

MEJE NAŠEGA PLANETA IN PODNEBNE SPREMEMBE: SMO VARNO MEJO ŽE PRESEGLI?



prof. dr. Lučka Kajfež Bogataj



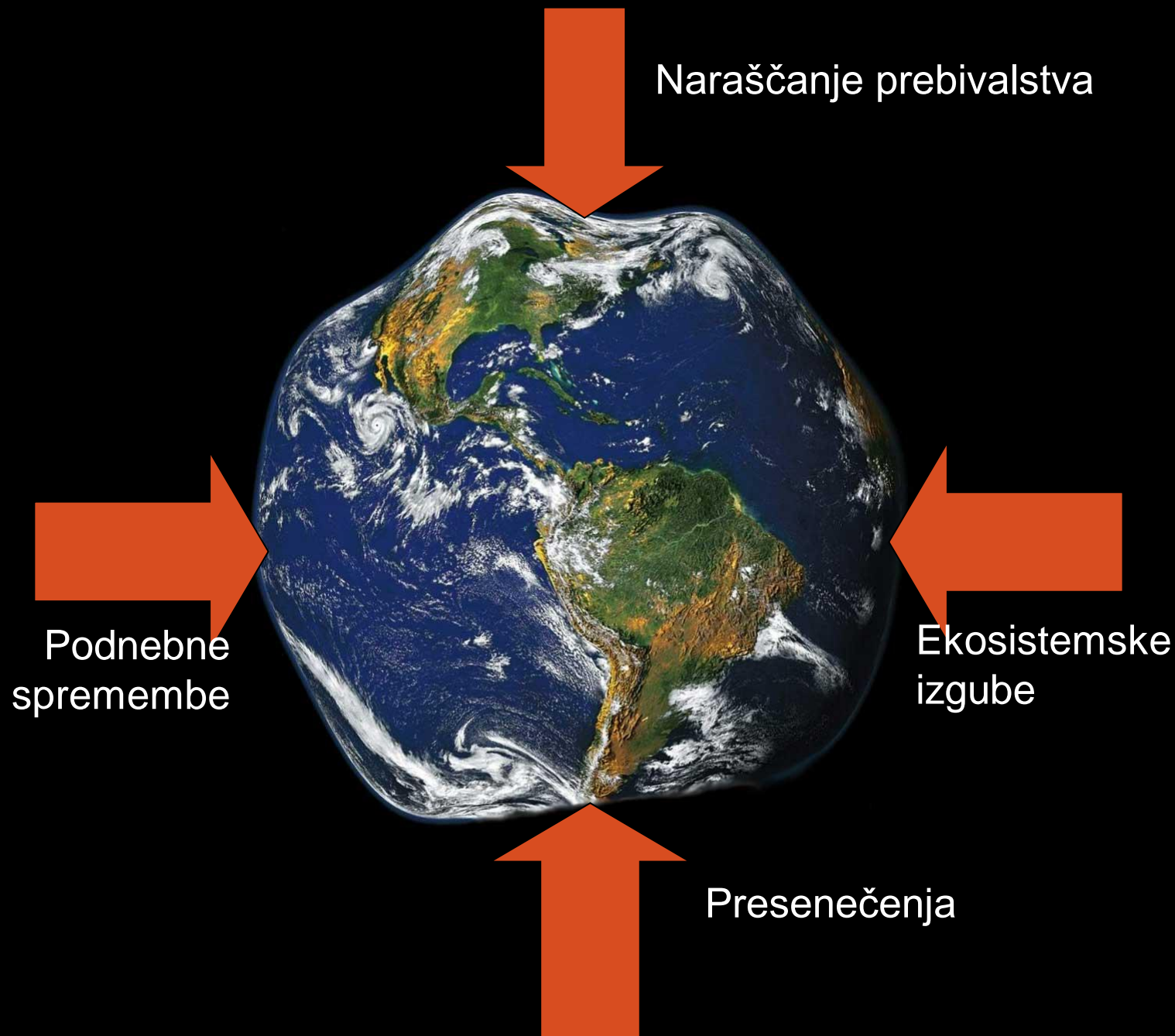
DOBRE PLANETE JE TEŽKO NAJTI

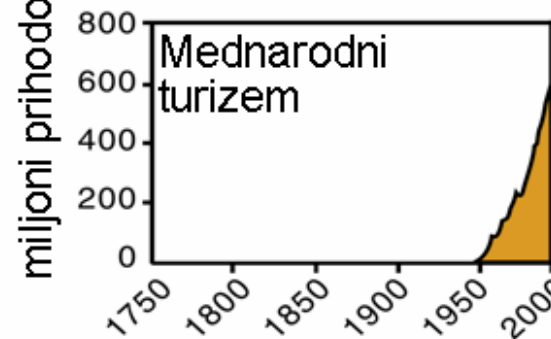
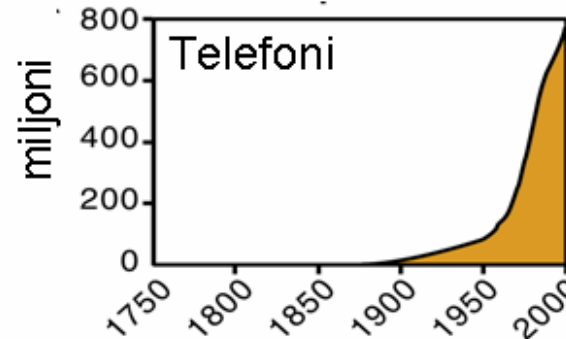
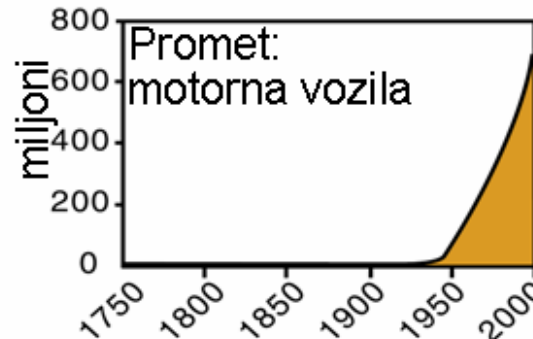
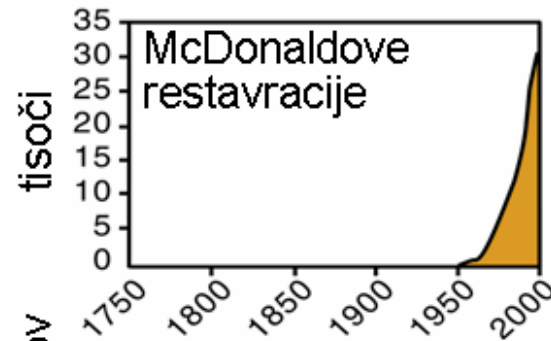
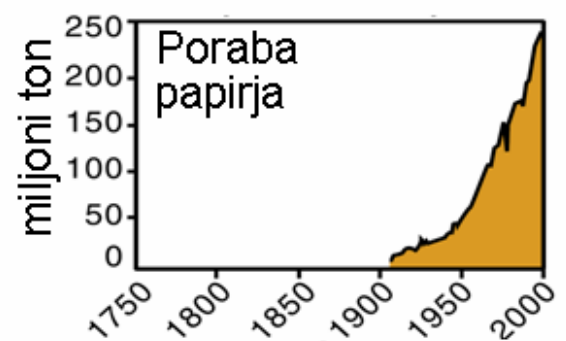
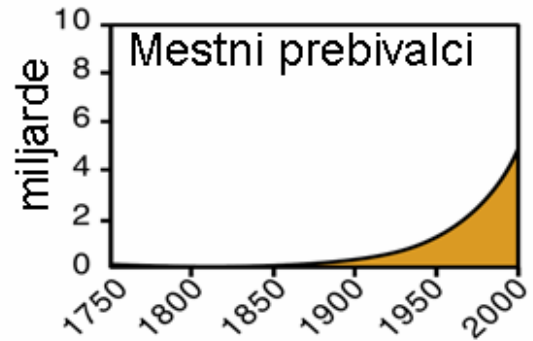
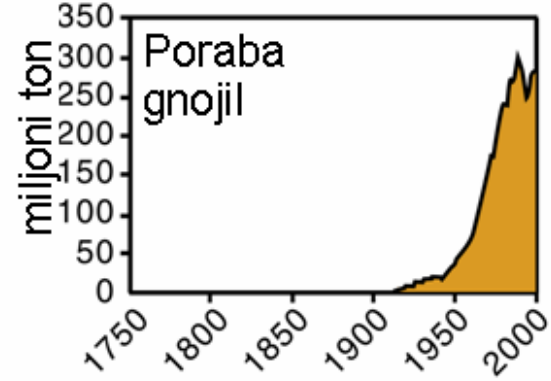
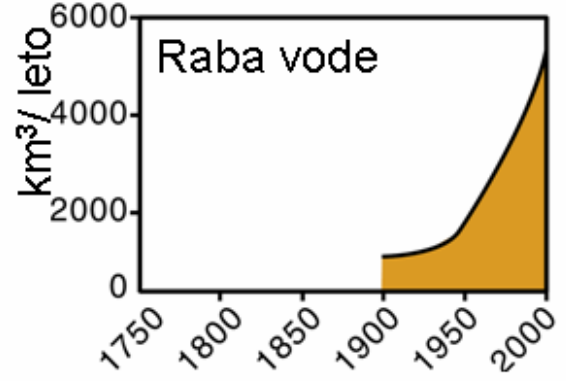
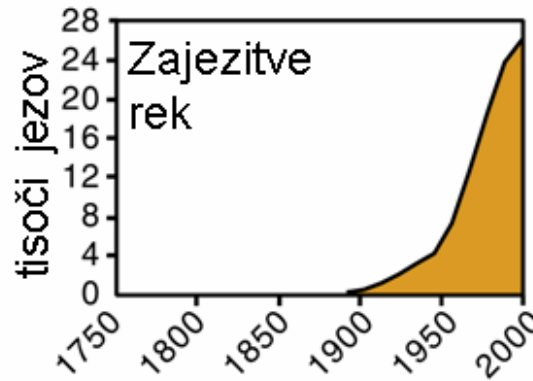
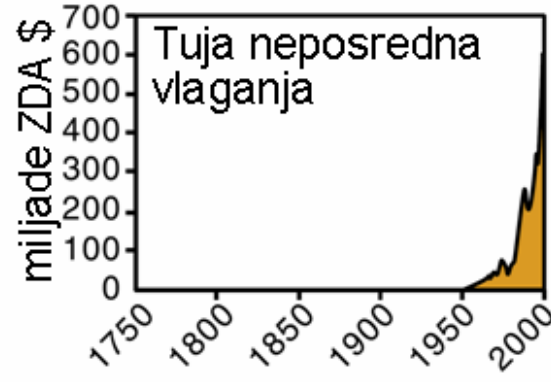
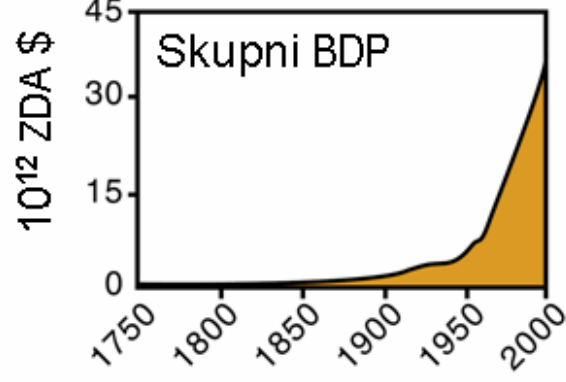
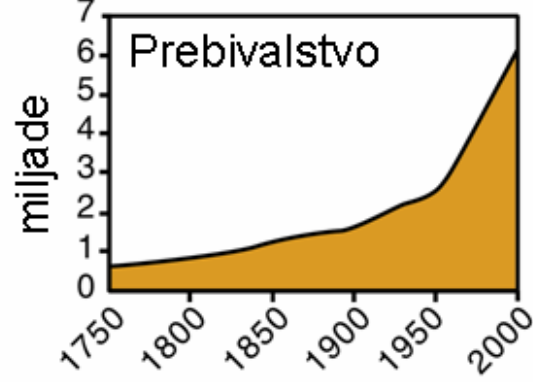
© 2001 NASA. All rights reserved. This image is a work of the United States Government and is, therefore, in the public domain in the United States of America. It may be reproduced and distributed in its entirety without restriction. For more information, contact the NASA Office of Public Affairs, Washington, DC 20546.

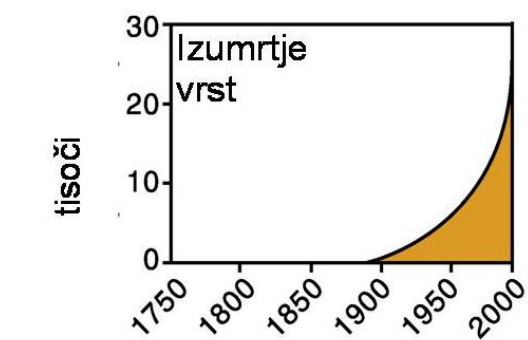
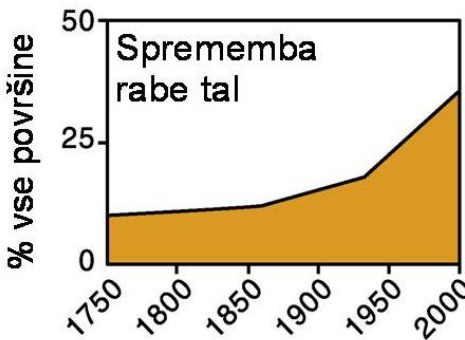
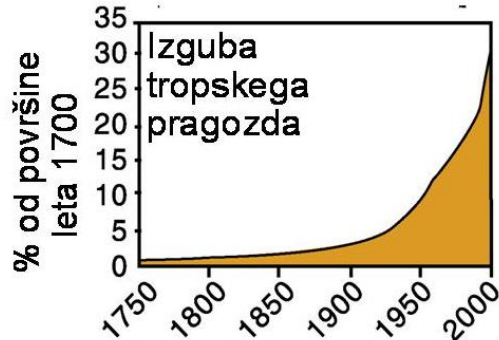
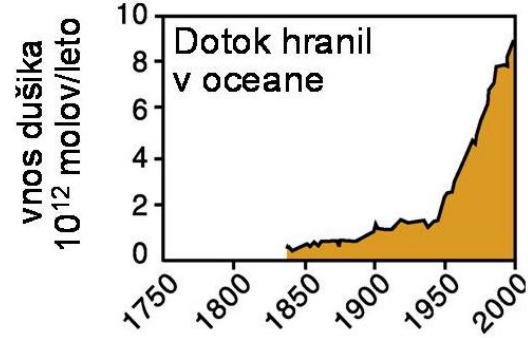
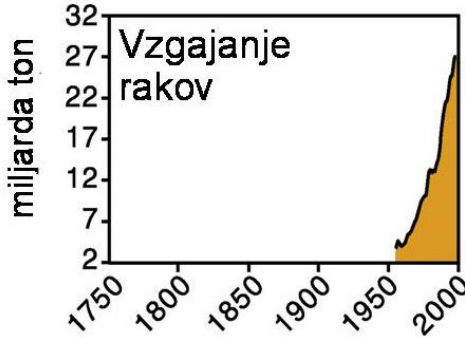
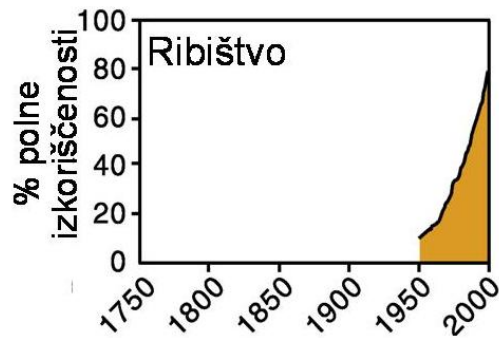
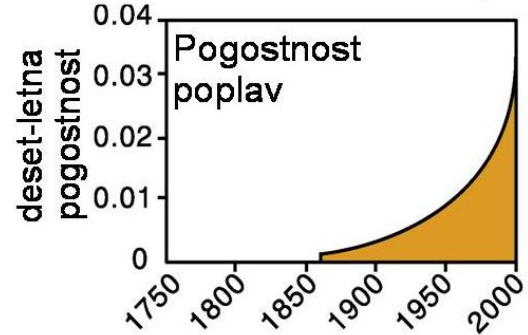
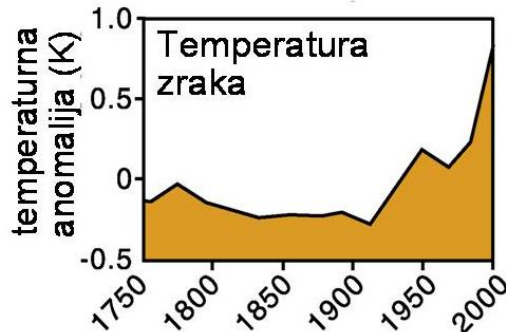
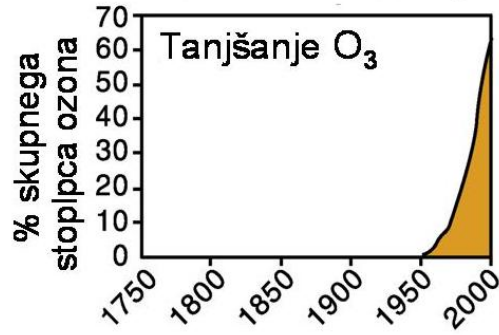
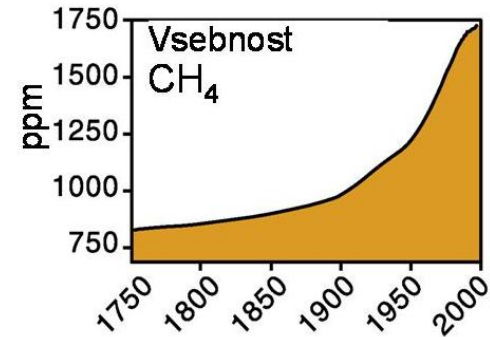
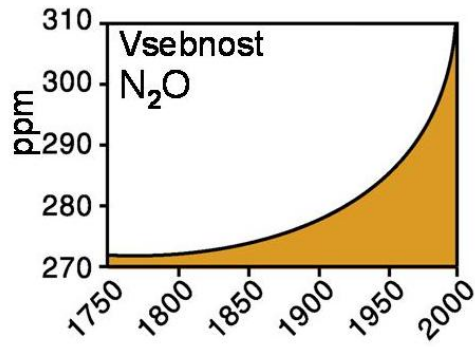
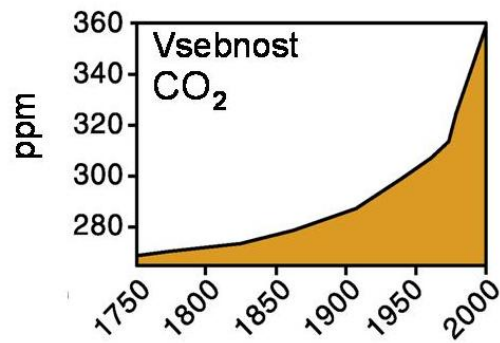
© 2001 NASA. All rights reserved. This image is a work of the United States Government and is, therefore, in the public domain in the United States of America. It may be reproduced and distributed in its entirety without restriction. For more information, contact the NASA Office of Public Affairs, Washington, DC 20546.



Le postrezite si! Dovolj je vsega za vse!





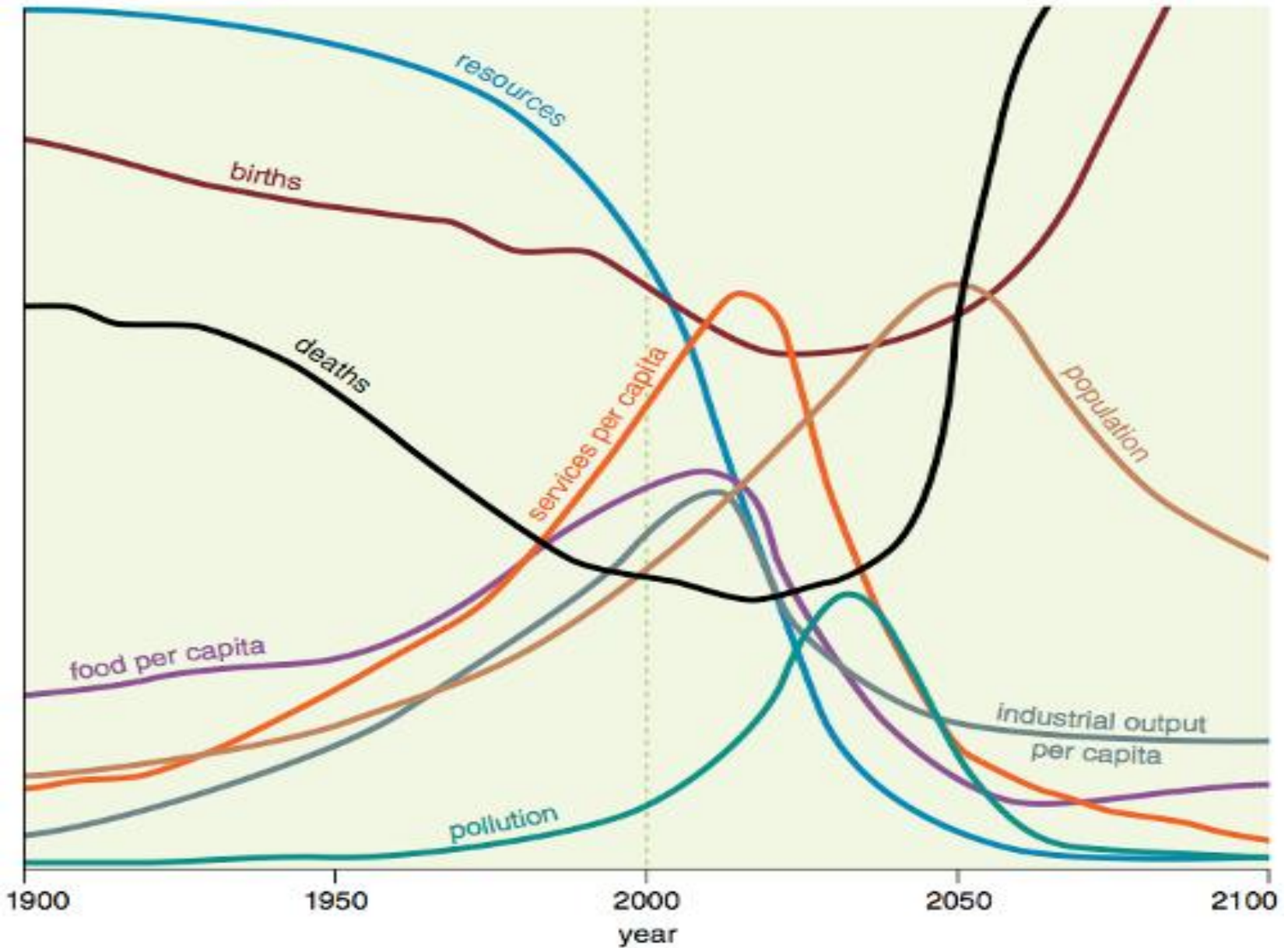


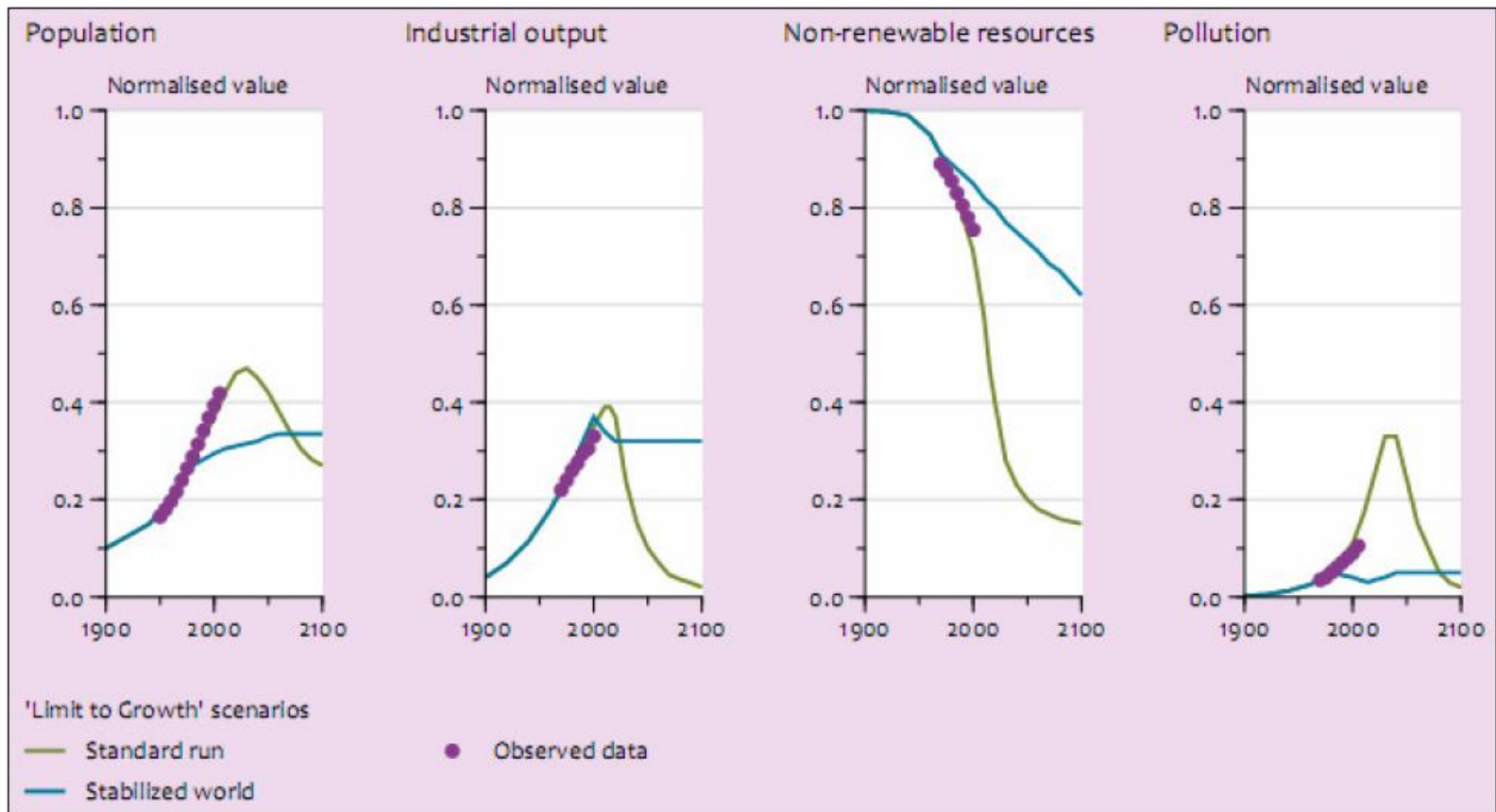
Meje rasti, Rimski klub (1972):

Koliko časa se lahko trendi rasti nadaljujejo na planetu z omejenimi viri?

- Preučevanje 5 med seboj povezanih spremenljivk: svetovno prebivalstvo, industrializacija, proizvodnja hrane, onesnaženost okolja in poraba neobnovljivih naravnih virov (z modelom World3)
- 3 predpostavke:
 - vseh 5 spremenljivk raste eksponentno,
 - obstaja zgornja meja onesnaženosti, ko človek ne more več udobno živeti
 - količina razpoložljivih neobnovljivih naravnih virov je omejena

scenarij "Standard run"





Primerjava scenarija “Standard run” z izmerjenimi podatki od 1970 do 2000

(Turner, 2008).



**Vsako uro se
10,000 ljudi pridruži globalni populaciji**



**Vsako uro,
posekamo 1,500 hektarov gozdov**



Vsako uro,

poljem dodamo 1.7 milijonov kg dušika



**Vsako uro,
pošljemo v zrak 4 Milijone ton CO₂**



**Vsako uro,
izumrejo 3 živalske vrste
(1000x hitreje kot brez prosotnosti človeka)**



**24 milijonova plastičnih steklenic
odloženih na smetišča (v eni uri)**



18.000 zavrženih mobilcev (v eni uri)



13 milijonov odvrženih pločevink



**44 milijonov zavrženih
plastičnih vrečk (v eni uri)**

Podnebne spremembe

Tanjšanje ozonske plasti

**Biogeokemijsko
obremenjevanje
ciklov N in P**

**Antropogeni
Atmosferski
aerosol**

Zakisanje oceanov

***Izguba
Biodiverzitete***

**Globalna raba
sladke vode**

**Raba
tal**

**Kemijsko
onesnaževanje**



**Planetarne
meje**

Podnebne spremembe

325 ppm CO₂ < 1W m²
(300 – 350 ppm CO₂ ;
1-1.5 W m²)

Tanjšanje ozonske plasti

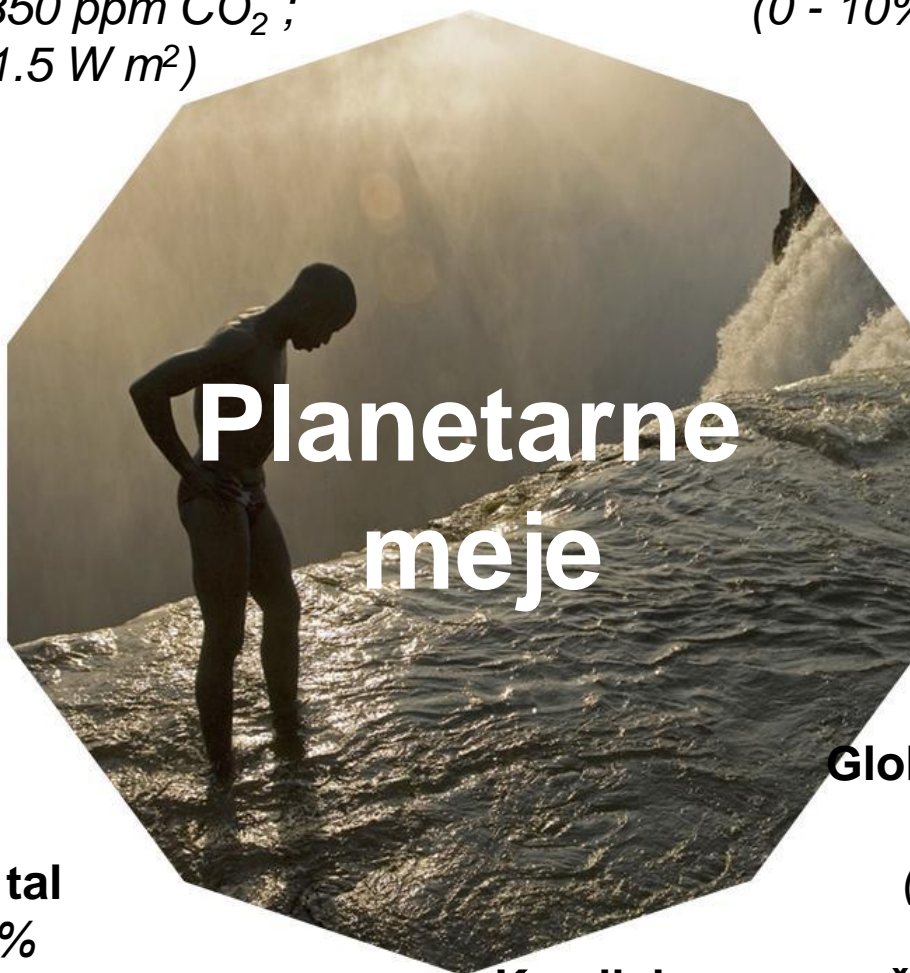
< 5 % predindustrijske 290 DU
(0 - 10%)

Biogeokemijsko obremenjevanje ciklov N in P

Omejitev ind. fiksacije N₂ na 35 Tg N leto⁻¹
P < 20 % dotoka v oceane

Izguba Biodiverzitete
< 10 E/Mio leto

Raba tal
≤15 %
kopnega pod poljščinami



Planetarne meje

Antropogeni Atmosferski aerosol
?

Zakisanje oceanov
Aragonitno razmeje zasičenosti < 20 % pod predindustrijsko ravnjo

Globalna raba sladke vode
<4000 km³/yr
(4000 – 6000 km³/yr)

Kemijsko onasneževanje
Plastika, homonski motilci, jedrski odpadki
?

Biogeokemijski tokovi: človeški vpliv na globalni cikel N

- človeški vplivi na cikel N so ogromni (pretvorba atmosferskega N_2 v reaktivne oblike je mnogo večja kot pri naravnih pretvarjanjih)
- te spremembe že povzročajo nelinearne spremembe vodnih sistemov
- predlog: vrnitev na 25 % vrednosti trenutne človeške fiksacije N_2 iz atmosfere

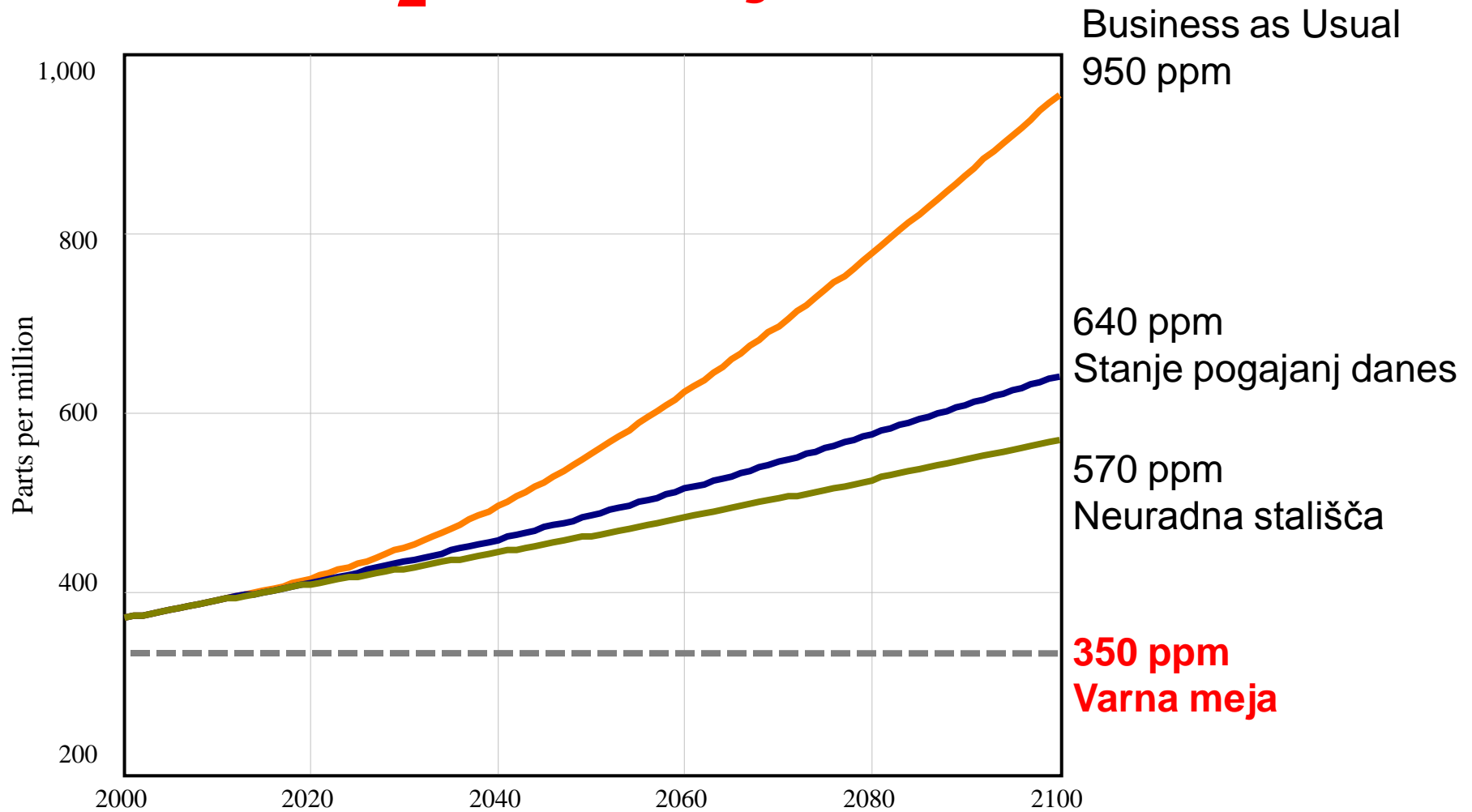


Biogeokemijski tokovi: človeški vpliv na globalni cikel P

- presežek kritičnih vrednosti tokov P v oceane lahko razloži anoskične morske pogoje in izumiranje vrst
- povečanje količine reaktivnega P v oceanih zaradi človeške aktivnosti je bila leta 2000 ocenjena na ~ **9 milijonov ton letno**
- 10 X porast (s stopnjo poraščanja, ki je malo večja od trenutne) v naslednjih 1000 letih lahko privede do kritičnega anoksičnega okolja
- trenutni izračuni razpoložljivih rezerv fosfata ocenjujejo, da bi le-ta zadoščal samo za 1000 let pri trenutni izrabi



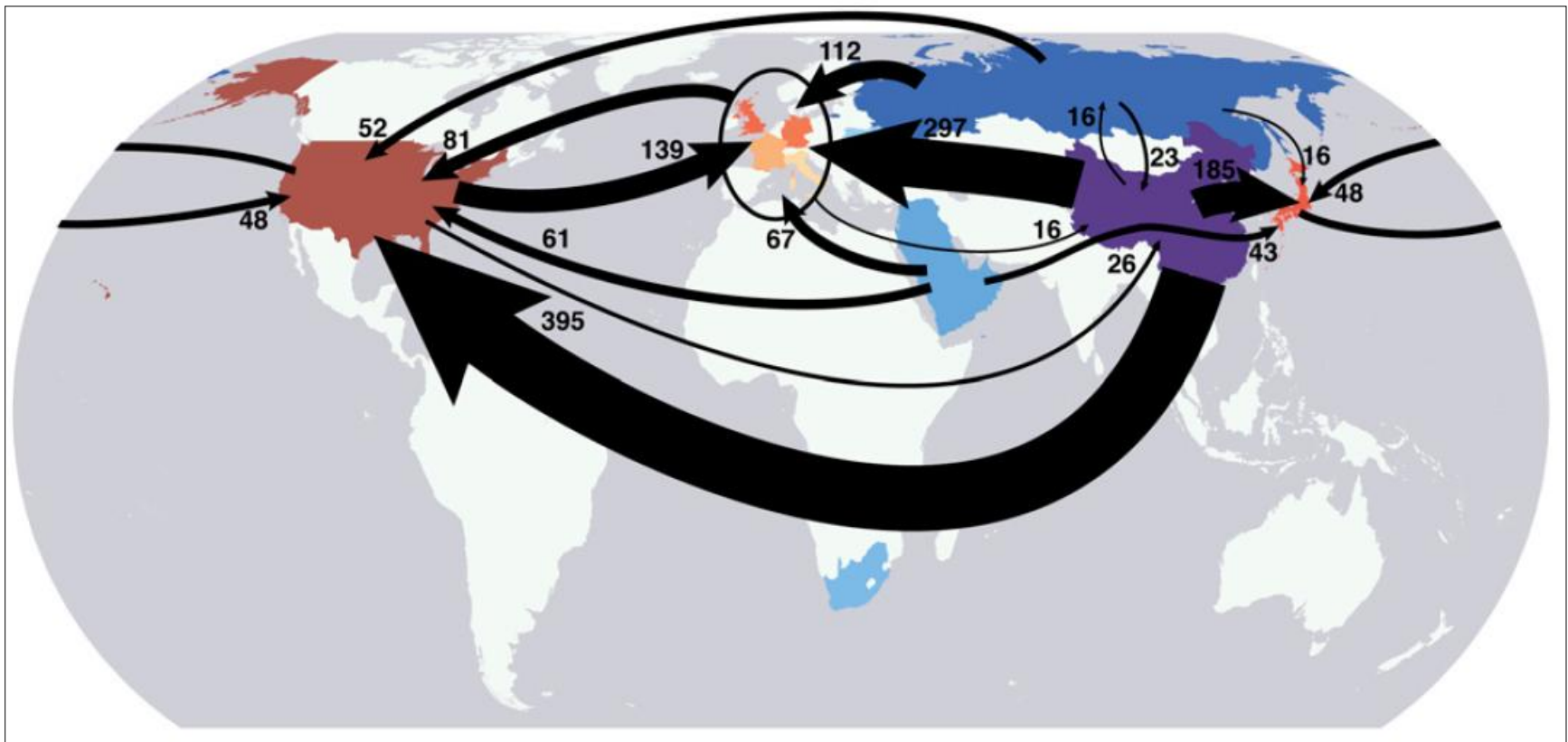
CO₂ v ozračju



ZAKAJ SO GLOBALNI DOGOVORI (SKORAJ) NEMOGOČI

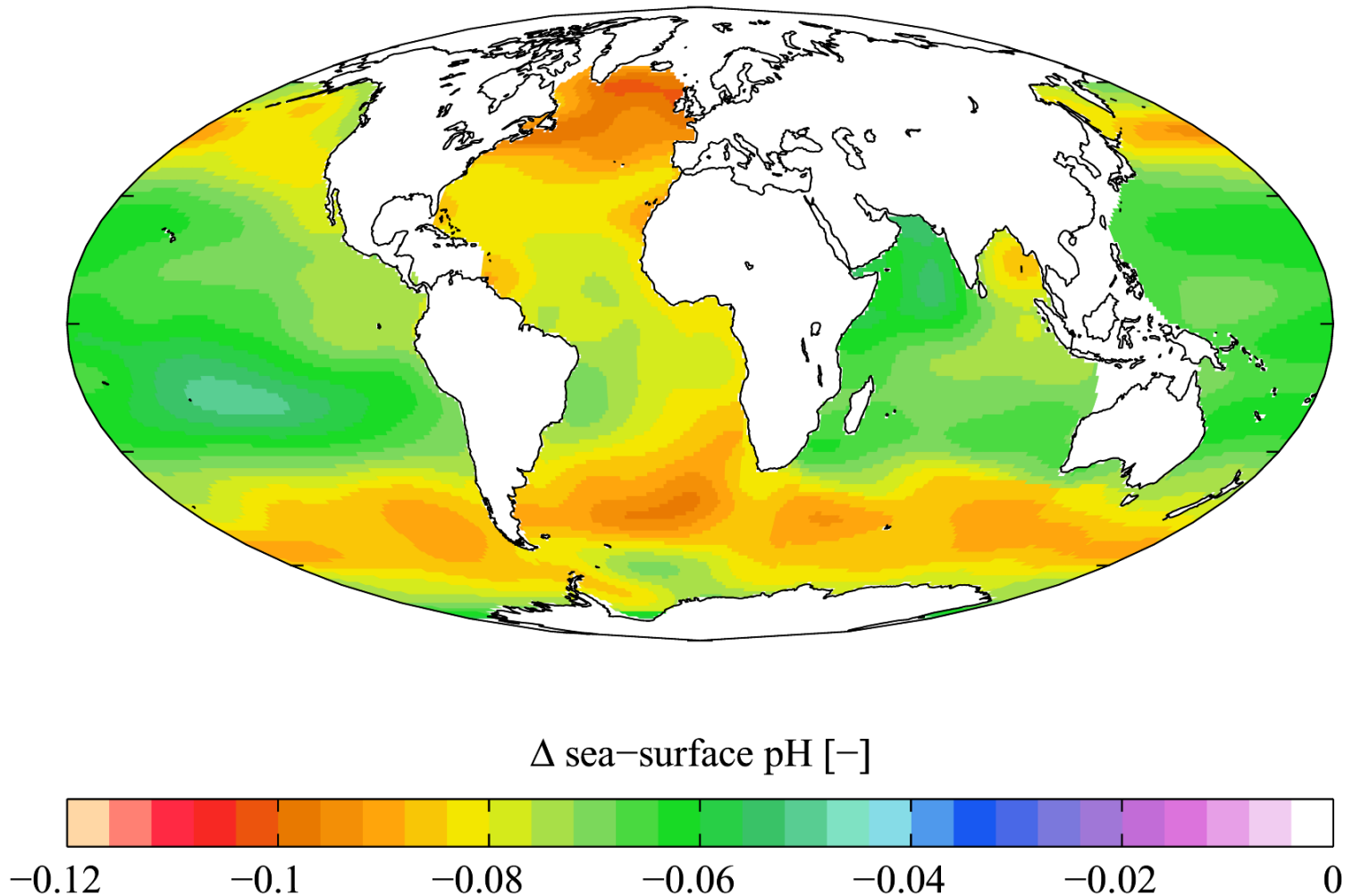
Uvoz/izvoz ogljika (Mt CO₂ y⁻¹)

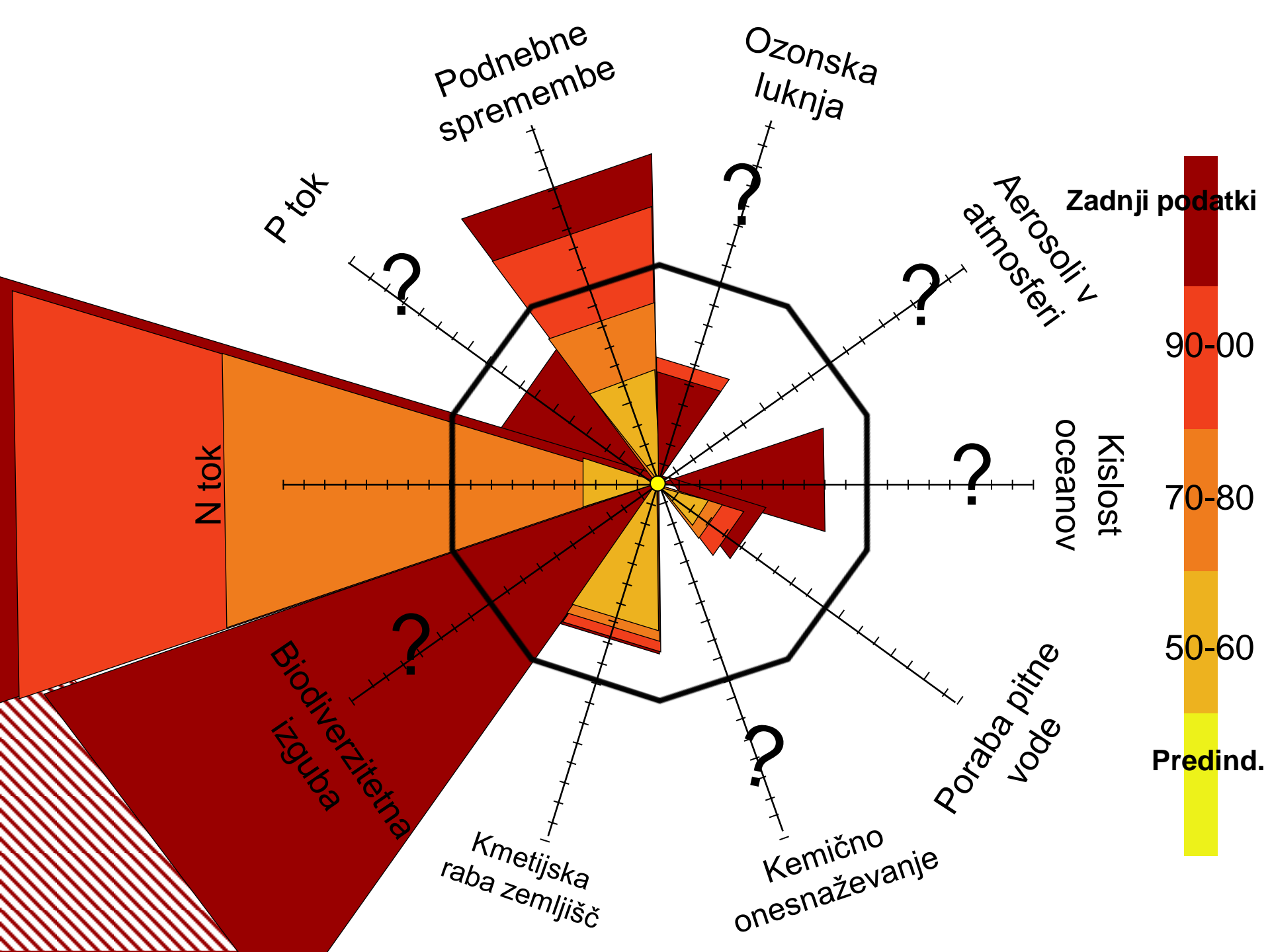
2004



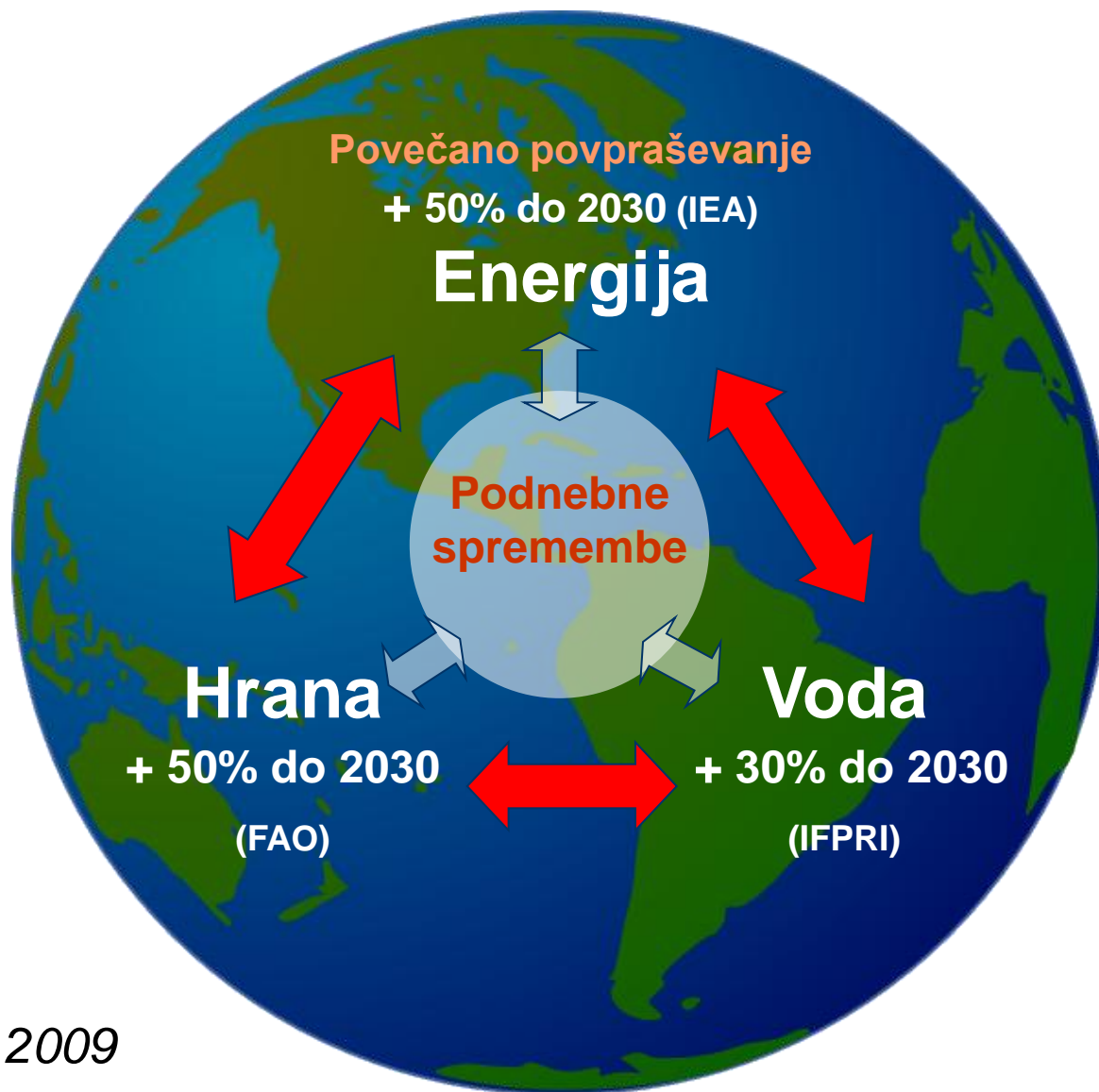
Države, ki izvažajo emisije (modro) in uvoznice (rdeče)

Sprememba pH površinske vode oceanov zaradi antropogenih izpustov CO₂ med 1700 in 2000





Ključna vprašanja prihodnosti



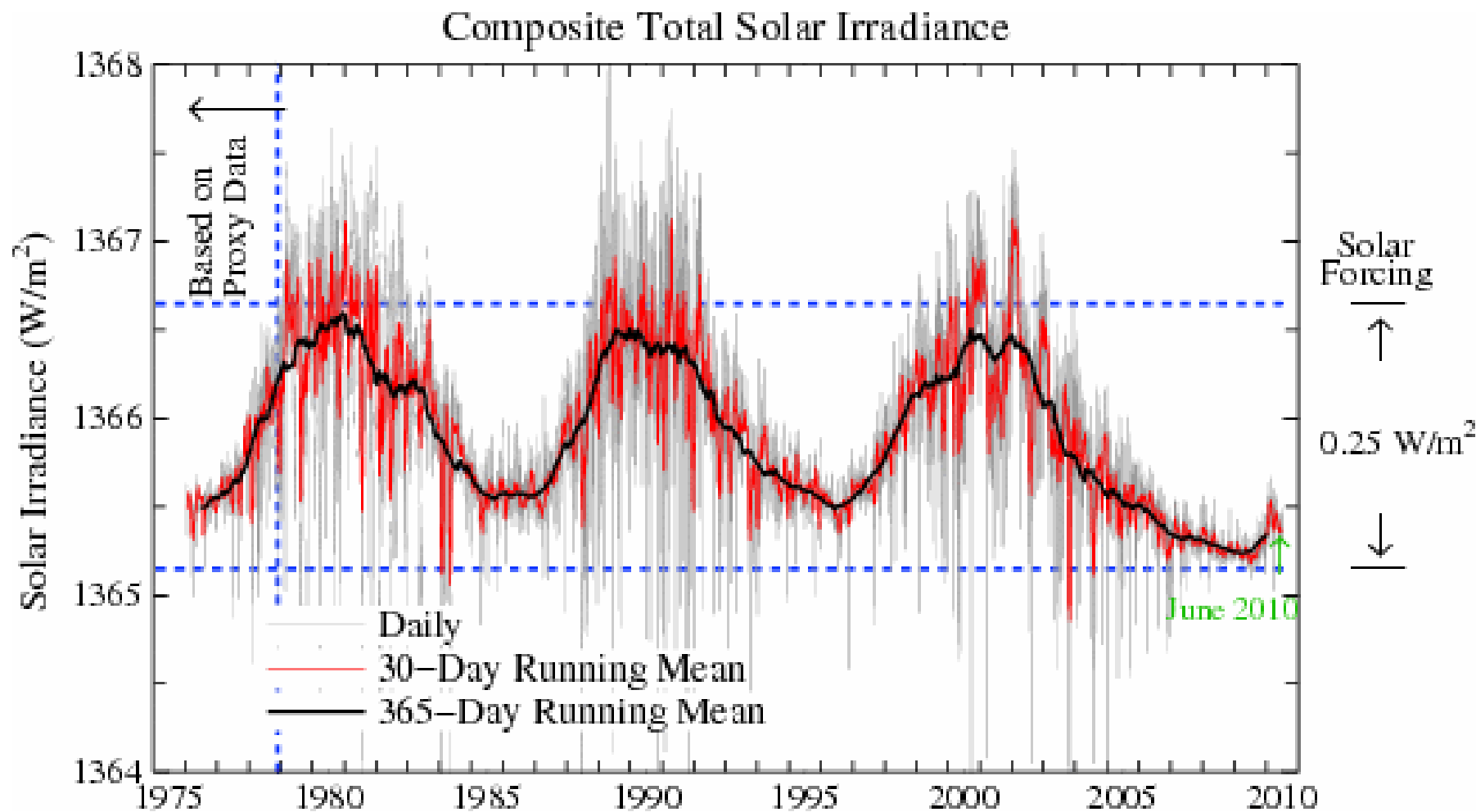
KLIMATSKI SISTEM

1992 : klimatski sistem kot skupnost atmosfere, hidrosfere, kriosfere, kopne površine in biosfere (CO₂!!) ter njihovih interakcij (vzajemnega delovanja).

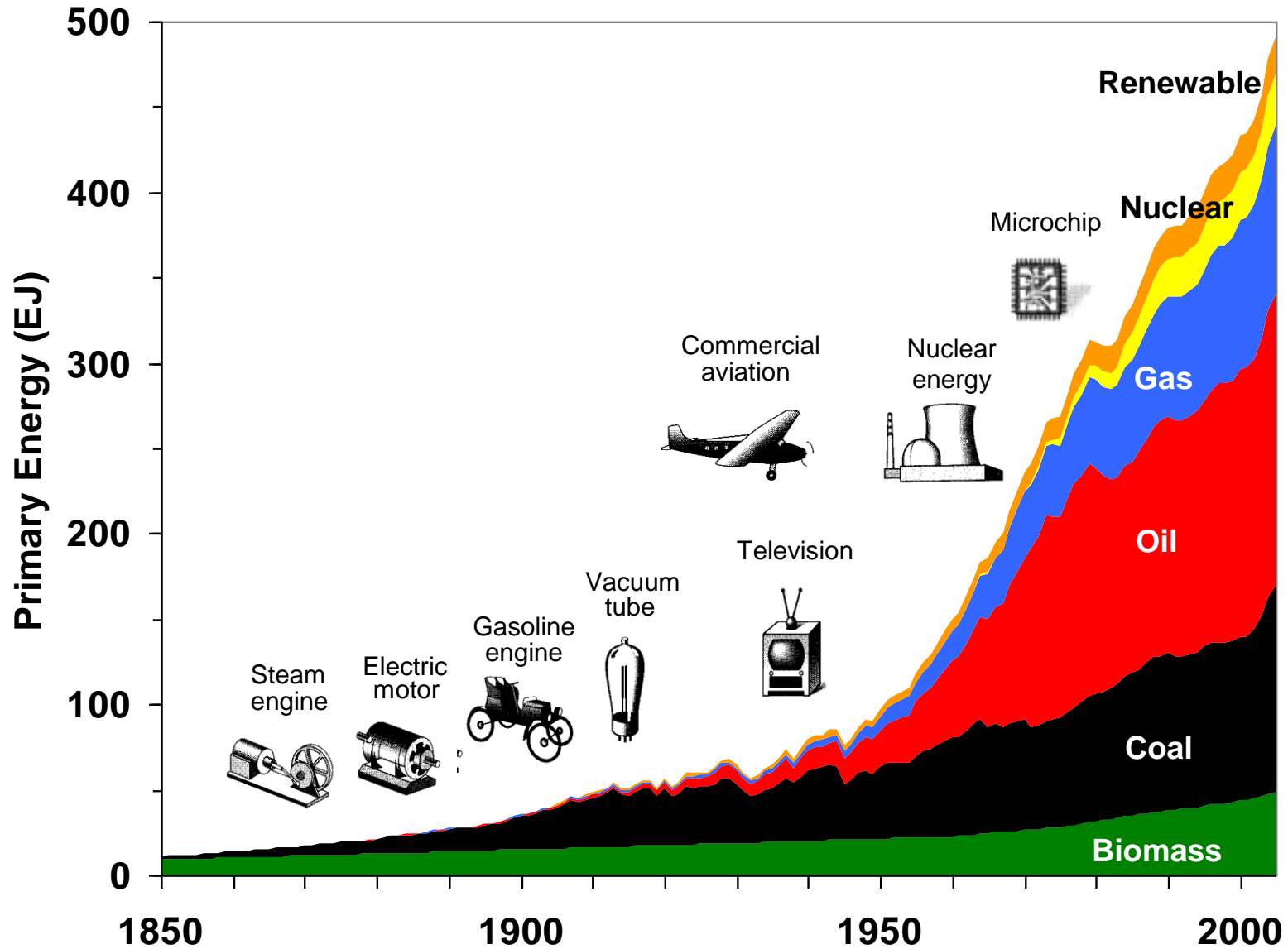


Sončno sevanje je zadnja leta na najnižji točki

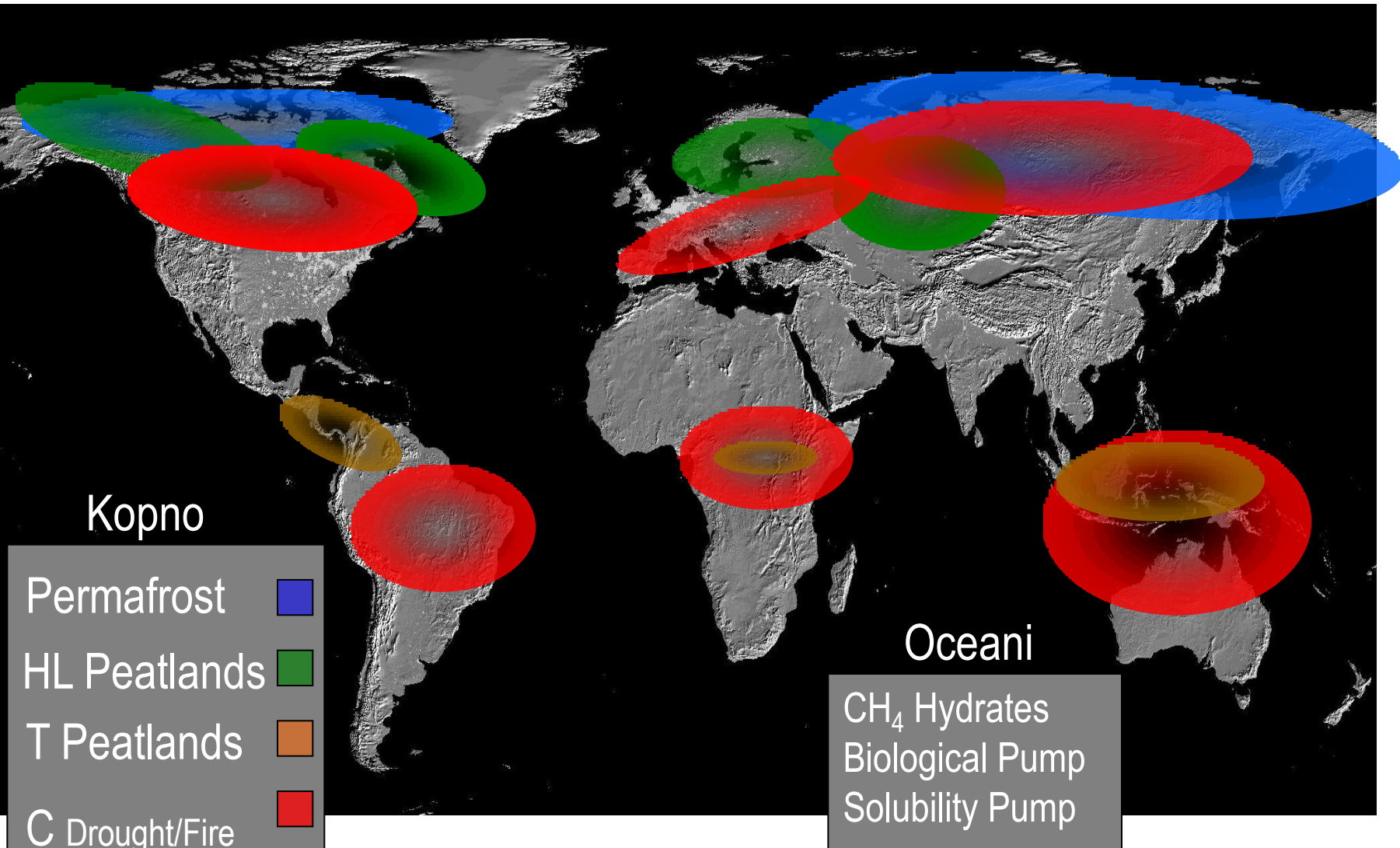
<http://www.pmodwrc.ch/pmod.php?topic=tsi/composite/SolarConstant>



Svetovna primarna energija



Ranljivi deli ogljikovega cikla v 21. stoletju



Mnogi niso vključeni v klimatske modele

Usoda antropogenih CO₂ izpustov (2000-2007)

1.5 Gt C letno



+

7.5 Gt C letno



4.2 Gt letno
Ozračje
46%



2.6 Gt letno
Kopno
29%

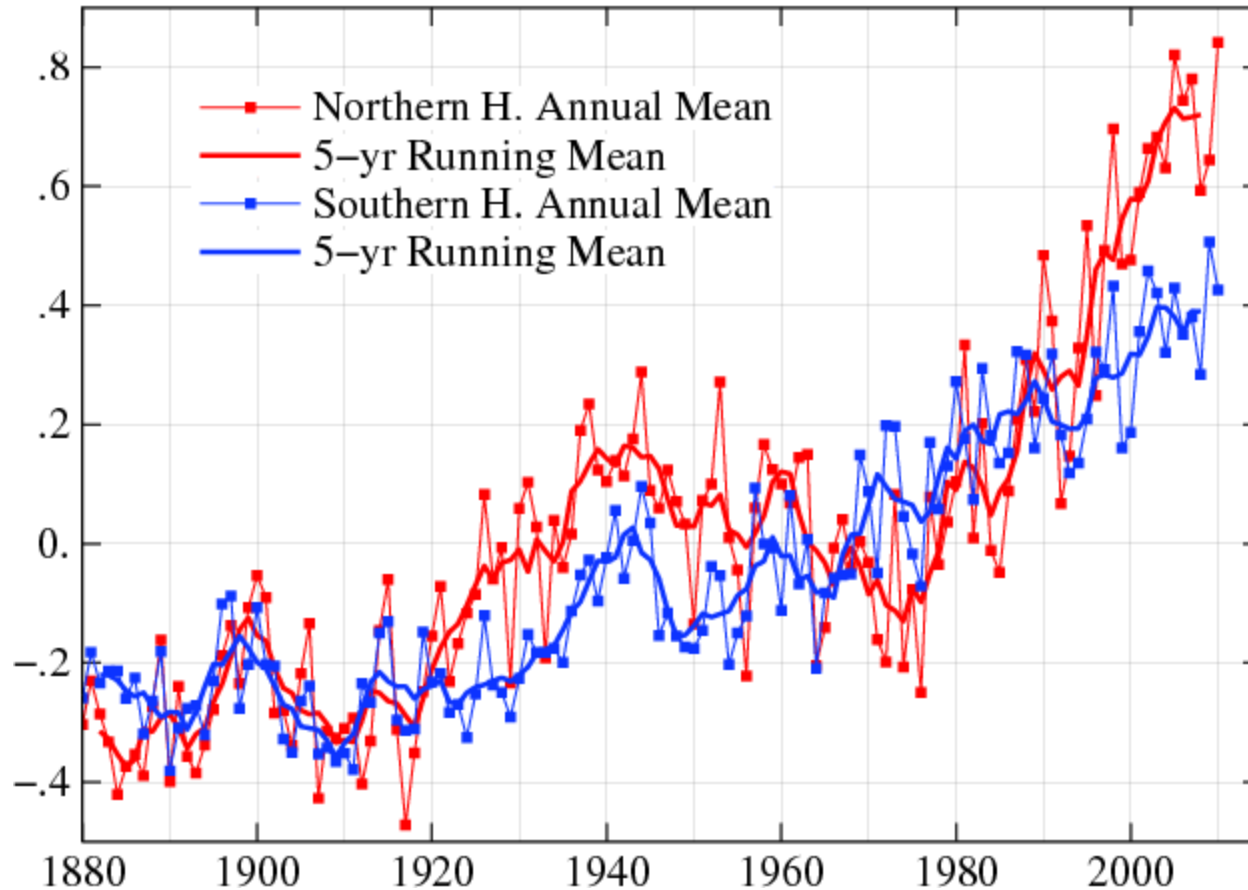


2.3 Gt letno
Oceani
26%



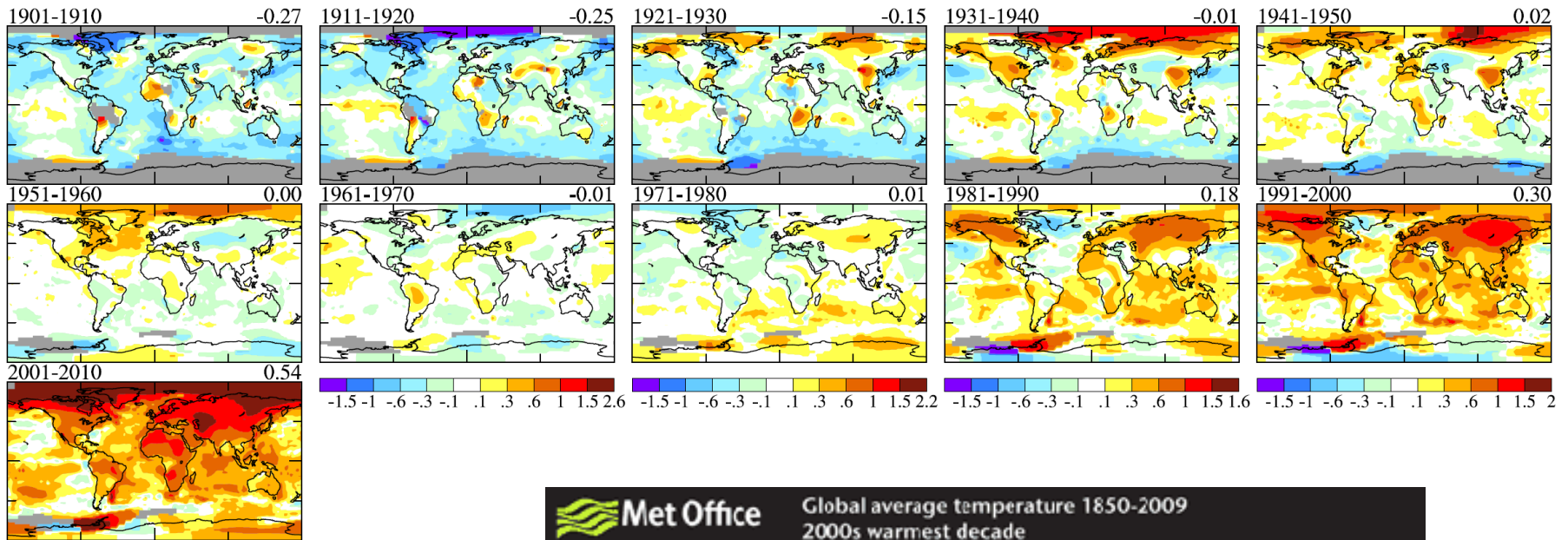
Leto 2010 je bilo najtoplejše leto na severni polobli

Hemispheric Temperature Change



<http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/>

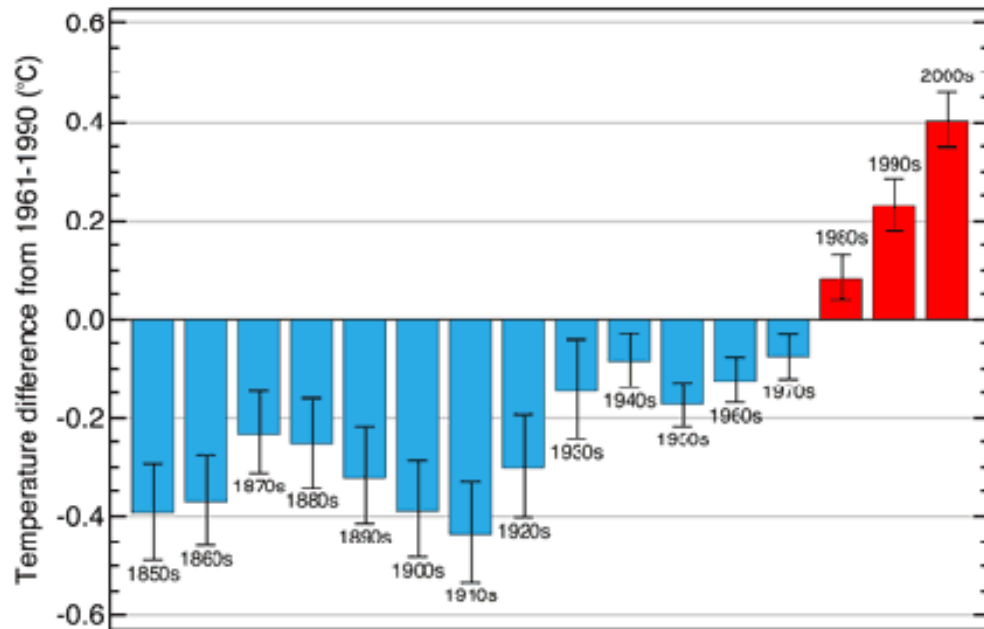
Decadal Mean Surface Temperature Anomaly (°C): Base Period = 1951-1980



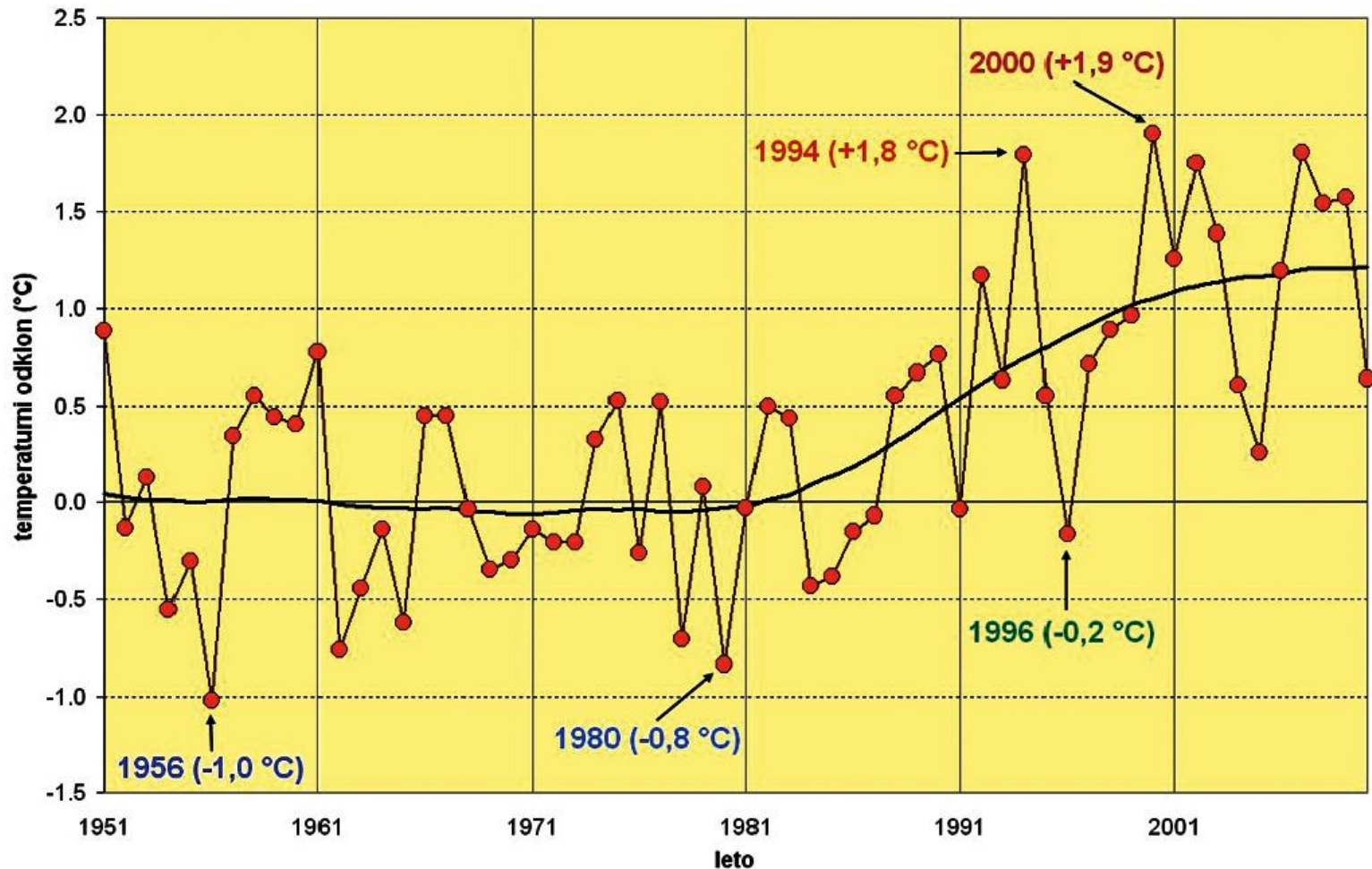
-1.8 -1 -0.6 -0.3 -0.1 .1 .3 .6 1 1.5 2.1



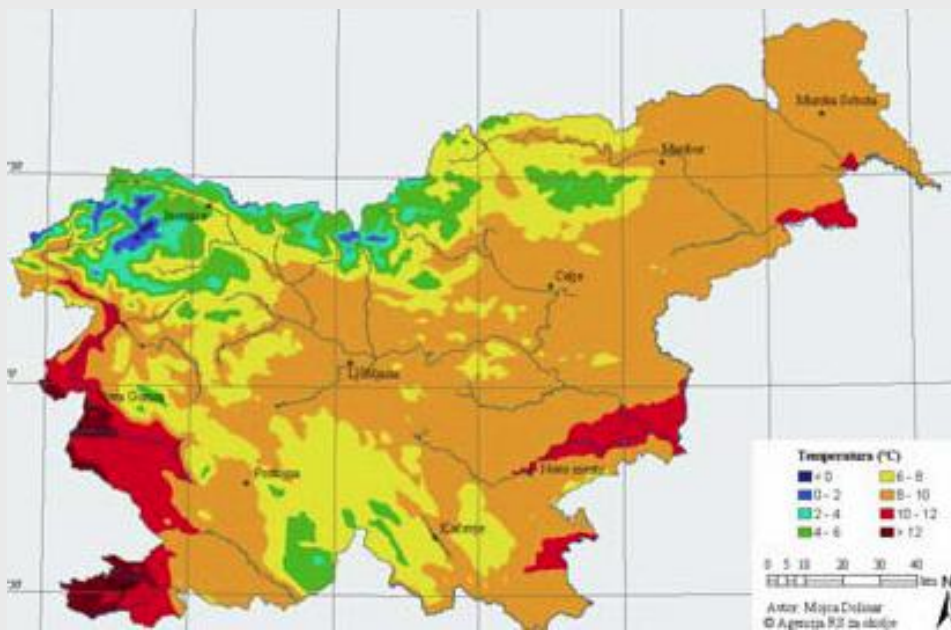
Met Office Global average temperature 1850-2009
2000s warmest decade



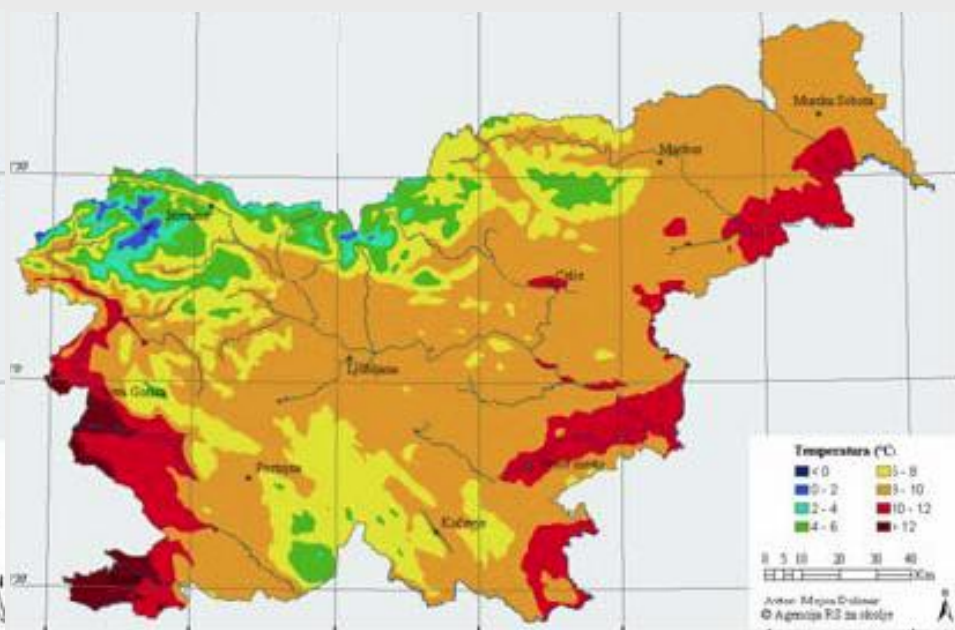
Letni odklon v T_{pop} zraka v Sloveniji glede na 1961–1990



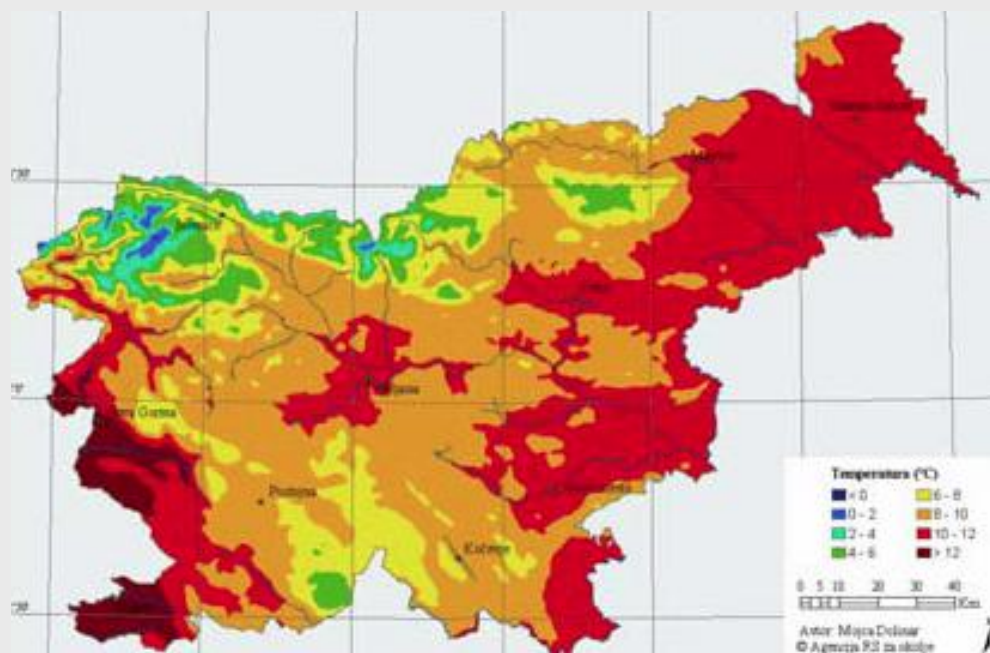
10 postaj (Kredarica, Rateče, Postojna, Sevnica, Šmartno pri Sl. Gradcu, Celje, Novo mesto, Murska Sobota, Bilje, Portorož), Povprečna nadmorska višina izbranih postaj skoraj popolnoma ustreza povprečni nadmorski višini Slovenije, nobena od postaj pa nima izrazitega trenda zaradi mestnega toplotnega otoka.



1971-1980



1981-1990

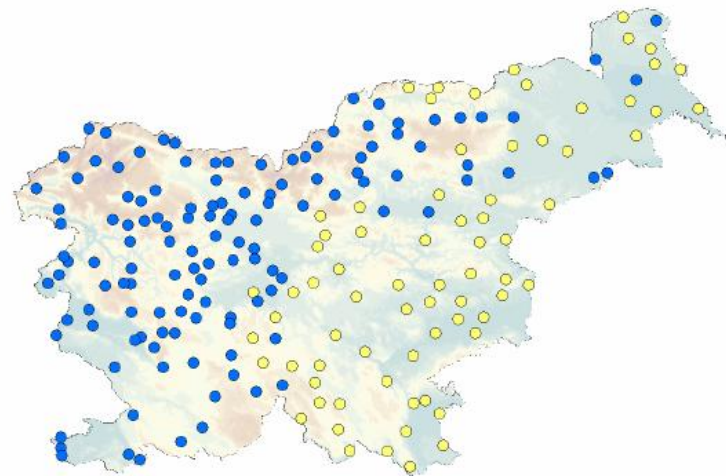


1991-2000

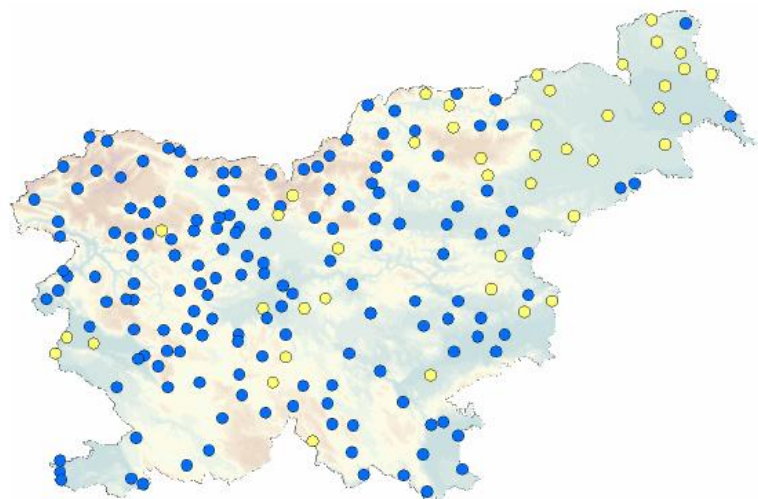


JESEN

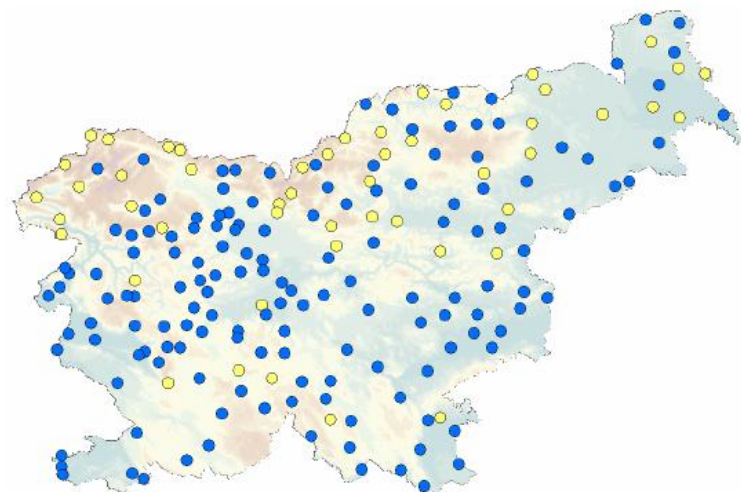
1971–2005



ZIMA



POMLAD



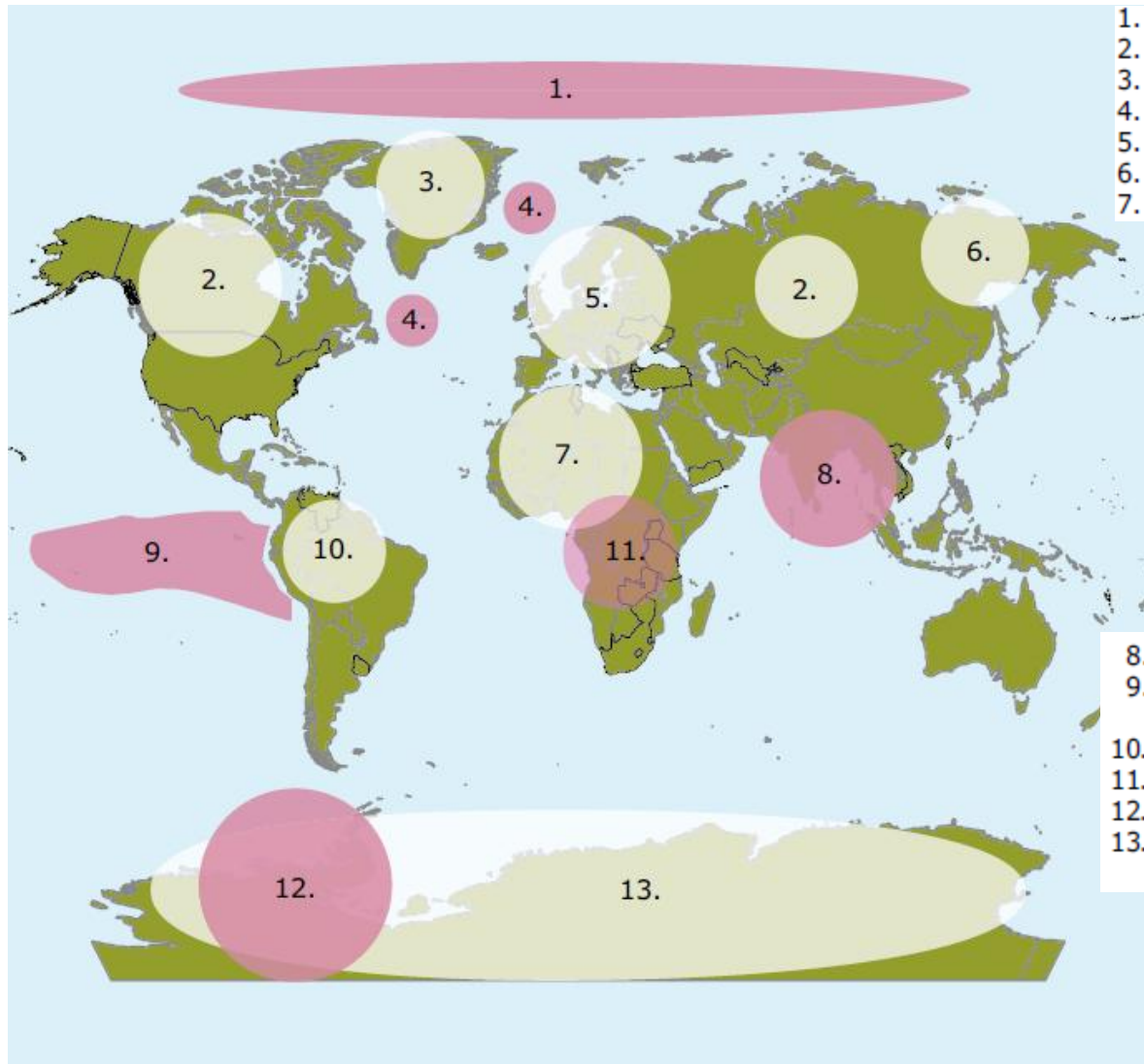
POLETJE

Rdeč znak = statistično **značilno naraščanje** letne količine padavin
 Moder znak = statistično **značilno upadanje** letne količine padavin
 Rumena znak = trend ni statistično značilen.

5 “fizičnih” nevarnosti

- Zmanjšana kmetijska pridelava
- Zmanjšana preskrba z vodo
- Povečana izpostavljenost ekstremnemu vremenu
- Kolaps ekosistemov
- Povečana zdravstvena tveganja

Točke preskoka: nevarnosti nelinearnih podnebnih sprememb velikega obsega



1. Izguba arktičnega morskega ledu
2. Odmiranje borealnih gozdov
3. Taljenje grenlandskega ledenega pokrova
4. Nastajanje atlantskega globokomorskega toka
5. Ozonska luknja kot posledica podnebnih sprememb(?)
6. Izginjanje trajno zamrznjenih tal in tundre(?)
7. Ozelenitev Sahare

8. Kaotična multistabilnost indijskega monsuna
9. Spremembe v pogostosti ENSO (El Niño — južna oscilacija)
10. Odmiranje amazonskih deževnih gozdov
11. Spremembe v zahodnoafriškem monsonu
12. Nestabilnost zahodnoantarktičnega ledenega pokrova
13. Spremembe pri nastajanju antarktičnega globokomorskega toka(?)

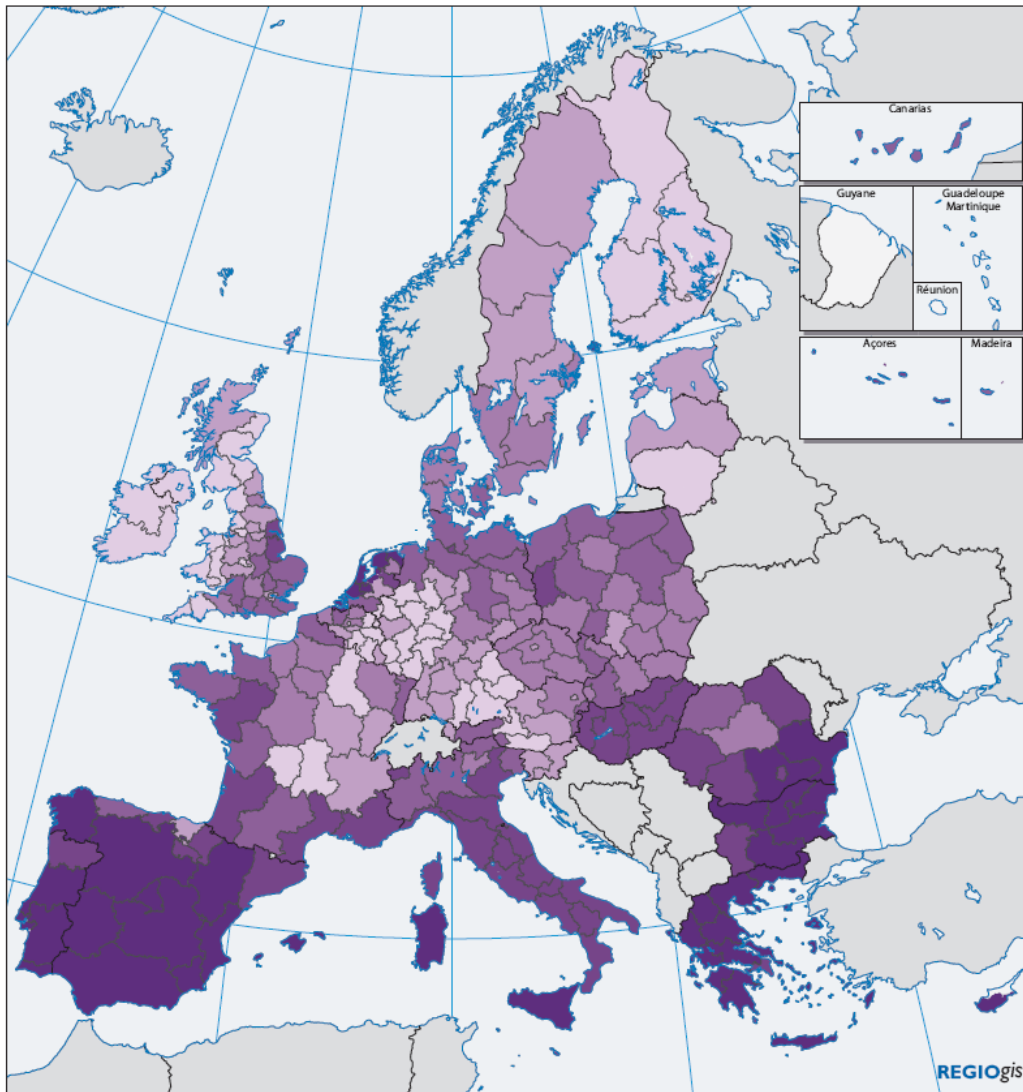
Podnebne spremembe prinašajo nova tveganja

- **Fizična** (Poplave, suše, plazovi, neurja)
- **Politična** (Nestabilnost, vojne za vodo, okoljski terorizem?)
- **Ekonomska** (Spremembe zalog, fluktuacije cen in valut)
- **Socialna** (Migracije, civilna nepokorščina)
- **Regulatorna** (Spremembe davkov, pravnih struktur in obvez)

**KAKO DOBRO IN ALI SPLOH SMO V SLOVENIJI
PRIPRAVLJENI NANJE?**

Poročilo JRC DG Regio's 2020

„THE CLIMATE CHANGE CHALLENGE FOR EUROPEAN REGIONS“

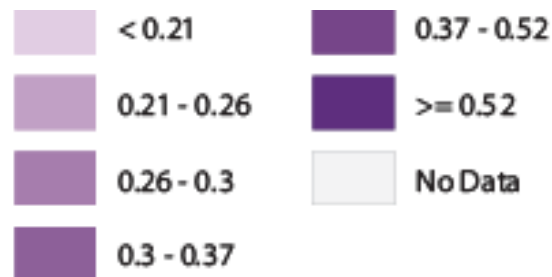


INDEKS RANLJIVOSTI ZARADI PODNEBNIH SPREMEMB

Od 0 do 1

Upošteva

Tveganje suš, poplav,
prizadetost kmetijstva, turizma

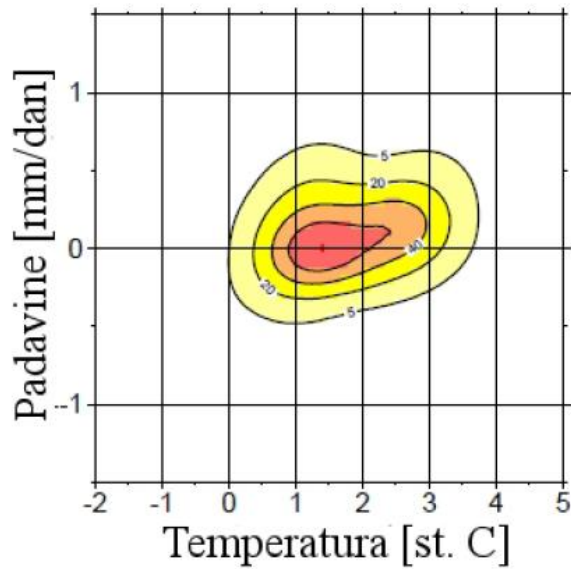


Vpliv podnebnih sprememb na gozd

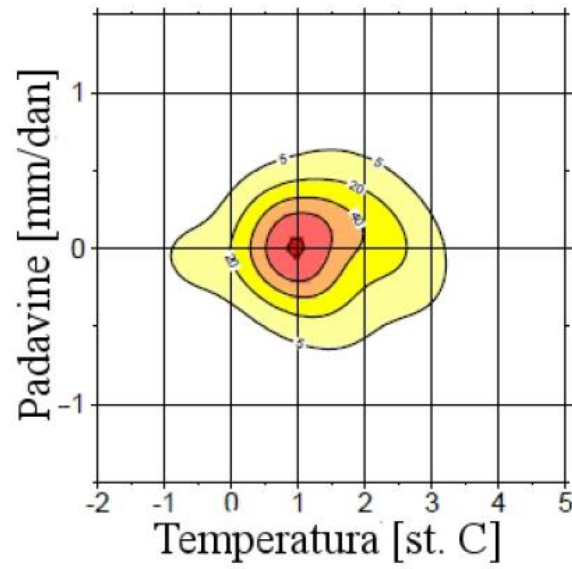
- **Spremembe v lokaciji gozda**
premik na nove lokacije?
- **Spremembe v sestavi gozda**
nove kombinacije vrst?
- **Spremembe v produkciji gozda**
Večja? Manjša?
(več škodljivcev, nove bolezni)



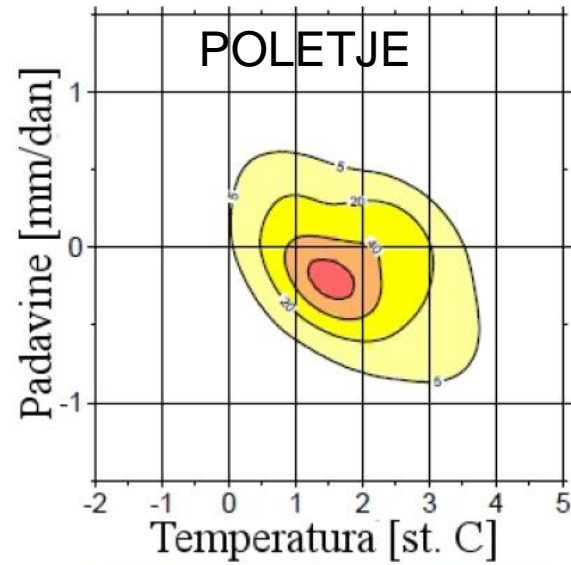
ZIMA



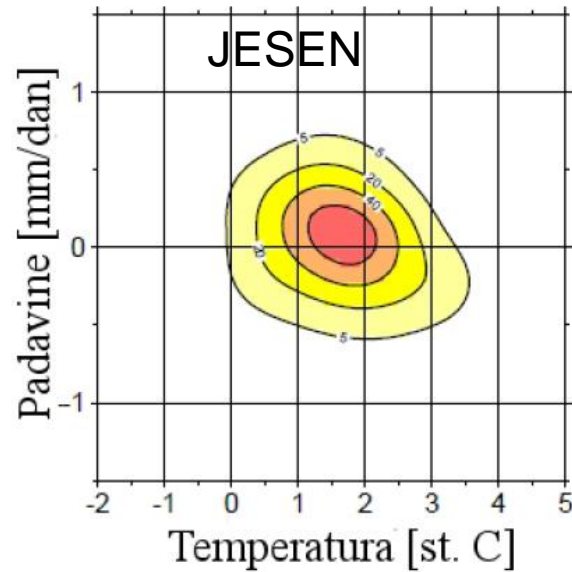
POMLAD



POLETJE



JESEN



Gostote verjetnosti
za spremembo
temperature zraka
ter
intenzitete
dnevni padavin
za Ljubljano

Obdobje 2021-2050
glede na obdobje
1961-1990

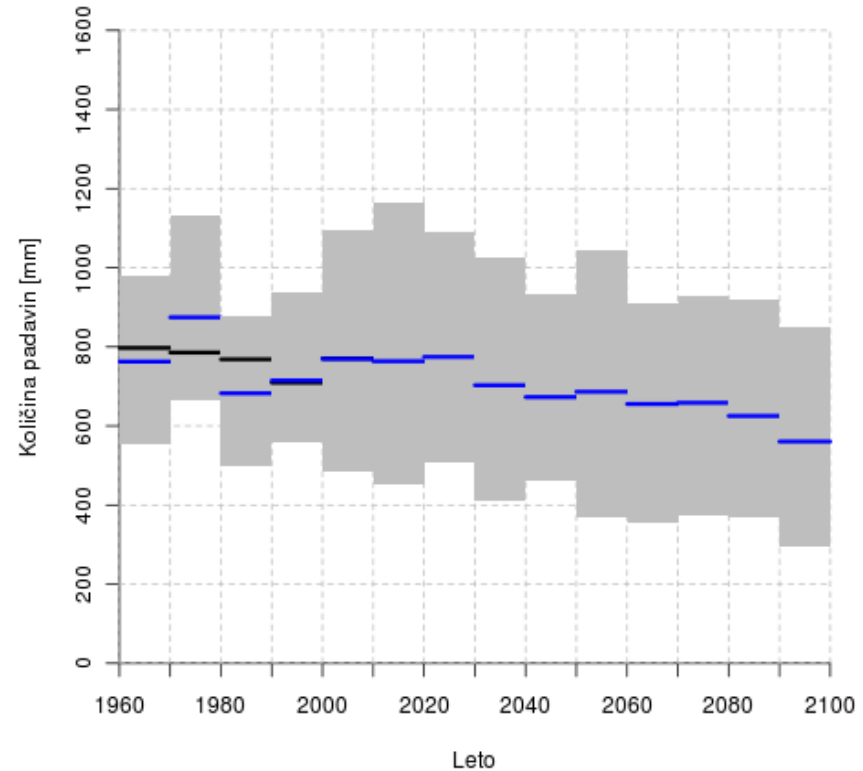
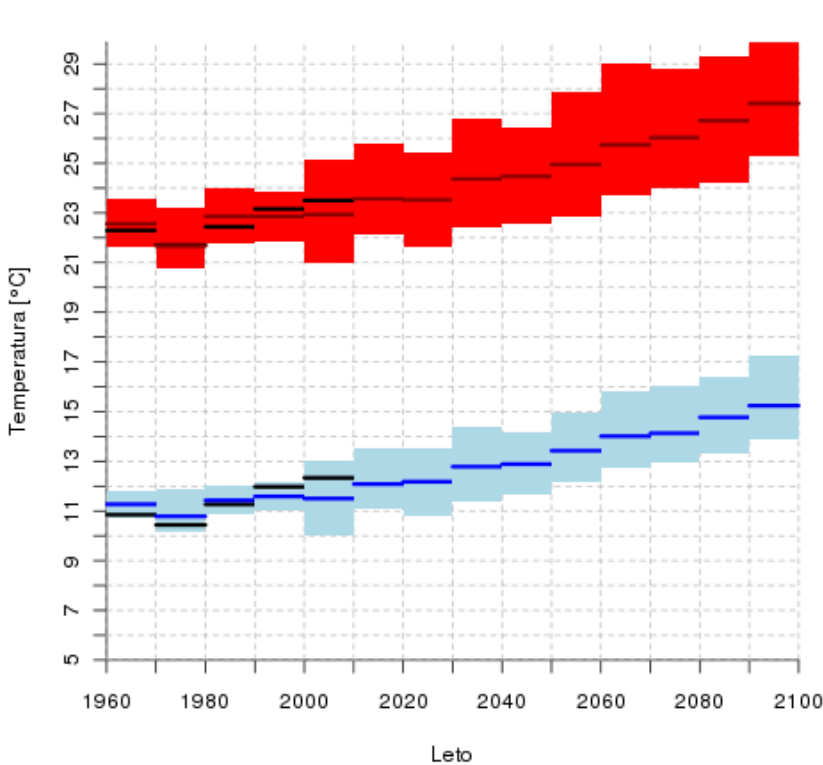


(Deque, 2009)

Temperatura

LJUBLJANA

količina padavin



- 10-letna povprečja T_{\min} ter T_{\max} in količine padavin v topli polovici leta.
- Ansambelske mediane na obeh grafih so označene z odebeljenimi črtami
- Z barvnimi odtenki je prikazan variacijski razpon članov ansambla.

(Ceglar, 2011)

osnova za izračune ENSEMBLES, 2009

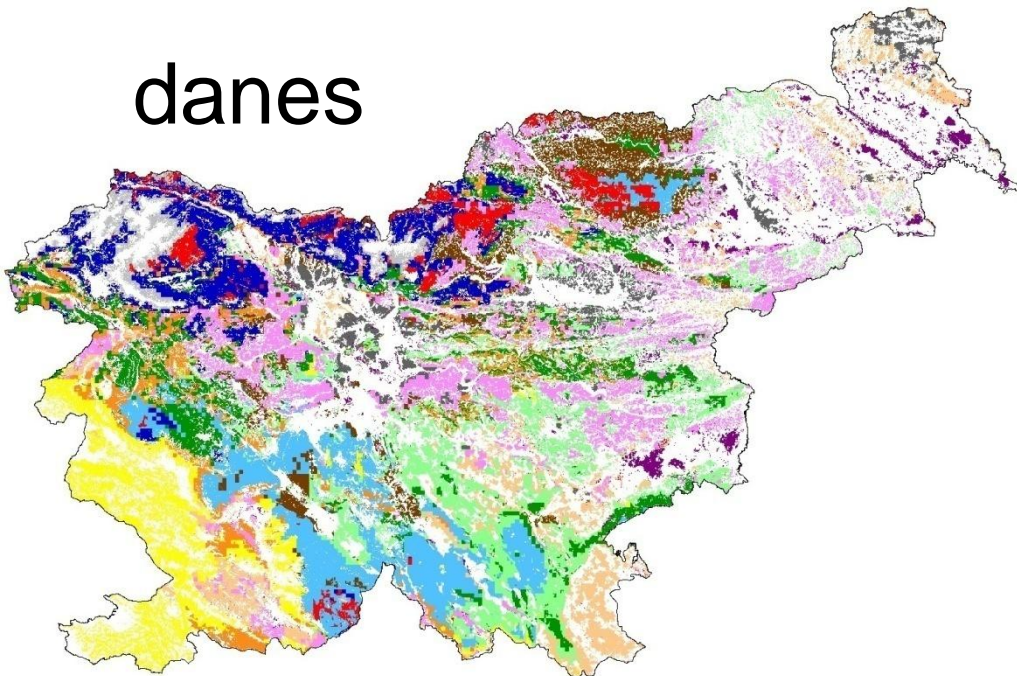
upoštevajoč rezultate 8 različnih RCM za A1B

Vplivi na slovenski gozd

Študija: Vpliv podnebnih sprememb na pričakovano prostorsko prerezporeditev tipov gozdne vegetacije (Kutnar in sod., 2009)

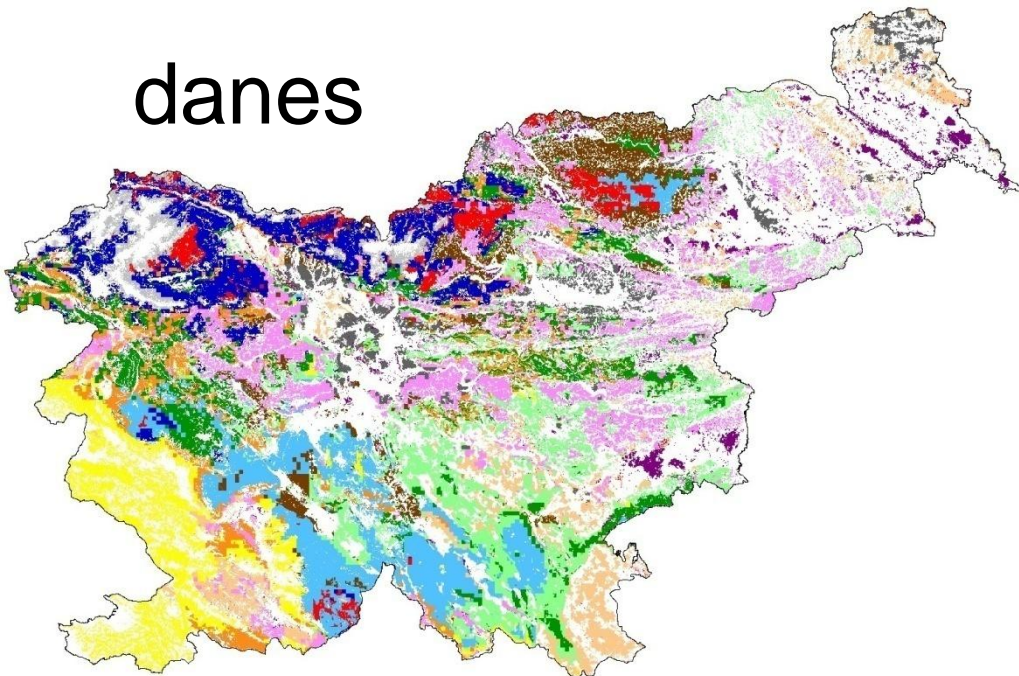
- *Do leta 2070 lahko pride do sprememb vegetacijskega tipa na več kot 75 % vseh gozdnih površin.*
- *Danes prevladujoči, pretežno bukovi gozdovi bi lahko bili v spremenjenih okoljskih razmerah močno prizadeti.*
- *Možen je padec deleža prevladujočih mezofilnih bukovih gozdov s sedanjih 57 % na le 3 % po pesimističnem scenariju in do 29 % po optimističnem scenariju.*
- *V toplejšem podnebjju bi se močno razširili različni termofilni gozdovi.*

danés



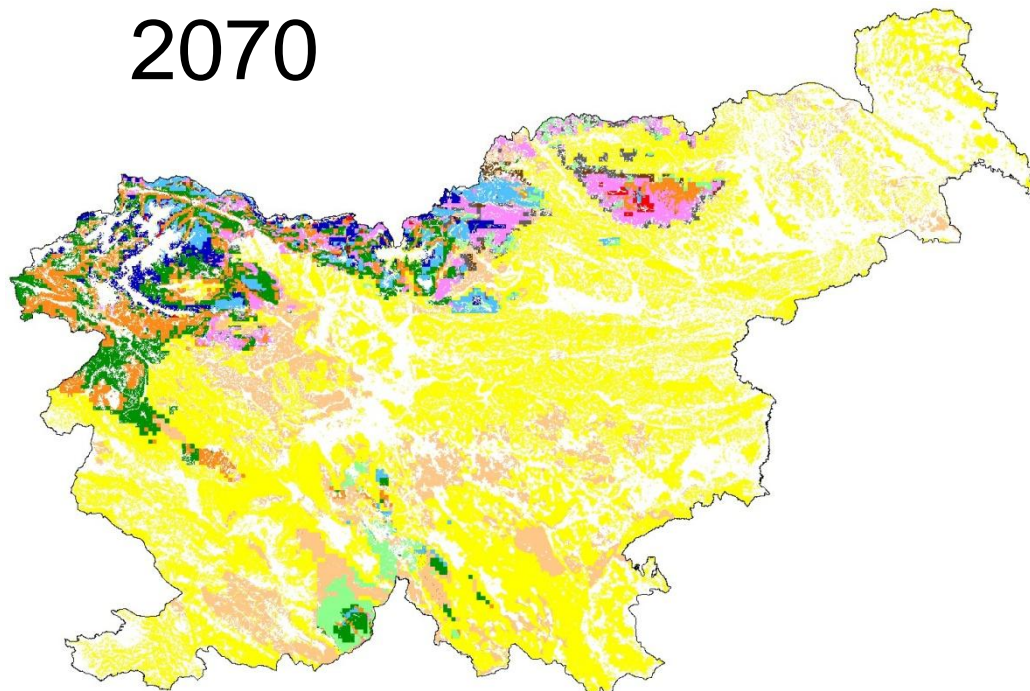
- Acidofilna bukovja
- Acidofilna rdečeborovja
- Predgorska bukovja
- Gorska bukovja
- (Visoko)gorska bukovja v (pred)alpskem območju
- (Visoko)gorska bukovja v (pred)dinarskem območju
- Termofilna bukovja
- Kolinska hrastova-belogabrovja
- Nižinska vrbovja, jelševja in dobovja
- Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja
- Jelovja
- Smrekovja
- Ruševja

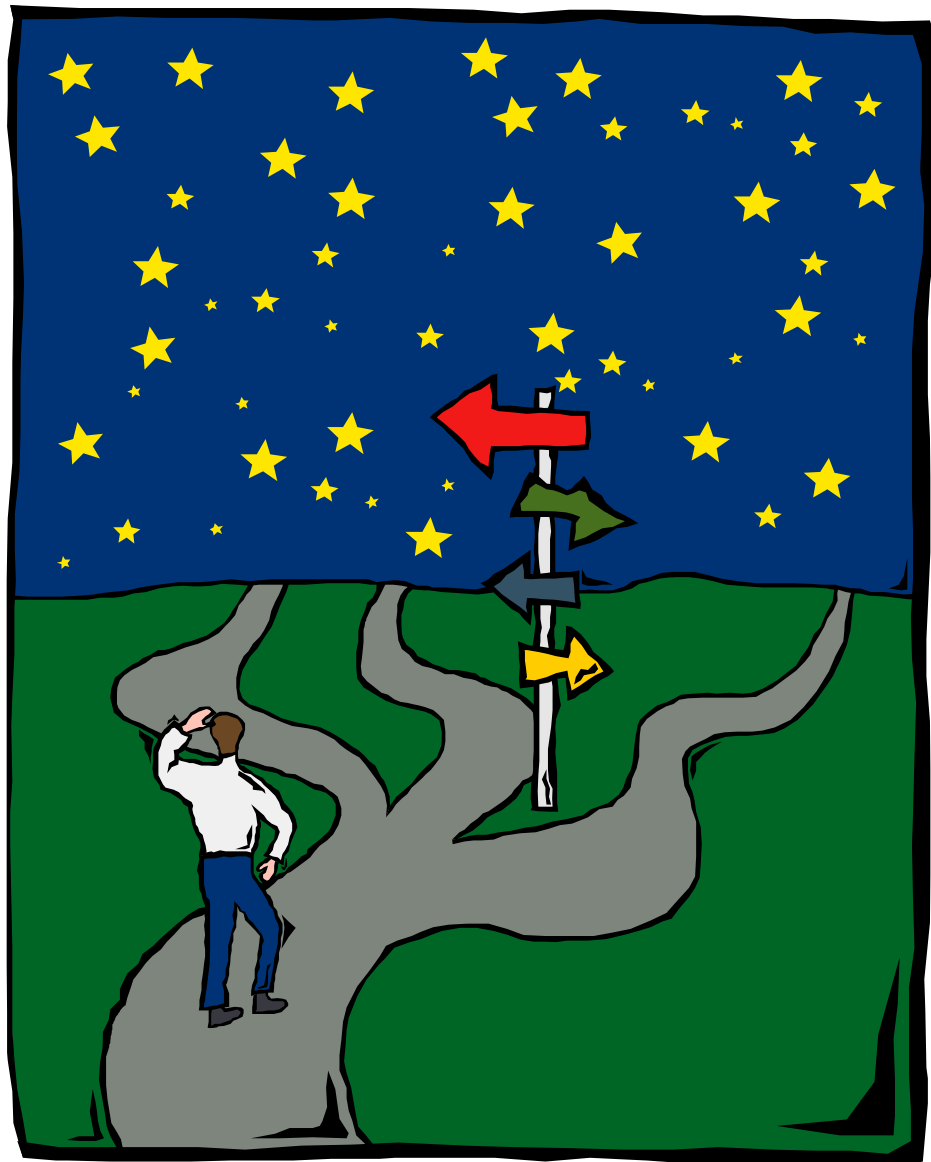
danes



- Acidofilna bukovja
- Acidofilna rdečeborovja
- Predgorska bukovja
- Gorska bukovja
- (Visoko)gorska bukovja v (pred)alpskem območju
- (Visoko)gorska bukovja v (pred)dinarskem območju
- Termofilna bukovja
- Kolinska hrastova-belogabrovja
- Nižinska vrbovja, jelševja in dobovja
- Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja
- Jelovja
- Smrekovja
- Ruševja

2070





**Kakšne izbire
torej imamo?**

IZBIRE ZA ZMANJŠEVANJE EMISIJ

Zmanjšati rast rabe energije z...

- zmanjšanjem rasti prebivalstva
- zmanjšano rastjo BDP na prebivalca

Zmanjšati energijsko intenzivnost gospodarstva

- Povečana učinkovitost pri pretvarjanju energije v končno obliko
- Povečana učinkovitost končne rabe energije
- Sprememba sestave gospodarskih aktivnosti

Zmanjšati ogljikovo intenzivnost vira energije z zamenjavo...

- nafte in premoga s plinom
- fosilnih goriv z obnovljivimi
- fosilnih goriv z jedrsko
- zajem in skladiščenje CO₂

? kg CO₂ / na kWh elektrike

- Sweden: 0.04 kg CO₂ / kWh electricity
- France: 0.09 kg
- Austria: 0.20 kg
- Finland: 0.24 kg
- Belgium: 0.29 kg
- Spain: 0.48 kg
- Italy: 0.59 kg
- Germany: 0.60 kg
- Netherlands: 0.64
- Greece: 0.64 kg
- United Kingdom: 0.64
- Portugal: 0.64 kg
- Ireland: 0.70 kg
- Denmark: 0.84 kg
- Luxembourg: 1.08 kg

Norveška: 0,009 kg CO₂/kWh

China: 0,8 ??

India: 0,912

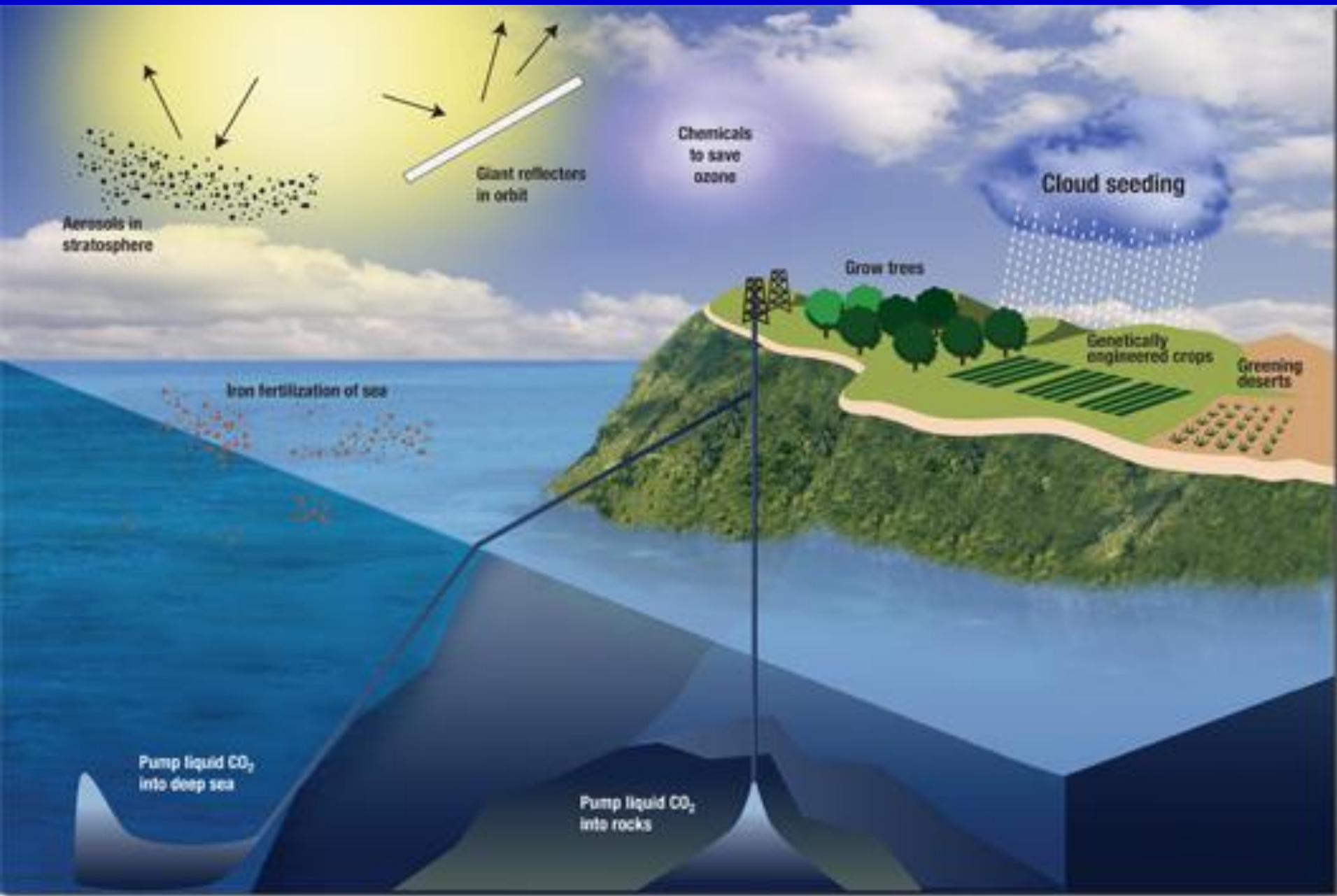
USA 0,613

Poljska 1,1 kg CO₂/kWh

Povprečje za EU15: 0.46 kg CO₂ / kWh

Slovenija 0.55 kg CO₂ / kWh

NAS LAHKO REŠI GEO-INŽENIRING?



Kaj potrebujemo za obvladovanje podnebnih sprememb?

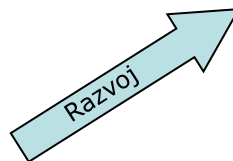
INOVACIJE ?

1. Tehnološke
2. Institucionalne
3. Infrastrukturne
4. Inovacije obnašanja

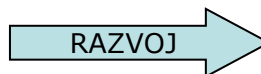
Globalna odgovornost

- V Zemljini zgodovini je človek na planetu – prisoten le zadnjih 0,01% časa (100000 let)
- To pomeni približno 4000 generacij
- Zadnjih 500 generacij začne postopoma vplivati na planet
- Zadnjih 8 generacij masovno koristi fosilna goriva in spreminja ekosisteme
- Naša generacija odloča o prihodnosti

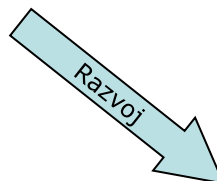
Zdaj



Prihodnost 1
Ki se je bojimo

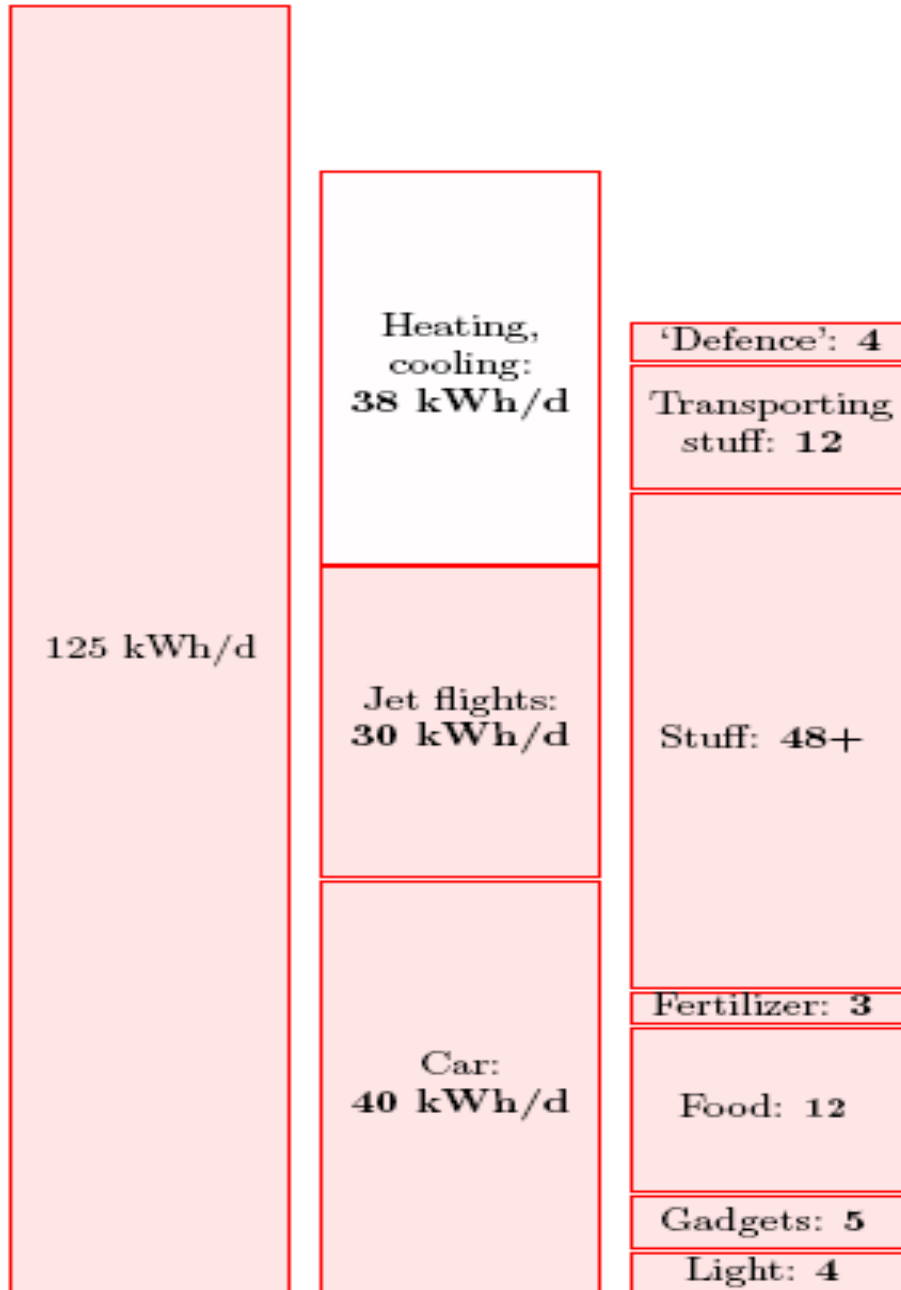


Prihodnost 2
Ki jo pričakujemo



Prihodnost 3
Ki si jo želimo,
za katero se
lahko borimo

Consumption



- Povprečni Evropejec 125 kWh/dan
- Povprečje za ZDA 250 kWh/dan
- Povprečni Slovenec ???

125 kWh/dan \approx 12,5 t CO₂/ leto

Zmanjšati porabo ??

Heating, cooling: 38 kWh/d	'Defence': 4
	Transporting stuff: 12
Jet flights: 30 kWh/d	Stuff: 48+
	Fertilizer: 3
Car: 40 kWh/d	Food: 12
	Gadgets: 5
	Light: 4

Simple actions	Possible saving (kWh/d/p)
Frugal heating system	20
Switch off appliances at home/work	4
Stop flying	35
Efficient transport	20
Do not replace gadgets	4
Use CFL or LED	4
Avoid clutter	20
Become vegetarian	10
Difficult actions	
Eliminate draughts	5
Double glazing	10
Improve insulation	10
Solar hot water panels	8
Photovoltaic panels	5
Replace old building with new	35
Replace fossil-fuel heating by electric heat pump	10

Primer VB

Britanski URADNI ogljični odtis

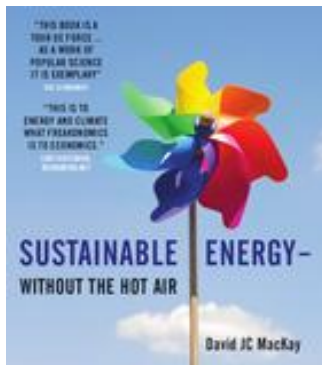
11 ton CO₂e na leto na osebo

+

Vgrajeni CO₂ v uvoženih izdelkih

6.2 ton CO₂e na leto na osebo

(najvišja ocena 16 ton CO₂e letno na osebo)



MacKay, 2008

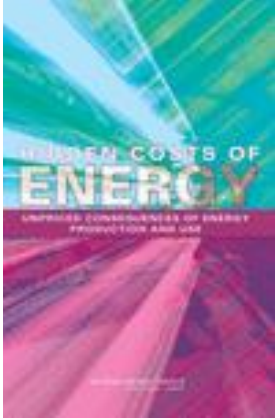
DEFRA, 2008

Energija združena z nakupom novega avtomobila je $\approx 76\ 000\ \text{kWh}$

Primerjava držav izdelave

- Francija 6.3 t CO₂
- Japonska 36.7 t CO₂
- ZDA 46.6 t CO₂
- Indija 71.8 t CO₂
- Poljska 83,6 t CO₂





USA National Research Council:
**Hidden Costs of Energy: Unpriced
Consequences of Energy Production and Use**

- Emisije TGP pri vožnji z avtom predstavljajo samo 1/4 to 1/3 celotnih emisij
- 2/3 do 3/4 emisij nastane pri proizvodnji avta in pri proizvodnji pogonskega goriva
- Električni avtomobili ne bodo rešili problema, dokler jih bo poganjala elektrika narejena iz fosilnih goriv (npr. TEŠ)

Osebni računalnik

- Izdelava (energija in surovine) skupaj 1800 kWh
- 1,8 t CO₂ made in China
- 0,018 t CO₂ made in Norway



- Če kupimo nov računalnik vsaki 2 leti to pomeni emisije od 0,025 kg do 2,5 kg CO₂ na dan (do skoraj 1 tone CO₂ na leto)

IZBIRE

Družba ima 3 opcije:

- Blaženje - ukrepi za zmanjšanje hitrosti in obsega antropogeno povzročenih podnebnih sprememb.

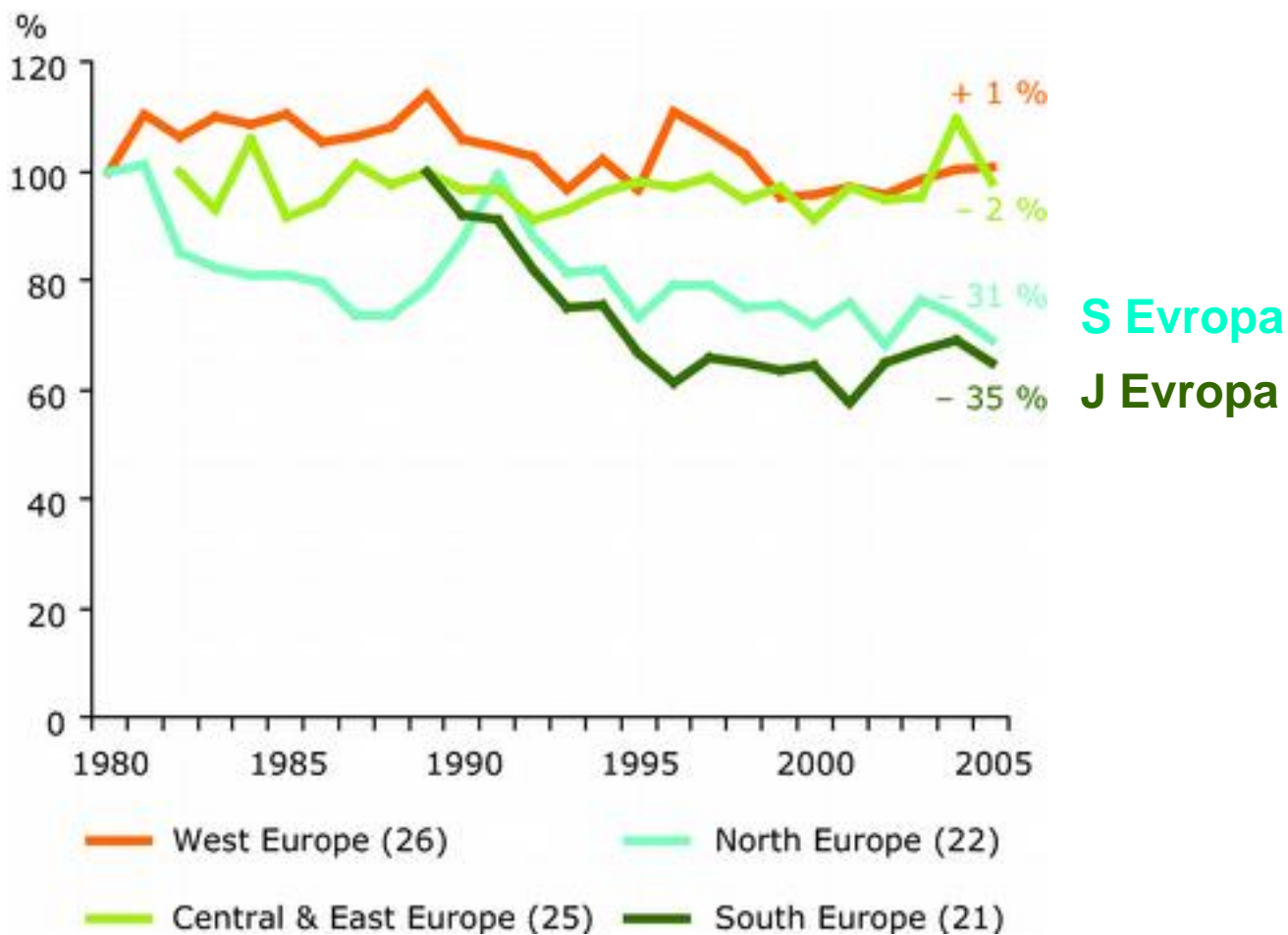
Zmanjšanje emisij TGP, povečanje ponorov za TGP in razne načine geoinženiring-a

- Prilagajanje, ukrepi za zmanjšanje negativnih učinkov podnebnih sprememb, na človekovo blaginjo.

Spremenjeno kmetovanje, okrepljena zdravstvena zaščita pred novimi boleznimi, izgradnja protipoplavnih zaščit ipd.

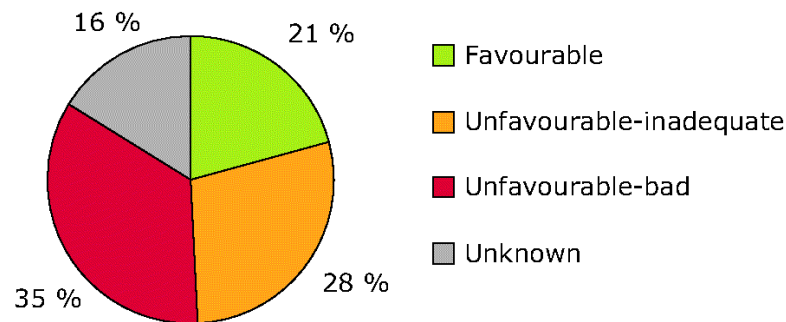
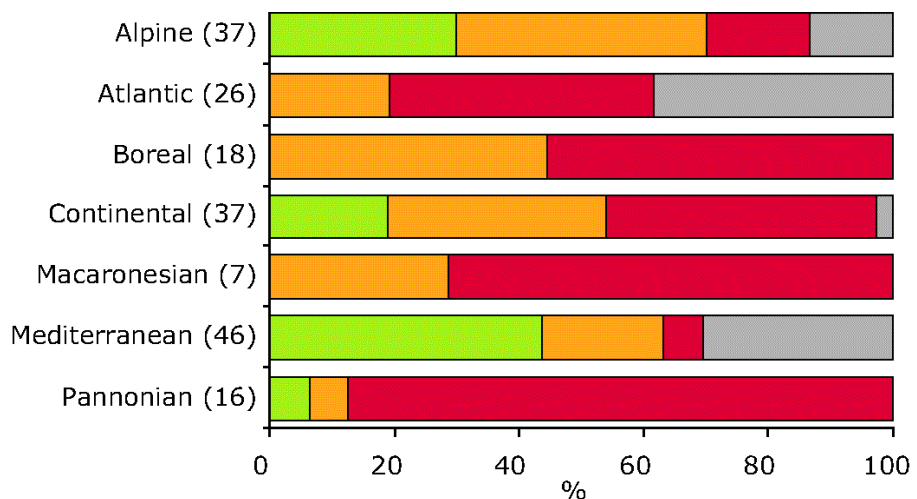
- Trpljenje: prenašanje negativnih učinkov, ki se jih ne bomo uspeli ubraniti niti z blaženjem niti z prilagajanjem

TREND: Velikost populacij običajnih vrst gozdnih ptičev v 4 evropskih območjih

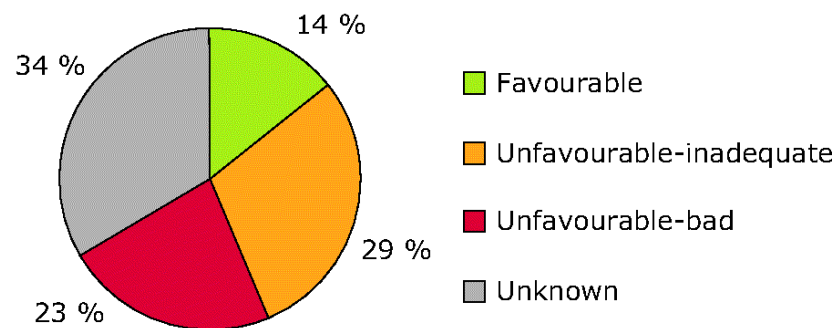
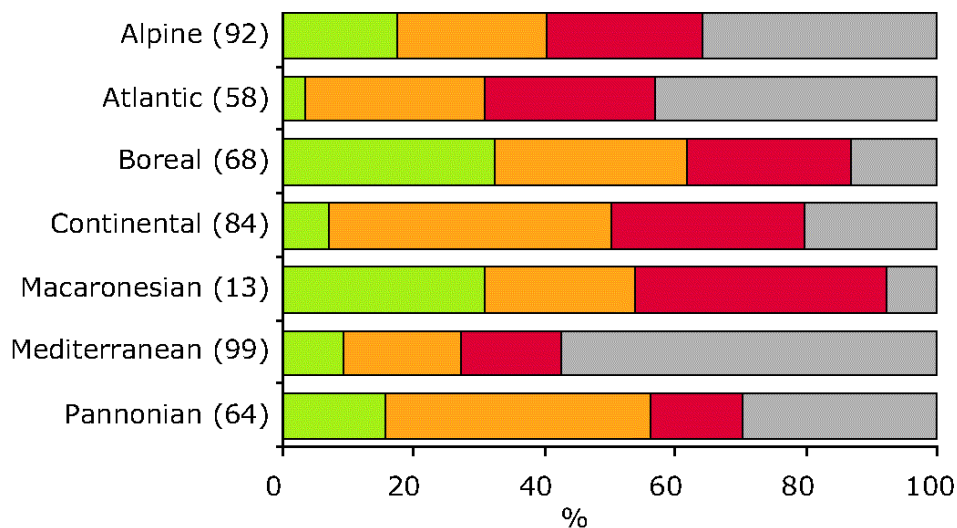


Vir: EEA, 2010

Stanje ohranjenosti **habitatnih tipov** v različnih evropskih gozdovih



Stanje ohranjenosti **živalskih gozdnih vrst** v različnih evropskih gozdovih

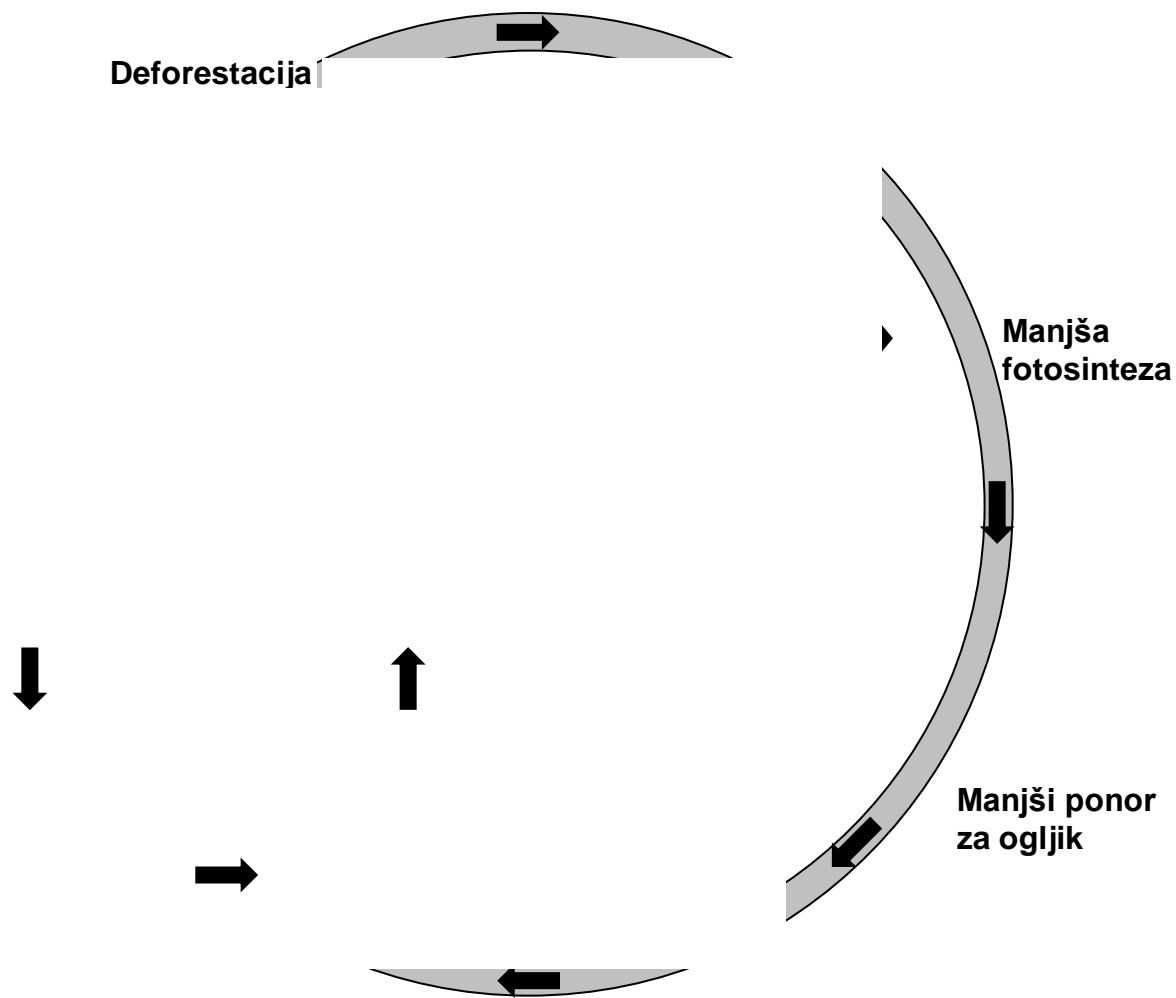




Pozitivne povratne zanke

Podnebne spremembe, deforestacija, suša in gozdni požari

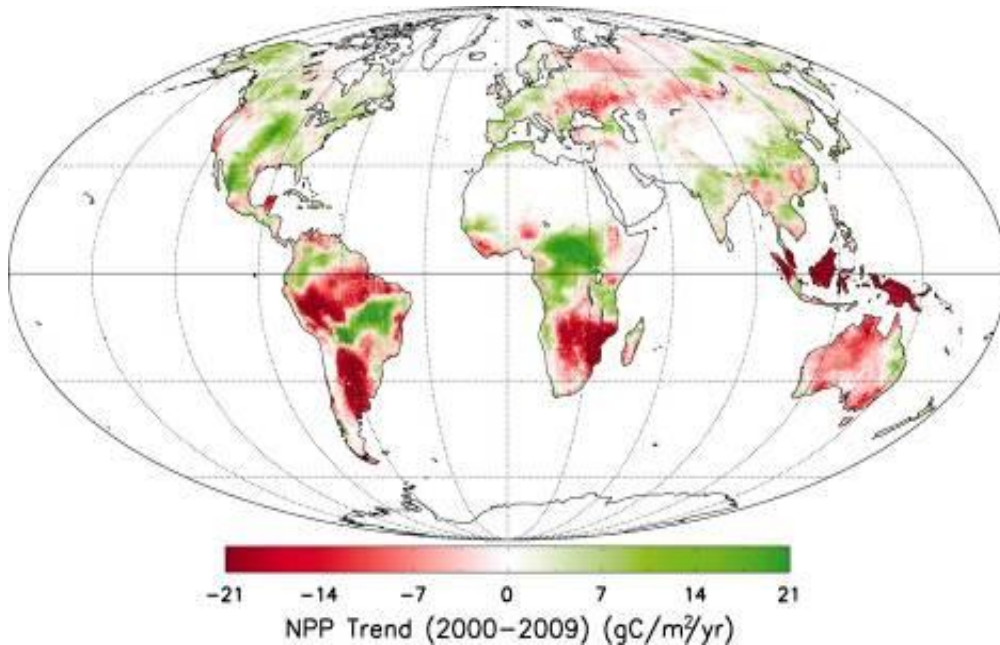
Trojna pozitivna povratna zanka



Peduzzi *et al.* 2011



Gozd: manjša produkcija biomase



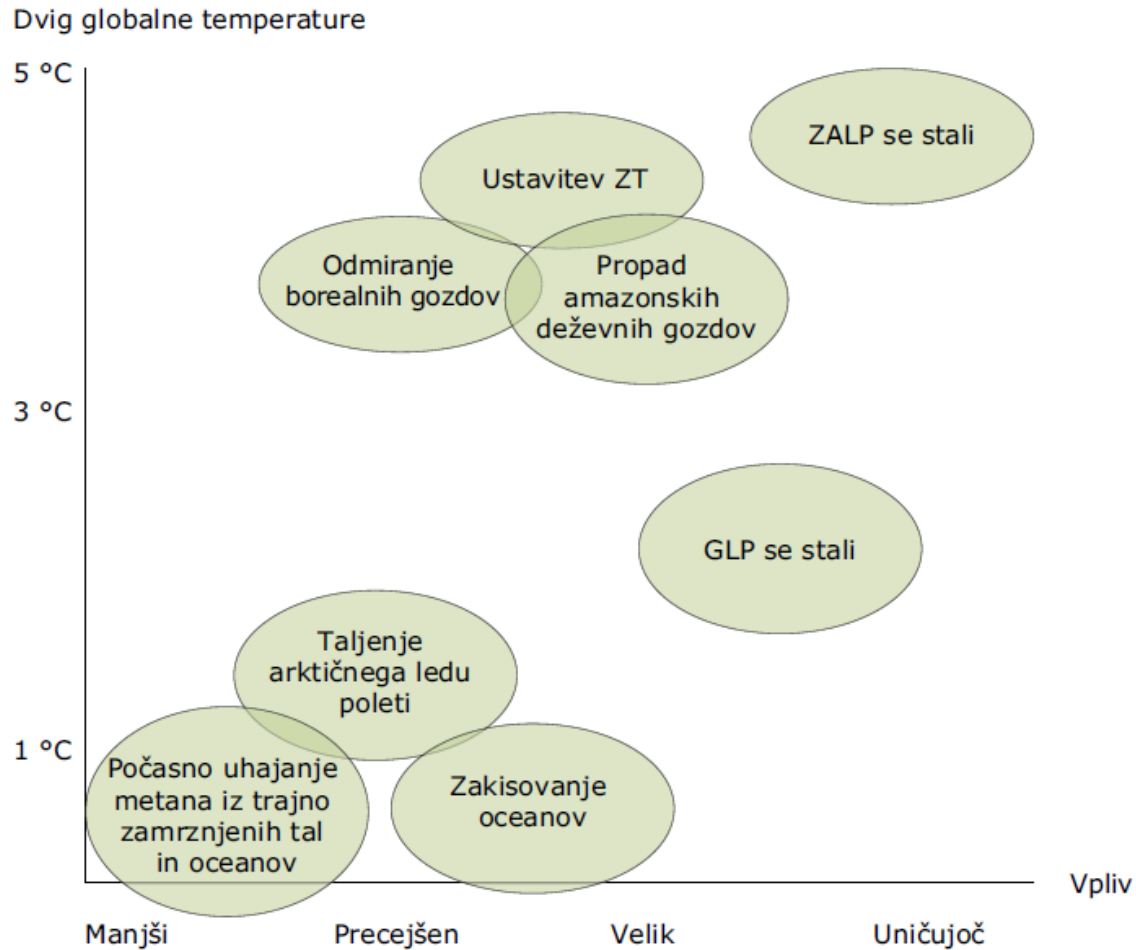
Spatial pattern of terrestrial NPP linear trends from 2000- 2009
Vir: Zhao and Running, 2010.

We thought that with more CO₂, there would be more photosynthesis, thus more biomass (Nemani et al. 2003). But it is not the case. Water might be the limitation factor (Zao & Running, 2010)

More CO₂ was supposed to increase photosynthesis (Nemani et al., 2003). But recent measurements on the warmest decades (2000-2009) show that the creation of biomass is slower. (Zao & Running, 2010)

Photosynthesis also request H₂O, which may be the limiting factors

Obseg globalnega segrevanja, ki lahko sproži dogodke, in škoda, ki jo lahko ti dogodki povzročijo

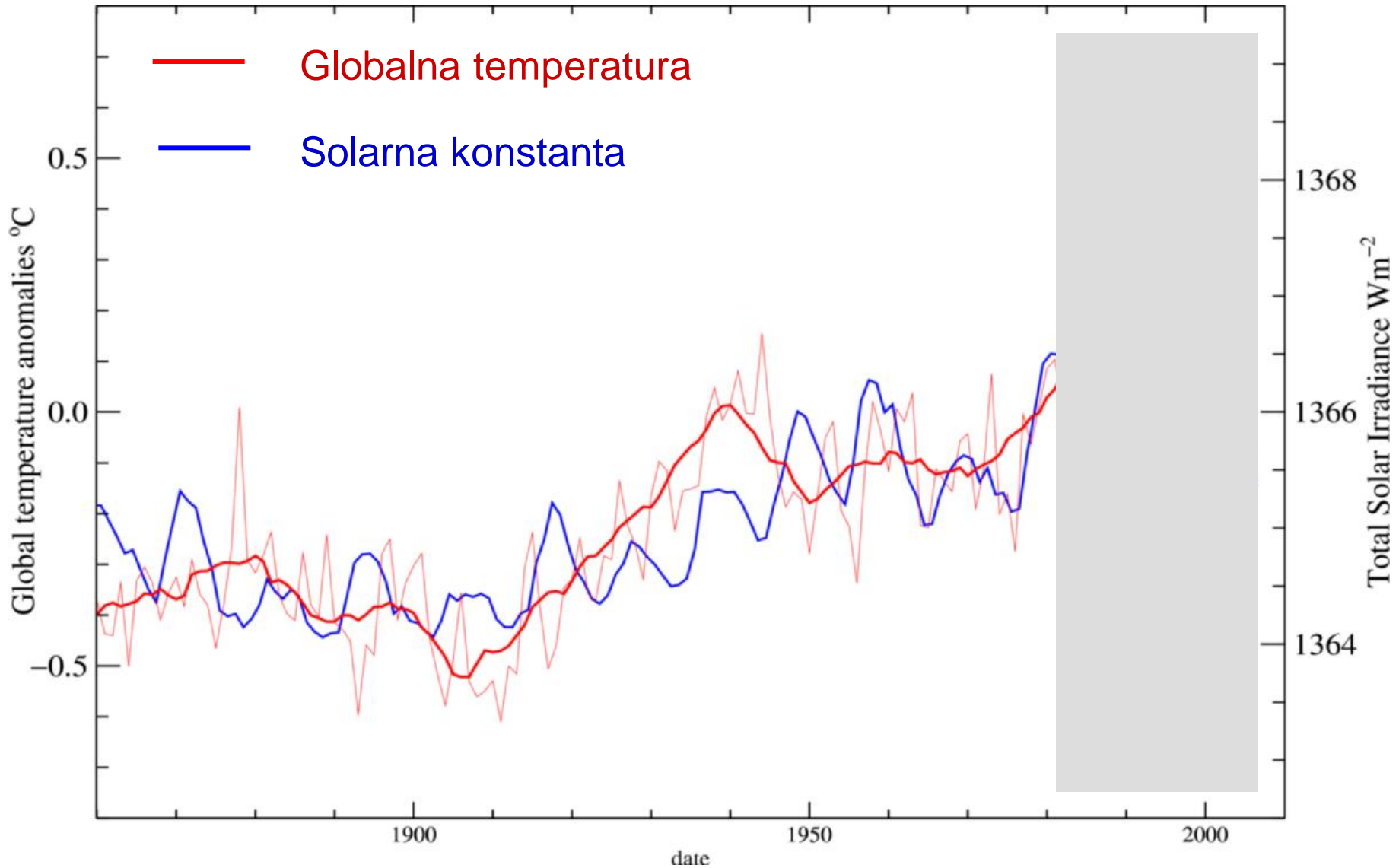


GLP: grenlandski ledeni pokrov
ZALP: zahodnoantarktični ledeni pokrov
ZT: zalivski tok

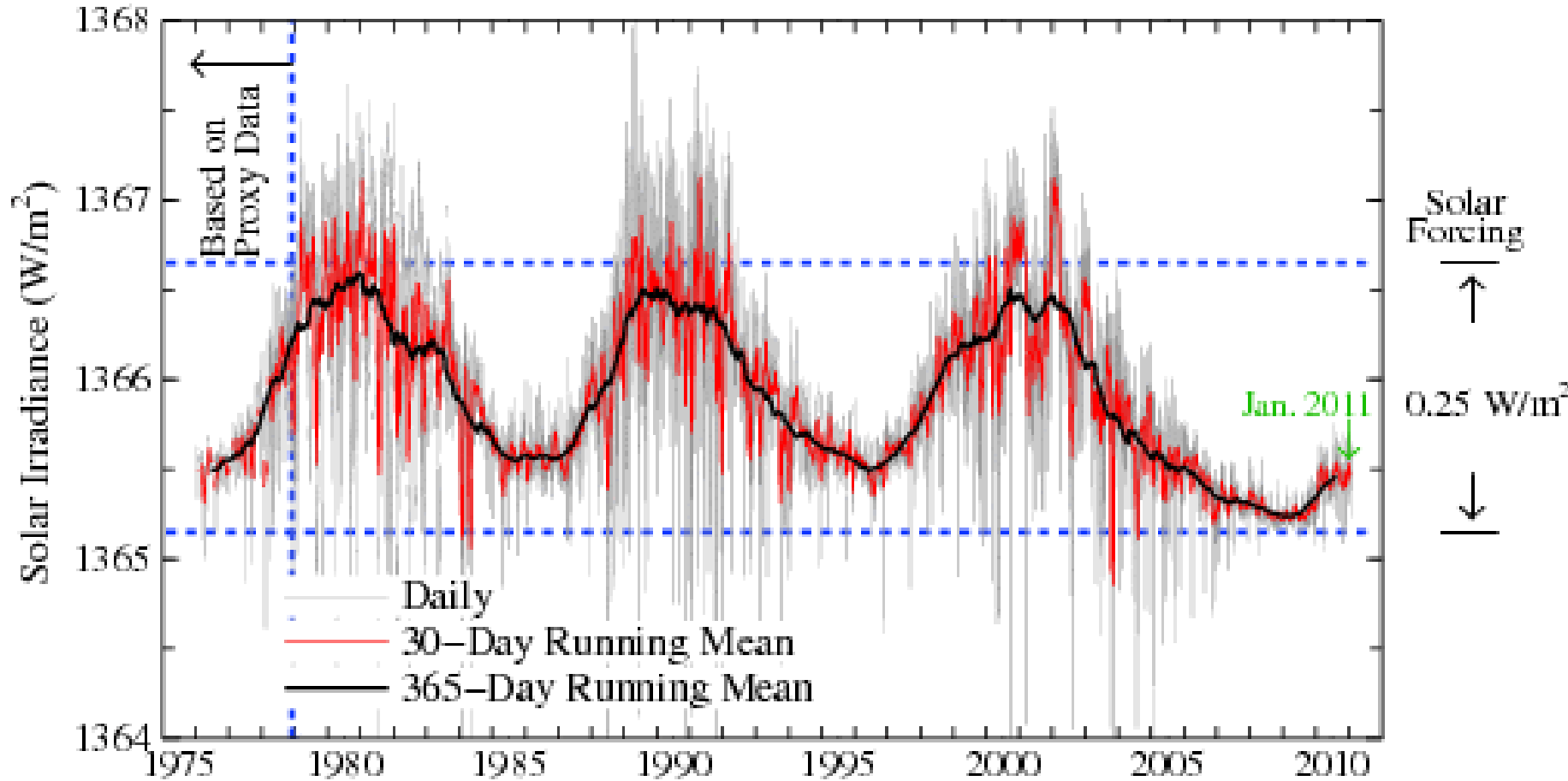
REZERVNI SLAJDI

Sonce ni vzrok podnebnim spremembam

Met Office Hadley Centre

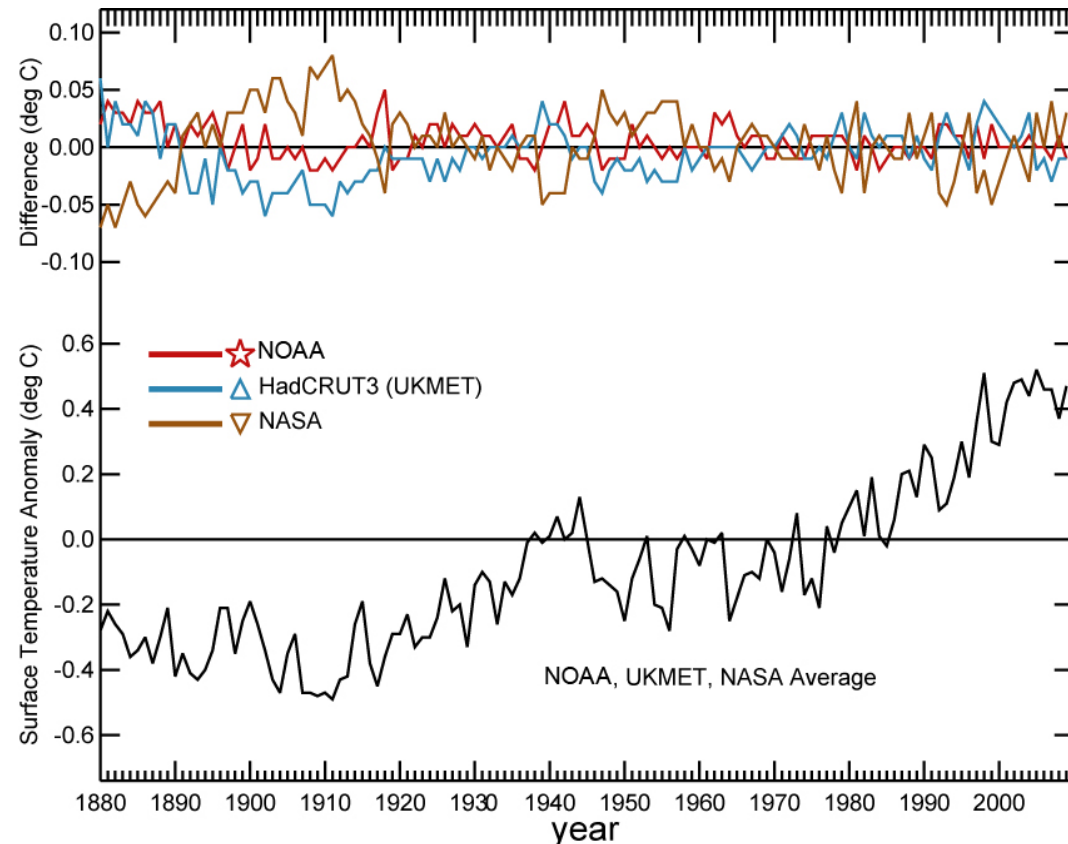


Total Solar Irradiance



Tri inštitucije, ki se ukvarjajo z globalnimi podatki o temperaturi planeta

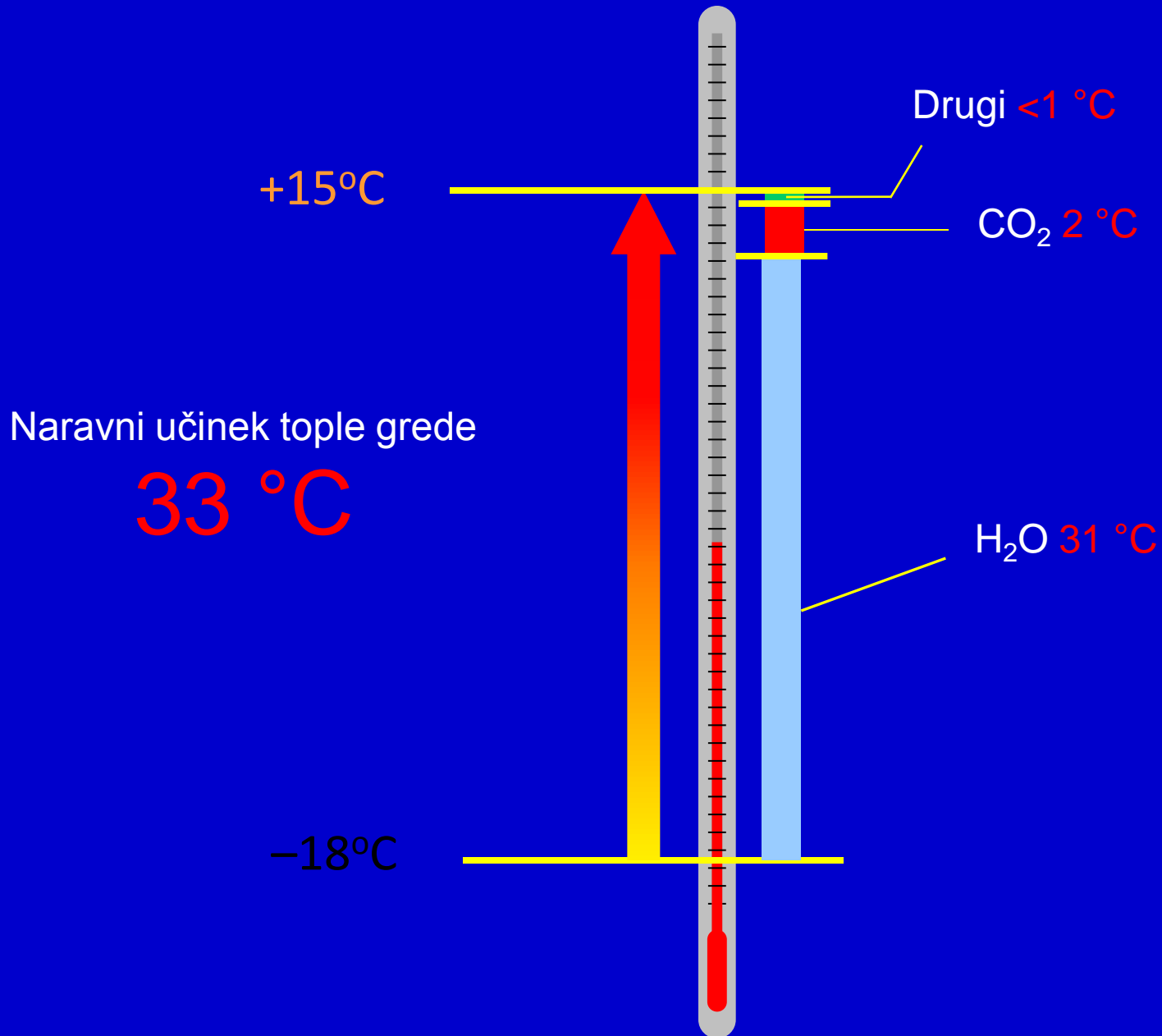
- NASA Goddard Institute for Space Studies (**NASA GISS**)
- Meteorological Office (**UKMET**)
 - University of East Anglia za podatke s kopnega
 - U.K. Meteorological Office (UKMET)
- **NOAA**/National Climatic Data Center



2009 State of the Climate Report,
UK Met Office

GAS	Pre-1750 tropospheric concentration ¹	Recent tropospheric concentration ²	GWP ³ (100-yr time horizon)	Atmospheric lifetime ⁴ (years)	Increased radiative forcing ⁵ (W/m ²)
Concentrations in parts per million (ppm)					
Carbon dioxide (CO ₂)	280 ⁶	386.3 ⁷	1	~ 100 ⁴	1.66
Concentrations in parts per billion (ppb)					
Methane (CH ₄)	700 ⁸	1866 ⁹ /1742 ⁹	25	12 ⁴	0.48
Nitrous oxide (N ₂ O)	270 ¹⁰	323 ⁹ /321 ⁹	298	114 ⁴	0.16
Tropospheric ozone (O ₃)	25 ¹	34 ^{4,1}	n.a. ⁴	hours-days	0.35 ⁴
Concentrations in parts per trillion (ppt)					
CFC-11 (trichlorofluoromethane) (CCl ₃ F)	zero	243 ⁹ /241 ⁹	4,750	45	0.063
CFC-12 (CCl ₂ F ₂)	zero	537 ⁹ /535 ⁹	10,900	100	0.17
CF-113(CCl ₂ FFClF ₂)	zero	76 ⁹ /76 ⁹	6,130	85	0.024
HCFC-22(CHClF ₂)	zero	210 ⁹ /186 ⁹	1,810	12	0.033
HCFC-141b(CH ₃ CCl ₂ F)	zero	21 ⁹ /19 ⁹	725	9.3	0.0025
HCFC-142b(CH ₃ CClF ₂)	zero	21 ⁹ /19 ⁹	2,310	17.9	0.0031
Halon 1211 (CBrClF ₂)	zero	4.4 ⁹ /4.2 ⁹	1,890	16	0.001
Halon 1301 (CBrClF ₃)	zero	3.3 ⁹ /3.2 ⁹	7,140	65	0.001
HFC-134a(CH ₂ FCF ₃)	zero	57 ⁹ /47 ⁹	1,430	14	0.0055
Carbon tetrachloride (CCl ₄)	zero	88 ⁹ /87 ⁹	1,400	26	0.012
Methyl chloroform (CH ₃ CCl ₃)	zero	9.7 ⁹ /9.3 ⁹	146	5	0.0011
Sulfur hexafluoride (SF ₆)	zero	6.84 ^{9,11} /6.44 ^{9,11}	22,800	3200	0.0029
Other Halocarbons	zero	Varies by substance			collectively 0.021

Kaj določa temperaturo na Zemeljskem površju?

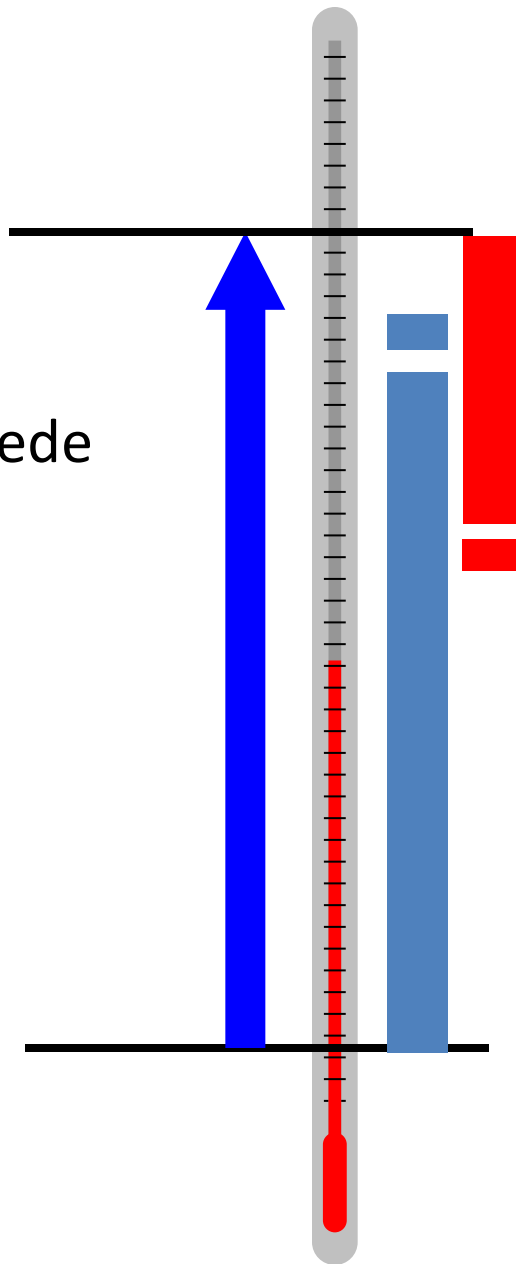


+15°C

Naravni učinek tople grede

+33 °C

-18°C

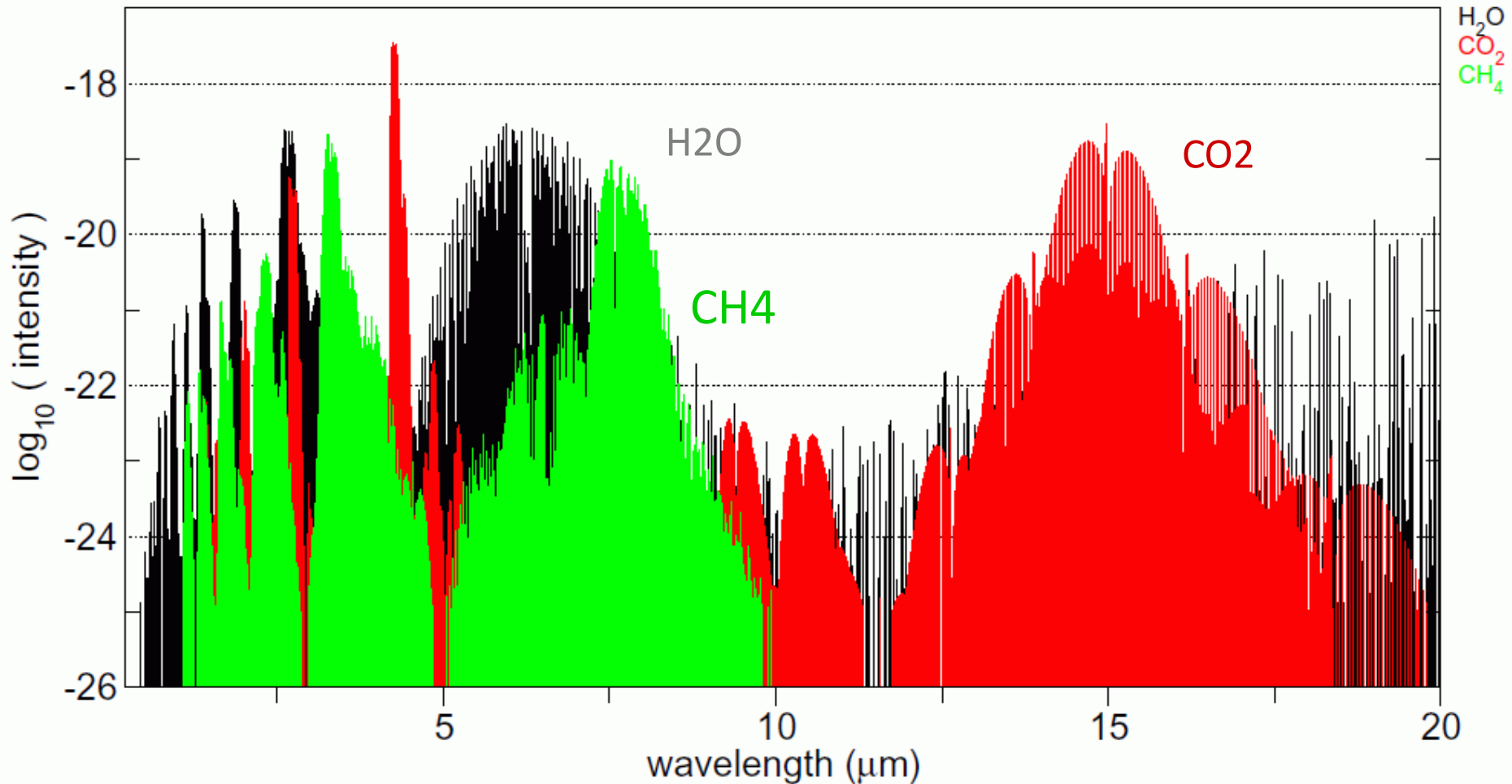


CO₂

Natančnih deležev prispevka H₂O in CO₂ se ne da določiti, ker se spreminjata glede na okolščine

H₂O

Absorpcijski spektri H₂O, CO₂ in CH₄

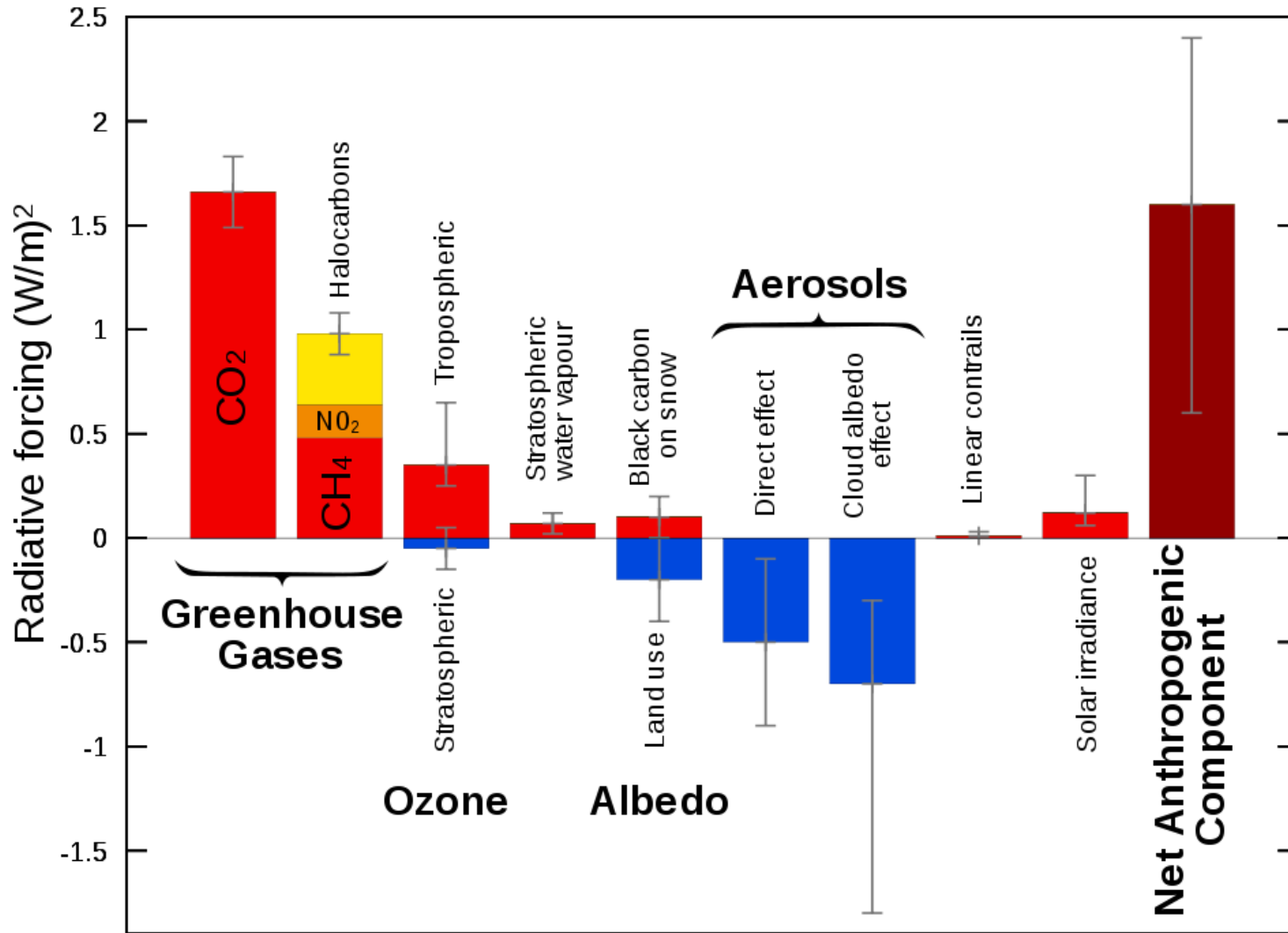


Enačbe za računanje sevalnega prispevka (radiative forcing)

Table 1: Equations to calculate radiative forcing relative to a preindustrial (1750 A.D.) reference concentration (C_0). The overlap in absorption bands between N_2O and CH_4 is taken into account using the overlap function $f(M,N)=0.47 \ln(1+2.01 \times 10^{-5} (MN)^{0.75} + 5.31 \times 10^{-15} M(MN)^{1.52})$. For many practical purposes, this correction term can be neglected. Formulations for additional greenhouse gases can be found in [Joos *et al.*, 2001; Ramaswamy *et al.*, 2001]

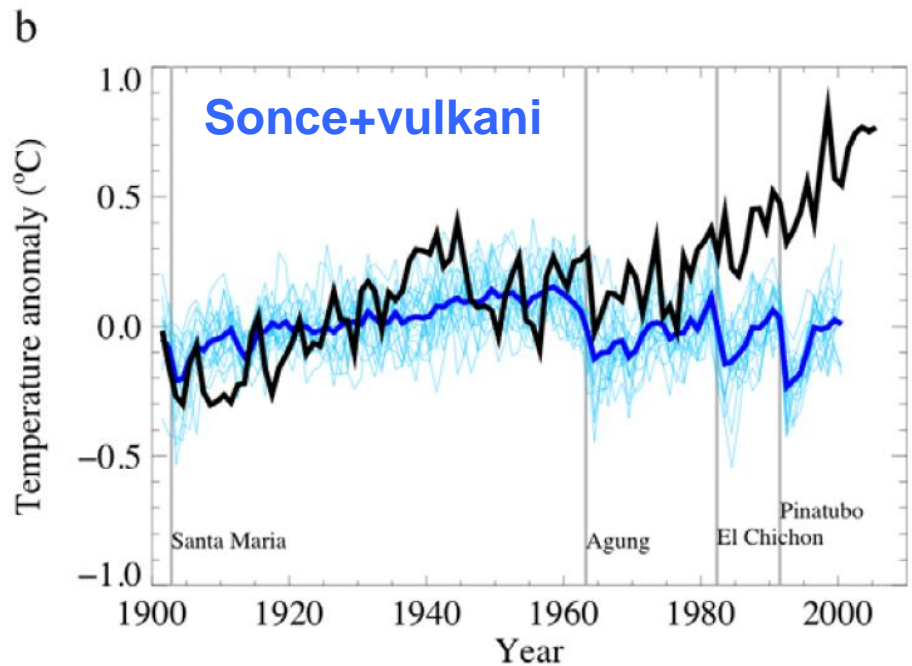
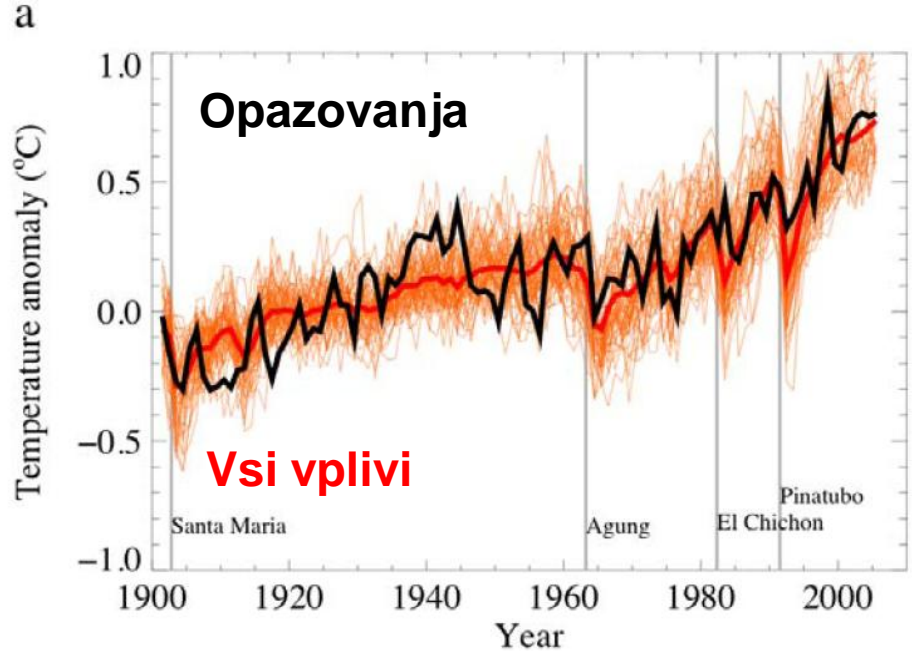
agent	equation	C_0
CO_2	$RF = 5.35 \text{ W m}^{-2} \ln(CO_2/CO_{2,0})$	278 ppm
CH_4	$RF = 0.036 \text{ W m}^{-2} (\sqrt{CH_4} - \sqrt{CH_{4,0}}) - (f[CH_{4,0}, N_2O_0] - f[CH_4, N_2O_0])$	742 ppb
N_2O	$RF = 0.12 \text{ W m}^{-2} (\sqrt{N_2O} - \sqrt{N_{2O,0}}) - (f[CH_{4,0}, N_2O] - f[CH_{4,0}, N_{2O,0}])$	272 ppb
CFC-11	$RF = 0.25 \text{ W m}^{-2} (CFC-11 - CFC-11_0)$	0 ppt
CFC-12	$RF = 0.32 \text{ W m}^{-2} (CFC-12 - CFC-12_0)$	0 ppt

Radiative Forcing Components

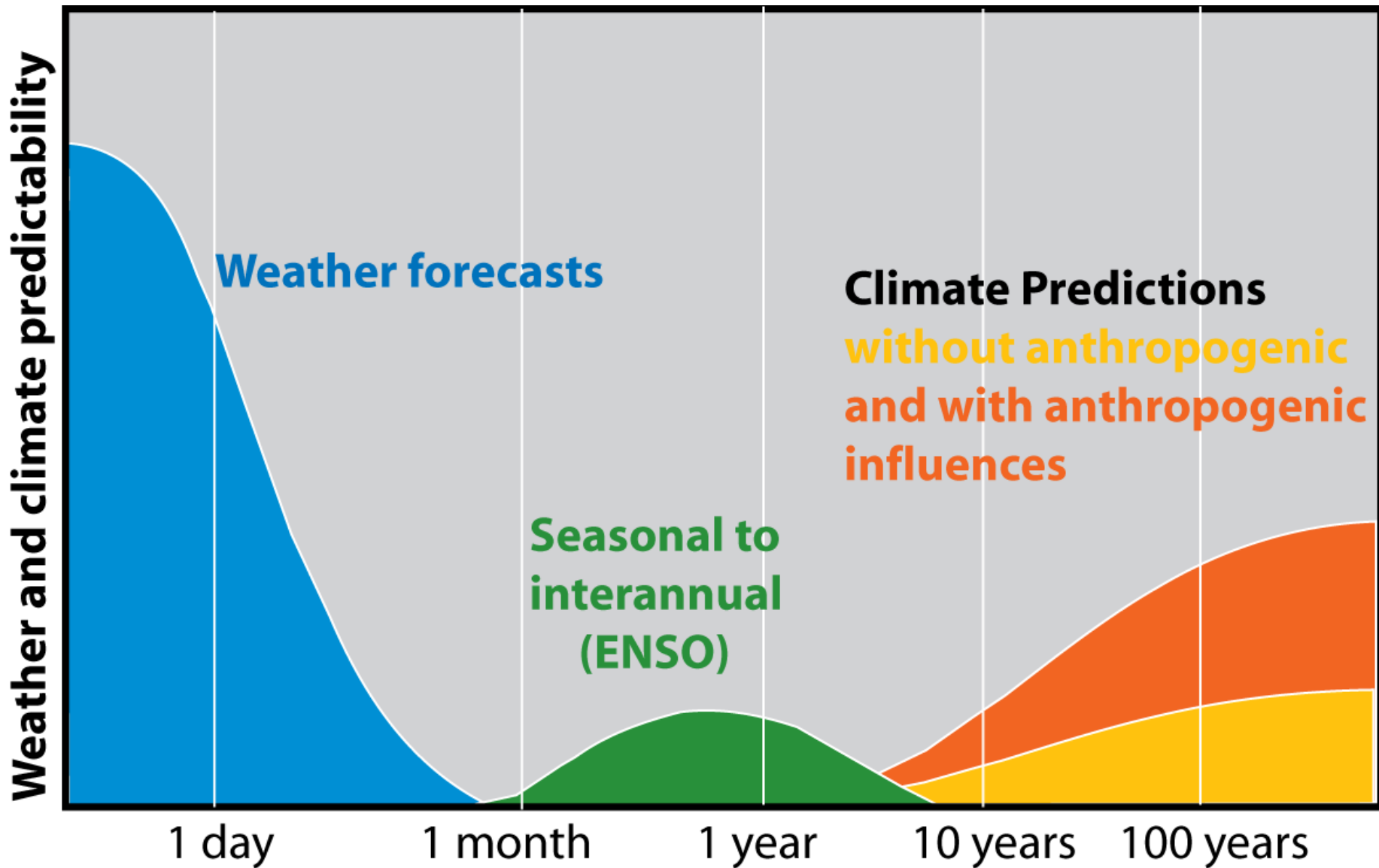


Kje so vzroki?

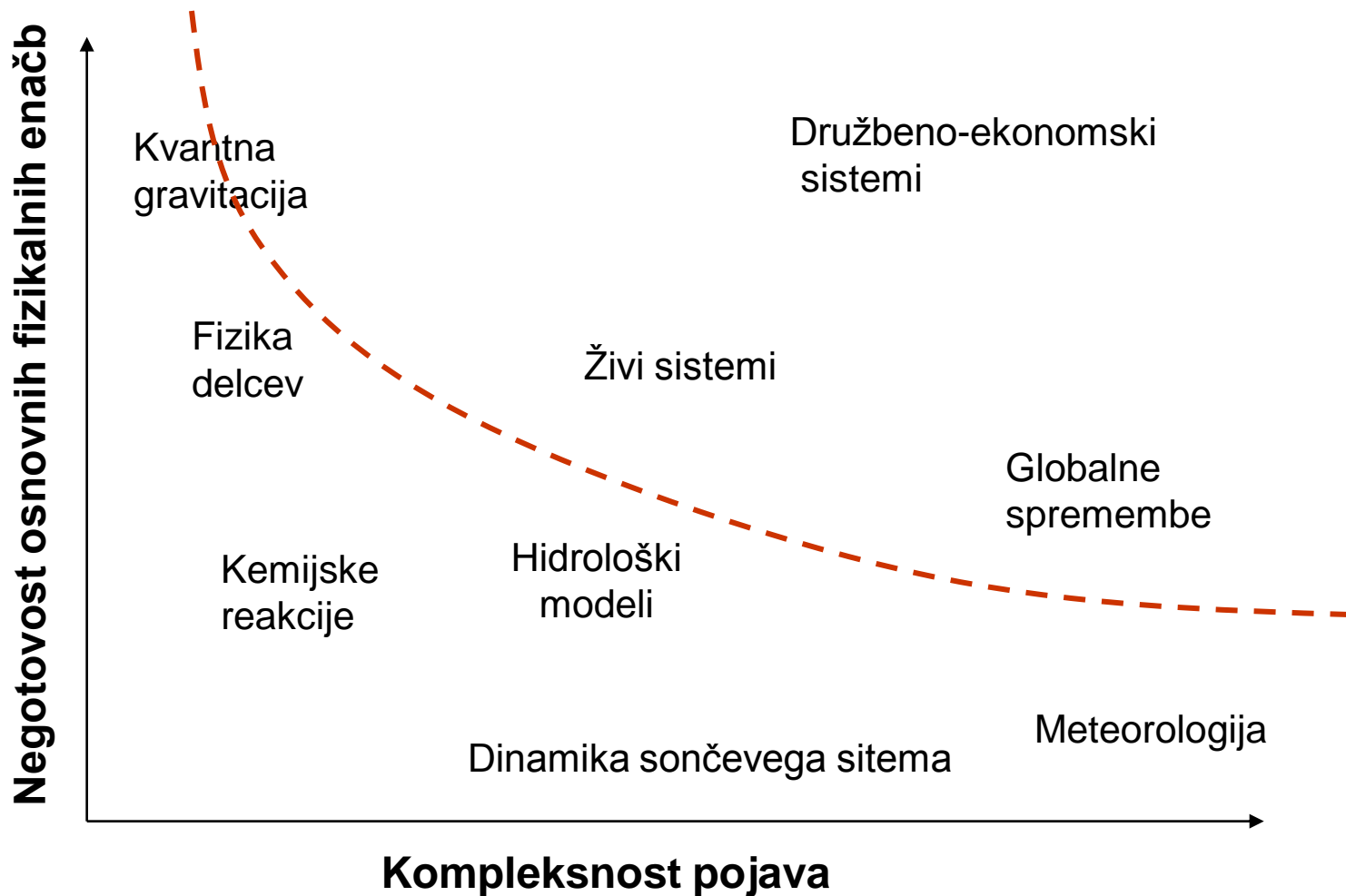
- Ali so opazovane spremembe v skladu s
 - Pričakovanim odzivom na vplive
 - Ali obstajajo alternativne razlage?



Napovedljivost vremena in podnebja



Omejitve modelov

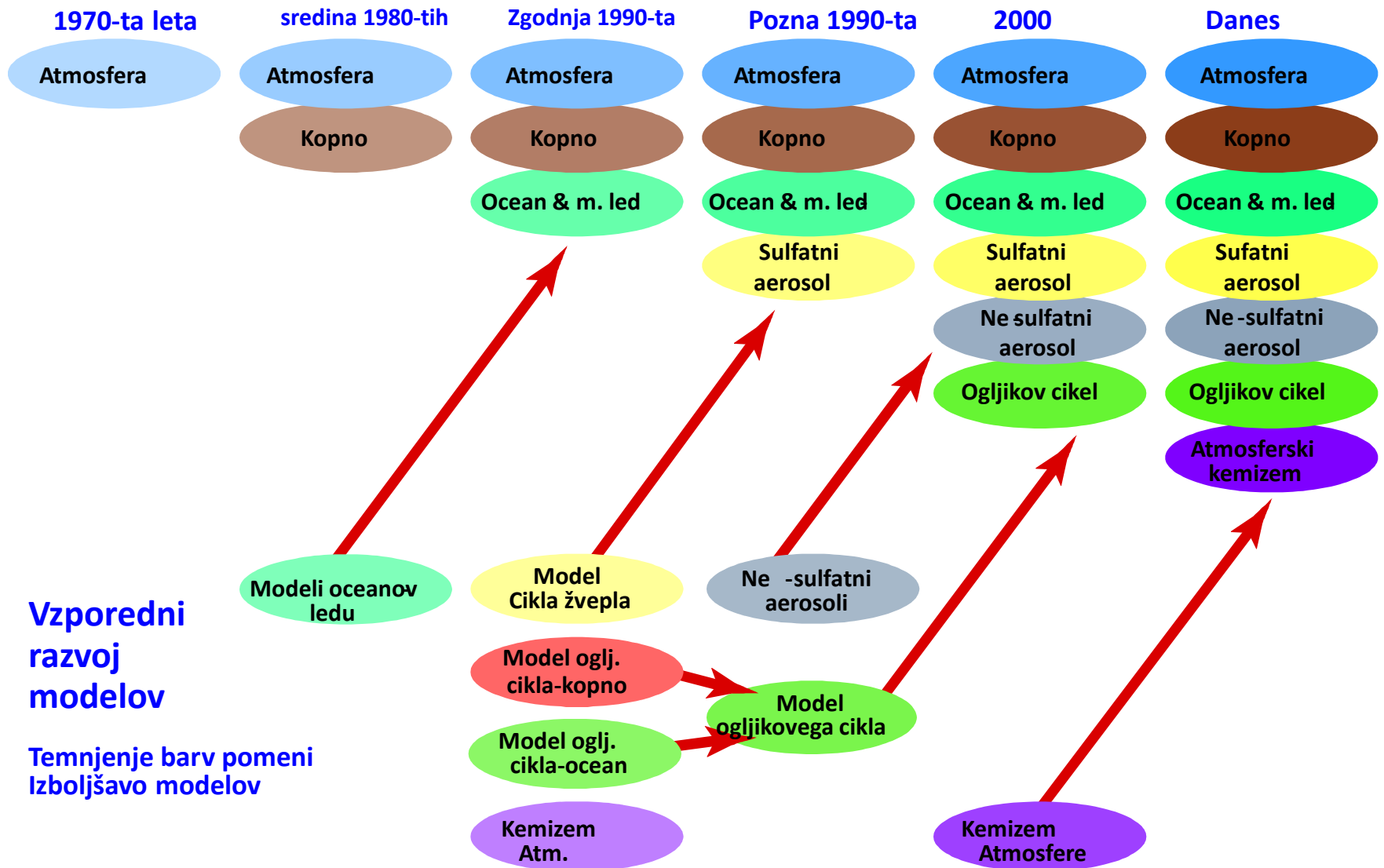


vir: J. Barrow
(po D. Ruelle)

Katera je boljši model?



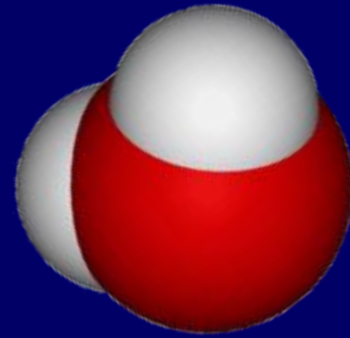
Razvoj klimatskih modelov



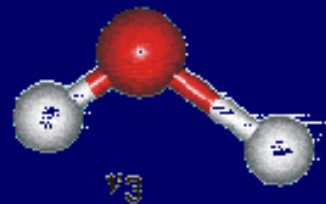
Lastnosti toplogrednih plinov

H₂O in CO₂ molekule

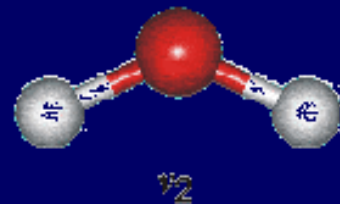
sevajo energijo na različne načine



ν_1
symmetric stretch



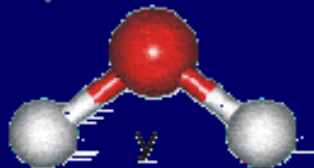
ν_3
asymmetric stretch



ν_2
bend

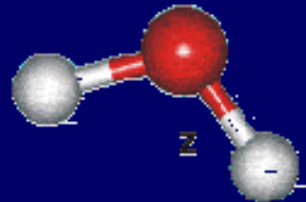


χ

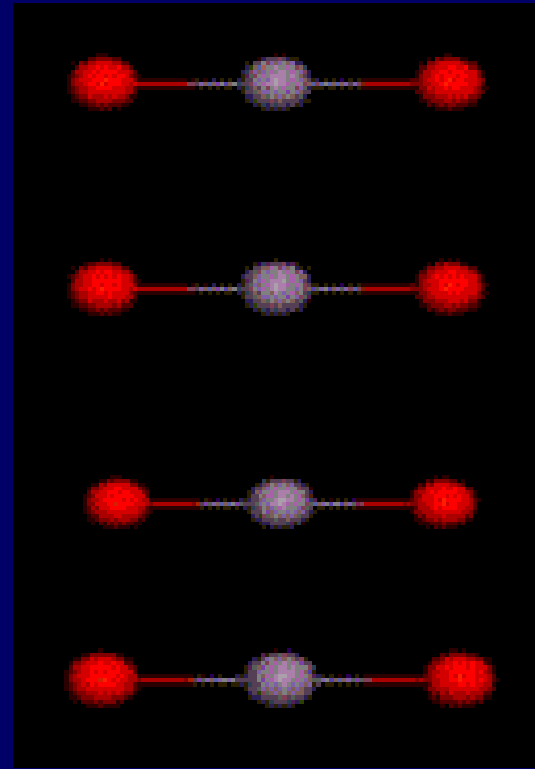


ψ

librations

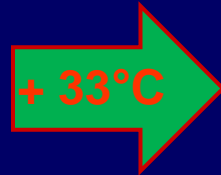


ζ



POVEČAN UČINEK TOPLE GREDE

- Naravni učinek tople grede omogoča povprečno temperaturo Zemlje $+15^{\circ}\text{C}$ namesto -18°C



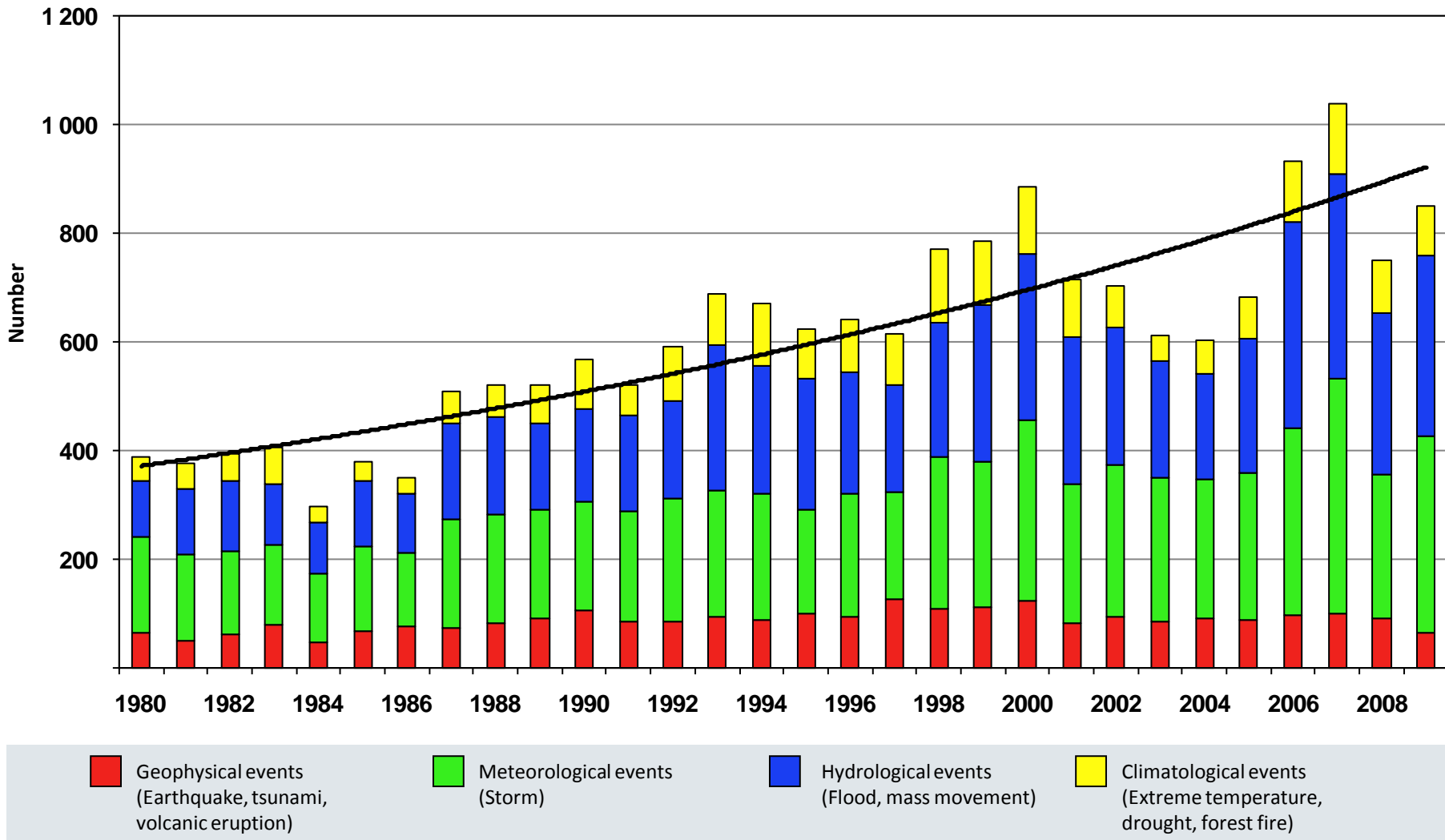
- Zato ne moremo pričakovati, da bo 35% zvišanje vsebnosti CO_2 brez posledic!

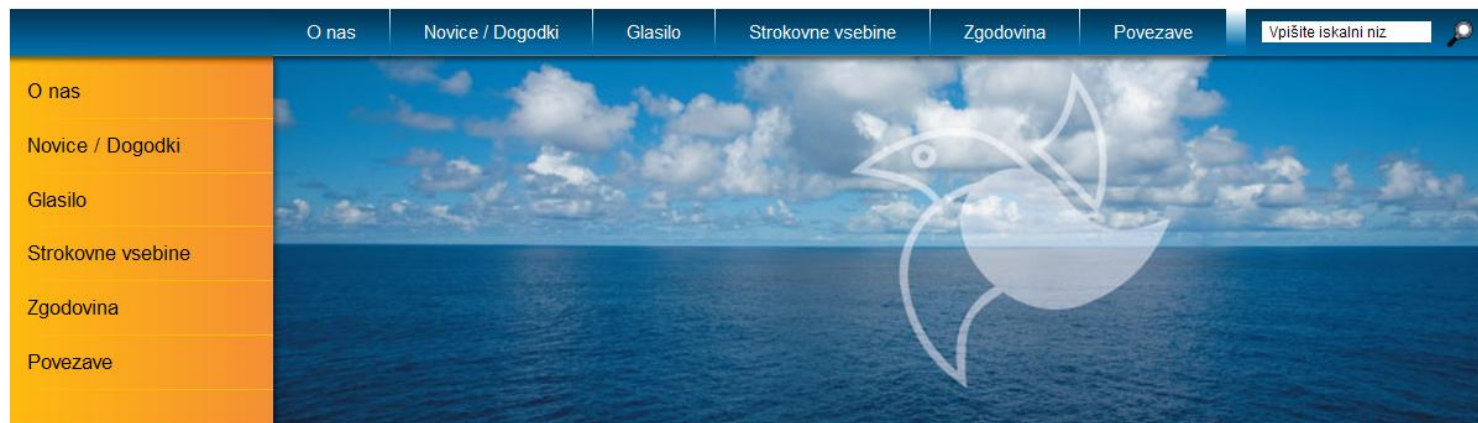


BREZ ČRNILA

Globalne natavne katastrofe 1980 – 2009

Število dogodkov s trendom





Tema letošnjega dneva meteorologov, ki ga vsako leto praznujemo 23. marca, na dan, ko je stopila v veljavo Konvencija o ustanovitvi Svetovne meteorološke organizacije, je "Podnebje za vas - Climate for you". Tema sovpada z nameni SMD, ki si je lani zadalo nalogo, da prouči najnovejša dognanja v zvezi s podnebjem in rezultate kot strokovno stališče društva predstavi slovenski javnosti.

Stališče SMD o podnebnih spremembah smo 23. marca 2011 predstavili kolegom in tudi medijem na dogodku, ki smo ga v počastitev dneva meteorologov organizirali skupaj z Agencijo RS za okolje. Najdete ga na naših spletnih straneh. V zvezi s podnebnimi spremembami smo v slovenščino prevedli že preko 50 najpogostejših trditev podnebnih skeptikov. Kaj o teh trditvah pravi znanost, najede na strani **Skeptical Science**.

Prav tako smo 22. marca 2011 izdali novo, že tretjo, številko našega glasila Vetrnica. Tudi to lahko najdete na naših straneh.

Želim vam prijetno branje.

Za Upravni odbor SMD
Jožef Roškar, predsednik



Tretja številka
(pdf, 30,1 Mb)



(pdf 10.37 Mb)

