

## **IL PERICOLO CHE VIENE DAL SOLE**

*Grazie ai dati del satellite Wind della NASA e Hinode della JAXA, per la prima volta è stato possibile individuare e caratterizzare una sorgente di particelle solari di alta energia, potenzialmente pericolose, rilasciate ad alta velocità durante le tempeste solari. Si tratta di una delle più grandi regioni attive presenti sul Sole nel 2014, nota come 11944. Tutti i dettagli su Science Advances.*

*[Avevamo scritto della regione attiva 11944 sulla Circolare AAS n. 170 (gennaio 2014, p. 7), presentando anche una nostra immagine, e sulla Nova 582, 1 febbraio 2014, nel momento in cui la macchia principale del gruppo, con un nucleo oscuro che avrebbe potuto contenere almeno due volte la Terra, era riapparsa sul disco solare e continuava ad essere facilmente visibile, su proiezione, anche con un piccolo binocolo].*

*Da MEDIA INAF dell'8 marzo 2021 riprendiamo, con autorizzazione, un articolo di Maura Sandri.*



Un'espulsione di massa coronale avvenuta il 31 agosto 2012. Questa immagine è stata ottenuta combinando le lunghezze d'onda 171 e 304 angstrom prese dal Solar Dynamics Observatory. Crediti: NASA/GSFC/SDO

Per la prima volta – grazie a uno studio condotto da alcuni ricercatori della Ucl e della George Mason University, Virginia, Usa – è stata individuata una sorgente di particelle solari potenzialmente pericolose, rilasciate dal Sole ad alta velocità durante le tempeste solari, nella parte esterna della sua atmosfera.

Queste particelle altamente cariche se raggiungono l'atmosfera terrestre possono disturbare i satelliti e le infrastrutture elettroniche, oltre a rappresentare un rischio per gli astronauti e le persone negli aeroplani, in termini di esposizione alle radiazioni. Risale al 1859 la più grande tempesta geomagnetica mai osservata dagli astronomi – conosciuta come Evento di Carrington – che causò il black-out dei sistemi telegrafici in Europa e in America. Oggi, in un mondo estremamente dipendente dalle infrastrutture elettroniche, il danno potenziale sarebbe molto maggiore.

Per ridurre al minimo il pericolo che viene dal Sole, gli scienziati stanno cercando di capire come vengono prodotti questi flussi di particelle, in modo da riuscire a prevedere quando potrebbero influenzare la Terra.

Nel nuovo studio, pubblicato su *Science Advances*, i ricercatori hanno analizzato la composizione delle particelle energetiche solari dirette verso la Terra all'inizio del 2014, e hanno scoperto che avevano la stessa "impronta digitale" del plasma nella parte bassa della corona solare, vicino alla regione centrale della sua atmosfera, la cromosfera. «Nel nostro studio abbiamo osservato per la prima volta da dove provengono esattamente le particelle energetiche sul Sole», spiega **Stephanie Yardley** dell'Ucl Mullard Space Science Laboratory (Mssl). «L'evidenza riscontrata supporta le teorie che sostengono che queste particelle altamente cariche provengono da plasma che è stato confinato nella parte bassa dell'atmosfera solare da forti campi magnetici. Una volta rilasciate, queste particelle vengono accelerate da eruzioni che viaggiano a una velocità di alcune migliaia di chilometri al secondo».

«Le particelle energetiche possono arrivare sulla Terra molto rapidamente, **da pochi minuti a poche ore**, in questi eventi che durano per giorni. Al momento, possiamo solo fornire previsioni di questi eventi mentre si verificano, poiché è molto difficile prevederli. Comprendendo meglio i processi che avvengono sul Sole, possiamo migliorare le previsioni in modo che, quando colpisce una grande tempesta solare, abbiamo il tempo di agire per ridurre i rischi».

«Le nostre osservazioni forniscono un'allettante anteprima della provenienza del materiale che ha prodotto particelle energetiche solari in alcuni eventi dell'ultimo ciclo solare. Ora stiamo iniziando un nuovo ciclo e useremo le stesse tecniche per vedere se i nostri risultati sono veri in generale, o se questi eventi sono da considerarsi insoliti», dice **David Brooks**, della George Mason University, primo autore dello studio. «Possiamo ritenerci fortunati perché è probabile che la nostra comprensione dei meccanismi alla base delle tempeste solari e delle particelle energetiche solari progredisca rapidamente nei prossimi anni, grazie ai dati che saranno ottenuti da due veicoli spaziali – Solar Orbiter dell'Esa e Parker Solar Probe della Nasa – che si stanno dirigendo più vicino al Sole di quanto qualsiasi veicolo spaziale abbia mai fatto prima».

Nello studio, i ricercatori hanno utilizzato le misurazioni del satellite Wind della Nasa, che si trova tra il Sole e la Terra, per analizzare una serie di flussi di particelle energetiche solari, ciascuno della durata di almeno un giorno, registrati nel gennaio 2014. Hanno poi confrontato questi dati con i dati spettroscopici della sonda Hinode della Jaxa (lo spettrometro Euv a bordo della sonda spaziale è stato costruito da Ucl Mssl e Brooks è un membro del team della missione giapponese), scoprendo che le particelle energetiche solari misurate dal satellite Wind avevano la stessa firma chimica – un'**abbondanza di silicio rispetto allo zolfo** – del plasma confinato vicino alla parte superiore della cromosfera solare. Queste zone si trovavano ai "piedi" di anelli coronali caldi – cioè, alla base di anelli di campo magnetico e plasma che si estendono nell'atmosfera esterna del Sole e tornano indietro.

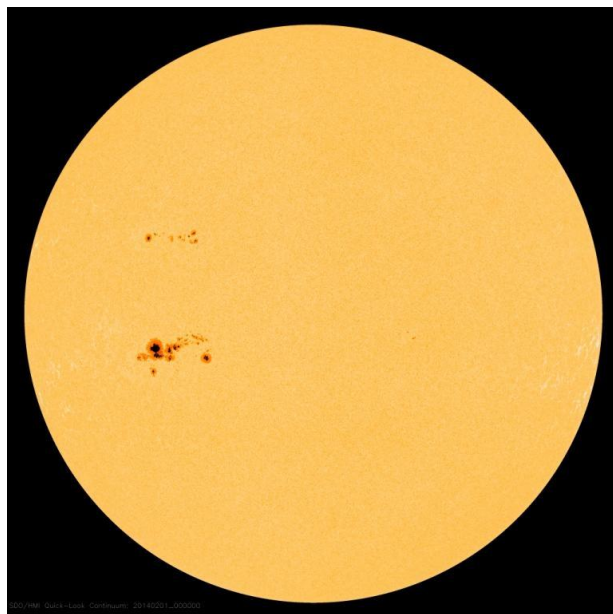
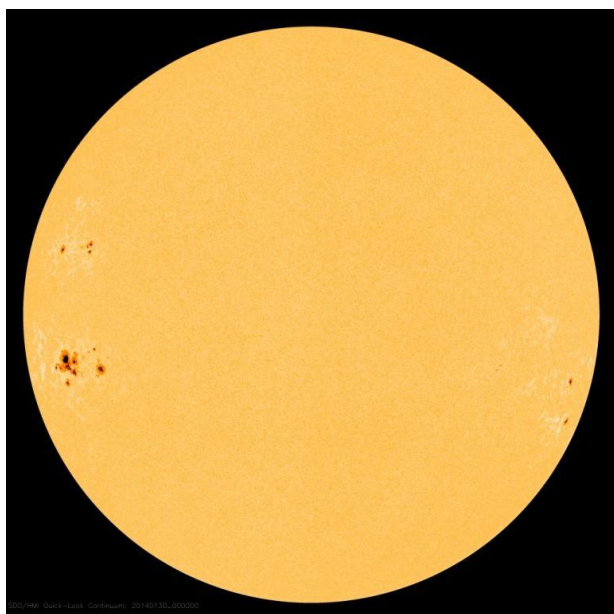
Usando una nuova tecnica, il team ha misurato l'intensità del campo magnetico in queste zone scoprendo che era molto alta – tra 245 e 550 gauss – confermando la teoria secondo la quale il plasma è trattenuto nell'atmosfera del Sole da forti campi magnetici, prima del suo rilascio nello spazio. Le particelle energetiche solari vengono rilasciate dal Sole e vengono accelerate dai brillamenti solari o dalle espulsioni di massa coronale. In ogni ciclo solare di 11 anni, si verificano circa 100 eventi di particelle energetiche solari, anche se in realtà questo numero varia da ciclo a ciclo.

Le particelle ad alta energia rilasciate nel gennaio 2014 provenivano da una regione instabile del Sole che aveva frequenti brillamenti solari, espulsioni di massa coronale e un campo magnetico estremamente forte. La regione – nota come **11944** – all'epoca era una delle più grandi regioni attive presenti sul Sole ed era visibile agli osservatori sulla Terra come una macchia solare. All'epoca, il Noaa/Nws Space Weather Prediction Center emise un allarme associato a una forte tempesta di radiazioni ma non risultarono disturbi all'interno dell'atmosfera terrestre dovuti a quell'evento, sebbene i sistemi informatici della sonda Hinode abbiano registrato diverse raffiche di particelle. In uno studio di qualche tempo dopo, è stata riportata una misurazione dell'intensità del campo magnetico all'interno della regione 11944 poco dopo l'evento: **8200 gauss**, uno dei più alti mai registrati sul Sole.

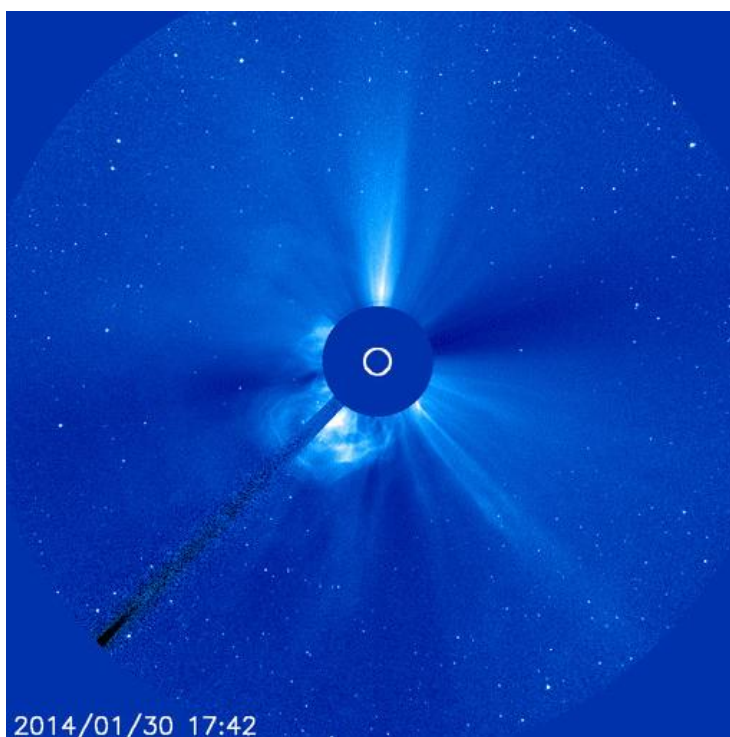
**Maura Sandri**

<https://www.media.inaf.it/2021/03/08/particelle-energetiche-sole/>

David H. Brooks e Stephanie L. Yardley, "The source of the major solar energetic particle events from super active region 11944", *Science Advances*, 03 Mar 2021, Vol. 7, no. 10



Il Sole ripreso dal Solar Dynamics Observatory (SDO) il 30/01/2014 e il 01/02/2014 alle ore 00:00 UTC. Crediti: SDO/HMI (da *Nova* n. 582, 1 febbraio 2014, dove presentiamo anche il metodo più sicuro per l'osservazione del Sole, quello su proiezione, descritto dettagliatamente da Galileo Galilei, quattrocento anni fa.)



AR 11967 [11944] era particolarmente attiva: il 30 gennaio 2014 scatenò un forte brillamento solare di classe M6 con la comparsa di una CME (Coronal Mass Ejection) che, alla velocità di 1400 km/s, raggiunse la Terra il 2 febbraio: [http://www.spaceweather.com/images2014/31jan14/cme\\_anim.gif?PHPSESSID=qav0qsv8aa95di70b8sgf3hbr3](http://www.spaceweather.com/images2014/31jan14/cme_anim.gif?PHPSESSID=qav0qsv8aa95di70b8sgf3hbr3)

Crediti: SOHO

**Nota** – Il sistema di numerazione per le macchie solari in uso attualmente è iniziato il 5 gennaio 1972. Vediamo regioni attive solo quando si trovano sul lato del Sole rivolto verso la Terra, e il Sole ruota circa una volta ogni 27 giorni (l'equatore ruota più velocemente dei poli): la stessa regione attiva, se dura abbastanza a lungo, può essere vista più volte. Ogni volta che riappare sul disco solare viene chiamata con un nuovo numero (per esempio la 11944 è riapparsa altre due volte, denominata con i numeri 11967 e 11990). La regione attiva 10000 era apparsa il 14 giugno 2002. Per ragioni pratiche da allora è possibile continuare a chiamare le regioni attive con quattro cifre omettendo la prima.



## OSSERVAZIONE DI AR 1944 SUL SOLE

Visibile anche ad occhio nudo al sorgere o al tramontare del Sole, o durante il giorno con un opportuno filtraggio, l'estesa regione attiva AR 1944 è stata ripresa al Grange Observatory il 12 gennaio c.a. tra le 10:50 e le 11:30 CET (altezza del Sole di circa 20°) con un *seeing* pessimo stimato sui 5 arcosecondi [as] usando il rifrattore di 140 mm di diametro, aperto a f/33 tramite un oculare Plössl Clavè da 6 mm in proiezione.

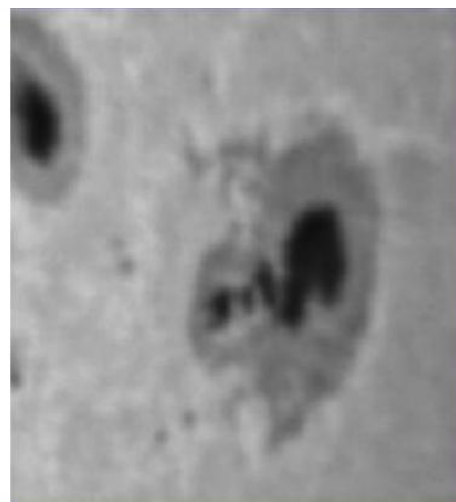
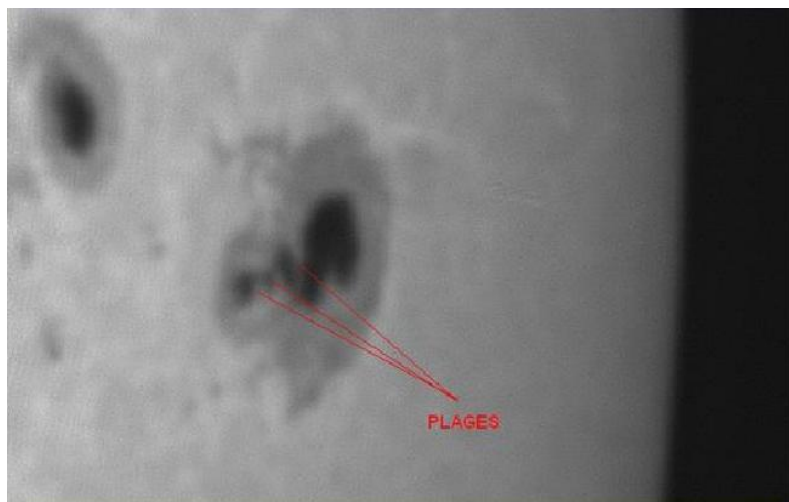
Il campionamento della telecamera QHY5V in B/N era pari a 0.27 arcosecondi/pixel con un filtro monocromatico UV a 397 nanometri [nm] con 3 nm di larghezza di banda (riga Ca II H), sistema capace di una risoluzione effettiva teorica di 0.54 as e in grado di rilevare la granulazione solare e *spiculae* di 500 km di diametro (si veda C.I. n. 165 pag. 1-4).

Le immagini mostrate provengono da filmati ripresi e processati per ottenere una visione mediata dai migliori fotogrammi, tenendo anche conto dei microscopici granelli di polvere sul sensore CCD o nei pressi del fuoco dell'oculare (tecnica nota come *flat fielding*).

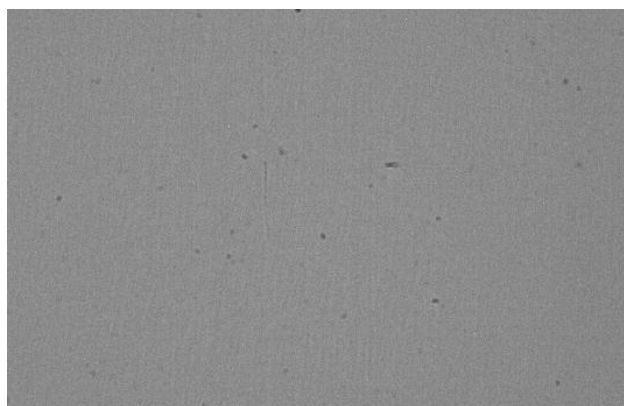
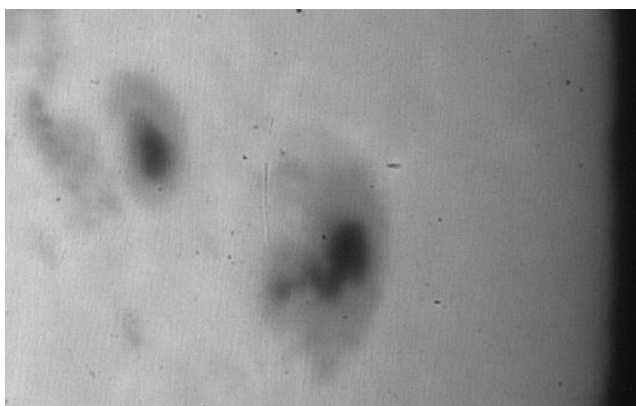
Nonostante la risoluzione forzata a 5 as, sono state rilevate sottili strutture brillanti ad arco dette *plages* al di sopra della macchia solare principale del gruppo, in quanto AR 1944 stava tramontando al bordo solare ovest fornendone così una opportuna visione angolata.

Le riprese UV nella riga H del Calcio II ionizzato permettono di riprendere la cromosfera del Sole al di sopra della superficie visibile a lunghezze d'onda rilevabili dal nostro occhio (fotosfera), ai confini con la corona solare che raggiunge circa 1 milione di gradi.

Il 28 gennaio la regione AR 1944 (rinominata AR 1967) è riapparsa sul bordo solare, ancora più attiva: il nucleo oscuro della macchia solare principale del gruppo ha un diametro doppio rispetto alla Terra. (*p.p.*)



La regione attiva AR 1944 ripresa nella riga Ca II H in UV con un *seeing* pessimo; sono visibili sottili strutture ad arco brillanti e luminose, dette *plages*, al di sopra delle macchie solari e meglio visibili a causa della visione angolata.



A sinistra un fotogramma del filmato originale, a destra la mappa della polvere da rimuovere (*flat field*)