

**Naša planeta je naprosto  
rajsko mesto u Kosmosu.**



**Dušu je dala za postojanje  
života na njoj. Zato je i zovu  
*zlatokosa planeta.***













# I ovo spada u pejzaže zlatokose planete



**A tek ovo!**

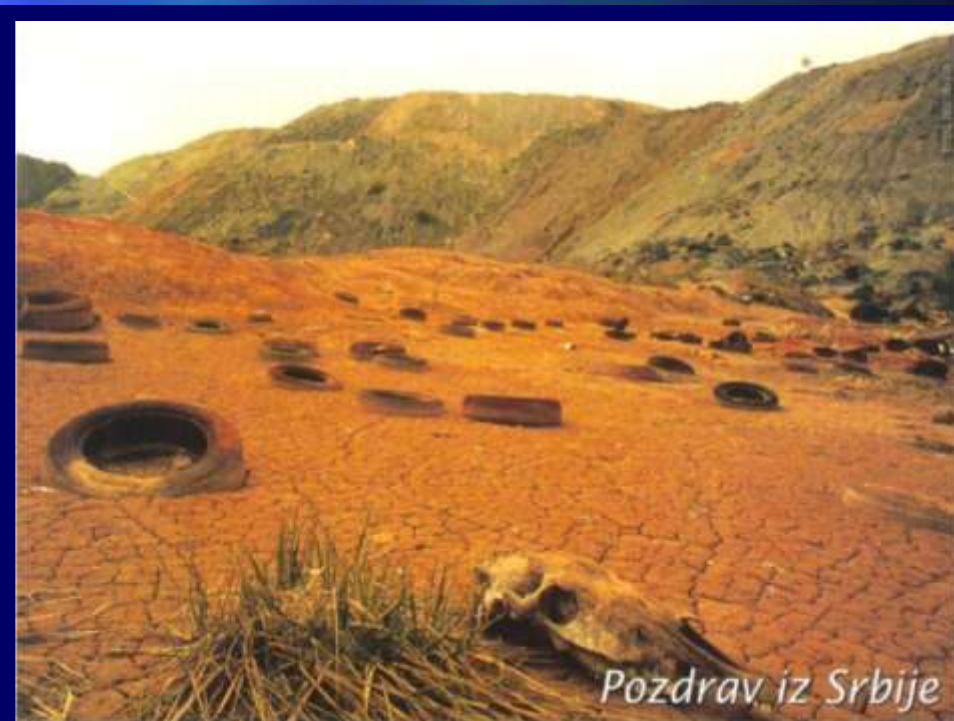


**Od industrijske revolucije do danas došlo je do ubrzanog razvoja civilizacije. Ali, uz “blagodeti”, takav razvoj doneo je i čemer, jad i bedu i ubrzano pustošenje planete i života na njoj.**

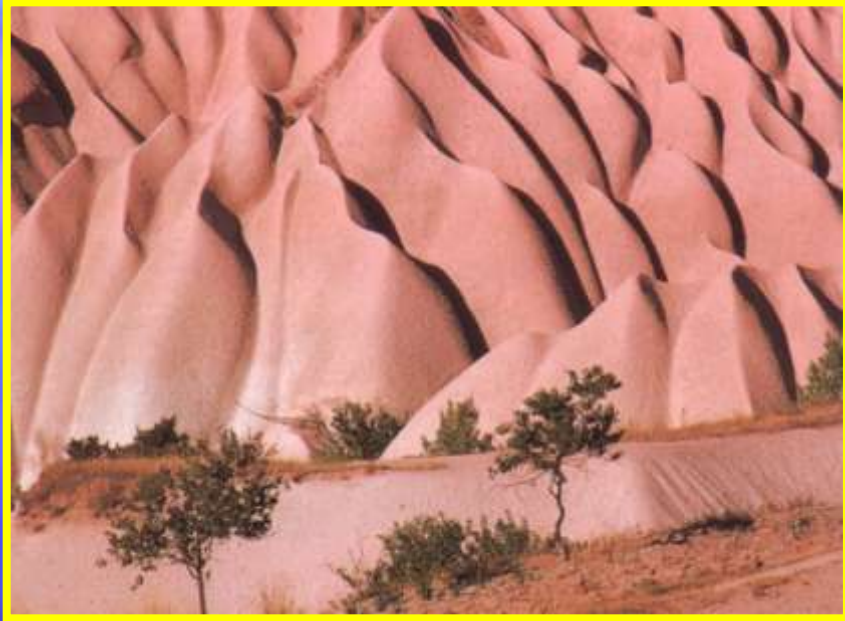




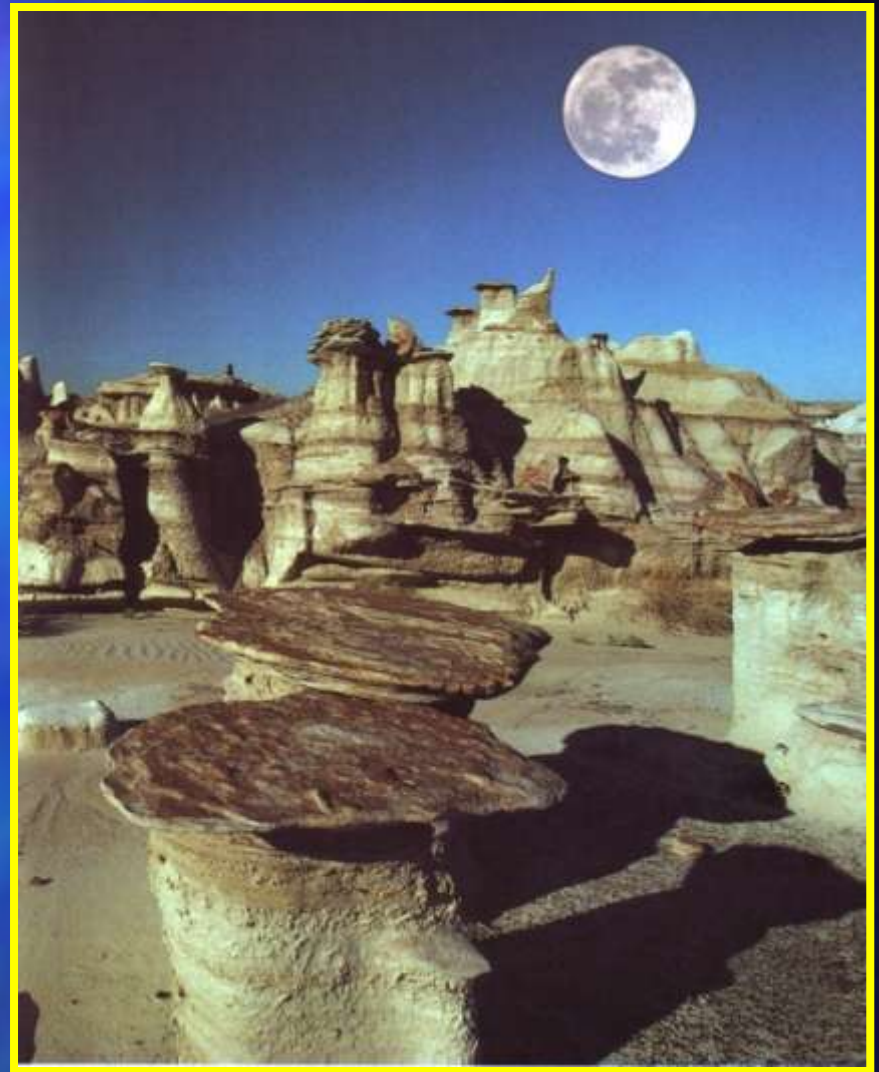
# Hoće li Zemlja postati jedna velika deponija?



# Kako stvari sada stoje ovo su naše perspektive?



**Ovi prizori su lepi, ali  
sablasno pusti i mrtvi!**



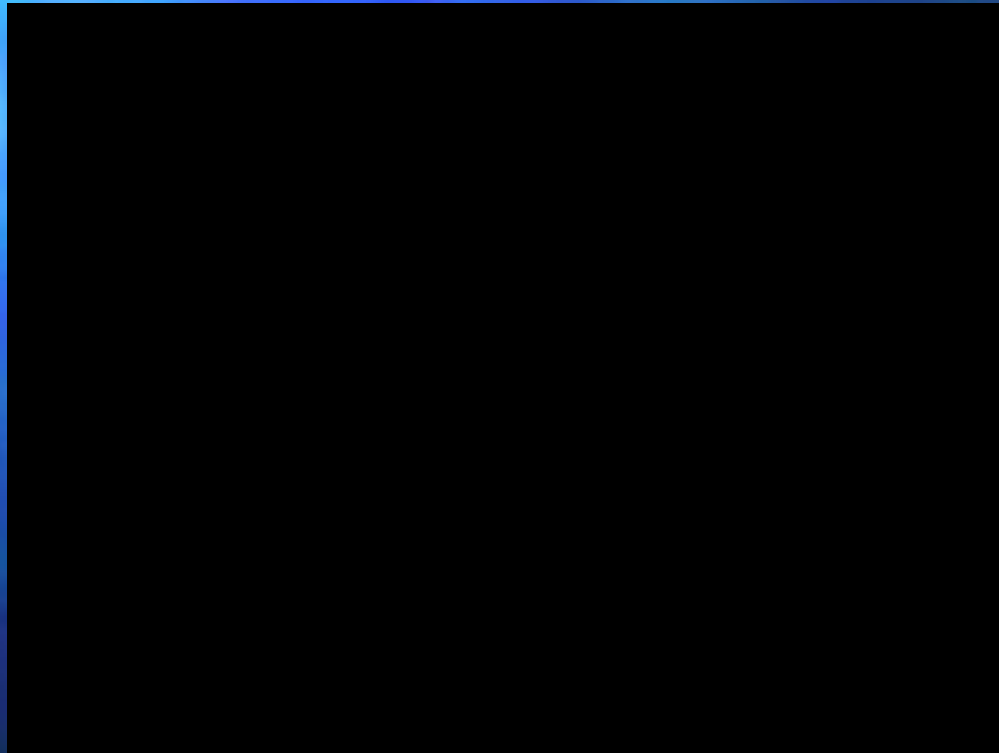
**Međunarodni panel za klimatske promene (IPCC)  
u svojim pesimističkim saopštenjima ukazuje da  
će ovo biti posledice našeg odnosa prema planeti...**







**Posebno mi smeta što ćemo scene koje slede u gradovima, po svemu sudeći, moći da vidimo samo u filmovima!**



**Autor ovog predavanja sa nostalgijom se seća “starih, dobrih vremena” kada se ceo zimski dan za vreme raspusta u gradu (ne na planinama, *of course!*) provodio u sankanju i zimskim čarolijama u snegu. A on je bio “iznad kolena”. Kada se vratimo sa sankanja, majke i bake su nam pod pazuhom grejale prozeblja stopala.**





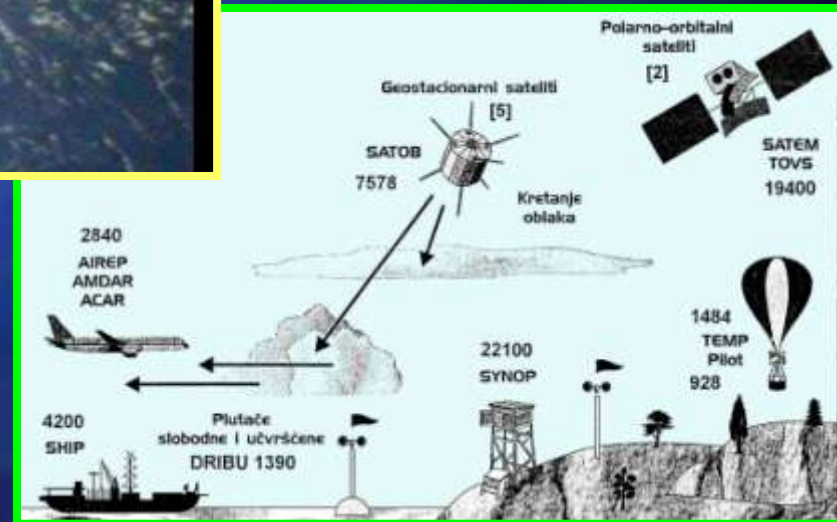
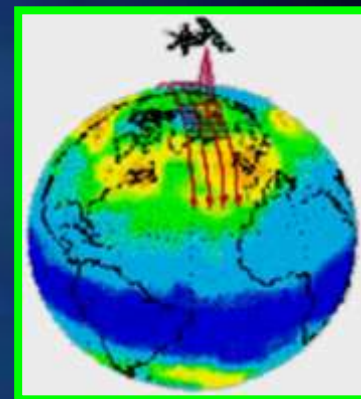
**U mom Nišu, uredbom gradskih  
čelnika, glavna saobraćajnica  
prema Bubnju pregradjivana je  
mrežom i zatvarana za saobraćaj,  
da bi se deca (ali i čitave porodice,  
pogotovo uveče), mogla slobodno  
da sankaju. Danas se o tome i ne  
razmišlja, ne samo zato što se  
nema sluha (a nema se), nego i  
zato što snega jednostavno nema  
ili traje samo par dana.**



Po svemu sudeći, klinci će svoje raspuste u gradovima, pa čak i u planinskim centrima na nižim nadmorskim visinama, umesto na sankama i skijama, provoditi na rolerima.



Klima je prosečno stanje vremenske situacije u razdoblju od 30 godina. To malo matorijima daje za pravo da iz ličnog iskustva mogu da tvrde da li se klima promenila ili nije. Ipak, za relevantnu konstataciju treba se obratiti meteorologiji. Danas se najsavremenijim sredstvima precizno prati vremenska situacija u svetu i faktori koji na nju utiču.



Meteorologija je utvrdila da atmosfera Zemlje, čija je debljina zanemarljiva u odnosu na dimenzije planete ( $R_Z \approx 6378$  km), reguliše globalnu temperaturu i filtrira, po život opasni, deo Sunčevog zračenja.



Taj, po dimenzijama zanemarljiv, sloj presudno utiče na klimu i život na Zemlji.

**Meteorologija proučava sastav i strukturu atmosfere, njeno fizičko stanje, nastanak, značaj, kao i razvoj vremenskih pojava u atmosferi i na Zemljinoj površini.**



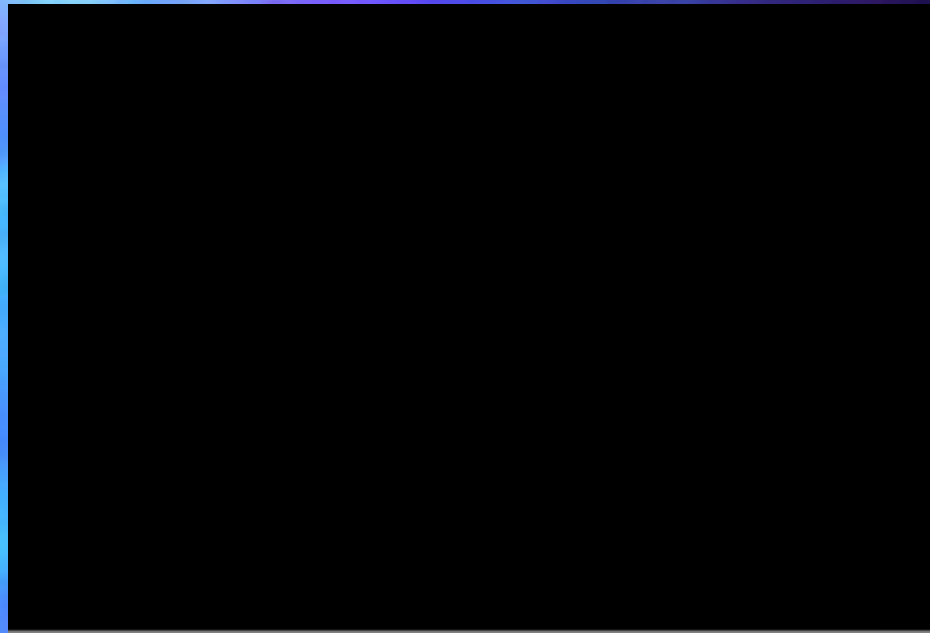
**U atmosferi se energija zračenja (Sunčevog ili onog koje dolazi sa površine Zemlje), apsorpcijom od strane molekula pretvara u kinetičku energiju toplotnog kretanja čestica vazduha.**

Vreme na površini Zemlje značajno zavisi od procesa u troposferi, najnižem sloju atmosfere. Njeno stanje i sastav bitno određuju i klimu na planeti.

**Troposfera utiče na stanje i u stratosferi, sloju u kojem se nalazi ozonski omotač Zemlje. On apsorbuje ubitačni deo UV zračenja, što omogućava postojanje života na Zemlji.**



**Naime, zagrevanjem troposfere hladi se stratosfera, tako da polarni stratosferski vrtlozi, u kojima se zadržavaju freoni - ubice ozona, duže traju, pa je tako i uništavanje ozona efikasnije.**



Otopljavanje troposfere pomaže uništavanju ozonskog sloja. Tako se opet pokazuje da jedna nevolja nikada ne ide sama. U prirodi je sve povezano i ništa se ne dešava izolovano. Da bi se razumela jedna pojava treba poznavati i ostale pojave koje na nju utiču.

**Krenimo zato od početka!**

*Prof. dr Dragan Gajić*

# KLIMA SE PROMENILA, A MI?

-efekat staklene bašte i klimatske promene-







Klima na planeti, bitno zavisi od temperature planete. Uslovljena je temperaturom Sunca, udaljenošću planete od Sunca, veličinom planete, njenim refleksionim svojstvima (koja su posledice njenog sastava – atmosfere, površine, itd.).

U termičkoj ravnoteži, planeta emituje onoliko energije koliko primi od Sunca.

Iz uslova termičke ravnoteže, energija koju planeta primi od zvezde jednaka je energiji koju planeta emituje u Kosmos:

$$\mathcal{E} = \pi r^2 E_o (1-A) / R^2 = 4\pi r^2 \sigma T_e^4$$

$\pi$  je  $\pi$ ,  $r$  je radijus planete,  $E_o$  je *solarna konstanta* (za Zemlju to je energija koja dospe sa Sunca u 1s po jedinici površine na vrhu atmosfere, kada se Zemlja nalazi na srednjem rastojanju  $R$  od Sunca; danas je  $E_o \approx 1370 \text{ W/m}^2$ ),  $A$  je *albedo* (odnos energije reflektovanog i upadnog zračenja). Albedo varira od 0% (potpuno crna površina koja apsorbuje svu energiju) do 100% (površina koja reflektuje svu energiju). Sa jedinice površine planete izračuju energiju  $\sigma T_e^4$  (Štefan-Bolcmanov zakon,  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ ), gde je  $r$  poluprečnik planete, a  $T_e$  je ravnotežna (efektivna) temperatura planete. **Iz gornje jednačine je:**

$$T_e = (E_o (1-A) / 4R^2 \sigma)^{1/4}$$

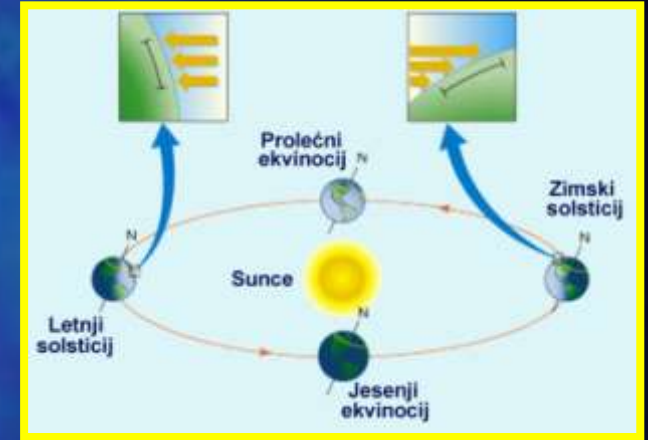
**Međutim**, stvarne temperature na planetama razlikuju se od efektivnih temperatura. **Stvarne temperature određuju se spektroskopski ili se mere sondama**, pri čemu se kod iste planete mogu drastično razlikovati, u zavisnosti od toga da li se odnose na dnevne ili noćne strane planete, od položaja lokacije merenja, referentnog nivoa na planeti, itd.

	$R$ (AU)	Albedo	Sol. kon.	$T_e$ (K)	$T_{sr}$ (K)
<b>Merkur</b>	<b>0.387</b>	<b>0.106</b>	<b>9150</b>	<b>435</b>	<b>340</b>
<b>Venera</b>	<b>0.723</b>	<b>0.75</b>	<b>2620</b>	<b>228</b>	<b>737</b>
<b>Zemlja</b>	<b>1.000</b>	<b>0.36</b>	<b>1370</b>	<b>255</b>	<b>287</b>
<b>Mars</b>	<b>1.524</b>	<b>0.24</b>	<b>590</b>	<b>216</b>	<b>210</b>
<b>Jupiter</b>	<b>5.203</b>	<b>0.34</b>	<b>51</b>	<b>124</b>	<b>152</b>
<b>Saturn</b>	<b>9.539</b>	<b>0.34</b>	<b>15</b>	<b>95</b>	<b>134</b>
<b>Uran</b>	<b>19.182</b>	<b>0.34</b>	<b>3.7</b>	<b>58</b>	<b>68</b>
<b>Neptun</b>	<b>30.058</b>	<b>0.31</b>	<b>1.5</b>	<b>59</b>	<b>72</b>

Činjenica da je  $T_{sr} > T_e$  ukazuje da na planeti postoje dodatni izvori energije (radioaktivnost, sažimanje planete, ...) ili je u njenoj atmosferi izražen efekat staklene bašte. Uglavnom se  $\Delta T = T_{sr} - T_e$  tretira kao mera efekta staklene bašte.

Tako je npr. na Veneri  $\Delta T = 509$  K, na Zemlji  $\Delta T = 32$  K. Kako je albedo na Veneri vrlo veliki (75%), a na Zemlji je znatno manji (36%), bez obzira što je Venera oko 1.38 puta bliže Suncu od Zemlje, njena površinska temperatura bi trebalo da bude tek nešto malo viša od Zemljine. Međutim, stvarna temperatura na Veneri je oko za oko 450 stepeni viša od Zemljine. Ovakva razlika temperatura posledica je izrazito snažnog efekta staklene bašte na Veneri.

Stvarna temperatura na površini planete zavisi i od faktora, kao što su: gustina i sastav atmosfere, nagib ose rotacije u odnosu na ravan ekliptike, trenutne udaljenosti planete od Sunca, doba dana, reljefa, itd. Npr. zbog guste atmosfere, na Veneri nema razlike između dnevne i noćne, zimske i letnje temperature.



**Tokom geološke istorije klima na Zemlji se menjala. Smatra se da su ove promene uzrokovane:**

- 1) astronomskim razlozima (promena intenziteta Sunčevog zračenja, kretanje Sunca kroz galaktičku sredinu različite temperature, gustine kosmičke prašine i gasova, različiti položaji Sunca i Zemlje, itd.)**
- 2) promenama na samoj Zemlji (promena smera proticanja toplih i hladnih struja i vetrova, količine padavina, itd.)**
- 3) promenama u Zemljinoj atmosferi (promene koncentracije gasova, čestica prašine, vodene pare, itd.)**

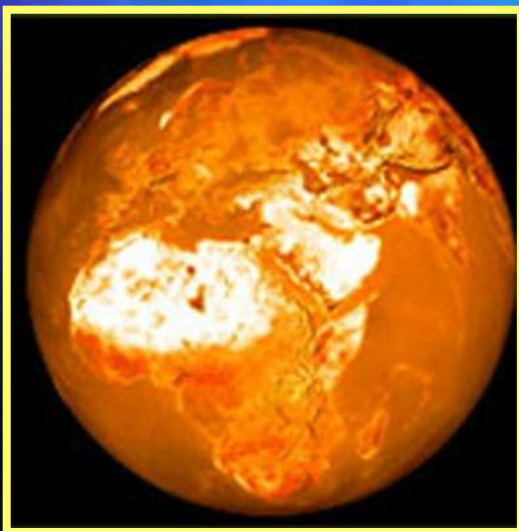
**Za neke autore uzroci koji dovode do globalnih klimatskih promena su promene na samoj Zemlji. Takve su promene strujanja vetrova, hladnih i toplih morskih struja, značajne promene u režimu padavina, itd.**



**Promene u sastavu i gustini Zemljine atmosfere bitan su faktor klimatskih promena. Današnja atmosfera je sekundarnog karaktera i njen sastav je rezultat delovanja biosfere (fotosinteze).**



**Pre svega astronomski razlozi u istoriji Zemlje doveli su do naizmenične smene toplih i hladnih perioda. Od pre 940 miliona godina (prekambrijum) do danas utvrđeno je postojanje pet velikih ledenih doba.**

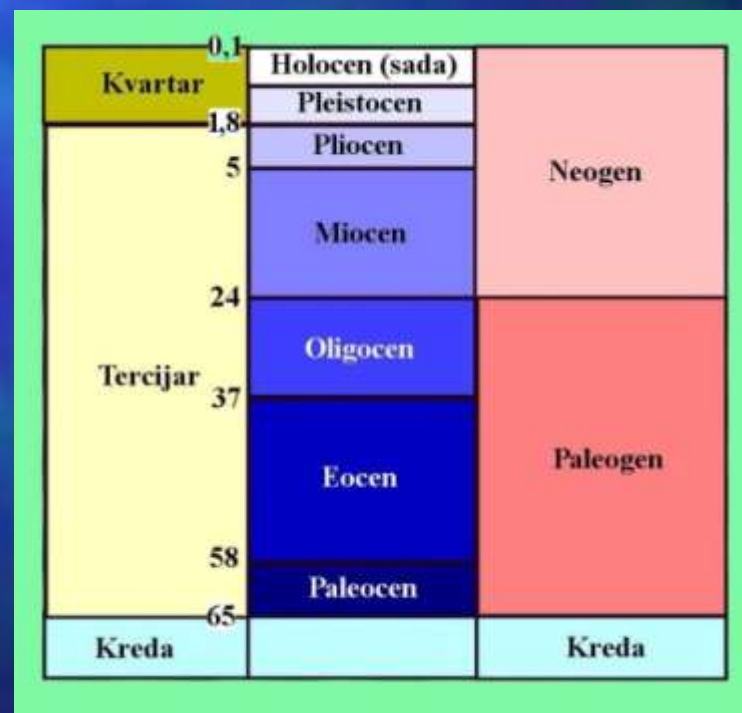
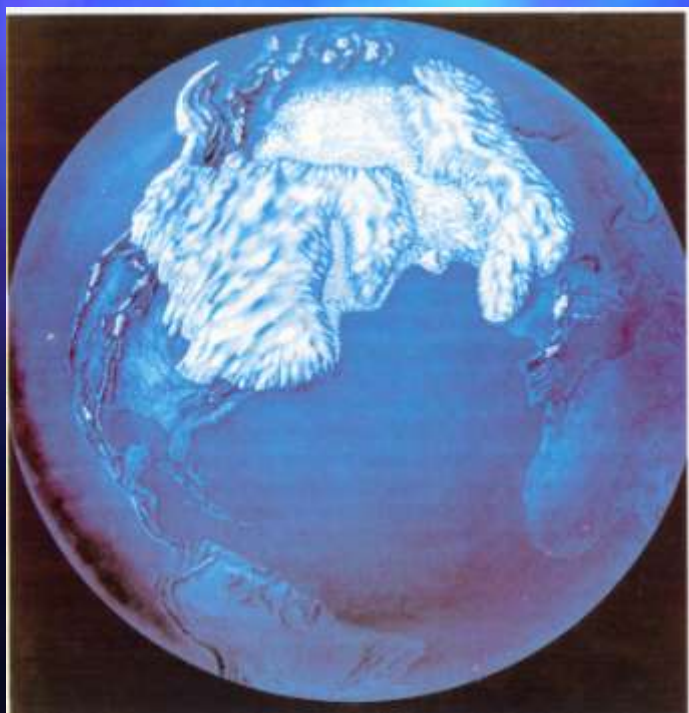




Poslednje ledeno doba počelo je u kvartaru pre oko 2.4 miliona godina, a okončalo se pre 14 000 godina.

**Svoj vrhunac imalo je u pleistocenu. Tada je nivo mora bio za oko 180 m niži nego danas, a naslage leda bile su debele 1500 m.**

**Britansko ostrvo bilo je povezano sa kopnom. Tokom poslednjih 160 000 godina uslovi na Zemlji su se menjali. Smenjivala su se ledeni i topli periodi. Promene prosečne temperature kretale su se u intervalu do 10 °C.**

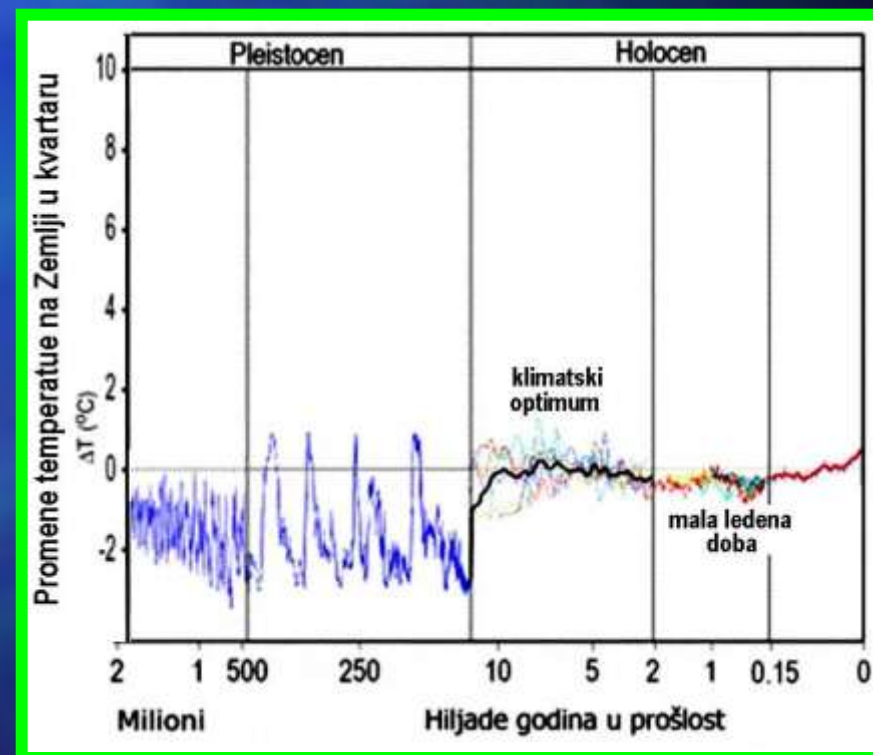


Poslednji glacijal počeo je da prestaje pre 14 000 g. Led je počeo da se povlači ka severu i većim visinama i pre 7000 g. povukao se do današnjih granica. Nivo mora je rastao, i pre 6000 g. dostigao je današnji.

Istraživanja su pokazala da se otopljavanje odvijalo u periodu 15 000-7 000 g.p.n.e. U periodu 7 000 – 5000 g.p.n.e. prosečna temperatura na Zemlji bila je za dva stepena viša od današnje, a u poslednjih 5 000 godina ponovo je nastupio period blagog zahlađenja.



Interglacialni period



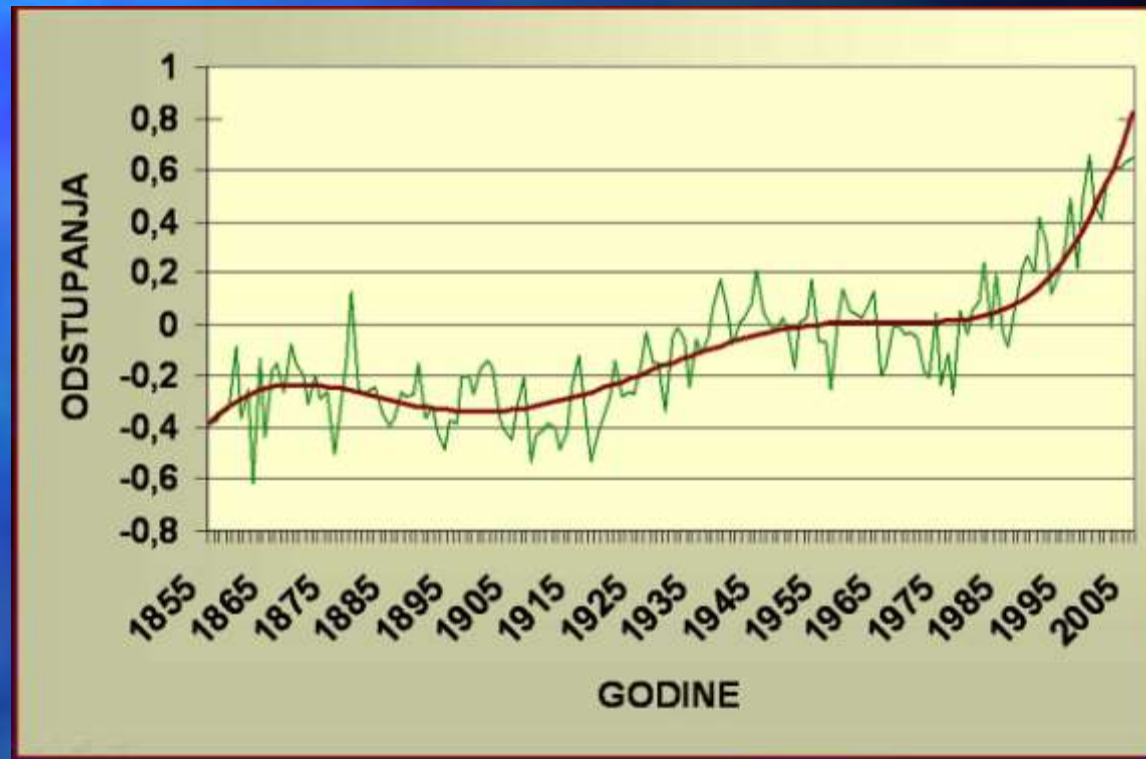
U toku interglacijalnog perioda (koji i danas traje) nastali su savremeni klimatski tipovi, ali je i tu bilo ekstremnih iskakanja od uspostavljene klimatske matrice. Takva su bila mini ledena doba u Evropi : Špererovo (1460-1550.), Maunderovo (1645-1715.) , itd. Tada je dolazilo do širenja lednika , a npr. čak i Etiopija je bila pod snegom nekoliko meseci (1700. g.). U Sarajevu je 1777. g. sneg padao u avgustu. Bilo je i perioda značajnijih otopljanja. Npr. 1000 g.p.n.e. južni deo Grenlanda bio je pod bujnom vegetacijom, a Sahara je do pre 2000 g. bila plodna.





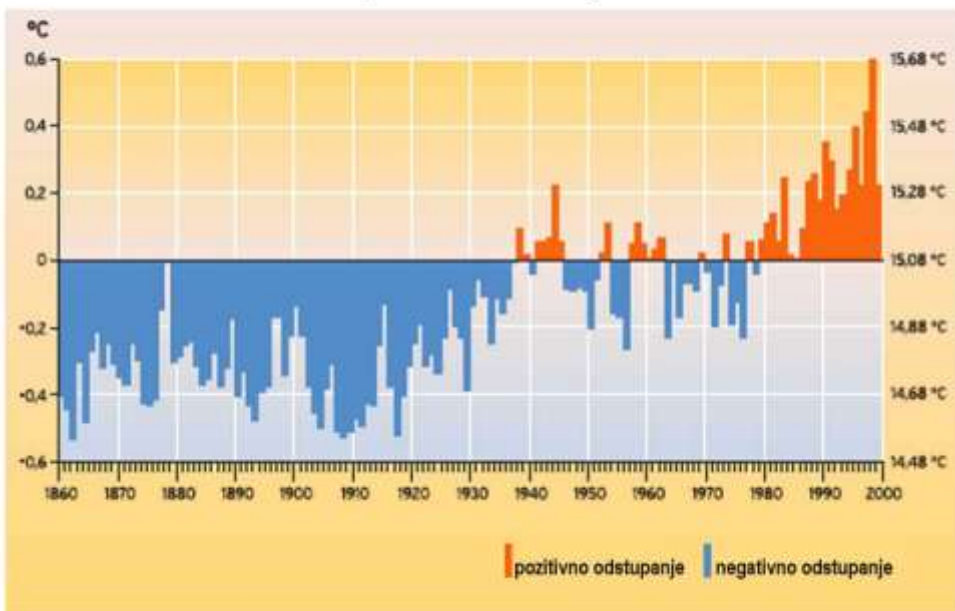
# Šta se danas događa sa klimom?

Evidentno je da se promene klime na globalnom nivou kreću ka njenom otopljavanju.



*Trend odstupanja srednjih godišnjih temp. vazduha na severnoj hemisferi Zemlje.*

Promene srednje godišnje temperature u prizemnom sloju u periodu 1860-2000. g.



**Nagli rast temperature je posebno prisutan od sredine XX veka i to za 0.3°C po dekadi (sa stagnacijom i padom između 1940. i 1970. godine).**

**Generalno, globalni rast temperature viši je na severnim geografskim širinama i na kopnu u odnosu na more.**

**U periodu 1900-2005. količina padavina je znatno veća u istočnim delovima Sev. i Juž. Amerike, severne Evrope, severne i srednje Azije, ali je znatno manja u Mediteranu, južnoj Africi, delovima južne Azije.**

**Globalno: područja zahvaćena sušom verovatno su se povećala od 1970-tih.**

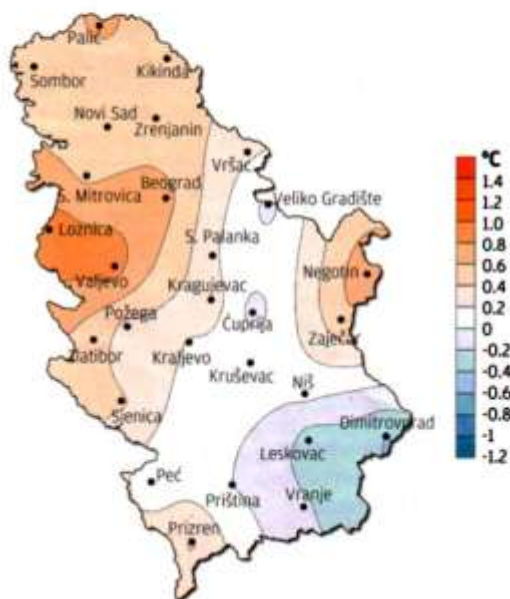


U XX veku prosečna godišnja temperatura na Zemlji porasla je za 0.8 °C (više nego za poslednjih 10 000 godina). U Evropi je taj rast 0.95 °C. Za poslednjih 18 000 godina temperatura se nije menjala za više od 2 °C. Od 15 najtoplijih godina u poslednjih 150 godina, 13 je registrovano krajem prošlog i početkom ovog veka. **Kompjuterske simulacije ukazuju da se otopljanje u prvoj polovini XX veka može u potpunosti opisati prirodnim faktorima (promene u nivou Sunčeve radijacije, vulkanske aktivnosti), ali ovi faktori ne mogu na adekvatan način opisati rast temperature u drugoj polovini XX veka.**

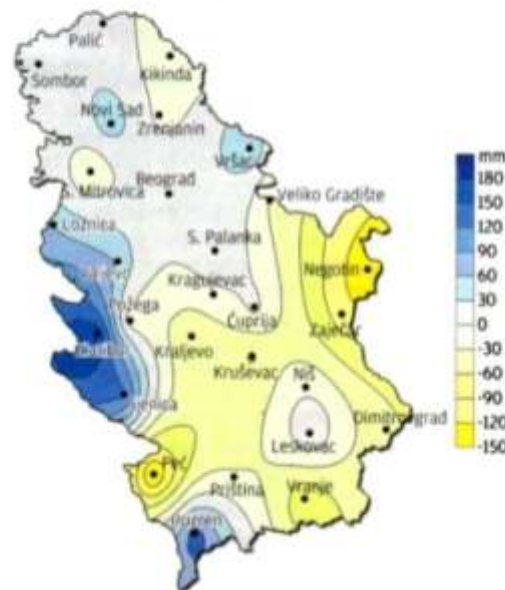


Kod nas su odstupanja od ravnotežnih prosečnih vrednosti temperature male. U regionima Dimitrovgrada, Vranja i Leskovca (na 5 stanica) je zabeležen negativan trend u ponašanju temperatura, a u Vojvodini, severozapadnoj Srbiji, Negotinskoj krajini (15 stanica) trend je pozitivan. Evidentno da su sve češća vrela leta, pri čemu se gube prelazna godišnja doba. Padavina je manje na istoku zemlje (Vlaška nizija), ali ih je više na zapadu naše zemlje.

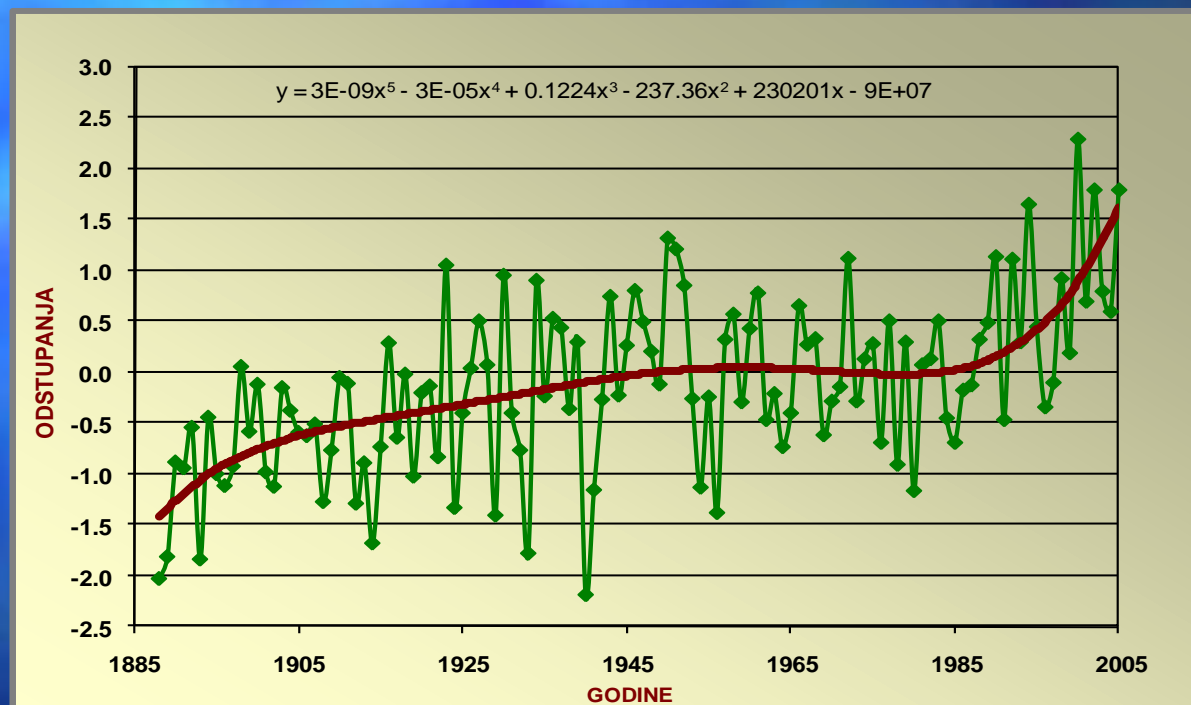
Trend godišnjih temperatura vazduha u Srbiji u periodu 1950 – 2004.



Trend godišnjih količina padavina u Srbiji u periodu 1950 – 2004.



Sadašnji trend u Srbiji je da sezonske i godišnje temperature ne odstupaju mnogo od prosečnih, ali se izuzetno hladni periodi smenjuju izuzetno toplim. Sve je više tropskih (temperature iznad 30 °C) i letnjih (temperature iznad 25 °C) dana i tropskih noći (temperature iznad 20 °C). Smanjen je broj mrznih i ledenih dana i dana sa snežnim pokrivačem. Za planine broj ledenih dana nepromenjen. Broj toplotnih talasa sa 2-4 godišnje je porastao na 4-6.

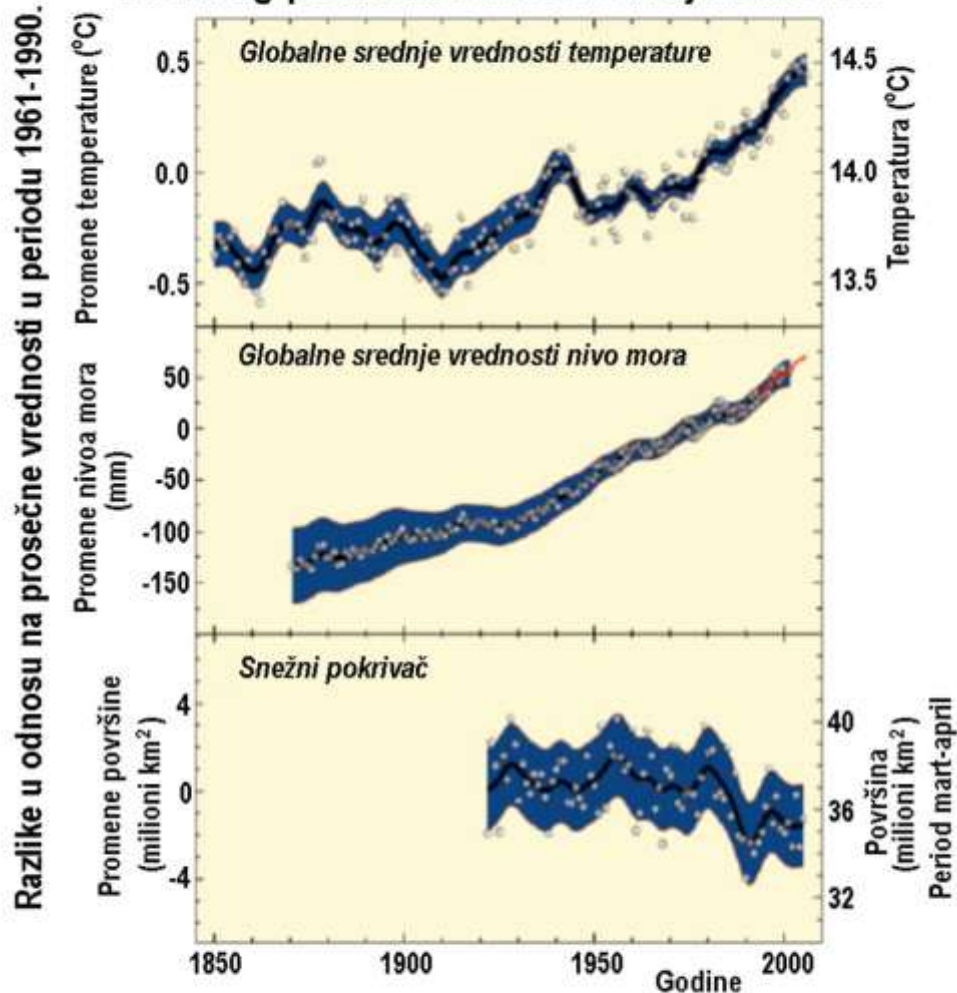


*Trend odstupanja srednjih godišnjih temperatura vazduha u Beogradu (Meteorološka opservatorija Vračar)*



# POSLEDICE RASTA TEMPERATURE

Promene temperature, nivoa mora i snežnog pokrivača na severnoj hemisferi

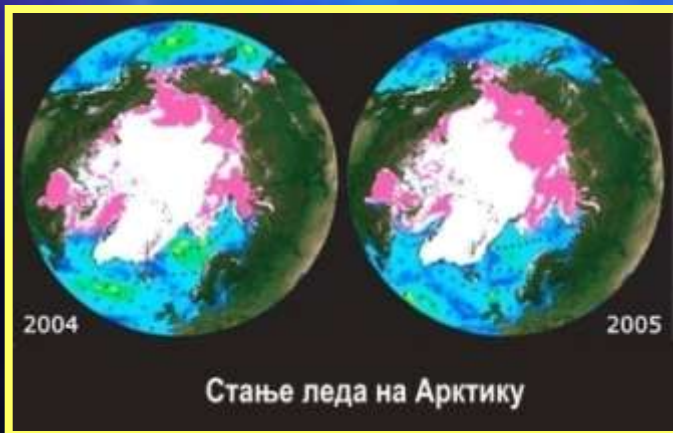


Glatke krive prikazuju prosečne decenijske vrednosti, a kružići prosečne godišnje vrednosti. Osencene površine prikazuju moguće intervale vrednosti.

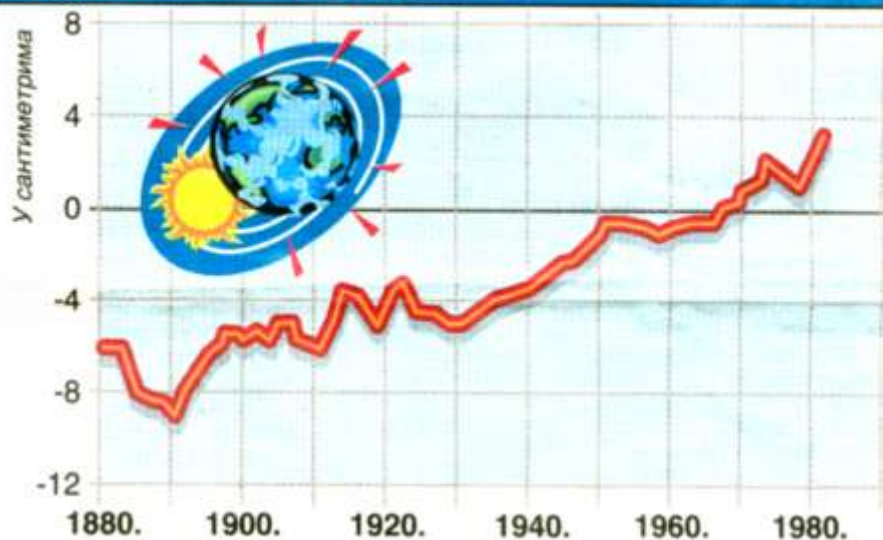
Neposredne posledice rasta temperature je intenzivnije topljenje “večitog” leda i snega i smanjenje površine snežnog pokrivača, kao i rast nivoa mora.

- Trajanje leda na rekama skratilo se za 2 nedelje.
- Debljina leda u Arktičkom moru smanjila se za 40% (od 1978. do 2003. za 7%).
- Satelitski snimci pokazuju da se površina snežnog pokrivača severne hemisfere smanjila za 10 % od 1960. godine. To utiče na i živi svet ovih oblasti.
- Česta pojava ekstremnih događaja: suše, poplave, olujni vetrovi, ekstremne temperature.
- Porast nivoa mora se procenjuje do 1m u srednjim i visokim. geografskim širinama, snežni pokrivač opao za 10%.
- Nivo mora je u periodu 1961-1993. rastao po stopi 1.8 mm/god, a od 1993. do 2003. po stopi 3.1 mm/god (nije sigurno da li se radi o decenijskom odstupanju ili o dugoročnom trendu).

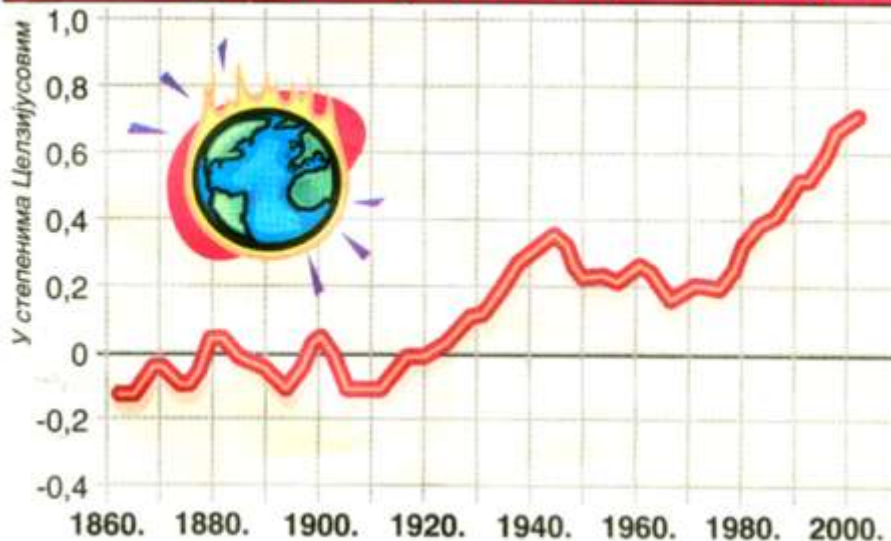
- **Led se na severnoj hemisferi postepeno topi. U poslednjih 35 godina stanjio se za 42%. Zbog toga nivo mora kod Aljaske i Kanade raste 0.15-0.30 cm godišnje.**
- **Od 150 glečera u 1850. godini na Aljasci i u Kanadi, danas ih ima oko 50.**
- **Merenja pokazuju da je u poslednjem veku nivo mora porastao u proseku za 15-20 cm. U geološkoj istoriji promene su bile po nekoliko desetina metara.**



## Промене нивоа мора



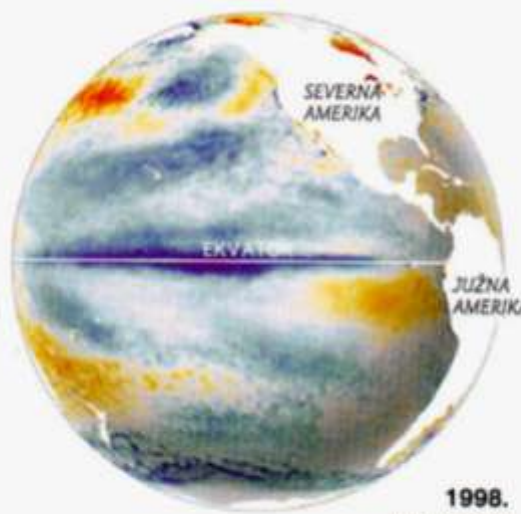
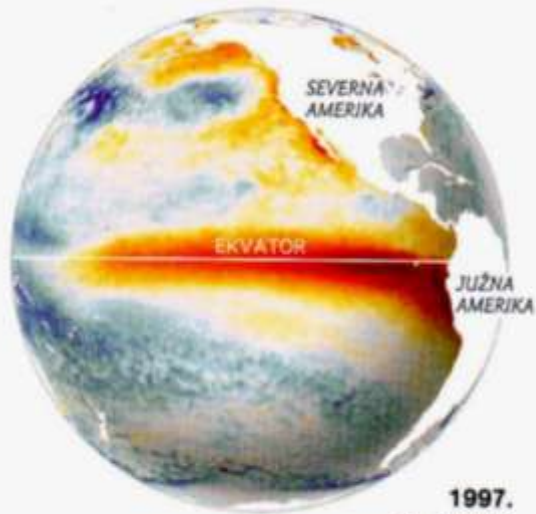
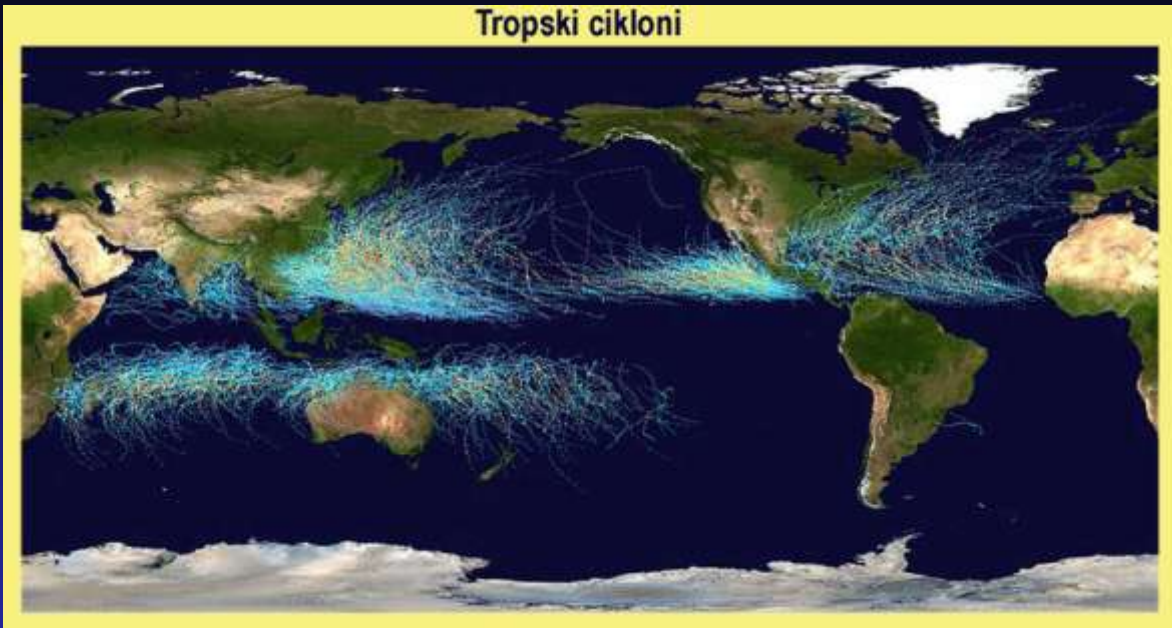
## Промене у глобалној просечној температури



*Promena linije obale kao posledica povišenja nivoa mora za 1m na primeru Južne Floride*

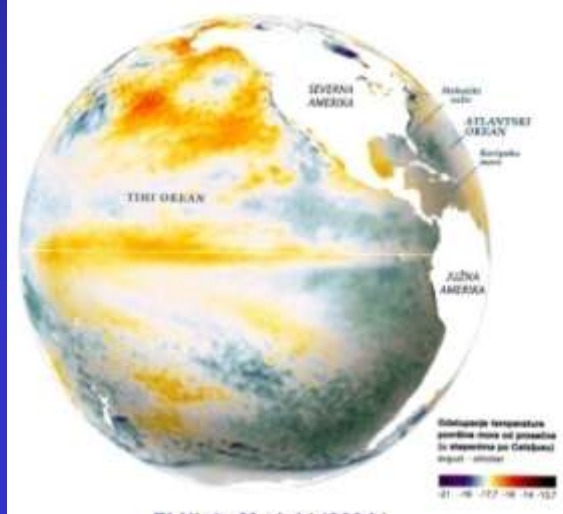


**Rast temperature intenzivirao je El Ninjo, La Ninja i El Ninjo Modoki efekte. Radi se o efektima vezanim za neravnomerno zagrevanje vode u okeanima, što ima za posledicu izmene u režimu duvanja vetrova, rast broja tornada i poplave na jednim obalama okeana, odnosno suše na drugim.**

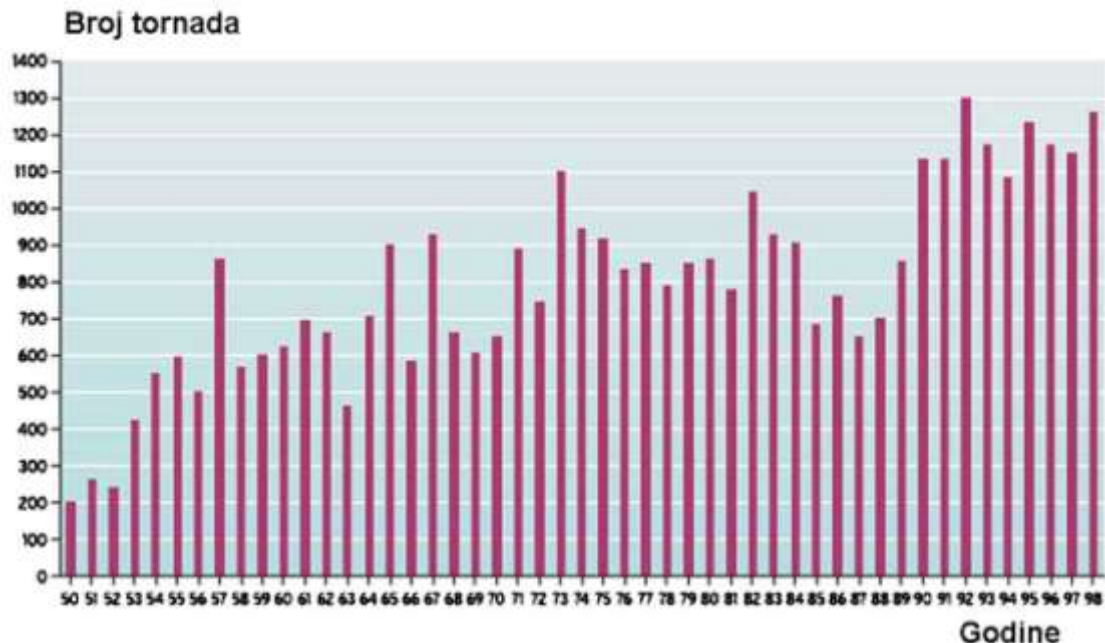


Odstupanje temperature površine mora od prosečne (u stepenima po Celzijusu) avgust - oktobar

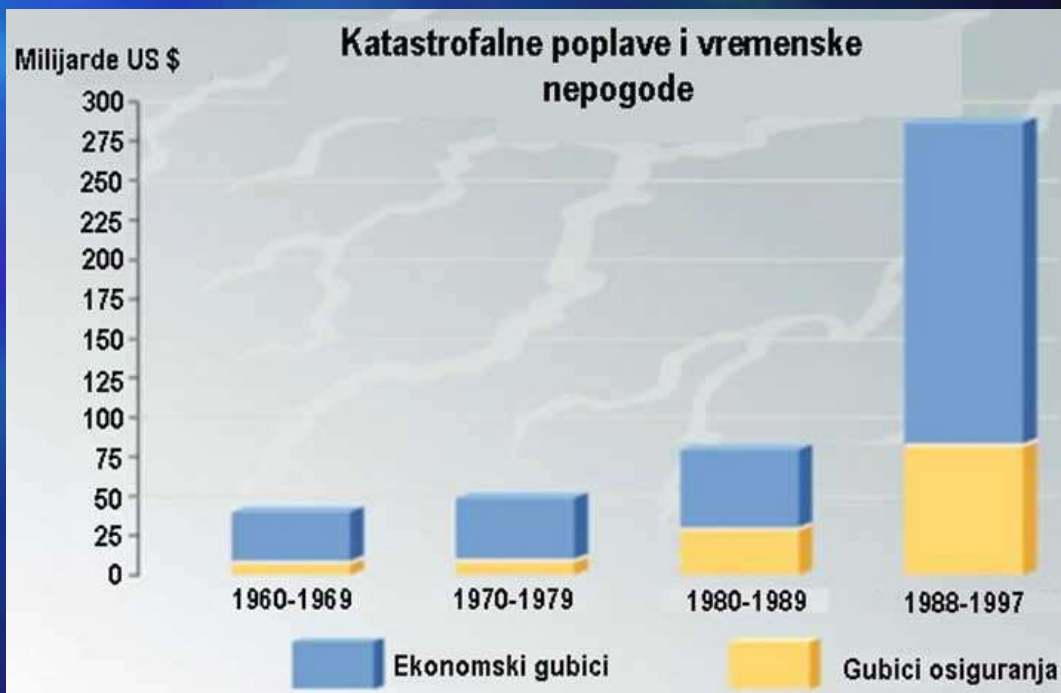
-21 -19 -17,7 -16 -14 -12,7



Broj tornada u svetu po godinama (1950-1998.)



Posledice savremenih klimatskih promena praćene su ogromnim materijalnim gubicima.

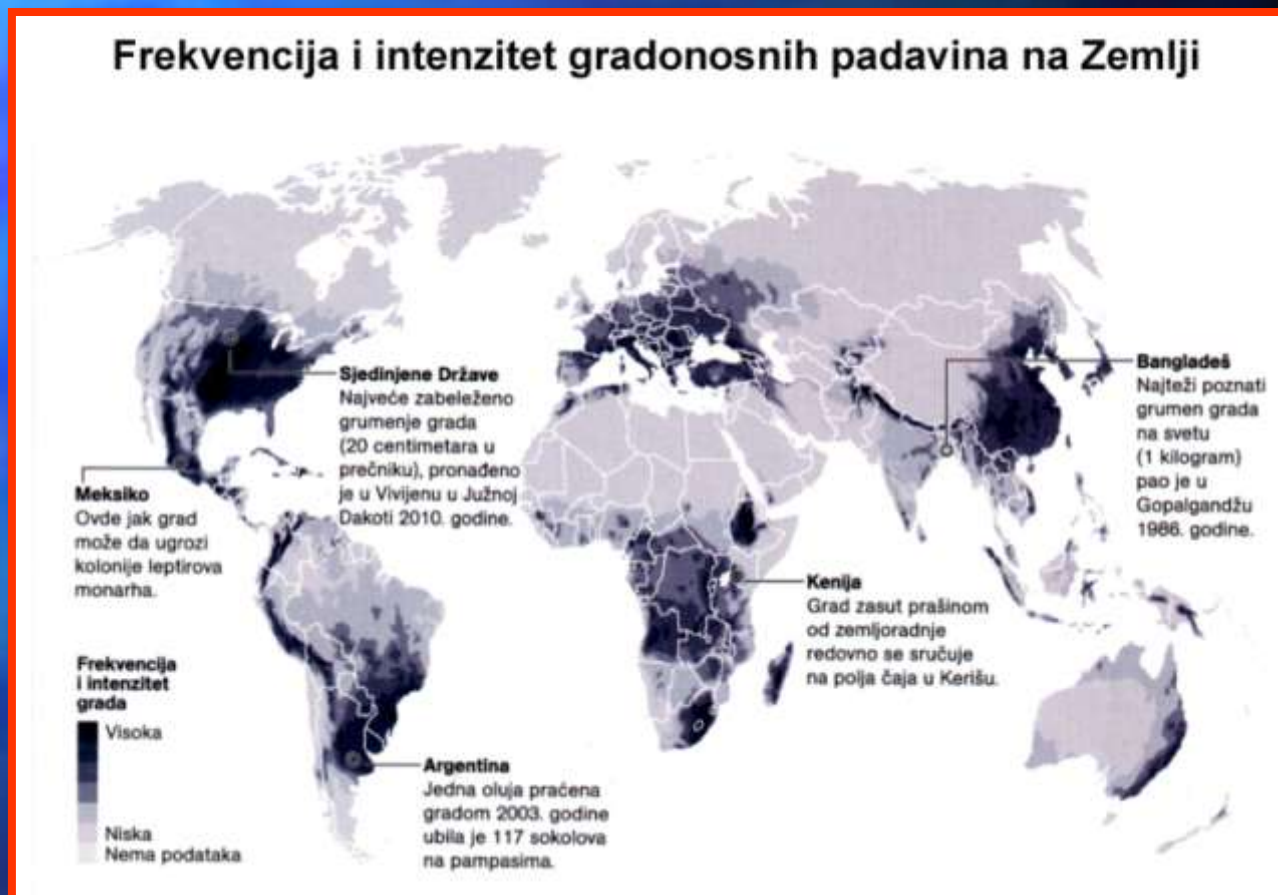




Npr. samo u 16 država SAD je 2009. g. u 306 razornih gradonosnih oluja stvorena šteta na usevima i privatnom vlasništvu od preko 500 miliona dolara.

Grad se javlja najčešće na srednjim g.š., na ravninama uz laninske vence.

Ali gradonosne nepogode mogu se javiti i svuda gde je toplo i gde se vlažan vazduh podiže do velikih visina, čak i blizu ekvatora.





**Grad nastaje u uslovima kada se formiraju oblaci kumulonimbusi u uslovima visoke vlažnosti i velikih vertikalnih gradijenata temperature, koji obezbeđuju dugotrajna i snažna strujanja vazduha. Ovi vetrovi oblikuju padavine tako što ih nose do visokih hladnih vrhova oblaka, gde se zamrzavaju. Zatim ih spuštaju niže, gde na toplijem dnu pakupe još vlage.**



**Višestrukim ponavljanjem ovih ciklusa zrna grada postaju sve veća, a time je i šteta na zemlji sve veća.**

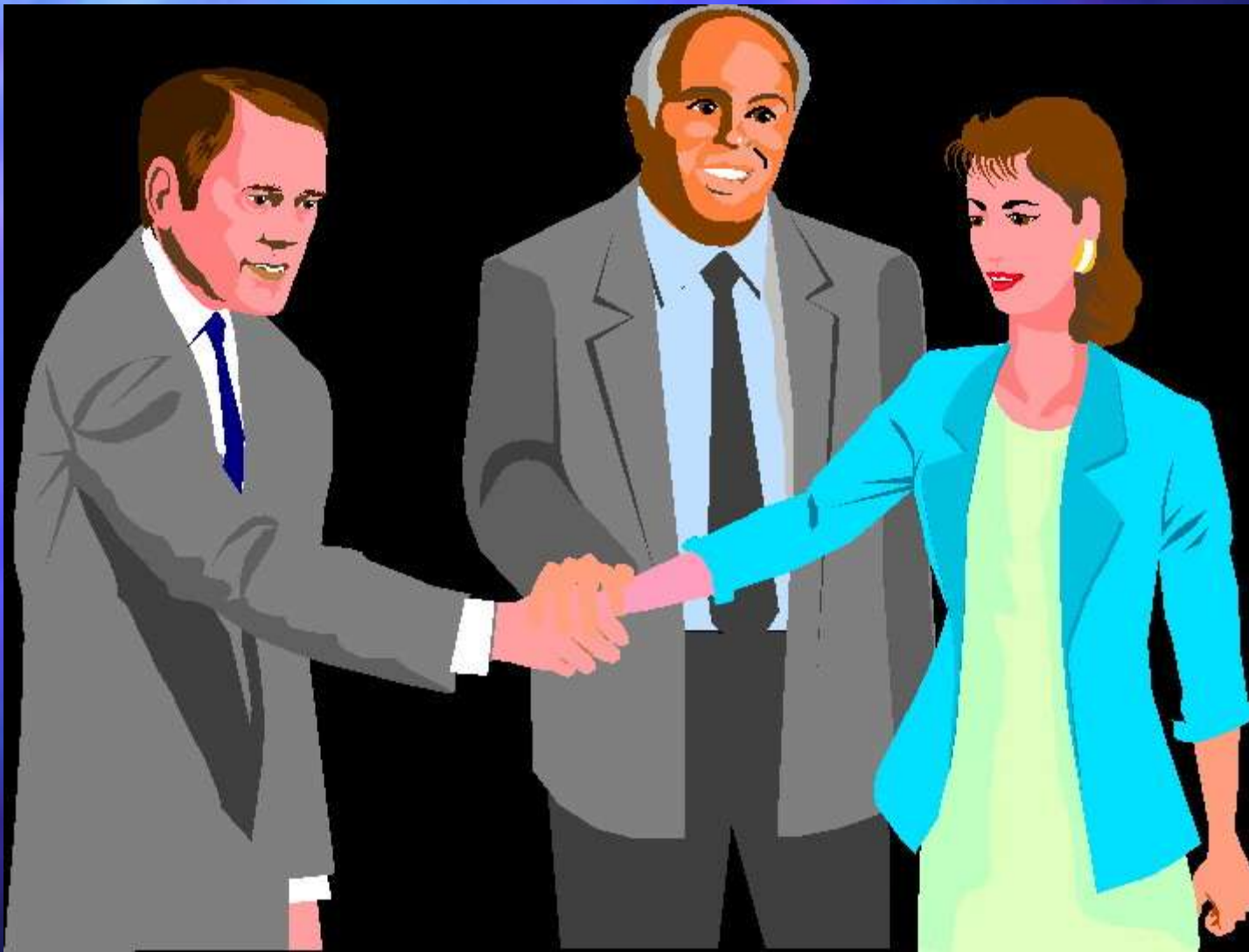
**Stručnjaci upozoravaju da će, sa toplijim i vlažnijim letima, broj velikih gradonosnih nepogoda značajno porasti.**

**U savremenoj nauci dominiraju dva sistema mišljenja o globalnom otopljavanju (GO) i klimatskim promenama (KP):**

- 1) na GO i KP danas direktno utiče čovek svojim kumulativnim , destruktivnim i dugoročnim aktivnostima;**
- 2) učinak ljudskih aktivnosti je zanemariv i GO i KP su rezultat prirodnih ciklusa.**

**Prvo stajalište preovladava u naučnoj (ali i političkoj, pogotovu nevladinoj) javnosti. Ono je uglavnom iskristalisano u aktivnostima IPCC (Međunarodni panel za klimatske promene) i u osnovi polazi od antropogenog doprinosa efektu staklene bašte.**

**Druga grupa naučnika (koja nije institucionalizovana kao IPCC) ne negira doprinos ljudskih aktivnosti u GO i KP, ali smatraju da je taj doprinos mali i da je pravi uzrok promena vezan za astroklimatske faktore (promene u zračenju i aktivnosti Sunca, kretanjima planete, itd.) ili za promene na samoj Zemlji (vulkanska aktivnost, tektonika, itd.). Ovi naučnici često negiraju verodostojnost podataka i zaključaka IPCC.**

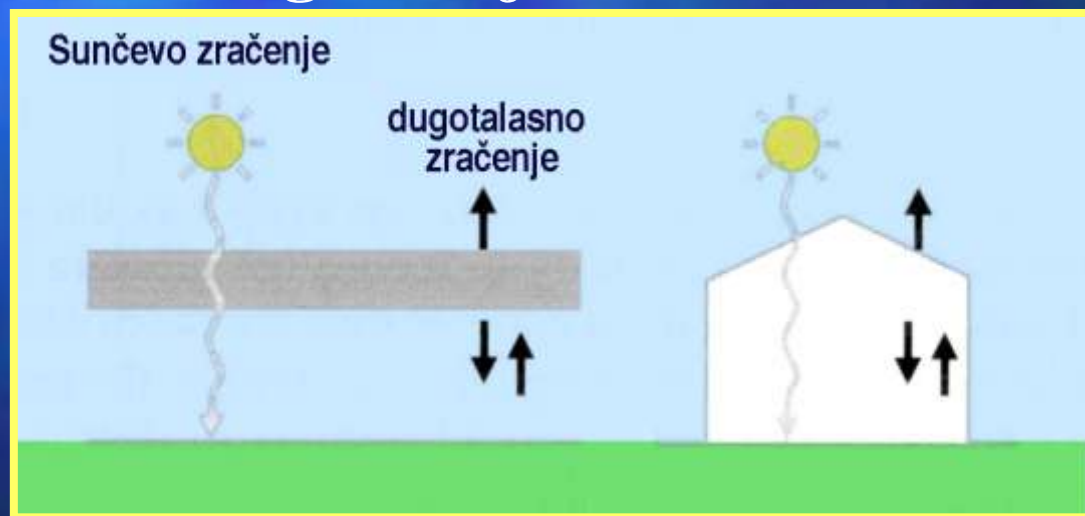


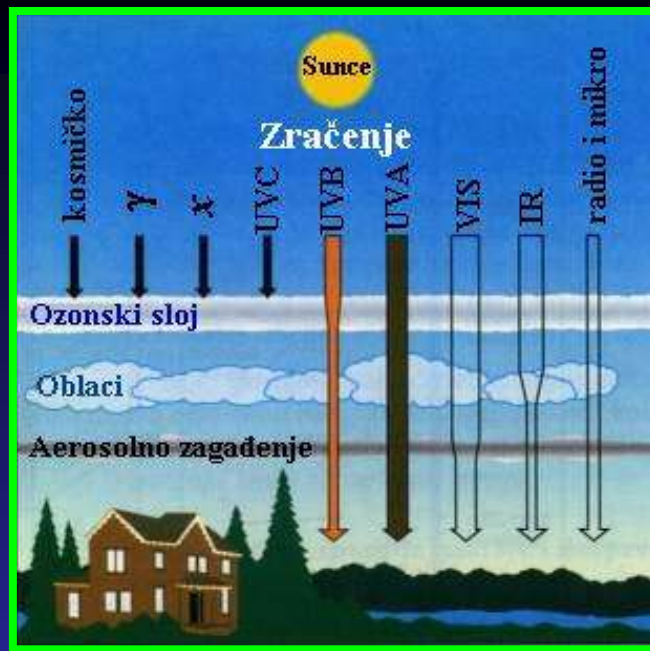
**Pauza**

# IPCC I EFEKAT STAKLENE BAŠTE

Efekat 'staklene bašte' (e.s.b.) je prirodno prisutan proces kojim se zagreva površina i atmosfera planete. **Metaforički termin je uveo Ž. Furije 1824. g. – sugerisao je da se emisija CO<sub>2</sub> prilikom sagorevanja fosilnih goriva može skupljati u atmosferi. Svan Arenijus (1896.) je tvrdio da postoji veza između temperature atmosfere Zemlje i koncentracije CO<sub>2</sub>.**

Pojedini gasovi (CO<sub>2</sub>, vodena para, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>, CFC, SF<sub>6</sub>, ...) apsorbuju dugotalasno zračenje sa površine planete, zbog čega se greju i emituju toplotno zračenje **ka** površini planete, što ima za posledicu dodatno zagrevanje tla.





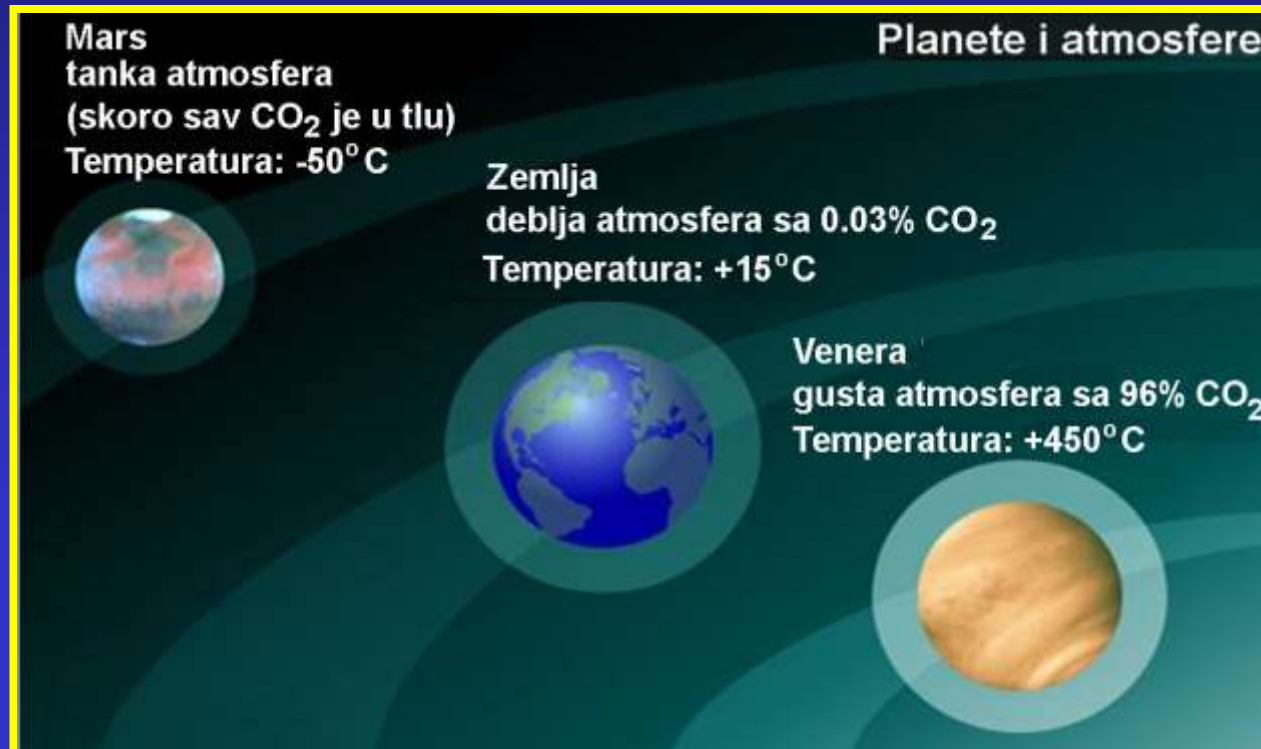
**Da bi postojao efekat staklene bašte potrebno je da su ispunjeni uslovi:**

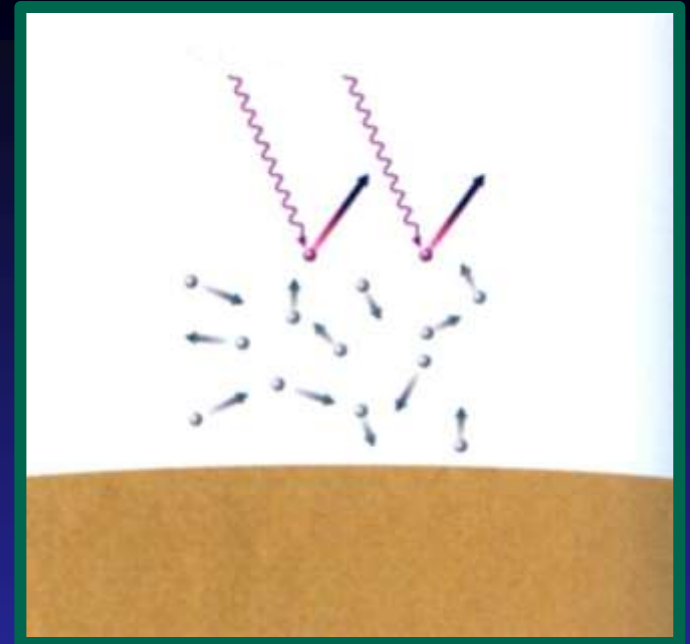
- 1) prozračnost atmosfere i njenih slojeva oblaka za osnovni deo Sunčevog zračenja**
- 2) sposobnost atmosfere planete da intenzivno apsorbuje dugotalasno zračenje (2.5-40  $\mu\text{m}$ ), koje odgovara sopstvenom zračenju planete.**

**U slučaju Zemlje oba uslova su ispunjena. Čak i snažan sloj oblaka u osnovi rasejava, a ne apsorbuje Sunčevo zračenje, tako da njegov znatan deo dospeva do površine Zemlje.**

**Rast temperature uglavnom je izazvan efektom staklene bašte. Da nije njega Zemlja bi bila ledena grudva i da nema anomalije vode ne bi ni bilo života na njoj. U Sunčevom sistemu ga nema na Merkuru (ne poseduje atmosferu).**

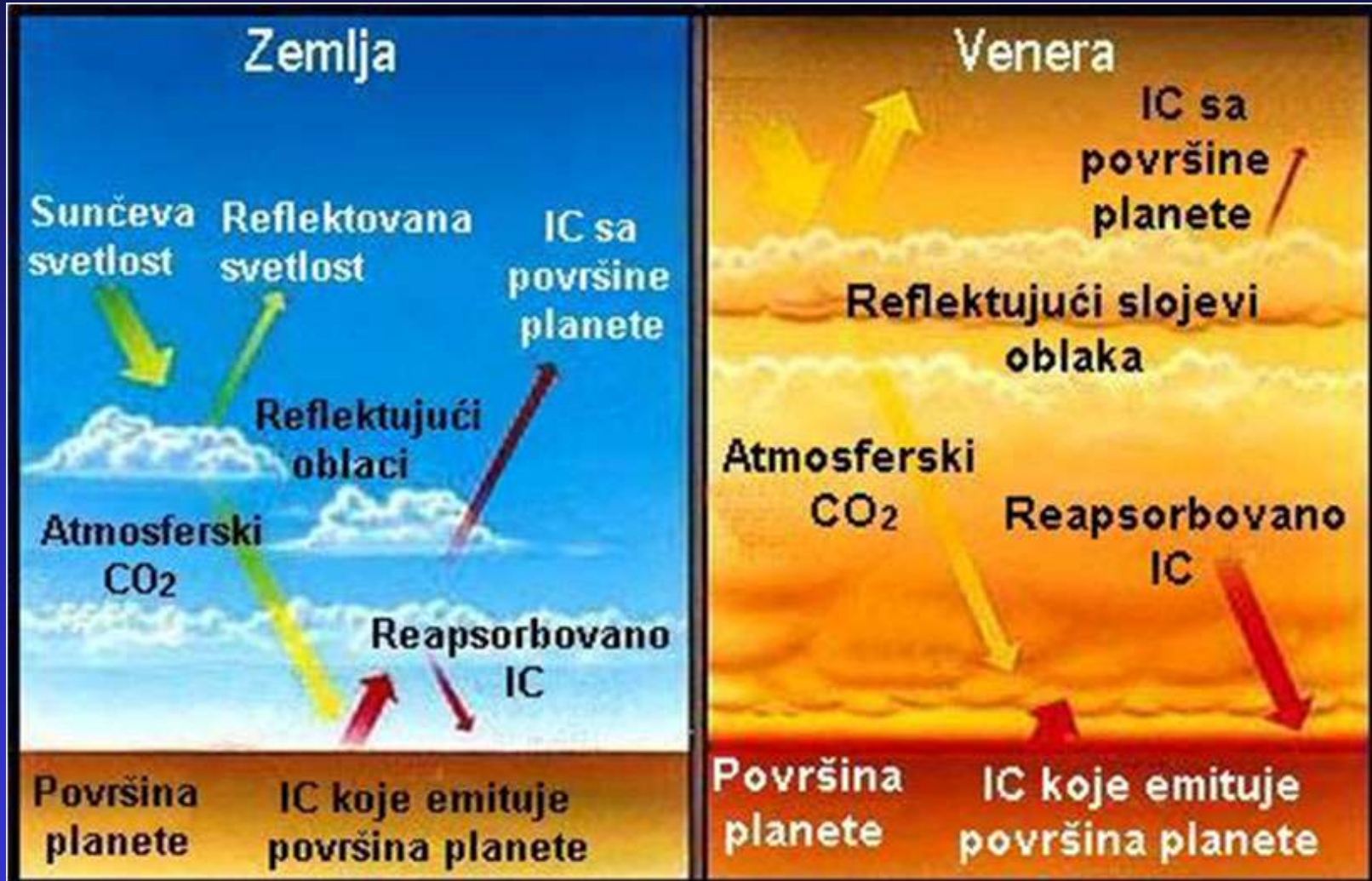
**Efekat staklene bašte izrazit je na Veneri, čija je atmosfera sto puta gušća od Zemljine i sadrži oko 96% CO<sub>2</sub>. Njena temperatura je oko 450 °C (iznad tačke topljenja kalaja, olova, cinka,...), što je oko 500 °C iznad ravnotežne temperature.**





**I Marsova atmosfera ima visok procenat CO<sub>2</sub> (95%), ali je ona oko 100 puta ređa od Zemljine, tako da se fotoni slabo sudaraju sa malobrojnim molekulima. Osim toga, zbog fine prašine u atmosferi, tokom globalnih oluja, izražen je efekat antistaklenika – refleksije dolazećeg zračenja sa Sunca, tako da ono ne dospeva do površine planete, koja se zbog toga ne greje.**

**Što je veća imisija (koncentracija u atmosferi) gasova staklene bašte, to je temperatura na planeti viša.**





Interesantno je da su termički regulatori na Zemlji upravo gasovi kojih u atmosferi ima u malim količinama. U Zemljinoj atmosferi ovi gasove su zastupljeni sa svega 0.1%.

Gas	Zapreminski sadržaj, %	
• N <sub>2</sub>	78,1	} 99,9%
• O <sub>2</sub>	20,9	
• Ar	0,93	
• CO <sub>2</sub>	0,035	} gasovi u tragovima
• Ne	0,0018	
• CH <sub>4</sub>	0,00017	
• Kr	0,00011	
• H <sub>2</sub>	0,00005	
• O <sub>3</sub>	0,000 001- 0, 000 004	

Da njih nema u atmosferi, temperatura na Zemlji bila bi za 33°C niža (- 18°C), što znači da na Zemlji ne bi ni postojao život, ili bi, zahvaljujući anomaliji vode, postojao samo na dnu okeana.

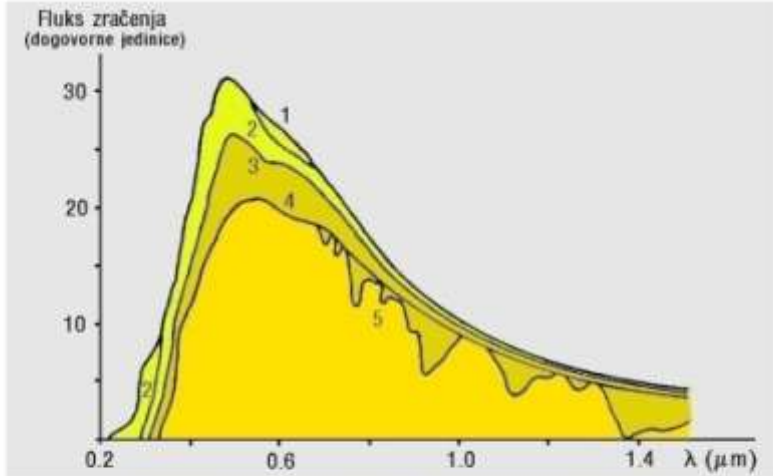
Prirodni izvori gasova staklene bašte (g.s.b.) su vodena para, vulkani , raspad biomase, procesi u okeanu (kruženje CO<sub>2</sub>). Uz povremena manja odstupanja ovi izvori obezbeđuju e.s.b. na normalnom nivou. Ljudske aktivnosti doprinose emisiji g.s.b. sa svega 0.1%. Prema izveštjima IPCC upravo to je onaj jezičak na klimatskoj klackalici, “kap koja preliva čašu” i dovodi do “pregrevanja” Zemlje. Suština značaja ovih gasova je u njihovoj sposobnosti da apsorbuju IC zračenje i time obezbeđuju grejanje atmosfere.



## Glavne ljudske aktivnosti u kojima se emituju gasovi staklene bašte

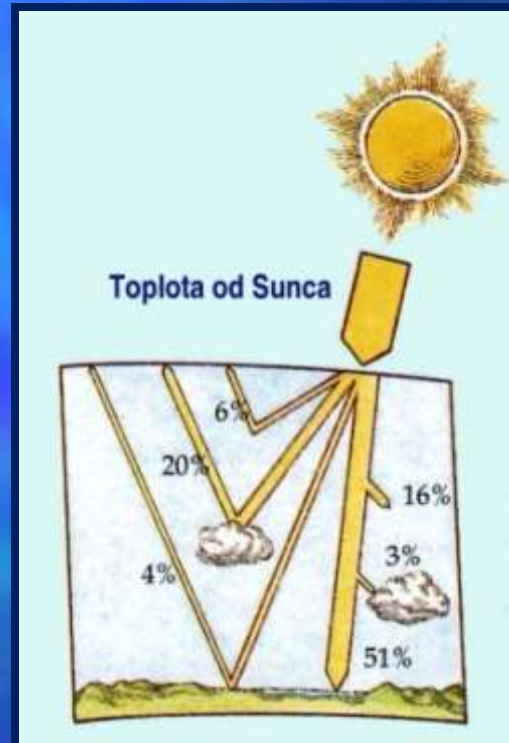


# Kakva je struktura Sunčevog e.m. zračenja na Zemlji?



Spektralna raspodela Sunčevog zračenja

1. na gornjoj granici atmosfere
2. nakon apsorpcije na ozonskom sloju
3. nakon rasejanja na molekulima u atmosferi
4. nakon rasejanja na česticama smoga
5. prizemno zračenje nakon apsorpcije na vodenoj pari i ugljen dioksidu

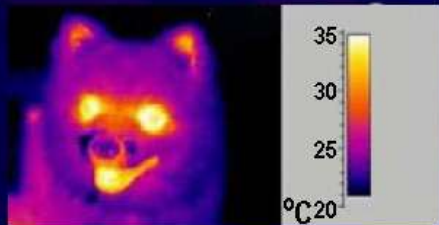


- **26 %** Sunčevog zračenja reflektuje se od oblaka nazad u svemir
- **19 %** energije apsorbuju oblaci, gasovi i čestice
- **4 %** se reflektuje sa površine Zemlje u svemir
- **51 %** stiže na Zemlju i raspoređuje se na: zagrevanje tla, topljenje snega i leda, isparavanje vode i fotosintezu

# Zagrevanje tla Sunčevom energijom uzrokuje da se ono ponaša kao izvor toplotnog IC zračenja.

- Zračenje u infracrvenoj oblasti, 300 GHz (1 mm) do 400 THz (750 nm), čovek ne može videti, ali ga može osetiti kao toplotu i može se detektovati termometrom.

- Infracrveno zračenje sunca nas greje, a uređaji koji emituju ovo zračenje koriste se za održavanje tople hrane u restoranima.

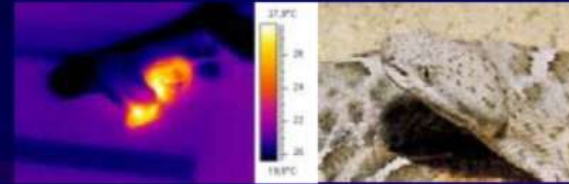


Slika psa u srednjem ("termalnom") infracrvenom području

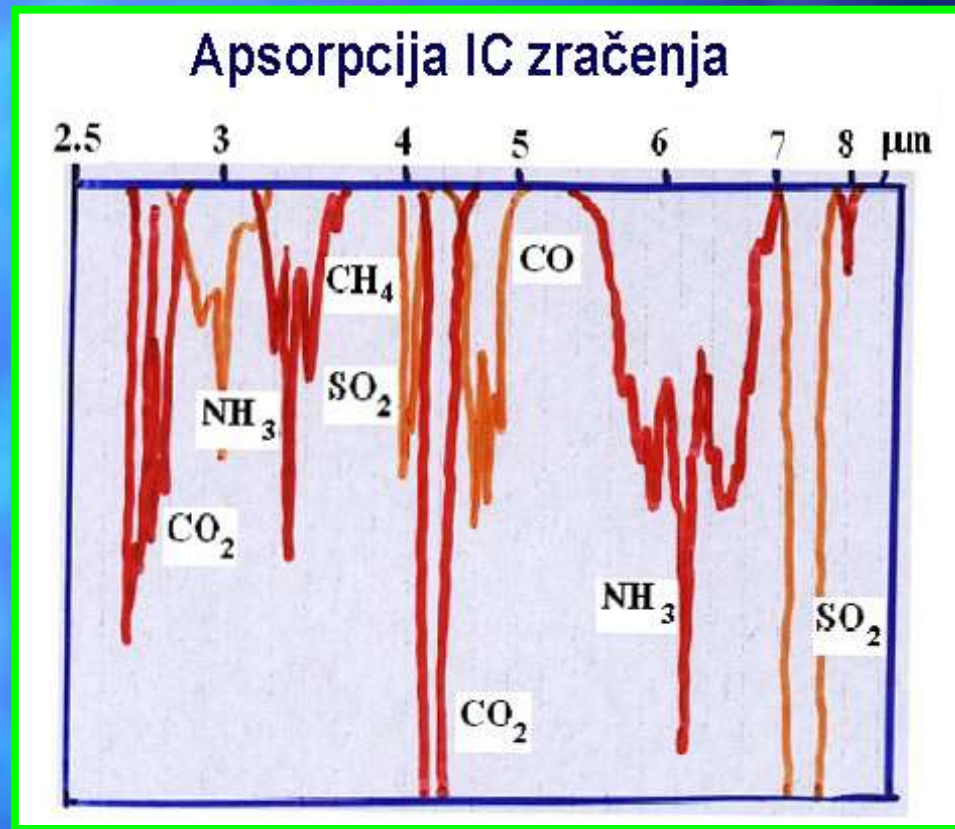
- Mada IC zračenje ne deluje na običan fotografski film, specijalni film može detektovati IC zračenje koje otpušta neki zagrejani objekat.
- Takav film može se koristiti da locira termalna zagađenja od strane električnih centrala, kao i za pravljenje mape gustine vegetacije u određenim regionima.

- Postoje dve vrste zmija koje imaju infracrvene senzore koji mogu detektovati infracrveno zračenje niskog intenziteta koje otpušta njihova žrtva.
- Koristeći ove senzore, zmije mogu odrediti tačan položaj i uhvatiti svoju žrtvu i u tami, a isto tako naći skrivena mesta koja imaju ugodnu temperaturu za življenje.

- *Crotalinae* (eng. "pit vipers") imaju termoreceptore, organe osetljive na toplotu.



Inače IC zračenje se deli na: **blisko** (0.7-2.5  $\mu\text{m}$ , nastavlja se na crveni deo vidljivog zračenja), **srednje** (2.5-20  $\mu\text{m}$ ) i **daleko** (20-500  $\mu\text{m}$ , iza njega su mikro, a još dalje radio talasi).



Prisutni gasovi staklene bašte apsorbuju IC zračenje koje se emituje sa Zemljine površine, sami se njime greju i reemituju ga ka površini, koja se zbog toga dodatno greje.

**Zašto gsb apsorbuju baš IC zračenje?** (“Stvari treba pojednostaviti koliko god je moguće, ali ne više od toga”, Ajnštajn)

**Krenimo *ab ovo*:** energija molekula potiče od njihovog haotičnog kretanja, elektronskih prelaza u njima, rotacije i vibracija oko soptvenog centra mase, orijentacije elektronskog i nuklearnog spina, sprege ovih kretanja, itd. Unutrašnja energija molekula uglavnom se sastoji od energije elektrona, vibracionih i rotacionih kretanja unutar molekula.

Ukupna energija molekula približno je jednaka zbiru elektronske, vibracione i rotacione energije:

$$\Delta E_{\text{uk}} = \Delta E_{\text{el}} + \Delta E_{\text{vib}} + \Delta E_{\text{rot}}$$

$$\Delta E_{\text{el}} > \Delta E_{\text{vib}} > \Delta E_{\text{rot}}$$

**Molekuli su kvantni objekti i njihova energetska stanja su diskretna, tako da je prelaz iz jednog u drugo stanje praćen primanjem ili oslobađanjem odgovarajuće količine energije.**

**Ukoliko se jedan molekularni sistem obasja elektromagnetnim zračenjem, molekuli apsorbuju fotone samo određenih talasnih dužina.**

**Apsorbovani foton dovodi do energetskog prelaza molekula sa nižeg na viši nivo, praćen elektronskim prelazima i/ili pobuđivanjem rotacija ili vibracija.**



Fotoni veće energije (UV i VIS) dovode do toga da elektroni iz omotača prelaze iz jedne molekulske orbitale u drugu ili napuštaju molekul (jonizacija).

Da bi elektronutralni molekul reagovao na elektromagnetnu pobudu (e.m. talas) mora da poseduje dipolni moment ( $\mu$ ) koji je jednak proizvodu električnog naboja i rastojanja između naelektrisanja. Kod višeatomskih molekula dipolni moment jednak je vektorskoj sumi dipolnih momenata svake pojedinačne veze u molekulu. Kretanja u molekulu mogu biti spektroskopski aktivna ukoliko dovode do promene njegovog dipolnog momenta.

Geometrija molekula je bitan činilac koji odlučuje da li će molekul imati dipolni moment



- CO<sub>2</sub> nema dipolni momenat.
- Dipolni momenti se sabiraju vektorski.

Svaki molekul kod kojeg su centar pozitivnog naelektrisanja i centar negativnog naelektrisanja razdvojeni ima **dipolni momenat**.

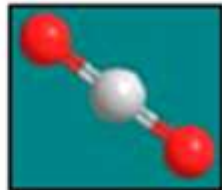
Predstavlja se strelicom koja je usmerena od  $\delta^+$  ka  $\delta^-$



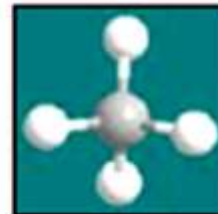
Neki molekuli ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , ...) nemaju ne poseduju permanentan dipolni moment. Pokazuje se da u rotacionom delu spektra apsorbuju svi molekuli koji poseduju permanentan dipolni moment. U vibracionom delu spektra apsorbuju i molekuli koji ne poseduju permanentan dipolni moment, ali vibracije izazivaju stvaranje trenutnog (indukovanog) dipolnog momenta, kada atomi oko veza dovode do istežanja ili savijanja u molekulu.

Karakterističan primer za to je  $\text{CO}_2$ . Radi se o linearnom molekulu ( $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ ), koji zbog simetrije ne poseduje dipolni moment.

$\text{CO}_2$  je linearni molekul bez stalnog dipolnog momenta

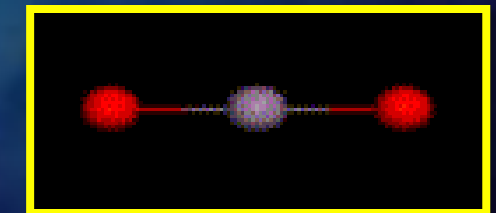
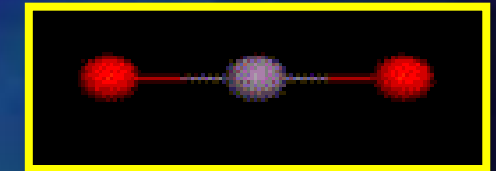
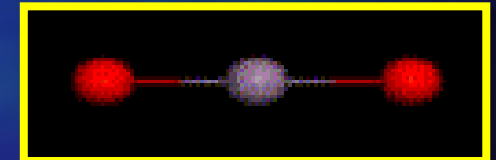
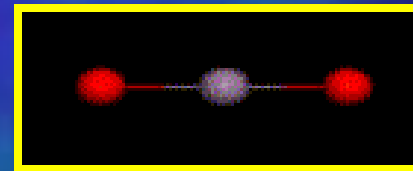
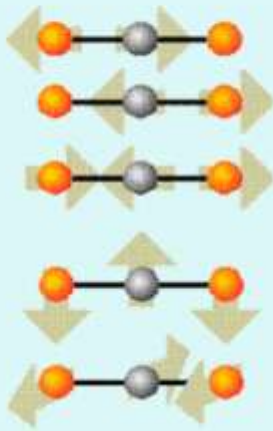


$\text{CH}_4$  je tetraedarski molekul bez stalnog dipolnog momenta



Povećanje vibracione energije molekula je posledica apsorpcije zračenja u bliskom i srednjem IC području, dok manje energetske daleko IC i mikrotalasno zračenje pobuđuju rotaciono kretanje. Sve vibracije u molekulu  $\text{CO}_2$  mogu da se raščlane na 4 moda, pri čemu mod sa simetričnim pomeranjem atoma kiseonika u odnosu na ugljenikov atom nije spektroskopski aktivan, jer ne dovodi do promene dipolnog momenta. To je razlog da  $\text{CO}_2$  apsorbuje IC zračenje na tri frekvence.

Asimetrično rastezanje i savijanje u molekulu  $\text{CO}_2$  uzrokuje apsorpciju IC zračenja

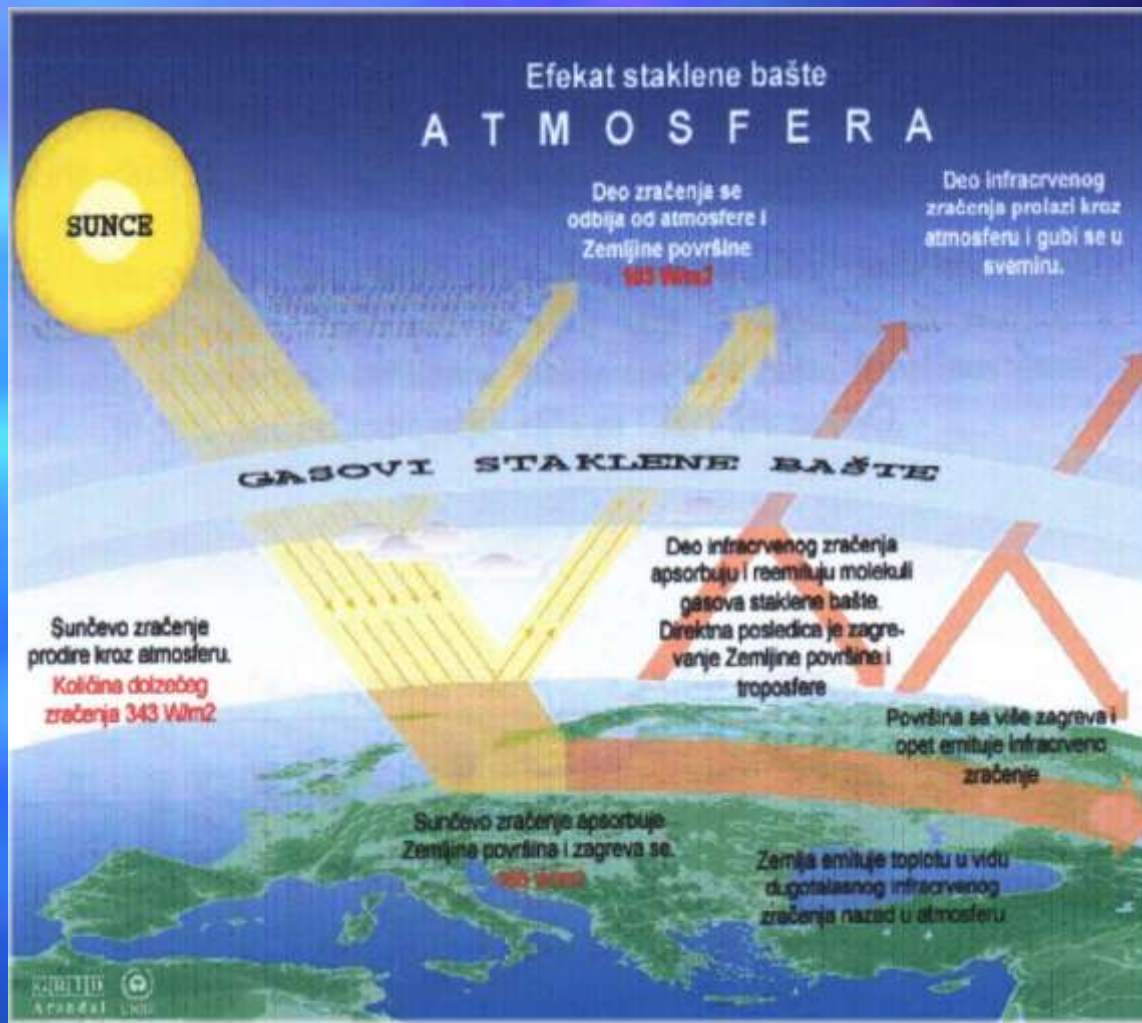




Na sličan način može se objasniti apsorpcija IC zračenja i pobuđivanje molekula i ostalih gasova staklene bašte.

Pobuđeni gasovi reemituju ovo zračenje i 90 % energije se ponovo vraća na Zemlju. Tlo apsorbuje dodatno zračenje, zbog čega se dalje zagreva. Ali na višoj temperaturi menja se talasna dužina zračenja koje tlo emituje u atmosferu. To je u skladu sa Vinovim zakonom pomeranja  $\lambda_{max} T=b$ , gde je  $\lambda_{max}$  talasna dužina na kojoj telo emituje najveću energiju,  $T$  je temperatura tela,  $b$  je konstanta.

Proces traje sve dok reemitovano dugotalasno zračenje ne promeni toliko talasnu dužinu, da ga prisutni gasovi u atmosferi više ne apsorbuju, već propuštaju, tako da ono odlazi u Kosmos.



**Priroda je vrlo složen samoregulatorni mehanizam koji održava vrlo osetljivo stanje dinamičke toplotne ravnoteže planete. Ona uspostavlja novu termičku ravnotežu, ali ovog puta na višoj temperaturi od one kada gasova staklene bašte ne bi bilo.**



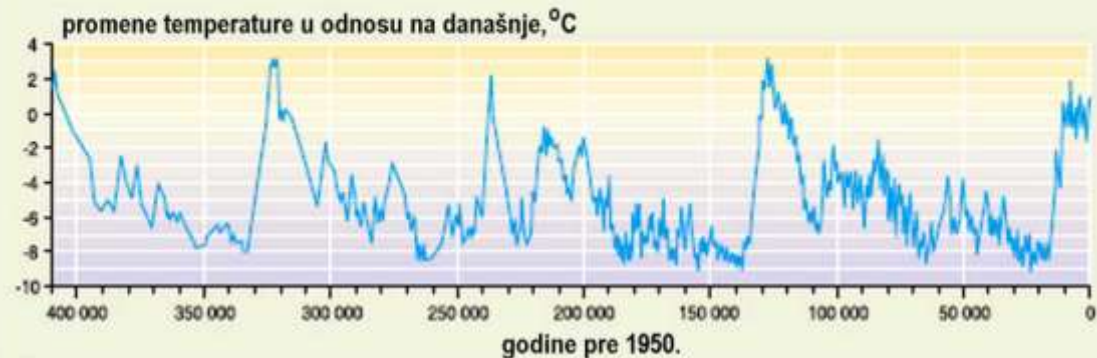
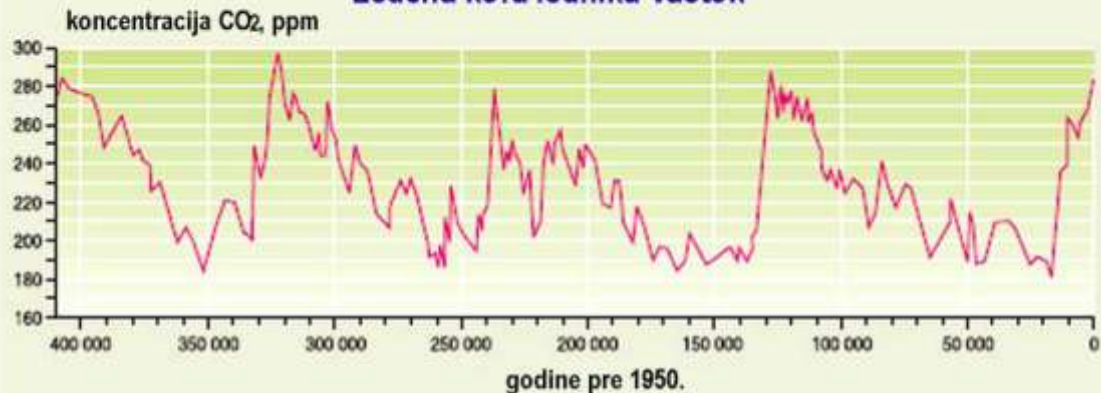
### Analiza antarktičkog leda

Zarobljeni mehurići vazduha iz vremena nastanka lednika ukazuju na manju koncentraciju  $CO_2$  u odnosu na današnje vrednosti. Tada je efekat staklene bašte bio slabije izražen.

Analiza zarobljenog vazduha u ledenoj kori Antarktika pokazuje da su koncentracije  $CO_2$  i  $CH_4$  blisko povezane sa globalnom temperaturom na planeti.

### Ponašanje temperature i koncentracije $CO_2$ u poslednjih 400 000 godina

Ledena kora lednika Vastok



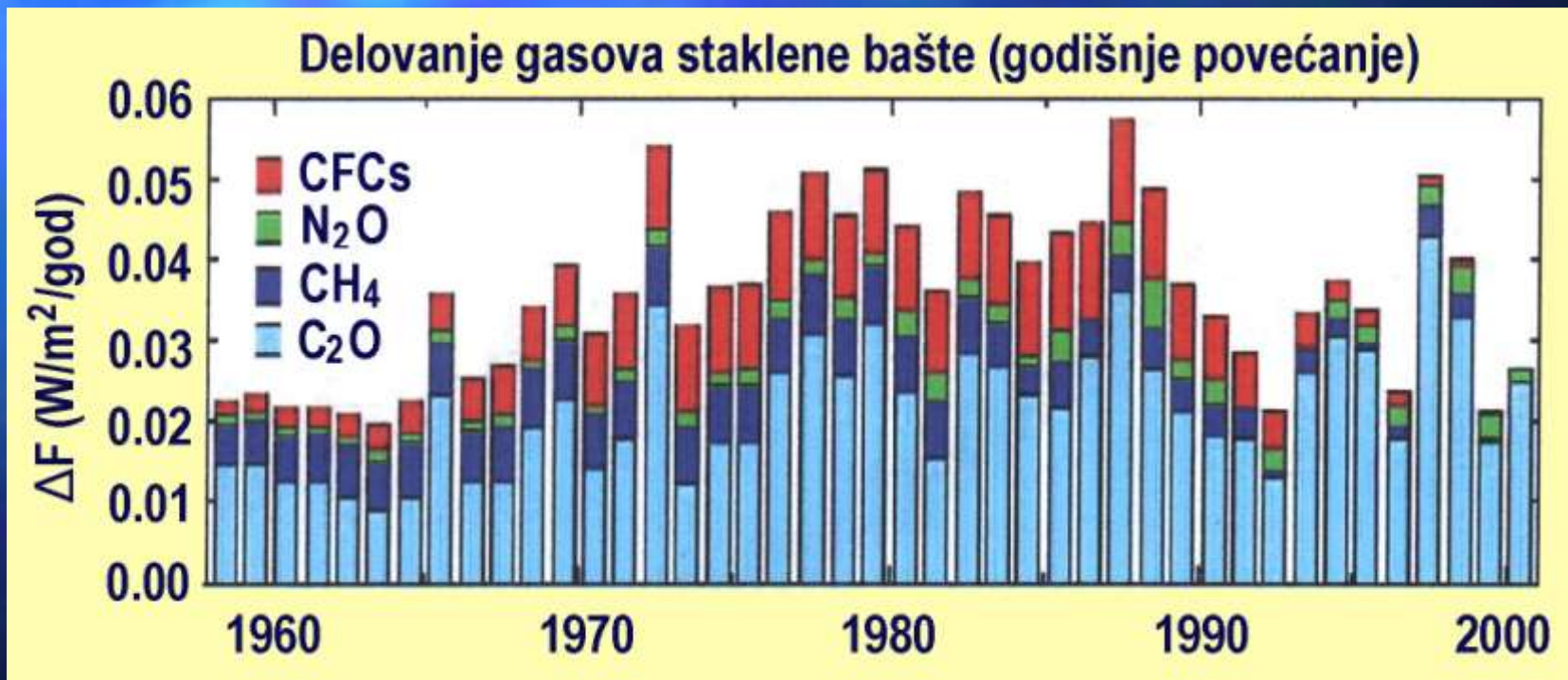
**Nemaju svi g.s.b. isti značaj za e.s.b. *Potencijal globalnog zagrevanja*** je indeks koji predstavlja kumulativno toplotno zračenje nekog gasa u odnosu na CO<sub>2</sub>. **Predstavlja meru za upoređivanje gasova sa stanovišta e.s.b.**

Hemijska formula	Koncentracija pre industrijalizacije	Koncentracija nakon industrijalizacije	Vreme života u atmosferi godina	Glavni izvori	Potencijal globalnog zagrevanja
CO <sub>2</sub>	280 ppm	380 ppmv	50 - 200	Fosilna goriva Seča šuma Proizvodnja cementa	1
CH <sub>4</sub>	700 ppm	1720 ppmv	12 - 17	Fosilna goriva Pirinčana polja Deponije Stočarstvo	21
N <sub>2</sub> O	275 ppm	312 ppmv	120 - 150	Đubrenje Industrijski procesi	310
CFC <sub>12</sub>	0	503 pptv	102	Tečna rashladna sredstva Pene	125 - 152
HCFC <sub>22</sub>	0	105 pptv	13	Tečna rashladna sredstva	125
CF <sub>4</sub>	0	110 pptv	50000	Proizvodnja aluminijuma	6500
CF <sub>6</sub>	0	72 pptv	1000	Proizvodnja magnezijuma	23900

**Od značaja je i količina gasa u atmosferi, kao i vreme njegovog života u njoj, pre nego što se ne “spere”, raspadne, ne veže u druga jedinjenja ili napusti atmosferu.**

# Najistaknutiji gasovi staklene bašte:

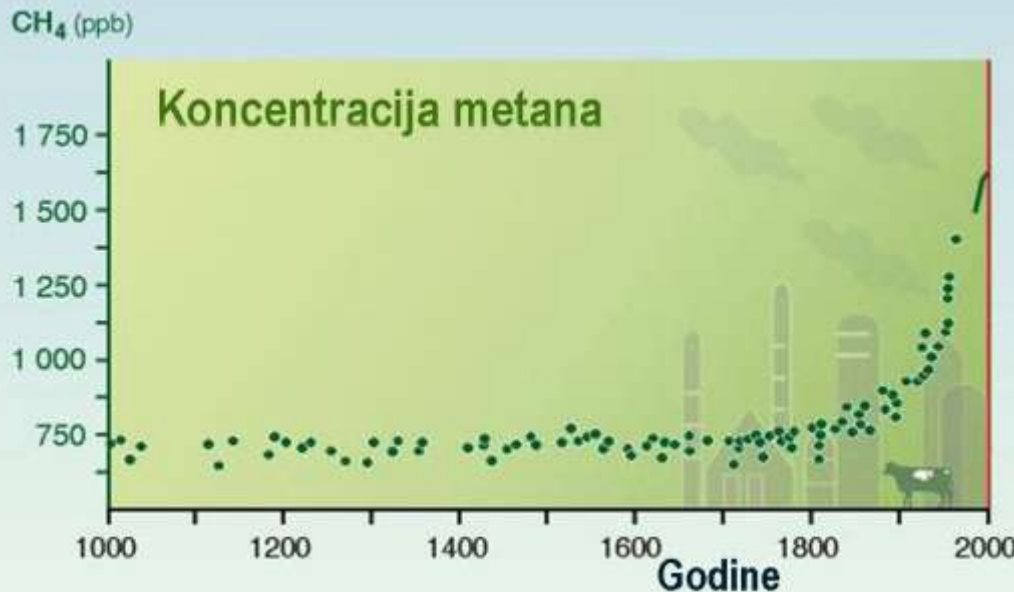
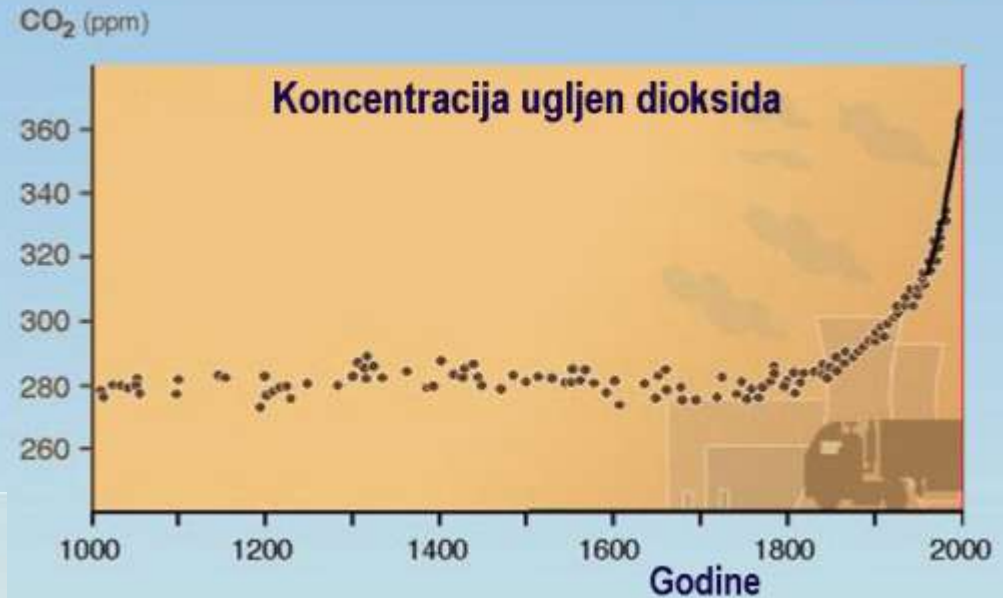
CO <sub>2</sub>	uticaj:	55 %
CFC		25 %
CH <sub>4</sub>		15 %
N <sub>2</sub> O		5 %





**CO<sub>2</sub> ima najmanji potencijal globalnog zagrevanja, ali ima relativno dug život u atmosferi (50-100 g.) i čini najveći deo u antropogenoj emisiji g.s.b.**

**Molekul metana ima 21 puta veći efekat staklene bašte od CO<sub>2</sub>, ali on mnogo manje “živi”u atmosferi.**



**Analize ukazuju na evidentan rast prisustva ovih gasova u atmosferi.**

Ovim trendovima doprineli su: intenzivna industrijalizacija, razvoj saobraćaja, intenzivna urbanizacija, porast broja i gustine naseljenosti stanovnika.



**Scrips, Revelle i Suess (Kalifornija) 1957. iznose hipotezu da se atmosfera “puni” ugljen dioksidom. Merenjima na Južnom polu i Mauna Loi 1958. g. Charles Keeling potvrđuje da količina CO<sub>2</sub> u atmosferi raste. Od 2001. satelitski snimci to potvrđuju. Pritom lokalni doprinosi se akumuliraju stvarajući globalne promene.**

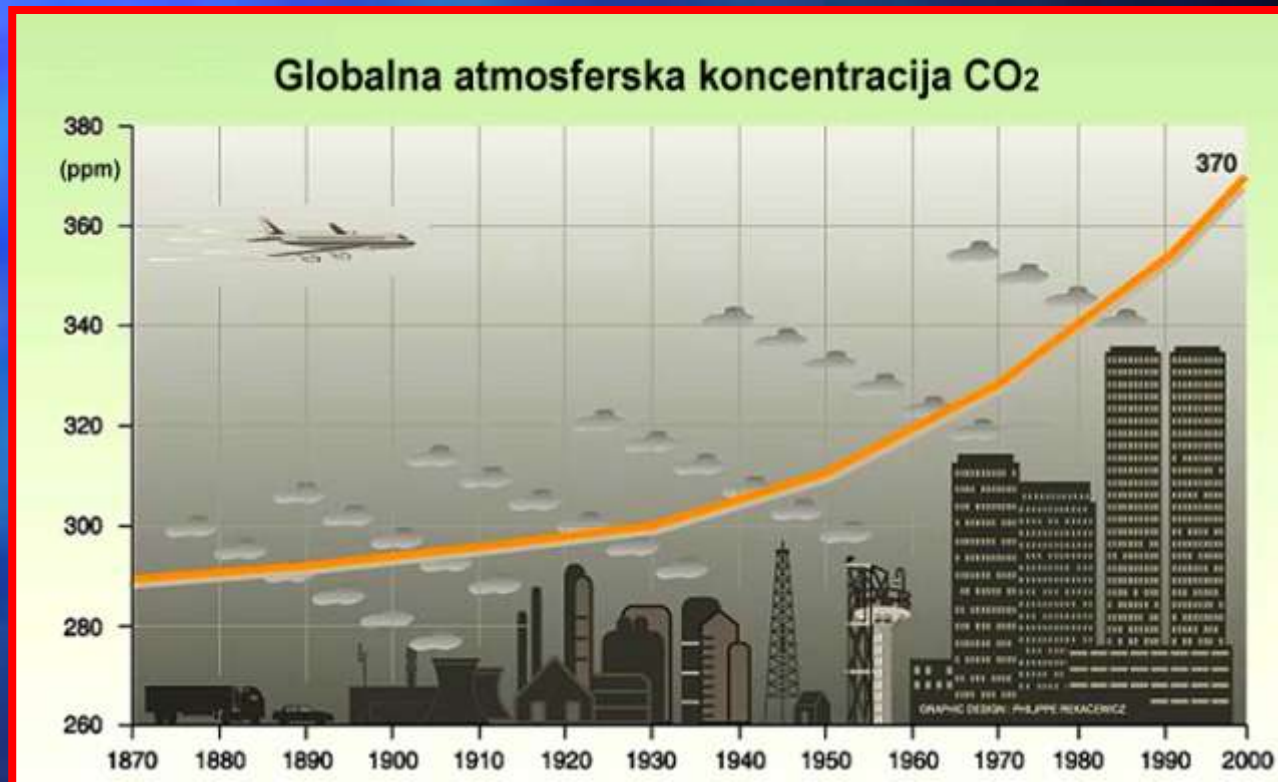
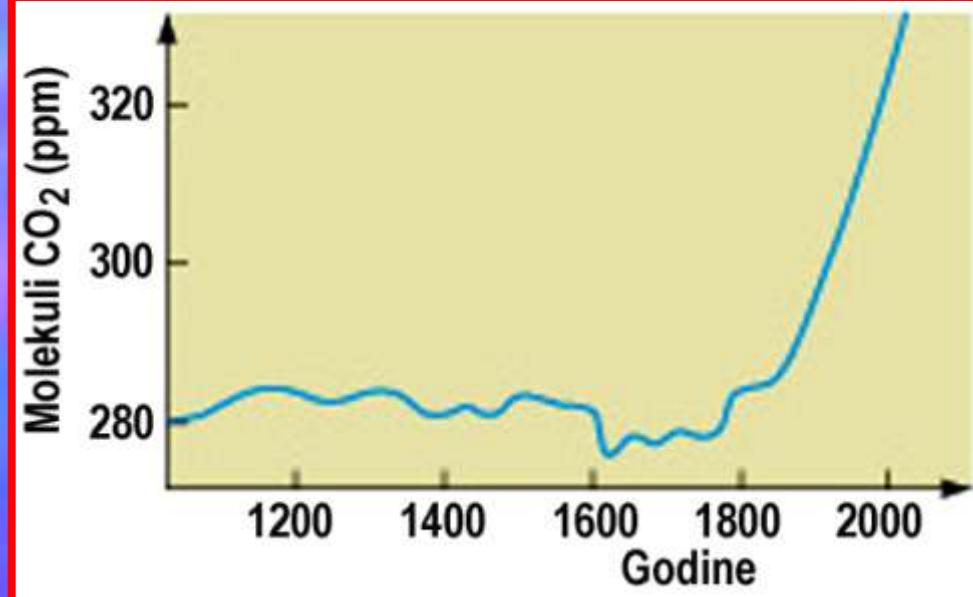


Permanentan rast g.s.b. u atmosferi prisutan je od 1860. godine, sa početkom industrijske revolucije.



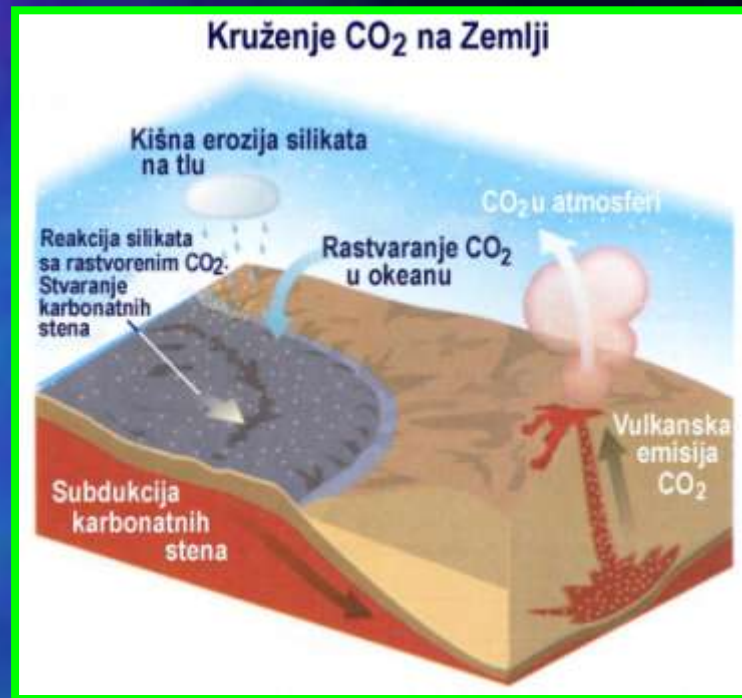


Na primer, od industrijske revolucije koncentracija CO<sub>2</sub> je porasla za 34% (od 280 ppm u 1750. g. na 376 ppm u 2003. g.). Današnje koncentracije su najveće za poslednjih 160 000 .



Najviše CO<sub>2</sub> je u hidrosferi (oko 40 000Gt).  
 U atmosferi ga je bilo 600 Gt pre industrijske  
 revolucije, a danas ga je preko 750 Gt.  
 Razmena između kopnene biosfere i atmosfere  
 je 60 Gt, a antropogena emisija je oko 8Gt  
 godišnje.

Slična je situacija i sa ostalim g.s.b. Njihov  
 “višak” ne ostaje lokalizovan na mestu gde je  
 nastao, već se širi “diljem” planete.

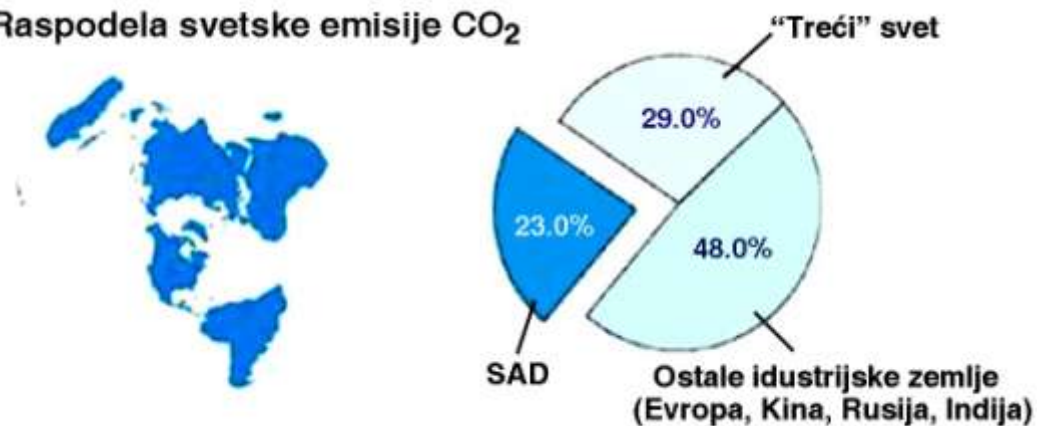




**CO se emituje oko 15 mlrd. tona godišnje. Ugljen dioksida je 1960. emitovano 259 miliona tona, a 1980. godine 5-6 milijardi tona (za 20 godina povećanje je iznosilo 30 puta, 1 t po stanovniku Zemlje). Emitovani su i drugi “polutanti”: SO<sub>2</sub> 150 miliona tona godišnje, sitne čestice u vazduhu 30 miliona tona/g, NO<sub>x</sub> 53 miliona t/g, isparljivi ugljovodonici, hlorovani CH, policiklični-aromatični CH, fluoridi, Hg, Pb, As, nitrati, nitriti, fosfati.**

Najveći emiteri CO<sub>2</sub> su industrijski najrazvijenije zemlje (SAD 23%) i zemlje u galopirajućem razvoju (Kina, Indija), koje nemaju kontrolu nad “prljavim” tehnologijama.

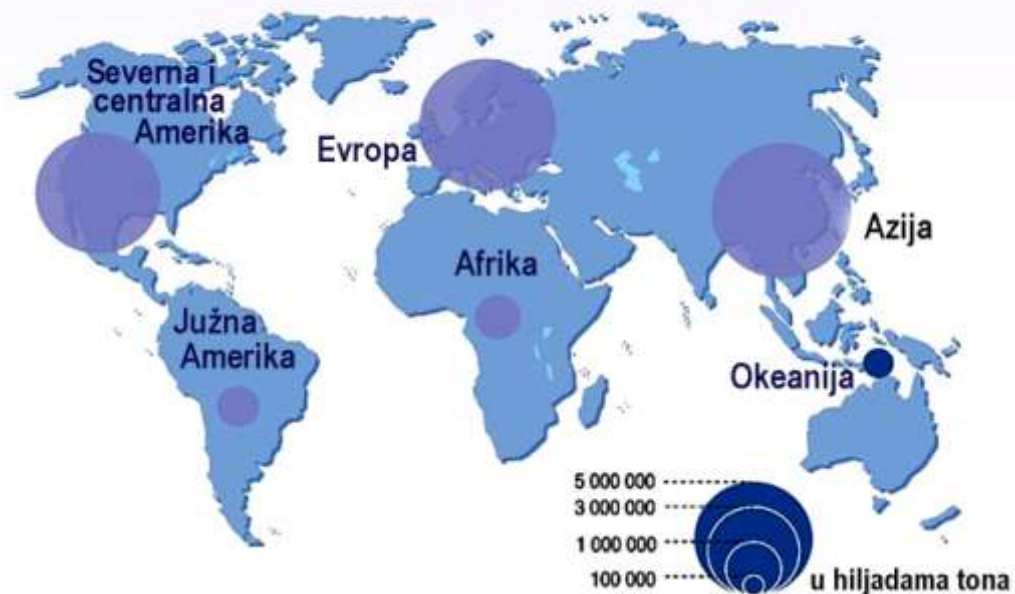
Raspodela svetske emisije CO<sub>2</sub>



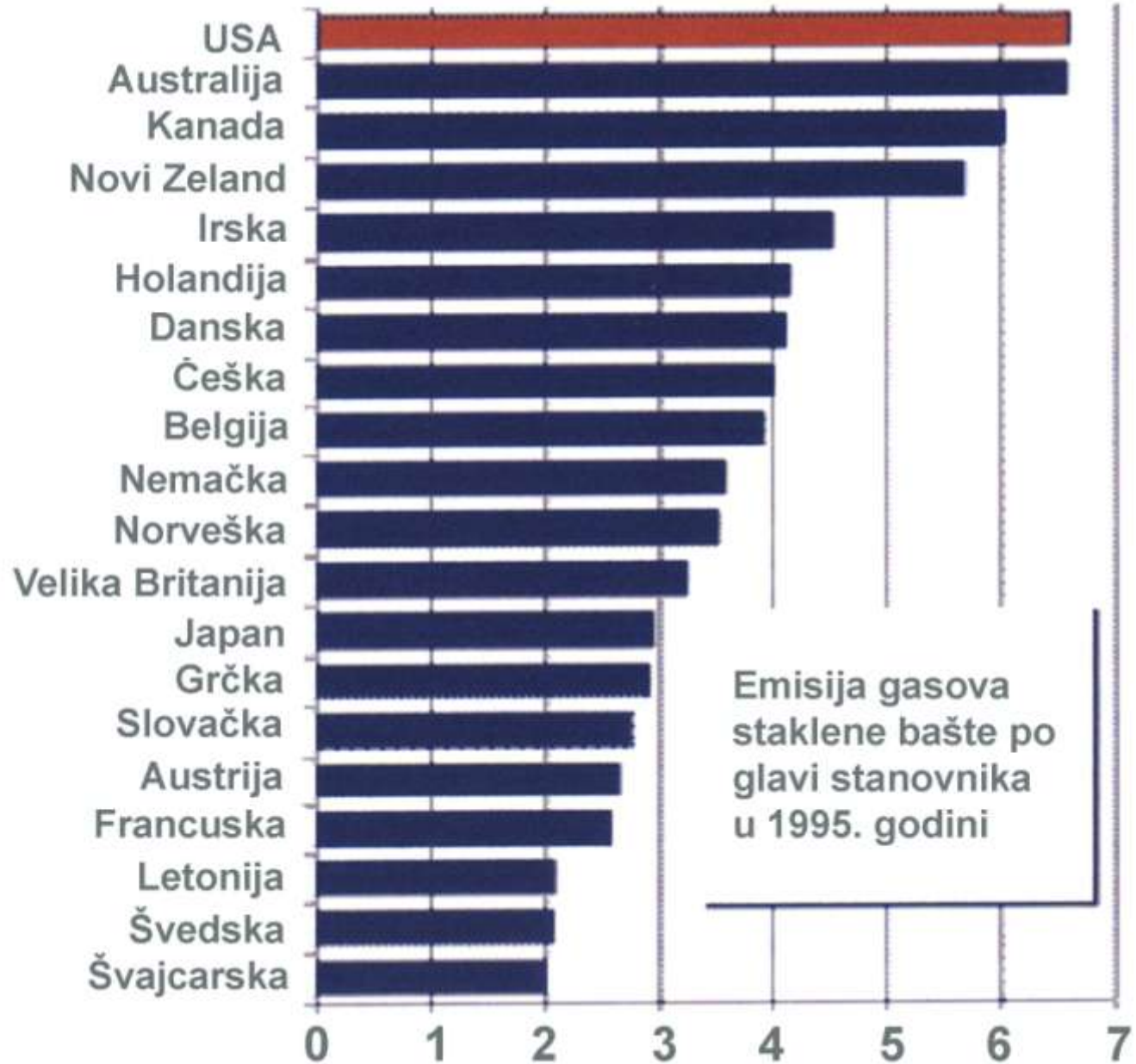
Ukupna emisija CO<sub>2</sub> u 2000. godini po zemljama



Emisija CO<sub>2</sub> u industrijskim procesima



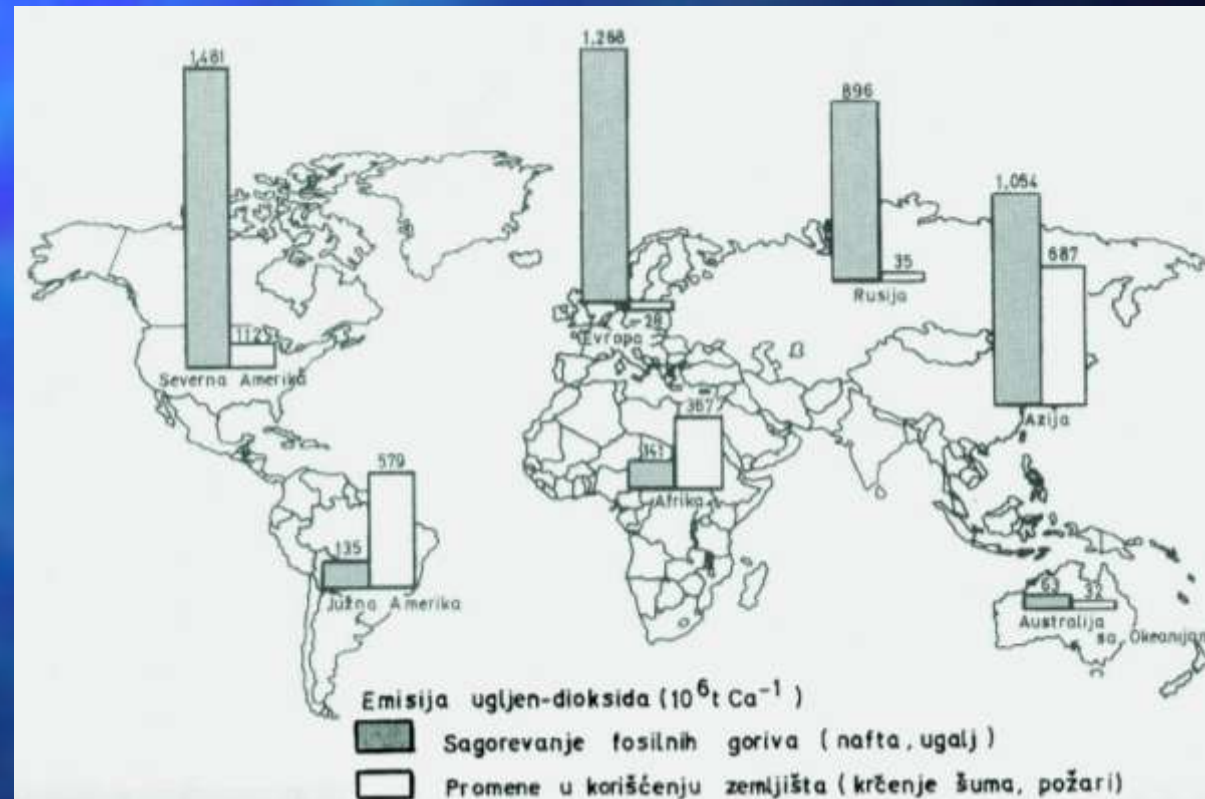




Svoj doprinos stvaranju “viškova” CO<sub>2</sub> manje razvijene zemlje Afrike, Azije i Južne Amerike ne daju emisijom, već spaljivanjem i sečom šuma (u cilju širenja poljoprivrenog zemljišta). Inače, šume fotosintezom “prerađuju” CO<sub>2</sub>.



Besomučna seča šuma u Amazoniji i zagađenje svetskog mora smanjuju mogućnost njihove apsorpcije, što još više doprinosi rastu procesa staklene bašte na Zemlji.



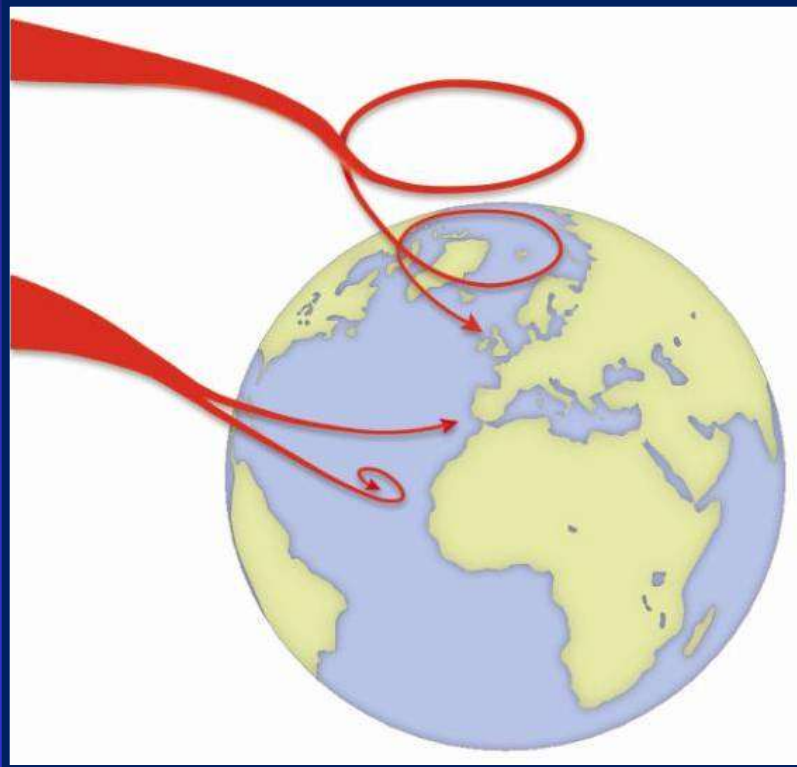
**U ovom kontekstu je i uništavanje šuma zbog sve prisutnijih kiselih kiša, kao i zbog požara.**

**Posledice šumskih požara su: promene mikroklimе, aerozagađenje, uništavanje živog sveta, oštećenje zemljišta.**



**Za oko 40% požara u Evropi nije poznat uzrok. Polazeći od statističke i hronološke koincidencije između solarne aktivnosti i šumskih požara, neki autor i tvrde da su solarni vetrovi značajan uzrok izbijanja šumskih požara, ali i klimatskih promena.**

**Brzine protona solarnog vetra na mestu Zemlje su oko 550 km/s, ali u vreme jake Sunčeve aktivnosti su preko 1000 km/s. Temperature protona su tada i preko milion stepeni. Magnetosfera Zemlje nas efikasno štiti od**



**solarnog vetra, ali čestice velike energije mogu da se, klizeći niz linije magnetnog polja Zemlje, spuste blizu Zemljine površine.**

**Tada, u interakciji sa atmosferom, nastaju polarne svetlosti, magnetne bure, intenzivne električne struje u atmosferi, itd. Neki smatraju, bez uverljive argumentacije, da ove čestice mogu, da dovedu do vremenskih promena, pa i do izbijanja šumskih požara velikih razmera, što može imati reperkusije i na klimatske promene. Ono što se previđa je da se čestice solarnog vetra spuštaju blizu Zemljine površine na velikim geografskim širinama, u blizini magnetnih polova iz kojih linije geomagnetnog polja “izbijaju” na Zemljinu površinu. Sa druge strane, šumski požari najčešće izbijaju na malim geografskim širinama, gde su efekti delovanja solarnog vetra zanemarljivi.**



## **Dve su bitne činjenice uticale na formiranje svesti da je potrebna akcija za spas planete**

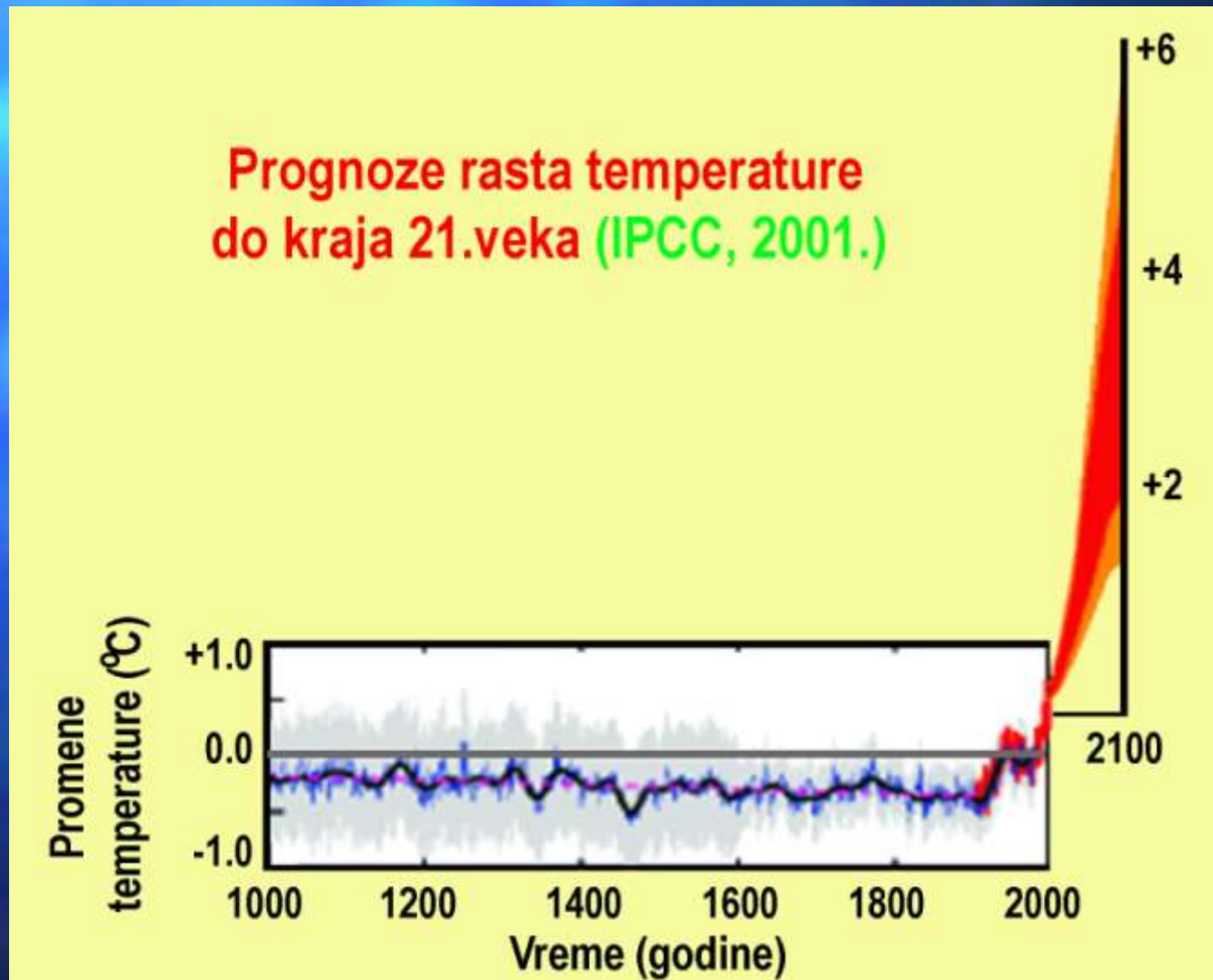


- **Količina toplote dodata atmosferi određena je koncentracijom gasova staklene bašte.**
- **Koncentracije svih gasova staklene bašte su na Zemlji povećane od industrijske revolucije.**

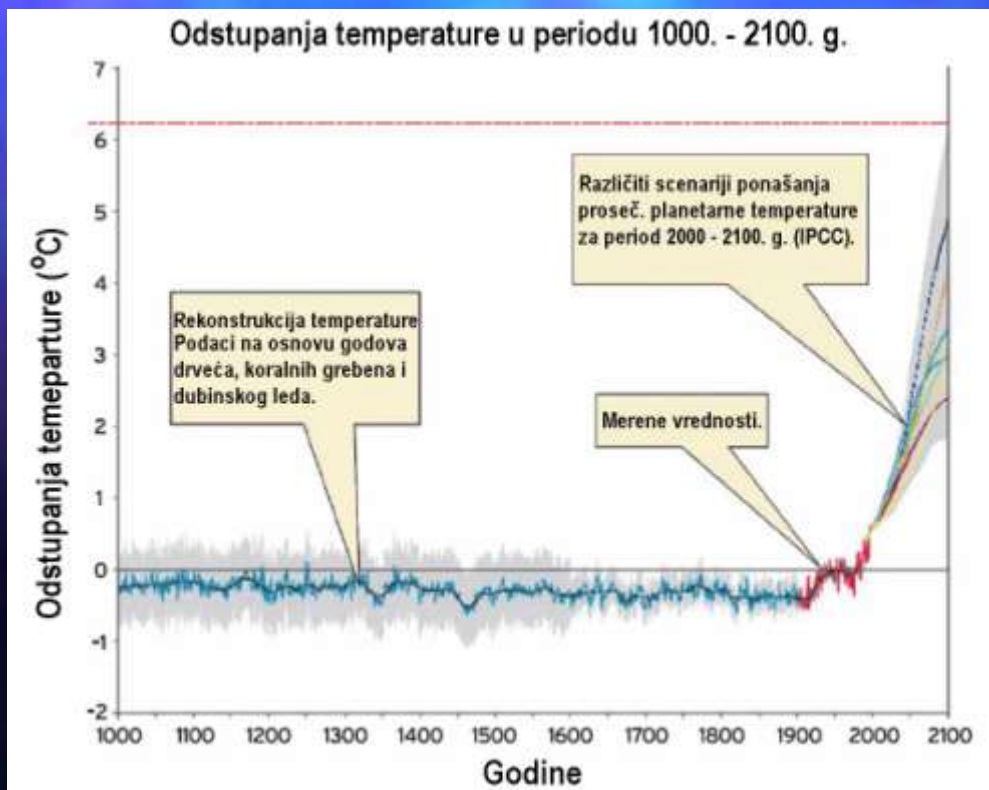
**1976. godine UN formira Program životne sredine (UNEP), a 1977. Svetska meteorološka organizacija (SMO) intenzivira Program osmatranja meteoroloških parametara i praćenja (monitoring) klimatskih promena.**

**1988. UNEP i SMO uspostavljaju Međuvladin panel za klimatske promene (IPCC).**

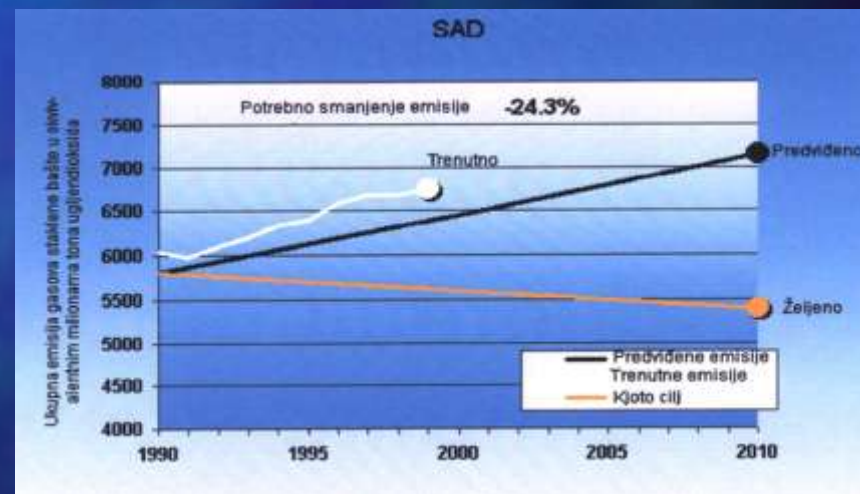
Polazeći od projekcija za emisiju CO<sub>2</sub>, IPCC daje scenarije za ponašanje prosečne temperature na Zemlji, kao i posledice takvih temperaturnih trendova. Oni ukazuju da prosečna temperatura raste. Problem je u tome što će se taj trend ubrzati ako se ništa ne preduzme.



Zaključci IPCC govore o mogućim scenarijima u zavisnosti od mera koje će se preduzeti u smanjenju emisije g.s.b. Čak i trenutna obustava emisije podrazumeva vekovni oporavak temperature. U posebnom saopštenju o emisionim scenarijima IPCC-a (SRES) predviđa se zagrevanje od  $0.2^{\circ}\text{C}$  po deceniji u toku prvih 20 g. XXI veka. Kada bi se emisija g.s.b. zadržala na nivou od 2000. g. rast temperature bi iznosio  $0.1^{\circ}\text{C}$  po deceniji. Projekcije ponašanja temperature zavise od emisionih scenarija i daljeg sagorevanja fosilnih goriva.

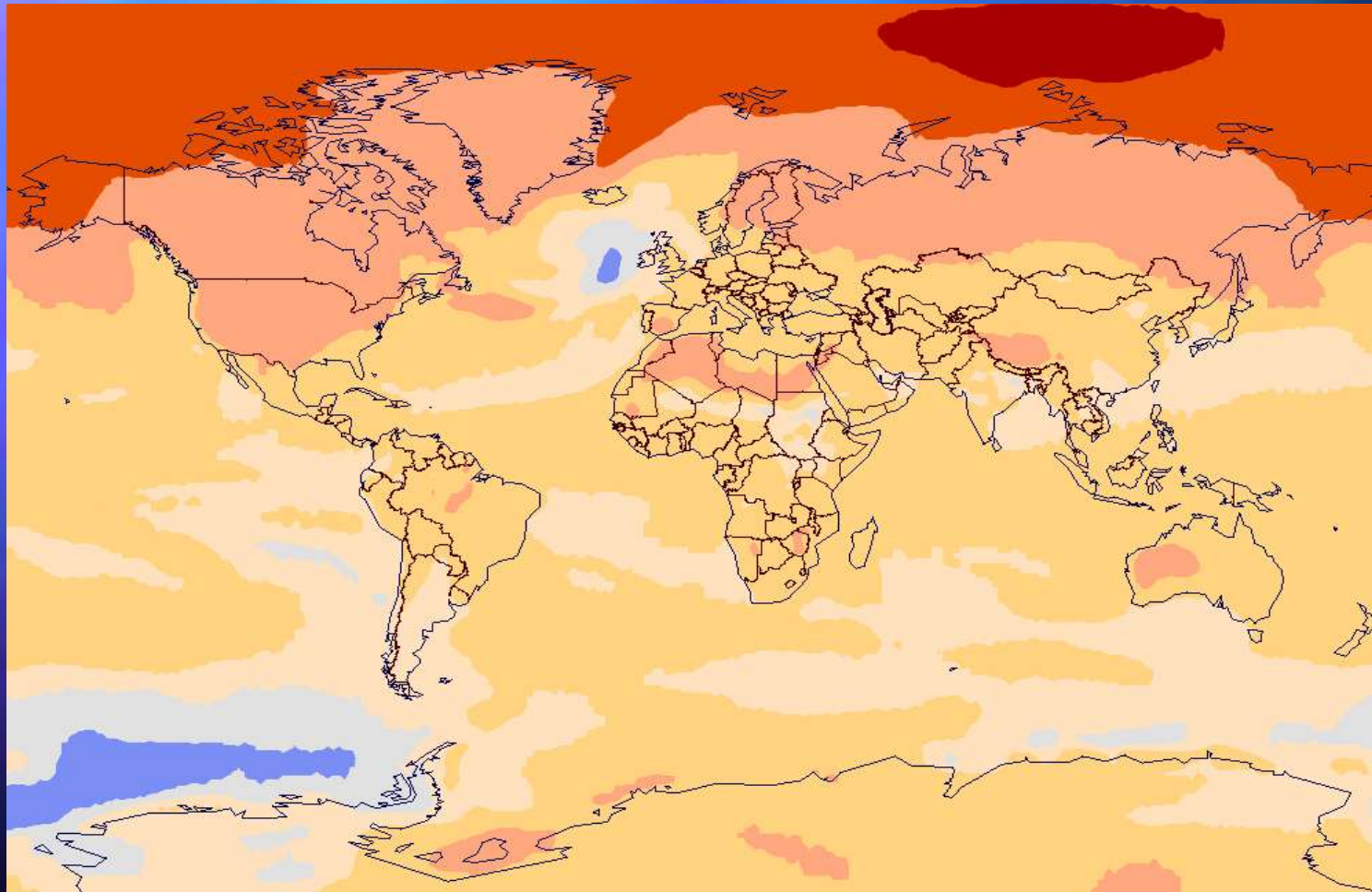


Najgori scenario podrazumeva da ćemo u narednih 100 g. sagoreti  $3/4$  rezervi fosilnih goriva, a po “srednje opasnom”  $1/4$ .

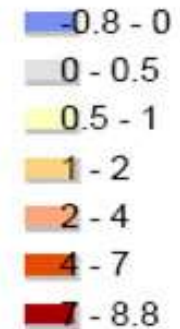




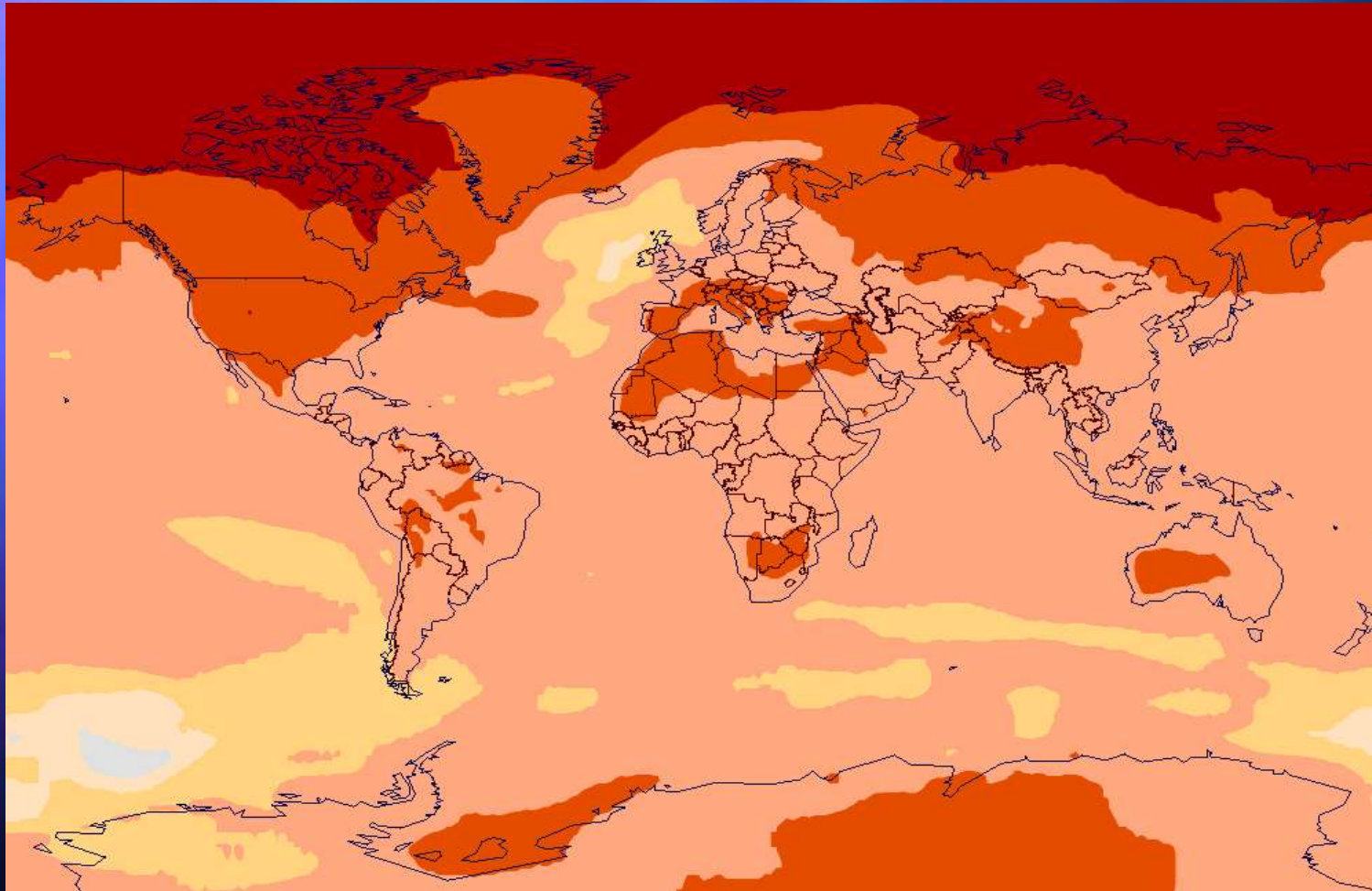
# IPCC, 2007: Prognoziran porast temperature vazduha u 2050. god.



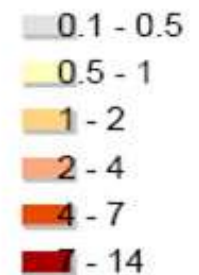
**Rast prosečne godišnje temperature u odnosu na onu iz 2000. godine**



# IPCC, 2007: Prognoziran porast temperature vazduha u 2090. god.

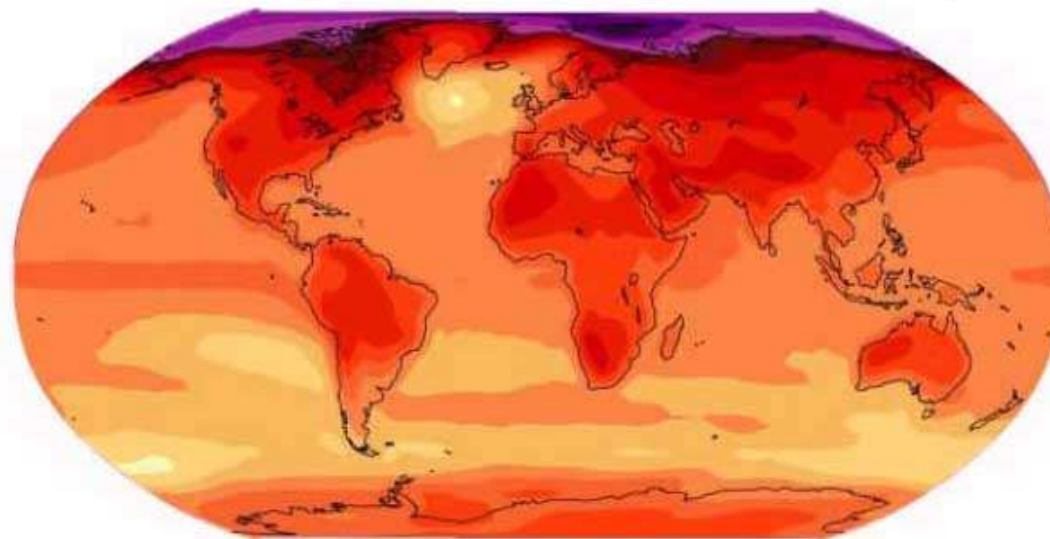


**Rast prosečne godišnje temperature u odnosu na onu iz 2000. godine**



IPCC, 2007: Prognozirano ponašanje temperature vazduha u periodu 2090-2099. god.

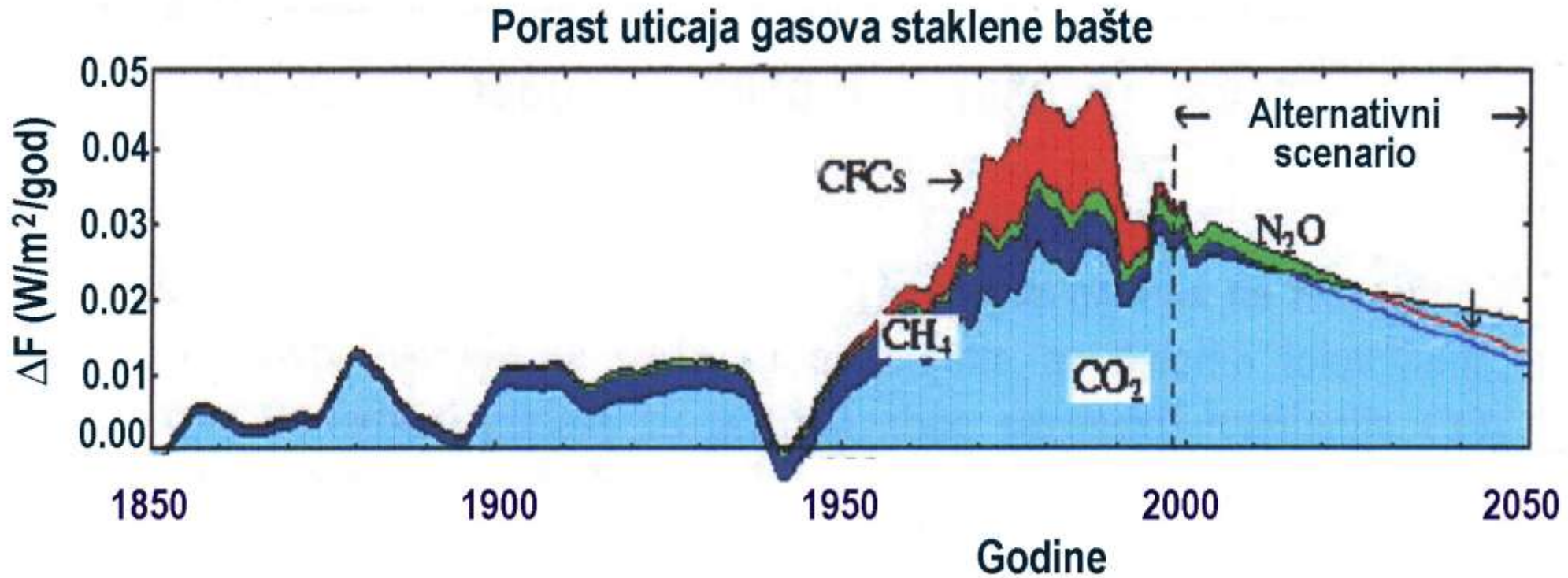
## Geografska raspodela prizemnog zagrevanja na kraju XXI veka (2090-2099.)



Promene temperature u odnosu  
na prosek 1980-1999. (°C)

projekcija prema A1B SRES scenariju

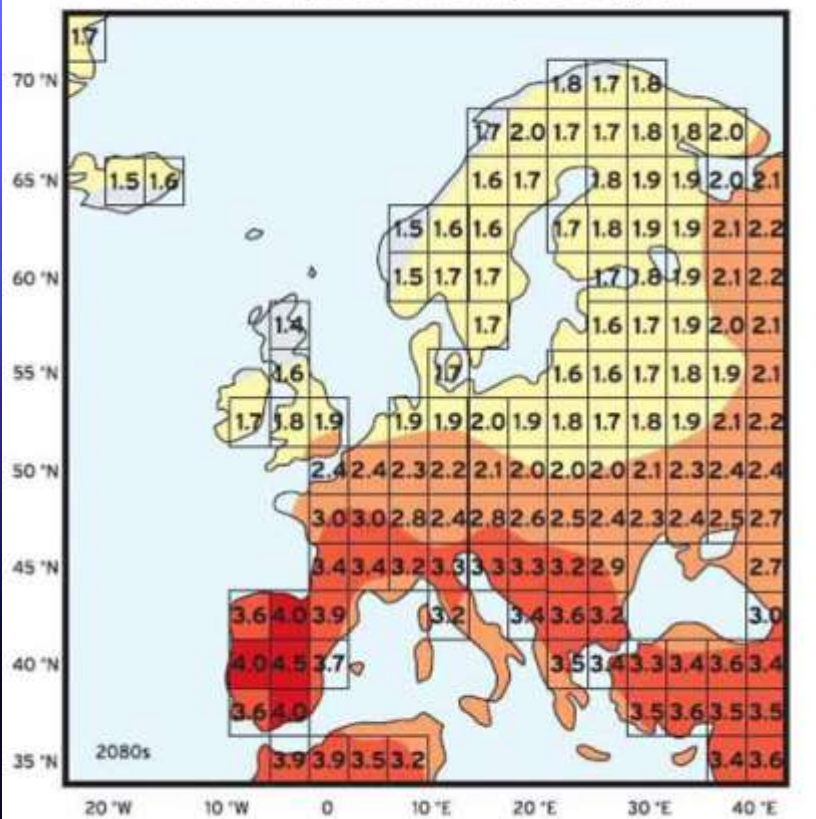
Porast uticaja gasova staklene bašte na atmosferu; deo grafika posle 2000. godine prikazuje alternativni scenario, ako se ispoštuje smanjenje emisije CO<sub>2</sub>.



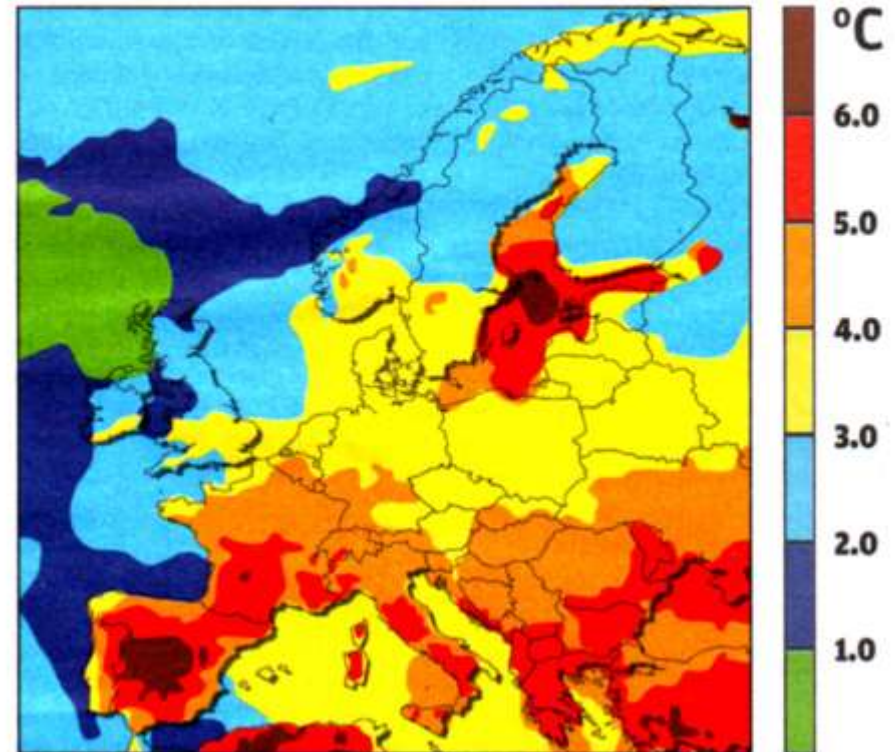
Koncentracija CFC jedinjenja u atmosferi je već smanjena zbog primene protokola o zaštiti ozonskog sloja.

Prema najoptimističnijem scenariju IPCC temperatura na kraj XXI v. na globalnom nivou biće viša za 2 °C (pri trenutnoj obustavi emisije CO<sub>2</sub>). Ako se nastavi ovakva emisija CO<sub>2</sub> rast bi bio 4 °C. U Evropi bi rast bio veći (između 2.2 i 5.1 °C, sa povećanom emisijom i do 7.7 °C). Klimatske promene se ne mogu zastaviti, a rešenje je u prilagođavanju društva promenama.

Promene temperature u Evropi 2080. god.



Projekcija rasta srednjih temperatura vazduha u Evropi za period 2071–2100. godina, prema scenariju ubrzanog rasta emisije gasova staklene bašte



U našem regionu broj hladnih i ledenih dana će se smanjiti, a biće više dana sa temperaturom iznad 25 °C. Smanjiće se i broj vlažnih dana. Najkasnije do 2080. g. neće hladne zime, a olujne nepogode će se pojačati i učestati.



**Srednja i severna Evropa će primiti više kiše, a u južnoj Evropi će preovladavati suva klima. Pojačaće se i biće češći ekstremni vremenski uslovi .**

**Kod nas će klima biti suvlja i toplija severno-mediteranska (kao danas u Grčkoj).**

**Klimatske zone će se pomerati ka većim geografskim širinama i višim nadmorskim visinama.**



## **Rast globalne temperature atmosfere utičaće na**

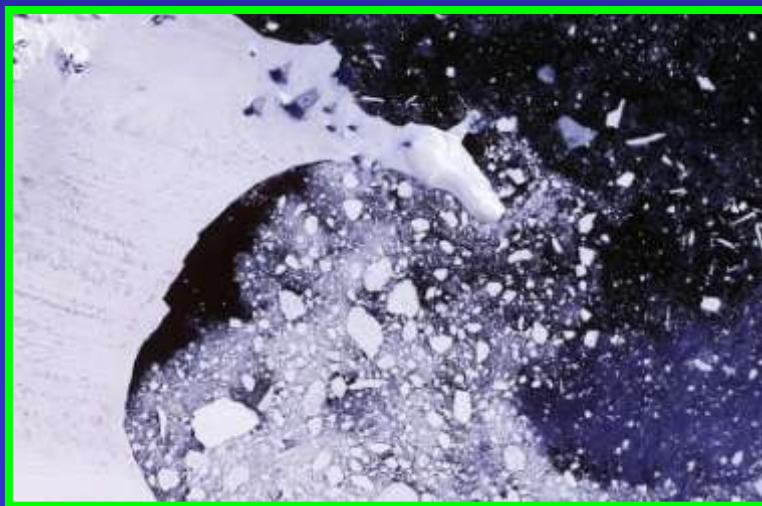
- **Topljenje ledenog pokrivača**
- **Porast nivoa mora**
- **Dalje osiromašenje ozonskog sloja**
- **Na biljni i životinjski svet (polarni svet, šume, ptice, prinosi...)**
- **Na zdravlje ljudi**



# 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 potpuno topljenje leda na njemu.**

**Proračuni predviđaju da će nivo mora porasti do 2050. godine za 15, a do 2100. godine za 34 cm, samo usled efekta staklene bašte.**



**Stručnjaci iz IPCC ističu postojanje pozitivne povratne sprege (*positive feedback*) – rast prisustva CO<sub>2</sub> znači višu temperaturu, topljenje leda, veće isparavanje, više vodene pare u atmosferi. Vodena para je gas staklene bašte, tako da podiže temperaturu, a to pospešuje topljenje leda, itd.**



# Shematski to izgleda ovako:

## Led održava led

Belina leda i snega odbija preko 80% dolazeće Sunčeve svetlosti (albedo 0.8). Visoki albedo na polovima održava njihovu temperaturu niskom i čuva njihov led.

## Toplotna ravnoteža

Deo Sunčevog zračenja se sa Zemljine površine reemituje u svemir kao toplota. Jedan njen deo u atmosferi apsorbuju „gasovi staklene bašte“, što život na Zemlji čini mogućim.

## Zagrevanje

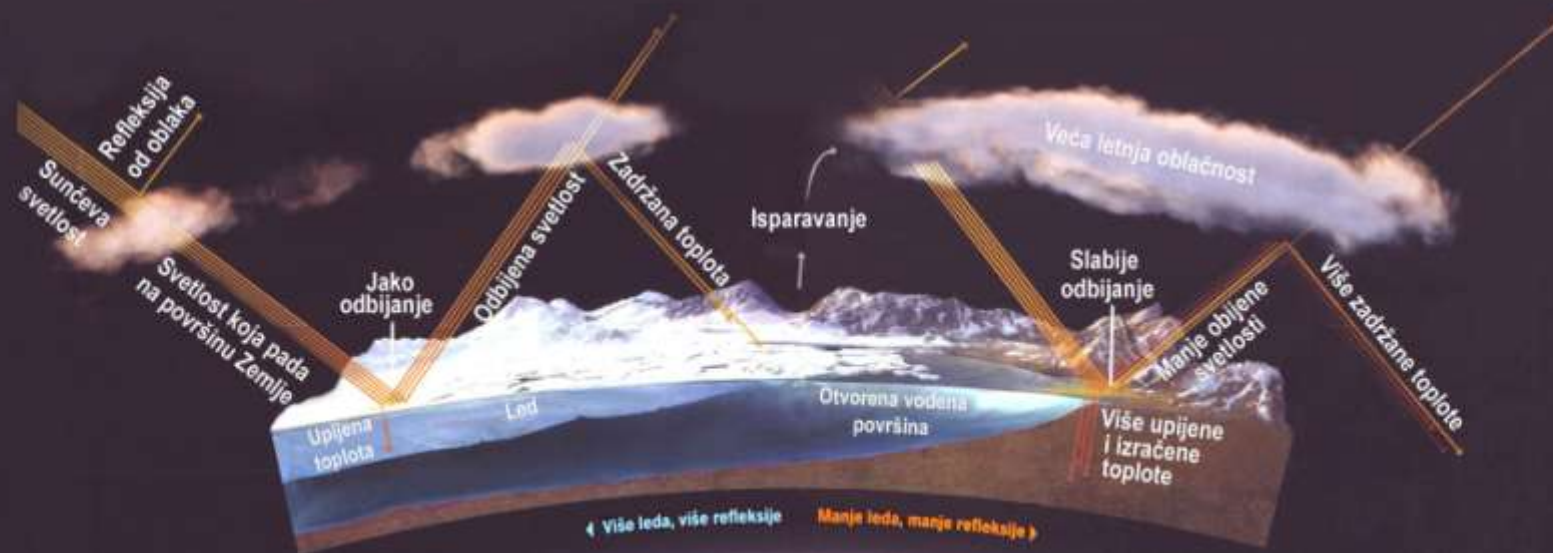
Rast temperature zbog većeg prisustva gasova staklene bašte ubrzava letnje topljenje snega. Topao vazduh sadrži više vodene pare, stvara više oblaka i drži više toplote u atmosferi iznad polova.

## Lančana reakcija topljenja

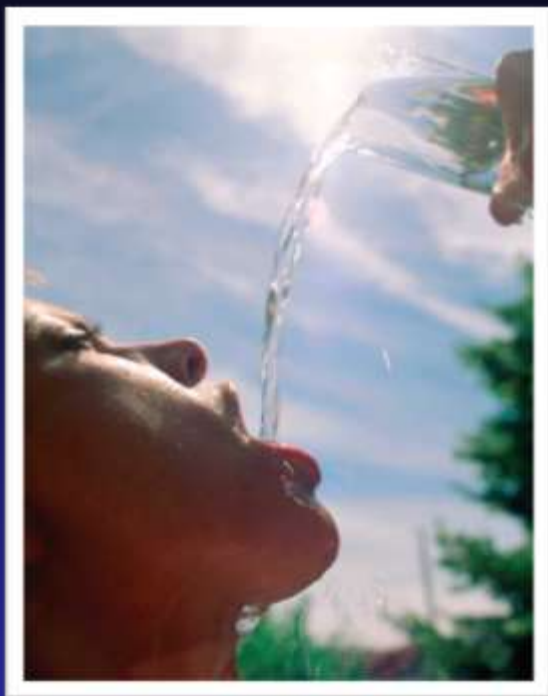
Otvorena voda i golo kopno apsorbuju oko 90% Sunčevog zračenja. Suncu se izlaže još više tamnih površina, pol se zagreva (pre svega Arktik, zbog prisutnog kopna), led se još više topi, stvara se još, više tamnih površina,...

## Okean se „otvara“

U toplijem okeanu led se formira kasnije u jesen i topi se ranije u proleće. Led je tanji i slabije reflektuje svetlost. Zapremina leda, koji „preživljava“ leto da bi se zgusnuo u višegodišnji led, smanjila se na polovinu.



Gubeći moć refleksije, ledeni pokrivač uzrokuje da se Arktik zagreva brže od bilo kog područja na Zemlji. Na nižim geografskim širinama, smanjenje ledenih površina na Arktiku dovodi do toplijih zima. Trase oluja bi mogle da se pomere, što menja obrasce padavina.



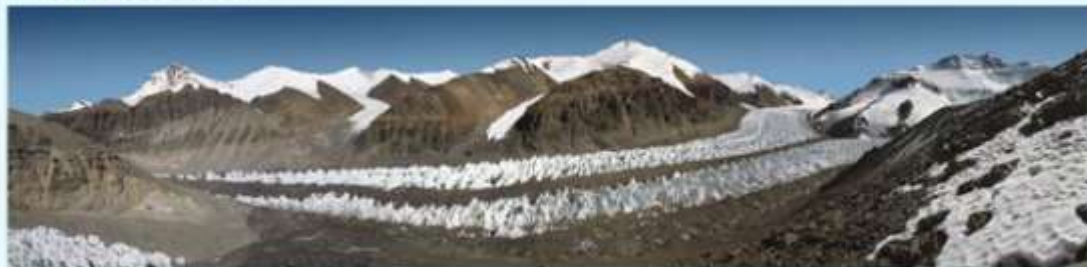
**Topljenje lednika i polarnog leda osim podizanja nivoa mora imaće za posledicu nedostatak slatke vode za piće. Izvori slatke vode biće od strateškog značaja i povod za ratne sukobe.**



**Glečer Rongbuk na Mont Everestu**



**Avgust 1921.**



**Oktobar 2008.**

**Podizanje nivoa i plavljenje priobalja prouzrokuje migracije stanovništva, što će imati ekonomske i socijalne posledice.**



**Led na polovima je značajan regulator klimatskih prilika i najveći rezervoar slatke vode na Zemlji. Njegovo otapanje dovelo bi do promene saliniteta, a to bi prouzrokovalo “odsecanje” tople Golske struje. Paradoksalno, efekat staklene bašte doveo bi do hladnije klime Britaniji i severu Evrope. Tamo će rast temperature i po najpesimističkijem scenariju biti relativno mali.**



**Zagrevanje mora dovešće do izumiranja planktona i algi na površini, a to znači manjak kiseonika u moru i dodatni zamajac za izumiranje. U toku je šesto i nabrže masovno izumiranje u istoriji planete Zemlje !!!**

**Razlozi za to su:**

- ✘ Antropogeni uticaj na uništavanje ekosistema**
- ✘ Prekomerna eksploatacija prirodnih resursa**
- ✘ Prekomerna upotreba fosilnih goriva**
- ✘ Širenje agroekosistema na račun prirodnih staništa**
- ✘ Porast stepena zagađenja**



**Po najgorem scenariju prosečan nivo kiseonika će opasti za više od 40%. “Zone smrti” će se proširiti 20 puta i biće potrebne hiljade godina za oporavak okeana.**

# ŠESTA EVOLUCIONA KATASTROFA

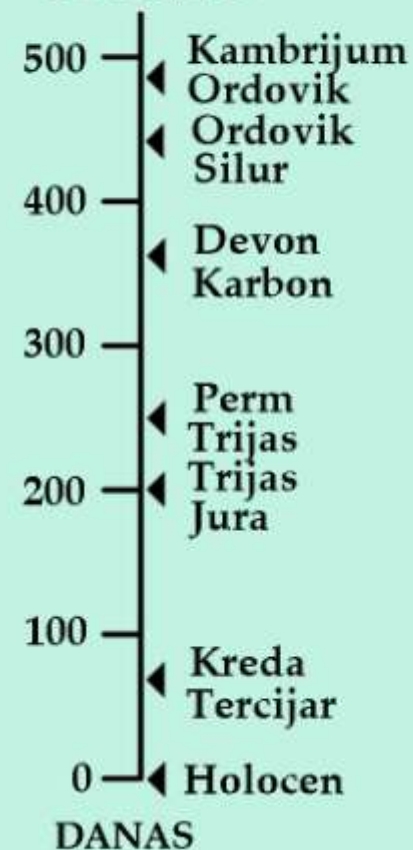
Smatra se da je do danas sa lica Zemlje u pet velikih evolucionih katastrofa nestalo preko 99 % bioloških vrsta.

Naučnici veruju da je samo u toku 20 veka nestalo 20 000 do 2 miliona bioloških vrsta. Brzina njihovog nestajanja se danas procenjuje čak na 140 000 vrsta godišnje, a da je naročito porasla zadnjih 50 godina.



## Velika izumiranja u geološkoj istoriji Zemlje

MILIONI GODINA  
OD DANAS

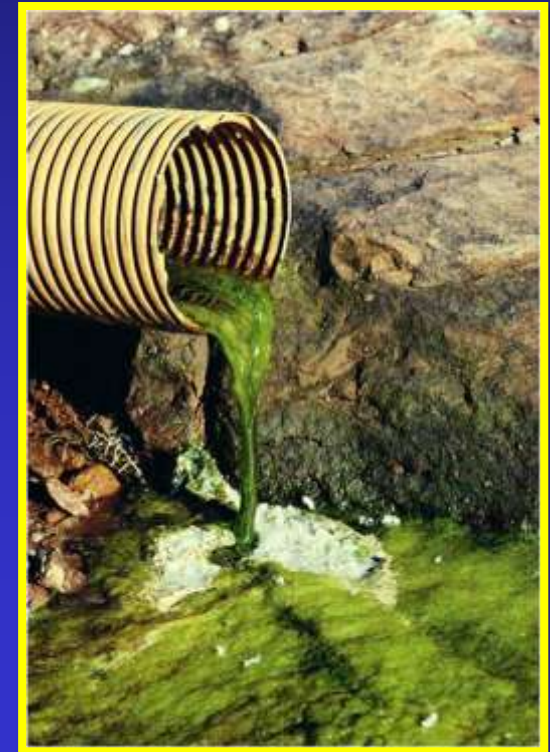




**U toku je najbrže masovno izumiranje u geološkoj istoriji Zemlje. Po čemu se ono razlikuje od prethodnih?**

**Po prvi put jedna biološka vrsta, a ne prirodni faktori, u velikoj meri utiče na razaranje ravnoteže prirodnih ekosistema i biodiverzitet.**

**Po prvi put prisutan je uticaj jedne biološke vrste na globalnu promenu klime i globalno otopljanje...**





**I faza 6. ciklusa masovnih izumiranja počela je pre 100 000 godina širenjem humanih populacija.**

**II faza 6. ciklusa masovnih izumiranja počela je pre 10 000 godina razvojem agrokulture**



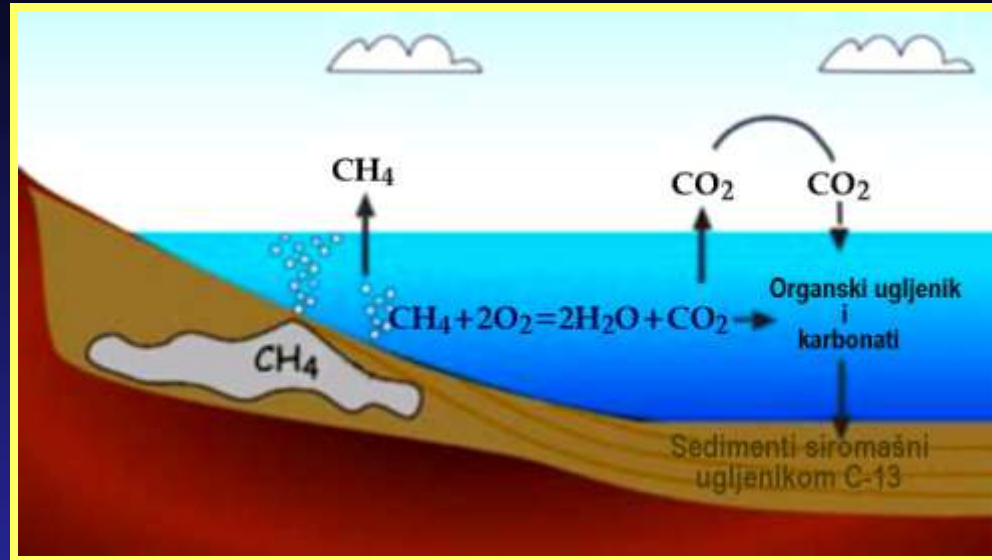
**III faza 6. ciklusa masovnih izumiranja traje tokom 2 veka nakon industrijske revolucije i sve se više zahuktava...**

**Na osnovu prognoza IPCC može se izvesti zaključak da nam krajem 21. veka preti biološka katastrofa uzrokovana globalnim zagrevanjem. Sa srednjom sigurnošću oni tvrde da će 20-30% vrsta biti izloženo istrebljenju ako globalno zagrevanje pređe 1.5-2.5°C (u odnosu na 1980-1990.) . Ako zagrevanje pređe 3.5°C biće ugroženo 40-70% vrsta.**

# Uticaj promena na ekosisteme

- **Porast temperature za oko 2 °C pomerio bi granice staništa šuma na severnoj polulopti za oko 300 km na sever.**
- **Topljenje milionima godina starog leda oslobodilo bi danas nepoznate viruse koji su tamo u hibernaciji. To će dovesti do pojave sasvim nepoznatih bolesti.**

**Topljenje tundri oslobodiće nove količine metana, što će neposredno pojačati efekat staklene bašte. Oslobađanje metana klatriranog u sedimentnim stenama u okeanu takođe doprinosi povećanju njegovog prisustva u atmosferi, ali i povećanju ugljen-dioksida u okeanu i atmosferi, što dalje intenzivira efekat staklene bašte.**



**Unos antropogenog ugljenika od 1750. g. doveo je do povećanja kiselosti okeana (pad vrednosti  $pH$  za 0.1). Povećanje prisustva  $\text{CO}_2$  u atmosferi i okeanu dalje povećava kiselost. SRES scenariji IPCC predviđaju do kraja XXI veka smanjenje vrednosti  $pH$  od 0.14 do 0.35. To će negativno uticati na morske i “školjkaste” organizme (pre svega korale), kao i sve ostale koji od njih zavise.**

# **ZDRAVSTVENE POSLEDICE PROMENA KLIME**

## **Direktne posledice**

- termalni stres (pri ekstremno visokim ili niskim temperaturama)
- povrede (pri ekstremnim meteorološkim događajima)

**Indirektne posledice** su vezane za promene koje se dešavaju u:

- ekosistemima pod uticajem klimatskih promena
- kvalitetu vazduha (aerozagadenje, uključujući polen i spore)
- infrastrukturi (poplave, iseljavanje, stresovi)
- socijalnim, ekonomskim i demografskim karakteristikama

**Zaključci IPCC podstakli su međunarodne forume da se pravnim protokolima smanji emisija g.s.b.**

**1992. Svetski Samit u Riu za životnu sredinu donosi Okvirnu konvenciju o promeni klime (na osnovu prvog izveštaja IPCC iz 1990.).**

**1997. donet je Kjoto Protokol, na osnovu Konvencije o promeni klime, o redukciji i eliminaciji emisija gasova staklene bašte, koji uzrokuju zagrevanje atmosfere.**

### **KJOTO PROTOKOL JE USVOJEN TEK 2005.**

**Razvijene zemlje, najveći proizvođači CO<sub>2</sub>, obavezane su da smanje emisiju gasova staklene bašte na pojedinačno propisani nivo do 2010. godine. Obavezane su i zemlje u razvoju da ograniče emisiju. Protokol je kasno prihvaćen, jer njegova primena podrazumeva ogromne troškove (i socijalne probleme) upravo onih zemalja koje su i najveći “zagađivači” (SAD, Kina, Indija,...).**

# Međutim...

Mnogi sumnjaju u podatke IPCC. Primer za to je nedovoljno proverena tvrdnja o topljenju leda na Himaljima, koju je IPCC preuzeo iz novinskih članaka. To je razlog za prigovore da rad IPCC nije dovoljno transparentan i da se ignorišu podaci koji ne idu u prilog njegovim zaključcima.

Primer za to je tvrdnja da je u poslednjih nekoliko godina temperatura počela da pada. U IPCC smatraju da se radi o trenutnom, zamaskiranom efektu i da se dosadašnji rast temperature ne može da objasni delovanjem prirodnih faktora.

Kritičari IPCC-a tvrde da njegovi podaci nisu dovoljno provereni i da se u rad IPCC upliću razno-razni politički i ekonomski lobiji. Podaci o temperaturi i CO<sub>2</sub> na severnoj hemisferi idu u prilog tvrdnjama IPCC, ali podaci o južnoj hemisferi ne idu u prilog tvrdnjama teorije o otopljavanju klime.

**Na primer, tu su tvrdnje o algama kao regulatoru klime. One ispuštaju gas dimetil sulfid (DMS), koji reflektuje Sunčevo zračenje. Alge koje proizvode DMS više se razmnožavaju u toplijoj morskoj vodi. To znači i veću količinu DMS što ide u prilog hlađenju mora. Na taj način alge čine klimu stabilnijom.**

**Interesantno je da pustinje svojim većim albedom u odnosu na predele sa vegetacijom utiču na snižavanje globalne temperature. I suvoća vazduha iznad njih utiče na dopunsko hlađenje.**





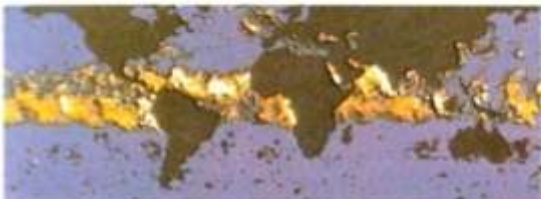
**Kritičari IPCC ističu da se u njegovom radu potencira pozitivna povratna sprega (*positive feedback*) u delovanju vodene pare. Oni ističu postojanje i negativne povratne sprege (*negative feedback*) – rast prisustva CO<sub>2</sub> znači višu temperaturu, topljenje leda, veće isparavanje, više vodene pare, veću konvektivnu oblačnost, manje Sunčevog zračenja na površini, obaranje temperature, itd. Na taj način konvektivni oblaci ispoljavaju efekat zenice u regulisanju temperature. Ističe se i značaj krupnijih čestica prašine u procesu ekraniranja S. svetlosti (*global dimming*), što takođe obara rast temperature. Povećanje prisustva gasova staklene bašte dovodi do zagrevanja Zemljine površine, a neto učinak povećanja količine aerosola je njeno zahlađenje.**



**Problemi se ne mogu tretirati crno-belo!**

Slično je i sa delovanjem vulkana. Vulkanske erupcije mogu znatno da doprinesu prisustvu gasova staklene bašte u atmosferi Zemlje. Sa druge strane, izbačeni pepeo i prašina stvaraju efekat antistaklenika, jer ekraniraju površinu Zemlje, dok ne dođe do njihovog taloženja na tlu.

Erupcija Pinatubo (Filipini), jun 1991.



Satelitski snimak Zemlje 25. jula 1991. Vulkanske čestice obuhvatile su ceo globus. U atmosferu je izbačeno oko 10 miliona tona sumpora. Zbog "zasenjivanja", prosečna godišnja temperatura na Zemlji pala je za  $0.6^{\circ}\text{C}$ .



Efekti erupcije Pinatuba na atmosferu Zemlje



30. avgust 1984.



8. avgust 1991.



Erupcija vulkana Pinatubo (Filipini), 1991. godine

**Nakon džinovskih erupcija stvaraju se tzv. sedefasti oblaci u stratosferi, u kojima fine čestice pepela rasejavaju Sunčevu svetlost, čineći zalaske Sunca “plamtećim”, a noći neobično svetlim. Ali, fluks svetlosti koja dospeva do površine Zemlje je niži, što dovodi do pada globalne temperature na Zemlji.**



Zalazak Sunca, posledica izbačene prašine 1990. blizu planine Sent Helen

Tipičan primer je supervulkan Toba (Sumatra, Indonezija). U ovoj erupciji od pre 71 500 god. izbačeno je 2800 km<sup>3</sup> pepela, tako da je to najjači vulkan za poslednjih 25 miliona godina.

U erupciji Tambora (1815, Indonezija) izbačeno je oko 80 km<sup>3</sup> pepela koji je padao i do 1300 km od mesta eksplozije, a izdisao se do visine od 44 km. U erupciji je stradalo oko 82 000 ljudi (10 000 je poginulo direktno u erupciji). *VEI* indeks (*Volcanic Explosivity Indeks*), koji klasifikuje snagu erupcije na logaritamskoj skali od 1 do 8, ove erupcije iznosio je 7. Naredna, 1816. godina, zbog “ekraniranja” Zemljine površine, bila je “godina bez leta”. Te godine je u julu i avgustu u Engleskoj padao sneg.

### JACHINE VULKANSKIH ERUPCIJA



Količina pepela (u km<sup>3</sup>) koju izbacuje vulkan kao pokazatelj jačine erupcije.

**Vulkan Tambora izazvao je godinu bez leta, a znatno jači Tobo je doveo do klimatskih promena. Temperatura na Zemlji opala je za 3-5°C, što je planetu uvelo u period glacijacije i izumiranje velikog broja vrsta.**

**Smatra se da je broj ljudi na Zemlji nakon ove kataklizme sveden na svega 2 000. Neki autori smatraju da to objašnjava “jednolikost” današnjih ljudi, koji potiču upravo od tih 2 000 preživelih.**



**Ne treba zaboraviti i direktne katastrofalne posledice same erupcije na lokalnom nivou.**



Gradić Olonago u blizini Pinatuba, nakon erupcije 1991. godine

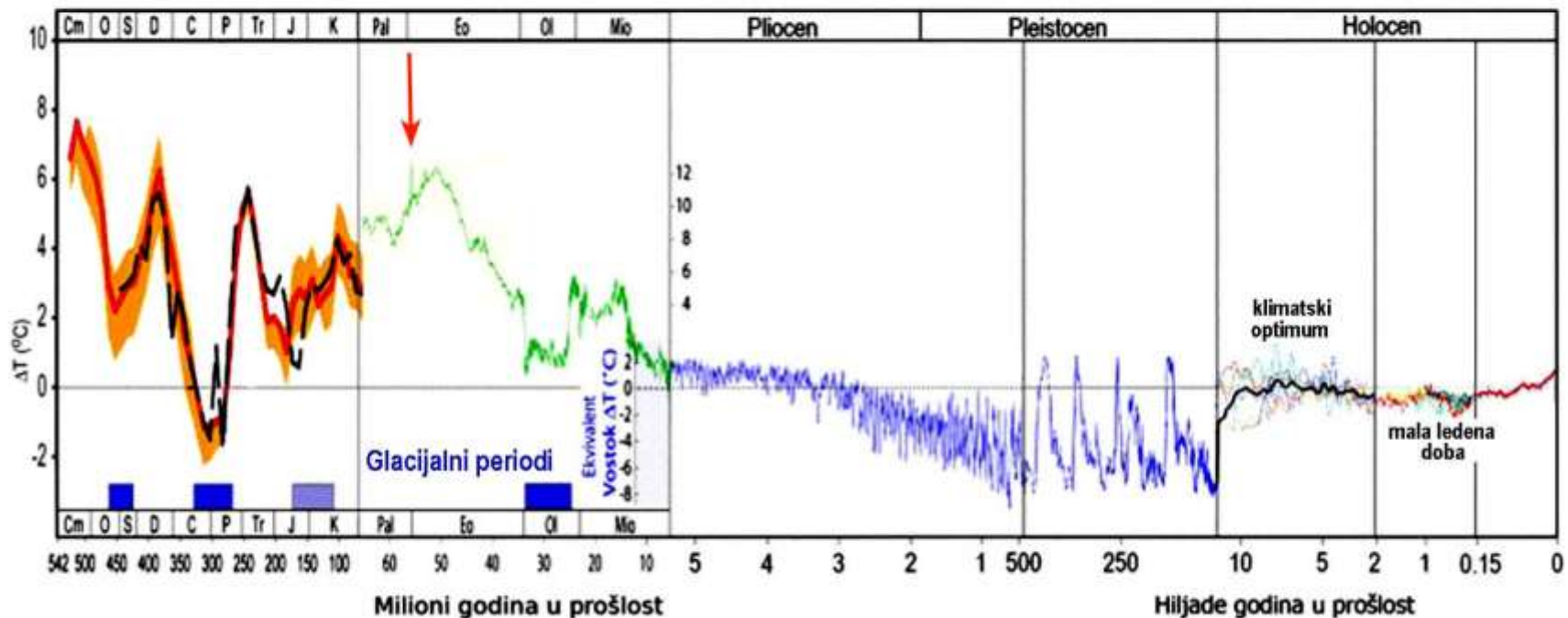


**Vulkani su bitna karika i u prirodnom procesu kruženja CO<sub>2</sub> na Zemlji. Njihov doprinos emisiji gasova staklene bašte u geološkoj istoriji bitno je uticao na globalno otopljavanje klime na Zemlji. Njihovi prašina i pepeo nakon sleganja smanjivali su albedo što je doprinosilo većem zagrevanju tla.**



Primer delovanja vulkana na otopljavanje klime je jedna klimatska katastrofa koja je manje poznata široj javnosti. Ona koja se desila pre oko 55 miliona godina na prelazu paleogen/eocen. Poznata je pod imenom *paleogen/eocen termalni maksimum (PETM)*. PETM promena klime bila je iznenadna, veoma brza i uzrokovana globalnim zagrevanjem, usled visoke koncentracije  $\text{CO}_2$  u atmosferi. U vreme PETM, veruje se, da je globalna temperatura porasla za  $6^\circ\text{C}$  i trajala oko 20 000 godina.

Temperature na Zemlji u poslednjih 550 miliona godina





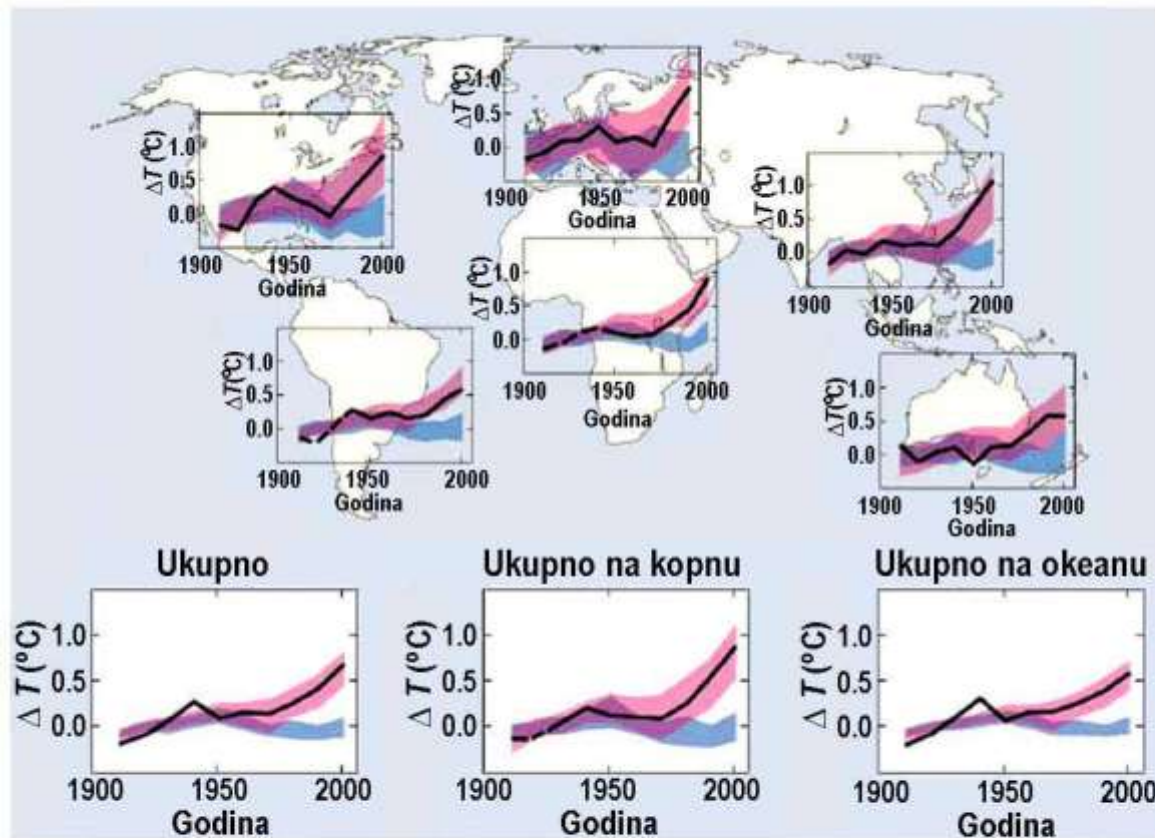
**Ovo zagrevanje je praćeno porastom nivoa okeana, njegovim zagrevanjem i zakišeljavanjem. Eksperimentalne činjenice i posmatranja ukazuju da je uzrok PETM verovatno bio intenzivna vulkanska aktivnost.**





**Prema tome, u klimatskom smislu i za vulkane važi ono naše “mož’ da bidne, al’ ne mora da znači”!**

**Naučnici IPCC smatraju da je u poslednjih 50 g. zbir solarnih i vulkanskih aktivnosti verovatno dovedio do hlađenja. Po njima se uočeni obrasci zagrevanja mogu objasniti modelima koji uključuju i antropogene uticaje.**

### Globalna i kontinentalna promena temperature (prema IPCC)



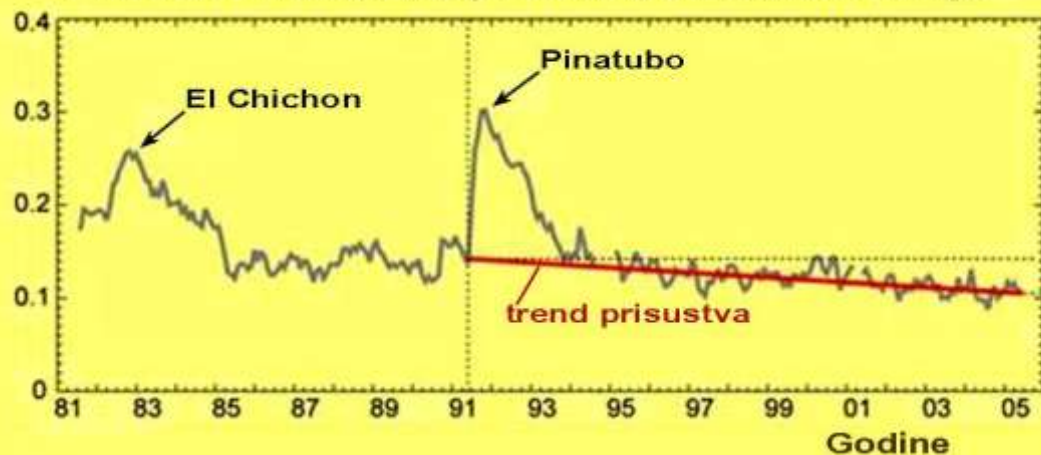
 Model koji uključuje samo prirodne faktore

 Model koji uključuje prirodne i antropogene faktore

 Merene vrednosti

U poslednjih 50 godina zbir solarnih i vulkanskih uticaja verovatno je doveo do hlađenja (plavi pojas na slici). Mereni obrasci zagrevanja i njihove promene simulirani su jedino pomoću modela koji uključuju i antropogene uticaje. Rasponi u rezultatima simulacija potiču od uključivanja većeg broja različitih modela.

Prisustvo vulkanske prašine u atmosferi Zemlje



Procena uticaja vulkana na klimu nije nimalo jednostavna, s obzirom da se u poslednjih dvadesetak godina smanjilo prisustvo vulkanske prašine u atmosferi.

Situaciju je donekle promenila erupcija vulkana Eyjafjallajokull na Islandu u proleće 2010.

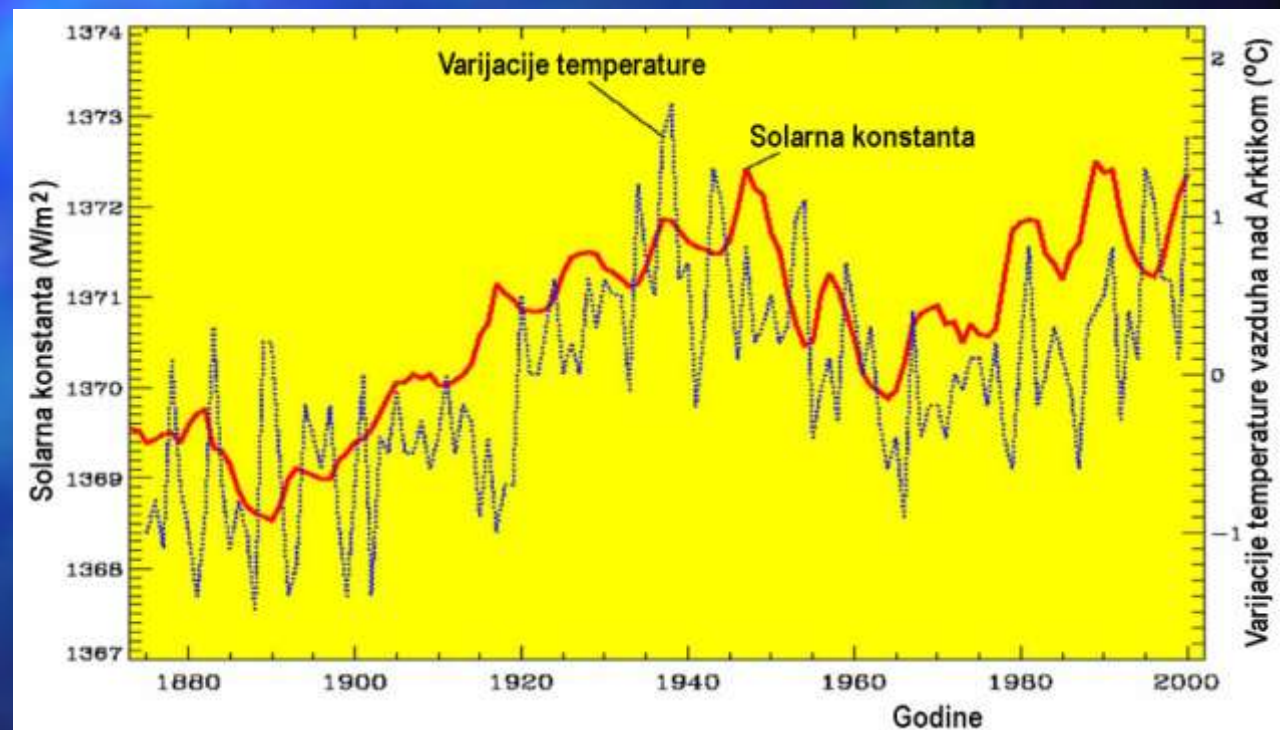
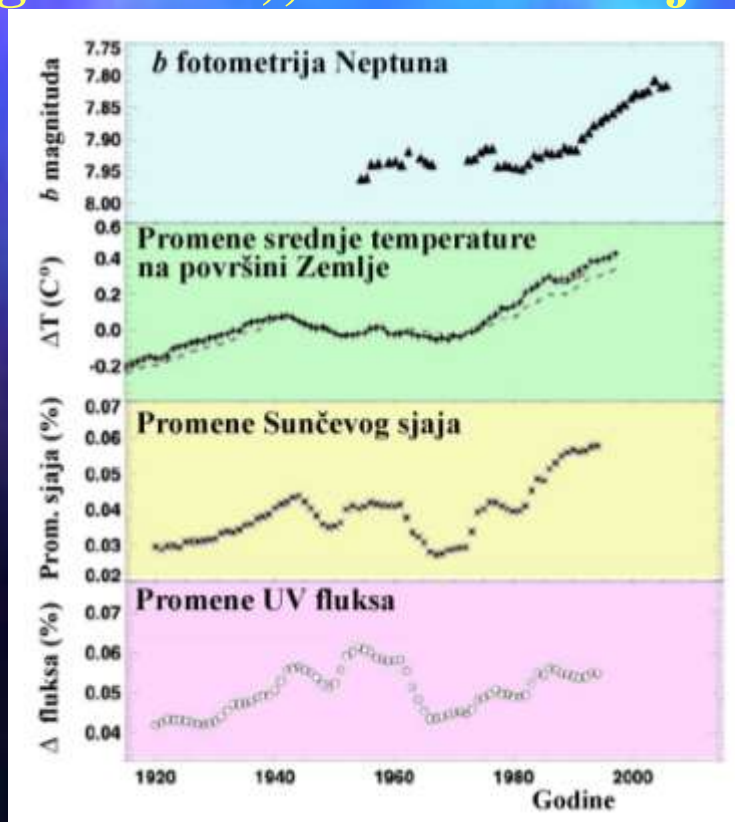


Ogromna količina prašine iz ovog ne tako velikog vulkana napravila je rusvaj u avio saobraćaju...



ali , setimo se, 2010. godine pravo leto je dosta kasnilo, a njegov početak bio je izuzetno kišovit. Možda je samo koincidencija, a možda... Konačan zaključak daće detaljnije istraživanje.

**Habibulo Abdusamatov** ističe da je antropogeni uticaj na rast t-re prisutan, ali da nije presudan. Promene u intenzitetu emisije Sunca su najodgovornije, na šta upućuje i rast t-ra ne samo Zemlji, već i na Marsu ( $0.65^{\circ}\text{C}$  za poslednjih 25-30 g.), Jupiteru ( $4-5^{\circ}\text{C}$ ), Saturnu ( $3-5^{\circ}\text{C}$  na juž. polu), Plutonu (preko  $2^{\circ}\text{C}$  za poslednjih 15 g.). Na Neptunu se beleži rast isijavanja što se tumači rastom njegove temperature. Neki smatraju da se radi o početku leta na Neptunu (dugo se mislilo da na njemu ne postoje god. doba), ali ima tvrdnji da je to zbog promene sjaja Sunca.



U svakom slučaju, bez obzira na oprečne tvrdnje, nije zgoreg da ne utičemo na pogoršanje situacije.



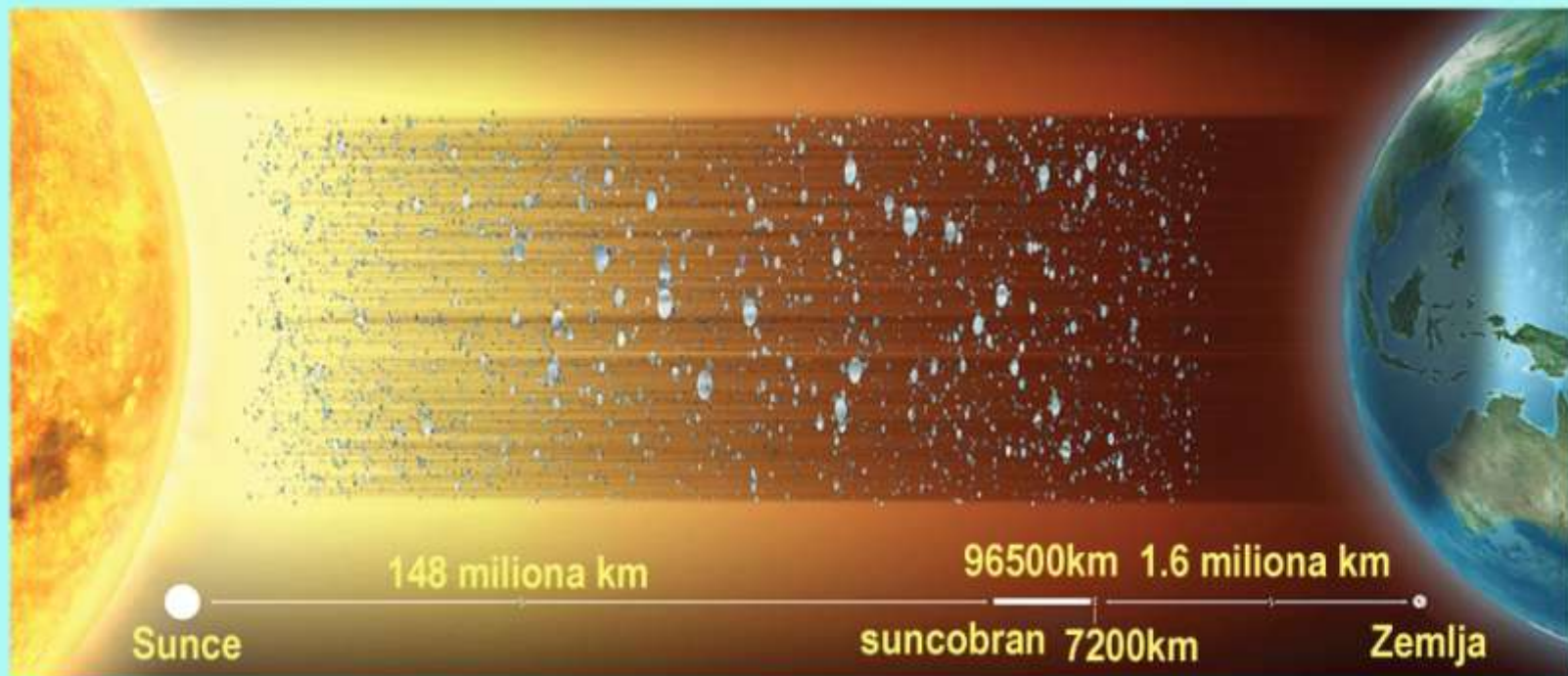
# Može li čovečanstvo svesno da menja klimu?

Za sada zvanično - ne! Postoje pokušaji uticaja na vreme (Vijetnam – defolijanti, izazivanje kiša srebro jodidom,...). U svetu postoje projekti (HAARP, SKYFIRE, STORMFURY,...) (kobajagi tajni, poluvojni) u kojima se antenskim sistemima i emisijom talasa određenih frekvenci interveniše u jonosferi, što na rezonantnim principima intenzivira određene vremenske situacije. Po svemu sudeći, kontrole su za sada lokalne, ali postoji bojazan da ovi postupci mogu da dovedu do nekontrolisanih nuz pojava, kao što su vibracije tla.



**Jedna od otkačenih mogućnosti je da ofarbamo veliki deo Zemlje u belo i povećamo njen albedo. Ima i realnijih SF predloga.**

Model stratosferskog suncobrana Rodžera Ejndžela, kao mehanizam klimatskog inženjeringa. Kišobran bi se satojao od trilion metarskih diskova od silicijum-nitrida. Diskovi bi bili tanki kao listići papira, sa masom manjom od 1g. Oblak bi prigušio Sunčevu svetlost za oko 2%, što bi ohladilo Zemlju za nekoliko stepeni. Za realizaciju su potrebne decenije i trilioni dolara.



Slična varijanta je i model Kena Kaldeire, sa stratosferskim “kišobranom” od više miliona tona sulfatnih čestica. Zbog toplotne disipacije oblak čestica bi morao stalno da se obnavlja.



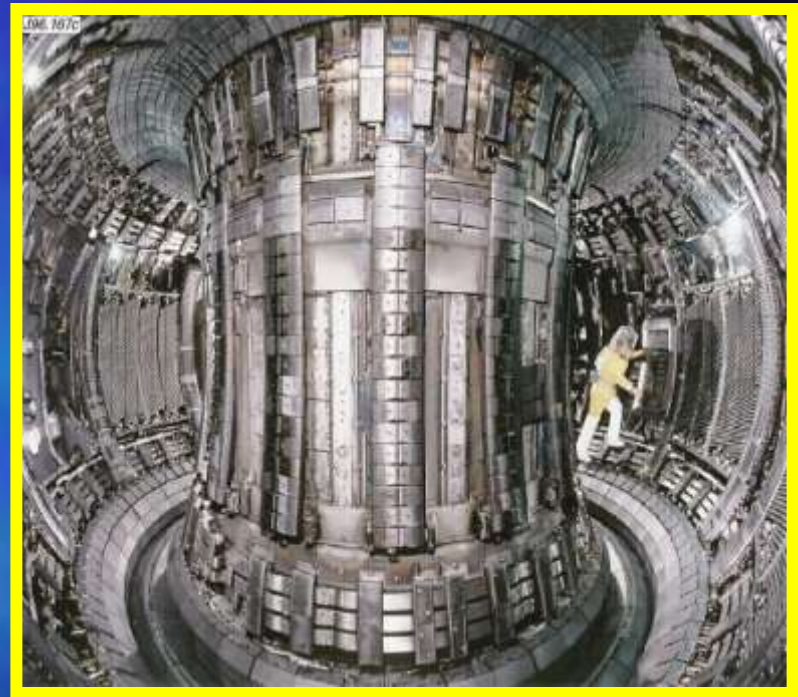
# ***Danas treba preduzeti moguće MERE ADAPTACIJE I ZAŠTITE***

- NACIONALNI I LOKALNI PROGRAMI ADAPTACIJE I ZAŠTITE OD KLIMATSKIH PROMENA**
- NACIONALNE STRATEGIJE USMERENE KA ODRŽIVOM RAZVOJU**
- PROGRAMI OBRAZOVANJA I RAZVOJA JAVNE SVESTI**

# **REŠENJE: ENERGETSKI IZVORI BUDUĆNOSTI**

- - **Sunčeva energija**
- - **Energija vetra**
- - **Energija plime i oseke**
- - **Geotermalna energija**
- - **Biomasa, biogas**
- - **Gorive ćelije**
- - **Nuklearne fisione elektrane**
- - **Kontrolisana termonuklearna fuzija**





# Šta Vi možete da uradite u borbi protiv klimatskih promena?



**Smanjite grejanje u svojim prostorijama makar za jedan stepen**



**Isključite uređaje koje trenutno ne koristite**



**Reciklirajte svoj otpad**



**Manje koristite automobile, više hodajte**

Zamenite običnu sijalicu fluorescentnom (troši 60% manje energije)  
**STA MOZEMO DA UCINIMO ?**

**Čistite i menjajte filtere na klima uređajima**

**Kupujte tehničke uređaje koji nose oznaku**

**Ne ostavljajte uređaje na standby –u, ne ostavljajte punjače mobilnih telefona u utikaču**

**Razdvojte frižider i šporet**

**Ne dozvoljavajte da toplota izlazi iz vaših stanova (provetravajte samo nekoliko minuta zimi)**

**Koristite poklopce za kuhinjsko posuđe kada kuvate**

**Koristite mašine za veš i sudove samo kada su pune**



Izaberite tuširanje umesto kupanja u kadi (trošite što

**Kupujte pametno! (jedna boca od 1,5l je bolja od tri od 0,5l)**

**Smanjite količinu otpada koji stvarate!  
RECIKLIRAJTE OTPAD!**

**Kupujte svežu hranu, ne smrznutu**

**Smanjite broj kilometara koji prelazite motornim vozilima (šetajte više!)**

**Koristite sredstva masovnog prevoza češće, povežite nekog na posao (ne vozite se sami!!!)**

**Ne rasipajte gorivo!**





Čini se da ćemo morati  
zajedno, ali i ponaosob  
da se potrudimo da nam  
zemlja ne izgleda ovako.  
**Bolje je živeti sa  
prirodom, nego biti  
protiv nje.**





**Najvrednije što možemo  
pokloniti potomcima je  
zdrava dobra planeta.**







# KRAJ

## HVALA NA PAŽNJI!

