

ANALIZA TEHNIČKO-EKONOMSKIH MOGUĆNOSTI ZA DOMINANTNU PRIMENU OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Rastislav Kragić¹

SAŽETAK:

Najnovija tehnološka dostignuća u oblasti OIE, u kombinaciji sa rešenjima koja omogućavaju visokoefikasnu akumulaciju, transport i komfornu upotrebu alternativne energije, otvaraju pitanje masovne i ekonomski ravnopravne upotrebe energije iz obnovljivih izvora. Ovaj rad prikazuje potencijale, tehnološke mogućnosti, ekonomske efekte, kao i mogući scenario intenzivnog prelaska na OIE.

Ključne reči: *obnovljivi izvori energije (OIE), fotonaponski solarni panel (FNŠP), gorivne ćelije (GĆ), toplotna pumpa (TP), elektroenergetski pretvarač (EEP), efikasnost, tona ekvivalent nafte (ten)*

1. UVOD

Cene fosilnih goriva (nafta i ugalj) i električne energije iz velikih elektrana, mada ne uvek stabilne, usmerile su razvoj industrije i tehnologije XX veka u pravcu masovne primene ovih izvora energije. Dobro je poznato da upravo energetski sektor danas sa preko 80% doprinosi zagađenju okoline, kako na lokalnom i regionalnom tako i na globalnom nivou. U poslednjih 20 godina ova zagađenja počinju da poprimaju katastrofalne razmere.

Međutim, ulaganja u razvoj tehnologija koje za cilj imaju korišćenje energije iz obnovljivih izvora, pogotovo visokorazvijenih zemalja sveta, još uvek su simbolična u odnosu na neke druge sektore. Ono što realno može promeniti ovu ružnu sliku stvarnosti mogu biti ozbiljnije aktivnosti vlada razvijenih zemalja zbog sve

¹ Rastislav Kragić, dipl. inž., Agencija za energetska efikasnost, Beograd, Omladinskih brigada 1.

osetnijih klimatskih promena i varijacija cene nafte na svetskom tržištu, nakon čega bi mnogi vlasnici kapitala imali interesa da ulažu čiste izvore energije.

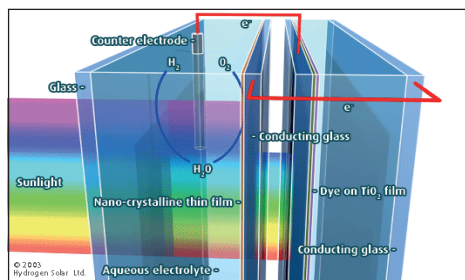
2. DANAŠNJE TEHNOLOŠKE MOGUĆNOSTI

Danas svet troši oko $4.7 \cdot 10^{20}$ J godišnje. Radi slikovitijeg prikaza, to je $11 \cdot 10^9$ ten godišnje ili oko 350ten svake sekunde. Potreba za energijom kontinuirano raste i to iznad linije linearnog prirasta u vremenu. Međutim, dobro je poznato da „eksplozija“ primene OIE u svetu ima eksponencijalnu krivu rasta. Ohrabruje i podatak da je raspoloživa (upotrebljiva) energija Sunca koja se godišnje izrači na Zemlju, oko 8,000 puta veća od godišnjih energetske potreba čovečanstva.

Razlog zašto odmah ne pređemo na OIE je koliko tehničke toliko i ekonomske prirode. Različita tehnička rešenja postoje, ali još uvek nisu do kraja usavršena za masovnu upotrebu, ili njihova primena nije ekonomski konkurentna klasičnim izvorima energije. Ovaj rad razmatra mogućnosti kombinovane primene nekih, danas dostupnih tehnologija i rešenja iz oblasti OIE, u slučaju njihove masovne proizvodnje. Pri tome, razmotreni su isključivo sistemi pogodni za individualnu (kućnu) upotrebu. Može se očekivati da će industrijska upotreba, iako raznovrsna i specifična, ako ne prethoditi, onda bar u stopu pratiti razvoj ovakvih rešenja u individualnom sektoru .

2. 1. Solarna energija

Posle biodizela, upotreba solarne energije u svetu beleži najprogresivniji rast. U nekim zemljama godišnji prirast instaliranih kapaciteta na električnoj mreži premašuje 50%, a postoje indicije da će biti još veći sa razvojem tehnologije, padom cene solarnih panela (SP) i sve atraktivnijim oblicima subvencionisanja investitora od strane država. Nemačka je trenutno vodeća zemlja u svetu po snazi instaliranih kapaciteta. Zainteresovani individualni proizvođači „zelene električne energije iz sunčevog zračenja“ mogu u bolje snabdevenim prodavnicama ku-



Slika 1. Desno – visokoeffikasni fotonaponski solarni panel.
Levo – princip rada solarnog panela koji direktno izdvaja vodonik iz vode.

piti gotove (paket) sisteme za ugradnju u/na kuću, sa svom potrebnom opremom. Snaga ovih sistema je obično od 2kW do 3.5kW za 11,000, odnosno 20,000 evra (oko 5.5 evra/W). SP zauzimaju površinu od 25 do 60 kvadratnih metara krova, zavisno od snage i tipa panela. Pri tome, investitor ima zagarantovanu prodajnu cenu električne energije od 0.518evra/kWh narednih 20 godina. U klimatskim uslovima Nemačke, jedan ovakav sistem proizvede od 1,700kWh do 3,100kWh el. energije godišnje.

Od novijih tehnologija u oblasti solarne energije ističu se: FNSP sa upotrebom organskih slojeva (organic photovoltaic), FNSP koji direktno izdvajaju vodonik iz vode i višeslojni FNSP visoke efikasnosti (preko 40%). Naučni timovi širom sveta najavljuju skorou komercijalnu upotrebu ovakvih tehnoloških rešenja, čija bi cena pri masovnoj proizvodnji pala i do 1 evro/KWe.

2. 2. Gorivne ćelije

Postoji više različitih tehnologija koje, u osnovi, koriste vodonik u cilju proizvodnje električne energije kontrolisanim sagorevanjem. Ovaj rad se neće upuštati u konkretne analize pojedinih tehnologija. Od interesa su podaci koji se tiču opštih radnih uslova, efikasnosti, pouzdanosti i cene ovakvih sistema, pogodnih za upotrebu u jednom ili nekoliko domaćinstava. Danas, ovi sistemi dostižu efikasnost od oko 50%, a uz kombinovanu upotrebu toplotne energije i do 80%. Dostupne tehnologije su pouzdane i vrlo brzo mogu biti omasovljene (već se proizvodi baterija za mobilni telefon i računar sa gorivnom ćelijom).

Cena ovih sistema je još uvek jako visoka (oko 4,000evra/kWe), ali se u milionskim serijama najavljuje cena od svega 250evra/kWe. Još uvek je aktuelan problem radnog veka ovih sistema i pouzdano skladištenje vodonika, mada su u najavi skoro rešenja i ovih nedostataka.

2.3. Toplotne pumpe

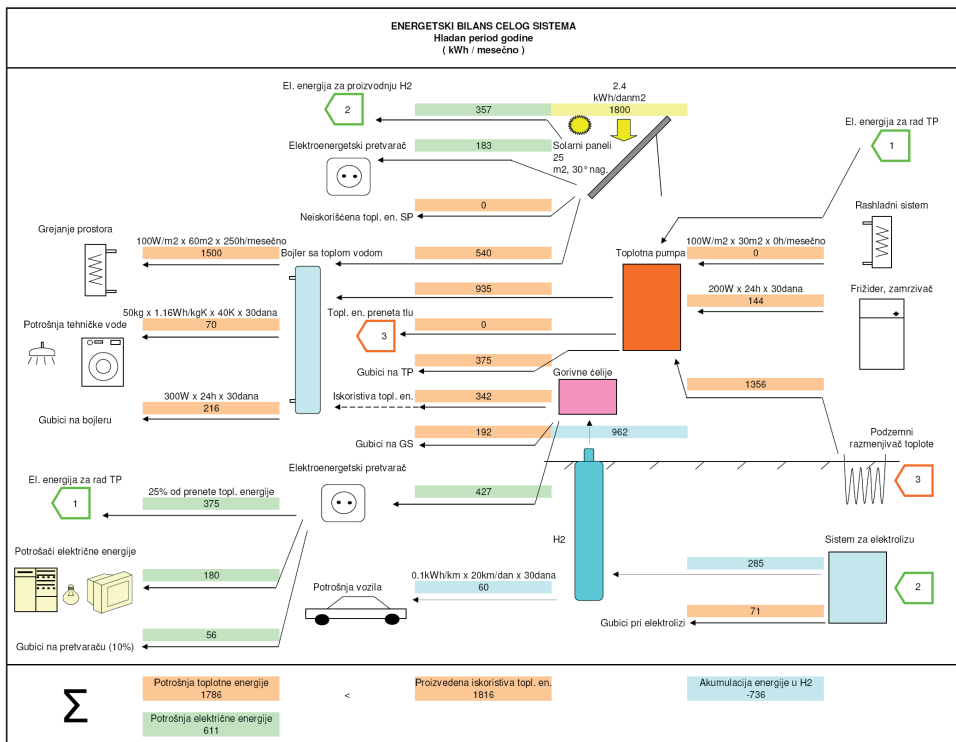
Tehnologija primene toplotnih pumpi za potrebe klimatizacije domaćinstava u poslednjih nekoliko godina doživela je pravi procvat. U nekim delovima SAD i zapadne Evrope konsatovan je rast primene ovih sistema i do 100% godišnje. Intenzivna proizvodnja i primena doveli su do brzog usavršavanja ove tehnologije i naglog pada cene toplotnih pumpi.

Razlikuju se sistemi koji mogu obavljati samo funkciju grejanja ili hlađenja prostora i sistemi koji mogu vršiti kompletnu klimatizaciju objekta. Kao izvor/ponor toplotne energije mogu koristiti vazduh, izvorsku vodu, tlo ili neki drugi prostor. Efikasnost najsavremenijih sistema je čak 4:1 (prenete toplotne energije prema utrošenoj električnoj), a u najavi su još efikasniji sistemi. Ovi uređaji se danas mogu nabaviti po ceni od svega 200evra/kWe.

2. 4. Vozila na vodonik

Nekoliko velikih proizvođača automobila najavljuje skoru serijsku proizvodnju ovih vozila. Kao izuzetno moćan energent, vodonik u kombinaciji sa visokoeфикаsnim gorivnim ćelijama i asinhronim elektromotorom predstavlja idealan pogonski sistem za vozilo budućnosti. Testiranja pokazuju da ova vozila, sa standardnim karakteristikama putničkih vozila, mogu preći oko 1.000km sa svega 1kg vodonika. Cena je danas veoma visoka za prosečnog kupca (nekoliko stotina hiljada evra), ali razvojem tehnologije i tržišta može se očekivati da brzo postanu konkurentni „naftašima“.

3. TEHNOLOŠKI OSTVARIVO I EKONOMSKI KONKURENTNO REŠENJE DOMAĆINSTVA SKORIJE BUDUĆNOSTI



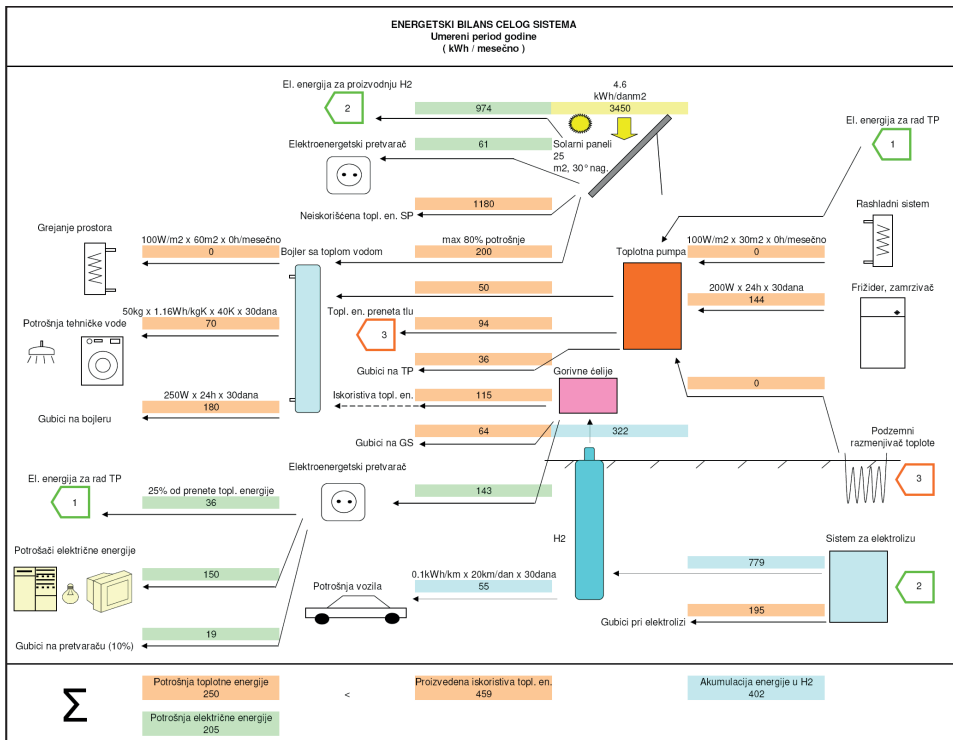
Slika 2. Blok prikaz proizvodnje/potrošnje energije (energetskih tokova) izraženih u kWh/mesečno, za tipičan mesec hladnog perioda godine.

Zelena polja – proizvodnja/potrošnja električne energije

Narandžasta polja – proizvodnja/potrošnja toplotne energije

Plava polja – proizvodnja/potrošnja vodonika (izražena kao energetski potencijal)

Na slikama 2, 3 i 4 prikazana je blok šema energetskega bilansa na mesečnom nivou za tri različita, tipična meseca u godini (hladni, umereni i topao period), koja kombinuje danas već ostvarive tehnologije, koje bi mogle biti primenjene za obezbeđivanje energetskih potreba jednog domaćinstva (ili grupe od nekoliko domaćinstava, zgrade, bloka). Prikazane blok šeme su korišćene kao matematički modeli za proračun ukupnog godišnjeg bilansa jednog prosečnog domaćinstva. Svi polazni parametri su realne vrednosti, kako energetskih potreba tako i proizvodnih mogućnosti prikazanih sistema. U dnu svake slike prikazani su sumarni rezultati energetskega bilansa na mesečnom nivou. Vidi se da je proizvodnja električne energije uvek podmirena, toplotne energije ima dovoljno (često i više nego što je potrebno), a u letnjem i umerenom periodu se stvara akumulacija vodonika koja na ukupnom godišnjem nivou podmiruje potrebe za energijom u zimskom periodu.

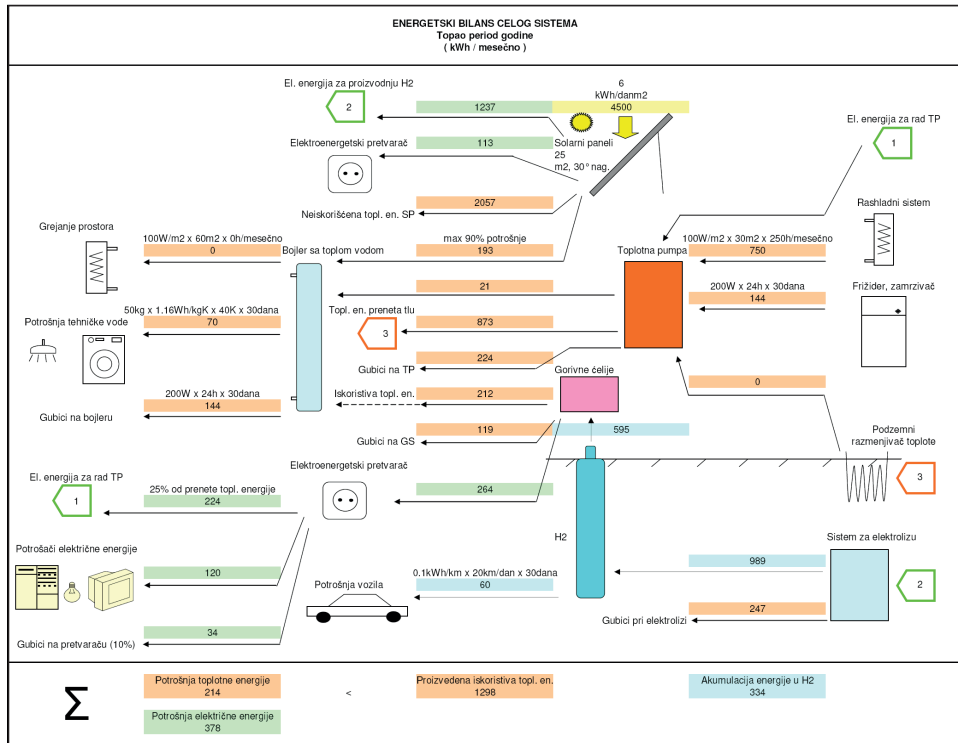


Slika 3. Blok prikaz proizvodnje/potrošnje energije (energetskih tokova) izraženih u kWh/mesečno, za tipičan mesec umerenog perioda godine.

Zelena polja – proizvodnja/potrošnja električne energije

Narandžasta polja – proizvodnja/potrošnja toplotne energije

Plava polja – proizvodnja/potrošnja vodonika (izražena kao energetski potencijal)



Slika 4. Blok prikaz proizvodnje/potrošnje energije (energetskih tokova) izraženih u kWh/mesečno, za tipičan mesec toplog perioda godine.

Zelena polja – proizvodnja/potrošnja električne energije

Narandžasta polja – proizvodnja/potrošnja toplotne energije

Plava polja – proizvodnja/potrošnja vodonika (izražena kao energetski potencijal)

Kao izvor energije koriste se fotonaponski solarni paneli (FNSP) visoke efikasnosti. Električna energija iz FNSP koristi se za podmirivanje trenutnih potreba za električnom energijom i proizvodnju vodonika. Vodonik se skladišti u podzemni tanker. SP služe i za grejanje/dogrevanje tehničke vode i vode za potrebe grejanja prostora. Vodonik se koristi kao izvor energije za gorivne ćelije (GĆ) u noćnom i zimskom periodu i kao gorivo za prevoz. Elektroenergetski pretvarač napaja elektropotrošače ili razmenjuje energiju sa distributivnom mrežom. Toplotna pumpa se projektuje tako da može vršiti razmenu toplotne energije sa GĆ, zemljištem (bunarskom vodom ili vazduhom) i termo potrošačima u kući (zamrzivač, frižider, sistem klimatizacije prostora, sistem tople vode...).

Radi dobijanja preciznijih rezultata, simulacioni model tehničke analize urađen je sa dnevnom rezolucijom, dok je ekonomska analiza rađena za period od 20

godina sa projektovanim cenama masovne primene ovakvih sistema. Rezultati su dati u tabeli 1.

Tabela 1. Tehno-ekonomska analiza energetski nezavisnog domaćinstva budućnosti

	Karakteristike	Godišnja proiz.-potroš.	Ukupna cena (EUR)
Solarni paneli	25 m ² , el. eff 30%, topl. eff. 30-50%	8,000 kWhe, (11,340 kWht), 3,200 kWht.kor	10.000
Uredaj za elektrolizu	5 kWe, eff 80%	5616 kWh H2	2.500
Tanker vodonika	3,000kWh, 90 kg, 1.2 m ³		3.000
Gorivna ćelija sa EEP	4 kWe	4,800 kWhe	2.500
Sistem toplotne pumpe	3 kWe 12 kWt	2,500 kWhe 8,000 kWht	2.000
UKUPNO:	El. energije Topl. energije Prevoz	4,800 kWhe 9,000 kWht 700 kWh H2	20.000 (oko 85 EUR/mes. na 20god.)

4. ZAKLJUČAK

Analiza ukazuje da je rešenje energetski nezavisnog domaćinstva (iako danas veoma skupo), sa projektovanim cenama na milionske serije – ekonomski isplativo. Ovde je razmatrano rešenje koje koristi danas dostupne tehnologije. Ono što je sada nemoguće sagledati jesu buduće inovacije, koje će OIE još brže omasoviti.

5. LITERATURA

- [1] W.R. Pyle, M.H. Hayes, A.L. Spivak: *Direct solar-thermal hydrogen production from water using nozzle/skimmer and glow discharge*, IECEC96535, 1995.
- [2] M. Symko-Davies: *Progress in high-performance pv: polycrystalline thin-film tandem cells*, 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 7-11 June 2004, Paris, France
- [3] M. Živanov, M. Nimrihter, Lj. Živanov: *Efekti primene gorivnih ćelija*, Energetika, mart 2007.
- [4] M. Živanov, M. Nimrihter, Lj. Živanov: *Energetska efikasnost sistema u gorivnim ćelijama*, Energetika, mart 2007.
- [5] Centar za multidisciplinarne studije: *Studija energetskog potencijala Srbije za korišćenje sunčevog zračenja i energije vetra*, Nacionalni program energetske efikasnosti 2004.

**TECHNICAL AND ECONOMICAL ANALYSES OF
POSSIBILITY FOR PREDOMINANT USING OF
RENEWABLE ENERGY SOURCES**

ABSTRACT:

The Combination of the top-technology in RES domain and the devices which made possible high efficient accumulation, transport and comfortable using of the nonstandard types of energy, brings forward the question about economical RES using. This paper shows the potentials, technical possibilities, economical effects and possible scenario of globally switching to RES.