanzirana sa CO ₂	32-35	-	0,0325
Mineralna vuna	200	50	0,0465
Staklena vuna	50-200	20	0,037-0,040
Stiropor	32	20	0,027

Solarni kolektori sa jednostrukom transparentnom pokrivkom se obično koriste u instalacijama grejanja tehnološke i sanitarne vode u letnjem i u prelaznim periodima (sa prosečnom temperaturom okolnog vazduha oko 25°C). Solarni kolektori sa dvostrukom transparentom predviđeni su za eksploataciju pri nižim spoljašnjim temperaturama - u zimskom periodu, ili na vetrovitim lokacijama. Istraživanjem energetske efikasnosti solarnih kolektora došlo se do zaključka: da se u predelima sa kontinentalnom klimom, u zimskom periodu, neće ostvariti zagrevanje radnog fluida, odnosno da je energetska efikasnost jednaka nuli, ukoliko se koriste kolektori sa jednostrukim zastakljenjem, a da energetska efikasnost solarnih kolektora sa dvostrukim i trostrukim zastakljenjem iznosi oko 0,4 odnosno 0,48. Razlog neznatnog povećanja energetske efikasnosti solarnih kolektora sa trostrukom transparentnom pokrivkom u odnosu na kolektore sa dva transparenta leži u činjenici da se usled gubitaka od refleksije –smanjuje svetlosna propustljivost, tab.2.

Tabela 2. Energetska efikasnost solarnih kolektora (temperatura fluida na ulasku u solarni kolektor 60°C)[2]

Solarni kolektor sa:	Energetska efikasnost zimi*	Energetska efikasnost leti**
jednostrukim zastakljenjem	0	0,68
dvostrukim zastakljenjem	0,4	0,7
trostrukim zastakljenjem	0,48	0,7

* Temperatura okolnog vazduha 10°C, insolacija 600W/m²

** Temperatura okolnog vazduha 30°C, insolacija 1000W/m²

V. Šćekić

Apsorber transformiše energiju sunčevog zračenja u toplotnu energiju, te zato predstavlja centralni deo svakog solarnog kolektora. Apsorbovana toplota se sa apsorbera radnim fluidom (vazduhom ili tečnošću) odvodi do potrošača. Izrađuju se od metala, bakra, aluminijuma i nerđajućeg čelika, a ređe od plastičnih masa (za zagrevanje bazenske vode) ili običnog čelika koji je podložan dejstvu korozije. "Prema apsorbujućoj boji apsorbera ravni solarni kolektori se mogu podeliti na: [4]

- solarne kolektore sa neselektivnom apsorbujućim slojem,
- solarne kolektore sa selektivnom apsorbujućim slojem "

PRIJEMNICI SUNČEVE ENERGIJE SA VAZDUHOM KAO NOSIOCEM TOPLOTE

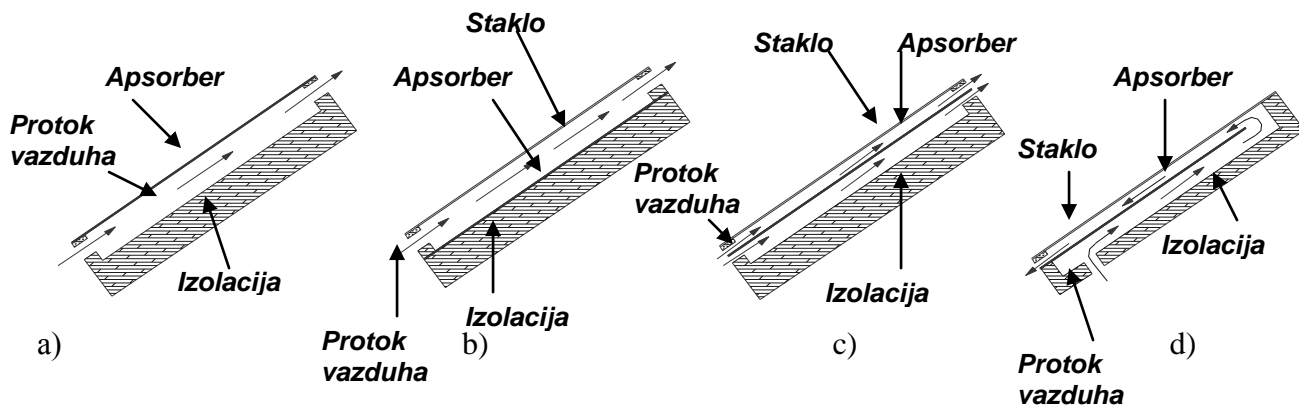
Opšte je poznata činjenica da je vazduh nezamenjliv u klimatizaciji i ventilaciji prostora, usled čega se vazdušni solarni kolektori koriste za zagrevanje prostora u objektima, pomoću toplog vazduha, u tekstilnoj industriji, kao i za sušenje lektovitog bilja, voća i povrća u sušarama. Usled znatno lošijih karakteristika vazduha pri razmeni toplote sa pločom apsorbera, u odnosu na vodu, vazdušni kolektori se koriste za niže radne temperature. Sa druge strane vazdušno solarno grejanje u energetskom smislu, ima višu energetska efikasnost od sistema sa tečnošću kao nosiocem toplote, kao i manju mogućnost pojave kvarova (npr. zamrzavanje ili curenje tečnosti kod sistema sa tečnim radnim fluidom).

U zavisnosti od konstrukcionih karakteristika vazdušni solarni kolektori se mogu podeliti na: [2]

- **nezastakljene i**
- **zastakljene vazdušne kolektore**

Obzirom da je temperatura apsorbera viša od temperature okolnog vazduha, apsorber nezastakljenog vazdušnog solarnog kolektora, jedan deo energije gubi konvekcijom i zračenjem toplote sa apsorbera u okolinu, a preostali deo toplote apsorber predaje radnom medijumu. Na sl. 3, su prikazana neka od konstrukcionih rešenja prolaza vazduha kroz vazdušni solarni kolektor.

V. Šćekić



Slika 3. Konstrukciona rešenja prolaza vazduha kroz vazdušni kolektor: a) nezastakljeni vazdušni kolektor; b) vazdušni kolektor sa prednjim prolazom; c) vazdušni kolektor sa suspendovanim apsorberom i paralelnim prolazom; d) vazdušni kolektor sa suspendovanim apsorberom [2]

Na slici 3, prikazan je prolaz vazduha ispod ploče apsorbera koja nema staklenu pokrivku. Primer b) prikazuje prednji prolaz vazduha kroz kolektor u jednom prolazu (između apsorbera i staklene pokrivke (*front-pass*)). Veća efikasnost vazdušnog kolektora se postiže ukoliko vazduh struji između izolacije i apsorbera koji je prekriven staklom (*back-pass*). Primer c) pokazuje vazdušni kolektor sa suspendovanim apsorberom i dvostrukim paralelnim strujanjem vazduha preko apsorbera. Obzirom da se sa obe strane apsorbera struji vazduh, apsorber se ubrzano hladi. Veća efikasnost apsorbera se postiže paralelnim strujanjem vazduha u različitim smerovima (pr d) [1].

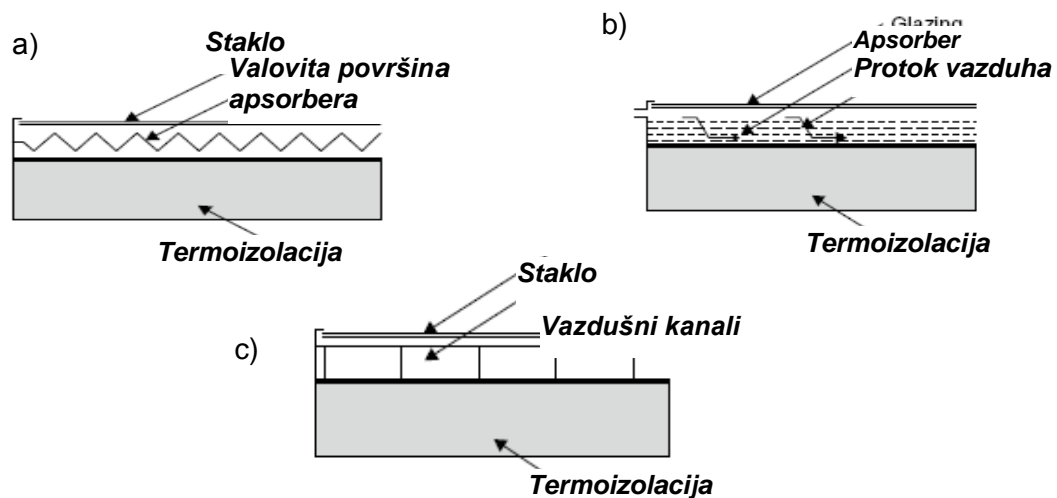
Usled lošijih karakteristika vazduha pri razmeni toplote sa pločom apsorbera u odnosu na vodu povećava se kontaktna površina između vazduha i apsorbera. Uobičajen izgled apsorbera vazdušnih solarnih kolektora elementarnog tipa i univerzalne namene su prikazani na sl.4.

KONCENTRIŠUĆI SOLARNI KOLEKTORI

Sistemi sa koncentrisanjem sunčevog zračenja su preventivno namenjeni generisanju električne energije u tzv. "solarnim elektranama", mada se mogu koristiti i za pripremu tople vode, zagrevanje i hlađenje objekata, sušenje, proizvodnju pare, itd. Nemački Savet za klimatske promene (WBGU) tvrdi da će do 2050. god., OIE u južnim delovima Evrope i u području Mediterana, biti osnovni izvor energije, a dominantnu ulogu će imati solarne elektrane. Imajući u vidu činjenicu, da su koncentratori manje efikasni u oblastima sa malim brojem sunčanih dana, jer koriste samo direktnu komponentu zračenja, idealne lokacije za postavljanje ovih sistema, nalaze u tzv. "sunčevom energetsom pojasu", koji je grubo lociran između 40° južne i severne geografske širine (sl.5). U delovima pojasa koji su naj-izloženi dejstvu Sunca, prosečne, godišnje vrednosti

insolacije su iznad 1900 kWh/m². Pretpostavlja se da bi samo 2% površine Sahare prekrivene sistemima sa koncentradorima bilo dovoljno da zadovolji svetske potrebe za električnom energijom.

V. Šćekić

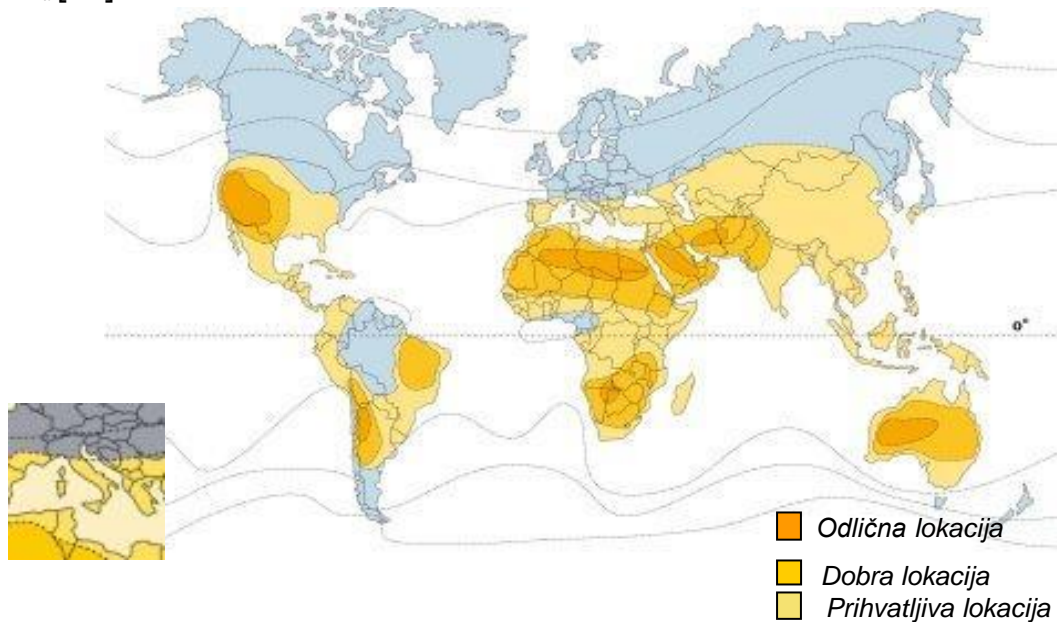


Slika 4. Šematski prikaz nekoliko uobičajenih konstrukcija apsorbera zastakljenih vazdušnih solarnih prijemnika elementarnog tipa [1]

Koncentratori ili fokusirajući kolektori su PSE kod kojih se sunčevi zraci zahvaćeni sa veće površine koncentrišu na neku manju površinu. Koncentracioni odnos kolektora k se može izraziti jednačinom 1.

$$k = \frac{A_p}{A_a} \quad (1)$$

gde je: $A_p [m^2]$ - površina prikupljanja sunčevog zračenja,
 $A_a [m^2]$ - površina apsorpcije



Slika 5. Sunčev energetska pojas (izvor: Solar Millennium AG)

Izborom odgovarajućeg koncentracionog odnosa moguće je postići željenu temperaturu u sistemu, što predstavlja i najveću prednost navedenih sistema. Za razliku od ravnih solarnih kolektora kod kojih je koncentracioni odnos uvek , koncentracioni odnos fokusirajućih kolektora može imati vrednost oko 50 za linearno – fokusirajuće kolektore, odnosno i preko 1000 za tačkasto fokusirajuće kolektore. Ukoliko je koncentracioni odnos neophodno je povremeno, a ukoliko je neophodno je konstantno kolektor usmeravati prema Suncu.

Sa povećanjem koncentracionog odnosa, raste i temperatura fluida u apsorberu (dostižu se temperature od 2000°C), tako da radni fluid u ovim sistemima najčešće nije vazduh, već voda, termičko ulje ili neki drugi fluid odgovarajućih termičkih karakteristika [7].

Tabela 3. Refleksija sa materijala koji se koriste za koncentratorne sunčevog zračenja [3]

Materijal ogledala	Refleksija [%]
Srebro	94 ± 2
Zlato	76 ± 3
Aluminiziran akril	86
Anodno oksidovan aluminijum	82 ± 5
Različite aluminijumske površine	82 do 92
Bakar	75
Staklo sa slojem srebra	88

Prednost ovih sistema, u odnosu na ravne kolektore, je znatno veća termička efikasnost ovih kolektora. Termička efikasnost u najvećoj meri zavisi od vrste materijala koji se koristi. Tabela 3. prikazuje reflektujuće karakteristike nekih materijala koji se koriste za izradu ogledala koncentratora.

Na osnovu konstrukcije moguće je klasifikovati koncentrišuće solarne kolektore u kojima se ostvaruje:

- srednjetemperaturna konverzija na:
 - ❖ višedelne parabolične,
 - ❖ cilindrično-parabolične,
 - ❖ cevno-vakuumske,
 - ❖ spiralno-fokusirajuće,
 - ❖ trapezoidno-fokusirajuće kolektore, itd.

V. Šćekić

- visokotemperaturna konverzija na:
 - ❖ sferne kolektore,
 - ❖ parabolične kolektore,
 - ❖ fokusirajuće kolektore sa Frenelovim sočivima,
 - ❖ Frenelove koncentratore sa ogledalima

U pogledu namene koncentracija (fokusirajući kolektori) se mogu podeliti na:

- heliostate,
- solarne termoelektre i
- solarne peći [5]

Koncentracija imaju i nedostatke od kojih će samo neki biti navedeni. Za postavljanje sistema sa koncentracijama neophodne su velike površine poljoprivrednog ili građevinskog zemljišta, jer je njihovo postavljanje na krovove poslovnih i stambenih objekata uglavnom nemoguće. Tako npr. sistemi sa linearnim Fresnel – ovim reflektorima zauzimaju oko $4-6m^2/MWh$, sistemi sa paraboličnim kolektorima oko $6-8m^2/MWh$, a sistemi sa paraboličnim koncentracijom i centralnim prijemnikom $8-12m^2/MWh$ instalisane snage, [3]. Za razliku od ravnih kolektora, koncentracija prikupljaju veoma malo difuznog zračenja, koje u toku toplih, oblačnih dana može biti intenzivno. Reflektujuće površine tokom vremena gube svoje prvobitne karakteristike (prljaju se), tako da ih je neophodno povremeno čistiti ili ponovo površinski obraditi (u oblastima sa malom količinom padavina čišćenje reflektujućih površina se obavlja na svaka dva meseca).

HIBRIDNI SOLARNI KOLEKTORI

Pod hibridnim solarnim kolektorima podrazumevaju se kolektori u kojima se vrši istovremeno pretvaranje sunčevog zračenja u toplotnu i električnu energiju. Ugradnjom ovih kolektora zauzima se mnogo manja površina krova i troškovi ugradnje su mnogo niži u odnosu na slučaj kada bi se zasebno postavljali solarni kolektori i FN moduli. Postoje:

- hibridni vazdušni solarni kolektori
- hibridni vodeni solarni kolektori
- hibridni solarni kolektori sa koncentrišućim sistemima sunčevog zračenja.

Hibridni vazdušni solarni kolektori su najjeftinija varijanta hibridnih kolektora. Uglavnom se koriste kao deo solarne arhitekture (integrirani u objekat) i to uglavnom u oblastima sa: malo sunčanih dana, puno oblačnosti i niskim spoljnim temperaturama. Limitirajući faktor za instalaciju hibridnih vazdušnih kolektora u oblastima bližim ekvatoru predstavlja temperatura okolnog vazduha, koja tokom većeg dela godine prelazi $20^{\circ}C$.

Naime, smanjene vrednosti efikasnosti FN modula nastale usled povećanja temperature, je nemoguće uvećati povećanjem masenog protoka vazduha kroz FN modul ukoliko je temperatura okolnog vazduha visoka. Konstrukcija hibridnog vazdušnog kolektora prikazana na slici 6. a (prednji prolaz vazduha) ima najmanju energetska efikasnost. Sa povećanjem protoka vazduha smanjuje se radna temperatura kolektora, dakle raste termička efikasnost.

Ukupna efikasnost hibridnih solarnih kolektora se može definisati kao:

$$\eta_{HSK} = \eta_{PV} + \eta_{SK} \quad (2)$$

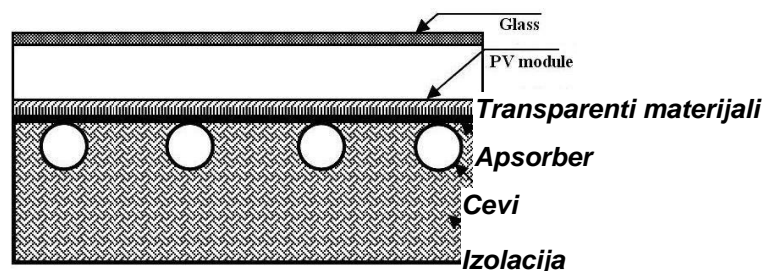
gde je: η_{PV} - efikasnost FN modula,

η_{SK} - efikasnost solarnog kolektora (termička efikasnost)

Termička efikasnost solarnog kolektora je za desetak procenata niža ukoliko je FN modul u pogonu. U suprotnom se sva energija sunčevog zračenja transformiše u toplotnu energiju.

Nezavisno od konstrukcije, glavni deo hibridnih solarnih kolektora je apsorberska ploča koja nosi fotonaponsku ćeliju. Obzirom da FN panel i apsorberska ploča imaju različit koeficijent termičkog širenja spajaju se tankim slojem fleksibilnih transparentnih materijala

Konstrukcija hibridnog vodenog solarnog kolektora, prikazana na sl. 6. je konstruisana tako da radni fluid ima što veći kontakt sa površinom apsorbera, a samim tim i površinom FN modula. Usled neposrednog kontakta FN modula i apsorbera povećava se temperatura FN modula, a samim tim i smanjuje njegova efikasnost. Ovaj problem je moguće rešiti povećanjem masenog protoka vode kroz sistem, čime se povećava efikasnost FN modula i smanjuje temperatura apsorbera.



Slika 6. Konstrukcija hibridnog vodenog solarnog kolektora

CENA SOLARNIH KOLEKTORA I SISTEMA

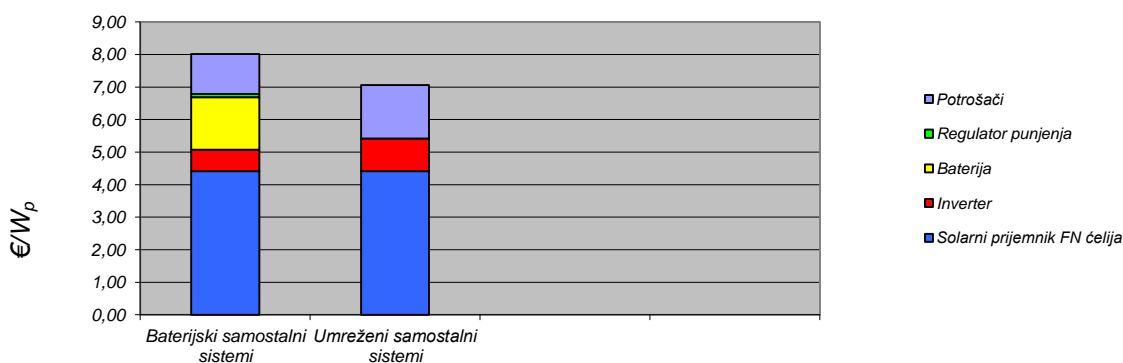
Troškovi solarnih sistema zavise od veličine, konstrukcije i namene solarnog sistema. Investicioni troškovi npr. kućnih solarnih sistema (<10 m²) koji se koriste za zagrevanje sanitarne vode obuhvataju: troškove kolektora, cevnog sistema, solarnog bojlera, automatike, cirkulacione pumpe, sigurnosnih uređaja (ekspanzioni sud).

Cena sistema sa 4 m² solarnih kolektora, koji godišnje proizvede oko 2800 kWh toplotne energije u Srbiji iznosi od 1500 - 2000 €. Investicioni troškovi istog sistema u EU iznose i preko 3000 €. U oblastima Evrope koji su bliže ekvatoru, a koje nemaju problema sa mržnjenjem vode, koriste se relativno jeftini termosifonski sistemi, čija je cena zahvaljujući značajnim subvencijama države obično ispod 1000 €.

Cena m² ravnih vodenih solarnih kolektora na tržištu iznosi od 80-300 €, zavisno od korišćenih materijala i tehnologije. Cena vakuumskih kolektora je viša i obično je iznad 400 €. Maloprodajna cena vakuumskih solarnih kolektora npr. firme "Vaillant" VFK 570 koji se sastoji od dva modula sa 6 ili 12 cevi iznosi 835 €. Jedini specijalizovani proizvođač solarne opreme na teritoriji Srbije firma "Elsol" iz Požarevca prodaje ravne solarne kolektore po ceni od oko 120 €/m². Cena kućnog solarnog sistema istog proizvođača (površine kolektora 4 m² i zapremine bojlera 150) iznosi oko 1800€.

Solarni sistemi za klimatizaciju objekata su još uvek veoma skupi. Cena sistema za klimatizaciju objekta u Srbiji iznosi od 50-100 €/m², zavisno od termičkih karakteristika zidova, mogućnosti aplikacije integralnih solarnih kolektora sa vazduhom kao radnim medijumom, orijentacije objekta, rasporeda prostorija i prozora na objektu, što zavisno od površine objekta iznosi 3000 - 6000 €/domaćinstvu. Cena istih sistema u EU iznosi od 9500 -20000 € (veća vrednost važi za objekte površine iznad 300 m²).

Da cena FN modula ubrzano pada, dovoljno govori podatak da je tokom 1975. god., cena FN modula iznosila 65 €/W_p, dok trenutna cena u zavisnosti od sistema i tipa FN ćelija, u svetu iznosi od 2-4 €/W_p. Cena kompletnih sistema (sa transformacijom električne energije na zahtevani nivo) iznosi od 4 - 8 €/W_p (sl.7). Obzirom da tržište solarnim kolektorima (koji su isplativiji od FN sistema) u Srbiji praktično ne postoji, najverovatnije da bez značajnih subvencioniranja države u narednom periodu neće biti značajnijih investicija u oblasti FN ćelija.



Slika 7. Udeo komponenti u ceni FN sistema (izvor: Sharp, Solar Power, Solarbuzz)

ZAKLJUČAK

Pored energije vetra, plime i oseke, biomase i teškog vodonika, posebnu pažnju treba posvetiti i energiji sunca, jer je manje – više dostupna svim delovima sveta.

Istraživanjem energetske efikasnosti solarnih kolektora došlo se do zaključka: da se u predelima sa kontinentalnom klimom, u zimskom periodu, neće ostvariti zagrevanje radnog fluida, odnosno da je energetska efikasnost jednaka nuli, ukoliko se koriste kolektori sa jednostrukim zastakljenjem, a da energetska efikasnost solarnih kolektora sa dvostrukim i trostrukim zastakljenjem iznosi oko 0,4 odnosno 0,48. Sistemi sa koncentrisanjem sunčevog zračenja su preventivno namenjeni generisanju električne energije u tzv. "solarnim elektranama", mada se mogu koristiti i za pripremu tople vode, zagrevanje i hlađenje objekata, sušenje, proizvodnju pare, itd.

Hibridni vazdušni solarni kolektori su najjeftinija varijanta hibridnih kolektora i koriste se kao deo solarne arhitekture (integrisani u objekat) i to uglavnom u oblastima sa: malo sunčanih dana, puno oblačnosti i niskim spoljnim temperaturama. Troškovi solarnih sistema zavise od veličine, konstrukcije i namene solarnog sistema.

LITERATURA

- [1] Breeze, P., Vieira da Rosa, A., Doble, M., Gupta, H., Kalogirou, S., Maegaard, P., Pistoia, G., Roy, S., Sørensen, B., Kruthiventi, A.K., *Renewable Energy Focus Handbook*, Elsevier, Oxford 2009, str. 128.
- [2] Ekechukwu, O.V., Norton, B., *Review of solar-energy drying systems III: Low temperature air-heating solar collectors for crop drying applications*, Energy Conversion & Management 40, Elsevier Ltd., London 1999., str. 112.
- [3] Kalogirou, S. A., *Solar Energy Engineering: Processes and Systems*, 1-st edition, Elsevier Inc., London 2009., str. 26.
- [4] Lambić, M., *Priručnik za solarno grejanje*, Naučna knjiga, Beograd, 1992., str. 65.
- [5] Pagliaro, M., Palmisano, G., Ciriminna, R., *Flexible Solar Cells*, Willey-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2008., str. 212.
- [6] Stamenković, I., i grupa autora, *Kontinualni postupci dobijanja biodizela*, časopis Hemijska industrija, br.1 Savez hemijskih inženjera, Beograd 2009, str. 62-72.
- [7] Weiss, W., Mauthner, F., *Solar Heat Worldwide, Markets and Contribution to the Energy Supply* IEA Solar Heating & Cooling Programme, International Energy Agency, 2010., str. 78.

EFFICIENT USE OF SOLAR ENERGY RECEIVERS WITH LIQUID AND AIR AS HEAT CARRIERS

Velimir Šćekić

velimirscekic@yahoo.com

*University UNION Belgrade, Faculty for Strategic and Operational Management,
11070 Belgrade, Serbia*

Abstract

Reduction of fossil - iscrpljivih, but also non-renewable, fuels and increased concentrations of greenhouse gases on a global scale, have led to rapid development of alternative energy sources, resulting in the use of solar energy occupies an important role in the production of energy from renewable sources. The paper presents the system and method of absorption of solar energy collectors koncentrišućim, and its application in the world every year become more pronounced. The fact that it will be this way until the year 2040 to produce about 20% of world electricity consumption, additionally imposes the requirement that the method of obtaining energy special attention, especially because of the fact that it is less - more, this resource available to all parts of planet.

Key words: *energy, solar, solar collectors, air, liquid.*