

PROJEKTOVANJE SOLARNE ELEKTRANE SA POSEBNIM OSVRTOM NA ANALIZU SUNČEVOG ZRAČENJA ZA ODREĐENU LOKACIJU

Dragan Brajović¹, Miloš Vidojević²
dragan.brajovic@vstss.com vidoje.milos@gmail.com

REZIME

Istraživanja projekta solarne elektrane "Jalovina" naglašava važnost analize sunčevog zračenja za određenu lokaciju radi optimalnog razvoja solarnih elektrana. Istraživanje obuhvata detaljan opis lokacije, uključujući geografske koordinate, terenski profil, klimatske uslove i okruženje. Fokus je na energetsom potencijalu lokacije, s posebnim osvrtom na količinu sunčeve energije koja se može konvertovati u električnu energiju. Analiza sunčevog zračenja uključuje različite aspekte kao što su trajektorije sunčevog zračenja tokom dana, godine i tokom različitih sezona, što pomaže u određivanju optimalnih parametara za postavljanje solarnih panela radi maksimizacije njihove efikasnosti. Cilj istraživanja je doprineti boljem razumevanju i primeni analize sunčevog zračenja u praksi, sa naglaskom na energetska efikasnost i održivost u savremenom energetsom okruženju

Ključne reči: Solarna energija, sunčeva radijacija, lokacija, geografske coordinate, energetski potencijal, optimalni parametri, trajektorija sunčevog zračenja, održivost.

DESIGN OF SOLAR POWER PLANT WITH SPECIAL REFERENCE TO THE ANALYSIS OF SOLAR RADIATION FOR A SPECIFIC LOCATION

ABSTRACT

The research of the solar power plant project "Jalovina" underscores the importance of solar radiation analysis for a specific location to optimize the development of solar power plants. The study includes a detailed description of the location, encompassing geographical coordinates, terrain profile, climatic conditions, and surroundings. The focus is on the site's energy potential, with particular emphasis on the amount of solar energy that can be converted into electrical energy. Solar radiation analysis covers various aspects such as the trajectory of solar radiation throughout the day, year, and different seasons, aiding in determining optimal parameters for the placement of solar panels to maximize

¹Fakultet tehničkih nauka Čačak, Svetog Save 65, Čačak

²Unipromet d.o.o Čačak, Bulavar oslobođilaca Čačka 92a, Čačak

their efficiency. The aim of the research is to contribute to a better understanding and application of solar radiation analysis in practice, with an emphasis on energy efficiency and sustainability in the modern energy environment

Key words: Solar energy, solar radiation, location, geographical coordinates, energy potential, optimal parameters, trajectory of solar radiation, sustainability.

1. UVOD

Solarna energija danas čini samo 0,03% ukupne svetske proizvodnje energije, a pošto na nju utiču vremenski uslovi procenjuje se da u bliskoj budućnosti može imati ulogu samo rezervnog kapaciteta u energetsom okruženju. Najveći potencijal za korišćenje solarne energije je na jugu Srbije, a gradovi sa najvećim potencijalom su Niš, Kuršumlija i Vranje. Prosečan intenzitet sunčevog zračenja na teritoriji Srbije je od 1,1 kilovat-sati po kvadratnom metru na dan ($\text{kW}/\text{m}^2/\text{dan}$) na severu do 1,7 kilovat-sati po kvadratnom metru na dan tokom januara, a od 5,9 do 6,6 kilovat-sati po kvadratnom metru na dan tokom jula. Na godišnjem nivou, prosečna godišnja vrednost energije zračenja za teritoriju Srbije iznosi od 1.200 kilovat-sati po kvadratnom metru ($\text{kW}/\text{m}^2/\text{god}$) u severozapadnoj Srbiji do 1.550 kilovat-sati po kvadratnom metru u jugoistočnoj Srbiji, dok u centralnom delu iznosi oko 1.400 kilovat-sati po kvadratnom metru.

Elektrane koje koriste sunčevu energiju (u daljem tekstu: elektrane ili solarne elektrane) su energetske objekti za obavljanje energetske delatnosti proizvodnje električne energije iz potencijala sunčevog zračenja.

Elektrana radi na principu fotonaponskog efekta, pri čemu se pod uticajem sunčevog zračenja u solarnim ćelijama generiše jednosmerni napon i struja. Pomoću invertora, jednosmerni napon i struja se pretvaraju u naizmenične veličine i kao takve plasiraju u elektroenergetsku mrežu.

2. ANALIZA SUNČEVOG ZRAČENJA ZA LOKACIJU NA KONKRETNOM PRIMERU

Projekat solarne elektrane "Jalovina" predstavlja konkretan primer primene teorijskih znanja u praksi. U nastavku rada istražićemo važnost analize sunčevog zračenja za konkretnu lokaciju u kontekstu potencijala za razvoj solarnih elektrana ili drugih energetske projekata. Ova analiza je od suštinskog značaja za razumevanje kako sunčevo zračenje varira u različitim vremenskim periodima i kako to utiče na energetske potencijal date lokacije.

Prvi korak u ovom istraživanju je detaljan opis lokacije koji obuhvata geografske koordinate, terenski profil, klimatske uslove i okruženje. Nakon toga, fokus je na energetsom potencijalu lokaliteta, gde ćemo ispitati količinu sunčeve energije koja je potencijalno dostupna za konverziju u električnu energiju.

Zatim ćemo preći na detaljnu analizu sunčevog zračenja za predmetnu lokaciju. Ova analiza uključuje različite aspekte, kao što su trajektorija sunčevog zračenja u različitim delovima dana i godine, kretanje Sunca tokom kratkodnevnicе,

ravnodnevice i dugodnevice. Ove informacije će nam pomoći da precizno odredimo optimalne parametre za postavljanje solarnih panela i maksimizaciju njihove efikasnosti.

Ovaj rad ima za cilj da doprinese boljem razumevanju i primeni analize sunčevog zračenja u praksi, sa fokusom na energetske efikasnost i održivost u modernom energetskom okruženju.

2.1. Opis lokacije

Predmet projekta je izgradnja fotonaponske elektrane ukupne aktivne snage priključenja 80 kW za sopstvenu potrošnju sa delimičnom predajom električne energije u distributivni sistem po sistemu kupac-proizvođač.

Na predmetnoj lokaciji planirano je postavljanje fotonaponskih panela ukupne aktivne snage 80 kW. Fotonaponska elektrana će se sastojati od 164 fotonaponskih panela proizvođača „Luxor Solar“, pojedinačne snage 545W.

Morfološki gledano teren je strm. U zoni fotonaponske elektrane teren se postepeno penje od južnog strane (494 mnm) ka severu (503 mnm) sa blagim nagibom ka istočnoj strani. Lokacija buduće solarne elektrane prikazana je na satelitskom snimku na slici 1.



Slika 1: Satelitski snimak položaja buduće solarne elektrane

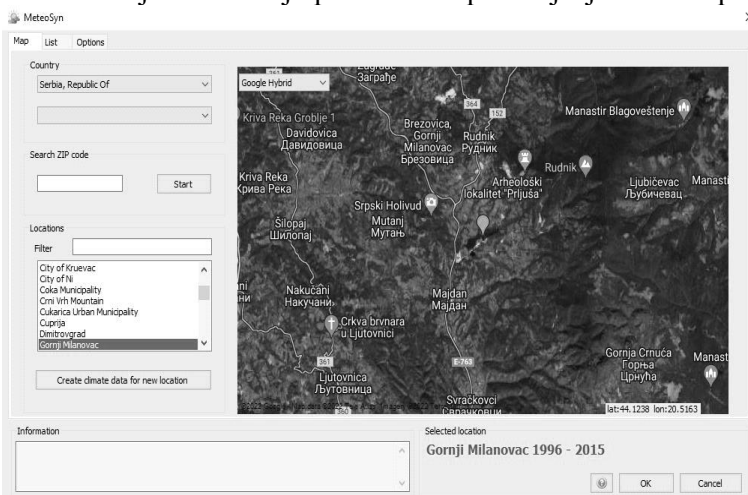
2.1 Energetski potencijal lokaliteta

Predmetna lokacija buduće solarne elektrane nalazi se na području planine Rudnik i ima prosečnu vrednost godišnje energije globalnog solarnog zračenja na horizontalnu ravan od 1350 do 1500 kWh/m². Energija globalnog solarnog zračenja na panele postavljene pod optimalnim uglom za predmetnu lokaciju iznosi od 1300 do 1400 kWh/m².

Za određivanje prosečne mesečne energije globalne solarne radijacije korišćen je softver „Meteonorm“, razvijen od strane kompanije „Meteotest“ iz Švajcarske. „Meteonorm“ sadrži podatke sa 8.325 meteoroloških stanica u celom

svetu i 5 geostationarnih satelita, kao i sve registrovane meteorološke stanice u RHMZ-a Srbije.

Podaci o globalnoj energiji radijacije, energiji direktne radijacije, temperaturi i padavinama su dostupni za period od oko 25 godina. Sa algoritmom interpolacije, koji je ugrađen u softver, mogu se dobiti podaci za bilo koji lokalitet sa prihvatljivom tačnošću. Na slikama 3 (snimak ekrana softvera) i 4 data je lokacija solarne elektrane za koju se određuju parametri za postavljanje solarnih panela.



Slika 3: Lokalitet za koji se određuju parametri za postavljanje solarnih panela

Parametar	Vrednost
Država	Srbija, Republika
Lokacija	Gornji Milanovac
Geografska širina	44° 6' 40" (44,11°)
Geografska dužina	20° 29' 46" (20,5°)
Godišnja prosečna temperatura	9,5°C
Godišnja suma globalnog zračenja	1310 kWh/m ²
Vremenska zona	UTC+1
Vremenski period	1996-2015
Izvor	Meteonorm 8.10

Slika 4: Ulazni parametri za proračun podataka za postavljanje solarnih panela

Tabela 1: Prosečne jedinične mesečne energije radijacije na horizontalnu ravan za prosečnu mesečnu temperaturu i period od poslednjih 20 godina.

Mesec	Radijacija na hor.ravni (kWh/m ²)	Spoljna temp. (°C)	Mesec	Radijacija na hor.ravni (kWh/m ²)	Spoljna temp. (°C)
Jan	40,1	-2,7	Jul	185,2	20,6
Feb	62,3	0	Avg	165,1	20,3
Mar	104,9	5,1	Sep	116,5	14,5
Apr	129,7	9,9	Okt	83,3	9,4
Maj	162,9	14,7	Nov	47,4	4
Jun	180,7	18,5	Dec	32	-1

2.2. Prikaz trajektorije Sunčevog zračenja

Pri izradi trajektorije Sunčevog kretanja za predmetnu lokaciju solarne elektrane, korišćen je softverski alat „Sun Calc”.

U narednim poglavljima dat je prikaz kretanja Sunca za kratkodnevnicu, dugodnevnicu i ravnodnevnicu. Dijagrami i vrednosti u ovom poglavlju poslužili su za sagledavanje kretanja Sunca tokom karakterističnih perioda, kako bi se usvojio napadni ugao Sunca za potrebe proračuna određivanja načina i orijentacije postavljanja panela, a uzimajući u obzir i proizvodni kapacitet sistema.

2.2.1. Prikaz kretanja Sunca tokom kratkodnevnicе

Kratkodnevnicа se javlja 21. decembra. Na narednoj slici 5 dat je prikaz trajektorije Sunca tokom kratkodnevnicе.



Slika 5: Prikaz kretanja sunca tokom 21. decembra – kratkodnevnicе

U tabeli 2 dat je prikaz izlaska i zalaska Sunca, elevacija i azimuta kao i trajanje dana, dok je u tabeli 3 dat prikaz Sunčeve pozicije (elevacije i azimuta) u zavisnosti od vremena (sa korakom od 15 minuta).

Tabela 2: Prikaz izlaska i zalaska Sunca tokom kratkodnevnicе

Parametar	Vrednost
Geografska širina	44.10808° N
Geografska dužina	20.48571° E
Visina	492 m
Vremenska zona	Evropa/Beograd CET
Zora	06:36:38
Izlazak Sunca	07:09:27
Nivo Sunca na vrhuncu	11:36:05
Zalazak Sunca	16:02:42
Sumrak	16:35:31
Trajanje dana	8h 53m 15s
Azimut	185.92°
Domet	22.27°
Dužina senke (na nivou 1m)	2.44

Tabela 3: Prikaz položaja Sunca u zavisnosti od vremena

Vreme	Azimut	Elevacija	Dužina senke	Vreme	Azimut	Elevacija	Dužina senke
07:00	120,99°	-1,63°	n/a	11:45	182,21°	22,46°	2,42 m
07:15	123,57°	0,43°	133,21 m	12:00	185,92°	22,27°	2,44 m
07:30	126,21°	2,42°	23,68 m	12:15	189,61°	21,91°	2,49 m
07:45	128,91°	4,46°	12,82 m	12:30	193,27°	21,37°	2,56 m
08:00	131,68°	6,47°	8,82 m	12:45	196,87°	20,68°	2,65 m
08:15	134,53°	8,40°	6,77 m	13:00	200,42°	19,82°	2,78 m
08:30	137,45°	10,26°	5,53 m	13:15	203,90°	18,80°	2,94 m
08:45	140,46°	12,01°	4,70 m	13:30	207,31°	17,64°	3,14 m
09:00	143,55°	13,66°	4,11 m	13:45	210,64°	16,34°	3,41 m
09:15	146,72°	15,19°	3,68 m	14:00	213,88°	14,91°	3,76 m
09:30	149,98°	16,60°	3,35 m	14:15	217,04°	13,36°	4,21 m
09:45	153,33°	17,87°	3,10 m	14:30	220,11°	11,69°	4,83 m
10:00	156,75°	19,01°	2,90 m	14:45	223,10°	9,91°	5,72 m
10:15	160,24°	19,99°	2,75 m	15:00	226,01°	8,04°	7,08 m
10:30	163,80°	20,82°	2,63 m	15:15	228,85°	6,09°	9,37 m
10:45	167,42°	21,49°	2,54 m	15:30	231,60°	4,08°	14,03 m
11:00	171,08°	21,99°	2,48 m	15:45	234,29°	2,04°	28,14 m
11:15	174,77°	22,32°	2,44 m	16:00	236,92°	0,07°	785,40 m
11:30	178,49°	22,48°	2,42 m				

Ova tabela prikazuje sve podatke za vreme, azimut, elevaciju i dužinu senke (za visinu objekta od 1 metra) za 21. decembar, za lokaciju sa geografskim koordinatama 44,10808° N, 20,48571°

2.2.2. Prikaz kretanja Sunca tokom ravnodnevice

Ravnodnevica se javlja 21. marta. Na slici 6 dat je prikaz trajektorije Sunca tokom ravnodnevice.



Slika 6: Kretanje Sunca tokom 21. marta – ravnodnevice

U tabeli 4 prikazano je vreme izlaska i zalaska Sunca, elevacija, azimut i dužina senke štapa dužine 1m, dok su u tabeli 7 date pozicije Sunca (elevacije i azimuta) u funkciji vremena (sa korakom od 15 minuta).

Tabela 4: Prikaz izlaska i zalaska Sunca tokom ravnodnevnice

Parametar	Vrednost
Geografska širina	N 44°6'29.08"
Geografska dužina	E 20°29'8.55"
Visina	492m
Vreme zone	Evropa/Beograd CET
Izlazak Sunca	05:39:30
Zalazak Sunca	17:51:46
Trajanje dana	12h12m16s
Zora	05:11:01
Sumrak	18:20:19
Nivo Sunca na vrhuncu	11:45:14
Azimut	185.32°
Domet	46.10°
Dužina senke na nivou objekta (na nivou 1m)	0.96

Tabela 5: Prikaz položaja Sunca u zavisnosti od vremenena

Vreme	Azimut	Elevacija	Dužina senke	Vreme	Azimut	Elevacija	Dužina senke
05:30	87.18°	-1.96°	n/a	12:00	185.32°	46.10°	0.96m
05:45	89.79°	0.56°	102.01m	12:15	190.69°	45.73°	0.97m
06:00	92.40°	3.02°	18.93m	12:30	195.96°	45.12°	1.00m
06:15	95.02°	5.63°	10.15m	12:45	201.10°	44.27°	1.03m
06:30	97.66°	8.26°	6.88m	13:00	206.07°	43.19°	1.07m
06:45	100.34°	10.90°	5.19m	13:15	210.85°	41.91°	1.11m
07:00	103.06°	13.53°	4.16m	13:30	215.44°	40.45°	1.17m
07:15	105.85°	16.13°	3.46m	13:45	219.82°	38.81°	1.24m
07:30	108.71°	18.69°	2.96m	14:00	223.99°	37.01°	1.33m
07:45	111.65°	21.22°	2.58m	14:15	227.97°	35.08°	1.42m
08:00	114.70°	23.69°	2.28m	14:30	231.75°	33.03°	1.54m
08:15	117.86°	26.11°	2.04m	14:45	235.36°	30.87°	1.67m
08:30	121.15°	28.45°	1.85m	15:00	238.81°	28.61°	1.83m
08:45	124.59°	30.71°	1.68m	15:15	242.12°	26.27°	2.03m
09:00	128.19°	32.88°	1.55m	15:30	245.29°	23.87°	2.26m
09:15	131.96°	34.94°	1.43m	15:45	248.34°	21.40°	2.55m
09:30	135.92°	36.89°	1.33m	16:00	251.30°	18.88°	2.92m
09:45	140.08°	38.69°	1.25m	16:15	254.16°	16.32°	3.42m
10:00	144.44°	40.34°	1.18m	16:30	256.96°	13.72°	4.09m
10:15	149.01°	41.82°	1.12m	16:45	259.69°	11.11°	5.09m
10:30	153.79°	43.11°	1.07m	17:00	262.38°	8.47°	6.71m
10:45	158.75°	44.20°	1.03m	17:15	265.03°	5.84°	9.78m
11:00	163.88°	45.07°	1.00m	17:30	267.65°	3.24°	17.69m
11:15	169.14°	45.70°	0.98m	17:45	270.27°	0.76°	75.61m
11:30	174.50°	46.09°	0.96m	18:00	272.88°	1.67°	n/a
11:45	179.91°	46.22°	0.96m				

Ova tabela prikazuje sve podatke za vreme, azimut, elevaciju i dužinu senke (za visinu objekta od 1 metra) za 21. Mart , za lokaciju sa geografskim koordinatama 44,10808° N, 20,48571°

2.2.3. Kretanja Sunca tokom dugodnevnicе

Dugodnevica se javlja 21. juna. Na narednoj slici 7 data je trajektorije Sunca tokom Dugodnevice.



Slika 7: Kretanje Sunca tokom 21. juna – dugodnevnicе

U tabeli 6 prikazano je vreme izlaska i zalaska Sunca, elevacija i azimut, dok su u tabeli 7 date pozicije Sunca (elevacije i azimuta) u funkciji doba dana (sa korakom od 15 minuta).

Tabela 8 Izlazak i zalazak Sunca tokom dugodnevnicе

Parametar	Vrednost
Geografska širina	N 44°6'29.08"
Geografska dužina	E 20°29'8.55"
Visina	492m
Vremenska zona	Evropa/Beograd CEST
Izlazak Sunca	04:54:22
Zalazak Sunca	20:25:20
Trajanje sumraka	15h30m58s
Azimut Sunca	155,19°
Nivo Sunca na vrhuncu	12:39:51
Dužina senke (na nivou objekta)	0.41
Zora	04:18:16
Sumrak	21:01:25

Tabela 9: Položaj Sunca u zavisnosti od doba dana tokom dugodnevice

Vreme	Azimet	Visina	Dommet	Vreme	Azimet	Visina	Dommet
04:45	53,65°	-1,55°	n/a	11:15	133,01°	63,01°	0,51m
05:00	56,29°	0,43°	132,56m	11:30	139,60°	64,87°	0,47m
05:15	58,88°	2,48°	23,07m	11:45	146,99°	66,48°	0,44m
05:30	61,41°	4,72°	12,11m	12:00	155,19°	67,78°	0,41m
05:45	63,89°	7,06°	8,07m	12:15	164,13°	68,72°	0,39m
06:00	66,34°	9,48°	5,99m	12:30	173,61°	69,24°	0,38m
06:15	68,76	11,95°	4,73m	12:45	183,34°	69,31°	0,38m
06:30	71,15°	14,46°	3,88m	13:00	192,94°	68,93°	0,39m
06:45	73,53°	17,02°	3,27m	13:15	202,08°	68,12°	0,40m
07:00	75,91°	19,61°	2,81m	13:30	210,52°	66,92°	0,43m
07:15	78,29°	22,23°	2,45m	13:45	218,16°	65,40°	0,46m
07:30	80,69°	24,87°	2,16m	14:00	225,00°	63,62°	0,50m
07:45	83,11°	27,53°	1,92m	14:15	231,08°	61,61°	0,54m
08:00	85,57°	30,20°	1,72m	14:30	236,51°	59,44°	0,59m
08:15	88,09°	32,89°	1,55m	14:45	241,36°	57,14°	0,65m
08:30	90,68°	35,58°	1,40m	15:00	245,75°	54,73°	0,71m
08:45	93,36°	38,27°	1,27m	15:15	249,73°	52,24°	0,77m
09:00	96,16°	40,95°	1,15m	15:30	253,39°	49,68°	0,85m
09:15	99,09°	43,61°	1,05m	15:45	256,78°	47,08°	0,93m
09:30	102,20°	46,26°	0,96m	16:00	259,95°	44,45°	1,02m
09:45	105,52°	48,87°	0,87m	16:15	262,93°	41,79°	1,12m
10:00	109,08°	51,44°	0,80m	16:30	265,77°	39,11°	1,23m
10:15	112,96°	53,95°	0,73m	16:45	268,49°	36,42°	1,36m
10:30	117,21°	56,39°	0,66m	17:00	271,10°	33,73°	1,50m
10:45	121,91°	58,73°	0,61m	17:15	273,64°	31,05°	1,66m
11:00	127,15°	60,95°	0,56m				

Ova tabela prikazuje sve podatke za vreme, azimet, elevaciju i dužinu senke (za visinu objekta od 1 metra) za 21. Juna , za lokaciju sa geografskim koordinatama 44,10808° N, 20,48571°

Kako je najniži napadni ugao zračenja tokom solarnog maksimuma u danu kratkodnevice 21. decembra, za proračun razmaka između redova panela usvojen je ugao od 22° (napadni ugao sunca na horizontalnu ravan), kako bi se povećalo generisanje električne energije u zimskim i jesenjim mesecima. Paneli će biti orijentisani u pravcu juga. Ovim rešenjem je postignuta najveća iskorišćenost predmetne parcele, a pri tome je smanjen uticaj efekta sišućeg vetra.

5. ZAKLJUČAK

Analiza sunčevog zračenja je ključna za razumevanje različitih aspekata solarnog sistema i njegovog uticaja na Zemlju. Ovaj rad je istražio različite metode analize sunčevog zračenja, uključujući merenja prilikom kratkodnevice, dugodnevice i ranodnevice.

U prvom delu rada prikazan je detaljan opis lokacije, uključujući geografske koordinate, terenski profil, klimatske uslove i okruženje. Ovi detalji su ključni za razumevanje prirodnih karakteristika terena i uticaja koji mogu uticati na efikasnost solarnih panela i opštu izvodljivost projekta..

Drugi deo analize obuhvatio je procenu energetskog potencijala lokaliteta korišćen je softvera Meteonorm koji omogućava detaljnu analizu količine sunčeve

energije dostupne za konverziju u električnu energiju. Ova analiza je esencijalna za procenu očekivanog kapaciteta električne energije koji se može generisati na datoj lokaciji, što je ključno za ekonomičnost i održivost projekta

Treći aspekt analize bio je detaljan prikaz trajektorije Sunčevog zračenja na lokaciji tokom različitih perioda u godini kratkodnevnicе, ravnodnevnice i dugodnevnice. Analiziranje kretanje Sunca tokom kratkodnevnicе, posebno 21. decembra, kada je najniži napadni ugao zračenja tokom solarnog maksimuma u danu, zbog maksimizacije generisanja električne energije u zimskim i jesenjim mesecima i usvajanja napadnog ugla i orijentacije solarnog panela. Takođe analiza kretanja Sunca tokom ravnodnevice, pomaže u boljem razumevanju raspodele sunčeve svetlosti tokom dana i optimalnog rasporeda solarnih panela radi maksimalne efikasnosti tokom cele godine. Konačno, analiza kretanja Sunca tokom dugodnevnice doprinosi razumevanju maksimalnog trajanja dnevnog svetla i utiče na planiranje postavljanja solarnih panela radi efikasne upotrebe sunčeve energije tokom letnjih meseci

Ovaj sistematičan pristup analizi sunčevog zračenja i specifičnim karakteristikama lokacije za projekt "Jalovina" omogućava precizno planiranje i implementaciju solarnog energetskog sistema, čime se postiže visoka energetska efikasnost i održivost u modernom energetskom okruženju. Korišćenje softvera Meteororm za procenu energetskog potencijala i alata poput Sun Calca za prikaz trajektorije sunčevog zračenja ključno je za optimalno iskorišćenje solarnih resursa na datoj lokaciji.

9. LITERATURA

1. Radosavljević J., Pavlović T., Lambić M.: Solarna energetika i održivi razvoj, Građevinska knjiga, Beograd, 2010.
2. Kosorić V.: Aktivni solarni sistemi, Građevinska knjiga, Beograd, 2008.
3. Mihajlović Z.: Obnovljivi izvori energije, Megatrend Univerzitet, Beograd, 2010.
4. Radaković M.: Obnovljivi izvori energije i njihova ekonomska ocena, AGM Knjiga, Beograd 2010.
5. Pavlović T., Čabrić B.: Fizika i tehnika solarne energetike, Građevinska knjiga, Beograd, 2006.
6. Stamenić LJ.: Korišćenje solarne fotonaponske energije u Srbiji, Džeferson Institut, Beograd 2009.
7. Vladimir Katić, Zoltan Čorba, Boris Dumnić, Dragan Milićević: Mogućnosti razvoja fotonaponskih elektrana male snage u Srbiji, 30. Savetovanje CIGRE SRBIJA, Zlatibor, 2011.
8. <https://www.solarni.rs/>