

HR_1. PREDGOVOR

Trenutno prolazimo kroz razdoblje rapidnog razvoja proizvodnje električne energije iz fotonaponskih sustava. U proteklih godinu ili dvije, broj instaliranih fotonaponskih modula za proizvodnju energije porastao je kako u razvijenom svijetu tako i u zemljama u razvoju, a projekti izgradnje novih sustava ukazuju na nastavak započetog trenda rasta. Troškovi proizvodnje fotonaponskih modula smanjuju se iz godine u godinu, a pouzdanost i učinkovitost izmjenjivača stalno se poboljšava. Kroz istraživanje i razvoj neprestano se povećava broj različitih vrsta fotonaponskih modula, pri čemu se najveća pažnja pored učinkovitosti usmjerava na životni vijek korištenih materijala i reintegraciju tih materijala u reciklažni proces. S gledišta gospodarenja energijom na makro razini, prednost je proizvodnje energije iz fotonaponskih sustava to što fotonaponski sustav čini električnu energiju dostupnom onda kada je najviše potrebna (tijekom ljetnih dana kad klimatizacija povećano opterećuje distribucijsku mreže). Moguće je i skladištenje proizvedene električne energije (npr. elektroliza za dobivanje vodika). Za vjerovati je da će istraživanja i razvoj vezani uz električna vozila utjecati na razvoj novih i učinkovitijih vrsta elektromotora u budućnosti. Iako tehnološki razvoj promiče širenje skladištenja energije, politička i društvena volja igrat će značajniju ulogu u tom procesu.

Spomenute činjenice daju ohrabrenje za budućnost jer ubrzana stopa rasta proizvedene električne energije iz obnovljivih izvora energije pozitivno utječe na okoliš i pomaže u borbi protiv klimatskih promjena. Sve bi trebalo biti popraćeno složenom analizom utjecaja dinamičkog rasta proizvedene električne energije iz obnovljivih izvora energije. Proizvodnja električne energije iz fotonaponskih sustava podrazumijeva ne samo tehničko-tehnološke preduvjete i učinke, nego i socijalne, ekonomske i ekološke čimbenike koji su barem jednako važni. Stoga je neizostavna provedba istraživanja u međudisciplinarnim područjima. Ova knjiga predstavlja sinopsis zajedničkog rada dvaju istraživačkih timova različitih profila u kojem se obrađuju najznačajniji parametri u vezi društvenih, ekonomskih, ekoloških i regionalnih učinaka fotonaponskih sustava. Njeno trojezično izdanje prikaz je početnih rezultata složenog, zajedničkog međudisciplinarnog znanstveno-istraživačkog rada te predstavlja nastavak zajedničke publikacije naslova „Napenergia és Környezet” („Fotonaponska energija i okoliš”) u kojoj su analizirani uvjeti za proizvodnju električne energije iz fotonaponskih sustava. S obzirom na to da početni uspjesi i rezultati daju razloga za optimizam, namjera je nastaviti s zajedničkim radom i nakon završetka projekta kojeg financira EU.

HR_2. UVOD

Europska unija je prepoznala ogroman potencijal za razvoj na području energetske učinkovitosti i obnovljivih izvora energije. Fotonaponski sustavi u cjelini su nova tehnologija te se javlja potreba za njihovim daljnjim istraživanjem. Članovi hrvatskog projektnog tima s Elektrotehničkog fakulteta Osijek imali su priliku kroz studentska putovanja u Barceloni, u sklopu ERASMUS programa, kontaktirati znanstvenike iz područja obnovljivih izvora energije i energetske elektronike iz Centra za tehnologijska istraživanja i razvoj, Tehničkog sveučilišta Katalonije. Predstavljena su im tehnička dostignuća iz raznih područja, pri čemu je posebna pažnja posvećena fotonaponskim sustavima. Projekt akronima REG-PHOSYS upravo se temelji na takvim iskustvima i istraživanjima članova projektnog tima u području fotonaponskih sustava i energetske elektronike. Centar za regionalna istraživanja iz Pečuha,

Mađarske akademije znanosti, svojim aktivnostima na području ekonomije i zaštite okoliša kompetentan je partner za istraživanje socio-tehno-ekonomskog utjecaja fotonaponskih sustava na prekograničnu regiju.

Opći cilj projekta je razvoj konfiguracije optimalnog fotonaponskog sustava za klimatske uvjete prekograničnog područja. Istražit će se utjecaj fotonaponskih sustava na elektroenergetski sustav, ekonomiju i okoliš. Razvit će se zajednička baza znanja o karakterističnim obilježjima značajnim za primjenu fotonaponskih sustava i bit će uspostavljena prekogranična inovacijska mreža istraživačkih timova za razvoj fotonaponskih sustava. Nadalje, fotonaponski sustav će biti optimiziran za klimatske uvjete prekograničnog područja koje zahvaća u smislu odabira fotonaponskih modula različitih tehnologija izrade. Biti će poboljšana suradnja između znanstvenih institucija i gospodarskih aktera s obje strane granice vezano uz utjecaj fotonaponskih sustava na regiju. Lokacije projekta u smislu istraživanja i razvoja su Osijek i Pečuha, a lokacija utjecaja projekta je istočna Hrvatska i južna Mađarska. Istraživački tim s Elektrotehničkog fakulteta Osijek koristiti će inovativne metode u mjerenju i ispitivanju fotonaponskih sustava, kako bi članovi akademske zajednice na području fotonaponskih sustava, ali i projektanti fotonaponskih sustava dobili vrijedne podatke za optimiranje fotonaponskih sustava. Također, osnovati će se timovi za inovacijsko istraživanje, kao i za razvoj fotonaponskih sustava u budućnosti.

Dodatni operativni cilj projekta je osnivanje i opremanje Laboratorija za obnovljive izvore energije na Elektrotehničkom fakultetu Osijek. Izravna ciljana skupina su studenti preddiplomskog i diplomskog studija Elektroenergetike koji će kroz laboratorijske i konstrukcijske vježbe dobiti praktična znanja o fotonaponskim sustavima. Neizravna ciljana skupina su članovi znanstvenih zajednica u području obnovljivih izvora energije, posebno fotonaponskih sustava i projektiranja fotonaponskih sustava. Također, neizravne ciljane skupine su gospodarstvenici i potencijalni privatni investitori koji bi mogli biti motivirani da na osnovu mjerenja i optimiranja fotonaponskih sustava ulažu u razvoj fotonaponske opreme.

Monografija objedinjuje i predstavlja rezultate istraživanja na projektu u sva tri segmenta istraživanja: tehničkom, ekonomskom i socijalnom. Nakon uvoda o sunčevoj energiji pri čemu se pojašnjavaju osnovni pojmovi potrebni za razumijevanje rada fotonaponskih sustava sljede rezultati mjerenja kroz koje su predočene tehničke značajke fotonaponskih sustava s obzirom na elemente klime prekogranične regije. Analiza fotonaponskih sustava provedena je s obzirom na različite tehnologije proizvodnje fotonaponskih ćelija, tj. fotonaponskih modula. Mjerenja su obavljena za pet različitih fotonaponskih modula kristalične i tankoslojne strukture. Prema strukturi fotonaponskog sustava, mjerenja su obavljena na strani priključka na pojnu mrežu, tzv.izmjenična strana, te na strani fotonaponskih panela, tzv. istosmjerna strana. Na osnovu mjerenja na istosmjernoj strani stvorena je baza podataka koja služi za procjenu proizvodnje električne energije fotonaponskih sustava različitih tehnologiju. Za procjenu proizvodnje električne energije korišten je fotonaponski emulator.

Analiza koristi i troškova (eng. cost-benefit) pokazuje koliki su troškovi i dobiti za različite fotonaponske sustave u prekograničnij regiji. „Cost.benefit” analiza je nezamjenjiva pri utvrđivanju razvojnih prioriteta fotonaponskih sustava kako za Hrvatsku, tako i za Mađarsku. S pomoću istraživanja utjecaja fotonaponskih sustava na okoliš, te socijalnog i ekonomskog utjecaja fotonaponskih sustava na regiju, dane su smjernice za izbor optimalnog fotonaponskog sustava za područje prekogranične regije.

U knjizi su identificirani potencijalni socijalni utjecaji do kojih se može doći uslijed nekoliko čimbenika, kao što su: promicanje proizvodnje električne energije iz fotonaponskih

sustava, odnosno poticanje investicija vezanih uz instaliranje fotonaponskih sustava, način na koji su te investicije predstavljene u okruženju i interakcije pojedinačnih sudionika s fotonaponskim sustavima. Nadalje, ispitani su utjecaji spomenutih čimbenika u pogledu širenja inovacija i utjecaj tog procesa na određene skupine kao i na njihove odluke koje se odnose na proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora, prije svega iz energije Sunca.

Pri razmatranju utjecaja na okoliš, skrenuta je pažnja i na pitanja korištenja zemljišta i emisija ugljičnog dioksida. U dijelu u kojem se istražuje životni vijek fotonaponskih modula uzet je u obzir i otpad koji nastaje upotrebom takvih modula te su prikazana rješenja za reciklažu koja se mogu primijeniti na fotonaponske module.

Na kraju, predstavljen je i kratak prikaz proizvodnje električne energije iz fotonaponskih sustava u odnosu na druga rješenja za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije te je dan uvid u moguće prednosti i nedostatke koji su karakteristični za proizvedenu električnu energiju iz fotonaponskih sustava.

HR_3. UVOD U SUNČEVU ENERGIJU I OSNOVE O FOTONAPONSKIM SUSTAVIMA

HR_3.1. Energija sunčevog zračenja

Sunčeva energija kontinuirano dolazi na Zemlju koja se vrti oko svoje osi i oko Sunca. Sunčevo zračenje na zemljinu površinu je promjenjivo promatrajući ga na dnevnoj i sezonskoj bazi. Energija sunčevog zračenja E_0 koja dolazi na rub zemljine atmosfere, ovisno o udaljenosti između Sunca i Zemlje, iznosi između 1307-1399 W/m² pri optimalnom kutu ozračenja površine (vertikalno u odnosu na smjer zračenja Sunca). Srednja vrijednost zvana solarna konstanta iznosi: $E_{0sr}=1367.7$ W/m². Za različite udaljenosti između Sunca i Zemlje solarnu konstantu računamo po formuli (Požar, 1973.):

$$E_o = E_{0r} \left(\frac{r}{R} \right)^2$$

gdje su:

- r – prosječna udaljenost Zemlje od Sunca
- R – realna udaljenost Zemlje od Sunca (uzimajući u obzir konstantu za određeni dan).

Zbog blage ekscentričnosti rotacije Zemlje oko Sunca solarna konstanta oscilira cca. ± 3,4 % na godišnjoj razini, što se za određeni dan u godini u [W/m²] može izračunati iz (Požar, 1973):

$$E_o(n) = \varepsilon_0(n)E_{0r} = \left(1 + 0.034 \cos \frac{360^\circ n}{365^\circ} \right) E_{0r}$$

gdje su:

- ε – ekscentričnost elipse
- n – dan u godini.