



# Rapporti tecnici

# INGV

Realizzazione di un sito test per  
clinometri di tipo bore-hole

# 106



Istituto Nazionale di  
Geofisica e Vulcanologia

## **Direttore**

Enzo Boschi

## **Editorial Board**

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Anna Grazia Chiodetti (AC)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Lucia Margheriti (CNT)

Simona Masina (BO)

Nicola Pagliuca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - coordinatore (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

## **Segreteria di Redazione**

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

[redazionecen@ingv.it](mailto:redazionecen@ingv.it)



# Rapporti tecnici INGV

## REALIZZAZIONE DI UN SITO TEST PER CLINOMETRI DI TIPO BORE-HOLE

Orazio Campisi, Giuseppe Falzone, Angelo Ferro, Salvatore Gambino,  
Giuseppe Laudani, Benedetto Saraceno

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania)

# 106



## **Indice**

Riassunto	5
Introduzione	5
1. Strumentazione	5
2. Realizzazione del sito	6
3 Utilizzo del sito	8
4. Dati	9
5. Conclusioni	11
Bibliografia	11



## Riassunto

Questo lavoro riporta la descrizione dei lavori di realizzazione di un sito test ubicato in Catania presso il Centro Unificato Acquisizione Dati (CUAD) costituito da 4 fori contigui che ha lo scopo di testare il funzionamento e l'affidabilità di clinometri *bore-hole* prima della loro installazione finale. Il sito si presta per la sperimentazione su diversi strumenti attraverso il confronto di segnali registrati contemporaneamente a più sensori.

Sono riportati e discussi i primi risultati di una installazione multipla di strumenti di diverso tipo (Mod 510, Mod. 722 e Mod. Lily tutti prodotti dall'*Applied Geomechanics*) evidenziando le problematiche e le affinità sulla base dei dati registrati.

## Introduzione

Il monitoraggio sistematico delle variazioni dell'inclinazione del suolo, viene effettuato sui vulcani siciliani dall'INGV-CT, utilizzando differenti tipi di sensori ad alta precisione capaci di rilevare inclinazioni del suolo fino a  $10^{-8}$  radianti. Le misure di tilt in continuo sui vulcani rappresentano un metodo rapido per l'individuazione di precursori di un'eruzione ed uno strumento di studio del comportamento dei vulcani stessi nelle fasi pre e post-eruttivi.

Le reti clinometriche si avvalgono di clinometri elettronici installati in foro (fig. 1). Attualmente le reti sono composte da stazioni con profondità comprese tra 2.5 e 30 metri che utilizzano clinometri biassiali AGI 510 (sensibilità 0.02 microradianti), AGI 722 (sensibilità 0.1 microradianti) ed AGI Lily (sensibilità 0.005 microradianti).

Le numerose installazioni effettuate hanno rilevato che gli strumenti utilizzati sono delicati e più volte hanno rilevato problemi sui segnali legati a malfunzionamento dei sensori o dell'elettronica dello strumento. In molti casi il solo test di funzionamento effettuato in laboratorio non è in grado di evidenziare comportamenti anomali.

Spesso queste indicazioni si ottengono dopo settimane/mesi di acquisizione e possono rendere inutile il lavoro di installazione costringendo ad effettuare la disinstallazione della strumentazione ed approntare una nuova installazione con conseguenti perdite economiche, di tempo, e dati. Particolarmente oneroso può risultare una reinstallazione in aree sommitali (realizzabile in genere durante il solo periodo estivo) o in aree lontane e/o di difficile accesso (Pantelleria, Stromboli, o vulcani al di fuori del territorio siciliano).

Il sito test nasce quindi dalla necessità di avere un luogo di facile accesso prossimo alla Sede di Catania dove poter testare gli strumenti in un tempo relativamente breve. Si è inoltre progettato di realizzarlo a più fori adiacenti al fine di effettuare test multipli comparativi tra i vari strumenti.

## 1. Strumentazione

Il monitoraggio sistematico delle variazioni dell'inclinazione del suolo, si effettua sui vulcani siciliani dall'INGV-CT, utilizzando differenti tipi di sensori in foro.

Le reti realizzate fino ai primi anni 2000 sono composte da stazioni con profondità fino a 3 metri che utilizzano clinometri analogici biassiali AGI 510 (sensibilità 0.02 microradianti) e AGI 722 (sensibilità 0.1 microradianti); Si tratta di strumenti realizzata tra la fine degli anni 80 e l'inizio degli anni '90.

Il sensore clinometrico è costituito da una capsula di vetro parzialmente riempita da un fluido conduttivo. Il funzionamento si basa sul principio fisico elementare che riempiendo un contenitore di liquido e lasciandovi dentro una bolla d'aria, questa si collocherà sempre nel punto più alto del contenitore in quanto l'aria è meno pesante del liquido. Nel nostro caso il confine aria-fluido si trova a contatto con due elettrodi opposti ed i suoi minimi spostamenti, in risposta alla rotazione del sensore, sono misurati come variazioni di resistenza elettrica che è funzione dell'angolo di inclinazione dello strumento.

L'elettronica converte i valori di resistenza in angoli attraverso un fattore di conversione ottenuto dalla calibrazione dello strumento in laboratorio.

Ogni strumento è caratterizzato da due assi che generalmente risultano orientati in modo da rilevare una componente denominata radiale posizionata in direzione del cratere (valori positivi indicano sollevamento ai crateri) ed un'altra componente denominata tangenziale in direzione ortogonale (valori positivi indicano un sollevamento in direzione  $90^\circ$  antiorario rispetto alla radiale). La sensoristica (due

sensori tilt ed uno di temperatura) si colloca alla base di un corpo cilindrico in acciaio inossidabile del peso di circa 7 Kg, di lunghezza poco inferiore al metro e diametro circa 5 cm (fig. 1).

Negli ultimi anni sono stati messi sul mercato nuovi strumenti anche dall'AGI dotati di sistema autolivellante e bussola magnetica che permettono l'installazione in profondità con relativa semplicità.



**Figura 1.** Clinometro AGI Lily.

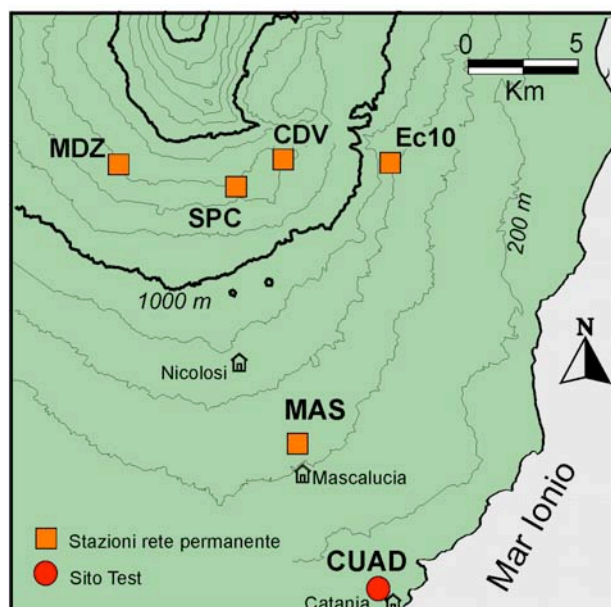
Il LILY *Self-Leveling Borehole Tiltmeter* è stato realizzato nel 2005, è un clinometro digitale disegnato sia per ambienti vulcanici che tettonici dotato di una sensibilità di 0.005 microradiani, ed è il risultato di 25 anni di esperienza in questo campo della Applied Geomechanics. Il LILY ha una stabilità maggiore rispetto agli strumenti precedenti consentendo misurazioni a lungo termine ed è dotato di una propria memoria per l'immagazzinamento dei dati (per tutte le specifiche vedi il *Lily User's Manual*, 2005).

Dal 2007 ad oggi sono state effettuate 5 installazioni utilizzando il modello Lily di cui una a Stromboli (Campisi et al., 2008a; 2008b).

## **2. Realizzazione del sito**

Dopo una prima fase di sopralluoghi è stato deciso di realizzazione il sito test in un'area di circa 25 mq antistante il Cuad (Centro Unificato Acquisizione ed elaborazione Dati) di Catania (fig. 2 e 3).





**Figura 2.** Mappa del versante Sud-Orientale dell'Etna che riporta le stazioni della rete clinometrica permanente dell'INGV di Catania e l'ubicazione del sito test del CUAD.

Il CUAD si trova alla periferia occidentale di Catania, ed è ospitato all'interno di un edificio di proprietà del Comune di Catania. Si tratta di un Sede dell'INGV dove confluiscono i dati provenienti dalle reti di monitoraggio della Sicilia Orientale gestite dalla Sezione di Catania.

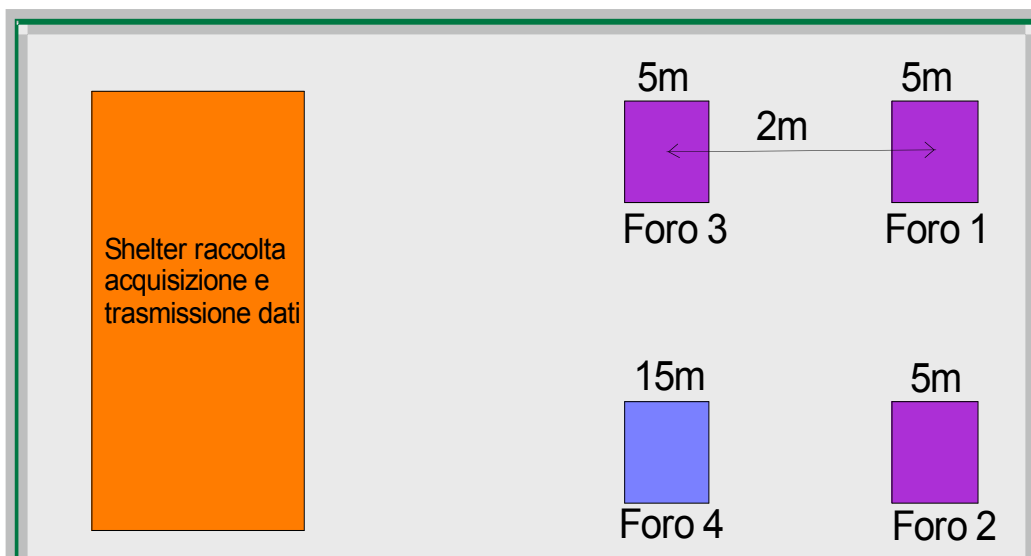
I lavori sono stati eseguiti a più riprese tra il 2006 ed il 2008 ed hanno visto la realizzazione di 4 fori posizionati a quadrato (lato 2 metri) 3 a profondità di 5 metri e un quarto è stato spinto fino a 15 metri (fig. 3 e 4).



**Figura 3.** Il sito test.

La scelta di 5 metri rappresenta la massima profondità ottenibile per posizionare uno strumento analogico senza l'ausilio di sistemi sofisticati di orientazione.

Le perforazioni sono state eseguite a carotaggio continuo, con diametro di 151 mm e perfettamente in verticale. Il ritrovamento di strati scoriacei e non compatti ha suggerito di effettuare un riempimento dei fori con il cemento ed una successiva riperforazione a più basso diametro con la posa in opera di un tubo in PVC ( $\varnothing = 100$  mm.).



**Figura 4.** Schema del sito.

Questo tipo d'installazione consente di avere un miglior accoppiamento strumentazione-terreno evitando la presenza di elementi frapposti e di avere condizioni analoghe per tutti i fori.

Successivamente è stata realizzata una piattaforma in cemento interrando tutte le tubazioni e si è provveduto a condizionare gli stessi fori esternamente al fine di evitare infiltrazione delle acque piovane (fig. 3).

Infine l'area è stata recintata e fornita di uno *shelter* a riparo del sistema di acquisizione-trasmissione che risulta essere collegato alla rete intranet di Sezione.

### 3. Utilizzo del sito

Già tra il 2007 ed il 2008 il sito è stato utilizzato per singole installazioni che hanno avuto lo scopo di effettuare test speditivi su clinometri Lily prima della loro installazione. Nella primavera 2009 si è iniziata una fase di posizionamento di più strumenti contemporaneamente.

Sono stati scelti 4 strumenti: un Lily al foro 1, un 722 posizionato al foro 3 e 2 Mod. 510 posizionati a 5 e 15 metri nei restanti fori.

Tutti i clinometri, posizionati alla base del foro, sono stati immobilizzati attraverso il versamento di sabbia quarzosa fine nel foro (fig. 5).



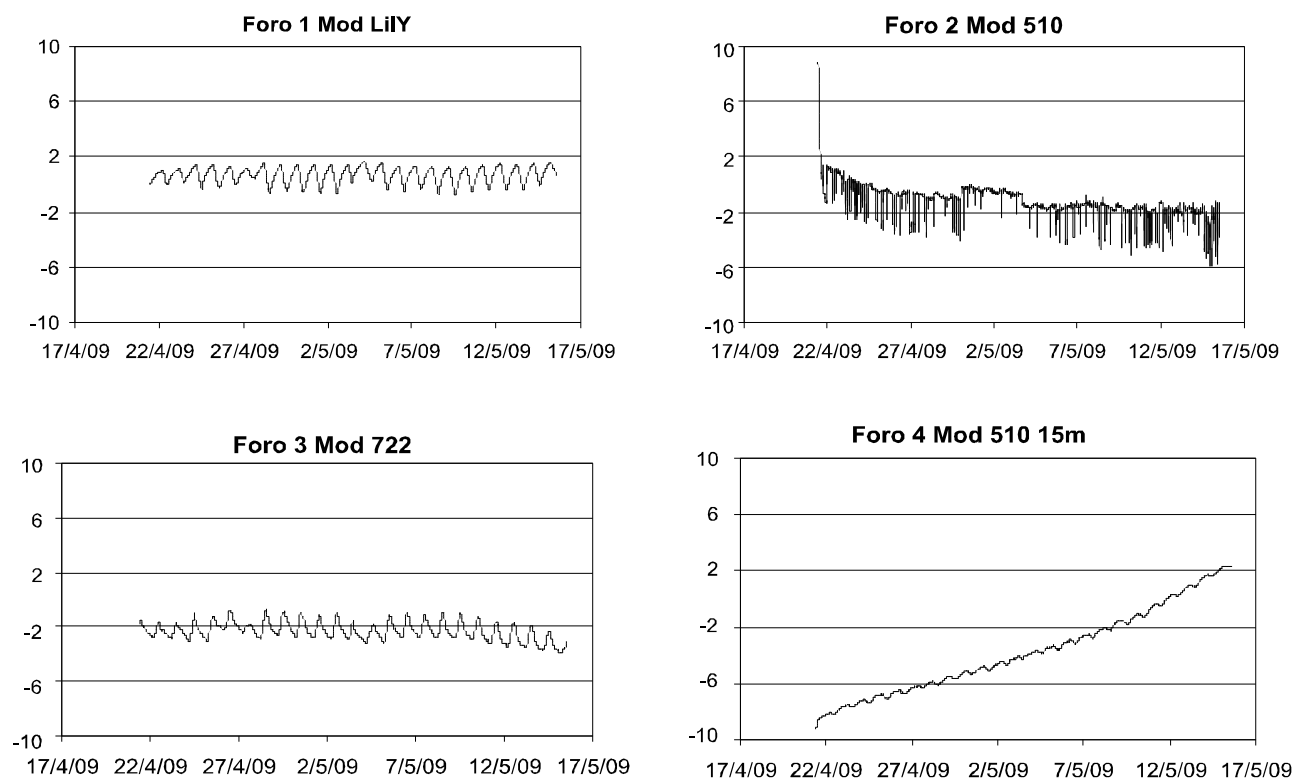
**Figura 5.** Particolare di uno dei fori dopo l'installazione del clinometro.

L'acquisizione è stata realizzata attraverso un unico sistema predisposto per registrare i segnali provenienti dai 4 strumenti ogni 15 minuti, comprendendo oltre la registrazione delle otto componenti tilt anche l'acquisizione delle 4 temperature dei clinometri, dell'*azimuth*, pressione atmosferica, tensione in entrata e temperatura aria.

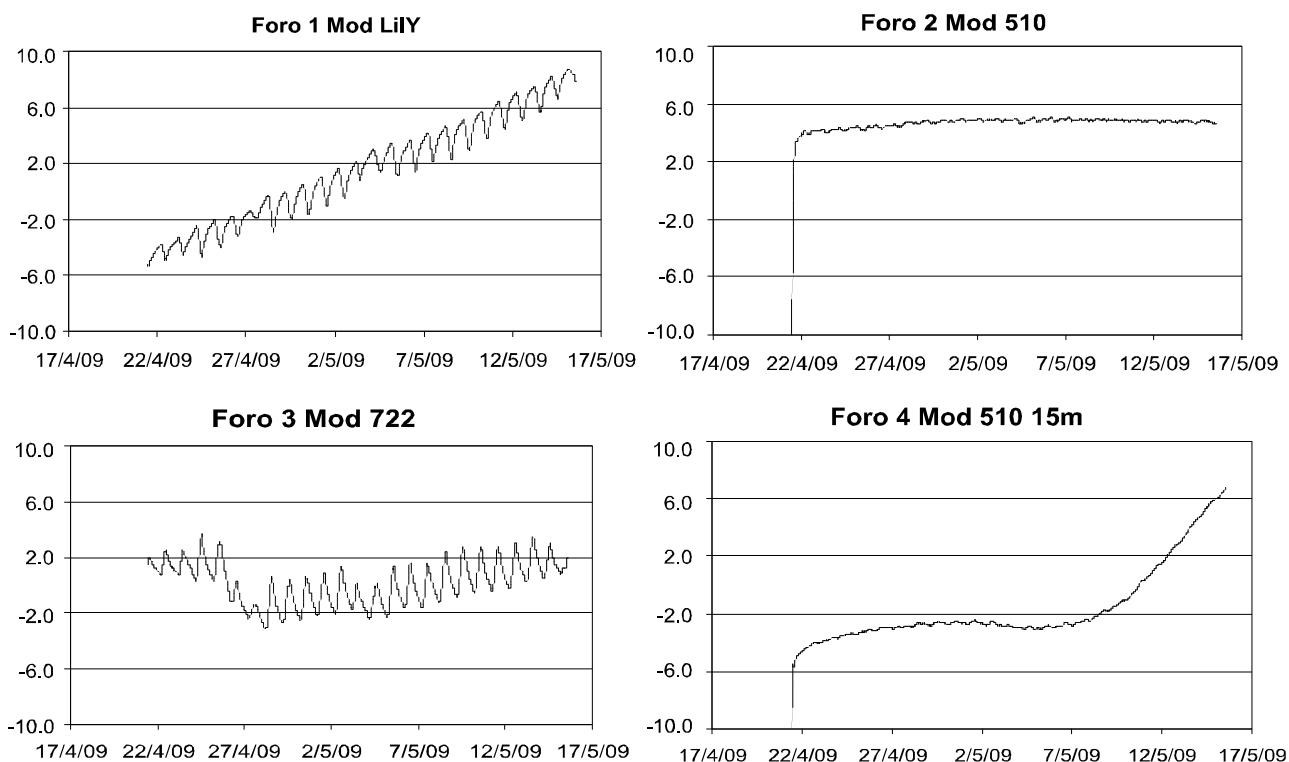
#### 4. Dati

I dati riportati di seguito (figg. 6-9) si riferiscono al periodo 21 aprile – 15 maggio 2009 e mostrano le 4 componenti radiali e tangenziali degli strumenti, le temperature strumentali ed esterna evidenziando che:

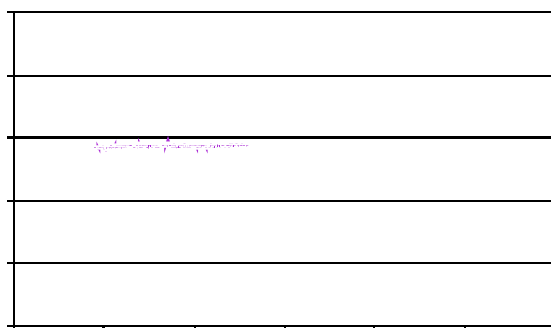
- 1) Lo strumento installato nel foro 2 mostra un malfunzionamento e quindi necessita di riparazione prima di essere installato.
- 2) Gli strumenti a 5 metri mostrano delle giornaliere molto più evidenti dello strumento a 15 metri.
- 3) Vi è una buona correlazione tra i dati registrati dallo strumento in foro 1 ed in foro 3.
- 4) Lo strumento in foro più profondo mostra invece dei trend abbastanza pronunciati e necessita di essere attenzionato dopo un più lungo tempo di acquisizione per verificare se il trend è legato all'assestamento del foro oppure è di tipo strumentale.



**Figura 6.** Componenti radiali dei segnali clinometrici (in microradiani).



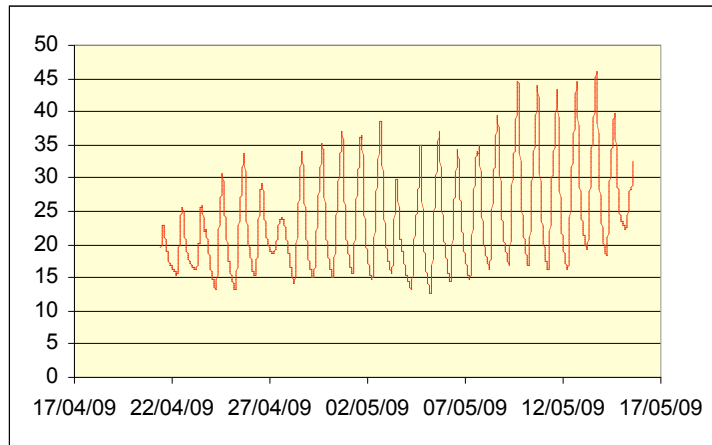
**Figura 7.** Componenti tangenziali dei segnali clinometrici (in microradiani).



**Figura 8.** Temperature registrate nei diversi fori.

I segnali di temperatura mostrano una certa stabilità per tutti i fori per lo meno sul breve periodo. La temperatura del foro profondo è leggermente più elevata delle altre.

Il *noise* giornaliero sui segnali è quindi indipendente dalla temperatura in profondità e risulta invece essere legato agli effetti termoelastici connessi con le variazioni di temperatura dell'aria (fig. 7) che si attenuano rapidamente con la profondità (Bonaccorso ed al., 1999)



**Figura 9.** Temperatura esterna.

## 5. Conclusioni

Questo rapporto descrive le caratteristiche del sito test per clinometri biassiali realizzato a Catania presso il Centro Unificato Acquisizione Dati (CUAD), costituito da 4 fori con lo scopo di testare il funzionamento e l'affidabilità dei clinometri di tipo *bore-hole* prima della loro installazione definitiva. Il sito è stato allestito per effettuare sperimentazione contemporanea su diversi strumenti.

In questo rapporto abbiamo discusso, a titolo di esempio, problematiche ed affinità operative relative ad una installazione multipla di strumenti aventi caratteristiche diverse (Mod 510, Mod. 722 e Mod. Lily della AGI) effettuata nella primavera 2009.

## Bibliografia

- Bonaccorso A., Falzone G., Gambino S. (1999). *An Investigation into Shallow Borehole Tiltmeters*. Geophys. Res. Lett. 26, 11, pp. 1637-1640.
- Campisi, O., Carnazzo, A., Falzone, G., Ferro, A., Gambino S., Laudani, G., Saraceno B. (2008a) Installazione nell'area etnea di un clinometro digitale in foro profondo 30 metri. Rapporto tecnico INGV Roma n° 56.
- Campisi, O., Falzone, G., Ferro, A., Gambino S., Laudani, G., Saraceno B. (2008b) Installazione a Stromboli di un clinometro Lily in foro profondo (-28 m). Rapporto tecnico Prot. int. n° UFDG/RA 2008/14
- LILY Self-Leveling Borehole Tiltmeter User's Manual (2005). Applied Geomechanics Inc. Manual No. B-05-1003, Rev. A.



**Coordinamento editoriale e impaginazione**

Centro Editoriale Nazionale | INGV

**Progetto grafico e redazionale**

Laboratorio Grafica e Immagini | INGV Roma

© 2009 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

**<http://www.ingv.it>**



**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**