Il clima in pericolo

Guida divulgativa sugli ultimi rapporti dell'IPCC

Questa guida è, nella sua versione inglese, pubblicata dalla Fondazione GRID-Arendal e da SMI books ed è stata realizzata con il sostegno generoso dell'Autorità Norvegese per il Controllo dell'Inquinamento e dell'Agenzia Svedese per la Protezione dell'Ambiente.

UNEP/GRID-Arendal
Postboks 183, N-4802 Arendal, Norway
www.grida.no

United Nations Environment Programme (UNEP)
United Nations Avenue, P.O. Box 20552, Nairobi, Kenya
www.unep.org

Stampato a Birkeland Trykkeri, Norvegia
Copyright©2009 GRID-Arendal
ISBN: 978-82-7701-053-3

La pubblicazione in inglese è distribuita da SMI books e può essere ordinata all'indirizzo www.earthprint.com

Un ringraziamento speciale va a Audun Garberg, Elisabeth Ørving, Christoffer Grønstad e Marit Håseth Pettersen di SFT per il loro supporto competente nella revisione delle bozze.

La presente pubblicazione può essere riprodotta integralmente o in parte per finalità educative o senza scopo di lucro senza il permesso specifico dei titolari dei diritti d'autore, a condizione che venga citata la fonte. UNEP, SMI e GRID-Arendal saranno lieti di ricevere copia di qualsiasi materiale che utilizzi come fonte la presente pubblicazione. La presente pubblicazione non può essere rivenduta né utilizzata per scopi commerciali di qualsiasi genere se non previa autorizzazione scritta dei titolari dei diritti d'autore. L'uso per scopi pubblicitari di informazioni riguardanti prodotti di proprietà esclusiva tratte dalla presente pubblicazione è vietato.

Limitazione di responsabilità: le designazioni utilizzate e la presentazione del materiale nella presente pubblicazione non implicano l'espressione di una qualsivoglia opinione da parte dello United Nations Environment Programme e di GRID-Arendal riguardo alla posizione giuridica di qualsiasi paese, territorio, città o area o delle relative autorità, o riguardo alla delimitazione dei suoi confini o limiti. La citazione di una società o prodotto commerciale non implica il suo riconoscimento o la sua approvazione da parte dei partner cooperanti. Ci scusiamo di eventuali omissioni o errori che possiamo aver commesso inavvertitamente. Le opinioni espresse non rappresentano necessariamente le decisioni o la politica dichiarata dello United Nations Environment Programme o di GRID-Arendal, né la citazione di marchi o processi commerciali costituisce un'approvazione delle stesse.

Commento alla traduzione italiana del IV Rapporto IPCC - UNEP

Nel 2007 l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ha prodotto il suo IV Rapporto sullo stato del clima, dei suoi effetti sulle attività umane e delle politiche di adattamento e mitigazione per rispondere ai cambiamenti climatici. Centinaia dei maggiori esperti scientifici internazionali hanno contribuito alla stesura di questo documento, ad oggi la voce più rigorosa ed autorevole su questi temi.

Il IV Rapporto ha valenza storica perché per la prima volta la comunità scientifica internazionale ha riconosciuto che il riscaldamento globale è "inequivocabile" ed è dovuto, per la maggior parte, alle emissioni di gas serra derivanti da attività umane (soprattutto uso dei combustibili fossili). Le possibili conseguenze sono: il generale aumento di eventi estremi di carattere alluvionale e siccitoso, il continuo scioglimento di ghiacciai e ghiacci marini, l'innalzamento del livello del mare e l'aumento della variabilità climatica. Questi fattori potrebbero avere gravi impatti sull'abitabilità di molte aree del pianeta e sullo sviluppo delle nostre società. Il IV Rapporto fornisce anche importanti indicazioni su come contenere i cambiamenti climatici attraverso politiche di riduzione delle emissioni di gas serra (dette anche di "mitigazione") e tutto questo è già possibile con le tecnologie oggi disponibili. Per ottenere questo risultato serve una cooperazione internazionale senza precedenti, che veda tutti i paesi, da quelli industrializzati a quelli emergenti, coinvolti nell'opera di riduzione delle emissioni. Se da un lato ciò richiede accordi internazionali come il protocollo di Kyoto, dall'altro è fondamentale una presa di coscienza collettiva sulla serietà e la gravità del problema.

In questo contesto il documento Clima in Pericolo dell'UNEP, è estremamente importante perché riesce a sintetizzare le conclusioni del IV Rapporto IPCC e cerca di renderle fruibili ad un'ampia fascia di lettori. È altrettanto encomiabile la decisione del CONAD (Consorzio Nazionale Dettaglianti) di tradurlo in italiano per facilitarne la diffusione nel nostro paese. Maggiore sarà la consapevolezza sulla gravità di questo tema, più facilmente i cittadini di tutto il mondo potranno unirsi nel trasferire le proprie istanze ai rispettivi governi, affinché il processo politico internazionale di lotta ai cambiamenti climatici possa realizzarsi con successo.

Filippo Giorgi
Vice chair WG1 IPCC al tempo della preparazione del IV Rapporto IPCC

L'UNEP promuove pratiche compatibili con l'ambiente in tutto il mondo e nelle sue attività. Questa pubblicazione è stampata su carta interamente riciclata senza cloro.

Il clima in pericolo

Guida divulgativa sugli ultimi rapporti dell'IPCC

Limitazione di responsabilità: questa guida si propone di presentare fedelmente il lavoro dell'IPCC e del Rapporto di Sintesi (Synthesis Report) del Quarto Rapporto di Valutazione Climate Change 2007, semplificandone però la lingua e la struttura. La responsabilità dell'accuratezza del contenuto ricade interamente sui redattori della guida. Giova ricordare a questo riguardo l'indicazione dell'IPCC, secondo cui "pur essendo un documento sostanzialmente autonomo, il Rapporto di Sintesi deve essere considerato nel contesto degli altri volumi del Rapporto Climate Change 2007; per maggiori dettagli, si raccomanda di fare riferimento ai contributi dei tre Gruppi di Lavoro, pubblicati nei volumi "Climate Change 2007 – The Physical Science Basis"; "Impacts, Adaptation and Vulnerability" e "Mitigation of Climate Change", nonché in "Climate Change 2007 Synthesis Report".

6 Osservazioni attendibili e principali incertezze
8 Cambiamenti osservati, cause e impatti
24 Cambiamenti previsti e relativi impatti
41 Adattamento e mitigazione
54 Sviluppo sostenibile, protezione dell'ambiente e cambiamenti climatici
55 Principali vulnerabilità, impatti e rischi: prospettive a lungo termine

Testi
Alex Kirby

Team redazionale di GRID-Arendal/GENFSEC
Christina Stuhlberger
Claudia Heberlein

Senior expert e iniziativa della pubblicazione
Svein Tveitdal, Klima 2020

Traduzione in italiano di
Donatella Garosi

Cartografia
Viktor Novikov, GRID-Arendal/GENFSEC
Matthias Beilstein

Editing grafico inglese
Harry Forster, Interrelate Grenoble

Layout
GRID-Arendal

Premessa

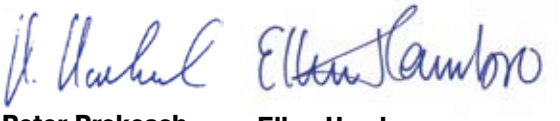
Nel 2007, l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC - Comitato Intergovernativo per i Cambiamenti Climatici) ha vinto, insieme all'ex Vicepresidente degli USA Al Gore, il Premio Nobel per la Pace in riconoscimento del lavoro svolto per mettere a disposizione dei decisori politici e della collettività in tutto il mondo le migliori basi scientifiche per comprendere e contrastare la minaccia crescente rappresentata dai cambiamenti climatici. Tuttavia, malgrado i messaggi sempre più espliciti degli scienziati, la distanza tra la necessità di intervenire segnalata dagli scienziati e le politiche sul clima attuate dai governi non cessa di crescere.

Questa tendenza si rileva ad esempio analizzando l'andamento delle emissioni di GHG (dall'inglese Greenhouse Gases, gas a effetto serra). Secondo l'IPCC, per contenere tra 2 e 2,4°C l'incremento della temperatura rispetto all'epoca pre-industriale, le emissioni a livello mondiale dovrebbero smettere di crescere tra il 2000 e il 2015. Nel 2007, anno in cui idealmente avrebbero dovuto toccare il picco massimo, le emissioni hanno fatto registrare invece un nuovo record di incremento annuo. Ogni giorno che lasciamo trascorrere senza riorientare lo sviluppo verso una società a basso tenore di carbonio vede aggravarsi i danni a carico degli ecosistemi mondiali e aumentare i costi delle misure di mitigazione e adattamento.

Questa breve guida intende contribuire a colmare il divario tra scienza e politica e sensibilizzare il pubblico sulla necessità di agire con urgenza per contrastare i cambiamenti climatici e i relativi impatti, ed è pensata per chi non ha tempo – e magari neanche le conoscenze scientifiche – per leggere la versione integrale del Rapporto di Sintesi dell'IPCC.

Un ringraziamento particolare va a Svein Tveitdal di Klima 2020, ex Direttore di Grid-Arendal, per l'iniziativa da cui è nata questa pubblicazione e per il contributo prezioso che ha dato alla sua stesura. La nostra gratitudine va anche all'Agenzia svedese per la Protezione dell'Ambiente e a Earth-Print Ltd per il sostegno finanziario che ha consentito la realizzazione del progetto.

Arendal e Oslo, 10 febbraio 2009



Peter Prokosch,
Direttore
GRID-Arendal

Ellen Hambro,
Direttore Generale
Autorità Norvegese il Controllo dell'Inquinamento (SFT)

Come si utilizza questa guida

Pur proponendosi di presentare il senso e la sostanza del Rapporto di Sintesi originale dell'IPCC, questa guida va letta come un testo narrativo: spiega i concetti con un linguaggio semplificato e si prende la libertà di riassumere o chiarire alcune parti laddove ciò appare opportuno, come pure di aggiungere dei grafici per illustrare il testo. La fonte dei dati viene sempre citata se è diversa dall'IPCC. La guida si articola in sei capitoli che riprendono i titoli utilizzati nella Sintesi per i Decisori (Summary for Policymakers) ma sono presentati in un ordine diverso. Nella parte iniziale, vengono illustrate le conoscenze dell'IPCC e le questioni che tale organismo considera cruciali.

Questa guida è destinata al grande pubblico, non ai climatologi; ciò nonostante, inevitabilmente vi compaiono dei termini scientifici. Una spiegazione più approfondita di alcuni termini, stampati in corsivo nel testo, è contenuta nel Glossario in coda alla guida. Nei rapporti di valutazione, l'IPCC utilizza svariati termini comuni nel loro significato specialistico. Per semplificare la lettura, si è deciso di non usare questi termini. L'IPCC utilizza anche diversi termini che dovrebbero avere un significato intuitivo, ad esempio alto/medio grado di accordo e alto/medio livello di evidenza. Per "accordo" si intende l'accordo riscontrato nella letteratura scientifica.

Introduzione

Nel 2007 il Comitato Intergovernativo per i Cambiamenti Climatici ha pubblicato il Quarto Rapporto di Valutazione (4th Assessment Report, AR4), che ha fatto seguito a rapporti analoghi già pubblicati nel 1990, 1995 e 2001. Il Rapporto, pubblicato con il titolo Climate Change 2007, è formato da quattro volumi. Di questi, tre presentano il contributo dei tre Gruppi di lavoro (Working Group - WG) dell' IPCC:

il **Gruppo di Lavoro I** (WG I) valuta gli aspetti scientifici fisici del sistema climatico e dei cambiamenti climatici;

il **Gruppo di Lavoro II** (WG II) valuta la vulnerabilità dei sistemi naturali e socioeconomici ai cambiamenti climatici, le conseguenze sia negative che positive e le opzioni di adattamento;

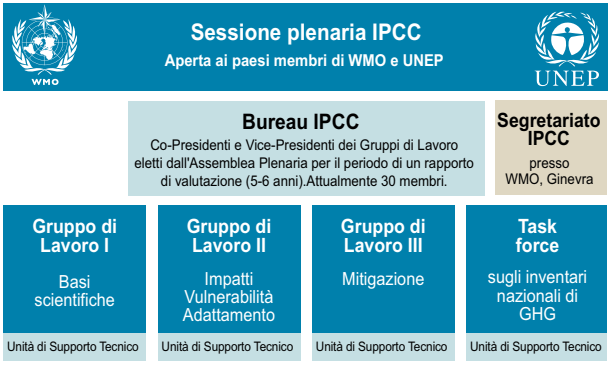
il **Gruppo di Lavoro III** (WG III) valuta le opzioni di mitigazione dei cambiamenti climatici, che consistono nel limitare o ridurre le emissioni di gas serra e nel potenziare le attività che si rivelano efficaci ai fini della loro eliminazione dall'atmosfera.

Il quarto volume dell'AR4 è costituito dal Rapporto di Sintesi (Synthesis Report), che oltre a riassumere quanto emerso negli altri tre volumi tratta in modo specifico aspetti di particolare rilevanza per i decisori politici, facendo riferimento anche ad altri rapporti IPCC. Le questioni rilevanti ai fini delle politiche ambientali sono strutturate in sei capitoli:

1. Cambiamenti climatici osservati ed effetti dei cambiamenti passati
2. Cause naturali e umane dei cambiamenti climatici e loro relazione con i cambiamenti osservati
3. Cambiamenti climatici futuri indicati nelle proiezioni e relativi impatti
4. Opzioni di adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici; risposte possibili di qui al 2030
5. Prospettive a lungo termine; tempistica e incisività che dovranno avere i tagli ai gas serra per limitare a un livello prestabilito gli incrementi della temperatura terrestre; motivi dell'aggravarsi delle preoccupazioni sul clima
6. Osservazioni attendibili e principali incertezze

L'IPCC è un organismo scientifico intergovernativo istituito nel 1988 dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (World Meteorological Organization - WMO) e dal Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (United Nations Environment Programme - UNEP) allo scopo di fornire ai decisori politici e ad altri soggetti interessati ai cambiamenti climatici una fonte obiettiva di informazioni. L'IPCC non effettua ricerca; la sua funzione è valutare in modo completo, obiettivo e trasparente la più recente letteratura tecnico-scientifica e socio-economica riguardante il rischio che si producano cambiamenti climatici indotti dall'uomo, gli impatti osservati e previsti dalle proiezioni e le opzioni per l'adattamento e la mitigazione. I rapporti IPCC devono essere neutrali riguardo alle politiche, anche se devono trattare in modo obiettivo i fattori scientifici, tecnici e socio-economici. Essi devono porsi l'obiettivo di rispecchiare una pluralità di opinioni, competenze ed esperienze ed avere un'ampia applicabilità geografica. L'IPCC continua ad essere un'importante fonte di informazione per i negoziati in corso nell'ambito dell'UNFCCC (United Nations' Framework Convention on Climate Change - Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici).

Come è organizzato l'IPCC



Osservazioni attendibili e principali incertezze

Osservazioni attendibili

Cambiamenti climatici osservati: effetti e cause	Il riscaldamento è un fenomeno incontrovertibile, come dimostrano varie osservazioni tra cui: - l'aumento delle temperature medie globali dell'aria e del mare e dei livelli medi del mare, - lo scioglimento diffuso di neve e ghiaccio. I cambiamenti osservati in molti sistemi biologici e fisici sono compatibili con il riscaldamento: - molti sistemi naturali su tutti i continenti e in tutti gli oceani ne sono interessati. Le emissioni di gas serra sono cresciute del 70% in termini di potenziale di riscaldamento globale tra il 1970 e il 2004. Le concentrazioni di metano (CH_4), anidride carbonica (CO_2) e protossido di azoto (N_2O) sono molto più alte rispetto agli intervalli di valori naturali rilevati per molte migliaia di anni prima dell'industrializzazione (1750). È "molto probabile" che il riscaldamento prodottosi negli ultimi 50 anni sia imputabile ad aumenti antropogenici (provocati dall'uomo) dei gas serra.
Cambiamenti climatici futuri e relativi impatti: cause e proiezioni	Le emissioni globali di gas serra continueranno a crescere per decenni se non verranno introdotte nuove politiche per ridurre i cambiamenti climatici e promuovere lo sviluppo sostenibile. Per i prossimi due decenni le proiezioni indicano un riscaldamento di circa 0,2°C per decennio (diversi scenari IPCC). In questo secolo i cambiamenti "molto probabilmente" saranno maggiori di quelli osservati nel XX secolo. Il riscaldamento è maggiore sulle terre emerse che sul mare, e più consistente alle alte latitudini dell'emisfero settentrionale. Più il pianeta si riscalda, minore è la quantità di CO_2 che è in grado di assorbire naturalmente. Anche se le emissioni di gas serra si riducessero e le concentrazioni si stabilizzassero, il riscaldamento e l'innalzamento del livello del mare continuerebbero per secoli, a causa dei feedback e del lasso di tempo che intercorre tra causa ed effetto. È "molto improbabile" che un raddoppiamento dei livelli atmosferici di GHG rispetto ai livelli pre-industriali comporti un aumento delle temperature medie globali inferiore a 1,5°C rispetto a tale periodo.
Risposte ai cambiamenti climatici	Gli adattamenti ai cambiamenti climatici previsti nei piani si stanno in parte realizzando, ma dovranno essere molto più consistenti per ridurre la vulnerabilità. I cambiamenti non mitigati a lungo termine "probabilmente" supereranno la capacità di adattamento dell'uomo e della natura. Molte tecnologie per la mitigazione dei cambiamenti climatici sono già disponibili o probabilmente lo saranno entro il 2030, ma sono necessari incentivi e ricerche per migliorarne l'efficacia e ridurne i costi. Il potenziale di mitigazione economica con costi tra 0 e 100 dollari/tonnellata di CO_2 eq è sufficiente per compensare o ridurre sotto i livelli attuali entro il 2030 la crescita delle emissioni globali indicata dalle proiezioni. Una mitigazione realizzata in tempi rapidi può far guadagnare tempo per stabilizzare le emissioni e ridurre, ritardare o evitare gli impatti. Lo sviluppo sostenibile e politiche appropriate in settori non apparentemente legati al clima contribuiscono a stabilizzare le emissioni. I ritardi nella riduzione delle emissioni accrescono il rischio di ripercussioni più gravi sul clima.

Incertezze principali

Cambiamenti climatici osservati: effetti e cause

- I dati sul clima presentano una copertura limitata in alcune regioni.
- L'analisi e il monitoraggio dei cambiamenti riguardanti gli eventi estremi, ad esempio siccità, cicloni tropicali, temperature estreme e precipitazioni intense (pioggia, nevischio e neve) presentano maggiori difficoltà rispetto all'identificazione delle medie climatiche, perché richiedono dati più dettagliati e relativi a periodi più lunghi.
- È difficile determinare gli effetti dei cambiamenti climatici sugli individui e su alcuni sistemi naturali, perché questi possono adattarsi ai cambiamenti e perché su di essi possono influire anche cause diverse dal mutamento del clima.
- È difficile stabilire con certezza, su scale più piccole di quella continentale, se le temperature siano influenzate da cause naturali o umane perché su di esse possono influire, ad esempio, l'inquinamento e i cambiamenti d'uso del suolo.
- Vi sono ancora incertezze riguardo alla scala delle emissioni di CO_2 a causa di cambiamenti d'uso del suolo e della scala delle emissioni di metano prodotte da fonti individuali.

Cambiamenti climatici futuri e relativi impatti: cause e proiezioni

- Vi sono incertezze riguardo al riscaldamento effettivo provocato a lungo termine da una particolare concentrazione di GHG, e quindi anche riguardo al livello e al ritmo di riduzione delle emissioni necessari per ottenere un livello specifico di concentrazione di GHG.
- Si rilevano notevoli variazioni nelle stime relative agli impatti degli aerosol e all'effetto dei feedback, in particolare le nuvole, l'assorbimento di calore da parte degli oceani e il ciclo del carbonio.
- Le possibili modificazioni future delle calotte di ghiaccio della Groenlandia e dell'Antartico costituiscono una notevole fonte di incertezza ai fini della previsione dell'innalzamento del livello del mare.
- Le proiezioni relative agli impatti dei cambiamenti climatici dopo il 2050 circa dipendono in larghissima misura dagli scenari e dai modelli.

Risposte ai cambiamenti climatici

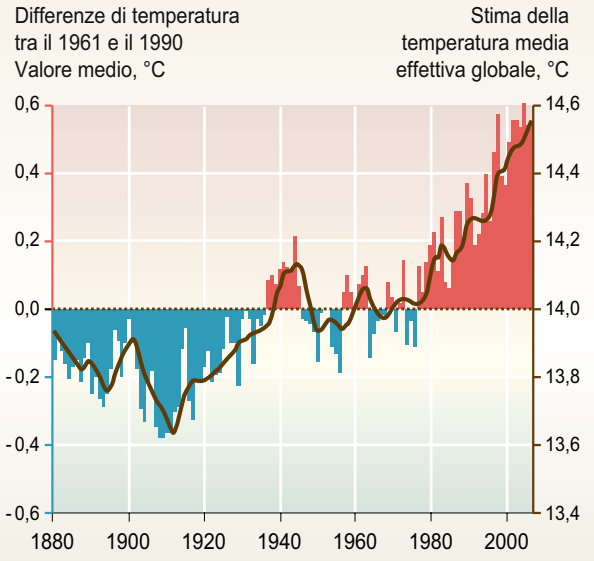
- Manca una conoscenza approfondita delle modalità con cui i responsabili della pianificazione dello sviluppo tengono conto del clima nelle loro decisioni.
- Le iniziative di adattamento più efficaci sono quelle definite per specifiche situazioni politiche, finanziarie e geografiche, perciò è difficile valutarne i limiti e i costi.
- La stima dei costi e dei potenziali di mitigazione dipende dalle ipotesi formulate circa la crescita socio-economica, i cambiamenti tecnologici e i modelli di consumo futuri.
- Manca una conoscenza approfondita degli effetti delle politiche non legate al clima sulle emissioni.

Cambiamenti osservati, cause e impatti

Cambiamenti climatici osservati e relativi effetti

Il riscaldamento del sistema climatico è un fenomeno incontrovertibile, come dimostrano gli aumenti osservati delle temperature medie globali dell'aria e degli oceani, lo scioglimento diffuso di neve e ghiaccio, e l'innalzamento del livello medio globale del mare. Nei prossimi paragrafi vengono descritti e illustrati alcuni dei cambiamenti più significativi già in atto.

Tendenze riguardanti la temperatura media della superficiale globale



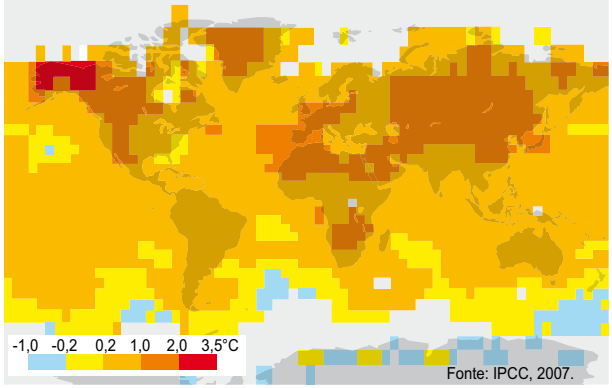
Fonte: US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2008.

Aumento della temperatura

Degli ultimi 12 anni (1995-2006), 11 figurano tra i 12 più caldi dal 1850, anno di inizio delle misurazioni. La tendenza al riscaldamento rispetto al secolo precedente era stata indicata in 0,6°C nel Terzo Rapporto di Valutazione (Third Assessment Report - TAR) pubblicato dall'IPCC nel 2001: nel nuovo Rapporto il valore è stato corretto a 0,74°C. L'aumento della temperatura è rilevabile in tutto il mondo, ma è più marcato nelle regioni polari settentrionali. Il riscaldamento del sistema climatico è stato constatato sulla superficie della Terra, nell'atmosfera e anche sulla superficie degli oceani, per qualche centinaio di metri di profondità. Le terre emerse si sono riscaldate più velocemente dei mari.

Le temperature medie rilevate nell'emisfero Nord dopo il 1950 sono state più alte che in qualsiasi altro periodo di

Variazione della temperatura tra il 1970 e il 2004



Fonte: IPCC, 2007.

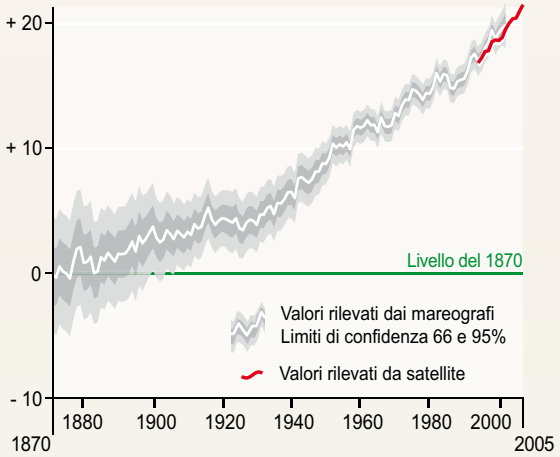
50 anni negli ultimi 500 anni. Questo aumento provoca inevitabilmente ripercussioni su un gran numero di fenomeni naturali che fino a oggi abbiamo dato per scontati. Le prove del riscaldamento della Terra vanno dall'accorciamento delle stagioni di congelamento di laghi e fiumi a riduzioni dell'estensione del permafrost e all'innalzamento delle temperature del suolo. I principali cambiamenti osservati dagli scienziati e notati anche da un numero sempre maggiore di persone in tutto il mondo sono riassunti nei paragrafi seguenti.

Innalzamento del livello del mare

In tutto il mondo, il livello del mare ha registrato un aumento compatibile con il riscaldamento, pari mediamente a 1,8 mm ogni anno dal 1961, e a 3,1 mm ogni anno dal 1993. Gli scienziati non sanno se il maggiore incremento dell'ultimo decennio sia da attribuire alla variabilità interdecennale o se invece indichi una tendenza più a lungo termine. L'aumento complessivo a livello mondiale nel XX secolo è stato di 17 centimetri. A questo fenomeno contribuiscono

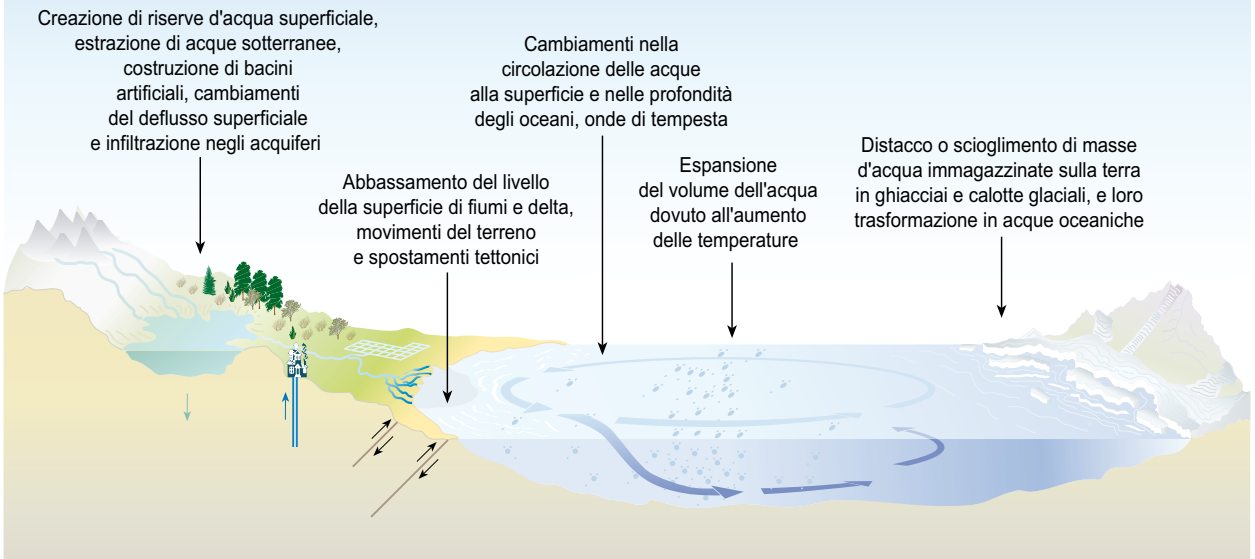
Livello medio globale del mare

Cambiamento del livello del mare in centimetri



Fonte: Hugo Ahlenius, GRID-Arendal 2008, aggiornamento basato su Church e White 2006.

Quali fattori fanno variare il livello del mare?



Fonte: Philippe Rekacewicz (GRID-Arendal) Vital Climate Graphics 2002, basato su David Griggs, in Climate Change 2001, Rapporto di Sintesi, contributo dei gruppi di lavoro I, II e III al Terzo Rapporto di Valutazione dell'IPCC, Cambridge University Press, 2001.

l'espansione subita dall'acqua all'aumentare della sua temperatura, nonché lo scioglimento di ghiacciai, calotte glaciali e banchise polari.

Scioglimento di neve e ghiaccio

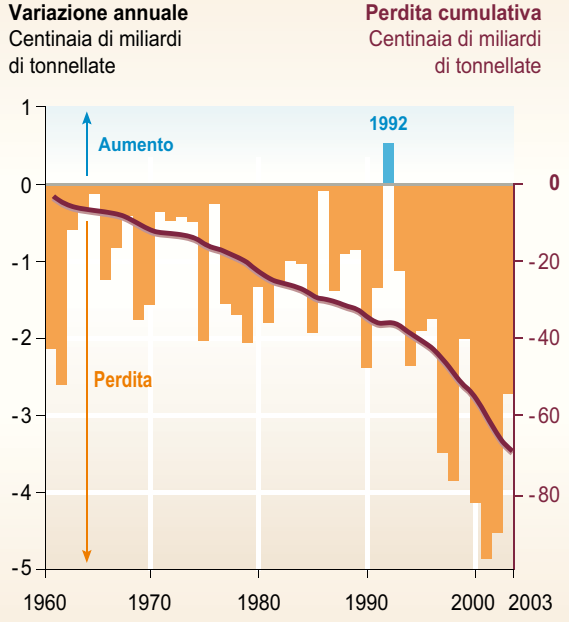
Anche la riduzione della superficie terrestre coperta da neve e ghiaccio è compatibile con il riscaldamento. Dal 1978 i dati da satellite mostrano che l'estensione annuale media dei ghiacci marini artici si è ridotta del 2,7% ogni decennio, e che la riduzione è stata più accentuata nei periodi estivi. I ghiacciai montani e la copertura nevosa media sono diminuiti in entrambi gli emisferi.

Eventi meteorologici estremi

Tra il 1900 e il 2005 le precipitazioni (pioggia, nevischio e neve) sono aumentate sensibilmente in alcune regioni dell'America, nel Nord Europa e in Asia settentrionale e centrale, e sono invece diminuite nel Sahel, nel Mediterraneo, nell'Africa meridionale e in parte dell'Asia meridionale. Secondo l'IPCC, è probabile che le aree della Terra colpite dalla siccità siano aumentate rispetto agli anni '70.

Negli ultimi 50 anni, i giorni freddi, le notti fredde e le gelate sono diventati meno frequenti sulla maggior parte delle terre emerse, mentre invece i giorni caldi e le notti calde sono diventati più frequenti. Secondo l'IPCC, è probabile che le ondate di calore siano diventate più frequenti sulla maggior parte delle terre emerse, che gli eventi di precipitazioni intense (ad esempio i temporali) siano aumentati nella maggior parte delle regioni, e che dal 1975 gli eventi di livello del mare estremamente alto siano aumentati in tutto il mondo, come pure i livelli medi del mare.

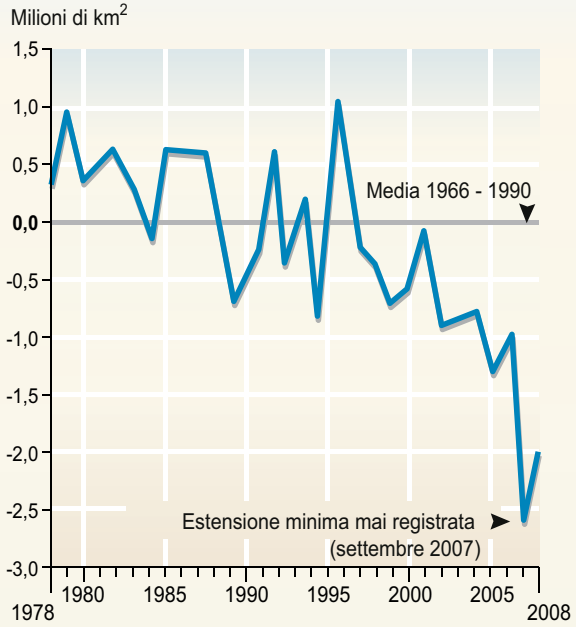
Bilancio di massa dei ghiacciai nel mondo



Fonte: IPCC, 2007.

Estensione minima dei ghiacci marini

Anomalie nella copertura di ghiaccio nell'emisfero settentrionale

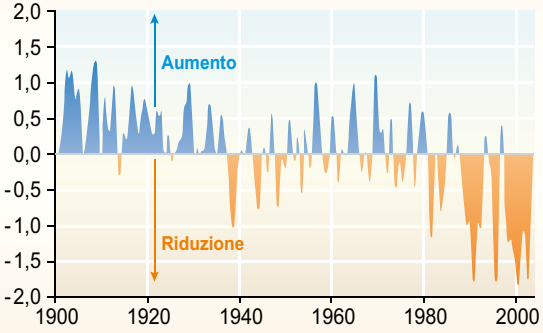


Fonte: US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2008.

Riduzione del permafrost

Variazione dell'estensione del terreno ghiacciato nell'emisfero settentrionale

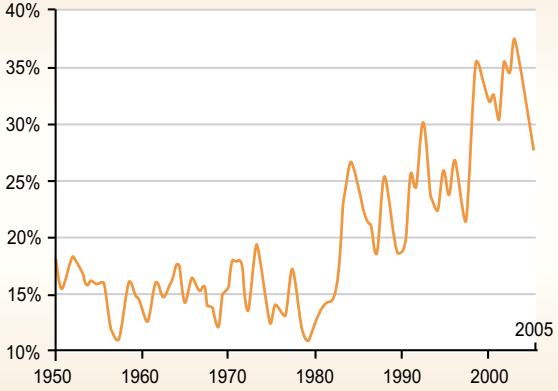
Milioni di km²



Fonte: IPCC, 2007.

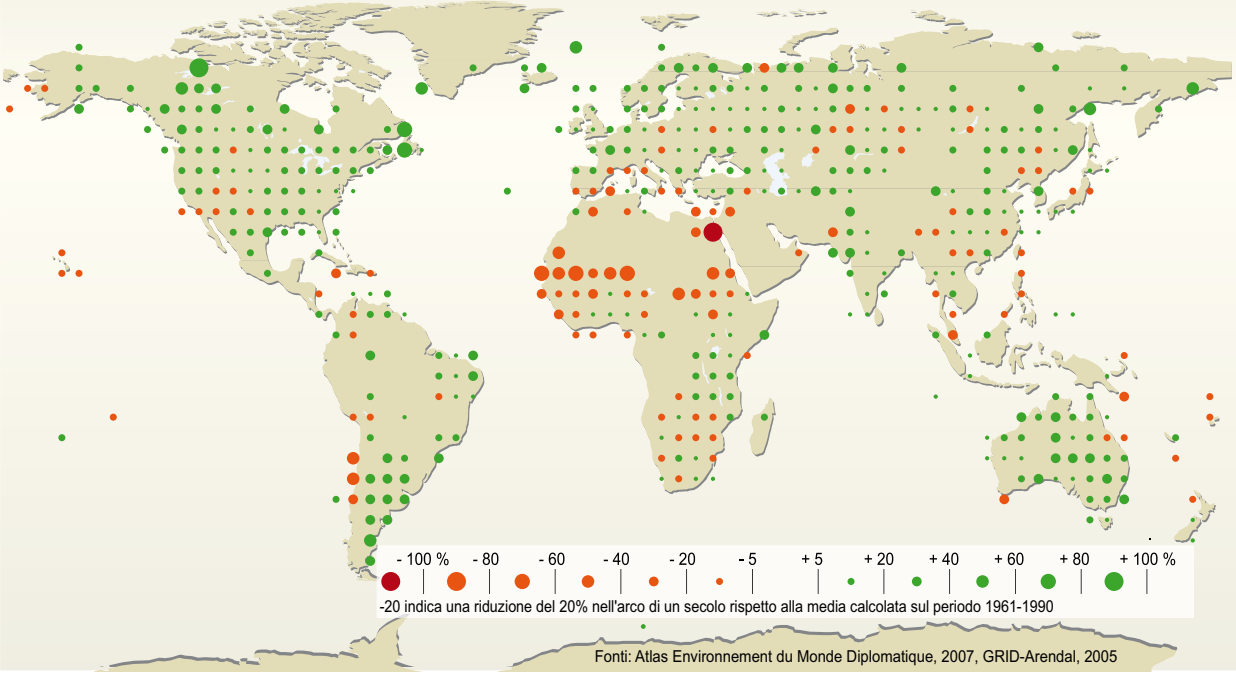
Aumento delle aree secche nel mondo

Aree secche in % sul totale — Copertura spaziale: 75N-60S



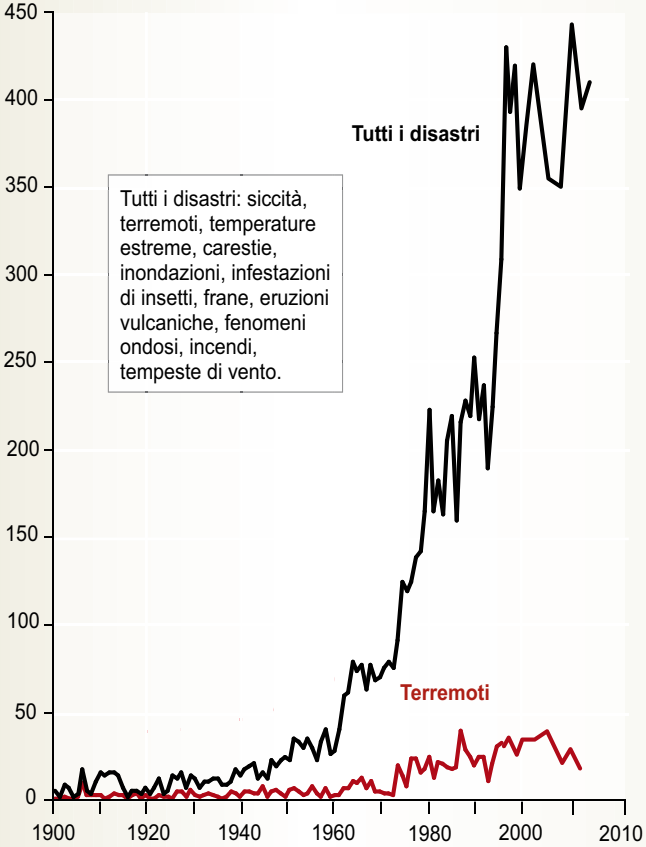
Fonte: IPCC, 2007.

Variazioni delle precipitazioni annue tra il 1901 e il 2004



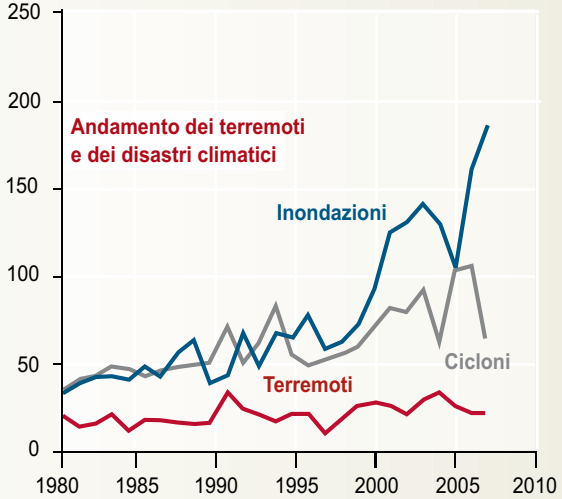
Fonti: Atlas Environnement du Monde Diplomatique, 2007, GRID-Arendal, 2005

Il grafico che segue evidenzia un aumento del numero di disastri naturali segnalati nel mondo, aumento che però è in parte riconducibile al miglioramento delle comunicazioni: in passato, quando si verificava un disastro erano poche le persone che venivano a saperlo. Ciò nonostante, distinguendo tra i disastri che dipendono dal clima, come i cicloni tropicali, e i disastri che invece non sono influenzati dal clima, ad esempio i terremoti, si nota una netta differenza nella tendenza in atto: la frequenza dei terremoti mostra una variabilità limitata, mentre invece la frequenza di inondazioni e è aumentata negli ultimi 30 anni. Tuttavia, benché sia evidente l'aumento dei cicloni tropicali intensi a partire dagli anni intorno al 1970, la spiccata variabilità in un orizzonte temporale di qualche decennio e la mancanza di osservazioni sistematiche e di qualità elevata prima dell'avvento delle osservazioni da satellite rendono più difficile l'individuazione di tendenze a lungo termine.

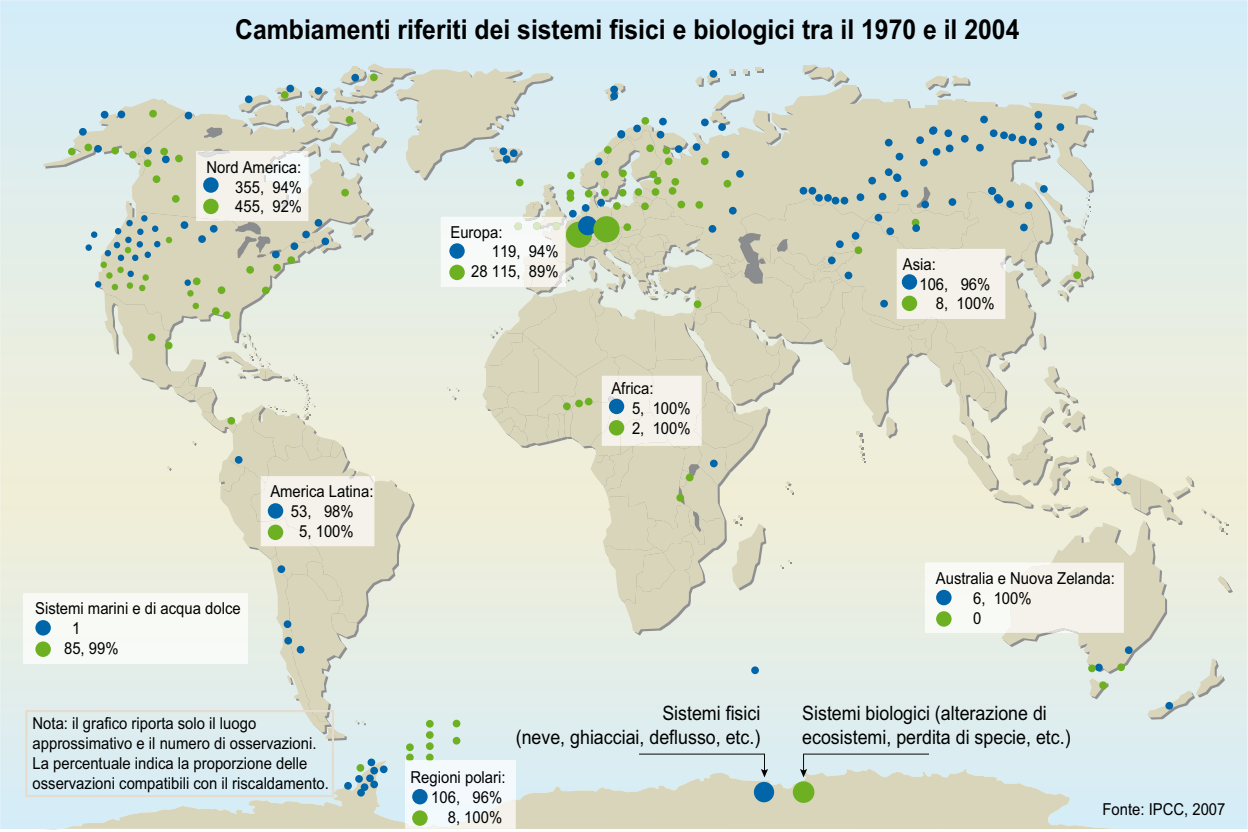


Tendenze nel numero di disastri segnalati

L'aumento del numero di eventi pericolosi segnalati probabilmente è in gran parte riconducibile al netto miglioramento dell'accesso alle informazioni e alla crescita della popolazione; resta però il fatto che il numero di inondazioni e cicloni segnalati è in crescita rispetto ai terremoti. Il riscaldamento globale ha delle ripercussioni sulla frequenza dei pericoli naturali?



Fonte: CRED Annual Disaster Statistical Review 2006, 2007.

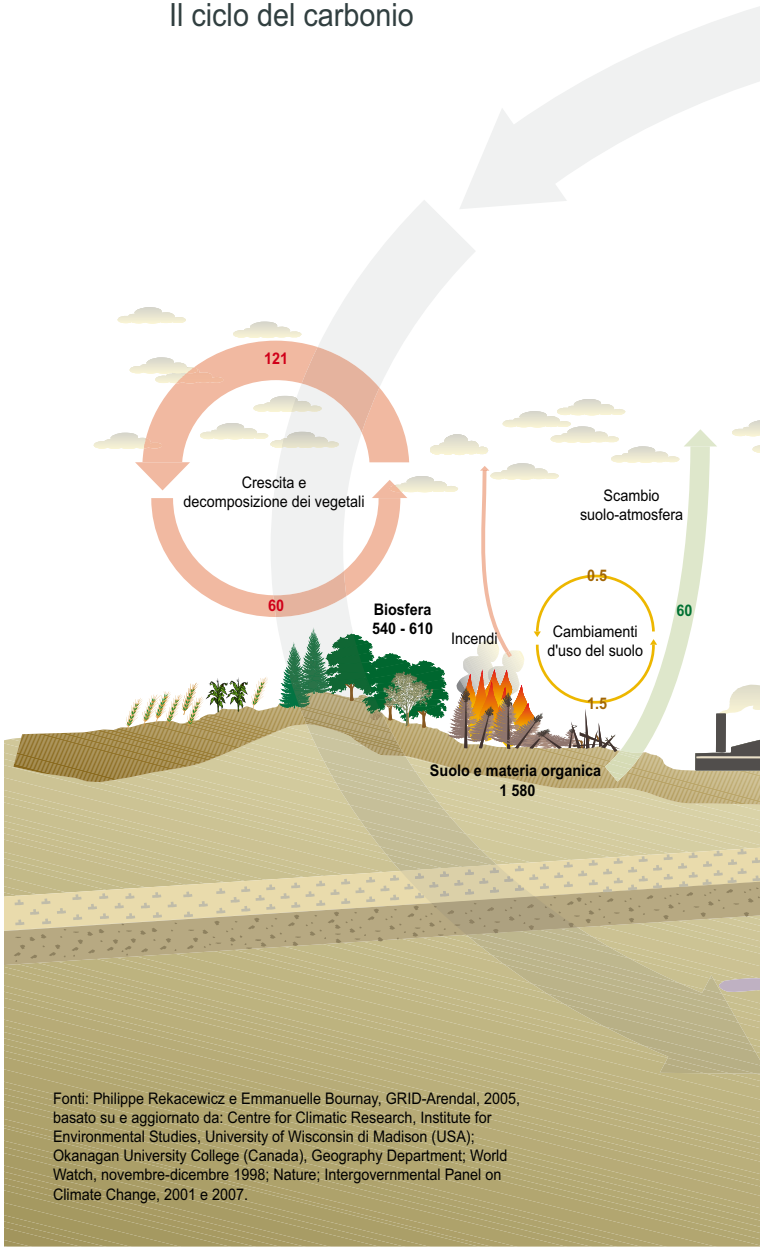


Sistemi naturali interessati

In tutto il mondo, le osservazioni indicano che molti sistemi naturali stanno risentendo dei cambiamenti climatici regionali, in particolare degli aumenti dalla temperatura. A carico dell'uomo e degli ecosistemi stanno emergendo anche altri effetti dei cambiamenti climatici regionali, diversi da quelli già descritti. Molti di questi effetti sono difficili da identificare con certezza, a causa delle misure attuate per favorire l'adattamento ai cambiamenti climatici e dell'influsso di fattori indipendenti dal clima, e vanno dall'anticipo della semina primaverile a modificazioni della distribuzione dei pollini nell'emisfero Nord, dalla variazione dell'estensione delle aree di trasmissione di alcune malattie infettive a effetti su attività che dipendono ad esempio dalla copertura nevosa o glaciale, come gli sport invernali.

Le cause dei cambiamenti

Il ciclo del carbonio



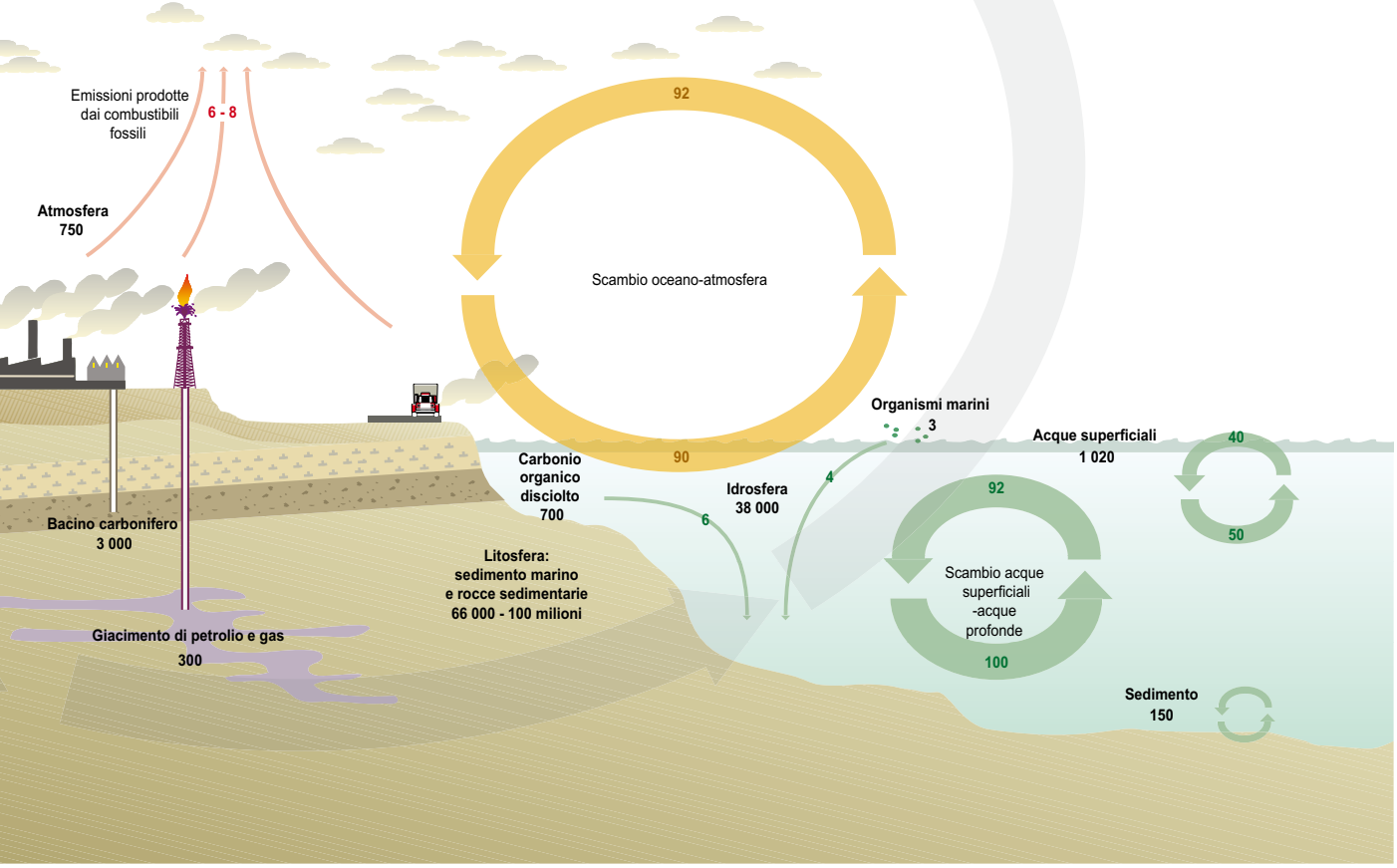
Fonti: Philippe Rekacewicz e Emmanuelle Bournay, GRID-Arendal, 2005, basato su e aggiornato da: Centre for Climatic Research, Institute for Environmental Studies, University of Wisconsin di Madison (USA); Okanagan University College (Canada), Geography Department; World Watch, novembre-dicembre 1998; Nature; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001 e 2007.

Ormai è quasi certo che l'aumento delle temperature medie globali osservato dalla metà del XX secolo sia in gran parte dovuto all'aumento osservato dei gas serra (GHG) prodotti dalle attività umane. È probabile che negli ultimi 50 anni le attività dell'uomo abbiano causato un significativo riscaldamento, calcolato come valore medio su tutti i continenti eccetto l'Antartide. In tale arco di tempo, l'effetto combinato delle variazioni naturali dell'irraggiamento solare e delle eruzioni vulcaniche avrebbe dovuto produrre una diminuzione e non un incremento delle temperature. In effetti c'è stato un effetto rinfrescante sull'atmosfera causato dagli aerosol, che sono in parte di origine naturale (prodotti ad esempio dalle eruzioni vulcaniche), e in parte di origine antropica (derivanti ad esempio dalle emissioni di solfati, carbonio organico, particolato carbonioso, nitrati e polveri). Gli aerosol riflettono nello spazio o assorbono una parte dei raggi solari, impedendo in entrambi i casi che raggiungano la superficie della Terra.

I numeri indicano il carbonio immagazzinato e i flussi di carbonio, espressi in gigatonnellate (1 miliardo di tonnellate) di carbonio.
Le frecce sono proporzionali al volume di carbonio.
I numeri indicati per i flussi esprimono le quantità degli scambi su base annuale.

Velocità del processo di scambio

- Molto veloce (meno di un anno)
- Veloce (1 - 10 anni)
- Lento (10 - 100 anni)
- Molto lento (più di 100 anni)

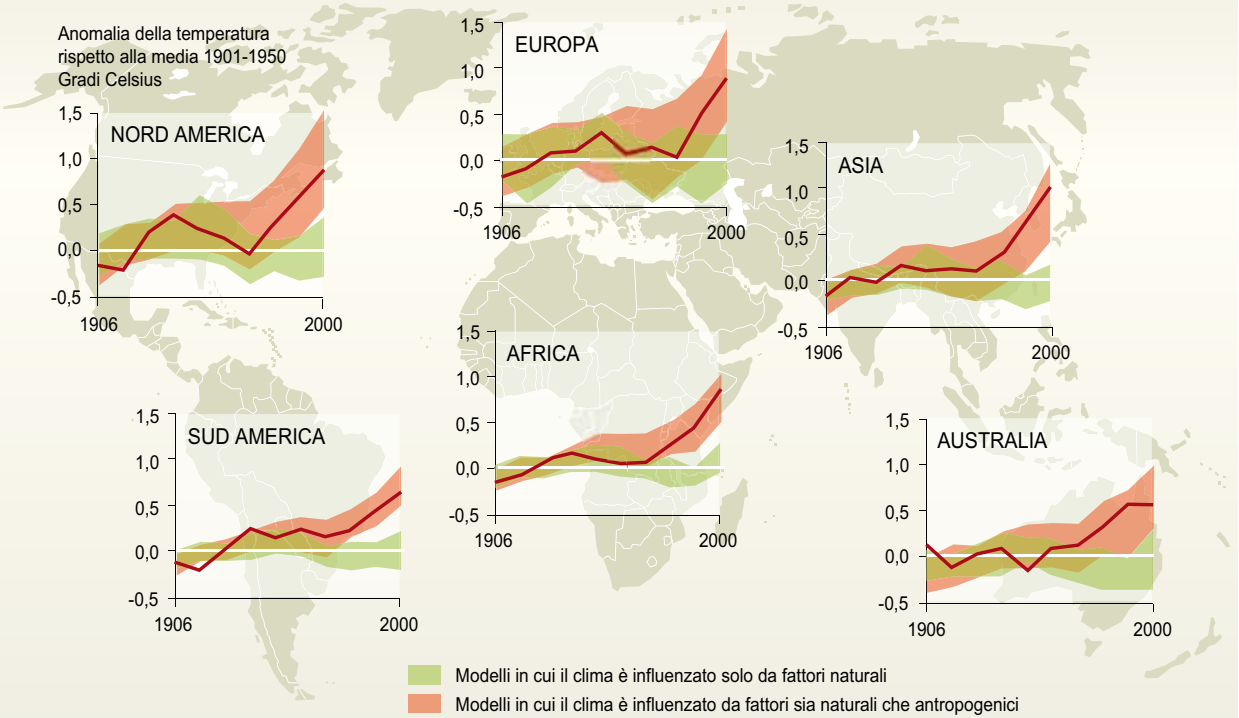


Attività umane

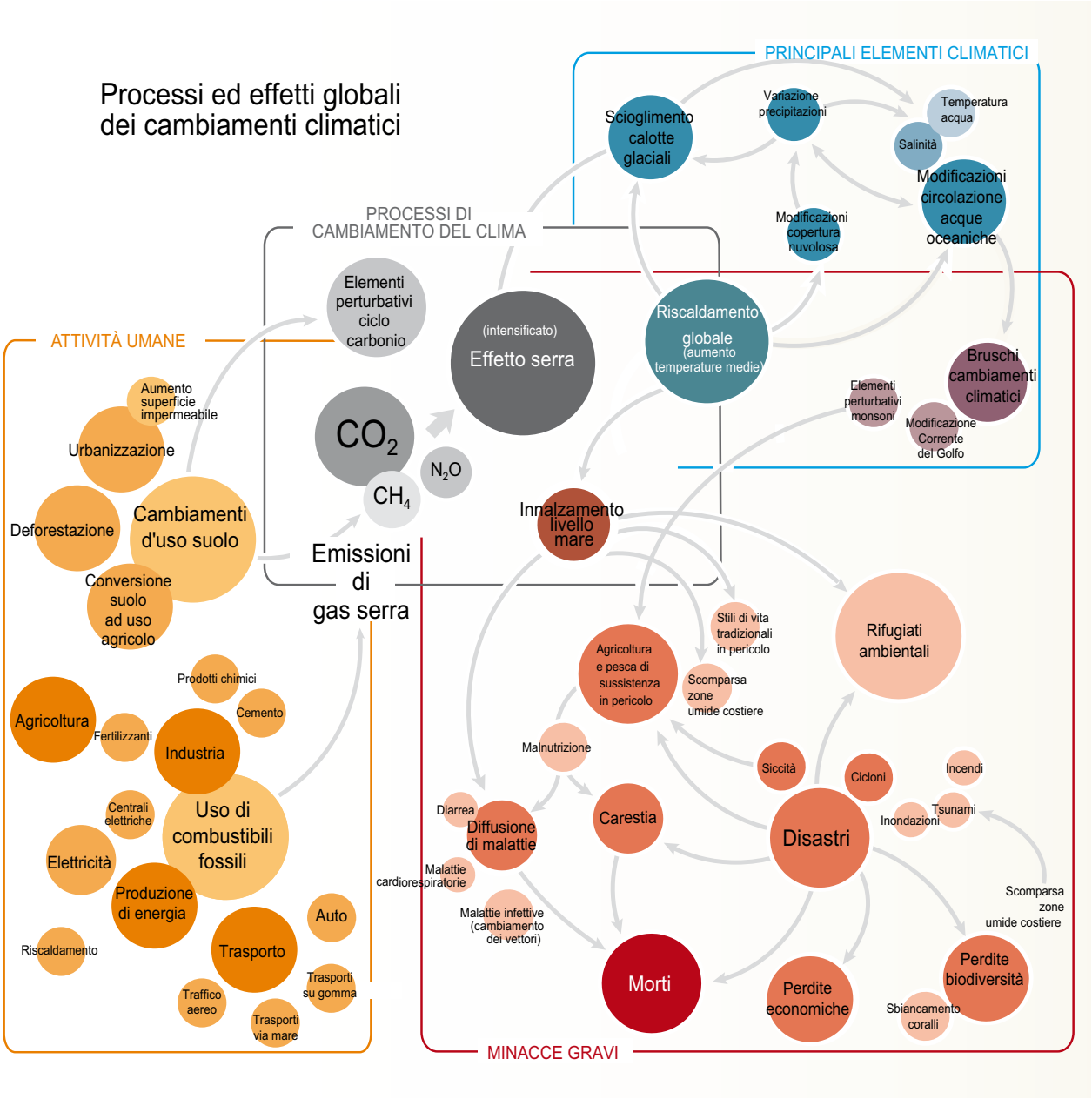
Confrontando fattori naturali e attività umane con i rispettivi effetti sul clima, gli scienziati hanno dimostrato che l'incremento della temperatura è in parte riconducibile alle attività umane. In effetti, mentre i modelli informatici che tengono conto dell'influsso dell'uomo mostrano un netto incremento della temperatura, che rispecchia con precisione il riscaldamento in atto, i modelli che tengono conto unicamente dei fattori naturali indicano temperature ben inferiori alle temperature effettive misurate.

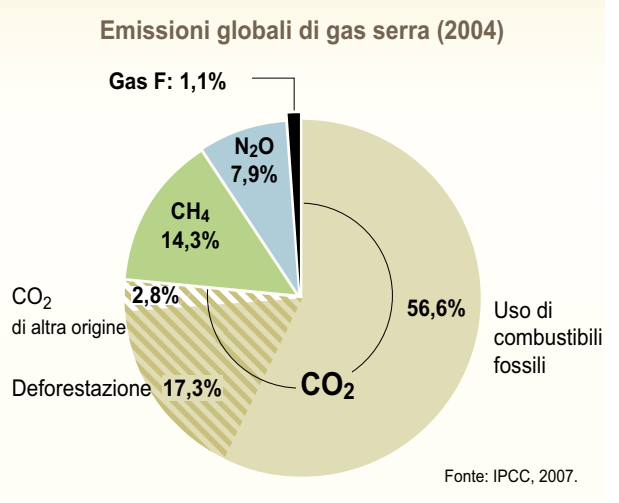
Non solo le temperature medie ma anche altri aspetti del clima stanno cambiando per motivi in cui è riconoscibile l'influsso dell'uomo. Le attività umane hanno contribuito all'innalzamento del livello del mare nella seconda metà del XX secolo e probabilmente ad esse sono in parte imputabili la modificazione dei venti e l'aumento delle temperature delle notti calde, delle notti fredde e dei giorni freddi. Inoltre, le nostre azioni possono aver contribuito all'aumento del rischio ondate di calore, all'espansione delle aree colpite dalla siccità a partire dagli anni '70 e alla maggior frequenza degli episodi di precipitazioni intense. Il riscaldamento causato dall'uomo negli ultimi tre decenni ha avuto un influsso globale evidente sui cambiamenti osservati in molti sistemi fisici e biologici.

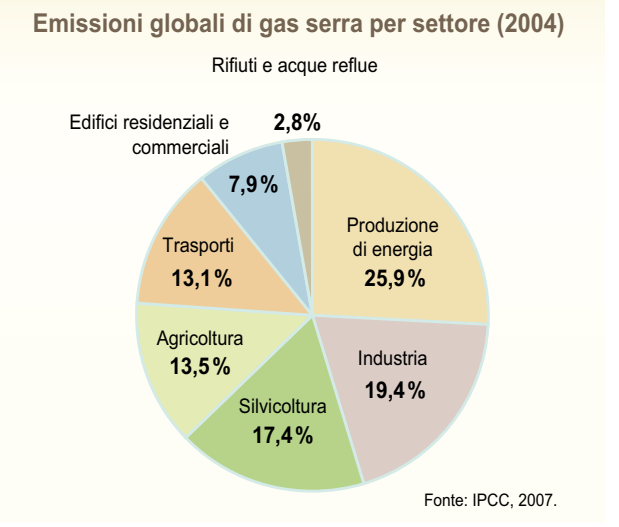
Variazione della temperatura tra il 1906 e il 2005, valori osservati e indicati nei modelli



Fonte: IPCC, 2007.


Processi ed effetti globali dei cambiamenti climatici
PRINCIPALI ELEMENTI CLIMATICI
Scioglimento calotte glaciali
Variazione precipitazioni
Temperatura acqua
Salinità
Modificazioni circolazione acque oceaniche
Modificazioni copertura nuvolosa
PROCESSI DI CAMBIAMENTO DEL CLIMA
Elementi perturbativi ciclo carbonio
(intensificato) Effetto serra
Riscaldamento globale (aumento temperature medie)
Bruschi cambiamenti climatici
Elementi perturbativi monsoni
Modificazione Corrente del Golfo
ATTIVITÀ UMANE
Aumento superficie impermeabile
Urbanizzazione
Deforestazione
Cambiamenti d'uso suolo
Conversione suolo ad uso agricolo
CO_2
N_2O
CH_4
Emissioni di gas serra
Innalzamento livello mare
Stili di vita tradizionali in pericolo
Rifugiati ambientali
Agricoltura e pesca di sussistenza in pericolo
Scomparsa zone umide costiere
Prodotti chimici
Cemento
Agricoltura
Fertilizzanti
Industria
Centrali elettriche
Uso di combustibili fossili
Elettricità
Produzione di energia
Riscaldamento
Trasporto
Auto
Trasporti su gomma
Traffico aereo
Trasporti via mare
Malnutrizione
Siccità
Cicloni
Incendi
Tsunami
Inondazioni
Diarrea
Diffusione di malattie
Carestia
Disastri
Malattie cardiorespiratorie
Malattie infettive (cambiamento dei vettori)
Scomparsa zone umide costiere
Morti
Perdite economiche
Perdite biodiversità
Sbiancamento coralli
MINACCE GRAVI





Gas a effetto serra

L'accordo internazionale sui cambiamenti climatici noto come Protocollo di Kyoto[1] indica un elenco di sei gas (o gruppi di gas) a effetto serra per i quali i firmatari si impegnano a ridurre le emissioni. I gas/gruppi di gas del Protocollo non sono gli unici gas a effetto serra, ma rappresentano una parte molto consistente delle emissioni di GHG prodotte dalle attività umane e sono quelli per i quali è maggiore la responsabilità umana immediata:

- anidride carbonica (CO_2)
- metano (CH_4)
- protossido di azoto (N_2O)
- esafluoruro di zolfo (SF_6)
- idrofluorocarburi (HFC)
- perfluorocarburi (PFC).

Di questi gas, gli ultimi tre (SF_6, HFC e PFC) sono noti anche come "gas F" o "gas fluorurati".

Le emissioni globali di gas serra prodotte dalle attività umane sono cresciute rispetto al periodo pre-industriale, con un incremento del 70% tra il 1970 e il 2004. Le concentrazioni atmosferiche globali di anidride carbonica (CO_2), metano (CH_4) e protossido di azoto (N_2O) sono aumentate notevolmente a causa delle attività umane a partire dal 1750, anno che per convenzione segna l'inizio

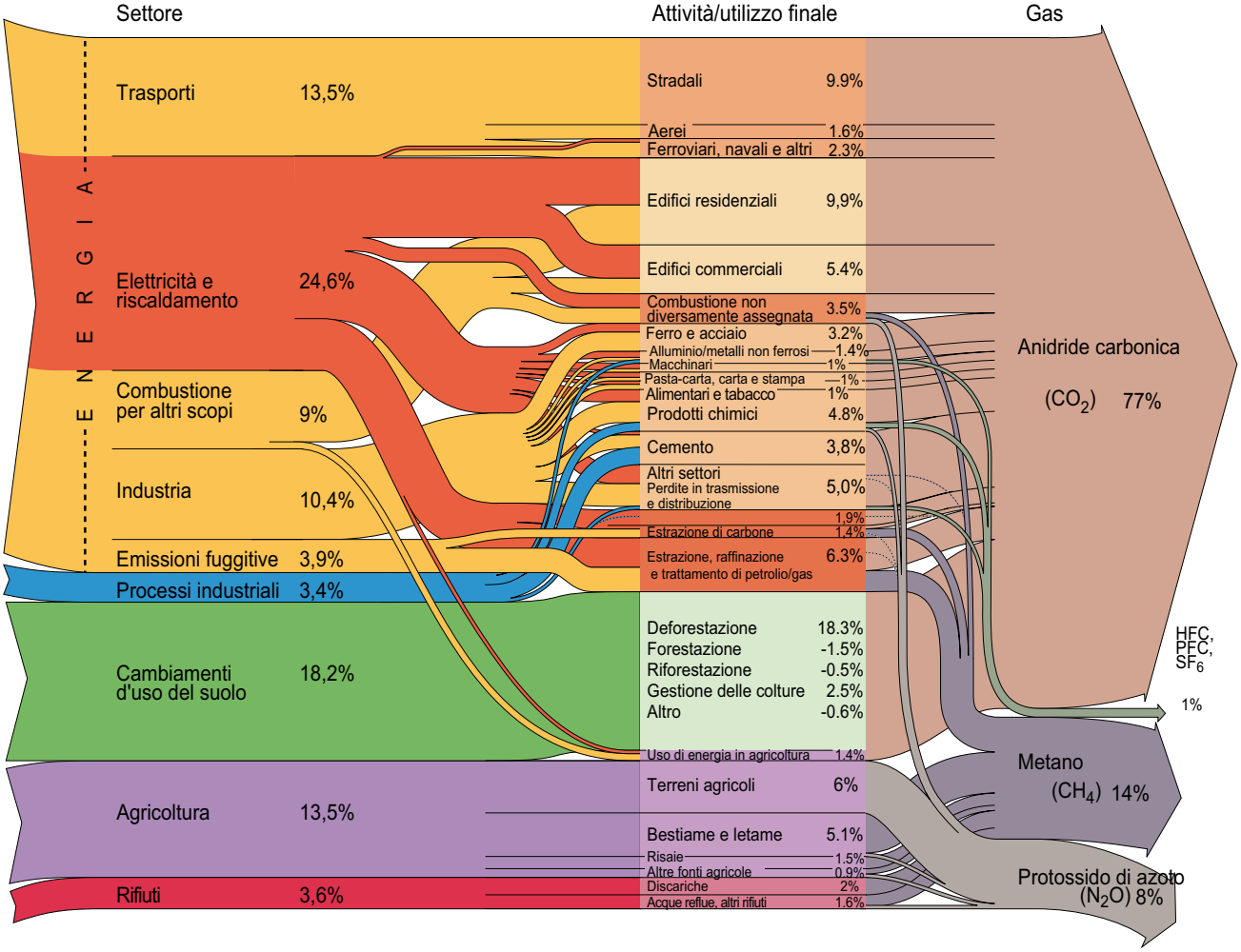
1.Il Protocollo di Kyoto definisce le regole e le procedure necessarie per raggiungere l'obiettivo ultimo della Convenzione, che è: "(...) stabilizzare, (...), le concentrazioni di gas ad effetto serra nell'atmosfera a un livello tale che escluda qualsiasi pericolosa interferenza delle attività umane sul sistema climatico". Tale livello deve essere raggiunto entro un periodo di tempo sufficiente per permettere agli ecosistemi di adattarsi naturalmente ai cambiamenti del clima e per garantire che la produzione alimentare non sia minacciata e lo sviluppo economico possa continuare ad un ritmo sostenibile.

Principali gas serra

Nome del gas	Concentrazione pre-industriale (ppmv *)	Concentrazione nel 1998 (ppmv)	Tempo di vita nell'atmosfera (anni)	Fonte principale tra le attività umane	GWP **
Vapore acqueo	1 - 3	1 - 3	qualche giorno	-	-
Anidride carbonica (CO_2)	280	365	variabile	Combustibili fossili, produzione di cemento, cambiamenti d'uso del suolo	1
Metano (CH_4)	0,7	1,75	12	Combustibili fossili, risaie, discariche di rifiuti, bestiame	21
Protossido di azoto (N_2O)	0,27	0,31	114	Fertilizzanti, processi industriali, combustione	310
HFC 23 (CHF_3)	0	0,000014	250	Elettronica, refrigeranti	12 000
HFC 134 a (CF_3CH_2F)	0	0,0000075	13.8	Refrigeranti	1 300
HFC 152 a (CH_3CHF_2)	0	0,0000005	1,4	Processi industriali	120
Perfluorometano (CF_4)	0,0004	0,00008	>50 000	Produzione di alluminio	5 700
Perfluoroetano (C_2F_6)	0	0,000003	10 000	Produzione di alluminio	11 900
Esafluoruro di zolfo (SF_6)	0	0,0000042	3 200	Fluidi dielettrici	22 200

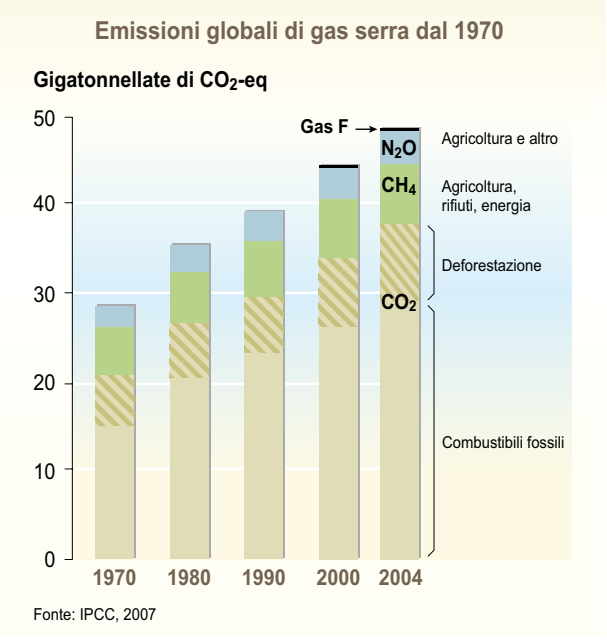
* ppmv = parti per milione in volume ** GWP = potenziale di riscaldamento globale (orizzonte temporale 100 anni).

Emissioni mondiali di gas serra per settore



Tutti i dati si riferiscono al 2000. Tutti i calcoli sono effettuati in CO_2 equivalente utilizzando i GWP su 100 anni indicati dall'IPCC (1996), sulla base di una stima globale complessiva di 41 755 Mt di CO_2 equivalente. I cambiamenti d'uso del suolo includono sia le emissioni, sia gli assorbimenti. Le linee tratteggiate rappresentano flussi inferiori allo 0,1% del totale delle emissioni di GHG.

Fonte: World Resources Institute, Climate Analysis Indicator Tool (CAIT), Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy, dicembre 2005; Intergovernmental Panel on Climate Change, 1996 (dati relativi al 2000).



delle attività industriali, e oggi sono molto più elevate rispetto ai livelli pre-industriali, come dimostra l'analisi di carote di ghiaccio che coprono un arco temporale di molte migliaia di anni. I livelli dei primi due gas sono molto superiori all'intervallo naturale di valori degli ultimi 650 000 anni. La concentrazione atmosferica globale di CO_2, che prima dell'inizio della rivoluzione industriale si aggirava intorno a 280 parti per milione (ppm), nel 2005 ha raggiunto 379 ppm, e la velocità di incremento è sempre più elevata: il tasso annuo di crescita registrato tra il 1995 e il 2005 è stato il più elevato dall'inizio delle misurazioni atmosferiche in continuo, negli anni '50.

Potenziale di riscaldamento globale (GWP) e CO_2 equivalente

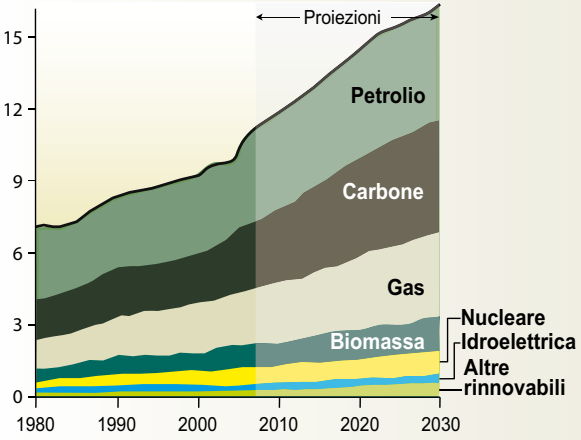
Ogni gas serra influisce in misura diversa sull'atmosfera e ha una durata di vita diversa. Il contributo stimato di un GHG al riscaldamento globale prende il nome di Potenziale di Riscaldamento Globale o GWP (dall'inglese Global Warming Potential). Il GWP è un fattore che rende confrontabili gli effetti di gas diversi indicando in che misura il gas in questione è più (o meno) dannoso della stessa massa di CO_2 in un determinato lasso di tempo; il GWP della CO_2, quindi, è sempre 1. Alcuni gas provocano un riscaldamento molto maggiore rispetto alla CO_2 ma si degradano più velocemente: di conseguenza, sono più problematici inizialmente ma poi hanno effetti minori. Altri gas si degradano più lentamente e rappresentano un problema più serio per un periodo di tempo più lungo.

Quando si parla di emissioni di CO_2 equivalente si utilizza l'anidride carbonica come gas di riferimento e si indica la quantità di CO_2 che provocherebbe, in un arco di tempo specificato, lo stesso riscaldamento che sarebbe causato da uno degli altri gas serra.

Ad esempio, il GWP del metano in un orizzonte temporale di 100 anni è 25, mentre quello del protossido di azoto è 298: ciò significa che le emissioni di una tonnellata di metano o di protossido di azoto sono equivalenti alle emissioni di 25 e 298 tonnellate di anidride carbonica rispettivamente. Uno dei "gas F", l'HFC23, è 12 000 volte più potente della CO_2 in un orizzonte temporale di 20 anni, e diventa ancora più potente (e quindi "pericoloso" per l'ambiente) se si considera un periodo di 100 anni, orizzonte in cui il suo GWP raggiunge 14 800.

Domanda di energia effettiva e prevista

Miliardi di tonnellate di petrolio equivalente

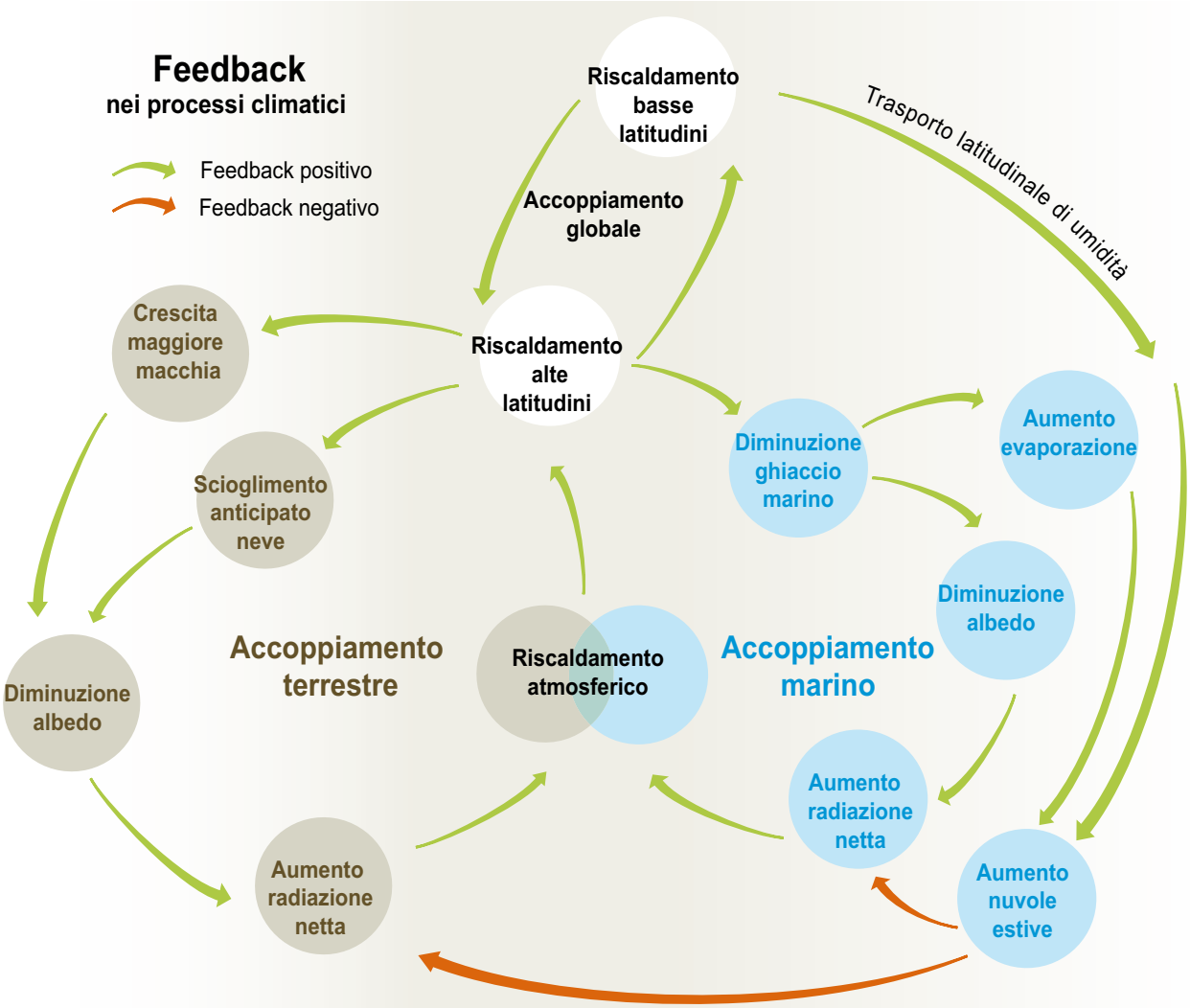


Note: tutti i dati si riferiscono alla forma in cui si presenta l'energia in origine (ad esempio carbone), prima della trasformazione in forme più facilmente utilizzabili (ad esempio in energia elettrica).

Fonte: International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook 2008.

Feedback

Un fattore che rende più complicata la climatologia, e che per questo è all'origine di ampi intervalli di incertezza, è l'esistenza dei feedback. I feedback sono interazioni che si producono tra diverse parti del sistema climatico: in altri termini, un processo o un evento può determinare dei cambiamenti che a loro volta influenzano il processo da cui hanno origine. Ne è un esempio la riduzione del ghiaccio e della neve, sia sulla terraferma che in mare. Essendo bianco, il ghiaccio riflette nello spazio fino al 90% delle radiazioni solari che arrivano sulla sua superficie ed evita che intensifichino il riscaldamento atmosferico. Quando si scioglie, il ghiaccio lascia scoperta la superficie sottostante, che può essere di terra, vegetazione, roccia o acqua ed essendo comunque più scura del ghiaccio tende con maggiore probabilità ad assorbire le radiazioni anziché a rifletterle. In questo modo, lo scioglimento iniziale provoca un feedback che contribuisce ad accelerare il fenomeno. Un altro esempio di feedback è lo scioglimento del permafrost alle alte latitudini dell'emisfero settentrionale. Lo scioglimento può provocare il rilascio nell'atmosfera di grandi quantitativi di anidride carbonica e metano intrappolati sotto lo strato di terreno gelato: in questa eventualità, il riscaldamento già in atto subirebbe un'ulteriore accelerazione. Un altro feedback atteso è riconducibile alla riduzione dell'assorbimento di anidride carbonica che si produce sia nel suolo che nell'oceano alle alte temperature; tale riduzione fa crescere la quantità di CO_2 che rimane nell'atmosfera. Gli esempi illustrati sono tutti di feedback positivi, perché intensificano il processo iniziale; i feedback negativi, invece, sono cambiamenti da cui ha origine un processo di compensazione che mitiga il cambiamento.



I feedback positivi intensificano il processo iniziale.
I feedback negativi danno origine a un processo di compensazione.

Fonte: Hugo Ahlenius/ GRID-Arendal, Global Outlook for Ice and Snow, 2008.

Cambiamenti previsti e relativi impatti

Nei primi due capitoli sono stati analizzati i cambiamenti e gli effetti che sono già in atto; da qui in avanti, invece, vengono presentate le proiezioni relative all'evoluzione futura.
Se le politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici e le iniziative di sviluppo sostenibile rimarranno quelle di oggi, le emissioni globali di gas serra continueranno a crescere nei prossimi decenni. E la crescita sarà tutt'altro che modesta: secondo le proiezioni dell'IPCC, le emissioni globali di GHG aumenteranno del 25-90% tra il 2000 e il 2030 (l'ampio margine di incertezza è dovuto alla grande varietà delle ipotesi formulate nei vari scenari socioeconomici presi in considerazione dall'IPCC). L'IPCC prevede che i combustibili fossili (petrolio, carbone e gas) manterranno una posizione dominante nel mix energetico globale anche dopo il 2030, qualunque sia lo scenario considerato.
Continuando ad emettere gas serra in misura uguale o superiore a quella attuale si produrrebbe un ulteriore riscaldamento, che provocherebbe molti cambiamenti nel sistema climatico globale nel corso di questo secolo; questi cambiamenti potrebbero essere maggiori di quelli osservati nel XX secolo.

Le emissioni attuali influenzeranno l'atmosfera per anni

Anche se le concentrazioni di gas serra si stabilizzassero ai livelli attuali (2000), il riscaldamento antropogenico e l'innalzamento del livello del mare proseguirebbero per molti secoli. Il clima reagisce in tempi lunghi agli elementi alteranti, e molti gas serra rimangono nell'atmosfera per migliaia di anni.

Alla luce di nuovi studi e osservazioni, l'IPCC è più sicuro oggi di quanto non fosse nel Terzo Rapporto di Valutazione dell'accuratezza delle proiezioni relative ai modelli di riscaldamento e agli altri effetti climatici regionali, tra cui i cambiamenti dei modelli dei venti, delle precipitazioni, degli estremi meteorologici e del ghiaccio marino.
Su scala regionale, si produrranno tra gli altri i seguenti cambiamenti:

- riscaldamento massimo sulle terre emerse e alle più alte latitudini settentrionali, e minimo sull'Oceano Meridionale e su alcune zone dell'Atlantico settentrionale;
- contrazione dell'area coperta dalla neve, aumento della profondità di scioglimento della maggior parte del permafrost, diminuzione dell'estensione del ghiaccio marino;
- aumento della frequenza di valori estremi di caldo, ondate di calore e precipitazioni intense;
- aumento probabile dell'intensità dei cicloni tropicali;
- spostamento verso i poli delle tempeste extratropicali;
- aumento delle precipitazioni alle alte latitudini e probabile diminuzione sulla maggior parte delle terre emerse nelle regioni subtropicali.

Gli scenari IPCC (spesso indicati con il nome di "scenari SRES" da "Special Report on Emissions Scenarios", il rapporto speciale sugli scenari di emissioni pubblicato dall'IPCC nel 2000) indagano percorsi di sviluppo alternativi e tengono conto di fattori demografici, economici e tecnologici e delle risultanti emissioni di GHG. Le proiezioni delle emissioni basate su questi diversi scenari sono molto utilizzate per prevedere i futuri cambiamenti climatici, la vulnerabilità e gli impatti. La decisione in merito a quale dei diversi scenari sia più probabile è lasciata alla scelta di ognuno: l'IPCC non si assume il rischio di associarli a una determinata probabilità.

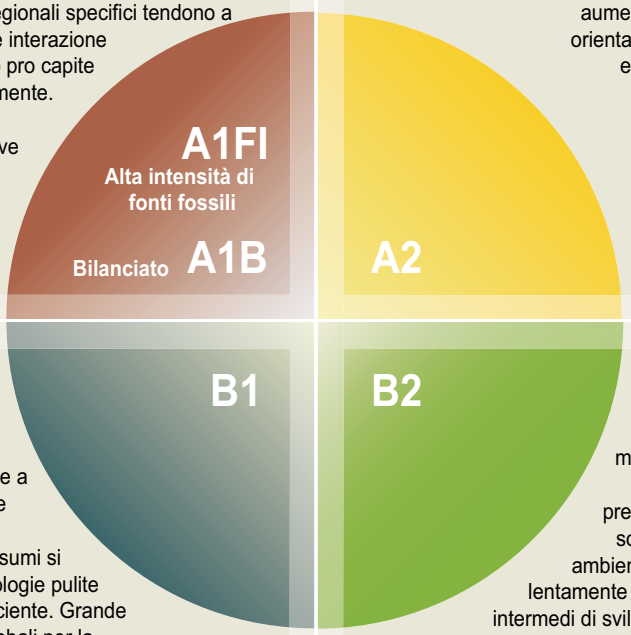
Scenari

Uno scenario è una descrizione plausibile e spesso semplificata della possibile evoluzione futura, basata su un insieme di ipotesi coerenti: in pratica un insieme di ipotesi di lavoro sul possibile sviluppo della società e sulle implicazioni che ne deriveranno per il clima.

PIÙ ORIENTATO AL MERCATO

Lo scenario A1 descrive un mondo futuro caratterizzato da una crescita economica molto rapida, in cui la popolazione mondiale raggiunge la massima espansione a metà secolo per poi diminuire, e si assiste ad una rapida introduzione di tecnologie nuove ed efficienti. Gli andamenti regionali specifici tendono a scomparire per effetto della più forte interazione culturale. La differenza tra il reddito pro capite delle varie regioni si riduce sensibilmente. L'A1 si divide in tre gruppi che corrispondono a evoluzioni alternative dell'approvvigionamento di energia: ad alta intensità di fonti fossili (A1FI), con fonti di energia A1FI non fossili, o con un equilibrio tra tutte le fonti (A1B).

Lo scenario A2 descrive un mondo molto eterogeneo, basato sulla preservazione delle identità locali. La natalità nelle varie regioni converge lentamente e la popolazione continua ad aumentare. Lo sviluppo economico è orientato su base regionale, la crescita economica pro capite e i cambiamenti tecnologici sono più frammentati che nell'A1.



PIÙ GLOBALE

PIÙ REGIONALE

Lo scenario B1 descrive un mondo convergente in cui la popolazione raggiunge la massima espansione a metà secolo per poi diminuire come nell'A1, ma si assiste a una rapida evoluzione delle strutture economiche verso un'economia dell'informazione e dei servizi. I consumi si riducono e vengono introdotte tecnologie pulite che sfruttano le risorse in modo efficiente. Grande importanza rivestono le soluzioni globali per la sostenibilità, tra cui una maggiore equità, ma non vi sono ulteriori iniziative per il clima.

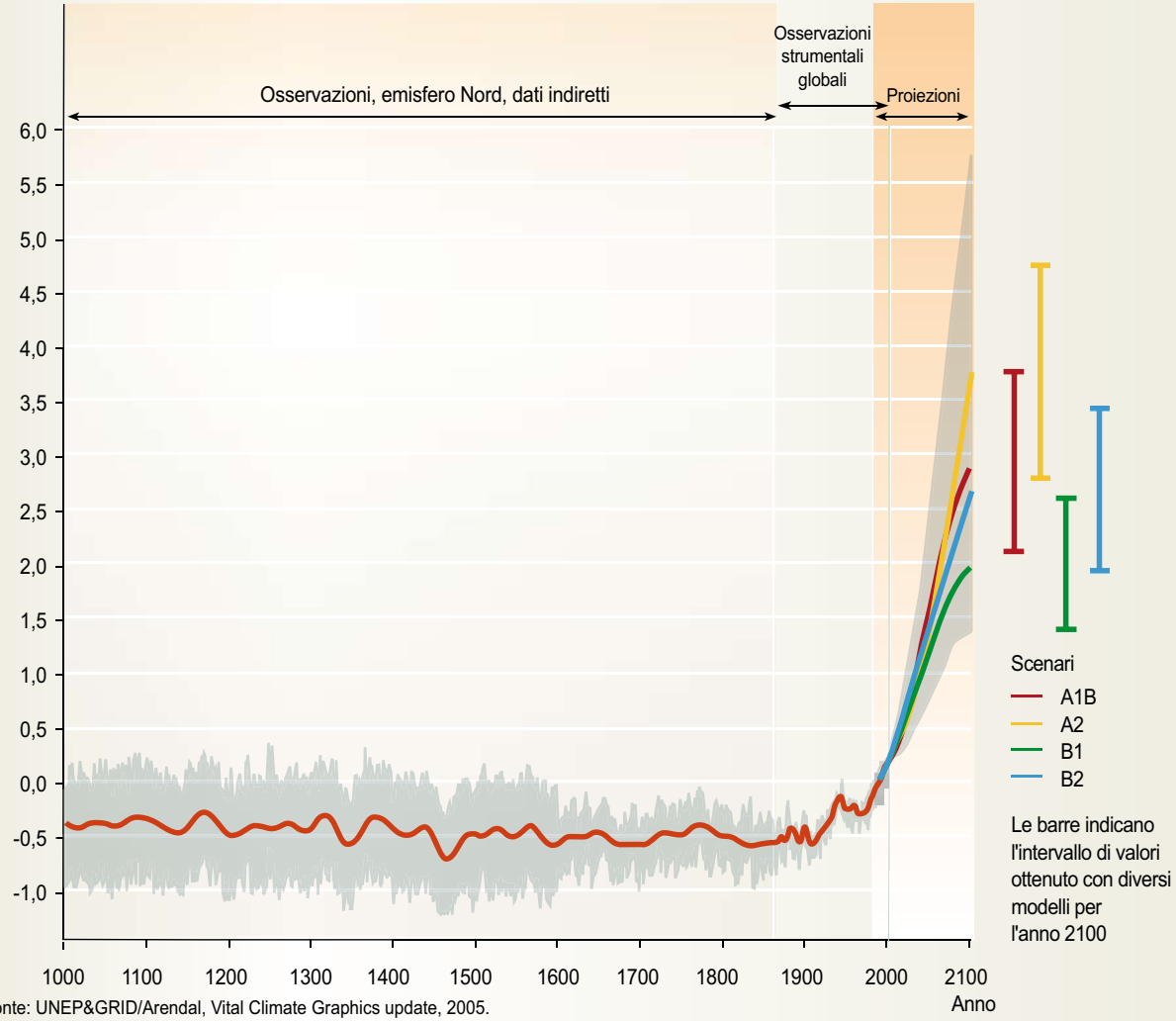
Lo scenario B2 descrive un mondo in cui al posto dell'approccio globale dello scenario B1 prevalgono le soluzioni locali per la sostenibilità economica, sociale e ambientale. La popolazione cresce più lentamente che negli altri scenari, con livelli intermedi di sviluppo economico e cambiamenti tecnologici lenti ma diversificati. La società è orientata verso la tutela dell'ambiente e l'equità sociale e privilegia il livello locale e regionale.

PIÙ AMBIENTALE

Fonte: GRID-Arendal sulla base di informazioni IPCC, 2001.

Variazioni della temperatura della superficie terrestre tra il 1000 e il 2100

Differenza in °Celsius (rispetto al valore del 1990)



Fonte: UNEP&GRID/Arendal, Vital Climate Graphics update, 2005.

Innalzamento del livello del mare

La conoscenza di alcune cause importanti dell'innalzamento del livello del mare è troppo limitata per consentire all'IPCC di indicare una stima attendibile o un limite massimo per questo fenomeno, ed è tale da indurlo a usare cautela nelle previsioni. L'innalzamento indicato nelle proiezioni per il 2090-2099 è compreso tra 18 e 59 cm rispetto al 1980-1999; tale intervallo di valori, però, non tiene conto della possibile accelerazione dello scioglimento del ghiaccio delle banchise polari, e quindi non costituisce un limite superiore. All'incertezza in quest'area contribuiscono anche altri fattori, ad esempio i feedback tra clima e ciclo del carbonio e l'espansione dell'acqua degli oceani dovuta al riscaldamento ("espansione termica").

Secondo le proiezioni, l'arretramento della calotta glaciale in Groenlandia contribuirà a fare innalzare il livello del mare fino a dopo il 2100. I modelli indicano uno scioglimento quasi completo dei ghiacci.

La calotta glaciale antartica, invece, rimarrà troppo fredda perché si produca uno scioglimento superficiale generalizzato, e anzi crescerà in seguito all'aumento delle precipitazioni nevose. Tuttavia, anche nell'Antartico è possibile una perdita netta di ghiaccio, in funzione della quantità di ghiaccio che si sposterà dalla terra al mare e della rapidità di questo fenomeno.

Ecosistemi[2]

Dalla pubblicazione del Terzo Rapporto di Valutazione dell'IPCC, è cresciuta la confidenza sul fatto che un aumento di 1-2°C della temperatura media rispetto ai livelli del 1990 (circa 1,5-2,5°C rispetto ai livelli pre-industriali) mette significativamente a rischio molti sistemi unici e in pericolo, tra cui molti "punti caldi" (hotspot) di biodiversità.

Questi cambiamenti degli ecosistemi saranno accompagnati da spostamenti degli areali geografici (aree di distribuzione) di specie sia animali che vegetali, con conseguenze negative per la natura e per i beni e servizi forniti dagli ecosistemi, ad esempio l'acqua e il cibo. Molti ecosistemi "probabilmente" esauriranno la capacità di adattarsi ai cambiamenti imposti dalle modificazioni del clima e alle profonde trasformazioni che ne seguiranno. Probabilmente l'assorbimento netto di carbonio da parte degli ecosistemi raggiungerà il livello massimo prima della metà di questo secolo per poi rallentare o addirittura diminuire, il che amplificherebbe i cambiamenti climatici (feedback positivo).

Per il 20-30% delle specie, il rischio di estinzione aumenterà se il riscaldamento medio globale sarà superiore a 1,5-2,5°C. Con un aumento della temperatura media globale superiore a circa 3,5°C, le proiezioni dei modelli indicano estinzioni significative del 40-70% delle specie note in tutto il mondo. Questo è uno degli effetti irreversibili dei cambiamenti climatici[3].

Sicurezza della disponibilità alimentare e salute umana

Gli effetti della maggiore frequenza e intensità degli eventi meteorologici estremi causeranno emergenze e determineranno un'inversione di tendenza nello sviluppo. Le previsioni indicano che gli eventi estremi, uniti all'innalzamento del livello del mare, avranno un effetto essenzialmente negativo per l'uomo. La disponibilità alimentare è un ovvio motivo di preoccupazione. Alle alte latitudini, con incrementi della temperatura inferiori a 3°C la produttività agricola potrebbe inizialmente registrare un lieve aumento, a cui farebbe seguito però una diminuzione in alcune aree. A latitudini più basse, la produttività potrebbe diminuire anche con aumenti modesti della temperatura.

2. Un ecosistema è un'unità naturale formata tutti gli animali, i vegetali e i microrganismi che sono presenti in una determinata area e interagiscono tra loro e con tutti i fattori fisici non viventi dell'ambiente.

3. L'evoluzione ha portato molte specie a vivere in un ambiente particolare e spesso molto circoscritto. Con l'intensificazione dell'aumento della temperatura e di altri effetti prodotti dal mutamento del clima, è probabile che i loro ambienti si modifichino troppo velocemente per consentire un adattamento o la migrazione in aree più adatte.

Impatti associati alla variazione della temperatura globale	+1°	+2°	+3°	+4°	+5°
	Variazione della temperatura media annua globale rispetto al 1980 - 1999				
ACQUA	Maggiore disponibilità nelle aree tropicali umide e alle alte latitudini →				
	Minore disponibilità e aumento della siccità alle medie latitudini e nelle zone semiaride alle basse latitudini →				
	Persone interessate: 0,4 - 1,7 miliardi ↔	1,0 - 2,0 miliardi ↔	1,1 - 3,2 miliardi ↔		Aumento della popolazione soggetta a stress idrico
ECO-SISTEMI	Aumento dell'estinzione di anfibi →	Aumento del rischio di estinzione per il 20-30% delle specie →			Estinzioni significative in tutto il mondo
	Aumento dello sbiancamento dei coralli →				
	Sbiancamento della maggior parte dei coralli →		Diffusa mortalità dei coralli →		
	Aumento dello spostamento di areali e del rischio di incendi →		Tendenza della biosfera terrestre a diventare una fonte di carbonio netta →		
			~15% degli ecosistemi interessati →		~40% degli ecosistemi interessati →
CIBO		Basse latitudini: Calo della produttività delle colture per alcuni cereali →		Calo per tutti i cereali	
		Medie e alte latitudini: Aumento della produttività delle colture per alcuni cereali →		Calo in alcune regioni	
COSTE	Aumento dei danni provocati da inondazioni e tempeste →				
					Perdita di circa il 30% delle zone umide costiere →
	Aumento della popolazione a rischio di inondazioni costiere ogni anno:	0 - 3 milioni ↔		2 - 15 milioni ↔	
SALUTE					→
	Aumento di malnutrizione, malattie diarroiche, cardiorespiratorie e infettive				
	Aumento della morbilità e mortalità associate a ondate di calore, inondazioni e siccità →				
	Variazioni nella distribuzione dei vettori di alcune malattie →		Notevole pressione sui servizi sanitari		
EVENTI SINGOLARI	Arretramento locale del ghiaccio in Groenlandia e nell'Antartico occidentale →		Tendenza a lungo termine verso un innalzamento di alcuni metri del mare a causa dello scioglimento delle calotte glaciali →		Riconfigurazione delle linee di costa in tutto il mondo e inondazione di aree basse
			Cambiamenti di ecosistemi dovuti all'indebolimento della circolazione generale oceanica →		

Gli impatti variano in base all'adattamento, alla variazione della temperatura e alle condizioni socioeconomiche

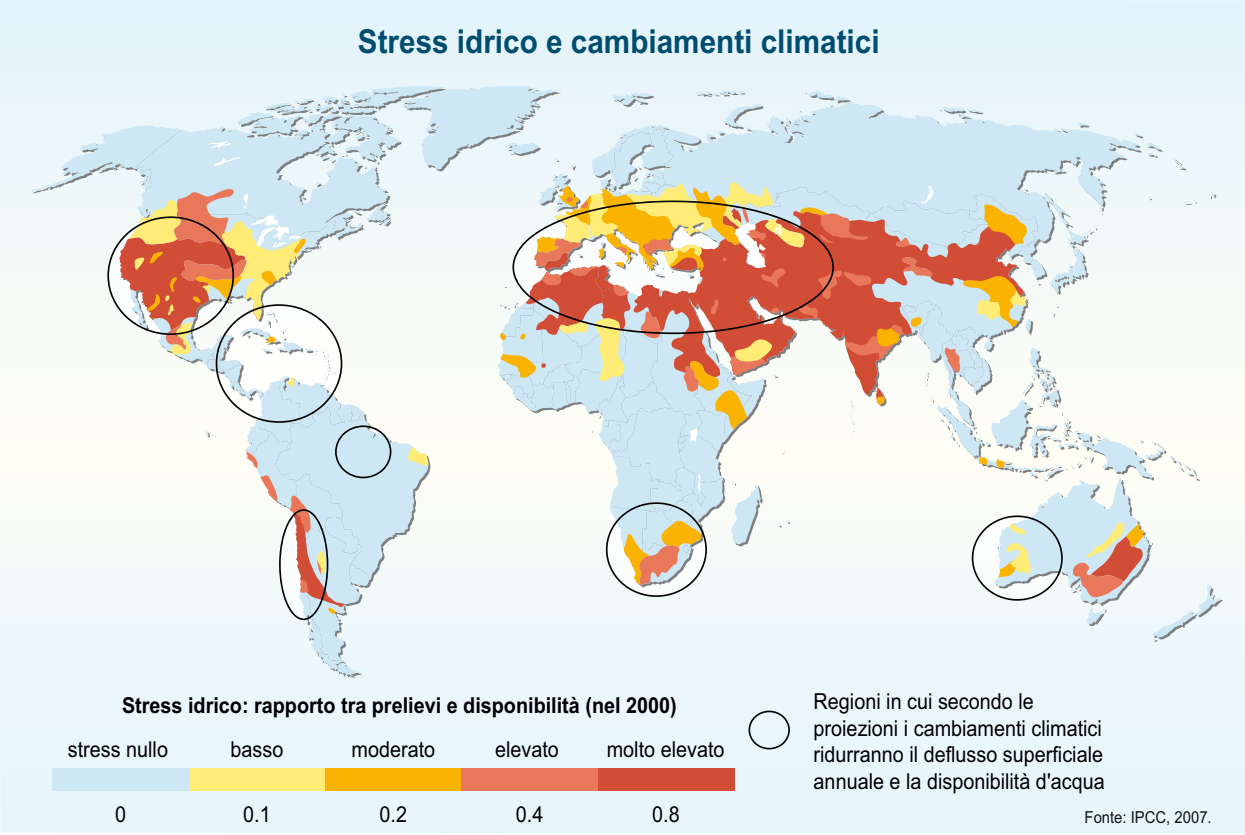
L'aumento della malnutrizione, le condizioni meteorologiche estreme, la maggiore incidenza delle malattie diarroiche, dei problemi cardiaci e respiratori dovuti all'aumento della concentrazioni di ozono a livello del suolo in conseguenza dei cambiamenti climatici, e la diffusione di alcune malattie infettive possono rappresentare un rischio per la salute di milioni di persone. D'altra parte, potranno esserci anche dei benefici, ad esempio per le popolazioni esposte a climi molto freddi. Per altri versi, gli effetti saranno eterogenei. In alcuni luoghi, l'area geografica di distribuzione della malaria potrebbe ridursi; in altri si allargherà e la stagione di trasmissione potrebbe modificarsi. Nel complesso, ci si aspetta che gli effetti negativi sulla salute causati dall'aumento delle temperature siano superiori ai benefici, specialmente nei paesi in via di sviluppo.

Disponibilità di acqua dolce

In base alle previsioni, i cambiamenti climatici avranno un impatto cruciale su tutti i settori e in tutte le regioni e potrebbero aggravare lo stress idrico[4] dovuto alla crescita demografica e ai cambiamenti economici e d'uso del suolo.

Ghiacciai e nevai sono importantissime fonti d'acqua dolce a livello regionale. Di recente hanno subito

4. Lo stress idrico si può definire come la situazione che si verifica quando un paese usa più del 20% delle sue risorse idriche rinnovabili.



una drastica e diffusa contrazione a causa dello scioglimento, e secondo le proiezioni tale tendenza accelererà in questo secolo, riducendo la disponibilità d'acqua e le potenzialità di sfruttamento dell'energia idroelettrica (che spesso è un'alternativa praticabile all'energia prodotta con combustibili fossili e riduce le emissioni di CO_2). Secondo le previsioni, i cambiamenti climatici modificheranno anche i flussi stagionali in regioni alimentate dall'acqua di scioglimento proveniente da catene montuose come l'Hindu Kush, l'Himalaya e le Ande intertropicali, dove vive più di un sesto della popolazione mondiale. Due miliardi di persone dipendono dall'acqua fornita da sette dei fiumi principali dell'Asia, che nascono tutti dall'Himalaya.

I cambiamenti delle precipitazioni e delle temperature influenzano anche il deflusso e la disponibilità d'acqua. Entro la metà del secolo il deflusso[5] aumenterà del 10-40% alle latitudini più elevate e in alcune aree tropicali umide, mentre diminuirà del 10-30% in alcune aree secche alle medie latitudini e nelle regioni tropicali. Alcune aree semiaride, ad esempio nel bacino del Mediterraneo, negli USA occidentali, nell'Africa meridionale e nel Nord-Est del Brasile, avranno meno acqua. Le aree colpite dalla siccità aumenteranno; la produzione di energia e le risorse alimentari e idriche di energia saranno minacciate e lo sarà anche la salute, per l'aumento della malnutrizione e delle malattie infettive e respiratorie. È previsto inoltre un aumento regionale consistente della domanda d'acqua per l'irrigazione.

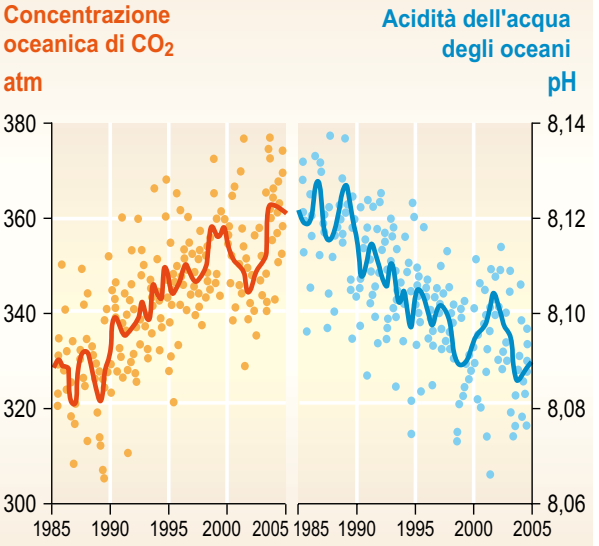
Gli impatti negativi sui sistemi di acqua dolce saranno superiori ai benefici dei cambiamenti climatici. Le ricerche disponibili indicano per il futuro un aumento degli eventi di precipitazioni intense in molte regioni, comprese alcune regioni in cui è prevista una diminuzione delle precipitazioni **medie.** Questo comporterà un aumento del rischio di inondazioni. È probabile che una percentuale fino al 20% della popolazione mondiale vivrà in aree in cui le esondazioni dei fiumi potrebbero aumentare di qui agli anni '80 del XX secolo. La maggiore frequenza e intensità di inondazioni e siccità avranno effetti negativi sullo sviluppo sostenibile, l'aumento delle temperature inciderà negativamente sulla qualità dell'acqua dolce, e nelle aree costiere l'innalzamento del livello del mare comporterà una maggiore contaminazione salina delle acque sotterranee.

5. L'acqua che cade sulla Terra e non si infiltra nel terreno e non evapora ma scorre sul o nel terreno alimentando fonti d'acqua superficiali o sotterranee.

Acidificazione degli oceani

L'aumento del quantitativo di anidride carbonica prodotta dalle attività umane ed entrata negli oceani attraverso l'atmosfera a partire dal 1750 ha reso gli oceani più acidi, con una diminuzione media del pH (il valore che misura l'acidità o alcalinità di una soluzione) pari a 0,1 unità. Tale fenomeno si sta ulteriormente intensificando, a causa dell'incremento delle concentrazioni atmosferiche di CO_2. Oggi il pH medio alla superficie degli oceani è pari a circa 8,1. Le proiezioni indicano per questo secolo un'ulteriore acidificazione, con una riduzione del pH medio superficiale degli oceani compresa tra 0,14 e 0,35

Acidificazione degli oceani a livello mondiale



Fonte: IPCC, 2007