

PREMESSA

Il decreto legislativo n.381 del 1999 sancisce il trasferimento del Gruppo Nazionale di Vulcanologia (GNV) e del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT) dal CNR al neo-costituito INGV.

Nelle more della piena operatività dell'Istituto, il Dipartimento della Protezione Civile, per evitare la interruzione delle attività di controllo e prevenzione, trasferiva all'Istituto Nazionale di Geofisica i finanziamenti previsti per l'anno 2000 per le attività dei due gruppi.

Il Consiglio di Amministrazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica, con delibera N. 4.1.1.00/A del 16.2.2000, nominava il Prof. Paolo Gasparini, funzionario delegato per la gestione dei contributi del Dipartimento della Protezione Civile finalizzati all'attività del GNV.

In data 12.9.2000, il Funzionario Delegato, con autorizzazione del Direttore dell'Agenzia di Protezione Civile e del Presidente dell'Istituto Nazionale di Geofisica, nominava una Giunta Scientifica temporanea per la gestione del Programma Quadro, costituita da:

Dott. Giovanni Chiodini, Osservatorio Vesuviano, designato dai responsabili di progetto;
Dott. Ciro Del Negro, Istituto Internazionale di Vulcanologia, designato dai responsabili di progetto
Prof. Mauro Rosi, Università di Pisa, designato dai responsabili di progetto;
Prof. Raffaello Trigila, Università La Sapienza, designato dai responsabili di progetto;
Dott. Alessandro Amato, designato dal Presidente dell'Istituto Nazionale di Geofisica;
Dott. Enrico Giorgetti, designato dal Direttore dell'Agenzia di Protezione Civile.

INTRODUZIONE

Il progetto esecutivo si riferisce al primo anno del Programma Quadro Triennale 2000 - 2002 elaborato dal Gruppo di Lavoro istituito dal Sottosegretario per la Protezione Civile nel Dicembre 1998 e costituito da Paolo Gasparini (coordinatore), Patrick Allard, Paolo Baldi, Massimo Cocco, Luigi La Volpe, Gianni Macedonio, Mauro Rosi e Mariano Valenza.

L'obiettivo generale del Programma Quadro era quello di migliorare il livello di conoscenze sia sui vulcani attivi italiani che sui metodi di sorveglianza e di valutazione della pericolosità in generale, attraverso progetti di ricerca coordinati di alto contenuto scientifico e tecnologico.

In particolare il Programma mirava anche ad incoraggiare ricerche miranti a:

- valorizzare l'enorme quantità di dati sperimentali raccolti negli anni recenti sui vulcani italiani, rielaborandoli con tecniche moderni ed integrandoli in modelli multidisciplinari;
- sviluppare gli aspetti di innovazione metodologica e tecnologica per consentire un progresso di conoscenze su aspetti rilevanti per la mitigazione del rischio sui vulcani attivi italiani.

Attraverso un bando pubblicato sul sito WEB del GNV e annunciato per e-mail a tutti i ricercatori del settore, è stato ad essi richiesto di proporre progetti sulle seguenti linee di ricerca generali:

1. SVILUPPO DI METODOLOGIE DI SORVEGLIANZA
2. SCENARI ERUTTIVI E VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA'
3. DEFINIZIONE DEL RISCHIO, LIVELLI DI ALLERTA E GESTIONE DEL TERRITORIO
4. SVILUPPO E APPLICAZIONE DI METODI DI TELERILEVAMENTO
5. METODI INNOVATIVI ED INTEGRATI PER LO STUDIO DELLA STRUTTURA DEI VULCANI
6. INDAGINI SULLE PARTI SOMMERSE DEI VULCANI ATTIVI ITALIANI
7. CAMPI FLEGREI

Nel Programma Quadro venivano individuati i seguenti argomenti prioritari relativi a ciascuno dei vulcani attivi italiani, che dovevano essere affrontati nei Progetti esecutivi nel corso dei tre anni:

CAMPI FLEGREI

- Definizione della struttura, in particolare del sistema di alimentazione (profondità, dimensioni, quantità di magma residuo presente, ecc.);
- Comprensione del meccanismo del bradisismo;
- Definizione dello scenario e della pericolosità, con individuazione dell'area di maggiore probabilità di apertura della bocca eruttiva;
- Valutazione del bilancio di flusso di calore e delle emissioni gassose sull'intero vulcano, compresa l'area sommersa;
- Accertamento della fattibilità di una perforazione profonda nella caldera flegrea.

VESUVIO

- Definizione di un modello strutturale 3D del vulcano, integrando i dati derivanti dalla tomografia sismica con altri dati geofisici e geologici e strutturali;
- Elaborazione di algoritmi e programmi per la localizzazione dei terremoti vesuviani con modelli di velocità 3D;
- definizione del sistema di alimentazione, integrando i dati derivanti dalla tomografia sismica, con altri dati geofisici, petrologici e geochimici;
- Sviluppo del sistema di sorveglianza di alta sensibilità in pozzo;
- miglioramento del quadro conoscitivo dell'attività del vulcano nel periodo tra il 79 e il 1631, con approfondimento sia delle dinamiche eruttive e deposizionali, sia sui processi magmatici (con prosecuzione degli studi sulle inclusioni fluide);
- definizione dei precursori dell'eruzione del 1631 e di altre forti eruzioni esplosive (es. 1822 e 1906);
- l'elaborazione di modelli deformativi in campo non elastico.

ISCHIA

- Definizione dello scenario eruttivo per l'eruzione attesa;
- Definizione della dinamica recente dell'isola;
- Definizione dello stato attuale del sistema magmatico.

VULCANO

- Ricostruzione della morfologia della parte sommersa del vulcano attraverso le ricerche di geologia marina;
- Definizione della struttura profonda del vulcano e del sistema di alimentazione attraverso indagini di tomografia sismica attiva essenzialmente offshore e metodi elettromagnetici;
- Modellistica numerica e di laboratorio dei processi di frammentazione e dei meccanismi deposizionali delle eruzioni tipiche di Vulcano;
- Affinamento della simulazione numerica di eruzioni che producono surge;
- Definizione delle specie volatili presenti nel sistema magmatico, dei processi di degassamento e confronto con la composizione dei gas fumarolici.

STROMBOLI

- Ricostruzione della morfologia della parte sommersa del vulcano attraverso ricerche di geologia marina;
- Indagini di geologia marina per il riconoscimento, la mappatura e la datazione dei corpi di frana;
- Modellistica degli tsunami che possono essere indotti dalle frane;
- Indagini sulla possibilità di previsione sugli eventi esplosivi "anomali" durante periodi di attività normale;
- Definizione di modelli per il monitoraggio petrologico.

ETNA

- Definizione delle zone a differente pericolosità;
- Definizione dei possibili scenari eruttivi e della possibilità di prevedere la durata di un evento effusivo;
- Affinamento dei metodi per la previsione con modellistica numerica del percorso di una colata;
- Modellistica numerica delle colate;
- Determinazione dei campi di sforzi e del loro effetto sulla dinamica eruttiva;
- Sviluppo ed automazione della rete di monitoraggio geomagnetico;
- Sviluppo e affinamento del monitoraggio petrologico ai fini della comprensione delle cause delle variazioni osservate;
- Avvio di un sistema di monitoraggio in pozzi profondi.

In risposta al bando sono pervenuti alla segreteria del GNV 27 progetti coordinati più due richieste inerenti aspetti non inclusi nei temi, e le richieste per la sorveglianza ordinaria dei vulcani campani da parte dell'Osservatorio Vesuviano e dell' Istituto per la Geofisica dei Fluidi di Palermo. Il Sottosegretario per la Protezione Civile, in data 22.9.1999, ha istituito un Comitato Internazionale con il compito sia di valutare i progetti presentati che di verificare in corso d'opera i progetti approvati, nelle persone di Enrico Bonatti (Istituto di Geologia Marina del CNR), Domenico Giardini (ETH di Zurigo), Gudmundur Sigvaldason (Nordic Institute of Volcanology, Reykjavik) e Marjorie Wilson (Università di Leeds).

Il Comitato procedeva alla valutazione dei progetti, seguendo i criteri riportati nell'Allegato 1 dopo aver sentito il parere di un corpo estremamente qualificato di referees internazionali (vedi Allegato 2).

Sono stati infine approvati 17 dei progetti proposti e per ciascuno di essi il Comitato ha suggerito il finanziamento sia per il primo anno che per i tre anni di durata del Progetto.

Dal Programma Quadro sono stati stralciati i progetti relativi alla sorveglianza dei vulcani attivi presentati da ricercatori degli enti afferenti al nuovo Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), in quanto vanno coordinati direttamente nell'ambito del nuovo Istituto.

Dei 27 progetti presentati 11 sono stati approvati senza richiedere ulteriori revisioni, 6 sono stati approvati dopo una sostanziale revisione, e 10 non sono stati approvati o sono stati ritenuti di competenza dell'INGV. In questi ultimi infatti sono inclusi progetti strettamente inerenti la sorveglianza dei vulcani presentati da personale degli enti afferenti all'INGV.

Il Sottosegretario per la Protezione Civile, avendo constatato che alcuni dei progetti si riferiscono a ricerche inerenti la mitigazione del rischio vulcanico nei vulcani napoletani e siciliani, e quindi rientrano nelle tematiche previste dalla legge 174/1996 (per i vulcani napoletani) e dal Sistema Poseidon (per i vulcani siciliani) ha suggerito al GNV di proporre alla Commissione Grandi Rischi del DPC il finanziamento di due progetti sui vulcani napoletani, coordinati da ricercatori dell'Osservatorio Vesuviano (Giovanni Chiodini e Giovanni Orsi), e al Comitato di Gestione del Sistema Poseidon il finanziamento del progetto sull'Etna, coordinato da M.Bonafede, e

di quello sullo sviluppo di metodologie di sorveglianza elettromagnetiche, coordinato da C. Del Negro.

La Commissione Grandi Rischi, nella seduta del 4 aprile u.s., ha espresso parere positivo relativamente al finanziamento dei progetti presentati da Chiodini e Orsi sui fondi della legge 174/1996. Nella stessa seduta la Commissione Grandi Rischi ha approvato il finanziamento, sui fondi della stessa legge, dei progetti di sorveglianza ordinaria dei vulcani napoletani per l'anno in corso presentati dall'Osservatorio Vesuviano e dall'Istituto di Geochimica dei Fluidi di Palermo, la cui congruità economica era stata valutata da una commissione del GNV formata da Alberto Basili, Paolo Baldi, Paolo Gasparini e Letterio Villari.

Il Comitato di Gestione del Sistema Poseidon ha approvato il finanziamento del primo anno dei progetti coordinati rispettivamente da M.Bonafede e da C.Del Negro, come da comunicazione in data 12.9.00, Prot. 526/00.

L'elenco dei progetti approvati, le unità di ricerca afferenti a ciascun progetto, i finanziamenti ricevuti per il primo anno e quelli previsti per i tre anni sono riportati nell'Allegato 3.

LINEA 1 SVILUPPO DI METODOLOGIE DI SORVEGLIANZA

1.1 INDICAZIONI DATE DAL PROGRAMMA QUADRO

La linea di ricerca n. 1 del programma Quadro 2000-2002 riguarda lo sviluppo di metodologie (i) di sorveglianza geofisica (metodi sismici, geodetici e gravimetrici, elettromagnetici e di campi di potenziale), (ii) di sorveglianza geochimica e (iii) per il monitoraggio dell'attività eruttiva. Per ogni campo d'intervento erano state individuati obiettivi e priorità che vengono sinteticamente riportati qui di seguito.

Sorveglianza Geofisica

Sorveglianza sismica

Il miglioramento della sorveglianza sismica è ottenibile attraverso il potenziamento delle reti sismiche e attraverso lo sviluppo di tecniche non convenzionali.

a) Potenziamento delle reti sismiche. Il potenziamento delle reti sismiche sarà possibile attraverso: 1) l'aumento del numero di stazioni su ciascun vulcano fino ad un valore ottimale compatibile con le dimensioni del vulcano stesso, la profondità delle sorgenti sismiche e il modello di alimentazione; (2) l'aumento del numero di stazioni sismiche dotate di terne di sensori fino alla metà del numero totale di stazioni di ogni vulcano; (3) l'installazione di un minimo di cinque sensori a larga banda (che arrivino almeno a 300 sec) per ciascun vulcano; (4) il miglioramento dei sistemi di registrazione, di trasmissione dei dati, e d'archiviazione delle forme d'onda digitali; (5) l'installazione di sismometri sottomarini (OBS) per completare la copertura azimutale, almeno ai Campi Flegrei e al Vesuvio; (6) l'elaborazione di programmi 3D di localizzazione dei terremoti che tengano conto dei recenti progressi sulla conoscenza delle strutture crostali sotto alcuni vulcani, quali il Vesuvio e l'Etna; (8) l'integrazione delle reti IIV e Poseidon nel caso dell'Etna.

b) Sviluppo di nuove metodologie, sismicità e deformazioni: molte delle sorgenti di attività sismica nei vulcani sono in relazione con l'attività fluido dinamica e con i meccanismi eruttivi, ma le tradizionali reti sismiche non consentono un'adeguata discriminazione dei segnali. Le esperienze condotte recentemente su diversi vulcani, anche italiani (Stromboli, Vesuvio) hanno rivelato che l'approccio più promettente per discriminare segnali in un intervallo di frequenze di diversi ordini di grandezza consiste nell'accoppiamento di reti di sismometri a larga banda con misuratori del tensore delle deformazioni ad alta sensibilità e in registrazione continua. Ciò richiede l'installazione di sensori in pozzi profondi alcune centinaia di metri o in gallerie e lo sviluppo di metodologie numeriche per l'elaborazione del segnale. La disponibilità di questo tipo di dati deve avere come conseguenza valutazioni sistematiche del tensore momento che permettono di vincolare la deformazione sismica. Una migliore definizione del campo d'onda può avvenire attraverso l'utilizzazione di arrays. Le osservazioni in pozzi profondi consentono inoltre di aumentare di diversi ordini di grandezza il rapporto segnale/rumore, diventando di estrema utilità in vulcani, quali quelli dell'area napoletana, situati in zone ad alto rumore industriale, o per tentare di rilevare le microdeformazioni legate ad eventi esplosivi anomali. Dovranno quindi essere proseguite le ricerche in atto nell'area napoletana, prevedendo anche di estenderle a vulcani ad alta dinamica, quali l'Etna e Stromboli.

Sorveglianza geodetica e gravimetrica

Una migliore sorveglianza geodetica e gravimetrica verrà ottenuta attraverso lo sviluppo di stazioni permanenti multisensore (GPS, clinometri, gravimetri) che integrino i dati prodotti dalle campagne di misure di vario tipo (livellazioni, EDM, GPS, gravimetria) su cui è attualmente in larga parte basata la sorveglianza geodetica e gravimetrica. Infatti il ricevitore GPS, possibilmente accoppiato ad un clinometro, può fornire in tempo reale l'evolvere della deformazione sia planimetrica che altimetrica con accuratezze subcentimetriche; se nello stesso sito viene attivata una stazione gravimetrica permanente, i due segnali, confrontati, consentono in molti casi la parametrizzazione della geometria e della dinamica della sorgente del fenomeno vulcanico. Una particolare attenzione va dedicata alla scelta dei siti, infatti i tre sensori risentono di differenti effetti secondari (il sensore GPS può essere disturbato da radiazioni elettromagnetiche, i clinometri richiedono ambienti termicamente stabili, il dato gravimetrico è legato alle variazioni di quota della falda ed alle variazioni di pressione atmosferica). Accurati studi di questi effetti di sito, e l'utilizzo di gravimetri in registrazione continua possono effettivamente consentire di monitorare le variazioni gravimetriche con una precisione confrontabile con quella ottenibile nella misura delle variazioni altimetriche, difficilmente raggiungibile

tramite rilievi gravimetrici ripetuti su reti anche di piccola dimensione. Per fornire in tempo reale un panorama corretto degli eventuali fenomeni in atto e per assicurare una efficace diffusione dei dati deve essere prevista l'attivazione di sofisticati sistemi di acquisizione, analisi ed integrazione dei dati di diversa provenienza, precisione e significato fisico. Infine la sorveglianza geodetica e gravimetrica migliorerà attraverso la sperimentazione di tecniche da satellite o da aereo, secondo quanto previsto specificatamente dalla Linea di Ricerca 4.

Metodologie elettromagnetiche e dei campi di potenziale

I metodi basati sulle deformazioni del suolo e sull'attività sismica possono essere integrati dai metodi elettromagnetici e dei campi di potenziale. Modifiche del campo di sforzo e dello stato termo-fluido dinamico all'interno di un vulcano provocano infatti sensibili variazioni della densità, delle proprietà magnetiche e della resistività elettrica. L'uso congiunto dei metodi elettromagnetico e dei campi di potenziale, e lo sviluppo di adeguate metodologie numeriche di elaborazione, cross-correlazione e modellistica, da applicare a serie temporali raccolte attraverso misure continue o ripetute è da applicare soprattutto nei vulcani caratterizzati da rapide variazioni di dinamica, quali Stromboli ed Etna. Per applicazioni dei metodi elettromagnetici ai Campi Flegrei e a Vulcano è inoltre essenziale lo sviluppo di strumentazioni elettromagnetiche che consentano misure in mare.

Sorveglianza Geochimica

In campo geochimico un'attenzione particolare dovrà essere rivolta alla sperimentazione ed allo sviluppo di metodologie e strumentazione adatti al monitoraggio continuo. L'acquisizione di serie temporali di dati geochimici con alta frequenza di campionamento, possibile attraverso lo sviluppo della strumentazione in continuo, permetterà un miglior confronto con i parametri acquisiti dalle reti geofisiche e, di conseguenza, una più completa interpretazione delle fenomenologie osservate. A questo scopo è auspicato lo sviluppo di sensori specifici e di stazioni multiparametriche sia per il controllo automatico della composizione chimica e di parametri fisici di fumarole ad alta temperatura, sia per il monitoraggio in continuo delle emissioni a più bassa temperatura presenti nelle aree periferiche dei vulcani (fumarole, emanazioni dal suolo, acque sotterranee e sorgenti termali). Per miglioramento della sorveglianza geochimica studi specifici dovranno riguardare inoltre: (1) la valutazione sistematica dei flussi gassosi globali emessi dai vulcani attivi italiani. Tali studi dovranno prevedere sia l'intensificazione delle misure basate su telerilevamento (COSPEC, FTIR, Lidar, Radar, etc., vedi linea di ricerca 4) dei plumes di vulcani in attività eruttiva (Etna e di Stromboli) sia il miglioramento delle tecniche per la quantificazione del processo di degassamento diffuso. E' auspicato che tali ricerche vengano integrate con modelli fisici della dispersione dei gas in atmosfera finalizzati alla valutazione del rischio gas nelle aree abitate; (2) lo studio teorico e sperimentale delle solubilità dei gas nei magmi per vincolare le loro abbondanze iniziali e il loro comportamento durante la degassazione magmatica; (3) lo sviluppo di modelli chimico-fisici per l'interpretazione dei dati raccolti relativi a gas vulcanici e ad acque anche attraverso lo sviluppo di software specifico che, in base a modelli predefiniti, consenta l'elaborazione in tempo reale dei dati acquisiti dalla sorveglianza; (4) lo studio teorico e sperimentale dei processi di interazione fluidi vulcanici- acque meteoriche-roccia.

Monitoraggio dell'attività eruttiva

Durante l'attività eruttiva va prevista l'esecuzione di una serie di osservazioni necessarie a seguirne l'evoluzione e a prevederne l'andamento. In particolare devono essere previsti:

- a) Monitoraggio petrologico: negli anni '90 è stata verificata la validità degli studi sull'abbondanza e dimensioni delle fasi minerali presenti nelle lave e sulle variazioni geochimiche dei prodotti eruttati per rivelare importanti variazioni che intervengono nel sistema di alimentazione più superficiale del vulcano, dovute ad arrivi di nuove porzioni di magma ed al loro mescolamento con il magma residente. La misura di questi parametri, accompagnata da quella della composizione chimica e della abbondanza degli elementi incompatibili, è quindi uno strumento importante per la previsione dell'evoluzione dello stato eruttivo del vulcano. Campionamenti sistematici devono essere fatti all'Etna e a Stromboli durante i maggiori episodi eruttivi e durante le fasi di attività persistente. L'obiettivo è rivelare eventuali variazioni nel sistema magmatico ed interpretarne correttamente il significato.
- b) Misure delle variazioni di parametri fisici e chimici dei prodotti nel corso dell'attività.
- c) Calcolo del bilancio energetico e delle sue variazioni, attraverso l'analisi delle immagini da telecamere fisse, di dati telerilevati e gli studi dei parametri fisici e petrologici
- d) Monitoraggio delle nubi vulcaniche. Questo problema è di interesse soprattutto per il traffico aereo nella zona dell'Etna e deve essere affrontato elaborando misure da satellite e dati raccolti al suolo.

1.2 PROGETTI APPROVATI E LORO OBIETTIVI

Nell'ambito di questa linea di ricerca sono stati finanziati 5 progetti per un costo totale di 1.380.000.000 relativo al 1 anno d'attività ed una previsione di spesa totale di 3.680.000.000. I titoli dei progetti, i coordinatori, gli enti d'afferenza, e i fondi per ogni progetto sono riportati in Tab. 1.2.1

Quattro progetti hanno come obiettivo il miglioramento delle metodologie di sorveglianza geochimica. In particolare è previsto lo sviluppo di metodologie che permettano la stima della massa di fluidi (e delle quantità d'energia associate) emessi dai sistemi vulcanici (Progetti 1 e 5), lo sviluppo di sistemi per la rivelazione remota ed in continuo della composizione di gas vulcanici (Progetto 2), lo studio chimico ed isotopico dei fluidi del Vesuvio e dei Campi Flegrei (Progetto 4). Il progetto n. 3 riguarda invece lo sviluppo un approccio geofisico multi-metodologico, che integri i metodi elettromagnetici e dei campi di potenziale, per contribuire alla comprensione della struttura fisica e della dinamica dei vulcani attivi.

Tab 1.2.1

PROGETTO	Resp.	Afferenza	1°anno	3anni
1- Emissioni gassose diffuse in aree vulcaniche. Aspetti geochimici, strutturali e modelli fisici del processo. Sviluppo di tecniche di monitoraggio	Chiodini Giovanni	Osservatorio Vesuviano, Napoli	260	630
2- Sviluppo di un sistema spettroscopico integrato per la rivelazione remota e in continuo di gas vulcanici	De Natale Paolo	Istituto Nazionale Di Ottica, Firenze	340	900
3- Innovazione tecnologica ed automazione nelle applicazioni integrate dei metodi elettromagnetici e dei campi di Potenziale in aree vulcaniche attive	Del Negro Ciro	Istituto Internazionale di Vulcanologia CNR, Catania	330	830
4- Caratteristiche chimiche ed isotopiche dei gas e delle acque del Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia e Vulcano: valutazione del rischio vulcanico	Stanzione Damiano	Università di Napoli, Dip.to di Scienze della Terra	150	420
5- Studio Multidisciplinare per la Definizione del Budget di massa e di energia nei vulcani attivi italiani	Valenza Mariano	Università di Palermo, Dip.to di Chimica e Fisica della Terra ed Applicazioni	300	900

Risultati finali previsti

- Realizzazione di indagini specifiche sui vulcani attivi Italiani (Campi Flegrei, Vesuvio, Ischia, Vulcano, Etna, Pantelleria, Lipari) ed a Nisyros (Grecia) per l'individuazione e la misura delle Diffusioni Diffuse dal Suolo (DDS) attive associate.
- Miglioramento delle tecniche per la misura del degassamento diffuso e delle energie termiche rilasciate.
- Misure della composizione isotopica dei gas del suolo, misure dirette del flusso termico, indagini sul paleo-degassamento, studi delle falde interessate dall'apporto di gas, ecc.) riguarderanno le DDS associate ai vulcani campani ed in particolare l'area anomala della Solfatara di Pozzuoli.
- Elaborazione di un 'atlante' delle strutture a degassamento diffuso che interessano i vulcani Italiani.
- Sviluppo di uno spettrometro con diodi laser semiconduttori - DLS, di uno spettrometro che genera frequenze differenza in cristalli non-lineari - DFG, e di uno spettrometro infrarosso a trasformata di Fourier – FTIR.
- Loro utilizzazione per misure di concentrazione e di rapporti isotopici di specie gassose ai Campi Flegrei, a Vulcano, all'Etna, e, probabilmente, anche ai Colli Albani o al Vesuvio. Verranno realizzate misure di concentrazione in tempo reale di CO₂, H₂O, SO₂, HCl, H₂S. L'alta sensibilità ottenibile per le misure di concentrazione oltre ad un incremento di accuratezza nella misura "in situ" di concentrazione per l'isotopo più abbondante dell'anidride carbonica (¹²C), consentirà di rivelare isotopi, come il ¹³CO₂, che ha una concentrazione atmosferica circa cento volte inferiore al ¹²CO₂.
- Tomografie integrate dei campi di potenziale ed elettromagnetici in ambiente vulcanico.
- Innovazione tecnologica e sviluppo di strumenti virtuali nel monitoraggio dell'attività vulcanica.
- Approcci non tradizionali per l'elaborazione automatica di dati acquisiti da reti di monitoraggio vulcanico
- Campagne periodiche di misura della composizione chimica, isotopica e radioattività di 10-15 pozzi e sorgenti d'acqua al Vesuvio, ai Campi Flegrei e a Vulcano.
- Campagne periodiche di misura della composizione chimica e isotopica di fluidi fumarolici ai Campi Flegrei (Solfatara di Pozzuoli, Pisciarelli, Terme di Agnano); al Vesuvio (fumarole al cratere e a Torre del Greco); ad Ischia (Fumarola Donna Rachele, Fumarola Cimmento Rosso); a Vulcano (Fumarole cratere La Fossa, fumarole alla Spiaggia di Levante)
- Elaborazione di modelli chimico-isotopici di degassamento di acquiferi vulcanici, al fine di interpretare le variazioni isotopiche del contenuto in ¹³C indotte nel sistema carbonatico delle acque di falda da processi di degassamento.
- Analisi della composizione chimica ed isotopica dei gas fumarolici.
- Individuazione di aree di anomalia di CO₂ in settori non esplorati dell'edificio Etneo.
- Meccanismi e cinetiche nei processi di interazione acqua roccia. Confronto fra dati sperimentali e composizione delle acque naturali.
- Ricostruzione e quantificazione del sistema idrologico e geochimico dell'Etna. Modelli di circolazione computerizzati delle falde.
- Valutazione dell'estensione e della composizione dell'acquifero termale profondo dell'Etna e di Stromboli.

Obiettivi previsti alla fine del primo anno

Gli obiettivi che si prevede di raggiungere alla fine del primo anno nell'ambito della Linea di Ricerca 1 sono i seguenti:

Progetto 1:

- Mappe tematiche delle DDS della Solfatara, Mofete, Vesuvio ed Ischia (OV-NA; ING-Roma; CFTA-UNIPA, IGGI-CNRPI);
- Definizione e adattamento allo studio delle DDS di metodologie geostatistiche appropriate (IGGI-CNRPI, OV-NA);
- Messa a punto di un metodo per la misura diretta dell'energia termica rilasciata da suoli caldi (OV-NA);
- Dati analitici del ^{14}C e prime valutazioni sul degassamento di CO_2 alla Solfatara negli ultimi 20-30 anni (LINM-UNIBO);
- Modellizzazione fisica per lo studio delle DDS (DST-UNIBO, OV-NA).

Progetto 2:

- Progettazione o la modifica dei tre spettrometri (spettrometro con diodi laser semiconduttori - DLS, spettrometro che genera frequenze differenza in cristalli non-lineari - DFG, spettrometro infrarosso a trasformata di Fourier – FTIR), che avverrà tenendo conto delle specifiche esigenze delle aree vulcaniche selezionate per le prove e la successiva applicazione dei prototipi.
- Calibrazione di tutti gli strumenti, con miscele di gas (HCl , CO_2 , H_2O) note, al fine di determinare il livello di accuratezza e di sensibilità ottenibile dalle misure di concentrazione di gas "in situ".

Progetto 3:

- Caratterizzazione elettrica delle strutture vulcaniche del versante sud-orientale dell'Etna, attraverso le metodologie del PS e GE.
- Prospezione magnetotellurica MT ed elettromagnetica TEM sul M. Etna. Modellazione 2D e 3D dei dati magnetotellurici (MT) acquisiti negli anni scorsi per definire l'esatta posizione delle nuove stazioni MT.
- Rielaborazione dei dati dei rilievi gravimetrici eseguiti all'Etna effettuando la correzione topografica
- Progettazione e realizzazione di un magnetometro vettoriale autolivellante per il monitoraggio vulcanico.
- Caratterizzazione della dinamica temporale dei segnali di natura elettrica ed elettromagnetica in aree vulcaniche. Predisposizione di un software package (in modalità user-friendly) che sarà distribuito via internet a tutti i partecipanti del progetto EPOT.
- Studio di modelli per la generazione sintetica di dati gravimetrici e magnetici e realizzazione del software necessario per la generazione sintetica di dati.
- Realizzazione di procedure per l'analisi statistica di variazioni geomagnetiche (filtri predittivi per sistemi tempo-varianti) ed applicazione all'identificazione di eventi vulcanomagnetici su casi sintetici.
- Ammodernamento di una stazione gravimetrica pre-esistente per esperimenti sui fenomeni perturbatori della gravità. Sviluppo di software in ambiente LabView per la gestione veloce dell'analisi dei dati. Sviluppo di modelli di influenza di perturbatori sulla gravità.
- Sperimentazione dei magnetometri vettoriali nel monitoraggio vulcanico. Applicazione di tecniche non convenzionali per la identificazione di transienti magnetici. Sviluppo di una console automatica per il controllo di sensori magnetici remoti.

- Sviluppo dei moduli dedicati all'elaborazione dei dati di natura numerica della nuova architettura multi-approccio e multi-livello per l'elaborazione di informazioni acquisite in aree vulcaniche attive.

Progetto 4:

- Campagne di misura della composizione chimica, isotopica e radioattività delle acque nei sistemi vulcanici così ripartite:
Campi Flegrei n. 4/6 campagne per circa 10 campioni ognuna
Somma Vesuvio n. 4/6 campagne per circa 10 campioni ognuna
Ischia n. 2/3 campagne per 15 campioni ognuna
Vulcano n. 2/3 campagne per 15 campioni ognuna
Campagne di misura di Rn, Hg^o e CO₂ nei suoli delle 4 aree vulcaniche in studio
- Acquisto e prove della strumentazione per le misure di spettrometria alfa, comprendendo la messa a punto della linea chimica fine di separazione di Uranio e Torio

Progetto 5:

- Composizione dei gas e del particolato nel plume etneo; monitoraggio continuo a varie distanze dai crateri sommitali al suolo di CO₂, H₂S ed SO₂. Stime preliminari dei flussi dei vari elementi nel plume.
- Progettazione scheda e acquisizione materiale per la realizzazione di una sonda multiparametrica per misure di T, pH, livello freatico e conducibilità elettrica fino a temperature di 120 °C..
- Analisi dell'influenza dei parametri meteorologici e delle maree terrestri sui flussi di SO₂.
- Caratterizzazione mineralogica e composizionale di sublimati in vari ambienti vulcanici (Etna, Vulcano, Stromboli)
- Esplorazione di nuovi settori dell'edificio etneo ed individuazione delle anomalie di CO₂. Individuazione del sito in cui effettuare il pozzo esplorativo.
- Meccanismi di interazione acqua roccia: Campionamento e selezione dei litotipi principali dell'Etna. Prove preliminari in laboratorio
- Valutazione dell'estensione e della composizione dell'acquifero termale profondo dell'Etna e di Stromboli. Progettazione e installazione rete pluviometrica e nivometrica sull' Etna. Composizione elementi maggiori e in traccia ed estensione dell'acquifero termale ell'Etna. Composizione elementi maggiori e in traccia ed estensione degli acquiferi superficiali. Composizione chimica ed isotopica dei gas disciolti

1.3 CONFRONTO FRA OBIETTIVI DEL PROGRAMMA QUADRO E DEL PROGETTO ESECUTIVO

Sorveglianza Geofisica

- a) Metodi sismici, Potenziamento delle reti sismiche: i progetti relativi sono trasferiti per competenza all'INGV;
- b) Metodi sismici, Sviluppo di nuove metodologie, sismicità e deformazioni: i progetti relativi sono trasferiti per competenza all'INGV;
- c) d) Metodi elettromagnetici e gravimetrici: gli obiettivi previsti dal Programma Quadro rientrano in gran parte nel Progetto 3. Nessun progetto prevede lo sviluppo di strumentazioni elettromagnetiche che consentano misure in mare come invece auspicato dal Progetto Quadro.

Sorveglianza Geochimica

Gran parte degli obiettivi del programma quadro sono previsti nell'ambito dei progetti 1, 2, 4 e 5.

Monitoraggio dell'attività eruttiva

Nessun progetto prevede il monitoraggio dell'attività eruttiva.

LINEA 2 SCENARI ERUTTIVI E VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA'

2.1 INDICAZIONI DATE DAL PROGRAMMA QUADRO

La linea di ricerca n. 2 del Programma Quadro 2000-2002 prevede ricerche finalizzate alla definizione dell'evoluzione del sistema vulcanico dallo stato pre-eruttivo fino all'eruzione. Le ricerche dovranno comprendere:

- La conoscenza della storia eruttiva e magmatica del vulcano al fine di identificare i processi e i parametri chimico-fisici che hanno caratterizzato la dinamica del vulcano.
- La conoscenza dello stato attuale del vulcano, cioè gli aspetti tettonici, quelli strutturali, le caratteristiche fisico-chimiche del magma, della sua componente volatile e del sistema incassante.
- La modellizzazione dei processi pre-eruttivi ed eruttivi al fine di prevederne la dinamica futura sulla base dei parametri misurati.

Si ritiene importante sottolineare quanto questi tre aspetti siano tra loro integrati e necessitino quindi di uno sviluppo armonico cercando di colmare le carenze in alcuni settori. Per la definizione di modelli fisici di funzionamento è necessario definire adeguatamente le condizioni al contorno del sistema e le condizioni iniziali necessarie per la simulazione della dinamica futura. E' necessario che la conoscenza dello stato del vulcano sia basata su un insieme completo di misure affidabili tali da definire univocamente il sistema. In particolare gli sforzi dovranno tendere alla conoscenza dei parametri che assumono un carattere critico nella dinamica del sistema vulcanico (quali contenuto in gas, cinetica di essoluzione, ecc.), anche attraverso misure ed esperimenti di laboratorio. D'altro canto gli studi di modellistica devono individuare quei parametri che giocano il ruolo maggiore nella dinamica eruttiva sui quali concentrare maggiormente gli sforzi. I modelli stessi devono essere in grado di fornire chiavi di lettura realistiche dei vari fenomeni attraverso la descrizione quantitativa dei processi dominanti. Le ricerche finalizzate alla definizione dell'eruzione attesa devono tener conto delle interpretazioni che derivano dal monitoraggio geofisico e geochemico dei diversi vulcani. Al fine di determinare le aree soggette ad apertura di nuove bocche eruttive è necessaria la conoscenza dei meccanismi di fratturazione, del campo di stress, della struttura del sistema vulcanico e delle proprietà meccaniche delle rocce. Le ricerche vulcanologiche, geologiche, petrologiche, geochemiche e geofisiche dovranno essere focalizzate alla comprensione del sistema vulcanico recente ed attuale che abbiano convincente applicazione alla definizione dell'evento atteso e/o quelli possibili. Per quanto riguarda il sistema magmatico e la sua evoluzione recente è necessario che vengano approfonditi gli studi sui parametri intensivi e quelli che definiscono le proprietà chimico-fisiche dei fusi silicatici e della loro componente volatile facendo ampio ricorso a tecniche microanalitiche innovative, alla petrologia sperimentale, e alla termodinamica. Le ricerche relative alla componente volatile dovranno essere orientate anche a consentire la identificazione della componente magmatica nei gas emessi in superficie.

E' necessario migliorare il livello di attendibilità del quadro previsionale attraverso ricerche metodologiche di geocronologia idonee a determinare età recenti (inferiori a 10.000 anni) per il calcolo dei tempi di riposo del vulcano e la durata delle eruzioni. Questo obiettivo non può essere perseguito senza una riflessione sui metodi di datazione che coinvolga la comunità internazionale.

Per quanto riguarda i vulcani caratterizzati da dinamica esplosiva è necessario che l'eruzione attesa sia individuata e ricostruita in tutte le sue fasi, con priorità a quelle che si verificano nello stadio iniziale, che hanno rilievo ai fini della valutazione dei precursori, e a quella/quelle fasi che hanno in sé i contenuti di massima pericolosità. Dovranno essere altresì sviluppati studi di vulcanologia fisica, integrando la modellistica, gli studi vulcanologici e le indagini di laboratorio per individuare la dinamica della camera magmatica, i processi di risalita e degassamento nel condotto, le dinamiche di frammentazione e i processi di trasporto. E' necessario sviluppare approcci quantitativi che consentano di modellizzare queste fasi e di enucleare quei parametri, concentrazione, distribuzioni granulometriche delle particelle, caratteri del trasporto, essenziali perché le simulazioni raggiungano quel grado di affidabilità da poter essere utilizzate nella valutazione quantitativa della pericolosità.

Le emergenze vulcaniche avvenute negli ultimi decenni all'Etna hanno messo in luce la necessità di prevedere con opportuno anticipo la dinamica della propagazione della lava e dell'evoluzione dell'eruzione, al fine di predisporre preventivamente le misure di protezione civile. Le ricerche sulle deformazioni, la sismicità e la geochemica dovranno essere integrate da opportuni modelli in grado di diagnosticare le intrusioni di magma e prevedere l'approssimarsi e l'evoluzione di eventi eruttivi. In particolare esse dovranno tendere alla stima della durata dell'evento, della massa eruttata, e la distanza che potrà raggiungere la colata lavica. Le tecniche di telerilevamento dovranno consentire la conoscenza della nuova topografia vulcanica a seguito degli eventi eruttivi (vedi tema telerilevamento).

Oltre a questi aspetti, una attenzione particolare dovrà essere rivolta al fenomeno delle esplosioni maggiori dello Stromboli che costituiscono una reale minaccia per i turisti. In particolare occorre indagare sui meccanismi che le causano e, possibilmente, identificarne i precursori.

Alcuni vulcani presentano fenomeni di potenziale instabilità gravitativa (Etna, Vulcano e Stromboli) che in alcuni casi possono innescare la formazione di tsunami e/o eventuali fenomeni esplosivi connessi alla depressurizzazione del sistema vulcanico. Attraverso ricerche geologico-strutturali integrate con indagini di geologia marina (vedi tema specifico) è necessario pervenire alla migliore documentazione degli eventi passati e alla comprensione dei meccanismi di innesco dei vari fenomeni. Gli scenari di collasso di versante che prevedono il riversarsi in mare della massa di frana dovranno essere utilizzati al fine di modellizzare scenari di tsunami potenzialmente generabili.

2.2 ELENCO ED OBIETTIVI DEI PROGETTI FINANZIATI

Nell'ambito di questa linea di ricerca sono stati finanziati 5 progetti per un costo totale di 1.762.000.000 per il I anno d'attività ed una previsione di spesa totale di 4.989.000.000. I titoli dei progetti, i coordinatori, gli enti di afferenza, e i fondi per ogni progetto sono riportati in Tab. 2.2.1

I progetti P06 e P10 riguardano ricerche sugli scenari eruttivi e valutazione della pericolosità all'Etna, i progetti P07 e P08 affrontano lo stesso tema per il Vesuvio, Stromboli, Vulcano e Lipari, ed il progetto P09 ha come tema di riferimento l'integrazione di approcci metodologici diversi (modellistica termofluido-dinamica, indicatori fenomenologici su base quantitativa e vulcanologia sperimentale) applicati a vulcani attivi italiani. In questi progetti, pertanto, sono affrontate le problematiche riguardanti la formulazione degli scenari eruttivi di tutti i principali vulcani attivi italiani ad esclusione del vulcano dei Campi Flegrei per il quale il Programma Quadro prevede un Tema di ricerca specifico (Tema 7).

Fra i criteri generali indicati dal Programma Quadro quelli della: *integrazione di dati geologici, geofisici, geochimici, petrologici, attraverso una ragionata programmazione della ricerca*; e quelli della: *quantificazione di parametri, valutazione della loro attendibilità, elaborazione di modelli numerici e verifica della loro risoluzione ed attendibilità* si pongono come strutture portanti delle ricerche dei Progetti Nazionali che costituiscono il Tema 2. Entrando, poi, nello specifico degli obiettivi indicati per questo Tema, - e cioè la conoscenza della storia eruttiva e magmatica del vulcano al fine di identificare i processi ed i parametri chimico-fisici che hanno caratterizzato la sua dinamica; la conoscenza dello stato attuale del vulcano che possa definirne l'assetto strutturale, il comportamento del sistema magmatico e le fenomenologie di interfaccia con le rocce incassanti; la modellizzazione dei processi pre-eruttivi ed eruttivi al fine di prevederne la dinamica futura sulla base di parametri misurati - , si può osservare in primo luogo che, a strategie di ricerca abbastanza diversificate fra i diversi Progetti, corrispondono livelli diversi nel grado di integrazione fra gli approcci metodologici utilizzati, anche in funzione delle tipologie vulcaniche investigate.

Il Progetto P06 applicato alla definizione degli scenari eruttivi e alla valutazione della pericolosità del vulcano Etna utilizza principalmente metodologie di ricerca geofisiche.

Il progetto P07 è finalizzato alla raccolta integrata di dati geologici petrologici, geochimici e di geologia marina sul vulcano Stromboli per ottenere un avanzamento delle conoscenze sul suo funzionamento che porti alla definizione degli scenari eruttivi attesi nonché alla previsione a medio termine dei fenomeni pericolosi. Contestualmente il progetto si prefigge infine di contribuire alla mitigazione del rischio mediante la sperimentazione di nuove tecniche di monitoraggio geochimico e petrologico per la previsione di eventi. a breve termine.

Il progetto P08 si pone come obiettivo finale la ricostruzione degli scenari eruttivi, di alcune eruzioni esplosive di magnitudo media e medio-piccola (V.E.I. = 3-5) verificatesi nel passato recente (<10.000 anni) al Vesuvio (eruzioni AP2 e AP3, 472 d.C., 512 d.C, 1631), a Vulcano (eruzioni di Commende del VI°sec d.C., di "Pietre Cotte" e del 1888-1890) e verificatesi a Lipari negli ultimi 20.000 anni. Le metodologie impiegate sono soprattutto petrologiche e geochimiche ma non mancano anche applicazioni nel settore petrologico sperimentale, geocronologico, sedimentologico, di vulcanologia sperimentale e di cartografia tematica, su tre linee di ricerca principali riguardanti rispettivamente: i) la definizione parametrizzata dei sistemi d'alimentazione; ii) la dinamica eruttiva dei meccanismi di trasporto e di messa in posto; iii) la zonazione della pericolosità e del rischio.

Il Progetto *P09* mira alla ricostruzione parametrizzata dei processi vulcanici basata sull'integrazione degli studi fenomenologici, della modellistica fisica, e della vulcanologia sperimentale. In particolare il progetto si propone di vincolare alcuni principi generali di funzionamento dei vulcani alla formulazione di scenari intesi come la rappresentazione di un processo che va dall'instaurarsi dei primi indicatori fino alle fasi eruttive vere e proprie. Ovviamente questi scenari sono principalmente riferiti a casi reali di vulcani attivi italiani: le ricerche vengono svolte a seconda del loro obiettivo su eruzioni del Vesuvio, Campi Flegrei, Stromboli, Vulcano, Etna, ma anche di Santorini (Grecia), Rabaul (Is.Reunion), Gunung Colo (Indonesia), Chichontepec (El Salvador).
Il Progetto *P10* riguarda invece lo studio dei prodotti piroclastici dell'Etna con metodi geocronologici e geostratigrafici integrati da determinazioni fisiche ed ha come obiettivo la ricostruzione delle eruzioni esplosive all'Etna valutandone la pericolosità e l'impatto ambientale.

Tab. 2.2.1

PROGETTO	Resp.	Afferenza	1°anno	3anni
6- Studi e constraints su stoccaggi intermedi, risalita e condotti attraverso la modellizzazione dei campi di strain, e tomografia in velocità e attenuazione all'Etna	Bonafede Maurizio	Università di Bologna, Dip.to di Scienze Fisiche	320	880
7- Pericolosità del vulcano Stromboli	Mauro Rosi	Università di Pisa, Dip.to di Scienze della Terra	400	1050
8- Eruzioni Esplosive di Vulcani Attivi Italiani: Scenari Eruttivi, Carte di pericolosità e di Rischio: Vesuvio, Vulcano e Lipari	Santacroce Roberto	Università di Pisa, Dip.to di Scienze della Terra	300	900
9- Scenari eruttivi attraverso ricerche di modellistica fisica e vulcanologia sperimentale	Trigila Raffaello	Università di Roma, Dip.to di Scienze della Terra	622	1809
10- Studio dei depositi piroclastici dell'Etna finalizzato alla ricostruzione delle principali eruzioni esplosive ed alla valutazione della loro pericolosità e del loro impatto ambientale	Vezzoli Luigina	Università dell'Insubria, Dip.to Scienze Chimiche Fisiche e Matematiche	120	350

Risultati finali previsti

- Modellizzazione dei campi di strain provocati dall' azione di condotti elongati verticalmente.
- Influenza delle discontinuità strutturali su anomalie di gravità, deformazioni e sforzi.
- Tomografia in attenuazione all' Etna.
- Simulazione di sorgenti deformative attraverso l' utilizzo di metodi numerici.
- Definizione del sistema di alimentazione magmatico dell'Etna tramite l'uso di dati sismologici e petrologici.
- Definizione di scenari eruttivi per l'Etna sulla base di indagini multidisciplinari integrate.
- Studio della sorgente sismica all'Etna tramite la determinazione del tensore momento completo di terremoti locali.
- Miglioramento delle conoscenze sul funzionamento del sistema magmatico attuale dello Stromboli ed elaborazione di un modello concettuale dei parossismi.
- Definizione delle caratteristiche e della probabilità di accadimento di un nuovo collasso della Sciara del Fuoco.
- Sviluppo di un codice di calcolo per la simulazione di maremoti generati da frane che si distaccano da un pendio subaereo o sottomarino e individuazione di aree esposte a pericolo.
- Ricostruzione dei processi evolutivi nel serbatoio (serbatoi) magmatico/i e stima della profondità.
- Ricostruzione dei sistemi di alimentazione per i vulcani Vesuvio, Vulcano e a Lipari.
- Dinamica eruttiva e meccanismi di trasporto e di messa in posto (Vesuvio e Vulcano).
- Elaborazione mappe di pericolosità e rischio (Vesuvio e Vulcano).
- Valutazione dei gradienti di concentrazione dei volatili alle P e T di cristallizzazione dei fusi magmatici (camere magmatiche intracrostali) dei principali vulcani attivi italiani.
- Determinazione dei campi di sforzo osservati sulle varie aree vulcaniche.
- Simulazione dei campi di sforzo e delle sue variazioni attese per diversi tipi di sorgenti, e per diversi meccanismi di risalita magmatica.
- Modellistica dell'interazione magma-acqua a diversi regimi di flusso dell'acqua interagente nei confronti della ripartizione dell'energia prodotta fra espansione del sistema e trasporto di massa.
- Definizione dei possibili scenari eruttivi al vulcano Etna. (Progetto 10)
- Valutazione della pericolosità delle eruzioni esplosive al vulcano Etna. (Progetto 10)

Nell'ambito del Progetto 16, afferente alla linea 7 (Campi Flegrei) sono inclusi i seguenti obiettivi rientranti in questa linea di ricerca:

- elaborazione delle carte di distribuzione dei depositi da flusso e da caduta delle singole eruzioni esplosive dei Campi Flegrei e valutazione dei carichi al suolo dei depositi da caduta.

Altri obiettivi di interesse per la linea di ricerca 2 sono inclusi nei Progetti 15, 16 e 17.

Obiettivi previsti alla fine del primo anno

Gli obiettivi che si prevede di raggiungere alla fine del primo anno nell'ambito della Linea di Ricerca 2 sono i seguenti:

Progetto 06:

Etna:

- la modellizzazione dei campi di strain provocati dall'azione di condotti elongati verticalmente, unitamente all'analisi del segnale clinometrico registrato durante l'attività esplosiva posteriore al 1995;
- l'analisi dei processi deformativi che interessano la struttura con la modellizzazione "dinamica" delle variazioni clinometriche asismiche e la verifica dei risultati SAR attraverso integrazione di dati clinometrici, di livellazione, EDM, e GPS;
- lo studio degli effetti delle tipiche sorgenti deformative vulcaniche attraverso l'utilizzo di tecniche numeriche ad elementi finiti effettuato associando dati di deformazione ad altri di tomografia sismica;
- lo studio delle discontinuità strutturali su anomalie di gravità indotte da dicchi intrusivi, con associati gli andamenti delle deformazioni e degli sforzi;
- l'approntamento di un nuovo approccio tomografico in velocità, realizzando una banca dati sui terremoti ($M > 2.5$) a registrazione digitale di tutte le reti (IIV, OV, ING etc.) operative sul vulcano nel periodo 1988-91;
- la preparazione di programmi per eseguire un primo approccio tomografico in attenuazione a carattere regionale.
- La determinazione spazio-temporale degli sforzi sismogenetici e delle deformazioni sismiche che verrà condotta nella prospettiva di un'analisi interdisciplinare dei processi di risalita dei magmi etnei.
- la definizione del sistema d'alimentazione etneo tramite tecniche tomografiche applicate ai dati di terremoti locali, che verrà integrata con dati petrologici e petrologico-sperimentali sulle modalità di risalita magmatica in particolare con la determinazione su base termodinamica e petrologico sperimentale dei percorsi P, T seguiti dai fusi magmatici dalla sorgente alla superficie.
- sempre in campo sismologico lo studio dei vincoli geofisici sulla dinamica del processo intrusivo tramite la determinazione del sensore momento completo di terremoti locali.
- la definizione dei possibili scenari eruttivi per l'eruzioni attese, sulla base di indagini multidisciplinari integrate con dati geochimico-petrologici, vulcanologici, sismologici, geologico-strutturali che si riferiscono ad intervalli di tempo noti rispetto ad eruzioni studiate e con tipologia eruttiva ben caratterizzata.

Progetto 07:

Stromboli:

- la raccolta e integrazione di dati stratigrafici, petrologici, isotopici e geochimici sui prodotti emessi dall'attività attuale del vulcano fino dal suo inizio (circa 1800 anni fa);
- la stima del contenuto in volatili dei magmi tramite l'analisi delle inclusioni vetrose e delle matrici della frazione juvene e di misure COSPEC del plume vulcanico;
- la esecuzione di indagini geologiche e geotecniche mediante un rilevamento litostratigrafico e strutturale in scala 1:2000 – 1:5000 della struttura della Sciara del Fuoco con l'individuazione dei siti più significativi da campionare per la caratterizzazione geotecnica che sarà effettuata negli anni successivi;

- la revisione ed elaborazione di dati di geologia marina già disponibili presso l'IGM di Bologna da usare come base per la campagna di acquisizione dati in programma per l'anno prossimo;
- l'aggiornamento del codice attualmente in uso per questi dati, portandolo da 1.5D a 2D e lo sviluppo di modelli numerici che considerino l'accoppiamento dinamico frana-onde marine;
- la messa a punto di un sistema eco-GPS, per la realizzazione una rete GPS e di un rilievo batimetrico nel tratto di mare compreso fra Scari e Piscità;
- l'installazione di due stazioni di monitoraggio in continuo del flusso di CO₂ a Pizzillo e nell'area craterica, integrate con sensori per la misura di parametri ambientali, con l'installazione di due stazioni per il monitoraggio in continuo di T, pH e conducibilità;
- lo studio di fattibilità di un campionatore continuo di cenere mirato all'individuazione dei siti migliori per posizionare lo strumento e all'ottimizzazione delle sue caratteristiche tecniche;
- la ricostruzione della storia eruttiva con tecniche tefrostratigrafiche, datazioni radiometriche e caratterizzazione chimica, mineralogica e del contenuto in volatili dei prodotti emessi;
- lo studio petrografico di noduli campionati in varie unità eruttive e lo studio delle inclusioni fluide al loro interno.

Progetto 08:

per il Vesuvio

- la variabilità degli scenari di eruzioni vesuviane ad energia medio-bassa e l'influenza dei processi di degassamento sin-eruttivo (eruzioni subpliniane del 472 dC e del 512 d.C);
- la definizione della profondità, geometria ed evoluzione dei sistemi di alimentazione e dei processi di degassamento dai sistemi di alimentazione; l'analisi della stratigrafia e categorizzazione dei depositi;
- lo studio delle dinamiche di frammentazione e di trasporto; la parametrizzazione dei processi di generazione e trasporto di flussi piroclastici in eventi subpliniani (eruzioni subpliniane 472, 1631, AP2, AD3);
- la determinazione di vincoli sperimentali, tramite studi di petrologia sperimentale ed inclusioni silicatiche, ai processi di evoluzione, estrazione e degassamento di magmi vesuviani;
- lo studio dei processi genetici, di trasporto e deposizionali di lahar sineruttivi avente come obiettivo la preparazione di mappe geomorfologiche con distinzione tra aree sorgenti, zone di deflusso aree esondabili e mappe di pericolosità dedotte dai dati geologici e storici;
- la preparazione di mode composizionali di depositi di caduta di eruzioni di diversa energia.

per Vulcano e Lipari:

- la ricostruzione degli scenari di eruzioni vulcaniane e del funzionamento dei sistemi di alimentazione;
- lo studio dei processi di degassamento magmatico a Vulcano e la determinazione della profondità serbatoi magmatici de La Fossa e di Vulcanello;
- l'analisi della stratigrafia e categorizzazione dei depositi e lo studio delle dinamiche di frammentazione e di trasporto delle eruzioni selezionate;
- la ricostruzione dei processi di evoluzione magmatica in alcuni apparati vulcanici recenti ed attivi delle Isole Eolie (Vulcano, Lipari, Panarea, Filicudi e Salina);
- la ricostruzione dei processi in camera magmatica e dinamica eruttiva dei magmi riolitici recenti di Lipari;
- lo studio delle inclusioni silicatiche come indicatori dei processi di degassamento magmatico con applicazioni a ricerche sulla cinetica di omogenizzazione delle inclusioni silicatiche finalizzata all'interpretazione dei dati P-T-X utilizzati nella ricostruzione dei sistemi di alimentazione.

Progetto 09:

Per la linea di ricerca sulla chimico-fisica delle specie volatili nei magmi:

- sviluppo delle metodologie di analisi dei componenti volatili nei magmi con applicazione alle aree di vulcanismo attivo;
- esperimenti di laboratorio nel settore delle inclusioni fluide (melt inclusions) con produzione di inclusioni fluide sintetiche in condizioni di P, T, Xi controllate;
- studio del processo di nucleazione delle bolle in funzione del gradiente di decompressione, della composizione del fuso e del suo grado di cristallizzazione.
- studio dei prodotti sperimentali per via morfoscopica e chimica con riferimento al tenore in H₂O residua;
- analisi dei salti composizionali nella fase liquida durante i processi di cristallizzazione sperimentale in condizioni controllate di P, T, H₂O e fO₂ che possano spiegare le transizioni tra il magmatismo ad affinità tholeitica (TH) e il magmatismo ad affinità calcoalcalina (CA).

Per la linea di ricerca sulla dinamica dei sistemi magmatici ed interazioni con la struttura vulcanica:

- acquisizione e/o determinazione dei modelli strutturali dei vulcani studiati.
- messa a punto di procedure per la simulazione degli effetti delle variazioni di sforzo su episodi sismici e deformativi.
- sviluppo di procedure per la simulazione delle variazioni di sforzo/deformazione dovute agli acquiferi superficiali.

Per la linea di ricerca sulla modellistica termofluidodinamica dei processi di salita magmatica e trasporto in superficie delle masse magmatiche:

- modelli di svuotamento della camera magmatica, di flusso nel condotto, di colate laviche e propagazione di tsunami;
- definizione dei protocolli di scambio dei dati e delle interfacce tra i vari codici numerici;
- Raccolta di dati sperimentali e sviluppo di un modello preliminare di interazione magma-acqua.

Per la linea di ricerca riguardante la simulazione sperimentale dei processi di fratturazione e di innesco delle eruzioni idromagmatiche:

- riproducibilità sperimentale dell'interazione magma-acqua in condizioni standard dei parametri di controllo.
- Esperimenti di fratturazione a varie pressioni e temperature fino a 700°C.
- Comparazione fra modelli teorici di fratturazione di rocce e dati di emissione acustica.

Progetto 10:

Etna:

- la tefrostratigrafia comprendente nuove sezioni stratigrafiche per completare la conoscenza della distribuzione e dei caratteri vulcanologici dei livelli di tefra già identificati ed eventualmente di altri non ancora riconosciuti, relativi ad eruzioni verificatesi negli ultimi 4000 anni;
- la cronologia relativa e numerica con nuove datazioni radiocarbonio, analisi paleomagnetiche ed analisi palinologiche e geopedologiche su sezioni tipo o calibrate;
- caratteristiche fisiche delle eruzioni con determinazione dei parametri fisici (come volume dei prodotti emessi, tasso eruttivo ed altezza della colonna), misure di densità e vescicolazione nei piroclasti delle eruzioni studiate;

- valutazione della pericolosità con determinazione del numero, tipo, intensità, cronologia e distribuzione areale degli eventi esplosivi registrati nella sequenza vulcanoclastica olocenica etnea con particolare riguardo a quelli degli ultimi 4000 anni.

2.3 CONFRONTO FRA OBIETTIVI DEL PROGRAMMA QUADRO E DEL PROGETTO ESECUTIVO

L'insieme delle ricerche proposte per il primo anno di attività dei cinque Progetti Nazionali che costituiscono il Tema 2 del Programma Quadro mette in evidenza lo spettro molto ampio di ambiti disciplinari che è necessario affrontare per il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Anche se i diversi vulcani attivi italiani hanno una loro specifica fisionomia messa in luce dalla conoscenza puntuale della loro storia eruttiva, la identificazione dei processi e dei parametri chimico-fisici di controllo dell'attività eruttiva, affrontata sulla base dello studio dei prodotti, integrata con l'analisi degli osservabili fisici e geologici ed espressa tramite modelli parametrizzati chimico-fisico-geologici di riferimento, costituisce la base indispensabile per la formulazione degli scenari e la previsione in termini energetici e spazio-temporali delle eruzioni attese. Le ricerche sopraelencate per il primo anno d'attività dei Progetti Nazionali rispondono per la massima parte alle indicazioni fornite nelle linee guida del Programma Quadro. Queste riguardano la conoscenza della storia eruttiva del vulcano, la conoscenza dello stato attuale del vulcano, sia per quanto riguarda la chimico-fisica del sistema magmatico, che l'assetto strutturale del vulcano e quello delle rocce incassanti il percorso di salita magmatica dalla sorgente alla superficie. Le metodologie utilizzate dalle Unità di Ricerca dei Progetti Nazionali sono in grado di fornire i dati di base richiesti, con una certa carenza riguardante le datazioni dei prodotti emessi. Inoltre, i risultati attesi si riferiscono per la massima parte a metodologie di ricerca sviluppate in questi ultimi anni e quindi moderne e affidabili.

LINEA 3 DEFINIZIONE DEL RISCHIO, LIVELLI DI ALLERTA E GESTIONE DEL TERRITORIO

3.1 INDICAZIONI DATE DAL PROGRAMMA QUADRO

La linea di ricerca n. 3 del Programma Quadro 2000-2002 prevede lo sviluppo di ricerche dedicate alla definizione del rischio vulcanico e dei livelli di allerta e per la gestione del territorio.

Definizione del rischio vulcanico e gestione del territorio

La valutazione del rischio vulcanico si basa sull'applicazione di realistici scenari eruttivi al territorio soggetto a rischio. L'attendibilità della valutazione del rischio sarà fortemente dipendente quindi sia dalla bontà degli scenari eruttivi proposti sia dalla conoscenza precisa dell'utilizzo del territorio ed della vulnerabilità degli edifici e delle infrastrutture presenti. Il GNV quindi intende promuovere ricerche finalizzate ad una migliore conoscenza del territorio ed, in particolare, della vulnerabilità del patrimonio edilizio e delle infrastrutture presenti nelle aree a rischio vulcanico. Oltre ad una corretta definizione del rischio vulcanico, la conoscenza del territorio serve anche ad una corretta pianificazione dello sviluppo. In altri termini, la continua espansione delle zone edificate in aree vulcaniche attive, accresce il valore esposto al rischio e pone alla società il problema della pianificazione del territorio. Dal punto di vista scientifico, gli elementi essenziali per affrontare tale problema sono la zonazione della pericolosità, gli studi di vulnerabilità e la conoscenza delle risorse a rischio nel territorio. Data la complessità del problema, e l'estrema eterogeneità dei diversi fattori, la gestione del territorio richiede l'implementazione di Sistemi Informativi Territoriali in grado di gestire la grande quantità di informazioni. Queste banche dati devono contenere nei diversi "layers", le aree edificate, le infrastrutture, la topografia, l'uso del territorio, la viabilità, le capacità produttive, i depositi di materiale infiammabile, gli ospedali, la vulnerabilità, e la pericolosità dedotta dallo studio degli scenari eruttivi e dei processi distruttivi attesi. Tali sistemi devono rispondere a criteri standard e devono essere interfacciabili con analoghi sistemi utilizzati dalle diverse strutture pubbliche operanti nel territorio (Ufficio Tecnico del Comune, USL, Azienda dei Trasporti, ENEL, ecc.). Si ritiene inoltre importante raccogliere le esperienze di emergenze e di evacuazioni condotte in altre aree del mondo e di cercare di integrare tali informazioni nei diversi sistemi attraverso opportuni modelli. Alcuni aspetti di carattere interdisciplinare, come ad esempio di psicologia del comportamento umano e studi sulla diffusione di messaggi alla popolazione dovrebbero essere considerati nei sistemi di gestione delle emergenze e durante la redazione delle linee guida scientifiche per la gestione del territorio.

Riassumendo, con la linea di ricerca 3, il GNV tende a:

- Promuovere gli studi e le indagini per la definizione della vulnerabilità degli edifici, della viabilità, delle infrastrutture e delle varie capacità produttive in aree vulcaniche a rischio
- Sviluppare sistemi automatici per la gestione del territorio e delle emergenze vulcaniche.

Definizione dei livelli di allerta

La messa a punto di protocolli chiari, utilizzabili per la definizione dei livelli di allerta di un vulcano, rappresenta uno degli obiettivi più ambiziosi della vulcanologia. Durante una crisi vulcanica, la Comunità Scientifica viene caricata di una grande responsabilità da parte del Dipartimento della Protezione Civile che basa le sue decisioni sulle informazioni sullo stato del vulcano e la possibilità di previsione dell'evoluzione dei fenomeni. E' compito della Comunità Scientifica individuare e monitorare quei parametri ritenuti significativi per la diagnosi dello stato del vulcano e sviluppare modelli affidabili di previsione in grado di gestire in modo integrato i diversi dati osservati. Negli ultimi anni sono stati elaborati dalla Protezione Civile piani di emergenza per aree ad elevato rischio vulcanico quali il Vesuvio, i Campi Flegrei, l'Etna, Vulcano e Stromboli (per questi ultimi tre ancora allo stato preliminare). I piani di emergenza sono basati sulla definizione del tipo di eruzione attesa. Le misure preventive (evacuazione delle zone a diverso rischio etc.) sono basate sulla individuazione di livelli di allerta definiti in base alla evoluzione dei fenomeni che più frequentemente precedono le eruzioni (essenzialmente attività sismica, deformazioni del suolo, variazioni geochimiche dei gas e di flusso di massa e di energia). Su tutti i vulcani attivi italiani operano delle reti di sorveglianza per rilevare questi fenomeni. Tuttavia la evoluzione di essi varia significativamente sia tra diversi tipi di vulcano che per uno stesso vulcano (vedi ad esempio le tre eruzioni del vulcano Usu avvenute negli ultimi cento anni). Per vulcani che come il Vesuvio, sono caratterizzati da eruzioni esplosive che avvengono ad intervalli di diverse decine o centinaia di anni, un miglioramento della conoscenza del comportamento pre-eruttivo del vulcano può avvenire attraverso lo studio della documentazione storica sui periodi precedenti forti eruzioni esplosive e studiando il comportamento di vulcani con caratteristiche eruttive analoghe, al di fuori del territorio italiano, e per i quali sono disponibili dati geofisici o geochimici. Tali studi sono attualmente fortemente carenti. Inoltre è necessario verificare i criteri utilizzabili per la definizione dei livelli di allerta applicando modelli di teoria delle decisioni e attraverso simulazioni numeriche delle modifiche attese nei parametri fisici e delle conseguenti variazioni della fenomenologia pre-eruttiva osservabili con le reti di sorveglianza esistenti sul vulcano.

Sono pertanto incluse nel programma:

- ricerche storiche tendenti ad accertare l'insorgere o meno di fenomeni pre-eruttivi avvertiti dalla popolazione in occasioni delle forti eruzioni esplosive del Vesuvio (particolarmente quella del 1631, che è stata assunta come eruzione di riferimento per il piano di emergenza, ma anche per altre eruzioni storiche ad esempio quelle del 1679 e del 1906);
- ricerche sul comportamento pre-eruttivo di vulcani monitorati che hanno dato luogo ad eruzioni sub-pliniane dopo almeno decine di anni di riposo;
- applicazione dei metodi di teoria delle decisioni al problema della gradazione dei livelli di allerta pre-eruttiva;
- simulazione numerica delle fenomenologie risultanti dalle variazioni termiche, di sforzo e di deformazione indotte da processi pre-eruttivi con riferimento ai Campi Flegrei, al Vesuvio e all'Etna, vulcani per i quali sono disponibili i modelli strutturali più attendibili.

3.2 PROGETTI APPROVATI E LORO OBIETTIVI

Nell'ambito di questa linea di ricerca sono stati finanziati 2 progetti per un costo totale di 128.000.000 relativo al 1 anno d'attività ed una previsione di spesa totale di 418.000.000. I titoli dei progetti, i coordinatori, gli enti d'afferenza, e i fondi per ogni progetto sono riportati in Tab. 3.2.1. Gli obiettivi dei due progetti rientrano nelle linee guida del Programma Quadro.

Il Progetto 11 prenderà in esame i dati storici di eventi sismici e del rumore sismico che hanno interessato vulcani attivi nel mondo nel tentativo di evidenziare le differenze fra l'attività sismica che ha preceduto eventi eruttivi, dall'attività sismica a cui non è seguita alcuna eruzione. E' prevista la creazione di una banca dati che fornirà l'input per le analisi statistiche appropriate. E' previsto inoltre lo studio in dettaglio del caso del St Helens. Tali ricerche sono importanti per una miglior definizione dei livelli d'allerta basata sul segnale sismico di un vulcano.

Il progetto 12 consiste nella costruzione, o completamento, dei DEM dei vulcani attivi Italiani. I modelli digitali del terreno saranno quindi utilizzati per valutazioni della pericolosità per fenomeni controllati dalla morfologia nell'area campana. Sono previste valutazioni dei volumi coinvolti nei collassi laterali delle Isole Eolie. Le informazioni territoriali saranno rese accessibili tramite la costruzione di un apposito Sito Internet. Il progetto 12 rientra nei programmi auspicati dal GNV per una migliore conoscenza e gestione del territorio.

E' da segnalare inoltre che obiettivi inerenti questa linea sono inclusi nel Progetto 8, relativamente a Vesuvio e Vulcano, e nel Progetto 16 relativamente ai Campi Flegrei.

Tab. 3.2.1

PROGETTO	Resp.	Afferenza	1°anno	3anni
11- Identificazione e interpretazione dei pattern sismici pre-eruttivi su vulcani effusivi ed esplosivi	Marzocchi Warner	Osservatorio Vesuviano, Napoli	100	230
12- Sistemi di GIS per costruire in rete cartografia tematica in aree vulcaniche	Pareschi Maria Teresa	Centro Studi Geologia Strutturale e Dinamica Appennino, C/O Dipartimento di Scienze della Terra, Pisa	28	188

Risultati finali previsti

- Verranno compiute le analisi per distinguere le caratteristiche degli sciame sismici “precursori” rispetto a crisi sismiche non associate ad eruzioni vulcaniche (progetto 11).
- Formulazione di un modello di evoluzione del sistema in relazione ai possibili meccanismi di apertura della camera magmatica (progetto 11).
- Ricostruzione di scenari eruttivi comprendenti la casistica raccolta (progetto 11).
- La creazione (o completamento) di DEM per i principali vulcani attivi italiani: Eolie, Vesuvio-Campi Flegrei, Etna. (progetto 12).
- Creazione di GIS per le aree vulcaniche: Eolie, Etna, Vesuvio-Campi-Flegrei (progetto 12).

Obiettivi previsti alla fine del primo anno

Gli obiettivi che si prevede di raggiungere alla fine del primo anno nell’ambito della Linea di Ricerca 3 sono i seguenti:

Progetto 11:

- Ampliamento della banca dati sismici fornita dall’Alaska Volcano Observatory, in stretta collaborazione con il prof. Steve McNutt in cui si raccoglieranno i dati per le analisi successive. (OV-NA)
- Raccolta di dati sismici relativi al Mt St. Helens. (UNIROMA3)
- Raccolte sistematiche di dati comprendenti sia eventi sismici che il tremore vulcanico. (IIV-CT)
- Studio dell’effetto di diverse configurazioni del tensore degli sforzi sulle strutture vulcaniche. (ING)

Progetto 12:

- La creazione (o completamento) di DEM per i principali vulcani attivi italiani: Eolie, Vesuvio-Campi Flegrei, Etna.
- Valutazione della pericolosità per fenomeni controllati dalla morfologia.
- Valutazione di volumi dei collassi laterali delle Isole Eolie.
- La creazione di un Sito Internet in cui sia possibile accedere e scaricare in particolare (durante questo primo anno) i dati sui DEM..

3.3 CONFRONTO FRA OBIETTIVI DEL PROGRAMMA QUADRO E DEL PROGETTO ESECUTIVO

Per una migliore definizione del rischio vulcanico e gestione del territorio il Programma Quadro del GNV prevedeva di:

1. Promuovere gli studi e le indagini per la definizione della vulnerabilità degli edifici, della viabilità, delle infrastrutture e delle varie capacità produttive in aree vulcaniche a rischio.
2. Sviluppare sistemi automatici per la gestione del territorio e delle emergenze vulcaniche.

Il progetto 12 risponde in buona parte alle aspettative fornendo un background indispensabile sia a ricerche specifiche dedicate alla valutazione di vulnerabilità sia allo sviluppo di sistemi automatici di gestione del territorio e delle emergenze vulcaniche.

Per una migliore definizione dei livelli d'allerta il Programma Quadro del GNV prevedeva le seguenti ricerche:

1. ricerche storiche tendenti ad accertare l'insorgere o meno di fenomeni pre-eruttivi avvertiti dalla popolazione in occasioni delle forti eruzioni esplosive del Vesuvio (particolarmente quella del 1631, che è stata assunta come eruzione di riferimento per il piano di emergenza, ma anche per altre eruzioni storiche ad esempio quelle del 1679 e del 1906); (contenute nel Progetto 8 Resp. Santacroce)
2. ricerche sul comportamento pre-eruttivo di vulcani monitorati che hanno dato luogo ad eruzioni sub-pliniane dopo almeno decine di anni di riposo (contenute nel Progetto 11, Resp. Marzocchi);
3. applicazione dei metodi di teoria delle decisioni al problema della gradazione dei livelli di allerta pre-eruttiva;
4. simulazione numerica delle fenomenologie risultanti dalle variazioni termiche, di sforzo e di deformazione indotte da processi pre-eruttivi con riferimento ai Campi Flegrei (Contenute nei Progetti 15 Resp. Trigila e 1 Resp. Chiodini), al Vesuvio e all'Etna (Progetto 6, Resp. Bonafede), vulcani per i quali sono disponibili i modelli strutturali più attendibili.

LINEA 4

SVILUPPO E APPLICAZIONE DI METODI DI TELERILEVAMENTO

4.1 INDICAZIONI DATE DAL PROGRAMMA QUADRO

La linea di ricerca n. 4 del Programma Quadro 2000-2002 prevede la messa a punto di metodologie innovative legate in generale al telerilevamento. La disponibilità di nuovi sensori, in molti casi montati su satelliti, il loro prevedibile sviluppo nei prossimi anni, e alla possibilità di utilizzare molti di essi anche da aereo o elicottero, rappresentano uno strumento di grande potenzialità per il monitoraggio dei fenomeni connessi con l'attività vulcanica. Le attività principali del progetto sono:

- sviluppo di sistemi di rilevamento di gas e particelle capaci di operare in aree vulcaniche;
- sviluppo di metodi osservativi ed algoritmi di analisi automatica delle immagini;
- progettazione e sperimentazione di sensori multispettrali per osservazioni da aereo ed elicottero;
- produzione di mappe metriche e tematiche tramite l'uso di immagini digitali o analogiche, riprese da sensori attivi o passivi montati a bordo di aereomobili o satelliti artificiali;
- validazione dei dati telerilevati tramite misure a terra e test di laboratorio;
- integrazione delle osservazioni telerilevate previste in questo progetto con quelle derivate dai metodi di monitoraggio a terra previsti nel progetto "Metodologie di sorveglianza";
- predisposizione di banche dati di riferimento (SAR, fotogrammetria, DEM, caratteristiche di retrodiffusione dei terreni, mappe tematiche);
- metodologie di trasferimento e aggiornamento di informazioni metriche e tematiche nei GIS relativi alle diverse aree vulcaniche, per una migliore gestione delle crisi.

4.2 PROGETTI APPROVATI E LORO OBIETTIVI

Nell'ambito di questa linea di ricerca è stato finanziato un unico progetto per un costo di 600.000.000 relativo al 1 anno d'attività ed una previsione di spesa totale di 1.500.000.000. Il titolo del progetto, il coordinatore, l'ente d'afferenza, e i fondi del progetto sono riportati in Tab. 4.2.1. Gli obiettivi del progetto coprono quasi completamente le attività previste nelle linee guida del Programma Quadro.

In particolare il progetto prevede l'uso e promuove l'applicazione dei nuovi sensori per il telerilevamento montati su satelliti, aerei ed elicotteri (in quest'ultimo caso l'elicottero A109K2 dell'Agenzia di Protezione Civile). Le metodologie utilizzate vanno dal SAR, alla Fotogrammetria Digitale per mappare sia il campo di deformazione legato ai processi di intrusione di masse magmatiche, sia le modificazioni morfologiche connesse con l'attività vulcanica, quali colate laviche e frane. Vengono inoltre sviluppate le tecniche di mappatura termica della superficie terrestre allo scopo di rilevare le variazioni termiche che possono indicare l'intrusione di corpi magmatici oppure dell'aumento di esalazioni gassose, oppure per caratterizzare termicamente le colate laviche tramite misure di flusso radiante. Nel progetto vengono messe le basi per il monitoraggio, con metodi radar e sondaggi atmosferici, dell'evoluzione delle colonne e nubi eruttive e della loro dispersione in funzione dei venti dominanti, tramite misure dirette della velocità di espulsione dei clasti, l'altezza e lo spessore della colonna eruttiva. Infine viene sviluppato un sistema di monitoraggio mediante l'analisi di immagini multispettrali telerilevate del degassamento dei vulcani da integrare con le misure da stazioni terrestri (FTIR, COSPEC, LIDAR) di flusso di alcuni gas (CO₂, SO₂) nei plumes vulcanici troposferici.

Un importante obiettivo del progetto è la creazione presso gli enti coinvolti nella ricerca e nella sorveglianza vulcanica competenze specifiche per poter sfruttare a pieno le potenzialità delle metodologie di telerilevamento nel monitoraggio e nelle fasi di emergenza durante le crisi eruttive. Per questo si intende integrare le osservazioni telerilevate previste in questo progetto con quelle derivate dai metodi di monitoraggio a terra previsti nei progetti di "Metodologie di sorveglianza" predisponendo banche dati e trasferendo le informazioni metriche e tematiche aggiornate nei GIS relativi alle diverse aree vulcaniche, per una migliore gestione delle crisi.

Tab. 4.2.1

PROGETTO	Resp.	Afferenza	1°anno	3anni
13- Sviluppo ed applicazione di tecniche di telerilevamento per il monitoraggio dei vulcani attivi italiani	Coltelli Mauro	Istituto Internazionale di Vulcanologia CNR, Catania	600	1500

Risultati finali previsti

- Rilevamento mediante tecniche DInSAR delle deformazioni del suolo all'Etna, Isole Eolie e Campi Flegrei.
- Misura delle variazioni topografiche degli edifici vulcanici dovuti all'attività eruttiva (p.e. coni eruttivi, collassi calderici, ecc.) e dei movimenti di porzioni più o meno vaste dei versanti degli edifici soggette ad instabilità gravitativa.
- Messa a punto di tecniche per il rilevamento delle anomalie termiche mediante l'approccio denominato *dual band technique*.
- Misura di fasi eruttive parossistiche all'Etna con il radar Doppler Voldorad-1.
- Progettazione e messa in opera di un nuovo radar Doppler Voldorad-2 per usi mobili e da postazione fissa con controllo remoto dell'antenna basculabile.
- Sviluppo di un sistema di osservazione dei plumes vulcanici troposferici mediante immagini telerilevate da satellite.

Obiettivi previsti alla fine del primo anno

Gli obiettivi che si prevede di raggiungere alla fine del primo anno nell'ambito della Linea di Ricerca 4 sono i seguenti:

Progetto 13:

- Rilevamento delle deformazioni del suolo con tecniche DInSAR all'Etna, Isole Eolie e Campi Flegrei.
- Realizzazione dei Corner Reflector (CR) o di analoghi sistemi di riflettori per microonde e loro installazione in siti adeguatamente scelti all'Etna ed alle Isole Eolie.
- Misure GPS per il sondaggio dell'atmosfera in occasione dei passaggi del satellite ERS2 e messa a punto di procedure automatiche di elaborazione dei dati.
- Definizione dei Punti di Controllo a Terra e dei centri di presa fotografici di strisciate aereofotogrammetriche mediante la messa a punto delle metodologie di acquisizione e trattamento dei dati GPS.
- Analisi delle immagini telerilevate e messa a punto di tecniche di stima della temperatura del suolo.
- Studio di modelli semplificati per la previsione della retrodiffusione e la trasmissione delle microonde attraverso nubi piroclastiche.
- Inversione analitica dell'equazione di trasferimento radiativo per ottenere il contenuto colonnare dalla misura telerilevata, noti i termini atmosferici, di SO₂.

LINEA 5

METODI INNOVATIVI ED INTEGRATI PER LO STUDIO DELLA STRUTTURA DEI VULCANI

5.1 INDICAZIONI DATE DAL PROGRAMMA QUADRO

La linea di ricerca n. 5 del Programma Quadro 2000-2002 prevede lo sviluppo e l'applicazione di metodologie di esplorazione e di analisi che tengano conto della estrema eterogeneità delle strutture vulcaniche e delle particolari condizioni operative nelle quali si è costretti ad operare sui vulcani italiani (alto rumore, alta densità abitativa, ecc.) ed utilizzare metodologie di inversione tridimensionale.

Le attività principali del progetto sono:

- determinazione tridimensionale di dettaglio della struttura vulcanica inclusi eventuali serbatoi magmatici intracrostali mediante l'utilizzo congiunto di fasi dirette, rifratte e riflesse/convertite e la loro inversione congiunta a quella dei dati gravimetrici;
- conoscenze sulla anelasticità delle strutture vulcaniche deducibile da studi di attenuazione delle onde sismiche;
- sviluppo di algoritmi necessari all'utilizzo dei modelli strutturali 3D per la localizzazione dei terremoti;
- sviluppo della modellistica tridimensionale e di algoritmi che consentano di valutare la densità di probabilità di presenza di anomalie nell'interpretazione di rilievi di potenziale spontaneo, di geoelettrica ed elettromagnetici;
- l'interpretazione di modelli geofisici in termini litologici mediante indagini di geologia strutturale integrate da modelli di laboratorio.

5.2 PROGETTI APPROVATI E LORO OBIETTIVI

Nell'ambito di questa linea di ricerca è stato finanziato un unico progetto per un costo di 300.000.000 relativo al 1 anno d'attività ed una previsione di spesa totale di 850.000.000. Il titolo del progetto, il coordinatore, l'ente d'afferenza, e i fondi del progetto sono riportati in Tab. 5.2.1. Gli obiettivi del progetto centrano gran parte degli obiettivi previsti nel Programma Quadro del GNV.

L'obiettivo finale è teso alla ricostruzione di modelli geofisico-strutturali dei vulcani attivi, attraverso lo sviluppo di metodologie di inversione tridimensionale che tengano conto della eterogeneità delle strutture vulcaniche.

Gli obiettivi del progetto sono l'applicazione di tecniche avanzate per la modellazione dei dati sismici attivi e passivi registrati nell'area dei Campi Flegrei, e la comparazione delle misure di velocità ed attenuazione delle onde sismiche con misure di laboratorio. La conoscenza della variazione spaziale delle proprietà elastiche (valori di velocità P e S) ed anelastiche (fattori di qualità P e S), unitamente alle recenti informazioni sullo stato termico della caldera, potrà fornire i parametri necessari ad una modellistica termo-meccanica dei processi fisici attivi.

La disponibilità di modelli attendibili di variazioni spaziali delle proprietà fisiche della crosta sottostante i vulcani attivi italiani è di enorme importanza sia per la definizione geometrica di serbatoi magmatici di dimensioni significative sia per la localizzazione e modellazione delle sorgenti di fenomeni precursori quali terremoti e deformazioni del suolo. Le tecniche basate su approcci tradizionali di analisi dei segnali e di inversione sono state utilizzate su tutti i vulcani italiani fornendo risultati ormai difficilmente migliorabili in modo significativo utilizzando le stesse tecniche. Per accrescere l'attendibilità dei modelli geofisico-strutturali, questo progetto intende sviluppare e applicare metodologie di esplorazione e di analisi che considerino sia l'estrema eterogeneità delle strutture vulcaniche sia le particolari condizioni operative nelle quali si è costretti ad operare sui vulcani italiani (alto rumore, alta densità abitativa, ecc.), ed utilizzare metodologie di inversione tridimensionale. Le recenti esperienze di acquisizione ed elaborazione di dati di sismica attiva e/o di terremoti per le esplorazione sismica hanno mostrato che l'utilizzo congiunto di fasi dirette, rifratte e riflesse/convertite e l'integrazione di altri dati geofisici (gravimetrici, magnetici di pozzo) possono fornire un'immagine tri-dimensionale di dettaglio della struttura vulcanica inclusi eventuali serbatoi magmatici intracrostali. Per questo motivo si prevede l'utilizzo dell'intera

informazione contenuta nei sismogrammi (tempi di arrivo, ampiezza, polarità, fasi) e utilizzare algoritmi che consentano una valutazione della risoluzione e della stabilità dei modelli. Di particolare interesse sono le conoscenze sulla qualità anelastica delle rocce vulcaniche deducibile da studi di attenuazione delle onde sismiche. Inoltre saranno sviluppati gli algoritmi necessari all'utilizzo dei modelli strutturali 3D per la localizzazione dei terremoti.

Il progetto di ricerca quindi prevede non solo l'applicazione di metodologie geofisiche avanzate per ricostruire immagini delle proprietà elastiche ed anelastiche della crosta al di sotto di aree vulcaniche di particolare interesse, ma anche lo sviluppo e l'adattamento di metodologie di analisi dati e di tecniche di inversione adatte alle caratteristiche di estrema eterogeneità delle strutture indagate. Le indagini di geologia strutturale integrate da modelli di laboratorio sono un supporto importante ed auspicabile anche per l'interpretazione dei modelli geofisici in termini litologici.

I dati raccolti nel progetto saranno resi disponibili alla comunità scientifica alla chiusura del progetto sotto forma di una banca dati.

Tab. 5.2.1

PROGETTO	Resp.	Afferenza	1°anno	3anni
14- Metodologie Sismiche Integrate per lo studio della struttura dei vulcani attivi. Applicazione alla caldera dei Campi Flegrei	Zollo Aldo	Università di Napoli, Dip.to di Scienze Fisiche	300	850

Risultati finali previsti

- Applicazione e valutazione di tecniche avanzate 2D/3D di elaborazione ed interpretazione di dati sismici non convenzionali, attivi e passivi, in mezzi fortemente eterogenei.
- Determinazione di una dettagliata immagine 3D della struttura vulcanica a scala locale e regionale rappresentata da modelli crostali di velocità e di attenuazione delle onde sismiche. Risoluzione ed analisi degli errori dei parametri ottenuti. In particolare, gli studi saranno mirati alla identificazione e ricostruzione del possibile sistema di alimentazione dei Campi Flegrei.
- Le immagini di velocità e di attenuazione così ottenute, con le relative stime di incertezza e di risoluzione spaziale, saranno confrontate alle differenti misure geologiche/geofisiche di campagna e di laboratorio. Questo permetterà di controllare la consistenza dei modelli proposti, per investigare le possibili implicazioni vulcanologiche e di eseguire modellizzazioni termo-meccaniche.
- Costruzione ed implementazione di un archivio di agevole consultazione di dati sismici digitali a tre componenti di micro terremoti e di scoppi registrati nella regione dei Campi Flegrei.

Obiettivi previsti alla fine del primo anno

Gli obiettivi che si prevede di raggiungere alla fine del primo anno nell'ambito della Linea di Ricerca 5 sono i seguenti:

Progetto 14:

Validazione delle metodologie attraverso test su dati sintetici

- Sviluppo e applicazione di esempi sintetici di un metodo 2D di inversione non-lineare di dati di sismica a riflessione (denominata N-LIRD nel seguito), rivolto alla ricostruzione della forma di riflettori irregolari.
- Sviluppo e applicazione di esempi sintetici di un metodo di tomografia di attenuazione 3D basato sulla larghezza dei primi impulsi P ed S.
- Implementazione di tecniche tomografiche (velocità) usando l'inversione congiunta dei primi arrivi da terremoti crostali e sorgenti artificiali.
- Sviluppo di metodologie di localizzazione dei terremoti in mezzi eterogenei e loro applicazione ai microterremoti.
- Inversione tomografica: sviluppo teorico (rappresentazione in coordinate curvilinee e modificazione degli esistenti ray-tracer nel sistema di coordinate sviluppato); in alternativa, sviluppo di codice per parametrizzazione “natural neighbours” e testing del ray-tracer
- Inversione tomografica: testing degli algoritmi di inversione congiunta per i parametri del modello di velocità e localizzazione ipocentrale
- Modellazione sismica diretta: sviluppo di un metodo pseudo-spettrale di Fourier. Condizioni di superficie libera e irraggiamento ai bordi. Attenuazione secondo il modello di Graves. Sorgenti puntiformi esplosive e terremoti.
- Modellazione sismica diretta: nella seconda parte del primo anno, simulazioni per riprodurre le forme d'onda registrate durante gli esperimenti di sismica attiva e i microterremoti.
- Codice per la localizzazione dei terremoti in mezzi eterogenei.

Database e primo processing dei dati

- Ricostruzione di un modello di riferimento tridimensionale per i terremoti locali e la tomografia sismica attiva. Processing e picking dei dati sismici.
- Implementazione del database usando le registrazioni sismiche raccolte attraverso la rete sismica digitale installata dall'Università del Wisconsin.
- Revisione dei modelli tomografici e rilocalizzazione dei terremoti (1983-1984).
- Recupero ed omogeneizzazione dei vecchi dati IRRS degli esperimenti DSS e loro integrazione con il data set MareVes 97.
- Interpretazione dei dati MareVes 97 con modelli ad alta risoluzione e definizione della struttura della crosta superficiale e media.
- Campionamento e caratterizzazione della mineralogia e della porosità dei campioni. Inizio delle misure (a condizioni ambiente).
- Acquisizione dei vicoli sul modello termico dalla fenomenologia e dalla letteratura.

5.3 CONFRONTO CON GLI OBIETTIVI DEL PROGRAMMA QUADRO

Gli obiettivi previsti dal programma quadro sono sufficientemente coperti dal Progetto approvato inerente questa linea e dall'attività di tomografia sismica relativa all'Etna contenuta nel Progetto 6 (Resp. Bonafede). Gli obiettivi relativi allo sviluppo di metodologie non sismiche sono, particolarmente quelle elettro-magnetiche e gravimetriche) sono inclusi in modo soddisfacente nel Progetto 5 (Resp. Del Negro).

LINEA 6 INDAGINI SULLE PARTI SOMMERSE DEI VULCANI ITALIANI

6.1 INDICAZIONI DATE DAL PROGRAMMA QUADRO

La linea di ricerca n. 6 del Programma Quadro 2000-2002 prevede indagini sulle parti sommerse dei vulcani italiani.

Gli studi finora eseguiti sull'evoluzione geologica dei vulcani insulari hanno utilizzato essenzialmente i dati sulla parte emersa. I rilievi effettuati recentemente con tecnica multibeam per profondità superiori a 500 metri hanno fornito informazioni dettagliate della morfologia del fondo marino del Tirreno Meridionale e delle parti sommerse dei vulcani. I dati acquisiti mostrano che i vulcani sottomarini come il Vavilov e il Marsili mostrano morfologie sommitali caratterizzate da allineamenti di coni e dorsali vulcaniche tipiche delle zone di rifting e sono pertanto esposti a cedimenti catastrofici di vasta scala.

Nel Tirreno Meridionale esiste inoltre un rischio legato alla possibile generazione di tsunami per a) collassi e cedimenti strutturali dei fianchi emersi di vulcani insulari; b) slumps e frane di detriti su piani di scivolamento posti nella parte basale del vulcano; c) frane sottomarine dovute all'instabilità delle coste tirreniche della Calabria e della Sicilia. La valutazione delle pericolosità, caratteristiche, dimensioni e probabilità d'occorrenza dei fenomeni d'innescio di onde di tsunami, costituiscono dati di fondamentale importanza per le attività rivolte alla prevenzione di tale pericolo.

Per valutare i rischi connessi all'esistenza delle isole vulcaniche e delle strutture sottomarine connesse, è necessario effettuare rilievi batimetrici di dettaglio soprattutto della fascia compresa tra 0 e 500 metri utilizzando tecniche avanzate multibeam, side scan sonar ed altre metodologie di alto dettaglio e grande copertura, ed immagini visive del fondale.

6.2 PROGETTI APPROVATI E LORO OBIETTIVI

Nell'ambito di questa linea di ricerca è stato finanziato un unico progetto per un costo di 500.000.000 relativo al 1 anno d'attività ed una previsione di spesa totale di 1.200.000.000. Il titolo del progetto, il coordinatore, l'ente d'afferenza, e i fondi del progetto sono riportati in Tab. 6.2.1.

Il programma coordinato da M. Rosi presentato all'interno del tema 2 dal titolo: "Pericolosità del Vulcano Stromboli", comprende la realizzazione di studi di geologia marina riguardanti i depositi di frana prodotti dal collasso del vulcano omonimo e la modellazione dei relativi fenomeni di tsunami. Entrambe le attività sono pertinenti al tema di ricerca sei.

Le attività di ricerca finanziate nell'ambito dei progetti Chiocci e Rosi prevedono l'esecuzione di studi sui vulcani insulari di Stromboli Vulcano, Ischia e Ustica, sulle parti sommerse dell'Etna e sui vulcani sottomarini Vavilov e Marsili. Nell'ambito di questi studi è prevista la realizzazione di modelli tridimensionali dei vulcani (DTM) utilizzando sia i dati marini (batimetrici) che quelli terrestri (aerofotogrammetrici) attraverso un'appropriata definizione delle specifiche di compatibilità dei dati. E' prevista inoltre la caratterizzazione geotecnica dei fenomeni d'instabilità sottomarini e di quelli sub-aerei collegati, tramite la realizzazione di campagne a mare per il prelievo di campioni su Ischia e Vulcano e di indagini e caratterizzazione dei materiali. Per quanto riguarda l'Isola d'Ischia è prevista una campagna di misura a mare ad integrazione dei dati raccolti durante la campagna TOBI.

Per ciò che concerne lo studio delle parti sommerse dei vulcani dell'arco Eoliano, di Ustica e dei monti sottomarini centro-tirrenici (Marsili e Vavilov), è prevista un'analisi dei dati già acquisiti, l'elaborazione dei dati multi-beam, l'esecuzione di campagne geofisiche in mare (Tirreno meridionale), e il campionamento di rocce per analisi geochemiche.

Le porzioni sommerse dell'apparato dell'Etna antistanti la Valle del Bove saranno anch'esse oggetto di rilievo con tecnica multi-beam. Sulla base dei risultati conseguiti è prevista la pianificazione di campagne di ricerca geofisica, di campionatura analisi geochemiche di rocce e di sedimenti.

Le parti sommerse dell'isola di Stromboli ed in particolare il settore antistante la Sciara del Fuoco, saranno studiati in dettaglio con l'obiettivo di definire le caratteristiche, l'estensione e possibilmente l'età dei corpi di frana. E' prevista a questo fine l'esecuzione di rilievi batimetrici ad alta risoluzione (tecnica TOBI), di indagini geofisiche per la definizione delle caratteristiche di riflettività sismica dei corpi rocciosi nonché dello spessore e caratteristiche della copertura sedimentaria fine. Le indagini saranno affiancate dalla raccolta di campioni di rocce mediante

dragaggio e il prelievo di sedimenti sciolti mediante carotaggi a gravità. I carotaggi a gravità dovrebbero tra l'altro fornire informazioni su eventuali depositi di turbiditi vulcanogeniche associate a fenomeni di debris avalanche.

Tab. 6.2.1

PROGETTO	Resp.	Afferenza	1°anno	3anni
15- Conoscenza delle parti sommerse dei vulcani italiani e valutazione del potenziale di rischio vulcanico	Chiocci Francesco Latino	Università di Roma, Dip.to di Scienze della Terra	500	1200
	Marani Michael	Istituto di Geologia Marina CNR, Bologna		

Risultati finali previsti

- Ricostruzione del modello tridimensionale della superficie (DTMM).
- Caratterizzazione geotecnica dei fenomeni di instabilità sottomarini e dei fenomeni subaerei collegati.
- Indagini sulle parti sommerse dell'Isola d'Ischia con definizione dei processi evolutivi sulla base dei dati marini.
- Analisi della pericolosità delle porzioni sommerse dei vulcani dell'arco Eoliano, di Ustica e dei monti sottomarini centrotirrenici (Marsili e Vavilov).
- Indagini sulla porzione sommersa dell'apparato dell'Etna.
- Indagini sulle porzioni sommerse di Stromboli e Vulcano e studio dei fenomeni di instabilità; vulcanismo e geologia strutturale dell'Isola d'Ischia.

Obiettivi previsti alla fine del primo anno

Gli obiettivi che si prevede di raggiungere alla fine del primo anno nell'ambito della Linea di Ricerca 6 sono i seguenti:

Progetto 15:

- Raccolta ed organizzazione dei dati esistenti sull'isola di Vulcano (DTM)
- Programmazione e realizzazione delle campagne a mare per il prelievo dei campioni di Ischia e Vulcano.
- Prima parte dell'esecuzione di campagne in mare (con Urania e con mezzo minore) con acquisizione di dati batimetrici multifascia, sismici, multicanale ad alta risoluzione, magnetometrici e di campioni del fondale nell'isola d'Ischia.
- Analisi dei dati pregressi ed interpretazione dei dati multibeam e riconoscimento dei centri vulcanici sommersi a bassa profondità pericolosi per il loro potenziale esplosivo (arco Eoliano, Ustica e monti sottomarini centrotirrenici: Marsili e Vavilov).
- Campagna di ricerca geofisica in mare (Etna).
- Interpretazione ed integrazione dei diversi di tipi di dati esistenti ed individuazione di aree chiave da sottoporre ad ulteriori indagini (Stromboli).
- Revisione dei dati batimetrici e sismoacustici esistenti nell'isola di Vulcano.
- Prima parte del rilevamento geologico di dettaglio dell'area a sud di M. Epomeo (Ischia).

- Redazione di una carta morfostrutturale preliminare, basata sull'analisi di fotografie aeree e redazione di una carta del reticolo idrografico che fungerà da base per la preparazione della carta di pericolosità per invasione da debris-flow e mud-flow (Ischia).
- Prima definizione della geologia di superficie e dell'assetto morfologico e strutturale del settore meridionale dell'isola d'Ischia.

6.3 CONFRONTO FRA OBIETTIVI DEL PROGRAMMA QUADRO E DEL PROGETTO ESECUTIVO

Complessivamente gli studi finanziati coprono gran parte delle tematiche e degli obiettivi indicati nel Tema sei del Programma Quadro. Ischia, in quanto zona ad alta sismicità e soggetta in epoca molto recente a forte sollevamento e Stromboli, come cono vulcanico attivo sottoposto a rapida evoluzione, sono gli edifici vulcanici insulari su cui è concentrato il massimo sforzo per l'acquisizione dei dati necessari alla valutazione e mitigazione dei pericoli connessi con fenomeni di franamento catastrofico e induzione di onde di tsunami. Attenzione è altresì posta allo studio delle parti sommerse dell'Etna e dei vulcani sommersi del Tirreno Meridionale per i quali è ragionevole porsi domande circa la loro stabilità dei loro versanti e la possibilità che essi possano generare fenomeni calamitosi.

LINEA 7 CAMPI FLEGREI

7.1 INDICAZIONI DATE DAL PROGRAMMA QUADRO

La linea di ricerca n. 7 del Programma Quadro 2000-2002 prevede uno studio volto alla definizione del possibile scenario eruttivo e degli associati fenomeni precursori nei Campi Flegrei; considerando che nell'area vivono attualmente circa mezzo milione di persone, e che la città di Napoli si trova pochi chilometri ad est delle bocche eruttive degli ultimi 10.000 anni, questi studi rivestono una rilevanza prioritaria per la Protezione Civile.

I fenomeni di bradisismo verificatisi negli ultimi trenta anni nell'area vulcanica Flegrea, pongono il problema di una possibile riattivazione del sistema a medio termine.

I dati ad oggi disponibili indicano che i Campi Flegrei sono una caldera polifasata legata alla presenza di un sistema magmatico superficiale che ha alimentato sia i fenomeni eruttivi che il riscaldamento delle rocce del sottosuolo con associato sviluppo di un esteso sistema geotermico. Nel corso degli ultimi 40.000 anni i fenomeni eruttivi sono stati caratterizzati da clamorose variazioni di scala e da una sostanziale diminuzione di intensità e magnitudo.

In analogia ad altre caldere attive del mondo, la caldera dei Campi Flegrei pone grossi problemi in termini di prevedibilità dello scenario eruttivo sia per quando riguarda la definizione del dove può avvenire l'apertura di una nuova bocca eruttiva sia per quando riguarda la definizione delle caratteristiche dell'eruzione attesa.

Gli obiettivi prioritari per la definizione del sistema e la sua evoluzione sono i seguenti:

1. definizione della struttura, in particolare del sistema di alimentazione (profondità, dimensioni, quantità di magma residuo presente, ecc.);
2. comprensione del meccanismo del bradisismo;
3. definizione dello scenario e della pericolosità, con individuazione dell'area di maggiore probabilità di apertura della bocca eruttiva;
4. valutazione del bilancio di flusso di calore e delle emissioni gassose sull'intero vulcano, compresa l'area sommersa.

L'acquisizione di queste informazioni è fondamentale, ai fini della Protezione Civile, per la simulazione dei fenomeni eruttivi e per la corretta valutazione e interpretazione dei segnali precursori.

La capacità di previsione di possibili eventi eruttivi necessita lo studio dei fenomeni fisici e chimici legati alla risalita di magma verso la superficie. La modellazione dello scenario eruttivo e la definizione e zonazione della pericolosità vulcanica basata sull'integrazione delle conoscenze vulcanologiche, geofisiche e geochemiche affiancate allo sviluppo di adeguati modelli quantitativi di funzionamento.

Nei Campi Flegrei è auspicabile l'esecuzione di un sondaggio scientifico profondo nel centro della caldera per la raccolta di informazioni che producano un salto di conoscenza sulla struttura, stato termico e dinamismo del sistema caldera-camera magmatica. Tale sondaggio dovrebbe essere sottoposto come progetto all'International Continental Scientific Drilling Programme (ICDP) e alla Commissione Europea per il cofinanziamento insieme ad organismi e istituzioni nazionali.

Le potenzialità scientifiche di una tale operazione sono molteplici e dovrebbero essere valutate e approfondite all'interno di un progetto di fattibilità che veda la partecipazione di una consistente rappresentanza di ricercatori e istituzioni scientifiche internazionali.

7.2 PROGETTI APPROVATI E LORO OBIETTIVI

Sono stati finanziati 2 progetti per un costo totale di 970.000.000 relativo al 1 anno d'attività ed una previsione di spesa totale di 2.200.000.000. I titoli dei progetti, i coordinatori, gli enti d'afferenza, e i fondi per ogni progetto sono riportati in Tab. 7.2.1. Gli obiettivi dei due progetti rientrano nelle linee guida del Programma Quadro.

I due progetti sono largamente complementari, il primo privilegiando un approccio alla problematica della pericolosità basata sullo studio complessivo dell'evoluzione vulcanica, magmatologica e strutturale dell'area flegrea il secondo focalizzandosi sulla modellazione dello scenario eruttivo atteso mediante la simulazione numerica della ascesa del magma nel condotto e della sua frammentazione e della dispersione nell'atmosfera dei prodotti piroclastici delle eruzioni di Monte Spina, Astroni, Monte Nuovo ed Ignimbrite Campana.

Il progetto coordinato da G. Orsi intende contribuire al problema della valutazione della pericolosità vulcanica nei Campi Flegrei attraverso la definizione dello stato attuale del sistema magmatico e la definizione dell'assetto strutturale e tettonico condizionante l'apertura di bocche eruttive, con il fine ultimo di valutare gli scenari eruttivi attesi.

Il progetto prevede anche la modellazione dei dati sia con metodi numerici che analogici, al fine di ottimizzarne l'interpretazione. I risultati saranno rappresentati su carte tematiche inserite in un sistema GIS.

Il progetto coordinato di P. Papale è indirizzato all'accertamento della pericolosità vulcanica ai Campi Flegrei attraverso un approccio interdisciplinare dove le diverse attività (studi di terreno, di laboratorio, e teorico-numerici) concorrono in maniera interdipendente e complementare all'ottenimento del comune obiettivo. Gli studi di terreno si prefiggono lo studio dettagliato di alcune fasi eruttive della storia passata dei Campi Flegrei su cui concentrare la ricerca, inquadrando le fenomenologie eruttive d'interesse, e selezionando i depositi su cui concentrare le indagini di laboratorio. Gli studi di laboratorio si focalizzano sulle proprietà e sui processi fondamentali ottenendo misure e dati sulla base dei quali vengono definite e calibrate le equazioni costitutive necessarie per le simulazioni numeriche; queste ultime, infine, permettono una descrizione quantitativa della distribuzione spaziale e temporale delle variabili fisiche durante i processi vulcanici, sia nel sottosuolo che in superficie, conducendo direttamente alla valutazione della pericolosità vulcanica associata alle eruzioni e fasi eruttive studiate.

Tab. 7.2.1

PROGETTO	Resp.	Afferenza	1°anno	3anni
16- Definizione e zonazione della pericolosità vulcanica della caldera risorgente dei Campi Flegrei e suoi effetti sull'uomo e sull'ambiente	Orsi Giovanni	Osservatorio Vesuviano, Napoli	670	1700
17- Simulazione di scenari eruttivi ai Campi Flegrei sulla base di studi stratigrafici, di laboratorio e numerici e implicazioni di pericolosità vulcanica	Papale Paolo	Istituto Nazionale di Geofisica, Dip.to di Scienze della Terra, Pisa	200	500

Risultati finali previsti

- La definizione della storia vulcanica e deformativa della caldera dei Campi Flegrei, delle relazioni intercorrenti tra strutture tettoniche, vulcano-tettoniche e fenomeni eruttivi. Inversione tomografico-probabilistica dei dati MT ed MV nell'area vulcanica dei Campi Flegrei. Elaborazione di un modello strutturale 3D dell'area Napoletano-flegrea basato su dati magnetici, gravimetrici e sismici.
- Identificazione dei magmi primari e definizione della loro genesi e dei processi di differenziazione. Definizione del meccanismo di crescita del serbatoio magmatico che alimentò l'eruzione dell'IC, e della sua interazione con i magmi del TGN. Studio dei processi evolutivi che hanno operato nel sistema magmatico negli ultimi 100 ka. Definizione del meccanismo e della durata del processo di mescolamento/mingling che ha operato nel sistema flegreo negli ultimi 12 ka. Elaborazione di un modello numerico dello stato attuale del sistema magmatico flegreo mediante l'elaborazione di tutti i dati prodotti.
- Ricostruzione della sequenza stratigrafica e della dinamica delle eruzioni più significative della caldera flegrea negli ultimi 12 ka, e quantificazione dei loro parametri fisici. Elaborazione di carte di distribuzione dei depositi da flusso e da caduta delle singole eruzioni esplosive, e

valutazione del carico al suolo dei depositi da caduta. Ricostruzione delle dinamiche di frammentazione e di trasporto di depositi, rappresentativi dell'intero intervallo di variabilità delle dinamiche e della magnitudo delle eruzioni verificatesi negli ultimi 5 ka. Determinazione della temperatura di messa in posto, direzione di movimento e dell'area sorgente di flussi piroclastici, attraverso misure di suscettività magnetica e magnetizzazione rimanente, e cronologia relativa delle eruzioni in base allo studio delle variazioni paleo-secolari.

- Simulazione numerica della dispersione dei prodotti di caduta in seguito ad eruzioni esplosive con formazione di colonne convettive pliniane. Simulazione numerica della messa in posto dei flussi piroclastici in seguito al collasso della colonna eruttiva. Modellazione fisica degli eventi bradisismici. Modellazione fisica per definire la distribuzione di masse magmatiche a bassa profondità. Valutazione della vulnerabilità vulcanica delle strutture edilizie e delle popolazioni in relazione ad un'eruzione esplosiva nella caldera dei Campi Flegrei.
- Studi stratigrafici, granulometrici, analisi dei componenti, e campionamento dei depositi delle eruzioni del Monte Nuovo e di Astroni.
- Analisi petrochimiche sui depositi delle eruzioni del Monte Nuovo e di Astroni; studi sulle inclusioni fluide in campioni provenienti da depositi delle eruzioni dell'Ignimbrite Campana e di Agnano Monte Spina.
- Parametrizzazione della reologia per liquidi magmatici di composizione corrispondente a quella delle eruzioni studiate e contenenti in sospensione cristalli e bolle di gas.
- Studi di petrologia sperimentale e sulle inclusioni fluide di campioni appartenenti all'Ignimbrite Campana, e studi sperimentali di equilibrio chimico; determinazione della pressione, temperatura, e contenuto in volatili in camera magmatica; studi di petrologia sperimentale su eruzioni più giovani. Sintesi dei risultati di petrologia sperimentale; ulteriori esperimenti sui processi cinetici associati alla risalita del magma o a processi di mixing.
- Studi sperimentali di frammentazione del magma volti alla parametrizzazione dei fattori che determinano la distribuzione granulometrica in funzione di pressione, temperatura, e tasso di depressurizzazione; parametrizzazione dei fattori tessiturali di controllo nella determinazione del carico di rottura della magma e dell'efficienza della frammentazione.
- Determinazione sperimentale della diffusività dell'anidride carbonica a pressione costante e per varie temperature; analisi dei prodotti sperimentali, e determinazione dei coefficienti di diffusività. Esperimenti di diffusione per campioni contenenti sia acqua che anidride carbonica; studio della dipendenza dei coefficienti di diffusione dalla temperatura.

Obiettivi previsti alla fine del primo anno

Gli obiettivi che si prevede di raggiungere alla fine del primo anno nell'ambito della Linea di Ricerca 7 sono i seguenti:

Progetto 16:

- Analisi di fotoaeree e di immagini da satellite e rilievi stratigrafico-strutturali sia all'interno della caldera del Tufo Giallo Napoletano che sui versanti occidentali dei contrafforti appenninici.
- Sviluppo completo della teoria d'inversione e rappresentazione em 3D tomografico-probabilistica.
- Allestimento di un laboratorio sperimentale per formulare e verificare modelli di genesi ed evoluzione dei magmi flegrei.

- Campionatura di prodotti flegrei rappresentativi di tutto l'intervallo composizionale da trachibasalto a trachifonolite.
- Selezione di un certo numero sezioni stratigrafiche significative, relative ai depositi delle eruzioni di Agnano-Monte Spina e di Astroni e il relativo studio, con il dettaglio del centimetro, dei caratteri strutturali e tessiturali dei depositi
- Effettuazione di una campionatura preliminare di unità stratigrafiche rappresentative delle 3 epoche di attività vulcanica recente e con caratteri litologici differenti.
- Effettuazione di rilievi stratigrafici e vulcanologici nelle aree settentrionali, sia interne che esterne alla caldera del Tufo Giallo Napoletano. Analisi stratigrafica e vulcanologica dei depositi eruttati dai vulcani di Astroni e Monte Nuovo.
- Raccolta dati con il metodo aerofotogrammetrico per la caratterizzazione tipologica di metà dei centri urbani ricadenti nell'area di studio.
- Sviluppo di un codice numerico con interfaccia "user friendly" per la simulazione della messa in posto di ceneri vulcaniche prodotte dalle eruzioni esplosive con colonna eruttiva sostenuta.

Progetto 17:

- Studio stratigrafico, granulometrico, analisi dei componenti, e campionamento sui depositi delle eruzioni di Agnano Monte Spina e Ignimbrite Campana; inizio degli studi di terreno sui depositi dell'eruzione di Monte Nuovo, e campionamento preliminare dei depositi dell'eruzione di Astroni.
- Analisi chimiche e mineralogiche sui campioni dell'eruzione di Agnano Monte Spina e dell'Ignimbrite Campana; selezione dei campioni per studi sulle inclusioni fluide.
- Parametrizzazione delle relazioni viscosità-contenuto in acqua-temperatura per composizioni rappresentative della frazione liquida del magma per le quattro eruzioni oggetto di studio (Agnano Monte Spina, Ignimbrite Campana, Astroni, Monte Nuovo).
- Analisi delle relazioni di equilibrio-disequilibrio chimico tra fenocristalli e inclusioni fluide; determinazione, attraverso tecniche di petrologia sperimentale, della pressione, temperatura, e contenuto in volatili nella regione di stoccaggio pre-eruttivo del magma.
- Determinazione sperimentale del carico di rottura del magma e del comportamento alla frammentazione. Parametrizzazione del carico di rottura tensile dei magmi oggetto di studio in funzione di pressione, temperatura, e tasso di depressurizzazione alla frammentazione.
- Esperimenti di diffusione dell'acqua a pressione costante e per varie temperature, analisi dei prodotti sperimentali, determinazione dei coefficienti di diffusione dell'acqua.
- Caratterizzazione tessiturale dei prodotti dell'Ignimbrite Campana e parzialmente di quelli dell'eruzione di Agnano Monte Spina.
- Simulazioni numeriche della risalita dei magmi finalizzate a studi di sensibilità, simulazioni numeriche preliminari per le eruzioni di Agnano Monte Spina e dell'Ignimbrite Campana.
- Simulazioni numeriche della dispersione gas-piroclasti nell'atmosfera e lungo flussi piroclastici volte a studi parametrici sulle variabili principali caratterizzanti la miscela piroclastica alla base del cratere.

7.3 CONFRONTO FRA OBIETTIVI DEL PROGRAMMA QUADRO E DEL PROGETTO ESECUTIVO

I due progetti finanziati coprono largamente gli obiettivi indicati nel Programma Quadro. Entrambi coordinano un elevato numero di unità operative i cui responsabili hanno mediamente un elevato profilo scientifico con significativa partecipazione di ricercatori internazionali specializzati in discipline non adeguatamente sviluppate in Italia. L'esistenza di due progetti costituisce in qualche modo una garanzia che i risultati, indipendentemente ottenuti nel campo della valutazione della pericolosità, siano soggetti a ulteriore controllo e validazione.

Per quanto riguarda l'esecuzione di un sondaggio scientifico profondo nell'area flegrea, nell'ambito dell'International Continental Scientific Drilling Programme (ICDP) è opportuno che il GNV operi attivamente per creare le premesse affinché questo possa effettivamente realizzarsi a tempi medio-brevi.

Tabella riassuntiva dei progetti e dei finanziamenti

TEMA 1					
SVILUPPO DI METODOLOGIE DI SORVEGLIANZA					
Progetto 01	Responsabile	Afferenza	1°anno	3anni	Fondi
Emissioni gassose diffuse in aree vulcaniche. Aspetti geochimici, strutturali e modelli fisici del processo. Sviluppo di tecniche di monitoraggio	Chiodini Giovanni	Osservatorio Vesuviano, Napoli	260	630	OV Legge 74/96
UR - Responsabili	Afferenza				
<i>Chiodini Giovanni</i>	<i>Osservatorio Vesuviano, Napoli</i>		117		
<i>Cioni Roberto</i>	<i>Ist. Geocronologia e Geochimica Isotopica CNR, Pisa</i>		30		
<i>Mostacci Domiziano</i>	<i>Università di Bologna, Lab. di Ingegneria Nucleare di Montecuccolino</i>		30		
<i>Todini Ezio</i>	<i>Università di Bologna, Dip.to Scienze della Terra e Geologico-Ambientali</i>		41		
<i>Quattrocchi Fedora</i>	<i>Istituto Nazionale di Geofisica Roma, Lab. Geochimica Fluidi Applicata alla sismotettonica</i>		15		
<i>Parello Francesco</i>	<i>Università di Palermo, Dip.to di Chimica e Fisica della Terra ed Applicazioni</i>		27		
Progetto 02	Responsabile	Afferenza	1°anno	3anni	Fondi
Sviluppo di un sistema spettroscopico integrato per la rivelazione remota e in continua di gas vulcanici	De Natale Paolo	Istituto Nazionale Di Ottica, Firenze	340	900	GNV
UR - Responsabili	Afferenza				
<i>De Natale Paolo</i>	<i>Istituto Nazionale Di Ottica – Firenze</i>		165		
<i>Gianfrani Livio</i>	<i>Seconda Università di Napoli, Dip.to Scienze Ambientali</i>		90		
<i>Oppenheimer Clive</i>	<i>Dept. Geography University of Cambridge</i>		50		
<i>Tittel Frank K.</i>	<i>Electrical & Computer Engineering Rice University, Houston, USA</i>		35		
Progetto 03	Responsabile	Afferenza	1°anno	3anni	Fondi
Innovazione tecnologica ed automazione nelle applicazioni integrate dei metodi elettromagnetici e dei campi di Potenziale in aree vulcaniche attive	Del Negro Ciro	Istituto Internazionale di Vulcanologia CNR, Catania	330	830	Poseidon
UR - Responsabili	Afferenza				
<i>Del Negro Ciro</i>	<i>Istituto Internazionale di Vulcanologia CNR, Catania</i>		75		
<i>Zaja Annalisa</i>	<i>Università di Padova, Dip.to di Geologia, Paleontologia e Geofisica</i>		25		
<i>Schiavone Domenico</i>	<i>Università di Bari, Dip.to di Geologia e Geofisica</i>		10		
<i>Meloni Antonio</i>	<i>Istituto Nazionale di Geofisica, Roma</i>		25		
<i>Lapenna Vincenzo</i>	<i>Istituto di Metodologie Avanzate di Analisi Ambientale del CNR, Potenza</i>		25		
<i>Nunnari Giuseppe</i>	<i>Università di Catania, Dip.to Elettrico Elettronico e Sistemistico</i>		25		
<i>Fedi Maurizio</i>	<i>Università di Napoli, Dip.to di Geofisica e Vulcanologia</i>		25		
<i>Budetta Gennaro</i>	<i>Istituto Internazionale di Vulcanologia CNR, Catania</i>		35		
<i>Patella Domenico</i>	<i>Università di Napoli, Dip.to di Scienze Fisiche</i>		55		

INGV – Gruppo Nazionale per la Vulcanologia
Progetto Esecutivo I anno

<i>Fortuna Luigi</i>	<i>Università di Catania, Dip.to Elettrico Elettronico e Sistemistica</i>		30		
Progetto 04	Responsabile	Afferenza	1°anno	3anni	Fondi
Caratteristiche chimiche ed isotopiche dei gas e delle acque del Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia e Vulcano: valutazione del rischio vulcanico	Stanzione Damiano	Università di Napoli, Dip.to di Scienze della Terra	150	420	GNV
UR - Responsabili	Afferenza				
<i>Stanzione Damiano</i>	<i>Università di Napoli, Dip.to di Scienze della Terra</i>		63		
<i>Pece Raimondo</i>	<i>Università di Napoli, Dip.to di Geofisica e Vulcanologia</i>		47		
<i>Tedesco Dario</i>	<i>Università di Caserta, Dip.to di Scienze Ambientali</i>		40		
Progetto 05	Responsabile	Afferenza	1°anno	3anni	Fondi
Studio Multidisciplinare per la Definizione del Budget di massa e di energia nei vulcani attivi italiani	Valenza Mariano	Università di Palermo, Dip.to di Chimica e Fisica della Terra ed Applicazioni	300	900	GNV
UR - Responsabili	Afferenza				
<i>Valenza Mariano</i>	<i>Università di Palermo, Dip.to di Chimica e Fisica della Terra ed Applicazioni</i>		60		
<i>Cioni Roberto</i>	<i>Istituto di Geocronologia e Geochimica Isotopica, CNR –Pisa</i>		30		
<i>Allard Patrick</i>	<i>Laboratoire Pierre Süe CEA -CNRS, Gif Sur Yvette, France</i>		20		
<i>Romano Romolo</i>	<i>Istituto Internazionale di Vulcanologia CNR, Catania</i>		25		
<i>Vurro Filippo</i>	<i>Università di Bari, Dip.to Geomineralogico</i>		20		
<i>Gurrieri Sergio</i>	<i>Istituto Geochimica dei Fluidi, CNR, Palermo</i>		50		
<i>Parello Francesco</i>	<i>Università di Palermo, Dip.to di Chimica e Fisica della Terra ed Applicazioni</i>		15		
<i>Favara Rocco</i>	<i>Istituto Geochimica dei Fluidi, CNR, Palermo</i>		45		
<i>D'Alessandro Walter</i>	<i>Istituto Geochimica dei Fluidi, CNR, Palermo</i>		35		

TEMA 2
SCENARI ERUTTIVI E VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ

Progetto 06	Responsabile	Afferenza	1°anno	3anni	Fondi
Studi e constraints su stoccaggi intermedi, risalita e condotti attraverso la modellizzazione dei campi di strain, e tomografia in velocità e attenuazione all'Etna	Bonafede Maurizio	Università di Bologna, Dipartimento di Scienze Fisiche	320	880	Poseidon
<i>UR - Responsabili</i>	Afferenza				
<i>Bonafede Maurizio</i>	<i>Università di Bologna, Dipartimento di Scienze Fisiche</i>		58		
<i>Bonaccorso Alessandro</i>	<i>Istituto Internazionale di Vulcanologia CNR, Catania</i>		23		
<i>Patanè Domenico</i>	<i>Istituto Internazionale di Vulcanologia CNR, Catania</i>		59		
<i>La Rosa Guido</i>	<i>Università di Catania, Istituto di Macchine, Facoltà di Ingegneria</i>		20		
<i>Chiarabba Claudio</i>	<i>Istituto Nazionale di Geofisica, Roma</i>		40		
<i>Gresta Stefano</i>	<i>Università di Catania, Dip.to di Scienze Geologiche</i>		40		
<i>Neri Giancarlo</i>	<i>Università di Messina, Istituto di Scienze della Terra</i>		40		
<i>Privitera Eugenio</i>	<i>Istituto Internazionale di Vulcanologia CNR, Catania</i>		40		
Progetto 07	Responsabile	Afferenza	1°anno	3anni	Fondi
Pericolosità del vulcano Stromboli	Rosi Mauro	Università di Pisa, Dipartimento di Scienze della Terra	400	1050	GNV
<i>UR - Responsabili</i>	Afferenza				
<i>Rosi Mauro</i>	<i>Università di Pisa, Dipartimento di Scienze della Terra</i>		83.8		
<i>Pompilio Massimo</i>	<i>Istituto Internazionale di Vulcanologia CNR, Catania</i>		29.3		
<i>Francalanci Lorella</i>	<i>Università di Firenze, Dip.to di Scienze della Terra</i>		41.1		
<i>Serri Giancarlo</i>	<i>Università di Parma, Dip.to di Scienze della Terra</i>		52.6		
<i>Carapezza Maria Luisa</i>	<i>Istituto Nazionale di Geofisica, Roma</i>		67.1		
<i>Tibaldi Alessandro</i>	<i>Università di Milano Bicocca, Dip.to Scienze Geologiche e Tecnologiche</i>		38.2		
<i>Vettore Antonio</i>	<i>Università di Padova, Centro Interdipartimentale Ricerca Cartografia, Fotogrammetria e SIT</i>		29.8		
<i>Tinti Stefano</i>	<i>Università di Bologna, Dip.to di Fisica</i>		58.1		
Progetto 08	Responsabile	Afferenza	1°anno	3anni	Fondi
Eruzioni Esplosive di Vulcani Attivi Italiani- Scenari Eruttivi, Carte di pericolosità e di Rischio: Vesuvio, Vulcano e Lipari	Santacroce Roberto	Università di Pisa, Dip.to di Scienze della Terra	300	900	GNV
<i>UR – Responsabili</i>	Afferenza				
<i>De Rosa Rosanna</i>	<i>Università della Calabria, Dip.to di Scienze della Terra</i>		27		
<i>La Volpe Luigi</i>	<i>Università di Bari, Dip.to Geomineralogico</i>		42		
<i>Mazzuoli Roberto</i>	<i>Università di Pisa, Dip.to di Scienze della Terra</i>		40		
<i>Pareschi Maria Teresa</i>	<i>Centro Studi di Geologia Strutturale e Dinamica Appennino, C/O Dipartimento di Scienze della Terra, Pisa</i>		41		

INGV – Gruppo Nazionale per la Vulcanologia
Progetto Esecutivo I anno

<i>Peccerillo Angelo</i>	<i>Università di Perugia, Dip.to di Scienze della Terra</i>		49		
<i>Sbrana Alessandro</i>	<i>Università di Pisa, Dip.to di Scienze della Terra</i>		80		
<i>Scaillet Bruno</i>	<i>CRSCM-CNRS Orleans France</i>		21		
Progetto 09	Responsabile	Afferenza	1°anno	3anni	Fondi
Scenari eruttivi attraverso ricerche di modellistica fisica e vulcanologia sperimentale	Trigila Raffaello	Università di Roma, Dip.to di Scienze della Terra	622	1809	GNV
UR - Responsabili	Afferenza				
<i>Trigila Raffaello</i>	<i>Università di Roma, Dip.to di Scienze della Terra</i>		75		
<i>Dragoni Michele</i>	<i>Università di Bologna, Dip.to di Scienze Fisiche</i>		25		
<i>Gaeta Francesco</i>	<i>MARS-CNR, Napoli</i>		40		
<i>Macedonio Giovanni</i>	<i>Osservatorio Vesuviano, Napoli</i>		60		
<i>Neri Augusto</i>	<i>Centro Studi Geologia Strutturale e Dinamica Appennino, C/O Dipartimento di Scienze della Terra, Pisa</i>		30		
<i>Papale Paolo</i>	<i>Istituto Nazionale di Geofisica Dip.to di Scienze della Terra, Pisa</i>		15		
<i>Carroll Michael</i>	<i>Università di Camerino, Dip.to di Scienze della Terra</i>		30		
<i>Cigolini Corrado</i>	<i>Università di Torino, Dip.to di Scienze Mineralogiche e Petrologiche</i>		22		
<i>De Vivo Benedetto</i>	<i>Università di Napoli, Dip.to di Geofisica e Vulcanologia</i>		70		
<i>Dolfi Daniela</i>	<i>Università Roma3, Dip.to di Scienze Geologiche</i>		25		
<i>Nuccio Mario</i>	<i>Università di Palermo, Dip.to di Chimica e Fisica</i>		60		
<i>Pompilio Massimo</i>	<i>Istituto Internazionale di Vulcanologia CNR, Catania</i>		20		
<i>De Natale Giuseppe</i>	<i>Osservatorio Vesuviano, Napoli</i>		60		
<i>Kilburn Christopher</i>	<i>University College of London, Dep. of Geological Science, UK</i>		40		
<i>Panza Giuliano</i>	<i>Università di Trieste, Dip.to di Scienze della Terra</i>		40		
<i>Ripepe Maurizio</i>	<i>Università di Firenze, Dip.to di Scienze della Terra</i>		10		
Progetto 10	Responsabile	Afferenza	1°anno	3anni	Fondi
Studio dei depositi piroclastici dell'Etna finalizzato alla ricostruzione delle principali eruzioni esplosive ed alla valutazione della loro pericolosità e del loro impatto ambientale	Vezzoli Luigina	Università dell'Insubria, Dip.to Scienze Chimiche Fisiche e Matematiche	120	350	GNV
UR – Responsabili	Afferenza				
<i>Vezzoli Luigina</i>	<i>Università dell'Insubria, Dip.to Scienze Chimiche Fisiche e Matematiche</i>		52		
<i>Coltelli Mauro</i>	<i>Istituto Internazionale di Vulcanologia CNR, Catania</i>		52		
<i>Vigliotti Luigi</i>	<i>Istituto Geologia Marina CNR, Bologna</i>		16		

TEMA 3
DEFINIZIONE DEL RISCHIO, LIVELLI DI ALLERTA E GESTIONE DEL TERRITORIO

Progetto 11	Responsabile	Afferenza	1°anno	3anni	Fondi
Identificazione e interpretazione dei pattern sismici pre-eruttivi su vulcani effusivi ed esplosivi	Marzocchi Warner	Osservatorio Vesuviano, Napoli	100	230	GNV
UR - Responsabili	Afferenza				
<i>Marzocchi Warner</i>	Osservatorio Vesuviano, Napoli		63		
<i>Scandone Roberto</i>	<i>Università Roma3, Dip.to di Scienze della Terra</i>		11		
<i>Falsaperla Susanna</i>	<i>Istituto Internazionale di Vulcanologia CNR, Catania</i>		14		
<i>Piersanti Antonio</i>	Istituto Nazionale di Geofisica, Roma		12		
Progetto 12	Responsabile	Afferenza	1°anno	3anni	Fondi
Sistemi di GIS per costruire in rete cartografia tematica in aree vulcaniche	Pareschi Maria Teresa	Centro Studi Geologia Strutturale e Dinamica Appennino, C/O Dipartimento di Scienze della Terra, Pisa	28	188	GNV
			92		GNV: Direzione

TEMA 4
SVILUPPO E APPLICAZIONE DI METODI DI TELERILEVAMENTO

Progetto 13	Responsabile	Afferenza	1°anno	3anni	Fondi
Sviluppo ed applicazione di tecniche di telerilevamento per il monitoraggio dei vulcani attivi italiani	Coltelli Mauro	Istituto Internazionale di Vulcanologia CNR, Catania	600	1500	GNV
UR - Responsabili	Afferenza				
<i>Mazzarini Francesco</i>	<i>Centro Studi Geologia Strutturale e Dinamica Appennino, C/O Dipartimento di Scienze della Terra, Pisa</i>		24		
<i>Puglisi Giuseppe</i>	<i>Istituto Internazionale di Vulcanologia CNR, Catania</i>		114		
<i>Buongiorno M. Fabrizia</i>	<i>Istituto Nazionale di Geofisica, Roma</i>		67		
<i>Briole Pierre</i>	<i>Institut de Physique du Globe de Paris, France</i>		46		
<i>Lanari Riccardo</i>	<i>IRECE-CNR, NA</i>		32		
<i>Lundgren Paul</i>	<i>Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology Pasadena, California</i>		9		
<i>Dubosclard Georges</i>	<i>Observatoire de Physique du Globe de Clermont-Fd, France</i>		49		
<i>Borgstrom Sven</i>	<i>Osservatorio Vesuviano, Napoli</i>		28		
<i>Prati Claudio</i>	<i>Dip.to di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano</i>		40		
<i>Baldi Paolo</i>	<i>Università di Bologna, Dip.to di Scienze Fisiche</i>		29		
<i>Di Massa Giuseppe</i>	<i>Università della Calabria, Dip.to di Elettronica Informatica e Sistemistica</i>		28		
<i>Nunnari Giuseppe</i>	<i>Università di Catania, Dip.to Elettrico Elettronico e Sistemistico</i>		22		

INGV – Gruppo Nazionale per la Vulcanologia
Progetto Esecutivo I anno

<i>Pugnaghi Sergio</i>	<i>Università di Modena, Dip.to Scienze Ingegneria, Sez. Osservatorio Geofisico</i>	63		
<i>Achilli Vladimiro</i>	<i>Università di Padova, Dip.to di Costruzioni e Trasporti</i>	21		
<i>Marsella Maria</i>	<i>Università La Sapienza di Roma, Dip.to Idraulica, Trasporti e Strade</i>	28		

TEMA 5
METODI INNOVATIVI ED INTEGRATI PER LO STUDIO DELLA STRUTTURA DEI VULCANI

Progetto 14	Responsabile	Afferenza	1°anno	3anni	Fondi
Metodologie Sismiche Integrate per lo studio della struttura dei vulcani attivi. Applicazione alla caldera dei Campi Flegrei	Zollo Aldo	Università di Napoli, Dip.to di Scienze Fisiche	300	850	GNV
UR - Responsabili	Afferenza				
<i>Zollo Aldo</i>	<i>Università di Napoli, Dip.to di Scienze Fisiche</i>		85		
<i>Capuano Paolo</i>	<i>Osservatorio Vesuviano, Napoli</i>		30		
<i>Chiarabba Claudio</i>	<i>Istituto Nazionale di Geofisica, Roma</i>		40		
<i>De Franco Roberto</i>	<i>Istituto di Ricerca per il Rischio Sismico, CNR Milano</i>		30		
<i>Priolo Enrico</i>	<i>Osservatorio Geofisico Sperimentale, Trieste</i>		65		
<i>Virieux Jean</i>	<i>Univ. Nice-Sophia Antipolis Géosciences Azur CNRS DR20, France</i>		25		
<i>Giberti Grazia</i>	<i>Università di Napoli, Dip.to di Scienze Fisiche</i>		25		

TEMA 6
INDAGINI SULLE PARTI SOMMERSE DEI VULCANI ATTIVI ITALIANI

Progetto 15	Responsabile	Afferenza	1°anno	3anni	Fondi
Conoscenza delle parti sommerse dei vulcani italiani e valutazione del potenziale di rischio vulcanico	Chiocci Francesco Latino	Università di Roma, Dip.to di Scienze della Terra	500	1200	GNV
	Marani Michael	Istituto di Geologia Marina CNR, Bologna			
UR - Responsabili	Afferenza				
<i>Chiocci Francesco Latino</i>	<i>Università di Roma, Dip.to di Scienze della Terra</i>		41		
<i>Marani Michael</i>	<i>Istituto di Geologia Marina CNR, Bologna</i>		204		
<i>Tommasi Paolo</i>	<i>Istituto di Ricerca sulla Tettonica, CNR Roma</i>		94		
<i>Romagnoli Claudia</i>	<i>Università di Bologna, Dip.to di Scienze della Terra Geol. Ambientali</i>		13		
<i>de Alteris Giovanni</i>	<i>Istituto Geomare Sud, CNR Napoli</i>		106		
<i>de Vita Sandro</i>	<i>Osservatorio Vesuviano, Napoli</i>		15		
<i>Senatore M. Rosaria</i>	<i>Università di Napoli, Dip.to di Scienze della Terra</i>		11		
<i>Vezzoli Luigina</i>	<i>Università dell'Insubria, Dip.to Scienze Chimiche Fisiche e Matematiche</i>		16		

TEMA 7
CAMPI FLEGREI

Progetto 16	Responsabile	Afferenza	1°anno	3anni	Fondi
Definizione e zonazione della pericolosità vulcanica della caldera risorgente dei Campi Flegrei e suoi effetti sull'uomo e sull'ambiente	Orsi Giovanni	Osservatorio Vesuviano, Napoli	670	1700	OV legge 74/96
UR - Responsabili	Afferenza				
<i>Orsi Giovanni</i>	<i>Osservatorio Vesuviano, Napoli</i>		77		
<i>Carroll Mikael</i>	<i>Università di Camerino, Dip.to di Scienze della Terra</i>		59		
<i>D'Antonio Massimo</i>	<i>Università di Napoli, Dip.to di Geofisica e Vulcanologia</i>		40		
<i>Dellino Piero</i>	<i>Università di Bari, Dip.to Geomineralogico</i>		39		
<i>Dingwell Donald</i>	<i>University of Munchen, Germany</i>		51		
<i>Faccenna Claudio</i>	<i>Università Roma3, Dip.to di Scienze Geologiche</i>		56		
<i>Ferrara Giorgio</i>	<i>Ist. Geocronologia e Geochimica Isotopica CNR, Pisa</i>		40		
<i>Lanza Roberto</i>	<i>Università di Torino, Dip.to di Scienze della Terra</i>		42		
<i>Macedonio Giovanni</i>	<i>Osservatorio Vesuviano, Napoli</i>		30		
<i>Patella Domenico</i>	<i>Università di Napoli, Dip.to di Scienze Fisiche</i>		45		
<i>Petrini Riccardo</i>	<i>Università di Trieste, Dip.to di Scienze della Terra</i>		32		
<i>Rapolla Antonio</i>	<i>Università di Napoli, Dip.to di Geofisica e Vulcanologia</i>		77		
<i>Sbrana Alessandro</i>	<i>Università di Pisa, Dip.to di Scienze della Terra</i>		37		
<i>Zuccaro Giulio</i>	Università di Napoli, Centro Interdipartimentale Ricerca LUPT		45		
Progetto 17	Responsabile	Afferenza	1°anno	3anni	Fondi
Simulazione di scenari eruttivi ai Campi Flegrei sulla base di studi stratigrafici, di laboratorio e numerici e implicazioni di pericolosità vulcanica	Papale Paolo	Istituto Nazionale di Geofisica, Dip.to di Scienze della Terra, Pisa	200	500	GNV
UR - Responsabili	Afferenza				
<i>Papale Paolo</i>	<i>Istituto Nazionale di Geofisica, Dip.to di Scienze della Terra, Pisa</i>		72		
<i>Rosi Mauro</i>	<i>Università di Pisa, Dipartimento di Scienze della Terra</i>		49		
<i>Romano Claudia</i>	<i>Università di Roma3, Dip.to di Scienze Geologiche</i>		51		
<i>Neri Augusto</i>	<i>Centro Studi Geologia Strutturale e Dinamica Appennino, C/O Dipartimento di Scienze della Terra, Pisa</i>		28		

RIEPILOGO FINANZIARIO

	GNV-ING	POSEIDON	OV
Progetti di Ricerca	3960 ML	650 ML	930 ML
Spese di Direzione	500 ML	-	-
Totale	4460 ML	650 ML	930 ML