

PREVEDERE L'E SPORADICO

Un modello di previsione basato sulla teoria della natura meteorica dell'E sporadico

di Flavio Egano, ik3xtv & Tony de Longhi, iz3esv - Amateur Radio Propagation Studies www.qsl.net/ik3xtv

Introduzione

Recentemente abbiamo sviluppato alcune ricerche che dimostrano come la formazione dello strato E sporadico, alle latitudini temperate, abbia origini che provengono dall'esterno della terra.

Gli studi effettuati negli ultimi anni da parte di molti Istituti di Geofisica, hanno confermato la presenza di una notevole quantità di polverizzazione meteorica all'interno della regione E, tale polverizzazione viene accumulata in sottili strati superdensi da parte di turbolenze generate dal jet stream.

Lo strato E sporadico è causato dalla dispersione di ioni metallici derivati dalla fusione delle meteoriti che continuamente colpiscono l'atmosfera terrestre.

Non è l'unica causa, ma l'ablazione meteorica svolge la funzione di innesco.

Quindi la propagazione è dovuta all'azione combinata di:

- *Venti Ionosferici*
- *Flusso solare*
- *Onde gravitazionali Atmosferiche*
- *Ablazione meteorica (avente funzione di innesco)*

Teoria

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 cm³ 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.

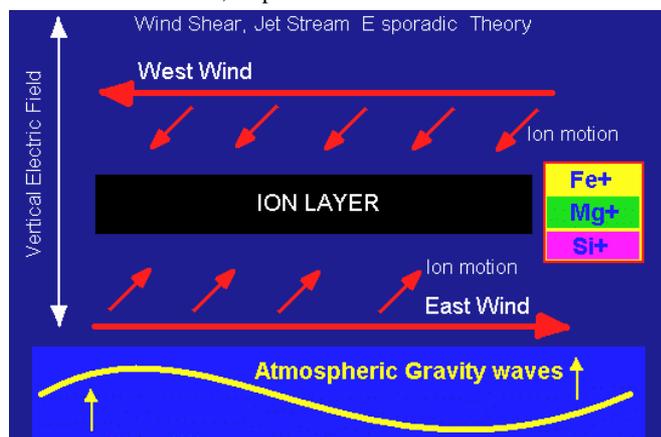
Gli ioni sono atomi o gruppi di atomi dotati di una carica elettrica proveniente da atomi o gruppi di atomi neutri che hanno perso o acquistato uno o più elettroni (processo di ricombinazione).

Recenti misurazioni hanno rivelato che le cortine di Es presentano un elevato contenuto di Ioni metallici (Fe⁺ e Mg⁺), oltre che O₂⁺ 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.

La ionizzazione meteorica 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.



Typical Composition:

Iron Meteorite

Iron 91 %
Nickel 8.5%
Cobalt 0.6%

Source:
Encyclopaedia Britannica

Stony meteorite

Oxygen	36%
Iron	26%
Silicon	18%
Magnesium	14%
Aluminum	1,5%
Nickel	1,4%
Calcium	1,3%

Figure 1: Schema semplificato dell'ammassamento di ioni, soprattutto metallici dovuto all'azione del jet stream e delle onde gravitazionali atmosferiche in presenza del campo magnetico terrestre.

Composizione atomica delle Meteoriti

La composizione atomica delle meteoriti che entrano nell'atmosfera terrestre, è raffigurata nella tabella in basso.

Gli elementi metallici dominanti sono il ferro, il Magnesio, il Nichel e l'Alluminio.

Le meteoriti possono essere sostanzialmente di due tipi, meteoriti ferrose oppure meteoriti rocciose (Iron meteorite, Stony meteorite).

Per la formazione dell'E sporadico concorrono entrambe anche se le prime forniscono il maggior apporto di atomi metallici. Quando attraversano l'atmosfera, i meteoriti si riscaldano a temperature superiori ai 3000 gradi Fahrenheit e nel caso dei componenti più grandi emettono luce. Il riscaldamento non avviene da attrito, come si potrebbe comunemente pensare ma si tratta di un fenomeno denominato pressione dinamica.

Un meteorite comprime l'aria che si riscalda e a sua volta riscalda il meteorite.

Il calore intenso vaporizza la maggior parte dei frammenti, i frammenti più grossi diventano visibili fino a circa 90 chilometri di distanza.

Alcuni grandi meteoriti, causano un flash più luminoso denominato fireball si tratta di una vera e propria esplosione che può essere sentita anche fino a 50 chilometri.

La distruzione nell'atmosfera dipende dalla relativa composizione, dalla velocità e dall'angolo di entrata.

Un meteorite più veloce con un angolo obliquo subisce la forza più grande.

I meteoriti composti di ferro resistono meglio alla pressione dinamica rispetto a quelli rocciosi e si disintegrano a quote più basse di circa 10 - 12 chilometri, dove l'atmosfera diventa più densa. Il materiale meteorico che entra nell'atmosfera terrestre può raggiungere un totale di parecchie tonnellate ogni giorno. Infatti possono essere miliardi i meteoriti che raggiungono la Terra, ma sono così piccoli che il loro peso totale si considera circa una tonnellata.

Di solito hanno forme strane e sono molto pesanti in confronto alla loro grandezza.

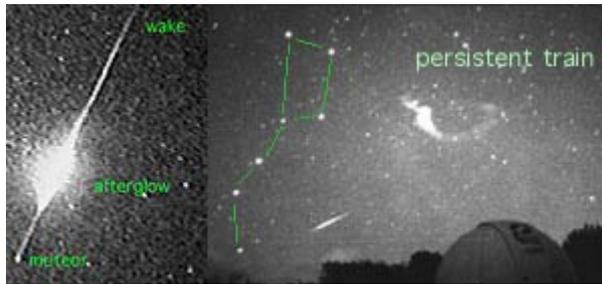


Figure 2: L'immagine a sinistra mostra una scia meteorica con effetto fireball, 04:00:29 UTC1 by Peter Jenniskens. L'immagine a destra mostra una persistente scia luminosa (treno) nel cielo sopra un osservatorio, alcuni minuti dopo il passaggio del meteorite. Questo treno è stato fotografato da: Uma team of the Observatory Astronomic of Mallorca, Spain.

Figure 3: Immagine a destra, esempio di quattro meteore dello sciame delle Leonidi, fotografate nella costellazione di Monoceros ed Orione da Lorenzo Lovato, Italia, il 17 Novembre 1998.

Variazioni nel 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 del diametro di un decimo di millimetro, senza contare le particelle di dimensioni più grandi, e 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)

Questo flusso di meteoriti che quotidianamente entra nell'atmosfera non è costante.

Esso varia a seconda delle ore del giorno, e della stagione oltre che da anno ad anno.

Queste variazioni sono indicate nei due grafici che mostrano le variazioni giornaliere ed annuali tipiche.

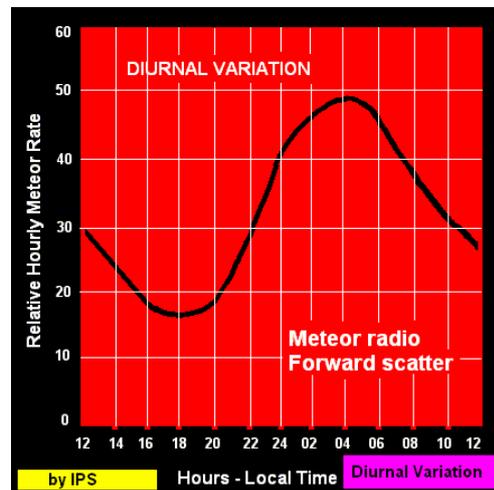
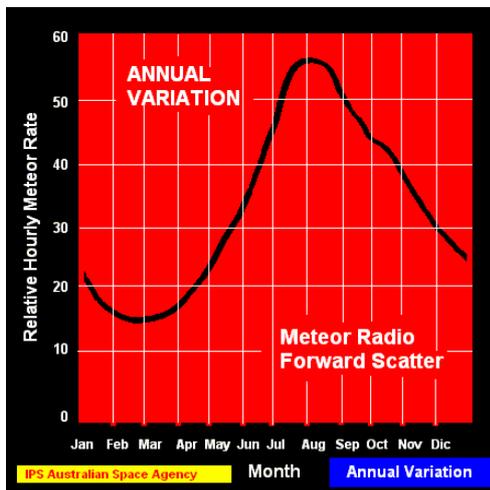


Figure 4 e 5: Differente distribuzione del flusso meteorico, annuale e giornaliero

Noi sappiamo che il fenomeno dell'E sporadico è concentrato prevalentemente nei mesi estivi e questo sembra confermato dall'andamento del diagramma che raffigura la variazione annuale, il flusso meteorico è maggiore nei mesi da Giugno a Settembre, in coincidenza con i mesi statisticamente migliori per le aperture di E sporadico.

Non può essere solo un caso infatti che le aperture più frequenti e più intense di propagazione Es sia concentrata in alcuni mesi,

un legame, anche se forse non e' l'unica spiegazione ci deve per forza essere.

Apertura di E sporadico del 19 Novembre 2003

A titolo di esempio riportiamo l'apertura di E sporadico avvenuta Mercoledì 19 Novembre sull'Europa, che ha alzato le Muf fino ai 144 Mhz. E quindi con formazione di E sporadico iper denso, come riportato dalle osservazioni di IZ3ESV, Tony de Longhi.

L'apertura e' avvenuta nelle prime ore del pomeriggio, sulla banda dei 10 metri, con segnali provenienti dalla Germania Settentrionale, dal sud dell'Inghilterra e dal Belgio.

Da una più approfondita verifica, le stazioni lavorate si trovavano all'incirca alla medesima latitudine, con potenze inferiori ai 100 watt e antenne verticali o G5RV.

Alla stessa ora, dal cluster risultava chiaro che c'era una consistente propagazione tra Italia e Germania sui 50 Mhz e tra Regno Unito e Germania, sui 144 Mhz.

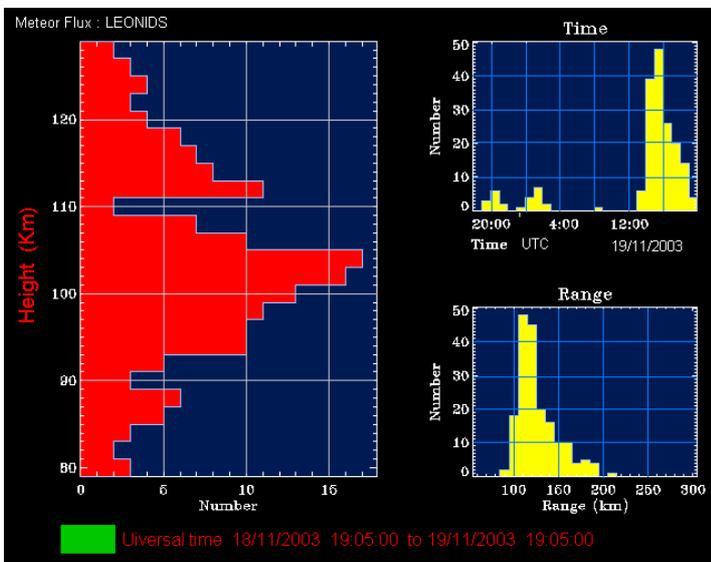
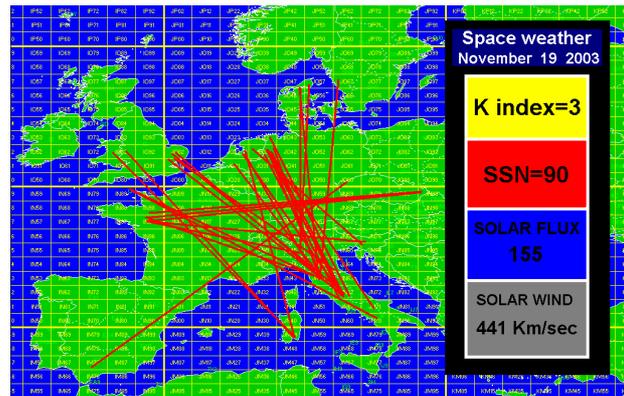
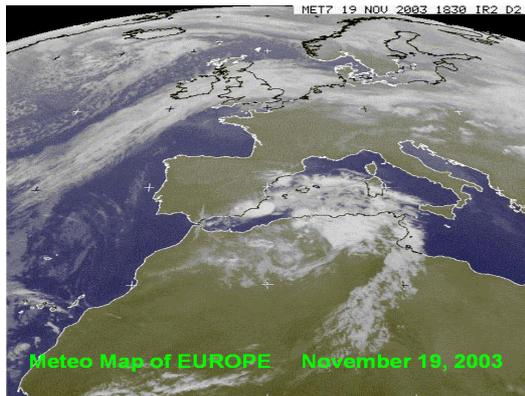


Figure 6: Situazione meteorologica dell'Europa ripresa dal satellite Meteosat in tempo reale nel pomeriggio del 19-11-2003
 Figure 7: distribuzione geografica dei collegamenti monitorati direttamente o dal cluster, relativi all'apertura del 19 Novembre, dalla quale si nota che la nube principale d'Es è localizzata sull'Europa centrale.

Figure 8: schematizzazione in tempo reale relativa alla distribuzione di meteoriti con l'altezza e monitoraggio del flusso di meteoriti nel tempo (picco dopo le 13 utc)

Dipendenza dalla Frequenza

Le aperture che arrivano fino a frequenze di 144 Mhz sono molto rare, circa il 5 % delle aperture totali.

Pertanto la previsione diventa sempre più difficile all'aumentare della frequenza, nei mesi estivi le aperture sui 28 Mhz e anche sui 50 Mhz, negli orari giusti, sono quasi quotidiane, diversa è la frequenza sulla banda dei 2 metri.

Per rimandare a terra raggi di 144 Mhz, sono necessarie cortine altamente ionizzate, quindi occorre un E sporadico iperdenso.

L' E sporadico iperdenso dovrebbe avvenire in corrispondenza dei picchi d'attività meteorica, com'è evidenziato nell'evento qui citato del 19 Novembre 2003, dove il picco delle Leonidi ha permesso un'apertura che ha innalzato le MUF fino ai 144 Mhz.

Dipendenza dall'attività solare

Le aperture sono concentrate nelle ore di luce, e quindi la radiazione solare svolge senza dubbio un ruolo importante, anche se, specie nei mesi invernali, possono avvenire fenomeni d'Es notturni.

Il ciclo undecennale del sole invece sembra non influenzi direttamente la formazione dell'Es.

Da una statistica che abbiamo effettuato sul lungo periodo è emerso che non ci sono legami molto evidenti tra l'attività undecennale e le aperture anche se sembra esserci una maggiore incidenza di aperture nei periodi di bassa attività solare, questo potrebbe essere dovuto ad una maggiore stabilità geomagnetica nei periodi di bassa attività solare. Si tratta a nostro avviso di una conferma dell'importanza dell'ablazione meteorica sulla dinamica dei complessi meccanismi che regolano la formazione degli strati.

Attività Geomagnetica

Partendo sempre da un'analisi sul lungo periodo abbiamo ricostruito una mappa delle aperture d'Es mettendole in relazione con l'attività geomagnetica.

La conclusione è che l'E sporadico avviene prevalentemente (più del 90% dei casi) in presenza di un campo geomagnetico in quiete, l'analisi statistica ci suggerisce che gli indici geomagnetici ottimali sono Kp minore o uguale a 3 e indice Ap inferiore o uguale a 17.

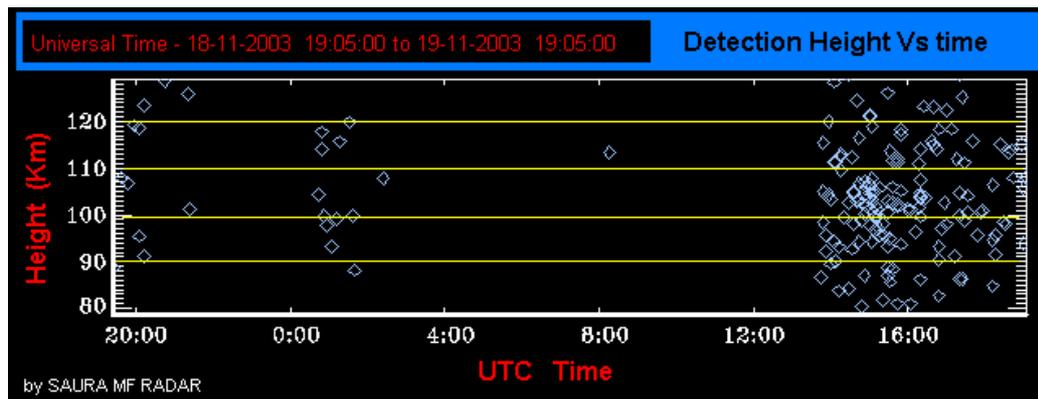


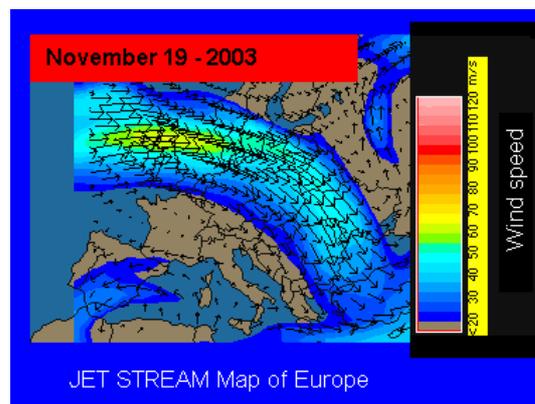
Figure 9: distribuzione temporale e in altezza, del picco dello sciame meteorico delle Leonidi (Nov.2003) La massima distribuzione avviene tra i 90 e i 110 Chilometri di quota. I dati rilevati dai meteor radar, sembrano corrispondere cronologicamente con le aperture Es verificatesi sulle bande 28-50 e 144 Mhz.

Azione del Jet Stream

Un ruolo importante nei complessi meccanismi di formazione delle nubi d'E sporadico dovrebbe averlo il jet Stream.

Si tratta di una corrente stretta, forte e concentrata lungo un asse quasi orizzontale, situata nella troposfera superiore e nella stratosfera, caratterizzata da un forte gradiente verticale e laterale dell'intensità del vento che presenta uno o più massimi di velocità. In genere la lunghezza di una corrente a getto è di diverse migliaia di km, la sua larghezza di qualche centinaia di km e la sua altezza di qualche km. La velocità del vento è normalmente maggiore di 60 kts, lo shear verticale è di 5/10 metri al secondo per chilometro, quello orizzontale di 5 m/sec per 100 km.

La corrente a getto può essere raffigurata come un fiume d'aria che scorre velocemente (da ovest verso est). Raggiunge uno sviluppo di 4000-5000 km con una grandezza dell'ordine del centinaio di km.



Ha carattere circumpolare e nel suo percorso alterna dei massimi di velocità a regioni con velocità inferiori. La larghezza delle zone con velocità superiori a 100 kts è di circa 200 km. I massimi di velocità raggiunti dal getto assumono in estate valori inferiori a quelli assunti durante l'inverno; anche la sua posizione cambia con la stagione: in estate si trova a latitudini più alte che quelle invernali.

Anche se non abbiamo studi precisi sull'argomento i movimenti del jet stream hanno sicuramente un impatto circa la distribuzione geografica dei collegamenti per Es, sono necessari ulteriori studi ed approfondimenti per comprendere meglio tale meccanismo.

Venti ionosferici e onde gravitazionali

Le onde gravitazionali atmosferiche (da non confondersi con le onde gravitazionali legate alla teoria della relatività di Einstein)

dovrebbero contribuire, alla formazione delle cortine di Es, agendo in correlazione con i venti ionosferici, contribuendo all'accumulare gli ioni fino alla formazione delle nubi ionizzate.

Le o.g. sono onde di pressione neutra a gran lunghezza d'onda (con un periodo T variabile da 10 a 180 Minuti) che si estendono all'interno della termosfera e il meccanismo che genera l'onda è un'oscillazione causata dallo spostamento di una cella d'aria che è ricollocata nella sua posizione iniziale per effetto della gravità e i movimenti che le generano hanno varia natura, nella bassa atmosfera sono attivate da diversi fenomeni meteorologici come formazioni temporalesche, azione dei venti sulla superficie terrestre, formazioni cicloniche e instabilità causate dal jet stream, mentre alle alte latitudini le o.g. si localizzano maggiormente nell'alta atmosfera e hanno cause associate al riscaldamento per effetto joule, alle forze di Lorentz, e alle precipitazioni particellari legate al campo magnetico e provenienti dal sole.

Il differente livello d'insolazione tra i due emisferi determina un forte squilibrio termico che genera una vasta circolazione di correnti

nella bassa ionosfera, nell'emisfero estivo, quindi più caldo si crea una corrente ascensionale, compensata da una corrente in direzione opposta nell'emisfero freddo, è questa la dinamica che genera i forti venti ionosferici

Queste oscillazioni alle latitudini temperate, avvengono nella bassa atmosfera (limiti della troposfera) e conseguentemente si propagano all'interno della Mesopausa (circa 90 chilometri di quota), fino alla termosfera, coinvolgendo in pieno la regione E. Lo stato di agitazione per esempio del colmo di una formazione temporalesca è fortissimo e quest'agitazione è in grado di trasmettere onde gravitazionali fino alla Mesosfera, all'interno della quale sono presenti venti impetuosi, anche di 300 Km orari.

E sporadico e attività solare

Il rapporto tra la formazione dello strato Es e l'attività solare non è ancora del tutto chiaro.

Un'analisi sul lungo periodo del rapporto tra l'indice K e quindi dell'attività geomagnetica effettuato sui 50 Mhz ha rivelato una maggiore incidenza nella formazione di Es quando l'attività geomagnetica era bassa, in presenza di elevati valori di K e quindi in presenza di tempeste geomagnetiche, la propagazione si deteriorava velocemente.

Una situazione di quiete magnetica è sempre sinonimo di buona propagazione e questo sembra valere anche per la propagazione per Es.

Infatti, ad una situazione di calma corrisponde un'uniformità delle stratificazioni all'interno della ionosfera, che da una parte riduce

l'assorbimento e dall'altra consente una maggiore probabilità nella formazione delle cortine Es, inoltre in presenza di un campo magnetico agitato, l'altezza effettiva di uno strato subisce continue fluttuazioni in altezza, la densità di elettroni per cm³ diminuisce per effetto della dispersione e turbolenza, deteriorando quelle condizioni favorevoli per la formazione delle nubi riflettenti.

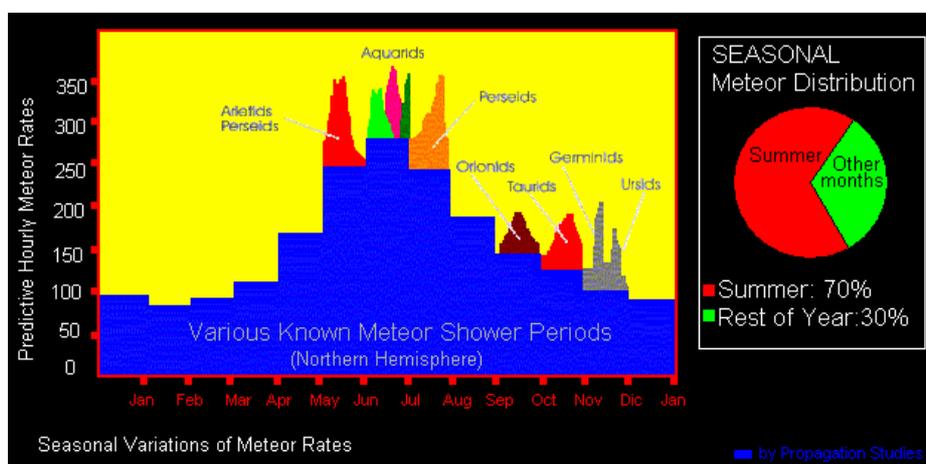
Il rapporto tra le nubi di Es e il ciclo delle macchie solari è meno chiaro, anche se osservazioni statistiche effettuate sempre sul lungo periodo suggeriscono che tendenzialmente nei periodi bassi del ciclo undecennale (basso numero di macchie) le aperture sono più frequenti.

Nei periodi di alta attività solare, il flusso solare aumenta fortemente migliorando il livello di ionizzazione dello strato F e dello strato E normale, tuttavia questo sembra non avere un impatto diretto sulla propagazione per Es sporadico.

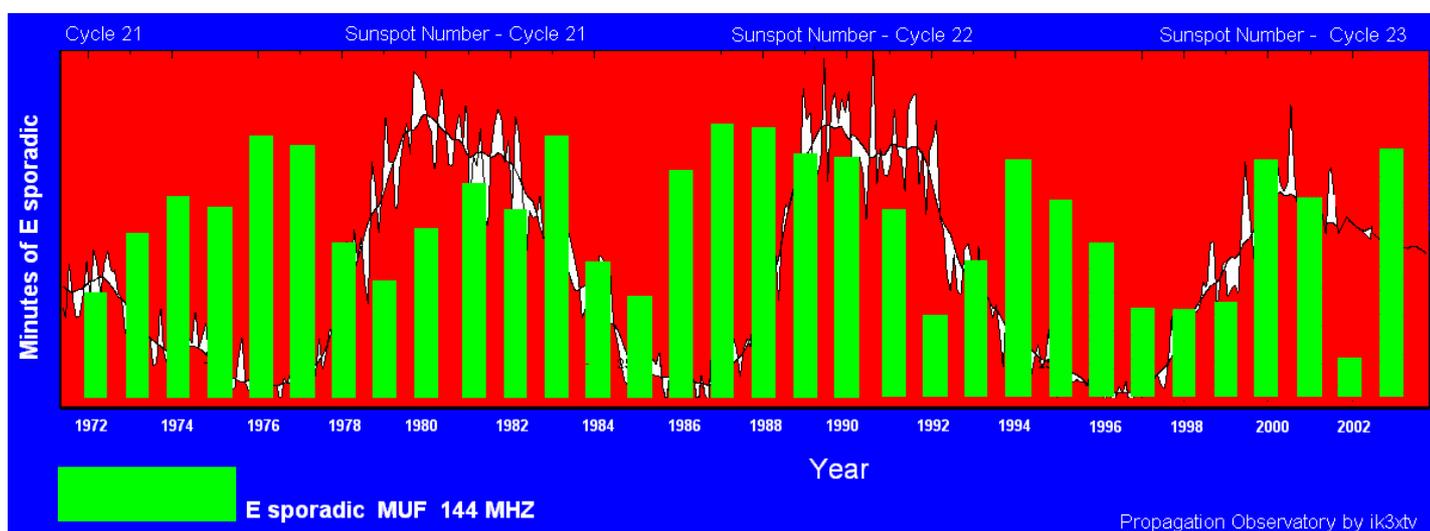
MODELLO DI PREVISIONE

Partendo dalla convinzione dell'origine Meteorica dell'E sporadico, e basandoci su uno studio statistico sul lungo periodo (dal 1970 al 2003) di aperture di E sporadico sulle bande VHF (50 e 144 Mhz) abbiamo sviluppato un modello che dovrebbe permettere una possibile previsione per un fenomeno che difficilmente si presta ad essere predetto.

- *L'attività geomagnetica deve essere bassa, indice Kp non superiore a 3.*
- *Verificare il calendario delle sciami meteorici, in prossimità dei picchi massimi le possibilità sono maggiori.*
- *Verificare l'ora del giorno, prendendo come riferimento le due tabelle (invernale e estiva) delle possibilità di apertura in base all'ora locale.*
- *Considerare il mese dell'anno, facendo riferimento all'incidenza percentuale utilizzando la tabella delle aperture in base ai mesi.*
- *Nei mesi estivi, soprattutto Giugno e Luglio le possibilità sono molto alte.*
- *Considerare la frequenza utilizzata poiché le possibilità diminuiscono all'aumentare della frequenza, vedere tabella della percentuale di aperture in base alla frequenza.*



2004 Meteor Shower Calendar by IMO International meteor Organization		
SHOWER	ACTIVITY PERIOD	MAXIMUM
Quadrantids	Jan 01-Jan 05	Jan-04
delta-Cancrids	Jan 01-Jan 24	Jan-17
alpha-Centaurids	Jan 28-Feb 21	feb-08
delta-Leonids	Feb 15-Mar 10	feb-25
gamma-Normids	Feb 25-Mar 22	mar-13
Virginids	Jan 25-Apr 15	mar-24
Lyrids	Apr 16-Apr 25	apr-23
pi-Puppids	Apr 15-Apr	28-apr
eta-Aquarids	Apr 19-May	28-May
Sagittarids	Apr 15-Jul 15	May-19
June Bootids	Jun 26-Jul 02	Jun- 27
Pegasids	Jul 07-Jul 13	Jul- 09
July Phoenicids	Jul 10-Jul 16	Jul-13
Pisces Austrinids	Jul 15-Aug 10	Jul-27
Southern delta-Aquarids	Jul 12-Aug 19	Jul-27
alpha-Capricornids	Jul 03-Aug 15	Jul-29
Southern iota-Aquarids	Jul 25-Aug 15	Aug 04
Northern delta-Aquarids	Jul 15-Aug 25	Aug 08
Perseids	Jul 17-Aug 24	Aug 12
kappa-Cygnids	Aug 03-Aug 25	Aug 17
Northern iota-Aquarids	Aug 11-Aug 31	Aug 19
alpha-Aurigids	Aug 25-Sep 08	Aug 31
delta-Aurigids	Sep 05-Oct 10	Sep 09
Piscids	Sep 01-Sep 30	Sep 19
Draconids	Oct 06-Oct 10	Oct 08
epsilon-Geminids	Oct 14-Oct 27	Oct 18
Orionids	Oct 02-Nov 07	Oct 21
Southern Taurids	Oct 01-Nov 25	nov-05
Northern Taurids	Oct 01-Nov 25	nov-12
Leonids	Nov 14-Nov 21	nov-17
alpha-Monocerotids	Nov 15-Nov 25	nov-21
chi-Orionids	Nov 26-Dec 15	Dec 01
Phoenicids	Nov 28-Dec 09	Dec 06
Puppids-Velids	Dec 01-Dec 15	Dec 06
Monocerotids	Nov 27-Dec 17	Dec 08
sigma-Hydrids	Dec 03-Dec 15	Dec 11
Geminids	Dec 07-Dec 17	Dec 13
Coma Berenicids	Dec 12-Jan 23	dec 19
Ursids	Dec 17-Dec 26	dec 22



Il grafico in alto e' un'elaborazione statistica delle aperture totali di E sporadico con MUF fino a 144 Mhz (barre di colore verde), confrontate con l'andamento del ciclo di macchie solari, la statistica copre un'arco di tempo di 30 anni e si sviluppa su quasi 4 cicli solari.

L'analisi sul lungo periodo sembra confermare una maggiore incidenza delle aperture in periodi di bassa attivita' solare (forse dovuta ad un maggiore quiete geomagnetica), ma la tendenza non e' cosi' chiara e marcata.

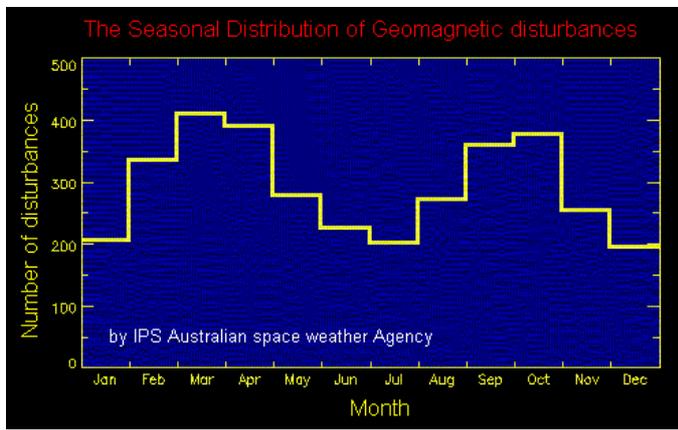
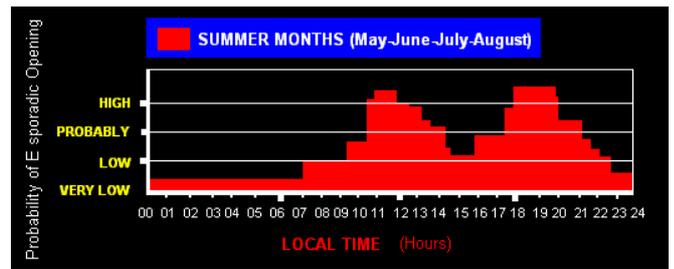
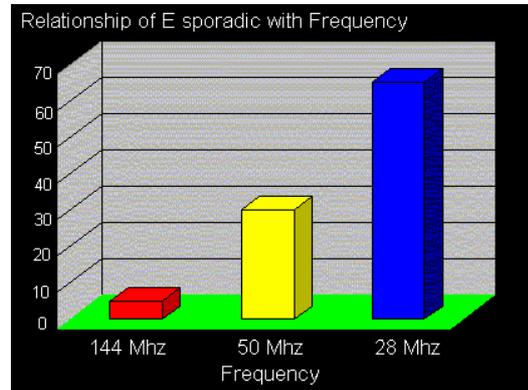
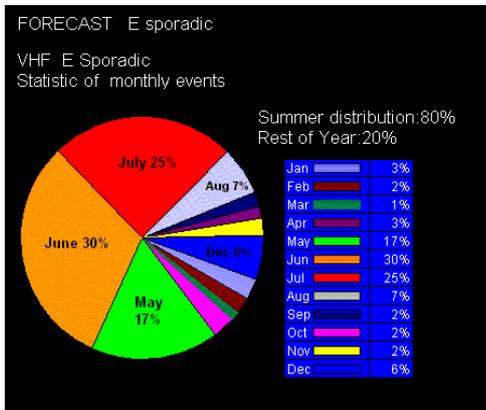


Fig. Distribuzione stagionale dei disturbi geomagnetici, si nota come nei mesi tipici dell'Es l'incidenza dei disturbi sia inferiore a conferma della concentrazione delle aperture di Es, nei mesi estivi.(fonte: IPS Australian Space weather Agency).Il grafico e' coerente con quanto affermato sull'indice di attivita' geomagnetica e le aperture di Es.



Considerazioni

Il modello che abbiamo fin qui sviluppato non vuole essere un manuale infallibile ma uno strumento utile per tentare una previsione basata sulla convinzione dell'origine meteorica dell' Es, e avvalorata da tutta una serie di ricerche statistiche che supportano tale modello.

Tuttavia rimangono molte aree di ulteriore ricerca e sviluppo, sembra che la funzione delle Onde gravitazionali Atmosferiche sia molto importante, inoltre abbiamo notato che le nubi di Es si localizzano, almeno in Europa, sempre nelle stesse aree, o poco distanti.

Questa frequenza dovrebbe essere collegata alla presenza di anomalie del campo geomagnetico terrestre in corrispondenza di queste aree geografiche che potrebbero favorire l'addensamento del plasma metallico proprio in queste zone.

Queste anomalie magnetiche sono più numerose di quanto si creda, solamente sul territorio Italiano per esempio si localizzano almeno 6 aree aventi delle grosse anomalie magnetiche.

Bibliografia:

- Articoli vari di Marino Miceli, i4sn
- Lo strato E sporadico M.Martinucci, i2www
- SKIYMET Meteor Radar Flux by Andoya Rocket Range-Norway
- NOAA (National Atmospheric and Ocean Administration)
- Articoli vari di Marino Miceli, I4SN
- Lo strato E sporadico R.R. di M.Martinucci, in3www
- School of Physics, University of New South Wales, Sydney-Australia "The Lunar tide in Sporadic E"
- UKSMG Six news Archives
- Mid Latitude Sporadic E - Michael Hawk

Newton - Lo spettacolo della Scienza

Dx Radius in Aurora and FAI radio propagation Volker Grassmann, DF5AI

Naval Research Laboratory Washington, DC

Earth's Ionosphere-Tor Hagfors, Kristian Schlegel - Max Planck Institute of Aeronomy, Katlenburg-Lindau, Germany

Atmospheric Gravity waves - Prof. Michael P. Hickey, Department of Physics and Astronomy- Clemson University, South Carolina

www.vhfdx.de

Department of Physics and Astronomy - University of Western Ontario - A Short Primer on Gravity waves

Geophysical Institute, University of Alaska

What are sprites? Jeremy Thomas

Matt Heavner, Red sprites and Blue jets

IMO International Meteor Organization

SAURA MF Radar

Referenze:

Decameter mid-latitude sporadic E irregularities in relation with AGW Atmospheric gravity waves.

Annales Geophysicae 15, 925-934 Anno 1997

A.Bourdillon Laboratoire Structures Rayonnantes, LIPRES 4 CNRS 6095 Université de Rennes France

E.Lefur Laboratoire Structures Rayonnantes, LIPRES 4 CNRS 6095 Université de Rennes France

C.Haldoupis University of Crete, Iraklion Crete-Greece

Y.Le Roux France Telecom CNLT/LAB/SAR/TSI Lannion France

J.Menard France Telecom CNLT/LAB/SAR/TSI Lannion France

J.Dellou Laboratoire de Physique de l'Exosphere, Université Pierre et Marie Curie, Paris-France

On the Spectrum of mid-latitude sporadic-E irregularities

Annales Geophysicae 18, 1283-1292 Anno 2000

Yu.V.Kyzyurov Main Astronomical Observatory NASU, Kiev-Ukraine

Sporadic-E associated with the Leonid meteor shower event of November 1998 over low and equatorial latitudes.

Annales Geophysicae 19, 59-69 Anno 2001

H.Chandra Physical Research Laboratory, Ahmedabad-India

S.Sharma Physical Research Laboratory, Ahmedabad-India

C.V.Devasia Space Physics Laboratory, VSSC, Trivandrum-India

K.S.V.Subbarao Space Physics Laboratory, VSSC, Trivandrum-India

R.Sridharan Space Physics Laboratory, VSSC, Trivandrum-India

J.H.Sastri Indian Institute of Astrophysics, Bangalore-India

J.V.S.V.Rao Indian Institute of Astrophysics, Bangalore-India

More evidence for a planetary wave link with mid latitude E region coherent backscatter and sporadic E layers.

Annales Geophysicae 18, 1182-1196 Anno 2000

Annales Geophysicae - European Geophysical Society www.copernicus.org/EGU/annales/anngo.htm

