

**ANALIZA ISPLATIVOSTI UGRADNJE FOTONAPONSKIH
PANELA U JAVNOM OBJEKTU NA TERITORIJI
KRAGUJEVCA– STUDIJA SLUČAJA OBDANIŠTE „ZEKA“
COST-EFFECTIVENESS ANALYSIS FOR THE
INSTALLATION OF PHOTOVOLTAIC PANELS IN A
PUBLIC FACILITY IN THE TERRITORY OF
KRAGUJEVAC - A CASE STUDY OF "ZEKA"
KINDERGARTEN**

Jovanović, D.¹, Gordić, D.², Šušteršič, V.³, Josijević, M.⁴, Jurišević, N.⁵

REZIME

U radu je analizirana isplativost ugradnje fotonaponskih panela u javnom objektu, tj. na primeru obdaništa na teritoriji grada Kragujevca. Simulacija generisanja električne energije pomoću fotonaponskih panela izvršena je u softveru „Bluesol Design 4.0“. Tokom definisanja parametara simulacije izrađena je šema instalisanja fotonaponskih panela na krovu posmatranog objekta. Kao pokazatelj potrošnje električne energije uzeti su dostupni podaci za 2014., 2015. i 2016. godinu. Nakon sprovedenih simulacija, izvršena je analiza isplativosti primene ovog vida obnovljivih izvora energije, pri čemu je u obzir uzeta cena ugradnje, kao i cene odgovarajućih komponenti (solarne ćelije, invertera, kontrolera napona, solarne baterije, kao i kablova, diode osigurača i ostalih komponenti neophodnih za njihov pravilan rad). Posle sprovedene analize pokazano je da period otplate ovog vida obnovljivih izvora energije za obdanište „Zeka“ iznosi približno 11,8 godina.

Ključne reči: fotonaponski paneli, period otplate, simulacija, obdanište, softver

SUMMARY

This paper analyses the cost - effectiveness of installing photovoltaic panels in a public facility,

¹ Davor Jovanović, mast. inž. maš., Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, davorjovanovic94@gmail.com

² Dr Dušan Gordić, red. prof., Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, gordic@kg.ac.rs

³ Dr Vanja Šušteršič, red. prof., Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, vanjas@kg.ac.rs

⁴ Mladen Josijević, mast. inž. maš., Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, mladenjosijevic@gmail.com

⁵ Nebojša Jurišević, mast. inž. maš., Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, jurisevic@kg.ac.rs

i.e. for the example of a kindergarten in the territory of the city of Kragujevac. Simulation of electricity generation using photovoltaic panels was performed in "Bluesol Design 4.0" software. During the definition of the simulation parameters, a scheme for the installation of photovoltaic panels on the roof of the observed building was created. Available data for 2014, 2015 and 2016 were taken as an indicator of electricity consumption. After the simulations conducted, a cost-effectiveness analysis of the use of this type of renewable energy sources was carried out, taking into account the cost of installation, as well as the prices of the respective components (solar cells, inverters, voltage controllers, solar batteries, as well as cables, fuses and other components necessary for their proper operation). After the analysis, it was shown that the repayment period of this type of renewable energy for the "Zeka" kindergarten is approximately 11.8 years.

Key words: photovoltaic panels, payment period, simulation, kindergarten, software

1. UVOD

Potrošnja električne energije stalno se povećava, kako u javnim objektima, tako i u domaćinstvima i industriji, pa je neophodno razmatrati nove načine njenog generisanja. Kako je u Republici Srbiji potencijal iskorišćenja solarne energije oko 1.400 kWh/m² godišnje, jedan od mogućih načina jeste instalisanje fotonaponskih panela u javnim objektima. U ukupnoj potrošnji električne energije (2,31 Mtoe), oko 18%, odnosno, 0,42 Mtoe se troši u komercijalnim i javnim zgradama na godišnjem nivou. Smanjenjem el. energije koju objekti namenjeni obrazovanju uzimaju iz mreže može se ostvariti značajna ušteda, kako na nivou grada, tako i na nivou cele Republike Srbije. Procenjena potrošnja el. energije za obdanište „Zeka“ iznosi približno 51.640 kWh, a uzimajući u obzir prosečnu cenu el. energije za ovaj objekat (0,09 €/kWh), troškovi za el. energiju bi bili približno 4.700 € na godišnjem nivou. Treba napomenuti da u okviru ovog obdaništa postoji i vešeraj koji se koristi za pranje, sušenje i peglanje veša za ostala obdaništa u Kragujevcu i udeo u potrošnji el. energije je oko 50% od ukupne procenjene potrošnje el. energije na godišnjem nivou [1, 2, 3, 4].

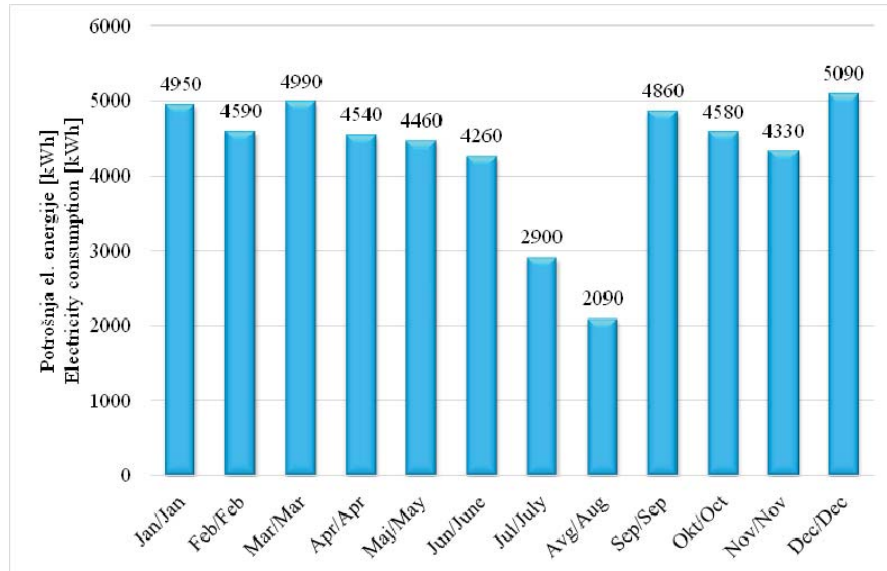
2. MATERIJAL I METOD RADA

Na slici 1 dat je prikaz prosečne potrošnje el. energije tokom 2014, 2015 i 2016. godine u obdaništu „Zeka“ izražene po mesecima. Prikazani podaci će biti iskorišćeni kao merodavni pri analizi isplativosti fotonaponskih panela za posmatrani objekat [2].

Sa slike 1 se može primetiti da je najviša prosečna potrošnja el. energije u posmatranom objektu tokom decembra (5.090 kWh), dok je najniža u julu (2.900 kWh) i avgustu (2.090 kWh). Smanjena potrošnja el. energije tokom jula i avgusta se može objasniti znatno nižim prisustvom dece u tom periodu, usled godišnjih odmora i raspuštanja predškolskih grupa.

U tabeli 1 date su cene pojedinih komponenti sistema koje su neophodne za pravilno funkcionisanje instalisanih fotonaponskih panela, kao i okvirna cena ugradnje, kablova, držača ploča i ostalih električnih komponenti [5, 6, 7, 8].

Ugradnja fotonaponskih panela iznosi oko 20 € po panelu, nezavisno od broja samih panela. Iz prethodne tabele se može izračunati da je cena fotonaponskih panela 1.368 €/kWp. Takođe je bitno napomenuti da je površina jednog panela 1,63 m², a njihova efikasnost je 16,9% pri nominalnim uslovima [9].



Sl. 1. Prosečna potrošnja el. energije posmatranog objekta
Fig. 1. Average electricity consumption of the observed building

Tab. 1. Cene pojedinih komponenti sa ugradnjom fotonaponskog sistema
Tab. 1. Prices for components with installation of photovoltaic system

| Model | Cena po komadu / Price per piece [€] | Br. komada / No. of pieces |
|---|--------------------------------------|----------------------------|
| Solarni panel EXE SOLAR X-LINE 275W polikristalni / Solar panel EXE SOLAR X-LINE 275W polycrystal | 192 | 92 |
| Inverter Fronius Symo Lite 24 kW | 4.000 | 1 |
| Kontroler napona Wellsee WS – C4860 48 V 60 A / MPPT controller Wellsee WS – C4860 48 V 60 A | 190 | 1 |
| Solarna baterija MM100-12 / Solar battery MM100-12 | 193 | 48 |
| Ugradnja / Installation | oko / around 2.000 | - |
| Ostale električne komponente / Other electrical components | 1.500 | - |
| Ukupno / In total: | | 34.618 € |

U programskom paketu „BlueSol Design 4.0“ izvršena je simulacija fotonaponskih panela ugrađenih na krovu spratnog dela objekta. Cilj je da se ispuni oko polovine površine spratnog dela krova, jer se na jednom kraju nalazi kućica, čija bi senka znatno smanjila efikasnost fotonaponskih panela. Ukupna površina krova je 310,65 m², dok ispunjena površina fotonaponskim panelima iznosi 149,96 m². Vršna snaga fotonaponskog sistema je 25,3 kWp. Na slici 2 dat je raspored panela na spratnom delu krova posmatranog objekta. Šema fotonaponskih panela na željenoj lokaciji je izrađena uz pomoć platforme „Google Maps“ [9].

Jedna od osnovnih jednačina koja se koristi za određivanje količine generisanja električne energije primenom fotonaponskih panela glasi:

$$E = A \cdot r \cdot H \cdot PR \quad (1)$$

U jednačini 1 član E [kWh] označava količinu generisanje električne energije, A [m²] predstavlja površinu fotonaponskih panela, r [%] predstavlja efikasnost panela, H [kWh/m²], godišnju iradijaciju na panele, a PR [-] predstavlja korekcionni faktor (gubici u invertoru, kablovima, smanjenje efikasnosti usled prašine i snega, usled promene temperature, osenčenja itd.) i njegova najčešća vrednost iznosi 0,75 [10].



Sl. 2. Raspored fotonaponskih panela na spratnom delu posmatranog objekta
Fig. 2. Arrangement of photovoltaic panels on the first floor of the observed building

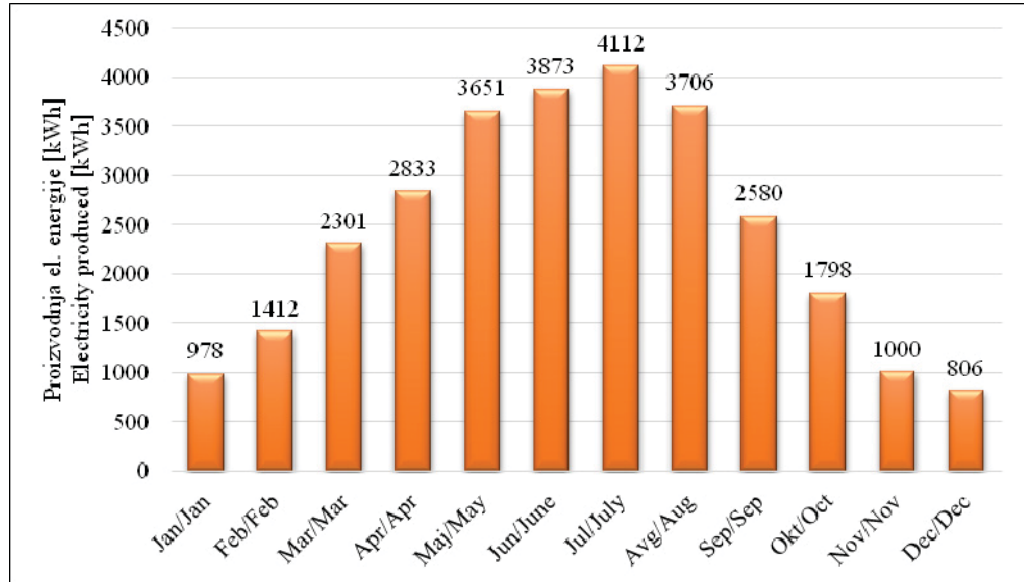
3. REZULTATI I DISKUSIJA

Nakon sprovedenih simulacija dobijeni su rezultati (slika 3) pri čemu je dat prikaz proizvodnje električne energije pomoću fotonaponskih panela, izraženo po mesecima tokom jedne godine.

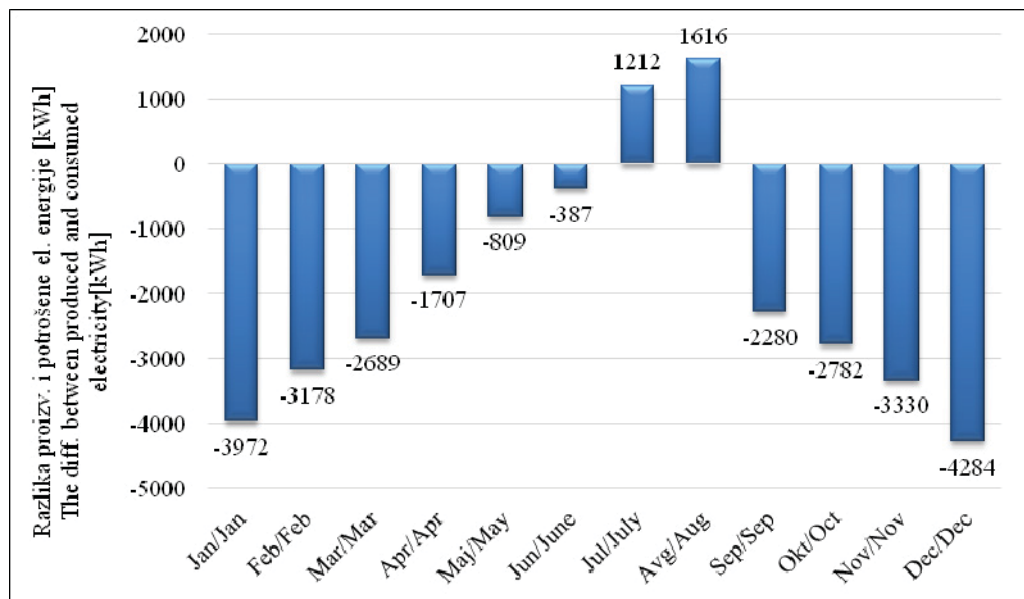
Sa slike 3 se primećuje da je najveća proizvodnja el. energije solarnog sistema tokom jula meseca, sa proizvedenih približno 4.112 kWh, dok je najniža tokom decembra (806 kWh). Takođe, primećuje se i stabilan porast proizvodnje el. energije od januara do jula, dok se zatim do decembra primećuje postepen pad proizvodnje.

Analizom se može zaključiti da je proizvodnja el. energije viša od 2.000 kWh tokom sedam meseci u godini, dok tokom dva meseca solarni sistem proizvodi između 1.000 i 2.000 kWh, a tokom januara, novembra i decembra proizvodi se između 800 i 1.000 kWh el. energije. Ukupna proizvodnja el. energije tokom godine iznosi približno 29.034 kWh.

Na slici 4 je data razlika proizvodnje el. energije pomoću fotonaponskih panela i mesečne potrošnje posmatranog objekta (videti sliku 1).



Sl. 3. Proizvodnja el. energije izražena po mesecima tokom jedne godine
Fig. 3. Production of electricity per month during one year



Sl. 4. Razlika proizvedene i potrošene el. energije izražena po mesecima
Fig. 4. The difference between the produced and consumed electricity per month

Sa slike 4 se može primetiti da jedino u julu i avgustu fotonaponski paneli proizvedu više električne energije nego što se koristi u posmatranom objektu, dok je u ostalim mesecima neophodno uzimati električnu energiju iz mreže. Cena električne energije proizvedene pomoću

fotonaponskih panela i koja se iskoristi u okviru posmatranog objekta je 0,09 €/kWh, što je prosečna cena kWh potrošene električne energije za posmatrani objekat. Sa druge strane, cena električne energije, koja je višak i koja je predata elektrodistributivnoj mreži biće 0,2066 €/kWh, što je definisano fid-in tarifom [11].

U tabeli 2 data je količina električne energije koja se iskoristi i koja se preda mreži, ušteda novca na godišnjem nivou i period otplate početne investicije.

Tab. 2. Ušteda novca na godišnjem nivou i period otplate početne investicije

Tab. 2. Annual savings and repayment period for initial investment

| | |
|--|-------------------|
| Iskorišćena električna energija / Utilized electricity: | 26.206 kWh |
| Električna energija predata mreži / Electricity delivered to the grid: | 2.828 kWh |
| Ušteda novca od iskorišćene električne energije na godišnjem nivou / Savings from used electricity on a yearly basis: | 2.358,54 € |
| Ušteda novca od prodate električne energije mreži na godišnjem nivou / Savings from electricity sold to the grid annually: | 584,26 € |
| Ukupna ušteda novca na godišnjem nivou / Total annual savings: | 2.942,8 € |
| Period otplate početne investicije / Repayment period of the initial investment: | ≈ 11,8 god |

Iz tabele 2 se može zaključiti da ukupno proizvedena količina električne energije zadovoljava 50,75% ukupne potražnje u obdaništu „Zeka“, ukoliko se ne uzme u obzir električna energija predata elektrodistributivnoj mreži. Takođe, može se primetiti da je godišnja ušteda novca 2.942,8 €, a početna investicija će se isplatiti nakon približno 11,8 godina od ugradnje fotonaponskih panela.

4. ZAKLJUČAK

Korišćenjem softvera „BlueSol Design 4.0“ sprovedena je simulacija proizvodnje el. energije fotonaponskih panela za slučaj obdaništa „Zeka“ koje se nalazi na teritoriji Kragujevca. Podaci o potrošnji el. energije posmatranog objekta su uzeti kao prosek potrošnje za 2014, 2015 i 2016. godinu. Tokom definisanja parametara za sprovođenje simulacija izrađena je i odgovarajuća šema povezivanja fotonaponskih panela. Nakon sprovedenih simulacija primećuje se da se proizvede više el. energije nego što je potrebno u posmatranom objektu tokom meseca jula i avgusta, dok je u ostalim mesecima proizvedeno manje el. energije i potrebno je koristiti istu iz elektrodistributivne mreže. Ukupna godišnja proizvodnja el. energije iznosi 29034 kWh, što zadovoljava ukupno 50,75% potrošnje u posmatranom objektu. Takođe je izvršena ekonomska analiza isplativosti ovog vida obnovljivih izvora energije, pri čemu su uzete u obzir cene elektronskih komponenata neophodnih za pravilno funkcionisanje solarnog sistema, kao i cena instalacije. Nakon uzetih svih parametara u obzir cena početne investicije iznosi 34.618 €, a vreme otplate iznosi približno 11,8 godina.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je nastao kao rezultat istraživanja na projektu III 42013 koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

5. LITERATURA

- [1.] R. Nikolić, T. Furman, M. Tomić, M. Simikić & M. Samardžija, „Korišćenje obnovljivih izvora energije u Srbiji,” Traktori i obnovljivi izvori energije, t. 16, br. 3, pp. 7-14, 2011.
- [2.] D. Gordić, V. Šušteršić, D. Končalović, V. Vukašinović, D. Živković, N. Jurišević, M. Josijević, A. Milovanović & Z. Kovačević, Program energetske efikasnosti grada Kragujevca za period 2018-2020 godina, Kragujevac: Fakultet inženjerskih nauka, 2017/2018.
- [3.] M. Josijević, D. Gordić, D. Milovanović, N. Jurišević & N. Rakić, „A Method to Estimate Savings of LED Lighting - The Case Study of Secondary Schools in Serbia,” Thermal Science, t. 21, br. 6B, pp. 2931-2943, 2017.
- [4.] N. Lukić & M. Babić, Solarna energija, Kragujevac: Fakultet inženjerskih nauka, 2008.
- [5.] „Polikristalni paneli,” Solar Shop, [Veb-sajt]. Dostupno na: <https://www.solar-shop.rs/proizvod/sole-24v-240w-polikristalni/>. [Poslednji pristup 14. septembra 2018].
- [6.] „Three phase,” Wholesale SOLAR, [Veb-sajt]. Dostupno na: <https://www.wholesalesolar.com/2935180/fronius/inverters/fronius-symo-lite-24.0-3-24kw-3-phase-480-inverter>. [Poslednji pristup 14. septembra 2018].
- [7.] „Solarni sistemi i kolektori,” MarketKonekt, [Veb-sajt]. Dostupno na: <http://marketkonekt.com/srbija/gradjevina-i-nekretnine/solarni-sistemi-kolektori/kontroler-napona-wellsee-ws-c4860-48v-60a/SBg.htm>. [Poslednji pristup 14. septembra 2018].
- [8.] „Cenovnik baterija za solarne sisteme,” SvetBaterija, [Veb-sajt]. Dostupno na: <http://www.svetbaterija.rs/proizvodi.php?iStranica=2&iIDHTMLElementPodGrupa=-1&iIDNaziv=baterije-za-solarne-sisteme&iIDPodKat=49&iPoStranici=0&>. [Poslednji pristup 14. septembra 2018].
- [9.] „Photovoltaic design software,” BlueSol, [Veb-sajt]. Dostupno na: <http://www.bluesolpv.com/dnnsite/default.aspx>. [Poslednji pristup 15. septembra 2018].
- [10.] D. Prasad / M. Snow, Designing with Solar Power, Victoria: Images Publishing Group Pty Ltd and Earthscan, 2009.
- [11.] „Fid-in tarife,” Energetski Portal, [Veb-sajt]. Dostupno na: <https://www.energetskiportal.rs/ministarstvo/fid-in-tarife/>. [Poslednji pristup 15. septembra 2018].

Rad primljen: 25.10.2019.

Rad prihvaćen: 04.11.2019.