



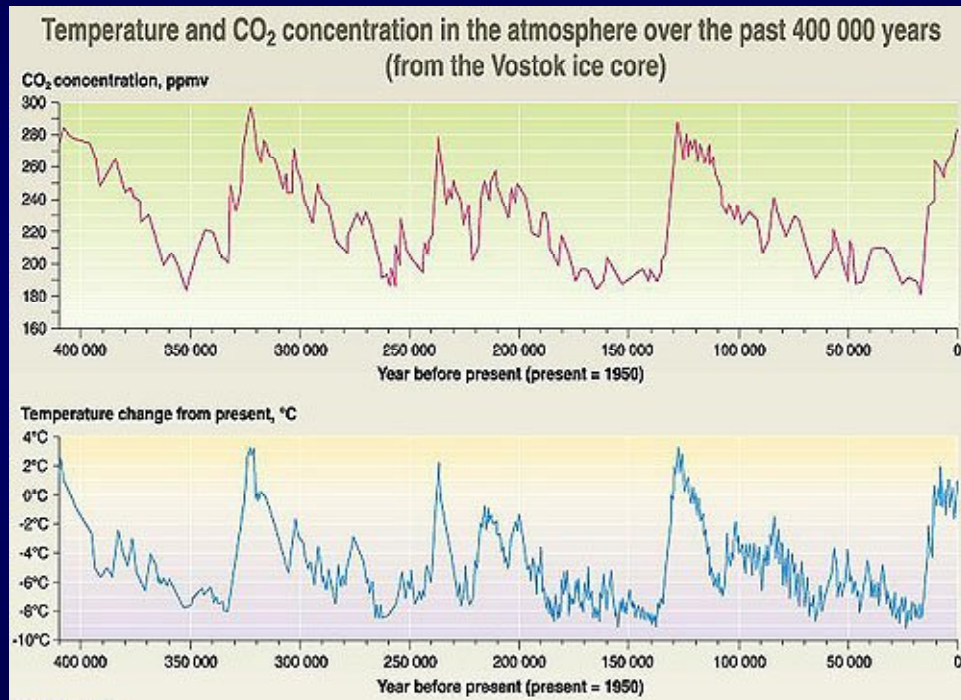
**Cambiamenti climatici
a livello globale:
Evidenze, rischi,
scenari**

***Filippo Giorgi
Abdus Salam ICTP, Trieste***

Budoia, Settembre 2018

Il clima terrestre si e' sempre evoluto naturalmente

Periodi glaciali ed interglaciali si sono succeduti a intervalli regolari a causa di piccole variazioni nell' orbita terrestre



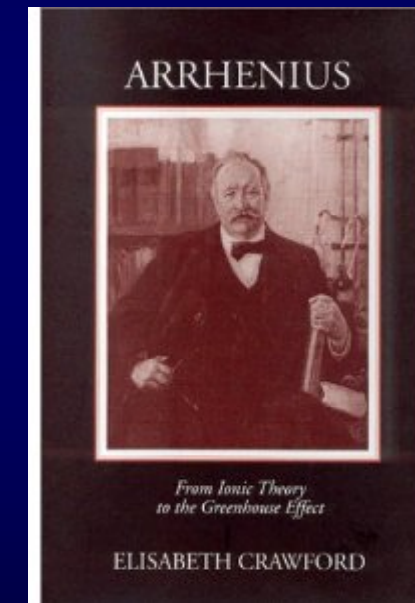
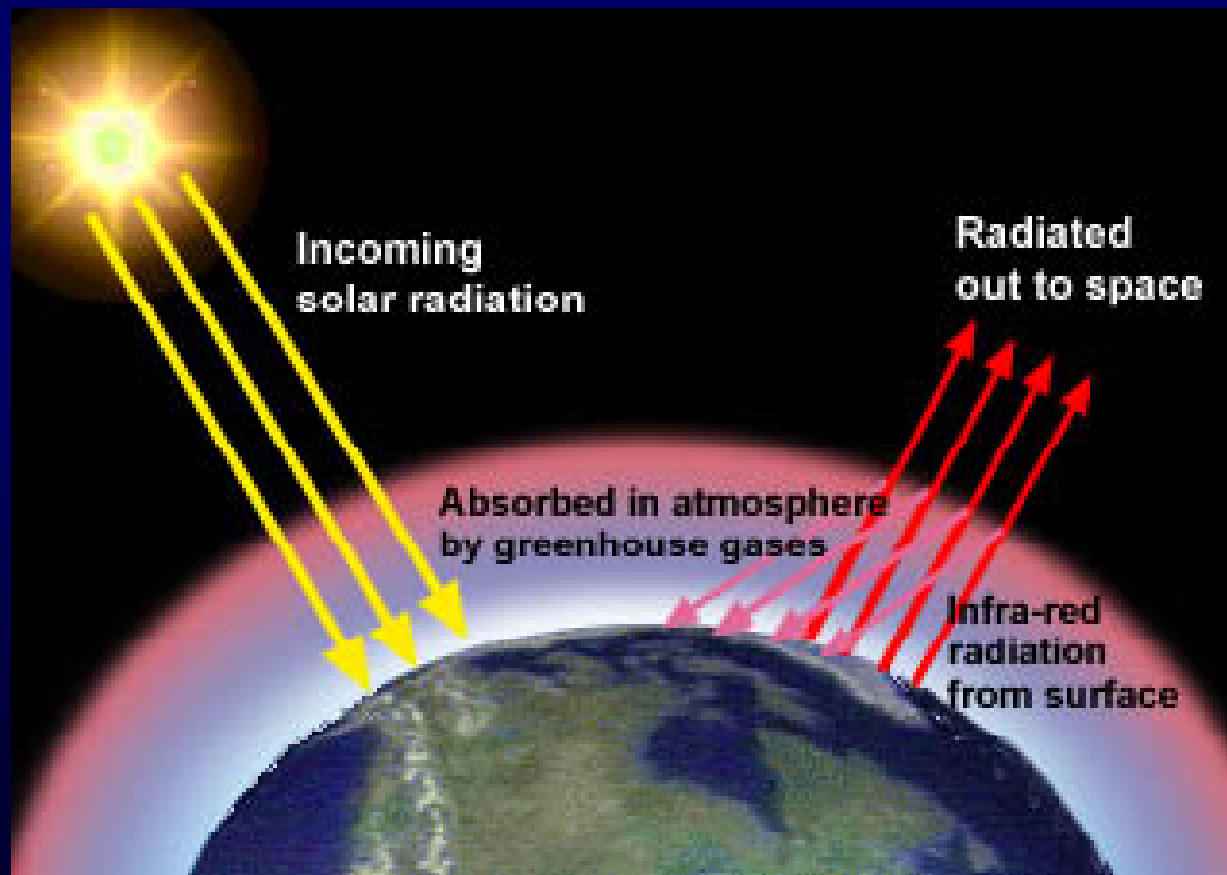
Source: J.R. Petit, J. Jouzel, et al. Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from the Vostok ice core in Antarctica, *Nature* 399 (3, June), pp 429-436, 1997



L'EFFETTO SERRA

Alcuni gas (gas serra) assorbono la radiazione emessa dalla superficie terrestre e la riemettono (verso l'alto e verso il basso), riscaldando in questo modo la superficie e l'atmosfera

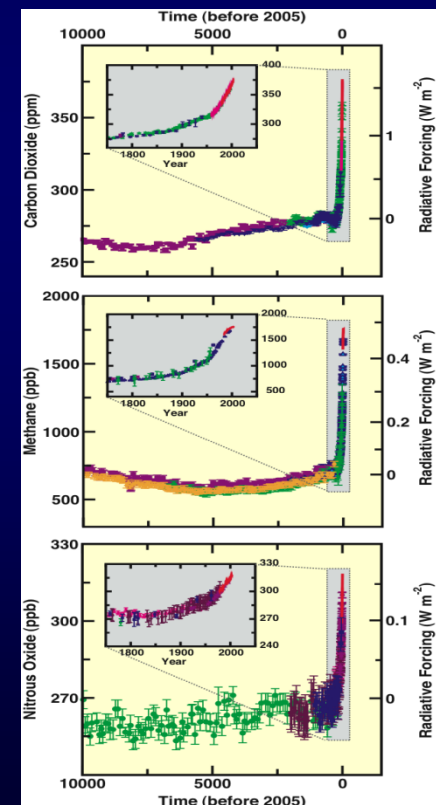
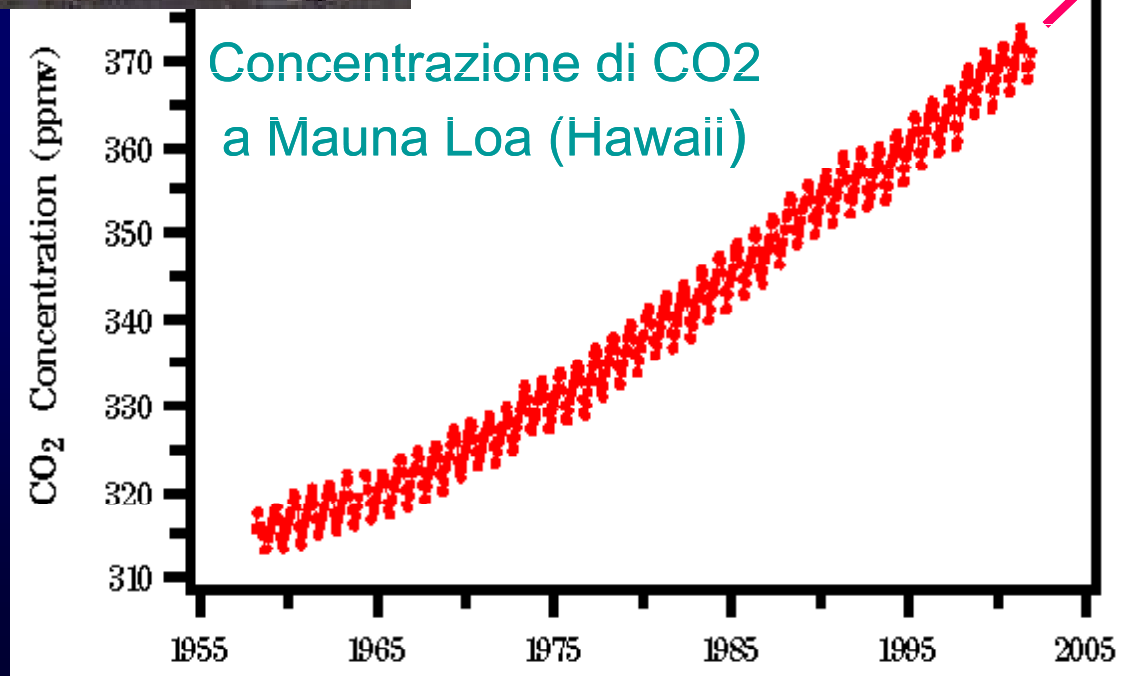
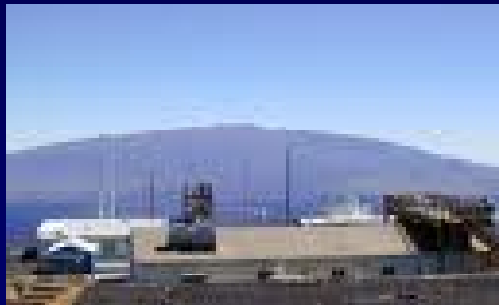
I principali gas serra sono H₂O, CO₂, O₃, CH₄, N₂O, CFCs



Nel 1896 Arrhenius stimò che un raddoppio di CO₂ avrebbe riscaldato la terra di 5-6 ° C

C. Keeling fu il primo a scoprire l' aumento di anidride carbonica in atmosfera dovuto all' uso di combustibili fossili

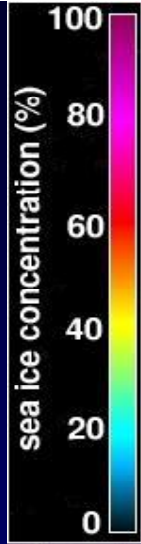
Mauna Loa, Hawaii



Esistono dei processi di “retroazione” (Feedback) che amplificano il riscaldamento

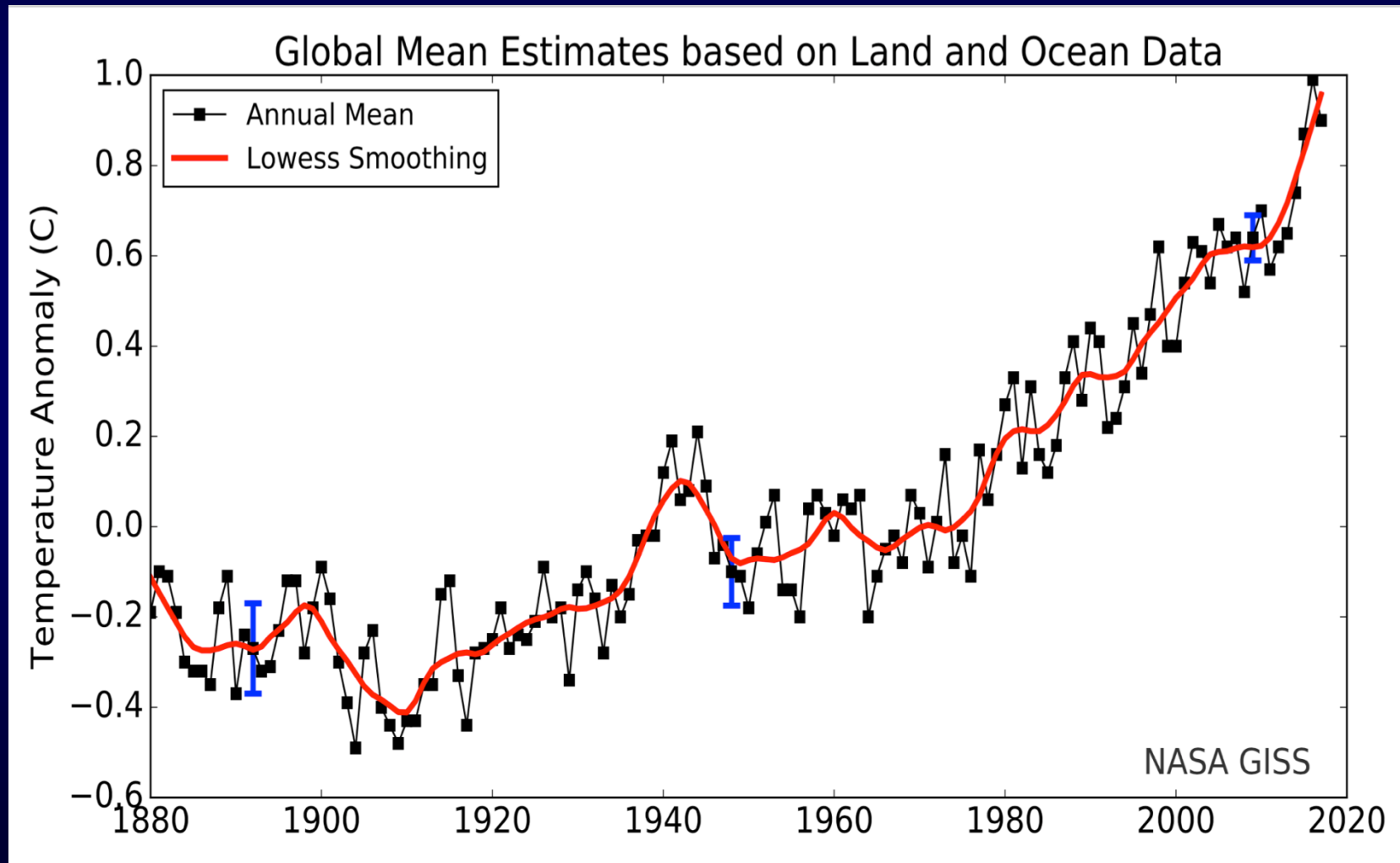
- Forcing radiativo diretto dei gas serra
(positivo)
- Feedback legato al vapor d'acqua (positivo)
- Feedback legato all'albedo dei ghiacci
(positivo)
- Feedback del ciclo del carbonio (positivo)
- Feedback legato alle nubi (positivo o
negativo)

Thursday September 01 07:53:22 AM CDT



Le evidenze del riscaldamento globale

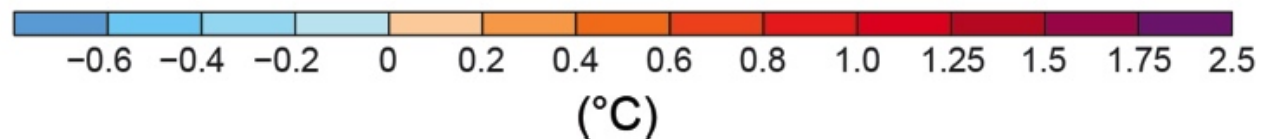
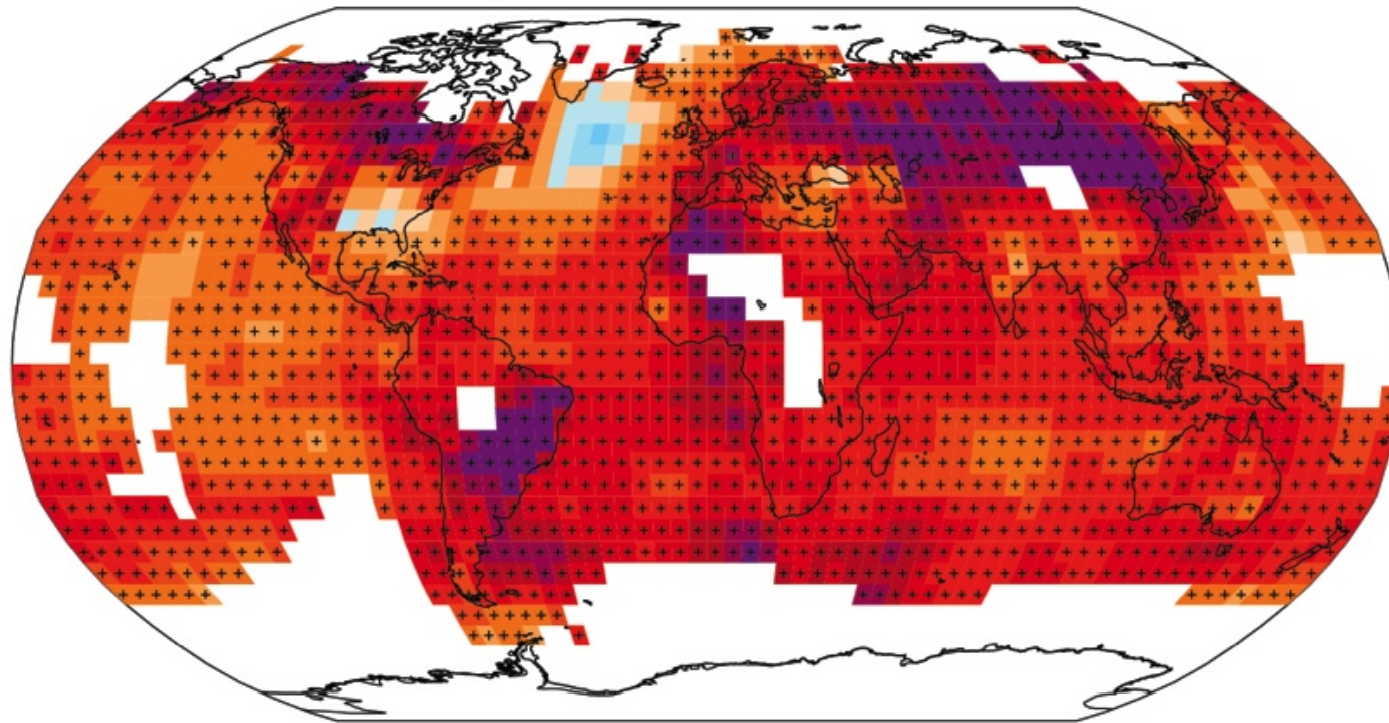
Evidenza 1: La temperatura della superficie della terra e' aumentata di circa 1.1°C negli ultimi 100 anni



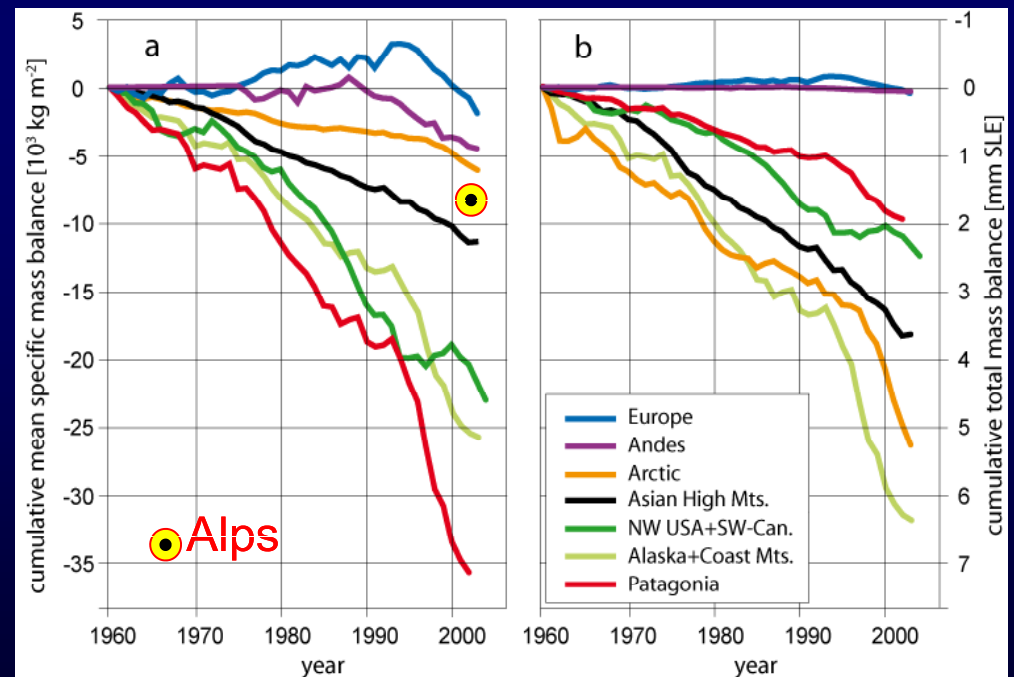
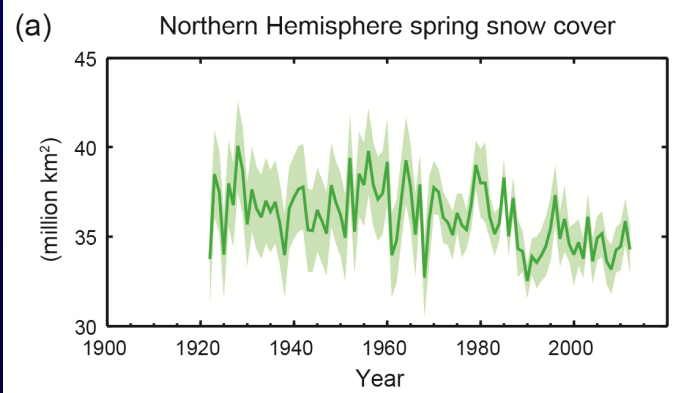
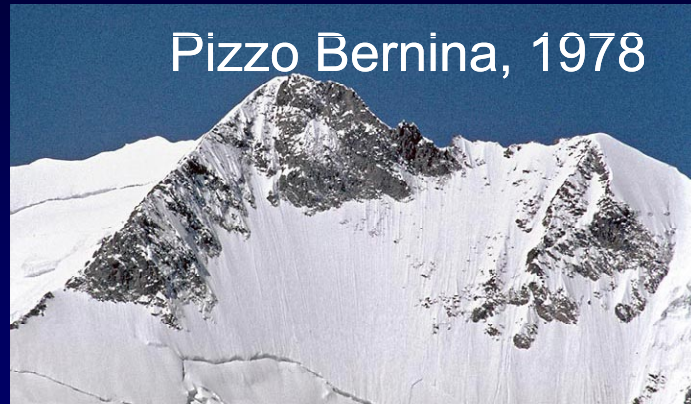
Distribuzione geografica del trend di riscaldamento (IPCC 2013)

(b)

Observed change in surface temperature 1901–2012

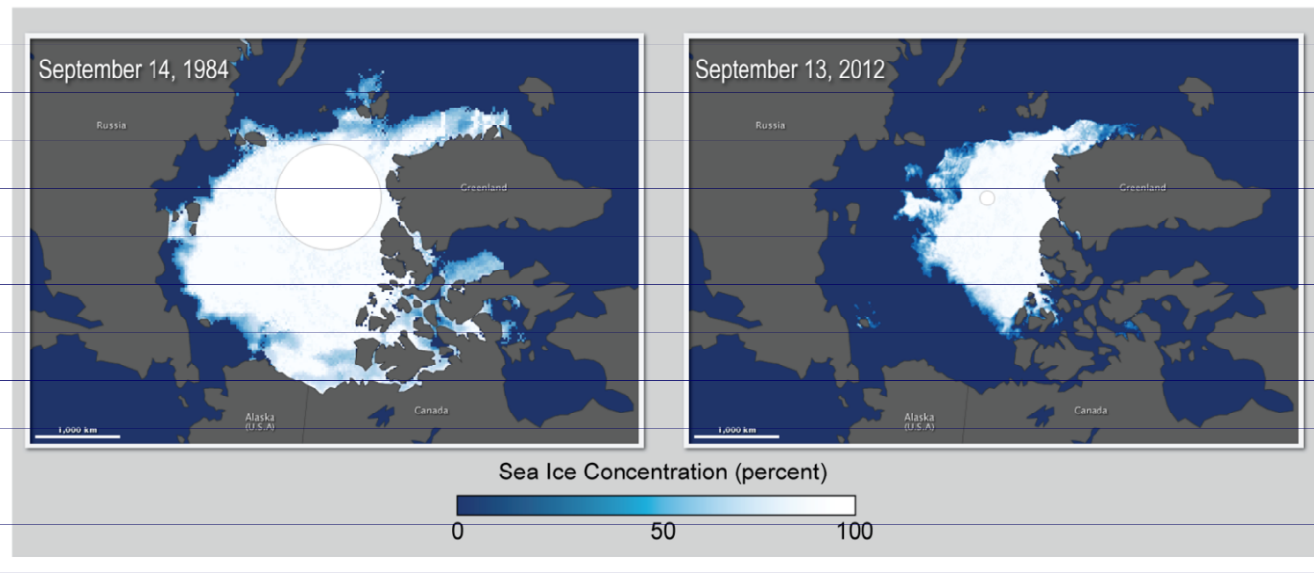


Evidenza 2: Scioglimento dei ghiacciai e diminuzione della copertura nevosa primaverile

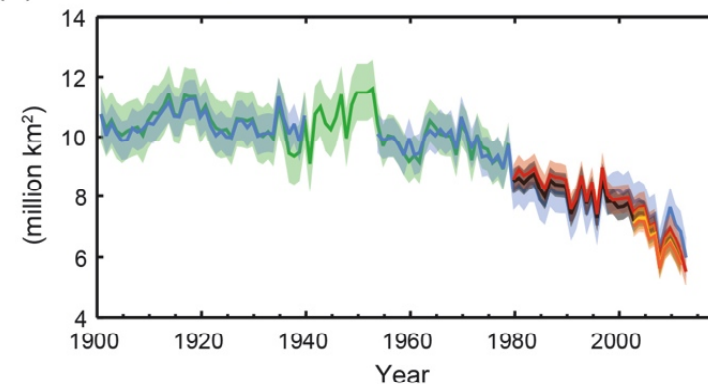


Evidenza 3: Scioglimento della calotta artica

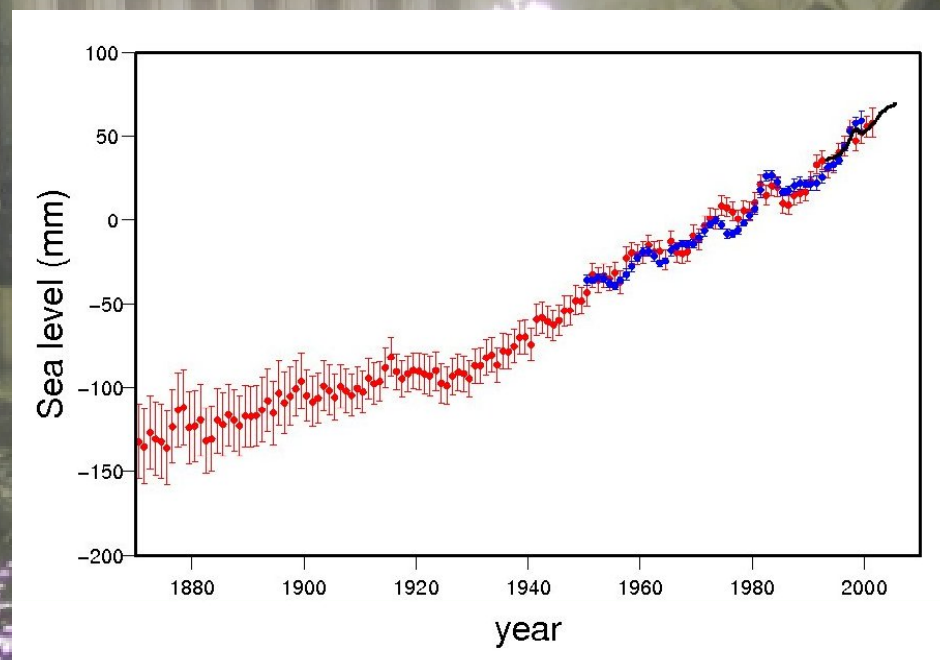
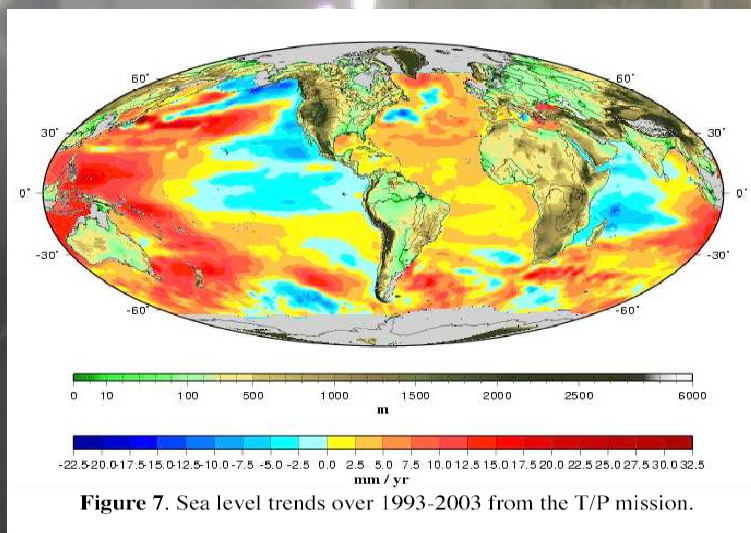
Arctic Sea Ice Cover Reaches Record Low



(b) Arctic summer sea ice extent

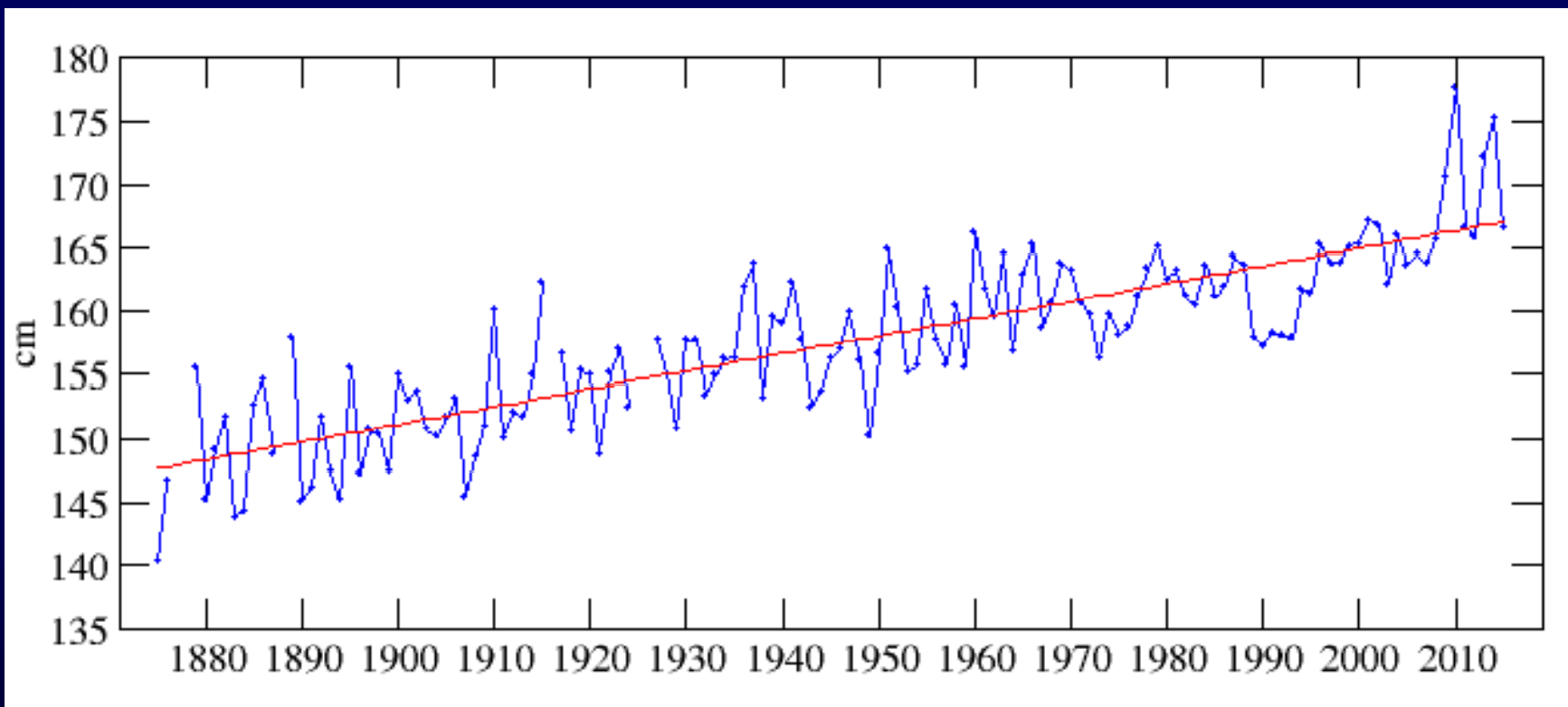


Evidenza 4: Innalzamento del livello del mare (a causa dello scioglimento dei ghiacci continentali e dell'espansione termica degli oceani)

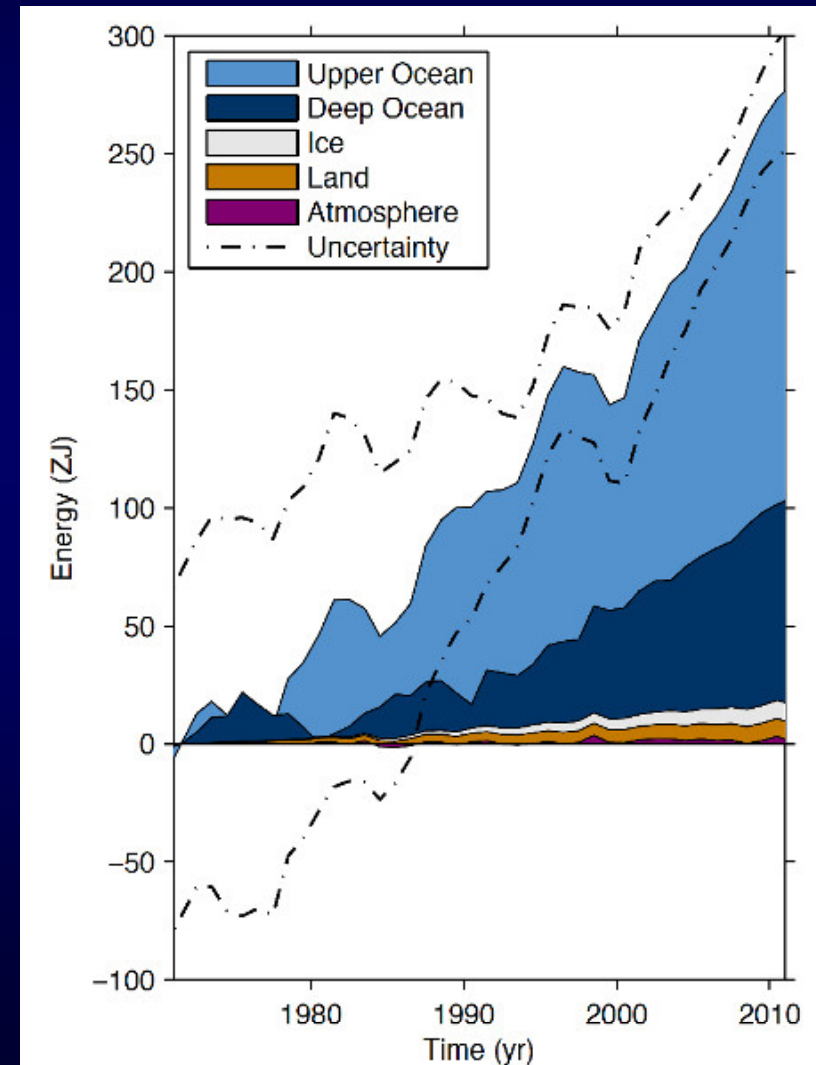
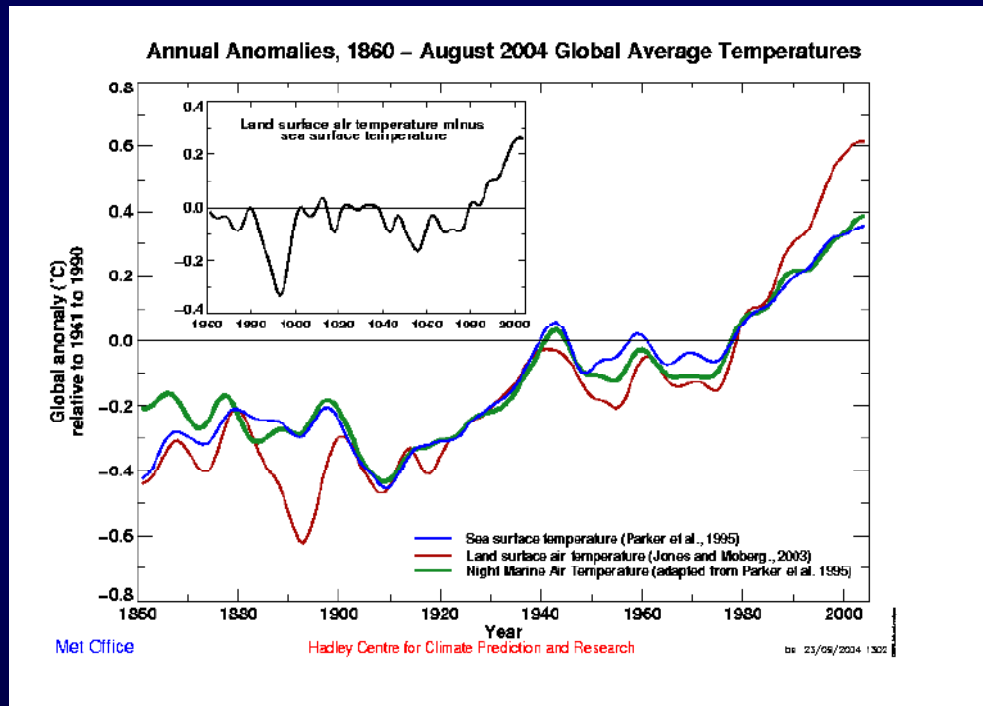


Il livello del mare globale si e' alzato di circa 26 cm dal 1880

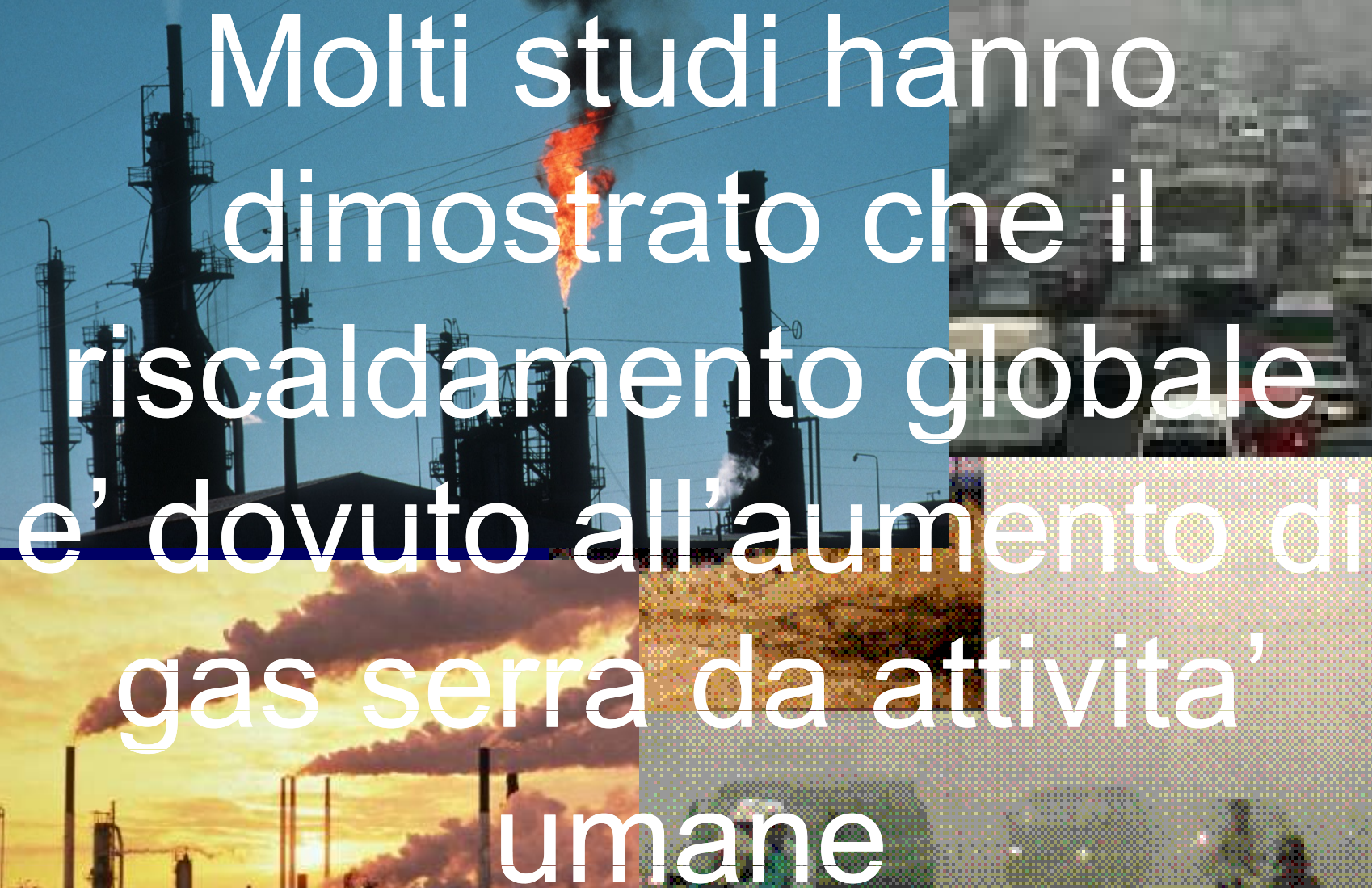
Aumento del livello del mare a Trieste (Fabio Raicich, CNR Trieste)



Evidenza 5: L'oceano sta velocemente assorbendo calore

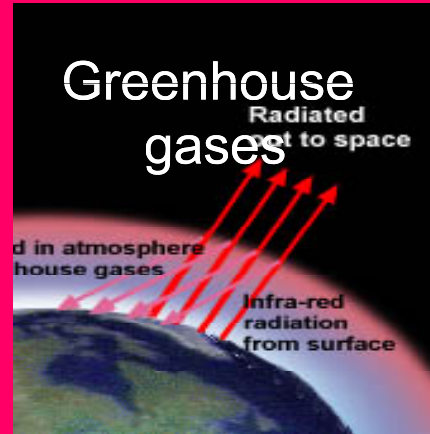


Il riscaldamento globale e'
Inequivocabile
(IPCC 2007/13)

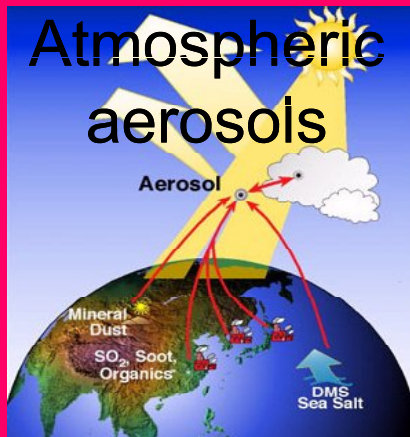


Molti studi hanno
dimostrato che il
riscaldamento globale
e' dovuto all'aumento di
gas serra da attivita'
umane

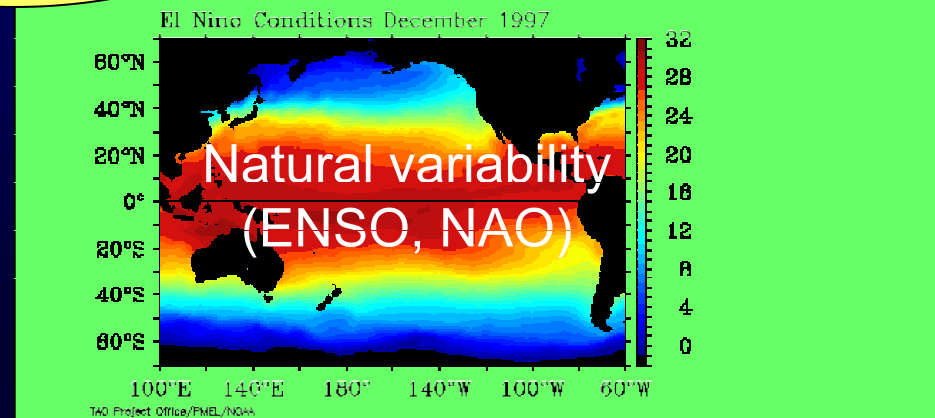
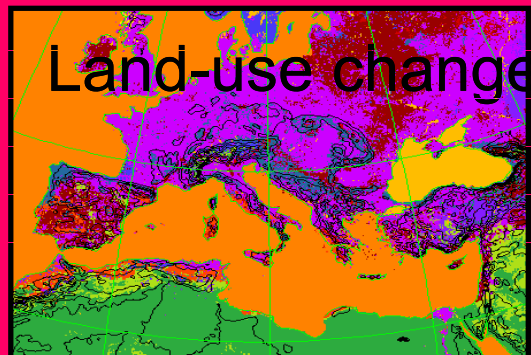
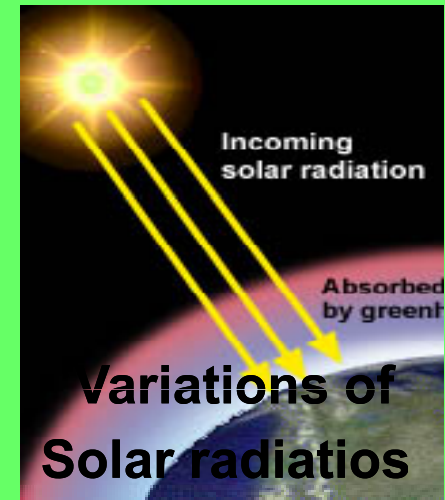
Fattori Umani



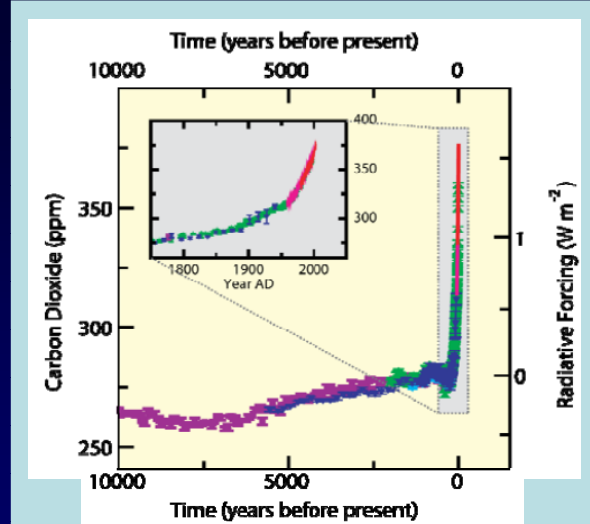
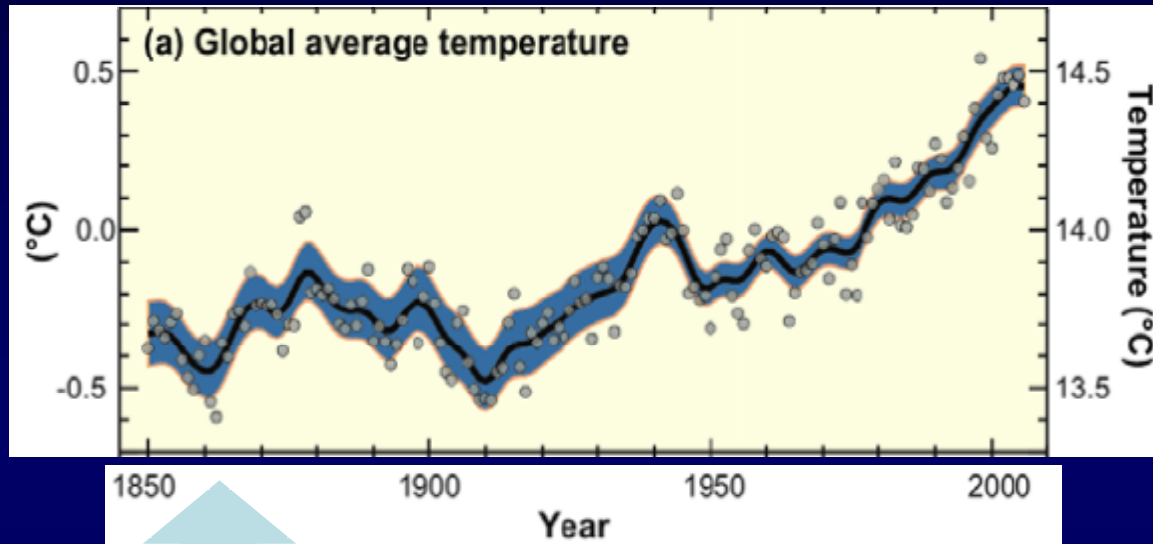
Fattori Naturali



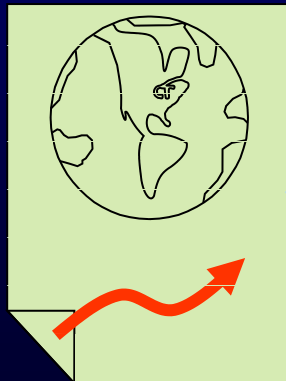
Il clima della Terra puo' variare sia per fattori naturali che per fattori antropici



Come si identifica l'impronta antropica sul riscaldamento



- other GHGs
- aerosols
- volcanic
- solar
- natural internal



Climate models

$$\frac{dw}{dt} = \frac{\tan \phi}{R} uv - \frac{uw}{R} + fv - fw - \frac{1}{\rho R \cos \phi} \frac{\partial p}{\partial \lambda} + F_\lambda$$

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{\tan \phi}{R} u^2 - \frac{vw}{R} - fu - \frac{1}{\rho R} \frac{\partial p}{\partial \phi} + F_\phi$$

$$\frac{dw}{dt} = \frac{u^2}{R} + \frac{v^2}{R} + fu - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g + F_z$$

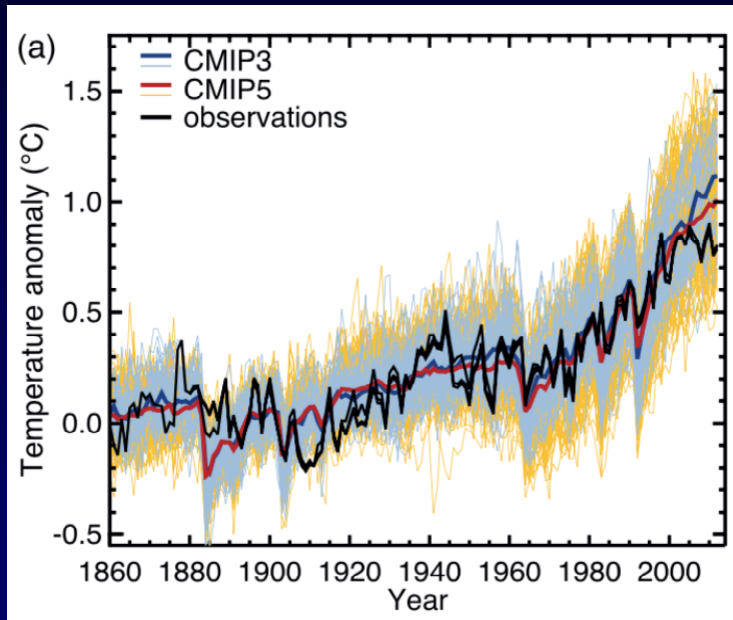
$$\frac{dp}{dt} = -\rho \text{div} \vec{v}; \quad \vec{v} = \vec{\Omega} \times \vec{r}$$

$$c_p \rho \frac{dT}{dt} = Q + \alpha \frac{dp}{dt}$$

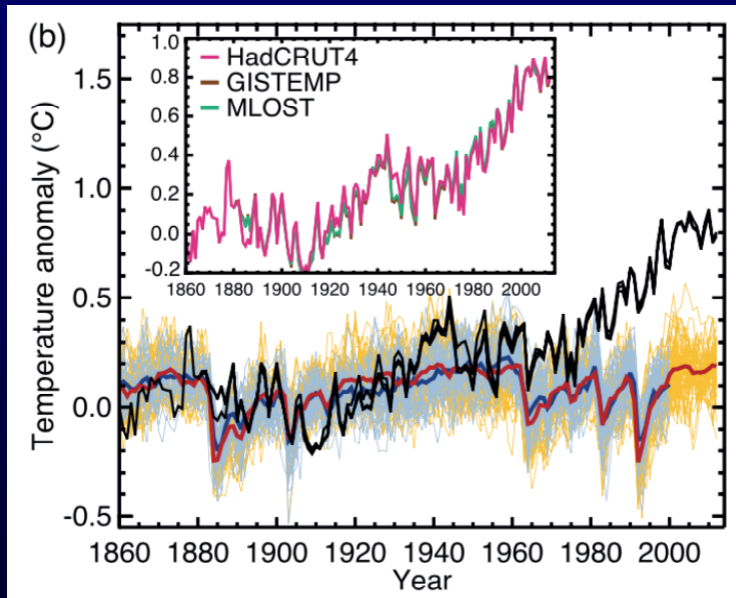
$$\frac{dq}{dt} = s(q) + D$$

$$p = \rho R_s T (1 - 0.61q)$$

Forzanti naturali e antropici



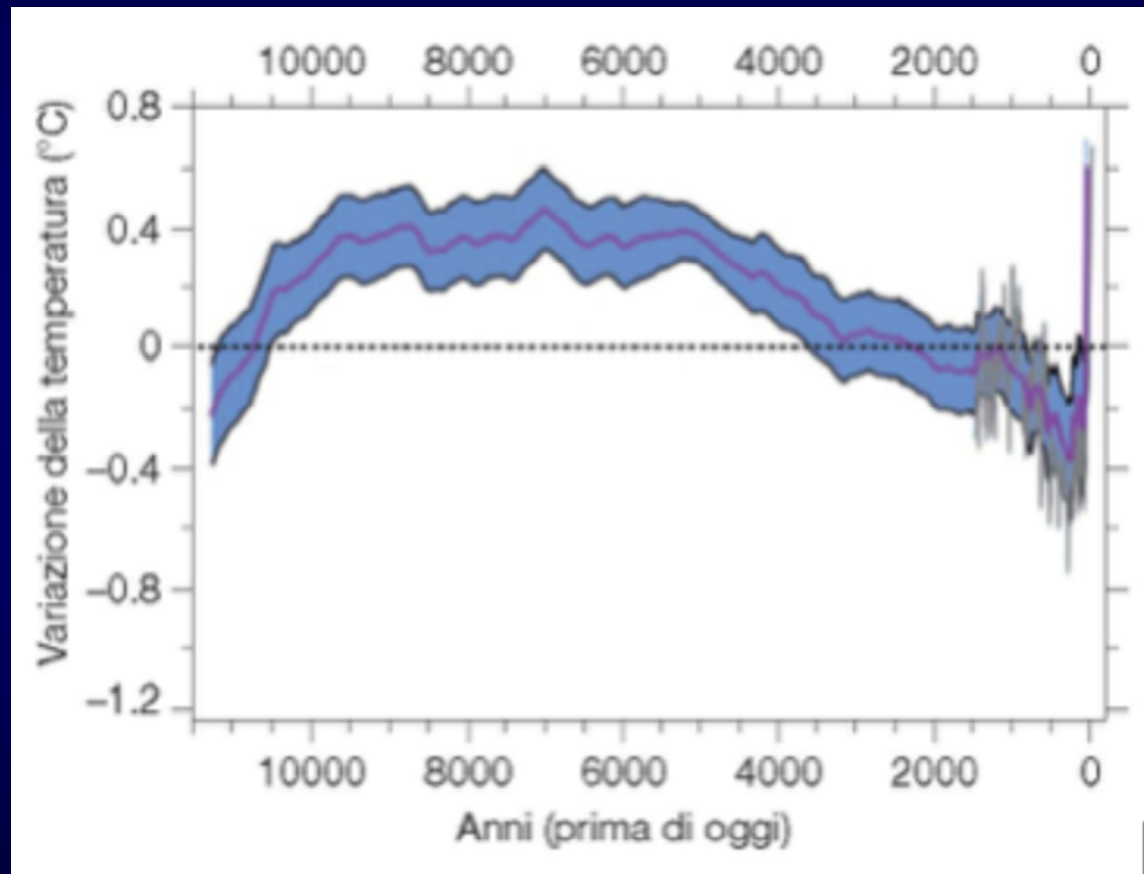
Forzanti naturali



Solo con l'inclusione
dei forzanti antropici
si riesce a riprodurre
l'andamento
osservato delle
temperature globali.

Puo' il riscaldamento del 20mo secolo essere spiegato dalla variabilita' naturale?

Marcott et al.
Science 2013



Il riscaldamento presente non ha precedenti nell' Olocene (ultimi 11,500 anni)

IPCC-2007/2013

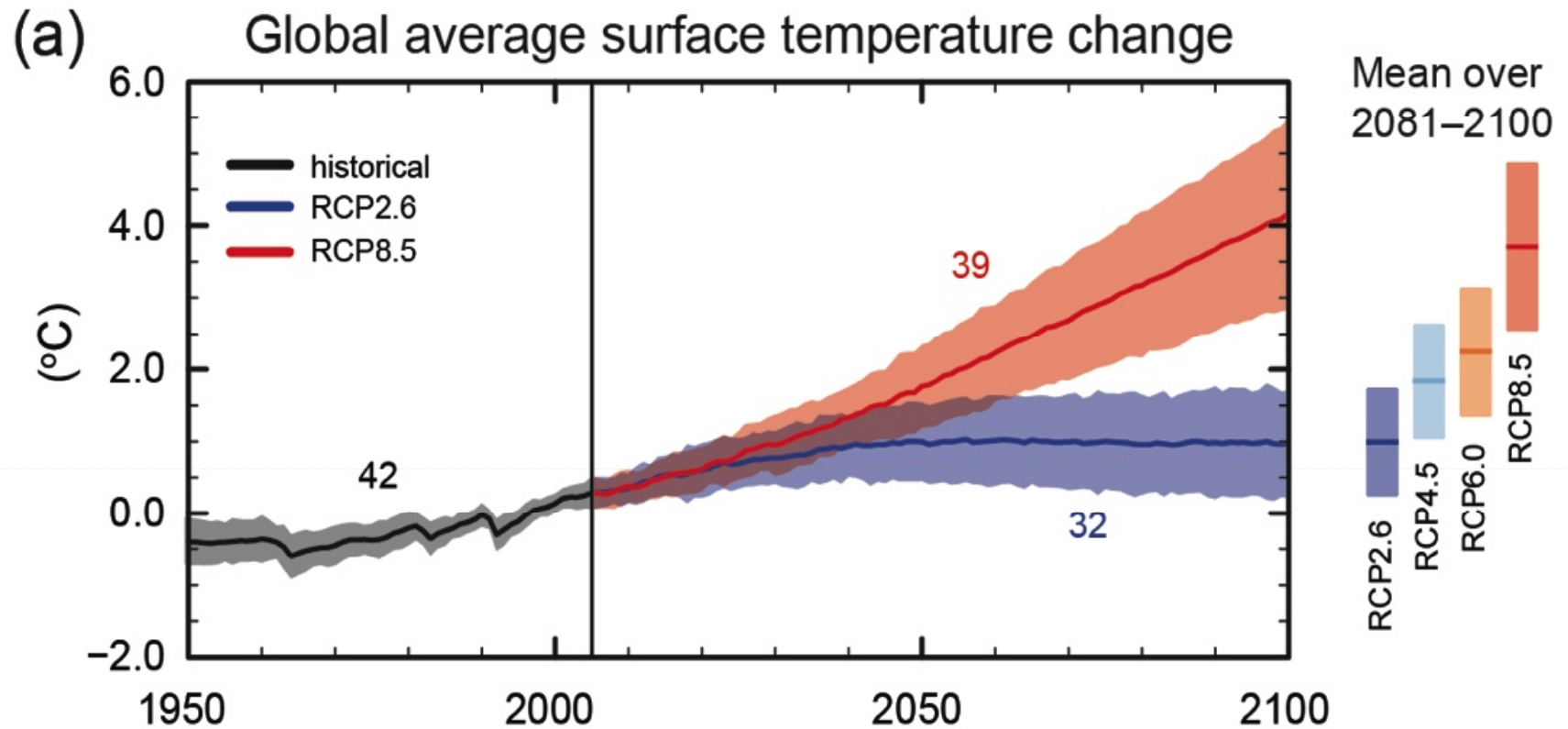
La maggior parte del riscaldamento globale dalla metà' del 20th secolo e' **molto probabilmente (95%)** dovuto all'aumento delle concentrazioni di gas serra di origine antropica.

L'impronta umana si estende anche ad altri aspetti del clima, come la temperatura degli oceani e dei continenti, alcuni estremi di temperatura e alcuni pattern di venti.

A vibrant sunset or sunrise over a field of flowers. The sun is a bright, glowing orb in the center of the frame, casting a warm, golden light across the sky and the field below. The sky transitions from a deep red at the top to a bright yellow near the sun. The field of flowers in the foreground is a mix of red and yellow, with some flowers in sharp focus and others blurred. The overall mood is warm and hopeful.

Cosa possiamo aspettarci
per il futuro ?

Proiezioni di temperatura globale (IPCC 2013)

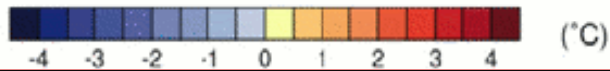
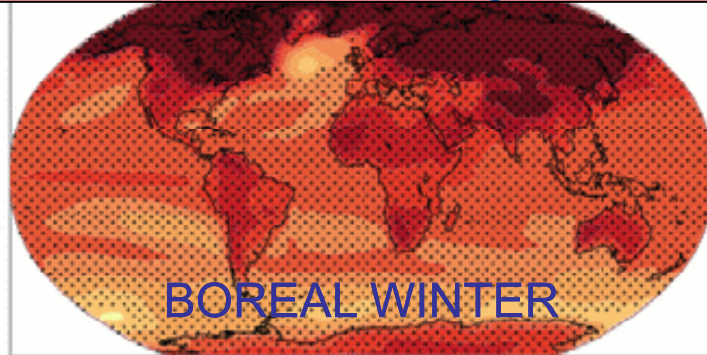


I cambiamenti di temperatura e precipitazione
hanno una grande variabilita' spaziale

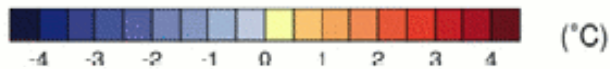
("I ricchi sempre piu' ricchi e i poveri sempre piu' poveri")

Il Mediterraneo e' una delle "zone calde" del riscaldamento globale

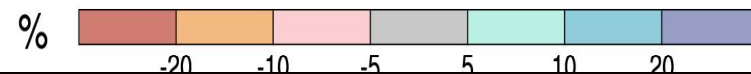
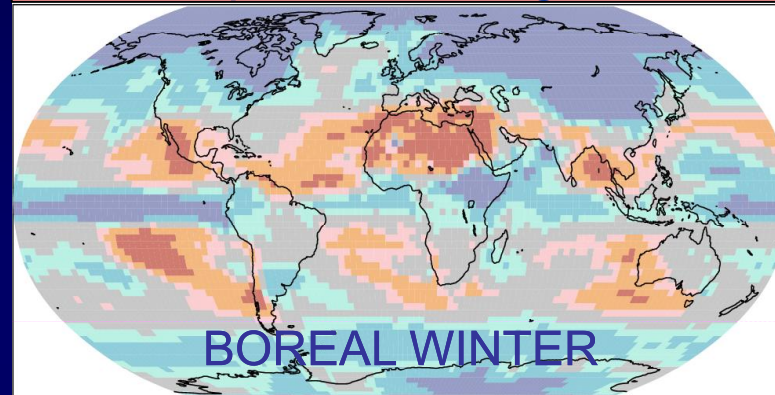
Temperature change DJF



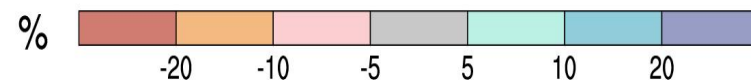
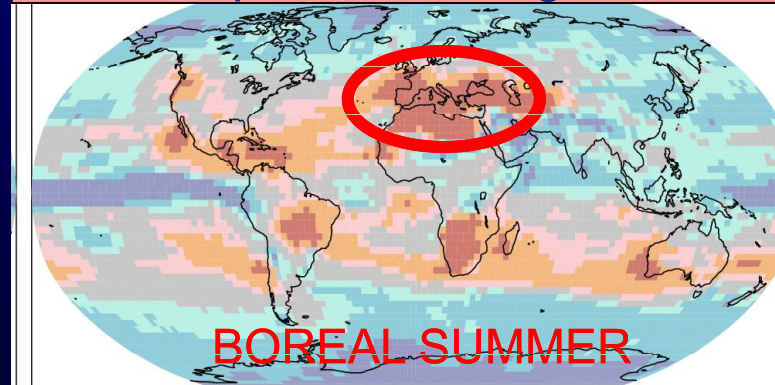
Temperature change JJA



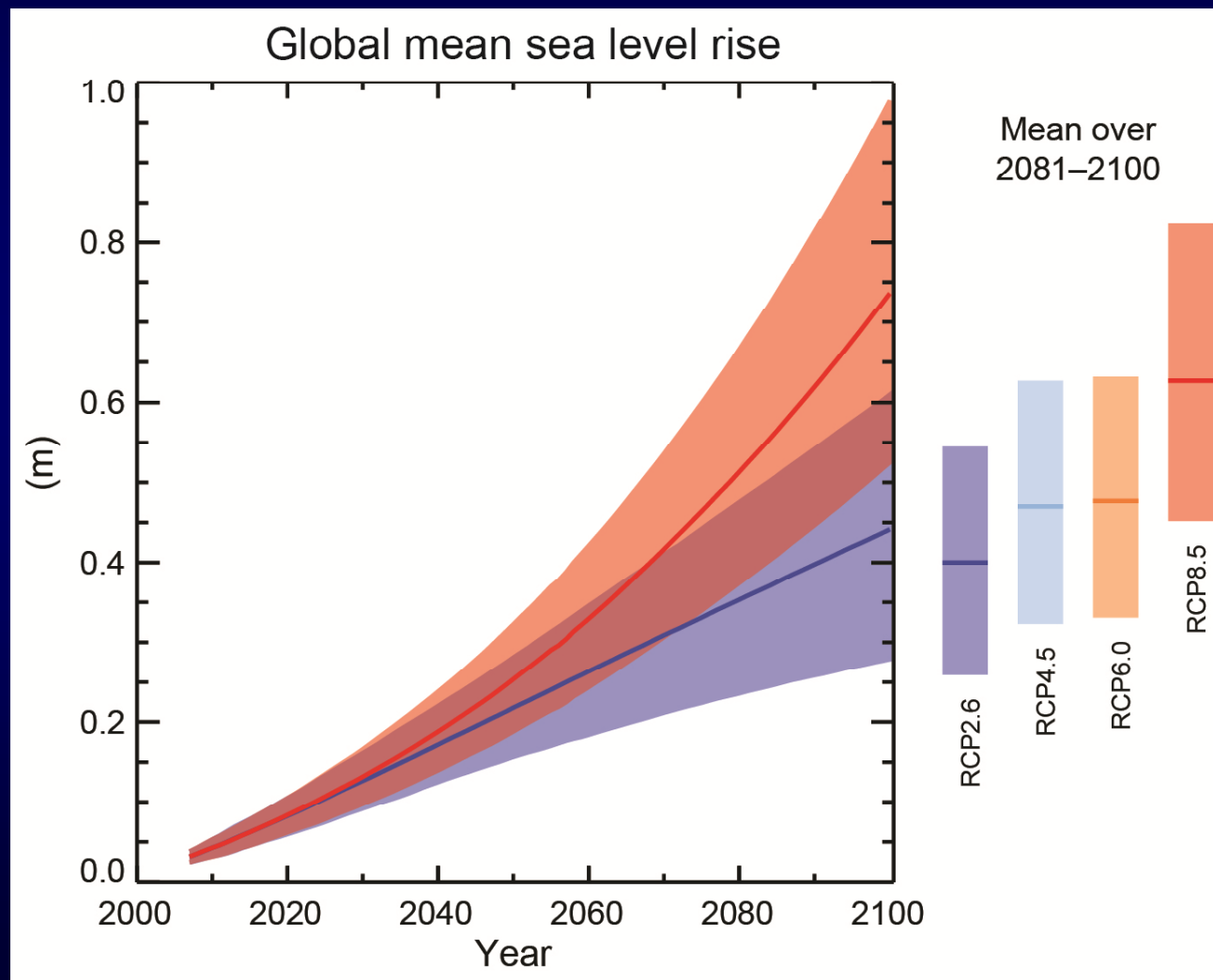
Precipitation change DJF



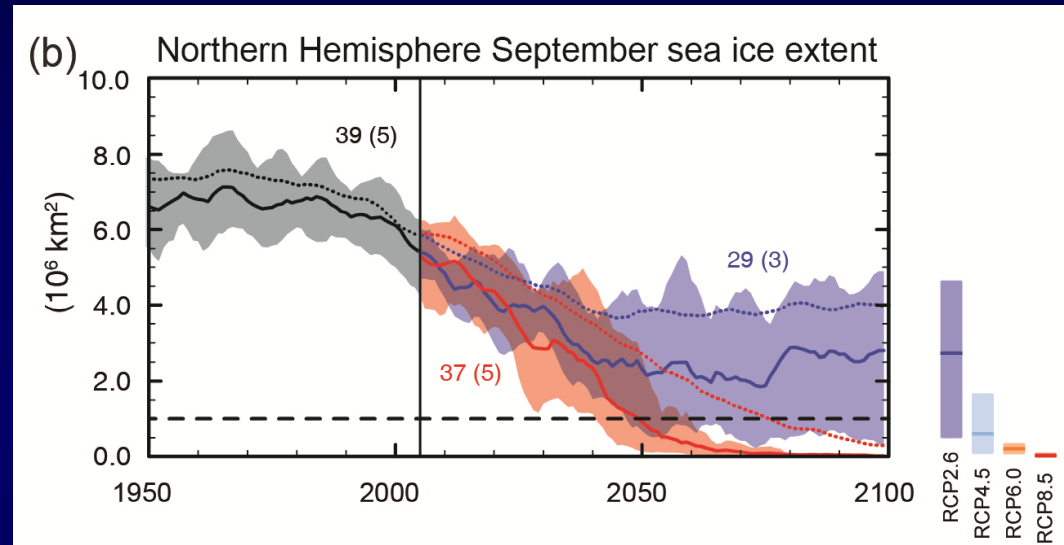
Precipitation change JJA



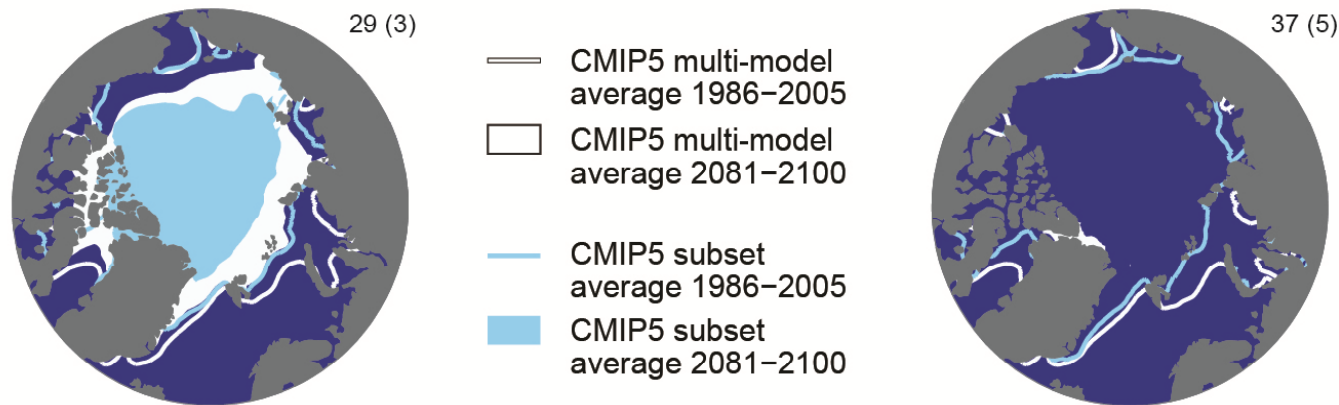
Proiezioni di innalzamento del livello del mare globale (IPCC 2013)



Continuo scioglimento di ghiacci continentali, artici e marini



Northern Hemisphere September sea ice extent (average 2081–2100)



Il riscaldamento globale porta ad un aumento di eventi estremi: Il maggiore contenuto di energia e vapor d'acqua in atmosfera genera l'intensificazione del ciclo idrologico

Aumento delle intensita' delle precipitazioni



Aumento di siccita' e ondate di calore



Aumento della variabilita' interannuale

“Piove meno frequentemente ma piu' intensamente”

WORLD NATURAL CATASTROPHES, 1980–2014

(Number of events)

Number

1000

800

600

400

200

1980 1982 1984 1986 1988 1990 1992 1994 1996 1998 2000 2002 2004 2006 2008 2010 2012 2014

- **Geophysical events**
(Earthquake, tsunami, volcanic activity)
- **Meteorological events**
(Tropical storm, extratropical storm, convective storm, local storm)
- **Hydrological events**
(Flood, mass movement)
- **Climatological events**
(Extreme temperature, drought, forest fire)

Source: © 2015 Munich Re, Geo Risks Research, NatCatSERVICE. As of January 2015.

Gli impatti dei cambiamenti climatici sono già evidenti (IPCC 2014)

(A)

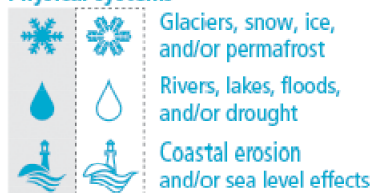


Confidence in attribution to climate change

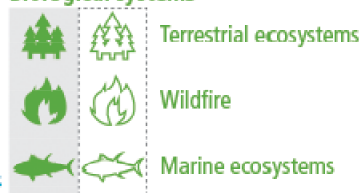


Observed impacts attributed to climate change for

Physical systems



Biological systems



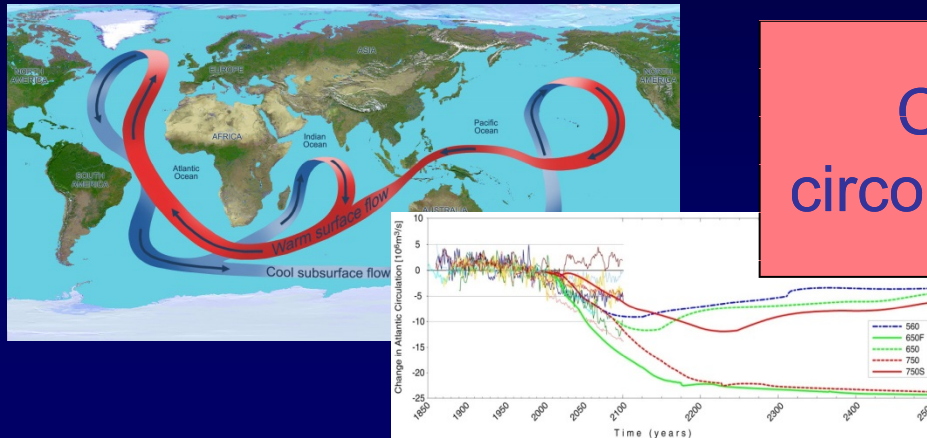
Human and managed systems



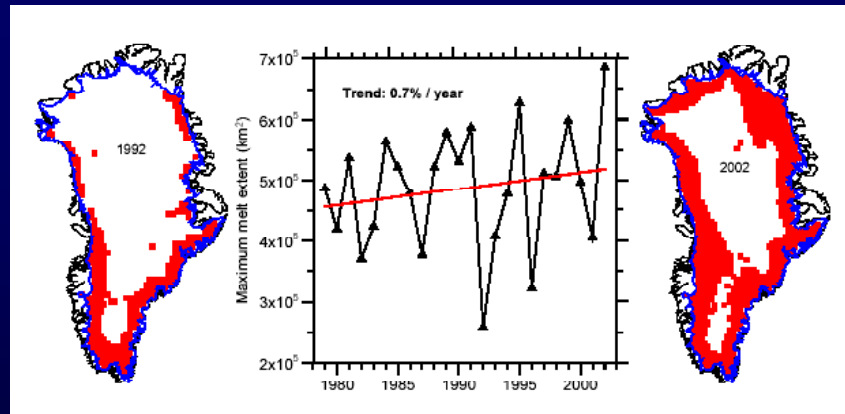
Regional-scale impacts

Outlined symbols = Minor contribution of climate change
Filled symbols = Major contribution of climate change

Un forte riscaldamento al di là' del 21mo secolo potrebbe portare a "punti di non ritorno"



Collasso della circolazione oceanica



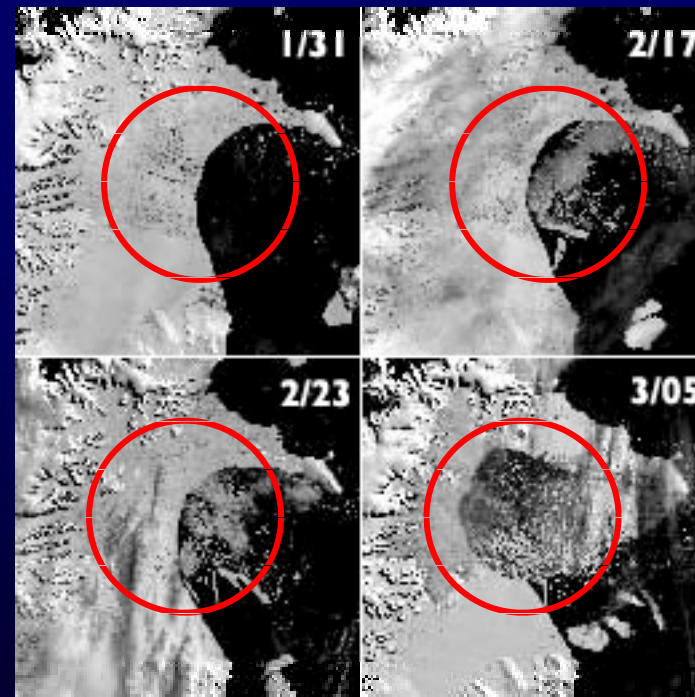
Scioglimento dei ghiacci su Groenlandia e Antartico Occident. (aumento livello del mare > 12 m)



Scomparsa della foresta Amazzonica

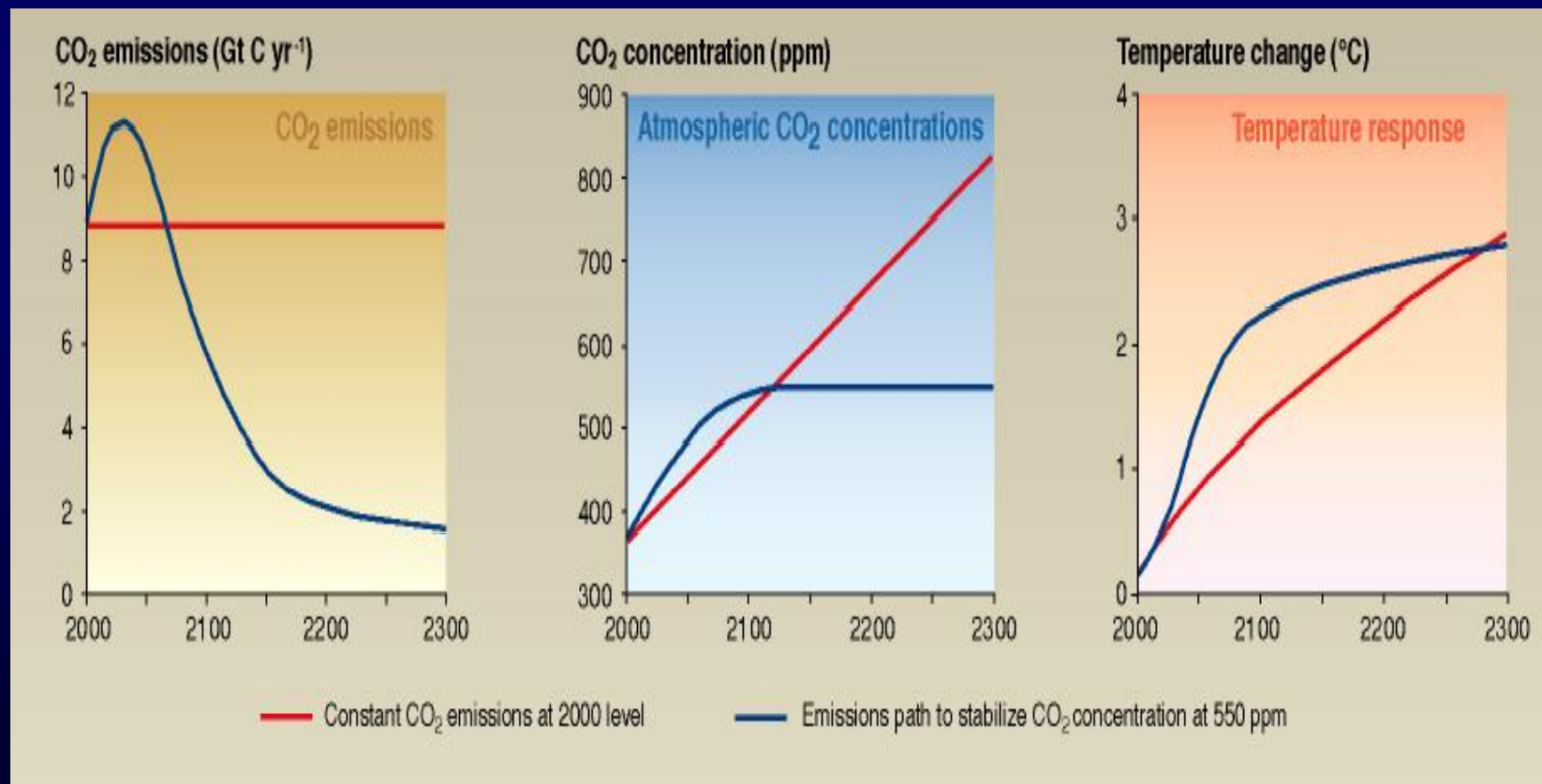
Realtà o fantascienza?

2002: Collasso della Larsen-B Ice Shelf



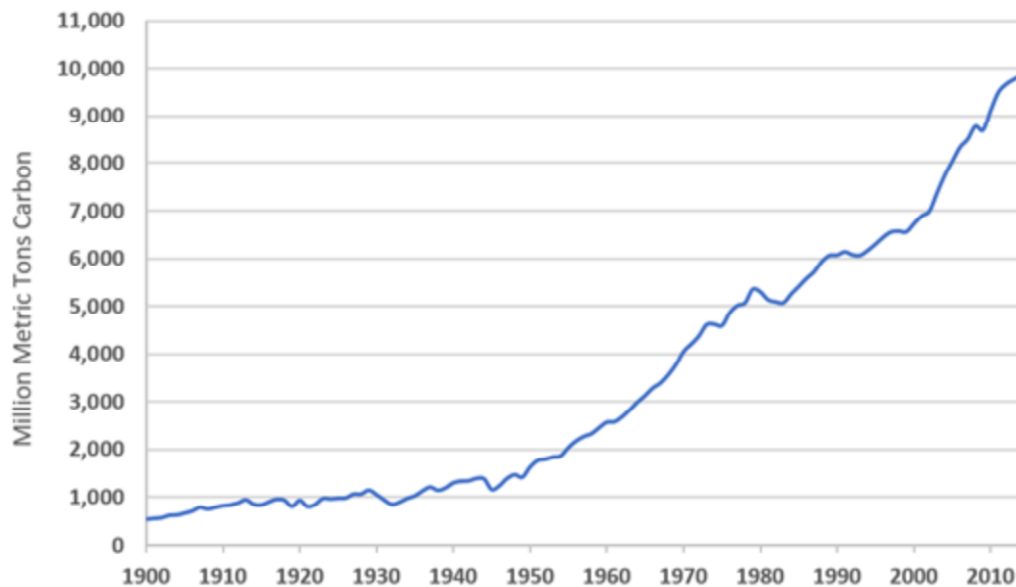
Il cuore del dibattito e' su come gestire i cambiamenti climatici che inevitabilmente avverranno ma stabilizzare i livelli di gas serra ed il relativo riscaldamento globale al di sotto del "livello di pericolo", oggi accettato come 2° C (rispetto ai valori pre-industriali), tramite la riduzione delle emissioni di gas serra.

Gestire l'inevitabile (adattamento)
ed evitare l'ingestibile (mitigazione)



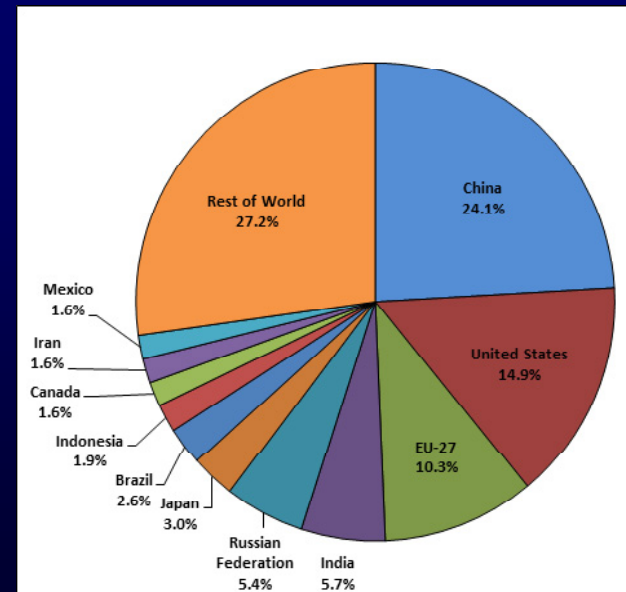
Trend attuale delle emissioni di CO2 dall'uso di combustibili fossili

Global Carbon Emissions from Fossil Fuels, 1900-2014



Source: Boden, T.A., Marland, G., and Andres, R.J. (2017). [Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO2Emissions](#). Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. doi 10.3334/CDIAC/00001_V2017.

I combustibili fossili costituiscono circa 85% del consumo globale di energia.

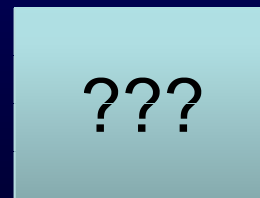


Il problema della riduzione delle emissioni di gas serra puo' essere per lo piu' ricondotto a quello della decarbonizzazione del sistema energetico

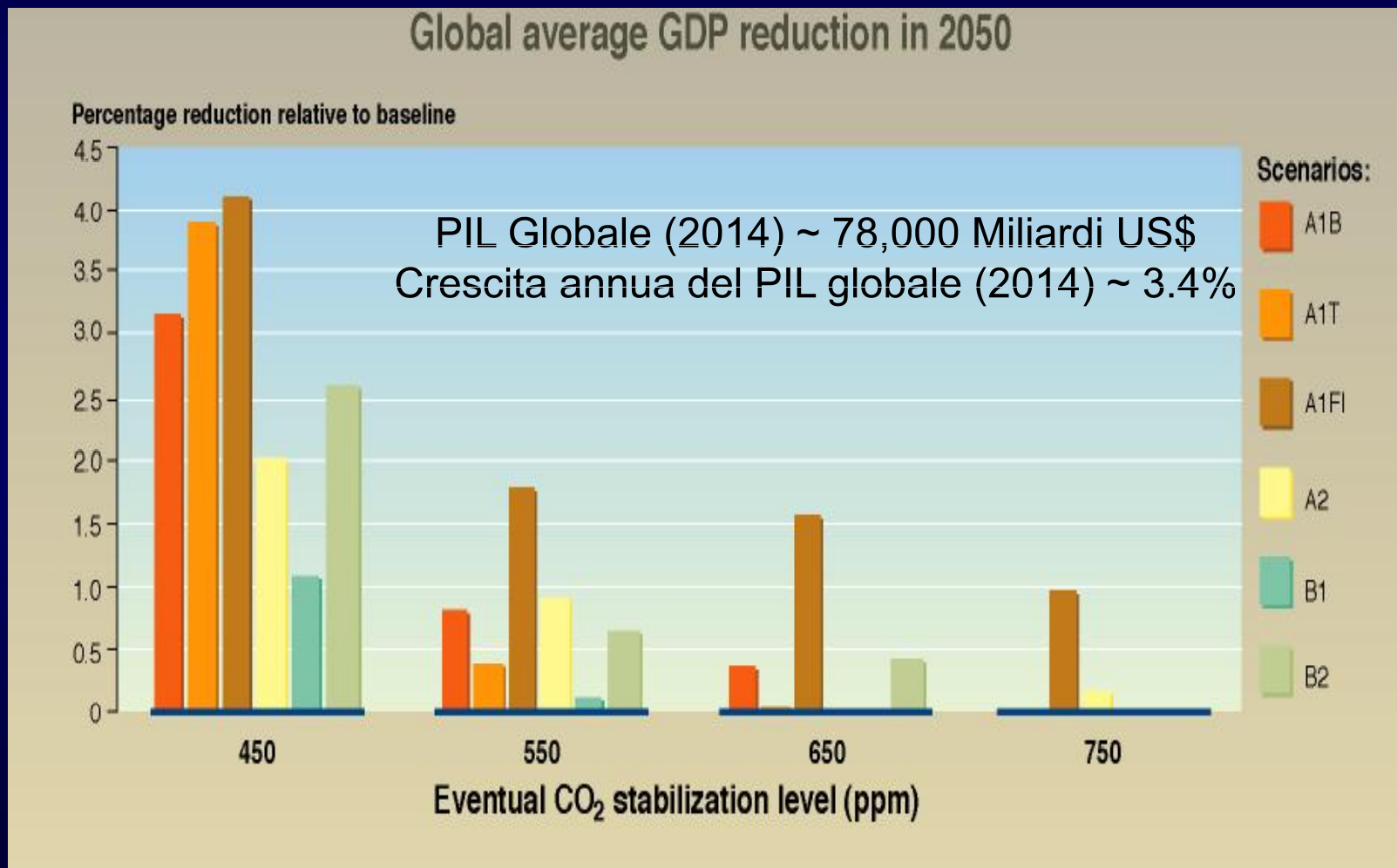
Energie rinnovabili



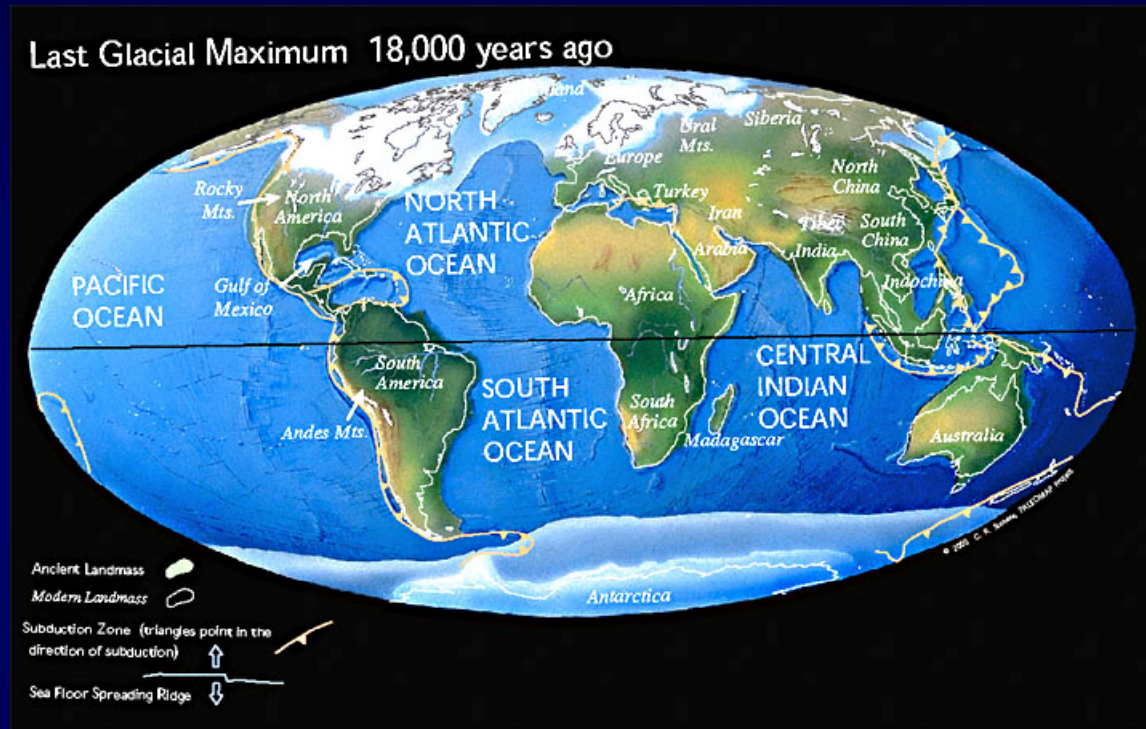
Efficienza energetica



Il costo della mitigazione e' sostenibile?



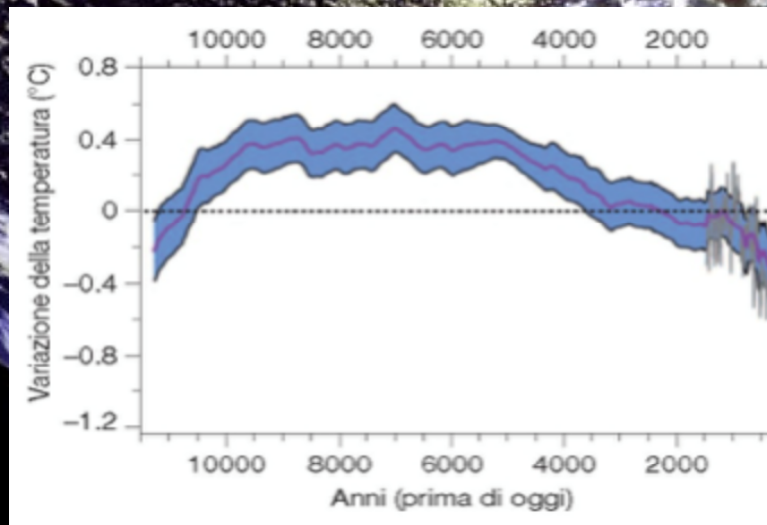
A cosa corrispondono variazioni di 4-5 ° C di temperatura globale ?



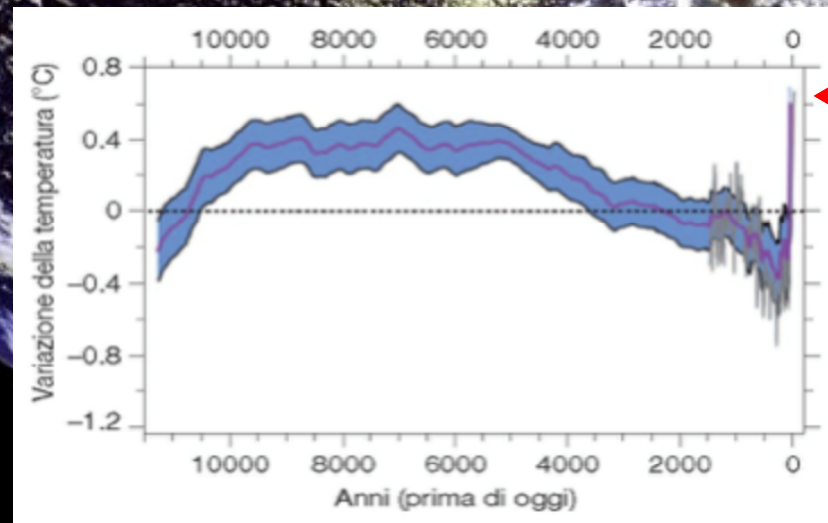
Durante l'ultimo massimo glaciale (18,000 anni fa) le temperature globali erano 4-5 ° C piu' basse di oggi e il livello del mare circa 120 m piu' basso.

In 100 anni potremmo produrre sul pianeta Terra una perturbazione analoga alla differenza fra un periodo glaciale e uno interglaciale !!

L'Olocene

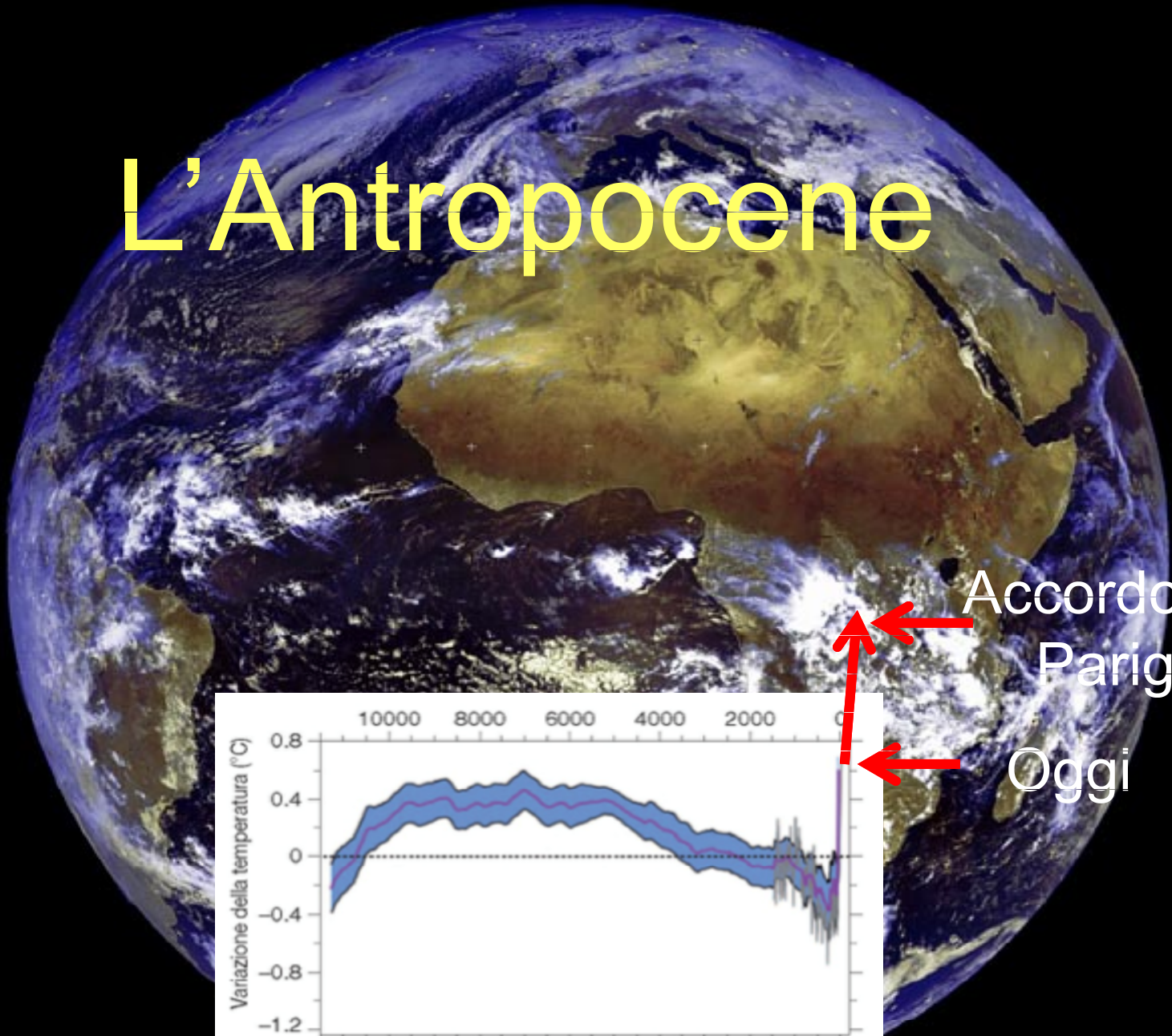


L'Antropocene

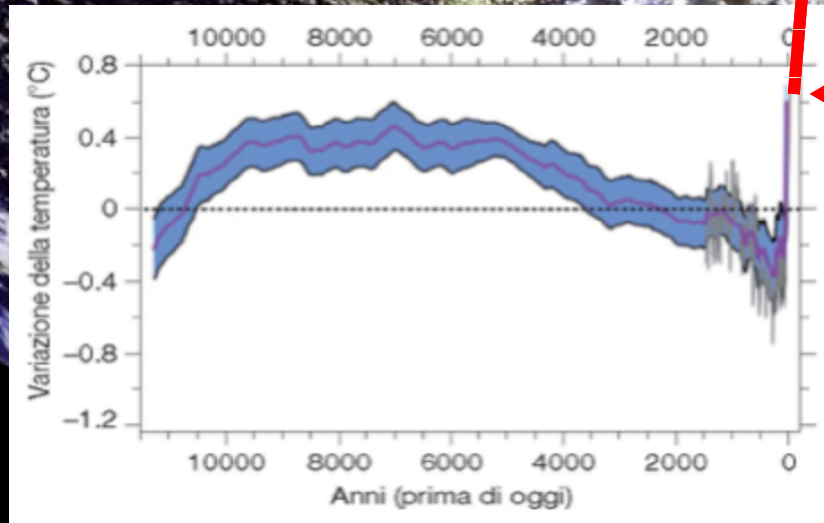


Oggi

L'Antropocene



Accordo di Parigi
Oggi

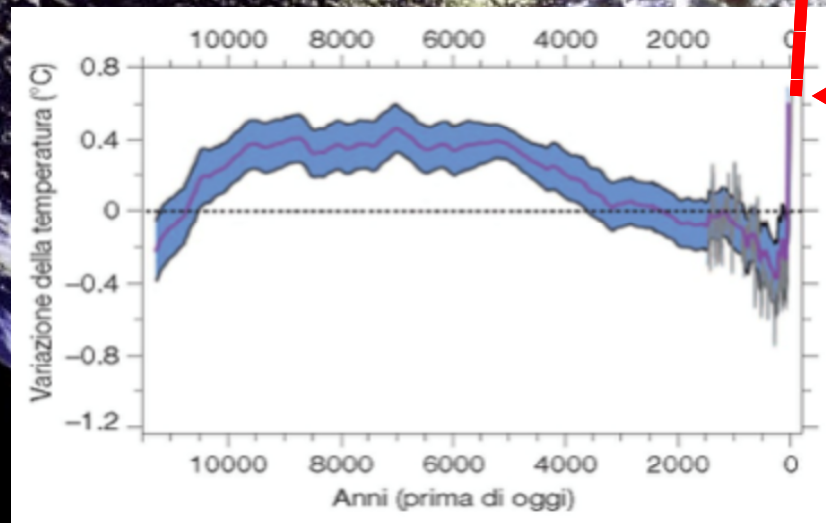


L'Antropocene

Business
as usual

Accordo di
Parigi

Oggi



Filippo Giorgi

L'UOMO E LA FARFALLA

6 domande su cui riflettere per comprendere
i cambiamenti climatici



FrancoAngeli

OrienteMenti
CONOSCERE PER DECIDERE



GRAZIE