

Unità Organica Laboratori e Centro di Elaborazione Dati LAB/CED

1. Sintesi dell'attività scientifica svolta nell'anno 1997

Le attività dell'Unità Organica LAB-CED si suddividono in attività di supporto tecnico logistico ed in attività di ricerca. Per quanto riguarda le attività tecnico logistiche, esse fanno capo al:

a) gruppo di sviluppo ed assistenza di calcolo per gli utenti.

Per quanto concerne l'attività di ricerca, attualmente, si distinguono i seguenti gruppi di ricerca:

b) Laboratorio di geologia sperimentale per la reologia e la modellistica del flusso di materiali di interesse geofisico.

c) Laboratorio di telerilevamento ambientale;

d) Laboratorio per ricerche tecnologiche avanzate;

e) Laboratorio di geochimica dei fluidi applicata alla sismotettonica;

1.1. Gruppo di sviluppo e assistenza di calcolo per gli utenti

Il gruppo di sviluppo e assistenza di calcolo per gli utenti ha svolto le attività descritte qui di seguito.

Rete Internet

La rete Internet nel 1997 è stata resa ridondante da un collegamento ulteriore fra l'Istituto ed un provider ALTERNET che consente una linea di backup a 64 Kbyte in aggiunta al collegamento con l'Istituto di Fisica che attualmente è a 2 Mbyte. È inoltre aumentata la presentazione dei Web server a disposizione del pubblico: in particolare si è creata una serie di link interni ad altri calcolatori per poter accedere direttamente ad analisi e dati dell'Istituto già catalogati ed archiviati.

Sostituzione Vax-Alpha 7000

Nel 1997 è stata inoltre sostituita la parte di mass-storage che è relativa ai due Vax Alpha server e che in questo modo è totalmente installata su un server a fibra ottica ed è stata portata a circa 60 Gbyte di memoria ad utente.

Cablaggio ottico

Nel 1997 è stato inoltre cambiato il cablaggio in fibra ottica della rete e sono stati installati ulteriori switch ad alta velocità, esattamente a 300 Mbyte, per poter gestire in maniera abbastanza trasparente i vari rami di rete dell'Istituto. Inoltre sono stati creati dei programmi di test che controllano la funzionalità dei vari rami di rete a cui sono collegate le varie macchine installate in Istituto.

1.2. Laboratorio di Telerilevamento

Linee di ricerca

Le attività scientifiche svolte dal Gruppo di Telerilevamento si sono esplicitate nell'ambito di 5 linee di ricerca elencate di seguito. I progetti avviati all'interno di esse sono riportati nei paragrafi E 1.1 ed E 1.2.

- 1 Sperimentazione di sensori aerotrasportati

L'attività riguarda l'impiego di spettrometri ad immagine di nuova generazione per applicazioni di interesse geofisico. Sensori 'iperspettrali' con elevato numero di canali (fino a 224 nell'intervallo 0.4 - 2.5 μm) sono stati sviluppati negli ultimi anni e vengono attualmente sperimentati da piattaforme aeree. Tali strumenti sostituiranno gradualmente i sensori multispettrali a basso numero di canali come il Landsat TM e lo SPOT HRV su piattaforme spaziali, fornendo dati di grande importanza per lo studio ed il monitoraggio di vari fenomeni geofisici superficiali. Le ricerche in questo settore sono particolarmente importanti in quanto consentono lo sviluppo delle tecnologie necessarie all'utilizzo dei sensori satellitari che saranno attivi dai prossimi 2-3 anni (ASTER, MERIS). In particolare vengono affrontate le problematiche specifiche dei sensori iperspettrali mettendo a punto metodologie e procedure per la calibrazione radiometrica, la correzione per gli effetti atmosferici e la valutazione di parametri fisici direttamente legati alle caratteristiche della superficie, quali riflettanza direzionale/direzionale, radianza, rugosità, composizione mineralogica qualitativa.

- 2 Librerie spettrali

La risposta spettrale dei materiali geologici rappresenta la chiave per l'individuazione degli stessi nelle immagini multispettrali telerilevate. Disponendo di sensori per il telerilevamento di tipo iperspettrale, come quelli che sono stati sviluppati negli ultimi anni da varie organizzazioni internazionali (NASA, ESA, DAEDALUS) è possibile eseguire un confronto diretto tra spettro di riflettanza estratto dalle immagini telerilevate e spettri di materiali geologici misurati in laboratorio o in campagna. La creazione di un archivio di spettri di riflettanza ed emissività consente quindi di eseguire un'analisi deterministica delle immagini, impiegando tecniche come lo *spectral matching* e lo *spectral unmixing* per determinare la composizione litologica di ogni singolo elemento dell'immagine (*pixel*). Vari organismi stranieri hanno proceduto negli ultimi anni alla creazione di librerie spettrali di minerali che tuttavia presentano un impiego pratico limitato. Tali librerie sono già state acquisite dall'ING. Si ritiene tuttavia necessario procedere alla creazione di librerie di spettri di rocce, che risultano gli unici strumenti di reale applicabilità al telerilevamento geologico deterministico. Queste librerie, specifiche per domini geodinamici, devono essere compilate tramite l'esecuzione di misure di campagna e di laboratorio, validate tramite l'analisi chimico/petrografica dei campioni e rese di pubblico accesso tramite rete Internet.

- 3 Studio delle deformazioni crostali

Gli studi sono volti all'individuazione di strutture sismotettoniche attive con l'impiego di dati telerilevati da satellite (generalmente LANDSAT e SPOT) anche integrati da Modelli Digitali delle Altezze appositamente creati. Le immagini telerilevate forniscono una visione sinottica della superficie terrestre che consente di individuare strutture morfologiche regionali (10-100 km di lunghezza) altrimenti non identificabili. La stereoscopia sintetica rende tali immagini ancora più efficaci e consente di eseguire delle analisi quantitative su parametri morfometrici diagnostici dell'attività tettonica recente. Le strutture morfologiche individuate alla scala regionale vengono poi selezionate e indagate a scale sempre più dettagliate impiegando fotografie aeree ed indagini di campagna, fino a stabilire una loro eventuale attività sismogenetica.

Un nuovo campo di applicazione del Telerilevamento in questo settore è quello del monitoraggio delle deformazioni tramite interferometria differenziale di dati SAR. L'impiego di immagini da satellite in modalità interferometrica permette di individuare spostamenti differenziali della superficie terrestre con una accuratezza dell'ordine dei centimetri. L'informazione sullo spostamento è areale (per immagini) e può essere utilmente integrata con dati geodetici classici e GPS per stimare i tassi di accumulo della deformazione sulle strutture sismogenetiche, sul medio-lungo periodo. Un'altra applicazione dell'interferometria SAR risiede nella possibilità di misurare i campi di spostamento superficiali co-sismici: la modellizzazione del campo di spostamento osservato permette di definire meglio i caratteri delle singole faglie, quali profondità, dimensioni, rigetto associato al terremoto, evoluzione geomorfologica recente.

- 4 Telerilevamento dei vulcani dell'Etna e delle Isole Eolie

Il progetto riguarda l'impiego di dati telerilevati da aereo nel visibile ed infrarosso vicino e termico e nelle microonde, per valutare dei parametri chimico-fisici importanti ai fini della previsione del rischio vulcanico. I vulcani sono di solito caratterizzati da condizioni ambientali ad elevato rischio e la possibilità di acquisire dati geofisici da mezzi remoti assume una valenza ulteriore. Nello stesso tempo molti dei fenomeni vulcanici hanno caratteristiche areali (non localizzate) e si prestano perciò bene ad uno studio per immagini. Le variazioni di temperatura areali alla superficie, la concentrazione di SO₂ nel plume emesso dalle bocche e dalle fumarole, la stima del flusso di SO₂ e vapore acqueo emessi, la stima del bilancio termico dell'edificio intero, possono essere indagati tramite le tecniche del telerilevamento e sono tutti parametri di grande interesse per la comprensione e la modellizzazione dei fenomeni, anche ai fini di una previsione dell'attività vulcanica.

- 5 I Sistemi Informativi territoriali per la Ricerca Geofisica

La grande parte dei dati geofisici prodotti all'ING è di tipo territoriale, ovvero rappresentabili con una localizzazione nello spazio (con tre coordinate) e uno o più valori associati. La loro archiviazione ed il loro impiego nella ricerca sono resi più semplici ed efficienti dalla possibilità di gestirli tramite dei sistemi informativi territoriali (GIS). La possibilità di visualizzare insieme dati raster e vettoriali, di eseguire confronti ed operazioni logiche su strati informativi diversi, di modificare interattivamente i programmi di calcolo scientifico, di elaborare dei modelli anche complessi, rende il GIS uno strumento estremamente importante per l'esecuzione di un salto di qualità nella ricerca geofisica orientata all'applicazione. Questa linea di ricerca è stata sviluppata nel senso di creare dei prototipi per la gestione di piccoli insiemi di dati e provarne l'efficienza in un progetto di ricerca operativo.

1.2.1. Attività di ricerca in collaborazione con istituzioni nazionali

Le linee di ricerca descritte nel capitolo precedente sono state svolte per l'anno 1996, nell'ambito dei seguenti progetti e collaborazioni.

- 2 Librerie spettrali

Progetto *"Caratterizzazione spettrale di litotipi antartici e di siti di calibrazione"*. Nell'ambito del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide, è stata proseguita la costituzione della libreria spettrale di litotipi antartici (LILIAN). Un ricercatore ha partecipato a due spedizioni antartiche, nel 1995 e nel 1997, per l'esecuzione di misure in situ e campionamenti. I dati spettrali sono stati analizzati e graficati e sono visibili sul sito Internet dell'ING. Sono in esecuzione le analisi petrografiche di validazione sui campioni raccolti. Salvi et al., 1997

Gli enti nazionali che collaborano a tali progetti sono:

- IRRS-CNR di Milano,
- CNR - Progetto Antartide.

- 3 Studio delle deformazioni crostali

Progetto *"Individuazione di strutture morfotettoniche attive nella Marsica dall'analisi di dati telerilevati"*. Il progetto riguarda la creazione di elaborazioni di immagini Landsat (coppie stereoscopiche sintetiche, immagini 3D) sui quali vengono applicate tecniche di fotointerpretazione per l'individuazione di probabili strutture sismogenetiche. L'area di studio è la Marsica (Abruzzo), ovvero una zona ad elevata pericolosità, nella quale non sono ancora state individuate tutte le strutture sismotettoniche regionali. Sono state individuate alcune strutture morfotettoniche; il loro rilevamento di dettaglio è stato eseguito e per alcune è stata accertata una attività recente. È stata individuata una faglia con probabile attività Quaternaria sulla quale in Settembre sono state aperte delle trincee esplorative che hanno evidenziato la presenza di almeno due paleoeventi di fagliazione superficiale cosismica. Tale faglia si colloca nella prosecuzione verso N delle faglie già studiate anche dal gruppo di Palosismologia. La presenza di una grande

struttura sismogenetica già da noi ipotizzata lungo la continuazione della faglia del 1915 (Faglia Celano-L'Aquila, circa 40 km) sembra quindi essere ormai assodata.

Progetto "*Studio del campo di deformazione associato alla sequenza sismica di Colfiorito dell'autunno 1997*". Sono state impiegate varie coppie di immagini ERS1 e 2 per la ricostruzione di un interferogramma differenziale che evidenziasse gli spostamenti co-sismici del terreno causati dall'attivazione della struttura sismogenetica. Nonostante la difficoltà di applicazione di questa tecnica all'area di Colfiorito, fortemente vegetata e ad alto rilievo topografico, sono state ricavate alcune frange che indicano spostamenti dell'ordine dei centimetri, congruenti con le misure geodetiche GPS e con i dati sismologici. I primi modelli eseguiti confermano il quadro generale che emerge dall'analisi dei dati sismologici, e consentono di ipotizzare una attività delle faglie del 26 Settembre almeno dagli ultimi 100.000 anni circa. Per verificare questa ipotesi sono iniziati gli studi relativi alle strutture morfotettoniche regionali della zona, per evidenziare i legami tra deformazione co-sismica ed evoluzione geomorfologica a lungo termine. Salvi et al., 1997

Gli enti che collaborano a tale progetto sono:

- IRECE - CNR, Napoli

- 4 Telerilevamento dei vulcani dell'Etna e delle Isole Eolie

Progetto "*Monitoraggio di fenomeni vulcanici con tecniche di telerilevamento aereo e da satellite integrate con dati geofisici e geologici*", (1996-1998). Nell'ambito di questo progetto sono stati utilizzati dati provenienti da diversi sensori (MIVIS, TIMS, Landsat) per l'analisi spettrale dei materiali affioranti e la stima del contenuto di SO₂ nei gas emessi nel plume vulcanico dell'Etna. È stata messa a punto una procedura per il calcolo, tramite un codice di trasferimento radiativo, della concentrazione di SO₂ a partire da immagini telerilevate da aereo. Le immagini acquisite nell'Infrarosso termico sono state utilizzate per caratterizzare il comportamento termico degli edifici vulcanici. In particolare è stata ottenuta una mappa dettagliata delle fratture calde presenti sul cono della Fossa nell'isola di Vulcano. Per l'Etna è stata generata una mappa di concentrazione della SO₂ nel plume gassoso, relativa al Luglio 1994. Bianchi et al., 1997, Buongiorno et al., 1997

Gli enti che collaborano a tale progetto è:

- ITV di Catania,

- OGUM di Modena,

- CNR - Progetto LARA,

- Dip. di Elettronica dell'Università di Roma "La Sapienza",

- CNR di Pisa, l'Università di Palermo,

- Dip. di Scienze Geologiche dell'Università di Roma "La Sapienza".

- 5 I Sistemi Informativi territoriali per la Ricerca Geofisica

Progetto "*SING- Sistema Informativo Geografico dell'I.N.G.*". Nell'ambito del progetto è stato creato il GIS per la zona delle sequenze umbro-marchigiane. Sono stati inseriti dati telerilevati da satellite LANDSAT, SPOT, informazioni geografiche e cartografiche di riferimento, modello digitale delle quote, frange interferometriche e linee di iso-spostamento superficiale cosismico, stazioni di misura GPS e risultati delle varie campagne, risultati dei modelli di distocazione, epicentri strumentali, faglie attive e non, strutture morfotettoniche.

L'impiego di questo GIS è aperto a tutti i ricercatori coinvolti nello studio delle suddette sequenze ed è auspicabile che tutti i dati prodotti vengano inseriti al più presto possibile per avere un quadro sempre aggiornato della situazione, data anche l'evoluzione del fenomeno.

1.2.2. Attività di ricerca in collaborazione con istituzioni internazionali

Le ricerche descritte nel paragrafo E 1 sono state svolte nell'ambito dei seguenti progetti (alcuni già descritti nel paragrafo E 1.1) e collaborazioni internazionali :

- 1 Sperimentazione di sensori aerotrasportati

Progetto "*Monitoring of volcanic gas emissions near urban areas by means of remote sensing images, atmospheric measurements and biogeochemistry analysis*". Nell'ambito della sperimentazione di nuovi sensori come prototipi per i futuri strumenti spaziali nel 1996 il Laboratorio di Telerilevamento è stato inserito nei voli sperimentali del sensore DAIS (spettrometro ad immagine con 79 canali) gestito dall'istituto di ricerca tedesco DLR che svolge le sue attività nel campo aerospaziale. Il progetto riguarda lo studio mediante immagini multispettrali e dati a terra delle emissioni gassose in aree vulcaniche attive localizzate in zone fortemente antropizzate. Nel Luglio 1997 è stata effettuata il rilievo aereo con il sensore DAIS sulla zona dei Campi Flegrei (Napoli) e Solforata (Pomezia).

Il Laboratorio di Telerilevamento in collaborazione con l'Università di Modena ha effettuato le campagne a terra necessarie per la successiva elaborazione dei dati. Bianchi et al. 1997, Buongiorno et al. 1997

Questi studi sono svolti in collaborazione con:

DLR Wesling, Germania

Università di Napoli Federico II, Facoltà di Ingegneria Aerospaziale

Osservatorio Vesuviano

Università di Roma I, Dip. di Botanica

Osservatorio Geofisico dell'Università di Modena.

Progetto "*FOCUS*". (1998-2002) Sempre in collaborazione con il DLR il Laboratorio di telerilevamento ha partecipato ad un progetto per la realizzazione di un nuovo sensore (Focus) per lo studio degli incendi e delle eruzioni vulcaniche. Lo studio e la realizzazione del sensore sarà sostenuta dell'ESA (Agenzia Spaziale Europea). Il laboratorio di Telerilevamento è stato inserito come consulente per la definizione delle caratteristiche spettrali dello strumento e per l'analisi delle applicazioni scientifiche in campo vulcanologico ed ambientale del futuro sensore.

Negli anni che precederanno la realizzazione del sensore per la piattaforma spaziale internazionale, i dati del sensore FOCUS verranno simulati con strumenti aerotrasportati come il DAIS, il MIVIS e probabilmente un prototipo costruito appositamente. In tale ambito il Laboratorio di telerilevamento parteciperà allo studio ed alla elaborazione dei dati acquisiti da aereo.

Il progetto è in collaborazione con:

DLR - Wesling, Germania

- 3: Studio delle deformazioni crostali

Progetto "*Remote sensing and GIS for Geochemical Seismic Zonation in the Gargano area* (1996-1998). Il Laboratorio di Telerilevamento è inserito nel progetto CEE *Geochemical Seismic Zonation* per quel che riguarda l'analisi e l'interpretazione di dati Landsat per l'individuazione di strutture morfotettoniche. Nel 1997 sono state acquisite le immagini e sono state elaborate le stereocoppie ed i modelli digitali del terreno. La fotointerpretazione delle stereocoppie ha consentito di individuare una evidenza chiara di movimenti trascorrenti nell'area di S. Spirito, lungo una faglia circa E-W lunga almeno 20 km. Quattrocchi et al. 1997, Salvi et al. 1997, Brunori et al. 1997.

Questi studi sono condotti in collaborazione con:

- Università di Roma I

- Università di Roma 3

- 4 - Telerilevamento dei vulcani dell'Etna e delle Isole Eolie

Progetto "*Mitigation of volcanic risk by remote sensing techniques*", (1996-1999). Trattasi di un progetto CEE per lo studio di tecniche di telerilevamento utili alla prevenzione del rischio vulcanico. Le attività relative a questo progetto nel 1997 hanno riguardato principalmente l'organizzazione e realizzazione della campagna di telerilevamento aereo su Etna ed Isole Eolie

con il sensore MIVIS. Il laboratorio di Telerilevamento oltre ad organizzare tutta la logistica dei voli aerei si è occupato di effettuare alcune misure in campagna di supporto alla successiva elaborazione dei dati. Con l'attivazione della borsa di studio CEE si è iniziata l'organizzazione dei programmi atti all'elaborazione delle immagini MIVIS ed alla successiva stima della concentrazione di SO₂ con il software IDL.

Nell'ambito dello stesso progetto nel 1997 è stato anche avviato lo studio per valutare la possibilità di stimare la concentrazione di CO₂ nel pulve dell'Etna mediante immagini telerilevate nell'infrarosso. I risultati preliminari hanno evidenziato l'applicabilità della metodologia ma anche la forte dipendenza di questa dalla qualità dei dati utilizzati e dalle misure atmosferiche disponibili.

Il Laboratorio di Telerilevamento è uno dei partner del progetto CEE coordinato dalla Open University britannica.

Buongiorno et al., 1997

Questi studi sono condotti in collaborazione con:

- Open University, UK,
- Dipartimento di Geografia Umana dell'Università dell'Egeo, Grecia,
- Joint Research Centre of the European Community di Ispra
- IIV di Catania,
- OGUM di Modena,
- CNR - CSDGA di Pisa.

- 5 I Sistemi Informativi territoriali per la Ricerca Geofisica

Progetto *"Remote sensing and GIS for Geochemical Seismic Zonation in the Gargano area (1996-1998)*. Il Laboratorio di Telerilevamento è inserito nel progetto CEE *Geochemical Seismic Zonation* per quel che riguarda l'analisi di dati Landsat e la costruzione di un GIS dedicato. È stato creato un GIS molto completo, contenente i dati relativi a: immagini da satellite LANDSAT, SPOT, informazioni geografiche e cartografiche di riferimento, modello digitale delle quote, stazioni di misura GPS, epicentri strumentali, faglie attive e non, strutture morfotettoniche, campagne di misura geochimiche. Brunori et al., 1997, Brunori et al., 1997, Salvi et al., 1997.

Questi studi sono condotti in collaborazione con:

- CNRS Nancy, Francia
- Università di Roma 1
- Università di Roma 3

1.2.3. Personale

Il personale del Laboratorio di Telerilevamento nel 1997 è stato costituito da:

Stefano Salvi - Ricercatore III fascia
Fabrizia Buongiorno - Ricercatore a contratto rinnovata per I anno
Francesca Cinti - Borsista ASI I anno
Fawzi Doumaz - Borsista PNRA I anno
Salvatore Stramondo - Borsista ASI I anno
Luca Merucci - Borsista CEE I anno

Si può notare come la grande mole di lavoro presentata sia svolta all'85% da personale non di ruolo, e come i borsisti ormai abbiano raggiunto una esperienza tale da svolgere, nonostante la loro bassa qualifica e limitato stipendio, lo stesso lavoro dei ricercatori. Si auspica una soluzione a tale problema che consenta di proseguire nelle attività intraprese.

1.3 Laboratorio per le ricerche tecnologiche avanzate

Stazione geochimica

È stata effettuata l'ingegnerizzazione delle parti che compongono la stazione di monitoraggio geochimico, della quale si prevede il collaudo entro il 1998. La stazione è stata pensata con una struttura modulare in modo che le varie componenti potessero vivere separatamente ed essere utilizzati per l'acquisizione di segnali geofisici. A testimoniare la bontà del progetto, è la vendita, da parte dell'I.N.G. di due moduli progettati per la stazione, al P.N.R.A. e all'Università La Sapienza.

È stato realizzato un modulo di conteggio a due canali con controllo a microprocessore da impiegarsi nella costruzione di un radonometro dedicato alla stazione. È iniziata la progettazione di un modulo multicanale.

Progetto Boomerang.

Il progetto Boomerang, oggetto di una ricca collaborazione internazionale (California Institute of Technology, Pasadena, USA; Dipartimento di Fisica, università La Sapienza, Roma, Italy; ENEA, Frascati, Italy; IFA-CNR Roma, Italy; IROE CNR, Firenze, Italy; Physics Department, U.C.B., Berkeley, USA; Queen Mary and Westfield College, London, U.K) prevede il lancio di un pallone aerostatico stratosferico con carico utile scientifico, che sorvolerà il cielo dell'Antartide per un mese, acquisendo dati cosmologici geologici e geofisici.

Sono state ingegnerizzate le parti del dispositivo di puntamento solare. Il dispositivo è stato anche oggetto di una tesi di laurea in fisica, conclusasi nel 1997. Il dispositivo è stato collaudato con successo in due voli su pallone stratosferico effettuati dagli Stati Uniti nell'Agosto 1997. Il sistema di puntamento è formato da due differenti moduli, uno per la determinazione grossolana della posizione del sole (un grado per angolo giro), ed uno in grado di offrire una estrema precisione (0.002 gradi su 120 gradi). È attualmente allo studio una ulteriore versione del sistema di puntamento fine per migliorare la velocità di risposta, e si prevede una nuova versione del sistema grossolano per migliorarne l'affidabilità.

Antenna per il rilevamento dell'attività ceraunica

È stato costruito il prototipo di un'antenna goniometrica per il rilevamento dell'attività ceraunica. Il dispositivo è stato pensato per lo studio di fenomeni elettrici atmosferici e per la protezione delle stazioni geofisiche remote. Ne è stato prospettato l'impiego per lo studio dell'attività elettrica indotta dalle eruzioni vulcaniche. Il collaudo in laboratorio è stato effettuato con successo, e si prevede il collaudo operativo nella prima metà del 1998.

Elettrometri per lo studio dell'elettricità atmosferica

Nel 1997 è stato ultimato un elettrometro ad alta sensibilità (migliore di 1 V/metro) per lo studio dell'elettricità atmosferica. Il dispositivo era stato progettato per l'uso su pallone stratosferico e pensato per un possibile uso in Antartide. Il sistema è stato provato in quota, sulla navicella Boomerang, nei due voli di prova effettuati dal Nuovo Messico. Lo stesso strumento è stato inviato in Antartide con il personale I.N.G., dove è stato impiegato per registrare il campo elettrico statico presso la base Baia Terra Nova. Una più sensibile versione dello stesso strumento, in fase di realizzazione, verrà collaudata al Caltech nella prima metà del 1998. Sempre al Caltech verrà collaudato un elettrometro sensibile al campo elettrico orizzontale che sfrutta il principio dell'induzione elettrodinamica causata dalla rotazione della navicella Boomerang.

Progetto Geostar.

È stata effettuata una attività di consulenza per la definizione delle specifiche e delle modalità di collaudo della stazione. Il Laboratorio ha costruito la parte sperimentale di conversione per il magnetometro vettoriale, ed ha iniziato la costruzione di un convertitore ad alta risoluzione e basso consumo che verrà impiegato nella versione operativa della stazione.

1.4. Laboratorio di Geochimica dei fluidi applicata alla sismotettonica

Personale Impegnato attualmente:

Dott.ssa Fedora Quattrocchi (ricercatore ex Art. 36)
Dott. Luca Pizzino (Borsista CEE, ottobre 1996 - ottobre 1997; Borsista ING febbraio 1998 - febbraio 1999)
Dott. Maurizio Guerra (Borsista ING triennale, ottobre 1996 - ottobre 1999)
Dott. Piergiorgio Scarlato (Contrattista trimestrale, gennaio 1998 - Aprile 1998)
Dott. Massimo Calcarà (Borsista CEE - GEOSTAR fino al febbraio 1998)

Introduzione

Il *Laboratorio ING di Geochimica dei Fluidi Applicata alla Sismotettonica* è impegnato fin dal 1990 nel portare avanti un programma di ricerca sulla geochimica dei fluidi in aree sismogenetiche, con particolare riferimento allo studio dei precursori geochimici dei terremoti, finalizzato alla comprensione del processo sismogenetico e del ciclo sismico, soprattutto per quel che riguarda le interazioni tra fluidi crostali e innesco di sismicità.

A tal fine, il *Laboratorio ING di Geochimica dei Fluidi Applicata alla Sismotettonica* durante il corso del 1997-98 ha continuato ad essere implementato, dotandosi nel corso degli ultimi due anni di nuova strumentazione per analisi chimiche (vedi dopo) ed installando nuove stazioni geochimiche di monitoraggio in continuo per la sorveglianza sismica e per la comprensione dei meccanismi di interazione fluido-roccia/campo di stress e sismicità (Tivoli, Ardea, Etna, Frascati, Arta Terme). Lo sviluppo di sistemi multiparametrici di monitoraggio in continuo è in linea con gli attuali sviluppi in campo internazionale relativi alla sorveglianza sismica / vulcanica / ambientale (es.: in Giappone dopo il terremoto di Kobe).

Studi areali e temporali di monitoraggio geochimico, volti essenzialmente al riconoscimento di sistemi di faglia attivi, utile ai fini del SHA (Seismic Hazard Assessment), sono stati portati a termine dal *Laboratorio ING di Geochimica dei Fluidi Applicata alla Sismotettonica* in aree italiane ed estere: nel solo 1997 e in parte del 1998 (gennaio-marzo) sono state effettuate campagne geochimiche nelle seguenti aree: Calabria, Sardegna, Gargano (Brunori et al., 1997; Salvi et al., 1997, Sannio Matese, Colli Albani (Quattrocchi & Calcarà, 1997), zona della sequenza sismica umbro - marchigiana del settembre 1997-aprile 1998 (Quattrocchi et al., 1997; Acocella et al., 1997; Quattrocchi et al., 1998d; Quattrocchi et al., 1998 e), Lesbo (Quattrocchi et al., 1997) e Penisola Calcidica (Grecia). Tali campagne geochimiche sono state effettuate per la maggior parte nell'ambito del programma comunitario GSZ (vedi dopo), utilizzando il più possibile un approccio interdisciplinare con sismologi e geologi strutturali ai fini dello SHA delle rispettive aree.

Tali studi hanno permesso finora di valutare sia le condizioni indisturbate o intersismiche della geochimica dei fluidi, che quelle in situazioni sismotettoniche attive in corso, anche al fine di avere le informazioni preliminari indispensabili alla scelta di siti idonei all'installazione di una rete geochimica di sorveglianza sismica e ambientale (controllo delle falde acquifere) su scala nazionale, nonché di definire tutti i processi di interazione fluido-roccia che sono utili nella comprensione dei rapporti tra circolazione dei fluidi, geotermalismo, sismotettonica e traccianti antropico/atmosferici.

Il *Laboratorio di Geochimica dei Fluidi Applicata alla Sismotettonica*, già permette l'utilizzo di tecniche di spettrometria di massa (He), cromatografia ionica (cationi e anioni principali), gas cromatografia, elettrochimica ione-selettiva, radonometria (scintillazione alfa), volumetria, e chimico-fisica nei fluidi. È imminente l'acquisto di uno spettrofotometro ICP-AES di tipo PERKIN ELMER, per le analisi degli elementi minori ed in traccia, e di un sistema per la spettrometria g.

Il tipo di analisi che vengono svolte e che dovranno essere svolte dal laboratorio suddetto, sia su fase liquida che gassosa dei fluidi terrestri, campionati durante le campagne e durante il monitoraggio temporale, prendono in considerazione i parametri chimico-fisici, gli elementi maggiori (anioni, cationi e composizione gassosa di base) e ad alcuni elementi minori ed in traccia di interesse geotermico e tettonico (in acque termominerali, pozzi profondi, fumarole, esalazioni gassose, acque di sottosuolo e suoli).

Il laboratorio ha anche effettuato studi relativi alla presenza di gas nei suoli (Etiopie et al., 1997) nell'area di Ustica (Settembre 1997) a seguito degli studi relativi ai sistemi idrotermali sottomarini ed al monitoraggio in ambiente sottomarino estremo durante la campagna di Ustica a mare dell'Ottobre 1996 (Programma ECE GEOSTAR) (Etiopie et al., 1997; Calcara et al., 1997; Favali et al., 1997).

Per il prossimo futuro (1998-99) il *Laboratorio ING di Geochimica dei Fluidi Applicata alla Sismotettonica*, prevede di continuare le linee di ricerca già avviate, che hanno dato già risultati, presentati sia in sede nazionale che internazionale (vedi bibliografia), fin dal 1991.

Le aree italiane che saranno prese in considerazione nel prossimo periodo dalla Dott.ssa Fedora Quattrocchi saranno: Umbria settentrionale (Gubbio - Umbertide), Calabria centro-meridionale (Piana di Gioia Tauro), Sicilia occidentale e nord-orientale, Lazio Settentrionale-Abruzzo, Torre del Greco-Ischia, nonché saranno proseguiti i monitoraggi nella Provincia Comagmatica Romana (Colli Albani fino ai Vulsini). In alcune di queste aree -viste le informazioni già acquisite e in corso di acquisizione- saranno installate stazioni multiparametriche di monitoraggio geochimico e idrologico ai fini della sorveglianza sismica e dello studio dei precursori geochimici di eventi sismici, adottando le specifiche tecniche e i requisiti di progetto del *II prototipo di sistema di monitoraggio geochimico (GMS II)*, interamente sviluppato presso l'ING (Quattrocchi et al., 1998 f).

Nuovi sviluppi sono previsti a seguito di contatti per avviare programmi di ricerca in Marocco, e in Indonesia, in collaborazione rispettivamente del Ministero dell'Industria del Marocco e del Ministero degli esteri-Governo Indonesiano.

Sono in procinto di essere avviati anche studi di datazione radiometrica di fluidi e minerali di neoformazione depositati in ambienti neotettonici, nonché analisi isotopiche per discriminare origine e interazioni tra fluidi e sottosuolo (isotopi di C, S, O, H, He ed altri gas rari).

Progetti speciali di ricerca

Durante il corso del 1997-98 il *Laboratorio ING di Geochimica dei Fluidi Applicata alla Sismotettonica* è stato impegnato nei seguenti programmi CEE:

i) EC Program (1996-1998). *Geochemical Seismic Zonation. Seismic Hazard Zonation: a multidisciplinary approach using fluid-geochemistry methods*. (EC Contract N. ENV4-CT96-0291).

L'ING riveste il ruolo di *Associated Partner (Main Investigator)*: Dott.ssa F. Quattrocchi nel programma ECE *Geochemical Seismic Zonation*, in collaborazione con il DST dell'Università La Sapienza di Roma (coordinatore: Prof. Salvatore Lombardi), la Terza Università di Roma, l'Università di Torino, il Laboratorio di Geochimica Ambientale ENEA (AMB-TEIN-CHIM), la University of Exeter, U.K.; la University of Thessaloniki, Grecia: il Laboratorio di Geochimica Isotopica del CNRS di Nancy, France. Il progetto è stato approvato e finanziato dall'Aprile 1996 al luglio 1998 (Contratto N. ENV4-CT96-0291, 86 KEKU per l'ING) nell'ambito del *Program Environment and Climate - Seismic Risk (2.3.2)*.

Lo scopo principale di questo progetto è di valutare le potenzialità della geochimica dei fluidi a contribuire al *Seismic Hazard Assessment (SHA)*, definendo *Geochemical Seismic*

Zonation il riconoscimento di zone di faglia attive e sismogenetiche, dallo studio dei trend temporali e spaziali nella geochimica dei fluidi, sia nel presente che nel passato (Lombardi, Quattrocchi et al., 1996; Lombardi, Quattrocchi et al., 1997).

Più in dettaglio le finalità di questo programma di ricerca prevedono:

- di rifinire lo SHA, utilizzando la modellizzazione della geochimica dei fluidi ed il monitoraggio areale e temporale in alcuni test-sites in vari paesi europei coinvolti nel programma, selezionando alcune aree di faglia dove le caratteristiche sismotettoniche e geosstrutturali sono già ben conosciute. In particolare la ricerca intende utilizzare un ampio spettro di parametri geochimici come strumento per tracciare faglie attive, in un confronto multidisciplinare con la sismologia e geologia strutturale;

- di comprendere meglio, considerando il contributo della geochimica dei fluidi, i processi pre-sismici, le sorgenti sismiche ed i fenomeni di *stress-strain* asismici, legati alla risalita di fluidi ed a processi di self-sealing, soprattutto durante lo stadio critico della faglia sismogenetica; nonché di approfondire la conoscenza di base per la previsione sismica con metodi geochimici (Calcarà et al., 1997).

Le principali attività del progetto sono:

- di fornire un nuovo data set di parametri idrogeologici, chimico-fisici, di elementi maggiori, minori ed in tracce nelle fasi fluide (es. He, Rn, H₂, H₂S, CO₂, CH₄, NH₃, SiO₂, B, Li, Rb, Cs, Sr, Fe, Mn, F, Se, Tl, Hg, As, Sb, etc...) e di rapporti isotopici $\frac{3}{35}$ T, d $\frac{18}{37}$ O, d $\frac{13}{37}$ C, d $\frac{34}{36}$ S, $\frac{220}{222}$ Rn, $\frac{4}{40}$ He, $\frac{3}{40}$ Ar, $\frac{36}{87}$ Ar, $\frac{86}{87}$ Sr, $\frac{86}{87}$ Sr.

Cl/ C) sia nelle fasi fluide che in alcuni campioni rocciosi lungo piani di faglia.

Questi dati vengono elaborati con statistica multivariabile, programmi di calcolo per lo studio degli equilibri chimici, e modellizzazione di flusso e trasporto nei mezzi porosi e fratturati;

- di elaborare e integrare tramite GIS (data base multiparametrico ARC/INFO) i differenti data set (geologia strutturale, sismicità, catalogo sismico, gravimetria, idrogeologia), con i nuovi dati geochimici acquisiti nelle aree selezionate - anche asismiche (Sardegna, Gargano, penisola Calcidica, Isola di Lesbo, Devonshire e recentemente anche area Umbria-Marche distrutta dalla sequenza sismica del settembre-ottobre 1997) Il Gargano, l'Isola di Lesbo ed il Devonshire sono stati finora studiati nel 1997-98 con nuove campagne geochimiche, geo-strutturali e review dei dati preesistenti. Tutti i dati sono stati inseriti in un contesto GIS (Salvi et al., 1997; Brunori et al., 1997);

- di sviluppare un nuovo prototipo di *Geochemical Monitoring System* (GMS II), per sorveglianza sismica, vulcanica e ambientale e per lo studio dei premonitori di terremoti e di eruzioni vulcaniche, con lo scopo soprattutto di chiarire le relazioni tra trend temporali nei fluidi e sismicità. Le stazioni remote potranno misurare in continuo alcuni parametri di interesse sismotettonico e ambientale quali conduttanza elettrica, temperatura, condizioni atmosferiche (P, T, umidità), pH, Eh, PCO₂, He Rn, H₂S, H₂, flusso e livello statico. Al momento attuale (febbraio 1998) è stato completato il software (Sciacca & Quattrocchi, 1997) e l'hardware del sistema di acquisizione del GMS II, nonché è stata completata la selezione dei sensori/strumenti da assemblare, compreso il nuovo prototipo ING per la misura del Rn in continuo (Quattrocchi et al., 1997) nelle acque e manifestazioni gassose. È imminente l'installazione della prima stazione GMS II presso Tivoli (RM).

ii) EC. Program (1996-1998). *Automatic Geochemical Monitoring of Volcanoes (AGMV)*. (EC Contract N. ENV4-CT96-0289)

L'ING riveste il ruolo di *Associated Partner* (*Main Investigator*: Dott.ssa F. Quattrocchi) nel programma ECE AGMV (*Automatic Geochemical Monitoring of Volcanoes*), in collaborazione con il Centre des Faibles Radiactivités del CNRS-CEA-CFR, Gif/Yvette, France (coordinatore: Dott. Patrick Allard); il CNR-IGF di Palermo; il CNR-IGGI di Pisa: la WEST-SYSTEM di Pisa; il NVI di Reykjavik, Iceland; l'IPSN/DPEI/SERAC di Saclay, France. Il progetto è stato approvato e finanziato dal dicembre 1996 (Contratto N. ENV4-CT96-0289, 50 KEKU per l'ING) per la durata di 2 anni nell'ambito del *Program Environment and Climate - Volcanic Risk* (2.3.3).

Lo scopo principale di questo progetto è di sviluppare prototipi di sistemi multiparametrici di monitoraggio in continuo (Quattrocchi et al., 1998 f) sia in acque di sottosuolo che in suoli e campi fumarolici ricadenti in aree vulcaniche, per scopi di sorveglianza vulcanica e per lo studio dei premonitori di eruzioni vulcaniche. L'attività principale dell'ING nell'ambito di questo progetto è di sviluppare un nuovo prototipo di *Geochemical Monitoring System* (GMS II), per la sorveglianza sismica e vulcanica (vedi programma GSZ).

Il *Laboratorio ING di Geochimica dei Fluidi Applicata alla Sismotettonica* è anche impegnato nel seguente progetto:

Convenzione tra ING e Comuni di Marino e Ciampino per lo studio del Radon e CO₂ nelle acque, suoli e ambienti antropici dei rispettivi territori comunali (febbraio 1998 - febbraio 1999)

A seguito di recenti episodi di rilascio di Radon e CO₂ (Quattrocchi et al., 1997) nelle acque di sottosuolo, nei suoli e all'interno di edifici, con possibili conseguenze dannose per la salute dell'uomo è emersa chiaramente la necessità instaurare una convenzione con i Comuni di Marino e Ciampino, maggiormente interessati al problema, riguardante il *Monitoraggio Ambientale del Radon ed Anidride Carbonica di origine endogena*, nei rispettivi territori. Considerando i flussi e concentrazioni di gas naturali nella zona dei Colli Albani, area vulcanotettonica attiva, e considerando l'importanza di una conoscenza di base del *background* naturale dei contenuti in ²²²Rn e CO₂ nelle falde acquifere e nei suoli ricadenti nei territori, un corretto monitoraggio temporale di alcuni siti strategici da selezionare (es. alcuni edifici e scantinati) non prescinde da uno studio preliminare areale dei contenuti in ²²²Rn e CO₂ nelle acque e nei suoli stessi. Si fa presente che i flussi e le concentrazioni di ²²²Rn e quelli di CO₂ (di origine essenzialmente magmatico-termometamorfica) sono legati e generalmente correlabili (Quattrocchi et al., 1998), in quanto la CO₂ - insieme alle altre fasi gassose di origine magmatica costituisce il gas *carrier* del Radon stesso (con origine essenzialmente nelle rocce vulcaniche superficiali).

In questa convenzione il *Laboratorio di Geochimica dei Fluidi Applicata alla Sismotettonica* dell'ING si avvale della collaborazione del *Dipartimento di Ingegneria Nucleare dell'Università "La Sapienza" di Roma (DIN)*, nella persona del Prof. Carlo Mancini, docente di Radioprotezione, per quanto riguarda lo sviluppo (Mancini et al., 1998) e l'utilizzo di strumentazione per il monitoraggio discreto e continuo di ²²²Rn e quindi sia il monitoraggio areale che quello temporale previsto utilizzerà strumentazione di entrambi gli istituti in stretta collaborazione. Anche l'elaborazione finale di documenti e mappe sarà concertata da entrambe le istituzioni di ricerca.

Altre attività e collaborazioni in atto del laboratorio

Il *Laboratorio ING di Geochimica dei Fluidi Applicata alla Sismotettonica* ha le seguenti collaborazioni di ricerca:

- con il DST dell'Università di Roma (Prof. Salvatore Lombardi), finora conclusasi oltre che nell'ambito del programma CEE GSZ (vedi prima), anche nell'ambito di svariate tesi di laurea relative ai rapporti tra geochimica dei fluidi e geologia strutturale (siti: Calabria, Lesbo, Sardegna, Sannio Matese) è previsto l'avvio di una convenzione-collaborazione a lungo termine;

- con il Dipartimento di Ingegneria Nucleare dell'Università di Roma (Prof. C. Mancini), per lo sviluppo di dispositivi per la misura continua e discreta di radionuclidi nelle acque di sottosuolo (Mancini et al., 1998) ai fini della sorveglianza sismica e ambientale del territorio; è previsto l'avvio di una convenzione-collaborazione a lungo termine;

- con il **DST dell'Università di Padova** (Prof. Giorgio Dal Piaz e Prof.ssa Silvana Martin), finora conclusasi nell'ambito di 2 tesi di laurea (discusse nel marzo 1998) relative ai rapporti tra geochimica dei fluidi e geologia strutturale (siti di missione: linea del Tonale, linea delle Giudicarie, etc..) (Quattrocchi et al., 1998 e); è previsto l'avvio di un nuovo lavoro in Val D'Aosta;

- con il **Laboratorio di Geochimica Ambientale AMB-TEIN-CHIM dell'ENEA** (C.R.E. Casaccia), per l'utilizzo di tecniche di spettrofotometria ICP-AES, G.F.A.A.S e A.A.S. per l'analisi di elementi minori ed in traccia di interesse sismotettonico e geotermico. Tale laboratorio è ora *subcontractor* **ING** nell'ambito del progetto ECE "*Geochemical Seismic Zonation*" di recente finanziato (vedi dopo);

- con il **Laboratorio di Radioprotezione del Centro ENEA di Frascati AMB-PRO-IRP** per l'utilizzo di tecniche di scintillazione liquida per la misura del Radon in diversi siti dei Colli Albani, Umbria ed altre zone sismiche italiane;

- con il **Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Trieste** (Prof. Zadro), per l'installazione ed il controllo di una stazione di misura del radon e di parametri atmosferici, presso *Arta Terme*, in linea dal novembre 1997 (Garavaglia et al., 1997; Garavaglia et al., 1998);

- con il **Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Perugia** (Prof. Zanzari), e la **Regione Umbria** (Dott. Marchetti) per un progetto di monitoraggio discreto e continuo di tre aree sismogenetiche in Umbria: l'alta Valle del Tevere, le dorsali di Gubbio-Scheggia e la struttura di Nocera-Colfiorito-Sellano;

- con il progetto ECE **GEOSTAR** (*Geophysical and Oceanographic Station for Abyssal Research*), che ha coordinatore l'ING e svariate collaborazioni internazionali (IGM-CNR Bologna, MOC - Marseille, IFREMER - France, WSG - University of New-Castle Upon Tyne - U.K., TECNOMARE S.p.A. etc...). Tale progetto è stato approvato e finanziato dal Marzo 1995 per una durata di 3 anni in ambito MAST-III (Contratto N. MASIII - PL95-0082). Siti di missione: Ustica (ottobre 1996), campagne oceanografiche tirreno meridionale e a terra.

Progetto Argo

Il Progetto Argo nasce dall'esigenza di rinnovare la tecnologia di trasmissione dati della Rete Sismica Nazionale Centralizzata.

La soluzione innovativa consiste nella digitalizzazione dei segnali sismici alla sorgente, per eliminare l'inquinamento introdotto dalle linee telefoniche, e nella trasmissione dei dati via satellite, per eliminare il vincolo imposto dalla presenza di sistemi di comunicazione terrestri nella scelta dei siti adatti alla ubicazione dei sensori sismici.

L'utilizzo di elementi fotovoltaici permette di stabilire collegamenti di elevata qualità, affidabilità e immediatezza operativa anche in difficili condizioni logistiche e grazie alla stabilità delle caratteristiche di correzioni di errore del protocollo di rete utilizzato, si è raggiunta una elevata affidabilità nella comunicazione dati via satellite.

Il sistema realizzato risulta quindi affidabile ed efficiente per quanto concerne il monitoraggio, la raccolta dati, la visualizzazione e l'analisi in tempo reale di dati sismici e dati geofisici a bassa frequenza per scopi di ricerca scientifica e di Protezione Civile.

Le attività del Progetto ARGO sono state suddivise come segue:

- 1) Installazione, collaudo e manutenzione delle stazioni remote telemetrate via satellite.
- 2) Installazione e gestione del centro di calcolo e acquisizione dati del progetto ARGO all'Istituto Nazionale di Geofisica.
- 3) Sviluppo e ottimizzazione del software di acquisizione e di monitoraggio della rete satellitare.
- 4) Interpretazione ed archiviazione dei dati sismici acquisiti dalla rete.
- 5) Attività di ricerca scientifica.

Le attività di ricerca scientifica attualmente inserite nel Progetto sono articolate a loro volta in

- a) Analisi del trigger di stazione.
- b) Interpretazione automatica dei sismogrammi acquisiti.
- c) Progetto e realizzazione dell'elettronica di acquisizione e di calibrazione delle stazioni sismiche di ARGO.
- d) Attività nei programmi della CE.

1. Installazione, collaudo e manutenzione delle stazioni remote telemetrate via satellite.

Il Progetto ARGO cura le attività di installazione, collaudo e manutenzione dell'intera rete di raccolta dati satellitare le cui stazioni remote sono dislocate in tutta Italia, più due stazioni in Grecia ed in Spagna. Le attività svolte vanno dalla scelta dei siti per le stazioni, all'espletamento dell'iter burocratico necessario per la realizzazione delle stazioni, alla supervisione dei progetti delle ditte incaricate dei lavori di installazione della parte trasmissiva delle stazioni, alla gestione dei rapporti con la Protezione Civile fino all'installazione, al collaudo e alla manutenzione della parte strumentale delle stazioni dedicata alla raccolta dei dati geofisici.

Con la prima stazione prototipale a Nemi inizia la produzione e la verifica del software di acquisizione, analisi e visualizzazione dei dati acquisiti. Viene risolto in particolare il problema della temporizzazione dei dati sismici trasmessi mediante l'uso di tre diversi riferimenti temporali dati dal segnale DCF acquisito in Istituto, da un orologio di stazione più un orologio di rete estremamente preciso utilizzato per la sincronia delle trasmissioni ed inviato dalla stazione centrale della rete ARGO situata nella Piana del Fucino e gestita dalla società TELESPIAZIO (vedere "ARGO Satellite Seismic Network" Pubblicazione n.572 - Istituto Nazionale di Geofisica). Dopo si è proceduto sia nella realizzazione del sistema elettronico di acquisizione del segnale proveniente dai sensori e del sistema di calibrazione, sia nello sviluppo e nella ottimizzazione del software di acquisizione e controllo della rete satellitare e nella soluzione dei

numerosi nuovi problemi di ordine tecnologico e scientifico precedentemente mai affrontati all'interno dell'Istituto Nazionale di Geofisica (una descrizione generale della rete ARGO è stata presentata nella rivista *Annali di Geofisica* in un lavoro dal titolo "Real Time Monitoring of Seismic Data Using Satellite Telemetry"). Successivamente nel tempo si è resa necessaria la sostituzione del satellite EUTELSAT II con il nuovo satellite ORION. Questa fase, che ha comportato il ripuntamento di tutte le antenne paraboliche già installate e operanti ha segnato un ulteriore passo avanti per la diminuzione dei costi di trasmissione, in virtù del fatto che il segnale del nuovo satellite è più potente di quello del precedente, ha consentito l'installazione nelle stazioni di antenne paraboliche di dimensioni ridotte e inoltre ha dato la possibilità di realizzare stazioni sismiche mobili telemetrate via satellite.

L'ubicazione del satellite geostazionario ORION al centro dell'Atlantico permette l'illuminazione degli Stati Uniti e dà l'opportunità di comunicare ed instaurare rapporti di collaborazione e scambio dati con tutta l'area nord americana.

2. Installazione e gestione del centro di calcolo e acquisizione dati del progetto ARGO all'Istituto Nazionale di Geofisica.

Il lavoro svolto nella realizzazione del centro che prevedeva da progetto una ridondanza sia hardware sia software per aumentare la affidabilità complessiva della acquisizione dati continua, è stato ultimato con successo ormai da tempo.

In crescita è ora l'attività gestionale del centro di calcolo a causa del continuo degrado dei componenti e del cablaggio della LAN, a causa dell'aumento del numero di stazioni e di dati raccolti dalla rete ARGO e a causa soprattutto della drastica riduzione del personale afferente al progetto.

3. Sviluppo e ottimizzazione del software di acquisizione e di monitoraggio della rete satellitare.

Nel corso degli anni è stato sviluppato il software di acquisizione e di controllo della rete satellitare di raccolta dati del Progetto ARGO. Con competenze prima non disponibili all'interno dell'Istituto Nazionale di Geofisica si è pervenuti a una ricezione del segnale prodotto dai sismometri delle stazioni remote della rete satellitare digitalizzato in stazione, praticamente immune dal rumore elettronico di trasmissione, con una dinamica che dipende sostanzialmente dalla dinamica del campionario e inviato utilizzando il protocollo di comunicazione a pacchetti X.25 che prevede una alta affidabilità nel controllo degli errori dell'intero processo di trasmissione e ricezione.

Attraverso il software disponibile è ora possibile controllare il flusso di dati trasmesso dai livelli OSI 2 e 3 di trama e pacchetto per una verifica puntuale del corretto funzionamento del link satellitare fino al controllo e alla acquisizione finale a livello di applicazione dei dati sismici o di dati geofisici di altra natura campionati e trasmessi a bassa frequenza (per esempio dati magnetometrici).

4. Interpretazione ed archiviazione dei dati sismici acquisiti dalla rete.

Con lo sviluppo della rete sismica satellitare è in costante aumento la mole dei dati sismici prodotti che è necessario interpretare e studiare ed archiviare in un bollettino sismico i dati raccolti dalla rete ARGO, comprese le due stazioni sismiche di Toledo e Kozani e da alcune stazioni delle reti nazionali di Grecia e Spagna risiedono attualmente in un database comune alle tre nazioni afferenti al progetto ECE di seguito menzionato.

5. Attività di ricerca scientifica.

a) Analisi del trigger di stazione

Dall'analisi dei dati sismici della rete satellitare Argo effettuata nel corso di questi anni si è raggiunto un elevato grado di affidabilità per quanto riguarda la discriminazione segnale-rumore e la riduzione dei falsi trigger. Il complesso algoritmo di trigger utilizzato dalla rete Argo è basato sulla individuazione della variazione caratteristica di alcune grandezze fisiche, come l'ampiezza massima del segnale, il rapporto tra media a lungo e breve periodo, la potenza, l'ampiezza spettrale. Una combinazione lineare pesata di tali parametri permette di risalire alla soglia di trigger caratteristica di ogni stazione.

La procedura interattiva attualmente utilizzata è in continua fase di ottimizzazione.

E' previsto uno studio comparato della qualità dei dati prodotti dalle stazioni sismiche connesse dalla rete ARGO, anche in relazione alle stazioni condivise con la Rete Sismica Nazionale Centralizzata.

b) Interpretazione automatica dei sismogrammi acquisiti

E' stato realizzato un software di interpretazione automatica degli eventi sismici in grado di identificare i parametri fondamentali per il calcolo della magnitudo. Il risultato dell'analisi statistica effettuata per controllare l'efficienza del metodo utilizzato è risultato pienamente soddisfacente.

c) Progetto e realizzazione dell'elettronica di acquisizione e di calibrazione delle stazioni sismiche di ARGO.

Mediante la rete ARGO è possibile effettuare in tempo reale la teletaratura di ogni stazione sismica e si possono determinare i parametri caratteristici del sistema rice-trasmissivo con elevata affidabilità.

Per ottimizzare il sistema di teletaratura attualmente impiegato dalla rete di monitoraggio sismico, si vuole studiare una procedura automatica di determinazione ed archiviazione dei parametri di stazione da eseguire periodicamente. La memorizzazione dei dati di stazione dedotti da tali analisi permette di eseguire la deconvoluzione del segnale sismico con dati di stazione aggiornati. In tal modo risulta inoltre possibile effettuare un controllo automatico dello stato dei sensori sismici della rete.

d) Attività nei programmi della ECE.

Grazie alla trasmissione satellitare è stato portato avanti il progetto "Southern Europe Network for Analysis of Seismic Data" finanziato dalla Comunità Europea. Gli obiettivi che tale progetto aveva definito nella sua proposta originaria sono stati in gran parte raggiunti o stanno per essere conseguiti. Tra essi vale la pena citare per le loro caratteristiche di proiezione nell'attività futura il database condiviso tra Grecia, Spagna e Italia per lo scambio di dati sismici e l'interfaccia grafica integrata GEOSYS per l'interpretazione, l'analisi, il monitoraggio, il telecontrollo e la teletaratura, e per la consultazione del database europeo. La TELECOM ha offerto la possibilità di mantenere gratuitamente per un anno i collegamenti satellitari con i centri di Grecia e Spagna, per cominciare a sfruttare le potenzialità del database condiviso e l'interfaccia GEOSYS.

Situazione al 30 ottobre 1996

	Sigla	C	Loc. di trasmissione	Coordinate del Sito	Stato	PIC ID	Conf.	Amp	T	Sens.
1	Roma	Z	Roma		Coll./op.	171	ISI/2			
2	Nemi	Z	Nemi	j=41.7194 l=12.7142 h=362	Coll./op.	0	ISI	80	*	S13
3	GA2	Z	Arcavacata	j=38.016900 l=12.829400 h=1200	Coll./op.	1	ISI			Mark
4	BNI *	Z	Bardonecchia	j=45.052139 l=06.677662 h=1395	Coll./op.	3	ISI	292		S13
	BNI	N	Bardonecchia		Coll./op.	4	ISI	292		S13
	BNI	E	Bardonecchia		Coll./op.	5	ISI	292		S13
5	CTI *	Z	Castel Tesino	j=46.047602 l=11.650391 h=1165	Coll./op.	10	ISI	230		S13
	CTI	N	Castel Tesino		Coll./op.	11	ISI			
	CTI	E	Castel Tesino		Coll./op.	12	ISI			
6	CKI *	Z	Cairo Monten.	j=44.419728 l=08.278748 h=351	Coll./op.	7	ISI	77		S13
7	BOB *	Z	Coli	j=44.767604 l=09.448206 h=930	Coll./op.	13	ISI			
8	FG5 *	Z	Foggia (Orsara)	j=41.233388 l=15.270555 h=660	Coll./op.	15	ISI			S13
9	FVI *	Z	Forni Avoltri	j=46.593306 l=12.780764 h=1030	Coll./op.	16	ISI			
10	GIB *	Z	Gibilmanina	j=37.989455 l=14.026886 h=1000	Coll./op.	17	ISI			S13
11	LCI *	Z	Lecce	j=40.333389 l=18.112223 h=49	Coll./op.	19	ISI	145	*	S13
12	MSI *	Z	Messina	j=38.203388 l=15.55584 h=60	Coll./op.	20	ISI			
13	MT7	Z	Montecchio	j= l= h=	Coll./op.	31	ISI	165		S13
14	MGR *	Z	Morigerati	j=40.137612 l=15.554840 h=260	Coll./op.	21	ISI			
15	SAL	Z	Salò	j=45.607494 l=10.526222 h=70	Coll./op.	29	ISI			S13
16	DOI *	Z	S.D. Macra	j=44.523560 l=07.245389 h=1015	Coll./op.	30	ISI			
17	MU7	Z	Muro Lucano	j= l= h=	Installata	22	ISI			
	MU7	N	Muro Lucano	Manca cassetta Enel		23				
	MU7	E	Muro Lucano			24				
18	ORI *	Z	Oriolo Calabro	j=40.063513 l=16.449236 h=375	Installata	25	ISI			
19	IN7	Z	Introdacqua	j= l= h=	Traliccio		ISI			
20	BDI *	Z	Bagni di Lucca	j=44.062337 l=10.596988 h=900	Spostare	2	ISI			
21	PZI *	Z	Palaz. Acreide	j=37.055405 l=14.946683 h=690	Spostare	27	ISI			
22	VAI *	Z	Varese	j=45.368531 l=08.769638 h=1200	Lavoraz.		ISI			
23	CA7	Z	Carpegna	j= l= h=	Da instal.		ISI			
24	LP7	Z	Lampedusa	j= l= h=	Da instal.					
25	TRI *	Z	Trieste	Sarà sostituita da Reggio Calabria						
26		Z	Modena	j= l= h=	Telecom		ISI			
27		Z	Padova	j= l= h=	Telecom		ISI			
28		Z	Prato	j= l= h=	Telecom		?			
29	KZN	Z	Kozani	j=40.306666 l=21.770833 h=900	Coll./op.	98	ISI			S13
30	BNI *	Z	Bardonecchia	j=45.052139 l=06.677662 h=1395	Coll./op.		ISI	292		VBB
31	TLD	Z	Toledo	j=39.545333 l=04.348333 h=938	Coll./op.	99	ISI			S13

* Stazioni condivise con RSN

Frequenza di taglio del passa basso 6 Hz con 2 poli

Il lavoro svolto negli ultimi anni ha permesso di arrivare alla attuale situazione caratterizzata da un numero di stazioni collegate in crescita e, dalla prima ed unica stazione di prova di Nemi, si può ora incominciare a parlare di una rete di monitoraggio sismico distribuita sull'intero territorio nazionale telemetrata via satellite. Oggi vengono quotidianamente ricevuti i