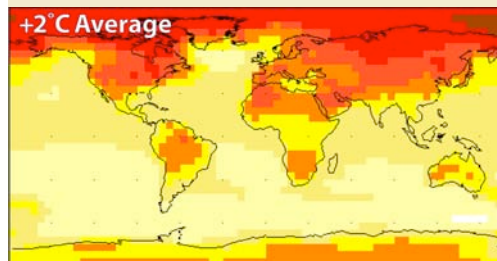
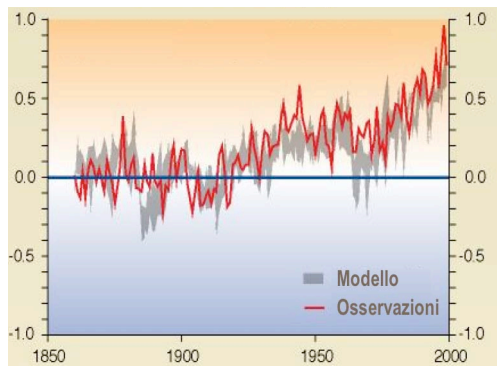


Perugia, 18 Novembre 2006

Cambiamenti climatici e polveri fini: passato, presente e futuro di due emergenze ambientali



Approximate annual mean surface temperature distribution for global increase by 2°C

Stefano Caserini

stefano.caserini@polimi.it



Politecnico di Milano,
D.I.I.A.R. Sez. Ambientale

Indice

- Cosa sono i cambiamenti climatici ?
- Cos'è l'inquinamento da particolato fine ?
- Quali sono le risposte politiche attuali e future ?
- Quali sono le azioni locali ?

L'inquinamento dell'aria ad opera dell'uomo nasce dai fuochi accesi per la cottura del cibo e la protezione dal freddo nelle grotte e nelle capanne



L'aria di Roma era pesante di smog non solo quando scoppiavano incendi, ma anche in tempi “normali”. Seneca la descrive come un insieme di odori e di nuvole di fumo che provoca un senso di fastidio e di torpore e rendeva difficile la respirazione (Seneca, *Ad Lucilium*, 104, 6)

Intorno al 1285 l'inquinamento dell'aria a causa della combustione del carbone a Londra, di cui sono in particolare accusati i fabbri ferrai, è argomento di tale serietà da determinare la nomina da parte del re Edoardo I di una commissione per studiare e controllare.



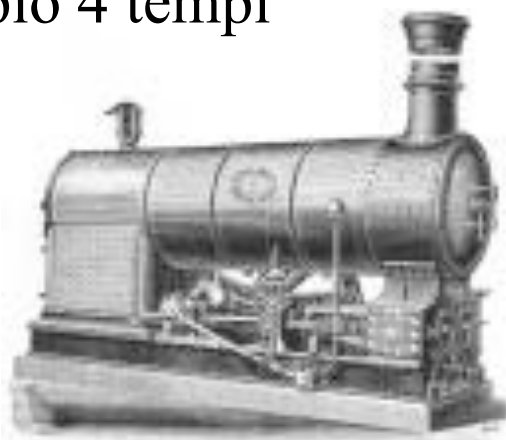
All'inglese John Evelyn, con il trattato *Fumifugium*, si può fare risalire la nascita della scienza dell'inquinamento dell'atmosfera; nel periodo 1661-1666, i suoi studi consentono interessanti conclusioni sugli effetti delle emissioni industriali sulla salute e le piante, lo scambio di inquinanti tra Francia e Inghilterra, la dislocazione delle industrie inquinanti, l'uso di camini alti, ecc.



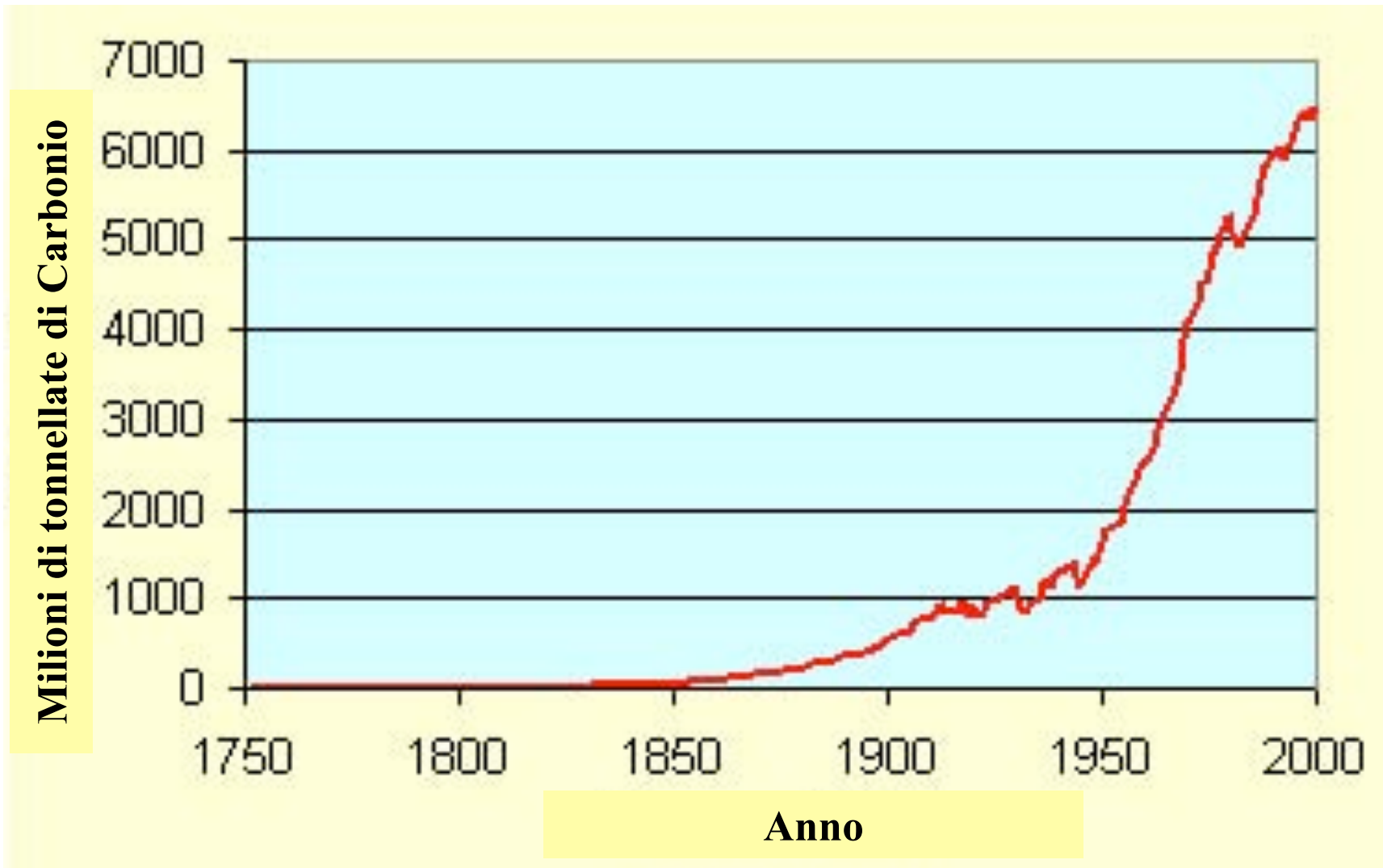
Invenzione macchina a vapore di James Watt: 1768 - 1782



primo motore a scoppio 4 tempi



A partire della “rivoluzione industriale” le attività umane hanno utilizzato sempre maggiori quantità di combustibili fossili

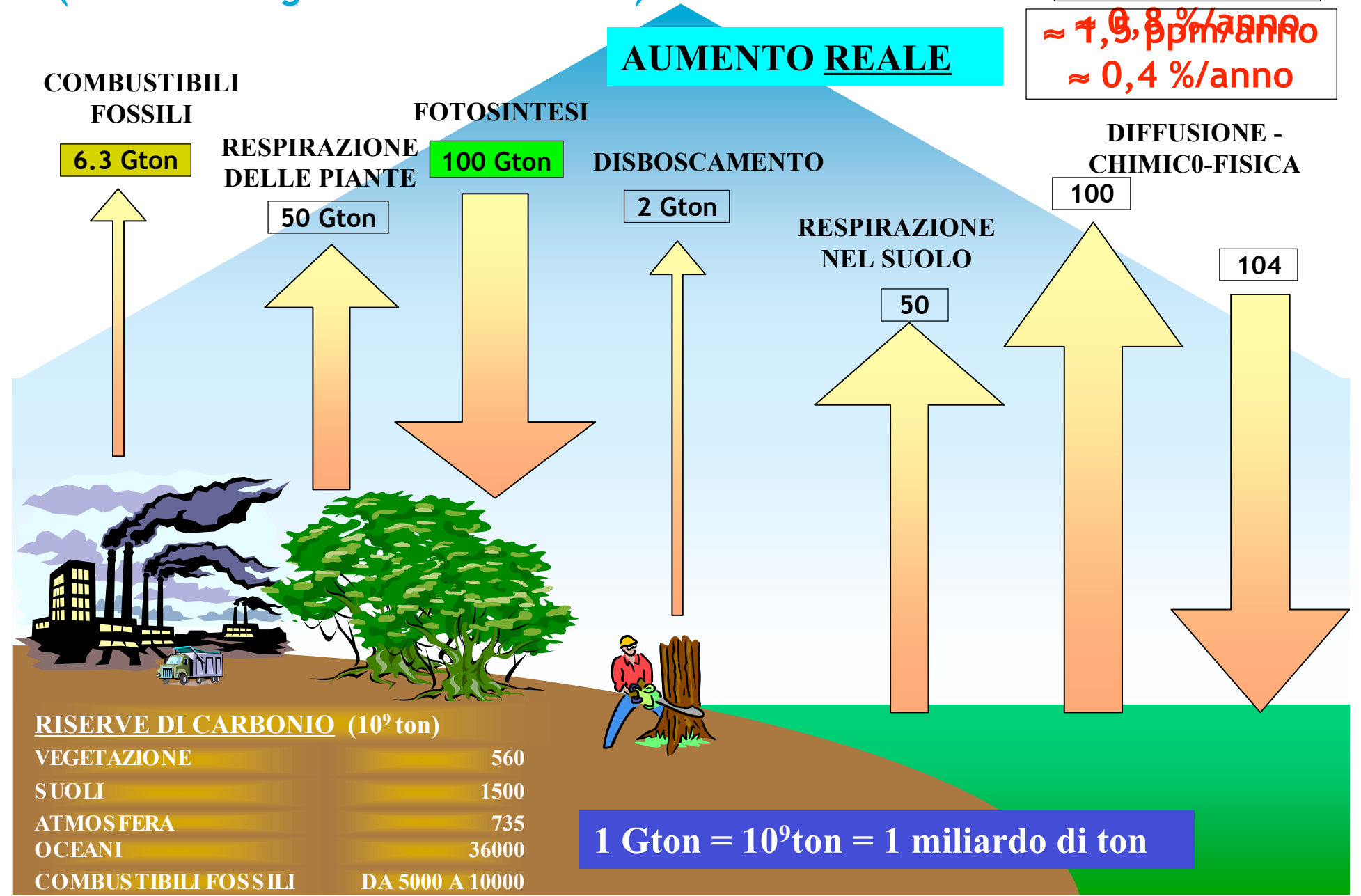


Consumo di combustibili fossili dal 1750 al 2000

AUMENTO TEORICO ANNUO DI CO₂ IN ATMOSFERA (dal Bilancio globale del carbonio)

≈ 3 ppm/anno
 ≈ 1,5,8 ppm/anno
 ≈ 0,4 %/anno

AUMENTO REALE

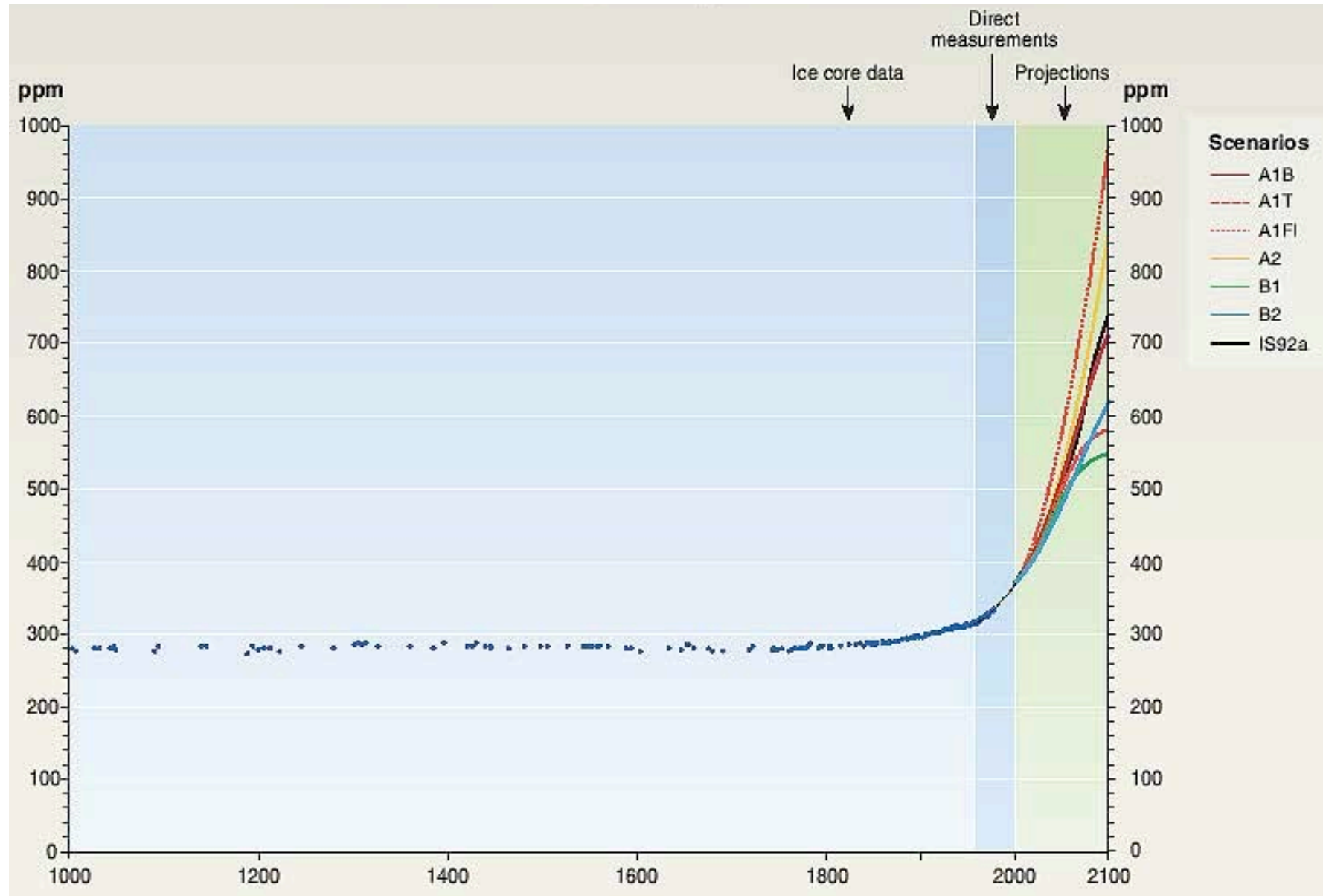


RISERVE DI CARBONIO (10⁹ ton)

VEGETAZIONE	560
SUOLI	1500
ATMOSFERA	735
OCEANI	36000
COMBUSTIBILI FOSSILI	DA 5000 A 10000

1 Gton = 10⁹ton = 1 miliardo di ton

Concentrazioni presenti e future di CO₂ in atmosfera (da IPCC, 2001 Climate Change 2001, Synthesis report)



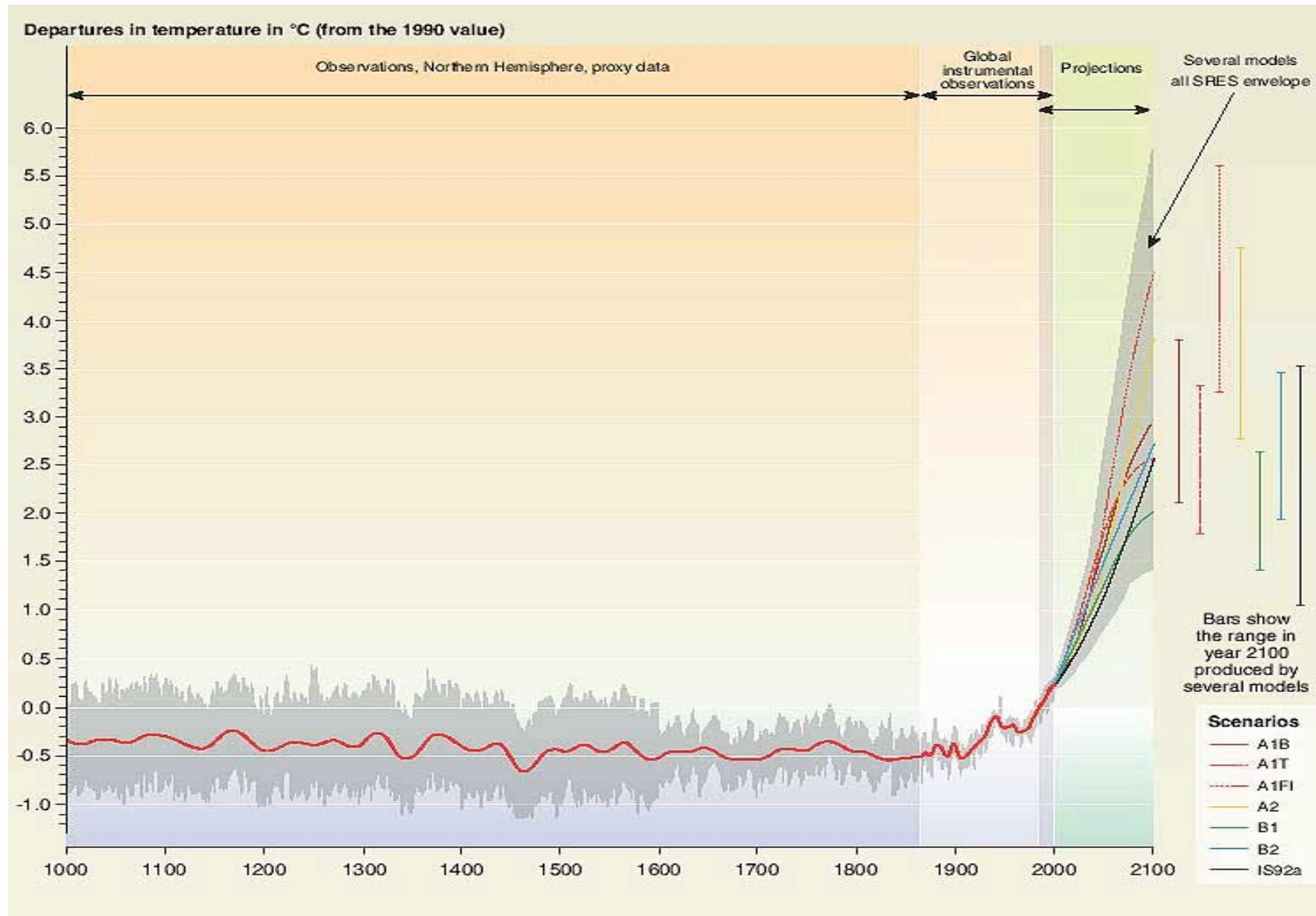
L'EFFETTO SERRA

La luce visibile del sole passa attraverso il vetro e scalda il terreno

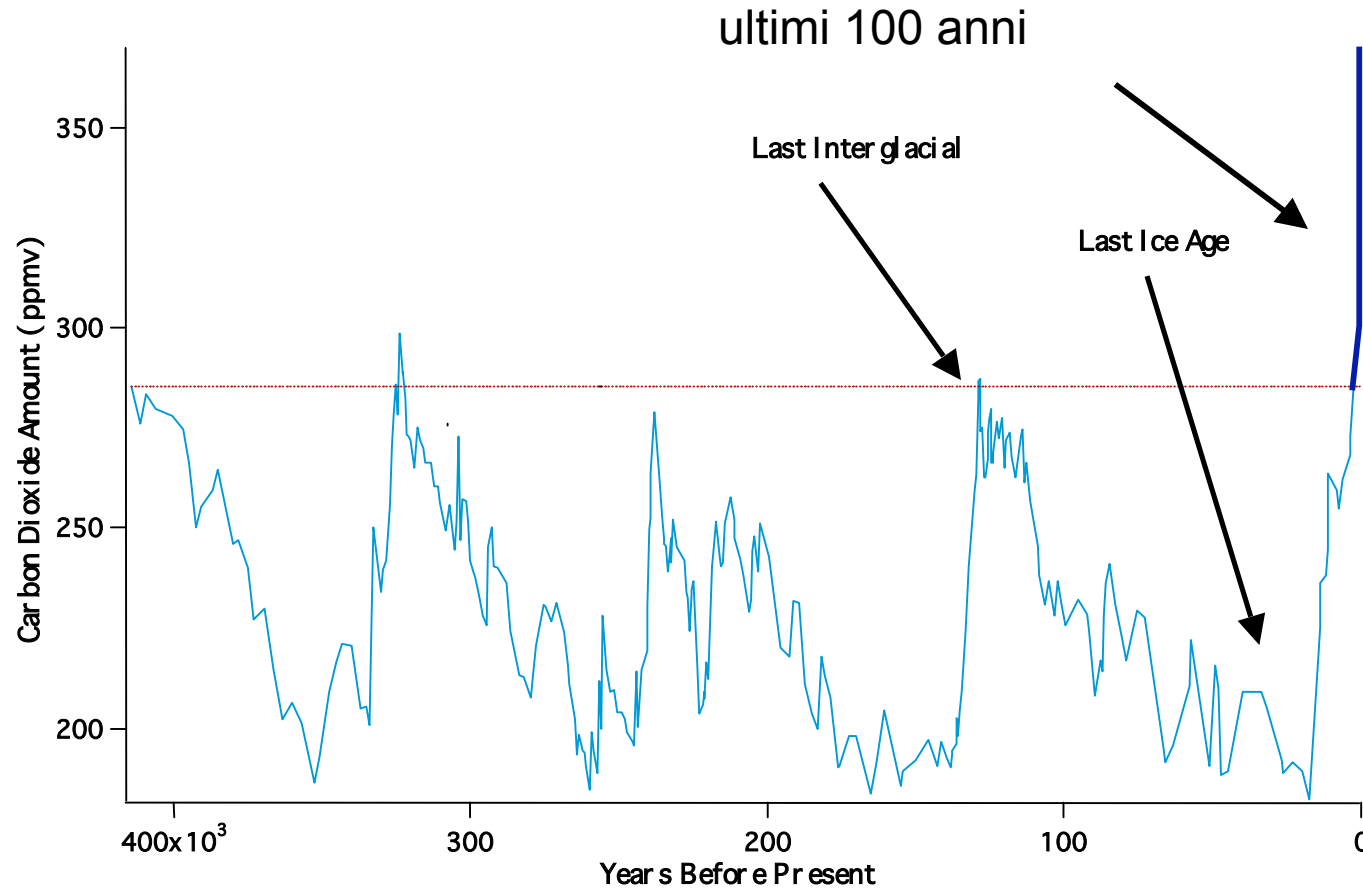
Il calore riemesso dal terreno (raggi infrarossi) viene in parte riflesso dal vetro ed "intrappolato" nella serra



Variazione della temperatura terrestre dall'anno 1000 al 2100 (da IPCC, 2001 Climate Change 2001, Synthesis report)

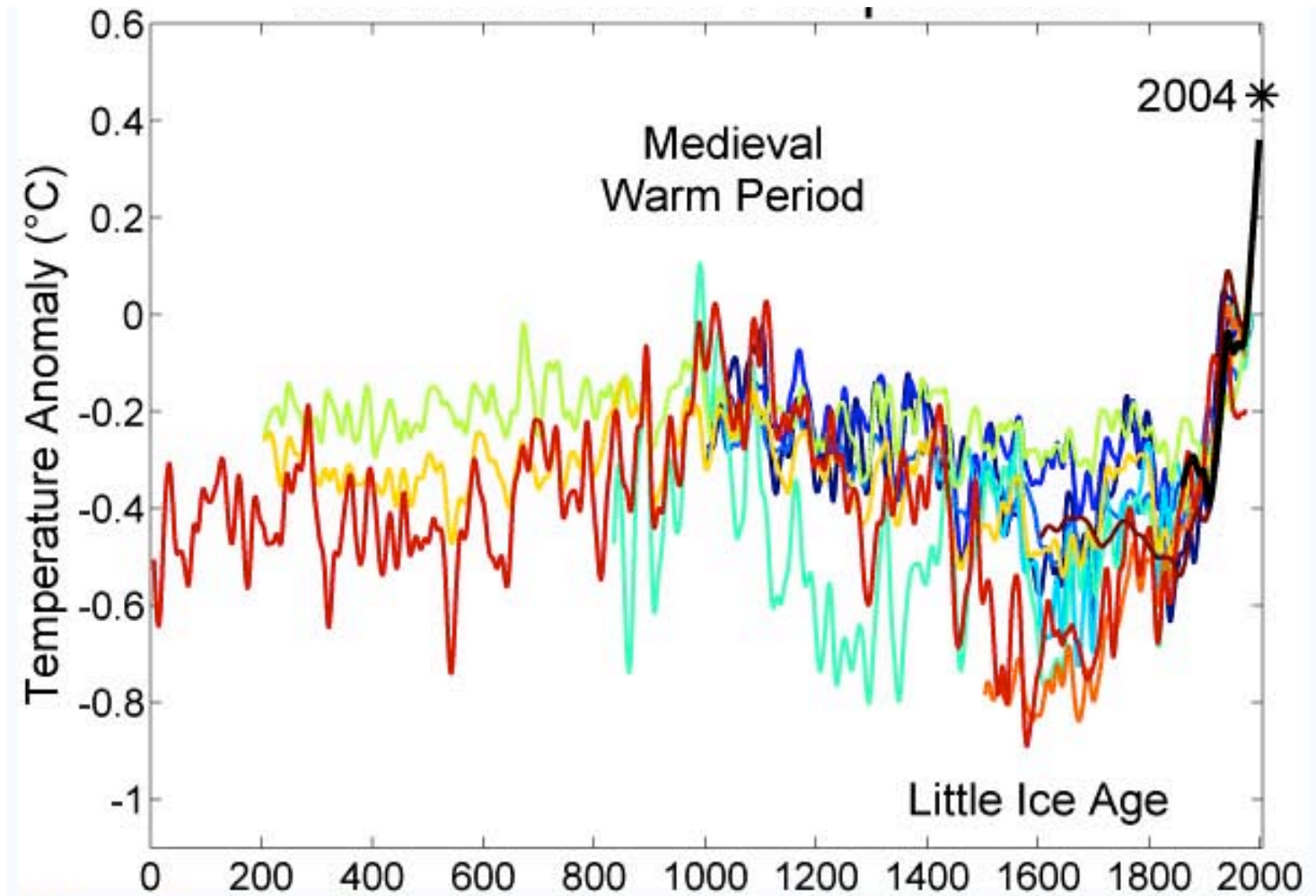


Informazioni sulle concentrazioni di CO₂ nelle passate ere glaciali (dati dai ghiacciai), e negli ultimi 100 anni



“E’ riconosciuto come ci sia più CO₂ nell’atmosfera oggi che nel passato mezzo milioni di anni – probabilmente più che negli scorsi 20 milioni di anni (IPCC, 2001).”

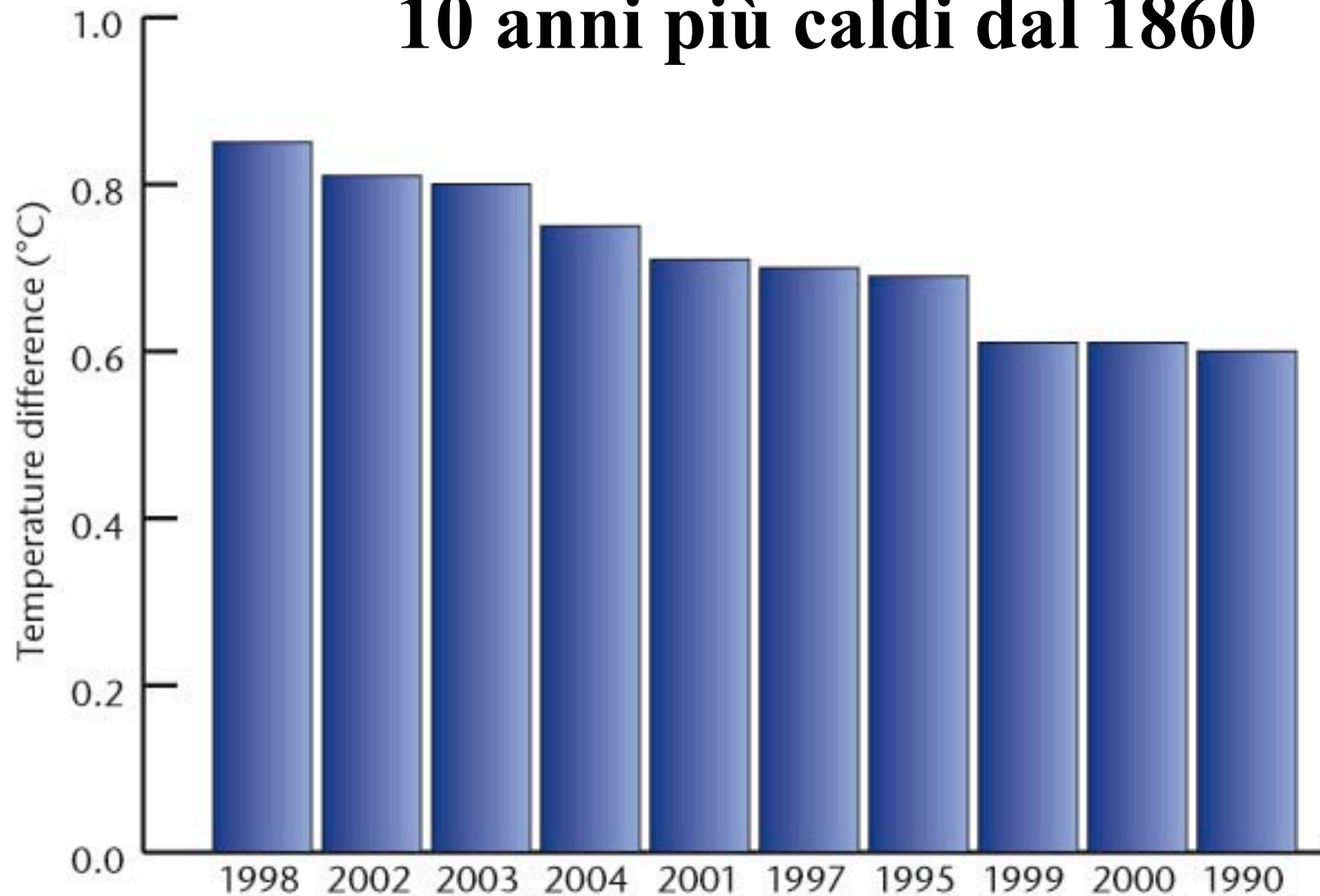
Confronto fra 10 ricostruzioni pubblicate nella letteratura scientifica delle variazioni di temperatura durante gli ultimi 2000 anni



Lettura consigliata

Brian Fagan (2005) La lunga estate. Come le dinamiche climatiche hanno influenzato la civilizzazione. Codice edizioni. pp. 301

10 anni più caldi dal 1860



- I 10 anni più caldi sono dopo il 1990
- Il 2004 è stato il 4° anno più caldo. Il 2005...

LE ATTIVITA' UMANE STANNO VERAMENTE MODIFICANDO IL CLIMA ?

La spinta emotiva e politica verso la firma del Protocollo di Kyoto ha origini chiaramente catastrofiste e ben poco razionali. Non sono ottimista ad oltranza per quanto riguarda il nostro pianeta e i sei miliardi di umani che lo affollano. Penso che dovremo stare molto attenti sia a quello che accade sulla Terra ma anche a possibili minacce provenienti dallo spazio tra cui una folla di [asteroidi](#) che troppo sovente sfiorano l'orbita terrestre.

Tullio Regge, prima pagina de La Stampa, 1° ottobre 2004

Che dire di Kyoto? «Una follia inutile, uno spreco assurdo di trilioni di dollari che sarebbero meglio spesi per dissetare il miliardo di abitanti della Terra senza acqua potabile».

Michael Crichton, autore di Jurassic Park, intervista al Corriere della Sera, 9 gennaio 2005 (con richiamo in prima pagina)

Sempre maggiori sono le evidenze scientifiche

- dei danni dei cambiamenti climatici già in corso
- dei pericoli dei cambiamenti climatici futuri
- della responsabilità umana nei cambiamenti climatici attuali e futuri

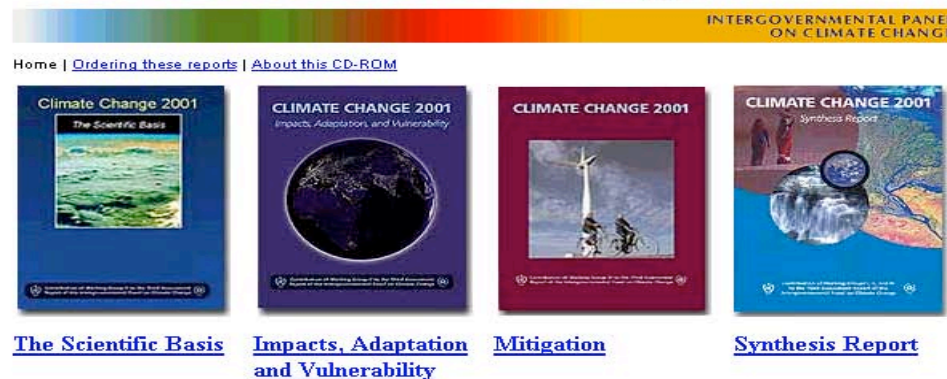
WHO-Europe: Health and Climate Change – A policy action guide, 2005

Science 18/3/2005, vol. 307

T.M.L.Wigley *The climate change commitment* pp. 1766-1769

G.A.Mehhl et al., *How much more global warming and sea level rise ?* pp. 1769-1772

Climate Change 2001 IPCC Third Assessment Report



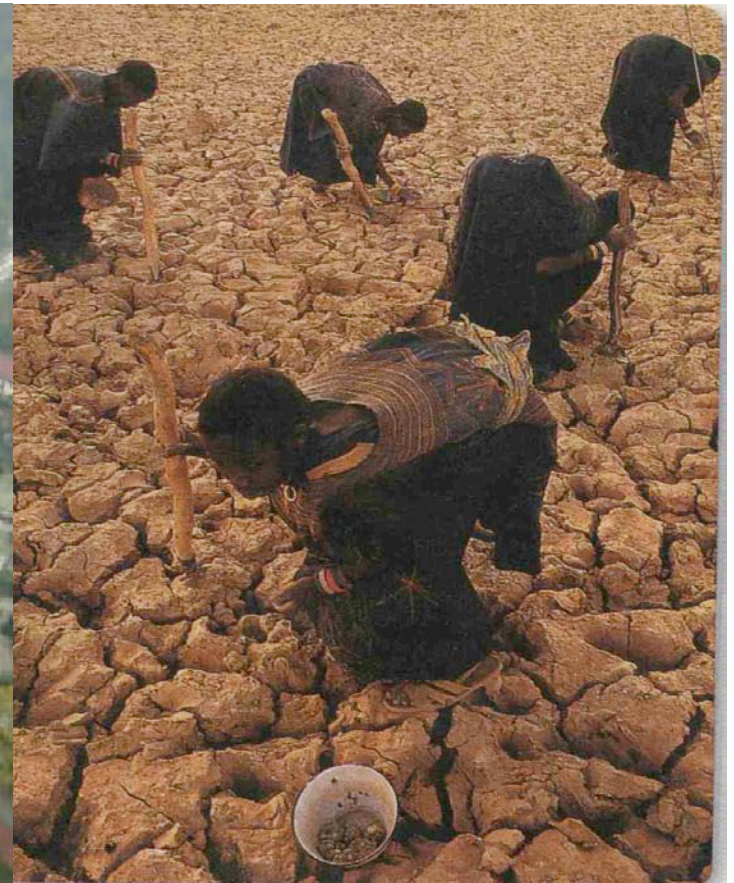
**Dicembre 2007:
IV Assessment Report
dell'IPCC**

Mentre i modelli matematici sono in grado di valutare le conseguenze dell'aumento di CO₂ in termini di incremento di temperatura (ricostruzione degli andamenti passati e previsione degli andamenti futuri),

c'è una maggiore difficoltà nella previsioni quantitative dell'entità delle conseguenze, degli impatti derivanti dal surriscaldamento del pianeta

IMPATTI POTENZIALI

- Modifiche cicli idrologici
- Sconvolgimento degli assetti delle risorse idriche
- Diminuzione dei tempi di ritorno degli “eventi estremi”



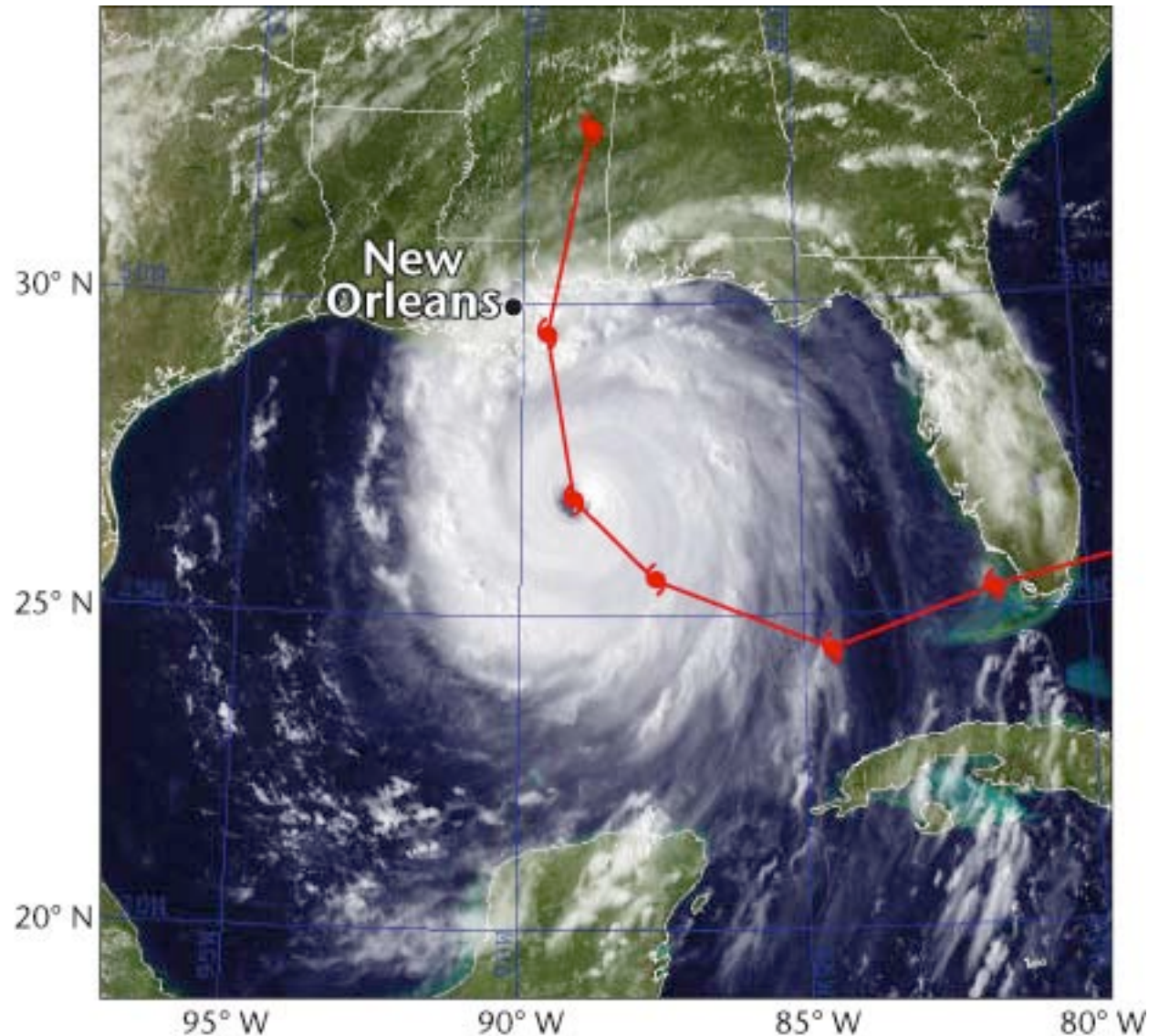
“There is a growing concern that tropical cyclone numbers and strength may be changing. Further changes may occur in the future...”

GOES-12
satellite image
Hurricane
Katrina

2045GMT on
28 August 2005

E. Kerry, *Nature*, Vol **436**:
686-688, 4 August 2005

P. J. Webster, G. J. Holland, J.
A. Curry, H.-R. Chang,
Science, Vol. **309**:1844-1846,
16 September 2005



Impatti degli eventi estremi in Europa

L'estate piovosa 2002

- Inondazioni nei maggiori fiumi nell'Europa Centrale
- L'Elba raggiunge il livello massimo degli ultimi 500 anni
- **Danno economico : ~17 miliardi € (G€)**



L'estate calda 2003

- Record di temperatura di tutti i tempi nel Regno Unito
- Assorbimento ridotto di carbonio nelle foreste europee
- Perdita di massa dei ghiacciai alpini
- Molte nazioni registrate negli ultimi anni hanno le peggiori rese agricole dagli anni '40.
- Danni per minori rese agricole e incendi ~ 13 G€
- **Morti in relazione al caldo nell'UE: ~ 35,000**

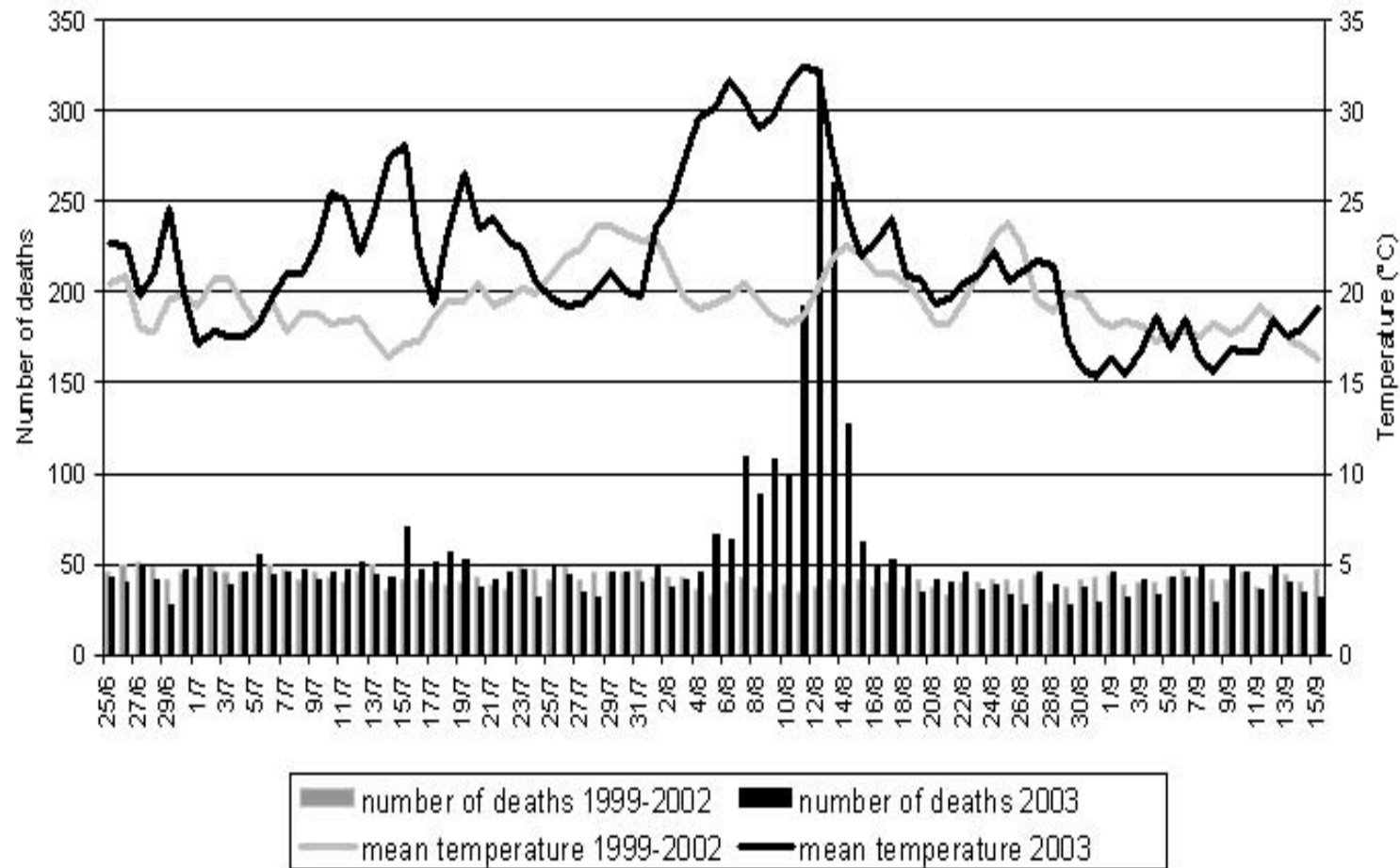


Ospedali a Parigi 11 Agosto 2003



Mortalità a Parigi durante l'onda di calore 2003

Confronto con i morti nel periodo 1999-2002



EEA Report 2/2004
“Impact of Europe’s changing climate”



PM10 : polveri con diametro minore di 10 micron

- *Il particolato fine (PM10 o PM2.5) è un inquinante fortemente correlato alla mortalità e ad altri effetti sanitari*

OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità):

“C’è una chiara associazione fra l’esposizione ad alcuni inquinanti (polveri fini, benzene, ozono) e gli effetti sulla salute...”



Numero di casi attribuibili ogni anno all'inquinamento dell'aria

In Austria, Francia, e Svizzera (più del 50% sono legati al traffico)

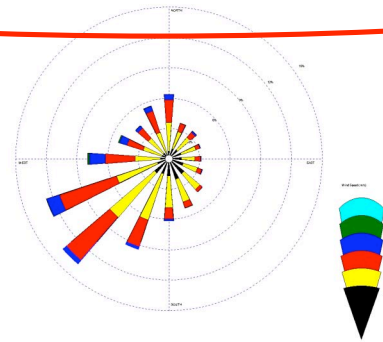
Effetto	Num. di casi
Morti (adulti > 30 anni)	40600 (24600-56900)
Ricoveri ospedalieri (cause cardio-respiratorie)	48000 (17300-79100)
Bronchiti croniche (incidenzae negli adulti)	47100 (4300-93500)
Bronchiti - episodi (bambini)	543000 (239500-981600)
Giorni di malattia (adulti)	30.5 milioni (25.7-37.3 milioni)
Attacchi d'asma	1.04 milioni (0.54-1.54 milioni)

Da cosa dipende la presenza di PM10 in atmosfera ?

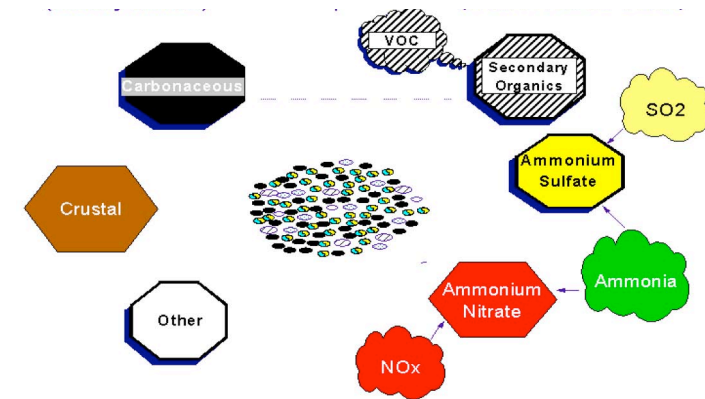
Emissioni



Meteorologia e trasporto di masse d'aria

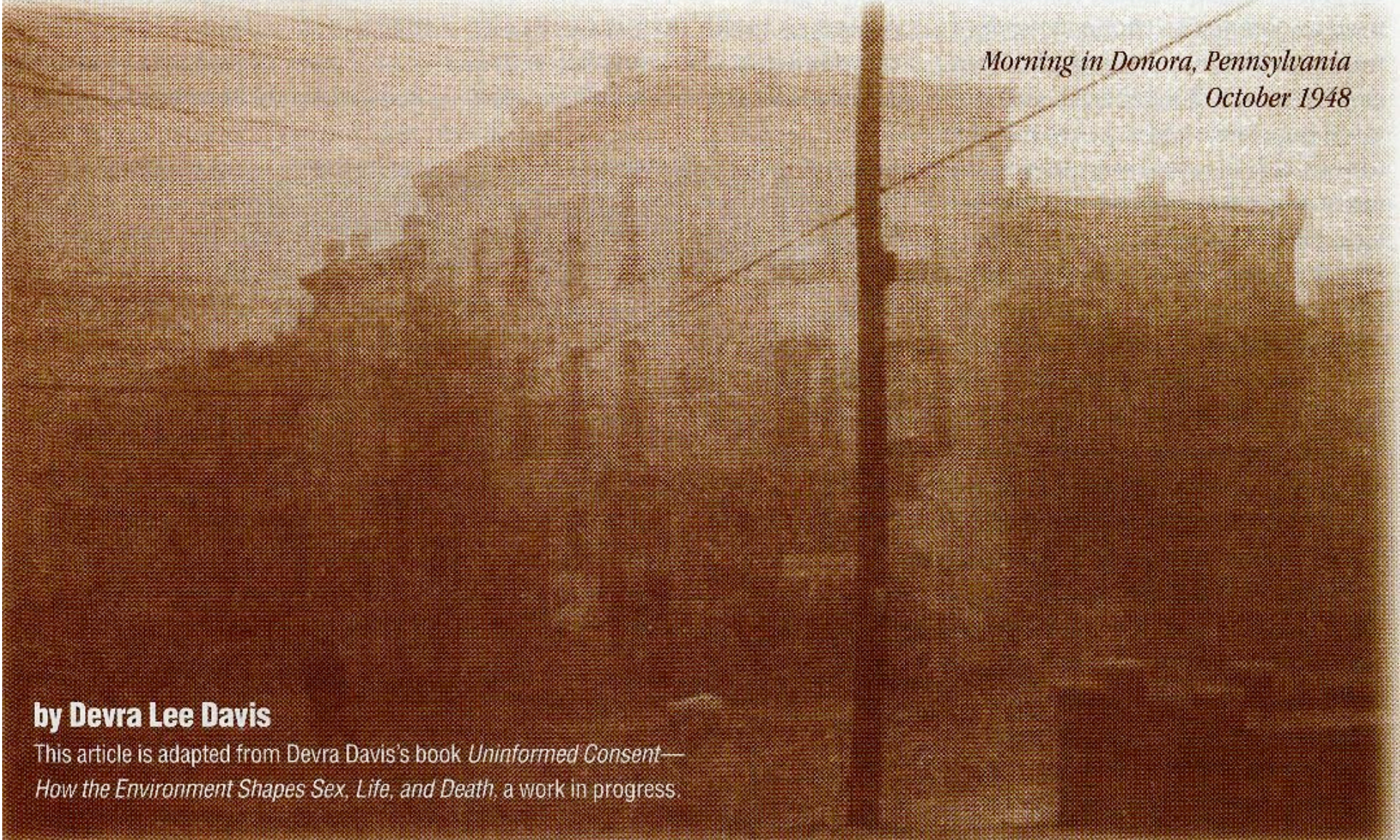


Reazioni chimiche di formazione secondaria



Donora, Pennsylvania - Ottobre 1948

Inquinamento da emissioni industriali (industria siderurgica, fonderia di rame, zincatura)
Ristagno inquinanti nella vallata - 17 morti dopo 1 settimana



*Morning in Donora, Pennsylvania
October 1948*

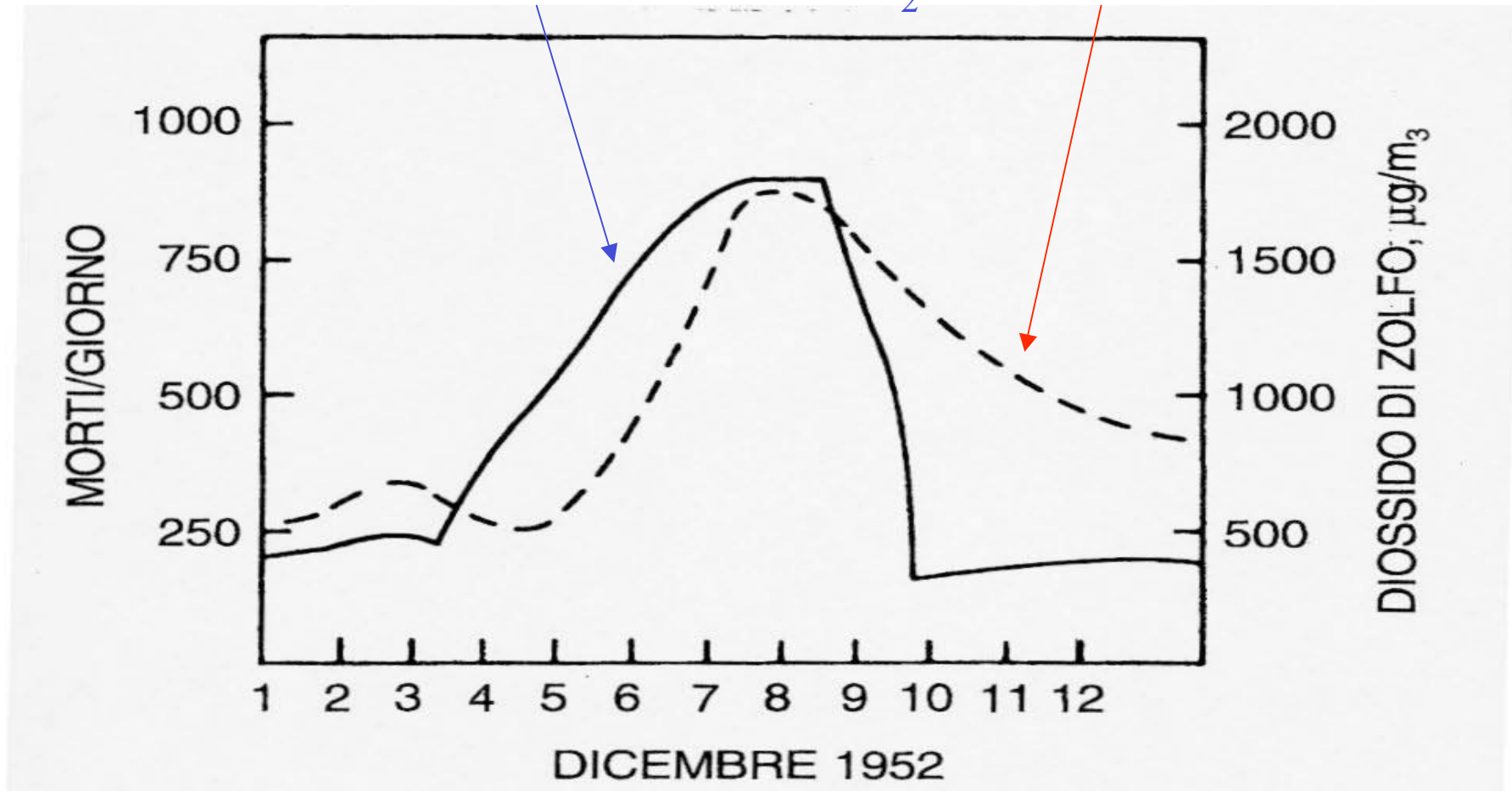
by Devra Lee Davis

This article is adapted from Devra Davis's book *Uninformed Consent—
How the Environment Shapes Sex, Life, and Death*, a work in progress.

Londra, Dicembre 1952

- Inquinamento da emissioni dal riscaldamento degli edifici
- Nebbia persistente
- Sinergia di effetti degli inquinanti: anidride solforosa (SO_2) + polveri

Andamento **concentrazione SO_2** e **numero di morti**



L' inquinamento dell'aria NON è un problema recente

L'inquinamento dell'aria sta aumentando o diminuendo ?

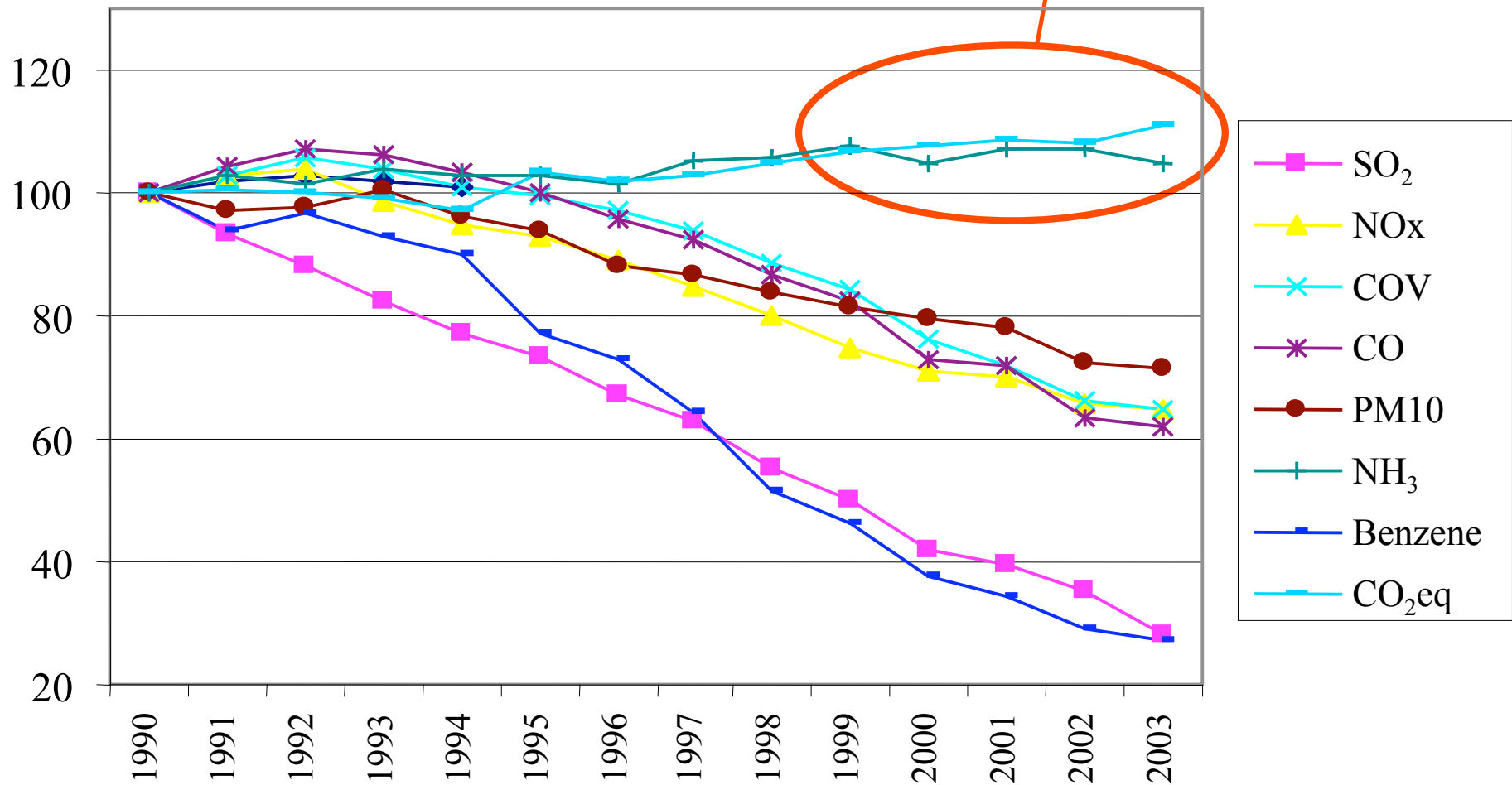
L'inquinamento dell'aria è ancora un problema ?



Trend 1990-2003 delle emissioni nazionali

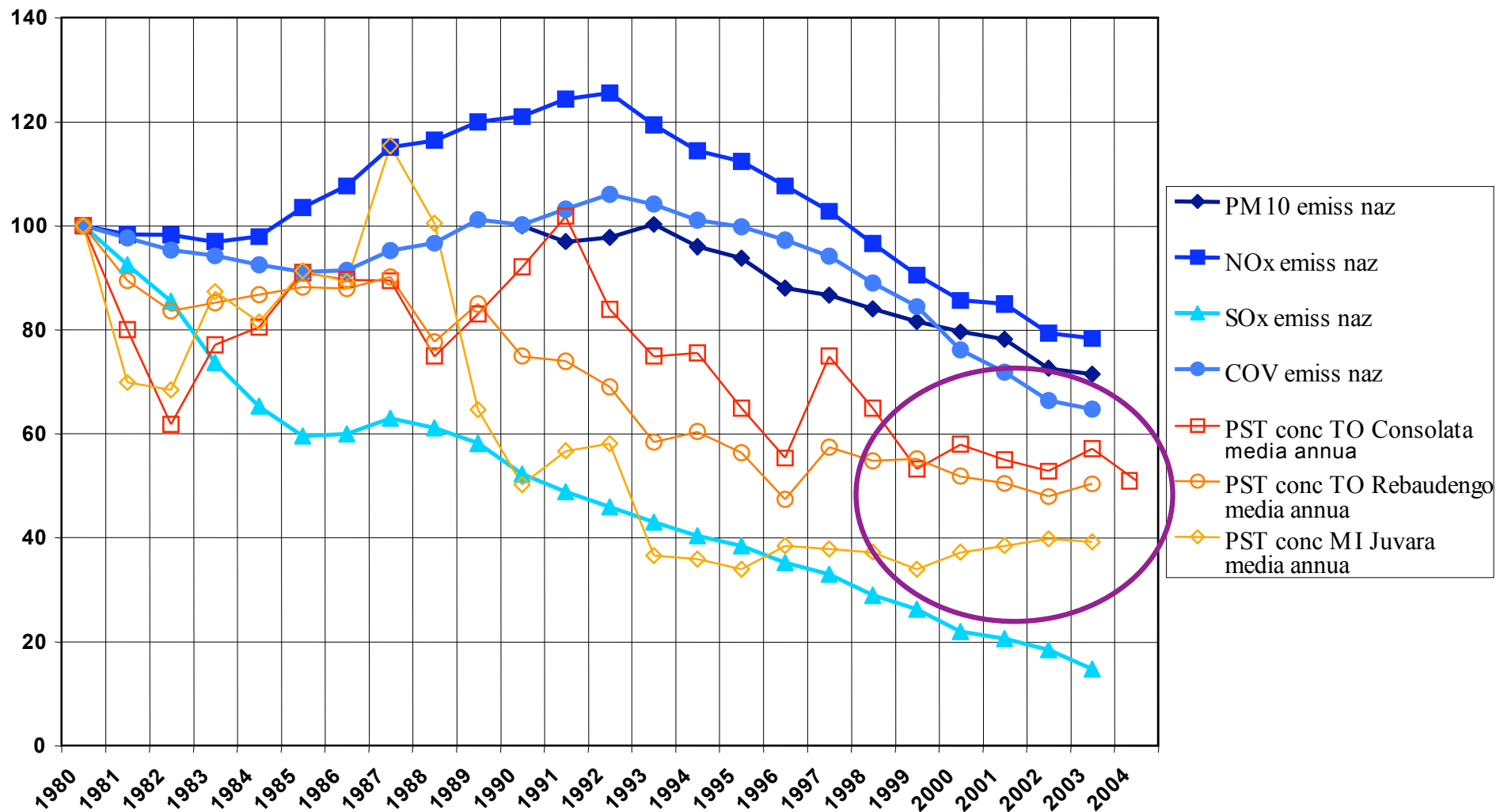
1990 = 100

aumento per le emissioni di CO₂ e NH₃



Trend delle concentrazioni di PTS e delle emissioni di PM10 e precursori

1990 = 100



PM₁₀ : Importante indicatore della qualità dell'aria e dei conseguenti impatti sulla salute

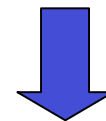
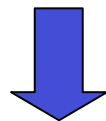
MISA1- Meta-analisi degli studi italiani sugli effetti a breve termine degli inquinanti atmosferici

Studio su 8 città italiane

Torino Milano Bologna Ravenna Verona Roma Firenze Palermo
(Epidemiologia e prevenzione, 2001, 25, 2)

“L'inquinamento atmosferico da PM10 determina un aumento della morbilità e della mortalità giornaliera”

Per un incremento di 10 ug/m³ delle concentrazioni di PM10

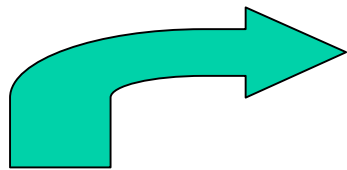


aumento di mortalità giornaliera = **1.27 %** (0.62 - 1.92)

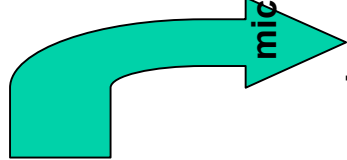
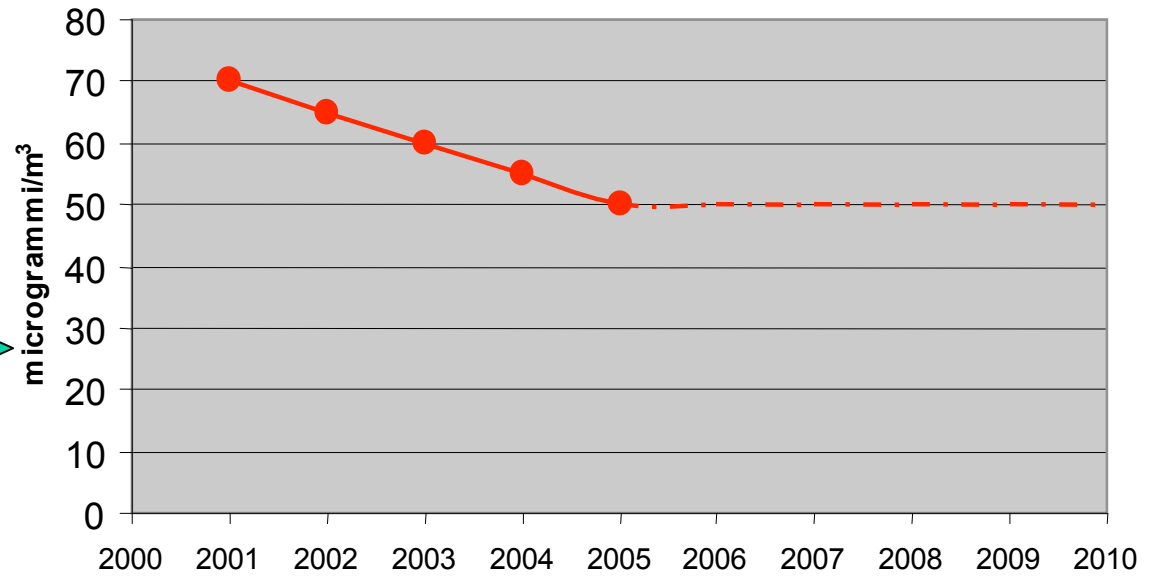
aumento malattie cardiache = **1.15 %** (0.62 - 1.68)

aumento malattie respiratorie = **2.41 %** (1.72 - 3.11)

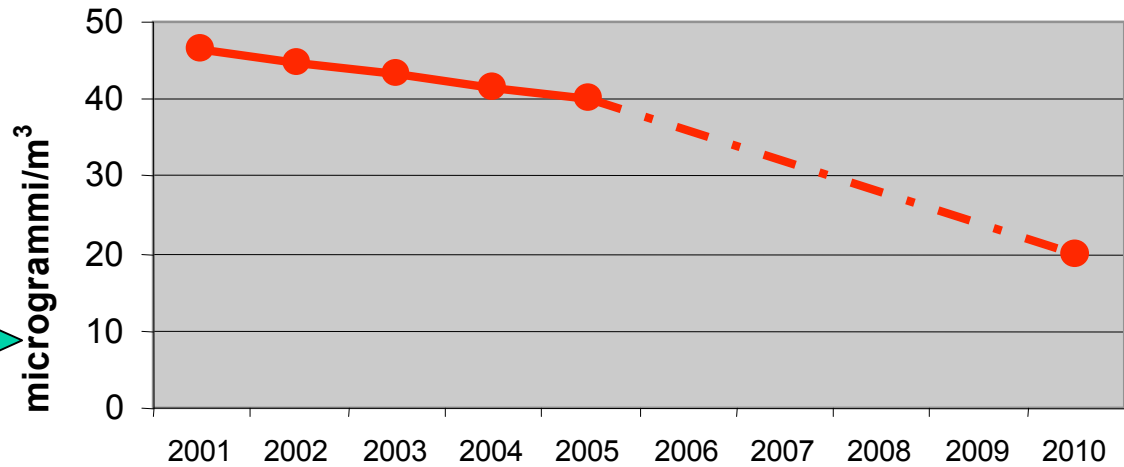
Limiti di legge sempre più stringenti per le polveri fini (PM10)



PM10 - valore limite di 24 ore - da non superare piu' di 35 volte l'anno



PM10 - valore limite annuale



	01-gen-01	01-gen-02	01-gen-03	01-gen-04	01-gen-05	01-gen-10
Conc	46,4	44,8	43,2	41,6	40	20

Anno

Città italiane:

Le concentrazioni di polveri fini sono generalmente superiori ai limiti consentiti dalle normative vigenti

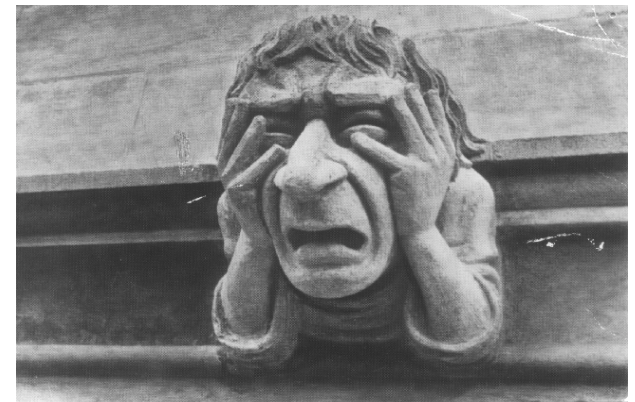
Nelle città italiane è molto spesso superato il limite delle concentrazioni medie annue di PM10 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Nelle città italiane mediamente si registrano da 50 a 150 giorni di superamento del limite giornaliero di PM10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
(da non superare più di 35 volte l'anno a partire dal 2005)

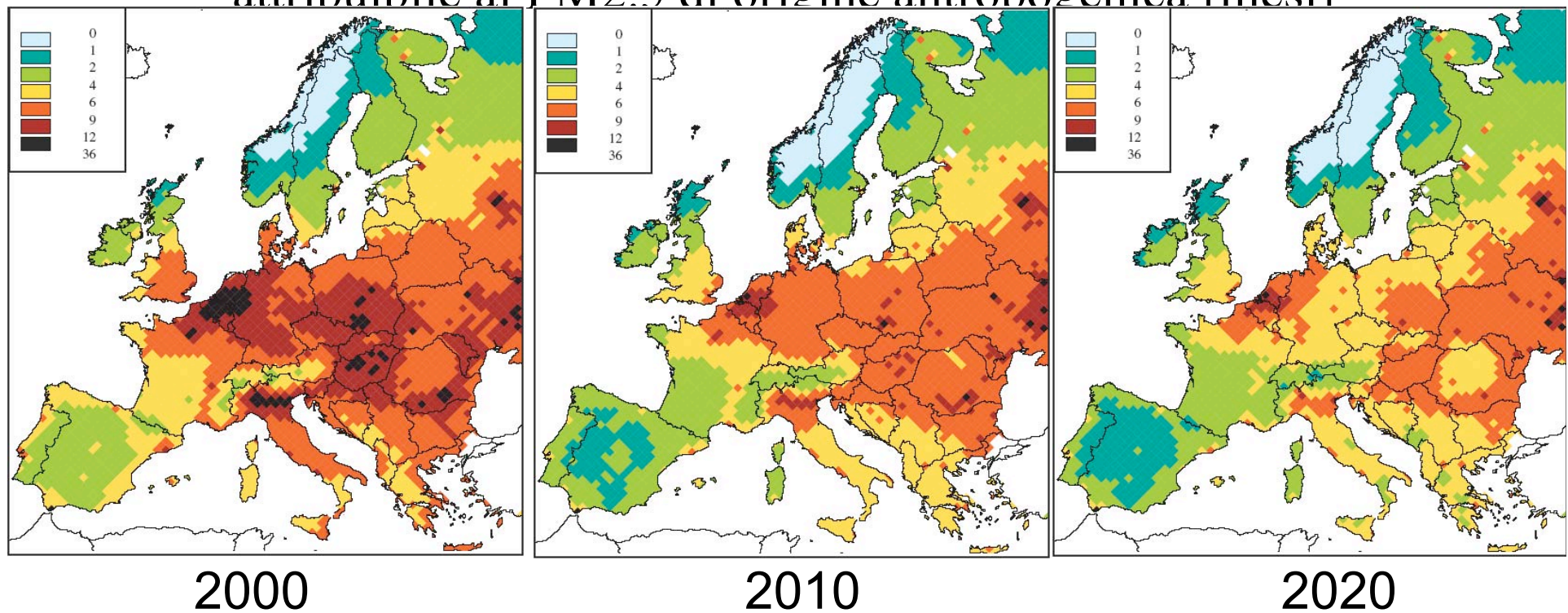
Nei prossimi anni sarà necessario:

Ridurre di almeno il 30 % le concentrazioni medie annue delle polveri fini in atmosfera

ridurre di 5 volte il numero di episodi di inquinamento acuto ($> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)



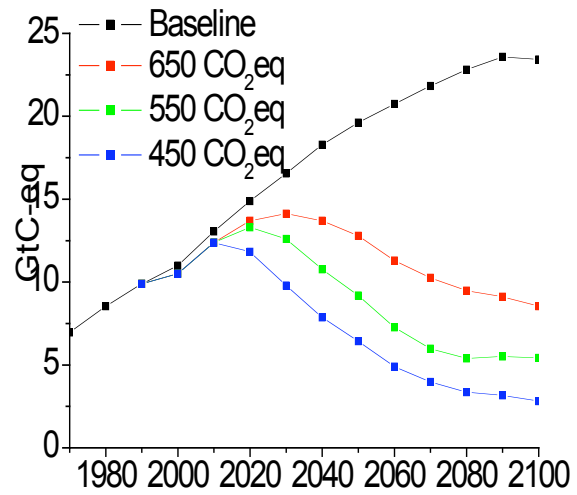
Riduzione della vita media attribuibile al PM2.5 di origine antropogenica [mesi]



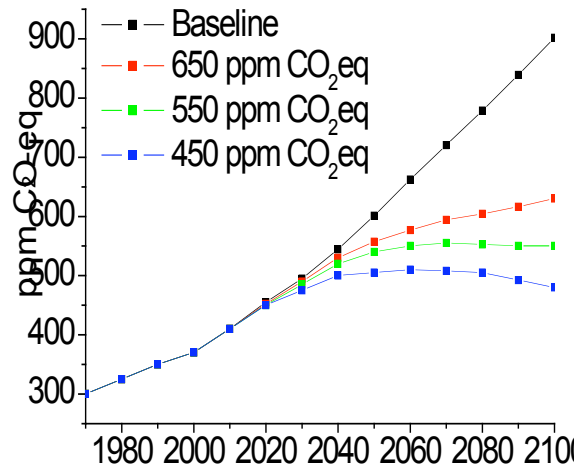
Calculations for 1997 meteorology

CAFE baseline scenario

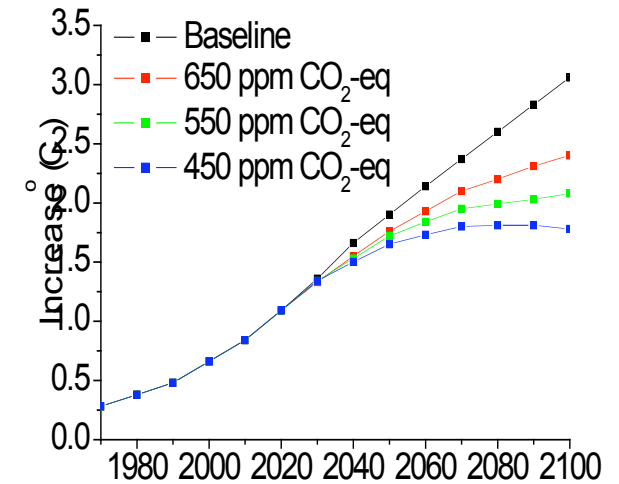
Emissioni



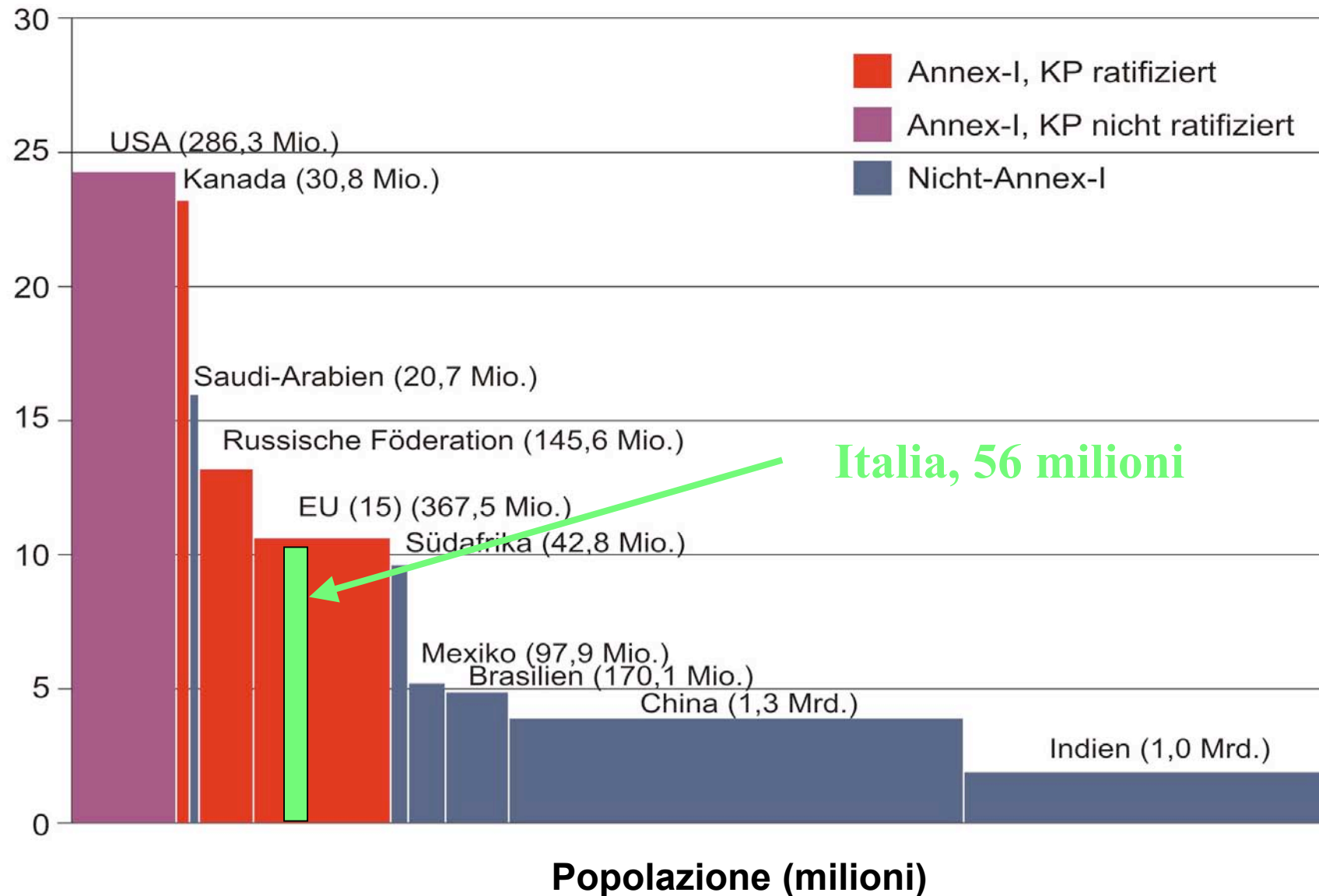
Concentrazioni



Temperatura



Emissioni pro capite (t/ab/anno)



- In ogni caso **sono necessarie riduzione sostanziali nelle emissioni dei paesi industrializzati**, più alti di quelli previsti dal Protocollo di Kyoto.
- È probabile un **coinvolgimento differenziato dei paesi in via di sviluppo**, in relazione a diversi indici di “sviluppo”
- E’ necessario un coinvolgimento degli USA maggiore di quello previsto dalla riduzione del 18 % dell’intensità di emissione di gas serra entro il 2012
- Per i paesi industrializzati **la scelta dell’obiettivo a lungo termine ha conseguenze più importanti del tipo di accordo**, delle modalità di suddivisione delle emissioni
- **Se la riduzione delle emissioni non inizia entro il 2020, l’obiettivo di 450 ppm (+2°C) sarà in seguito difficilmente raggiungibile**

Convergenze e punti critici nella riduzione delle emissioni di polveri fini e gas serra /1

Per entrambi i problemi non esiste un'unica risposta ma deve esserci un “approccio integrato”: tante diverse misure, ognuna con un suo contributo, portano a raggiungere il risultato

Molti degli interventi che riducono le emissioni di gas serra portano a riduzione delle emissioni di polveri fini

Esempi:

- Risparmio energetico
- Efficienza energetica
- Tecnologie più efficienti
- Diversa politica insediativa e dei trasporti
- Mobilità sostenibile

Convergenze e punti critici nella riduzione delle emissioni di polveri fini e gas serra /2

Esempio di co-benefici: MOBILITÀ SOSTENIBILE

- riduzione della necessità di spostamento;
- si va a piedi fino dove si può;
- quindi si utilizza la bicicletta;
- chi non può andare in piedi e in bicicletta usa i trasporti pubblici;
- dove il trasporto pubblico tradizionale non può arrivare si possono utilizzare sistemi di trasporto a chiamata;
- ove possibile si possono utilizzare i sistemi di trasporto condivisi (car pooling e car-sharing);
- negli altri casi si usa l'automobile privata



Convergenze e punti critici nella riduzione delle emissioni di polveri fini e gas serra / 3

Ci sono però degli interventi con effetti contrastanti

Esempi:

Uso di legna in ambito domestico senza sistemi di abbattimento
(CO₂ nulla, polveri fini elevate)

Utilizzo del diesel
(minore CO₂, maggiori polveri fini e NO_x)

Microcogenerazione
(minore CO₂, maggiori NO_x)

Prospettive

Grande “inerzia” del nostro sistema industriale

Non ci sono poche sorgenti da spegnere senza che influiscono in modo determinante

Ci sono tante sorgenti con contributi non trascurabili

Le riduzioni più facili sono già avvenute

In alcuni settori le misure sono più “dolorose”



Il fattore tempo

Dinamica del cambiamento tecnologico

Un cambiamento tecnologico globale è un processo lento, che si misura in decenni.

Quando avverranno i cambiamenti ? Domani ?

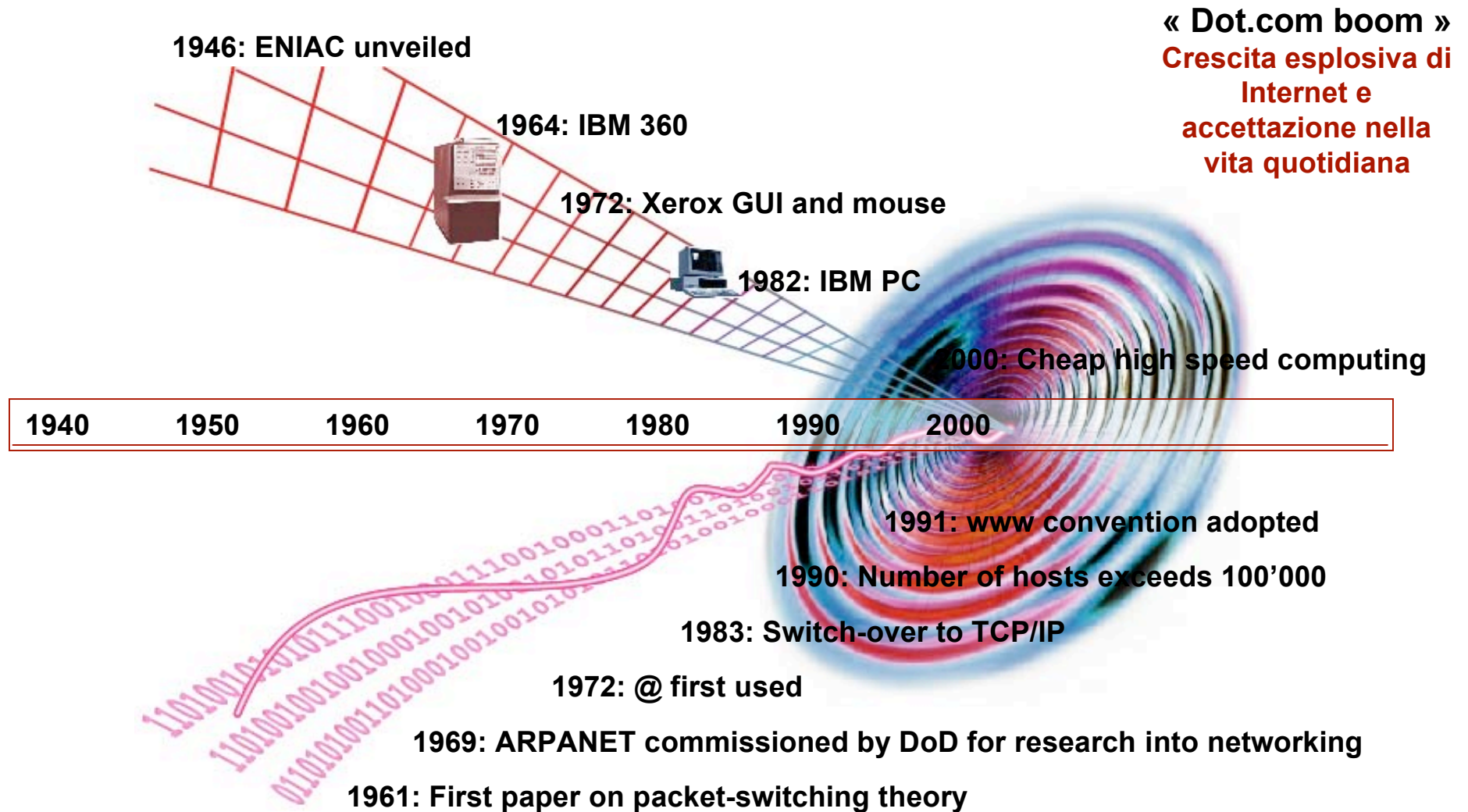


Molti sostengono che un rapido cambiamento nel nostro sistema energetico è l'unica soluzione per il problema del cambiamento climatico. Comunque:

- Le maggiori transizioni a livello globale **richiedono tempo** per essere implementate
- La velocità con cui le **nuove tecnologie si diffondono** dipende da molti fattori



Esempio : evoluzione di Internet



Conclusioni

E' necessario partire subito e accelerare i cambiamenti

Anche in passato i cambiamenti nelle politiche ambientali non sono avvenuti “gratis”

- La coscienza ambientale è un grande fattore di innovazione
- E' necessario un forte sostegno alle politiche di mitigazione
- Il risparmio energetico è forse l'azione più facile e vantaggiosa
- Il settore trasporti è quello più in difficoltà
- I problemi dei cambiamenti climatici e delle polveri fini richiedono risposte politiche, tecnologiche,
- E' forse necessaria anche un'azione “dal basso”, in profondità, per ripensare il nostro modello di sviluppo, il paradigma della “crescita” come fonte autonoma di benessere