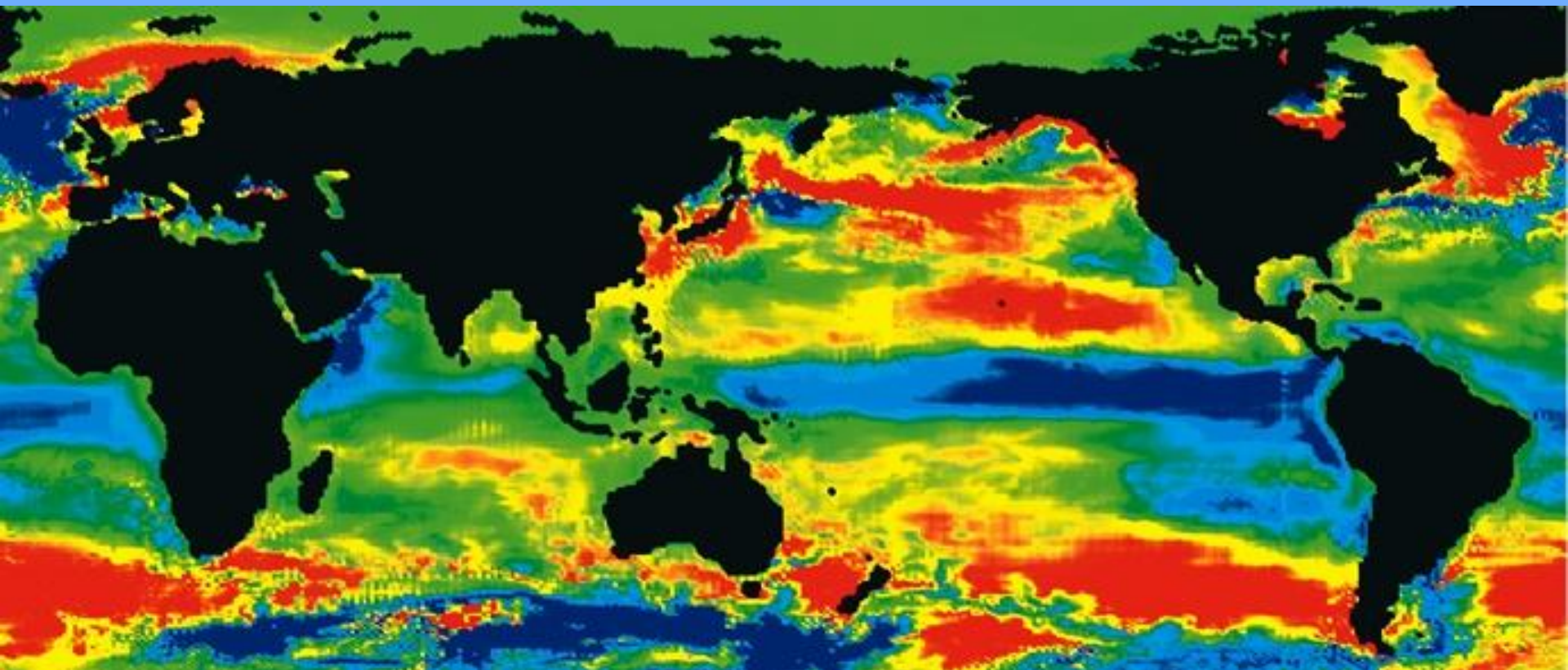


Il Sistema Terra e il cambiamento climatico



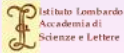
Gianluca Lentini



I CIELI DI BRERA

*CICLO DI CONFERENZE PUBBLICHE IN OCCASIONE DEI
250 ANNI DELLA NASCITA DELL'OSSERVATORIO*

*L'Osservatorio Astronomico di Brera in collaborazione con
L'Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere*



Cosa succede alla Terra?



Ghiacciaio di Pasterze (Austria)

... il Cambiamento Climatico! (?)

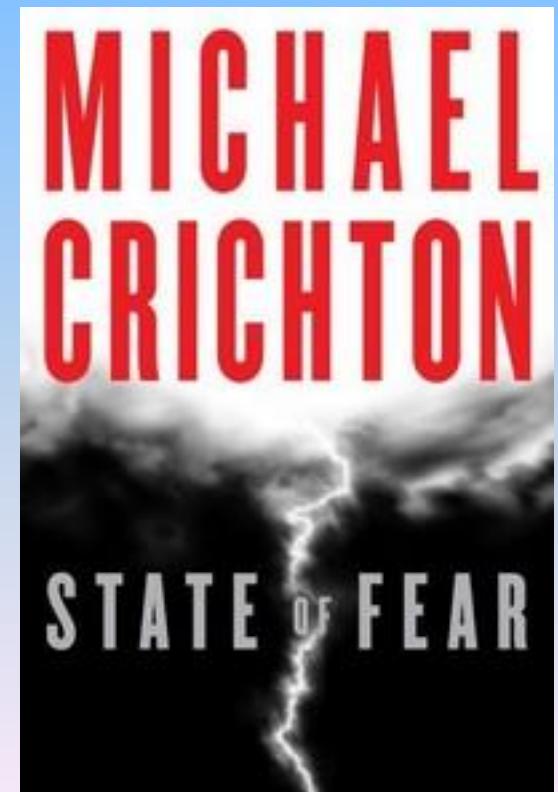


Il mondo finirà domani a seguito di immani catastrofi

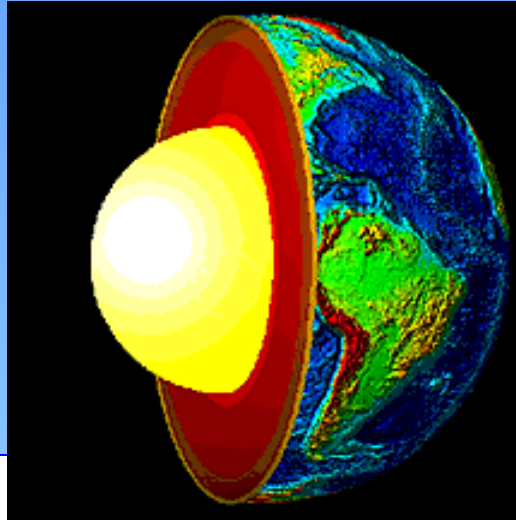
Tali catastrofi sono causate dall'inquinamento umano

Il cambiamento climatico è solo una menzogna ideata dalle lobby ecologiste

Le emissioni antropiche hanno un benefico effetto regolatore sul clima



La Terra come sistema fisico



Costituita da diversi componenti in mutua interazione

*Caratterizzata da interscambi di **MASSA** ed **ENERGIA** (...)*

Evoluzione descrivibile in termini di “equilibrio mobile”

*Processi **ESTERNI** ed **INTERNI** al sistema, con **TEMPI** diversi*

*Caratterizzata dal ruolo della **BIOSFERA***

La Terra e il suo clima: le unità geofisiche



TERRA SOLIDA



IDROSFERA



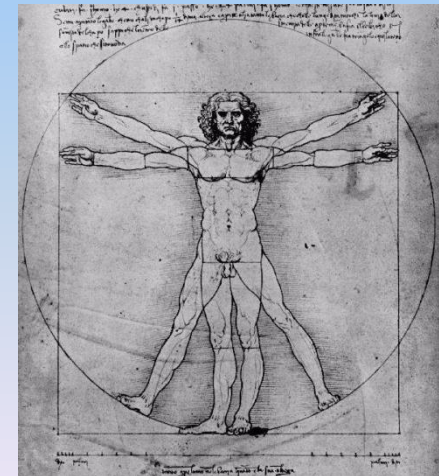
CRIOSFERA



ATMOSFERA

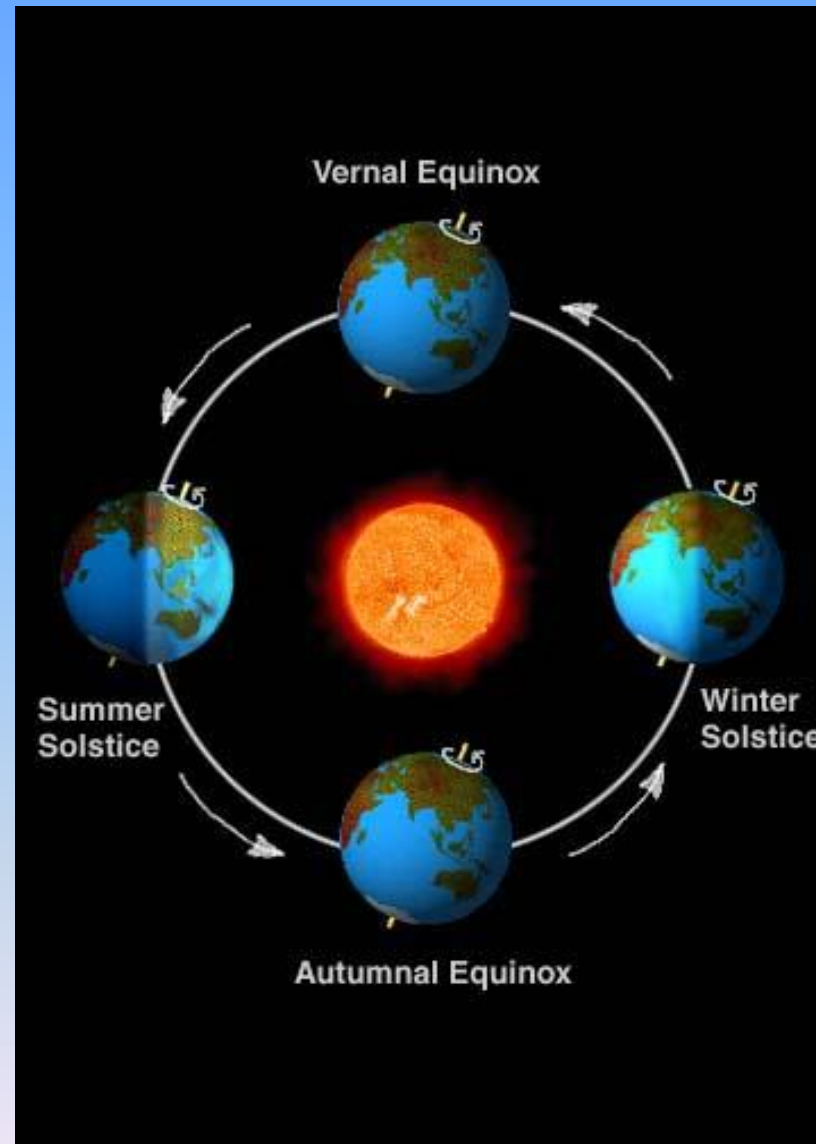


BIOSFERA



ANTROPOSFERA

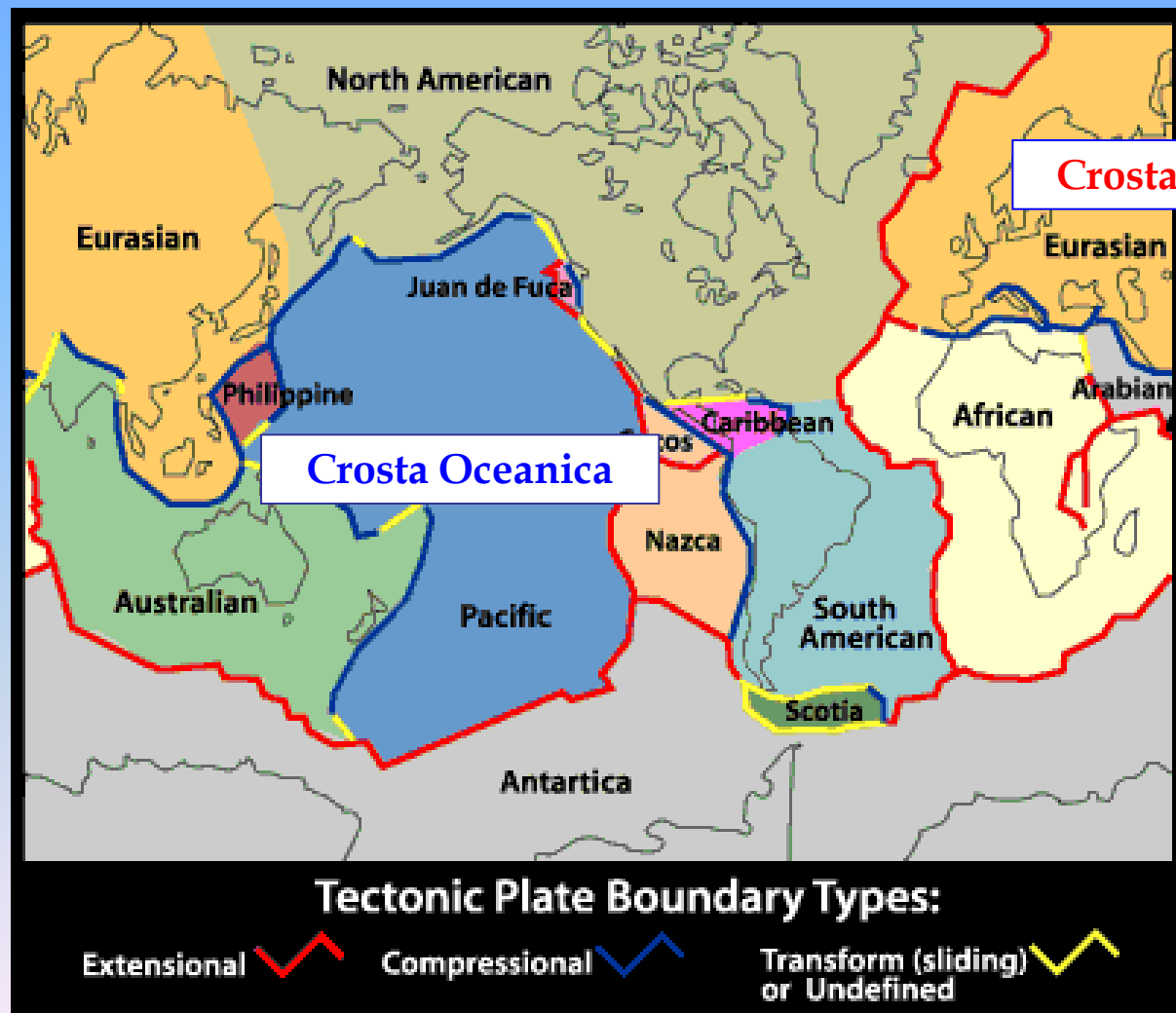
I processi fondamentali – milioni di anni



Orbita terrestre e suoi cicli = grandi glaciazioni

I processi fondamentali – milioni di anni

LA TETTONICA A PLACCHE



I processi fondamentali – migliaia di anni

L'ISOSTASIA E IL RIMBALZO POSTGLACIALE

Interglacial

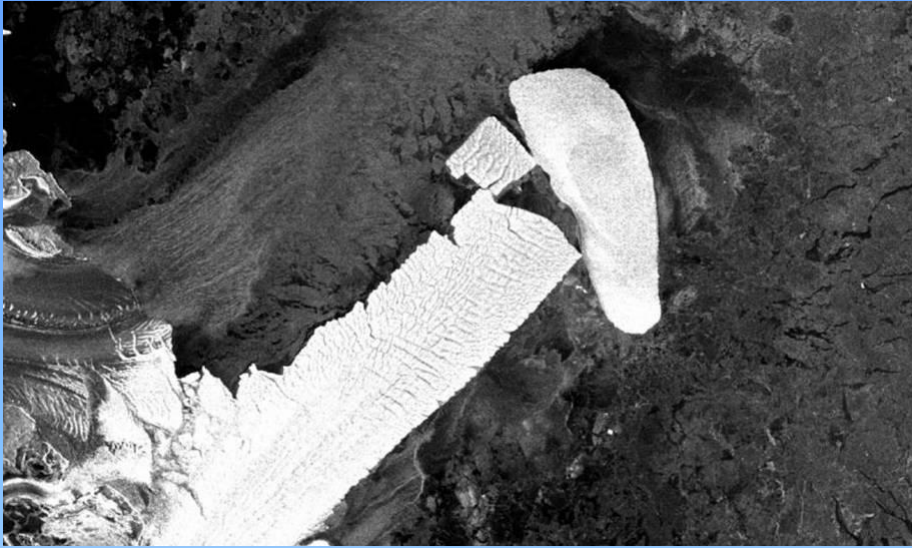


Stoccolma - Venezia



Responsabili dei maggiori movimenti VERTICALI della crosta (cm/anno)

I processi fondamentali – anni



[Envisat MERIS] © ESA

**Iceberg:
INTERAZIONI
TRA CRIOSFERA
ED IDROSFERA**



**Plancton:
INTERAZIONI
TRA BIOSFERA,
IDROSFERA,
ATMOSFERA**

I processi fondamentali – anni

Eruzioni:

**INTERAZIONI
TRA TERRA
SOLIDA E
ATMOSFERA**



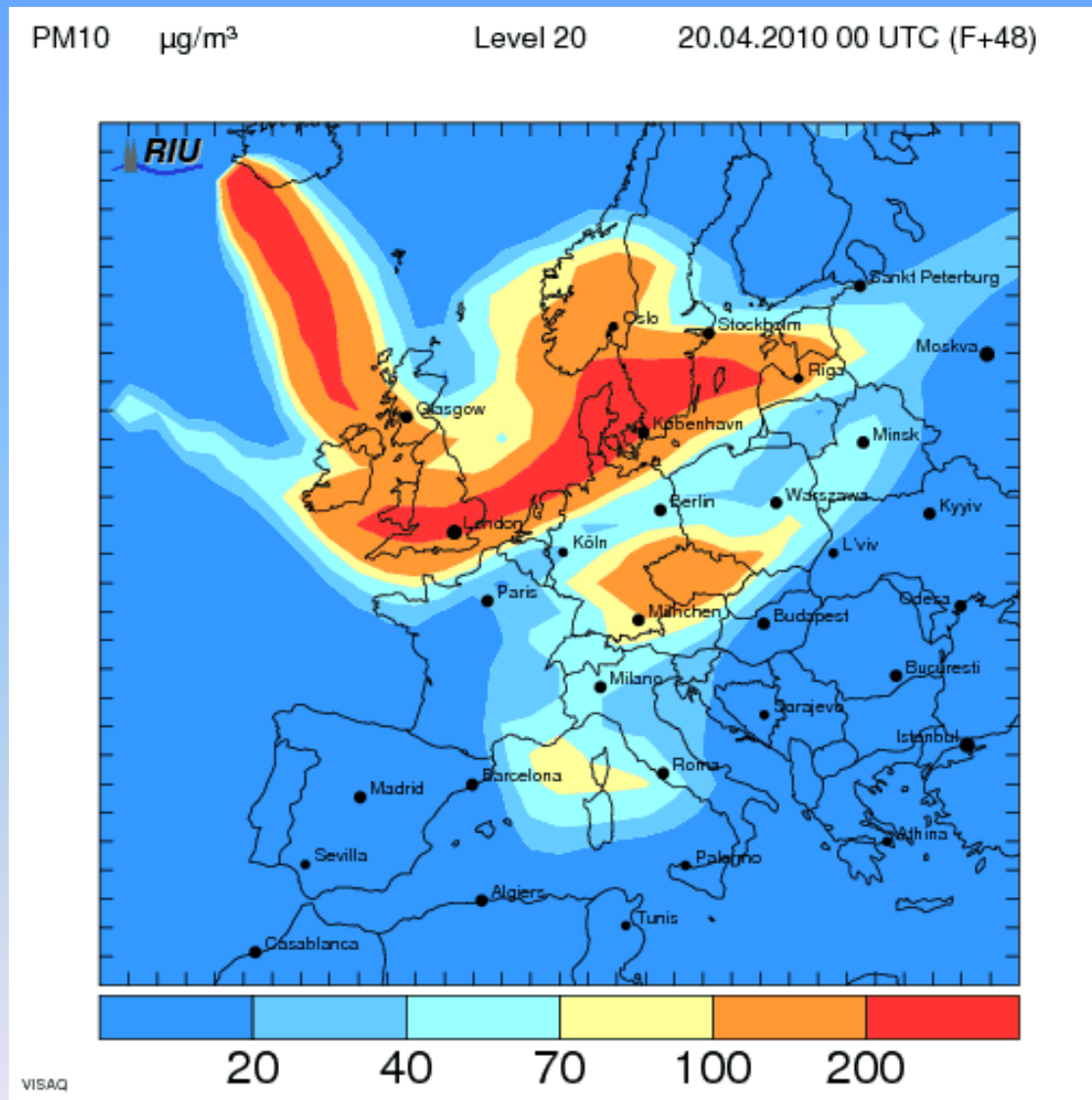
[Envisat MERIS] © ESA



Agricoltura:

**INTERAZIONI TRA
ANTROPOSFERA,
BIOSFERA E
ATMOSFERA**

I processi fondamentali – mesi/anni



Eyjafjallajökull

Espansione della nube (in microgrammi al metro cubo), Dip. Fisica, UniAQ

I processi fondamentali – giorni



Nube di polveri e
particolato – tempo di
residenza di poche
settimane

**INTERAZIONI TRA
ANTROPOSFERA E
ATMOSFERA**

La biosfera come unità geofisica:

Noël Antoine Pluche,
Spectacle de la Nature
(1732-1745)

“La Provvidenza ha creato gli animali domestici affinché vivano accanto all’uomo per servirlo ... quelli feroci per punirlo quando diventasse peccatore e perversito... se l’aria fosse visibile non potremmo godere dello spettacolo della natura... Dio ha cacciato benevolmente le pietre sotto terra, per permettere all’uomo di spostarsi e di coltivare, ma le ha poste a una profondità giudiziosamente accessibile per i bisogni dell’uomo... la Provvidenza ha voluto che l’uomo fosse padrone e unico proprietario del soggiorno terrestre.”

Jacques Henri Bernardin
de Saint Pierre, *Etudes de
la Nature* (1784)

“Innumerevoli sono gli esempi della materna condiscendenza e della regale lungimiranza della Provvidenza nella Natura... la vacca possiede quattro mammelle, nonostante partorisca un solo vitello alla volta, raramente due, perché le mammelle supplementari sono destinate a nutrire il genere umano... la Natura ha collocato cespugli e liane nei luoghi difficili da scalare, al fine di facilitarne l’accesso all’uomo...”

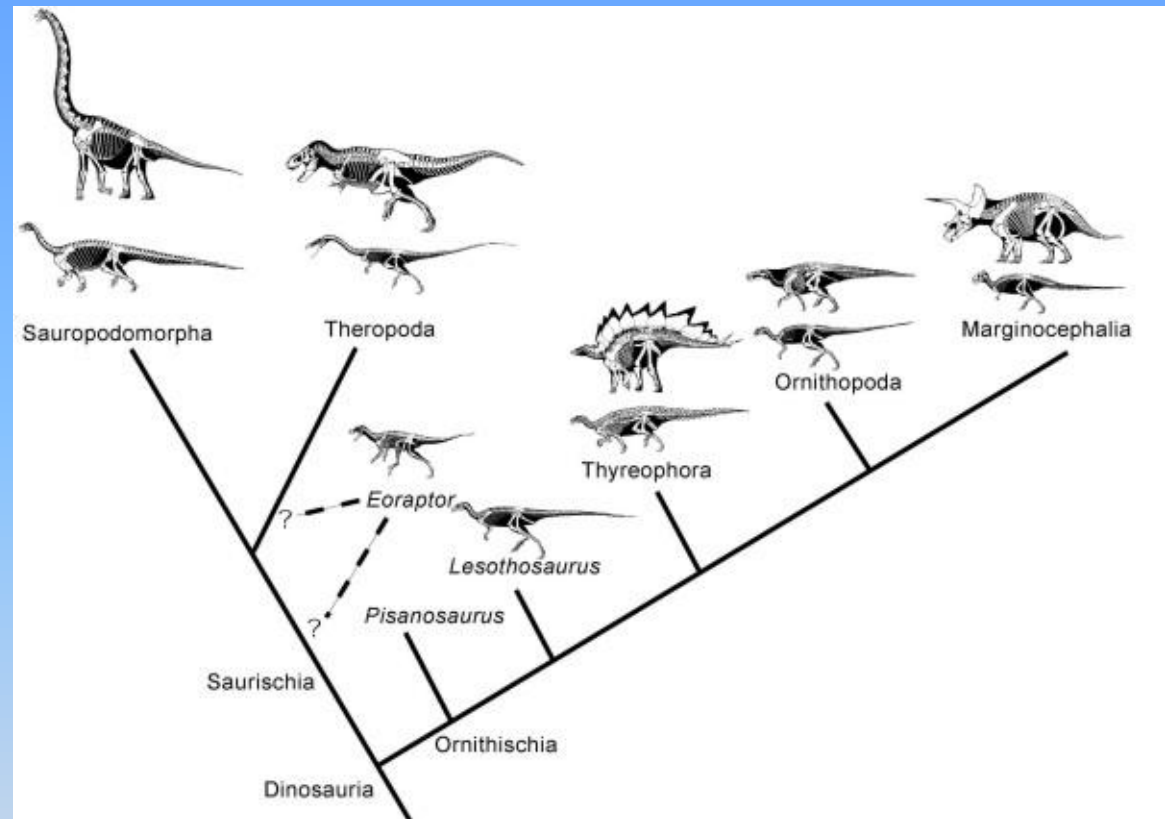
...dalla Teologia Naturale...

...alla *Natura* con zanne e artigli rossi di sangue...

La nascita della
paleontologia e il ruolo
dei fossili



Mary Anning (1799-1847)



“Man...

Who trusted God was love indeed
And love Creation's final law
Tho' Nature, red in tooth and claw
With ravine, shriek'd against his creed.”

Alfred, Lord Tennyson, *In Memoriam* (1832)

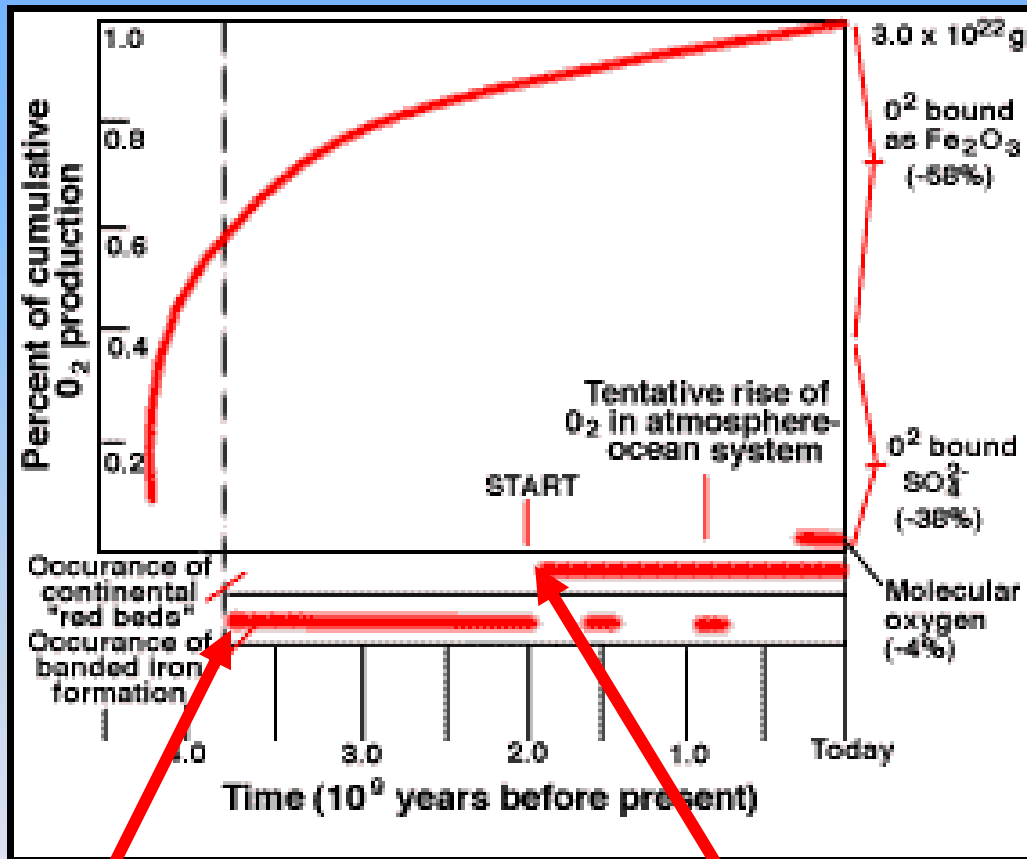
...alla nascita del concetto di ecologia...

Ernst Haeckel, *Natürliche
Schöpfungsgeschichte* (1868)

*“Ove l'**uomo** disbosca e sradica senza riguardo le foreste, là cogli alberi spariscono anche i muschi che coprono la loro corteccia o che, riparati sotto la loro ombra, rivestono il suolo e riempiono le lacune fra le piante più grosse. Ora, coi muschi spariscono pure gli utili serbatoi che raccolgono la pioggia e la rugiada e la conservano per il tempo della siccità. Ne nasce un'irreparabile aridità del suolo. **Tutto il clima ne viene peggiorato.**”*

...alla coevoluzione bio-geofisica.

La biosfera terrestre, la terra solida e l'O₂ atmosferico



La presenza di rocce con minerali di Ferro ossidati (es. ematite: Fe₂O₃) è indice della presenza di Ossigeno nell'atmosfera.

L'accumulo di Ossigeno nell'atmosfera comincia 3.8 Bya (rocce con bande di Ferro); a partire da 2 Bya la quantità di O₂ è tale da permettere la formazione dei Red Beds.

Bande di Ferro: 3.8 Bya

Red Beds: 2 Bya

L'interdipendenza tra natura e cultura:

Theodosius Dobzhansky,
Mankind evolving (1962)

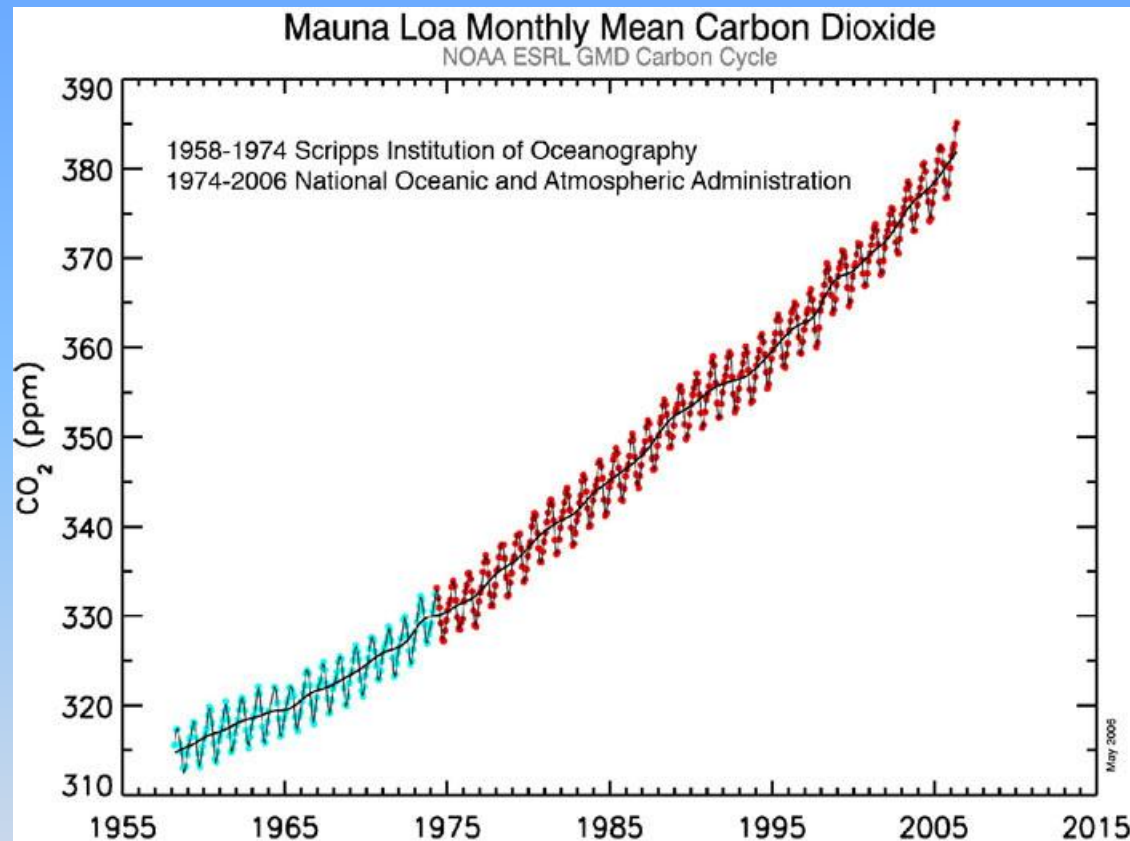
“... la specie umana rappresenta biologicamente un successo straordinario perché la sua cultura è capace di cambiare molto più in fretta del suo patrimonio genetico: e questa è la ragione per cui l'evoluzione culturale è diventata, dal punto di vista adattativo, la più potente derivazione dell'evoluzione biologica.

Da almeno diecimila e forse da un milione di anni, l'uomo adatta il suo ambiente ai suoi geni molto più che i suoi geni al suo ambiente, e la supremazia della cultura nei riguardi dell'adattamento continuerà senza dubbio in futuro.

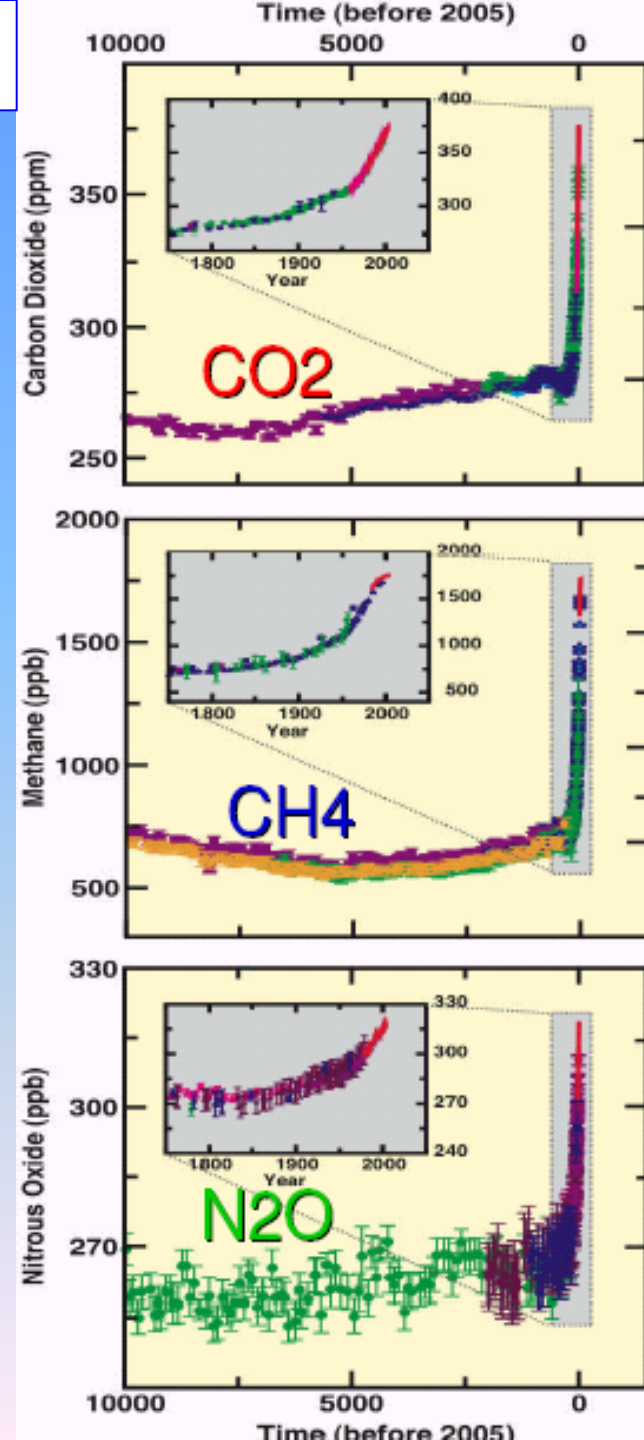
E non solo viviamo in tutti i due mondi (natura e cultura), ma quello della cultura può durare solo fintanto che la maggior parte dell'umanità possiede l'attrezzatura genetica che favorisce la cultura; d'altra parte, la maggior parte di questa attrezzatura genetica è tale, oggi, che i suoi portatori non potrebbero probabilmente sopravvivere senza il beneficio della cultura. La parola d'ordine dovrebbe essere: interdipendenza.“

L'antroposfera

Il ruolo dei gas clima-alteranti



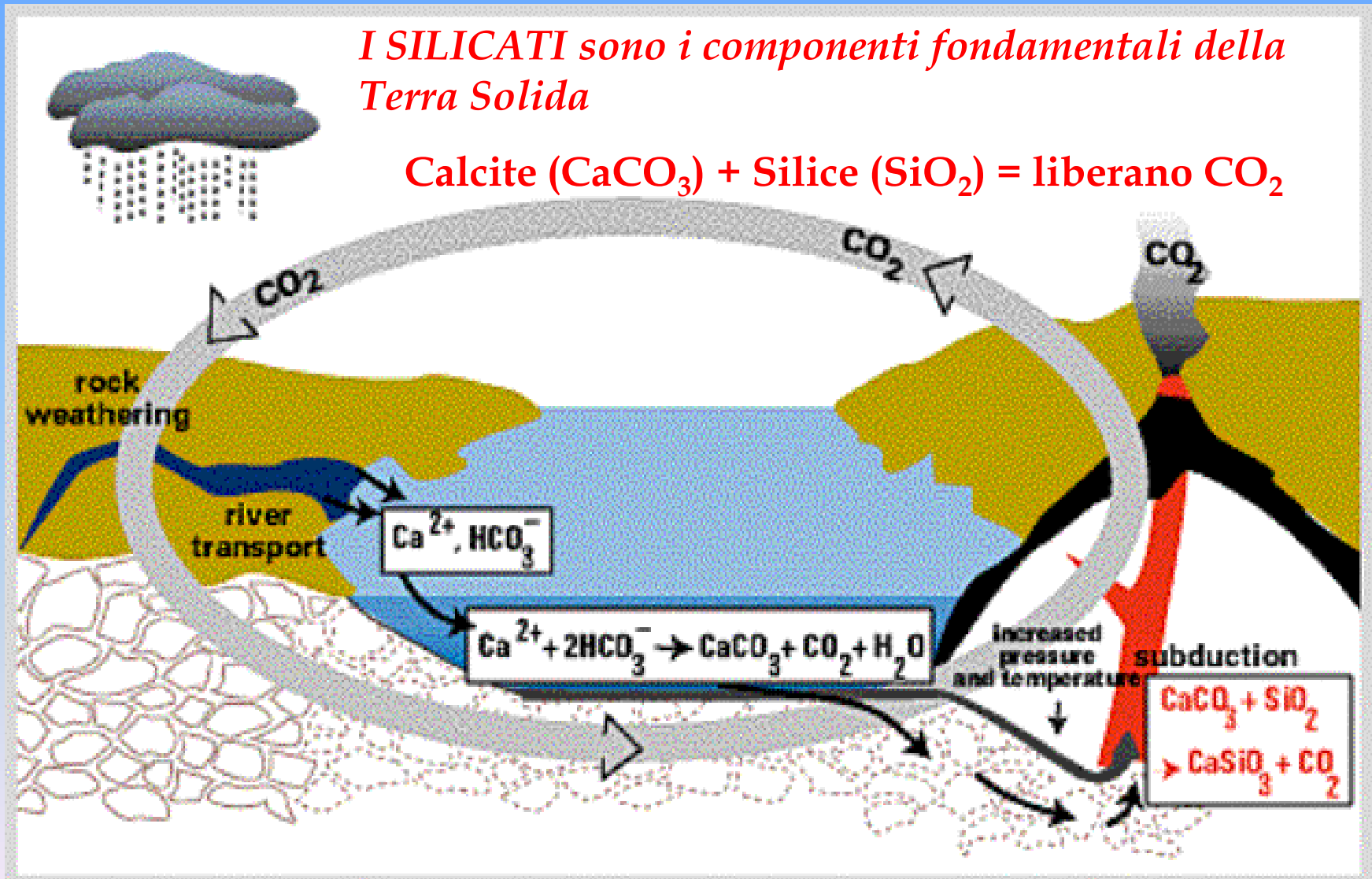
Forte aumento nelle concentrazioni dei gas serra, attribuito, in modo pressoché unanime, alle attività umane



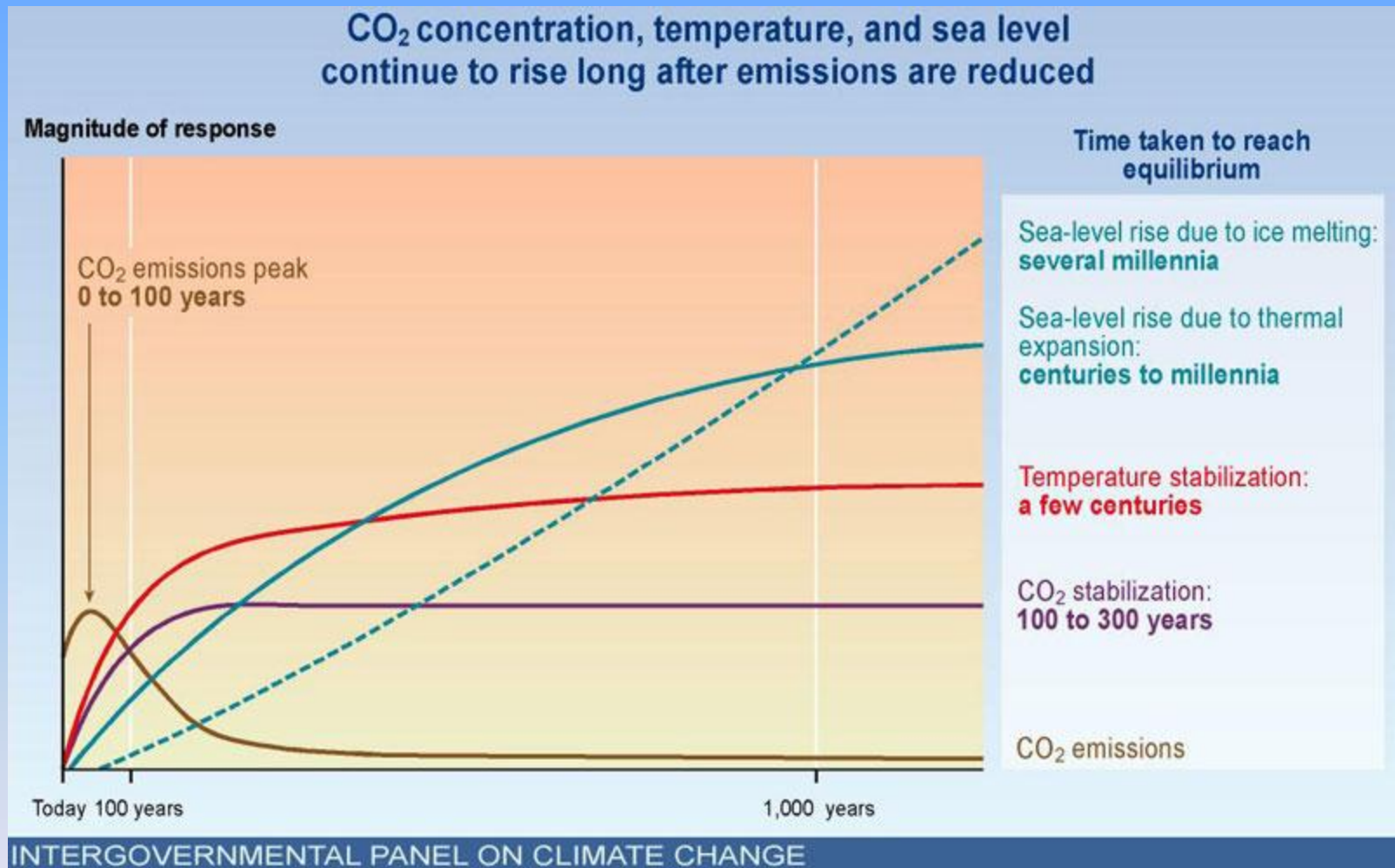
Il ciclo bio-geofisico del Carbonio

I SILICATI sono i componenti fondamentali della Terra Solida

Calcite (CaCO_3) + Silice (SiO_2) = liberano CO_2

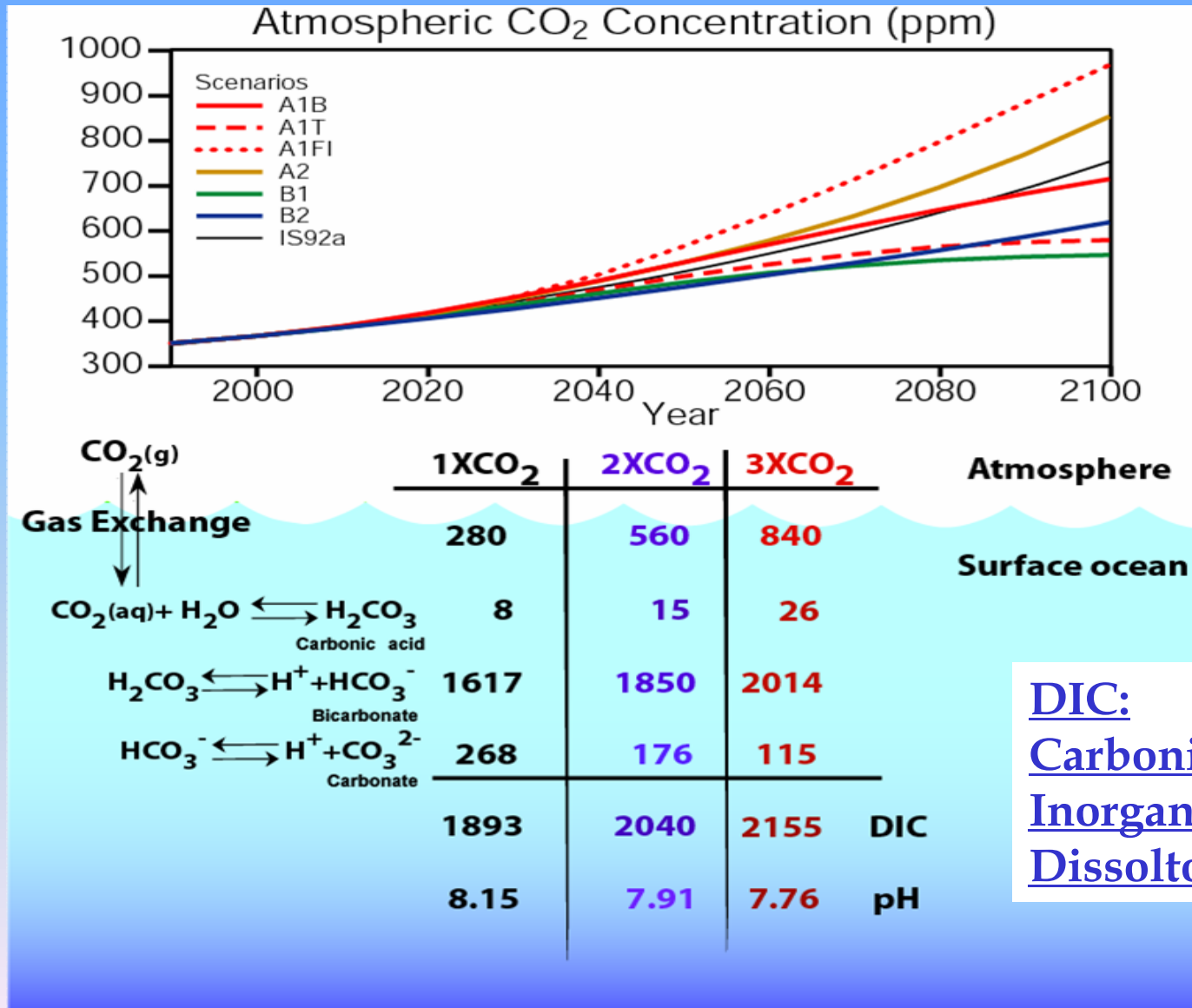


Risposta radiativa della CO₂

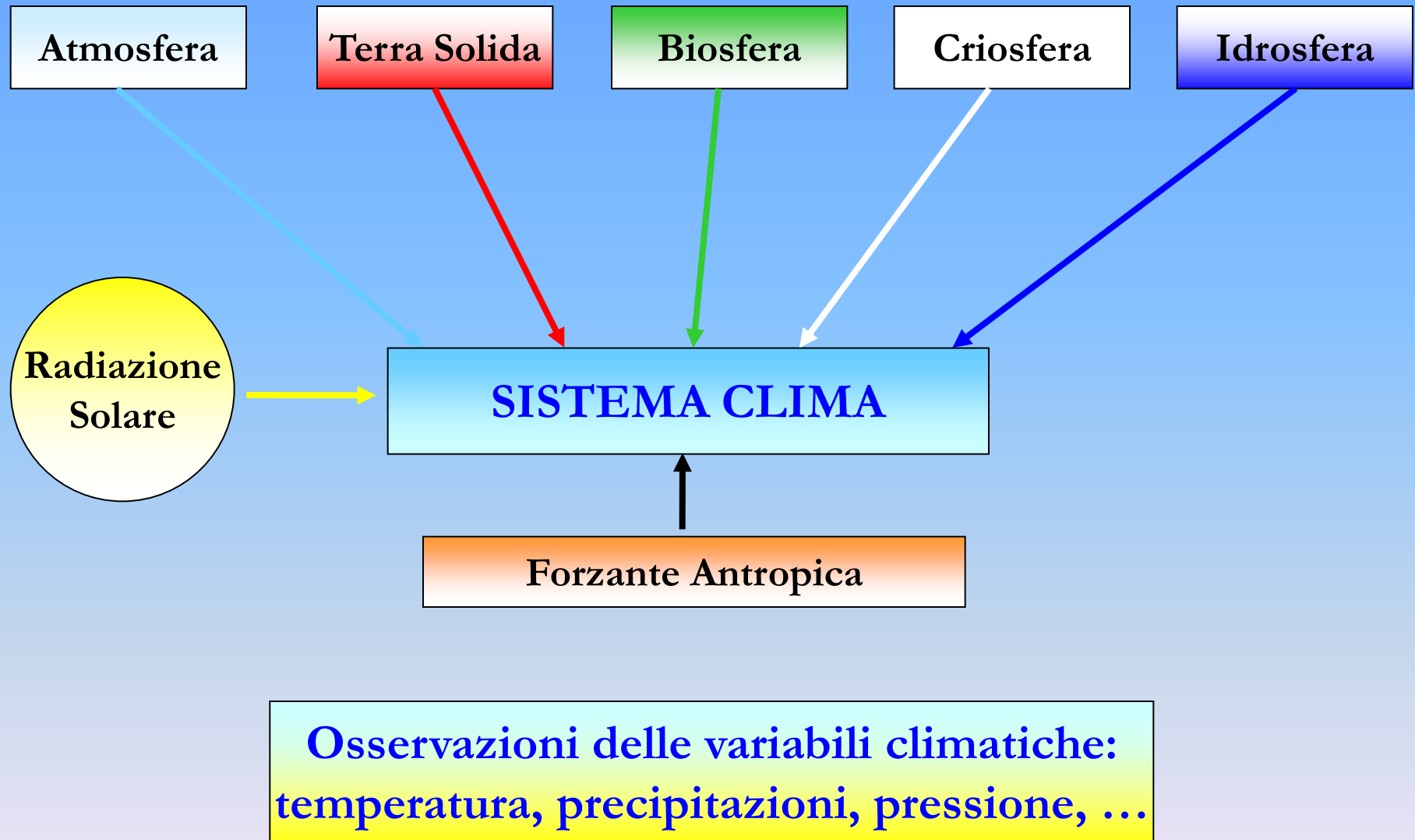


La bassa probabilità di rimozione della CO₂ e il suo importante forcing radiativo alterano l'equilibrio geofisico e impongono scale di tempi secolari

CO₂ Interscambi Atmosfera-Idrosfera



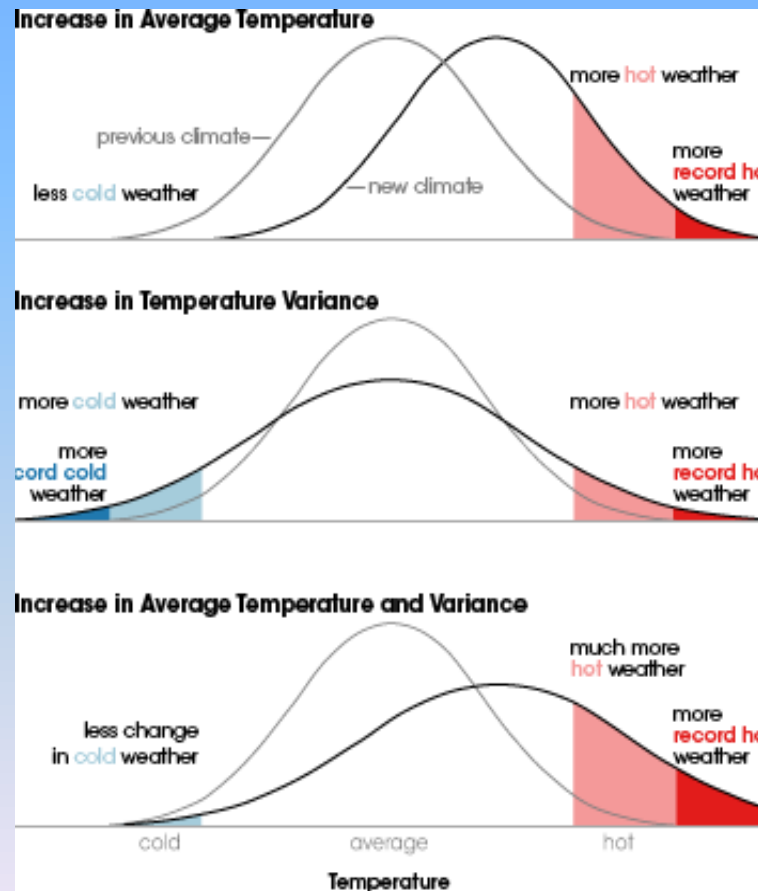
Il clima: la cassa di risonanza dell'equilibrio terrestre



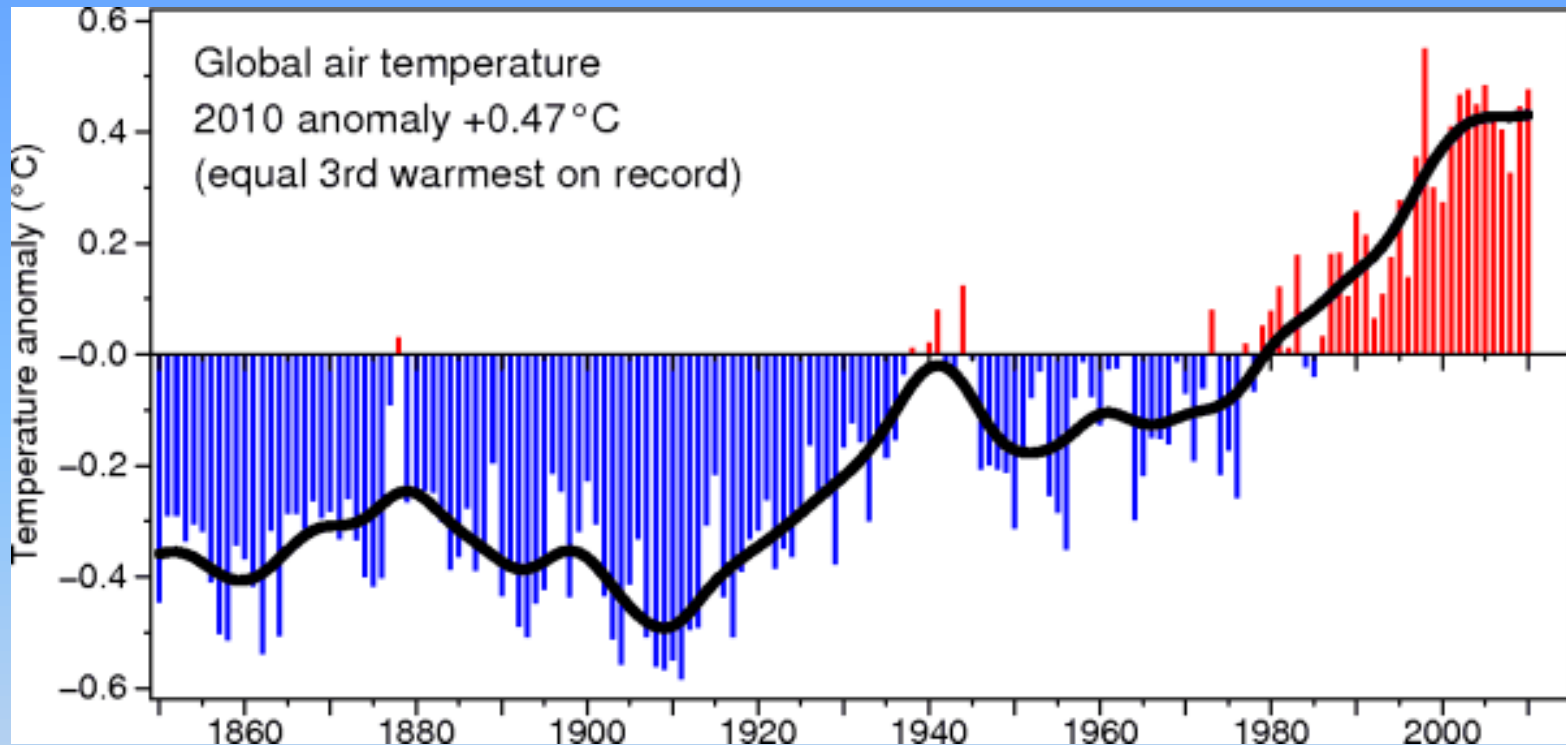
TERMINOLOGIA

CAMBIAMENTO CLIMATICO?

*Variazione sistematica della distribuzione statistica di variabili meteorologiche
in intervalli di tempo di diversi decenni o superiori (30 anni, WMO)*



Il Riscaldamento Globale



Anomalie di Temperatura (°C) rispetto alla media 1971-2000

*da Climatic Research Unit, University of East Anglia,
<http://www.cru.uea.ac.uk/>*

ATTUALE MANIFESTAZIONE del cambiamento climatico sulla superficie terrestre, alla luce dei dati osservativi

ATTRIBUZIONE DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

E' "molto probabile (90-95%)" che l'aumento della concentrazione di gas serra dovuto alle attività umane abbia causato la maggior parte del riscaldamento globale osservato dalla metà del 20mo secolo.

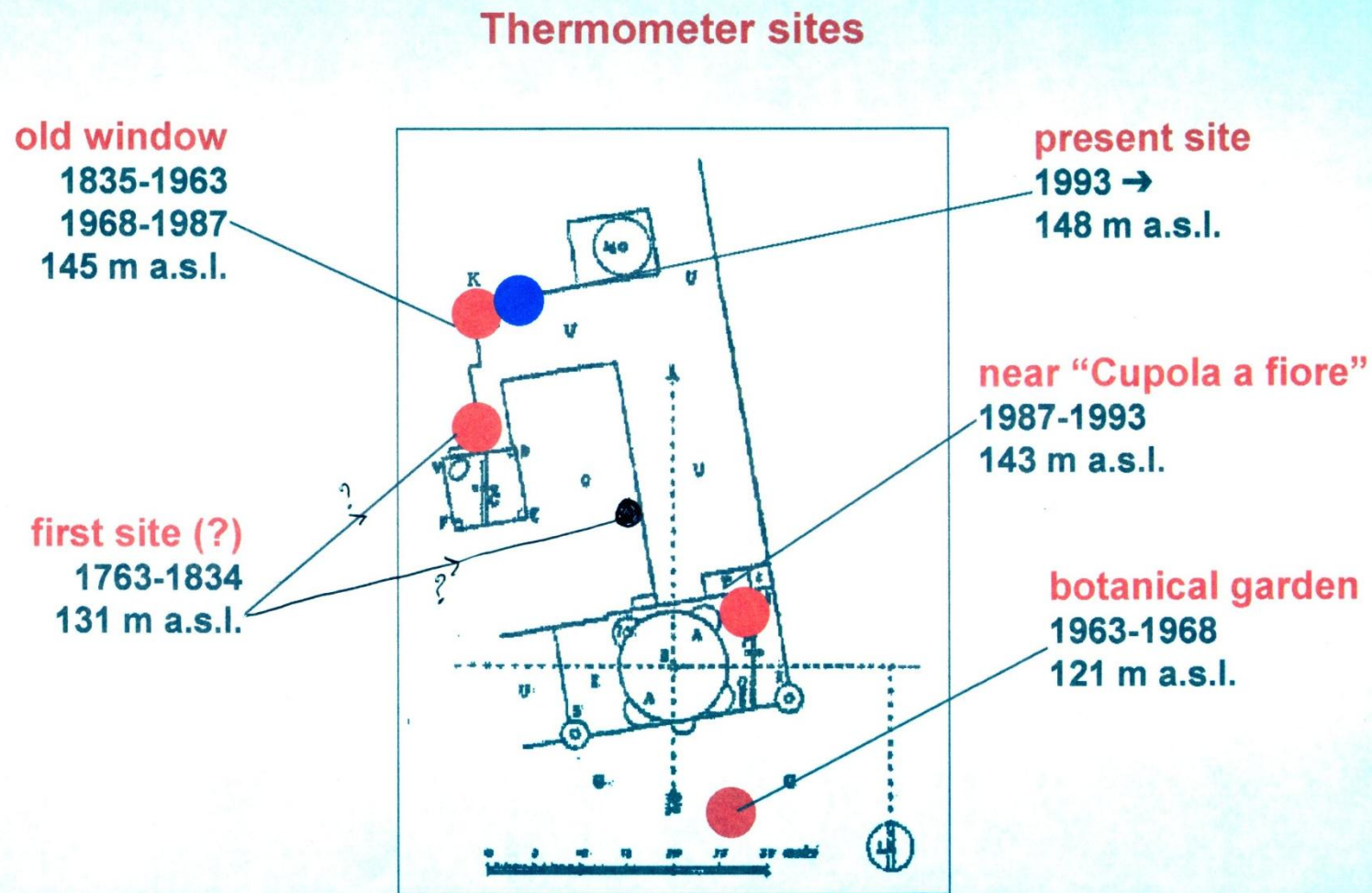
STAZIONI secolari ITALIANE



Year.	January.			February.			March.			April.			May.			June.		
	Max.	Min.	Avr.	Max.	Min.	Avr.	Max.	Min.	Avr.	Max.	Min.	Avr.	Max.	Min.	Avr.	Max.	Min.	Avr.
1868	75	24	45.93	85	28	50.47	96	33	57.46	98	36	67.20	101	55	80.03	107	57	76.55
1869	75	24	45.93	85	28	50.47	96	33	57.46	98	36	67.20	101	55	80.03	107	57	76.55
1870	81	19	41.70	74	19	49.83	89	25	55.98	90	35	65.17	98	59	72.82	98	63	82.41
1871	78	12	44.58	93	27	53.57	95	35	59.04	101	32	69.04	102	43	73.12	102	66	78.00
1872	79	13	40.98	81	22	49.60	87	30	54.74	90	37	64.83	102	42	74.86	102	58	81.62
1873	82	2	45.00	82	18	54.24	85	35	57.47	94	31	65.83	99	44	73.50	100	66	87.62
1874	80	15	46.98	82	28	53.50	84	35	59.37	91	31	64.67	99	51	79.92	104	72	81.18
1875	71	0	37.43	78	4	43.63	92	38	67.76	95	47	69.06	107	51	77.10	105	56	80.20
1876	79	31	51.16	85	19	52.44	86	19	34.24	98	34	69.36	101	45	76.35	104	56	80.17
1877	78	14	45.64	87	24	53.18	84	30	61.84	89	35	63.70	97	42	72.91	104	50	80.50
1878	74	8	43.62	84	10	49.74	88	29	57.71	98	40	67.18	96	43	73.26	102	58	82.72
1879	76	3	46.28	87	11	49.32	91	33	63.76	94	31	66.31	101	50	78.95	102	45	82.34
1880	89	15	57.23	66	15	50.21	86	14	58.52	97	25	71.45	98	46	78.61	101	52	84.85
1881	82	6	37.96	73	15	47.58	86	26	58.32	96	32	66.84	90	48	73.17	106	50	81.88
1882	71	18	46.57	77	31	55.71	88	28	61.90	95	30	68.16	94	52	74.08	103	57	83.61
1883	78	3	41.87	81	5	45.90	84	26	57.41	94	31	62.98	103	48	77.35	105	54	78.14
1884	73	5	38.04	82	17	46.85	89	26	58.97	95	32	61.56	93	44	69.82	100	53	82.05
1885	74	2	39.35	79	15	45.64	90	30	54.61	99	42	67.18	93	45	71.09	107	62	84.63
1886	80	3	39.51	78	17	50.15	87	24	60.94	93	30	68.80	107	50	81.14	112	60	81.14
1887	84	5	43.51	84	14	50.42	95	29	60.86	101	34	67.78	101	43	74.60	107	64	82.07
1888	79	1	40.84	79	28	50.34	91	24	51.78	94	43	65.13	98	51	97.43	104	58	
1889	75	21	46.32	81	17	50.08	85	35	57.20									

[illegible]

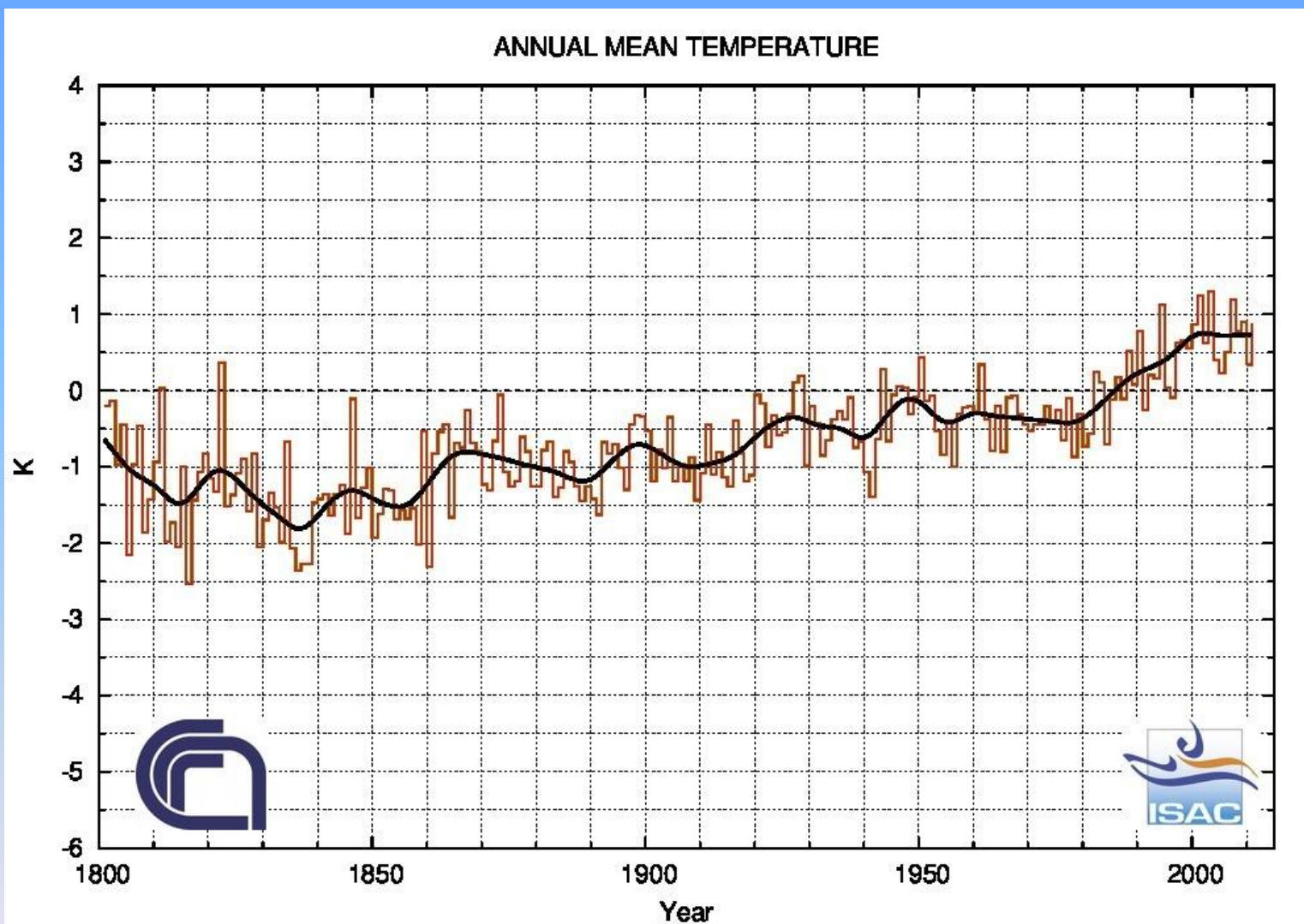
La serie meteorologica di Milano Brera



“Noi desidereremmo dunque essere liberati da codesto incubo della meteorologia, che consuma metà delle nostre risorse senza alcuna soddisfazione...” Schiaparelli, 1877

250 anni nel 2013!

Il Riscaldamento Globale in Italia



Anomalie di T medie annuali rispetto al 1971-2000 (in K)

http://www.isac.cnr.it/~climstor/climate_news.html

Il 1816, l'anno senza estate

Nebbia e pioggia persistente negli Stati Uniti

Nevicate in USA, Canada, Europa Occidentale fino a luglio

Episodi di neve rossa in Italia, neve marrone in Ungheria

Temperature di diversi gradi sotto la media, con improvvisi aumenti

Perturbazione dei monsoni; alluvioni in Asia Orientale

Alluvioni in Europa

Avanzamento dei ghiacciai: distruzione di dighe

Carestia del grano, del frumento, delle patate (Irlanda)

Penuria di riso (Cina)

Rivolte per il pane in Gran Bretagna, Francia, Svizzera

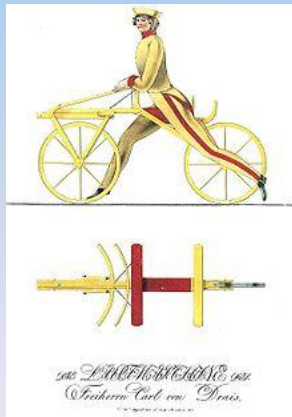
Epidemie di colera e di tifo

Moria dei cavalli: penuria di mezzi di trasporto

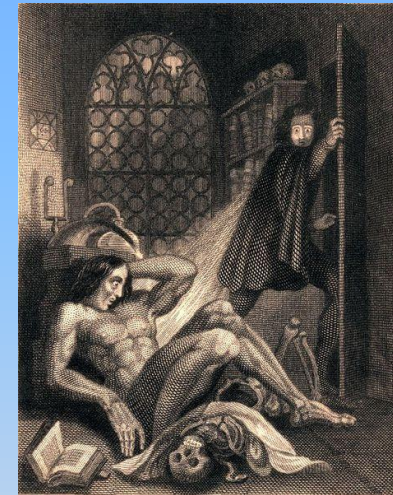
Il 1816, l'anno senza estate



“Chichester Canal”, di J. M. W. Turner

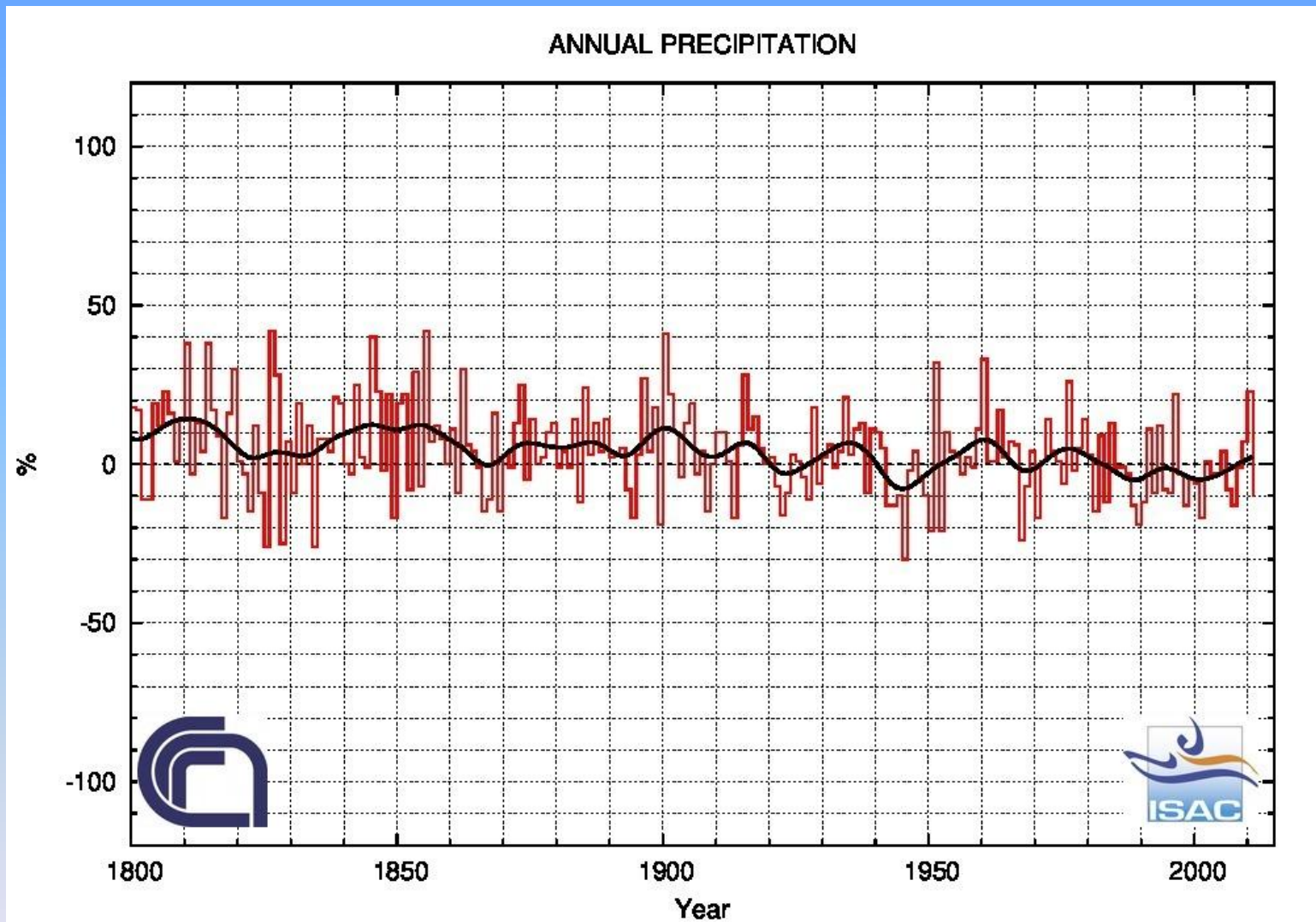


Draisina, da Karl Drais



“Frankenstein”, di Mary Shelley

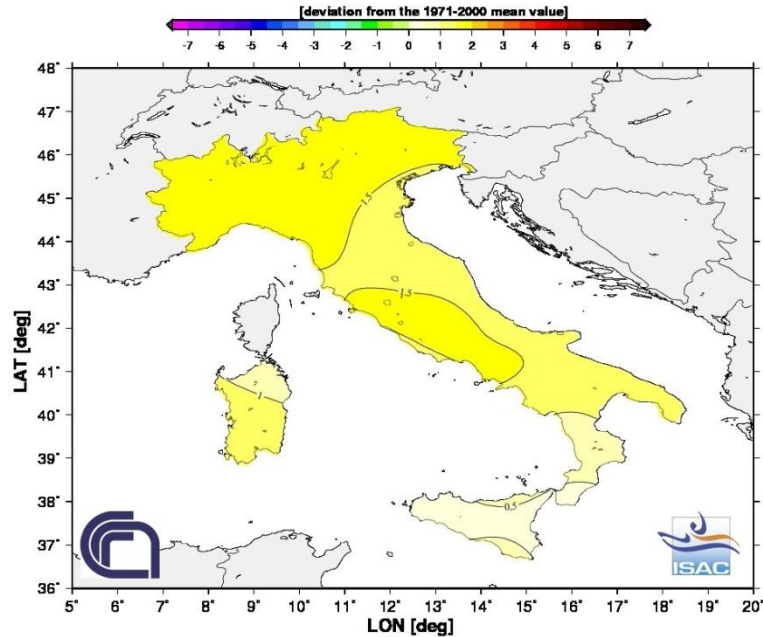
Il Riscaldamento Globale in Italia



Anomalie di P medie annuali rispetto al 1971-2000 (in %)

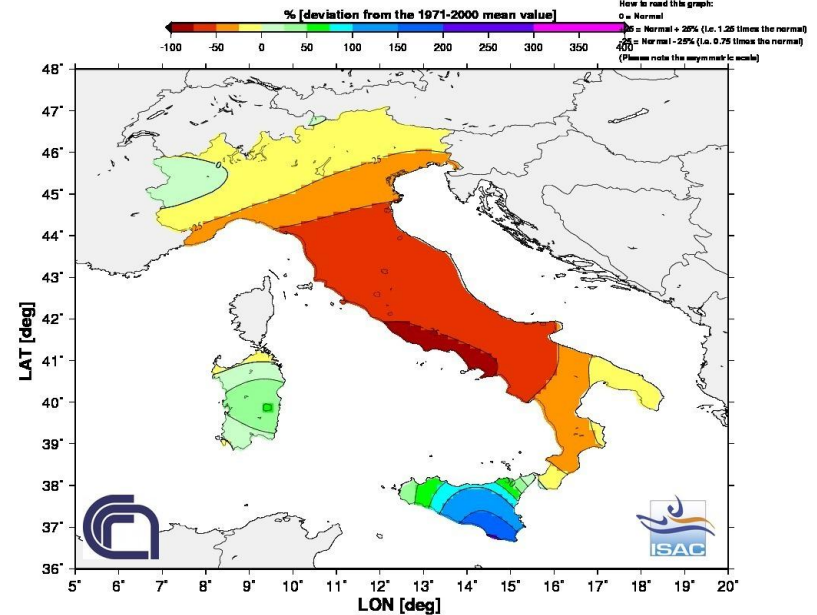
http://www.isac.cnr.it/~climstor/climate_news.html

Il Riscaldamento Globale in Italia, autunno 2011

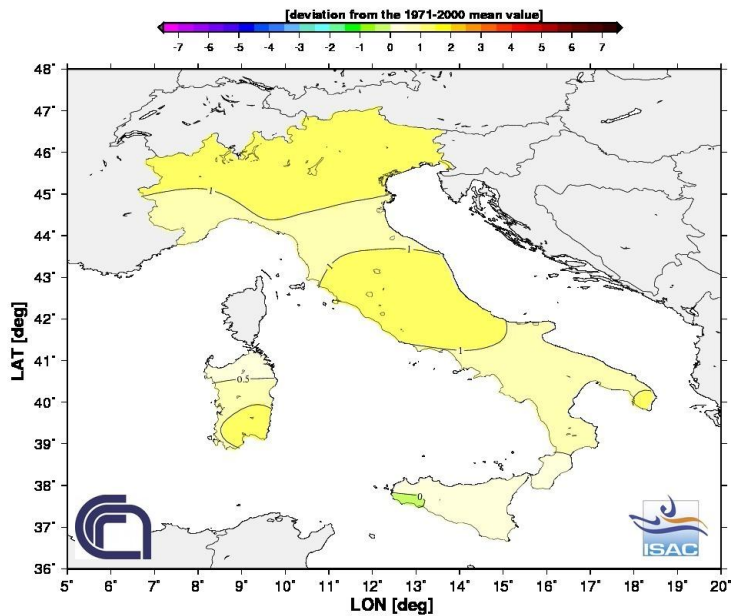


Anomalie di TEMP, Autunno 2011

Anomalie di PREC, Autunno 2011

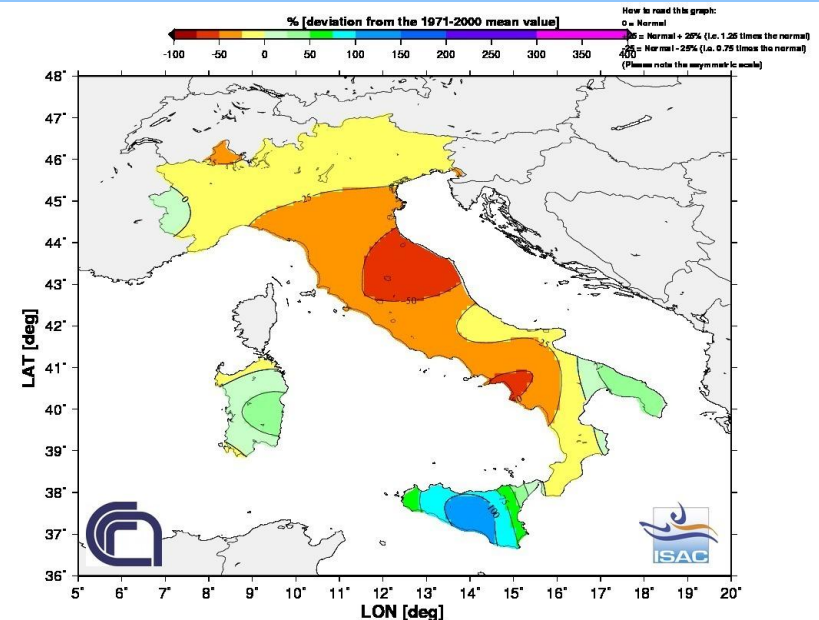


Il Riscaldamento Globale in Italia, anno 2011



Anomalie di TEMP, Anno 2011

Anomalie di PREC, Anno 2011



PRESENTE E FUTURO

PRESENTE:

INNALZAMENTO DELLE TEMPERATURE

CAMBIAMENTO DI DISTRIBUZIONE DELLE PRECIPITAZIONI

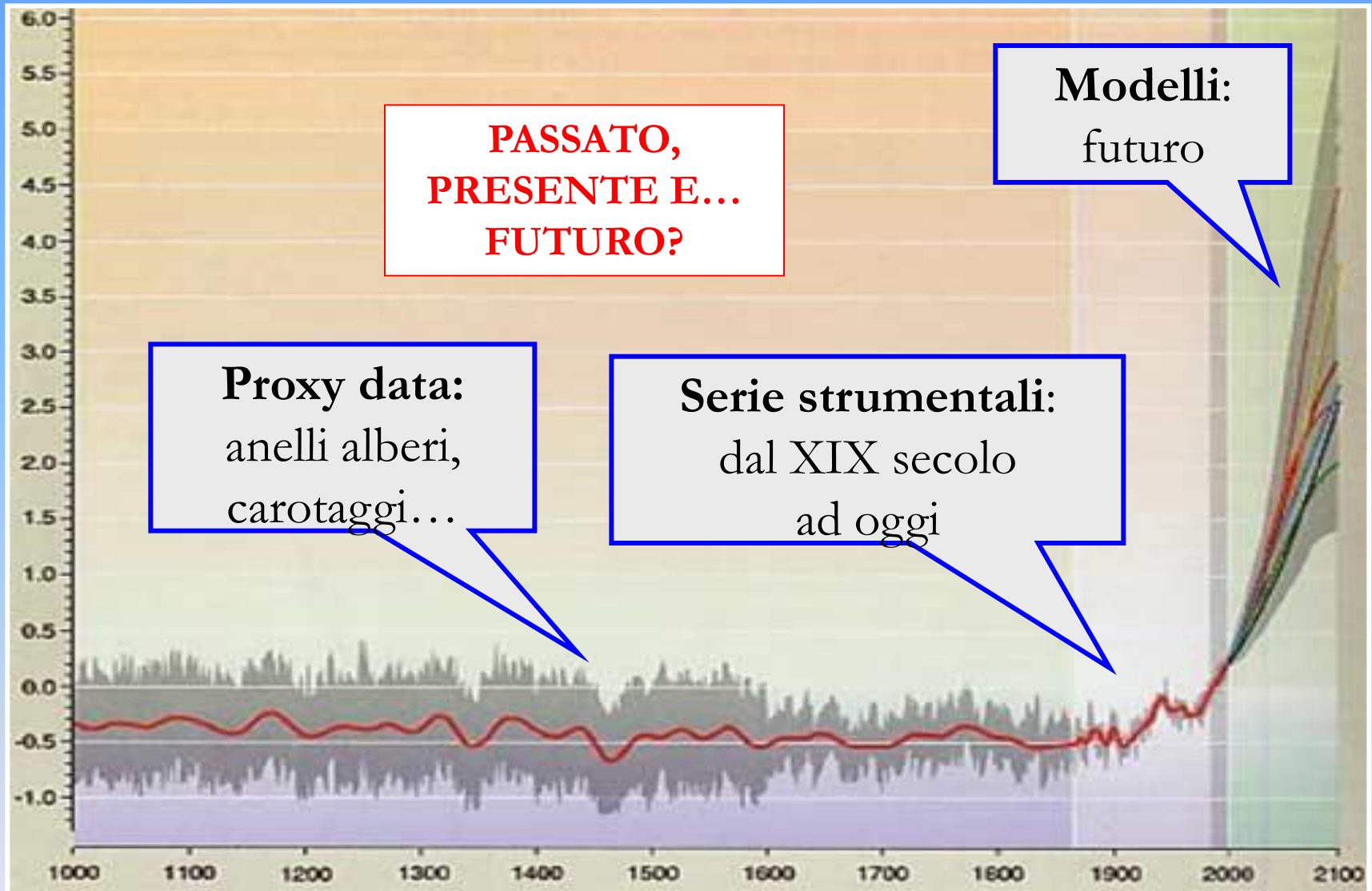
E IL FUTURO?



“Fare **previsioni** è molto difficile,
specialmente riguardo il futuro.”

Niels Bohr, fisico danese (1885 - 1962)

IL SISTEMA CLIMA: I DATI



Incertezza per i dati di proxy; massima incertezza, naturalmente, per le proiezioni future

I MODELLI CLIMATICI

GCM: General Circulation Models

Dinamica atmosferica

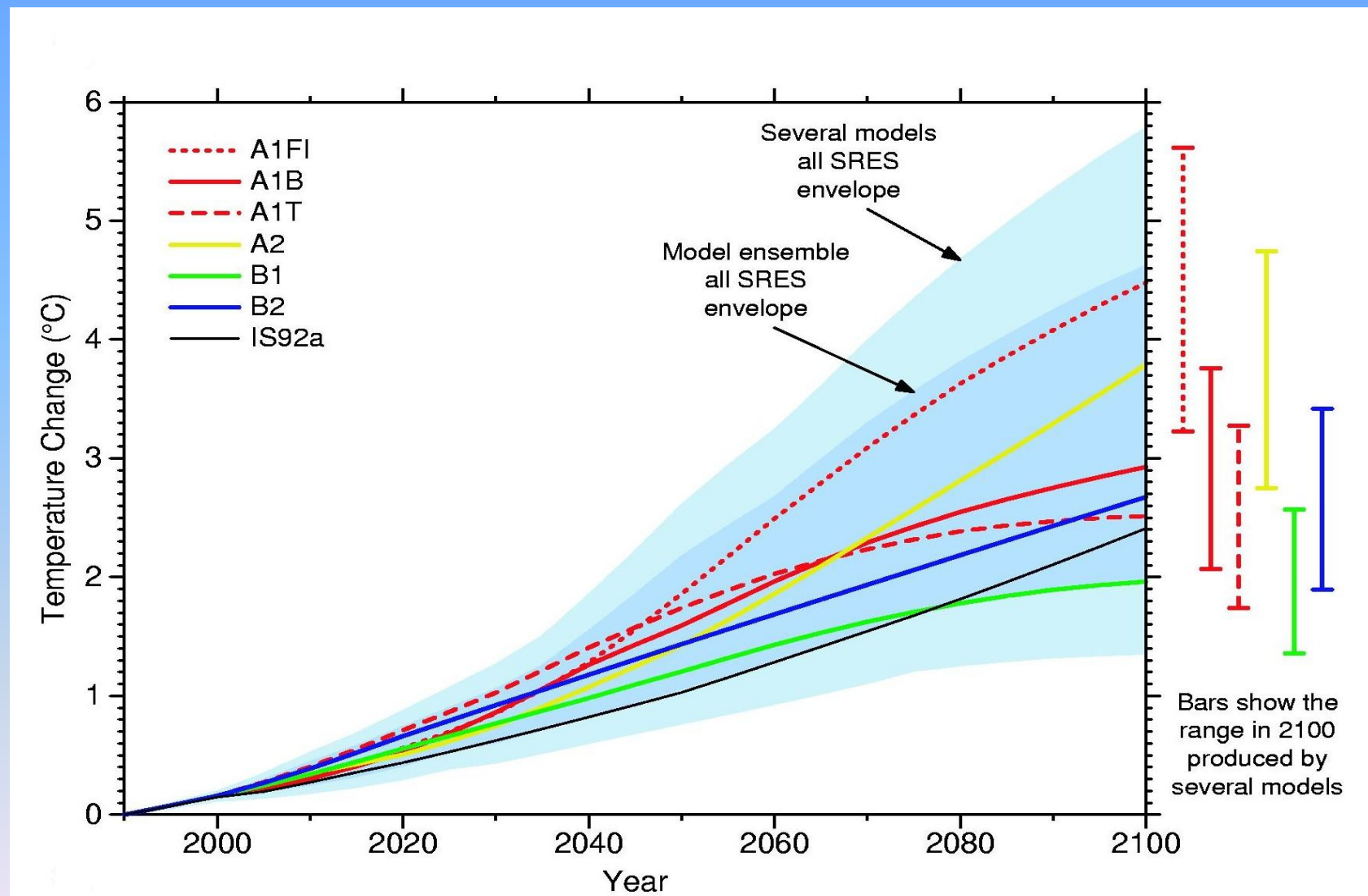
AOGCM: Atmospheric and Oceanic Global Coupled Models

Accoppiamento
dinamico atmosfera-
idrosfera

RISOLUZIONE: 2.5° lat x 3.75° long

OUTPUT: Valori giornalieri o mensili per punto di griglia

I MODELLI CLIMATICI: 1e PROIEZIONI

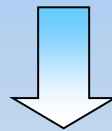


Le Proiezioni sono, PER DEFINIZIONE, affette da grandi incertezze

I MODELLI CLIMATICI

Cosa sono in grado di fare i modelli climatici?
Quale fiducia accordare?

- ✓ *Grandi strutture circolatorie dell'atmosfera e degli oceani*
- ✓ *Variabili caratterizzate da grande coerenza spaziale (T, p)*
 - ~ *Trend – variazioni a grande lunghezza d'onda*



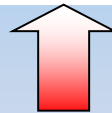
Grandi intervalli di tempo, estesi domini spaziali

I MODELLI CLIMATICI

Cosa **NON** sono in grado di fare i modelli climatici?

Cosa **NON** si può loro chiedere?

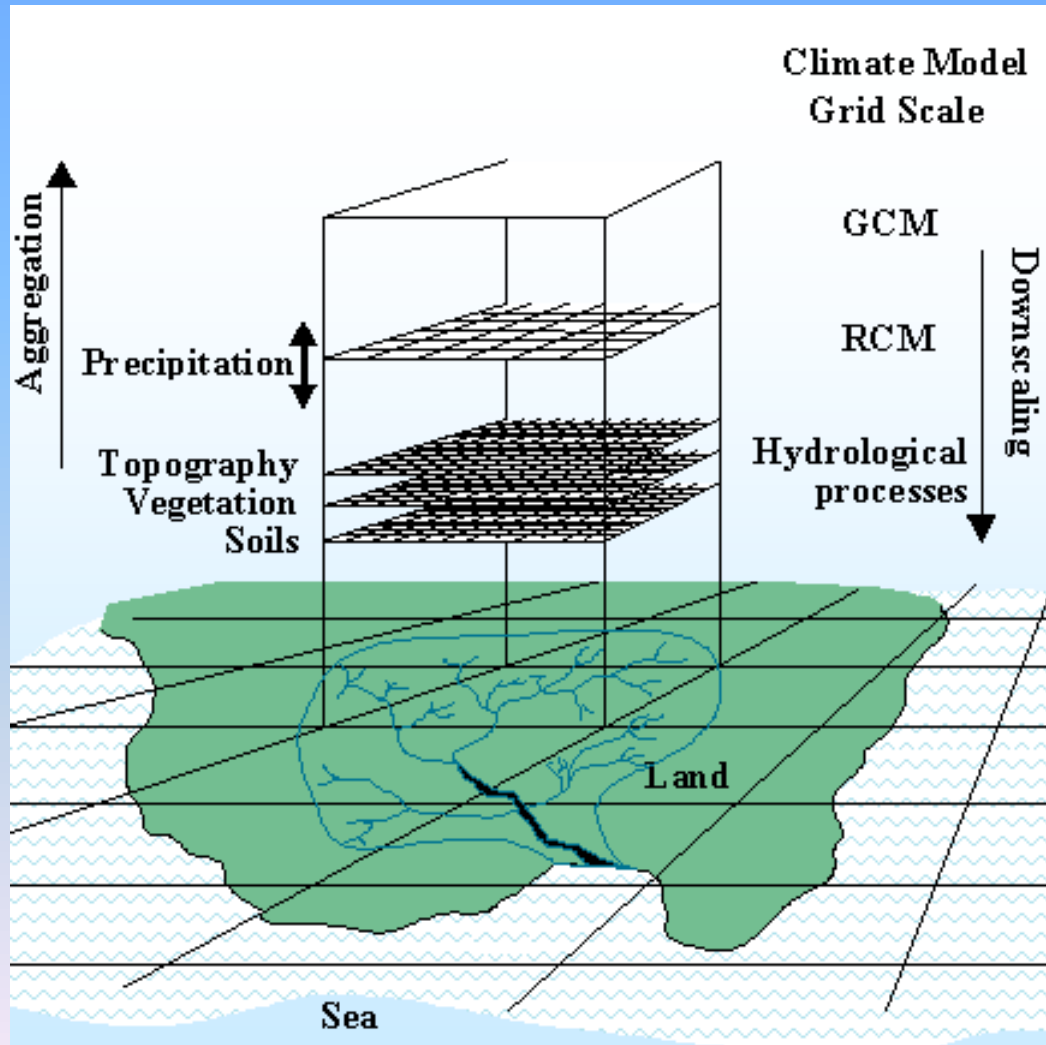
- *Prendere alla lettera i singoli valori, né per singolo giorno/mese, né per punto di griglia*
- *Riproduzione di variabili dalla forte incoerenza spaziale (precipitazioni)*



Sistema caotico, risoluzione spaziale insufficiente

GLI STUDI DI IMPATTO LOCALE

Calibrazione dei Modelli con caratteristiche locali = abbassamento di scala



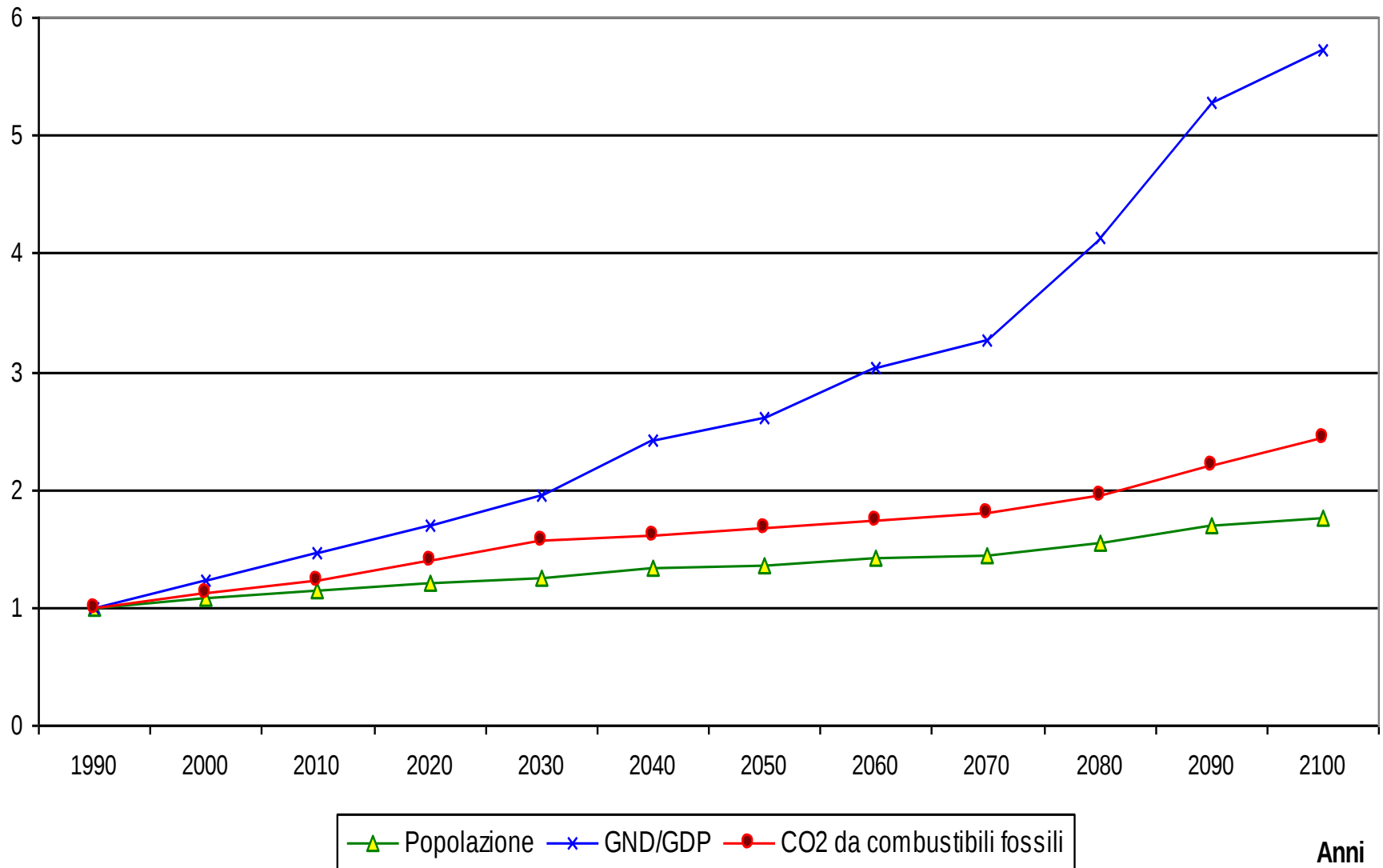
Tendenze (o *trend*) delle variabili a *grande scala*, *proiettate dai Modelli*:
Temperatura, Pressione...



Andamento delle variabili a *scala locale*, da *serie storiche reali* di
Temperatura, Pressione...

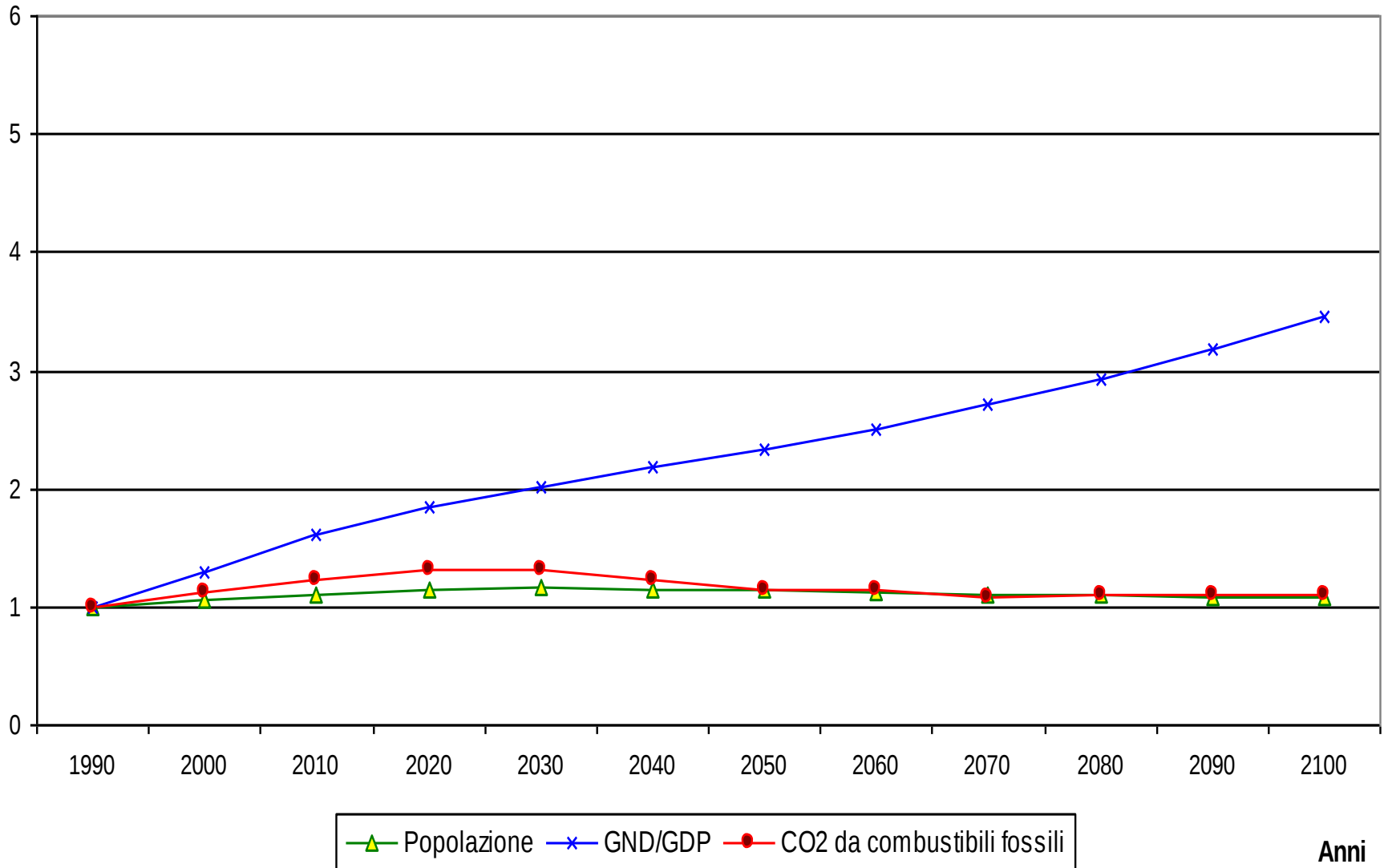
I MODELLI CLIMATICI: GLI SCENARI

Scenario A2



I MODELLI CLIMATICI: GLI SCENARI

Scenario B2

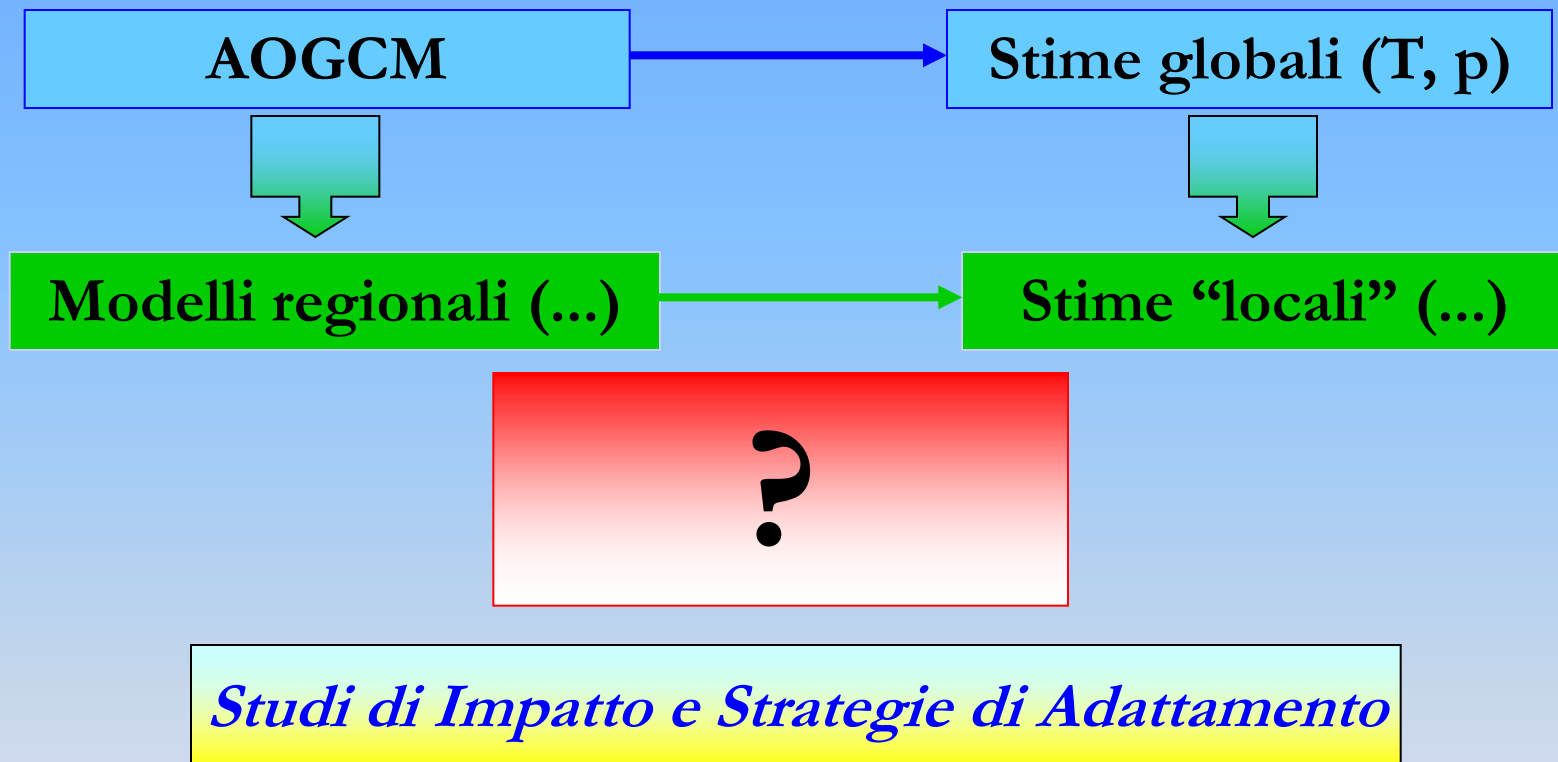


“Serie storica futura”: temperature estive Nord Italia

	H A2a	H A2b	H A2c	H B2	E A2	E B2	P A1 B	P A2	P B2
2001-2019	0.55	0.71	0.41	0.81	1.07	0.31	0.25	0.31	0.13
2020-2039	1.60	0.75	1.42	1.47	1.22	1.34	0.42	0.68	0.97
2040-2059	2.17	1.90	2.39	1.74	2.56	2.26	0.97	0.91	0.91
2060-2079	3.73	3.52	3.92	2.80	3.98	3.00	1.79	1.64	1.31
2080-2099	5.15	4.78	5.05	3.42	5.46	3.57	1.82	2.22	1.51

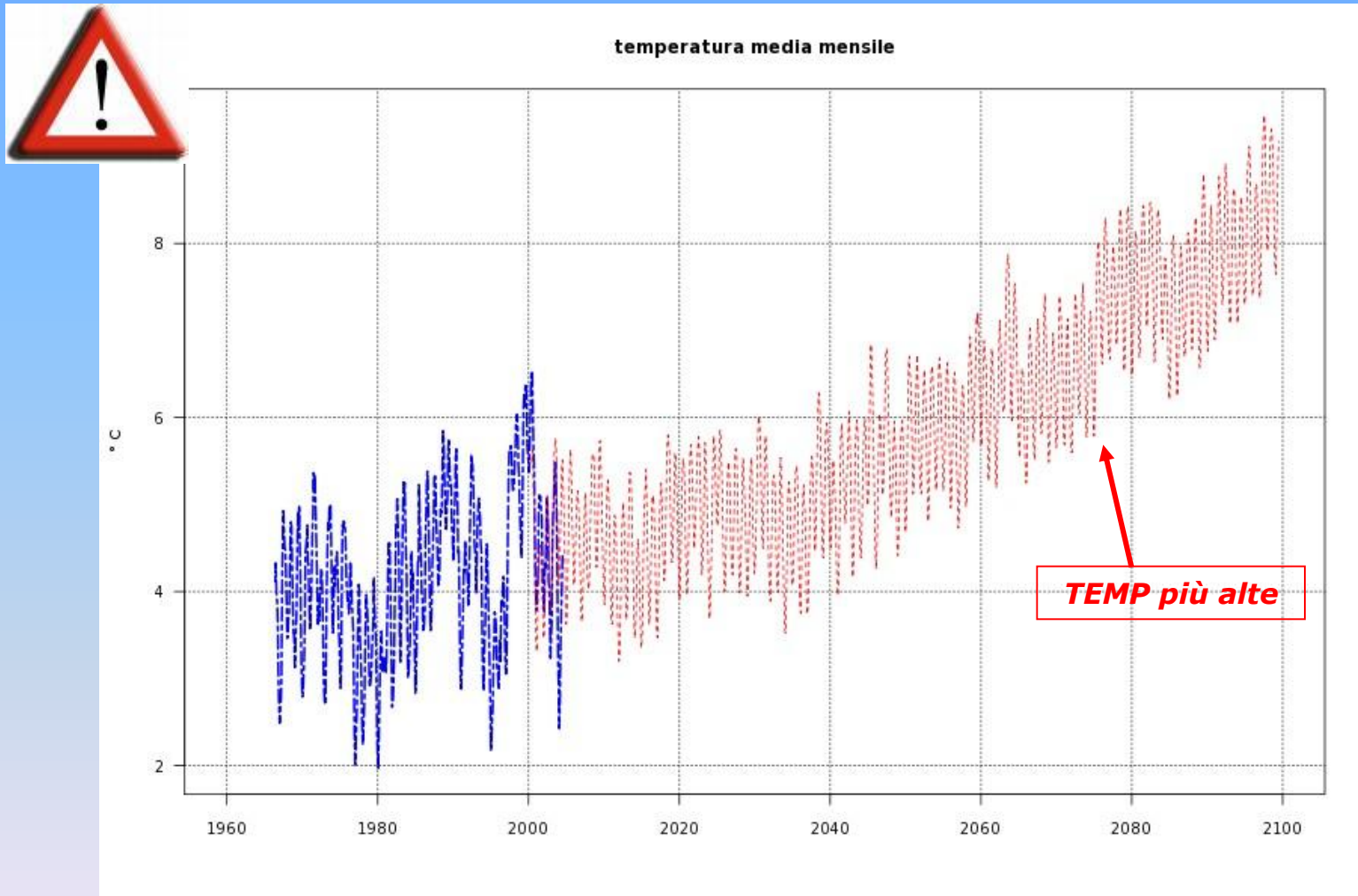
Anomalie dei valori mediani attesi (° C) rispetto al 1961 – 1990

Risoluzione e scopi



Proiezioni per l'Area dell'Adamello

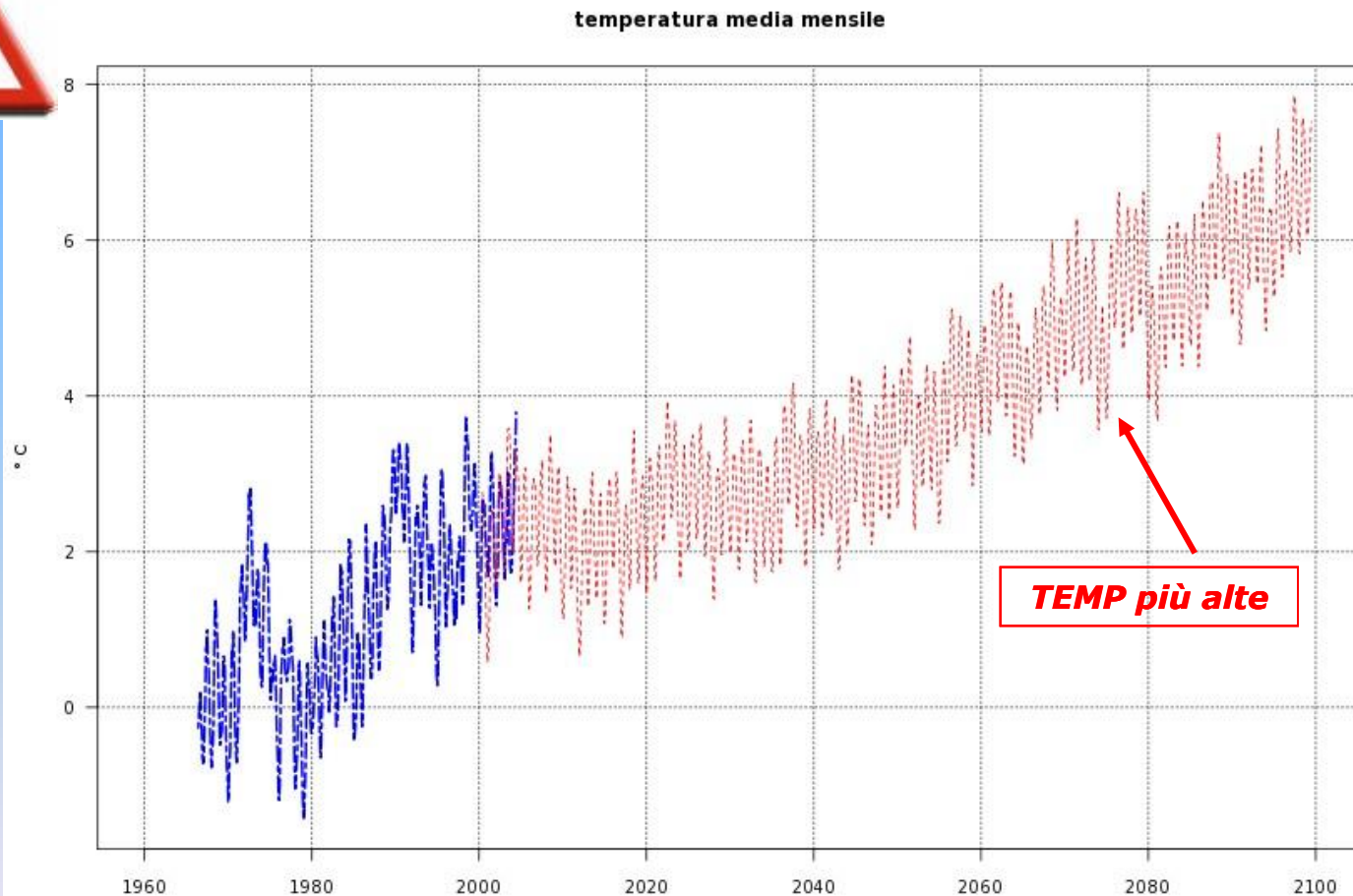
*La proiezione per le **TEMPERATURE**: esempio di **Avio***



Calibrazione con Pressione, Geopotenziale 500 hPa

Proiezioni per l'Area dell'Adamello

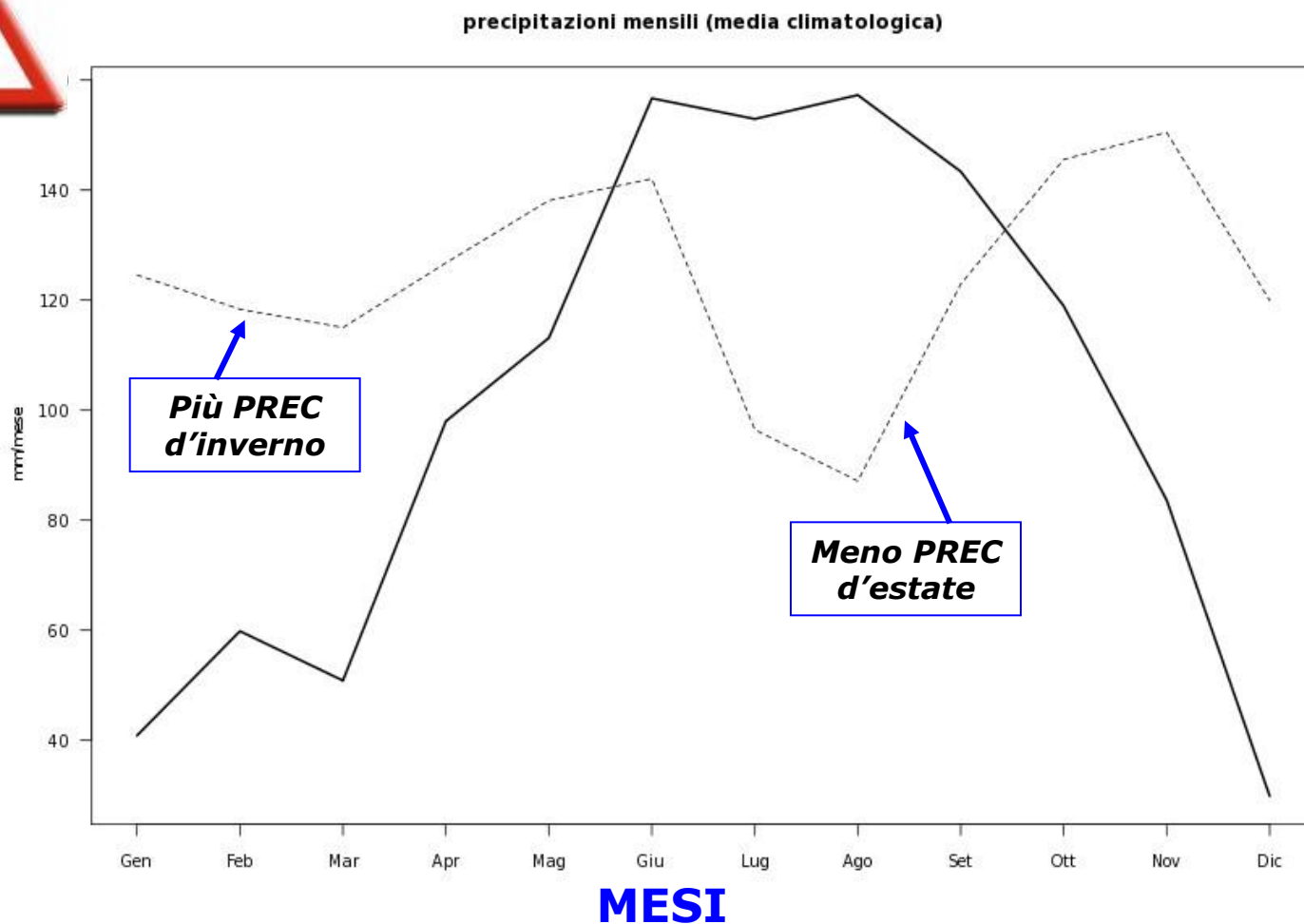
La proiezione per le **TEMPERATURE**: esempio del *Salarno*



Calibrazione con Temperatura a 2 m

Proiezioni per l'Area dell'Adamello

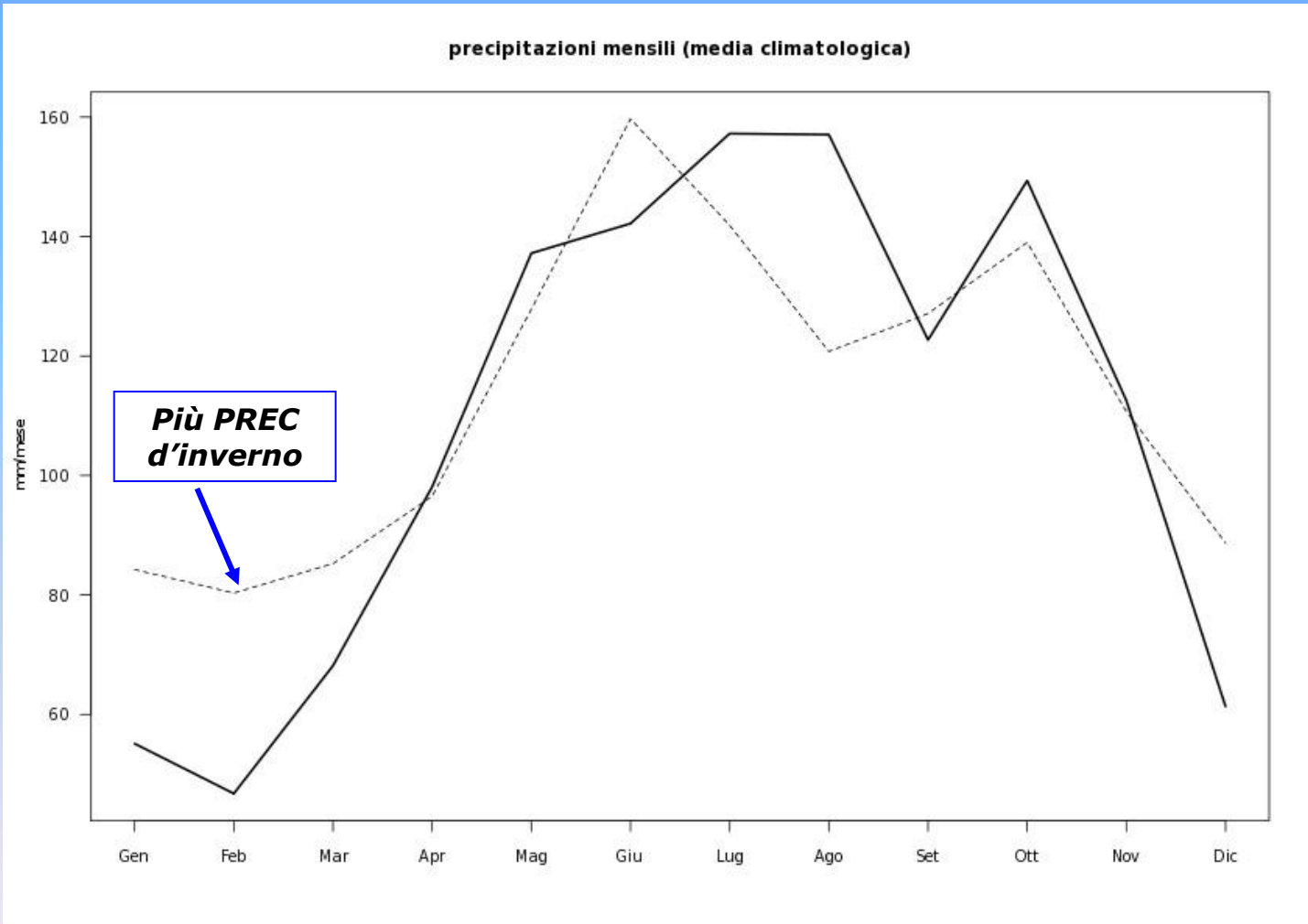
La proiezione per le **PRECIPITAZIONI**: esempio del **Venerocolo**



Linea Continua: presente. Linea Tratteggiata: futuro

Proiezioni preliminari per l'Area dell'Adamello

*La proiezione per le **PRECIPITAZIONI**: esempio di **Avio***



Calibrazione con Precipitazioni, Geopotenziale a 500 hPa

Le Strategie d'Adattamento

Proiezioni di variabili climatiche per il sito



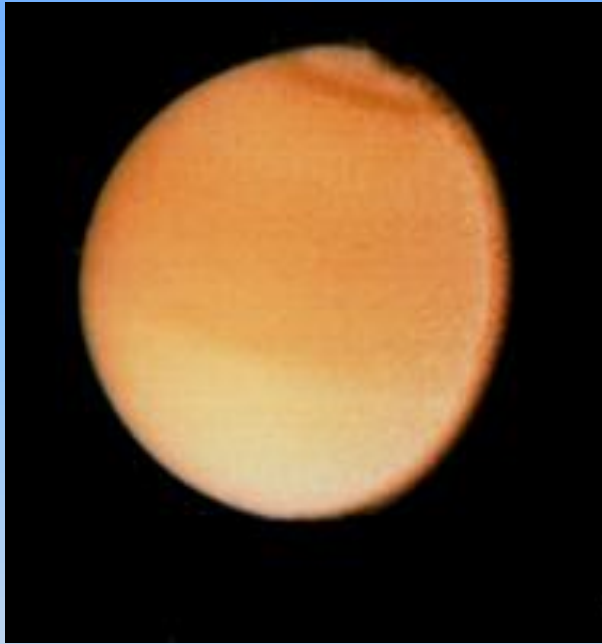
Interesse economico, sociale e strategico

- ✓ Regime idrologico
- ✓ Agricoltura
- ✓ Fabbisogno elettrico
- ✓ Distribuzione di specie animali
- ✓ Turismo

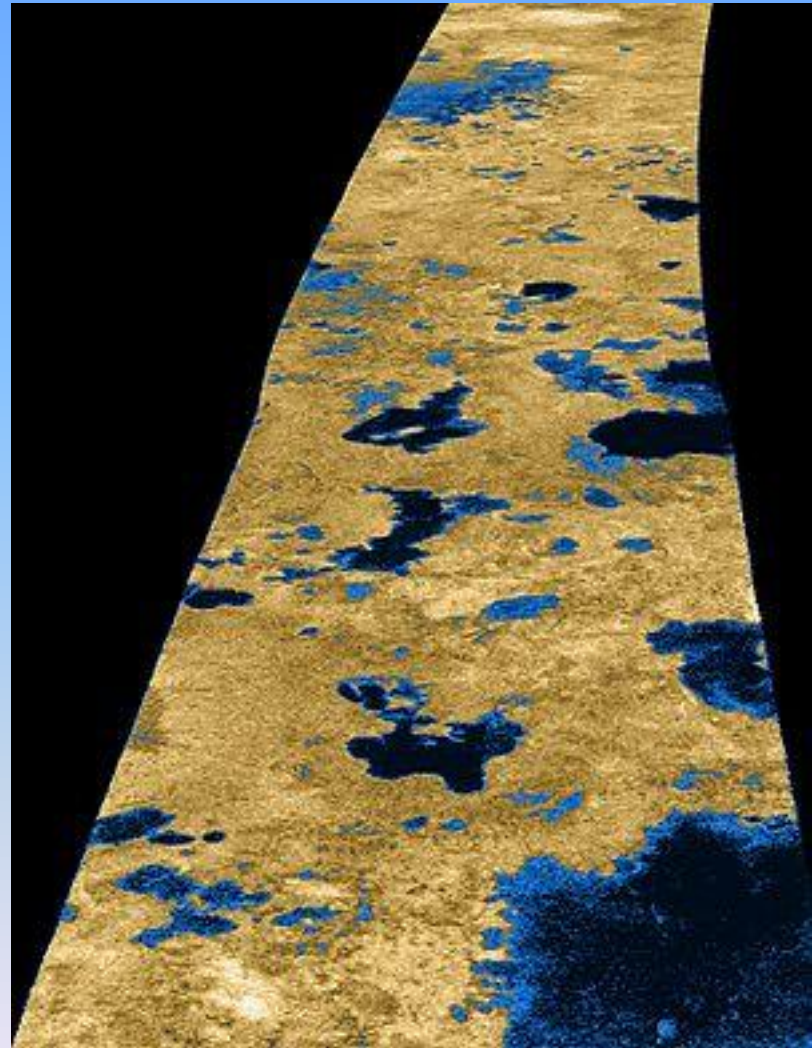
Progetto STRADA



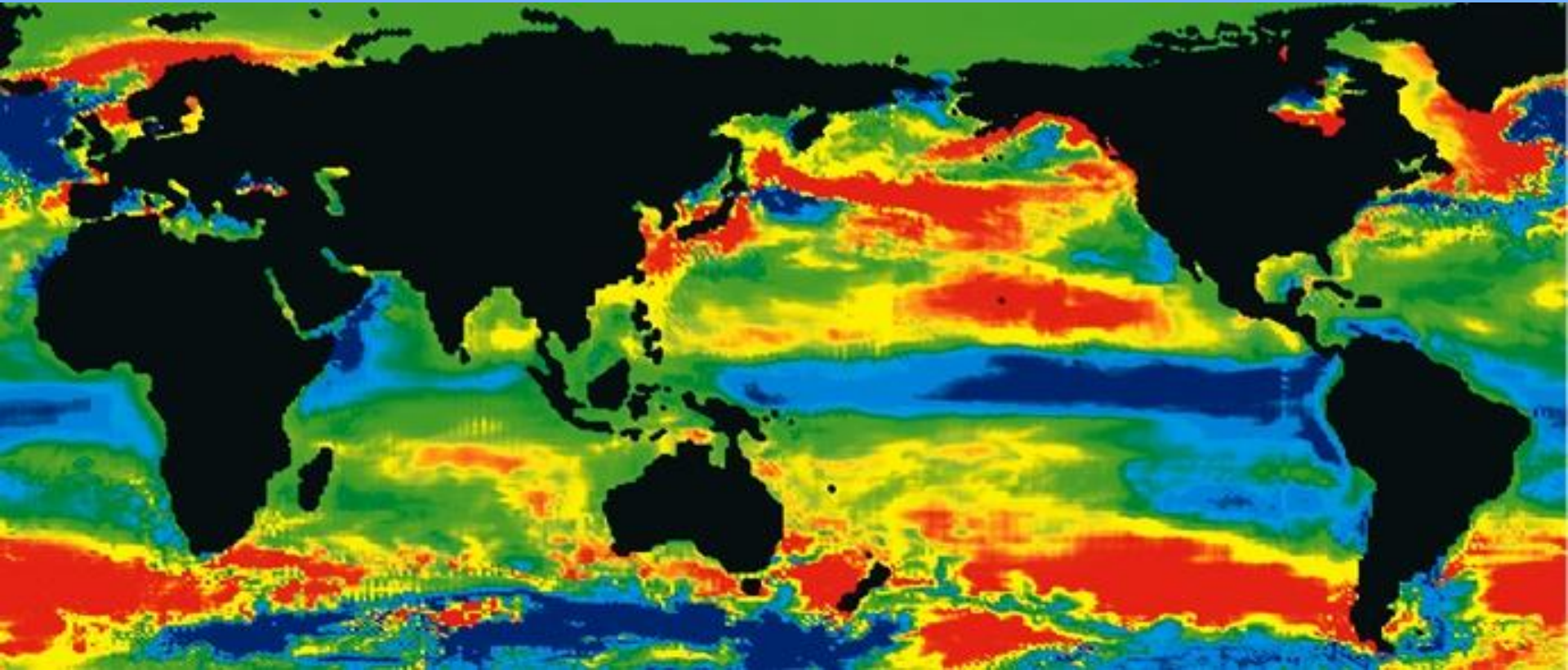
I cicli (bio?)geofisici di Titano



H_2 e Acetilene in
quantità più bassa del
previsto...



Grazie per l'attenzione



I CIELI DI BRERA
CICLO DI CONFERENZE PUBBLICHE IN OCCASIONE DEI
250 ANNI DELLA NASCITA DELL'OSSERVATORIO

L'Osservatorio Astronomico di Brera in collaborazione con
L'Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere

1814-2014

