

4. ALLEGATI

PAGINA BIANCA

4.A. RELAZIONE SCIENTIFICA PER IL BILANCIO CONSUNTIVO 2001 DEI DIPARTIMENTI "GEOFISICA DELLA LITOSFERA", "OCEANOGRAFIA", "CENTRO DI RICERCHE SISMOLOGICHE", E DELLE STRUTTURE TECNICHE DI SERVIZIO "CENTRO SERVIZI INFORMATICI E TELEMATICI-CeSIT" E "PROMOZIONE DELL'ENTE, COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI, BIBLIOTECA, ATTIVITA' EDITORIALI - PECIB".

PAGINA BIANCA

Consuntivo Scientifico Anno 2001

**1. PROGETTI STRATEGICI PER TECNOLOGIE PERVASIVE
MILTISETTORIALI
(Intervento PNR 2.3.1.2)****1.1. Energia (nuovi approcci alla generazione di energia)**

E' un progetto particolarmente orientato allo sviluppo di nuove metodologie di indagine geofisica del sottosuolo finalizzate al riconoscimento di fonti energetiche (idrocarburi o geotermiche). Parte importante del progetto è il trasferimento di ricerche e di tecnologie mature all'industria. In tale ambito ha prodotto due brevetti internazionali (SEISBIT e CAT3D), un contratto di industrializzazione ed uno di ricerca industriale con AGIP, un contratto di commercializzazione di metodologie mature con INTERNATIONAL LOGGING, PANEURA e FACT

Strutture coinvolte: Dipartimento di Geofisica della Litosfera

Tipologia di ricerca (*scientifica o valorizzazione dei risultati*) : attività di ricerca e di servizio

Risorse finanziarie aggiuntive: Contratti UE, MIUR, vari contratti con finanziatori pubblici e privati, nazionali ed esteri

Collaborazioni e cooperazioni con altri soggetti: Comunità Europea, ENEA, CNR, Regione Emilia Romagna, AGIP, ENI, ENEL-ERGA, AQUATER, NORISK HYDRO, INTERNATIONAL LOGGING, PANEURA, FACT

Obiettivo 1.1.1: Determinazione delle zone di sovrappressione da dati sismici e di pozzo

E' un progetto in collaborazione con la Norsk Hydro (Norvegia), Agip ed altri partner inglesi. Nel corso del 2001 si è continuato l'analisi di dati geofisici per una più mirata e meno costosa perforazione di pozzi in giacimenti d'idrocarburi nonché per giungere ad una relativa riduzione dei rischi per alte pressioni e temperature.

E' proseguita inoltre l'indagine sulla possibilità, attraverso metodi sismici, di rilevare l'andamento della pressione in un giacimento petrolifero durante la perforazione. In particolare, è stata studiata l'influenza della pressione di formazione sui segnali sismici, attraverso la generazione di sismogrammi sintetici completi e l'analisi AVO (Amplitude Versus Offset).

Obiettivo 1.1.2: Progetto di fattibilità per il confinamento geologico della CO₂ in Italia

E' stato definito un programma di ricerca riassunto in un documento sintetizzato dall'OGS in collaborazione con varie sedi universitarie Italiane, il CNR ed ENI-AGIP. Il documento, presentato all'ENEA nel mese di Novembre 2001, prevede l'attività di ricerca in 3 anni con i seguenti obiettivi generali:

Definizione dei volumi dei corpi geologici porosi permeabili potenzialmente utili allo stoccaggio di CO₂ e loro distribuzione spaziale sul territorio nazionale (sia a terra che in mare).

Le caratteristiche generali di tali corpi geologici porosi dovranno essere le seguenti:

- estensione areale e spessore significativo;
- buona permeabilità;
- presenza di corpi geologici impermeabili confinanti al tetto e lateralmente i corpi porosi;
- profondità comprese entro 800-1500 m.

Gli obiettivi particolari sono definiti con vari gradi di dettaglio relativi alla modellazione statica degli acquiferi. Il ruolo dell'OGS è di coordinamento delle attività, di interfaccia con ENI-AGIP, e di costruzione e gestione del data-base sismico e cartografico del progetto. Alla data attuale non si è ancora avuta notizia dell'esito del finanziamento.

Obiettivo 1.1.3: Conoscenza della struttura profonda dei campi geotermici toscani

Nell'ambito di questo filone è stata continuata l'analisi tomografica dei dati acquisiti con tecniche Seisbit. In particolare, è stata studiata l'integrazione con tutte le altre informazioni geofisiche disponibili, ovvero profili sismici di superficie (sia 2D che 3D), tarature di pozzo, informazioni geologiche, altimetria, eccetera.

Obiettivo 1.1.4: Modellazione numerica 3D per elaboratori paralleli

Le simulazioni numeriche della propagazione delle onde in casi d'indagini tridimensionali richiedono un grandissimo sforzo computazionale. A tale scopo, un enorme contributo può derivare dallo sfruttamento ottimale della potenza fornita dai moderni elaboratori massivamente paralleli, come dimostrato da studi ora in svolgimento presso l'OGS. In questo ambito è proseguito lo studio, sviluppo ed aggiornamento di codici per la simulazione 3D in ambiente multiprocessore. Essi sono basati sulla teoria degli elementi spettrali e dei metodi pseudo-spettrali, in grado di produrre efficienti algoritmi paralleli. I metodi sono stati aggiornati seguendo l'evoluzione sia delle piattaforme computazionali disponibili presso il Cineca di Bologna (macchine a 128, 256, 512 processori) che delle metodologie informatiche più evolute come il protocollo di comunicazione MPI.

Obiettivo 1.1.5: Teoria e modellazione dei campi d'onda

La ricerca sui modi di propagazione delle onde è fondamentale per la comprensione dei fenomeni fisici associati ai metodi di investigazione mediante onde sismiche ed ultrasoniche nelle rocce e nei giacimenti e per la messa a punto di nuovi algoritmi di trattamento dei dati sismici a fini interpretativi. In questo ambito sono stati indagati:

- alcuni aspetti relativi alla propagazione di onde nel sottosuolo;
- la risposta sismica in mezzi porosi e stratificati;
- le proprietà elettromagnetiche dei mezzi dielettrici composti;
- il calcolo della funzione di Green in mezzi porosi ed anisotropi.

I campi di applicazione sono:

- a. lo sviluppo di una teoria di tipo Biot, per lo studio della propagazione delle onde sismiche in rocce porose, tipiche dei giacimenti petroliferi, con l'introduzione dell'anisotropia e viscoelasticità. ;
- b. Una modellistica efficiente per la costruzione di scenari di scuotimento del suolo causato da terremoti, e sua applicazione all'analisi della risposta sismica in siti urbanizzati ed a grande rischio.

Obiettivo 1.1.6: Propagazione delle onde nelle aste di perforazione

La trasmissione delle informazioni è un elemento chiave nella gestione della perforazione di un pozzo e nella previsione delle caratteristiche litologiche delle rocce che si presentano al fronte dello scalpello, dal fondo del pozzo fino agli operatori ed ai geofisici addetti allo stesso. Per migliorare tale metodologia, sono stati studiati i modi della trasmissione del segnale e l'attenuazione subita dai principali tipi d'onde (estensionali, torsionali e di flessione) attraverso la guida d'onda costituita dal sistema d'aste di perforazione e nei fanghi di perforazione. A tale scopo e' stato sviluppato un modello di propagazione delle onde all'interno delle aste di perforazione con griglie variabili ed un modello di propagazione dei modi accoppiati nelle aste e nei fanghi di perforazione. Sono stati studiati e dimostrati metodi per l'utilizzo di sensori duali all'interno delle aste di perforazione al fine di separare i campi ascendenti e discendenti delle misure di pressione e deformazione.

Obiettivo 1.1.7: Un metodo per la valutazione delle riserve di gas metano e gas idrati ed il loro potenziale come forma di energia

L'attività in questo settore si e' concentrata maggiormente all'interno del progetto UE HYDRATECH, iniziato nel gennaio 2001, in cui l'OGS ha un duplice ruolo nelle attività di inversione e modellazione dei dati sismici. Nel Luglio 2002 si e' svolta la campagna di acquisizione dati sul margine delle isole Svalbard a bordo della nave norvegese Jan Mayen. Sono stati acquisiti dati sismici a riflessione e rifrazione ad alta risoluzione su due aree 3D con 25 OBS spaziate circa 400 m. Alla campagna ha partecipato G. Rossi (OGS). Sono stati costruiti vari modelli della risposta acustica del fondale con gas idrati che sono serviti alla pianificazione del rilievo. I dati da elaborare verranno consegnati all'OGS nei primi mesi del 2002.

Nel corso dell'anno sono state intraprese due azioni per estendere l'attività di ricerca sui gas idrati ad altre aree:

1) E' stata inviata una proposta di ricerca al prof. Manabu Tanahashi, Fuel Resource Geology Research Group Geo-Resources & Environment, AIST C-7, Tsukuba, 305-8567, JAPAN per la quantificazione delle riserve di gas idrato sul margine continentale giapponese nell'ambito del Programma Nazionale Giapponese sui gas idrati. La proposta, per 2 anni di ricerca, e' in fase di valutazione.

2) E' stato istituito un gruppo informale in Italia coordinato da ENEA (Ing. Roberto Avella), per proporre al Ministero un programma di valutazione delle riserva di Metano Idrato nella zona economica esclusiva dell'Italia. Attualmente sono state effettuate alcune riunioni di preparazione del documento finale (in bozza) che attende di essere presentato nel quadro del PNR.

E' stata inoltre comunicata dall'ENEA la possibilita' di eseguire nell'Anno 2002-2003 la campagna di acquisizione dati OBS sull'Area ad idrati del margine delle Shetland Meridionali (Antartide) approvata anni fa dal PNRA ma mai realizzata a causa dell'indisponibilita' di un idoneo mezzo navale.

Infine, e' stato rinnovato per il 2003 l'impegno all'interno dell'Ormen Lange Verification Team (coordinato da SINTEF, Oslo) per la valutazione delle condizioni di stabilita' del pendio, relativamente ai gas idrati, della Frana di Storegga. Il progetto e' finanziato da Norsk Hydro.

Obiettivo 1.1.8: Tomografia adattiva e compressione parametrica

Nell'anno 2001 è proseguito lo sviluppo del pacchetto Cat3d, un software avanzato per l'inversione tomografica 3D di onde P e S di vario tipo (riflesse, rifratte, dirette) e di onde convertite. In particolare, sono state introdotte le tecniche d'inversione a griglie sfalsate, è stato implementato il *ray tracing* e l'inversione per le onde convertite e sono stati aggiunti nuovi formati di output per l'interfacciamento con altri pacchetti commerciali. Parallelamente è continuata la fase di ottimizzazione dei codici preesistenti per migliorare le prestazioni e la facilità d'uso dell'intero pacchetto.

Inoltre, è iniziata la fase di realizzazione di un sotto-pacchetto per il picking interattivo e batch degli eventi sismici, per rilievi 3D compositi ed a geometria arbitraria.

La commercializzazione del Cat3d a livello internazionale è curata dalle compagnie Paneura (Trieste) e Fact (Houston, USA).

Obiettivo 1.1.9: Sismica durante la perforazione utilizzando il segnale dello scalpello

Obiettivo della ricerca Seisbit e' stato quello di continuare la ricerca metodologica, con lo studio dei segnali misurati in pozzo ed in superficie, lo studio di fattibilità per la costruzione di strumenti di fondo pozzo e la prova di strumenti innovativi in siti test. Questa tecnologia, permette, infatti, di migliorare molto il rapporto segnale/rumore, di ottenere dati con alta risoluzione anche con segnali prodotti con condizioni difficili per le misure di superficie. Tali misure, assieme alle misure di superficie, permettono di guidare con precisione lo scalpello sull'obiettivo e di controllare in tempo reale l'evoluzione del pozzo (Geosteering). Sono state studiate misure di laboratorio, ed analizzate prove di campagna in pozzi perforati per la produzione petrolifera, e progettati siti test che, opportunamente preparati, permetteranno di svolgere esperimenti per caratterizzare la sorgente scalpello alle alte e basse frequenze. Per questi scopi, l'OGS ha operato in stretta collaborazione con Eni-Agip, studiando la trasmissione acustica ed elettromagnetica del segnale, la predizione davanti lo scalpello, la predizione delle sovra-pressioni e l'integrazione con altri metodi di misura while-drilling con estensione anche al marino.

A tal fine e' stato anche sviluppato lo studio teorico delle proprieta' di radiazione della sorgente scalpello nelle diverse condizioni di perforazione, valutandone il bilancio energetico durante il processo di rottura della roccia e confrontando le proprieta' di radiazione questo tipo di sorgente con quelle di sorgenti sismiche convenzionali.

E' stata continuata la ricerca 3D RVSP, usando il segnale dello scalpello di perforazione per creare immagini 3D nell'area del pozzo. Per questo scopo, e' stata effettuata la verifica e messa a punto del nuovo sistema di acquisizione 3D, nonché delle metodologie di elaborazione e migrazione dei dati 3D RVSP (terzo anno di ricerca 3D RVSP della CEE). In questa fase, sono state calcolate le immagini 3D nell'area pozzo con la migrazione 3D RVSP del dato Seisbit. Tali risultati sono stati validati con il confronto di altri dati di sismica di superficie e di pozzo.

E' proseguito, infine lo studi sulle misure di sismica while-drilling in altri contesti operativi e tecnologici, quali la perforazione di gallerie per cui sono stati già ottenuti significativi risultati con prove in campagna, gli studi per misure elettriche di pozzo/aste da integrare con i dati Seisbit, gli studi per la rilevazione delle sovrappressioni per mezzo del segnale dello scalpello e la modellistica elastica dell'accoppiamento pozzo-formazione geologica con finalità Geosteering.

Obiettivo 1.1.10: Evoluzione nel tempo delle proprietà dei giacimenti in produzione

Nel primo semestre del 2001 si è concluso il progetto 4D-TAIL. Lo scopo di questo progetto (in collaborazione con l'Università di Milano, la Norsk Hydro di Bergen e la Total-Fina-Elf di Londra) è stato quello di dimostrare l'integrazione della tomografia con l'analisi AVO per ricostruire il movimento dei fluidi nei giacimenti produttivi, prima e durante il loro sfruttamento.

Completata l'analisi dei dati sismici raccolti nel 1989 e nel 1992 presso il campo petrolifero di Oseberg, è stato costruito un modello in profondità unico, compatibile con le variazioni locali dovute alla produzione di idrocarburi ed alle variazioni stagionali della temperatura del mare (e quindi della velocità del suono nell'acqua). L'inversione tomografica ha potuto individuare un decremento di velocità tra il 1989 e il 1992 in corrispondenza del giacimento dovuto alla variazione della quantità di idrocarburi presenti e della posizione del contatto tra i fluidi (gas-olio-acqua).

E' stata inoltre avviata l'interpretazione ed inversione elastica di un rilievo del 1997, acquisito con cavi da fondo mare e ricevitori a 4 componenti.

1.2 Osservazioni della Terra

E' composto da tre sottoprogetti:

- A) Studio dei bacini sedimentari e della geodinamica della crosta terrestre
- B) Ricerche di Oceanografia fisica
- C) Ricerche di Oceanografia sperimentale

A) Studio dei bacini sedimentari e della geodinamica della crosta terrestre

L'attività prevalente è nell'ambito del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide. Nel periodo novembre 2002 -marzo 2003 è prevista una campagna di acquisizione geologico-geofisica nell'area della Penisola Antartica utilizzando la nave OGS-Explora. A tal fine la nave verrà attrezzata con un moderno sistema multifascio per indagini morfo-batimetriche in acque oceaniche unico in Italia.

Nel corso del trasferimento da o per l'Antartide la nave verrà impegnata in un programma di collaborazione con il governo Uruguayano finalizzato alla definizione dell'Exclusive Economic Zone Uruguayana, in accordo con il protocollo delle Nazioni Unite.

Strutture coinvolte: Dipartimento di Geofisica della Litosfera

Tipologia di ricerca (*scientifica o valorizzazione dei risultati*) : attività di ricerca e di servizio

Risorse finanziarie aggiuntive: Contratti UE, PNRA, CNR, ENEL, ENI-Agip e Governo Uruguayano

Collaborazioni e cooperazioni con altri soggetti: Programma Nazionale di Ricerche in Antartide, Comunità Europea, Ocean Drilling Project, International Maritime Academy, Governo Uruguayano

Obiettivo 1.2.1: Bacini sedimentari peri-antartici

L'attività, finanziata interamente dal PNRA, si è svolta su 2 fronti principali:

1) Storia recente della calotta glaciale. Questa ricerca mira a ricostruire in dettaglio i processi glaciali sul margine continentale durante l'ultima glaciazione e l'Olocene. Sono stati elaborati interamente e pubblicati (in stampa) i risultati della campagna Larsen del 2000, con cui sono stati raccolti dati sismici e batimetrici multibeam nelle aree del fondale recentemente liberate dalla disintegrazione della piattaforma ghiacciata di Larsen A. Questo lavoro si è svolto in collaborazione con il US Polar Program. Parallelamente è stata preparata ed effettuata la spedizione Antartica SEDANO 3 in collaborazione con il programma Antartico Spagnolo sulla nave *BIO Hesperides*, con lo scopo di raccogliere dati batimetrici multibeam e sismici ad alta risoluzione su due sistemi deposizionali della Penisola Antartica. La campagna, iniziata il 28 novembre 2001, si è conclusa l'11 gennaio 2002, e vi hanno partecipato 6 unità di personale OGS. È stato infine ultimato con l'invio per la pubblicazione il lavoro sedimentologico sulle carote del Pleistocene Superiore raccolte sul rialzo continentale della Penisola Antartica nei progetti SEDANO1 e 2. Il lavoro ha permesso di identificare un modello deposizionale con 4 facies distinte per i periodi glaciali, interglaciali, deglaciali e di transizione interglaciale-glaciale). È stato anche iniziato il lavoro editoriale (L. DeSantis e G. Brancolini co-editori) per la produzione di un numero speciale della rivista Deep Sea Researches sui risultati della campagna WEGA svolta sul margine Antartico di Wilkes Land nell'anno 2000.

2) Evoluzione Cenozoica dei bacini sedimentari circum Antartici. Questa attività si basa principalmente sui dati stratigrafici (litologici, sismici, e di log in pozzo) derivati dalle perforazioni ODP Leg 178 (Penisola Antartica) e Leg 188 (Prydz Bay). Nel 2001 si è curata l'elaborazione di dati di Log litologico e proprietà fisiche ed alla loro interpretazione in termini di evoluzione della storia glaciale. In particolare è stata analizzata la frazione biogenica silicea e l'alternanza di proprietà di colore dei sedimenti,

che sono risultati essere buoni indicatori indiretti delle alternanze glaciali interglaciale sul margine continentale. In particolare, e' stato concluso il lavoro Editoriale (A. Camerlengi co-editor) del Volume Scientific Results of the ODP Leg 178, in stampa. Continua inoltre la partecipazione OGS alla proposta di perforazione ODP sul margine di Wilkes Land. E' stato anche concluso il lavoro editoriale (M. Rebesco co-editor) del volume speciale della rivista Marine Geophysical Researches sulle evidenze sismiche dell'azione di correnti di fondo, un processo sedimentario particolarmente importante per la ricostruzione geologica del margine Antartico. In questo settore si e' svolta negli ultimi giorni dell'anno 2001, per proseguire fino a tutto il mese di febbraio 2002, la campagna a mare del progetto VILDE sulla *M/N Italica* nel Mare di Ross, a cui hanno partecipato 3 unita' di personale OGS per acquisire dati sismici a riflessione monocanale.

Nel corso della campagna antartica 2000/2001 sono state eseguite misure GPS su punti notevoli nell'area di Baia Terra Nova e nel suo intorno (entro un raggio di 200 km). Le misure sono state effettuate per la definizione di punti di controllo a terra necessari alla geocodifica dei dati telerilevati. In aggiunta sono state effettuate misure gravimetriche di supporto alla rete geodetica esistente attorno alla base ed a supporto della traversa ITASE. Le misure gravimetriche hanno permesso di effettuare un ulteriore collegamento fra baia Terra Nova e Dome C.

Obiettivo 1.2.2: Caratterizzazione delle facies acustiche dei sedimenti glaciali

Il progetto, finanziato dal PNRA, ha per obiettivo la definizione delle unità sismo-deposizionali dal punto di vista dei parametri acustici principali tramite elaborazione ed inversione dei dati sismici raccolti in selezionate aree del margine Antartico. E' stata eseguita l'inversione congiunta di arrivi riflessi e rifratti per ricostruire il campo di velocità lungo un profilo sismico OGS nel Mare di Ross (IT088A). Anomalie di velocità suggeriscono vari livelli di sovracompattazione glaciale del margine, mentre un'anomalia molto accentuata e continua lungo tutto il profilo suggerisce la correlazione con una discontinuità sismica regionale. Il campo di velocità così ottenuto e' stato inoltre applicato per ottenere migrazioni in profondità pre-stack e migliorare quindi l'immagine sismica precedentemente ottenuta.

Obiettivo 1.2.3: Geodinamica dei fondali oceanici e dei margini di piattaforma

Questa attività vede la sua applicazione all'interno dei programmi:

STRATAGEM (finanziato dalla UE) a cui l'OGS partecipa con il ruolo di applicare tecniche di decompattazione e 'backstripping', sviluppate per lo studio nel margine Antartico, al margine continentale glaciale nord-europeo. Verrà inoltre effettuata una comparazione tra i margini polari nord e sud del pianeta per quanto riguarda gli stili deposizionali glaciali. Il programma e' alla fine del secondo anno e sono state eseguite le modellazioni di tre aree del margine Atlantico (margine norvegese (Voring), margine delle isole Shetland e Faroe e Rockall Basin). L'OGS ha ospitato nel settembre 2001 il meeting annuale del progetto.

TESAC (finanziato dal PNRA), che ha per obiettivo l'identificazione dei principali elementi strutturali del settore Atlantico della Terra del Fuoco. Il programma volge al suo termine ed e' in fase di interpretazione finale dei dati sismici marini e strutturali di terra acquisiti negli ultimi due anni.

Obiettivo 1.2.4: Progetto Uruguay

L'attività si è mantenuta a livello di studio della fattibilità tecnica del progetto attraverso la definizione di modelli acustici e mantenimento dei contatti con le autorità Uruguayane in attesa della esecuzione della campagna a mare, prevista in concomitanza della prossima campagna Antartica della OGS-Explora. Sono stati svolti 2 incontri tecnici a Montevideo e a Trieste tra i responsabili dell'Istituto Idrografico della Marina Uruguayana, i tecnici e ricercatori dell'OGS e i responsabili dell'IMA di Trieste.

Obiettivo 1.2.5: Progetto Crosta Profonda

Nell'ambito della ricerca sui dati CROP è stata effettuata una ri-elaborazione dei profili sismici CROP18 A e CROP18 B, posizionati nella Toscana meridionale, al fine di chiarire le strutture tettoniche e le proprietà delle formazioni del basamento cristallino/metamorfico. La sequenza di elaborazione ha utilizzato tecniche che hanno permesso di preservare i rapporti di ampiezza per consentire un'interpretazione sulle proprietà petro-fisiche delle strutture. Sono state applicate tecniche di elaborazione di tipo surface-consistent quali la deconvoluzione, il recupero d'ampiezza e il calcolo delle statiche residue.

Successivamente, dall'interpretazione degli arrivi riflessi nel dominio pre-stack, è stata eseguita l'inversione tomografica e il campo di velocità così ottenuto è stato utilizzato per la migrazione pre-stack in profondità che ha consentito di determinare le reali geometrie delle strutture.

Obiettivo 1.2.6: Cartografia geologica e geofisica dei mari italiani

Nell'anno 2001 sono state realizzate le due carte gravimetriche sperimentali dell'offshore italiano commissionate dal Dipartimento dei servizi Tecnici della Presidenza del Consiglio dei Ministri. Il rilievo è stato eseguito con un, con il gravimetro di fondo riadatto e con il gravimetro di superficie montato su piattaforma girostabilizzata dell'OGS-Explora.

B) Ricerche di Oceanografia fisica*Obiettivo 1.2.7: Variabilità climatiche e loro conseguenze sulle caratteristiche termoline e biochimiche, oceanografia operativa.*

La circolazione nell'Adriatico dimostra una forte variabilità interannuale che è collegata con le caratteristiche climatiche, tra le quali quelle che assumono maggior importanza per la circolazione sono le perdite invernali di calore dovute ai venti provenienti da nord (bora) e l'apporto di acque dolci (*buoyancy input*). Questi meccanismi sono responsabili della formazione di acque dense, dell'intensità dei flussi longitudinali e dello scambio con lo Ionio. Le caratteristiche biochimiche ed eventuali eventi eccezionali sono funzione di questi flussi longitudinali e degli scambi d'acqua. Le variabilità climatiche e la loro influenza sulla "new production" sono stati studiati dai dati *in situ* e telerilevati, analizzando il campo della temperatura superficiale dalle immagini infrarosse e la biomassa fitoplanctonica dalle immagini satellitari SeaWiFS. E' stato inoltre condotto un monitoraggio pluriennale delle caratteristiche termiche di alcune zone chiave per avere delle serie temporali, il più lunghe possibili, mediante l'uso di XBT lanciati da una nave commerciale in movimento lungo la sua rotta. Le campagne sono state svolte

prevalentemente con una cadenza bi-settimanale nella stagione invernale e mensilmente nel resto dell'anno. Più specificatamente i lanci degli XBT sono stati fatti su un transetto longitudinale nell'Adriatico meridionale e su un altro transetto da Santa Maria di Leuca all'isola di Malta, con una risoluzione spaziale di circa 10 miglia nautiche. Lo scopo dello studio era quello di valutare, attraverso le misure di temperatura, la perdita di calore all'interfaccia aria-mare e confrontare i flussi di calore con il contenuto totale della *buoyancy* nella colonna d'acqua. I flussi di calore sono stati calcolati dai dati del Centro Europeo per le previsioni meteorologiche di Reading (ECMWF) durante le campagne di misura. E' stata rilevata una forte correlazione tra le perdite di calore ed il mescolamento verticale nel centro dell'Adriatico meridionale. Con il sistema Terascan si è intensificato l'uso delle immagini telerilevate per l'analisi delle conseguenze dei cambiamenti climatici sulla circolazione nell'Adriatico e nel Mediterraneo orientale.

Strutture coinvolte: Dipartimento di Oceanografia: OCE

Tipologia di ricerca (*scientifica o valorizzazione dei risultati*): attività di ricerca

Risorse finanziarie aggiuntive: Contratti con ENEA (Fondi 5%) e INGV

Collaborazioni e cooperazioni con altri soggetti: INGV, LBM, ENEA, NIB (Piran, Slo),
Università di Zagabria (CR)

Obiettivo 1.2.8: Cambiamento della circolazione nel Mediterraneo orientale e sua influenza sulle caratteristiche biochimiche e sulle caratteristiche dell'ecosistema

Mentre per il passato si riteneva che la circolazione profonda del Mediterraneo Orientale era determinata da un unico corpo d'acqua freddo e meno salato che trae origine nell'Adriatico meridionale, con tempi di rinnovo dell'ordine di qualche centinaio di anni, nel corso degli ultimi cinque anni un nuovo corpo d'acqua, che trae origine nel Mar Egeo, più caldo e più salato del precedente, ha invaso lo strato di fondo in buona parte di tutto il Mediterraneo Orientale. L'invasione è stata talmente veloce che anziché provocare una progressiva modificazione delle proprietà fisiche e biochimiche delle masse d'acqua, come di norma succede in altri casi, ha provocato invece uno spostamento verticale consistente delle masse d'acqua; per cui acque ricche di nutrienti che giacevano nello strato profondo sono state sollevate fino a raggiungere lo strato eufotico maggiormente interessato dall'attività biologica. L'innalzamento è risultato più evidente nel mare Ionio, con importanti conseguenze anche nel mare Adriatico, con il quale esso scambia attraverso il canale d'Otranto.

Dalla ricerche effettuate si è potuto stabilire se l'aumento della concentrazione dei nutrienti nella zona eufotica si è tradotta in un aumento della biomassa e della produttività pelagica del sistema oceanico del Mediterraneo orientale in generale e dell'Adriatico meridionale in particolare. Con le crociere oceanografiche a scala del bacino (le navi oceanografiche METEOR ed URANIA) è stata monitorata l'evoluzione del transiente.

Strutture coinvolte: Dipartimento di Oceanografia: OCE, ECHO

Tipologia di ricerca (*scientifica o valorizzazione dei risultati*) : attività di ricerca

Risorse finanziarie aggiuntive: Contratti con CNR ed UE

Collaborazioni e cooperazioni con altri soggetti: CNR, CONISMA, UE

Obiettivo 1.2.9: Caratteristiche della circolazione nell'Adriatico e in alcuni sotto-bacini del Mediterraneo orientale

Nel Mediterraneo orientale i diversi bacini semichiusi giocano un ruolo importante nel generare la circolazione termoalina profonda. Quest'ultima dipende soprattutto da una interazione complessa tra la produzione di acqua densa nell'Adriatico e nell'Egeo. La produzione di acqua densa è funzione sia delle caratteristiche climatiche locali sia della circolazione a scala di sottobacino. La ricerca svolta nell'ambito di questo tema ha dimostrato che l'Adriatico meridionale potrebbe diventare di nuovo la sorgente primaria delle acque profonde del Mediterraneo orientale se le condizioni climatiche invernali locali tornano ad essere della stessa intensità come erano nella prima metà dell'ultimo decennio. Inoltre le misure sperimentali, mediante il lancio di XBT, crociere oceanografiche e correntometri ancorati nella parte occidentale dello Ionio, hanno dato la possibilità di descrivere la diffusione delle acque provenienti dall'Adriatico e di ridisegnare la circolazione della cella termoalina profonda.

Strutture coinvolte: Dipartimento di Oceanografia: OCE, COSTE

Tipologia di ricerca (*scientifica o valorizzazione dei risultati*) : attività di ricerca

Risorse finanziarie aggiuntive: Contratti con CNR ed ONR

Collaborazioni e cooperazioni con altri soggetti : ONR (USA), INGV, ENEA, Centri di Ricerca UE

C) Ricerche di Oceanografia sperimentale

Obiettivo 1.2.10: Attività di sviluppo tecnologico e di infrastrutture.

Per quel che riguarda la *tomografia acustica marina*, nell'anno passato, si è arrivati allo sviluppo di un prototipo di processore tomografico passivo basato sul principio della Matched Field Tomography, in cooperazione con altri gruppi di ricerca italiani ed esteri (progetto TOMPACO). Questo sistema si rivela adatto a rilevare le caratteristiche termiche delle masse d'acqua in zona costiera attraverso misure di tipo tomografico che a regime dovranno essere condotte sfruttando il rumore delle navi di opportunità. Gli esperimenti di tomografia acustica attiva e passiva sono in corso di analisi, con risultati che confortano gli esperimenti sintetici. Studi di fattibilità applicati al Sud Adriatico hanno dimostrato con successo la potenzialità del metodo tomografico nell'identificazione del contenuto di calore dello strato superficiale ed intermedio.

Per quel che riguarda le *macchine di calcolo parallele*, si è partecipato alla sperimentazione di tecnologie avanzate di calcolo cooperativo basate su piattaforme hardware a basso costo. L'obiettivo raggiunto nel 2001 è stata la realizzazione di un cluster di 9 piattaforme Intel con sistema operativo Linux interconnesse da tecnologie e protocolli standard (TCP/IP) che venga percepito dall'utente come un'unità di calcolo singola (Single System Image). Questo è stato raggiunto attraverso l'uso del software di pubblico dominio MOSIX che si occupa di un dispatching intelligente dei processi, cercando di bilanciare automaticamente il carico delle macchine affiliate al cluster.

Nell'ambito del progetto MEDAR/MEDATLAS II con finanziamento della Comunità Europea, si è proceduto alla raccolta ed organizzazione dei dati oceanografici multidisciplinari relativi alla colonna d'acqua ed al loro controllo di qualità mediante confronti sistematici con le climatologie calcolate dai campi misurati di temperatura, salinità, ossigeno, nutrienti e biomassa. Nell'ambito di questo progetto l'OGS è il centro Europeo esperto per le regioni del Mediterraneo Centrale (Mar Ligure, Tirreno, Stretto di

Sicilia, Ionio ed Adriatico), e coopera con un analoghi centri localizzati in Spagna ed in Grecia, esperti rispettivamente per il Mediterraneo Occidentale ed Orientale. Fino ad ora sono stati collezionati più di 9000 profili relativi ai parametri bio-geochimici e circa 5000 di nuovi profili CTD (periodo 1990-2000), oltre a quelli già esistenti (più di 10.000) antecedenti il 1990. Questi dati sono stati forniti da numerosi istituti italiani del CNR e dell'ENEA, dall'Università di Malta, oltre a quelli che l'OGS detiene per la sua tradizionale attività svolta in questo settore. Si aspetta che altri dati provengano dalla Stazione Zoologica di Napoli, dal SACLANT di La Spezia, da istituti di ricerca della repubblica della Croazia e dalla Tunisia, con i quali sussiste un rapporto di collaborazione scientifica. E' previsto inoltre che tutti i dati assieme ai loro prodotti, vengano organizzati per essere resi visibili e utilizzabili dalla comunità scientifica nazionale ed internazionale, mediante diffusione via internet con la compilazione di pagine WWW. E' stato prodotto un CD-rom contenente tutti i dati storici per l'Adriatico aggiornati all'anno 2000 il quale è stato messo a disposizione della comunità scientifica del progetto ADRICOSM. E' continuata poi nel 2001 l'attività di messa a punto di sistemi di acquisizione dati in tempo reale (Boe, drifters) e la realizzazione del Centro di taratura oceanografico dell'OGS.

Strutture coinvolte: Dipartimento di Oceanografia: OCE, ECHO, COSTE

Tipologia di ricerca (*scientifica o valorizzazione dei risultati*) : attività di ricerca e servizio

Risorse finanziarie aggiuntive: Contratti con Enti locali, ONR, Fondi MIUR

Collaborazioni e cooperazioni con altri soggetti: ONR (USA), LBM, Riserva Marina di Miramare WWF, CNR

1.3 Pericolosità regionale (Pericolosità sismica e vulcanica)

Ha come obiettivo la messa a punto e la sperimentazione di metodologie geofisiche finalizzate alla previsione e prevenzione di rischi sismici e vulcanici. Il progetto coniuga l'approccio fisico-teorico, basato prevalentemente sulla modellazione di scenari a rischio con la sperimentazione e verifica sul terreno tramite apposite misure e rilievi.

Strutture coinvolte: Dipartimento di Geofisica della Litosfera, Centro Ricerche Sismologiche, Dipartimento di Oceanografia

Tipologia di ricerca (*scientifica o valorizzazione dei risultati*) : attività di ricerca e servizio

Risorse finanziarie aggiuntive:

Collaborazioni e cooperazioni con altri soggetti: Commissario del Governo e Protezione Civile per la Regione Friuli Venezia Giulia, CNR, Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti, INGV.

Obiettivo 1.3.2: Sviluppo di metodi per lo studio della struttura dei vulcani attivi
Progetto GNV-Campi Flegrei: Modellistica diretta ed inversa per la risoluzione di strutture vulcaniche complesse, nell'ambito del Progetto Nazionale Metodologie sismiche integrate per lo studio della struttura dei vulcani attivi. Applicazione alla Caldera dei Campi Flegrei.

Il contributo dell'OGS è prettamente metodologico e si articola su due temi, ovvero lo sviluppo di metodologie per la sintesi di sismogrammi completi e di inversione in strutture complesse. La prima parte avente come obiettivo lo sviluppo di tecniche avanzate di

modellazione diretta ha condotto allo sviluppo e test di un codice di calcolo il cui approccio di tipo full-wave e' stato essenziale per la corretta risoluzione del campo d'onda in presenza di mezzi lateralmente non omogenei, ed in particolare per individuare anomalie circoscritte di velocità in strutture eterogenee, quali le camere magmatiche. E' stato sviluppato un metodo spettrale 3-D basato sull'equazione completa delle onde in mezzi eterogenei lineari con attenuazione, sulla formulazione differenziale del primo ordine (velocità-sforzo) e sulla trasformata veloce di Fourier a griglie sfalsate. L'applicazione all'area dei Campi Flegrei riguardante la modellazione diretta degli esperimenti di prospezione sismica attiva e passiva è in fase di definizione del modello geologico.

Obiettivo 1.3.3: Progetto GNDT-3D Appennino: Sviluppo e confronto di metodologie per la valutazione dello scuotimento: applicazione all'Appennino Centrale e Meridionale

Il contributo dell'OGS si articola su due temi. Il primo (curato dal GDL) riguarda la modellazione diretta, e comprende sia sviluppo metodologico innovativo che l'applicazione di tecniche consolidate. E' stato sviluppato un codice ad elevato parallelismo di un metodo 3-D *full-wave* pseudospettrale globale (di Chebyshev o Fourier) per la simulazione della propagazione del campo d'onda sismico 3-D in strutture geologiche realistiche, da utilizzare per la risoluzione di scenari di scuotimento sismico. La parte metodologica prevede inoltre il confronto di varie metodologie di calcolo del moto del suolo, già consolidate tra i vari gruppi che partecipano al Progetto. L'OGS contribuisce con due metodi: il metodo agli elementi spettrali 2-D (SPEM) ed il *wavenumber integration method* (WIM). Lo SPEM risolve la propagazione in strutture complesse 2-D per sorgenti semplificate, ed è adatto alla risoluzione di scenari dettagliati. Il WIM risolve la propagazione 3-D in un mezzo a strati piani paralleli per una sorgente estesa, ed è adatto per la risoluzione di scenari di scuotimento su scala regionale. Il confronto si svolge sotto forma di *blind test* sull'area di Colfiorito con il terremoto del 1997 e consiste in una valutazione sistematica e progressiva di tutte le fasi della modellazione dalla sorgente puntuale alla sorgente estesa fino al confronto con i dati registrati durante il terremoto.

Il secondo tema (curato dal CRS) ha come obiettivo lo sviluppo e l'applicazione di metodi di inversione tomografica con lo scopo di determinare la struttura di velocità e di attenuazione dei siti *training* (Colfiorito e Sellano) e del *test site* di Città di Castello. La parte più prettamente metodologica mira allo sviluppo di schemi che siano quanto più svincolati possibile da scelte "a priori" del *grid* di inversione. L'applicazione dei metodi ai *test* e *training sites* permette da un lato di definire modelli 3-D integrati (struttura crostale + superficiale), e dall'altro di stimare la correlazione tra gli effetti di amplificazione locale e la struttura superficiale ai siti (*training*) Sellano e (*test*) di Città di Castello. E' stata inoltre effettuata una campagna di acquisizione di dati a Città di Castello per la valutazione della risposta di sito dell'area.

Obiettivo 1.3.4: Progetto GNDT-Catania: Modellazione numerica, analisi di eventi simulati o registrati, e stima della d'onda risposta sismica locale da misure di microtremoni, ed inversione di piani quotati macrosismici aggiornati, per la migliore individuazione della sorgente, nell'ambito del Progetto Nazionale Scenari dettagliati e provvedimenti finalizzati alla prevenzione sismica nell'area urbana di Catania

Il contributo dell'OGS si articola su due temi principali. Il primo (GDL) consiste in una modellazione diretta di *strong-motion*, con lo scopo di sintetizzare l'input sismico per gli ingegneri. Questo punto è molto importante, data l'assenza totale di registrazioni di

terremoti forti nell'area. Il primo scenario riguarderà la località di Paternò, mentre altri siti sono situati sui transetti già modellati in precedenza. E' stata completata sia la simulazione del terremoto di Augusta del 13 dicembre 1990 che l'interpretazione delle misure di microtremore effettuate nel corso del 1999. Sono state integrate nella stima della risposta di sito anche le informazioni aggiuntive provenienti dall'ampio dataset geotecnico disponibile.

Il secondo tema (OGA-RISK) ha come scopo l'individuazione della sorgente attraverso l'inversione di piani quotati macrosismici aggiornati sia per il terremoto del 9/11 gennaio 1693 che per altri terremoti, di cui è previsto lo studio storico da parte di altri gruppi. La tecnica utilizzata è completamente nuova, sia per quanto riguarda la tassellazione delle intensità macrosismiche, sia per quanto concerne la loro inversione per le caratteristiche di sorgente.

Obiettivo 1.3.5: Progetto GNDT-NordEst: Modellazione numerica, analisi di eventi simulati o registrati, e stima della risposta sismica locale da misure di microtremori
Il contributo dell'OGS si articola su vari macro-temi. La parte di competenza del GDL riguarda la modellazione diretta del moto sismico sia su scala regionale che di dettaglio.

Per la prima parte (scuotimento su scala regionale) si considera un'area compresa entro ca. 25 km di raggio dalla sorgente. E' stato modellato il terremoto del Cansiglio del 1936. Le modellazioni sono state effettuate con il *Wavenumber Integration Method* (WIM), un metodo che risolve la propagazione 3-D in un mezzo a strati piani paralleli. Sono state effettuate modellazioni con sorgente puntuale variando i parametri di sorgente e con sorgente estesa. I risultati - sismogrammi sintetici, spettri di risposta, e mappe dei principali parametri che definiscono lo scuotimento - dimostrano un ottimo accordo con il campo macrosismico osservato e con stime effettuate indipendentemente con approccio probabilistico.

Obiettivo 1.3.6: Caratterizzazione sismotettonica dell'Italia nord-orientale possibile scuotimento di progetto.

Afferiscono a questa tematica analisi della sismicità finalizzate ad aumentare le conoscenze sulle strutture attive. Parte dell'attività svolta in questo settore verrà descritta per completezza dell'informazione nei paragrafi relativi agli studi specifici di pericolosità dei comuni di Erto e Casso e di Vittorio Veneto e in quello sui metodi innovativi di pericolosità per l'Italia Centrale.

Tomografia

Poiché i codici di inversione tomografica che linearizzano il problema dipendono fortemente dal modello di partenza si è proseguito nello studio di tecniche di inversione tomografica non lineare. Sono stati utilizzati codici di calcolo basati su tecniche genetiche per la ricerca di modelli crostali da dati sismologici. Dato che la quantità dei parametri da invertire richiede un tempo macchina considerevole si è cercato un modello di velocità monodimensionale da utilizzare come ingresso per codici di inversione 3-D tradizionali. Sono state eseguite prove sia su terremoti sintetici che su quelli registrati dalla rete OGS nella zona del Friuli centrale.

Inversione di dati di intensità macrosismica

La ricerca ha ulteriormente approfondito vari aspetti di questo approccio innovativo, che sta cominciando a dare frutti significativi. In particolare, si sono messe a punto tecniche di inversione automatica con parametri completamente liberi e calcolo degli errori sulla sensibilità della funzione e con il metodo Montecarlo Bootstrap. Sono state realizzate

inversioni con algoritmi genetici con niching e numero variabile di demi. Si è continuato a sviluppare la tecnica su terremoti californiani e della Sicilia SE; i migliori risultati si sono ottenuti con i terremoti di Whittier Narrows (California, 1987) e del Cansiglio (1936) perchè in entrambe le circostanze (Whittier Narrows, col metodo del grid search; Cansiglio con algoritmi genetici) la ricerca della minima varianza dei modelli ha puntato sui due piani ausiliari della soluzione del piano focale.

Obiettivo 1.3.7: Progetto GNDT-Marche: Modellazione 2-D di effetti locali nell'ambito della Convenzione tra CNR-GNDT e Regione Marche per la micro-zonazione sismica di dettaglio di alcuni comuni marchigiani

Il contributo dell'OGS (GDL) ha come obiettivo quello di predire il moto del suolo ed effettuare stime di risposta locale attraverso la modellazione completa del campo d'onda per due dei comuni investigati all'interno del Progetto: Cagli (PS) e Treia (MC). Le modellazioni sono effettuate con il metodo agli elementi spettrali 2-D (SPEM-2D). I modelli - transetti verticali lungo la direttrice sorgente-sito - rappresentano una struttura crostale irregolare. Al sito è definita una struttura superficiale dettagliata (topografia inclusa). I risultati consistono in una suite completa di sismogrammi, spettri di risposta, indici di scuotimento (accelerazioni di picco, intensità di Arias ed Housner), e rapporti spettrali calcolati lungo la superficie del transetto.

In alcuni siti è stata effettuata una comparazione con registrazioni strumentali.