



INGV
terremoti
vulcani
ambiente

ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

POTENZIAMENTO DELLA RETE DI MONITORAGGIO VULCANICO DEI CAMPI FLEGREI PER VARIAZIONE DEL LIVELLO DI ALLERTA DA BASE AD ATTENZIONE

**RICHIESTA DI CONTRIBUTO A VALERE SU RISORSE PO FESR CAMPANIA
2007-2013 OB. 1B**

Dicembre 2014

Premessa

Via di Vigna Murata, 605
00143 ROMA | Italia
Tel.: +39 06518601
Fax: +39 0651860501
aoo.roma@pec.ingv.it
www.ingv.it

Il presente documento descrive le attività di potenziamento del sistema di monitoraggio dei vulcani campani (Campi Flegrei, Ischia, Vesuvio) con particolare riferimento al rafforzamento del sistema di monitoraggio vulcanico dei Campi Flegrei, così come richiesto dal passaggio dal livello di "base" (verde) al livello di "attenzione" (giallo) predisposto dal Dipartimento della Protezione Civile nel dicembre 2012.

Allo stato attuale, l'attività del Vesuvio è monitorata attraverso dense reti strumentali per il rilevamento e la misura in continuo della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle emissioni di gas dal suolo e dalle fumarole, nonché attraverso periodiche campagne di misura.

Nella condizione attuale, nella quale il sistema di sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano non evidenzia variazioni significative nello stato di attività del Vesuvio, tali reti strumentali predisposte alla sorveglianza vulcanica dell'area Vesuviana risultano del tutto adeguate a garantire una corretta valutazione della dinamica vulcanica in atto.

Al contrario, la variazione dello stato di allerta dell'area Flegrea richiede all'INGV, e di conseguenza all'Osservatorio Vesuviano in quanto Centro di Competenza INGV per i vulcani campani, di incrementare la frequenza di emissione dei bollettini sullo stato del complesso vulcanico e di potenziare le attività di monitoraggio, sia in termini quantitativi che qualitativi.

Per far fronte all'esigenza di potenziamento, dopo un'attenta analisi degli attuali sistemi predisposti e disponibili per le attività di monitoraggio vulcanico presso la sezione INGV Osservatorio Vesuviano (INGV-OV), delle risorse di personale impegnato nelle attività di monitoraggio è stato elaborato il presente piano di attività che contiene:

- la descrizione dello stato di fatto delle reti di monitoraggio presenti nei Campi Flegrei e nell'Isola d'Ischia;
- la descrizione delle tecnologie e delle azioni di potenziamento
- una stima dei costi relativi alle strumentazioni, ai servizi ed alle attività di campo
- un crono programma delle attività di acquisizione, installazione e produzione delle informazioni per la sala di monitoraggio OV INGV e per la sala operativa regionale di protezione civile.

Tale piano, da svolgersi entro ottobre 2015, richiede pertanto l'acquisizione e l'installazione di nuove attrezzature, il ripristino di strumentazione che necessita di un particolare aggiornamento o potenziamento nel numero di installazioni, l'intensificazione delle campagne di misura periodiche, l'estensione dei controlli con acquisizione di nuovi dati ed il coinvolgimento di unità di personale

dedicate.

Le attività e le azioni di potenziamento qui di seguito descritte saranno realizzate in stretta cooperazione con la Protezione Civile Regionale che sarà coinvolta nelle principali fasi di installazione ed acquisizione dati attraverso un approccio cooperativo rivolto a rafforzare le comuni attività di controllo e difesa del territorio flegreo e della città di Napoli da fenomeni vulcanici e sismo vulcanici che potrebbero verificarsi in aree densamente antropizzate.

Obiettivi della proposta di potenziamento

La presente proposta tecnico-economica ha la finalità di descrivere il potenziamento delle attuali reti di sorveglianza geofisica e geochemica gestite dal INGV-OV per migliorare la capacità di riconoscimento rapido di anomalie (precursori) nella dinamica vulcanica della caldera Flegrea, comprendendo l'Isola d'Ischia per le sue strette relazioni con la dinamica dell'intera area dei Campi Flegrei.

In particolare si propongono interventi finalizzati al potenziamento delle seguenti metodiche di indagine di tipo geodetico, geofisico e geochemico:

- Controllo delle deformazioni del suolo e del campo gravimetrico;
- Controlli geofisici, geochemici, termici e della falda acquifera;
- Controllo dell'evoluzione spazio-temporale del campo di temperatura superficiale;
- Ottimizzazione dei sistemi di analisi, visualizzazione e condivisione dei dati sismici;

Tali interventi di potenziamento della rete di monitoraggio vulcanico dei Campi Flegrei sono inoltre finalizzati al trasferimento diretto delle informazioni e dei dati, in tempo reale, alla Sala Operativa Regionale Unica di Protezione Civile (PC) tramite connessione e duplicazione dell'infrastruttura informatica e telematica della sala monitoraggio OV INGV.

Ciò, oltre a permettere l'effettivo trasferimento alle strutture operative regionali di PC delle informazioni necessarie alla valutazione dei rischi vulcanici e sismo vulcanici dell'area flegrea consentirà lo strategico trasferimento, in termini di ridondanza e duplicazione di emergenza, dei sistemi di controllo ed acquisizione dati attualmente presenti presso il Centro di Monitoraggio dell'OV INGV, la cui attuale localizzazione in Via Diocleziano in area a rischio secondo il nuovo Piano elaborato dal DPC impone soluzioni logistiche adeguate e tempestive.

1 Monitoraggio Geodetico (Deformazioni del suolo)

Il monitoraggio delle deformazioni dell'area flegrea è realizzato in modo continuo ed automatico tramite una rete fissa GPS, una rete clinometrica ed una rete mareografica ognuna delle quali trasmette i dati al Centro di Monitoraggio. In aggiunta a ciò si effettuano campagne di misura periodiche su capisaldi GPS e tramite livellazioni ottiche di precisione (Fig. 1). L'importanza dei rilievi deformativi nel monitoraggio flegreo è fondamentale perché può fornire dati utili alla identificazione di una migrazione verso la superficie della sorgente della deformazione. Di tale sorgente, con l'ausilio di dati gravimetrici e dati di interferometria SAR differenziale, è possibile identificarne la natura (magmatica, idrotermale).

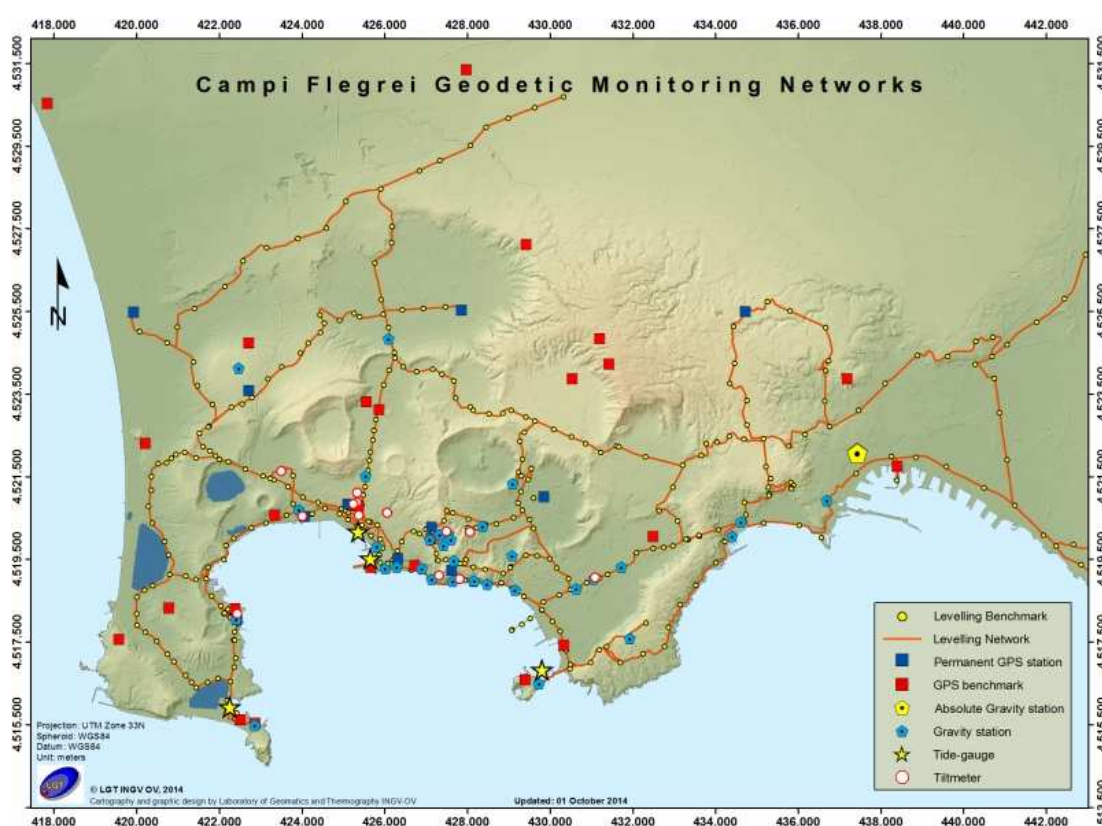


Figura 1 - Campi Flegrei. Reti di monitoraggio geodetico.

1.1 Livellazione di precisione

La livellazione geometrica di precisione, attraverso la quale si misura, con cadenza periodica, il dislivello tra punti fissi detti capisaldi, permette il monitoraggio spazio-temporale delle variazioni della componente verticale del campo di deformazione dell'area interessata e risulta tuttora l'unica tecnica in grado di fornire un'accuratezza sulla quota inferiore al mm.

I dati di livellazione costituiscono, inoltre, elemento fondamentale sulla base del quale raffinare i

modelli di funzionamento e migliorare la comprensione dei processi vulcano-tettonici in atto in aree vulcaniche attive.

Campi Flegrei

La rete di livellazione dei Campi Flegrei attualmente è costituita da 370 capisaldi distribuiti su circa 140 km di linea con interdistanza media di 400 m e disposti in 15 circuiti concatenati.

L'ultima campagna di livellazione nell'area è stata eseguita nel periodo Giugno – Luglio 2013 e le misure altimetriche di precisione hanno interessato solo un tratto parziale (lungo circa 90 km) della rete altimetrica dei Campi Flegrei.

L'ultima campagna di misurazioni che ha interessato l'intera rete, che copre un'area di oltre 160 km², è stata eseguita nel Luglio 2009.

Ischia

L'attuale rete altimetrica, inserita nel programma di sorveglianza geofisica dell'isola d'Ischia, comprende circa 257 capisaldi distanziati mediamente di 300 m per uno sviluppo complessivo di oltre 100 chilometri lineari organizzati in dieci circuiti concatenati (Fig. 2).



Figura 2 - Ischia. Reti di monitoraggio.

I dati relativi all'ultima campagna di livellazione di alta precisione, eseguita nel Giugno 2010 lungo

tutta la rete dell'isola d'Ischia, confrontati con le misure eseguite in passato, forniscono un quadro abbastanza dettagliato dell'andamento delle deformazioni verticali del suolo mostrando l'esistenza di una persistente e significativa subsidenza osservabile, in particolare, nei settori centro-meridionale e nord-occidentale dell'isola con velocità dell'ordine di 1 cm/anno.

Considerando l'andamento storico della deformazione del suolo nell'isola ed il prezioso database acquisito, si ritiene opportuno predisporre la programmazione di ulteriori livellazioni per monitorare con maggiore frequenza le aree soggette a notevole subsidenza.

Per quanto detto, per il potenziamento di questi rilievi, si prevedono due campagne complete sull'intera rete Flegrea e dell'isola d'Ischia. Al fine di realizzare le campagne di livellazione in modo efficiente ed in tempi relativamente brevi, pari a circa 40 giorni per misurare nella sua totalità una singola rete, è necessario l'impegno di un minimo di due squadre di operatori, per un totale di otto unità non strutturate, scelte attraverso una selezione pubblica. Per ogni squadra occorre anche prevedere l'assegnazione di un'auto a noleggio, oltre alla disponibilità di un tecnico dell'INGV-OV e di un'auto di servizio per tutta la durata dell'intervento. La previsione di spesa è riportata nel seguito. La campagna di livellazione dell'isola d'Ischia richiede un impegno un maggiore economico a causa del costo di viaggio e trasferta.

Descrizione	Quantità
Campagna Livellazione Campi Flegrei (Costo totale con IVA comprendente Contratti per personale non strutturato e noleggio 2 auto per 40gg)	2
Campagna Livellazione Isola d'Ischia (Costo totale con IVA comprendente Contratti per personale non strutturato e noleggio 2 auto per 40gg, viaggi e trasferte)	2

1.2 GPS

Un importante contributo al monitoraggio dei vulcani napoletani è fornito dalla rete GPS permanente (CGPS) che, con 21 stazioni, ricopre l'intera area.

Vista l'elevata dimensione per spazio e numero di strumenti installati, la rete GPS necessita di un forte potenziamento del parco strumentale, aggiornando i ricevitori attuali con tipologie più recenti in grado di migliorare la qualità del monitoraggio, sia dal punto di vista della trasmissione dati, consentendo di usare i più recenti sistemi di trasmissione disponibili, da quelli su cavo come Ethernet, ADSL, ecc, a quelli wireless, quali WiFi, Hiperlan, UHF-FM digitale, ecc. per un "real time monitoring", sia dal punto di vista della precisione della posizione del punto osservato.

Campi Flegrei

La rete GPS permanente dell'area flegrea è attualmente costituita da 14 stazioni (Fig. 1). I dati vengono acquisiti con campionamento di 30 secondi ed archiviati in file giornalieri.

Tutte le stazioni sono attrezzate con un sistema di alimentazione principale (linea elettrica o pannelli solari) e con uno secondario (batteria), per garantire una continuità di funzionamento in caso di blackout elettrico. I dati acquisiti sono trasmessi all'Osservatorio Vesuviano con varie tecnologie in funzione della logistica dei siti.

Nell'area dei Campi Flegrei, si prevede di incrementare la densità dei punti di monitoraggio con la messa in opera di 7 stazioni GPS permanenti.

Ischia

La rete GPS permanente dell'isola d'Ischia è costituita da 5 stazioni (Fig. 2). Tutte le stazioni sono attrezzate con un sistema di alimentazione principale (linea elettrica o pannelli solari) e con uno secondario (batteria). I dati acquisiti sono trasmessi alla sala di monitoraggio dell'Osservatorio Vesuviano con modalità (ADSL, WiFi, etc) che sono funzione della logistica dei siti.

L'analisi delle serie temporali relative all'area ischitana e le misure periodiche effettuate sulla rete di stazioni GPS non permanenti evidenziano, per quanto concerne la componente verticale, una generale subsidenza. La stazione non permanente, posta in cima al monte Epomeo, mostra una significativa velocità di abbassamento pari a circa 8 mm/anno nel periodo 1998-2010. Le velocità relative alla componente planimetrica hanno un diverso andamento nel settore orientale rispetto a quello centro-occidentale dell'isola. Nella parte est, gli spostamenti sono diretti prevalentemente verso ovest, mentre nel settore centrale gli spostamenti sono diretti verso nord.

La complessità di questo campo di spostamenti suggerisce un ruolo importante delle discontinuità strutturali nello sviluppo areale del campo di deformazione. Pertanto, è fondamentale per una migliore valutazione del rischio un infittimento della rete di stazioni GPS permanenti.

Per quanto detto, nell'isola d'Ischia, si prevede la messa in opera di ulteriori 3 stazioni GPS permanenti.

Di seguito viene elencata la strumentazione e i software necessari per l'area flegrea e l'isola d'Ischia, con una stima dei costi.

Descrizione	Quantità
Ricevitore GNSS + antenna + accessori 6008742 ATHENA Bundle GR10, AR20 & Acc. Inclusi GR10 con segnale GNSS, 20Hz, RINEX, FTP and Wake-Up options, AR20, 30m antenna cable, ethernet cable, 24V power supply, 8GB SD card, 1yr CCP.	10
Opzione 50 Hz per ricevitore GR10 774431 GRL110	10
Software per gestione remota stazioni	1
Software per correzione d'area per 10 stazioni	1

1.3 Laser scanner aereo

Il LiDAR (Light Detection And Ranging) è una tecnica di telerilevamento di tipo attivo basata su tecnologia laser per l'acquisizione di dati morfo-altimetrici del territorio.

L'utilizzo di tale tecnica consente di ottenere particolari rappresentazioni dei fenomeni geomorfologici e territoriali attraverso risoluzioni spaziali molto elevate realizzabili anche in condizioni proibitive di ripresa per le tecniche di telerilevamento passivo (ombre, intensità ed inclinazione dell'illuminazione solare, foschie, etc.), con la possibilità di operare giorno e notte. Per queste ragioni, il LiDAR è generalmente utilizzato da aereo, per la produzione di modelli digitali del terreno (DTM) ad alta risoluzione. Il confronto tra DTM acquisiti in periodi differenti consente di identificare le aree soggette a subsidenza o sollevamento, di stimare la velocità delle deformazioni verticali e, in alcuni casi, di determinare le velocità delle deformazioni orizzontali rappresentando la tecnologia di monitoraggio più idonea nel caso di fenomeni deformativi che interessano aree estese.

Descrizione	Quantità
Rilievo Laser Scanner Campi Flegrei	3

1.4 InSAR Satellitare

Alla valutazione delle variazioni nel tempo della sorgente volumetrica (posizione, intensità ed estensione) responsabile delle variazioni altimetriche osservate nell'area flegrea, concorrono in modo efficace i dati deformativi prodotti dall'elaborazione dei dati SAR tramite utilizzo di tecniche di Interferometria (InSAR). Attualmente, i dati SAR sono ottenuti con discontinuità e solo tramite la realizzazione di progetti di ricerca specifici, con una tempistica, quindi, non adeguata alle esigenze di monitoraggio. Per un appropriato utilizzo dei prodotti InSAR in termini di sorveglianza vulcanica è necessario acquisire i dati SAR con la maggior continuità possibile in modo tale che possano essere prontamente analizzati ed integrati con i dati provenienti da tutti gli altri sistemi a terra.

Inoltre, le caratteristiche del territorio dei Campi Flegrei richiedono una infrastrutturazione leggera tramite installazione di bersagli radar a terra (Corner Reflector) che consentano il completamento della mappatura areale della deformazione anche su aree a bassa coerenza, e di disporre di punti noti in cui la misura InSAR sia ottimale in termini di precisione. Tali bersagli saranno anche installati su edifici strategici dell'area estendendo le capacità di monitoraggio del bradisismo flegreo ad elementi puntuali del territorio.

Descrizione	Quantità
Cosmo-SkyMed - Nuove Acquisizioni	100

Cosmo-Skymed - Da Archivio	600
SAR TerraSar-X - Nuove acquisizioni	50
Processamento IPTA	1
Hardware (Workstation + storage)	1
Produzione ed installazione Corner Reflector (Monumentazione compresa)	20
Licenza Software IPTA	1
Potenziamento HD processamento SAR	1

1.5 Tiltmetria

La rete tiltmetrica flegrea è composta da nove stazioni operanti in acquisizione continua di cui due equipaggiate con doppio sensore, uno in superficie ed uno posto alla profondità di 5-7mt (Fig.1).

Sono attualmente in corso di espletamento procedure di autorizzazione ad installazioni di 8 (otto) sensori tilt metrici in pozzi da 20mt, che saranno messi in esercizio entro l'anno 2014.

Visto il considerevole numero di strumenti installati, la rete tiltmetrica necessita di un forte potenziamento dal lato acquisitori, aggiornando le centraline attuali con tipologie moderne in grado di migliorare la qualità del monitoraggio nel campo della tiltmetria, dal punto di vista della trasmissione, consentendo di usare i più recenti sistemi di trasmissione disponibili, da quelli su cavo come Ethernet, ADSL, ecc, a quelli wireless, quali WiFi, Hiperlan, UHF-FM digitale, ecc. Per questo in tabella di cui sotto è elencato il materiale utile, ma non esaustivo, allo scopo.

Descrizione	Quantità
CR1000 e modulo ethernet NL120, contenitore e power supply	10
Tiltmetro da superficie mod. 701-2	4
Cavo di collegamento per sensori Lily a 8 poli senza connettore in neoprene (costo x metro)	300
Interfaccia di collegamento SC32B Campbell	10
Aggiornamento del firmware	3
Il software LoggerNet	1
Lantronix uds1100	15
Alimentatori Kert	10

1.6 Gravimetria

Le reti gravimetriche istituite sui vulcani attivi dell'Italia Meridionale e gestite e curate dalla Sezione di Napoli Osservatorio Vesuviano sono rilevate con misure gravimetriche relative seguendo le

procedure standard per le misure di elevata precisione. Le reti sono costituite da capisaldi istituiti, dove possibile, in corrispondenza o nelle immediate vicinanze di capisaldi altimetrici e come di seguito descritto.

Le reti gravimetriche sui vulcani napoletani hanno come riferimento comune la stazione assoluta in Napoli (Università), nodo della "Rete Gravimetrica Nazionale di Ordine Zero" e sono così costituite:

- Campi Flegrei: 32 capisaldi di misura relativa e 2 stazioni assolute (Fig. 1).

- Ischia: 25 capisaldi di misura relativa e 1 stazione assoluta (Fig. 2).

Le misure sono condotte con periodicità semestrale o annuale ai Campi Flegrei e al Vesuvio e biennale all'isola di Ischia. Le due stazioni registratrici (1 al Vesuvio e 1 ai Campi Flegrei) sono state disinstallate a causa dei continui malfunzionamenti e allo scopo di revisionare e upgradare la strumentazione utilizzata.

Proprio per la tipologia di misure effettuate con estrema periodicità occorre potenziare i sistemi di misura e di analisi con le più recenti strumentazioni e tecniche software.

A tale scopo l'ordine dell'elenco di richiesta è funzione delle priorità.

Descrizione	Quantità
GPS Palmari ProMark 220, L1/L2/ GPS/GLONASS RTK	2
Compilatore INTEL Visual Fortran	1
Tablet 8.4" Samsung GALAXY TAB S LTE + WIFI	2
Barometri Digitali portatili Delta OHM HD, modello 2114B.2	2
Centraline meteo SIAP-MICROS	3
Lantronix UD2100002-01 Seriale	3

1.7 **Mareometria e Meteo**

In aree vulcaniche prospicienti al mare, come quella napoletana, è importante ai fini del monitoraggio vulcanico ed ambientale il potenziamento della rete mareometrica (Fig. 1 e 2).

Inoltre, per migliorare le condizioni al contorno delle misure effettuate con le altre reti strumentali di monitoraggio (ad esempio le misure SAR e Geochimiche) e per applicazioni meteo del segnale GPS (stima del contenuto di acqua precipitabile), è necessario dotare le reti di monitoraggio geofisico dell'Osservatorio Vesuviano dei più innovativi sistemi di monitoraggio meteo, di cui sotto la descrizione dettagliata ed i costi.

Descrizione	Quantità
Sensore radar, completo di acquisitore	1

Stazione metereologica	2
Sistema di misura meteorologico MET4A (Fan-Aspirated) della Paroscientific Inc. 7	2

2 Monitoraggio geofisico

2.1 Rete sismica

La rete sismica dell'INGV-OV, suddivisa in sottoreti "Vesuvio", "Campi Flegrei" (Fig. 3) ed "Ischia" (Fig. 2), relative alle rispettive aree vulcaniche attive sotto monitoraggio in tempo reale, è in continua evoluzione.

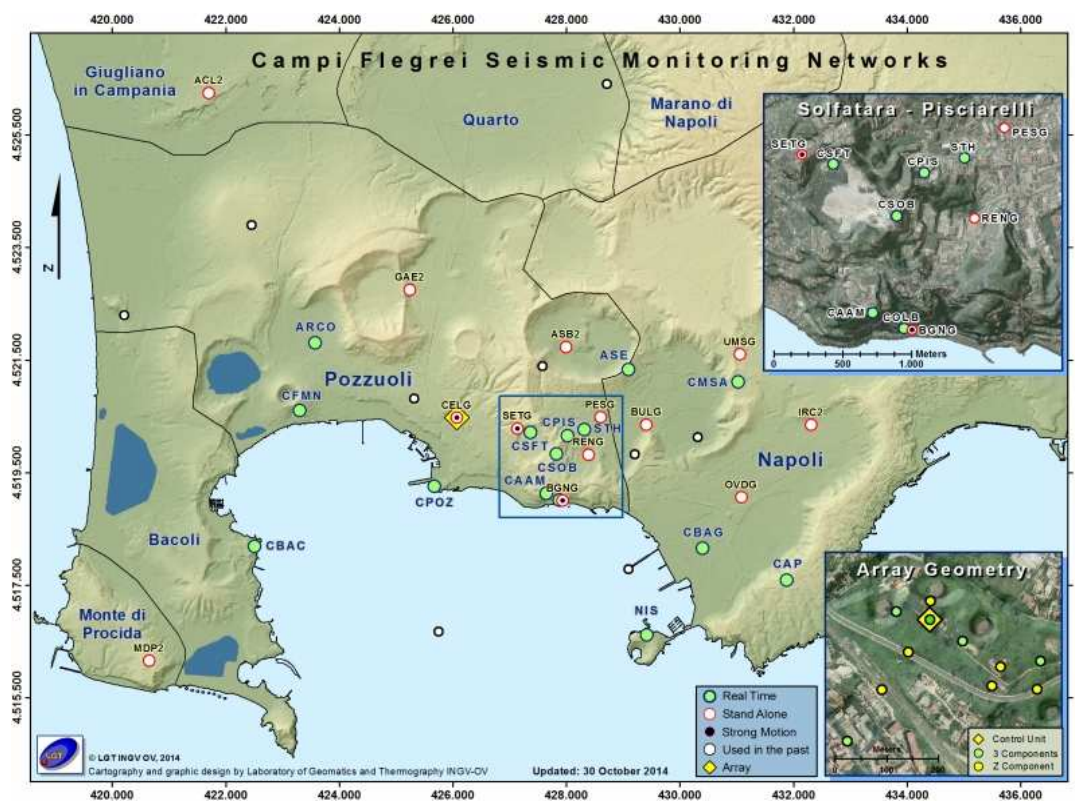


Figura 3 - Campi Flegrei. Reti sismiche.

Essa è costituita da 44 stazioni sismiche, sia digitali, broad band e corto periodo, da superficie e da pozzo, che analogiche corto periodo. In particolare 18 sono di tipo analogico, costituite prevalentemente da strumentazione per la trasduzione e per la trasmissione obsoleta.

Allo scopo di potenziare le reti, sia con nuove installazioni nelle aree vulcaniche più "critiche", come per i Campi Flegrei, attualmente in livello di attenzione, sia con la sostituzione della vecchia tecnologia con la nuova, a garanzia di qualità, affidabilità e robustezza, è necessario dotare il parco strumentale dell'Osservatorio Vesuviano di dispositivi digitali per le applicazioni geofisiche di elevata qualità. A tale scopo si ritiene opportuno acquistare n° 20 acquisitori Reftek 130S-01/6 (6 canali). L'acquisitore dati Reftek 130S-01/6 è attualmente il migliore per scopi sismologici tra quelli esistenti in commercio. Le caratteristiche tecniche salienti sono: 6 canali con range di input di 40 Volt, range dinamico di 24 bit, possibilità di collegamento seriale ed ethernet con flusso continuo dei dati, ben 13 possibili frequenze di campionamento da 1 a 1000 campioni/s, antenna-ricevitore GPS esterna, quindi collegabile via cavo fino a distanza di 100 m, acquisizione locale su due

schede di memoria che garantiscono autonomia di diversi mesi (con 6 canali a 100 Hz). L'acquisitore multicanale Reftek 130-MC18A differisce dal 130S-01/6 per il numero di canali acquisiti, che è di 18, mentre le altre caratteristiche sono le stesse. La possibilità di trasmettere un flusso continuo di dati e contemporaneamente di salvare gli stessi dati su memoria locale in file di 1 ora li rende idonei sia per stazioni sismiche in tempo reale che per stazioni in acquisizione locale. Il 130S-01/6, potendo acquisire contemporaneamente i segnali di due sensori a tre componenti, ad esempio un sismometro larga banda e un accelerometro, è ideale per il monitoraggio di segnali sismici di qualsiasi natura, mentre il 130-MC18A è ideale per l'installazione di array sismici. Questi strumenti sono stati ampiamente utilizzati negli ultimi anni e si sono rivelati molto semplici da installare e configurare, e molto affidabili. Infine è opportuno notare come gli acquisitori Reftek siano ampiamente utilizzati in altre Sezioni dell'INGV. Ad esempio la Rete Mobile del CNT dispone già da diversi anni di ben 50 acquisitori Reftek 130 a 6 canali, che vengono utilizzati con ottimi risultati sia nelle emergenze in occasione di forti terremoti che per esperimenti in progetti di ricerca. A corredo degli acquisitori su indicati è necessaria l'acquisizione di 15 sensori velocimetri GURALP CMG-40T e 10 Sensori accelerometrici Kinematics ES-T. Inoltre, allo scopo di garantire l'acquisizione in tempo reale dei segnali sismici prodotti da tali strumenti, è necessario dotare il parco strumentale dell'Osservatorio Vesuviano di apparati per la trasmissione a larga banda dei dati. A tal fine, a garanzia della compatibilità con gli apparati che in questo momento sono in esercizio per la realizzazione di ponti radio ad hoc, è necessaria la dotazione di dispositivi per la trasmissione dati basati su standard 802.11abgn.

Descrizione	Quantità
Reftek 130S-01/6 completo di accessori (GPS, cavi, memorie)	20
Reftek 130-MC18A completo di accessori (GPS, cavi, memorie)	1
Controller, software	10
GURALP CMG-40T	15
Sensore accelerometrico Kinematics ES-T	10
Access PointLINKIT CHR3010-m	10
Access PointLINKIT CHR3020-m	25
Accessori per alimentazione apparati	50
HSB 115M - Alimentazione/Caricabatterie	20
MM095-12 - Pannelli solari Alpha Electronix	40
Batterie a carica ciclica Sonnenschein SB12/75A	40

2.2 Sala di monitoraggio OV-INGV

I dati delle reti di monitoraggio vengono convogliati verso la sede di via Diocleziano, elaborati e visualizzati in tempo reale nella Sala di monitoraggio (Fig. 4), all'interno della quale si svolgono le attività di sorveglianza vulcanica.



Figura 4 - Sala di monitoraggio INGV-OV, Via Diocleziano - Napoli.

Negli ultimi decenni sia l'uso di nuove tecnologie (GPS, interferometria satellitare) che il perfezionamento di tecnologie esistenti (gravimetria, mareometria, tiltmetria) ha consentito di raggiungere precisioni elevate nella misura delle deformazioni del suolo nelle aree vulcaniche. Inoltre si è assistito ad un progressivo aumento della frequenza di acquisizione dei dati.

Infatti, in situazioni di emergenza, la stima rapida ed accurata delle deformazioni del suolo è uno strumento indispensabile per fornire un early-warning.

Durante una crisi vulcanica sono possibili, anche in pochi minuti, variazioni improvvise nell'attività (es. esplosioni freatiche, apertura di bocche eruttive).

I sistemi di monitoraggio geodetico dell'Osservatorio Vesuviano hanno subito un costante incremento sia del numero di stazioni che della qualità del processamento dei dati.

E' in corso, inoltre, un upgrade del parco strumentale, con l'installazione di diversi sensori dotati di tecnologie più moderne e con diverse installazioni in pozzo che garantiscono un notevole incremento nella sensibilità delle misure.

Nello scorso decennio, anche la Sismologia ha visto lo sviluppo di nuove tecniche di analisi basate sull'analisi delle forme d'onda sismiche complete. In particolare alcuni metodi consentono di ricavare le funzioni di Green elastodinamiche mediante tecniche elementari, ma che richiedono notevoli risorse di calcolo. Queste tecniche, già utilizzate su alcuni vulcani del mondo, hanno mostrato di essere in grado di individuare variazioni nelle caratteristiche meccaniche delle rocce del vulcano di piccolissima entità (dell'ordine di una parte su 1000).

Tali variazioni possono essere associate a cambiamenti dello stato del vulcano e potrebbero quindi

essere un importante strumento per il monitoraggio dei vulcani campani. E' stato, inoltre, recentemente istituito presso l'Osservatorio Vesuviano il Laboratorio di Pericolosità Sismica, le cui attività sono rivolte specificamente allo studio della pericolosità sismica delle aree vulcaniche campane ed allo sviluppo di tecniche rapide per la stima dello scuotimento sismico associato a terremoti locali di piccola magnitudo, tipici delle aree vulcaniche campane.

Ai 7 laboratori che compongono la Sala di Monitoraggio afferisce del personale (ricercatori, tecnologi e tecnici) incaricato dell'analisi dei dati, della verifica della qualità del dato, dello sviluppo di nuove metodologie per l'analisi e dell'interpretazione geofisica del dato stesso.

Tali laboratori sono attualmente dotati di specifici server, in uso al personale incaricato, ciascuno dedicato all'analisi di ogni tipologia di dato. La maggior parte di questi server sono prossimi all'obsolescenza e comunque poco adeguati all'utilizzo di metodologie di analisi innovative e al progressivo aumentare del flusso di dati. Si richiede quindi l'acquisto di 19 server per analisi dati (2 per ciascuno dei 7 laboratori + 5 per la sala), corredati da monitor adeguati e dispositivi di storage dei dati.

Descrizione	Quantità
Workstation HP Z820, Cod. WM646ET#ABZ	19
Display SAMSUNG LED S24B150BL Monitor LED, Cod. LS24B150BL/EN	19
Sistema di storage NAS Buffalo Technology TERAStation 5400 16TB NAS, Cod TS5400D1604-EU	7

2.3 Sala di Monitoraggio RC

I dati acquisiti dai sistemi di monitoraggio in tempo reale dell'Osservatorio Vesuviano vengono convogliati presso la sede di Via Diocleziano attraverso diversi sistemi. Tutti i dati acquisiti viaggiano in formati digitali che possono essere trasmessi attraverso connessioni TCP/IP, sia mediante vettori commerciali (es. ADSL) che dedicati (es. ponti WiFi), verso altri centri di acquisizione opportunamente attrezzati.

La seguente proposta contiene gli elementi per realizzazione un centro di monitoraggio minimale, con sistemi di acquisizione, storage, analisi e visualizzazione dei dati in tempo reale. In particolare il centro di acquisizione dovrà essere equipaggiato con: router ad alte prestazioni, server per analisi e storage dati (configurati in un singolo rack) e sistemi di visualizzazione (monitor+PC).

Di seguito viene dettagliata una configurazione modulare dei sistemi di visualizzazione composti da 6 monitor 55" (organizzati in configurazione 2x3). Sono stati inclusi componenti ridondanti per supplire ad eventuali malfunzionamenti.

Descrizione	Quantità
Sistemi di acquisizione, storage e analisi: Server Dell PowerEdge R815	2
Dischi per server - Dell PowerVault MD3200i	1
Server NAS - Dell PowerEdge R720	1
Dischi per server NAS - Dell PowerVault MD1200	1
Rack - Rack Dell da 24U	1
Switch KVM - StarTech.com Switch KVM USB	1
Monitor gestione server - Display LED DELL Professional P1914S 48CM	1
Sistemi di Visualizzazione: Monitor visualizzazione dati - NEC MultiSync E554 - 55" schermo piatto LCD con retroilluminazione a LED	7
Computer desktop per visualizzazione dati - HP ProDesk 490 G1 - Core i7 4770 3.4 GHz - 16 GB - 1 TB	4
Supporto computer desktop - TECNOSTYL Porta CPU regolabile	4
Supporto monitor - Carrello Videowall 3x1 ITB Solution cod. MB9789	3
Networking: Router - Cisco 1921	1
Switch HP ProCurve 2810 48 porte	1

2.4 Tecnologie Geoelettriche e Magnetotelluriche.

La realizzazione di investigazioni indirette, realizzate misurando parametri osservabili in superficie, rappresenta uno degli strumenti principali di indagine del sottosuolo. La definizione delle strutture sepolte è un passo imprescindibile per la conoscenza dei vulcani e per la valutazione della loro pericolosità.

Tra le varie tecniche utilizzate, quelle che studiano segnali elettrici ed elettromagnetici sono tra le più potenti in termini di risoluzione delle strutture e di profondità di investigazione ma solo recentemente sono state intensamente applicate allo studio delle aree campane.

La strumentazione elencata (eg. trasmettitore IRIS, stazioni magnetotelluriche Metronix) permetterebbe la creazione di una rete di acquisizione in continuo dei valori dei campi elettrico e magnetico in area flegrea, integrando le attuali strutture di sorveglianza dell'OV.

L'osservazione delle variazioni nel tempo di tali grandezze è fortemente correlata alle dinamiche profonde delle strutture vulcaniche, tanto che reti di questo tipo sono già state realizzate sia in Italia (Etna) che da diversi Osservatori nel mondo, ad esempio nel caso del Mt. Unzen in Giappone, del Merapi in Indonesia e durante la deformazione rapida a Long Valley in California.

Descrizione	Quantità
Iris trasmettitore esterno con unità delocalizzate per geoelettrica profonda con accessori	1
Stazioni magnetotelluriche Metronix ADU-07 con relativi accessori	4

3 Monitoraggio Geochimico

La definizione ed i successivi perfezionamenti del modello concettuale geochimico di riferimento del sistema vulcanico-idrotermale della caldera dei Campi Flegrei si basa principalmente sullo studio sistematico delle composizioni chimico-isotopiche dei principali campi fumarolici presenti nell'area.

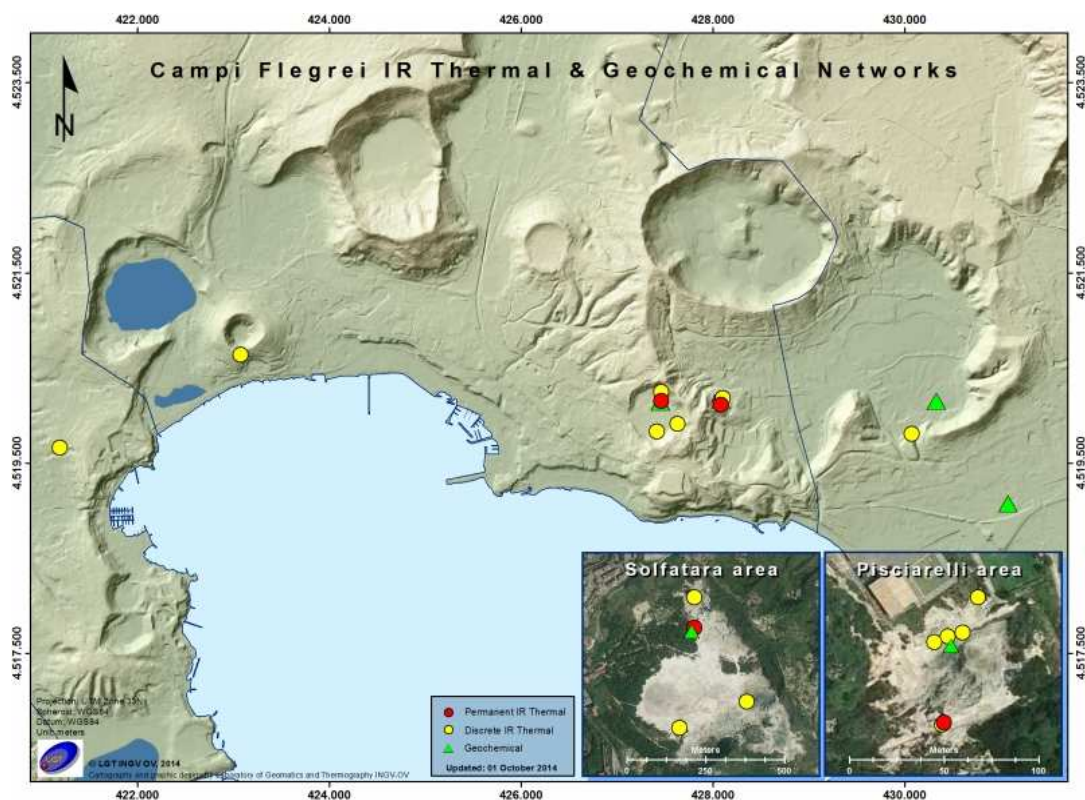


Figura 5 - Campi Flegrei. Reti di monitoraggio geochimico ed IR termico ad immagine.

Studi geochimici di dettaglio, la misura del processo di degassamento diffuso alla Solfatara ed a Pisciarelli, insieme ai risultati di simulazioni fisico-numeriche del sistema idrotermale hanno consentito di monitorare ed interpretare la fenomenologia in corso in termini di variazioni del sistema vulcanico-idrotermale, ed hanno, altresì, contribuito al passaggio all'attuale livello di attenzione scientifica dei CF.

In questo scenario risulta fondamentale potenziare le attività e le strutture di monitoraggio geochimico in particolare per quanto attiene l'aggiornamento tecnologico del Laboratorio analitico e l'implementazione delle misure in continuo della composizione dei gas fumarolici in situ.

3.1 Rilascio termico di fluidi vulcanici ed idrotermali

I sistemi vulcanici quiescenti dissipano importanti quantità di energia attraverso l'emissione diretta di fluidi vulcanici ed idrotermali.

Lo studio del flusso di calore rappresenta, quindi, un contributo fondamentale alle conoscenze dei processi vulcanici. Un'area dove il rilascio termico contribuisce significativamente al bilancio energetico totale della caldera flegrea, è rappresentato dalla piana di Agnano.

La piana è il frutto della bonifica di epoca Borbonica che convoglia tutte le acque della piana, drenate con un sistema di canali, in un canale principale che in galleria raggiunge il mare in località la Pietra (Bagnoli).

Uno studio specifico, comprendente le analisi chimico-isotopiche di tutte le acque della piana, ha permesso di evidenziare l'emergenza di un liquido geotermale, equilibrato a temperatura di circa 250 °C, variamente miscelato con acque meteoriche di falda.

La frazione stimata di questo componente geotermale nelle acque del canale principale unitamente alla misura di portata del canale principale, ha permesso di stimare in circa 8 MW il rilascio termico della piana.

Tale flusso di energia, che è una parte significativa del rilascio termico dell'intero sistema vulcanico, può essere monitorato in modo efficiente misurando in continuo il flusso, la temperatura e la salinità (conducibilità elettrica) delle acque del canale principale, più i parametri meteorologici.

A tale proposito sono richieste le seguenti attrezzature:

Descrizione	Quantità
CTD diver	1
Acquisitore dati per misure di pressione atmosferica e temperatura	1
Unità di lettura, incluso cavo per porte USB	1
Modem sms da campo 1 porta	1
Mulinello idrometrico OTT C31	1
Correntometro ad effetto Doppler di superficie	1
Stazione meteorologica	2

3.2 Monitoraggio parametri geochimici

Il potenziamento del monitoraggio geochimico implica necessariamente l'ampliamento delle capacità analitiche della composizione isotopica del carbonio del CH₄. Tali analisi hanno infatti potenti applicazioni geotermometriche poiché il CH₄, essendo una specie caratterizzata da una lenta cinetica di reazione, riflette le condizioni del sistema idrotermale profondo. L'analisi sistematica di tali parametri permetterebbe il monitoraggio delle condizioni termiche di tale zona alla base del sistema idrotermale. La strumentazione che si propone di acquisire (Spettrometro di massa Thermo-fisher Delta V Advantage) consentirebbe, inoltre, un miglioramento di altre tecniche analitiche (⁴⁰Ar/³⁶Ar, d¹⁵N) non meno importanti nella definizione del modello geochimico

concettuale del sistema.

Ugualmente importante, ai fini della sorveglianza di aree vulcaniche attive è il monitoraggio spazio-temporale della composizione delle emissioni di fluidi di origine vulcanica ed idrotermale finalizzato all'approfondimento delle conoscenze sul ruolo svolto dalle strutture vulcaniche, identificate mediante monitoraggio geofisico, nella dinamica dei fenomeni connessi all'evoluzione del sistema profondo e di quello superficiale.

La strumentazione che si propone di acquisire (micro-gascromatografo portatile e analizzatore a fluorescenza pulsata di solfuro di idrogeno ed anidride solforosa) consentirebbe infatti di integrare i risultati del monitoraggio geofisico/geochimico perfezionando la comprensione delle dinamiche vulcaniche in atto.

Descrizione	Quantità
Thermo-fisher Delta V Advantage completo di GC Isolink, interfacce, unità di controllo	1
Camera di accumulo per la misura di flussi di CO2 e di H2S	1
Analizzatore di H2S THERMO SCIENTIFIC 450 i	1
Micro-gascromatografo portatile MICRO GC 3000	1
MICRO GC 3000 - Modulo analitico Enhanced GCMOD-FE con Colonna PPU 8m e 1.6 Fixed Volume Injector	1
MICRO GC 3000 - Modulo analitico Enhanced GCMOD-GI con Colonna Molsieve 14m e Iniettore Backflush	1

4 Monitoraggio Termico ad immagine prossimale e remoto

Le tecnologie di Telerilevamento per la mappatura ed il monitoraggio dei fenomeni vulcanici rappresentano ormai da decenni validi ed insostituibili strumenti e metodi in grado di identificare e rilevare, con precisione ed elevata sensibilità le principali condizioni di stato e di evoluzione dei sistemi vulcanici attivi o dormienti.

Il monitoraggio termico ad immagine viene utilizzato per la sorveglianza vulcanica dei Campi Flegrei sin dal 2004 (Fig. 5). La rete strumentale per il monitoraggio termico prossimale consta sia di stazioni permanenti a trasmissione periodica con cadenza giornaliera del dato immagine IR, sia di postazioni portabili impiegate durante interventi temporanei per la mappatura termica di aree caratterizzate da evidenti anomalie termiche.

Recenti rilievi aerei (dicembre 2013) realizzati sulla base di un Accordo di Collaborazione tra Regione Campania e Comando Generale delle Capitanerie di Porto – Guardia Costiera per monitoraggio ambientale di aree costiere, hanno consentito di mappare le zone dei campi Flegrei interessate da anomalie termiche rilevanti, naturalmente associate a fenomeni di degassamento di CO₂ ed altri gas endogeni (Fig. 6).

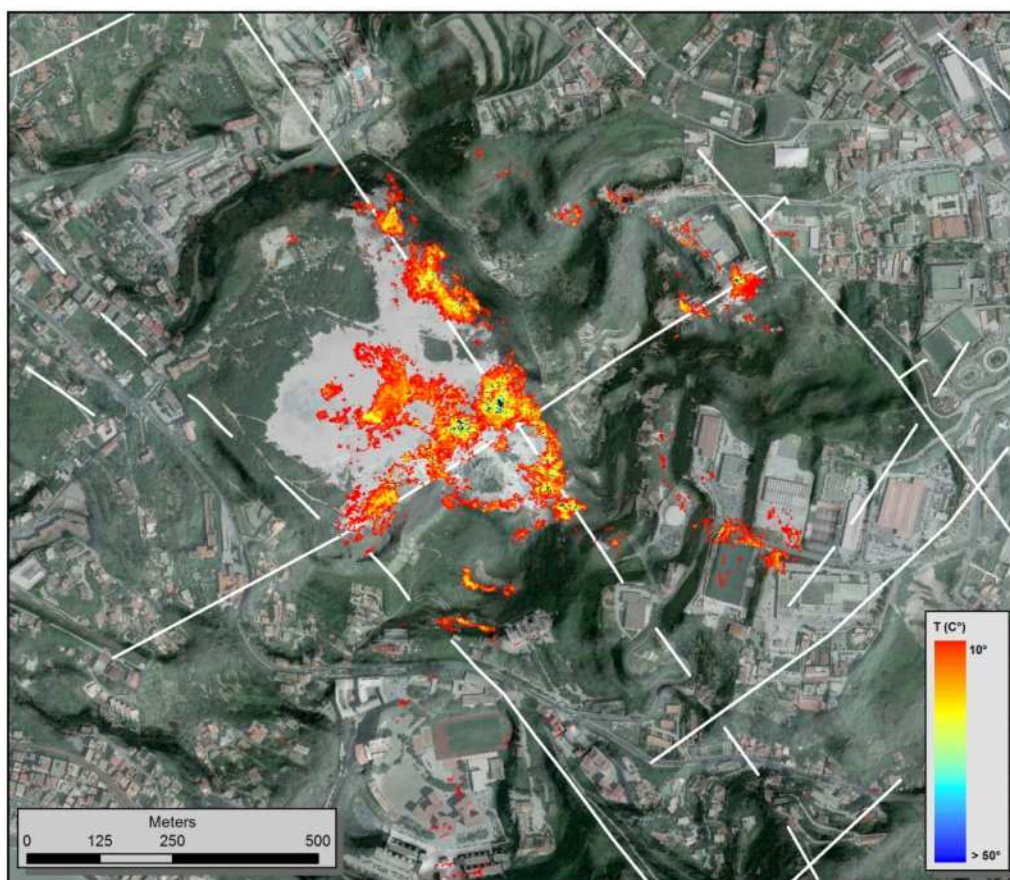


Figura 6 - Solfatara. Anomalia termica superficiale da dati Dedalus. Volo del 19.12.13.

I telerilevamenti hanno evidenziato una estensione delle aree in anomalia termica sul versante di Pisciarelli e sulla parte occidentale della Piana di Agnano interessando aree commerciali e residenziali, e la comparazione con precedenti rilievi satellitari ed aerei ha confermato quanto rilevato dal sistema di monitoraggio geochimico: il sistema sta aumentando la sua temperatura.

Il potenziamento del monitoraggio termico dei Campi Flegrei si basa sulla messa in opera di un sistema integrato che consenta la fusione delle informazioni provenienti dalle esistenti reti di imaging termico e di sensoristica geochimica con dati originali da telerilevamento, secondo uno schema multitemporale di acquisizione ed elaborazione dei dati in tempo reale e quasi reale.

4.1 Rete permanente di monitoraggio termico ad immagine

La rete TIIMNet (Thermal Infrared Imagery Monitoring Network) per la sorveglianza vulcanica continua a lungo termine dei Campi Flegrei tramite acquisizione di immagini all'infrarosso termico è attualmente è costituita da 3 stazioni fisse, di cui due ubicate all'interno del cratere della Solfatara ed una in località Pisciarelli (Fig. 5).

La stazione PS1 ubicata a Pisciarelli, operativa da ottobre 2006, inquadra la parte alta del versante orientale esterno della Solfatara il quale a sua volta sovrasta l'area caratterizzata da intensa emissione fumarolica. La stazione SF1, operativa dal settembre 2004, inquadra la porzione sud-orientale del versante interno del cratere della Solfatara laddove sono localizzate le fumarole di Bocca Grande e Bocca Nuova. La stazione SF2, operativa dal mese di giugno 2013 inquadra un settore del versante interno settentrionale dell'area craterica che risulta essere interessato da una consistente anomalia termica.

I risultati scientifici conseguiti negli ultimi anni sia nello studio dell'evoluzione temporale del flusso termico dei vulcani campani attualmente monitorati e sia nello sviluppo di modelli di base per l'analisi di serie temporali di dati IR hanno evidenziato la necessità di potenziare in termini di incremento dei punti di rilevamento distribuiti sul territorio l'attuale dotazione strumentale dell'OV-INGV per il monitoraggio del campo di temperature superficiale. Al contempo, l'esperienza acquisita nel corso degli anni nella gestione, manutenzione ed aggiornamento della rete TIIMNet ha consentito di rilevare le principali criticità del sistema nella sua configurazione attuale fornendo una serie di indicazioni relative ad un opportuno adeguamento tecnologico delle stazioni di misura e dei sistemi di centralizzazione dei dati acquisiti.

Sulla base di tali considerazioni si è già provveduto ad intraprendere una fase attuativa di adeguamento tecnologico della rete TIIMNet mediante lo sviluppo di stazioni remote di nuova generazione installate in acquisizione alla Solfatara ed a Pisciarelli.

Va sottolineato che, attualmente l'Isola d'Ischia risulta totalmente sprovvista di tali sistemi. In aggiunta a ciò, va considerato che le stazioni remote sono installate in ambienti altamente corrosivi

e per tale motivo sono soggette a rapida usura. La maggior parte degli elementi strumentali concernenti la rete di monitoraggio termico ad immagine attualmente operante ai Campi Flegrei risulta essere totalmente sprovvista di parti di ricambio. Ciò comporta che in caso di necessità di sostituzione di apparecchiature in avaria non sarebbe in alcun modo possibile garantire il ripristino della funzionalità dei sistemi di monitoraggio IR.

In dettaglio, il potenziamento strumentale che si intende conseguire prevede l'acquisizione di cinque stazioni complete; di queste: 2 andranno ubicate nell'Isola d'Ischia; una sarà destinata ad attività di sviluppo tecnologico ed aggiornamento software e le rimanenti due costituirebbero dotazioni di riserva. In aggiunta a ciò si prevede la realizzazione di tre unità mobili (Mod. TITANO) per interventi temporanei nell'area dei Campi Flegrei caratterizzate da evidenti anomalie termiche superficiali. Nella tabella seguente è riportato il dettaglio analitico dei costi previsti.

Descrizione	Quantità
Termocamera FLIR A655sc	3
Custodia (con Staffe)	3
Pannello Solare	3
RMS	3
Treppiede (Con Flangia & Spikes)	3
Termocamera FLIR A655sc	5
Custodia (con Staffe)	5
Remote Monitoring Station, Pannelli solari, accessori	5
Termocamera CO2	1

4.2 Telerilevamento aereo per il monitoraggio dello stato termico superficiale.

La realizzazione di un programma di telerilevamento aereo consentirebbe di acquisire informazioni areali sulle aree di emissione/degassamento dell'area flegrea, producendo una mappatura dinamica delle temperature, registrandone eventuali variazioni spaziali ed intensità.

I target di interesse sono rappresentati: a) dall'area Solfatara – Pisciarelli, compresa la porzione di litorale su cui sono presenti anomalie termiche sottocosta dovute alla presenza di sorgenti termali e canalizzazioni per opere di bonifica (es. lago di Agnano); b) dall'area di Lucrino-Averno con evidenze di riscaldamento superficiale. Il programma prevede pertanto il sorvolo totale di tali aree secondo una cadenza mensile o bimestrale, comunque in grado di rilevare significative variazioni del campo di temperature superficiali. Nella tabella seguente è riportato il dettaglio analitico dei costi previsti.

Descrizione	Quantità
Rilievo Termico Campi Flegrei	5

4.3 Telerilevamento di prossimità su piattaforme UAV (droni).

Attualmente, lo sviluppo di droni di tipo UAV, controllati e guidati da terra tramite radiocomandi o computer, assistiti da sistemi satellitari ed equipaggiati con carichi di diversa tipologia, come camere digitali professionali, camere a infrarosso, sensori multispettrali, hanno subito uno sviluppo tecnologico elevatissimo in grado di garantire, a fronte di un relativamente modesto investimento iniziale, l'acquisizione con continuità di dati telerilevati di altissima precisione e risoluzione spaziale.

La realizzazione di un tale sistema di rilevamento, basato sull'integrazione di dati provenienti dalle reti permanenti con quelli acquisiti da sensoristica su droni, consentirebbe di: a) acquisire informazioni areali sulle aree di emissione/degassamento dell'area flegrea; b) produrre mappature dinamiche del campo di temperature superficiali, registrandone eventuali variazioni spaziali e di intensità; c) migliorare la conoscenza delle fenomenologie vulcaniche per gli studi sui fenomeni precursori e per valutazioni di pericolosità.

A seguito dei risultati di un'analisi di mercato rivolta all'identificazione di soluzioni tecnologiche relative alla applicazione su droni di sensoristica termica e svolta nel contesto delle offerte industriali e delle soluzioni di manifattura diretta, sono state individuate due differenti soluzioni a carattere commerciale, entrambe perfettamente rispondenti alle specifiche esigenze tecniche ed operative.

Entrambe le soluzioni tecnologiche, nel seguito riportate, rappresentano il top della gamma di prodotti oggi disponibile sul mercato in termini di qualità ed affidabilità e si differenziano per alcune caratteristiche peculiari sia delle termocamere sia dei vettori.

Nella tabella seguente è riportato il dettaglio analitico dei costi previsti.

Descrizione	Quantità
Termocamera FLIR A655sc (640x480, NETD<30mK)	1
DRONE - Octocottero coassiale	1
Accessori: Ground station, Control Unit, Software di gestione volo automatico, Custodie, Batterie, Carica batterie, Paracadute.	1
Termocamera FLIR T650sc (640x480, NETD<20mK)	1
DRONE - Octocottero coassiale (Potenziato)	1
Accessori: Gimbal brushless speciale per camere e payload misti fino a 6kg; Ground station, Control Unit, Software di gestione volo automatico, Custodie, Batterie, Carica batterie, Paracadute.	1

5 Personale

Descrizione	Quantità
Esperto senior nella gestione di progetti complessi di monitoraggio multiparametrico con funzioni di Direttore d'esecuzione del contratto	1
Esperto junior trattamento dati da telerilevamento ed analisi GIS.	2
Collaboratore tecnico per attività di manutenzione, trattamento, archiviazione e diffusione dati.	2
Esperto junior in materie amministrative e contabili per la rendicontazione di fondi strutturali.	1