

# UV ZRAČENJE

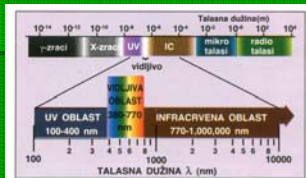
Aleksandra Živić

## Uvod

- Opis UV zračenja
- Kategorizaciju elektromagnetnog zračenja i mesto UV zračenja i njegovu podelu
- Fizičko-hemijski procesi u atmosferi
- UV indeks, definicija
- Interakcija bioloških tkiva sa UV zračenjem, dejstvo na kožu, oči, željeni i neželjeni efekti, zaštita od štetnog dejstva

## UV u spektru elektromagnetnog zračenja

- Elektromagnetske radijacije obuhvataju vrlo široko područje u pogledu talasnih dužina
- Sve one imaju istu prirodu

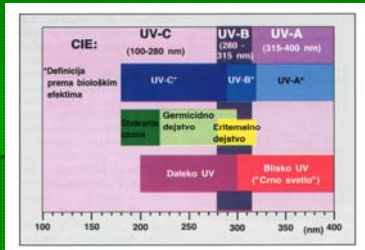


- Nevidljive radijacije koje pokazuju izrazito toplotno dejstvo nazvane su infracrveni zraci (IC zraci), imaju veće talasne dužine od vidljive svetlosti
- Nevidljive radijacije koje imaju manju talasnu dužinu od vidljive svetlosti nazivaju se ultraljubičasti zraci (UV zraci)
- Još manju talasnu dužinu imaju Röntgen-ovi ili X-zraci, a zatim γ-zraci sa radioaktivnih tela i najzad sekundarni kosmički zraci.

- Zračenje koje dospeva do nivoa mora, gde se najvećim delom i nalazi biosfera, odnosno živi svet naše planete, obuhvata deo spektra talasnih dužina između 290 do 3000 nm. Od toga,
- UV (ultraviolet, engl.,  $\lambda=290 - 490$  nm) čini 5%,
- VIS (visible, engl.,  $\lambda=400 - 780$  nm) čini 39%,
- IR (infrared, engl.,  $\lambda=780 - 3000$ nm) čini 56%

- Organizam „oseća“ IR kao toplotu, VIS vidi kao svetlost, a UV zračenje ne može osetiti direktno već samo indirektno preko pojave opekotina. Optički deo spektra se deli na tri oblasti:
- ultraljubičastu oblast koja pokriva opseg talasnih dužina od 100 - 400 nm
- vidljivu oblast u opsegu talasnih dužina 400 - 770 nm
- infracrvenu oblast od 770 - 10000 nm.

- Po definiciji CIE (Commission Internationale de l'Eclairage, publication No 69, 1985) podela UV zračenja je na



PODELA UV ZRAČENJA

- UV-C oblast (100-280 nm)
- UV-B oblast (280-315 nm)
- UV-A oblast (315-400 nm)
- Prema biološkom dejstvu na žive organizme UV zračenje se deli na tri oblasti:
  - UV-C oblast (180-290 nm)
  - UV-B oblast (290-320 nm)
  - UV-A oblast (320-400 nm)

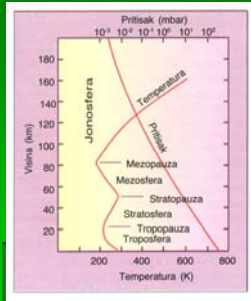
- Prema hemijskom dejstvu ultraljubičasto zračenje se deli na:
  - Zračenje u oblasti talasnih dužina od 175 nm - 220 nm – zračenje zahvaljujući kojem se u delu atmosfere, zvanom stratosfera formira ozon.
  - Zračenje u oblasti talasnih dužina od 220 nm - 300 nm – zračenje koje ima germicidno dejstvo.
  - Zračenje u oblasti talasnih dužina od 281 nm - 320 nm – zračenje koje ima najjače dejstvo za kožu i naziva se eritemalna oblast.

- Sa stanovišta spektroskopije UV oblast zračenja se deli na:
  - Daleku (ili vakuumsku) oblast UV zračenja od 200 nm do 300 nm
  - Blisku oblast („tamno svetlo“) koja obuhvata interval talasnih dužina od 300 nm do 400 nm

- UVA zračenje je najmanje štetno, nije bezopasno, naziva se „tamno svetlo“, deluje zbirno, pojačava efekte UVB zračenja
- UVB zračenje ima vrlo destruktivna dejstva, potiče od Sunca, 90% u atmosferi se apsorbuje od strane ozona
- UVC zračenje je zračenje najveće energije i gotovo potpuno se apsorbuje u atmosferi, koristi se za sterilizaciju vazduha, zračenje talasnih dužina od 180 nm do 200 nm razara nukleinske kiseline i belančevine, a talasnih dužina od 260 nm do 290 nm ima razorno dejstvo, koristi se za uništavanje bakterija i virusa

## Solarano UV zračenje

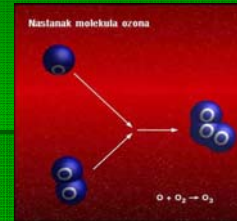
- Zemljina atmosfera je gasni omotač oko Zemlje
- Njeno postojanje je posledica gravitacije Zemlje
- Atmosfera predstavlja smešu gasova čiji sastav zavisi od nadmorske visine
- Zbog gravitacionog dejstva gustina gasa opada sa povećanjem visine



SLOJEVI ATMOSFERE

- Prema visini osnovna podela atmosfere je na sledeće slojeve:
  - Troposfera, koja se prostire do visine od oko 25km
  - Stratosfera od 25km do oko 50km, sadrži najveću količinu ozona
  - Mezosfera od 50 km do 80km
  - Jonosfera koja se proteže iznad mezofere do visine od 400km, a iznad nje se nalazi Egzosfera.

- Ozon ( $O_3$ ), kiseonička hemijska materija, je nepostojani gas, alotropska modifikacija kiseonika čiji se molekul sastoji od tri atoma kiseonika



ALOTROPSKA MODIFIKACIJA KISEONIKA

- Proces za formiranje molekula ozona odvija se u dve faze:
  - U prvoj fazi razbija se molekul kiseonika na dva atoma uz ulaganje energije
 
$$O_2 + E_1 \rightarrow O + O$$
  - u drugoj fazi jedan od atoma sjedinjuje sa molekulom kiseonika  $O_2$  i tako se formira molekul ozona
 
$$O + O_2 \rightarrow O_3$$
- Energija neophodna za disocijaciju molekula iznosi oko 5,13 eV

- Molekul ozona se može i razložiti (disociirati) uz znatno manje ulaganje energije
 
$$O_3 + E_2 \rightarrow O + O_2$$
- Minimalna energija potrebna za ovu reakciju iznosi oko 1,13eV
- Drugi mogući proces u kojem „nestaje“ molekul ozona



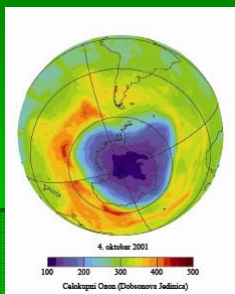
- Molekul ozona se može rasformirati i u drugim reakcijama sa drugim molekulima
 
$$O_3 + X \rightarrow X O_2 + O$$

- Sa povećanjem nadmorske visine na svakih 1000m UV zračenje raste za oko 15%
- Intenzitet UVB zračenja koje je biološki najefektivnije raste za oko 6%
- Dinamički proces stvaranja i razgradnje ozona određuje ukupnu količinu ozona u stratosferi
- Dva osnovna uzroka koji utiču na debljinu ozonskog omotača su:
  - prirodni faktor uzrokovan atmosferskim promenama,
  - antropogeni faktor uzrokovan povećanim zagađivanjem atmosfere usled emisije štetnih gasova koji uništavaju ozonski omotač.

- Ukoliko bi se celokupni ozon nad nekom posmatranom površinom na nju projektovao na 0 stepeni Celzijusa i pritiskom od 1 atmosfere, debljini sloja ozona od 0,01mm odgovarala bi 1 Dobsonova jedinica – DU (Dobson Unit)
- Debljina sloja ozona, iznosi oko 350DU na srednjim geografskim širinama
- Oko ekvatora su nešto niže vrednosti

- Za smanjenje ozonskog omotača mogu da budu odgovorni prisustvo hlora nastalog fotodisocijacijom iz freona (hlorofluorometana), azotni oksidi iz motora sa unutrašnjim sagorevanjem na Zemlji, iz aviona, nuklearne eksplozije i drugi faktori
- Freon u atmosferi pod dejstvom UV zračenja biva disosovan, oslobađaju se atomi hlora

- Nastali atom hlora napada molekule ozona i vrši njegovu dekompoziciju pretvarajući ih u kiseonik
- Smanjenje može da poveća ukupni nivo UV zračenja na Zemlji a naročito onog kraćeg UVB zračenja
- Godišnje promene debljine ozonskog omotača iznad Antarktika su takve da se svake godine tokom proleća ozonski omotač smanjuje za oko 50% usled hemijskih procesa, čak na nekim mestima i do 90%

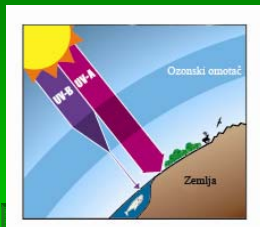


OZONSKA RUPA  
IZNAD ANTARKTIKA

- Usled smanjenje koncentracije ozona nad Antarktikom došlo je do prodora većih količina UV zraka Sunca u okean znatno dublje nego što se pretpostavljalo
- Ovo je naravno uzrokovalo smanjenu produktivnost jednoćelijskih organizama

## UV indeks mera biološkog dejstva

- UV zračenje koje dolazi do površine Zemlje sastoji se od direktnih i rasipajućih komponenti
  - Direktna komponente se sastoje iz zračenja koje dolazi sa Sunca i prolazi direktno kroz atmosferu bez rasejanja ili apsorbovanja
  - Rasipajuće komponente se rasejavaju makar jednom pre nego dospeju do Zemlje



PROLAZ UVA I UVB KROZ  
ATMOSFERU

- UVC zračenje se gotovo potpuno apsorbuje u ozonskom sloju i od strane atmosferskog kiseonika ( $O_2$ )
- UVB zračenje se u velikoj meri apsorbuje u ozonskom sloju
- UVA zračenje u najvećoj količini stiže do Zemlje, jer se slabo apsorbuje u ozonskom omotaču

- Parametar kao indikator izloženosti UV zračenja naziva se UV INDEKS
- Njegova definicija je standardizovana i publikovana kao zajednička preporuka
- Svetske Zdravstvene Organizacije (World Health Organization – WHO)
- Svetske Meteorološke Organizacije (World Meteorological Organization – WMO)
- Programa Ujedinjenog Naroda za Okolinu (United Nations Environment Programme – UNEP)
- Međunarodne Komisije za Nejonizovano Zračenje (International Commission on Non-Ionizing Radiation – ICNIRP)

- UV indeks je jedinica mere UV nivoa, relevantna delovanjima na ljudsku kožu (UV izazvan eritem)
- UV indeks je definisan kao korisno zračenje dobijeno integraljenjem spektralnog zračenja pomnoženog težinskom funkcijom CIE (1987) po talasnim dužinama od 290nm - 400nm.

$$UV_{bio} = \int B_{\lambda} F_{\lambda} d\lambda$$

$B_{\lambda}$  – normalizovani biološki aktivan spektar

$F_{\lambda}$  – spektar UV zračenja

$\lambda$  – talasna dužina

- UV indeks je izražen numerički, kao ekvivalent vremenski otežanog i srednjeg efikasnog zračenja (W/m<sup>2</sup>) pomnoženog sa 40.

$$UVI = UV_{bio} * 40$$

- Vrednosti UV indeksa prema Environmental Protection Agency



#### MINIMALAN – 0, 1, 2

- minimalna opasnost od UV zračenja, može se ostati na suncu više od jednog sata a da se ne dobiju opekotine

#### NIZAK – 3, 4

- malu opasnost od UV zračenja, preporučuje se korišćenje šešira sa širokim obodom, naočare za sunce i zaštitne kreme, osetljiva populacija mora na sebi imati i odeću dugih rukava, jer već kroz dvadesetak minuta mogu da zadobiju opekotine

#### SREDNJI (VISOK) – 5, 6

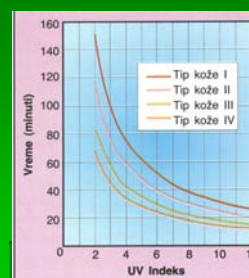
- predstavlja značajnu opasnost od UV zračenja, preporučuje se upotreba naočara za sunce, šešira sa širokim obodom, zaštitne kreme i odeća sa dugim rukavima, ne preporučuje se izlaganje suncu u vremenu od 10,00h do 16,00h

#### VISOK (VRLO VISOK) – 7, 8, 9

- predstavlja visoku opasnost od UV zračenja, smanjiti boravak na suncu ako je to moguće, obavezno nositi šešir sa širokim obodom, naočare za sunce, zaštitnu kremu i odeću dugih rukava, neophodno potražiti hladovinu

#### VRLO VISOK (EKSTREMNO VISOK) – 10 i više

- predstavlja vrlo veliku opasnost od UV zračenja, maksimalno smanjiti boravak na otvorenom sredinom dana, preporučuju se zaštitne kreme, šeširi sa širokim obodom, naočare za sunce, odeća dugih rukava gustog tkanja i obavezno izbegavanje boravka na direktnom suncu, jer u suprotnom mogu da zadobiju opekotine za manje od 5 minuta



VREME IZLAGANJA UV ZRAČENJU

- Potrebno vreme izlaganja UV zračenju koje će izazvati crvenilo kože u zavisnosti od intenziteta UV zračenja izraženog u jedinicama UV indeksa za različite tipove kože:

- Tip I 1MED = 200J/m<sup>2</sup>
- Tip II 1MED = 250J/m<sup>2</sup>
- Tip III 1MED = 350J/m<sup>2</sup>
- Tip IV 1MED = 450J/m<sup>2</sup>

Dogovorom iz 1975. godine uvedena je klasifikacija na šest osnovnih tipova kože, u zavisnosti od načina i brzine reakcije na Sunčevo zračenje

1. **Tip I – KELTSKI** tip kože: uvek lako gori, nikada ne tamni, oči su svetle, ten je beo sa pegicama;
2. **Tip II – GERMANSKI** tip kože: sličan tipu I, uvek lako gori, vrlo malo tamni, neosunčana koža je svetla, kosa je riđa ili svetla, oči plave ili smeđe ili boje lešnika;
3. **Tip III – SREDNJOEVROPSKI, KAVKAVSKI** tip kože: umereno gori, postepeno i ravnomerno tamni, ali ne mnogo. Ten je srednje svetao;

4. **Tip IV – MEDITERANSKI, MONGOLSKI, ORIJENTALNI** ili **HISPANO** tip kože: minimalno gori, uvek dobro tamni do srednje tamne nijanse. Koža je svetla ili umereno tamna, a oči i kosa tamno smeđi;

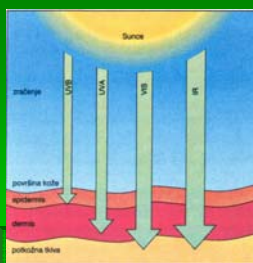
5. **Tip V – HISPANO, INDIJANSKI (AMERIČKI i ISTOČNI INDIJANCI)** tip kože: retko gori, dobro tamni do tamno braon nijanse. Neosunčana koža je vrlo tamna;

6. **Tip VI – CRNCI (AFRIČKI i AMERIČKI CRNCI, AUSTRALIJSKI i JUŽNOINDIJSKI ABORIDŽINI)**: koža ne gori, potpuno je crna i bez sunčanja.

## Delovanje UV zračenja na živi svet

- Akutno izlaganje kože Sunčevom zračenju ili UV zračenju veštačkog porekla dovodi do akutnog oštećenja kože – crvenila (opekotina), a kasnije do zadebljanja i tamnjenja kože
- Jedini dokazani korisni efekti ovakvog izlaganja se ogledaju u sintezi vitamina D i lakom zagrevanju kože

- Prilikom svakodnevnog nenamernog izlaganja kože Suncu, veliki deo zračenja se zaustavlja već u epidermisu, površinskom sloju kože
- Fizički procesi koji se tada odigravaju su:
  - refleksija
  - refrakcija
  - difrakcija ili prava apsorpcija



FIZIČKI PROCESI

- Refleksija predstavlja odbijanje fotona bez razmene energije, nema efekata zračenja na kožu
- Transmisija je proces propuštanja zračenja do dermisa i krvnih sudova
- Apsorpcija zračenja se može dogoditi u hromoforama

- Pod dejstvom UV zračenja može doći do:
  - akutnog
    - erythema solare
    - zadebljanje kože
    - tamnjenje kože
  - hroničnog oštećenja kože
    - foto starenja kože
    - fotokarcinogeneze kože

▪ **Erythema solare (reakcije, pojave crvenila i opekotina)**

- izazivaju je UVB zraci moguće i UVA zraci
- Posle nekoliko sati izlaganja Suncu nastaje eritem i javljaju se bule i edem sa bolom i peckanjem
- Moguće je poremećaj opšteg stanja u vidu glavobolje, pečenje i zatezanje kože, svraba, povišene temperature, povraćanja i drhtavice
- UVB i UVA zračenje daju izražen crveni eritem, a UVC zračenje daje bledo-ružičasti eritem

- Eritem se uobičajeno javlja posle 3 do 5 sati od ekspozicije UV zračenjem, dostiže maksimum za oko 8 do 24 sata, a potom nestaje u roku od 3 dana
- Talasna dužina zračenja, tip i stanje kože u pogledu debljine i pigmentacije su najvažniji činioci koji utiču na dozu UV zračenja potrebnu da izazove eritem na koži

▪ **Pigmentacija kože (tamnjenje kože)**

- Količina pigmenta u koži veoma utiče na eritemski odgovor kože kod primene UV zračenja
- Vrste pigmentacije kože:
  - konstitutivna (nasledjena zbog pripadnosti određenoj rasi)
  - fakultativna (indukovana)
- Tamnjenje kože se odvija u dve faze:
  - u vidu neposrednog pigmentnog tamnjenja
  - odloženog pigmentnog tamnjenja

- Neposredno pigmentno tamnjenje se javlja odmah u toku izlaganja UV zračenjem i potiče od pigmenta već postojećeg u koži, dolazi samo kod osoba koje konstitucijski imaju srednje tamnu kožu, može biti izazvano UVB, UVA zračenjem
- Odloženo pigmentno tamnjenje (melanogeneza) je rezultat povećanja broja, veličine i pigmentacije melanijskih granula, trajnije je i ima značajniju ulogu u zaštiti kože od UV zračenja. UVB zračenje izaziva pojavu «pega od Sunca» kod osoba svetle puti

▪ **Zadebljanje kože**

- Odmah posle zračenja postoji prestanak rastezanja ćelija za 24 sata
- UVB a delimično i UVC zračenje izaziva hiperplaziju i zadebljanje epiderma i u manjoj meri derma kože
- Najveće zadebljanje epiderma nastaje uglavnom posle 8 do 14 dana nakon ozračivanja, predstavlja «opravku» nastalog oštećenja ćelija, a u isto vreme izaštitu od UV zračenja

▪ **Fotostarenje kože**

- Fotostarenje kože nastaje posle dugotrajnog izlaganja Suncu kao posledica dejstva UVB zraka, a u manjoj meri i UVA
- **Fotokarcinogeneza**
  - Fotokarcinogeneza se javlja zbog dugotrajnog izlaganja UV zračenju talasne dužine manje od 320nm (UVB) i UVA zraci sa talasnim dužinama većim od 340nm

### ▪ **Fotodermatoze**

- Fotodermatoze su oboljenja kože koja nastaju zbog dejstva UV ili VIS zračenja
- Uzroci njihovog nastanka mogu biti:
  - Poremećaji metaboličkih procesa
  - Lekovi ili hemikalije
  - Idiopatska oboljenja
  - Postojeća oboljenja pogoršana UV ili VIS zračenjem.

### ▪ **Fotosenzibilizacije**

- je fotohemijski proces, nastaje kada se energija prenosi sa molekula koji je apsorbovao zračenje na neki drugi molekul
- Postoje dva osnovna tipa
  - Fototoksični ili fotodinamski tip
  - Fotoalergija ili fotoalergijski dermatitis
- **Starenje**
  - je prirodan, regresivan proces kome podleže svaka jedinka
    - Prirodno
    - Prevrneno (ubrzano)

### ▪ **Oštećenje imunološkog sistema**

- Imuni sistem je primarni sistem koji brani organizam od infektivnih oboljenja i sprečava razvoj određenih oblika kancerogenih oboljenja

### ▪ **Rak kože**

- Rak bazalnih ćelija – „glođući rak“ je najčešći oblik raka kože
- Rak skvamoznih ćelija se razvija iz spinoznog sloja kože
- Maligni melanom je agresivan i vrlo zločudan oblik raka kože
- Solarne keratoze su dosta česti benigni tumori i predstavljaju nenormalni rast ćelija na površinama kože koje su često izložene dejstvu Sunca

- **Mladeži** su benigni tumori melanocita
- Urođeni mladeži koji rastu preko 1,5cm u prečniku, imaju 6% šansi da postanu maligni posle 18. godine



MALIGNI MELANOMI

- Previše zračenja bilo u VIS ili u UV oblasti spektra može da ošteti oko
- Pojava slepila usled vrlo intenzivnog zračenja
- Katarakta
- Rast tkiva na beonjači (ptorigijum)
- Makularna degeneracija
- Rak kože oko očiju



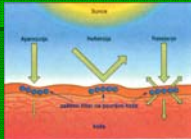
MALIGNI MELANOM OKO OKA

- Najbolja zaštita očiju od dejstva UV zračenja je korišćenje zaštitnih naočara, ali naočara koje imaju UVB i UVA filtere
- Osim vidljivog spektra zračenja stakla naočara moraju u velikoj meri da apsorbuju i zračenje u pomenutim UV oblastima
- Osnovno svojstvo ovih preparata je definisano kao **zaštitni faktor** (Sun Protection Factor, **SPF**)
- Zaštitni faktor je srednja vrednost rezultata istraživanja i prvi put se pojavio na ambalži preparata PIZ BUIN 1966.godine





- Zaštitni filtri predstavljaju osnovne komponente preparata za zaštitu od sunca
- **Fizički ili mehanički filtri** rasejavaju, rasipaju ili reflektuju zračenje sa površine kože bez obzira na talasnu dužinu
- **Hemijski filtri ili UV apsorberi** su supstance koje reaguju sa zračenjem, UVB delu spektra i u UVA oblasti



DELOVANJE SUPSTANCI ZA ZAŠTITU

## Merenje intenziteta UV zračenja

- Merenje inteziteta vidljive sunčeve svetlosti, inteziteta UV svetlosti, temperature, atmosferskog pritiska, vlažnosti, pravca i brzine vetra, na Prirodno-matematičkom fakultetu u Nišu vrši se automatskom meteorološkom stanicom američke firme „Davis“ sa Ventidž Pro sistema



CENTRALNA JEDINICA METEOROLOŠKE STANICE

- Sastoji iz centralne jedinice sa mikroprocesorskom konrolom i dva modula sa senzorima za merenje meteoroloških parametara



MODUL METEOROLOŠKE STANICE SA SENZORIMA ZA MERENJE FIZIČKIH VELIČINA

- Izled senzora za merenje solarne radijacije i UV ideksa
- Prema spoljasmjem izgledu su isti, ali se razlikuju jer se koriste različite fotodiode, a velika je razlika u optičkom filterskom sistemu

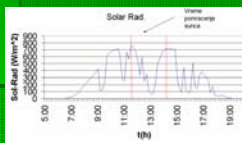


SENZOR UKUPNE SOLARNE RADIJACIJE (300 – 1100 nm)

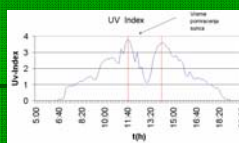


SENZOR ULTRALJUBIČASTE SOLARNE RADIJACIJE (290 – 300 nm)

- Pojava pomračenja Sunca
- Vredost UV indeksa postepeno opada do minimalne vrednosti kada je pomačenje Sunca maksimalno, a zatim raste sve dotle dok se završi pojava pomračenja Sunca



PROMENA SOLARNE RADIJACIJE U TOKU POMRAČENJA SUNCA



PROMENA UV INDEKSA U TOKU POMRAČENJA SUNCA

## Zaključak

- Ultraljubičasta (UV) oblast optičkog zračenja čini zračenje u oblasti od (100-400) nm. Ovo zračenje je zračenje najveće energije u spektru optičkog zračenja. U zavisnosti sa koje tačke gledišta se UV zračenje posmatra i u zavisnosti od efekata koje proizvodi u različitim sistemima oblast UV zračenja se deli na (UVA, UVB, UVC).
- UV indeks je jedinica mere UV nivoa relevantna delovanjima na ljudsku kožu.
- Na sadašnja kretanja i ponašanje ozonskog omotača snažno utiču radioaktivni, hemijski i dinamički procesi u stratosferi. Značaj ovih procesa može biti povećan ljudskim aktivnostima i rezultatom većih kratkoročnih varijacija ozonskog omotača i UVB radijacije. Negativan uticaj na zdravlje ljudi može biti eliminisan profesionalnom svesnošću javnosti baziranoj na, recimo, informacijama UV indeksa. U svakom slučaju, sledeći vek donosi izazov aktivnije i individualnije kontrole UV izloženosti i mere zaštite, bar za veliki fotoosetljivi deo populacije.
- Na Prirodno-matematičkom fakultetu u Nišu, uz pomoć meteorološke stanice "Davis" već duže vreme automatski se vrše merenja untezitetu vidljive sunčeve svetlosti, inteziteta UV svetlosti, temperature, atmosferskog pritiska, itd.

**Hvala na  
paznji!!!**

