

Analiza rada fotonaponske elektrane radi optimizacije potrošnje energenata

Danijel Koprivanac*, Igor Petrović** i Ivan Hedi*

* Veleučilište u Virovitici, Virovitica, Hrvatska

** Parpar d.o.o., Bjelovar, Hrvatska

danijel.koprivanac@vuv.hr, igor.petrovic@parpar.hr, ivan.hedi@vuv.hr,

Energetska politika Europske unije naglašava razvoj obnovljivih izvora energije kao alternativu klasičnim skupim izvorima energije. Geopolitička situacija u svijetu i rast cijena energenata u 2022. godini, dovodi do bržeg povrata investicija u obnovljive izvore energije. Zadatak ovog rada analizira fotonaponsku elektranu kao jedan primjer obnovljivog izvora energije, te provodi analizu same potrebe za električnom energijom. Prikazani su mjereni podaci potrošnje i proizvodnje električne energije građevine čija je električna instalacija opremljena fotonaponskom elektranom snage 100 kW u paralelnom radu sa distribucijskom mrežom. Također, prikazani su rezultati indirektno izračunatih parametara i veličina za dva slična dana u uzastopnim godinama čiji su hidrometeorološki podaci slični, te analizirana energetska slika građevine koja se može koristiti u predviđanju proizvodnje fotonaponske elektrane. Zaključci ovog istraživanja su prikazani grafičkim putem i omogućavaju lakše planiranje i ekonomično korištenje energenata, ali i planiranje investicija i nadogradnje sustava koji troše energiju i energente.

Ključne riječi - Fotonaponska elektrana, proizvodnja električne energije, potrošnja električne energije, energetska bilanca

I. UVOD

U situacijama nestabilne geopolitičke situacije, pri nestabilnom energetskom tržištu, energija postaje ekonomski sve značajniji element. U takvim okolnostima, proizvodnja energiju na ekonomičan način postaje imperativ, zbog kojeg to je nužno imati pristup informacijskim i matematičkim modelima koji će omogućiti preciznije predviđanje buduće potrošnje energije [1].

Pohranjivanje podataka o prethodno potrošenoj energiji je uobičajen temelj koji se analizira pri predviđanju buduće potrošnje. Jedan od načina je izrada vlastite baze podataka i njegova prilagodba za izradu izvještaja [2]. Pristup tim podacima te njihovo prikupljanje može se olakšati postavljanjem baze podataka u cloud radi dostupnosti samih podataka drugim aplikacijama bez potrebe izrade vlastitog rješenja (AWS cloud) [3]. Ujedno, treba uzeti u obzir da opskrba energijom je ključna za normalno odvijanje ljudskog razvoja i održavanje životnog standarda te dostupnost podataka u slučajevima prirodne nepogode ili pandemije [4].

Stoga, promatrani uzorkovani dani su prikazani očekivanim grafovima proizvodnje i potrošnje u odnosu na same navike korisnika građevine.

Ovaj rad govori o mogućnosti stvaranja obrasca potrošnje energije, dobivenih analizom uzorkovanih podataka, koji se može iskoristiti u predviđanju potrošnje energije hidrometeorološki sličnih dana te koristeći postojeću foto naponsku elektranu optimizirati raspodjelu potrošnje [5]. Osim toga, dijagrami potrošnje, koji su prikazani, trebali bi prikazati na nedostatke sustava, te ukazati na investiciju u dodatne izvore energije koji bi nadopunjavali postojeće.

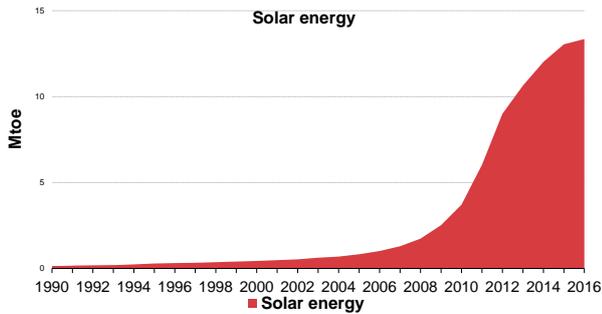
Ujedno je objašnjen tok električne energije za slučaj studentskog doma sa pripadajućim potrošačima, koji promatranu građevinu ne promatra kako standardnog potrošača, već kao reaktivnog koji se prilagođava zahtjevima mreže.

II. OPIS PREDMETA ANALIZE

Porast proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj u 2020. godini iznosila je gotovo 3000 GWh što je šesterostruko povećanje u odnosu na 2010. godinu, a primjetno povećanje se može vidjeti i u odnosu 2020.g. i zadnje obrađene 2021.g., što je i prikazano na slici 1. Gledano na ukupnu proizvodnju (uz izuzetak velikih hidroelektrana) iznosi 22,3%. Udio proizvodnje električne energije dobivene iz solarnih izvora u Hrvatskoj u odnosu na ukupnu proizvodnju električne energije obnovljivih izvora energije (OIE)

Vrsta izvora	Proizvodnja električne energije (GWh)	
	2020.g.	2021.g.
Sunce	95,50	148,90
Vjetar	1720,70	2061,80
Biomasa	558,90	659,60
Bioplin	419,30	440,20
Male hidroelektrane	102,00	115,20
Geotermalna	93,70	89,70
Ukupno	2990,10	3515,40

Slika 1. Proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj u 2020. i 2021. godini



Slika 2. Primarna proizvodnja solarne energije, EU-28, 1990.-2016.

iznosila je za 2020. godinu 3,19%. [6], te je povećanje prikazano na slici 2 [7]. Samom povećanju su doprinijele poticajne cijene za isporučenu električnu energiju koja su za 2021. godinu prikazane na slici 3.

Analiza rada foto naponske elektrane (FNE) jedan je od važnih koraka u optimizaciji potrošnje energije. Cilj ove analize je identificirati načine za povećanje učinkovitosti i smanjenje troškova energije.

U okviru ove analize je usporedba dva slična hidrometeorološka dana s ciljem identificiranja sličnosti u potrošnji energije te informacije koje proizlaze iz toga. To omogućava da se utvrdi je li bilo nekih varijabli koje su utjecale na potrošnju energije tijekom tog razdoblja.

Uz to, potrebno je pratiti i duži vremenski period kako bi se utvrdile trendove potrošnje energije i na temelju toga donijeti odgovarajuće mjere. Praćenje proizvodnje je omogućeno preko web portala, koji ujedno služi kao arhiva.

III. RAZRADA ANALIZE

Na slici 4. prikazana je fotonaponska elektrana (FNE) snage 100 kW instalirana na krovu građevine s kojom čini jednu energetska cijelinu u smislu potrošnje električne energije.

Građevinu u kojoj se sva energetska potraživanja osiguravaju iz distribucijske mreže te je električna energija na brojilu stvarna električna energija koja je

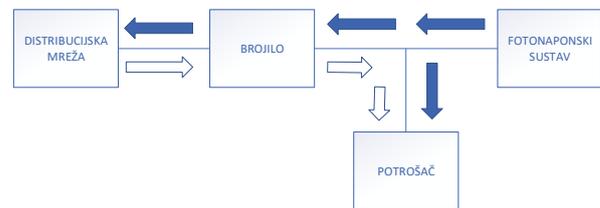
Tip postrojenja	Korekcija poticajne cijene za integrirane SE instalirane snage ≤ 300 kW				
	Poticajna cijena	Korektivni koeficijent za integrirane SE	Korekcija fiksne tarifne stavke	Korektivni koeficijent za korištenje toplinskog sustava	Korekcija fiksne tarifne stavke
	C (kWh)	k1	Ck = (C x k1)	k2	Ck = (C x k1 x k2)
1.a.1. Sunčane elektrane instalirane snage do uključivo 10 kW	1,10	2,39	2,63	1,20	3,16
1.a.2. Sunčane elektrane instalirane snage veće od 10 kW do uključivo 30 kW	1,10	2,03	2,23	1,10	2,45
1.a.3. Sunčane elektrane instalirane snage veće od 30 kW	1,10	1,50	1,65	1,03	1,70
1.a.3. Sunčane elektrane instalirane snage veće od 30 kW do 1 MW	1,10	-	-	-	-

Slika 3. Poticajne cijene za isporučenu električnu energiju iz sunčanih elektrana instalirane električne snage ≤ 1 MW za 2021.



Slika 4. Prikaz građevine sa instalacijom FNE

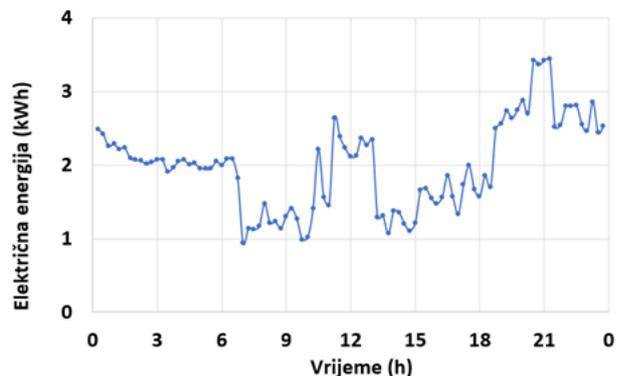
potrošena u građevini. Ukoliko je paralelno s distribucijskom mrežom uveden s fotonaponski sustav, kao sekundarni izvor, tada je potrošače moguće opisati kao pasivni blok koji može samo uzimati energiju, a nikada je ne proizvodi. U isto vrijeme fotonaponski sustav se prikazuje kao aktivni blok koji isključivo ima mogućnost proizvodnje energije. Distribucijska mreža se transformira iz aktivnog bloka u reaktivni blok za potrošače s fotonaponskim sustavom. Ujedno, reaktivni blok se prikazuje kao dio koji se može prilagoditi zahtjevima sustava, te stoga može proizvoditi energiju u sustavu kada postoji manjak energije ili može apsorbirati energiju iz sustava kada postoji višak proizvedene energije u sustavu (slika 5).



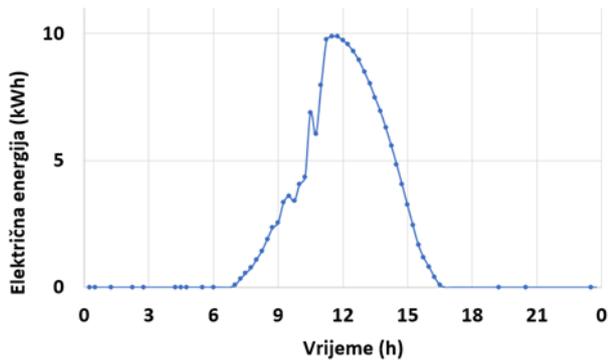
Slika 5. Tok električne energije

A. Karakteristična dnevna potrošnja

Prikaz karakteristične dnevne potrošnje građevine (karakteristične srijede) u kojoj se vanjska temperatura zraka kretala od 4° do 16° C, moguće je vidjeti na slici 6. [8]



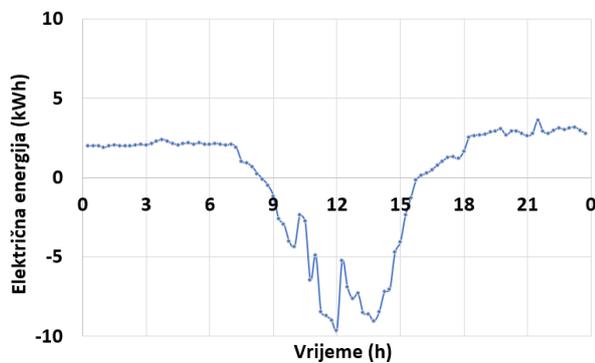
Slika 6. Dnevni dijagram potrošnja građevine



Slika 7. Proizvodnja FNE 01.11.2022.

Na samom grafu se može primjetiti relativno ujednačena potrošnja tijekom dana, koja odgovara namjeni samog objekta - studentskog doma. Ujedno možemo reći da je ista krivulja primjenjiva na svaki radni dan sa izuzetkom ljetnog odmora u kojem se potrošnja smanjuje zbog odsutnosti samih korisnika građevine.

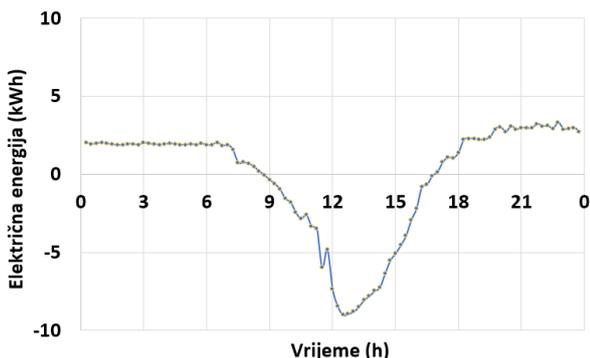
Potrebno je napomenuti da glavni energent vezan za grijanje je plin u sklopu centralnog plinskog sustava grijanja.



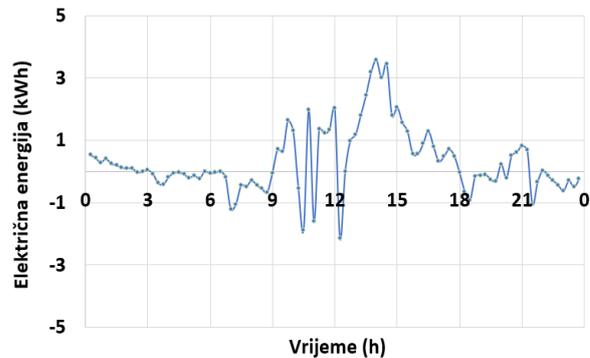
Slika 8. Razlika proizvodnje i potrošnje u 01.11.2021.

B. Proizvodnja fotonaponske elektrane

S konkretnim podacima stohastične proizvodnje i utjecaja zasjenjivanja u prijedodnevrim satima prikazana je krivulja proizvodnje dnevnog uzorkovanja na slici 7. Prikazana krivulja odgovora karakterističnoj proizvodnji



Slika 9. Razlika proizvodnje i potrošnje u 01.11.2022.



Slika 10. Prilagođena dnevna potrošnja energije za 01.11.2021

standardne FNE u Republici Hrvatskoj [9].

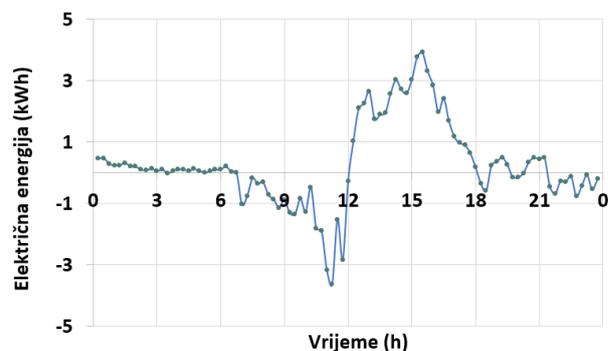
C. Razlika proizvodnje i potrošnje

Daljnje razmatranjem analizira razliku proizvodnje i potrošnje uzorkovanih dana sa ciljem dobivanja približnih vrijednosti oba dana. Moguće je primjetiti stvaranja „viškova“ električne energije koje se predaju mreži. Iste karakteristike se moguće vidjeti na slici 8. i 9. vezane za 2021. i 2022. godinu. Krivulja pokazuje isključivo mjerenu potrošnju preuzetu od mreže od koje je oduzeta izmjerena proizvodnja FN elektrane.

D. Ekonomska bilanca proizvodnje

Analizirana energetska slika građevine pokazuje smjernice za optimiziranje potrošnje. Višak proizvedene električne energije potrebno je preusmjeriti u samu potrošnju građevine zbog neisplativosti prodaje električne energije.

Vrijednosti prikazane na slikama 10 i 11 izračunate po principu prikazanom na slici 5. Željena vrijednost obje krivulje maksimalno približavanje nuli, što dovodi do optimizacije omjera proizvodnje i potrošnje instalacije na građevini



Slika 11. Prilagođena dnevna potrošnja energije za 01.11.2022

IV. ZAKLJUČAK

Planiranje potrošnje energije i energenata je više nego ikad od primarne važnosti za planiranje budućih troškova. Prikazanim uzorkovanjem pokazano je predvidljivo ponašanje korisnika, te ujedno prikazala grafički veću proizvodnju od same potrošnje. Ujedno, usprkos „režimu štednje“ koje je obuhvaća uzorkovani dan u 2022. godini, krivulje potrošnje su slične uzorkovanom danu u 2021. godini što nam olakšava predviđanja za budućnost i buduća ulaganja u infrastrukturu same građevine.

Analiza i usporedba rezultata prikazuju mogućnosti prilagodbe grijanja na električnu energiju postavljanjem inverterskih klima komora visoke učinkovitosti u samu građevinu, koje bi iskoristile proizvedenu električnu energiju za grijanje. Ujedno, postavljanjem automatizacije na izbor energenata, mogućnost trošenja „viška“ električne energije bi smanjila troškove koji trenutno postoje sa centralnim plinskim sustavom grijanja. Druga mogućnost je postavljanje baterijskog spremišta koje bi spremale višak električne energije za potrošnje nakon prestanka proizvodnje FNE, koja bi najviše došla do izražaja u ljetnim mjesecima kada potrošnja studentskog doma je niska a postoji proizvodnja FN.

REFERENCE

- [1] L. Ciabattoni, G. Ippoliti, M. Benini, S. Longhi, and M. Pirro, "Design of a home energy management system by online neural networks," 11th IFAC International Workshop on Adaptation and Learning in Control and Signal Processing, Caen, France, pp. 677–682, July 2013.
- [2] O. Jukić and I. Heđi, "The use of call detail records and data mart dimensioning for telecommunication companies," 2012 20th

Telecommunications Forum (TELFOR), Belgrade, Serbia, 2012, pp. 292-295

- [3] O. Jukić, I. Heđi and E. Ciriković, "IoT cloud-based services in network management solutions," 2020 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO), Opatija, Croatia, 2020, pp. 419-424
- [4] I. Heđi, E. Ciriković and O. Jukić, "Improving city infrastructure resilience capacity: resilience management guidelines in mobile network," 2022 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO), Opatija, Croatia, 2022, pp. 421-427
- [5] R.Meenal, A.Immanuel Selvakumar, E.Rajasekaran "Review on mathematical models for the prediction of Solar radiation", Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science Vol. 15, No. 1, July 2019, pp. 54~59 ISSN: 2502-4752, DOI: 10.11591/ijeecs.v15.i1.pp54-59
- [6] https://eihp.hr/wp-content/uploads/2023/01/Energija%20u%20HR%202021_WEB_LR.pdf (Pristup 08.05.2023)
- [7] https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics#Share_of_renewable_energy_more_than_doubled_between_2004_and_2021 (Pristup 08.05.2023.)
- [8] <https://www.accuweather.com/hr/hr/virovitica/116063/november-weather/116063?year=2022> (Pristup 01.02.2023.)
- [9] <https://oie.hr/elektroenergetska-kretanja-u-hrvatskoj-u-2022/> (Pristup 08.05.2023)