



In copertina:

“LA LAGUNA DI VENEZIA GHIACCIA-TA NELL’INVERNO 1788-89 (MCR, seguace di F. Battaglia); particolare



Sul n. 4, aprile 2007, di IA Ingegneria Ambientale, è stato pubblicato l’articolo “È immotivato preoccuparsi dell’effetto serra antropogenico” a firma del prof. Franco Battaglia, docente di Chimica Ambientale alla Università degli Studi di Modena. Il prof. Stefano Cernuschi, docente di Fenomeni di inquinamento al Politecnico di Milano, ha replicato alla tesi sostenuta con il suddetto articolo con un contro-articolo “I cambiamenti climatici fra evidenze scientifiche e leggende metropolitane” che la direzione della Rivista ha inteso di accettare per la pubblicazione, unitamente alla replica, in risposta, del prof. Battaglia. La direzione di questa rivista non entra in merito alle questioni dibattute dai due Autori, ai quali spetta la paternità delle tesi sostenute, ritenendo che il contrasto delle stesse e le difformi opinioni espresse possano contribuire a fornire un ulteriore contributo all’approfondimento della problematica, oggi oggetto di ampio dibattito, purtroppo spesso anche fuori del settore scientifico nell’ambito del quale dovrebbe invece rimanere strettamente confinato.

I CAMBIAMENTI CLIMATICI FRA EVIDENZE SCIENTIFICHE E LEGGENDE METROPOLITANE

S. Caserini*

In merito alla pubblicazione nella “Copertina” del n. 4, aprile 2007, di questa rivista, dell’articolo “È immotivato preoccuparsi per l’effetto serra antropogenico (ESA)”, a firma del prof. Franco Battaglia, come l’obbligo sollevare alcuni rilievi su un certo numero di asserzioni contenute nel testo in questione.

In primo luogo tutte le affermazioni non risultano supportate da adeguati riferimenti bibliografici. Sono presenti solo 10 indirizzi internet: un documentario disponibile su Youtube e 9 indirizzi internet come riferimento per le 9 figure.

I riferimenti internet in 8 casi non funzionano, ossia non forniscono la figura citata. In quattro casi forniscono spiegazioni alle figure diverse da quelle proposte nell’articolo.

L’asserzione che l’IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) sia un’organizzazione “puramente politica, con numerosi esponenti, molti neanche scienziati, scelti dai politici e da costoro profumatamente pagati con denaro pubblico perché dicono ciò che i politici desiderano sia detto” non corrisponde alla verità.

L’IPCC in realtà non è un organismo scientifico che svolge una sua attività di ricerca e fornisce delle conclusioni di sue ricerche. I rapporti di valutazione sono il risultato del coordinamento degli scienziati mondiali per riassumere quanto apparso nella letteratura scientifica internazionale. Confrontando, discutendo, valutando e elaborando periodicamente un rapporto in cui ogni affermazione è ancorata ai documenti e agli studi preesistenti. Il tutto viene sottoposto ad altre centinaia di studiosi di tutto il mondo per una revisione. È necessario indicare con esattezza ogni richiesta di modifica, supportandola con argomentazioni e riferimenti. I decisori politici collaborano nella redazione dei “Sommari per i decisori politici”, si esprimono in particolare sulla chiarezza del testo, se si presta a fraintendimenti. Potrebbe capitare che il sommario non sia bilanciato, non rifletta pienamente il contenuto dell’intero rapporto, che comunque rimane per ogni riferimento. Il lavoro dei revisori è volontario e non retribuito dall’IPCC.

Per quanto concerne le certezze e incertezze sui cambiamenti climatici, non sono una

novità le teorie rivoluzionarie sul clima del pianeta. In passato era stata raccontata una dimostrazione, effettuata “con un breve calcolo fatto su un tovagliolo di carta del bar”, della trascurabile influenza delle attività umane sui cambiamenti climatici (Battaglia, 2000). La spiegazione, che si basava nell’attribuire agli insetti emissioni di anidride carbonica 50 volte superiori a quelle delle attività umane, non teneva conto di una distinzione basilare per chi si occupa del problema, ossia la distinzione fra l’anidride carbonica effettivamente aggiuntiva nell’atmosfera, dalla combustione dei prodotti fossili, e quella che semplicemente “circola” nei cicli naturali.

Nell’articolo in questione c’è da essere sorpresi per la sicurezza con cui sono spiegate le dinamiche climatiche. Mentre gli scienziati di tutto il mondo nel Quarto Rapporto dell’IPCC si sono dilungati in un migliaio di pagine, centinaia di grafici e qualche migliaio di riferimenti bibliografici, senza arrivare a certezze assolute ma a gradi di probabilità, leggendo l’articolo sembra tutto più semplice: dopo l’affermazione che “la temperatura media globale oggi è più alta di 150 anni fa”, segue che “semplicemente, non è la CO₂ la causa di questo aumento”.

In seguito è possibile leggere che è “semplice” identificare nel sole il responsabile del riscaldamento globale, che è “facile” spiegare gli aumenti di CO₂ del passato, che vi sono evidenze storiche “inconfutabili” sulle maggiori temperature del passato, che l’ipotesi di un’interferenza antropogenica nell’effetto serra del pianeta si è “rivelata totalmente priva di ogni fondamento”.

Il nono capitolo del citato quarto rapporto sul clima, scaricabile gratuitamente dal sito web dell’IPCC (Hegerl et al., 2007), si è occupato di valutare le possibili cause dei cambiamenti climatici già registrati. È un racconto interessante, affascinante per molti aspetti. Ci sono dati e simulazioni modellistiche di una decina dei centri di ricerca più prestigiosi di tutto il mondo. La responsabilità delle azioni umane emerge da 80 pagine e più di 500 riferimenti bibliografici, e porta all’affermazione che “il riscaldamento della troposfera è molto probabilmente dovuto all’influenza di una forzante antropogenica, in particolare i gas ad effetto serra”. Non c’è la certezza assoluta (non c’è mai nelle faccende della scienza). C’è una probabilità elevata, ma solida. Sicuramente non sono valutazioni semplici, facili, definitive.

* Prof. Stefano Caserini; Docente di Fenomeni di Inquinamento al Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture varie e Rilevamento – P.zza L. Da Vinci, 32 – 20133, Milano – E-mail: stefano.caserini@polimi.it.

Riguardo alle argomentazioni sui cambiamenti climatici, nell'articolo in questione sono riproposte le storie del Tamigi ghiacciato, dei vigneti dell'Inghilterra medioevale, dei vulcani, del raffreddamento del primo dopoguerra, del raffreddamento dell'alta troposfera, delle macchie solari, dei raggi cosmici. Tutti miti del negazionismo sui cambiamenti climatici. Nella letteratura scientifica sono stati trattati ormai da diversi anni. Se anziché leggere l'ampia letteratura si ha una predilezione per il web, una normale ricerca sui principali siti web che si occupano del clima produce i suoi frutti. Se ne trova traccia su RealClimate, blog gestito da scienziati statunitensi (Realclimate, 2007), nella "Guida per i perplessi" pubblicata dal New Scientist (Le Page, 2007), oppure nell'ampia rassegna di argomenti negazionisti pubblicata nel manuale "How to Talk to a Climate Skeptic" (GRIST, 2006).

Per quanto concerne i miti e le esagerazioni sul periodo caldo medioevale e la piccola era glaciale, nell'articolo in questione si sostiene che ci sia un "evidenza storica inconfutabile" sulle maggiori temperature del pianeta nel periodo caldo medioevale e sulle minori temperature nella "piccola era glaciale". Le prove sarebbero "i dipinti del 1600 raffiguranti il Tamigi ghiacciato" e i racconti di Chaucer sui "vigneti che fiorivano nel nord dell'Inghilterra".

In realtà il Tamigi non ghiaccia dall'inverno 1813-1814 sicuramente per le maggiori temperature odierne, ma anche perché il London Bridge è stato ricostruito nel 1831. Il ponte progettato da John Rennie ha campate più larghe, ha aumentato la velocità della corrente (Jones e Mann, 2004). Per questo il Tamigi non ha più ghiacciato nonostante ci siano stati in seguito casi di inverni molto freddi. L'argomento dei vigneti dell'Inghilterra è ugualmente fragile (Jones e Mann, 2004; Schmidt, 2006). Innanzitutto non c'è un legame diretto fra la presenza di vigneti e il clima. Pur se il clima ha un impatto sulla viticoltura, ci sono anche molti fattori che possono confondere e rendere meno certo il legame. Come la diversa convenienza economica delle pratiche agricole, della varietà dei tipi di vino. O la disponibilità di altri vini o bevande.

Ma anche supponendo che la presenza di vigneti sia indice del clima, cosa si può dire dalla storia dei vigneti inglesi? Nei documenti storici si trovano tracce di una cinquantina di vigneti a partire dal 1087, per lo più nel sud dell'Inghilterra. Oggi si contano circa 400 vigneti, un numero che non ha paragoni nei precedenti millenni, per un'estensione che va dalla Cornovaglia al Lancashire e allo Yorkshire. Un'estensione che quasi certamente supera l'estensione dei vigneti medioevali.

I vigneti, come detto, non sono un indice preciso del clima, ma se lo fossero non si potreb-

be dire che le temperature del medioevo in Inghilterra erano più alte di oggi. Sarebbe più probabile il contrario.

I due argomenti citati quindi non provano nulla. Il periodo caldo medioevale e la piccola era glaciale sono stati rispettivamente più caldi e più freddi dei periodi che li hanno immediatamente preceduti e seguiti. Ma sono stati fenomeni locali, non hanno riguardato nello stesso periodo tutto il pianeta (non esiste infatti una datazione precisa e univoca di questi periodi); non sono paragonabili all'attuale aumento di temperatura su tutto il pianeta (Jansen *et al.*, 2007).

Ancora meno prova il grafico della "temperatura superficiale terrestre media globale degli ultimi 1000 anni", riportato nella figura 2 dell'articolo citato. Non essendo presenti riferimenti precisi e mancando cifre sull'asse delle ordinate non è possibile un'attribuzione precisa; dall'andamento delle temperature sembrerebbe il grafico proposto dal tedesco E.G. Beck, ottenuto manipolando e alterando un grafico del primo rapporto IPCC del 1990. Le ricostruzioni del clima del passato sono difficili, ci sono margini di incertezze. Incertezze inferiori a quelle derivanti dall'affidarsi al racconto di un romanziere, ma che comunque portano l'IPCC ad esprimersi in termini di gradi di probabilità: "La media delle temperature nell'emisfero Nord durante la seconda metà del XX secolo è stata molto probabilmente maggiore che durante ogni altro periodo di 50 anni degli ultimi 500 anni e probabilmente la più alta rispetto ai passati 1300 anni" (IPCC, 2007a). Il grafico proposto nell'ultimo rapporto dell'IPCC, frutto di una dozzina di ricostruzioni di diversi centri di ricerca, è eloquente (Fig. 1).

Circa il raffreddamento del primo dopoguerra e dell'alta troposfera, a prova del fatto che

"il riscaldamento è occorso nei momenti e nei posti sbagliati" si citano nell'articolo pubblicato la diminuzione delle temperature dal 1940 al 1970 e il presunto raffreddamento della media troposfera. In realtà la comunità scientifica ha dato da anni chiare risposte a questi dubbi.

Il raffreddamento del primo dopoguerra è ben simulato dai modelli climatici che includono fra le forzanti gli aerosol e i solfati. Sono infatti le emissioni di solfati e aerosol dovuti all'industrializzazione del primo dopoguerra, nonché l'eruzione del Monte Agung del 1963 ad aver portato questa diminuzione delle temperature di circa 0.2 °C; diminuzione non omogenea sul pianeta, maggiore nell'emisfero nord. La riduzione delle emissioni di solfati e di particolato, raccontata negli scorsi decenni anche su *IA Ingegneria Ambientale*, e l'aumento progressivo della CO₂, hanno ribaltato i rapporti di forza. Ancora oggi, pur se in modo minore, i solfati e gli aerosol mascherano parzialmente l'aumento di temperatura dato dalla forzante CO₂.

La spiegazione del presunto raffreddamento della media troposfera è più semplice. Il raffreddamento non c'è stato, non c'è. Erano sbagliati i dati dei satelliti (Mears e Wentz, 2005) e delle radiosonde (Sherwood *et al.*, 2005). Il Terzo Rapporto IPCC (nel 2001) aveva ammesso che l'incongruenza esisteva. Il sommario per i decisori politici del primo gruppo di lavoro del Quarto Rapporto, uscito il 2 febbraio 2007, ha scritto "Nuove analisi effettuate con palloni aerostatici e misure da satelliti della bassa e media troposfera mostrano tassi di riscaldamento simili a quello misurati per la temperatura della superficie e sono consistenti con le loro rispettive incertezze, correggendo una discrepanza notata nel TAR" (IPCC, 2007b).

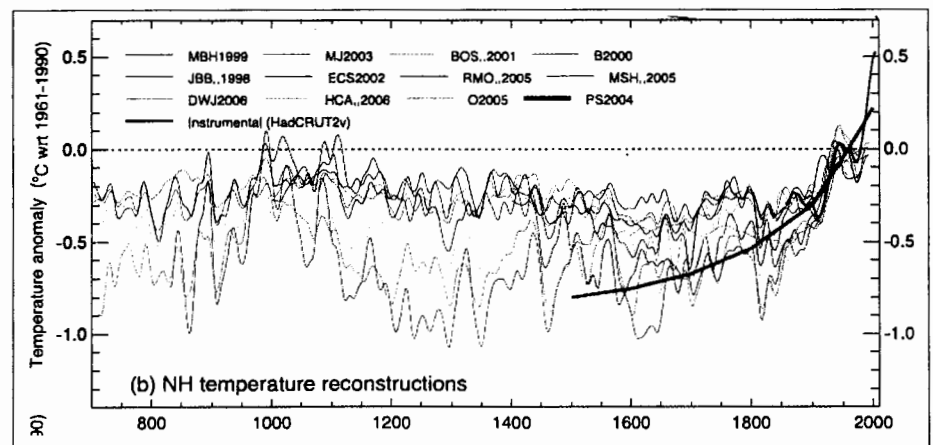


Fig. 1 - Variazione delle temperature nell'emisfero nord negli ultimi 1300 anni, ricostruite sulla base di diverse serie di proxy climatiche; misure strumentali negli ultimi 150 anni (linea nera) (Fonte: IPCC, 2007b, Figura 6.10-b)

Di queste incongruenze oggi non se ne parla più, i negazionisti che si tengono un minimo aggiornati sono passati ad altro. Sostenere che "l'idea che la CO₂ sarebbe responsabile del riscaldamento globale del XX secolo è in totale contraddizione con i dati" è anacronistico. Il lavoro scientifico più accurato oggi disponibile, le 60 pagine del capitolo "Paleoclima" del Quarto Rapporto IPCC, così recita nel sommario "i modelli di simulazioni del paleoclima sono largamente consistenti con la ricostruzione delle temperature degli scorsi 1000 anni.

L'aumento delle temperature superficiali dal 1950 molto probabilmente non può essere riprodotto senza includere la forzante antropogenica dei gas serra, ed è molto improbabile che il riscaldamento sia semplicemente un recupero da un precedente periodo freddo" (Jansen et al., 2007).

A sette anni dalla sfortunata teoria dei moscerini come carta vincente per assolvere la CO₂ emessa dagli umani, nell'articolo citato si trovano ben altre tre spiegazioni per cui "il contributo antropico all'aumento di gas serra risulta veramente insignificante". Sono il vapore acqueo, gli oceani e i vulcani.

Il vapore d'acqua è certo un gas serra, ma viene considerato dai climatologi un feedback, non una forzante. Ossia agisce come amplificatore di una forzante esterna, veramente perturbatrice dell'equilibrio. Idem per gli oceani: è vero che sono "i più potenti emettitori di CO₂, enormi serbatoi di CO₂ in essa disciolta e pronta ad essere immessa nell'atmosfera non appena la temperatura superficiale delle acque aumenta". Ma, appunto, perché la temperatura aumenta?

Le emissioni dei vulcani sono un'altra delle certezze presenti nell'articolo ("i vulcani, ad esempio, emettono più CO₂ di quanto non faccia l'insieme di tutte le attività umane"), certezza che non ha riferimenti nella letteratura scientifica. Secondo gli studi più completi e accurati le emissioni di CO₂ dall'attività vulcanica sia eruttiva che passiva (dai vulcani a riposo) ammontano mediamente a circa 300 milioni di tonnellate l'anno, pari circa all'1% delle emissioni antropiche (Hards, 2005; Morner ed Etiopie, 2002).

D'altronde, vulcani e oceani difficilmente potrebbero spiegare l'aumento delle concentrazioni di CO₂ e degli altri gas serra negli ultimi 250 anni (Fig. 2)

Il ruolo del sole – Che il sole abbia un'influenza sul clima è ovvio. Senza il sole il clima semplicemente non ci sarebbe, come non ci saremmo noi e il resto delle specie viventi sul pianeta Terra.

La tesi sostenuta nell'articolo, e in molti altri interventi di taglio negazionista, è invece che la variabilità della radiazione solare sia il fattore più importante per le variazioni climatiche registrate nel recente passato e previste

per il futuro. Di conseguenza, i gas serra avrebbero poca importanza e tutte le preoccupazioni conseguenti poca sensatezza.

Nell'articolo pubblicato si scrive che è "semplice" l'attribuzione del riscaldamento globale al sole. Per far questo sono mostrati grafici in cui si notano correlazioni fra l'andamento delle temperature del passato a alcuni indici più o meno direttamente legati alla radiazione solare (macchie solari, raggi cosmici, ecc.). I grafici non portano riferimenti bibliografici alla fonte originale, nel testo non sono presenti spiegazioni sui dati mostrati. È citato un lavoro del 1991 (16 anni fa) di Friis-Christensen e uno del 2005 di imprecisati "geofisici di Harvard". Pur se non è possibile escludere che si tratti di nuove correlazioni, è probabile che nell'articolo si faccia riferimento alle quattro diverse teorie sull'influenza del sole proposte in passato nella letteratura scientifica:

- correlazione fra la lunghezza dei cicli solari e le temperature dell'emisfero nord nel periodo 1860 – 1990 (Friis-Christensen e Lassen, 1991);
- correlazione fra la lunghezza dei cicli solari e le temperature dell'emisfero nord nel periodo 1579 – 1987 (Lassen e Friis-Christensen, 1995; Lassen e Friis-Christensen, 2000; Thejll e Lassen, 2000);
- correlazione fra l'intensità della radiazione cosmica galattica e la copertura nuvolosa totale (Svensmark e Friis-Christensen, 1997; Svensmark, 1998) o delle nubi basse (Svensmark e Friis-Christensen, 1997; Svensmark, 1998).

Altri autori (Laut e Gundermann, 1998a; Laut e Gundermann, 1998b; Jorgensen e Hansen, 2000; Kristjánsson et al., 2002; Laut, 2003; Damon e Laut, 2004) hanno contestato la fondatezza di questi studi,

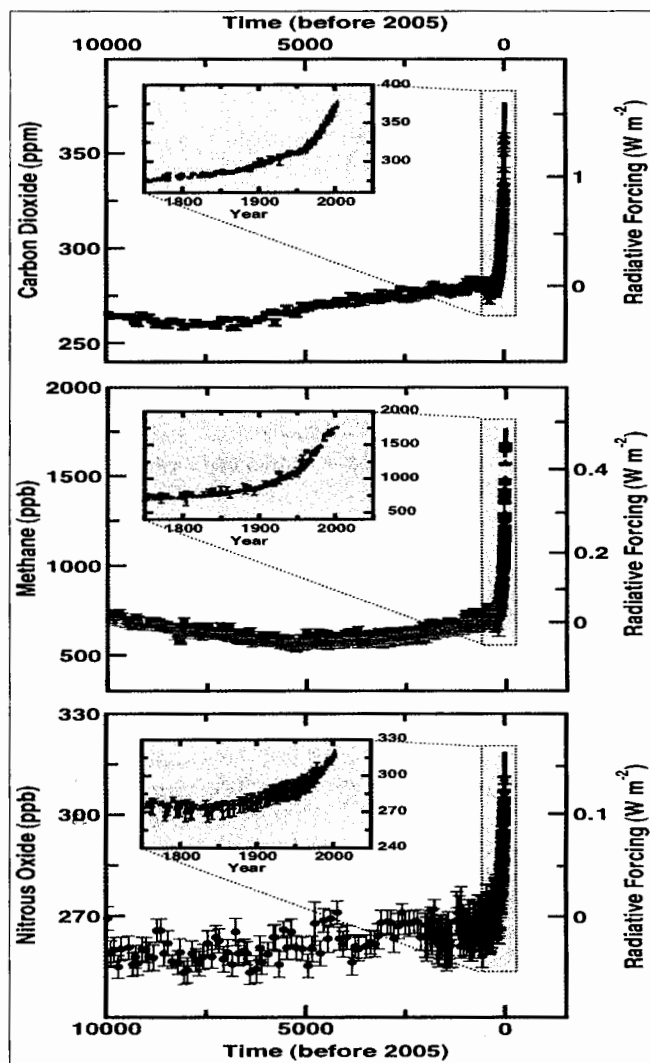


Fig. 2 – Concentrazioni in atmosfera di biossido di carbonio, metano e protossido di azoto degli ultimi 10.000 anni (pannelli grandi) e dal 1750 (pannelli piccoli). Le misure provengono da carote di ghiaccio (simboli con colori differenti per studi diversi) e campioni atmosferici (linee rosse). I corrispondenti forzanti radiativi sono mostrati sull'asse destro dei pannelli grandi. (Fonte: IPCC, 2007a, Figura SPM-1)

mostrando come molti dei grafici contenuti in queste pubblicazioni sono viziati da gravi errori e in qualche caso sono stati creati "manipolando" i dati disponibili. Rimandando ai lavori citati per gli interessanti e istruttivi dettagli, si può riassumere che gli errori rilevati sono:

- la correlazione fra l'andamento delle macchie solari e delle temperature dell'emisfero nord è migliore se si assume che esse non siano l'unico fattore che influenza la temperatura, ma che ci sia un riscaldamento del pianeta dovuto alla attività umane;
- nell'articolo del 1991 sono state usate serie di temperature con scale diverse e quindi non confrontabili;

- la regressione lineare fra i dati dell'attività del sole e le temperature è stata imposta solo per il periodo degli ultimi 150 anni, a scapito di una peggiore correlazione nel periodo precedente;
- prima del 1860 sono utilizzate medie delle temperature su periodi maggiori rispetto al periodo successivo, ottenendo in questo modo un artificiale adattamento dei cicli solari alle temperature;
- i dati sull'attività del sole dal 1965 in poi non sono stati filtrati come per i dati degli anni precedenti; è stata in altre parole unita ad un trend di lungo periodo una delle tante oscillazioni annuali dei dati dell'attività solare, unendo quindi dati che hanno diversi significati fisici. Procedendo in modo rigoroso gli autori avrebbero dovuto troncare l'andamento delle macchie solari a metà degli anni '60, senza mostrare l'innalzamento della radiazione solare nell'ultimo periodo e l'accordo con l'innalzamento delle temperature, che quindi non è dimostrato dai dati reali;
- altri dati proposti in seguito, a parziale correzione dei dati del 1991, si sono pure rivelati sbagliati, a causa di errori di calcolo; il grafico corretto dell'andamento dell'attività solare non mostra alcun aumento dopo il 1960;
- le diverse serie di dati utilizzate per indicare la copertura nuvolosa rappresentano entità fisiche diverse, e non ha senso unirle; la correlazione fra radiazione cosmica e copertura nuvolosa effettuata con dati corretti è dopo il 1995 estremamente bassa;
- il ritardo di circa 6 mesi nella risposta delle nubi alla radiazione cosmica non è compatibile con la spiegazione fisica del fenomeno, secondo cui la risposta delle nubi dovrebbe avvenire in pochi giorni;
- le correlazioni fra la temperatura del pianeta e i cicli dell'attività solare sono secondo altri autori molto basse, in particolare negli ultimi 50 anni (Fig. 3).

Il processo della revisione scientifica è stato un disastro per l'ipotesi solare. Se non bastasse, l'ultimo rapporto l'IPCC ha quantificato la "forza" del sole nel riscaldamento del pianeta negli ultimi 250 anni in circa il 5 % della "forza" dei gas serra emessi dall'uomo (Fig. 4). Dopo tutti gli studi condotti da tanti centri di ricerca il contributo del sole è stato dimezzato rispetto a quanto era indicato nel 2001 dal Terzo Assessment Report. *Il contributo antropogenico ai cambiamenti climatici - La spiegazione dell'"Origine e fortuna dell'effetto serra antropogenico"* che narra il maldestro tentativo dell'ex-premier inglese Margaret Thatcher di sostenere la lobby nucleare amplificando le preoccupazione per i danni dei combustibili fossili ("la Thatcher non aveva previsto che la criminalizzazione

della CO₂ faceva comodo anche a quella vasta area di individui e organizzazioni contrari ad ogni forma di industrializzazione, cui fu così fornito l'oggetto unico di tutte le loro proteste: la CO₂"...) è difficilmente confutabile perché appartiene al mondo del romanzesco, della fantapolitica. Il racconto non è supportato da alcun dato o fatto reale che permetta di ritenerlo più probabile di un qualsiasi altra ricostruzione che attribuisca la colpa dell'allarme per l'effetto serra ai comunisti, agli ambientalisti o ai marziani.

A seguito di una ricostruzione così improbabile, nell'articolo si insiste con le critiche verso tutte le componenti della comunità scientifica: le università, che "abbondano di corsi di matematica ambientale, fisica ambientale, chimica ambientale, biologia

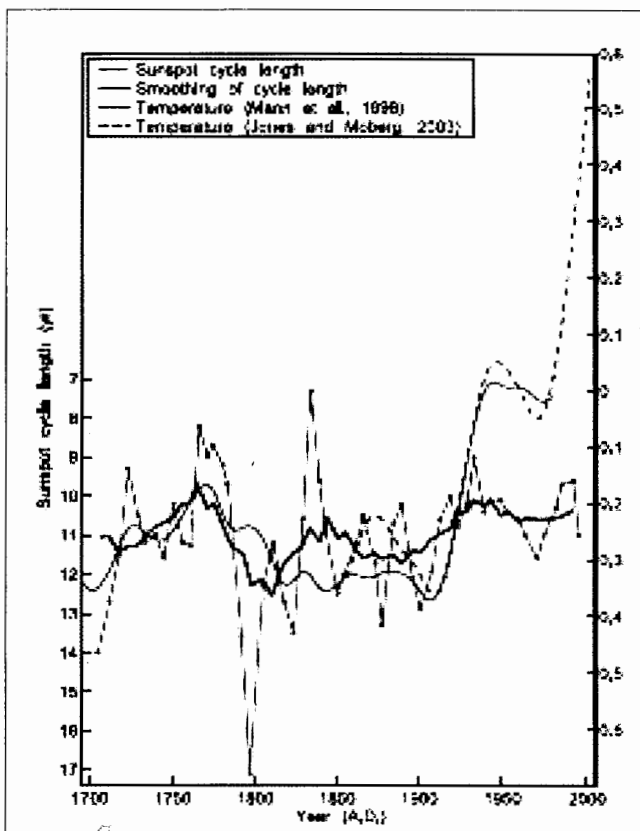


Fig. 3 - Confronto fra la variazione delle temperature negli ultimi 300 anni e la variazione della lunghezza dei cicli solari (dati originali e dati mediati per attenuare le variazioni annuali) (Fonte: Damon e Laut, 2004)

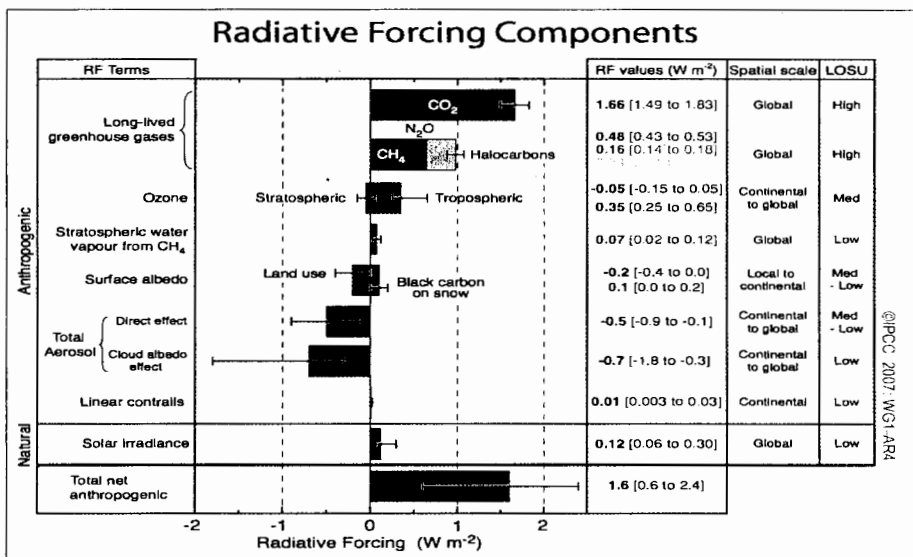


Fig. 4 - Stime della media globale e degli intervalli del forzante radiativo (RF) nel 2005 per i principali gas-serra e per altri importanti agenti e meccanismi. Sono inoltre mostrati il forzante radiativo antropogenico netto, il suo intervallo, la scala spaziale del forzante e il livello di comprensione scientifica (LOSU) dello stesso. Gli aerosol dei vulcani contribuiscono al forzante naturale ma non sono inclusi in questa figura a causa della loro natura episodica. (Fonte: IPCC, 2007a, Figura SPM-1)

ambientale, geologia ambientale, ingegneria ambientale, economia ambientale, diritto ambientale e così all'infinito: è nato un intero corpo dello scibile carente di contenuti scientifici ma esuberante di politica..."; gli studenti di questi corsi, che "spesso non hanno alcun interesse per la scienza, una scienza peraltro assente e inventata dai politici, e il loro unico scopo è acquisire un patacca che gli consenta di parlare ai politici e influenzare la politica"; i modellisti, che per "compiacere i finanziatori" delle ricerche ignorano volutamente i fattori importanti e "gonfiano a dismisura" quelli meno importanti; le riviste scientifiche, che pubblicano solo i risultati più "interessanti", nel senso di drammatici.

Nel capitolo finale, "L'effetto serra antropogenico oggi", il taglio politico e ideologico è ancora più marcato, con l'accusa agli ambientalisti di essere passati all'"isteria contro la CO₂" in seguito alla caduta del muro di Berlino e in quanto antiamericani e anticapitalisti; accusa che si commenta da sola. Se voleva essere questo il fine dell'articolo, una battaglia ideologica, si poteva anche scegliere un argomento meno serio e importante dei cambiamenti climatici.

Oggi non tutto è ancora chiarito su questo tema. Permangono delle incertezze, in particolare nelle previsioni sul futuro climatico del pianeta. Non solo per la complessità del sistema climatico; ma per la difficoltà di prevedere quali saranno le azioni che la comunità politica mondiale riuscirà effettivamente a porre in essere nei prossimi decenni.

Per molte persone le incertezze nella previsione degli impatti futuri, derivanti dal progressivo e difficilmente arrestabile aumento delle concentrazioni dei gas serra nell'atmosfera, sono motivo di seria preoccupazione. Non sono oggi disponibili informazioni quantitative sulla probabilità di possibili cambiamenti repentini che possono portare alla disintegrazione della penisola occidentale antartica o delle calotte di ghiaccio della Groenlandia (Hansen, 2005; Oppenheimer, 1998). Questo non fa stare tranquilli, e porta all'urgenza della riduzione dello sbilanciamento energetico del pianeta, tramite la riduzione del massiccio utilizzo di combustibili fossili (IPCC, 2007c).

Per questo è importante che non si perda altro tempo, confondendo il legittimo e serio dibattito su diverse ipotesi scientifiche con la continua ripresa, in una battaglia ideologica, di miti che poco hanno a che fare con la scienza del clima.

BIBLIOGRAFIA

- Battaglia F.** (2000) "Ecco perché l'effetto serra è solo una grossa bufala". Il Giornale del 4/9/2000.
- Battaglia F.** (2007) Terra con la febbre? La colpa è il sole. Il Giornale, 7 Aprile 2007.
- Damon P.E., Laut P.** (2004) Pattern of Strange Errors Plagues Solar Activity and Terrestrial Climate Data. *Eos*, Vol. 85, No. 39.
- Forster P. et al.** (2007) Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. Cap. 2 di "Climate Change 2007: The Physical Science Basis", IPCC, 2007a.
- Friis-Christensen E. and K. Lassen** (1991) Length of the solar cycle: an indicator of solar activity closely associated with climate. *Science* 254:698-700.
- GRIST** (2006) How to Talk to a Climate Skeptic. <http://gristmill.grist.org/skeptics>.
- Hansen J.E.** (2005) Slippery Slope: How Much Global Warming Constitutes "Dangerous Anthropogenic Interference?", *Climatic Change* 68, 269-279.
- Hards V.** (2005) Volcanic contributions to the Global Carbon Cycle. *British Geological Survey. Sustainable and renewable Energy, Occasional Publication N. 10*.
- Hegerl G.C. et al.** (2007) Understanding and Attributing Climate Change. Cap. 6 di "Climate Change 2007: The Physical Science Basis", IPCC, 2007a.
- IPCC** (2007a) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. www.ipcc.ch.
- IPCC** (2007b) Summary for Policymakers di *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, IPCC, 2007a Versione in italiano su <http://www.cmcc.it:8080/web/public/IPCC-Italia>.
- IPCC** (2007c) *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Working Group III contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report*. www.ipcc.ch.
- Jansen E. et al.** (2007) Palaeoclimate. Cap. 6 di "Climate Change 2007: The Physical Science Basis", IPCC, 2007a.
- Jones P.D., Mann M.E.** (2004) Climate Over Past Millennia. *Reviews of Geophysics* 42, 143.
- Jorgensen T.S., Hansen A.W.** (2000) Comment on "Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage – a missing link in solar-climate relationships", by H. Svensmark and E. Friis-Christensen. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 62, 73-77.
- Kristjánsson J.E., Staple A., Kristiansen J.** (2002). A new look at possible connections between solar activity, clouds and climate. *Geophysical Research Letters* 29 (23) 2107-2110.
- Lassen K., Friis-Christensen E.** (1995) Variability of the solar cycle length during the past five centuries and the apparent association with terrestrial climate. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics* 57(8), 835-45.
- Lassen K., Friis-Christensen E.** (2000) Reply to the article "Solar cycle lengths and climate: a reference revisited" by P. Laut and J. Gundermann. *Journal of Geophysical Research*, 27493-27495.
- Laut P.** (2003) Solar activity and terrestrial climate: an analysis of some purported correlations. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 65, 801-812.
- Laut P., Gundermann J.** (1998a) Does the correlation between solar cycle lengths and Northern Hemisphere land temperatures rule out any significant global warming from green house gases? *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 60, (1), 1-3.
- Laut P., Gundermann J.** (1998b) Solar cycle length hypothesis appears to support the IPCC on global warming. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 60, 1719-1728.
- Le Page M.** (2007) Climate change: A guide for the perplexed. *New Scientist Environment*, 16 May 2007. <http://environment.newscientist.com/channel/earth/dn11462>.
- Mears C.A., Wentz F.J.** (2005) The Effect of Diurnal Correction on Satellite-Derived Lower Tropospheric Temperature. *Science*, Vol. 309. no. 5740, pp. 1548-1551.
- Morner N.A., Etiope G.** (2002) Carbon degassing from the lithosphere. *Global and planetary change*, Vol. 33, 185-203.
- Oppenheimer M., Alley R.B.** (2005) Ice sheets, global warming, and article 2 of the UNFCCC, *Climatic Change*, 68: 257-267.
- Realclimate** (2006) Responses to common contrarian arguments. www.realclimate.org/index.php/archives/2004/12/index/#Responses
- Schmidt G.** (2006) Medieval warmth and English wine. *Realclimate*, Post 12/7/2006. <http://www.realclimate.org/index.php/archives/2006/07/medieval-warmth-and-english-wine/>.
- Sherwood S.C., Lanzante J.R., Meyer C.L.** (2005) Radiosonde Daytime Biases and Late-20th Century Warming. *Science*, Vol. 309. no. 5740, pp. 1556-1559.
- Svensmark H., Friis-Christensen E.** (1997) Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage – a missing link in solar-climate relationships. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 59 (11), 1225-1232.
- Svensmark H.** (1998) Influence of cosmic rays on Earth's climate. *Physical Review Letters* 22, 5027-5030.
- Thejll P., Lassen K.** (2000) Solar forcing of the Northern hemisphere land air temperature: new data. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 62, 1207-1213.

REPLICA DI FRANCO BATTAGLIA A STEFANO CASERINI

F. Battaglia*

La foga di cercare elementi di discredito sul piano personale ha fatto dimenticare al dr. Caserini di rispondere alle ragioni principali che mi hanno indotto a sostenere, nel mio articolo dello scorso aprile, che è immotivato preoccuparsi per l'effetto serra antropogenico. Prima di riassumere quelle ragioni e analizzare le mancate risposte, mi si consenta di notare le due affermazioni di Caserini – le uniche – sulle quali concordo.

La prima, all'inizio dell'articolo, ove egli dichiara che «l'IPCC in realtà non è un organismo scientifico»: è esattamente quel che ho sostenuto anche io nel mio articolo. Peccato che poi Caserini in tutto il suo articolo, senza alcuno spirito critico e, soprattutto, senza mantenersi ai fatti anche se in contrasto con le congetture presenti nei rapporti dell'IPCC, prenda per vangelo ogni affermazione presente in quei rapporti.

La seconda, alla fine dell'articolo, ove egli dichiara che «oggi non è tutto ancora chiarito su questo tema. Permangono delle incertezze, in particolare nelle previsioni sul futuro climatico del pianeta. Non solo per la complessità del sistema climatico...». Peccato che, a fronte della «complessità della sistema climatico» evocata da Caserini, viviamo in una società che ha già deciso che si possa controllare il clima agendo su un solo e unico parametro: la concentrazione atmosferica di CO₂. E veniamo alle considerazioni di Caserini.

Egli non gradisce che io abbia citato l'informazione storica di eventi che corroborano la circostanza che siano occorsi, in passato, sia il periodo caldo medievale (PCM) che la piccola era glaciale (PEG). Durante la quale, d'inverno, ghiacciava non solo il Tamigi, ma anche la Laguna di Venezia, come altri dipinti testimoniano. A che pro quel basso gradimento? Forse perché il PCM e la PEG sono parto della mia fantasia e di pochi altri che Caserini chiama, con discutibile tatto, «negazionisti» (termine solito per indicare chi nega l'Olocausto)? Insomma, quel paio di secoli di PCM e quel paio di secoli di PEG sono occorsi o no? A dire il vero, l'IPCC prima aveva detto di sì (fino al terz'ultimo rapporto), poi – prendendo per oro colato l'analisi statistica di Michael Mann, l'inesperto studente che produsse una storia

climatica, riassunta nella sua famosa curva “a mazza da hockey”, che cancellava con un tratto di penna sia il PCM che la PEG – disse di no (penultimo rapporto). Nell'ultimo rapporto, la curva a mazza da hockey è sparita, anche perché è stata dimostrata essere errata da Stephen Mc Intyre e Ross McKittrick. Caserini, invece, dice che

PCM e PEG sono reali ma sono stati solo fenomeni locali. Non si rende egli conto che se così fosse allora ciò che importa nella determinazione del clima sarebbero gli effetti locali. Commette egli lo stesso autogol che alla recente Conferenza nazionale sul clima ha commesso il ministro Pecoraro Scario (e con lui tutti i suoi consulenti “esperti” di clima che glielo hanno fatto commettere) quando disse che gli aumenti di temperatura in Italia sarebbero 4 volte superiori a quelli della media globale: se fosse vero, vorrebbe dire che tutto ciò che importa nelle questioni climatiche ha origini principalmente locali e non globali e, in questo caso, le emissioni di CO₂ sarebbero irrilevanti. Secondo Caserini il grafico da me riportato in Figura 2 del mio articolo di aprile «sembrebbe ottenuto manipolando e alterando un

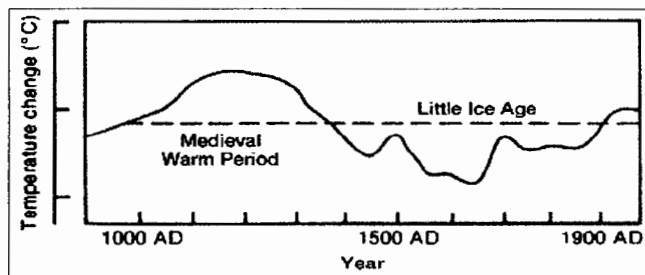


Fig. 1 – Variazioni di temperature negli ultimi 1000 anni come da rapporto IPCC del 1990

grafico del primo rapporto IPCC del 1990». Riporto in Figura 1 il grafico del primo rapporto dell'IPCC (riportato anche recentemente a pagina 14 del rapporto “Surface Temperature Reconstruction for the Last 2000 Years” del National Research Council americano): il lettore può da solo confrontare questa Figura con la Figura 2 dell'articolo di aprile e giudicare da solo se si notano “alterazioni” o “manipolazioni”, o se, viceversa, Caserini non dice esattamente il vero.

Secondo Caserini, la diminuzione di temperatura occorsa nel periodo 1940-75 sarebbe dovuta al fatto che durante il boom industriale e demografico le emissioni di solfati avrebbero superato, quanto a effetto sulle temperature, le emissioni di CO₂; e che poi, in seguito alla presa di coscienza ambientale

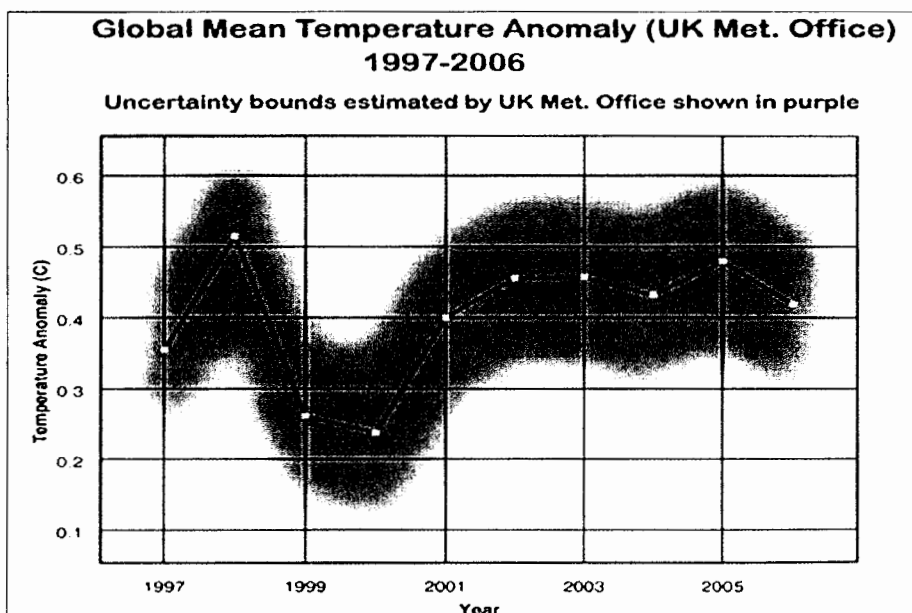


Fig. 2 – Variazioni di temperature negli ultimi 10 anni

* Prof. Franco Battaglia, docente di Chimica Ambientale, Università di Modena – Dipartimento di Ingegneria dei Materiali dell'Ambiente – Via Vignolesse 905 – 41100, Modena – E-mail: fbattaglia@unimore.it.

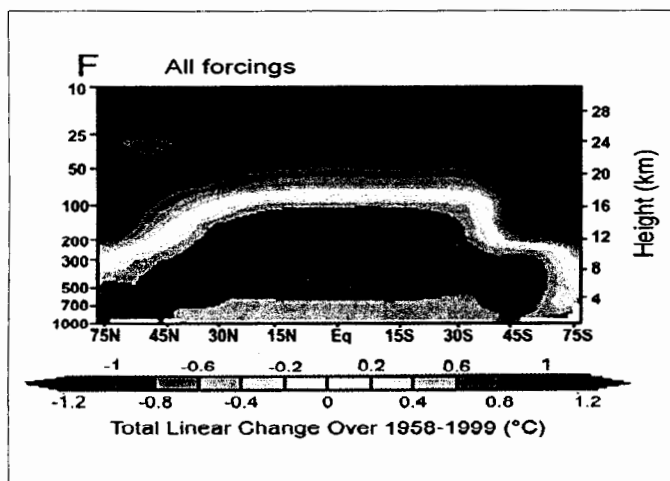


Fig. 3 – Variazioni di temperatura atmosferica con l'altezza secondo la teoria dell'effetto serra antropico

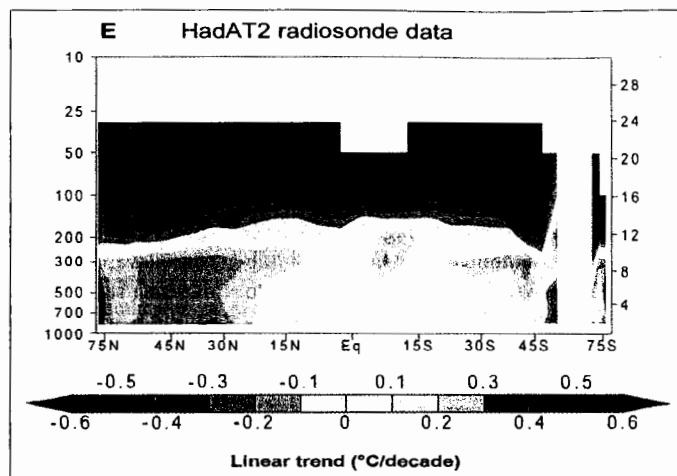


Fig. 4 – Variazioni di temperatura atmosferica con l'altezza secondo le misure da radiosonde

e agli accordi internazionali di ridurre i solfati, la CO_2 abbia ripreso a dominare e la temperatura a salire. La spiegazione sarebbe accattivante se non fosse inaccettabile, essendovi sfasamento di 10 anni rispetto sia all'inizio del periodo di rinfrescamento sia alla ripresa del riscaldamento: il boom industriale e demografico cominciò negli anni Cinquanta, mentre le temperature cominciarono a diminuire 10 anni prima; e il protocollo internazionale per la riduzione delle emissioni di zolfo fu sottoscritto nel 1979 e cominciato ad applicare non prima del 1985, mentre le temperature avevano ripreso a salire nel 1975. Infine, val la pena di dirlo, il trend di aumento di temperature si è interrotto da 10 anni, come la Figura 2 bene illustra: quel trend è interrotto dal 1998! Come vedremo alla fine, questo forse spiega, tra l'altro, la rinascita della isteria planetaria da *global warming*.

Riguardo al fatto che la temperatura a 10 km sopra le nostre teste non è aumentata come lascia prevedere l'ipotesi antropogenica, riporto sia quanto è previsto da quell'ipotesi (Figura 3) sia quanto è misurato dai satelliti (Figura 4): appare evidente che la Figura 4 (i fatti) smentisce la Figura 3 (l'ipotesi). Caserini dice che le misure satellitari sono sbagliate. Sarà: non ho le competenze per valutare se sono sbagliate o no, anche se sarei più propenso a sospettare errate o le misure di temperature di terra o le previsioni dei modelli. O entrambi. Osservo solo che l'IPCC pur di nascondere la discrepanza tra le proprie ipotesi e i fatti, si serve del concetto di "range" anziché di quello di distribuzione statistica. Ma, come sa chiunque abbia seguito un corso elementare di statistica, il "range" non è un indice di dispersione appro-

priato, in quanto dà un immeritato peso ai risultati estremi.

In definitiva, Caserini non risponde all'obiezione che l'attuale riscaldamento cominciò intorno al 1700 (industrializzazione assente e popolazione 1/10 dell'attuale) e continuò fino al 1940 (industrializzazione quasi assente e popolazione 1/3 dell'attuale); propone per il rinfrescamento del periodo 1940-75 una spiegazione inaccettabile; completamente trascura il fatto che, a dispetto delle ininterrotte emissioni, il riscaldamento s'è interrotto da circa 10 anni; accetta acriticamente la "riconciliazione" che fa l'IPCC tra le misure satellitari delle temperature della troposfera da un lato e le misure a terra e le previsioni dei modelli dall'altro. Insomma, non risponde ad alcuno degli argomenti che mi portarono a concludere che il riscaldamento attuale, se fosse di origine antropica, è occorso nei tempi e nei luoghi sbagliati.

Mi si consenta di chiudere con un parere personale sulle ragioni della rinata isteria da riscaldamento globale durante questi ultimi due anni e con una domanda ai detentori della verità (cioè ai non-negazionisti, tanto per usare l'infelice linguaggio di Caserini). Durante una intera generazione allevata con l'isteria da riscaldamento globale, si sono inseriti in agenda tutta una serie di progetti (e speranze) sulla diffusione delle tecnologie che utilizzano l'energia dal sole, principalmente l'eolica e la fotovoltaica (FV). Sono tecnologie fallimentari ma costosissime (e, quindi, con appetitose prospettive di lucro), come le semplici considerazioni che seguono illustrano e che, temo, il dr. Caserini ignora. Per produrre 1 GW-anno di energia elettrica con l'eolico bisognerebbe installare 6000 turbine pari a 6 GW eolici (non sempre il vento

soffia) che costano non meno di 6 miliardi di euri; per produrlo col FV, bisognerebbe installare 9 GWp FV, che costano non meno di 60 miliardi di euri. Si potrebbe produrli anche con un reattore nucleare, che però costa "solo" meno di 3 miliardi. Al danno della scelta dell'eolico e/o del FV si aggiungerebbe la beffa: dopo aver speso una cifra compresa fra 6 e 60 miliardi (a seconda del peso relativo delle due tecnologie solari) non ci si può esimere dall'installare quel reattore nucleare, che deve comunque esserci per evitare fastidiosi black-out quando il vento non soffia o il sole non brilla. Insomma, gli impianti eolici e FV, è ben noto, non aggiungono capacità al sistema elettrico e hanno solo la funzione di far risparmiare combustibile. Quanto risparmio? Per ogni GW-anno di energia elettrica si risparmierebbero 200 t di uranio, che per 25 anni (il tempo di vita degli impianti eolici o FV) comporterebbero una spesa di meno di 1 miliardo di euri: spendere una cifra compresa fra 6 e 60 miliardi per risparmiare 1 miliardo non appare un grande affare per la società (è certamente un ottimo affare per i produttori di turbine eoliche e pannelli FV). Queste tecnologie fallimentari, allora, hanno avuto bisogno di una motivazione ufficiale, ed è stata trovata nel pericolo da riscaldamento globale. Il quale però, come detto, s'è arrestato da 10 anni. Il timore che quest'arresto potesse mandare a monte quei fallimentari progetti meticolosamente coltivati durante una generazione afflitta dal terrore del riscaldamento globale, unita alla consapevolezza del rischio che quei progetti possano realizzarsi ora o mai più, è forse ciò che ha dato l'aire allo spargimento di rinnovato terrore durante gli ultimi anni.

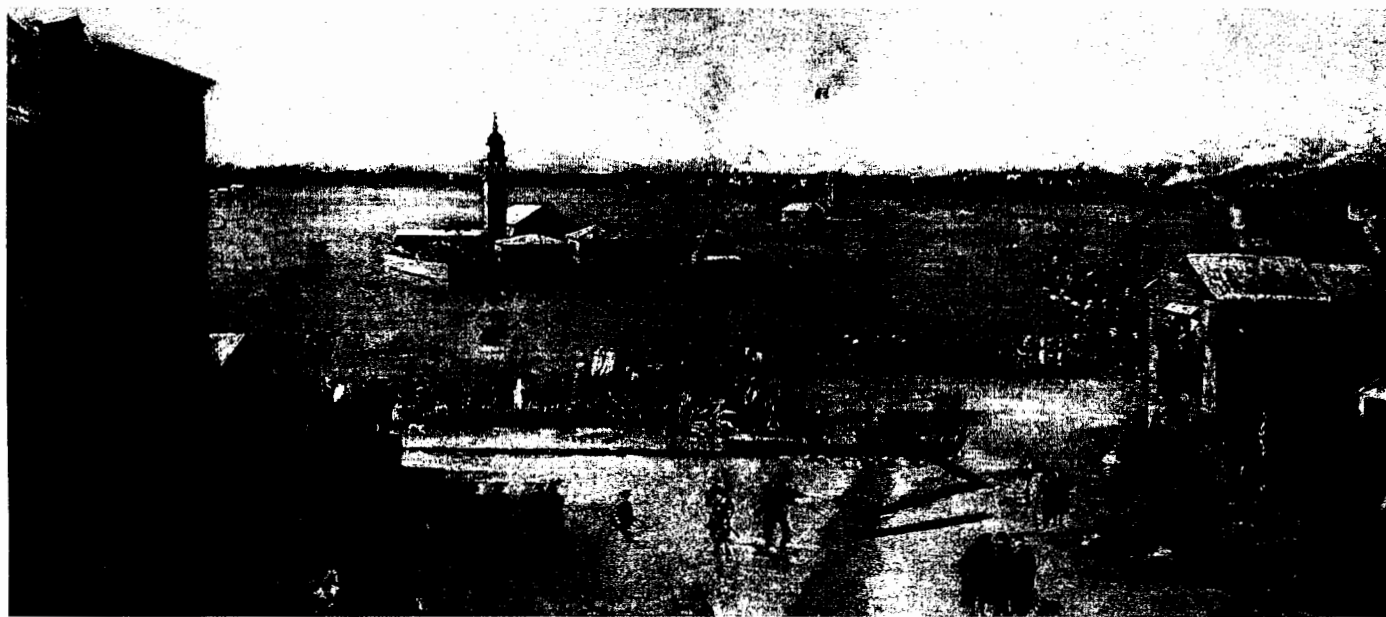
E vengo alla domanda che vorrei porre ai non-negazionisti. Caserini invoca «l'urgenza della riduzione dell'uso dei combustibili fossili», ma non ha detto come esattamente (nessuno dei non-negazionisti lo dice). Posto che tutti costoro sono concordi che il Protocollo di Kyoto è totalmente inefficace ad affrontare il (per me presunto) problema e tutti dicono che bisognerebbe fare di più, indugiamo per un attimo a considerare cosa dovrebbe fare l'Italia per soddisfare solo gli inutili (a detta anche dei non-negazionisti) vincoli di Kyoto: dell'energia elettrica che oggi produciamo bruciando gas, 13 GW-anno dovrebbero essere prodotti col nucleare, col vento o col sole. Col nucleare, basterebbe una spesa di meno di 30 miliardi e installare 11 reattori (tanti ne ha, ad esempio, la Svezia); con l'eolico, sarebbero necessari 80 miliardi per

80.000 turbine eoliche; col FV sarebbero necessari 800 miliardi di pannelli FV. Le ultime due soluzioni sono evidentemente improponibili, tanto più che non impedirebbero l'installazione, comunque, di almeno 9 di quegli 11 reattori nucleari. Insomma, piaccia o no, per soddisfare solo il protocollo di Kyoto non c'è altro da fare che installare 11 reattori nucleari. Com'è che nessuno dei non-negazionisti (certamente non Caserini) lo dice chiaro e tondo?

Il protocollo di Kyoto, però, è inutile: tutti concordiamo. I negazionisti dicono che bisognerebbe ridurre le emissioni almeno del 60%. Far questo significa, ad esempio, azzerare tutte le emissioni dai trasporti e dalla produzione di energia elettrica. La precedente domanda ha allora un'appendice. Com'è che nessuno dei non-negazionisti (certamen-

te non Caserini) lo dice chiaro e tondo? «Signori – dovrebbero dire – da domani si interrompe la fabbricazione di automobili e si mandano a rottamare tutte quelle esistenti. E siccome, così facendo, siamo ancora alla riduzione del 30%, dovremmo anche installare, e in fretta, centinaia (circa 25 in Italia) reattori nucleari». Diciamolo francamente: la posizione di continuare a dire che «bisogna fare qualcosa e subito» senza dire cosa *esattamente*, è forse molto comoda ma sicuramente non poco ipocrita. E, diciamolo ancora più francamente. Se si dicesse quel che ho detto si dovrebbe dire se il pericolo da CO₂ fosse ritenuto reale, allora sì che sarebbe necessario un dibattito autenticamente scientifico: ma un dibattito autenticamente scientifico è forse proprio l'ultima cosa che i non-negazionisti auspicano.

LA LAGUNA DI VENEZIA GHIACCIATA NELL'INVERNO 1788-89



La Laguna di Venezia ghiacciata nell'inverno 1788-89 (MCR, seguace di F. Battagioni)

LA MORSA DEL GHIACCIO

Se le alte maree erano temute come fonte di molti mali, altrettanto pericolose erano le gelate invernali che impedivano la navigabilità dei canali e interrompevano gli approvvigionamenti. Un anonimo descrive con drammatici accenti la situazione disperata verificatasi nell'anno del ghiaggio 1788-89 quando «viddesi ad un tratto congelate le circonvicine lagune, indi li rivi interni, ed il Canal Grande per modo che, tolto ogni transito di barche, impedito le esterne comunica-

zioni, minorate le interne, trovossi con strana fatal metamorfosi, questa florida dominante... minacciata dall'orrore della più squalida indigenza». Oltre alle numerose morti per assideramento che colpivano i più poveri, oltre al pericolo di «grandi infermità» e «di qualche funesta epidemia», terrorizzava l'idea «della possibile mancanza dell'acqua, requisito tanto necessario alla sussistenza e così essenziale in questa popolata città dove non la vi è che precaria...». Cominciava così una lotta disperata contro la laguna improvvisamente trasformata in

una mortale morsa di ghiaccio. Nei momenti di grande emergenza, come nei pericolosi incendi e in altre occasioni in cui si doveva ricorrere a grandi spiegamenti di forze, l'Arsenale costituiva una preziosa riserva di energie: questa piccola città produttiva si trasformava rapidamente in un efficientissimo centro di coordinamento dei soccorsi. Anche in questo frangente, come durante la gelata del 1754 e quelle seguenti del 1792 e 1796, lo spiegamento di forze è imponente: 177 barche e 822 uomini si mobilitano per riattivare le comunicazioni nei rivi interni e



La Laguna di Venezia ghiacciata (data non definibile; presumibilmente fine 1800)

soprattutto per cercare di raggiungere le fonti di acqua potabile aprendosi un varco nel ghiaccio.

Come punta di diamante verso la Seriola viene scelta l'isola di S. Giorgio in Alga da dove il nobile Zuane Veronese, Patron all'Arsenal, dirige personalmente le operazioni. Il 5 gennaio, raggiunta l'isola, accerta il considerevole spessore del ghiaccio (dalle 4 alle 12 onces), chiede perciò l'invio di altri attrezzi e divide uomini e barche in quattro squadre, ciascuna con un ispettore, per garantire una certa rapidità di intervento. Il giorno dopo però, a causa delle condizioni avverse del tempo, le operazioni non possono procedere e con «l'amarezza di aver perduta una giornata di lavoro...» il Veronese così scrive «... insorto poco dopo la mezzanotte gagliardo vento di Greco Levante e continuando nel corso della notte ed in tutta questa giornata senza interruzione, sempre eguale, possibile non mi fu, per quanto il desiderasse il mio cuore ed in brama fosse di queste genti, animate dal mio ardore, di esporle al travaglio perché la forza del vento e l'accresciuto rigore del freddo in grado intollerabile, non permisero alcun fruttuoso attentato». Accanto alle barche e alle maestranze dell'Arsenale vi sono

anche le forze di nicolotti «miserabili, mal vestiti, bisognosi di giornaliero alimento e privi di paglioni sopra quali riposar le stanche affaticate lor membra», perciò per il buon esito dell'impresa si supplica l'invio di viveri e coperte. Il 7 gennaio, malgrado il vento, si iniziano i lavori, ma ciò che viene fatto di giorno si disfa la notte perché «con il decrescer dell'acqua» il ghiaccio si sposta otturando «intieramente per lungo tratto l'alveo» formato nel giorno precedente.

Nella notte fra l'8 e il 9 gennaio è necessario procedere fino a ora tarda mentre la neve continua a cadere ininterrottamente. Per fortuna l'arrivo di altre barche dall'Arsenale dà nuova energia agli uomini esausti e sconfortati e il 9 gennaio si dà l'annuncio che, se cessa di nevicare, in un giorno si riuscirà ad aprire un varco per il quale potranno transitare le barche acquarole; nel frattempo però quella neve che ostacola i lavori, accumulata sulle «pilele», costituisce una preziosa fonte di approvvigionamento idrico. Con grande soddisfazione il 10 gennaio il Veronese comunica di aver visto partire da Fusina varie imbarcazioni cariche di rifornimenti per la città. Il primo passo è compiuto. Se in quattro giorni si è giunti alla terraferma, nonostante le «gran-

di opposizioni incontrate di vento, di estremo freddo, di neve e delle lunghe notti nel giro delle quali si ammuccia(va) qua e là del canale stesso o il volume del ghiaccio vagante», restano però da raggiungere le «gorne» della Seriola, il canale che rifornisce la Dominante di acqua. Per far ciò bisogna rompere uno strato di «fortissima tenacità» che resiste ai colpi delle scuri. L'11 gennaio, «studiando il modo più facile di vincere la resistenza del ghiaccio», viene l'idea «di far scorrere sopra la sua superficie, tirato da bovi, il Burchiello lamato» (grande imbarcazione posta su grosse lame) in modo che, «premendo questo, con il grave suo peso, il ghiaccio, sotto cui affluir deve porzione, d'acqua», riesca a «frangerlo lungo il suo corso», e infatti così avviene.

Ancora qualche ostacolo però è rappresentato dai primi meandri del Brenta, dove la forza di dieci paia di buoi, che riusciva a trascinare il burchiello in linea retta, non basta per muoverlo in curva. Il 13 gennaio cade una providenziale pioggia che rifornisce le cisterne, il rigore del clima si mitiga e con gioia si assiste al «repentino felice scioglimento del ghiaccio»: l'incubo finisce.