

[as] intersezioni

Misure vulcaniche.

di Giovanni Macedonio

ricercatore dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Ingv)



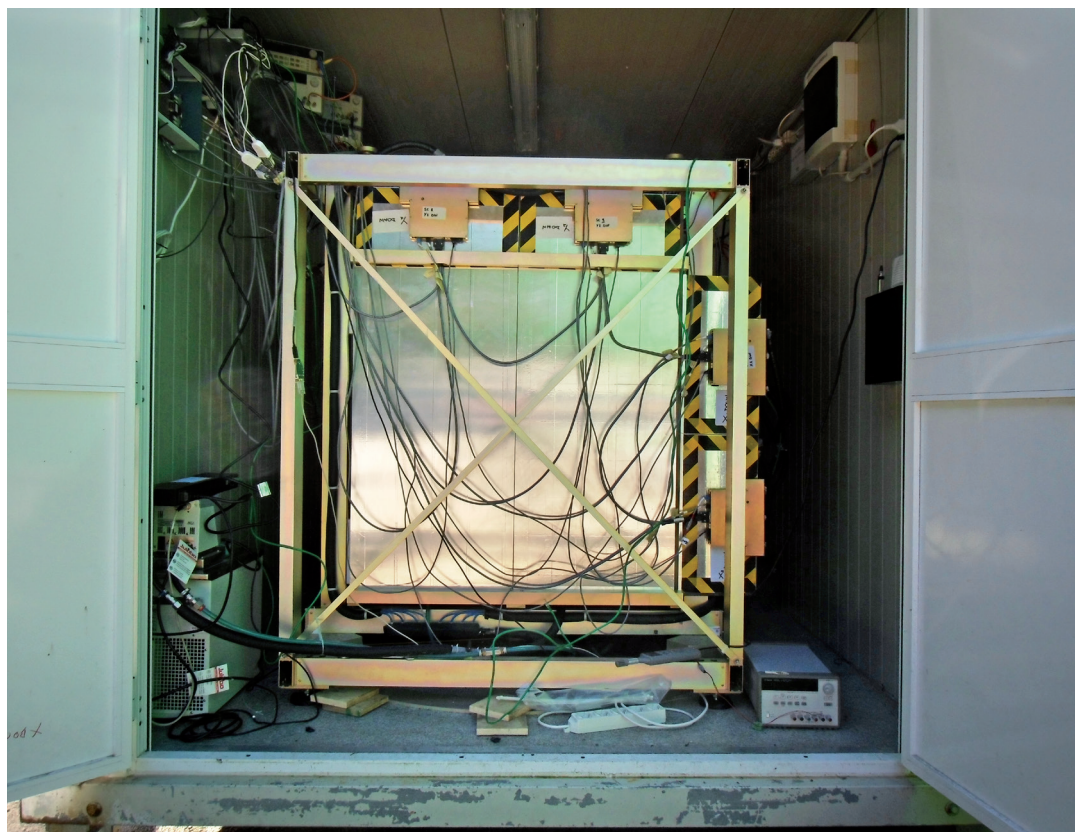
La radiografia muonica rappresenta uno strumento innovativo per investigare l'interno dei vulcani. Essa può essere utilizzata in associazione con altre tecniche di indagine geofisica, come la tomografia sismica, le indagini geoelettriche, la magnetotellurica e le misure del campo gravitazionale. In particolare, la radiografia muonica permette di ottenere una misura indipendente della distribuzione della densità dell'interno del cono vulcanico ed evidenziare la presenza di eventuali condotti attraverso i quali può scorrere il magma. La conoscenza della struttura interna del vulcano ci permette non solo di comprendere la dinamica delle precedenti eruzioni, ma anche di interpretare le osservazioni e i segnali sismici associati al passaggio del magma all'interno della struttura. Infatti, il magma è costituito da roccia fusa con bolle di gas e cristalli al suo interno. La presenza delle bolle modifica la densità del magma, che dipende principalmente dalla frazione di volume del gas al suo interno. Durante il moto del magma all'interno del vulcano e la sua interazione con le pareti dei condotti, si producono oscillazioni della struttura vulcanica,

con frequenze che dipendono dalle dimensioni e forma dei condotti e dalla quantità di bolle di gas contenute nel magma. L'analisi di queste oscillazioni, registrate dai sismometri dislocati sulle pareti del vulcano, permette di diagnosticare la presenza del magma in movimento e di evidenziare eventuali situazioni di pericolo. Il gas, prevalentemente costituito da vapore acqueo e anidride carbonica, rappresenta il motore delle eruzioni perché è proprio il gas che, con la sua espansione, trasporta il magma in superficie. Inoltre, la quantità di gas contribuisce a definire lo stile eruttivo: essa è bassa nelle eruzioni effusive (colate di lava), in cui il magma fuoriesce dal cratere come una schiuma viscosa, ed è più alta nelle eruzioni esplosive in cui il magma fuoriesce dal cratere sotto forma di un getto di gas e magma frammentato. È molto importante, quindi, conoscere sia la geometria dei condotti vulcanici, sia il valore della densità del magma per stimare la quantità di gas presente al suo interno. Da questo punto di vista, la radiografia muonica costituisce un ottimo strumento di indagine, in quanto fornisce direttamente un'immagine che

rappresenta la mappa della densità dell'interno del vulcano. Parallelamente, anche le misure del campo di gravità forniscono informazioni sulla densità delle zone sottostanti e, per questo motivo, possono essere associate alla radiografia muonica. Le misure di gravità sui vulcani vengono solitamente effettuate con periodiche campagne di misura, durante le quali vengono misurati contemporaneamente, in decine o centinaia di punti, il valore dell'accelerazione di gravità e le coordinate del punto di misura. Queste ultime sono necessarie soprattutto per la correzione della variazione del valore dell'accelerazione di gravità con la quota. Le informazioni sulla densità dell'interno del vulcano si ottengono successivamente tramite opportuni modelli di inversione. Attualmente, i metodi di integrazione dei dati di radiografia muonica con le misure della gravità sono oggetto di ricerca scientifica, come lo sono, in generale, tutti i metodi di integrazione dei dati tra le diverse tecniche di indagine geofisica. È di particolare interesse la possibilità di poter costruire, con un approccio

multiparametrico, un modello dell'interno del vulcano che tenga conto delle diverse proprietà delle rocce e dei fluidi presenti al suo interno. Le rocce e i fluidi, infatti, sono caratterizzati oltre che dalla densità, anche da altre proprietà meccaniche, elettriche e magnetiche. Tra queste, la rigidità delle rocce, insieme alla loro densità, determina la velocità di propagazione delle onde sismiche misurabili dalle differenze dei tempi di arrivo dei terremoti alle varie stazioni sismiche dislocate sul vulcano. La resistività elettrica delle rocce determina la quantità di corrente che attraversa il sottosuolo, in risposta alle differenze di potenziale elettrico applicate a opportuni elettrodi posti sulla superficie del vulcano durante le misure geoelettriche, mentre le proprietà magnetiche delle rocce influenzano il valore del campo magnetico terrestre, anche esso misurabile in superficie. Infine, attraverso la tecnica della magnetotellurica si registrano le variazioni del campo elettromagnetico dovute all'interazione tra le rocce del sottosuolo e le onde elettromagnetiche prodotte dalla ionosfera, fornendoci informazioni sulle proprietà

elettromagnetiche delle rocce alle diverse frequenze e delle loro variazioni in funzione del tempo (per esempio in prossimità di un'eruzione). Sarà proprio l'integrazione di tutte queste informazioni che ci permetterà di conoscere meglio l'interno dei vulcani e ottenerne un modello di dettaglio. Attualmente, uno degli aspetti più interessanti della radiografia muonica è la possibilità di ottenere direttamente un'immagine radiografica dell'interno del vulcano, senza la necessità di utilizzare complessi modelli di inversione. A partire da queste immagini, oggi bidimensionali, sarà possibile costruire immagini tridimensionali dell'interno del vulcano attraverso l'utilizzo di più rivelatori posti in diversi punti di osservazione. Infine, a differenza delle altre tecniche, la radiografia muonica permette di osservare l'interno del vulcano "da remoto", senza la necessità di accedere alle aree sommitali. Questa caratteristica rende la radiografia muonica potenzialmente idonea al monitoraggio durante una crisi vulcanica, quando si evidenzia il rischio di una possibile eruzione.



a.
Lo strumento con cui nell'aprile 2013 è stata fatta una presa dati dimostrativa sul Vesuvio, il prototipo Mu-Ray sviluppato dall'Infn. Il rivelatore di muoni è formato da 384 scintillatori plastici letti da fotomoltiplicatori al silicio. Il consumo dell'intero apparato è sufficientemente basso da funzionare senza essere connesso alla rete elettrica. All'interno del progetto premiale Infn-Ingv Muraves entro il 2017 è prevista l'installazione sul Vesuvio di tre rivelatori con quattro piani traccianti da 1 m² ciascuno. I nuovi rivelatori sono una versione migliorata del prototipo Mu-Ray.