



# COSA STA SUCCEDENDO AL CLIMA? STORIA DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SULLA TERRA

**Cobianchi Miriam**

**Affiliazioni:** Dipartimento di Scienze della Terra e dell' Ambiente, DISTA,  
Università di Pavia – Via Ferrata 1- 27100 Pavia

## Cosa sta succedendo al clima?

### Cosa è successo al clima nel passato?

Gli ultimi milioni d'anni sono stati una successione di periodi glaciali intervallati da periodi più caldi. L'ultima età glaciale è finita circa 10.000 anni fa e la Terra da allora è in un periodo caldo chiamato Olocene.

### Perché gli ultimi trent'anni del XX secolo e l'inizio del XXI secolo sono così caldi?

Dal 1995 al 2005, dodici di questi tredici anni hanno fatto registrare le temperature più alte degli ultimi 100 anni.

### Perché il cambiamento climatico è stato così rapido tanto da essere percepito durante la vita di un uomo?



- Global warming
- Breve storia del clima sulla Terra
- Le attività antropiche producono cambiamento climatico?
- Cosa fare?





## 1. Global warming

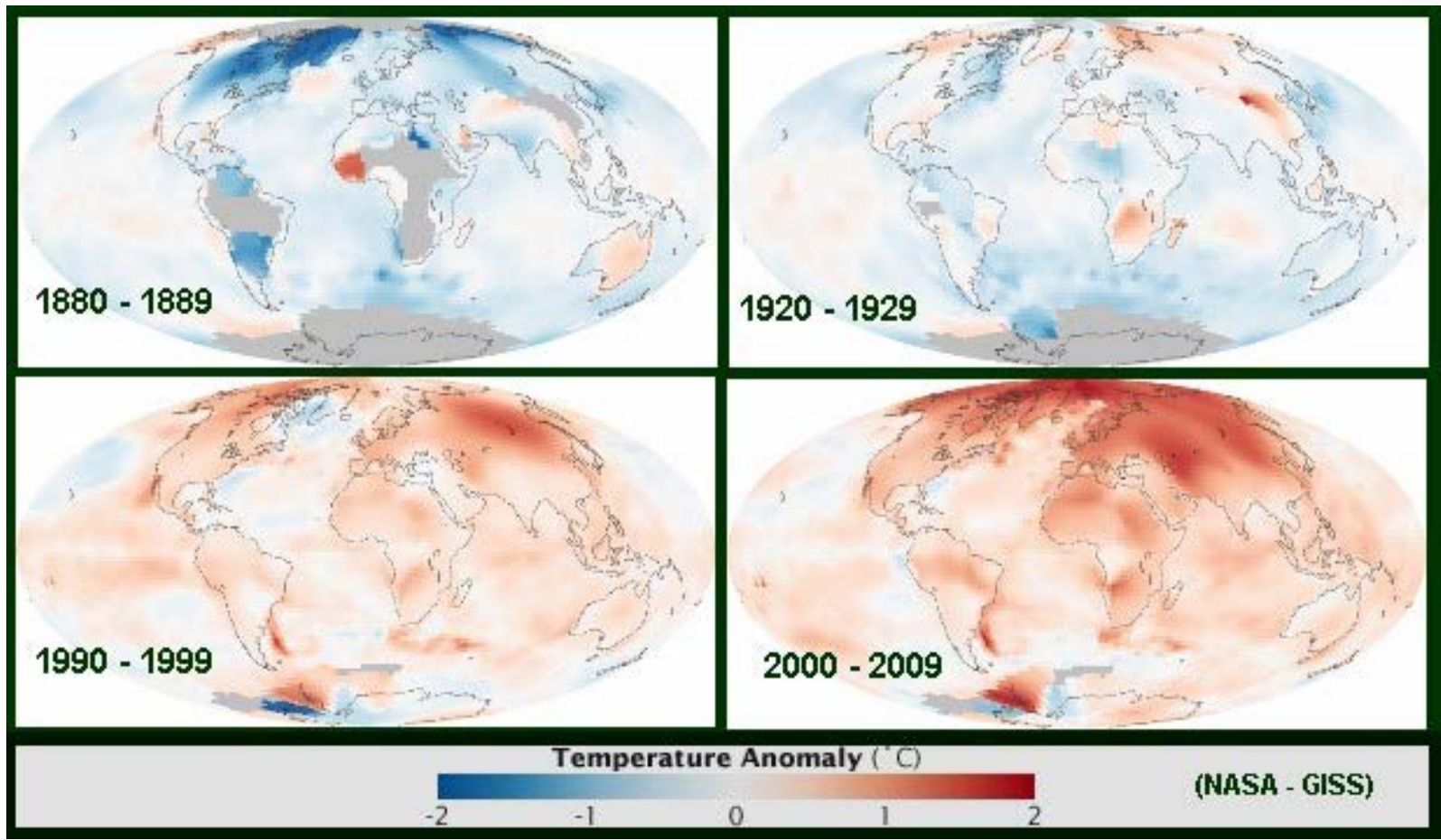
Da trent'anni è all'attenzione degli scienziati il rapido riscaldamento degli strati inferiori dell'atmosfera e il rapido aumento della concentrazione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>)

### CO<sub>2</sub> e Temperatura

Warming of the climate system is unequivocal, as is now evident from observations of increases in global average air and ocean temperatures, widespread melting of snow and ice, and rising global average sea level.

The Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC 2007

# 1. Global warming





# Ten Indicators of a Warming World



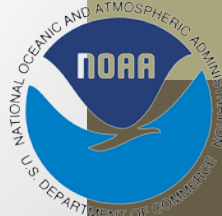
Seven of these indicators would be expected to increase in a warming world and observations show that they are, in fact, increasing. Three would be expected to decrease and they are, in fact, decreasing.

NOAA NCDC based on data updated from Kennedy et al., 2010



# NOAA

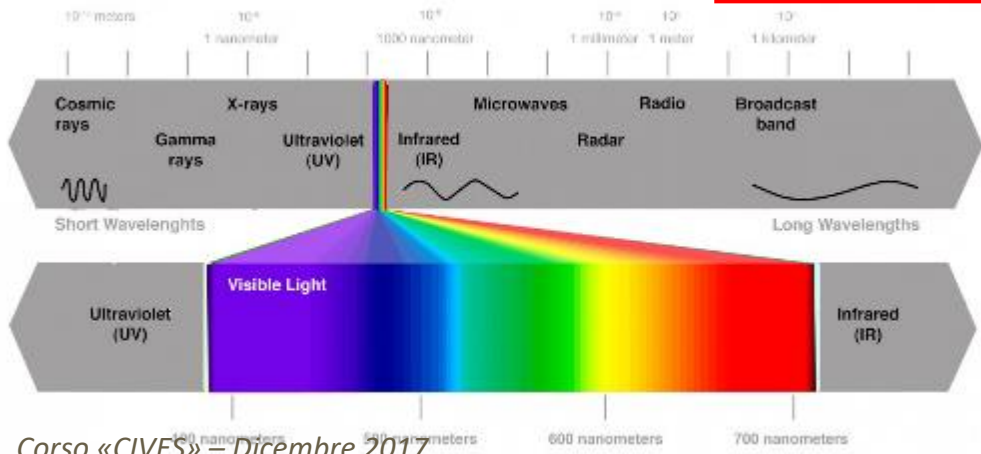
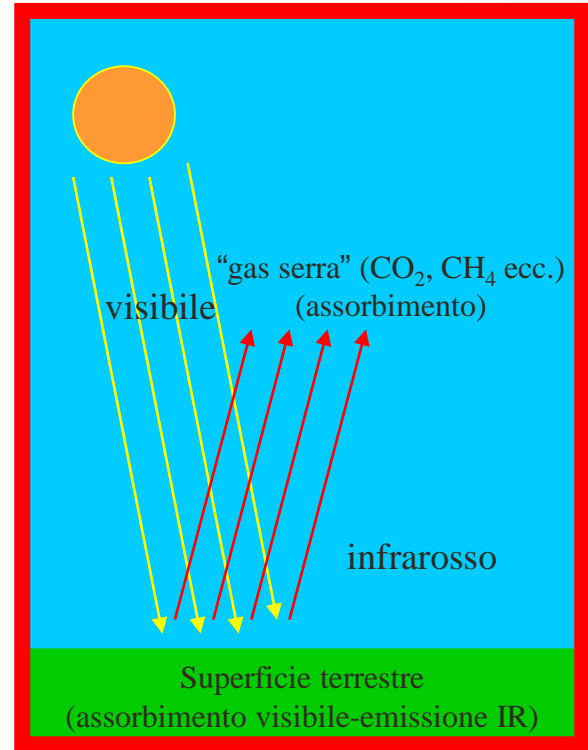
NATIONAL OCEANIC AND  
ATMOSPHERIC ADMINISTRATION  
UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE



# 1. Global warming

A cosa è imputato questo riscaldamento globale?

**EFFETTO SERRA**



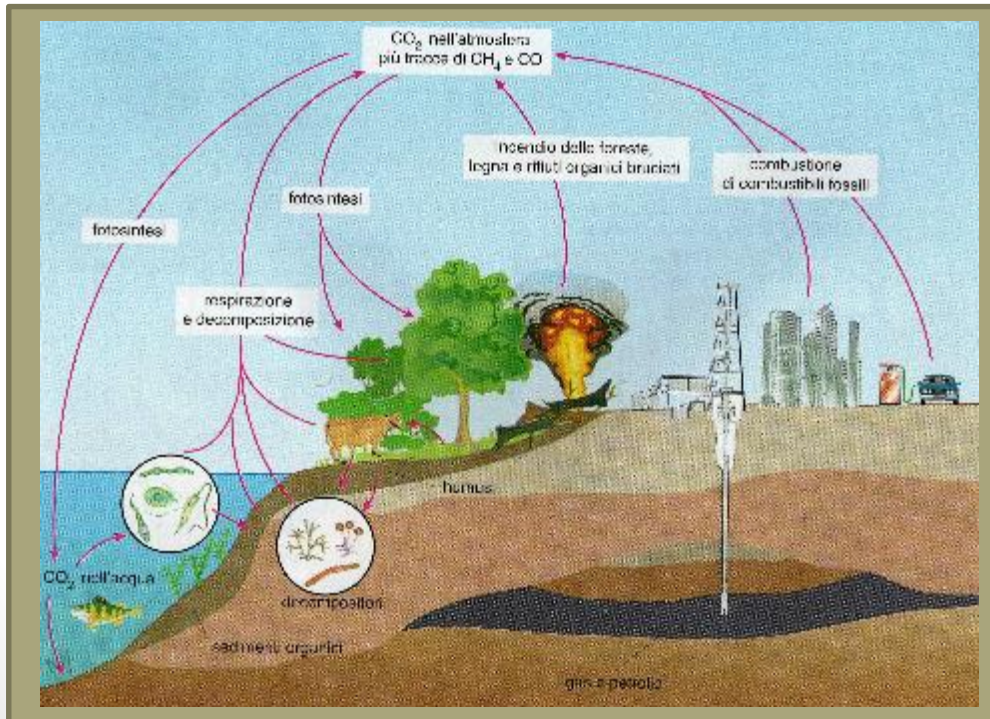


## 1. Global warming

### GAS SERRA

Uno dei principali gas serra è la CO<sub>2</sub> che può essere immesso in atmosfera:

- per cause naturali, es. eruzioni vulcaniche (anche grosse emissioni di SO<sub>2</sub>), respirazione



La vegetazione e gli oceani (fitoplancton) sono in grado di tamponare l'eccesso di CO<sub>2</sub> attraverso la fotosintesi



## 1. Global warming

### GAS SERRA

Uno dei principali gas serra è la CO<sub>2</sub> che può essere immessa in atmosfera:

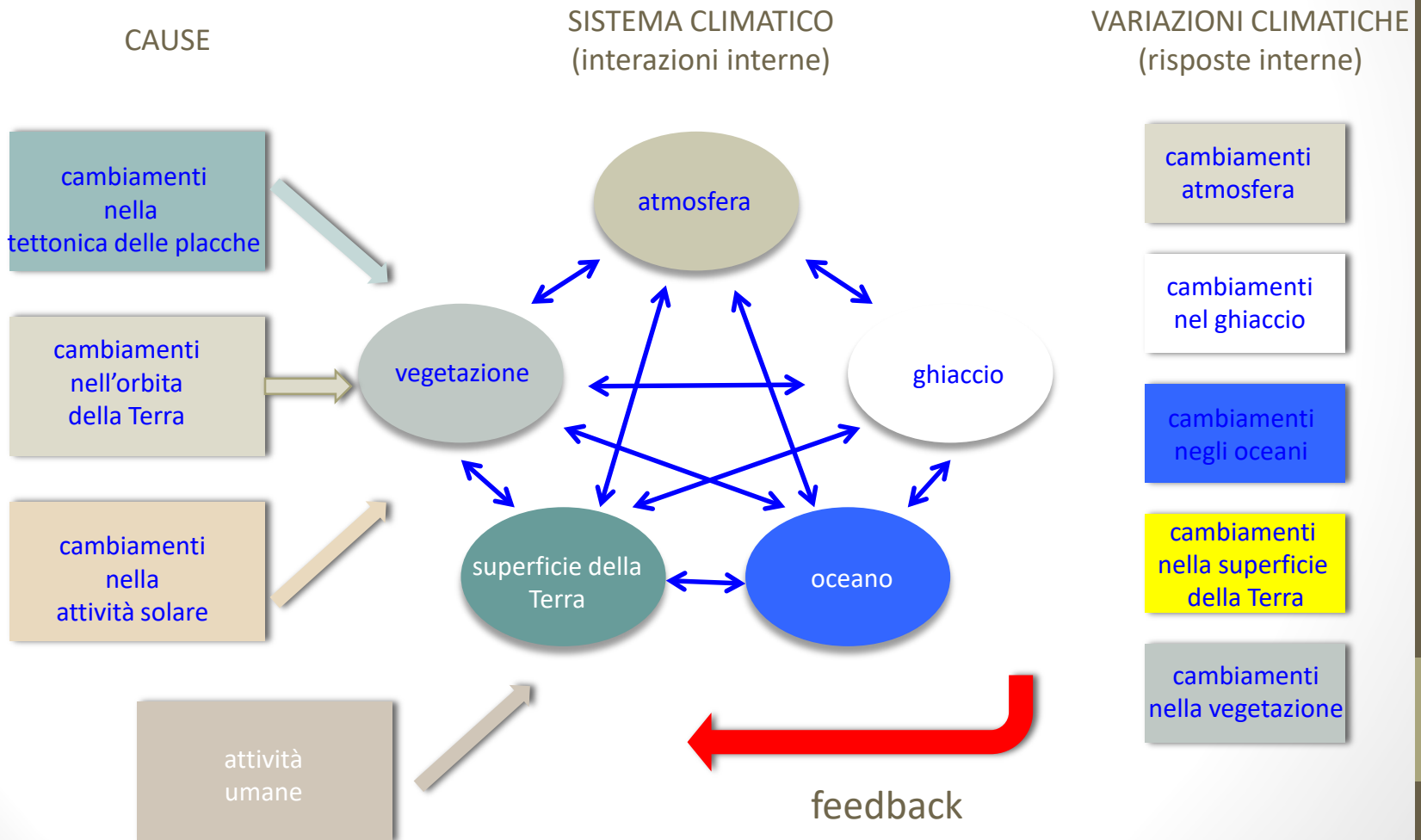
- per cause antropiche



## 2. Breve storia del clima sulla Terra

Il clima della Terra è variato solo negli ultimi 50 anni? No, è variato di continuo

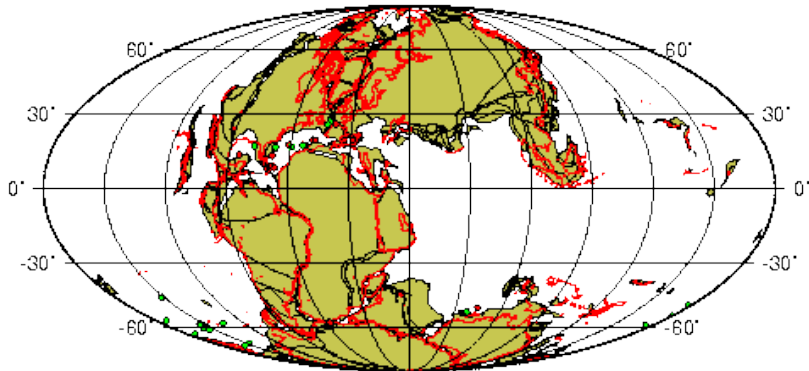
Il sistema climatico





## 2. Breve storia del clima sulla Terra

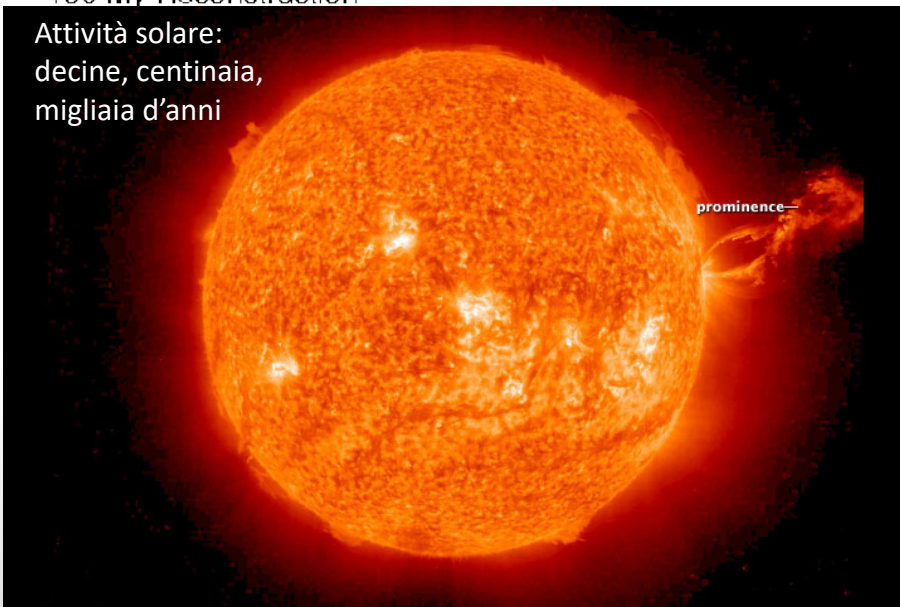
### Forzanti climatiche



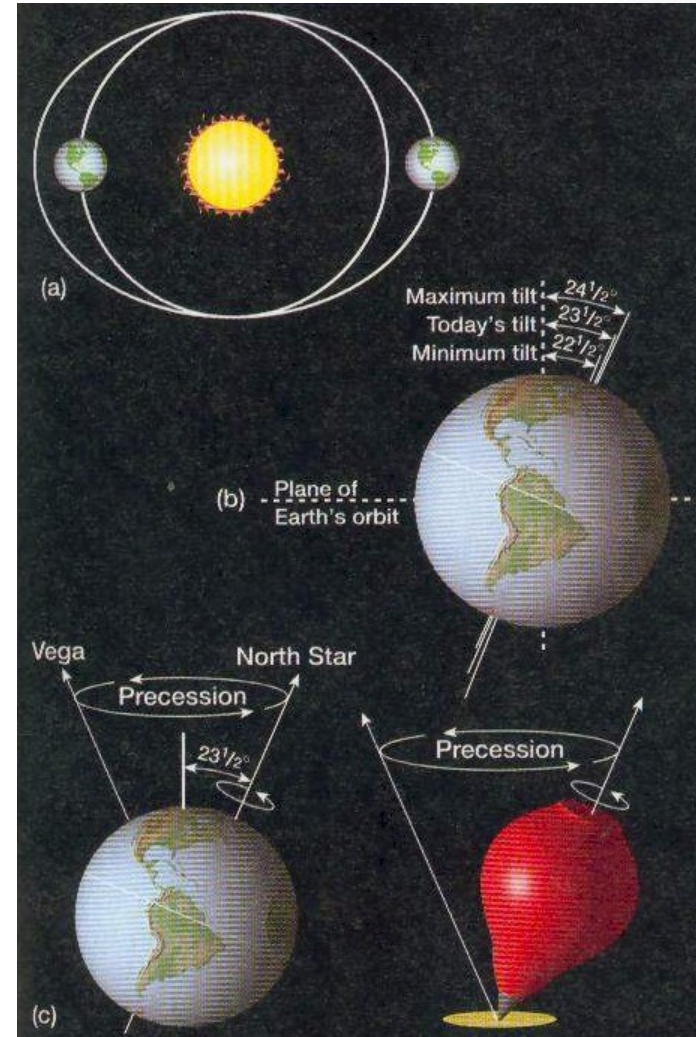
Movimento delle placche:  
milioni d'anni

150 My Reconstruction

Attività solare:  
decine, centinaia,  
migliaia d'anni



Movimenti orbitali: centinaia di migliaia d'anni





## 2. Breve storia del clima sulla Terra

### Relazioni causa-effetto: feedback (positivi e negativi)

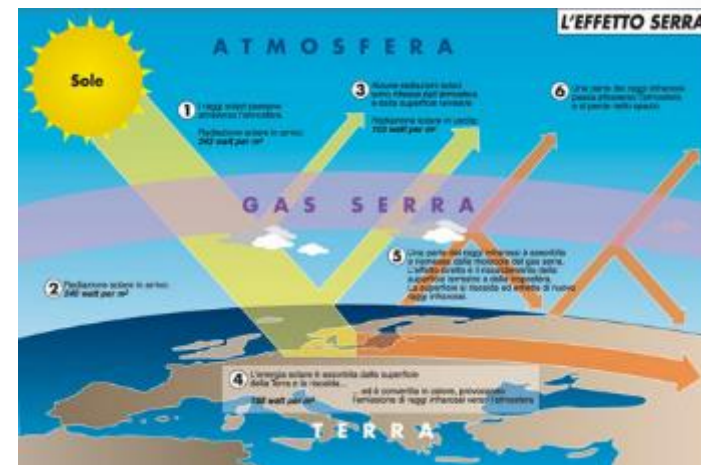


### Albedo (feedback negativo)

Albedo (feedback negativo)

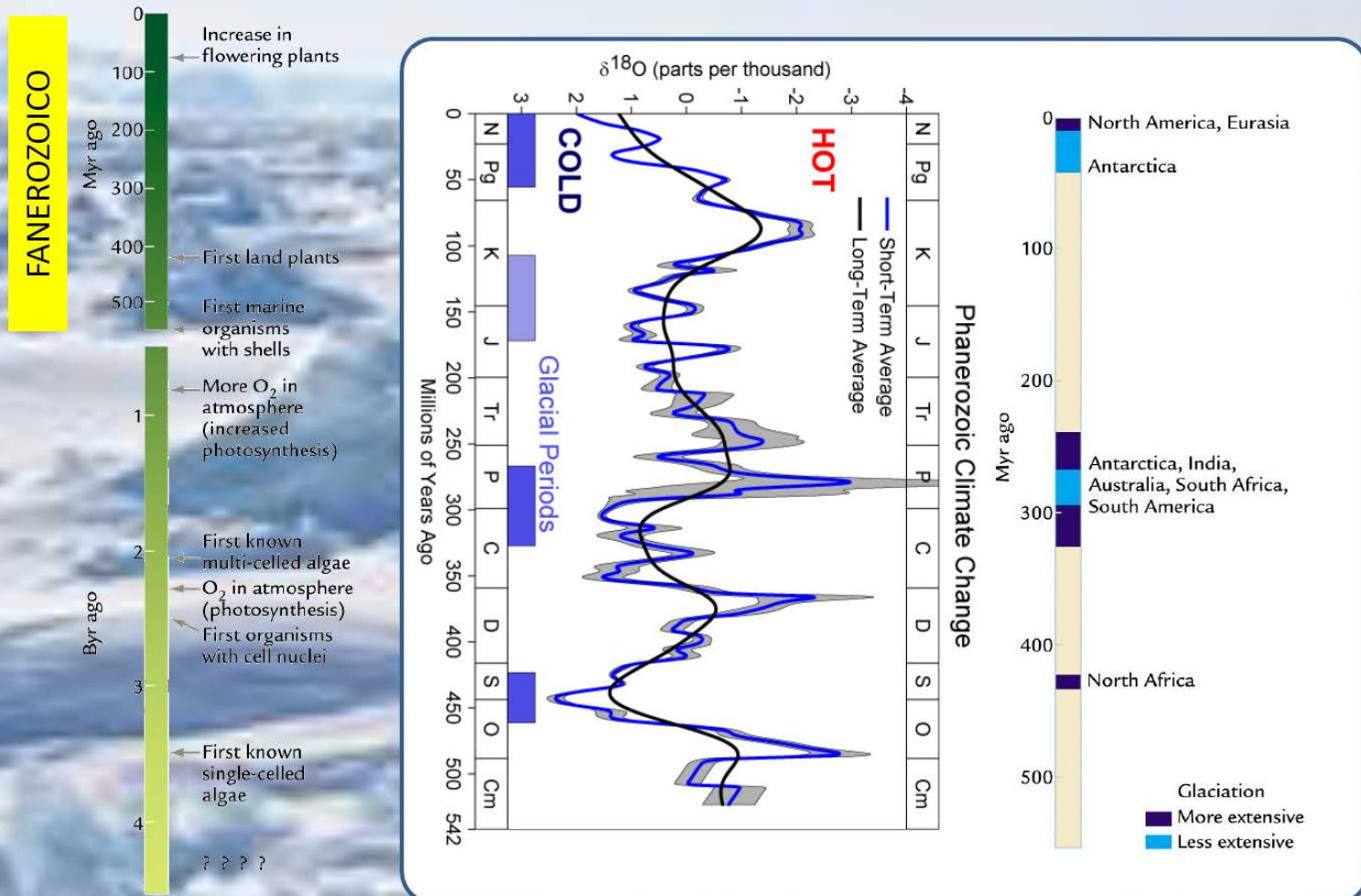


### Effetto Serra (feedback positivo)



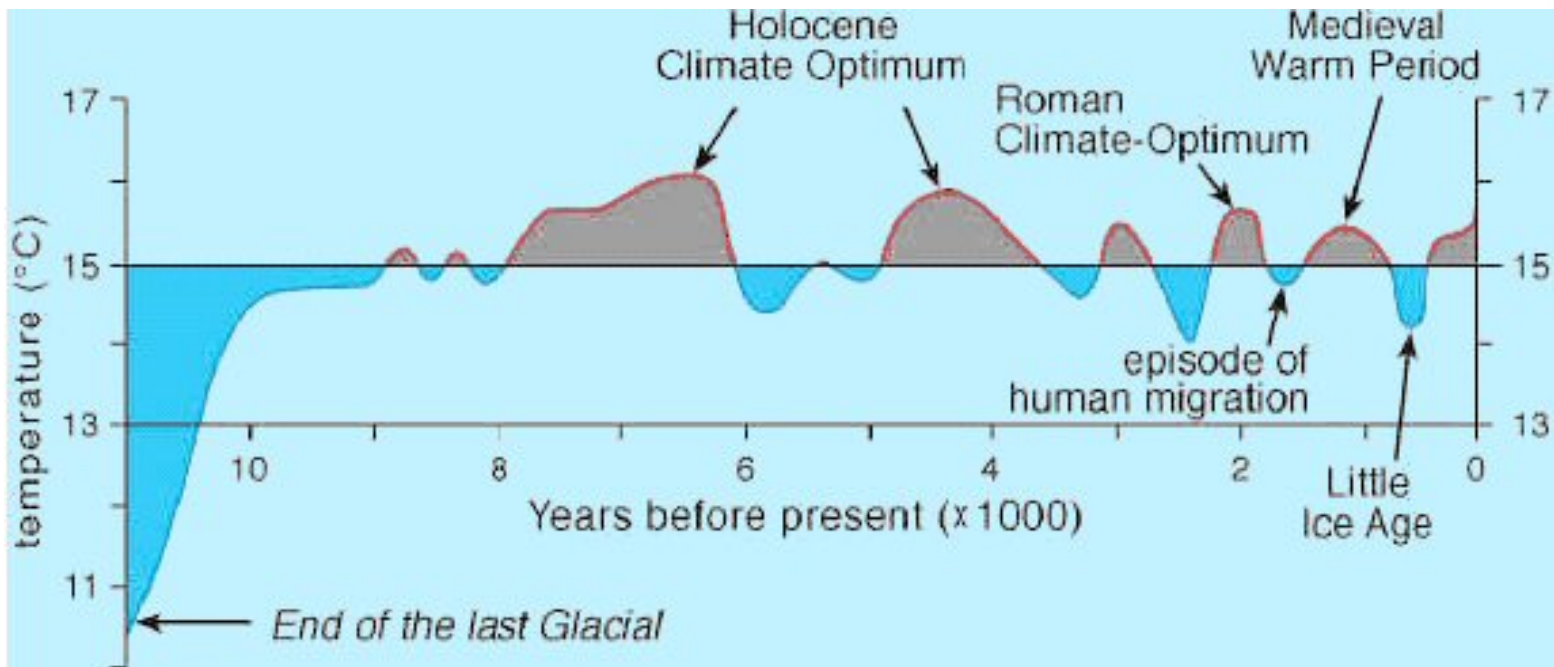
## 2. Breve storia del clima sulla Terra

# FANEROZOICO (542-0 MA)



## 2. Breve storia del clima sulla Terra

Variazioni della temperatura negli ultimi 10.000 anni



Average near-surface temperatures of the northern hemisphere during the past 11.000 years (after Dansgaard et al., 1969, and Schönwiese, 1995)



## 2. Breve storia del clima sulla Terra

inizio (27 a.C.) e fine (395 d.C.)



Tardo impero (284-476)

### OTTIMO CLIMATICO ROMANO



L'impero Romano nacque durante un periodo con condizioni **climatiche favorevoli e stabili** che si deteriorarono durante la crisi del terzo secolo dell'Impero. Un secondo periodo favorevole coincise con il recupero dell'Impero nel quarto secolo.

**Annibale portò un'intera armata, equipaggiata con 37 elefanti da guerra, attraverso le Alpi nel 218 a.C. in inverno.**

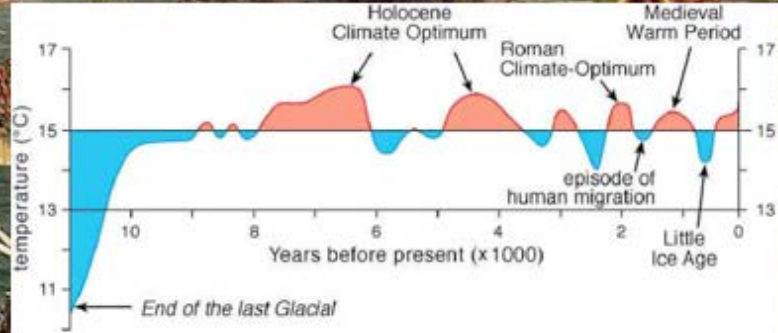


## 2. Breve storia del clima sulla Terra

Tardo impero (284-476)

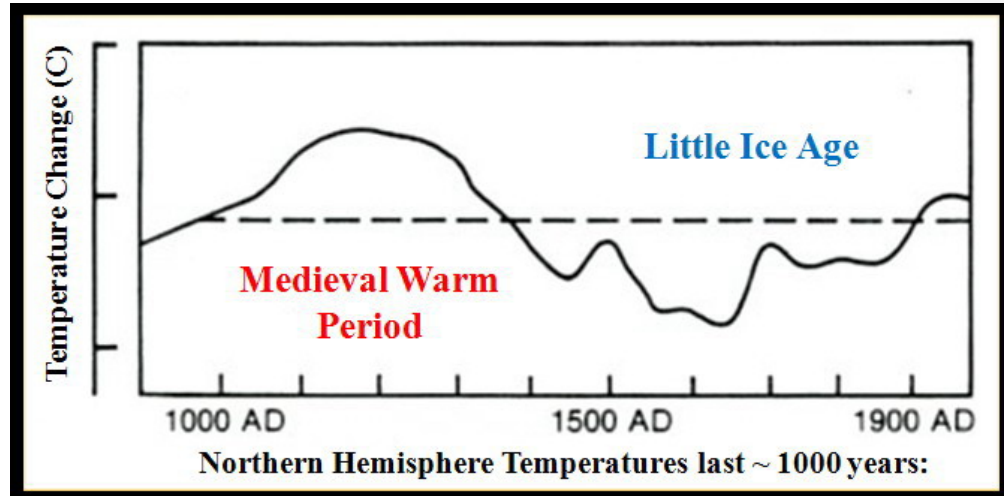
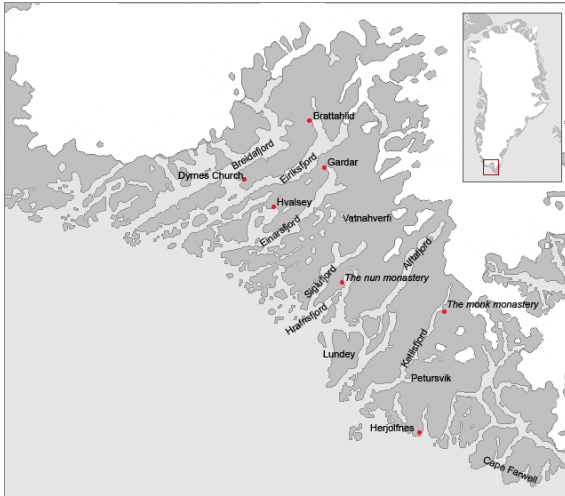
### L'instabilità climatica determinante nel crollo dell'Impero Romano

"...un periodo prolungato di tempo instabile durato dal 250 al 600 d. C. provocò con il collasso delle produzioni agricolo-alimentari il declino dell'Impero a cui l'impatto delle cosiddette "invasioni barbariche", l'esodo in massa di popolazioni spinte dalla necessità di trovare altrove aree di sussistenza, avrebbe dato il colpo decisivo che ne determinò il crollo..."



Average near-surface temperatures of the northern hemisphere during the past 11,000 years (after Dansgaard et al., 1969, and Schönwiese, 1995)

## 2. Breve storia del clima sulla Terra



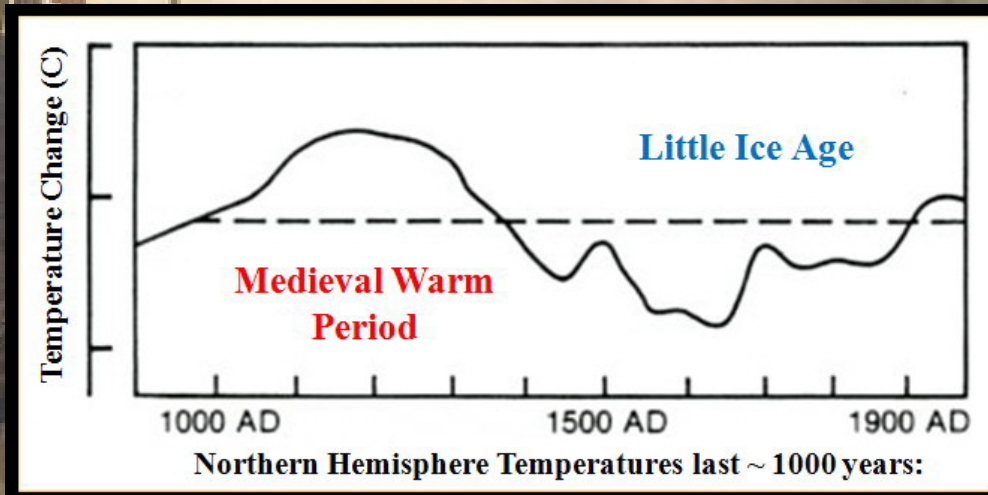
Insedimenti in Groenlandia  
dei Norsemen (Vichinghi), abitati dal 1000 al  
1400





## *Frozen Fair sul Tamigi*

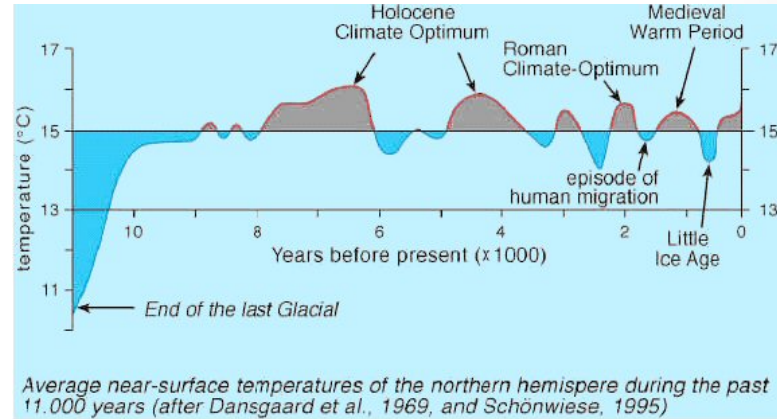
- Tra il 1607 e il 1814 a Londra si tenne regolarmente la
- *Fiera sul ghiaccio* sul fiume, la “*Frozen Fair*”, che comprendeva mercati, spettacoli di burattini, gare di slittino.
- La Fiera non avvenne ogni anno, ma il Tamigi arrivò a congelare
- almeno 24 volte nella zona di Londra durante la Piccola Era Glaciale.



- Abraham Hondius (1631–1691) -The Frozen Thames, 1677

## 2. Breve storia del clima sulla Terra

Quali sono le cause naturali di queste variazioni climatiche?



### Attività vulcanica

Un primo aumento di T per immissione di CO<sub>2</sub> e vapore acqueo in atmosfera, poi la T diminuisce per ceneri e SO<sub>2</sub> nella stratosfera.

Esempi:

- Vulcano Laki in Islanda 1783 12Km<sup>3</sup> lava: inverno 1783-4 molto freddo.
- L'eruzione del Mount Tambora nel 1815 in Indonesia fu la più grande eruzione registrata nella storia dell'uomo (magma 50 km<sup>3</sup>), con l'emissione di ceneri vulcaniche in quantità che bloccarono il calore solare causando un inverno che durò tutto il 1816 nel N. America e nel N. Europe.

## 2. Breve storia del clima sulla Terra

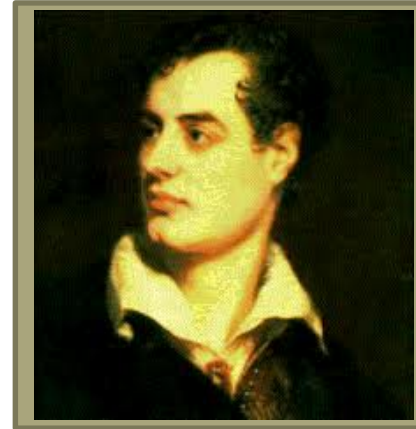
### 1816 – L'anno senza estate

#### Lord Byron (1788– 1824) – Darkness

I had a dream, which was not all a dream.  
The bright sun was extinguish'd, and the stars  
Did wander darkling in the eternal space,  
Rayless, and pathless, and the icy earth  
Swung blind and blackening in the moonless

Eruzione del **Babuyan Claro** nelle  
Filippine (1832)

1833 l'anno successivo all'eruzione,  
**Turner** dipinge *Tramonto rosso*

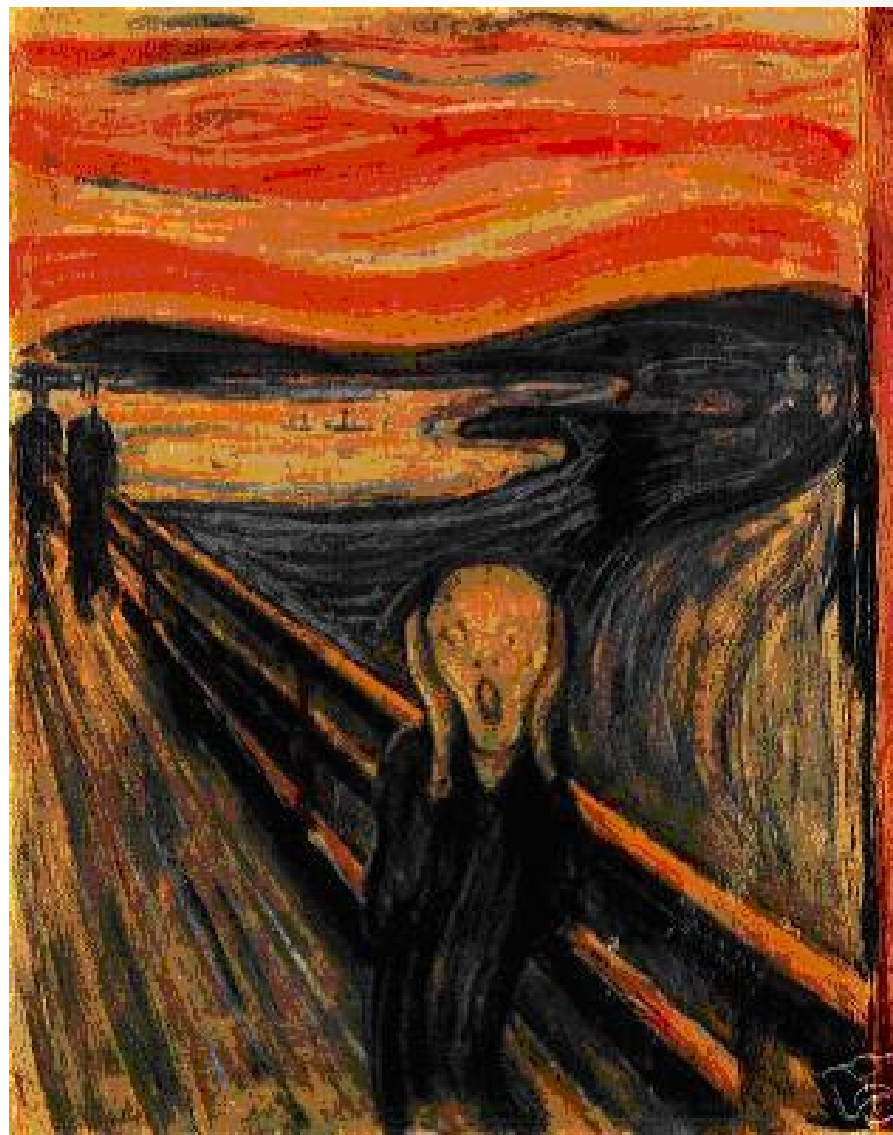




## 2. Breve storia del clima sulla Terra

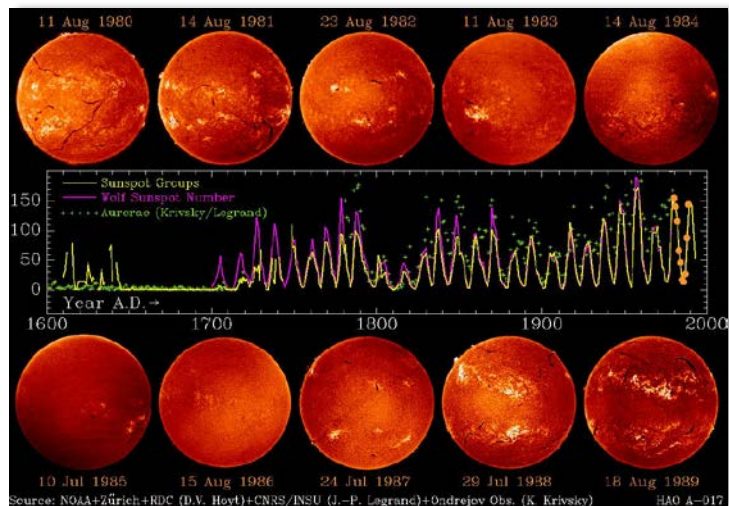
Eruzione del **Krakatoa** del 1883

Edvard **Munch** per il cielo del suo  
Urlo del 1885 si è ispirato ai  
tramonti rossi di Oslo,  
dopo l'eruzione

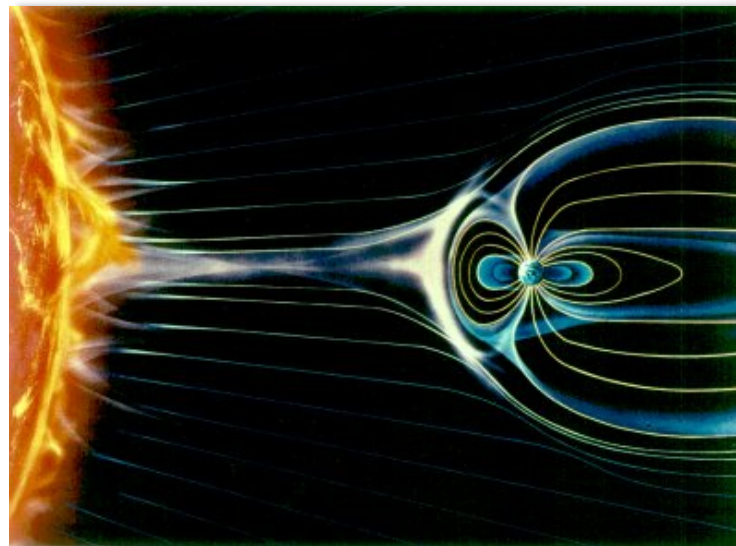


## 2. Breve storia del clima sulla Terra

### Attività delle macchie solari



Le macchie solari furono scoperte da  
**Galileo Galilei** nel 1610



Vento solare

Aurora boreale



## 2. Breve storia del clima sulla Terra

### I VIOLINI DI *STRADIVARI*: ANELLI, ALBERI E LE MACCHIE SOLARI

**Grissino-Mayer**, Università del Tennessee, e **Burckle**, climatologo della Columbia University, pubblicano su *Dendrochronologia* (21/2013), la teoria che attribuisce la musicalità ineguagliata dei **violini prodotti da Antonio Stradivari** all'irripetibile qualità del legno utilizzato dal maestro cremonese.

#### POCO SOLE PER 70 ANNI

Vi fu una **crescita particolarmente lenta degli alberi collocabile tra il 1625 e il 1720**, di cui è rimasta traccia in anelli molto stretti, posti cioè a distanza estremamente ravvicinata l'uno dall'altro. In questo periodo rientrano i settant'anni tra il 1645 e il 1715, noti come **Maunder Minimum**, dal nome dell'astronomo inglese **Edward Walter Maunder** (1851-1928), che documentò una ridotta attività solare in quel settantennio.

#### PICCOLA ERA GLACIALE

Il Maunder Minimum coincide con il culmine della "little ice age", una piccola era glaciale che dominò l'Europa tra Quattrocento e Ottocento, alla quale i due scienziati americani riconducono il rallentamento della crescita degli alberi.

Essi notarono contemporaneamente che **Antonio Stradivari** nacque nel 1644, un anno prima dell'inizio del **Maunder Minimum**, e produsse i suoi preziosi violini nel periodo d'oro tra il 1700 e il 1720, utilizzando abeti rossi. La piccola era glaciale accentuò la densità del legno di questo genere di abeti, incrementandone la naturale capacità di risonanza.





### 3. Le attività antropiche producono cambiamento climatico?

Sino alla rivoluzione industriale i cambiamenti climatici erano legati a cause naturali

## RIVOLUZIONE INDUSTRIALE – IMPATTO ANTROPICO SUL CLIMA

Alle forzanti climatiche naturali si è aggiunto l'impatto antropico

Perché la T e la CO<sub>2</sub> in atmosfera sono variate così rapidamente negli ultimi 50 anni?



### 3. Le attività antropiche producono cambiamento climatico?

L'aumento del contenuto di CO<sub>2</sub> dell'atmosfera: **aumento del fabbisogno di energia**

- Boom economico in occidente
- Paesi in via di sviluppo in oriente



### 3. Le attività antropiche producono cambiamento climatico?

E' solo un problema di CO<sub>2</sub>?

**No, sono molteplici le influenze antropiche sul sistema climatico**

## Crescita demografica

La popolazione mondiale è raddoppiata negli ultimi 50 anni:  
da tre miliardi e mezzo negli anni '60 ai 7 miliardi attuali a stimati  
10-12 miliardi nel 2050



## Uso del suolo e dell'acqua dolce

Perdita di biodiversità, inquinamento delle acque  
sotterranee, dei terreni, desertificazione

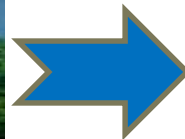




### 3. Le attività antropiche producono cambiamento climatico?

# Deforestazione

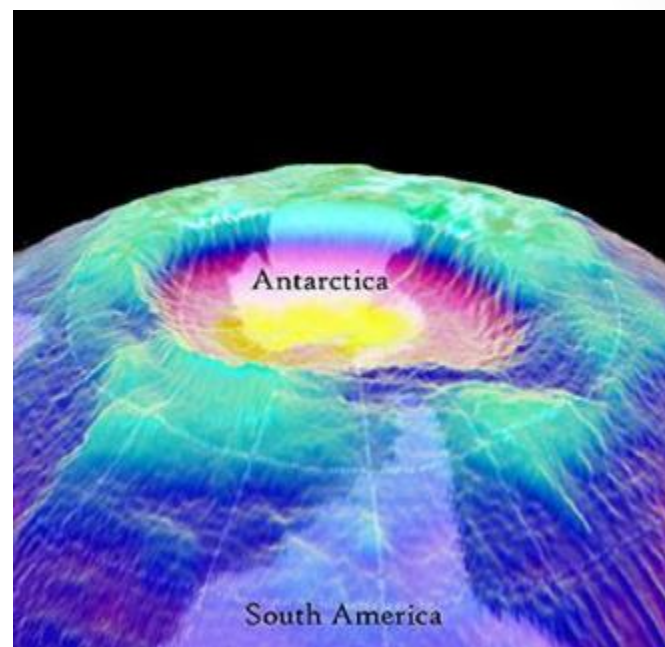
Diminuzione dell'albedo terrestre



### 3. Le attività antropiche producono cambiamento climatico?

## Altre attività industriali

Es. **Cloroflorocarburi**,  
assottigliamento dello strato di  
ozono ( $O_3$ ) e minor protezione  
dagli UV provenienti dal sole



**Inquinamento da plastica**

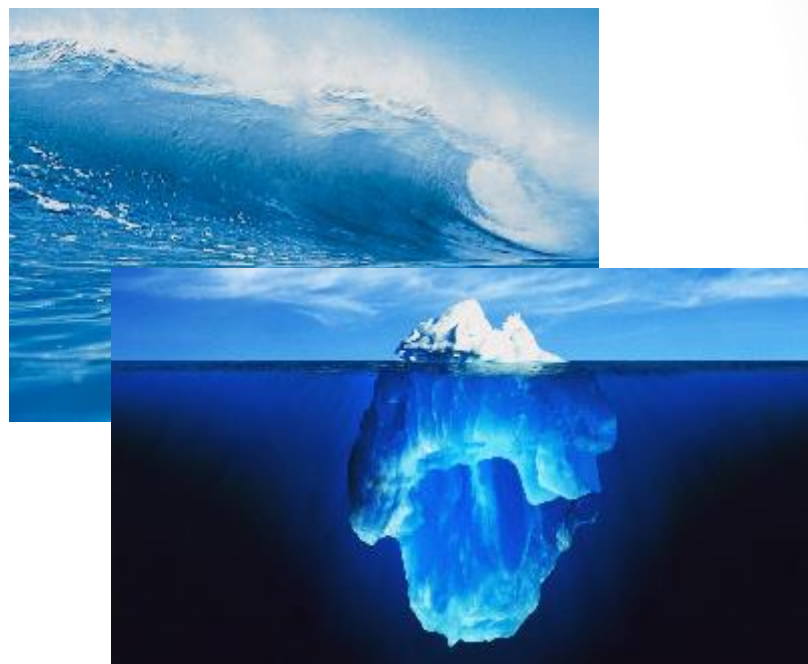
### 3. Le attività antropiche producono cambiamento climatico?

## Impatti

### Sollevamento del livello del mare

Scioglimento delle calotte di ghiaccio  
che coprono le aree polari

Espansione termica delle acque degli  
oceani



Durante il XX secolo il livello del mare si è alzato 20 cm per espansione termica dell'acqua di mare e scioglimento dei ghiacci



### 3. Le attività antropiche producono cambiamento climatico?

## Sollevamento del livello del mare: il caso del Pliocene



4 milioni di anni fa – la Calotta Artica non c'era



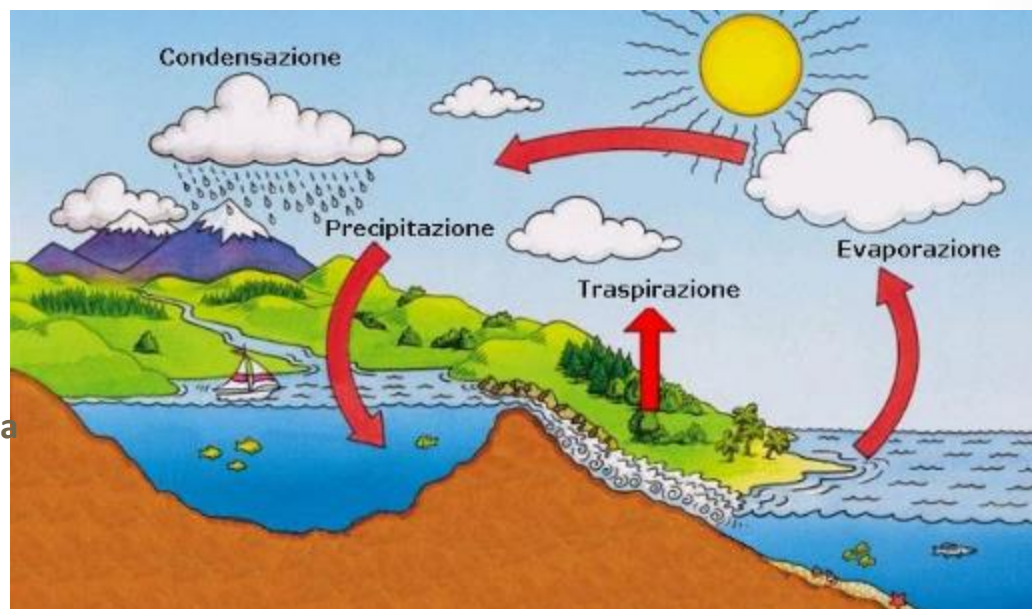
4 milioni di anni fa –  $p\text{CO}_2$  ca. 380 ppm  
circa uguale all'attuale valore

### 3. Le attività antropiche producono cambiamento climatico?

## Impatti

La disponibilità di acqua dolce può variare per il global warming

- **Aumento di precipitazioni alle alte latitudini e ai tropici**
- **Diminuzione di precipitazioni alle medie latitudini** e alle zone subtropicali soprattutto in estate
- Minori piogge aumento di evaporazione
- **Diminuzione dell'umidità del suolo per la crescita di colture**



### 3. Le attività antropiche producono cambiamento climatico?

## Impatti

Eventi atmosferici estremi (es. uragani)  
e allagamenti



Uragano Katrina 2005

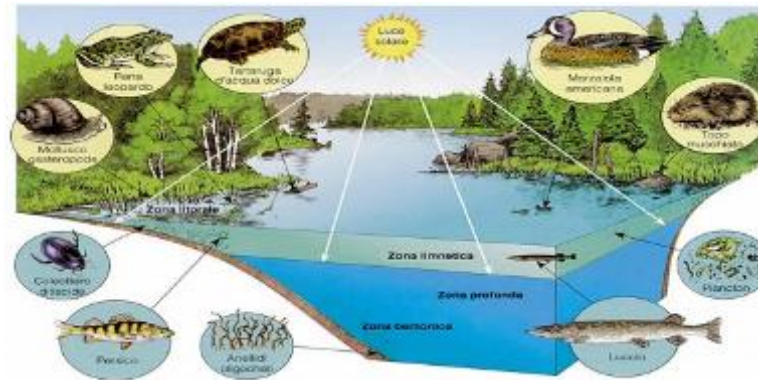


Sahara

Impatto sugli  
ecosistemi

### Desertificazione

Degradazione del suolo per cambiamento climatico o attività umane con decrescita della vegetazione, riduzione dell'acqua ed erosione del suolo



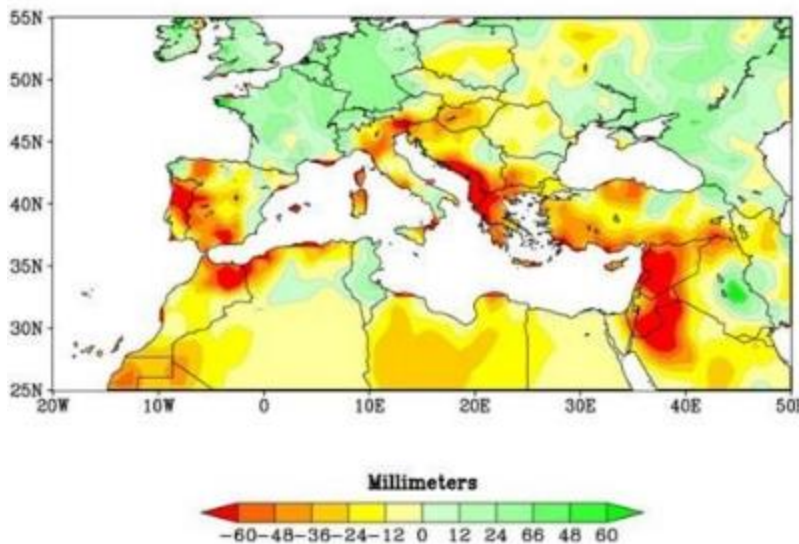


### 3. Le attività antropiche producono cambiamento climatico

## La situazione del Mediterraneo

L'aumento complessivo della **temperatura media globale** (sistema terra-oceano) al 2008 è stato di  $0,7^{\circ}\text{C}$  rispetto al livello pre-industriale. Il tasso di riscaldamento, pari a  $0,1^{\circ}\text{C}$  per decennio negli ultimi 100 anni, è aumentato a  $0,16^{\circ}\text{C}$  per decennio negli ultimi 50 anni.

L'aumento della **temperatura in Europa** al 2008, rispetto ai valori pre-industriali, è stato di circa  $1,0^{\circ}\text{C}$  per il sistema terra-oceano,  $1,3^{\circ}\text{C}$  sulla terraferma, maggiore quindi di quello globale. Le proiezioni indicano un aumento della temperatura media per la fine di questo secolo tra  $1,0$  e  $5,5^{\circ}\text{C}$ .



## 4. Cosa fare?

# Conferenze sull'ambiente

## The Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC

Strategie comuni per rallentare e stabilizzare il cambiamento climatico

4 report – 1990, 1995, 2001, 2007

La conferenza di Rio del 1992 – Framework Convention on Climate Change fu firmato da 160 paesi

## Rio Declaration per un'azione internazionale

- 1 – Principi di precauzione
- 2 – Principi di sviluppo sostenibile (sociale, ambientale, economico)
- 3 – Chi inquina paga
- 4 – Principi di equità

## 4. Cosa fare?

# Conferenze sull'ambiente

**Azioni a breve termine:** Stabilizzazione delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dal 2000

Ad es. utilizzare gas naturale (metano) che produce la stessa quantità di energia generando il 40% in meno di CO<sub>2</sub> del carbone e il 25% in meno del petrolio

Nonostante la Convenzione del 2000 le emissioni aumentarono del 11%

USA + 17%,; nel resto dei paesi industrializzati 5%; Unione Sovietica diminuirono del 40% per il crollo dell'economia; paesi in via di Sviluppo + 40%

## PROTOCOLLO DI MONTREAL

1987 – messa al bando di sostanze come i clorofluorocarburi (CFCs) – buco dell'ozono

## PROTOCOLLO DI KYOTO

Redatto a Kyoto nel 1997 a Kyoto entra in vigore nel 2005 dopo la ratifica della Russia

Riduzione delle emissioni di elementi inquinanti (CO<sub>2</sub> e altri 5 gas serra ) in una misura non inferiore a ll'8,65%

Rispetto alle emissioni registrate nel 1985 – considerato anno base



#### 4. Cosa fare?

# Conferenze sull'ambiente

## COP 21 - Conferenza di Parigi (2015)

**Obiettivo principale** - L'accordo prevede di contenere l'aumento della temperatura globale del pianeta **ben al di sotto dei 2°C**, perseguendo idealmente il goal di **+1,5°C**.

Secondo le conclusioni dell'IPCC, per limitare il riscaldamento a 2°C dobbiamo tagliare le emissioni rispetto al 2010 del 40-70% entro il 2050. "Per raggiungere il target di 1,5°C il taglio deve essere più sostanziale, tra il 70 e il 95% entro il 2050" (Kallbekken, Centre for International Climate and Energy Police)

**Differentiation**, diversa responsabilità storica tra Paesi sviluppati e Paesi in via di sviluppo e un conseguente diverso impegno finanziario

Oltre all'Europa, anche la Cina, l'India e gli Stati Uniti si sono impegnati a tagliare le emissioni

#### 4. Cosa fare?

# Sviluppo sostenibile e villaggio globale

**Sviluppo sostenibile:** uno sviluppo in grado di assicurare «il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri». <sup>[L]</sup><sub>[SEP]</sub>

Compatibilità tra sviluppo delle attività economiche e salvaguardia dell'ambiente.

La possibilità di assicurare la soddisfazione dei bisogni essenziali comporta, dunque, la realizzazione di uno sviluppo economico che abbia come finalità principale il rispetto dell'ambiente, ma che allo stesso tempo veda anche i paesi più ricchi adottare processi produttivi e stili di vita compatibili con la capacità della biosfera di assorbire gli effetti delle attività umane e i paesi in via di sviluppo crescere in termini demografici ed economici a ritmi compatibili con l'ecosistema.

**Villaggio globale:** natura globale degli eventi

#### 4. Cosa fare?

# Mitigazione ma anche adattamento

Le analisi degli scienziati e degli esperti forniscono ormai un quadro sostanzialmente omogeneo dei cambiamenti climatici in atto e dei possibili scenari futuri.

E' anche generalmente condivisa la necessità che **alle strategie e alle azioni per la mitigazione dei cambiamenti climatici**, basate essenzialmente sul contenimento delle emissioni di gas a effetto serra e sulla valorizzazione dei cosiddetti "serbatoi di CO<sub>2</sub>", si affianchino a

**politiche e strategie di adattamento**, mirate a limitare al minimo i danni economici, sociali e sanitari.



#### 4. Cosa fare?

## Cosa fa l'Italia

**All'estero:** accordi bilaterali stipulati durante il COP 21 con paesi che sentono ancor di più l'impatto climatico (isole del Pacifico, Egitto, Panama per il ripristino della foresta

~~Pluviale. L'Italia sta anche trasferendo fondi alle Banche Mondiali per progetti in Africa~~

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**

Meglio sul piano dell'energia: dal 2015, le fonti rinnovabili coprono il 33,2% della produzione nazionale di energia elettrica 270,7 TW·h (44,8 TW·h da idroelettrico, 5,8 TW·h da geotermoelettrico, 14,6 TW·h da eolico, 24,7 TW·h da fotovoltaico).

Il problema dell'autotrazione