

Cambiamenti climatici globali ? e fattore Uomo

Grzegorz Karwasz
INFM – Dipartimento di Fisica
Università di Trento

Como, 10.05.2004



CLIMA PAZZO È colpa dell'Atlantico

■ OGGI

Alluvioni nel nord Europa e siccità al sud: l'oceano blocca i campi di pressione

(B)

BASSA PRESSIONE

PIOGGE

SICCITÀ

ALTA PRESSIONE

(A)

■ FRA 10 ANNI

Il calo della salinità rallenterà la corrente del Golfo, portando il gelo in Europa

■ Il ruolo dell'effetto serra, e la scoperta di un "El Niño" atlantico

RIMINI
LABORATORIO
DEL COMPORTAMENTO
I PRIMI RISULTATI

“Clima ↔ Uomo”

- l'effetto serra



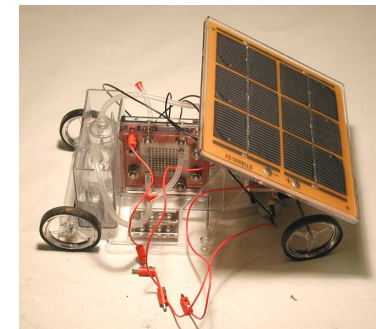
- inquinamento a breve termine



- “vettore idrogeno”

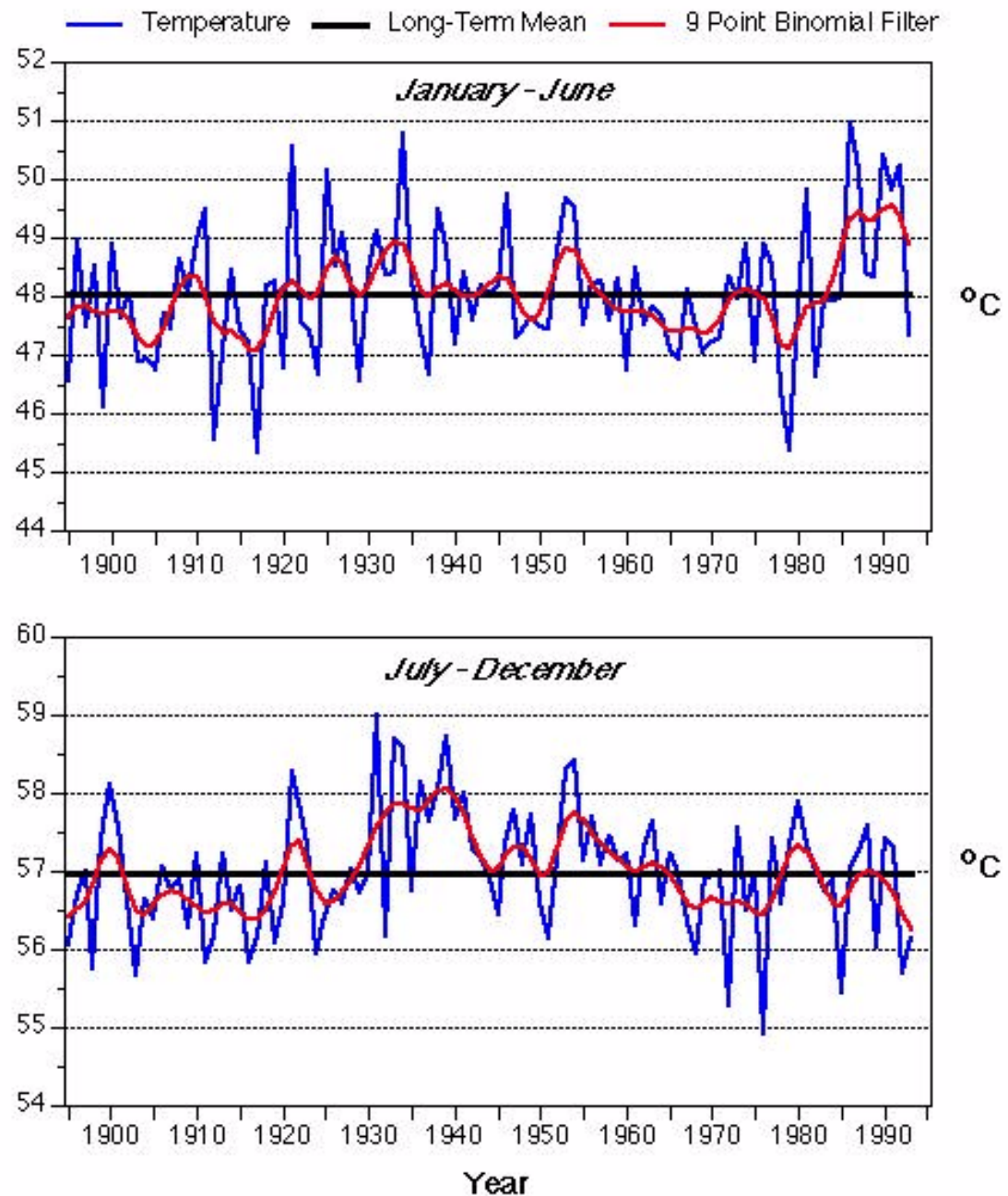


- una soluzione definitiva ?

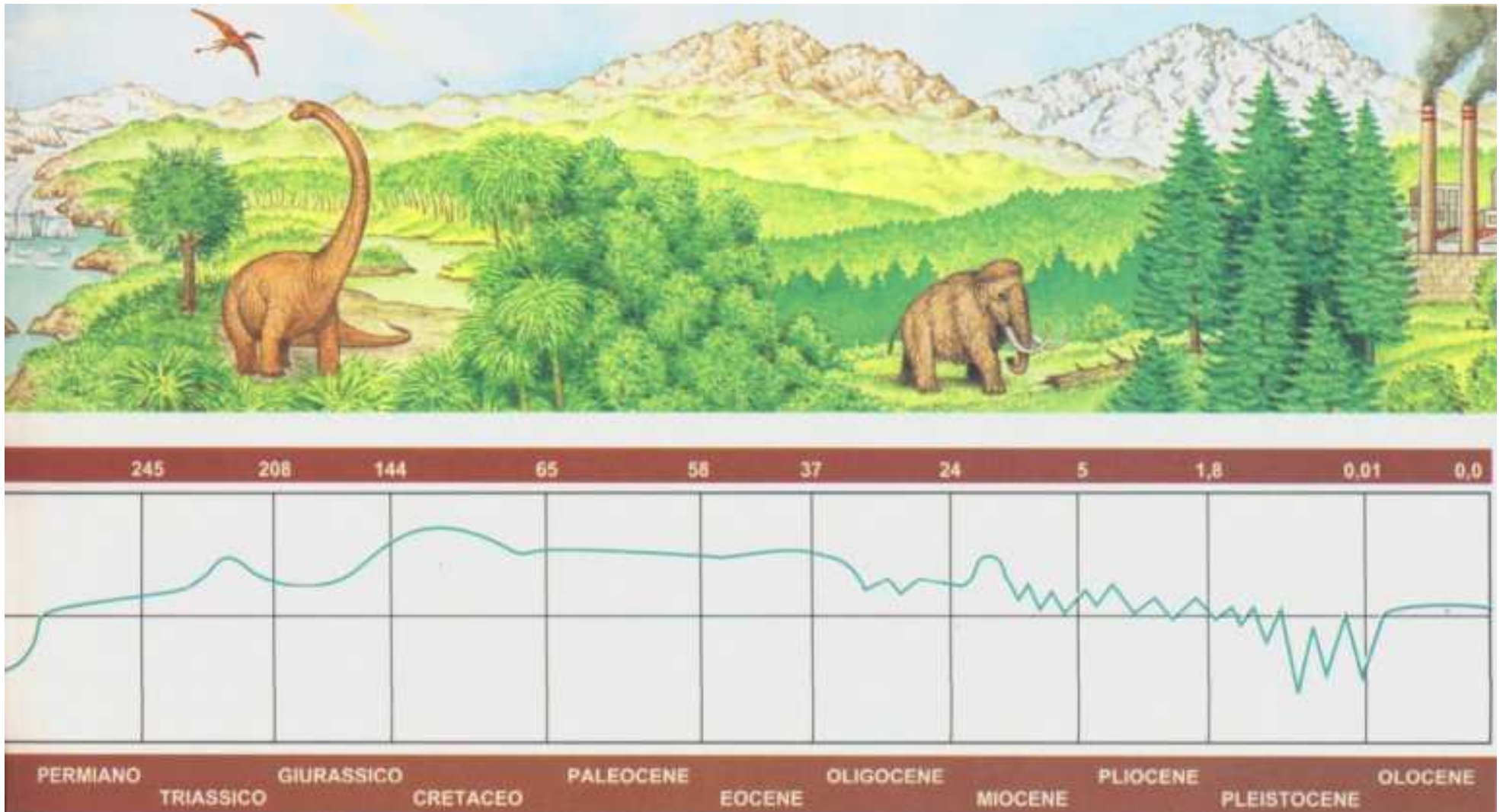


Inquinamento
globale:
“effetto serra”?

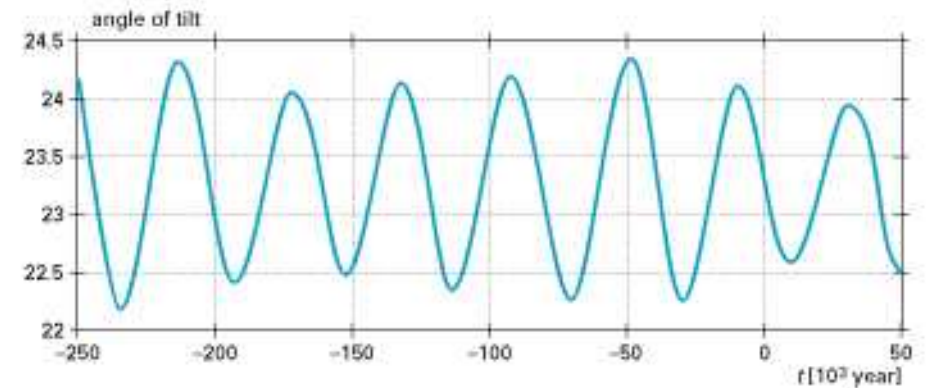
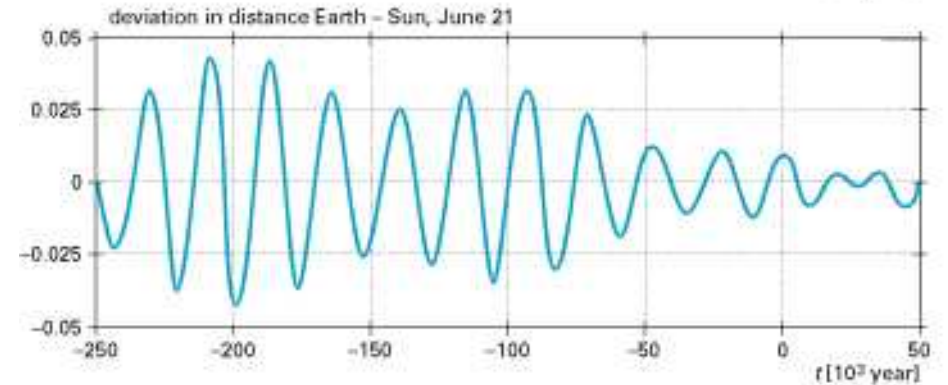
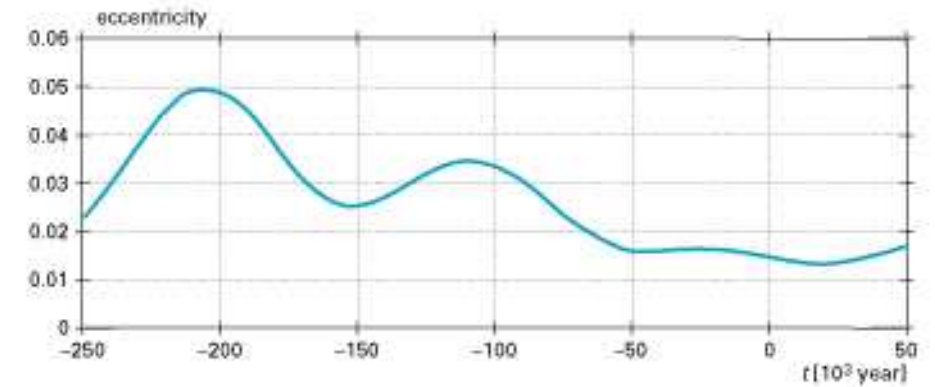
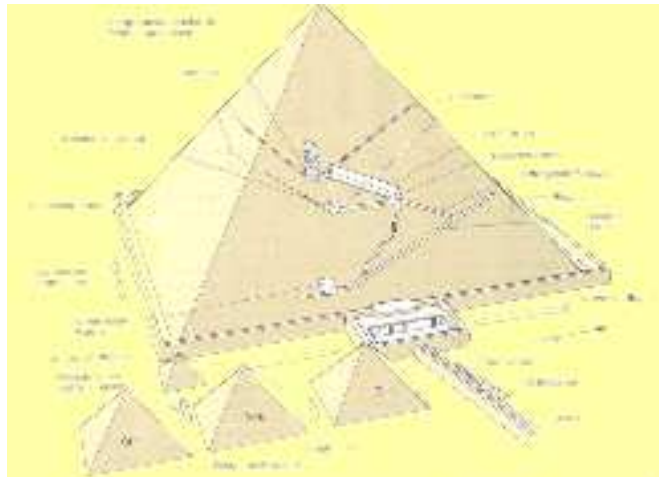
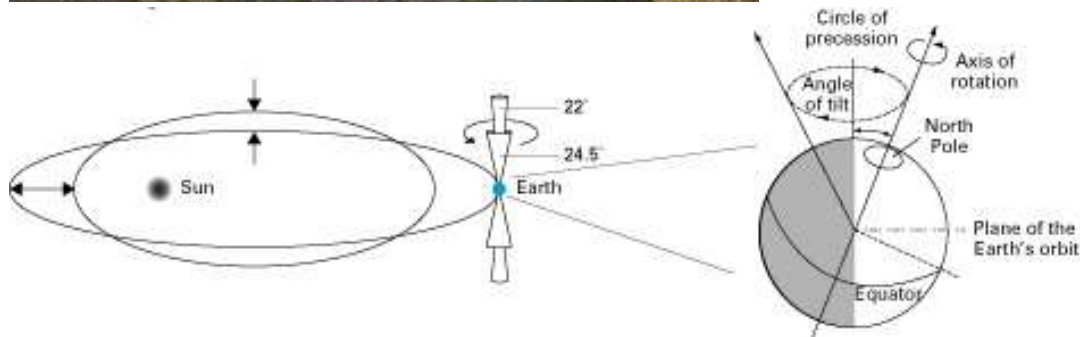
U.S. NATIONAL TEMPERATURE 1895 - 1993



“effetto serra” o variazione naturale?

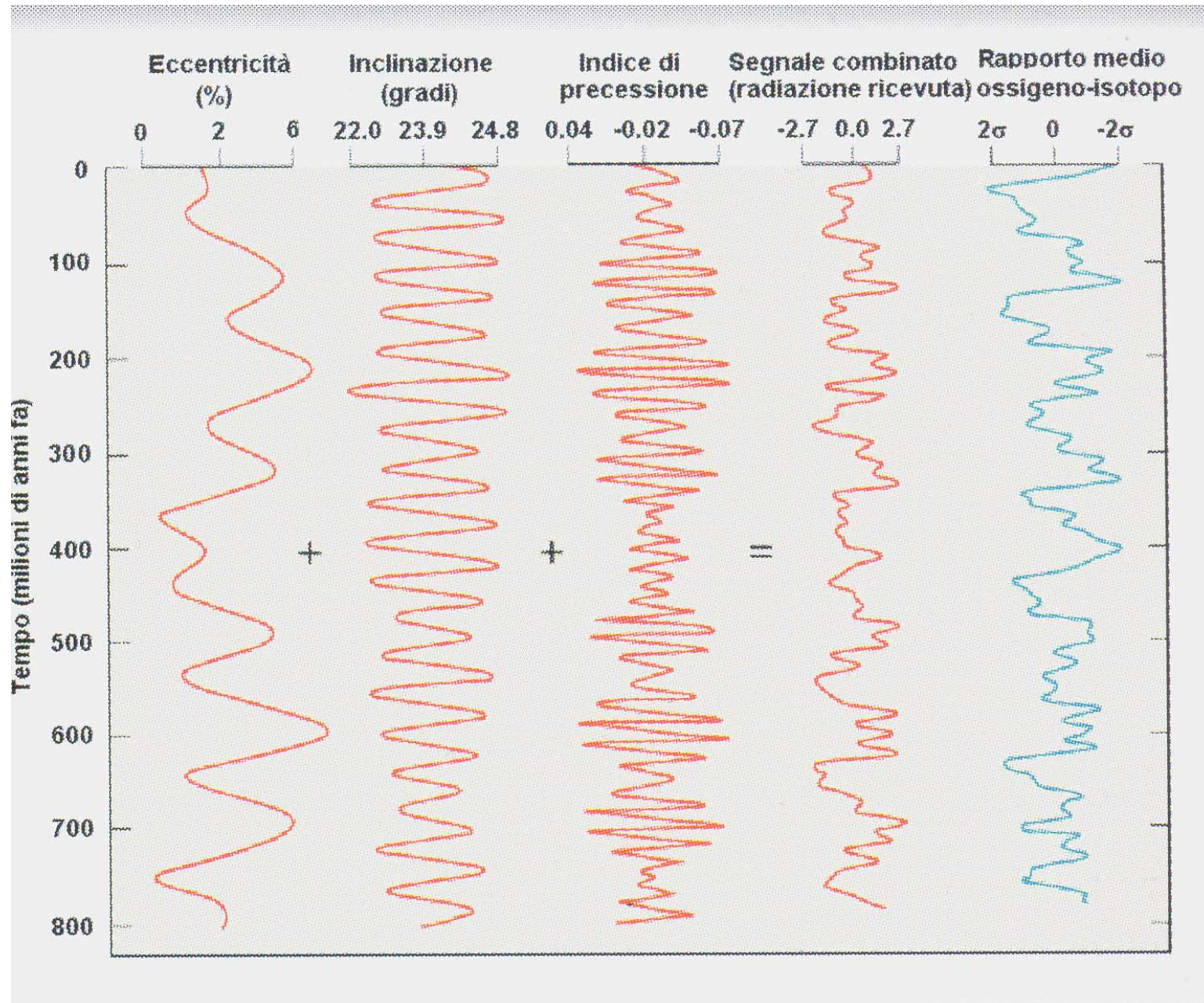


Variazione naturale (astronomica)



Cicli di Milankovic

Variazione naturale (astronomica)

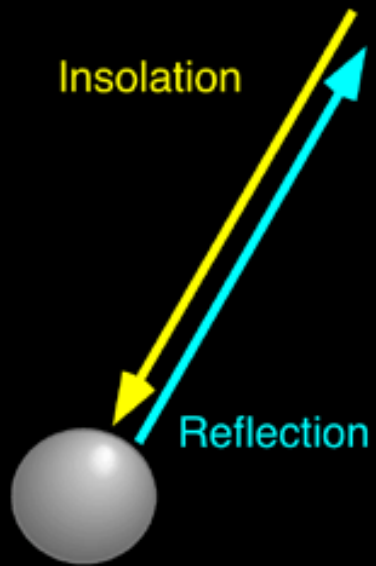


O^{18} = temp.

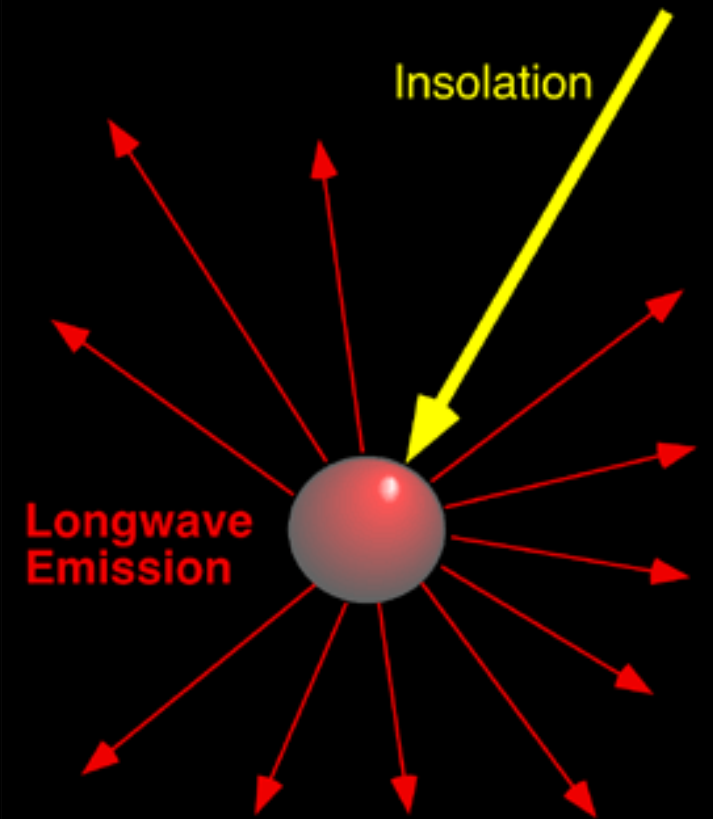
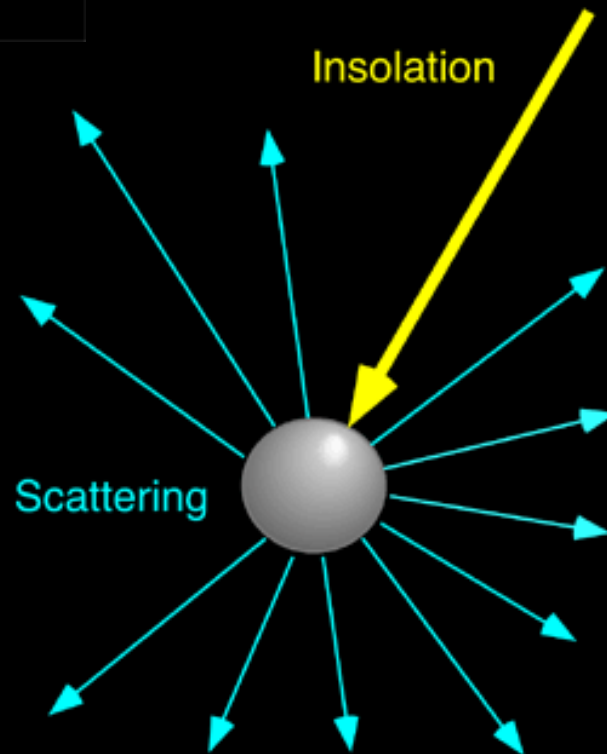
Variazione naturale ?

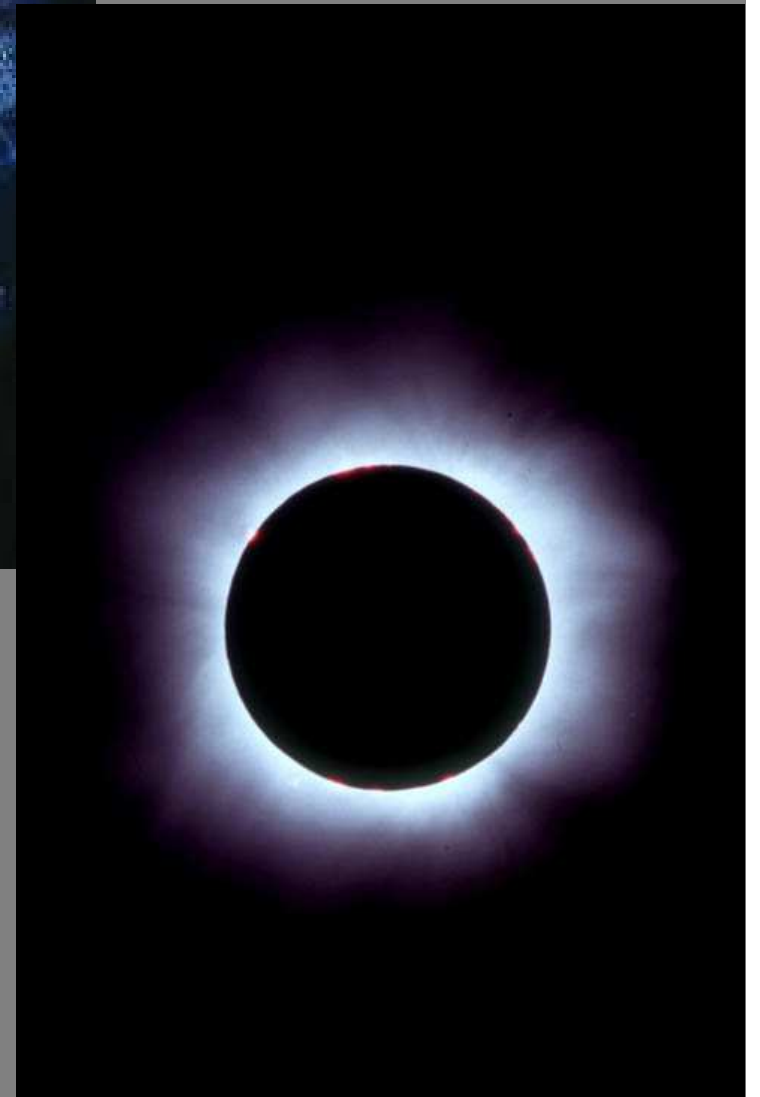
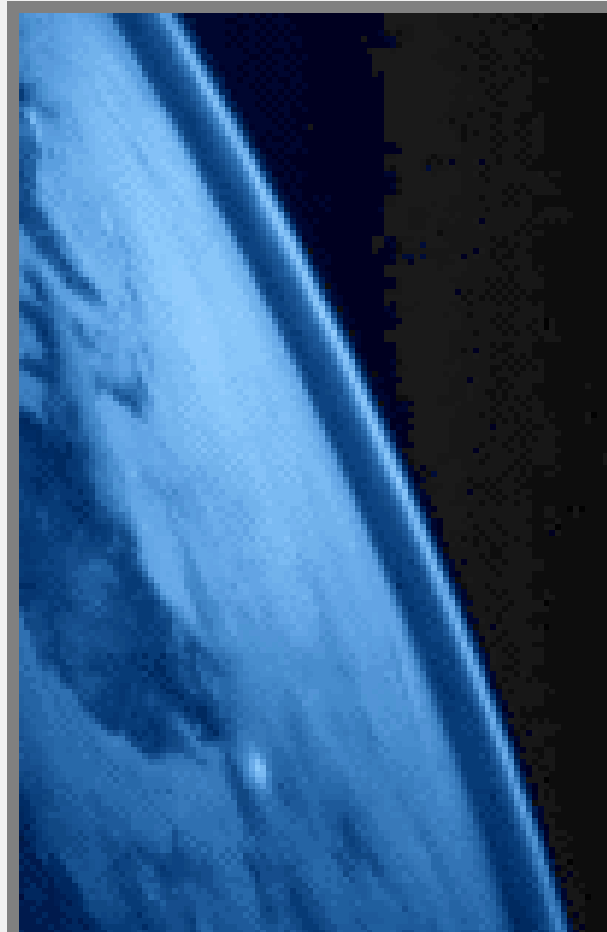
Variazione indotta ?

Individuare i meccanismi !



motore Sole



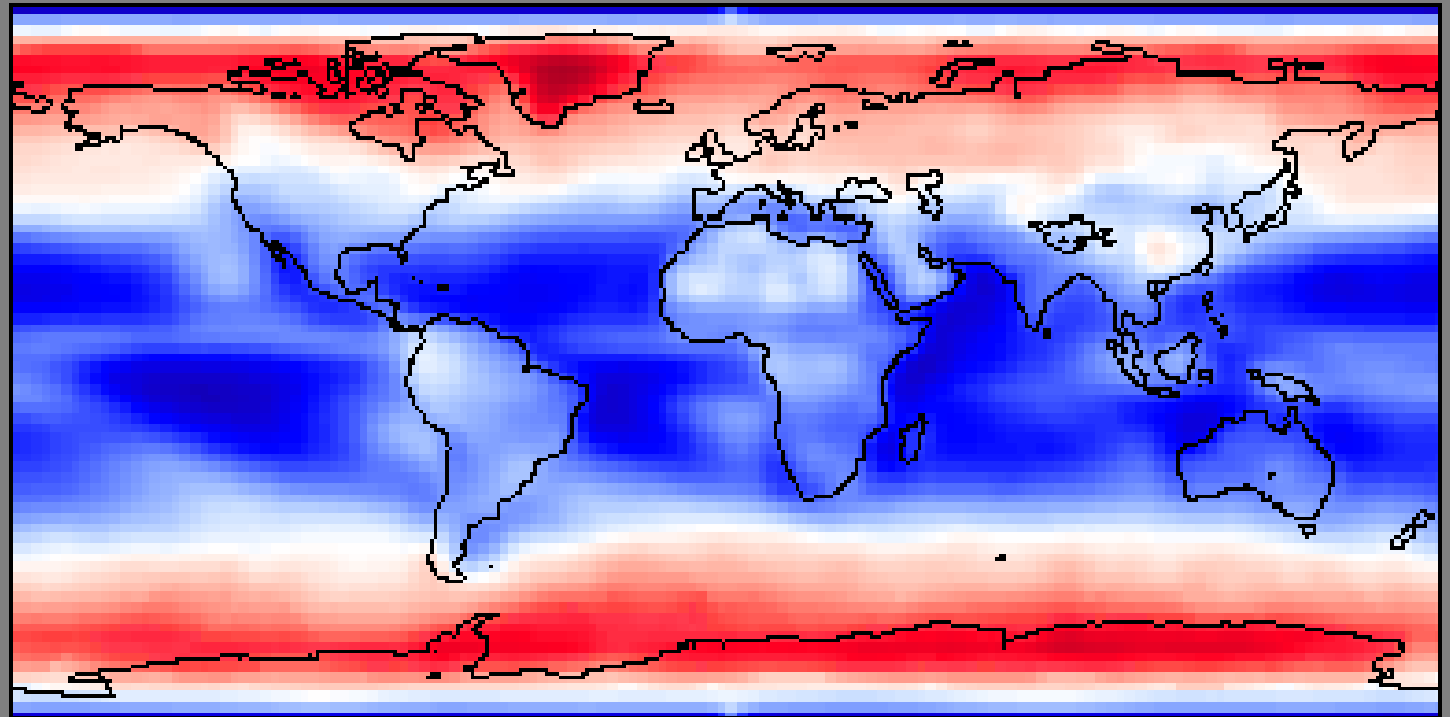
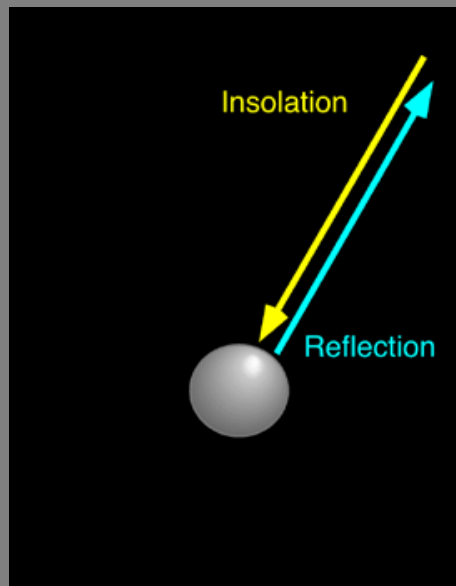


→ bilancio energetico



Bilancio energetico

1. riflessione

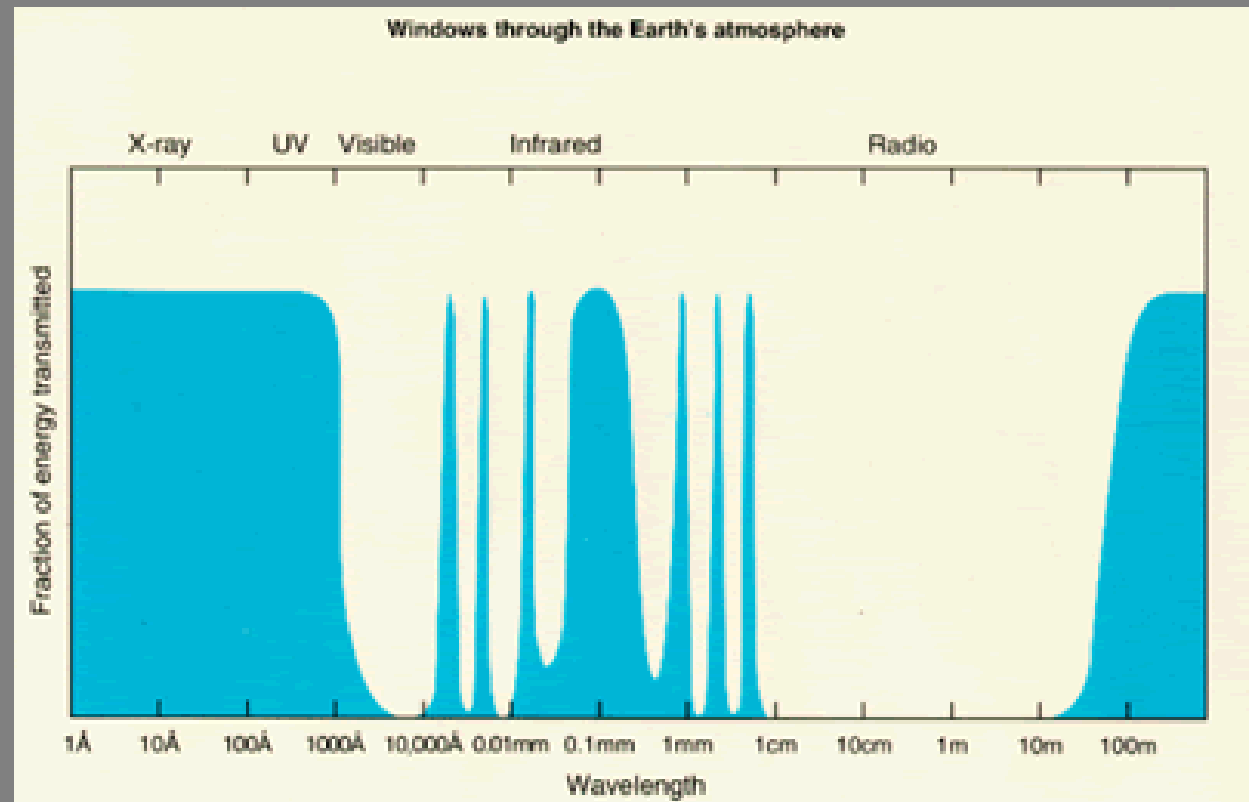
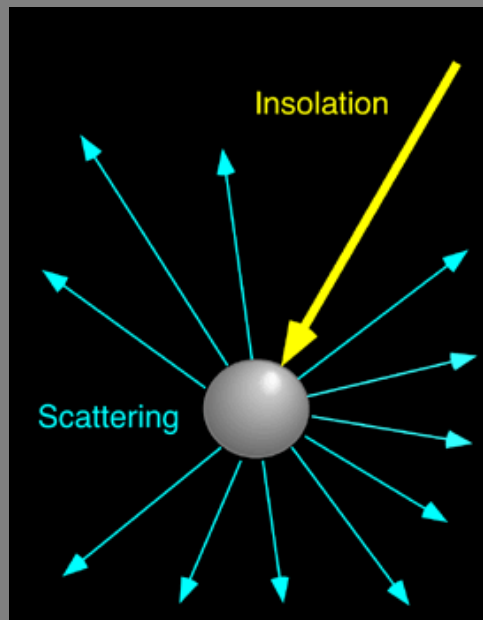


= albedo



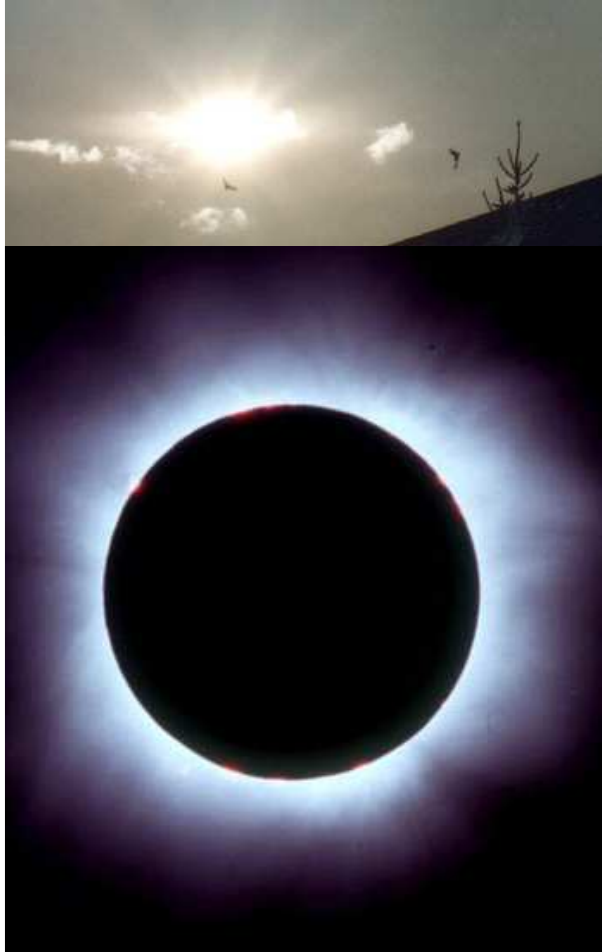
Bilancio energetico

2. assorbimento

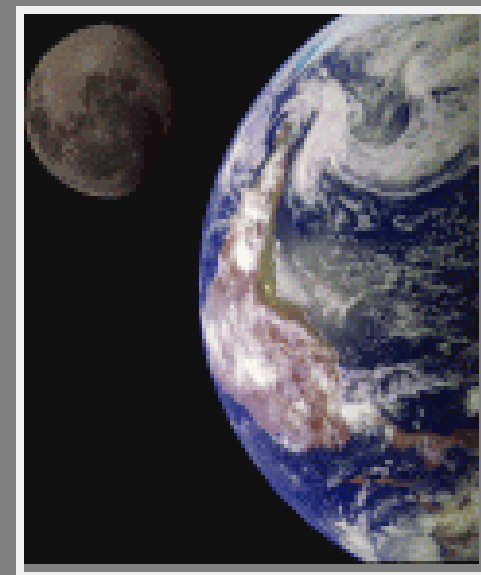


~0% nel visibile

Bilancio energetico

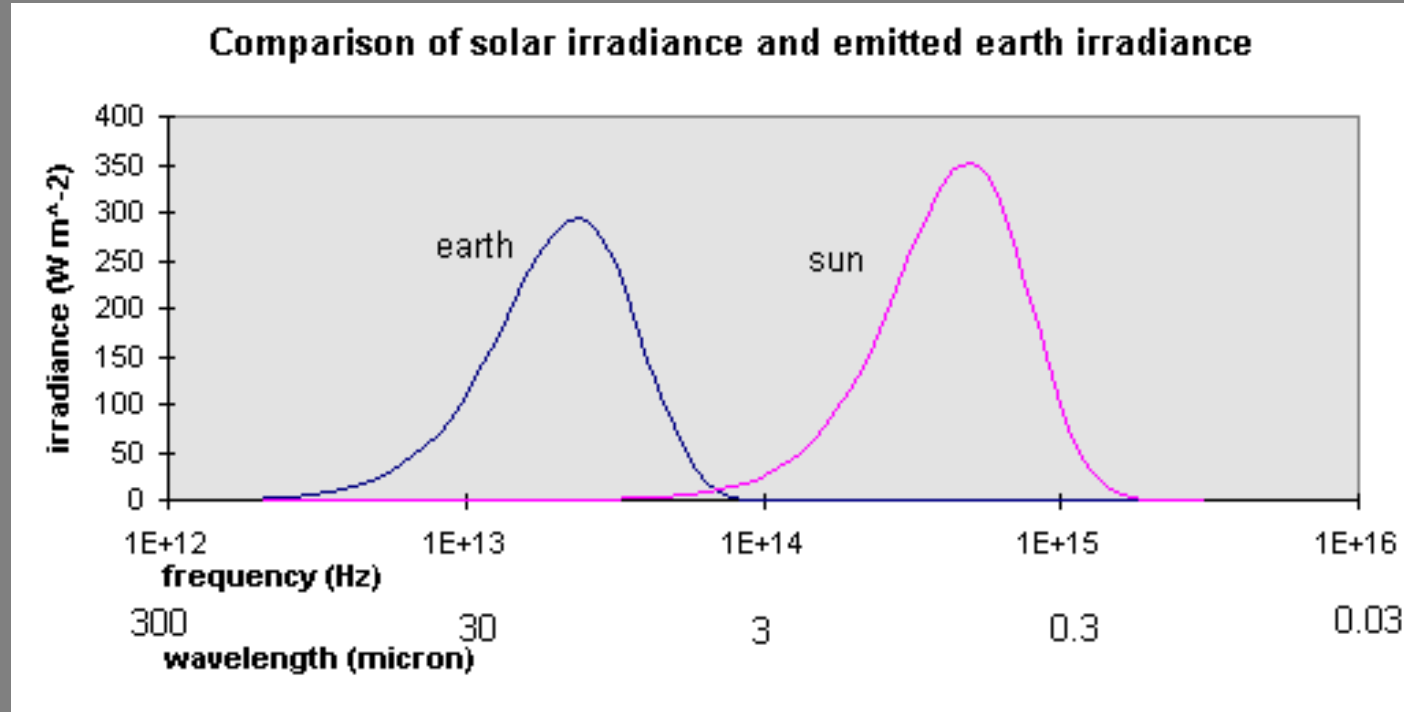


T = 5500 K



T= 300 K

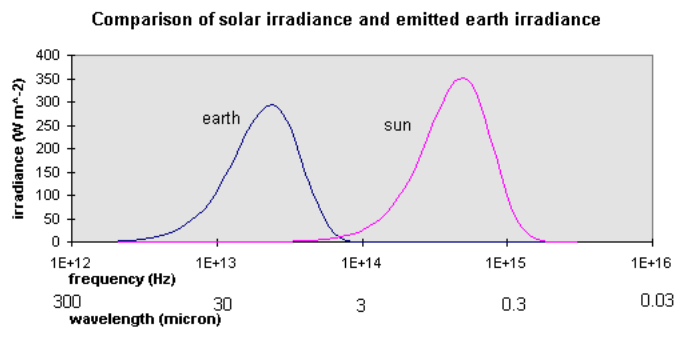
Bilancio energetico



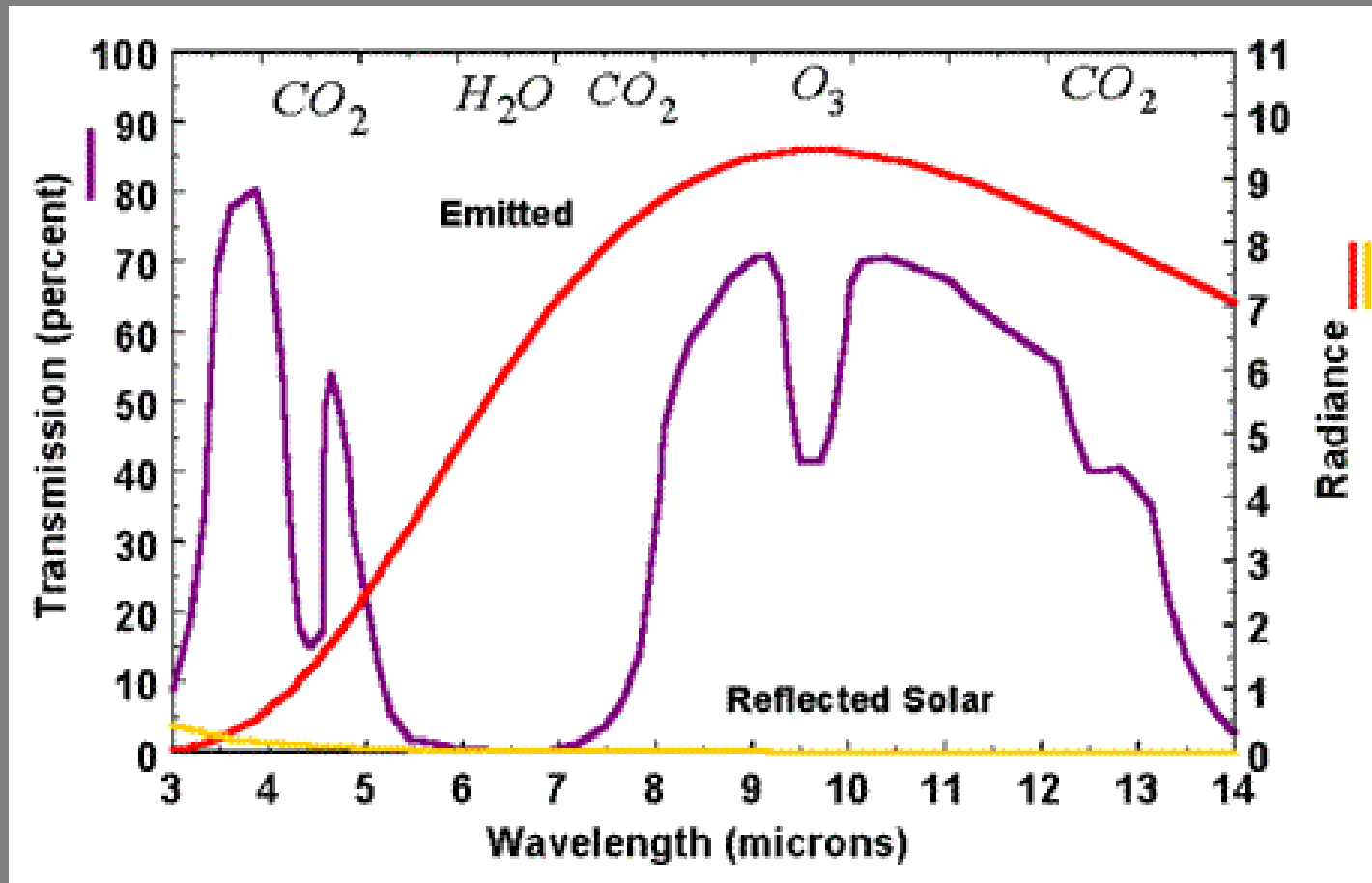
T= 300 K

T = 5500 K

Proprietà ottiche nel infrarosso ?

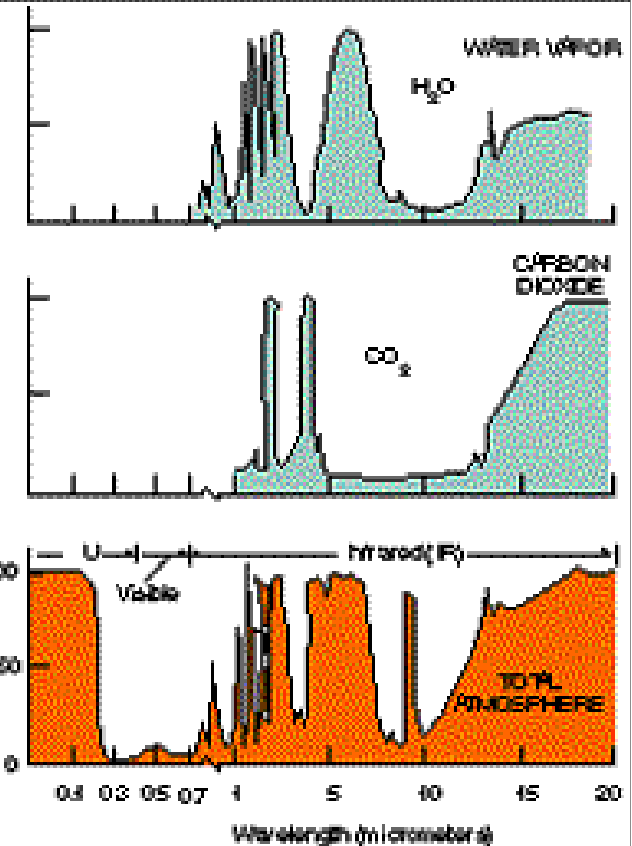
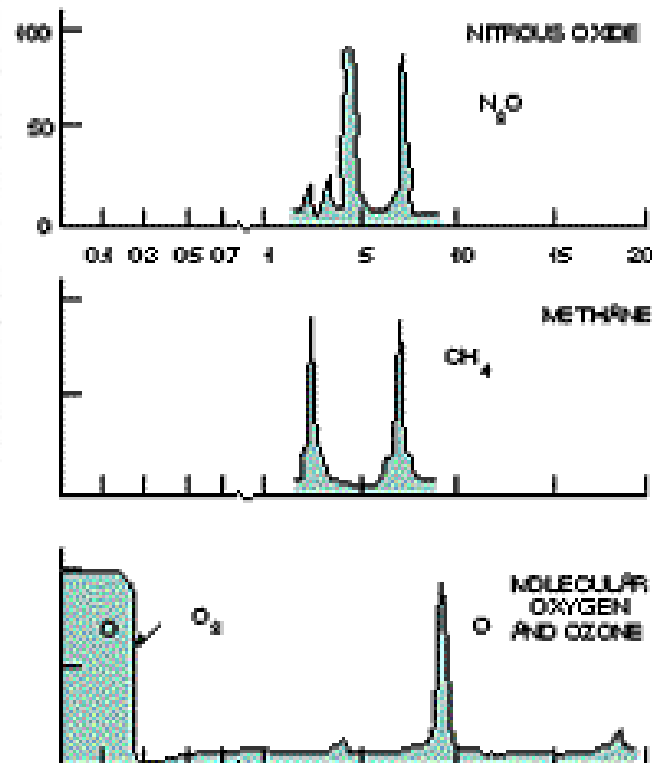
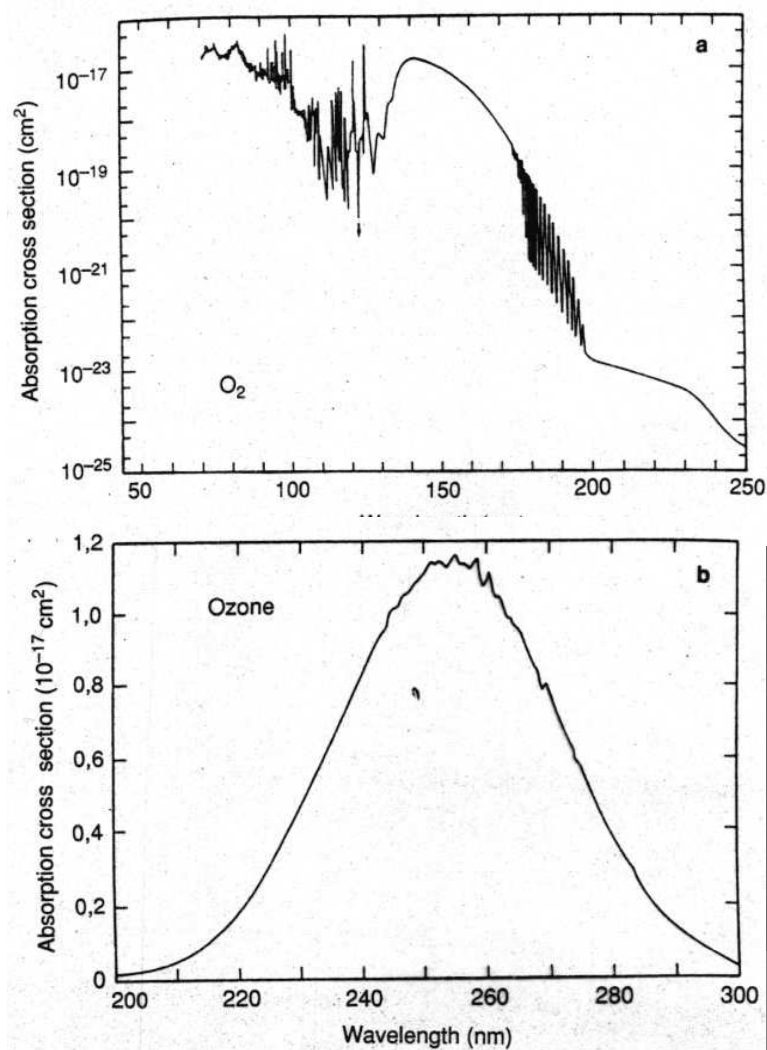


Bilancio energetico



Proprietà ottiche nel infrarosso

Proprietà ottiche dell'atmosfera

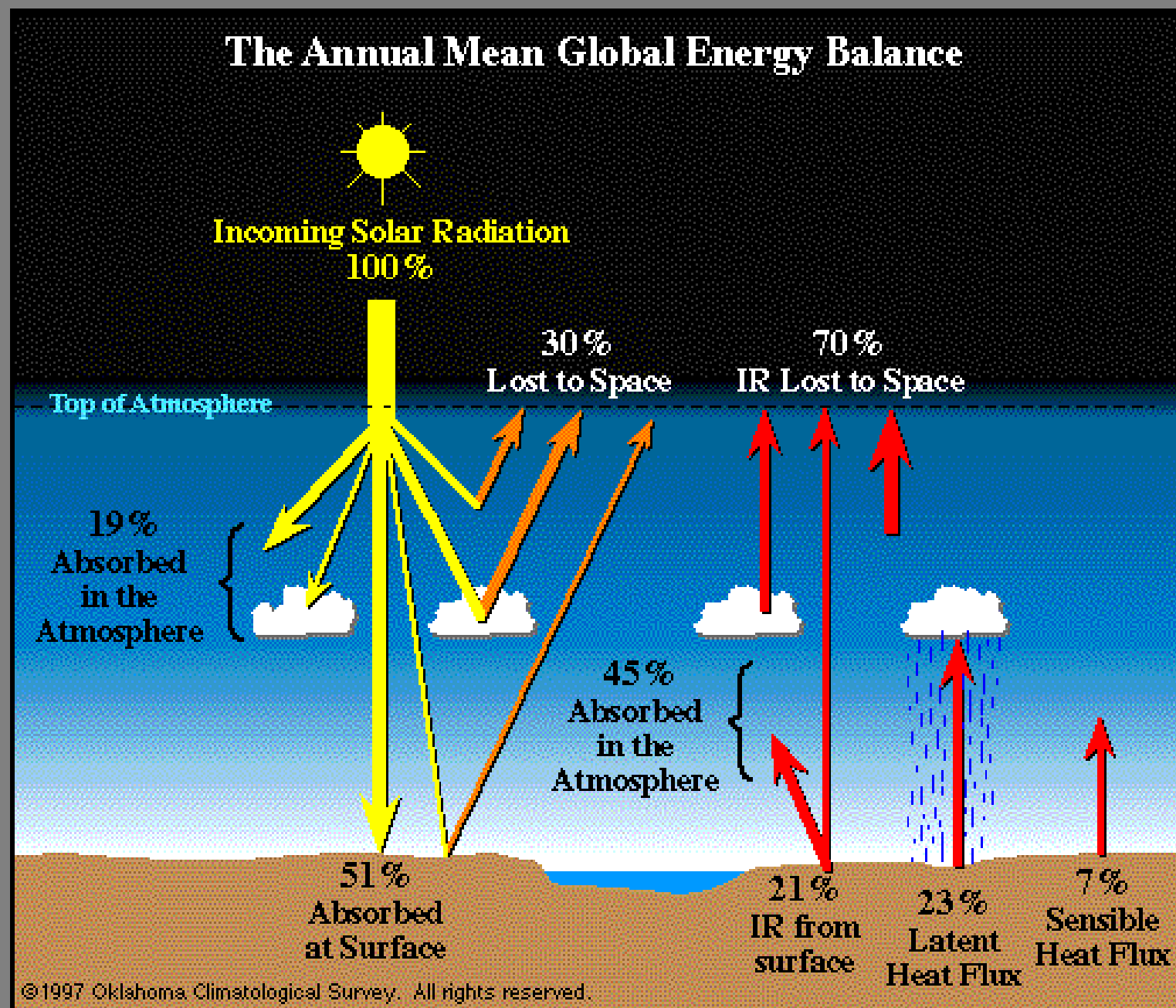


© 1998 Wadsworth Publishing Company/ITP

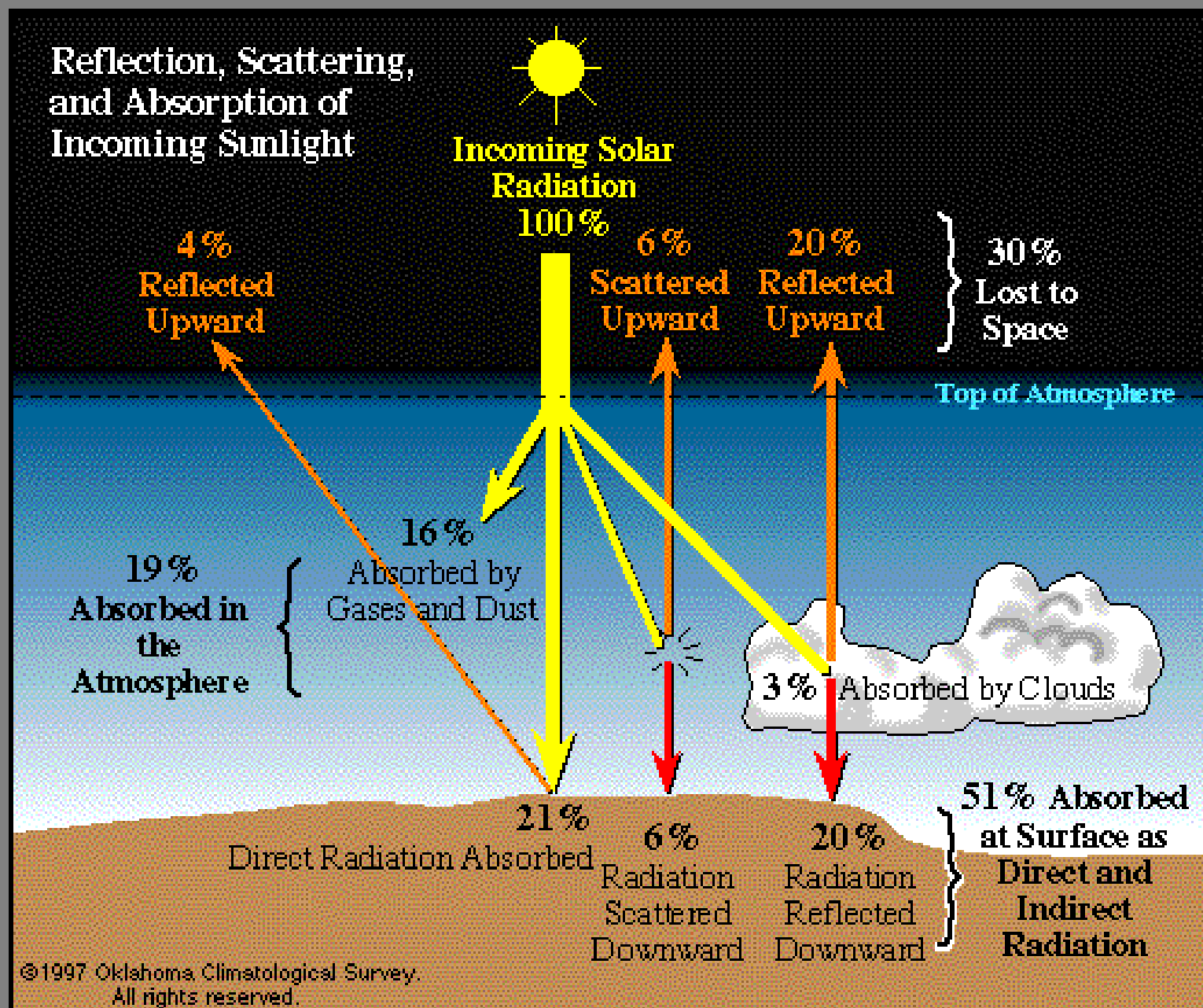
O_2 e O_3 : UV

CO_2 , N_2O , H_2O : IR

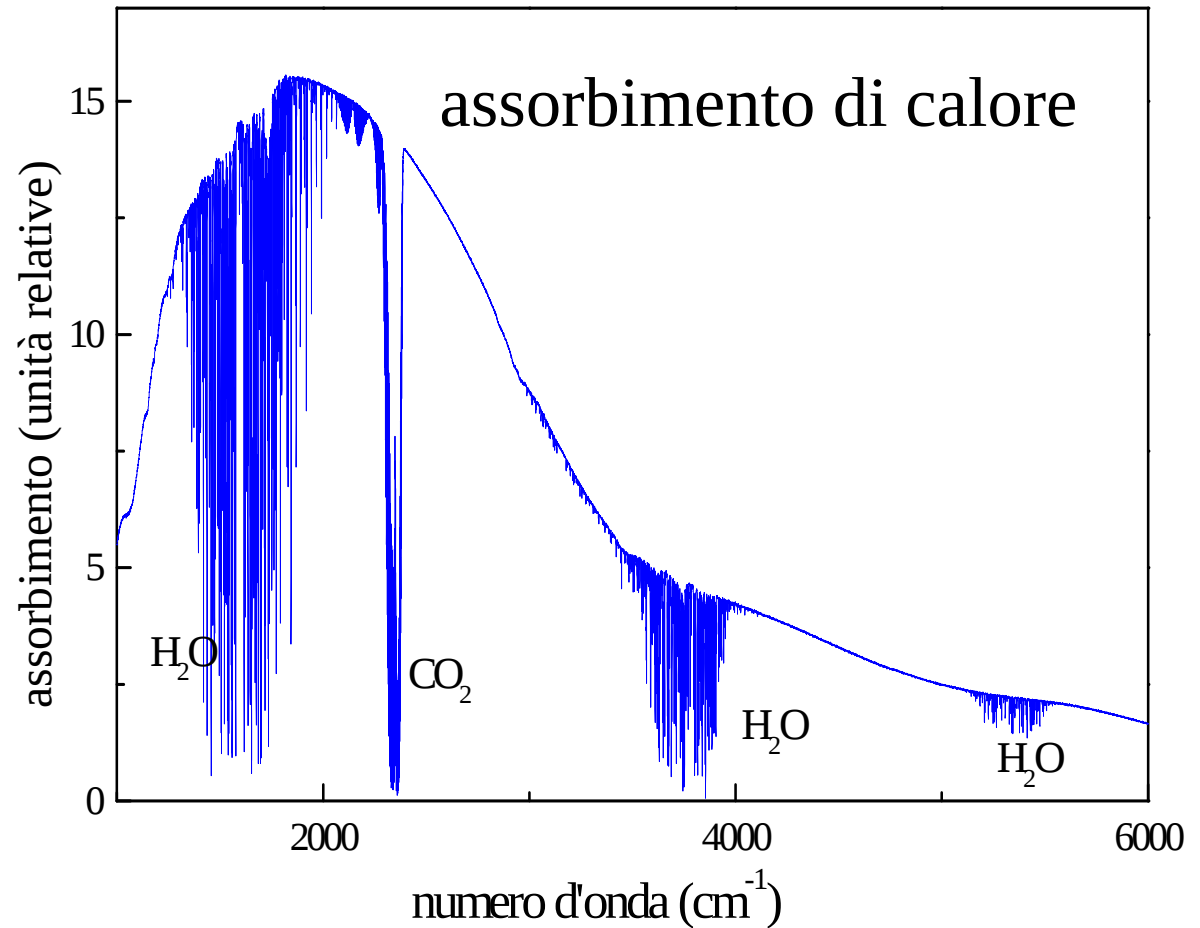
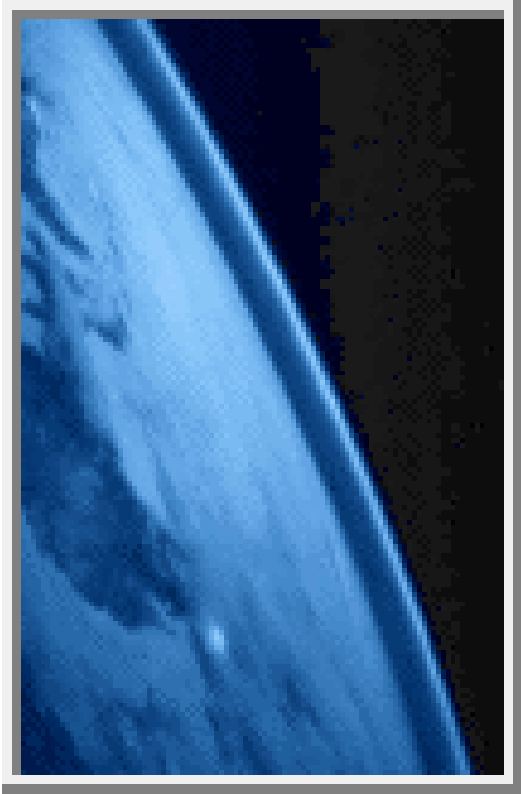
Bilancio energetico



Bilancio energetico

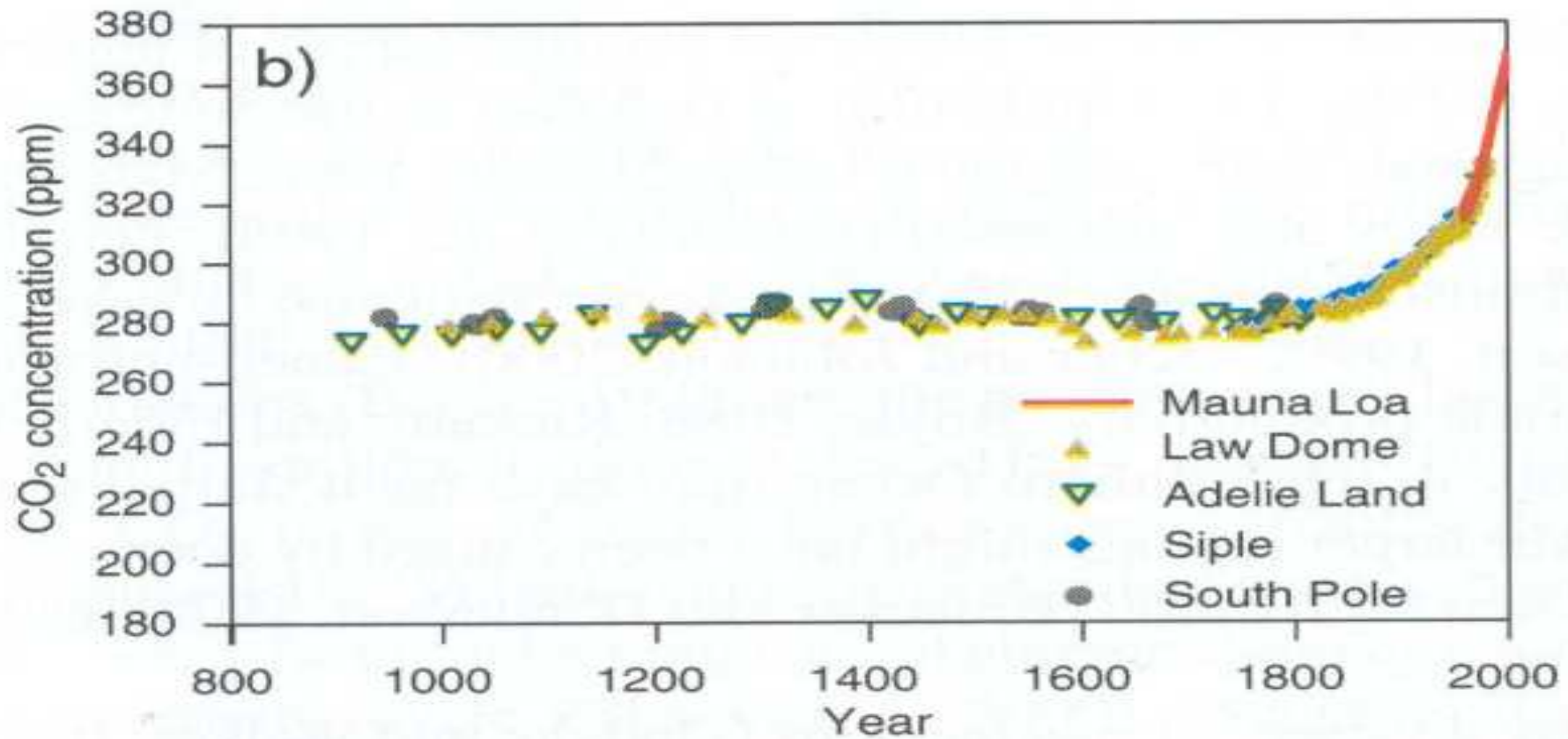


Effetto piumino = **vapore d'acqua + anidride carbonica**



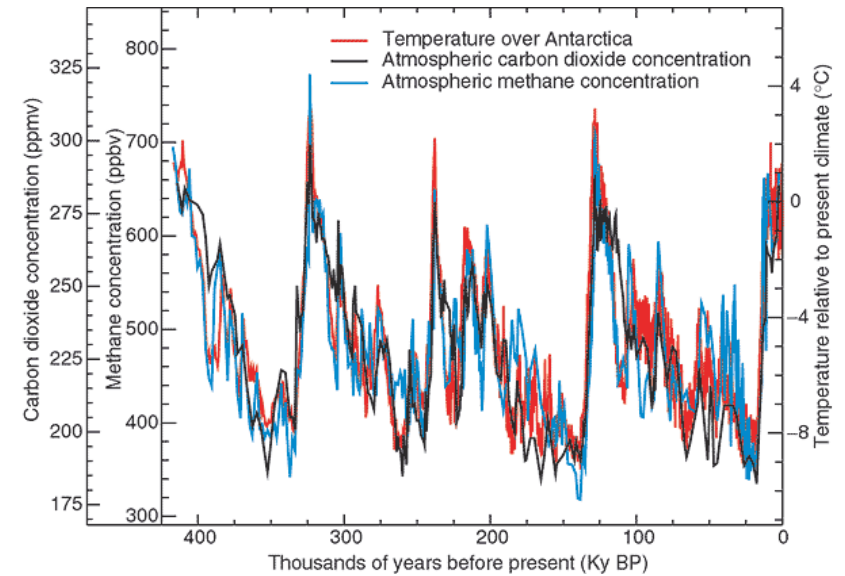
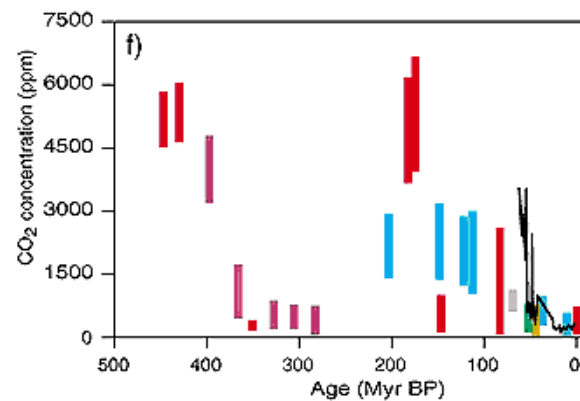
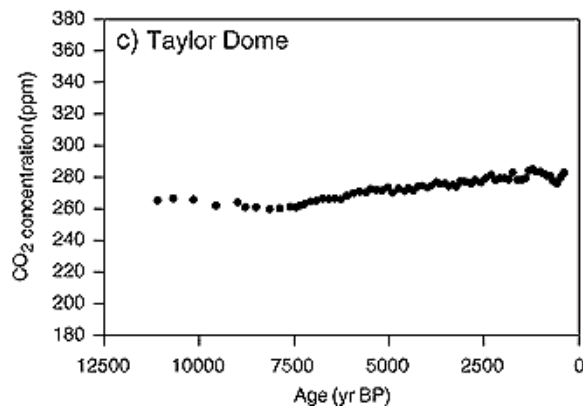
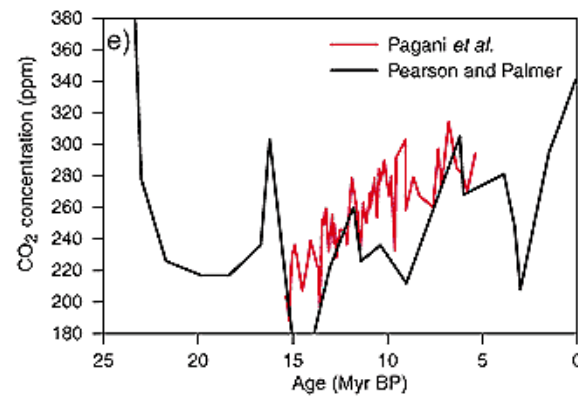
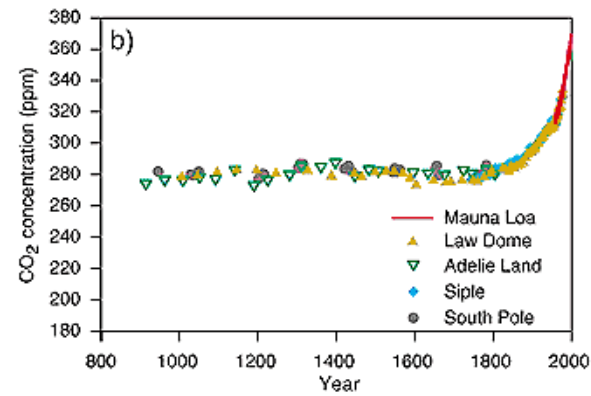
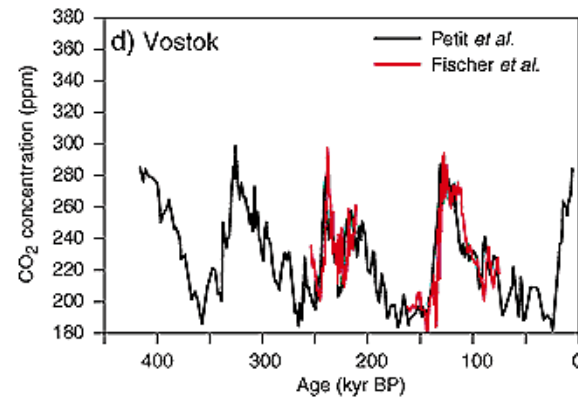
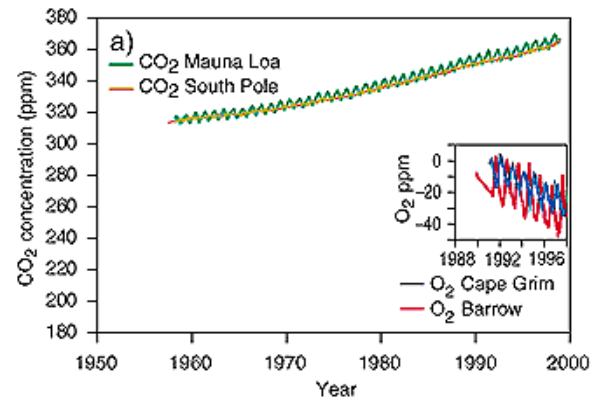
H₂O: -18°C → +15°C

CO₂: +15°C → +???



Effetto serra antropogenico = CO₂ !

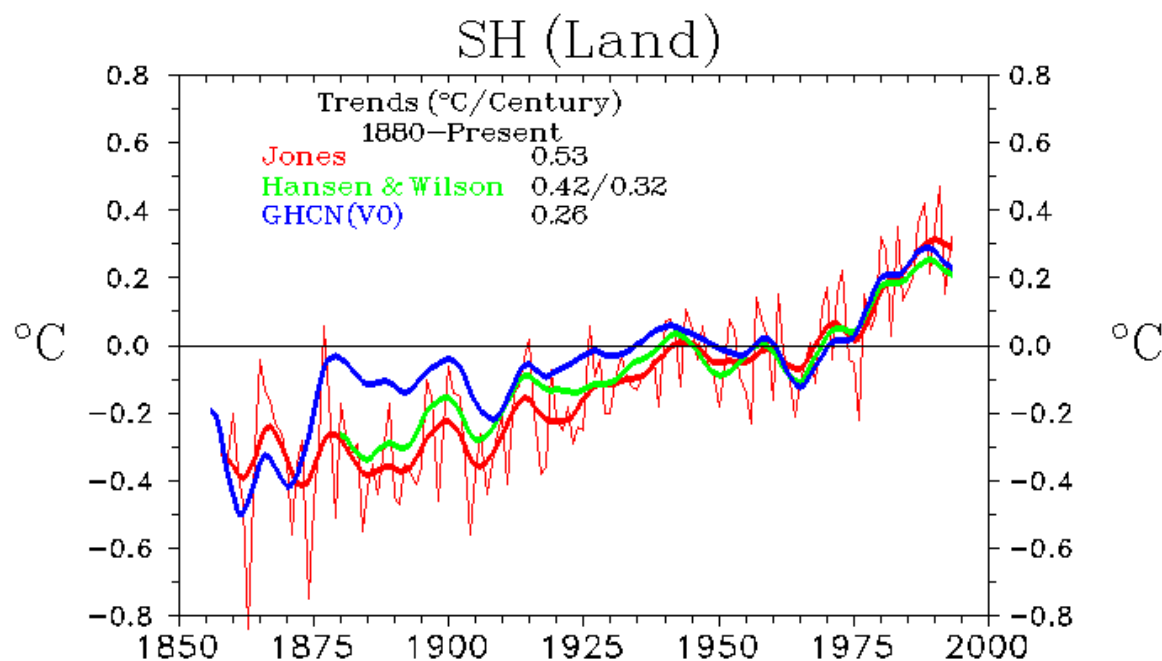
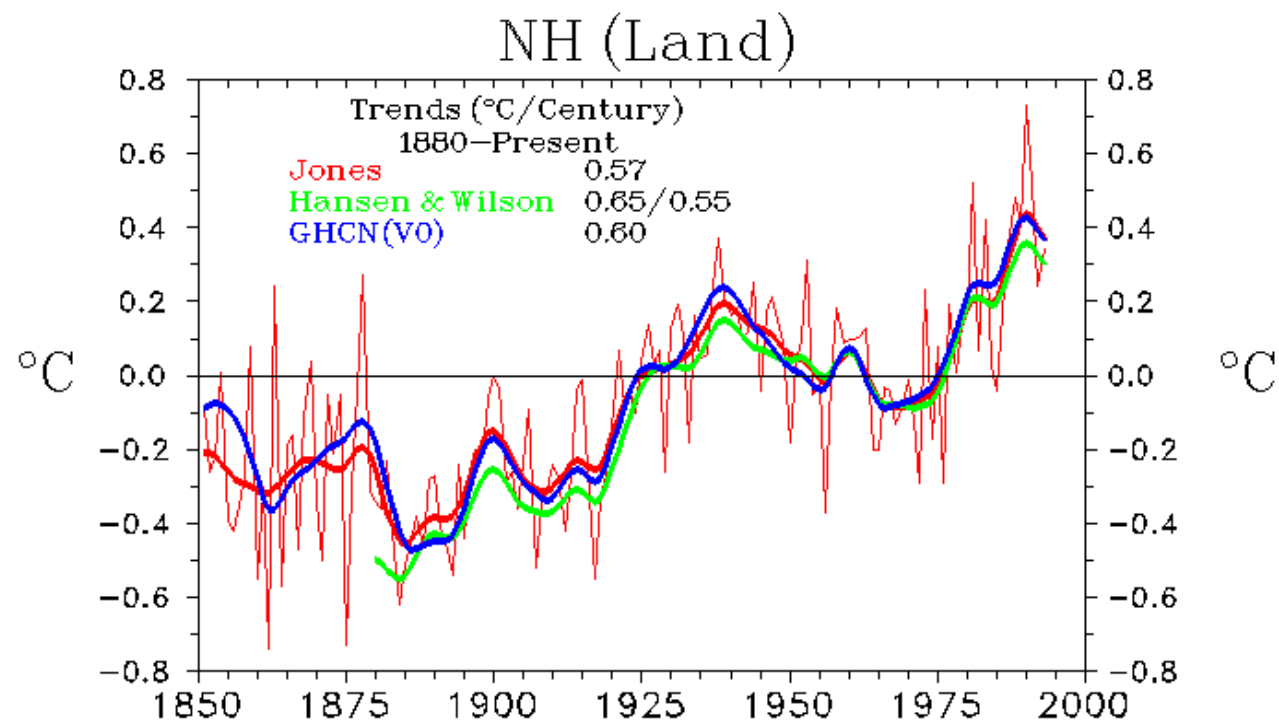
Correlazione CO₂ ↔ temperatura ?



Si!

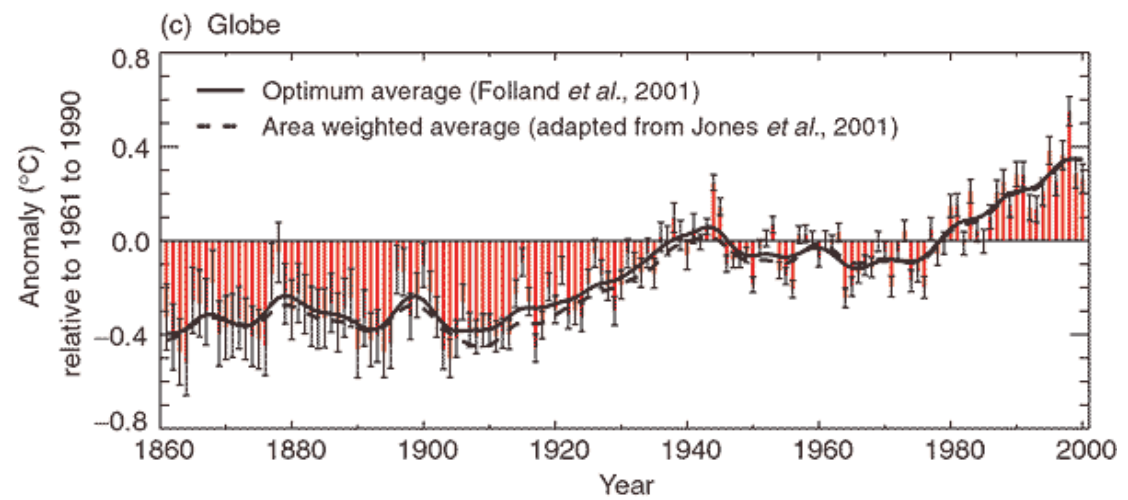
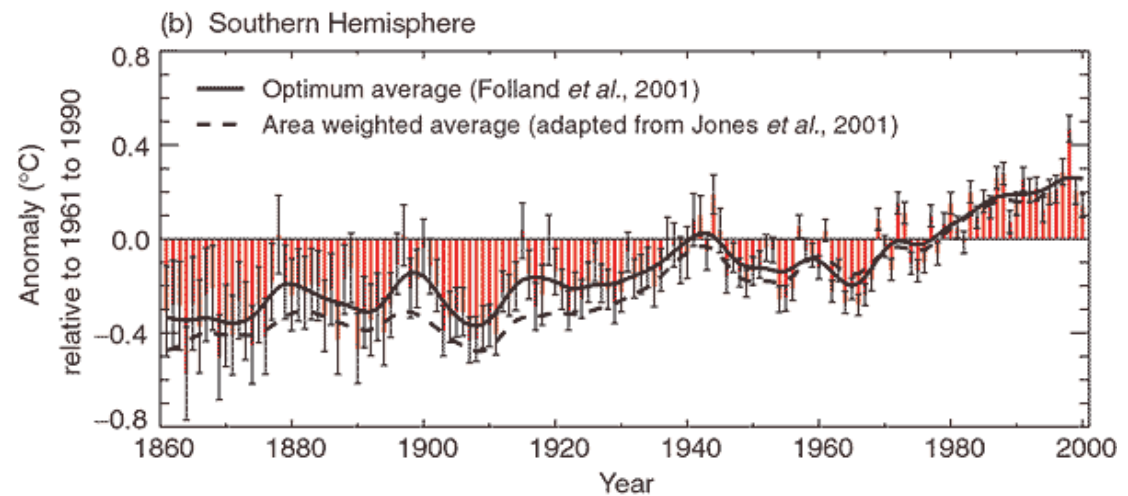
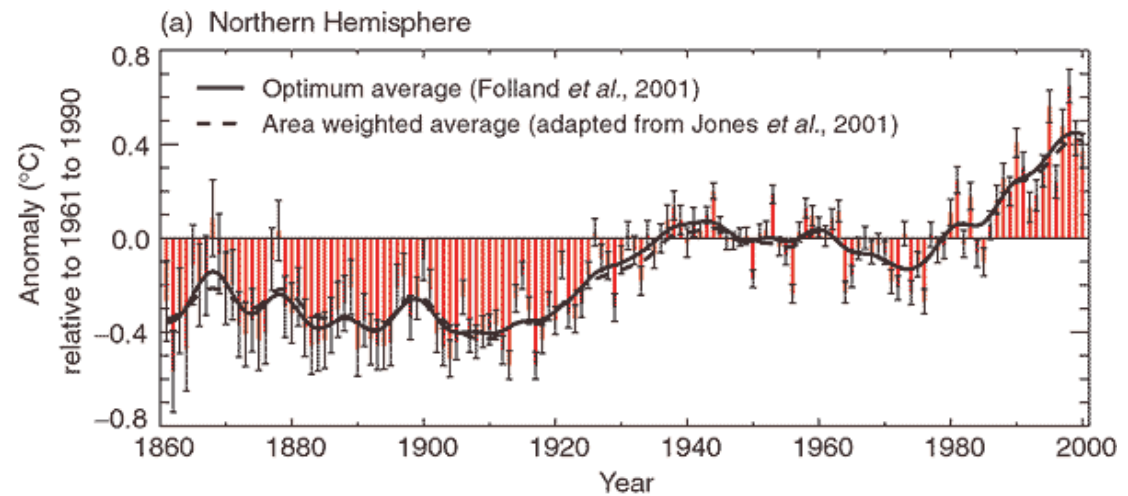
Effetto serra ?

Sì!

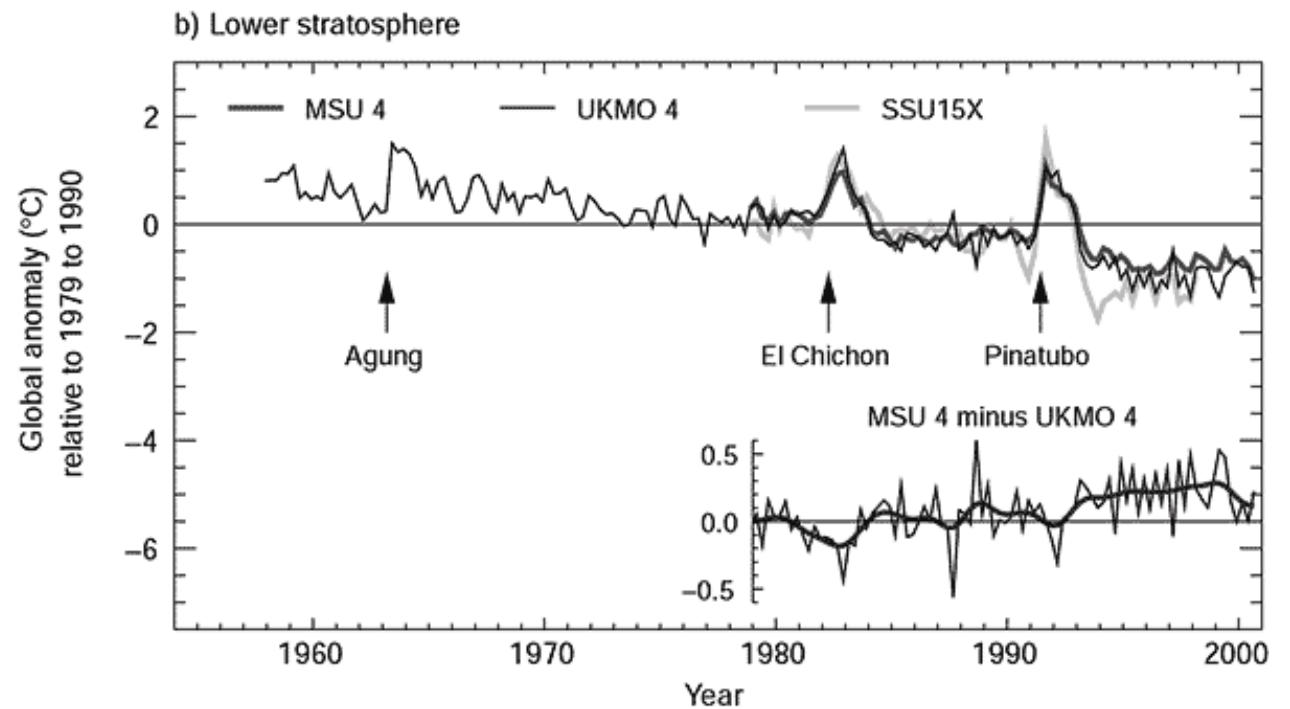
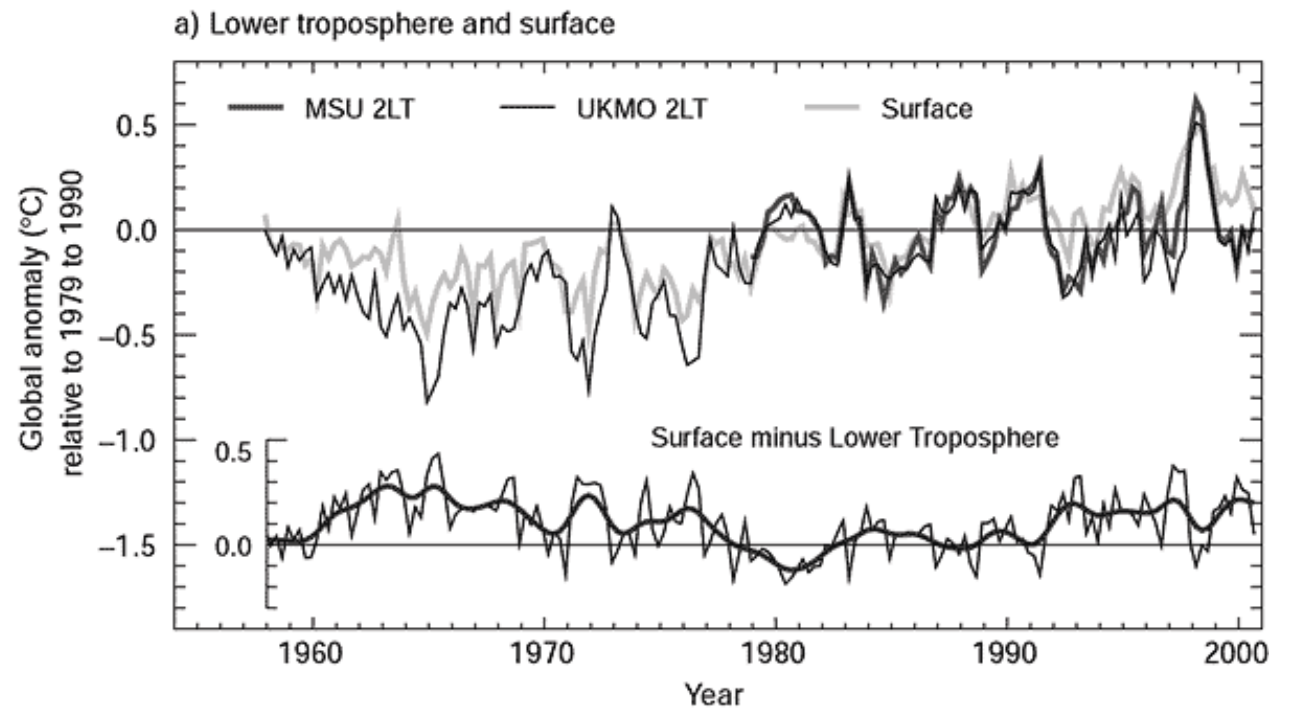


Effetto serra ?

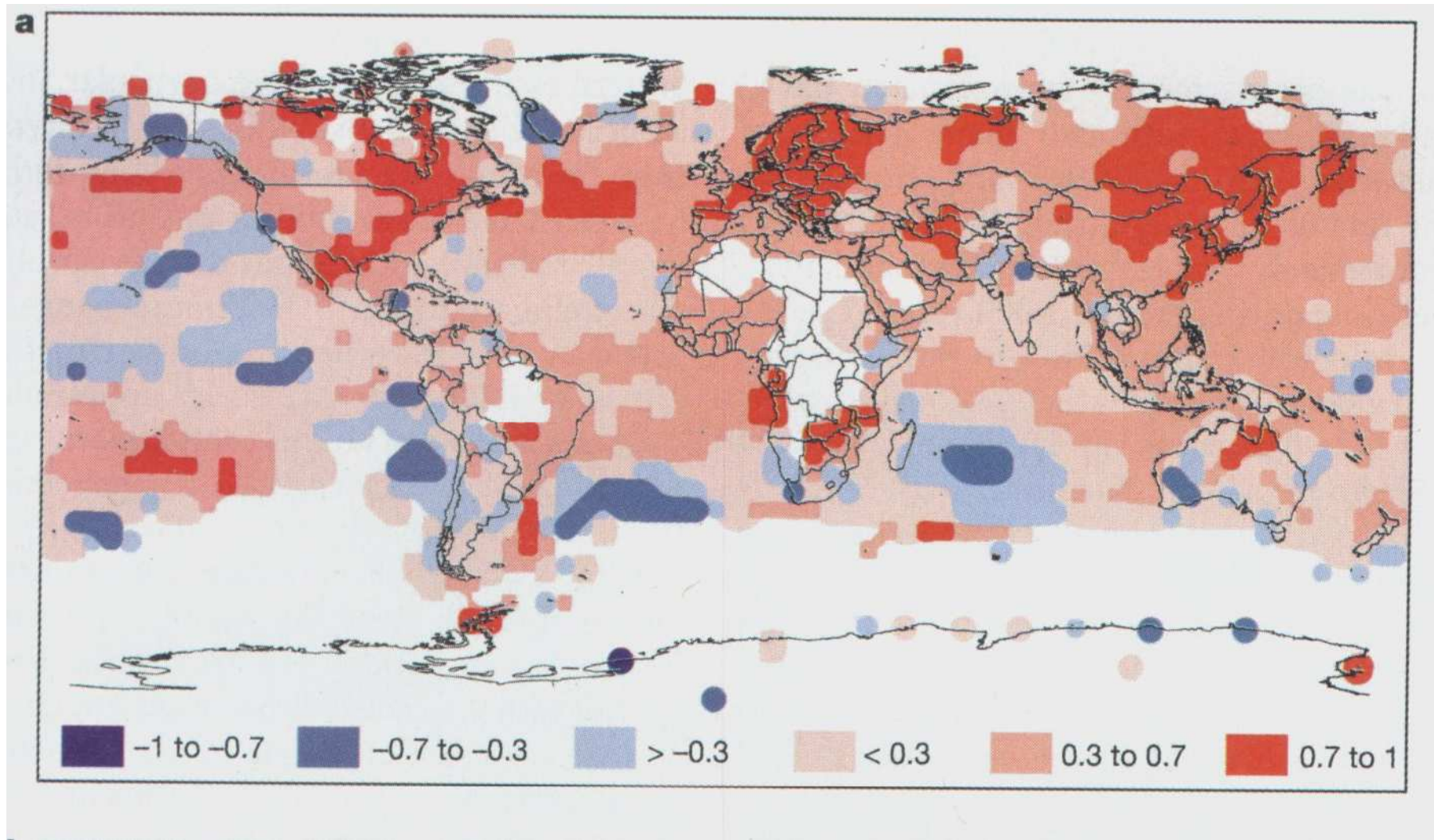
Sì!



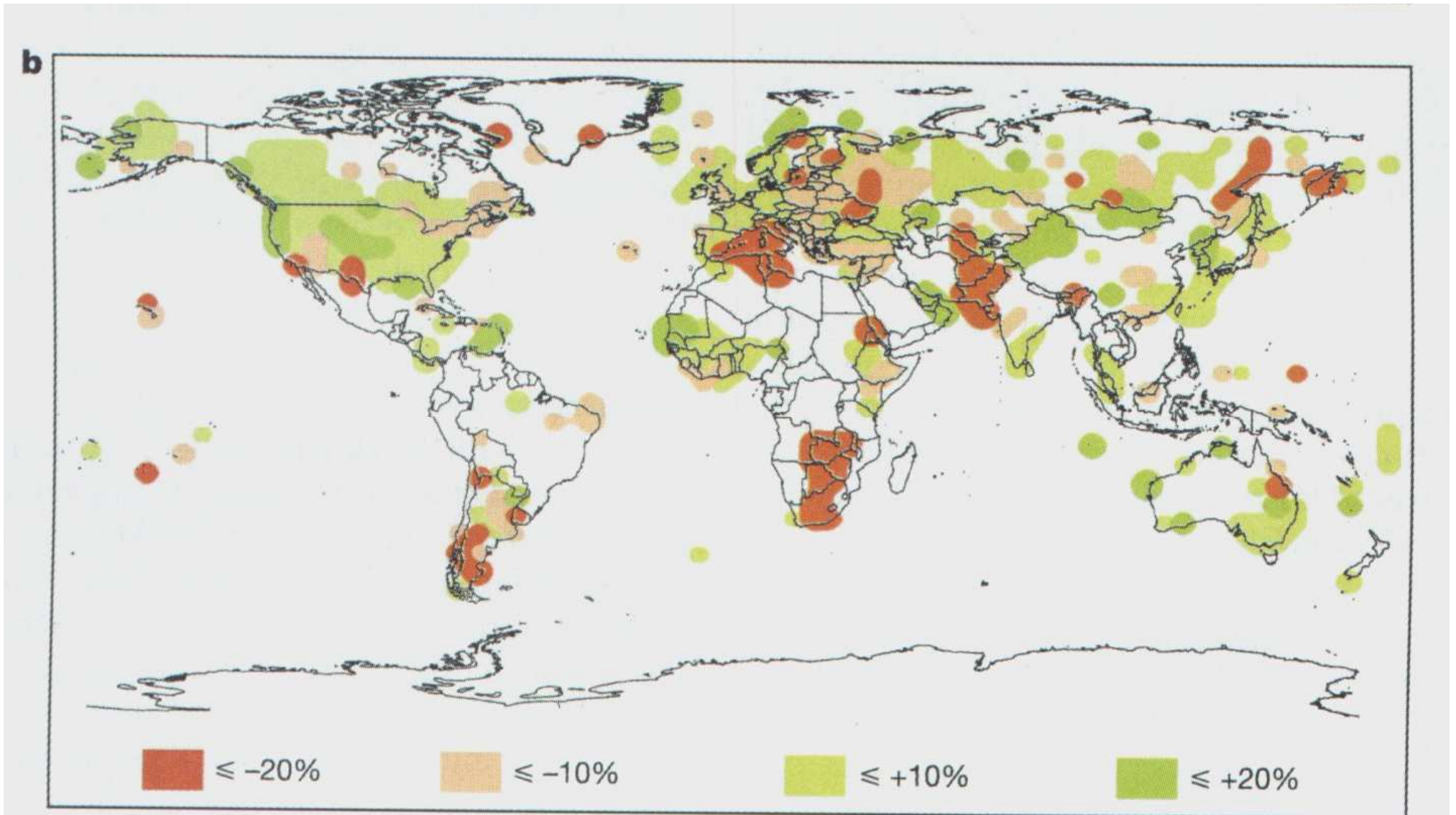
Troposfera?
Stratosfera ?



Effetto serra = riscaldamento (pressa poco) globale



Effetto serra = siccità (la **dov'e' già secco**)

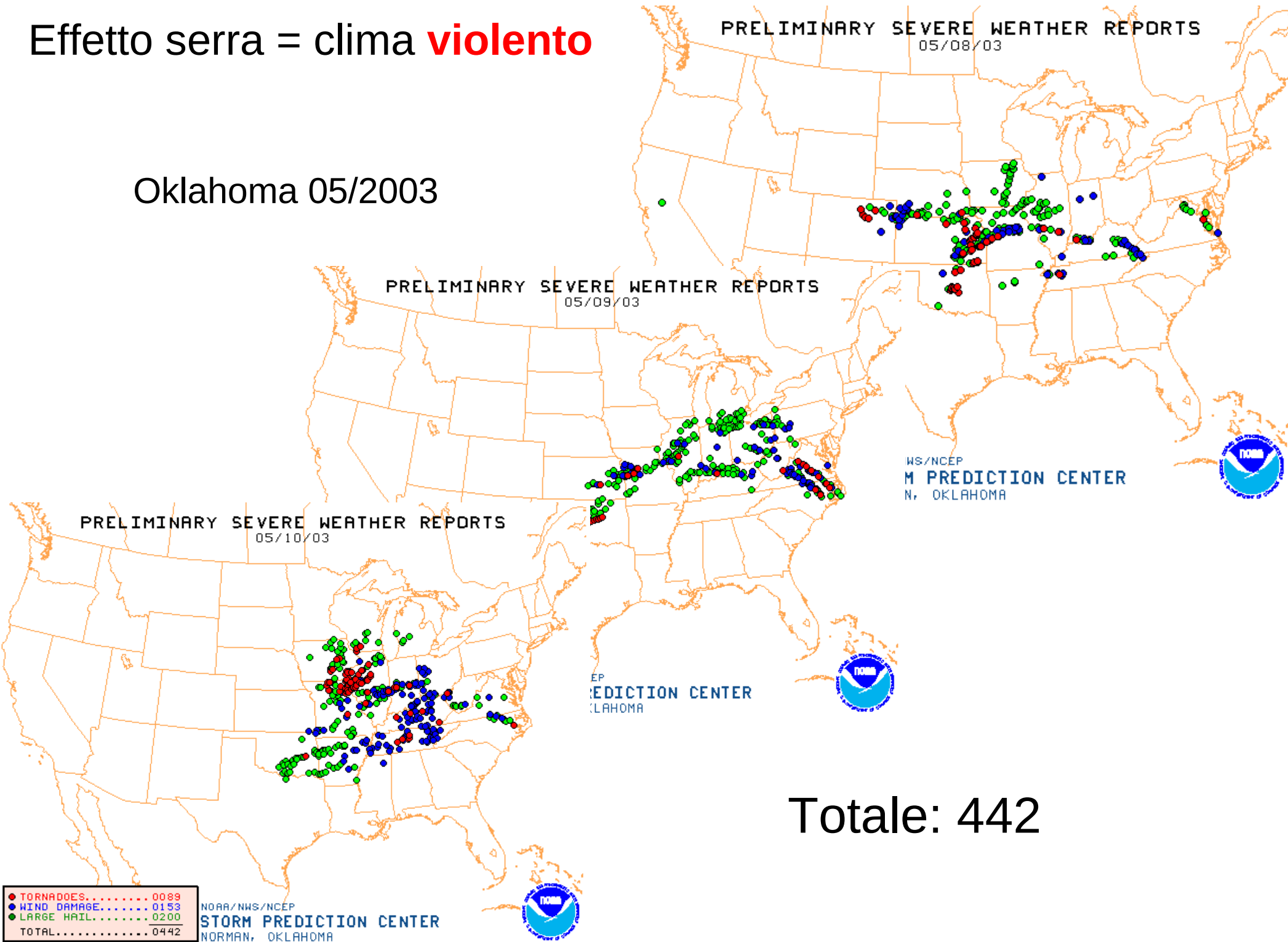


Variazione di precipitazioni (da 1976)

Nature, 28.03.2002, p. 390

Effetto serra = clima **violento**

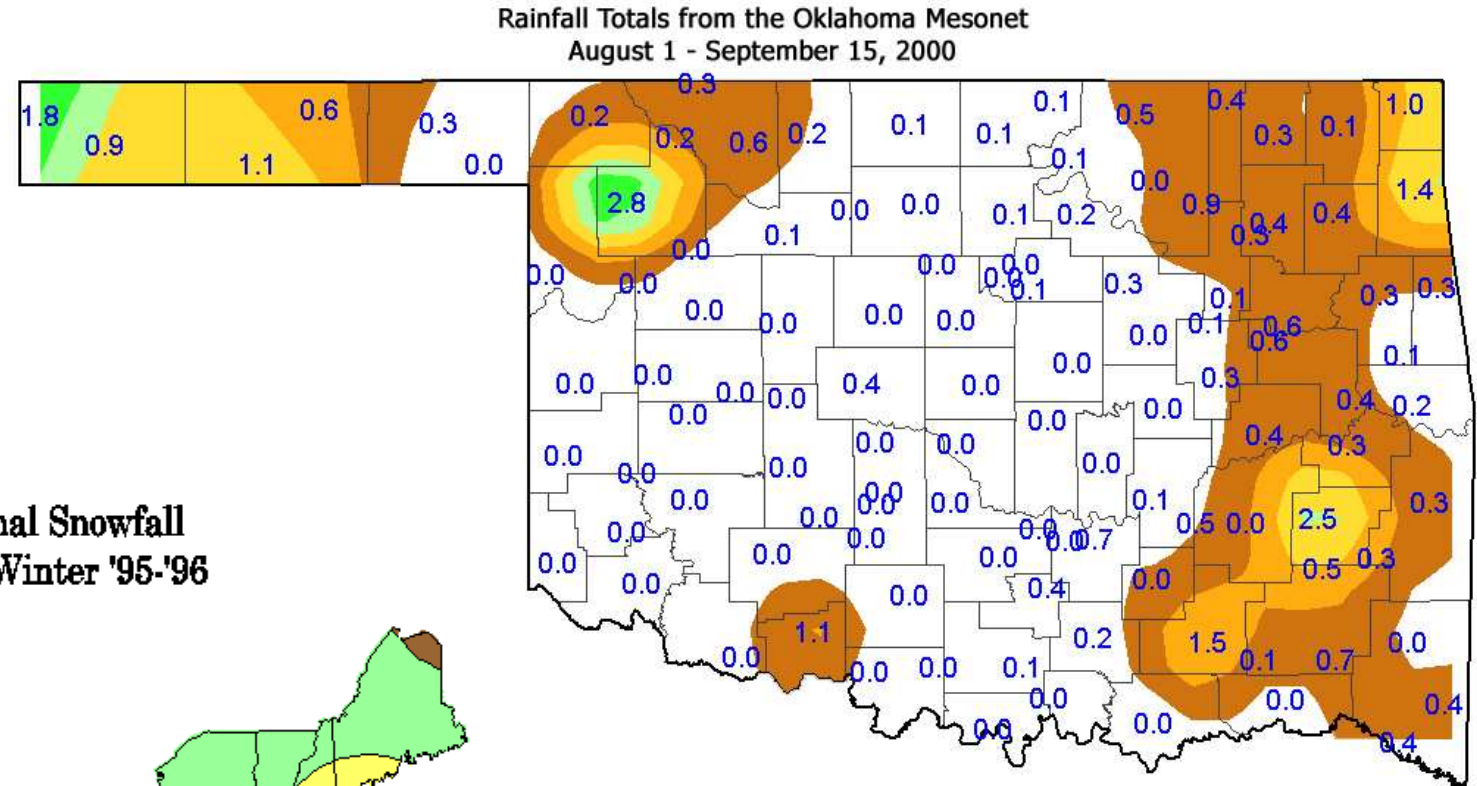
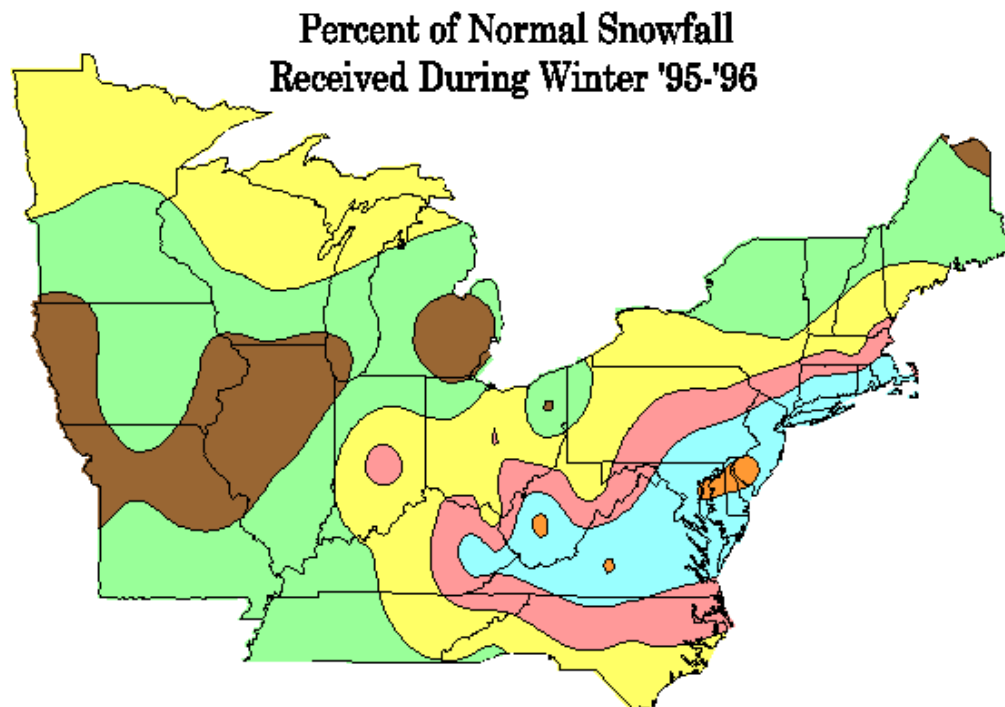
Oklahoma 05/2003



Totale: 442

Effetto serra = clima **violento**

Oklahoma 08/2000



USA '95-96

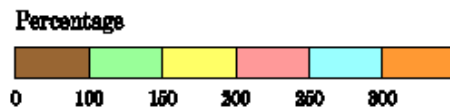
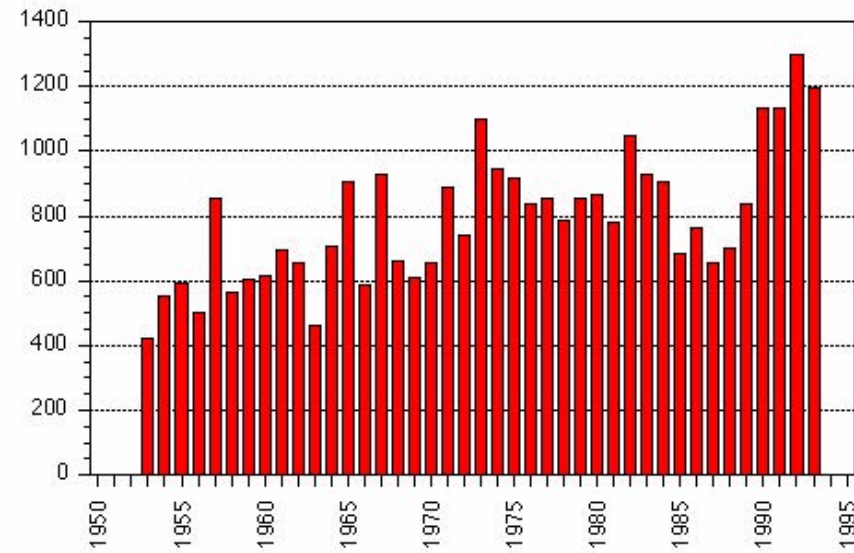


Figure 10

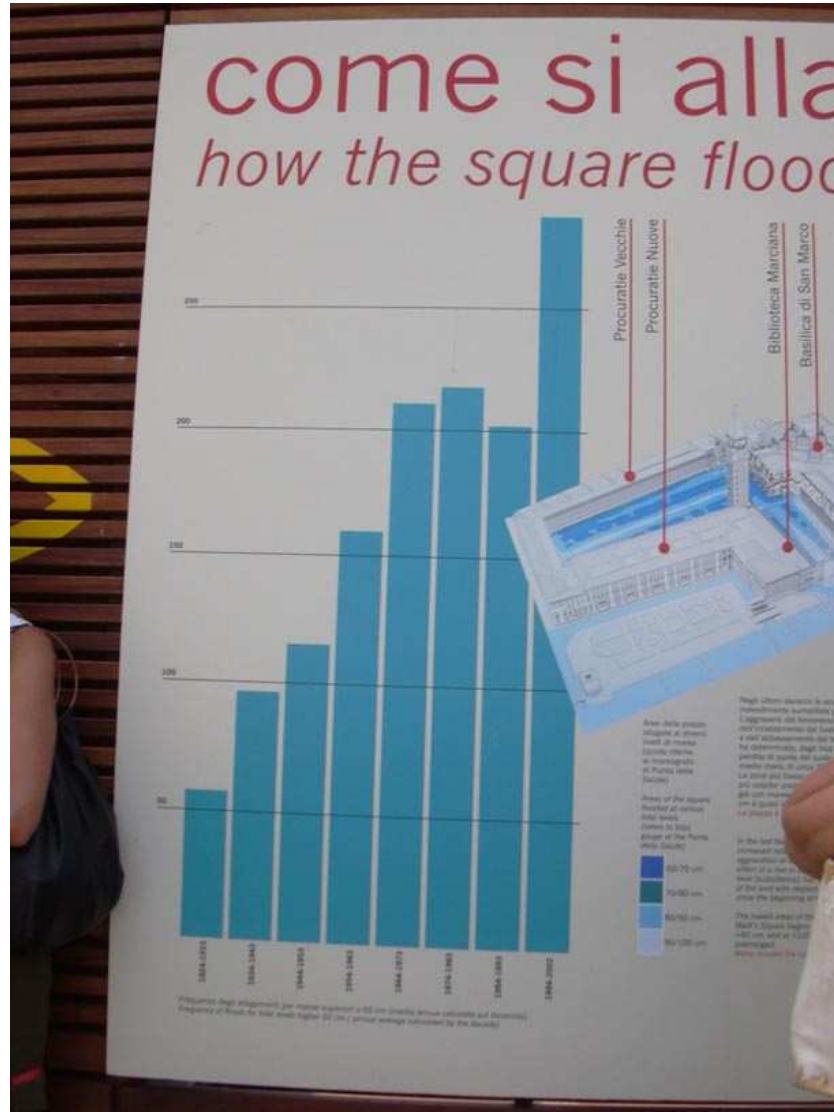
Effetto serra = clima **violento** !



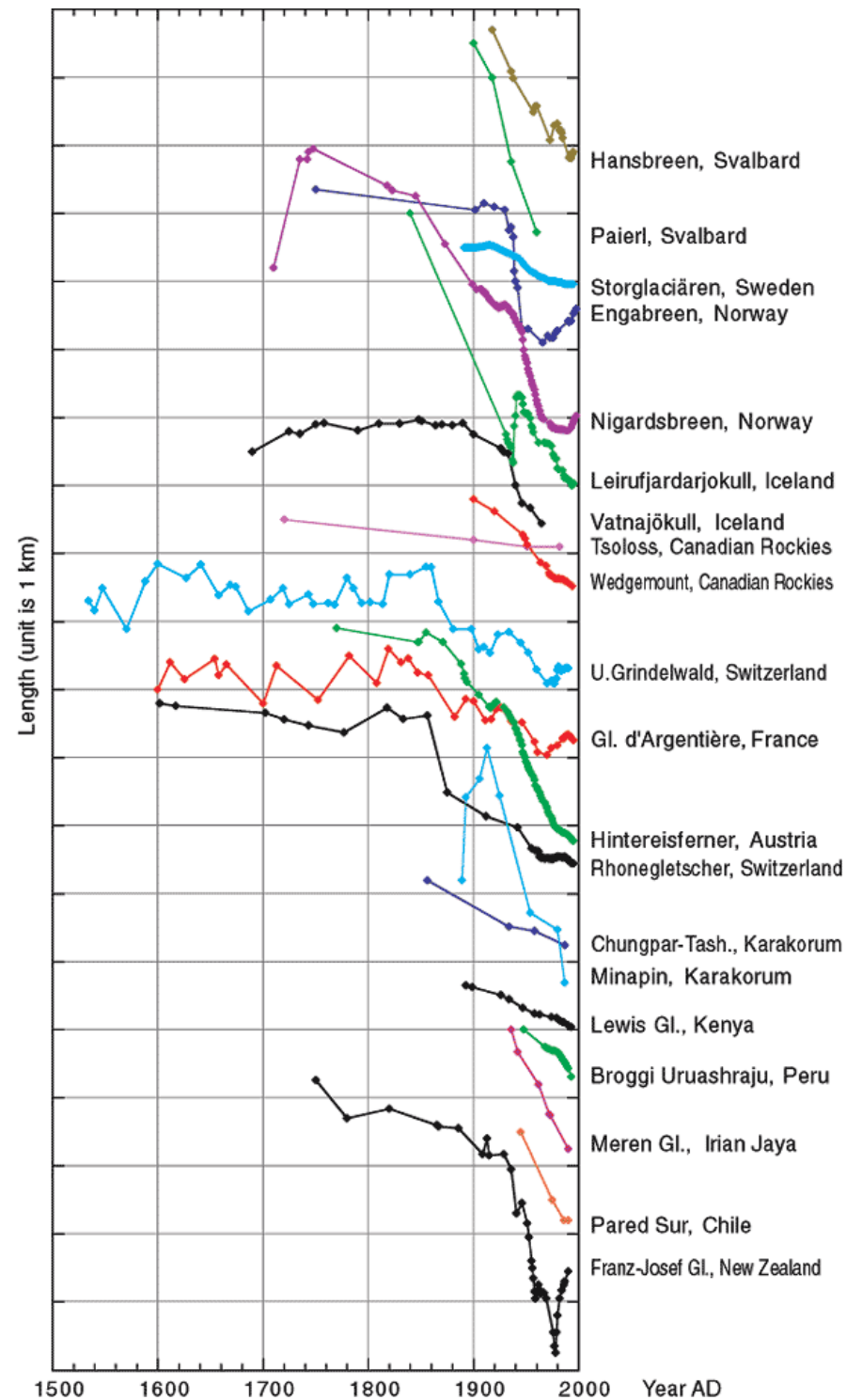
NUMBER OF OBSERVED TORNADOES - U.S.



Effetto serra = clima **violento** !

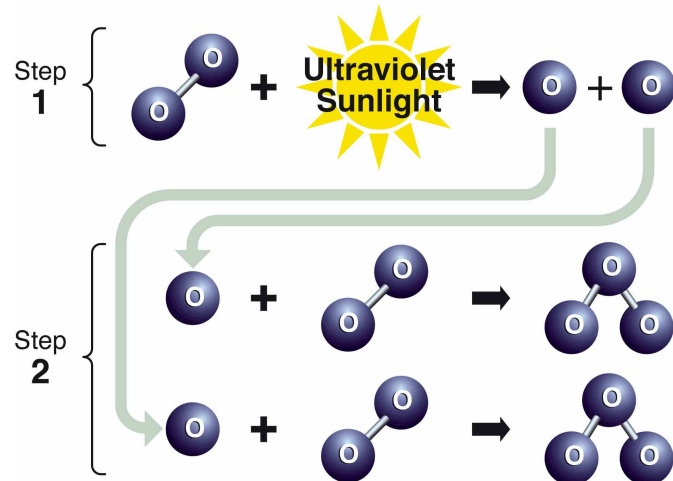


Ghiacciai

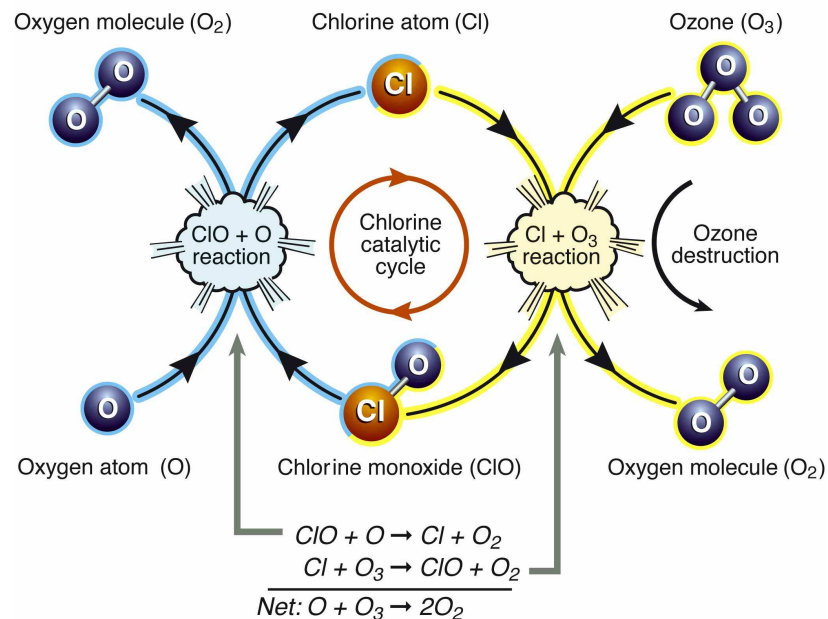


Inquinamento atmosferico (globale): ozono

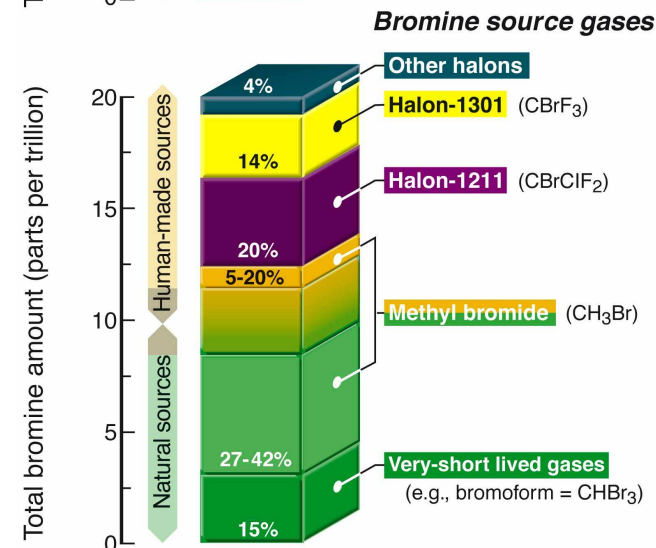
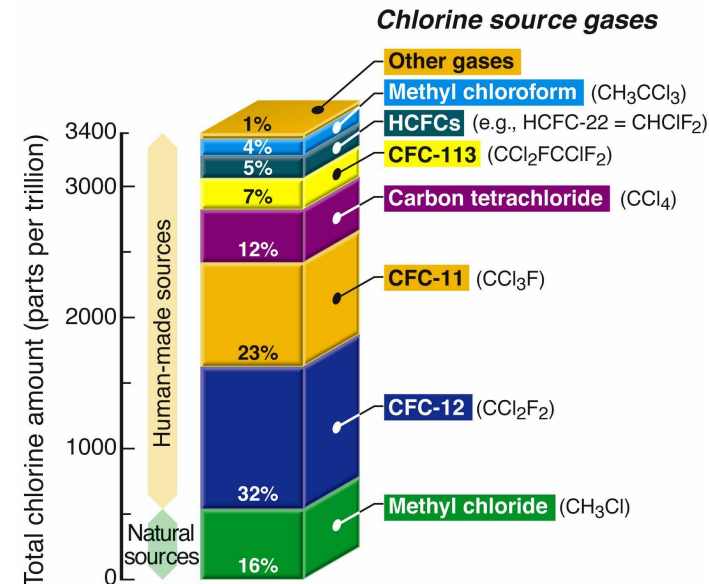
Stratospheric Ozone Production



Ozone Destruction Cycle 1



Primary Sources of Chlorine and Bromine for the Stratosphere in 1999



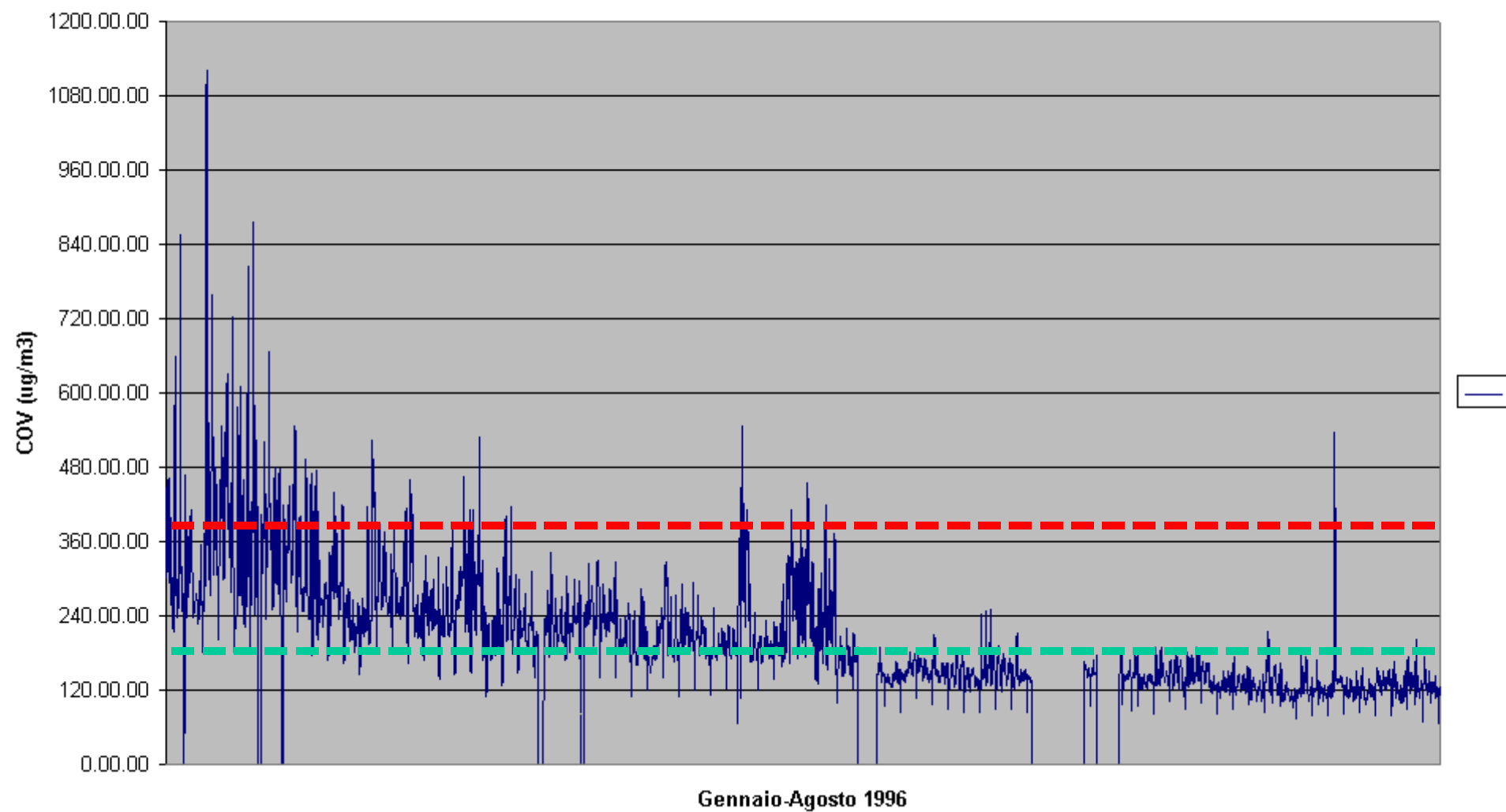


Inquinamento atmosferico (locale):

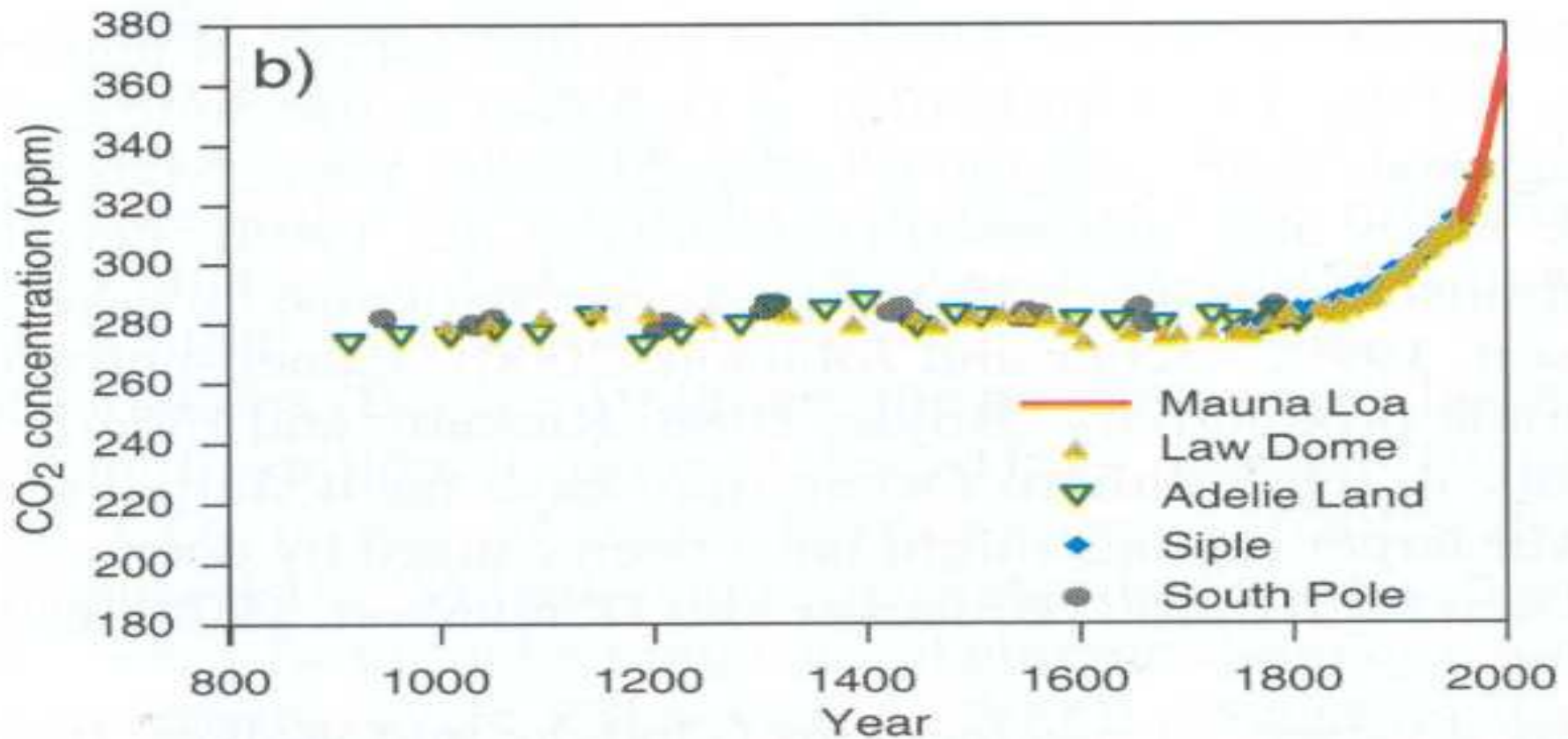
- monossido di carbonio CO 30 mg/m³
- polveri sottili 150 µg/m³
- ossidi di azoto (NO, NO₂) 200 µg/m³
- biossido di zolfo (SO₂) 15 mg/m³
- ozono O₃ 180 µg/m³
- idrocarburi volatili (benzene) 15 µg/m³

Inquinamento locale (idrocarburi)

Gardolo - idrocarburi



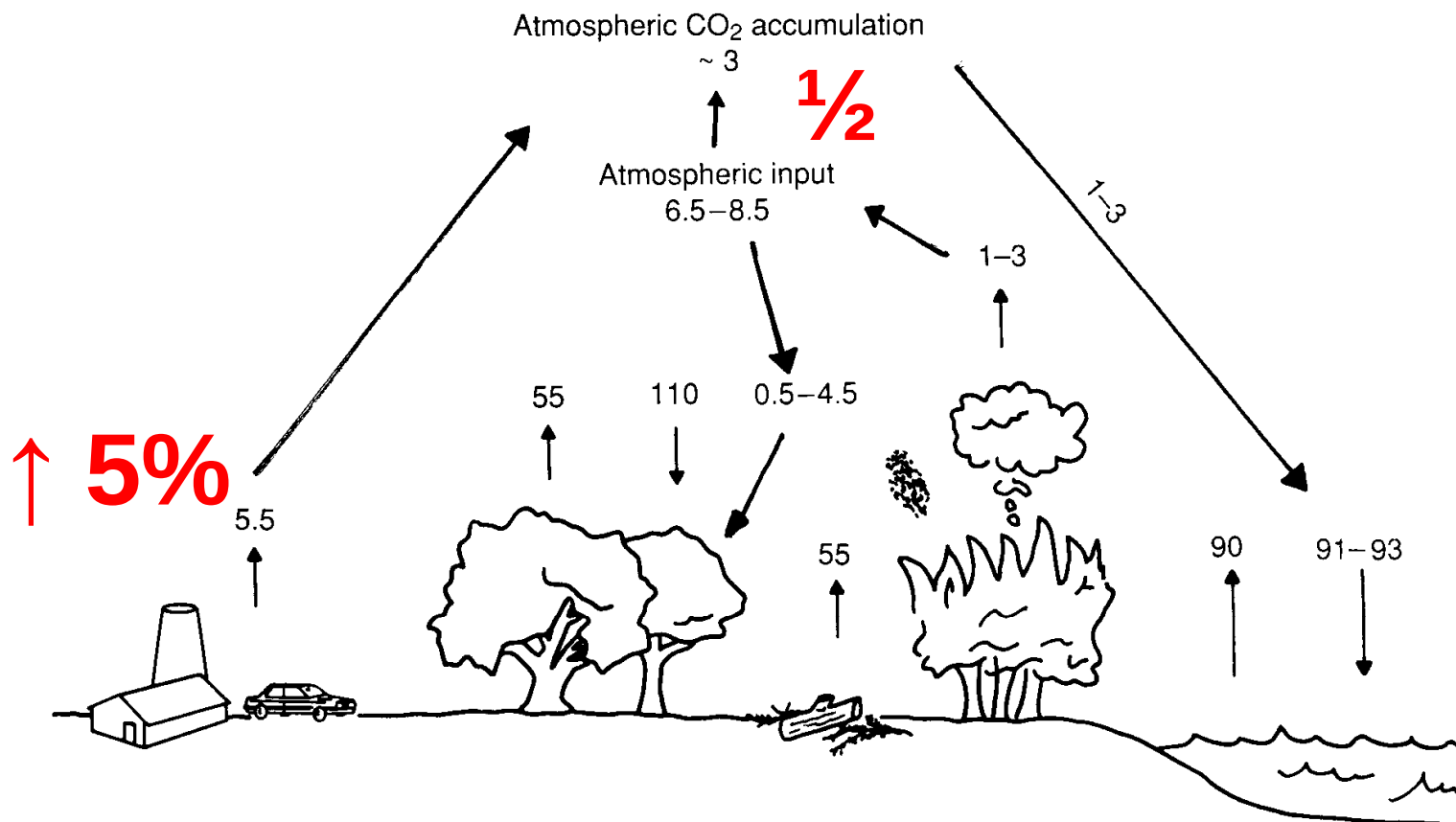
Soluzioni?



Effetto serra antropogenico = CO₂ !

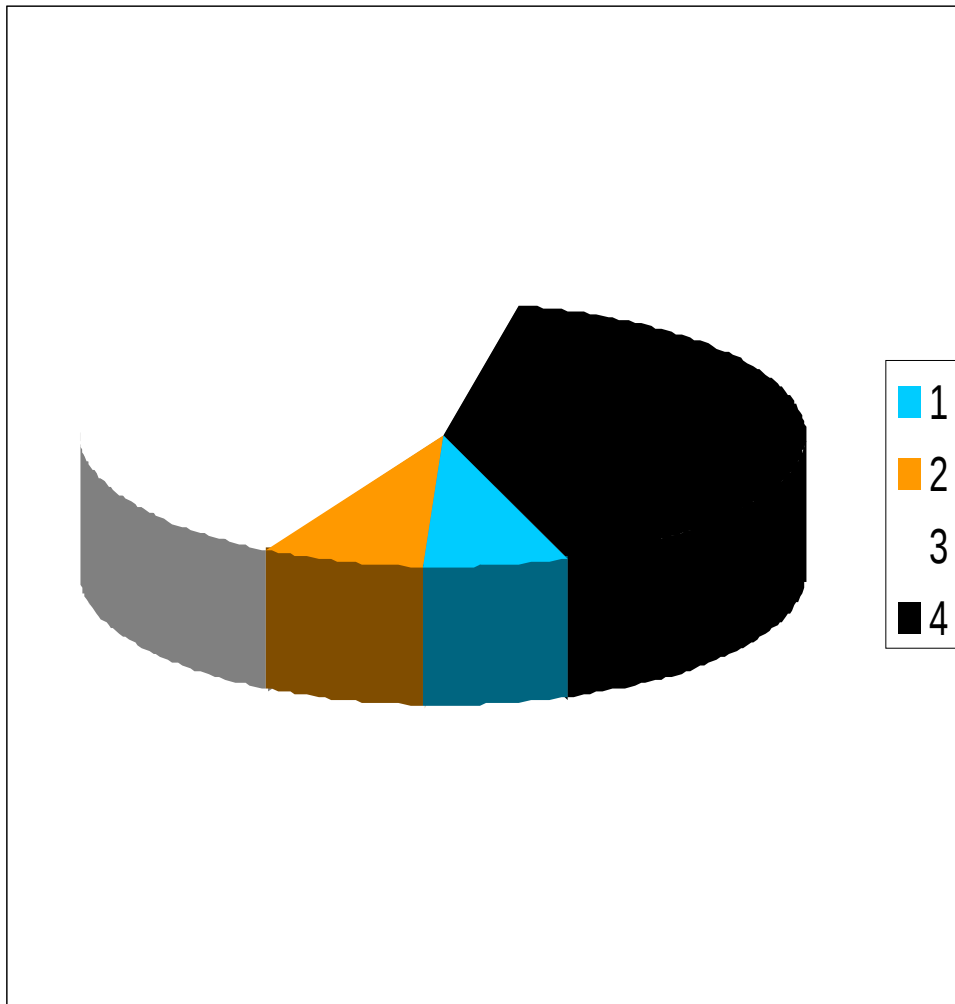
CO₂ = idrocarburi (C₆H₁₄ ...)

Bilancio carbonio [Gt]:



Risorse in totale:





CARBONIO: 202 ANNI

GAS NATURALE: 55 ANNI

PETROLIO:

consumo giornaliero: 2,3 mln barili

risorse: 27 bln barili ??

= 37 anni !!

“Nature”, 20.11.2002



~~Carbonio~~



Effetto serra, inquinamento etc. ↓

1. Eliminare carbonio !

Carbone = 100%

Benzina (C_6H_{14}) $\approx$ 50%

Metano (CH_4) $\approx$ 20%

Idrogeno (H_2) $\approx$ 0%

2. Energie rinnovabili

Energia nella storia

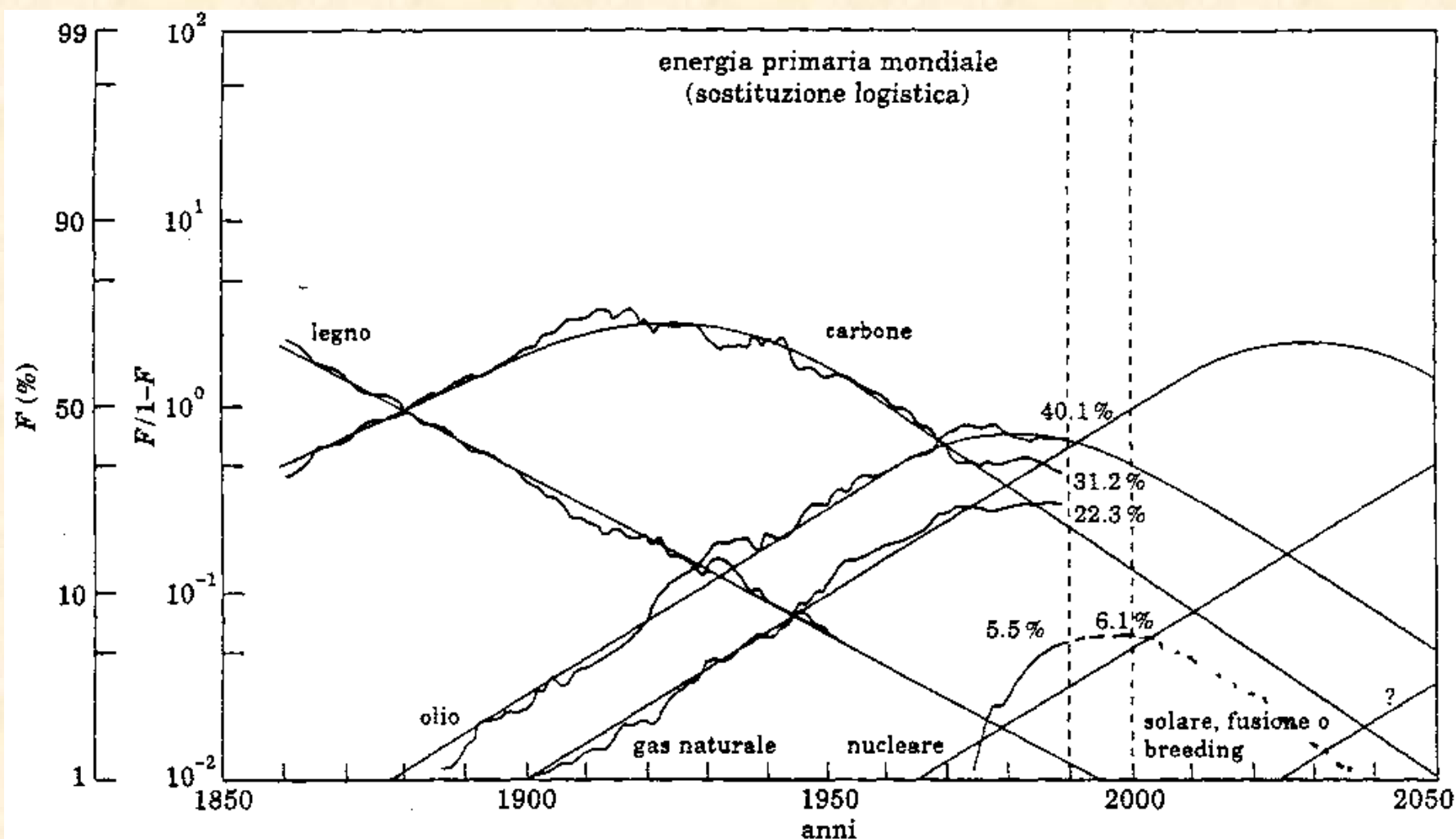
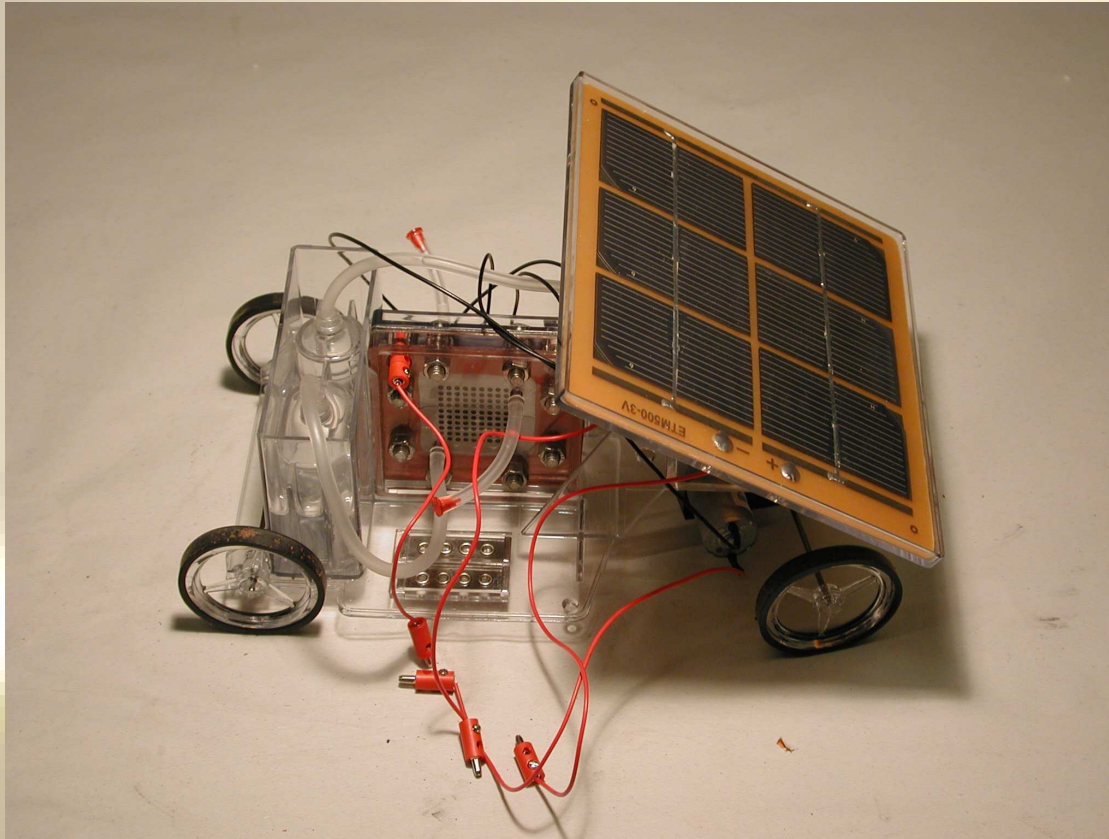


Fig. 3. - Analisi storica (ILASA, C. Marchetti) della evoluzione delle energie primarie a livello mondiale. Le curve di modello seguono i criteri logistici delle sostituzioni di mercato e si proiettano sugli anni futuri dando le previsioni fino al 2050.

Energia Solare: 1000 W/m^2



“Foto-Voltaico” = “**luce** → **corrente**”

Foto-Voltaico



Altre energie rinnovabili



eolica

Altre energie rinnovabili



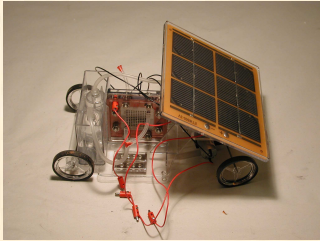
geotermica



Energie rinnovabili - costi

oggi

2010



15 \$/barile

12 \$/barile



25 \$/barile

25 \$/barile



15 \$/barile

18 \$/barile



20 \$/barile

15 \$/barile

Petrolio: 30 \$/barile

40-45 \$/barile

Nucleare: 60 \$/barile

100-120 \$/barile

Energia nucleare – costi nascosti

Reactor Radioactive Waste Production

3 GW Thermal PWR Yearly Discharge

~ 50 t

<u>Nuclide</u>	<u>Half-Life (yrs)</u>	<u>kg</u>
238Pu	88	4.5
239Pu	24000	166
240Pu	6600	77
241Pu	14	25
242Pu	380,000	16
237Np	2,000,000	15
241Am	432	17
243Am	7400	3
99Tc	200,000	25
129I	16,000,000	6
135Cs	3,000,000	10
93Zr	1,500,000	23
107Pd	6,500,000	7
90Sr	30	13
137Cs	30	31

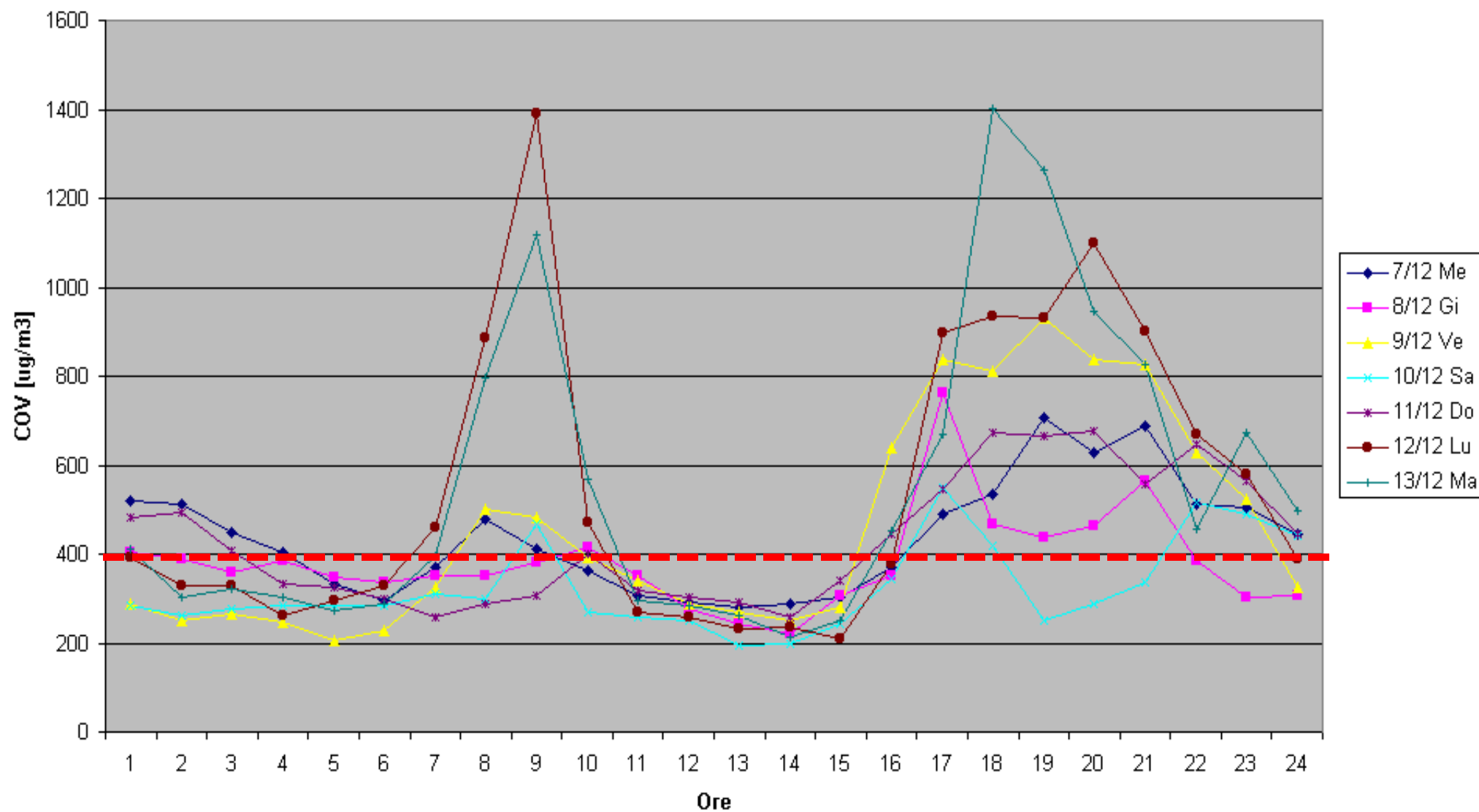
Fig. 2. Long-lived Radionuclides in High-level Nuclear Waste.

Nucleare: 60 \$/barile

100-120 \$/barile

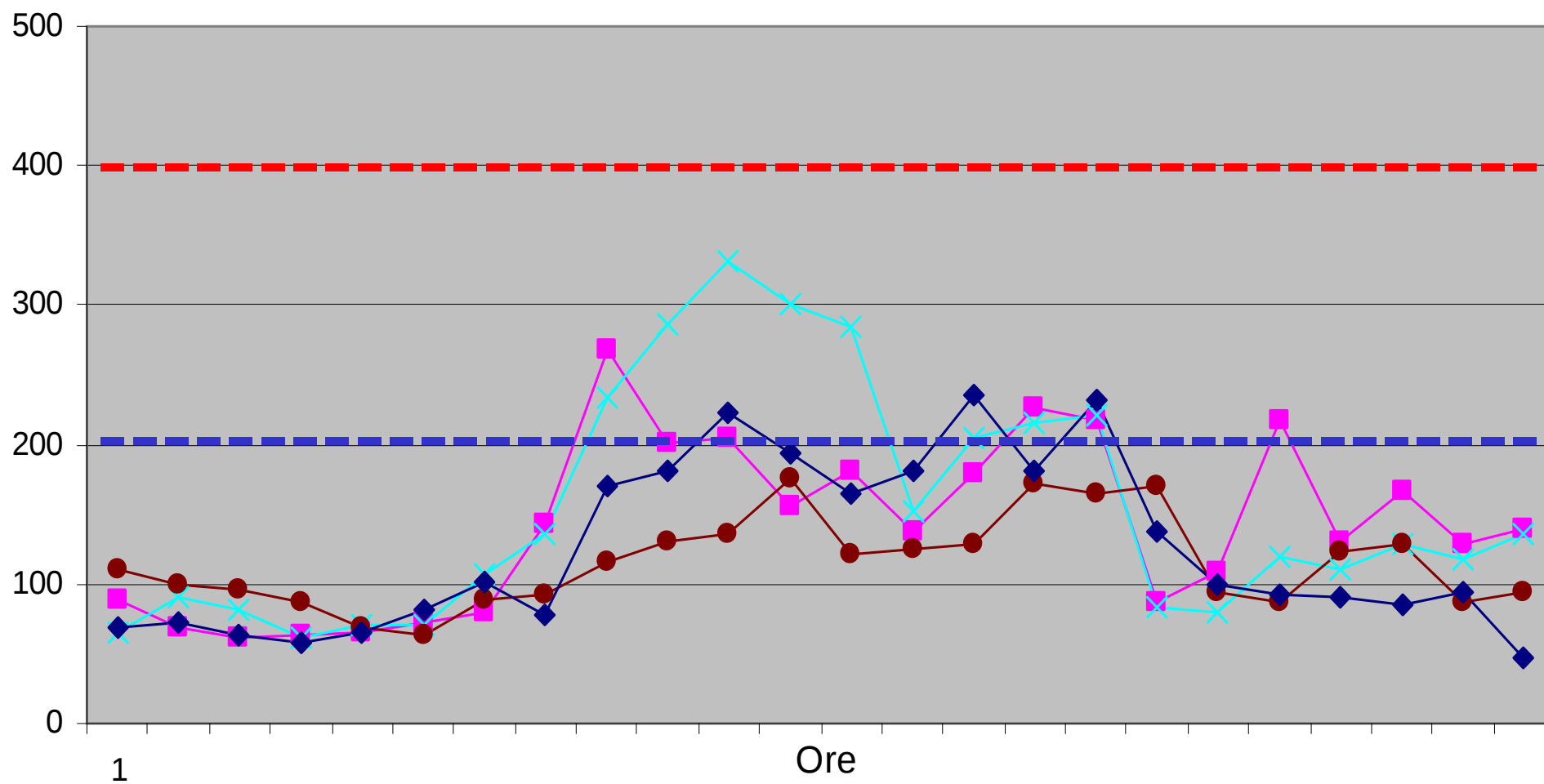
Inquinamento locale (idrocarburi – traffico stradale)

Lavis 1994 - Idrocarburi



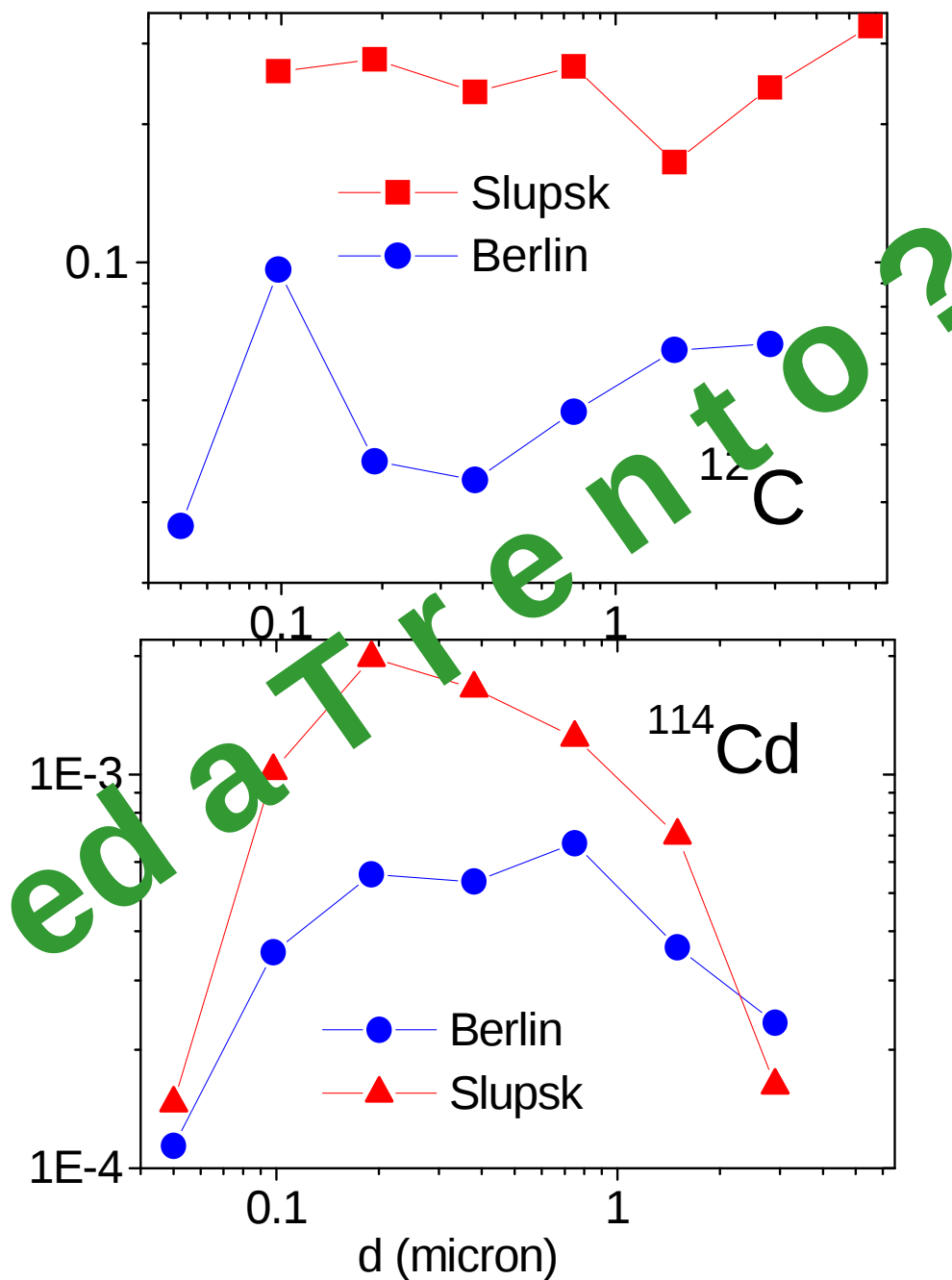
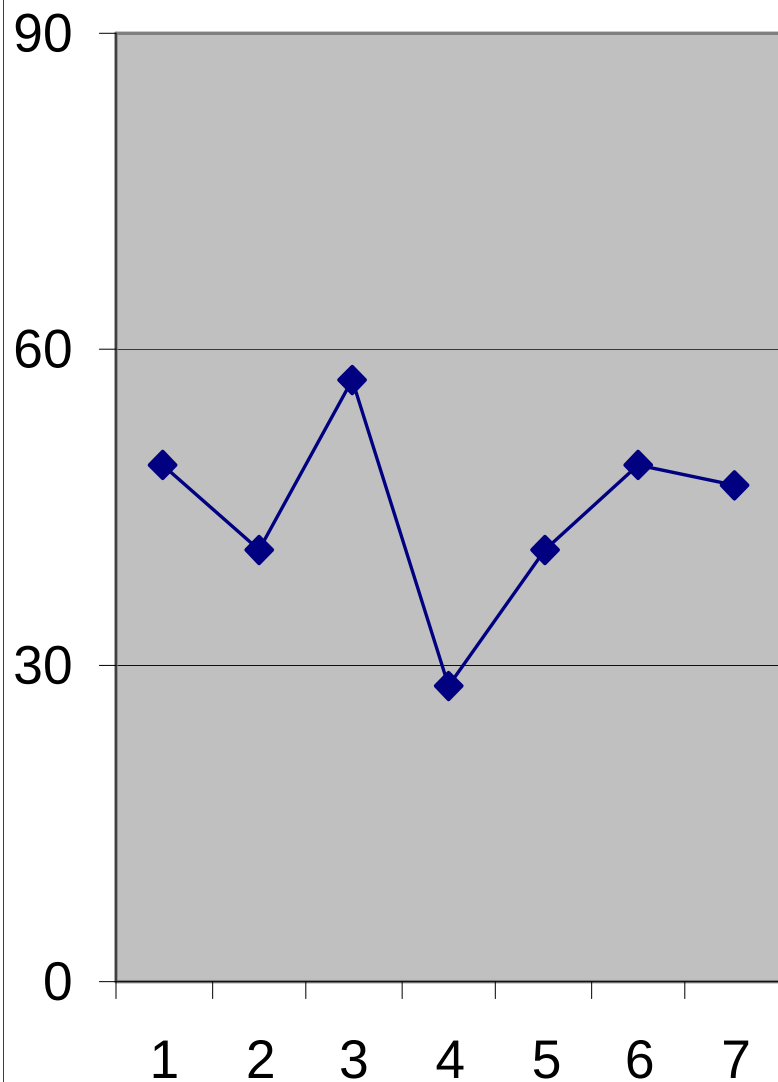
Inquinamento locale – biossido d'azoto

Lavis - Biossido di azoto



Inquinamento locale – polveri

Lavis - polveri



Cambiamenti globali + inquinamento locale



14 LA REPUBBLICA

VENERDÌ 3 GENNAIO 2003

VENERDÌ 3 GENNAIO 2003

A causa del gas serra il clima sta cambiando molto rapidamente: «E' tutta colpa dell'uomo»

Le uova vengono deposte in anticipo, scomparsi i molluschi nella baia di Monterey



Nuovo studio su "Nature": il surriscaldamento modifica gli habitat, costringe uccelli e farfalle a spostarsi anche di 100 chilometri

Terra troppo calda, animali in fuga

Saltano gli equilibri ambientali, flora e fauna vanno verso nord

ANDREW J. BARNES

DALLA villa marina della California alle piane alpine, il riscaldamento del pianeta sta costringendo le varie specie viventi della Terra a trasferirsi in altri habitat o a modificarli in un modo che rischia di alterare gli ecosistemi. Questo emerge da due nuovi studi, condotti da ricercatori dell'Università di Stanford, pubblicati su "Nature". Questi studi forniscono il più chiaro panorama finora delineato di come il mondo biologico si altera dall'innalzamento della temperatura terrestre, dovuta, almeno in parte, alle attività umane.

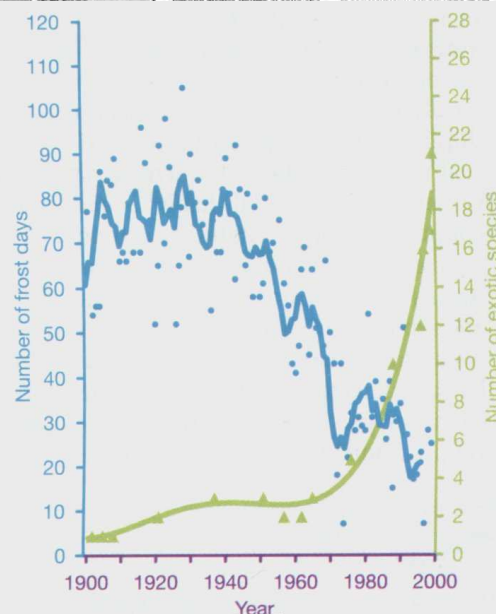
LE SPECIE SOTTO ESAME CHE HANNO MUTATO L'HABITAT NEGLI ULTIMI 40 ANNI



SPECIE CHE SI SONO SPOSTATE PIU' A NORD



presso la Wesleyan University, hanno calcolato che i cambiamenti ecologici accertati negli ultimi decenni hanno il 95 per cento di probabilità di essere stati causati dal riscaldamento del clima e da nessun altro fattore. "Ormai l'impatto del clima sul sistema naturale è del tutto evidente ed è importante che lo prendiamo seriamente in considerazione". La dottoressa Parmesan spiega che in Europa alcune farfalle si sono spostate verso nord di oltre 100 chilometri, e che in Italia, nel Lazio, rischiano di scomparire, sommerse dal mare, le zone costiere più basse d'Italia e stanno progressivamente sprofondando per cause geologiche. E se poi nel corso di questo secolo le acque del Mediterraneo si innalzeranno a causa del riscaldamento globale, proprio come hanno previsto nei giorni scorsi gli esperti dell'Onu, l'effetto dei due fenomeni sarà disastroso: le inondazioni colpirebbero aree densamente popolate e industrializzate. Questo scenario potrebbe però non verificarsi o perlomeno non con questi ritmi e intensità. Perché, secondo le ultimissime ricer-



ELENA DUSI

ROMA — La temperatura del pianeta è salita di 0,5 gradi negli ultimi cento anni e 17 piante e animali ne hanno già sofferto. Cosa succederà allora nel 2100, visto che l'aumento è di 6 gradi pieni? Gli scienziati, diretti da G. Manabe, direttore del National Center for Climate System Research, prevedono che l'aumento della temperatura globale sarà di 2-3 gradi. Se ciò si verificasse, si accelererebbe la crescita delle piante e degli animali. In Italia, nel mese di novembre si potrebbero registrare per 20 giorni temperature superiori alla media di 4-5 gradi.

L'ESPERTO

L'Italia sommersa?

Il clima cambia, i mari salgono, ma le nostre coste potrebbero non essere inghiottite: il Mediterraneo sembra andare controcorrente

La pianura del Po, la Versilia in Toscana e la piana di Fondi, nel Lazio, rischiano di scomparire, sommerse dal mare nell'arco di pochi decenni. Sono le zone costiere più basse d'Italia e stanno progressivamente sprofondando per cause geologiche. E se poi nel corso di questo secolo le acque del Mediterraneo si innalzeranno a causa del riscaldamento globale, proprio come hanno previsto nei giorni scorsi gli esperti dell'Onu, l'effetto dei due fenomeni sarà disastroso: le inondazioni colpirebbero aree densamente popolate e industrializzate. Questo scenario potrebbe però non verificarsi o perlomeno non con questi ritmi e intensità. Perché, secondo le ultimissime ricer-

che, il nostro mare sembra andare «controcorrente», mantenendo costante il suo livello. «In realtà, anche il nostro è uno studio controcorrente», spiega Fabrizio Antonioli, ricercatore dell'Enea (l'Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente), a capo del gruppo di geologi che hanno analizzato la situazione delle coste italiane in una ricerca condotta dall'Enea per conto del Ministero dell'Ambiente. «Consideravamo troppo semplicistico», prosegue, «fare previsioni sull'innalzamento del livello del mare in Italia solo in base ai dati climatologici globali degli

LE ULTIME PREVISIONI GLOBALI
Gli scenari in alto mostrano cosa accadrebbe all'Italia se le previsioni degli esperti dell'Onu sull'aumento globale del livello degli oceani, presentate nei giorni scorsi a Bonn, si applicassero anche al Mediterraneo. In circa 80-100 anni il mare sommergerebbe prima le zone costiere che già presentano aree depresse e in seguito alcune aree pianeggianti. Venezia sparirebbe, insieme ad altre città italiane a rischio. In realtà l'isolamento del Mediterraneo potrebbe invece far «rimanere a galla» il nostro Paese.

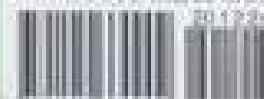
esperti dell'Onu. Non è possibile tener conto solo dell'aumento globale della temperatura. È necessario considerare altri fattori: l'altitudine attuale delle zone costiere, la tendenza dei movimenti tettonici che spingono il terreno verso l'alto o verso il basso, l'influenza delle attività umane, l'apporto di sedimenti da parte dei fiumi e, ovviamente, le variazioni del livello marino dovute ai cambiamenti climatici». Antonioli e i suoi colleghi si sono serviti di una mappa digitale del territorio nazionale con una risoluzione di 250 metri e hanno identificato trentatré aree situate a un'altitudine compresa tra zero e cinque metri sul livello del mare. Si tratta per lo più di lagune e antiche paludi bonificate. I ricercatori hanno



Arriva l'era dell'IDROGENO

**Come un combustibile può
rendere il mondo più giusto,
più pacifico, più pulito**

Sped. in A.R.D. art. 2
comma 20/bil. - 4602/90/verba
DD 17/94



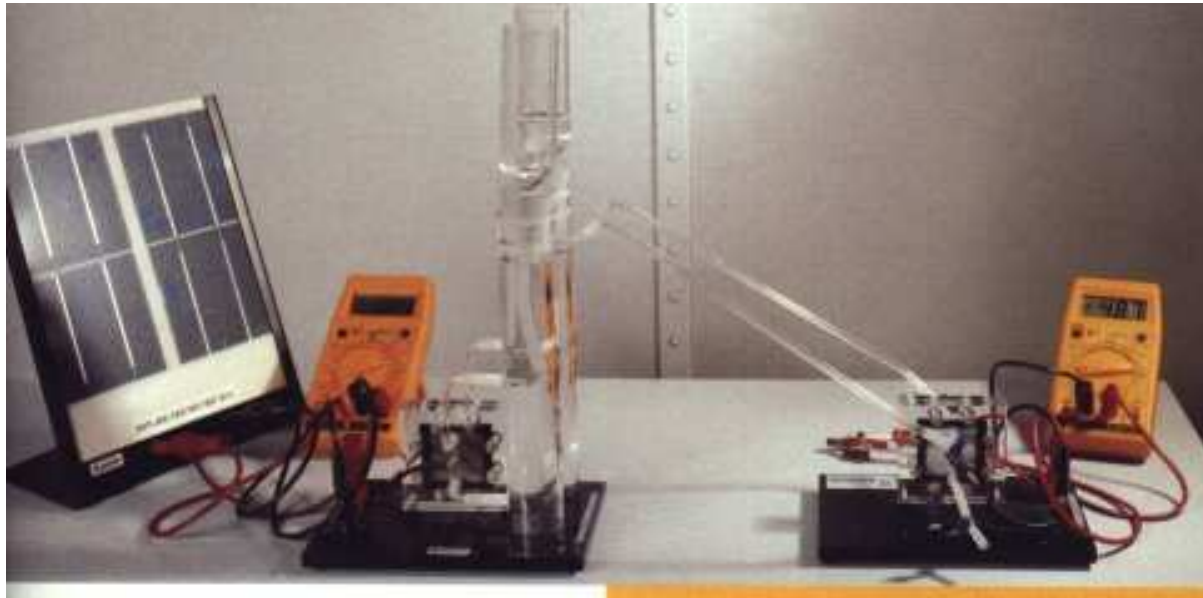


Idrogeno – non è un combustibile *fossile* !

Sorgenti di H₂ :



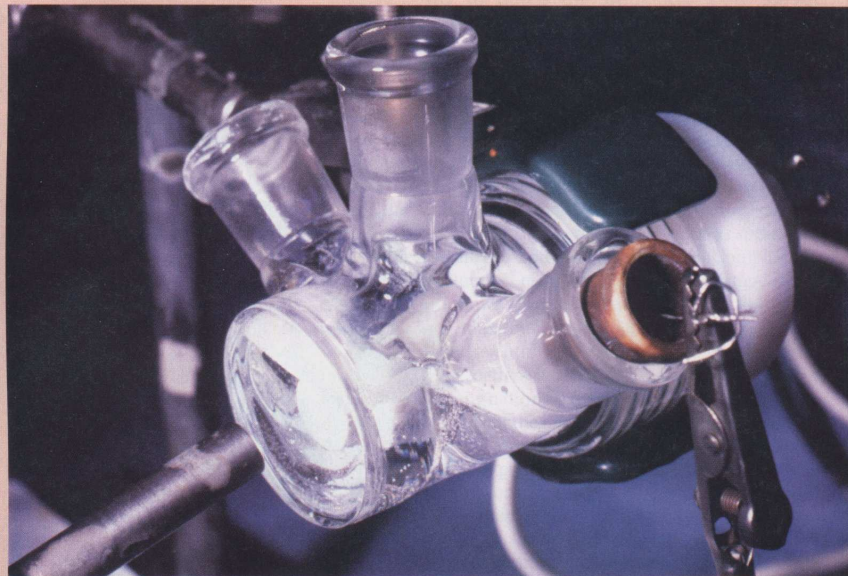
Cella foto-elettrica + elettrolisi: **luce** → **corrente** → **idrogeno**



35%<

Cella foto-elettro-chimica: **luce** → **idrogeno**

Figure 4 Photoelectrolysis occurring in a multi-junction cell, as a concentrated light source on the left is used to dissociate water to hydrogen and oxygen (which are observed as bubbles). The theoretical efficiency for tandem junction systems is 42% in converting the absorbed light into hydrogen production. Practical systems could achieve 18–24% efficiency; and low-cost multi-junction systems could achieve 5–12% efficiency^{10,11}.



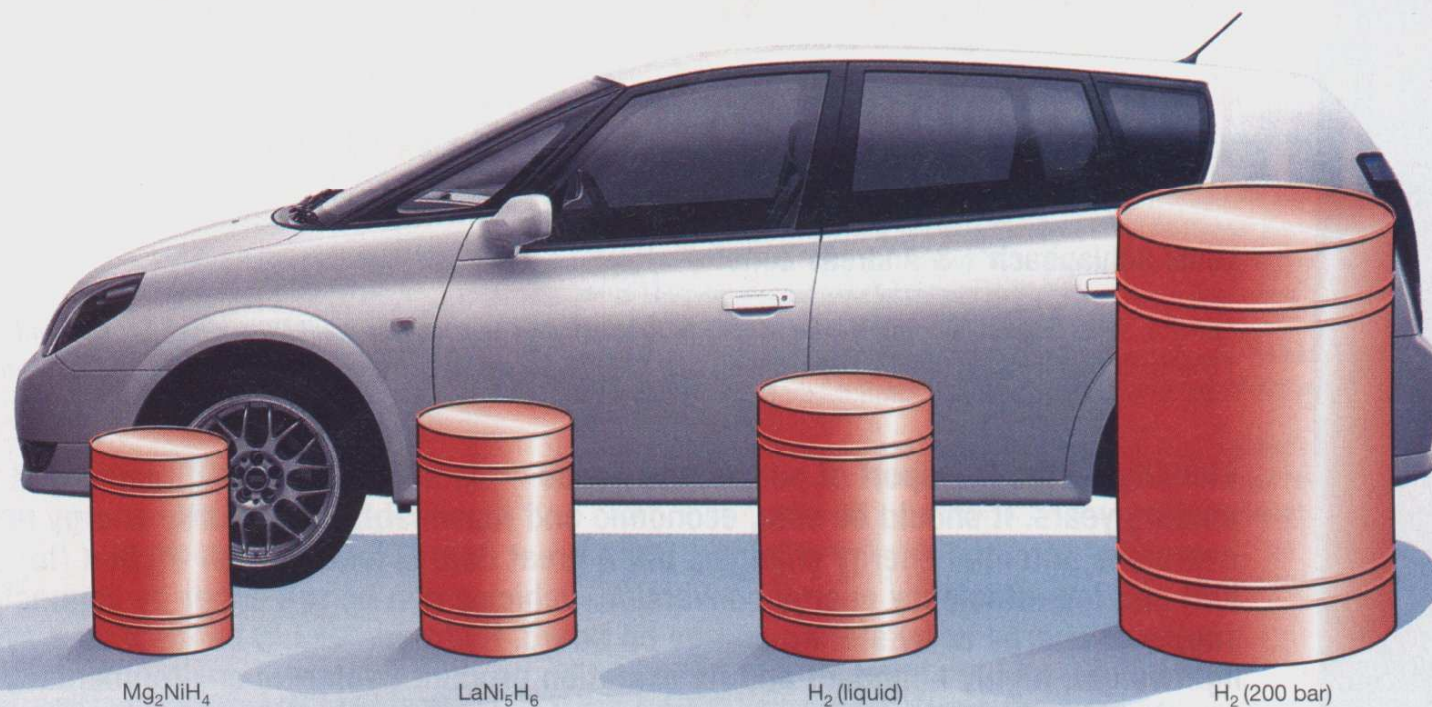
42%<

Il contenitore di H₂:

- bombola
- serbatoio
- spugna



Figure 1 Volume of 4 kg of hydrogen compacted in different ways, with size relative to the size of a car. (Image of car courtesy of Toyota press information, 33rd Tokyo Motor Show, 1999.)



Mobilità ad idrogeno



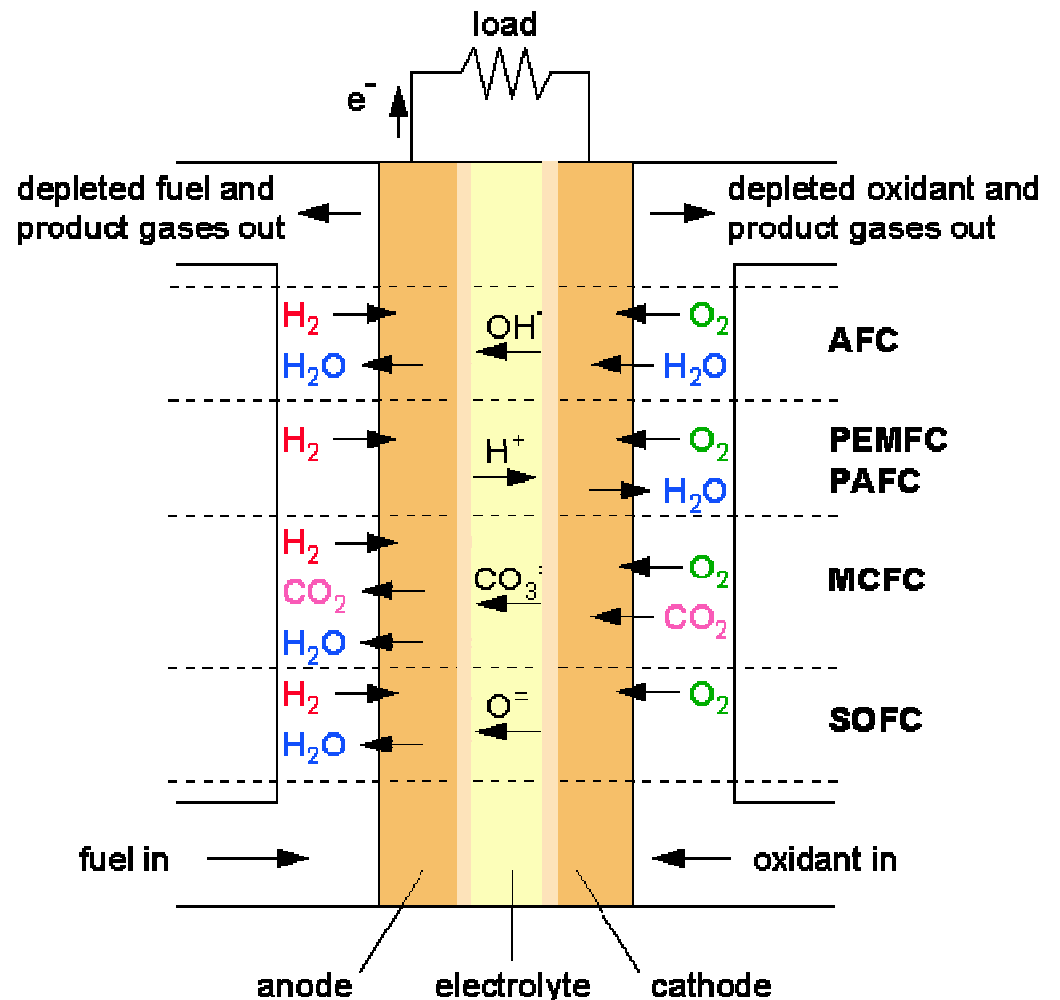
Il motore ad H₂: -a scoppio <25%
-cella a combustione ~50%

Elettrolisi

corrente:

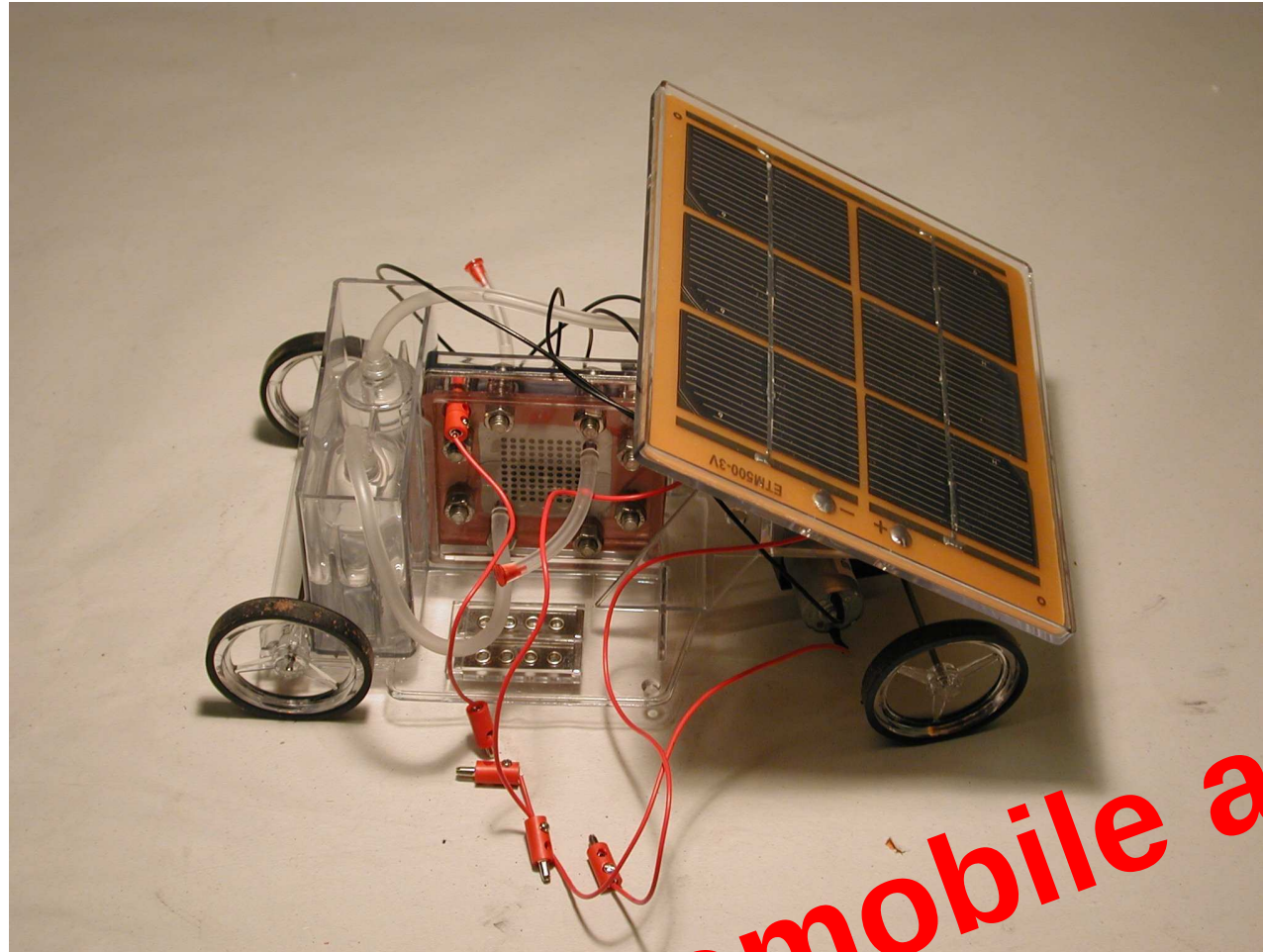


“Fuel cell”





Fotovoltaico + cella idrogeno:



...

Automobile ad acqua !



Inquinamento atmosferico:

- ~~- monossido di carbonio CO~~
- polveri sottili !!
- ossidi di azoto (NO, NO₂) !!
- ~~- biossido di zolfo (SO₂)~~
- ozono O₃ !!
- ~~- idrocarburi volatili (benzene)~~

L'era dell'idrogeno:

Effetto serra globale? **Sì!**

Inquinamento da idrocarburi ? **Sì!**

Inquinamento da polveri ? **Sì! (un po')**

soluzione per tutto **? NO**



Mobilità sostenibile

**Londra, lunedì 10.02.2003,
ore 15:10**

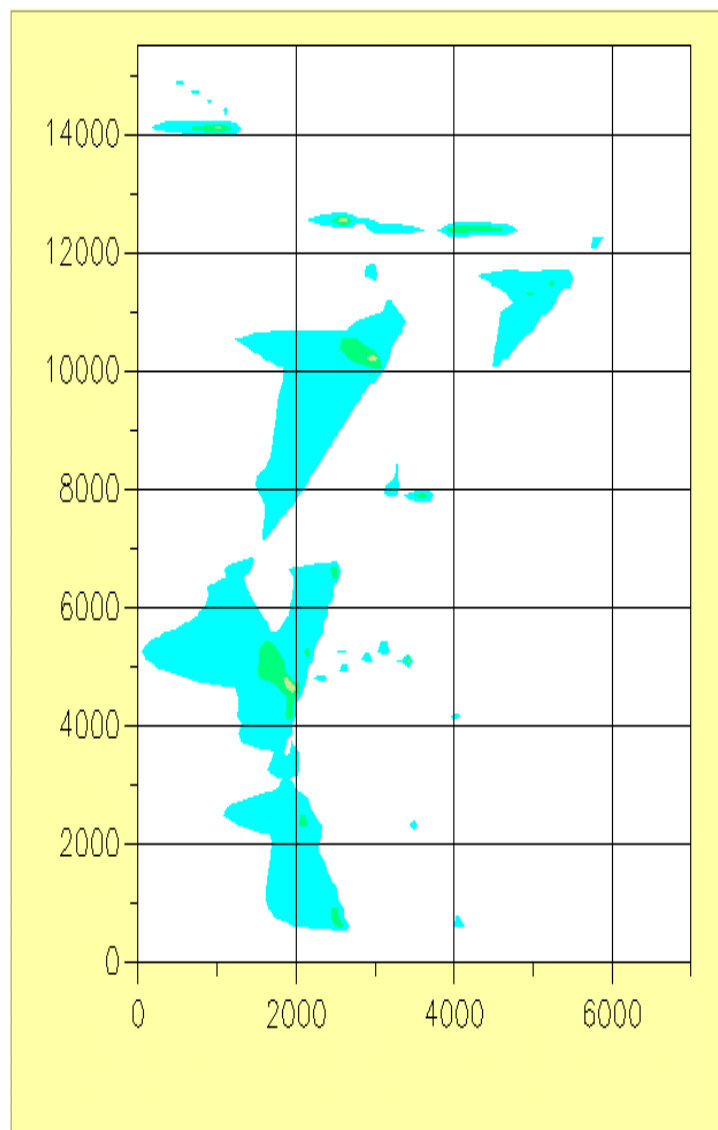


Trento, 12.03.2003, ore 8:10

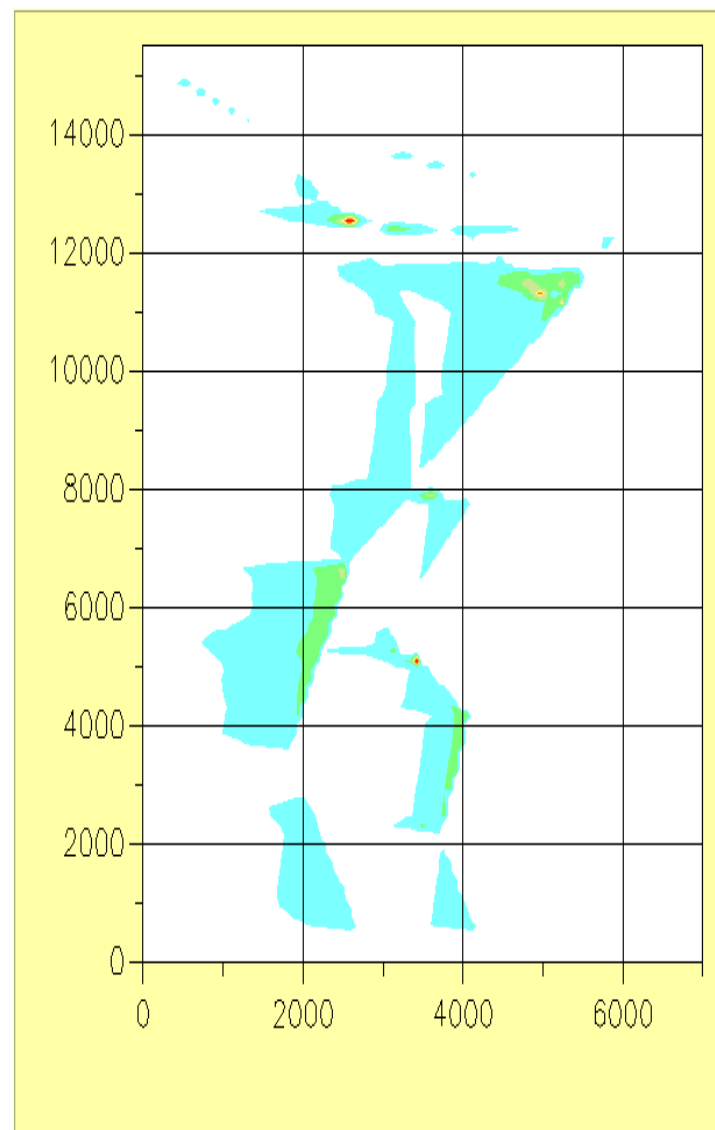


Mobilità “scorrevole”

Viabilità attuale



Traforo Mezzolombardo



Mobilità “scorrevole”



**Rotatoria TN centro,
13.03.2003, ore 8:00**



Mega - polis



Londra, 6.5 mln

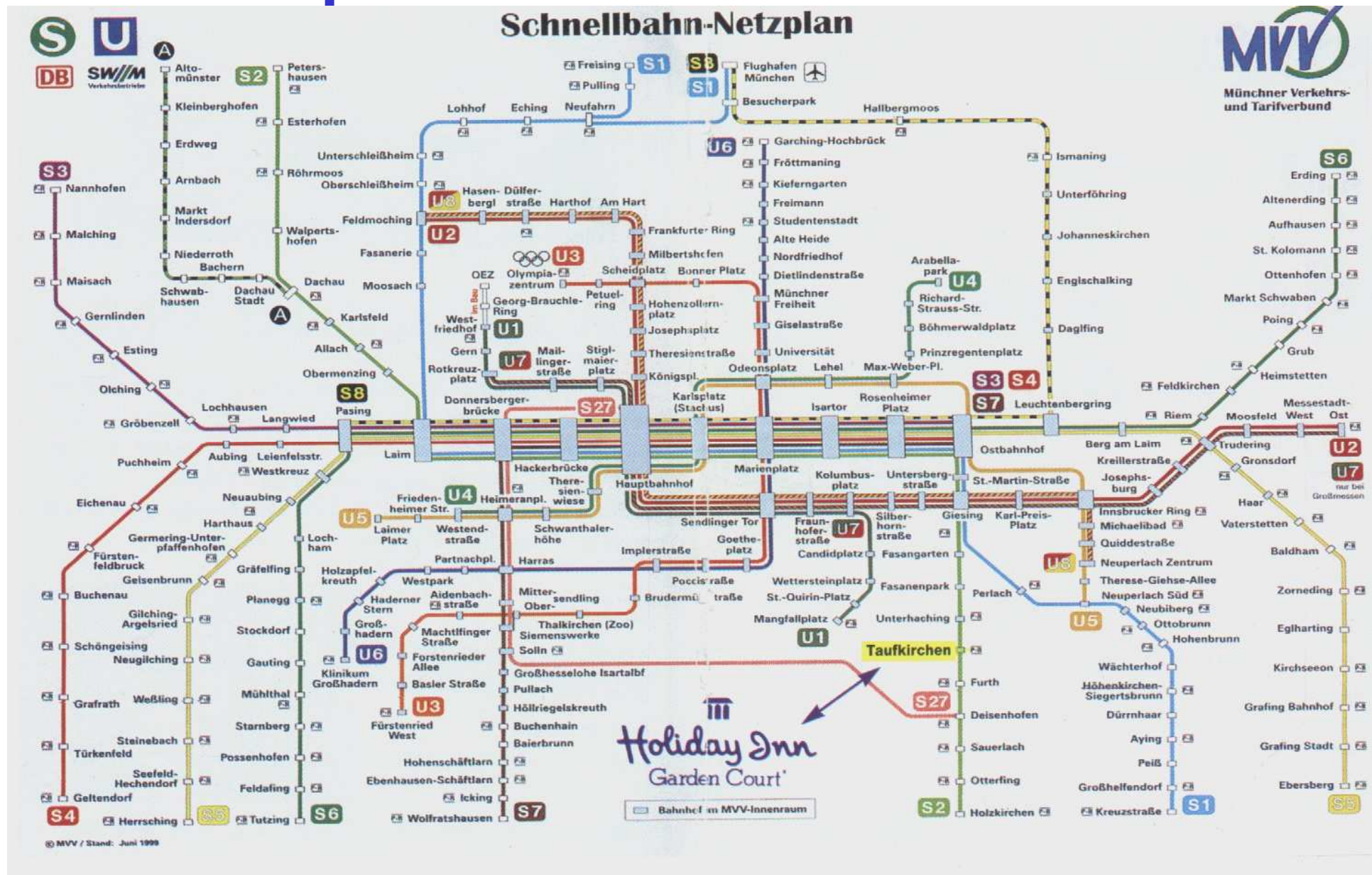
Version 01 03

Media - polis



Barcelona, 1.6 mln

Media - polis



Monaco, 1.2 mln

Media - polis

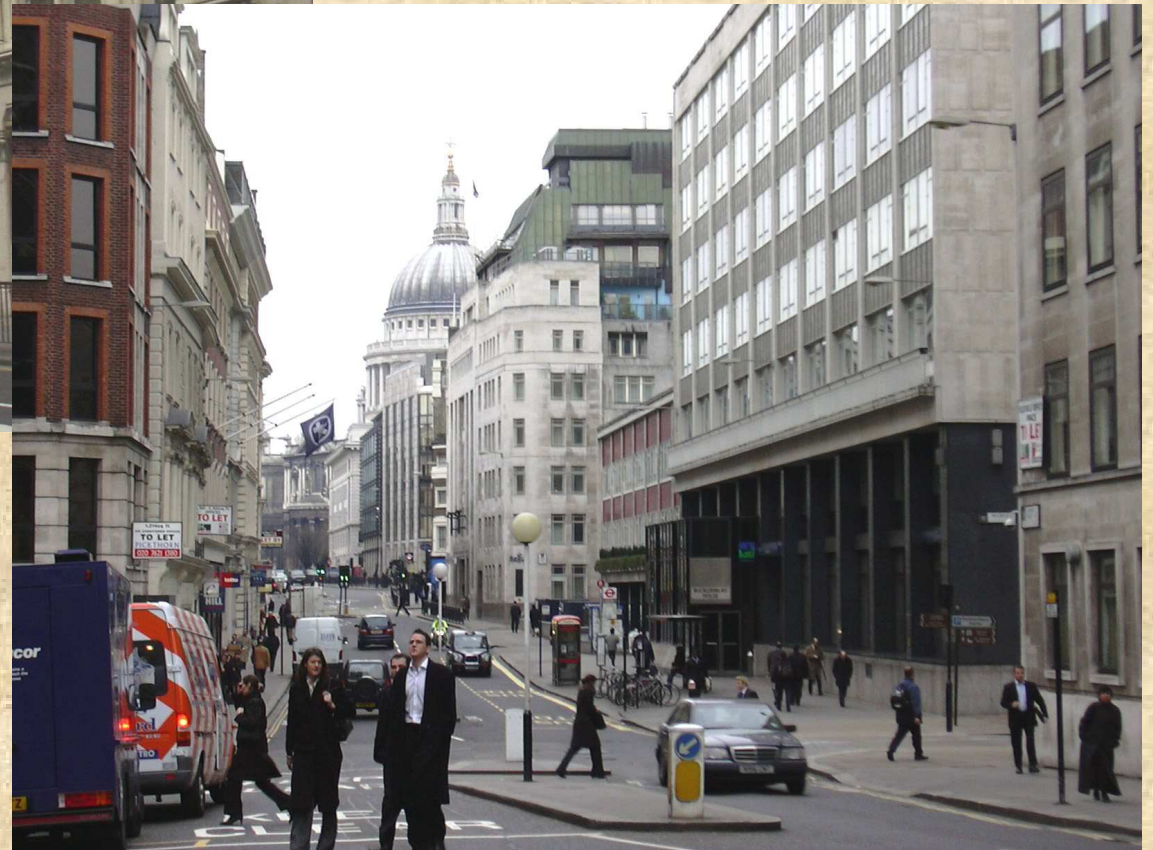


Milano – 1.4 mln

Barcelona > Milano > Monaco

**Trento,
14.03.2003, ore 8:00**





Risparmio e razionalizzazione !

An aerial photograph showing a vast, flat, brown landscape, likely a dry lake bed or desert floor. The horizon is visible in the distance under a clear blue sky. The terrain is textured with small, dark patches and ridges.

Grazie!