

# Optimizacija prostornog položaja prijemne ravni solarnog postrojenja

Ljubomir Janković, dipl. inž.,  
FRU „Jugostroj“,  
11090 Beograd,  
Patrijarha Dimitrija 12

Osnovni podaci o Sunčevom zračenju kojima raspolaže projektant solarnog postrojenja, nisu dovoljno lako upotrebljivi za proračune. Meteorološki podaci su pouzdani i imaju veliku verovatnoću ponavljanja u dugom nizu narednih godina, ali se teško mogu preračunavati za proizvoljan položaj prijemne ravni u prostoru. Teorijski podaci imaju mogućnost lakog preračunavanja, ali ne sadrže mikroklimatske karakteristike lokacije, pa se znatno razlikuju od objektivnih. Koristeći dve pomenute grupe podataka definisan je postupak proračuna realnih godišnjih suma globalnog Sunčevog zračenja za svaki prostorni položaj prijemne ravni. Zatim je, uz pomoć računara, urađen proračun za lokaciju „Palić“, sa osvrtom na višestruke prednosti ovakvog pristupa.

## Uvod

Jedan od prvih problema sa kojim se susreće projektant solarnog postrojenja je određivanje nagibnog ugla ravni u kojoj će se nalaziti prijemnici Sunčeve energije bilo koje vrste. Ovaj problem može postati još složeniji ako postoje i neke fizičke prepreke koje ne dozvoljavaju korišćenje ravni koja je okrenuta jugu. Tada je projektant suočen s

problemom određivanja optimalnih prostornih parametara prijemne ravni, dakle optimalnog nagibnog ugla i optimalnog usmerenja ravni koje je različito od smera ka jugu.

## Opravdanost preciznijeg određivanja optimalnih prostornih parametara prijemne ravni

Mnogi stručnjaci koji se bave proučavanjem mogućnosti korišćenja Sunčeve energije tolerišu relativno velika odstupanja prostornih parametara prijemne ravni od optimalnih. Ovakav stav oni objašnjavaju činjenicom da odstupanje nagibnog ugla za  $\pm 10^\circ$  od optimalnog ne može da utiče na promenu godišnje sume globalnog zračenja za više od oko  $\pm 2\%$  od ukupne godišnje sume koju prima ravan pod optimalnim uglom nagiba. Slično je i sa usmerenjem prijemne ravni koje je različito od južnog. Ako se, međutim, ima u vidu da sva postrojenja za korišćenje Sunčeve energije predstavljaju dugoročnu investiciju i da je njihov vek trajanja od 15 do 100 godina, u zavisnosti od toga da li se radi o aktivnom ili pasivnom načinu zahvata energije, onda onih  $\pm 2\%$  mogu da predstavljaju značajnu količinu energije. S obzirom da je realno očekivati da će broj solarnih postrojenja sve brže rasti i postati značajan činilac energetike, tada je, sumirajući prethodno, nelogično i neopravdano zauzimati pozitivan stav o opravdanosti velike tolerancije prostornih parametara prijemne ravni u odnosu na optimalne, jer je za proračunavanje optimalnih parametara potrebna u krajnjoj liniji samo malo veća intelektualna investicija.

## Upotrebljivost zvaničnih meteoroloških podataka za proračune solarnih postrojenja

Zvanični meteorološki podaci o Sunčevom zračenju, kako je to propisala Međunarodna meteorološka organizacija, daju se za pojedine oblasti ili lokacije u obliku srednjih dnevnih suma globalnog Sunčevog zračenja, za mesec  $m$ , na horizontalnu jediničnu površinu:

$$G(\alpha, \varepsilon, m) = G(O, \varepsilon, m) = G_H(m) \quad [\text{kWh/m}^2\text{dan}] \quad (1)$$

gde su  $\alpha$  i  $\varepsilon$  prostorni parametri prijemne ravni, tj. odstupanja jedinične ravne prijemne površine od horizontale i od južnog smera.

Globalno Sunčevo zračenje u času  $d$  i mesecu  $m$  sastoji se redom iz direktnog, difuznog i reflektovanog zračenja:

$$G(\alpha, \varepsilon, d, m) = I(\alpha, \varepsilon, d, m) + D(\alpha, \varepsilon, d, m) + R(\alpha, \varepsilon, d, m) \quad [\text{kW/m}^2] \quad (2)$$

Direktno, difuzno i reflektovano zračenje se menjaju prema različitim zakonima sa promenom nagibnog ugla i usmerenja prijemne površine, a vrednosti za horizontalan i neki drugi prostorni položaj prijemne površine mogu se znatno razlikovati.

Za proračune solarnih postrojenja najupotrebljiviji oblik podataka dat je na levoj strani jednakosti (2). Projektant, međutim, najčešće raspolaže oblikom (1). Prethodno ukazuje na potrebu da se zvanični meteorološki podaci koriste u nekom drugom, prerađenom, obliku, a takođe i na teškoću proračunavanja ovih podataka za prijemnu površinu prostornih parametara koji su različiti od parametara horizontale.

Najveća vrednost, međutim, zvaničnih meteoroloških podataka za  $G_H(m)$  je autentičnost, pouzdanost i velika verovatnoća ponavljanja u dugom nizu godina, kao posledica dugogodišnjih merenja i obrade pa, drugim rečima, ovi podaci predstavljaju bitnu mikroklimatsku karakteristiku lokacije.

## Upotrebljivost teorijskih podataka za proračune solarnih postrojenja

Teorijski podaci za srednju dnevnu sumu globalnog zračenja se relativno lako dobijaju kratkim proračunima za bilo koji prostorni položaj prijemne ravni. Postoji nekoliko načina izvođenja ovih proračuna koji su dati bilo grupom formula, bilo tablicama u literaturi o korišćenju Sunčeve energije.

Teorijski podaci su opštiji od meteoroloških jer se zasnivaju na astronomskim i geografskim veličinama i zato su dovoljno dobri samo za grublje proračune. Mikrolima različitih lokacija, koje su na istoj geografskoj širini, može znatno da utiče svojom posebnosću na različite vrednosti optimalnih nagibnih uglova prijemne ravni, a da se to iz teorijski dobijenih podataka ne vidi.

Dobra strana teorijskih postupaka izračunavanja suma globalnog zračenja je u činjenici da su svi ovi postupci rezultat uopštenih iskustava i da su raspodele intenziteta Sunčevog zračenja, koje se sreću u teorijskim postupcima, upravo one koje se veoma dobro približavaju stvarnim raspodelama.

Sumirajući dosad izloženo, nastala je ideja da se iskoristi teorijska raspodela intenziteta Sunčevog zračenja za svaki sat reprezentativnog dana u mesecu na ravan normalnu na zrak, i meteorološka suma srednjeg dnevnog globalnog Sunčevog zračenja na horizontalnu ravan, za isti takav dan u mesecu, i da se iz sprege ovih dveju vrsta podataka dobije postupak koji daje realne godišnje sume globalnog Sunčevog zračenja na jediničnu prijemnu površinu bilo kojih prostornih parametara, uzimajući u obzir mikroklimu lokacije.

Sprovodeći proračun realnih godišnjih suma globalnog Sunčevog zračenja po ovakvom postupku, i kombinujući pri tom prostorne parametre prijemne ravni jedinične površine, moguće je dobiti pravougaonu šemu brojeva koji predstavljaju vrednost realnih godišnjih suma globalnog zračenja za bilo koje prostorne parametre prijemne ravni:

$$G = [G_{\alpha, \varepsilon}]_{\alpha_{\max}, \varepsilon_{\max}} \quad (3)$$

gde  $\alpha$  i  $\varepsilon$  uzimaju diskretne vrednosti sa intervala  $[0, \alpha_{\max}]$  i  $[\varepsilon_{\min}, \varepsilon_{\max}]$ .

## Formiranje postupka za proračun $G(\alpha, \varepsilon)$

Već je pomenuto da se globalno Sunčevo zračenje u opštem slučaju sastoji od direktnog, difuznog i reflektovanog zračenja. Tako, za reprezentativan dan u mesecu važi:

$$G(\alpha, \varepsilon, m) = I(\alpha, \varepsilon, m) + D(\alpha, \varepsilon, m) + R(\alpha, \varepsilon, m) \quad [\text{kWh/m}^2 \text{ dan}] \quad (4)$$

gde su pojedini članovi jednakosti, s leva na desno, srednje dnevno globalno, direktno, difuzno i reflektovano zračenje na ravan  $(\alpha, \varepsilon)$  i za mesec  $m$ . Za celu godinu, pak, važi:

$$G(\alpha, \varepsilon) = I(\alpha, \varepsilon) + D(\alpha, \varepsilon) + R(\alpha, \varepsilon) \quad [\text{kWh/m}^2 \text{ god.}] \quad (5)$$

a oznake su analogne prethodnim.

Neka putokaz u formiranju postupka za proračun  $G(\alpha, \varepsilon)$  bude dobijanje jednog takvog oblika jednakosti (4) u kome je srednja dnevna suma globalnog zračenja na bilo koju ravan jednaka proizvodu neke funkcije prostornih i vremenskih parametara te ravni i meteorološkog podatka o srednjoj dnevnoj sumi globalnog Sunčevog zračenja na horizontalu, tj.:

$$G(\alpha, \varepsilon, m) = f(\alpha, \varepsilon, d, m) \cdot G_H(m) \quad [\text{kWh/m}^2 \text{ dan}] \quad (6)$$

gde su sa  $d$  i  $m$  označeni vremenski parametri – čas i mesec.

Ako se sad usvoje iz [2] dobro poznati teorijski izrazi koji definišu poslednja dva člana u (4):

$$D(\alpha, \varepsilon, m) = D(\alpha, m) = D_H(m) \cdot \cos^2 \alpha / 2 \quad [\text{kWh/m}^2 \text{ dan}] \quad (7)$$

$$R(\alpha, \varepsilon, m) = R(\alpha, m) = A \cdot G_H(m) \cdot \sin^2 \alpha / 2 \quad [\text{kWh/m}^2 \text{ dan}] \quad (8)$$

gde su  $A[-]$ ,  $D_H(m)$  [kWh/m<sup>2</sup> dan] i  $G_H(m)$  [kWh/m<sup>2</sup> dan] redom albedo tla (sposobnost tla da reflektuje Sunčeve zrake), srednja dnevna suma difuznog Sunčevog zračenja na horizontalnu ravan za mesec  $m$  i srednja dnevna suma globalnog zračenja na horizontalnu ravan za mesec  $m$  (meteorološki podatak), onda se za ravan  $(0, \varepsilon)$ , tj. za ravan  $H$  dobija:

$$G_H(m) = I_H(m) + D_H(m) \quad [\text{kWh/m}^2 \text{ dan}] \quad (9)$$

jer se iz (7) i (8) očigledno uzima da difuzno i reflektovano zračenje zavise samo od nagibnog ugla  $\alpha$  prijemne ravni, pa je onda u (8)  $R_H(m) = 0$ .

Posmatrajući raspodelu globalnog i difuznog zračenja na horizontalnu ravan u toku godine u [4] i [5] i uspostavljajući vezu između ovih raspodela prethodnim grafičkim integraljenjem po krivama kojima su raspodele date, dolazi se do zaključka da se odnos između difuznog i globalnog zračenja može predstaviti jednim brojem koji će biti smatran približno konstantnim u toku godine, dok će promena ovog odnosa, u naknadnim sumiranjima koje diktira postupak proračuna, izazvati minimalan uticaj na dobijene vrednosti. Tako je, dakle:

$$\frac{D_H(m)}{G_H(m)} \approx 0,23 \quad (10)$$

pa se posle zamene (10) u (9) dobija:

$$G_H(m) = I_H(m) + 0,23 G_H(m) \quad [\text{kWh/m}^2 \text{ dan}] \quad (11)$$

Iz (11), pak, sledi da je:

$$I_H(m) = 0,77 G_H(m). \quad [\text{kWh/m}^2 \text{ dan}] \quad (12)$$

Rekapitulirajući rezultat (12) dosadašnjih transformacija, i izraze za Sunčevo zračenje (5), (7) i (8), dolazi se do zaključka da cilj (6) još nije postignut i da dalji rad treba usmeriti na transformaciju izraza (12).

Tako se, dalje, formira proporcija:

$$\frac{I_H}{I_H(m)} = \frac{I_H \text{ teor}}{I_H(m) \text{ teor}} \quad [\text{dan/h}] \quad (13)$$

gde teorijske veličine imaju indeks *teor* a stvarne veličine nemaju u tom smislu odgovarajući indeks. Zamenom izraza (12) u izrazu (13) i transformacijom ovog poslednjeg, dobija se:

$$I_H = \frac{0,77 \cdot I_H \text{ teor} \cdot G_H(m)}{I_H(m) \text{ teor}} \quad [\text{kW/m}^2] \quad (14)$$

Teorijska vrednost  $I_H$  uzima se iz [1], gde je:

$$I_H(d, m) = I(d, m) \cdot \sin(h(d, m)) \quad [\text{kW/m}^2] \quad (15)$$

gde su  $I_H(d, m)$  i  $h(d, m)$  trenutna vrednost snage Sunčevog zračenja na jediničnu površinu normalnu na zrak za određeni sat reprezentativnog dana u mesecu i trenutna vrednost visine sunca iznad horizonta za isti sat reprezentativnog dana u mesecu, dok je  $I(d, m)$  dato u [1] izrazom:

$$I(d, m) = I(d, m)_{\text{teor}} = \frac{A(m)}{B(m) \sin(h(d, m))} \quad [\text{kW/m}^2] \quad (16)$$

Koeficijenti  $A(m)$  i  $B(m)$  dati su u [1] vrednostima za svaki mesec.

Intenzitet direktnog Sunčevog zračenja na prijemnu površinu proizvoljnog položaja u prostoru za proizvoljni sat reprezentativnog dana u mesecu daje se u [1] kao:

$$I(\alpha, \varepsilon, d, m) = I(d, m) \cdot \sin(h(d, m)) \cdot \cos \alpha + \cos(h(d, m)) \cdot \sin \alpha \cos |z(d, m) - \varepsilon| \quad [\text{kW/m}^2] \quad (17)$$

gde je  $z(d, m)$  ugao između južnog smera i projekcije Sunčevog zraka na horizontalu. Sređivanjem (14), (15) i (16) dobija se:

$$I(d, m) = \frac{0,77 \cdot \frac{A(m) \sin(h(d, m))}{B(m) \sin(h(d, m))}}{\sin(h(d, m))} \cdot G_H(m) \quad [\text{kW/m}^2] \quad (18)$$

ili, jednostavnije:

$$I(d, m) = \frac{0,77}{\sin(h(d, m))} \cdot K(d, m) \cdot G_H(m). \quad [\text{kW/m}^2] \quad (19)$$

Dalje, zamenom (19) u (17) dobija se:

$$I(\alpha, \varepsilon, d, m) = 0,77 K(d, m) \cdot \left( \cos \alpha + \frac{\sin \alpha \cos |z(d, m) - \varepsilon|}{\text{tg}(h(d, m))} \right) G_H(m) \quad [\text{kW/m}^2] \quad (20)$$

Šumiranjem (20) po časovima u toku reprezentativnog dana u mesecu dobija se realna srednja dnevna suma direktnog Sunčevog zračenja na ravan  $(\alpha, \varepsilon)$ :

$$\sum_d I(\alpha, \varepsilon, d, m) = I(\alpha, \varepsilon, m) \quad [\text{kWh/m}^2 \text{ dan}] \quad (21)$$

Upoređujući zbir (7), (8) i (21) [uzimajući u obzir (10) i (20)] i jednakost (4), očigledno je da je cilj (6) postignut.

Daljim sumiranjem (21), (7) i (8) u toku svih meseci dobija se realna godišnja suma globalnog Sunčevog zračenja za bilo koji prostorni položaj jedinične prijemne površine:

$$G(\alpha, \varepsilon) = 30 \sum_m (I(\alpha, \varepsilon, m) + D(\alpha, m) + R(\alpha, m)) \quad [\text{kWh/m}^2 \text{ god.}]$$

odnosno:

$$G(\alpha, \varepsilon) = 30 \sum_m \left( \sum_d I(\alpha, \varepsilon, d, m) \right) + D(\alpha, m) + R(\alpha, m) \quad [\text{kWh/m}^2 \text{ god.}] \quad (22)$$

gde je uzeto da prosečan broj dana u mesecu iznosi 30. Time je postupak za proračun  $G(\alpha, m)$  definisan.

## Način izvođenja proračuna

Izgled prethodno definisanog postupka sastavljenog od (10), (7), (8), (20) i (22) ukazuje na to da proračun realnih godišnjih suma Sunčevog zračenja mora biti izvršen računom.

Skup ulaznih podataka za proračun dat je matricama:

$$\mathbf{Z} = [\mathbf{Z}]_m^d, \quad m = 1, 2, \dots, 12, \quad d = d_{\min}, d_{\min} + 1, \dots, d_{\max} \quad (23)$$

$$\mathbf{H} = [\mathbf{h}]_m^d, \quad m \text{ i } d \text{ isto kao u (23)} \quad (24)$$

$$\mathbf{A} = [\mathbf{A}]_m^m, \quad m = 1, 2, \dots, 12. \quad (25)$$

$$\mathbf{B} = [\mathbf{B}]_m^m, \quad m = 1, 2, \dots, 12. \quad (26)$$

$$\mathbf{H} = [\mathbf{G}_H(m)]_m^m, \quad m = 1, 2, \dots, 12. \quad (27)$$

i skalarom  $\mathbf{A} = [0,1 + 0,7]$ . Sve oznake su analogne prethodnim.

Matrice (23) i (24) se dobijaju jednostavnim funkcijskim potprogramima. Izrazi koji su poslužili kao osnova za izradu ovih potprograma nalaze se u [1]. Prema mogućnosti računskih mašina i koncepciji programa matrice (23) i (24), moguće je formirati pre početka izvođenja programa ili u toku programa, pozivom odgovarajućeg potprograma. Matrice (25) i (26) date su u [1] tabelom, a matrica (27) se uzima iz karata srednjih dnevnih suma globalnog Sunčevog zračenja u [2]. Albedo tla  $A$  usvaja se na intervalu  $[0,1; 0,7]$  gde je minimalna vrednost za tamni asfalt, a maksimalna za snežni pokrivač ili beli kamen.

Mašina računa po programu ciklične strukture a koraci pojedinih ciklusa se uzimaju kao unapred odabrane diskretne vrednosti sa intervala  $[0, \alpha_{\max}]$  i  $[\varepsilon_{\min}, \varepsilon_{\max}]$ , gde može biti  $\varepsilon_{\min} \leq 0$  u zavisnosti od broja strana sveta (jedna ili dve) na koje se uzima odstupanje od smera juga i sa intervala  $[d_{\min}, d_{\max}]$  i  $[m_{\min}, m_{\max}]$ , gde su u oba slučaja definisani jedinični koraci, dok se u prvom moraju još definisati i ekstremne vrednosti.

Testiranje programa, napisanog prema datom postupku, pokazalo je da se ponekad u граниčnim slučajevima mogu javiti vrednosti  $I(\alpha, \varepsilon, d, m) < 0$  ili da se javljaju pozitivne vrednosti iste veličine za istovremeno  $|z(d, m) - \varepsilon| > 90^\circ$  i  $h(d, m) < \alpha$ . Ovo nastaje zbog univerzalnosti matematičkih izraza koji ne uzimaju u obzir fizičku prirodu pojave. U oba slučaja program mora biti takav da daje  $I(\alpha, \varepsilon, d, m) = 0$ .

## Prikaz rezultata proračuna izvedenog za lokaciju „Palić“

Konkretan projekat zahtevao je usvajanje sledećih vrednosti:

$$[d_{\min}, d_{\max}] = [5, 19] \quad [h] \quad (28)$$

$$[0, \alpha_{\max}] = [0, 50] \quad [^\circ] \quad (29)$$

$$[\varepsilon_{\min}, \varepsilon_{\max}] = [0, 60] \quad [^\circ] \quad (30)$$

U (29) je izbor gornje granice bio rezultat želje da se vidi kako se menja realna godišnja suma globalnog Sunčevog zračenja za nagibne uglove do  $45^\circ$  i malo preko  $45^\circ$ . U

(30) je izbor granica bio uslovljen konfiguracijom fizičkih prepreka u konkretnom projektu. Korak u (29) i (30) je  $s = 5^\circ$ , zbog relativno ograničenih mogućnosti računara. Za albedo tla usvojena je vrednost  $A = 0,2$  koja pretpostavlja da je tle cele godine pod travom. Eventualni snežni pokrivač doneo bi povećanje reflektovanog zračenja, pa bi očekivana dobit u eksploataciji bila malo prevaziđena. Rezultati proračuna dati su tabelom T1 i dijagramom na slici 1.

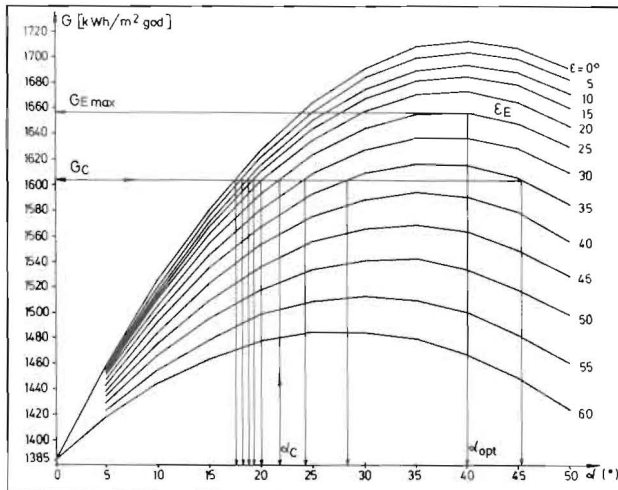
Učinjena je provera rezultata proračuna za  $\alpha = 0^\circ$  upoređivanjem sa meteorološkim podatkom  $G_H$  u  $[\text{kWh}/\text{m}^2\text{god.}]$  dobijenim iz [3]. Tako, apsolutna greška za period od jedne godine iznosi:

$$\Delta G_H = 2 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{god.},$$

a relativna greška iznosi

$$\delta_{G_H} = 0,14\%.$$

Sl. 1



Kao posledica relativno velikog koraka za  $\alpha$ , ponegde nije dobro istaknut maksimum krivih  $G$ . Ovo je, na primer, slučaj sa krivom za  $\epsilon = 30^\circ$ .

Mogućnosti korišćenja dijagrama date su na slici 1. Za neko zadato  $G_c$  koje predstavlja godišnju energiju koju projektant hoće da preuzme solarnim postrojenjem, dobija se širok izbor parametara  $\alpha$  i  $\epsilon$  koji se, zatim, mogu usklađivati sa drugim uslovima konkretnog problema. Ili, za neko zadato  $\alpha_c$  i  $\epsilon_E$ , koje diktiraju uslovi konkretnog problema, može se dobiti realna godišnja suma globalnog Sunčevog zračenja koja će se upotrebiti za dimenzionisanje prijemne površine postrojenja. Ili, za neko zadato  $\epsilon_E$  moguće je odrediti optimalni nagibni ugao  $\alpha_{opt}$  i maksimalnu realnu godišnju sumu globalnog zračenja  $G_{E,max}$  koju dobija ravan ( $\alpha_{opt}$ ,  $\epsilon_E$ ).

Tabela 1. Realne godišnje sume globalnog Sunčevog zračenja na ravan ( $\alpha, \epsilon$ )  $[\text{kWh}/\text{m}^2\text{god.}]$  za lokaciju „Palić“

$\epsilon [^\circ]$	$\alpha [^\circ]$												
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0	1385	1385	1385	1385	1385	1385	1385	1385	1385	1385	1385	1385	1385
5	1458	1457	1456	1454	1452	1450	1447	1443	1439	1435	1430	1424	1419
10	1524	1421	1418	1515	1512	1506	1500	1493	1485	1476	1467	1456	1445
15	1581	1577	1572	1568	1562	1554	1535	1523	1510	1496	1496	1479	1464
20	1628	1622	1616	1610	1603	1593	1581	1568	1553	1536	1518	1498	1477
25	1665	1656	1650	1643	1634	1623	1609	1593	1575	1555	1533	1508	1484
30	1692	1682	1674	1667	1657	1644	1627	1609	1588	1565	1540	1512	1484
35	1708	1699	1689	1681	1670	1654	1636	1616	1593	1568	1541	1509	1479
40	1713	1704	1693	1684	1672	1655	1636	1615	1590	1563	1533	1499	1466
45	1708	1697	1687	1677	1663	1647	1628	1605	1578	1548	1517	1482	1448
50	1693	1682	1670	1659	1645	1630	1610	1585	1556	1528	1497	1460	1423

## Zaključak

Na početku se raspolagalo dvema grupama podataka o Sunčevom zračenju: meteorološkim, u obliku srednjih dnevnih suma globalnog Sunčevog zračenja na horizontalu, i teorijskim, u obliku raznih matematičkih izraza pomoću kojih je bilo moguće izračunati srednje dnevne sume globalnog zračenja za bilo koji prostorni položaj prijemne ravni. Nedostatak prve grupe podataka bila je nemogućnost njihovog preračunavanja za druge prostorne položaje prijemne ravni, a nedostatak druge, ponekad znatna razlika srednjih dnevnih suma globalnog Sunčevog zračenja od objektivnih. Tada se pristupilo kombinovanju dobrih osobina ovih dveju grupa podataka: autentičnosti, pouzdanosti i verovatnoće ponavljanja meteoroloških i empirijskog porekla raspodela teorijskih. Iz ovih transformacija, koje su uključile i izvesna uprošćenja, definisan je postupak koji, na osnovu početnih meteoroloških podataka o srednjim dnevnim sumama globalnog Sunčevog zračenja na horizontalnu ravan, daje podatak o realnim godišnjim sumama globalnog Sunčevog zračenja na prijemnu ravan proizvoljnog položaja u prostoru.

Prema ovom postupku urađen je program za računsku mašinu i izveden proračun za lokaciju „Palić“. Rezultati proračuna pružili su projektantu sigurno zaleđe i stvorili povoljnu situaciju za kvalitetno dimenzionisanje postrojenja, sa velikom mogućnošću prilagođavanja posebnim zahtevima konkretnog projekta.

## Literatura

- [1] Jones, W. P.: *Air Conditioning Engineering*, Edward Arnold, London, 1973.
- [2] Popović, M.: *Završni izveštaj iz oblasti meteorologije o projektu „Sunčeve energije“*, Republički hidrometeorološki zavod SR Srbije, Beograd, 1981.
- [3] Popović, M., M. Mendan, Lj. Popčić, J. Bulović: *Raspodela globalnog Sunčevog zračenja nad Jugoslavijom*, KGH br.2, 1978, Beograd, 1978.
- [4] Penzar, I.: *O Sunčevoj energiji u vezi sa projektiranjem helio-tehničkih uređaja*, KGH br. 2/1978, Beograd, 1978.
- [5] Lalović, B.: *Solarne kuće*, BIGZ, Beograd, 1982.

