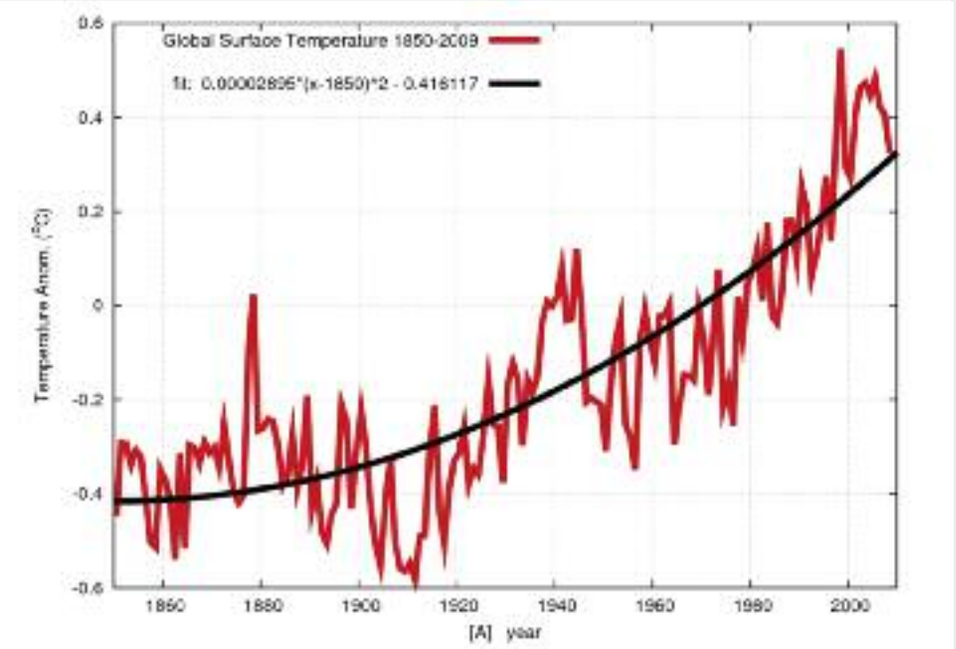

Fig. 1 - Temperatura globale della superficie della Terra (terre e mari, HadCRUT3) [Climatic Research Unit, www.cru.uea.ac.uk/]

Nicola Scafetta
Physics Department
Active Cavity Radiometer Irradiance Monitor (ACRIM) Lab
& Physics Department
Duke University, Durham NC (Usa)
ns2002@duke.edu
nicola.scafetta@gmail.com

I CAMBI CLIMATICI E LE LORO CAUSE
UNA DISCUSSIONE SU ALCUNI PUNTI CHIAVE

Questo articolo discute i limiti dell'Anthropogenic Global Warming Theory che viene proposta dall'Intergovernmental Panel on Climate Change. Viene proposta una teoria fenomenologica dei cambi climatici basata sulle proprietà fisiche dei dati stessi. Almeno il 60% del riscaldamento della terra osservato sin dal 1970 appare indotto da cicli naturali che sono presenti nel sistema solare. Una stabilizzazione del clima o un raffreddamento fino agli anni 2030-40 è previsto dal modello fenomenologico.

Diversi fattori concorrono ai cambiamenti climatici. Sin dal 1900 la temperatura globale della terra è cresciuta di circa 0,8 °C (Fig. 1) e sin dagli anni Settanta la temperatura è cresciuta di circa 0,5 °C. Questo aumento della temperatura è occorso in concomitanza ad una forte crescita di concentrazione atmosferica di alcuni gas serra, soprattutto CO_2 e CH_4, che si sa essere dovuta soprattutto alle emissioni umane. L'uomo avrebbe causato più del 90% del riscaldamento globale sin dal 1900 e praticamente il 100% del riscaldamento globale sin dal 1970. Questa teoria è chiamata *Anthropogenic Global Warming Theory* (AGWT) e viene proposta dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [1], organizzazione voluta dalle United Nations Environment Programme (UNEP) e dal World Meteorological Organization (WMO) per studiare i cambi climatici. Diversi scienziati ritengono che ulteriori emissioni di gas serra potrebbero mettere in pericolo l'umanità [2]. Tuttavia non tutti condividono le tesi dell'IPCC. Più di 30.000 scienziati in America hanno recentemente firmato una petizione ritenendo che tali posizioni siano estreme, che il sistema climatico è più complesso di quanto attualmente noto, molti meccanismi climatici non sono ancora inclusi nei modelli adottati dall'IPCC e che il fatto deve essere trattato con una certa prudenza perché politiche ambientali errate potrebbero anch'esse causare danni ingenti [3]. Questo articolo riepiloga alcune delle ragioni, derivate in parte dalla mia ricerca sul tema, per le quali le tesi dell'IPCC sono discutibili. La missione dell'IPCC recita: «*The IPCC reviews and assesses the most recent scientific, technical and socio economic information produced worldwide relevant to the understanding of human-induced climate change*». Quindi l'IPCC potrebbe dare una lettura pregiudiziale della

ricerca scientifica favorendo quegli studi che meglio giustificherebbero la sua missione politica che è focalizzata sul *human-induced climate change*. L'esistenza di questo pregiudizio appare palese in Fig. 2 che riporta la lista completa delle forzanti che l'IPCC ritiene responsabili del riscaldamento del clima globale sin dal 1750. Queste sono divise in due gruppi: uno che include solo la radiazione totale solare ed è chiamato *naturale,* il secondo raggruppa tutto il resto. Questo secondo gruppo è etichettato come *antropico*. Quindi l'IPCC ritiene che il 100% della crescita della concentrazione atmosferica del CO_2 e del CH_4 osservata sin dal 1750 e tutto il resto sia di origine antropica. Queste etichette suggerirebbero che se l'uomo fosse assente dal pianeta le concentrazioni chimiche dell'atmosfera rimarrebbero immutate a dispetto di un cambio dell'input energetico solare. Tuttavia, se l'input solare cresce, questo causa un riscaldamento della Terra, e ci si aspetterebbe che le concentrazioni atmosferiche di CO_2 e CH_4 aumentassero. Infatti, da una parte la capacità dell'oceano ad assorbire questi gas si ridurrebbe, e, dall'altra parte, ci sarebbe un aumento della produzione naturale di CO_2 e CH_4 sulla terraferma a causa dell'accelerazione della fermentazione di materiale biologico ed altri meccanismi [4]. L'esistenza di questi feedback associati al CO_2 e CH_4 sono evidenti negli ampi cicli relativi a questi gas osservati tra le epoche glaciali (che furono causate da cicli astronomici) quando nessuna attività umana era presente (Fig. 3). Ad esempio, se solo il 10% dell'aumento totale dei gas serra sin dal 1750 fosse dovuto alla crescita dell'attività solare, è facile calcolare, sulla base dei numeri riportati in Fig. 2, che con le sue etichette l'IPCC gonfierebbe il contributo antropico del 20% e sottostimerebbe il contributo solare del 300%. Evidentemente, se le forzanti del clima vengono sin dal principio *etichettate* come antropiche, anche le conseguenze di queste, cioè i cambi climatici, diventano *antropici* secondo un'evidente logica circolare. Un secondo problema riguarda cosa il CO_2 e il CH_4 fanno veramente al clima e questi numeri sono piuttosto incerti. Secondo l'IPCC se la concentrazione atmosferica di CO_2 raddoppia la temperatura media del pianeta potrebbe aumentare tra 1,5 e 4,5 °C. La distribuzione della sensibilità climatica al CO_2 è riportata in Fig. 4 e varia entro un intervallo perfino più largo di 1,5 e 4,5 °C [5]. Se gas serra come il CO_2 sono la maggiore causa del riscaldamento globale, una sensibilità climatica al CO_2 con un errore minimo del 50% non può che suscitare forti perplessità sulla robustezza delle interpretazioni dei cambi climatici dell'IPCC.

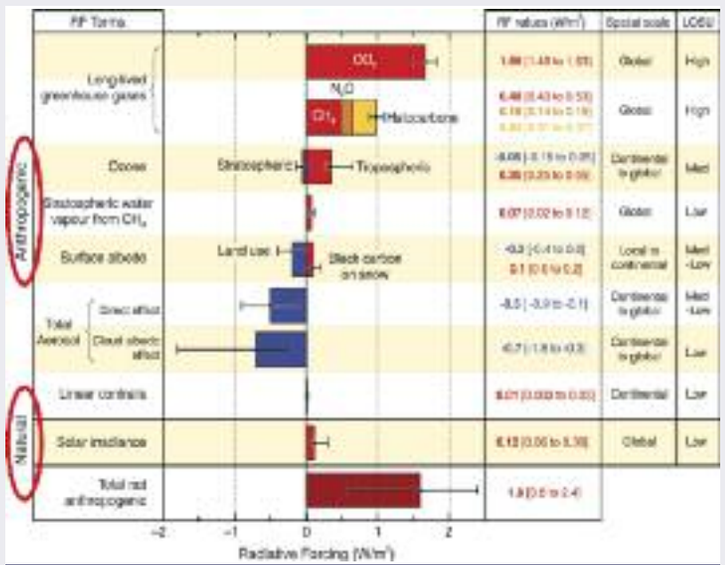

Fig. 2 - Lista delle forzanti ritenute responsabili del riscaldamento del clima globale sin dal 1750 da parte dei modelli adottati dall'IPCC. La figura è adattata dall'IPCC Climate Change 2007: Synthesis Report

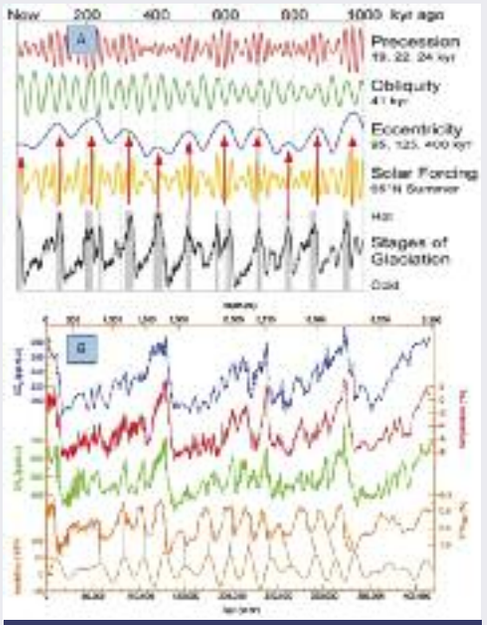

Fig. 3 - Cicli di CO_2 e CH_4 che seguono i cambi di temperatura osservati durante le epoche glaciali. Questi cicli glaciali seguono i cicli di Milankovich, che sono perturbazioni orbitali della terra, soprattutto l'eccentricità dell'orbita terreste come è evidente in [A]. Le figure sono adattate da Wikipedia alle voci: [A] Milankovitch cycles; [B] Vostok Station

Questo errore macroscopico è dovuto al fatto che non si sanno modellare bene i principali meccanismi climatici di feedback, cioè il vapore acqueo e le nuvole. Anche i promotori dell'AGWT ritengono che i modelli correnti su cui le tesi dell'IPCC si basano sono severamente incompleti. Rockstrom e altri 28 scienziati [2] che promuovono l'AGWT hanno recentemente affermato: *"Most models suggest that a doubling in atmospheric CO_2 concentration will lead to a global temperature rise of about 3 °C (with a probable uncertainty range of 2-4,5 °C) once the climate has regained equilibrium. But these models do not include long-term reinforcing feedback processes that further warm the climate,… If these slow feedbacks are included, doubling CO_2 levels gives an eventual temperature increase of 6 °C (with a probable uncertainty range of 4-8 °C)".* Tuttavia tali affermazioni appaiono anche sorprendenti perché se questi meccanismi mancanti venissero aggiunti ai modelli correnti questi produrrebbero un riscaldamento molto superiore a quello osservato durante l'ultimo secolo. Se fosse vero che questi modelli non contengono numerosi meccanismi di feedback che amplificano l'effetto di un forzante climatico la logica conclusione sarebbe che l'effetto della CO_2 è attualmente sovrastimato, mentre l'effetto solare sottostimato.

Per fare ulteriore chiarezza è necessario uno breve riepilogo storico. Una data importante da ricordare è il 1998 quando Mann [6] pubblica la prima ricostruzione della temperatura globale durante gli ultimi 1000 anni che è conosciuta come l'*Hockey Stick* (Fig. 5). Questo grafico suggerirebbe che prima del 1900 la temperatura del pianeta era pressoché costante e che sarebbe avvenuto un riscaldamento anomalo sin dal 1900. Questo grafico prese di sorpresa un po' tutti, inclusi gli storici e i geologi che hanno sempre sostenuto che i primi secoli del millennio dovevano essere stati piuttosto caldi mentre il periodo dal 1500 al 1800 doveva essere stato piuttosto freddo. L'*Hockey Stick* era l'unica cosa disponibile all'epoca e richiedeva un'interpretazione scientifica. Diversi gruppi, tra cui Crowley [7], usando dei modelli climatici conclusero che l'*Hockey Stick* implicava che il clima sia quasi insensibile al sole, mentre il riscaldamento osservato sin dal 1900 era quasi completamente di origine antropica. Crowley concluse il suo articolo, che mostra la consistenza tra il suo modello climatico e l'*Hockey Stick,* scrivendo: *"The very good agreement*

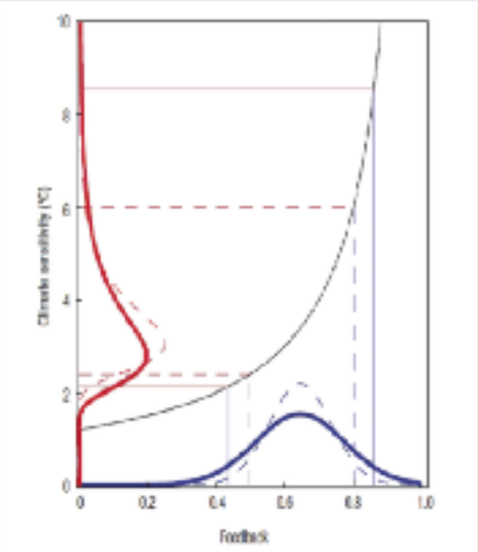

Fig. 4 - Sensibilità climatica al raddoppio della concentrazione del CO_2 in funzione dei feedbacks (da Knutti e Hegerl [5]). Notare la magnitudine dell'incertezza: secondo questa figura un raddoppio della concentrazione del CO_2 potrebbe causare un riscaldamento globale tra 1 e 9 °C

between models and data in the pre-anthropogenic interval also enhances confidence in the overall ability of climate models to simulate temperature variability on the largest scales" (Fig. 5). Questa affermazione sottolinea il sottile legame che esiste tra l'*Hockey Stick* e la *fede* nella sufficiente correttezza dei modelli climatici che interpretano il riscaldamento globale sin dal 1900 come dovuto quasi completamente all'uomo. Questa interpretazione è stata fatta propria dall'IPCC nel 2001, è stata divulgata da Al Gore nel suo documentario *The Inconvenient Truth,* dove l'*Hockey Stick* gioca un ruolo predominante, ed è stata quasi completamente riproposta dall'IPCC nel 2007. È importante notare che l'IPCC 2007 si basa sull'interpretazione climatica di modelli, come i modelli GISS di Hansen, sviluppati prima del 2004/5 che sono tutti compatibili con l'*Hockey Stick*. Le date sono importanti perché sin dal 2004/5 l'*Hockey Stick* è stato seriamente criticato. Una questione aperta è se gli anelli dei tronchi degli alberi usati da Mann siano in grado di ricostruire fedelmente i cambi di temperatura soprattutto su lunghe scale temporali. Infatti la crescita degli alberi non dipende dalla sola temperatura ma anche da altri fattori, come ad esempio la pioggia. Questi possono introdurre relazioni non lineari che potrebbero ridurre l'ampiezza delle oscillazioni multi-decennali e secolari. Alternative ricostruzioni del clima, che non usano gli anelli degli alberi, sono state proposte e suggeriscono una notevole variabilità climatica pre-industriale [8-10]. La Fig. 6 mostra che se il modello di Crowley è confrontato con la temperatura di Moberg [8] il *very good agreement* tra il modello e i dati scompare. Se questo modello viene ricalibrato per ricostruire la temperatura di Moberg si trova che l'effetto solare deve essere amplificato per un fattore 3 e l'effetto antropico (GHG+aerosol) deve essere moltiplicato per 0,4, cioè ridotto per più della metà. Quindi, se la temperatura di Moberg è corretta, nel 2000 il contributo antropico al riscaldamento globale fu sovrastimato per un buon 250% a causa dell'*Hockey Stick*. Secondo la storia l'*Hockey Stick* non è realistico. Infatti tra il 1000 e il 1400 i Vichinghi avevano villaggi e fattorie sulle coste della Groenlandia, il che farebbe supporre un clima persino più mite dell'attuale. Il periodo seguente, dal 1400 al 1800, è conosciuto come la *piccola era glaciale*. Il caldo medioevale e la seguente piccola glaciazione non sono stati solo fenomeni occidentali ed europei ma sono evidenti anche nei documenti storici cinesi [11]. Numerosi studi scientifici (vedi Medieval Warm Period Project, www.co2science.org/data/mwp/mwpp.php) suggeriscono una notevole variazione climatica preindustriale che sembra meglio riprodotta dalle nuove ricostruzioni secolari della temperatura [8-10]. Per dare una risposta fisica a questa problema ho costruito un modello fenomenologico del clima [12]. Questo è capace di simulare un tipico *Energy Balance Model.* La differenza è che la sensibilità climatica alle variazioni solari e i tempi caratteristici di rilassamento termodinamico sono determinati empiricamente sui pattern della temperatura degli ultimi decenni. Il modello può essere usato per *predire* il passato e confrontarlo con le ricostruzioni della temperatura. La Fig. 7 riporta questo risultato dove si vede che l'*impronta* solare sul clima ben riproduce 400 anni di clima come riprodotti dalla temperatura di Moberg [8]. Il vantaggio dell'approccio *fenomenologico* su quello più tradizionale adottato nei modelli climatici, che può essere definito *ingegneristico,* è che con l'approccio fenomenologico si tengono automaticamente in considerazione tutti i meccanismi coinvolti nel processo, anche se i singoli meccanismi climatici

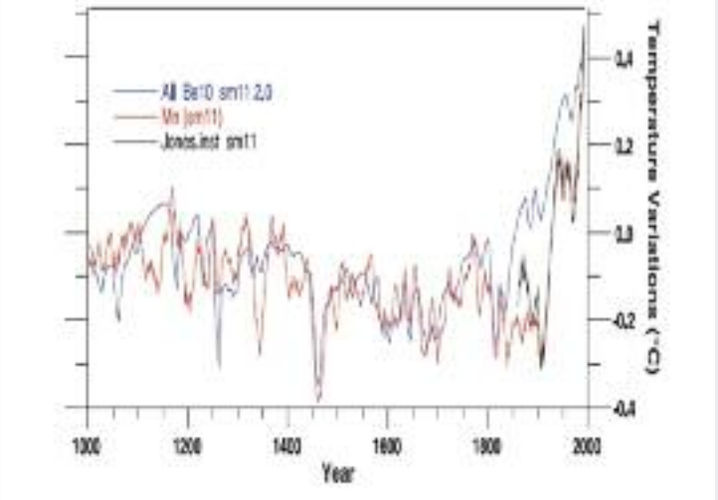

Fig. 5 - In rosso la temperature detta dell'Hockey Stick di Mann [6]. In blu il modello climatico di Crowley [7]. Nota il very good agreement tra il modello e i dati della temperatura di cui Crowley parla nel suo articolo

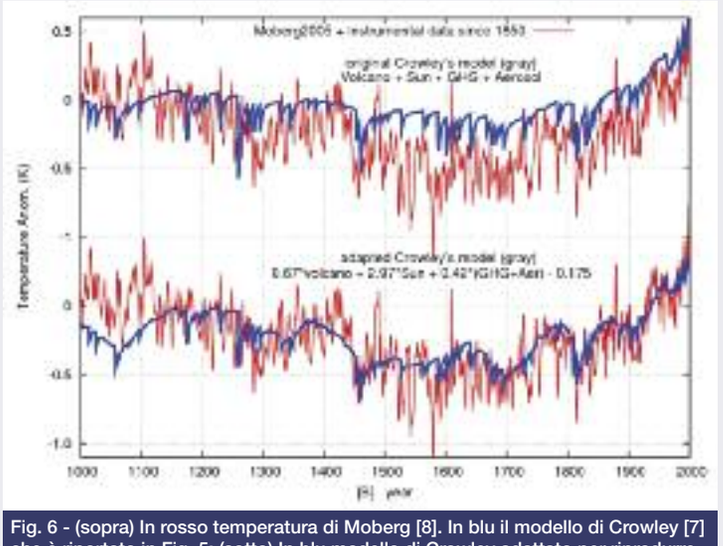

Fig. 6 - (sopra) In rosso temperatura di Moberg [8]. In blu il modello di Crowley [7] che è riportato in Fig. 5; (sotto) In blu modello di Crowley adattato per riprodurre la temperatura di Moberg. Notare che l'effetto solare deve essere moltiplicato per 3 e l'effetto combinato dei gas serra + aerosol (che è comunemente etichettato come antropico) deve essere moltiplicato per 0,4

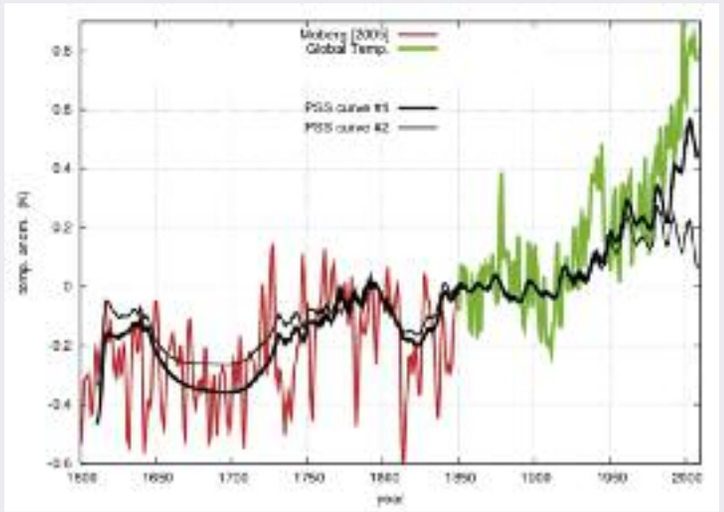

Fig. 7 - In rosso e verde c'è una ricostruzione della temperatura negli ultimi 400 anni. In nero c'è l'impronta solare sul clima stimata dal modello empirico [12]. Sin dal 1980, se si usano i dati ACRIM (PSS #1), gran parte del riscaldamento osservato è di origine solare. Se si usano i dati PMOD (PSS #2) la buona correlazione tra la temperatura e l'impronta solare si interrompe bruscamente

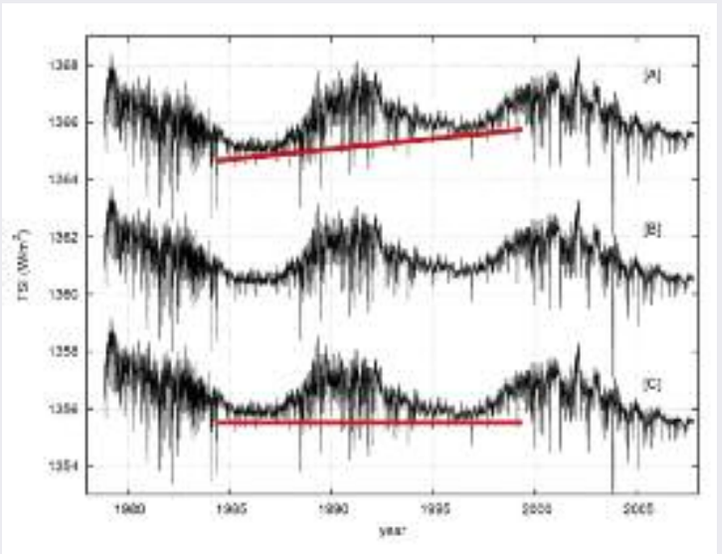

Fig. 8 - Possibili ricostruzioni dell'attività solare usando dati satellitari [12]. In media la differenza tra i minimi in 1986 e 1996 è di circa 0,3+/-0,4 W/m². ACRIM è tra "A" e "B"; PMOD è simile a "C"

microscopici non vengono esplicitamente modellati. Invece con l'approccio ingegneristico, che cerca prima di modellare i meccanismi microscopici e poi li combina, si tengono in conto *solo* i meccanismi che al momento si sanno modellare e nel modo in cui si sanno modellare. Evidentemente, non c'è alcuna garanzia che le conoscenze scientifiche attuali siano sufficienti a spiegare e modellare il clima. Ad esempio, lo stesso IPCC [1; pag. 674] riporta che il ciclo solare di 11 anni produce un ciclo sulla temperatura superficiale globale di circa 0,1 °C che è facile da osservare [12]. Tuttavia i modelli climatici attuali predicono in media un ciclo tre volte più piccolo, circa 0,035 °C [12] (ad esempio il modello di Crowley [7] predice un ciclo di circa 0,02 °C). È evidente che i modelli climatici attuali sono severamente incompleti. Questi assumono che il sole influenzi il clima *solo* attraverso variazioni di flusso totale di energia. Tuttavia, ci sono ulteriori meccanismi chimici stimolati da specifiche frequenze della radiazione solare (ad esempio, i raggi UV alterano l'ozono che è un gas serra, e la luce influenza la sintesi clorofilliana che altera la biosfera) e c'è una modulazione della nuvole, che altera l'albedo, che è dovuta alla modulazione solare del flusso di raggi cosmici [13, 14]. La Fig. 7 mostra due possibili impronte solari sulla temperatura dopo il 1980 prodotte dal modello fenomenologico. Queste due curve sono dovute ad un'incertezza sul comportamento del sole. È importante notare che i modelli climatici usati dall'IPCC usano modelli solari dedotti da proxy che ritengono che l'attività solare sia rimasta costante sin dal 1980. Tuttavia i gruppi sperimentali satellitari (ACRIM e Nimbus7/ERB) ritengono che l'attività solare sia cresciuta durante questo periodo [15]. I problemi si sono acuiti perché un altro gruppo, il PMOD in Svizzera, ha modificato i dati satellitari ottenuti dai due suddetti gruppi sperimentali per ottenere un record che mostra un'attività solare pressoché costante tra il 1980 al 2000 [16]. È importante notare che i gruppi sperimentali hanno sempre rigettato le correzioni dei loro dati proposte dal gruppo PMOD come arbitrarie [15]. Preferendo PMOD ad ACRIM il messaggio dell'IPCC è stato che il riscaldamento osservato nel pianeta sin dal 1980 non poteva essere indotto dall'attività solare, ma doveva essere necessariamente indotto dall'uomo al 100%. La Fig. 8 mostra possibili ricostruzioni della radiazione totale del sole usando le misure satellitari sin dal 1978 [12]. L'IPCC adotta una ricostruzione simile a "C" che è compatibile con PMOD e che rappresenta l'estremo inferiore delle possibili ricostruzioni ma, come la figura suggerisce, l'attività solare potrebbe essere cresciuta durante questo periodo. Ancora una volta è l'incer-

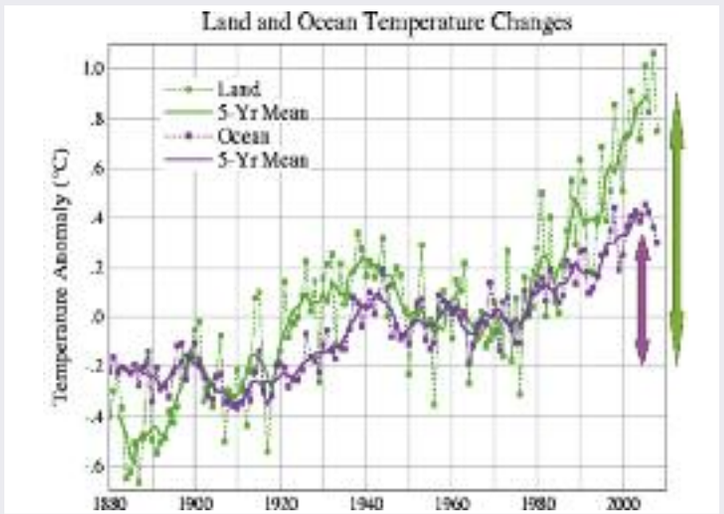

Fig. 9 - Temperature globali degli oceani e delle terre. Notare la notevole differenza tra i due record osservata sin dal 1970. Apparentemente le terre si sono riscaldate ad una velocità doppia degli oceani

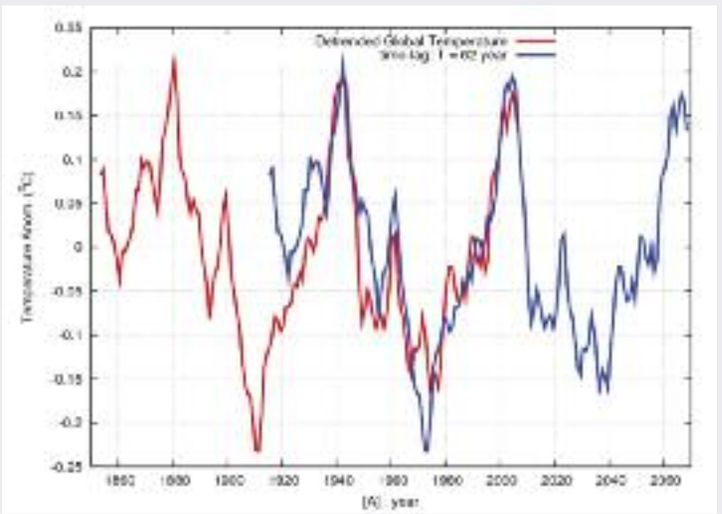

Fig. 10 - Modulazione di circa 60 anni della temperatura [19]. Notare la perfetta simmetria tra i periodi 1880-1940 e 1940-2000, che esclude un'origine antropica di questi cicli (vedi testo per spiegazione)

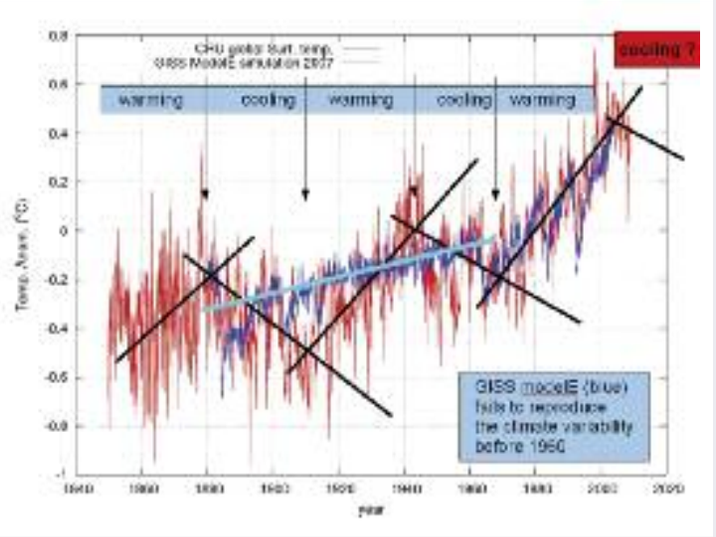

Fig. 11 - Temperatura globale (rosso) contro la predizione del modello GISS [20] adottato dall'IPCC. La temperatura mostra un chiaro ciclo di circa 60 anni riportato in Fig. 10 che non è riprodotto dal modello [19]

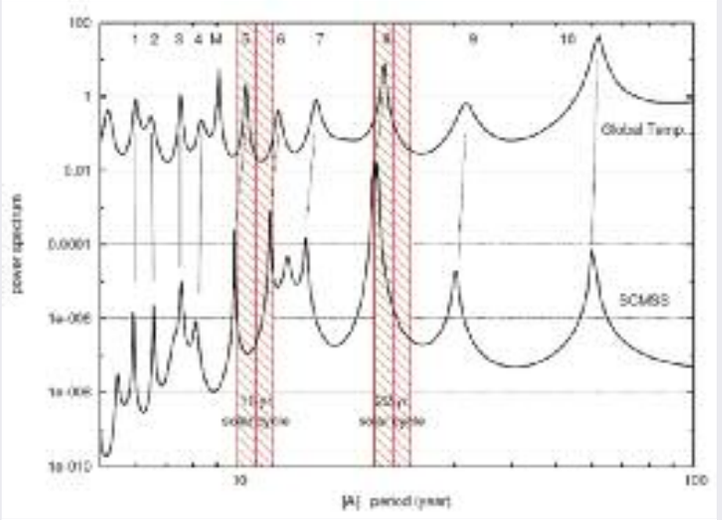

Fig. 12 - Analisi spettrale della temperatura globale dal 1850 al 2009 (sopra) e della velocità del centro di massa del sistema solare SCMSS (sotto) [19]. I cicli #5 e #8 sono anche vicini ai cicli solari di 11 e 22 anni. Il ciclo M a 9-9,3 anni è assente nel record planetario ma corrisponde ad un ciclo nodale della luna e del sole

tezza dei dati che mette in forse una corretta interpretazione dei cambi climatici. Anche il riscaldamento globale di circa 0,8 °C sin dal 1900 potrebbe essere incerto. Infatti, durante questo periodo le terre si sarebbero riscaldate di circa 1,1 °C mentre gli oceani si sarebbero riscaldati di circa 0,6 °C (Fig. 9). Questa differenza, che è piuttosto vistosa, potrebbe essere dovuta al fenomeno detto *Urban Heat Island* che potrebbe essere stato sottostimato di circa il 10-20% [17]. Se il trend di riscaldamento è stato sovrastimato, l'effetto della CO_2 sul clima deve essere ridotto anche per questa ragione. L'unica possibilità rimasta è estrarre le informazioni fisiche rilevanti dalle fluttuazioni stesse della temperatura. Diverse serie climatiche ed oceaniche lunghe anche diversi secoli presentano ampi cicli con un periodo di circa 50-70 anni con una media di 60 anni [18]. La Fig. 10 mostra la temperatura globale privata del suo trend quadratico di crescita mostrato in Fig. 1 [19]. Questa sequenza è stata filtrata delle fluttuazioni veloci e confrontata contro se stessa con uno shift di circa 60 anni. La figura chiaramente suggerisce una corrispondenza ciclica tra i periodi 1880-1940 e 1940-2000. Questa oscillazione di 60 anni non può essere associata a nessun fenomeno antropico [19]. La Fig. 11 mostra la temperatura globale verso una tipica riproduzione al computer della temperatura con il modello GISS [20], che uno dei modelli maggiori adottati dall'IPCC. Il fallimento del modello nel riprodurre il ciclo di 60 anni è evidente. L'esistenza di un ciclo naturale di 60 anni con un'ampiezza totale di circa 0,3 °C, come la Fig. 10 mostra, implica che circa il 60% del riscaldamento di 0,5 °C osservato sin dal 1970 è dovuto ad esso. L'uomo può al massimo avere contribuito al 40% del riscaldamento osservato sin dal 1970 (se si assume quest'ultimo non sovrastimato), non al 100% come reclamato dall'IPCC. Questo ciclo di 60 anni ora sta scendendo e questo probabilmente indurrà un raffreddamento del clima sino agli anni 2030-40. I risultati sopra riportati sono quantitativamente consistenti con i risultati delle Fig. 6-8, che suggeriscono una notevole variazione climatica pre-industriale in opposizione all'*Hockey Stick*, e che l'attività solare sia cresciuta tra il 1980 e il 2000, come l'ACRIM ritiene in opposizione a PMOD. Se la temperatura presenta cicli periodici naturali l'unica spiegazione ragionevole è che il sistema climatico sia modulato da cicli astronomici. Quelli noti con certezza sono i cicli di 11 e 22 anni del sole, i cicli dei pianeti e i cicli lunari [19]. Riguardo ai pianeti, Giove ha un periodo orbitale di circa 12 anni mentre Saturno ha un ciclo orbitale di circa 30 anni. Queste orbite implicano altri tre cicli maggiori associati a Giove e Saturno: 10 anni, l'opposizione dei due pianeti; 20 anni il loro ciclo sinodico; 60 anni, la ripetizione delle due orbite. I cicli lunari maggiori sono 18,6 e 9,3 anni che sono associati al ciclo nodale della luna e del sole. La Fig. 12 mostra un'analisi spettrale della temperatura e di un record astronomico che dipende dalle orbite dei pianeti come la velocità del centro di massa del sistema solare [19]. I due record presentano pressoché gli stessi cicli. La temperature sembra contenere i cicli dei pianeti, i due cicli solari di 11 e 22 anni e un ciclo nodale della luna a circa 9 anni. Questi cicli possono essere usati per ricostruire le oscillazione della temperatura [19]. Ad esempio se si usano solo i cicli maggiori di 20 e 60 anni si ottiene la ricostruzione di Fig. 13. Altri lunghi cicli naturali associati al sole sono evidenti nelle Fig. 6 e 7. Il modello ricostruisce con grande accuratezza

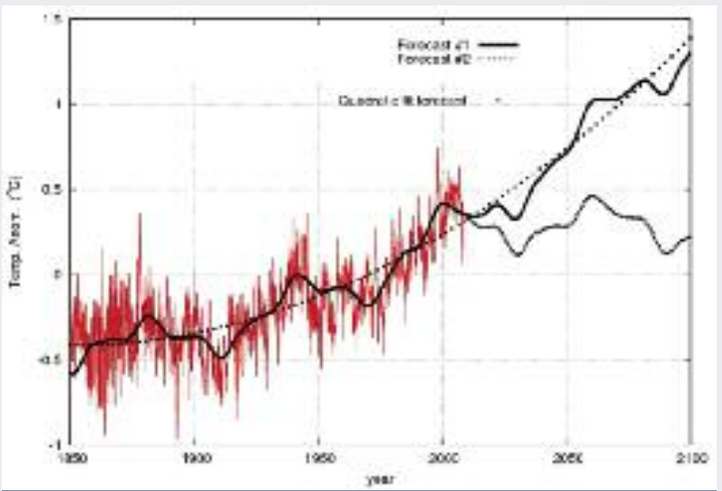

Fig. 13 - Temperatura globale (rosso) e ricostruzione della temperatura usando solo i cicli di 20 e 60 anni (in nero). La curva tratteggiata indica semplicemente il trend quadratico della temperatura [19]

le oscillazioni della temperatura e suggerisce che fino agli anni 2030-2040 la temperatura possa rimanere stabile se si ipotizza che il trend quadratico di crescita della temperatura osservato dal 1850 al 2009 persiste nell'immediato futuro, oppure si raffredda se il trend secolare dell'attività solare scende come altre considerazioni farebbero pensare. Infatti, l'ultimo ciclo solare è durato più di 13 anni ed è stato anomalo come il ciclo solare che incominciò il minimo solare di Dalton (1790-1830) che causò una piccola era glaciale sulla Terra per circa 30-40 anni. I meccanismi coinvolti nel processo sono numerosi. Le forze gravitazionali dei pianeti potrebbero modulare in parte l'attività solare. Ad esempio è stato osservato che l'allineamento di Venere, Terra e Giove presenta cicli di circa 11 anni che sono in fase con in cicli solari di 11 anni [21], e ricostruzioni multi-secolari dell'attività solare rivelano i cicli di 60 anni dell'orbita combinata di Giove e Saturno ed altri cicli più lunghi [22]. Poi i cambi solari modulano il clima attraverso molteplici processi fisici e chimici, che sono attualmente non inclusi nei modelli come spiegato sopra. C'è anche la possibilità che i parametri orbitali della Terra siano direttamente influenzati dalle forze gravitazionali di Giove, Saturno e della Luna e dalla forza magnetica del Sole in modo da alterare la lunghezza del giorno e altri meccanismi. Ad esempio, la rotazione della Terra sul suo asse presenta cicli di 60 anni che di poco precedono quelli della temperatura [18, 23]. Variazioni nella rotazione della Terra e maree dovute al ciclo nodale sole-luna modulerebbero le oscillazioni oceaniche che poi alterano l'intero clima [19]. Ad esempio, l'Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) e il Pacific Decadal Oscillation (PDO) presentano chiari cicli di 60 anni ed altri cicli più rapidi (Fig. 14). Nulla di tutto questo è presente nei modelli adottati dall'IPCC. In conclusione, l'analisi di molteplici dati suggerisce che le tesi dell'IPCC, secondo le quali l'umanità sta correndo un imminente pericolo a causa delle emissioni di CO_2, sono basate su modelli climatici troppo semplicistici. Questi non contengono numerosi meccanismi che sincronizzano i cambi climatici con le oscillazioni naturali del clima che sembrano a loro volta sincronizzate con le oscillazioni del sistema solare. Non tenendo in conto numerosi meccanismi naturali l'IPCC, anche attraverso una scelta discutibile dei dati e delle etichette, ha largamente sovrastimato l'effetto della CO_2 antropica per un fattore tra due e tre per riprodurre *vagamente* il riscaldamento globale come mostrato in Fig. 11. Tuttavia una ricostruzione dettagliata del clima suggerirebbe che il modello fenomenologico in Fig. 13 è più soddisfacente e può essere più accurato.

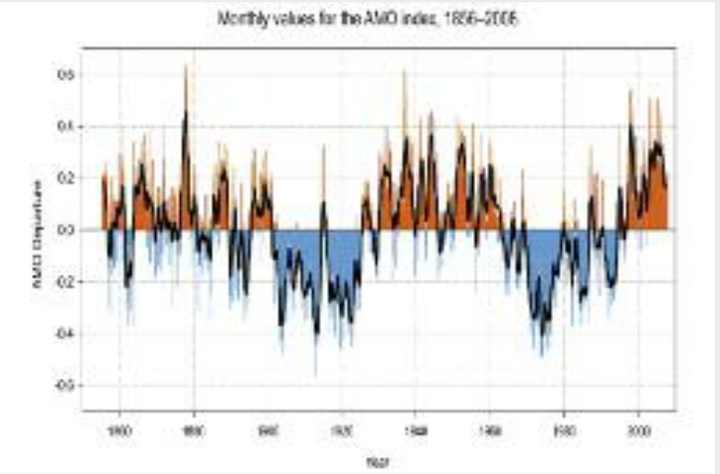

Fig. 14 - Valori mensili dell'indice dell'Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO). Notare l'evidente ciclo di 60 anni

Bibliografia

[1] IPCC Fourth Assessment Report (AR4), 2007, www.ipcc.ch
[2] J. Rockstrom *et al., Nature,* 2009, **461**, 472.
[3] C. Idso, S.F. Singer, Climate Change Reconsidered: 2009 Report of the Nongovernmental Panel on Climate Change (NIPCC), Chicago (IL), The Heartland Institute, 2009.
[4] E. Boeker, R. van Grondelle, Environmental Science, Wiley, 2001.
[5] R. Knutti, G.C. Hegerl, *Nature Geoscience,* 2008, **1**, 735.
[6] M.E. Mann *et al., Nature,* 1998, **392**, 779.
[7] T.J. Crowley *et al., Science,* 2000, **289**, 270.
[8] A. Moberg *et al., Nature,* 2005, **433**, 613.
[9] S. Huang, *Geophys. Res. Lett.,* 2004, **31**, L13205.
[10] C. Loehle, J.H. Mc Culloch, *Energy Environ.,* 2008, **19**, 93.
[11] Y.Y. Li et al., *The Holocene,* 2006, **16**(8), 1109.
[12] N. Scafetta, *J. of Atm. and Sol.-Terr. Phys.,* 2009, **71**, 1916.
[13] J. Kirkby, *Surveys in Geophys.,* 2007, **28**, 333.
[14] H. Svensmark *et al., Geophys. Res. Lett.,* 2009, **36**, L15101.
[15] N. Scafetta, R.C. Willson, *Geophys. Res. Lett.,* 2009, **36**, L05701.
[16] C. Frohlich, J. Lean, *Geophys. Res. Lett.,* 1998, **25**, 4377.
[17] R. McKitrick, P. Michaels, *J. Geoph. Res.,* 2007, **112**, D24S09.
[18] L.B. Klyashtorin, A.A. Lyubushin, Cyclic Climate Changes and Fish Productivity, Moscow, VNIRO Publishing, 2007.
[19] N. Scafetta, Climate Change and Its causes: A Discussion about Some Key Issues, at the U.S. Environmental Protection Agency, DC USA, February 26, 2009.
[20] J. Hansen *et al., Clim. Dyn.,* 2007, **29**, 661.
[21] C.-C. Hung, Apparent Relations Between Solar Activity and Solar Tides Caused by the Planets, report NASA/TM-2007-214817.
[22] M.G. Ogurtsov *et al., Solar Phys.,* 2002, **211**, 371.
[23] A. Mazzarella, *The Open Atm. Science J.,* 2008, **2**, 181.

ABSTRACT

Climate Change and Its Causes. A Discussion about Some Key Issues

This article discusses the limits of the Anthropogenic Global Warming Theory that is advocated by the Intergovernmental Panel on Climate Change. A phenomenological theory of climate change based on the physical properties of the data themselves is proposed. At least 60% of the warming of the Earth observed since 1970 appears to be induced by natural cycles which are present in the solar system. A climatic stabilization or cooling until 2030-2040 is forecast by the phenomenological model.