



# Arriva la piccola età glaciale?

***Il lungo periodo di minima attività solare che stiamo vivendo sembra prospettare il ripetersi della piccola età glaciale verificatasi fra il XVII e il XVIII secolo. Ecco le previsioni dei ricercatori.***

A fine settembre 2008, un comunicato stampa dei fisici solari del Marshall Space Flight Center della NASA ha "allertato" le agenzie di tutto il mondo, che hanno subito ripreso e diffuso la notizia: "il conteggio delle macchie solari è il più basso degli ultimi 50 anni... stiamo sperimentando un minimo profondo del ciclo solare". E ancora: "se il Sole continuerà a restare senza macchie, sulla Terra potrebbe arrivare un freddo glaciale". Questa fosca profezia degli astronomi

Le conseguenze climatiche del cosiddetto *minimo di Maunder* traspaiono nitidamente da innumerevoli opere dei pittori paesaggisti vissuti nel nord dell'Europa fra il XVII e il XVIII secolo. Qui a sinistra una veduta invernale di Dordrecht (Olanda, 1695, autore Cornelis Beelt), dove si notano i cittadini pattinare tranquillamente sulle acque di un ampio bacino totalmente ghiacciato.

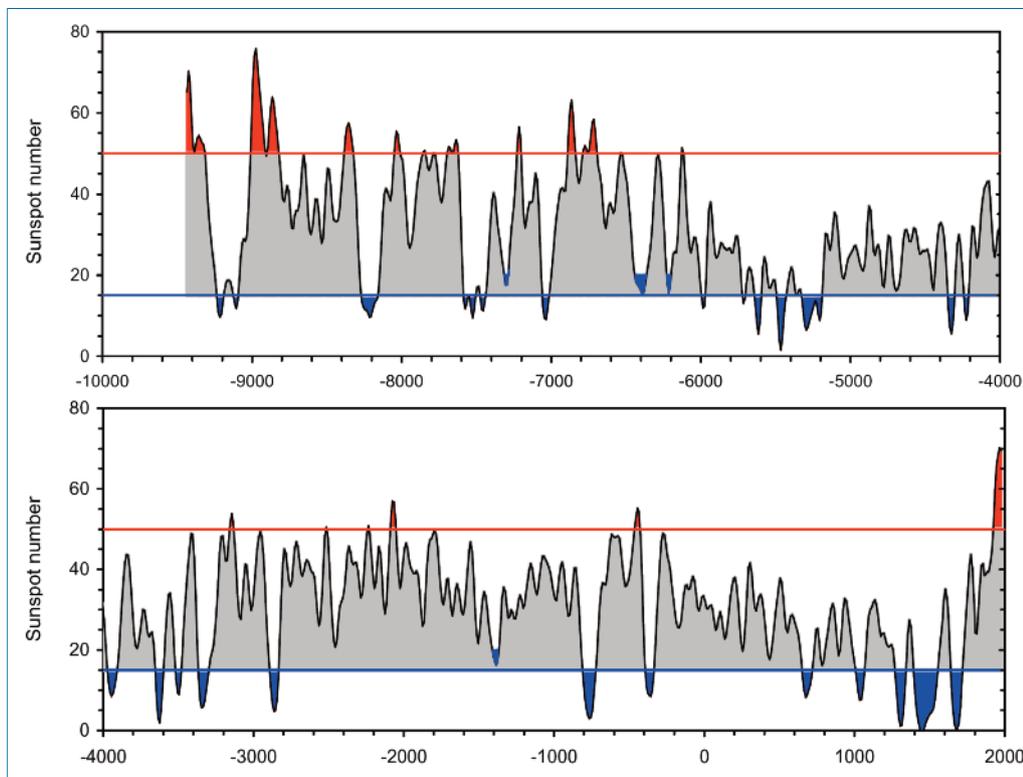
americani della NASA è da considerarsi come il risultato di una anomala assenza di attività energetica sulla superficie visibile della nostra stella? Tale inattività potrebbe avere conseguenze dirette sul nostro clima, compensando o addirittura invertendo le conseguenze dell'effetto serra, facen-

docci passare dal supercaldo della nostra epoca al superfreddo? Questi sono stati gli interrogativi principali che si sono posti i commentatori dell'annuncio della NASA. Prospettiva esagerata? Nel recente e lontano passato della storia dell'uomo si è già registrata un'alternanza di periodi di alta attività solare, accompagnata da un clima caldo, e periodi di bassissima attività magnetica del Sole, accompagnata da climi rigidi. Nel grafico di pag. 3 è mostrato l'andamento dell'attività solare nell'arco di tempo di 11000 anni, utilizzando indici solari diretti e indiretti: le aree in blu e in rosso corrispondono rispettivamente a periodi anomali di bassa e alta attività solare, spesso accompagnata da registrazioni altrettanto anomale nel comportamento climatico. Forse il più noto (anche perché il più recente e l'unico caratterizzato dall'osservazione solare diretta) è il periodo che gli storici chiamano la tarda età Barocca, cioè la seconda metà del XVII secolo, quando una prolungata mancanza di attività solare, nota come *minimo di Maunder*, dall'astronomo britannico che la studiò, precipitò



Un altro paesaggio invernale olandese che mostra le rigide condizioni climatiche sperimentate durante il minimo di Maunder. Jacob van Ruisdael (1628-1682).

l'Europa in una *Piccola età del ghiaccio*, caratterizzata anche da carestie ed epidemie che decimarono la popolazione. Come si evince dal grafico, questo periodo ha avuto la durata di circa 80 anni ed è centrato nell'anno 1680. Di quell'epoca sono anche divenuti famosi i dipinti di numerosi artisti europei, che testimoniano le condizioni climatiche particolarmente rigide di quegli anni. Comunque, anche molti altri periodi di minimo estremo più lontani dalla nostra epoca sono stati ampiamente documentati, come quello di Spoerer durato 160 anni e centrato nell'anno 1470, e quello di Wolf durato 70 anni e centrato nell'anno 1305. Naturalmente a questi periodi si alternano lunghi periodi di attività media e periodi anomali di elevata attività (meno frequenti però di quelli di bassa attività), come quello che stiamo attualmente sperimentando, della durata di 80



Andamento dell'attività solare negli ultimi 11 000 anni, ricostruita anche con l'aiuto di indici indiretti, come quelli derivanti dalla dendrocronologia e dalle concentrazioni di isotopi di natura cosmogenica rilevati nei ghiacci polari. [cortesia: I.G. Usoskin, Living Rev. Sol. Phys. (5), 2008, 3]

anni (fino ad ora) e centrato nel 1960. Cosa possiamo prevedere sull'andamento nel prossimo futuro dell'attività solare e sulle relative conseguenze climatiche, tenendo conto anche del fattore antropico che sta interferendo significativamente, a partire dall'ultimo secolo, con l'evoluzione ciclica naturale del clima terrestre? La domanda è di grande attualità ed è estremamente complesso rispondere in modo accurato e attendibile, anche perché non esiste ancora un accordo generale sul "peso" che le varie componenti, naturali da una parte (solari e vulcaniche) e prodotte dall'uomo dall'altra (gas serra), hanno sul comportamento climatico finale a livello troposferico.

A favore dell'ipotesi di un clima rigido, al livello cioè di una piccola età glaciale in un prossimo futuro, si sono schierati diversi ricercatori sulla base di differenti argomentazioni; come esempio per tutti citiamo qui lo studio di Landscheidt, del

Schroeter Institute for Research in Cycles of Solar Activity (Germania), il quale, in aperto contrasto con l'ipotesi del comitato intergovernativo sui cambiamenti climatici (IPCC), prevede "un lungo periodo di clima freddo con la sua fase massima attorno al 2030." Per questa previsione Landscheidt si basa sull'occorrenza dei periodi di minimo del superciclo solare di Gleissberg, di circa 80-90 anni, che sarebbe correlato ad un ciclo di circa 83 anni del moto oscillatorio del Sole attorno al centro di massa del sistema solare, entrambi ben correlati con l'andamento delle temperature superficiali terrestri. Non potendo entrare qui nel merito dell'attendibilità o meno di questa previsione, è comunque importante sottolineare che l'ambiente scientifico risulta tutt'altro che unanime sulle previsioni di riscaldamento o raffreddamento del pianeta nei prossimi decenni. Usoskin, ad esempio, sulla base dell'andamento dell'attività solare nell'arco di

11000 anni, conclude che "l'occorrenza dei grandi minimi (e massimi) non è il risultato di variazioni cicliche a lungo periodo, ma è definita da **processi stocastici** e/o caotici" e inoltre "i grandi minimi si distinguono in due tipi differenti... e questo suggerisce che un grande minimo è uno stato particolare della **dinamo solare**". Quello che possiamo rilevare è che negli ultimi anni un numero sempre maggiore di ricercatori solari concorda

(F10.7 cm) a 28 MHz: 67 SFU ( $10^{-22}$  W/m<sup>2</sup>), il valore più basso degli ultimi 5 cicli solari (-1%); poche regioni attive ad elevata latitudine e con polarità magnetica inversa; moderata attività delle regioni del vecchio ciclo; ridotto irraggiamento solare totale dall'ultimo minimo (-0.02%); campi magnetici polari deboli ( $-45 \pm 12\%$ ); bassa velocità del flusso della circolazione meridiana; ridotta pressione e intensità del campo magnetico del vento solare (-20%). Per brevità, ci limiteremo qui a considerare solamente il comportamento delle macchie solari, il più vicino alle esperienze dei nostri lettori. Per quantificare meglio il comportamento attuale del Sole, che si trova ancora nella fase di minimo tra il ciclo 23 e il nuovo ciclo 24 (nel momento in cui scriviamo sembra che il valore di minimo sia già stato raggiunto nei mesi di luglio-agosto 2008, e ora si stia registrando una timida ripresa di attività del nuovo ciclo), consideriamo il primo grafico di pag. 5, che mostra l'andamento del numero medio mensile di macchie solari (sopra) a partire dal 1800 fino a oggi (cicli 5-23), in relazione ai valori di minimo più bassi registrati (minori o uguali ai valori attuali) per lo stesso periodo (sotto).

Come si vede, l'anomalia del ciclo corrente non è tanto dovuta al valore minimo raggiunto (luglio-agosto 2008), dato che è già stato registrato più volte anche con valori più bassi nei cicli precedenti, quanto all'intervallo di tempo che è intercorso tra i valori minimi attuali e quelli precedenti equivalenti, risalenti ai primi anni Cinquanta (minimo tra il ciclo 18 e il ciclo 19). Questo intervallo è infatti il più lungo registrato a partire dal 1800, come si vede nel secondo grafico di pag. 5. Questo comportamento, unitamente alle suddette proprietà, fa ritenere che l'attività solare stia attraversando un *periodo di transizione* da un regime di relativa-



Ancora un quadro che illustra efficacemente il gelo dell'Euriopa settentrionale durante l'ultima età del ghiaccio Aert van der Neer (1603-1677).

nel sostenere una previsione di bassa attività della nostra stella per i prossimi cicli undecennali. Vediamo ora più in dettaglio quali sono gli elementi recenti che hanno portato a propendere per questa conclusione.

Il comportamento dell'attività solare durante la sua fase discendente del ciclo 23 ha riservato non poche sorprese, creando difficoltà alle **previsioni** sul suo comportamento futuro: infatti si sta registrando un'inaspettatamente lunga durata della fase discendente e di minimo; valori estremamente bassi del **flusso radio**

mente elevata attività a un periodo di moderata o bassa attività che dovrebbe caratterizzare i prossimi cicli solari. Più precisamente, in alcuni recenti studi, come nel lavoro di de Jager e Duhau dell'anno scorso, si fanno previsioni piuttosto attendibili sulla base di metodi nonlineari per l'attività dei cicli solari, correlando l'andamento delle macchie solari (visto come parametro indicatore della componente magnetica toroidale della dinamo solare, il processo alla base del comportamento magnetico globale del Sole) con l'indice geomagnetico *aa* (visto come parametro indicatore della componente magnetica poloidale della dinamo solare).

Senza entrare nei dettagli tecnici della metodologia, gli autori studiano il comportamento solare a lungo termine attraverso le proprietà "dinamiche topologiche" dei suddetti parametri: la caratteristica principale trovata è l'identificazione di uno "stato di transizione" attorno a cui oscilla il sistema. La principale componente temporale correlata a questo comportamento periodico risulta l'oscillazione di Gleissberg (60-110 anni). Le analisi portano gli autori a concludere che: "l'attuale periodo di grande massimo si è concluso attorno all'anno 2000 e quello che ci si aspetta è una fase di oscillazione regolare della durata di circa un ciclo di Gleissberg, seguita da un episodio di grande minimo". In altri termini, questi studi ritengono che i prossimi tre cicli solari si potrebbero assestare su valori tipici

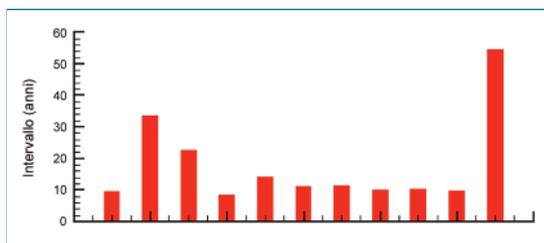
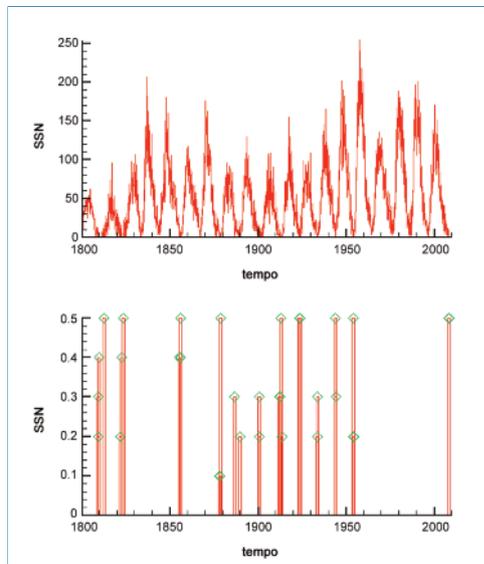
del **minimo di Dalton** (un minimo moderato degli inizi dell'Ottocento), probabilmente seguiti da un periodo di grande minimo, come quello di Maunder, della durata di almeno 80 anni.

Cosa si può dire della componente antropica sulla variazione climatica? Una ridotta attività magnetica e la conseguente diminuzione dell'irraggiamento solare sono in grado di contrastare e anche invertire l'andamento attuale di riscaldamento globale terrestre osservato? Il dibattito scientifico in questo ambito è molto acceso e le controversie sono numerose: qui conviene citare solamente uno studio di **Scafetta e West** del 2006, nel quale si conferma

l'importanza della componente solare nel bilancio energetico totale che influisce sul clima a livello troposferico. In particolare, gli autori trovano che nell'ultimo secolo (1900-2000) l'irraggiamento solare totale ha contribuito per circa il 45-50% al riscaldamento globale,

di cui circa il 60% nel periodo: 1900-1950, ridotto al 25-40% nel periodo: 1980-2000. Questi risultati confermerebbero l'aumento progressivo dell'im-

portanza della componente antropica nelle variazioni climatiche recenti, ma anche che la componente solare continuerebbe a mantenere un ruolo significativo, maggiore comunque di quanto considerato attualmente in molti modelli teorici (a questo proposito si deve tenere presente che, oltre all'irraggiamento totale, nella forzante climatica dovuta alla variabilità



Andamento dei cicli solari (cicli 5-23) dal 1800 ad oggi (fonte: SIDC/Royal Observatory of Belgium) (alto). Valori di minimo dell'attività solare più bassi registrati (minori o uguali ai valori attuali) nello stesso intervallo di tempo (basso).

Intervallo di tempo (anni) trascorsi tra due fasi di minimo consecutivi del grafico precedente.



6

Un altro paesaggio olandese di Aert van der Neer, realizzato fra il 1655 e il 1660.

La grande quantità di dipinti sul tema dell'inverno è indice di quanto all'epoca fosse usuale il congelamento di fiumi, laghi e insenature marine.

solare occorre includere anche il flusso di particelle energetiche del vento solare e la modulazione della **radiazione cosmica galattica**). Queste indicazioni sono essenziali per mettere a punto modelli di previsione climatica, sia a livello globale che a livello regionale, sempre più accurati e affidabili. Le precedenti e altre analisi sull'attività solare a lungo termine fanno ritenere altamente probabile una futura condizione di attività magnetica solare da moderatamente a estremamente debole, che potrebbe portare (alterazioni climatiche di origine antropica permettendo) ad una nuova prossima *piccola età del ghiaccio*. Come prima avvisaglia di questo comportamento futuro, nei prossimi mesi e anni potremmo sperimentarne già gli effetti preliminari sottoforma di un calo delle

temperature medie stagionali e di un clima generalmente più rigido nell'arco dell'anno.

**Stefano Sello** è nato nel 1959 a Codogno (MI). Consegue la laurea in Fisica Matematica nell'1986 presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Parma. Dal 1987 al 1998 è ricercatore al CISE di Milano, occupandosi di modellistica matematica e numerica dei mezzi continui. Dal 1998 occupa il ruolo di ricercatore senior nell'unità Modelli Matematici e Fisici presso il Centro Ricerche dell'ENEL di Pisa, con particolare riferimento allo sviluppo di metodologie numeriche avanzate per lo studio e la caratterizzazione dei sistemi dinamici complessi. In campo astronomico si interessa principalmente di fisica solare, con studi finalizzati alla caratterizzazione e alla previsione dell'evoluzione dei cicli solari.