Progetto SDT – Monitoraggio della banda dello spettro elettromagnetico compresa tra 0 e 22 kHz e delle correnti superficiali del suolo

IL PROGETTO SDT IN SINTESI

Il Progetto SDT – Segnali dalla Terra, è un'idea avanzata all'Associazione Radioamatori Italiani (www.ari.it) dal sottoscritto Riccardo Rossi, Coordinatore FESN (www.fesn.org), tesa alla realizzazione di un progetto comprendente l'attivazione di stazioni di monitoraggio gestite dalle varie sedi ARI sparse in Italia e comportanti il monitoraggio elettrico ed elettromagnetico della banda di frequenze comprese tra 0 e 22 kHz allo scopo di studio ed eventuale rilevamento di segnali anomali che possano essere considerati possibili precursori si eventi sismici.

Il Progetto è stato patrocinato dall'Amministrazione comunale di Pozzuolo del Friuli nel 2009, è stato finanziato dall'Associazione Radioamatori Italiani (www.ari.it), è attualmente in corso, ed è realizzato con la collaborazione della FESN – Friuli Experimental Seismic Network.

La documentazione relativa al progetto SDT è reperibile presso il sito FESN al seguente indirizzo: http://www.fesn.org/index.php?option=com_content&view=article&id=68&Itemid=73&lang=it

Le modalità di realizzazione del monitoraggio vengono ipotizzate in forma amatoriale, ma non per questo prive di valenza scientifica. A tale scopo il progetto è stato pensato in modo flessibile, per poter affrontare prontamente le eventuali modifiche e integrazioni che nuove conoscenze ed evoluzioni possono suggerire al fine di aumentare il grado di affidabilità della ricerca. Inoltre il monitoraggio, così come è stato pensato dal progetto, può evidenziare altri tipi di segnali di origine naturale, il cui studio si rende utile al fine di identificare e meglio comprendere i processi fisici che producono tali segnali.

Sempre sul sito web della FESN è stata pubblicata una pagina dedicata al monitoraggio dello spettro elettromagnetico completa di links a diverse organizzazioni che possiedono stazioni di monitoraggio elettromagnetico affrontando l'argomento in modo autonomo e con diverse modalità di approccio.

Fig. 1 – *Pagina del sito FESN (www.fesn.org) dedicata al monitoraggio elettromagnetico*

Non si ritiene opportuno, in questa sede, entrare nel merito dei vari metodi scelti per tale monitoraggio che sono comunque descritti nei siti web di riferimento, ma si ritiene invece doveroso descrivere le scelte effettuate dal Progetto SDT, gli obiettivi che questo si prefigge, e i segnali che, al momento, è possibile identificare con i metodi di acquisizione proposti dall'iniziativa.

Inoltre si evidenzieranno le possibilità di partecipazione al progetto, che attualmente sono estese a tutti i radioamatori e agli enti interessati al progetto stesso, con la possibilità di pubblicare e confrontare in tempo reale i segnali rilevati. Si prevede, ed auspica infatti, la collaborazione di enti, radioamatori e ricercatori che, a vario titolo, abbiano interesse a partecipare alla ricerca in questo campo.

Fig. 2 – *Simbolo del progetto SDT – Segnali dalla Terra, realizzato con la collaborazione dell'Istituto Leardi e la Sezione ARI di Casale Monferrato*

CONFIGURAZIONE DEL PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di tre steps, ovvero la messa in esercizio di tre diversi tipi di monitoraggio, con tre diverse configurazioni hardware.

1. Monitoraggio dello spettro elettromagnetico compreso tra 0 e 22 kHz;
2. Monitoraggio dello spettro elettromagnetico compreso tr a 0 e 25 Hz;
3. Monitoraggio delle correnti elettriche superficiali del suolo

La prima modalità prevede l'utilizzo di un'antenna dedicata, un ricevitore tarato ad hoc e un computer opportunamente configurato. Sono utilizzabili due diverse configurazioni software a seconda delle potenzialità del computer utilizzato.

La seconda modalità comporta la realizzazione di un induttore ad altissima induttanza composto da 60.000 -100.000 spire, due diversi tipi di ricevitore a bassa frequenza, e un computer anche di basse prestazioni.

Il terzo step prevede il monitoraggio delle correnti superficiali del suolo mediante l'installazione di due dipoli di captazione elettrica della lunghezza di 100 m, un amplificatore protetto dalla scariche elettriche dedicato, e un computer. Questo step, potrà evolvere nella configurazione hardware utilizzando schede come Arduino o Raspberry per l'acquisizione del segnale.

L'APPROCCIO INIZIALE

L'approccio iniziale del progetto si è valso dell'esperienza maturata da alcuni radioamatori che, seguendo la tesi del dott. Enzo Mognaschi IW2GOO, dell'Università di Pavia e le esperienze di un radioamatore umbro: Marco Eleuteri IK0VSV, che prima del terremoto del 12.05.1997, dell'Umbria, ha rilevato interferenze anomale sulle bande radioamatorialei delle onde corte.

Mognaschi, analizzando gli appunti e le indicazioni dell'Eleuteri, consapevole che le rocce, a seguito di stress tettonici, sono essere soggette ad un fenomeno di microfratturazione conosciuto con il termine "dilatanza" ha ipotizzato che le stesse, durante tale fenomeno, siano anche in grado di produrre onde elettromagnetiche.

Ha quindi verificato tale comportamento mediante specifiche prove di laboratorio, utilizzando diversi campioni di roccia e simulando lo stress tettonico su tali campioni utilizzando speciali presse.

Tale ipotesi è stata successivamente confermata anche dal dott. Adriano Nardi IK0RII, anch'egli radioamatore e ricercatore dell'INGV, il quale, con ulteriori, analoghe prove, ha verificato la capacità delle rocce di emettere radiofrequenza, indipendentemente dal tipo di materiale di cui sono composte.

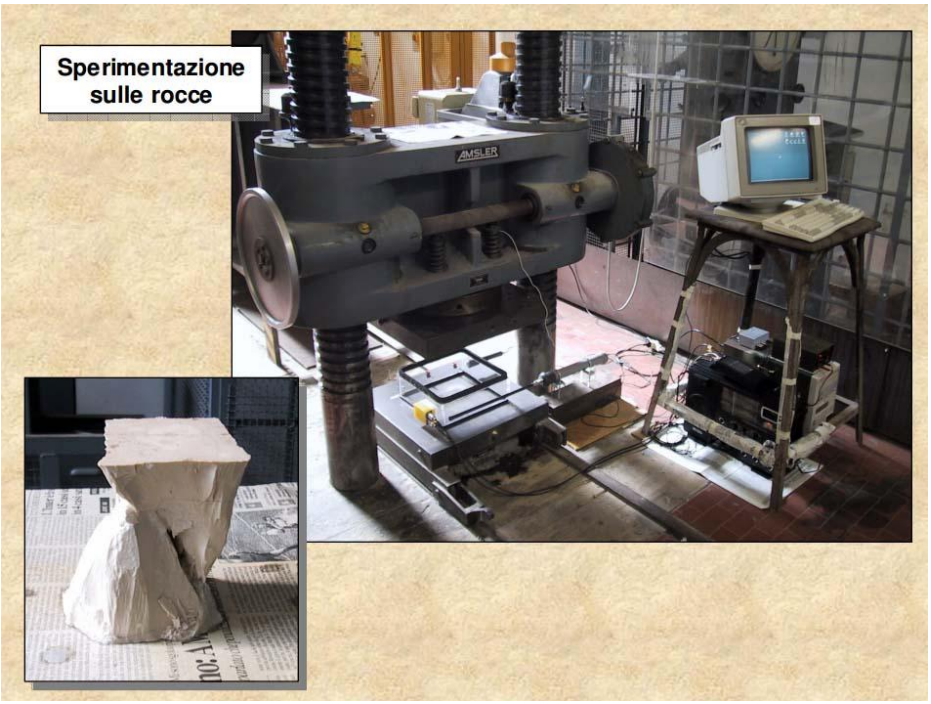

Fig. 3 – *Una pagina di una presentazione firmata dal dott. Adriano Nardi con le immagini delle presse utilizzate per la sperimentazione e un campione di roccia fratturato*

L'idea iniziale dell'approccio amatoriale al problema, implicava l'idea di rilevare una variazione significativa del livello medio del segnale di fondo. L'attrezzatura necessaria prevedeva quindi un'antenna a loop, un amplificatore a banda larga dedicato, un raddrizzatore di segnale per integrare e convertire il segnale in un valore in tensione continua, e un convertitore analogico/digitale che producesse un segnale analizzabile da un personal computer.

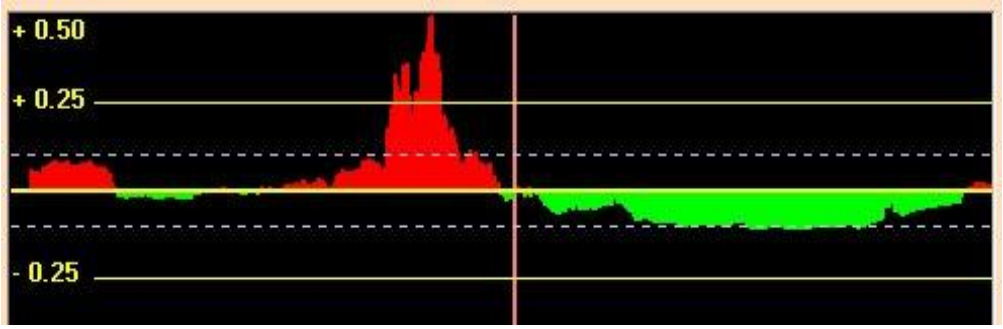

Fig. 4 – *Analisi del livello del rumore di fondo compreso tra 100 e 15 kHz circa effettuato con il programma compilato da Roberto Violi IK1XHH*

LA REVISIONE DEL PROGETTO

Al fine di omogeneizzare la strumentazione hardware da utilizzarsi per il monitoraggio, sono state valutate diverse ipotesi di lavoro. Un valido supporto per tali valutazioni è stato offerto, su suggerimento di Elvira Simoncini (IV3FSG), allora referente del Consiglio Direttivo ARI per il progetto, da Marco Toni, IK4MZJ, il quale ha messo a disposizione le sue competenze in fatto di antenne derivate dalla sua attività imprenditoriale in tale campo. Marco Toni ha quindi progettato, realizzato e verificato in laboratorio il comportamento di alcuni prototipi. La scelta finale è ricaduta su di un'antenna dalle caratteristiche professionali costituita da n. 50 spire di trecciola di rame avvolte all'interno di un tubo di alluminio ripiegato a cerchio del diametro esterno di circa 130 cm.

Fig. 5 – *Uno dei prototipi di antenna a loop realizzati da Marco Toni IK4MZJ*

La discussione interna ai vari collaboratori del progetto integrata da vari apporti esterni, ha suggerito di estendere la possibilità di analisi dei segnali rilevati. Si è quindi deciso di affiancare al programma iniziale un software in grado di effettuare l'analisi in tempo reale di tutto lo spettro elettromagnetico considerato, che è stato esteso alla gamma compresa tra 0 e 22 kHz.

La parte relativa al ricevitore proposto dal gruppo di studio iniziale facente capo al dott. Mognaschi, è stata rivisitata grazie all'apporto di Adamo Mancini IK1SBB e di Carlo Petri IV3BUH, quest'ultimo, già componente del gruppo FESN. Le modifiche apportate hanno compreso la modifica della banda passante e alcune sostituzioni per aggiornare i componenti costituenti i circuiti integrati amplificatori operazionali.

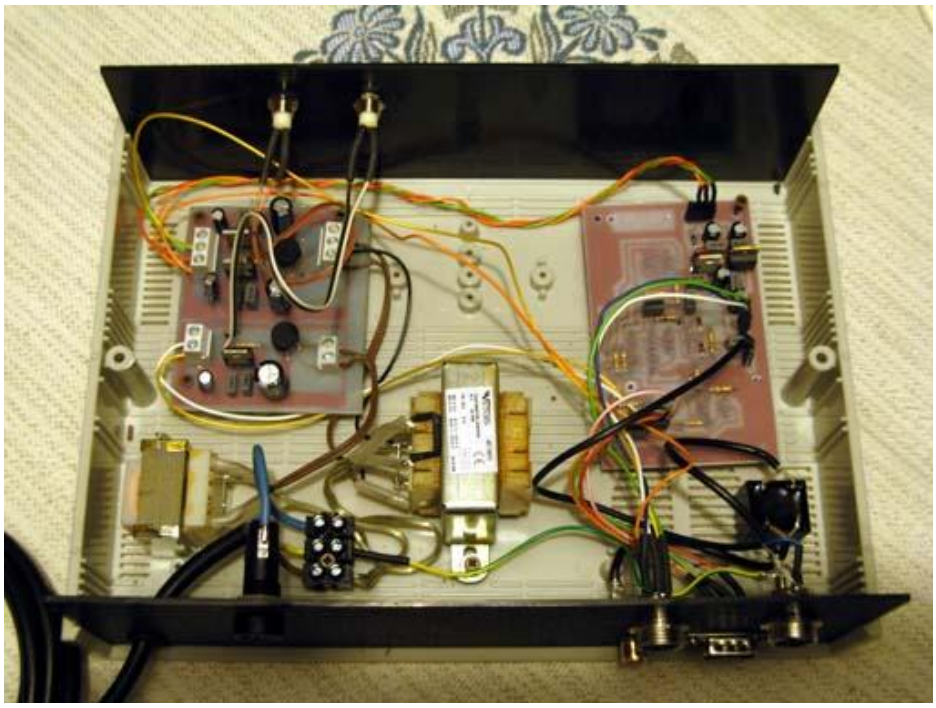

Fig. 6 – *Lo stadio alimentatore e convertitore analogico digitale del progetto SDT*

La prima stazione, attivata con le modalità proposte dal gruppo di studio iniziale, è stata quella della Sezione ARI di Fidenza, la quale ha costruito in autonomia l'hardware necessario e ha predisposto, nel proprio sito web: www.arifidenza.it, una pagina dedicata comprendente la pubblicazione dei dati rilevati in tempo reale. Successivamente ha aderito alle nuove proposte avanzate dal progetto, modificato la configurazione hardware e software secondo i dettami proposti dal dott. Nardi, e attualmente gestisce la propria stazione con le nuove modalità operative e organizza incontri e convegni dedicati al fenomeno.

Fig.7 – *La pagina della sezione ARI di Fidenza, dedicata al progetto SDT*

La presenza di segnali e interferenze prima e durante eventi sismici è oggetto di discussione scientifica da diversi anni, così come confermano diversi articoli scientifici, tra cui quelli riportati in bibliografia, molti dei quali sono reperibili liberamente in rete.

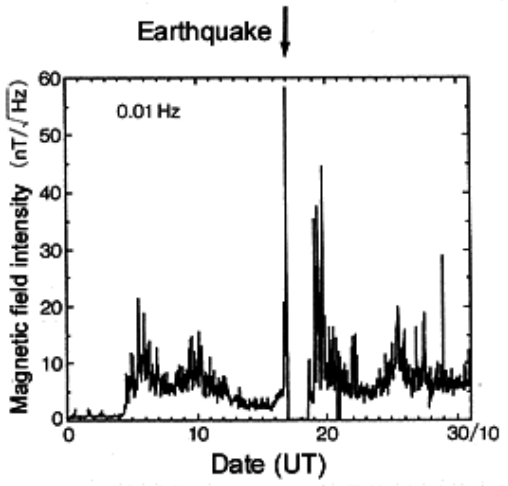

Fig. 8 – *Variazioni temporali del fondo geomagnetico prima dell'evento sismico di Loma Prieta (f=0.01Hz) (dopo Fraser-Smith et al., 1990).*

La possibilità di confrontare nuove idee e modalità operative è stata resa possibile anche grazie al Gruppo Scatter del Monte del Giogo (http://www.ik4mgv.it/giogo1.htm), facente capo alla Sezione ARI di Parma. Il gruppo Scatter gestisce un'ex postazione dell'aeronautica militare della NATO, al cui interno, infatti, è presente una stazione di monitoraggio elettromagnetico progettata e realizzata a cura del dott. Adriano Nardi IK0RII dell'Istituto Roma 2 dell'INGV.

Fig. 9 – *Il simbolo del Gruppo Scatter del Monte del Giogo facente capo alla Sezione ARI di Parma*

Il successivo scambio di idee con il dott. Adriano Nardi, ha comportato l'ipotesi di modificare le impostazioni del software Spectrum Lab, compilato da Wolfgang Buescher DL4YHF, reperibile all'indirizzo http://www.qsl.net/dl4yhf/spectra1.html, adottato dal progetto, al fine di rendere le stazioni aderenti al progetto SDT, compatibili con quelle già installate dal dott. Nardi stesso.

La configurazione adottata dal dott. Nardi è composta da un'antenna a stilo, un amplificatore e un personal computer. Le caratteristiche hardware delle apparecchiature utilizzate, pur essendo diverse, si sono rivelate compatibili con quelle adottate dal progetto SDT. Lo confermano, di fatto, le prove già effettuate e i DRUMS delle stazioni già attive con la nuova configurazione software.

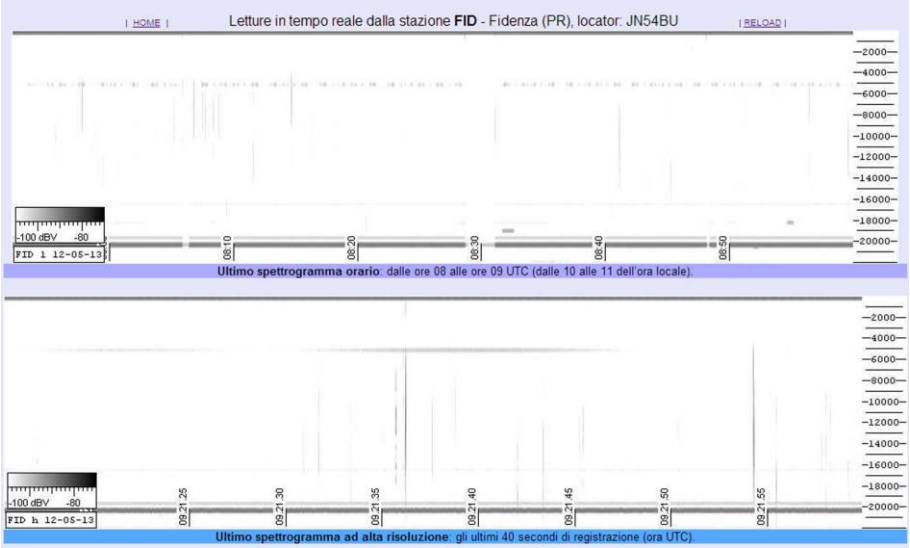

Fig. 10 – *Videata comprendente 60 minuti dello spettro elettromagnetico rilevato nella stazione di Fidenza*

Lo scopo del monitoraggio è utile anche per evidenziare i segnali di origine antropica che è possibile rilevare sui magnetogrammi, ma soprattutto tende a individuare segnali di origine naturale che, nella migliore delle ipotesi, possano essere considerati possibili precursori di eventi sismici.

Questo tipo di segnali di origine tettonica è potenzialmente riconoscibile e deriva proprio dagli studi del dott. Nardi e dalla sua tesi di Laurea. I segnali individuati dai suoi studi indicano frequenze, che si aggirano intorno ai 5 kHz, anche se non si può affatto escludere la possibilità che altri tipi di segnali anomali, anche diffusi su altre frequenze, si possano rilevare prima, durante o dopo un sisma rilevante.

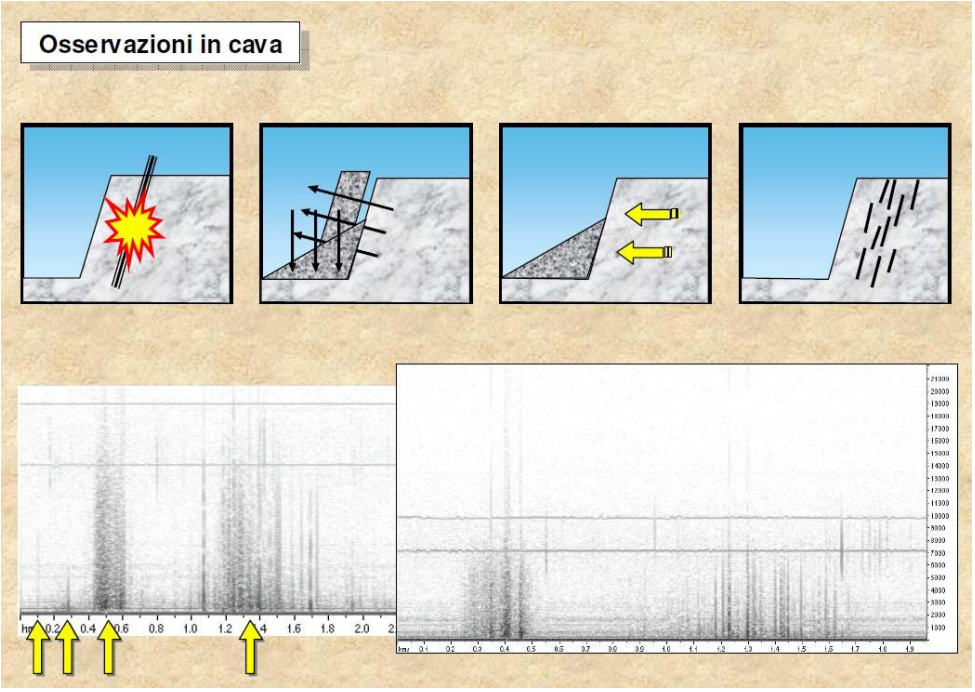

Fig. 11 – *Una videata della presentazione del dott. Nardi che evidenzia alcuni segnali elettromagnetici rilevati nei pressi di una cava in corrispondenza di brillamento di mine per l'estrazione del materiale.*

Si desidera precisare però, che, alcune discussioni accademiche, indicano che sia possibile rilevare segnali elettromagnetici riferibili a possibili precursori, solo in corrispondenza di eventi di magnitudo almeno pari o superiore a 4-5 Richter. Tale caratteristica necessaria, rende limitato il numero dei casi elaborabili ai fini del progetto. Tuttavia, nonostante ciò, si ritiene la ricerca amatoriale ugualmente opportuna, in quanto quella ufficiale, in questo campo, è poco diffusa e si basa spesso su progetti a termine.

Tali ricerche non possono essere in grado quindi, di elaborare dati ottenibili in un periodo di tempo molto prolungato. Diversamente sia il progetto SDT che quelli degli altri operatori ospitati nel sito della FESN, non hanno un limite temporale e questo li pone in grado di avere maggiori probabilità di ottenere risultati concreti.

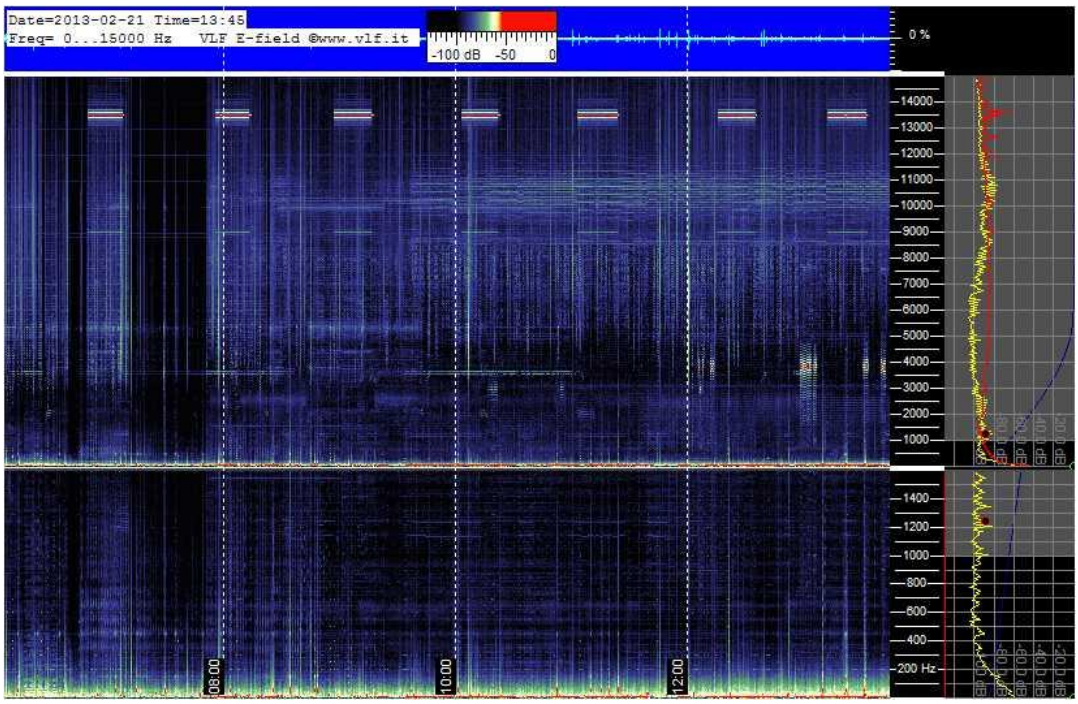

Fig. 12 – *Una schermata della stazione di Cumiana (TO), facente capo alla rete gestita da Renato Romero (IK1QFK)*

La possibilità di ottenere segnali elaborabili, purtroppo, è stata inficiata anche dall'assenza, al momento del sisma avvenuto in Emilia il 20 maggio 2012, di stazioni SDT configurate con le modalità del dott. Nardi. I segnali eventualmente rilevati, quindi, non potevano essere confrontabili con i suoi studi. Inoltre non risulta siano state presenti e attive altre stazioni in prossimità dell'evento stesso.

Si desidera comunque citare un episodio che è stato rilevato da Marco Toni, IK4MZJ di Parma, che nella notte precedente ad una delle prime forti scosse avvenute nella zona, ha notato un insolito silenzio radio in onde corte, come se la zona fosse interdetta dalla ricezione di segnali lontani. Purtroppo la mancanza di altre segnalazioni analoghe che possano confermare il fenomeno, fanno sì che la segnalazione, anche se interessante, non possa essere ritenuta rilevante ai fini scientifici.

EVOLUZIONE DEL PROGETTO SDT – ANTENNE E RICEVITORE ULF

Il secondo metodo, proposto dal progetto SDT, consiste nell'installazione di almeno 3-4 stazioni localizzate in diversi punti della penisola, comprendenti un'antenna formata da un induttore di almeno 60-90.000 spire di filo di rame smaltato del diametro di 0.2 mm, avvolte su un nucleo ferroso. L'induttore è connesso ad un amplificatore a sua volta collegato ad un computer.

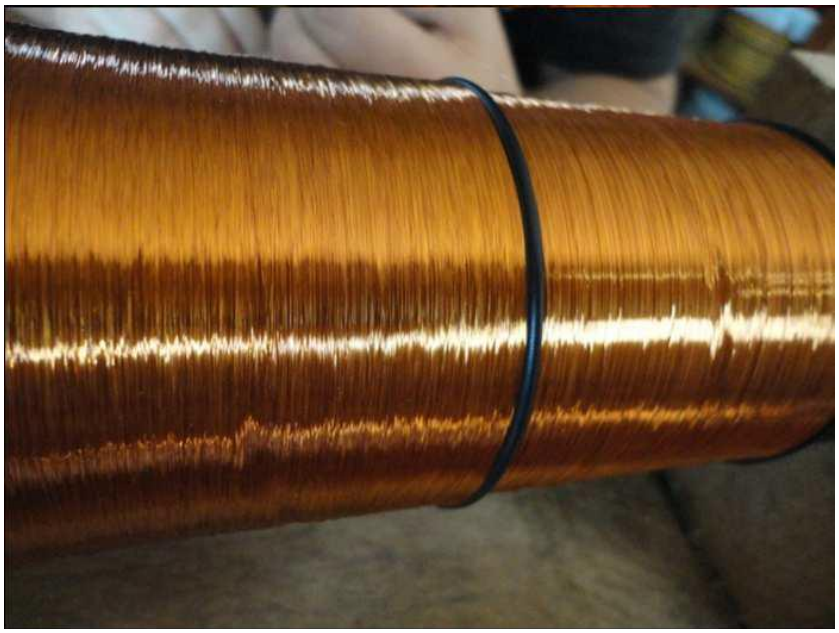

Fig. 13 – *Un esempio di antenna ad altissima induttanza realizzato dal gruppo LTPA Observer Project di Albano Laziale (RM)*

Questa configurazione permette di analizzare lo spettro di frequenze comprese tra 0 e 25 Hz circa. Il programma utilizzato è sempre Spectrum Lab, utilizzato anche per lo step precedente, ma configurato in modo diverso al fine di evidenziare solo la parte dello spettro elettromagnetico interessato dal monitoraggio.

In alternativa esiste la possibilità di connettere l'induttore anche ad uno dei canali di ingresso di una stazione sismica della FESN, così come si è realizzato nella stazione di Pasian di Prato a titolo sperimentale, ottenendo risultati confrontabili.

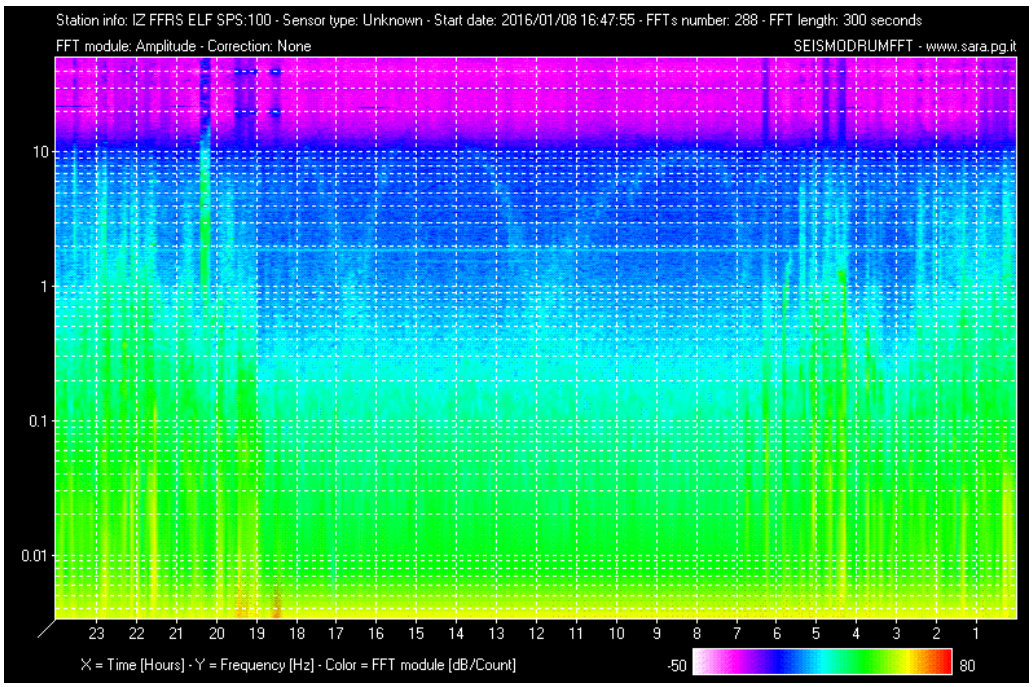

Fig. 14 – *Un esempio di monitoraggio giornaliero dell'attività elettromagnetica compresa tra 0 e 25 Hz.*

Questa modalità di monitoraggio è stata ampiamente confrontata e discussa con un gruppo amatoriale di Albano Laziale che gestisce i sito LTPA Observer Project (http://www.ltpaobserverproject.com) e che fa riferimento al dott. Valentino Straser, geologo e ricercatore indipendente, che ha già pubblicato più articoli scientifici riferiti a questo argomento, rilevabili in rete così come indicato in bibliografia.

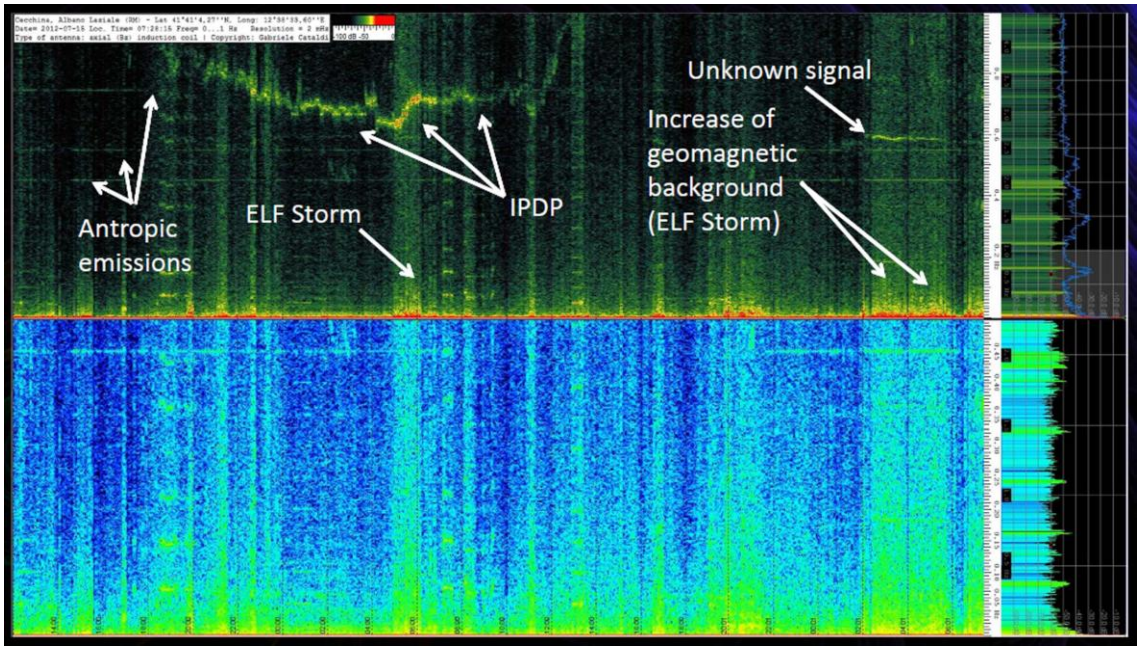

Fig. 15 – *Alcuni segnali elettromagnetico riconoscibili in banda ULF*

Le peculiarità di Spectrum Lab, lo rendono in grado di sfruttare in profondità le caratteristiche della scheda audio del PC utilizzando modalità particolari che la rendono in grado di rivelare anche i segnali a bassissima frequenza, tipici delle attività naturali.

All'interno di questa gamma di frequenze, i cui drums sono visibili sul sito FESN alla pagina del monitoraggio Elettromagnetico, è possibile rilevare segnali molto interessanti causati soprattutto dall'interazione dell'attività solare con la magnetosfera terrestre. Di particolare interesse è il drum della

stazione di Albano Laziale, pubblicata grazie alla collaborazione avviata tra la FESN e LTPA Observer Project.

Questi segnali, che si evidenziano nell'immagine relativa alla **fig. 14**, sono identificati e codificati da precedenti studi e quindi riconoscibili grazie alle frequenze tipiche in cui si manifestano.

Le interazioni tra il vento solare, i flares, e la magnetosfera sono ben spiegate in una pagina del sito http://roma2.rm.ingv.it/it/aree_di_ricerca/1/campo_magnetico_terrestre dell'Università di Roma 2 e dell'INGV.

Esiste inoltre una nutrita letteratura, parte della quale è stata citata nella bibliografia allegata al presente articolo, che riguarda studi e verifiche scientifiche relative alla correlazione tra l'attività solare e gli eventi sismici sul pianeta Terra.

Desiderando riassumere il meccanismo ipotizzato, si può riassumere il processo come segue:

Fase 1: l'attività solare genera un flare (http://sdo.gsfc.nasa.gov/) se l'eruzione è sufficientemente potente, la stessa genera un flusso di ioni, elettroni e protoni in viaggio verso la terra;

Fase 2: dopo alcune ore la perturbazione solare arriva in prossimità della magnetosfera e crea a sua volta una perturbazione della stessa;

Fase 3: la perturbazione della magnetosfera causa una variazione periodica del campo magnetico terrestre rilevabile con magnetometri o comunque con bobine ad altissima induttanza;

L'arrivo di perturbazioni magnetiche di origine solare potrebbe essere talmente potente da causare sia il danneggiamento di apparecchiature elettroniche (prima di tutti i satelliti in orbita terrestre) e poi, qualora l'energia residua sia in grado di raggiungere la superficie terrestre, causare forti interferenze e addirittura guasti nelle apparecchiature elettroniche a terra.

L'interazione tra la perturbazione solare e la magnetosfera terrestre, non si limita a generare interferenze, bensì, considerato che buona parte della crosta terrestre contiene materiali ferromagnetici e altri tipi di elementi conduttori di varia capacità e resistenza, può essere in grado di interagire con la crosta stessa inducendo sforzi che potrebbero integrare quelli ingenerati dalle forze di marea.

Va precisato che le sole forze di marea lunare e solare, sono in grado di provocare un innalzamento o un abbassamento della crosta terrestre fino a 40 cm circa.

Di conseguenza, considerato che le forze di marea possono agire come un vero e proprio effetto di innesco sulle formazioni tettoniche in stato di equilibrio instabile, l'eventuale aggiunta di sollecitazioni derivanti dall'interazione magnetica, causerebbe una condizione tale che potrebbe aumentare, anche di molto, la probabilità di avvio di movimenti tellurici.

Molti studi ufficiali trattano approfonditamente tale ipotesi, e le rilevazioni effettuate, con le loro apparecchiature, dal gruppo di Albano Laziale e del dott. Straser, sembrano confermare tale ipotesi.

I numerosi satelliti artificiali che controllano lo stato della superficie solare, l'intensità del flusso di elettroni e protoni, e altri parametri, permettono, inoltre, di confrontare i dati ottenuti a terra dagli induttori, con quelli provenienti dallo spazio.

Le apparecchiature amatoriali installate a Roma, consistenti in un induttore iniziale da 70.000 spire (successivamente sostituito da un induttore con molte più spire), connesso ad un amplificatore di segnali progettato e messo a disposizione dalla NASA (Progetto Nasa Inspire http://www.nasa.gov/offices/education/programs/descriptions/INSPIRE_Project.html) hanno già dato prova, in numerosissime occasioni, di essere in grado di rivelare i segnali derivanti dall'interazione della magnetosfera con il flusso solare. I dati, inoltre, sono stati confrontati anche con quelli di eventi sismici rilevanti occorsi in diverse parti del mondo.

Attualmente i collaboratori del progetto SDT stanno valutando la possibilità di progettare e realizzare un amplificatore di segnali unificato, adeguato alle esigenze, da accoppiare agli induttori di progetto, dei quali uno è già stato testato con risultati incoraggianti mentre altri sono in fase di realizzazione.

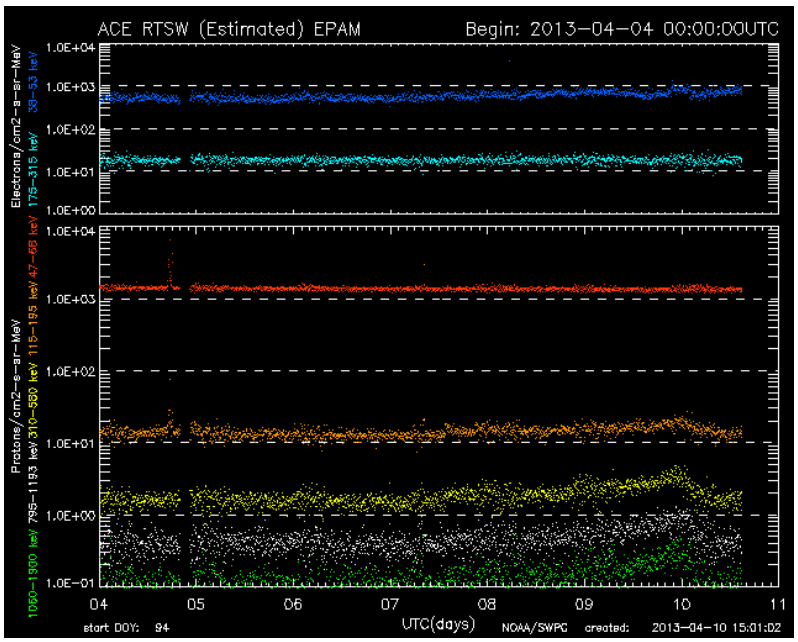

Fig. 16 *– Esempio di monitoraggio del flusso protonico effettuato da satellite*
URL: http://www.swpc.noaa.gov/ace/Epam_7d.gif

UN ESEMPIO DI COSTRUZIONE DI ANTENNA AD ALTISSIMA INDUTTANZA

L'antenna ad altissima induttanza realizzata per il progetto SDT è stata progettata sulla base di numerose discussioni accademiche con altri radioamatori interessati al monitoraggio elettromagnetico in questa branca di frequenze. Di particolare interesse sono stati gli scambi di idee avvenuti con Bruno Grassi IK1WVG, Marco Toni, IK4MZJ, e altri collaboratori che hanno suggerito modalità costruttive che hanno portato alla realizzazione che di seguito viene descritta.

Le bobine necessarie all'avvolgimento del filo elettrico, sono state le prime ad essere valutate sotto il profilo della costruzione casalinga del tutto. La soluzione adottata prevede l'acquisizione di un tubo, che per il progetto SDT è in vetroresina del diametro esterno da 50 mm e lunghezza 10 cm.

Fig. 17 *– I rocchetti per bobine pronti per la stesa dell'avvolgimento*

Al fine di completare le bobine, sono stati predisposti dei rocchetti formati con dei dischetti di compensato o di cartoncino molto rigido per trasformatori, forati al centro per permettere l'inserimento del

nucleo. Sono state incollate con colla epossidica e successivamente rinforzate con uno strato di colla vinilica lungo l'angolatura tra il tubo in resina e il dischetto di compensato.

Il filo per l'avvolgimento non deve essere troppo sottile al fine di non aumentare eccessivamente la resistenza intrinseca che comprometterebbe la sensibilità dell'antenna e non eccessivamente spesso al fine di evitare pesi e diametri finali delle bobine eccessive. Per il progetto SDT il filo scelto è quello da 0,2 mm smaltato.

Per l'avvolgimento delle bobine si possono seguire due strade. La prima è avvolgerle con una bobinatrice professionale. Nel nostro caso questo è stato possibile grazie alla collaborazione gentilmente fornita da Roberto Biondi IV3BUT. La seconda ipotesi è quella di realizzare una bobinatrice artigianale fatta in casa così come l'esempio che segue.

Fig. 18 – *Esempio di bobinatrice. Realizzazione homemade di IV3NQS Rccardo*

La bobinatrice homemade può essere realizzata seguendo il modello di cui sopra, fissando un motorino ad una tavoletta di compensato, realizzando una puleggia, sempre in compensato, per la riduzione dei giri, e creando un supporto per infilare la bobina da avvolgere. Nel nostro caso, è stato utilizzato un tubo in plexiglas, due fazzoletti ferma bobina, il tutto infilato in un alberino formato da una barra filettata in acciaio zincato. In primo piano si può vedere il risultato dell'avvolgimento di una bobina realizzata con questo sistema. IL numero di spire si aggira intorno a 15.000, il diametro finale è di 80 mm.

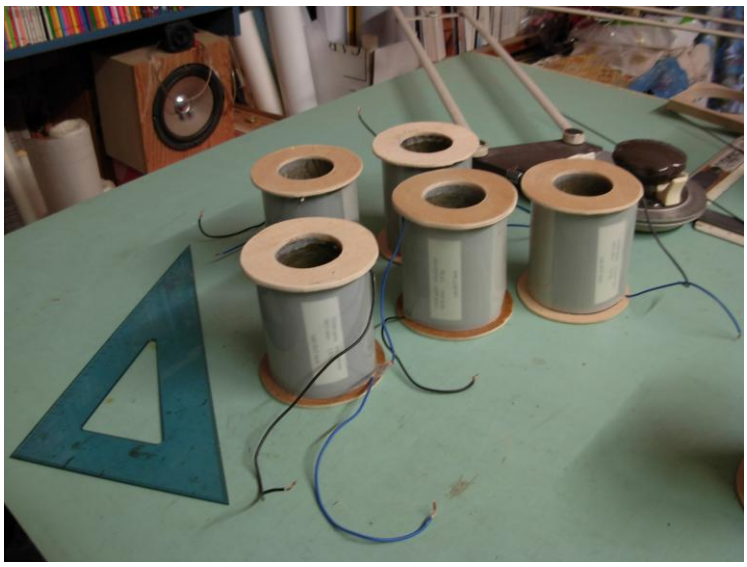

Fig. 19 – *Esempio di bobine avvolte con bobinatrice e ricoperte con strato protettivo.*
Realizzazione di IV3BUT Roberto Biondi

Una volta realizzate in casa od ottenute le bobine, che possono avere 15.000 spire circa l'una, (quelle realizzate da IV3BUT sono costituite da 17.500 spire), è necessario prevedere un supporto per infilarle e contenere il nucleo.

I supporti per le bobine degli induttori realizzati dal sottoscritto per il progetto SDT, sono costituiti da un tubo in plexiglas ovvero in Geberit del diametro adatto.

All'interno del tubo di supporto è stato infilato un nucleo composto da barrette tonde di ferro dolce per saldatura del diametro di 2 mm, facilmente reperibile presso negozi che trattano materiale per saldature artigianali. Ogni barretta è stata isolata, l'una rispetto alle altre, mediante l'utilizzo di un film in polietilene (pellicola per alimenti). Le barrette standard sono di lunghezza pari a 1 m. E' consigliabile utilizzarle integralmente, senza tagliarle a misura, anche se le bobine utilizzate non coprono l'intera lunghezza delle barrette.

Le antenne realizzate per il progetto, sono costituite da un numero di spire complessivo che si aggira intorno a 90.000, quindi le bobine utilizzate sono 5 o 6. Anche se sarebbe preferibile che le antenne avessero caratteristiche identiche per poter confrontare i dati in modo univoco, va considerato che eventuali piccole differenze potranno, in futuro, essere compensate mediante la taratura del ricevitore.

Fig. 20 – *Prototipo di antenna con nucleo in barrette di ferro dolce in fase di montaggio*
Realizzazione di IV3NQS – Riccardo

Nell'immagine sopra riportata si può notare le bobine da 15.000 spire circa realizzate in casa, accoppiate e già inserite in un tubo in PEAD da 4 cm di diametro, a sua volta riempito con un nucleo in barrette di ferro dolce da 2 mm, isolate da film in polietilene. Al fine di aumentare il diametro del nucleo, una parte delle barrette sono state disposte anche all'esterno del tubo e successivamente protette con lo stesso film di polietilene.

L'utilizzo del film di polietilene per isolare le barrette singolarmente comporta due vantaggi: il primo è la limitazione delle correnti parassite (correnti di Foucault) all'interno del nucleo che potrebbero limitare la sensibilità dell'antenna; il secondo è quello relativo alla protezione dalla corrosione. Infatti le barrette sono in ferro quasi puro, quindi facilmente attaccabile dalla ruggine. In alternativa è possibile verniciare le barrette per immersione o tramite appositi spray.

Una considerazione a parte è necessaria per meglio comprendere le scelte che hanno portato a questo tipo di progettazione.

Oltre alla facilità di realizzazione dell'apparato mediante la fabbricazione di bobine di dimensioni limitate, che rendono maggiormente possibile la realizzazione in casa, vale un'ulteriore considerazione in merito alla scelta di spezzettare l'induttore utilizzando bobine separate. Va considerata infatti la possibilità che l'eccitazione di una bobina possa cedere parte del segnale alle bobine adiacenti, mediante accoppiamento induttivo, riducendo l'efficienza totale dell'antenna. Per evitare questa condizione, è consigliabile connettere

le bobine non semplicemente l'una in serie con la successiva, bensì in modo casuale, per esempio l'uscita della prima bobina, con l'ingresso della terza, l'uscita della terza con l'ingresso della sesta e così via.

Un'altra considerazione va fatta in merito alla scelta del tipo di nucleo. Per molte realizzazioni relative alle antenne, viene proposto l'utilizzo di materiali particolari come il "Permalloy" o il "Mumetal". Tali materiali, ad alta tecnologia, sono difficilmente reperibili sul mercato amatoriale e, soprattutto, hanno costi proibitivi per un progetto amatoriale com'è quello del progetto SDT. Le caratteristiche di questo tipo di materiali è quello di avere un'altissima permeabilità. Quindi, oltre ad aumentare di molte centinaia di volte l'induttanza delle bobine avvolte in aria, reagiscono alla magnetizzazione causata dalla presenza di campi elettromagnetici, in modo estremamente limitato, di fatto molto vicino allo zero. In pratica, un campo magnetico imposto, tende a variare le orbite superficiali degli elettroni, causando un comportamento magnetico del materiale ferroso. Questa magnetizzazione tende a rimanere nel metallo per un determinato periodo prima che gli elettroni, ritornando all'orbita di partenza, riportino il metallo alle condizioni iniziali di inerzia magnetica. Materiali come il Mumetal o il Permalloy, offrono prestazioni particolarmente elevate. Tuttavia, per gli scopi e soprattutto alle frequenze in gioco per il monitoraggio previsto, si ritiene che il ferro dolce sia un materiale che offre caratteristiche di permeabilità e ciclo di isteresi sufficienti. I risultati ottenuti e le varie prove effettuate in laboratorio da Marco Toni IK4MZJ confermano questa ipotesi.

Esiste un altro parametro che può influire sulle caratteristiche di una bobina con nucleo ferromagnetico ed è quello relativo alla saturazione. In un trasformatore, dove è necessario trasferire l'energia accumulata da una bobina verso un'altra ad essa accoppiata, questo parametro è particolarmente importante, poiché se il nucleo sottoposto all'effetto di magnetizzazione da parte del campo indotto dalla bobina, supera il punto di saturazione, quindi la capacità del nucleo di orientare le orbite elettroniche sopra citate, l'eccesso di energia si trasforma in calore, producendo delle perdite che riducono la prestazione finale del trasformatore. Nel caso della nostra antenna, il problema non si pone in quanto le correnti in gioco sono bassissime e quindi non sono in grado di avvicinarsi minimamente al punto di saturazione del nucleo.

Attenzione che qualsiasi lega acciaiosa, avendo caratteristiche molto diverse da quelle del ferro dolce, rimane molto più facilmente magnetizzata e, soprattutto, mantiene a lungo la magnetizzazione anche dopo che il campo è stato tolto, quindi non è adatta per costituire il nucleo dell'antenna.

Una volta inserite le bobine sul nucleo, è necessario provvedere alla realizzazione di uno "schermo". Questo, nel nostro caso, è stato realizzato semplicemente avvolgendo due o tre strati di film di alluminio posizionandolo sopra tutta la lunghezza delle bobine. E' però necessario realizzare, con lo schermo, una *spira aperta*, il che vuol dire che le due estremità dello schermo non devono essere in contatto. Per fare ciò è sufficiente lasciare uno spazio, anche di qualche millimetro, tra i due lembi dello schermo.

Una volta realizzato anche lo schermo, il tutto può essere infilato, a sua volta, all'interno di un tubo di PEAD, del diametro adatto, a scopo protettivo.

Fig. 21 – *Esempio di induttore completato dal tubo di protezione.*

Nell'esempio riportato, il fondo è stato realizzato con un disco di compensato dello spessore di circa 15 mm, mentre per il tappo si può utilizzare i tappi che si trovano in commercio.

Per la presa di connessione, è possibile sfruttare i tappi e scegliere un connettore per microfono a tre contatti. Questo consente di collegare ad un polo la terra, a sua volta connessa allo schermo, e i due capi della bobina ai due restanti poli della presa.

Per l'amplificatore da utilizzarsi, in attesa di ulteriori prove e verifiche, che sono attualmente in corso, è senz'altro possibile utilizzare l'amplificatore progettato per la prima parte del progetto SDT, il quale si è rivelato sufficientemente sensibile anche alle frequenze in gioco.

Il software, invece, è sempre il classico "Spectrum Lab", configurato però per analizzare solo le frequenze comprese tra 0 e 25 Hz.

Per chi desiderasse effettuare delle prove, ovvero pubblicare sul web della FESN, la propria stazione di monitoraggio con questo tipo di antenna, può richiedere all'indirizzo posta.fesn@gmail.com, il file di configurazione di "Spectrum Lab", già predisposto, da completare soltanto con i parametri della stazione (nominativo, coordinate ecc.).

Per coloro che già fossero in possesso di una stazione sismica similare a quelle utilizzate dalla FESN, cioè dotate di più canali, può optare di connettere l'induttore ad alta impedenza al posto di un sensore. Tale soluzione, come già accennato più sopra, è già operativa nella stazione di Pasian di Prato e i risultati relativi sono consultabili sulla pagina del sito FESN dedicata al monitoraggio elettromagnetico. In particolare, con questa configurazione, è possibile visualizzare sia la registrazione del magnetogramma in cascata, quindi nel dominio delle frequenze, derivate dall'analisi di Fourier in tempo reale, sia il drum giornaliero tracciato nel dominio del tempo.

Quest'ultima possibilità consente di analizzare il segnale anche sotto un diverso punto di vista, potendo anche verificare in dettaglio se i segnali che il dott. Nardi ha rilevato in laboratorio e in cava, si ripropongono anche in questa gamma di frequenze, come appare più che probabile.

Attualmente, Marco Toni IK4MZJ, sta verificando la possibilità di realizzare un filtro, a basso costo, per eliminare le frequenze superiori a 25 Hz, in modo da evitare la possibile comparsa di segnali spurii all'interno degli spettrogrammi in analisi.

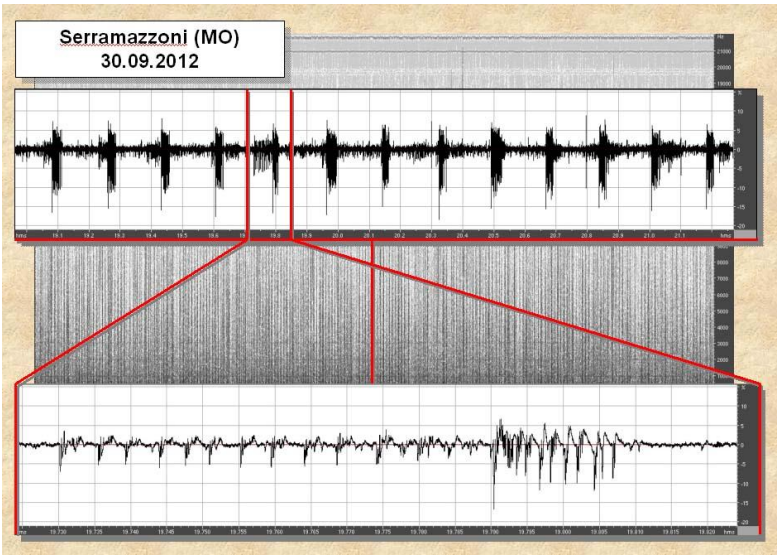

Fig. 22 – *Un esempio di segnale analizzato nel dominio del tempo.*

Al fine dell'interpretazione dei magnetogrammi pubblicati sul sito della FESN, si può fare riferimento alla classificazione dei segnali introdotta dalla IAGA (International Association for Geomagnetism and Aeronomy) nel 1964.

Classificazione IAGA delle pulsazioni geomagnetiche				
	Nome	**Durata**	**Frequenza**	**Intensità**
Continue	Pc1	0,2-5s	0,2-5 Hz	1 nT
	Pc2	5-10s	0,1-0,2 Hz	3 nT
	Pc3	10-45s	0,022-0,1 Hz	10 nT
	Pc4	45-150s 00:45-02:30	7-22 mHz	< 300 nT
	Pc5	150-600s 0230-10:00	2-7 mHz	300 nT
Irregolari	Pi1	1-40s	0,025-1 Hz	10 nT
	Pi2	40-150s 00:40-02:30	2-25 mHz	100 nT

Fig. 23 – *Dettagli della classificazione IAGA .*

PROGETTO SDT – PARTE TERZA – CORRENTI SUPERFICIALI

La terza parte del progetto SDT, comprendente il monitoraggio delle correnti superficiali del terreno.

Il metodo, riproposto dal Progetto SDT, deriva dagli studi del prof. Thanassoulas Constantine. Questi è riuscito in più occasioni a determinare (a posteriori) la zona epicentrale di un sisma rilevante, analizzando i dati derivanti da un sistema di dipoli di terra. L'hardware necessario, in fase di costruzione da pare di alcuni collaboratori del progetto SDT al fine di installare una stazione di prova, comprende due dipoli con un punto comune, un amplificatore e il solito pc per la memorizzazione e l'analisi dei dati.

La teoria si basa sempre sul concetto della dilatanza e della capacità delle rocce di emettere segnali, che, in questo caso, sono elettrici e scorrono in prossimità della superficie terrestre.

La capacità del sistema di dipoli di rilevare con diversa intensità un segnale elettrico di possibile origine tettonica, comporterebbe la possibilità di ricavare la direzione di provenienza del segnale al fine di individuare una zona sismica potenzialmente attiva. Installando un numero adeguato di stazioni, aumenterebbe la possibilità di rilevare con maggiore precisione il luogo a rischio.

Purtroppo, anche se i metodi sopra descritti sembrano confermare correlazioni tra segnali elettrici ed elettromagnetici e gli eventi rilevanti, non è, al momento, possibile ipotizzare un qualsiasi tipo di previsione basato solo su queste informazioni. Mancherebbero infatti dati oggettivi relativi al grado di stress subito dai vari sistemi di faglie esistenti.

Attualmente si sta cercando, con vari sistemi, di determinare il grado di stress effettivo delle faglie attive. Tuttavia questo rimane il compito più gravoso e difficile, in quanto gli epicentri dei principali eventi sismici sono spesso immersi in profondità (mediamente tra 10 e 30 km, ma possono raggiungere gli 800 km). La possibilità di derivare le tensioni in prossimità dell'epicentro basandosi solo sui dati rilevabili in superficie è davvero minimale. Al momento non è nemmeno possibile ipotizzare l'utilizzo di sonde in grado di rilevare tensioni direttamente nei punti critici. Oltre al costo elevatissimo di tali apparecchiature, va considerata l'elevata temperatura del sottosuolo a quelle profondità. Il gradiente termico si aggira infatti intorno a 30 gradi ogni km.

La possibilità quindi che i ricercatori rilevino per tempo le aree a rischio di evento sismico attivabili mediante un innesco, al momento sono davvero infinitesimali. Tuttavia, ogni piccolo passo verso la comprensione dei fenomeni è auspicabile, anche se questo è condotto a livello amatoriale.

Per concludere, si desidera ricordare ancora una volta che il progetto SDT è ancora in evoluzione, e quindi soggetto a integrazioni e verifiche, ed eventualmente a modifiche tese ad aumentare le probabilità di ricevere segnali di origine naturale potenzialmente interessanti ai fini della comprensione e della ricerca, se possibile, dei fenomeni elettromagnetici che precedono gli eventi sismici rilevanti, e che ogni contributo in tal senso, è ben accetto.

Prossimamente, in un altro articolo, si tratterà della configurazione software proposta da Adriano Nardi IZ0RII, delle modalità di acquisizione e dei possibili segnali anomali da ricercare.

Bibliografia

1. William S. D. Wilcock - Tidal triggering of microearthquakes on the Juan de Fuca Ridge - GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 28, NO. 20, PAGES 3999-4002, OCTOBER 15, 2001;

2. Paul A. Rydelek, I. Selwyn Saks and Roberto Scarpa – On tidal triggering of earth quakes at Campi Flegrei Italy – Geophys. J. Int. 109, 125-137;

3. Thomas Dautermann,Eric Calais, Jennifer Haase, and James Garrison3 - Investigation of ionospheric electron content variations before earthquakes in southern California, 2003–2004 - JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 112, B02106, doi:10.1029/2006JB004447, 2007

4. Edward L. Afraimovich1 and Elvira I. Astafyeva, - TEC anomalies—Local TEC changes prior to earthquakes or TEC response to solar and geomagnetic activity changes? - Earth Planets Space, 60, 961–966, 2008

4. I. Charvàtovà - Can origin of the 2400-year cycle of solar activity be caused by solar inertial motion? - Ann. Geophysicae 18, 399±405 (2000) Ó EGS ± Springer-Verlag 2000

5. Valentino STRASER - RADIO WAVE ANOMALIES, ULF GEOMAGNETIC CHANGES AND VARIATIONS IN THE INTERPLANETARY MAGNETIC FIELD PRECEDING THE JAPANESE M9.0 EARTHQUAKE - New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 59, June, 2011. www.ncgt.org

6. Masashi Hayakawa - Short-term earthquake prediction by means of electromagnetic effects - New Concepts in Global Tectonics NEWSLETTER No. 61, December, 2011;

7. A. S. Silina, E. V. Liperovskaya, V. A. Liperovsky, and C.-V. Meister - Ionospheric phenomena before strong earthquakes - Natural Hazards and Earth System Sciences (2001) 1: 113–118 c European Geophysical Society 2001

8. S. Odintsov, K. Boyarchuk, K. Georgieva, B. Kirov, D. Atanasov - Long-period trends in global seismic and geomagnetic activity 3 and their relation to solar activity - Physics and Chemistry of the Earth xxx (2006) xxx–xxx

9. Hiroshi Tsuruoka, Masakazu Ohtake, and Haruo Sato – Statistical test of the tidal triggering of earthquakes: contribution of ocean tide loading effects – Geoph. J. Int. (1995) 122, 183-194;

10. Masashi Hayakawa, Katsumi Hattori and Kenji Ohta - Monitoring of ULF (ultra-low-frequency) Geomagnetic Variations Associated with Earthquakes - Sensors 2007, 7, 1108-1122;

11. Ilya G. Usoskin - A History of Solar Activity over Millennia - arXiv:0810.3972v1 [astro-ph] 22 Oct 2008;

12. Sachiko Tanaka, Masakazu Ohtake, and Haruo Sato - Tidal triggering of earthquakes in Japan related to the regional tectonic stress - Earth Planets Space, 56, 511–515, 2004;

13. Valentino STRASER - VARIATIONS IN GRAVITATIONAL FIELD, TIDAL FORCE, ELECTROMAGNETIC WAVES AND EARTHQUAKES - New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 57, December, 2010

14. M. Yoshida, T. Yamauchi, T. Horie, and M. Hayakawa - On the generation mechanism of terminator times in subionospheric VLF/LF propagation and its possible application to seismogenic effects - Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 8, 129–134, 2008

15. Rodolfo Manno - ONDE RADIO NELLA BANDA LF E PRECURSORI SISMICI

16. A. Nardi, M. Caputo; Monitoring the mechanical stress of rocks through the electromagnetic emission produced by fracturing.
Elsevier, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 46 (2009) 940-945.