



Korišćenje SOLARNE fotonaponske energije u Srbiji



KORIŠĆENJE SOLARNE FOTONAPONSKE ENERGIJE U SRBIJI

DR LJUBISAV STAMENIĆ

DECEMBAR 2009.

ABSTRACT

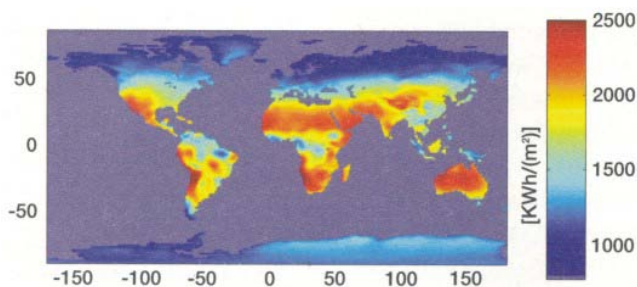
Prosečno sunčevo zračenje u Srbiji je za oko 40% veće od evropskog proseka, ali i pored toga korišćenje sunčeve energije za proizvodnju električne energije daleko zaostaje za zemljama Evropske unije. Stvaranje uslova za razvoj i funkcionalnost održivog tržišta fotonaponskih sistema je od velikog značaja za ekonomiju i očuvanje prirodne sredine u Srbiji, tako da su predloženi sledeći glavni ciljevi za implementiranje i razvoj solarnih fotonaponskih sistema u Srbiji:

- Implementacija postojećih zakonskih uredbi koje se odnose na proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije. Naime, zakon o energetici donet 2004. godine uveo je kategorije povlašćenih proizvođača električne, odnosno toplotne energije koji koriste obnovljive izvore energije, a koji imaju pravo na subvencije, poreske, carinske i druge olakšice. Ove, 2009. godine doneta je i uredba koja definiše kriterijume za sticanje statusa povlašćenog proizvođača električne energije iz obnovljivih izvora energije, a u okviru ovog akta određena je i podsticajna otkupna cena električne energije. Ova zakonska akta bi trebalo da omoguće bržu i širu primenu fotonaponske tehnologije u ukupnom elektro-energetskom sistemu Srbije;*
- Povećanje medijske i javne aktivnosti s ciljem da se razvije interesovanje za obnovljive izvore energije (OIE) i upoznaju širi slojevi stanovništva o značaju i prednostima energetske efikasnosti i korišćenju solarne energije;*
- Aktiviranje starih i izgradnja novih centara za praćenje aktivnosti sunčevog zračenja na celoj teritoriji zemlje, s ciljem identifikacije povoljnih regiona za primenu fotonaponskih solarnih uređaja;*
- Uključivanje domaćih naučnih istraživačkih i razvojnih centara u evropske istraživačke projekte o fotonaponskim sistemima.*

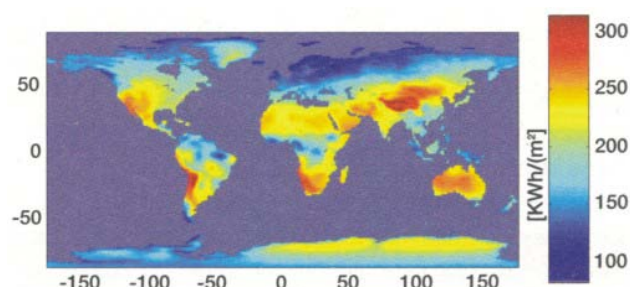
GLOBALNI POTENCIJAL SUNČEVE ENERGIJE

Energija zračenja Sunca koja dolazi do zemljine površine, dakle potencijalno iskoristivo zračenja Sunca, iznosi oko 1.9×10^8 TWh (190 miliona teravat časova) godišnje. Ta je energija oko 170 puta veća od energije ukupnih rezervi uglja u svetu i kada se uporedi sa energetske potrebama čovečanstva, koje iznose 1.3×10^5 TWh (130 hiljada teravat časova) godišnje, dobija se podatak da je sunčeva energija koja stiže na površinu Zemlje u toku samo 6 časova dovoljna da zadovolji sve svetske potrebe na godišnjem nivou. Da bi se dobio bolji uvid u ove veličine prosečno domaćinstvo u nekim od najrazvijenijih zemalja sveta troši godišnje oko 10,000 kWh električne energije i bilo bi potrebno oko 100 000 godina da se potroši 1 TWh [1]. Oko 37% svetske energetske potražnje zadovoljava se proizvodnjom električne energije koja je u toku 2008. godine iznosila 17 000 TWh. Ako bi se ova energija generisala fotonaponskim (FN) sistemima (sistemi koji pretvaraju solarnu energiju u električnu) skromne godišnje izlazne snage od 100 kWh po kvadratnom metru, neophodna bi bila površina od 150×150 km² za akumulaciju sunčeve energije. Veliki deo ove apsorpcione površine mogao bi se smestiti na krovovima i zidovima zgrada, te ne bi zahtevao dodatne površine na tlu.

Energija sunčeve radijacije dovoljna je da proizvede prosečno 1,700 kWh električne energije godišnje po kvadratnom metru tla, a što je radijacija veća na nekoj lokaciji, veća je i generisana energija. Tropski regioni su u ovom pogledu povoljniji od ostalih regiona sa umerenijom klimom (slika 1). Srednja ozračenost u Evropi iznosi oko 1,000 kWh po kvadratnom metru dok, poređenja radi, ona iznosi 1,800 kWh na Bliskom istoku.



Slika 1a. Globalne varijacije ozračenosti



Slika 1b. Energetski potencijal iz FN uređaja

Na slici 1a prikazana je različitost u ozračenosti sunčevom energijom na svim kontinentima; a na slici 1b potencijalna energetska slika sveta na osnovu proračuna energije dobijene iz FN uređaja uz pretpostavku srednjih statističkih podataka o sunčevom zračenju i idealnih uslova instalacije ovih uređaja.

SUNČEVO ZRAČENJE U SRBIJI

Potencijal sunčeve energije predstavlja 16,7% od ukupno iskoristivog potencijala OIE u Srbiji. Energetski potencijal sunčevog zračenja je za oko 30% viši u Srbiji nego u Srednjoj Evropi i intenzitet sunčeve radijacije je među najvećima u Evropi. Prosečna dnevna energija globalnog zračenja za ravnu površinu u toku zimskog perioda kreće se između 1,1 kWh/m² na severu i 1.7 kWh/m² na jugu, a u toku letnjeg perioda između 5,4 kWh/m² na severu i 6.9 kWh/m² na jugu [2]. U cilju poređenja, prosečna vrednost globalnog zračenja za teritoriju Nemačke iznosi oko 1000 kWh/m², dok je za Srbiju ta vrednost oko 1400 kWh/m². Najpovoljnije oblasti u Srbiji beleže veliki broj sunčanih sati, a godišnji odnos stvarne ozračenosti i ukupne moguće ozračenosti je približno 50%. U tabeli 1 predstavljene su srednje dnevne sume energije globalnog sunčevog zračenja na horizontalnu površinu za neka mesta u Srbiji.

Tabela 1. Srednje dnevne sume energije globalnog sunčevog zračenja na horizontalnu površinu u kWh/m², za neka mesta u Srbiji

Mesto	M e s e c												Ukupno godišnje	Srednje godišnje
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Beograd	1,40	2,20	3,35	4,85	6,00	6,45	6,75	6,00	4,65	3,05	1,60	1,15	1446,80	3,96
Zrenjanin	1,30	2,15	3,45	4,90	6,05	6,35	6,55	5,90	4,45	2,95	1,45	1,05	1419,45	3,89
Kikinda	1,00	2,05	3,55	5,10	6,40	6,55	6,85	5,95	4,45	3,00	1,50	1,05	1456,50	3,99
Vršac	1,00	2,00	3,35	4,40	6,00	6,40	6,55	6,85	4,60	3,00	1,55	1,00	1424,75	3,90
Dolovo	1,30	2,05	3,40	4,80	5,85	6,20	6,55	6,00	4,55	3,00	1,55	1,05	1412,05	3,87
Sombor	1,35	2,15	3,35	4,85	5,95	6,30	6,15	5,65	4,20	2,80	1,35	1,40	1387,35	3,80
Palić	1,30	2,10	3,45	5,00	6,15	6,25	6,35	5,85	4,30	2,85	1,40	1,15	1407,40	3,80
Vrbas	1,45	2,35	3,45	4,80	5,90	6,15	6,40	5,70	4,35	2,95	1,45	1,20	1406,85	3,85
Novi Sad	1,45	2,35	3,20	4,65	5,80	6,20	6,35	5,75	4,40	2,90	1,45	1,20	1392,64	3,82
Čuprija	1,55	2,35	3,50	5,00	6,10	6,15	6,65	6,10	5,15	3,40	1,80	1,30	1495,40	4,10
Kruševac	1,65	2,55	3,50	4,90	5,95	6,05	6,45	5,90	5,10	3,30	1,80	1,35	1519,85	4,10
Niš	1,75	2,60	3,45	5,00	6,10	6,35	6,70	6,15	5,35	3,45	1,85	1,50	1531,40	4,20
Kuršumlija	2,15	3,00	3,60	5,05	5,85	6,05	6,55	6,10	5,30	3,50	2,00	1,75	1550,50	4,25
Peć	1,85	2,95	3,70	4,85	5,95	6,15	6,75	6,15	4,90	3,65	2,25	1,60	1546,25	4,24
Priština	1,85	2,90	3,70	5,25	6,30	6,60	6,95	6,30	5,10	3,35	1,90	1,60	1578,25	4,32
Vranje	1,70	2,70	3,65	5,15	6,15	6,40	6,50	6,35	5,25	3,45	1,85	1,50	1543,40	4,23
K. Palanka	1,85	2,80	3,80	5,20	6,20	6,45	6,90	6,30	5,10	3,40	2,00	1,65	1567,80	4,30
Prizren	1,50	2,45	3,50	4,80	5,90	6,65	7,20	6,55	4,85	3,15	1,70	1,35	1512,25	4,14
Loznica	1,50	2,30	3,05	4,35	5,30	5,75	6,15	5,60	4,30	2,80	1,45	1,20	1333,50	3,65
Ivan Sedlo	1,45	2,25	3,05	4,30	5,06	5,85	6,30	5,65	4,35	2,75	1,50	1,20	1332,26	3,65
Kraljevo	1,60	2,50	3,35	4,95	5,90	6,20	6,60	6,05	4,65	3,05	1,65	1,35	1458,40	4,00
Kragujevac	1,50	2,40	3,35	4,80	5,85	6,10	6,45	5,90	4,85	3,30	1,70	1,30	1447,85	3,97
Smederevska Palanka	1,45	2,30	3,35	4,95	6,00	6,30	6,55	5,95	4,85	3,20	1,70	1,20	1418,80	3,89
Smederevo	1,45	2,25	3,40	4,80	5,70	6,30	6,50	5,95	4,75	3,15	1,65	1,10	1432,75	3,93
Negotin	1,35	2,05	3,25	4,85	6,05	6,60	6,95	6,25	4,75	2,90	1,45	1,20	1453,35	3,98
Crni vrh	1,40	2,15	3,15	4,65	5,70	6,05	6,50	5,85	4,85	3,10	1,60	1,15	1393,10	3,82
Zaječar	1,50	2,25	3,25	4,80	6,05	6,45	6,95	6,30	4,95	2,95	1,50	1,30	1498,05	4,02
Valjevo	1,45	2,25	3,10	4,40	5,35	5,95	6,35	5,75	4,45	2,95	1,50	1,20	1362,60	3,73
Užička Požega	1,35	2,15	3,15	4,40	5,20	5,40	5,70	5,10	4,00	2,25	1,45	1,10	1266,35	3,47
Zlatibor	1,50	2,30	3,10	4,35	5,10	5,65	5,90	5,35	4,30	2,75	1,60	1,30	1316,40	3,61

Svi ovi podaci jasno pokazuju da Srbija raspolaže resursima energije sunčevog zračenja znatno iznad evropskog proseka uz izuzetno povoljan sezonski raspored i da je njeno efikasno i dugoročno korišćenje neophodno osmisлити u najskorijem vremenskom periodu,

između ostalog, i zbog usklađivanja sa evropskim merama i planovima u vezi obnovljivih izvora energije.

PRIMENA SOLARNE ENERGIJE

Primena solarne energije može se ostvariti na dva načina: pretvaranjem sunčeve energije u toplotnu i pretvaranjem sunčevog zračenja u električnu energiju. Solarni sistemi za proizvodnju toplote primenjuju se u domaćinstvima, industriji, poljoprivrednim objektima i ostalim objektima koji, na primer, koriste velike količine sanitarne vode. Međutim, u poslednjih desetak godina fotonaponska (FN) konverzija sunčeve energije postala je primarna grana industrije solarnih uređaja usled velikog broja tehnoloških prednosti u odnosu na pretvaranje u toplotu i usled brzog razvoja relevantnih tehnologija i njihovih projektovanih mogućnosti.

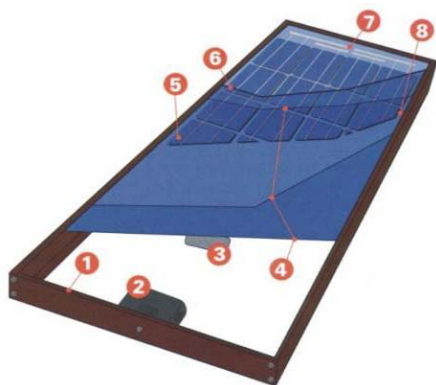
Proizvodnja fotonaponskih uređaja se duplira svake dve godine uz prosečan godišnji porast od 48% od 2002. godine, tako da ova grana privrede pokazuje najbrži razvoj u svetu u poređenju sa svim ostalim granama energetske tehnologije. S ekonomskog aspekta, cena struje dobijene iz sunčeve energije kontinuirano pada kao rezultat tehnoloških unapređenja i rasta masovne proizvodnje, dok se očekuje da će fosilna goriva postati znatno skuplja u skoroj budućnosti. U ovom trenutku je za Srbiju opravdanije podsticati korišćenje energije sunčevog zračenja za proizvodnju toplotne i električne energije u domenu domaćinstava, industrije i nekih grana poljoprivrede zbog manjih investicionih ulaganja. Takva politika bi, između ostalog, bila korisna i zbog razvoja domaće ekonomije, kao i upošljavanja stanovništva u oblasti čistih energija. Međutim dugoročno gledano, budućnost pretvaranja sunčevog zračenja je u FN tehnologiji i njenoj integraciji sa ostalim granama tehnologije, što je i u skladu sa stavovima, planovima, ali i trenutnim stanjem u Evropskoj uniji i ostalim ekonomski vodećim zemljama sveta. Stoga se u daljem izlaganju razmatraju isključivo uređaji i sistemi bazirani na fotonaponskom pretvaranju sunčeve energije te odgovarajući program, planovi i mogućnosti korišćenja i razvoja u Srbiji.

TEHNOLOGIJA FOTONAPONSKIH SOLARNIH UREĐAJA

Direktna konverzija sunčeve energije u električnu, tzv. fotonaponski efekat, uočen je pre skoro dva veka, ali je tek razvojem kvantne teorije početkom 20-og veka ovaj fenomen objašnjen i shvaćen. Prva solarna fotonaponska ćelija izrađena je u Bel laboratorijama (Bell Laboratories) 1954. godine. Fotonaponske ćelije izrađene od poluprovodnika silicijuma ubrzo su, s razvojem istraživanja svemira, postale osnovni izvori električne energije na satelitima, primarno zbog svoje pouzdanosti, dok je cena bila od manjeg značaja. Značaj njihove zemaljske upotrebe postao je aktuelan u toku svetske energetske krize ranih 70-ih godina, kada se počelo razmišljati o poboljšanju njihovih radnih karakteristika i efikasnosti, kao i nižoj proizvodnoj ceni. Danas fotonaponska konverzija podrazumeva visoku tehnologiju proizvodnje električne energije iz sunčeve energije.

Fotonaponski sistemi se sastoje od modula, a oni su izrađeni od solarnih ćelija. FN sistemi su modularni tako da se njihova snaga može projektovati za praktično bilo koju primenu. Štaviše, dodatni delovi kojima se povećava izlazna snaga lako se prilagođavaju postojećim fotonaponskim sistemima, što nije slučaj sa konvencionalnim izvorima električne energije kao što su termoelektre i nuklearne elektrane čija ekonomska isplativost i izvodljivost zahteva multi-megavatne instalacije. FN moduli sadrže određen broj redno ili paralelno povezanih FN ćelija kako

bi se dobili željeni napon, odnosno struja. Solarne ćelije su laminirane između dva zaštitna sloja. S jedne strane je specijalno kaljeno staklo sa niskim sadržajem gvožđa, a sa druge zaštitni plastični materijal Tedlar ili još jedan sloj stakla (slika 2). U tipičnom solarnom modulu solarne ćelije su integrisane i laminirane pomoću laminirajuće plastike (EVA). Tako laminiran FN modul je zaštićen od neželjenih uticaja sredine, a u cilju produženja radnog veka. Tipični garantni rok proizvođača na FN module je 25 godina. FN paneli sadrže jedan ili više modula koji se mogu koristiti pojedinačno ili u grupama u cilju formiranja modularnih sistema, zajedno sa potpornim strukturama i drugim neophodnim komponentama. Sistemi se mogu fiksirati u određenom položaju prema Suncu, ili se mehaničkim putem mogu kontinualno prilagođavati pravcu sunčevih zraka (pokretni prateći sistemi).



Slika 2. Struktura i izgled fotonaponskog modula (1. Ram; 2. Razvodna kutija; 3. Nalepnica sa karakteristikama modula; 4. EVA; 5. Solarne ćelije; 6. Staklo; 7. Bas provodnik; 8. Tedlar)

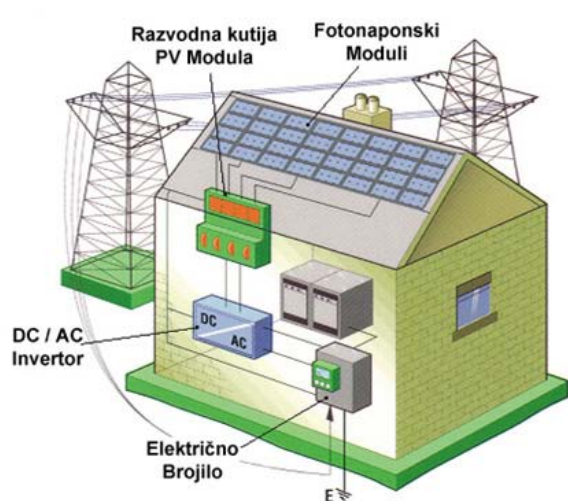
Najnoviju generaciju FN solarnih modula čine tzv. tankoslojne FN ćelije i paneli kod kojih je debljina fotonaponskog materijala ili sloja oko $2\mu\text{m}$ (mikrometra ili mikrona). To je skoro 100 puta manje od klasičnih FN ćelija izrađenih od kristalnog silicijuma. Ova redukcija u količini korišćenog poluprovodničkog materijala smanjuje cenu po jedinici površine, cenu po generisanoj snazi (izraženu u W), kao i cenu po instaliranim kWh, a povećava energetska isplativost. Međutim, ukupna cena (balans svih troškova) FN sistema je još uvek nešto veća za tankoslojne FN module zbog dodatne cene noseće strukture neophodne za instalaciju ovih modula, a u manjoj meri zbog troškova vezanih za invertore ili povezivanja sa distributivnom mrežom. Takođe, rad i održavanje je skuplje zbog veće površine koju pokrivaju u odnosu na klasične FN module, tako da je ove dodatne troškove neophodno kompenzovati prednostima koje proističu iz uštede materijala. U poslednjih nekoliko godina cena koja je uslovljena većom površinom modula konstantno pada usled optimizacije podstruktura, veće efikasnosti modula, kao i boljeg kvaliteta elektro-povezivanja. U periodu od 2005. do 2007. godine ukupna cena tankoslojnih FN modula je pala za 60%, a taj trend se očekuje i u buduću.

KOMPONENTE FN SISTEMA

Standardne komponente fotonaponskih sistema su FN moduli, kontroleri i regulatori punjenja baterija, akumulatori ili baterije, kablovi i montažni sistemi, kao i pretvarači jednosmerne u naizmeničnu struju – invertori (autonomni i mrežni). Jednosmerna struja proizvedena u solarnoj ćeliji ili modulu se putem kabla odvodi do kontrolera. Osnovna funkcija kontrolera je da spreči prekomerno punjenje akumulatora, ali ima i neke druge uloge u zavisnosti od specifičnih primena. Ukoliko akumulator nije potpuno napunjen, struja može slobodno da ide ka akumulatoru, gde se energija skladišti za kasniju upotrebu. Ukoliko sistem treba da pokreće uređaje koji rade na naizmeničnu struju, deo FN sistema će biti i invertori koji pretvaraju jednosmernu u naizmeničnu

struju. Ukoliko je FN sistem vezan na elektrodistributivnu mrežu, koriste se takozvani specijalni mrežni invertori koji omogućavaju sinhronizaciju FN sistema sa mrežom i vraćanje električne energije nazad u mrežu. Tom prilikom mreža predstavlja medijum za skladištenje električne energije umesto akumulatora. To predstavlja najrasprostranjeniju primenu FN sistema u razvijenim zemljama danas.

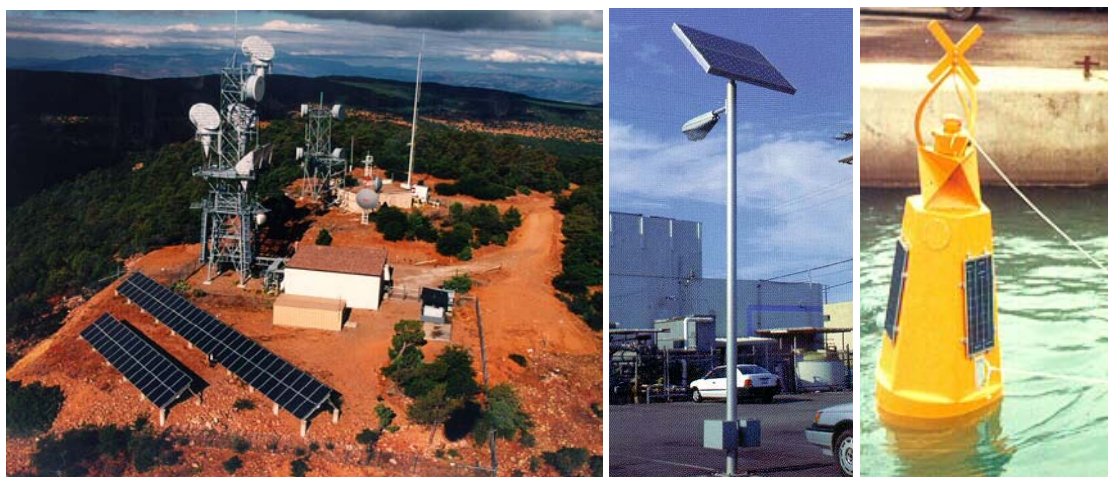
Višak energije koji se generiše u autonomnim FN sistemima u toku sunčanih perioda sakuplja se u akumulatorima, a neke nezavisne operacije, kao što je na primer direktno pumpanje vode ili pokretanje drugih motora, ne zahtevaju korišćenje akumulatora. Voda se pumpa kada sija Sunce i direktno se skladišti u rezervoar koji se nalazi na višem nivou za kasnije ispumpavanje putem dejstva gravitacije. Drugi FN sistemi pretvaraju jednosmernu u naizmeničnu struju i višak električne struje ubrizgavaju u distributivnu električnu mrežu, dok iz mreže uzimaju energiju u toku noći, kada nema sunčeve svetlosti. Ovo je primer rada FN sistema povezanih sa distributivnom mrežom (slika 3). Tri tipične konfiguracije FN sistema su autonomni sistem, sistem povezan za distributivnu mrežu i hibridni. Autonomni i hibridni sistemi se upotrebljavaju samostalno, dakle nisu povezani za elektro-distributivnu mrežu i često se koriste u fizički udaljenim oblastima. FN sistemi povezani sa elektro-distributivnom mrežom predstavljaju jedan od načina da se izvrši decentralizacija električne mreže. Električna energija se ovim sistemima generiše bliže lokacijama na kojima postoji potražnja, dakle ne samo putem termoelektrana, nuklearnih elektrana ili velikih hidroelektrana. Tokom vremena ovi sistemi će smanjiti potrebu za povećanjem kapaciteta prenosnih i distributivnih vodova.



Slika 3. Tipičan fotonaponski mrežno povezan sistem i mrežni invertori

PRIMENE FN SISTEMA

Fotonaponski sistemi su veoma raznovrsni: mogu biti manji od novčića i veći od fudbalskog igrališta i mogu da obezbeđuju energiju za bilo koji uređaj, od časovnika do čitavih naselja (slika 4). Uz jednostavnost rukovanja ovi faktori ih čine posebno privlačnim za širok spektar primena. Nedavni porast proizvodnje FN ćelija uz niske cene otvorio je veliki broj novih tržišta uz veliki broj različitih primena. Primene kao što su osvetljavanje, telekomunikacije, hlađenje, pumpanje vode, kao i obezbeđivanje električne energije za čitava naselja, naročito u udaljenim oblastima, pokazale su se kao konkurentne i profitabilne u odnosu na već postojeće tehnologije. Uz to, pojavila se relativno nova primena ovih sistema sa izuzetno velikim potencijalom – fasadni fotonaponski sistemi (FFNS, ili eng. BIPV - building integrated photovoltaics).



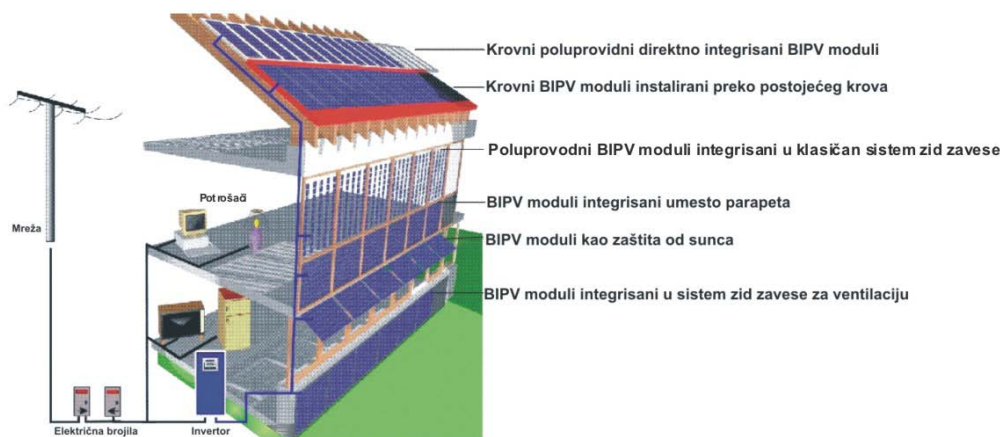
Slika 4. FN sistemi primenjeni u telekomu, osvetljenju i za navigaciju

FASADNI FOTONAPONSKI SISTEMI (FFNS)

Sve aktuelniji aspekt proizvodnje električne energije je i očuvanje prirodne sredine u kojoj se energija generiše i troši. Solarna električna energija može da doprinese energetskej ponudi uz istovremenu pomoć u sprečavanju globalne promene klimatskih uslova. Približno 75% energije koja se koristi u razvijenom svetu troši se u gradovima, od čega se oko 40% troši u zgradama.

Fotonaponski sistemi mogu da se ugrade u skoro svaku građevinsku strukturu, od autobuskih čekališta do velikih poslovnih zgrada pa čak i u bašte, parkove itd. Iako tačna prognoza fotonaponskog učinka u zgradama zahteva pažljivu analizu različitih faktora kao što su količina sunčevog zračenja koje dolazi na površinu zgrade, stabilnost i kvalitet električnih instalacija, elektro-distributivne mreže itd., lako je shvatiti da ovakva tehnologija ima velike mogućnosti. Čak i u klimatskim uslovima koji se karakterišu osrednjom sunčevom ozračenosti, krov zgrade jednog domaćinstva dovoljan je za postavljanje fotonaponskog sistema koji mu može obezbediti dovoljno električne energije u toku cele godine.

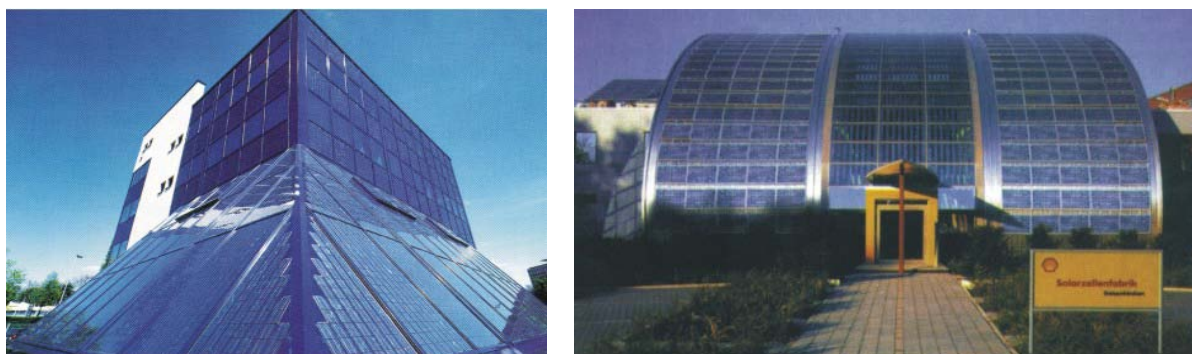
Fotonaponski moduli i generatori tradicionalno se postavljaju na specijalne potporne strukture, ali se mogu postaviti i na građevine, ili mogu da postanu integralni delovi zgrada (slika 4). Upotreba fotonaponskih sistema može značajno da smanji potrošnju električne energije iz elektrana. Zgrade mogu čak da se pretvore u male proizvođače i distributere električne energije što može da bude od opšte koristi.



Slika 4. Fasadni fotonaponski sistem povezan na elektro-distributivnu mrežu
Problem arhitektonske integracije fotonaponske tehnologije zahteva interdisciplinarn prilaz.

Ovo zahteva ne samo kolaboraciju i prisustvo visoko specijalizovanih stručnjaka u projektnom timu, već i razmatranje osetljivih problema vezanih za njihove socijalne, ekonomske i energetske aspekte. Na primer, fasada zgrade ne samo da mora da štiti od padavina i da reguliše gubitke toplote, već isto tako mora da reguliše protok sunčeve svetlosti, obezbedi zvučnu izolaciju, pruži jednostavnost u održavanju, a isto tako mora da zadovoljava i arhitektonske i estetske kriterijume (slika 5).

Pošto fasadni fotonaponski moduli mogu da zamenjuju klasične građevinske materijale, razlika u ceni, između solarnih elemenata po jedinici površine i materijala koji mogu da zamene, je od posebnog značaja. Tako je cena po jedinici površine fasadnog fotonaponskog sistema, povezanog na distributivnu mrežu, skoro ista kao i cena najkvalitetnijih materijala, kao što su na primer mermer ili ukrasni kamen, tako da su dodatne koristi od FFNS praktično besplatne.

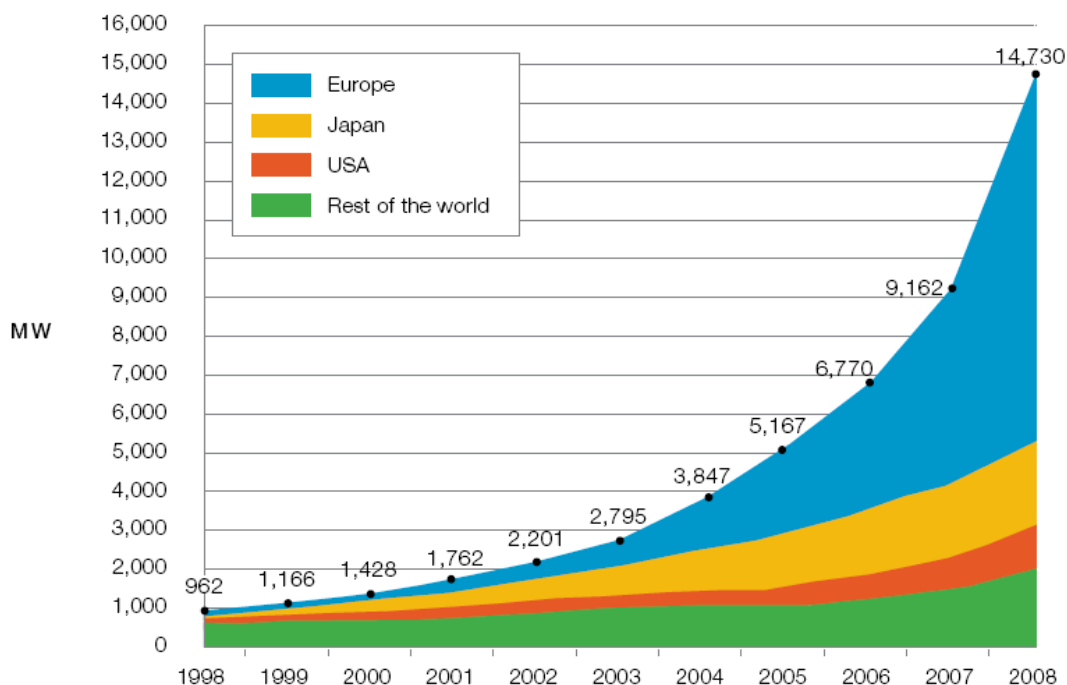


Slika 5. Primeri fasadnih fotonaponskih sistema

POTENCIJALI FOTONAPONSKIH UREĐAJA

Solarna fotonaponska tehnologija koja se ranije koristila uglavnom u svemirskim programima ili na udaljenim lokacijama, pa samim tim marginalna i egzotična u početku; u poslednjih desetak godina postaje osnovna tehnologija za proizvodnju i distribuciju električne energije u urbanim sredinama s potencijalom da po ceni postane podjednako konkurentna cenama energije dobijene i distribuirane konvencionalnim tehnologijama. Od 1990. godine industrija fotonaponske konverzije pokazuje konstantan godišnji privredni rast od preko 20%, a počevši od 1997 i preko 33% godišnje. U 2000. godini, ukupni instalirani kapaciteti u svetu premašili su 1000MW, a od tada pa do danas trend rasta prevazilazi 40% na godišnjem nivou. U zemljama u razvoju više od milion domaćinstava koristi električnu energiju proizvedenu pomoću fotonaponskih sistema.

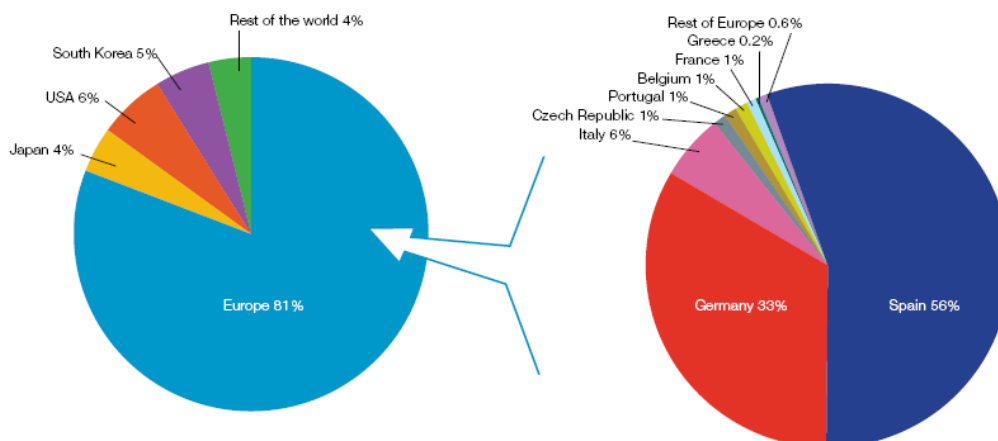
Sve veći broj kompanija i organizacija aktivno učestvuje u promociji, razvoju i proizvodnji fotonaponskih sistema. Kompanije koje proizvode i distribuiraju električnu energiju u saradnji sa proizvođačima solarnih uređaja, gradskim organizacijama i fondovima planiraju i realizuju sve veće projekte stičući neophodno iskustvo, mobilišući pažnju javnosti, a pri tom snižavajući cenu električne energije. Tržišna vrednost fotonaponske industrije trenutno iznosi više od \$ 5 milijardi godišnje, a očekuje se porast od preko \$10 milijardi godišnje do 2010. godine. Predstavnici fotonaponske solarne industrije su neke od vodećih svetskih kompanija kao što su Sharp, Mitsubishi, Sanyo, BP, Shell, Kyocera, itd.). Krajem 2009. godine ukupni instalirani fotonaponski kapaciteti širom sveta iznose 15GW, što za skoro 50% premašuje predviđanja data početkom 21-og veka. Na slici 6 prikazan je istorijski razvoj globalnih kumulativnih FN kapaciteta po svetskim regionima.



Slika 6. Istorijski razvoj globalnih kumulativnih FN kapaciteta po regionima

Pre desetak godina očekivalo se da će dve najperspektivnije primene FN sistema biti u sektoru velikih elektrana snage nekoliko megavata, povezanih sa distributivnom mrežom, i u desetak miliona kućnih solarnih sistema u zemljama u razvoju. Međutim, slika je danas nešto drugačija i tržištem dominiraju urbani (rezidencijalni) FN sistemi povezani sa elektro-distributivnom mrežom. U periodu od 2000. do 2005. godine ostvaren je relativni porast od 50% godišnje u broju umreženih solarnih FN elektrana. Predviđa se da će rezidencijalni sistemi povezani na elektro-distributivne mreže ostati glavni deo tržišta do 2010. godine. Štaviše, studije Evropske fotonaponske industrijske asocijacije (EPIA) i organizacije Greenpeace [3] predviđaju da će polovina od 207GW kapaciteta u 2020. biti sistemi povezani za elektro-distributivnu mrežu od kojih će 80% biti instalirani u rezidencijalnim zgradama.

Fotonaponska industrija je sve prisutnija u nacionalnim energetske strategijama sve većeg broja zemalja. Regionalna distribucija FN tržišta u svetu i Evropi prikazana je na slici 7.



Slika 7. Regionalna distribucija FN tržišta u 2008. godini (levo) i distribucija tržišta u Evropi (desno) na kraju 2008. godine [3].

Tako, na primer, Japansko Ministarstvo za ekonomiju, trgovinu i industriju (METI), planira da instalira fotonaponske sisteme snage skoro 5GW do 2020. godine, a predviđa se da do 2030. godine ovi kapaciteti porastu na 82,8GW. Očekuje se da se u toku istog perioda cena sistema snage 3kW smanji sa \$3/W na \$1,5/W.

Nemačka pruža ilustrativni primer usvajanjem dalekosežnog zakona („eng. feed in-tariff“) o državnim stimulansima OIE po kome se počevši od 1. januara 2000. godine vlasnicima umreženih FN sistema isplaćuje nadoknada od €0.51 (u početku 99 pfeninga) po svakom kilovat-času generisane energije, u periodu od 20-25 godina. Svake godine, cena nadoknade postepeno će se smanjivati sve dok ukupni kapaciteti ne dostignu vrednost od 1000MW (ova vrednost je povećana sa 350MW sredinom 2002. godine). Pokazalo se da je ovakav pristup imao snažan podsticaj za povećanje broja instaliranih FN sistema širom zemlje.

Cilj Evropske unije je bio da do 2010. godine ukupni kapacitet instaliranih FN sistema dostigne 3GW, ali je taj cilj dostignut već 2006. godine tako da su ukupni kapaciteti na kraju 2008. godine iznosili 9,5GW, što je preko tri puta više nego što je planirano. Iako je EPIA (European Photovoltaic Industry Association) predvidela da bi se ovaj cilj mogao ostvariti pod uslovom da se cene modula smanje ispod €2/W, što bi uslovalo da cene kompletnih FN sistema budu između €2,75 i €3/W.

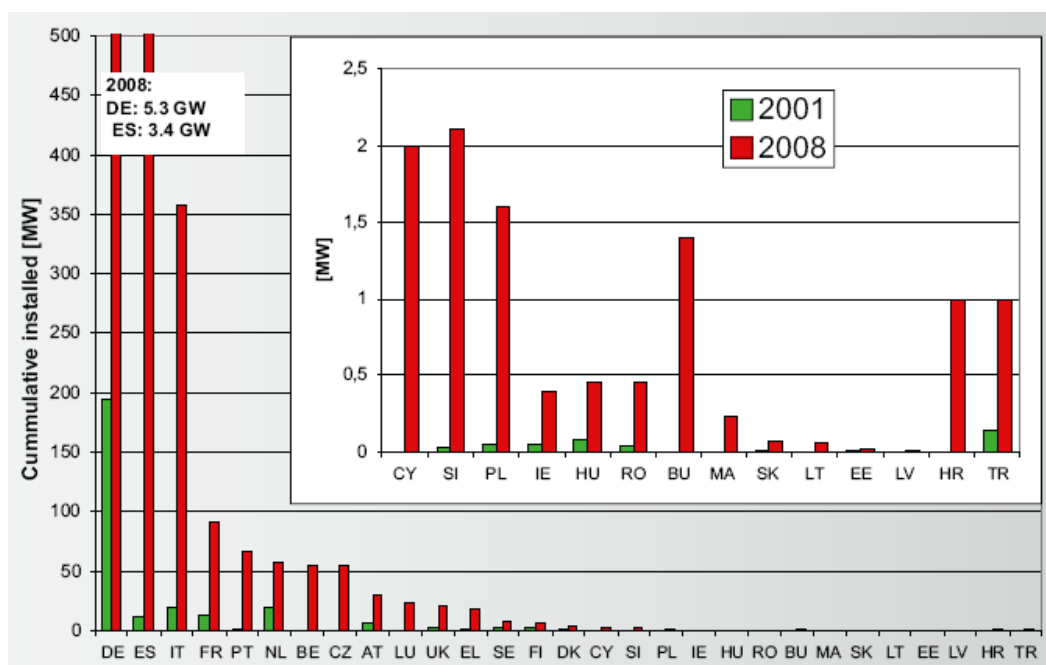
Od 1995. godine američka industrija FN sistema pokazuje godišnji rast od 30%, a ukupni instalirani kapaciteti dostižu 350MW. Važan podsticaj za FN tržište učinjen je 1997. godine kada je tadašnji predsednik Klinton objavio „Inicijativu za milion solarnih krovova“ čiji je cilj smanjenje upotrebe fosilnih goriva instaliranjem jednog miliona solarnih sistema do 2010.god.

Velike multinacionalne kompanije organizuju posebne poslovne ogranke za solarne FN sisteme (BP, Shell, etc.). S druge strane, grupe koje se bore za očuvanje prirodne sredine, kao što je Greenpeace, aktivno promovišu primenu FN sistema u cilju povećanja potražnje i smanjenja cena.

Trenutno cene FN modula iznose oko €2,5 – €3,5/W, a kompletni sistemi se instaliraju po ceni od €4-6/W, u zavisnosti od tipa i veličine sistema [4]. Uz tipičnu godišnju proizvedenu snagu između 750 kWh i 1500 kWh po instaliranom kW, dobija se cena solarne struje od 20 do 40 ¢€/kWh (eurocenti po kilovat-času). Konstantan porast proizvodnih kapaciteta uz stalan napredak istraživanja i razvoja omogućuje pouzdano predviđanje cene niže od €2/W u 2010. godini. Očekuje se da cena najjeftinijih FN sistema koji se sastoje of tankoslojnih FN modula (a-Si, CdTe ili CIGS tehnologija) iznosi oko €1,7/W, što bi značilo da je cena fotonaponski generisane struje manja od 10 ¢€/kWh. Time bi se cena struje dobijene iz FN instalacija izjednačila ili pala ispod cena električne energije koja se dobija iz tradicionalnih elektrana.

STANJE I RAZVOJ FN TEHNOLOGIJE U EVROPSKOJ UNIJI I SRBIJI

Da bi se potencijal FN tehnologije u Srbiji stavio u odgovarajući kontekst, potrebno je razmotriti stanje ove industrijske grane u Evropskoj uniji. Evropska komisija je 2001. godine postavila cilj zemljama Evropske unije da povećaju korišćenje obnovljivih izvora energije, odnosno da udeo električne energije iz OIE u ukupnoj potrošnji električne energije u EU bude 22,1% u 2010. godini. Shodno tome, sve zemlje članice su preuzele obavezu povećanja električne energije generisane iz OIE za procenat određen za svaku zemlju posebno. U tom cilju su uspostavljeni odgovarajući podsticajni mehanizmi usmereni ka investitorima u formi podsticajnih otkupnih cena (eng. feed-in tariff). Ista komisija je 2007. godine postavila za cilj da udeo OIE u ukupnoj potrošnji energije u EU do 2020. godine bude 20%, dok je svakoj zemlji ostavljen izbor sa kojim vrstama obnovljivih izvora energije će ostvariti cilj. Između 2003. i 2008. godine instalacije FN sistema u EU su povećane preko deset puta i dostigle 9,5GW ukupnih kapaciteta na kraju 2008. godine [3]. Od toga je u Nemačkoj instalirano 5,3GW, a u Španiji 3,4GW, što znači da se u Nemačkoj nalazi više od polovine evropskih kapaciteta. Na slici 8. komparativno su prikazani evropski FN kapaciteti povezani sa distributivnom mrežom u 2001. i 2008. godini. Važno je primetiti da ukupni instalirani kapaciteti ne odgovaraju prirodnim resursima sunčevog zračenja, jer je, na primer, prosečna vrednost globalnog zračenja za teritoriju Nemačke jednaka evropskom proseku, i kako je napomenuto ranije, znatno manja od vrednosti za Srbiju. Od 1999. godine Nemačka i Španija beleže najveći broj investicija u proizvodne kapacitete solarnih ćelija i modula. Ove dve zemlje su ostvarile najstabilnije i najfunkcionalnije pravne uslove za fizička i pravna lica koja investiraju u FN sisteme i „zelenu” tehnologiju.



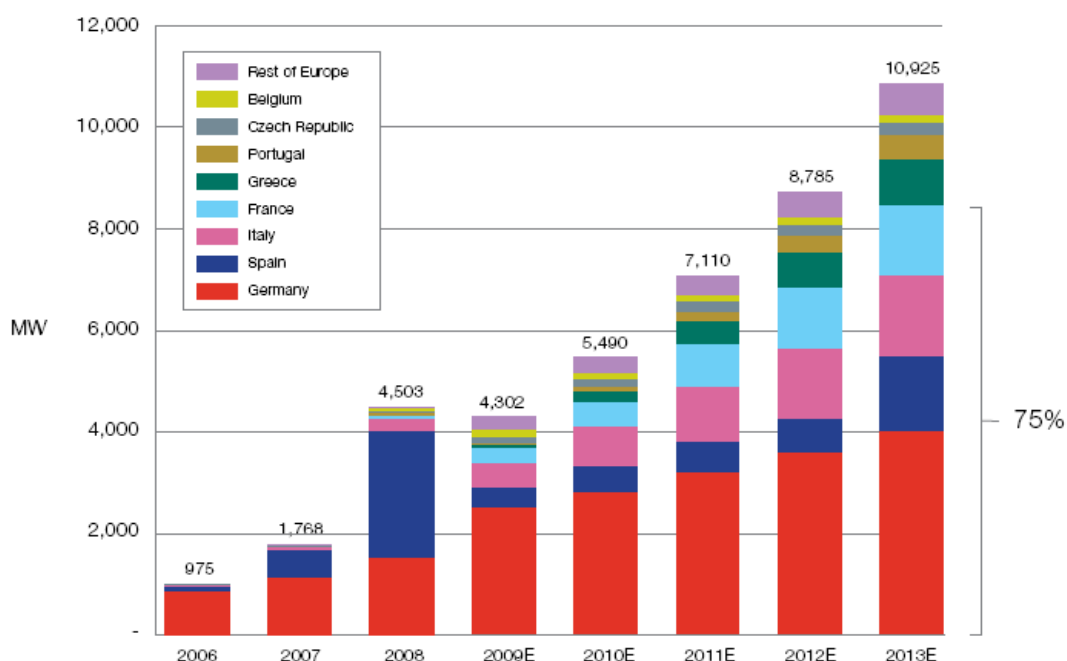
Slika 8. Ukupni Evropski FN kapaciteti povezani sa distributivnom mrežom na kraju 2008. godine, u poređenju sa stanjem u 2001. godini

Na osnovu studije Greenpeace-a i EPIA na svaki MW u proizvodnji solarnih uređaja otvara se 10 novih radnih mesta, dok se 33 radnih mesta po MW otvara u toku instalacije sistema [5]. Novih 3-4 radnih mesta se stvara u toku prodaje i indirektno dostave, a 1-2 mesta se otvara u istraživačkom sektoru. Na osnovu najnovijih podataka broj zaposlenih u evropskoj FN industriji je daleko premašio 100 000 u 2008. godini. Električna energija iz FN sistema

pored otvaranja velikog broja radnih mesta, ima i druge pozitivne uticaje na ekonomiju. Prvo, povećanjem FN instalacija smanjuje se zavisnost EU od uvoza energenata. Konkretno, procenjuje se da je povećanje cene sirove nafte za \$10/barelu, sa \$50/barelu na \$60 po barelu, smanjilo BND (bruto nacionalni dohodak) u EU za 41,9 miliona evra od 2005. do 2007. godine [6]. Očigledno je da bi nova povećanja cena pogoršala trenutnu situaciju, a neki ekonomski analitičari tvrde da je ekonomska kriza 2008-2009. godine prouzrokovana brzim povećanjem cene sirove nafte od 2003. godine kulminirajući u julu 2008. godine [7]. Drugo, električna energija iz FN sistema se obično proizvodi u periodima najveće potražnje što u ekonomskoj terminologiji odgovara periodima kada je cena električne energije najveća. S druge strane, FN proizvodnja električne energije je najbolja u uslovima ekstremno visokih temperatura kada je, na primer, efikasnost hidroelektrana smanjena usled smanjenog dotoka vode. U toku ekstremno toplih vremenskih uslova u julu 2006. godine, cene na evropskoj berzi električne energije, European Electricity Exchange (EEX), bile su veće od cene ubrizgavanja (feed-in tarife) u Nemačkoj.

Konstantno povećanje proizvodnih kapaciteta solarnih FN ćelija i modula ima veoma važnu ulogu u odnosu na veliko tržište koje za ove proizvode postoji u ruralnim krajevima Azije, Afrike i Južne Amerike, gde još uvek oko 2 milijarde ljudi nema pristup električnoj energiji. Od strateškog je značaja za Evropu da osvoji i zadrži ovo tržište, kako zbog mogućnosti otvaranja novih radnih mesta, tako i da zadrži vodeću poziciju u svetu u ovoj industriji.

Plan da evropski instalacioni kapaciteti do kraja 2010. godine dostignu 3GW električne energije proizvedene FN tehnologijom prevaziđen je još 2006. godine. Sličan rast je zadržan i u periodu od 2001. do 2008. god, a očekuje se da do 2010. neto udeo FN električne energije u evropskoj proizvodnji električne energije iznosi 0.5%. Impresivan rast i održivost ovog trenda zahteva pouzdane i stabilne političke uslove kako bi se omogućile i osigurale profitabilne investicije uložene u FN tehnologiju. Na slici 9. predstavljen je očekivani razvoj FN tržišta (pod regulativnom inicijativom) do 2013. godine [8].



Slika 9. Očekivani regulativno podstican razvoj evropskog FN tržišta do 2013. godine

ISTRAŽIVANJA VEZANA ZA FN TEHNOLOGIJE

Pored 27 nacionalnih istraživačkih programa i razvoja, Evropska unija finansira istraživačke (DG RTD) i razvojne projekte (DG TREN) u okviru FP programa (Framework Program) od 1980. godine [11]. Fondovi za ove projekte predstavljaju važan podsticaj za evropski program u oblasti FN tehnologija. Veliki broj istraživačkih grupa, od malih istraživačkih grupa sa Univerziteta do timova velikih istraživačkih centara, uključeni su u program koji obuhvata istraživanja vezana za FN poluprovodničke materijale do industrijskih procesa optimizacije. U toku 6-og FP programa ustanovljena je platforma za FN tehnologiju [9] koja je imala za cilj da mobiliše sve istraživače koji se prihvataju dugoročnog evropskog programa istraživanja vezanog za FN tehnologiju. Platforma je razvila Evropsku stratešku agendu za FN istraživanja u toku sledećih deset godina s ciljem da Evropa zadrži vodeću ulogu u FN industriji [10]. Posebna uloga u novom FP 7 programu, koji je počeo 2007. godine i traje do 2013. godine, dodeljena je osnovnim istraživanjima vezanim za FN tehnologije [12]. Predviđa se da kroz tehnološki razvoj cena FN električne energije koja je povezana sa distributivnom mrežom bude između 0.10 i 0.25 €/kWh u poređenju sa trenutnom cenom koja se kreće između 0.25 i 0.65 €/kWh, u zavisnosti od lokalnog sunčevog zračenja i uslova na tržištu. Očekuje se da rezultati istraživanja i razvoja omoguće smanjenu potrošnju materijala, veću efikasnost solarnih uređaja i poboljšanje proizvodnih procesa baziranih na poštovanju ekoloških standarda i ciklusa.

STANJE FN TEHNOLOGIJE U SRBIJI

Korišćenje i razvoj FN tehnologije u EU mogu da predstavljaju podsticaj, ali i okvir unutar koga bi Srbija mogla da iskoristi svoje klimatske resurse, ali i istraživačke i industrijske potencijale za što bržu adaptaciju evropskim standardima i priključak razvojnim planovima i programima. Sličan pristup bi trebalo usvojiti i za ostale obnovljive izvore energije.

U toku 21-og veka Srbija će morati da primeni mudru energetske strategiju koja će obuhvatati nekoliko inovativnih mera efikasnog korišćenja energije, brz porast obnovljivih energetske kapaciteta i korišćenje fosilnih goriva uz pridržavanje visokih ekoloških normi u cilju očuvanja prirodne sredine i klimatskih uslova. Uprkos velikog dugoročnog potencijala, fotonaponska tehnologija će u početku igrati sporednu ulogu, ali će njen doprinos konstantno rasti, kako u urbanim tako i najudaljenijim mestima u Srbiji. Instalacioni potencijali za FN sisteme do 2012. godine iznose oko 20MW. Planovi i strategija za razvoj evropske FN tehnologije trebalo bi da budu putokaz domaćoj naučnoj i političkoj javnosti koje sve aktivnosti u istraživačkom, tehnološkom, korisničkom i političkom domenu treba da preduzme u cilju što bržeg i efikasnijeg integrisanja u evropske programe. S druge strane, zbog nedovoljne energetske efikasnosti u Srbiji, izuzetno nepovoljne ekonomske situacije te nestabilnih cena fosilnih goriva, ali i čestih povećanja cena električne energije, trebalo bi što pre početi sa primenom FN tehnologije uz stvaranje odgovarajuće strategije razvoja u skladu sa evropskim planovima, naravno koliko to trenutne ekonomske mogućnosti dozvoljavaju.

Brz porast FN industrije u svetu uz porast proizvodnih kapaciteta i pozitivnu političku klimu u zemljama kao što su Nemačka, Španija, USA i Japan (kao i Kina, Italija, Koreja, Grčka itd.) obećavaju dobru perspektivu fotonaponskim tehnologijama i u Srbiji. Međutim, FN

industrija zahteva pogodne i stabilne političke uslove u Srbiji za konstantan i održiv razvoj. Brze ili nagle promene u uslovima i iznosima subvencija te političkim stavovima mogu da dovedu u pitanje pozitivan razvojni trend. Uzimajući u obzir današnji značaj FN tehnologija, njihove dugoročne potencijale i vreme potrebno da se ovakve tehnologije razviju, razvoj i primene ovih tehnologija potpuno opravdavaju i ohrabruju državnu podršku i subvencije. Dodajmo pri tome da FN industrija može znatno da doprinese privredi zemlje otvaranjem novih radnih mesta, kao i razvoju malih i srednjih preduzeća.

U oblasti osnovnih i primenjenih istraživanja nekoliko veoma uspešnih projekata koje finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj (MNTR) odnose se na istraživanja u oblasti nano-materijala. Ovi projekti su u indirektnoj vezi za FN tehnologijom, i mogli bi lako da se uklope ili kreiraju saradnju sa evropskim projektima vezanim za FN istraživanja i razvoj, ali i da se rezultati istraživanja iskoriste za povezivanje domaćih razvojnih centara sa evropskom industrijom. Ne treba zaboraviti da je jedan od evropskih ciljeva osvajanje ogromnog tržišta u Aziji, Africi i Južnoj Americi, i čak i mali udeo Srbije u okviru kooperacije sa evropskim industrijskim centrima bi značio mnogo i za domaću industriju i za ekonomiju. Trebalo bi posebno favorizovati projekte tehnološkog razvoja koji se odnose na povezivanje FN sistema sa distributivnom mrežom u svetlu velike ekspanzije ovog već razvijenog načina proizvodnje električne energije u Evropi, i to u zemljama sa manje povoljnim klimatskim uslovima od Srbije. Interesantno je da ni prethodnih godina, a ni sada, ne postoji nijedan projekat tog tipa koji finansira neko ministarstvo u Srbiji.

PREPORUKE

Pošto je Srbija u grupi zemalja čija potrošnja energije, naročito električne, nije previše racionalna, potrebno je povećati interesovanje za obnovljive izvore energije (OIE) i omogućiti edukovanje stanovništva o značaju i prednostima energetske efikasnosti i korišćenju solarne energije. Posebno treba naglasiti ekonomski aspekt, ali i uticaj na očuvanje prirodne sredine. Programi ovog tipa mogli bi biti organizovani i koordinisani na nacionalnom nivou, ali i od strane relevantnih naučnih institucija, kao i od strane neprofitnih i drugih organizacija.

Energetska politika Srbije promovisana u Zakonu o energetici iz 2004. godine, ima za cilj da se u savremenim okolnostima i u skladu sa politikom približavanja Evropskoj uniji uspostave kvalitativno novi uslovi rada, poslovanja i razvoja proizvodnih energetskih sektora i sektora potrošnje. U skladu s tim je 2005. godine usvojena „Strategija dugoročnog razvoja energetike Srbije do 2015. godine“, a 2007. godine i „Program ostvarenja strategije do 2012. godine“, gde su postavljeni strateški ciljevi koji će važiti u periodu do 2030. godine. Važan napredak predstavlja usvajanje uredbe o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem OIE [13], koja se primenjuje od 1. januara 2010. godine do 31. decembra 2012. godine, a kojom se propisuju mere podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i za otkup te energije, odnosno cene ubrizgavanja (feed-in tarife). Na osnovu ove uredbe otkupna cena za FN solarnu energiju iznosi 23 ¢€/kWh, na 12 godina. Poređenja radi, najviša zakonski garantovana otkupna cena ubrizgavanja u Evropi iznosi 54 ¢€/kWh u Nemačkoj, a okolne zemlje ili nemaju odgovarajuću zakonsku regulativu (kao Rumunija i Bugarska), ili imaju znatno nižu otkupnu cenu (kao Mađarska, 10 ¢€/kWh). Od zemalja bivše Jugoslavije, cena u Sloveniji iznosi 37 ¢€/kWh, a u Hrvatskoj 46 ¢€/kWh. Do 2004. godine FN tržište u Sloveniji je bilo veoma slabo razvijeno, međutim od 2005. godine konstantno raste u iznosu od 100% godišnje, a održiv rast se očekuje do kraja 2010. godine, kada se očekuje sporiji rast zbog saturacije relativno malog tržišta. Nadamo se da će se slična situacija ponoviti i u Srbiji počevši od 2012. godine, s obzirom da će otkupna cena do tog perioda biti na nivou slovenačke do 2004. godine. S obzirom na intenzivne ekonomske, trgovinske i političke veze sa Slovenijom, trebalo bi iskoristiti slovenačko iskustvo za što brži razvoj FN tržišta u Srbiji.

Sledeći korak bi trebalo da bude donošenje zakona o racionalnoj potrošnji energije, kao i dopune i izmene zakona o energetici kako bi se prilagodio evropskim zahtevima i standardima, kao i standardima na koje se Srbija obavezala potpisujući Ugovor o energetske zajednici zemalja Evrope. Ovde treba pomenuti i izradu i dostavljanje planova za implementaciju Direktive Evropske Komisije iz 2001. i 2007. godine o povećanju korišćenja OIE. U sklopu ovih aktivnosti mogao bi da se formira fond za energetske efikasnosti koji bi pomogao racionalnijem korišćenju svih vidova energije, a naročito električne.

Od velike važnosti bi bilo i reaktiviranje mreža meteoroloških stanica koje su do 1991. godine kontinuirano merile sunčevo zračenje čime bi se omogućila analiza klimatologije zračenja na nivou celokupne teritorije Srbije i odredio stepen kvaliteta područja koja su potencijalno povoljna za pretvaranje sunčeve energije u električnu [2]. Svakako je aktuelna i izgradnja novih stanica za praćenje solarnog zračenja naročito u urbanim sredinama radi efikasne primene fasadnih FN sistema. U skladu s ovim predlogom je i formiranje odgovarajućeg Centra za sunčevo zračenje, koji bi uspostavio nacionalni etalon za sekundarne i radne etalone za sunčevo zračenje radi usklađivanja kalibracije odgovarajućih instrumenata.

Potrebno je podstaći naučne institucije da organizuju naučne projekte čiji program obuhvata osnovna i primenjena istraživanja čiji se rezultati mogu koristiti u FN tehnologiji. Ovo se prvenstveno odnosi na istraživanja vezana za istraživanje i razvoj nano-materijala, ali i projekata koji imaju za cilj efikasno korišćenje FN sistema i njihovu integraciju u distributivni elektro-energetski sistem.

Trebalo bi što pre upoznati širu javnost sa sadržajem novih uredbi o povlašćenim proizvođačima električne energije i podsticajnim otkupnim cenama električne energije proizvedenim iz FN sistema. Posebno treba naglasiti da podsticajna cena omogućava svakom investitoru sa povlašćenim statusom da u periodu od 12 – 15 godina povрати sva uložena sredstva u FN sisteme uključujući i operativne troškove odnosno troškove održavanja nastale u istom periodu. Podsticajne otkupne cene ne zavise od doba dana ili godine kada se električna energija proizvodi. Pojednostavljenje administrativnih i tehničkih zahteva za povezivanje domaćinstava sa distributivnom električnom mrežom je neophodno u cilju bržeg povećanja broja FN korisnika, kao i zbog popularizacije ove tehnologije. U skladu s tim, potrebno je u odgovarajućim institucijama oformiti dobro obučeni i edukovani kadar koji bi, ne samo poznao nove tehnologije, već i pratio razvoj FN sistema i novih evropskih standarda iz te oblasti.

Već u narednih nekoliko godina arhitektonski planovi i građevinska rešenja za nove zgrade u urbanim sredinama trebalo bi da koriste fasadne FN uređaje, a slična praksa bi se primenjivala i pri renoviranju starih. Dakle, fasadni FN moduli bi trebalo da postanu obavezni deo građevinskog materijala kao što su to, na primer, prozori ili vrata. Pojava čak i malog broja ovakvih modernih sistema na građevinama u urbanim sredinama bi predstavljao najbolju reklamu za FN tehnologiju i podstakao bržu primenu u građevinarstvu, ali i u domaćinstvima. Svakako ovakav trend bi zahtevao i odgovarajuće tehničke propise i neophodnu standardizaciju. Monitoring energetske efikasnosti zgrada sa FN tehnologijom bi trebalo da bude dostupan javnosti putem interneta, a takođe i podaci o energetskim potrebama i potrošnji u poređenju sa standardnim zgradama, kao i prateći ekonomski efekti. Uz dobro planiranu i efikasnu politiku korišćenja obnovljivih izvora energije primena FN tehnologije bi bila višestruko korisna i isplativa.

LITERATURA

1. Turco, R.P. (2002) Earth under siege: from air pollution to global change. (2nd ed) Oxford University Press. (ISBN 0195142748);
2. Studija energetskog potencijala Srbije za korišćenje sunčevog zračenja i energije vetra, NPPE, Evidencioni br. EE704-1052A, Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine, Beograd, 2004;
3. European Photovoltaic Industry Association (EPIA); 2008 Annual report <http://www.epia.org/publications/epia-publications.html>;
4. Solarbuzz Consultancy Reports, <http://www.solarbuzz.com/Moduleprices.htm>;
5. PV Status Report 2009. (Research, Solar Cell Production Market Implementation of Photovoltaics) , European Commission, Joint Research Center, Institute for Energy, 2009;
6. Grupa autora, Liber Perpetuum, Knjiga o potencijalima obnovljivih izvora energije u Srbiji i Crnoj Gori, OSCE Mission to Serbia and Montenegro, 2004;
7. Greenpeace International, European Renewable Energy Council (EREC), 2008, ISBN 9789073361898;
8. European Photovoltaic Industry Association (EPIA); Global Market Outlook until 2013. <http://www.epia.org/publications/epia-publications.html>;
9. European Commission, DG ECFIN; REP-EN-51952;
10. International Energy Agency, Oil Market Report, 2008;
11. PV Technology Platform; <http://www.eupvplatform.org>;
12. PV Technology Platform Strategic Research Agenda for Photovoltaic Solar Energy Conversion Technology, June 2007. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. ISBN 978-92-79-05523-2;
13. Uredba o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije, Službeni Glasnik RS, broj 84/04, na osnovu člana 123 tačka 3. Ustava Republike Srbije, a u vezi sa Zakonom o Energetici.