

FIZIKA EKOLOGIJE

ENVIRONMENTAL PHYSICS

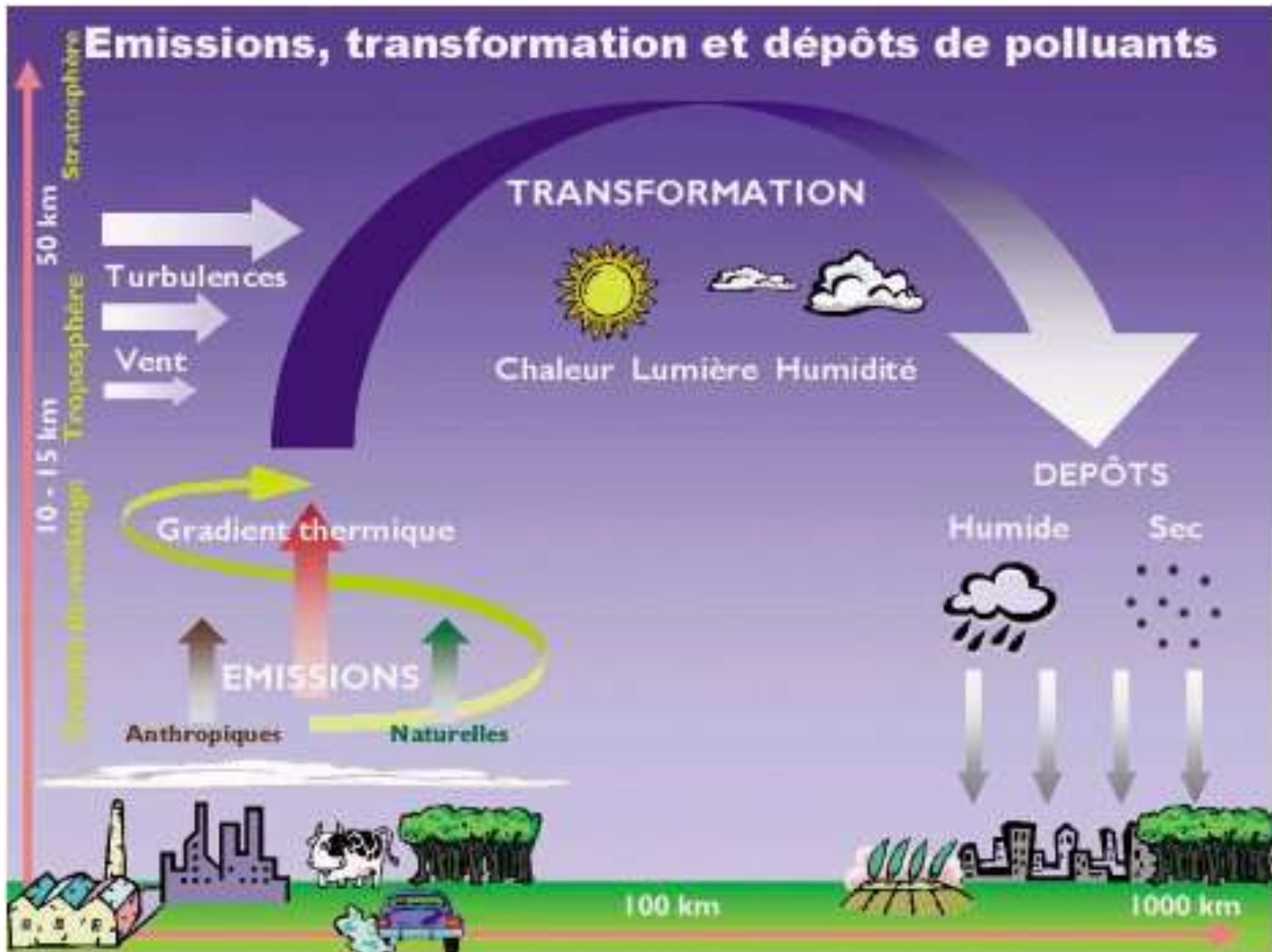
Prof. dr Dragoljub Belić, Fizički fakultet, Beograd

IV

GLOBALNI EFEKTI ZAGAĐENJA

- Efekat “kiselih kiša”
- Globalno zagrevanje Zemljine atmosfere ili efekat “staklene bate”
- Smanjenje ozonskog omotača Zemlje ili pojava “ozonskih rupa”

Transport polutanata



Kisele kiše nastaju kada se produkti emisije sagoravanja fosilnih goriva, u prvom redu SO_2 i NO_x kombinuju sa vlagom u atmosferi.

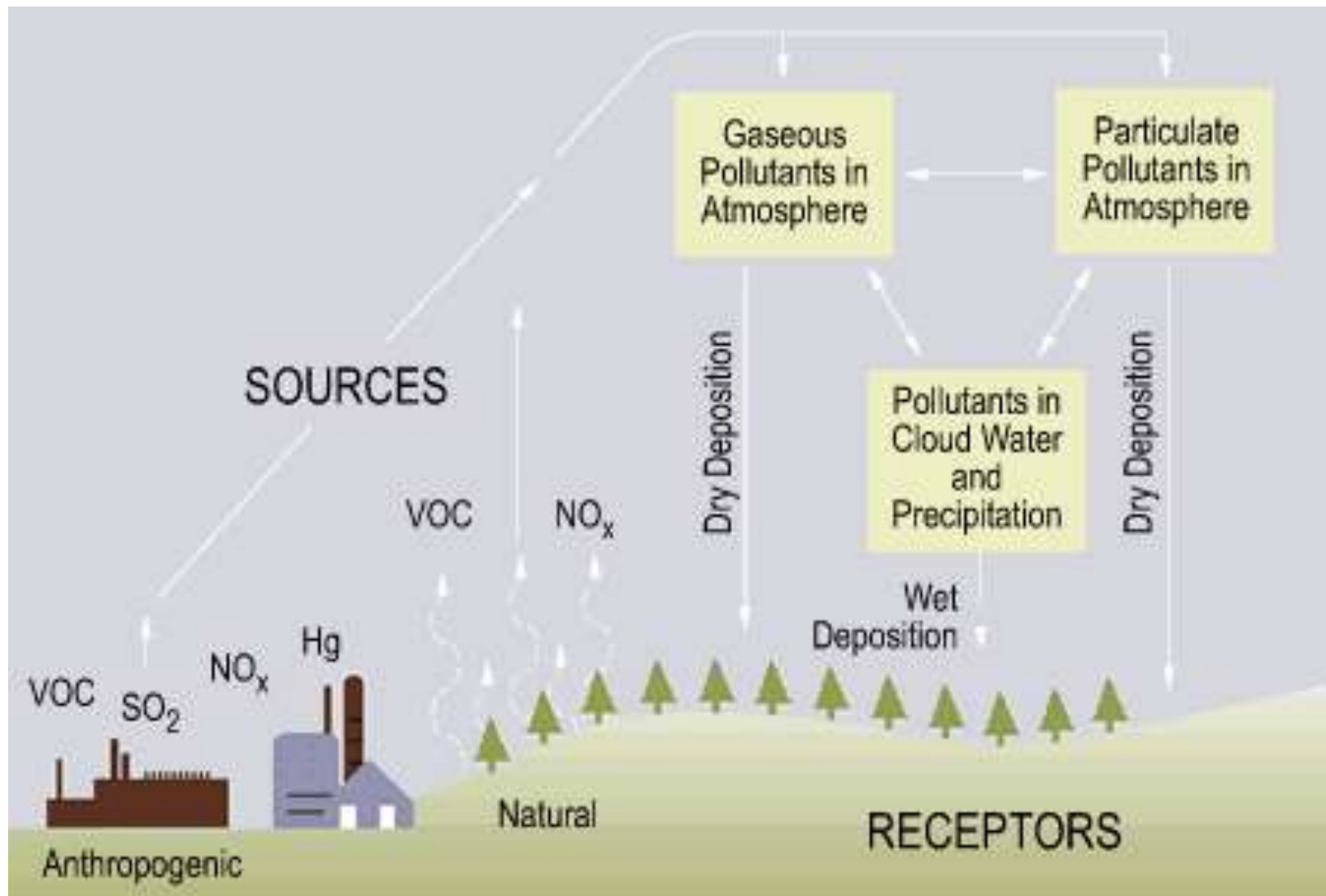
Ekološki efekti kiselih kiša su:

- Zakišeljavanje jezera i reka,
- Pomor riba i divljači
- Oštećenje šuma i drugog rastinja
- Ubrzano propadanje zgrada i drugih dobara,
- Smanjenje vidljivosti, i
- Lošiji kvalitet vazduha.

Ozbiljan su uzročnik oboljenja:

- Utiču na rad srca i oboljenje pluća
- Izaziva astmu i bronhitis

Nastanak kiselih kiša



Šta su kisele kiše i šta ih izaziva?

- “Kisele kiše” su široko korišćen pojam za opisivanje više puteva kojima kiseline padaju iz atmosfere. Precizniji termin bi bio kisela depozicija, koja ima dva oblika:
- **Vlažna depozicija** se odnosi na kiselu kišu, maglu i sneg. Sve ove kisele padavine spolja i kroz zemlju utiču na biljke i životinje. Jačina tog uticaja zavisi od niza faktora, od stepena kiselosti vode, hemijskog i prihvatnog kapaciteta zemljišta i tipa drveća, riba i drugih organizama u vodi.
- **Suva depozicija** se odnosi na kisele gasove i čestice. Oko polovine kiselosti u atmosferi pada na zemlju u vidu suve depozicije. Vetar nanosi kisele čestice i gasove na zgrade, kola, kuće, drveće... Suvo deponovani gasovi i čestice mogu takodje biti sprani kišom, čineći vodu još kiselijom.

Nauka je otkrila i dokazala da su glavni izvori ili uzroci nastanka kiselih kiša:

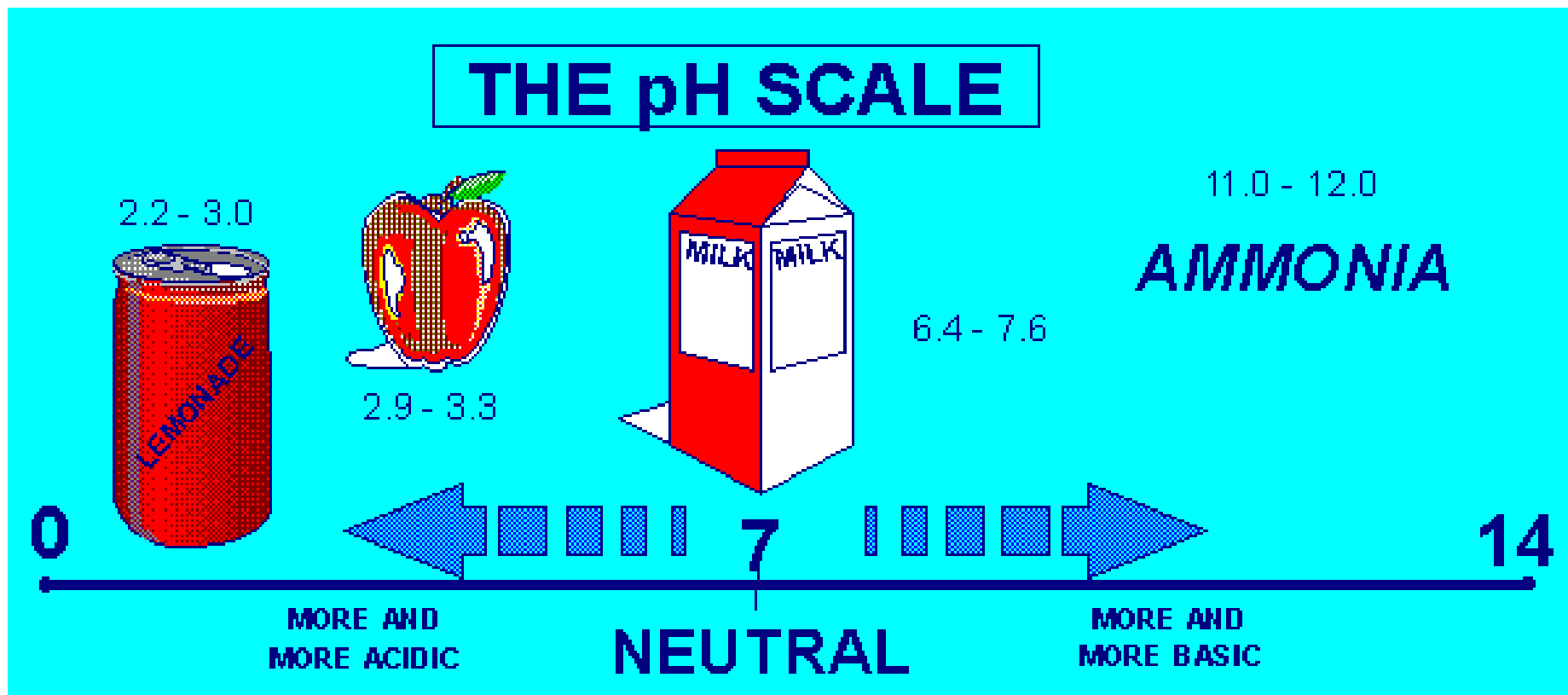
- Sumpor dioksid – SO_2 i
- Azotni oksidi – NO_x .
- Gasovite organske materije - VOC
(Volatile organic compounds)

- Kisela kiša nastaje kada ovi gasovi reaguju u atmosferi sa vodom, kiseonikom i drugim hemikalijama formirajući različita kisela jedinjenja. Sunčeva svetlost ubrzava ove reakcije. Rezultat su blagi rastvori sumporaste i azotne kiseline.
- U SAD, oko 2/3 ukupnog SO_2 i 1/4 ukupnih NO_x dolazi od proizvodnje električne struje koja počiva na sagorevanju fosilnih goriva, prvenstveno uglja.

Kako merimo kiselost kiše?

- Merenje kiselosti se vrši korišćenjem „pH-skale“. Ona se definiše kao negativni logaritam odnosa H^+ i OH^- jona u rastvoru. Sto je niža pH vrednost supstance, to je ona kiselija.
- Vrednosti pH skale odredjuju koliko je supstanca kisela ili bazna. Kreće se od 0 do 14. Supstanca sa $pH=7$ je neutralna, manje od 7 imaju kisele, a više od 7 bazne supstance. Svaki ceo broj manji od 7 oznacava 10 puta kiseliju supstancu. Isti odnos vazi i za bazne ili alkalne supstance.

Kiselost – pH skala



- Hemijske supstance rastvorene u vodi daju joj kiseli ili bazni karakter. Supstance koje su veoma kisele ili veoma bazne nazivaju se »reaktivne« supstance. **One mogu da izazovu ozbiljne povrede ili oštećenja.**
- Čista voda je neutralna, sa $\text{pH}=7$.
- Normalna kiša je malo kisela zbog rastvorenog CO_2 u njoj i ima pH oko 5,5.
- Kisele kiše sa rastvorenim SO_2 i NO_x imaju nizu vrednost pH .
- Na primer, najkiselija kiša u SAD od 2000 godine imala je $\text{pH}=4,3$.

Uticaj kiselih kiša na materijale

Kisele kiše i suvi depozit kiselih čestica izazivaju koroziju metala (čelik, bronza i dr.) i oštećenja boje i kamena (mermer, krečnjak).

- Ugožene su zgrade, mostovi, kulturni objekti (statue, spomenici), automobili,...
- (U SAD se koristi otporna boja za automobile, dodatak od 5 dolara po autu ili ukupno 61 milion dolara godišnje).
- Jedino pravo rešenje je redukcija emisije SO_2 i NO_x .

Školski primer za štetnost kisele sredine

- Staviti komad krede u posudu sa bezbojnim sirćetom, a drugi u posudu sa vodom. Ostaviti ih da stoje 1 dan. Sledećeg dana pogledati koji komad krede je više oštećen.
- Kreda je napravljena od kalcijum karbonata i kiselina je razgradjuje. Kisele kiše oštećuju krečnjak, mermer, ali i školjke, životinjske kosti i zube, koji takodje sadrže kalcijum karbonat.

Monitoring kiselosti sredine se vrši metodama:

- Kontinualne opticke spektroskopije,
 - Masene spektrometrije
 - Poluprovodnickih senzora
 - Hemiluminiscencije
 - Tekuće hemijske neutralizacije
 - ...
 - Kompaktnim mobilnim uredjajima
- Sa posebno razvijenim standardima za kalibraciju, sa vrlo detaljnim uputstvima radi postizanja zadovoljavajuće tačnosti i ujednačenosti merenja.

U SAD kisele kiše i polutanti se kontrolišu putem dve mreže, obe u saradnji sa EPA:

- Atmospheric Deposition Program (ADP) meri vlažnu depoziciju i daje mape sa pH vrednostima padavina i ostalim važnim taložećim hemikalijama,
- The Clean Air Status and Trends Network (CASTNET) meri suhu depoziciju, daje mape depozicije, lokacije, kao i metode koje koristi.

Neophodno je redukovati efekte kisele kiše:

- Regulisanjem industrijske emisije
- Povećanjem energetske efikasnosti
- Korišćenjem alternativnih izvora energije, i
- Programima smanjenja zagađenja.

Kako strateški smanjiti efekte kiselih kiša?

U.S. EPA je 1990. godine uvela **novi** program ‘Caps and Trade for Clear Skies’ (Limit i trgovina za čisto nebo) da bi smanjila efekte kisele kiše.

- Uveden je limit na ukupnu emisiju SO₂ (od 8.95 miliona tona godišnje)
- Od 2000. godine uvedeni su i limiti na NO_x i Hg, na nivou 70% nižem od predjašnjeg
- EPA određuje dozvoljene kvote emisije za svakog proizvođača. On može da smanji emisiju ili da kupi deo kvote od drugog proizvođača energije, odnosno izvora zagađenja
- Proizvođač je dužan da kontinualno meri emisiju po zadatim standardima. Na kraju godine mora se imati pokriće za datu količinu emisije, inače se automatski plaćaju visoki penali
- Neiskorišćene kvote se mogu prodati ili deponovati za naredni period. To može da inicira bržu redukciju emisije nego što to zakon zahteva.

Kvalitet vazduha se može zaštititi:

Rezultati u SAD (septembar, 2003)

- Od 1970. godine U.S. EPA beleži trend smanjenja zagađenosti i poboljšanja kvaliteta vazduha i pored povećanja obima proizvodnje, utroška energije i povećanja saobraćaja.
- Emisija 6 glavnih polutanata vazduha smanjena je za 48%
- Emisija SO₂ iz termoelektrana je 2002. godine bila 10,2 miliona tona, 9% niža nego u 2000. i 41 % manje nego u 1980. godini.
- Emisija NO_x je iznosila 4,5 miliona tona, 13% manje nego 2000. i 33% manje nego 1990.

- Godišnji izveštaj ukazuje na značajno smanjenje emisije, reda 50% u poslednjih 20 godina, za 6 glavnih odnosno kritičnih polutanata:
 - ugljen monoksid, CO
 - olovo, Pb
 - azot dioksid, NO_x
 - ozon, O₃
 - čvrste čestice, PM
 - sumpordioksid SO₂.

EKSPERIMENTI ZA UČENIKE:

1) Merenje pH vrednosti hemikalija u vodenom rastvoru

- pH indikator je hemikalija koja menja boju u kontaktu sa kiselinom ili bazom.

Potreban materijal: Lakmus pH papir

- Kolor indikator za poredjenje (za skalu od 3 do 12)
- Baštenski kit za testiranje pH tla
- Destilovana voda
- Belo sirće
- Soda bikarbona (kućni amonijak)
- Tri čase i tri kašičice

Uputstvo:

- Nasuti 1/2 čase destilovanom vodom u sve tri čaše
- Nasuti 1/2 kašičice belog sirćeta u jednu čašu
- Nasuti 1/2 kašičice amonijaka (sode bikarbone) i promešati
- U trećoj čaši ostaviti čistu vodu
- Zaroniti čist nekorišćen lakmus papir u čašu sa sirćetom oko 2 sekunde i odmah poredjenjem očitati pH vrednost i zapisati

Ili pomešati 1/4 kašičice rastvora sirćeta sa 1/4 kašičice test-rastvora baštenskog kita i promešati

- Isto uraditi i sa sodom bikarbonom
- Ponoviti postupak i sa destilovanom vodom
- Očitati pH vrednosti rastvora

Zaključci:

- a) Sirće je kiselina i ima pH vrednost oko 4, boji lakmus u žuto, a sve ostale indikatore u crveno.
- b) Amonijum je baza, sa $\text{pH}=12$ i boji indikatore u plavo
- c) Destilovana voda je neutralna

2) Odredjivanje pH nekih supstanci (voća, napitaka, boraksa u deterdzentu)

- Kiseline su jakog, oštrog ujusa, a baze su gorke. Zbog štetnog dejstva ne treba ih probati čulima ukusa.

Potreban material:

- Lakmus pH papir ili baštenski kit
- 3 voćke (limun, pomorandza, dinja,...)
- 3 napitka (koka-kola, sinalko, mleko)
- 1 kašičica boraksa
- 4 čase, kašičica, nož, pribor za pisanje

Uputstvo:

- a) Iseći voćke na pola
- b) Postaviti lakmus papir 2 sekunde na sveži presek voća i odmah očitati pH (u slučaju kit-probe iscediti 1/4 kašičice soka u 1/4 kašičice probe
- c) Označiti čaše i u njih sipati napitke, izmeriti pH
- d) Sipati 1/8 kašičice boraksa u 1/4 čaše destilovane vode i mešati 2 minuta, izmeriti pH (sipati 1/4 kašičice boraksa i jednu kašičicu probnog rastvora i promućkati, odrediti pH na osnovu boje rastvora.

Zaključci:

- Limun, pomorandza i dinja su nakiseli, imaju pH oko 2.
- Koka kola i drugi gazirani napitci su kiseli jer sadrže CO_2 , pH je ispod 4
- Mleko je neutralno, ali može da pokaže odstupanje u zavisnosti od starosti i tehnologije prerade
- Boraks je jaka baza i boji indikatore u plavo, pH=9

3) Pravljenje prirodnog pH indikatora.

Može se napraviti od crvenog kupusa (kuvanjem) – on sadrži hemikalije koje menjaju boju u svetlo crvenu u kiselinama i plavu u bazama.

Material:

- iseckan crveni kupus
- posuda za kuvanje, rešo
- 1/2 litra vode
- belo sirće
- amonija ili soda bikarbona
- prozirni napici
- 3 čaše

Uputstvo:

- a) Kuvati kupus u poklopljenom sudu oko 30 min
- b) dhladiti pa odstraniti ostatke kupusa
- c) sipati 1/4 case tečnosti u svaku čašu
- d) dodati 1/4 kašičice sode bikarbone u jednu čašu i promešati
- e) dodati 1/4 kašičice sirćeta u drugu i promešati
- f) dodati 1 kašičicu bistrog napitka u treću čašu i promešati
- g) posle zapisivanja boja sipati sadržaj sirćeta u amonijak

Slično se može uraditi i korišćenjem baštenskog kita

Zaključci:

- Dodavanjem sirćeta boja se menja od ljubičaste u crvenu
- Dodavanjem sode boja se menja u plavu
- Mešanjem rastvora sirćeta i sode dolazi do neutralizacije i boja se vraća u prirodnu ljubičastu.
- Napitak je kiseo, menja boju u crvenu

4) Merenje pH vrednosti prirodne vode

Material:

- Lakmus papir ili baštenski kit
- čiste papirne čaše

Uputstvo:

- a) Locirati u okolini rečni tok, jezero i potok
- b) Uzeti uzorke vode iz njih
- c) Odrediti pH vrednosti vode

Zaključak:

Voda je nakisela, to je posledica atmosferskog zagađenja. Pronaći na Internetu kako to utiče na akvatične životinje i biljke

5) Merenje pH tla

Merenje pH tla je važno jer je to važan uslov za razvoj biljaka (voća i povrća) i životinja na njemu.

Material:

- Baštenski kit
- destilovana voda
- 2 čaše zemlje sa različitim lokacija

Uputstvo:

- Izabrati 2-3 lokacije (bašta, šuma, park, livada)
- Uočiti biljne i životinjske vrste staništa
- Zakopati oko 5 cm i uzeti uzorke u čašu
- Izmeriti pH vrednosti prema uputstvu za baštenski kit

6) Prihvatnost tla (Soil Buffering)

Tlo ponekad sadrži različite supstance, kao krečnjak i neke soli, koje prihvataju (upijaju) kiseline ili baze. Primećuje se razlika u pH kiseline koja se sipa kroz zemlju u filter. Ako je kiselina manje kisela posle prolaska kroz zemlju, ta zemlja ima osobine upijanja za nju.

Material:

- Lakmus papir (2-10) ili baštenski kit
- 2 čaše zemlje iz obližnjeg tla
- destilovana voda
- sirće
- 3 filter papira za kafu
- veći levak

Uputstvo:

- a) Sipati po kašičicu sirćeta u dve čaše destilovane vode, promešati i izmeriti pH vrednost (oko 4)
- b) Staviti filter za kafu u levak i nasuti zemlje sa date lokacije
- c) Držati levak iznad čaše i sipati vodu sa sirćetom (malo) dok ne pocuri
- d) Izmeriti pH iscurele vode lakmus papirom ili baštenskim kitom
- e) Ponoviti eksperiment sa zemljom sa druge lokacije

Zaključci :

- Ako je pH vode ostao isti, zemlja ne upija kiselinu
- Ako je povećan, smanjena kiselost, zemlja upija kiselinu
- Ako se sipa više vode, zemlja se zasiti kiselinom i prestaje da je upija
- Ako se zemlji doda krečnjak (baza), moć upijanja kiseline se povećava, ali su za to potrebne nedelje

7) Posmatranje uticaja kisele kiše na rast biljaka

Kisela kiša najčešće oštećuje biljke, ispiranjem hranljivih materija i trovanjem biljke otrovnim metalima. Može da ima i direktne efekte, što se može videti u eksperimentu u trajanju od oko 2 nedelje.

Material:

- 4 čaše od stakla
- destilovana voda
- bezbojno sirće
- 2 odsečka filadendrona (list i deo drške)
- 2 odsečka begonije

Uputstvo:

- a) Sipati kašičicu sirćeta u dve čaše sa destilovanom vodom, izmeriti pH, podesiti dodavanjem sode na 4
- b) Izmeriti pH destilovane vode i ako nije 7 podesiti je dodavanjem baze ili kiseline
- c) Označiti čaše sa
 - voda filadendron
 - kiselina filadendron
 - voda begonija
 - kiselina begonija
- d) Sipati po čašu destilovane vode u dve čaše sa oznakom voda
- e) Sipati zakiseljenu vodu u ostale dve čaše
- f) Staviti grančicu filadendrona u dve označene čaše da se potopi presek i deo lista

- g) Staviti grančicu begonije na isti način u obe čaše
- h) Postaviti sve čaše na bezbedno mesto sa dnevnom svetlošću
- i) Na svaka dva dana proveriti da li su biljke u tečnosti (eventualno doliti)
- j) Posle jedne nedelje uporediti pušteno korenje sve četiri biljke
- k) Posle 2 nedelje uporediti dužinu puštenog korenja

Zaključci:

Brže napreduju biljke u destilovanoj vodi, kisela voda kao i kisela kiša oštećuje biljku i usporava ili zaustavlja njen rast.

8) Moc upijanja (prihvatnost) jezera, bare i potoka

Posmatrati efekat krečnjaka na kiselost vode. Neka područja, dna jezera ili tla, imaju dosta krečnjaka što pomaže u neutralizaciji efekata kisele kiše. Nekada se drobljeni krečnjak dodaje tlu ili vodi za neutralizaciju, dok se ne otkloni uzrok kiselosti.

Material:

- Lakmus papir ili baštenski kit
- destilovana voda
- čaše i kačičice
- 1/2 čaše drobljenog krečnjaka
- dve široke posude (činije)
- plastična kesa

Uputstvo:

- a) Označiti jednu posudu “sirće”, drugu ”sirće+krečnjak”
- b) Sipati 1/4 čaše drobljenog krečnjaka u jednu posudu
- c) Sipati po 1 kašičicu sirćeta u 2 čaše sa destilovanom vodom i izmeriti pH (4)
- d) Sipati jednu čašu vode sa sirćetom preko krečnjaka u posudu i izmešati, izmeriti pH vrednost
- e) Sipati čašu vode sa sirćetom u drugu posudu
- f) Pokriti posude plastičnom kesom da ne isparavaju
- g) Svaki dan za 6 dana promešati kašičicom posude i nakon 4 sata, pošto se krečnjak slegne, izmeriti pH

Zaključci:

Rastvor u posudi sa krečnjakom postaje manje kiseo, sa pH od 4 dolazi do 6, onaj drugi se ne menja.

Zdrobljeni krečnjak upija kiselinu.

9) Uicaj kiseline na metal

Kiselina postepeno nagriza metal.

Material:

- - Lakmus papir ili baštenski kit
- - dve male staklene čaše
- - bkarni novčići
- - sirće,
- - destilovana voda
- - plastična kesa

Uputstvo:

- a) Ozačiti jednu čašu sa 'voda', drugu sa 'sirće'
- b) Staviti po jedan novčić u svaku čašu
- c) Preliti novčić vodom i sirćetom, odrediti im pH
- d) Prekriti čaše plastičnim kesama da ne isparavaju
- e) Odložiti čaše 5 dana na suvo mesto
- f) Posle 5 dana posmatrati promene

Zaključci :

- U čaši sa vodom nije došlo ni do kakvih promena
- Sadržaj čaše sa kiselinom postao je plavkasto-zelen, od rastvaranja bakra

EFEKAT STAKLENE BAŠTE

- Efekat 'staklene bašte' je prirodno prisutan proces kojim se zagreva Zemljina površina i atmosfera.
- Rezultat je činjenice da pojedini gasovi, CO_2 , vodena para, CH_4 , apsorbuju dugotalasno zračenje sa Zemljine površine.
- Bez ovog efekta temperatura na Zemlji bila bi oko $30\text{ }^\circ\text{C}$ niža i život verovatno ne bi postojao, bar ne u ovom obliku.

Efekat staklene bašte

A T M O S F E R A

SUNCE

Deo zračenja se odbija od atmosfere i Zemljine površine
163 W/m²

Deo infracrvenog zračenja prolazi kroz atmosferu i gubi se u svemiru.

GASOVI STAKLENE BAŠTE

Sunčevo zračenje prodire kroz atmosferu.
Količina dolazećeg zračenja 343 W/m²

Deo infracrvenog zračenja apsorbuju i reemituju molekuli gasova staklene bašte. Direktna posledica je zagrevanje Zemljine površine i troposfere

Površina se više zagreva i opet emituje infracrveno zračenje

Sunčevo zračenje apsorbuje Zemljina površina i zagreva se.
168 W/m²

Zemlja emituje toplotu u vidu dugotalasnog infracrvenog zračenja nazad u atmosferu

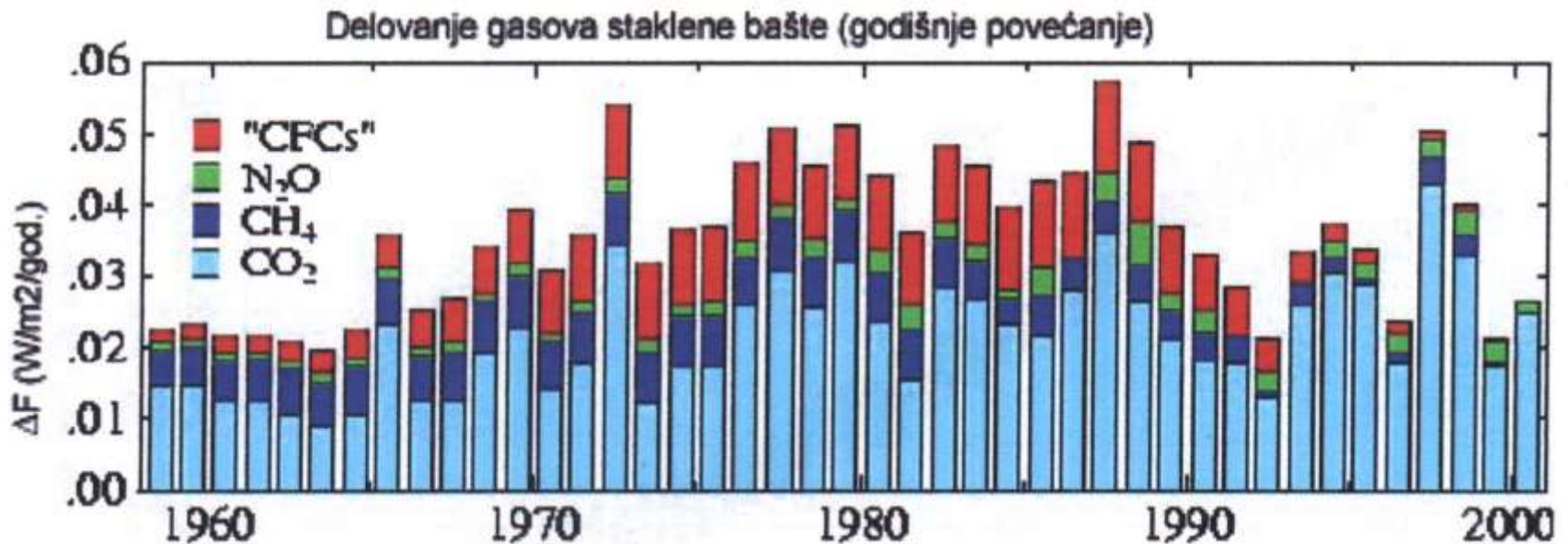
- 26 % Sunčevog zračenja se reflektuje od oblaka nazad u svemir
- 19 % energije apsorbuju oblaci, gasovi i čestice
- 4 % se reflektuje sa površine Zemlje u svemir
- 51 % stiže na Zemlju i raspoređuje se na:
 - zagrevanje okoline
 - otopljanje snega i leda
 - isparavanje vode
 - fotosintezu

Zagrevanje tla Sunčevom energijom uzrokuje da se ono ponaša kao izvor toplotnog IC zračenja. Samo mala količina ovog zračenja odlazi u svemir, a najveći deo apsorbuju tzv. gasovi staklene bašte u atmosferi. Pobudjeni gasovi reemituju ovo zračenje i 90 % se ponovo vraća na Zemlju gde se ponovo apsorbuje i proces traje sve dok ima ovog dugotalasnog zračenja.

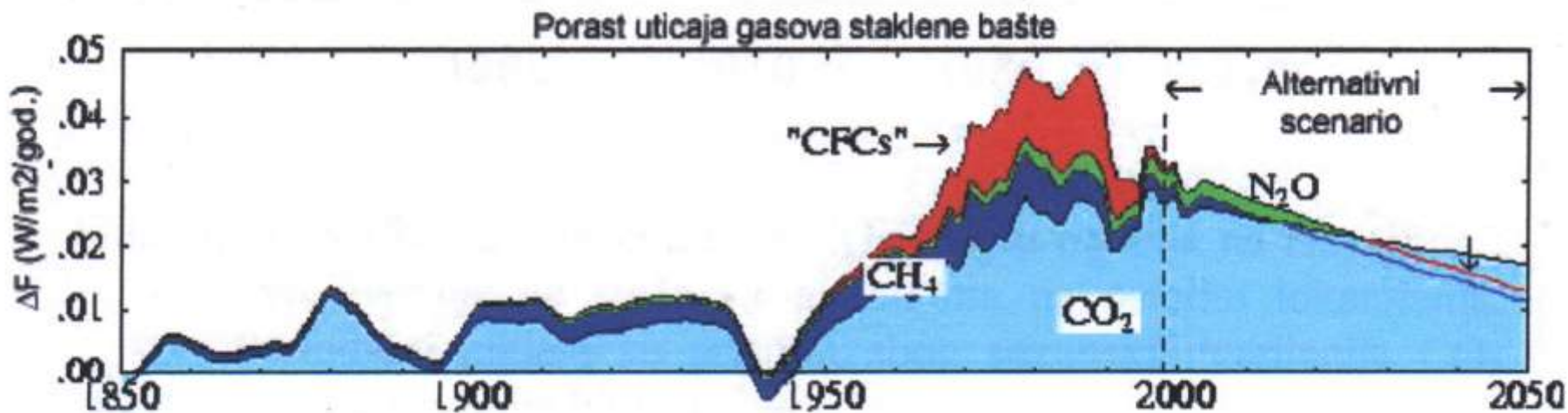
- Količina toplote dodata atmosferi određena je koncentracijom gasova staklene bašte.
- Koncentracije svih gasova staklene bašte su povećane od industrijske revolucije.
- Numeričko modeliranje efekta ukazuje da povećanje CO₂ može izazvati porast srednje globalne temperature za 1-3 %.
- Problem u proračunima predstavlja uloga vodene pare, koja ovaj efekat može da umanja.

Gasovi staklene bašte:

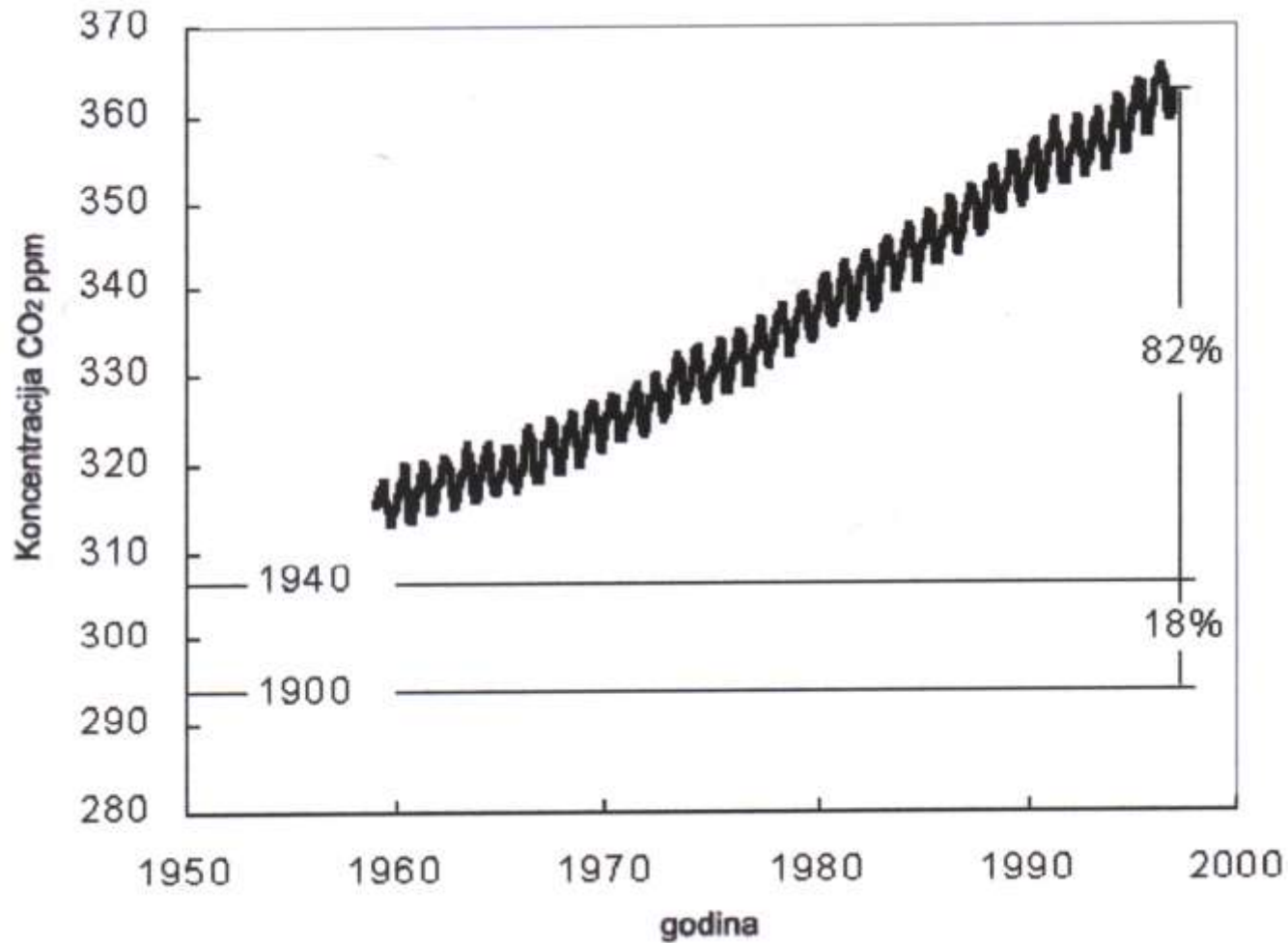
- CO₂ uticaj: 55 %
- CFC 25 %
- CH₄ 15 %
- N₂O 5 %



Porast uticaja gasova staklene bašte na atmosferu;
deo grafika posle 2000. godine prikazuje alternativni
scenario ako se ispoštuje smanjenje emisije CO₂.



Koncentracija CO₂ u ppm. Periodični ciklusi su sezonske godišnje varijacije usled apsorpcije biljaka

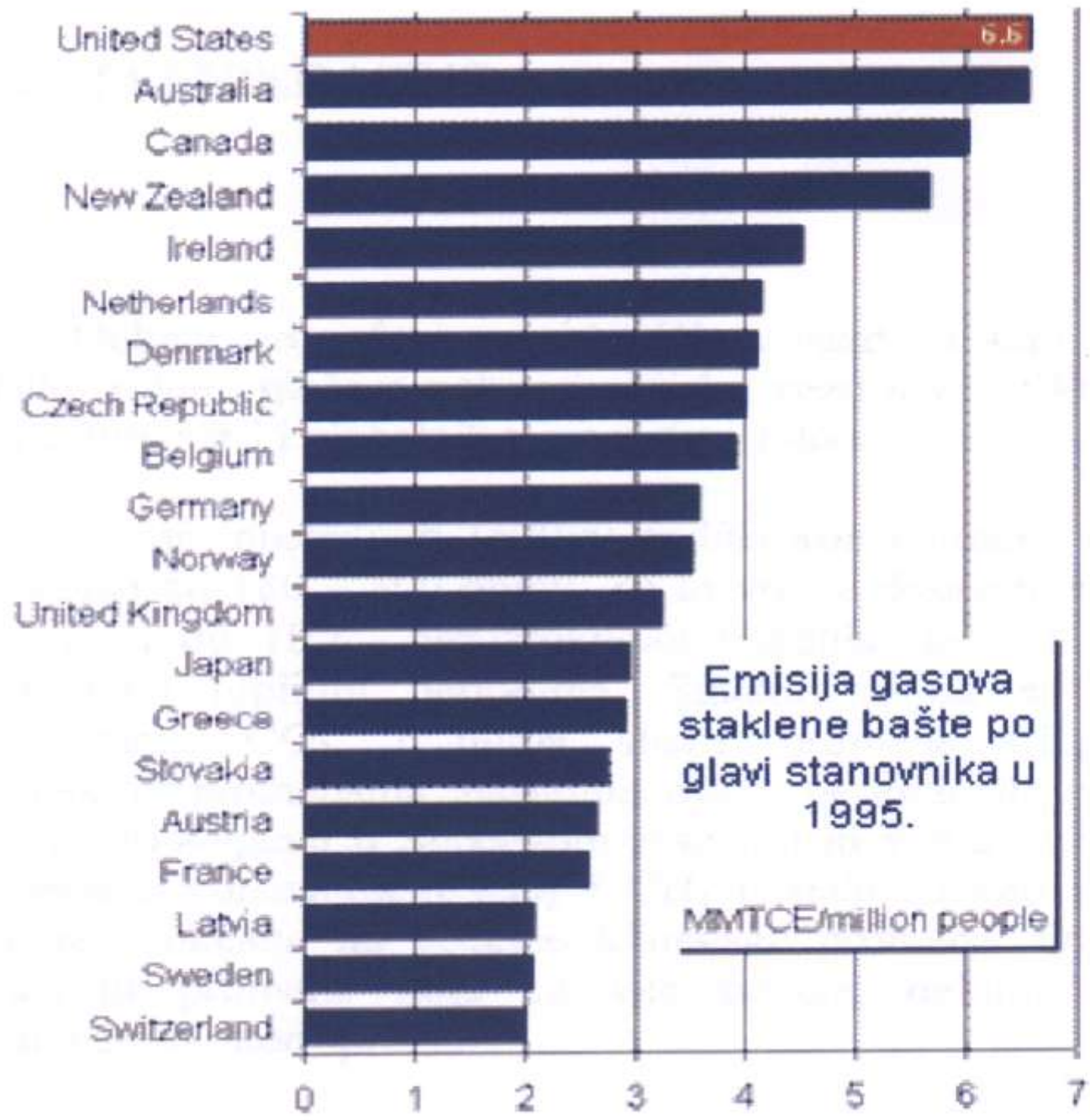


Tab. 1.1. Koncentracije i izvori gasova staklene bašte

Gas staklene bašte	Koncentracija 1750. god.	Današnja koncentracija	Promena u procentima	Prirodni i ljudski izvori
CO ₂	280 ppm	360 ppm	29%	šumski požari; vulkani; sagorevanje fosilnih goriva; krčenje šuma; promena u korišćenju zemljišta
CH ₄	0,7 ppm	1,7 ppm	143%	močvare; termiti; eksploatacija nafte i gasa; sagorevanje biomase; uzgajanje pirinča; stoka; deponije
N ₂ O	280 ppb	310 ppb	11%	šume; livade; okeani; njive; đubriva; sagorevanje biomase i fosilnih goriva
CFC	0	900 ppt	/	frižideri; sprejevi; rastvori za čišćenje
O ₃	nepoznata	različita po geografskoj širini i visini u atmosferi	smanjuje se u stratosferi a raste blizu Zemljine površine	prirodno se stvara dejstvom Sunčeve svetlosti na molekularni kiseonik i veštački fotohemijском proizvodnjom smoga

Tab. 1.2. Godišnje emisije gasova staklene bašte

gas	godišnja emisija	izvor
CO ₂	1,6 Pg C	promene u korišćenju zemljišta
CH ₄	70-120 Tg CH ₄	sagorevanje fosilnih goriva
	200-350 Tg CH ₄	uzgajanje pirinča, stočarstvo, sagorevanje biomase
N ₂ O	3-8 Tg N	poljoprivreda i industrija (proizvodnja azotne kiseline)



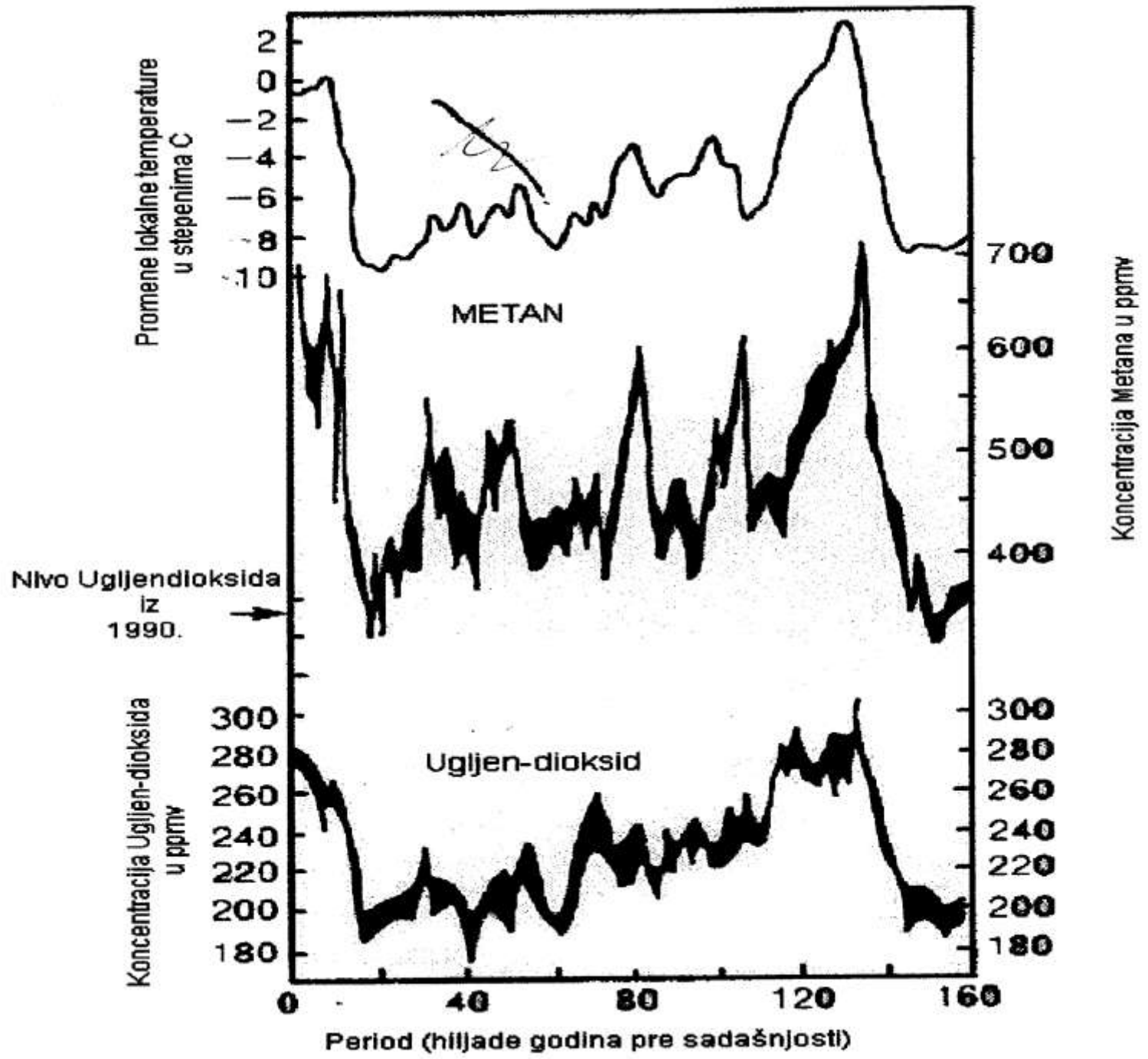
Emisija gasova staklene bašte po glavi stanovnika u 1995.

MMTCE/million people

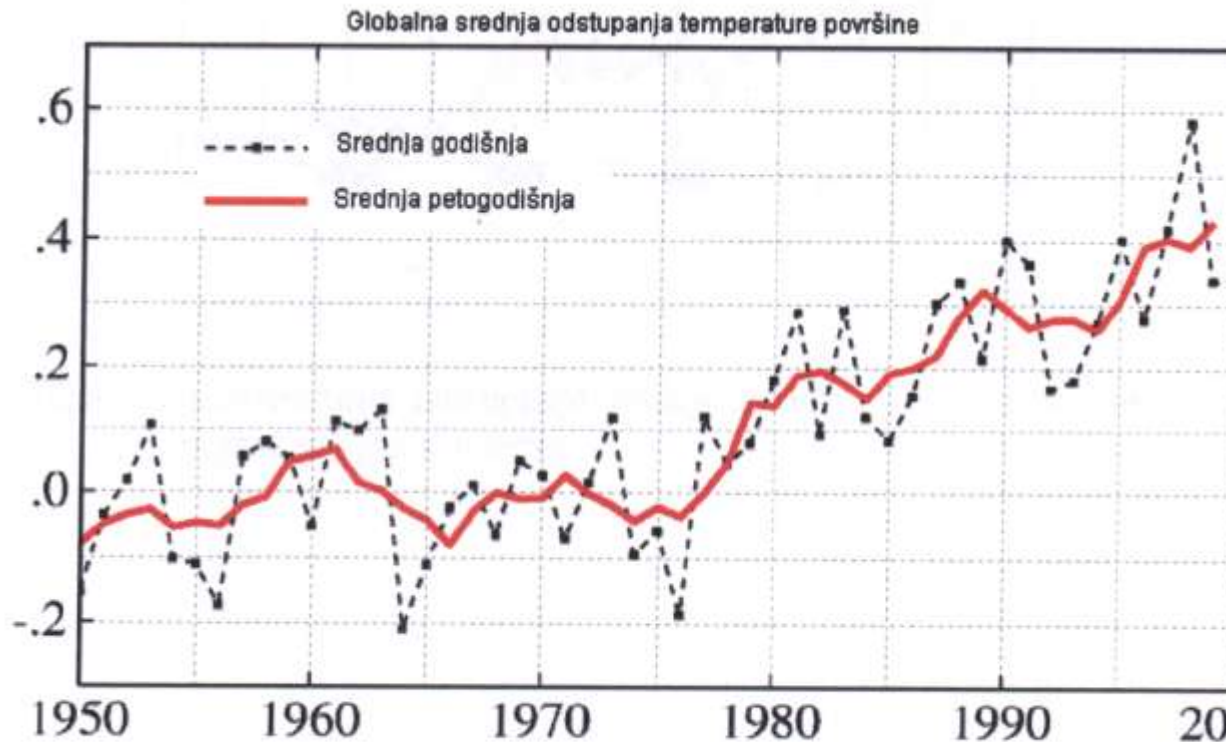
Uticaji efekta staklene bašte na:

- Globalnu temperaturu atmosfere
- Topljenje ledenog pokrivača
- Porast nivoa mora
- Uticaj na biljni i životinjski svet (polarni svet, šume, ptice,...)
- Uticaj na zdravlje ljudi

- Tokom poslednjih 160.000 godina uslovi na Zemlji su se menjali. Smenjivali su se ledeni i topli periodi. Smatra se da su promene posledice promene Zemljine orbite, Sunčevih erupcija i velikih vulkanskih erupcija. Promene su se kretale u intervalu do 10 °C.
- Analiza zarobljenog vazduha u ledenoj kori Antarktika pokazuje da su koncentracije CO₂ i CH₄ blisko povezane sa lokalnom temperaturom u poslednjih 160.000 godina.



- Globalna temperatura na površini Zemlje raste.
- U poslednjih 100 godina porasla je za 0,45-0,6 °C.
- Najviše se zagreva severna hemisfera i to posebno u poslednjih 25 godina.



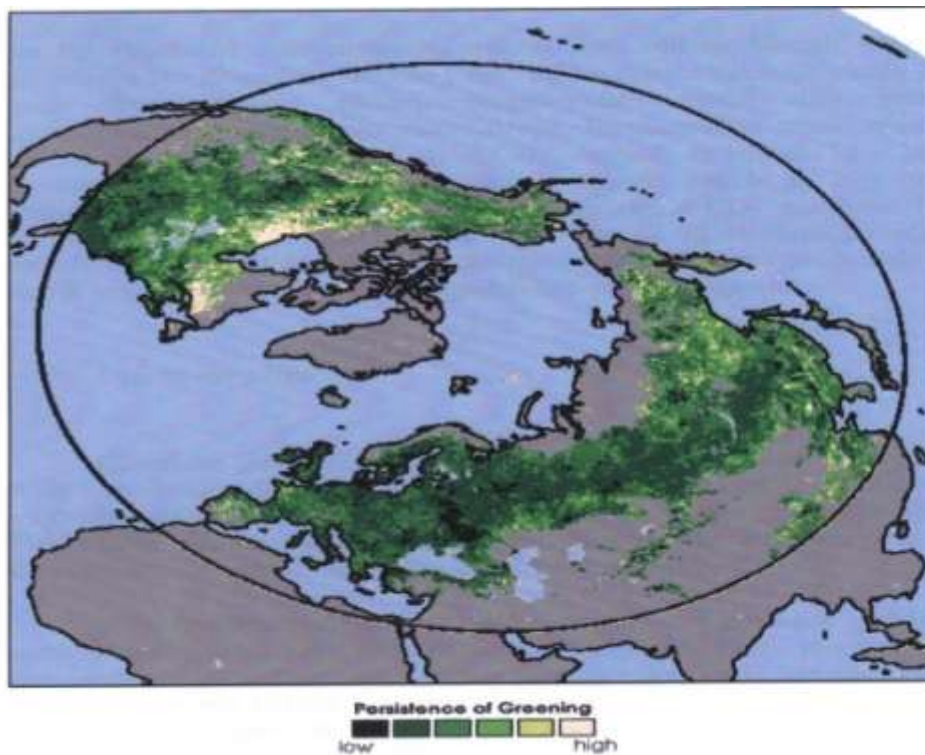
Topljenje ledenog pokrivača i porast nivoa mora

- Led na polovima pokriva 10 % kopna i sadrži 77% zaliha slatke vode. Prosečna debljina je 2100m. Više ga ima na Antarktiku.
- Ako bi se sav led otopio nivo mora bi porastao za oko 80 m.
- Zagrevanje od 2-3 °C započelo bi topljenje na severnom polu. Potpuno topljenje leda na Arktiku povećalo bi nivo mora za 6 m. Antartik je hladniji i ove promene temperature ne bi izazvale topljenje leda na njemu.

- Led se na severnoj hemisferi postepeno topi. U poslednjih 35 godina stanjio se za 42%. Nivo mora kod Aljaske i Kanade raste 0,15-0,30 mm godišnje.
- Od 150 glečera u 1850. godini na Aljasci i u Kanadi, danas ih ima oko 50.
- Merenja pokazuju da je u poslednjem veku nivo mora porastao u proseku za 15-20 cm. U geološkoj istoriji promene su bile po nekoliko desetina metara.
- Proračuni predviđaju da će nivo mora porasti do 2050. godine za 15, a do 2100. godine za 34 cm, samo usled efekta staklene bašte.

Uticaj promena na ekosisteme

- Satelitski snimci pokazuju da se površina snežnog pokrivača severne hemisfere smanjila za 10 % od 1960. godine. To utiče na biljni i životinjski svet ovih oblasti.
- Porast temperature za oko 2 °C pomerio bi granice staništa šuma na severnoj polulopti za oko 300 km na sever.



Akcije za ublažavanje globalnog zagrevanja

KJOTO PROTOKOL

Najveći svetski proizvođači CO₂ su:

1. SAD
2. Kina
3. Rusija
4. Japan
5. Indija
6. Nemačka
7. V. Britanija
8. Kanada
9. J. Koreja i
10. Ukrajina

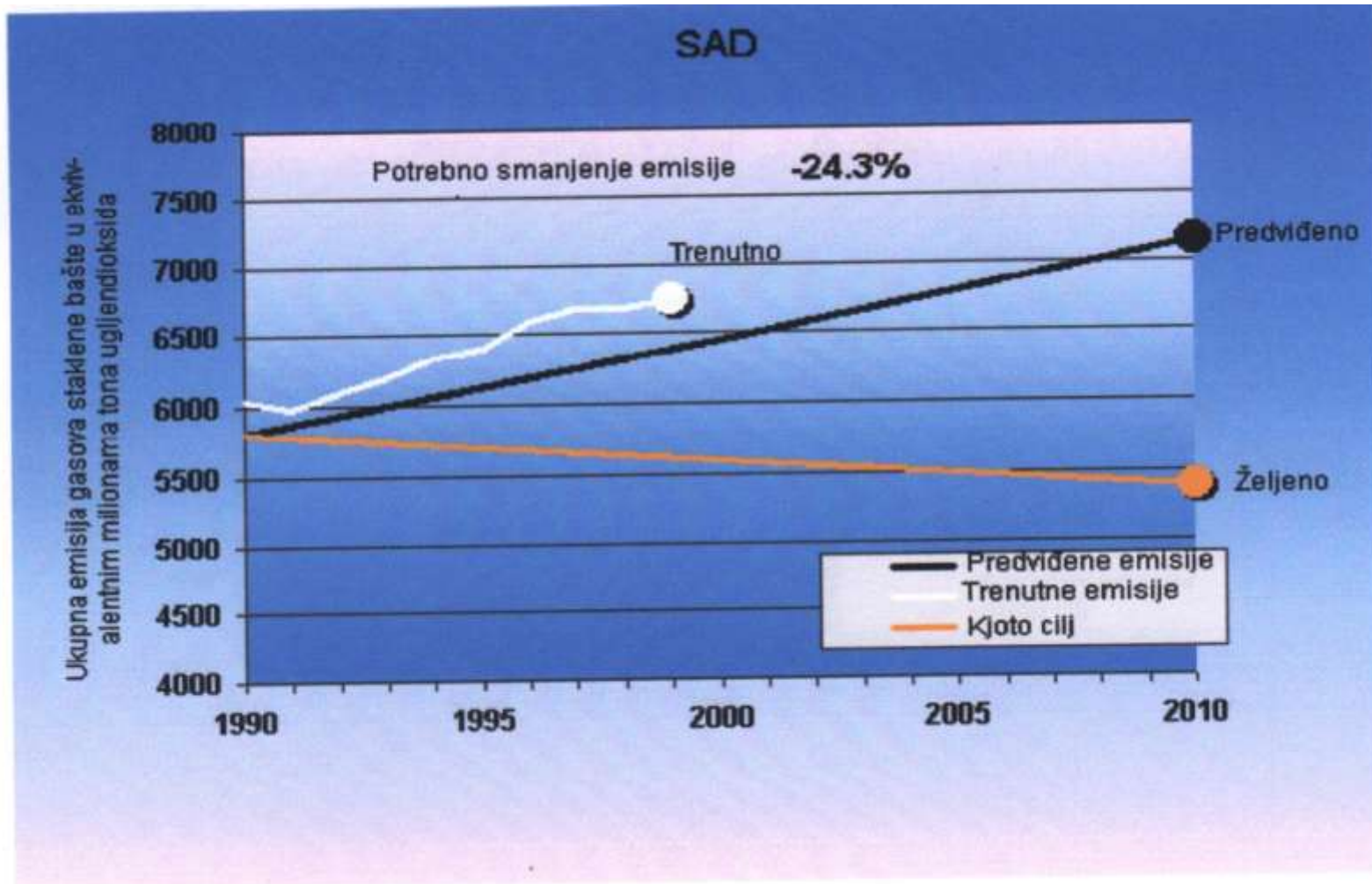
Aktivnosti UN na globalnoj zaštiti životne sredine

- Štokholmska konferencija UN 1972
- Bečka konvencija 1985
- Montrealski protokol 1987
- Rio de Žaneiro 1992
- Berlin 1995
- Kjoto, Japan 1997.

KJOTO PROTOKOL

- Razvijene zemlje, najveći proizvođači CO₂ obavezane su da smanje emisiju gasova staklene bašte na pojedinačno propisani nivo do 2010. godine.
- Obavezane su i zemlje u razvoju da ograniče emisiju.

Obaveze SAD po Kjoto protokolu

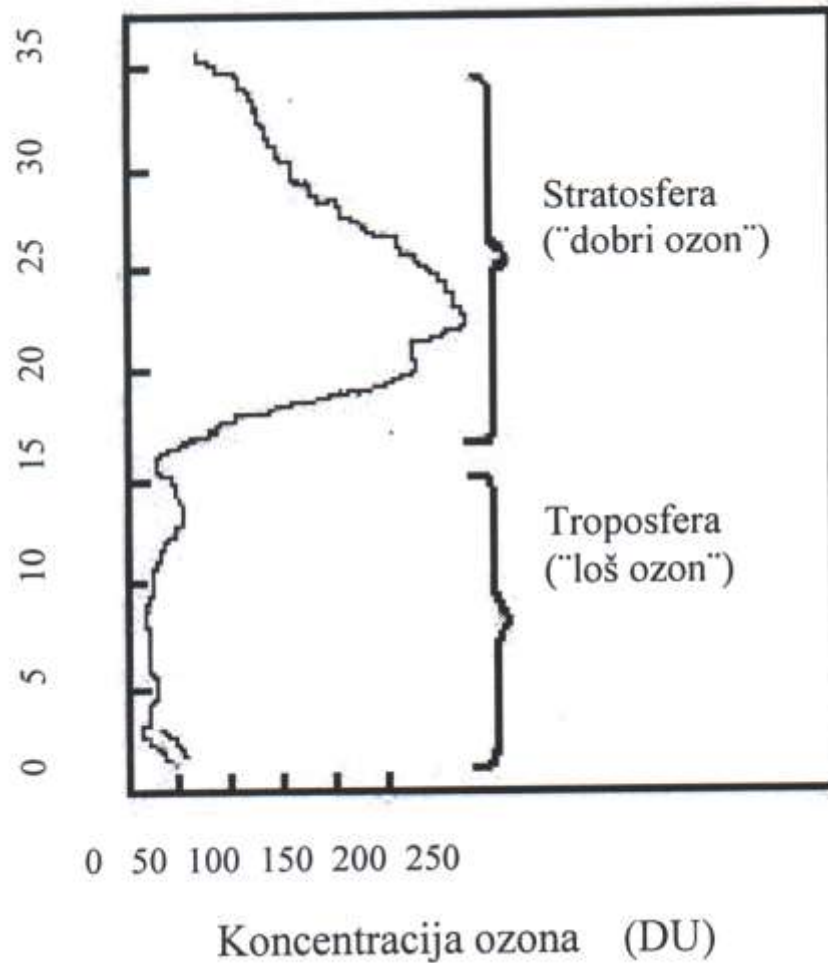
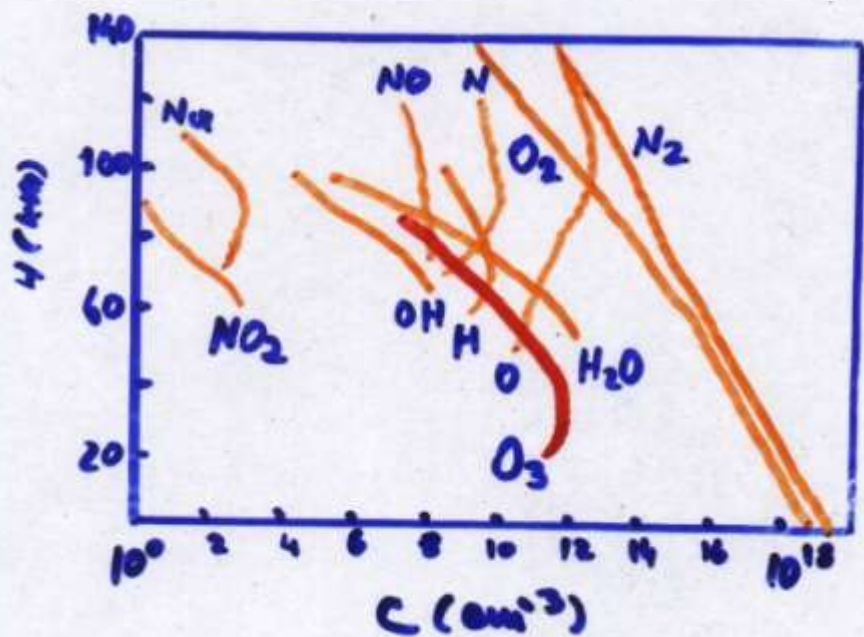
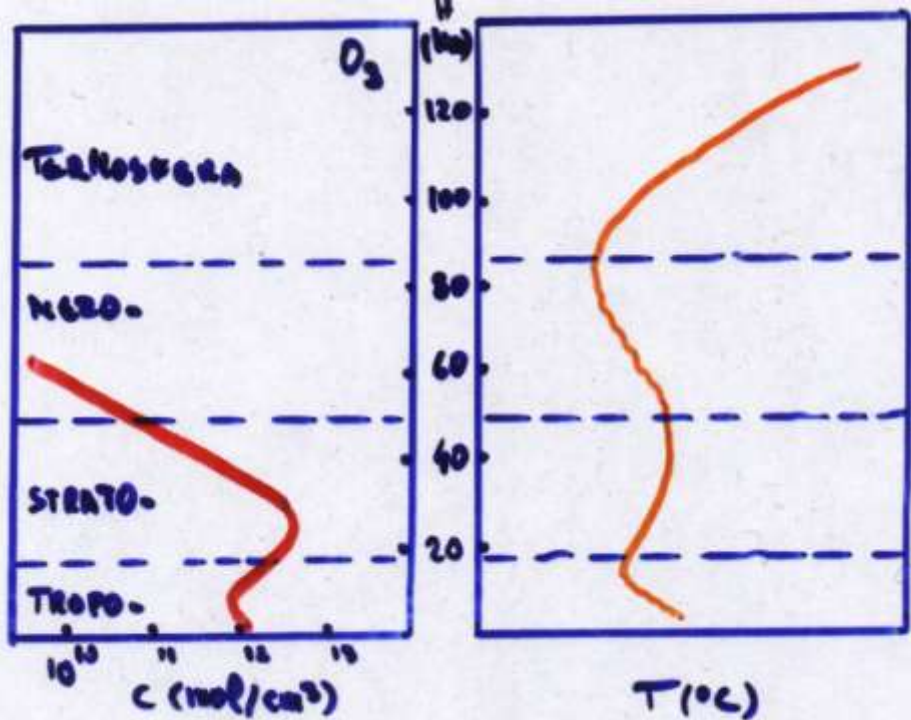


- Neke razvijene zemlje imaju prostora i za povećanje emisije,
- Medjutim, neke zemlje, u prvom redu SAD, još nisu ratifikovale Kjoto protokol. Protive se neobavezujućem odnosu prema zemljama u razvoju.
- Ipak SAD ozbiljno rade na smanjenju emisije svih gasova staklene bašte, što se vidi u izveštajima EPA.

Oštećenje ozonskog omotača

“OZONSKE RUPE”

- Ozon je molekul O_3 , a naziv potiče iz grčkog jezika i znači “mirišljiv”.
- Na Zemljinoj površini, u troposferi, je otrovan i oštećuje pluća, kao i biljna tkiva (loš ozon).
- U stratosferi (na visini od oko 24 km) formira omotač koji štiti površinu Zemlje od UV-B (280-320 nm) zračenja Sunca (dobar ozon).
- Ima ga, svedeno na normalne uslove, oko 3 mm.
- Njegova količina se izračava u jedinicama Dobson (1 DU = 0,01 mm debljine sloja na normalnim uslovima)



Formiranje i razgradnja ozona

- $O_2 + h\nu \rightarrow O + O$
- $O + O_2 \rightarrow O_3$

- $O_3 + h\nu \rightarrow O_2 + O$
- $O + O_2 \rightarrow O_3$

- $O + O_3 \rightarrow O_2 + O_2$

- Prvu teoriju o ozonu dao je Chapman 1930. godine.
- Međutim, stanje nije odgovaralo predviđanju. Tek uvođenje CFC jedinjenja objasnilo je sadašnje stanje

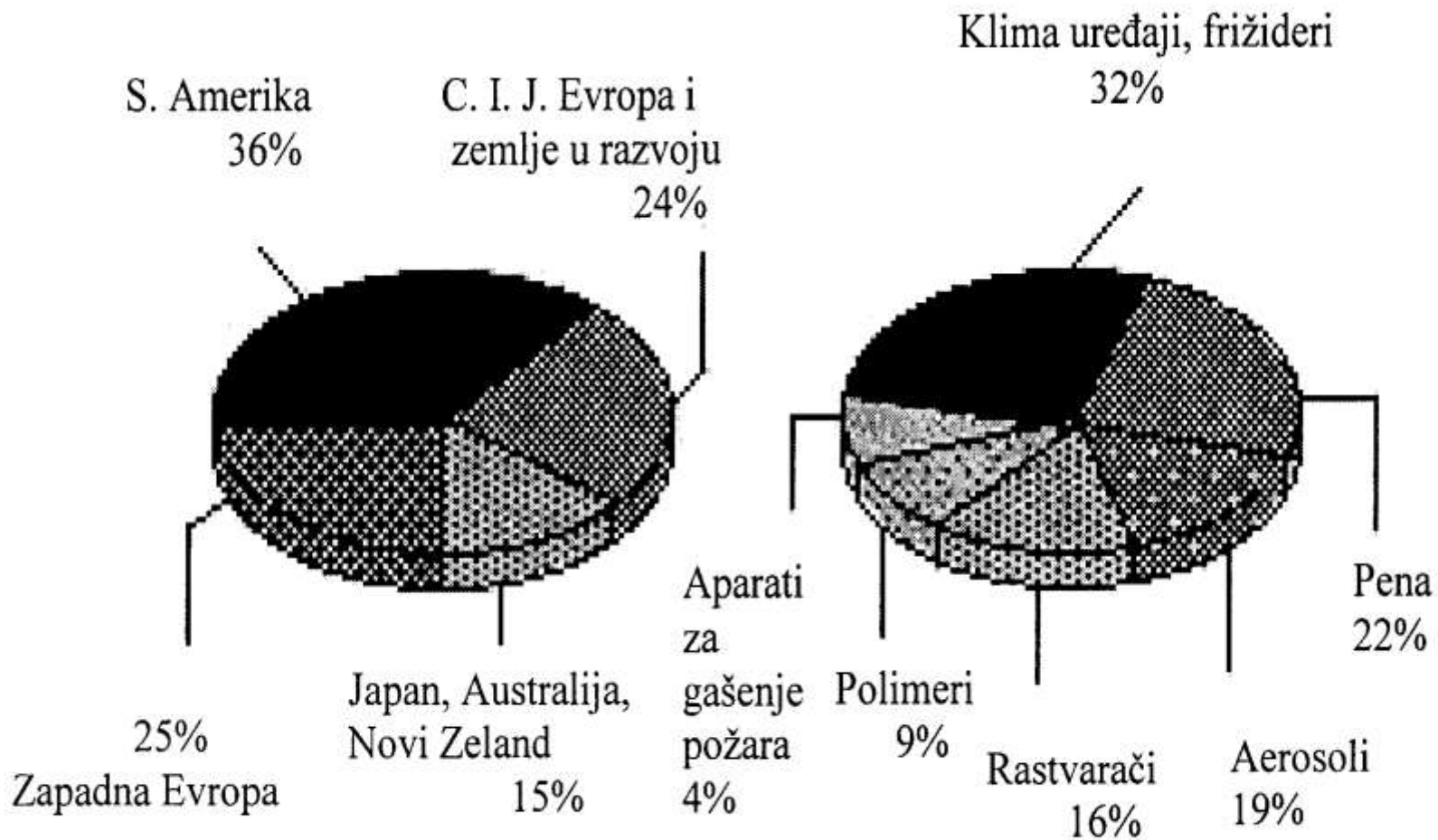
Podela UV zračenja i njegove karakteristike

	UV-A	UV-B	UV-C
Talasna dužina (nm)	315-400	280-315	100-280
Apsorpcija od strane ozonskog omotača	Prodire kroz ozonski sloj	Veći deo se apsorbuje	Skoro je potpuno apsorbovan
Procentualni iznos zračenja koje dopire do površine Zemlje	>98% ultravioletnog zračenja je UV-A	<2% ultravioletnog zračenja je UV-B	Zanemarljivo
Efekat koji zračenje ima na ljude i okolinu	generisanje fotohemijuskog smoga	prekomerno izlaganje dovodi od raka kože i katarakte	Nema

Supstance koje najviše oštećuju ozonski omotač

Grupa	Redni broj	Trivijalni naziv	Hemijski naziv	Formula	Atmos. Život u godinama	Faktor oštećenja ozonskog
I Grupa	1	CFC-11	Trihlorfluormetan	CCl_3F	64	1.0
	2	CFC-12	Dihlorifluormetan	CCl_2F_2	108	1.0
	3	CFC-113	Trihlortrifluormetan	$\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$	90	0.8
	4	CFC-114	Dihlortetrafluoretan	$\text{CF}_2\text{ClCClF}_2$	185	1.0
	5	CFC-115	Monohlorpentafluoretan	C_2ClF_5	380	0.6
II Grupa	1	Halon-1211	Bromhlordifluormetan	CF_2BrCl	25	3.0
	2	Halon-1301	Bromtrifluormetan	CF_3Br	110	10.0
	3	Halon-2402	Dibromtetrafluoretan	$\text{C}_2\text{F}_4\text{Br}_2$?*/ ¹	6.0

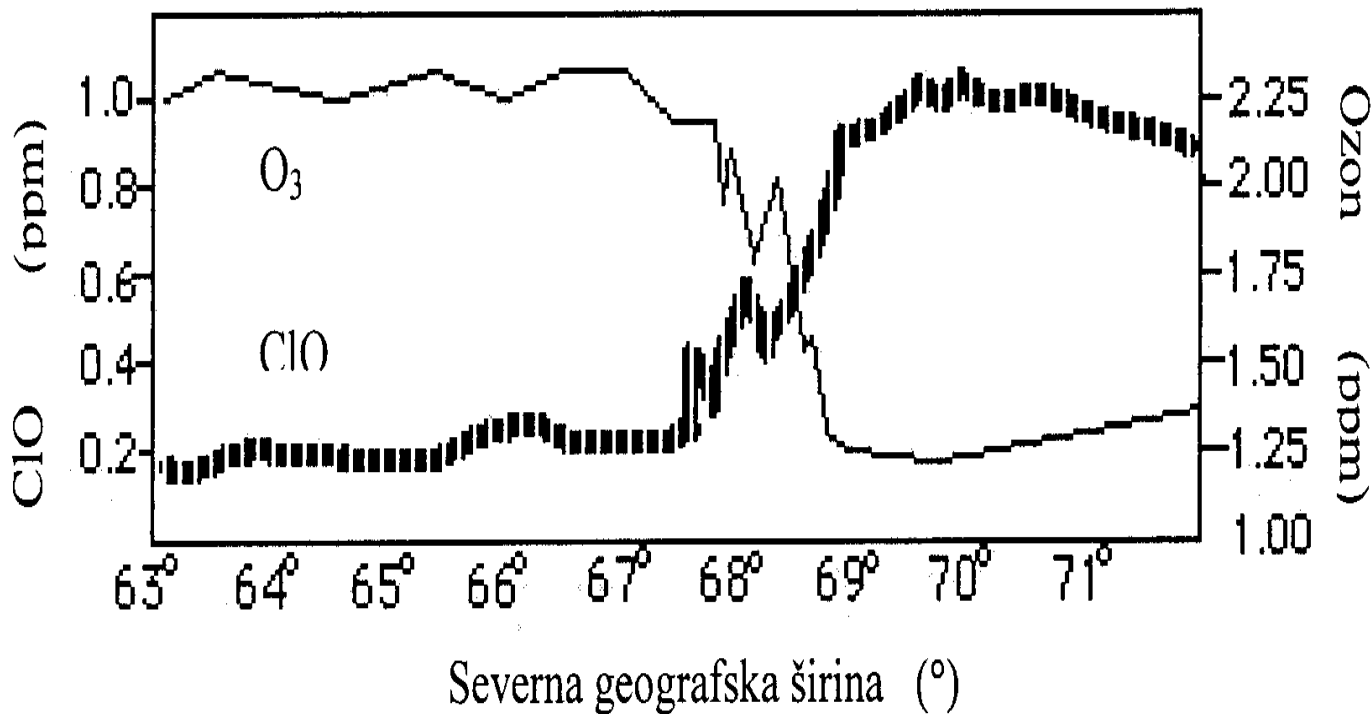
Proizvodjači i proizvodi koji oštećuju ozonski omotač



Mehanizmi razgradnje ozona

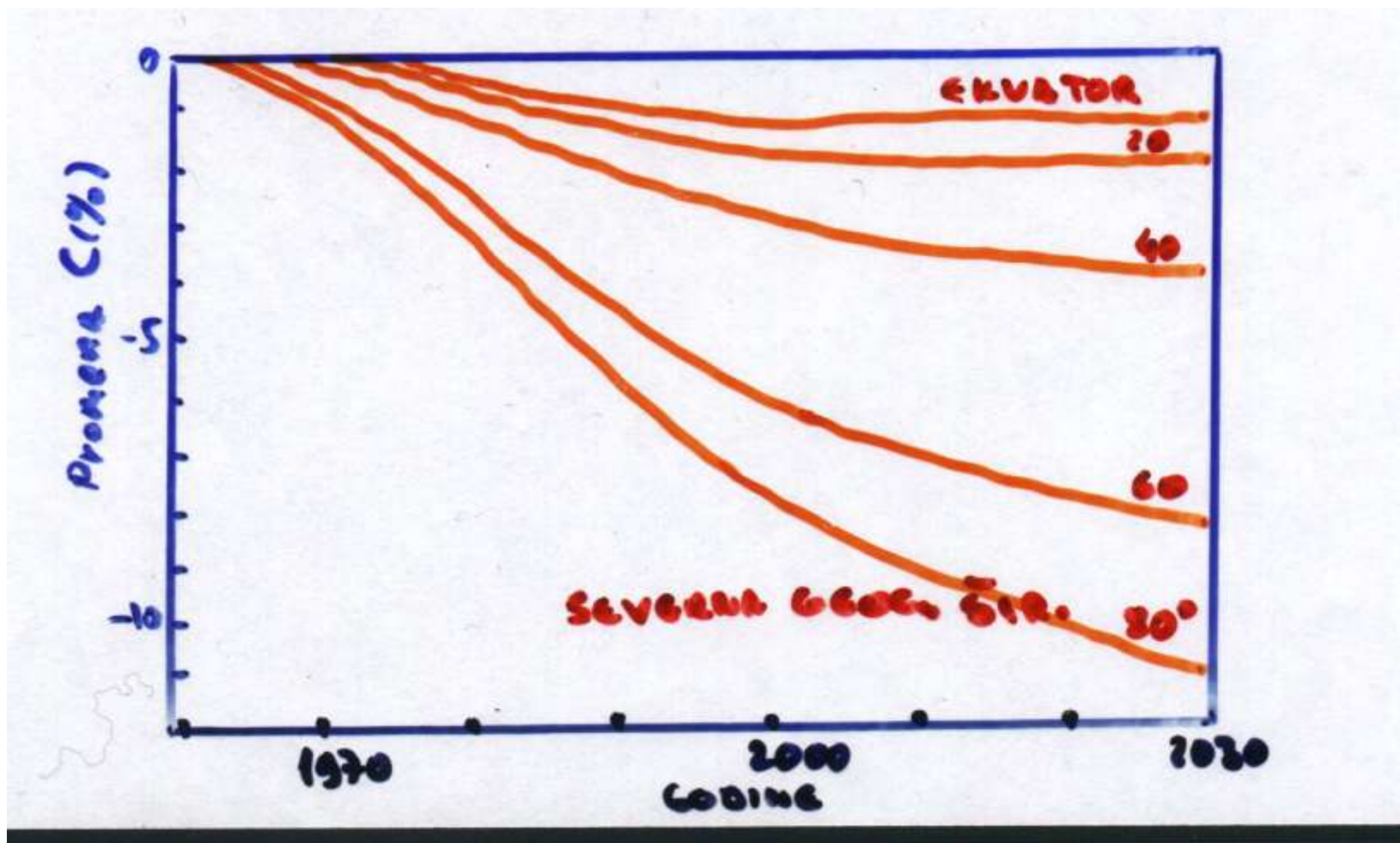
- $\text{ClFC} + h\nu(\text{UV}, 260 \text{ nm}) \rightarrow \text{Cl} + \text{FC}$
- $\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$
- $\text{ClO} + \text{O}_3 \rightarrow 2\text{O}_2 + \text{Cl}$
- Hlor se ponaša kao katalizator. Jedan atom Cl može da razori 100.000 molekula ozona!
- Mehanizam za uklanjanje hlora iz stratosfere je formiranjem hlorovodonika sa vodenom parom.
- Ozon razgradjuju i oksidi azota NO i N₂O.

Oštećenje ozonskog omotača je najviše izraženo na polovima (posebno južnom), uz dejstvo polarnih vrtloga i polarnih oblaka bogatih hlorovodoničnom kiselinom i hlor-nitratom.



Najveća oštećenja se javljaju u proleće i jesen.

1987. godine, iznad Antarktika na 80° JGŠ smanjenje ozonskog omotača iznosilo je 50%.



Štetne posledice:

- Izaziva rak kože (smanjenje za 1% izaziva četverostruko povećanje broja obolelih)
- Oboljenje očiju – kataraktu očnih sočiva
- Slabljenje imunološkog sistema organizma
- Smanjenje prinosa žitarica
- Oštećenje plastičnih materijala
- Povećanje efekta staklene bašte,...

Rešenja:

- Smanjenje emisije štetnih gasova
- Zamena reaktivnih supstanci manje reaktivnim (CFC-11 i 12 mogu se uspešno zamenjivati izobutanom, propanbutanom, N-butanom, CFC-22, NCFC-123, CFC-134A, mada se proizvodnja poskupljuje za 1-3 puta).

Aktivnosti na smanjenju efekta

- Bečka konvencija 1985. godine
- Montrealski protokol 1987. godine
- Smanjenje upotrebe CFC i halona, za 35 % do 2004., za 65 % do 2010., za 99.5 % do 2020 i do potpunog ukidanja 2030. godine
- Uvodjenje sankcija zemljama proizvođačima
- Zabrana uvoza takvih proizvoda