

# **CAMBIAMENTI CLIMATICI: UNA SINTESI DEL RAPPORTO IPCC**

Filippo Giorgi

*Centro Internazionale di Fisica Teorica di Trieste – Settore studi sul clima*

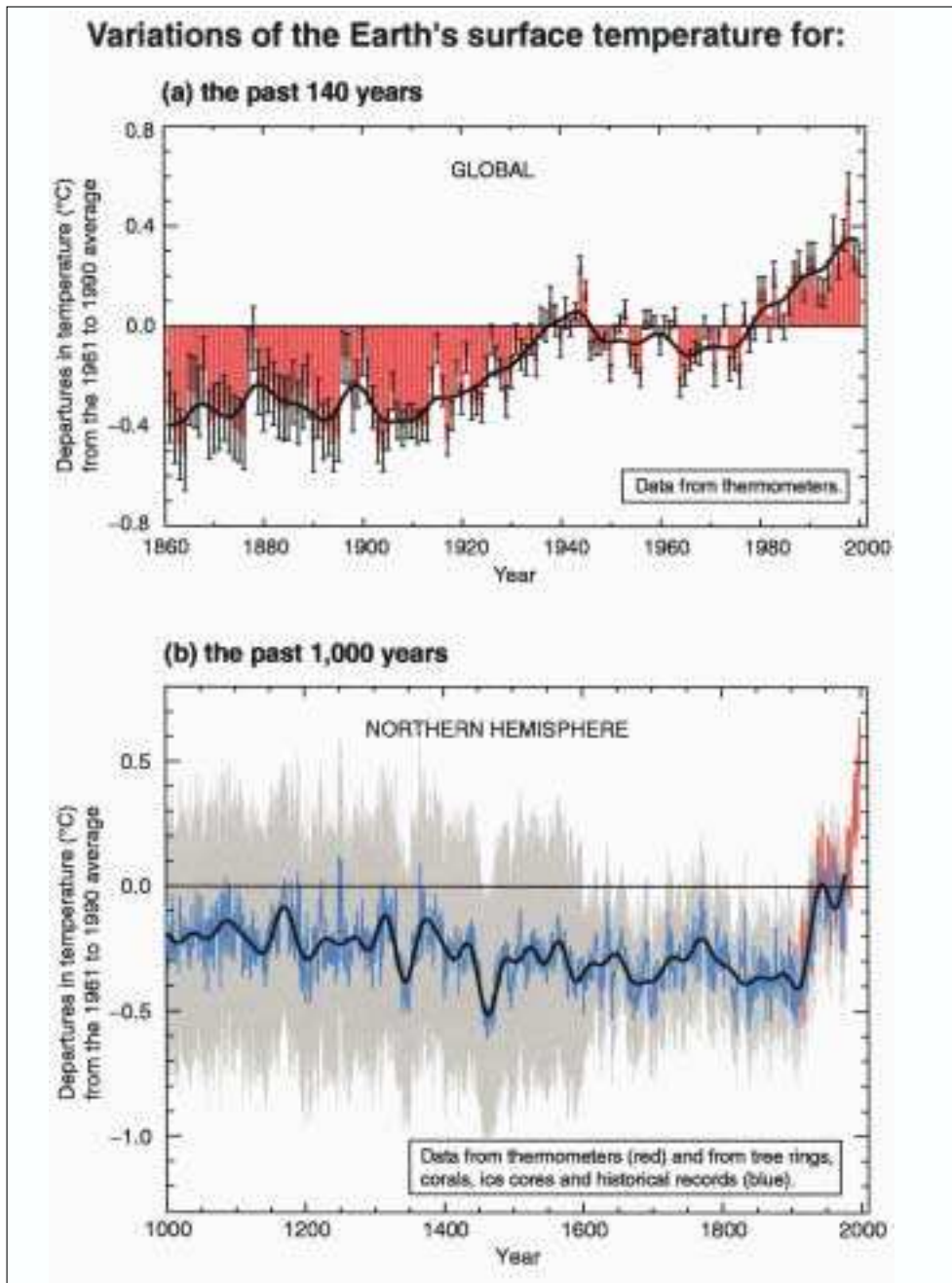
L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), un gruppo internazionale di ricercatori organizzato sotto l'egida delle Nazioni Unite, ha recentemente completato il suo terzo rapporto sullo stato della ricerca sui cambiamenti climatici (IPCC 2001). Questo intervento riassume brevemente le principali conclusioni del rapporto.

Rinforzando le conclusioni dei precedenti rapporti IPCC, si conclude che un numero sempre maggiore di osservazioni fornisce una evidenza che il clima terrestre è in una fase di riscaldamento. La figura 1a mostra la serie temporale di temperatura globale vicino alla superficie terrestre dal 1860 al 2000. Le temperature includono già una correzione per tenere conto dell'effetto dell'urbanizzazione.

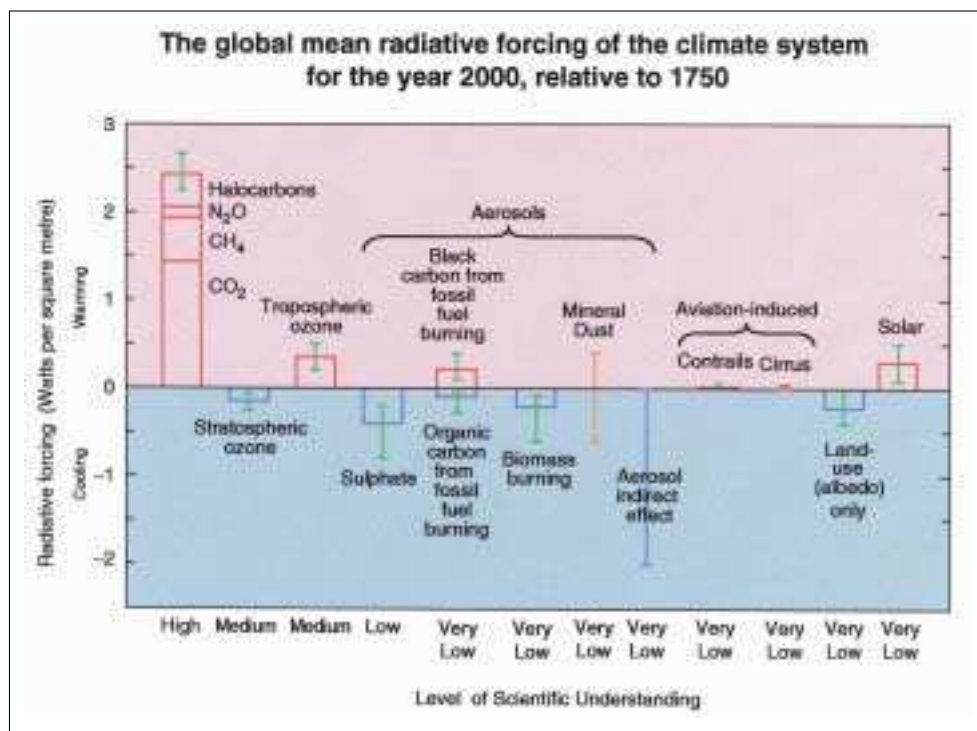
Da questa figura si evince che la temperatura globale è aumentata di circa 0.6 gradi durante il ventesimo secolo. La figura 1b mostra una ricostruzione di temperatura superficiale media dell'emisfero nord durante l'ultimo millennio. Da questa figura è evidente che le temperature durante le ultime decadi (in particolare la decade degli anni 90) sono state le più alte del millennio e che il riscaldamento osservato nell'ultimo secolo appare al di fuori della variabilità osservata nel millennio.

Altre osservazioni evidenziano un riscaldamento globale durante il ventesimo secolo: diminuzione di copertura nevosa (circa il 10% dal 1960) e ghiacciai terrestri, riduzione dei ghiacci artici, aumento del livello del mare (10-15 cm durante il ventesimo secolo). Altri cambiamenti climatici consistenti con il riscaldamento globale sono stati osservati, come un aumento delle precipitazioni a medie e alte latitudini, un aumento della intensità delle precipitazioni, una diminuzione di episodi estremi freddi e un corrispondente aumento di episodi estremi caldi, un aumento di episodi di El Niño. Anche la temperatura degli 8 km più bassi della atmosfera mostrano un aumento, anche se questo aumento è minore di quello osservato in superficie.

Le emissioni di gas serra, come anidride carbonica, metano e ossido nitroso continuano anche ad aumentare, come la loro concentrazione atmosferica, che ha raggiunto valori al di sopra di quelli raggiunti durante gli ultimi 400000 anni. La figura 2 mostra il forcing globale radiativo stimato per diversi forzanti (sia antropogenici sia naturali) durante il ventesimo secolo con le incertezze associate a queste stime. Un forcing positivo porta ad un riscaldamento della atmosfera mentre un forcing negativo porta ad un raffreddamento. I gas serra producono il forcing positivo più forte, con un livello di incertezza relativamente basso. Il forcing negativo mag-



**Figura 1.** *Variazioni della temperatura terrestre superficiale globale durante gli ultimi 140 anni (a) e l'ultimo millennio (b). Le barre verticali in (a) e l'ombreggiatura grigia in (b) indicano il livello di incertezza.*



**Figura 2.** Forzante radiativo globale sul sistema climatico dovuto ad agenti diversi per l'anno 2000 rispetto al 1750. le barre indicano il livello di incertezza.

giore è dovuto agli aerosol, che producono due effetti. Il primo (effetto diretto) è la riflessione della radiazione solare, mentre il secondo (effetto indiretto) è dovuto ad un aumento del numero di nuclei di condensazione che aumentano la riflettività e il tempo di residenza delle nubi. Come è evidente dalla figura 2, la stima degli effetti indiretti degli aerosol è caratterizzata da una incertezza estremamente alta al punto che questi effetti potrebbero controbilanciare sostanzialmente il riscaldamento dovuto ai gas serra. Quella degli effetti indiretti degli aerosol è una area di ricerca fondamentale per diminuire le incertezze legate ai forzanti climatici. Un'altra area molto importante è quella dei feedbacks fra clima e biosfera che per il momento non sono ancora stati trattati in maniera soddisfacente.

I modelli accoppiati di circolazione generale (GCM) sono gli strumenti fondamentali per lo studio dei cambiamenti climatici. Questi modelli includono la rappresentazione di atmosfera, oceani, criosfera e biosfera, e sono in grado di fornire una rappresentazione abbastanza realistica delle caratteristiche generali del clima terrestre. Questi modelli sono utilizzati sia per studiare il clima presente e passato sia per produrre simulazioni del clima futuro dati i forcing esterni. Simulazioni con

questi modelli hanno mostrato che per riprodurre il trend di temperatura osservato nel ventesimo secolo è necessario introdurre i forzanti antropogenici (per esempio le emissioni di gas serra). Questi studi, coadiuvati da complesse tecniche di riconoscimento, hanno portato alla importante conclusione che c'è una forte evidenza che la maggior parte del riscaldamento osservato negli ultimi 50 anni è attribuibile alle attività umane (che per esempio portano alla emissione di gas serra attraverso la combustione di combustibili fossili).

Diversi modelli di circolazione generale sono anche stati usati per produrre proiezioni di cambiamenti climatici per il ventunesimo secolo data una serie di scenari di emissione di gas forzanti associati a diversi scenari di sviluppo tecnologico, sociale e industriale. Le principali conclusioni possono essere riassunte nel modo seguente:

- Le proiezioni di riscaldamento globale per la fine del ventunesimo secolo rispetto alle condizioni attuali sono in un intervallo di 1.4 - 5.8 gradi. Circa la metà di questo intervallo è dovuto ai diversi scenari di emissione e l'altra metà alla risposta di modelli diversi allo stesso scenario di emissione.
- Il corrispondente intervallo di aumento medio del livello del mare è di 0.12 - 0.88 cm, per la maggior parte dovuto alla espansione termica degli oceani.
- La precipitazione globale, ed in particolare l'intensità delle precipitazioni, dovrebbero aumentare.
- Dovrebbe esserci un aumento di eventi estremi caldi e corrispondente diminuzione di eventi estremi freddi.
- Dovrebbe esserci un generale inaridimento del suolo, specialmente in estate e nelle zone interne continentali.
- La diminuzione di copertura nevosa e ghiacci (sia terrestri che oceanici) dovrebbe essere sempre più accentuata.
- La frequenza ed ampiezza di El Niño e circolazioni monsoniche potrebbero cambiare sostanzialmente.

Esiste ancora una serie di aree caratterizzate da un livello molto alto di incertezza e per cui molta ricerca è ancora necessaria. Fra queste si evidenziano i già menzionati effetti indiretti degli aerosol, i feedback fra clima e biosfera, gli aspetti regionali dei cambiamenti climatici, che sono di primaria importanza per valutare impatti e misure di mitigazione e adattamento a tali cambiamenti, gli effetti di modificazioni dell'uso del territorio (deforestazione, irrigazione, urbanizzazione etc.), gli effetti di forzanti naturali come eruzioni vulcaniche e cambiamenti della intensità della radiazione solare.