



UNIVERZITET U NOVOM SADU
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ
ФАКУЛТЕТ
ДЕПАРТАМЕНТ ЗА ФИЗИКУ



УНИВЕРСИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ПРИМЉЕНО:	13 07 2009
ОРГАНИЗЈЕД:	БРОЈ
0603	9/892

Željka Jerković

MONITORING OZONSKOG OMOTAČA U SRBIJI

- diplomski rad -

Mentor

Dr Zoran Mijatović

Novi Sad, 2009. godina

Sadržaj

<u>1. UVOD</u>	3
<u>2. OZON</u>	4
2.1. ŠTA JE OZON?	4
2.2. TROPOSFERSKI OZON	5
2.2.1. NASTAJANJE TROPOSFERSKOG OZONA	5
2.2.2. NESTAJANJE OZONA IZ TROPOSPERE	6
2.3. STRATOSFERSKI OZON	9
2.3.1. NASTAJANJE STRATOSFERSKOG OZONA	10
2.3.2. NESTAJANJE STRATOSFERSKOG OZONA	10
2.3.2.1. HLOR	12
2.3.2.1. HEMIJSKE REAKCIJE	13
2.3.2.3. BROM	14
2.3.2.4. HEMIJSKE REAKCIJE	14
2.4. DEFINICIJA I PODELA UV ZRAČENJA	15
2.4.1. FAKTORI KOJI UTIČU NA INTEZITET UV ZRAČENJA NA ZEMLJI	16
2.4.2. DEJSTVO UV ZRAČENJA NA LJUDSKI ORGANIZAM	17
2.4.2.1. DEJSTVO UV ZRAČENJA NA KOŽU	17
2.4.2.2. DEJSTVO UV ZRAČENJA NA OČI	18
2.4.3. ZAŠTITA OD UV ZRAČENJA	18
2.4.3.1. UNUTRAŠNJA ZAŠTITA	19
2.4.3.2. SPOLJAŠNJA ZAŠTITA	19
2.4.3.3. ZAŠTITA OĆIJU	19
2.5. ANTARKTIČKA OZONSKA RUPA	19
2.6. PROGNOZE DEBLJINE OZONSKOG OMOTAČA	24
2.7. STANJE IZNAD SRBIJE	29
2.8. PROTOKOLI O ZAŠTITI OZONSKOG OMOTAČA	30
<u>3. MERENJE DEBLJINE OZONSKOG OMOTAČA</u>	32
3.1. DOBSONOVA JEDINICA	32
3.2. DISTRIBUCIJA OZONA	32
3.3. OPIS INSTRUMENTA MICROTOPS II	35
3.3.1. PRINCIP RADA	35
3.3.2. GLAVNE OSOBINE	36
3.3.3. TEHNIČKI PODACI	37
<u>4. REZULTATI MERENJA</u>	38
4.1. POREĐENJE REZULTATA MERENJA DEBLJINE OZONSKOG OMOTAČA U CENTRU ZA	38
4.2. UPOTREBA REZULTATA MERENJA ZA ULAZNE PODATKE ZA MODEL NEOPLANTA	43
<u>5. ZAKLJUČAK</u>	45
<u>REFERENCE</u>	46

1. Uvod

U poslednje vreme sve češće smo u prilici da putem medija čujemo reči poput: globalno otopljavanje, UV indeks, ozonski omotač, a često se pominju i ozonske rupe. Svi ovi pojmovi predstavljaju odgovore prirode na loš uticaj koji ljudi imaju na životnu sredinu.

Kao posledica toga vrše se istraživanja vezana za ove teme. Konkretno, ozonski omotač i ozonske rupe imaju veoma bitan direktni uticaj na živi svet.

U ovom radu biće opisani osnovni hemijski mehanizmi formiranja i razaranja ozona u atmosferi. Biće opisane dobre i loše osobine ovog gasa i konkretno prikazani rezultati merenja debljine ozonskog omotača iznad Novog Sada. Pored toga biće navedene osnovne osobine UV zračenja koje dopire do Zemljine površine u većoj meri ukoliko se količina ozona u atmosferi smanjuje. Zatim će biti opisane i predstavljene promene u debljini ozonskog omotača u nizu godina, prikazane prognoze debljine ozona iznad Zemlje u nekoliko slučajeva. Biće opisano i stanje ozonskog omotača iznad Srbije, kao i protokoli o zaštiti ozonskog omotača. U posebnom delu ovog rada su opisani instrument pomoću kojeg se određuje količina ozona u atmosferi i jedinica koja definiše količinu ozona. Na posletku će biti prikazani rezultati merenja i satelitski podaci. Takođe, urađeno je poređenje ovih rezultata i prikazano tabelarno i grafički.

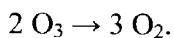


2. Ozon

2.1. Šta je ozon?

Ozon je 1840. godine pronašao nemački hemičar Kristijan Fridrih Šenbajn koji mu je dao ime po grčkoj reči οζω, *ozein*, značenje- miris, zbog karakterističnog mirisa.

Ozon (O_3) je troatomski molekul koji se sastoji od tri atoma kiseonika. Ozon je alotropska modifikacija kiseonika koja je mnogo nestabilnija od uobičajenog dvoatomskog oblika, O_2 . Na standardnim uslovima plavičast je gas koji na temperaturi ispod -112 °C prelazi u tamno plavu tečnost koja dalje ispod -193 °C prelazi u tamno plavi „led“. Ozon je snažan oksidacioni agens što je u vezi sa njegovom nestabilnošću pri čemu prelazi u običan dvoatomski kiseonik:



Ova reakcija se ubrzava sa porastom temperature i padom pritiska.

Ozon je opšteprisutan u Zemljinoj atmosferi: u slojevima pri Zemlji je jedan od opasnih zagađivača sa štetnim uticajem na živi svet, dok je u gornjim slojevima atmosfere koristan zato što sprečava prodror štetnih ultraljubičastih zraka do površine Zemlje. Takođe, može da nastane iz O_2 električnim pražnjenjem u atmosferi ili pod uticajem visokoenergetskog elektromagnetskog zračenja. Mnogi električni uređaji mogu da generišu ozon, posebno oni koji koriste visoki napon poput laserskih štampača, mašina za fotokopiranje ili lučno zavarivanje. Svi električni motori koji koriste četkice stvaraju izvesnu količinu ozona manje- više proporcionalnu veličini i snazi motora.

Ozon je gas koji je toksičan za sav živi svet, i ako je u malim količinama unet u organizam. Kada dođe do udisanja povećane koncentracije ozona, on prolazi kroz celokupan respiratorični sistem. Kako je veoma korozivan, ozon nanosi štetu bronhijama i alveolama koje obavljaju neophodnu razmenu gasova. Česta izloženost ovom štetnom uticaju može dovesti do zapaljenja plućnog tkiva i različitih respiratoričnih infekcija. Izloženost ozonu može pogoršati stanje kod respiratoričnih bolesti kao što je astma, smanjiti kapacitet pluća, smanjiti funkcionalnost pluća ili izazvati bolove u grudima i kašalj. Tokom povećanih koncentracija u toku leta najugroženije grupe su mala deca i stariji ljudi.

Ozonsko zagadenje, iako karakteristično za gradske i prigradske zone, ugrožava takođe i ruralne krajeve nošeno vетrom ili prouzrokovano automobilima koji putuju kroz te krajeve. Povišeni, mada ne kritični, nivoi ozonskog zagadenja zabeleženi su i do 150 km niz vетar od urbanih industrijskih zona.

Ozon ima dve bitne uloge: on uklanja veći deo UV zračenja pre nego što dospe do površine Zemlje i reguliše temperaturu u stratosferi. U atmosferi se nalazi u prizemnom sloju-troposferi i u stratosferi-sloju iznad troposfere. Ozon koji je u stratosferi smatramo "dobrim" ozonom, dok ozon iz troposfere smatramo "lošim" ozonom zbog njegovog dejstva [1].

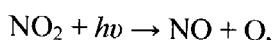
2.2. Troposferski ozon

Troposfera je najniži sloj atmosfere, njena visina zavisi od perioda godine i od oblasti koju posmatramo. Visina do koje se prostire troposfera u tropskim geografskim širinama može iznositi i do 18 km, u srednjim geografskim širinama od 10- 12km, dok u subpolarnim i polarnim oblastima iznosi oko 8 km. Atmosferska zbivanja koja uslovjavaju vremenske prilike se odigravaju upravo u troposferi i unutar nje nastaju. Zbivanja u troposferi su uslovljena uticajima sa podloge- Zemljina površina, emisije polutanata, vodene pare, topota, uticaj reljefa na kretanje vazduha,... određuju ponašanje atmosfere. Kako mi, uslovno rečeno, živimo u troposferi od velikog značaja na sav živi svet na planeti su zbivanja u sloju vazduha koji se nalazi iznad tla. Posebno bitni su gasovi koji imaju loš uticaj na živi svet, kako bi ovaj loš uticaj sprečili ili bar umanjili, potrebno je poznavati sve mehanizme nastanka, uslove pri kojima se zadržavaju u atmosferi i načine na koje možemo ukloniti iz atmosfere sve elemente koji imaju loš uticaj.

Osnovni sastojak fotohemijskog smoga je ozon, približno 10 % ukupne količine ozona u troposferi ulazi u sastav fotohemijskog smoga. Ozon u troposferu dospeva vertikalnim strujanjem iz stratosfere, ili nastaje u samoj troposferi. Reakcija nastajanja troposferskog ozona započinje fotohemijskim putem, tj. fotodisocijacijom.

2.2.1. Nastajanje troposferskog ozona

Osnovna reakcija za stvaranje troposferskog ozona:

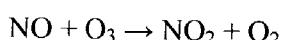


gde je sa M^* je označena supstanca bogata energijom, koja zagreva gornje slojeve atmosfere.

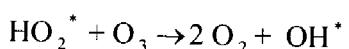
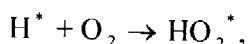
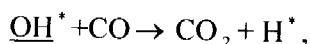
Azot- dioksid, NO_2 , apsorbuje zračenje talasnih dužina koje su manje od 395 nm što odgovara energiji disocijacije od 3.1 eV i predstavlja osnovni izvor veoma reaktivnog atomskog kiseonika koji reaguje sa molekulom O_2 .

2.2.2. Nestajanje ozona iz troposfere

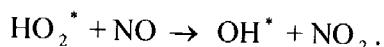
U slučaju kada u vazduhu nisu prisutna druga organska jedinjenja ozon će reagovati sa azot- monoksidom, NO , iz vazduha na sledeći način:



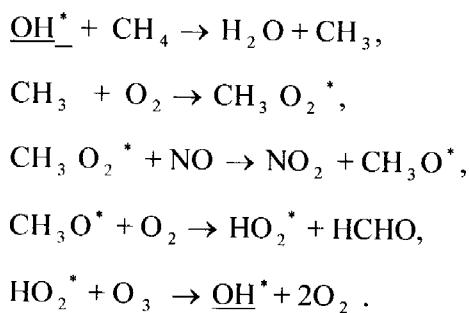
Ova reakcija pokazuje kako ozon nestaje iz troposfere, u slučaju kada se radi o čistom vazduhu. U nezagadjenom vazduhu nema nagomilavanja ozona. Akumulacija ozona u troposferi je moguća ukoliko se azot- monoksid prevodi u azot- dioksid u reakcijama sa drugim supstancama (ugljovodonici i hidroksidne grupe) osim sa ozonom. Jedan način potrošnje ozona su i reakcije koje započinju OH^+ i ugljen- monoksidom CO:



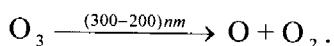
Možemo konstatovati da se OH^+ regeneriše u ovim reakcijama, odnosno da on ima katalitičku ulogu. Iz ovog razloga možemo reći da se u ovom slučaju troši jedino CO. Međutim, u industrijskim zonama ili u zagadenim urbanim sredinama koncentracija NO- a je velika, reakcija sa HO_2^+ neće se odvijati sa O_3 , već će u reakciju stupati NO. Reakcija će da ima oblik :



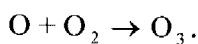
Kao zaključak na osnovu prikazanih reakcija možemo reći da do nagomilavanja ozona dolazi u zagadenim sredinama, zbog povećane koncentracije azotnih oksida. Na razgradnju ozona, osim CO bitno utiču i ugljovodonici, metan CH_4 , na sledeći način:



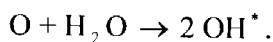
U ovom nizu reakcija OH^* se na kraju regeneriše. Ponovo ozon nestaje iz atmosfere. Pored navedenih reakcija nestajanja ozona, do njegove razgradnje dolazi i fotolitičkim putem u reakcijama fotodisocijacije. Na molekul ozona deluje svetlost, tom prilikom nastaju atomski i molekulski kiseonik. Naime:



Ovakav način razgradnje ozona neće uticati na količinu ozona u atmosferi, zato što će nastali atom kiseonika reagovati sa molekulskim kiseonikom iz vazduha i time graditi nove molekule ozona :



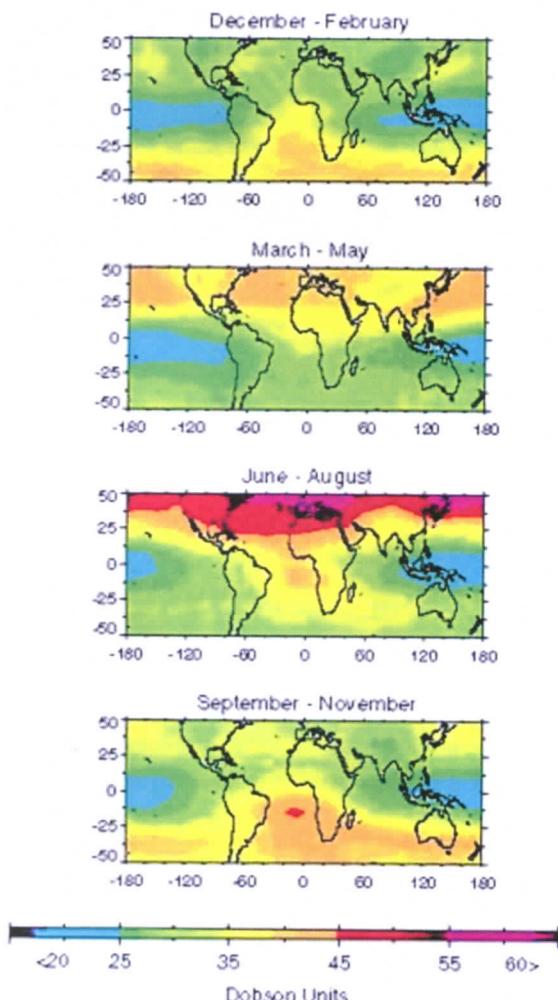
Ukoliko se fotolitička reakcija odvija u vlažnom vazduhu, nastali atom kiseonika će umesto sa molekulom kiseonika reagovati sa molekulom vode i graditi OH^* :



Sledi zaključak da u vlažnom vazduhu usled povećane koncentracije OH^* dolazi do porasta koncentracije ozona.

Troposferski ozon, poput stratosferskog, ima sposobnost apsorpcije UV zračenja. U troposferi je mnogo veća koncentracija polutanata koji odbijaju i rasejavaju zračenje, tako da

je put koje zračenje prolazi do apsorpcije duži a time i apsorpcija efikasnija. Uprkos činjenici da apsorbuje UV zračenje koje je opšte poznato po svom štetnom dejstvu, ozon nije poželjan u najnižim slojevima atmosfere zbog štetnog dejstva na živi svet [2].



Slika 1. promena koncentracije ozona u troposferi, u toku godinu dana [3].

Zahvaljujući redovnim merenjima koje vrši NASA, u prilici smo da vidimo kako se tokom godišnjih doba menja koncentracija ozona u troposferi. Sa slike 1. jasno se vidi da je koncentracija ozona najveća u letnjem periodu, od juna do avgusta i to u oblastima oko ekvatora. Najveće količine ozona su obeležene crvenom i ljubičastom bojom.



Slika 2. Prikaz uticaja ozona na biljke. Jedna biljka je bila izložena dejstvu ozona (levo), a druga se razvijala u “normalnom” vazduhu [4].

Na ovoj slici biljka sa leve strane je bila izložena povećanoj koncentraciji ozona, tragovi koji se vide na površini listova su “opekotine” nastale kao posledica dejstva ozona.

2.3. Stratosferski ozon

Stratosfera predstavlja sloj vazduha koji se nalazi iznad prethodno opisanog troposferskog sloja. Stratosfera je sloj koji je karakterističan po maloj koncentraciji vodene pare i znatno većoj koncentraciji ozona u odnosu na prizemni sloj- troposferu. Visina stratosfere iznosi oko 50 km.

U ovom sloju atmosfere vertikalna kretanja vazduha su slaba, mešanje komponenata koje ulaze u sastav ovog dela atmosfere nisu jako izražena. Iz ovog razloga čestice koje dospeju u stratosferu se u njoj zadržavaju duži vremenski period.

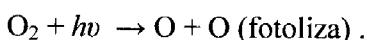
Unutar ovog sloja koncentracija ozona je najveća između visine 20 i 30 km, oblast najveće koncentracije ozona se naziva ozonski omotač. Debljina omotača zavisi upravo od koncentracije ozona na određenoj visini. Oko 90 % ukupnog atmosferskog ozona se nalazi u stratosferi. Velika koncentracija ozona dovodi do povećane apsorpcije energijom najbogatijeg solarnog zračenja koje prolazi kroz atmosferu. Ovo zračenje je ujedno i najškodljivije za biosferu, a podrazumeva oblast UV dela spektra od 150 nm do 300 nm. Smatra se da 98% ovog dela spektra biva apsorbovano u stratosferi. Apsorbovano UV zračenje utiče na hemijske reakcije fotodisocijacije. Velika količina apsorbovane energije se putem fotohemimskih reakcija apsorbuje i transformiše u toplotnu energiju, čime se može objasniti relativno visoka

temperatura u stratosferi. Do nižih slojeva atmosfere dolazi svega 12% UV zračenja, tzv. bliska UV oblast, koja ne poseduje veliku količinu energije, što vodi ka zaključku da u troposferi ne mogu nastati velike količine ozona.

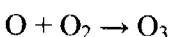
2.3.1. Nastajanje stratosferskog ozona

Stratosferski ozon nastaje u fotohemijskim reakcijama pod uticajem zračenja malih talasnih dužina. U fotohemiju ozona je uključen veoma veliki broj hemijskih reakcija, ovom prilikom biće prikazane samo najbitnije. Kao posledica oslobađanja toplotne energije prilikom fotohemijskih reakcija i povećane koncentracije ozona u višim slojevima stratosfere, temperatura raste sa porastom visine stratosfere.

Proces nastanka ozona se odvija u dve faze. Prva faza je disocijacija molekula O_2 na dva atoma kiseonika:

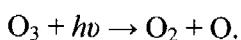


Za odvijanje ove reakcije potrebna je energija koju ima zračenje talasnih dužina manjih od 240 nm. Molekul kiseonika se može razložiti i s udarom sa elektronima ili drugim česticama, do ovih sudara dolazi prilikom električnih pražnjenja u atmosferi. Znači, kiseonik u atomskom obliku možemo dobiti na dva načina. Nastali atom kiseonika u reakciji sa molekulom kiseonika daje molekul ozona:

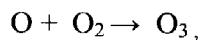


2.3.2. Nestajanje stratosferskog ozona

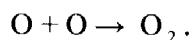
Nestajanje ozona je takođe fotolitički proces, zato što ozon i sam apsorbuje UV zračenje određenih talasnih dužina. Najviše mu „prija“ deo spektra od 240 nm do 340 nm, usled apsorpcije ovog zračenja dolazi do fotolize molekula ozona na molekul kiseonika i atom kiseonika. Reakcija je sledeća:



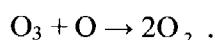
Nastali atomski kiseonik može da učestvuje u reakciji rekombinacije ozona:



ili u reakciji rekombinacije kiseonika:



Ozon takođe nestaje ako atom kiseonika i molekul ozona reaguju, i ovu reakciju nazivamo rekombinacija:



Ova reakcija je veoma spora, debljina ozona bi bila dosta povećana kada bi takav način nestajanja ozona bio jedini.

Navedena fotoliza ozona u oblasti talasnih dužina od 240 nm do 340 nm ima zaštitnu ulogu za biosferu. Najkraće talasne dužine u ovoj oblasti su iskorišćene u procesu nastanka ozona, kraće od 240 nm, dok su one većih talasnih dužina, do 340 nm, iskorišćene u procesu nestajanja ozona. Iz ovih razloga do nižih slojeva atmosfere stiže zračenje talasnih dužina većih od 340 nm, koje ujedno nije štetno za biosferu. Zato se ozonskom omotaču pripisuju osobine zaštitnika i naziva se „zaštitni omotač“.

Navedene reakcije predstavljaju samo pojednostavljeni ciklus nastanka i nestanka ozona. Pored navedenih postoje i druge stratosferske reakcije koje mogu da poremete navedeni fotolitički ciklus, odnosno da smanje koncentraciju ozona.

Jedinjenja koja učestvuju u ovim reakcijama možemo podeliti u grupe. Prvu grupu bi činili radikali OH^* , Cl^* , ClO^* u višim slojevima, drugu grupu bi činili oksidi azota NO_x u nižim slojevima. Navedene čestice najčešće nastaju u troposferi od slabo reaktivnih molekula H_2O , N_2O , CO , CH_3Cl i dr. sa pobuđenim atomskim kiseonikom. Nastali proizvodi difunduju u više slojeve atmosfere, ka stratosferi. Broj reakcija ozona u stratosferi koje nisu fotohemijske izuzetno je veliki. Reakcije su radikalског tipa, vrlo složene i njihovo ispitivanje je od velikog interesa zbog zaštitnog uticaja koji ozon ima u ovom delu atmosfere tako da svaka reakcija kojom bi se ozon razgrađivao predstavlja poseban interes istraživača.

Za istraživanje u oblasti reakcija pomoću kojih dolazi do razlaganja stratosferskog ozona 1995. godine dodeljena je Nobelova nagrada trojici naučnika P. Krucen, M. Melina i R. Šervud. Njihova istraživanja su deo ranijih istraživanja i prepostavki o uticaju antropogenih faktora na ozon. Oni su zaključili da razgradnju ozona pomažu tragovi: azotnih oksida, radikali vodonika i radikali hroma ili brom-a. Za sve tri navedene grupe reaktanata procesi razgadnje ozona odvijaju se katalitičkim putem uz obnavljanje početnog reaktanta čime se objašnjava da navedene supstance bez obzira kojoj grupi pripadaju čak i u malim količinama predstavljaju posebnu opasnost za ozonski omotač. Brzina razlaganja ozona ne zavisi samo od brzine njegove reakcije sa nekim od navedenih reaktanata već u velikoj meri zavisi i od brzine reakcija u kojima sami reaktanti nastaju. Oksidi azota nastaju tako što inertni azot- suboksid, N_2O , koji pri relativno maloj troposferskoj energiji ne može hemijski da reaguje. Difuzijom dospeva u stratosferu gde podleže hemijskim reakcijama za koje su potrebne talasne dužine visokih energija. Jedan deo azotnih oksida dospeva u stratosferu antropogenim putem, direktnom emisijom izduvnih gasova supersoničnih aviona, na visini od otprilike 20 km. Jedan deo vodoničnih radikala u stratosferu dospeva iz troposfere. Poredeći značaj OH^+ u reakcijama koje se odvijaju u troposferi sa stratosferskim reakcijama, zaključujemo da je njihov značaj mnogo veći u troposferi. Poreklo radikala halogenih elemenata, Cl i Br, je uglavnom antropogeno. Prirodno poreklo je emisija biogenog metil hlorida, CH_3Cl , sa velikih vodenih površina. Antropogeni deo predstavlja „višak“ u odnosu na prirodnu ravnotežu nastajanja i nestajanja ozona. U poslednjih desetak godina u velikoj meri je uticao na formiranje ozonskih rupa.

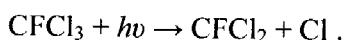
2.3.2.1. Hlor

Jedan deo hlora dospeva u stratosferu od antropogenog uticaja, emisijom halona (freona), dok se drugi deo stvara prirodnom emisijom biogenog CH_3Cl . Gasoviti derivati hlorofluorovanih ugljovodika (metana, etana). Ova jedinjenja su sintetizovana prvi put oko tridesetih godina prošlog veka, njihova masovna proizvodnja otpočela je pedesetih godina dvadesetog veka, a negativno dejstvo na ozon konstantovano je sedamdesetih godina prošlog veka. Najvažniji su sastava : $CFCI_3$, CF_2Cl_2 , $CHClF_2$,...koriste se kao potisni gasovi u sprejevima i rashladnim uređajima. Hemijski su izuzetno inertni pri svim troposferskim uslovima (ne razgrađuju se ni hemijskim putem, niti fotohemijski, osim u stratosferi) zbog svoje velike stabilnosti u troposferi opstaju dosta dugo. Vreme života im je od 50 do 200 godina, oni nisu otrovni, nemaju boju, niti miris, u vodi su nerastvorljivi, vrlo su isparljivi,

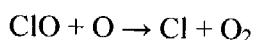
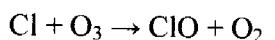
vertikalnim strujanjem mogu dospevaju u stratosferu. U stratosferi ih razlaže visokoenergetsko kratkotalasno zračenje talasnih dužina oko 200 nm. Pri tome se fotolitički razgrađuju na izuzetno reaktivne radikale koji predstavljaju grupu reaktanata sa negativnim dejstvom na ozon. Kako se tokom reakcije razlaganja ozona i sami regenerišu, zaključujemo da imaju katalitičko svojstvo, zasad se smatra da jedan molekul može da dovede do razlaganja 10^5 molekula ozona.

2.3.2.1. Hemijske reakcije

Fotodisocijacijom freona ($\lambda = 190 - 230$ nm) dobija se slobodan atom hlora i jedan organski radikal :

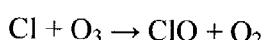


Atom hlora Cl i hlor-monoksid, ClO, katalizuju uništavanje ozona putem nekoliko mehanizama. Osnovne reakcije koje formiraju hlorne katalitičke cikluse su sledeće:



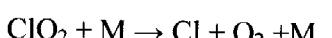
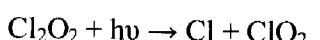
nastaju ukupno dva molekula kiseonika : $\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}_2$

Drugi način toka reakcije:

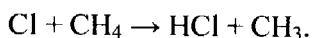
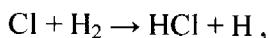


nastaje ukupno tri molekula kiseonika : $2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{O}_2$

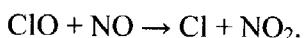
Cl_2O_2 iz poslednje reakcije reaguje po dejstvom sunčeve svetlosti :



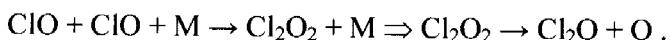
Nastali atom hlora može da reaguje sa molekulom vodonika H_2 ili sa metanom CH_4 :



HCl zajedno sa familijom radikala ClO_x (npr. $ClONO_2$) predstavlja rezervoar za oslobođanje atoma hlora fotohemijskim razlaganjem



Uz prisustvo treće čestice, M :



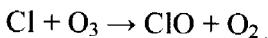
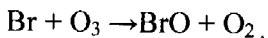
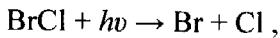
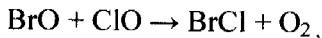
Najveći deo neorganskog hlora u stratosferi se nalazi u ovim rezervoarima.

2.3.2.3. Brom

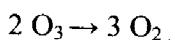
Sličnu ulogu kao hlor imaju i radikali brom-a, 10 do 100 puta efikasnije reakcije razgradnje. Radikala brom-a, na sreću, u atmosferi ima mnogo manje u vidu CH_3Br (okeani), jedan deo nastaje antropogenim putem, od sredstava za zaprašivanje.

2.3.2.4. Hemijske reakcije

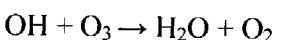
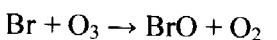
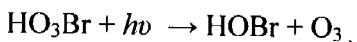
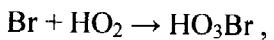
Osnovni mehanizmi reakcija sa bromom su:



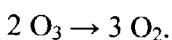
Ukupni efekat ovih reakcija je:



Drugi način toka reakcije:



ukupan efekat:



Trenutni sloj ozona je rezultat procesa fotolize i rekombinacije, pri čemu je sa povećanjem koncentracije katalizatora sloj ozona sve tanji [2].

2.4. Definicija i podela UV zračenja

Ultraljubičasto zračenje čini oko 8% energije koja dolazi sa gornje granice atmosfere, predstavlja deo elektromagnetskog spektra koji se nalazi u oblasti talasnih dužina između 100 i 400 nm. UV zračenje je podeljeno prema CIE (Commission Internationale de l' Eclairage) u tri oblasti:

UV- C oblast (100 – 280 nm),

UV- B oblast (280 – 315 nm) i

UV- A oblast (315 - 400 nm).

Na gornjoj granici atmosfere UV- C zračenje čini 76% , UV- B 18%, a UV- A čini približno 6% od ukupnog UV zračenja. Dakle, na gornjoj granici atmosfere najviše je prisutno zračenje najmanjih talasnih dužina. Na površini Zemlje situacija je obrnuta, najviše je UV zračenja najvećih talasnih dužina, odnosno iz UV- A dela spektra, više od 90%.



Podela UV zračenja je izvršena na još jedan način, na osnovu dejstva na žive organizme:

UV- C oblast (180- 290 nm),

UV- B oblast (290- 320nm) i

UV- A oblast (320 – 400nm).

Smatra se da zračenje talasnih dužina kraćih od 290 nm ne stiže do Zemljine površine, izuzev na veoma velikim nadmorskim visinama. UV zračenje se može podeliti i na osnovu njegovog hemijskog dejstva, ponovo na tri grupe ili oblasti. Zračenje koje odgovara najmanjim talasnim dužinama je deo spektra koji je odgovoran za formiranje ozona u stratosferi, oblast između 175 i 220 nm. Oblast talasnih dužina 220 do 300 nm ima germicidno dejstvo. Treća oblast je od 280 do 320 nm i ima najjače dejstvo na kožu, naziva se eritempska oblast¹. [5].

2.4.1. Faktori koji utiču na intezitet UV zračenja na Zemlji

Kao faktore koji utiču na intezitet UV zračenja na Zemlji možemo navesti: atmosferski ozon, visina Sunca, rasejanje, oblaci, refleksija sa površine i nadmorska visina. Uticaj *atmosferskog ozona* se posmatra kroz odnos inteziteta UV zračenja i promene količine ozona. Njihov odnos je definisan preko tzv. faktora pojačanja zračenja, koji pokazuje u kolikom se procentu poveća biološki aktivno UV zračenje kada se količina ozona smanji za 1%. Kada kažemo „visina Sunca“ mislimo na visinu Sunca iznad horizonta, ovu veličinu možemo uspešno zameniti zenitnim uglom, koji zavisi od geografske širine, doba godine i doba dana. Sunčev zračenje je najintezinije na ekvatoru, kada se krećemo ka polovima intezitet slabi. Kada posmatramo doba godine, intezitet je najveći u toku leta. Kada govorimo o delu dana, tada je intezitet najveći oko podneva. *Rasejanje* utiče tako što kada je ono intezivnije manja količina zračenja će stizati do Zemljine površine. *Pojava oblaka* umanjuje Sunčev zračenje na Zemlji, ali kako oblake čini voda u različitim agregatnim stanjima i upija 1C deo spektra, puštajući UV da prođe kroz oblak. Oblaci reflektuju deo UV spektra i na taj način mogu smanjiti deo dolaznog zračenja. U zavisnosti od debljine i vrste oblaka zavisi kolika će količina UV zračenja dospeti do Zemljine površine. Ukoliko dođe do višestrukog rasejanja između viših i nižih oblačina, moguće je da se poveća količina UV zračenja koje dospeva do tla. Koliki će biti *uticaj refleksije* od površine zavisi od osobina same površine. Na primer,

¹ Eritemska doza- minimalna doza, aktivna doza UV zračenja koja izaziva crvenilo kože koja prethodno nije izlagana delovanju Sunca, zavisi od tipa kože.

sneg reflektuje oko 80 % dolaznog zračenja, zemlja i voda manje od 10%, a kroz vodene površine UV zračenje može dospevati i do dubina od tri metra. Sa povećanjem *nadmorske visine* intezitet UV zračenja raste. Merenjima je utvrđeno da na svakih 1000 m visine intezitet UV zračenja raste za 6- 8 %.

2.4.2. Dejstvo UV zračenja na ljudski organizam

Efekat sunčevog zračenja na ljudski organizam zavisi od talasne dužine, intenziteta i dužine izlaganja zračenju, kao i sposobnosti svakog organizma da se brani od štetnog dejstva. Pojedini delovi spektra UV zračenja deluju na različite načine, u narednom tekstu biće navedeni neki od njih.

UV- C zračenje (100- 290 nm) direktno deluje na genetski materijal i može izazvati smrt ćelija. Ne dospeva do nivoa mora, zato što ga ozon apsorbuje, gotovo u potpunosti. U okruženju je prisutno zato što ga emituju veštački izvori: lampe u mikrobiološkim laboratorijama, fototerapijski i fotodijagnostički uređaji, fotoštamparije itd.

UV- B zračenje (290- 320 nm) je veoma malo zastupljeno u elektromagnetnom spektru. Do nivoa mora stiže 0,1 % ali je po intezitetu efekta veoma značajno. Ovo zračenje uzrokuje opekomine, mutacije, karcinogenezu, prevremeno starenje itd.

UV- A zračenje (320- 400 nm) ima slabije efekte od UV- B zračenja, ali je u mnogo većoj meri prisutno na površini Zemlje. Dejstvo se ispoljava kada se razviju ozbiljne promene. Izaziva stvaranje slobodnih radikala koji deluju na genetski materijal, doprinosi hroničnim oboljenjima kože i očiju, starenje itd.

2.4.2.1. Dejstvo UV zračenja na kožu

Prilikom svakodnevnog izlaganja kože sunčevom zračenju, veliki deo zračenja biva zaustavljen u površinskom sloju kože- epidermisu. U ovom slučaju dešavaju se sledeći fizički procesi:

- refleksija- odbijanje zračenja prilikom ovog procesa. Energija se gubi na zagrevanje, štetnih efekata na kožu nema.
- transmisija- propuštanje zračenja do dubljih slojeva kože, zavisi od broja slojeva ćelija i količine pigmenta melanina u epidermisu. Zračenje većih talasnih dužina prodire dublje u organizam, ali ima manju energiju i ne izaziva negativne efekte. Efekti UV zračenja se ispoljavaju samo u epidermisu.

- apsorpcija- proces koji zavisi od molekula hromofora (amino kiseline, belančevine, nukleinske kiseline, pigmenti, holesterol...) koji apsorbuju zračenje u UV oblasti, koji su raspoređeni u epidermisu.

Smatra se da je jedini pozitivan efekat dejstva UV zračenja na kožu konverzija provitamina 7- dehidroholesterola u vitamin D₃. Za sintezu vitamina dovoljno je izlaganje Sunčevom UV zračenju u trajanju od nekoliko minuta dnevno. Pozitivan efekat bi bilo to što usled stimulacije UV- B zračenjem dolazi do zadebljenja kože, a time do produžetka puta zračenja. Ovim se aktivira proces stvaranja melanina koji apsorbuje ili reflektuje 90 % UV zračenja.

2.4.2.2. Dejstvo UV zračenja na oči

Oči su izložene dejstvu UV zračenja koje stiže direktno sa Sunca, ali i zračenju koje je reflektovano od površine Zemlje. Difuzno zračenje je posebno intenzivno kada se radi o površinama koje u velikoj meri reflektuju zračenje, poput snega. Zbog visoke sposobnosti refleksije zimi se na velikim nadmorskim visinama mora obratiti posebna pažnja na zaštitu očiju.

Više od 99 % zračenja koje padne na površinu oka se apsorbuje o prednjim delovima oka. Mali deo upadnog zračenja dospeva do retine- deo oka osjetljiv na svetlost. Prednji delovi oka apsorbuju UV- B zračenje, ono u tim delovima izaziva oštećenje. UV- A zračenje prodire dublje i izaziva oštećenje na dnu oka. Apsorpcija UV zraka u oku doprinosi razvoju katarakte, fotokeratitisa, malignih i degenerativnih promena.

2.4.3. Zaštita od UV zračenja

Najbolja zaštita kože je pomoću odeće. Dobar vid zaštite predstavlja i senka, međutim senka ne pruža potpunu zaštitu, ona štiti kožu jedino od direktnog Sunčevog zračenja. Delovi kože nepokriveni odećom trebalo bi de se zaštite primenom zaštitnih preparata koji sadrže supstance koje apsorbuju UV- A i UV- B oblasti. Postoje dva tipa zaštite: unutrašnja i spoljašnja.

2.4.3.1. Unutrašnja zaštita

Unutrašnja zaštita se unosi oralnim putem u organizam, oralna sredstva zaštite od zračenja su tzv. sistemska fotozaštita. Ona su najčešće kombinacije vitamina i drugih materija koje imaju antioksidaciono dejstvo. Koriste se nekoliko nedelja pre letovanja, kako bi se dopunile zaštitne komponente u organizmu. Ovi preparati imaju preventivno dejstvo i nisu dovoljni sami po sebi.

2.4.3.2. Spoljašnja zaštita

Spoljašnja zaštita se nanosi na kožu, predstavlja kozmetičke preparate. Osnovno svojstvo ovih preparata je definisano kao zaštitni faktor (Sun Protection Factor, SPF). SPF predstavlja brojnu vrednost koja pokazuje koliko se puta duže može boraviti na Suncu uz primenu preparata, u odnosu na stanje bez korišćenja preparata, a da ne dođe do pojave crvenila. Pošto prati pojavu crvenila, ova metoda govori samo o zaštiti koju preparat obezbeđuje od UV- B zračenja. Iako je UV- A 1000 puta slabije sposobnosti da izazove crvenilo, u odnosu na UV- B zračenje, i ono izaziva čitav niz neželjenih efekata. Na perparatima koji nas štite od UV- A zračenja postoji posebna napomena. Osnovni sastojci ovih preparata su zaštitni filtri koji apsorbuju ili reflektuju zračenje UV oblasti.

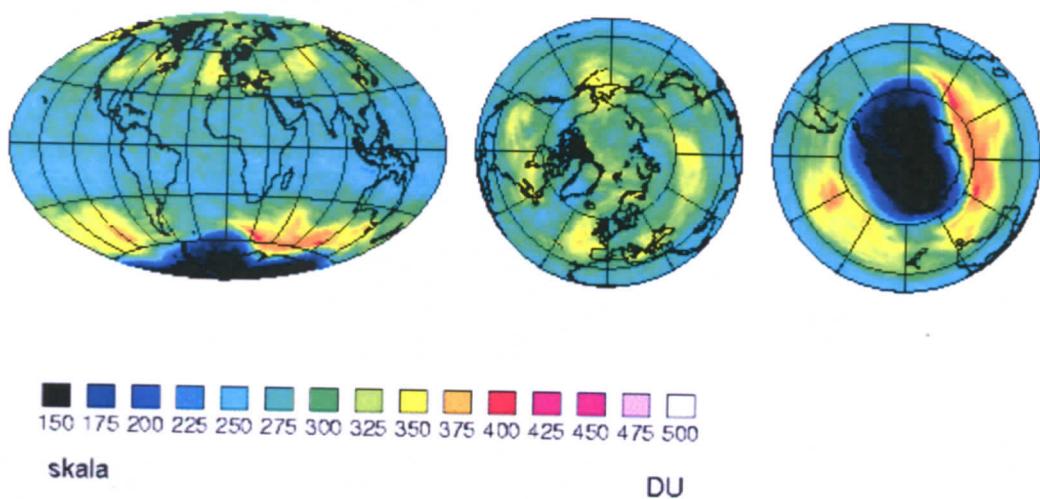
2.4.3.3. Zaštita očiju

Zaštita očiju se vrši korišćenjem sunčanih naočara, koje pored zaštite od vidljivog dela spektra, sadrže UV- B i UV- A filtere. Korišćenje naočara koje imaju samo zaštitu od vidljivog dela spektra je štetno jer se usled slabog inteziteta svetla zenica širi i na taj način veća količina štetnog UV zračenja prodire u oko [5].

2.5. Antarktička ozonska rupa

Pod "ozonskom rupom" podrazumeva se oblast ozonskog omotača u kojoj je debljina manja od 200 DU. Ove „pukotine“ u ozonskom omotaču, koji sprečava prodiranje UV zračenja, šire se i skupljaju u toku vremena , smatra se da su glavni uzrok njihovog nastanka povećane količine hlora i broma u atmosferi.

Američka svemirska agencija NASA u oktobru 2006. godine objavila je da su njeni naučnici registrovali do tada najveću rupu u ozonskom omotaču iznad južne hemisfere. U vremenskom periodu od 21. do 30. septembra 2006. godine prosečna površina ozonske rupe je bila najveća do tad ikad zabeležena, iznosila je 10,6 miliona kvadratnih milja, ili 27,4 miliona kvadratnih kilometara. Površina ove rupe bila je veća od površine Severne Amerike. Upotrebom specijalnog instrumenta sa satelita Aura merena je ukupna količina ozona, od površine Zemlje do viših slojeva atmosfere, paralelno sa ovim merenjem vršena su direktna merenja pomoću meteoroloških balona.



Slika 3. Debljina ozonskog omotača, 22.9.2006.g.: globalno, severni pol, južni pol; redom [6].

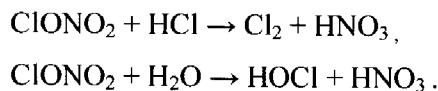
Na slici 3. je prikazana najveća ozonska rupa osmotrena do sada.

Plava i tamno plava boja na ovoj slici predstavljaju oblast ozonske rupe.

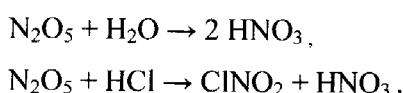
Na Antarktiku se veliki gubitak ozona dešava tokom ranog proleća. Zimi, kada nema svetlosti na polu u nižoj i srednjoj stratosferi cirkumpolarnim vetrovima se izoluje hladan vazduh. Kada se temperatura vazduha u njima spusti ispod -80°C formiraju se oblaci koji su sastavljeni od leda i azotne kiseline, tzv. polarni stratosferski oblaci [Polar Stratospheric Clouds (PSC)].

Fotohemijske reakcije zahtevaju prisustvo zračenja kojeg zimi nema, iz tog razloga zimi ne dolazi do reakcija koje razaraju ozon. Početkom proleća zbog prisustva svetlosti povoljniji su uslovi za ove reakcije. Kasnije u toku proleća i leta oblaci polako nestaju, a reakcije počinju da potpomažu novu sintezu ozona pa se debljina ozonskog omotača povećava. Leti se ne može nadoknaditi izgubljena količina ozona u stratosferi zbog povećane koncentracije štetnih molekula.

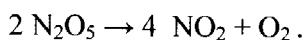
Fizički i hemijski uslovi iznad Antarktika omogućavaju nastajanje reaktivnih hlornih rezervoara koji efikasno katalizuju reakcije razlaganja ozona. Na površini stratosferskih oblaka dolazi do reakcije sa jedinjenjima iz rezervoara hlora. HCl se rastvara i čestice rastu, dok se hlornitrat, ClONO_2 , apsorbuje i reaguje, na sledeći način:



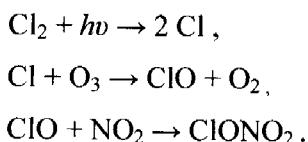
Nastaju azotna kiselina, HNO_3 , koja ostaje u česticama oblaka, i hlorasta kiselina, HOCl. Azot-pentoksid N_2O_5 može reagovati :



U gasnoj fazi postoji ravnoteža između N_2O_5 i NO_2 :



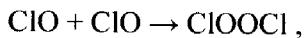
Reakcija u kojoj dolazi do izdvajanja NO_2 iz gasne faze i vezivanja za oblake u kojima se formira HNO_3 naziva se denoksifikacija. Molekuli hlora, Cl_2 i HOCl se fotolitički razlažu:

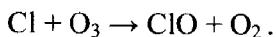
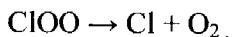
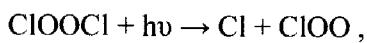


Kao krajnji rezultat formira se molekul ClONO_2 , koji smo imali na početku niza reakcija.

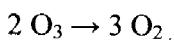
Glavne reakcione vrste koje razaraju ozon su atomi hlora, Cl i hlor-monoksid, ClO, međutim doprinos daju i reakcije ozona sa slobodnim atomima kiseonika. Atomski kiseonik je prisutan samo u gornjim slojevima stratosfere i nije od presudnog značaja za niže slojeve stratosfere.

Reakcija koja je odgovorna za gubitak 70 % antarktičkog ozona uključuje hlorperoksid ClOOCl (ClO dimer) i odigrava se velikom brzinom:





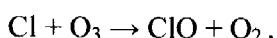
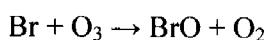
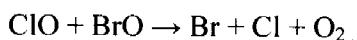
Kao ukupan efekat ovih reakcija možemo navesti sledeće:



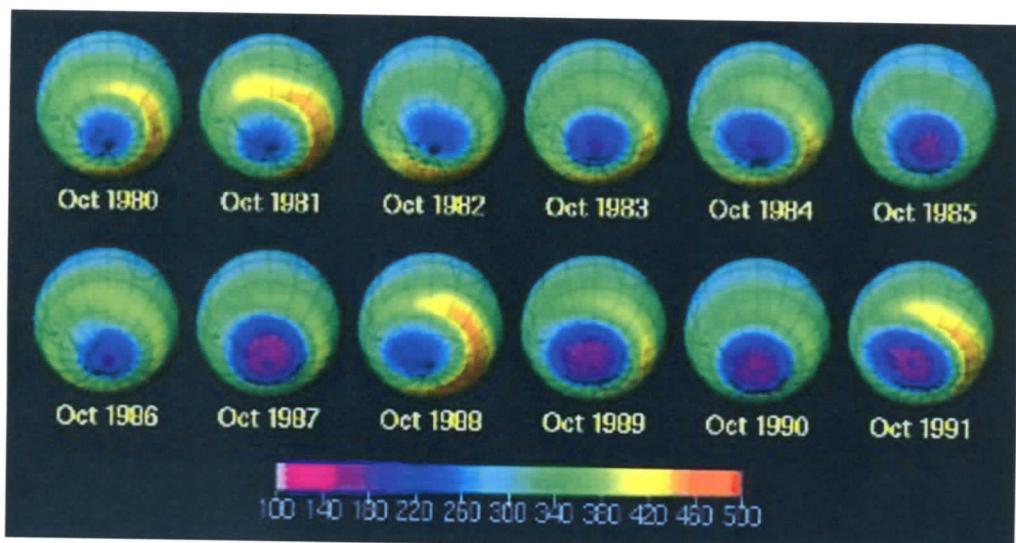
Odnosno, iz dva molekula ozona nastaju tri molekula kiseonika.

Fotolitička reakcija hloroperoksida zahteva UV zračenje koje je zastupljeno u nižim slojevima stratosfere tek u proleće, kada nakon dugog zimskog vremenskog perioda u kom se formiraju ClO i ClOOCl nastaje njihova brza destrukcija.

Nestanku približno 20 % antarktičkog ozona doprinose reakcije oksida broma i hlora:

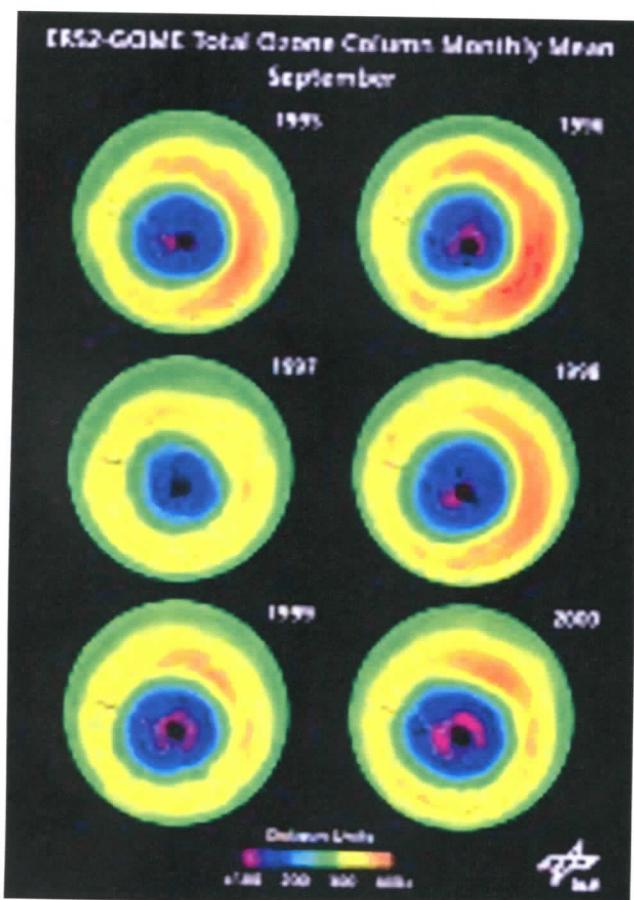


Najveća količina štetnih gasova u stratosferu dospeva sa Zemljine površine, posebno iz delova sveta koji su visoko razvijeni. Međutim, kao posledica vazdušnih strujanja u atmosferi najveće smanjenje ozonskog omotača pojavilo se oko polova.



Slika 4. Promena ozonske rupe iznad Antarktika u periodu od 1980. do 1991. godine [7].

Na slici 4. se vidi promena ozonske rupe iznad Antarktika u periodu od 1980. do 1991. godine.



Slika 5. Promena ozonske rupe iznad Antarktika u periodu od 1995. do 2000. godine [8].

Promene u veličini ozonske rupe iznad Antarktika u nizu godina, od 1995. do 2000. godine. Ljubičasta boja prikazuje najmanju debljinu ozonskog omotača, vidimo sa slike kako se ta ljubičasta oblast proširila 2000-te godine u odnosu na prethodne godine.

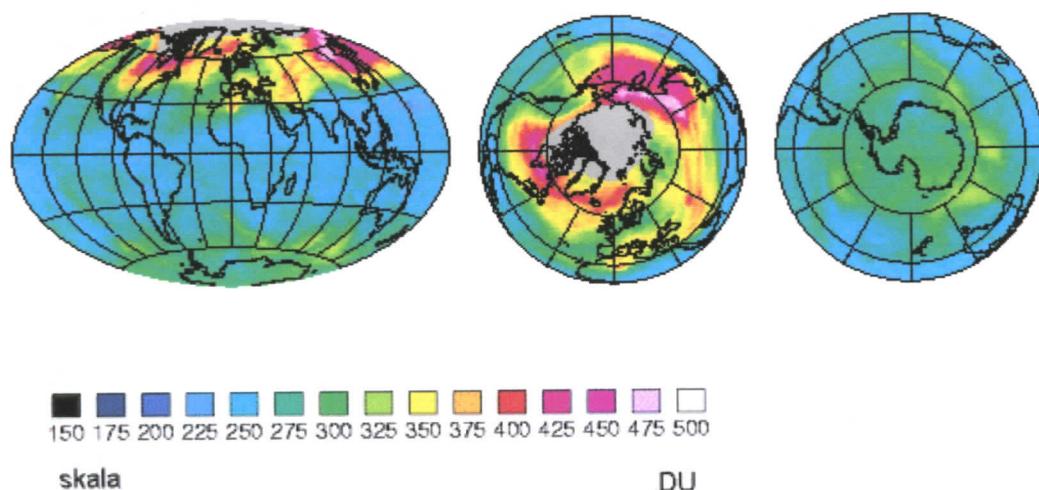
Predviđanja u dvadesetom veku, da će se Antarktička rupa početi zatvarati krajem devedesetih godina, pokazala su se pogrešnima. Rupa je 2000. godine imala veličinu od 30 miliona kvadratnih kilometara, a to je prostor koji je dva puta veći od Evrope.

U aprilu 1995. godine ESA (Evropska Svemirska Agencija) otvorila je novu oblast monitoringa debljine ozonskog omotača, pomoću ERS- 2 satelita. Gore predstavljene slike predstavljaju snimke napravljene tim satelitom.

2.6. Prognoze debljine ozonskog omotača

Danas ERS- 2 služi za potrebe prognoze debljine ozonskog omotača. Prognoze se vrše posebno na globalnom nivou, za celu planetu, a posebno za severni i južni pol. Na slikama 6., 7., 8., 9., 10., 11. i 12 . predstavljene su prognoze za datume 12.1., 12.2., 12.3., 28.3. , 29. 3. i 30.3. 2009. godine.

Kako bi mogli napraviti poređenje “na prvi pogled”, iskoristiću slike za različite periode u ovoj godini.



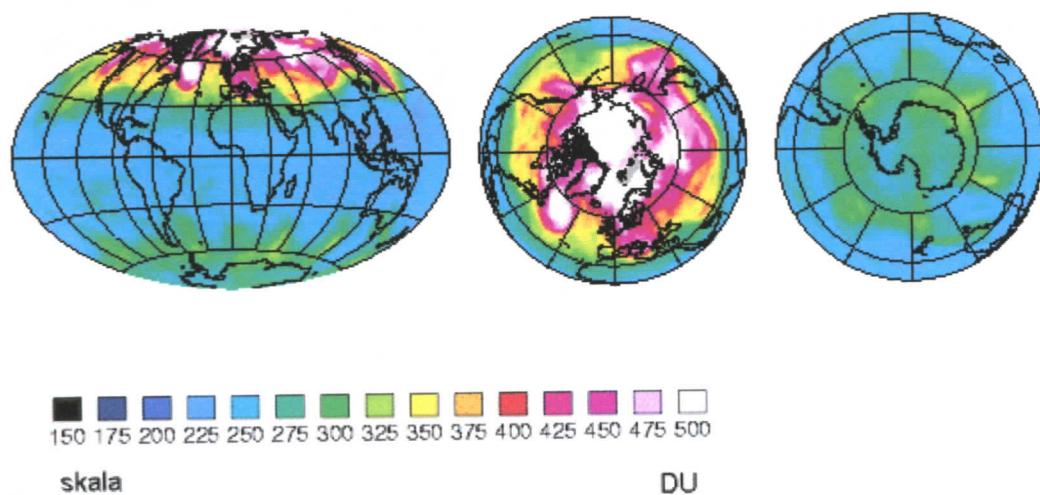
Slika 6. Prognoza za 12. 1. 2009. g.: globalno, severni pol, južni pol; redom [6].

Prva postavljena slika je prognoza za 12. januar 2009. godine i na njoj je najizraženija oblast sive boje i nalazi se iznad velikog dela severnog pola, nad južnim polom je najizraženija svetlo zelena boja, koja odgovara približnoj vrednosti 300 DU.

Najpre ću posmatrati sliku koja predstavlja severnu hemisferu. Sa ove slike vidim da je oblast iznad severnog pola predstavljena sivom bojom, koja odgovara debljini ozonskog

omotača većoj od 500 DU, siva boja nije uvedena u skalu koja opisuje ove slike. Ljubičasta boja sa slike odgovara debljini omotača od približno 475 do 425 DU i čini oblast iznad dela Severne Amerike, dela Tihog okeana i dela Istočne Azije. Tragovi crvenkaste boje iznad Azijskog kontinenta odgovaraju vrednosti od 400 DU. Deo slike koji je obojen žuto je oblast sa debljinom omotača oko 350 DU, ovo je oblast koja pokriva najveći deo Evrope i Azije, deo Severne Amerike i veoma malu oblast Severne Afrike. Na ovoj slici koja predstavlja severnu hemisferu vide se tragovi plave boje, nijanse koje opisuju debljinu omotača od 200 DU, zahvata relativno malu oblast iznad Tihog okeana. Preostale oblasti na severnoj hemisferi su svetlo zelene boje ili svetlo plave boje, omotač je u tim delovima debeo između 300 i 250 DU.

Za dati datum, 12. 1. 2009. godine situacija iznad južne hemisfere je prilično jednostavnija za opisati. Naime, debljina ozonskog omotača je predstavljena pomoću zelenkastih nijansi i svetlo plave boje. One odgovaraju debljini omotača između 325 i 250 DU. Pored ovih, primete se jedino tragovi plave boje iznad delova Atlanskog i Tihog okeana, gde je debljina omotača oko 200 DU.

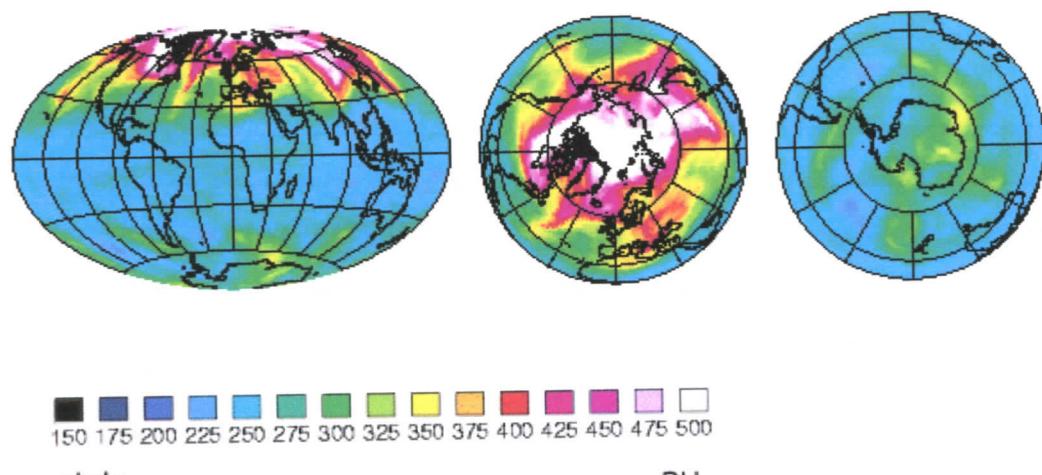


Slika 7. Prognoza za 12. 2. 2009. g.: globalno, severni pol, južni pol; redom [6].

Naredna slika je prognoza za mesec dana kasniji datum, 12. 2. 2009. godine. Na ovoj slici odmah možemo videti da se siva oblast koja je pokrivala celu oblast iznad severnog pola skoro u potpunosti izgubila. Iznad severnog pola su ostali tragovi sive boje, najveći deo ove oblasti je ovog puta pokriven belom bojom, odnosno debljina ozonskog omotača je sada manja. Iznad samog pola ozonski omotač je debeo oko 500 DU, idući južnije debljina

omotača se smanjuje. Iznad skoro cele Evrope, na osnovu ove slike, moglo bi se reći da iznosi između 475 i 425 DU. Takođe iznad velikog dela Azije debljina je otprilike tolika i iznad dela Severne Amerike. Oblast predstavljena žutom bojom je najvećim delom iznad Severne Amerike, gde je debljina ozonskog omotača oko 350 DU. Za ovaj datum, posmatrajući severnu hemisferu mogu dodati da su svetlo zelena i svetlo plava oblast prilično smanjene u odnosu na mesec dana raniji datum. Na ovoj slici najmanja oblast odgovara plavim i zelenim nijansama, odnosno debljini od 300 do 250 DU. Trag plave boje iznad Tihog okeana se smanjio.

Za ovaj datum, 12. 2. 2009. godine situacija iznad južne hemisfere se takođe promenila u odnosu na mesec dana ranije. Generalno posmatrajući dolazim do zaključka da se debljina omotača iznad južne hemisfere smanjila. Oblasti pokrivene svetlo plavom bojom su se proširile, svetlo zeleno obojene oblasti su se smanjile. Takođe, oblasti u kojima se primete tragovi plave boje, koja odgovara debljini omotača od 200 DU su se proširile u odnosu na mesec dana raniji slučaj.



Slika 8. Prezenta za 12. 3. 2009. g.: globalno, severni pol, južni pol; redom [6].

Slika broj 8. predstavlja prognozu debljine ozonskog omotača iznad naše planete za 12. 3. 2009. godine, datum koji je tačno mesec dana kasniji u odnosu na prethodnu, sliku broj 7. i dva meseca kasniji datum u odnosu na sliku broj 6..

Kada posmatram sliku severne hemisfere jasno vidim da se situacija promenila. Siva oblast je nestala, dok je bela nekako promenila svoj oblik. Sada je debljina ozonskog omotača veća od 500 DU iznad severnog pola, dela Severne Amerike, dela Azije. Ljubičasta oblast se

takode pomerila, prekriva deo Tihog okeana u blizini Severne Amerike, deo Tihog okeana uz obale Azije, deo Atlanskog okeana, male oblasti u severnim delovima Azije i Amerike. Debljina ozonskog omotača iznad ovih oblasti iznosi između 475 i 400 DU. U ovom slučaju žuta oblast, 350 DU, je uzana, "obilazi" celu severnu hemisferu, nju prati svetlo zelena oblast, 325- 300 DU. Najveći deo severne polulopte je ovog dana prekriven ozonskim omotačem debljine 325 do 200 DU, ovo su oblasti između 30 stepeni severne geografske širine i ekvatora.

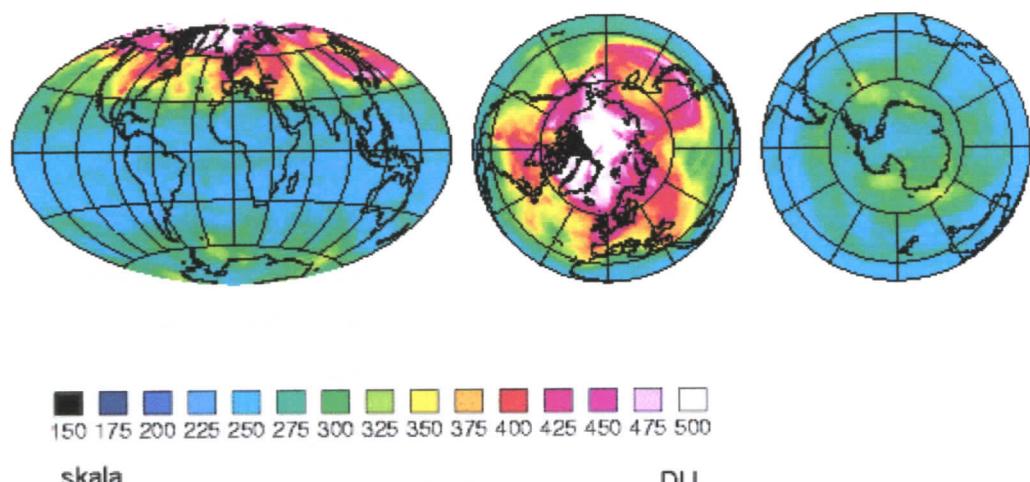
Ozonski omotač iznad južne hemisfere, za datum 12. 3. 2009. godine, je tanji nego za mesec dana raniji datum prikazan na prethodnoj slici. Iznad malog dela južnog pola omotač je debo 350 DU, na svim ostalim mestima debljina mu je manja. Oblasti koje su prekrivene svetlo zelenom bojom su oblasti nad kojima je debljina omotača između 325 i 300 DU. Debljina omotača između 325 i 300 DU iznad južne hemisfere je iznad delova Atlanskog, Tihog i Indijskog okeana. Preostale oblasti su pokrivene omotačem debljine 275 do 250 DU, njih predstavljaju nijanse svetlo plave boje. Oblasti koje su predstavljene tragovima plave boje su oblasti koje sadrže najmanje ozona ovoga dana. Tragovi plave se primete iznad Tihog, Atlanskog i Indijskog okeana, delom iznad Afričkog kopna i Antarktika.

Do sada opisane slike 6., 7. i 8. su bile prognoze za 12. 1., 12. 2. i 12. 3. 2009. godine. Vremenski razmak između ovih datuma iznosi po mesec dana. Na osnovu prikazanih slika i njihovog pojedinačnog opisa može se reći da su promene u debljini ozonskog omotača već na prvi pogled vidljive. Debljina omotača je prikazana pomoću boja koje odgovaraju tačno određenim vrednostima DU. Na osnovu ovog vremenskog razmaka između prikazanih slika zaključujem da su na mesečnom nivou promene u debljini ozonskog omotača upadljive.

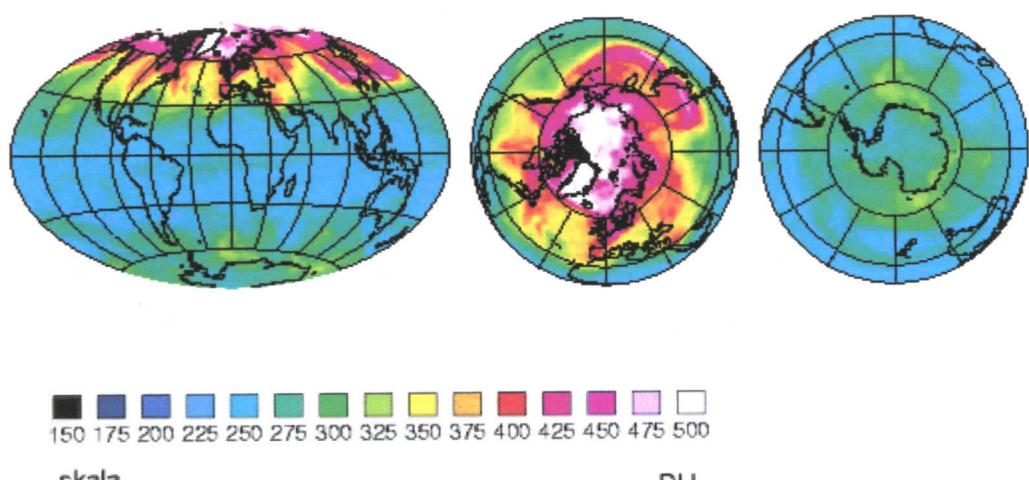
U nastavku ovog poglavlja biće prikazane prognoze debljine ozonskog omotača za tri uzastopna dana, dakle sa vremenskim razmakom od 24 časa između prognoza.

Odabrani dani su 28. 3., 29. 3. i 30. 3. 2009. godine, prikazani na slikama 9., 10. i 11.

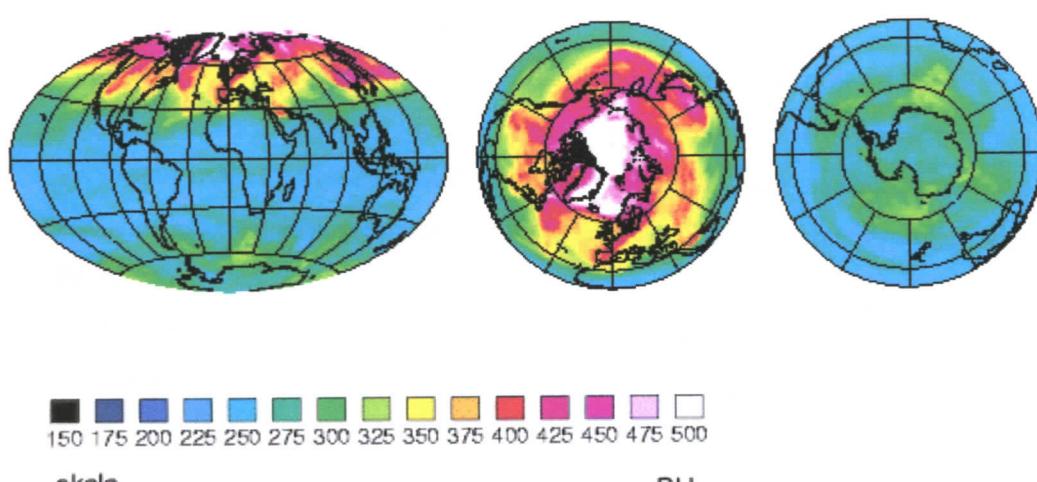
Kada se posmatraju ove slike, može se reći da razlike između njih nisu toliko upadljive niti drastične. Ovo je posledica toga što se debljina ozonskog omotača ne menja mnogo u vremenskom razmaku od jednog dana. Situacija drugačija kada se posmatraju promene na mesečnom nivou, tada su razlike vidljive već na prvi pogled.



Slika 9. Prognoza za 28. 3. 2009. g.: globalno, severni pol, južni pol; redom [6].



Slika 10. Prognoza za 29. 3. 2009. g.: globalno, severni pol, južni pol; redom [6].



Slika 11. Prognoza za 30. 3. 2009. g.: globalno, severni pol, južni pol; redom [6].

2.7. Stanje iznad Srbije

U okviru ovog dela rada biće opisano stanje ozonskog omotača iznad Srbije, na osnovu satelitskih podataka.

Debljina ozonskog omotača iznad Srbije početkom maja 2006. godine bila je u granicama višegodišnjeg proseka i kretala se od 350 Dobsonovih jedinica na jugu do 380 na severu Vojvodine. Nad Evropom nema ozonskih „rupa”, jedino je iznad Skandinavije zabeležen pad za 15- 20 odsto što je u granicama normalnih dnevnih kolebanja.

U Evropi, isto tako i u Srbiji, minimalne količine ozona se javljaju u toku jeseni, što je u skladu sa planetarnom razmenom ozona između tropskih i polarnih oblasti. Proizvodnja materija koje mogu da oštete ozon je u poslednjih dvadeset godina opala za više od 90 odsto. Tako da nije realno očekivati da bi ljudi mogli izazvati bilo kakvu ozonsku katastrofu u budućnosti.

U periodu 1979- 2006. godine iznad Srbije su se ozonske rupe javile ukupno devet puta, odnosno približno jednom u tri i po godine. Ozonska rupa je samo jednom na jednoj mernoj tački “stajala” dva dana uzastopno (1. i 2. decembar 1999. godine), a u svim ostalim slučajevima je trajala maksimalno po jedan dan. Svi slučajevi kada su se ozonske rupe pojavljivale zabeleženi su u periodu između novembra i februara, kada je Sunce nisko iznad horizonta, a indeks UV zračenja nizak.

U skladu sa zakonitostima raspodele ozona na planeti po geografskim širinama, na krajnjem jugozapadu Srbije u periodu od 25,5 godina nije zabeležena nijedna ozonska rupa. Nad većim delom teritorije Srbije ozonske rupe su zabeležene jedan ili dva puta, dok su samo na krajnjem severu Vojvodine zabeležena četiri slučaja.

Pored toga, „naše” ozonske rupe su malih dimenzija i u pet od devet pojavljivanja zabeležene su samo u jednoj mernoj tački. Najveći prostor su zauzimale 3. decembra 1992. i 1. januara 1998. godine, kada se ozonska rupa nalazila iznad devet mernih tačaka. Možemo reći da ozonske rupe nijednom nisu zahvatile više od polovine teritorije Srbije.

Ubrzo nakon donošenja Montrealskog protokola, 1987. godine, i njegove ratifikacije u vodećim industrijskim zemljama, došlo je do drastičnog pada proizvodnje materija koje mogu da oštete ozonski omotač.

Mereno preko takozvanog potencijala oštećenja ozona, već 1990. godine, proizvodnja se za godinu dana smanjila za čitavih 41,8 odsto. Trinaest godina kasnije, proizvodnja ovakvih

materija je pala na ispod 10 odsto prvobitne, čime je eliminisana mogućnost da ove materije u budućnosti imaju bitniji uticaj na dinamiku ozonskog omotača Zemlje.

Primena novih materija u rashladnoj tehnici i drugim oblastima uslovila je dalji pad proizvodnje materija koje poseduju proizvodi koji oštećuju ozonski omotač. Po podacima iz 2006. godine smanjenje proizvodnje u odnosu na 1989. godinu je iznosilo više od 95 odsto. Pad proizvodnje freona bio je još veći i njegov udio u potencijalnom oštećenju ozona je u 2006. godini iznosio svega oko tri posto.

Srbija je potrošač ovih materija, nije proizvođač. U našoj zemlji je potrošnja materija koje imaju potencijal oštećenja ozona pre donošenja Montrealskog protokola iznosila oko 2700 tona. Već 1989. godine ona se smanjila za više od trećine, da bi se taj pad nastavio, uz izvesna kolebanja do 2006. godine, kada je potrošnja pala na manje od dva posto od prvobitne. Podaci za 2006. godinu ukazuju na izvesno povećanje potrošnje na 234 tone, što bi se možda moglo povezati sa većim korišćenjem jeftinih rashladnih uređaja zastarele tehnologije. Iako je potrošnja i dalje ispod 10 posto u odnosu na 1986. godinu, trebalo bi sprovesti strožu kontrolu uvoza klima-uredaja, da se taj trend ne bi nastavio.

2.8. Protokoli o zaštiti ozonskog omotača

Međunarodna Bečka konvencija je doneta 1985. godine sa ciljem da se ozonski omotač zaštići od emisije štetnih gasova. Bečka konvencija je nastala u cilju potpunog razjašnjenja procesa koji utiču na razaranje ozonskog omotača kao i pronalaženja načina da se ovo narušavanje prirodno nastalog zaštitnog sloja naše planete spreči. Upravo su 1985. godine prvi put uočene ozonske rupe iznad Antarktika.

Ujedinjene nacije su 1987. godine na osnovu Bečke konvencije, imajući u vidu globalnu opasnost za čovečanstvo, donele Montrealski protokol, kojim je planirana dugoročna zaštita ozonskog omotača.

Montrealskim protokolom propisane su mere i rokovi za potpuno ukidanje proizvodnje i upotrebe materijala koji utiču na razaranje ozonskog omotača. Radi se o mnogim hemikalijama koje je proizveo čovek, čije je zajedničko svojstvo da su u donjim slojevima atmosfere veoma postojane, uglavnom netopive u vodi, sadrže hlor ili brom, dugo vremena ostaju u vazduhu i postupno dospevaju u sve delove atmosfere. Vertikalnom knvekcijom stižu i do stratosfere gde se razgrađuju delovanjem Sunčevog zračenja, oslobađajući atome hlora ili broma koji uništavaju ozon.

Najopasnije hemikalije za ozonski omotač su freoni (CFC) i haloni (sadrže brom). Freoni služe kao sredstva za hlađenje u hladnjacima i klima uređajima, i kao potisni gas u limenkama aerosola. Haloni su još snažniji uništavači ozona.

Montrealskim protokolom je predviđeno povlačenje iz upotrebe freona, halona kao i mnogih drugih štetnih materija. Dosadašnjim ugovorom projekata postignut je napredak u prestanku upotrebe CFC- a u proizvodnji pena i aerosola. Sa druge strane, proizvodnja CFC- a u aerosolima za medicinsku pomoć se povećala.

Prema ideji i planu potpisnika Montrealskog protokola, obnova ozonskog omotača moguća je tek 2050. godine, ali pod uslovom da se ljudi drže propisa predviđenih tim protokolom.

Međunarodni dan očuvanja ozonskog omotača obeležava se svakog 16. septembra u godini.

Na osnovu Montrealskog protokola, emisija štetnih gasova trebalo je da se smanji za 50 % do 1999. godine u odnosu na emisiju štetnih gasova iz 1986. godine. Godine 1990. donet je Londonski amandman po kojem su ciljevi Montrealskog protokola izmenjeni u nekoj meri. Prema Londonskom amandmanu umesto do 1999. godine, smanjenje emisije hlorofluorokarbonata od 50 % treba da se ostvari do 1999. godine, a smanjenje emisije tih gasova do 2000. godine treba da iznosi 100 %. Emisija tetrahlorida trebala je da bude smanjenja za 85 % do 1995. godine, u odnosu na 1986. godinu, a za 100 % do 2000. godine.

Zatim je nastao Kopenhagenski amandman koji je dodao i smanjenje emisije HCFC za 35 % do 2004. godine, u odnosu na 1989. godinu i smanjenje od 90 % do 2019. godine, a za 100 % do 2029. godine. Montrealski protokol je menjan i u Beču 1995. godine, takođe u Montrealu 1997. godine i u Pekingu 1999. godine.

Republika Srbija ratifikovala je Bečku konvenciju o zaštiti ozonskog omotača i Montrealski protokol o supstancama koje oštećuju ozonski omotač 1999. godine, kao i sva četiri amandmana na Montrealski protokol u martu 2005. godine: Londonski, Kopenhaški, Montrealski i Pekinški.

Tim ratifikacijama Srbija se obavezala da će isključiti iz upotrebe supstance koje oštećuju ozonski omotač prema propisanoj dinamici i rokovima, a koje se nalaze na listama Aneksa protokola. Supstance Aneksa A isključuju se iz upotrebe 1. januara 2010. godine. Međutim, Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja skoro ih je u potpunosti isključilo iz upotrebe, postepenim smanjivanjem dozvoljenih uvoznih kvota za te supstance na godišnjem nivou, kao i sprovodenjem projekata zamene proizvodnih tehnologija [5].

3. Merenje debljine ozonskog omotača

3.1. Dobsonova jedinica

Debljina ozonskog omotača se izražava Dobsonovom jedinicom (DU- Dobson Unit). DU predstavlja debljinu atmosferskog gasa ako bi on bio kompresovan na pritisak od 1013 Pa pri temperaturi 0°C. Jedna Dobsonova jedinica odgovara debljini od 0.01mm, odnosno hiljaditom delu centimetra. Ukoliko bi pretpostavili da je srednja debljina ozonskog omotača 300 DU, debljina ozona svedenog na uslove standardne atmosfere bi iznosila 0.3 cm. Jedna Dobsonova jedinica sadrži 2.68×10^{16} molekula po cm².

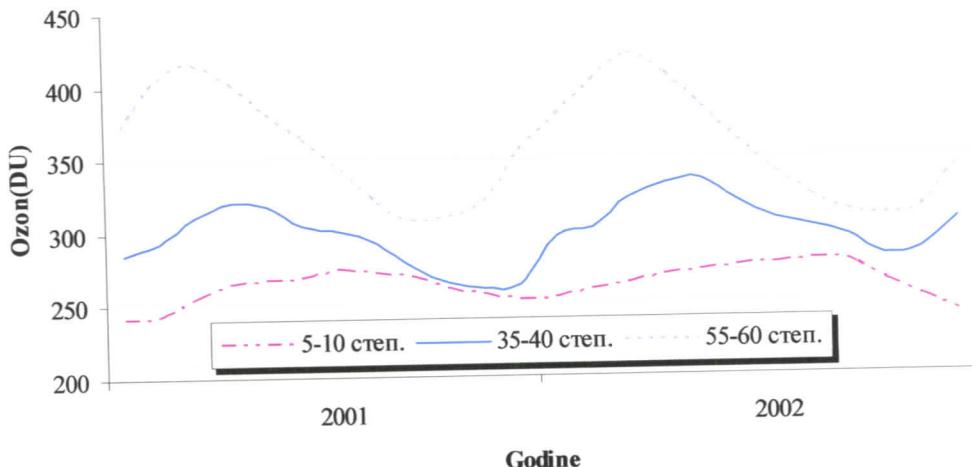
Debljina ozonskog omotača može da se meri direktno, pomoću instrumenata koji su postavljeni na avionima ili satelitima ili indirektno- sa Zemlje. Količina ozona je u početku merena na samo nekoliko mernih mesta, u periodu od 1920. do 1958. godine, kada mreža mernih mesta počinje da se ubrzano širi po celom svetu. Merenja se vrše unutar Globalnog Sistema Za Osmatranje Ozona (Global Ozone Observing System) pod vodstvom WMO i GAW. Podaci dobijeni merenjem se čuvaju u Svetskom Centru Podataka o Ozonu i UV zračenju (WOUDC), čije je sedište u Torontu.

Za izračunavanje prosečne količine ozona na jednom mernom mestu potrebno je izvršiti minimalno tri merenja dnevno.

Jedinica za izražavanje debljine ozona je dobila ime po naučniku G.M.B.Dobsonu, koji je bio prvi naučnik koji se bavio proučavanjem i merenjem ozona. Metoda koju Dobson koristi zasnovana je na činjenici da ozon apsorbuje UV zračenje u određenom delu spektra. Merenjem odnosa intenziteta UV zračenja na dve talasne dužine, razdvojene za približno 20 nm, računa se ukupan iznos ozona [7].

3.2. Distribucija ozona

Globalna distribucija ozona je određena atmosferskim i hemijskim procesima u atmosferi. Količina ozona u stratosferi povećava se idući od ekvatora ka većim geografskim širinama, ovo je prikazano na slici 12.

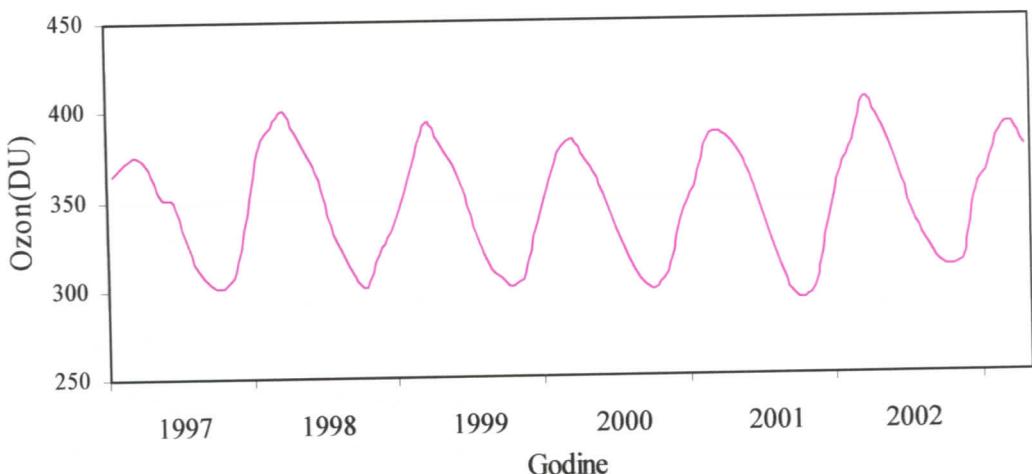


Slika 12. Srednje mesečne zonalno osrednjene vrednosti debljine ozonskog omotača na različitim geografskim širinama, severna hemisfera [8].

Proizvodnja ozona u tropima je visoka, međutim količina ozona u tropima je niska. Ovo je posledica cirkulacije koja prenosi ozon u više slojeve atmosfere i ka polovima i ponovo u niža područja.

U srednjim geografskim širinama promene količine ozona u stratosferi u toku godine su više izražene od promena u nižim geografskim širinama. Uzrok razlike u promenama je veća amplituda promene temperature sa promenom godišnjeg doba, što je praćeno pojačanom cirkulacijom vazdušnih masa na nivou troposfere i stratosfere. Sezonska promena količine ozona je približno sinusoidna u ovim područjima. Zimi je razlika u temperaturi između tropskih oblasti i srednjih geografskih širina najveća. U ovom periodu je atmosferska cirkulacija najjača tako da se velika količina ozona transportuje ka ovim oblastima. U toku zimskog perioda količina svetlosti koja može da pokrene reakciju razaranja ozona je manja, pa se ozon sakuplja u stratosferi. Maksimalne količine ozona u atmosferi se nalaze krajem zime i početkom proleća, što je prikazano na slici 13.

Temperaturna razlika između srednjih geografskih širina i tropskih oblasti počinje da se smanjuje početkom proleća, što utiče na slabljenje atmosferske cirkulacije. Zbog slabljenja cirkulacije smanjena je i količina ozona koja iz tropa stiže u veće geografske širine. Nakon zime količina svetlosti je sve veća, pa pokreće čitav niz reakcija koje su odgovorne za uništavanje ozona. Ovo je razlog zašto od početka proleća količina ozona u atmosferi počinje da se smanjuje. Ovo smanjenje traje do kraja leta, kada je količina ozona najmanja.



Slika 13. Srednje mesečne zonalno osrednjene vrednosti debljine ozonskog omotača između 45 i 50° severne geografske širine[8].

Na Antarktiku se najveće razaranje ozona dešava tokom ranog proleća. Zimi, kada nema svetlosti na severnom polu u nižoj i srednjoj stratosferi cirkumpolarnim vetrovima se izoluje hladan vazduh. Kada je temperature vazduha u njima niža od 80°C formiraju se specijalni oblaci, sastavljeni od lede i azotne kiseline- polarni stratosferski oblaci.

Kao posledica opšteg strujanja u atmosferi velika količina polutanata stiže iz nižih geografskih širina do polova, gde se stvaraju tzv. hlorni rezervoari. Do reakcija koje razaraju ozon ne dolazi, zato što je za fotohemijske reakcije razaranja ozona neophodno zračenje kojeg zimi nema. Početkom proleća, zbog prisustva svetlosti stvaraju se uslovi za reakcije. Pod dejstvom svetlosti na površini stratosferskih oblaka dolazi do reakcije sa jedinjenjima iz rezervoara hlora i kroz niz reakcija oslobađa se hlor koji razara ozon. Sa povećanjem temperature reakcije su intazivnije, to utiče da oblaci polako nestaju a reakcije počinju da potpomažu novu sintezu ozona što utiče na povećavanje debljine ozonskog omotača.

Međugodišnje promene u debljini ozonskog omotača se mogu uočiti i na osnovu promena vremenskih prilika u toku niza godina. Međusezonske promene su takođe u vezi sa jedanaestogodišnjim ciklusima Sunca i iznosa vulkanskih aerosola u stratosferi. Promene su povezane i sa antropogenim zagadivačima, posebno sa ispuštanjem hemikalija koje sadrže hlor.

3.3. Opis instrumenta MICROTOPS II

3.3.1. Princip rada

Instrument je opremljen sa pet precizno postavljenih optičkih kolimatora, sa vidnim poljem od $2,5^{\circ}$. Unutrašnje pregrade su takođe ugrađene u uređaj, kako bi eliminisale unutrašnju refleksiju. Svaki kanal sadrži filter uskog opsega i fotodiodu pogodnom za odgovarajući opseg talasnih dužina. Kolimatori su hermetički zatvoreni u aluminijumski kalup optičkog bloka, radi stabilnosti.

Sunčeva „meta“ i sklop za nišanjenje je pričvršćen na optički blok i laserski podešen radi osiguranja preciznog poravnanja sa optičkim kanalom. Kada je sunčev lik usmeren ka centru „mete“, svi optički kanali su usmereni ka solarnom disku. Mala količina circum solarnog zračenja takođe biva „uhvaćena“, ali ne doprinosi velikoj promeni signala.

Zračenje koje je uhvaćeno kolimatom i uskopijasnim filterom osvetljava fotodiodu koja pretvara optički signal u električni koji je proporcionalan intenzitetu zračenja.. Ovi signali se najpre pojačavaju, a potom konvertuju u digitalni signal pomoću A/D konvertora visoke rezolucije. Signali iz fotodiode se obrađuju u serijama. Konverzije se vrše brzinom od dvadeset konverzija po sekundi, zbog velike brzine, može se smatrati da se rezultati čitaju istovremeno.

Sloj ozona koji se nalazi u stratosferi je od velike važnosti na život na Zemlji. Talasi manjih talasnih dužina, iz opsega UV zračenja, se mnogo lakše apsorbuju u atmosferi u odnosu na deo opsega UV zračenja većih talasnih dužina. To ukazuje na to da je količina ozona između osmatrača i Sunca proporcionalna odnosu dveju talasnih dužina ultraljubičastog zračenja sa Sunca.

MICROTOPS II koristi tu vezu za dobijanje ukupne vertikalne raspodele ozona, na osnovu merenja intenziteta zračenja na tri talasne dužine iz UV opsega. Slično kao kod tradicionalnog Dobsonovog instrumenta, merenja na dodatnoj trećoj talasnoj dužini omogućavaju ispravke partikularne disperzije i „zalatalih“ zraka.

Količina vodene pare se određuje na osnovu merenja na 936 nm na kojoj je maksimalna apsorpcija od strane vode i na 1020 nm, bez apsorpcije od strane vode. Optička debljina aerosola na 1020 nm se izračunava na osnovu ekstraterestrijalnog zračenja na toj talasnoj dužini, korigovano na rastojanje između Zemlje i Sunca, i zračenja merenog sa nivoa zemlje na 1020 nm.

3.3.2. Glavne osobine

Velika preciznost. Visoko kvalitetni filteri su ugrađeni u čvrsto aluminijumsko kućište koje osigurava precizno, stabilno optičko poravnanje. Elektronika sa niskim nivoom šuma i 20-bitni A/D konvertor osigurava visoku linearnu rezoluciju i dinamički opseg.

Laka upotreba. Za upotrebu instrumenta nije potrebno poznавање rada na računaru. Kada se jednom unesu geografske koordinate dovoljno je samo instrument usmeriti ka suncu.

Prenosivost. Mali ručni aparat je sve što je potrebno za merenje. Bez dodatnog kompjutera.

Kompjuterski priključak. Za prenos podataka i daljinsko upravljanje merenjem sa bilo kog kompjutera potreban je serijski priključak. Jednostavne komande čine proces lakisim i pouzdanim.

GPS priključak. MISROTOPS II „razume“ NMEA 0183 protokol i može se spojiti direktno za ručni GPS prijemnik, pomoću serijskog priključka.

Trenutni rezultati. Algoritmi za računanje ozona i ukupne količine vodene pare su programirani u MICROTOPS II i rezultati svih memorisanih podataka mogu se videti na lcd-u. Program je tako napravljen da je moguće retrospektivno pristupati podacima .

Memorija. Osnovni podaci skupljeni pomoću MICROTOPS II, kao i računati rezultati, zapamćeni su u memoriji. Za svaki podatak se beleži i pamte datum, vreme, geografske koordinate grada, solarni ugao, nadmorska visina, vazdušni pritisak i temperatura.

Niska cena. Cena instrumenta je niska u odnosu na druge instrumente, pogotovo u odnosu na Dobsonov spektrometar.

Memorija. Osnovni podaci skupljeni pomoću MICROTOPS II, kao i računati rezultati, zapamćeni su u memoriji. Za svaki podatak se beleži i pamte datum, vreme, geografske koordinate grada, solarni ugao, nadmorska visina, vazdušni pritisak i temperatura.

Niska cena. Cena instrumenta je niska u odnosu na druge instrumente, pogotovo u odnosu na Dobsonov spektrometar [9].

3.3.3. Tehnički podaci

Optički kanali	305.0 ± 0.3 nm, 2.4 ± 0.4 nm FWHM 312.5 ± 0.3 nm, 2.4 ± 0.4 nm FWHM 320.5 ± 0.3 nm, 2.4 ± 0.4 nm FWHM Mogući kanali: 936 ± 1.5 nm, 10 ± 1.5 nm FWHM 1020 ± 1.5 NM, 10 ± 1.5 nm FWHM
Maksimalna osetljivost	305.0 nm: 10^{-7} 312.5 nm: 10^{-6} 320.5 nm: 10^{-5} $936, 1020$ nm: 10^{-4}
Vidno polje	2.5°
Dinamički opseg	$> 3 \cdot 10^5$
Tačnost	1- 2%
Nelinearnost	Max. 0.002%
Operativno okruženje	0- 50 °C, bez padavina
Kompjuterski priključak	RS232
Registracija podataka	800 zapisa
Izvor snage	4xAA alkalne baterije
Težina	600 gr
Veličina	10 x 20 x 4.3 cm
„Životni vek“ baterije	50 sati, minimalne kontinualne upotrebe

4. Rezultati merenja

4.1. Poređenje rezultata merenja debljine ozonskog omotača u Centru za meteorologiju na Univerzitetu u Novom Sadu sa satelitskim podacima

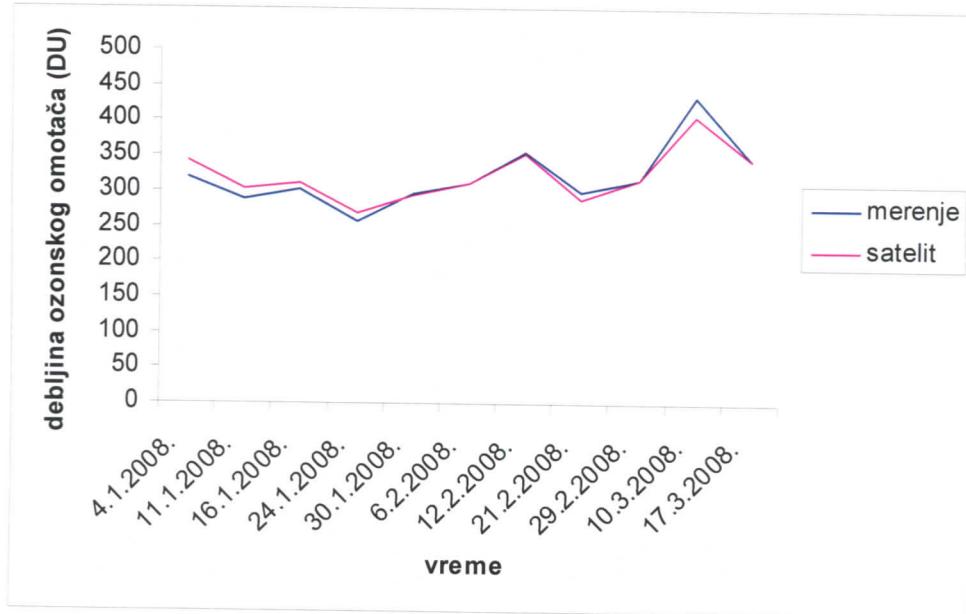
Rezultati koje posmatramo su uzeti za sva četiri godišnja doba 2008. godine. Rezultati su prikazani tabelarno i grafički, za svako godišnje doba posebno. Pomoću tabele možemo porebiti rezultate pojedinačno i direktno, dok su na graficima prikazane promene u vremenu. Na graficima su prikazane vrednosti koje smo dobili merenjima (tamno plava linija) i satelitski dobijene vrednosti (ljubičasta linija). Na vertikalnoj osi su prikazane vrednosti debljine ozonskog omotača izražene u DU, horizontalna osa predstavlja datume za koje su merenja izvršena.

Debljina ozonskog omotača (DU)

datum	merenje	satelit	relativna greška (%)
4.1.2008.	317,8	342	7.1
11.1.2008.	289	302	4.3
16.1.2008.	300,9	312	3.5
24.1.2008.	255,7	267	4.2
30.1.2008.	296,2	294	0.7
6.2.2008.	310,4	311	0.2
12.2.2008.	355,3	353	0.6
21.2.2008.	298,9	287	4.1
29.2.2008.	315,4	316	0.2
10.3.2008.	433,7	406	6.8
17.3.2008.	345,7	345	0.2

Tabela 1. Zima 2008. godine.

Zavisnost debljine ozonskog omotača od vremena



Slika 14. Zima 2008. godine, poređenje rezultata merenja sa satelitskim podacima.

Na grafiku su prikazani zavisnost debljine ozonskog omotača, izražene u DU, i vremena.

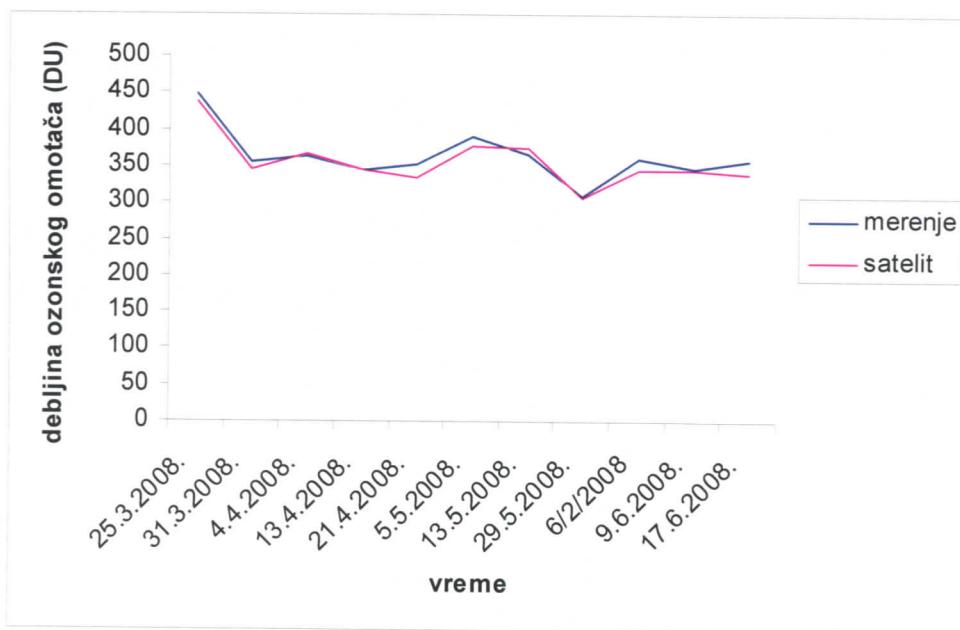
Kada posmatramo tabelu i grafik koji se odnose na zimski period možemo zaključiti da su odstupanja relativno mala. Izuzev za dva merenja, kada odstupanja iznose 24.2 DU a relativna greška 7.1 % za 4.1.2008. g. i 27.7 DU, uz relativnu grašku 6.8 % za 10.3.2008.g.. Srednje odstupanje za zimski period iznosi 2.9 %.

Debljina ozonskog omotača (DU)

datum	merenje	satelit	relativna
			greška(%)
25.3.2008.	446,8	438	2
31.3.2008.	354,2	345	2.6
4.4.2008.	362,9	367	1.1
13.4.2008.	344,6	345	0.1
21.4.2008.	353,1	333	6
5.5.2008.	391,9	377	3.9
13.5.2008.	366,7	373	1.7
29.5.2008.	308,8	306	0.9
2.6.2008	360,6	345	4.5
9.6.2008.	346,8	343	1.1
17.6.2008.	357,3	338	5.7

Tabela 2. Proleće 2008. godina.

Zavisnost debljine ozonskog omotača od vremena



Slika 15. Proleće 2008. godina, poređenje rezultata merenja sa satelitskim podacima.

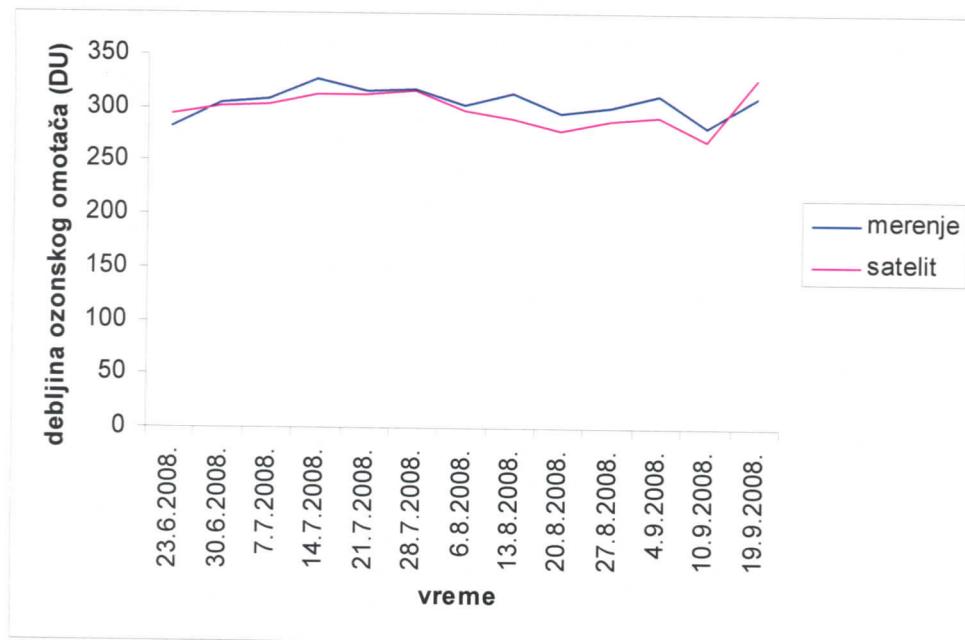
Tabela i grafik koji se odnose na prolećni period 2008. godine prikazuju rezultate merenja i satelitskih podataka koji se prilično dobro poklapaju. Značajnija odstupanja se nalaze na četiri mesta, razlike između satelitskih podataka i merenja na ovim mestima su 15 DU ili veće. Razlike u ovim slučajevima iznose: 20.1 DU za 21. 4. 2008.g., 15.6 DU za 2.6.2008.g. i 19.3 DU za 17.6.2008.g.. Relativne greške iznose: 6, 4.5 i 5.7 %, redom. Srednje odstupanje u ovom periodu je iznosilo 2.69 %.

Debljina ozonskog omotača (DU)

datum	merenje	satelit	relativna greška(%)
23.6.2008.	282,9	293	3.4
30.6.2008.	304,8	302	0.9
7.7.2008.	308,6	303	1.8
14.7.2008.	327	313	4.5
21.7.2008.	316,9	313	1.2
28.7.2008.	317,6	317	0.2
6.8.2008.	302,6	298	1.5
13.8.2008.	314,8	290	8.5
20.8.2008.	295,6	278	6.3
27.8.2008.	301,4	289	4.3
4.9.2008.	312,2	292	6.9
10.9.2008.	282,1	270	4.5
19.9.2008.	311,3	327	4.8

Tabela 3. Leto 2008. godina.

Zavisnost debljine ozonskog omotača od vremena



Slika 16. Leto 2008. godina, poređenje rezultata merenja sa satelitskim podacima.

Posmatranjem tabelarno i grafički prikazanih rezultata za leto 2008. godine, moglo bi se reći da su odstupanja česta. Značajnija odstupanja se javljaju na ukupno pet mesta. Odstupanja iznose i odnose se na datume: 14 DU, 14.7. ; 24.8 DU, 13. 8. ; 17.8 DU, 20.8. ;

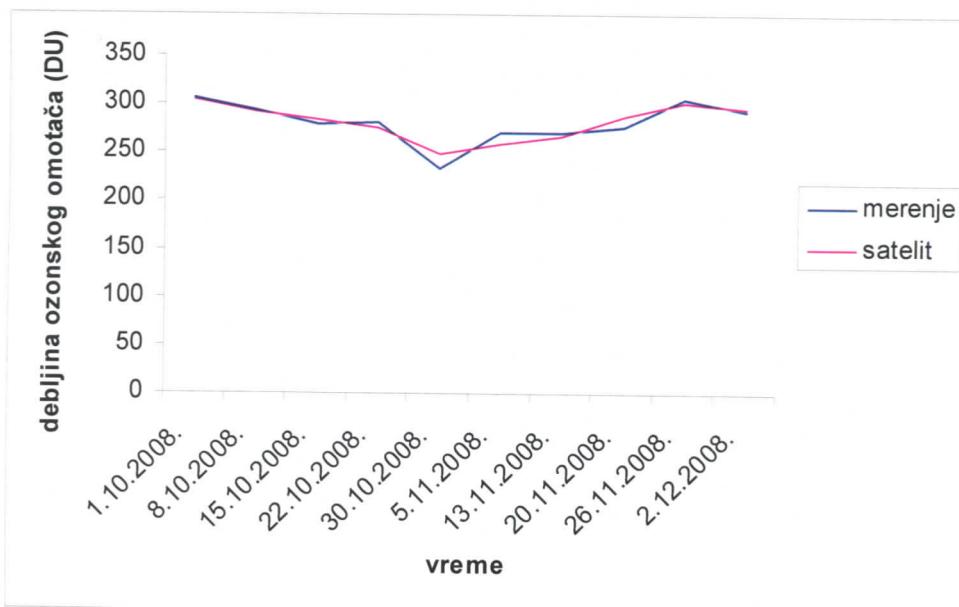
20.2 DU, 4.9. i 15.7 DU, 19.9.2008.g.. Relativne greške iznose: 4.5, 8.5, 6.3, 6.9 i 4.8 %, redom. Srednje odstupanje iznosi 3.75 %.

Debljina ozonskog omotača (DU)

datum	merenje	satelit	relativna greška(%)
1.10.2008.	306	305	0.3
8.10.2008.	293,2	293	0.068
15.10.2008.	279,5	284	1.6
22.10.2008.	281,3	276	1.9
30.10.2008.	234,3	248	5.5
5.11.2008.	270,3	258	4.7
13.11.2008.	270,5	268	0.9
20.11.2008.	277	288	3.8
26.11.2008.	305,9	302	1.3
2.12.2008.	294,9	297	0.7

Tabela 4. Jesen 2008. godina.

Zavisnost debljine ozonskog omotača od vremena



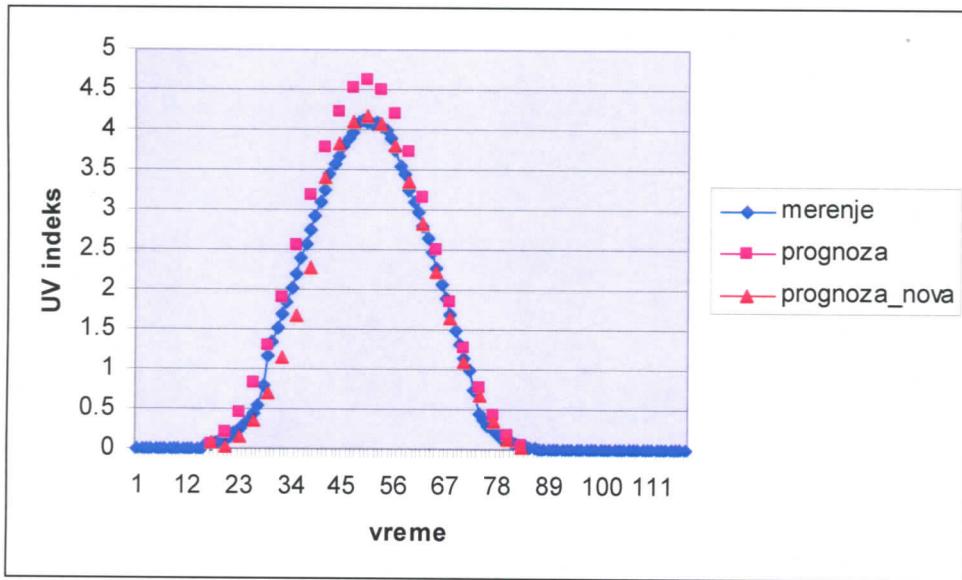
Slika 17. Jesen 2008. godina, poređenje rezultata merenja sa satelitskim podacima.

Na slici 17. i u tabeli 4. prikazani su rezultati za jesen 2008. godine. Sa grafika se vidi da se rezultati dobijeni merenjem i satelitski podaci „dobro slažu“ u najvećem delu prikazane krive. Odstupanja u jesenjem periodu su manja u odnosu na odstupanja u ranijim godišnjim

dobima. Odstupanja su značajnija u tri tačke grafika i iznose: 13.7 DU za 30.10. , 12.3 DU za 5.11. i 11 DU za 20.11.2008.godine. Relativne greške su : 5.5, 4.7 i 3.8 %, redom. Srednje odstupanje u ovom periodu iznosi 2.1 %.

4.2. Upotreba rezultata merenja za ulazne podatke za model NEOPLANTA

Model NEOPLANTA služi za prognozu intenziteta ultraljubičastog zračenja na površini Zemlje uz upotrebu relevantnih meteoroloških parametara. Uračunati su uticaji ozona, SO₂, NO₂ , površinski albedo, nadmorska visina, visina planetarnog graničnog sloja, vidljivost, Angstromov turbulentni koeficijent i tip aerosoli. Model funkcioniše tako što se unesu vrednosti parametara, geografske koordinate lokacije, datum i vreme za koje je potrebno prognozu uraditi. Model NEOPLANTA je dizajniran na ovaj način kako bi se mogao koristiti na bilo kojoj lokaciji u svetu.



Slika 18. Rezultati merenog i prognoziranog UV indeksa za 3.10.2007. godine.

Na slici 18. prikazan je grafik na kom se nalaze rezultati merenja, prognoze sa standardnim vrednostima parametara pomoću modela NEOPLANTA i prognoze vrednosti UV indeksa sa promenjenom vrednošću visine planetarnog graničnog sloja. Vrednosti UV indeksa izmerene pomoću YANKEE UVB-1 biometra upoređene su sa vrednostima UV indeksa koje "daje" model NEOPLANTA. Rezultati dobijeni merenjem (plavi rombovi), upoređeni su sa rezultatima prognoze (żółte kwadraty) i sa rezultatima nove prognoze

(crveni trouglovi). Vrednosti najvažnijih parametara za prognozu UV indeksa: tip aerosoli je kontinentalni zagađeni², visina planetarnog graničnog sloja 700 m, optička debljina na 550 nm je 0.48, debljina sloja ozona 275 DU i Angstromov koeficijent³ 2.9. Nova prognoza na grafiku predstavlja prognozu UV indeksa sa promenjenom visinom planetarnog graničnog sloja, koja u ovom slučaju iznosi 1000m. Lokacija za koju su vršena merenja i prognoze je Novi Sad.

Odabrani grafik za prikaz rezultata je 3.10.2007. godine. Na ordinati je prikazana vrednost UV indeksa, na apscisi je prikazano vreme. Maksimalna vrednost UV indeksa je bila između 12:20 h i 13:40 h. Kada se posmatra koja od prikazanih prognoza više odgovara merenim vrednostima, može se zaključiti da nova prognoza, sa vrednošću visine planetarnog graničnog sloja od 1000 m, podudara sa merenim vrednostima.

Možemo zaključiti da prognoza sa promenjenim parametrom visine planetarnog graničnog sloja "daje" tačnije rezultate od prognoze sa standardom vrednošću ovog parametra. Veoma je bitno i to što je pokazano da rezultati dobijeni pomoću modela NEOPLANTA odgovaraju realnim vrednostima UV indeksa, rezultatima merenja.

² Kontinentalni zagađeni tip aerosoli- koncentracija Ni 50000 molekula/cm³, masena koncentracija µg/m³.

³ Angstromov koeficijent- funkcija optičkih osobina aerosoli I talasne dužine.

5. Zaključak

Prethodno su opisana poređenja merenja i satelitskih podataka debljine ozonskog omotača, a potom poređenja merenja i prognoze vrednosti UV indeksa.

Podaci koji se odnose na debljinu ozonskog omotača predstavljeni su za sva četiri godišnja doba 2008. godine. Tabelarno i grafički su upoređeni rezultati merenja debljine ozonskog omotača sa satelitskim podacima. Ovi rezultati se u najvećoj meri slažu za jesenji period 2008. godine. Izračunate su relativne greške u odnosu na satelitske podatke, za svako merenje pojedinačno. Na osnovu relativnih grešaka izračunato je srednje odstupanje za svaki period u godini posebno. Najveće srednje odstupanje je bilo u letu, iznosi 3.75 %.

Ovako upoređeni rezultati, uz izračunate relativne greške, dokazuju da instrument MICROTOPS II pokazuje vrednosti koje se dobro poklapaju sa satelitskim podacima.

Drugi deo prikazanih rezultata je grafik predstavljen na slici 18., pokazuje promenu UV indeksa za 3.10.2007. godine. Pomoću ovog grafika vidi se da ranije u kratkim crtama opisani model NEOPLANTA računa prognoze UV indeksa, uz odgovarajuće vrednosti parametara, koje se prilično dobro slažu sa izmerenim vrednostima. Navedena slika se odnosi na 3.10.2007. godine, koji je bio vedar dan. Grafik koji je predstavljen u ovom radu je jedan izdvojeni primer iz niza urađenih grafika. Grafika koji su rađeni u cilju poređenja rezultata merenja UV indeksa pomoću instrumenta YANKEE UVB-1 sa prognozama modela NEOPLANTA. Zajednička osobina ovih poređenja su dobra slaganja merenja i prognoze, odnosno verodostojne prognoze UV indeksa.

Nedostatak instrumenta i modela NEOPLANTA je to što je moguće merenje kao i prognozu vršiti jedino kada su dani vedri. Ova osobina u velikoj meri ograničava mogućnosti instrumenta, malo je dana o godini koji su vedri.

Reference

- [1] www.wikipedia.org
- [2] Skripta iz predmeta “ Atmosferska hemija“, dr Valerija Češljević
- [3] www.eduspace.esa.int
- [4] Tatić B., Janković M. i Kostić G., 1998: Ekološki problemi atmosfere, Narodna biblioteka Srbije, Beograd
- [5] Mijatović Z., Čonkić Lj. i Miljković S., 2002: UV zračenje, izvori, osobine, efekti i zaštita, PMF, Novi Sad
- [6] [www.esa.int /esaEO/](http://www.esa.int/esaEO/)
- [7] www.theozonehole.com
- [8] www.cmdl.noaa.gov
- [9] cmepr-serbia.if.ns.ac.yu

Biografija



Željka Jerković rođena 14. marta 1984. godine u Sremskoj Mitrovici. Osnovnu školu "Ivo Lola Ribar" i prirodno matematički smer gimnazije "Stevan Pušić" završila je u Rumi. Prirodno-Matematički Fakultet, smer diplomirani fizičar- meteorolog upisala je 2003. godine.

UNIVERZITET U NOVOM SADU
 PRIRODNO – MATEMATIČKI FAKULTET
 KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada: VR	Diplomski rad
Autor: AU	Željka Jerković
Mentor: MN	dr Zoran Mijatović
Naslov rada: NR	Monitoring ozonskog omotača u Srbiji
Jezik publikacije: JP	srpski (latinica)
Jezik izvoda: JI	srpski
Zemlja publikacije: ZP	Srbija
Uže geografsko područje: UGP	Vojvodina
Godina: GO	2009.
Izdavač: IZ	autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Novi Sad, Trg D. Obradovića 4

Fizički opis rada: FO	(5 / 46 / 0 / 4 / 18 / 0 / 0) (broj poglavlja / strana / lit. citata / tabela / slika / grafika / priloga)
Naučna oblast: NO	Fizika
Naučna disciplina: ND	Meteorologija
Predmetne odrednice, Ključne reči: PO UDK	Ozonski omotač, debljina ozonskog omotača
Čuva se: ČU	Biblioteka departmana za fiziku, Prirodno – matematički fakultet, Novi Sad
Važna napomena: VN	nema
Izvod: IZ	U ovom radu su prikazani rezultati merenja, upoređeni sa satelitskim podacima, debljine ozonskog omotača iznad Novog Sada i rezultati merenja UV indeksa, upoređeni sa prognozom UV indeksa, za određeni period.
Datum prihvatanja teme od strane NN veća: DP	4. jun 2009.
Datum odbrane: DO	13. jul 2009.
Članovi komisije: KO	(Naučni stepen / ime i prezime / zvanje / fakultet)
Predsednik:	dr Dragutin Mihailović, redovni profesor, Poljoprivredni Fakultet, Novi Sad
Mentor:	dr Zoran Mijatović, redovni profesor, PMF, Novi Sad
Član:	dr Borivoj Rajković, redovni profesor, Fizički Fakultet, Beograd

UNIVERSITY OF NOVI SAD

FACULTY OF SCIENCES

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession numer: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	Graduation thesis
Author: AU	Željka Jerković
Mentor: MN	Ph.D. Zoran Mijatović, Full professor
Title: TI	Monitoring of ozone in Serbia
Language of text: LT	Serbian (Latin)
Language of abstract: en/s LT	Serbian (Latin)
Country of publication: CP	Serbia
Locality of publication: LP	Vojvodina
Publication year: PY	2009
Publisher: PU	Author's reprint
Publication place: PP	Novi Sad, Trg D. Obradovića 4

Physical description: PD	(5 / 46 / 0 / 4 / 18 / 0 / 0)
Scientific field: SF	Physics
Scientific discipline: SD	Meteorology
Subject key words: SKW UC	Ozone layer, thickness of ozone layer
Holding data: HD	Departman of Physics, Faculty of Science and Mathematics, Trg D. Obradovića 4, Novi Sad
Note: N	none
Abstract: AB	In this work are presented results of measurements and compared with satellite informations, thickness of ozone layer above Novi Sad and results measurements of UV index compared with UV index prognosis in Novi Sad, for fix period of time.
Accepted of Scientific board on: AS	4 June 2009
Defended: DE	13 July 2009
Thesis defend board: DB	(degree / name and surname / title / faculty)
President:	Ph.D. Dragutin Mihailović, Full Professor, Faculty of Agriculture, Novi Sad
Mentor:	Ph.D. Zoran Mijatović, Full Professor, PMF, Novi Sad
Member:	Ph.D. Borivoj Rajković, Full Professor, Faculty of Physics, Beograd

