

Tempeste solari e aperture in gamma HF

Centro studi sulla Ionosfera – Flavio Egano ik3xtv doc.127 del 29.10.2007

Contrariamente a quanto ci si possa attendere, le tempeste geomagnetiche possono favorire le aperture di propagazione creando condizioni favorevoli e talvolta eccezionali. Le frequenze maggiormente interessate sono la parte basso delle gamme HF fino alle onde medie. Dall'analisi di vari casi emerge la certezza che si tratta di qualcosa di effettivamente collegato alle condizioni perturbate della ionosfera a seguito di intensi fenomeni geomagnetici.

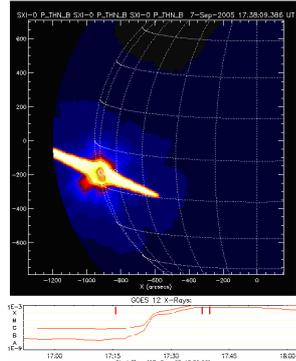


Figura 1

SOLAR FLARES (Brillamenti solari)

L'attività alla superficie del Sole è evidenziata dalla densità di macchie solari, che appaiono come aree scure sulla fotosfera, fluttuando in frequenza entro un ciclo d'attività approssimativamente pari ad 11 anni. Sono regioni scure perché più "fredde" rispetto al fondo: la loro temperatura è dell'ordine di 4000°K, mentre quella della superficie circostante è di 6000°K. Nelle macchie solari si localizzano intensi campi magnetici e, sulla parte immediatamente superiore dell'atmosfera, si verificano spesso intensi brillamenti (flares) che producono potenti burst di radio energia a frequenze comprese fra circa 5 MHz e 300 MHz. Spesso, durante i brillamenti più intensi, è emesso un intenso flusso di particelle cariche (raggi cosmici) ad alta energia viaggianti alla velocità di 500-1000 Km/s si tratta del vento solare: quando tali particelle raggiungono il campo magnetico terrestre sono causa d'intensi disturbi radio e tempeste magnetiche, con formazioni di aurore. La mappa delle radioemissioni solari dovute ai brillamenti appare molto più ampia di quella occupata dalle macchie solari. A differenza della radiazione proveniente dalla maggioranza delle radiosorgenti celesti, che risulta non polarizzata, quella associata ai brillamenti solari è a polarizzazione circolare, essendo causata dalle traiettorie a spirale degli elettroni che seguono il locale, intenso, campo magnetico associato al brillamento. In ogni caso i brillamenti solari danno luogo ad un getto di radiazione elettromagnetica, che va' dal campo delle HF ai raggi X e gamma oltre che espulsione di materia dalla corona solare, tutto questo è emesso nello spazio interplanetario e quindi anche in direzione della terra, il cui campo magnetico cattura il plasma che si allinea seguendo le linee di forza del campo magnetico terrestre, concentrandosi sui poli, in prossimità dell'ovale aurorale. L'esplosione di energia che avviene durante un brillamento è enorme, paragonabile ad un'esplosione atomica di 10 Miliardi di megatoni. Per convenzione i flares solari sono suddivisi in 3 classi, C,M ed X che dipendono dall'ammontare del flusso di energia sviluppato.

- **FLARE CLASSE C** è il meno potente e non influenza immediatamente la ionosfera, sebbene le particelle emesse possono influenzare la ionosfera diverse ore dopo.

- **FLARE CLASSE M** è un flare di media energia ed è sufficiente a influenzare la ionosfera terrestre immediatamente dopo l'evento, ma anche a produrre effetti ritardati di radiazione solare.
- **FLARE CLASSE X** sono i più potenti e distruttivi e possono provocare forti tempeste geomagnetiche e lunghi black-out sulle comunicazioni. (Figura 1)

Le radiazioni elettromagnetiche di un flare attivo, i raggi ultravioletti, i raggi X, la luce visibile e lo spettro radio, viaggiano alla velocità della luce e raggiungono la terra con un ritardo di circa 8 minuti, così che gli effetti sulla ionosfera possono iniziare nel medesimo tempo in cui il flare è osservato visivamente. Le comunicazioni radio possono essere immediatamente influenzate dopo il flare, oppure gli effetti possono farsi sentire da uno a due giorni dopo l'inizio del flare, tuttavia, per un periodo di tempo limitato e immediatamente successivo al fenomeno, ci possono essere le condizioni tali da favorire la propagazione. L'aumento di intensità del vento solare provocato dal flare, ha la capacità di mettere in agitazione il plasma ionosferico, rompendo l'uniformità degli strati, modificando la forma geometrica della ionosfera e il suo volume.

EVENTI SIGNIFICATIVI

Riporto di seguito alcuni eventi geomagnetici tra i più significativi che ho registrato e che hanno generato delle ottime aperture:

- Evento del 20.11.2002 indice Kp=7
- Evento del 28.10.2003 indice Kp=7
- Evento del 04.11.2003 indice Kp=7
- Evento del 03.01.2005 indice Kp=5
- Evento del 07.09.2005 indice Kp=8

PRESSIONE DI RADIAZIONE SOLARE

Per effetto della pressione di radiazione solare, la ionosfera e la terra non sono due sfere concentriche. Questo fatto determina una deformazione continua della ionosfera che si evidenzia in maniera considerevole quando il sole tramonta su un meridiano (terminatore). I segnali che attraversano per migliaia di chilometri la ionosfera possono quindi incontrare superfici oblique rispetto al suolo (tilt), come anche vere e proprie superfici curve che possono dare effetti di focalizzazione (figura 2). Tale fenomeno risulta essere ancora più esasperato in presenza di forti emissioni solari come avviene nel caso delle perturbazioni solari più intense. In questo caso, per effetto del vento solare, le linee di forza magnetica, compresse sull'emisfero illuminato, si allungano a "coda di cometa" allontanandosi dall'emisfero opposto.

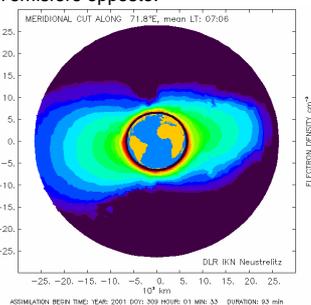


Figura 2

IPOTESI TEORICHE

Data la natura aleatoria della propagazione ionosferica non è possibile identificare con certezza gli elementi che la sostengono. Una cosa tuttavia è certa e deriva da anni di ricerca e di ascolto delle frequenze radio: il modello classico di propagazione per salti ionosferici non è più in grado di spiegare i fenomeni che regolano e supportano la propagazione. Sono sempre più convinto che dovremo cercare qualcosa di diverso da questo

modello classico che per aspetti si è rilevato superato. Pertanto ho cercato di formulare alcune ipotesi plausibili che potrebbero spiegare perché queste aperture straordinarie possono verificarsi. Una cosa quasi certa è che per effetto del vento solare la geometria della ionosfera viene alterata. La ionosfera subisce una compressione sul lato illuminato dal sole e un progressivo allungamento sul lato opposto, fino nei casi più estremi a confondersi con la coda della magnetosfera. (figura 3). Penso che questa variazione geometrica possa rivelarsi favorevole per la propagazione del segnale. I percorsi interessati sono quelli in oscurità,

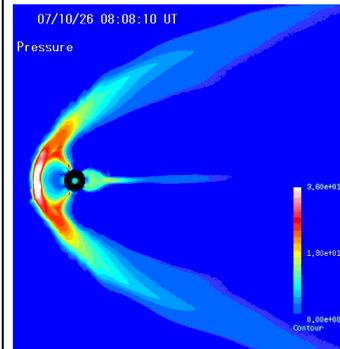


Figura 3

disposti sul lato non direttamente interessato dal flusso di energia proveniente dal sole. Una spiegazione direi abbastanza estrema mi porta a guardare oltre la ionosfera terrestre, all'interno del plasma della magnetosfera, e nella coda della ricombinazione delle cariche elettriche ci potrebbero essere dei possibili punti di riflessione o forse meglio delle possibili guide d'onda nella magnetosfera sul lato oscuro della terra (figura 4). Guide utili per la conduzione dei segnali HF possono avere la lunghezza di 60.000 chilometri, o poco più. La distanza andata-ritorno del segnale potrebbe anche giustificare il ritardo del segnale che ho più volte rilevato nel corso degli eventi geomagnetici più intensi. Molto spesso il percorso del segnale infatti non segue strettamente la linea che collega i due punti geodetici ma segue le forti distorsioni del campo magnetico e forse dei condotti nella magnetosfera. Si tratta di una ipotesi affascinante ma allo stesso tempo difficilmente dimostrabile. Sto pianificando un progetto che prevede l'utilizzo del software per il monitoraggio dei Beacons "Faros" di VE3NEA che consente la registrazione dei tempi di ritardo del segnale del beacon, anche se purtroppo registra i beacons che trasmettono sopra i 20 metri mentre le aperture si estendono fino alle onde medie. Appare evidente comunque, come osservato in tutti gli eventi analizzati che la "finestra propagativa" è relativamente breve (qualche ora) in quanto la successiva ricombinazione energetica fa aumentare la densità della regione D bloccando poi la propagazione.

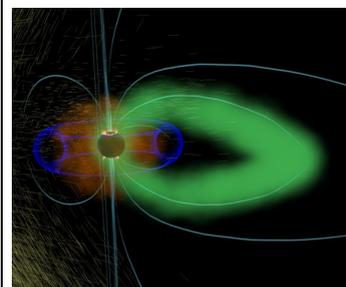


Figura 4