

MUTAMENTI CLIMATICI E RISCALDAMENTO GLOBALE: QUANTO INCIDE IL FATTORE ANTROPICO?

di Luciano Lepori

Il presente articolo-intervista (pubblicato su AIM Magazine, 6,1, 2006, 34-39, della Associazione Italiana di Scienza e Tecnologia delle Macromolecole, www.aim.it) espone in maniera semplice e chiara concetti, dati e opinioni su traffico, effetto serra, riscaldamento della terra e protocollo di Kyoto.

Secondo l'autore le misure per la riduzione dei gas serra (secondo il protocollo di Kyoto, che dovrà essere applicato per il 2008) costeranno "lacrime e sangue" ai paesi industrializzati. L'autore è contrario alla tesi del riscaldamento globale causato dall'uomo; reputa inoltre che il protocollo di Kyoto è stato fatto dai politici in base al principio di precauzione, in assenza di una approfondita conoscenza del problema.

Spesso, quasi quotidianamente, sui giornali e alla televisione si ripete che le variazioni climatiche dipendono dall'aumento dell'effetto serra, causato dalle attività umane che immettono anidride carbonica nell'atmosfera. Questa, che è una ipotesi o teoria, è talmente diffusa e pubblicizzata che è diventata un fenomeno reale, un dato di fatto, e la stragrande maggioranza della gente ritiene che il riscaldamento del pianeta sia colpa dell'uomo. Probabilmente invece è colpa del sole, come spiegato più avanti.

Per prima cosa, cos'è l'anidride carbonica? È velenosa?

La anidride carbonica o biossido di carbonio (CO₂) è un composto che si forma per combustione (reazione con ossigeno) di sostanze contenenti carbonio quali petrolio e derivati, carbone e legna. È un gas incolore, inodore, più pesante dell'aria, solubile in acqua, quasi inerte e non tossico. La CO₂ si forma nella respirazione e nelle fermentazioni. È indispensabile per l'accrescimento delle piante che la usano per formare carboidrati nella fotosintesi clorofilliana. È impiegata come fertilizzante.

Perché si vogliono ridurre le emissioni di CO₂?

Stiamo assistendo ad un continuo incremento nell'atmosfera di CO₂, metano, e altri gas serra minori. La concentrazione di CO₂ è aumentata da 280 ppm (parti per milione) dell'era pre-industriale a 380 ppm, il livello più alto degli ultimi 420.000 anni. Anche la velocità di crescita (1.5 ppm/anno) è più elevata rispetto al passato. La maggioranza dei climatologi¹ ritiene che l'incremento della CO₂ sia principalmente causato dall'attività umana, che questo produrrà un crescente effetto serra e quindi un riscal-

damento eccezionale e senza precedenti del globo ed effetti catastrofici sul clima: scioglimento dei ghiacci, innalzamento del livello del mare, desertificazione di zone verdi, aumento di fenomeni climatici estremi come uragani. Per scongiurare ciò, prima che sia troppo tardi, è stato proposto dal *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) il protocollo di Kyoto in cui i paesi industrializzati si impegnano a ridurre le emissioni di CO₂.

Certamente, se le previsioni dell'IPCC sono vere ci attende un futuro disastroso.

Per fortuna le cose non stanno così e non sono così semplici. Per prima cosa non è certo che il pianeta si stia davvero scaldando. Non sappiamo se la causa dominante del riscaldamento è di origine antropica. Vi sono notevoli incertezze nella stima dell'effetto serra e nel prevedere quale sarà nei prossimi decenni l'aumento di temperatura del globo. Non sappiamo se questo incremento porterà danni o benefici. Le misure prospettate per limitare i temuti danni sono inefficaci e pericolose.

Consideriamo una cosa alla volta. Il riscaldamento del pianeta è reale?

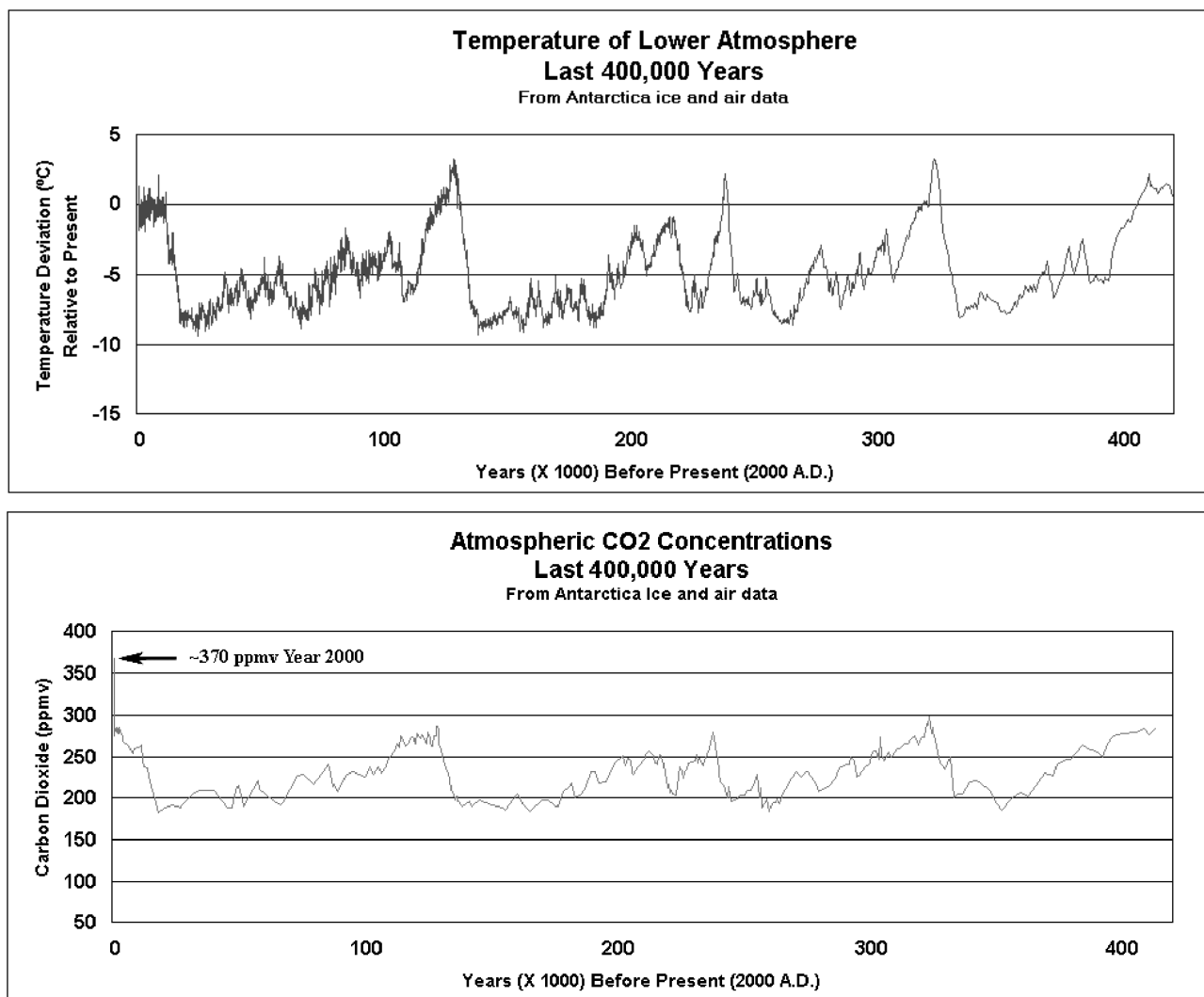
I valori di temperatura registrati dalle stazioni di misura di superficie indicano che negli ultimi cento anni si è avuto un aumento della temperatura media del globo di circa 0,5°C. Tale aumento è concentrato nelle regioni più fredde, nel periodo invernale, e durante le ore notturne (e non in estate nelle temperature massime, come comunemente si crede). Vi sono tuttavia molti dubbi su queste misurazioni.

Sono stati denunciati errori in più per l'"effetto isola di calore urbano" attorno alle stazioni, e

per la scarsa manutenzione di queste. La temperatura degli Stati Uniti, da rilievi terrestri, è aumentata di 0,2 gradi tra il 1895 e il 1997.² Le stazioni costiere della Groenlandia rivelano una chiara tendenza al raffreddamento nella seconda metà del secolo scorso.³ L'Antartide dal 1966 si sta raffreddando.⁴ Misure effettuate dopo il 1960

da palloni e dopo il 1975 da satelliti sono in perfetto accordo e indicano aumenti di temperatura del globo piccoli o nulli.² Non sappiamo quindi con certezza se il riscaldamento è reale. Qualora lo fosse, l'incremento di temperatura è assai minore di 0,5°C per secolo e non uniformemente distribuito.

Figura 1: Concentrazione di CO₂ (ppm volume, grafico inferiore) e temperatura della atmosfera (°C, grafico superiore) durante gli ultimi 420.000 anni. Fonte: www.clearlight.com/~mhieb5



Supponiamo che vi sia un riscaldamento della terra. È questo colpa dell'uomo?

Una risposta, seppure non esaustiva, si può avere esaminando il clima del passato. Nei ghiacci dell'Antartide è scritta la storia del nostro pianeta. Ogni strato di ghiaccio corrisponde ad una diversa era geologica. Gli strati più profondi sono quelli più antichi, quelli più superficiali sono i più recenti. Dalla analisi delle

bollicine d'aria intrappolate nel ghiaccio si può determinare il contenuto di CO₂ della atmosfera, mentre dalla composizione isotopica dell'idrogeno e dell'ossigeno nei vari strati di ghiaccio si può stabilire la temperatura della superficie terrestre nelle varie ere.

E cosa dicono i ghiacci?

Negli ultimi 420.000 anni, come illustrato in

Fig. 1, abbiamo avuto un susseguirsi, ogni 100.000 anni circa, di ere glaciali lunghe e fredde intercalate da ere interglaciali corte (10-20.000 anni) e calde. Durante l'ultima era glaciale la temperatura era 8 gradi C più bassa di oggi. Poi, 18000 anni fa, la terra ha iniziato a scaldarsi: i ghiacci hanno smesso di avanzare, il livello del mare ha cessato di calare e si è alzato di oltre 100 metri, si è formato lo stretto di Bearing, le foreste hanno preso il posto del ghiaccio. Tutto questo è avvenuto per cause naturali, indipendenti dalle attività umane. Adesso ci troviamo in un'era interglaciale calda.⁵ In un futuro più o meno lontano, probabilmente entro 10.000 anni, dobbiamo attenderci il ritorno al grande freddo. Altro che riscaldamento!

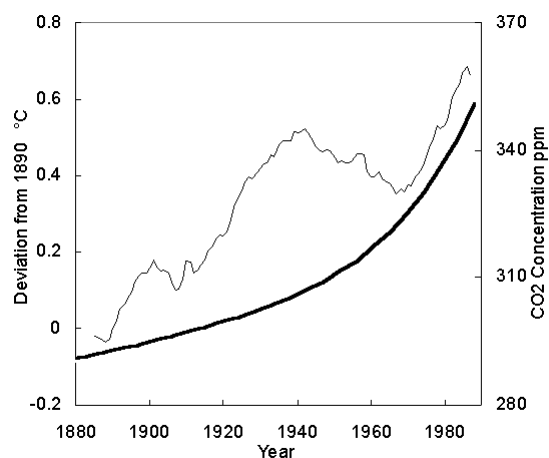
L'incremento di temperatura avvenuto dopo l'ultima glaciazione è stato causato da un incremento di CO₂ o no?

L'analisi delle carote di ghiaccio indica che la temperatura T e la CO₂ hanno avuto nel tempo un andamento alternante con massimi e minimi, e sono strettamente correlate, cioè ogni aumento o diminuzione di T è accompagnato da un aumento o diminuzione della concentrazione di CO₂. Ma la cosa più interessante è che ogni incremento di T precede (e non segue) quello della CO₂ di un lasso di tempo di 800±600 anni.⁶ Nonostante la forte incertezza di questo dato, sembra che sia un aumento di temperatura a causare un aumento della CO₂ e non il contrario. Probabilmente molti scienziati hanno scambiato la causa, aumento di T, con l'effetto, aumento di CO₂.⁷

La passata evoluzione del clima indica quindi che un forte incremento di CO₂ non determina necessariamente un drammatico aumento della temperatura. Anche i rilevamenti terrestri degli ultimi 100 anni sembrano confermare ciò, come mostra la Fig. 2. Più della metà del recente riscaldamento globale di 0,5 gradi è avvenuto prima del 1940 e non può essere attribuito alle emissioni di CO₂ poiché l'82% della CO₂ è stata emessa dopo il 1940. Tra il 1940 e il 1970 la temperatura è diminuita di 0,2 gradi mentre la CO₂ aumentava fortemente.²

Le passate ere glaciali dimostrano che il clima può cambiare radicalmente nell'arco di decine di millenni. Ci sono evidenze di forti variazioni climatiche anche più recenti e nell'arco di tempi più brevi?

Figura 2: Temperatura della superficie terrestre (°C, linea sottile) e contenuto di CO₂ nella atmosfera (ppm, linea spessa) durante il secolo scorso.



Fonte: [www.oism.org / pproject.2](http://www.oism.org/pproject.2)

Ve ne sono parecchie, ottenute in modi diversi da: carote di ghiaccio, sedimenti di fondali marini, coralli, anelli degli alberi. Ecco alcuni esempi.⁸ Circa 12000 anni fa in Scandinavia si è passati da clima caldo a clima freddo durante un millennio. Tra il 7500 e il 4000 BC si è avuto il cosiddetto Holocene maximum, il periodo più caldo della storia umana. Successivamente tra il 1000 e il 1500 abbiamo avuto l'Ottimo Climatico Medioevale, con temperature superiori a quelle attuali, seguito da una piccola glaciazione (1400-1800). Si è avuta cioè una successione rapida e irregolare di periodi glaciali e interglaciali, con aumenti di temperatura fino a 10°C, nell'arco di un millennio. Recentemente è stato scoperto che in Groenlandia si sono verificate drammatiche diminuzioni di temperatura in pochi secoli e aumenti anche di 7°C nell'arco di alcuni decenni o di pochi anni.

Si può quindi affermare che il presunto eccezionale ed eccezionalmente rapido cambiamento climatico di cui saremmo testimoni, non ha niente di eccezionale perché fenomeni simili e di entità maggiore sono già avvenuti in passato. Le attuali temperature rientrano nella naturale variabilità sia come valore che come rapidità di cambiamento.⁸

Da cosa dipende il clima della terra?

Le principali cause delle variazioni di temperatura del nostro pianeta sono le seguenti.⁵

1) Cause cosmiche o astronomiche come: rotazione della terra intorno al sole su orbita ellittica (periodo di 1 anno); variazione dell'attività solare (periodi di 11 e 206 anni); rotazione della direzione dell'asse terrestre o precessione degli equinozi (periodo 21000 anni); variazione dell'inclinazione dell'asse di rotazione (periodo 41000 anni); variazione dell'eccentricità dell'ellisse dell'orbita (periodo 100.000 anni). Variazioni del flusso di raggi cosmici (periodo 100milioni anni).¹³

2) Cause atmosferiche come variazioni dell'effetto serra di alcuni gas dell'atmosfera (gas serra) e variazioni del potere riflettente di nuvole, polveri vulcaniche, e calotte polari di ghiaccio.

3) Cause tettoniche: deriva dei continenti con conseguenti cambiamenti delle correnti oceaniche, e variazioni del fondo e dei rilievi sottomarini che causano lo spostamento degli oceani.

Che cosa è l'effetto serra?

È il processo con cui l'atmosfera scalda il pianeta. La terra riceve dal sole una enorme quantità di radiazioni bilanciate da una uguale quantità di radiazioni riemesse nello spazio. L'effetto serra è dovuto al fatto che l'atmosfera assorbe buona parte della radiazione termica (infrarossa) emessa dalla superficie. Così si scalda e scalda la superficie. Senza atmosfera non si avrebbe effetto serra e la temperatura della terra sarebbe più fredda di circa 32°C.⁷ Non tutti i gas che costituiscono l'atmosfera producono effetto serra. Tra questi l'azoto e l'ossigeno che sono i principali costituenti dell'aria. Tra i gas serra, di gran lunga il più importante è l'acqua (vapore, non goccioline) che ha una concentrazione (~2%) molto maggiore della CO₂ (0,038%) e di tutti gli altri gas serra messi insieme, compreso il metano.⁵ Un raddoppio della CO₂ (che non si avrebbe nemmeno dopo aver bruciato tutto il petrolio esistente) porterebbe ad un aumento dei gas serra inferiore al 2%.

Qual è l'effetto serra causato dalle attività umane?

Mentre sull'effetto serra naturale vi è un sostanziale consenso, su quello di origine umana gli scienziati non sono d'accordo. La controversia è sul riscaldamento del globo: è questo un fenomeno naturale o causato principalmente dalle emissioni industriali di CO₂? Come abbiamo visto, alcuni ritengono che il riscaldamento

della terra non sia reale o almeno minore di quello registrato dalle stazioni di superficie. Altri ritengono che non sia un aumento di CO₂ a causare l'aumento di temperatura, ma il contrario.

Nell'ipotesi che il riscaldamento di 0,5°C negli ultimi 100 anni sia reale e causato dall'aumento del 30% della CO₂, si hanno stime molto diverse sul riscaldamento futuro. I climatologi dell'IPCC prevedono per il 2100 un aumento di temperatura compreso tra 1,4 e 5,8°C, a seconda delle ipotesi di partenza.¹ Altri⁹ considerando che il 98% dell'effetto serra è naturale e solo il 2% antropogenico, stimano che un raddoppio della concentrazione di CO₂ provocherà un aumento di T di 0,7°C senza amplificazione e 1,8°C con l'amplificazione del vapor d'acqua. Altri ancora, estrapolando le misure di T al suolo prevedono un aumento di 1,5°C¹⁰, mentre estrapolando le misure satellitari si ottiene un aumento di 0,5°C.¹¹ Hieb,⁵ considerando l'acqua come il principale gas serra, stima che solamente lo 0,28% dell'effetto serra è dovuto a emissioni dell'uomo. Infine Khilyuk e Chilingar⁷ con un modello adiabatico, che tiene conto del trasferimento di calore per convezione, stimano che un raddoppio della CO₂ provocherà un aumento di temperatura di appena 0,01°C.

Ma se l'uomo non è responsabile, qual è la causa dell'aumento della temperatura e delle conseguenti variazioni climatiche?

Certamente le principali cause delle remote evoluzioni del clima sono di natura astronomica, come mostra la periodicità dei dati paleoclimatici (vedi Fig.1). Le variazioni di temperatura recenti sono probabilmente da attribuirsi a variazioni dell'irraggiamento solare, e solo in piccola parte ad un aumento dell'effetto serra. È stato osservato che dal 1860 al 1990 la temperatura della terra e l'andamento dell'attività solare (numero delle macchie) hanno avuto un andamento parallelo.^{2,8} Dalle variazioni d'irraggiamento (0,5%) si possono calcolare delle variazioni di T di 0,15°C, inferiori a quelle rilevate. Tuttavia, poiché un aumento di 0,15°C fa evaporare dagli oceani acqua, CO₂ e metano, è ragionevole attendersi un effetto serra indotto ed un riscaldamento molto maggiore, fino a 0,6°C. Un altro fenomeno, finora trascurato, si somma a questo: l'effetto di schermo della radiazione solare sui raggi cosmici. Questi, ionizzando l'atmosfera, inducono la formazione di nuvole. Il vento sola-

re, schermando i raggi cosmici, riduce le formazioni nuvolose producendo un aumento di temperatura tanto maggiore quanto maggiore è l'attività solare.¹²

Le previsioni del clima sono fatte col computer utilizzando modelli matematici. Come funzionano questi modelli?

Come per le previsioni meteorologiche, l'atmosfera è suddivisa in tante "scatole" ed in ognuna di queste si fissano le condizioni iniziali di temperatura, pressione, umidità, composizione, velocità del vento, etc. Utilizzando alcune equazioni fondamentali si fa evolvere nel tempo la situazione e si calcolano i valori futuri delle grandezze fisiche. Si prova il modello cercando di "prevedere" le evoluzioni climatiche del passato. Se queste non sono riprodotte correttamente si modificano le condizioni iniziali e i parametri del modello finché non si ottengono le "previsioni" giuste. Data l'enorme complessità del problema, è questo il miglior modo di procedere. Non bisogna dimenticare però che un modello costruito su di un numero sufficientemente elevato di parametri è in grado di riprodurre qualsiasi fenomeno da qualunque insieme di dati di partenza.⁸

I climatologi dell'IPCC osservano che i modelli matematici riproducono l'attuale riscaldamento globale solo a patto che siano incluse le emissioni antropogeniche dei gas serra, e pertanto ritengono che vi sia una ben distinguibile influenza umana sui cambiamenti climatici.¹ Questa opinione non è unanimemente condivisa perché i modelli 1) contengono un numero molto grande di parametri; 2) falliscono quando si includono gli aerosol; 3) danno risultati molto diversi tra loro per la difficoltà connessa al trattamento delle nuvole; 4) non sono in grado di riprodurre in modo sufficientemente accurato l'andamento della temperatura del passato.^{8,11}

Quali sono le previsioni dei modelli per il futuro?

L'IPCC, prese per buone le rilevazioni terrestri e attribuendo all'uomo la causa del riscaldamento globale, esamina 40 possibili scenari e prevede da qui a 100 anni un aumento di temperatura minimo di 1,4°C e massimo di 5,8°C.¹

Queste previsioni sono poco affidabili sia perché fatte con modelli (problemi connessi al numero di parametri, agli aerosol, e alle nuvole) e per un futuro molto lontano, sia perché basate

su assunzioni opinabili (economiche, politiche, e tecnologiche) sullo sviluppo dell'umanità. Ad esempio si assume che la crescita della popolazione si interromperà in alcuni decenni, che il petrolio non si esaurisca, e che i paesi in via di sviluppo raggiungeranno o addirittura supereranno il livello dei paesi industrializzati.¹¹

In caso di riscaldamento, quali danni dobbiamo attenderci? E benefici ce ne saranno?

La ricchezza prodotta nel 2100 in presenza di un raddoppio della CO₂, sarebbe dell'1-2% inferiore a quella che si avrebbe in assenza di un aumento di temperatura.¹¹

Il livello dei mari si alzerà nel peggiore degli scenari di 90 centimetri,¹ una evenienza che anche i paesi più poveri saprebbero fronteggiare. L'innalzamento del livello dei mari è iniziato circa 15000 anni fa alla fine dell'ultima era glaciale: da allora il livello dei mari è cresciuto di più di 120 metri con l'aumentare della temperatura e con il procedere dello scioglimento dell'Antartide.¹¹

Le malattie trasmesse da insetti come la malaria erano molto più diffuse in Europa e Nord America nel secolo scorso, quando la temperatura era più bassa. Il tasso di mortalità per caldo anomalo è drasticamente diminuito a partire dal 1960. Inoltre è noto che il freddo estremo favorisce i decessi più del caldo estremo. Dato che il riscaldamento globale determinerà maggiori aumenti di temperatura nelle stagioni fredde, esso potrebbe determinare un beneficio.¹¹

I fenomeni meteorologici estremi, quali uragani, tempeste tropicali ed extra-tropicali non sono aumentati di intensità e di frequenza nel ventesimo secolo. È lo stesso IPCC ad ammetterlo.¹ Le tempeste sono originate dalla differenza di temperatura tra i poli e i tropici, che diminuisce con il riscaldamento del pianeta.

Per quanto riguarda l'agricoltura, qualche effetto negativo potrebbe verificarsi nei paesi poveri solo in presenza di un rapido e irrealistico aumento della temperatura maggiore di 4°C. Un modesto *global warming* invece porterebbe benefici all'agricoltura, specialmente se accompagnato da un incremento della CO₂. È ormai accertato che la CO₂ agisce come fertilizzante, favorisce la crescita delle piante, migliora l'adattamento a numerosi stress e l'efficienza nell'uso dell'acqua. Nelle serre si pompa CO₂ per aumentare la produttività.⁸

In sintesi, se avremo un riscaldamento del pianeta, esso non sarà realisticamente superiore a 1,5°C da qui al 2100 e produrrà, nel complesso, più effetti benefici che negativi.

Ammettiamo che le previsioni più pessimistiche dell'aumento di temperatura e dei suoi effetti dannosi siano corrette. Le misure prospettate per limitare i danni che effetto avranno?

Il protocollo di Kyoto (PdK) impone ai paesi industrializzati (non a quelli in via di sviluppo) di ridurre entro il 2012 le emissioni di gas serra nella misura del 5% rispetto a quelle del 1990. È questo un provvedimento per prevenire pericolose interferenze umane sul clima, preso in base al principio di precauzione,⁸ in assenza di una completa conoscenza del problema.

È stato stimato che il contenimento delle emissioni provocherebbe da qui al 2100 una riduzione della temperatura di 0.15 gradi, cioè il temuto riscaldamento sarebbe 0.15 gradi più basso. Oppure, il raggiungimento della temperatura atteso per il 2100 sarebbe ritardato al 2101. I benefici derivanti dalla applicazione del PdK sarebbero quindi ben poca cosa: ad esempio il minor aumento del livello del mare sarebbe pari a 2,5 cm.^{8,11}

Mentre i benefici sarebbero minimi, si avrebbero gravi danni per rendere operativo il protocollo. Prima di tutto una minore crescita economica dei paesi obbligati a ridurre le emissioni. Il costo del PdK sarebbe enorme per Stati Uniti, Europa, Giappone e altri paesi industrializzati: 1% del PIL nel 2010, 2% nel 2050, 4% a fine secolo. Nell'ipotesi che gli Stati Uniti non ratifichino il protocollo, le nazioni europee subirebbero

una riduzione del PIL ancora maggiore. Il prezzo del gasolio da riscaldamento potrebbe aumentare di oltre il 20% e quello della benzina tra il 5 e il 10%. L'energia elettrica raddoppierebbe. Aumenterebbero i disoccupati di circa 1.5 milioni di unità. Solo in Italia si avrebbe una perdita di posti di lavoro di 51000 unità nel 2010, e 277000 nel 2025. La minor crescita economica dei paesi sviluppati avrebbe ripercussioni negative anche sui paesi poveri, riducendo le loro esportazioni, e di conseguenza il loro reddito, le condizioni di alimentazione e quelle sanitarie.¹¹

Si può trarre una conclusione sul clima futuro? Come dobbiamo comportarci?

Vista l'evoluzione del clima nel passato, l'attuale riscaldamento della terra non ha niente di eccezionale e non è attribuibile all'uomo se non in piccola parte. L'aumento di temperatura nei prossimi 100 anni, se ci sarà, probabilmente non supererà 1,5°C, e porterà più benefici che danni. Al contrario le misure (PdK) volte a ridurre i danni avrebbero scarsa efficacia e gravi conseguenze economiche.

Lasciamo il pessimismo e le previsioni catastrofiche, siamo ottimisti: le variazioni climatiche che ci attendono non sono diverse da quelle passate, e l'uomo è sempre sopravvissuto ad esse. Non interveniamo se non vi sono pericoli scientificamente accertati, e se l'intervento comporta più costi che benefici. Intanto, dato che il petrolio è destinato ad esaurirsi, cerchiamo di risparmiare e di utilizzare fonti di energia alternative: il carbone pulito, il nucleare, l'energia idroelettrica, solare, eolica, e geotermica.

BIBLIOGRAFIA

1. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001, *Climate Change 2001: The Scientific Basis* Cambridge University Press. <http://www.ipcc.ch>
2. A.B. Robinson et al., 2001, Environmental Effects of Increased Atmospheric Carbon Dioxide, <http://www.oism.org/pproject/s33p36.htm>
3. P. Chylek et al., 2004, Global warming and the Greenland ice sheet, *Climate Change*, 63, 201-221.
4. P.T. Doran et al., 2002, Antarctic Climate Cooling and Terrestrial Ecosystem Response, *Nature*, 415, 517-520.
5. M. Hieb, H. Hieb, 2002, Global Warming: A Chilling Perspective <http://www.clearlight.com/~mhieb>
6. E. Monnin et al., 2001, Atmospheric CO₂ Concentrations over the Last Glacial Termination, *Science*, 291, 112-114.
7. L.F. Khilyuk, G.V. Chilingar, 2003, Global Warming: Are We Confusing Cause and Effect? *Energy Sources*, 25, 357-370.

8. F.Battaglia, 2004, Il Principio di Precauzione: Precauzione o Rischio?
<http://www.Galileo2001.it>, e riferimenti ivi citati.
9. Real Climate, 2005, Water vapour: feedback or forcing?
<http://www.realclimate.org/pproject/index.php?p=142>, comment 6.
10. J.Lean, D.Rind, 1998, Climate Forcing by Changing Solar Radiation, *Journal of Climate*, 11, 3069-3094.
11. F.Ramella, 2004, Greenhouse Effect: Be Prudent, Look Before You Leap,
<http://www.sepp.org/NewSEPP/Ramella%20English1.htm>, e riferimenti ivi citati.
12. N.J.Shaviv, 2003, Seminario di Erice sulle "Emmergenze Planetarie",
http://www.giornaleingegnere.it/num_16-2003/articolo.htm
13. N.J.Shaviv, J.Veizer, 2003, Celestial driver of Phanerozoic climate? *GSA Today*, 13, 4-10.

LUCIANO LEPORI



*Laureato in Chimica, e` primo ricercatore CNR presso l'Istituto per i Processi Chimico-Fisici nell'area di ricerca di S.Cataldo a Pisa.
Studia da una vita le proprietà termodinamiche e la struttura delle soluzioni.
È stato professore universitario ed enologo.
Recentemente ha iniziato ad occuparsi di problemi dell'ambiente.*

Contatti:

CNR - IPCF
Tel. 050-3152514

Via Moruzzi 1
fax 050-3152442

56124 Pisa
Email: lepori@ipcf.cnr.it