

# Rapporti tecnici INGV

**Potenziamento delle reti tiltmetriche  
nell'area vulcanica campana:  
Rapporto sull'attività svolta  
nell'ambito del Progetto VULCAMED**

# 348



## **Direttore Responsabile**

Silvia MATTONI

## **Editorial Board**

Luigi CUCCI - Editor in Chief (INGV-RM1)

Raffaele AZZARO (INGV-CT)

Mario CASTELLANO (INGV-NA)

Viviana CASTELLI (INGV-BO)

Rosa Anna CORSARO (INGV-CT)

Mauro DI VITO (INGV-NA)

Marcello LIOTTA (INGV-PA)

Mario MATTIA (INGV-CT)

Milena MORETTI (INGV-CNT)

Nicola PAGLIUCA (INGV-RM1)

Umberto SCIACCA (INGV-RM2)

Alessandro SETTIMI (INGV-RM2)

Salvatore STRAMONDO (INGV-CNT)

Andrea TERTULLIANI (INGV-RM1)

Aldo WINKLER (INGV-RM2)

## **Segreteria di Redazione**

Francesca Di Stefano - Referente

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860068

redazionecen@ingv.it

in collaborazione con:

Barbara Angioni (RM1)

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.173 | 2014, 23 LUGLIO

© 2014 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI

Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



# Rapporti tecnici INGV

## **POTENZIAMENTO DELLE RETI TILTMETRICHE NELL'AREA VULCANICA CAMPANA: RAPPORTO SULL'ATTIVITÀ SVOLTA NELL'AMBITO DEL PROGETTO VULCAMED**

Ida Aquino, Ciro Ricco, Carlo Del Gaudio, Vincenzo Augusti, Giovanni Scarpato

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano)

# 348



## Indice

Introduzione	7
1. Potenziamento Progetto VULCAMED	7
2. Schema geologico dell'area vulcanica campana	8
3. Stato delle reti tiltmetriche fino al 2014	11
3.1 Rete tiltmetrica del Vesuvio	11
3.2 Rete tiltmetrica dei Campi Flegrei	12
3.3 Rete tiltmetrica dell'isola di Ischia	14
4. Potenziamento VULCAMED	14
4.1 Progettazione dell'ampliamento reti tiltmetriche	14
4.2 Realizzazione dei siti stazione	15
4.3 Metodologie di indagine	16
4.4 Installazione sensori	22
5. Segnali acquisiti	26
6. Conclusioni	28
Ringraziamenti	29
Bibliografia	29
Appendice 1	33
Appendice 2	43



## Introduzione

Il monitoraggio tiltmetrico permette di osservare in continuo le variazioni di inclinazione del suolo in aree vulcaniche con l'obiettivo di individuare eventuali precursori geofisici delle fasi eruttive e più in generale, di studiare l'evoluzione del fenomeno dalla fase di *inflation* a quella di *deflation*. A tale scopo vengono utilizzati quei sensori la cui risoluzione è dell'ordine della deformazione che ci si aspetta e la cui tipologia è legata alle caratteristiche del sito da attrezzare [Dzurisin, 1992].

Il monitoraggio tiltmetrico, con l'utilizzo di sensori elettronici, gestito dall'Osservatorio Vesuviano (che con il Decreto Legislativo n. 381 del 29 Settembre 1999 è diventato Sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, OV-INGV) è iniziato nel 1991, con la realizzazione delle reti dei Campi Flegrei e del Vesuvio [Aquino et al., 2006; Ricco et al., 2009].

I sensori utilizzati sono tiltmetri analogici di superficie (modello 702 *Applied Geomechanics Instruments - AGI*) e da pozzo (modello 722 *AGI*) con trasduttore a bolla, che misurano le variazioni di inclinazione del suolo con una risoluzione di 0.1  $\mu$ radianti lungo le due direzioni ortogonali X e Y, corredati da un sensore termico [AGI, 1988]. Il passo di campionamento è di 5 minuti (dall'inizio del 2016 è passato ad 1 minuto).

Questi sensori sono fortemente influenzati da fattori ambientali, come le variazioni di temperatura e pressione, le precipitazioni e le variazioni della falda acquifera, che possono mascherare la reale deformazione misurata.

Per minimizzare questi disturbi, i sensori analogici da superficie sono stati installati in ambienti sotterranei come gallerie o in pozzetti profondi almeno 2 metri, mentre quelli analogici da pozzo sono stati installati in fori profondi circa 10 metri.

Successivamente sono stati installati sensori biassiali digitali di ultima generazione modello *Lily self-Leveling Borehole tiltmeter* (della *Jewell Instruments*. ex AGI) [AGI, 2005] con risoluzione inferiore a 5  $\mu$ radianti e passo di campionamento di 1 minuto.

## 1. Potenziamiento Progetto VULCAMED

Nell'ambito del PON VULCAMED (Potenziamento strutturale di centri di ricerca per lo studio di aree VULCANICHE ad alto rischio e del loro potenziale geotermico, nel contesto della dinamica geologica e ambientale MEDITERRANEA), "Ricerca e Competitività" 2007-2013, Asse I "Sostegno ai mutamenti strutturali", Obiettivo Operativo 4.1.1.4. "Potenziamento delle strutture e delle dotazioni scientifiche e tecnologiche", Azione I "Rafforzamento Strutturale", è stato previsto e realizzato l'ampliamento delle reti tiltmetriche per il monitoraggio in continuo delle variazioni di inclinazione del suolo (tilt) riguardanti le aree vulcaniche sorvegliate dall'Osservatorio Vesuviano (OV-INGV).

Nell'ambito del PON sono stati acquistati 8 sensori tiltmetrici da pozzo (della *Jewell Instruments*), modello *Lily* auto livellante ad alta risoluzione, di cui 7 da installare e uno da magazzino per ricambio.

Ad Aprile 2014 è iniziato l'iter per realizzare l'ampliamento delle reti tiltmetriche con la nomina del Responsabile Unico del Procedimento (Dott.ssa Ida Aquino) "della procedura negoziata per spese in economia per l'esecuzione di n.7 sondaggi a profondità di ca. 20-25 m, con relativa infrastruttura superficiale, per l'acquisizione dati dei tiltmetri installati in pozzo nell'area vulcanica campana nell'ambito del PON a3\_00278 VULCAMED", Decreto del Direttore n. 48/2014.

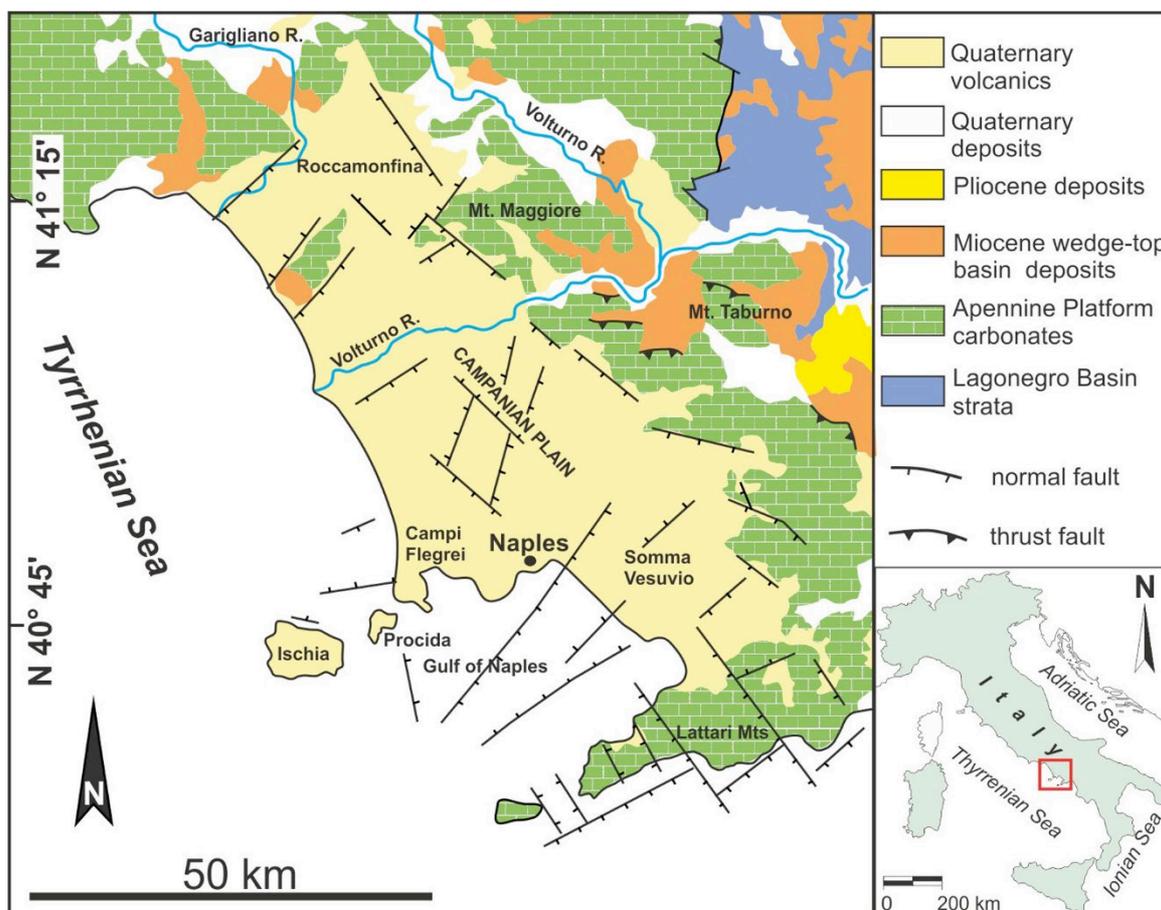
Il RUP ha provveduto in primis alla richiesta di autorizzazioni agli Enti di competenza per l'utilizzo dei siti idonei al potenziamento delle reti di monitoraggio e contemporaneamente ad istruire il bando per l'affidamento di lavori pubblici nei settori ordinari, redigendo il Disciplinare di Gara per procedura in economia con il criterio del massimo ribasso (ex art. 125, 82 del Dlgs 163/2006) e l'Allegato Tecnico riportante le specifiche tecniche per la realizzazione dei siti (in cui sono state spiegate le modalità di esecuzione dei sondaggi e della realizzazione delle infrastrutture per l'alloggiamento della strumentazione per lo scarico e trasmissione dei dati) [Aquino, 2014], precisando gli oneri a carico dell'appaltatore e i tempi di realizzazione, indicando l'ubicazione cartografica dei siti ed il relativo inquadramento geologico, accludendo il Computo Metrico Estimativo, il Computo per gli Oneri per la Sicurezza ed il Cronoprogramma dei lavori con relativa relazione del progetto esecutivo.

In seguito all'affidamento dei lavori, il RUP ha ottemperato a tutte le pratiche burocratiche di sua competenza ed ha inoltre seguito le fasi di realizzazione allo scopo che tutto venisse svolto a regola d'arte.

Conclusi i lavori, il RUP ha effettuato il collaudo ed ha predisposto l'installazione dei sensori tiltmetrici.

## 2. Schema geologico dell'area vulcanica campana

La Piana Campana (fig. 1) è una depressione strutturale di età plio-quadernaria che si estende dalla parte occidentale dell'Appennino fino alla costa orientale del Mar Tirreno [Aprile e Ortolani, 1979; Scandone, 1979; Doglioni, 1991]. Essa contiene tre grandi centri vulcanici attivi: il Vesuvio, i Campi Flegrei e l'isola di Ischia.

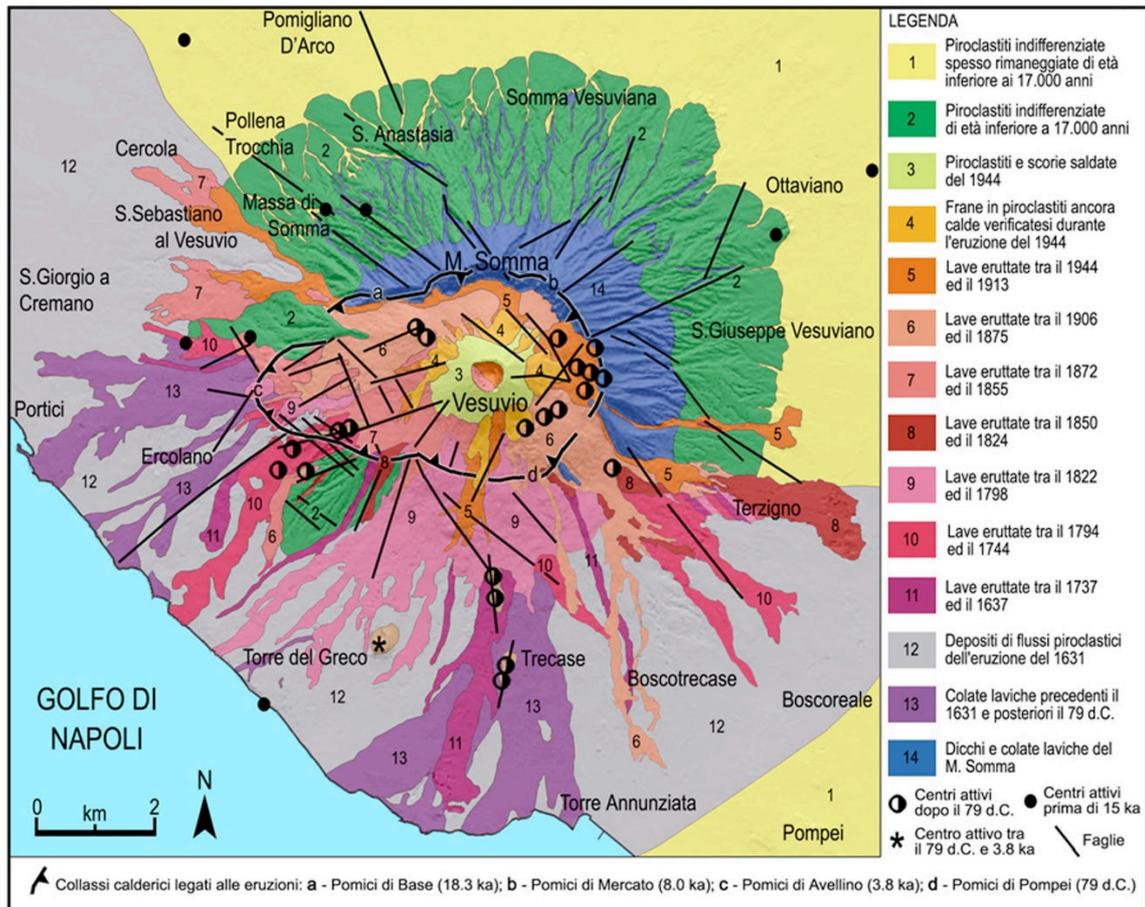


**Figura 1.** Carta geologico-strutturale schematica della Campania; [da Vitale e Isaia, 2014].

Il complesso vulcanico Somma-Vesuvio è situato nel settore meridionale della Piana Campana (figg. 1, 2), esso si è formato dall'intersezione di due sistemi di faglie regionali con andamento NW-SE e NE-SW [Ippolito et al., 1973; Pescatore e Sgroso, 1973] ed è costituito dal relativamente vecchio strato-vulcano, il Monte Somma, il cui collasso è cominciato con la prima eruzione pliniana delle Pomici di Base (18 ka fa) [Cioni et al., 1999], e il più giovane cono del Vesuvio accresciutosi all'interno della caldera.

L'attività vulcanica del Vesuvio è caratterizzata da una grande variabilità di stili eruttivi: eruzioni altamente esplosive, Pliniane e subpliniane, alternate ad eruzioni effusive spesso accompagnate da eventi stromboliani che seguono lunghi periodi di quiescenza [Arnò et al., 1987; Santacroce, 1987; Rolandi et al., 1998; Arrighi et al., 2001].

Dopo l'ultima eruzione subpliniana, che si è verificata nel 1631 [Rosi et al., 1993], il Vesuvio è stato caratterizzato da attività a condotto aperto, che si è conclusa con l'eruzione del 1944.



**Figura 2.** Carta geologica del Vesuvio [da Orsi et al., 2003].

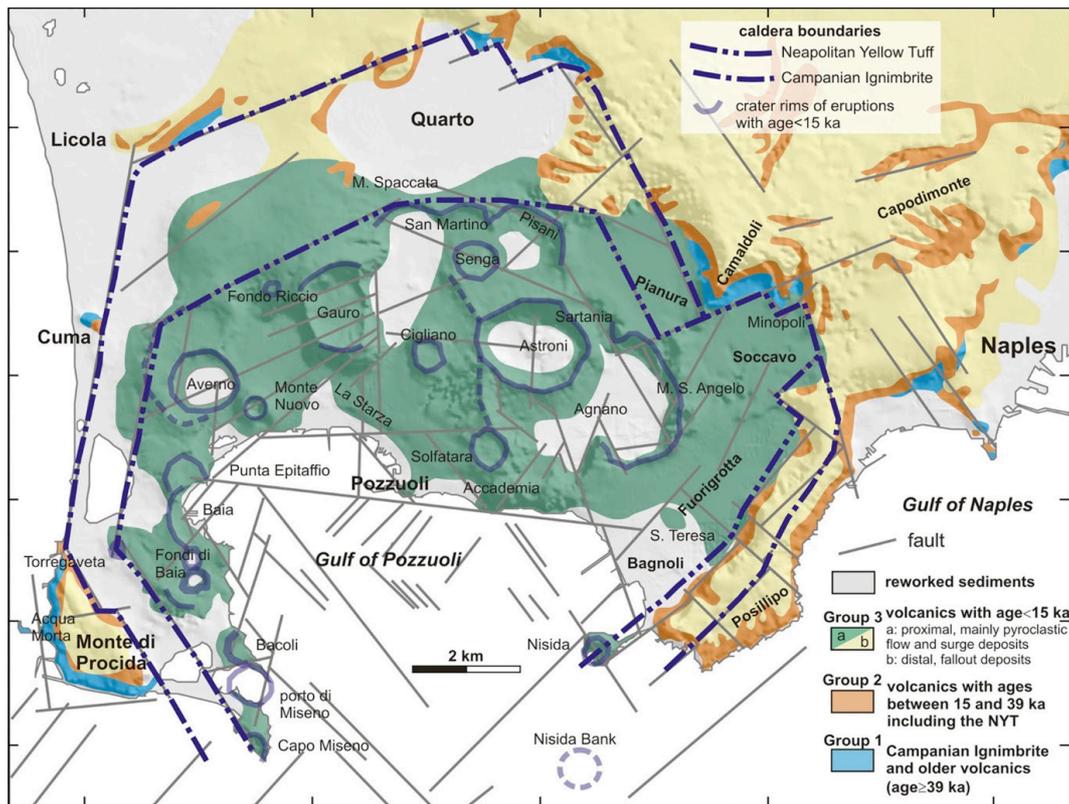
I Campi Flegrei costituiscono un'area vulcanica attiva, localizzata nella parte settentrionale della Piana Campana (figg. 1, 3), la cui struttura principale è caratterizzata da una complessa caldera risorgente formata in seguito a due grandi collapsi calderici: eruzione dell'Ignimbrite Campana (39 ka) e del Tufo Giallo Napoletano (15 ka) [Orsi et al., 1999; Orsi et al., 2004; Deino et al., 2004].

Dopo la messa in posto del Tufo Giallo Napoletano, l'attività vulcanica recente dei Campi Flegrei è rimasta confinata all'interno della caldera ed è stata caratterizzata da numerose eruzioni, per la maggior parte esplosive ed alcune eruzioni effusive [Di Vito et al., 1999].

L'ultimo evento eruttivo è stato quello del 1538 che ha generato il *Tuff Cone* di Monte Nuovo [Di Vito et al., 1987; Piochi et al., 2005]. Tale evento, manifestato con un sollevamento del suolo di vari metri dell'area centrale della caldera, è stato accompagnato da un'intensa attività sismica avvertita nelle aree circostanti fino a Napoli [Parascandola, 1947].

Successivamente alla formazione di Monte Nuovo, il moto del suolo ha esibito un trend in abbassamento fino alla metà del secolo scorso [Parascandola, 1947; Dvorak et al., 1991].

Negli ultimi decenni le maggiori e meglio documentate crisi sono quella del 1950-52, con un sollevamento di circa 80 cm, che interrompe la fase secolare di subsidenza post Monte Nuovo [Del Gaudio et al., 2010], quella del 1969-1972, con un sollevamento massimo di 1.766 m ( $\pm 6$ mm) e circa 4000 eventi sismici gran parte dei quali poco avvertiti dalla popolazione [Zugiani, 1972; Corrado et al., 1977; Del Gaudio et al., 2010], e quella del 1982-1984, caratterizzata da un sollevamento massimo di 1.788 m ( $\pm 5$ mm) e circa 15000 eventi sismici molti dei quali avvertiti dalla popolazione [Barberi et al., 1984; Barberi et al., 1989; Berrino et al., 1984; Luongo, 1986; Dvorak et al., 1991; Del Gaudio et al., 2010].



**Figura 3.** Carta geologica dei Campi Flegrei [da Vitale-Isaia 2014 modificata].

L'isola di Ischia fa parte del distretto vulcanico flegreo con l'isola di Procida e i Campi Flegrei (figg 1, 4), formatosi in risposta al processo estensionale del Pliocene-Quaternario che ha generato il *graben* della piana campana lungo il margine tirrenico della fascia appenninica [Ippolito et al., 1973; D'Argenio et al., 1973; Finetti e Morelli, 1974; Bartole, 1984; Piochi et al., 2005; de Vita et al., 2010].

Essa rappresenta la porzione subaerea di un campo vulcanico, situato all'incrocio di sistemi di faglie regionali ad andamento appenninico NW-SE ed antiappenninico NE-SW [Acocella and Funicello, 1999], che risale di oltre 1000 m dal fondale marino [Bruno et al., 2002].

La morfologia dell'isola d'Ischia è dominata dal M. Epomeo (787 m s.l.m.) situato in posizione centrale e dall'allineamento NE-SW di M. Vezzi -M. Cotto nel settore SE, la costa è caratterizzata da ripide scogliere e da versanti meno acclivi che immergono verso mare [Gillot et al., 1982; Vezzoli, 1988; Civetta et al., 1991; Orsi et al., 1991; 1994; Tibaldi e Vezzoli, 2000; 2004; Piochi et al., 1999; Acocella and Funicello, 2002; Nappi et al., 2010].

Le rocce più antiche datate risalgono a ca. 150 ka. Tra 150 e 74 ka fa si sono formati piccoli duomi lavici, posti su una struttura semicircolare situata lungo le attuali coste dell'isola. L'eruzione del Tufo Verde avvenuta 55 ka fa è stata accompagnata dal collasso calderico della parte centrale dell'isola, oggi occupata dal M. Epomeo.

L'attività vulcanica è proseguita con una serie di eruzioni esplosive fino a 33 ka fa; dopo un periodo di stasi, tra 28 e 18 ka fa essa è ripresa con eruzioni effusive ed esplosive (magmatiche e idromagmatiche) che hanno prodotto colate laviche, coni di tufo e depositi piroclastici.

L'ultimo periodo di attività vulcanica è cominciato 10 ka fa, producendo 46 diverse eruzioni, concentrate principalmente tra 2.9 ka fa e il 1302 d.C., anno dell'ultima eruzione detta "eruzione dell'Arso" [Chiesa et al., 1986; Iacono, 1996].

Attualmente l'attività vulcanica dell'isola d'Ischia è caratterizzata da sismicità [Cubellis e Luongo, 1998], da persistente attività fumarolica e idrotermale [Chiodini et al., 2004] e da significative deformazioni del suolo che interessano, in particolare, il settore di NW (Località Fango) e la parte Centro Meridionale (Comuni di Serrara e Fontana) [Del Gaudio et al., 2011].

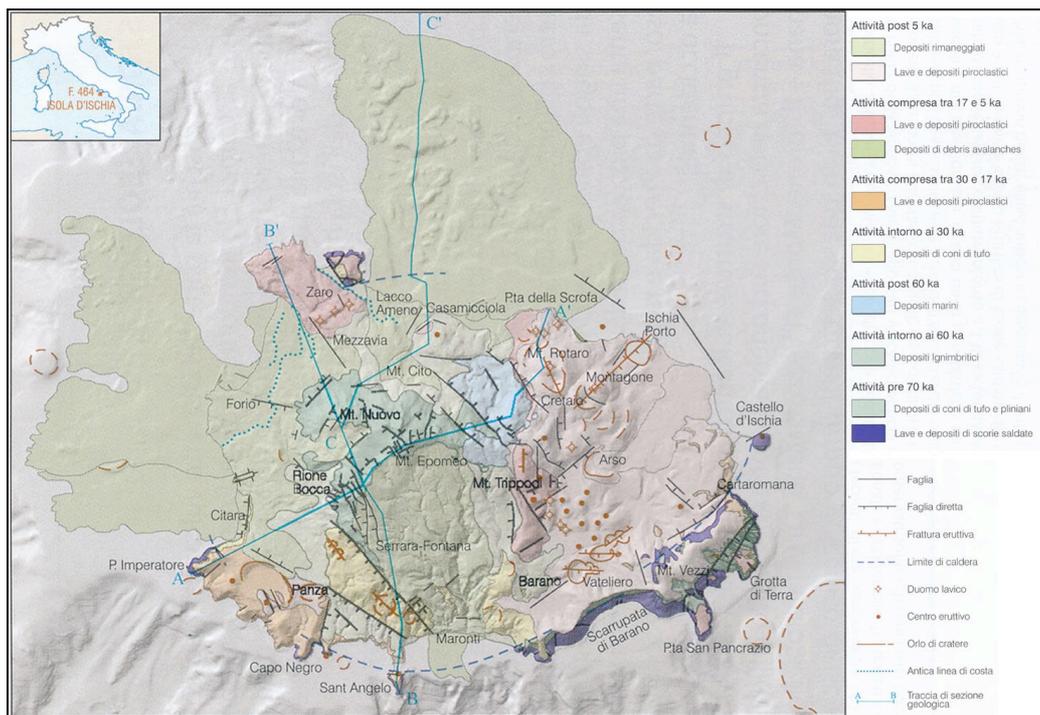


Figura 4. Carta geologica dell'isola di Ischia (da Progetto CAR.G: Regione Campania, [2011]).

### 3. Stato delle reti tiltmetriche fino al 2014

#### 3.1 Rete tiltmetrica del Vesuvio

La rete di monitoraggio tiltmetrico del Vesuvio (fig. 5) [Ricco et al., 2013] è composta da 3 stazioni (OVO, ROV e CMD), attrezzate con sensori analogici mod. AGI 702 in acquisizione continua con campionamento ogni 5 minuti e 2 stazioni (TRC e IMB) attrezzate con sensori digitali da pozzo ad alta risoluzione mod. Lily con passo di campionamento ad 1 minuto.

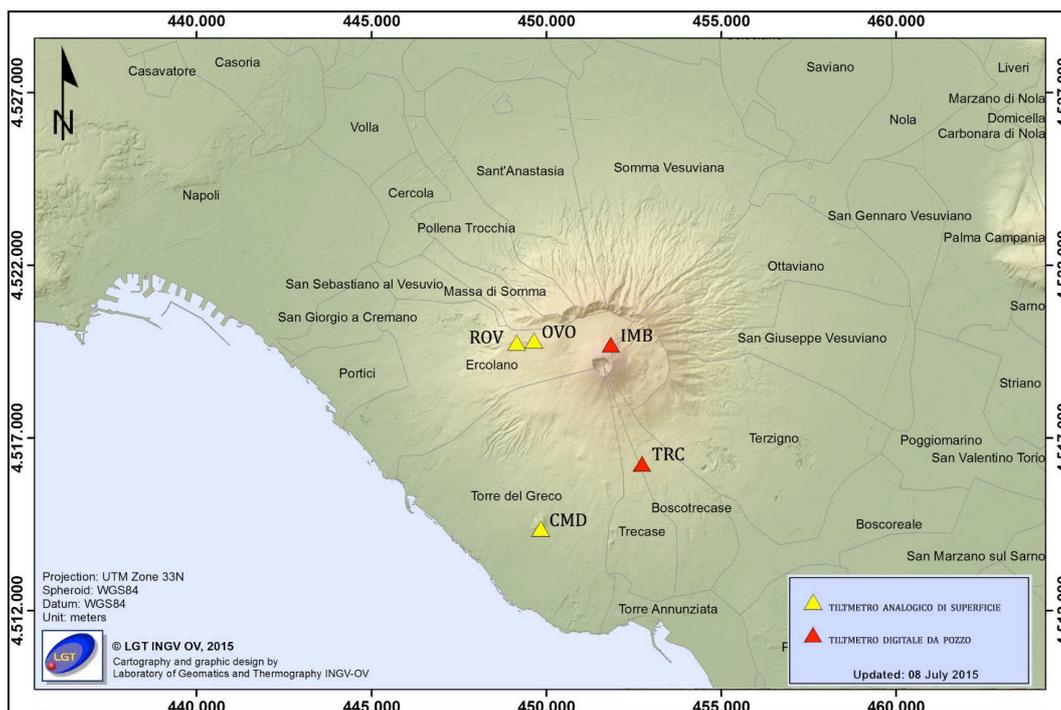


Figura 5. Rete tiltmetrica del Vesuvio fino al 2014.

La stazione OVO dista circa 2.6 km a WNW dall'area craterica ed è ubicata nel bunker della Sede Storica dell'Osservatorio Vesuviano ad Ercolano, a 35 m di profondità dal piano campagna (p.c.), a 608 m s.l.m. Essa è alimentata tramite rete elettrica e batteria tampone a 12 Volt e la trasmissione dei dati avviene tramite connessione alla rete *WiFi* dell'OV.

La stazione CMD dista circa 4.8 km a SSW dall'area craterica ed è ubicata alla base di un pozzetto profondo 2 m dal p.c. nel giardino della Casa Cantoniera dell'Acquedotto Vesuviano a Torre del Greco, a 120 m s.l.m. Essa è alimentata tramite rete elettrica e batteria tampone a 12 Volt. La trasmissione dei dati avviene tramite GSM.

La stazione ROV dista circa 2.6 km a WNW dall'area craterica ed è installata a 608 m s.l.m., nel sottoterraneo della torre ottagonale situata nell'ala Nord del Reale Osservatorio Borbonico, su di un pilastro a circa 2 m di profondità. Quest'ultimo è isolato completamente dall'edificio e consiste in due cilindri sovrapposti e concentrici, realizzati in muratura con grossi blocchi rustici di lava tenuti assieme da malta di pozzolana mista a cemento alti ciascuno 2 metri, di cui l'inferiore ha un diametro di 3.4 m e il superiore di 2.8 m. Sul bordo del cilindro inferiore è stata scavata una nicchia in cui è stato posizionato il sensore tiltmetrico. La stazione è alimentata tramite rete elettrica e batteria tampone a 12 Volt e la trasmissione dei dati avviene tramite GSM.

La stazione TRC dista circa 2.9 km a SE dall'area craterica ed è ubicata nel parcheggio della Caserma della Guardia Forestale di Trecase a 372 m s.l.m., con il sensore tiltmetrico (mod. *LILY*) posizionato a 28 m di profondità. La stazione è alimentata tramite rete elettrica e batteria tampone a 12 Volt. La trasmissione dei dati avviene tramite linea ADSL.

La stazione IMB dista circa 0.9 km N dall'area craterica ed è ubicata in prossimità di Casetta Imbò su Colle Margherita (Ercolano) a 974 m s.l.m., con il sensore tiltmetrico (mod. *Lily*) posizionato a 20 m di profondità. La stazione è alimentata tramite rete elettrica e batteria tampone a 12 Volt e la trasmissione dei dati avviene tramite *WiFi* dell'OV.

### 3.2 Rete tiltmetrica dei Campi Flegrei

La rete di monitoraggio dei Campi Flegrei (fig. 6) [Ricco et al., 2003] è composta da 10 stazioni di cui 7 (DMA, DMB, DMC, BAI, SLF, OLB e CSO) attrezzate con sensori analogici mod. AGI 702 e 3 (TOI, ARC e PSC) con sensori mod. AGI 722 tutti in acquisizione continua con campionamento ogni 5 minuti. Esse sono distribuite intorno all'area di massima deformazione che si registra durante le fasi bradisismiche, la cui componente verticale è ben rappresentata dalla variazione altimetrica che interessa il Centro Storico (Rione Terra) della Città di Pozzuoli, identificata ad oggi tra i Caposaldi n. 25A e n. 24 della Rete Altimetrica (fig. 7) [Del Gaudio et al., 2010; D'Auria et al., 2011; Del Gaudio et al., 2014].

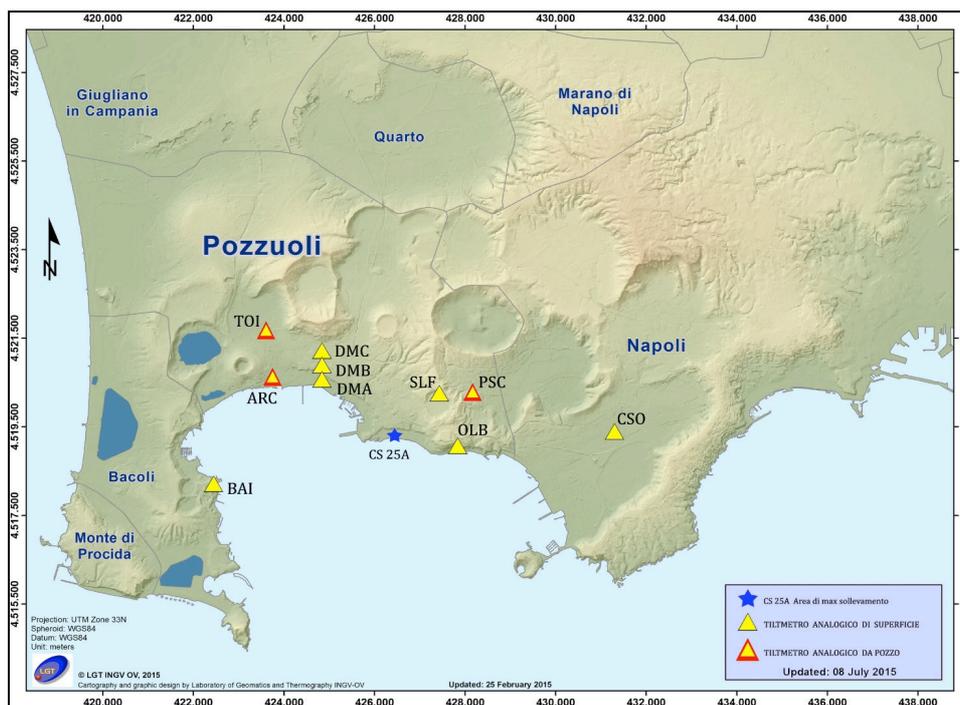
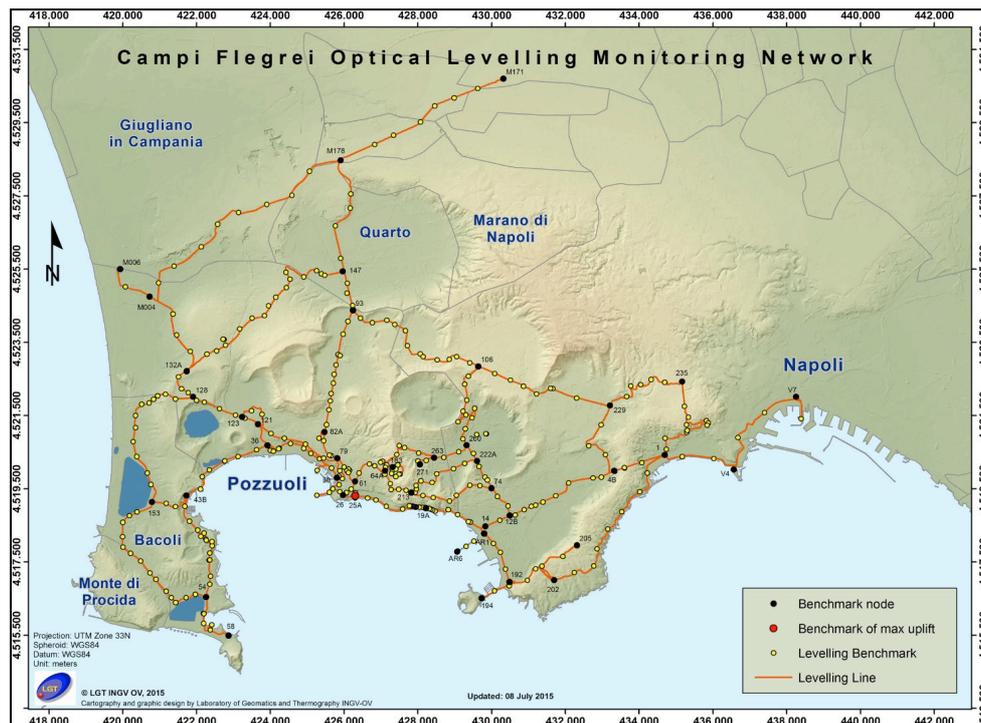


Figura 6. Rete tiltmetrica dei Campi Flegrei fino al 2014.



**Figura 7.** Rete di livellazione di alta precisione dei Campi Flegrei.

Le 3 stazioni DMA, DMB e DMC allineate lungo un tratto di 600 m, in direzione NS all'interno di un tunnel dismesso della Marina Militare (ex depositi POL zona Cimitero), distanti dall'area di massimo sollevamento rispettivamente 1.5 km a NW, 1.8 km a NW e 2 km a NW, sono state dismesse nel Settembre 2013 perché il sito che le accoglieva è stato smantellato per favorire l'ampliamento viario di Pozzuoli. Di esse è conservata una serie temporale di circa 22 anni di registrazioni.

La stazione BAI dista circa 3.8 km SW dall'area di massimo sollevamento, è posizionata alla fine della Cisterna Romana lunga 25 m, 30 m sotto il Castello di Baia il cui ingresso è a 35 m s.l.m. Essa è alimentata tramite rete elettrica e batteria tampone a 12 Volt, la trasmissione dei dati avviene tramite connessione alla rete *WiFi* dell'OV.

La stazione TOI dista circa 3.64 km NW dall'area di massimo sollevamento ed è ubicata nel parcheggio della Biblioteca Comunale di Pozzuoli a 25.5 m s.l.m. con il sensore posizionato alla base di un pozzo profondo 8 m. La stazione è alimentata tramite rete elettrica e batteria tampone a 12 Volt e la trasmissione dei dati avviene tramite GSM.

La stazione ARC dista circa 2.64 km WNW dall'area di massimo sollevamento ed è ubicata nel cortile della Scuola Media Comunale di Arco Felice a 2.7 m s.l.m. con il sensore posizionato alla base di un pozzo profondo 6 m. La stazione è alimentata tramite rete elettrica e batteria tampone a 12 Volt e la trasmissione dei dati avviene tramite GSM.

La stazione SLF dista circa 1.47 km NE dall'area di massimo sollevamento, è posizionata all'interno della Solfatara in un locale di servizio in prossimità delle Stufe a 104 m s.l.m. ed è alimentata tramite pannello solare e batteria tampone a 12 Volt. La trasmissione dei dati avviene tramite connessione alla rete *WiFi* dell'OV.

La stazione OLB dista circa 1.5 km ESE dall'area di massimo sollevamento ed è posizionata all'interno di una galleria ferroviaria dismessa sotto Monte Olibano, a 150 m dall'ingresso ed a 30 m s.l.m., in un pozzetto cubico scavato tra i binari e profondo 1 m. La stazione è alimentata tramite rete elettrica e batteria tampone a 12 Volt e la trasmissione dei dati avviene tramite connessione alla rete *WiFi* dell'OV.

La stazione CSO dista circa 4.8 km E dall'area di massimo sollevamento ed è posizionata nel seminterrato della Sede dell'Osservatorio Vesuviano a 19 m s.l.m. Essa è alimentata tramite rete elettrica e batteria tampone a 12 Volt e la trasmissione dei dati avviene tramite linea telefonica.

La stazione PSC dista circa 1.97 km NE dall'area di massimo sollevamento ed è ubicata in prossimità delle fumarole di Pisciarelli a 79 m s.l.m., con il sensore posizionato alla base di un pozzo profondo 1 m.

Essa è alimentata tramite pannello solare e batteria tampone a 12 Volt e la trasmissione dei dati avviene tramite GSM.

### 3.3 Rete tiltmetrica dell'isola d'Ischia

Sull'isola di Ischia la rete tiltmetrica è stata realizzata grazie al Progetto VULCAMED, iniziando ad operare solo nel 2015 (fig. 8).

## 4. Potenziamiento VULCAMED

### 4.1 Progettazione dell'ampliamento reti tiltmetriche

Grazie al PON VULCAMED, è stato possibile progettare l'ampliamento delle reti di monitoraggio tiltmetrico del Vesuvio e dei Campi Flegrei ottimizzando le geometrie preesistenti e realizzando la rete tiltmetrica dell'isola d'Ischia (fig. 8). Tutti i nuovi siti sono stati attrezzati con sensori digitali modello *Lily* auto livellante ad alta risoluzione (della *Jewell Instruments*) e installati in pozzi profondi 25 metri.

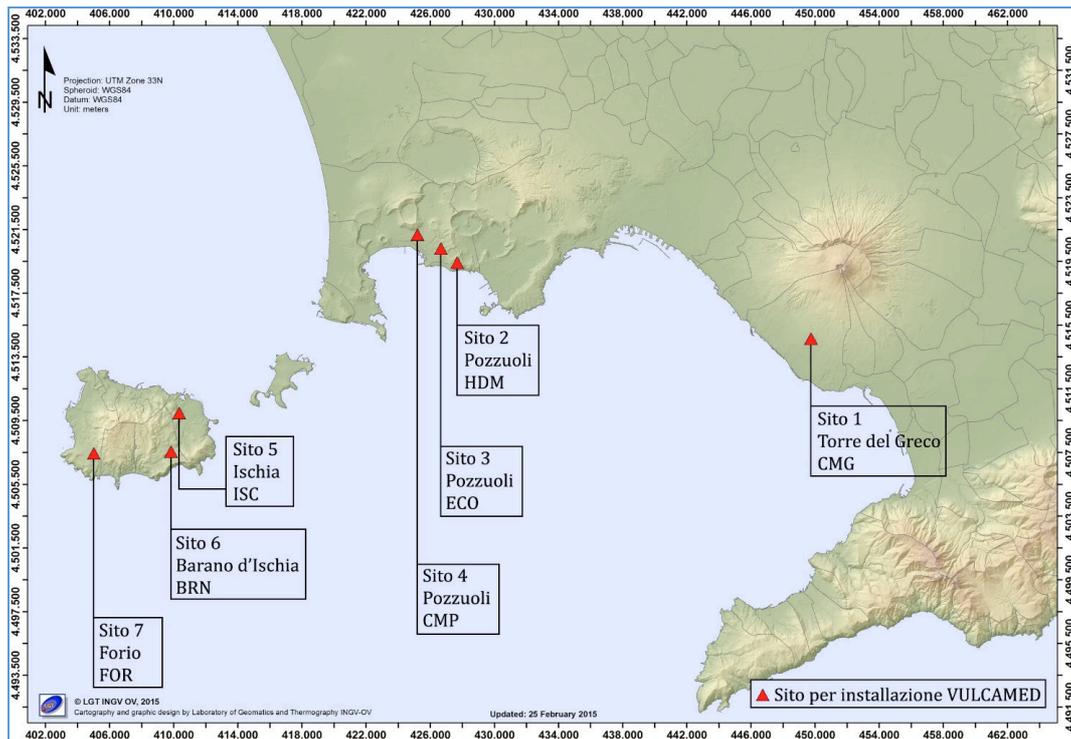
Per la rete tiltmetrica del Vesuvio è stato predisposto un unico sito, denominato CMG (fig. 8), distante circa 4.86 km a SSW dall'area craterica ed ubicato nel giardino della Casa Cantoniera dell'Acquedotto Vesuviano a Torre del Greco, a 120 m s.l.m. La scelta di questo sito è stata condizionata dalla presenza di altri sensori di misura che lo rendono multiparametrico, in quanto vi sono già in acquisizione il tiltmetro analogico CMD, un idrometro che misura le variazioni piezometriche della falda acquifera, una stazione meteorologica, un sismografo ed un dilatometro.

La rete tiltmetrica dei Campi Flegrei è stata ampliata allestendo 3 nuovi siti con l'obiettivo di studiare più in dettaglio la deformazione del suolo intorno all'area di massimo sollevamento identificata tra i Caposaldi n. 24 e n. 25A della Rete Altimetrica, in prossimità del Centro Storico (Rione Terra) della Città di Pozzuoli [Del Gaudio et al., 2005; Del Gaudio et al., 2009]. Il sito HDM (fig. 8) è localizzato a circa 1.11 km ad Est dall'area di massimo sollevamento all'interno dell'Accademia Aeronautica di Pozzuoli in prossimità del Poligono di Tiro; il sito ECO (fig. 8) è situato a circa 1.27 km a NNE dall'area di massimo sollevamento presso l'area attrezzata per l'isola ecologica del Comune di Pozzuoli; il sito CMP (fig. 8) è ubicato a circa 1.85 km a NW dall'area di massimo sollevamento, presso il Cimitero Comunale di Pozzuoli. La scelta di quest'ultimo sito (CMP) è stata condizionata dalla necessità di conservare la continuità di misura in un'area precedentemente monitorata dalle stazioni DMA, DMB e DMC, infatti CMP è posizionato a circa 100 m ad W dall'ex sito DMB.

La geometria della rete tiltmetrica dell'isola di Ischia è stata decisa in base agli allineamenti strutturali ed alla morfologia dell'Isola [de Vita et al., 2010] nonché al pattern di deformazione del suolo dedotto dalle misure ottenute attraverso le campagne di livellazione geometriche di precisione effettuate in oltre 20 anni [Del Gaudio et al., 2011].

La scelta dei siti dove installare i tiltmetri ha interessato 3 Comuni dell'Isola (fig. 8):

- il comune di Ischia, in prossimità dell'Acquedotto in località Montagnone Alto, nel settore di NE (stazione tiltmetrica ISC);
- il comune di Barano d'Ischia, a ridosso del Cimitero Comunale in Località Vatoliere, nel settore di SE (stazione tiltmetrica BRN);
- il comune di Forio, in prossimità della Scuola Media Statale "D'Abundo" località Panza, nel settore di SW (stazione tiltmetrica FOR).



**Figura 8.** Ubicazione dei siti tiltmetrici VULCAMED.

#### 4.2 Realizzazione dei siti stazione

Per la realizzazione dei siti è stata indetta una gara mediante procedura in economia (ex art. 125 del Dlgs 163/2006 e ss.mm.ii.) con il criterio del massimo ribasso (ex art. 82 Dlgs 163/2006). Sono state invitate n. 12 ditte selezionate sia dall'albo fornitori, categoria OS21, dell'Osservatorio Vesuviano che dall'elenco delle ditte che hanno presentato la domanda per la manifestazione d'interesse dell'avviso pubblico Prot. 13453 del 29.07.2014.

Nel bando sono state specificate le condizioni necessarie per effettuare le installazioni a regola d'arte [Aquino, 2014].

Per l'esecuzione dei 7 sondaggi è stato richiesto:

- una profondità dei pozzi di 25.5 m dal p.c. (fig. 9);
- il diametro perforo 127 mm;
- il condizionamento pozzi mediante tubo in PVC con diametro interno di 10 cm;
- la perforazione eseguita a carotaggio continuo con percentuale di carotaggio non inferiore al 95% e minimo disturbo delle carote mediante adeguata tecnologia (estrattore da campo, *wire line* o simili);
- la conservazione delle carote in apposite cassette catalogatrici;
- il controllo della verticalità con errore inferiore al 3%;
- il controllo della temperatura a varie profondità durante la perforazione (in caso di raggiungimento di un valore di + 50 °C interrompere la perforazione e contattare il committente);
- la cementazione base pozzo con cemento idraulico per un totale isolamento da infiltrazioni di acqua;
- la cementazione dell'intercapedine pozzo/tubo a partire da fondo foro mediante l'ausilio di iniezione in pressione di boiaccia cementizia o di *Packers*;
- un pozzetto di chiusura in cemento di dimensioni interne 50x50x50 cm con chiusino di ispezione carrabile in ghisa, a tenuta stagna.

Per la realizzazione delle infrastrutture per l'alloggiamento della strumentazione per lo scarico e per la trasmissione dei dati in prossimità di ogni pozzo è stato richiesto:

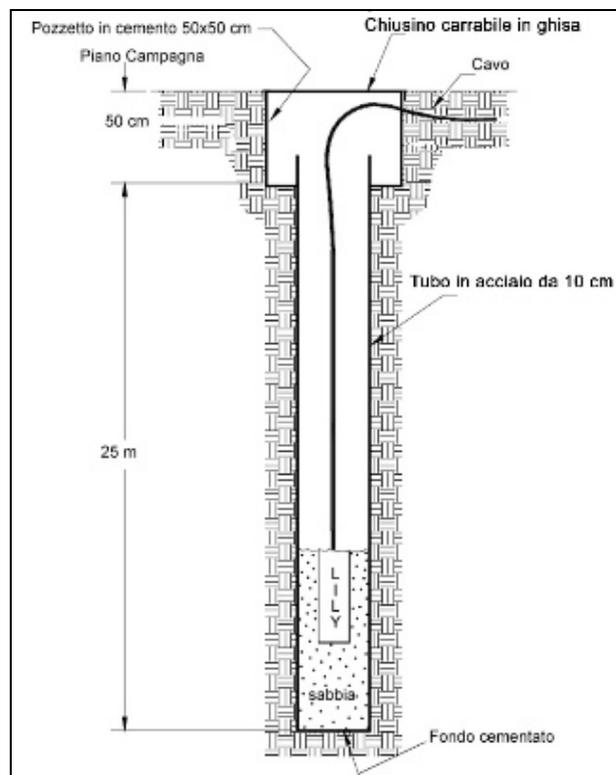
- un contenitore in vetroresina a due vani sovrapposti con grado di protezione alle intemperie IP 55 di dimensioni 1390x580x330 mm, completo di un ripiano per vano, serratura con leva a scomparsa

e telaio di ancoraggio su basetta di calcestruzzo di altezza minima 15 cm dal p.c. e superficie non inferiore a quella del contenitore stesso.

Per il sistema di alimentazione basato su rete elettrica è stato richiesto:

- la predisposizione per un quadro di derivazione con interruttori, sottocontatore digitale e linea elettrica fino al punto di consegna della fornitura di energia, distanza media 20 m, mediante l'utilizzo di un contenitore omologato Enel;
- un pozzetto per messa a terra completo di puntazza a croce in acciaio zincato lunghezza 1,50 m e relativa treccia di collegamento;
- una batteria a gel sigillata di capacità minima 42 Ah;
- un caricabatteria.

Inoltre è stato richiesto il ripristino dello stato dei luoghi.



**Figura 9.** Schema del sondaggio per l'installazione del sensore tiltmetrico mod. *Lily*.

#### 4.3 Metodologie di indagine

I lavori per la realizzazione dei siti sono stati eseguiti dalla GEOCONSULTLAB S.r.l., con sede Manocalzati (AV), Area PIP SS 7 bis, D.P.R. 380/2001 art. 59, concessione N°6537 del 11/07/2011 (azienda con sistema di qualità certificato secondo la norma uni en 9001:2008). Il RUP, indicato dal committente, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia Sez. Osservatorio Vesuviano (Direttore Dott. Giuseppe De Natale), è stata la Dott.ssa Aquino Ida (dipendente dell'OV-INGV), il Direttore dei Lavori ed il Responsabile della Sicurezza, anch'essi indicati dal committente, sono stati rispettivamente il Dott. Geol. Conforti Gennaro e l'Ing. Panico Luigi, come si evince dal Cartello di Cantiere in Figura 10.



**Figura 10.** Cartello di Cantiere. (a) Foto relativa al sito ECO. (b) Foto relativa al sito CMP.

Per l'assistenza scientifica ai fini archeologici e per le analisi archeostratigrafiche (escluso il sito CMG di Torre del Greco) è stato conferito l'incarico alle archeologhe accreditate presso la Soprintendenza Speciale per i BB. AA. di Napoli e Pompei Dott.ssa Tambasco Fabiana e Dott.ssa Barsanti Valeria che hanno redatto una relazione archeologica per i 6 siti di loro pertinenza ricadenti nelle aree di Pozzuoli e dell'isola d'Ischia [Tambasco e Barsanti, 2015].

I sondaggi geognostici sono stati realizzati a carotaggio continuo con l'utilizzo di sonde a rotazione di tipo CMW MK 420 D e di tipo CMW MK 600D, carotiere di diametro 101 mm e tubo di rivestimento di 178 mm. (fig. 11).



**Figura 11.** Sonde utilizzate nelle fasi di scavo dei sondaggi. (a) Foto relativa al sito CMP. (b) Foto relativa al sito HDM.

La scelta del metodo di perforazione utilizzato è stata dettata dallo scopo dell'indagine e dalle litologie presenti nei siti. Le perforazioni sono state tutte precedute da un prescavo a mano per la profondità utile al ritrovamento di condutture e cavidotti (fig. 12).



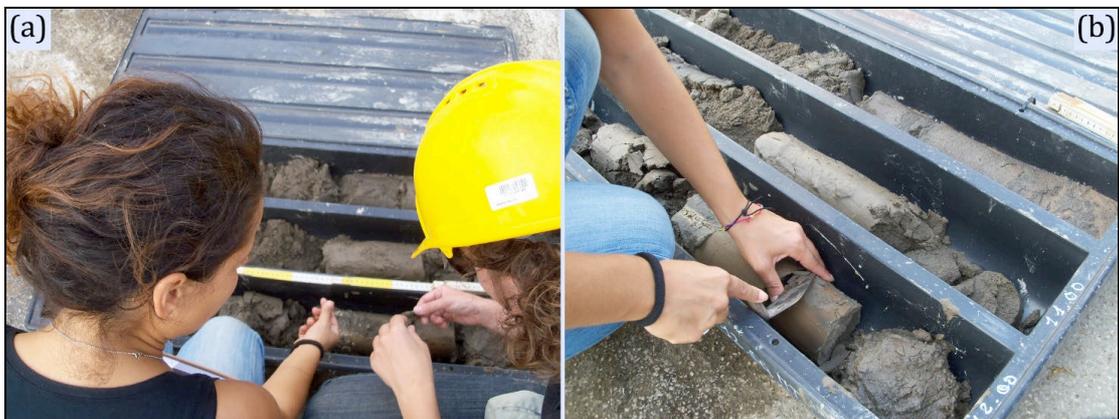
**Figura 12.** Prescavo. (a) Foto relativa al sito FOR. (b) Foto relativa al sito ECO.

La circolazione di fluidi è stata minima e solo in casi strettamente necessari, l'acqua è stata utilizzata solo al fine del raffreddamento del carotiere.

La perforazione dei sondaggi è stata eseguita con recupero totale del materiale, in modo da disporre delle informazioni stratigrafiche e archeologiche lungo l'intera verticale esplorata; l'avanzamento a secco ha inoltre permesso una migliore analisi archeologica delle carote raccolte. Le carote sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici, custodite all'interno del cantiere in un armadio e poi consegnate alla sede dell'Osservatorio Vesuviano (figg. 13, 14).



**Figura 13.** Recupero carote; (a) Foto relativa al sito ECO. (b) Cassetta catalogatrice; foto relativa al sito CMP.



**Figura 14.** Fasi di cantiere per le analisi archeologiche. (a) e (b) Foto relative al sito CMP.

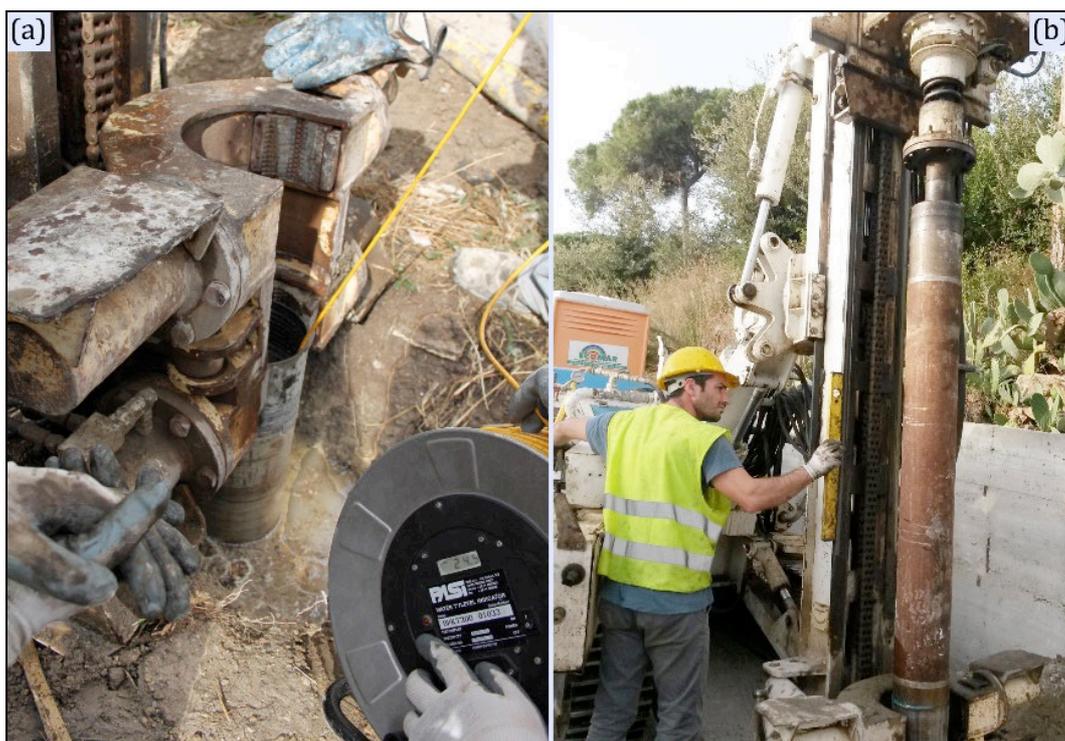
Il carotaggio effettuato è stato circa del 95% con il minimo disturbo delle carote estratte.

La perforazione dei sondaggi è stata spinta fino ad una profondità di almeno 25 m a partire da una quota di -0.50 m dal p.c., così come indicato dal committente. Pertanto in tutti i sondaggi è stato necessario approfondire il carotaggio sia in relazione ai depositi presenti sia per consentire la cementazione del fondo foro per il totale isolamento da infiltrazioni di acqua (fig. 15).

Durante le perforazioni è stato effettuato il controllo della temperatura a varie profondità e accertata la verticalità della trivella (fig. 16).



**Figura 15.** Fasi di scavo. (a) Foto relativa al sito HDM. (b) Foto relativa al sito ECO.



**Figura 16.** Controllo temperatura in fase di sondaggio. Controllo verticalità della trivella. (a) Foto relativa al sito FOR. (b) Foto relativa al sito HDM.

Al completamento della perforazione, il foro è stato allestito con un tubo in PVC di diametro interno di 100 mm chiuso alla base (fig. 17). L'intercapedine perforo/tubo è stata cementata a partire da fondo foro con l'ausilio di un tubo per iniezione a pressione di boiaccia cementizia (fig. 18).

Alla testa del foro è stato realizzato un pozzetto in cemento di dimensioni interne 50x50x50 aperto al fondo per consentire l'eventuale smaltimento di accumuli d'acqua nel sottosuolo (fig. 19).



**Figura 17.** Fasi di posizionamento del tubo in pvc. (a) Foto relativa al sito CMP. (b) Foto relativa al sito CMG. (c) Foto relativa al sito CMP.



**Figura 18.** Fasi di cementazione. (a) Foto relativa al sito ECO. (b) Foto relativa al sito CMG. (c) Foto relativa al sito BRN.



**Figura 19.** Pozzetto di testa. (a) Foto relativa al sito CMP. (b) Foto relativa al sito FOR.

In prossimità di ogni sondaggio è stato posizionato un contenitore per ospitare la strumentazione necessaria allo scarico dei dati ed alla trasmissione degli stessi al Centro di Monitoraggio dell'Osservatorio Vesuviano, in cui è stato predisposto un quadro di derivazione con interruttori, sottocontatore digitale e linea elettrica ed un pozzetto per messa a terra completo di puntazza a croce in acciaio zincato di lunghezza 1.50 m (fig. 20).

Per ogni sondaggio sono stati effettuati i collegamenti tra il pozzo e l'infrastruttura esterna e si è provveduto al ripristino dello stato dei luoghi (fig. 21).



**Figura 20.** Infrastruttura esterna. (a) e (b) Foto relativa al sito CMG.



**Figura 21.** Ripristino dei luoghi. (a) e (b) Foto relativa al sito CMP.

Tutte le indagini sono state eseguite dal personale specializzato del laboratorio Geo-Consultlab S.r.l. che a fine lavori ha consegnato la Relazione Tecnica [Geoconsultlab, 2015]. Le stratigrafie con le descrizioni litologiche sono riportate in Appendice 1.

A fine lavori in fase di collaudo, in presenza del RUP, è stata misurata la verticalità di ogni foro mediante l'uso di un sistema inclinometrico costituito da una sonda a carrello in acciaio inox con sensore di

precisione 1/1000 di grado sessagesimale e per ognuno è stata misurata la temperatura con una sonda di precisione di 0.1 °C (fig. 22), Appendice 2.



**Figura 22.** Fase di collaudo. (a) Foto relativa al sito CMP. (b) Foto relativa al sito HDM.

#### 4.4 Installazione sensori

A collaudo ultimato e dopo aver atteso il tempo necessario per l'assestamento dei siti, si è proceduto all'installazione dei sensori tiltmetrici (Tab. 1).

Tutte le installazioni sono state eseguite dagli autori del presente Rapporto Tecnico (personale dell'Osservatorio Vesuviano) ed il completamento è avvenuto nel rispetto dei tempi richiesti dalla scadenza del progetto VULCAMED (indicata dal Responsabile del progetto Dott. Marcello Martini).

**Tabella 1**

Denominazione stazione	Data di installazione	Coordinate Lat/long	Comune	Sito
<b>HDM</b>	12.02.2015	40.819863°/14.139413°	Pozzuoli	Poligono di tiro dell'Accademia Aeronautica
<b>CMP</b>	20.03.2015	40.835085°/14.113158°	Pozzuoli	Parcheggio del Cimitero Comunale
<b>ECO</b>	27.03.2015	40.832035°/14.130007°	Pozzuoli	Area attrezzata per l'isola ecologica
<b>CMG</b>	17.04.2015	40.779455°/14.408792°	Torre del Greco	Giardino dell'Acquedotto Vesuviano (Gori)
<b>ISC</b>	22.04.2015	40.736152°/13.934346°	Ischia	Acquedotto, località Montagnone Alto
<b>BRN</b>	22.04.2015	40.713947°/40.713947°	Barano	Parcheggio del Cimitero Comunale, località Vatoliere
<b>FOR</b>	23.04.2015	40.709145°/13.878489°	Forio	Scuola Media Statale "D'Abundo", località Panza

Per tutte le installazioni si è proceduto con le stesse modalità utilizzando un sistema di aste e aggancio/sgancio sensore ideato e messo a punto dagli scriventi.

Nella fase iniziale è stata versata della sabbia quarzosa fine sul fondo del foro sul quale è stato poi collocato il sensore (fig. 23a), mantenendo il piano di inclinazione della componente Y allineato col Nord magnetico (fig. 23b). Per effettuare velocemente ed in sicurezza quest'operazione è stata disegnata e costruita una batteria di 13 aste (ognuna di 2 metri) in alluminio anodizzato a base rettangolare, appositamente predisposte con fori alle estremità per essere agganciate solidamente tra loro utilizzando delle viti (fig. 23c).



**Figura 23.** Fase preliminare dell'installazione. (a) Foto relativa al sito CMP. (b) Foto relativa al sito BRN. (c) Foto relativa al sito CMG.

Il sensore tiltmetrico è stato quindi ancorato alla prima asta mediante un elettroblocco (con comando per lo sgancio dello stesso una volta raggiunto il fondo del foro) e poi calato (fig. 24).



**Figura 24.** Fase iniziale dell'installazione del sensore. (a) e (b) Foto relativa al sito CMG.

L'attacco tra due successive aste è stato agevolato con il supporto di una bacchetta di ferro passante per un secondo foro e appoggiata sul bordo del pozzetto che, sorreggendo le aste già calate, ha permesso il semplice aggancio dell'asta successiva (fig. 25).



**Figura 25.** Installazione del sensore. (a) Foto relativa al sito ISC. (b) e (c) Foto relativa al sito FOR.

Inoltre, durante l'operazione di discesa delle aste, ogni piccola rotazione delle stesse e conseguentemente del sensore cilindrico ad esse ancorato è stata registrata nella memoria non volatile del *Lily* e contemporaneamente letta su di un pc collegato al sensore tramite il programma di comunicazione (fig. 26). I valori forniti dal compasso magnetico per la determinazione della variazione di declinazione magnetica in termini di azimuth antiorario, hanno consentito la correzione per mantenere il piano di inclinazione della componente Y allineato con il Nord magnetico.



**Figura 26.** Controllo dell'azimuth durante l'installazione. (a) Foto relativa al sito ISC. (b) Foto relativa al sito BRN.

Ultimata la fase di posizionamento e ritirate le aste, è stata versata altra sabbia quarzosa fine in modo da bloccare il sensore (fig. 27). Infine tramite il programma di comunicazione è stato inviato il comando per l'auto-livellamento del sensore (fig. 28).



**Figura 27.** Completamento dell'installazione. (a) Foto relativa al sito CMG. (b) Foto relativa al sito HDM.



**Figura 28.** Auto-livellamento del sensore. (a) Foto relativa al sito HDM. (b) Foto relativa al sito CMG.

Completata l'installazione, si è proceduto alla configurazione dei protocolli per la trasmissione dei dati al Centro di Sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano (fig. 29).



**Figura 29.** Collegamenti per lo scarico dati. (a) Foto relativa al sito HDM. (b) Foto relativa al sito FOR.

## 5. Segnali acquisiti

I segnali vengono acquisiti dal sensore direttamente in digitale e registrati nella memoria interna non volatile *FLASH* per poi essere trasmessi in superficie con protocollo RS485 su cavi di lunghezza superiore a 15 m e scaricati su un pc dedicato tramite un convertitore di interfaccia da seriale RS485 a *ETHERNET* Lantronix modello UDS1100.

Il passo di campionamento è di un dato al minuto. Ogni stringa di dati è in formato *ASCII* e contiene sette colonne separate da una virgola.

La stringa si apre col simbolo \$ e contiene sequenzialmente il valore in  $\mu$ radianti delle componenti X ed Y, l'azimuth magnetico in gradi, la temperatura in  $^{\circ}C$ , la data e l'ora, i minuti, i secondi, l'alimentazione in mV ed il numero di serie del sensore (fig. 30).

```

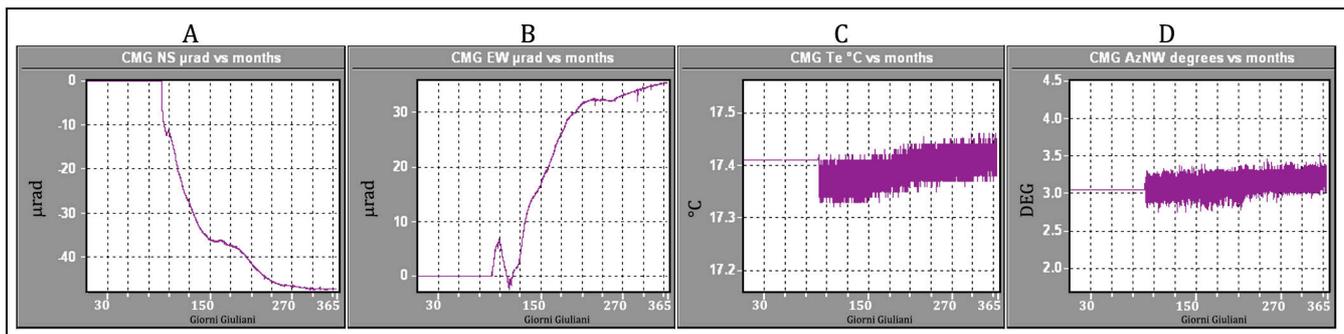
$ 64.538, 17.060,294.99, 19.15,01/09/16 21:16:00,13.55,N1007
$ 64.577, 17.053,295.90, 19.16,01/09/16 21:17:00,13.55,N1007
$ 64.583, 17.082,294.03, 19.13,01/09/16 21:18:00,13.55,N1007
$ 64.571, 17.075,294.03, 19.17,01/09/16 21:19:00,13.55,N1007
$ 64.611, 17.039,294.46, 19.16,01/09/16 21:20:00,13.55,N1007

```

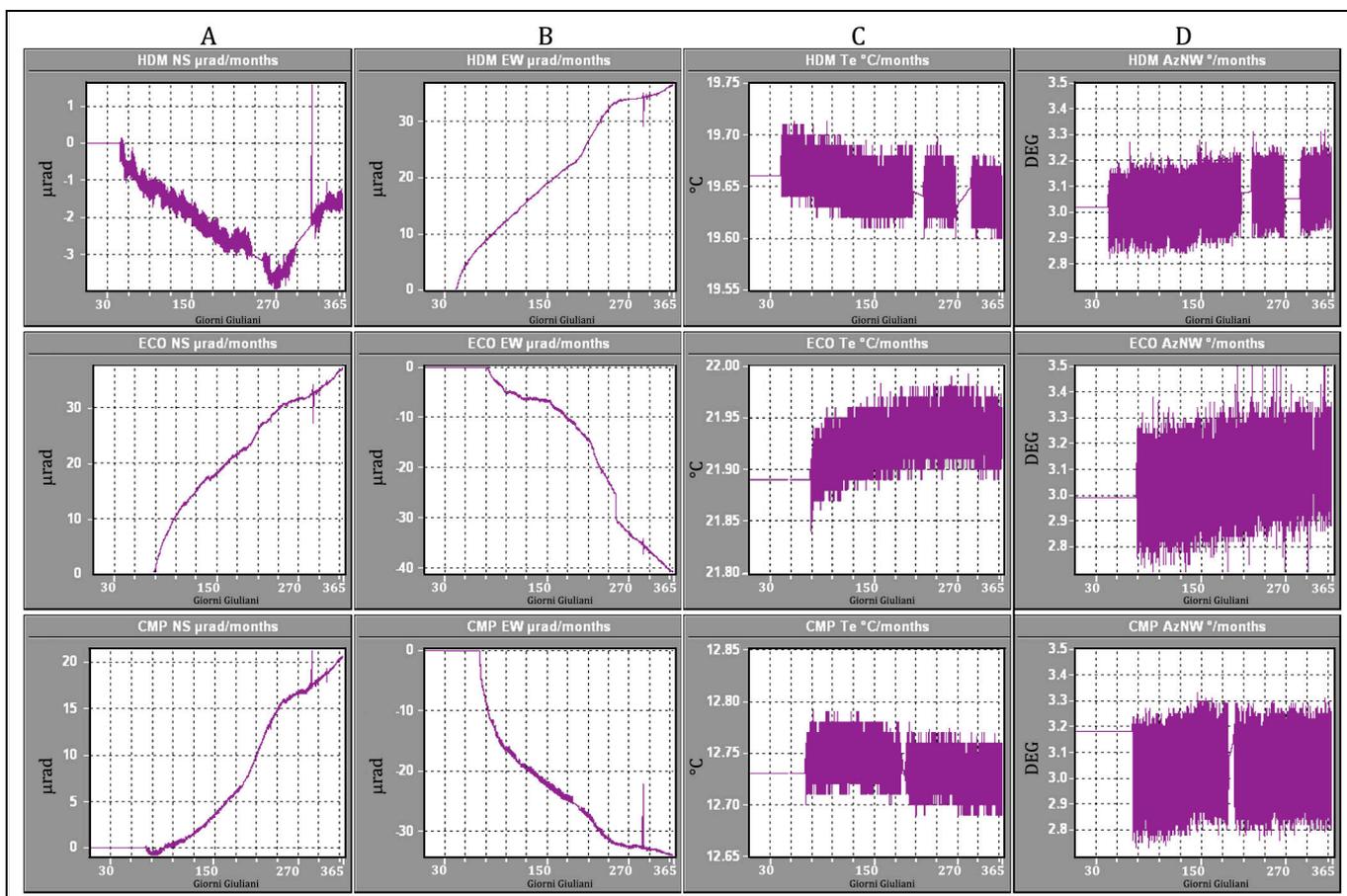
**Figura 30.** Formato del file relativo all'acquisizione del sito ISC.

I segnali registrati vengono preventivamente analizzati per la correzione di eventuali *spikes* o transienti elettrici e successivamente elaborati ed interpretati. La profondità a cui vengono installati i sensori e la risoluzione degli stessi (inferiore a 5 nradianti) consente di registrare segnali in cui le variazioni termiche, che normalmente generano deformazioni elastiche nel terreno, sono completamente attenuate in maniera tale da non indurre periodicità (solari) o altre ciclicità nei segnali registrati. Questi ultimi non vengono quindi sottoposti ad alcun procedimento di filtraggio delle periodicità di tipo termico.

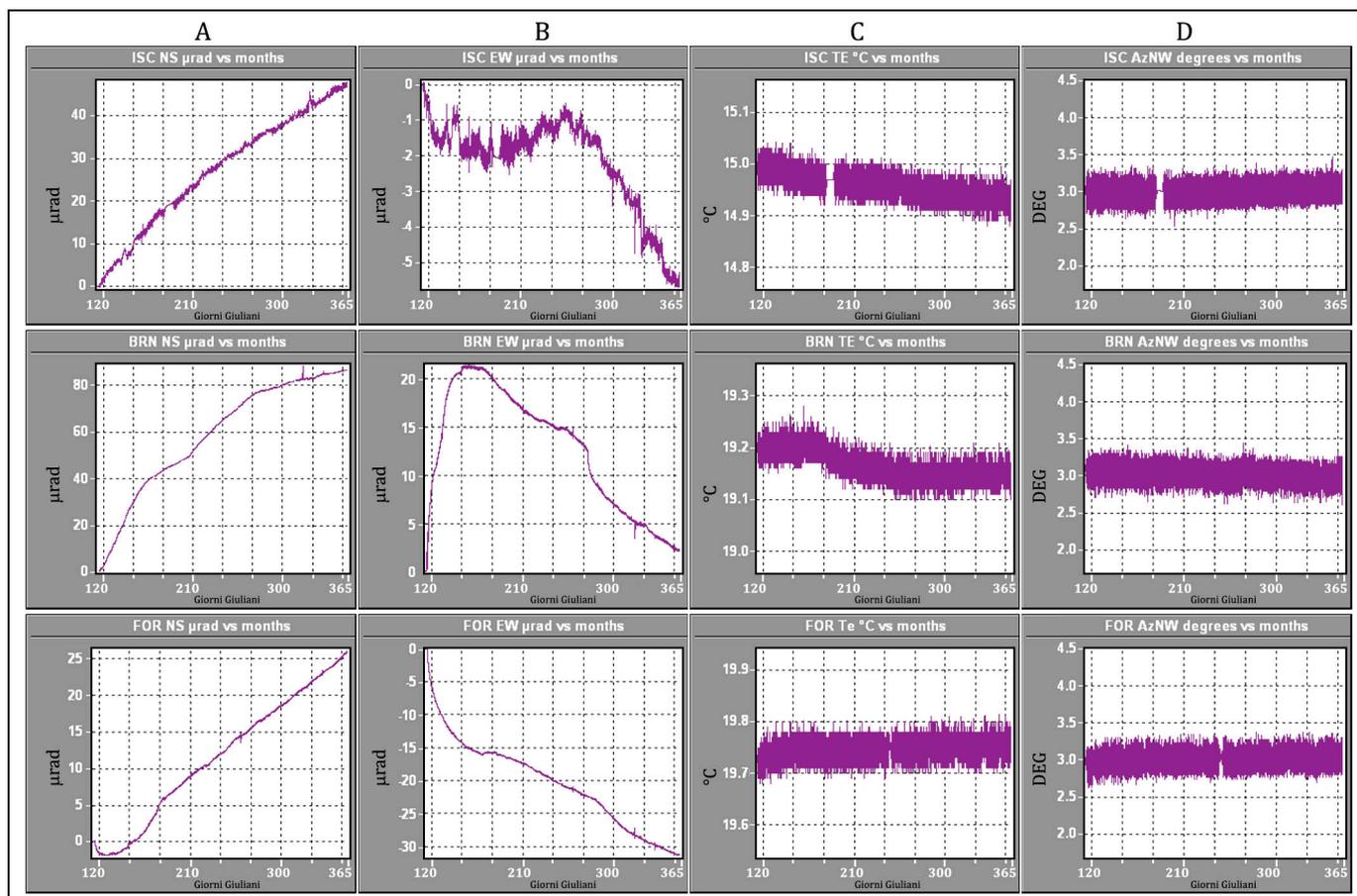
Le Figure 31, 32 e 33 mostrano le serie temporali registrate dai 7 sensori (Progetto VULCAMED) dalla data di installazione fino al 31 Dicembre 2015.



**Figura 31.** Serie temporali registrate alla stazione CMG (Vesuvio) durante il 2015: A: Componente NS  $\mu$ radianti, B: Componente EW  $\mu$ radianti, C: Temperatura  $^{\circ}\text{C}$ , D: Declinazione magnetica.



**Figura 32.** Serie temporali registrate alla stazione HDM, ECO, CMP (Campi Flegrei) durante il 2015: Colonna A: Componenti NS  $\mu$ radianti, Colonna B: Componenti EW  $\mu$ radianti, Colonna C: Temperature  $^{\circ}\text{C}$ , Colonna D: Declinazioni magnetiche.



**Figura 33.** Serie temporali registrate alla stazione ISC, BRN, FOR (isola Ischia) durante il 2015: Colonna A: Componenti NS  $\mu$ radianti, Colonna B: Componenti EW  $\mu$ radianti, Colonna C: Temperature  $^{\circ}$ C, Colonna D: Declinazioni magnetiche.

## 6. Conclusioni

Nel presente Rapporto Tecnico si è descritto il lavoro svolto nell'ambito del Progetto VULCAMED relativo all'Obiettivo Operativo 4.1.1.4: "Potenziamento delle strutture e delle dotazioni scientifiche e tecnologiche", Azione I "Rafforzamento Strutturale" per l'ampliamento della rete tiltmetrica nell'area vulcanica campana.

L'attività svolta è iniziata il 09.04.2014, con la nomina con Responsabile Unico del Procedimento per l'esecuzione dei 7 sondaggi (DD n.48/2014) e si è conclusa un anno dopo (il 23.04.2015) con l'ultima installazione relativa alla stazione FOR. L'attività è stata svolta nel rispetto dei tempi assegnati e l'obiettivo richiesto dal Progetto ha raggiunto il 100%.

Il compimento di questa attività ha comportato un notevole sforzo progettuale e realizzativo, legato soprattutto agli aspetti burocratici inerenti le Procedure di Gara per l'assegnazione dell'Appalto e per le richieste di autorizzazione agli Enti di competenza per l'utilizzo dei siti idonei al potenziamento delle reti di monitoraggio, alla cantierizzazione dei lavori e successivamente all'installazione della strumentazione nei siti realizzati.

Il passaggio dal monitoraggio tiltmetrico attraverso sensori analogici a quello con tecnologia digitale, unito all'approfondimento notevole nel terreno dei trasduttori, implica un salto di qualità nell'acquisizione di segnali continui di deformazione del suolo, con l'obiettivo di raccogliere maggiori e migliori informazioni sulla dinamica delle aree vulcaniche studiate.

È importante sottolineare che i segnali registrati dai *Lily* non vengono soggetti ad alcun procedimento di filtraggio delle periodicità di tipo termico, data la profondità di installazione del sensore, a differenza delle stazioni di tipo superficiale.

Il dato tiltmetrico è quindi direttamente utilizzabile e la sua accuratezza, unita all'informazione continua sulla stabilità del sensore che proviene dal controllo della sua rotazione attraverso il parametro magnetico, consentono di ben caratterizzare la variazione di tilt nel tempo.

Tali informazioni migliorano e completano, nel caso dei Campi Flegrei e del Vesuvio, quelle già in nostro possesso perché ottenute attraverso le reti tiltmetriche di superficie, ed aprono invece spazi nuovi nello studio della dinamica dell'isola di Ischia, dove per la prima volta siamo in grado di acquisire *time-series* relative alla variazione di inclinazione del suolo.

## Ringraziamenti

I ringraziamenti più sinceri vanno ai Dottori Enrico Iannuzzi, Agata Sangianantoni e Mario Augusti che hanno supportato il RUP relativamente agli aspetti tecnici e legali per l'espletamento delle procedure di gara e realizzazione dei lavori.

Per la fase esecutiva dei lavori, un ringraziamento speciale va all'Ing. Luigi Panico Coordinatore della Sicurezza.

## Bibliografia

- Acocella V. and Funiciello R., (1999). *The interaction between regional and local tectonics during resurgent doming: The case of the island of Ischia, Italy*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 88, pp. 109-123, doi: 10.1016/S0377-0273(98)00109-7.
- Acocella V. and Funiciello R., (2002). *Transverse structures and volcanic activity along the Tyrrhenian margin of central Italy*. Bollettino della Società Geologica Italiana, v. 1, pp. 739-747.
- AGI, (1988). *700-Series platform and surface mount tiltmeters*. User's Manual, no. B-88-1016, Rev. E.
- AGI, (2005). *LILY Self-Leveling Borehole Tiltmeter*. User's Manual, no. B-05-1003, Rev. D.
- Aprile F. e Ortolani F., (1979). *Sulla struttura profonda della Piana Campana/ Deep structure of the Campana Plain*. Bollettino della Società dei Naturalisti in Napoli, 88, 243-261.
- Aquino I., Ricco C., Del Gaudio C., (2006). *Rete tiltmetrica dell'area napoletana*. Open File Report INGV, 4.
- Aquino I., (2014). *Procedura in economia per l'esecuzione n. 7 sondaggi a profondità di ca. 20-25 mt., con relativa infrastruttura superficiale, per l'acquisizione dati dei tiltmetri installati in pozzo nell'area vulcanica campana*. Allegato Tecnico consultabile presso la Sezione di Napoli "Osservatorio Vesuviano" dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
- Arnò V., Principe C., Rosi M., Santacroce R., Sbrana A. and Sheridan M.F., (1987). *Eruptive history*. In: R. Santacroce (ed.), *Somma-Vesuvius*, Quaderni de "La Ricerca Scientifica", CNR, 114, 53-103.
- Arrighi S., Principe C. and Rosi M., (2001). *Violent strombolian and subplinian eruptions at Vesuvius during post-1631 activity*. Bulletin of Volcanology, 63, 126-150.
- Barberi F., Corrado G., Innocenti G., and Luongo G., (1984). *Phlegrean Fields 1982-1984: Brief chronicle of a volcano emergency in a densely populated area*. Bulletin of Volcanology, 47(2), 1-22.
- Barberi F., Carapezza M., Innocenti F., Luongo G., Santacroce R., (1989). *The problem of volcanic unrest: the Phlegraean Fields case history*. Atti Conv. Lincei, 80, 387-405.
- Bartole R., (1984). *Tectonic structures of the Latian-Campanian shelf (Tyrrhenian Sea)*. Bollettino di Oceanografia Teorica e Applicata, v. 2, pp. 197-230.
- Berrino G., Corrado G., Luongo G., Toro B., (1984). *Ground deformation and gravity change accompanying the 1982 Pozzuoli uplift*. Bulletin of Volcanology, 47\_2, 187-200.
- Bruno P.P.G., de Alteriis G., Florio G., (2002). *The western undersea section of the Ischia volcanic complex (Italy, Tyrrhenian sea) inferred by marine geophysical data*. Geophysical Research Letters, doi: 10.1029/2001GL013904.
- Chiesa S., Poli S. e Vezzoli L., (1986). *Studio dell'ultima eruzione storica dell'isola di Ischia*. Bollettino del Gruppo Nazionale di Vulcanologia, pp. 153-166.
- Chiodini G., Avino R., Brombach T., Caliro S., Cardellini C. de Vita S., Frondino F., Granieri D., Marotta E., Ventura G., (2004). *Fumarolic and diffuse soil degassing west of Mount Epomeo, Ischia, Italy*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 133, pp. 291-309.
- Cioni R., Santacroce R. and Sbrana A., (1999). *Pyroclastic deposits as a guide for reconstruction the multi-stage evolution of the Somma Vesuvius Caldera*. Bulletin of Volcanology, 61, 207-222.

- Civetta L., Gallo G. and Orsi G., (1991). *Sr- and Nd- isotope and trace-element constraints on the chemical evolution of the magmatic system of Ischia (Italy) in the last 55 ka*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 46, pp. 213-230, doi: 10.1016/0377-0273(91)90084-D.
- Corrado G., Guerra I., Bascio A. L., Luongo G. and Rampoldi F., (1977). *Inflation and microearthquake activity of Phlegrean Fields, Italy*. Bulletin of Volcanology, 40(3), 169-188.
- Cubellis E. e Luongo G., (1998). *Il terremoto del 28 luglio 1883 a Casamicciola nell'isola d'Ischia. Il contesto fisico*. Servizio Sismico Nazionale, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato. Vol. 1, pp. 49-123.
- D'Argenio B., Pescatore T. e Scandone P., (1973). *Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania)*. Atti del Convegno Moderne vedute sulla Geologia dell'Appennino: Roma, Accademia Nazionale dei Lincei, p. 183.
- D'Auria L., Giudicepietro F., Aquino I., Borriello G., Del Gaudio C., Lo Bascio D., Martini M., Ricciardi G.P., Ricciolino P. and Ricco C., (2011). *Repeated fluid-transfer episodes as a mechanism for the recent dynamics of Campi Flegrei caldera (1989-2010)*. Journal of Geophysical Research, Vol. 116, B04313, doi: 10.1029/2010JB007837.
- Deino A.L., Orsi G., de Vita S., Piochi M., (2004). *The age of the Neapolitan Yellow Tuff caldera forming eruption (Campi Flegrei caldera-Italy) assessed by  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating method*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 133, 157-170.
- Del Gaudio C., Ricco C., Aquino I., Brandi G., Serio C., Siniscalchi V., (2005). *Misure di livellazione di precisione e dati tiltmetrici per il controllo delle deformazioni del suolo ai Campi Flegrei*. Open File Report n. 4, 2005 INGV-OV.
- Del Gaudio C., Aquino I., Ricco C., Serio C., (2009). *Monitoraggio geodetico dell'area vulcanica napoletana: risultati della livellazione geometrica di precisione eseguita ai Campi Flegrei a Settembre 2008*. Quaderni di Geofisica, ISSN 1590-2595, n.66.
- Del Gaudio C., Aquino I., Ricciardi G. P., Ricco C. and Scandone R., (2010). *Unrest episodes at Campi Flegrei: A reconstruction of vertical ground movements during 1905–2009*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 195(1), 48–56, doi: 10.1016/j.jvolgeores.2010.05.014.
- Del Gaudio C., Aquino I., Ricco C., Sepe V., Serio C., (2011). *Monitoraggio geodetico dell'isola d'Ischia: risultati della livellazione geometrica di precisione eseguita a Giugno 2010*. Quaderni di Geofisica ISSN 1590-2595, n.87.
- Del Gaudio C., Aquino I., Di Vito M.A., Ricciardi G., Ricco C., (2014). *Giuseppe Mercalli e lo studio del bradisismo flegreo*. Miscellanea INGV, ISSN 2039-6651, n. 24, pp. 71-77.
- de Vita S., Sansivero F., Orsi G., Marotta E., Piochi M., (2010). *Volcanological and structural evolution of the Ischia resurgent caldera (Italy) over the past 10 k.y.* The Geological Society of America Special Paper 464: 193-241.
- Di Vito M.A., Lirer L., Mastrolorenzo G., Rolandi G., (1987). *The Monte Nuovo eruption Campi Flegrei, Italy*. Bulletin of Volcanology. 49, 608-615.
- Di Vito M., Isaia R., Orsi G., Southon J., de Vita S., D'Antonio M., Pappalardo L. and Piochi M., (1999). *Volcanism and deformation since 12,000 years at the Campi Flegrei caldera (Italy)*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 91, 221-246.
- Dogliani C., (1991). *A proposal for kinematic modeling of W-dipping subductions-possible applications to the Tyrrhenian-Appennines system*. Terra Nova, 3, 426-434.
- Dvorak J.J. and Berrino G., (1991). *Recent ground movement and seismic activity in Campi Flegrei, southern Italy: Episodic growth of a resurgent dome*. Journal of Geophysical Research, 96(B2), 2309-2326.
- Dzurisin D., (1992). *Electronic tiltmeters for volcano monitoring: Lessons from Mount St. Helens*. U.S.G.S. Bulletin, 69-83.
- Finetti I. and Morelli C., (1974). *Esplorazione sismica a riflessione dei Golfi di Napoli e Pozzuoli*. Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata, v. 16, pp. 175–222.
- Geoconsultlab (2015). *Progetto Vulcamed: relazione sull'esecuzione di n. 7 sondaggi a profondità di 25 mt., con relativa infrastruttura superficiale, per l'acquisizione dati dei tiltmetri installati in pozzo nell'area vulcanica campana, nell'ambito del progetto pon a3-278 Vulcamed ap1.1.1 e3*. Relazione Tecnica consultabile presso la Sezione di Napoli "Osservatorio Vesuviano" dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. E-mail: ida.aquino@ingv.it
- Gillot P.Y., Chiesa S., Pasquarè G. and Vezzoli L., (1982). *<33,000 yr K-Ar dating of the volcano-tectonic horst of the Isle of Ischia, Gulf of Naples*. Nature, v. 299, pp. 242-245, doi: 10.1038/299242a0.

- Iacono A., (1996). *La "Guerra d'Ischia"*. In: De Bello Neapolitano di G. Pontano. Quaderni dell'Accademia Pontaniana, v. 19, pp 1-90.
- Ippolito F., Ortolani F. e Russo M., (1973). *Struttura marginale tirrenica dell'Appennino Campano: Reinterpretazione di dati di antiche ricerche di idrocarburi*. Memorie della Società Geologica Italiana, v. 12, pp. 227-250.
- Luongo G., (1986). *Bradisismo Flegreo: La crisi del 1982-84*. Notiziario Unione Matematica Italiana, ANNO XIII, Gennaio 1986.
- Nappi R., Alessio G., Bellucci Sessa E., (2010). *A case study comparing landscape metrics to geologic and seismic data from the Ischia Island (Southern Italy)*. Applied Geomatics, 2:73-82, doi: 10.1007/s12518-010-0023z.
- Orsi G., Gallo G. and Zanchi A., (1991). *Simple-shearing block resurgence in caldera depression. A model from Pantelleria and Ischia*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 47, pp. 1-11, doi: 10.1016/0377-0273(91)90097-J.
- Orsi G., de Vita S. and Piochi M., (1994). *Ischia: A volcanic island*. In: Carannante, G., and Tonielli, R., eds., International Association of Sedimentologists 15th Regional Meeting, April 1994, Ischia, Italy, Field trip Guide book: Napoli, De Frede, pp. 107-123.
- Orsi G., Civetta L., Del Gaudio C., de Vita S., Di Vito M.A., Isaia R., Petrazzuoli S.M., Ricciardi G.P. and Ricco C., (1999). *Short-term ground deformations and seismicity in the resurgent Campi Flegrei caldera (Italy): An example of active block-resurgence in a densely populated area*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 91, 415-451.
- Orsi G., de Vita S., Di Vito M., Isaia R., Nave R., Heiken G., (2003). *Facing volcanic and related hazards in the Neapolitan area*. In: (Heiken G., Fakundiny R, Sutter J., Eds) Earth Sciences in Cities, American Geophysical Union, Washington, 56, 121-170.
- Orsi G., Di Vito M.A. and Isaia R., (2004). *Volcanic hazard assessment at the restless Campi Flegrei caldera*. Bulletin of Volcanology, 66, 514-530.
- Parascandola A., (1947). *I fenomeni bradisismici del Serapeo di Pozzuoli*. Stab. Tipogr. G. Genovese, Napoli. 156 pp.
- Pescatore T.S. e Sgrasso I., (1973). *I rapporti tra la piattaforma campano-lucana e la piattaforma abruzzese-campana nel casertano*. Bollettino Società Geologica Italiana, 92, 925-938.
- Piochi M., Civetta L. and Orsi G., (1999). *Mingling in the magmatic system of Ischia (Italy) in the past 5 ka*. Mineralogy and Petrology, v. 66, pp. 227-258, doi: 10.1007/BF01164495.
- Piochi M., Bruno P.P. and De Astis G., (2005). *Relative roles of rifting tectonics and magma ascent processes: Inferences from geophysical, structural, volcanological and geochemical data for the Neapolitan volcanic region (southern Italy)*. G3, v. 6, no.7, Q07007, doi: 10.1029/2004GC000885.
- Progetto CAR.G: Regione Campania, (2011). Foglio 464 Ischia scala 1:10.000.
- Ricco C., Aquino I., Del Gaudio C., (2003). *Ground tilt monitoring at Phlegraean Fields (Italy): a methodological approach*. Annals of Geophysics, 46 (6), 1297-1314.
- Ricco C., Aquino I., Del Gaudio C., (2009). *Procedura automatica per lo studio dei segnali registrati da una stazione tiltmetrica*. Rapporti Tecnici INGV, n. 115.
- Ricco C., Aquino I., Del Gaudio C., (2013). *19 years of tilt data on Mt. Vesuvius: state of the art and future perspective*. Annals of Geophysics, 56 (4), 2013, S0453, doi: 10.4401/ag-6459 Special Issue: Vesuvius and Knowledge.
- Rolandi G., Petrosino P. and Mc Geehin J., (1998). *The interplinian activity at Somma-Vesuvius in the last 3500 years*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 82, 19-52.
- Rosi M., Principe C. and Vecci R., (1993). *The 1631 Vesuvius eruption – a reconstruction based on historical and stratigraphical data*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 58, 151-182.
- Santacroce R., (1987). *Somma-Vesuvius*. Quaderni de "La Ricerca Scientifica", CNR, 114 (Progetto finalizzato Geodinamica, Monografie finali, 8), 251 pp.
- Scandone P., (1979). *Origin of the Tyrrhenian sea and Calabrian arc*. Bollettino Società Geologica Italiana, 98, 27-34.
- Tambasco F. e Barsanti V., (2015). *Relazione tecnico-scientifica della lettura di 6 sondaggi geo-archeologici ubicati nei comuni di Pozzuoli, Barano d'Ischia, Forio, Ischia*. Relazione geo-archeologica consultabile presso la Sezione di Napoli "Osservatorio Vesuviano" dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. E-mail: ida.aquino@ingv.it

- Tibaldi A. and Vezzoli L., (2000). *Late Quaternary monoclinial folding induced by caldera resurgence at Ischia, Italy*. In: Cosgrove, J.W., and Ameen, M.S., eds., *Forced Folds and Fractures: Geological Society of London Special Publication 169*, pp. 103-113.
- Tibaldi A. and Vezzoli L., (2004). *A new type of volcano flank failure: The resurgent caldera sector collapse, Ischia, Italy*. *Geophysical Research Letters*, v. 31, doi: 10.1029/2004GL020419.
- Vezzoli L., (1988). *Island of Ischia*. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Quaderni de “La Ricerca Scientifica,” v. 114, no. 10, p. 122.
- Vitale S. and Isaia R., (2014). *Fractures and faults in volcanic rocks (Campi Flegrei, southern Italy): insight into volcano-tectonic processes*. *International Journal of Earth Sciences*, In press, doi: 10.1007/s00531-013-0979-0.
- Zugiani B.L., (1972). *Controlli altimetrici dei capisaldi nell'area flegrea. Relazione sui rilievi effettuati nell'area flegrea nel 1970–1971*. Quaderni de “La Ricerca Scientifica”, n.83. C.N.R, Roma, pp. 263-283.

# Appendice 1

## Tabelle stratigrafiche



<b>STRATIGRAFIA</b>		Accettazione N°121/14	Certificato N°270/14 del 24/11/2014
AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITÀ CERTIFICATO SECONDO LA NORMA UNI EN 9001:2008		Committente: I.N.G.V. - Osservatorio Vesuviano	
		Cantiere: Sito 4 - Camaldoli della Torre Giardino GORI - Torre del Greco (NA)	
		Sondaggio: S4 Quota: 120 m dal p.c. Data inizio: 30/10/2014 Data fine: 03/11/2014	
Laboratorio Autorizzato ai sensi del D.P.R. 380/2001 art. 359 Concessione N°6537 del 11/07/2011		Strumentazione: CMW MK 600 D	Diam. Perforaz.: 101 mm
		Tipologia perforazione: Carotaggio continuo <input checked="" type="checkbox"/>	Distruzione <input type="checkbox"/>
		Coordinate sito: 40.779465°, 14.408809°	

Scala 1:150

Profondità dal p.c. (m.)	Potenza degli strati (m.)	Quota assoluta s.l.m. (m.)	Simbologia	Percentuale di carotaggio	Campioni	Campionatore	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Tipo S.P.T.	Profondità S.P.T. (m.dal p.c.)	S.P.T. N <sub>1</sub> -N <sub>2</sub> -N <sub>3</sub>	Falda (m.dal p.c.)	Rivestim. provv.	Attrezzatura in loco
1.00	1.00						Pre scavo: Terreno vegetale						
2.30	1.30						Riporto eterogeneo con piroclastiti, scorie e lapilli vulcanici, sono presenti anche rare breccie calcaree.						
4.90	2.60						Lapilli e scorie di lava di colore nerastro e rossastro di dimensioni da millimetrici a centimetrici e fino a massimo 8 cm. Livello di scorie di colore prevalentemente giallo-rossastro tra 4.60-4.90.						
	16.60						Lava tefritica-fonolitica leucitica compatta. Si presenta con vescicole fino a 6.60 mt.						
21.50	1.00						Scorie di colore rossiccio						
22.50	2.50						Pozzolana di colore grigio.						
25.00							FINE SONDAGGIO						

Lo Sperimentatore  
dott.ssa geol. Simona Russo

Pag. 1 di 1

Il Direttore  
dott. geol. Nicola Polzone

Sede Legale SS7 bis - Area PIP - 83030 Manocalzati (AV) - Tel. 0825675195 - Fax 0825675872 - E-mail geoconsultlab@tin.it  
Iscrizione Tribunale di Avellino n. 5703 - CCIA Avellino - Partita IVA 0283470641

STRATIGRAFIA		Accettazione N°121/14	Certificato N°272/14 del 24/11/2014
AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO SECONDO LA NORMA UNI EN 9001:2008		Committente: I.N.G.V. - Osservatorio Vesuviano	
		Cantiere: Sito 7 - Accademia Aeronautica - Pozzuoli (NA)	
		Sondaggio: S7 Quota: 115 m dal p.c. Data inizio: 10/11/2014 Data fine: 17/11/2014	
		Strumentazione: CMW MK 600 D Diam. Perforaz.: 101 mm	
		Tipologia perforazione: Carotaggio continuo <input checked="" type="checkbox"/> Distruzione <input type="checkbox"/>	
Laboratorio Autorizzato ai sensi del D.P.R. 380/2001 art. 358 Concessione N°6537 del 11/07/2011		Coordinate sito: 40.819946°, 14.139337°	

Scala 1:150

Profondità dal p.c. (m.)	Potenza degli strati (m.)	Quota assoluta s.l.m. (m.)	Simbologia	Percentuale di carotaggio	Campioni	Campionatore	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Tipo S.P.T.	Profondità S.P.T. (m.dal p.c.)	S.P.T. N <sub>1</sub> -N <sub>2</sub> -N <sub>3</sub>	Falda (m.dal p.c.)	Rivestim. provv.	Arretratura in foro
1.30	1.30						Pre scavo : Massetto in cemento e terreno di riporto di colore marrone scuro con elementi ceramici e cemento.						
2.40	1.10						Piroclastiti rimaneggiate limo sabbiose di colore marrone-grigio, con brecciolino calcareo, scorie e pomici.						
3.80	1.40						Blocchi di lava di colore grigio chiaro alternato a scorie.						
4.60	0.80						Sabbia e ghiaia di colore marrone scuro con scorie di dimensioni da millimetriche e fino a massimo 6 cm.						
5.20	0.60						Scorie e frammenti di lava di colore grigio-marrone e di dimensioni da millimetriche e fino a massimo 8 cm.						
9.00	3.80						Piroclastiti rimaneggiate cineritiche a granulometria da grossolana a fine di colore grigio-marrone, con brecciolino calcareo e scorie di colore grigiastro.						
11.00	2.00						Frammenti di lava e scorie di colore grigio-marrone di dimensioni da millimetriche e fino a massimo 7 cm.. Tra 10.00-11.00 mt. sono presenti anche clasti calcarei.						
12.00	1.00						Blocchi di lava di dimensioni fino a 7 cm di colore grigiastro in matrice sabbiosa.						
13.35	0.65						Sabbia di colore marrone con scorie di colore nero di dimensioni massime fino a 7 cm..						
17.00	3.65						Blocchi di lava di colore grigiastro.						
19.40	2.40						Sabbia rimaneggiata a granulometria fine di colore marrone con scorie e brecciolino calcareo.						
25.00	5.60						Lava trachitica a struttura porfirica compatta e poco vescicolata di colore grigio chiaro.						
							FINE SONDAGGIO						

Lo Sperimentatore  
dott.ssa geol. Simona Russo

Pag. 1 di 1

Il Direttore  
dott. geol. Nicola Polzone

Sede Legale SS7 bis - Area PIP - 83030 Manocalzati (AV)- Tel. 0825675195 - Fax 0825675872 - E-mail geoconsultlab@tin.it  
Iscrizione Tribunale di Avellino n. 5703 - CCIA Avellino - Partita IVA 0283470641

STRATIGRAFIA		Accettazione N°121/14	Certificato N°271/14 del 24/11/2014
AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITÀ CERTIFICATO SECONDO LA NORMA UNI EN 9001:2008		Committente: I.N.G.V. - Osservatorio Vesuviano	
		Cantiere: Sito 6 - Isola ecologica del Comune di Pozzuoli (NA)	
		Sondaggio: S6 Quota: 112 m dal p.c. Data inizio: 27/10/2014 Data fine: 28/10/2014	
Laboratorio Autorizzato ai sensi del D.P.R. 380/2001 art. 359 Concessione N°6537 del 11/07/2011		Strumentazione: CMW MK 600 D	Diam. Perforaz.: 101 mm
		Tipologia perforazione: Carotaggio continuo <input checked="" type="checkbox"/>	Distruzione <input type="checkbox"/>
		Coordinate sito: 40.832056°, 14.130053°	

Scala 1:150

Profondità dal p.c. (m.)	Potenza degli strati (m.)	Quota assoluta s.l.m. (m.)	Simbologia	Percentuale di carotaggio	Campioni	Campionatore	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Tipo S.P.T.	Profondità S.P.T. (m. dal p.c.)	S.P.T. N <sub>1-2</sub> -N <sub>3</sub>	Falda (m. dal p.c.)	Rivestim. provv. Attezzatura in loco
2.00	2.00						Pre scavo (fino a 1.25 mt.): Asfalto e sottofondo stradale con massetto in cemento.					
4.20	2.20						Piroclastiti rimaneggiate cineritiche a granulometria medio-fine di colore grigiastro, con lapilli scoriacei e pomici millimetriche e breccie calcaree.					
7.70	3.50						Piroclastiti cineritiche a granulometria medio-fine di colore grigio-verde, a 5.00 mt sono sabbiose-limose. Da 4.80-5.00 mt. e da 6.88 mt. sono incluse pomici biancastre. Tra 7.00-7.70 mt. le piroclastiti sono rimaneggiate con incluse anche clasti calcaree di dimensioni fino a massimo 2 cm..					
11.85	4.15						Piroclastiti (in deposizione primaria) cineritiche a granulometria medio fine limo-sabbiose di colore grigio-verde con alterazioni giallastre, con lapilli scoriacei e pomice millimetriche fino a 10.00 mt. e anche centrimetriche tra 10.00-11.85 mt.. Livelletto di paleosuolo a granulometria fine sabbioso di colore marrone scuro tra 11.83-11.85 mt..					
14.00	2.15						Piroclastiti (in deposizione primaria) sabbiose ghiaiose di colore rosso, con pomici a spigoli vivi di colore biancastro di dimensioni da millimetriche fino a massimo 3 cm.					
15.00	1.00						Piroclastiti limo sabbiose debolmente ghiaiose di colore marrone-giallastro, con lapilli scoriacei di dimensioni millimetriche.					
19.80	4.80						Piroclastiti cineritiche a granulometria fone limo-sabbiose di colore marrone giallastro e di colore grigio-giallastro tra 17.10-19.30 mt., con pomici biancastre di dimensioni millimetriche abbondanti tra 18.60-19.30 mt.. Sono presenti intercalazioni di livelli di sabbia limosa debolmente ghiaiosa (15.37-15.88 mt.), sabbia debolmente ghiaiosa di colore grigiastro tra 16.86-17.10 mt. e livelletti di paleosuolo limo sabbioso di colore marrone tra 19.31-19.42 e 19.76-19.81 mt..					
24.10	4.30						Piroclastiti cineritiche a granulometria medio-fine limo-sabbiose di colore grigiastro/grigio-verdastro ed intercalazioni di colore giallastro, con lapilli e pomici millimetriche. Sono intercalati livelletti di paleosuoli di colore marrone-rossastro (19.76 mt.).					
25.70	1.60						Piroclastiti rimaneggiate a granulometria fine sabbiose-limose di colore grigiastro con intercalazioni di colore marrone scuro, con con rari lapilli pomice millimetriche. Paleosuolo sabbioso fine di colore rossastro (25.50 mt.) e Piroclastiti arenitiche limo sabbiose di colore grigio-giallastro con livelli marrone scuro con pomici sfaldate e litici alterati.					
							FINE SONDAGGIO					

Lo Sperimentatore  
dott.ssa geol. Simona Russo

Pag. 1 di 1

Il Direttore  
dott. geol. Nicola Polzone

Sede Legale SS7 bis - Area PIP - 83030 Manocalzati (AV)- Tel. 0825675195 - Fax 0825675872 - E-mail geoconsultlab@tin.it  
Iscrizione Tribunale di Avellino n. 5703 - CCIA Avellino - Partita IVA 0283470641

STRATIGRAFIA		Accettazione N°121/14	Certificato N°250/14 del 03/11/2014
AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO SECONDO LA NORMA UNI EN 9001:2008		Committente: I.N.G.V. - Osservatorio Vesuviano	
		Cantiere: Sito 5 - Parcheggio Cimitero comunale - Pozzuoli (NA)	
		Sondaggio: S5 Quota: 61 m dal p.c. Data inizio: 13/10/2014 Data fine: 15/10/2014	
Laboratorio Autorizzato ai sensi del D.P.R. 380/2001 art. 358 Concessione N°6537 del 11/07/2011		Strumentazione : CMW MK 420 D	Diam. Perforaz.: 101 mm
		Tipologia perforazione : Carotaggio continuo <input checked="" type="checkbox"/>	Distruzione <input type="checkbox"/>
		Coordinate sito : 40.835081°, 14.113183°	

Scala 1:150

Profondità dal p.c. (m.)	Potenza degli strati (m.)	Quota assoluta s.l.m. (m.)	Simbologia	Percentuale di carotaggio	Campioni	Campionatore	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Tipo S.P.T.	Profondità S.P.T. (m.dal p.c.)	S.P.T. N <sub>1</sub> -N <sub>2</sub> -N <sub>3</sub>	Falda (m.dal p.c.)	Rivestim. provv.	Attrezzatura in loco
1.00	1.00						Massetto di cemento (0.00-0.35 e 0.65-1.00) e riporto						
2.85	1.85						Ceneri medio-fini limo-sabbiose di colore grigio-verde. Lo strato presenta una maggiore concentrazione di pomici da millimetriche a centrimetriche di colore biancastro e grigiastro. Livello limoso debolmente sabbioso umificato di colore marrone-brunastro.						
5.60	2.75						Sabbia a granulometria media di colore grigio scuro con presenza di ciottoli di dimensioni massime 3 cm tra 3.30-4.00 mt..						
6.00	0.40						Piroclastiti limose omogenee di colore grigio-verdastro.						
8.80	2.80						Sabbia a granulometria medio-grossolana di colore grigio scura con rarissima presenza di ciottoli di dimensioni massime di 3 cm..						
9.30	0.50						Piroclastiti limo sabbiose di colore grigiastro con presenza di pomici grigie di dimensioni massime di 3 cm..						
10.55	1.25						Sabbia fine di colore grigiastro. Livello di pomici biancastre subarrotondate e millimetriche di diemnsioni massime di 3 cm..						
12.00	1.45						Ceneri fini limo-sabbiose di colore grigio-verde.						
16.00	4.00						Piroclastiti sabbiose debolmente limose di colore grigiastro, con abbondanti pomici di colore grigiastre subarrotondate e di dimensioni millimetriche (massimo 1 cm.). Sottile livello di colore nerastro a 14,25 mt..						
21.10	5.10						Cineriti a granulometria medio-grossolana limo-sabbiose di colore marrone-rossastre, con abbondante pomici di dimensioni massime di 3 cm. di colore grigiastre. Presenza di un livello nerastro tra 16,55-16,75 mt..						
23.00	1.90						Piroclastiti cineritiche a granulometria medio-fine di colore grigio-verdastro con abbondanti pomici anche centimetriche e scorie nerastre dai 22,00 mt. Presenza di pomici in fase di alterazione di colore giallastro a spigoli vivi in matrice limosa.						
25.50	2.50						Piroclastiti cineritiche a granulometria medio-fine di colore grigio-verdastro con alternanza di livelli di ghiaia pomicea e cinerite pozzolanica di colore grigio-verdastro.						
26.00	0.50						Sabbia media di colore grigio-marrone.						
FINE SONDAGGIO													

Lo Sperimentatore  
dott.ssa geol. Simona Russo

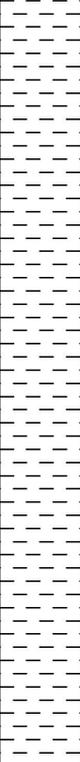
Pag. 1 di 1

Il Direttore  
dott. geol. Nicola Polzone

Sede Legale SS7 bis - Area PIP - 83030 Manocalzati (AV)- Tel. 0825675195 - Fax 0825675872 - E-mail geoconsultlab@tin.it  
Iscrizione Tribunale di Avellino n. 5703 - CCIA Avellino - Partita IVA 0283470641

STRATIGRAFIA		Accettazione N°121/14	Certificato N°269/14 del 24/11/2014
AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITÀ CERTIFICATO SECONDO LA NORMA UNI EN 9001:2008		Committente: I.N.G.V. - Osservatorio Vesuviano	
		Cantiere: Sito 3 - Serbatoio (EVI) in località Montagnone Alto - Comune di Ischia (NA)	
		Sondaggio: S3 Quota: 177 m dal p.c. Data inizio: 23/10/2014 Data fine: 25/10/2014	
Laboratorio Autorizzato ai sensi del D.P.R. 380/2001 art. 359 Concessione N°6537 del 11/07/2011		Strumentazione: CMW MK 600 D	Diam. Perforaz.: 101 mm
		Tipologia perforazione: Carotaggio continuo <input checked="" type="checkbox"/>	Distruzione <input type="checkbox"/>
		Coordinate sito: 40.736106°, 13.934337°	

Scala 1:150

Profondità dal p.c. (m.)	Potenza degli strati (m.)	Quota assoluta s.l.m. (m.)	Simbologia	Percentuale di carotaggio	Campioni	Campionatore	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Tipo S.P.T.	Profondità S.P.T. (m. dal p.c.)	S.P.T. N <sub>1</sub> -N <sub>2</sub> -N <sub>3</sub>	Falda (m. dal p.c.)	Rivestim. provv. Attezzatura in loco
1.00	1.00						Pre scavo: Asfalto (0.05) e sottofondo stradale (0.15) con sottostante terreno di riporto sabbioso limoso con breccie calcaree, colore marrone chiaro.					
	4.70						Lapilli e scorie pomicee e vulcaniche di dimensioni da millimetriche a centimetriche con livelli cineritici di colore grigio ed inclusioni litiche di dimensioni millimetriche di colore rossastro e biancastro (tra 1.00-3.70 mt). A 4.63 mt sono presenti bombe laviche di dimensioni massime fino a 7 cm.; tra i 3.70-4.00 mt. è presente un massetto di cemento e tra i 5.00-5.70 lava scoriacea arrossata.					
5.70	0.65						Ceneri a granulometria fine di colore grigiastro.					
6.35							<p>Alternanze di breccie laviche e livelletti di cenere:</p> <p>Breccie laviche scoriacee di colore grigio scuro (fino a 12.50 mt.) con livelli di cenere di colore grigio (9.00-9.40 mt.) e lapilli di dimensioni millimetrici. Tra 12.50-14.90 mt. si alternano breccie laviche di colore rossastro e livelletti di ceneri a granulometria fine di colore grigio e/o rossastre; breccie laviche di colore rossastro (14.90-17.80 mt.); ceneri a granulometria medio-fine con inclusi lapilli millimetrici (17.80-20.00 mt.); da 20.00 mt. breccie laviche di colore rossastro e di dimensioni medio-grossolane con intercalato un livelletto di cenere limo sabbiosa di colore grigio (23.50-23.60 mt).</p>					
25.00							FINE SONDAGGIO					

Lo Sperimentatore  
dott.ssa geol. Simona Russo

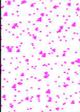
Pag. 1 di 1

Il Direttore  
dott. geol. Nicola Polzone

Sede Legale SS7 bis - Area PIP - 83030 Manocalzati (AV) - Tel. 0825675195 - Fax 0825675872 - E-mail geoconsultlab@tin.it  
Iscrizione Tribunale di Avellino n. 5703 - CCIA Avellino - Partita IVA 0283470641

STRATIGRAFIA		Accettazione N°121/14	Certificato N°268/14 del 24/11/2014
AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO SECONDO LA NORMA UNI EN 9001:2008		Committente: I.N.G.V. - Osservatorio Vesuviano	
		Cantiere: Sito 1 - (Parcheggio) Cimitero del Comune di Barano - Isola d'Ischia (NA)	
		Sondaggio: S1 Quota: 140 m dal p.c. Data inizio: 05/11/2014 Data fine: 06/11/2014	
Laboratorio Autorizzato ai sensi del D.P.R. 380/2001 art. 359 Concessione N°6537 del 11/07/2011		Strumentazione: CMW MK 600 D	Diam. Perforaz.: 101 mm
		Tipologia perforazione: Carotaggio continuo <input checked="" type="checkbox"/>	Distruzione <input type="checkbox"/>
		Coordinate sito: 40.713739°, 13.926960°	

Scala 1:150

Profondità dal p.c. (m.)	Potenza degli strati (m.)	Quota assoluta s.l.m. (m.)	Simbologia	Percentuale di carotaggio	Campioni	Campionatore	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Tipo S.P.T.	Profondità S.P.T. (m.dal p.c.)	S.P.T. N <sub>1</sub> -N <sub>2</sub> -N <sub>3</sub>	Falda (m.dal p.c.)	Rivestim. provv.	Attrezzatura in loco
1.20	1.20						Pre scavo: Asfalto (0.05) e sottofondo stradale (0.15) con sottostante terreno di riporto sabbioso limoso con breccie calcaree, colore marrone chiaro.						
3.25	3.25						Terreno a granulometria media sabbioso ghiaioso debolmente limoso di colore marrone scuro, con rari elementi pomicei da millimetrici a centimetrici e con brecciolino calcareo. Da 4.00 mt. sono presenti più pomici di dimensioni da millimetriche a centimetriche e clasti calcarei a spigoli vivi, colore grigio scuro.						
4.45	0.75						Piroclastiti a granulometria media limo argillosa. Sono inclusi lapilli scoriacei e pomici millimetriche di colore grigiastro.						
5.20	1.45						Lapilli scoriacei, pomici di dimensioni da millimetriche e fino a massimo 5 cm in matrice a granulometria media di colore marrone-giallastro-grigiastro.						
6.65	0.90						Piroclastiti a granulometria fine di colore grigio-verdastro, con lapilli scoriacei e pomici biancastre. Tra 7.21-7.48 livello alterato dal colore verdastro. (Tufite)						
7.55	1.85						Lapilli scoriacei e pomici di dimensioni da millimetriche a centimetriche. Sono presenti piccoli frammenti ossadati di colore rossastro di dimensioni millimetriche.						
9.40	2.60						Piroclastiti sabbiose-limose di colore grigio-marrone, con lapilli scoriacei di dimensioni massime fino a 3 cm e pomici. Si intercalano livelletti cineritici. ("Piroclastiti del Vateliero")						
12.00	1.45						Piroclastiti da grossolane a fini ghiaiose e sabbiose debolmente limose e debolmente argillificate di colore marrone-grigiastro, con lapilli scoriacei di dimensioni massime fino a 4 cm e pomici millimetriche. Sono inclusi piccoli elementi alterati di colore rossastro ed è presente un livello unificato tra 13.36-13.45 mt..						
13.45	7.55						Piroclastiti incoerenti (tufite) limo-argillose (tra 13.45-13.67 e 15.85-17.00) di colore grigio-verdastre, con livelletto di paleosuolo limo-sabbioso di colore marrone chiaro (13.67-13.72). Sono inclusi piccoli elementi alterati di colore verdastro e arancio (13.72-15.85). Tufite giallastre incoerente con frammenti ossidati ferrosi (15.85-17.00) e Tufite verdastre (17.00-21.78).						
21.00	1.00						Sabbia Ghiaiosa con incluse scorie di dimensioni massime fino a 3 cm. (Alluvioni).						
22.00	3.00						Piroclastiti incoerenti sabbiose-limose di colore giallastro con livelli di colore scuro e alterazioni ferrose di colore rossastro da 22.30 mt..						
25.00							FINE SONDAGGIO						

Lo Sperimentatore  
dott.ssa geol. Simona Russo

Pag. 1 di 1

Il Direttore  
dott. geol. Nicola Polzone

Sede Legale SS7 bis - Area PIP - 83030 Manocalzati (AV) - Tel. 0825675195 - Fax 0825675872 - E-mail geoconsultlab@tin.it  
Iscrizione Tribunale di Avellino n. 5703 - CCIA Avellino - Partita IVA 0283470641

STRATIGRAFIA		Accettazione N°121/14	Certificato N°251/14 del 03/11/2014
AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO SECONDO LA NORMA UNI EN 9001:2008		Committente: I.N.G.V. - Osservatorio Vesuviano	
		Cantiere: Sito 2-Scuola Media St. "L.D. Abundo" Loc. Panza, Forio- Isola d'Ischia (NA)	
		Sondaggio: S2 Quota: 154 m dal p.c. Data inizio: 20/10/2014 Data fine: 22/10/2014	
Laboratorio Autorizzato ai sensi del D.P.R. 380/2001 art. 358 Concessione N°6537 del 11/07/2011		Strumentazione : CMW MK 600 D	Diam. Perforaz.: 101 mm
		Tipologia perforazione : Carotaggio continuo <input checked="" type="checkbox"/>	Distruzione <input type="checkbox"/>
		Coordinate sito : 40.709125°, 13.878505°	

Scala 1:150

Profondità dal p.c. (m.)	Potenza degli strati (m.)	Quota assoluta s.l.m. (m.)	Simbologia	Percentuale di carotaggio	Campioni	Campionatore	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Tipo S.P.T.	Profondità S.P.T. (m.dal p.c.)	S.P.T. N <sub>1-3</sub> -N <sub>3</sub>	Falda (m.dal p.c.)	Rivestim. provv. Attrezzatura in loco
0.70	0.70						Pre scavo: terreno vegetale					
1.70	1.00						Terreno di riporto limo sabbioso con abbondanti clasti di tufo millimetrici di colore verdastro e pomici biancastre di dimensioni da millimetriche fino a centimetriche. Da 1.52 mt. il colore è grigio-giallo e sono inclusi anche litici centimetrici di colore grigio di dimensioni massime fino a 7 cm a spigoli vivi.					
2.40	0.70						Terreno a granulometria media sabbiosa-ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone scuro, con rari elementi pomicei da millimetrici a centimetrici e con brecciolino calcareo. Da 4.00 mt. sono presenti più pomici di dimensioni da millimetriche a centimetriche e clasti calcarei a spigoli vivi, colore grigio scuro.					
3.10	0.70						Deposito epiclastico a granulometria da grossolana a fine sabbiosa con colore grigio-verde (6.50-8.50 mt.), di colore marrone scuro (5.50-6.50 mt.), con lapilli sparsi caoticamente e abbondanti pomici biancastre da millimetriche a centimetriche. Sono presenti clasti di tufo verde eterometrici.					
5.50	2.40						Lapilli scoriacei e pomici di dimensioni eterometrici e a spigoli vivi (Piroclastiti a deposizione primaria).					
8.50	3.00						Alternanza di tufi in facies litoide di colore giallastro e breccie di tufo di colore grigiastro.					
9.30	0.80						Tufo verde del Monte Epomeo in facies litoide.					
9.70	0.40											
19.00	9.30											
27.00	8.00											
							FINE SONDAGGIO					

Lo Sperimentatore  
dott.ssa geol. Simona Russo

Pag. 1 di 1

Il Direttore  
dott. geol. Nicola Polzone

Sede Legale SS7 bis - Area PIP - 83030 Manocalzati (AV) - Tel. 0825675195 - Fax 0825675872 - E-mail geoconsultlab@tin.it  
Iscrizione Tribunale di Avellino n. 5703 - CCIA Avellino - Partita IVA 0283470641



# Appendice 2

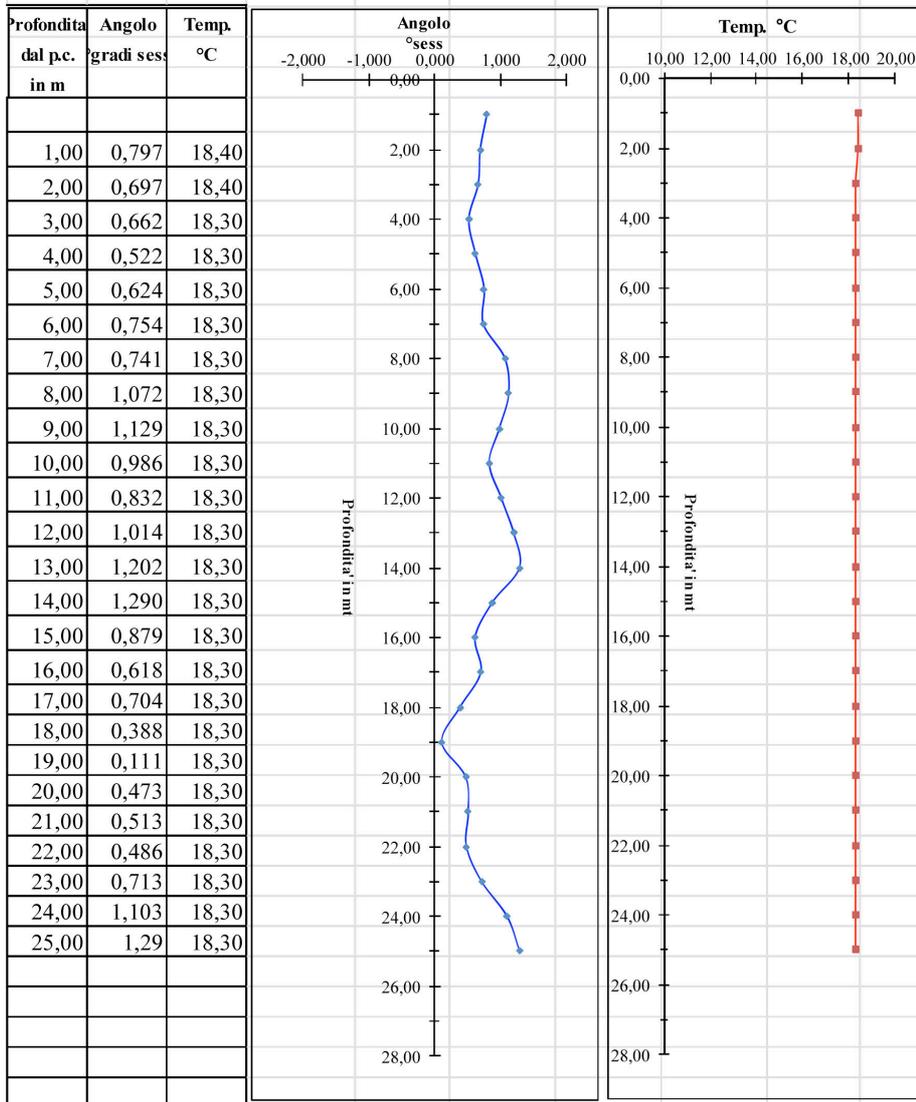
Controllo verticalità e temperatura





**MISURA INCLINAZIONE TUBO E TEMPERATURA INTERNA**

COMMITTENTE: OSSERVATORIO VESUVIANO (SEZ. NAPOLI INGV)  
CANTIERE : CAMALDOLI DELLA TORRE GIARDINO GORI-TORRE DEL GRECO (NA)  
DATA : 04/12/2014  
PROVA IN FORO : S4

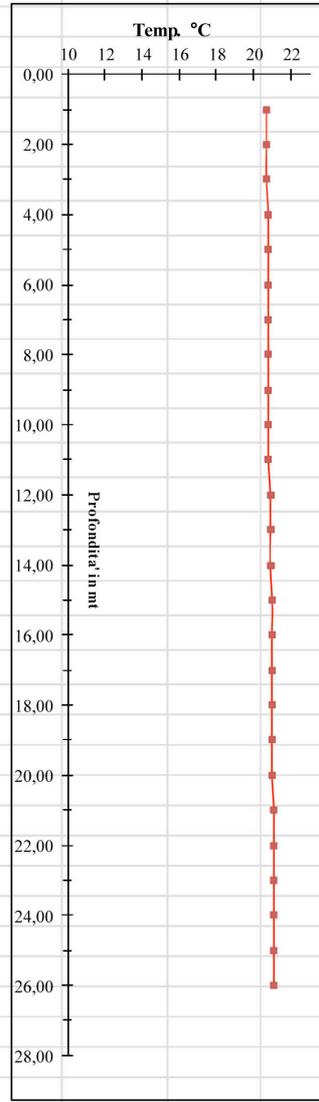
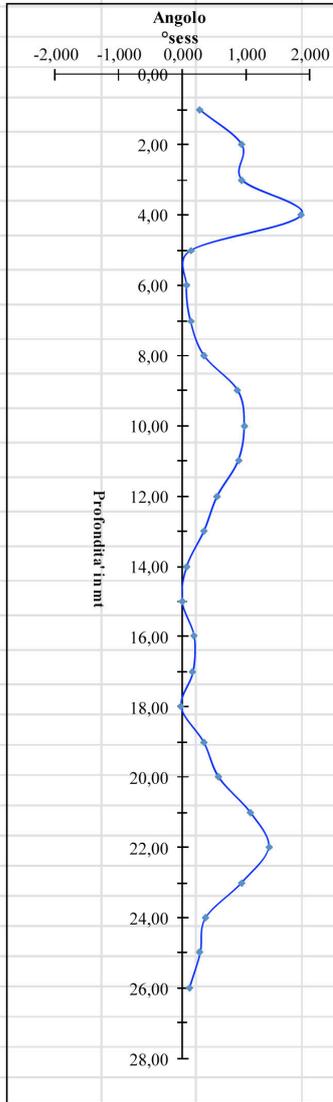




**MISURA INCLINAZIONE TUBO E TEMPERATURA INTERNA**

COMMITTENTE: OSSERVATORIO VESUVIANO (SEZ. NAPOLI INGV)  
CANTIERE : ACCADEMIA AERONAUTICA DI POZZUOLI (NA)  
DATA : 01/12/2014  
PROVA IN FORO : S7

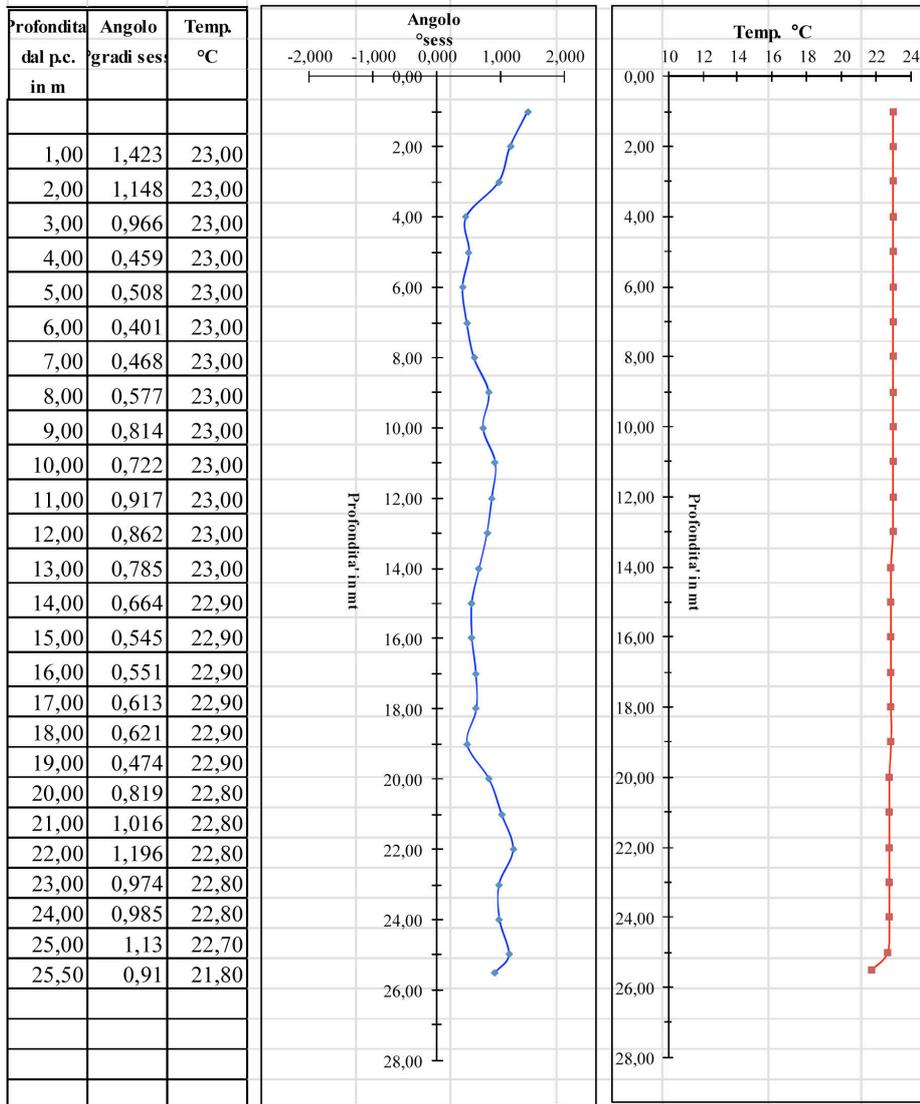
Profondità dal p.c. in m	Angolo gradi sess	Temp. °C
1,00	0,274	20,70
2,00	0,935	20,70
3,00	0,935	20,70
4,00	1,870	20,80
5,00	0,132	20,80
6,00	0,063	20,80
7,00	0,123	20,80
8,00	0,339	20,80
9,00	0,872	20,80
10,00	0,967	20,80
11,00	0,873	20,80
12,00	0,546	20,90
13,00	0,336	20,90
14,00	0,066	20,90
15,00	-0,003	21,00
16,00	0,185	21,00
17,00	0,167	21,00
18,00	-0,020	21,00
19,00	0,333	21,00
20,00	0,570	21,00
21,00	1,065	21,10
22,00	1,352	21,10
23,00	0,930	21,10
24,00	0,366	21,10
25,00	0,28	21,10
26,00	0,11	21,10





**MISURA INCLINAZIONE TUBO E TEMPERATURA INTERNA**

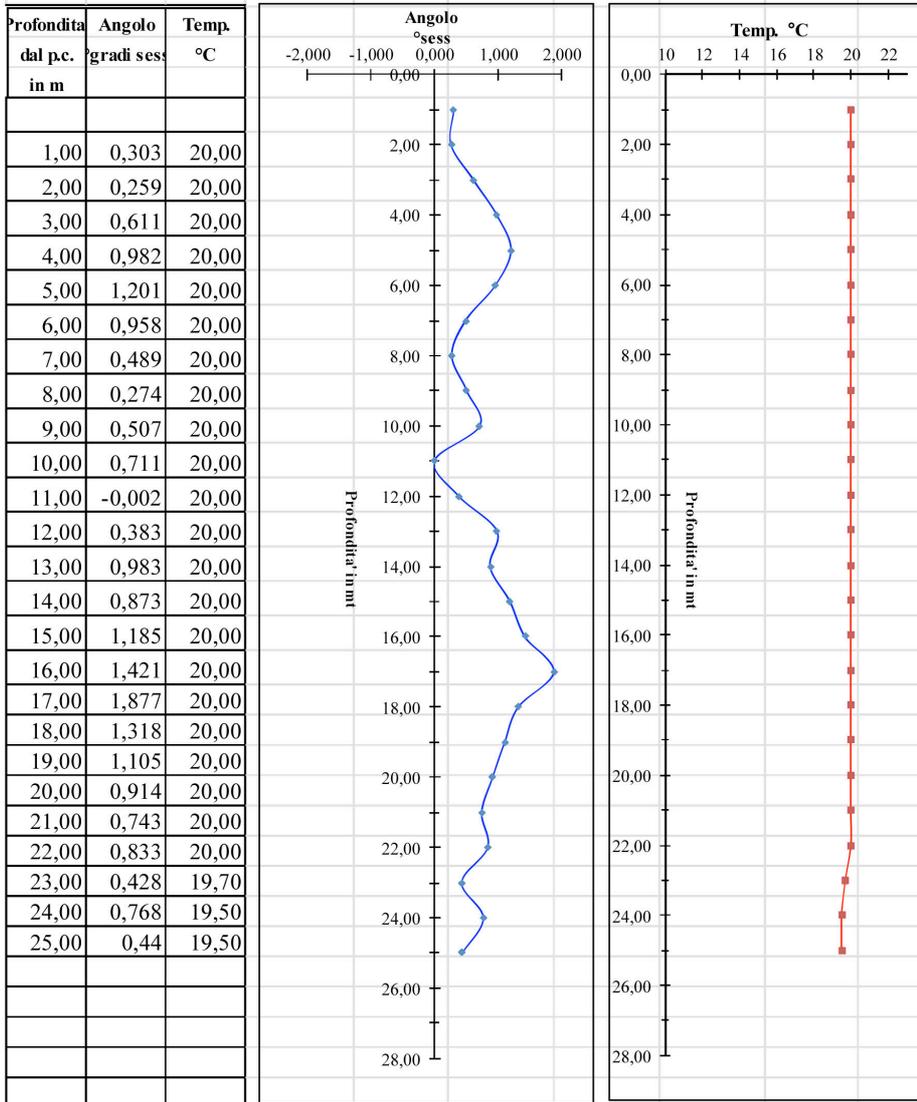
COMMITTENTE: OSSERVATORIO VESUVIANO (SEZ. NAPOLI INGV)  
CANTIERE : ISOLA ECOLOGICA DI POZZUOLI (NA)  
DATA : 01/12/2014  
PROVA IN FORO : S6





**MISURA INCLINAZIONE TUBO E TEMPERATURA INTERNA**

COMMITTENTE: OSSERVATORIO VESUVIANO (SEZ. NAPOLI INGV)  
CANTIERE : PARCHEGGIO CIMITERO COMUNALE DI POZZUOLI (NA)  
DATA : 01/12/2014  
PROVA IN FORO : S5









# Quaderni di Geofisica

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/quaderni-di-geofisica/>

I Quaderni di Geofisica coprono tutti i campi disciplinari sviluppati all'interno dell'INGV, dando particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari, che per tipologia e dettaglio necessitano di una rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. La pubblicazione on-line fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

# Rapporti tecnici INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/rapporti-tecnici-ingv/>

I Rapporti Tecnici INGV pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico e di rilevante interesse tecnico-scientifico per gli ambiti disciplinari propri dell'INGV. La collana Rapporti Tecnici INGV pubblica esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

# Miscellanea INGV

ISSN 2039-6651

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/miscellanea-ingv/>

La collana Miscellanea INGV nasce con l'intento di favorire la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV (sismologia, vulcanologia, geologia, geomagnetismo, geochimica, aeronomia e innovazione tecnologica). In particolare, la collana Miscellanea INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli ecc..

**Coordinamento editoriale e impaginazione**

Centro Editoriale Nazionale | INGV

**Progetto grafico e redazionale**

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2016 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**