

FENOMENI LUMINOSI NELLA VALLE DI HESSDALEN ED EMISSIONI VLF (*)

Analisi di alcuni segnali raccolti

Renato Romero¹ e Jader Monari²

Di seguito l'analisi di alcuni campioni dei vari files audio raccolti durante la campagna di ascolti ad Hessdalen nell'agosto del 2000 [1], per verificare l'eventuale correlazione di emissioni in campo VLF con il noto fenomeno luminoso. L'acquisizione è stata effettuata con un ricevitore VLF denominato ELFO (Extremely Low Frequency Observatory) [2] realizzato presso l'Istituto di Radioastronomia del CNR. Il ricevitore a correlazione lavora da 100 Hz-22 kHz e utilizza due loop antenna di 2x2 m.

I files analizzati sono una selezione di segnali anomali rispetto al normale panorama di emissioni elettromagnetiche che ci si aspetta di trovare. Analisi eseguita con SpectrumLab V 2.5 b1, con diverse risoluzioni in tempo ed in frequenza, al fine di determinare la natura delle emissioni. Gli spettrogrammi riportati in questo articolo sono tutti eseguiti con una FFT a 1024 punti ed uno scroll time di 15 ms.

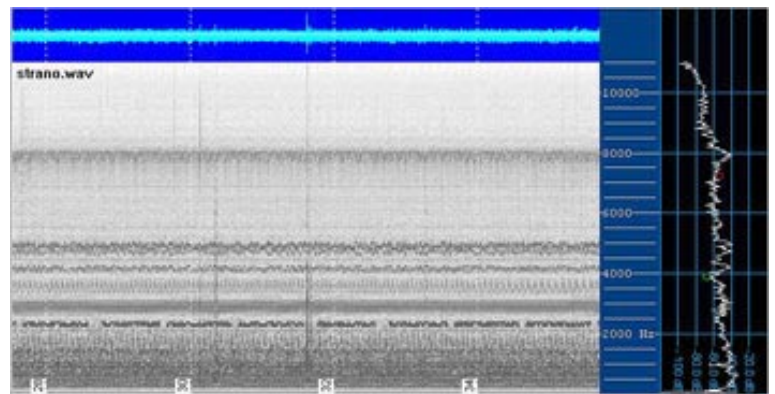
ANALISI DEI SEGNALI

Gli spettrogrammi indicati di seguito riportano l'analisi FFT a tutta banda del segnale. I vari dati tecnici indicati nei commenti sono invece riferiti alle analisi eseguite sullo stesso file con risoluzioni in frequenza elevate per evidenziare alcuni aspetti legati alla spaziatura in frequenza dei segnali, ed in alcuni casi con pochi punti FFT al fine di determinarne l'esatta evoluzione temporale.

STRANO.WAV

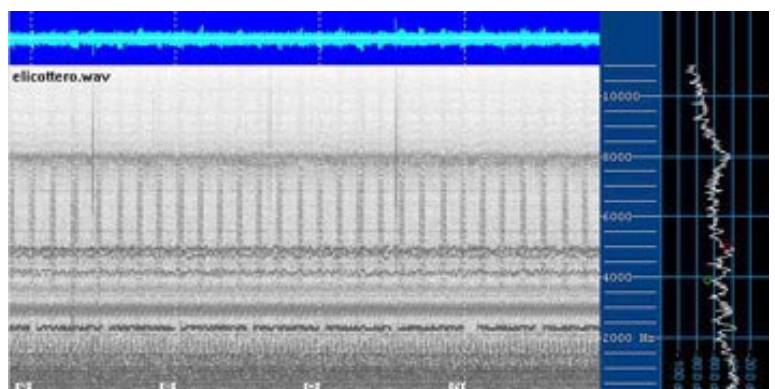
Il ronzio di rete è molto elevato sul rumore di fondo, proveniente da inverter presenti lungo la vallata o elettronica di potenza di commutazione, dato che non è eccessivamente stabile in frequenza (la cosa diventa evidente aumentando i punti dell'analisi FFT). Vogliamo evidenziare che a Hessdalen (come in tutta la Norvegia) non esistono tubature per il trasporto del gas. Pertanto i Norvegesi utilizzano per il riscaldamento e per tutti gli usi domestici, la corrente elettrica. Necessariamente molte di queste apparecchiature saranno corredate di elettronica di potenza per commutazioni o raddrizzamenti. Prevalgono le armoniche pari del 50 Hz, tipiche del raddrizzamento di un segnale sinusoidale alternato filtrato in modo insufficiente. Il noise che sale e scende fa sovente parte di qualche regolazione, ed è tipico in prossimità di elettrodotti, proprio come si presenta nello spettrogramma. Di solito questo tipo di segnale si presenta particolarmente intenso in componente magnetica, per via della sua natura indotta dal passaggio della corrente nei conduttori di rete. Il segnale che compare invece a 2300 Hz è il battimento di una stazione di tempo campione (MSF o DCF) con una RTTY spaziata in frequenza 2300 Hz: il front-end del ricevitore sta intermodulando.

Il fenomeno è chiaramente visibile dalla cadenza dei toni, spaziatosi esattamente di 1 sec. Quando erano ancora attive le stazioni Omega il problema era molto più presente: era infatti tipico vedere spettrogrammi, soprattutto se acquisiti in quota, con le emissioni Alfa ed Omega traslate a pochi kHz dai reciproci battimenti. Se pertanto si esagera con il guadagno si rischia di tarare il front-end di un ricevitore in un luogo dove non presenta fenomeni di intermodulazione e poi portarlo in un altro e verificare che il tutto difetta.



ELICOTTERO.WAV

È un "ronzone" di natura artificiale, sicuramente correlato all'alimentazione elettrica, dato che le bande di rumore ciclico verticale, zoomate nel dettaglio, risultano composte da un pettine di



(*) pubblicato in collaborazione con <http://www.vlf.it>

1 Renato Romero: www.vlf.it - contact@vlf.it

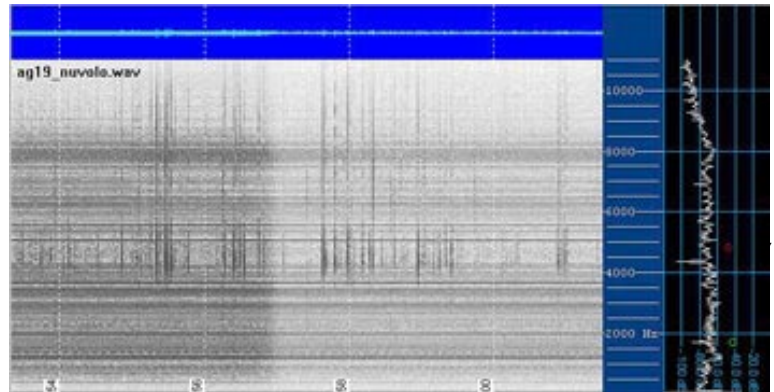
2 Jader Monari INAF/IRA Radiotelescopio di Medicina, Bologna. - jmonari@ira.inaf.it

armoniche spaziate esattamente 100 Hz. Il segnale è rilevabile con una certa frequenza in zone con insediamenti industriali, e sfruttando come mezzo propagativo i conduttori di rete elettrica è solitamente rilevabile anche a molti km di distanza dall'evento che lo origina. Solitamente molto forte in componente magnetica, forte in componente elettrica riferita a terra e debole se ricevuto con sistemi elettrici flottanti. Idem per quanto riguarda la banda di rumore sotto 1 kHz: segnale comune fino a 15 km dagli elettrodotti.

La banda di rumore intorno a 8 kHz è solitamente provocata da regolazioni a triac dell'alimentazione per sistemi di illuminazione.

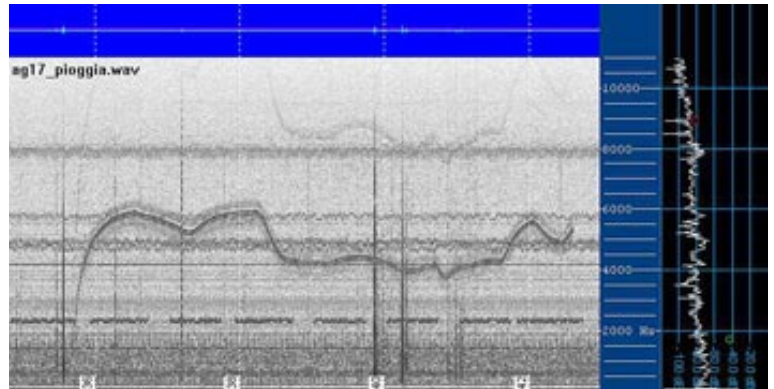
AG19_NUVOLO.WAV

Il medesimo "ronzone di rete" che ad un certo punto sparisce ridando visibilità alla banda. Gli stessi segnali sono rilevabili accoppiandosi ad un trasformatore di rete con una singola spira ed entrando direttamente nella scheda audio: la distribuzione avviene per mezzo della rete elettrica. Quando il disturbo scompare si rivedono le armoniche di rete pari che fanno da fondo di rumore costante, ed un pò di scariche statiche di origine temporalesca, anche se molto deboli rispetto all'intensità dei disturbi di tipo elettrico.



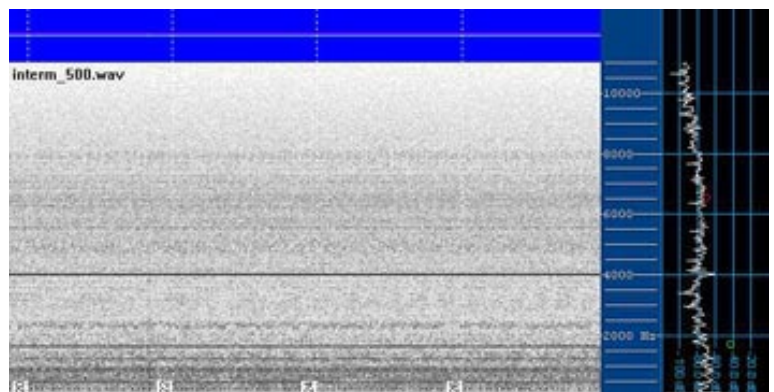
AG17_PIOGGIA.WAV

Acquisizione è stata effettuata ad ora più tarda: l'intensità dei segnali RTTY è aumentata per effetto della propagazione ed il front-end del ricevitore, che prima accennava a qualche fenomeno di intermodulazione, ora si comporta proprio come un mixer RF restituendo in banda base le differenze tra i segnali in banda HF. La banda sotto i 6 kHz risulta quindi popolata da segnali che non esistono ma immagini traslate dovute alle non linearità del primo stadio di amplificazione. Anche qui sempre presenti le solite armoniche di rete, ed in più il segnale di un motore elettrico propagato dalla rete di distribuzione: il suono è simile al trapano di un dentista ed il dettaglio dello spettrogramma mostra che è composto da un pettine di armoniche spaziate esattamente 100 Hz. Questo tipo di segnale, sfruttando la rete di distribuzione, può propagarsi per parecchi km dal punto in cui si è originato.



INTERM_500.WAV

Armoniche di rete, il battimento tra STC ed RTTY a 2250 Hz, un tono continuo a 4 kHz e qualche debolissima statica remota sotto 1 kHz. Ciò che emerge in particolare è che la disposizione delle armoniche di rete forma un fondo omogeneo fino ad oltre 8 kHz. Questo lascia presupporre che l'origine del disturbo non sia troppo remota. Infatti si ha che l'attenuazione di tratta aumenta all'aumentare della frequenza a $(A_{sl} = \frac{4\pi r^2}{\lambda^2})$

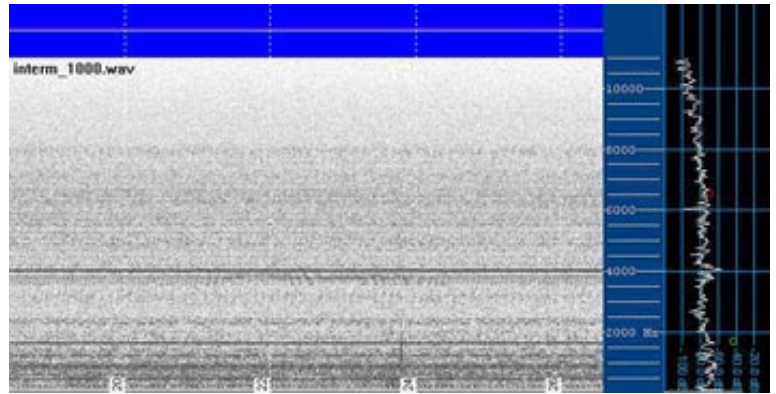


È in genere difficile rilevare il pettine di armoniche del 50 Hz a frequenze superiori ai 9 kHz, anche in ambienti particolarmente rumorosi e disturbati se la sorgente del disturbo è relativamente lontana.

INTERM_1000.WAV

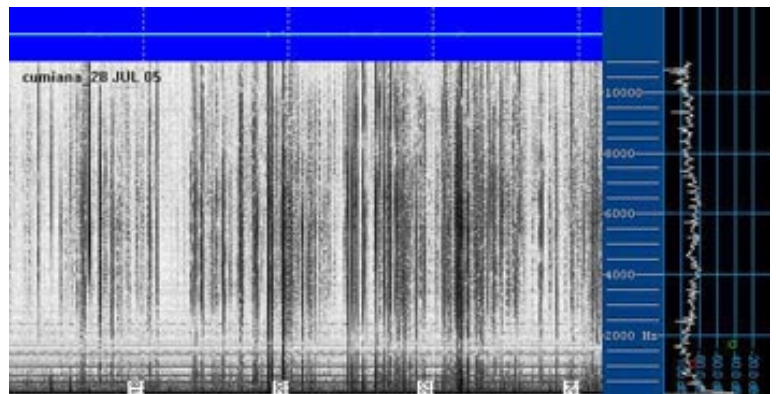
Presente debole il battimento a 2250 Hz. Le armoniche che curvano (intorno al secondo 22) indicano che si è in presen-

za di un disturbo proveniente da un gruppo elettrogeno che fatica a mantenere stabile la velocità di rotazione, oppure che la tensione alternata generata da un inverter non è molto stabile in frequenza. Una debole statiche remota sotto i 2 kHz dopo il secondo 24, ma di intensità molto bassa. Questo lascia qualche dubbio sull'effettivo fondo di rumore (nello spettro a lato con un valore medio intorno ai -80 dB in unità arbitrarie), se questo sia di origine naturale o sia invece effetto dei disturbi man made o microfonici, dovuti al movimento meccanico dell'antenna



CUMIANA.JPG

A titolo di esempio si riporta uno spettrogramma eseguito a Cumiana (TO) che riporta quello che è solito aspettarsi nel monitoraggio della banda audio. I parametri dell'analisi FFT sono i medesimi degli spettrogrammi di Hessdalen. Sono visibili scariche statiche di origine naturale e sotto i due kHz le armoniche di rete (la ricezione è eseguita nel giardino di casa). Alcune statiche intorno a 2 kHz (al secondo 24) risultano piegate ad uncino per effetto della propagazione, fenomeno chiamato tweeks.



FENOMENI DI INTERMODULAZIONE

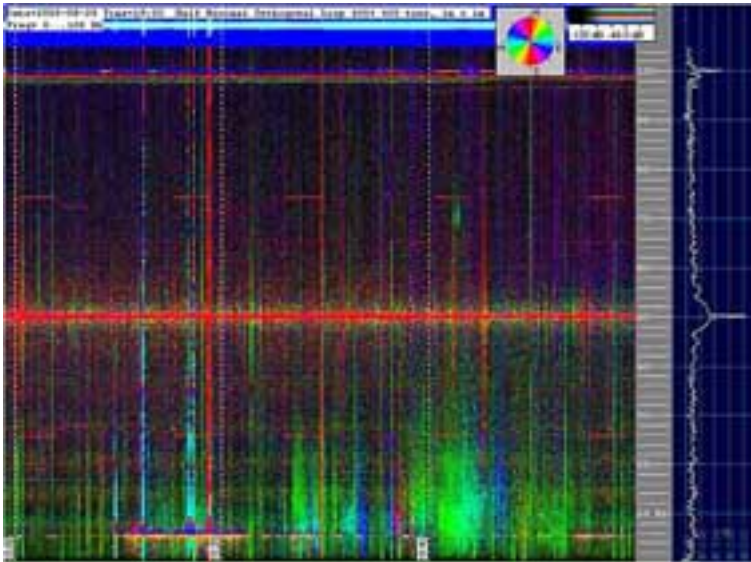
Sono meno sorprendenti di quanto si possa in prima battuta pensare, soprattutto per chi è per certi versi abituato ad avere a che fare con le bande VLF ed ELF. Lo sviluppo di un ricevitore in banda audio, di per sé circuitamente molto semplice, richiede infatti molto tempo per la messa a punto successiva: è infatti abbastanza difficile ricreare in laboratorio le condizioni reali in cui opererà. In aggiunta a ciò le condizioni possono essere molto diverse e possono presentarsi anche con periodicità molto lunghe. Può allora succedere che un ricevitore sviluppato e testato per dei mesi manifesti improvvisamente dei problemi, dovuti alla presenza di segnali a frequenze superiori a quelle di lavoro e di forte intensità.

Per dare un'idea di ciò si pensi che un circuito molto più semplice come quello dell'EasyLoop (un ricevitore a singolo operazionale ed un loop di 40 spire di appena 75 cm di diametro [3]) è stato sviluppato in laboratorio in appena tre giorni, ma ha richiesto un debug di due mesi prima di eliminare in buona parte i fenomeni di intermodulazione presenti.

A tal fine al circuito sono state aggiunte delle capacità di filtro che elettricamente sembrerebbero prive di senso, ma che una volta inserite hanno consentito all'operazionale di lavorare in modo lineare. La questione è facilmente spiegabile: il comportamento teorico dell'operazionale è valido solo fino ad un determinato limite di frequenza, condizionato dal fattore di amplificazione scelto. Può essere che i sistemi di amplificazione di ELFO soffrano del fatto che in presenza di forte segnali (molto più alti di quelli ricevuti in condizione di test nei laboratori dell'INAF ai radiotelescopi di Medicina), il fenomeno di intermodulazione generi segnali spuri che in realtà non esitano nella banda di ricezione.

I LOOP ORTOGONALI

Da sperimentazioni già eseguite in passato per localizzare la presenza di debolissimi segnali immersi nel rumore la tecnica in grado di fornire migliori risultati potrebbe venire dall'utilizzo dei due ricevitori in modalità di funzionamento ortogonale. I due loop già realizzati potrebbero venire posti nel medesimo posto in posizione ortogonale, ed i due segnali utilizzati per elaborare una FFT complessa. Lo spettrogramma illustra un esempio di questa tecnica applicata nel range da 0 a 103 Hz per lo studio dei precursori radiosismici: il colore dei segnali indica la fase con cui sono ricevuti, quindi in caso di campo remoto anche la direzione di provenienza dei medesimi. La saturazione del



Nell'immagine sono identificabili diverse tipologie di segnali, provenienti da varie direzioni: dal segnale di rete a 50 e 100 Hz, ai segnali mirrorati intorno al 50 Hz, risonanze di Schumann, statiche di temporali nel raggio di qualche centinaio di km, pulsazioni geomagnetiche naturali, effetti microfonici dovuti a piccole vibrazioni dei loop... Da un singolo spettrogramma di questo tipo si possono estrarre ed identificare veramente un vasto numero di informazioni.

colore indica invece l'intensità del segnale stesso. Questa tecnica, oltre alla rivelazione dei segnali comunque visibili su un normale spettrogramma, consente la visualizzazione di impercettibili variazioni sul rumore di fondo basate semplicemente sulle variazioni di fase del medesimo. E' abbastanza comune ad esempio vedere cambiare il colore del rumore di fondo per qualche periodo, mentre

un comune spettrogramma o il plot dell'intensità del segnale nel medesimo range di frequenza non evidenziano assolutamente nulla. La tecnica consente inoltre la soppressione a software di una direttrice di provenienza dei segnali, eliminando direttamente dallo spettrogramma in fase di elaborazione il ronzio di rete.

CONCLUSIONE

Vista comunque la non presenza di segnali anomali rispetto a quanto si può registrare in qualunque zona di campagna, sarebbe opportuno essere fortunati e che nelle prossime missioni sul campo alla registrazione dei segnali venisse affiancata una registrazione ottica, per consentire quantomeno di tentare una correlazione tra fenomeno ottico e possibile effetto radio in VLF. Gli spettrogrammi non evidenziano nessun fenomeno di carattere anomalo: tutti i segnali analizzati sono comunemente ricevibili nell'effettuazione di ascolti di Radio Natura in zone di campagna non troppo distanti da insediamenti abitativi. Nel caso in cui l'ascolto venga effettuato con ricevitori a loop (come ELFO) il disturbo può essere ricevuto data la sensibilità, anche a parecchi km di distanza dalle linee che lo originano. La rete elettrica, per via delle sue geometrie di distribuzione, forma infatti dei veri e propri anelli in cui il segnale di natura magnetica viene indotto come in gigantesche spire. Per uscire dall'area di influenza di questo flusso di natura magnetica occorre talvolta allontanarsi di parecchi km dalle linee di distribuzione dell'energia elettrica, sia primaria ad alta tensione che secondaria a 220 V (cosa non possibile al Blue Box in Hessdalen dove è installato ELFO). Rimane comunque un commento di tipo qualitativo su come risulta essere inquinata "dal punto di vista elettromagnetico" una vallata che all'apparenza risulta essere molto lontana da disturbi.

(La versione inglese è stata tradotta da Bennett Bazalgette - bentradotto@hotmail.com)

Note

[1] Teodorani, Massimo, Montebugnoli, Stelio e Monari, Jader. *PRIMI PASSI DEL PROGETTO EMBLA A HESSDALEN: RAPPORTO PRELIMINARE*. http://www.itacomm.net/PH/embla2000/embla2000_i.htm

[2] Cremonini, Andrea. *RICEVITORE VLF A CORRELAZIONE PER IL MONITORAGGIO DEI FENOMENI ELETTROMAGNETICI IN ATMOSFERA*. <http://www.itacomm.net/PH/crem.pdf>

[3] http://www.vlf.it/easyloop/_easyloop.html

<http://www.vlf.it/minimal/minimal.htm>

<http://www.vlf.it/minimal/minimal.htm>

<http://www.vlf.it/FSR/FSR.html>

http://www.itacomm.net/ph/embla2002/embla2002_e.htm

http://www.itacomm.net/ph/embla2002/embla2002_2_e.htm

<http://www.itacomm.net/ph/rpt/CREMit.pdf>

© Copyright (2005) Renato Romero & Jader Monari

© Copyright (2005) CIPH & vlf.it

Quale espressione dell'attività intellettuale dell'autore, questo materiale è protetto dalle leggi internazionali sul diritto d'autore. Tutti i diritti riservati. Nessuna riproduzione, copia o trasmissione di questo materiale può essere eseguita senza il permesso scritto dell'autore. Nessun paragrafo e nessuna tabella di questo articolo possono essere riprodotti, copiati o trasmessi, se non con il permesso scritto dell'autore. Chiunque utilizzi in qualsiasi modo non autorizzato questo materiale è perseguibile a norma delle vigenti leggi penali e civili.

As an expression of intellectual activity by the author, this material is protected by the international laws on copyright. All rights reserved. No reproduction, copy or transmission of this material may be made without written permission by the author. No paragraph and no table of this article may be reproduced, copied or transmitted save with written permission by the author. Any person who does any unauthorized act in relation to this material may be liable to criminal prosecution and civil claims for damages.