

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET
GEOFIZIČKI ODSJEK

MLADEN RUPČIĆ

UTJECAJ NAOBLAKE NA VRIJEDNOSTI PRIZEMNOG UV INDEKSA

DIPLOMSKI RAD

Voditelj diplomskog rada: dr. sc. Antun Marki

Zagreb, veljača 2012.

SADRŽAJ

1. Uvod	4
1.1. Sunčevo zračenje	5
1.1.1. UV zračenje	5
1.1.2. UV indeks	8
1.2. Sunčev zenitni kut.....	9
1.3. Ozon	9
1.4. Oblaci.....	11
2. Mjerenja i podaci.....	14
2.1. Mjerne postaje	15
2.2. Mjerenja	16
2.2.1. Mjerenja Sunčevog zračenja	16
2.2.1.1. Mjerenje UV zračenja na Horvatovcu	16
2.2.2. Motrenje naoblake	18
2.2.3. UV indeks TEMIS projekta	19
2.3. Podaci	20
2.3.1. Podaci UV zračenja.....	20
• Senzor "Scintec Atmosphärenmesstechnik GmbH"	20
• Senzor „Solar light CO.“	21
• Podaci UV indeksa potpuno vedroga neba TEMIS projekta	21
2.3.2. Podaci koji nedostaju u nizu mjerenja od 2003. do 2009. godine	22
2.3.3. Podaci za naoblaku	25
3. Obrada podataka i rezultati	26
3.1. Obrada podataka	27

3.1.1. Statistička obrada podataka.....	27
3.1.2. Usporedba prizemnog UV indeksa s modeliranim podacima UV indeksa potpuno vedroga neba TEMIS projekta	28
3.2. Rezultati	29
3.2.1. Ovisnost prizemnog UV indeksa i ukupne naoblake	30
3.2.2. Ovisnost prizemnog UV indeksa o visini oblaka.....	32
3.2.2.1. Niska naoblaka	32
3.2.2.2. Srednja naoblaka	34
3.2.2.3. Visoka naoblaka	36
4. Zaključak	39
5. Literatura.....	42

1. Uvod

1.1. Sunčevo zračenje

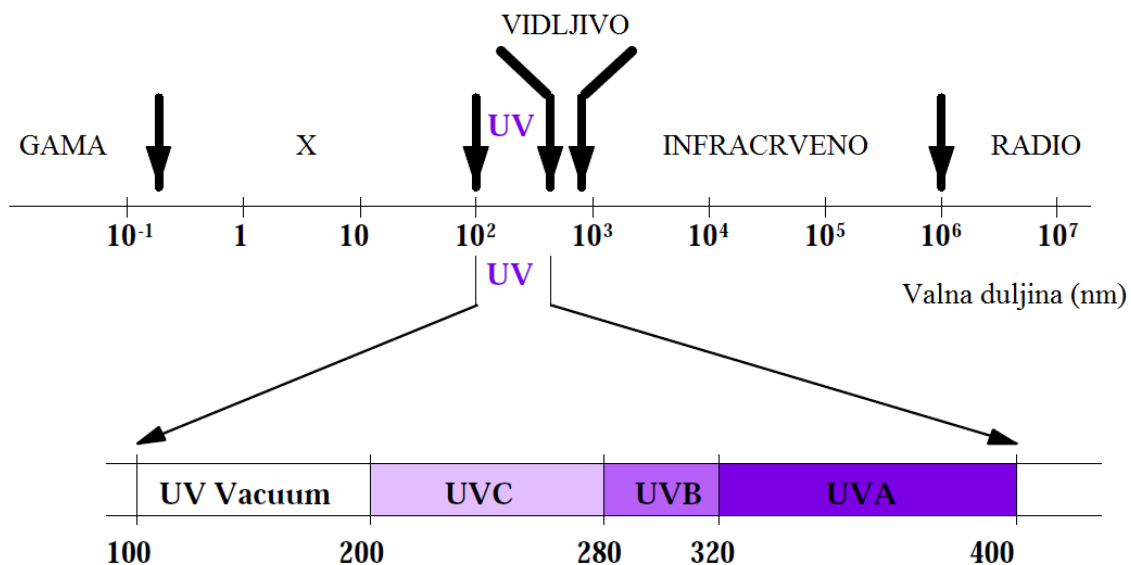
Sunčevim zračenjem nazivamo ukupno elektromagnetsko zračenje koje emitira Sunce. Sunce zrači približno poput crnog tijela temperature oko 5760K, koja se može uzeti kao efektivna temperatura Sunčeve površine. Sunčevo zračenje se sastoji od različitih valnih duljina i većina (99%) otpada na spektar $0,275 \mu\text{m} < \lambda < 4,6 \mu\text{m}$. Maksimum mu je na $0,48 \mu\text{m}$ i sastoji se od ultraljubičastog ($0,12 \mu\text{m} < \lambda < 0,4 \mu\text{m}$), vidljivog ($0,4 \mu\text{m} < \lambda < 0,76 \mu\text{m}$) i infracrvenog dijela ($\lambda > 0,76 \mu\text{m}$). Na ultraljubičasti dio otpada oko 9% (točnije 8,3%), na vidljivi oko 41,5% i na infracrveni oko 49,5% ukupne energije Sunčevog elektromagnetskog zračenja (<http://www.eihp.hr/>).

Ekstraterestičko ozračenje koje je okomito na Sunčeve zrake za srednju udaljenost Zemlje od Sunca naziva se Sunčeva (solarna) konstanta, a određivanje njenog iznosa i njene moguće promjenjivosti počelo je na prijelazu u XX. stoljeće. Nakon nekoliko desetljeća satelitskih mjerenja, danas se može tvrditi da Sunčeva konstanta i nije konstanta, već se mijenja s promjenom Sunčeve aktivnosti. Svjetska meteorološka organizacija je 1981. godine standardizirala Sunčevu konstantu te iznosi $I_0 = 1367 \text{ W/m}^2$.

1.1.1. UV zračenje

Veliki dio elektromagnetskog spektra valnih duljina kraćih od vidljivog dijela spektra štetan je za žive organizme. To je područje gama zraka, X zraka i UV zraka.

UV zračenje predstavlja širok raspon valnih duljina, od X zračenja (0,03 nm) do vidljivog zračenja (400 nm) (slika 1.1.).



Slika 1.1. Relativan položaj UV zračenja u elektromagnetskom spektru (prema Walker, 2009).

Zbog lakšeg proučavanja, UV spektar je podijeljen na:

- a) blisko UV zračenje valnih duljina $0,3 \mu\text{m} < \lambda < 0,4 \mu\text{m}$
- b) srednje UV zračenje valnih duljina $0,2 \mu\text{m} < \lambda < 0,3 \mu\text{m}$
- c) daleko UV zračenje valnih duljina $0,1 \mu\text{m} < \lambda < 0,2 \mu\text{m}$
- d) ekstremno UV zračenje valnih duljina $\lambda < 0,1 \mu\text{m}$

Područje valnih duljina kraćih od $0,2 \mu\text{m}$ se naziva i vakuumsko UV zračenje, jer su za mjerenje u tom području potrebne vakuumske tehnike (Premec, 1998).

Na osnovi bioloških učinaka izvršena je podjela UV zračenja na:

- a) UV-A ($0,32 \mu\text{m} < \lambda < 0,4 \mu\text{m}$); 0,5% ukupnog Sunčevog zračenja
- b) UV-B ($0,28 \mu\text{m} < \lambda < 0,32 \mu\text{m}$); 1,5% ukupnog Sunčevog zračenja
- c) UV-C ($\lambda < 0,28 \mu\text{m}$); 6,3% ukupnog Sunčevog zračenja

UV-A zračenje prolazi kompletno kroz ozonski omotač i čini 96% ukupnog UV zračenja koje dolazi do Zemljine površine. UV-B zračenje se djelomično apsorbira u ozonskom omotaču, a dio koji dopire do Zemljine površine čini 4% ukupnog UV

zračenja. Količina UV-C zračenja koje dopire do tla je praktično zanemariva, jer je gotovo u cijelosti apsorbirana u ozonskom omotaču.

Budući da je ozon glavni apsorber UV-B zračenja, njegov intenzitet na Zemljinoj površini jako ovisi o ukupnoj količini ozona u atmosferi, tj. o debljini ozonskog sloja. Količina ozona standardno se označava Dobsonovim jedinicama¹ (*Dobson Unit* - DU).

Nadmorska visina također utječe na UV ozračenje, jer se s visinom mijenja količina apsorbirajućih tvari u atmosferi. Za svakih 1000 m povećanja nadmorske visine UV zračenje poraste za 6-8% (Vanicek, 2000).

Sunčevo ozračenje pri tlu sastoji se od izravne i raspršene komponente. UV zračenje raspršuje se još i više, a ono koje dolazi do Zemljine površine sastoji se od izravnog i raspršenog u omjeru 1:1 (Vanicek, 2000). Oblaci općenito smanjuju intenzitet UV ozračenja pri tlu, no to slabljenje ovisi o debljini i tipu oblaka. UV zračenje apsorbiraju i raspršuju vodene čestice i aerosoli što dovodi do smanjenja UV ozračenja.

Dio UV zračenja koji ipak dođe do Zemljine površine biva apsorbiran u tlu, a dio se reflektira. Količina reflektiranog zračenja ovisi o površini, a većina prirodnih površina (zemlja, voda, trava) reflektiraju manje od 10% upadnog UV zračenja. Međutim postoje i slučajevi, kao npr. svježi snijeg, kad je refleksija i do 80% pristiglog zračenja, pijesak reflektira oko 25%. Do 95% UV zračenja može prodrijeti u vodu, a 50% čak do dubine od 3 m (u čistoj oceanskoj vodi) (Vanicek, 2000).

UV zračenje može se mjeriti kao ozračenje (iradijancija) – snaga pristigla na jediničnu površinu – u jedinicama W/m^2 ili kao ozračenost (radijativna izloženost) ili doza – energija pristigla na jediničnu površinu u specifičnom vremenskom intervalu – u jedinicama J/m^2 .

Izlaganje ultraljubičastom zračenju može kod ljudi izazvati brojne neugodne

¹ Kada bi sav ozon iz vertikalnog stupca doveli na standardne uvjete ne mijenjajući pri tom veličinu baze stupca, stupac ozona visok 10^{-5} m bio bi jednak jednoj DU (<http://jadran.gfz.hr/>).

posljedice. UV-B zračenje tako uzrokuje eritem², ali može potaknuti i nastanak različitih tipova raka kože, sive mrežnice pa i snježnog sljepila. UV-A zračenje prodire do dubljih slojeva kože gdje može promijeniti strukturu kolagena i kao posljedicu uzrokovati starenje kože. Ipak, koža ima sposobnost proizvodnje zaštitne tvari (melanin), kojom se štiti od štetnog djelovanja UV zračenja, dok takvu zaštitu oči nemaju (Vanicek, 2000).

1.1.2. UV indeks

Da bi se jasno, jednostavno i razumljivo dale informacije o UV zračenju, uveden je UV indeks (UVI) (WMO1995). UVI je mjera dolaznog UV zračenja i povezan je s učincima na ljudskoj koži (npr. *eritem*). Vrijednosti UV indeksa se kreću od 0, 1, 2 koje predstavljaju minimalnu opasnost prilikom izlaganja UV zračenju, pa sve do 10 i više što predstavlja vrlo veliku opasnost od UV zračenja. U tablici 1.1. dane su preporuke za ponašanje pri određenim stupnjevima UVI-a (Lisac, 2009.).

Tablica 1.1. Preporuke za ponašanje pri određenim stupnjevima UVI-a (najvećeg dnevnog ultraljubičastog indeksa) na području Hrvatske (srednjih geografskih širina) (prema Lisac i dr., 2009.).

UVI	1, 2, 3	3, 4	5, 6	7, 8, 9	10, 11, ... 15
opasnost	minimalna	niska	umjerena	visoka	vrlo visoka
vrijeme bez opaljenosti	> 1 sat	30 minuta – 1 sat	20 – 30 minuta	< 20 minuta	< 15 minuta

UV indeks je dan kao umnožak eritemalno aktivnog UV zračenja (izraženog u W/m^2) i broja 40. Minimalna eritemalna doza (*Minimal Eritemal Dose* - MED) je veličina koja se koristi za opis eritemalnog potencijala UV zračenja. 1 MED je definiran kao učinkovita UV doza koja uzrokuje percepcijsko crvenilo kože od trenutka izlaganja UV zračenju. Budući da ljudi nisu jednako osjetljivi na UV zračenje, 1 MED

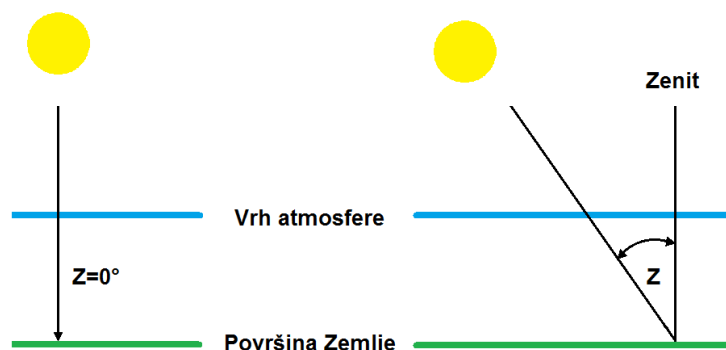
² Crvenilo kože uzrokovano opeklinama od Sunca (<http://www.medterms.com>).

nije jednak za sve ljude, npr. u Europi varira od 200 do 500 J/m² (<http://prognoza.hr/>).

1.2. Sunčev zenitni kut

Sunčevim zenitnim kutom (SZK) naziva se kut između zenita i smjera Sunca, čiji se iznos u podne svakodnevno mijenja s obzirom na određenu geografsku poziciju na Zemlji i u ovisnosti o danu u godini. Dolazno eritemalno zračenje ovisi o zenitnom kutu. Promjenom podnevnog Sunčevog zenitnog kuta mijenja se duljina puta kroz atmosferu (slika 1.2.), a time i količina dolaznog UV zračenja.

Kada UV zračenje prevaljuje dulji put smanjuje se direktna komponenta zračenja, a povećava se difuzna. Količina izravnog UV zračenja koje pristiže do Zemljine površine umanjuje se za količinu raspršenog. Sunčev zenitni hod ima najznačajniji utjecaj na dnevni hod prizemnog ozračenja.

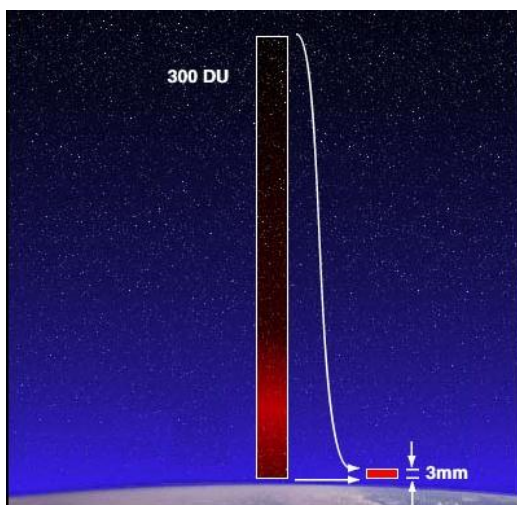


Slika 1.2. Promjena puta kroz atmosferu promjenom Sunčevog zenitnog kuta.

1.3. Ozon

Ozon (O₃) je alotrop čija se molekula sastoji od 3 atoma kisika. U atmosferi je zastupljen s približno 0,001% volumnog udjela. Uobičajena količina ozona u atmosferi iznosi 300 DU. Količina ozona u atmosferi izražena u DU jednaka je ukupnoj količini

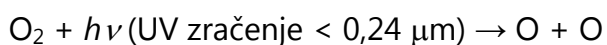
ozona koja se nalazi u vertikalnom stupcu zraka jedinične površine, koji se proteže od tla do vrha atmosfere (slika 1.3.).



Slika 1.3. Grafički prikaz definicije Dobsonove jedinice (DU). (<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/>)

U stratosferi ozon nastaje uglavnom djelovanjem ultraljubičastog zračenja sa Sunca, koje reagira sa dvoatomnom molekulom kisika, O_2 :

1. Visokoenergetsko UV zračenje razbija molekulu kisika:

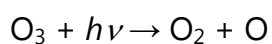


2. U trostrukom sudaru atoma i molekula kisika s molekulom M nekog drugog plina (najčešće kisika ili dušika) pri čemu se višak energije oslobađa kao toplina:

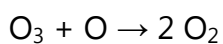


Ozon se u istom ciklusu raspada kroz reakciju s jednoatomnim kisikom, O:

1. Foto disocijacija zbog apsorpcije UV zračenja:

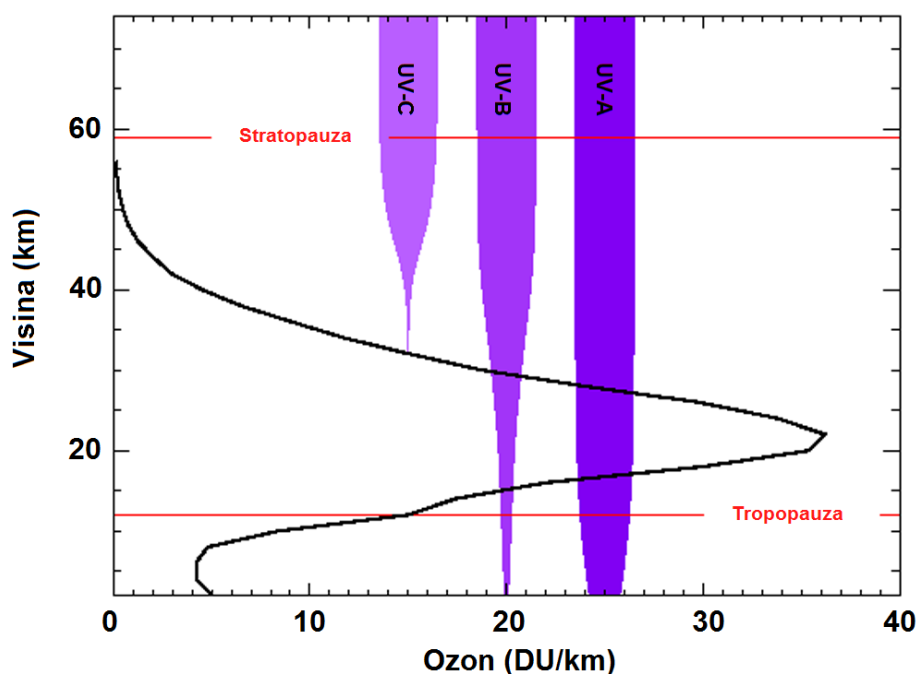


2. Raspad zbog sudara s atomom kisika:



Zadnja reakcija u navedenom nizu odvija se uz prisustvo katalizatora, a to su razni slobodni radikali u atmosferi od kojih su najvažniji: hidroksil (OH), dušikov oksid (NO), atomski klor (Cl) i brom (Br).

U Zemljinoj atmosferi najveći dio ozona je smješten u stratosferi na visini od 20 do 50 km iznad površine. Odgovoran je za upijanje (kompletno) UV-C i (djelomično) UV-B dijela spektra ultraljubičastog zračenja koje dolazi od Sunca. Ukupno UV zračenje pri tlu se sastoji od 94% UV-A i 6% UV-B (<http://www.temis.nl>, slika 1.4.).



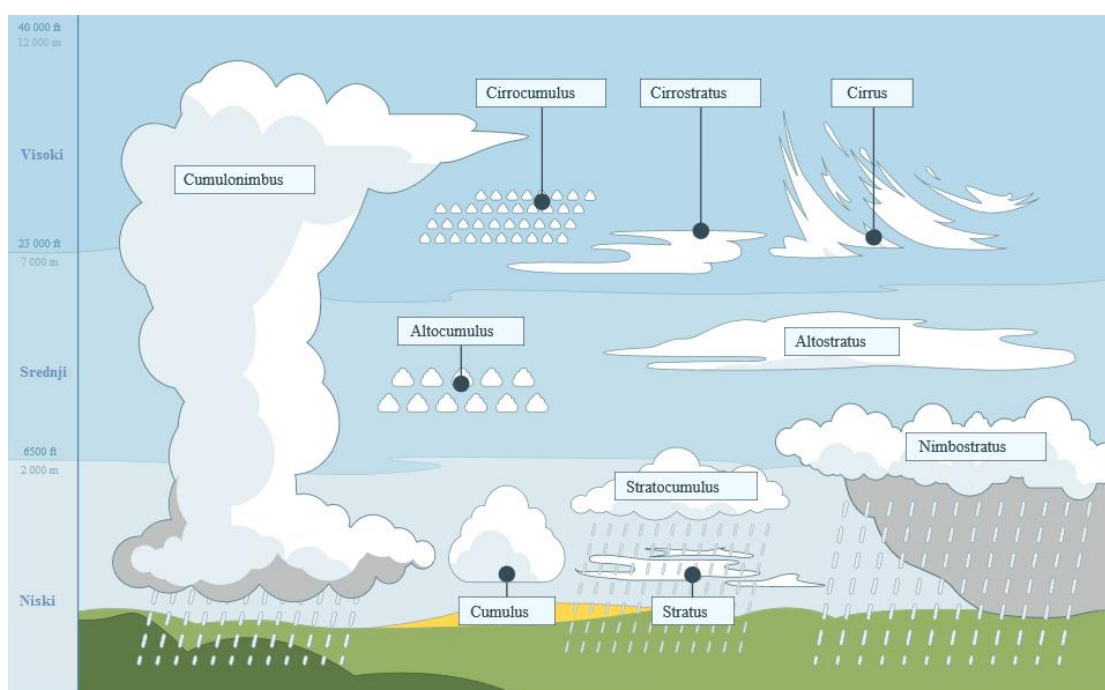
Slika 1.4. Prikaz tipičnog vertikalnog profila ozona na srednjim širinama sjeverne polutke te slikoviti prikaz UV zračenja kao funkcije visine za UV-A, UV-B i UV-C. Širina stupca prikazuje količinu energije kao funkciju visine. (<http://www.temis.nl>)

1.4. Oblaci

Oblaci su vidljive nakupine sitnih kapljica vode i/ili kristala leda u troposferi. Vodeni oblaci sastoje se isključivo od vodenih kapljica, ledeni od kristalića leda, a mješoviti i od kapljica i od kristala. Oblak koji se nalazi pri tlu, nazivamo maglom.

Oblaci se dijele u 10 osnovnih rodova (slika 1.5.). Prema visini podnice oblaka dijelimo ih na visoke (Ci, Cc i Cs), srednje (Ac, As i Ns) i niske (Cu, Sc, St i Cb).

U umjerenim geografskim širinama visoki oblaci nalaze se na visinama od 5 do 13 km, srednji na visinama između 2 i 7 km, a niski na visinama do 2 km nad tlom. Kako debljina troposfere raste od polova prema ekvatoru, to su podnice oblaka u polarnim područjima bliže tlu nego u umjerenim širinama, a u ekvatorijalnom području su udaljenije od tla. Visoki oblaci sastoje se isključivo od ledenih kristala i iz njih nikad ne pada oborina.



Slika 1.5. Rodovi oblaka i visine na kojima se nalaze (<http://hr.wikipedia.org/>)

Dimenzije oblačnih elemenata kreću se od gotovo molekularnih (Lucić, 1999) do reda veličine centimetra. Zbog takvih dimenzija UV zračenje može biti propušteno, lomljeno, reflektirano ili raspršeno na putu prema tlu. Količina propuštenog UV zračenja ovisi o debljini, sastavu i visini oblaka. Općenito se može reći da niži i deblji oblaci propuštaju manju količinu UV zračenja, dok visoki i tanki slabo zaustavljaju UV zračenje.

Na osnovu niza mjerenja prognostički modeli uzimaju naoblaku kao čimbenik koji smanjuje UV zračenje u sljedećim postotcima (<http://www.epa.gov/>):

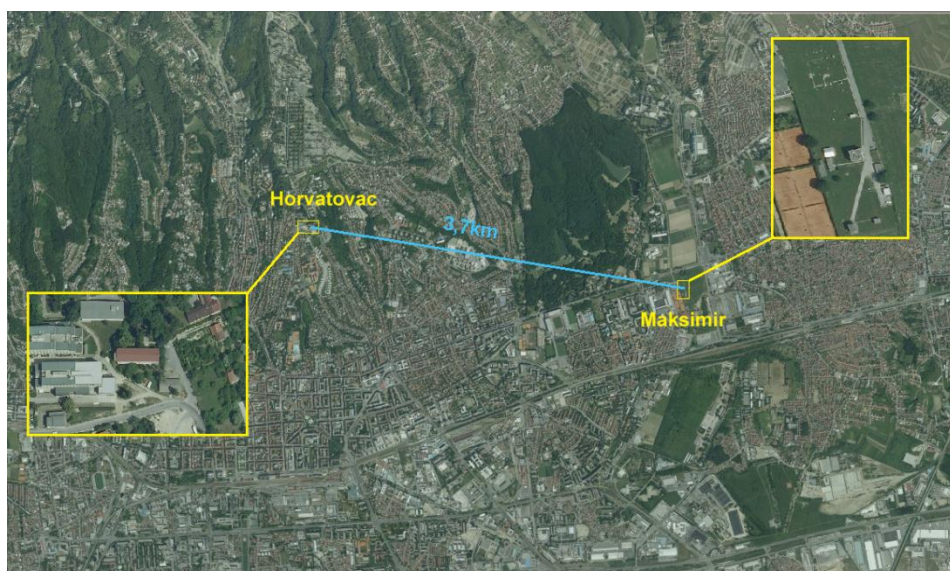
- a) vedro nebo propušta 100% UV zračenja
- b) visoki i tanki oblaci propuštaju 89% UV zračenja
- c) razlomljena naoblaka propušta 73% UV zračenja
- d) potpuno zastrto nebo propušta samo 31% UV zračenja

2. Mjerenja i podaci

2.1. Mjerne postaje

Za potrebe izrade diplomskog rada korišteni su podaci mjerenja UV zračenja i motrenja naoblake s dvije meteorološke postaje (slika 2.1):

- a) s automatske meteorološke postaje na Geofizičkom zavodu "Andrija Mohorovičić" PMF-a u Zagrebu (Horvatovac) (geografska širina $45^{\circ} 49' N$, geografska duljina $15^{\circ} 59' E$, nadmorska visina 181,53 m) korišteni su podaci za UV zračenje
- b) s meteorološkog opservatorija Državnog Hidrometeorološkog Zavoda (DHMZ) Zagreb-Maksimir (geografska širina $45^{\circ} 49' N$, geografska duljina $16^{\circ} 02' E$, nadmorska visina 123 m) korišteni su podaci za naoblaku



Slika 2.1. Prostorni razmještaj postaja Horvatovac i Zagreb - Maksimir te njihova međusobna zračna udaljenost. (<http://preglednik.arkod.hr/>)

Poželjno bi bilo da su mjerenja UV zračenja i motrenja naoblake obavljana na istoj lokaciji. Međutim, zbog nepostojanja motrenja naoblake na lokaciji Horvatovac, korišteni su podaci s najbliže postaje iz mreže postaja DHMZ-a na kojoj se motri naoblaka, a to je postaja Zagreb - Maksimir.

2.2. Mjerenja

2.2.1. Mjerenja Sunčevog zračenja

Sunčevo zračenje se pri Zemljinoj površini mjeri piranometrima i pirheliometrima.

U piranometre spadaju solarimetri, difuzometri i albedometri. Solarimetar je piranometar koji mjeri ukupno Sunčevo zračenje sa cijelog nebeskog svoda. Za mjerenje difuznog zračenja koristi se piranometar sa sjenilom, čija konstrukcijska izvedba omogućava zaklonjenost onog dijela neba kojim tijekom dana prolazi Sunce. I konačno, ako se piranometar postavi tako da je njegov senzor okrenut prema dolje, dobije se albedometar, koji mjeri Sunčevo zračenje reflektirano od površine.

Pirheliometri služe za mjerenje izravnog Sunčevog zračenja. Takvi instrumenti posjeduju mehanizam koji prati Sunce na njegovoj prividnoj putanji po nebeskom svodu, a služe za trenutna mjerenja u uvjetima potpuno vedrog neba.

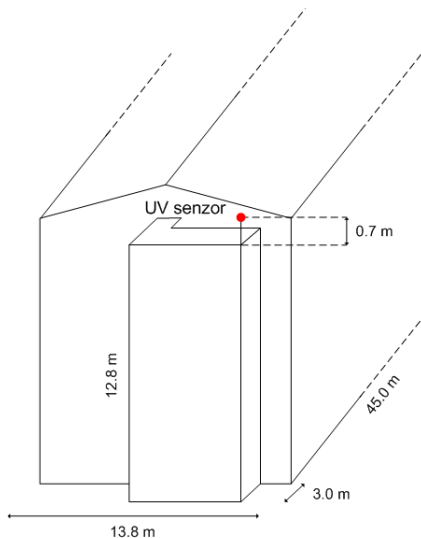
Za mjerenje ultraljubičastog zračenja koriste se UV-metri. Pošto su za različite namjene potrebni podaci o cijelom ili samo o nekim dijelovima spektra ultraljubičastog zračenja, postoje različite vrste senzora koji mjere u različitim područja UV spektra. Pa tako npr. postoje senzori za mjerenje eritemalno aktivnog UV zračenja, UV-A i eritemalno aktivnog UV zračenja, UV-B zračenja, UV-A zračenja, ili neke od kombinacija: UV-A i UV-B zračenja.

Pored prizemnog mjerenja UV zračenja, jedna od metoda određivanja prizemnog UV zračenja je i pomoću satelitskog mjerenja troposferskih plinova u tragovima. Ti podaci se dalje koriste za modeliranje UV zračenja (<http://earthobservatory.nasa.gov/>).

2.2.1.1. Mjerenje UV zračenja na Horvatovcu

Od 1987. godine do 26. lipnja 2002. godine na Geofizičkom odsjeku PMF-a mjerenja bilježi automatska meteorološka postaja „META 801“, a od 26. lipnja 2002.

godine automatska meteorološka postaja „META 2000“ proizvođača AMES d.o.o. Ljubljana. Senzori za mjerenje globalnog i UV zračenja nalaze se na terasi stubišta sa zapadne strane zgrade na Horvatovcu (slika 2.2).



Slika 2.2. Položaj UV senzora na zgradi Horvatovca (Bobinac, 2005)

Stariji senzor „Kipp & Zonen“ model UV-S-E-T (Scintec) (slika 2.3.) mjeri UV zračenje od 1997. godine. Povezan je s unutarnjom jedinicom za pohranu podataka „Young 26700 Series“, koja pohranjuje desetminutne srednje vrijednosti UV ozračenja u jedinicama MED/h.



Slika 2.3. Piranometar CM 6B «Kipp & Zonen» (<http://www.kippzonen.com/>).

Senzor mjeri globalno eritemalno aktivno UV zračenje, a visoka točnost se postiže time što se optički filter i detektor električki drže na konstantnoj temperaturi od 25 °C (temperatura je također izlazni podatak zabilježen na unutarnjoj jedinici).

Godine 2002. je nabavljen i paralelno postojećem postavljen novi senzor za mjerenje globalnog eritemalno aktivnog UV zračenja, „SOLAR LIGHT CO.” model 501 UV-Biometer verzije 3 (SL501) (slika 2.4.). Senzor je povezan s unutarnjom jedinicom koja pohranjuje vrijednosti UV zračenja i temperature senzora (trenutno pohranjuje desetminutne vrijednosti).



Slika 2.4. Senzor za UV zračenje „SOLAR LIGHT CO.” 501 UV-Biometer
(<http://www.solarlight.com/>)

Senzor se električki održava na konstantnoj temperaturi od 25 °C, s mogućnošću zagrijavanja za 65 °C višu odnosno hlađenja za 25 °C nižu temperaturu od temperature okoline. Unutarnja jedinica može pohraniti nešto više od mjesec dana desetminutnih vrijednosti (proizvođač navodi 3½ mjeseca za bilježenje polusatnih vrijednosti).

2.2.2. Motrenje naoblake

Pod naoblakom se podrazumijeva stupanj pokrivenosti nebeskog svoda oblacima, tj. količine oblačnog pokrivača u odnosu na cijelo nebo. Naoblaka se

određuje vizualnim opažanjem, a u klimatologiji se izražava u desetinama (pokrivenog) neba tj. brojevima od 0 do 10, gdje 0 označava potpuno vedro nebo bez ijednog oblačića, a 10 potpuno oblačno nebo. Opažanje naoblake treba obavljati s mjesta odakle se vidi cijeli nebeski svod. Naoblaka se procjenjuje pretpostavljajući da su svi oblaci skupljeni u neprekidni zastor. Procjena je lakša ako se nebo najprije podijeli na četiri dijela (kvadranta) i u svakom od njih se posebno procijeni naoblaka, a njihova suma daje ukupnu naoblaku (<http://klima.hr/>).

2.2.3. UV indeks TEMIS projekta

U sklopu projekta TEMIS (*Tropospheric Emission Monitoring Internet Service*) (<http://www.temis.nl/>) u suradnji Europske svemirske agencije ESA (*European Space Agency*) i Nizozemskog kraljevskog meteorološkog instituta KNMI (*Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut*) dostupna je usluga za primanje podataka za ukupni ozon i površinsko UV zračenje u gotovo realnom vremenu. TEMIS je dio Programa za korištenje podataka (*Data User Programme*) ESA-e, ali i centar za operativno obrađivanje i arhiviranje podataka za praćenje ozonskih rupa, prognoze lokalnog UV zračenja i zagađenja zraka. Produkti su najčešće dostupni svega nekoliko sati nakon mjerenja (Weele, 2008.).

U arhivama TEMIS-a dostupna su tri seta podataka za UV indeks vedroga vremena³:

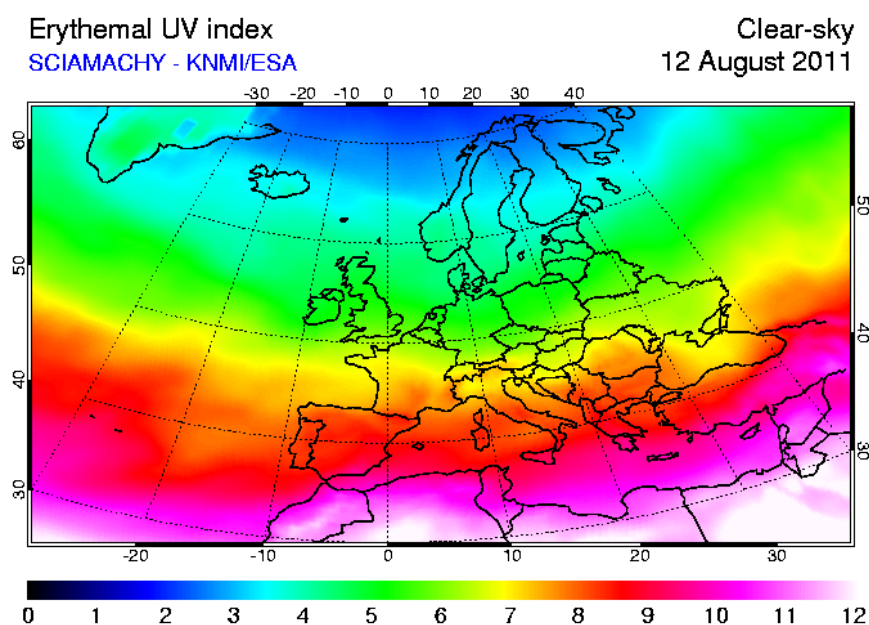
- MSR (*Multi-Sensor Reanalysis*)⁴ od 1978. do 2008.
- GOME (*Global Ozone Monitoring Experiment*) od kolovoza 1995. do svibnja 2003.

³ UVI vedroga vremena je vrijednost prizemnog UVI-a koji bi bio u uvjetima potpune vedrine.

⁴ Koristi podatke TOC-a (*Total Ozone Column*) mjerenih senzorima sa svih, u prošlosti dostupnih polarno orbitirajućih satelita: TOMS (na satelitima Nimbus-7 i Earth Probe), SBUV (Nimbus-7, NOAA-9, NOAA-11 i NOAA-16), GOME (ERS-2), SCIAMACHY (Envisat), OMI (EOS-Aura) i GOME-2 (Metop-A).

- SCIAMACHY (*SCanning Imaging Absorption SpectroMeter for Atmospheric CartographY*) od srpnja 2002. do danas.

Količine ozona mjere se satelitski i to pomoću senzora GOME (od 1995. na satelitu ERS-2) i SCIAMACHY (od 2002. na satelitu ENVISAT). Tako dobiveni podaci su asimilirani u prijenosni model (*transport model*) kako bi se u gotovo realnom vremenu za lokalno solarno podne producirale globalne karte ozona. Na temelju podataka za količinu ozona i sunčevog zenitnog kuta te nadmorske visine željenog mjesta, računa se i producira podatak za UV indeks u uvjetima potpuno vedroga vremena u solarno podne (slika 2.5.).



Slika 2.5. Grafički prikaz distribucije UV indeksa vedroga vremena produciranog od strane TEMIS projekta (Copyright © TEMIS/ESA; <http://www.temis.nl/>)

2.3. Podaci

2.3.1. Podaci UV zračenja

- **Senzor "Scintec Atmosphärenmesstechnik GmbH"**

Na lokaciji Horvatovac pomoću „Scintec“ senzora bilježe se srednje vrijednosti eritemalno aktivnog UV zračenja za prethodni sat u jedinicama MED/h koje se daju i u

"Dnevnim izvještajima". Vrijednost 1 MED za ovaj uređaj iznosi 250 J/m^2 . Množenjem vrijednosti u MED/h s 0,0694 dobivaju se vrijednosti u W/m^2 . Podaci se osim na postaju, paralelno bilježe i na unutarnjoj jedinici uređaja. Bilježe se desetminutne vrijednosti.

- **Senzor „Solar light CO.”**

Pet godina poslije instaliranja uređaja „Scintec”Atmosphärenmesstechnik GmbH” u njegovoj neposrednoj blizini postavljen je uređaj proizvođača "Solar Light CO.", koji također mjeri eritemalno aktivno UV zračenje. Na postaji se bilježe srednje satne vrijednosti za prethodni sat u jedinicama MED/h , a iste se daju i u "Dnevnim izvještajima". Za ovaj uređaj je vrijednost 1 MED nešto niža u odnosu na istu vrijednost za uređaj "Scintec Atmosphärenmesstechnik GmbH" i iznosi 210 J/m^2 . Kako bi se dobile vrijednosti u W/m^2 potrebno je vrijednosti u jedinicama MED/h pomnožiti s 0,0583. Za ovaj senzor postaja bilježi i srednje minutne vrijednosti u jedinicama MED/h koje su dostupne u digitalnom obliku.

Na unutarnjoj jedinici uređaja bilježe se desetminutne vrijednosti u jedinicama $\text{MED}/10$ minuta, koje su za potrebe ovog rada pretvorene u UV indeks⁵.

- **Podaci UV indeksa potpuno vedroga neba TEMIS projekta**

Arhive s podacima za UV indeks potpuno vedroga neba TEMIS projekta nalaze se na <http://www.temis.nl/uvradiation/UVarchive.html>. Podaci su općedostupni uz navođenje izvora od strane korisnika. Može im se pristupiti pomoću web sučelja odabirom pojedinog termina u periodu za koji arhiva postoji te su prikazani u dva formata: prvi je grafički prikaz za Europu (slika 2.5.) i cijelu Zemaljsku kuglu, a drugi je u brojčanom formatu pohranjenom u HDF⁶ datoteke (*Hierarchical Data Format*). Još jedan od načina pristupu arhivama je direktno presnimavanje podataka sa stranica <http://www.temis.nl/uvradiation/archives/uvief/> korištenjem pojedinih softverskih

⁵ Vrijednosti UV zračenja najprije su pretvorene u mW/m^2 , a zatim su dijeljenjem s 25 dobivene vrijednosti UV indeksa.

⁶ HDF je biblioteka i više-objektni (*multi-object*) format datoteka za prijenos tekstualnih, numeričkih te grafičkih podataka među računalima (<http://www.hdfgroup.org/>).

alata npr. „Wget“ (www.gnu.org/s/wget/).

U strukturi⁷ HDF datoteke, uz druga polja, nalazi se polje vrijednosti UV indeksa vedroga vremena u terminu lokalnog solarnog podneva⁸ za svaku točku mreže. Uneseni su podaci za mrežu točaka od 179,75° W do 179,75° E zemljopisne dužine te od 89,75° S do 89,75° N zemljopisne širine s korakom od 0,5°.

2.3.2. Podaci koji nedostaju u nizu mjerenja od 2003. do 2009. godine

Pri izradi ovoga rada prvenstveno su korišteni podaci sa senzora „SOLAR LIGHT CO.“ 501 UV-Biometer (SL501) s automatske postaje Horvatovac te dnevnički zapisi motrenja naoblake s meteorološke postaje Zagreb-Maksimir.

U nizu podataka sa senzora SL501 postoje kraća i duža razdoblja u kojima podaci nedostaju ili su zabilježene nelogične vrijednosti. U takvim situacijama su korišteni podaci s paralelnog senzora (Scintec). S obzirom da ta dva senzora nisu identična, postoje odstupanja u vrijednostima eritemalno aktivnog UV zračenja. Da bi se mogli koristiti podaci sa Scintec-a, određivao se koeficijent korelacije i koeficijenti krivulja regresije koje povezuju podatke s oba senzora. Izračunati su koeficijenti krivulja (pravaca) regresije, koeficijenti korelacije za 2004. te vrijednosti parametara Student-ovog testa, t i t_0 ⁹. Kako bi se umanjio utjecaj godišnjeg hoda visine Sunca nad horizontom, kuta upada zraka te optičke mase, podaci korišteni u spomenutim izračunima podijeljeni su na godišnja doba¹⁰.

Dobiveni su vrlo visoki koeficijenti korelacije između nizova, a T-testom je

⁷ Detaljni opis sloga i hijerarhije sa pojedinim podatkovnim poljima, zapisani su u zaglavlju HDF datoteke koje se može iščitati pomoću alata za pregled i uređivanje istih, npr. HDFview (www.hdfgroup.org)

⁸ Lokalno solarno podne je trenutak kada Sunce dostigne najvišu točku iznad horizonta u tom danu.

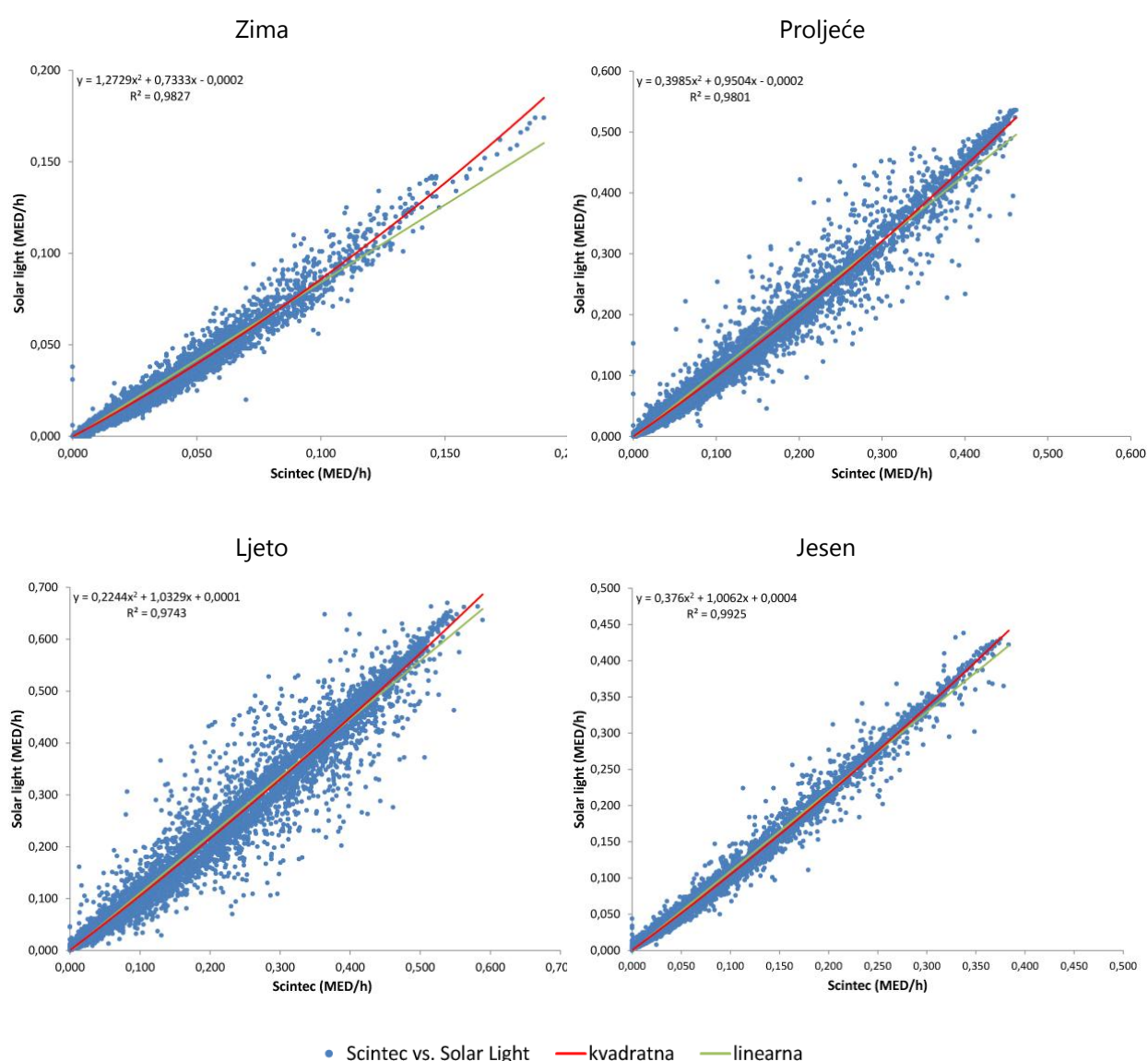
⁹ Relacije za izračun vrijednosti parametara Student-ovog testa te t-test su detaljnije objašnjeni u odlomku 3.1.1.

¹⁰ Godišnja doba su određena na način da prosinac, siječanj i veljača pripadaju zimi, ožujak, travanj i svibanj proljeću, lipanj, srpanj i kolovoz ljetu, a rujn, listopad i studeni jeseni. Dakle, koriste se klimatološka godišnja doba.

pokazana visoka signifikantnost. Analizom grafičkih prikaza kvadratnih i linearnih pravaca regresije (slika 2.6) za pojedina godišnja doba, utvrđeno je da kvadratna jednadžba regresije najbolje povezuje mjerenja UV zračenja sa Scintec-a i SL501 tj:

$$UV_{SL501} = aUV_{Scintec}^2 + bUV_{Scintec} + c$$

Iako bi i linearna jednadžba bila zadovoljavajuća, zbog boljeg poklapanja u graničnim područjima UV zračenja ipak je odabran njen kvadratni oblik.



Slika 2.6. Korelacija između mjerenih 10-minutnih vrijednosti UV zračenja pomoću senzora Scintec i SL501 za sva četiri godišnja doba 2004. godine.

U tablici 2.1. prikazani su koeficijenti a , b i c , koeficijenti korelacije te vrijednosti parametara Student-ovog testa t i t_0 za pojedina godišnja doba.

Tablica 2.1. Koeficijenti korelacije, jednadžbe regresije te vrijednosti parametara Student-ovog testa, t i t_0 za UV zračenje sa SL501 i Scintec-a.

Godišnje doba	a	b	c	r	t	t_0
zima	1,2729	0,7333	-0,0002	0,991	766,538	1,960
proljeće	0,3985	0,9504	-0,0002	0,990	764,852	1,960
ljet	0,2244	1,0329	0,0001	0,987	699,267	1,960
jesen	0,376	1,0062	0,0004	0,996	1235,405	1,960

Regresijski model je testiran za sve podnevne termine u 2005. godini. Podaci sa Scintec-a uvršteni su u dobivene regresijske jednadžbe, a rezultati su uspoređivani sa stvarnim podacima izmjerenim senzorom SL501. Za potrebe testiranja regresijskog modela računati su koeficijenti korelacije te vrijednosti parametara Student-ovog testa, t i t_0 (tablica 2.2.).

Tablica 2.2. Vrijednosti koeficijenta korelacije r između modeliranog i mjerenog UV, vrijednosti parametara Student-ovog testa t i t_0 potrebnih za testiranje korelacije za 2005. godinu. n predstavlja broj podataka.

	zima	proljeće	ljet	jesen
r	0,979	0,995	0,977	0,993
n	67	91	92	90
t	38,957	90,750	43,943	79,499
t_0	1,96	1,96	1,96	1,96

Za sva godišnja doba dobiveni su vrlo visoki koeficijenti korelacije, a t-test je potvrdio njihovu signifikantnost.

2.3.3. Podaci za naoblaku

Podaci za naoblaku dobiveni su od Odjela za obradu i kontrolu podataka i klimatske podloge Službe za opću meteorologiju Državnog hidrometeorološkog zavoda. Podaci su zabilježeni na meteorološkom opservatoriju Zagreb - Maksimir u razdoblju od 01. siječnja 2000. do 31. prosinca 2009. Podaci se sastoje od satnih vrijednosti ukupne naoblake te naoblake podijeljene po visini baze oblaka tj. niske, srednje i visoke, u desetinama pokrivenosti neba. Ukupna naoblaka je jednaka zbroju naoblaka po visini. U slučaju magle zabilježena naoblaka je označena s 10/10, uz napomenu da je bila prisutna magla.

3. Obrada podataka i rezultati

3.1. Obrada podataka

3.1.1. Statistička obrada podataka

Kako bi se moglo utvrditi postoji li utjecaj naoblake na UVI, računati su koeficijenti korelacije između ta dva niza. Koeficijenti korelacije računaju se iz jednadžbe (Pavlič, 1970):

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}}$$

gdje su $\bar{x}$ i $\bar{y}$ srednje vrijednost naoblake i UVI-a, a x_i i y_i i-te vrijednosti naoblake i UV indeksa.

Signifikantnost koeficijenta korelacije testirana je pomoću t-testa. Za potrebe testa računat je parametar t (Pavlič, 1970):

$$t = \frac{r(n-2)}{\sqrt{1-r^2}}$$

gdje je r koeficijent korelacije između dva uzorka veličine n .

Pretpostavljeno je da se o stohastičkoj povezanosti varijabli x i y ništa ne zna, osim da ima karakter linearne korelacije, ako veza uopće postoji. Na bazi koeficijenata korelacije r uzoraka od n parova vrijednosti, testirana je hipoteza:

$$H_0: \rho = 0$$

prema alternativnoj hipotezi:

$$H_1: \rho \neq 0$$

Ako je hipoteza H_0 istinita, koeficijent korelacije r ne bi se smio signifikantno razlikovati od nule.

Na uzorku od n parova izračunata je vrijednost koeficijenta korelacije r , zatim iznos parametra testa, t . Usporedbom dobivenog t s t_0 izvučenog iz tablica Studentove t-razdiobe za graničnu vrijednost $p = 0,05$ i broj stupnjeva slobode $k = n - 2$, određivana je signifikantna različitost vrijednosti koeficijenta korelacije od nule. Prihvaćanjem hipoteze H_0 ili odbacivanjem H_0 odnosno prihvaćanjem H_1 može se utvrditi da li postoji ili ne postoji zavisnost između dva uzorka.

3.1.2. Usporedba prizemnog UV indeksa s modeliranim podacima UV indeksa potpuno vedroga neba TEMIS projekta

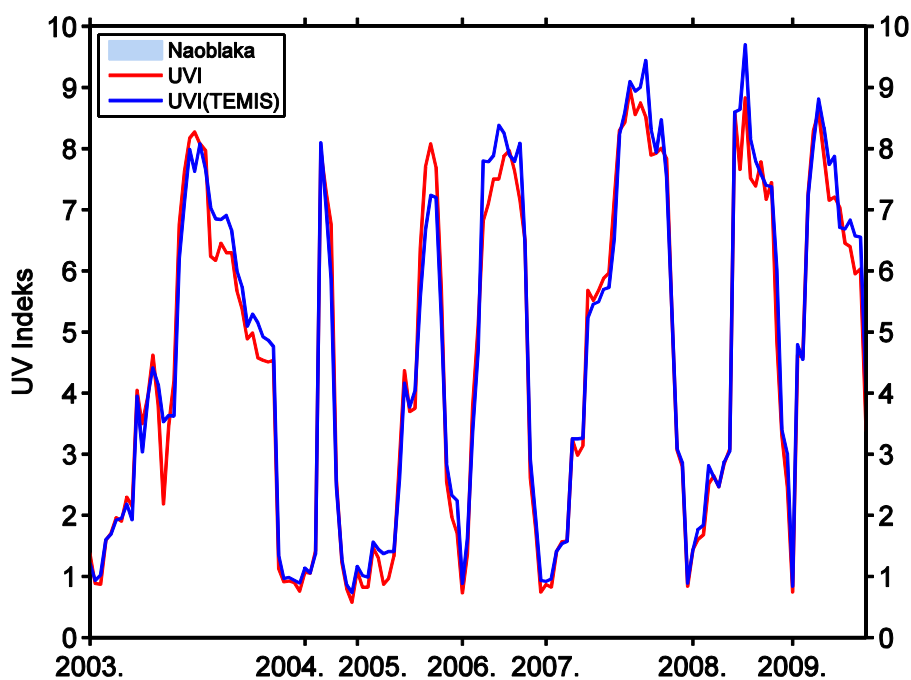
Tijekom analize mjerenih podataka pokazala se korisnom usporedba vrijednosti UV indeksa (dobivenih na temelju mjerenja MED na Horvatovcu) s modeliranim vrijednostima UV indeksa u uvjetima potpuno vedroga neba TEMIS projekta (za lokaciju Horvatovac). Prema dostupnoj dokumentaciji (<http://www.temis.nl/>, Weele, 2008) pogreška modela u procjeni UV indeksa potpuno vedroga neba se kreće u rasponu od 3 do 5%. Najveći utjecaj ima pogreška mjerenja količine ozona.

Usporedbom podataka o UV indeksu dobivenih na Horvatovcu u terminima s potpuno vedrim vremenom¹¹ sa satelitski dobivenim podacima UV indeksa potpuno vedroga neba uočen je veliki stupanj poklapanja (slika 3.1.). Izračunat je koeficijent korelacije te vrijednosti parametara Student-ovog testa, t i t_0 (tablica 3.1). T-testom je potvrđena signifikantnost korelacije između UVI-a i UVI-a(TEMIS).

¹¹ Tijekom razdoblja od 2003. do 2009. godine izdvojeni su termini sa potpuno vedrim nebom. Posljedica toga uvjeta je različiti broj uspoređenih termina kroz godine.

Tablica 3.1. Vrijednosti koeficijenta korelacije r između UV indeksa i naoblake), broj podataka n te vrijednosti parametara Student-ovog testa t i t_0 potrebnih za testiranje korelacije. n predstavlja broj podataka.

r	n	t	t_0
0,989	149	81,066	1,96



Slika 3.1. Usporedba mjerelog UV indeksa za potpuno vedroga vremena i UV indeksa vedroga neba TEMIS projekta.

3.2. Rezultati

Svrha ovog rada je bila odrediti utjecaj naoblake na vrijednosti prizemnog UV indeksa na lokaciji Horvatovac.

U analizama su korišteni podaci UVI-a dobivenih mjerenjem UV zračenja na Horvatovcu, zabilježene naoblake na postaji Zagreb-Maksimir te modelirane vrijednosti UV indeksa za situaciju vedrog vremena TEMIS projekta. Upotrebljavani su

svakodnevni podaci u 12:00h (SEV) u vremenskom periodu od 01.01.2003. do 31.12.2009. godine.

3.2.1. Ovisnost prizemnog UV indeksa i ukupne naoblake

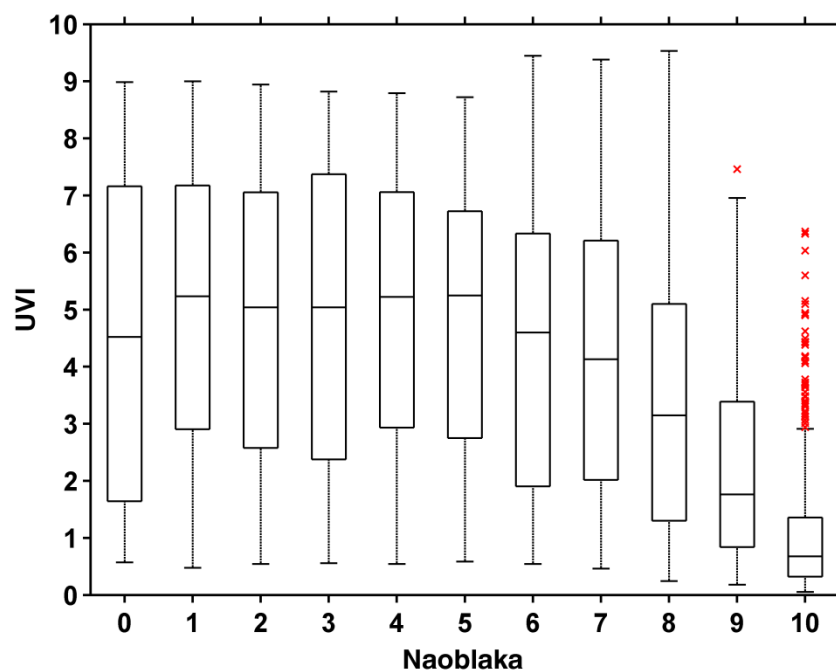
Izračunate su vrijednosti koeficijenta korelacije između prizemnog UV indeksa i ukupne naoblake. Kako bi se testirala signifikantnost dobivene vrijednosti koeficijenta korelacije izračunat je i parametar t Studentovog t -testa te je iščitana vrijednost t_0 iz tablica. Rezultati za cjelokupno analizirano razdoblje su prikazani u tablici 3.2. Vrijednosti koeficijenta korelacije se kreću u rasponu od $-0,4488$ za 2005. do $-0,5943$ za 2008. godinu. Negativne vrijednosti (antikorelacija) ukazuju na pad vrijednosti UV indeksa s porastom naoblake. Usporedbom apsolutnih vrijednosti t i t_0 uočava se da je u svim analiziranim razdobljima t znatno veći od t_0 zbog čega se prihvaća alternativna hipoteza H_1 . Drugim riječima, smije se zaključiti postojanje ovisnosti UV indeksa i ukupne naoblake.

Tablica 3.2. Vrijednosti koeficijenta korelacije r između UV indeksa i naoblake), broj podataka n te vrijednosti parametara Student-ovog testa t i t_0 potrebnih za testiranje korelacije. n predstavlja broj podataka.

	2003-09	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
r	-0,5350	-0,4926	-0,5283	-0,4488	-0,5511	-0,5884	-0,5943	-0,5654
n	2537	361	364	362	350	363	361	363
t	-31,9	-10,756	-11,873	-9,556	-12,358	-13,864	-14,043	-13,059
t_0	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96

Grafički prikaz (slika 3.2.) ovisnosti UV indeksa o ukupnoj naoblaci u formi boxplot-a¹² ugrubo pokazuje trend opadanja iznosa UV indeksa s rastom ukupne naoblake.

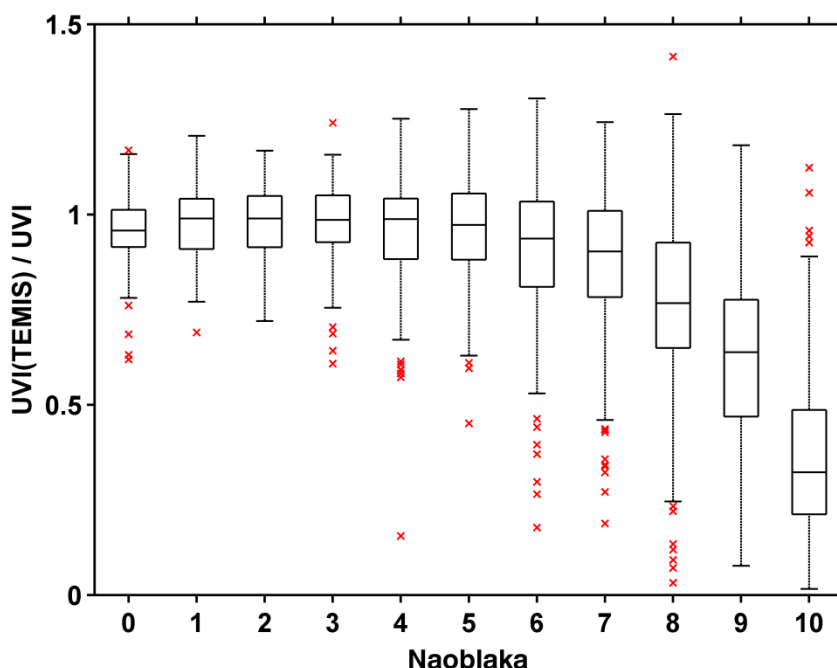
¹² Iznosi UV indeksa su grupirani po pripadajućim iznosima ukupne naoblake, centralna linija pravokunika prikazuje medijan skupa dok vrhovi predstavljaju 25. tj 75. medijan. Produžetci kvadrata prikazuju ekstreme koji nisu dovoljno ekstremni kako bi se smatrali da ne pripadaju skupu (*outlier*).



Slika 3.2. Boxplot prikaz ovisnosti UV indeksa o ukupnoj naoblaki u razdoblju od 2003. do 2009. godine.

Kako bi se bolje istaknuo utjecaj naoblake na prizemni UVI, korišten je boxplot prikaz relativne promjene¹³ prizemnog UV indeksa u odnosu na UVI(TEMIS) za pojedine iznose ukupne naoblake (slika 3.3.). Iz grafičkog prikaza se može vidjeti da naoblaka do 6/10 nema značajnijeg utjecaja na mjereni UVI, a u rasponu ukupne naoblake od 7 do 10/10 naglo se smanjuju vrijednosti mjenenog UV indeksa.

¹³ Izračunati omjer $\frac{UVI(TEMIS)}{UVI}$ (J'egou F.i dr., 2011) govori koliko se razlikuje mjereni UVI od UVI(TEMIS), ako je $0 < \frac{UVI(TEMIS)}{UVI} < 1$ UVI je manji od očekivanog UVI vedroga neba, a ako je $\frac{UVI(TEMIS)}{UVI} > 1$ UVI je veći od očekivanog UVI vedroga neba.



Slika 3.3. Omjer UVI(TEMIS)/UVI u ovisnosti o ukupnoj naoblaci u razdoblju od 2003. do 2009. godine.

3.2.2. Ovisnost prizemnog UV indeksa o visini oblaka

Različite vrste oblaka imaju različiti sastav i građu, stoga je potrebno analizirati utjecaj oblaka različitih visina. Kako se vidjelo na slici 3.3., naoblaka iznad 7/10 ima značajniji utjecaj te je analiza obavljena za situacije koje kombiniraju potpuno vedro vrijeme i naoblaku od 7 do 10/10 za pojedinu visinu oblaka. Dakle, analizirani su slučajevi kada je bilo potpuno vedro ili je nebo bilo prekriveno sa 7 do 10/10 niskih, srednjih ili visokih oblaka. Potpuno vedro vrijeme je uzeto kao kontrolna točka. Kao i u slučaju ukupne naoblake računata je vrijednost koeficijenta korelacije koja je testirana t-testom.

3.2.2.1. Niska naoblaka

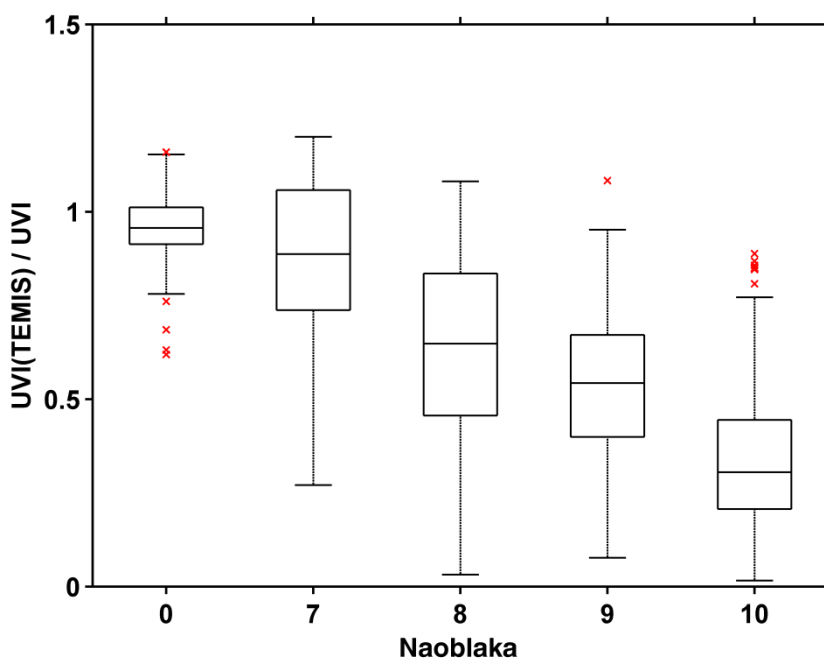
Vrijednosti koeficijenta korelacije r i parametara Student-ove razdiobe, t i t_0 za ovisnost UVI-a o niskoj naoblaci dani su u tablici 3.3. U svim promatranim razdobljima prisutna je antikorelacija UVI-a i niske naoblake. T-test je potvrdio da postoji ovisnost

UV indeksa o niskoj naoblaci. Iz statističke analize vidljivo je da se s porastom niske naoblake smanjuje prizemni UVI.

Tablica 3.3. Vrijednosti koeficijenta korelacije r između UV indeksa i niske naoblake (0 i 7-10/10), broj podataka n te vrijednosti parametara Student-ovog testa t i t_0 potrebnih za testiranje korelacije.

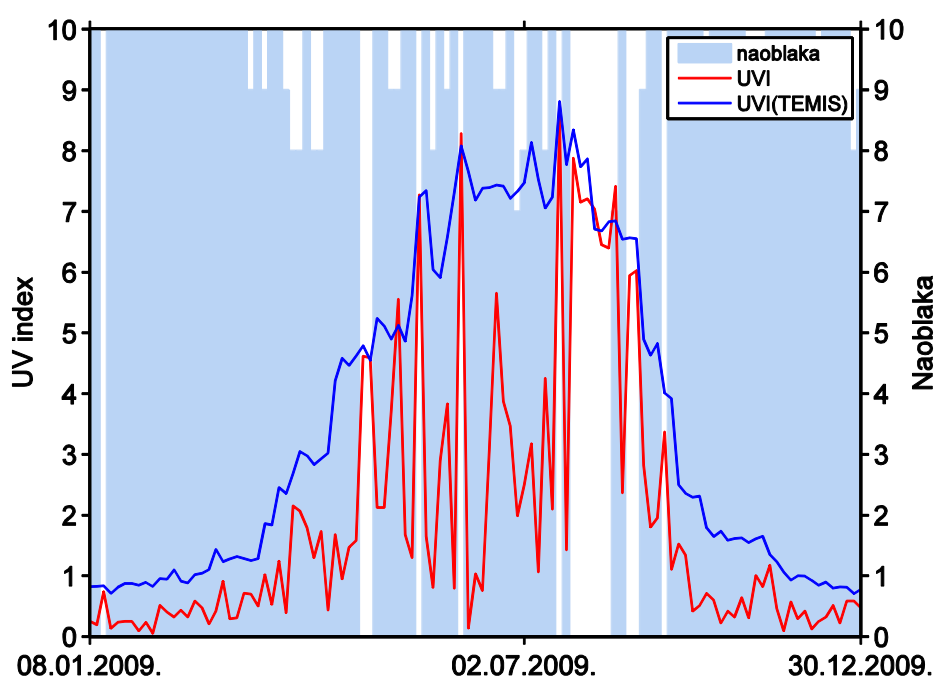
	2003-09	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
r	-0,5906	-0,5906	-0,3911	-0,45	-0,5627	-0,6903	-0,6725	-0,7926
n	869	127	144	129	108	121	119	109
t	-21,578	-8,249	-5,1	-5,723	-7,075	-10,495	-9,912	-13,573
t_0	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96

Grafički prikaz omjera UVI(TEMIS)/UVI u ovisnosti o niskoj naoblaci (slika 3.4.) potvrđuje rezultate dobivene statističkom analizom. Omjer UVI(TEMIS)/UVI za naoblaku nula u idealnim uvjetima bi trebao iznositi 1, ali zbog pogreške u modelu za UVI(TEMIS) i same pogreške u mjerenju UVI-a nerealno je očekivati takvu situaciju.



Slika 3.4. Omjer UVI(TEMIS)/UVI u ovisnosti o niskoj naoblaci 0 te 7-10/10 u razdoblju od 2003. do 2009. godine.

Na usporednom prikazu hoda (slika 3.5.) UVI-a, UVI-a(TEMIS) i naoblake za 2009. godinu uočljivo je znatno smanjenje UVI-a kada je naoblaka 10/10, dok se u situacijama potpune vedrine vrijednosti UVI-a znatno približavaju vrijednostima UVI-a(TEMIS). U slučajevima kada je naoblaka 7,8/10 uočava se prekoračenje vrijednosti UVI-a u odnosu na UVI(TEMIS). Takva pojava se objašnjava refleksijom Sunčevog zračenja od baze ili strane oblaka. U situaciji kada nebo ima polja vedrine, na senzor mogu padati dva snopa Sunčevog zračenja: prvi direktan i drugi reflektiran od oblaka. Zbrajanjem ta dva snopa dobiva se veća vrijednost UVI-a od UVI-a(TEMIS).



Slika 3.5. UVI za potpuno vedroga vremena te niske naoblake od 7 do 10/10 i UVI(TEMIS) za 2009. godinu.

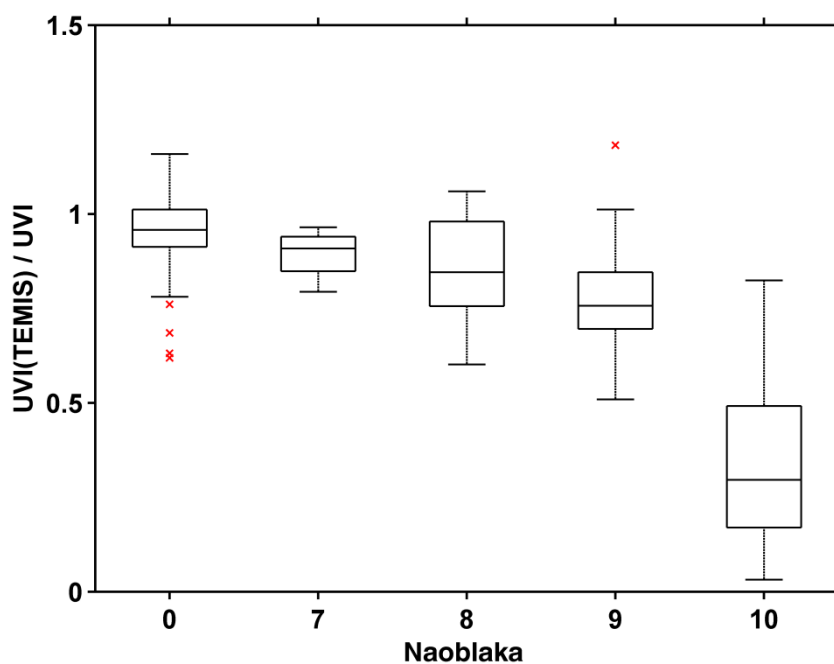
3.2.2.2. Srednja naoblaka

Vrijednosti koeficijenta korelacije r , te parametara Studentove razdiobe t i t_0 za ovisnost UVI-a o niskoj naoblaci dani su u tablici 3.4. Kao i za slučaj niske naoblake, u svim promatranim razdobljima prisutna je antikorelacija UV indeksa i srednje naoblake, koja je također potvrđena i t-testom.

Tablica 3.4. Vrijednosti koeficijenata korelacije između UV indeksa i srednje naoblake (0 i 7-10/10), broj podataka n te vrijednosti parametara Student-ovog testa t i t_0 potrebnih za testiranje korelacije.

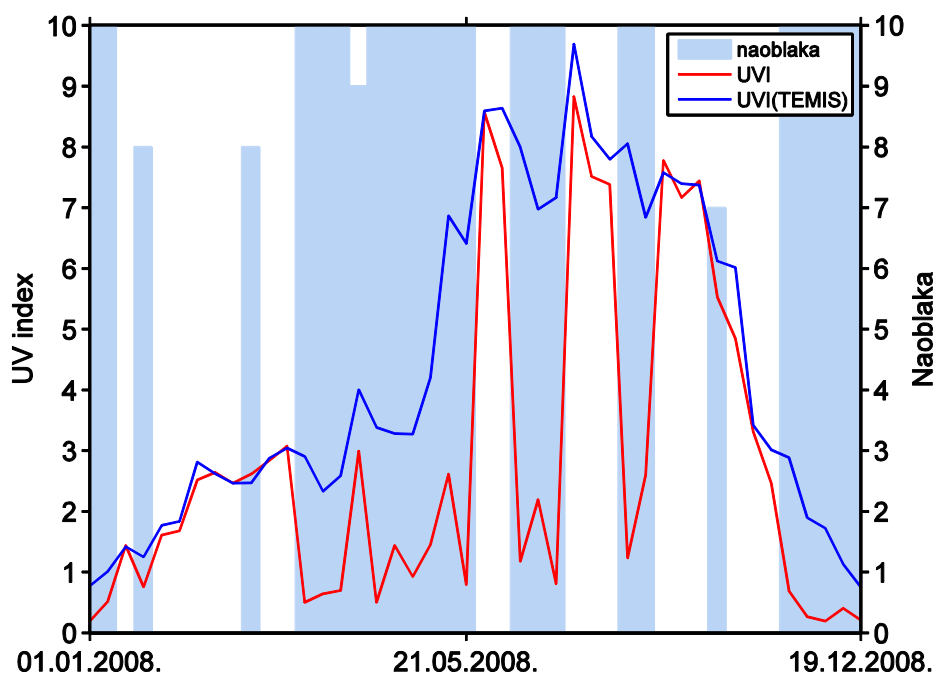
	2003-09	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
r	-0,6058	-0,2549	-0,3417	-0,5773	-0,6799	-0,6976	-0,6861	-0,8075
n	338	54	36	46	57	54	42	37
t	-13,999	-1,937	-2,182	-4,795	-7,002	-7,098	-6,113	-8,329
t_0	1,96	1,68	1,70	1,68	1,68	1,68	1,68	1,70

Grafički prikaz omjera UVI(TEMIS)/UVI (slika 3.6.) dodatno potvrđuje rezultate statističke analize. Primjećuje se znatno smanjenje UVI-a u slučaju kada je nebo potpuno prekriveno srednjom naoblakom. U slučaju postojanja vedrih polja, za razliku od niske naoblake, gušenje UV zračenja srednjom naoblakom nije toliko izraženo.



Slika 3.6. Omjer UVI(TEMIS)/UVI u ovisnosti o srednjoj naoblaci (0 te 7-10/10) u razdoblju od 2003. do 2009. godine.

Na usporednom prikazu hoda UVI-a, UVI-a(TEMIS) i naoblake za 2008. godinu (slika 3.7.) uočljivo je znatno smanjenje UVI-a u situaciji kada je naoblaka 10/10, dok u situacijama potpune vedrine vrijednosti UVI-a se znatno približavaju vrijednostima UVI-a(TEMIS). U slučajevima naoblake 7,8/10 uočava se izjednačenje i prekoračenje vrijednosti UVI-a u odnosu na UVI(TEMIS). Razlozi takve pojave su isti kao i u slučaju niske naoblake.



Slika 3.7. Mjereni UVI za vedroga vremena te srednje naoblaka od 7 do 10/10 i UV(TEMIS) za 2008. godinu.

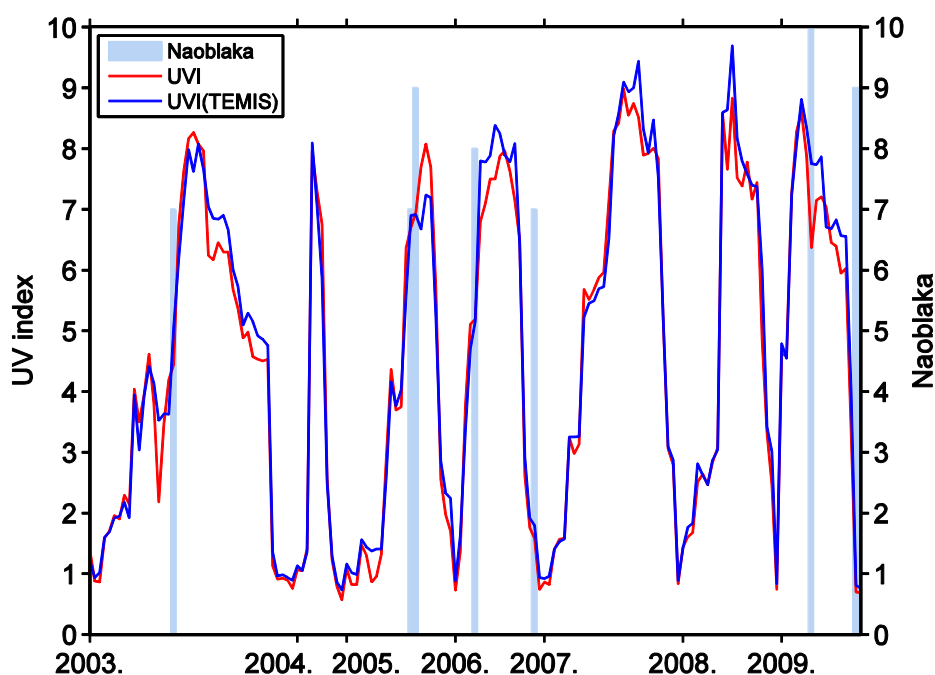
3.2.2.3. Visoka naoblaka

Iz tablice 3.5. vidljivo je da u cijelom vremenskom nizu od 2003. do 2009. godine koeficijent korelacije je približno jednak nuli, što potvrđuje i rezultat t-testa.

Tablica 3.5. Vrijednosti koeficijenta korelacije r između UV indeksa i visoke naoblake (0 i 7-10/10), broj podataka n te vrijednosti parametara Student-ovog testa t i t_0 potrebnih za testiranje korelacije.

Koeficijent	2003-09	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
r	-0,0356	0,0254	/	0,39	-0,188	/	/	-0,501
n	155	40	8	20	16	26	17	16
t	-0,4437	0,1605	/	1,93	-0,7658	/	/	-2,3145
t_0	1,96	1,70	/	1,73	1,76	/	/	1,76

U godinama 2004., 2007. i 2008. koeficijent korelacije nije bilo moguće izračunati jer nije bilo niti jednog dana s visokom naoblakom većom od 7/10. Za 2005. i 2009. godinu t – test je pokazao da se vrijednost koeficijenta korelacije signifikantno razlikuje od nule, ali pošto je riječ o vrlo malim uzorcima oni su zanemareni.



Slika 3.8. Mjereni UVI za vedroga vremena te visoke naoblake od 7 do 10/10 i UV(TEMIS) u periodu od 2003. do 2009. godine.

Statistički račun i grafički prikaz (slika 3.8) pokazuju da visoka naoblaka ima gotovo neznatan utjecaj na iznos prizemnog UVI-a.

4. Zaključak

Cilj ovoga rada je bio da se pokaže postoji li utjecaj naoblake na iznos prizemnog UV indeksa.

Na iznos prizemnog UVI-a znatno utječe ozon u atmosferi, čija se količina s vremenom mijenja. Kako bi se isključio utjecaj vremenske varijabilnosti količine ozona, u analizu je uveden UVI(TEMIS) koji je definiran kao UV indeks potpuno vedroga neba. Vrlo visoki signifikantni koeficijent korelacije između UVI-a(TEMIS) i mjerenog UVI-a u situacijama potpuno vedroga dana bio je pokazatelj da se UVI(TEMIS) može slobodno koristiti u daljnjoj analizi.

Težište ispitivanja je stavljeno na statističke metode obrade podataka. Najosnovnija provjera se sastojala od traženja korelacije između UVI-a i ukupne naoblake. U toj analizi se pokazalo da postoji signifikantna antikorelacija između UVI-a i naoblake. Prikaz raspodjele omjera UVI(TEMIS)/UVI, grupiranog po naoblaci ukazuje na značajnije smanjenje UVI-a za naoblake od 7/10 do 10/10.

Nakon analize utjecaja ukupne naoblake, analiziran je utjecaj oblaka različitih visina za naoblaku od 7/10 do 10/10. Kod niskih i srednjih oblaka dobivena je signifikantna antikorelacija između prizemnog UVI-a i naoblake, dok između UVI-a i visoke naoblake signifikantna korelacija nije utvrđena. Jedan od mogućih razloga za takav rezultat leži u činjenici da je u razdoblju od 2003. do 2009. godine bilo svega osam dana s visokom naoblakom većom od 7/10. Omjer UVI(TEMIS)/UVI za naoblaku od 7/10 do 9/10 pokazuje najsnažnije gušenje UV-a niskom naoblakom dok je kod srednje nešto slabije. Za naoblaku 10/10 gušenja su podjednaka za nisku i srednju naoblaku. Zbog malog broja termina s visokom naoblakom 0 te 7 do 10/10 računanje omjera UVI(TEMIS)/UVI nije imalo smisla.

Prilikom analize omjera UVI(TEMIS)/UVI u uvjetima nepotpune naoblake, odnosno iznosa od 7/10 do 9/10, dobivene su vrijednosti veće od 1. Takva situacija je objašnjena upadom direktnog i reflektiranog Sunčevog zračenja (na strani ili bazi oblaka) na senzor. Zbrajanjem ta dva snopa dobiva se veća vrijednost UVI-a od

procijenjenog. Refleksija Sunčevog zračenja na oblacima mogla bi znatnije utjecati na prizemni UVI te bi se taj utjecaj mogao razmotriti u budućim radovima.

5. Literatura

Bobinac, H., 2005: Modeliranje dnevnih i satnih vrijednosti eritemalno aktivnog UV ozračenja na Horvatovcu 2003./2004. godine, Diplomski rad, PMF, Sveučilište u Zagrebu, 55 str.

Državni hidrometeorološki zavod, 2005: Hrvatski klimatski motriteljski sustav, Zagreb, 40 str. http://klima.hr/razno/publikacije/Mot_sustav_HR.pdf

Državni hidrometeorološki zavod, 1993: Naputak za rad običnih klimatoloških postaja, Zagreb, 44 str. http://klima.hr/razno/dokumenti/naputak_omp.pdf

<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/ozone/additional/science-focus/about-ozone/dobson.shtml>

http://earthobservatory.nasa.gov/Features/UVB/uvb_radiation4.php

http://www.eihp.hr/hrvatski/sunceva_energija2.htm

<http://en.wikipedia.org/wiki/SCIAMACHY>

<http://www.epa.gov/sunwise/uvicalc.html>

http://hr.wikipedia.org/wiki/Ozon#cite_note-0

http://hr.wikipedia.org/wiki/Ultraljubi%C4%8Dasto_zra%C4%8Denje

http://jadran.gfz.hr/pojmovnik_d.html

<http://www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=3306>

<http://preglednik.arkod.hr/ARKOD-Web/>

http://prognoza.hr/prognoze_uvi.html

<http://www.hdfgroup.org/products/hdf4/>

<http://www.pmf.unizg.hr/geof/znanost>

<http://www.temis.nl/uvradiation/info/index.html>

<http://www.temis.nl/uvradiation/SCIA/uvief.php>

Jégou, F., S. Godin-Beekman, M. P. Corrêa, C. Brogniez, F. Auriol, V. H. Peuch, M. Haeffelin, A. Pazmino, P. Saiag, F. Goutail, i E. Mahé, 2011: Validity of satellite measurements used for the monitoring of UV radiation risk on health, *Atmos. Chem. Phys.*, **11**, 13377–13394.

Lisac, I., V. Vujnović, A. Marki, 2009: Sunčevo ultraljubičasto zračenje nad područjem Hrvatske, *Medix : specijalizirani medicinski dvomjesečnik*, **82**, 10-14

Lucić, J., 1999: Odnos prizemnog eritemalno učinkovitog ultraljubičastog zračenja i ukupnog ozona, *Diplomski rad, PMF, Sveučilište u Zagrebu*, 70 str.

Premec, K., 1998: Ultraljubičasto sunčevo zračenje s osvrtom na mjerenja u Hrvatskoj, *Diplomski rad, PMF, Sveučilište u Zagrebu*, 62 str.

Vanicek, K., T. Frei, Z. Litynska, A. Schnalwieser, 2000: UV-Index for the public, COST-713 Action (UV-B forecasting), European Communities Publication, Brussels

Weele, van M., R. van der A., 2008: Surface solar and UV products for Europe by combination of MSG and SCIAMACHY (SUPREMACY), KNMI, De Bilt, The Netherlands

Walker, D., 2009: Cloud effects on erythema UV radiation in a complex topography, *Veroeffentlichungen der Meteoschweiz*, **86**, Zurich, Switzerland

WMO, 1995: Panel report of the WMO Meeting of Experts on UV-B measurements, data quality and standardisation of UV indices. WMO/TD-NO. 625, Geneva, World Meteorological Organisation.