

Il cambiamento climatico: stato delle conoscenze scientifiche e obiettivi di mitigazione.

Massimiliano Varriale

Referente scientifico energia e rifiuti WWF Italia



Il clima terrestre è sempre cambiato sotto la spinta di differenti fattori naturali: a volte questo è avvenuto lentamente e in modo prevedibile, altre volte il cambiamento è stato molto più repentino. Ma...



... il clima terrestre sta oggi modificandosi ad una velocità che non trova spiegazioni nei fattori naturali... Le cause sono principalmente antropiche, come dimostra la straordinaria quantità di dati scientifici sin qui pubblicati.



Secondo la comunità scientifica internazionale, le profonde modificazioni indotte, su scala planetaria, dall'intervento umano nella dinamica energetica del sistema climatico e del ciclo del carbonio, soprattutto nell'ultimo secolo, costituiscono elementi di grande preoccupazione che richiedono urgenti e rilevanti cambiamenti nei nostri modelli di sviluppo socio-economico.



IPCC: L'impegno della comunità scientifica internazionale

Riconoscendo il problema dei cambiamenti climatici, l'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) ed il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP) nel 1988 hanno costituito l'**Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**, organismo aperto a tutti i membri dell'UNEP e del WMO.

Il ruolo dell'IPCC è di raccogliere e valutare le principali informazioni scientifiche, tecniche e socio-economiche esistenti, per la comprensione del rischio dei cambiamenti climatici provocati dall'uomo.





IV Rapporto dell'IPCC

Il IV rapporto dell'IPCC, reso noto nel 2007, non lascia dubbi sul consenso del mondo scientifico circa il preponderante ruolo delle responsabilità umane nel provocare i cambiamenti climatici oggi in atto.

“L’incremento globale della concentrazione di biossido di carbonio è principalmente dovuto all’uso di combustibili fossili e ai cambiamenti nell’utilizzo dei suoli, mentre gli incrementi di metano e ossido di azoto sono principalmente dovuti all’agricoltura e zootecnia”.



- Le temperature medie della superficie terrestre sono aumentate di 0,74 °C nell'ultimo secolo (1906-2005). Negli ultimi 50 anni, invece, la velocità media di crescita della temperatura media globale è stata di 0,13 °C per decennio, cioè circa il doppio di quella degli ultimi 100 anni. (IPCC - WG1 (2007): "*Climate Change 2007: The Physical Science Basis*", nel Capitolo 3 e nel Technical Summary, paragrafo 3.1.1)
- In Italia si è osservata una crescita della temperatura media dell'ordine di 1.7°C nell'arco degli ultimi due secoli. Il contributo più forte è dato dagli ultimi 50 anni, per i quali l'aumento è stato di circa 1.4 °C (Brunetti M., Maugeri M., Monti F. and Nanni T. (2006). "*Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series*". International Journal of Climatology, vol. 26, pagg. 345-381)



- In Italia negli ultimi 50 anni la velocità media di crescita della temperatura è stata quindi di 0,28°C per decade, contro gli 0,13 a livello planetario.
- Nell'emisfero settentrionale gli anni Novanta sono stati il decennio più caldo del XX secolo, un fenomeno che si sta ripetendo anche nei primi anni del nuovo secolo: il 1998 e il 2005 si sono caratterizzati come gli anni più caldi da quando esistono registrazioni scientificamente valide.
- A causa del riscaldamento, l'atmosfera sta divenendo energeticamente più attiva ed in generale i valori climatici tendono ad estremizzarsi. Le zone umide saranno più piovose, le aree secche più aride e quelle soggette a temporali ancor più colpite da tempeste, ecc.





WWF *for a living planet*

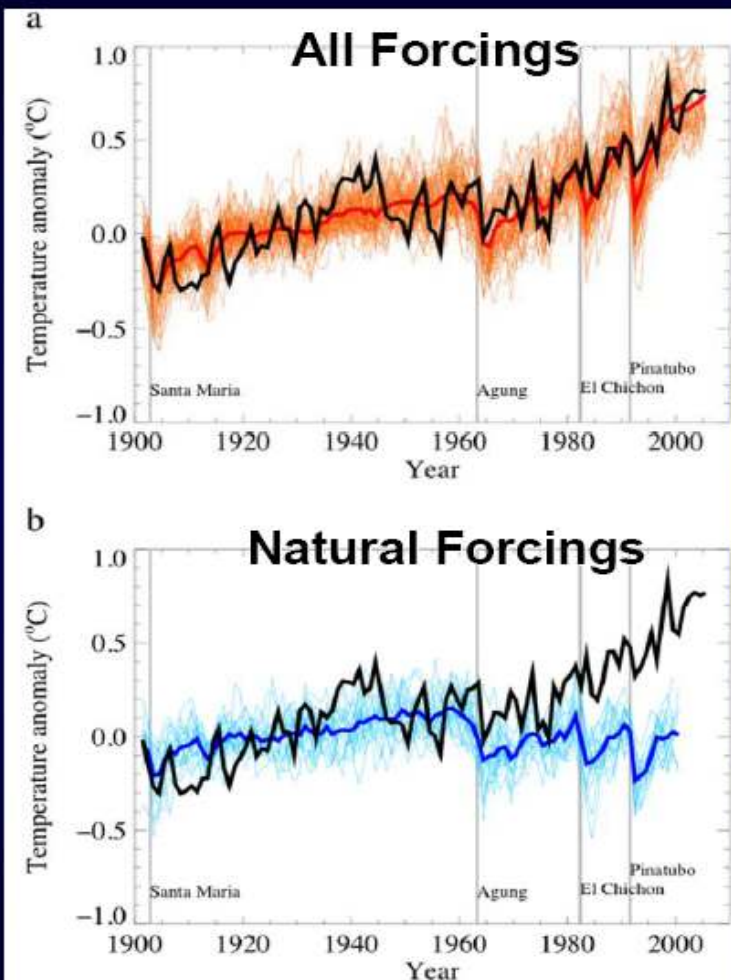
- **Non solo la temperatura atmosferica ma anche quella degli oceani è aumentata fino alla profondità di circa 3000 metri.** Questo riscaldamento oceanico contribuisce, tramite l'espansione termica dell'acqua marina, all'innalzamento del livello medio globale marino che dal 1961 al 2003 è aumentato di circa 1,8 mm all'anno.
- L'innalzamento dei livelli marini continuerà per centinaia di anni anche dopo che la temperatura dell'aria si sarà stabilizzata. Alcune zone sono già condannate.
- Sussiste il rischio reale di un “salto” improvviso del sistema climatico nel giro di pochi anni. Tali salti avvengono per cause naturali, ma ancor più probabilmente sono riconducibili alle pressioni che il riscaldamento globale impone al sistema.





Immagine tratta dalla presentazione di Filippo Giorgi
Abdus Salam ICTP, Trieste
IPCC WGI Bureau





Identificazione dell'effetto umano sul riscaldamento globale

Il contributo umano al forcing radiativo dal 1750 e' molto maggiore di quello naturale

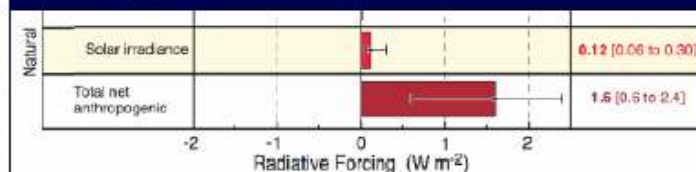
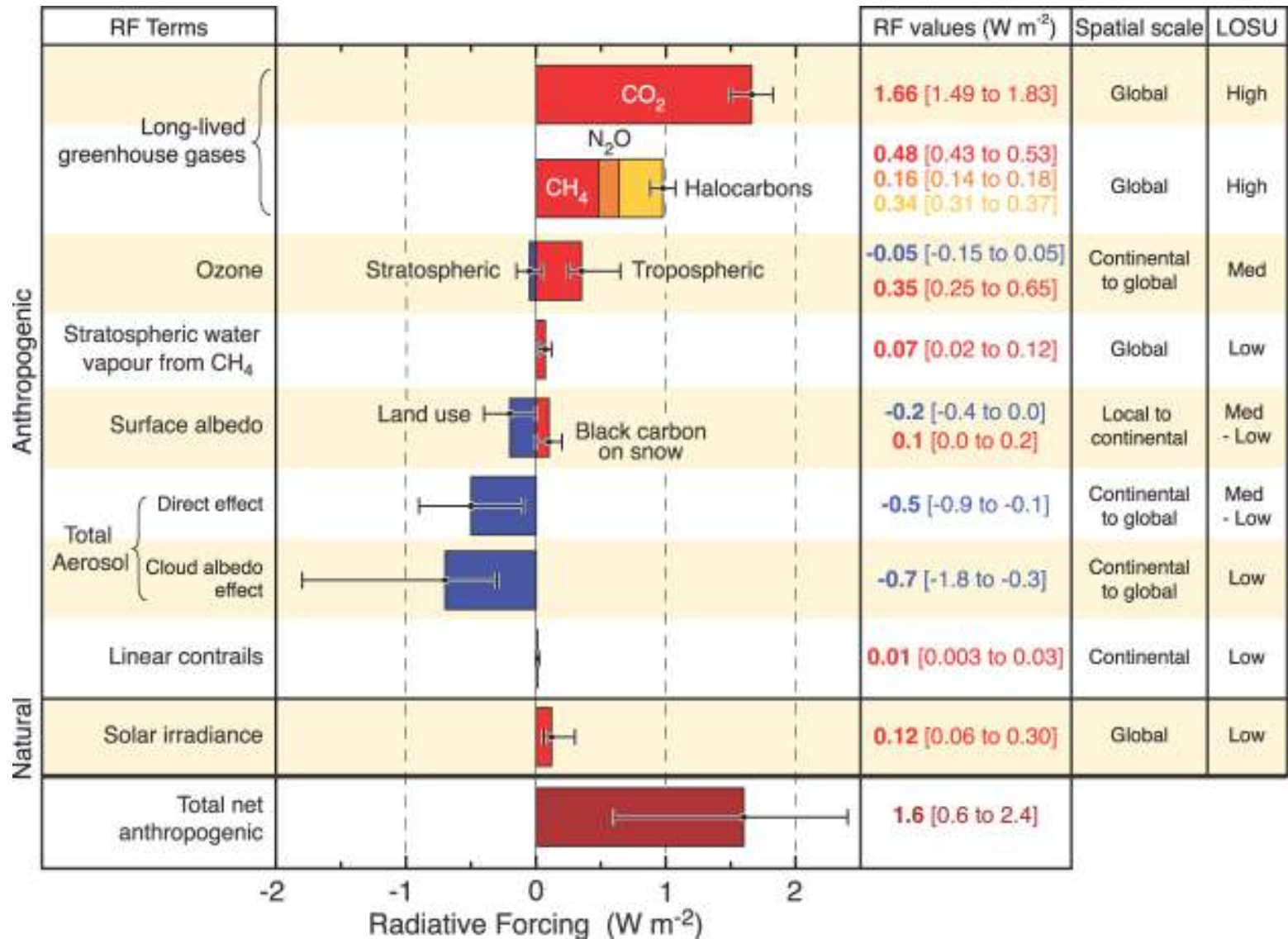


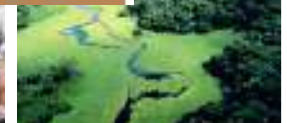
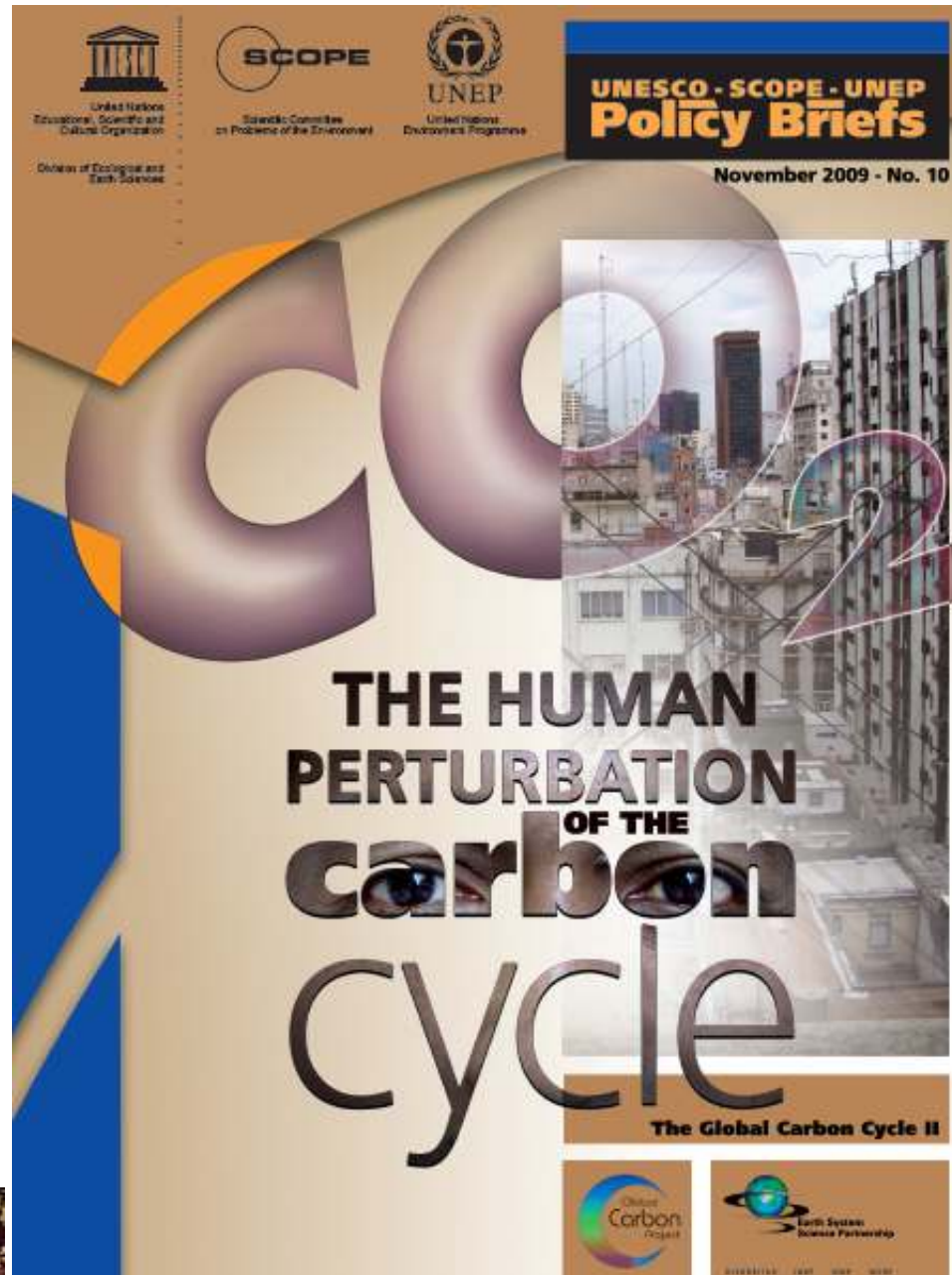
Immagine tratta dalla presentazione di Filippo Giorgi
Abdus Salam ICTP, Trieste
IPCC WGI Bureau





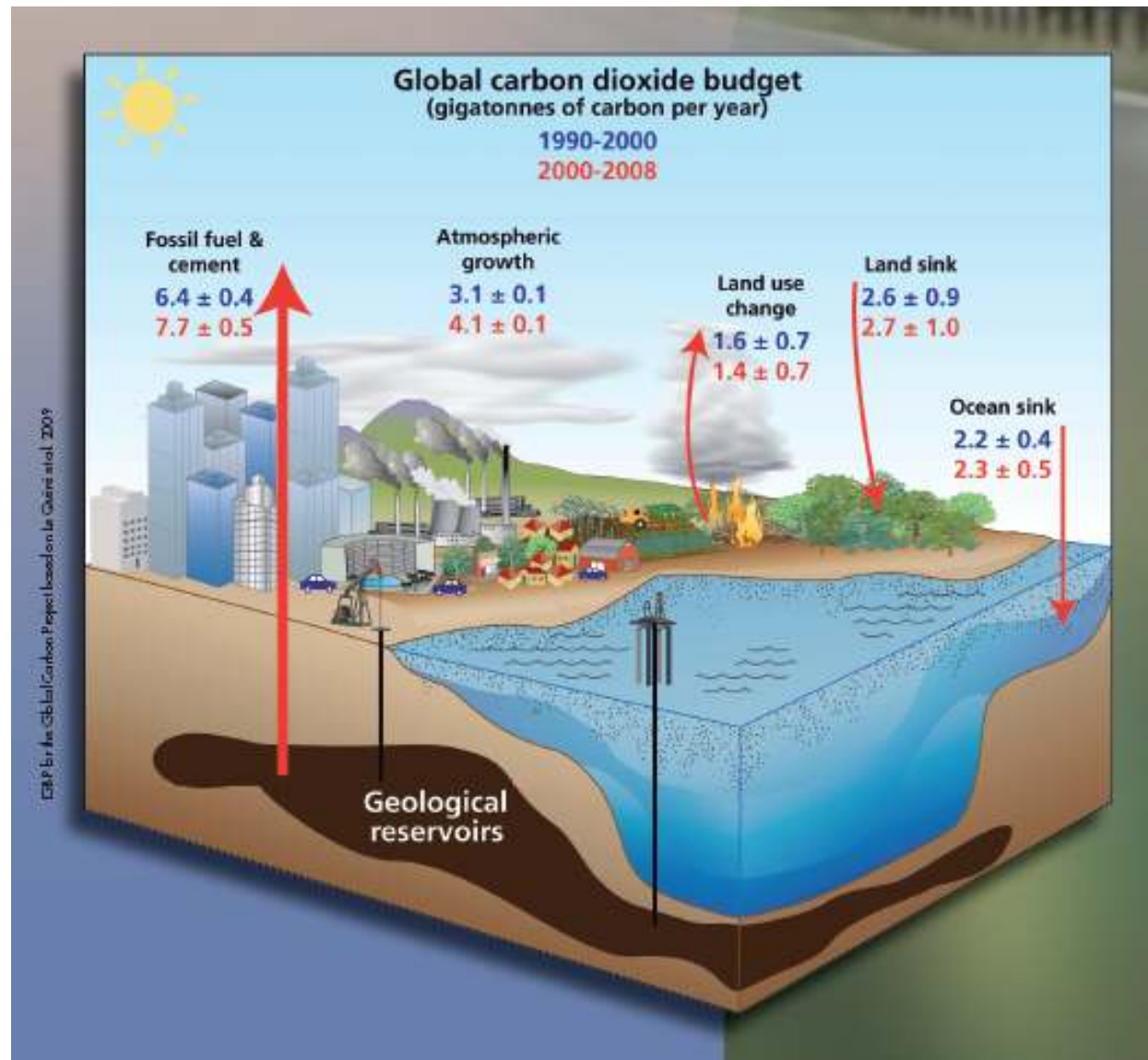


WWF® *for a living planet®*





WWF® *for a living planet®*



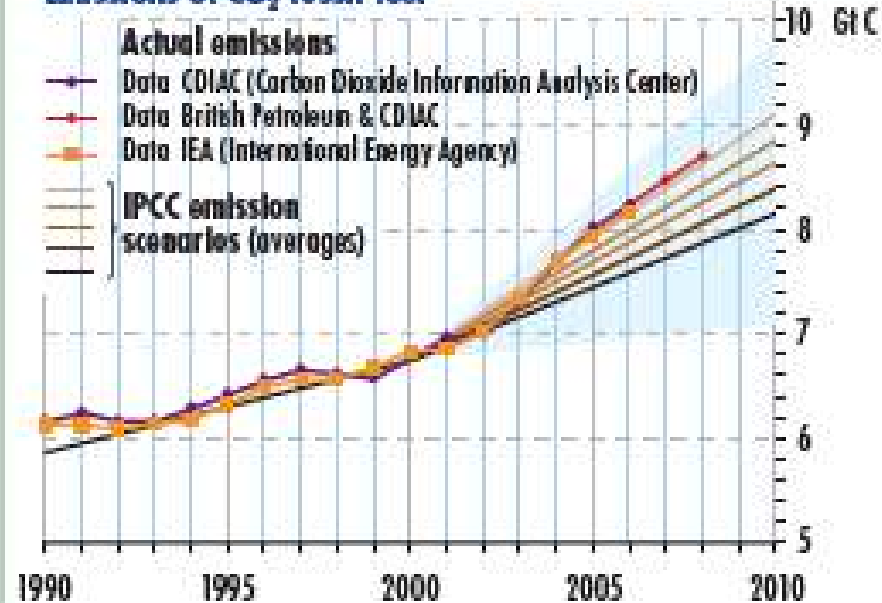


WWF® *for a living planet®*

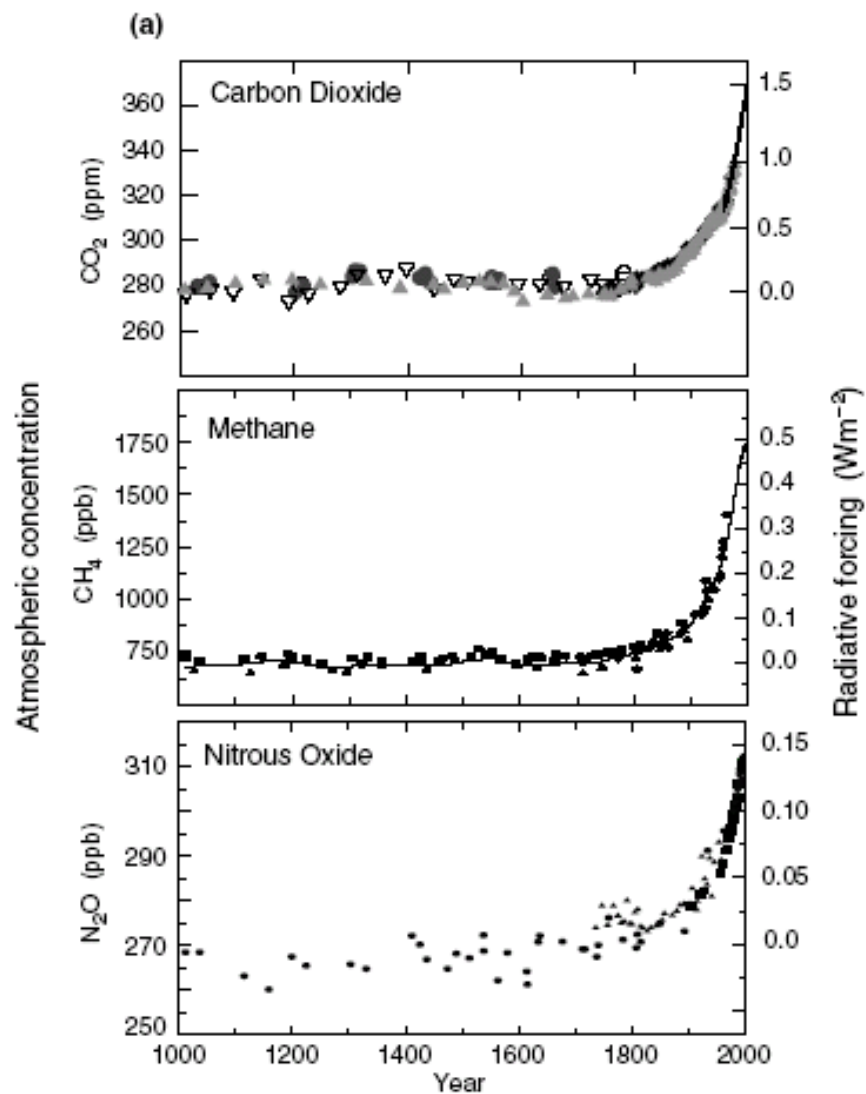
Increasing carbon emissions

Carbon emissions from fossil fuel combustion and cement production in 2008 were 8.7 Gt C, 41% higher than in 1990 (Kyoto Protocol base year), following the average of the most carbon-intensive scenarios of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Emissions of CO₂ fossil fuel



Concentrazione dei
gas serra dall'anno
1000 al 2000.



Aumento di concentrazione della CO₂ atmosferica

1970 – 1979: 1.3 ppm/anno

1980 – 1989: 1.6 ppm/anno

1990 – 1999: 1.5 ppm/anno

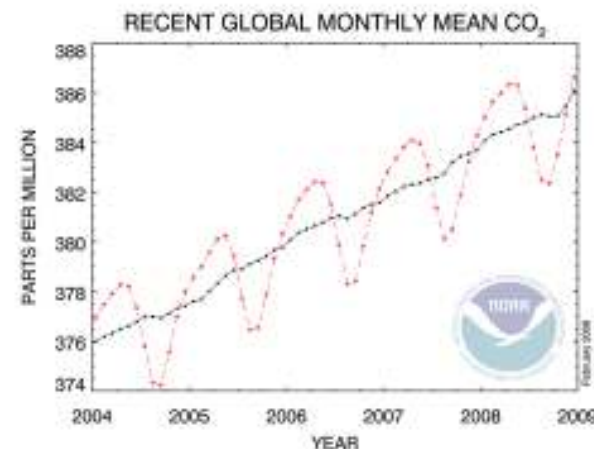
2000 - 2006: **1.9**

ppm/anno

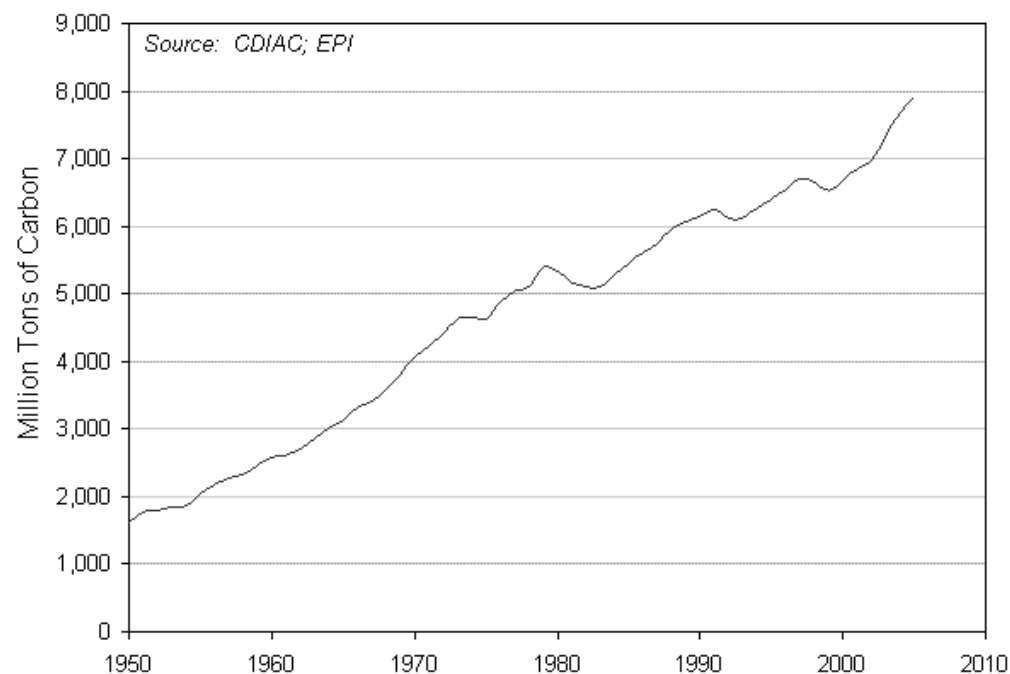
2007: 2.2 ppm/anno

Nel 2009 la concentrazione di CO₂ ha raggiunto **390 ppm**, il
38% in più del livello preindustriale.

L'attuale concentrazione di CO₂ è la più alta degli ultimi 2
milioni di anni!



Global Carbon Emissions from Fossil Fuel Burning, 1950-2005

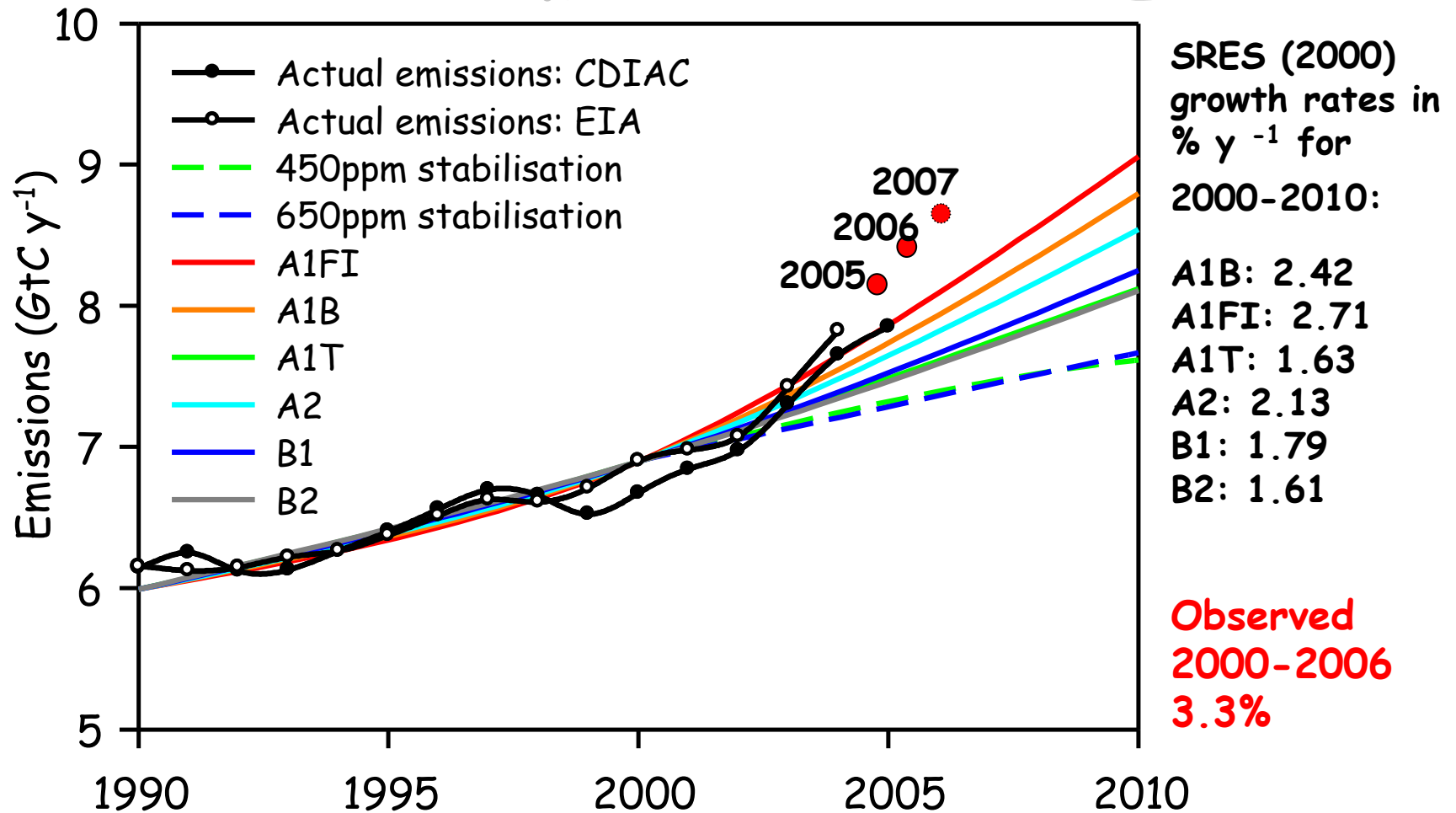


Le emissioni di carbonio, dovute all'utilizzo di combustibili fossili, sono passate dai circa 2 miliardi di tonnellate annue nel 1955 a 7,9 miliardi del 2005, pari ad oltre 28,9 miliardi di tonnellate di CO₂. Nel 2008 le emissioni di carbonio hanno raggiunto 8,7 miliardi di tonnellate.





Il trend di crescita di emissioni ha superato quelli ipotizzati per gli scenari di emissioni *IPCC-SRES*



Esiste carbonio e carbonio...

Il carbonio fossile è diverso dal carbonio giovane che circola nei cicli naturali. La differenza sta nel fatto che il carbonio fossile è estremamente povero dell'isotopo C14 in quanto ampiamente decaduto a causa dei lunghissimi tempi di permanenza nel sottosuolo (decine o centinaia di milioni di anni).



Quindi mentre il carbonio vecchio proveniente dai combustibili fossili è costituito dall'isotopo stabile del carbonio (C 12), il carbonio giovane (che circola nell'atmosfera, negli oceani e nei sistemi viventi) presenta una certa concentrazione dell'isotopo C 14 (instabile).



Il carbonio di cui va prevalentemente aumentando la concentrazione in atmosfera è ricco dell'isotopo C 12 ma non di quello C 14... In pratica in atmosfera sta aumentando soprattutto la concentrazione di carbonio vecchio proveniente dall'utilizzo di combustibili fossili...



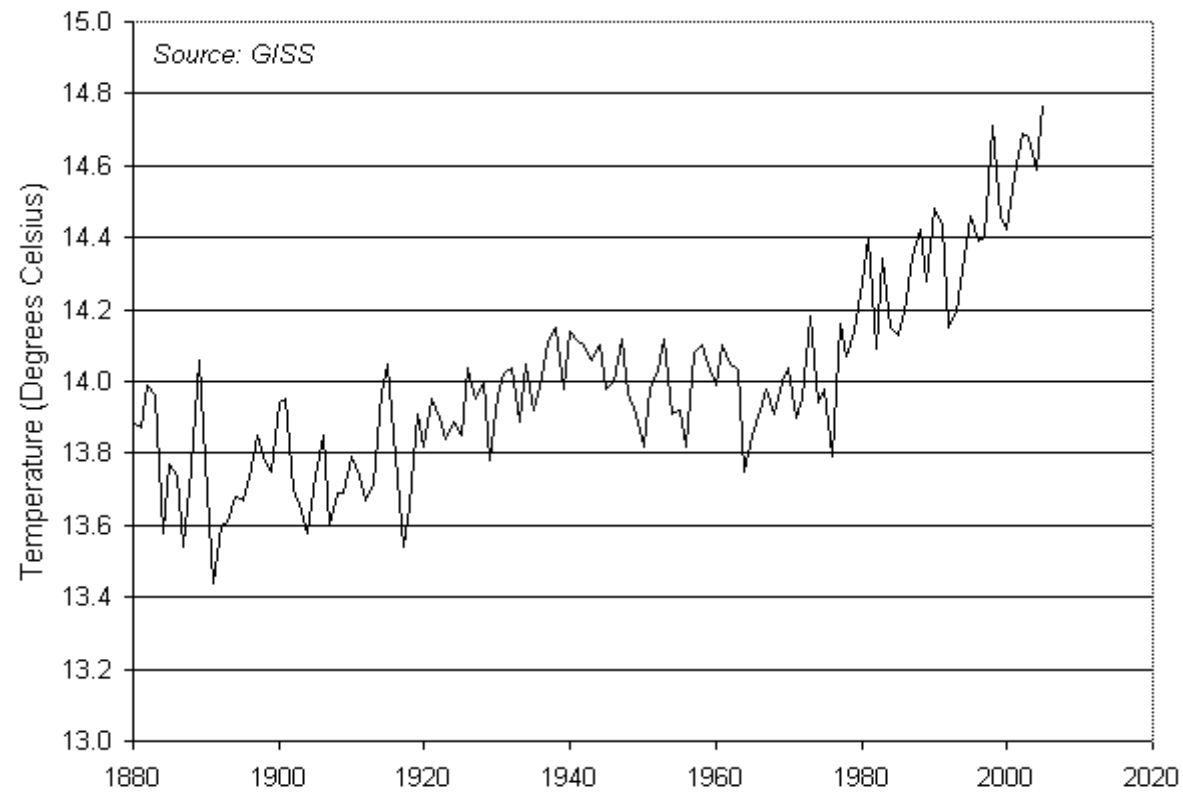
Le differenti molecole di gas serra presentano un diverso tempo di permanenza in atmosfera: la CO_2 ha una vita media di circa 200 anni, il CH_4 resta in atmosfera circa 11 anni, il N_2O circa 115 anni...





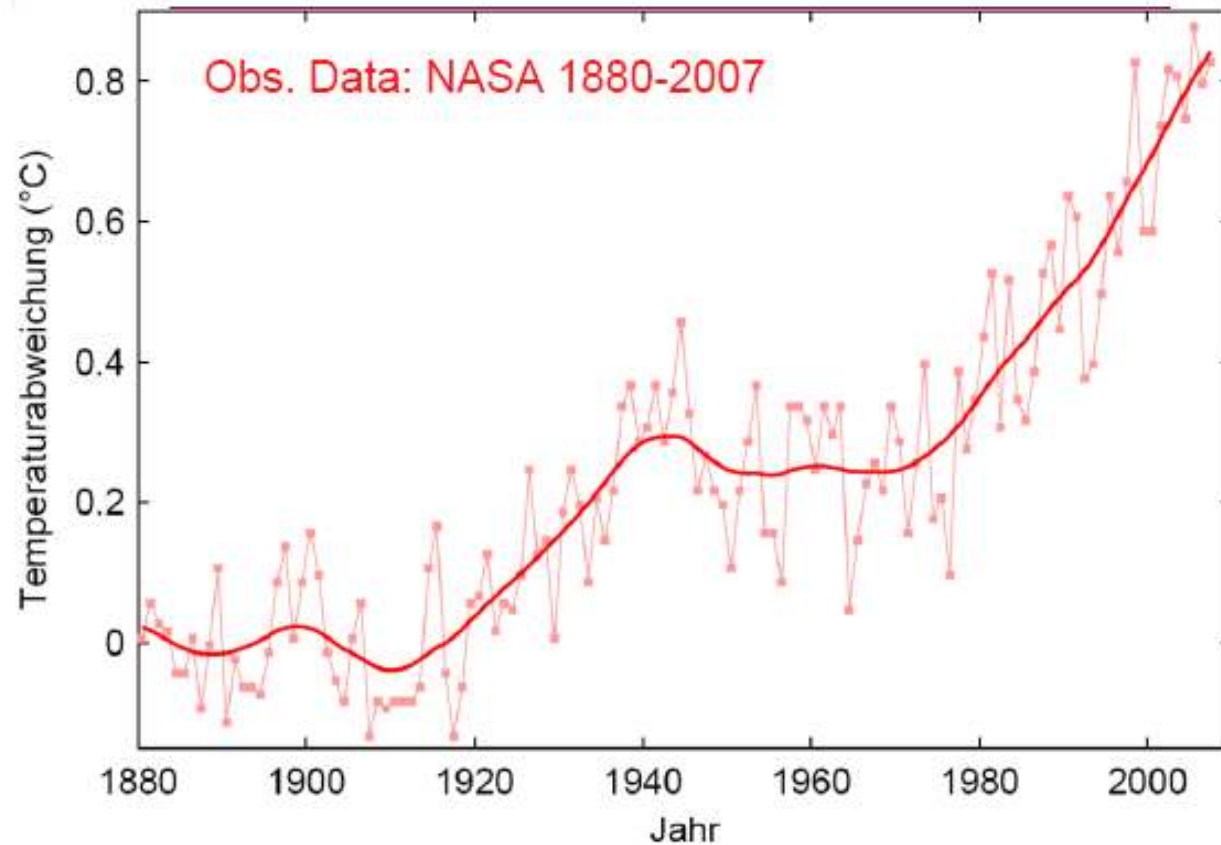
WWF *for a livina nlanet*®

Average Global Temperature, 1880-2005





Observed Warming



Increase in global mean surface temperature: $\sim 0.8^{\circ}\text{C}$ since 1900
Similar increase in sea surface temperatures



Proiezioni sull'innalzamento delle temperature per il XXI secolo

Secondo tutti gli scenari tracciati dall'IPCC la temperatura media globale continuerà a crescere: entro la fine del secolo (anno 2100) potrebbe aumentare da un minimo di 1,1°C ad un massimo di 6,4°C. Negli scenari considerati più probabili, la temperatura dovrebbe crescere di circa 2,3-4,1°C.



Riduzione dei ghiacciai artici





WWF® *for a living planet*®

Immagine tratta dalla
presentazione di Stefan
Rahmstorf, Potsdam-Institute
for Climate Impact Research

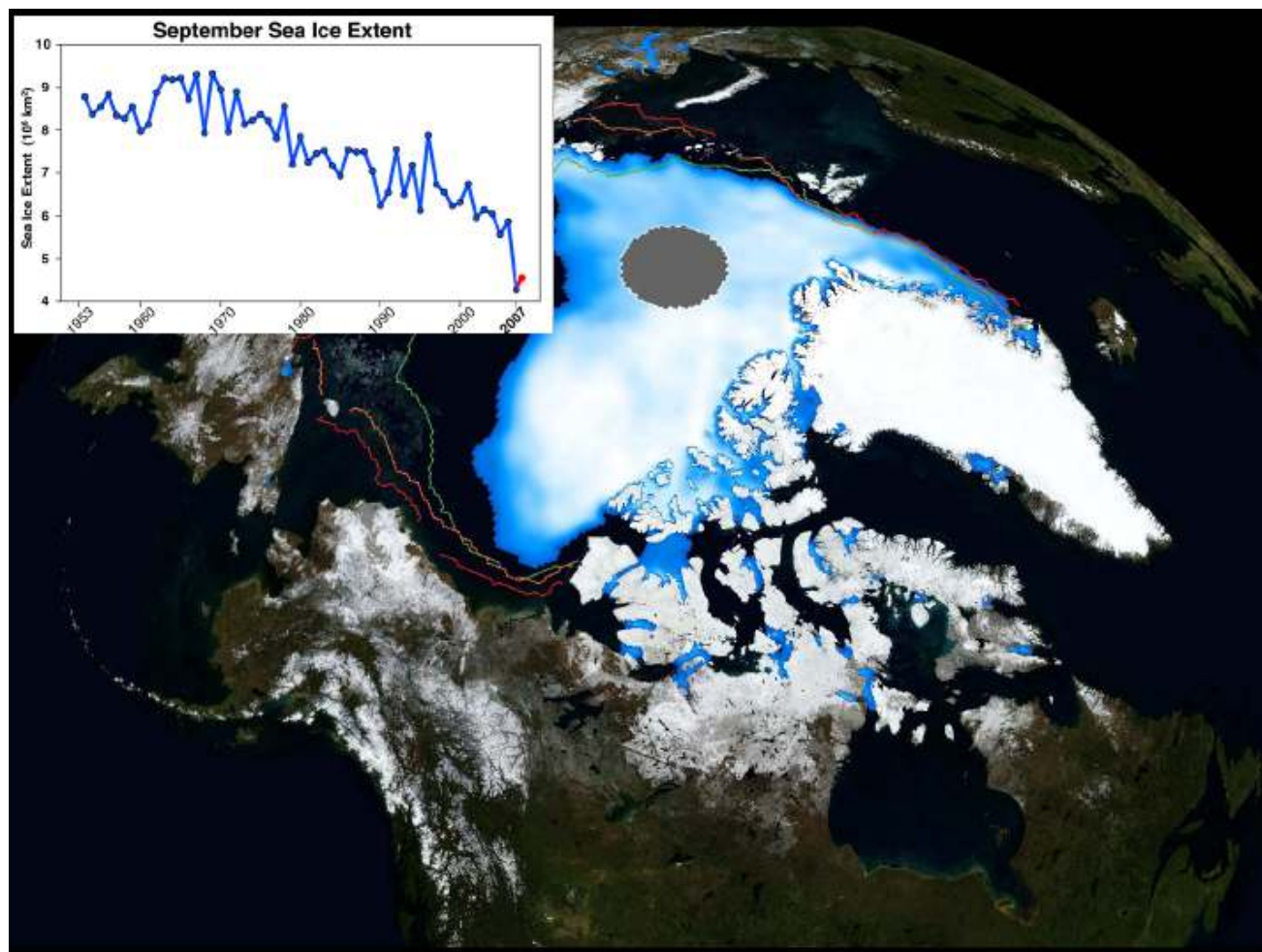
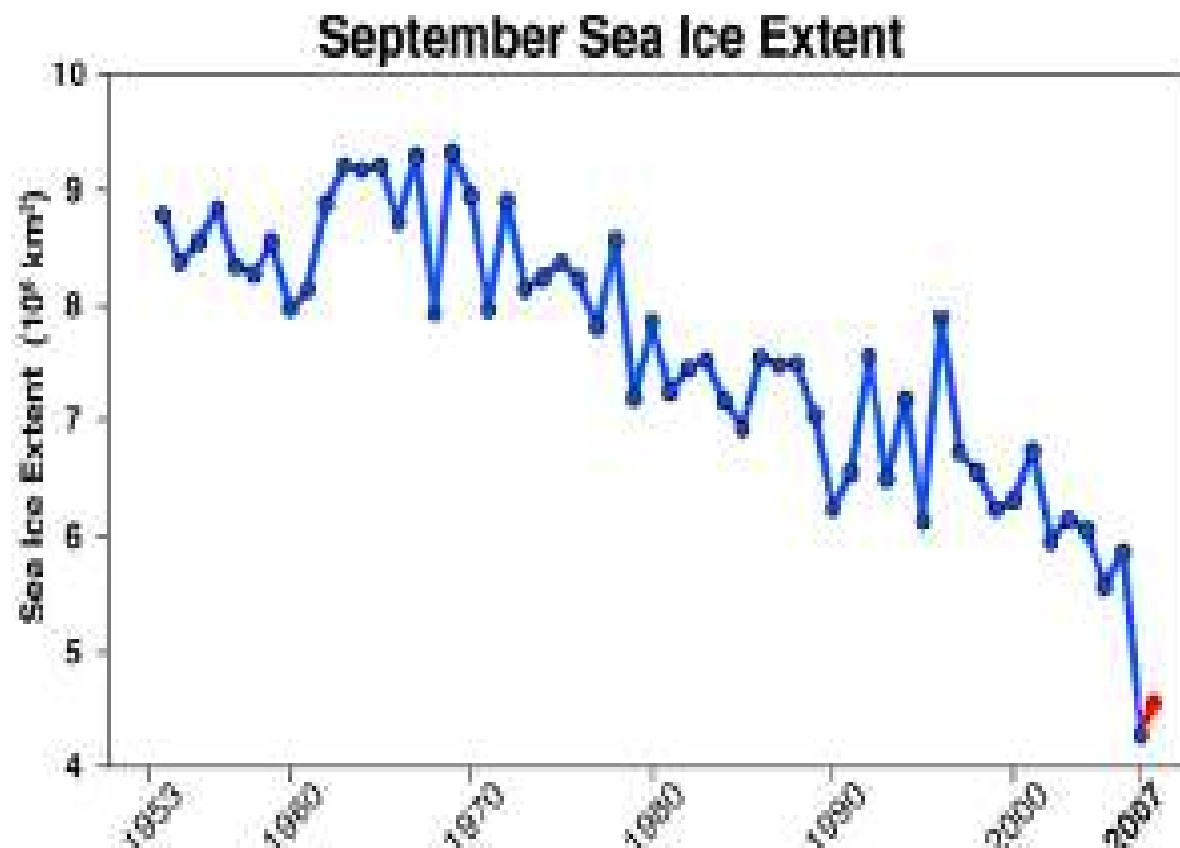


Immagine tratta dalla
presentazione di Stefan
Rahmstorf, Potsdam-Institute
for Climate Impact Research



Shrinking Arctic Sea Ice

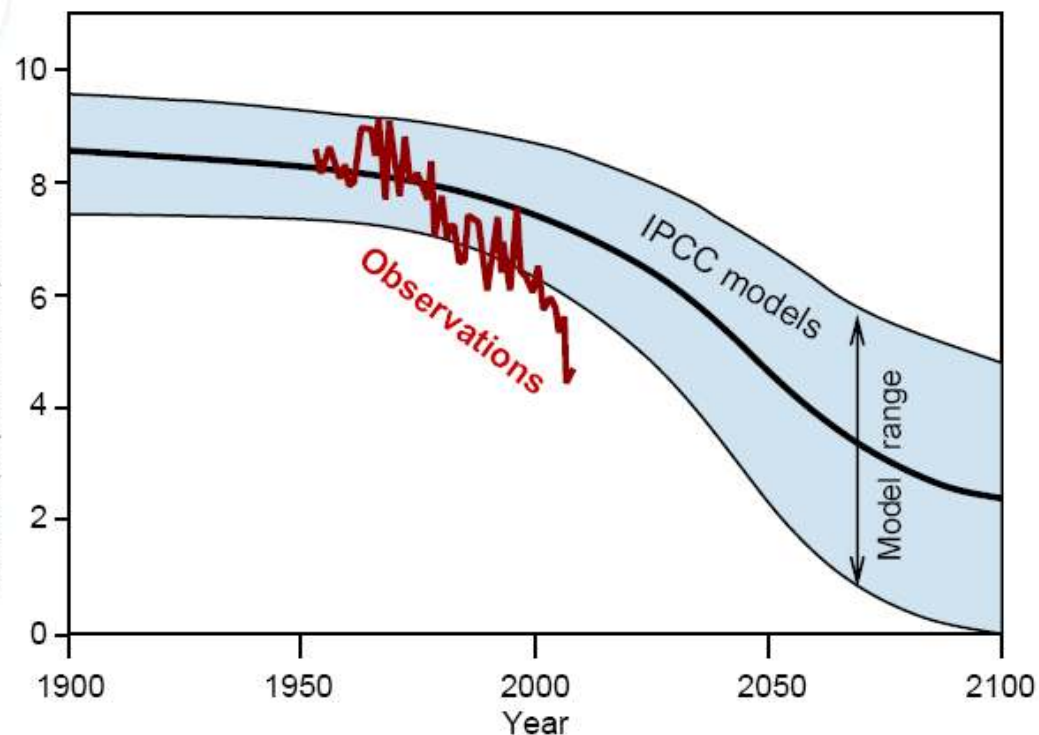


Immagine tratta dalla
 presentazione di Stefan
 Rahmstorf, Potsdam-Institute
 for Climate Impact Research



Il 2008 è stato il secondo anno, dopo il 2007, con la più bassa superficie di ghiacci artici alla fine di settembre, periodo in cui termina lo scioglimento naturale estivo dei ghiacci.



Da quando esistono
le registrazioni da satellite, cioè dal 1979, la superficie
estiva dei ghiacci si è andata drasticamente riducendo.
Nel 2005 erano 5.57 milioni di kmq, nel 2007 erano 4,28
milioni di kmq (l'anno più basso da quando esistono le
registrazioni da satellite) mentre nel 2008 è stata registrata la
superficie di 4,67 milioni di kmq.
(Fonte: National Snow and Ice Data Center, 2008)



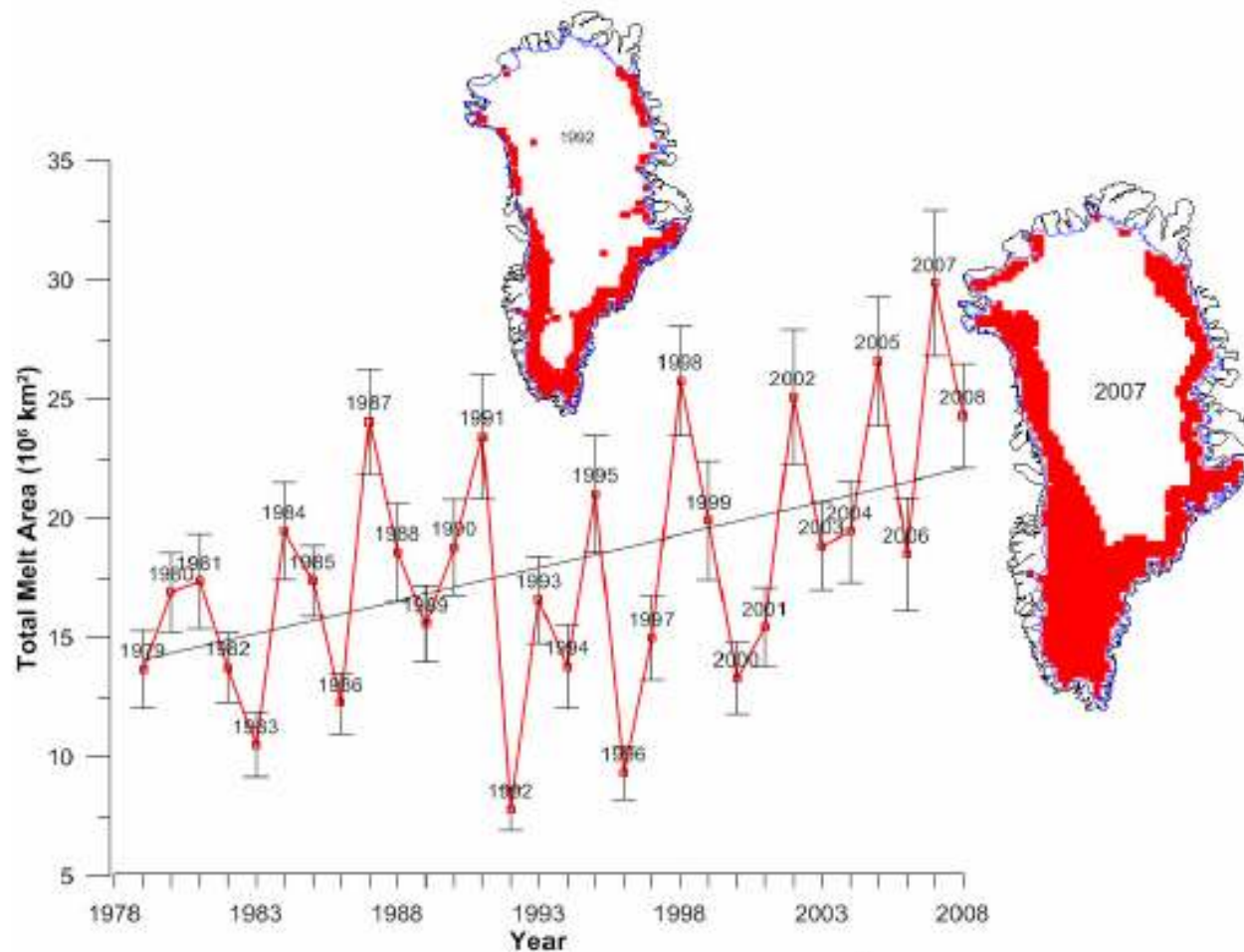


Figure 9: Greenland ice-melt since 1979



<http://www.copenhagendiagnosis.com/>



Anche i ghiacci delle medie latitudini non se la passano meglio: dalle Alpi all'Himalaya, dalle Ande all'Alaska i ghiacciai si stanno ritirando. **Si stima che entro la fine di questo secolo circa la metà dei ghiacciai delle medie latitudini sarà completamente scomparsa...**

Per le Alpi, secondo un recente rapporto dell'UNEP, la perdita di ghiacci ha raggiunto il 50% di volume rispetto alla metà del '800...





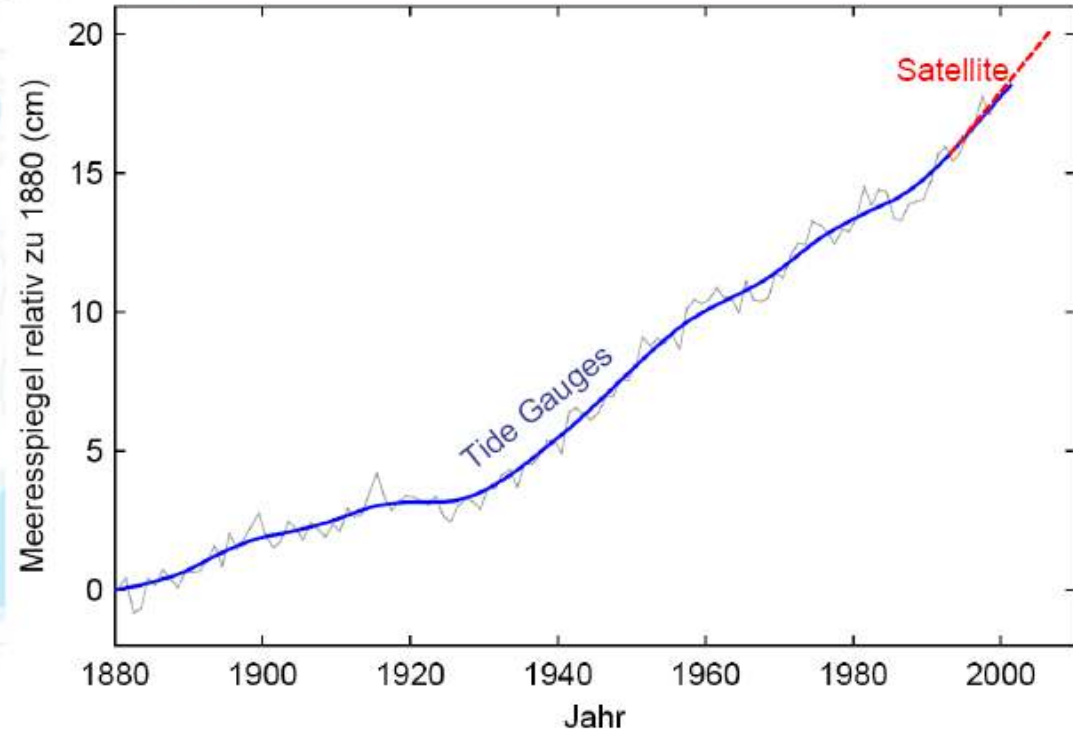
WWF® for a living planet®



WWW.OZEAN-KLIMA.DE

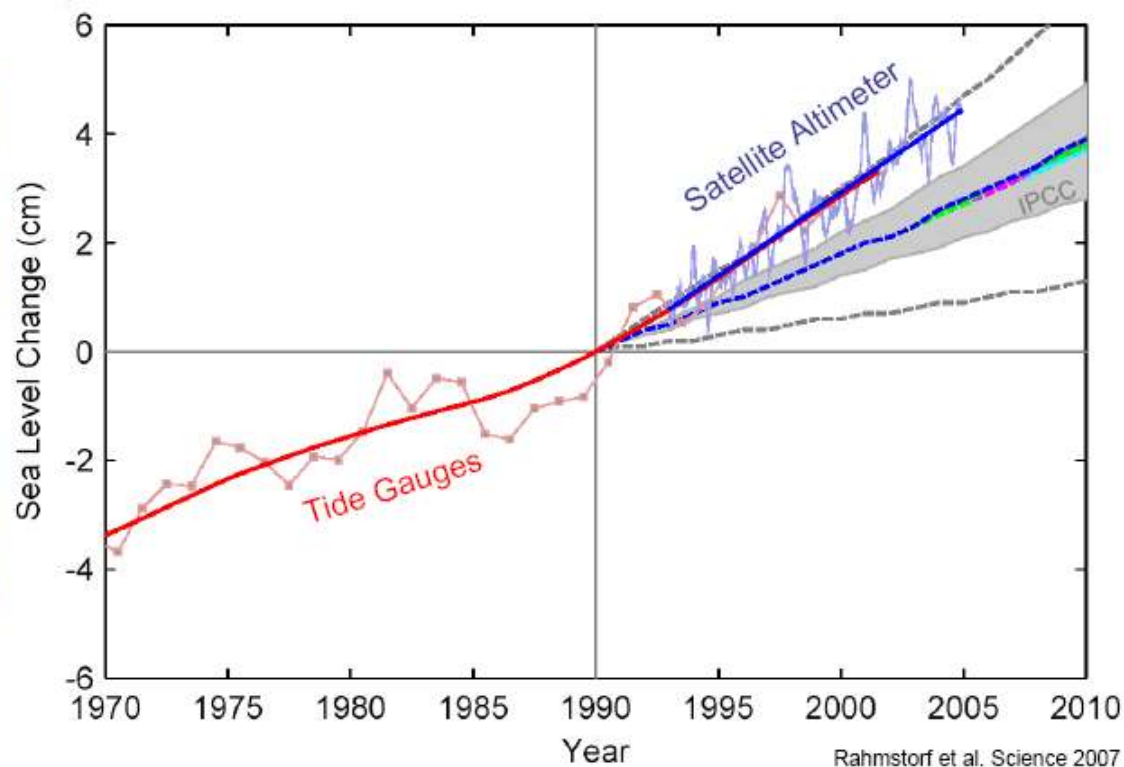
Sea Level Rise

Immagine tratta dalla
presentazione di Stefan
Rahmstorf, Potsdam-Institute
for Climate Impact Research



Sea Level Rise

Immagine tratta dalla
presentazione di Stefan
Rahmstorf, Potsdam-Institute
for Climate Impact Research

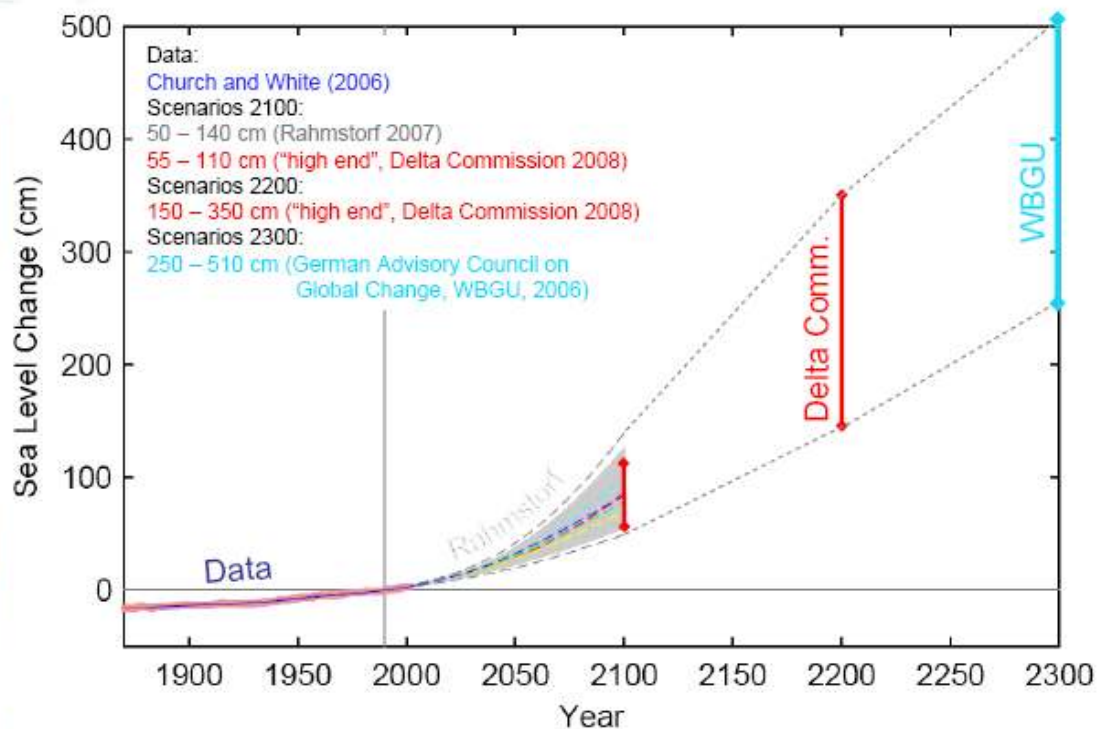


12



Recent Sea Level Estimates

Immagine tratta dalla
presentazione di Stefan
Rahmstorf, Potsdam-Institute
for Climate Impact Research



Proiezioni sull'innalzamento del livello dei mari per il XXI secolo

Secondo la comunità scientifica al 2100 il livello del mare potrebbe aumentare tra 19 e 58 cm e più probabilmente tra i 28 ed i 43 cm. In questi scenari non sono, però, stati inclusi i processi dinamici di fusione non lineare dei ghiacci artici e antartici che potrebbero portare a ben altre conseguenze...

In realtà l'innalzamento del livello dei mari anche di solo alcune decine di centimetri comporterà la sommersione di vasti territori costieri densamente popolati, creando decine di milioni di profughi ambientali.



Se la velocità del riscaldamento climatico dovesse essere molto elevata (cioè superiore ai $4,5^{\circ}\text{C}$ come ipotizzato dagli scenari di massimo aumento delle temperature), i ghiacci della Groenlandia, potrebbero subire accelerati processi di fusione o addirittura collassare. In tal caso, l'innalzamento del livello del mare potrebbe essere perfino di 7 metri.

Nel caso, ritenuto comunque improbabile (per questo secolo), di scioglimento di tutti i ghiacci dell'Antartide, l'innalzamento dei mari potrebbe superare ampiamente i 57 metri...

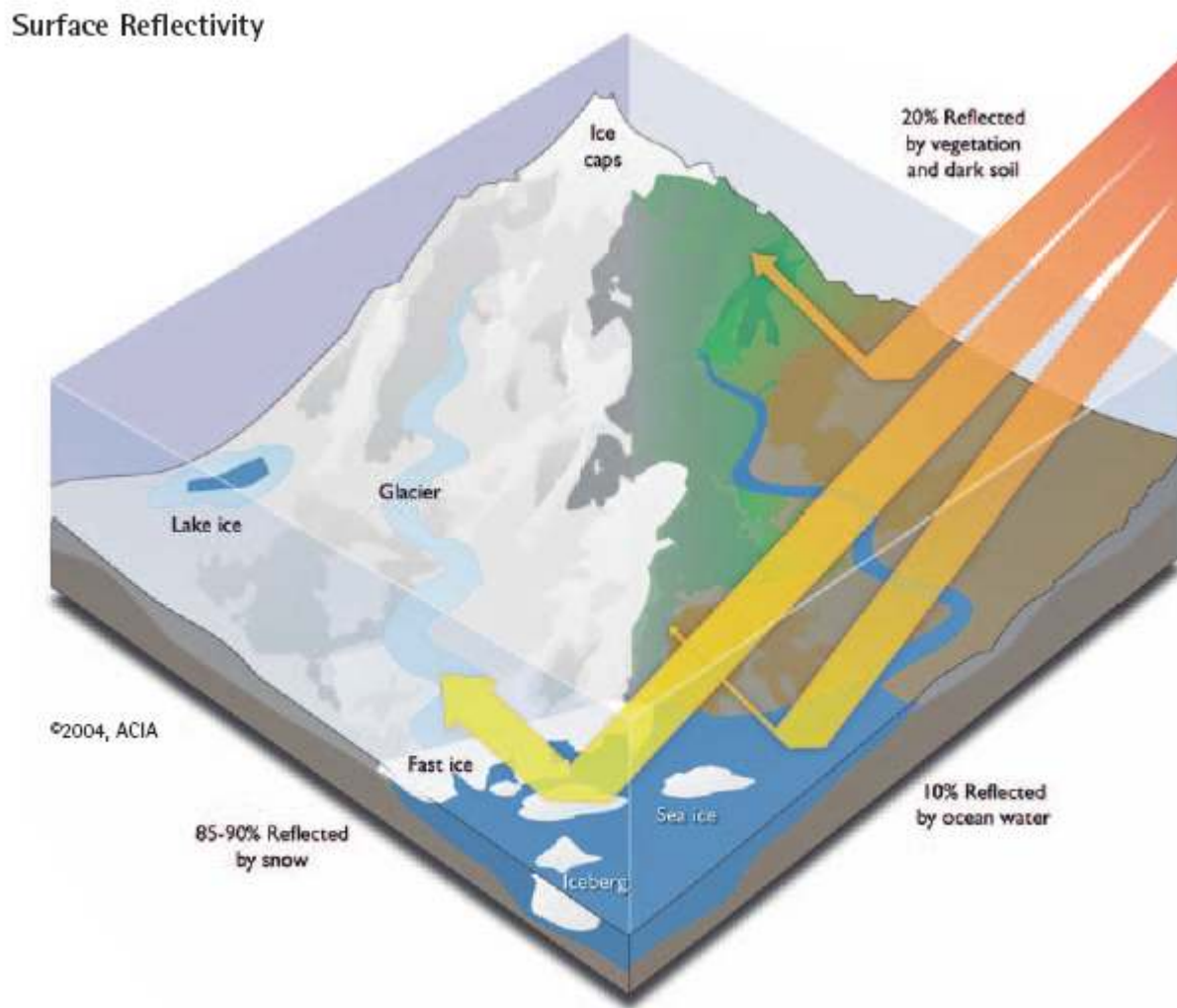


Alcuni cambiamenti previsti per il ventunesimo secolo

- Maggiore intensità di cicloni tropicali ed extratropicali
- Aumento di temperature estreme ed eventi siccitosi
- Aumento dell'intensità delle precipitazioni
- Aumento della variabilità climatica
- Continua fusione dei ghiacciai di terra ferma e marini
- Indebolimento della circolazione globale oceanica
- Aumento dell'acidità dei mari

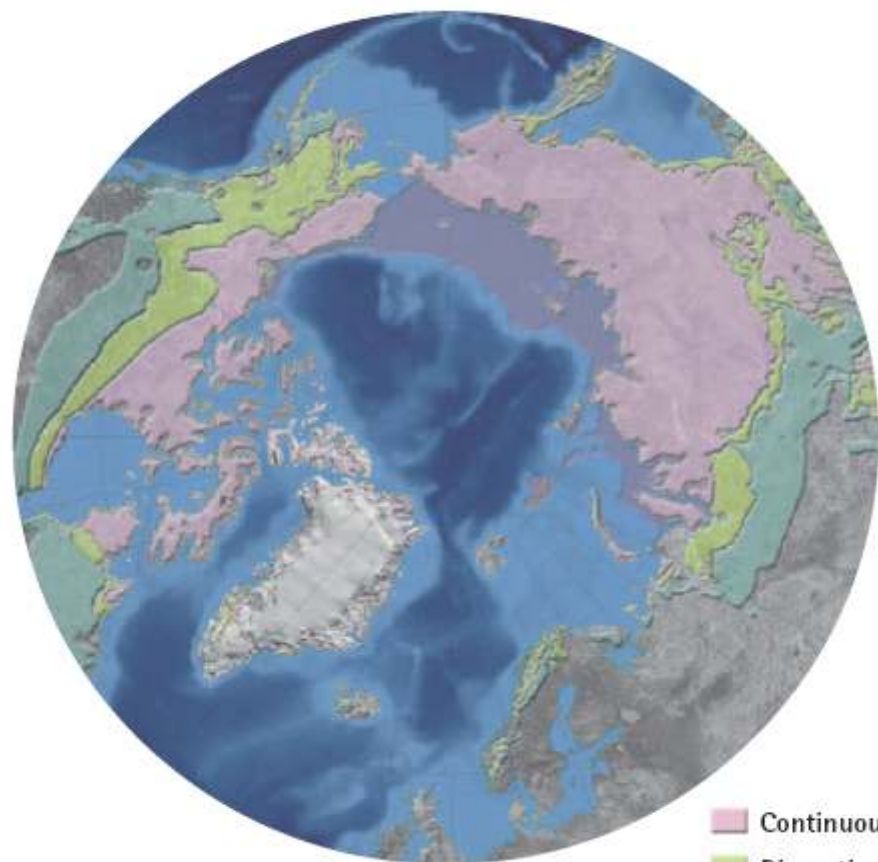


Different capacity
to reflect solar
radiation (Albedo)



Il permafrost si sta sciogliendo

Observed Permafrost Regions



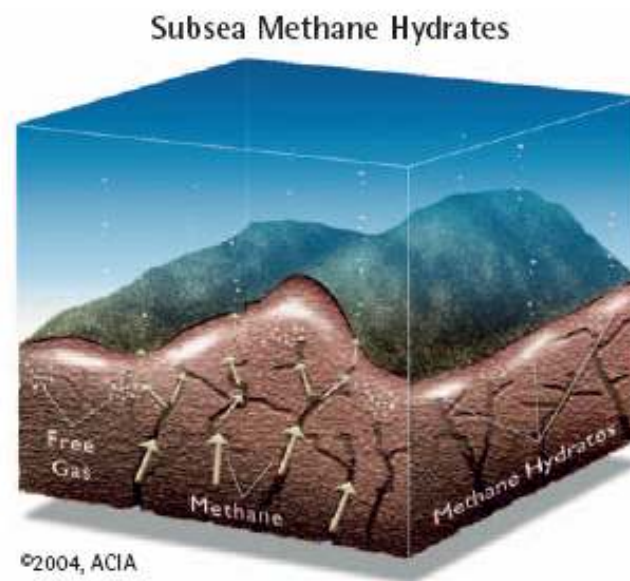
©2004, ACIA/ map ©Clifford Grabhorn

- Continuous
- Discontinuous
- Sporadic
- Subsea

Subsea permafrost in the Arctic occurs in the wide continental shelf area. Narrow zones of coastal permafrost are probably present along most arctic coasts.



La minaccia degli Idrati di metano



Vast amounts of methane, in a solid icy form called methane hydrates or clathrates, are trapped in permafrost and at shallow depths in cold ocean sediments. If the temperature of the permafrost or water at the seabed rises a few degrees, it could initiate the decomposition of these hydrates, releasing methane to the atmosphere.





WWF® *for a living planet®*

Global Ocean Circulation





Cambiamenti climatici e impatti sulla biodiversità

Il clima condiziona fortemente la distribuzione e la composizione delle specie viventi influenzando su tutti gli ecosistemi terrestri.

Ogni habitat e specie presenta un proprio grado di sensibilità alle variazioni climatiche e una differente capacità di adattarsi a esse.

Minore è la capacità di adattamento più alto è il rischio di estinzione come nel caso di quelle specie con scarse possibilità di modificazione o spostamento.





Uno dei casi più evidenti di ecosistema sensibile al cambiamento climatico è costituito dalle **barriere coralline**. I coralli che costituiscono le grandi barriere coralline, sono frutto della simbiosi di polipi e di alghe (zooxantelle). Questi si sviluppano solo in acque limpide e con temperature comprese tra i 18 e i 30°C (in realtà l'intervallo ottimale di temperatura oscilla tra 25 e 29°C). Se la temperatura dell'acqua supera i 30°C l'alga simbionte muore e i coralli vanno incontro alla morte con un processo di sbiancamento noto come *bleaching*.





In diverse parti del mondo, negli ultimi anni, sempre più spesso si sono superate le temperature critiche di 29-30°C: secondo diverse ricerche ormai il 20% delle barriere coralline mondiali sono morte, circa il 24% è a imminente rischio di morte e un altro 26% risulta fortemente minacciato.

Gli scienziati sono estremamente preoccupati da quanto sta accadendo anche perché una volta morta la barriera corallina non si riforma più...



Lo stato della conoscenza scientifica dopo la pubblicazione del 4° rapporto dell'IPCC (2007)

Dalla pubblicazione di questo fondamentale rapporto, la ricerca scientifica sul cambiamento climatico e i suoi impatti è proseguita e nuovi studi stanno rivelando che il riscaldamento globale avanza a ritmi molto più rapidi rispetto alle previsioni degli studi precedenti, compreso lo stesso Quarto Rapporto dell'IPCC.



Sembra che importanti aspetti legati al cambiamento climatico siano stati sottovalutati ed alcuni impatti si stiano verificando prima del previsto. Per esempio, precoci segnali di cambiamento suggeriscono che il riscaldamento globale aumentato di quasi 1°C, potrebbe aver già innescato il primo Tipping Point (punto critico) del sistema climatico della Terra, ovvero la scomparsa dei ghiacci artici durante l'estate.



Tipping points: i Punti Critici

Agli inizi del 2008 un importante team di scienziati ha pubblicato uno studio sui cosiddetti “Tipping elements” del sistema climatico terrestre.
(Lenton et al., 2008).



Lo studio illustra alcuni degli elementi critici in alcune aree del nostro pianeta che potrebbero sorpassare una soglia per cui il verificarsi di una piccola perturbazione potrebbe qualitativamente alterare lo stato o lo sviluppo del sistema provocando, a cascata, una ampia scala di impatti sui sistemi umani ed ecologici.



Lo studio indica 15 aree o fenomeni sui quali le ricerche sin qui svolte indicano la possibilità di un passaggio critico nell'arco di periodi che vanno da uno a 10, 50, 300 o molti più anni.

Questo impone risposte politiche urgenti per evitare che ciò possa accadere.



Le 15 situazioni riguardano:

- la formazione del ghiaccio artico estivo
- il ghiacciaio della Groenlandia
- il ghiacciaio Antartico occidentale (WAIS)
- la circolazione termoalina dell'Atlantico (THC)
- la cosiddetta El Nino – Southern Oscillation (ENSO)
- il monsone estivo indiano (ISM)
- il monsone occidentale Sahara/saheliano (WAM)
- la foresta tropicale amazzonica
- la foresta boreale
- l'Antarctic Bottom Water (AABW)
- la tundra
- il permafrost
- gli idrati di metano nel mare
- la perdita di ossigeno negli oceani e l'ozono artico.



L'Oceano Artico sta perdendo i suoi ghiacci 30 anni prima o anche più rispetto alle proiezioni presentate nel Quarto Rapporto dell'IPCC (Stroeve et al., 2007).

La comunità
scientifica conviene che i principali
aspetti di questa accelerazione siano causati da meccanismi
di feedback, i cui effetti sono stati sottovalutati
nel IV Rapporto.



Per esempio, a causa della riduzione dei ghiacci artici le acque oceaniche sono state riscaldate di più dal sole, il che renderà ancora più difficile il riformarsi dei ghiacci negli inverni successivi.

Non a caso autorevoli scienziati affermano che siamo vicini al sorpasso di un punto critico del sistema di ghiacci in Artico.

Si prevede che i ghiacci estivi potrebbero completamente scomparire in alcune aree tra il 2013 e il 2040 – una condizione mai vista sulla Terra da più di un milione di anni.



COSA FARE?

- **MITIGAZIONE**

Entro il 2020 ridurre le emissioni di Anidride Carbonica (CO₂) del 25-40 e entro il 2050 di oltre 80%.

- **ADATTAMENTO**

- Garantire e aumentare resistenza e resilienza degli ecosistemi naturali
- Prevenire (in modo sostenibile) gli impatti sulle attività, sulla salute e sulle vite umane.



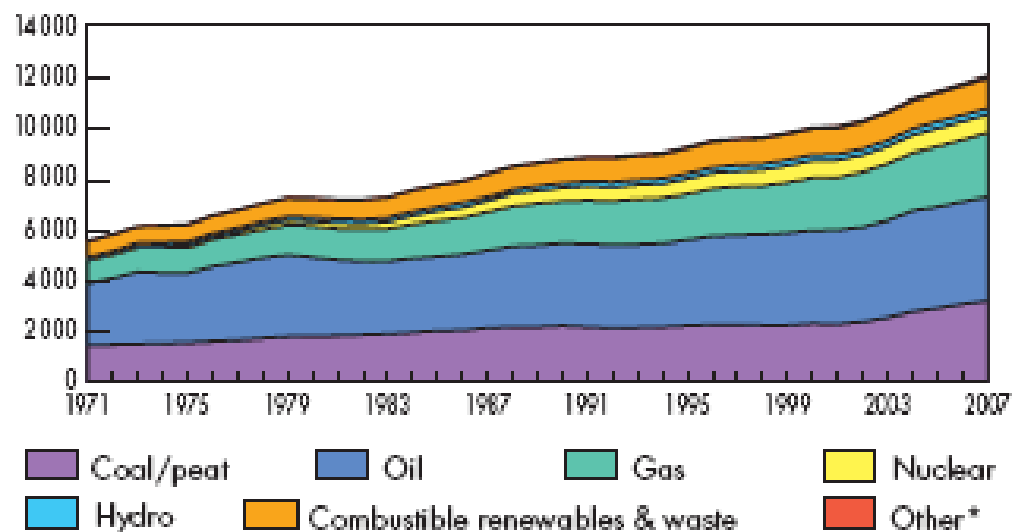
Le dimensioni del problema . . .



TOTAL PRIMARY ENERGY SUPPLY

World

Evolution from 1971 to 2007 of world total primary energy supply by fuel (Mtoe)



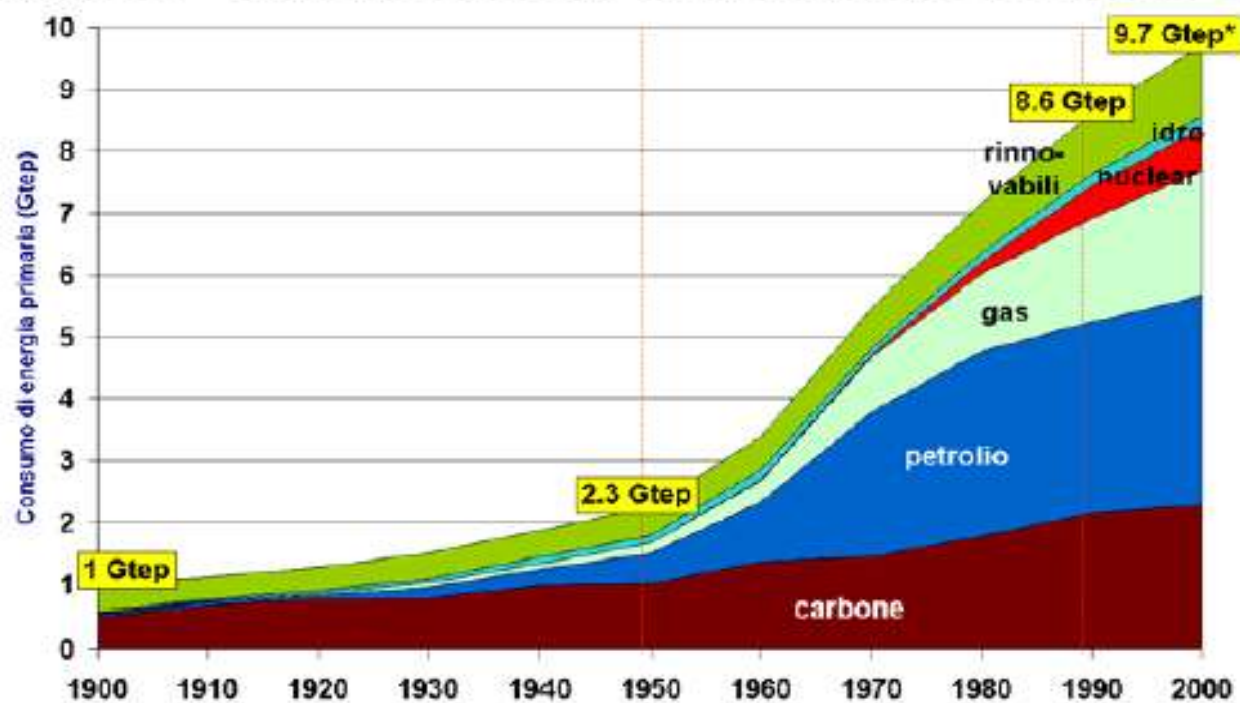
Tratto dal
Key World Energy
Statistics 2009
della IEA





WWF® *for a living planet®*

Figura 1 – Il ricorso alle fonti di energia nel corso del 20° secolo

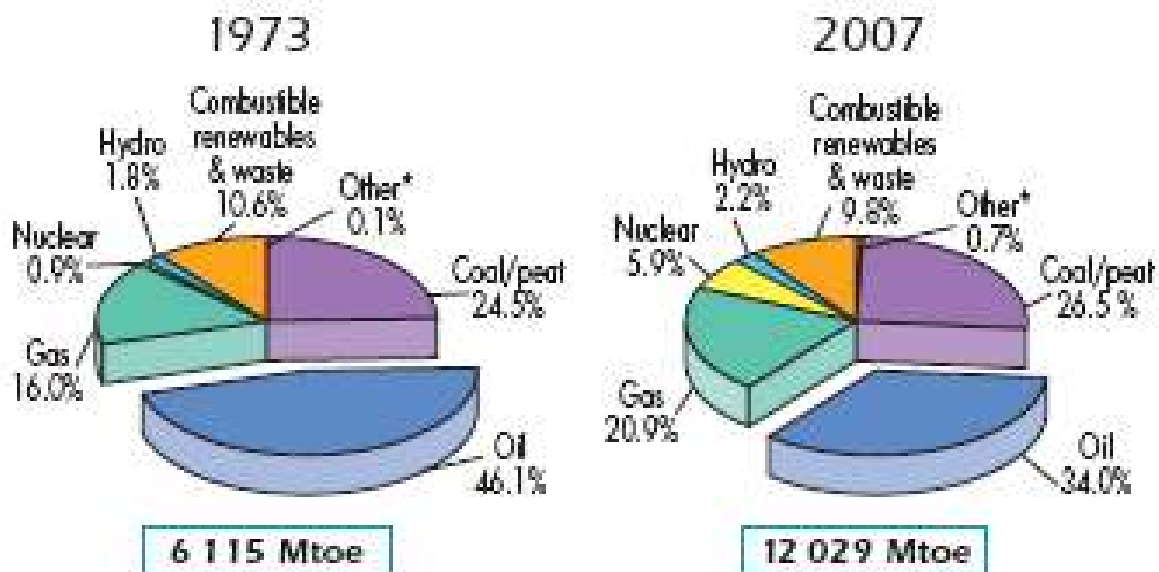


Fonte: Elaborazione ENEA da fonti varie



1973 and 2007 fuel shares of TPES

Tratto dal
 Key World Energy
 Statistics 2009
 della IEA



6

*Other includes geothermal, solar, wind, heat, etc.

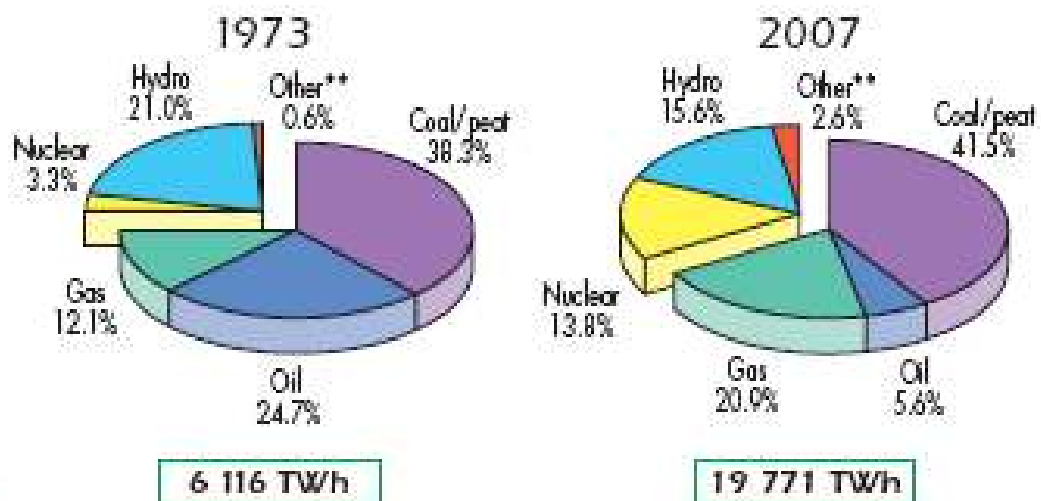




WWF® *for a living planet®*

Tratto dal
Key World Energy
Statistics 2009
della IEA

1973 and 2007 fuel shares of electricity generation*



*Excludes pumped storage.

**Other includes geothermal, solar, wind, combustible renewables & waste, and heat.



“...I PROBLEMI NON POSSONO ESSERE RISOLTI
DALLO STESSO ATTEGGIAMENTO MENTALE CHE
LI HA CREATI...”

Albert Einstein



Vere e finte soluzioni al problema energetico e climatico



Sicuramente tra le finte soluzioni c'è quella nucleare...

- * Non serve a migliorare la sicurezza energetica
- * Non è utile nella lotta ai cambiamenti climatici
- * Non è una risorsa illimitata
- * Non è economica
- * Non ha mai risolto il problema della gestione delle scorie
- * Non facilita la transizione a un differente modello energetico
- * Non semplifica il processo di disarmo e pacificazione





Cosa fare seriamente: L'efficienza energetica

Nel 2004 l'Italia ha consumato circa 197 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (Mtep), ma di questi oltre 52 Mtep sono di fatto “consumi e perdite del settore energetico”.

Praticamente il nostro paese spreca oltre il 26% di energia!



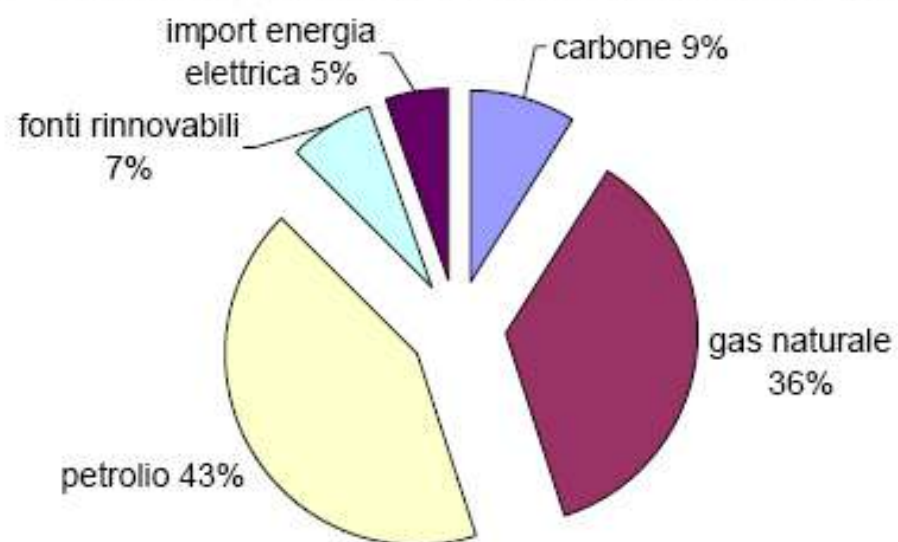
Tabella 3 - Consumi finali per settore e per fonte, Italia 2007

	Consumi (Mtep)	Petrolio (%)	Gas (%)	Carbone (%)	Elettricità (%)
Trasporti	44.650	97%	1%	-	2%
Industria	41.020	19%	40%	12%	29%
Residenziale e Terziario	43.410	11%	55%	4%	30%
Totale	144.100	48%	29%	5%	18%

Fonte: elaborazione ENEA su dati MiSE (Bilancio sintetico 2007)



Figura 19 - Disponibilità di energia per fonte, Italia 2007 (percentuali)



Fonte: elaborazione ENEA su dati del Bilancio Energetico Nazionale



Cosa fare seriamente: La Risorsa Efficienza



Nel rapporto ANPA “*La Risorsa Efficienza*” elaborato da Florentin Krause, Direttore dell’International Project for Sustainable Energy Paths (IPSEP, California, “*La Risorsa Efficienza*” ANPA, doc 11/1999) si rileva che con un completo spostamento di tutti gli investimenti per gli usi finali di apparecchiature, stabilimenti ed edifici verso le **tecnologie più efficienti** attualmente disponibili sul mercato, **il nostro Paese potrebbe risparmiare il 46% della domanda di elettricità prevista in un periodo di 15-20 anni.** Ciò equivale ad una “risorsa di efficienza sul lato della domanda” (*demand side resource*) di **153 TWh.**



Cosa fare seriamente:
Co-generazione e tri-generazione

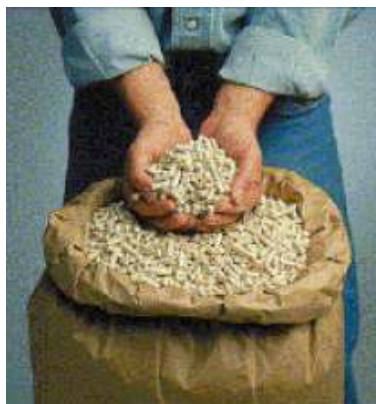
I piccoli impianti
che non sprecano il calore prodotto

Efficienze superiori all'80%





Cosa fare seriamente:
Le fonti rinnovabili



L'energia solare è la fonte energetica più abbondante di cui disponiamo: in meno di un'ora la Terra riceve dal Sole una quantità di energia pari all'intero consumo mondiale di un anno.

Ogni metro quadro di superficie terrestre riceve in un anno mediamente 2.059 kWh.

Tutto il fabbisogno di energia elettrica dell'Italia potrebbe essere ricavato da una superficie di circa 5.000 kmq, meno dell'1% del territorio nazionale...

