

Aggiornamento 0807-3 /LB

1. Un nuovo messaggio

La fine del 2006 ha portato con se una piacevole sorpresa. La stazione beacon, germanica: DK0WCY che trasmette sulle frequenze 10144 kHz (anche su 3575 kHz fra le 17.00 e le 0800 locali) alle ore h+00, h+20, h+30, h+40 in cw. Alle h+10 e h+50 in RTTY e da cui abbiamo sempre attinto i dati astrofisici ha sorprendentemente ampliato il proprio telegramma.

1.1 I nuovi dati

Il precedente telegramma comprendeva: il disturbo magnetico k a 3 ore di Kiel, il numero relativo di macchie solari R, il flusso solare, il disturbo magnetico giornaliero A di Boulder e Kiel e le previsioni dell'attività magnetica e solare.

Da fine 2006 trasmette anche le osservazioni di Rügen sul Baltico: la frequenza critica o limite foF2, ossia la frequenza massima del ritorno del segnale irradiato verticalmente dalla ionosonda. La MUF (frequenza massima utilizzabile) per un angolo di **radiazione** attorno a 5 gradi e il salto ionosferico. La MUF per un salto ionosferico di 1000 km. Il vento solare in km/sec. La densità di particelle cosmiche. La deviazione magnetica. La presenza di flares: c, m e x .

1.2 Un nuovo riferimento

Le nostre ricerche fino all'autunno 2006 si basavano sulla misura ponderata in Ravenna dei segnali di Bellinzona, Buchs (Zürich) e Ulm in punti della scala S: "Signalstrong" (standard S9, 100 µV su 75 ohm) da 1...9, convertiti in dBµp (dBµ ponderati), ridotti alla potenza di 10W per compensare ERP superiori che generano alla ricezione intensità di campo maggiori.

La formula di trasformazione dei punti S in dBµp è la seguente:

$$[U_{rx}] \text{ dB}\mu\text{p} = [(6S - 14) + [Sp] \text{ dB}] - 10\log(ERP/ERP_{ref})$$

$[U_{rx}] \text{ dB}\mu\text{p}$ = tensione ponderata in capo all'antenna

S = valore in S indicato dallo strumento del ricevitore

Sp = valore in dB dello strumento oltre S9,

ERP = Potenza effettiva irradiata dal trasmettitore

ERP_{ref} = Potenza effettiva irradiata di riferimento (10W, 50W, ecc)

L'unità dBµ: dB_{microvolt} è definita come venti volte il logaritmo del rapporto fra la tensione efficace hf misurata in microvolt in testa a un quadripolo dall'impedenza caratteristica di 75 ohm (linea bifilare o cavo coassiale) e la tensione di riferimento di 1µV:

$$[U_{out}] \text{ dB}\mu = 20 \log (U_{in}/ 1\mu\text{V}) \text{ su } Z = 75 \text{ ohm}$$

Questo metodo ha mostrato presto la corda. Se per un verso attenuazione e fase dei segnali lungo le tratte terra, ionosfera e ritorno sono in genere definite. Molto meno lo sono quelle di un segnale rifratto in una ionosfera dalla densità elettronica instabile e statisticamente ripartita. In altre parole una ionosfera in cui la densità elettronica sotto la spinta dell'instabilità cosmica può variare imprevedibilmente in ogni punto e in ogni momento. Che ha infranto il sogno degli astrofisici di ottenere una formula matematica tuttofare per il calcolo della foF2 obbligandoli a appoggiarsi alla statistica matematica con cui calcolare: indici, mediane e andamenti, dalle banche dati della densità elettronica misurata dai satelliti e dalle ionosonde.

Stante queste premesse si conclude:

- a) Misure di segnale aperiodiche in testa alla stessa tratta o misure periodiche in testa a tratte differenti o tutte e due, sono fra loro incomparabili e da evitare
- b) Misure di segnale sono comparabili se periodiche e lungo la stessa tratta

In altre parole, si decise di limitare le osservazioni al solo collegamento giornaliero delle ore 09.00 locali sulla frequenza di 7033 kHz con la stazione **DK1NL** sita nelle vicinanze di Ulm, ridotto a 50W.

Perché alle ore 09.00 locali e non in altri orari? Fatto salvo che la rionizzazione degli strati, quindi l'incremento di foF2 dai minimi notturni 3...3,5 MHz inizia con levata del sole, l'esperienza ha dimostrato:

1. ci sono buone probabilità invernali e estive che alle 09,00 locali foF2 raggiunga o superi la soglia empirica di 4,2 MHz e che l'attenuazione dello strato D, in lenta formazione, sia tale da non influenzare la misura. Ad esempio nel periodo 14.07.2006...13.10.2007 con una R sovente zero e una A alta, su un totale di 99 giorni, tale probabilità è stata del 67%
2. ci sono buone probabilità invernali e estive che lo sviluppo della ionosfera verso il basso, alle 09,00 locali raggiunga la quota di circa 170 km necessaria per raggiungere Ulm.
3. ci sono buone probabilità che alle ore 09,00 locali il segnale ricevuto sia forte, come dimostra il valore della **mediana** del segnale (non media!): S8 pari a 34 dB μ , calcolata sui citati 99 collegamenti. Che conferma la mediana teorica prevista: S8,1 pari a 34,4 dB μ .

In fine sarebbe disonesto, anche se poco influente sui risultati, tacere che le antenne filari utilizzate hanno lobi di radiazione verticale piuttosto ampi. Che convogliano sull'antenna non uno, ma più segnali. Che sommati, se in fase, incrementano il segnale massimo incidente.

L'utilizzo dell'intensità del segnale nella ricerca è piuttosto inusuale essendo essa influenzata dal livello tecnologico e dall'usura del terminale di ricezione. D'altro canto c'era il forte desiderio di capire questo fenomeno astrofisico, tanto bistrattato nel mondo amatoriale. In assenza di fonti alternative. Considerato che:

- a) foF2 è proporzionale alla radice quadrata della densità elettronica ionosferica
- b) l'attenuazione lungo le tratte d'accesso e uscita dalla ionosfera (salvo entro la zona di campo circostante l'antenna) è proporzionale alla distanza
- c) la costante di trasmissione entro la ionosfera è **ben poco costante** e tende a plasmare modulo e fase del segnale che all'uscita rispecchia le instabilità interne

si fece di necessità virtù fino all'autunno del 2006, quando iniziò il nuovo telegramma della DK0WCY che offriva su un piatto d'argento i fenomeni essenziali per lo studio della ionosfera.

Il gioco sembrava fatto. Salvo ricordarsi che Rügen si trova sul Baltico. Che la calotta ionosferica interessata si estende dal meridione della Germania (Ulm), circa 800 km a sud di Rügen, verso Ravenna. Che il sole sorge prima alle alte latitudini che non alle basse come è il caso della pianura padana, sopra la quale il segnale di Ulm viene rifratto. Ne consegue che i dati di Rügen possono essere utilizzati, ma in modo critico e con molta prudenza.

2. Un nuovo indirizzo

La nuova avventura inizia con la fine dell'illusione che l'analisi matematica ci aiutasse a trovare una relazione, un'equazione, una formula, un ... qualche cosa che risolvesse i nostri ... "guai astrofisici". E la decisione di provare a risolverli con la statistica inferenziale. Ossia lo studio del fenomeno collettivo, fatto osservando una sua parte: **un campione**. Nel nostro caso la registrazione giornaliera dei fenomeni.

Come primo passo abbiamo voluto verificare empiricamente la dipendenza del segnale U_{in} in Ravenna dalla foF2 (e MUF), calcolando la correlazione lineare fra le due distribuzioni statistiche delle ore 09,00 locali del campione di 99 giorni, ottenendo un fattore di correlazione: **$r = 0,39$** . Fra le due distribuzioni esiste un'interdipendenza limitata e i dati si raggruppano in **due separate dispersioni**, come da Fig 1.

Si analizzino questi risultati:

- a) la correlazione 0,39 conferma l'assioma della frequenza critica, che nega l'esistenza di una proporzionalità fra intensità di segnale e foF2.

Si supponga che per raggiungere per via ionosferica una certa distanza sia necessario multi-rifrangere il segnale con un certo rapporto degli gli indici di rifrazione: **(n_1/n_2)**. Si supponga altresì che tale rapporto sia costante lungo tutta la tratta ionosferica. Si conclude che deve esistere un foF2 minima per cui il segnale viene ricevuto alla distanza richiesta con il massimo concesso dall'attenuazione di tratta.

In altre parole questo assioma dice: "O la foF2 è quella necessaria. Allora i segnali arrivano con il massimo possibile concesso dall'attenuazione di tratta. Oppure è inferiore e allora i segnali non arrivano".

Questo fenomeno è dimostrato praticamente dal fatto che con foF2 < 4,2 MHz, nel 23% dei casi, i segnali di Ravenna alle 09,00 locali venivano ricevuti in Soltau da DK2NV e in Niernburg da DE1BKN, al nord della Germania, ma non in Ulm. Salvo nell'arco di mezz'ora sovente ribaltare la situazione in modo tale da ricevere segnali di 40 dB μ e oltre

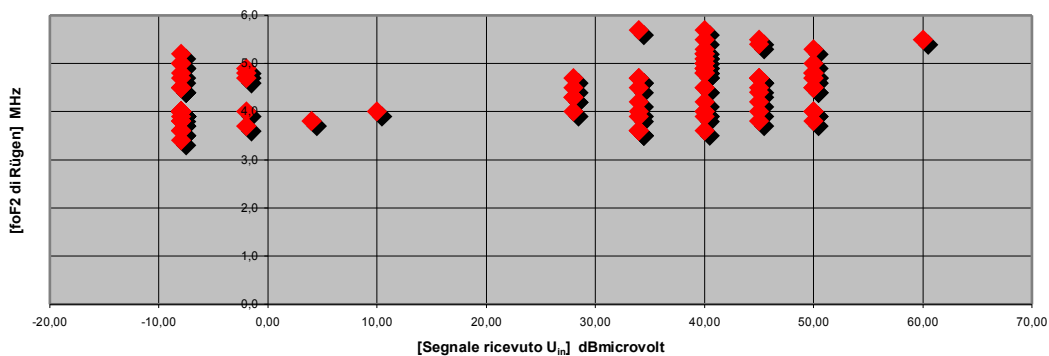
b) Si consideri l'insieme disperso destro della Fig 1. L'esistenza di un intervallo del segnale: 27...50 dBμ, senza negare l'assioma della frequenza critica, mostra **in pratica** l'esistenza di una limitata proporzionalità fra segnale e frequenza critica tale da permettere il calcolo di una mediana (non media) del segnale. Fenomeno imputabile alla ripartizione incostante della densità elettronica ionosferica e di conseguenza a un rapporto incostante fra gli indici di rifrazione

c) Si consideri l'insieme dei punti sul lato destro del grafico, attorno all'ordinata foF2, nell'intervallo dell'ascissa U_{in}: -10 dBμ ...10 dBμ. Si vede che anche con foF2 ≥ 4,2 MHz il collegamento con Ulm fù impossibile.

Si consideri ora l'insieme destro del grafico nell'intervallo: 27...50 dBμ. Si vede che anche con foF2 ≤ 4,2 MHz il collegamento con Ulm fù possibile.

Constatazioni che sembrerebbero invalidare l'assioma della frequenza critica, se si dimentica che la pianura padana è ben più a sud (stesso tempo, altro spazio). Che quindi su di essa alle 09,00 locali la densità elettronica e la foF2 potevano essere tranquillamente inferiori rispettivamente superiori a Rügen.

foF2 di Rügen, dispersa, in funzione dell'intensità di segnale U_{in} della stazione DK1NL misurata in Ravenna alle 09,00 locali



◆ Fig 1

Nell'ambito del fenomeno della dispersione il fatto di non irradiare sotto un unico angolo di radiazione Δ, ma entro lobi di radiazione giuoca un ruolo importante. Purtroppo la sua complessità travalica i limiti e gli obiettivi di questo articolo. Sarà probabilmente oggetto di un altro testo.

2. 1 Evento e probabilità condizionata

Visto l'impossibilità di determinare la foF2 in un dato luogo e tempo con una: "Ricetta di cucina" non resta che ripiegare sulla probabilità che si realizzi un evento: E, in un ambito di causa-effetto, con l'ausilio del teorema di Bayes, che recita:

"Se ci sono più cause che possono produrre lo stesso effetto, la probabilità che l'effetto osservato sperimentalmente derivi da una delle cause è proporzionale alla probabilità di tale cause per la probabilità che essa produca l'effetto"

$$P(\text{Causa}_i | \text{Evento}) \sim P(\text{Evento} | \text{Causa}_i) * P_o(\text{Causa}_i)$$

È bene chiarire fin dall'inizio che tutta la fisica si attiene rigidamente al principio filosofico di causalità: **"Ogni effetto ha una causa"**, escludendo a priori l'azzardo e lo ... "stellone"!

Si applichi ora il teorema di Bayes al nostro caso prendendo come campione i 99 giorni d'osservazione del periodo 14.07.2006...13.10.2007 e utilizzando i parametri: k >3, R < 30 e presenza generica di flares.

2.2 Plausibilità di foF2 > 4,2 MHz alle 09h00 di un giorno qualunque

a) Obiettivo della ricerca

Visto il disturbo magneto-solare della ionosfera su un determinato campione di giorni. Considerato tale fenomeno causa della variazione della frequenza limite foF2. Si calcoli la plausibilità che in un giorno qualunque foF2 > 4,2 MHz sia tale, perché tale è il disturbo o la sua assenza.

In parole più semplici, quanto è la probabilità che il fatto di trovare un giorno qualunque con foF2 > 4,2 MHz sia da ascrivere a un certo genere di disturbo o non disturbo

b) Definizione del campione:

La popolazione utilizzata è composta dalle ultime 99 osservazioni delle ore 09,00 locali in Ravenna, della DK1NL di Ulm: dal 14.07.2006 al 13.10.2007. Scelta motivata sia dalla persistenza del minimo del ciclo solare: sole tranquillo. Sia dai nuovi dati di Rügen.

c) Soluzione

Dalla indagine statistica si deduce che fra i giorni considerati:

- 09% sono disturbati da: $k > 3$
- 13% sono disturbati da flares
- 32% sono disturbati da $R < 30$:
- 04% sono disturbati da $k > 3$ e flares, combinati
- 13% sono disturbati da $k > 3$ e $R < 30$, combinati
- 03% sono disturbati da flares e $R < 30$, combinati
- 02% sono disturbati da $k > 3$, flares e $R < 30$, combinati
- 23% rimanenti non sono disturbati

di cui i giorni che hanno una foF2 < 4,2 MHz costituiscono il:

- 44% di quelli che hanno $k > 3$
- 08% di quelli che hanno flares
- 47% di quelli che hanno $R < 30$
- 50% di quelli che hanno $k > 3$ e flares combinati
- 62% di quelli che hanno $k > 3$ e $R < 30$ combinati
- 100% di quelli che hanno $k > 3$, flares e $R < 30$ combinati
- 22% di quelli che non disturbati

Da questi dati si può dedurre che è molto plausibile che i giorni con foF2 > 4,2 MHz alle 09,00 locali siano fra quelli disturbati da flares

Si indichino qualitativamente i giorni disturbati da un genere specifico e non con:

- G_k = (disturbati da: $k > 3$)
- G_{fr} = (disturbati da flares)
- G_R = (disturbati da $R < 30$)
- $G_{k,fr}$ = (disturbati da $k > 3$ e flares, combinati)
- $G_{k,R}$ = (disturbati da $k > 3$ e $R < 30$, combinati)
- $G_{fr,R}$ = (disturbati da flares e $R < 30$, combinati)
- $G_{k,fr,R}$ = (disturbati da $k > 3$, flares e $R < 30$, combinati)
- G_n = (rimanenti giorni non sono disturbati)

□ Calcolo della probabilità a priori (probabilità delle cause):

- $P(G_k)$ = 09%
- $P(G_{fr})$ = 13%
- $P(G_R)$ = 32%
- $P(G_{k,fr})$ = 04%
- $P(G_{k,R})$ = 13%
- $P(G_{fr,R})$ = 03%
- $P(G_{k,fr,R})$ = 02%
- $P(G_n)$ = 23%

□ Evento E:

$E = \{ \text{alle ore 09,00 locali di un giorno scelto a caso c'è una foF2} > 4,2 \text{ MHz} \}$

□ **Calcolo della probabilità a posteriori**

La probabilità a posteriori $P(E | H)$ ossia la probabilità che l'evento E atteso sia vero se la o le ipotesi H (o premesse) sono vere, in questo caso si inverte per il fatto che l'evento E foF2 >4,2 MHz si inverte rispetto all'effetto che considera i: giorni con foF2 < 4,5 MHz . La probabilità $P(E | G_i)$ è quindi uguale alla probabilità inversa o antiprobabilità di $P(G_{ni})$:

$$P(E | G_i) = [100\% - P(G_{ni})].$$

$P(E G_k)$	= 56%
$P(E G_{fr})$	= 92%
$P(E G_R)$	= 53%
$P(E G_{k,fr})$	= 50%
$P(E G_{k,R})$	= 38%
$P(E G_{fr,R})$	= 0%
$P(E G_{k,fr,R})$	= 50%
$P(E G_n)$	= 78%

□ **Calcolo della plausibilità o verosomiglianza**

Bayes capovolge la situazione. Se la probabilità a posteriori dell'evento, era determinata prima dell'esperimento sulla base d'ipotesi, Bayes dal risultato dell'esperimento risale alla plausibilità o verosomiglianza $P(H | E)$ che esso sia veramente imputabile ad una certa causa. Nel nostro caso $P(G_i | E)$

$$P(G_i | E) = [P(G_i) P(E | G_i)] / [\sum_1^k P(G_j) P(E | G_j)]$$

Per avere una migliore visione delle plausibilità delle **ore 09,00 locali** di un giorno qualunque i risultati sono stati tabellati in modo generale e dettagliato:

Plausibilità o verosomiglianza alle ore 09,00 locali

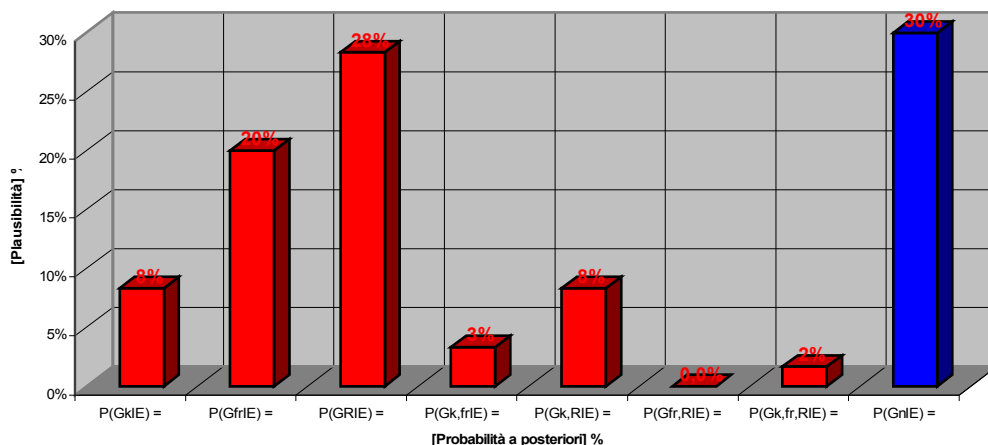
Tabella 1:

che un giorno con foF2 > 4,2 MHz sia un giorno non disturbato	30%
che un giorno con foF2 > 4,2 MHz sia un giorno disturbato	70%

Tabella 2:

che un giorno con foF2 > 4,2 MHz sia fra quelli con $k > 3$	8,3%
che un giorno con foF2 > 4,2 MHz sia fra quelli con flares	20%
che un giorno con foF2 > 4,2 MHz sia fra quelli con $R < 30$	28,3%
che un giorno con foF2 > 4,2 MHz sia fra quelli con $k < 3$ e flares	3,3%
che un giorno con foF2 > 4,2 MHz sia fra quelli con $k < 3$ e $R < 30$	8,3%
che un giorno con foF2 > 4,2 MHz sia fra quelli con flares e $R < 30$	0%
che un giorno con foF2 > 4,2 MHz sia fra quelli con $k > 3$, flares e $R < 30$	1,7%

Fig 2 Plausibilità che alle 09,00 locali di un giorno qualunque con foF2 >4,2 MHz sia disturbato da $k > 3$ o $R < 30$ o dalla presenza generica di flares o dalle loro combinazioni. Oppure durante un giorno senza disturbi



□ Discussione del risultato

a) I dati della tabella 1 in prima lettura sembrano essere sconcertanti: un giorno alle 09,00 locali con foF2 > 4,2 MHz ha un 30% di plausibilità (probabilità) di trovarsi fra quelli magneticamente e solarmente tranquilli contro un 70% di essere fra i disturbati. Che sembra cozzare contro l'assioma: "I collegamenti sono particolarmente facili nei periodi magneticamente e solarmente tranquilli".

Prima di stracciarsi le vesti è bene ricordare che i giorni tranquilli di questo periodo sono solo 23 su 99, pari al 23%. Che da anni osserviamo un fenomeno a cui non siamo ancora riusciti a dare una spiegazione. Perché delle volte al termine di un evento magnetico o solare o combinato foF2 (ma ancor peggio il segnale) non risale.

Per quanto riguarda la plausibilità del 70% in giorni disturbati, significa una buona garanzia di collegamento con DK1NL alle 09,00 locali. Anche se in periodo disturbato. Come del resto dimostra l'esperienza

b) La tabella 2 presenta i dettagli della plausibilità rispetto ai singoli generi di disturbo. In particolare con il 28% di P(G_R|E) si riconferma la dipendenza di foF2, già dimostrata in altro modo, dal numero relativo di macchie solari (R) e con il 20% di P(G_f|E) l'influsso dei flares. Fenomeni che assieme alla P(G_k,G_R|E) del 8,3%, la combinazione del disturbo magnetico k con il numero delle macchie solari R, dimostrano di essere le componenti principali che influenzano la formazione della densità elettronica adeguata al collegamento e della sua stabilità.

3. Conclusioni

L'analisi statistica ha dimostrato la sua validità. La presenza dei flares, ma soprattutto il basso numero relativo di macchie solari, tipico fenomeno dei minimi del ciclo solare sono i principali responsabili delle difficoltà di collegamento sulla media distanza alle 09,00 locali. Anche il disturbo magnetico a tre ore, solo o combinato con il basso numero relativo di macchie solari, sebbene in modo minore del previsto: 8%, da il suo contributo. Può stupire la percentuale nulla della combinazione macchie solari e flares. Il fatto è che durante tutto questo periodo di sole tranquillo si sono avuti pochi flares e quei pochi non coincidevano con le macchie solari.

Cosa ci si può attendere? Già negli ultimi giorni si registrava un risveglio, per il resto atteso, dell'attività solare. Un aumento del numero relativo di macchie solari, dei valori massimi di foF2 e un miglioramento della stabilità dei segnali. A ragion del vero bisogna tenere conto che andiamo verso un raffreddamento dell'aria. Quindi verso un aumento della densità dell'aria delle fasce ionosferiche e di verso della densità elettronica.

Sarà interessante, se ci saremo ancora, rifare la stessa statistica fra 6...7 anni in periodo di massima del ciclo solare e confrontare i risultati