



raising
awareness on
climate and
energy
saving



LIFE07 INT/IT 487
The Project is partially funded by the
European Union Life + Programme

1

Modulo 1 di 4

Il clima cambia I segnali

1

Il clima cambia: I segnali

Il clima della Terra è sempre cambiato. In milioni di anni si sono susseguiti periodi più caldi a periodi più freddi, passando per ere glaciali e periodi interglaciali e gli storici ritengono che molta della storia della civiltà sia stata determinata dalle condizioni climatiche. Oggi stiamo vivendo un nuovo cambiamento di cui faticiamo a capire i meccanismi e le ragioni, ma ne vediamo i segnali in maniera chiara. Ecco quali sono....

Ma cosa influenza il clima?

Molti sono i fattori che contribuiscono a determinare il clima della Terra: in primo luogo sono fattori naturali, dovuti quindi a fenomeni indipendenti dall'azione dell'uomo, che sono essenzialmente le attività vulcaniche, la quantità di energia proveniente dal sole, effetti connessi all'inclinazione dell'asse terrestre, ma anche fattori stagionali come El Niño; in secondo luogo ci sono fattori antropici connessi quindi alle attività umane, modificabili dal nostro pressing sulla natura, come la concentrazione di gas ad effetto serra, la presenza di aerosol e l'uso del suolo. Queste variazioni, seppur con dinamiche diverse, hanno tutte l'effetto di produrre una modifica nella quantità di energia che viene riflessa, o non riflessa, dalla Terra verso lo spazio. Quando aumenta l'energia a disposizione del sistema Terra, ecco che si innescano fenomeni di cambiamento del clima connessi a questo surplus energetico. Banalmente, più energia nel sistema significa in prima luogo più calore. Non tutti questi fattori hanno lo stesso peso ovviamente; la comunità scientifica internazionale negli ultimi anni ha fatto ricorso al fenomeno dell'effetto serra che mette bene in evidenza alcune caratteristiche del sistema.

Un effetto serra potenziato

Il cosiddetto effetto serra è determinato dalla presenza e concentrazione in atmosfera di particolari gas, detti appunto gas serra per le loro proprietà di trattenere il calore proveniente dalla superficie terrestre (Vedi modulo 3- Le cause). All'effetto serra naturale, (senza il quale la temperatura media del pianeta sarebbe di $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$), si è aggiunto negli ultimi cento anni un effetto serra "potenziato" (enhanced) che sta facendo trattenere troppa energia e calore all'interno della nostra atmosfera.

... per la crescita dei gas serra

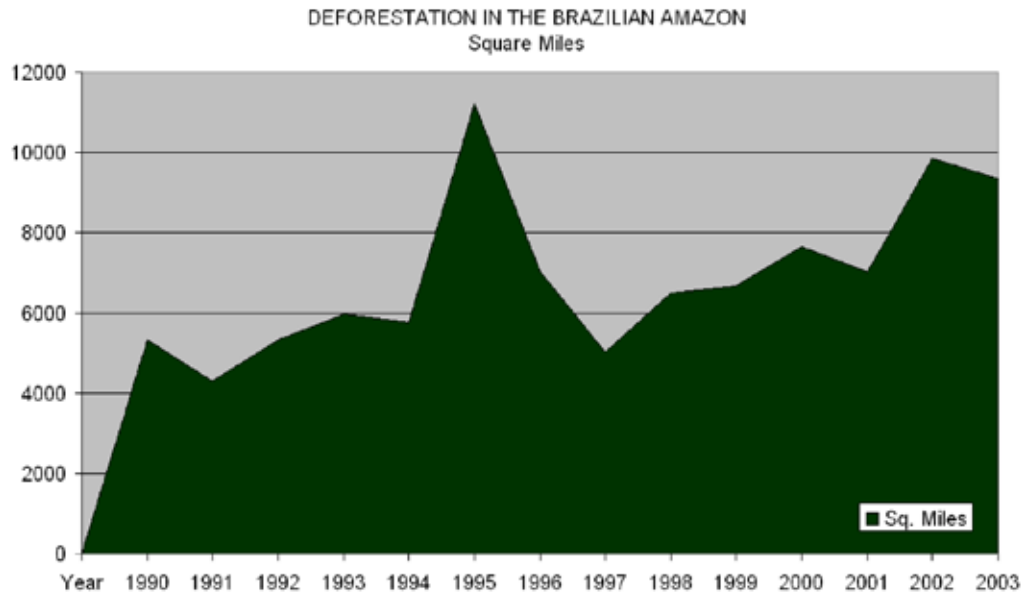
Dalla rivoluzione industriale ad oggi le concentrazioni di gas serra, di cui il principale è l'anidride carbonica (CO₂), sono aumentate in modo molto consistente; questo è essenzialmente il risultato dell'aumento esponenziale dei consumi energetici e del nostro modo di produrre energia attraverso la combustione di fonti fossili come il petrolio e il carbone (vedi Modulo 3 - Le cause).

Nel 2001 il consumo di combustibili fossili era 4.7 volte quello del 1950 (WorldWatch, Vital Sign 2003).

Deforestazione

Il 20% delle emissioni globali deriva dalla deforestazione tropicale.

L'aumento delle emissioni infatti, oltre ai consumi energetici, è legato anche ad altri fattori come i cambiamenti di uso del suolo di cui il più importante è certamente la deforestazione che sta avvenendo ai tropici e la conseguente perdita di enormi stock di carbonio, e quindi di CO₂, immagazzinato nelle piante da millenni. Ogni secondo si perde un acro di foresta; il 20% delle emissioni globali deriva dalla deforestazione tropicale.

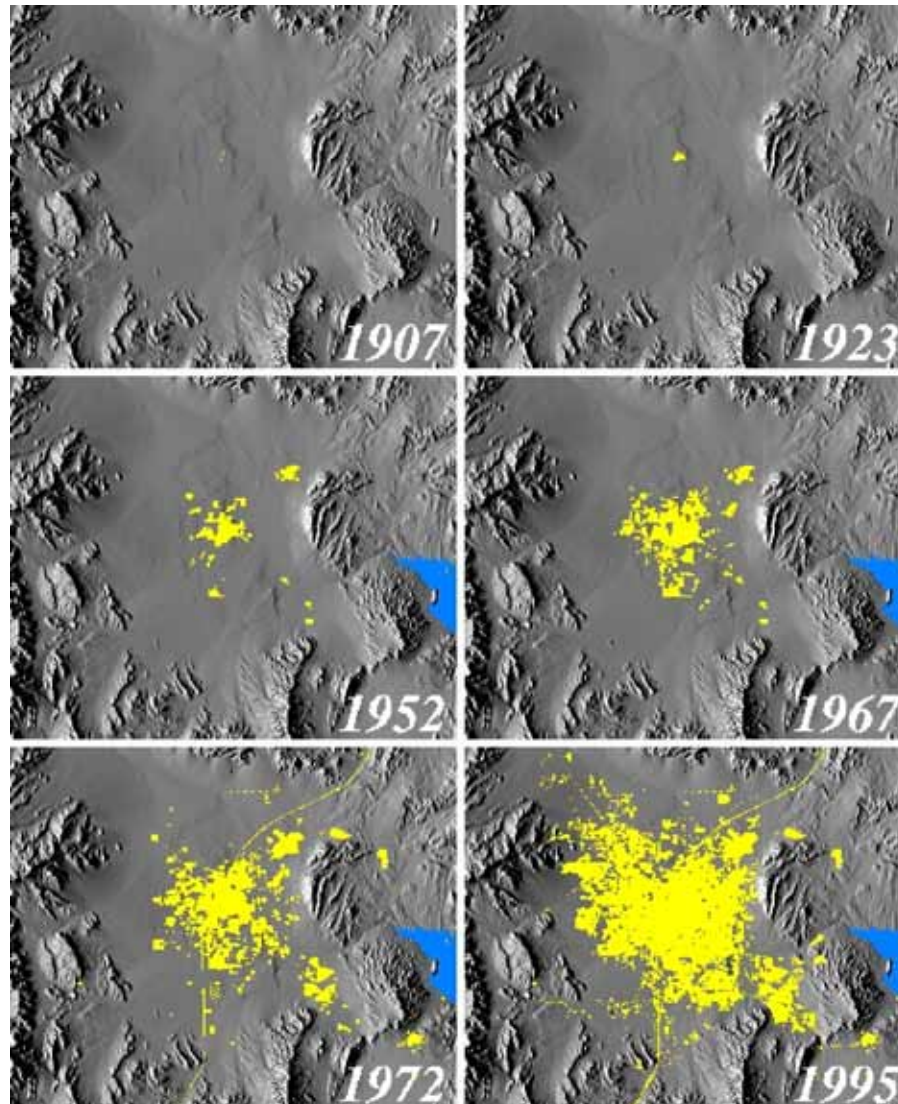


http://www.mongabay.com/images/brazilian_deforestation.gif

Urbanizzazione

Negli ultimi 200 anni la popolazione urbana mondiale è cresciuta di 200 volte.

Nell'uso del suolo un ruolo importante è giocato anche dall'espansione delle aree urbane a discapito di quelle agricole o delle terre incolte che è certamente una concausa dell'innalzamento dei livelli di gas serra e ancor più dell'aumento delle temperature, soprattutto a scala locale. Basta pensare che negli ultimi 200 anni la popolazione urbana mondiale è cresciuta di 200 volte e che nel 2008 ha superato quella residente nelle aree rurali: con conseguente innalzamento dei fabbisogni energetici.



Cambio di uso del suolo nella valle di Las Vegas FONTE www.usgs.gov

Il grande uso di energia proveniente da fonti fossili ha quindi prodotto un aumento consistente delle emissioni di gas ad effetto serra di cui il più importante è l'anidride carbonica (CO₂). La sua concentrazione in atmosfera è aumentata enormemente tanto da raggiungere nel 2006 il valore di 380 ppm (parti per milione), sorpassando di molto i valori degli ultimi 650.000 anni (che si attestano attorno ai 200 ppm). A destare preoccupazione è inoltre il fatto che i livelli di concentrazione stanno aumentando ad un tasso sempre più rapido dall'inizio delle misure. A questo aumento gli scienziati associano il rapido incremento delle temperature medie globali dell'ultimo secolo (+0.8 °C negli ultimi 100 anni). Ed ecco che si parla di riscaldamento globale.

Che succede? Ci siamo sbilanciati!

Il ciclo del carbonio è alla base dei processi di scambio tra atmosfera e biosfera; da sempre questo sistema mantiene un suo equilibrio. Dalla rivoluzione industriale ad oggi le attività umane hanno fatto sbilanciare il sistema, immettendo molto più carbonio di quanto gli ecosistemi riescano ad assorbirne.

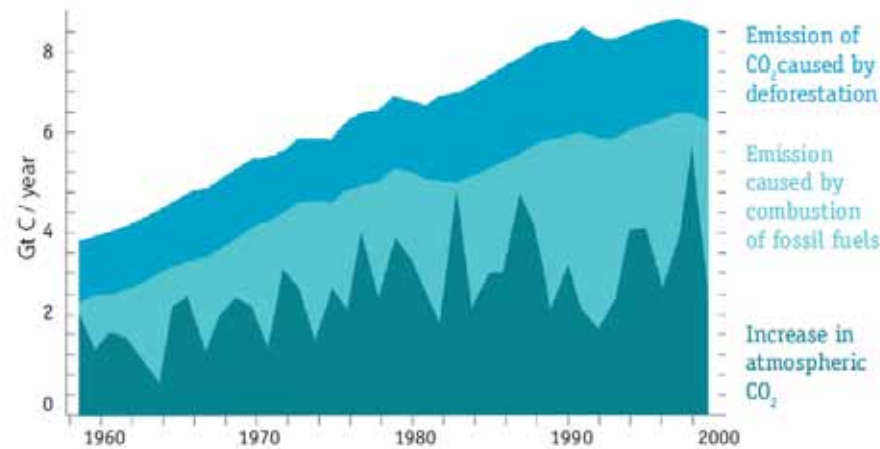
Per comprendere meglio come mai la concentrazione di gas serra sia aumentata e continui ad aumentare è utile rifarsi al ciclo del carbonio, alla base dei processi biochimici del Pianeta. Il carbonio di cui è composta l'anidride carbonica è elemento essenziale della vita sulla Terra dai diamanti allo zucchero! Il carbonio si muove tra i vari comparti del nostro Pianeta biosfera, geosfera, atmosfera, oceani passando da uno stadio ad un altro in un ciclo continuo.

I flussi di carbonio stanno alla base degli scambi tra queste diverse componenti. In generale i vari flussi tra i vari ecosistemi naturali mantengono un certo equilibrio, così è stato infatti fino a prima della rivoluzione industriale. Il problema si pone con l'aumentare delle emissioni di CO₂ provenienti dalle attività antropiche.

Si stima che le attività umane emettano ogni anno in atmosfera oltre 7 Petagrammi di Carbonio (1 Pg equivale a 1000 miliardi di chili). Più del 70% di queste emissioni deriva dalla combustione di fonti fossili come il petrolio e il metano, il restante dalla deforestazione e altri cambi di uso del suolo. Anche i sistemi vegetali scambiano flussi di carbonio con l'atmosfera sia attraverso il meccanismo di respirazione delle piante, che rilascia il carbonio in forma di anidride carbonica in aria, sia attraverso la fotosintesi. Lo stesso avviene

per gli oceani che scambiano carbonio con l'atmosfera, con un bilancio quasi in pareggio.

Il comparto atmosferico però non è in condizioni stazionarie perché la somma dei flussi di carbonio entranti è maggiore della somma di quelli che escono. Infatti i flussi verso la biosfera, fotosintesi e respirazione, sono pressoché

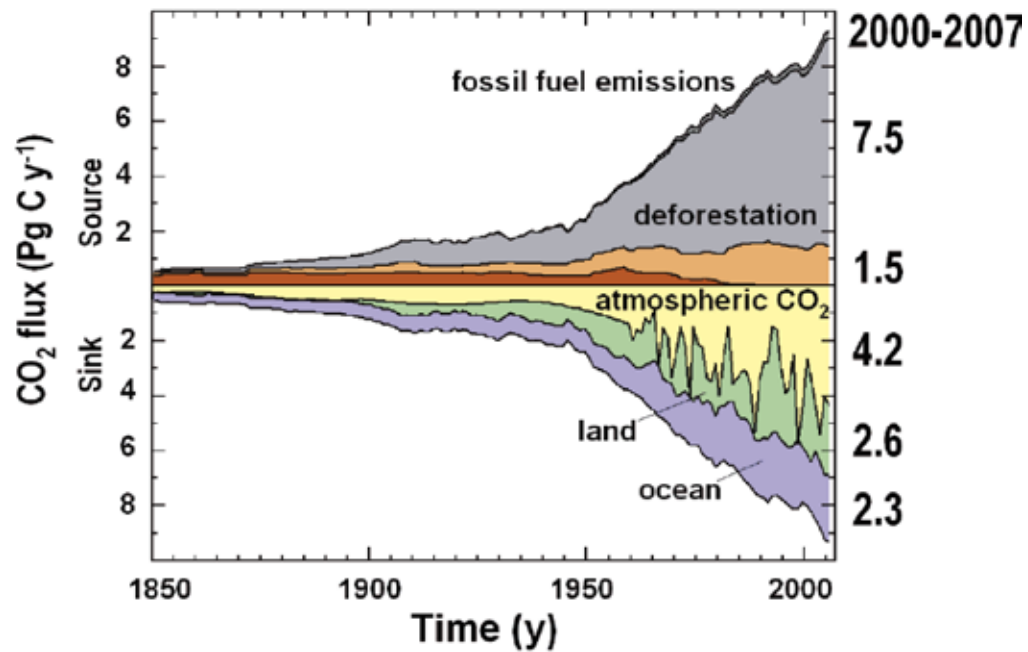


Emissions increased from 4 to 8 Gt C/year. Increase = fraction of emitted CO₂ remaining in the atmosphere.

© Andrew Manning, University of East Anglia, Norwich, UK

in equilibrio, i flussi verso gli oceani hanno un bilancio negativo con un assorbimento netto di circa 2 PgC, ma questo bilancia solo parzialmente il flusso di emissioni di 5,5 (combustibili fossili) + 1,6 (deforestazione) = 7,1 PgC dovuti all'attività antropica. Questo è il meccanismo alla base dell'aumento della concentrazione di CO₂ in atmosfera.

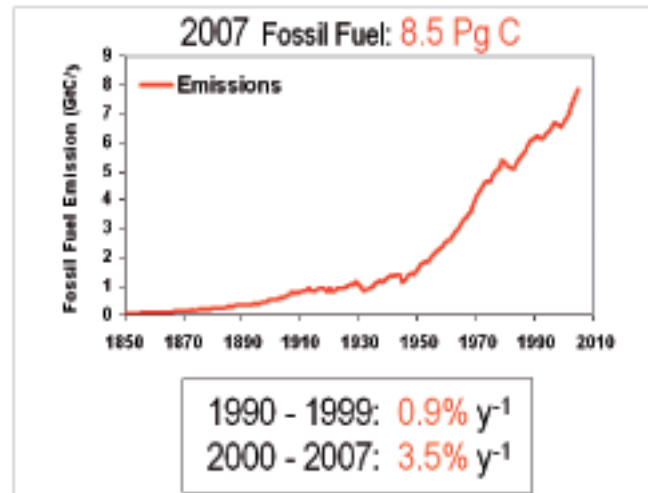
Come mostra il grafico sopra, con l'aumentare delle emissioni la frazione di carbonio che resta in atmosfera cresce sempre di più, poiché oceani e biosfera non sono in grado di assorbirla completamente; anzi il cambiamento climatico sta innescando dei meccanismi tali che la loro capacità di assorbimento rischia di diminuire sempre di più, facendo quindi restare sempre più CO₂ in aria: un pericoloso effetto di feedback.



Perturbazione antropogenica del bilancio globale del carbonio
www.globalcarbonproject.org

Il grafico mostra come la CO₂ antropogenica, cioè emessa dalle attività umane (combustibili fossili e deforestazione) progressivamente si distribuisce nell'intero sistema (la parte in basso del grafico: atmosfera, oceano e vegetazione). Si vede come negli ultimi 100 anni quella che resta nel serbatoio atmosferico è sempre maggiore. La capacità naturale del ciclo del carbonio di assorbire le nostre emissioni sembra che stia diminuendo.

Carbon emissions from fossil fuels



Fonte: www.globalcarbonproject.org

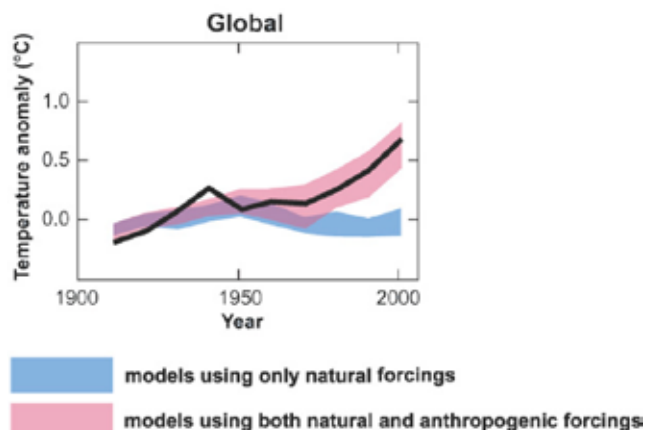
Nel periodo 2000-2007 degli 8 Pg di carbonio emessi mediamente all'anno a causa dell'uso di combustibili fossili, si stima che circa il 54% siano stati assorbiti dagli oceani e dagli ecosistemi vegetali terrestri, sebbene l'efficienza del sistema sia decresciuta di circa il 5% rispetto agli anni '60, quando la percentuale di assorbimento arrivava fino al 60%.

E' incredibile comunque che i pozzi di assorbimento naturali, cosiddetti *sink*, restino capaci di assorbire circa la metà della CO₂ antropogenica prodotta, sia nel 1960 quando le emissioni ammontavano a 2 PgC/anno, sia oggi che ammontano a 8 PgC/anno.

Cosa possiamo dire del cambiamento attuale?

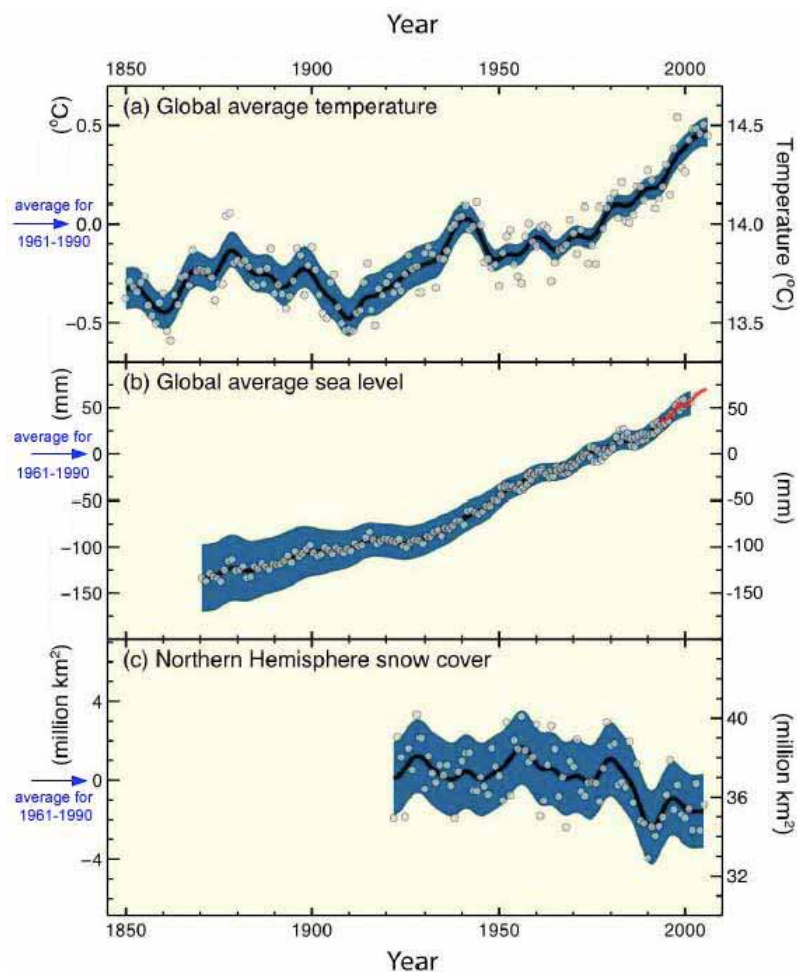
Molti sono i segnali che mostrano come negli ultimi 15 anni sia in atto un cambiamento del clima globale. L'aumento delle temperature ne è il segnale principale, assieme alla drastica diminuzione dei ghiacciai e all'innalzamento del livello del mare.

L'organismo internazionale incaricato dalle Nazioni Unite di studiare il cambiamento del clima è l'IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, composto da scienziati di tutto il mondo che passano in rassegna tutta la letteratura scientifica mondiale sull'argomento e riassumono i risultati più rilevanti in un rapporto di valutazione. L'ultimo rapporto dell'IPCC è il 4, AR4- Assessment Report 4, uscito nel 2007. Secondo i risultati del AR4, è molto probabile che i cambiamenti del clima accorsi nell'emisfero Nord durante gli ultimi 7 secoli siano dovuti principalmente alle eruzioni vulcaniche e alle variazioni di intensità della radiazione solare. Al contrario, gran parte dell'aumento di temperatura osservato dalla metà dell'ultimo secolo ad oggi è quasi certamente (oltre il 95%) riconducibile all'aumento di concentrazione di gas ad effetto serra in atmosfera dovuta alle attività antropiche. Le attività umane, dice l'IPCC, influenzano certamente anche altri aspetti del clima, come il surriscaldamento degli oceani, le temperature medie dei continenti, gli estremi termici e i regimi dei venti. Inoltre è piuttosto probabile che la crescente concentrazione di gas serra indotta dalle attività umane avrebbe influenzato maggiormente le temperature globali se non fosse stato per l'effetto contrario di aerosol atmosferici (particelle o corpuscoli in sospensione in atmosfera) derivanti sia dall'attività vulcanica che umana (gli aerosol hanno un effetto di "oscuramento" che riduce la radiazione solare che arriva sulla Terra). L'IPCC ha considerato che le forzanti naturali non sono sufficienti a spiegare il riscaldamento attuale.



Segnali del clima che cambia

Le osservazioni a livello globale ci mostrano i segnali del cambiamento climatico in atto di cui il più importante ed esteso è la crescita delle temperature. Per questo per molto tempo si è utilizzato il termine riscaldamento globale come sinonimo del cambiamento del clima. Negli ultimi anni si preferisce invece parlare di cambiamento del clima, facendo risaltare il fatto che il riscaldamento è un effetto che si è manifestato in modo evidente in molte ma non in tutte le zone del Pianeta. Il cambiamento del clima non è uguale ovunque ma assume connotazioni diverse nelle varie regioni.



Fonte: IPCC Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers (2007) <http://www.ipcc.ch>

Il riscaldamento del clima globale è inequivocabile ed è comprovato da numerosi osservazioni: aumento della temperatura dell'aria, aumento della temperatura degli oceani e diminuzione della copertura nevosa con estensione dello scioglimento di neve e ghiaccio e innalzamento del livello del mare.

alcuni dati

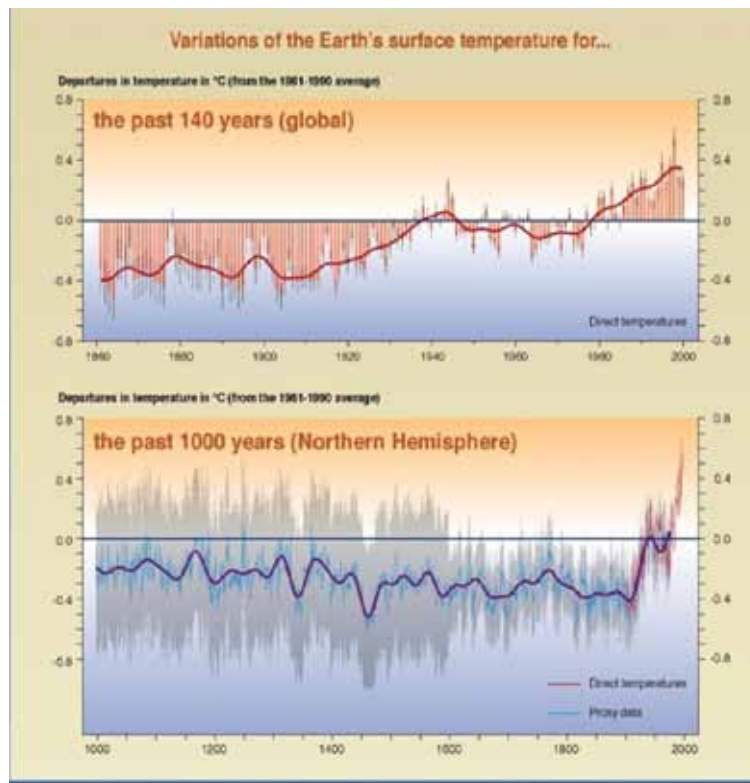
- 11 dei 12 anni più caldi mai registrati dal 1850, inizio delle registrazioni delle misure di temperatura, si trovano tra il 1995 e il 2006.
- Negli ultimi 100 anni la temperatura è aumentata di 0,74 °C a livello globale (in Italia la crescita raggiunge 1 °C per secolo).
- Le temperature crescono ad un ritmo sempre più serrato, tanto che il trend di aumento negli ultimi 50 anni (0,13 °C per decennio) è quasi doppio del tasso di crescita degli scorsi 100 anni.
- Il livello del mare è cresciuto di 17 cm durante il XX secolo, in parte a causa dello scioglimento dei ghiacci su molte catene montuose e nelle zone polari.
- Le temperature degli ultimi 50 anni sono molto “insolite” se paragonate a quelle degli ultimi 1300 anni. L'ultima volta che le regioni polari sono state più calde di oggi per un lungo periodo di tempo (si parla di 125 mila anni fa) il livello del mare crebbe di 4 - 6 metri.

Variazioni climatiche

Aldilà delle cause del cambiamento climatico, cioè di quanto può essere attribuito all'azione umana e quanto invece alla naturale variabilità climatica, quello che è certo è che negli ultimi decenni il clima terrestre sta subendo dei profondi mutamenti. Sulla base delle recenti acquisizioni scientifiche il quadro generale è il seguente:

Aumento della temperatura del Pianeta

La temperatura media globale della Terra a partire dalla fine del 1800 è aumentata di un valore compreso fra $0,4^{\circ}\text{C}$ e $0,8^{\circ}\text{C}$. L'innalzamento della temperatura interessa la superficie terrestre, la superficie del mare e l'atmosfera. Il fenomeno è più evidente soprattutto nel nostro emisfero con un aumento medio delle temperature di $0,7^{\circ}\text{C}$.



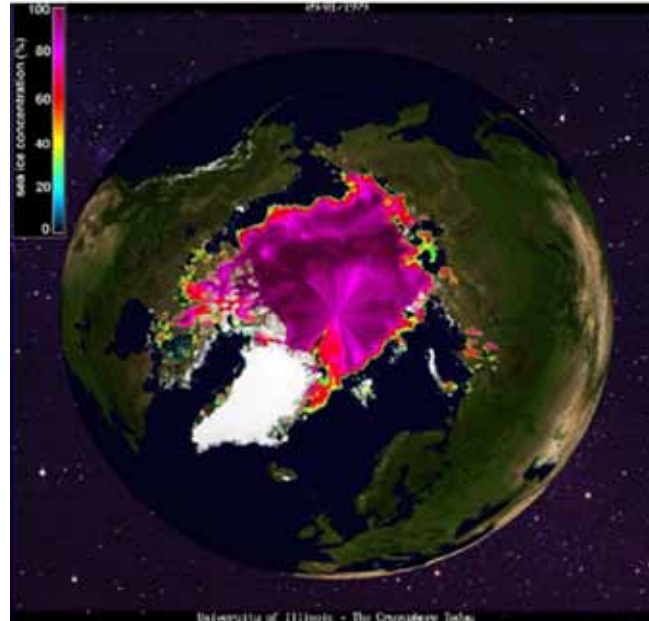
<http://www.ipcc.ch> - IPCC Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers (2007)

Scioglimento dei ghiacci

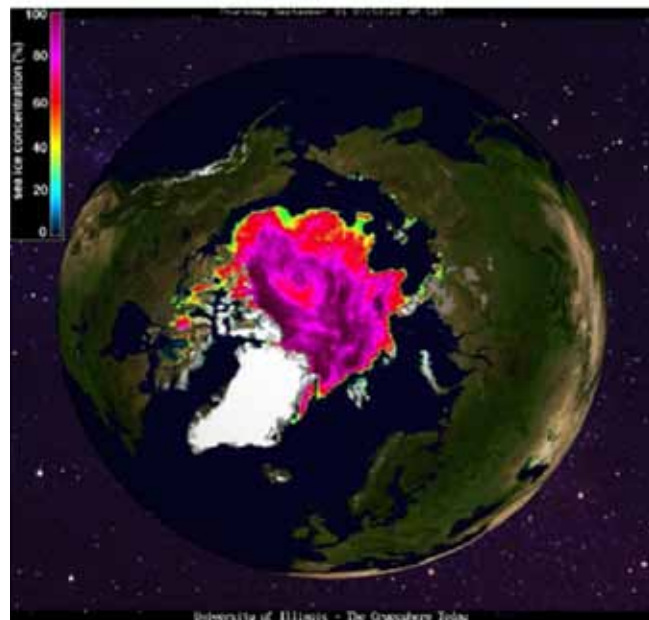
Diminuzione dell'estensione dei ghiacci presenti nei ghiacci antartici, artici e nelle principali catene montuose mondiali, soprattutto nell'emisfero Nord.

La calotta ARTICA

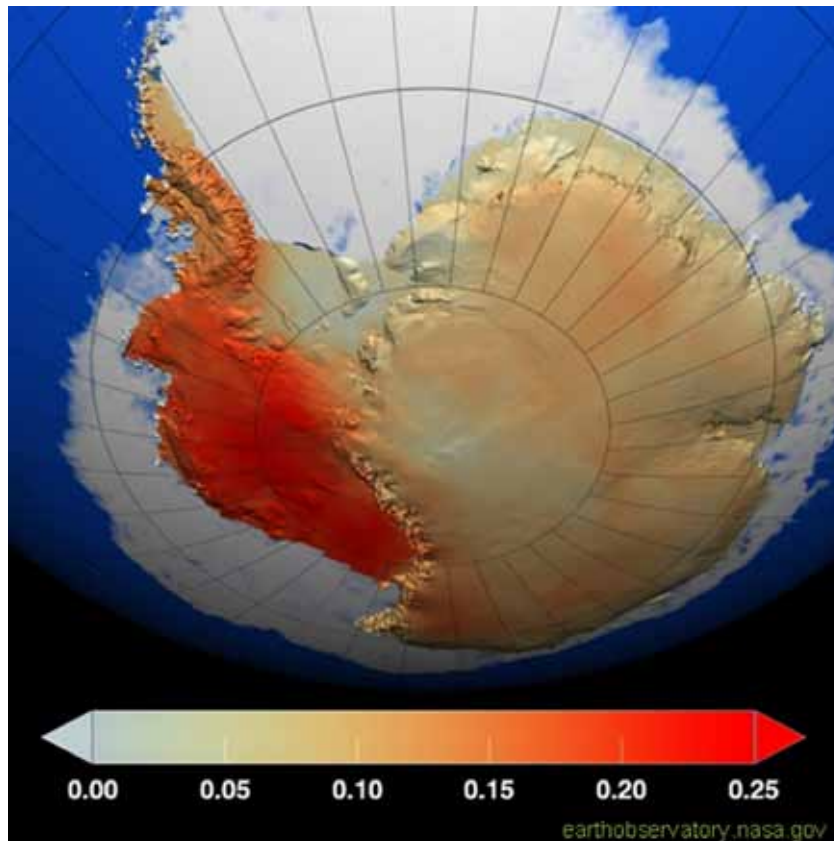
1 settembre 1979



1 settembre 2005



L'Antartide si scalda



«« Riscaldamento dell'Antartica per decade 1957 - 2006

Nuove analisi mostrano che l'Antartide si sta scaldando ad un ritmo di circa 0.12 °C per decade dal 1957, per un riscaldamento totale medio di 0.5 °C. L'immagine, generata da dati satellitari e da stazione meteo, mostra il trend di riscaldamento dal 1957 al 2006. Il rosso scuro sopra l'Antartide Occidentale mostra il riscaldamento della regione, il colore più chiaro mostra le zone del continente dove il riscaldamento è inferiore; il bianco indica che non si è manifestato alcun riscaldamento.



Diminuzione della copertura nevosa delle catene montuose



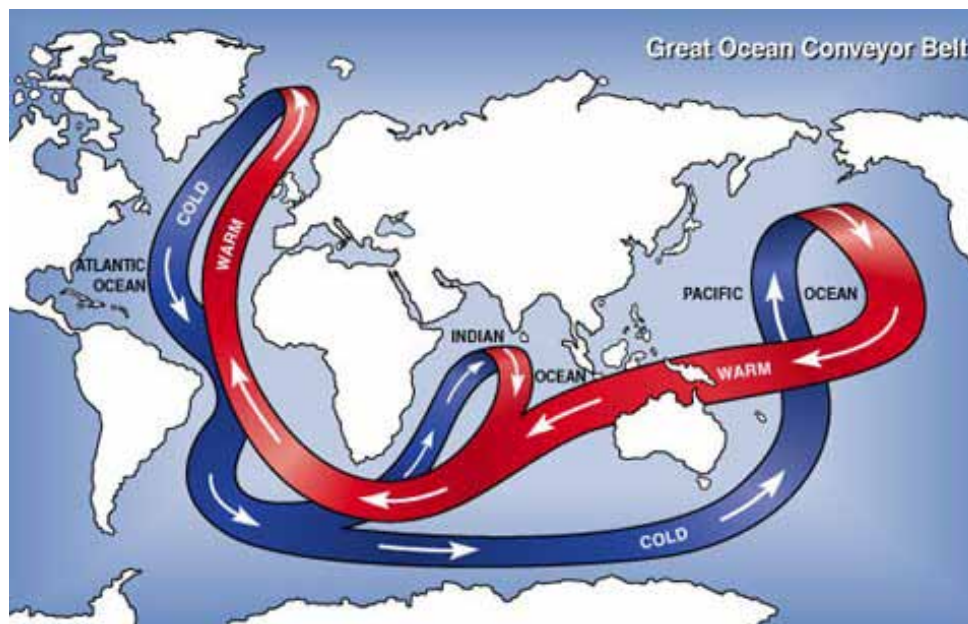
Si sciolgono i ghiacci: KILIMANJARO

All'inizio del ventesimo secolo i ghiacciai ricoprivano la quasi totalità della cima del Kilimanjaro ma dalla seconda metà del secolo sono diminuiti drasticamente. La foto in alto è del novembre 1990, quella sotto del 1974.

Dal 1912 si stima che sia scomparsa circa l'82% della copertura ghiacciata, se il trend continuasse la maggior parte dei ghiacci del Kilimanjaro potrebbe scomparire entro i prossimi 15 anni.

Modifiche della circolazione atmosferica ed oceanica

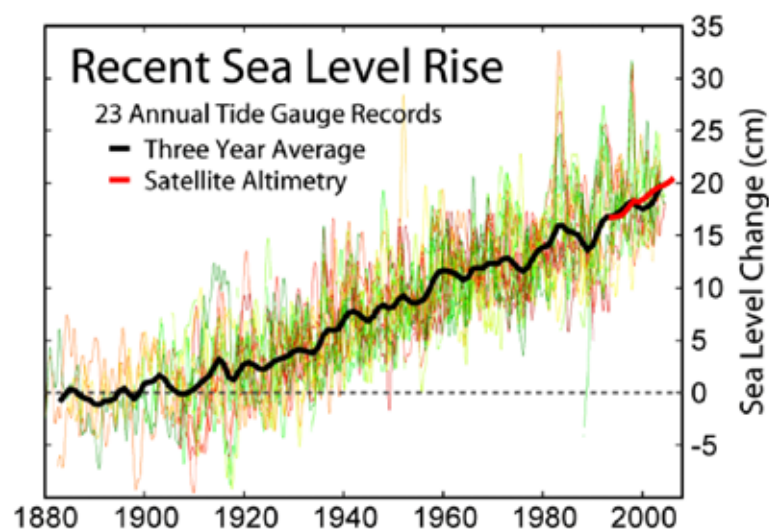
Alcuni fenomeni ricorrenti della circolazione atmosferica ed oceanica, in particolare il cosiddetto “el niño”, il fenomeno della North Atlantic Oscillation (NAO) ed il vortice polare boreale, negli ultimi decenni hanno manifestato dei comportamenti anomali.



Science.nasa.gov

Crescita del livello del mare

Negli ultimi 100 anni si è verificato un innalzamento medio stimato in circa 10/25 cm.



IPCC Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers (2007)
<http://www.ipcc.ch>

Aumento del rischio di desertificazione in alcune zone,
unito ad una generale perdita di fertilità dei suoli del Pianeta.



Precipitazioni e siccità

Aumento delle precipitazioni, soprattutto nell'emisfero Nord, specialmente alle alte latitudini, diminuzione nelle medie latitudini. Aumento delle piogge nelle regioni tropicali e diminuzione in quelle subtropicali.



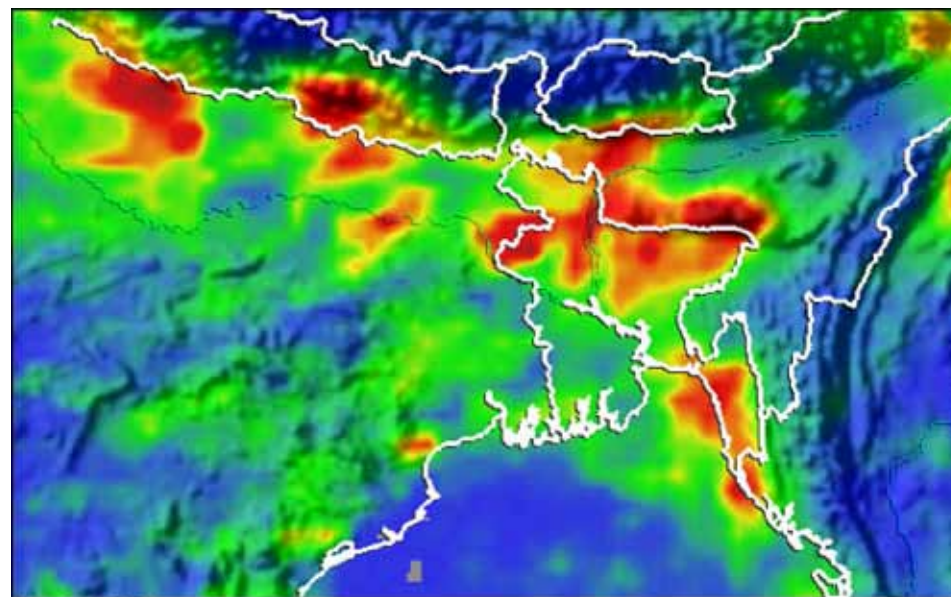
Eventi meteorologici estremi

Aumento nella frequenza e nell'intensità di eventi climatici estremi come alluvioni, tempeste, ondate di caldo o freddo eccessivo. Aumento del tempo ciclonico in estate nel Mediterraneo ed aumento della frequenza dei cicloni extratropicali.

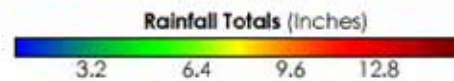


Inondazioni Sud Asia 2004

Ci sono state 240 vittime in Nepal, India e Bangladesh dall'inizio dell'inondazione e circa 10 milioni di persone hanno dovuto evacuare le loro case. Le aree rosse indicano le zone dove le piogge sono state più abbondanti (10 inches o più). Le punte maggiori, vicino ai 16 inches (aree rosso scuro), si sono avute in Nepal Centrale, alla base della catena dell' Himalaya al confine tra Bangladesh e India.



July 5-12, 2004



www.earthobservatory.nasa.gov

Il clima nel 2008

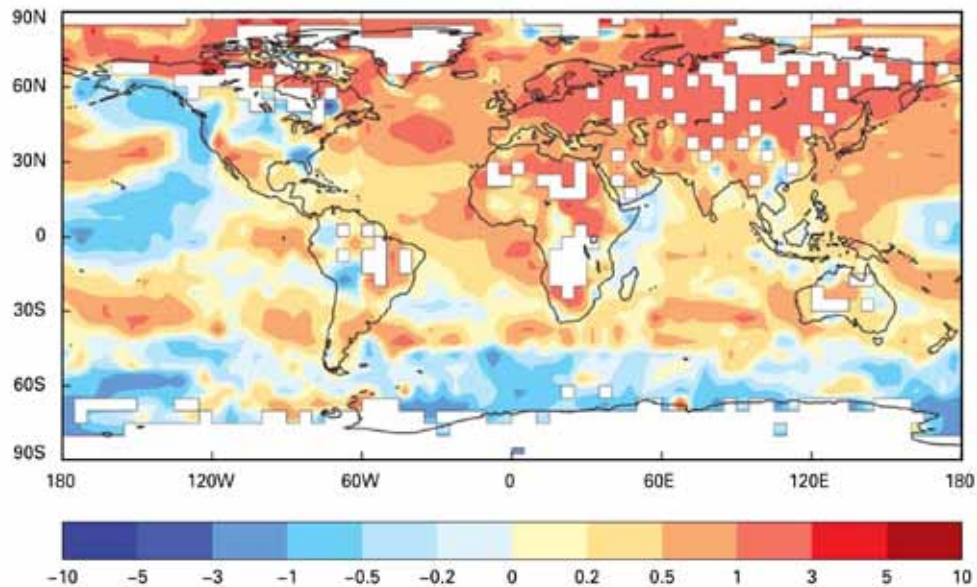
Una breve sintesi di come è stato il Clima globale nel 2008

Secondo l'ultimo rapporto dell'Organizzazione della Meteorologia Mondiale (*World Meteorological Organization - WMO Statement on the status of the global climate in 2008*)

Temperature

Secondo il Met Office Hadley Centre for Climate Change le temperature globali (atmosfera e oceani) sono state di 0.31 °C sopra le media climatologica di riferimento del periodo 1961-1990, classificando il **2008** come **decimo anno più caldo** dal 1850 a oggi.

Global field of land surface and sea surface temperature anomalies (°C, relative to 1961–1990) for 2008



Met Office Hadley Centre, UK, and Climatic Research Unit, University of East Anglia, UK



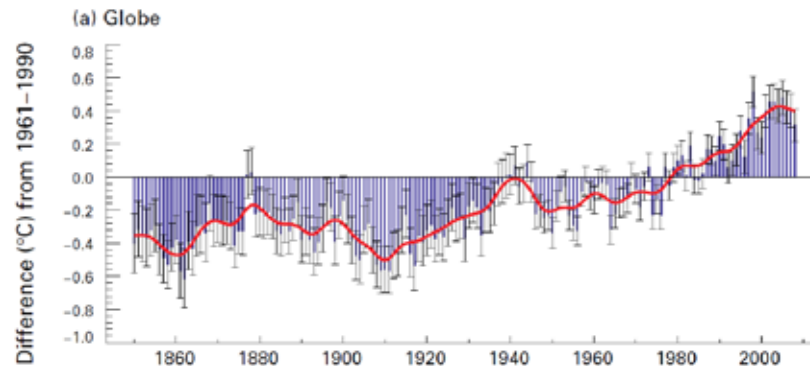
WMO: records 2008

Il 2008 si classifica come il decimo anno più caldo a livello globale dal 1850. Tra gli eventi estremi di particolare intensità si segnala il ciclone tropicale Nargis, abbattutosi a maggio in India provocando una devastante frana nel Myanmar con enormi danni e oltre 70.000 morti.



La temperatura media globale è stata di poco inferiore a quella degli anni precedenti a causa del fenomeno de La Niña, ovvero un periodico raffreddamento della temperatura superficiale dell'Oceano Pacifico. Il riscaldamento è stato più sensibile nell'emisfero nord. In Scandinavia e parte della Siberia l'inverno 2008 è stato uno dei più miti mai registrati. In alcune zone della Scandinavia le temperature del periodo sono state di ben 7 gradi sopra la media del periodo, consacrando l'inverno 2007-2008 come il più caldo mai registrato in quelle zone dall'inizio delle misurazioni di temperatura.

Annual global and hemispheric combined land surface air temperature and sea surface temperature (SST) anomalies (°C) for the period 1850–2008, relative to the average for 1961–1990.

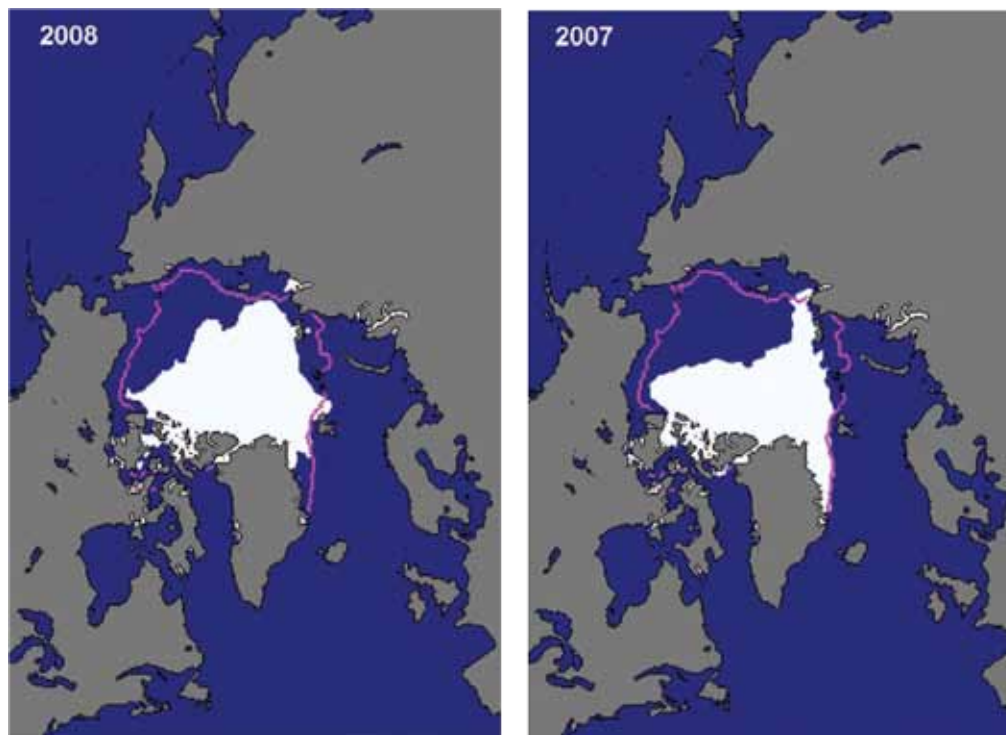


Met Office Hadley Centre, UK, and Climatic Research Unit, University of East Anglia, UK

Scioglimento dei ghiacci: Artico record negativo

Durante il settembre 2008, la copertura ghiacciata dell'Artico ha raggiunto il suo secondo record negativo dal 1979, anno dell'inizio delle misurazioni fatte via satellite.

La figura mostra l'estensione del ghiaccio nel settembre 2008 a confronto con lo stesso periodo del 2007; la linea rossastra mostra la media del periodo 1979-2000. Nel settembre 2008 la copertura di ghiaccio aveva un'estensione di 4,67 milioni di chilometri quadrati, raggiungendo il secondo valore più basso dopo il record di 4,28 milioni di chilometri quadrati osservati nel del settembre 2007. Nel 2008 è scomparso circa un quarto dell'enorme e antichissima copertura ghiacciata sull'isola di Ellesmere.



National Snow and Ice Data Center, United States

Cosa non sappiamo ancora

La scienza del clima è una scienza giovane che ha soltanto poche decine di anni e che deve i suoi recenti e più importanti progressi all'uso dell'informatica e dei computers. L'utilizzo dei modelli digitali che simulano le caratteristiche "fisiche" e i processi che regolano l'atmosfera ha permesso di fare enormi passi avanti nel settore delle previsioni sia meteorologiche che nella simulazione del clima globale.

Sebbene negli ultimi 20 anni ci siano stati enormi sviluppi nella capacità e accuratezza dei modelli di simulazione della circolazione globale (GCM - Global Circulation Model) nessun modello è attualmente in grado di riprodurre esattamente il clima del passato né tantomeno di predirre il futuro, data la grande vastità di incertezze che sono in gioco.

Quando sentiamo parlare di scenari futuri e impatti che si produrranno entro la fine del secolo è importante ricordare che questi sono basati proprio su questi modelli e contengono quindi un certo livello di incertezza. Sono però nondimeno importanti da osservare poiché ci aiutano a comprendere una cosa fondamentale: che viviamo in un sistema complesso e interconnesso, di cui certamente non conosciamo ancora tutte le regole, ma questi ultimi decenni ci hanno aiutato a comprendere che alterarne alcuni equilibri significa esporre i nostri territori e noi stessi a rischi che a tutt'oggi non sono prevedibili.

E se non fosse come pensavamo?

Per questi motivi vogliamo sottolineare che anche nel caso in cui tra qualche decina di anni si dimostrassero inesatte alcune assunzioni di base che oggi riteniamo come fondanti (con le consocenze che abbiamo a disposizione) questo non significa che tutto il nostro impegno verso la riduzione del nostro impatto sull'atmosfera e la Terra (riduzione delle emissioni, energie rinnovabili, sostenibilità ambientale) sarebbe stato vano. Per la prima volta, l'intera comunità globale con una grande spinta dal basso si sta interrogando in maniera radicale su quali siano i rischi ambientali legati ad uno stile di vita basato sui consumi illimitati e sullo spreco delle risorse. Per la prima volta dopo secoli ci stiamo accorgendo che essere i Signori del Mondo è pura illusione se vogliamo vivere su questo Pianeta e lasciarlo alle generazioni future dobbiamo cominciare a rispettarne le risorse.

Questa lezione non si rivelerà mai inesatta!

Per esercitarsi

1

Analisi delle temperature

Utilizza il file delle serie storiche di temperatura per lavorarci con gli studenti (calcolare medie, incrementi percentuali, ecc.). Procurati i dati locali della tua città fai qualche analisi e pubblica i dati elaborati sul sito RACES nella Le Osservazioni <http://www.liferaces.eu/node/169>

2

Clima e storia

Guarda la carta dell'evoluzione del clima nella storia e fai una riflessione con gli studenti su come le variazioni del clima hanno influenzato le vicende storiche e le evoluzioni della nostra civiltà. Leggi l'articolo su "Clima e storia" su meteogiornale

<http://www.meteogiornale.it/news/read.php?id=9312>

3

Mappe mentali. La mappa del cambiamento del clima.

Scrivi al centro della lavagna la parola "Cambiamento climatico" e riporta cose viene in mente ai ragazzi. Poi si dividono i ragazzi in gruppi e si riflette cercando di rispondere alla domanda "Sono convinto che il cambiamento del clima sia in atto? Su cosa si fonda la mia convinzione (esperienza diretta, materiali scientifici, influenza dei media) e si riporta a tutta la classe. Ti consigliamo di fare questo esercizio prima di affrontare la tematica in classe per far emergere le opinioni degli studenti.

4

Esperimento

Fai un esperimento sull'effetto serra con gli studenti: Guarda il video sul sito del progetto Meteoschool <http://web.fi.ibimet.cnr.it/didattica/index.php>

Riferimenti:

- IPCC - <http://www.ipcc.ch/>
- Agenzia Europa Ambiente
http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4



Per altri spunti di attività da svolgere in classe consulta le pagine "per esercitarsi" del sito:

http://www.liferaces.eu/a_scuola