

GLOBALNO ZRAČENJE NA PODRUČJU SR HRVATSKE

Global Radiation in the Area of Croatia

ZVONKO ŽIBRAT, MARJANA GAJIĆ-ČAPKA

Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, Zagreb

Primljeno 15. lipnja 1986, u konačnom obliku 3. rujna 1986.

Sažetak: Ispitana je međusobna ovisnost globalnog zračenja i insolacije na osnovi mjerenih podataka za 11 meteoroloških stanica (6 sa područja SR Hrvatske) iz razdoblja 1970–1979. godina. Utvrđena je vrlo pouzdana međuzavisnost za većinu stanica pa je ta veza primijenjena na već ranije utvrđenu vezu insolacije i naoblake. Na taj način proračunata je prostorna raspodjela globalnog zračenja za područje SR Hrvatske. Također su po prvi puta prikazane i karakteristične dekadnih vrijednosti globalnog zračenja i insolacije.

Ključne riječi: globalno zračenje, insolacija, naoblaka, dekadne vrijednosti, prostorna raspodjela, Hrvatska

Abstract: The dependence of global radiation on insolation was investigated for 11 stations using measured data from the period 1970–1979. A very significant relation was established for the majority of the stations. Therefore it was applied to the earlier derived relation between insolation and cloudiness and then the spatial distribution of the global radiation was calculated for the whole region of Croatia. The ten-day period value characteristics of global radiation and insolation are presented for the first time.

Key words: global radiation, insolation, cloudiness, ten-day period values, spatial distribution, Croatia

1. UVOD

U današnjem vremenu velikog napretka nauke, tehnike i civilizacije došlo se do spoznaje da se bez većih ulaganja u nove, alternativne, izvore energije, neće moći i dalje napredovati takvim tempom. Jedan od takovih izvora je Sunce koje je za cijelo čovječanstvo jedino dostupno svakome, a ujedno je čisti i neiscrpan izvor energije i bit će sve dotle dok ljudi sami ne poremete ravnotežu života na Zemlji. Jedinu veliku nedostatak tog izvora je nemogućnost njegovog kontinuiranog korištenja. Najveći uzročnik tog nestalnosti su vremenske promjene u atmosferi uz astronomske i geografske karakteristike nekog područja.

Posljednjih godina i kod nas se sve više širi zanimanje za iskorištavanje Sunčevog zračenja u energetske svrhe, budući da je naše područje jedno od najsunčanijih u Evropi. Republički hidrometeorološki zavod započeo je 1981. godine sa istraživanjima dosad prikupljenih podataka raznih meteoroloških parametara potrebnih za iskorištavanje Sunčeve energije u SR Hrvatskoj. U te svrhe završena su dva dijela tih istraživanja u okviru radova (RHMZ SRH, 1981; RHMZ SRH, 1983; Poje i suradnici, 1984).

U ovom radu istraživana je veza trajanja insolacije* i globalnog zračenja,** kao i njihove određene karakteristike, za stanice koje mjere oba elementa na području SR Hrvatske i okolnih Republika. Takova veza je primijenjena na podatke o insolaciji (RHMZ SRH, 1981) te na podatke o modificiranoj apsolutnoj insolaciji (RHMZ SRH, 1983) koji su dobiveni vezom insolacije i naoblake. Na taj način pokriveno je područje SR Hrvatske gustom mrežom podataka koji su omogućili izradu vrlo detaljnih kartografskih prikaza globalnog zračenja, koje predstavlja najvažniji podatak za bilo kakovo iskorištavanje Sunčevog zračenja, posebno u energetske svrhe.

2. RAZVOJ MJERENJA I ISTRAŽIVANJA GLOBALNOG ZRAČENJA U SR HRVATSKOJ

Mjerenja globalnog zračenja započela su tek početkom, a kod nas tek sredinom 20. stoljeća. To ujedno govori i o tome koliko se dugo zanemarivao podatak o glo-

* Pod insolacijom ovdje se govori o trajanju insolacije, odnosno trajanju sisanja Sunca.

** Globalno zračenje je ukupno prizemno zračenje koje predstavlja zbir direktnog (izravno od Sunca) i difuznog zračenja (raspršeno i dolazi iz svih smjerova neba), a prima ga jedinična horizontalna ploha u određenom vremenskom razmaku.

balnom zračenju, posebno ako napomenemo da su određena mjerenja meteoroloških elemenata (tlak) započela već u 17. stoljeću.

Prva mjerenja globalnog zračenja u Hrvatskoj počela su 1948. godine na opservatoriju Zagreb – Grič pomoću Robitzscheva aktinografa.

Već 1949. godine bila su uspostavljena mjerenja globalnog zračenja na Sljemenu i u Splitu, te 1951. u Pargu, 1954. u Križevcima i 1956. u Razromiru.

Tek od 1957/58. godine, koja je bila proglašena Međunarodnom geofizičkom godinom, počinje redovita obrada kao i publiciranje podataka mjerenja globalnog zračenja, osim s opservatorija Zagreb – Grič koji ih redovno objavljuje u svom godišnjaku od 1949. Pravi status meteorološkog elementa od najveće važnosti dobilo je mjerenje Sunčevog zračenja 1964/65. godine koja je bila proglašena Međunarodnom godinom mirnog Sunca.

U novije vrijeme uspostavljeno je još nekoliko mjernih stanica i to kao prvo na opservatoriju Zagreb – Maksimir 1969. godine, te u Rijeci i Dubrovniku 1980. godine.

Izvan stanica Hidrometeorološkog zavoda SR Hrvatske postoje stalna mjerenja globalnog zračenja u Rovinju od 1973. godine u sklopu Centra za istraživanje mora, Instituta „Ruđer Bošković“ iz Zadra.

Prve karte prostorne raspodjele globalnog zračenja za cijelu Zemlju (srednje dnevne vrijednosti globalnog zračenja na horizontalnu plohu) izradio je Budiko (1950). Kako je u to vrijeme broj stanica za mjerenje globalnog zračenja u svijetu bio vrlo malen, to su ti podaci dobiveni uglavnom interpolacijama prema izračunatim vrijednostima iz mjerenih podataka naoblake i insolacije.

Prve kartografske prikaze raspodjele globalnog zračenja za područje Jugoslavije dali su B. Penzar, I. Penzar (1960) na temelju podataka naoblake za 131 stanicu. Za izračunavanje je korištena stohastička veza globalnog zračenja i naoblake preko empirijske relacije koja je dobivena na temelju 10-godišnjih mjerenja globalnog zračenja za Zagreb – Grič (I. Penzar, 1959). Isti autor je također (1959) izračunao empirijsku relaciju za vezu globalnog zračenja i insolacije za Zagreb – Grič iz 10-godišnjeg perioda mjerenja (1949–1958). U tom radu je pokazano da se pomoću ovako izvedenih relacija može s dovoljnom točnošću izračunati globalno zračenje i za ostala mjesta gdje se mjeri trajanje sisanja Sunca.

U radu I. Penzara (1960) su obrađeni podaci globalnog zračenja za stanice Zagreb – Grič, Sljeme, Parg i Split za 1 1/2 godišnji period 1957/58. koja je bila proglašena Međunarodnom geofizičkom godinom.

U razdoblju 1962–1984. I. Penzar je objavio niz radova u kojima obrađuje određene karakteristike Sunčevog zračenja nad našim područjem kao i utjecaj određenih meteoroloških elemenata na upadno zračenje te mogućnosti iskorištavanja Sunčevog zračenja u energetske svrhe na području SR Hrvatske.

M. Grabar (1973) je obradio vezu globalnog zračenja i insolacije za Split iz 10-godišnjeg razdoblja mjerenja (1961–1970).

Najobimniji rad o vezi globalnog zračenja i insolacije na području Jugoslavije dao je M. Popović (1977) prema podacima 10-godišnjeg razdoblja (1966–1975) za 19 stranica. Pomoću koeficijenata za sezone Popović je izračunao srednje dnevne vrijednosti globalnog zračenja po mjesecima i godišnje za stanice koje mjere samo trajanje sisanja Sunca.

Na temelju istih podataka za 11 stanica područja Jugoslavije pomoću koeficijenata za mjesec izračunate su srednje dnevne sume globalnog zračenja po mjesecima za našu zemlju i kao takve su prikazane u prostornoj raspodjeli globalnog zračenja za Evropu.

Odnos globalnog zračenja i insolacije za područje Istre izveli su B. Sekulić i suradnici (1980) na temelju podataka globalnog zračenja Rovinja i ostalih stanica Istre sa trajanjem sisanja Sunca.

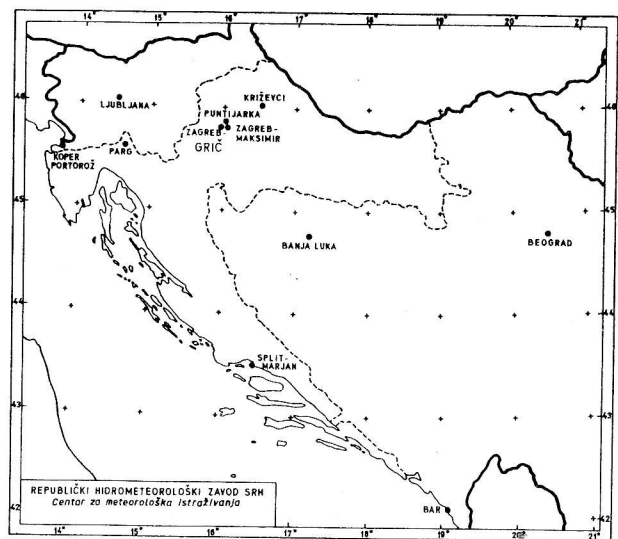
Tek u posljednje vrijeme, od 1980. godine, kada se i kod nas počelo sa sve većim propagiranjem korištenja Sunčeve energije kao alternativnog izvora energije, napravljeno je niz radova primijenjenog karaktera.

3. KARAKTERISTIKE OSNOVNE OBRADJE PODATAKA

Osnovni podaci korišteni u ovom ispitivanju bili su:

- dnevne vrijednosti globalnog zračenja (GG)
- dnevne vrijednosti trajanja sisanja Sunca (SS)
- dnevne vrijednosti ekstraterestričkog zračenja (ETR)
- vrijednosti trajanja svjetlog dijela dana (DTD)

Navedeni podaci odnose se na 10-godišnji period (1970–1979), za koji je određivana linearna korelacija, te period 1980–1982. godine koji se koristio kao kontrolni period za već određene veze. Podaci se odnose na 11 meteoroloških stanica i to 6 sa područja SR Hrvatske, a 5 iz susjednih Republika (sl. 1).



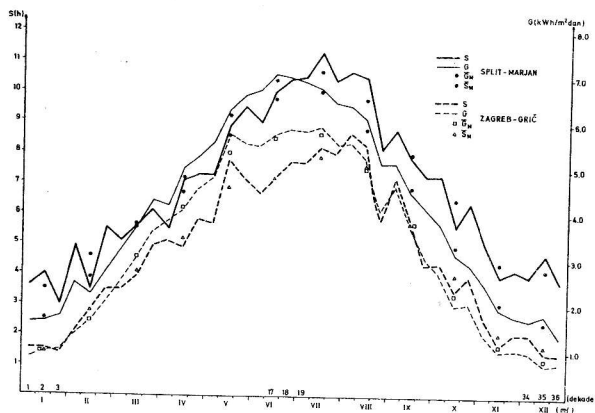
Sl. 1. Raspored mjernih stanica globalnog zračenja i insolacije koje su zajedno obrađivane.

Fig. 1. Distribution of the stations measuring global radiation and insolation.

Osnovna obrada obuhvatila je srednje dnevne vrijednosti svih elemenata (GG, SS, ETR, DTD) po dekadama (D_1, D_2, D_3) i po mjesecima (S) tokom godine, te godišnju srednju dnevnu vrijednost (G). Određeni su rasponi unutar kojih su se kretale izmjerene dekadne vrijednosti po mjesecima ($MM = \text{Max}_{D_i} - \text{Min}_{D_i}, i=1, 2, 3$), kao i njihove varijacije oko mjesečne srednje dnevne vrijednosti ($R = \frac{MM}{S} \cdot 100 (\%)$). Ovako izvedena

obrada osnovnih podataka poslužila je za daljnje izvođenje linearne korelacijske veze između globalnog zračenja i insolacije.

Na sl. 2 dan je grafički prikaz godišnjeg hoda srednjih dnevnih vrijednosti globalnog zračenja i trajanja sijanja Sunca po dekadama za Zagreb-Grič (ZG-G) i Split-Marjan (ST-M), kao predstavnika dva klimatska područja SRH, kontinentalnog i maritimnog. Oblik krivulja određenog elementa daje glavnu karakteristiku meteoroloških prilika područja, ali i način mjerenja određenog elemen-



Sl. 2. Godišnji hod srednjih dnevnih vrijednosti globalnog zračenja G (kWh/m^2) i trajanja sijanja Sunca S (h) po dekadama za Split-Marjan (ST-M) i Zagreb-Grič (ZG-G). U crtane su i srednje dnevne vrijednosti po mjesecima za oba elementa ($*G_M, \circ S_M$). Period 1970–1979.

Fig. 2. Annual course of mean daily global radiation values G (kWh/m^2) and sunshine duration S (h) over ten-day periods at Split-Marjan (ST-M) and Zagreb-Grič (ZG-G). Period: 1970–1979.

ta (odnos heliograf-solarigraf). Kolebanja na krivuljama su više izražena kod trajanja sijanja Sunca, jer su ta mjerenja više podložna promjenama vremenskih prilika (RHMZ SRH, 1981). Tu je posebno važna vrsta naoblake, npr. stratusna naoblaka kada heliograf ne bilježi ništa (nema direktnih zraka Sunca), dok solarigraf bilježi vrijednosti difuzne komponente. I dnevni razvoj naoblake ima veći utjecaj na iznos trajanja sijanja Sunca nego na globalno zračenje. To je posebno karakteristično za podnevne sate ljeti kada dolazi do pojave prolazne konvektivne naoblake koja povremeno zaklanja Sunce i prekida registraciju heliografa. Istovremeno solarigraf bilježi difuznu komponentu. Ovdje postoji i mogućnost takvog položaja Sunca i oblaka kada je refleksija na oblaku vrlo velika pa je i vrijednost globalnog zračenja daleko veća nego da nije bilo naoblake, dok se to na heliografu ne može registrirati. Zbog svih navede-

nih primjera krivulja globalnog zračenja je blažeg nagiba i manje skokovita, iako prati sve glavne značajke radijacijskih prilika tog područja.

Prikazane srednje dnevne sume globalnog zračenja pokazuju da su minimalne vrijednosti u prosincu (ZG-G u 35, a ST-M u 36. dekad), a maksimalne u lipnju i srpnju (ST-M u 18, a ZG-G u 20. dekad). Ovakav odnos između ovih stanica ostaje isti i za maksimalne vrijednosti trajanja sijanja Sunca (ST-M u 20, a ZG-G u 22. dekad), dok su minimalne vrijednosti zabilježene za obje stanice u 3. dekad (siječanj), a za ZG-G još i u 36. dekad (prosina).

Najveća kolebanja dekadnih vrijednosti oba elementa u godišnjem hodu, za priobalno područje, javljaju se zimi i početkom proljeća. Ona su vjerojatno posljedica tipičnih vremenskih situacija koje se javljaju oko istih datuma u promatranom 10-godišnjem nizu. Slični singulariteti postoje u toplom dijelu godine u travnju (10 i 11. dekada), u lipnju (16. dekada), kolovozu (24. dekada) i listopadu (29. dekada) u unutrašnjosti kao i na obali.

Podaci srednjih dnevnih suma globalnog zračenja (G_M) i trajanja sijanja Sunca (S_M) po mjesecima imaju za obje stanice pravilan godišnji hod i samo dopunjuju prijašnje dekadne podatke, te daju opću sliku o količinama globalnog zračenja i trajanja sijanja Sunca.

O tome kolike su fluktuacije dekadnih srednjih dnevnih vrijednosti prema mjesečnim srednjim dnevnim vrijednostima globalnog zračenja, govore podaci veličine R za Zagreb-Grič i Split-Marjan (tabela 1).

Primjećuje se da su fluktuacije oko mjesečne srednje dnevne vrijednosti za Split-Marjan daleko manje nego što su za Zagreb-Grič. Samo u siječnju i veljači one prelaze vrijednost 100%, dok se ljeti može očekivati kolebanje dekadnih srednjih dnevnih vrijednosti oko mjesečnog srednjaka u rasponu od samo 50–60%. Takova kolebanja približna su ljeti i u unutrašnjosti (Zagreb-Grič). To ujedno govori o sličnoj pogodnosti radijacijskih prilika na priobalnom području i u unutrašnjosti u ljetnim mjesecima s obzirom na očekivana kolebanja primljenih količina globalnog zračenja. Ove vrijednosti odraz su prvenstveno karaktera vremenskih situacija ljeti, posebno trajanja i vrste naoblake (Poje i suradnici, 1984).

4. OVISNOST GLOBALNOG ZRAČENJA O INSOLACIJI I NAOBLACI

Kao što je već u poglavlju 2. napomenuto, mjerenja globalnog zračenja su počela relativno kasno pa je i relativno malo meteoroloških stanica koje raspolažu sa podacima globalnog zračenja, posebno onih koja posjeduju i dovoljno dugi niz mjerenja. Zbog toga je izvedeno više metoda za izračunavanje globalnog zračenja pomoću meteoroloških elemenata koji su u funkcionalnoj vezi sa globalnim zračenjem, a mjere se na mnogo više mjesta i posjeduju dulje nizove mjerenja. To se posebno odnosi na podatke trajanja sijanja Sunca i naoblake. Prvi je vezu globalnog zračenja i insolacije, odnosa relativnog intenziteta globalnog zračenja i relativnog trajanja sija-

Tabela 1. Podaci o rasponu ($R = \frac{MM}{S} \cdot 100\%$) dekadnih oko mjesečnih srednjih dnevnih vrijednosti globalnog zračenja za Zagreb-Grič i Split-Marjan. Period 1970–1979.

Table 1. Range $R = \frac{MM}{S} \cdot 100\%$ of mean daily values of global radiation calculated over the ten-day period from those calculated over the month.

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Zagreb-Grič	158	173	107	94	71	60	56	68	102	122	150	161
Split-Marjan	112	103	76	83	54	50	59	56	60	74	89	90

nja Sunca, u obliku linearne jednadžbe postavio Angström (1924). Ta metoda je kasnije od više autora modificirana i danas se kao osnovni oblik veze globalnog zračenja i insolacije upotrebljava jednadžba:

$$\frac{G}{G_o} = a + b \frac{s}{S} \text{ ili } R_G = a + b + R_S, \quad (1)$$

gdje je:

- G — količina primljenog globalnog zračenja na jediničnu horizontalnu plohu Zemljine površine,
- G_o — količina ekstraterestričkog zračenja na jediničnu, horizontalnu plohu na vrhu atmosfere,
- s — vrijednost apsolutnog trajanja sisanja Sunca,
- S — vrijednost najvećeg mogućeg trajanja sisanja Sunca,

a i b — koeficijenti korelacione veze,

R_G — relativno globalno zračenje,

R_S — relativno trajanje sisanja Sunca.

U ovom radu veličine G i s su određene mjerenjima, G_o su izračunate vrijednosti ekstraterestričkog zračenja prema I. Penzaru (1982), a S je duljina trajanja svjetlog dijela dana, tj. vrijeme od izlaza do zalaza Sunca.

Prema simboličkim iz poglavlja 3. jednadžba (1) izgleda:

$$\frac{GG}{ETR} = a + b \frac{SS}{DTD} \quad (2)$$

i vrijedi za svaki mjesec kroz godinu.

Osnovni podaci za izračunavanje koeficijenata a i b bile su dekadne srednje dnevne vrijednosti za sva 4 elementa G, G_o , s i S, a kako je u obradi bilo 10-godišnje razdoblje mjerenja, to znači da je ujedno bilo na raspolaganju 30 parova (G/ G_o , s/S) po svakom mjesecu. Na taj način dobili su se koeficijenti a i b za svaki mjesec zasebno uz dovoljan broj parova korelacije, o čemu svjedoče podaci o koeficijentu korelacije r u tabeli 2.

Srednja godišnja vrijednost koeficijenta korelacije r kreće se u vrlo uskom rasponu od 0.79 (Kopar) do 0.96 (Beograd), a srednje mjesečne vrijednosti te veličine su u još užem rasponu od 0.83 (srpanj) do 0.92 (travanj). Najmanji raspon (tabela 5.1 b) promjenljivosti koefici-

jenta r oko srednje vrijednosti je u travnju (10%), a najveći u srpnju (44%).

Potvrda ovih rezultata su i najniže vrijednosti koeficijenta r u srpnju (0.58 — Koper), te u rujnu (0.62 — Split-Marjan), dok u travnju jedino nije uopće zabilježena ekstremna vrijednost.

U tabeli 3. prikazan je godišnji hod koeficijenata a i b za stanice Zagreb-Grič i Split-Marjan koji pokazuje puno pravilniji hod za Zagreb-Grič (bolji koeficijent korelacije) nego za Split-Marjan.

Koeficijent a ima najveće vrijednosti u toplom dijelu godine (Zagreb-Grič u lipnju i kolovozu, a Split-Marjan u svibnju i rujnu), dok je koeficijent b najmanji u istom razdoblju. Kako su direktna i difuzna komponenta globalnog zračenja u tom razdoblju najveća i najmanja, to su one upravo proporcionalne sa vrijednostima koeficijenata a i b (RHMZ SRH, 1986).

Tabela 2. pokazuje da se veza relativnog globalnog zračenja (R_G) i relativnog trajanja insolacije (R_S) može ocijeniti kao odlična do vrlo dobra za sve promatrane stanice, što je potvrđeno u provjeri signifikantnosti koeficijenta korelacije (Brooks 1953), prema izrazu za standardnu devijaciju koeficijenta korelacije

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{N-1} R_S}, \quad N - \text{broj slučajeva (broj parova } R_G, R_S), \quad (3)$$

koji je dao prosječnu grešku od 2.8%. Ovu ocjenu o stupnju povezanosti globalnog zračenja i trajanja sisanja Sunca pokazuje i grafički prikaz odnosa R_G i R_S za stanice Zagreb-Grič i Split-Marjan za travanj i srpanj, (sl. 3).

Provjera ove korelacijske veze je i grafički prikaz, (sl. 4) koji daje odnos izmjenjenog ($R_{G \text{ izmj}}$) i izračunatog ($R_{G \text{ izr}}$) relativnog globalnog zračenja za Zagreb-Grič i Split-Marjan za travanj i srpanj za period 1970–1979. i 1980–1982. godine (trogodišnji period bio je za testiranje izračunatih korelacijskih veza globalnog zračenja i trajanja sisanja Sunca). Može se zaključiti da su razlike $R_{G \text{ izmj}}$ i $R_{G \text{ izr}}$ za period 1980–1982. također u okviru razlika iz duljeg razdoblja, što znači da se izračunati koeficijenti a i b mogu primjenjivati sa podjednakom težinom i na kraće vremenske periode.

Tabela 2. Koeficijent korelacije r između globalnog zračenja i insolacije za promatrane stanice. Period 1970–1979.
a) vrijednosti koeficijenta r po mjesecima te maksimalne (M) i minimalne (m) vrijednosti i srednja godišnja vrijednost

Table 2. Correlation coefficient r between global radiation and insolation for the selected stations.
a) coefficient r values over the months, maximum (M), minimum (m) and mean annual values

Stanica	Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	G
KRIŽEVCI		0,82 _m	0,91	0,94	0,92	0,95	0,84	0,90	0,84	0,85	0,96 _M	0,94	0,90	0,90
ZAGREB–GRIČ		0,94 _M	0,78 _m	0,92	0,91	0,92	0,85	0,86	0,83	0,91	0,92	0,92	0,91	0,89
ZAGREB–MAKS.		0,94	0,96	0,95	0,97	0,98 _M	0,97	0,92	0,97	0,95	0,96	0,97 _m	0,90 _m	0,94
PUNTIJARKA		0,85	0,85	0,89	0,95	0,96 _M	0,90	0,80 _m	0,88	0,84	0,81	0,87	0,91	0,88
PARG		0,91	0,95 _M	0,89	0,92	0,81	0,85	0,87	0,77 _m	0,82	0,90	0,89	0,82	0,87
SPLIT–MARJAN		0,96 _M	0,85	0,93	0,88	0,87	0,85	0,70	0,83	0,62 _m	0,92	0,85	0,93	0,85
BEOGRAD		0,95	0,94 _m	0,94 _m	0,96	0,96	0,97 _M	0,94 _M	0,97 _M	0,97 _M	0,97 _M	0,95	0,95	0,96
BANJA LUKA		0,90	0,83	0,79 _m	0,88	0,93 _M	0,91	0,92	0,86	0,92	0,85	0,88	0,80	0,82
LJUBLJANA		0,93 _M	0,90	0,87	0,89	0,88	0,81	0,71 _m	0,80	0,88	0,83	0,87	0,88	0,86
PORTOROŽ/KOP.		0,84	0,80	0,88	0,91	0,89	0,72	0,58 _m	0,80	0,73	0,87	0,85	0,94 _M	0,79
BAR		0,97	0,96	0,92	0,97	0,97	0,85 _m	0,90	0,94	0,95	0,96	0,98 _M	0,96	0,94

b) srednje mjesečne vrijednosti pripadne standardne devijacije te ekstremne vrijednosti koeficijenta korelacije r i raspon promjenljivosti pripadnih koeficijenata

b) mean monthly values, standard deviations extrem values of correlation coefficient r and the range of coefficient.

r	0,910	0,885	0,902	0,924	0,920	0,865	0,827	0,863	0,858	0,905	0,906	0,900
σ_r	0,052	0,066	0,046	0,034	0,052	0,071	0,116	0,070	0,106	0,057	0,048	0,051
r Max	0,97	0,96	0,95	0,97	0,98	0,97	0,94	0,97	0,97	0,97	0,98	0,96
r Min	0,82	0,78	0,79	0,88	0,81	0,72	0,58	0,77	0,62	0,81	0,85	0,80
r Max– r Min	0,16	0,20	0,18	0,10	0,18	0,29	0,44	0,23	0,41	0,18	0,14	0,18

Tabela 3. Godišnji hod koeficijenata a i b iz jednadžbe (1) za stanice Zagreb – Grič i Split – Marjan. Period 1970–1979.

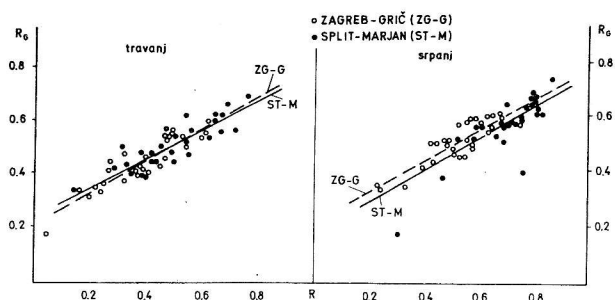
Table 3. Annual course of coefficients a and b from the equation (1) for the stations Zagreb–Grič and Split–Marjan. Period 1970–1979.

Stanica	Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Zagreb – Grič	a	0,158	0,169	0,212	0,214	0,240	0,260	0,212	0,260	0,206	0,175	0,158	0,147
	b	0,786	0,644	0,636	0,602	0,545	0,503	0,582	0,451	0,603	0,620	0,690	0,687
Split – Marjan	a	0,187	0,271	0,236	0,235	0,285	0,239	0,181	0,192	0,282	0,214	0,249	0,153
	b	0,669	0,486	0,589	0,545	0,463	0,544	0,577	0,552	0,439	0,569	0,513	0,712

Tabela 4, koja pokazuje srednju mjesečnu razliku (R_G izmj – R_G izr), izračunatu iz 30 primjera po svakome mjesecu, daje sliku o pouzdanosti izračunatih koeficijenata a i b , ali i o kvaliteti mjerenja na pojedinoj stanici. Vidi se da je srednja greška za sve stanice i za sve mjesece 3.3%, što je vrlo malo i daje garanciju da se veza

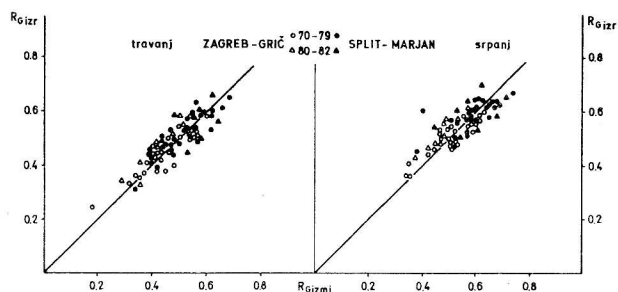
insolacija – globalno zračenja može primijeniti u ovom obliku na području SR Hrvatske.

Iz navedene korelacijske veze (1) izračunati koeficijenti a i b za 11 stanica područja SR Hrvatske i okolnih Republika poslužili su kao temelj za određivanje iznosa tih koeficijenata na cijelom području SR Hrvatske.



Sl. 3. Odnos relativnog globalnog zračenja (R_G) i relativnog trajanja sisanja Sunca (R_S) za Zagreb-Grič (ZG-G) i Split-Marjan (ST-M) za mjesec travanj i srpanj. Period 1970–1979.

Fig. 3. Relation between global radiation (R_G) and relative sunshine duration (R_S) at Zagreb-Grič (ZG-G) and Split-Marjan (ST-M) for April and July. Period: 1970–1979.



Sl. 4. Odnos između izmjerenih (R_G izmj) i izračunatih (R_G izr) vrijednosti relativnog globalnog zračenja za Zagreb-Grič i Split-Marjan za mjesec travanj i srpanj. Period 1970–1979 i 1980–1982.

Fig. 4. Relation between measured (R_G izmj) and calculated (R_G izr) relative global radiation values at Zagreb-Grič and Split-Marjan for April and July. Period: 1970–1979 and 1980–1982.

određenih lokaliteta. Ovako određeni koeficijenti a i b pridjeljeni su ostalim stanicama (125) područja SR Hrvatske koje raspolažu s podacima trajanja sisanja Sunca i naoblake (D. Poje i suradnici, 1984).

Kod određivanja veze insolacije i naoblake u radu (RHMZ SRH, 1983) obrađivan je 20-godišnji period (1961–1980). Stoga je bilo potrebno odnos naoblake, insolacije i globalnog zračenja iz 10-godišnjeg perioda (1970–1979) svesti na već poznati 20-godišnji period. Provedena komparacija za 2 reprezentativne stanice Zagreb-Grič i Split-Marjan pokazala je dobro slaganje podataka iz oba perioda. Stoga smo pretpostavili da iste veze vrijede i za ostale stanice i na temelju njih reducirali smo 10-godišnji period na 20-godišnji.

Iz grafičkog prikaza (sl. 5) vidi se da su razlike unutar samih elemenata vrlo male, ali da su i odnosi između različitih elemenata (insolacija-naoblaka) potpuno podudarni iz mjeseca u mjesec, tako da je odnos kod globalnog zračenja između promatranih 10 i 20-godišnjih perioda potpuno podudaran s odnosima insolacija-naoblaka. Zatim smo pristupili izračunavanju vrijednosti globalnog zračenja za svih 131 stanicu područja SR Hrvatske iz izraza (1) u ovom obliku:

$$G = G_0 \left(a + b \frac{s}{S} \right) \quad (4)$$

Iz jednadžbe (4) izračunavane su srednje dnevne vrijednosti (sume) globalnog zračenja (u kWh/m²) po mjesecima tokom godine za period 1961–1980. godine. Kartografski prikaz dan je na sl. 7 i 8.

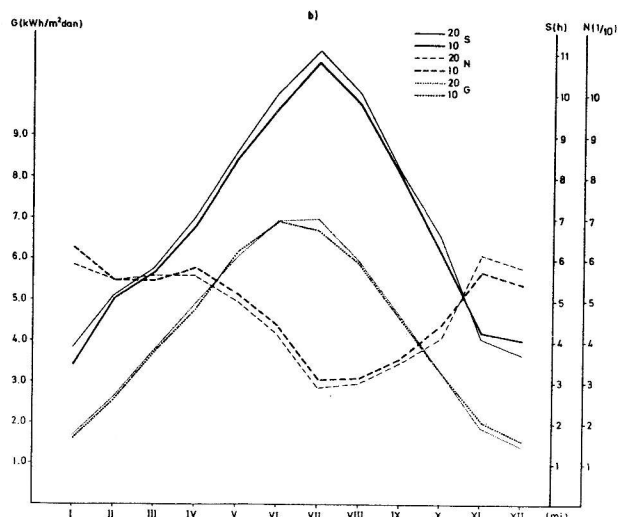
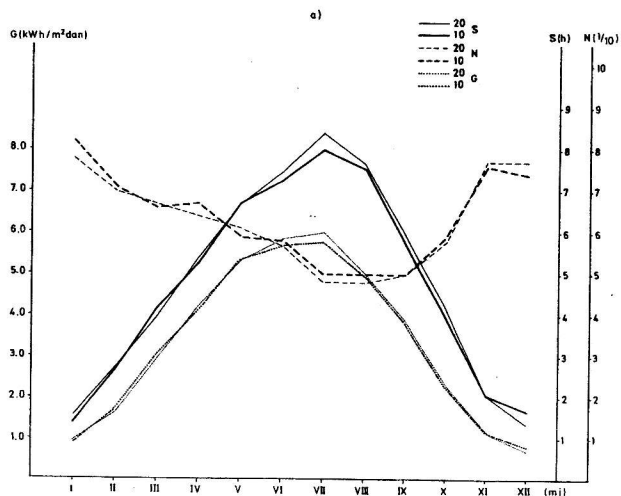
Tabela 4. Srednje mjesečne i srednja ukupna razlika ($R_{G\text{izmj}} - R_{G\text{izr}}$) po stanicama. Period 1970–1979.

Table 4. Mean monthly and mean total difference ($R_{G\text{izmj}} - R_{G\text{izr}}$). Period 1970–1979.

Mjesec Stanica	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	G
ZAGREB-GRIČ	.030	.049	.033	.032	.032	.033	.033	.035	.031	.032	.032	.031	.034
ZAGREB-MAKS.	.026	.024	.022	.020	.015	.015	.020	.012	.023	.024	.017	.046	.022
PUNTIJARKA	.035	.046	.039	.026	.025	.029	.038	.034	.049	.046	.051	.038	.038
KRIŽEVCI	.042	.033	.026	.026	.020	.027	.022	.027	.027	.023	.026	.043	.029
PARG	.036	.038	.039	.034	.048	.109	.037	.052	.058	.042	.042	.053	.049
SPLIT-MARJAN	.030	.041	.022	.034	.036	.036	.039	.038	.047	.035	.037	.032	.036
BEOGRAD	.025	.026	.027	.020	.015	.016	.018	.013	.014	.015	.030	.026	.020
BANJA LUKA	.030	.047	.041	.030	.040	.033	.041	.038	.047	.041	.032	.030	.038
LJUBLJANA	.029	.045	.042	.039	.039	.035	.045	.041	.037	.040	.029	.032	.038
KOPER/PORTOROŽ	.045	.066	.039	.030	.029	.038	.033	.036	.045	.038	.033	.028	.038
BAR	.026	.029	.025	.019	.013	.014	.014	.014	.017	.038	.020	.026	.022

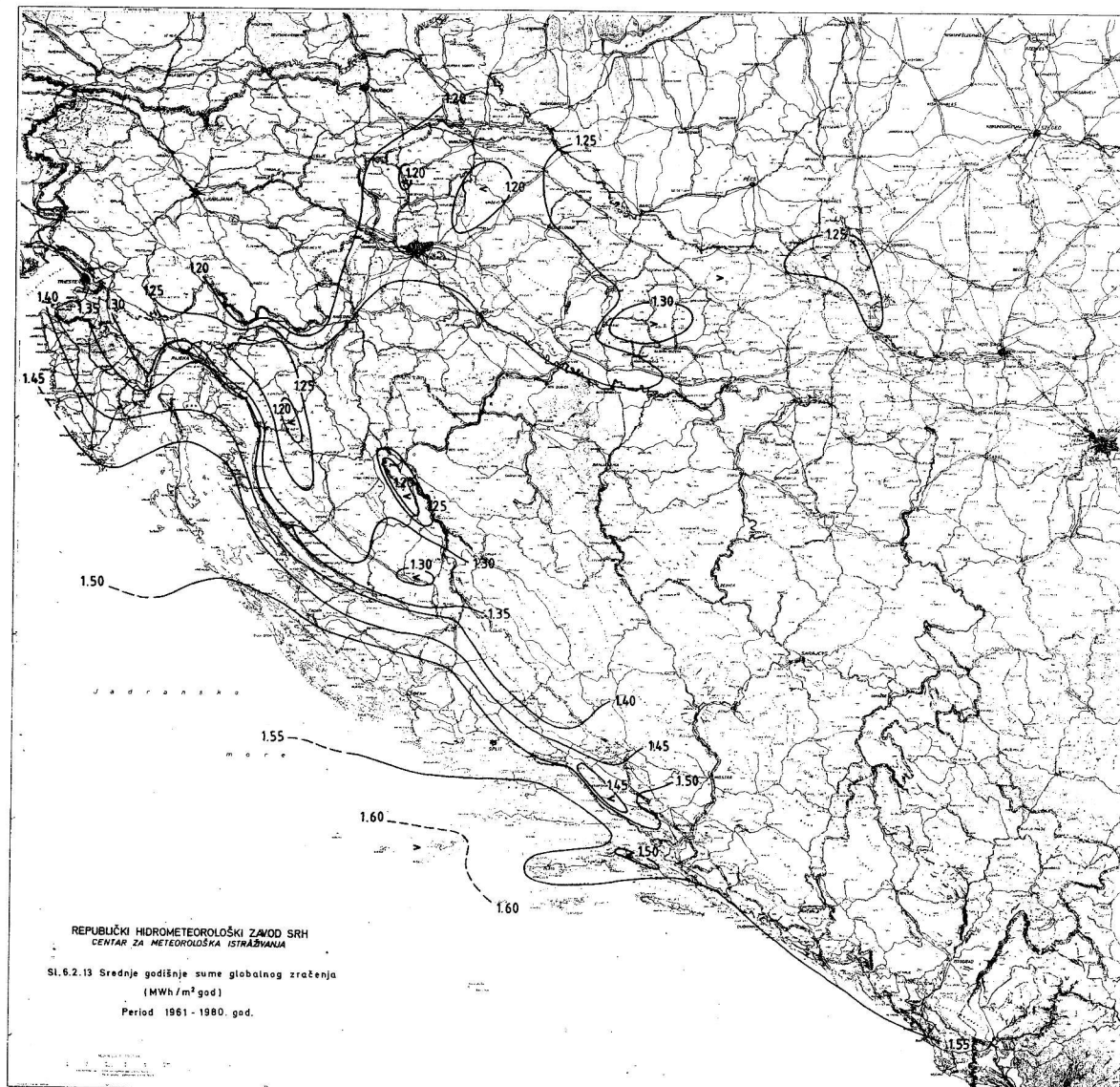
U tu svrhu izrađene su karte sa izolijnama iznosa navedenih koeficijenata za svaki mjesec, uz uvažavanje vertikalnih gradijenata koeficijenata a i b i karakteristika

Srednje godišnje vrijednosti globalnog zračenja prikazane su kao ukupne količine globalnog zračenja kroz godinu u MWh/m² (sl. 6).



Sl. 5. Odnos srednjih dnevnih vrijednosti insolacije (S), nablake (N) i globalnog zračenja za Zagreb-Grič (a) i Split-Marjan (b) iz 10-godišnjeg (1970–1979) i 20-godišnjem (1961–1980) perioda.

Fig. 5. Relation between mean daily values of insolation (S), cloudiness (N) and global radiation for Zagreb-Grič (a) and Split-Marjan (b) in the 10-year period 1970–1979 and 20-year period 1961–1980.



Sl. 6. Srednja godišnja suma globalnog zračenja (MWh/m² god) Period 1961–1980.

Fig. 6. Mean annual sum of global radiation (MWh/m² year). Period: 1961–1980.

5. PROSTORNA RASPODJELA GLOBALNOG ZRAČENJA U SR HRVATSKOJ

U prosjeku ukupna godišnja količina globalne radijacije, izraženo u MWh, koje prima 1 m^2 horizontalne površine općenito opada od sjeverozapadnih prema jugoistočnim krajevima SR Hrvatske (sl. 6). Raspodjela koja bi se mogla očekivati ovisno samo o geografskoj širini (izolinije paralelne s paralelama) modificirana je zbog utjecaja meteoroloških faktora na čiji režim, uz karakteristike opće cirkulacije atmosfere, primarni utjecaj ima orografija. Upravo taj utjecaj zbog jake orografske razvijenosti Hrvatske značajno se odražava u toku izolinija globalne radijacije u Hrvatskoj.

Horizontalni gradijenti globalne radijacije na području sjeverne nizinske i središnje gorske Hrvatske su mali. Tu se u prosjeku godišnje može očekivati od $1.15 - 1.20 \text{ MWh/m}^2$ na uskom području oko Križevaca, Brijuna i Ličke Plješevice, pa do 1.30 MWh/m^2 na širem području Psnja i na graničnoj liniji na potezu od Učke, grebenom Velebita na istok prema Drvaru. Zapadno od te linije izolinije globalnog zračenja su guste (velik horizontalni gradijent) i orijentirane su gotovo paralelno s obalom. Naime, njihov tok prvenstveno je uvjetovan smjerom pružanja planinskih lanaca i orografskih uzvišenja kako na obali tako i na otocima. Maksimalnu presječnu godišnju količinu globalne radijacije primaju vanjski južnodalmatinski otoci (oko 1.65 MWh/m^2). Razlike u primljenim godišnjim količinama globalne radijacije na priobalnom području iznose oko 0.30 MWh/m^2 .

Oblik prostorne raspodjele globalnog zračenja u Hrvatskoj analogan je obliku toka izolinija insolacije, što je logična posljedica načina dobivanja vrijednosti globalnog zračenja za Hrvatsku (iz relacije ovisnosti globalnog zračenja o insolaciji i mjerenih vrijednosti). U godišnjoj karti sadržane su odlike režima zračenja tokom cijele godine. Prvenstveno se ističe jak utjecaj ljetnog učinka planina koji dovodi do povećane naoblake, a s time u vezi smanjene insolacije i globalnog zračenja. Ovaj utjecaj uočljiv je duž grebena Velebita koji se po režimu globalnog zračenja pridružuje zaleđu (Lici), a ne Primorju, zatim vršna područja Ličke Plješevice, Biokova te središnjeg dijela Pelješca. Drugi prevladavajući utjecaj je zimski i jesenji učinak režima magle i niske naoblake u nizinama koji je evidentan u dolini Drave i Dunava (Baranja) te na području od istočnih obronaka Kalnika do Križevaca. Kod Medvednice superponiranje ova dva učinka ne dovodi do prevladavanja bilo kojeg od njih već se režim globalnog zračenja planine Medvednice uklapa u karakteristike šire okolice. Kod Psnja prevladavaju odlike zimskog režima globalnog zračenja kada zbog manje količine naoblake na planini nego u dolini istog kraja postoji duže razdoblje s insolacijom i veće globalno zračenje.

U godišnjem hodu globalnog zračenja u Hrvatskoj mjesec s prosječno najvećom primljenom količinom globalnog zračenja je srpanj (lipanj). Prosječne vrijedno-

sti kreću se u intervalu od 7.43 kWh/m^2 (Komiža) do 5.67 kWh/m^2 (Zelina), dakle prostorne razlike iznose od 1.76 kWh/m^2 (tabela 5). Sličnost između oblika srpanjske i godišnje prostorne raspodjele najveća je u gorskoj, središnjoj Hrvatskoj, Istri, Hrvatskom primorju i Dalmaciji, dok na području sjeverno od Kupe i Save raspodjela primljenih količina globalnog zračenja odstupa od godišnje slike.

Tabela 5. Intervali javljanja srednjih dnevnih suma globalnog zračenja po mjesecima i godini za SR Hrvatsku. Period 1961–1980.

Table 5. Intervals of mean daily global radiation sums for the months and year. Period: 1961–1980.

Mjeseci	kWh/m ² interval	kWh/m ² razlika
I	1,84 – 0,93	0,91
II	2,77 – 1,61	1,16
III	4,13 – 2,90	1,23
IV	5,33 – 3,94	1,39
V	6,53 – 4,80	1,73
VI	7,41 – 5,48	1,93
VII	7,43 – 5,67	1,76
VIII	6,31 – 4,85	1,46
IX	4,88 – 3,67	1,21
X	3,46 – 2,17	1,29
XI	2,09 – 1,14	0,95
XII	1,51 – 0,67	0,84
GODINA	4,47 – 3,15	1,32

Šire područje Zagreba, uključujući i planinu Medvednicu, u prosjeku prima više globalne radijacije od Hrvatskog Zagorja ili susjedne Moslavine, što se u prosječnoj godišnjoj karti ne zamjećuje. Razlike brdovitih predjela prema nizinskim nisu zbog utjecaja konvektivne naoblake gotovo uopće izražene (Požeške planine), a cijelo područje Slavonije ima podjednake vrijednosti srednjih dnevnih suma globalne radijacije u srpnju (sl. 7).

Najmanje dnevne sume globalne radijacije mogu se u prosjeku očekivati u prosincu (sl. 8), kada se javljaju vrijednosti od 0.67 kWh/m^2 (Križevci) do 1.51 kWh/m^2 (Komiža), odnosno s prostornom razlikom do 0.84 kWh/m^2 (tabela 5). Prema podacima u tabeli 5. uočljivo je da su upravo u prosincu prostorne razlike globalnog zračenja u Hrvatskoj najmanje kada je ujedno i prostorna raspodjela naoblake i insolacije s malim horizontalnim gradijentima.

I dok je u unutrašnjosti smanjena radijacija vezana uz povećanu nisku naoblaku u zimskoj anticikloni, dotle su male vrijednosti radijacije duž Jadrana rezultat povećane naoblake zbog prolaza ciklona.

Značajna karakteristika nižih vrijednosti globalne radijacije na Korčuli i Pelješcu u odnosu na susjedne oto-



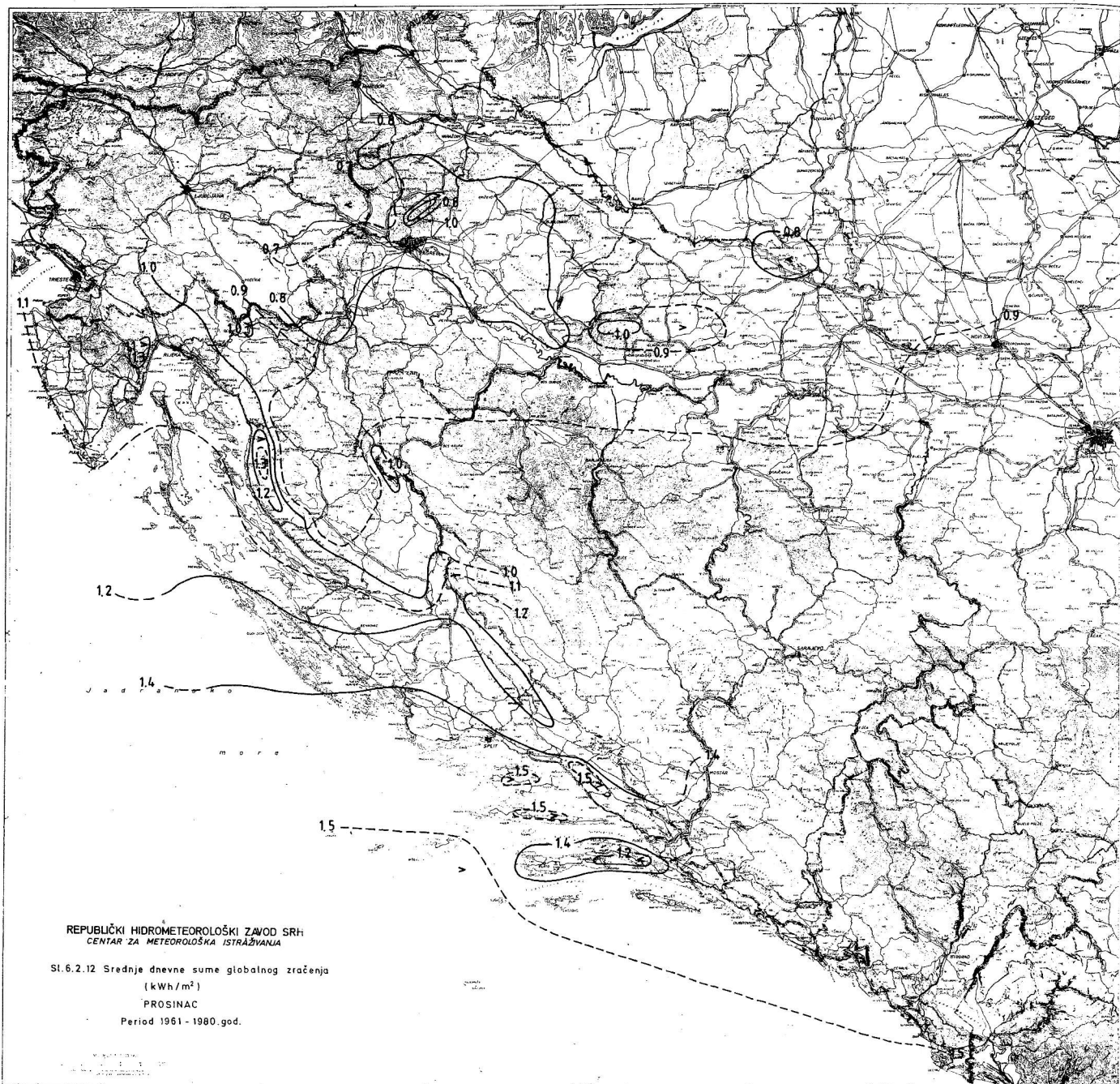
Sl. 7. Srednja dnevna suma globalnog zračenja (kWh/m^2), srpanj, period 1961–1980.

Fig. 7. Mean daily sum of global radiation (kWh/m^2) in July. Period: 1961–1980.

ke uočava se na prosječnoj godišnjoj karti. Ovo svojstvo je još naglašenije na mjesečnim kartama zimskih mjeseci, posebno prosinca i siječnja. Smanjenje radijacije rezultat je naoblake koja se ovdje stvara za vrijeme juga zbog prisilnog dizanja zraka uz otoke. Istovremeno zbog spuštavanja zraka u dolinu ušća Neretve i ovo područje je vedrije i prima više radijacije. Vršna područja planina koja su zimi vedrija od okolice manjih nadmorskih visina primaju veće količine globalne radijacije (Biokovo, Velebit, Učka, Medvednica, Psunj), što je u prosječnoj godišnjoj karti primjetno samo kod Psunja.

Najveće razlike u primljenim srednjim dnevnim količinama globalnog zračenja na prostoru Hrvatske javljaju se u lipnju (2.00 kWh/m^2) kada su i najveći kontrasti u režimu naoblake i insolacije između priobalnog područja i unutrašnjosti.

U prijelaznim godišnjim dobima sredozemne ciklone vrlo često se kreću od sjevernog Jadrana prema kopnu donoseći i povećanu naoblaku i time smanjenu radijaciju. Pri tome primljene količine radijacije u Slavoniji ne razlikuju se mnogo od količina u Kvarnerskom zaljevu. Npr. u travnju Opatija prima u prosjeku 4.52 kWh/m^2 , a Slavonska Požega 4.53 kWh/m^2 .



Sl. 8. Srednja dnevna suma globalnog zračenja (kWh/m²). Prosinac Period 1961–1980.

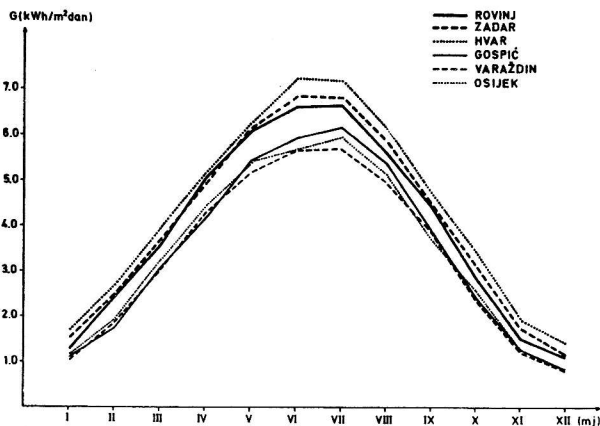
Fig. 8. Mean daily sum of global radiation (kWh/m²) in December. Period: 1961–1980.

Na sl. 9 dan je grafički prikaz godišnjeg hoda srednjih dnevnih suma globalnog zračenja nekoliko stanica priobalnog (Rovinj, Zadar i Hvar) i kontinentalnog (Gospić, Varaždin, Osijek) područja Hrvatske koji zorno prikazuje ovisnost količine primljenog globalnog zračenja o geografskoj širini i klimatskom podneblju, što je već i ranije navedeno.

Na slici 10. dan je grafički prikaz godišnjeg hoda iste veličine kao i na sl. 9, ali za po dvije prostorno bliske stanice s velikom razlikom u nadmorskoj visini (Zagreb – Grič i Puntijarka, te Makarska i Biokovo – Sv. Jure). Ovdje se ponovno može vidjeti ovisnost primlje-

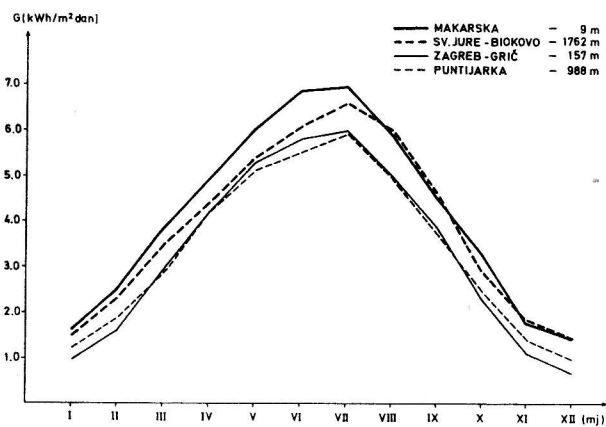
ne količine globalnog zračenja o nadmorskoj visini, tj. orografiji područja, te utjecaju iste na okolno bliže područje.

Uočljivo je kod primorskog para stanica da su primljene količine globalnog zračenja kod niže stanice veće u 2/3 godine nego kod planinske stanice, a da je samo u drugom dijelu jeseni i prvom dijelu zime obrnuta situacija. Za kontinentalni par stanica može se reći da nema veće razlike u godišnjem hodu, osim što u periodu od V–VII mjeseca prima više globalnog zračenja niža stanica.



Sl. 9. Godišnji hod srednjih dnevnih suma globalnog zračenja (kWh/m^2) za izabrane priobalne i kontinentalne stanice područja SR Hrvatske. Period 1961–1980.

Fig. 9. Annual course of mean daily global radiation sums (kWh/m^2) for the selected coastal and continental stations in Croatia. Period: 1961–1980.



Sl. 10. Godišnji hod srednjih dnevnih suma globalnog zračenja za izabrane parove bliskih stanica sa velikom razlikom u nadmorskoj visini. Period 1961–1980.

Fig. 10. Annual course of mean daily global radiation sums for the selected pairs of nearby stations but with a great difference in altitude. Period: 1961–1980.

6. ZAKLJUČAK

Istraživanja provedena u ovom radu pokazala su da se na području Hrvatske za izračunavanje sume globalnog zračenja na horizontalnu plohu mogu vrlo pouzdano koristiti linearne veze globalnog zračenja i insolacije. Rezultati se mogu vrlo pouzdano nadovezati na već ranije izračunatu vezu insolacije i naoblake. Prvi puta je dan godišnji hod globalnog zračenja i insolacije prema dekadnim vrijednostima te prostorna raspodjela globalnog zračenja po mjesecima i za godinu na temelju guste mreže točaka. Rezultati ove analize, uz već ranije rezultate u okviru ovih istraživanja, daju kvalitetnu podlogu za procjenu korištenja Sunčevog zračenja u energetske svrhe na našem području. Oni su ujedno i osnova za istraživanja na mikroklimatskim lokalitetima povoljnima za iskorištavanje Sunčevog zračenja, koja bi trebala biti povezana i s kvalitetnim mjernim sustavima.

ZAHVALA

Ovo istraživanje sufinancirala je „Elektroprivreda Dalmacije“ i Republička zajednica za znanstveni rad SRH (SIZ I).

LITERATURA

- Angström, A., 1924: Solar and Terrestrial Radiation, Quart. J. Roy. Met. Soc. 50, 121–125.
- Atlas über die Sonnenstrahlung Europas, Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Band I i II, 1984.
- Baars, R., 1973: Relation between total radiation, relative duration of sunshine and cloudiness, Zbornik meteor. i hidrol. radova 4, Beograd, 43–53.
- Barbaro, S., Coppolino, S., Leone, C. i E. Sinagra, 1978: Global solar radiation in Italy, Solar Energy 20, 431–435.
- Black, J. N., Bonython, C. W. i J. A. Prescott, 1954: Solar radiation and the duration of sunshine, Quart. J. Roy. Met. Soc. 80, 231–235.
- Brooks, C.E.P., 1953: Handbook of Statistical Methods in Meteorology, Her Majesty's Stationery Office, London.
- Budiko, I. M., 1956: Teplovoj balans zemnoj poverhnosti. Hidrometeoizdat, Lenjingrad.
- Conrad, V. i L. W. Pollak, 1950: Methods in climatology, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Desnica, U. V. et al., 1984: Applicability of Liu-Jordan Correlation in Yugoslavia. Solar Energy, Vol. 32, 161–168.
- Gamser, F., 1972: Prilog metodici obrade globalnog zračenja, 7. savjetovanje klimatologa Jugoslavije, SHMZ, Beograd, 129–142.
- Gamser, F., 1977: Raspodjela komponenata Sunčevog zračenja u Jugoslaviji prema primjerima i mreži stanica, Savjetovanje „Sunčeva energija u Jugoslaviji“, Beograd, 22–24. III 1977.
- Glover, J. i J. S. G. McCulloch, 1954: The empirical relation between solar radiation and hours of sunshine, Quart. J. Roy. Met. Soc. 84, 172–235.
- Grabar, M., 1973: Veza između radijacije i insolacije za neka mjesta u Jugoslaviji, Dipl. rad, Prir. mat. fak., Zagreb.
- Hočevar, A., i suradnici, 1982: Sončno obezbanje v Sloveniji, Zbornik biotehniške fakultete univerze Edvarda Kardelja-kmetijstvo, s. 1, supl. 6, Ljubljana, 1–96.
- Hoyt, D. V., 1978: A model for the calculation of solar global insolation, Solar Energy 21, 27–35.
- Iqbal, M., 1979: Correlation of average diffuse and beam radiation with hours of bright sunshine, Solar Energy 23 (2), 169.
- Klimatski podaci SR Hrvatske, razdoblje 1948–1960, Posebni prilog iz Građe za klimu Hrvatske, RHMZ, Serija II, br. 5, Zagreb, 1971.
- Kondratjev, K. 1972: Radiation processes in the atmosphere, World Meteorological Organization, No. 309, 214 pp.
- Liu, Y. H. i R. C. Jordan, 1960: The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total radiation, Solar Energy 4 (3), 1–19.
- Maksić, B., Šikić, M., Penzar I. i M. Knežević, 1962: Klimatske agroklimatske osobine južno-kalničkog Prigorja, Rasprave i prikazi br. 8, HMZ NRH Zagreb, 139.
- Mani, A. i S. Rangarajan, 1983: Techniques for the precise estimation of hourly values of global, diffuse and direct solar radiation, Solar Energy, 31 (6), 577–595.
- Neuwirth, F., 1980: The estimation of global and sky radiation in Austria, Solar Energy 24, 421–426.
- Penzar, B. i I. Penzar, 1960: Raspodjela globalne radijacije nad Jugoslavijom i Jadranskim morem, Hidrografski godišnjak za 1959, Hidrografski institut JRM, Split 1960, 151–171.
- Penzar, I., 1959: Globalna radijacija u Zagrebu na temelju 10-godišnjih mjerenja. (Radovi Geof. inst. III ser. br. 12), Zagreb.
- Penzar, I., 1960: Kakva je veza između globalne radijacije i trajanja insolacije u Zagrebu, Vesnik Hidrometeorološke službe br. 3–4 (1959), Beograd, 1–11.
- Penzar, I. 1960: Neki podaci o globalnoj radijaciji u Hrvatskoj Savremena poljoprivreda br. 7–8, Novi Sad, 654–662.
- Penzar, I., 1964: Propusnost atmosfere za Sunčevu radijaciju nad Jugoslavijom, Zbornik met. hidrol. radova, br. 1, Beograd, 1–8.
- Penzar, I., 1970: Prilog poznavanju atmosferske mutnoće i njenog djelovanja na Sunčevu radijaciju. Disertacija na Prir. mat. fakultetu Sveučilišta, Zagreb.
- Penzar, I., 1973: O energiji Sunčeva zračenja na vrhu atmosfere i pri tlu, Fiz. čit. Atom vodi igru, Moderna fizika, Školska knjiga, Zagreb, 113–140.

- Penzar, I., 1973: Ekstraterestričke vrijednosti Sunčeve radijacije na geografskoj širini 45°49' N, Zbornik meteoroloških i hidroloških radova br. 4, Beograd, 3-17.
- Penzar, I., 1974: Changes of Potential Values of Global Radiation on the Ground with Altitude and Latitude in the 41°N to 47°N Zone, Zbornik meteoroloških i hidroloških radova br. 5, Beograd, 311-315.
- Penzar, I., 1974: Atlas izlaza i zalaza Sunca na području SFR Jugoslavije, Almanah Bošković, knj. 26, Zagreb, 81-60.
- Penzar, I., 1977: Računske prizemne vrijednosti sunčeve radijacije u Zagrebu pri vedrom nebu, Rasprave 14, Zagreb.
- Penzar, I., 1977: Neki podaci o sunčevoj iradijanciji u Jugoslaviji. Savjetovanje „Sunčeva energija u Jugoslaviji“, referat 41, Beograd, str. 23.
- Penzar, I., 1977: Aktinometrijski podaci potrebni za iskorištavanje Sunčeve energije, Druga konferencija SITH o tehnološkom razvoju SRH, Zbornik radova II - 1.5 Poreč, 21-23. XI 1977. str. 9.
- Penzar, I., 1979: Maksimalna snaga Sunčevog zračenja na području Jugoslavije, Sunčeva energija 1, Rijeka, 6-9.
- Penzar, I. i A. Bratanić, 1979: Proračun dnevnog hoda Sunčevog zračenja u Splitu za južnu kosu plohu. Zbornik radova savjetovanja „Primjena Sunčeve energije u turističkim objektima“, Trogir, II-1 do II-11.
- Penzar, I., 1982: Proračun Sunčeva zračenja na gornjoj atmosferi u pojasu Jugoslavije, Srpska akademija nauka, Zbornik radova s naučnog skupa - Život i delo Milutina Milankovića, Beograd 1982, 107-118.
- Poje, D., Žibrat, Z. i M. Gajić-Čapka, 1984: Osnovne karakteristike naoblake i insolacije na području SR Hrvatske, Rasprave 19, Zagreb, 49-75.
- Popović, M., 1977: Raspodela globalnog Sunčevog zračenja u Jugoslaviji, Savjetovanje „Sunčeva energija u Jugoslaviji“, referat 46, Beograd 1977, str. 23.
- RHMZ SRH, 1981: Meteorološki parametri potrebni za iskorištavanje Sunčeve energije u SR Hrvatskoj, I dio - Trajanje sijanja Sunca, RHMZ CMI, Zagreb, (nepublicirana studija).
- RHMZ SRH, 1983: Meteorološki parametri potrebni za iskorištavanje Sunčeve energije u SR Hrvatskoj, II dio - Naoblaka i modificirana insolacija, RHMZ CMI, Zagreb (nepublicirana studija).
- RHMZ SRH, 1986: Meteorološki parametri potrebni za iskorištavanje Sunčeve energije u SR Hrvatskoj, III dio - Globalno, difuzno i direktno zračenje, RHMZ CMI, Zagreb (nepublicirana studija).
- Rott, H., 1976: Über die Globalstrahlung in einer Rayleigh - Atmosphäre und die Beziehung zwischen Relativwerten von Globalstrahlung und Sonnenschein, Wetter und Leben 28, 1-10.
- Sabljak, D., 1973: Utjecaj naoblaka na globalnu radijaciju, Dipl. rad. Prir. mat. fak., Zagreb.
- Sekulić, B., Poje, D. i Lj. Jeftić, 1980: Sunčeva radijacija i insolacija u Istri od 1973. do 1977. godine, Pomorski zbornik 1980, br. 18, Rijeka, 567-580.
- Sliepčević, A., 1960: Klima Raba, Rasprave i prikazi br. 5, MHZ NRH Zagreb, 61.
- Stipaničić, V., 1960: Klimatske prilike Hvara, Publikacija Histo-rijskog arhiva Hvara, br. 10, Hvar 44.
- Tešić, M. i K. Brozinčević, 1970: Klimatske karakteristike zadarskog arhipelaga, Hidrografski godišnjak 1970. Hidrografski institut JRM Split, 35-67.

SUMMARY

The first part of this paper deals with analysis of the characteristics of global radiation and insolation for ten-day period values at the two representative stations: Zagreb - Grič (continental) and Split - Marjan (maritime). Such a representation of an annual course for both elements presents variations better than the monthly values (Fig. 2) and provides identification of the singularities.

There are only 6 stations throughout the region of Croatia which are measuring global radiation. Therefore the second part of this paper contains the spatial distribution of monthly and annual global radiation values for Croatia made after the linear regression (1) between insolation and cloudiness (RHMZ SRH, 1983) which are measured and observed by a dense network. Such a calculation enables us to determine the microlocation with special characteristics such as the Pelješac Peninsula, the area of Sinj, Gračac, Brinje, Krapina and Križevci and the area of the Učka, Velebit, Biokovo, Lička Plješevica, Medvednica, Ivančica and Psunj mountains.

The total annual amount of received solar radiation on the sunniest parts of the Dalmatian islands is about 26% greater than the values in the hinterland of the Velebit and Plješevica mountains, over the Zagorje hills and the mountain area of Gorski Kotar (Parg).

The highest daily amounts of global radiation are most frequently registered in July on Vis Island (Fig. 7) and the lowest in December northern from Medvednica Mountain (Fig. 8).