

# RADIOONDE

Bollettino aperiodico del Gruppo Radio Pavese - N. 7, giugno 97

Fotocopiato in proprio, distribuito gratuitamente, è gradita la collaborazione dei lettori - Il N. 6 è stato inviato a 49 lettori

Redazione: Ezio Mognaschi, v.le Gorizia, 63 - 27100 Pavia, tel. 0382 539522, posta elettronica [mognaschi@pavia.infn.it](mailto:mognaschi@pavia.infn.it)

Hanno collaborato a questo numero: S. Bernocco, R. Canobbio, L. Cobisi, M. Ibridi, E. Mognaschi, R. Romero

**Sommario:** Notizie. Cinque anni di attività in VLF, p. 1; Primavera '97 in VLF, risultati e commenti, p. 3; Novità e progetti VLF/ELF, La stazione di tempo BPM, p. 4; Radiosegnali naturali in banda VLF (parte II), p. 5-6.

**Notizie:** \* **Incontri del Gruppo Radio Pavese a Brallo di Pregola (PV) dal 9 al 17 agosto '97** - Il GRP organizza anche quest'anno il consueto campo estivo ed offre la possibilità, a chi è interessato, di incontrarsi, discutere, scambiare informazioni e notizie e sperimentare ricevitori ed antenne. Come negli anni scorsi si farà attività di ricezione, confronto tra diversi ricevitori: nel campo VLF, approfondimento delle conoscenze teoriche e sperimentali sui segnali radio naturali. La disponibilità è di 5 posti letto nel Centro Estivo dell'Università di Pavia che ci ospiterà ed è **nulla**, in agosto, nei paesi vicini. Pertanto: **1)** chi fosse interessato a partecipare ed intendesse **usufruire di un posto letto** è invitato a prenotare il soggiorno telefonando alla redazione e specificando il periodo di cui intende fruire. I posti saranno assegnati sulla base della priorità della richiesta; **2)** chi volesse partecipare per uno o più giorni **senza usufruire di posto letto** è pregato comunque di comunicare le proprie intenzioni alla redazione prima della fine di luglio. Durante il periodo degli incontri è possibile comunicare con il Centro Estivo dell'Università di Pavia (tel. 0383 500517). A tutti i partecipanti è chiesto un contributo spese fisso di lire diecimila, a chi usufruirà di un posto letto è richiesto un ulteriore contributo a copertura delle spese di gestione. Si richiede inoltre a questi ultimi di portare propria biancheria e vettovagliamento e di eseguire le pulizie. Al momento di fotocopiare questo bollettino (27.05.97) è rimasto disponibile un solo posto letto.

## Cinque anni di attività in VLF

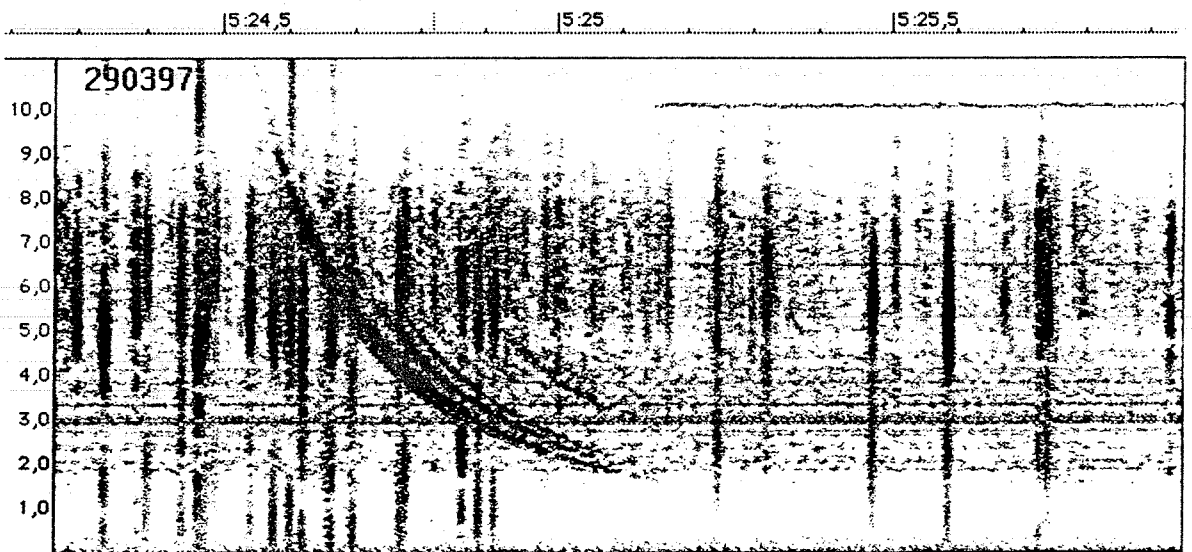
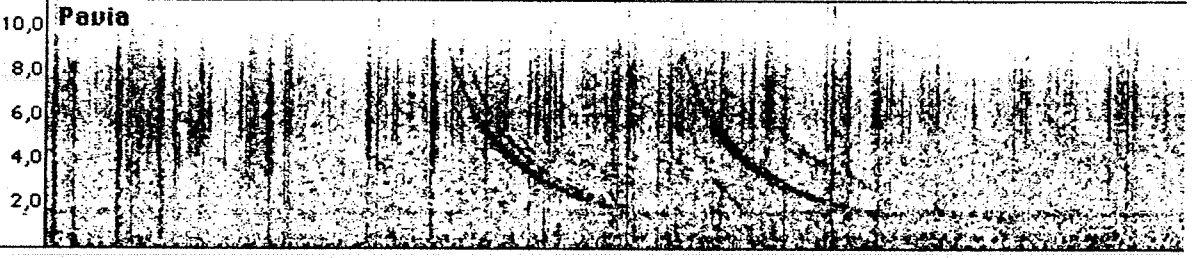
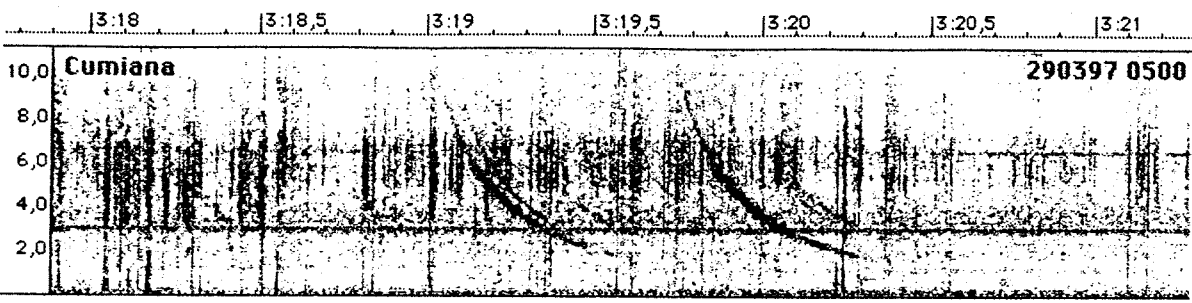
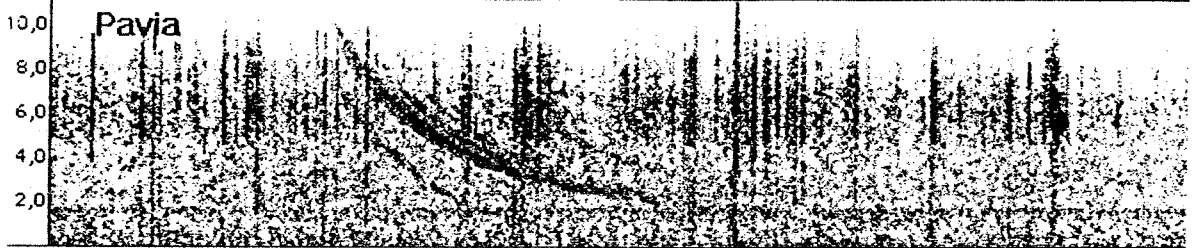
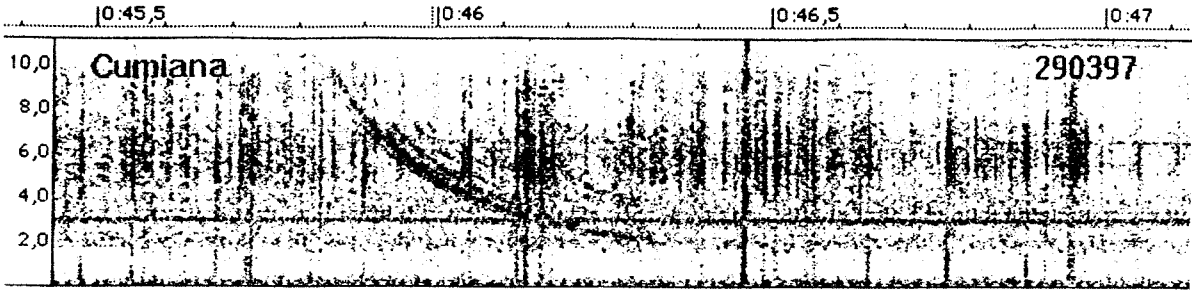
di Ezio Mognaschi

L'idea venne lanciata parecchi anni fa da Mike Mideke sulla rivista *The Lowdown* e consisteva, essenzialmente, nell'osservare l'attività radio naturale in banda VLF in determinati periodi dell'anno (equinozio di primavera e di autunno) limitatamente alle mattine dei giorni di sabato e di domenica, questo per non interferire con le normali attività lavorative. Dopo l'abbandono dell'attività in VLF da parte di Mike e dell'idea a sé stessa, mi feci promotore di un programma annuale di ricezioni coordinate sia su *The Lowdown*, sia su *Radiorama*. Iniziai nella primavera del '93 con l'aiuto di Roberto Canobbio, assiduo compagno nell'allestimento della stazione ricevente e nell'effettuazione delle registrazioni in ore antelucane. Da allora, per cinque anni, ci siamo recati, nelle mattine di sabato e di domenica a cavallo dell'equinozio di primavera, verso le 5.30, sempre in uno stesso punto della strada sterrata che corre sull'argine del Po, in vista della città di Pavia, ma sufficientemente lontani da linee elettriche, ed abbiamo sempre puntualmente rispettato i programmi di ricezione prefissati, nella speranza che anche qualcun altro facesse lo stesso per confrontare poi i risultati. Abbiamo utilizzato inizialmente il ricevitore RS-4 che avevo costruito nel '91 per seguire i primi esperimenti del progetto INSPIRE, poi, dal '95, una nuova versione dello stesso. La prima campagna di ricezioni venne svolta anche da Cor de Hoog di Hilversum, mentre nel 1994 partecipò un'intera classe di liceo di Pike nello stato di New York. Tra i partecipanti italiani qualcuno ha preso al programma solo una volta, altri sono stati più assidui ed hanno costantemente progredito nelle conoscenze sperimentali e teoriche sino a giungere alla costituzione di un vero e proprio gruppo di ricerca spontanea. Questo è proprio il tratto saliente dell'attività in VLF: la spontaneità delle collaborazioni, che si manifesta nel lavoro volontario di ciascuno, con i mezzi propri o di cui dispone, ed in un intenso scambio di informazioni tendente a migliorare ed uniformare *hardware* e *software* di cui si è dotati. Tra i partecipanti italiani un contributo di rilievo, sia in termini di quantità ed affidabilità dei dati raccolti, sia in termini di qualità del lavoro svolto, è venuto da Renato Romero di Cumiana (TO) al quale va anche il merito di avere diffuso, tramite *Radiorivista*, la conoscenza delle emissioni naturali in VLF.

Vediamo alcuni dei risultati ottenuti in questi anni: abbiamo imparato a sincronizzare le registrazioni servendoci sia dei segnali orario RAI, sia dei segnali Omega; abbiamo imparato ad analizzare i segnali naturali e a distinguere ad occhio e ad orecchio gli *whistlers* che hanno compiuto un solo salto da quelli che ne hanno fatti due o tre ed abbiamo imparato a misurare la loro dispersione. L'analisi dei dati ottenuti nel '95 ha permesso, ad esempio, di determinare la costante di dispersione alle nostre latitudini risultata pari a  $65 \pm 4 \sqrt{s}$ . Questo valore è proprio in mezzo tra le due previsioni teoriche attualmente disponibili che forniscono, rispettivamente,  $55.5 \sqrt{s}$  e  $75.3 \sqrt{s}$  (v. Radioonde N. 0).

Quest'anno hanno operato almeno tre stazioni: quella di Pavia, quella di Cumiana e quella (segue a pag. 3)

Segnali radio naturali registrati a Pavia e Cumiana. In alto il confronto tra alcune osservazioni effettuate nei due siti: in basso il sonogramma di un *whistler* multiplo. La data e la scala dei tempi è indicata nella parte superiore dei sonogrammi.



di Silvio Bernocco a Pino Torinese e a la Vaccera (TO). Complessivamente sono stati registrati, in 16 sessioni di 6 minuti ciascuna, oltre un centinaio di eventi dei quali ben 78 nella sola sessione del 29.03; di questi eventi parecchi consistono in *whistlers* doppi o multipli per un ammontare di ben 126 *whistlers* in soli 6 minuti e di 149 in totale! L'osservazione più importante, resa possibile dall'abbondanza di eventi in una singola sessione e dall'analisi effettuata con il calcolatore, è la coincidenza degli eventi rivelati dalle stazioni di Pavia e di Cumiana (per le quali si dispone del maggior numero di dati) come si può vedere dai sonogrammi sopra riportati.

## Primavera '97 in VLF, risultati e commenti

di Renato Romero

E finalmente... ci siamo! Per chi, come noi, era abituato a fare i conti con sessioni di ascolto in VLF piene solamente di statiche ed, in condizioni eccezionali, con qualche debole *whistler*, dopo anni di sessioni povere di risultati, è giunto finalmente un momento di forte attività.

La pazienza viene premiata, ed a provvedere è stata la natura stessa che ci ha regalato, questa primavera, condizioni di propagazione molto rare che hanno portato ai ricevitori, accesi nelle ancora fredde albe primaverili, un numero di *whistlers* tale da dover rifare il log di ascolto studiato per queste sessioni. Iniziata a rilento con le prime sessioni prive di *whistlers*, la stagione ci ha regalato, nella mattinata del 29 marzo, quanto di meglio si poteva attendere da 6 minuti di ascolto di radionatura, ovvero 126 *whistlers*: una vera tempesta. Suggestiva dal punto di vista sonoro, la sessione ci consente di effettuare alcune importanti valutazioni che, negli anni passati non erano state possibili vista l'esiguità degli eventi registrati. Le registrazioni raccolte dai vari siti sono state infatti campionate digitalmente su di un unico grande file (24 Mbit) con l'applicativo *SoundEdit* in ambiente *Macintosh*. L'elaborazione dei sonogrammi è stata quindi fatta scorrendo parallelamente le varie piste e visualizzando quindi lo stesso evento contemporaneamente, come veniva ricevuto nelle varie stazioni di ascolto attive quella mattina. La quantità di dati raccolti, oltre a confermare lo *standard* raggiunto dalle stazioni di ascolto, consente alcune importanti valutazioni sulla propagazione di questi segnali.

Altro evento particolare è stata la ricezione di un tono a 450 Hz, il 06.04.97 alle 06:00:19 UTC dalla stazione di Cumiana; questo segnale va ad aggiungersi, come tipologia, agli altri segnali a 1020 Hz di origine ENEL e non è da escludere che abbia la stessa origine.

Ma forse non è tutto perché questa primavera continua a presentare condizioni particolari cui non siamo abituati: a partire dalla sera del 22.04 sino alla mattina del 23.04 si è verificata una tempesta di *whistlers* ancora maggiore, come intensità, rispetto a quella del 29.03: intorno a circa 70 *whistlers* al minuto (sono quasi 400 in 6 minuti), mentre già nella serata del 23.04 la media era scesa a 2 *whistlers* all'ora. Non ho mai incontrato condizioni simili negli ultimi 3 anni, da quando cioè la mia stazione è allestita in modo permanente e gli ascolti vengono effettuati giornalmente. E forse vale la pena, per chi deve allontanarsi da casa per effettuare gli ascolti, andare ogni tanto in strada o sul balcone con il ricevitore per VLF acceso per verificare, in mezzo ai disturbi presenti, se non valga la pena di improvvisare sul momento una trasferta per effettuare qualche ascolto in luoghi poco disturbati dal punto di vista elettromagnetico.

È inoltre in funzione dal 20 aprile, a titolo sperimentale, "O.PE.RA", un Osservatorio Permanente sui segnali di RADionatura, che effettua due sessioni di ascolto di 5 minuti al giorno, una al mattino ed una alla sera. Questi gli scopi di O.PE.RA: - effettuare un monitoraggio costante dell'attività VLF, non affidandolo solo alla sporadicità di sessioni casuali; - raccogliere un panorama di dati tale da quantificare questa attività (principalmente per gli *whistlers*); - comparare i dati raccolti con quelli provenienti dagli osservatori sull'attività solare e geomagnetica e verificare eventuali correlazioni; - effettuare la funzione di vedetta, nel caso di eventi radio VLF di carattere eccezionale, avvisando gli eventuali interessati sull'opportunità di effettuare una sessione di ascolto ricca di dati.

L'idea di questo osservatorio è nata dalla considerazione che buona parte degli operatori di radionatura non possono fare ascolti da casa, ma devono necessariamente allontanarsi di qualche chilometro per raggiungere luoghi meno disturbati dal punto di vista elettromagnetico. Vista la sporadicità di questi eventi, l'affidare al caso le sessioni può portare a molti sforzi con pochi risultati, quando poi, magari in concomitanza con tempeste di *whistlers*, (sono rare), si sosta annoiati di fronte al televisore, ignari di quello che sta accadendo "on air". Si sta attualmente valutando il mezzo di diffusione più opportuno per tali notizie (forse la rete *Packet* radioamatoriale), dato che la loro validità è strettamente legata alla celerità con cui vengono ricevute. Gli eventi osservati questa primavera hanno infatti avuto una durata superiore alle 24 ore ed un ascolto periodico di 2 volte al giorno avrebbe provveduto ad accertare la presenza di queste condizioni.

Le osservazioni vengono attualmente fatte rilevando sia il campo elettrico (usando il ricevitore RS-4) sia quello magnetico (con un loop di 75 cm di diametro). Questo aumenta l'attendibilità dei risultati in condizioni normali e consente la raccolta dei dati anche nelle condizioni più critiche: quando, ad esempio, durante i temporali il forte campo elettrico presente rende inservibile il ricevitore di campo elettrico a causa delle scariche statiche che avvengono nello stadio di rivelazione a FET del ricevitore RS-4. L'esperimento avrà la durata di circa 6 mesi, dopo di che saranno fatte alcune valutazioni e si deciderà sul da farsi.

# Novità e progetti VLF/ELF

di Marco Ibridi

## Loop per VLF/ELF

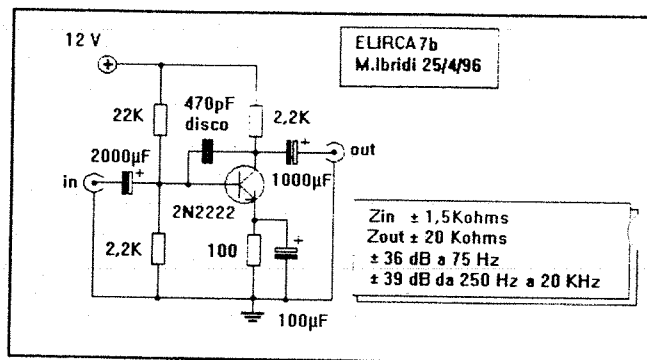
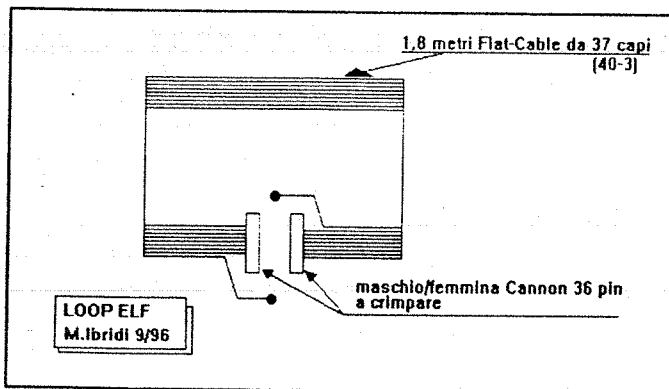
Non ho mai amato molto far bobine... e di conseguenza ancora meno avvolgere filo per ottenere un *loop*. Ma volendo sperimentare un *loop* portatile questa mia pigrizia mi ha aiutato a progettare un *loop* efficiente senza dover realizzare alcun avvolgimento e con un tempo di realizzazione inferiore a 10 minuti!!! Questo "uovo di Colombo" è scaturito dall'osservazione dei *flat cables* utilizzati nei collegamenti interni ai *personal computers*: decine di fili ben spazati e con una rigidità tale da permettere la realizzazione di un anello anche di discrete dimensioni. Naturalmente, se poca voglia avevo di avvolgere decine di spire, non parliamo poi di saldare decine di sottili e dispettosi filetti di rame: a risolvere quest'ultimo problema sono venuti in aiuto i comuni connettori a vaschetta (chiamati anche Cannon) a crimpare. Ho utilizzato un maschio ed una femmina a 36 *pin*, avendo cura di togliere dal *flat cable* a 40 fili i 3 eccedenti. Ma perché 3 e non 4? È presto detto: il trucco consiste nell'inserire, sfalsati di uno, i 36 fili nei connettori. Per esempio inseriremo nella femmina i fili dall'uno al 36, lasciando libero il 37 e, nel maschio, i fili dal 2 al 37 lasciando libero il filo n° 1. Inutile dire che, collegando i connettori tra loro, rimarranno liberi i fili 1 e 37 che saranno i morsetti del *loop* così ottenuto. Per l'utilizzo in portatile una comune crociera in legno costituirà un valido supporto.

## Amplificatore ELF +38 dB

A completamento del *loop* sopra descritto non poteva mancare un amplificatore in gamma ELF. La semplicità di tale amplificatore è inversamente proporzionale alla soddisfazione che mi ha dato negli utilizzi più disparati. Ottimo per l'Omega, guadagna ancora qualcosa (abbastanza!!) per DCF77 a 77.5 kHz; sto attualmente impiegandolo per scendere sotto i 100 Hz!!! Attenzione però: utilizzandolo con ricevitori di campo ELF non sintonizzati (come RS-4, ELIRCA2, ecc.) è molto facile essere sommersi dalle *broadcastings*.

## Misteri

Normalmente monitorizzo con l'amplificatore sopra descritto ed un vecchio, ma ottimo, HP310A l'emissione di una stazione simile alle Omega, ma con un ciclo di circa 3.5 s, a 14.5 kHz che reputo essere una stazione del circuito russo Alpha. Ultimamente (primavera '97) questa stazione, normalmente ricevuta con un forte segnale, è scomparsa i giorni 14 marzo, 13, 14 e 28 aprile, per poi riprendere le normali emissioni e trasformarsi nei giorni 29 aprile e 5 maggio con un ciclo a circa 10 s. Qualcuno ha maggiori informazioni? Se utilizzate per le ELF il mio RX ELIRCA2, questa stazione è responsabile della strana "melodia" per battimento registrando su nastro con filtro a 10 kHz.



## Magnetometri

Ho realizzato magnetometri di tutti i tipi ed ho avviato, dal novembre 1996, un programma di registrazione sistematica delle variazioni del campo magnetico terrestre; sono interessato ad allargare la rete di registrazione automatica, appena pronto illustrerò i dettagli con un articolo su una nota rivista del settore.... ciao a tutti de I4IBR, Marco Ibridi, CP 15, 41034 Finale Emilia MO. fax 0535 93862, e-mail cendata@iol.it

## La stazione di tempo BPM

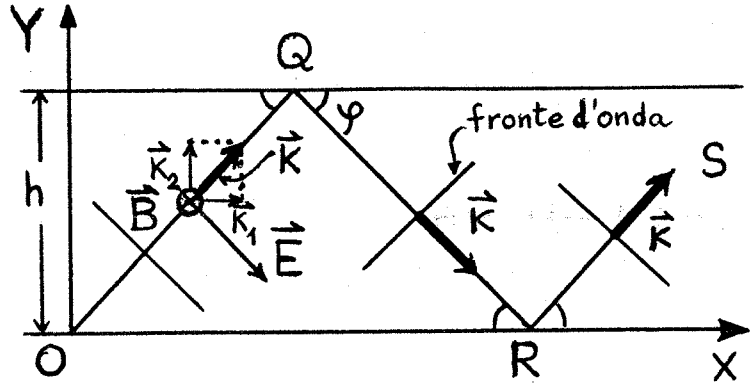
Grazie alle informazioni fornite da Luigi Cobisi è stato possibile identificare la stazione di tempo BPM citata nel N. 6 di Radioonde e ricevuta su 5 MHz ad Hangzhou, 300 km a SW di Shanghai. Si tratta di una stazione situata a Lintong, nei pressi di Xi'an, gestita dall'Osservatorio Astronomico dell'Academia Sinica della provincia di Shanxi.

## Radiosegnali naturali in banda VLF (Parte II)

di Ezio Mognaschi

### Appendice A - Dispersione in guida e frequenza di cut-off

Consideriamo la guida d'onda formata da due piani conduttori, paralleli ed indefiniti, posti a distanza  $h$ . Tra i due piani vi sia aria non ionizzata. Un'onda elettromagnetica, generata all'interno della guida, è caratterizzata dal vettore d'onda  $\mathbf{k}$  il cui modulo vale  $k = 2\pi/\lambda$  ove  $\lambda$  è la lunghezza d'onda.  $\mathbf{k}$  individua la direzione di propagazione dell'onda, comunemente descritta con il termine "raggio", che è perpendicolare ai fronti d'onda. Il raggio forma un angolo  $\varphi$  con i piani conduttori e  $\mathbf{k}$  ha componenti  $k_1$  parallela ai piani e  $k_2$  perpendicolare ad essi. L'onda subisce una serie di riflessioni su entrambe le superfici; lungo il tratto OQ il raggio è caratterizzato dalle componenti  $k_1$  e  $k_2$ , da Q ad R dalle componenti  $k_1$  e  $-k_2$ , da R ad S di nuovo dalle componenti  $k_1$  e  $k_2$ . Nello spazio tra i due piani riflettenti avremo due sistemi di onde in movimento, corrispondenti, rispettivamente, a  $k_1$  e  $k_2$  e  $k_1$  e  $-k_2$ . Queste onde, di intensità  $E_0$  ed  $E_0'$ , interferiscono dando origine ad un'onda risultante in moto il cui campo elettrico  $E$  è descritto dall'espressione



$$E = E_0 \sin[\omega t - (k_1 x + k_2 y)] + E_0' \sin[\omega t - (k_1 x - k_2 y)] \quad \text{A.1}$$

ove  $\omega = 2\pi\nu$  è la pulsazione e  $\nu$  la frequenza dell'onda.

Poiché il campo elettrico deve annullarsi alla superficie conduttrice inferiore, per  $y = 0$ , ponendo questa condizione di annullamento nella A.1 si ha

$$2(E_0 + E_0') \sin(\omega t - k_1 x) = 0. \quad \text{A.2}$$

Dunque deve essere  $E_0 + E_0' = 0$ , cioè  $E_0 = -E_0'$ . L'equazione A.1 diviene quindi

$$\begin{aligned} E &= E_0 \{ \sin[\omega t - (k_1 x + k_2 y)] - \sin[\omega t - (k_1 x - k_2 y)] \} \\ &= 2E_0 \sin(-k_2 y) \cos(\omega t - k_1 x) \\ &= -2E_0 \sin(k_2 y) \cos(\omega t - k_1 x). \end{aligned} \quad \text{A.3}$$

L'annullamento del campo anche sull'altra superficie, per  $y = h$ , fornisce la condizione

$$k_2 h = n\pi \quad \text{A.4}$$

con  $n = 1, 2, 3, \dots$ . Questa condizione pone un limite ai valori ammessi per  $k_2$ . Cioè  $k_2$  può assumere i valori discreti

$$k_2 = n\pi/h \quad \text{A.5}$$

con  $n = 1, 2, 3, \dots$

La A.3 descrive un'onda che viaggia lungo l'asse X con velocità di fase

$$v_p = \omega/k_1. \quad \text{A.6}$$

Poiché nello spazio libero un'onda di pulsazione  $\omega$  e vettore d'onda  $\mathbf{k}$  si propaga con velocità di fase

$$c = \omega/k, \quad \text{A.7}$$

sostituendo  $\omega$ , ricavata dalla A.7, nella A.6 abbiamo

$$v_p = kc/k_1 = \omega c^2/k_1 \quad \text{A.8}$$

ed essendo  $k_1 \leq k$ , in quanto  $k_1$  è una componente di  $\mathbf{k}$ , la velocità di fase dell'onda in moto nella guida d'onda è più grande della velocità di fase delle onde nello spazio libero.

Ora, poiché  $k^2 = k_1^2 + k_2^2$ , dalla A.5 abbiamo

$$k^2 = k_1^2 + n^2 \pi^2/h^2 \quad \text{A.9}$$

cioè

$$k_1 = \sqrt{k^2 - n^2 \pi^2/h^2} = \sqrt{\omega^2/c^2 - n^2 \pi^2/h^2}. \quad \text{A.10}$$

Risolvendo la A.10 rispetto ad  $\omega$  otteniamo

$$\omega = \sqrt{c^2 k_1^2 + n^2 \pi^2/h^2}. \quad \text{A.11}$$

La velocità di gruppo dell'onda nella guida è definita da

$$v_g = d\omega/dk. \quad \text{A.12}$$

Eseguito nella A.11 la derivata di  $\omega$  rispetto a  $k$  si ottiene

$$v_g = k_1 c / k = c^2 k_1 / \omega \tag{A.13}$$

che è minore di c, dato che  $k_1 \leq k$ .

Per mettere in evidenza il fenomeno della dispersione dobbiamo modificare la A.13 in modo da esplicitare la dipendenza dalla frequenza. Introducendo  $k_1$  ricavato dalla A.10 nella A.13, otteniamo:

$$v_g = c^2 k_1 / \omega = c^2 \sqrt{(\omega^2 / c^2 - n^2 \pi^2 / h^2)} / \omega. \tag{A.14}$$

per  $n = 1$ , modo fondamentale,

$$v_g = c \sqrt{1 - c^2 \pi^2 / \omega^2 h^2} = c \sqrt{1 - \omega_c^2 / \omega^2}. \tag{A.15}$$

ove  $\omega_c = c\pi/h$  e  $v_c = \omega_c / 2\pi = c/(2h)$  è detta frequenza di *cut-off*.

Analogamente la velocità di fase può essere ottenuta introducendo la A.10 nella A.8:

$$v_p = \omega c^2 / k_1 = \omega c^2 / \sqrt{(\omega^2 / c^2 - n^2 \pi^2 / h^2)} = c / \sqrt{1 - \omega_c^2 / \omega^2}. \tag{A.16}$$

Si noti che il prodotto  $v_g v_p = c^2$  sempre.

Nella figura è rappresentata la dipendenza dalla frequenza della velocità di fase e di quella di gruppo in una guida formata da due piani paralleli, come risulta dalle A.15 ed A.16.  $v_g$ , che è la velocità con cui si propagano i segnali, dipende fortemente dalla pulsazione per  $\omega > \omega_c$ . Cioè onde con frequenze più alte di  $\omega_c$  si propagano più velocemente, mentre frequenze prossime a quella di *cut-off* si propagano più lentamente. Questo risultato dipende esclusivamente dalla geometria della guida d'onda considerata e non coinvolge le proprietà fisiche del mezzo che la riempie.

Affinché ci sia propagazione la  $v_g$  valutata con la A.14 deve avere valore reale, deve quindi essere

$$\omega / c \geq n\pi / h \tag{A.17}$$

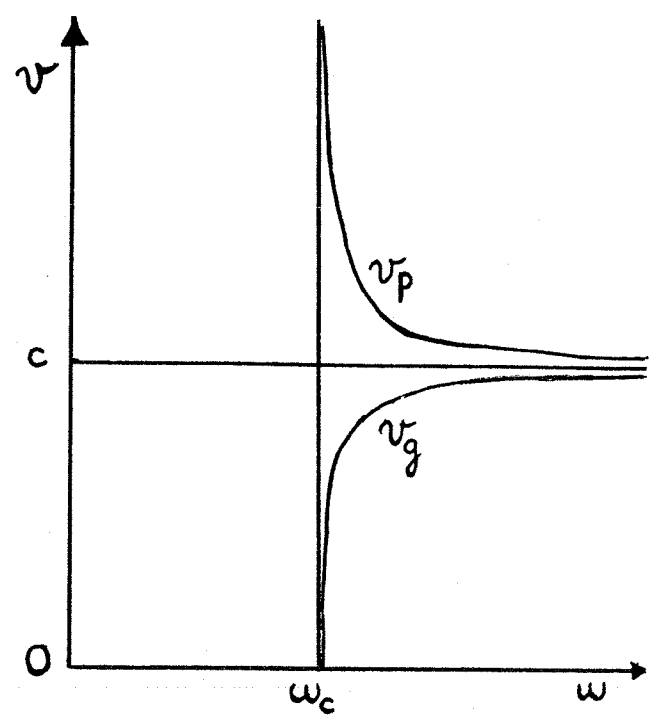
e, tenendo conto della A.7,

$$k \geq n\pi / h \tag{A.18}$$

cioè

$$\lambda \leq 2h / n. \tag{A.19}$$

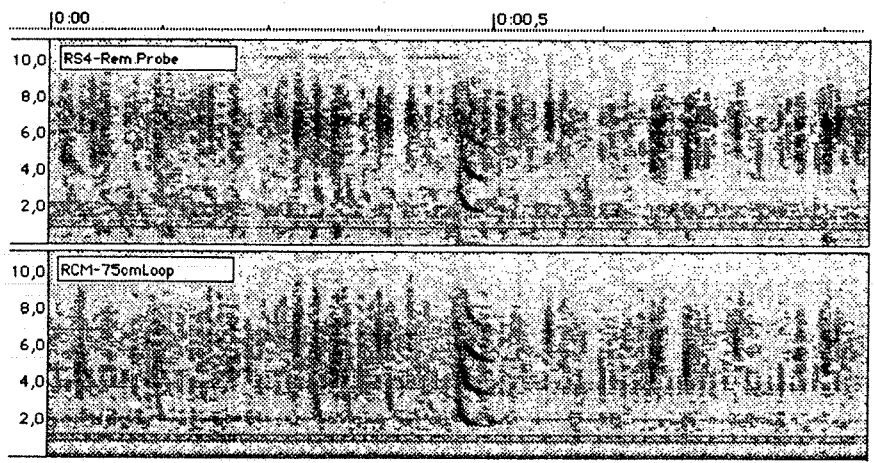
Consideriamo ora il solo caso del modo fondamentale, con  $n = 1$ , che è quello più frequentemente osservato. Il segno di eguaglianza nella A.19 corrisponde alla lunghezza d'onda  $\lambda_c = 2h$  detta lunghezza onda di *cut-off*. La propagazione è possibile solo per  $\lambda \leq 2h$ , cioè per frequenze  $\nu \geq \nu_c = c/(2h)$ .



**2b. Tweeks (continuazione)**

Da quanto riportato nell'Appendice A si comprende che, limitatamente alle statiche che hanno avuto origine molto lontano e che si propagano tra terra ed ionosfera come in una guida, con esclusione quindi di quelle che giungono direttamente, le componenti spettrali delle onde che le costituiscono sono caratterizzate da velocità di gruppo tanto minori quanto più vicine alla frequenza critica. Per questo motivo arriveranno prima le frequenze più alte poi, via via, quelle più basse, sino alla frequenza critica.

Nella figura riportata a fianco è visibile il sonogramma di un rarissimo *tweek* quadruplo, registrato da R. Romero con due distinti ricevitori che forniscono risultati sostanzialmente uguali. Dal valore della frequenza di *cut-off*, pari a circa 1.7 kHz, si può calcolare che, la regione più bassa della ionosfera che ha riflesso le componenti del *tweek* si trovava, in quel momento, ad un'altezza di 88 km.



(continua)