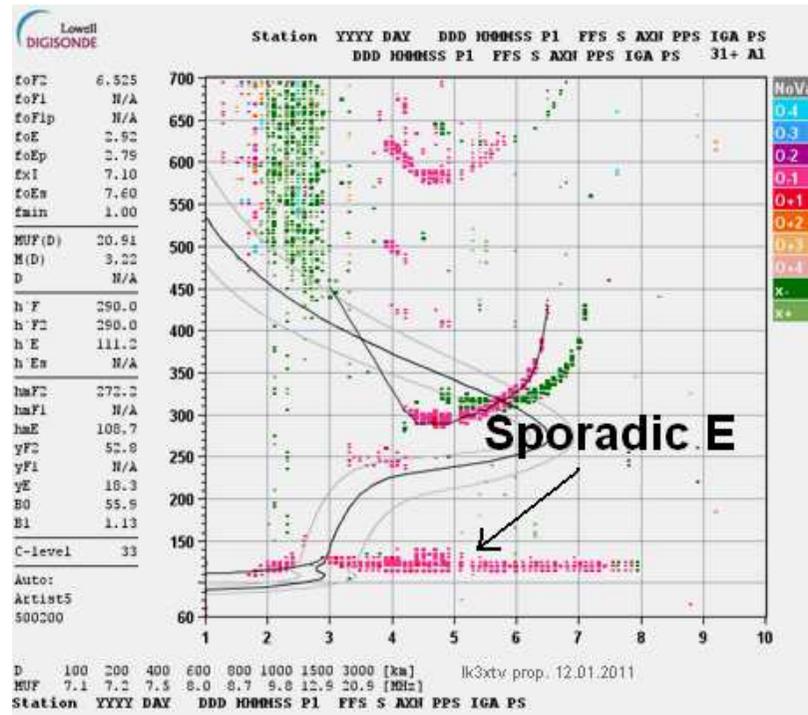


E - Sporadico alle medie latitudini



Credits :

AGU American Geophysical Union

ARRL American Radio Relay League

GFZ German Research Centre for Geosciences

Copyright 2012 ©

Indice degli Argomenti

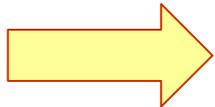
- Introduzione
- Flusso Meteorico
- E sporadico alle medie latitudini (formazione e struttura)
- Connessione con il flusso meteorico
- Connessione con il campo magnetico terrestre
- Il ruolo delle maree atmosferiche
- Riassunto - conclusione

Introduzione

E sporadico alle medie latitudini

- ❑ La propagazione per E sporadico è possibile grazie alla formazione di uno strato altamente ionizzato nella Regione E della ionosfera in grado di supportare le comunicazioni radio fino a frequenze anche maggiori di 150 MHz
- ❑ L'E Sporadico può avvenire in qualsiasi momento dell'anno ma la stagione principale nell'emisfero nord è concentrata tra Maggio e Settembre con dei picchi a Giugno e Luglio e una minore stagione a Dicembre-Gennaio.
- ❑ Questo documento si concentra sull'Es alle medie latitudini che si differenzia in misura significativa dal fenomeno presente anche lungo la fascia tropicale e nelle zone polari.
- ❑ Origine da temporali: possibile ma manca una chiara correlazione
- ❑ Origine da winds shear: questo provoca l'ammassamento ionico a quota strato E, necessario ma non sufficiente, anche perché manca una totale correlazione tra l'esistenza del winds shear e l'apparizione di eventi Es (il winds shear c'è per periodo molto più lunghi)
- ❑ Effetto delle meteoriti: la contaminazione con ioni metallici, ossidati da ioni O⁺ dello strato E, lo trasforma in uno strato a bassa velocità di ricombinazione e quindi molto più denso. Esiste una inequivocabile correlazione tra entità delle piogge meteoritiche ed eventi Es.

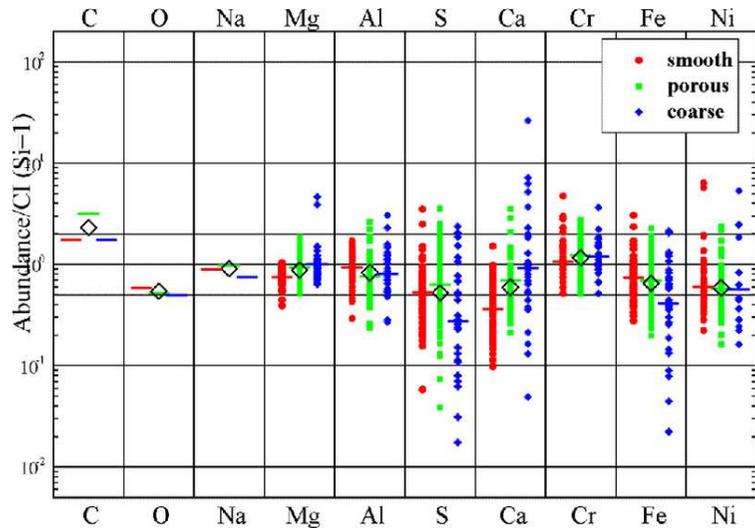
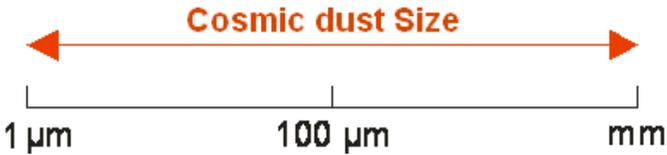
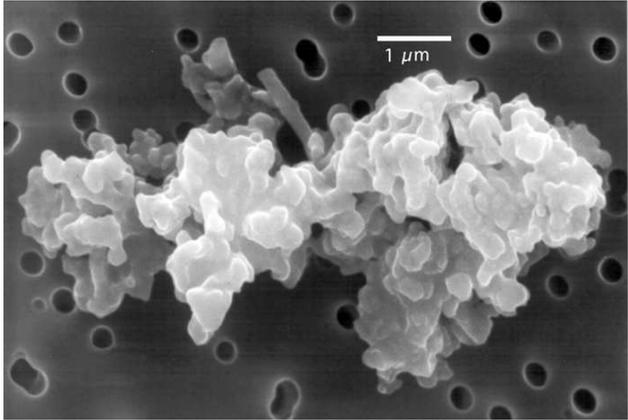
Keywords



- Winds Shear
- Ioni metallici e pulviscolo cosmico (Ablazione meteorica)
- Componente orizzontale del campo magnetico
- Maree Atmosferiche
- Radiazione ionizzante del sole

Il Flusso meteorico

Si calcola che quotidianamente entrino nell'atmosfera alla velocità dell'ordine dei 100.000 Km/ora qualche decina di miliardi di micro meteoriti di diametro variabile da qualche micron (pulviscolo cosmico) a qualche mm, senza contare le particelle di dimensioni più grandi. L'ablazione avviene all'altezza dello strato E, dove le possibilità di collisione con le molecole dei gas sono maggiori (per effetto dell'elevata densità).



I processi di ricombinazione nella Regione E sono molto rapidi (circa 10 sec) eccetto per gli atomi metallici che hanno vita significativamente più lunga

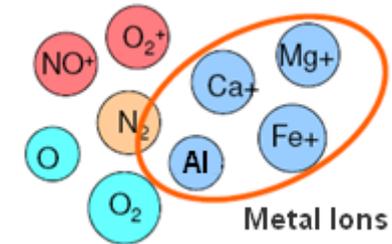
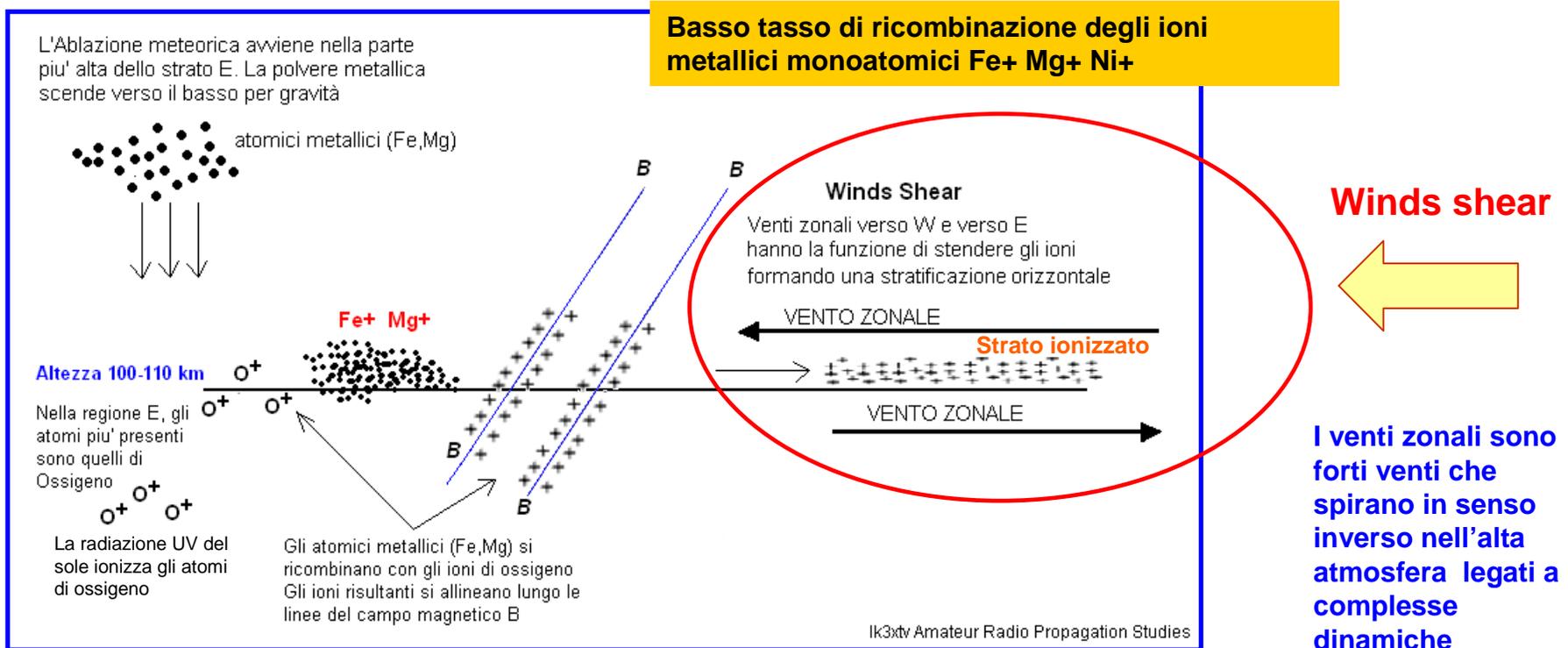


Image Courtesy:Wikipedia source:

The largest data set for major elements (Schramm et al., 1989) comes from the analyses of 200 stratospheric interplanetary dust particles. Brownlee (1997) gives electron microprobe data for 500 cosmic spherules in the 1 micrometer to 1 mill)

Il meccanismo di formazione dello strato

La cortina di ioni viene creata dal movimento $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$, dove v si riferisce alla velocità del vento neutro zonale e B è la componente orizzontale del campo magnetico terrestre (Le linee di forza del campo magnetico sono ortogonali alla direzione del vento). Nel momento in cui ci sono venti neutri zionali verso Ovest e verso Est. Gli ioni si allineano seguendo le linee di forza del campo magnetico e vengono stesi dalla forza del vento in sottili strati. In pratica è una specie di laminatoio.



- ❑ **Gli ioni si allineano lungo le linee del campo magnetico**
- ❑ **L'azione dei venti ionosferici stende gli ioni creando delle cortine ioniche**
- ❑ **la contaminazione con ioni metallici, ossidati da ioni O+ dello strato E, lo trasforma in uno strato a bassa velocità di ricombinazione e quindi molto più denso**

Caratteristiche principali

All'interno della regione E hanno luogo forti venti orizzontali, si tratta dei venti zonali con direzione inversa separati da pochi Km. di quota (Winds Shear). Questi venti 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, come Magnesio (Mg+), Ferro (Fe+) e Nichel (Ni+), in quanto la loro capacità di ricombinazione è più lenta rispetto agli altri ioni e questo consente l'ammassamento in strati densi e sottili.

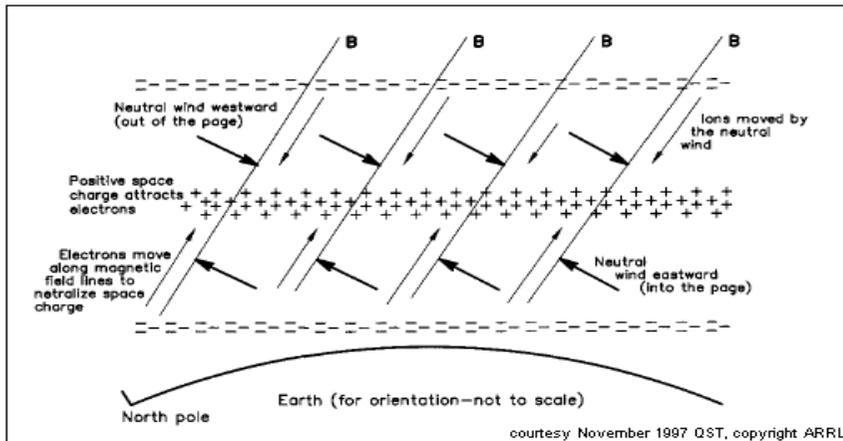


Image courtesy November 1997 QST, copyright 2012 © ARRL

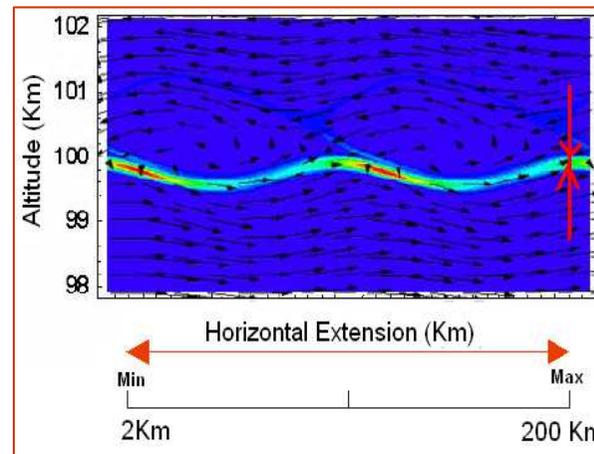
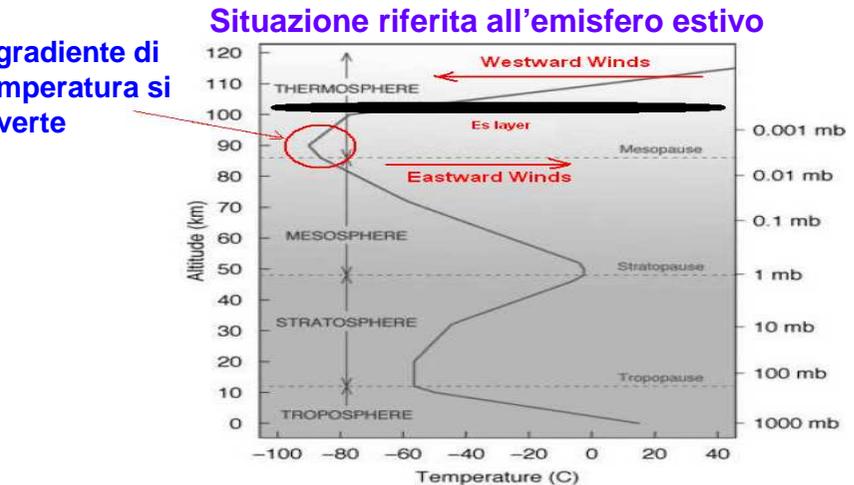
- Ad altitudini di 100 km, forti venti ionosferici si trovano a tutte le latitudini
- Venti ionosferici sono stati misurati con velocità massima superiore a 100 m/s su una vasta gamma di longitudini, stagioni e ore del giorno
- L'intensità dell'evento di Es dipende dalla ionizzazione residua dello strato, 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.

In realtà la Ionosfera è quasi sempre turbolenta quindi il modello che più si avvicina alla realtà è ondulatorio.

Le cortine ionizzate si muovono:

Sul piano Verticale con velocità 0,6 – 4 m/sec (principalmente verso il basso)

Sul piano Orizzontale con velocità 40 – 100 m/sec

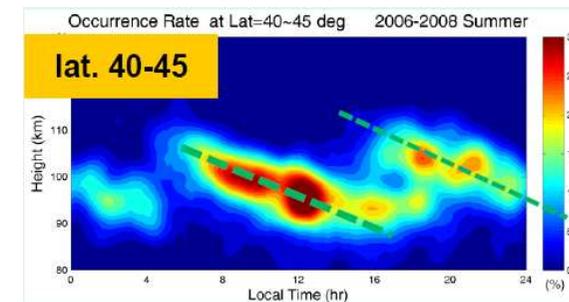
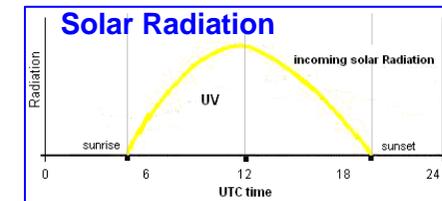
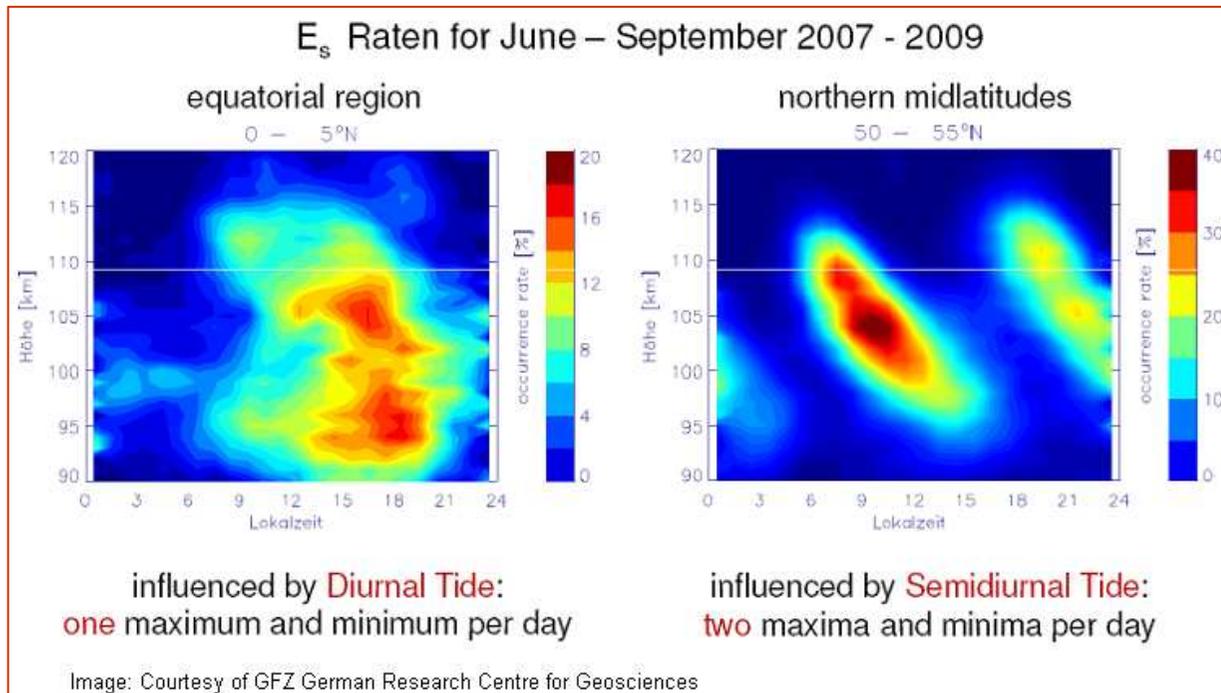


Strato ionizzato
Spessore: 1-5 Km

Densità di ionizzazione fino a 100 volte quella tipica dello strato E

Connessione con le maree Atmosferiche

Le maree atmosferiche sono provocate dal riscaldamento dell'atmosfera da parte del sole (con moti convettivi) e governano i movimenti dei venti anche nell'alta Atmosfera. Hanno quindi un'influenza diretta sui forti venti zonali inversi responsabili del winds shear. I venti zonali inversi della mesosfera e bassa termosfera, sono dovuti a complessi meccanismi meteorologici su larga scala

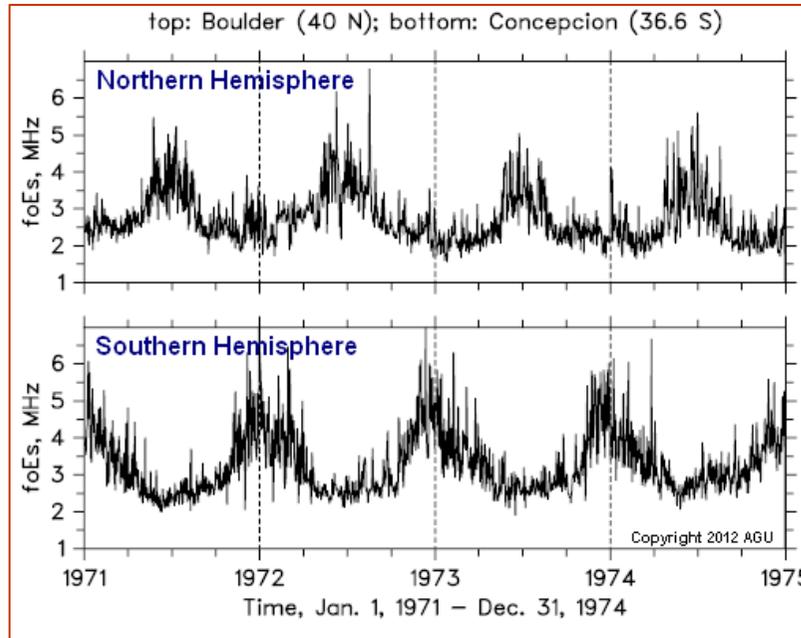


Le nubi si muovono generalmente verso est e discendono

- I livelli di ionizzazione in tutta la ionosfera tendono a registrare due picchi centrati temporalmente sui due versanti determinati dal mezzogiorno locale. La formazione dell'Es sembra seguire una analoga tendenza.
- Alle medie latitudini, l'incidenza di Es è maggiore nelle ore del mattino (0900 -1200 LT) e nel tardo pomeriggio - sera, (1900 – 2300 LT) indipendentemente dalla stagione.
- Le maree atmosferiche modulano anche la distribuzione in altezza dello strato

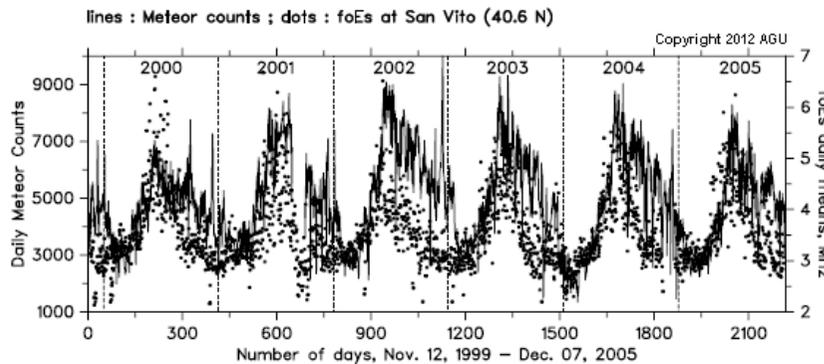
Connessione con il flusso meteorico

Variazione Annuale della foEs



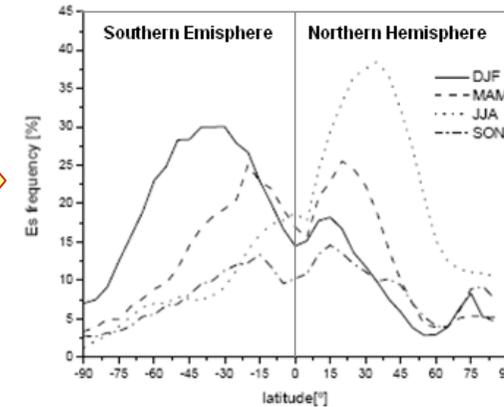
Typical annual variability of sporadic E critical frequencies $foEs$ measured simultaneously in the Northern (Boulder, 40°N) and Southern (Concepcion, 36.6°S) Hemispheres. This seasonal variation, which is known for many years, is dominated by a strong summer maximum.

Comparazione flusso meteorico con foEs



Comparison of the annual variability of daily meteor counts (solid line) measured in the Northern Hemisphere with the mean daily sporadic E critical frequency ($foEs$) values measured simultaneously with the San Vito ionosonde at 40.6°N. As seen, there is a good degree of agreement between the annual variations of both parameters.

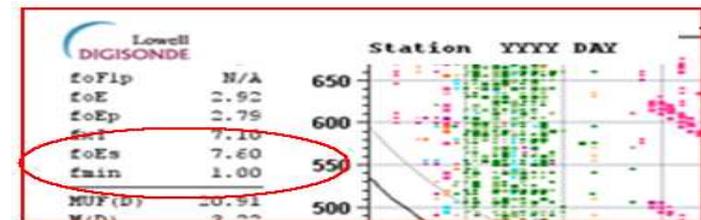
Grafico Riassuntivo



Courtesy: Ann. Geophys., 27, 2555–2563, 2009

foEs Frequenza critica Es

Per avere un parametro scientifico di riferimento che indichi l'intensità di campo Es, si fa riferimento alla foEs (frequenza critica per Es che è la massima frequenza che ritorna a terra riflessa dallo strato. Questo indice viene fornito costantemente da una rete di ionosonde su scala mondiale. Valori tipici sono di circa 3 MHz, ma può aumentare fino a più di 20 MHz in occasioni molto rare. Per MUF di 50MHz fino a 144MHz la foEs può variare tra 5 e 15 MHz.



IMAGES: Courtesy AGU American Geophysical Union

Comparazione Input Meteorico con Eventi di E sporadico

Comparison of annual cycle of E_s (50°N – 55°N) with meteor rates (meteor radar Collm – 51,3°N; 13°O) 2007

- ☐ Meteor Input
- ☐ Sporadic E rates

Esiste un buona corrispondenza tra le due variabili

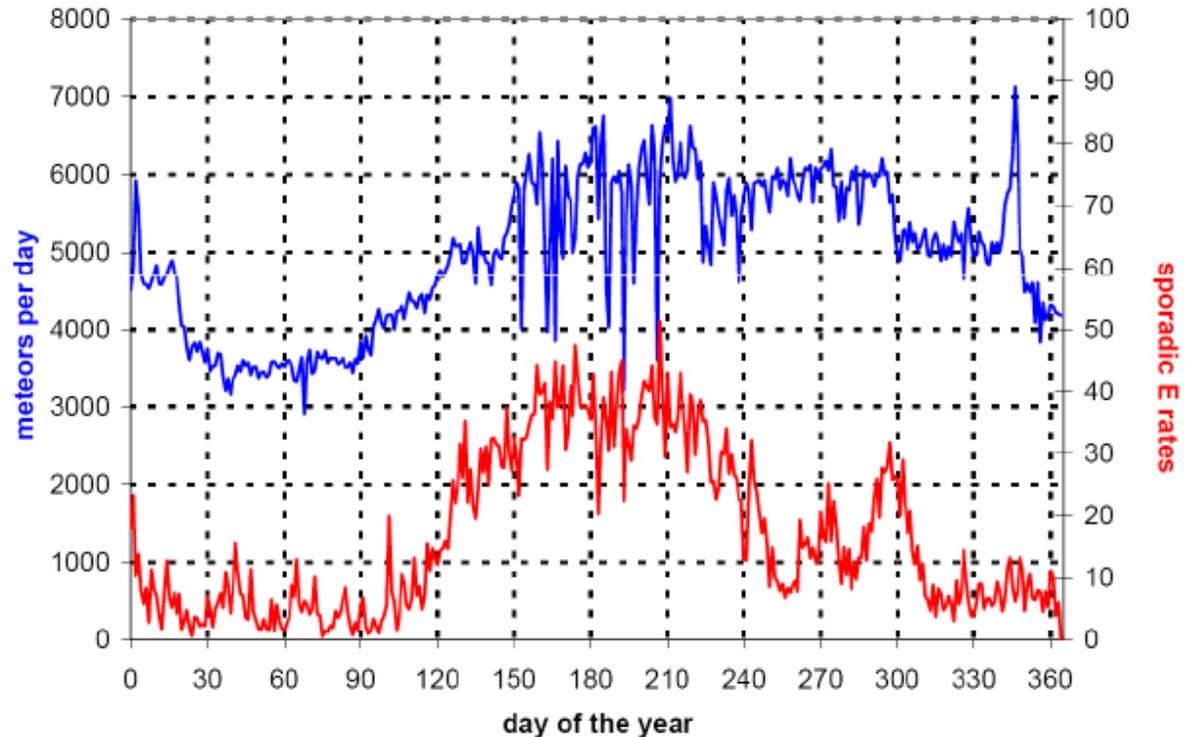
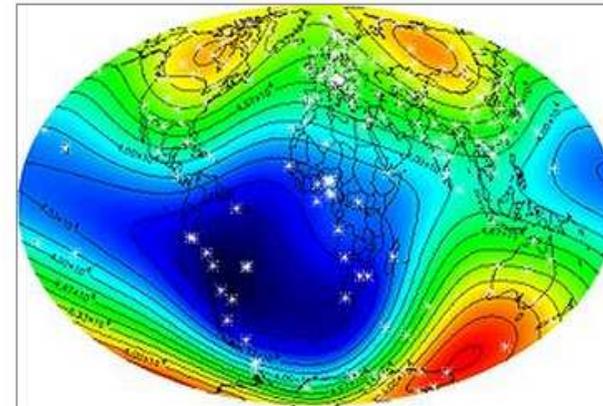


IMAGE: Courtesy GFZ German Research Centre for Geosciences

Il ruolo del campo magnetico

I movimenti del plasma sono controllati dal campo Magnetico

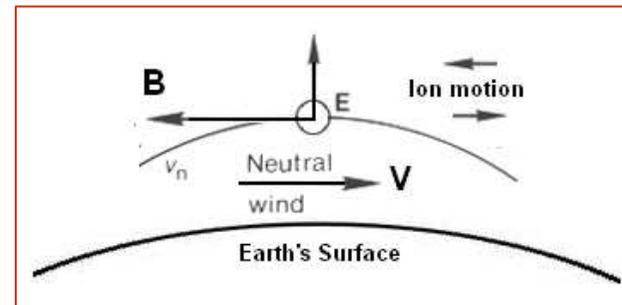
Il campo magnetico della Terra, per convenzione internazionale, è espresso in termini del vettore d'induzione magnetica. La sua unità nel Sistema Internazionale (SI) è il Tesla (T), ma nella pratica viene usato un suo sottomultiplo, il nanoTesla pari ad un milionesimo di Tesla. Dall'equatore ai poli, sulla superficie terrestre, il valore del campo varia in intensità, mediamente da circa 20.000 nT all'equatore a circa 70.000 nT delle zone polari. Il campo magnetico terrestre non è costante nel tempo né uniforme nello spazio. Le variazioni del campo possono essere misurate e presentate come valori medi giornalieri, mensili ed annuali.



Intensità del campo magnetico nel 2000 secondo i dati IGRF. I due estremi sono i colori rosso e blu, rispettivamente di 68000 nT e di 24000 nT.

Courtesy: Wikipedia (source National Oceanic and Atmospheric Administration)

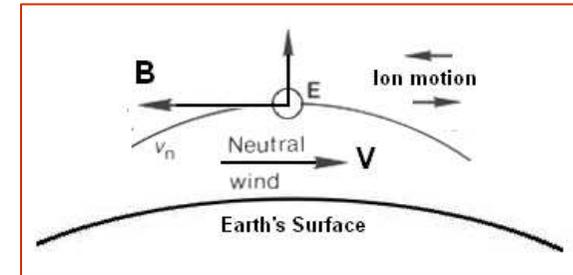
La componente orizzontale B del campo magnetico è il parametro chiave che regola la distribuzione globale (distribuzione geografica) degli eventi di E sporadico.



Connessione con il Campo magnetico Terrestre

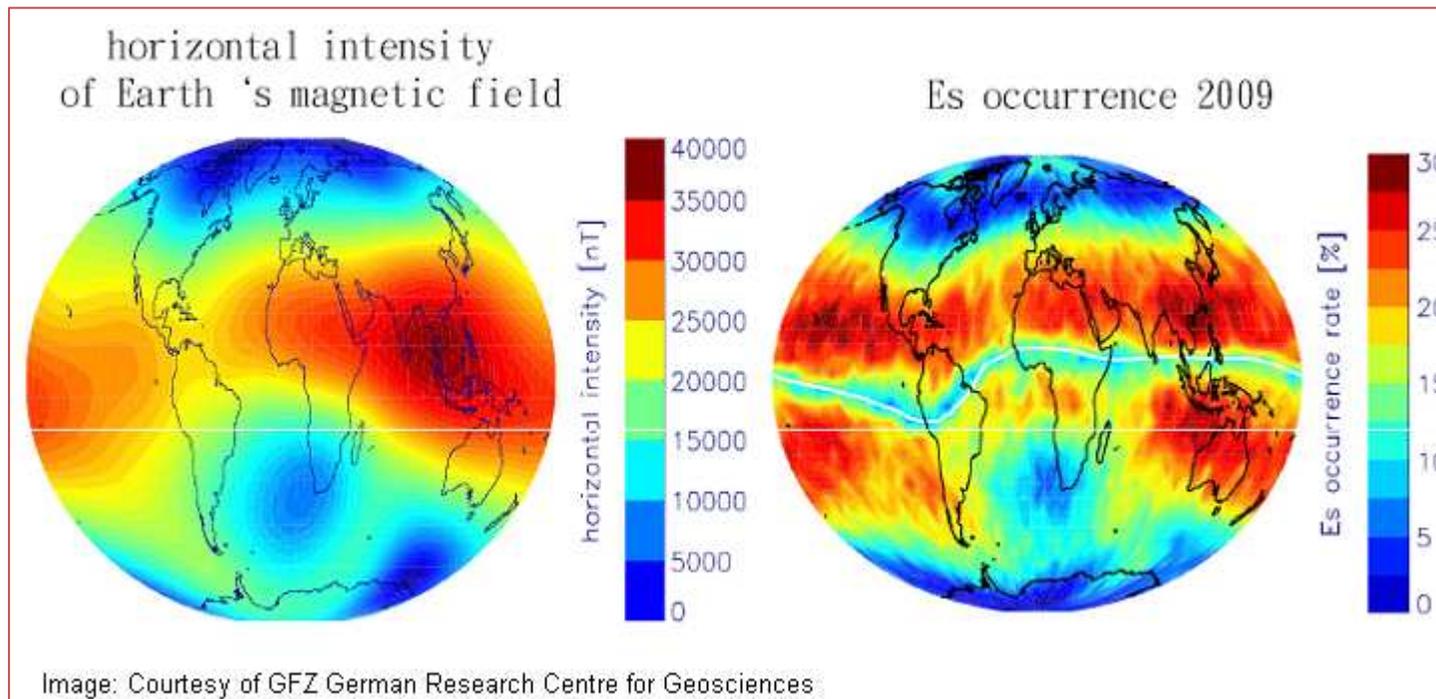


Lo strato di Es è prodotto dal “movimento” $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ dove \mathbf{V} è il vento neutro orizzontale e \mathbf{B} è l'intensità del campo magnetico terrestre



Distribuzione Geografica degli eventi di Es indotta dall'intensità locale del campo

- **Eventi di Esporadico rari lungo l'equatore magnetico**
- **Basso tasso di Esporadico nelle regioni dove il campo magnetico è debole**
- **Significativo basso tasso di Esporadico nella zona dell'Anomalia Sud Atlantica**



Riassunto

- L'azione combinata dei venti ionosferici e del campo magnetico comprime gli ioni in strati sottili altamente ionizzati. Il pulviscolo meteorico svolge una funzione di innesco.
- Il maggiore flusso meteorico estivo sommato all'intensità della radiazione solare sembrano essere gli ingredienti fondamentali per l'Es (marcata corrispondenza tra \gg f0Es e flusso meteorico)
- Il valore di intensità del campo magnetico terrestre determina la distribuzione geografica dell'evento.
- Il ciclo annuale di Es è connesso con il flusso meteorico
- L'altitudine e ora locale delle aperture sono governate dalle maree atmosferiche
- La ionizzazione solare è un altro fattore fondamentale

Alcuni punti da sviluppare

- Previsioni: Allo stato attuale la previsione dell'Es non è possibile. Il fenomeno è imprevedibile per sua natura. Potrebbe essere possibile solamente un modello di previsione su scala probabilistica. E' possibile monitorare come indicatore il valore della f0Es fornita dalla rete di ionosonde DIAS (European Digital Upper Atmosphere Server)
- Ionizzazioni iperdense: con frequenze critiche di Es (f0Es) maggiori di 15 Mhz. Indicativamente MUF > 144 MHZ. Formazioni iperdense di Es si verificano molto raramente. Questo evento è da approfondire. (Per esempio le aperture che interessano i 144 Mhz sono molto rare, circa il 5 % delle aperture totali.)
- Le aperture sono concentrate nelle ore diurne, e quindi la radiazione solare svolge senza dubbio un ruolo importante, anche se, specie nei mesi invernali, possono avvenire fenomeni di Es notturni.
- Non è chiara la connessione con il ciclo undecennale del sole.
- Alcuni studi evidenziano una possibile connessione con le maree Lunari.

Riconoscimenti

Un ringraziamento a : AGU (American Geophysical Union), ARRL (American Radio Relay League), e GFZ (German Research Centre for Geosciences) per aver consentito la pubblicazione di parte del materiale di questa presentazione. Grazie anche a Giorgio Marchi, Ik1uwl per la consulenza su alcuni argomenti.

Acknowledgements

A special thanks to: AGU (American Geophysical Union), ARRL (American Radio Relay League), and GFZ (German Research Centre for Geosciences) for allowing the publication of part of the materials in this presentation. Thanks also to Giorgio Marchi, Ik1uwl for consulting about some arguments.

Referenze:

NOV 1997 – QST - ARRL Sporadic E--A Mystery Solved? Part 2 Author: Whitehead, Dr. David

An explanation for the seasonal dependence of midlatitude sporadic E layers C. Haldoupis,1 D. Pancheva,2 W. Singer,3 C. Meek,4 and J. MacDougall - GFZ Helmutz centre Potsdam – Germany

«Semidiurnal tidal signature in sporadic E occurrence rates derived from GPS radio occultation measurements at higher midlatitudes » C. Arras1, C. Jacobi2, and J. Wickert1 Helmholtz Centre Potsdam, German Research Centre for Geosciences (GFZ), Department 1: Geodesy and

University of Leipzig, Institute for Meteorology, Germany

Annales Geophysicae

Meteogelo, articoli di Flavio Scolari

A tutorial review on Sporadic E layers Christos Haldoupis

Physics Department, University of Crete, Heraklion, Crete, Greece

"Global Observation and Analysis of Sporadic E layers using GPS radio occultation measurements" by C.Arras,J.Wickert,S.Heise,T.Schmidt. Helmutz Centre Potsdam

"An explanation for the seasonal dependence of midlatitude sporadic E layers" JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 112, A06315, doi:10.1029/2007JA012322, 2007

Articoli vari di Marino Miceli, I4sn

Autore: Flavio Egano, Ik3xtv

Data: Gennaio 2012

IK3XTV Amateur Radio Propagation Studies www.qsl.net/ik3xtv e.mail: ik3xtv@gmail.com

ARI and ARRL Member