

3. del

NARAVNI VIRI

11. poglavje

GLOBALNO SEGREVANJE

Primer 1: Srednjeveško toplo obdobje

- Med 1000 in 1300 je bila temperatura na Zemlji znatno višja od normalne – Srednjeveško toplo obdobje (MWP - Medieval Warming Period).
- Temperatura morja je bila verjetno 4°C višja od današnje.
 - Vikingi odkrijejo in kolonizirajo Islandijo, Grenlandijo (Erik Rdeči) in Severno Ameriko (Leif Erikson).



Primer 2: Mala ledena doba

- Od 1400 do 1700 sledni hladnejše obdobje – Mala ledena doba (LIA - Little Ice Age), ki prizadene zlasti J Azijo in Z Evropo.
 - Delno razlog za propad populacije Angkor.
 - Izostanek letine, lakota in kuga zdesetkajo populacijo v Evropi.
 - Vikingi opustijo bivališča na Grenlandiji in v Ameriki.



Globalne spremembe

- Globalne spremembe: Prispevajo h kompleksni evolucijski zgodovini sistemov na Zemlji.
- Zemeljski sistemi: Interakcija med atmosfero, oceani, trdno Zemljo in biosfero.
- Učinki človeškega delovanja: Ekstenzivni v globalnem merilu.
- Dva pomembna cilja naravoslovcev:
 - Razumeti kako Zemlja deluje
 - in to uporabiti za boljše upravljanje z okoljem.

Orodja za proučevanje globalnih sprememb

- Geološki zapisi – sedimenti in organska snov v njih, odloženi na poplavnih ravninah, v jezerih, močvirjih, ledenikih in oceanih.
 - Vrtine dolge od 100 do > 1000 m.
 - Zračni mehurčki v ledu vsebujejo 800.000 let star CO₂.
- Monitoring sedanjih razmer (real-time) je osnova za testiranje modelov in napovedi na osnovi predzgodovinskih zapisov.
- Matematični modeli za napovedovanje možnih razvojov dogodkov.
 - GCM – global change (circulation) models

Geološki zapis v sedimentu

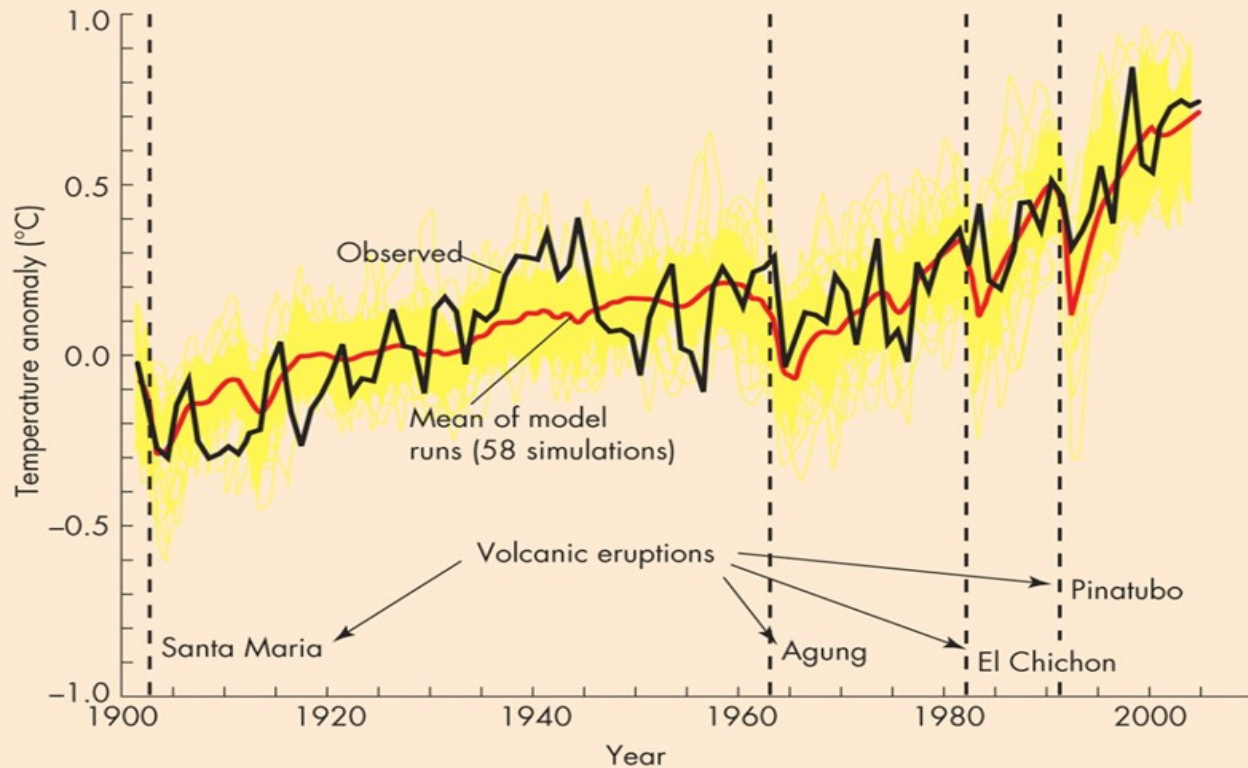
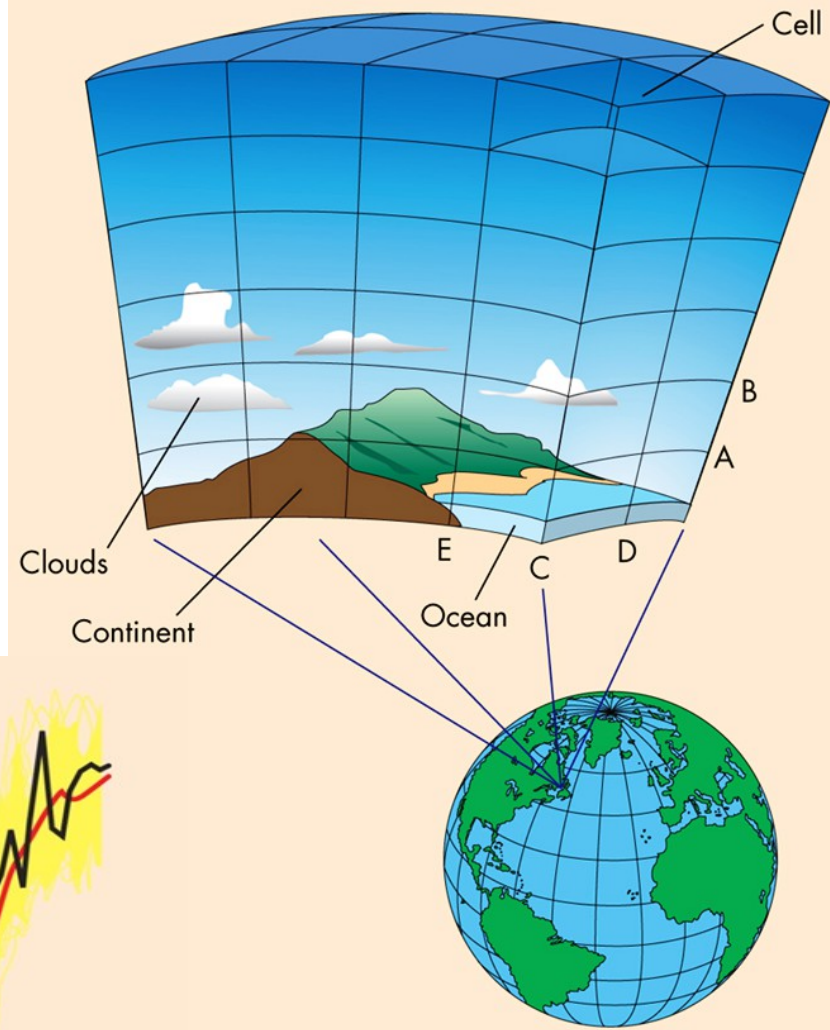


Zapis v ledu

- Click to edit Master text styles
 - Second level
 - Third level
 - Fourth level
 - Fifth level



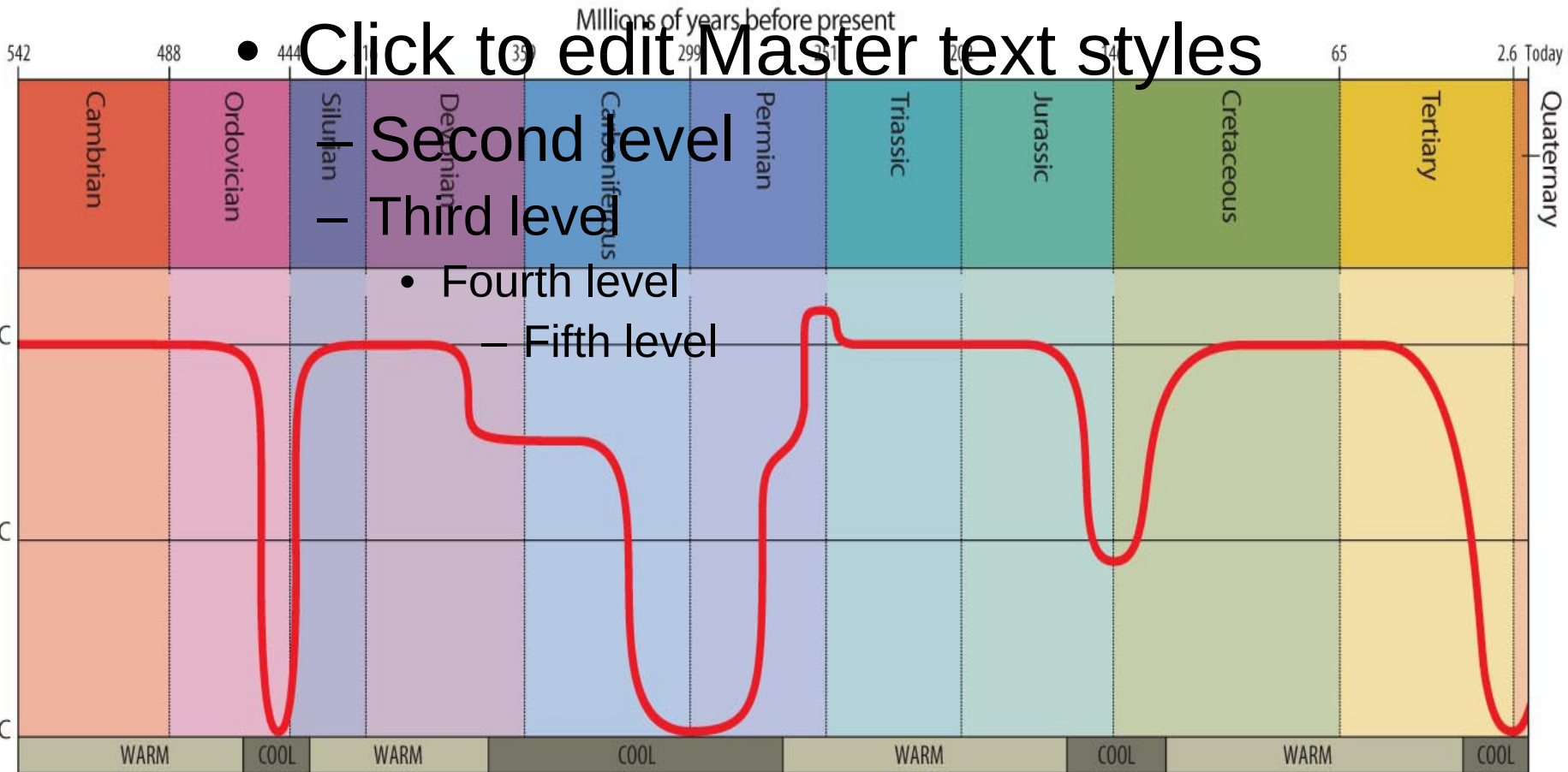
Modeliranje klime



Proučevanje preteklih klimatskih sprememb

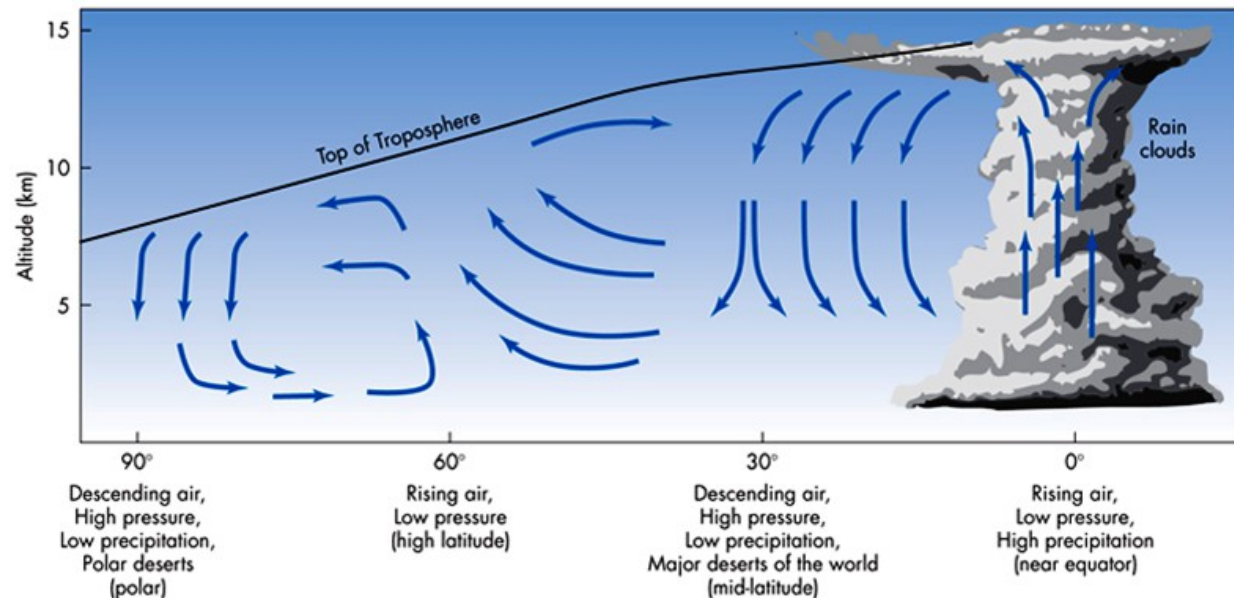
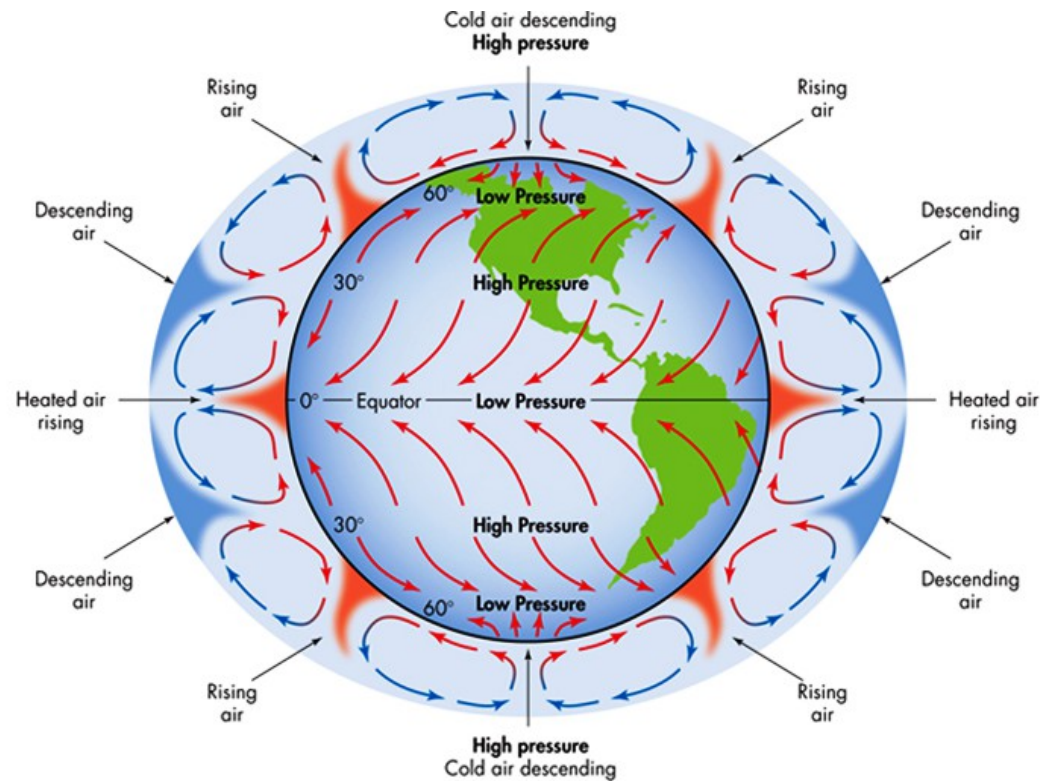
- Instrumentalni zapisi so se začeli 1860; danes temperaturo merijo v 7000 postajah po svetu.
- Zgodovinski zapisi v knjigah, časopisih, člankih,...
- Paleo-proxy (nadomestni paleo) zapisi podatkov, ki niso neposredno klimatski, a jih lahko povežemo s podnebjem:
 - Temperature na kopnem in v oceanih
 - Ledena jedra
 - Letnice dreves
 - Pelod
 - Korale,
 - C-14
 - Podatki o CO₂ in CH₄

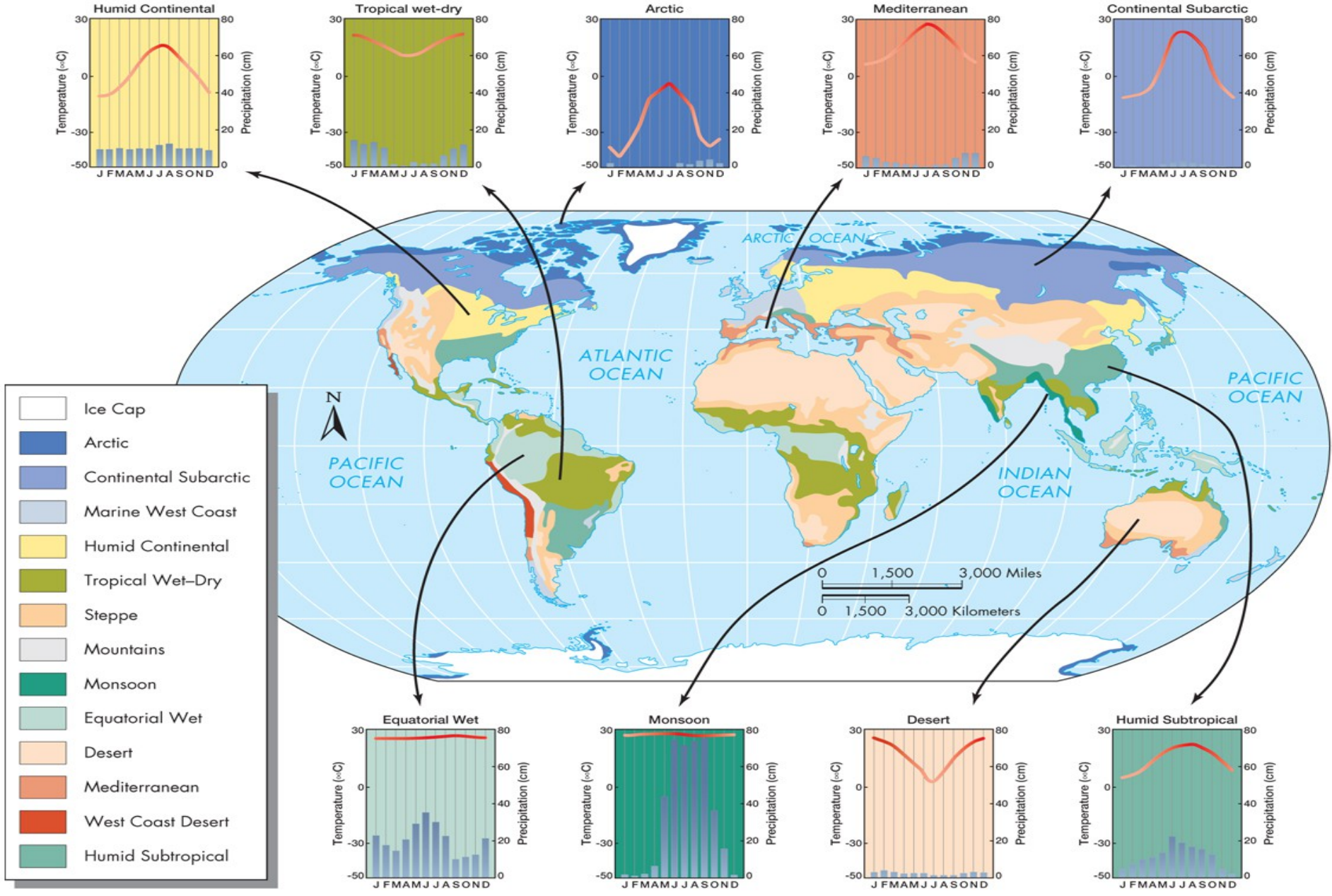
Spremembe temperature v geološkem času



Podnebje - klima

- Podnebje so značilne atmosferske razmere, ki se odražajo kot vreme na določenem področju in času.
- Klimatske cone kontrolira globalna cirkulacija in gibanje zračnih mas.

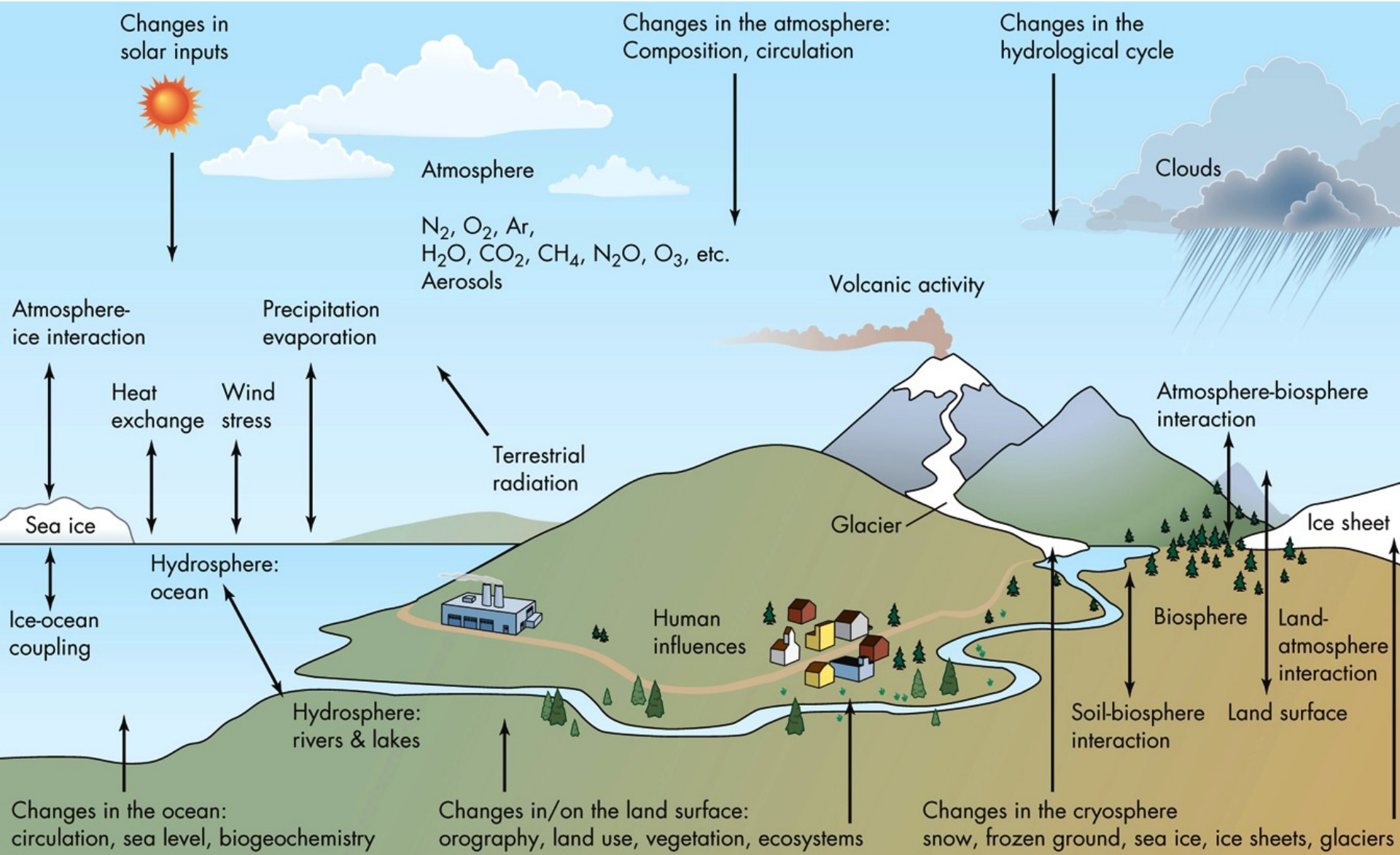




Osnovne vrste klime

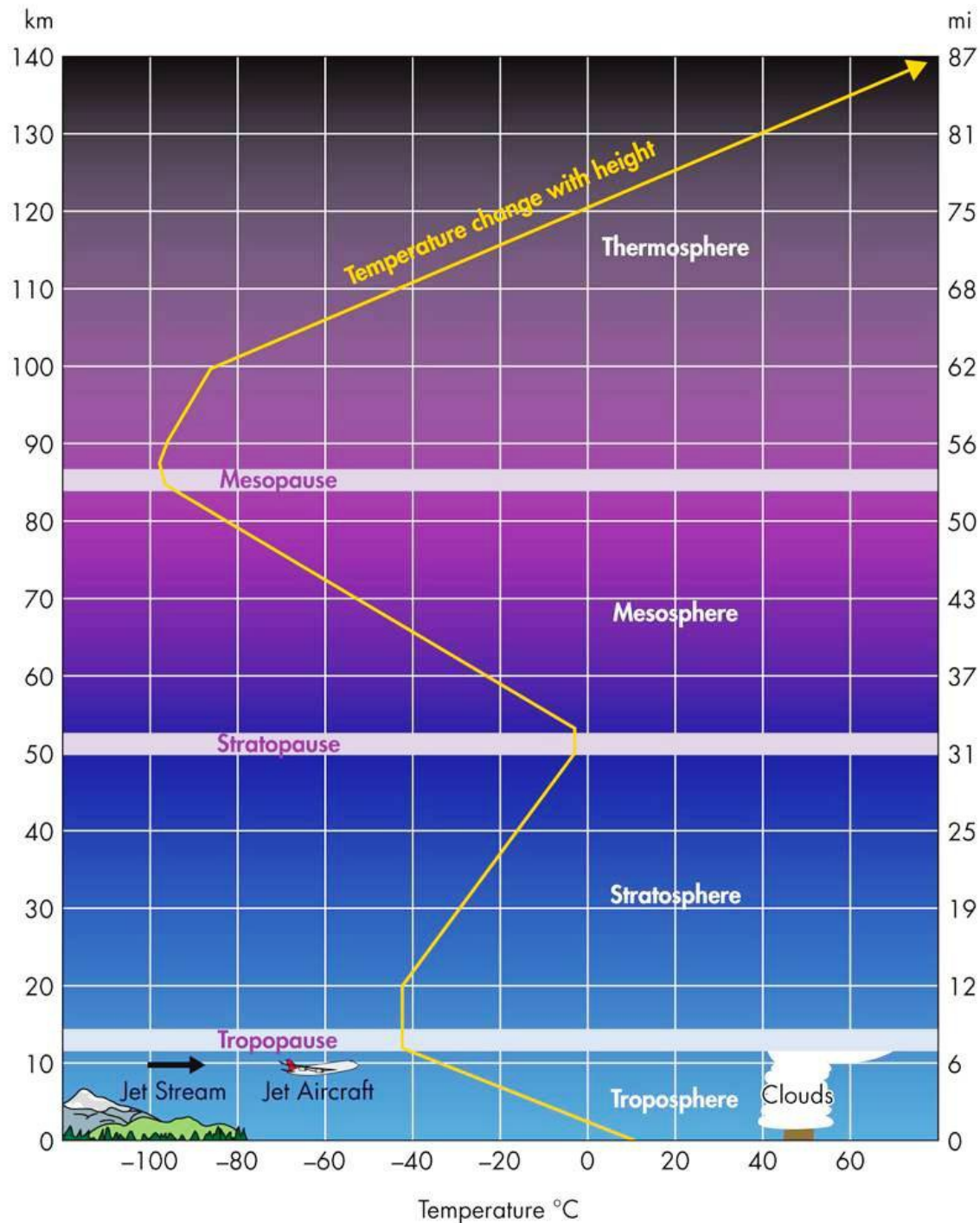
(a)

- Vreme ni odvisno le od temperature in padavin, temveč tudi od redkih ali ekstremnih sezonskih vzorcev (npr. monsun).



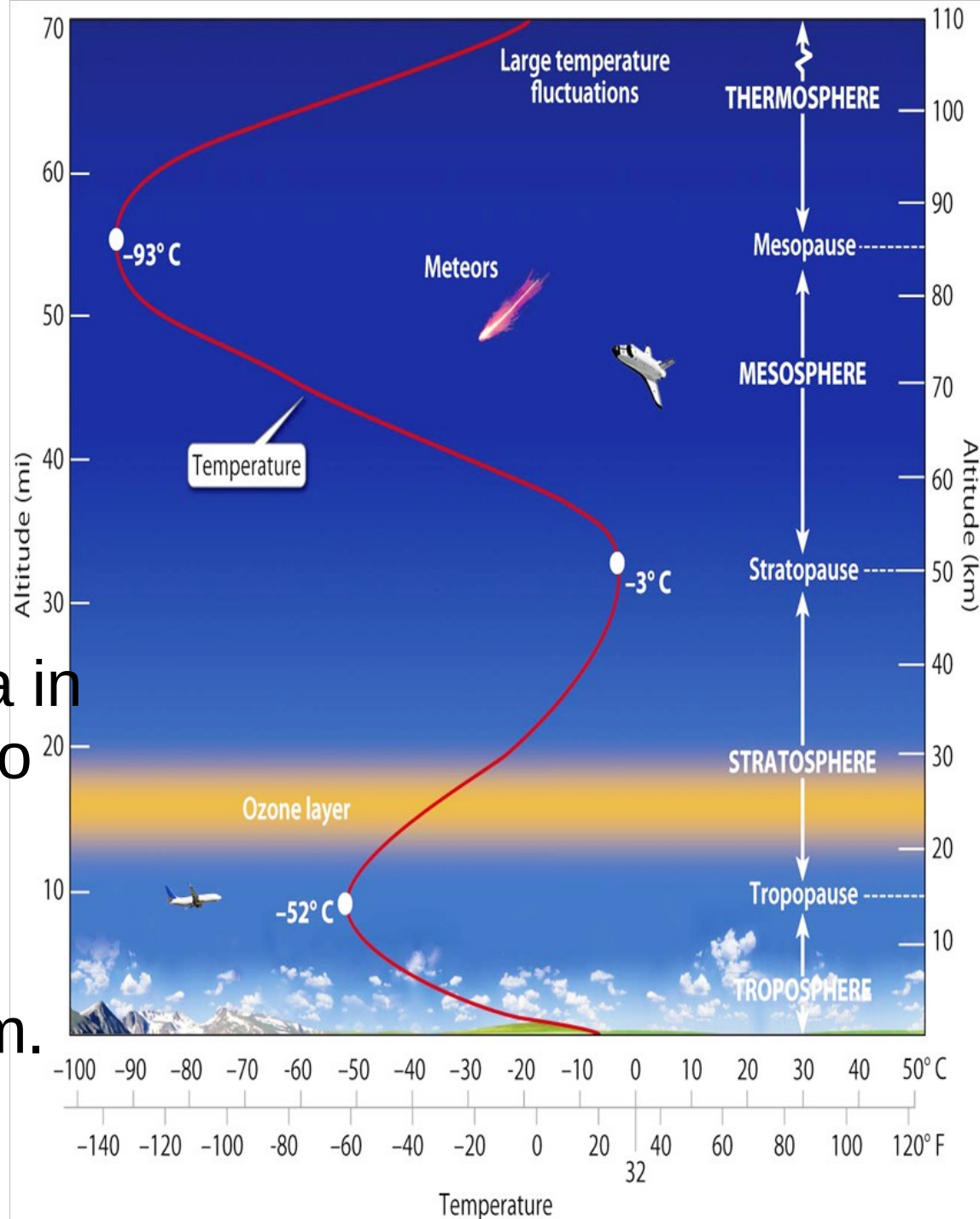
Atmosfera

- Vreme nastaja v spodnjem, aktivnem delu atmosfere – v troposferi.
- Temperatura zraka in količina kisika v troposferi z višino vpadata.
- Na višini 7 (poli) – 18 km (ekvator) ostane temperatura nekaj km stalna – tropopavza.



Atmosfera

- Tropopavza, kjer je malo ali nič gibanja zraka je “pokrovka” nad aktivno spodaj ležečo troposfero.
- V stratosferi temperatura narašča in v mezosferi ponovno vpada.
- 99 ut% atmosfere je do višine < 30 km.



Atmosfera

- Zapletena kemična tovarna z veliko slabo razumljenih reakcij.
- Na veliko teh reakcij vplivajo sončna svetloba in snovi, nastale zaradi živih bitij.

• Sestava zraka, ki ga dihamo:

– N₂ – 78%

– O₂ – 21%

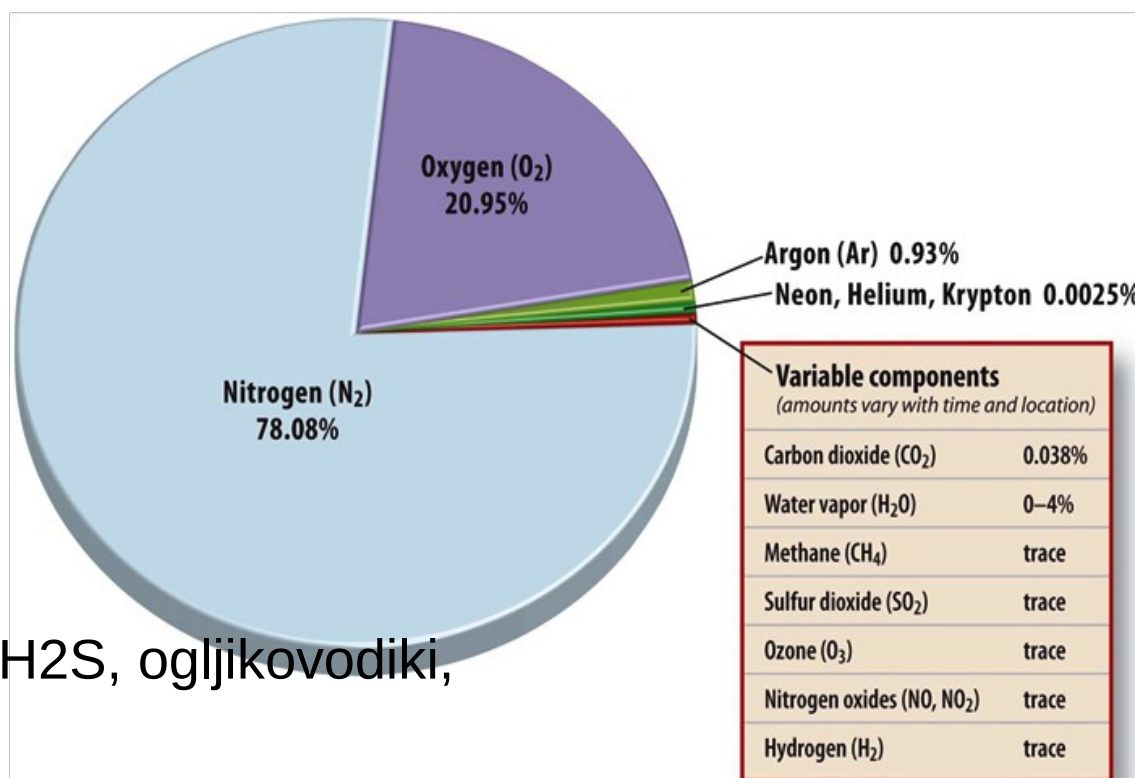
– Ar – 0,9%

– CO₂ – 0,03%

– sledne prvine - < 0,07%

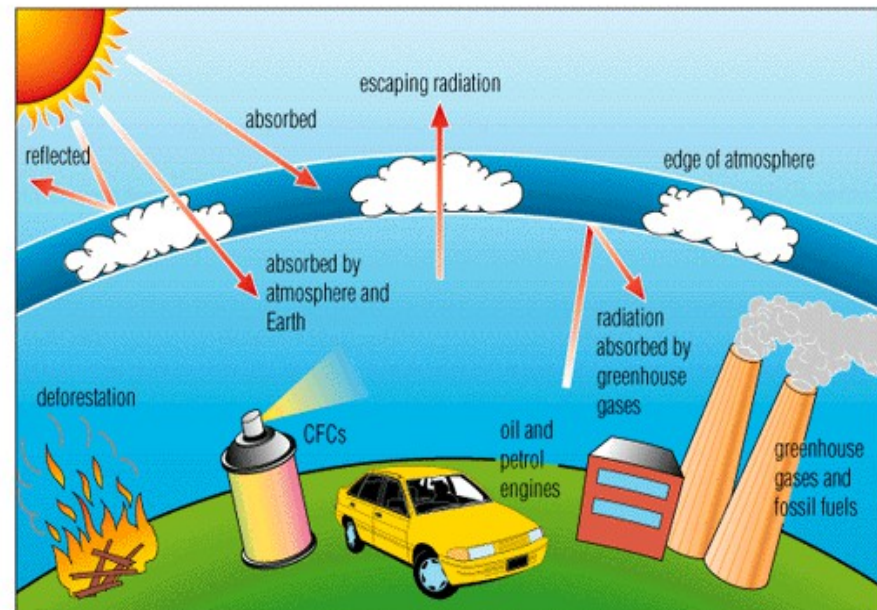
– CH₄, O₃, CO, NO_x, SO_x, H₂S, ogljikovodiki, partikulati

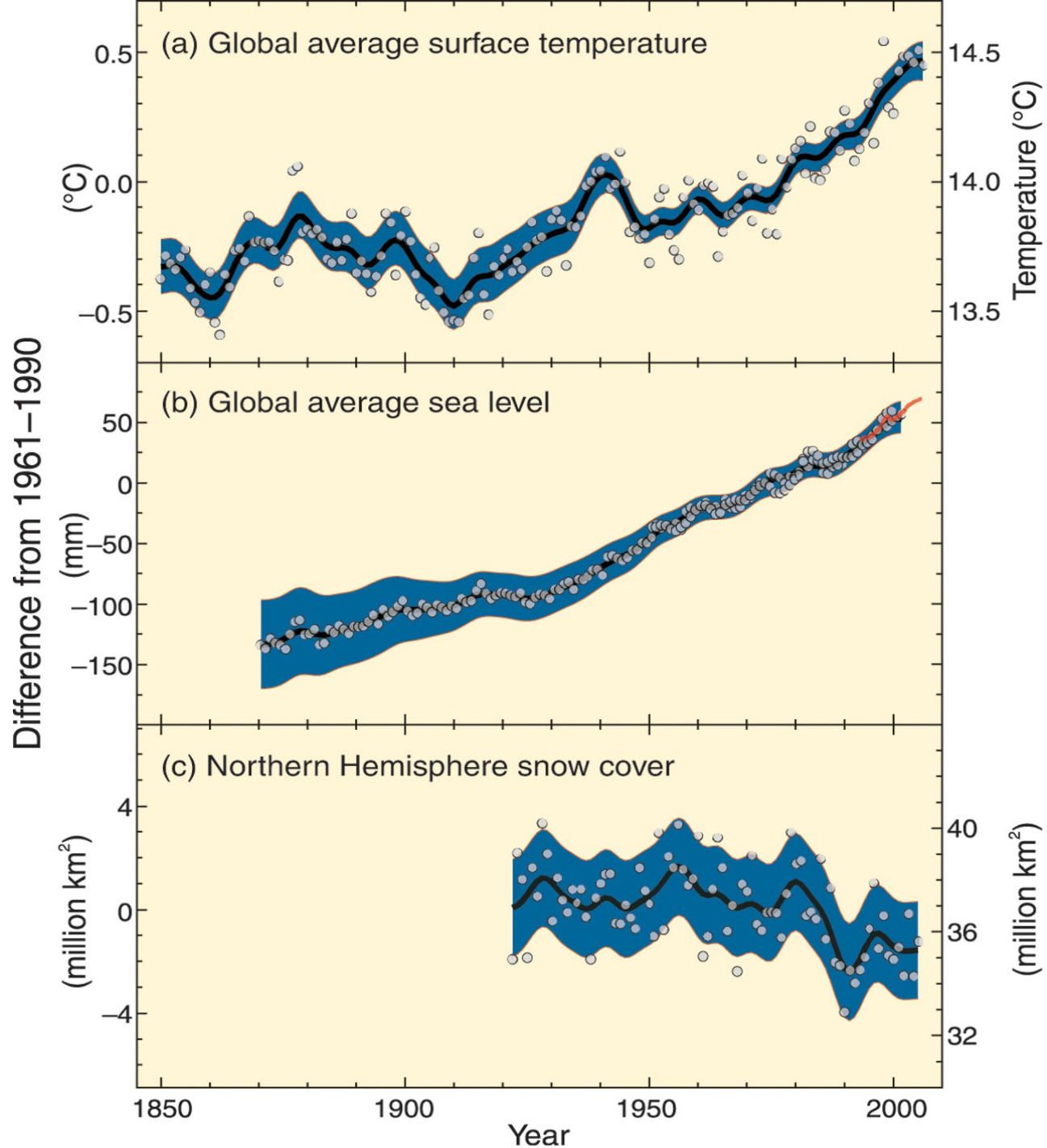
– vodna para je najbolj variabilna komponenta (0 – 4 vol%).



Globalno segrevanje

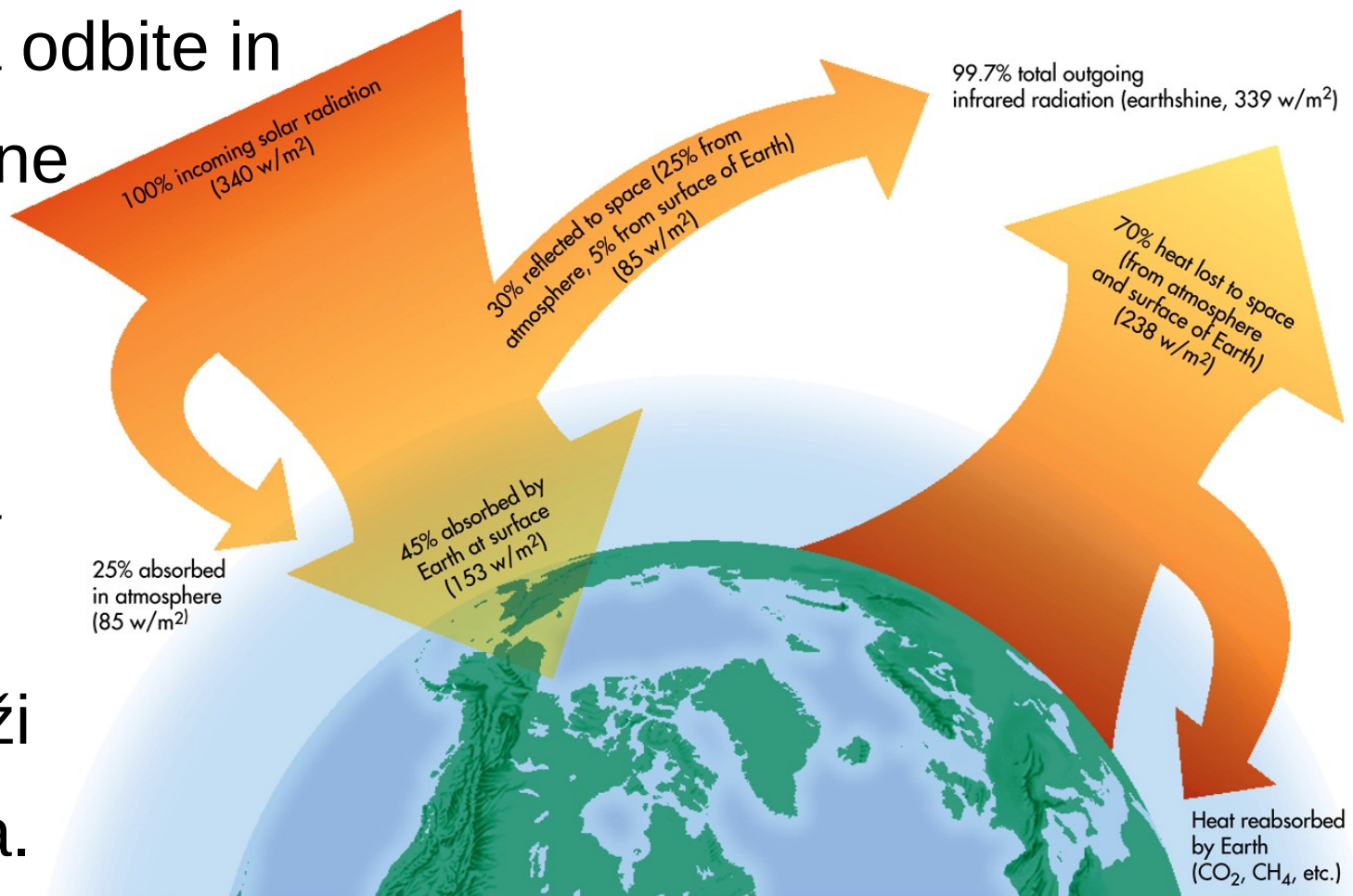
- Sprememba podnebja, pri kateri se zviša temperatura v spodnji atmosferi.
- Antropogeno globalno segrevanje je opazovani dvig povprečne temperature v atmosferi blizu površja Zemlja, na kopnem in v oceanih, v zadnjih 50 letih, zaradi človeških dejavnosti.
- Verjeten razlog je sežiga fosilnih goriv, pri katerih sprošča CO₂, kar povzroča učinek tople grede.





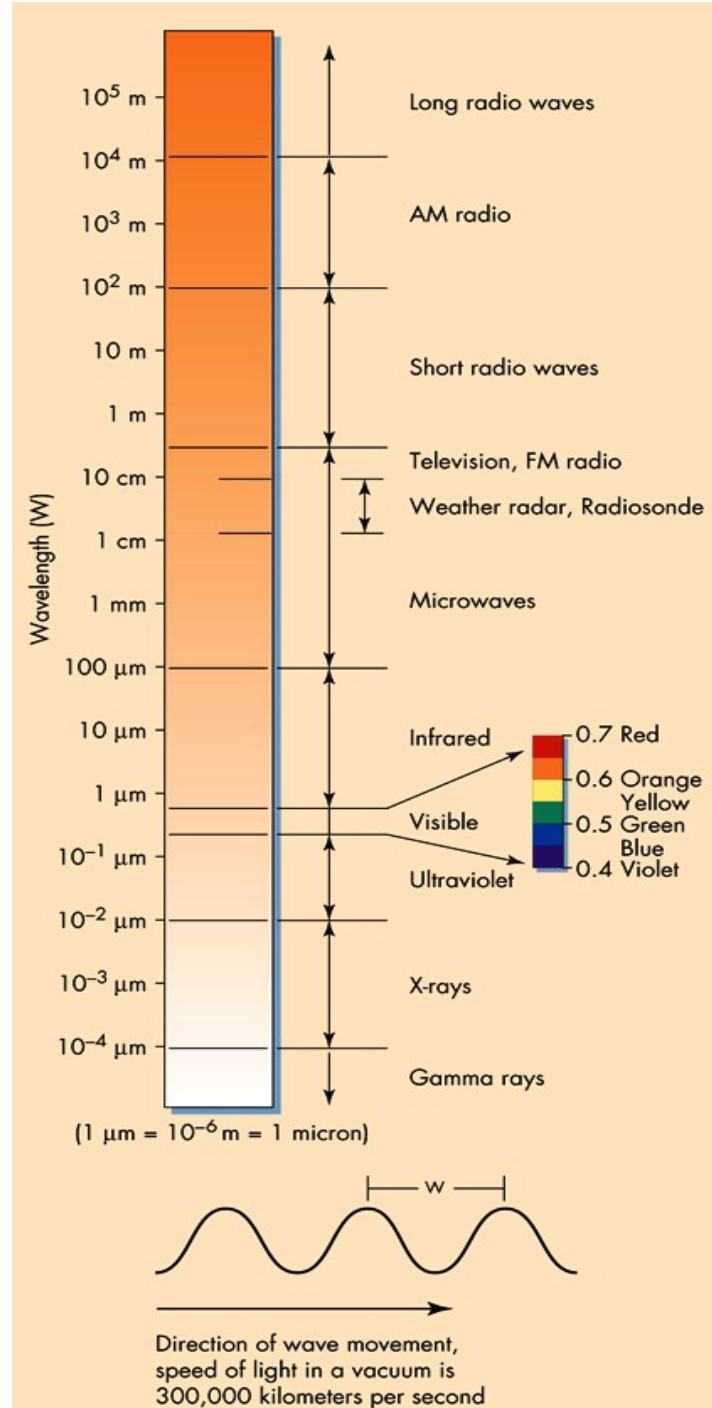
Učinek tople grede

- Temperaturo na Zemlji določajo trije dejavniki:
 - Količina prejetega sončnega sevanja.
 - Količina odbite in absorbirane sončne energije.
 - Količina toplote, ki jo zadrži atmosfera.



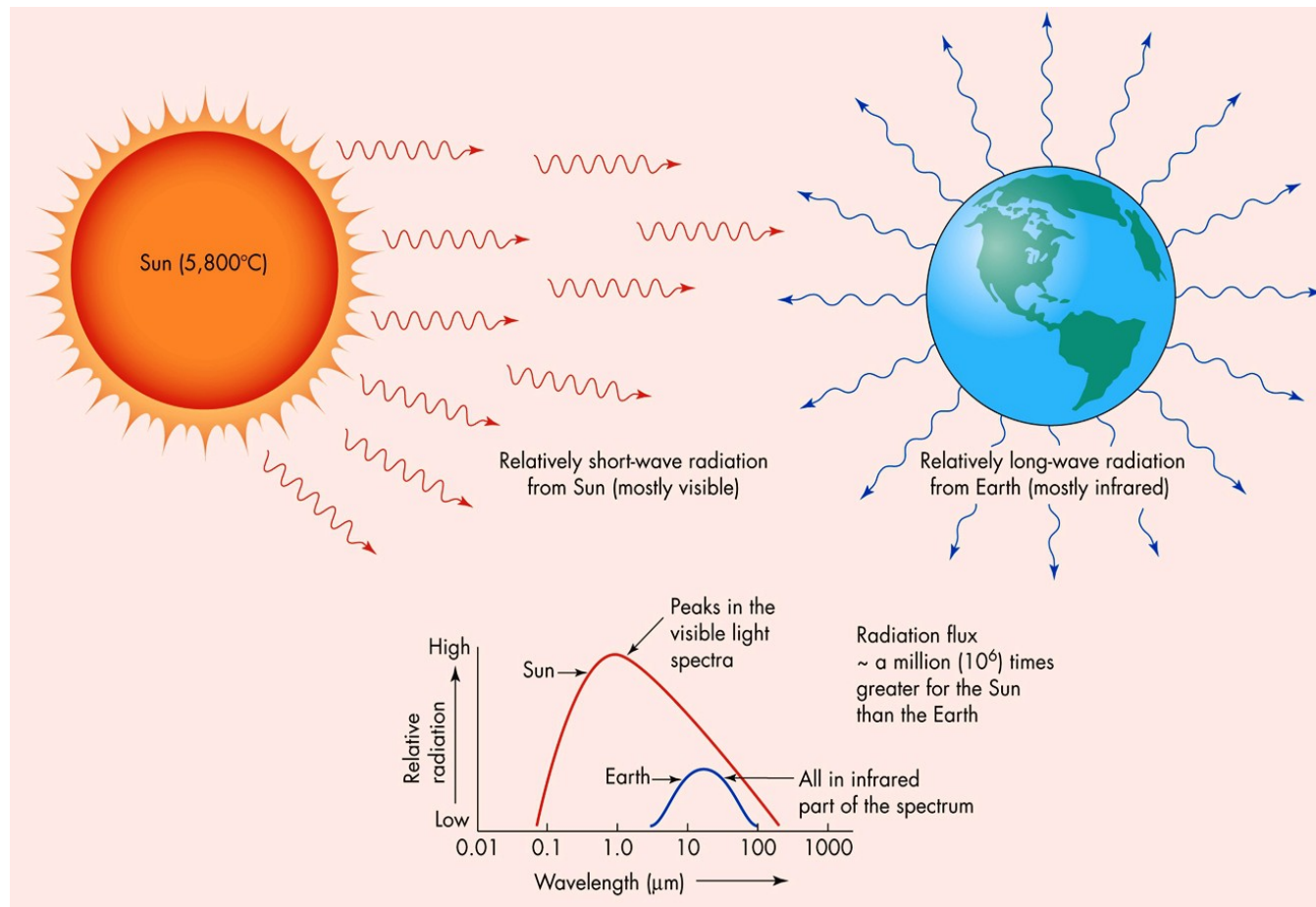
Učinek tople grede

- Zemljina energijska bilanca je danes rahlo iz ravnotežja; 1 W/m² več energije prihaja od Sonca kot se je izgubi v vesolje.
- Sončna energija je relativno kratkovalovno, večinoma vidno, elektromagnetno valovanje, Zemljina pa relativno dolgovalovno infrardeče sevanje.



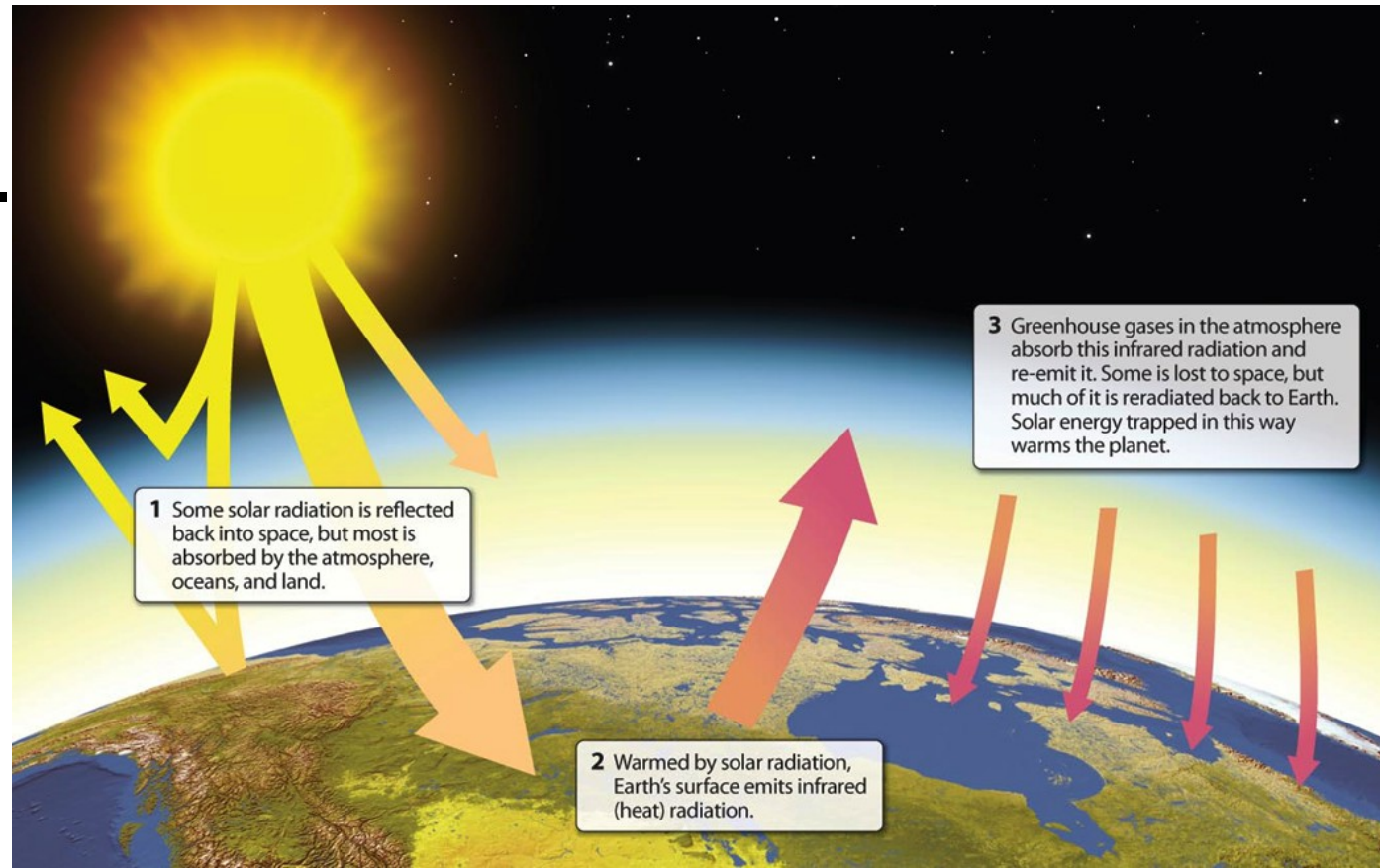
Učinek tople grede

- Absorbirana sončna energija segreva Zemljino atmosfero in površino, ki potem seva energijo nazaj v vesolje.
- Vodna para in majhni vodni delci zadržijo toploto, zato se v vesolje odda manj sevanja, površina pa se segreva.

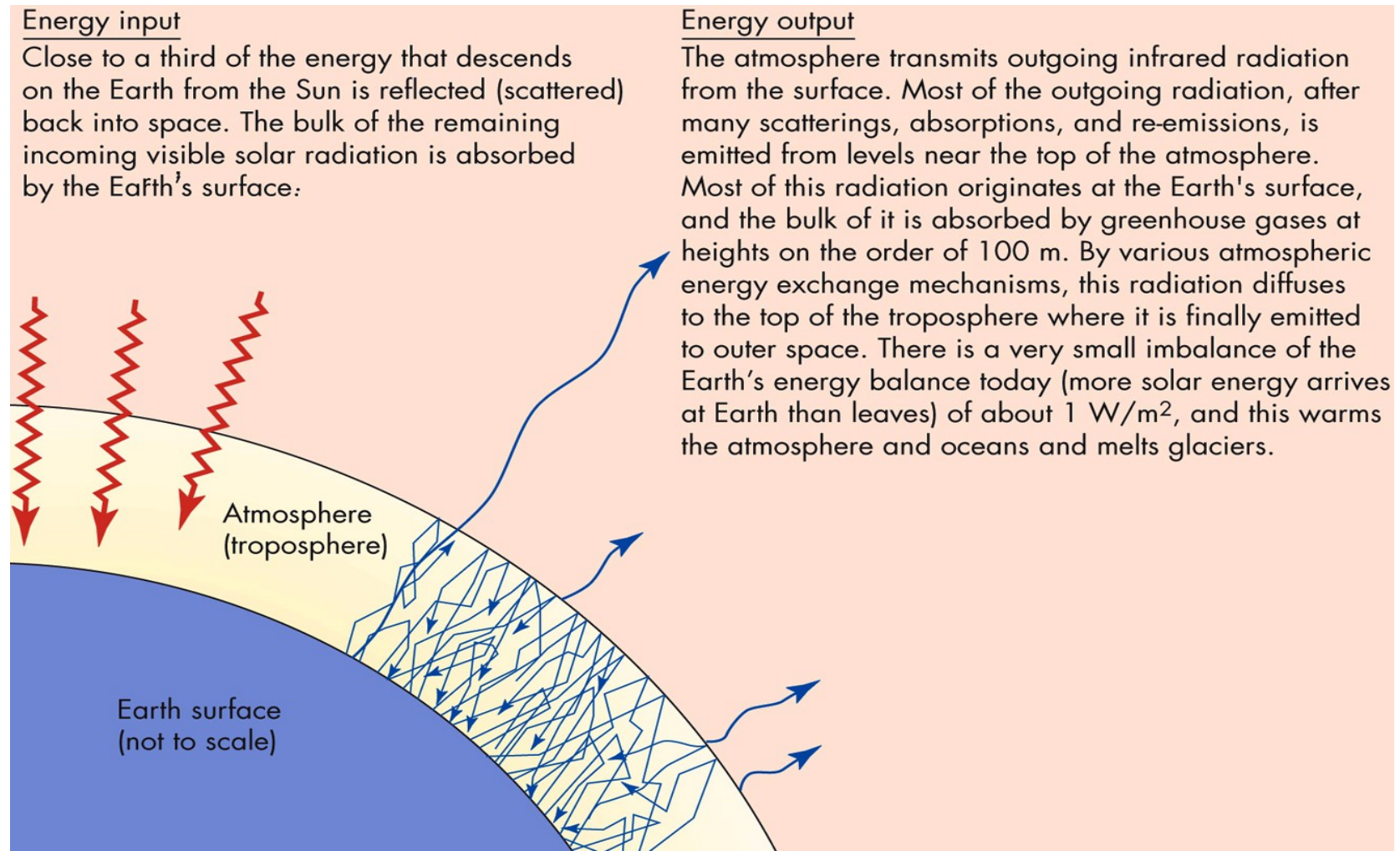


Učinek tople grede

- Ta učinek tople grede je naravni pojav, ki je deluje Zemlji in drugih planetih že milijone let.
- Brez njega bi bila Zemljina površina hladnejša in voda zmrznjena.



- Prekomerno segrevanja, zaradi vpliva človeka povzročajo povišane koncentracije t.i. toplogrednih plinov - atmosferski plini (CO_2 , CH_4 , NO_x , CFC – kloro-fluoro-ogljiki) ter antropogene kemikalije iz klimatskih naprav in hladilnikov, ki absorbirajo Zemljino IR sevanje.



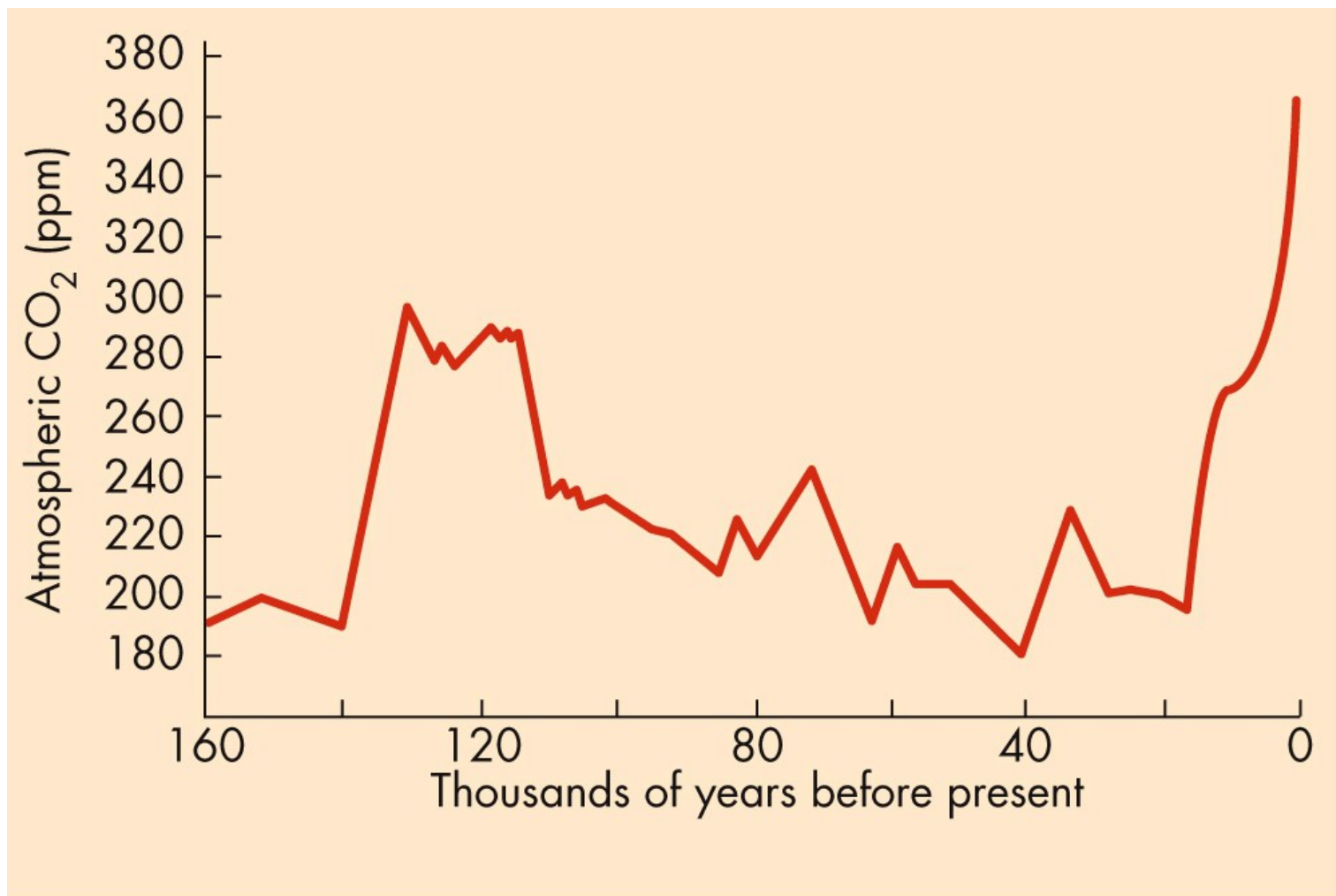
Učinek tople grede

- CO₂ predstavlja 60% relativnega prispevka.
- Analiza zračnih mehurčkov v ledu iz Antarktike kaže, da je bila v zadnjih 160.000 letih koncentracija atmosferskega CO₂ 200 – 300 ppm

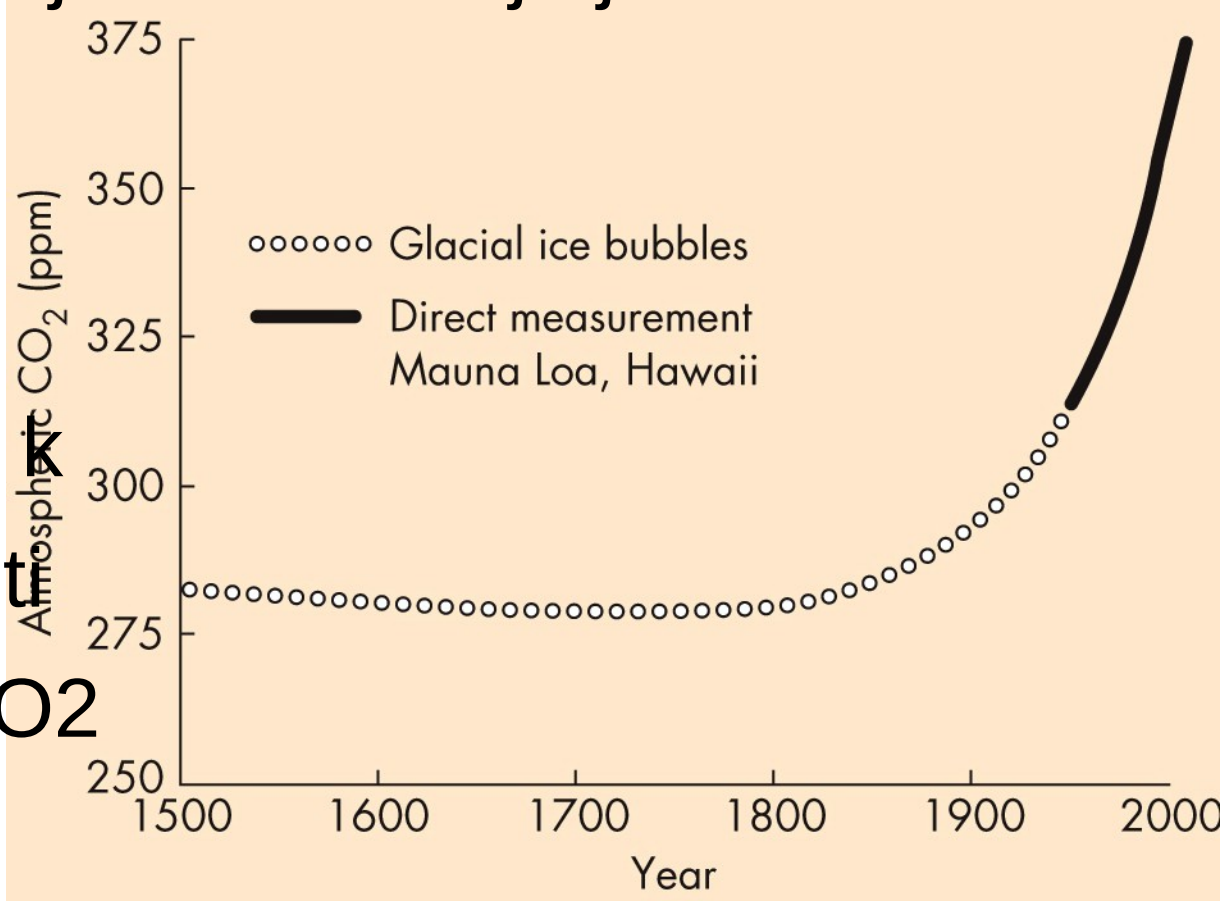
	Rate of Increase (% per year)	Relative Contribution (%)
CO ₂	0.5	60
CH ₄	<1	15
N ₂ O	0.2	5
O ₃ ¹	0.5	8
CFC-11	4	4
CFC-12	4	8

Učinek tople grede

- Najvišje vrednosti CO₂ so zabeležene v interglacialih pred 125.000 leti in danes.

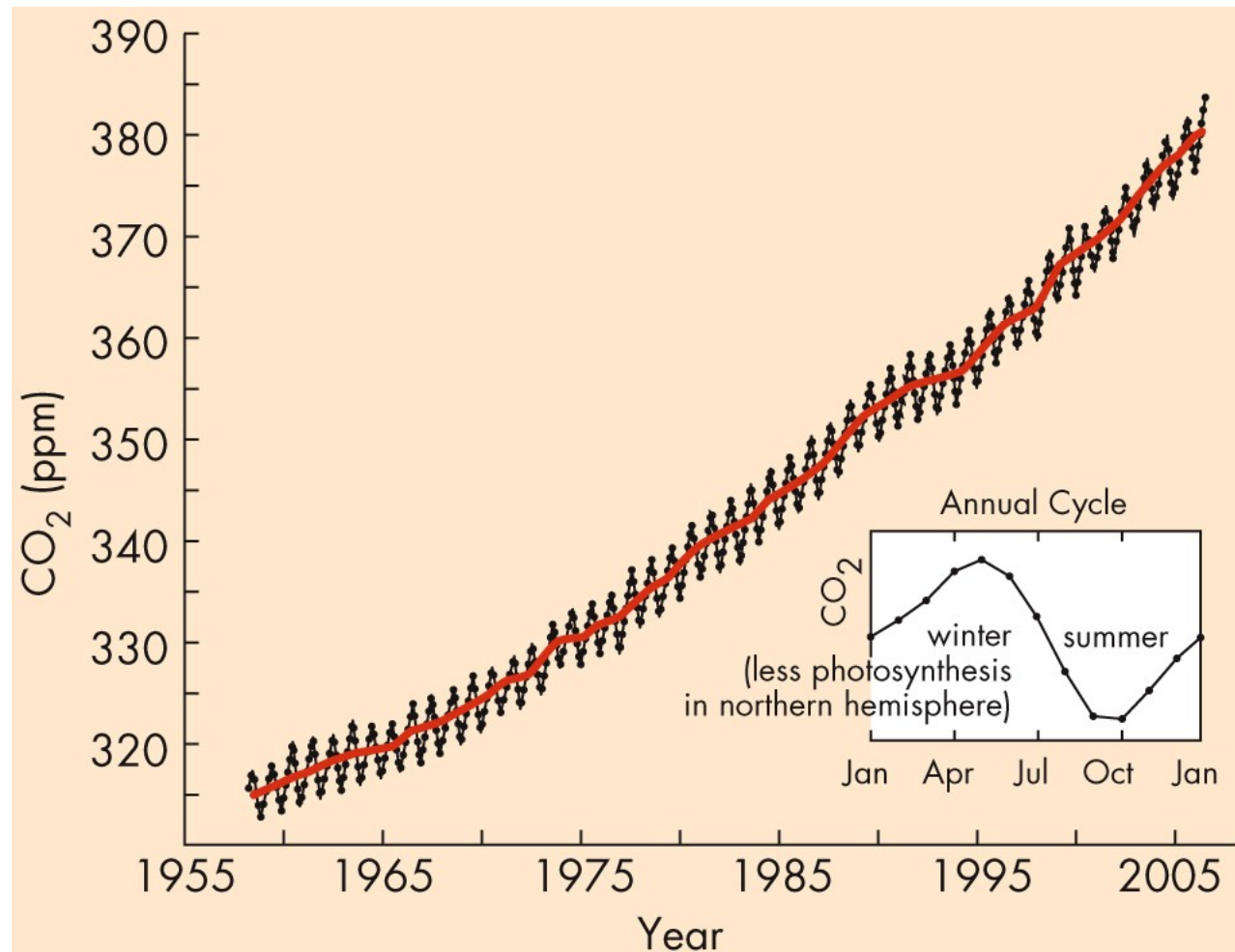


- Glavne medledene dobe so se pojavile v zadnjih 400.000 letih na približno vsakih 100.000 let.
- V vsaki je bila koncentracija CO₂ podobno visoka kot v zadnji, pred 125.000 leti.
- V začetku industrijske revolucije je bila vsebnost CO₂ 280 ppm.
- Od 1860 je uporaba fosilnih goriv prispevala eksponentni rasti koncentracije CO₂ v atmosferi.



- Danes je koncentracija CO₂ v atmosferi > 380 ppm.
- Napovedujejo, da bo do leta 2050 dosegla najmanj 450 ppm – 1,5x toliko kot v predindustrijski dobi.
- Letni cikli kažejo nižje poletne vrednosti, zaradi poletnega

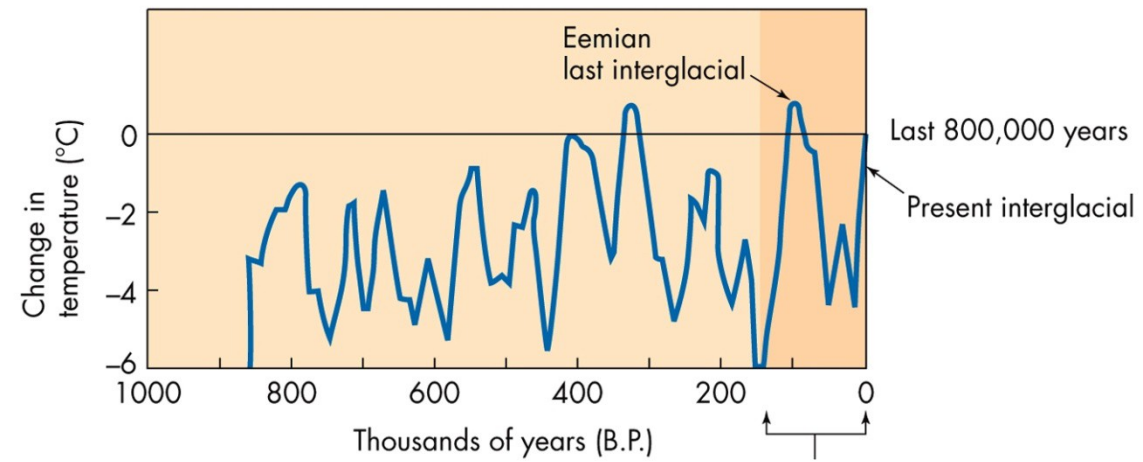
rastnega
obdobja na
severni polobli,
ko rastline
porabijo več
CO₂ za
fotosintezo.



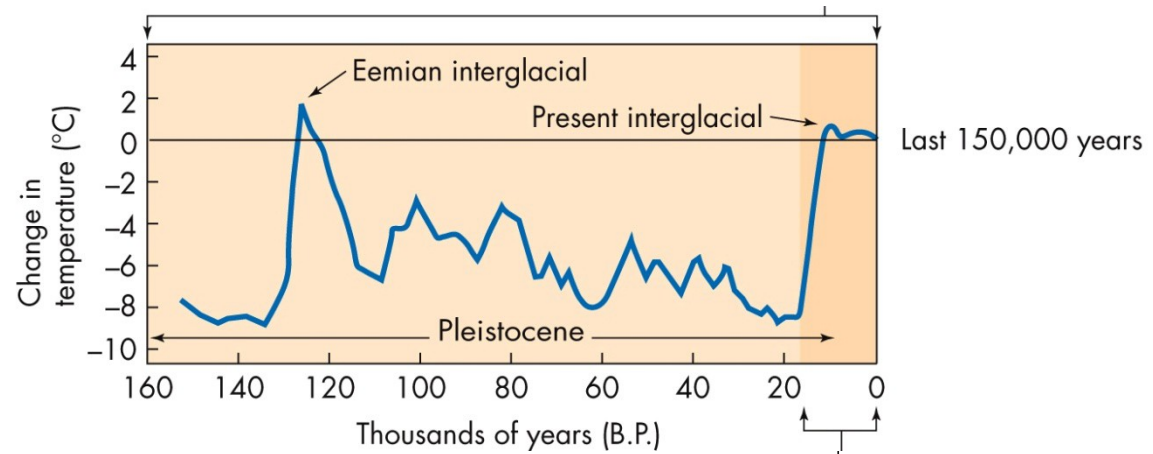
Spremembe globalne temperature

- Začetek pleistocenske ledene doba pred 2 mio let.
- Od takrat številne spremembe Zemljine povprečne letne temperature.
- Nizke temperature ustrezajo poledenitvam, visoke medledenim dobam.
- Menjave na 15.000 in 18.000 let.
- Zadnja večja medledena doba Eemij je bila toplejša od sedanjosti.
- Morska gladina je bila nekaj m višje.
- Pred 11.500 leti sledi ohladitev – mlajši drias, ki mu sledi hitra otoplitev – holocenski maksimum in nato ohladitev – mala ledena doba.

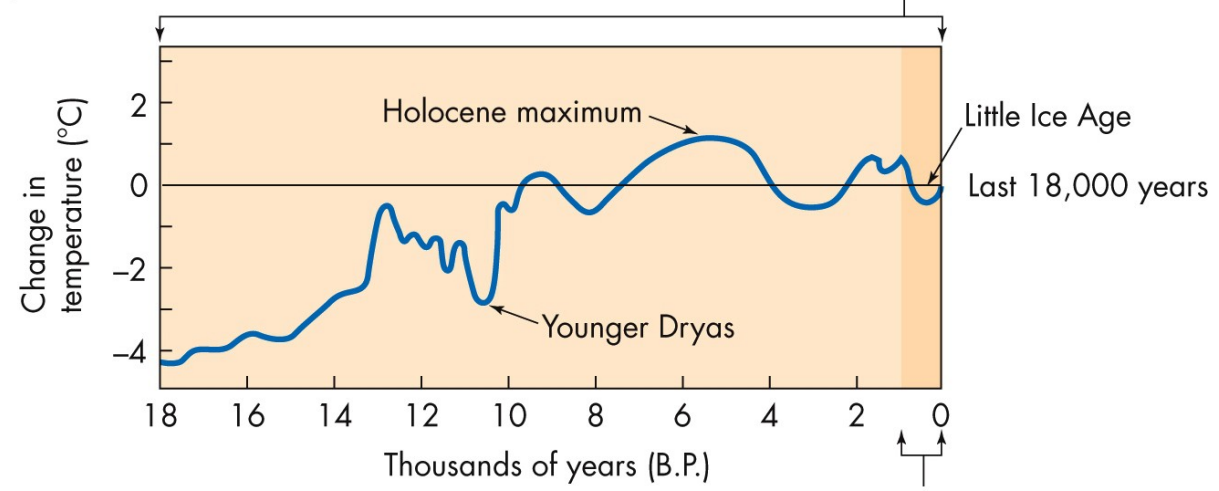
(a)



(k)

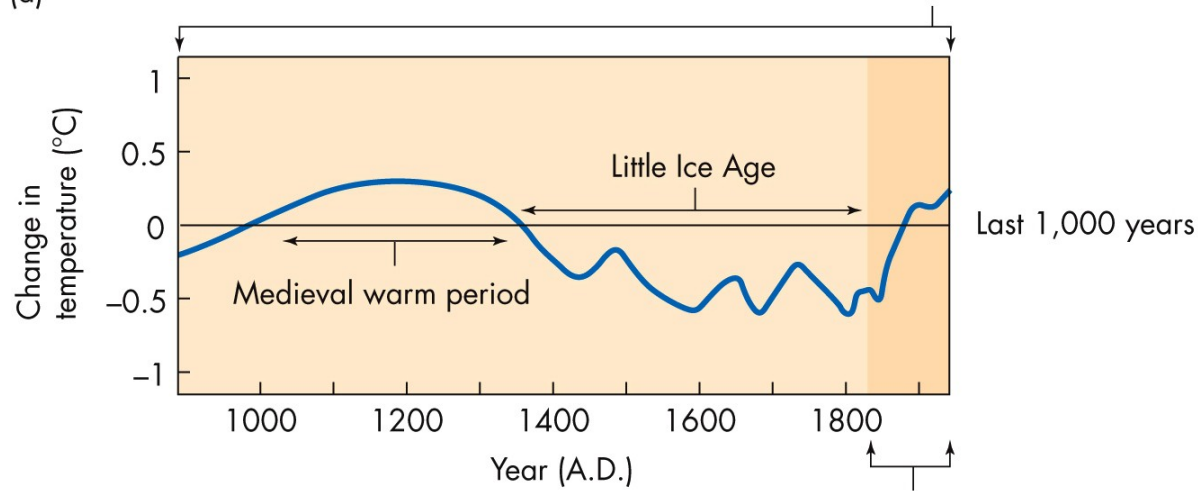


(c)

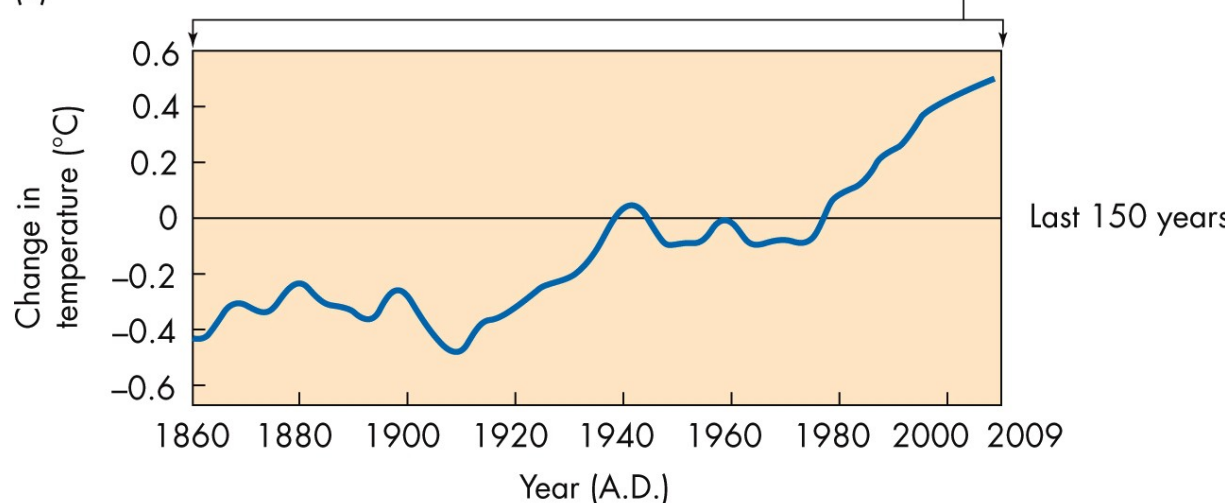


- 1750 se začne navidezni trend segrevanja, ki traja do 1940, ko se temperature rahlo ohladijo.
- V zadnjih 100 letih je globalna povprečna letna temperatura narasla za 0,80C, večinoma od 1970.

(d)



(e)



- 1990 in prvih 8 let 21. stol. Beležimo najvišje globalne temperature, odkar poteka monitoring.

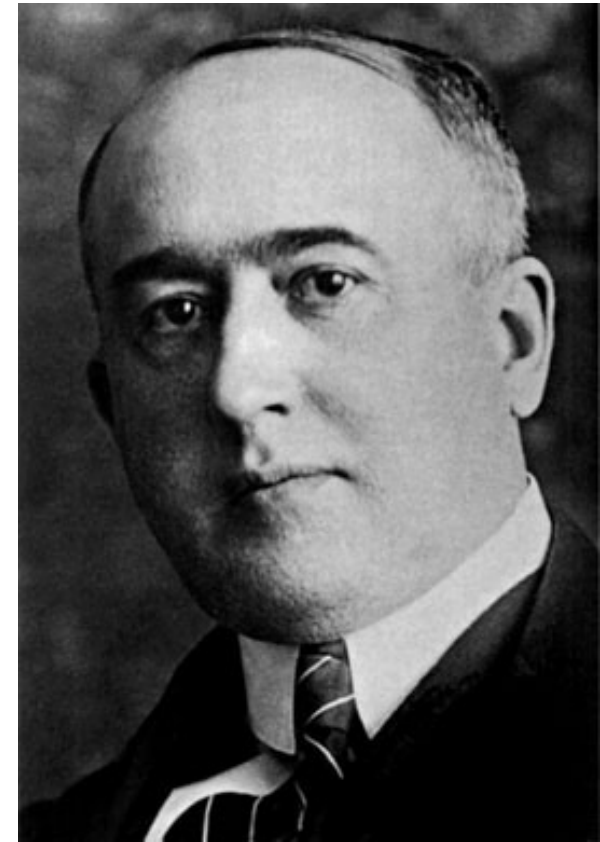
TABLE 16.2 Evidence supporting the early twenty-first century rise in global temperature: global temperature data from the United States (NOAA) and Europe (WMO)

- Warming since the mid-1970s has been about three times as rapid as the preceding century.
- The 1990s was the warmest decade in the last 142 years and the last 1000 years, according to geologic data.
- The 15 warmest years have all occurred since 1990.
- The warmest years on record were 2005 and 2007 (tied), with 1998 third and 2002 and 2004 tied for fourth.
- In 2003, the United States was cooler and wetter than average in much of the eastern part of the country, and warmer and drier in much of the west. Ten western states were much warmer than average; New Mexico had its warmest year. Alaska was warmer in all four seasons and had one of its five warmest years since Alaska began taking measurements in 1918.
- Europe, in 2003, experienced summer heat waves, with the warmest seasonal temperatures ever recorded in Spain, France, Switzerland, and Germany. Approximately 15,000 people died in heat waves in Paris during the summer.
- Warm conditions, along with drought, in 2003 contributed to severe wildfires in Australia, southern California, and British Columbia, Canada.
- Since 1965, the average temperature of Earth at the surface has increased about 0.2°C per decade (7,8).
- The 2008 was the coolest year since 2000, but 2008 still was the ninth warmest year since 1880. The 10 warmest years on record have occurred during the 12 year period from 1997–2008.

Note: A few years of high temperatures with drought, heat waves, and wildfires are not by themselves an indication of longer-term global warming. The persistent trend of increasing temperatures over several decades is more compelling evidence that global warming is real and happening.

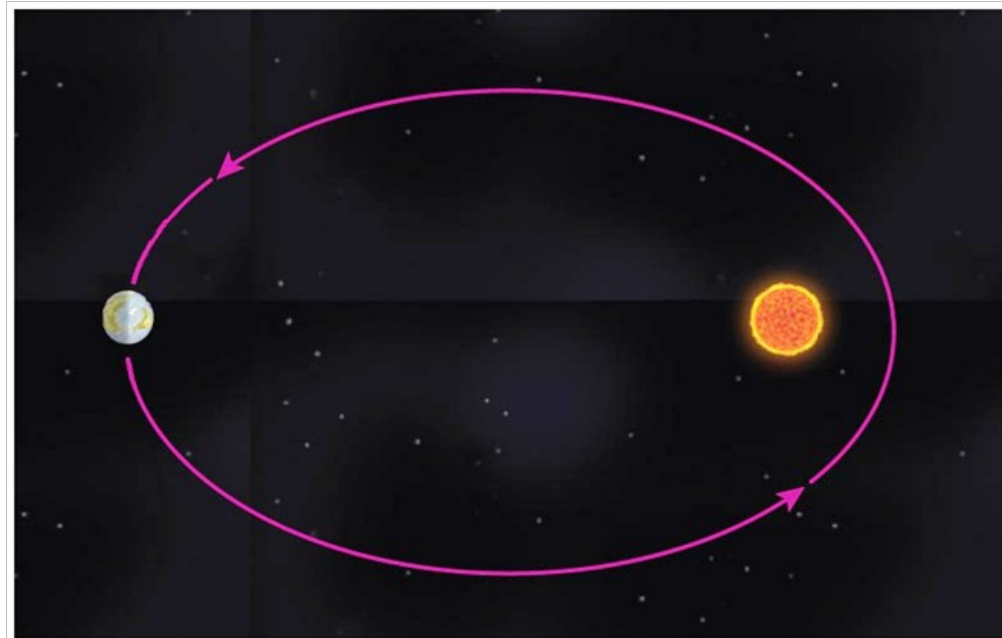
Zakaj se klima spreminja?

- Klima se spreminja ciklično – daljša obdobja sprememb, prekinjena s krajšimi.
- Milutin Milanković 1920 postavi hipotezo, da je to posledica:
 - spremenljivosti Zemljine orbite okrog Sonca (100.000 let) – glavne ledene in medledene dobe.
 - Spremembe nagiba in kroženja Zemlje okrog svoje osi (20.000 – 40.000 let).

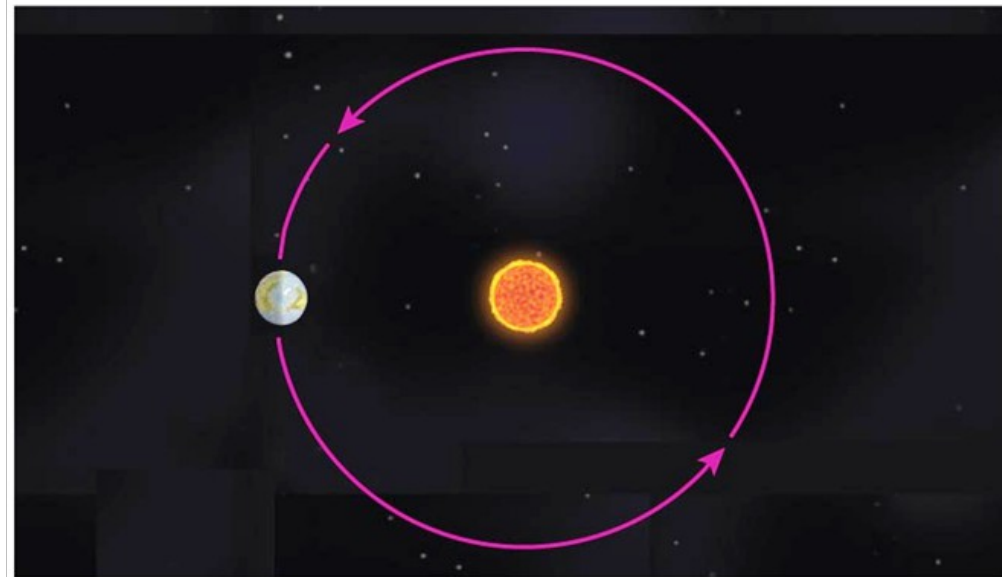


Milankovićevi cikli

- Spremenljivosti Zemljine orbite okrog Sonca (100.000 let) – glavne ledene in medledene dobe.
- Bolj podolgovata elipsa: Zemljo doseže več sončnega sevanja – otoplitev oz. manj sevanja – ohladitev.
- Bolj krožna elipsa: manj sevanja – ohladitev.



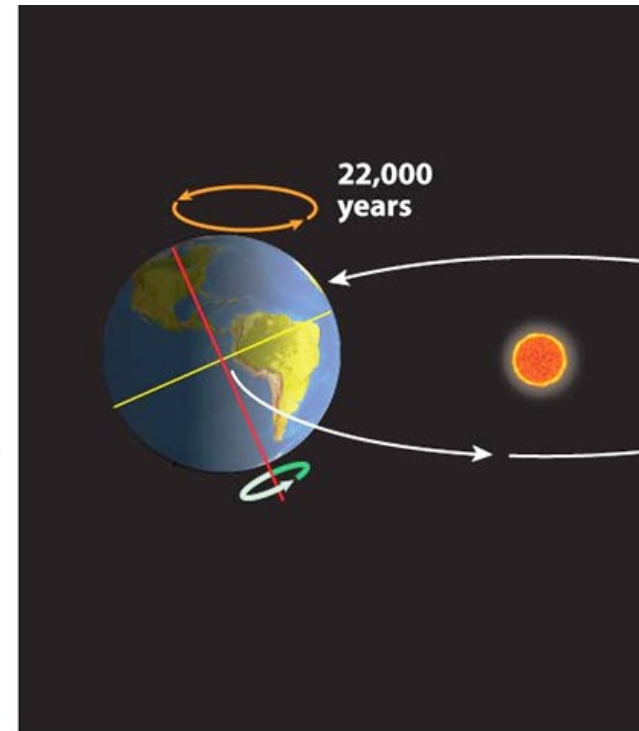
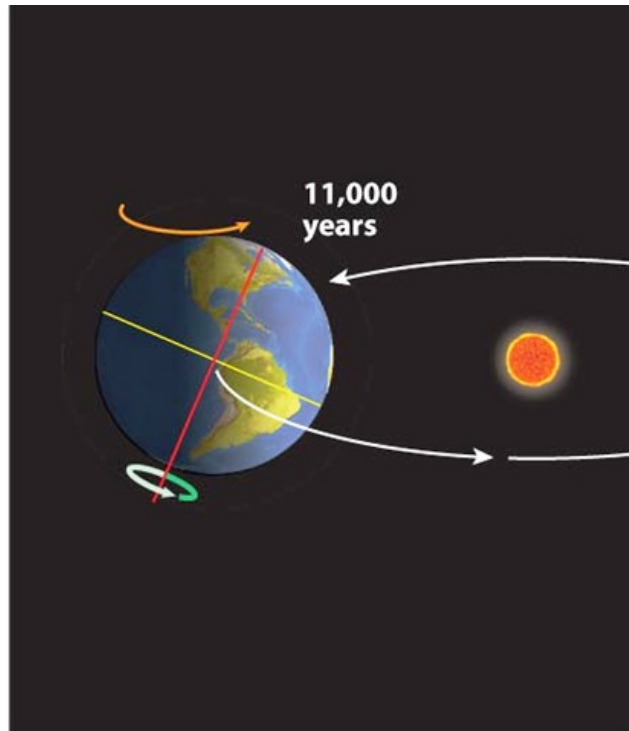
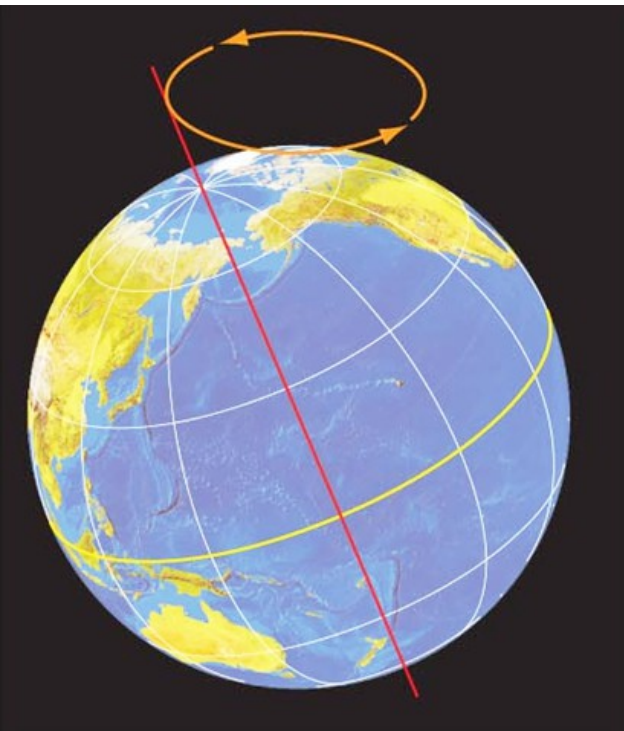
(a)



(b)

Milankovićeви cikli

- Spremembe nagiba in kroženja Zemlje okrog svoje osi (20.000 – 40.000 let).



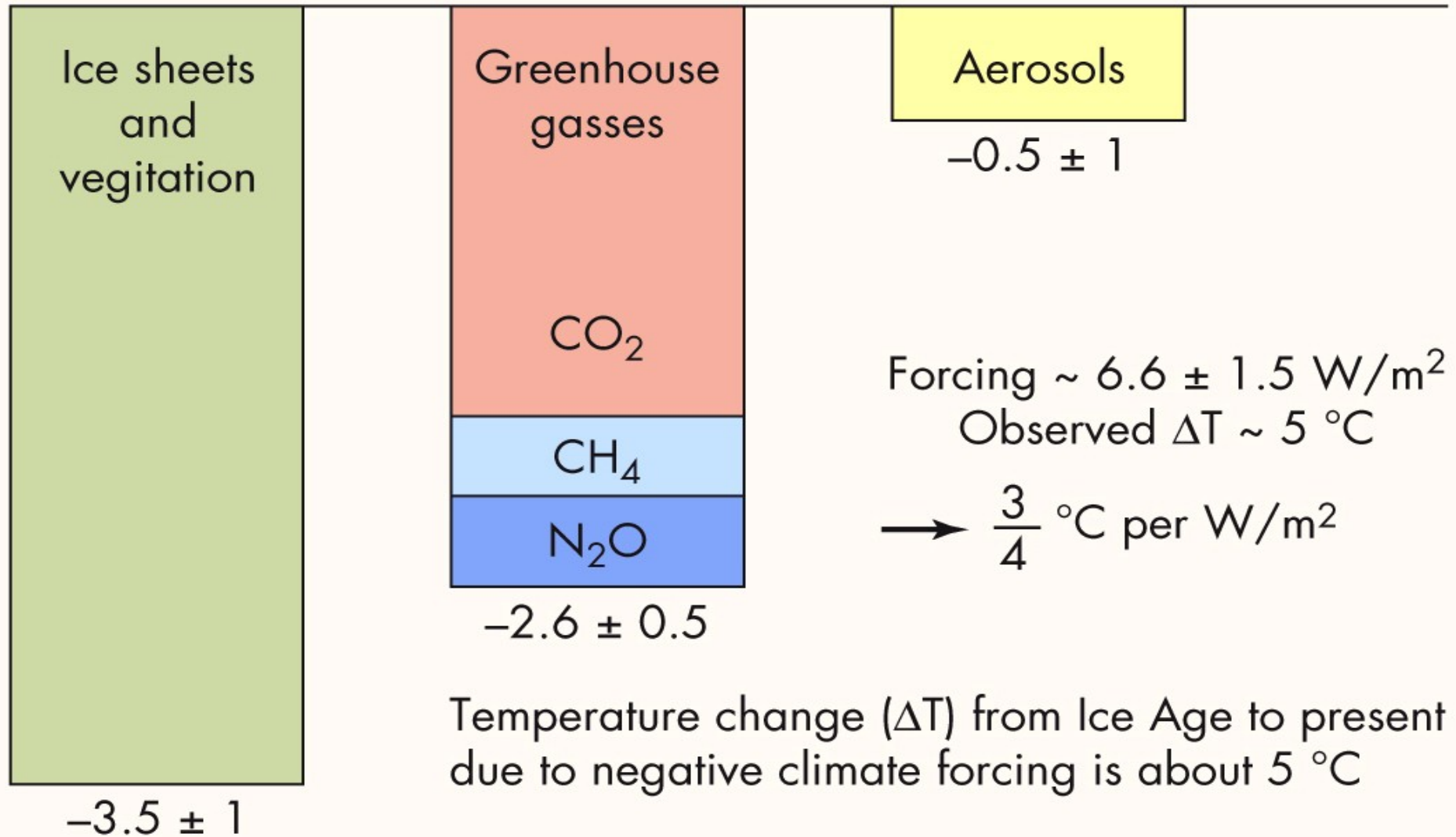
Zakaj se klima spreminja?

- Milankovićeви cikli so naraven proces, ki premakne klimo v eno ali drugo smer.
- Če je v kombinaciji še s kakšnim drugim procesom, se klima spremeni.
- Premik klime (Climate forcing) je vnesena sprememba Zemljine energijske bilance, izražena v W/m^2 .
 - Pozitivna (npr. več sončnega sevanja) – segrevanje
 - Negativna (npr. padec koncentracije CO_2) – ohlajanje.

Zakaj se klima spreminja?

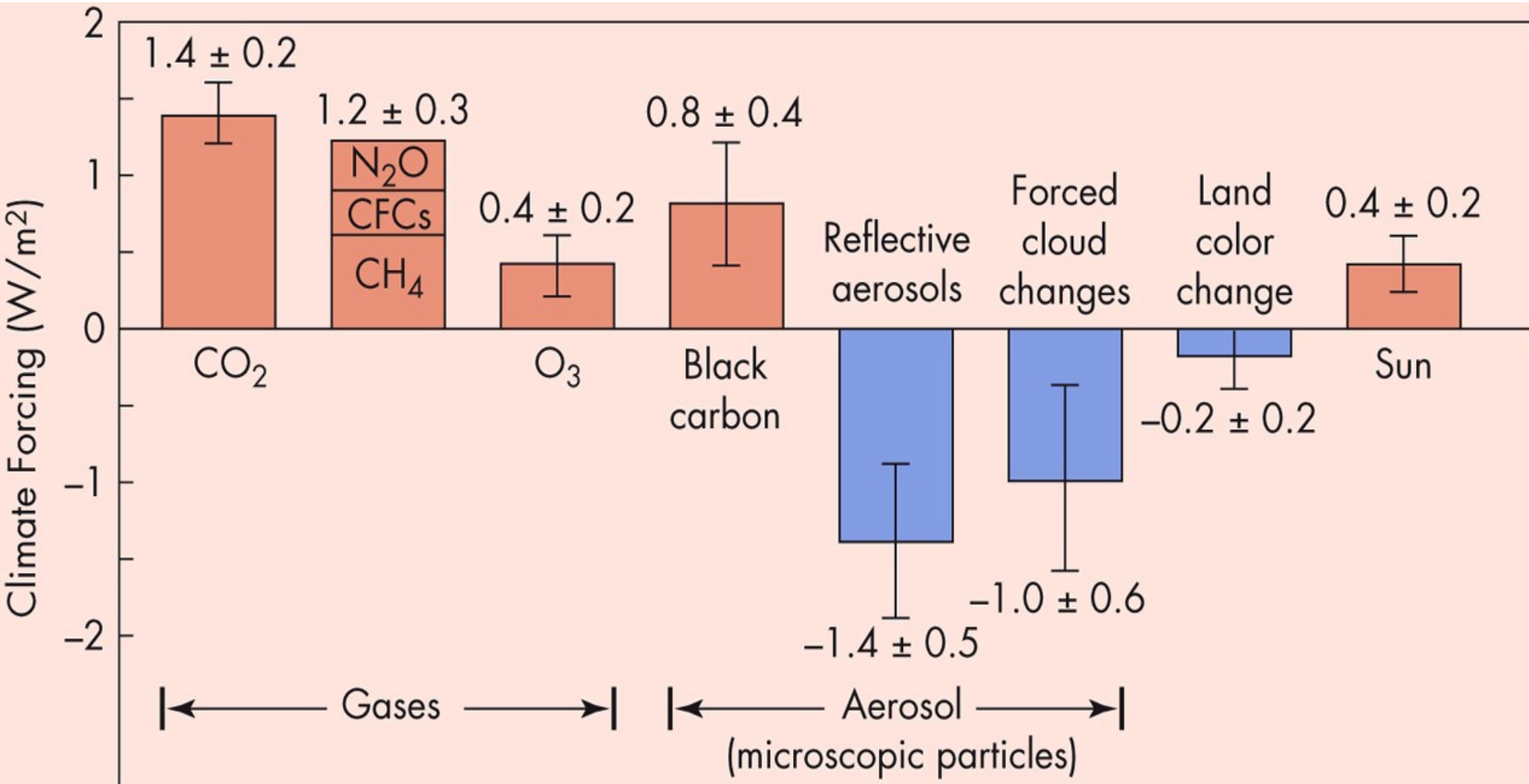
- Klimatska občutljivost (Climate sensitivity) je odziv klime na premik klime, potem ko je bilo doseženo novo ravnotežje.
- Odzivni čas klime je čas, potreben, da se klima spremeni zaradi premika.
- Majhni premiki klime, ki so dolgotrajni, lahko povzročijo veliko klimatsko spremembo.
- 1 W/m^2 povzroči $0,75 \text{ }^\circ\text{C}$ temperaturne spremembe.
- Zelo hitre ali nenadne spremembe klime so malo verjetne.

Premik klime v zadnji ledeni dobi

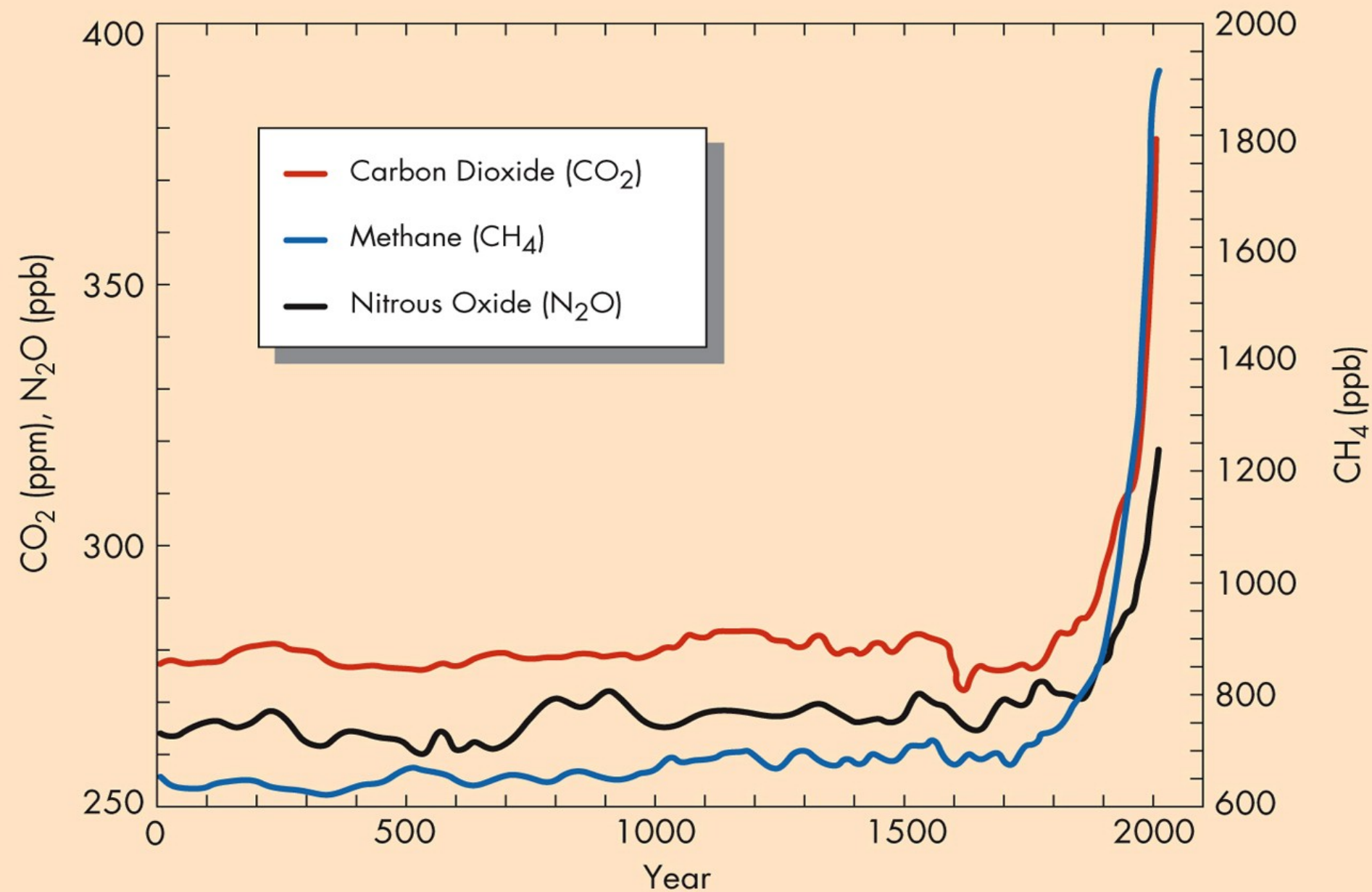


Premik klime v industrijski dobi

- Skupen pozitivni premik je $1,6 \text{ W/m}^2$, večinoma zaradi toplogrednih plinov.



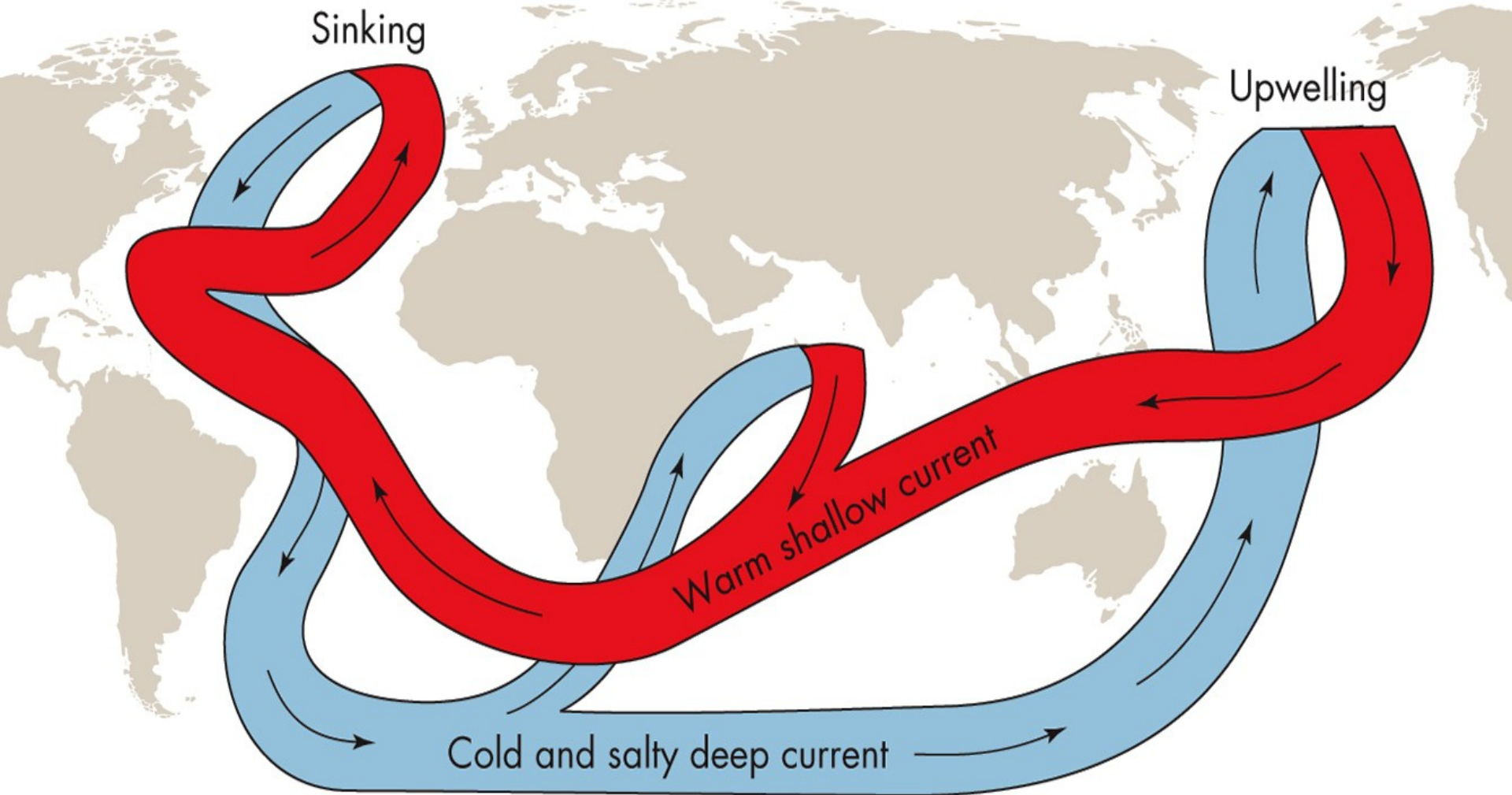
Stopnja izpustov toplogrednih plinov



Zakaj se klima ne spremeni hitro?

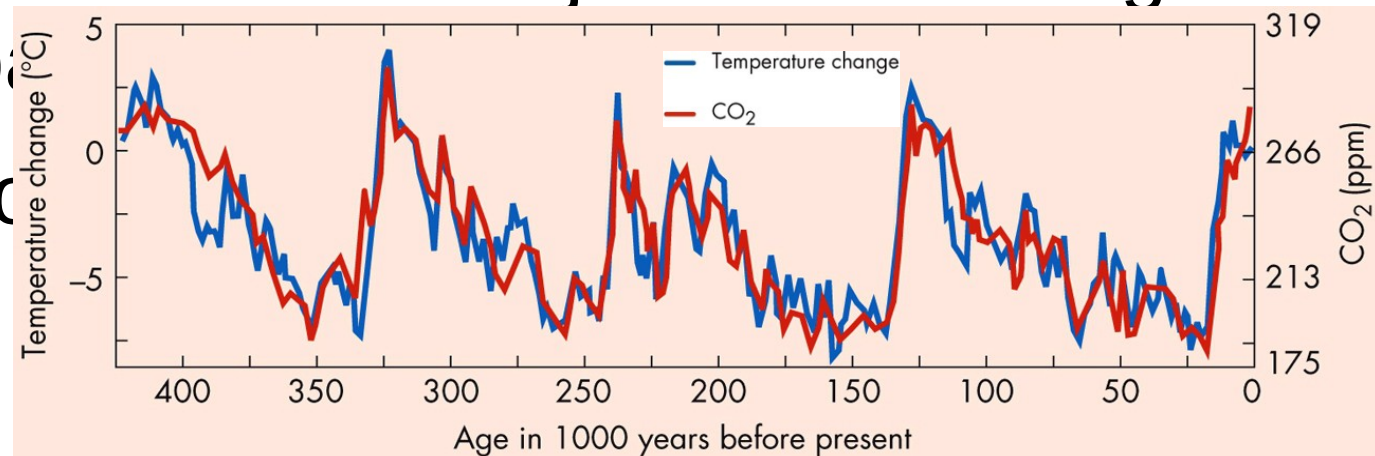
- “Ocean conveyor belt” – oceanski tok, je kroženje oceanske vode v svetovnem merilu.
- Premikanje 12 – 13 oC tople površinske vode Atlantika proti severu.
 - Evropa je zato 5 – 10 oC toplejša kot bi bila brez toka.
- Ko doseže Grenlandijo se ohladi na 2 – 4 oC.
- Zato postane bolj slana in s tem gostejša, kar povzroči, da potone na dno.
- Tok potem potuje proti jugu okrog Afrike, kjer se pridruži globalnim oceanskim tokovom.

Oceanski tok



Globalno segrevanje

- Človek nezanemarljivo vpliva na globalno klimo z izpusti toplogrednih plinov.
- Klima se segreva.
- V 21. stoletju bo povprečna površinska temperatura Zemlje narasla 1,5 – 4,5 oC.
- Za zadnjih nekaj 100.000 let je potrjena močna korelacija med koncentracijo atmosferskega CO₂ in globalno temperaturo.

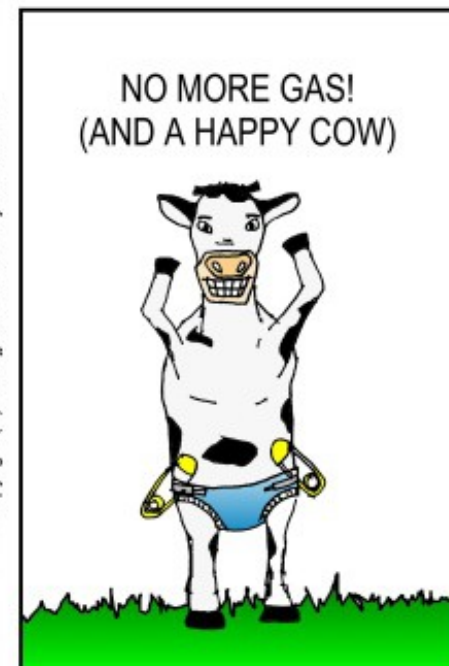
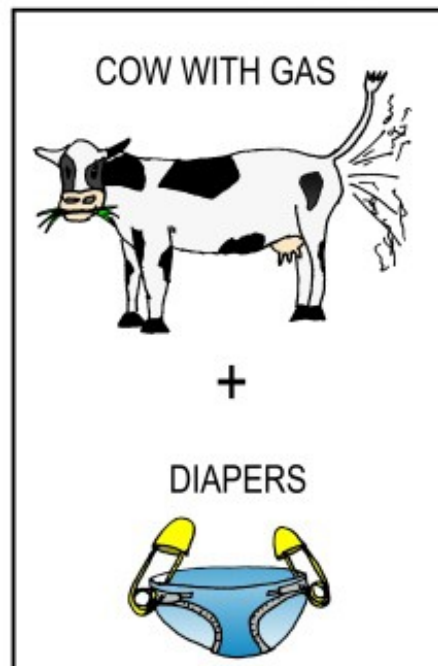


Globalno segrevanje

- Dejavniki pozitivnega premika klime (segrevanja) so:
 - Sončno sevanje
 - Vulkanski izbruhi
 - Antropogeni dejavniki



HOW TO STOP GLOBAL WARMING



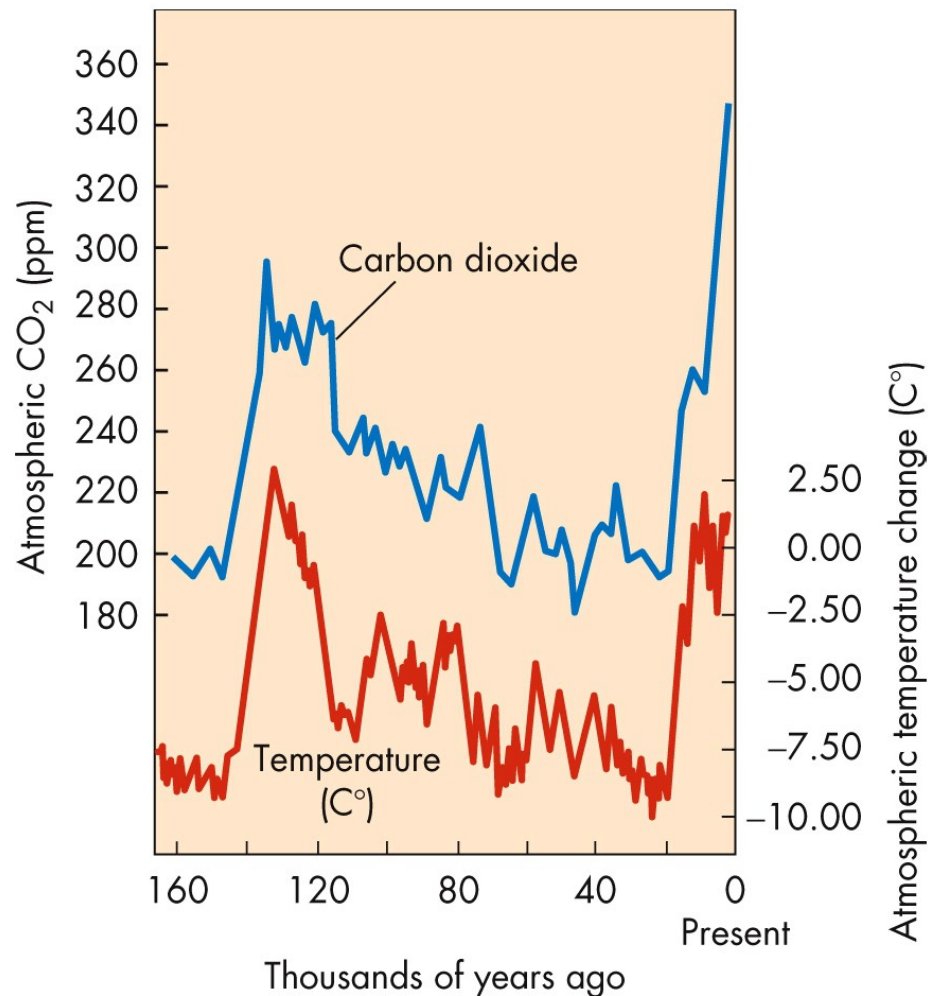
Copyright (c) 2008 jcomics.com / wyka-warzecha

Sončno segrevanje

- Spremenljivost količine sončnega sevanja je bila v zadnjih 1000 letih pomembna.
 - Srednjeveško toplo obdobje (MWP; 1000 – 1300)
 - Mala ledena doba (LIA; 14. stol.)
- Učinek je majhen – 0,25%.
- Od začetka industrijske dobe povišano sončno sevanje ni imelo znatnega učinka na dvig temperatur.

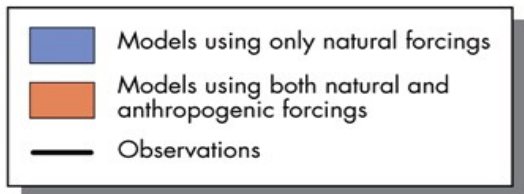
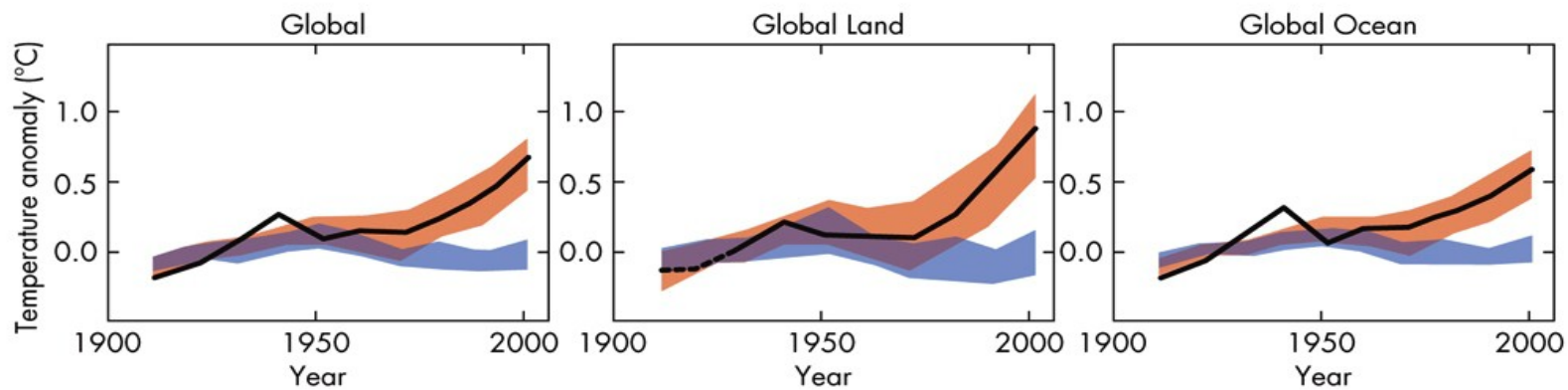
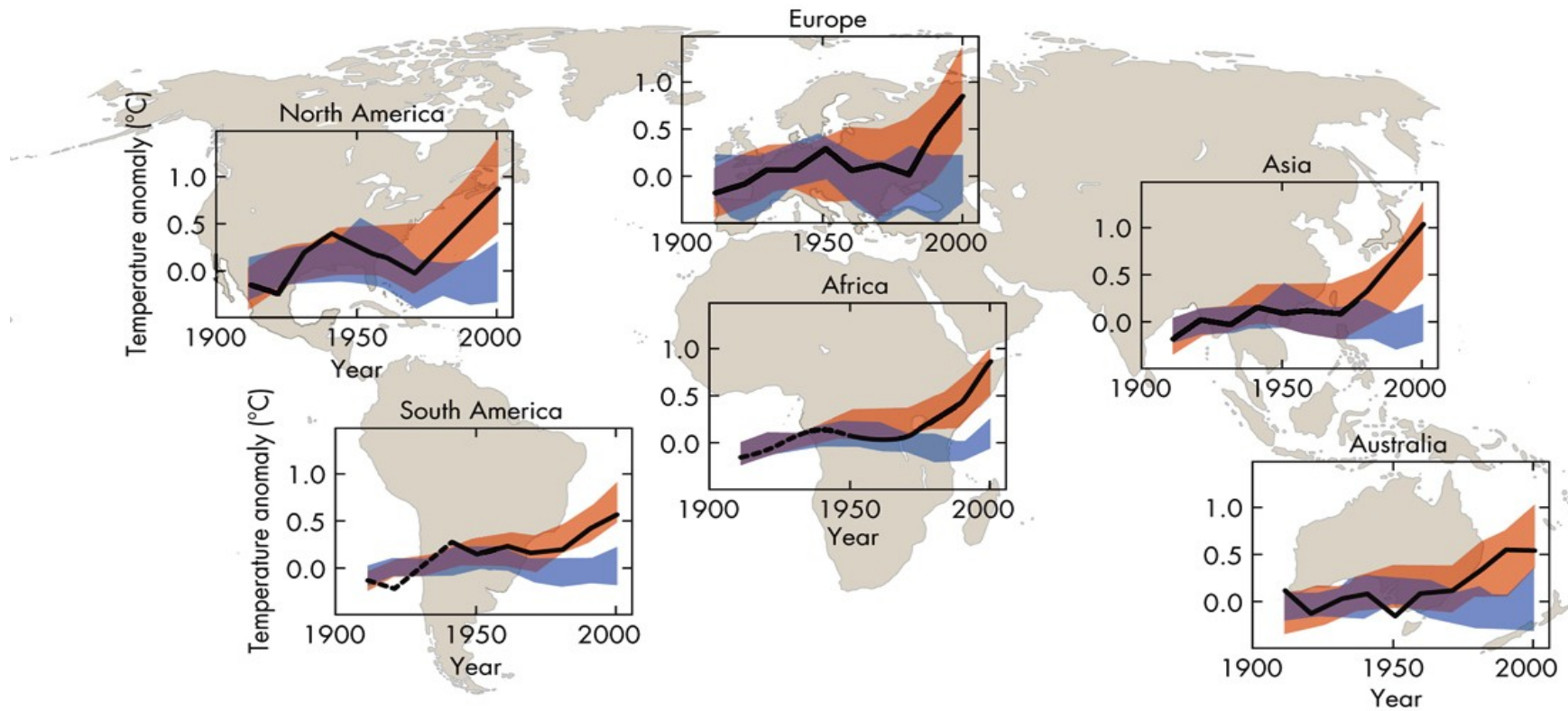
Vulkanski izbruhi

- Velika količina drobnih delcev – aerosolov, vse do 15 – 25 km visoko v atmosfero, kjer jih prenašajo močni vetrovi.
- Aerosoli odbijajo znatno količino sončne svetlobe, kar povzroča ohlajanje, ki lahko kompenzira dvig temperature zaradi antropogenih GHG.
 - Morda je to vzrok neujemanja modelov segrevanja in dejanskih meritev.
 - Izbruh Pinatuba 1991 je povzročil premik klime za 3 W/m^2 ter ohladitev za $2,3 \text{ }^\circ\text{C}$ v letih 1991 in 1992.
 - Vulkanski izbruhi naj bi pripevali tudi k nastanku LIA.



Antropogeni vpliv

- Segrevanja 0,2 oC na desetletje, v zadnjih nekaj desetletjih, ne moremo razložiti z naravno spremenljivostjo.
- Premik 1,6 W/m² v času industrijske dobe je večinoma posledica izpustov CO₂.
- Klimatski modeli kažejo, da naravni premiki, v zadnjih 100 letih, ne morejo povzročiti opazovanega dviga globalne površinske temperature Zemlje za 1oC. Če jih kombiniramo s človeško povzročenim premikom, lahko pojasnimo opazovane vrednosti.



Antropogeni vpliv

- Na osnovi svetovnega potenciala segrevanja GWP (Global Warming Potential) CO₂ prispeva 85,1 %, CH₄ 8,2%, NO_x 4,6% in CFC 2,2%.
- Človeški procesi povzročajo tudi rahlo ohlajanje.
- Odboji od aerosolnih onesnaževalcev zraka zmanjšajo količino prispele sončne energije za 10% - globalno uravnavanje.
- V industrijski dobi znaša negativni premik $-1,4 \text{ W/m}^2$.
- Zadržal je lahko do 50% pričakovanega segrevanja zaradi GHG.

Možni učinki globalnega segrevanja

- Povzamemo lahko dejstva:
 - Človekova dejavnost zvišuje koncentracijo toplogrednih plinov v atmosferi.
 - V zadnjih 100 letih je povprečna temperatura na Zemlji narasla za 0,8 °C.
 - Znaten delež opazovanega povišanja je posledica človeških dejavnosti.
- Klimatski modeli napovedujejo nadaljnje segrevanje.
- Tudi, če bi antropogene emisije GHG popolnoma prenehale, bi se v naslednjih desetletjih segrelo za 0,5 – 1 °C.

Možni učinki globalnega segrevanja

- Če bi se količina CO₂ v atmosferi podvojila, glede na predindustrijsko obdobje, bi se povprečna temperatura zvišala za 1,5 – 4,5 oC.
- Zvišanje bi bilo znatnejše na polih.
- Posledice dviga temperature je težko napovedati, a dve verjetni možnosti sta:
 - Sprememba globalnega klimatskega vzorca
 - Dvig morske gladine, zaradi širitve segrete morske vode in delnega taljenja ledenikov.

Ledeniki

- Taljenje alpskih ledenikov je zlasti pomembno v Evropi in J Ameriki, ker predstavljajo znaten delež zalog vode in ker so pomembni za ekosisteme.
- Trenutno je več ledenikov umikajočih se, njihova debelina se tanjša (od 1977 10 – 30%), kot je napredujočih in takih z večanjem debeline.



Grinnell Glacier, 1914
Marble photo, courtesy GNP Archives



Grinnell Glacier, Sept. 14, 2008
Lisa McKeon photo, USGS

Ledeniki

- Taljenje ledu na Grenlandiji se je od 1998 podvojilo.
- Pri taljenju nastaja površinska voda, ki preko razpok teče do podlage ledu, kjer deluje kot mazivo in s tem pospešuje hitrost premikanja ledu.
- Večina ledenikov na južni polovici ledenega pokrova se giblje hitreje in izgublja led hitreje kot prej.
- Ko se led stali in je izpostavljena podlaga, se postopek pospeši – pozitiven odziv, saj led sevanje odbija, temna podlaga pa absorbira.
- Več kot se ledu stali, hitrejše je segrevanje in več je taljenja.

Ledeniki



- Ledeno morje v Arktičnem oceanu se zmanjšuje približno 11% na desetletje.
- Najmanjši obseg je zabeležen septembra 2007 kot odziv na atmosfersko kroženje, ki je pospeševalo taljenje.
- Napovedujejo, da bi lahko ledeno morje do 2030 sezonsko izginjalo.

Ledeniki

- Antarktični polotok je najhitreje segrevajoči se predel na Zemlji.
- Segrevanje se širi tudi na Zahodno Antarktiko, čeprav ga deloma omili jesensko ohlajanje Vzhodne Antarktike.
- Razlogi so kompleksni.
 - Spremembe atmosferske cirkulacije s temperaturnimi spremembami – toplejša morska površinska voda in ledeno morje.
 - Najverjetnejši neposreden vzrok so antropogeni izpusti GHG.

Ledeniki

- S segrevanjem Zemlje napovedujejo več snežnih padavin na Antarktiki.
- Satelitske meritve 1992 – 2003 kažejo povečanje Vzhodnoantarktične ledene kape za 50 mrd t/leto (manj kot 0,5% Antarktičnega ledu debeline 1 m).
- Nekateri druge raziskave tega ne potrjujejo.
- Zaporedje izredno toplih let in navidezno povečano taljenje ledenikov ni dokaz za globalno segrevanje, zaradi človeške uporabe fosilnih goriv!

Klimatski vzorci

- Globalni dvig temperature lahko spremeni padavinske vzorce, vlažnost tal in druge klimatske dejavnike, pomembne za kmetijstvo.
- Nekatera severna področja (Kanada, V Evropa) bi lahko postala bolj produktivna, južna bolj sušna.
 - Take napovedi so zelo tvegane, saj je moramo upoštevati tudi rodovitnost tal.
- Hidrološke spremembe povezane s klimatskimi bi lahko resno ogrozile svetovno preskrbo s hrano.
 - Zaradi globalnega segrevanja bi se povečala količina zimskega dežja, manj pa bi bilo snega. Odtok bi bil zato hitrejši in bi napolnil rezervoarje preden bi potrebovali vodo za namakanje.
- Lahko bi se povečala količina in jakost neviht in orkanov, kar lahko pomeni dodatno tveganje za obalna območja.

Dvig morske gladine

- Globalna temperatura oceanov se je od 1961 zvišala najmanj do globine 3 km.
- V tem času so oceani absorbirali $\sim 4/5$ vse dodatne toplote.
- Toplejša voda se širi, zato se gladina dvigne.
 - 1961 – 2003 je dvig znašal $0,42 \pm 0,2$ mm na leto.
 - 1993 – 2003 je narastel na $1,6 \pm 0,5$ mm na leto.
- K dvigu gladine prispeva taljenje celinskega ledu, taljenje plavajočega ledu pa ne.
 - 1961 – 2003 je dvig znašal $1,38 \pm 0,4$ mm na leto.
 - 1993 – 2003 je narastel na $1,5 \pm 0,6$ mm na leto.

Dvig morske gladine

- Povzamemo lahko:
 - Toplotno širjenje in taljenje celinskih ledenikov prispevajo k dvigu morske gladine od 1961.
 - Razlika med pričakovanim in opazovanim dvigom je znatna – potrebne so dodatne raziskave.
 - Hitrost dviga gladine zaradi obeh vzrokov se viša.
 - Prispevek taljenje ledu na Grenlandiji se je v zadnjih desetletjih povečal za 4x.

Dvig morske gladine

- Ocene pričakovanih dvigov gladine v naslednjem stoletju so 18 – 59 cm.
- 40 cm dvig bi imel precejšnje okoljske učinke.
 - Zvečanje obalne erozije do 80 m.
 - Pomik estuarijev v kopno.
- Dvig gladine že ogroža nekatere manjše tropske otočke.
 - Tuvalu



Country/Source	People Affected		Capital Value at Loss		Land at Loss		Wetland at Loss	Adaptation/Protection Costs	
	# people (1000s)	% Total	Million US\$ ¹	% GNP	km ²	% Total	km ²	Million US\$ ¹	% GNP
Antigua ² (Cambers, 1994)	38	50	–	–	5	1.0	3	71	0.32
Argentina (Dennis <i>et al.</i> , 1995a)	–	–	>5000 ⁷	>5	3400	0.1	1100	>1800	>0.02
Bangladesh (Huq <i>et al.</i> , 1995; Bangladesh Government, 1993)	71000	60	–	–	25000	17.5	5800	>1000 ⁹	>0.06
Belize (Pernetta and Elder, 1993)	70	35	–	–	1900	8.4	–	–	–
Benin ³ (Adam, 1995)	1350	25	118	12	230	0.2	85	>400 ¹⁰	>0.41
China (Bilan, 1993; Han <i>et al.</i> , 1995a)	72000	7	–	–	35000	–	–	–	–
Egypt (Delft Hydraulics <i>et al.</i> , 1992)	4700	9	59000	204	5800	1.0	–	13100 ¹¹	0.45
Guyana (Kahn and Sturm, 1993)	600	80	4000	1115	2400	1.1	500	200	0.26
India (Pachauri, 1994)	7100 ⁶	1	–	–	5800	0.4	–	–	–
Japan (Mimura <i>et al.</i> , 1993)	15400	15	849000	72	2300	0.6	–	>156000	>0.12
Kiribati ² (Woodroffe and McLean, 1992)	9	100	2	8	4	12.5	–	3	0.10
Malaysia (Midun and Lee, 1995)	–	–	–	–	7000	2.1	6000	–	–
Marshall Islands ² (Holthus <i>et al.</i> , 1992)	20	100	160	324	9	80	–	>360	>7.04
Mauritius ⁴ (Jogoo, 1994)	3	<1	–	–	5	0.3	–	–	–
The Netherlands (Peerbolte <i>et al.</i> , 1991)	10000	67	186000	69	2165	5.9	642	12300	0.05
Nigeria (G.T. French <i>et al.</i> , 1995)	3200 ⁶	4	17000 ⁷	52	18600	2.0	16000	>1400	>0.04
Poland (Pluijm <i>et al.</i> , 1992)	240	1	22000	24	1700	0.5	36	1400	0.02
Senegal (Dennis <i>et al.</i> , 1995b)	110 ⁶	>1	>500 ⁷	>12	6100	3.1	6000	>1000	>0.21
St. Kitts–Nevis ² (Cambers, 1994)	–	–	–	–	1	1.4	1	50	2.65
Tonga ² (Fifita <i>et al.</i> , 1994)	30	47	–	–	7	2.9	–	–	–
United States (Titus <i>et al.</i> , 1991)	–	–	–	–	31600 ⁸	0.3	17000	>156000	>0.03
Uruguay (Volonté and Nicholls, 1995) ⁵	13 ⁶	<1	1700 ⁷	26	96	0.1	23	>1000	>0.12
Venezuela (Volonté and Arismendi, 1995)	56 ⁶	<1	330 ⁷	1	5700	0.6	5600	>1600	>0.03

Spremembe biosfere

- Tveganje izumrtij zaradi spremembe izrabe zemljišč in s tem fragmentiranja habitatov.
- Premik življenjskih območij rastlin in živali.
 - Komarji (malaria, denga) migrirajo na višje višine.
 - Metulji in ptice migrirajo proti severu Evrope.
 - Subalpinski gozdovi in alpske rastline se dvigajo na večje višine.
 - Taljenje ledenikov vpliva na morske ptice, mrože, polarne medvede.
 - Segrevanje in zviševanje kislosti plitvih vod na Florida Keys, Bermudih, Velikem koralnem grebenu prispeva k uničevanju koral.

Prilagoditev vrst na globalno segrevanje

- V zadnjih 25 letih so rastline in živali pomaknile svoje območje proti severu za 6 km na desetletje.
- Pomlad se začne prej, rastline prej zacvetijo, žabe se prej drstijo, ptice selivke priletijo prej...
- Hitrost teh sprememb je 2,3 dni na desetletje.
- Tropski patogeni so se razširili po zemljepisni širini in nadmorski višini ter prizadeli številne organizme, ki jih niso vajeni.
- Za napovedi evolucijskega odziva potrebujemo modele, ki vključujejo več bioloških elementov (tekmovanje med vrstami, genetika).
- Pomoč pri migraciji vrstam, ki se ne uspejo prilagoditi klimatskim spremembam je sporna – problem invazivnih vrst.

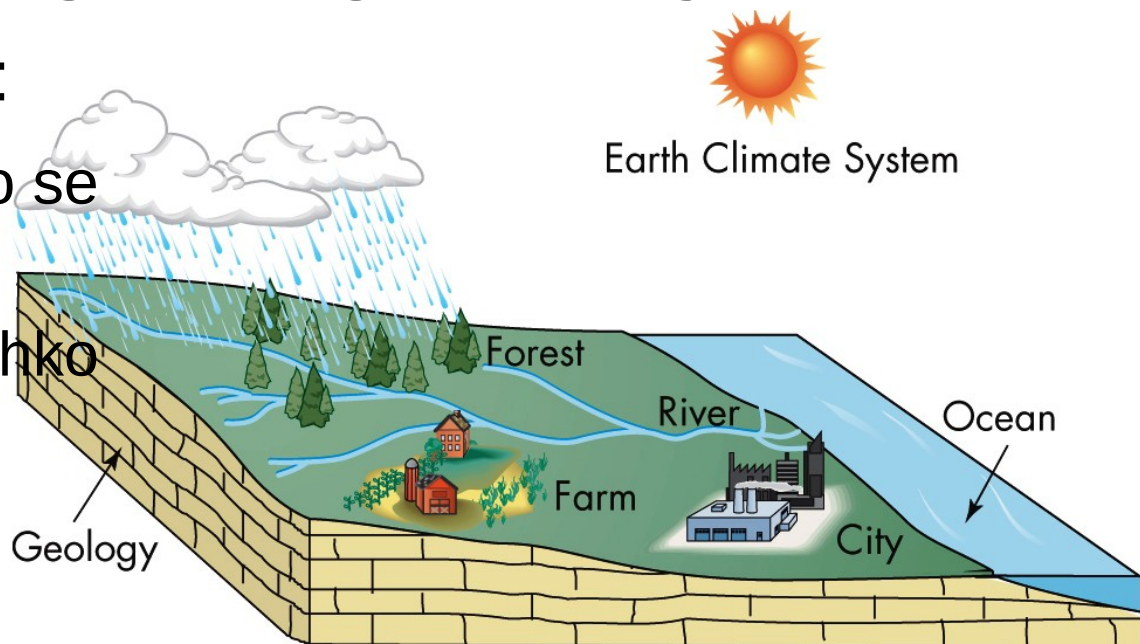
Strategije za zmanjšanje učinka globalnega segrevanja

- Osnovni vprašanja sta:

- Kakšne spremembe so se zgodile?
- Kakšne spremembe lahko pričakujemo?

- Odgovor je v

- Geološki oceni predzgodovinskih sprememb in
- napovedovanje na osnovi modeliranja in simulacij.



What changes have occurred?

- Climate
- Frequency of storms
- Sea level
- Biologic
- Economic
- Social
- Political

What changes could occur?

Past

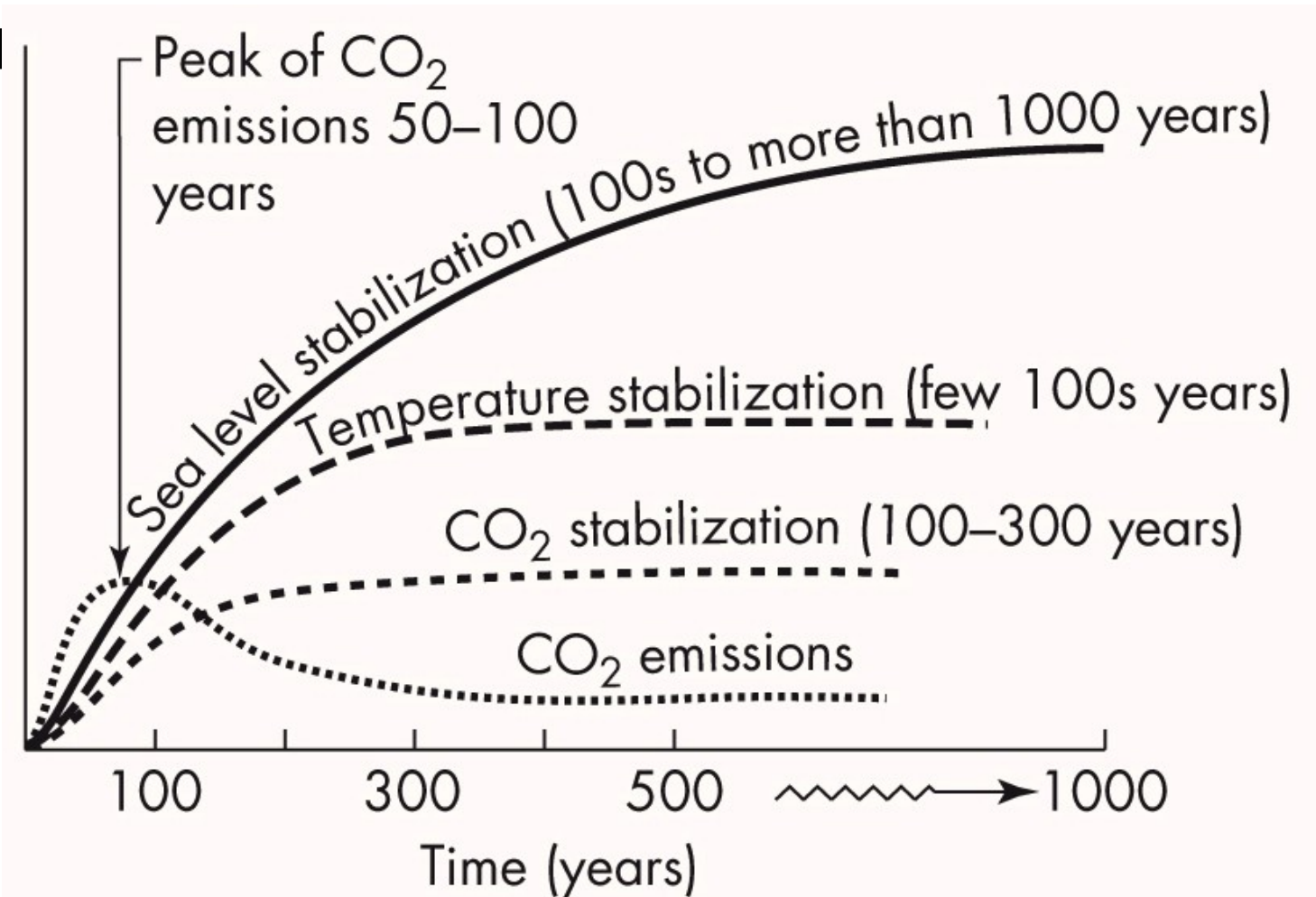
Present

Future

Strategije za zmanjšanje učinka globalnega segrevanja

- Geološki zapisi v oceanskih sedimentih v zadnjih nekaj 100.000 letih kažejo, da bo v naslednjem stoletju segrevanje okrog 5 oC, kar je v skladu z modeli, ki napovedujejo dvig temperature za 4,5 oC.
- Dvig za 2 oC ne pomeni hujših motenj.
- Dvig za 4 oC pomeni resne okoljske probleme in nujna je strategija za zmanjšanje izpustov CO₂.

- Tudi po tem bo potrebnih nekaj 100 let, da se bodo temperature in morske gladine stabilizirale.
- Če bi se izpusti CO₂ popolnoma prekinili, bi se v tei



Strategije za zmanjšanje učinka globalnega segrevanja

- Politične zaveze za zmanjševanje izpustov toplogrednih plinov.
 - Kyoto 1997: United Nations Framework Convention on Climate Change
 - Kyotski protokol podpiše 166 narodov
 - 2005 postane mednarodni dogovor
 - ZDA se prvotno strinjajo, 2001 odstopijo od sporazuma, 2009 spet zvečajo prizadevanja za zmanjšanje izpustov.

Strategije za zmanjšanje učinka globalnega segrevanja

- Izboljšana tehnologija termocentral.
 - CCS – Carbon Capture and Storage
- Uporaba goriv, ki sproščajo manj CO₂.
 - Nafta > premog > plin
- Varčevanje z energijo in zmanjševanje odvisnosti od fosilnih goriv.
- Uporaba alternativnih virov energije.
- Zakonsko dovoljene količine izpustov – kuponi.
- Nenadna sprememba klime ni verjetna, zato imamo čas, da poiščemo premostitvene rešitve.

Ozonska luknja in globalno segrevanje

- CFC – kloro-fluoro-ogljiki npr. freon so (bili) sestavina plinov v hladilnikih, klimatskih napravah....,
- Povzročajo ozonsko luknjo v stratosferi in prispevajo tudi k učinku tople grede v spodnji atmosferi.
- CFC zadržijo več toplote kot CO₂, ker lahko absorbirajo več IR sevanja.
- Kljub temu bistveno več prispeva k antropogenemu učinku tople grede, ker ga v atmosfero izpuščamo bistveno več.

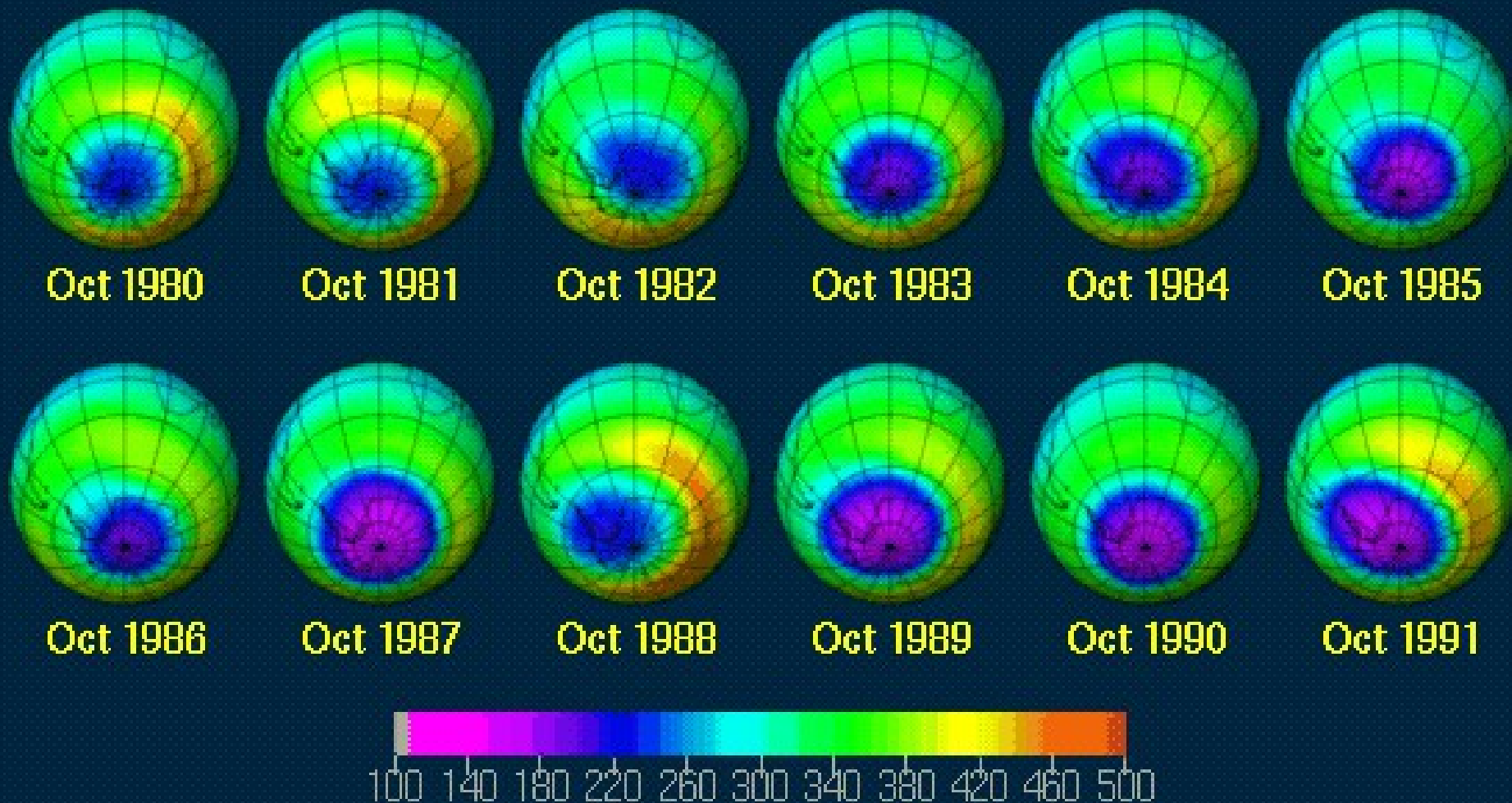
Ozonska luknja

- Ozonska plast je v spodnji stratosferi 12 – 50 km nad površjem Zemlje.
- Nastaja naravno z reakcijo $O + O_2 \rightarrow O_3$
- Zemljo ščiti pred UV sevanjem.
- Posledice UV sevanja so kožni rak, sončne opekline, poškodbe oči, padec imunskega sistema, DNA mutacije bakterij in virusov.
- Nastajanje in izginjanje O_3 je uravnoteženo.
- CFC-ji so stabilni v spodnji atmosferi, a se dvignejo v stratosfero.
- Preko leta se O_3 , ki nastaja nad tropi, skupaj s CFC-ji in Cl premika proti stratosferi nad Antarktiko in Arktiko.

Ozonska luknja

- Pozimi je arktična stratosfera ločena zaradi močnih vrtinčastih vetrov – polarni vrtinec (vortex).
- Zračna masa v vrtincu je izolirana ter se ohlaja, kondenzira in pada. Britanci so spomladi 1977 opazili sezonsko zmanjšanje O₃.
- Prvotno so vzrok iskali v vulkanskem Cl.
- 1980 se je luknja močno povečala, kljub temu, da ni bilo vulkanske dejavnosti.
- Količina O₃ je od 1960 padla že za 40%.
- Luknja se pogloblja in širi.

Ozonska luknja

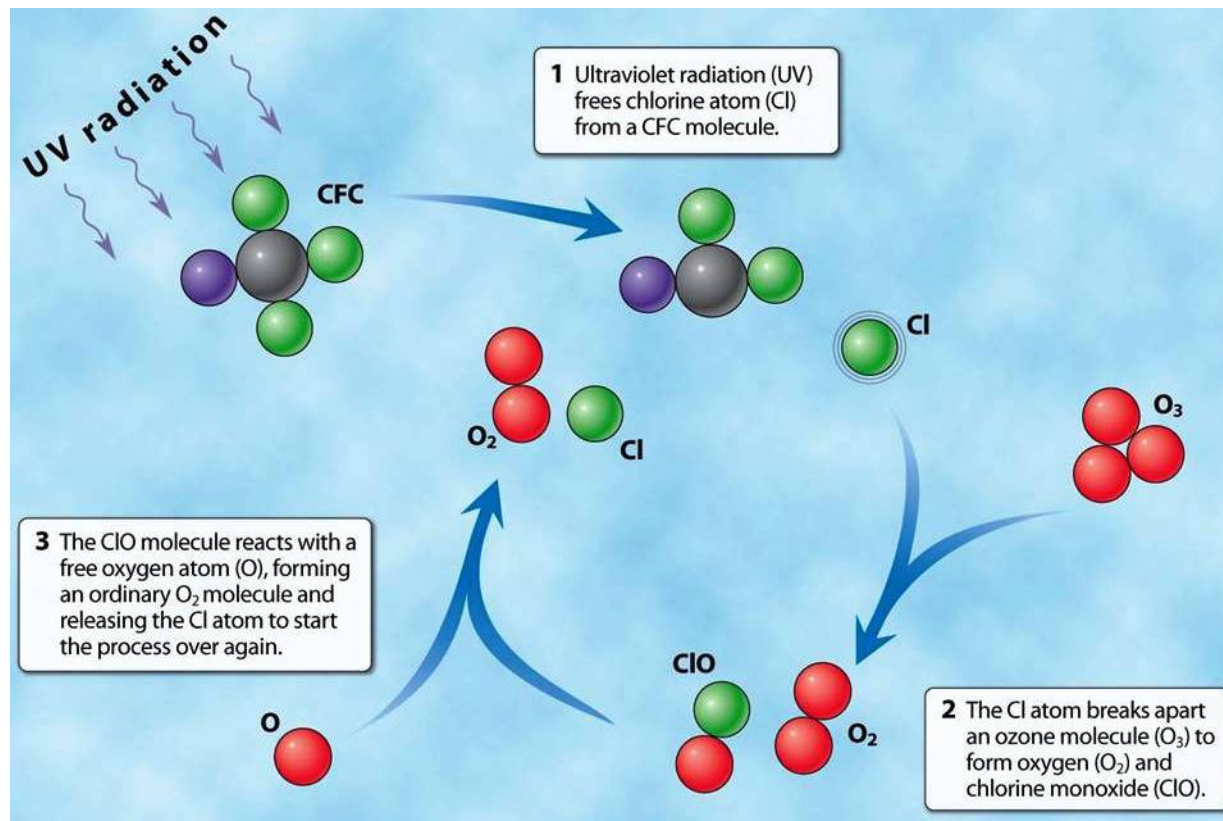


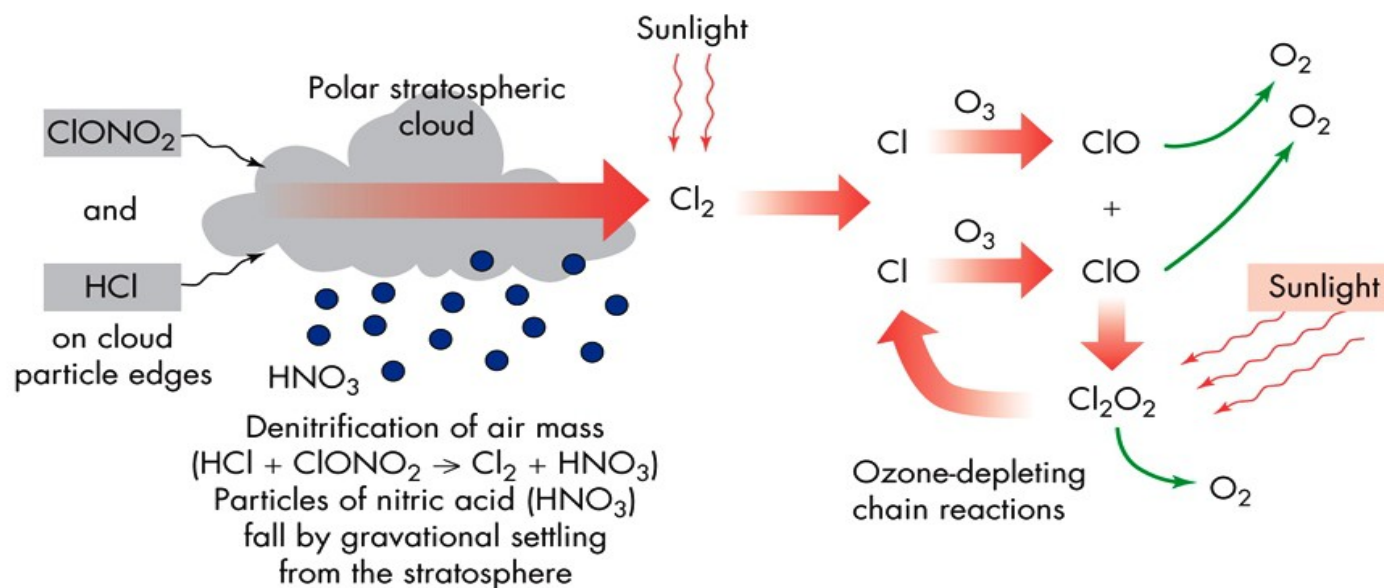
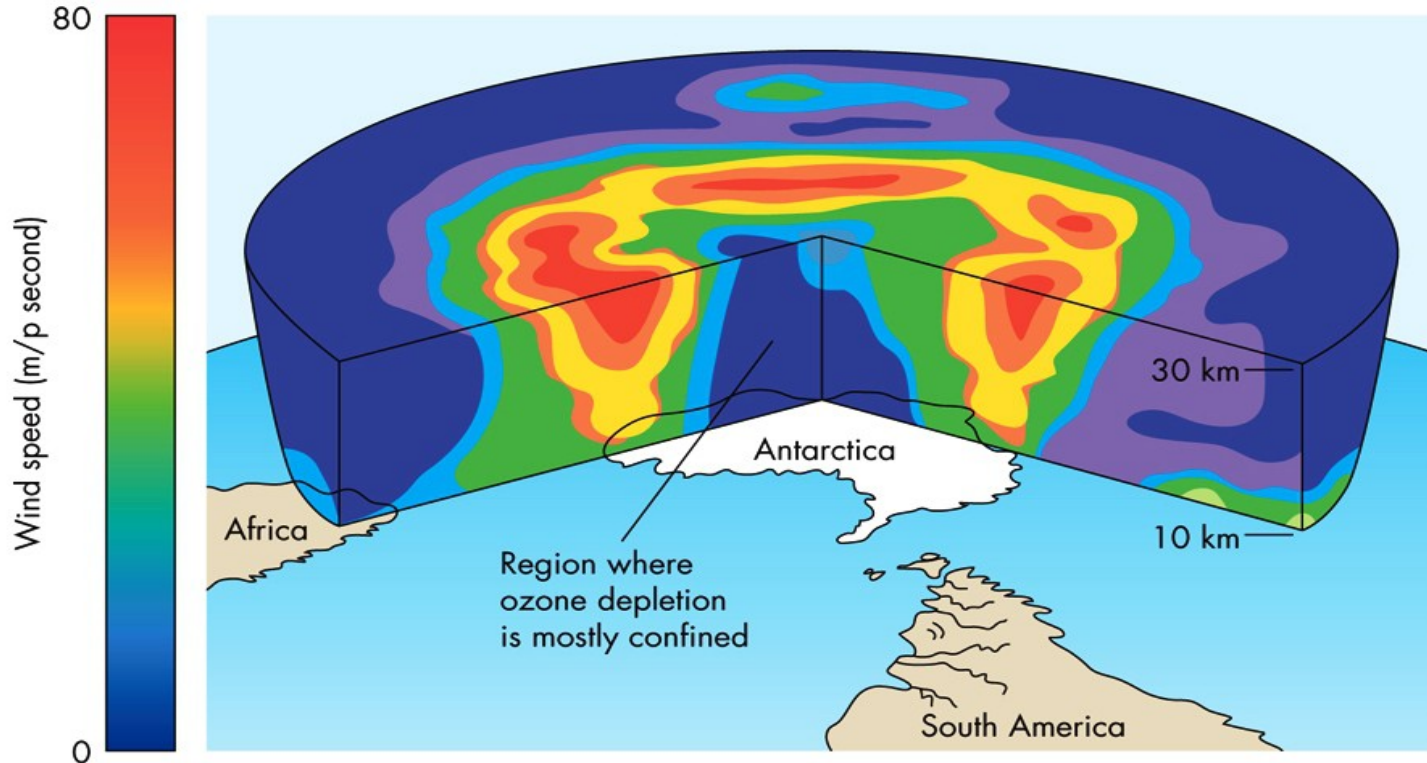
Ozonska luknja

- Procesi, ki povzročajo zmanjševanje količine stratosferskega ozona in večanje ozonske luknje nad Antarktiko so zapleteni, a povezani s kemijskimi reakcijami med Cl in O₃, vezanimi na antarktični polarni vrtinec.
- CFC-ji so stabilni v spodnji atmosferi, a se dvignejo v stratosfero, kjer se zaradi UV sevanja izloči Cl, ki reagira z ozonom, da nastaneta ClO in O₂.
- Posledica reakcije je razpad ozona.
- Klor se sprosti iz ClO zaradi reakcije z monoatomskim kisikom – ta pa uniči še več ozona.

Ozonska luknja

- Pomembna ponora Cl v oblakih sta HCl in klorov nitrat.
- Denitrifikacija sprosti Cl₂, ki vstopi v reakcije uničevanja ozona.
- Med antarktično pomladjo so te verižne reakcije zelo hitre in povzročijo 2% zmanjšanja količine ozona dnevno, kar letno pomeni 50 – 70% zmanjšanje.





Ozonska luknja

- Svetovno povprečje je 13% manj kot leta 1980.
- Nad ekvatorjem ni zmanjšanja količine ozona.
- Med 25o S in J zemljepisne širine je ozona 6% manj kot leta 1980.
- Še bolj S in J 14% manj.
- Na severni polobli postajajo razmere podobne tistim nad Antarktiko – nastajanje Arktične ozonske luknje oz. pojav stanjšanja ozonske plasti.
 - 10 % zmanjšanja pozimi
 - 5% zmanjšanja poleti.

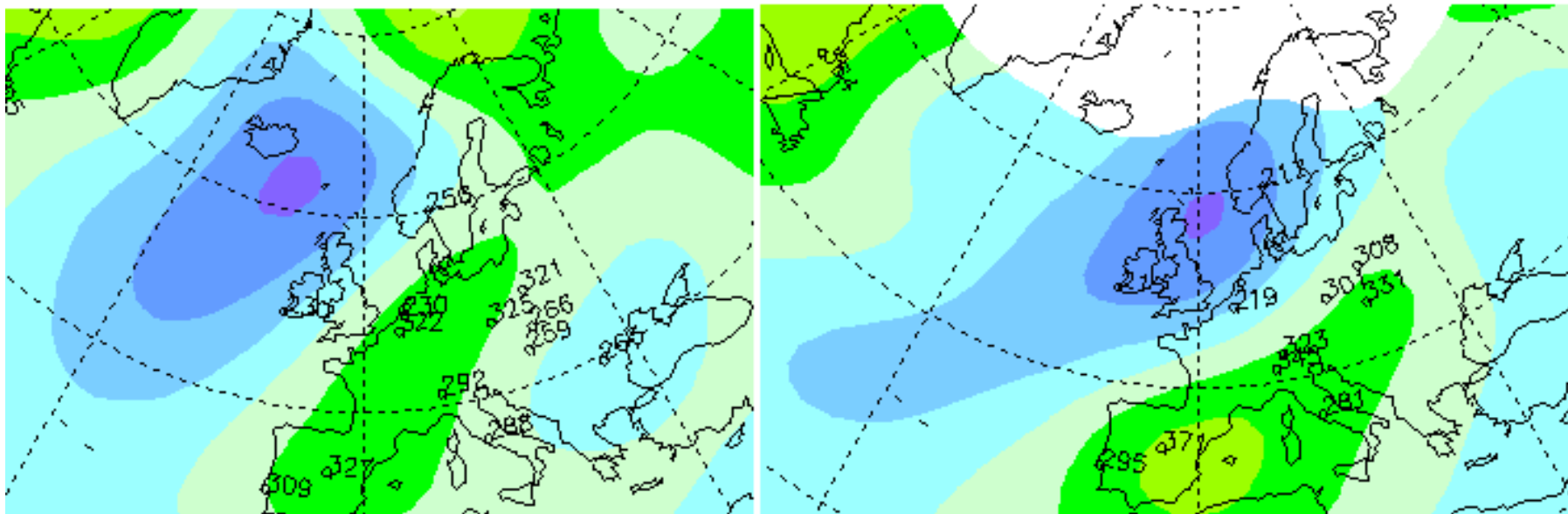
Evropski ozon

- Novembra 2001 je bila vrednost ozona 60 – 70% pod sezonskim povprečjem.
- Verjetno so stanjšanje povzročili neobičajni zračni tokovi in ne kemikalije.

Total ozone (DU) / Ozone total (UD),

2001/11/09

2001/11/10



Ukrepi za zmanjšanje ozonske luknje

- 1976 prepoved uporabe CFC v pršilnih dozah.
- 1985 je 20 držav podpisalo dunajsko konvencijo za zaščito ozonske plasti, ki ureja pogajanja o mednarodnih predpisih o uporabi snovi, ki zmanjšujejo ozonsko plast.
- 1987 je 43 držav podpisalo montrealški protokol – produkcija CFC naj bi ostala na enaki ravni kot predhodno leto, do leta 1999 pa naj bi se zmanjšala za 50%.
- CFC so nadomestili HCFC in HFC.