

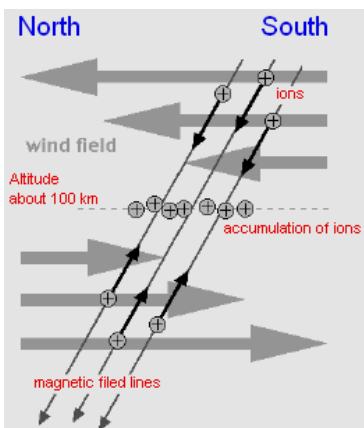
# E sporadico connesso ai temporali

Flavio Egano, ik3xtv documento n. 128 del 5 Settembre 2008

## E' possibile che la propagazione per E sporadico sia collegata ai temporali? Recenti ricerche sembrano supportare tale ipotesi.

Le comunicazioni sono possibili grazie a delle irregolarità nel plasma ionosferico all'altezza della regione E, chiamate E sporadico. Si hanno quindi collegamenti a singolo e talvolta anche a doppio salto. Occasionalmente forti temporali si verificano in prossimità del centro (punto di riflessione) del percorso del radio collegamenti. L'ipotesi è quella che i temporali siano una possibile fonte d'innesco per l'E sporadico, soprattutto per quello più intenso in grado di supportare la propagazione per frequenze fino ai 144 Mhz. Questa ipotesi tuttavia non è del tutto accettata dalla comunità internazionale dei radioamatori poiché l'effetto dei temporali sulla formazione dell'E sporadico non è stata ancora dimostrata con convinzione scientifica, anche se recentemente è stata pubblicata una recensione sulla prestigiosa rivista scientifica „Nature“ dove si discute in merito alla connessione tra temporali e ionosfera. La teoria più accreditata per spiegare l'E sporadico è la teoria dei venti ionosferici „Wind shear theory“. Misurazioni effettuate per mezzo di ionosonde hanno rilevato un'elevato contenuto di ioni metallici all'interno delle cortine di Es: Fe+ e Mg+ oltre che O2+ e NO+ gli ioni principali e dominanti presenti nella regione E. All'interno della cortina di ioni sono presenti quantità importanti di ioni metallici, residuo della pioggia meteorica. (Vedi note a fine pagina). Alcune delle domande aperte sono queste:

- Il ruolo degli ioni metallici (meteoriti e pulviscolo cosmico)
- Il ruolo degli sprites (come interagiscono con la ionosfera?)
- Il ruolo dei fulmini
- Il ruolo delle onde gravitazionali e delle maree atmosferiche
- Il ruolo dei venti ionosferici e del jet stream
- Il ruolo del campo geomagnetico
- il ruolo della radiazione solare



## Maree atmosferiche

Le maree atmosferiche di maggior importanza sono prevalentemente generate nella troposfera e nella stratosfera dove l'atmosfera è periodicamente scaldata in seguito all'assorbimento della radiazione solare da parte del vapore acqueo e dell'ozono. Le maree generate sono poi in grado di propagarsi da queste regioni e di salire fino alla mesosfera ed alla termosfera. Le maree atmosferiche possono essere misurate come fluttuazioni regolari nel vento, nella temperatura, nella densità e nella pressione. Nonostante le maree atmosferiche

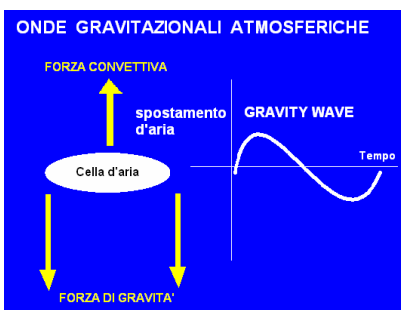
abbiano molto in comune con le maree oceaniche si distinguono da queste ultime per due caratteristiche chiave: Le maree atmosferiche sono innanzitutto provocate dal riscaldamento dell'atmosfera da parte del sole (questo potrebbe in parte spiegare la maggiore occasionalità diurna dell'E sporadico oltre che la sua frequenza stagionale concentrata maggiormente nei mesi estivi), mentre quelle degli oceani sono prevalentemente provocate dal campo gravitazionale lunare. Ciò significa che la maggior parte delle maree atmosferiche hanno periodi di oscillazione legati alla durata di 24 ore del giorno solare, mentre quelle oceaniche hanno periodi più lunghi legati al giorno lunare (tempo tra due transiti lunari successivi) quantificabile in circa 24 ore e 51 minuti. Le maree atmosferiche si propagano in un'atmosfera dove la densità varia in modo significativo con l'altitudine. Una conseguenza di ciò è che le loro ampiezze crescono esponenzialmente quando la marea sale in regioni progressivamente più rarefatte dell'atmosfera. A livello del suolo, le maree atmosferiche possono essere localizzate come oscillazioni lievi ma regolari della pressione superficiale con periodi di 24 e 12 ore. Tuttavia, a maggiori altitudini, le ampiezze delle maree diventano molto grandi. Nella mesosfera (altezza di ~ 50 - 100 km) le maree atmosferiche possono raggiungere velocità di 50 m/s e sono spesso la maggior causa di movimento dell'atmosfera.

## L'importanza delle Onde gravitazionali

Le onde di gravità atmosferiche (da non confondere con le ben più note onde gravitazionali della teoria della Relatività di A. Einstein) sono oscillazioni di tipo elastico che si propagano nell'atmosfera per effetto della sua stratificazione termica. Le loro lunghezze d'onda variano da poche centinaia di metri a centinaia di chilometri, con periodi che vanno da pochi minuti ad alcune ore. Le oscillazioni dell'aria che ne derivano causano piccole fluttuazioni delle variabili atmosferiche (pressione, temperatura, umidità...) ma hanno un notevole impatto sulla struttura della ionosfera. Le onde gravitazionali hanno un ruolo determinante nell'assetto della ionosfera e quindi nella propagazione delle onde radio. Le o.g. interagiscono con:

- Formazione dell'E sporadico
- Propagazione troposferica
- influenza sulla regione F
- Disturbi ionosferici
- Assorbimento ionosferico
- Regione D Ammassamento/spostamento di ioni all'interno della ionosfera

L'influenza delle o.g. sembra più marcata nella formazione dello strato F2 notturno, dove contribuirebbero a fornire una piccola ma continua sorgente di nuova ionizzazione, contribuendo al mantenimento della ionizzazione residua notturna. Tuttavia nelle dinamiche connesse alle aperture di E sporadico sono convinto che le onde gravitazionali atmosferiche svolgano un ruolo determinante.



**Fig.2** : La figura mostra il principio di base, cioè l'oscillazione di una particella d'aria che genera l'onda gravitazionale. Le o.g. si propagano sia verticalmente che orizzontalmente e trasportano attivamente l'energia e la quantità di moto dalla troposfera all'atmosfera centrale e superiore.

## Condizioni meteo

Quando ho iniziato la mia attività di ricerca sulla radiopropagazione mi concentravo principalmente sulla attività geomagnetica e sulla ionosfera, ero convinto in quest'ambito si dovesse approfondire la ricerca e che la propagazione fosse circoscritta in questo contesto. In realtà strada facendo mi sono accorto come la meteorologia avesse un impatto altrettanto importante sulla propagazione. Alcuni significativi studi condotti da un OM Neozelandese, Bob Gyde, ZL3NE dimostrano come sia possibile prevedere le aperture sulle gamme dei 6 e dei 2 metri in quanto sono associate strettamente alle condizioni meteo. E' molto probabile quindi che le condizioni meteo svolgano un ruolo importante nello sviluppo dell'E sporadico. Le nubi di Es sono spesso associate a fronti o sistemi di bassa pressione, lo studio si concentra principalmente su quello che potrebbe essere il catalizzatore nella formazione delle cortine ionizzate: onde gravitazionali vengono generate da questi sistemi frontali in movimento associate alle maree atmosferiche. In altre parole la formazione dell'Es sporadico più intenso (144 mhz) potrebbe essere connesso principalmente ai temporali mentre l'Es regolare (gamma HF e 50 Mhz) potrebbe essere collegato maggiormente alla dinamica delle maree atmosferiche. Ma anche la propagazione sulle gamme HF potrebbe essere strettamente connessa alle condizioni meteo. Ci troviamo di fronte quindi ad una ulteriore complicazione.

## Possibili effetti legati agli sprites

Si tratta di fenomeni simili ai fulmini che si sviluppano però nella stratosfera ad un'altezza compresa tra i 10 e i 100 chilometri, avvengono quindi delle scariche elettriche della durata di qualche decimo di secondo che si sviluppano a causa della differenza di potenziale tra le nubi e l'alta atmosfera,

## Il progetto

Il progetto consiste nell'investigare la correlazione spazio-temporale tra le aperture di Es in 144 MHz e i temporali.

**Propagazione sui 144 MHz:** costantemente monitorata attraverso i report di molti OM attivi che registrano data, ora, frequenza e posizione geografica.

**Temporali:** rappresentata dalla registrazione delle sferiche (impulsi radio a bassa frequenza emessi dai fulmini) pubblicati da vari istituti meteorologici su internet.

**Propagazione sulle gamme HF:** interpolazione dei dati della ricezione planetaria dei beacons (per mezzo del software Faros) con le carte meteo per studiare la connessione tra i fenomeni meteo e le aperture in onde corte.

## Discussione

Durante il mese di Giugno un'altra attività di E sporadico e di sferiche sono molto comuni; e non è una sorpresa che entrambe possano verificarsi nella stessa posizione geografica. In questo caso particolare tuttavia, l'E sporadico e la posizione delle sferiche, mostra una distribuzione spazio-temporale molto simile. Questi risultati indicano che gli effetti convettivi di un temporale generando onde gravitazionali che si propagano dalla bassa atmosfera all'atmosfera superiore supportino e stimolino la generazione dell'E sporadico? E' possibile che questo risultato indichi un processo dinamico alle medie latitudini simile a quanto avviene nell'atmosfera tropicale dove alcuni fenomeni come TID (Disturbi ionosferici mobili) e spread F equatoriale sono davvero causati dai moti

## E sporadico connesso ai temporali

Flavio Egano, ik3xtv documento n. 128 del 5 Settembre 2008

convettivi dei temporali? Non è possibile al momento rispondere a questa domanda in quanto i dati raccolti non sono ancora sufficienti e non si può addirittura escludere del tutto che si tratti di qualcosa di casuale. Ulteriori studi sono necessari per poter raccogliere altri dati e sviluppare un modello attendibile. Le mie osservazioni in questa fase si sono limitate solamente rilevare la presenza dell'apertura di Es e la presenza contemporanea di temporali. Maggiori dati scientifici sono invece dati necessari per analizzare il fenomeno nel dettaglio per esempio interpolando i dati ricavati dai radar ionosferici e dai diagrammi delle ionosonde nell'area europea. Inoltre ulteriori studi dovrebbero essere condotti sulle dinamiche dell'alta atmosfera per approfondire ulteriormente il ruolo molto importante delle onde gravitazionali e dei movimenti mareali dell'atmosfera.

### Analisi pratica

Con l'aiuto di internet ho effettuato un'analisi pratica delle varie aperture di E sporadico localizzate sui 144 Mhz avvenute nel corso degli ultimi anni, confrontandole con lo sviluppo e la distribuzione dei temporali in Europa. Come data base ho utilizzato il sito [www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de) tedesco che riporta dei grafici con il numero di scariche giornaliere in Europa e la loro intensità e il sito [www.vhf-contest.com](http://www.vhf-contest.com) dove è presente un data base e le mappe con la dislocazione geografica dei collegamenti. Pur non trovando un riscontro di tipo matematico, incrociando i dati ho rilevato una notevole corrispondenza statistica di aperture di Es associabili ad una intensa attività temporalesca lungo la tratta. Vedi figura 1. Quando si parla di radio propagazione ho visto che è normale non trovare una corrispondenza matematica ma molto spesso gli eventi sono governati dalla distribuzione normale di Gauss, in altre parole la Scala degli eventi segue una curva gaussiana. E' curioso notare come in natura molti eventi si svolgono seguendo questa formulazione.

### NOTE:

#### - Teoria dell'E sporadico

All'interno della regione E hanno luogo forti venti orizzontali, questi venti fortissimi si muovono all'interno della ionosfera e sono separati da pochi chilometri di quota. La loro azione, combinata all'azione delle onde gravitazionali di origine troposferica e del campo magnetico terrestre, spinge gli ioni gassosi all'interno di quest'area accumulandoli in strati che formano le nubi ionizzate. Si tratterebbe di una vera e propria compressione verticale di ioni che si concentra formando dei sottili agglomerati ad elevata concentrazione elettronica N, dallo spessore di 2 - 4 chilometri e ad un'altezza tra i 90 e i 110 chilometri di quota. Di norma l'estensione di queste chiazze ionizzate non è ampia, può essere di 50 - 100 chilometri di diametro (alle latitudini temperate), il loro sviluppo in superficie è di poche migliaia di chilometri quadrati, la concentrazione di elettroni per cm<sup>3</sup> è molto più elevata rispetto allo strato E ordinario.

Questi venti di direzione est-ovest all'interno dello strato E, si muovono verticalmente per effetto delle onde gravitazionali e in presenza del campo magnetico terrestre comprimono gli ioni in sottili ammassamenti ad alta ionizzazione, perché questo ammassamento di ioni sia possibile sono necessari degli ioni metallici, quali gli ioni di Magnesio (Mg+), ioni di Ferro (Fe+) e Nichel (Ni+), in quanto la loro capacità di ricombinazione è più lenta rispetto agli altri ioni e questo consente quindi l'ammassamento in strati densi e sottili. Gli ioni sono atomi o gruppi di atomi dotati di una carica elettrica proveniente da atomi o gruppi di atomi neutri che hanno perso o acquistato uno o più elettroni (processo di ricombinazione).

Recenti misurazioni hanno rivelato che le cortine di Es presentano un elevato contenuto di Ioni metallici (Fe+ e Mg+), oltre che O<sup>2+</sup> e NO+, gli ioni principali e dominanti presenti all'interno della regione E. Gli ioni metallici sono il residuo lasciato dalla polvere meteorica che entra nell'atmosfera terrestre catturata dalla forza gravitazionale della terra. L'attività temporalesca non è l'unica causa ma dovrebbe avere una **funzione catalizzatrice** nell'intero meccanismo, soprattutto per i fenomeni di Es più intenso (quello che interessa le frequenze più alte 50 e soprattutto 144 Mhz). L'intensità dell'evento di Es dipende dalla ionizzazione residua dello strato, dal numero di ioni pesanti presenti (relativi alla precipitazione meteorica) e dalla forza dei venti ionosferici soprattutto dall'ampiezza dell'indice di cambiamento della velocità del vento con l'altezza, responsabile dell'ammassamento ionizzato.

### Bibliografia:

Wikipedia  
Dr. Volker Grassman, df5ai  
[www.Wetterzentrale.de](http://www.Wetterzentrale.de)  
[www.vhf-contest.com](http://www.vhf-contest.com)  
Nature  
Esa - Agenzia spaziale Europea  
Enciclopedia britannica

Nota: Un ringraziamento al Dr. Volker Grassman, df5ai per la preziosa consulenza.

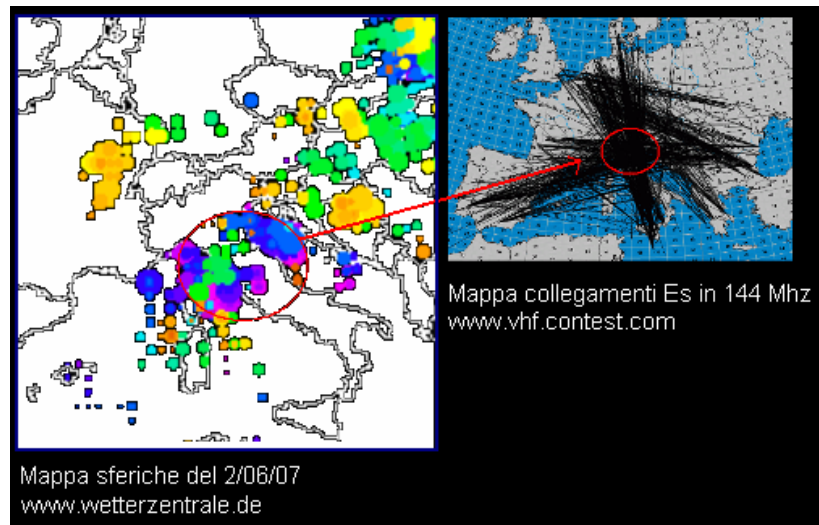


Figura 1: Esempio del lavoro di sovrapposizione e confronto tra le aperture di Es e la dislocazione dei temporali. Lo schema riportato nell'immagine si riferisce all'apertura di Es 144 mhz nel pomeriggio del 2 Giugno 2007. In questo caso specifico l'intenso traffico sia in direzione est-ovest che nord-sud potrebbe essere associato ai forti fronti temporaleschi localizzati nell'Italia centrale.