

## ULTRALJUBIČASTO SUNČEVO ZRAČENJE NA SJEVERNOM JADRANU

### Ultraviolet solar radiation in the northern Adriatic

KRUNOSLAV PREMEC

Državni hidrometeorološki zavod  
Grič 3, 10000 Zagreb, Hrvatska  
krunoslav.premec@cirus.dhz.hr

*Primljeno 26. lipnja 2002, u konačnom obliku 23. siječnja 2003.*

**Sažetak:** Velika uloga i značenje UV zračenja za život na Zemlji potaknula je krajem devedesetih godina 20. stoljeća mjerenje UV-B zračenja i u Hrvatskoj. Državni hidrometeorološki zavod vodi brigu o mjerenjima UV-B zračenja pomoću uskopojasnih instrumenata u Opatiji i Umagu. Analizirani petogodišnji niz podataka iz Opatije i trogodišnji iz Umaga ukazuju na stalan porast UV-B zračenja (za valnu duljinu  $306 \pm 0,2$  nm) iz godine u godinu s najvećim dnevnim sumama u lipnju i srpnju od preko  $5000 \text{ Jm}^{-2}$ . Maksimalne satne sume zabilježene su također u lipnju i srpnju, u 12 i 13 sati UTC i dostizale su vrijednosti od preko  $900 \text{ Jm}^{-2}$ . Približna konverzija tih podataka u UV indeks daje visoku kategoriju opasnosti od štetnih učinaka ultraljubičastog zračenja sredinom dana u tim mjesecima.

**Cljučne riječi:** UV zračenje, instrumenti, podaci

**Abstract:** The significant role and importance of ultraviolet radiation for life on Earth initiated measurements of UV-B radiation in Croatia at the end of the 20<sup>th</sup> century. The Meteorological and Hydrological Service of Croatia has performed measurements of UV-B radiation with narrowband instruments in Opatija and Umag. The analysed five-year series of data from Opatija and the three-year series of data from Umag show an increase in UV-B radiation during that period with the highest daily sums in June and July – over  $5000 \text{ Jm}^{-2}$ . Hourly maxima were found also in June and July, at 12 and 13 hours UTC with values over  $900 \text{ Jm}^{-2}$ . The transformation of these data into the UV Index shows a high level of dangerous UV radiation at midday in these months.

**Key words:** UV radiation, instruments, data

### 1. UVOD

Ultraljubičasto (UV) Sunčevo zračenje, poglavito dio UV-B (280–315 nm), ima velik učinak na cijelu biosferu. Povećani iznosi energije UV-B zračenja uzrokuju smanjenje fotosintetske aktivnosti kod maritimnih mikroorganizama, smanjenje uroda i rasta različitih biljaka, te ono kod čovjeka najvažnije, uzrokuju rak kože, oštećenja oka i slabljenje imunološkog sustava (Commission of the European Communities, 1993). Ozon je sastojak atmosfere koji najviše apsorbira UV-B dio Sunčeva zračenja, pa se zbog njegova smanjenja kao i zbog povećanja ljudskih aktivnosti na

otvorenom, sve veća pozornost pridaje mjerenju i istraživanju ultraljubičastog zračenja na površini Zemlje, radi smanjenja štetnih učinaka povećanih iznosa ultraljubičastog zračenja na tlu. Nakon objave rezultata britanske antarktičke ekspedicije o velikom smanjenju ozonskog sloja iznad Antarktika 1985. godine, počelo je intenzivnije istraživanje i mjerenje ozona u atmosferi i UV zračenja koje pristiže do tla. Devedesetih godina 20. stoljeća osnivaju se i mreže meteoroloških postaja na kojima se mjeri UV zračenje (WMO, 1996) i konvertira se u jednu veličinu koja se koristi za upozoravanje javnosti o stupnju štetnosti UV zračenja, a naziva se UV indeks. U Hrvatskoj

je pod nadležnošću Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ), u skladu s mogućnostima, krajem devedesetih godina prošlog stoljeća počelo mjerenje UV-B Sunčeva zračenja i prizemnog ozona. U ovom je radu dan prikaz načina mjerenja UV zračenja, opisana je vrsta i postotak prikupljenih podataka, te je opisano ponašanje UV-B zračenja tijekom dana i godine.

## 2. METODE I INSTRUMENTI

Glavni problem kod mjerenja UV zračenja jesu vrlo mali iznosi dozračenosti energije. Pojas od 1 nm oko valne duljine 306 nm sadrži samo  $10^{-4}$  ukupne energije Sunčeva zračenja, dok UV-B dio predstavlja oko 0.3% globalne radijacije pri tlu (Kipp&Zonen, 1995). Istodobno su prisutne znatne promjene u dozračenosti energiji zbog promjena razine ozona u atmosferi i zbog naglog porasta energije zračenja s valnom duljinom. Osim toga, na površinski iznos UV zračenja djeluju i naoblaka, aerosol, kao i albedo okolne površine. Zbog svih tih čimbenika, za mjerenje UV-B zračenja potrebni su jako osjetljivi radiometri koji imaju vrlo dobre filtre za blokiranje svih onih valnih duljina koje se ne mjere.

Za mjerenje ultraljubičastog Sunčeva zračenja koristile su se, ili se koriste različite metode: biološke – koje se temelje na biološkim učincima UV zračenja, kao što su eritem ili pigmentacija kože, ili učinkovitost radijacije u uništavanju bakterija i virusa, zatim kemijske – kod kojih se promatraju razne kemijske reakcije koje izaziva UV zračenje, npr. promjena boje, te danas najprimjenjivnije fizikalne metode – kod kojih je izlazna fizikalna veličina (npr. napon ili jakost struje) proporcionalna ulaznoj energiji UV zračenja. Većina današnjih instrumenata temeljena je na fizikalnim metodama.

U današnje vrijeme za mjerenje UV zračenja koriste se tri tipa instrumenata (WMO, 1996). Prvi su tip tzv. širokopojasni instrumenti (*broadband*), koji uporabom širokopojasnih filtara daju integrirani iznos zračenja šireg područja (UV-B, UV-A). Zatim postoje i uskopojasni instrumenti (*narrowband*). Oni pomoću jednog ili više interferencijskih filtara izdvajaju uske dijelove UV-B ili UV-A spektra. Granica

između širokog i uskog pojasa jest poluintenzitetska širina FWHM (*Full-Width at Half-Maximum*) od 10 nm, (WMO, 1996). Treća su vrsta spektrometri koji mjere sekvencijalno za određene valne duljine u definiranom spektralnom području.

Na području Hrvatske zasad postoje prva dva tipa instrumenata. U širokopojasne spadaju UVB-1 instrument *Yankee Environmental Systems* (vlasnik je bio DHMZ), koji je bio instaliran u Zadru 1996. godine, ali je nažalost već nakon četiri mjeseca prestao s radom zbog udara groma, te UV-S-E-T instrument *Scintec* (vlasnik je Geofizički Zavod), koji je započeo s radom 1998. godine na Horvatovcu, u Zagrebu. Od uskopojasnih instrumenata postoje dva instrumenta Kipp&Zonen CUVB 1 (jedan u vlasništvu Turističke zajednice grada Opatije, a drugi u vlasništvu Turističke zajednice grada Umaga), koji se nalaze na investitorskim postajama u tim mjestima (tab. 1). Prema ugovoru s investitorima, uspostavu i održavanje tih postaja osigurava DHMZ. Podatke mjerenja može koristiti i DHMZ u svrhu istraživanja, a investitorima je omogućen prikaz trenutnih vrijednosti na monitorima u obliku UV indeksa, koji daje okvirnu procjenu te veličine, a ne izračunava se točno prema preporukama WMO-a (World Meteorological Organization).

Tablica 1. Podaci o postajama na kojima se mjeri UV-B zračenje

Table 1. Data of stations for measuring UV-B radiation

Ime postaje	g. š.	g. d.	$n_v$ (m)	Početak rada
Opatija	45° 20'	14° 19'	5	13. 2. 1997.
Umag	45° 27'	13° 32'	10	30. 6. 1999.

Instrumenti Kipp&Zonen CUVB 1 mjere energiju zračenja koja dolazi na horizontalnu plohu, unutar pojasa od 2 nm centriranog na valnoj duljini 306 nm. Valna duljina od 306 nm pogodna je zbog toga što predstavlja centar biološki relevantnog područja (Wester, 1983).

Instrumenti se sastoje od radiometra i stabilizatora temperature, koji je potreban da se izbjegnu učinci temperature na odziv osjetnika. Kao osjetnik koristi se GaP fotodioda koja daje struju proporcionalnu snazi dolaznog UV zračenja. Ta se struja konvertira u napon koji predstavlja izlaznu veličinu (više u Kipp&Zonen). Instrument ima mogućnost mjerenja izravnog ili globalnog UV zračenja, a moguće mu je promijeniti i spektralne karakteristike zamjenom odgovarajućih filtara i fotodioda.

### 3. PODACI

Rezultati mjerenja instrumenata spremaju se na računala na postajama, kao desetominutne vrijednosti ozračenosti, a zatim se svaki sat pomoću telefonske veze prenose u DHMZ u Zagreb, gdje se obavlja dnevna kontrola podataka. Nakon obavljene mjesečne kontrole i obrade, prikupljeni podaci spremaju se kao satne sume desetominutnih ozračenosti i prikazuju se u jedinicama  $Jm^{-2}$ . Ti se podaci u obliku mjesečnog izvješća redovito šalju i investitorima.

U ovom se radu kao pokazatelj učinkovitosti rada instrumenta koristi pojam *prikupljenost*

*podataka*, koji predstavlja postotak iskorištenog vremena u kojem je instrument bilježio podatke.

Rad instrumenta u Opatiji (tab. 2) je 1997. godine, kada je i bio instaliran, bio pouzdan jer je prikupljenost podataka u svim mjesecima, osim zimskih, bila preko 90%. Za cijelu godinu prikupljeno je 73% podataka. Zbog poteškoća u radu instrumenta, ponajviše zbog učestalih prekida radijske veze, u 1998. g. prikupljenost podataka do rujna jest ispod 90%. Od rujna do kraja godine prikupljeni su svi podaci, pa je ukupni godišnji postotak prikupljenih podataka 86%. 1999. godine instrument u Opatiji nije radio puna dva mjeseca, u svibnju i lipnju, zbog servisa i umjeravanja. U ostalim je mjesecima prikupljenost podataka gotovo 100%, a to daje ukupni godišnji postotak od 81%. 2000. godine prikupljeno je 95% podataka, a u svim mjesecima postotak je bio vrlo velik. U 2001. godini instrument u Opatiji radio je skoro neprekidno. U ožujku je došlo do kraćeg prekida u radijskoj vezi, a u svim ostalim mjesecima, do demontiranja instrumenta, prikupljenost podataka jest 100%. Kompletan automatski meteorološki sustav s instrumentom CUVB 1 demontiran je 10. 10. 2001. radi servisa i umjeravanja, u De Biltu, u Nizozemskoj.

Tablica 2. Postotak prikupljenih podataka UV-B zračenja u Opatiji za razdoblje 1997–2001.

Table 2. UV-B radiation data capture in percentages in Opatija, for the period 1997–2001.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1997.	0	54	97	97	97	100	100	87	93	100	47	73
1998.	84	75	81	67	74	83	87	81	100	100	100	100
1999.	100	100	94	97	0	0	90	100	100	100	100	100
2000.	100	97	100	93	97	100	90	100	87	94	93	84
2001.	100	100	90	100	100	100	100	100	100	29	0	0

Tablica 3. Postotak prikupljenih podataka UV-B zračenja u Umagu za razdoblje 1999–2001.

Table 3. UV-B radiation data capture in percentages in Umag, for the period 1999–2001.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1999.	0	0	0	0	0	0	100	100	87	90	0	0
2000.	0	0	100	100	42	93	97	100	100	94	0	0
2001.	0	57	90	83	100	93	65	81	100	84	17	0

1999. godine započelo je mjerenje UV-B zračenja i u Umagu. Instrument je isti kao i u Opatiji, CUVB1 Kipp&Zonen, a novac je osigurala Turistička zajednica grada Umaga. Te godine instrument je radio dobro samo 4 mjeseca (tab. 3). U zimskim mjesecima izlazni signal instrumenta iz nepoznatog je razloga bio cijelo vrijeme 0. Problemi s mjerenjem UV-B zračenja zimi javljali su se i tijekom 2000. godine. Od ožujka do listopada prikupljenost podataka jest iznad 90% u svim mjesecima, osim u svibnju kada je zbog servisa i čestih prekida radio-veze prikupljeno samo 42%. Za cijelu je godinu prikupljeno 61% podataka. Teškoće u radu instrumenta i prijenosu podataka na postaji Umag nastavile su se i u 2001. godini, te je za cijelu godinu prikupljeno 65% podataka.

#### 4. REZULTATI MJERENJA

U ovom su radu analizirane srednje i maksimalne dnevne sume za svaki mjesec. Zbog važnosti poznavanja maksimalnih satnih suma kao i moguće komparacije s UV indeksom dan je i prikaz maksimalnih satnih suma za pojedini mjesec.

#### 4.1. Opatija

Srednji godišnji hod vrijednosti UV-B zračenja za 1997. godinu, dobiven iz srednjih dnevnih suma po mjesecima, pokazuje male vrijednosti (ispod  $300 \text{ Jm}^{-2}$ ) u zimskom razdoblju (veljača, studeni), te visoke vrijednosti (preko  $3000 \text{ Jm}^{-2}$ ) u lipnju i srpnju (tab. 4). U pet mjeseci (svibanj–rujan) srednje vrijednosti nadmašuju  $2000 \text{ Jm}^{-2}$ . Ekstremne vrijednosti javljaju se tijekom ljeta: u lipnju je bila najveća dnevna suma skoro  $5000 \text{ Jm}^{-2}$ , a maksimalna u kolovozu je za oko  $300 \text{ Jm}^{-2}$  veća od one u svibnju (iako je srednja vrijednost u svibnju veća za skoro  $600 \text{ Jm}^{-2}$  od one u kolovozu). Maksimalne vrijednosti iznad  $3000 \text{ Jm}^{-2}$  zabilježene su u pet mjeseci (svibanj–rujan), dok su vrijednosti iznad  $4000 \text{ Jm}^{-2}$  zabilježene u tri mjeseca (srpanj–rujan).

1998. godine mjesečne srednje dnevne sume imaju maksimum od  $3306 \text{ Jm}^{-2}$  u srpnju, a u kolovozu i rujnu postižu veće vrijednosti od onih u svibnju i travnju. Srednje vrijednosti veće od  $2000 \text{ Jm}^{-2}$  javljaju se samo u tri mjeseca (lipanj–kolovoz). Maksimalna dnevna suma izmjerena je u lipnju i iznosila je  $4771 \text{ Jm}^{-2}$ , a

Tablica 4. Srednje i maksimalne dnevne sume dozračene energije po jedinici površine ( $\text{Jm}^{-2}$ ) u Opatiji, razdoblje 1997–2001.

Table 4. Mean and maximum daily radiant exposure ( $\text{Jm}^{-2}$ ) in Opatija, for the period 1997–2001.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>1997.</b>												
Mean	0	238	984	1567	2928	3051	3071	2369	2212	741	144	8
Max	0	796	1789	2561	3896	4985	4590	4197	3296	1693	708	98
<b>1998.</b>												
Mean	147	279	900	989	1961	3138	3306	2625	1468	685	328	177
Max	434	877	1719	2401	3869	4771	4383	3906	2770	1399	748	299
<b>1999.</b>												
Mean	233	387	687	1164	/	/	3430	3123	2085	1020	377	202
Max	448	1146	1887	3210	/	/	5101	4502	2757	1914	899	524
<b>2000.</b>												
Mean	283	503	1012	1760	3250	4643	3563	3546	2039	924	291	189
Max	497	1035	1973	3607	4821	5677	5021	5150	3218	1712	561	315
<b>2001.</b>												
Mean	220	546	848	1856	3213	3943	3978	3580	1540	335	/	/
Max	474	1094	2702	3827	4788	5272	5218	4837	2839	1682	/	/

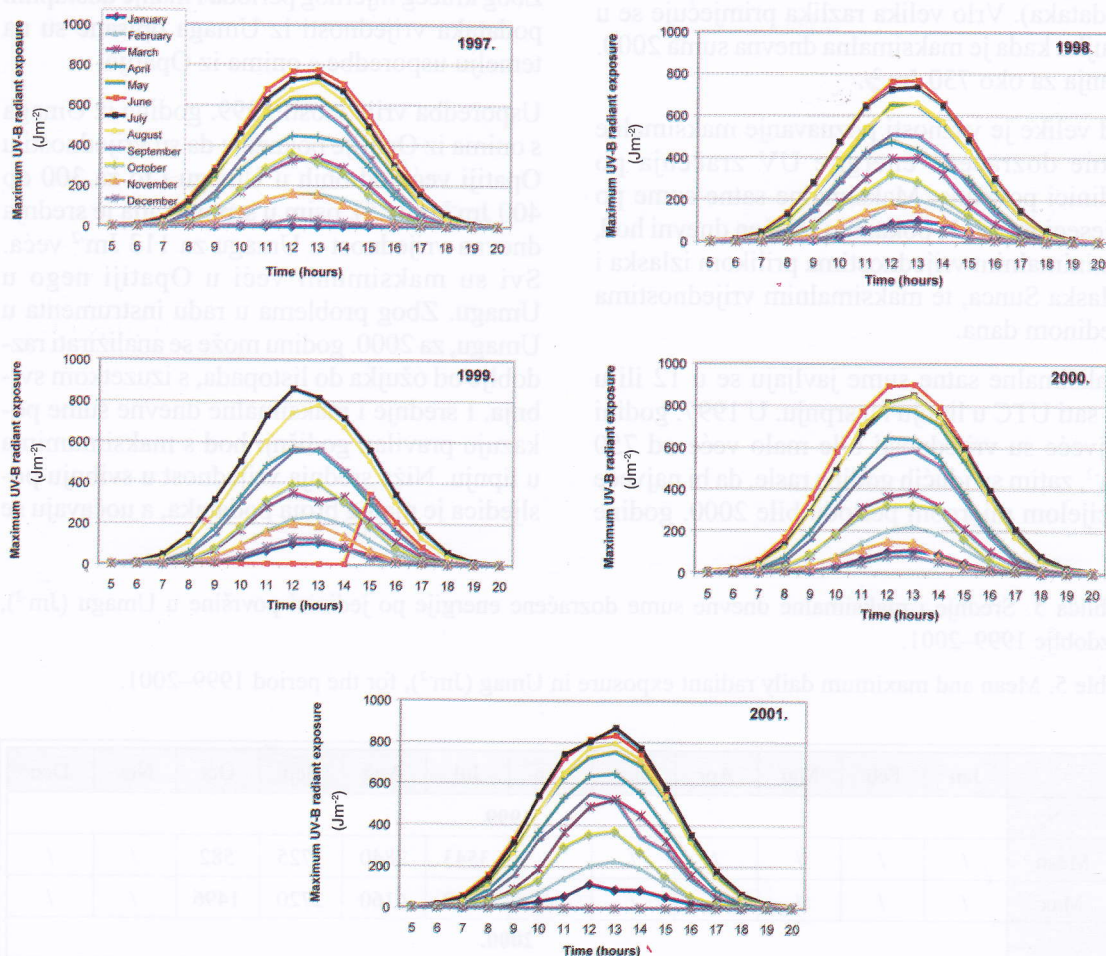
te godine su samo u dva mjeseca (lipanj, srpanj) maksimalne sume iznad  $4000 \text{ Jm}^{-2}$ .

Usporedba 1997. i 1998. godine pokazuje da su, osim ljetnih (lipanj–kolovoz), sve ostale srednje dnevne sume veće 1997. nego 1998. Maksimalne sume veće su 1997. godine u svim mjesecima osim u veljači i studenom.

1999. godine mjesečne vrijednosti bile su visoke u odnosu na prethodne godine. Srednje dnevne sume imaju vrijednosti preko  $3000 \text{ Jm}^{-2}$  i u srpnju i u kolovozu (nažalost nedostaju

podaci za svibanj i lipanj). Već u veljači maksimum je bio iznad  $1000 \text{ Jm}^{-2}$ , a najveća vrijednost od početka mjerenja zabilježena je u srpnju i iznosila je  $5101 \text{ Jm}^{-2}$ . Osim toga u usporedbi s 1997. uočava se da su, osim u ožujku, travnju i rujnu, u svim mjesecima 1999. godine vrijednosti veće nego 1997. Pogotovo je vrlo velika razlika u kolovozu kada je srednja dnevna suma 1999. veća za blizu  $800 \text{ Jm}^{-2}$ .

Srednje dnevne sume u 2000. godini su kroz cijeli period od siječnja do rujna znatno veće nego prethodnih godina. Već je u ožujku srednja



Slika 1. Dnevni hod maksimalnih satnih suma dozračene energije po jedinici površine, po mjesecima u Opatiji, za razdoblje 1997–2001.

Figure 1. Diurnal behavior of monthly maxima of UV-B radiant exposure in Opatija, for the period 1997–2001.

dnevna suma bila veća od  $1000 \text{ Jm}^{-2}$ , a najveća dnevna suma zabilježena je u lipnju i iznosila je  $4643 \text{ Jm}^{-2}$ . Od rujna do prosinca vrijednosti su bile za 50 do  $100 \text{ Jm}^{-2}$  niže nego 1999. godine. Maksimalne sume u sva su tri ljetna mjeseca (lipanj, srpanj, kolovoz) prvi put od početka mjerenja iznad  $5000 \text{ Jm}^{-2}$ .

Srednje dnevne sume u prvoj polovici 2001. godine dosta su slične onima iz 2000. godine, razlike iznose tek nekoliko desetaka  $\text{Jm}^{-2}$ . U drugoj polovici godine te su razlike znatnije. U srpnju je srednja dnevna suma 2001. godine veća za  $415 \text{ Jm}^{-2}$ , a maksimalna suma veća za oko  $200 \text{ Jm}^{-2}$  nego prethodne godine. U lipnju i rujnu više je zračenja bilo u 2000. godini (listopad nije usporediv zbog malog broja podataka). Vrlo velika razlika primjećuje se u ožujku kada je maksimalna dnevna suma 2000. manja za oko  $730 \text{ Jm}^{-2}$ .

Od velike je važnosti poznavanje maksimalne satne dozračene energije UV zračenja po jedinici površine. Maksimalne satne sume po mjesecima (sl. 1) pokazuju izražen dnevni hod, s minimalnim vrijednostima prilikom izlaska i zalaska Sunca, te maksimalnim vrijednostima sredinom dana.

Maksimalne satne sume javljaju se u 12 ili u 13 sati UTC u lipnju i u srpnju. U 1997. godini najveće su vrijednosti bile malo veće od  $750 \text{ Jm}^{-2}$ , zatim su idućih godina rasle, da bi najveće u cijelom mjernom periodu bile 2000. godine

kada su iznosile oko  $900 \text{ Jm}^{-2}$ . Satne su sume u lipnju i srpnju gotovo iste tijekom cijelog dana osim u 12 i 13 sati kada su u lipnju vrijednosti malo veće nego u srpnju. Jedino je 2001. maksimalna satna suma u srpnju bila veća od one u lipnju. Kolovoz ima kroz cijeli mjerni period veće vrijednosti od svibnja. Rujanske su vrijednosti do 2000. godine bile veće od travanjskih, ali se taj odnos mijenja te godine. U većini slučajeva, prema analiziranim podacima, u ožujku, veljači i siječnju primamo više zračenja nego u listopadu, studenom i prosincu.

#### 4.2. Umag

Zbog kraćeg mjernog perioda i manje dostupnih podataka vrijednosti iz Umaga opisane su na temelju usporedbe s onima iz Opatije.

Usporedba vrijednosti 1999. godine iz Umaga s onima iz Opatije pokazuje da su vrijednosti u Opatiji veće od onih u Umagu i to za 300 do  $400 \text{ Jm}^{-2}$  (tab. 5), osim u srpnju kada je srednja dnevna vrijednost u Umagu za  $113 \text{ Jm}^{-2}$  veća. Svi su maksimumi veći u Opatiji nego u Umagu. Zbog problema u radu instrumenta u Umagu, za 2000. godinu može se analizirati razdoblje od ožujka do listopada, s izuzetkom svibnja. I srednje i maksimalne dnevne sume pokazuju pravilan godišnji hod s maksimumima u lipnju. Niža srednja vrijednost u svibnju posljedica je malog broja podataka, a uočavaju se

Tablica 5. Srednje i maksimalne dnevne sume dozračene energije po jedinici površine u Umagu ( $\text{Jm}^{-2}$ ), razdoblje 1999–2001.

Table 5. Mean and maximum daily radiant exposure in Umag ( $\text{Jm}^{-2}$ ), for the period 1999–2001.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>1999.</b>												
Mean	/	/	/	/	/	/	3543	2840	1725	582	/	/
Max	/	/	/	/	/	/	4802	4160	2720	1496	/	/
<b>2000.</b>												
Mean	/	/	613	1513	1386	4446	3744	3305	1756	549	/	/
Max	/	/	1442	2946	4465	5581	5175	4776	2963	1508	/	/
<b>2001.</b>												
Mean	/	115	615	1438	3177	3536	3013	2617	1116	462	34	/
Max	/	608	2509	2944	5063	4910	4963	4620	2559	1360	374	/

visoke vrijednosti u kolovozu, koje su za oko  $500 \text{ Jm}^{-2}$  veće nego prošle godine. U lipnju je, kao i u Opatiji, zabilježena najveća maksimalna dnevna suma i iznosila je  $5581 \text{ Jm}^{-2}$ . Promatrajući podatke za 2001. godinu vidljivo je da se značajne razlike u odnosu na 2000. godinu pojavljuju u ožujku. U ožujku 2001. godine maksimalna dnevna suma veća je za oko  $1050 \text{ Jm}^{-2}$  nego 2000., dok su srednje sume gotovo iste. 2001. godine u svibnju je maksimalna suma iznosila  $5063 \text{ Jm}^{-2}$ , što je uvjerljivo najveća svibanjska vrijednost za cijeli period mjerenja UV-B zračenja korištenim instrumentima.

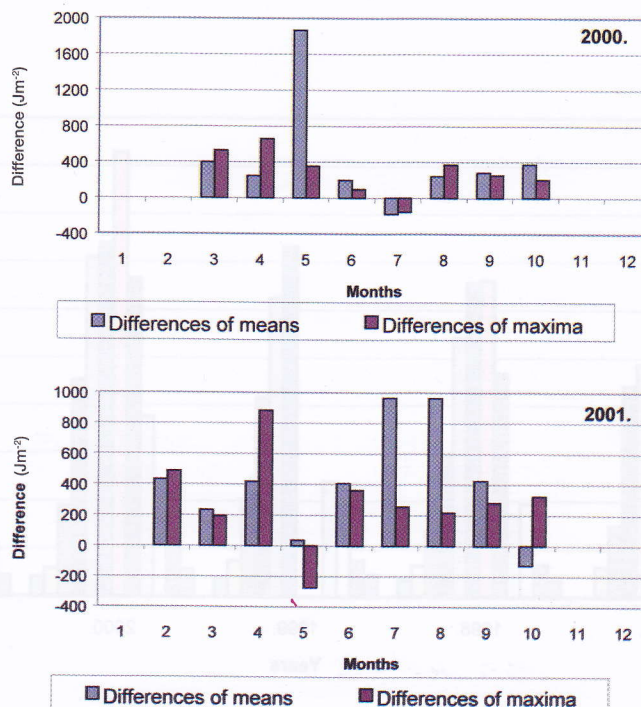
Vrijednosti zračenja u Umagu uglavnom su malo niže od onih u Opatiji (sl. 2). Obrnut je slučaj jedino u srpnju 2000. kada su veće sume zabilježene u Umagu. Vrlo velika razlika srednjih dnevnih suma u svibnju posljedica je malog broja podataka u Umagu. Razlike u dozračenoj energiji za 2001. godinu potvrđuju da je sumarno više zračenja bilo u Opatiji nego u Umagu.

Iz dnevnog hoda maksimalnih satnih suma (sl. 3) vidi se da su maksimumi uglavnom veći u Umagu nego u Opatiji, a i da zračenje u svim mjesecima naglo padne na nulu i to za oko sat vremena prije nego u Opatiji.

Maksimalne satne sume 2000. godine zabilježene su u lipnju i iznosile su skoro  $950 \text{ Jm}^{-2}$ . Jesenskih mjeseci (rujan i listopad) vrijednosti su malo veće od proljetnih (ožujak, travanj).

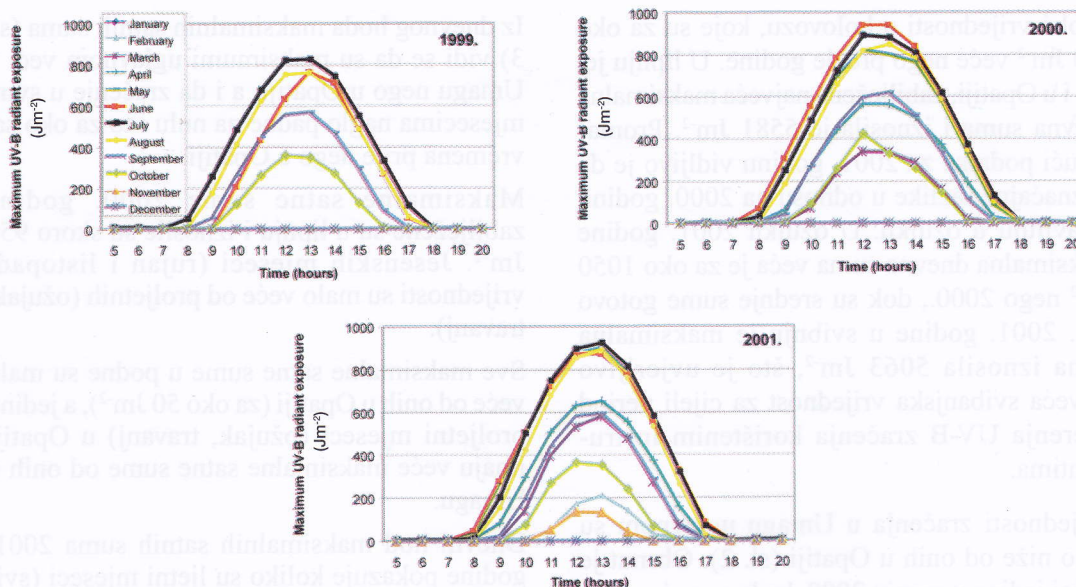
Sve maksimalne satne sume u podne su malo veće od onih u Opatiji (za oko  $50 \text{ Jm}^{-2}$ ), a jedino proljetni mjeseci (ožujak, travanj) u Opatiji imaju veće maksimalne satne sume od onih u Umagu.

Dnevni hod maksimalnih satnih suma 2001. godine pokazuje koliko su ljetni mjeseci (svibanj–kolovoz) međusobno slični i koliko odskaku po vrijednostima od ostalih mjeseci. U srpnju su maksimalne vrijednosti prelazile  $900 \text{ Jm}^{-2}$  i to u 13 sati, dok su lipanjske vrijednosti nešto niže nego 2000. godine. Veće maksimalne sume u odnosu na 2000. zabilježene su u travnju za oko  $100 \text{ Jm}^{-2}$ , a u ožujku za preko  $150 \text{ Jm}^{-2}$ .



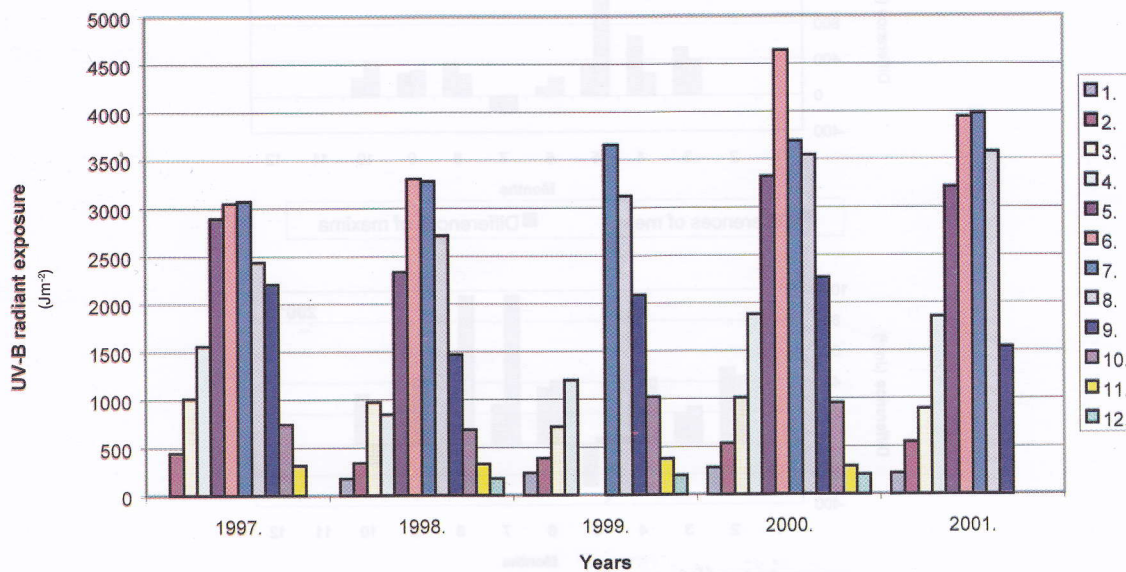
Slika 2. Razlike srednjih i maksimalnih dnevnih suma dozračene energije po jedinici površine u Opatiji i Umagu, 2000. i 2001. godine

Figure 2. Differences in mean and maximum daily UV-B radiant exposure in Opatija and Umag, for the years 2000 and 2001.



Slika 3. Dnevni hod maksimalnih satnih suma dozračene energije po jedinici površine, po mjesecima, u Umagu, za razdoblje 1999–2001.

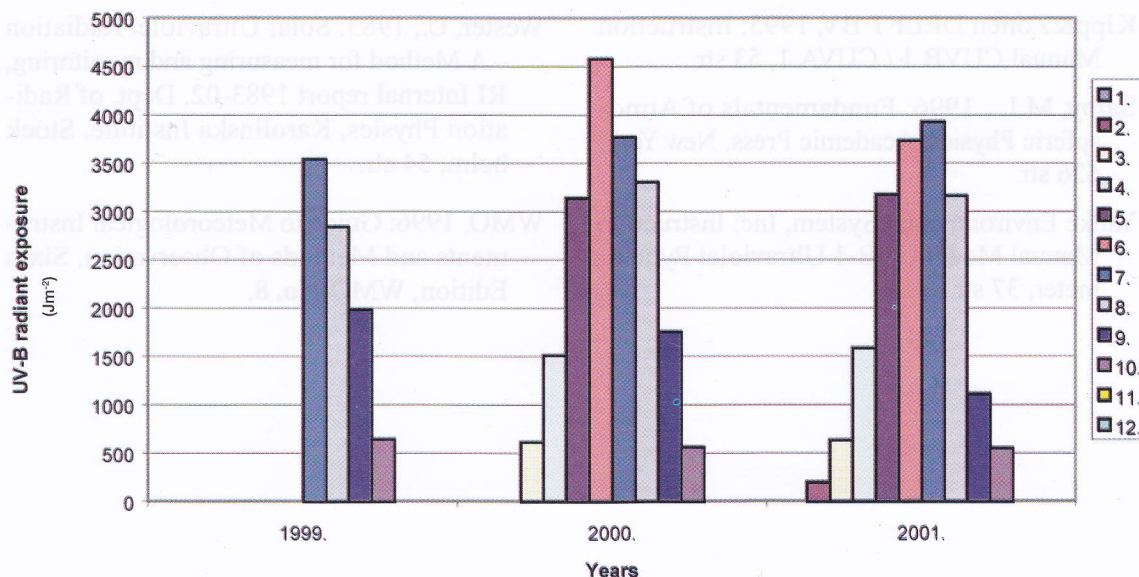
Figure 3. Diurnal behaviour of monthly maxima of UV-B radiant exposure in Umag, for the period 1999–2001.



Slika 4. Mjesečni srednjaci dnevnih suma dozračene energije po jedinici površine, u Opatiji, za razdoblje 1997–2001.

Figure 4. Monthly averaged daily UV-B radiant exposure in Opatija, for the period 1997–2001.





Slika 5. Mjesečni srednjaci dnevnih suma dozračene energije po jedinici površine, u Umagu za razdoblje 1999–2001.

Figure 5. Monthly averaged daily UV-B radiant exposure in Umag, for the period 1999–2001.

Petogodišnji niz podataka iz Opatije (sl. 4) jasno pokazuje stalan porast UV-B zračenja iz godine u godinu, gotovo u svim mjesecima, a naročito u ljetnim. Do izražaja dolazi i najveća srednja mjesečna suma u spomenutom periodu koja je zabilježena u lipnju 2000. godine. S obzirom na to da se javlja porast UV zračenja u vrijeme solarne aktivnosti (Salby, 1996.) daljnje će analize pokazati u kojoj je mjeri taj slučaj povezan upravo sa Sunčevom aktivnošću. Sunčevo UV zračenje najjače je u lipnju i srpnju, zatim u kolovozu i onda u svibnju.

Te spoznaje potvrđuju i podaci iz Umaga (sl. 5), ali nažalost osim što je u Umagu kraći period mjerenja, nema niti podataka za zimske mjesec.

## 5. ZAKLJUČAK

Analizirani podaci o ultraljubičastom zračenju pokazuju da i u našoj zemlji polako iz godine u godinu raste dozračena energija UV-B zračenja. Najviše vrijednosti se javljaju u srpnju i u lipnju. Tijekom dana zračenje je najjače u 12 i 13 sati UTC. Tada je očito i najveća opasnost od štetnih učinaka ultraljubičastog zračenja.

U ovom su radu izloženi izravni podaci mjerenja dobiveni uskopojasnim radiometrima CUUVB 1, koji zasad nisu izraženi kao UV indeks točno prema preporukama WMO-a. Okvirna procjena UV indeksa pomoću tih podataka pokazuje da vrijednosti u lipnju i srpnju sredinom dana spadaju u visoku kategoriju opasnosti od UV zračenja.

Na mrežnim stranicama DHMZ-a (<http://meteo.hr>) od srpnja 2001. godine objavljuju se karte s prognostičkim vrijednostima UV indeksa koji se dobije pomoću modela korištenih u Njemačkoj meteorološkoj službi (*Deutscher Wetterdienst*). Te vrijednosti nisu verificirane, ali mogu poslužiti kao pomoć pri određivanju opasnosti od UV zračenja za idući dan.

Navedene činjenice ukazuju na potrebu daljnjeg razvoja u istraživanju UV zračenja na području Republike Hrvatske.

## LITERATURA

Commission of the European Communities, Directorate-General XII for Science, Research and Development, 1993: Environmental UV Radiation, 78 str.

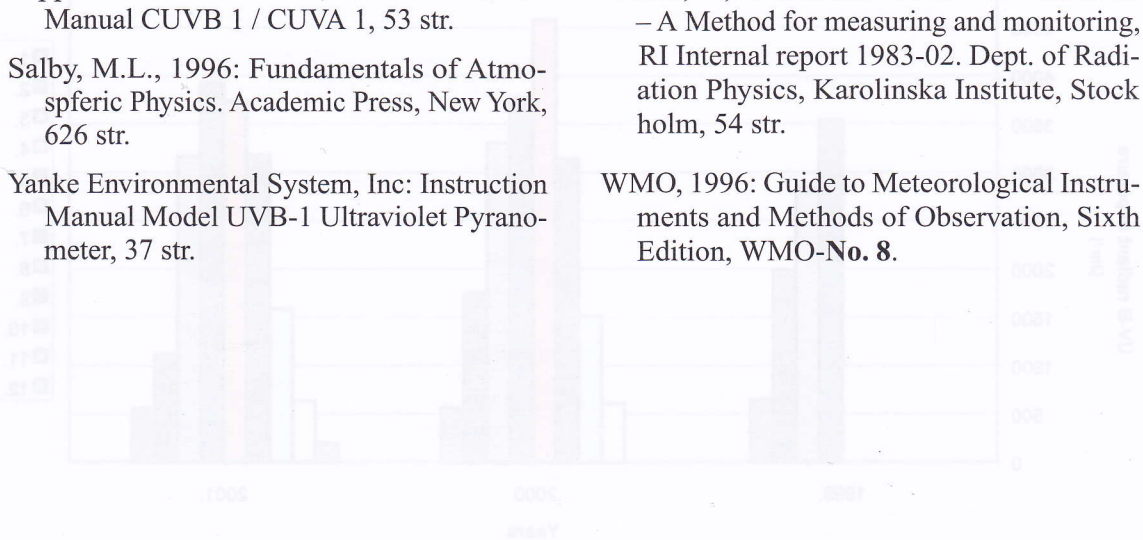
Kipp&Zonen DELFT BV, 1995: Instruction Manual CUVB 1 / CUVA 1, 53 str.

Salby, M.L., 1996: Fundamentals of Atmospheric Physics. Academic Press, New York, 626 str.

Yanke Environmental System, Inc: Instruction Manual Model UVB-1 Ultraviolet Pyranometer, 37 str.

Wester, U., 1983: Solar Ultraviolet Radiation – A Method for measuring and monitoring, RI Internal report 1983-02. Dept. of Radiation Physics, Karolinska Institute, Stockholm, 54 str.

WMO, 1996: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, Sixth Edition, WMO-No. 8.



Slika 2. Mjesečni srednja dnevna sump doznana energija po jedinici površine u Umanju za razdoblje 1999-2001.  
 Figure 2. Monthly averaged daily UV-B radiation exposure in Umanj for the period 1999-2001.

U ovom su radu izloženi izvorni podaci mjerenja dobiveni uskopojasnim radiometrima CUVB 1, koji zasjed nisu izrađeni kao UV indeks točno prema preporukama WMO-a. Ovim se pokušava UV indeksa pomoću tih podataka pokazati da vrijednost u lipnju i srpnju sredinom dana sudeći u visoku kategoriju opasnosti od UV zračenja.

Na mrežnim stranicama DHMZ-a (http://meteo.hr) od srpnja 2001. godine objavljuju se kartice s prognostičkim vrijednostima UV indeksa koje se dobije pomoću modela korištenih u Njemačkoj meteorološkoj službi (Deutscher Wetterdienst). Je vrijednosti nisu verificirane, ali mogu poslužiti kao pomoć pri određivanju opasnosti od UV zračenja za idući dan.

Navedene činjenice ukazuju na potrebu daljnjeg razvoja u istraživanju UV zračenja na području Republike Hrvatske.

LITERATURA

Commission of the European Communities, Directorate-General XII for Science, Research and Development, 1993: Environmental UV Radiation, 78 str.

Fotometrijski niz podataka iz Opuzija (sl. 4) jasno pokazuje stalan porast UV-B zračenja iz godine u godinu, gotovo u svim mjesecima, a naročito u ljetnim. Do izražaja dolazi i najveća srednja mjesečna suma u spomenutom periodu koja se zabilježila u lipnju 2000. godine. S obzirom na to da se javlja porast UV zračenja u vrijeme solarne aktivnosti (srbij, 1996), daljnje će analize pokazati u kojoj je mjeri taj slučaj povezan upravo sa sunčevom aktivnošću. Sudeći po UV zračenje najjače je u lipnju i srpnju, zatim u kolovozu i onda u svibnju.

Te podatke potvrđuju i podaci iz Umanja (sl. 2), ali najtalož osim što je u Umanju kraći period mjerenja, nema ni podataka za zimski mjesec.

5. ZAKLJUČAK

Analizirani podaci o ultraljubičastom zračenju pokazuju da i u našoj zemlji porast iz godine u godinu raste doznana energija UV-B zračenja. Najviše vrijednosti se javljaju u srpnju i lipnju. Tijekom dana zračenje je najjače u 12 i 13 sati UTC. Tada je očito i najveća opasnost od stanić učinaka ultraljubičastog zračenja.