

Nel 1995 è stato condotto un esperimento in collaborazione con L'Osservatorio Geofisico di Modena e il Dip. di Idraulica Trasporti e Strade, Topografia, per studiare la risoluzione del sistema GPS nella determinazione di deformazioni. A tale proposito sono state effettuate misure GPS su una rete di 4 punti, (ING, DITS, OSGE1 e OSGE2) per 6 giorni. Periodicamente uno dei 4 vertici (OSGE2) veniva spostato mediante un apparato di elevata precisione di quantità note (2 cm alla volta) su ciascuna singola componente. Attualmente si stanno studiando i risultati di questo esperimento.

In particolare sulle applicazioni del GPS per la determinazione di deformazioni crostali di aree sismiche e vulcaniche. Con tale scopo già a partire dal 1990 sono state realizzate e misurate svariate reti geodetiche localizzate in alcune delle aree più sismiche del Mediterraneo centrale.

La realizzazione di reti geodetiche per il rilevamento delle deformazioni del suolo in aree caratterizzate da una dinamica crostale attiva, è indubbiamente una tecnica efficace per la comprensione dei fenomeni sismici e dei loro processi evolutivi. La ripetizione di misure di distanza, quota e di coordinate di stazioni poste sulla superficie terrestre su reti prestabilite, darà nel tempo la possibilità di comprendere i modelli deformativi.

14. Deformazioni crostali d'interesse archeologico.

Durante gli ultimi mesi del 1995 è stata inoltre intrapresa una collaborazione con un gruppo di archeologi per lo studio delle deformazioni crostali mediante indicatori archeologici.

La presenza di un gran numero di siti archeologici costieri, come porti, approdi, o ville di epoca romana, posti attualmente presso la linea di costa, in terraferma o in mare a profondità variabile, potrà consentire dopo un accurato studio multidisciplinare, una stima delle deformazioni verticali avvenute nelle aree oggetto di studio.

15. Il Progetto Argo

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

La soluzione innovativa consiste nella digitalizzazione dei segnali sismici prima della trasmissione eliminando così l'inquinamento introdotto dalle linee telefoniche, e inoltre la trasmissione dati è effettuata via satellite. Con l'utilizzo del satellite l'ubicazione dei sensori sismici non è più vincolata dalla presenza di sistemi di comunicazioni terrestri e grazie a soluzioni che prevedono l'utilizzo di elementi fotovoltaici viene garantita la possibilità di stabilire collegamenti di elevata qualità, affidabilità e immediatezza operativa anche in difficili condizioni logistiche.

L'obiettivo principale è quello di realizzare un sistema affidabile ed efficiente per 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 in cascata per la Protezione Civile.

I risultati aspettati consentiranno di raggiungere una elevata affidabilità nella comunicazione soprattutto grazie alla stabilità delle caratteristiche di correzioni di errore del protocollo di rete utilizzato. In questa fase preliminare è stato realizzato il software di gestione della rete e di acquisizione ed elaborazione dei dati.

Nel 1991 inizia la prima fase di realizzazione del progetto con i numerosi problemi di ordine burocratico, amministrativo e tecnico.

Nel 1992 viene installata la prima stazione sismica a Nemi ed è iniziata la verifica del software di acquisizione, analisi e grafica dei dati acquisiti.

Nell'acquisizione dei dati sismici è di fondamentale importanza la ricostruzione temporale, tenendo in considerazione che il flusso dei pacchetti avviene con una trasmissione asincrona. Il Progetto Argo raggiunge tale risultato grazie alla combinazione di tre diversi riferimenti temporali, due relativi forniti dalla rete satellitare e uno assoluto, che consentono l'associazione temporale al dato acquisito. Frequenti verifiche hanno consentito di testare l'affidabilità del sistema di ricostruzione temporale adottato.

Nel corso di questi anni è stato ottimizzato ed implementato il software di acquisizione e controllo della rete, è stato realizzato un software di interpretazione automatica degli eventi sismici capace di identificare i parametri fondamentali per il calcolo della magnitudo e della localizzazione epicentrale.

Nel settembre 1995 è stato sostituito il satellite EUTELSAT con ORION, si è quindi proceduto al ripuntamento delle antenne paraboliche, fase non del tutto ultimata.

Si tenga presente che lo stesso sistema sia hardware che software è impiegato per la rete operante in Grecia e Spagna nell'ambito del progetto "Southern Europe Network for Analysis of Seismic Data".

Negli ultimi anni si è partecipato all'European Seismological Commission, XXIV General Assembly, Athens, Greece con una presentazione dal titolo "Satellite Seismic Network," e all'American Geophysical Union, IUGG XXI General Assembly con una presentazione della rete sismica satellitare dal titolo "Argo Project: Italian Satellite Seismic Network", e sono stati pubblicati all'interno dell'Istituto due lavori dal titolo "Progetto Argo" dell'ottobre 1992 e "Argo Satellite Seismic Network" in corso di stampa.

Gli obiettivi che si intende perseguire nei prossimi tre anni sono in particolare:

- Installazione della rete sismica curando la qualità dei dati acquisiti, provvedendo a realizzare sistemi di Telecontrollo e Teletaratura.

- Sviluppo di nuove metodiche per la localizzazione ipocentrale mediante l'analisi di dati digitali provenienti da terne di sismometri. Queste tecniche ridurranno gli errori associati ai parametri ipocentrali ed in particolare quelli riferiti alla profondità.

- Studi sulla polarizzazione delle onde per lo sviluppo di modelli per la comprensione dei meccanismi alla sorgente.

- Estensione ed affinamento delle tecniche per la costruzione di modelli cinematici tridimensionali. Lo sviluppo di tali modelli è di fondamentale importanza per la comprensione delle caratteristiche sismogenetiche.

- Verifica del modello tridimensionale mediante l'analisi dei dati registrati nelle stazioni a tre componenti.

- Analisi delle conoscenze attuali sulla fisica dei precursori e sulla loro correlazione con gli eventi sismici ai fini di migliorare i modelli predittivi.

15.1 Nuovi metodi di determinazione ipocentrale utilizzando sensori a tre componenti

Analisi dello stato dell'arte e verifica bibliografica

Saranno analizzate e verificate le ricerche compiute dalla comunità scientifica internazionale nel campo dell'analisi dei dati sismici provenienti dai sensori a tre componenti. Saranno quindi installate terne sulla base di ottimizzazioni geometriche.

Ampliamento dell'attuale rete sismica satellitare

La rete sismica satellitare italiana basata sul sistema ARGO verrà ampliata e verranno messi in comune i dati provenienti da alcune stazioni della rete nazionale della Grecia, che verranno attivate sul sistema a spese del governo greco.

15.2 Ricerca sui precursori sismici per l'elaborazione dei modelli predittivi

Ricerca bibliografica ed analisi dello stato dell'arte

Verrà raccolta tutta la bibliografia esistente a livello nazionale ed internazionale sui diversi precursori, sui metodi di campionamento più opportuni, sugli strumenti più adatti per la rilevazione remota dei parametri geofisici. Tutti i contributi ritenuti validi verranno analizzati ed archiviati. Verrà inoltre esaminata la strumentazione attualmente in funzione e la connessione con le reti sismiche.

Rete di rilevazione dei precursori dell'attività crostale

Nella classificazione dei fenomeni precursori dei terremoti si usa far riferimento all'intervallo di tempo trascorso tra l'osservazione del precursore ed il verificarsi del terremoto. I dati considerati potenzialmente utili come precursori sono quelli derivanti da:

- misure inclinometriche o estensometriche;
- misure geoelettriche ovvero dei potenziali spontanei;
- misure geomagnetiche;
- misure gravimetriche.

Le registrazioni saranno effettuate in continuo solo per alcune grandezze e sarà costituito un Centro di Controllo in grado di intervenire, in remoto via satellite, nel caso ci fossero problemi con i sensori. Sarà possibile in questo modo avere dati attendibili, con lunghi periodi di monitoraggio e con la possibilità di effettuare applicazioni statistiche e confronti immediati con le registrazioni di serie sismiche.

Stazione EDI - (Environmental Data Integrator)

Sarà studiata un nuovo tipo di stazione per l'integrazione, la preelaborazione e la trasmissione dei dati al centro elaborativo. Questo nuovo tipo di stazione, definita intelligente, dovrà essere in grado di fornire in maniera unattended ed in real-time informazioni sia su dati sismici che sui precursori.

I requisiti di massima attualmente prevedibili sulla base dello stato dell'arte del settore:

Situazione attuale

	Sigla	C	Loc. di trasmissione	Coordinate del Sito	Stato	PIC ID	Hex	Config.	Link	Sensore
1	Roma	Z	Roma		Coll./op.	171	AB	IS1/IS2	si	S13
2	Nemi	Z	Nemi	$\varphi=41.7194$ $\lambda=12.7142$ $h=562$	Coll./op.	0	0	IS1	si	S13
3	GA2	Z	Arcavacata	$\varphi=38.016900$ $\lambda=12.829400$ $h=1200$	Coll./op.	1	1	IS1	si	Mark
4	FG2 *	Z	Foggia	$\varphi=41.803378$ $\lambda=15.170201$ $h=200$	Coll./op.	15	F	IS1	si	S13
5	MGR *	Z	Morigerati	$\varphi=40.137612$ $\lambda=15.554840$ $h=260$	Coll./op.	21	15	IS1	si	S13
6	BNI *	Z	Bardonecchia	$\varphi=45.052139$ $\lambda=06.677662$ $h=1395$	Coll./op.	3	3	IS1	si	
	BNI	N	Bardonecchia		Coll./op.	4	4	IS1	si	
	BNI	E	Bardonecchia		Coll./op.	5	5	IS1	si	
7	CTI *	Z	Castel Tesino	$\varphi=46.047602$ $\lambda=11.650391$ $h=1165$	Coll./op.	10	A	IS1	si	
	CTI	N	Castel Tesino		Coll./op.	11	B	IS1	si	
	CTI	E	Castel Tesino		Coll./op.	12	C	IS1	si	
8	CKI *	Z	Cairo Monten.	$\varphi=44.419728$ $\lambda=08.278748$ $h=351$	Coll./op.	7	7	IS1	si	
9	BOB *	Z	Coli	$\varphi=44.767004$ $\lambda=09.448206$ $h=930$	Coll./op.	13	D	IS1	si	
10	FVI *	Z	Forni Avoltri	$\varphi=46.593806$ $\lambda=12.780764$ $h=1030$	Coll./op.	16	10	IS1	si	
11	GB *	Z	Gibilmanna	$\varphi=37.989455$ $\lambda=14.026886$ $h=1000$	Coll./op.	17	11	IS1	si	
12	LCT *	Z	Lecce	$\varphi=40.333889$ $\lambda=18.112223$ $h=49$	Coll./op.	19	12	IS1	si	
13	SAL *	Z	Salò	$\varphi=45.607494$ $\lambda=10.526222$ $h=70$	Coll./op.	29	1D	IS1	si	S13
14	MSI *	Z	Messina	$\varphi=38.203388$ $\lambda=15.55584$ $h=$	Coll./op.	20	14	IS1	si	
15	PZI *	Z	Palaz. Acreide	$\varphi=37.055405$ $\lambda=14.946683$ $h=1030$	Coll./op.	27	1B	IS1	si	
16	DOI *	Z	S.D. Macra	$\varphi=44.503560$ $\lambda=07.245389$ $h=1015$	Coll./op.	30	1E	IS1	si	
17	MT7.	Z	Montecchio	$\varphi=$ $\lambda=$ $h=$	Installata	31	1F	IS1		
18	MU7	Z	Muro Lucano	$\varphi=$ $\lambda=$ $h=$	Installata	22	16	IS1		
	MU7	N	Muro Lucano							
	MU7	E	Muro Lucano							
19	ORI *	Z	Oriolo Calabro	$\varphi=40.063513$ $\lambda=16.449236$ $h=375$	Installata	25	19	IS1		
20	BDI *	Z	Bagni di Lucca	$\varphi=44.062387$ $\lambda=10.596988$ $h=900$	Installata	2	2	IS1		
21	CA7	Z	Carpegna	$\varphi=$ $\lambda=$ $h=$	Lavoraz.			IS1		
22	IN7	Z	Introdacqua	$\varphi=$ $\lambda=$ $h=$	Lavoraz.	(18)	(12)	IS1		
23	VAI *	Z	Varese	$\varphi=45.868581$ $\lambda=08.769638$ $h=1200$	Lavoraz.	9	9	IS1		
24	TRI *	Z	Trieste	$\varphi=45.708889$ $\lambda=13.764167$ $h=161$	No autor.	32	20	3-IS1		
25	USI	Z	Ustica	$\varphi=$ $\lambda=$ $h=$	No autor.	33	21	IS1		
26		Z	Modena	$\varphi=$ $\lambda=$ $h=$	Telecom			IS1		
27		Z	Padova	$\varphi=$ $\lambda=$ $h=$	Telecom			IS1		
28		Z	Prato	$\varphi=$ $\lambda=$ $h=$	Telecom			(IS1)IS2		
29	KZN	Z	Kozani	$\varphi=40.306666$ $\lambda=21.770833$ $h=900$	Coll./op.			IS1	si	S13
30	SRVB	T	Enna	$\varphi=37.478333$ $\lambda=14.411833$ $h=690$	Coll./op.	97	61	(IS2)		STS-2
31	TLD	Z	Toledo	$\varphi=39.545833$ $\lambda=04.348333$ $h=938$	Coll./op.	99	63	IS1	si	S13

* Stazioni condivise con RSN

- ricevere dati tramite l'interfaccia SCSI da un massimo di 16 canali con un rate massimo stimato di 200 Kbyte/sec.

- memorizzare questi dati prima in memoria RAM e poi su disco magnetico per mantenere un archivio storico locale.

- utilizzare un sw che permetta prima il filtro dei dati e poi la loro memorizzazione logica in modo da consentire la trasmissione degli stessi su richiesta dell'operatore dal centro di controllo (p.e. richiesta di dati in un certo range).

Inoltre la stazione dovrà avere la capacità di riconoscere in maniera autonoma eventi specifici e di agire di conseguenza in base a regole prestabilite e/o dinamicamente modificabili.

Rete di Comunicazione (Sistema Satellitare ARGO)

La stazione EDI sarà collegata via satellite con l'I.N.G. sarà dotata della strumentazione necessaria per la trasmissione dati via satellite.

La connessione con l'I.N.G. sarà basata sulla tecnica di polling che permetterà l'acquisizione periodica dei dati sismici acquisiti, preprocessati e registrati da ogni stazione EDI. Questa soluzione consentirà l'abbattimento dei costi di trasmissione dei dati in quanto solo i dati selezionati dalla stazione intelligente EDI verranno effettivamente trasmessi sul canale satellitare mentre verrà scartato il rumore sismico prima della trasmissione.

Progettazione ed implementazione di software per il Centro di Controllo

Presso il centro dell'I.N.G. verrà messo a punto un software di gestione per le trasmissioni delle stazioni remote, interrogate con opportuna logica che tenga conto sia del flusso dei dati che della immediatezza delle informazioni.

È previsto lo sviluppo di un centro di "Comando e Controllo" che possa interagire con la stazione EDI per attivare funzionalità del tipo:

- riconfigurazione (per esempio, la richiesta di aggiornamento dei parametri di filtro dei dati ricevuti perché nella zona presa sotto esame comincia a svilupparsi un fenomeno che può richiedere una nuova configurazione dei parametri dei sensori, oppure per modificare la sensibilità e normalizzazione e dei dati registrati);

- di interrogazione e controllo dello stato della singola base;

- di richiesta di spedizione file di particolare interesse;

- di trasferimento di nuovi programmi dal centro verso la base con nuovi algoritmi o di qualunque altro software operante sulla stazione.

Sviluppo di nuovi modelli

Esistono al momento ricerche per determinare la probabilità che un precursore sia seguito da un evento o viceversa che un evento sismico sia preceduto da un precursore. Saranno sviluppati, tramite strumenti statistici, nuovi modelli per meglio comprendere le relazioni esistenti tra l'attività dei precursori e l'occorrenza delle crisi sismiche. Per analizzare le relazioni tra la sismicità e l'attività microsismica saranno sviluppati, modelli statistici per meglio studiare la relazione esistente tra terremoti e loro distribuzione spaziale. Dall'analisi dei cataloghi sismici si individueranno le aree per le quali sono attesi eventi con magnitudo significativa ($m > 5$) e con tempi di ritorno relativamente brevi.

Lavori non ancora pubblicati:

- Anzidei, M. , P. Baldi, C. Bonini, G. Casula, S. Gandolfi, F. Riguzzi: GPS surveys across the Messina Straits (southern Italy) and comparison with terrestrial geodetic data, sottomesso a *Journal of Geodynamics*.
- Anzidei, M. , P. Baldi, C. Bonini, G. Casula, S. Gandolfi, F. Riguzzi: GPS surveys across the Messina Straits (southern Italy) and comparison with terrestrial geodetic data, sottomesso a *Journal of Geodynamics*.
- Anzidei, M. , P. Baldi, M. Crespi, G. Casula, F. Riguzzi: Repeated GPS surveys across the Ionian sea: evidence of crustal deformation, sottomesso a *Geophys. J. International*.
- Anzidei, M. , P. Baldi, M. Crespi, G. Casula, F. Riguzzi: Repeated GPS surveys across the Ionian sea: evidence of crustal deformation, sottomesso a *Geophys. J. International*.
- Anzidei, M., Galvani A., Riguzzi F., Zanutta A.: Nuovi dati geodetici GPS nell'area dei Colli Albani (Roma). PING n.576, in stampa.
- De Rubeis., C. Gasparini, A. Massucci, A. Tertulliani, P. Tosi e M. Vecchi (1995), Il terremoto del 12 giugno 1995, conferma di una sismicità romana, 14° GNGTS, Rome, in stampa.

GEOMAGNETISMO

Introduzione

Le attività dell'U.O. Geomagnetismo possono suddividersi in quattro rami principali: a) l'acquisizione dati e l'espletamento dei servizi di competenza degli Osservatori Geomagnetici, b) la ripetizione della Rete Magnetica Italiana nel piano quinquennale di pubblicazione delle Carte Magnetiche d'Italia aggiornate, c) le attività di consulenza e d) la ricerca scientifica. Le attività di ricerca sono a loro volta articolate in settori specifici del Geomagnetismo. Negli ultimi anni con il loro graduale ma costante sviluppo sono ormai divenuti settori fondamentali di ricerca anche il Paleomagnetismo e il magnetismo delle rocce perfettamente integrate con le altre attività di Geomagnetismo. In questo rapporto le tradizionali attività di servizio vengono esposte per prime e a seguire sono riportati i settori di ricerca che hanno avuto maggiore sviluppo nell'anno in oggetto.

1. Osservatori Geomagnetici

L'U.O., sia per ciò che concerne le operazioni in loco sia per le elaborazioni dei dati effettuate in Sede, cura il funzionamento dei tre Osservatori Geomagnetici: L'Aquila (AQ), Castello Tesino (TN) e Gibilmanna (PA).

L'Aquila (AQ) è l'Osservatorio principale. Oltre ad assicurare il normale funzionamento di uno strumento tradizionale (variografo fotografico Ruska), in Osservatorio funzionano 2 variometri automatici digitali, uno progettato e realizzato nell'U.O., che registra ogni minuto su nastro magnetico gli elementi F, H, Z e D del campo geomagnetico seguendo una procedura semiassoluta automatica, e il secondo derivato da un sistema AMOS con elementi fluxgate per le componenti e a precessione per il campo totale. Si sono concluse le prove definitive per la partecipazione attiva al Progetto di scambio dati magnetici già avviato dal BGS (UK), l'USGS (USA) e IGP (Francia) detto INTERMAGNET. A tale proposito l'osservatorio di L'Aquila ha un collegamento diretto a Roma via Internet. Il personale in loco esegue le misure magnetiche assolute. Vengono pubblicati l'Annuario, contenente le medie orarie, mensili ed annuali dei valori assoluti degli elementi D, H, Z, i Bollettini mensili degli indici K, caratterizzanti l'attività magnetica e la classificazione delle variazioni rapide, nonché i bollettini quadrimestrali delle ore 02 UT che forniscono, in giorni selezionati, i valori istantanei delle tre componenti e il valore del campo totale. La pubblicazione dei dati è regolarmente aggiornata e viene regolarmente effettuata la trasmissione dati ai centri mondiali di raccolta. L'Osservatorio di L'Aquila è inoltre centro di riferimento per le tarature di strumenti per i vari utenti Italiani e centro di realizzazione, sperimentazione e controllo di nuova strumentazione per misure del campo magnetico.

Castello Tesino (TN) è l'Osservatorio non presidiato nella zona centro meridionale delle Alpi. Un secondo esemplare dello strumento automatico a bobine in funzione a L'Aquila è attualmente utilizzato per la registrazione digitale. Per questo Osservatorio viene assicurata una copertura con regolari visite e misure assolute di norma una volta al mese. E' stata realizzata nel 1995 la prevista teletrasmissione dati da C. Tesino a Roma per mezzo del sistema ARGO. Anche per l'Osservatorio di C. Tesino è prevista annualmente la stampa dei risultati. Le pubblicazioni sono aggiornate al 1993.

Gibilmanna (PA) è l'Osservatorio dell'I.N.G. per la Sicilia. Per il Geomagnetismo questo Osservatorio è considerato secondario a causa dei ben noti disturbi della linea

ferroviaria, quindi si è solo proseguita la registrazione fotografica tradizionale per gli elementi H, D ed Z. Rimane ovviamente, dati i problemi tecnici ed operativi, in programma lo spostamento dell'Osservatorio del Sud in altra località (probabilmente Lampedusa). Per mancanza di personale e altre priorità (l'U.O. è ancora in fase di espansione) purtroppo il problema è ancora irrisolto.

2. Rete Magnetica italiana e Reti straniere

Per Rete Magnetica si intende un insieme di località su cui periodicamente personale specializzato effettua misure che vengono utilizzate per studi di variazione secolare, modellizzazione matematica del campo e cartografia magnetica. Nel quadro del Progetto della Ripetizione della Rete Magnetica Italiana a seguito dell'ultima stampa delle carte di grande formato al 1985.0, l'U.O., dopo aver terminato la ripetizione dei caposaldi della Rete Magnetica del primo ordine al 1990.0 in collaborazione con l'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), ha attivato il progetto di ripetizione al 1995.0. In questa ripetizione l'U.O. Geomagnetismo eseguirà autonomamente tutte le fasi della ripetizione curando la selezione delle stazioni con la ricognizione e ricostruzione degli eventuali pilastrini mancanti. In tutte le stazioni selezionate è prevista la misura assoluta di tutti gli elementi del campo. Per il periodo delle misure di campagna è stata, per località geografiche, utilizzata una stazione automatica trasportabile di riferimento, oltre L'Aquila, in quanto necessaria alla riduzione delle misure stesse. L'elaborazione delle misure, per la realizzazione della Rete al 1995.0 è iniziata per la parte di stazioni già effettuate. Si sono realizzate nell'anno in oggetto 27 stazioni complete.

A seguito della realizzazione, nel settembre 1994, della prima rete magnetica vettoriale dei caposaldi in Albania, nel 1995 si è effettuato un rilievo anche in Ungheria. Sono state effettuate misure assolute dei vari elementi del campo magnetico terrestre sul territorio ungherese, in collaborazione con L'Eötvös Loránd Geophysical Institute di Budapest (ELGI). L'ELGI, tra gli istituti dei paesi dell'Europa centro-orientale, ha provata esperienza nel campo degli osservatori e nella realizzazione di campagne magnetiche. Durante l'ottobre 1995 una spedizione I.N.G. ha permesso, mediante misure congiunte con il gruppo ungherese il completamento della rete in Ungheria, con ulteriori misure assolute effettuate sul territorio ucraino nei pressi del villaggio di Nishne Selishe. Si è trattato di una circostanza alquanto unica nel suo genere. La stazione di Nishne Selishe sarà destinata a diventare un osservatorio geomagnetico inserito nella rete magnetica mondiale e i dati assoluti di posizionamento e campo magnetico sono stati forniti per la prima volta dall'I.N.G.. In occasione della trasferta a Budapest, si è tenuto un meeting per discutere l'allargamento della cooperazione ai paesi dell'Europa centro-orientale.

3. Consulenza

3.1 Fornitura Dati

Si sono espletate regolarmente le operazioni di consulenza ad Università, enti o ditte in particolare per ciò che riguarda la fornitura dei valori degli elementi magnetici in Italia. La consulenza riguarda generalmente sia l'effettuazione di misure in loco sia la determinazione dei valori del campo in Italia e nell'area Mediterranea in

base ai nostri Osservatori e modelli matematici. Viene ormai regolarmente effettuata anche fornitura di dati dalla nostra stazione a Baia Terra Nova in Antartide

3.2 Indagini ambientali

Nel 1995 l'U.O. Geomagnetismo dell'I.N.G. ha iniziato ad occuparsi delle possibili applicazioni della geofisica alle problematiche ambientali. In particolare sono state applicate tecniche di esplorazione del sottosuolo con metodi magnetici (utilizzando magnetometri a precessione di protoni) volte ad accertare la presenza di fusti sepolti di natura metallica. Tra le molteplici emergenze ambientali manifestatesi negli ultimi anni vi è infatti l'occultamento nel sottosuolo di fusti contenenti sostanze tossiche e nocive.

Su richiesta della Procura della Repubblica di Roma e di Teramo ed in collaborazione con il Nucleo Operativo Ecologico dei Carabinieri sono state eseguite due distinte indagini: una in un'area oggetto di discarica di RSU e l'altra in due zone di un podere privato.

Entrambe le indagini hanno consentito di escludere in quelle aree la presenza di corpi metallici sepolti e quindi di rischi ambientali connessi all'occultamento di sostanze tossiche e nocive. Inoltre, nella discarica di RSU, la campagna di studio è stata preceduta da una serie di misure volte ad accertare il livello di radioattività ambientale utilizzando un contatore Geiger.

4. Ricerca Scientifica

4.1 Ricerche in Geomagnetismo

Sono proseguite le ricerche scientifiche su temi tradizionali di interesse del Geomagnetismo, alcuni temi sono stati ulteriormente sviluppati altri sono di nuova attivazione entrambi in genere hanno prodotto interventi a Congressi e pubblicazioni scientifiche a livello internazionale. Sinteticamente: si sono esaminati principalmente i seguenti temi di ricerca:

Ricerche Storiche

Nell'ambito della ricerca di informazioni di tipo storico, è stata avviata una proficua collaborazione con l'Istituto di Fisica Generale Applicata di Milano. La collaborazione, tutt'ora in corso, prevede la realizzazione e pubblicazione di un catalogo di strumenti geomagnetici classici italiani dall'800 ad oggi che comprende, tra gli altri, la catalogazione di parte degli strumenti geomagnetici in possesso del nostro Istituto. Alcuni strumenti dell'I.N.G. sono stati presentati a convegni internazionali di carattere storico.

Uno dei risultati recenti più rilevanti della ricerca di misure "antiche" del campo geomagnetico è la ricostruzione dei dati della campagna di Padre Denza, effettuata sulla penisola italiana alla fine del secolo scorso (1875-1883). I risultati di detta campagna non furono mai pubblicati a causa della morte prematura di Padre Denza e della pubblicazione dei risultati della campagna, quasi contemporanea, condotta da Chistoni e Palazzo (1881-1890). Il recupero di questi dati è molto importante sia da un punto di vista storico che da un punto di vista scientifico, essendo queste le prime misure delle componenti del campo magnetico terrestre (D,I,H) effettuate con gli stessi strumenti e dagli stessi operatori uniformemente sull'intera penisola italiana.

Variazione Secolare e Modelli del Campo

Il jerk, considerato come una irregolarità nella variazione secolare (vs) è un cambiamento rapido, della durata di 1-2 anni, del campo geomagnetico ed è di origine interna alla Terra. Dallo studio delle medie annuali dell'osservatorio geomagnetico di L'Aquila è emersa l'osservazione di un evento di questo tipo, ancora non notato da altri precedentemente, in corrispondenza del 1990.0. L'analisi dei dati di altri osservatori europei ha confermato l'osservazione dell'evento. L'analisi è stata svolta sia su medie annuali calcolate su tutti i giorni sia su medie annuali calcolate esclusivamente su giorni quieti in modo da isolare il più possibile il contributo esterno all'evento in studio. Il risultato è stato pubblicato e il lavoro sarà ancora oggetto di uno studio più accurato che considererà misure di osservatori uniformemente distribuiti su tutto il globo.

Sono stati esaminati gli aspetti relativi alla variazione secolare e alla determinazione del comportamento spaziale del campo. In particolare è proseguita la collaborazione instaurata sui modelli regionali e planetari con il BGS (U.K.), con l'Osservatorio dell'Ebro, Tarragona (Spagna) e il Museo Nazionale di Madrid. Queste ricerche servono a formulare le migliori espressioni matematiche ed i coefficienti associati, per definire il campo al fine di determinare e discriminare il contributo di origine nucleare e quello di origine crostale. In questo campo notevole impulso hanno avuto le nuove formulazioni di analisi armonica su calotta sferica per le quali il gruppo italiano dell'I.N.G. ha introdotto due nuove tecniche originali portandosi all'avanguardia in campo internazionale. Tali modelli hanno la caratteristica di soddisfare la fisica del problema (l'equazione di Laplace). Il 1995 è stato caratterizzato in particolare da due lavori che hanno perfezionato alcune tecniche regionali e da un terzo lavoro a scala globale. Nel primo si mostra come sia possibile, in una regione qualsiasi, determinare un modello regionale di campo geomagnetico da misure sparse nella regione considerata alle quali si aggiunge una piccola percentuale di misure di gradienti sintetizzate da un modello globale. Nel secondo, si mostra il confronto tra una tecnica prettamente regionale come la Spherical Cap Harmonic Analysis (SCHA) ed una tecnica globale come la Spherical Harmonic Analysis (SHA) ma nell'occasione opportunamente adattata a modellare la vs dal 1965 al 1990 in Italia. La SHA è la tecnica classica per rappresentare il campo geomagnetico su scala globale. Spesso però è necessario riportare i coefficienti di uno sviluppo SHA da un sistema di riferimento ad un altro, più adatto a seconda delle circostanze. Un lavoro in stampa su *Geoph. Journ. Inter.*, indica un modo originale di trasformare i coefficienti dei modelli SHA mediante un approccio sia teorico che numerico che si basa sul teorema della espansione di una funzione laplaciana arbitraria definita su una sfera.

Teorie fondamentali

Nel quadro di una rivisitazione delle basi teoriche del geomagnetismo sono stati affrontati due problemi specifici: a) unicità del potenziale Laplaciano in situazioni particolari, e b) spettri spaziali di potenza del campo geomagnetico. Un articolo pubblicato discute il modo in cui informazioni parziali del campo potenziale (sia esso geomagnetico che gravitazionale) su una superficie sferica possano dare un'unica (o quasi unica) conoscenza del campo esterno alla sfera. In parte riprendendo alcuni risultati di lavori precedenti, apportandone quando è il caso le opportune correzioni e in parte in modo originale si dimostrano rigorosamente i casi più generali.

E' inoltre apparso recentemente un articolo sui valori quadratici medi del campo geomagnetico e delle sue componenti. Quando si considerano funzioni sulla

superficie terrestre, i valori quadratici medi sono spesso usati per indicare le loro ampiezze relative. Se una funzione qualsiasi del potenziale è espressa come somma di componenti in armoniche sferiche allora, supponendo tali componenti ortogonali, è possibile introdurre il concetto di spettro spaziale di potenza sulla sfera terrestre in armoniche sferiche, con ciascuna armonica contribuendo separatamente al valore medio quadratico totale: questo è vero per il potenziale stesso, per il campo magnetico totale, e per le sue componenti orizzontale totale e verticale. Un successivo articolo, confronta due possibili espressioni (esponenziale e a legge di potenza) dello spettro spaziale di potenza sul confine nucleo-mantello. Vengono discusse le implicazioni relative a ciascun caso che originerebbero da distribuzioni diverse delle sorgenti del campo nel nucleo fluido esterno. Nel caso esponenziale le sorgenti hanno caratteristiche spaziali tipiche del rumore bianco mentre nel caso di "legge di potenza" le sorgenti mostrano le caratteristiche di un rumore colorato.

Analisi non lineare

Sistemi apparentemente complessi nello spazio e nel tempo mostrano invece, per certi aspetti, strutture ben organizzate a diverse scale. I fenomeni frattali sono caratterizzati dal mantenere le proprie caratteristiche statistiche al variare di scala (la cosiddetta "invarianza di scala") e dal possedere una dimensionalità frazionaria che eccede quella topologica. La caratteristica di frattalità può essere tipica di un fenomeno sia spaziale che temporale. Per loro canto, i fenomeni caotici sono tipici di quei sistemi dinamici che possiedono caratteristiche frattali nello spazio e apparenti aspetti random nel tempo. Se studiati nello spazio delle fasi sono caratterizzati da una dimensione frattale che rappresenta i gradi di libertà del sistema dinamico. Le analisi frattale e caotica sono tipiche analisi non lineari. Nel quadro delle ricerche dell'U.O. Geomagnetismo, queste tecniche sono state applicate sia al campo magnetico di origine sia interna che esterna. Analizzando l'andamento del campo magnetico di vs registrato in tre osservatori europei dal 1840 ad oggi, si ritrovano molti indizi di caoticità: nello spazio delle fasi tutte e tre le orbite associate alle serie temporali sono caratterizzate da una divergenza esponenziale con esponente di Lyapunov corrispondente ad un tempo caratteristico di 5-10 anni oltre il quale non è possibile fare previsioni sul sistema in esame. Tale conclusione conferma la pratica comune per cui non è possibile fornire modelli globali di previsione oltre i 5 anni (si vedano i modelli IGRF). Utilizzando tecniche frattali avanzate è stato possibile introdurre un indice multidimensionale di attività magnetica a partire dai dati magnetici registrati presso la base italiana in Antartide Baia Terra Nova.

Tettono-elettromagnetismo

E' proseguito lo studio dell'effetto sismomagnetico nell'area dell'Aquilano con l'acquisizione dati dai 4 magnetometri a protoni installati in questi ultimi anni; con campionamento temporale costante i risultati di questa esperienza, pur avendo rivelato interessanti caratteristiche, sono ancora insufficienti a poter raggiungere risultati definitivi. In collaborazione con l'Istituto di Geofisica dell'Accademia delle Scienze di Varsavia, è proseguita inoltre l'acquisizione sulla stazione magnetotellurica di Collemeluccio. Per queste ricerche per le quali si sono incontrate notevoli difficoltà operative a causa dell'elevato rumore tellurico, si prevede di estendere l'iniziale programma di acquisizione. Il fine di queste ricerche è il contribuire, con una dettagliata raccolta di dati, alla migliore conoscenza delle possibili relazioni fra la geodinamica e gli effetti elettromagnetici ad essa associati. Nel 1995 si è

attivamente preso parte all'organizzazione del convegno di Positano nel quale sono stati presentati gli ultimi lavori su questi argomenti.

Magnetovariazioni temporali

a) Lo studio delle magnetovariazioni temporali è proseguito con il fine di contribuire ad una migliore conoscenza delle interazioni tra vento solare, magnetosfera e ionosfera. In questi campi i nostri ricercatori collaborano attivamente con l'Università di L'Aquila, l'ISF (CNR) e con l'ATT Bell Laboratories. In questo ultimo anno si sono elaborati intensivamente dati sia dalle nostre stazioni italiane (a tal proposito si è pubblicato un lavoro sull'analisi delle variazioni geomagnetiche nella banda fra 3 min e 2 h) che da stazioni antartiche per lo studio della distribuzione delle correnti ionosferiche e della variazione con il ciclo solare. L'indagine è stata nel 1995 dedicata particolarmente alla banda dei fenomeni detta Pc5 (si veda anche ricerche in Antartide).

b) Per ciò che riguarda i fenomeni di induzione nell'interno della Terra la collaborazione tradizionalmente avviata con l'Università di Genova è ora estesa anche al gruppo di esperti del settore con sede presso l'Accademia delle Scienze di Praga (Rep. Ceca). In questo settore dopo aver esaminato le caratteristiche delle strutture di conducibilità elettrica di varie regioni d'Italia (Piemonte, Blocco Sardo Corso, Italia centrale) si passerà ad una revisione strumentale ormai resasi necessaria prima di una nuova campagna.

c) Una collaborazione con l'Osservatorio dell'Ebro (Spagna) ha portato ad un lavoro sulla derivazione delle strutture di conducibilità elettrica della Terra per mezzo dell'analisi in armoniche su calotta sferica. L'articolo descrive una formulazione matematica che permette, a partire da dati di Sq (Solar quiet variation) osservati in una regione limitata della Terra, di separare i contributi interno ed esterno e determinare le funzioni di trasferimento dalle quali è possibile risalire alla struttura di conducibilità sottostante la regione in esame. In pratica si mostra però che tale tecnica si può applicare solo a regioni molto grandi a causa di difficoltà intrinseche alla tecnica SCHA.

Geodesia

Prima con un contributo al libro "Geodetic Theory Today" dell'IAG (International Association of Geodesy) e successivamente con un articolo le tecniche di analisi regionale recentemente utilizzate in geomagnetismo, sono state estese anche alla geodesia. In particolare, nel primo lavoro si forniscono i concetti base della teoria, i successivi sviluppi e i limiti intrinseci in modo da dare un'introduzione ai colleghi della comunità di Geodesia. Nel secondo lavoro si mostra l'uso appropriato dell'analisi su calotta sferica per la rappresentazione del campo locale di gravità. In questo caso vengono mostrate anche le formulazioni dell'ondulazione del geoide e delle componenti della deflessione della verticale.

Fisica ionosferica

In collaborazione con l'U.O. Aeronomia è stata utilizzata una tecnica di analisi del campo geomagnetico (modelli del campo) introdotta all'interno dell'U.O. Geomagnetismo per la rappresentazione di parametri ionosferici e in particolare l'foF2. L'idea, in base ad una analogia matematica, deriva dalla similitudine della rappresentazione di fenomeni sulla superficie sferica. In particolare nei Proceedings del Workshop COST 238/PRIME si descrive la tecnica IMASHA (Instantaneous

Mapping with ASHA) con la quale si rappresenta matematicamente la configurazione istantanea dei valori orari della foF2 in Europa.

Ricerche in Antartide

Proseguono attivamente le ricerche nel settore anche nel quadro del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide che hanno visto lo sviluppo dell'Osservatorio geomagnetico, che ora comprende: un doppio sistema di acquisizione dati in grado di permettere una acquisizione automatica dei dati anche durante l'inverno e una completa strumentazione per le misure assolute.

Le misure di campo magnetico terrestre risultanti dalle serie temporali dell'osservatorio di Terra Nova Bay, in Antartide e pubblicate in annuari, sono state utilizzate per studiare le variazioni rapide del campo geomagnetico a latitudini polari. L'analisi della risposta del campo magnetico terrestre alle variazioni delle condizioni esterne alla magnetosfera in zona polare e della sua distribuzione spaziale è stata approfondita confrontando le misure di Terra Nova Bay con quelle provenienti da altri osservatori situati ancora in zona polare. La collaborazione con i colleghi americani del AT&T Bell Labs, già avviata nel 1994, ha portato alla pubblicazione di studi sulla variazione diurna e sue caratteristiche in zona polare. L'aspetto su cui si è più soffermata l'attenzione è l'analisi delle relazioni tra l'attività geomagnetica osservata al suolo alle alte latitudini (con l'osservatorio americano di Mc Murdo e quello neozelandese Scott) con alcuni dei parametri responsabili di molti fenomeni osservabili sulla superficie terrestre. In relazione alla possibile correlazione delle variazioni del campo geomagnetico con le condizioni dello spazio esterno alla magnetosfera, si è lavorato con l'Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario del C.N.R. e con l'Università di L'Aquila per lo studio dei segnali in determinate condizioni con dati da satellite (IMP-8).

Nel 1995 si è completata la quarta fase del programma internazionale GITARA (German Italian Aeromagnetic Research in Antarctica) che opera nell'ambito del progetto LIRA (Lithospheric Investigation in the Ross Sea Area). Il lavoro di GITARA 4 si è svolto nell'area di Cape Roberts, a sud di Baia Terra Nova, a supporto del progetto internazionale Cape Roberts Drilling Project tra Italia, Germania, Nuova Zelanda, Regno Unito e USA, avente lo scopo di carotare i più antichi livelli sedimentari del bacino del Mare di Ross occidentale (36-180 Ma). GITARA 4 è consistito in un rilievo ad alta risoluzione nell'intorno dell'area di futura trivellazione, mediante strumentazione aeromagnetica elitrasportata. Il rilievo e la successiva elaborazione dei dati ha messo in evidenza la presenza di un corpo magnetico, probabilmente un'intrusione vulcanica cenozoica, responsabile dell'anomalia principale. L'interpretazione strutturale della carta di anomalie magnetiche dell'intensità totale del campo magnetico terrestre rivela una situazione geologica, nell'area di perforazione, ben più complessa di quella descritta in precedenti lavori. Contemporaneamente, è proseguita l'analisi dei dati delle precedenti campagne (GITARA 1,2 e 3) svoltesi nella Terra Vittoria in Antartide, attraversata dalla catena Transantartica. E' stata effettuata la compilazione della mappa delle anomalie del campo totale applicando tecniche di levelling statistico e procedure di microlevelling bidimensionale nel dominio della frequenza per la risoluzione di problemi ai bordi. Dalla mappa risultano evidenti lineazioni magnetiche che hanno dato luogo ad interpretazioni tettonico-strutturali dell'area coperta delle tre campagne aeromagnetiche. Il passo successivo sarà l'unificazione e compilazione della carta di tutta la Terra Vittoria, utilizzando i dati delle spedizioni tedesche GANOVEX IV, V e VI.

Nuova Tecnologia

Attività di misura. Le attività che vengono riportate in questo paragrafo si svolgono prevalentemente presso l'Osservatorio Geofisico di L'Aquila. Tra di esse: 1) la gestione delle strutture permanenti quali l'Osservatorio Geomagnetico, l'Osservatorio sismico WWSSN, la stazione VBB (limitatamente al cambio periodico dei nastri); 2) la gestione della rete per lo studio dell'effetto sismomagnetico nell'area comprendente le stazioni magnetometriche di Rieti, Teramo, Parco Nazionale degli Abruzzi, Montedimezzo (Isernia); 3) la gestione delle stazioni magnetotelluriche di Collemeluccio (Isernia) e di Piani di Pezza (L'Aquila); 4) infine oltre alla manutenzione tecnica periodica delle stazioni di misura, viene curata l'archiviazione e l'elaborazione dei relativi dati. Vengono, inoltre, monitorate le fluttuazioni temporali di alcuni parametri, legati alla conducibilità, correlabili con eventi tettonici. Per espandere le misure anche verso le frequenze più alte e quindi estendere le indagini agli strati più superficiali della Terra, sono state condotte campagne magnetotelluriche a Preturo e ad Assergi, in collaborazione con L'Università di Ferrara. Tali misure hanno consentito di determinare la conducibilità dell'area aquilana da 100 m a 50 km di profondità. Sono stati inoltre utilizzati dati dell'Osservatorio, campionati a 1 minuto, per il calcolo delle "transfer functions" dal 1991 al 1994.

Realizzazione di dispositivi. Nell'ambito dell'aggiornamento ed ammodernamento della strumentazione dell'osservatorio sono stati realizzati i seguenti dispositivi: a) Un sensore flux-gate monoassiale a doppio nucleo con il quale è stato realizzato un magnetometro per la misura assoluta della declinazione ed inclinazione magnetica. Lo strumento viene attualmente utilizzato nell'Osservatorio di Preturo. b) Un sensore fluxgate triassiale elicoidale, impiegato in un magnetometro vettoriale per la misura delle tre componenti del campo geomagnetico; verrà installato presso l'Osservatorio di Castel Tesino. c) Un sensore flux-gate triassiale toroidale che potrà trovare impiego anche in magnetotellurica in virtù dell'elevata sensibilità (0.001 nT) ed una estesa banda passante; d) Un sensore flux-gate biassiale toroidale ad altissima stabilità termica, con il quale sarà possibile, unitamente ad un magnetometro Overhauser, realizzare una stazione per la misura assoluta degli elementi del campo geomagnetico; e) Un sistema originale per il condizionamento dei segnali analogici dei magnetometri flux-gate (amplificazione multiparametrica) e un convertitore analogico-digitale a 24 bit; f) Il prototipo di un magnetometro a protoni concorrenziale con i dispositivi commerciali, particolarmente curato dal punto di vista dell'affidabilità nell'impiego a lunghissimo periodo. g) Un sistema di acquisizione "low power" dei dati basato sull'impiego del PC Quaderno. Lo strumento viene attualmente utilizzato nella rete magnetica digitale.

E' stata predisposta la strumentazione ed il software per la gestione dei dati nell'ambito INTERMAGNET. Inoltre, a causa dei frequenti guasti subiti dai magnetometri a protoni Geometrix, si è provveduto allo studio delle parti elettroniche più sollecitate durante le acquisizioni continue di dati. Le modifiche hanno riguardato la parte digitale e il software del magnetometro implementando una nuova scheda digitale (GRIFO GPC) con microprocessore (della famiglia 8052) programmabile in Basic. Si è così riusciti a migliorarne le caratteristiche e aumentarne la facilità di utilizzo. Un prototipo di questo magnetometro è in acquisizione presso l'osservatorio Colle Urania di Teramo. Si sta studiando la possibilità di collegarlo, attraverso un PC alla rete Ethernet per avere i dati a disposizione direttamente da un

qualsiasi sito della rete. Nell' osservatorio Geomagnetico di Castello Tesino (TN), si è provveduto al collegamento dei magnetometri con il sistema ARGO del I.N.G., che permette di avere direttamente i dati acquisiti sul VAX dell' Istituto attraverso un collegamento satellitare. Per realizzare ciò si è dovuto adattare il formato, la temporizzazione e la velocità di trasmissione dei dati del magnetometro al sistema ARGO, utilizzando una scheda BLUE EARTH con microprocessore, programmabile in Basic in modo da utilizzare le sue due porte seriali come buffer di dati. Il sistema, in funzione dal Novembre '95, permette la disponibilità giornaliera dei dati, un controllo remoto del funzionamento dell' osservatorio e un tempestivo intervento nel caso di guasti nel sistema di acquisizione. E' inoltre in fase di progettazione un magnetometro a protoni di riferimento che, utilizzando un oscillatore atomico come base dei tempi, permetterà la taratura di qualsiasi altro strumento geomagnetico.

Si acquisiscono regolarmente per studi di micropulsazioni i dati con la nuova strumentazione giapponese dell'Università di Fukuoka (Giappone). Si è conclusa invece l'esperienza effettuata in collaborazione con l'Università di Stanford dedicata alla misura del rumore di fondo nelle bande ELF e VLF presso l'Università di L'Aquila.

4.2 Ricerche in Paleomagnetismo e Magnetismo delle rocce

Geodinamica della Penisola Italiana.

Le ricerche di paleomagnetismo condotte all'I.N.G. nel periodo 1995-marzo 1996, nell'ambito della caratterizzazione geodinamica delle principali province geologiche della penisola Italiana, costituiscono il proseguimento delle attività svolte in questo campo sin dall'installazione del laboratorio (1990). Questo filone di ricerca si è sviluppato sullo studio delle evidenze paleomagnetiche delle rotazioni che hanno accompagnato, dal Miocene superiore (~7 Ma) al Recente, la storia geodinamica della penisola durante la costruzione della catena appenninica e l'apertura del Mar Tirreno. La strategia generale di questa ricerca è quella di definire e datare precisamente lo sviluppo delle rotazioni nei diversi ambienti strutturali, attraverso lo studio di sequenze sedimentarie contemporanee ai principali eventi geodinamici. Allo scopo di utilizzare al meglio le potenzialità dello studio del magnetismo delle rocce in questo settore, gli studi di paleomagnetismo classico sono stati integrati con studi dettagliati di mineralogia magnetica e di anisotropia della suscettività magnetica.

E' stata effettuata una sintesi degli studi condotti in precedenza nei sedimenti del ciclo neo-autoctono lungo il margine tirrenico toscano e laziale, discutendo le implicazioni geodinamiche per l'evoluzione del sistema Tirreno-Appennino. Contemporaneamente sono state avviate e proseguite campagne di campionamento e misura nell'Appennino centrale e settentrionale. In particolare, nel corso dell'ultimo anno sono state svolte ricerche su sedimenti del Messiniano lungo tutto l'arco esterno dell'Appennino marchigiano-romagnolo (nell'ambito del progetto CEE Geodynamic Modelling of an Active Region of the Mediterranean: the Apennines - Geo.Mod.Ap.) e su sedimenti continentali plio-pleistocenici in alcuni bacini intermontani (Fucino e bacino di Todi).

I nuovi dati dall'Appennino marchigiano-romagnolo hanno portato ad una nuova interpretazione di due eventi fondamentali per l'evoluzione geodinamica di questo settore della penisola, che sono state oggetto di ampie discussioni nella letteratura specifica degli ultimi 20 anni: (1) le rotazioni antiorarie misurate sin dagli anni '70 nei sedimenti carbonatici meso-cenozoici dell'Appennino umbro-marchigiano sono da attribuirsi alla messa in posto di strutture scollate e traslate

verso l'Adriatico nel corso del Plio-Pleistocene; (2) esiste una relazione diretta tra le rotazioni misurate e la direzione delle strutture lungo l'arco dell'Appennino marchigiano-romagnolo, ossia l'arco è propriamente un *ioroclinio* (la forma attuale arcuata della catena è il risultato del piegamento tettonico di una struttura originariamente rettilinea ed ad andamento circa N320°, formatasi nel Pliocene inferiore). I dati ottenuti dai sedimenti continentali intra-appenninici hanno mostrato che l'interpretazione geodinamica dei dati paleomagnetici nel bacino del Fucino è impedita da una peculiare mineralogia magnetica (i dati forniscono solo una debole evidenza per una possibile rotazione antioraria di ~19° dal Pliocene), mentre nel bacino di Todi si riscontra assenza di rotazioni nel Pleistocene, in accordo con quanto già evidenziato verificato nei bacini estensionali del margine tirrenico toscolaziale.

Nei primi mesi del 1996 sono stati inoltre impostati studi paleomagnetici in Sardegna e Calabria. Il primo tema si prefigge di ottenere una migliore conoscenza della rotazione miocenica del blocco sardo-corso, che risulta a tutt'oggi mal definita. Il secondo riguarda invece lo studio di sedimenti del Miocene superiore lungo il margine occidentale calabro, con lo scopo di chiarire l'evoluzione geodinamica del blocco calabro-peloritano nei primi stadi dell'apertura del Mar Tirreno.

Magnetostratigrafia e studio delle inversioni.

Nel tentativo di definire una stratigrafia integrata dei depositi terrigeni neogenici affioranti in Appennino centrale, è proseguita la collaborazione multidisciplinare con la Facoltà di Geologia dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" e la III Università degli studi di Roma. La prima sezione analizzata, nell'ambito dello studio del limite Tortoniano-Messiniano (Miocene superiore), è stata la successione terrigena, costituita essenzialmente dalla formazione delle Marne ad Orbulina, affiorante presso l'abitato di Pietrasecca (Aq). La correlazione delle magnetozone riconosciute in questa sezione con la scala globale delle inversioni di polarità magnetica, ha permesso di posizionare il limite Tortoniano - Messiniano all'interno del subcrono di polarità inversa C3Br.2r. (ottenendo un'età di 7.0 Ma) Oltre alle analisi paleomagnetiche, sono stati esaminati i caratteri biostratigrafici ed il rapporto isotopico dello Stronzio 87/Stronzio 86.

Nell'ambito dello stesso studio effettuato a Pietrasecca, sono state effettuate ulteriori analisi di laboratorio mirate alla corretta interpretazione di un evento "breve" a polarità normale. Al fine di verificare l'esistenza di tale evento geomagnetico, è stato effettuato uno studio paleomagnetico ad alta risoluzione per caratterizzare le transizioni di polarità inferiore e superiore (polarità inversa - normale - inversa). Questo studio ha permesso di porre precisi vincoli sull'età dell'evento stesso (11.000 a) e sulla geometria delle transizioni di polarità.

Nello stesso anno un'altra indagine magnetostratigrafica è stata effettuata nell'area urbana di Roma, sull'orizzonte fluvio-lacustre della prima sequenza deposizionale del Pleistocene medio per verificare una possibile correlazione, precedentemente supposta da altri autori, tra questo orizzonte argilloso e le argille ad *Helicella* affioranti nell'area di Ponte Galeria. Tutte le analisi paleomagnetiche sono state effettuate su campioni standard ottenuti da un sondaggio non orientato preso in prossimità del Colosseo. I risultati ottenuti evidenziano che il livello analizzato è a polarità normale, attribuito al Brunhes (1n) confermando la incorrelabilità delle argille fluvio-lacustri dell'area urbana di Roma con i membri basali della Formazione di Ponte Galeria che include le argille ad *Helicella*. Al fine di definire una dettagliata scala temporale di riferimento per l'intervallo Pliocene-recente ed operare un