

DOI: [10.46793/CIGRE37.C6.02](https://doi.org/10.46793/CIGRE37.C6.02)**C6.02****UPOREDNA ANALIZA VREDNOSTI PROIZVODNJE SOLARNE ELEKTRANE
DOBIJENE CLEAR SKY METODOM, DEKOMPONOVANJEM IZMERENIH
VREDNOSTIMA IRADIJACIJE I UPOTREBOM SOFTEVERA PVSYST****COMPARATIVE ANALYSIS OF THE SOLAR POWER PLANT PRODUCTION VALUES
OBTAINED USING THE CLEAR SKY METHOD, DECOMPOSITION OF MEASURED
IRRADIANCE VALUES, AND THE USE OF PVSYST SOFTWARE****Uroš Marjanović, Sara Stojanović***

Kratak sadržaj: Solarne elektrane koriste snagu Sunčevog zračenja kao izvor za proizvodnju električne energije koju u savremenoj energetici smatramo intermitentnim izvorom, tj. izvorom čiji je energetski potencijal energetski promenljiv u vremenu. Samim tim, procena proizvodne energije predstavlja ključan element tehničkog i finansijskog razvoja projekta solarne elektrane. Procena proizvodnje je važna kako u dugoročnom smislu, kroz procenu isplativosti projekta, tako i u kratkoročnom smislu kroz ispunjavanje odgovarajućih zahteva mreže. Brzina procene je bitna, pa je samim tim svaki vid alata neophodan, što kao element procene, što kao element provere. Cilj ovog rada je da se proverí rad programa napisanog primenom školskog modela u realnim uslovima, sa ciljem daljeg razvoja istog i njegove buduće primene u privredi.

Ključne reči: *Solarna elektrana, Iradijacija, Matlab, PVSyst, Clear Sky model*

Abstract: Solar power plants use the energy of solar radiation to generate electricity, which in modern energy systems is considered an intermittent source — that is, a source whose energy potential varies over time. Consequently, production forecasting represents a key element in both the technical and financial development of a solar power plant project. Production estimation is important in the long term, for evaluating the profitability of the project, as well as in the short term for meeting the relevant grid requirements. The speed of assessment is also crucial, making every available tool necessary — both as a means of estimation and as a means of validation. The aim of this work is to verify the performance of a code developed using a simplified academic model under real-world conditions, with the goal of further development and potential application in the energy industry.

Key words: *Solar Power Plant, Solar Irradiation, Matlab, PVSyst, Clear Sky Model*

* Sara Stojanović, New Energy Solutions, sara.stojanovic@newenergy.rs

1 PROJEKTNI ZADATAK

Cilj ovog projekta jeste da se uporede vrednosti izračunate / sračunate proizvodnje električne energije dobijene upotrebom Clear Sky modela, sa vrednostima proizvodnje dobijene dekomponovanjem realnih izmerenih vrednosti iradijacije, kao i sa proizvodnjom dobijenom upotrebom softvera PVSyst. Upoređivanjem ovih vrednosti, trebalo bi zaključiti kolika je tačnost Clear Sky modela, kao matematičkog alata za procenu energetske potencijala Sunčevog zračenja. Za dekomponovanje izmerenih vrednosti iradijacije koriste se jednačine sferne geometrije i empirijske jednačine čija je upotreba u prošlosti davala dovoljno dobre podatke. Takođe, ista elektrana je modelovana u etabliranom softveru PVSyst, upotrebom različitih meteoroloških modela, sa ciljem provere dobijenih rezultata.

2 TERIJA FIZIČKIH VELIČINA SOLARNE ENERGETIKE

Ovaj deo rada namenjen je fizičkim veličinama koje se koriste u solarnoj energetici za potrebe proračuna. Većina ovih veličina preuzeta je iz astronomije, te se najčešće koriste imena koje koriste i astronomi. Sa druge strane, oznake fizičkih veličina se razlikuju u međunarodnoj literaturi. Ovde će biti korišćene oznake koje se najčešće koriste u praksi u Srbiji.

2.1 Iradijacija (I)

Iradijacija predstavlja snagu Sunčevog zračenja po jedinici površine. Vrednost ove veličine se dobija iz Plankovog zakona, koji pokazuje da se snaga zračenja crnog tela zavisi od temperature emitera zračenja i talasne dužine zraka. U većini proračuna je inženjerski prihvatljivo da se Sunce tretira kao apsolutno crno telo. Na Sunčevu iradijaciju, utiče ceo spektar elektromagnetskog Sunčevog zračenja. Neophodno je i napomenuti da se iradijacija razlikuje u svemiru i na Zemljinoj površini.

2.2 Insolacija ($\bar{I}$)

Insolacija predstavlja energiju Sunčevog zračenja po jedinici površine. Ukoliko koristimo satnu rezoluciju za merenje i proračune, kako je urađeno u ovom radu, tada u noramalizovanom domenu iradijacija i insolacija imaju jednake vrednosti.

2.3 Koeficijent vazdušne mase (m)

Koeficijent vazdušne mase¹ je mera relativne debljine Zemljine atmosfere. Zemljina atmosfera je približno iste debljine duž cele Zemljine površine, međutim, njena relativna debljina zavisiće od doba dana, odnosno položaja Sunca na nebeskoj sferi. Debljina Zemljine atmosfere je važna za procenu iradijacije koja stigne do Zemljine površine, jer veći deo Sunčeve energije ili „upije“ atmosfera ili se od nje odbije.

2.4 Solarna deklinacija (δ)

Solarna deklinacija predstavlja ugao koji Sunčevi zraci zaklapaju sa ekvatorijalnom ravni. Zbog nagutosti Zemlje, te zemljine rotacije i revolucije, ovaj ugao po apsolutnoj vrednosti ne prelazi vrednost od 23,45° koliko dostiže tokom dugodnevica i kratkodnevica.

$$\delta = 23.45 \sin\left(\frac{360}{365}(n - 81)\right) \quad (1)$$

¹ air-mass ratio

2.5 Solarna konstanta (SC)

Solarna konstanta predstavlja srednju ekstraterestričku vrednost iradijacije i iznosi 1377 W/m^2 . Snaga Sunčevog zračenja u kosmosu zavisi isključivo od rastojanja od Sunca. Kako je Ekliptika približno eliptičnog oblika, tako je i rastojanje Zemlje od Sunca promenljiva veličina što ima za posledicu promenu vrednost iradijacije tokom godine.

2.6 Latitudni ugao (L)

Latitudni ugao je ugao koji prava koja povezuje stajnu tačku na površini Zemlje, sa centrom Zemlje zaklapa sa ekvatorijalnom ravni, tj. ugao između ekvatorijalne ravni i ravni horizonta. Ovaj ugao, u suštini, predstavlja matematičku predstavu geografske širine.

2.7 Amplitudni ugao (β)

Altitudni ugao je ugao koji Sunčevi zraci zaklapaju sa ravni horizonta. Najmanji je u svitanje i tokom zalaska Sunca, dok je najveći u podne.

$$\beta = \arcsin(\cos L \cos \delta \cos H + \sin L \sin \delta) \quad (2)$$

2.8 Azimutni ugao Sunca (ϕ)

Azimutni ugao predstavlja ugao između projekcije Sunčevih zraka na ravan horizonta i poluprave koja spaja tačku posmatrača i južni pol. U trenutku kada je Sunce u zenitu, azimutni ugao je jednak nuli. Prepodne vrednost ovog ugla je pozitivna, dok je poslepodne negativna. Domen ovog ugla se razlikuje od dana do dana u godini, i njegov domen definiše dužinu obdanice. Tako je, na primer, tokom prolećne i jesenje ravnodnevce, domen ovog ugla je $[-90^\circ, 90^\circ]$. Zbog prividnog kretanja Sunca na nebeskoj sferi, u proračunima se kao veličina koristi azimutni ugao panela, tj. otklon normale ravni panela u odnosu na polupravu koja spaja panel sa tačkom na horizontu u pravcu južnog pola.

$$\phi_s = \arcsin\left(\frac{\cos \delta \sin H}{\cos \beta}\right) \quad (3)$$

2.9 Časovni ugao (H)

Časovni ugao predstavlja ugao za koji je neophodno rotirati Zemlju tako da bi po civilnom vremenu posmatrača bilo podne. Ovde je neophodno ukazati na razliku civilnog i solarnog vrememna. Naime, dogovorom je određeno da postoje 24 časovne zone, tj. da na planeti u istom trenutku postije svega 24 različita civilna vremena. Sa druge strane, za svaki pojedinačni meridijan, kojih ima beskonačno mnogo, Sunčevi zraci padaju pod različitim uglom, što znači da u svakom trenutku postoji beskonačno mnogo različitih solarnih vremena. Uvođenjem civilnog vremena izvršena je diskretizacija vremena. Na ovaj način sva mesta u istoj časovnoj zoni imaju isto vreme, vreme tzv. centralnog meridijana.

$$H = 15 * (12 - \text{hour}^2) \quad (4)$$

² hour = civilno vreme u 24-časovnoj razmeri

2.10 Nagibni ugao panela (Σ)

Nagibni ugao panela predstavlja ugao pod kojim je solarni panel postavljen u odnosu na ravan horizonta. Kada se paneli postavljaju na krovove objekata, oni se obično postavljaju direktno na površinu krova tako da u tom slučaju nagib vode krova predstavlja nagibni ugao panela. U slučaju velikih solaranih elektrana paneli su najčešće postavljeni na samom tlu pod optimalnim uglom, prethodo izračunatim. Ako se u obzir uzme čista sferna geometrija dobiće se da je optimalni nagibni ugao jednak latitudnom uglu, tj. geografskoj širini. Međutim, kako planeta nije idealna sfera, ni ova pretpostavka nije u potpunosti tačna, te se ovi uglovi najčešće dobijaju na osnovu softverskih proračuna ili iskustva. Neke solarne elektrane mogu imati i sistem za praćenje kretanja Sunca. Tada se u proračun dobijene energije mora uzeti u obzir i energija koju je neophodno uložiti za pogon sistema za praćenje.

2.11 Časovni ugao zalaska Sunca (H_{ss})

Časovni ugao zalaska Sunca predstavlja časovni ugao poslednjeg trenutka obasjavanja solarnog panela. Tokom jeseni i zime, kada je obdanica kraća od noći, ovaj trenutak se poklapa sa realnim zalaskom Sunca. Tokom proleća i leta, kada azimutni uglovi prelaze po apsolutnoj vrednosti 90° , ovaj ugao je drugačiji, jer tada Sunce zalazi „iza leđa“ panela.

$$H_{ss} = \arccos(-\tan L \tan \delta) \quad (6)$$

2.12 Koeficijent refleksije (ρ)

Koeficijent refleksije predstavlja fizičku veličinu kojom se opisuje mogućnost različitih materijala da odbijaju elektromagnetske zrake. U tabeli (Tabela I) date su karakteristične vrednosti.

Tabela I: Koeficijenti refleksije podloga

Podloga	Koeficijent refleksije
Sneg	0,4 - 0,85
Listopanda šuma	0,15 – 0,18
Četinarska šuma	0,08 – 0,15
Trava	0,1 – 0,25
Žitarice	0,15 – 0,25
Suva zemlja	0,2 – 0,35
Vlažna zemlja	0,05 – 0,15
Suv pesak	0,35 – 0,45
Vlažan pesak	0,2 – 0,3
Asfalt	0,04 – 0,12
Beton	0,35 – 0,55

3 „CLEAR SKY“ MODEL

„Clear Sky“ model je računski algoritam za procenu iradijacije na Zemljinoj površini. Kako je nemoguće unapred odrediti solarnu energiju koja će se u solarnim panelima konvertovati u električnu, neophodno je koristiti određene matematičke modele za procenu.

Ova metoda zasniva se na proceni koja ne zavisi od vremenske prognoze, tj. od oblačnosti koja predstavlja ozbiljan faktor prilikom procene potencijala Sunčeve energije. Polazi se od srednje vrednosti ekstaraterestričke iradijacije, tj. od solarne konstante koja se potom množi odgovarajućim koeficijentom koji zavisi isključivo od rastojanja Zemlje od Sunca, tj. od dana u godini. Ostali parametri koji utiču na sam proračun su vezani za sam objekat, njegovu geografsku lokaciju (geografska širina), orijentaciju kao i okolinu objekta.

$$I_o = SC * [1 + 0.034 \cos(\frac{360}{365} * n)] \quad (7)$$

$$A = 1160 + 75 \sin[\frac{360}{365} (n - 275)] \quad (8)$$

$$k = 0.174 + 0.035 \sin[\frac{360}{365} (n - 100)] \quad (9)$$

$$m = \begin{cases} \sqrt{(708 \sin \beta)^2 + 1417} - 708 \sin \beta, & \beta \leq 1^\circ \\ 1/\sin \beta, & \text{остало} \end{cases} \quad (10)$$

$$I_b = A e^{-km} \quad (11)$$

$$I_{bc} = I_b \cos \theta \quad (12)$$

$$C = 0.095 + 0.04 \sin[\frac{360}{365} (n - 100)] \quad (13)$$

$$I_{dh} = C * I_b \quad (14)$$

$$I_{dc} = I_{dh} * \left(\frac{1 + \cos \Sigma}{2} \right) = C * I_b * \left(\frac{1 + \cos \Sigma}{2} \right) \quad (15)$$

$$I_{rc} = \rho * (I_{bh} + I_{dh}) * \left(\frac{1 - \cos \Sigma}{2} \right) \quad (16)$$

gde su:

- I_o – ekstaraterestrička iradijacija za n-ti dan u godini
- n – redni broj dana u godini
- I_b – direktna iradijacija na površini Zemlje
- I_{bc} – direktna komponenta solarne iradijacije na površini panela
- I_{dh} – difuziona komponenta horizontalne iradijacije na površini Zemlje
- I_{dc} – difuziona komponenta solarne iradijacije na površini panela
- I_{rc} – reflektovana komponenta solarne iradijacije na površini panela

Prilikom proračuna, primenom ovog modela, prvo računamo direktnu komponentu koja stigne do Zemljine površine, jer su analize pokazale da veći deo Sunčeve energije koja stigne do spoljne granice Zemljine atmosfere se ili apsorbuje ili se odbije od atmosfere.

Analize su, takođe, pokazale da se ukupna iradijacija koja stigne do površine panela sastoji iz tri komponente. Najdominantnija je, svakao, direktna komponenta koju formiraju Sunčevi zraci koji padaju direktno na površinu panela. Difuzionu komponentu formiraju zraci koji su višestruko odbijeni, tako da, na kraju, odbijeni od oblaka dođu do površine panela. Treća komponenta je reflektovana komponenta koja se dobija od Sunčevih zraka reflektovanih od tla u neposrednoj okolini panela, čija se osobina reflektovanja opisuje koeficijentom refleksije ρ . Ova komponenta može imati značan doprinos ukoliko se panel nalazi na ili u okolini podloge sa velikom vrednosti koeficijenta refleksije, poput snega ili vode, na primer.

4 ALGORITAM DEKOMPOZICIJANJA IZMERENIH VREDNOSTI IRADIJACIJE

Ovaj model procene Sunčeve iradijacije se sastoji u dekompozovanju iradijacije izmerene uz pomoć piranometra. Naime, piranometri se naječešće postavljaju horizontalno na podlogu, tako da iradijacija koja je njime precizno izmerena ne može biti reprezentativna predstava snage zračenja koja bi pala na solarni panel postavljen u isto vreme na istom mestu, ali pod nekim nagibnim uglom panela koji je različit od 0° .

Dekompozovanje podrazumeva matematički algoritam koji bi trebalo da proceni direktnu, difuzionu i reflektovanu komponentu iradijacije iz direktne horizontalne komponente koju je piranometar izmerio. Algoritam se sastoji iz sledećih koraka:

$$I_{osr} = \frac{1}{\pi} * SC * (1 + 0.034 \cos \frac{360}{n}) (\cos L \cos \delta \sin H_{sr} + H_{sr} \sin L \sin \delta) \quad (17)$$

$$K_t = \frac{I_{hsr}}{I_{osr}} \quad (18)$$

$$I_{dh} = I_{hsr} (1.39 - 4.027 K_t + 5.531 K_t^2 - 3.108 K_t^3) \quad (19)$$

$$I_{bh} = I_h - I_{dh} \quad (20)$$

$$R_b = \frac{\cos \theta}{\sin \beta} \quad (21)$$

$$I_{bc} = I_{bh} * R_b \quad (22)$$

$$I_{dc} = I_{dh} * \frac{1 + \cos \Sigma}{2} \quad (23)$$

$$I_{rc} = \rho (I_{bh} + I_{dh}) * \frac{1 - \cos \Sigma}{2} \quad (24)$$

gde su:

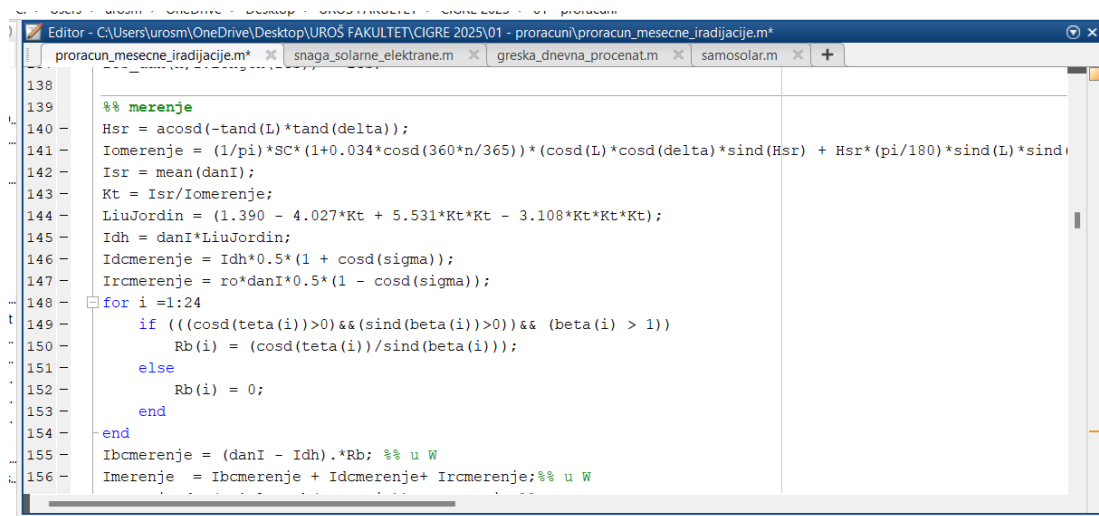
- I_{hsr} - srednja vrednost horizontalne iradijacije dobijena merenjem
- K_t – indeks vedrine
- I_{dh} – difuzionu komponentu horizontalne solarne terestričke iradijacije
- I_{bh} – direktnu komponentu horizontalne solarne terestričke iradijacije
- R_b – faktor kosine

- Ibc – direktna komponenta solarne iradijacije na površini panela
- Idc – difuziona komponenta solarne iradijacije na površini panela
- Irc – reflektovana komponenta solarne iradijacije na površini panela

5 SOFTVERSKI PAKETI

5.1 Matlab

Matlab je softverski alat koji se najčešće koristi za matematičku obradu podataka. Celokupan programski jezik definisan je na osnovu upotrebe matrica i linearne algebre. Zahvalan je za obradu velikog broja podataka. Upotrebom Matlab-a sređeni su podaci dobijeni merenjem i proračunata je proizvodnja solarnog sistema.



Slika 1: Editor za pisanje koda u okruženju Matlab

5.2 PVSyst

PVSyst je sofisticirani softverski alat koji služi za efikasnu procenu proizvodnje solarne elektrane kao i određivanje idealne dispozicije i idealnog načina grupisanja i povezivanja solarnih panela i invertora. PVSyst ima mogućnost uvoza podataka dobijenih merenjem insolacije (ukupna horizontalna insolacija) ili da koristi neki od postojećih meteoroloških paketa za procenu solarnog potencijala date teritorije. Jedan od najčešće korišćenih paketa, jeste Meteororm 8.2 koji je korišćen i u ovoj analizi. Meteororm 8.2 podrazumeva savremen softverski paket meteoroloških podataka izmerenih ili dobijenih adekvatnim matematičkim proračunima za veliki broj lokacija širom sveta.

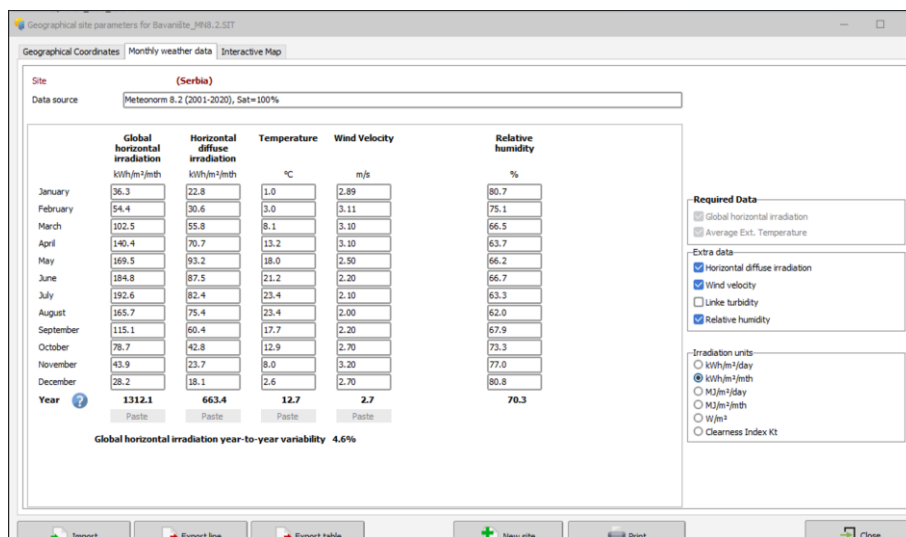
Softver Meteororm pruža mesečne meteorološke podatke za bilo koju lokaciju na zemlji. Oni su zasnovani na dobro utvrđenim podacima sa više od 8.000 meteoroloških stanica, . Neregistrovani podaci o lokaciji se interpoliraju, uzimajući u obzir i nadmorsku visinu i tipologiju.

Podaci pokrivaju korisne informacije za PVSyst:

- Globalno horizontalno zračenje (GHI ili GlobHor)

- Difuzno horizontalno zračenje (DiffHor)
- Brzina vetra
- Temperatura

U ovom slučaju korišćena verzija Meteonorma 8.2 koristi sintetičke podatke u periodu od 2001 - 2020. godine.



Slika 2: Prikaz meteroloških podataka u softveru PVSyst

6 ULAZNI PODACI

Celokupan proračun urađen je za lokaciju u južnom Banatu, na teritoriji Srbije. Solarni paneli su postavljeni pod nagibnim uglom od 25° stepeni u odnosu na površinu tla. Za azimutni ugao panela uzeta je vrednost od 7°. Za refleksiju podloge uzeta je vrednost od 0,2. Simulirana je solarna elektrana, instalisane snage 5145 kW sa 7800 solarnih panela od po 660 W. Paneli su povezani u 26 serija po 300 stringova preko 13 invertorskih jedinica, pojedinačne snage 350 kW. Korišćeni su model panela TWMPF-66HS660 proizvođača Tongwei Co. Ltd i model invertora SG350-HX proizvođača Sungrow. Tehnički podaci o solarnom panelu i ivnertoru su dati u Tabela II.

Tabela II: Osnovni tehnički podaci o panelu i ivnertoru

Podaci o solarnom panelu	
P _{max} (W)	660
V _{oc} (V)	45,6
I _{sc} (A)	18,55
NOCT	45° ± 2°
α _p	-0,33 %/°C

Podaci o invertoru	
P _{nom} (W)	350
MPPT (kom)	12
V _{DCnom} (V)	1080
I _{DCmax}	12 x 40 A
η _{inv}	0.89

7 OPIS POSTUPKA I ANALIZA REZULTATA

7.1 Uporedna analiza procenjene proizvodnje upotrebom Clear Sky modela i proizvodnje dobijene na osnovu izmerenih vrednosti

U softverski alat Matlab su kao ulazni podaci unesene desetominutne vrednosti iradijacije i temperature na jednoj lokaciji u južnom Banatu. Unešene vrednosti su usrednjene sa satnom rezolucijom kako bi prvo mogla da se radi satna analiza. Usrednjavanjem vrednosti na satnu rezoluciju, matematički su izjadnačene vrednosti iradijacije i insolacije, tj. snaga i energija Sunčevog zračenja.

Osnovni ulazni podatak je ukupna horizontalna vrednost iradijacije izmerena piranometrom postavljenim na površinu zemlje. Izmerena iradijacija je gore navedenim postupkom dekomponavana i dobijene su vrednosti direktne, difuzione i reflektovane vrednosti iradijacije koje padaju na solarni panel posavljen na datoj lokaciji, pod uglom od 25° u odnosu na površinu zemlje, kao i ugao odklona od južno orijantisanog panela (azimutni ugao) od $7,1^\circ$.

U procesu proračuna Clear Sky metodom nikakvi meterološki uslovi ne utiču na trenutnu vrednost iradijacije, već su jedini relevantni faktori geografska širina na kojoj je postavljen panel i rastojanje Zemlje od Sunce. Već u ovom aspektu se jasno uviđa nedostatak ovog modela jer ne uzima nikakve klimatske parametre, čije su razlike enormne na globalnom nivou na tačkama na istoj geografskoj širini.

Na grafiku (Slika 3) prikazane su uporedne vrednosti proizvodnje solarne elektrane na osnovu izmerene i procenjenje iradijacije. Greške dobijene ovom metodom su poprilično velike i osim u julu mesecu, ne padaju ispod 10%. Ovakva tačnost može biti nezahvalna prilikom ozbiljnije analize, pogotovu ako se u obzir uzmu i finasijski paramateri. Anvelope vrednosti za ova dva grafika su paralelne sa izuzetkom juna meseca, koji u ovim krajevima ume da bude poprilično meterološki nestabilan i sa dosta kišnih dana koji drastično utiču na rezultat.

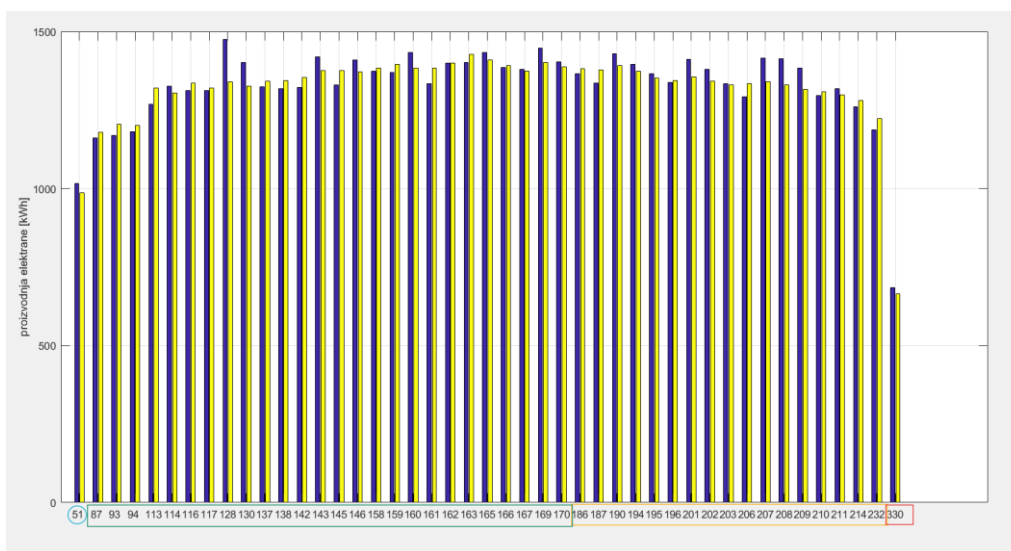


Slika 3: Uporedni prikaz proizvodnji dobijenih od realnih i procenjenih vrednosti

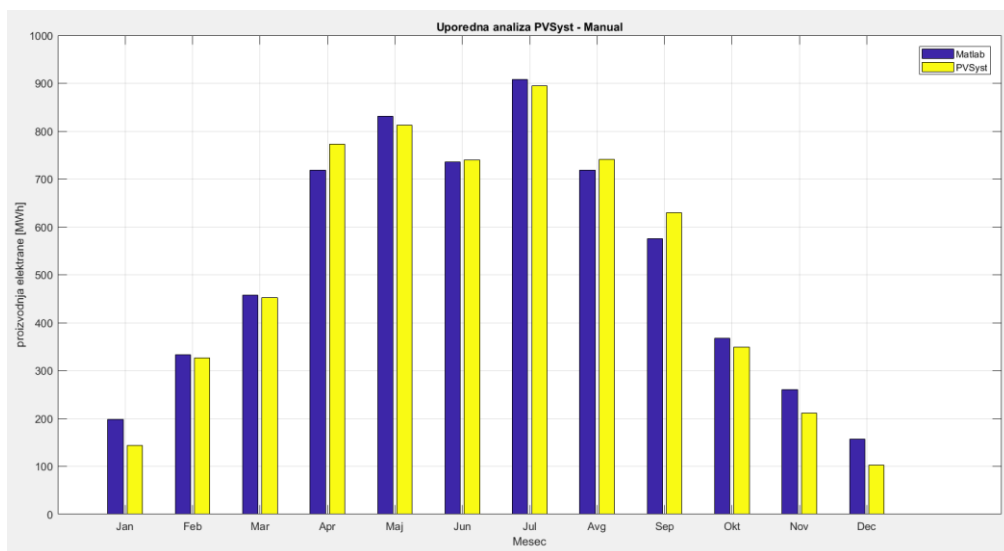
Na velike greške utiču pre svega dani koji nisu vedri. Na grafiku (

Slika 4) prikazana je razlika ukupne dnevne proizvodnje iste elektrane tokom vedrih dana. Pod vedrim danima podrazumevamo dane kod kojih je greška Clear Sky modela bila manja od 5% i takvih je bilo 45 tokom godine. Samo jedan takav dan je bio zimski i jedan jesenji dok je većina dana bila tokom maja i jula meseca (proleće i leto). Zanimljivo je primetiti da su postojali i dani sa negativnom greškom, tj. dani u kojima je vrednost proizvodnje bila veća od one procenjene Clear Sky modelom.

Uporedna analiza proizvodnje dobijene u Matlab modeli i proizvodnje dobijene pomoću softvera PVSystAnalizom kroz PVSyst smo proverili tačnost algoritma napisanog u Matlabu. Prvo su u PVSyst ubačene izmerene vrednosti izmerene totalne horizontalne iradijacije kako bi se proverio algoritam dekomponovanja izmerenih vrednosti iz Matlab-a, a onda i sam algoritam proračuna proizvodnje solarne elektrane. Uporedni mesečni prikaz dat je na dole prikazanom grafiku (Slika 5). Kad se izračuna ukupno odstupanje na godišnjem nivou ono iznosi 1.36%

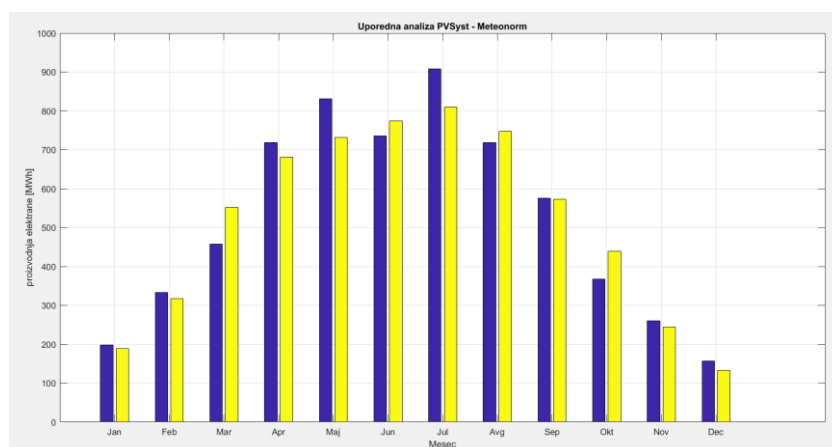


Slika 4: Uporedni prikaz proizvodnje tokom vedrih dana



Slika 5: Uporedna analiza proizvodnje izračunate upotrebom softverskih alata Matlab i PVSyst

Druga analiza obuhvatala je poređenje vrednosti dobijene kroz Matlab na osnovu izmerenih vrednosti iradijacije sa vrednostima dobijenim kroz PVSyst, ali sada na osnovu meteroloških podataka dobijenih softverom Meteonorm (grafik, Slika 6). Ovom analizom dobijeno je odstupanje od svega 1,09 %.



Slika 6: Uporedni prikaz proizvodnje solarne elektrane dobijene upotrebom Matlab (na osnovu izmerenih vrednosti) i PVSyst-a (na osnovu podataka iz softvera Meteonorm)

8 ZAKLJUČAK

Upotreba Clear Sky modela se može primeniti u veoma uskom domenu i to samo kod vedrih dana. Uzak domen primene mogle bi biti, na primer, kod brze procene u momentima kada je precizna vremenska prognoza poznata (npr. Day-ahead analizu) kod pružanja hitnih usluga na primarnom i sekundarnom tržištu.

Ceo metod dekomponovanja se u teoriji pokazao kao vrlo precizan u poređenju sa sofisticiranim i skupim softverima poput PVSyst-a. Jednostavnim učitavanjem izmerenih vrednosti mogu se dobiti veoma precizne vrednosti proizvodnje i to sa veoma malom vremenskom rezolucijom

(na satnom ili desetominutnom nivou) što takođe može naći primenu za kratoročnu prognozu prilikom eventualnog učešća na tržištu.

9 LITERATURA

- [1] Јован Микуловић, Жељко Ђуришић; Соларна енергетика; Академска мисао, Београд 2019.
- [2] Gilbert M. Masters; Renewable and Efficient Electric Power Systems; A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION 2004
- [3] Gulnar Mehdi, Mikhal Roshchina; Electricity consumption constraints for smart-home automation: An overview of models and applications; (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215028611>, 09.09.2021)
- [4] Стојковић З, Микуловић Ј, Стојановић З; Практикум из софтверских алата у електроенергетици; Електротехнички факултет, Београд, Академска мисао, Београд, јун 2006.