

RADIOONDE

Aperiodico di scienza e tecnica della radio - N. 36, marzo 2005

Fotocopiato in proprio, distribuito gratuitamente, è gradita la collaborazione dei lettori - Il N. 35 è stato inviato a 19 lettori
Redazione: Ezio Mognaschi, v.le Gorizia,63 - 27100 Pavia PV, tel. 0382 539522, posta elettronica: mognaschi@fisicavolta.unipv.it

Hanno collaborato a questo numero: E. Mognaschi ed altri.

Sommario: Notizie, E lo chiamano "radioascolto", p. 1; Il convegno di Brescia "I precursori sismici: stato della ricerca e sperimentazione", p. 2; Intanto, in Giappone..... p. 2-5; Nuove antenne trasmettenti per FM a polarizzazione circolare, p. 5; Antenne magnetiche per sottomarini, p. 6.

Notizie: * Domenica 16.01.05 è stata inaugurata, alla presenza delle autorità locali, la nuova sede della Sezione A.R.I. della Lunigiana. Ospitata nell'edificio delle ex scuole del comune di Filattiera (MS) messo a disposizione dall'Amministrazione Comunale, è dotata di diversi ricetrasmittitori ed antenne; è sede anche della stazione sperimentale della Lunigiana per la registrazione e lo studio dei precursori elettromagnetici dei sismi.

* Sabato 29.01.05 si è svolto a Brescia, organizzato dalla locale Sezione A.R.I. presso l'Auditorium del Museo delle Scienze Naturali, il convegno "I precursori sismici: stato della ricerca e delle sperimentazione". Il resoconto è a p. 2.

Come consuetudine, mi permetto di chiedere, ogni tanto, ai lettori di *Radioonde* di manifestare il loro interesse a ricevere ancora questo aperiodico. La situazione è la seguente: alcuni lettori collaborano, altri sono spesso in contatto con la redazione e presumo siano interessati, altri fanno di *Radioonde* solo un oggetto da collezione nell'ambito del culto per le stravaganze radioamatoriali; dall'assenza di reazioni della maggior parte degli attuali lettori, ritengo che questi non lo leggano neppure per svariati, giustificabilissimi e comprensibilissimi motivi. Probabilmente non trovano sufficientemente interessanti i contenuti o si attendono altro. Mi accorsi del fatto allorquando, per un errore di fotocopiatura, venne saltata una pagina del N. 26 (giugno 2002), mentre un'altra riprodotta due volte. Solo due o tre lettori se ne accorsero e ad essi inviai le pagine correttamente fotocopiate, evidentemente per tutti gli altri andava bene così oppure, più verosimilmente, non si sono accorti di nulla. Comunque sia, per non far torto a nessuno e non dimenticare qualcuno chiedo a ciascuno un cortese riscontro per proseguire, in futuro, la spedizione. Grazie a tutti coloro che hanno sinora collaborato e grazie in anticipo a chi risponderà.

Cordialità

Ezio Mognaschi

E lo chiamano "radioascolto"

di E. Mognaschi

In ambito amatoriale al termine "radioascolto" si è sempre dato il significato di attività hobbistica per puro scopo di formazione culturale personale; naturalmente c'è sempre stato qualcuno, un po' più furbo degli altri o che si riteneva tale, che ha cercato di trarre lucro dall'hobby cercando di vendere liste di frequenze e di stazioni, manuali, accessori vari per la ricezione (antenne, accordatori, filtri, decodificatori, programmi), ma era un mercato magro, specialmente se limitato all'area italiana. Il tempo ha fatto giustizia ed i vampiri avventatisi avventatamente sulla vacca magra, languente ed esangue del radioascolto italiano sono rimasti insaziati.

Mi sono imbattuto recentemente nel sito (www.ibdonline.it) di una ditta che, tra le altre attività, offre sistemi di antenne e di commutazione con la seguente motivazione: "Nel mondo moderno vi sono svariate ragioni che giustificano l'attività di radioascolto e di radiomonitoraggio, nonché l'attività duale consistente nella generazione di disturbi per mascherare o confondere il segnale da ricevere". E qui ho imparato che il *jamming* è diventato "attività duale del radioascolto". Seguono poi alcuni esempi di "attività di monitoraggio delle trasmissioni radio" da parte di militari sia verso forze amiche sia, a maggior ragione, verso forze ostili per acquisire informazioni su movimenti e localizzazioni. A casa mia si chiama "spionaggio", ma si vede che la parola è passata di moda dopo la fine (?) della guerra fredda. Viene poi indicato un ulteriore motivo che giustifica il radiomonitoraggio: la sicurezza delle comunicazioni. E seguono gli esempi: il controllo delle comunicazioni del traffico aeronavale e quello delle organizzazioni di pronto intervento. Non è specificato chi debba curarsi della sicurezza di queste comunicazioni radio, non viene fatto cenno alle tecniche di codifica e decodifica dei messaggi che potrebbe garantire la segretezza in modo eccellente, ma solo al fatto che "a volte è necessario mascherare il segnale utile mediante generazione e diffusione di controsegnali". Viene poi informato il lettore che esistono i prodotti della ditta francese Prana che possono essere molto utili allo scopo; si veda www.prana-rd.com ove sono elencati tali prodotti, essenzialmente trasmettitori e magnetron.

Il convegno di Brescia "I precursori sismici: stato della ricerca e sperimentazione"

di E. Mognaschi

La sezione A.R.I. di Brescia, con il patrocinio della Provincia, ha organizzato sabato 29 gennaio 2005 un convegno simile a quello di Varese dell'11 dicembre 2004 (v. *Radioonde* N. 35) con lo scopo di sensibilizzare i radioamatori locali al problema dei precursori elettromagnetici dei sismi.

Dopo il benvenuto ai partecipanti dato dal Presidente della sezione A.R.I. Armando Scotuzzi sono intervenuti il rappresentante del Prefetto dott. Naccari, il dott. Cavalli in rappresentanza della Provincia ed il dott. Tognazzi per l'Assessorato alla Protezione Civile. Tante belle parole di apprezzamento da parte di queste autorità nei confronti dell'attività dei radioamatori in caso di calamità naturali, ma appena ha iniziato a parlare il primo relatore scientifico i rappresentanti delle autorità se la sono svignata insalutati ospiti non senza essere stati inseguiti per un'intervista dalla troupe di una televisione locale. Questa è l'Italia, o meglio questi sono gli italiani!

Le relazioni di Mario Alberti, Ezio Mognaschi e Roberto Violi hanno sostanzialmente riproposto gli argomenti presentati a Varese e pertanto non ne riparleremo. Una novità è stata rappresentata dal breve intervento di Alfredo Bernardi che ha illustrato il ricevitore per frequenze inferiori a 40 Hz attualmente in funzione a Filattiera e che dovrebbe essere utilizzato dalle stazioni di una costituenda rete di stazioni amatoriali. Il ricevitore è stato anche mostrato in funzione, collegato ad un PC per memorizzare i dati in files.

Molte le domande ed i commenti. Abbiamo appreso dall'ing. Ghedi che il CNR ha sospeso i finanziamenti al progetto portato avanti presso l'*Osservatorio di Medicina* (BO) per una rete di ricevitori un banda ULF e punta ora ad un satellite in orbita polare bassa per rilevare i precursori elettromagnetici. Il periodo di questo satellite dovrebbe essere poco superiore ad un'ora; in questo modo passerà sull'Italia un paio di volte al giorno per pochi minuti, quindi la copertura non sarà per tutte le 24 ore. Non è chiaro cosa farà il CNR di tutti i dati che raccoglierà, la maggior parte dei quali non riguarderà il nostro territorio. Considerate le restrizioni attualmente in vigore per la ricerca scientifica non si sa neppure se e quando verrà lanciato il satellite.

Tra le più significative domande quelle di alcuni geologi dalle quali si è chiaramente appalesato che la preparazione scientifica della maggior parte dei geologi italiani, abituati a ragionare solo in termini di effetti meccanici e di descrizioni colorate, ma qualitative (mappe geologiche e sismiche), non permette loro di comprendere la problematica dei precursori elettromagnetici e li lascia culturalmente prigionieri e scontenti delle cosiddette previsioni "statistiche". Secondo queste previsioni, se in un posto si sono verificati dei terremoti (in epoca storica) è probabile che se ne verifichi (quando non si può dire) un altro - facile previsione -, mentre non vengono fatte previsioni per i luoghi dove non sappiamo se si sono verificati tali eventi; salvo correre a correggere la mappa quando si verificano terremoti in luoghi inattesi. È la formulazione pseudoscientifica del famoso "senno del poi". Per fare un paragone con il lotto, pensando alla situazione anteriore a febbraio 2005, è come dire: "siccome il 53 non esce, sulla ruota di Venezia, da tre anni; è probabile che ancora per un po' non esca". Ora che è uscito non solo è lecito affermare, senza tema di smentite: "era probabile che sarebbe uscito e probabilmente, uscirà ancora. Quando non si può dire".

Intanto, in Giappone.....

Breve storia del progetto giapponese di ricerca sui precursori sismici e resoconto dei risultati più significativi

di E. Mognaschi

Premessa

Alle 5.46 del 17 gennaio 1995 la città di Kobe, Giappone meridionale, venne colpita da un forte terremoto di magnitudo 6.9. I danni vennero stimati a 150 miliardi di dollari ed i morti furono 5100. Tutti ricorderanno di aver visto in televisione le immagini degli incendi, dovuti a fughe di gas, che seguirono il terremoto.

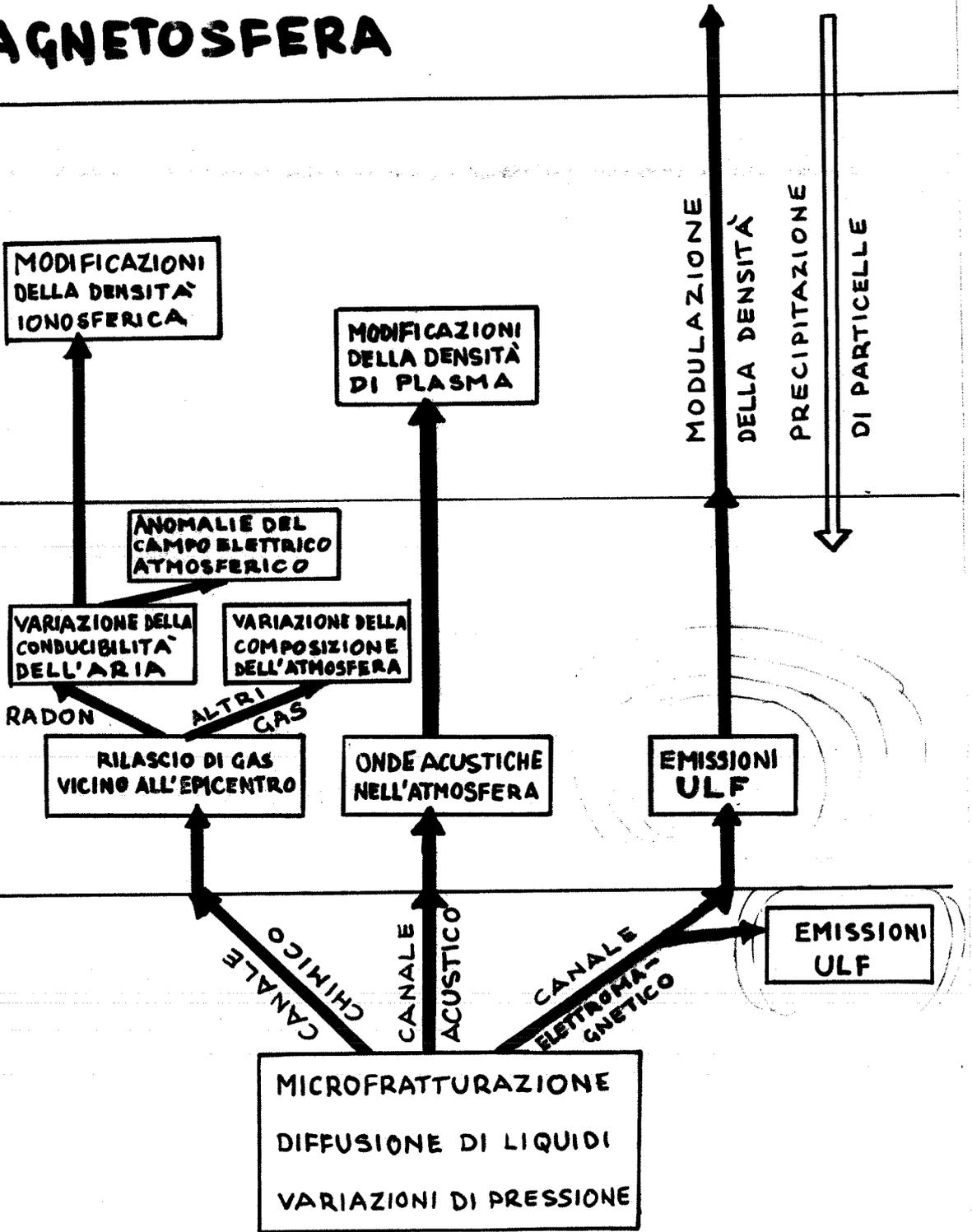
All'epoca si conoscevano già i fenomeni precursori dei terremoti, ma il loro studio non era diffuso ed organizzato, sebbene importanti progressi fossero stati fatti in Grecia, Cina ed Unione Sovietica. Ricordo, incidentalmente, che *Radioonde* iniziò ad interessarsi dei precursori elettromagnetici dei sismi dal N. 8 dell'ottobre '98, dopo gli eventi sismici dell'Umbria.

Dopo il terremoto di Kobe il governo giapponese, per mezzo della sua *Science and Technology Agency*, avviò il programma denominato *Integrated Earthquake Frontier Project* incaricando due istituzioni, la RIKEN (fondata nel 1917 con lo scopo di condurre ricerche nel campo scientifico e tecnologico, con l'esclusione delle discipline umanistiche e sociali) e la NASDA (*National Space Development Agency*, dal 2003 denominata JAXA, una agenzia aerospaziale) di intraprendere uno studio di fattibilità sull'uso di fenomeni elettromagnetici per la previsione a breve termine dei terremoti. Il programma della NASDA venne denominato *Earthquake Remote Sensing Frontier Project* ed affidato al prof. Hayakawa dell'*University of Electro-Communications* (UEC) di Chofu in collaborazione con scienziati russi. Il programma quinquennale prese l'avvio nel 1996 e riguardò lo studio complessivo dei fenomeni elettromagnetici associati ai terremoti. Poiché nel 1996 non si sapeva molto dei fenomeni precursori dei terremoti la UEC decise di seguire ben sei linee di indagine: 1) radiosondaggi, cioè monitoraggio delle perturbazioni ionosferiche associate ai terremoti per mezzo di propagazione subionosferica in VLF/LF; 2) osservazioni via satellite delle

perturbazioni del plasma e delle emissioni di onde all'interno della ionosfera; 3) mappatura della densità ionosferica per mezzo di ricevitori GPS; 4) studio delle perturbazioni sismo-atmosferiche per mezzo di radiosonde; 5) misure sotterranee di emissioni sismogeniche in ULF, ELF e VLF ed acustiche e 6) rilevazione da satellite della temperatura della superficie terrestre. Cinque anni di studi hanno messo in evidenza che alcuni fenomeni elettromagnetici hanno luogo non solo nella litosfera, ma che effetti sismici sono pure evidenti nell'atmosfera e nella ionosfera. Le ricerche hanno dato vita ad un nuovo settore di ricerca quello dell'accoppiamento tra litosfera-atmosfera-ionosfera (LAI) e più precisamente dei fenomeni elettromagnetici nel sistema accoppiato LAI. Nella figura sono mostrate schematicamente le possibili interazioni ed i fenomeni osservati.

MAGNETOSFERA

LITOSFERA
ATMOSFERA
IONOSFERA



Per il momento ci limiteremo a rendere conto dei risultati relativi al punto 5), resi parzialmente di pubblico dominio nel 2004. Quanto segue è praticamente un estratto dalle pubblicazioni del prof. Hayakawa nel periodo 1998-2004.

Emissioni litosferiche

a) Emissioni elettromagnetiche in banda ULF

Le osservazioni di emissioni elettromagnetiche in banda ULF e di quelle acustiche permettono di studiare l'accoppiamento tra litosfera, atmosfera ed ionosfera. Queste emissioni sono considerate manifestazioni della microfratturazione delle rocce nella zona focale di un imminente terremoto. Oltre ai due famosi eventi ULF che hanno preceduto i terremoti di Spitak in Armenia (7.12.88, $M = 6.9$) e di Loma Prieta, California (18.11.89, $M = 7.1$), una "impronta digitale" in banda ULF venne osservata per il terremoto di Guam (8.08.93, $M = 8.0$) ulteriormente supportata da una sofisticata analisi dei segnali chiamata analisi frattale. Una ulteriore convincente evidenza di emissioni ULF prima di un grande terremoto è stata ottenuta per il terremoto di Biak, Indonesia, del febbraio '96.

Nell'ambito del *Frontier Project* della NASDA, è stata installata una rete di stazioni ULF nell'area di Kanto, nelle seguenti località: 1) nell'isola di Izu, 2) a Chiba, 3) a Kakioka, 4) a Chichibu e 5) a Matsushiro. In particolare, nell'area di Izu e Chiba furono installate reti differenziali usando 3 o 4 stazioni ULF spaziate di 5 o 10 km che si rivelarono utili per aumentare il rapporto segnale/rumore per le emissioni sismogeniche e che aiutarono a trovare la direzione di provenienza dei segnali. Un esempio di emissioni ULF associate con lo sciame sismico del marzo-maggio '98 è stato ottenuto con misure di polarizzazione. Alcuni risultati sull'impronta di un precursore dei terremoti delle isole Izu del luglio 2000 furono ottenuti con una sofisticata analisi dei segnali (analisi delle componenti) osservati simultaneamente in tre stazioni sulla penisola Izu. La distanza tra le stazioni ULF e gli epicentri era di circa 80-100 km, una distanza critica per la rivelazione dei segnali ULF. Tre stazioni vicine misero in grado di eseguire l'analisi delle componenti principali dei segnali. Si distinguono tre possibili sorgenti di rumore: la prima componente principale riflette l'effetto geomagnetico terrestre; la seconda si riferisce alle attività umane poiché si è osservata una dipendenza tipica diurna con un effetto legato alla pausa-pranzo; la terza, e più piccola, componente è quella residua nella quale ci si può aspettare la presenza di qualsiasi influenza sismica. L'evoluzione temporale della terza componente mostra un segnale alla frequenza di 10^{-2} Hz. Questa componente presentò un aumento a partire dal maggio '95, circa due mesi prima del terremoto. Questo aumento durò circa un mese e mezzo e fu seguito da un significativo periodo di quiete una settimana prima del terremoto. Si notò pure un significativo aumento alcuni giorni prima di ciascuno dei tre terremoti dello sciame sismico di Kobe. Questa specie di evoluzione temporale è molto simile a quella osservata prima del sisma di Loma Prieta e di altri terremoti, di modo che è altamente probabile che sia un'impronta in ULF tipica dei terremoti.

Il primo lavoro scientifico di Molchanov e Hayakawa sull'argomento venne pubblicato nel 1995 e riguardò la generazione di segnali ULF come rumore elettromagnetico prima di un terremoto. La spiegazione era in termini di microfratturazione delle rocce attraverso il processo di creazione e rilassamento di cariche elettriche sulle pareti di una microfrattura in evoluzione nella zona dell'ipocentro di un futuro terremoto. Un altro approccio, suggerito in questo contesto e basato sempre sulla microfratturazione, faceva riferimento a perturbazioni elettromagnetiche causate da effetto magneto-idro-dinamico dovuto alla propagazione di onde sismiche. Questo effetto poteva spiegare le emissioni co-sismiche a volte osservate, ma non riguarda i fenomeni precursori.

b) Emissioni acustiche

Un breve cenno ora alle emissioni acustiche che sono strettamente legate a quelle elettromagnetiche. Le installazioni per la ricezione di emissioni acustiche furono collocate presso l'*Osservatorio Sismologico* di Matsushiro dell'*Agenzia Meteorologica Giapponese*, insieme a molti altri tipi di sensori, in un sistema di gallerie alla profondità di 50 m. Viene testualmente affermato che fu "proposta una collaborazione tra il gruppo di fisici che si interessava di emissioni elettromagnetiche in ULF ed i geologi che studiavano le emissioni acustiche per gettare un ponte che coprisse la distanza tra radiofisici e sismologi". Si deduce che, anche in Giappone, esistono gli stessi problemi come in Italia, solo che là cercano di risolverli a livello istituzionale, mentre qui assistiamo, dopo ogni terremoto, alle esibizioni televisive di un incazzoso quanto qualificato esponente dell'*Istituto Nazionale di Geofisica*, nella parte di giullare di stato, fissato sull'impossibilità di prevedere i terremoti, ma pronto sempre, per tranquillizzare il pubblico, a prevedere che non ci saranno altre scosse più forti della prima, salvo essere smentito come ad es. nel caso del crollo della volta della basilica di Assisi. I giornalisti televisivi italiani hanno la memoria corta, oppure anch'essi, per mantenere la posizione e per acquiescenza al sistema, si adeguano a non voler sapere....

Torniamo alle emissioni acustiche associate ai terremoti. Tentativi di ricevere queste emissioni furono fatti in Giappone per alcuni anni sulla base dell'osservazione di un'anomalia acustica, nell'intervallo tra 800 e 1200 Hz, registrata 16 ore prima del terremoto di Spitak ($M = 6.9$), ad 80 km di distanza dall'epicentro. Tuttavia le conclusioni raggiunte dalle osservazioni fatte in Giappone non furono completamente convincenti a causa del fatto che i segnali erano estremamente deboli, con un'intensità spettrale che diminuiva nettamente con la frequenza. I sensori erano del tipo magneto-elastico con sensibilità che aumentava con il cubo della frequenza. L'intensificazione dei segnali presismici acustici fu verificata in quattro bande: 30, 160, 500 e 1000 Hz per diversi terremoti avvenuti nell'area circostante Matsushiro con magnitudo da 3 a 5 e distanze da 20 a 150 km. Venne verificato che le emissioni acustiche

umentavano circa 12 ore prima del terremoto e diminuivano dopo il terremoto stesso. Le osservazioni continuano con l'aggiunta di due ulteriori siti di rilevazione vicino a Matsushiro per formare una rete differenziale allo scopo di determinare la direzione d'arrivo dei segnali.

Conclusioni

Le conclusioni che si possono trarre da tutta la vicenda sopra esposta sono molteplici: innanzitutto va considerato l'approccio multidisciplinare, volto alla rilevazione di molti parametri, anche se qui abbiamo fatto riferimento principalmente agli aspetti elettromagnetici ed acustici; in secondo luogo va osservato il notevole impiego di risorse umane e strumentali attivate. Questo aspetto è direttamente da paragonare con il disimpegno del CNR italiano riguardo alla stessa problematica, come accennato poco sopra, ed alla spontaneità non organizzata a livello universitario delle poche attività di ricerca sull'argomento attualmente in atto in Italia. In terzo luogo, volendo effettuare oggi ricerche sui precursori dei terremoti sarebbe molto più conveniente, invece di ripetere magari inconsapevolmente, le stesse esperienze già fatte da altri, incaricare un gruppo di ricercatori di tenersi preventivamente aggiornato sui progressi compiuti in ambito internazionale dando loro la possibilità di accedere alle fonti di informazione (riviste scientifiche) e di partecipare ai convegni internazionali, con l'impegno di diffondere a livello nazionale le informazioni ottenute. Queste attività hanno un costo notevole: i libri e le riviste scientifiche hanno prezzi in crescendo vertiginoso e poche biblioteche possono mantenere gli abbonamenti ai periodici; l'alternativa di accesso via Internet comporta comunque dei costi perché le riviste più importanti fanno pagare ai clienti (le biblioteche) un abbonamento forfetario annuale, oppure fanno pagare la fornitura del testo dei singoli articoli richiesti. L'ordine di grandezza è di decine di Euro per poche pagine. Cioè l'era della comunicazione è diventata sostanzialmente l'era della comunicazione ad alto prezzo: pagano gli autori per pubblicare e pagano i lettori se vogliono leggere!

Se si aggiunge che, nel subconscio oleografico collettivo italiano la figura dello scienziato è quella di Archimede che fa una scoperta importante solo con un lampo di genio, senza alcuno strumento, e corre nudo per le strade gridando "eureka!" ecco che si può credere che tutti i problemi siano risolti: tempo zero, cioè l'idea viene improvvisamente, costo zero per la scoperta, tanto il bagno lo avrebbe fatto lo stesso, costo zero per la comunicazione, basta gridare per strada. Naturalmente grandi onori postumi, anche questi a costo zero, intanto però cominciamo ad ammazzare lo scienziato, non si sa mai che si metta in testa di pretendere qualcosa di concreto (un laboratorio, dei collaboratori e dei fondi) per continuare le ricerche.

Nuove antenne trasmettenti per FM a polarizzazione circolare di E. Mognaschi

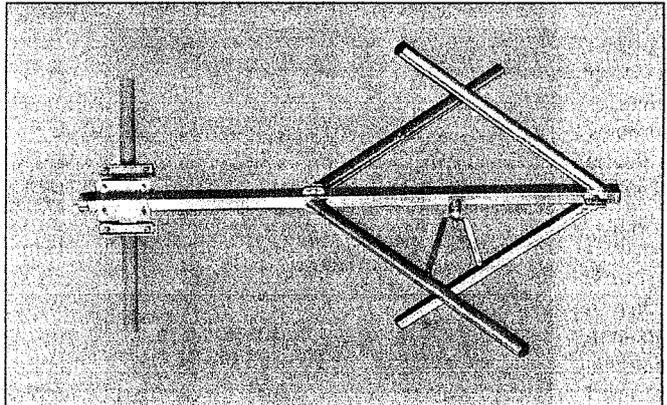
Nelle aree urbane ed in quelle orograficamente complesse le riflessioni da parte di edifici o di pareti di montagne dà luogo a segnali multipli di modo che il segnale ricevuto non è sempre polarizzato rettilineamente lungo la verticale anche se l'antenna trasmittente è verticale.

Di questo fatto mi sono reso conto quantitativamente effettuando misure di campo di stazioni FM nella città di Pavia, nell'ambito dell'attività sperimentale relativa al corso di Misurazione di Campi Elettromagnetici, ma chiunque può accorgersi che i segnali FM si possono ricevere non solo con uno stilo verticale, ma con lo stilo quasi in ogni direzione dello spazio. Ci sono addirittura stazioni che si ricevono meglio con lo stilo orizzontale, anziché verticale.

Allo scopo di migliorare la qualità del segnale, specialmente per le stazioni che trasmettono in stereofonia, sono state progettate nuove antenne che irradiano segnali polarizzati circolarmente in modo che il segnale, comunque ruotato per effetto delle riflessioni, abbia una buona componente verticale. Questo perché le antenne riceventi sono solitamente verticali.

Si tratta di curiose antenne formate da due bracci a forma di V, uno nel piano verticale ed un altro in quello orizzontale. Le due V sono poi affiancate ed incrociate e l'alimentazione del segnale viene effettuata al centro di uno dei due bracci di ciascuna V con segnali sfasati tra loro di 90°. Diverse ditte producono queste antenne: negli Stati Uniti, in Germania ed in Italia. La potenza irraggiabile va da 5 a 10 kW; con due elementi si può ottenere un lobo ampio 175° a -3 dB.

Naturalmente, a parità di segnale ricevuto, la polarizzazione circolare richiede il doppio della potenza relativa alla semplice polarizzazione verticale ed anche questa innovazione porta il suo modesto, ma significativo contributo all'inquinamento elettromagnetico ambientale.



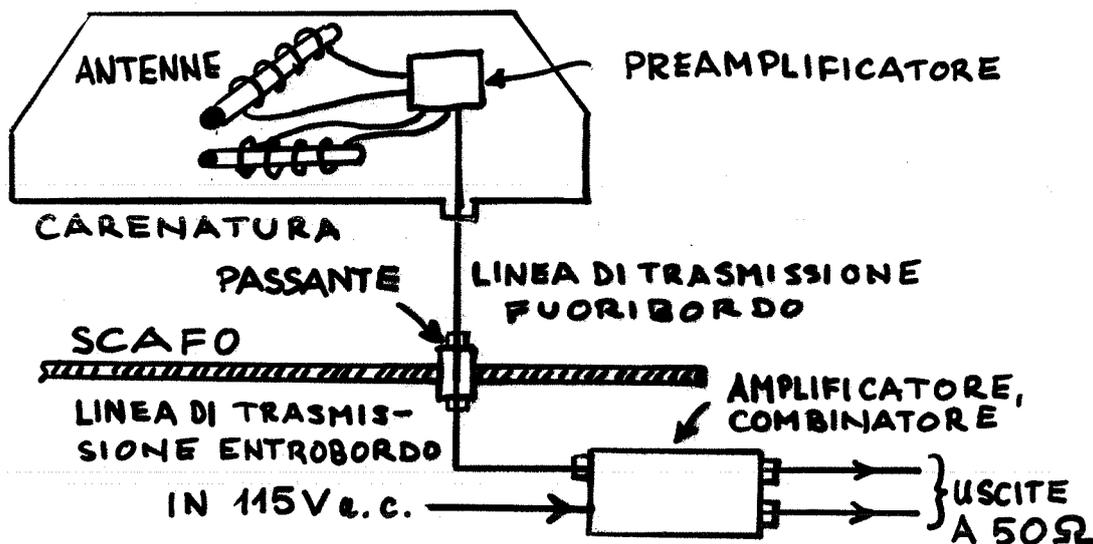
Antenne magnetiche per sottomarini

di E. Mognaschi

Le VLF sono in grado di penetrare nell'acqua del mare a profondità che dipende essenzialmente dalla frequenza. Se indichiamo con f la frequenza in Hz, la profondità di pelle per l'acqua marina in metri è $\delta \approx 250/\sqrt{f}$; questo significa che alla profondità δ l'attenuazione è di -8.7 dB. Alla frequenza massima utilizzata, 20 kHz, δ è dell'ordine di qualche metro e la ricezione può avvenire in immersione, anche se non a grandi profondità. Quali sono le antenne utilizzate? Le antenne più comuni sono coppie di loop incrociati a 90° , posti nella parte superiore dello scafo, solitamente sulla torretta, i loop sono uno diretto da prua a poppa, l'altro trasversalmente al primo. Usando due loop incrociati si ottiene un diagramma di sensibilità a forma di due 8 incrociati, non è invece possibile usare un'antenna singola e ruotarla. Il principio di funzionamento è quello di qualsiasi loop, ma le difficoltà nascono per portare il segnale all'interno dello scafo. Il sistema d'antenna comprende, oltre ai loop alloggiati in una carenatura di fiberglass, di altre parti essenziali. Le due antenne, con nucleo di ferrite, forniscono il segnale a due preamplificatori a basso rumore contenuti anch'essi nella carenatura e posti al centro delle antenne. Le antenne si trovano in contenitori sigillati, mentre l'elettronica è accessibile, per le operazioni di manutenzione, attraverso uno sportello a tenuta stagna posto nella parte superiore della carenatura.

L'uscita bilanciata di ciascun preamplificatore viene inviata ad un singolo connettore a tenuta stagna, posto nella parte inferiore della carenatura. La seconda parte del sistema è il cavo di trasmissione del segnale, che sta fuoribordo, che è schermato ed anch'esso a tenuta stagna. Questa linea di trasmissione porta il segnale dal preamplificatore all'amplificatore e distributore che sta a bordo. La connessione tra la parte fuoribordo e quella entro bordo è affidata ad una parte speciale e molto delicata denominata "hull penetrator" questo è un passante che attraversa lo scafo. Questa parte deve garantire non solo l'isolamento, ma anche la tenuta alle massime profondità raggiungibili.

L'alimentazione per i preamplificatori è trasportata dallo stesso cavo che porta il segnale. Qualora il sottomarino sia dotato di tubi passanti verso l'esterno, con appositi premistoppa, si evita l'uso dello "hull penetrator". La linea di trasmissione entro bordo è realizzata con lo stesso cavo usato all'esterno, ma non sono necessari i costosissimi connettori a tenuta. Il cavo termina nell'unità di amplificazione posta nella sala radio che costituisce l'interfaccia tra l'antenna ed i ricevitori di bordo di tipo convenzionale. L'amplificatore ha però particolari caratteristiche: è anch'esso a basso rumore e contiene un circuito che rende omnidirezionale la sensibilità dell'antenna ed, inoltre, fornisce l'alimentazione ai preamplificatori posti nella carenatura fuoribordo. Separate uscite a 50Ω forniscono il segnale omnidirezionale a due connettori.



Le principali caratteristiche tecniche sono:

Banda di frequenza da 10 a 160 kHz, usabile sino a 600 kHz. Omnidirezionalità migliore di 1.5 dB su 360° . Altezza effettiva dell'antenna 1m a circuito aperto. Sensibilità migliore di $0.26 \mu\text{V}/\text{m}/\sqrt{\text{Hz}}$ tra 10 e 20 kHz; migliore di $0.14 \mu\text{V}/\text{m}/\sqrt{\text{Hz}}$ tra 20 e 160 kHz. Impedenza d'uscita 50Ω . Uscita massima $0.1 V_{\text{eff}}$ a circuito aperto per una distorsione totale armonica inferiore ad 1%. Zerì dell'antenna maggiori di 40 dB. Consumo 10 W nominali a 115 V a. c., 50-60 Hz