

# QSB da interazioni ionosferiche nelle comunicazioni EME a 144 MHz

Autori: Giorgio Marchi, IK1UWL e Flavio Egano, IK3XTV

doc. n. 24.11. del 18 Maggio 2011

---

## Indice:

### 1 – INTRODUZIONE

#### 1.1 - La nostra ipotesi

### 2 – GLI EFFETTI DEL SOLE

#### 2.1 – Vento Solare

#### 2.2 – la Ionosfera

#### 2.2.1 – TEC (Total Electron Content)

#### 2.2.2 – Pulsazione giornaliera del TEC

#### 2.2.3 – Il sistema delle correnti ionosferiche

#### 2.2.4 – Indici Ionosferici

#### 2.3 – Plasmasfera

### 3 – INTERAZIONI CON UN'ONDA RADIO

#### 3.1 – Attenuazione ionosferica

#### 3.2 – Scintillazione ionosferica

#### 3.2.1 – Scintillation (approfondimento tecnico)

#### 3.2.2 – Grey Line

#### 3.3 – Rotazione di Faraday

#### 3.4 – Depolarizzazione

#### 3.5 – Rifrazione

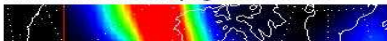
### 4 – PROVE DI ECHI

#### 4.1 – Ionosfera perturbata da CME

#### 4.2 – Il picco prima del tramonto

### 5 – QSB negativo? Il qso QRPP con I2FAK

Amateur Radio Propagation Studies



www.qsl.net/ik3xtv  
ik3xtv@gmail.com

#### **Ringraziamenti:**

Un ringraziamento a Franco Giorgi, I2FAK per i dati che ci ha fornito oltre che per le prove di ascolto del suo segnale trasmesso via Luna che ci ha permesso di metterlo in relazione alle variazioni della ionosfera.

#### **Riferimenti:**

Giorgio Marchi, IK1UWL [marchi.g@libero.it](mailto:marchi.g@libero.it)  
Flavio Egano, IK3XTV [ik3xtv@gmail.com](mailto:ik3xtv@gmail.com)

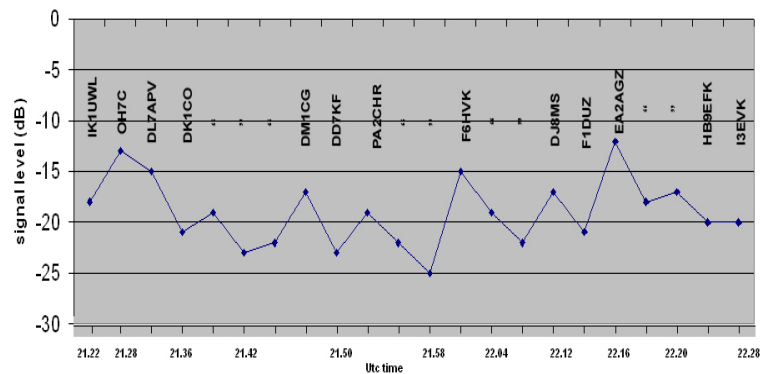
doc. n. 24.11. del 18 Maggio 2011

---

## 1 - INTRODUZIONE

Il presente studio nasce da un'idea di Giorgio, IK1UWL che nel corso della sua attività EME notava un significativo qsb sui segnali non direttamente collegabile al fenomeno della librazione lunare. Per alcuni mesi abbiamo collaborato assieme con una diretta osservazione sul campo, alternando prove di echi e monitoraggi di molte stazioni riportando poi su dei grafici quanto registrato per confrontarli successivamente con le variazioni ionosferiche. A questo lavoro sperimentale e' stata affiancata anche una notevole attività di ricerca e di studio di numerose pubblicazioni e enti di ricerca che riportiamo nel capitolo dedicato alle referenze di questo documento.

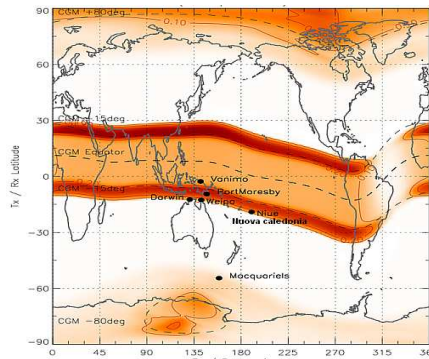
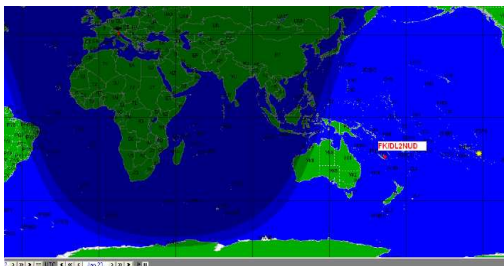
Quando c'è stata la spedizione in Nuova Caledonia, IK1UWL aveva una finestra di circa un'ora e aveva collegato la Nuova Caledonia al proprio moon rise. FK/DL2NUD arrivava molto forte per cui, dopo il qso, IK1UWL ha continuato a monitorare il segnale e, incuriosito dalle variazioni di livello, ha messo in grafico il livello delle OOO, che ha sempre decodificato.



Il QSB è stato di 13 dB, non provocato da Ground Gain, assente sul sito di IK1UWL e riteniamo anche da lui perché non ci sono stati i caratteristici nulli.

### 1.1 - La nostra ipotesi:

La Nuova Caledonia si trova vicino all'equatore geomagnetico che in quell'area declina molto verso sud e quindi e' nella fascia tropicale dove c'e' maggiore instabilità ionosferica. A quella data e ora era in pieno sole, quindi ionosfera densa e turbolenta.



E stata tirata in ballo la ionosfera, che, se anche non ci riflette, dobbiamo attraversare due volte, e che interagisce col nostro segnale. Passiamo quindi a studiarne le caratteristiche applicabili all'EME

## 2 - GLI EFFETTI DEL SOLE

### 2.1 - Vento Solare

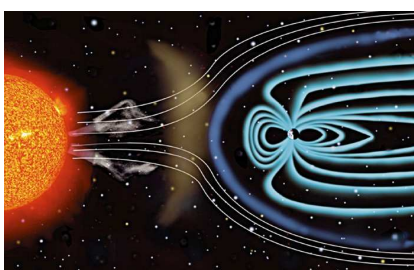
Il sole emette :

#### a- uno sciame di particelle

Lo sciame di particelle (vento solare) viene deviato dal campo magnetico terrestre.

#### b- radiazione ad amplissimo spettro.

Queste radiazioni UV estreme ed X, colpendo l'alta atmosfera, generano la Ionosfera.



Quando sul Sole si verificano fenomeni di forte attività, come i BRILLAMENTI (solar flares) e i CME (Coronal Mass Ejection), la quantità e l'energia di queste particelle è tale che il campo terrestre ne viene disturbato e distorto con importanti ripercussioni sulla ionosfera.

Gli effetti delle tempeste solari sulla ionosfera:

- SOLAR FLARES e CME

Emettono particelle cariche ad elevata velocità che in un paio di giorni raggiungono la superficie della Terra, causando forti perturbazioni ionosferiche.

- EVENTI PROTONICI

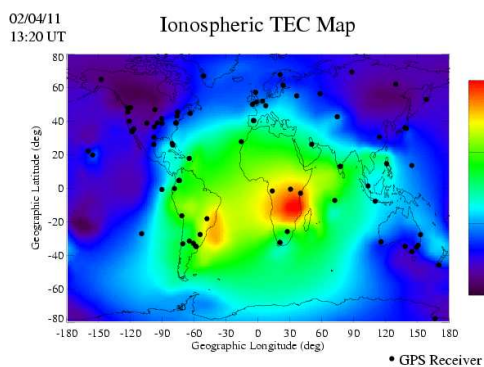
Protoni energetici possono raggiungere la Terra in 30 minuti dopo un forte brillamento. Alcune di queste particelle, penetrano negli strati superiori della nostra atmosfera producendo addizionale ionizzazione

## 2.2 - la Ionosfera

- La ionosfera è una regione dell'alta atmosfera dove è presente un plasma di elettroni liberi e di ioni, generato dalla radiazione ultravioletta estrema fino ai raggi X del Sole.
- La composizione del plasma varia con la quota, perché varia la composizione chimica dell'aria, in alto abbondano gli elementi più leggeri, quindi si formano vari strati.
- La densità del plasma varia con la data, con l'ora locale, e con l'entità dell'attività solare.
- La velocità di scissione in ioni ed elettroni è più alta della velocità di ricombinazione, quindi il plasma è presente anche nelle zone non illuminate dal sole.
- Il plasma è immerso nel campo magnetico terrestre, che ne influenza i movimenti.
- La ionosfera non è quasi-statica, ma è soggetta a notevoli turbolenze ed a venti.

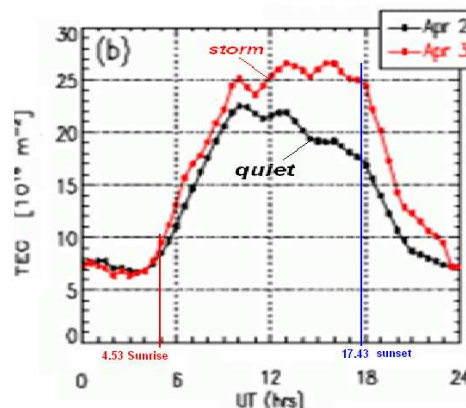
### 2.2.1 - TEC (Total Electron Content)

Il TEC (Total Electron Content, contenuto totale di elettroni) è il parametro chiave descrittivo della ionosfera terrestre. Rappresenta il numero totale di elettroni presenti lungo un cammino tra due punti, misurati in unità di elettroni per metro quadro, con 1 TEC unit (TECU) =  $10^{16}$  elettroni/m<sup>2</sup>. Il TEC è fondamentale per determinare la scintillazione ed il ritardo di gruppo di un'onda elettromagnetica attraverso un mezzo. Per la misurazione del TEC si utilizzano satelliti GPS sfruttando la tecnica di occultazione radio. Ha un andamento progressivo nel corso della giornata che grossomodo segue il movimento zenitale del sole, ma ci possono essere significative variazioni temporali/locali collegate a movimenti di natura ondosa nella ionosfera, turbolenze e variazioni locali del campo magnetico. Infatti i minimi e i massimi sono sfalsati. Il TEC risale prima dell'alba e scende prima del tramonto, con un ulteriore breve assottigliamento prima del tramonto. La causa è da imputare ai fortissimi venti ionosferici da Est verso ovest. Analizzando brevemente la curva, il modello diurno mostra un costante aumento che inizia un po' prima dell'alba, fino ad un massimo nel pomeriggio quindi inizia a cadere prima del tramonto per raggiungere un minimo giusto prima del sorgere del sole. Le variazioni possono essere divise in tre differenti fasi: la regione di incremento, la regione stabile diurna, la regione di decadimento. Si evidenzia anche una fase di temporaneo assottigliamento del TEC prima del tramonto di cui parleremo più avanti.



Fonte: <http://iono.jpl.nasa.gov/index.html>

TEC over North-Italy April 2-5, 2004  
45.0 N 10.0 E



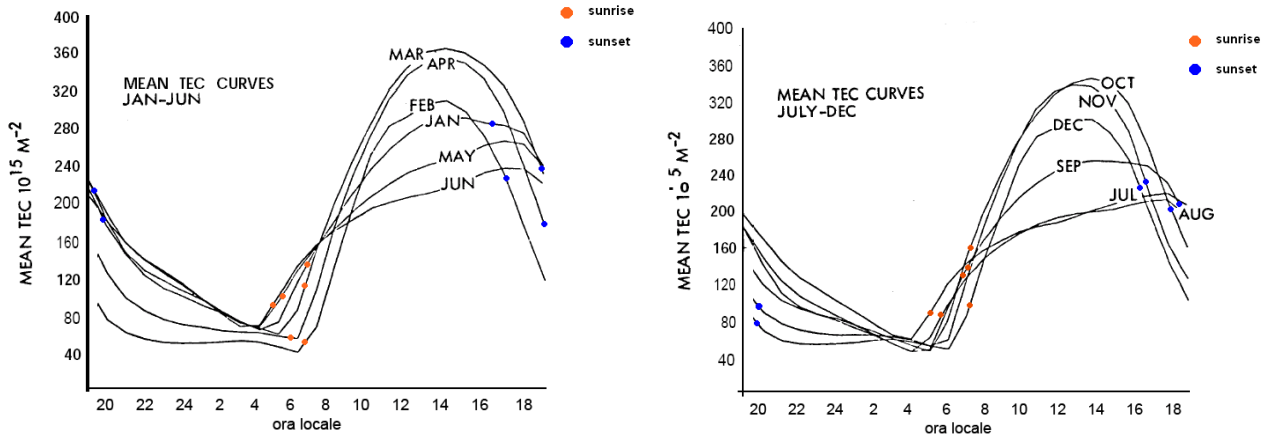
Esempio curva giornaliera del TEC registrata nel Nord Italia con ionosfera tranquilla e disturbata

### 2.2.2 - Pulsazione giornaliera del TEC

Di notte avviene la ricombinazione di ioni ed elettroni, con diminuzione del TEC. Di giorno predomina la scissione, con aumento del TEC.

Minimi e massimi sono però sfalsati. Il TEC risale prima dell'alba e scende prima del tramonto.

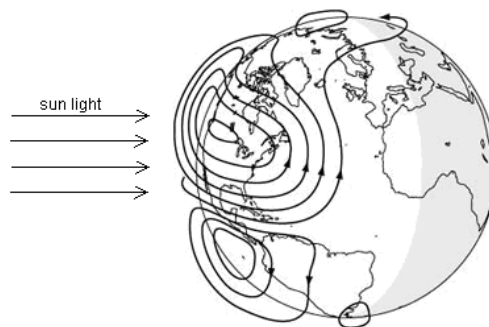
La causa? La ionosfera è sede di fortissimi venti da Est verso Ovest.



Variazioni quotidiane del TEC, valori medi mensili nel periodo 1967-1973, rilevati a Sagamore Hill, MA, da Hawkins and Klobuchar, 1974

### 2.2.3 - Il sistema delle correnti ionosferiche

La variazione diurna è generata da un sistema di correnti elettriche che fluiscono nella ionosfera ad una quota di circa 400 km. Queste correnti, presenti in quella parte della ionosfera illuminata dal Sole, formano due vortici distinti: uno in ciascun emisfero. Vista dal Sole la circolazione delle correnti nei due vortici avviene in versi opposti (verso antiorario nell'emisfero Nord ed orario in quello Sud). I centri di tali vortici si trovano alle latitudini di circa  $\pm 40^\circ$  e molto vicini al meridiano del Sole.



### 2.2.4 - Indici Ionosferici

Ci sono degli indici che permettono di osservare il comportamento della ionosfera con buona approssimazione. Vediamoli:

Indice planetario Kp

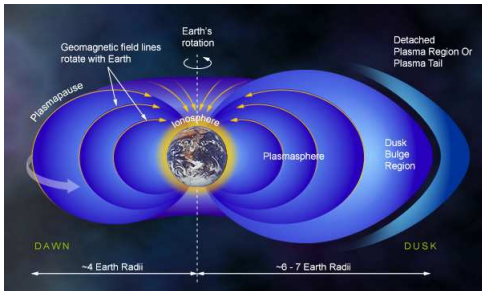
Un'indicazione del livello di disturbo geomagnetico su scala planetaria è fornito dall'indice Kp che è la media dei valori dell'indice K registrati presso 13 osservatori di riferimento. Questo indice viene utilizzato per una preliminare discriminazione dei giorni di quiete da quelli di disturbo.

#### Geomagnetic Indices & Conditions

	K Index	Geomagnetic Conditions	HF Noise	Aurora
NORMAL	0	Very Quiet	S1-S2	None
	1	Quiet	S1-S2	None
	2	Quiet	S1-S2	Very low
	3	Unsettled	S2-S3	Very low
	4	Active	S2-S3	Low
STORM	5	MINOR storm	S4-S6	High
	6	MAJOR storm	S6-S9	Very high
	7	SEVERE storm	S9+	Very high
	8	SEVERE STORM	Blackout	Extreme
	9	EXTREME storm	Blackout	Extreme

### 2.3 - Plasmasfera

Al di sopra della ionosfera, fino ad altezze da 3 a 6 raggi terrestri, si trova un plasma di ioni composto principalmente da ioni di Ossigeno e Idrogeno atomici, che si muove lungo le linee del campo magnetico terrestre. Ha densità dell'ordine di  $10^9$  elettroni/m<sup>3</sup>, quindi 100-1000 volte meno denso, ma 100 volte più profondo, quindi contribuisce sostanzialmente al TEC. Anche questa zona ha variazioni, venti e tempeste come la ionosfera inferiore.

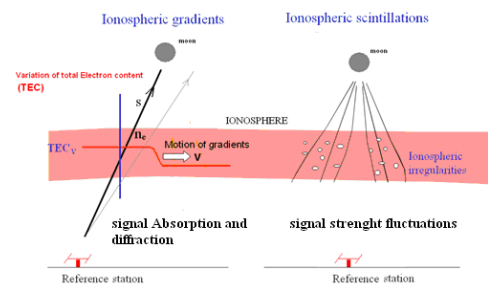
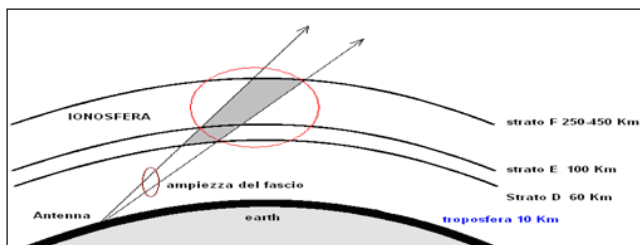


### 3 – INTERAZIONI CON UN'ONDA RADIO

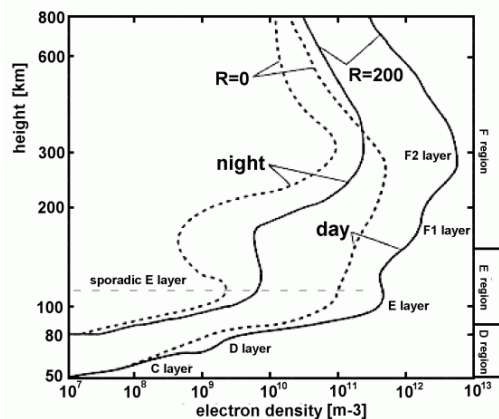
Elettroni e ioni reagiscono al campo elettromagnetico di un'onda radio assorbendo energia, che viene restituita, in buona parte, per re-irradiazione, e quindi la indeboliscono, la rallentano, e la deviano.

Gli effetti sul nostro segnale sono:

- 3.1 – Assorbimento
- 3.2 - Scintillazione
- 3.3 - Rotazione del piano di polarizzazione
- 3.4 – Depolarizzazione
- 3.5 - Deviazione



L'indagine non riguarda la librazione; effetto legato esclusivamente alle caratteristiche del suolo lunare illuminato ed al suo movimento relativo. A 144 MHz i suoi effetti sono secondari.

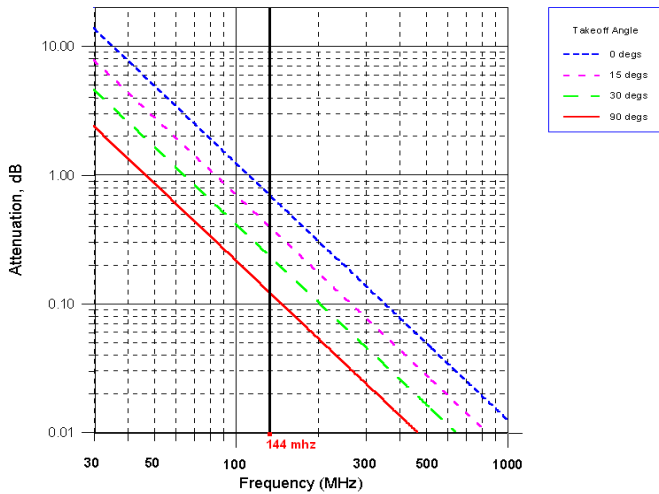


L'effetto maggiore l'hanno gli elettroni, quindi la loro densità (numero al m<sup>3</sup>) determina l'entità dell'effetto. Questa densità varia con la quota, perché la radiazione ultravioletta viene assorbita ad alte quote generando un plasma, vedi grafico di densità in funzione dell'altezza.

### 3.1 – Attenuazione ionosferica

L'attenuazione ionosferica è proporzionale alla lunghezza del percorso attraverso il plasma di elettroni, quindi dipende dalla densità del plasma, dall'angolo di incidenza  $E'$  inversamente proporzionale al quadrato della frequenza. L'attenuazione  $e'$  additiva e direttamente proporzionale allo spessore dello strato di plasma da attraversare. Il grafico in basso è riferito ad un'altezza della ionosfera di 100 km. Nella tabella a fianco sono riportati dei valori di attenuazione tipici nella ionosfera diurna per un singolo passaggio. A causa di variazioni della ionosfera (ora del giorno, attività solare, latitudine, turbolenze) nel caso peggiore questi valori possono incrementare notevolmente.

Ionospheric Absorption vs Frequency  
Typical daytime conditions

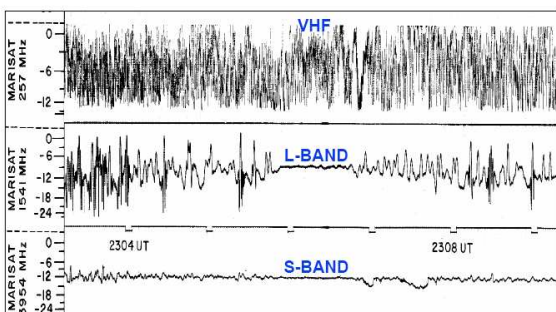
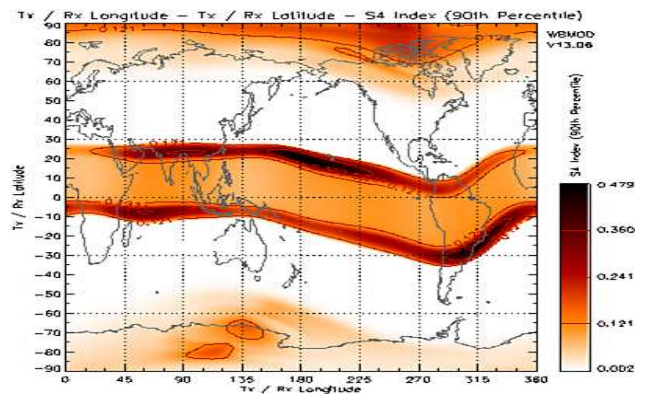
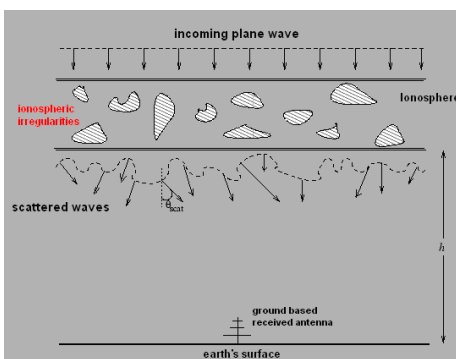


Condizioni diurne tipiche calme  
(Un attraversamento)

Angolo incidenza	Attenuazione (dB) per spessore (km)		
	100	300	500
0°	0,6	1,8	3,0
30°	0,2	0,6	1,0
60°	0,12	0,36	0,6

### 3.2 – Scintillazione ionosferica

Rapide fluttuazioni dell'indice di rifrazione ionosferico causano scintillazione sui segnali che attraversano la ionosfera. Si tratta di rapide variazioni in ampiezza e/o fase. Questo fenomeno  $e'$  noto e studiato da chi si occupa di sistemi di posizionamento GPS in quanto queste rapide fluttuazioni del segnale possono causare dei sensibili errori di posizionamento a terra (nei casi piu' estremi anche nell'ordine delle decine di metri). Questi effetti diminuiscono all'aumentare della frequenza. (Figura in basso come esempio). Le scintillazioni sono piu' marcate alle alte latitudini, nella fascia equatoriale e durante tempeste geomagnetiche.



In sintesi quindi abbiamo:

- delle variazioni “quasi periodiche” con periodo di min/decine di minuti che dovrebbero essere dovute principalmente a allo scorrere di masse di plasma, quindi con variazione lenta della densità della Ionosfera
- Variazioni molto rapide (qsb rapido) con un periodo di sec/decine di sec. dovute presumibilmente a forti turbolenze e scorrimento di bolle (per esempio il qsb rapido che si osserva spesso nel corso di una sequenza di trasmissione JT65, o addirittura su singoli caratteri Morse).

### 3.2.1 - Scintillation (approfondimento tecnico)

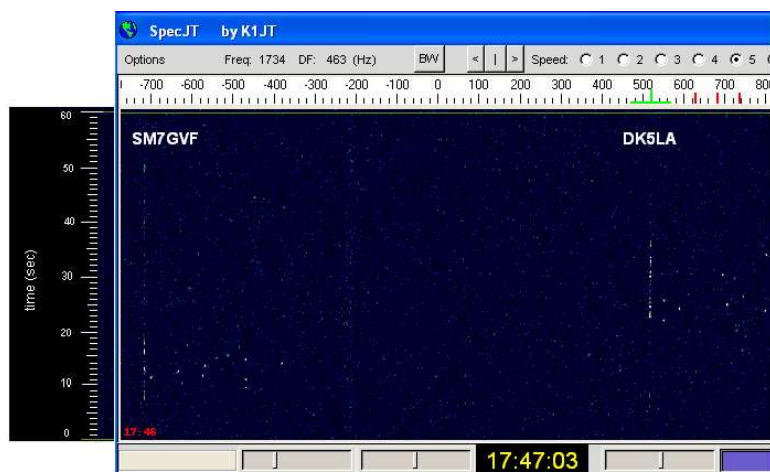
Il prof. Rumsey (University of California San Diego) ha avanzato una teoria che si applica bene a tutti i fenomeni fisici analoghi: tremolio delle stelle, scintillation di segnali propagati entro la ionosfera (flutter fading da percorsi polari) , tremolio di segnali radio che attraversano la ionosfera (satelliti) e' questo il caso che ci interessa.

Questa teoria spiega come la scintillation dipenda da una FLUTTUAZIONE SPAZIO-TEMPO dell'indice di rifrazione del medium posto fra la sorgente (Tx) e la parte ricevente (Rx).

I fattori caratteristici per qualsiasi forma di scintillation (la traduzione migliore in italiano credo possa essere “sfavillio”) da quello interplanetario a quello ionosferico, sono:

- La deviazione dell'indice di rifrazione dal suo valore medio: è sufficiente uno slittamento piccolissimo per produrre il fenomeno, specie quando si ha il cambiamento dell'indice di rifrazione nello spazio di una lunghezza d'onda

L'indice di rifrazione delle radio onde e' dipendente dalla densita' elettronica pero' questo parametro e' fortemente alterato dal campo magnetico



Il QSB rapido e' principalmente dovuto a scintillazione ionosferica. La ionosfera e' anche selettiva con disturbi diversi da zona a zona. (Vedi immagine in altro dove due segnali EME da stazioni diverse presentano caratteristiche di qsb molto diverso)

### 3.2.2 – Grey Line

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). In questa fase la ionosfera e' fortemente dinamica e subisce un drastico cambiamento di ionizzazione nel passaggio dal giorno alla notte. La densità degli elettroni nello strato E diminuisce di un fattore di 200 a 1 e di un fattore di circa 100 a 1 nello strato F. Dopo il tramonto, lo strato D scompare rapidamente. Il segnale che attraversa per qualche centinaio di chilometri questa porzione di ionosfera, può incontrare superfici oblique rispetto al suolo come anche vere e proprie superfici curve che danno effetti di focalizzazione e che possono creare attenuazione e/o variazioni di fase sui segnali in transito. Da numerosi test che abbiamo fatto, emerge che i segnali EME che attraversano questa zona della ionosfera in trasformazione, possono venire notevolmente influenzati, generando attenuazione e instabilità. (QSB lento e scintillazione).

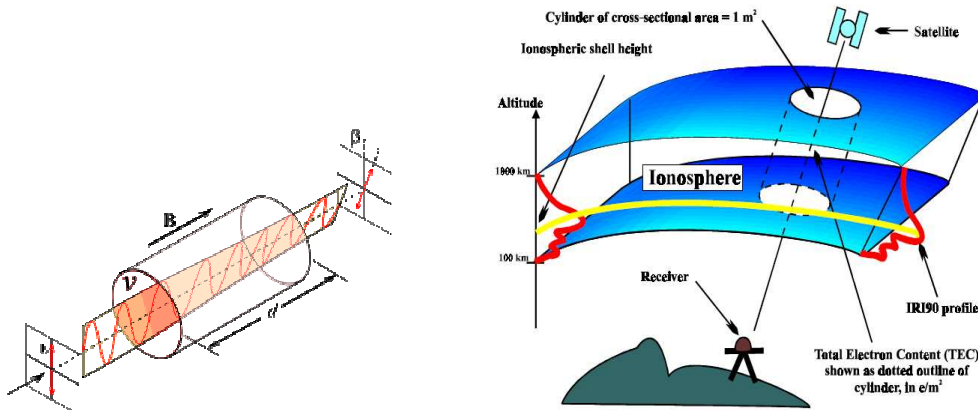
### 3.3 – Rotazione di Faraday

E' un effetto magneto-ottico, proporzionale all'intensità del campo magnetico B, ed all'indice di rifrazione del mezzo attraversato, che fa ruotare il piano di polarizzazione dell'onda, ed inversamente proporzionale al quadrato della frequenza, quindi importante soprattutto sulle bande basse EME (50 e 144).

$$b = k \cdot B \cdot N_e \cdot d / f^2$$

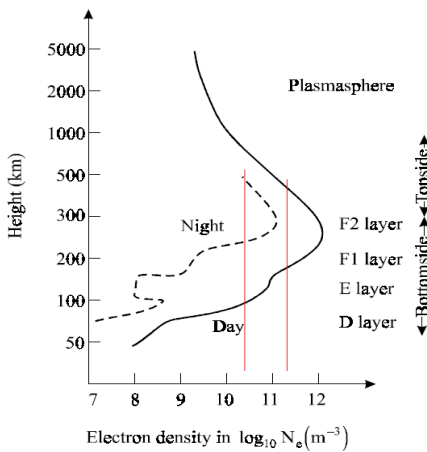
dove:

$N_e \cdot d$  (densità media della ionosfera \* suo spessore) è il TEC (Total Electron Content)



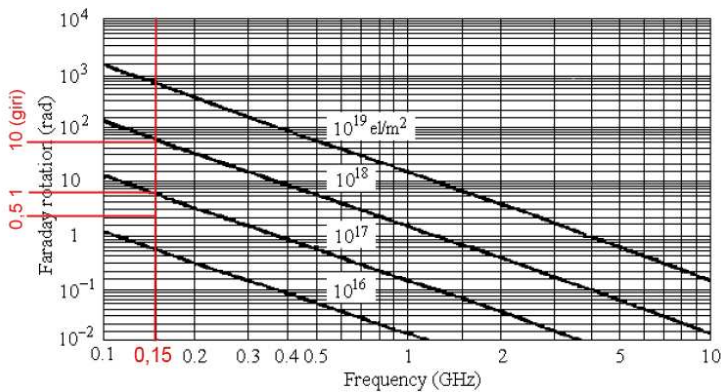
Si deve immaginare questo cilindro come un tubo di sezione unitaria ( $1 \text{ m}^2$ ) che rappresenta la nostra strada di attraversamento della ionosfera. L'espressione di cui sopra andrebbe scritta con il segno di integrale da 0 a  $d$ , dato che la ionosfera non è omogenea soprattutto con la quota.

In prima approssimazione possiamo fare l'ipotesi di campo magnetico omogeneo e densità omogenea, da cui, in condizioni di quiete, il TEC varia tra  $10^{17}$  e  $10^{18} \text{ m}^{-2}$ , con  $1 < \square < 10$  giri. In condizioni perturbate, con turbolenza, e nella Grey Line, si hanno variazioni rapide della rotazione, che contribuiscono alla scintillazione.



$N_e$  medio diurno  $3 \cdot 10^{11} \text{ m}^{-3}$   
 Spessore medio  $2 \cdot 300 \text{ km}$   
 $TEC = 6 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{11} = 1,8 \cdot 10^{18} \text{ m}^{-2}$

$N_e$  medio notturno  $3 \cdot 10^{10} \text{ m}^{-3}$   
 Spessore medio  $2 \cdot 250 \text{ km}$   
 $TEC = 5 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{10} = 1,5 \cdot 10^{17} \text{ m}^{-2}$



La rotazione del piano di polarizzazione è sempre presente.



### 3.4 – Depolarizzazione

Un'onda polarizzata linearmente è la sovrapposizione di due onde polarizzate circolarmente, una oraria e l'altra antioraria. La propagazione di queste due onde nella ionosfera non avviene in ugual modo lungo le linee di forza del campo magnetico; quindi, all'emersione dal plasma di elettroni, la ricombinazione delle due onde non è più un'onda polarizzata linearmente ma ellitticamente. Questo effetto è piccolo a 144 MHz, dove la componente ortogonale è circa 15 dB più bassa, ma assume importanza crescente al crescere della frequenza

### 3.5 - Rifrazione

La deviazione di un'onda che colpisce la ionosfera è una funzione della densità  $N$  di elettroni e della frequenza. Esiste una frequenza critica

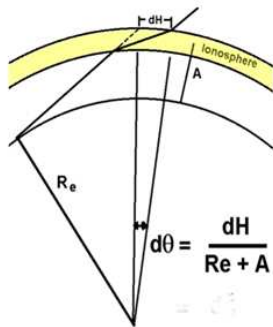
$$f_c \simeq 9\sqrt{N}$$

che divide il dominio delle frequenze in due parti:

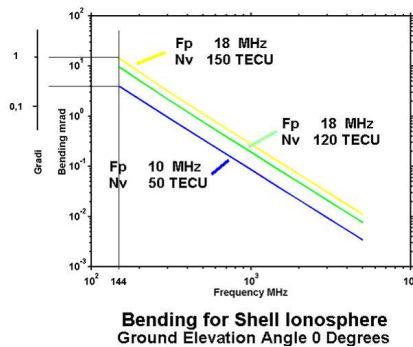
- per frequenze inferiori alla frequenza critica si ha incondizionata riflessione, qualunque sia l'angolo di incidenza.
- per frequenze superiori alla frequenza critica, la riflessione avviene solamente sotto un certo angolo di incidenza (che dipende dalla frequenza).

Per frequenze superiori a circa  $3,5 f_c$  non si ha mai riflessione totale.

Per una valutazione dell'entità della deviazione, ricorriamo ad alcune semplificazioni: consideriamo la ionosfera come un guscio curvo formato dallo strato F (il più denso).



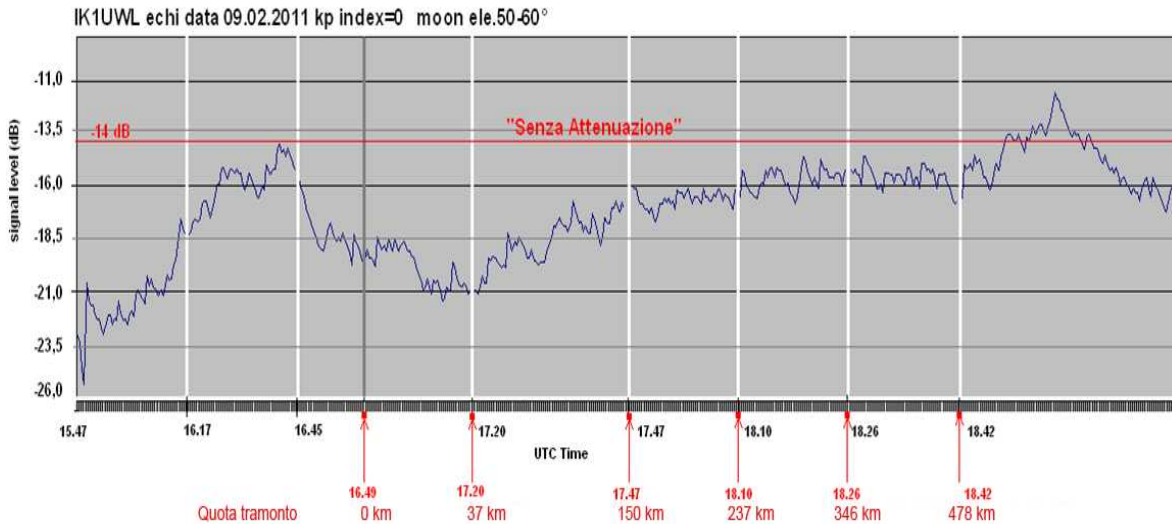
**Bending From Horizontal Displacement**



A seconda dell'ora e del ciclo solare questa densità varia, consideriamo tre valori corrispondenti a notte e giorno con sole al minimo e giorno con sole al massimo. A 144 MHz troviamo rispettivamente  $0^{\circ},25$ ,  $0^{\circ},6$  e  $1^{\circ}$ , abbastanza piccoli rispetto all'ampiezza del lobo delle nostre antenne, ma comunque un contributo. A frequenze superiori è sicuramente trascurabile.

## 4 - PROVE DI ECHI

Gli echi sono stati fatti da IK1UWL, trasmettendo con polarizzazione circolare e Rx in pol.H. Sono quindi esenti da effetti Faraday; la scintillazione presente è correlata ad altre cause, cioè assorbimento e diffrazione. Non viene fatta la media (WSJT, Modo Echo, Avg=0). In condizioni ideali, senza assorbimenti ionosferici e senza degradazione, con quelle antenne, figura di rumore e potenza, gli echi dovrebbe avere livello -10 dB. Questo livello viene riportato in ogni grafico a livello -10 + degr.

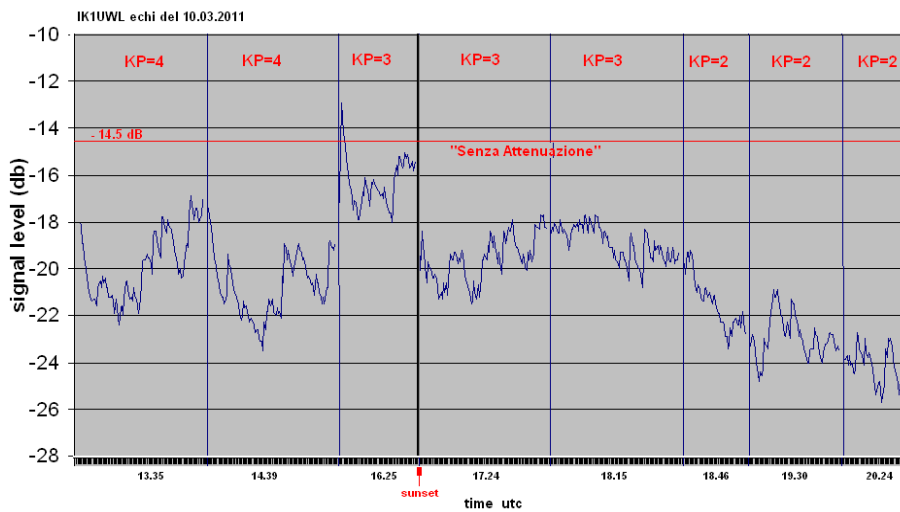


Questa sopra è una prova con Sole calmo ( $Kp=0$ ), che mostra l'andamento normale dell'andamento ionosferico.

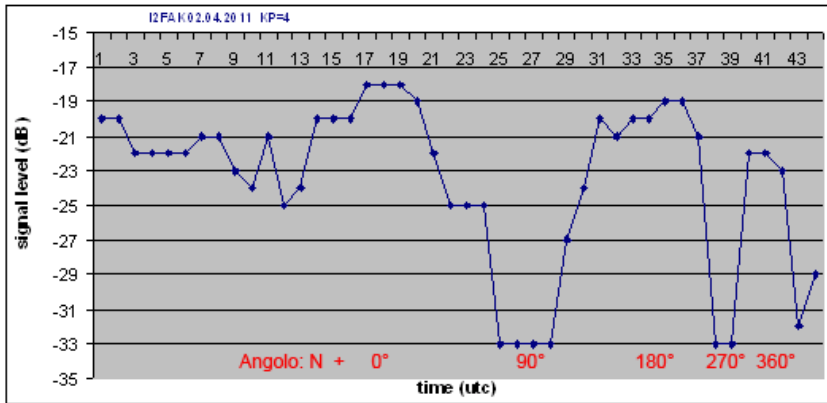
Prima del tramonto c'è l'attenuazione del TEC causa venti ionosferici che spostano verso ovest il plasma.

Dopo il tramonto c'è l'addensamento di cui sopra, con di nuovo attenuazione del segnale, che decresce nelle ore successivi, man mano che la ricombinazione rende meno denso il plasma.

La scintillazione di qualche dB è sempre presente, indice di turbolenza, e si nota un caso di focalizzazione che rende il segnale più forte del nominale.

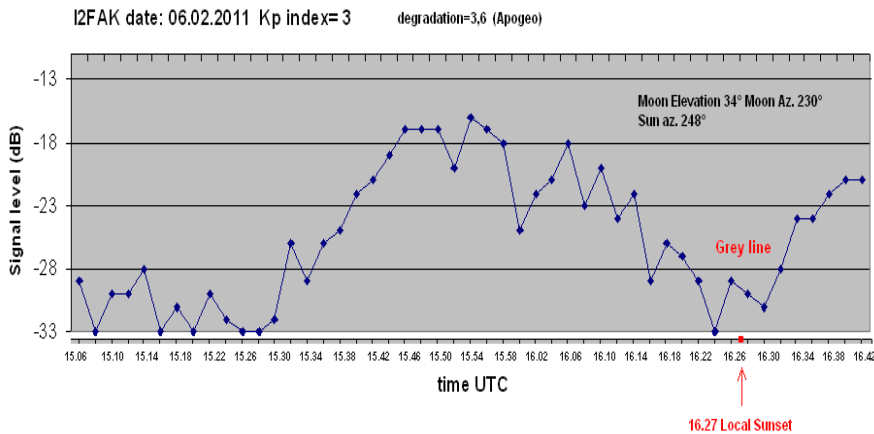


Questa sopra è una prova di echi in condizioni solari perturbate da una CME (Coronal Mass Ejection), la ionosfera non ha più l'andamento normale e l'attenuazione è molto più alta, si ripete solo il picco prima del tramonto, molto forte, segno di venti molto intensi. In tutte le prove si è sempre notato il picco nell'ora che precede il tramonto.



Rapide rotazioni di Faraday con ionosfera perturbata KP=4. Questo è il monitoraggio da parte di IK3XTV del segnale di I2FAK (punti distanti 2 minuti fra loro). Nel giro di 10 minuti il segnale ruotà di 90°, nei 10 minuti successivi altri 90° riportando il segnale a livello normale. L'andamento continua con la stessa velocità.

Malgrado l'assenza di scintillazione da Faraday, questa è sempre molto evidente, specie con campo geomagnetico perturbato.



In questo prova di ascolto con Kp=3, la scintillazione è ancora più evidente.

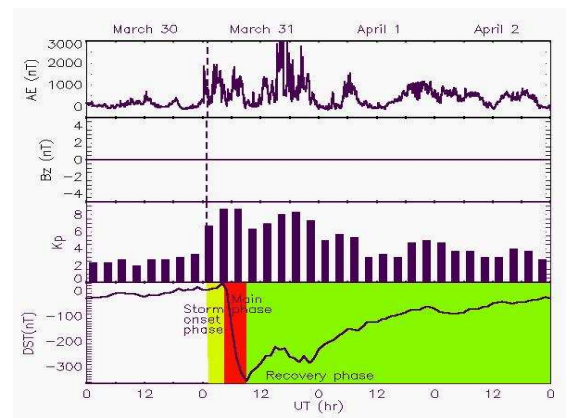
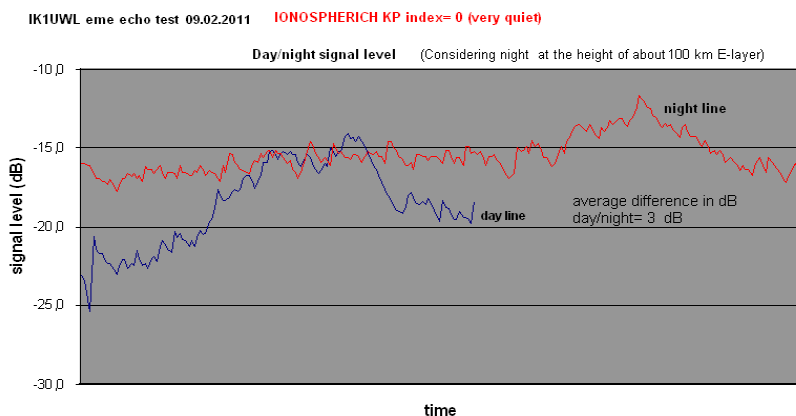
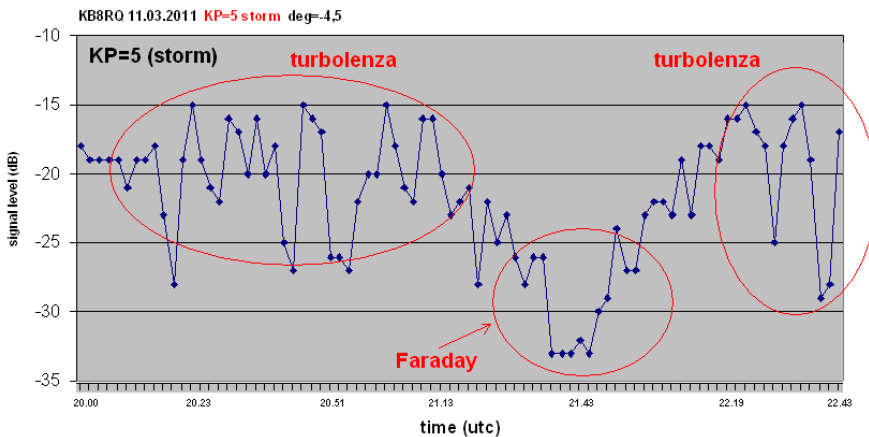


Diagramma in alto a sinistra : in situazione di ionosfera normale, non perturbata abbiamo rilevato con prove di eco una differenza di attenuazione tra giorno e notte. La ionosfera sembra presenti un effetto di isteresi nella fase successiva ad un forte evento solare in quanto le condizioni normali tendono a ripristinarsi lentamente. Questo tempo di ripristino non e' costante ma puo' variare da evento a evento, (Recovery phase vedi grafico in altro a destra) puo' variare da alcune ore a qualche giorno.

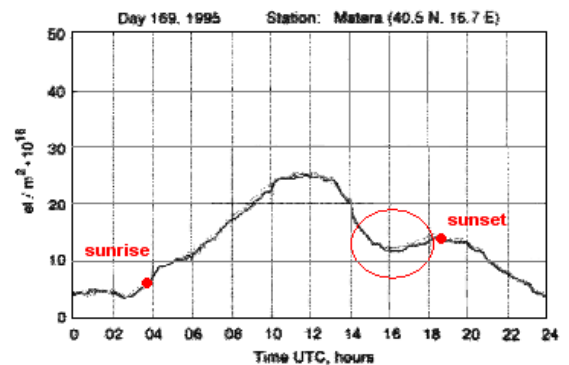
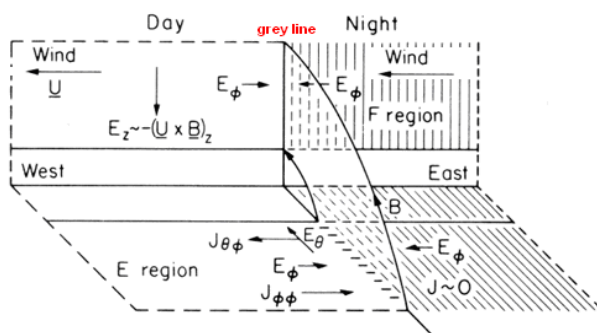
#### 4.1 - Ionosfera perturbata da CME

Un forte brillamento solare (X1.5 class ) avvenuto alle 23.23 del 9.03.2011 ha causato una intensa perturbazione ionosferica facendo salire l'indice KP fino a 5 . Nel grafico in basso si evidenzia un monitoraggio in corrispondenza di una ionosfera molto perturbata con forti turbolenze e variazioni rapide nell'ampiezza del segnale fino a 12 dB in un intervallo di pochi minuti. La registrazione e' avvenuta in ionosfera notturna sul lato IK3XTV e in pieno giorno sul settore nord Americano (KB8RQ)



#### 4.2 – Il picco prima del tramonto

L'abbiamo sempre trovato, la nostra spiegazione: i forti venti ionosferici spostano e "puliscono" momentaneamente la ionosfera creando una temporanea finestra sul TEC totale con il risultato di una minore attenuazione sui segnali trans-ionosferici. Nel diagramma in basso, dalla curva del TEC si nota che c'e' un avvallamento prima del tramonto che si collega con il picco che abbiamo sempre rilevato. Vedasi il grafico in basso a destra dove e' riportata una curva tipica del TEC rilevata dalla stazione ionosferica di Matera e evidenzia un avvallamento significativo del contenuto elettronico prima del tramonto. C'e' da dire che la curva del TEC viene plottata facendo una media dei valori rilevati e quindi e' possibile in alcuni momenti i valori rilevati siano anche notevolmente inferiori al valore medio.



#### 5 – QSB negativo?

##### Il qso QRPP con I2FAK

Di seguito un significativo qso EME con potenza in trasmissione di 2 watts con la stazione I2FAK.

Frequenza :144.125 Mhz

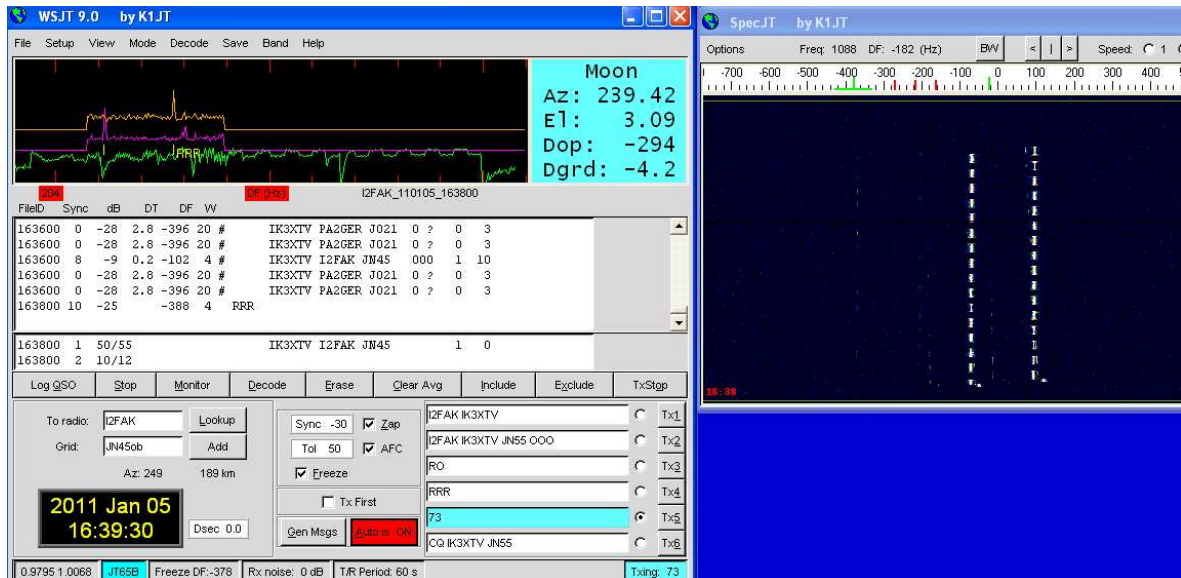
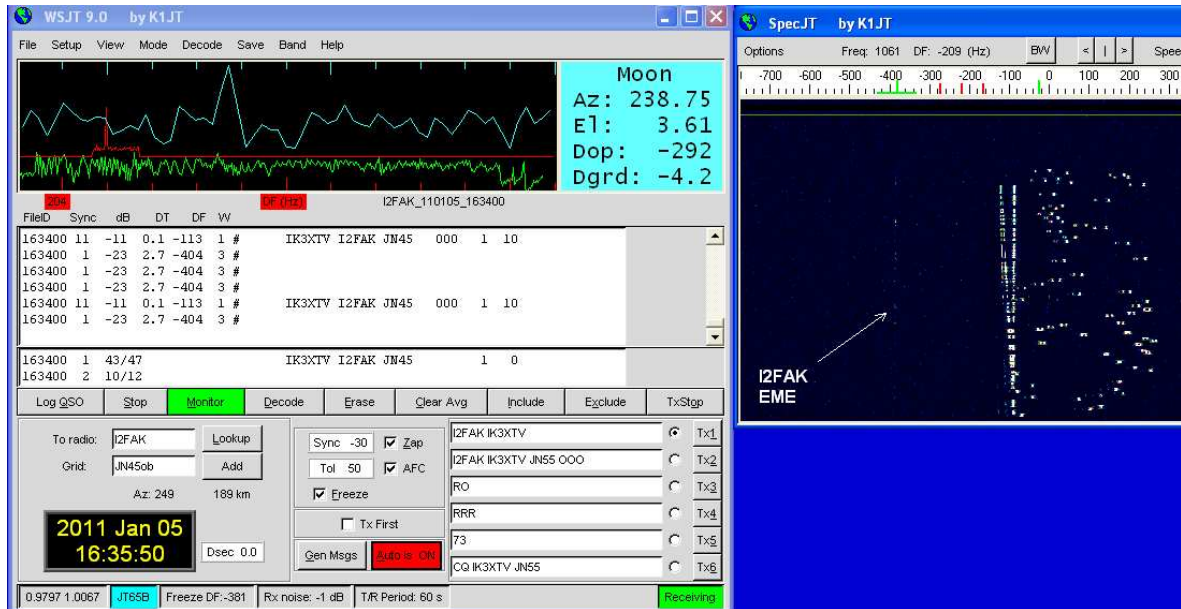
Data:05.01.2011 16.35 Utc

Kp index=0 quiet

Rx report: 163300 3 -28 2.5 105 0\* I2FAK IK3XTV 1 0

La sequenza:

ho chiamato a lungo I2FAK per 10, 15 minuti con TX1 togliendo il mio locatore pensando erroneamente di facilitare la decodifica. Poi alle 1634 ho ricevuto OOO da parte di FAK ma non riuscivo a decodificare la sua traccia luna (-23) solo quella tropo, allora ho provato ad aspettare la sequenza successiva per vedere di decodificare anche la traccia luna ma e' andata ancora peggio nel senso che il segnale e' calato a -28 (16.36) con una falsa decodifica, a quel punto allora al minuto 16.37 ho inviato il mio RO. Al minuto 16.38 I2FAK mi ha inviato RRR.



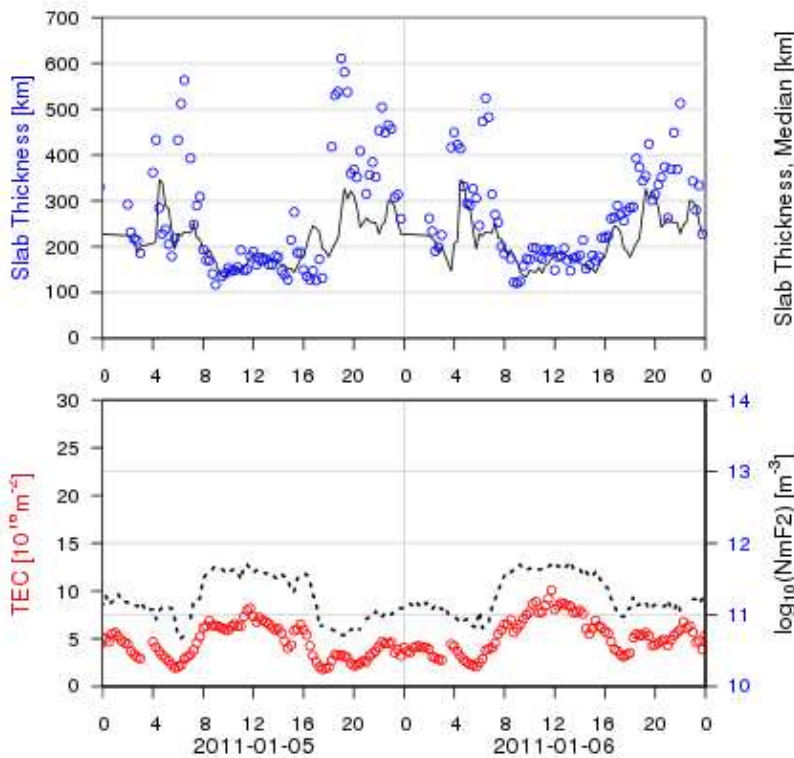
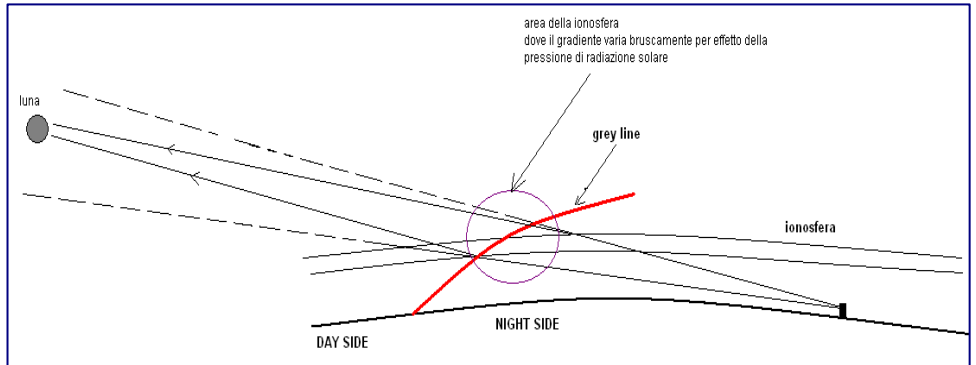
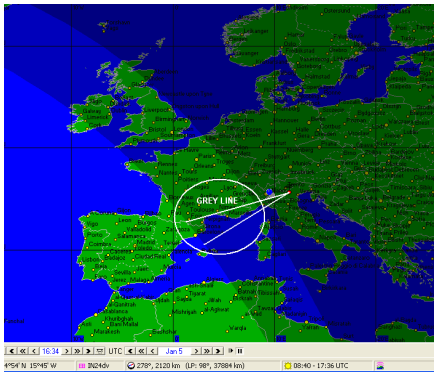
Considerazioni:

avevo contattato più volte I2FAK con 250 W, il suo miglior rapporto di ricezione era stato -21 dB. In questo caso lo avevo chiamato con 2 W, quindi 21 dB più basso. Però, in quella direzione della luna ed a quella elevazione, ho un ground gain di circa 4 dB. Quindi il mio segnale sarebbe dovuto arrivare con livello  $-21-21+4=-38$  dB. Visto il rapporto di -28 dB, qualcosa ha fatto migliorare il mio segnale di 10 dB.

**Una possibile ipotesi:**

**Ipotesi di Focalizzazione sulla grey line**

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). In questa fase la ionosfera è fortemente dinamica e subisce un drastico cambiamento di ionizzazione nel passaggio dal giorno alla notte. Il segnale che attraversa per qualche centinaio di chilometri questa porzione di ionosfera può incontrare formazioni lenticolari più dense che possono dare effetti di focalizzazione (abbiamo calcolato un probabile guadagno da focalizzazione che può essere anche maggiore di 10 dB). Da notare le difficoltà di decodificare il segnale eme in quanto molto più debole del solito. Una possibile spiegazione: il segnale di I2FAK era entrante nella ionosfera e forse distorto/attenuato da zone divergenti di queste formazioni che per il mio segnale in uscita fungevano da focalizzatore.



Grafici con lo spessore della ionosferia e curva del TEC del 5 gennaio -2011. Alle 16,39 abbiamo avuto la migliore condizione ionosferica con livello del TEC molto basso e minimo spessore della Ionosfera.

**Referenze**

- JPL Jet propulsion laboratori (NASA)
- IPS (Ionospheric Prediction Service) Australia
- INGV Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia Italia

Darrel Emerson National Radio Astronomy Observatory Campus Building 65 949 N. Cherry Avenue Tucson, AZ 85721)  
<http://science.nrao.edu/alma/index.shtml> (Fonte per assorbimento Ionosferico)

Wikipedia

National Institute of Information and Communications Technology (Giappone)

DLR Deutsches Zentrum fur Luft und Raumfahrt

Stanford University, Electrical Engineering (Stanford California)

Institut fur Geophysik und Meteorologie Universitat Graz

Ionospheric Bending of Radio Signals: A Rough Shell model approximation by James R. Clynch

LESIA, CNRS-Observatoire de Paris France

ESA European Space Agency (prediction of ionospheric scintillation)

Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

Dr. Keith Groves Monitoring Ionospheric Scintillation with GPS Space Weather Center of Excellence Air Force Research  
Laboratory Hanscom AFB, MA Colloquium

Yen-Hsyang Chu Institute of Space Science, National Central University, Taiwan R.O.C.