

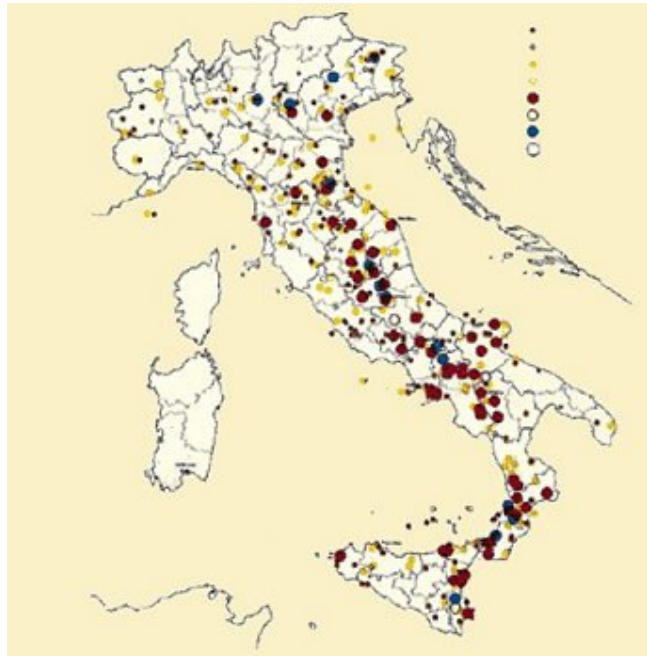
La sismologia dilettantistica può indubbiamente offrire, di per sé, una quantità di soddisfazioni a coloro che decidano di dedicarsi a questo affascinante hobby attraverso la costruzione di un piccolo sismografo semi-professionale. Molti, però, ignorano che un apparato del genere permette anche a un semplice appassionato di compiere ricerche pionieristiche nel campo importantissimo dei *precursori sismici*. Se si considera che raramente nella scienza di oggi i dilettanti possono svolgere un ruolo determinante nel progresso di una disciplina, si capisce bene come questa sia un'occasione assolutamente da non perdere per le persone più in gamba e più volenterose.



I precursori sismici sono delle variazioni delle proprietà fisiche (*precursori fisici*), chimiche (*precursori chimici*) o di altro tipo che riguardano, tipicamente, l'ambiente dove avverrà il sisma. Il terremoto tettonico, che è di gran lunga il più diffuso, avviene per lo scorrimento di due blocchi di litosfera che s'affacciano su una faglia oppure perché, a causa delle forze che sollevano la litosfera, quest'ultima si frantuma creando nuove faglie. Come precursori sperimentati nella litosfera sottoposta allo sforzo dei moti tettonici sono stati riconosciuti l'*emissione*

acustica delle rocce, le variazioni del *campo geomagnetico* o della *resistività elettrica* o delle *correnti elettriche tettoniche*, le variazioni delle proprietà chimiche dell'*acqua*, l'*emissione di gas* dal sottosuolo, le variazioni della *velocità delle onde sismiche*, le *deformazioni del suolo* (Caputo, 1987; Mognaschi, 1998). Tutti questi segni premonitori sono da ricondurre alla variazione dello stato di sforzo nella litosfera, come spiegato dalla cosiddetta [*teoria della dilatanza*](#). Pertanto, la variazione del campo di sforzi nella crosta terrestre causa un insieme di mutamenti che possono essere osservati e considerati come eventuali precursori sismici. E' inoltre dimostrato che molti animali domestici o da cortile (cani, gatti, galline, etc.), in genere più sensibili dell'uomo nel tatto e nell'udito, segnalano, agitandosi poco tempo prima del sisma, i precursori fisici dei terremoti, sebbene non si sappia se questi segnali premonitori siano percepiti per via meccanica (attraverso il contatto delle zampe col suolo) oppure per via elettromagnetica (grazie a qualche organo sensibile alle emissioni in radiofrequenza).

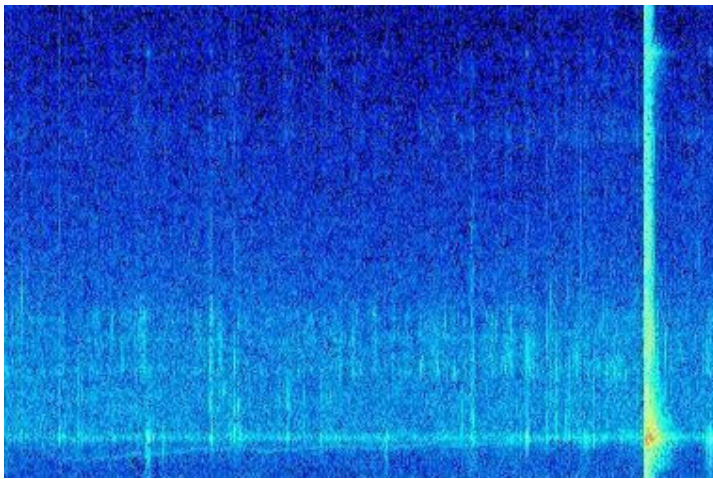
Le prime ricerche sistematiche coordinate per giungere alla **previsione dei terremoti** sono cominciate soltanto nell'ultimo trentennio. I progressi sono stati rilevanti ma, nonostante alcune previsioni indovinate, si è ancora ben lontani dalla capacità di fare previsioni vere e proprie, nel senso di poter stabilire con anticipo e con precisione di interesse pratico la magnitudo, l'epoca e la localizzazione dei terremoti (Barsanti, 1997; Mognaschi, 1998). I metodi di previsione proposti e provati sono stati numerosi, ma si possono distinguere sostanzialmente in due grossi gruppi: i *metodi sperimentali*, rivolti allo studio dei precursori sismici, e i *metodi statistici*, rivolti per lo più allo studio dei cataloghi dei terremoti e di sciami di piccoli terremoti che precedono i grandi sismi. Il fallimento di molte ricerche sui precursori svolte soprattutto in passato dai professionisti è dovuto a una vasta serie di cause, come l'imprecisa definizione del precursore, l'insufficienza dei procedimenti usati per rivelarlo, la scarsità di adeguate verifiche e conferme, l'impossibilità di tenere conto di tutti i parametri rilevanti e, infine, la carenza di un'esperienza essenziale: aver fatto molti rilievi di precursori nella zona sismicamente sospetta, o già nota come sismicamente attiva, per un periodo abbastanza lungo prima dello scatenarsi del sisma (Caputo, 1987). E' importante aggiungere che l'esperienza ha mostrato che il volume di litosfera interessato alla preparazione di un grande terremoto interessa una regione della superficie terrestre con un diametro che può raggiungere le centinaia di chilometri e quindi, per l'osservazione dei segnali precursori, si ha a disposizione una zona relativamente vasta. Anche se ciò limita la precisione di un'eventuale previsione dell'epicentro, tuttavia in molti casi si è trovato che all'avvicinarsi del sisma i segnali precursori tendono a concentrarsi nella zona epicentrale, segnalandone l'ubicazione.



La presenza di precursori sismici è in alcuni casi difficile da spiegare sul piano teorico e da dimostrare sul piano sperimentale. Un sisma è l'evento culminante di una serie di concause dirette o indirette che coinvolgono alcuni meccanismi in parte ancora sconosciuti, i quali possono operare per mesi o per anni prima che il sisma stesso si manifesti in tutti i suoi macroscopici e spesso devastanti effetti. I segni premonitori "classici", come abbiamo visto, vanno dalla deformazione della superficie terrestre alla variazione della resistenza elettrica delle rocce e della velocità delle onde sismiche fino all'aumento del contenuto di radon nelle sorgenti. Ma negli ultimi anni vi sono state in questo campo delle interessanti novità.

Fonosismologia, radiosismologia, radiogeofonia

Un approccio decisamente nuovo allo studio dei precursori sismici si è rivelato l'analizzare i file sismici in audio accelerato. Si tratta di un'idea estremamente semplice (menzionata perfino nel film *Caccia a Ottobre Rosso*), e tale linea di ricerca è stata battezzata **fonosismologia** dagli italiani Mauro Mariotti e Andrea Cellini, che nel 1999 cominciarono a catalogare, primi in Italia e forse anche al mondo, i "rumori" captati dalla loro stazione sismica privata (Cellini *et al.*, 2000). Il metodo si basa sull'accelerazione dei segnali sismici registrati in forma digitale in modo da portarli nell'intervallo uditivo umano (15 Hz - 20.000 Hz) e sulla ricerca sistematica di possibili precursori con una paziente e accurata analisi



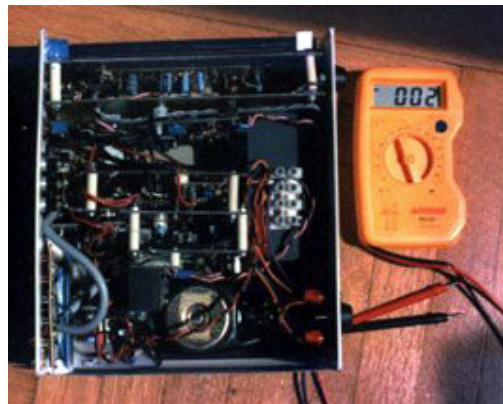
retrospettiva: ciò sia tramite l'ascolto dei file da parte di un orecchio "esperto", sia attraverso l'elaborazione degli spettri audio con opportuni programmi (Gram, Cool Edit, etc.), a caccia di variazioni spettrali anomale ed eventualmente ripetitive. Il grande vantaggio della fonosismologia è che, attraverso l'ascolto di file accelerati, si può supplire al deficit uditivo degli umani rispetto agli animali e, più in generale, si riesce ad analizzare una grossa quantità di dati in pochissimo tempo: se per esempio si ha una giornata di registrazioni sismiche,

ascoltandole in audio (24 ore in 3 minuti), l'eventuale relazione tra gli eventi diventa molto più chiara. Inoltre, l'ascolto di file sismici accelerati è assai interessante a prescindere dalla ricerca dei precursori, in quanto con un po' di pratica si capisce subito se una data traccia sismica è dovuta a un evento lontano o vicino, a del rumore, a un disturbo atmosferico, a una mareggiata, a un'automobile, a un'esplosione, etc. (Dombois, 2001; Dunegan, 1996). Finora, proprio grazie all'approccio fonosismologico sono stati trovati vari tipi di precursori sismici (Mariotti, 2002), sebbene solo per una piccola parte dei terremoti siano stati scoperti dei precursori e non si sappia ancora quale correlazione esista tra tipo di precursore e caratteristiche sismogenetiche di un evento.

L'esistenza di precursori sismici associati ad alcuni terremoti -- non necessariamente agli stessi eventi che mostrano precursori attraverso la fonosismologia -- ha trovato conferma in recenti studi di **radiosismologia** effettuati da dilettanti e professionisti nelle ULF (*Ultra Low Frequency*). L'ELFRAD, ad esempio, un gruppo di appassionati soprattutto europei e americani che si occupa di anomalie elettromagnetiche a bassissima frequenza, riconosce che segnali caratteristici sono presenti prima e dopo un sisma: vari di loro hanno scoperto in maniera indipendente che talvolta si rilevano segnali ULF, nell'intervallo di frequenze 0,01-0,04 Hz, in stretta vicinanza a linee di faglia sismica alcune ore o giorni prima di un terremoto. Questi segnali, che si irradiano attraverso l'atmosfera (ma decrescono di intensità logaritmicamente con la distanza), possono essere captati con appositi ricevitori e antenne da qualsiasi appassionato di sismologia che mastichi anche un po' di radiotecnica. In effetti, queste e altre esperienze simili (Hellferich, 1990) rendono lecito presumere che nella fase preparatoria di alcuni movimenti tellurici vi sia una generazione naturale di onde elettromagnetiche, dovuta a una grande varietà di cause, specie nella

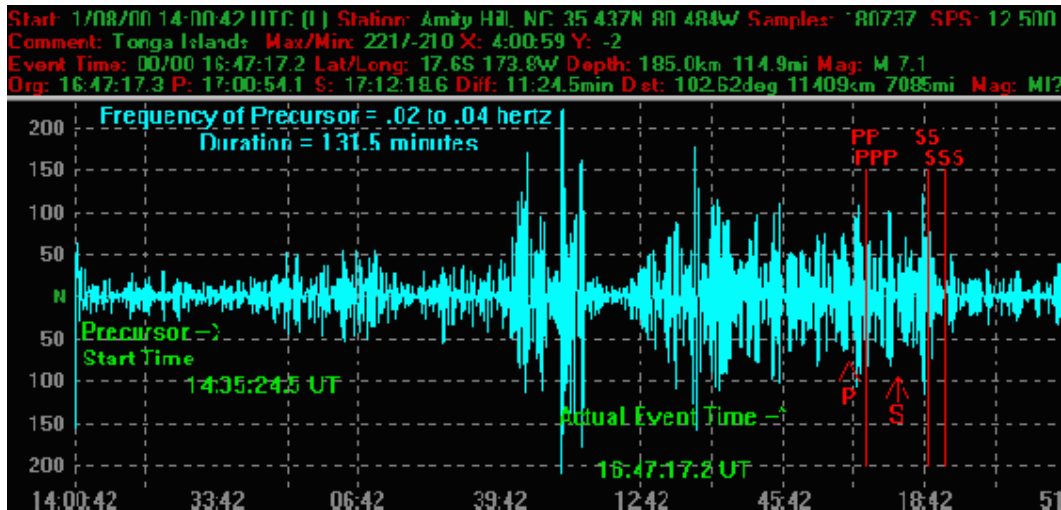
banda delle frequenze molto basse (VLF, *Very Low Frequency*, 300 Hz-30 KHz), delle frequenze extra-basse (ELF, *Extra Low Frequency*, 30-300 Hz) e delle frequenze ultra-basse (ULF, 0-30 Hz), tutte bande radio che si collocano a frequenze ben inferiori alle più familiari onde lunghe (LF, *Low Frequency*, 30 KHz-300 KHz) e onde medie (MF, *Medium Frequency*, 300 KHz-3 MHz). Altre esperienze sul campo effettuate nei primi anni Novanta da ricercatori professionisti italiani suggeriscono la possibilità che possa verificarsi un fenomeno in un certo senso inverso a quello appena descritto: che le particolari condizioni instauratesi nella fase preparatoria di un sisma possano alterare in modo notevole la propagazione delle onde radio a bassa frequenza (Manno, 2000).

Dunque un altro approccio assai interessante allo studio dei precursori sismici è rappresentato da quella che il giovane Adriano Nardi ha definito **radiogeofonia**, cioè lo studio approfondito dei fenomeni sismici locali, e dunque anche dei precursori, basato sul rilevamento di emissioni elettromagnetiche a bassissima frequenza (ULF-ELF-VLF) che si possono manifestare in associazione a un terremoto. In Italia, precursori elettromagnetici relativi, in particolare, al terremoto dell'Umbria del 1997 sono stati rivelati dallo stesso Nardi, come egli racconta nell'ottimo sito *Radiogeofonia*, e da Marco Eleuteri (Mognaschi, 1998; Nardi, 2001). La radiogeofonia -- che potremmo dire si differenzia dalla più generale radiosismologia perché si concentra sullo studio dei fenomeni sismici locali e applica all'analisi dei dati le tecniche della fonosismologia (ascolto in cuffia, eventuale moltiplicazione della frequenza per ascoltare meglio il segnale e, sempre, ricerca di variazioni spettrali anomale) -- rappresenta quindi un metodo alternativo al rivelamento classico con sismografi dell'evento sismico, ma anche e soprattutto un ulteriore nuovo approccio allo studio dei fenomeni precursori. Si noti, comunque, che la maggior parte dei segnali elettromagnetici a bassissima frequenza captabili sulla Terra, che costituiscono la cosiddetta *Radio Naturale*, sono associati a fenomeni assai interessanti, ma di natura non sismica: fulmini, temporali, caduta di meteore, attività solare, passi di persone, etc. (Romero 2002, Paniccia & Recchia, 2002). Va detto inoltre che le radioonde ULF-ELF-VLF, poiché hanno una frequenza che cade nell'intervallo uditivo umano, sono ascoltabili in cuffia senza necessità di demodulare il radiosegnale, come avviene invece in un normale apparecchio radio; si lavora, inoltre, nelle stesse frequenze dello spettro acustico e non vi è necessità di una sintonia vera e propria, che viene effettuata in fase di analisi con il filtraggio audio del segnale, selezionando l'intervallo di frequenze che interessa.



Nella letteratura scientifica, il primo riferimento ad emissioni nello spettro radio associate alle fratture delle rocce si trova in un lavoro di J. W. Warwick, C. Stoker e T. R. Meyer, i quali, riesaminando dopo circa venti anni le registrazioni di segnali radio acquisiti il 16 maggio 1960 da diversi radiotelescopi, molto lontani tra di loro, ma tutti negli Stati Uniti, formularono l'ipotesi che un segnale anomalo, ricevuto il 16 maggio 1960, fosse dovuto a microfratture indotte dagli sforzi accumulati nella faglia del Cile e che portarono al grande terremoto cileno del 22 maggio 1960 di magnitudo 8.3. I radiotelescopi erano quelli di Boulder, Colorado; Lake Angelus, Michigan; Sacramento Peak, New Mexico e Makapuu Point, Hawaii. Tutti erano in quel momento sintonizzati a 18 MHz, con una larghezza di banda di 100 kHz per un programma di studio del rumore radio di origine cosmica. Gli

autori non furono naturalmente in grado di stabilire un nesso di causalità tra il segnale radio ed il terremoto, ma suffragarono la plausibilità della loro ipotesi con l'osservazione in laboratorio di segnali elettromagnetici emessi da campioni di granito, la roccia che



costituisce le montagne cilene, sottoposto a compressione sino alla rottura (Mognaschi, 1998). Negli Stati Uniti un gruppo di

ricercatori, guidati da A. C. Fraser-Smith della Stanford University, studia da anni il rumore elettromagnetico a bassa frequenza in ULF (tra 0.01 e 10 Hz) ed in ELF/VLF (tra 10 Hz e 32 kHz) in prossimità degli epicentri della costa californiana e non ha trovato precursori elettromagnetici in ELF/VLF, mentre i dati in ULF hanno mostrato anomalie che potrebbero essere fenomeni precursori. Ricerche di radiosismologia nel campo dei precursori elettromagnetici sono in corso anche altrove, ma sono svolte sempre a livello nazionale e locale. In Italia, un gruppo di ricerca attivo all'Università di Roma tenta di trovare una correlazione tra le variazioni nella propagazione di onde radio di superficie nella banda delle onde lunghe ed i terremoti nel centro Italia e studia anche il rumore radio nelle bande 0.3-3 kHz, 3-30 kHz e 30-300 kHz (Mognaschi, 1998).

Purtroppo, a livello professionale non vengono svolte analisi continue dei segnali fono/radiosismici su un lungo intervallo di tempo, soprattutto se ci si riferisce a un vero monitoraggio planetario. Infatti, gli osservatori professionali non dispongono di solito delle registrazioni continue di un intero mese di attività sismica (24 ore al giorno x 30 giorni x 60 minuti l'ora x 60 secondi). I loro strumenti hanno un *buffer* circolare di 3 o 7 giorni che viene continuamente "ripulito" eliminando le registrazioni del giorno più vecchio. Di conseguenza, andare a ripescare il precursore di un terremoto non osservato immediatamente risulta impossibile. Un altro verosimile motivo per cui non c'è una vera ricerca sui precursori fono/radio a livello mondiale è che tutte le tecniche di indagine necessarie hanno delle importanti applicazioni militari. Le reti sismografiche sono potenzialmente in grado di rivelare eventuali test nucleari effettuati in violazione ai trattati che da anni li bandiscono, e la tecnica dell'accelerazione in frequenza permette di rivelare i sommergibili dell'arsenale strategico (essa era usata persino in Vietnam, con dei sismometri che aiutavano gli americani a sentire i soldati nemici in avvicinamento "ascoltando" il tracciato sismico). Inoltre le onde radio a bassissima frequenza sono proprio quelle usate dai militari per le comunicazioni segrete con i sommergibili in immersione durante le loro missioni di routine e non per gli oceani di mezzo mondo. Per giunta, si tratta di svolgere una ricerca interdisciplinare che richiede la collaborazione di figure professionali diverse. Quindi non c'è, in generale, grande interesse da parte dei

Paesi più avanzati a mettere a disposizione di altre nazioni o della comunità scientifica internazionale dati sismici, o comunque a favorire progetti comuni nello studio dei precursori fono/radiosismici; e, d'altra parte, i militari non sono per niente interessati alla previsione dei terremoti...

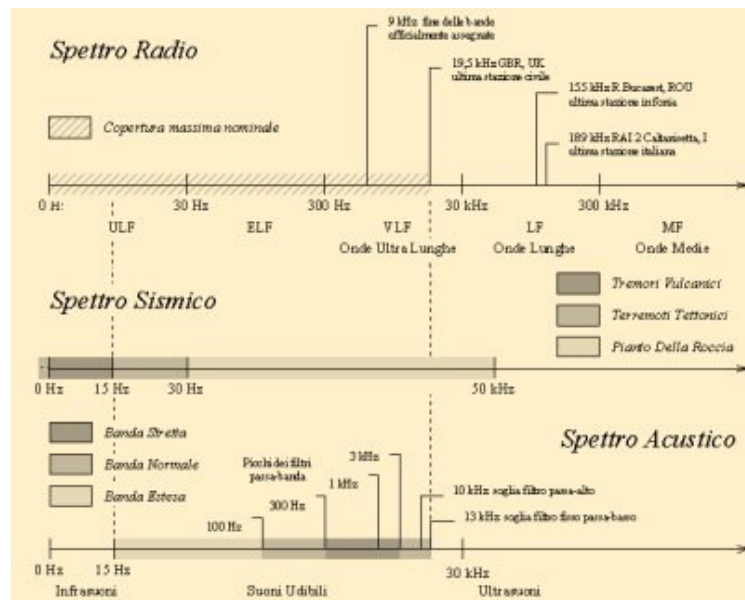
I

Il grande contributo dei sismoamatori

In conclusione, le metodologie per il rilievo di precursori sismici sono numerose così come i segnali precursori osservati. Ciò può dare l'impressione che i sismologi professionisti siano già in grado di prevedere i terremoti, o per lo meno che questo sarà possibile in un futuro vicino. Purtroppo,

quest'impressione non corrisponde alla realtà. Infatti, i punti d'osservazione dei precursori sono distribuiti nelle zone sismiche senza razionalità, per il semplice motivo che, il più delle volte, s'è voluto innanzitutto mettere a punto la strumentazione e verificare se il supposto osservabile si manifestava con le modalità previste o sperate. Ne risulta che le zone dove si sono stabilite razionali reti di strumenti in grado d'osservare un discreto numero di precursori di vario tipo sono molto poche (Caputo, 1987).

Inoltre, poiché l'area di preparazione di un grande terremoto può avere un diametro di alcune centinaia di chilometri e all'avvicinarsi del sisma i precursori tendono a concentrarsi in quella che sarà la zona epicentrale, attualmente esistono poche probabilità di poter fare delle previsioni di terremoti, e che queste probabilità sono per lo più limitate a quelle zone dove si ha un sufficiente numero di strumenti per il rilievo dei precursori. Si tratta di una conclusione amara, poiché un maggiore impegno da parte dei professionisti potrebbe portare, in meno di vent'anni, alla previsione di molti grandi terremoti, che dovrebbe essere considerata una priorità dagli organi responsabili della sicurezza pubblica e della protezione della popolazione dalle calamità naturali. Ancor più rammarico si ha pensando che vi sono idee di validi ricercatori che non sono portate avanti come meriterebbero, come ad esempio il rilevamento e l'interpretazione in automatico delle variazioni locali del campo magnetico terrestre, che permetterebbe di isolare i precursori magnetici e di avvicinarsi a previsioni affidabili (Barsanti, 1997).



Ciononostante, la situazione potrebbe presto cambiare. I risultati ottenuti finora dai dilettanti nello studio dei precursori sismici sono estremamente incoraggianti, e la

possibilità di creare grazie ad Internet reti di rilevamento amatoriali, locali e/o globali, dei segnali premonitori può far sperare in una futura sperimentazione mirata (specie su siti geologicamente attivi) a livello dilettantistico, sia per tenere sotto osservazione i fenomeni sismici sia per creare una casistica adeguata dei segnali premonitori. Naturalmente, la fenomenologia dei precursori non è semplice, altrimenti chiunque sarebbe in grado di prevedere un terremoto locale o un forte evento. Tuttavia, la ricerca di fenomeni precursori potenzialmente associabili con criteri di necessità e sistematicità, con i quali sarà forse possibile un giorno giungere a una corretta e affidabile previsione dei terremoti, è certamente alla portata di un dilettante dotato di pazienza e spirito d'osservazione, nonché di una strumentazione adeguata e progettata appositamente. In questo campo, l'attività a livello amatoriale, purché svolta con serietà e con continuità, può essere molto più proficua di quella istituzionalizzata, la quale soggiace a pesanti limiti burocratici ed amministrativi, per non parlare della ben nota diffidenza degli ambienti scientifici ufficiali verso attività non ancora etichettate con un nome preciso le quali, per il solo fatto di esistere e di essere interdisciplinari, vengono solitamente considerate come una potenziale minaccia da parte dei centri di potere costituiti (Mognaschi, 1998). Si può infine auspicare che, come per la radioastronomia, vengano riservate delle bande per la ricezione dei segnali radio naturali e per lo studio delle emissioni del nostro pianeta e che non ci si debba in futuro affidare, come avviene oggi, a quelle parti di spettro elettromagnetico non utilizzate, o poco utilizzate, da altri servizi.

Il già citato gruppo ELFRAD, fondato nel 1986 e autofinanziato, è aperto a tutti i dilettanti e professionisti che si interessano alla rivelazione e allo studio di segnali acustici, sismici o elettromagnetici (e.m.) naturali e artificiali e, in particolare, delle onde a bassissima frequenza di varia natura che si propagano all'interno della Terra, alcune delle quali sono dei possibili precursori sismici. L'ELFRAD ha sviluppato un tipo di stazione ricevente ULF che utilizza la Terra stessa per ricevere segnali la cui lunghezza d'onda è dell'ordine delle migliaia di chilometri. L'ambizioso obiettivo del gruppo è quello di costruire una stazione ricevente ogni 1.000 kmq, in ogni Paese del pianeta. Tutti questi siti saranno collegati fra

loro e ad un centro di coordinamento per fornire in tempo reale dati sulla sorgente, sulla magnitudo e sulla natura dei segnali e.m. sotterranei a bassissima frequenza, che includono precursori sismici, esplosioni nucleari, tempeste magnetiche, disturbi solari e molti tipi di fenomeni naturali (e di trasmissioni artificiali) sconosciuti. Il sito dell'ELFRAD fornisce gli schemi e parte dei materiali di costruzione di tali stazioni riceventi e incoraggia chiunque possa disporre di un piccolo terreno alla loro realizzazione. Le onde ULF-ELF, per loro natura, penetrano attraverso la



Terra, ma hanno una lunghezza d'onda talmente grande che è impossibile per una singola stazione localizzare la sorgente: donde la necessità di una rete globale e capillare di stazioni e di un centro di raccolta e analisi dei dati, che li confronti opportunamente con i dati sismici forniti dagli strumenti convenzionali. Ricerche sui precursori elettromagnetici sono ora svolte dall'ELFRAD con le stazioni già operanti, che usano antenne sotterranee,

non il metodo convenzionale di ricezione delle onde elettromagnetiche nell'atmosfera. Studi sperimentali analoghi, con in più un attento e approfondito monitoraggio delle anomalie geomagnetiche, vengono effettuati anche dal GeoSeismic Labs, un'altra organizzazione no-profit (californiana) fortemente interessata alla previsione sismica.

I sismoamatori italiani, insieme ai radioastrofili e ai radioamatori, possono unirsi a questo grande sforzo di ricerca dei precursori fono/radiosismici sia a livello individuale sia aderendo o creando gruppi di osservatori. Ogni area del pianeta è diversa dall'altra e quindi lo studio dei precursori può fornire risultati diversi a seconda della località geografica in cui sono ubicati i propri strumenti. Per fare ricerche nel campo della fonosismologia basta avere un sismografo e un computer. Per fare in parallelo ricerche di radiosismica/radiogeofonia occorre in più un opportuno ricevitore radio per le bassissime frequenze e un'antenna. Bisogna inoltre avere del software che permetta di verificare se a un dato evento sismico corrisponde un contemporaneo o precedente evento radio. I risultati che si ottengono, positivi o negativi che siano, possono dipendere soprattutto dalla località geografica (tipo di terreno, se zona sismicamente attiva o no), dalla banda di frequenza in cui si osserva, dal tipo di antenna utilizzata e dalla qualità del ricevitore. Occorre imparare a riconoscere col proprio specifico apparato i segnali radio associati ai terremoti attraverso una fase di test. E' probabilmente opportuno, almeno in un primo tempo, escludere dalla ricerca gli eventi che si verificano a più di 800 km dal proprio sismografo e ascoltare nell'intervallo che va da 0 a 200 Hz (Romero, 2001). Tutti gli altri parametri -- tipo di terreno, antenna, ricevitore, frequenza a cui si rivelano segnali radio associati a terremoti -- sono da esplorare. Per un'indagine seria in questo campo, occorre dotarsi di un ricevitore *ad hoc* in grado di registrare in modo continuativo e automatico i dati radio e quelli sismografici su un computer. Con un simile apparato, si possono acquisire migliaia di spettrogrammi al mese con schermate che mostrano da 10 a 30 minuti di dati ciascuna: questi, quando occuperanno troppo spazio sul disco fisso, potranno essere salvati su Cd-Rom, in modo da creare un archivio permante scambiabile con altri osservatori.