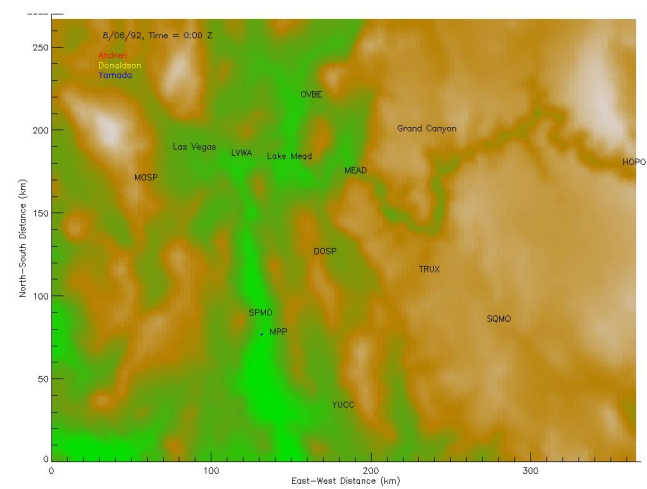
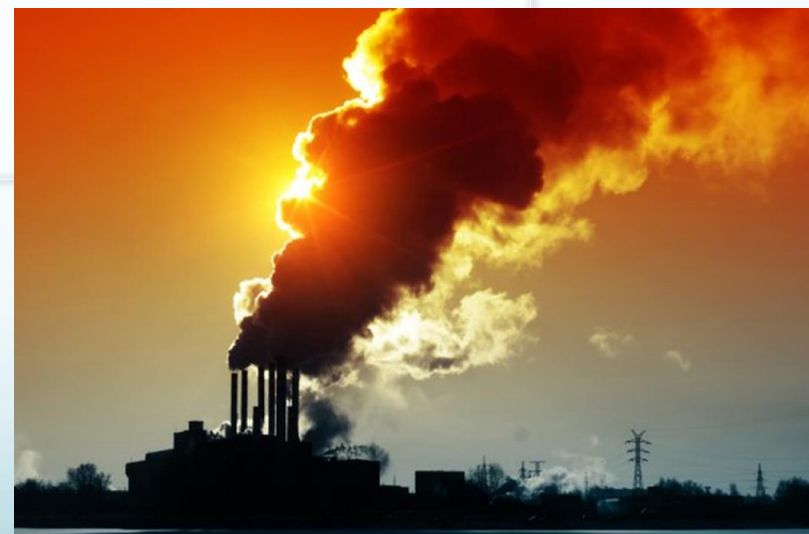
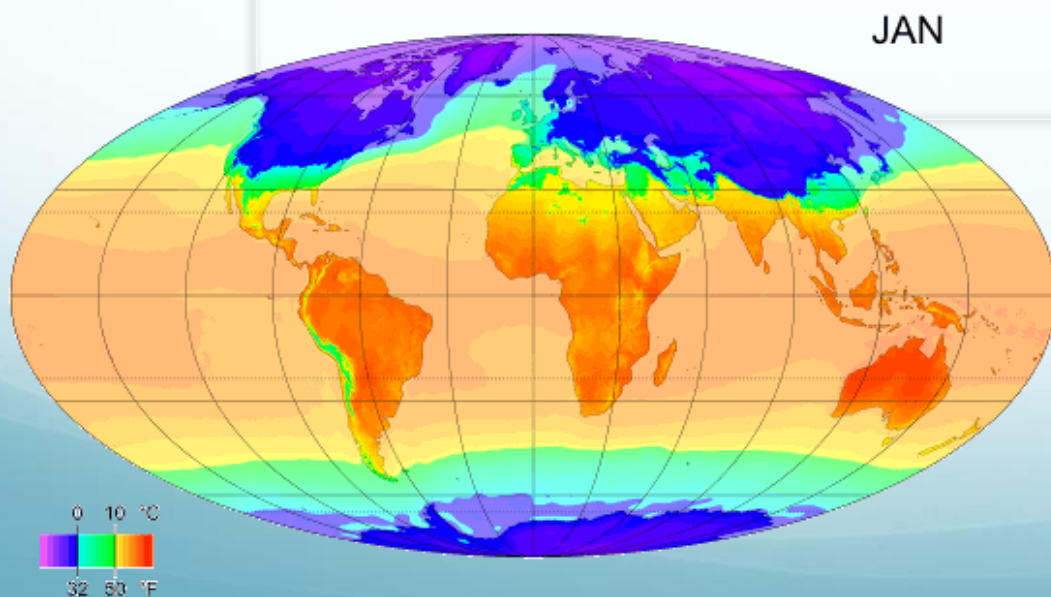




# *FIZIKA OKOLIŠA*



*Darko Koračin*

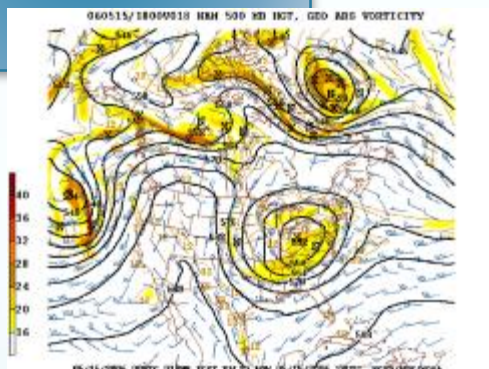
Opažanja, mjerenja



Vrijeme



Numeričke  
prognoze

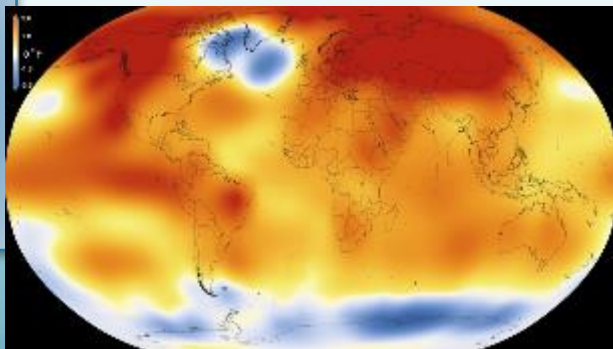


Fizika  
okoliša

Onečišćenje zraka,  
rijeka, mora



Klima  
Klimatske promjene



Obnovljive energije



# što se može očekivati od studija Fizike okoliša?

- Pored osnovnih znanja iz multidisciplinarnih kolegija meteorologije, oceanografije i znanosti okoliša, studenti će se pripremiti za mnoge karijere u znanosti uključujući usavršavanja u zemlji i inozemstvu, nastavi, državnim institucijama, privatnom sektoru.
- Teorijski dio znanja se nadopunjava naglaskom na samostalno analiziranje te numeričke i grafičke prikaze podataka mjerenja i rezultata vremenskih i klimatskih modela.

Meteorologija

Tehnike mjerenja

Numeričko  
modeliranje

Geofizika

Dinamika i  
modeliranje  
geofizičkih fluida

Oceanografija

Fizika  
okoliša

Obnovljive energije

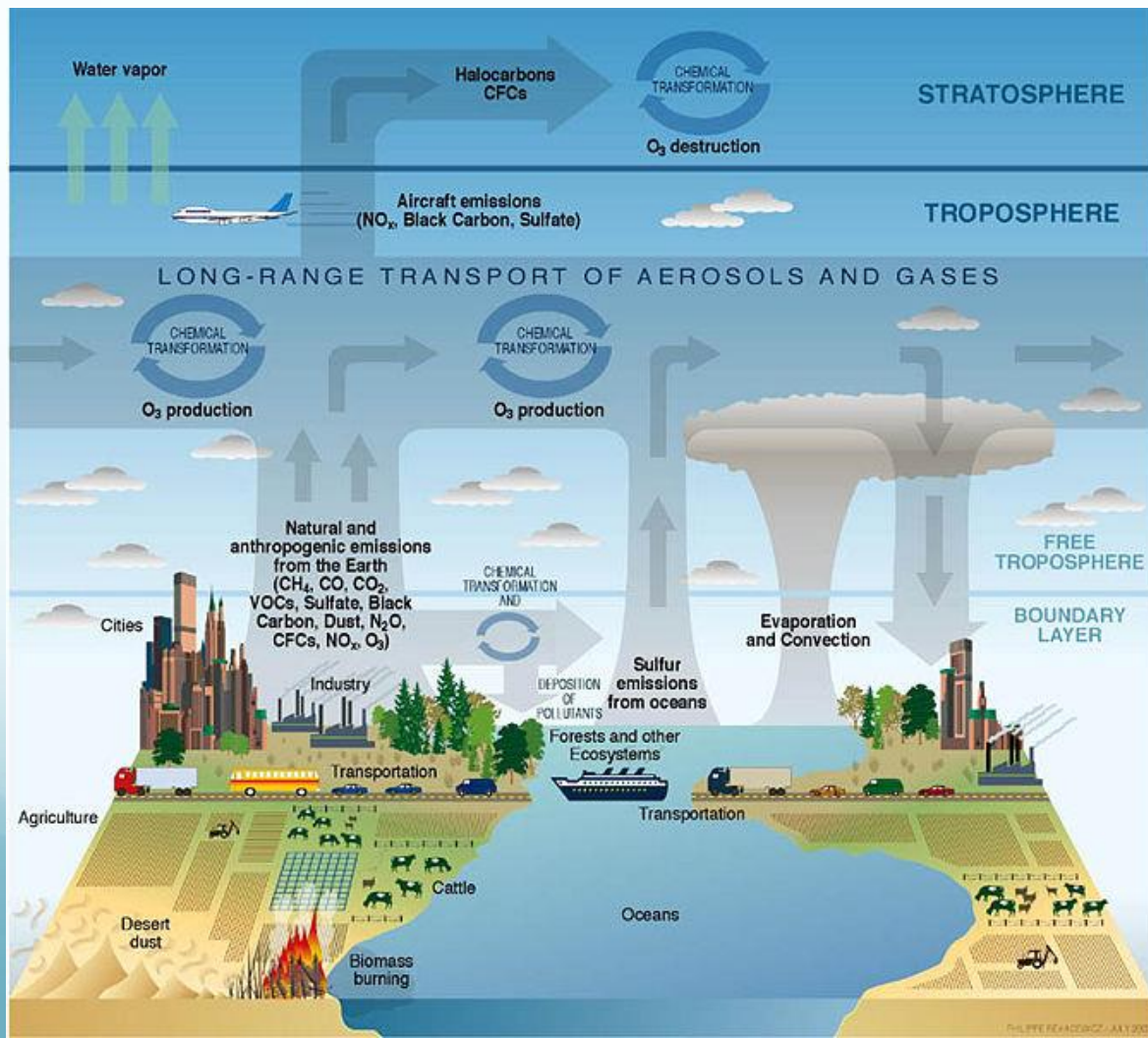
Seizmologija

Globalne klimatske  
promjene

Promjene u okolišu i  
rizici

Atmosfersko  
onečišćenje

# Važnost Fizike okoliša



- Društvo konačno (?) počinje shvaćati važnost poznavanja i zaštite okoliša te neizbježive potrebe da se napravi sve što se može da se umanje ili zaustave uzroci uništavanja našeg planeta.

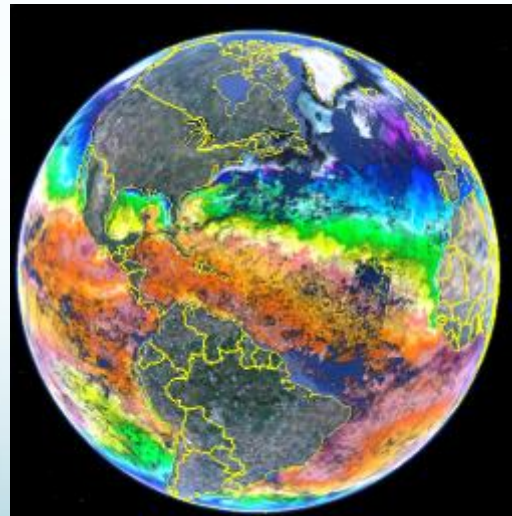
# Neke od glavnih točaka saznanja – *Tehnike mjerenja*

- *Standardna i nova daljinska mjerenja*



SODAR

Automatska  
Meteorološka  
postaja



Sateliti

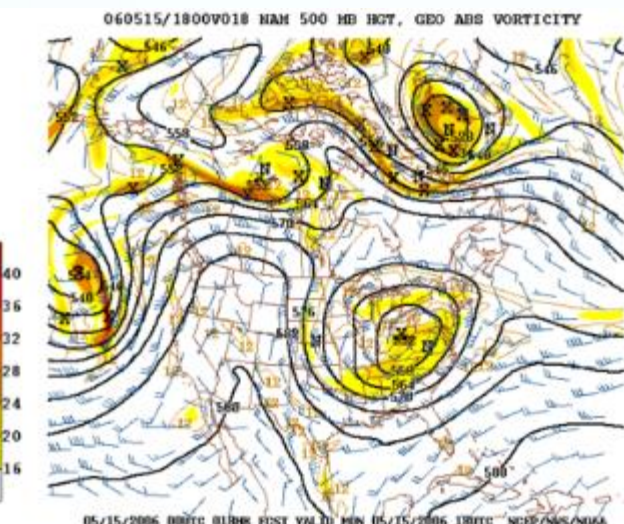


LIDAR

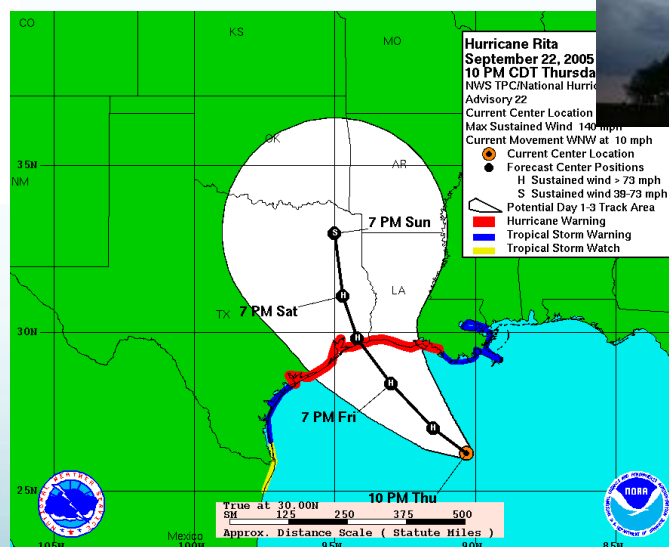
# Neke od glavnih točaka saznanja –

## *Modeliranje i prognoze*

- *Vremenske i klimatske prognoze*



Prognoza – sinoptičke mape

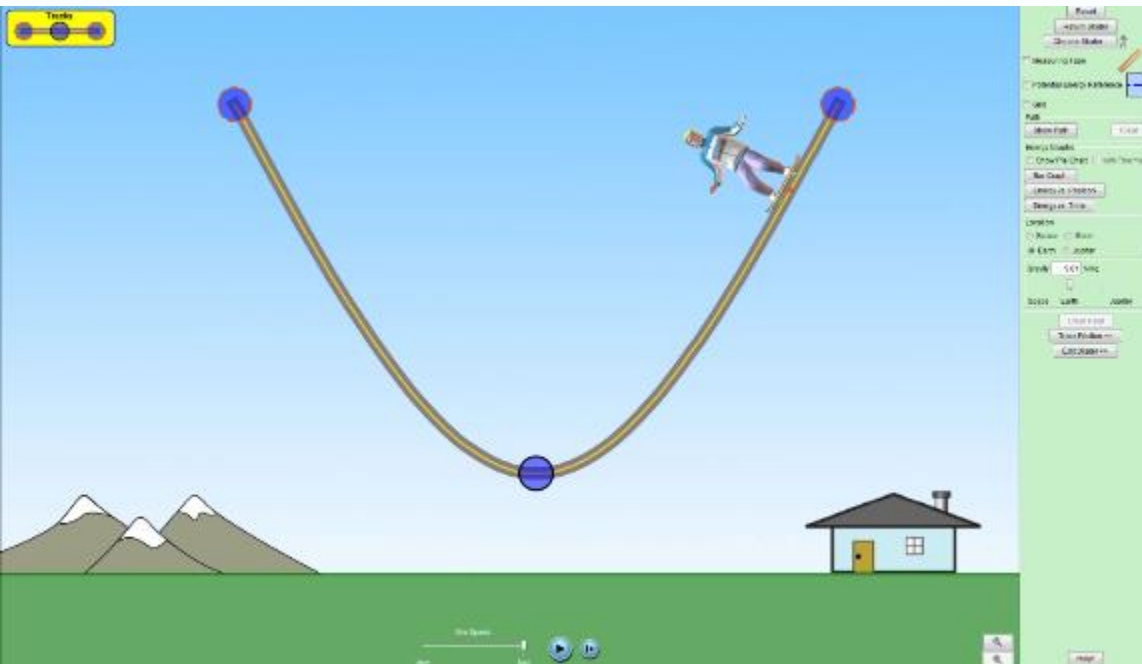


Putanje uragana

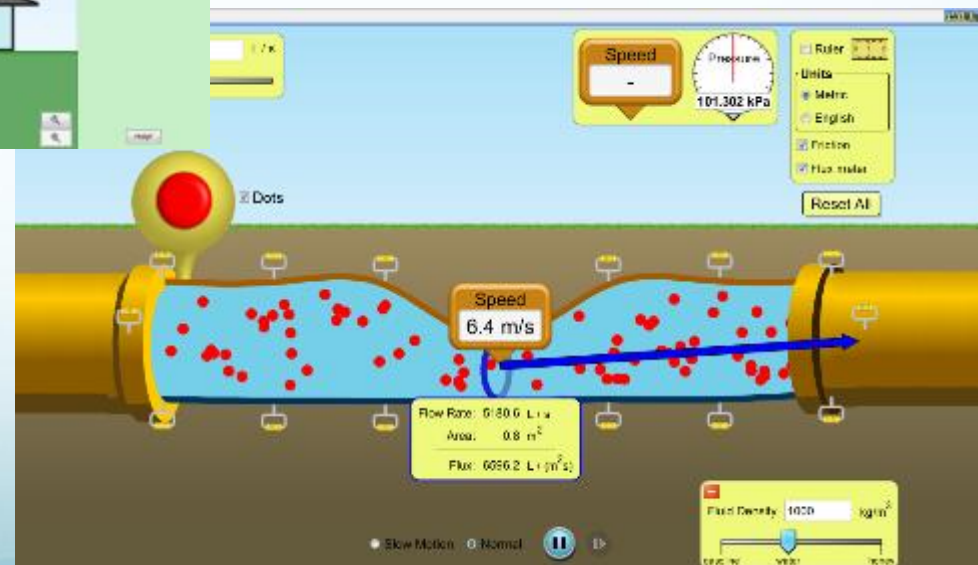


Nastanak tornada

## Neke od glavnih točaka saznanja – *Dinamika i modeliranje geofizičkih fluida*



## Skejter simulator



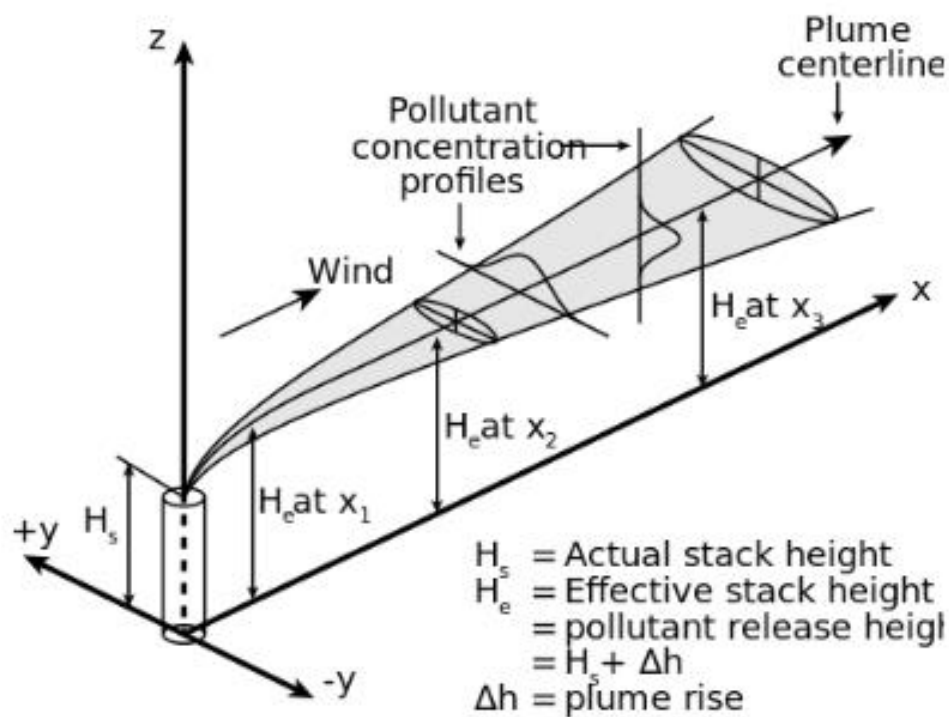
# Tlak i strujanje fluida

# Neke od glavnih točaka saznanja – *Atmosfersko onečišćenje*



Transport and disperzija polutanata

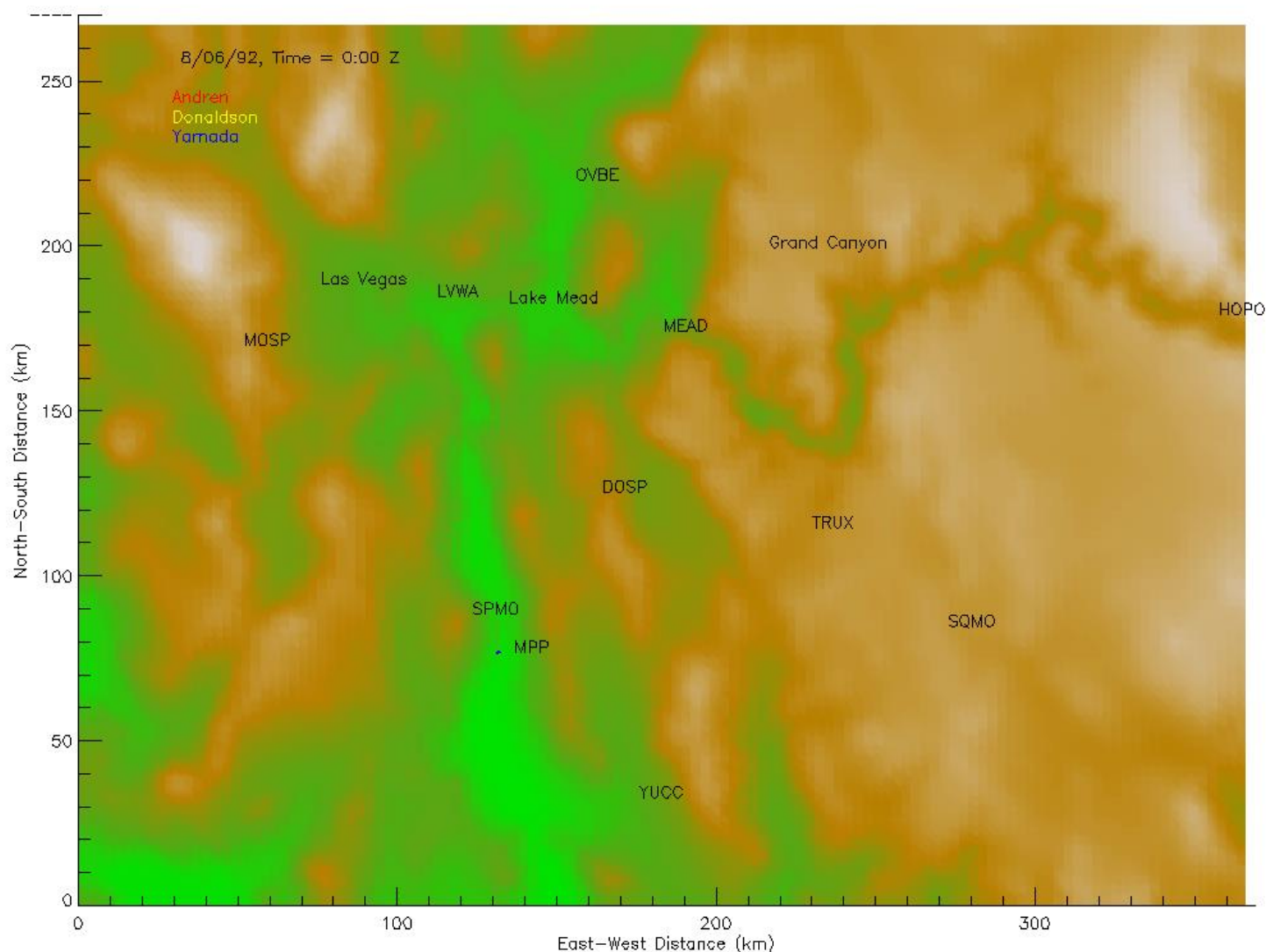
Jednostavni modeli



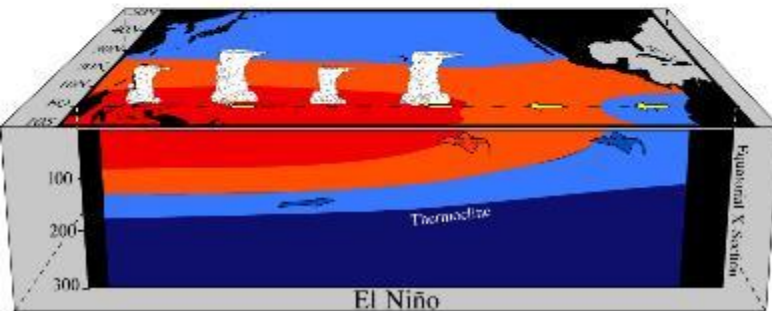
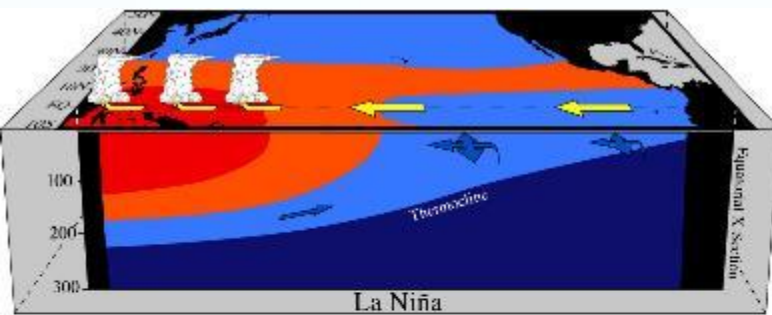
# Neke od glavnih točaka saznanja – *Atmosfersko onečišćenje*

Složeni numerički modeli

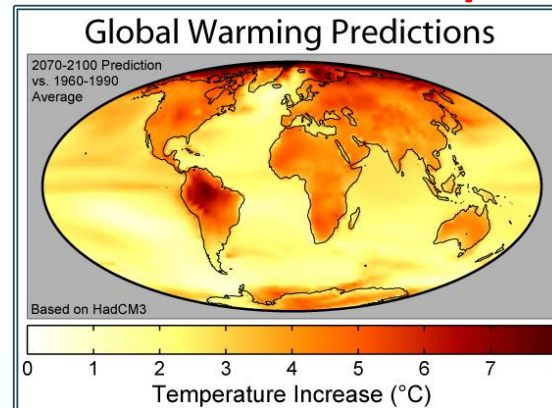
Transport and disperzija polutanata



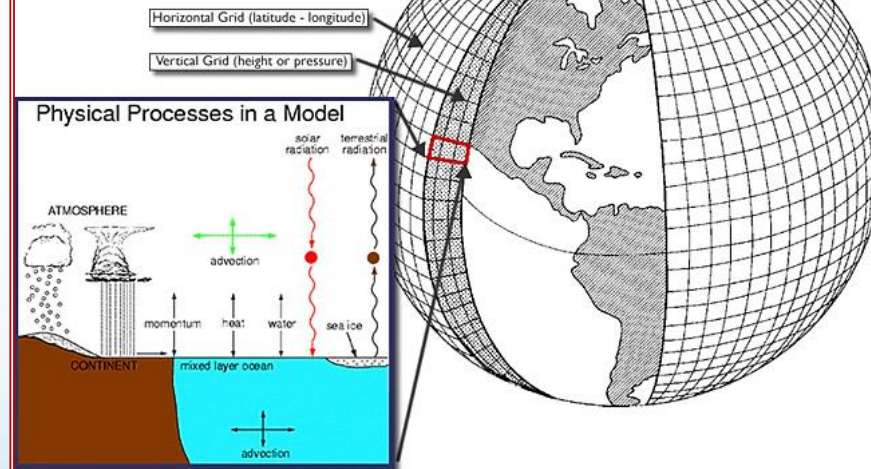
# Neke od glavnih točaka saznanja – *Klimatske promjene i klimatske prognoze*



El Nino, La Nina



## Schematic for Global Atmospheric Model

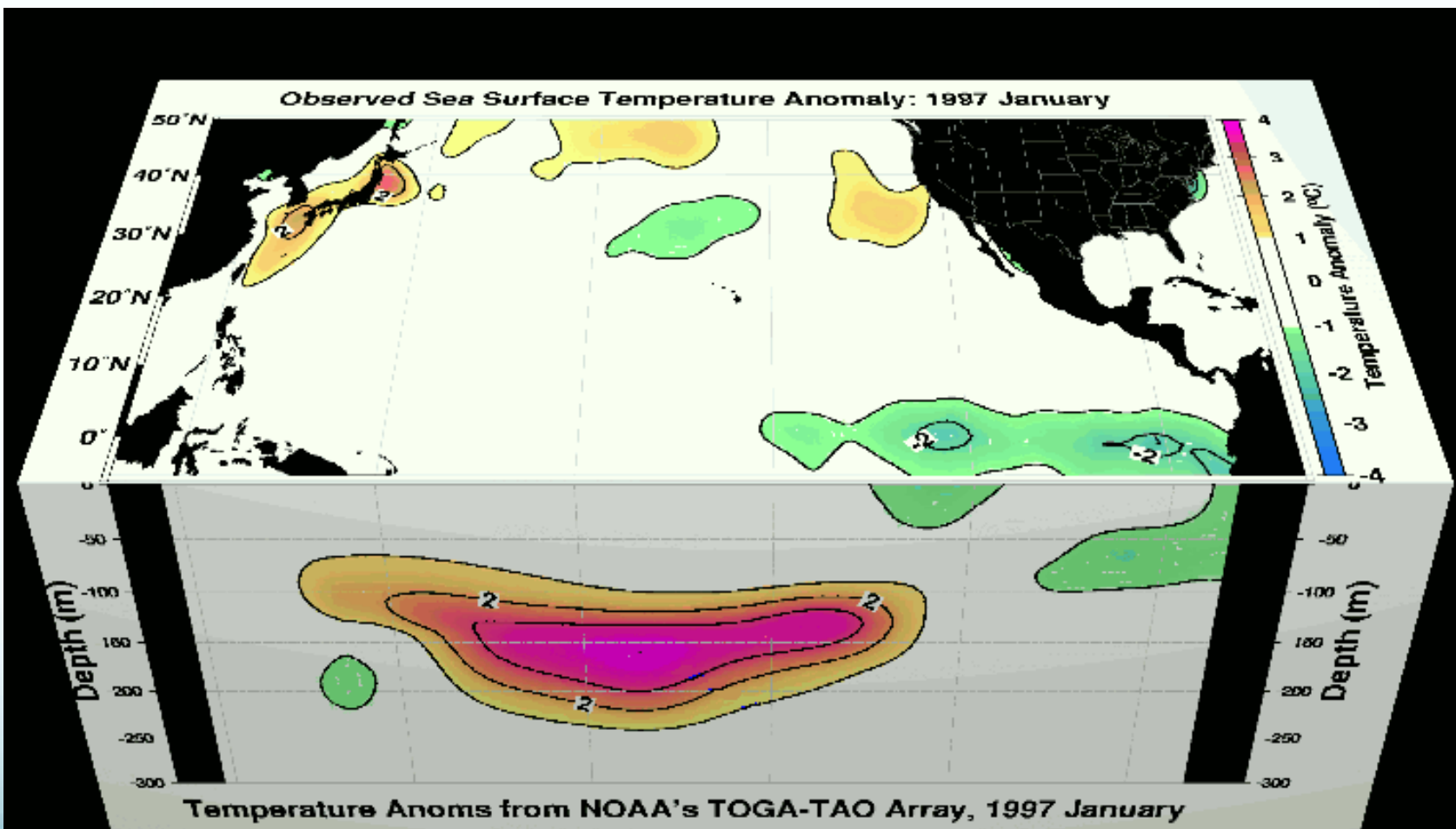


Za primjenu klimatskih modela, zemlja i atmosfera se podijele na 3D mrežu na kojoj se primjene osnovne jednačbe modela. Atmosferski modeli prognoziraju vjetar, temperaturu, termičke flukseve, radijaciju, relativnu vlagu i hidrološke procese unutar točaka mreže i uz interakciju sa susjednim točkama.

Neke od glavnih točaka saznanja –

## *Klimatske promjene i klimatske prognoze*

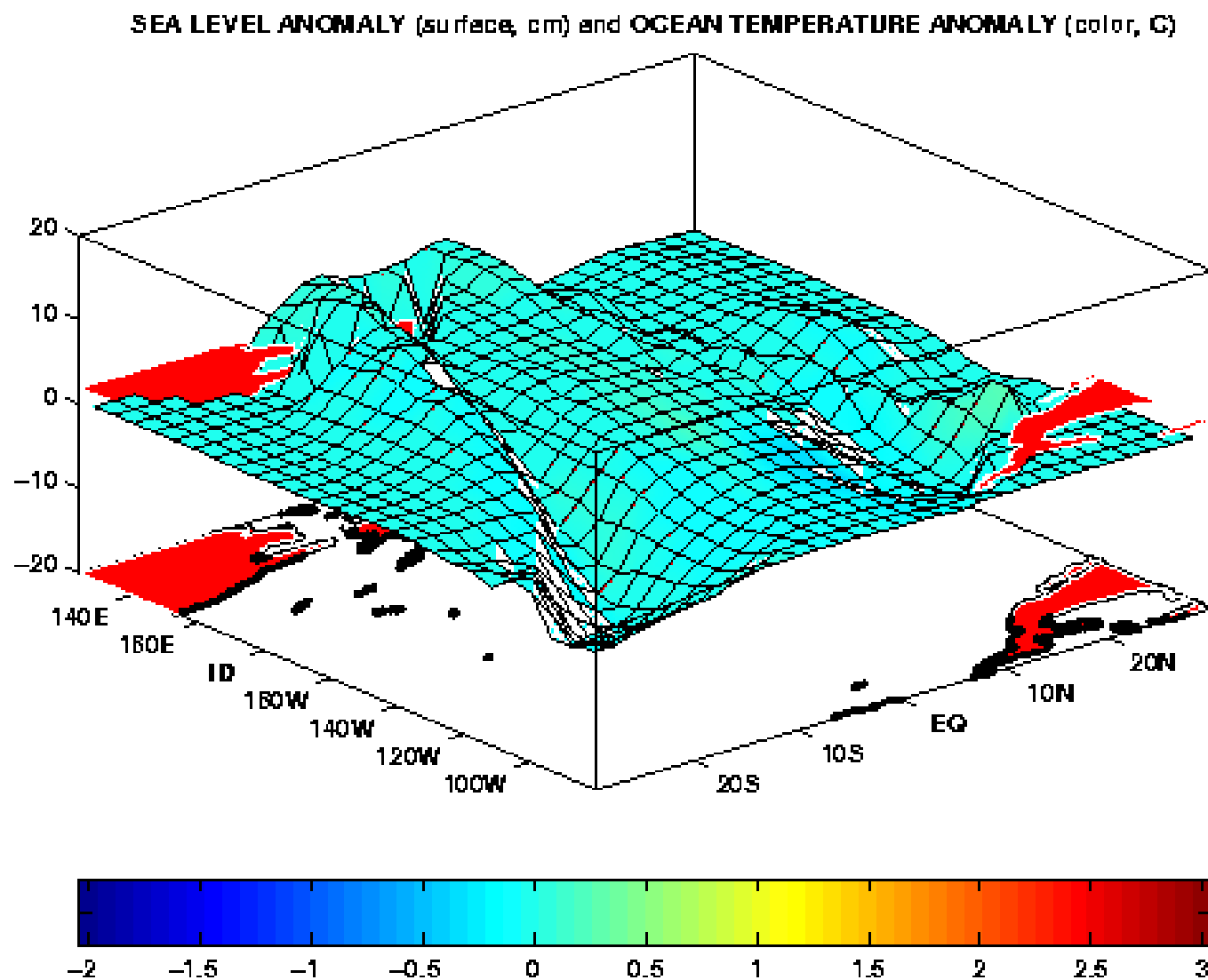
El Nino, La Nina - mjerenja



# Neke od glavnih točaka saznanja –

## *Klimatske promjene i klimatske prognoze*

El Nino, La Nina – prognoze razine mora



Meteorologija

Uža fizika

Oceanografija

Fizika  
okoliša –  
karijere,  
zaposlenja

Zaštita okoliša  
Zdravstvo

Klima  
Klimatske promjene

Centar Izvrsnosti  
*STIM*: Center for Excellence  
for Science and Technology  
– Integration of  
Mediterranean Region

Obnovljive energije

Združeni diplomski  
studij – Sveučilište  
Bremen, Njemačka

Aegean sveučilište,  
Grčka

Italija, Njemačka,  
Francuska, Irska

New Mexico, Tech,  
SAD

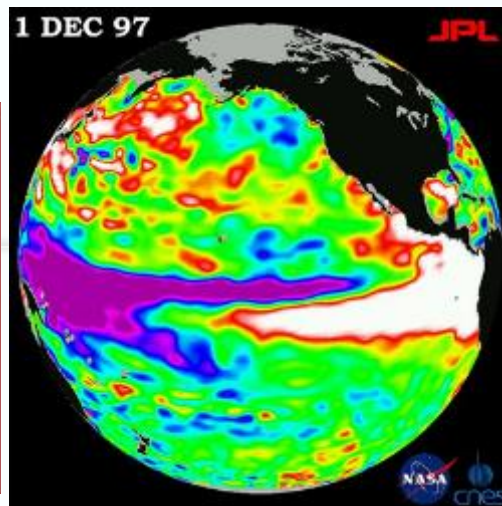
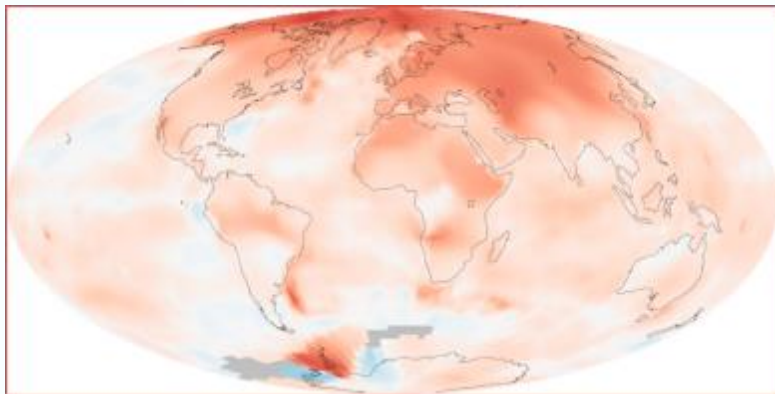
## Fizika okoliša – suradnja, usavršavanje

IZOR, Split;  
Sveučilište u  
Zagrebu

University of  
Nevada, Reno, SAD

Centar Izvrsnosti - Split  
*STIM*: Center for Excellence  
for Science and Technology  
– Integration of  
Mediterranean Region

Državni  
hidrometeorološki  
zavod



## Vrijeme i klima



Trenutno stanje atmosferskih parametara

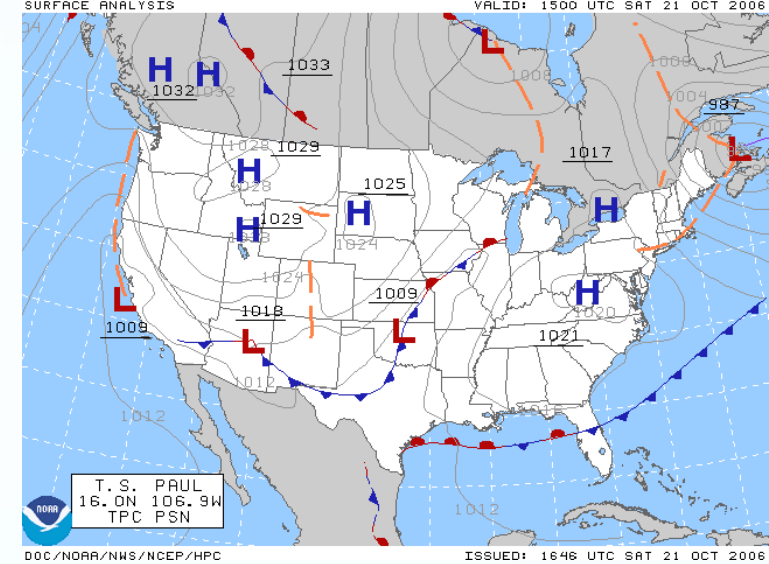
Dugogodišnji srednjak atmosferskih parametara

*Klima je ono što očekuješ,  
a vrijeme je ono što se stvarno dogodi u atmosferi !*

# Vrijeme



Dolazak frontalnog sistema



Vremenska karta - analiza



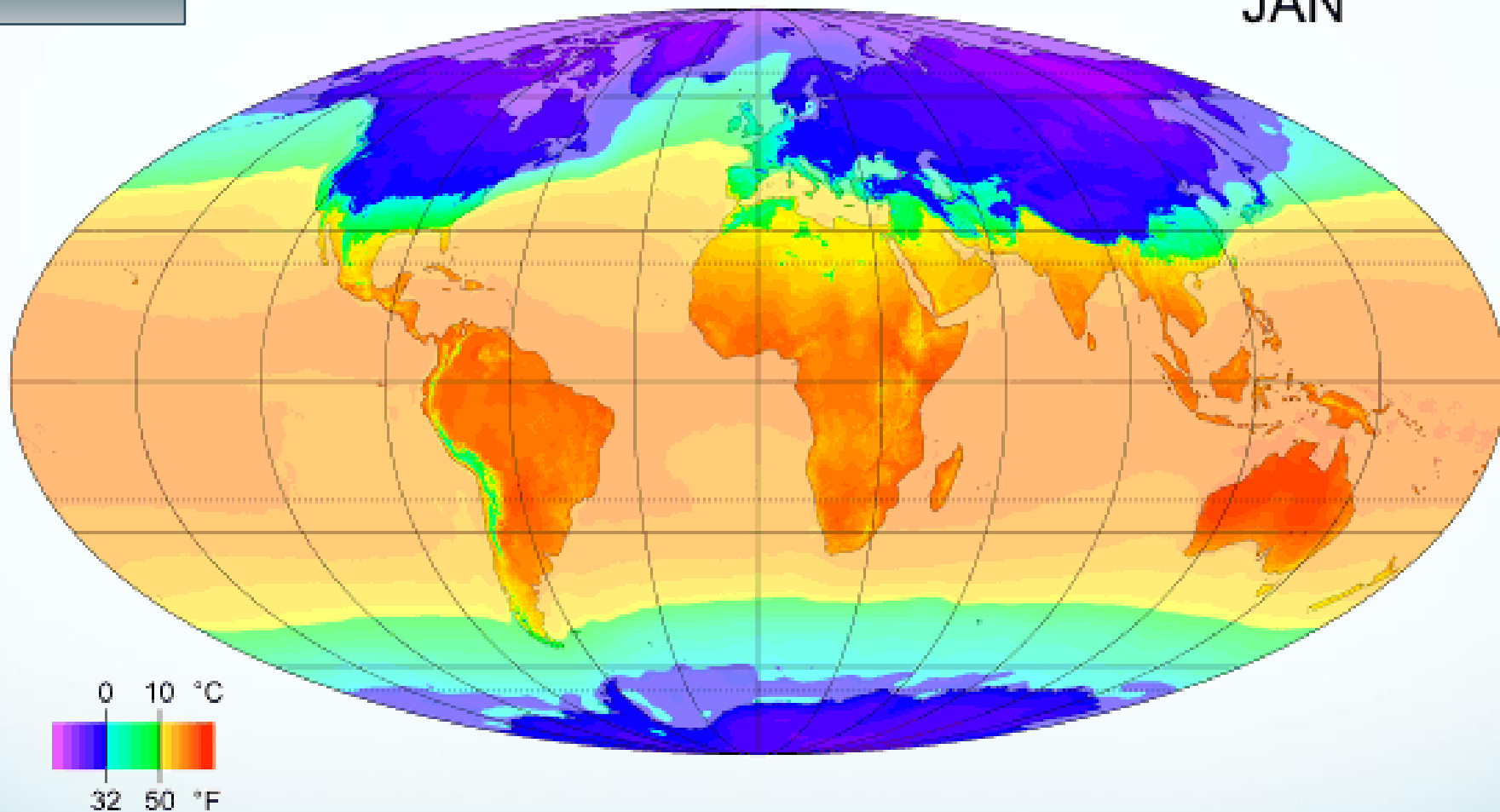
Numerička prognoza –  
putanja uragana za 3 dana



Uragan snimljen iz svemira

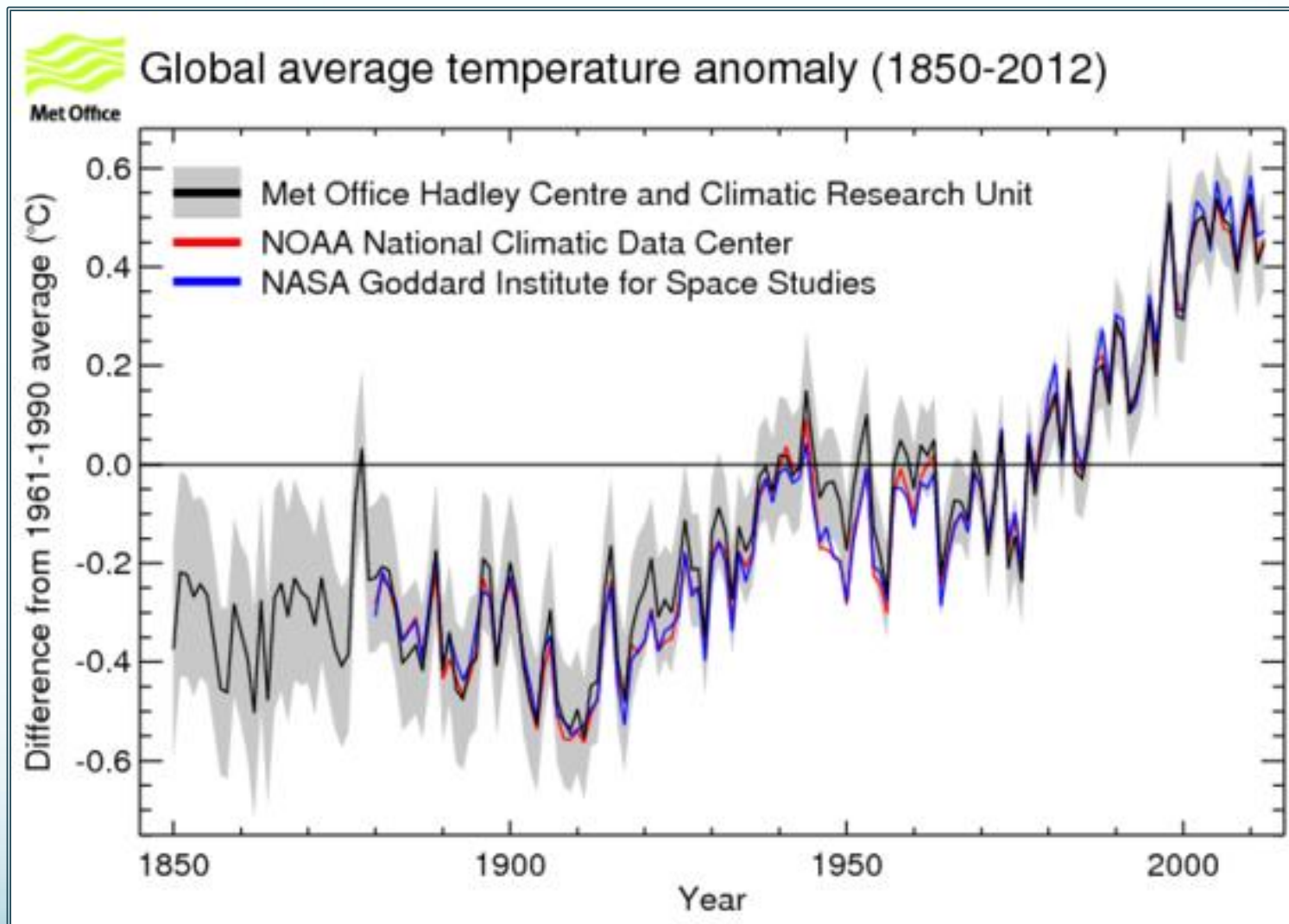
# Klima

JAN



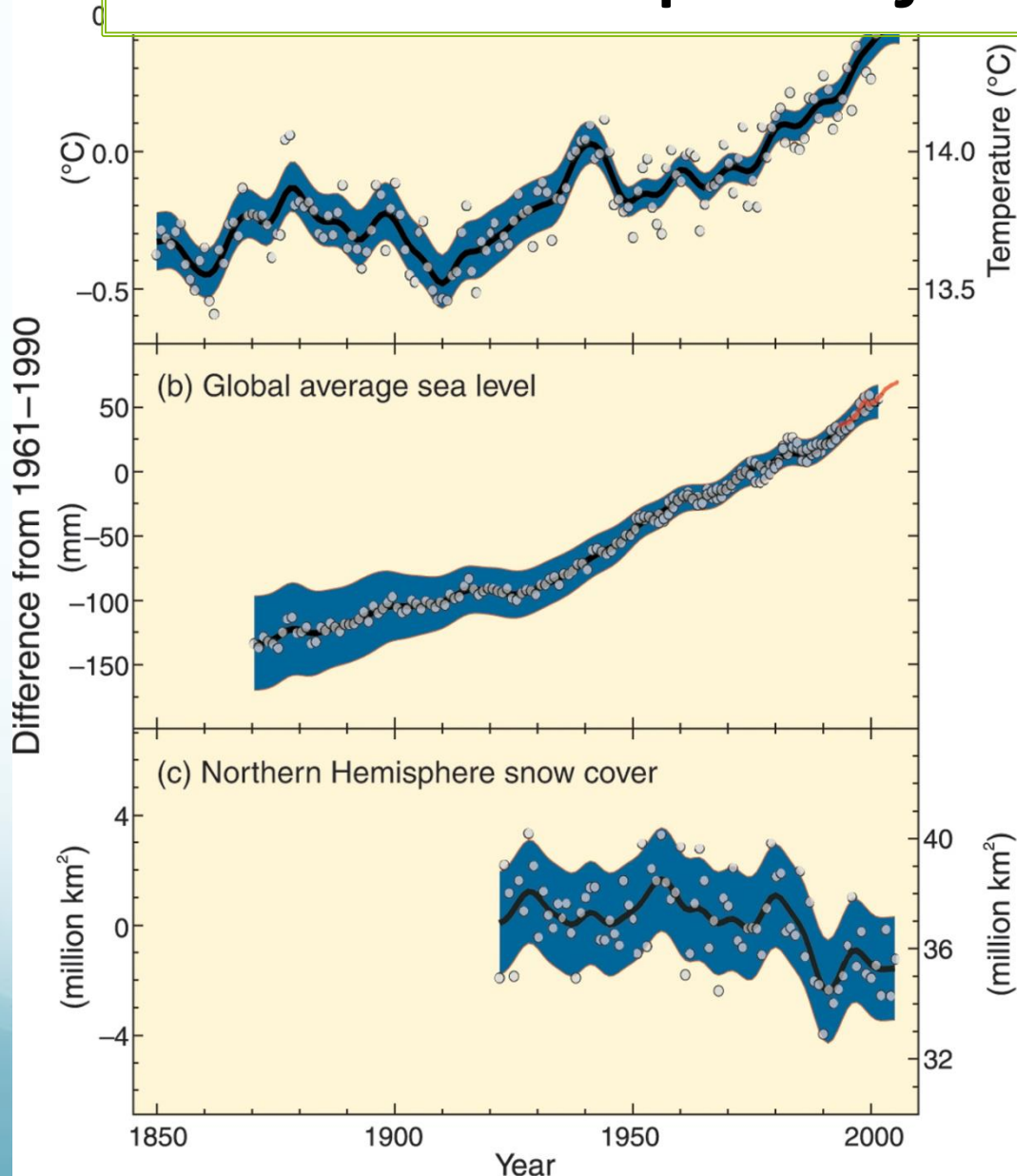
Srednje mjesečne temperature 1961–1990. Ovo pokazuje kako klima ovisi o lokaciji i sezoni

**Kako se dobiva globalna temperatura (obično mjesečna)?  
3 centra računaju: GB-MetOffice; NOAA NCDC; NASA GISS**



**Obično 2000 kopnenih stanica, oko 1200 plutača i 4000 brodova (dobrovoljno)  
Računa se anomalija od srednjaka 1961-1990**

# Klimatske promjene - mjerenja



Globalne srednje  
površinske temperature

Globalna srednja razina  
mora

Snježni pokrivač na  
sjevernoj hemisferi

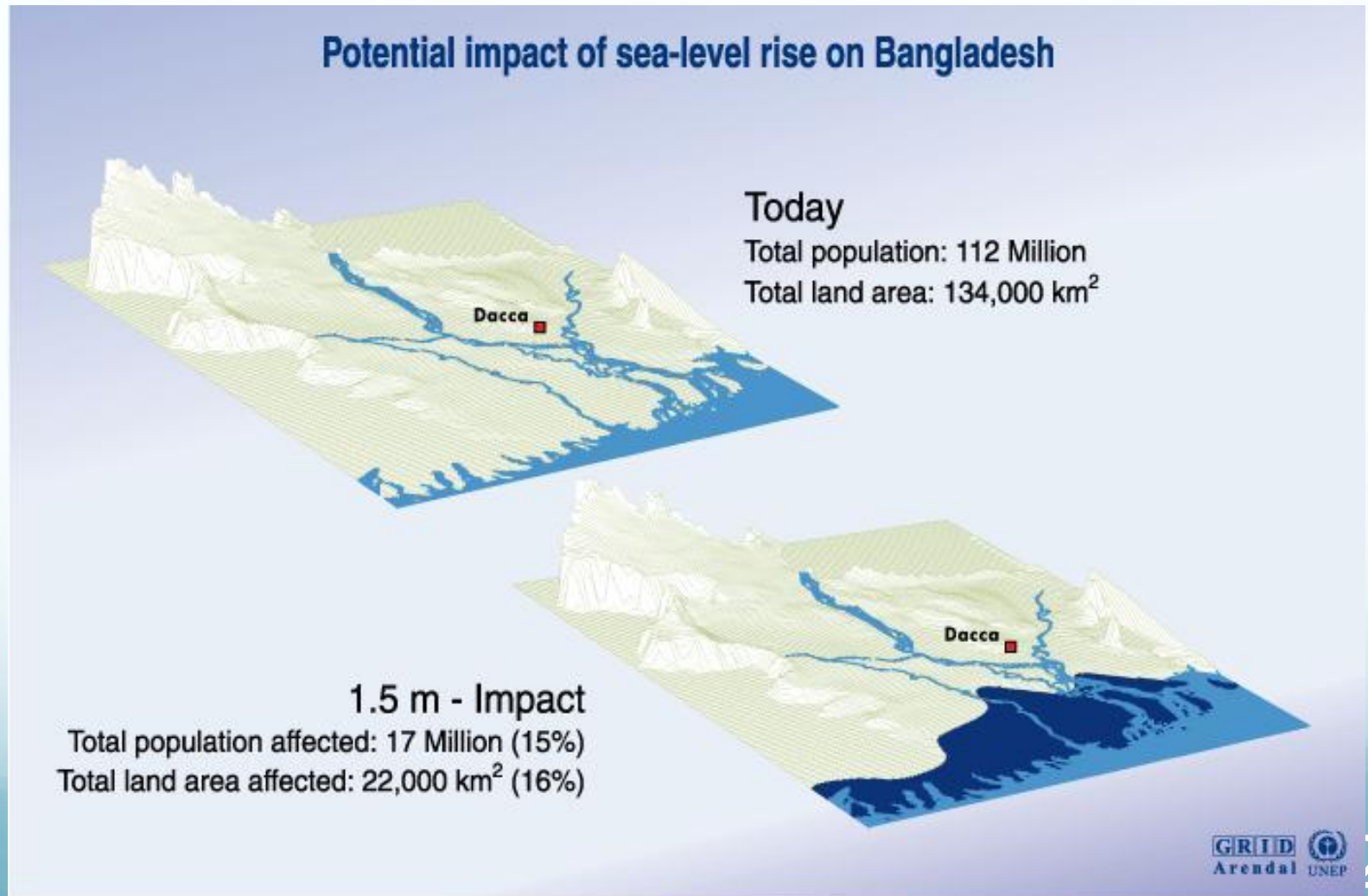
# Klimatske promjene – opaženi trendovi

- Povećanje intenzivnih oborina - poplave



# Klimatske promjene – opaženi trendovi

- Povećanje razine mora – napr.: 1,5 metara



# Klimatske promjene – opaženi trendovi

- Produžena sezona vegetacijskog razvoja
- Promjene u biljnom i životinjskom svijetu
- Promjene u hidrološkom ciklusu.

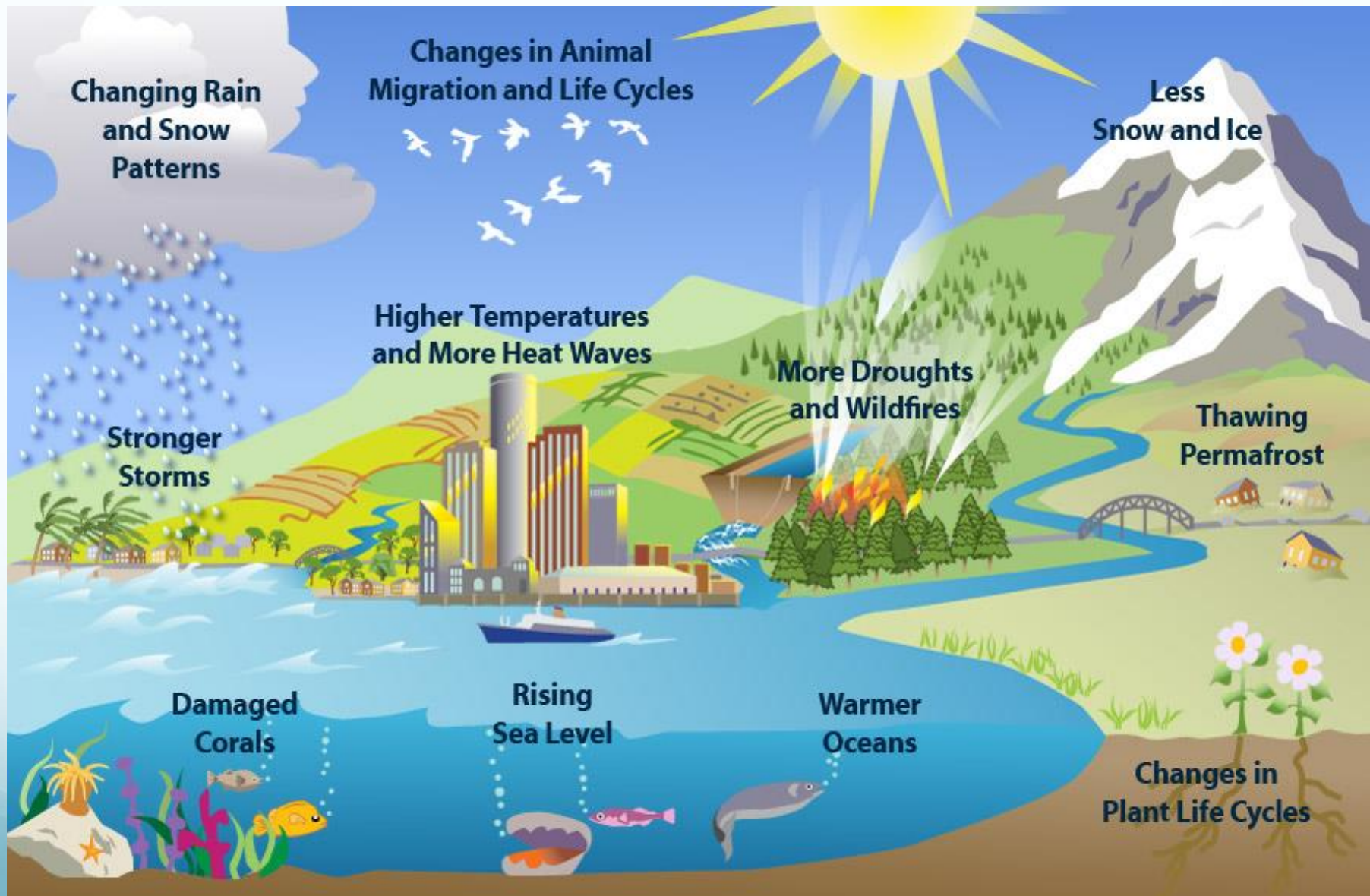


# Klimatske promjene – opaženi trendovi

- Promjene smanjivanja snijega i leda



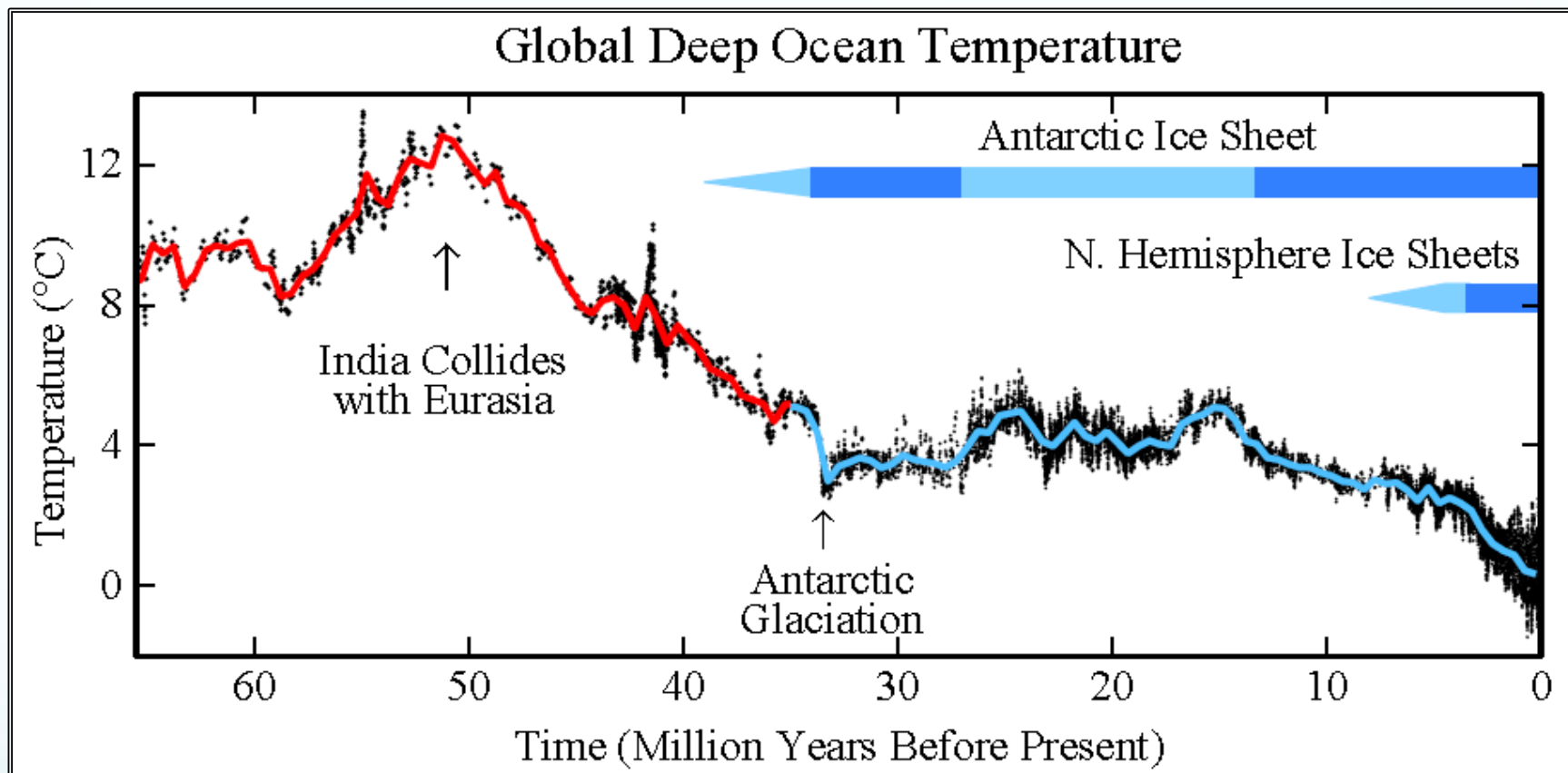
# Klimatske promjene – sumarno



# Osnove shvaćanja

1. Zemljina paleoklimatska povijest
2. Postojeće globalne promjene klime
3. Klimatski modeli

***Počnimo od najdalje dostupne povijesti klime-geološke i maritimne paleo-studije***



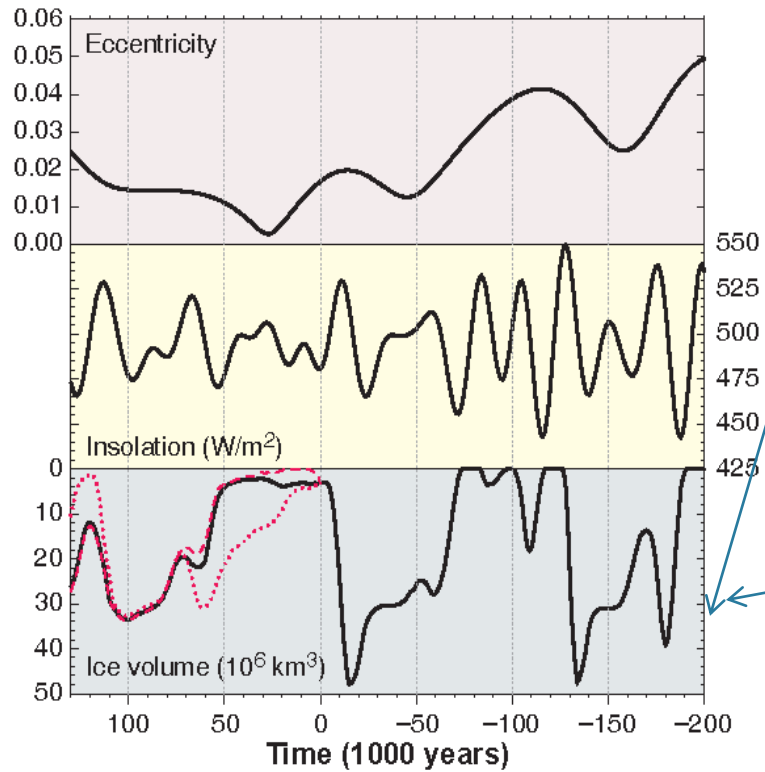
**Maksimum globalnih temperatura je bio prije 50 miliona godina; planet je bio potpuno bez leda.**

**Atmosferski CO<sub>2</sub> je bio ~ 1000 ppm prije 50 miliona godina.**

**Antartik je postao pokriven ledom kad se CO<sub>2</sub> spustio na  $450 \pm 100$  ppm.**

# Polemika – dugogodišnja perspektiva klime

## 200,000 godina prije danas pa sve do 130,000 u budućnosti



**Orbiting the Sun.** Long-term variations of eccentricity (**top**), June insolation at 65°N (**middle**), and simulated Northern Hemisphere ice volume (increasing downward) (**bottom**) for 200,000 years before the present to 130,000 from now. Time is negative in the past and positive in the future. For the future, three CO<sub>2</sub> scenarios were used: last glacial-interglacial values (solid line), a human-induced concentration of 750 ppmv (dashed line), and a constant concentration of 210 ppmv (dotted line). Simulation results from (13, 15); eccentricity and insolation from (19).

### Volumen leda

\* Volumen leda će imati minimum u sljedećih 50,000 godina (puna linija).

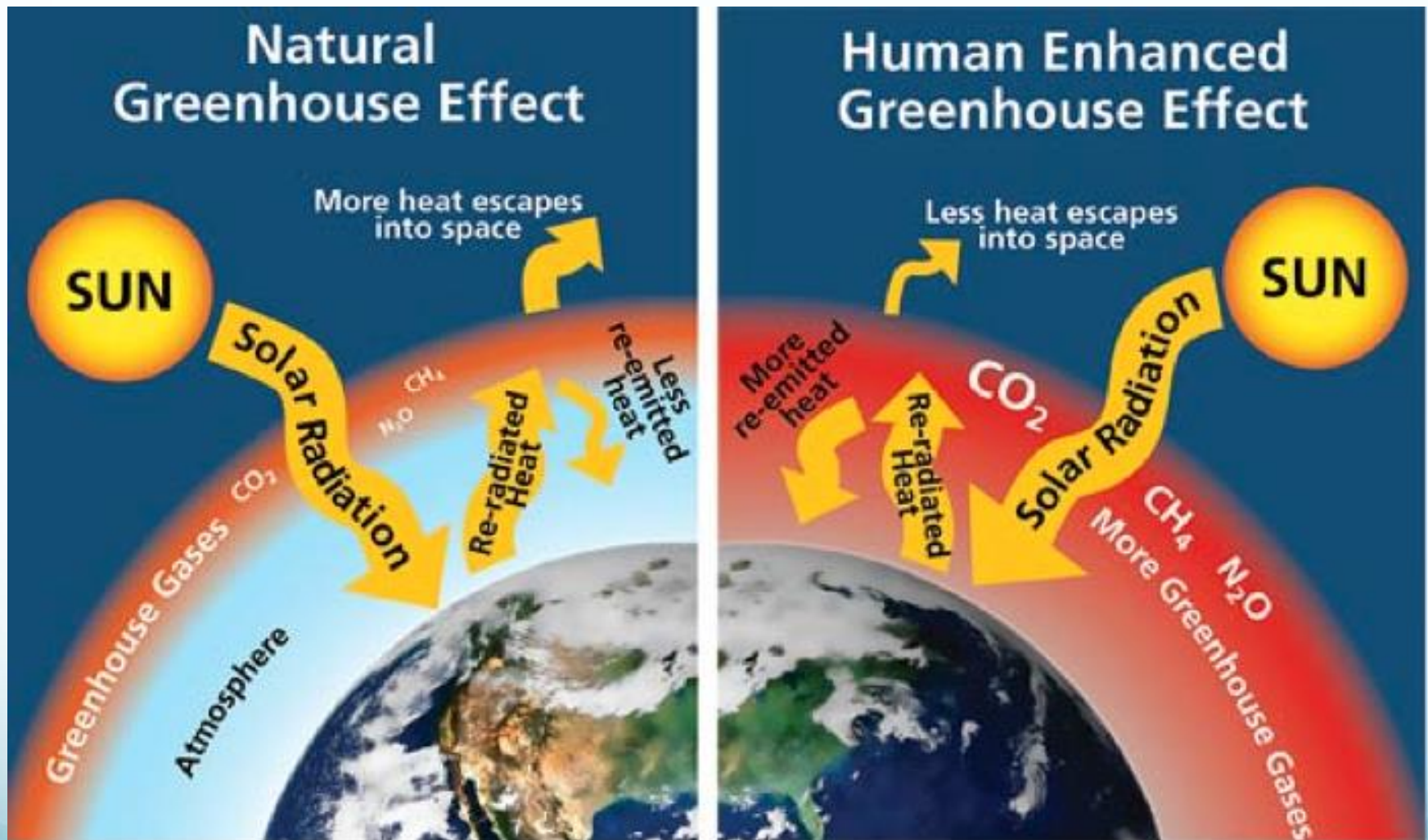
• Ljudski uvjetovan CO<sub>2</sub> uvjetuje (710 ppmv) daljnje smanjenje volumena leda u sljedećih 30,000-50,000 godina (isprekidana linija).

• Jedan od referentnih scenarija: Ako bi koncentracije CO<sub>2</sub> bile male i postojane (210 ppmv), one bi inicirale veliki porast volumena leda nakon 10,000-20,000 godina počevši od sada (dotted line).

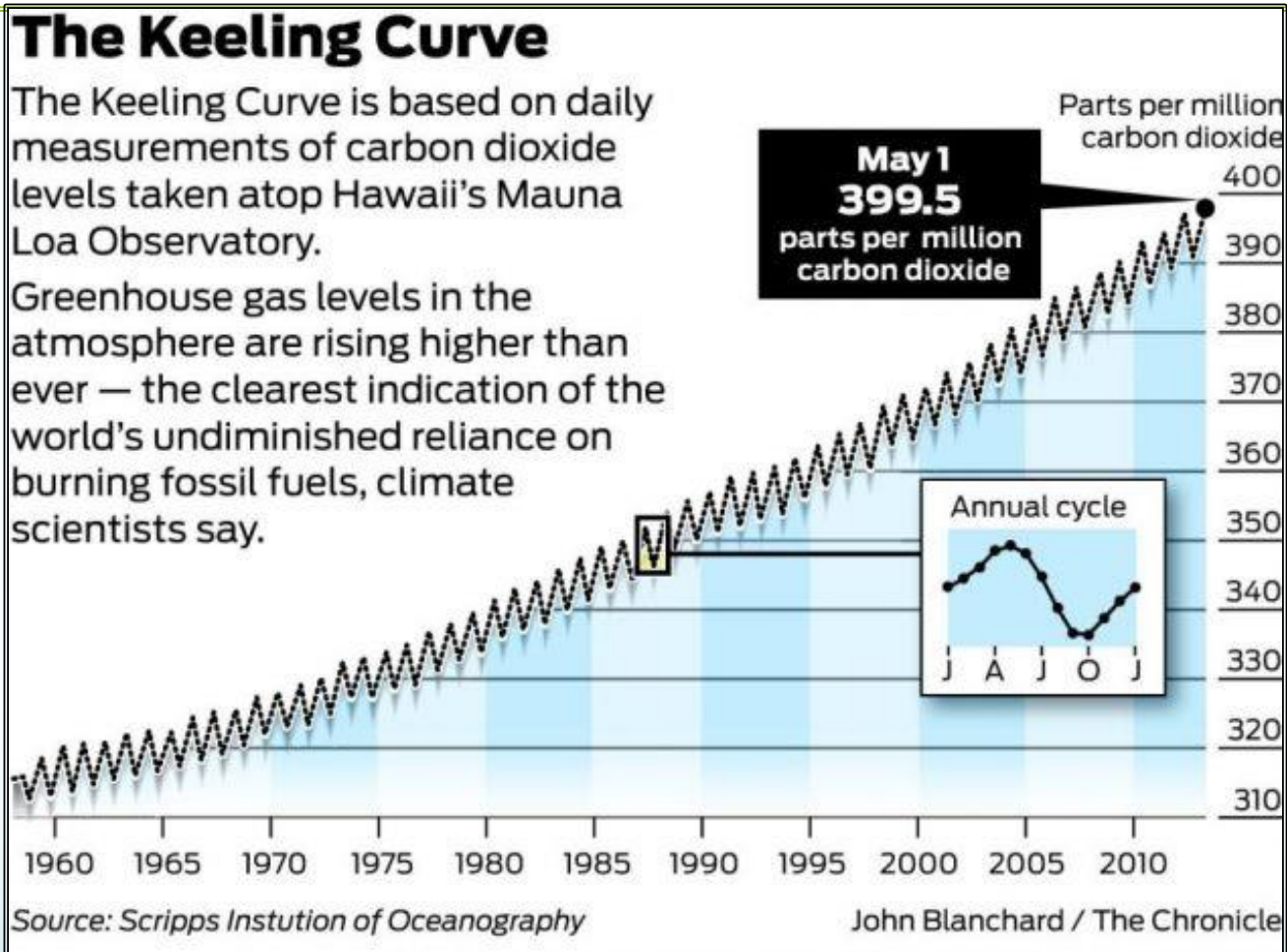
# Utjecaj covjeka na klimu



# Efekt staklenika

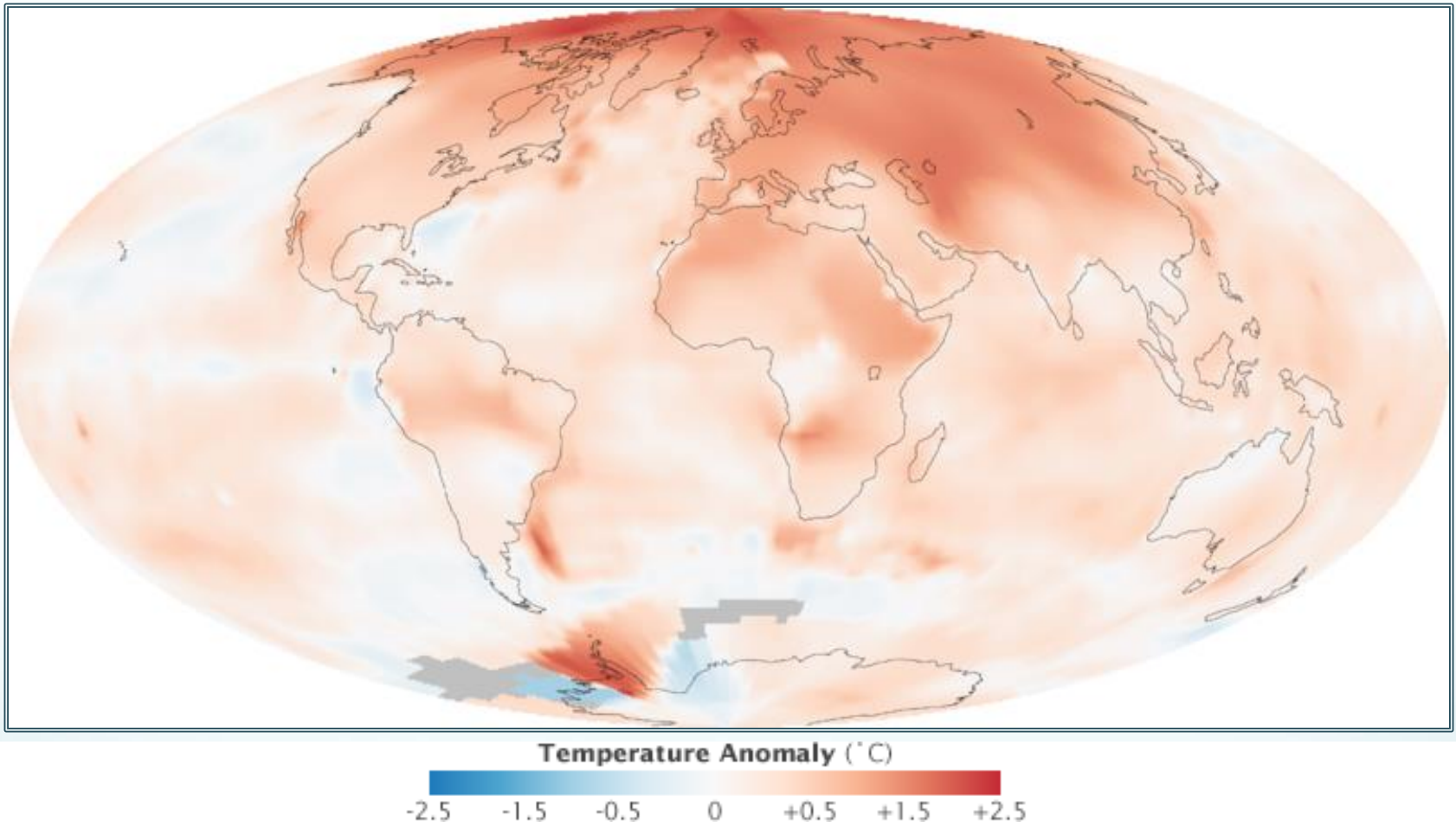


# Početak spoznaje



Keeling krivulja: Atmosferske CO<sub>2</sub> koncentracije mjerene na [Mauna Loa Observatory](#), Hawai

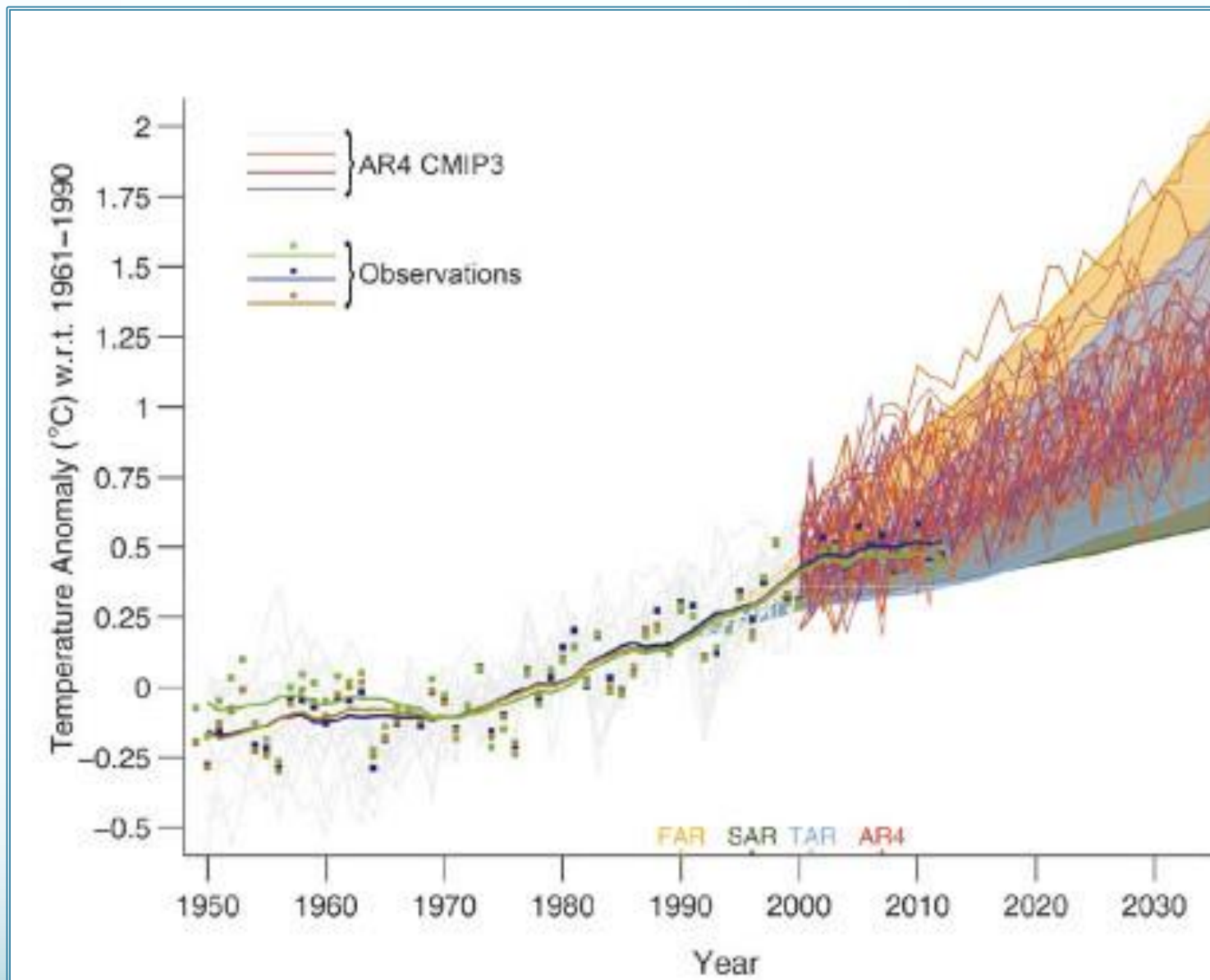
# Globalno zatopljenje – prostorna opažanja



Prosječna promjena površinske temperature za razdoblje od 2000 do 2009 u odnosu na srednje temperature 1951-1980

# Utjecaj klimatskih promjena

- Porastom razine mora (otapanje i termičko zagrijavanje) se povećava obalna erozija koja prijeti stanovništvu.
- Rizici i troškovi u visokim širinama i polarnim područjima se povećavaju. Uslijed otapanja permafrosta oštećuju se ceste, zgrade i šume
- Požari će se povećati kako zatopljenje napreduje. Očekuju se veliki pomaci u šumskim vrstama.
- Predviđa se razvoj insekata prenosnika zaraznih bolesti te migracije u veće geografske širine.



Porast temperature prema IPCC izvještaju – modeli – do 2035

# Površinsko otopenje na Grenlandu

Otopljeni voda se  
kanalizira i otiče na  
ledenu koru



*Source: Roger Braithwaite,  
University of Manchester (UK)*

# Jakobshavn ledeni potoci na Grenlandu

Potoci otopljenog leda na Grenlandu se ubrzano povećavaju.



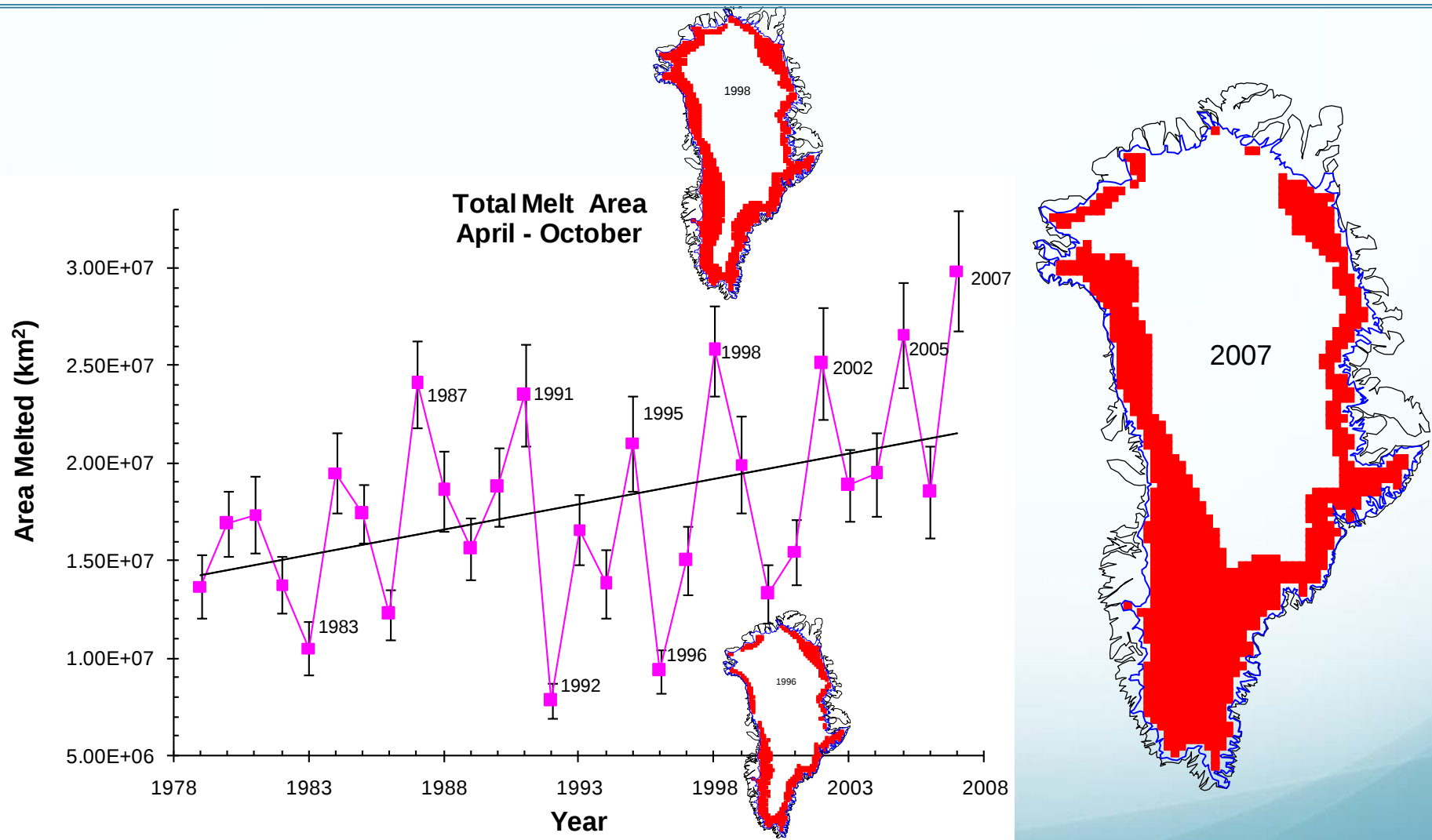
*Source: Prof. Konrad Steffen,  
Univ. of Colorado*

## Rongbuk glečer



Rongbuk glečer u 1968 (gornja slika) and 2007 (donja slika). Taj najveći glečer na sjevernoj padini Mount Everesta puni rijeku Rongbuk.

# Grenland: Površina otopljenog leda

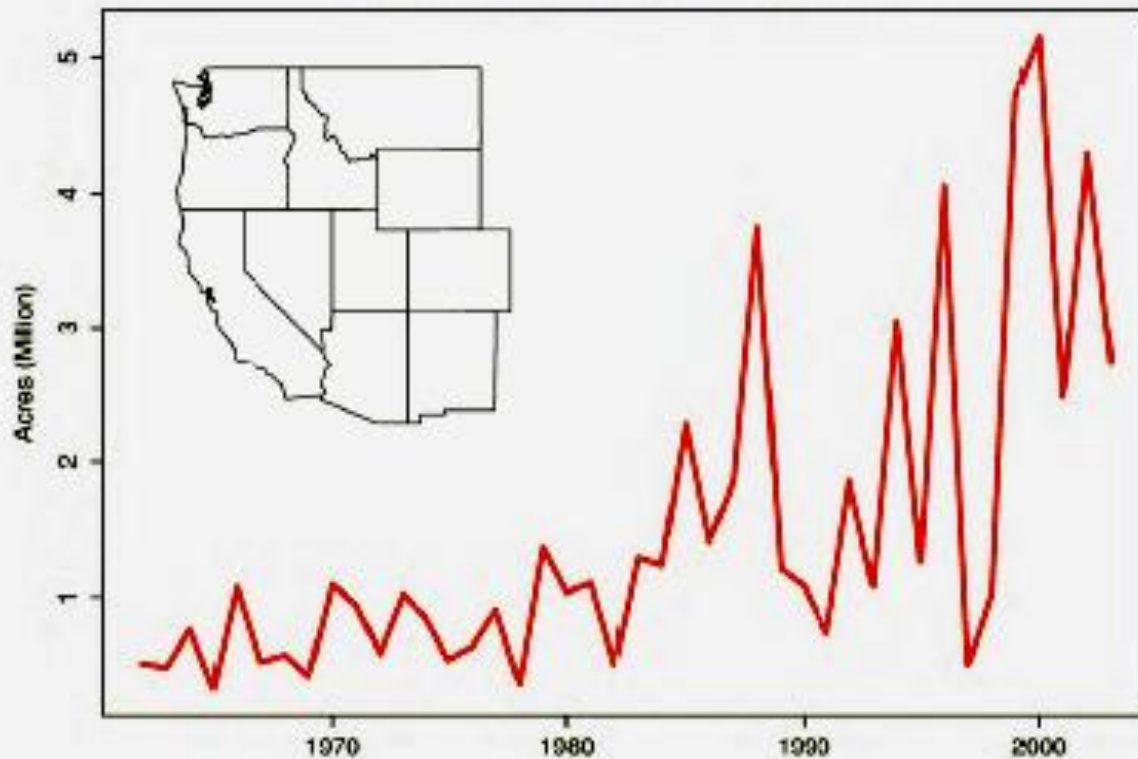




Gradovi u Latinskoj Americi koji su u opasnosti od porasta razine mora za 1-meter.

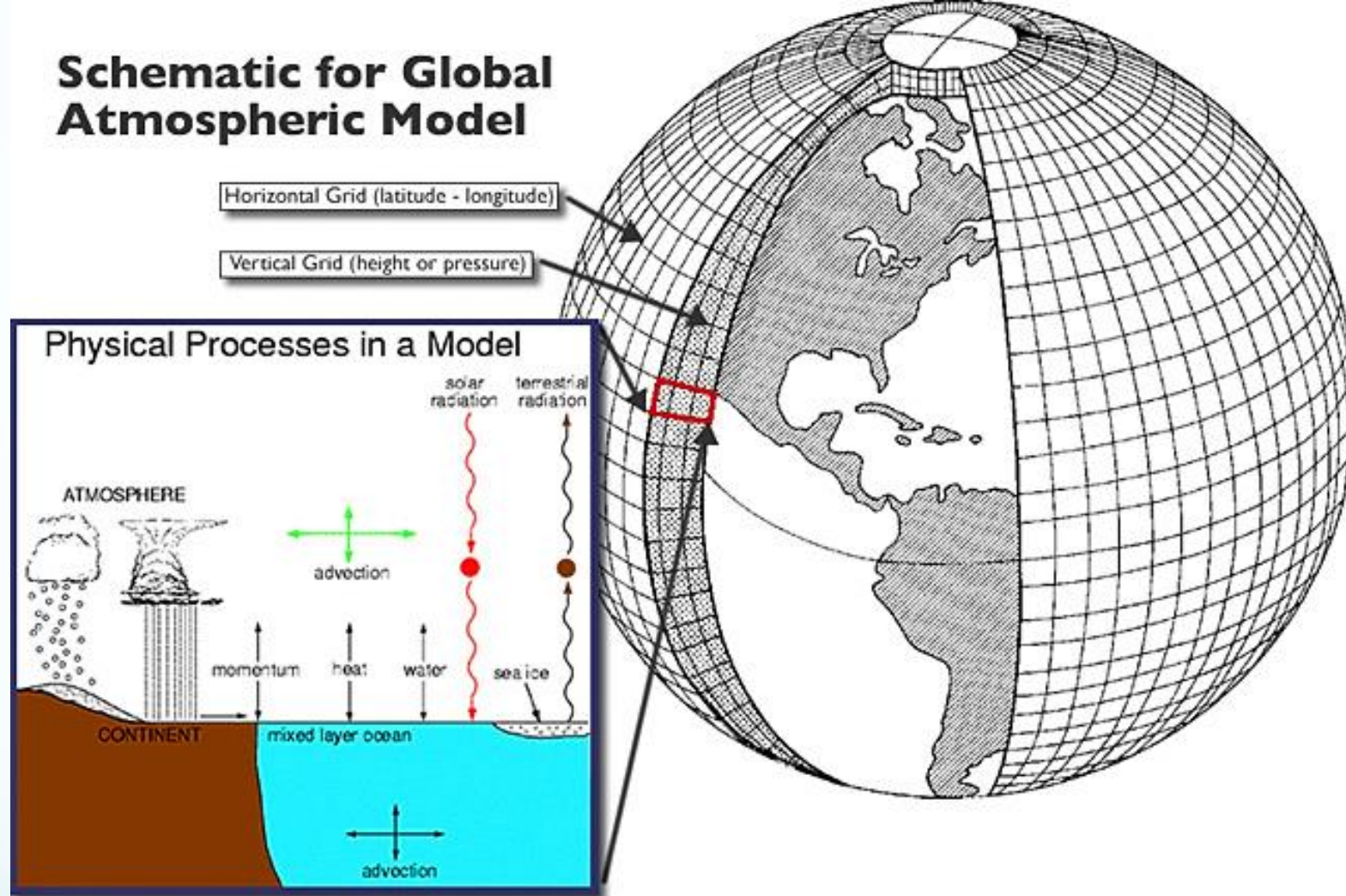
# Šumski požari su 4 puta u porastu u posljednjih 30 godina

Western US area burned



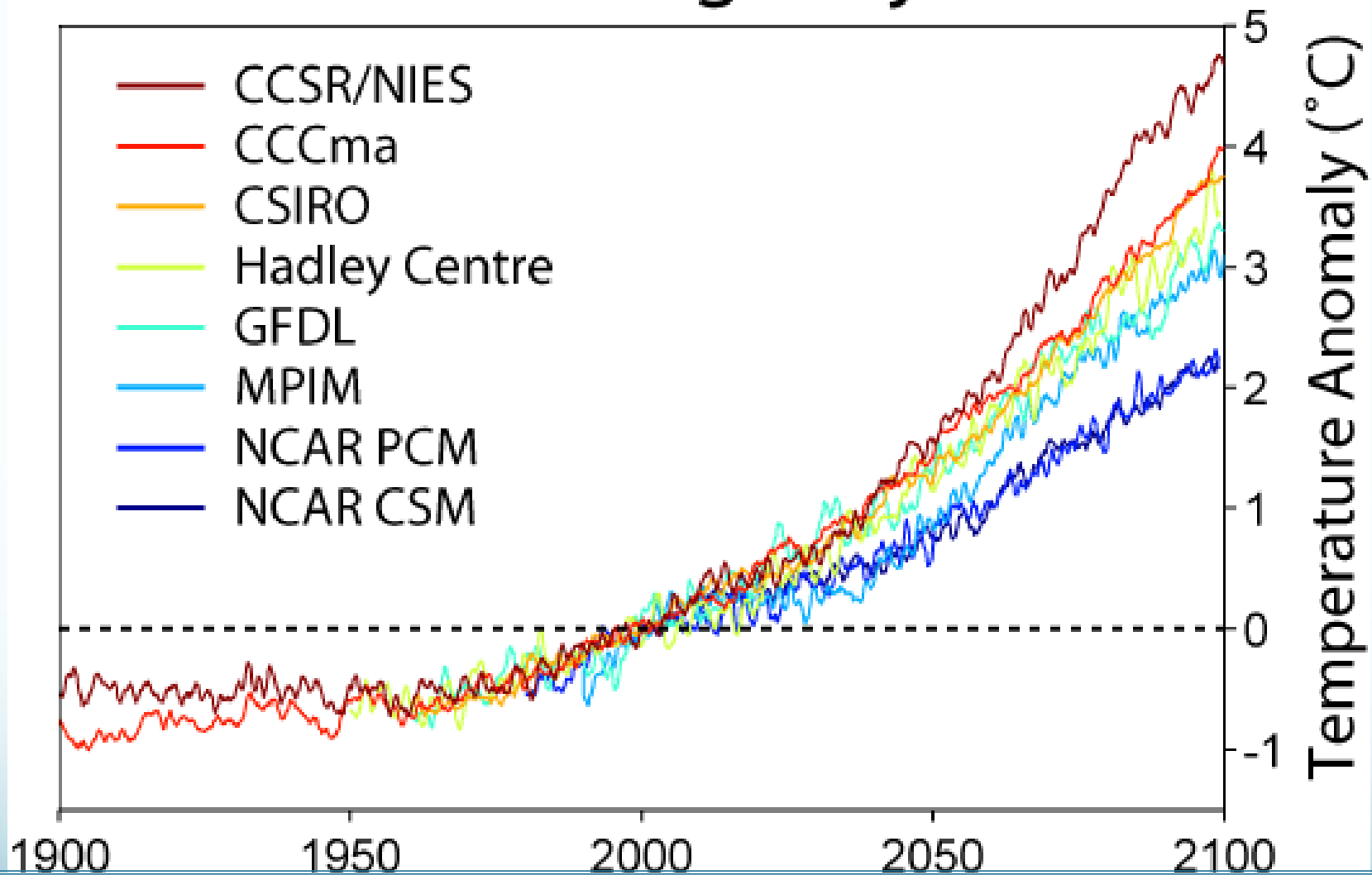
Source: Westerling et al. 2006

# Schematic for Global Atmospheric Model



Za primjenu klimatskih modela, zemlja i atmosfera se podijele na 3D mrežu na kojoj se primjene osnovne jednačbe modela. Atmosferski modeli prognoziraju vjetar, temperaturu, termičke flukseve, radijaciju, relativnu vlagu i hidrološke procese unutar točaka mreže i uz interakciju sa susjednim točkama.

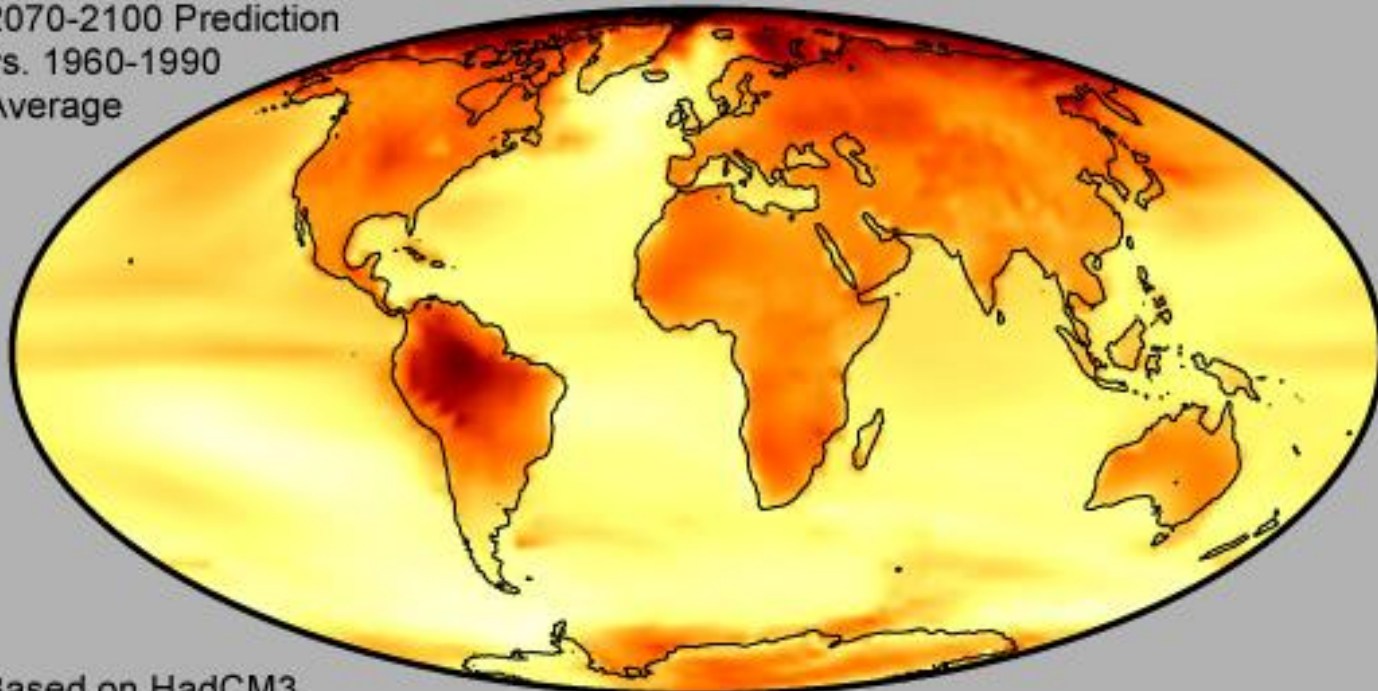
# Global Warming Projections



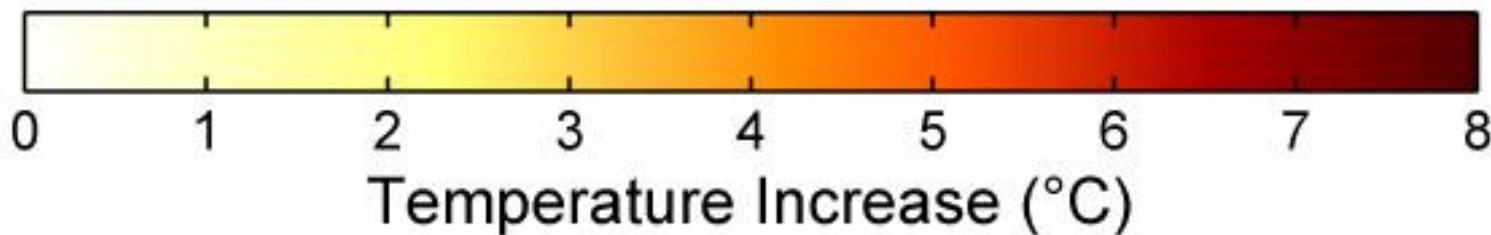
Prognoze temperature prema nekim od klimatskih modela uz pretpostavku SRES A2 emisijskog scenarija

# Global Warming Predictions

2070-2100 Prediction  
vs. 1960-1990  
Average



Based on HadCM3



*Raspodjela zatopljenja pri kraju 21 stoljeća prema HadCM3 klimatskom modelu ako se nastavi emisija CO<sub>2</sub> “posao kao i obično” za ekonomski rast i emisije stakleničkih plinova. Srednje zatopljenje prognozirano s ovim modelom je 3.0 °C.*

# Nekad i u bliskoj budućnosti ...



## It affects:

- 1 Our fresh water,
- 2 Our Agriculture,
- 3 Our Forests,
- 4 Our Biodiversity,
- 5 Our Health,
- 6 Our Coastal and Marine Resources
- 7 and our Economy

## Why we should be concerned?

Our islands may be Paradise now, but every year natural disasters caused by climate change increase. If urgent steps are not taken to decrease 'Global Warming' soon, we may lose our way of life.

