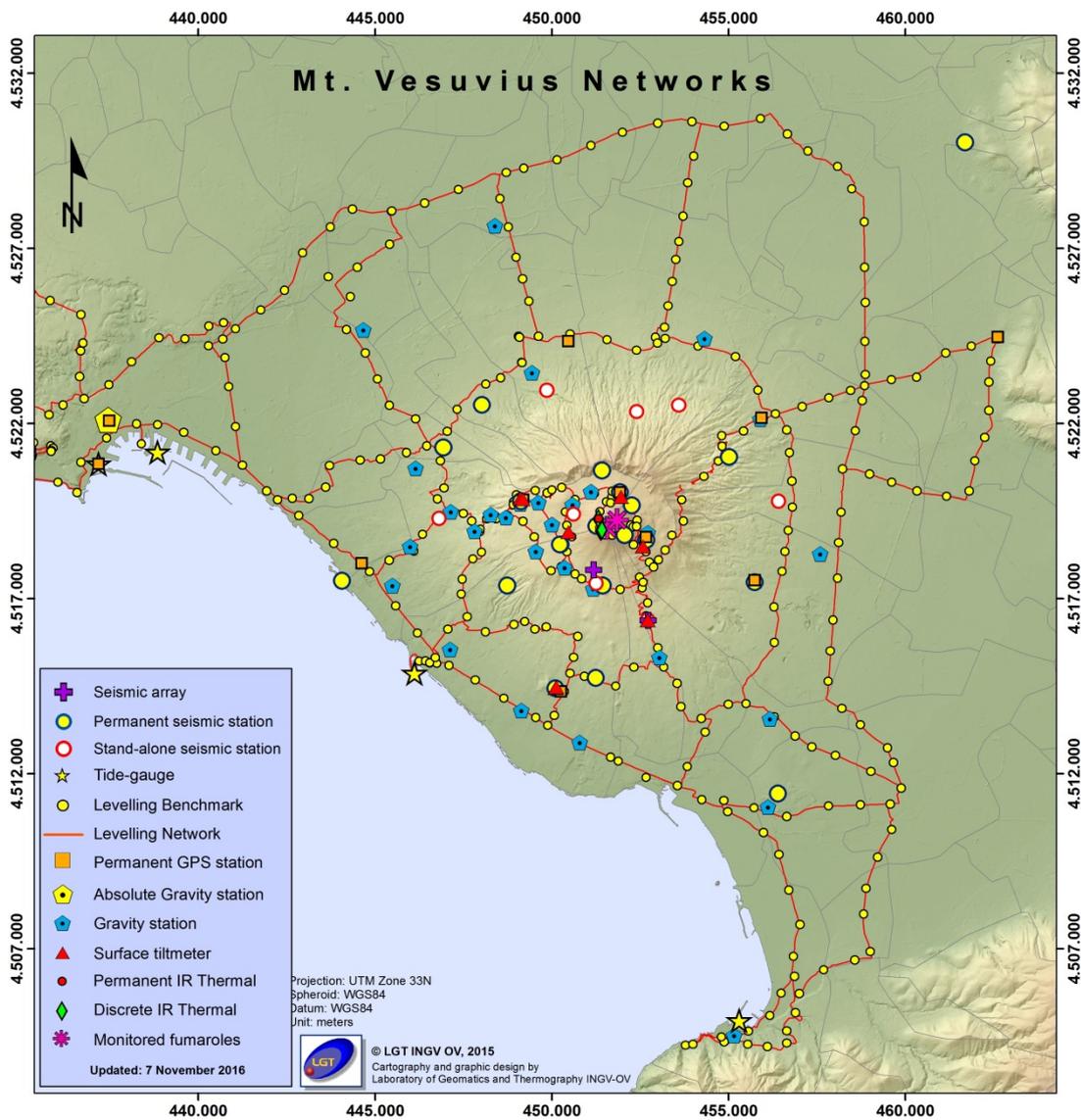




Bollettino di Sorveglianza

VESUVIO

NOVEMBRE 2017



VESUVIO

1 - Sismicità

Nel corso del mese di novembre 2017 al Vesuvio sono stati registrati 85 terremoti (Fig. 1.1). E' stato possibile determinare l'ipocentro di 75 degli eventi registrati. Le localizzazioni sono mostrate in Fig. 1.2. La magnitudo massima è stata pari a $M_D=1.8$ (evento del 12/11 alle 07:11 UTC).

Non si evidenziano trend significativi nei parametri sismologici (Fig. 1.2, 1.3, 1.4, 1.5).

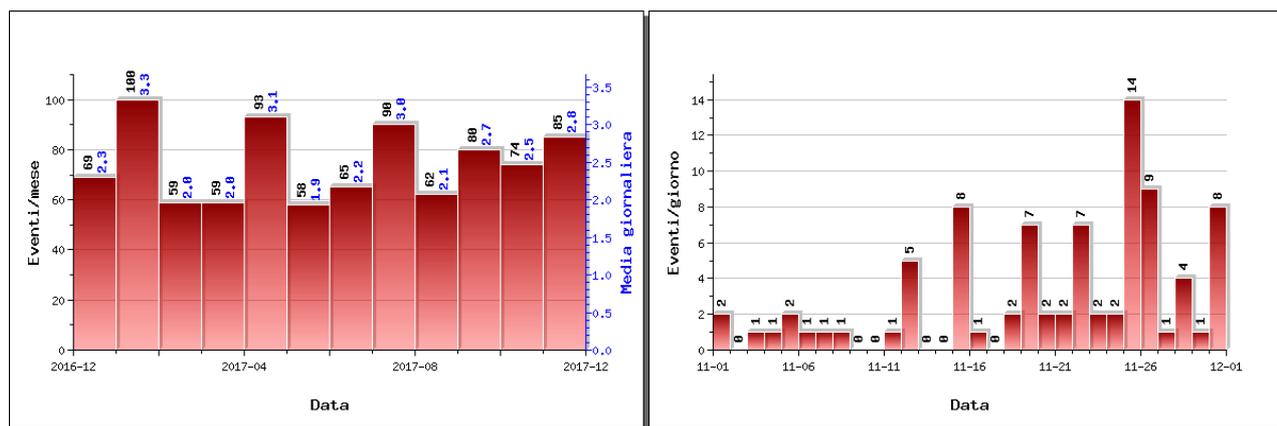


Figura 1.1 - A sinistra il numero di eventi registrati al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (in totale 894), mentre a destra quelli avvenuti nell'ultimo mese (in totale 85).

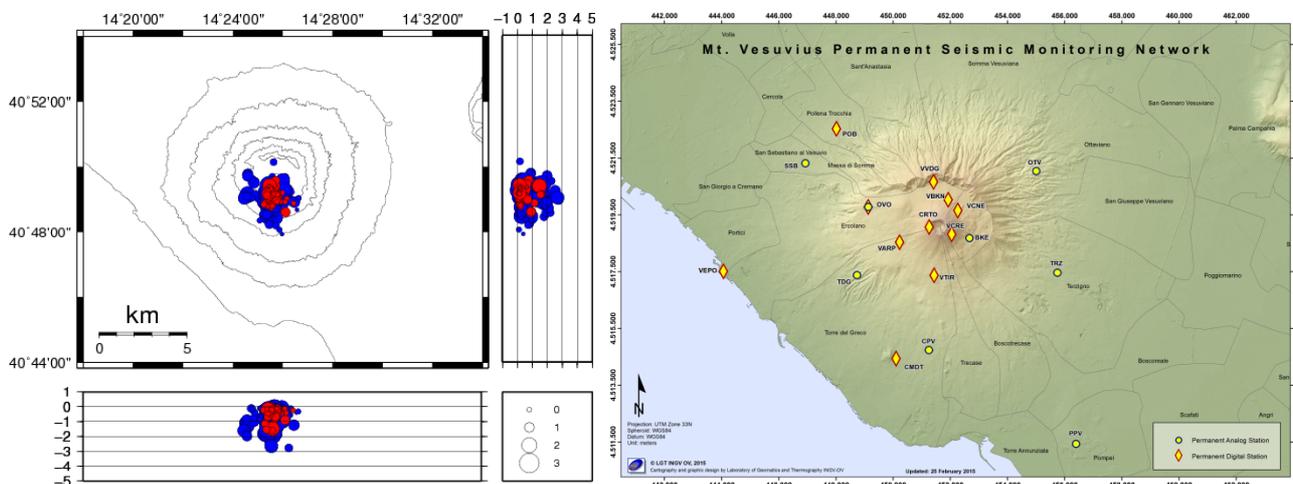


Figura 1.2 - Localizzazioni ipocentrali al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (in blu) e dell'ultimo mese (in rosso). La dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo, come indicato nel riquadro in basso. A destra è mostrata la mappa della Rete Sismica Permanente del Vesuvio.

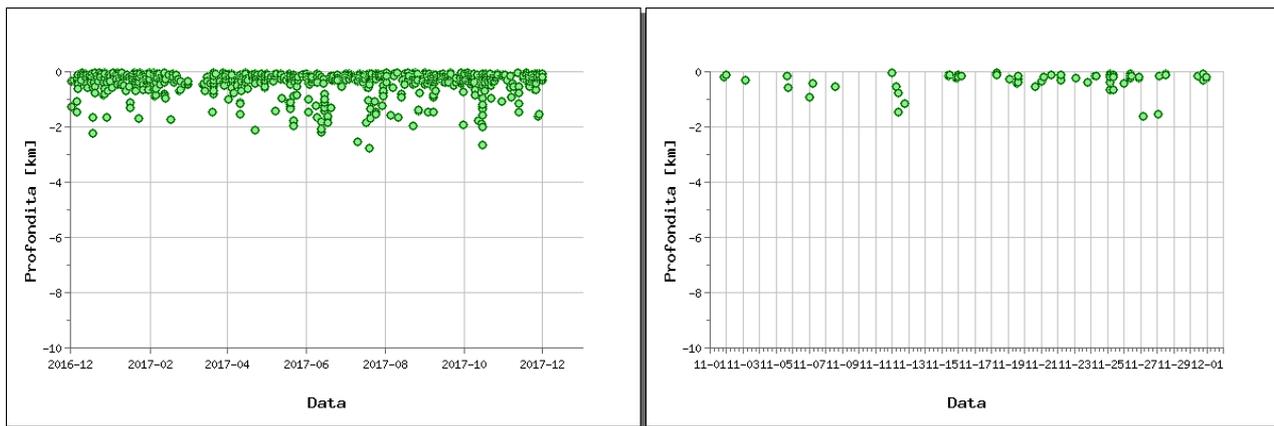


Figura 1.3 - Profondità ipocentrali degli eventi registrati al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

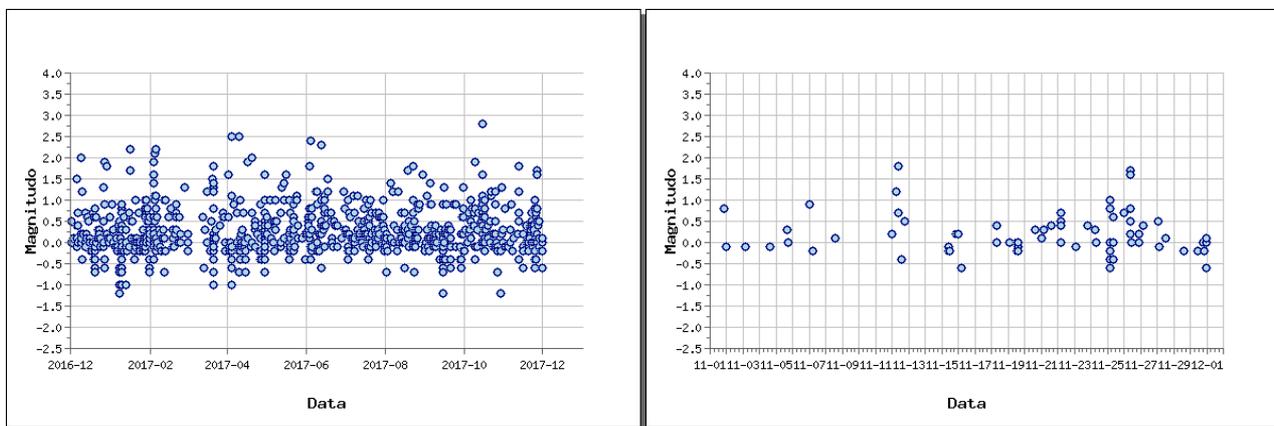


Figura 1.4 - Magnitudo degli eventi registrati al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

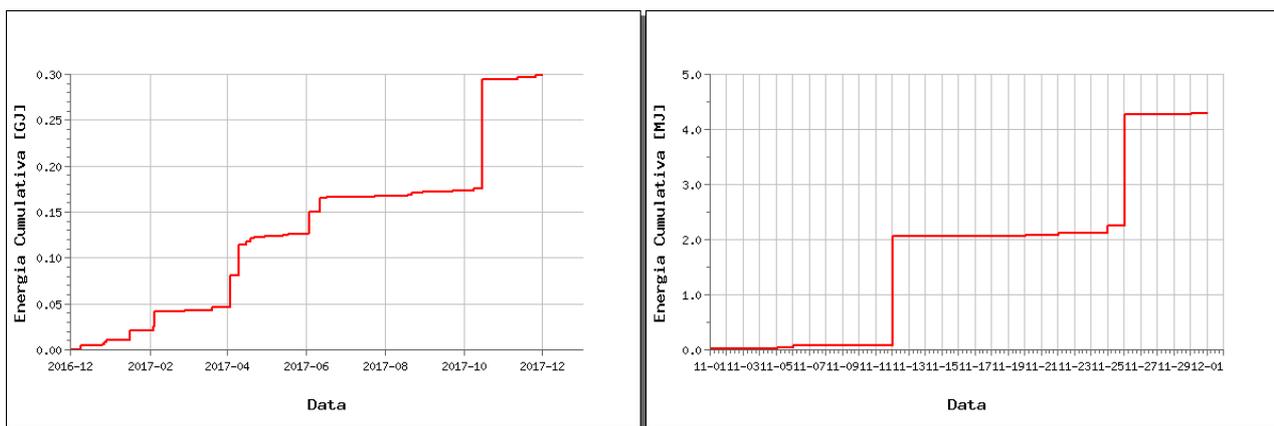


Figura 1.5 - Rilascio cumulativo di energia sismica al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

2 - Deformazioni del Suolo

GPS

In Figura 2.1 è mostrata la Rete GPS Permanente operativa al Vesuvio con 8 stazioni ubicate sulla struttura vulcanica.

Non si evidenziano deformazioni del suolo imputabili a fenomeni vulcanici. In Figura 2.2 viene riportata la serie temporale delle variazioni in quota della stazione GPS di BKNO (Bunker Nord).

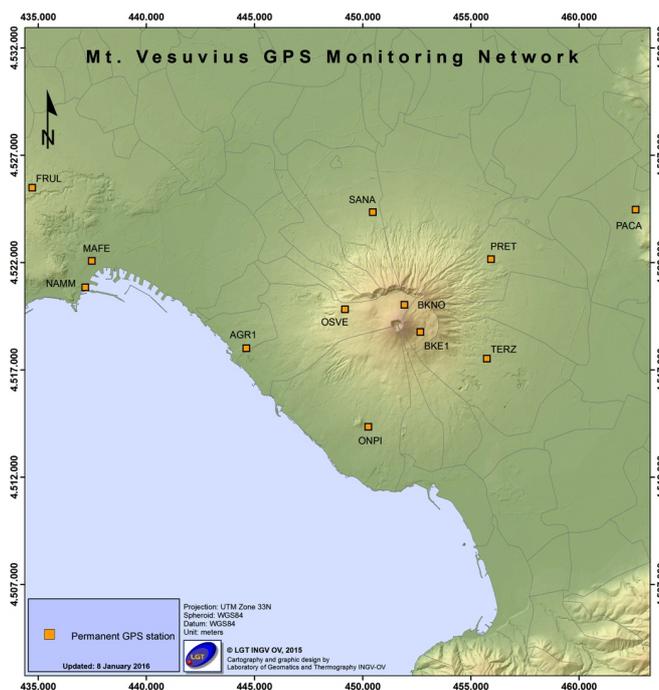


Figura 2.1 - Rete GPS Permanente del Vesuvio.

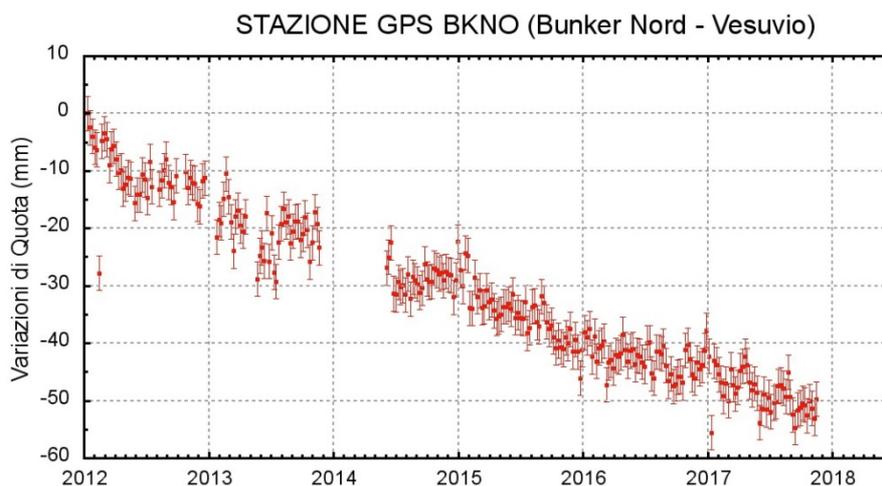


Figura 2.2 - Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione BKNO (Vesuvio) da gennaio 2012 a novembre 2017.

Mareometria

In Figura 2.3 è mostrata la Rete Mareografica operativa al Vesuvio.

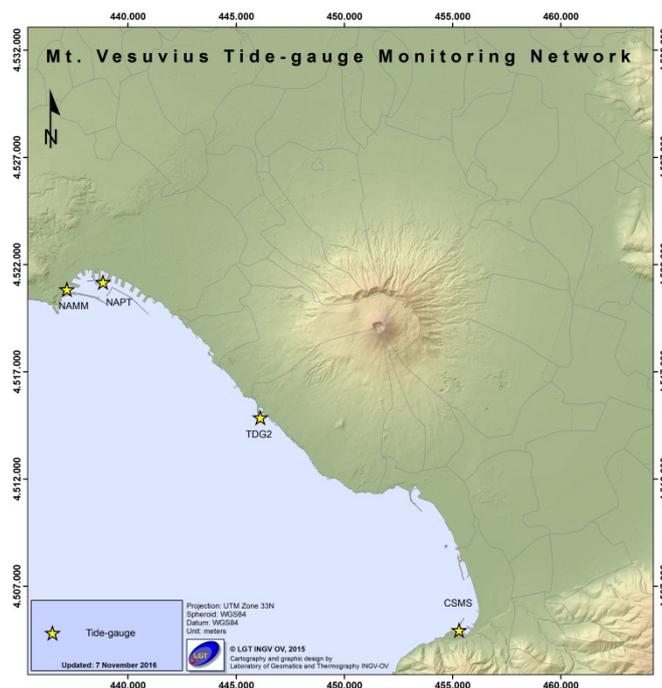


Figura 2.3 - Rete Mareografica del Vesuvio

Nell'area vesuviana non si osservano significativi movimenti verticali del suolo come rilevato dalle analisi dei dati alle stazione di Torre del Greco (TDG2) (Figura 2.4). Le analisi evidenziano delle lievi oscillazioni che rimangono confinate entro la soglia di significatività delle misure mareometriche.

Il picco visibile verso la fine del mese di luglio 2016 è stato determinato dal malfunzionamento temporaneo del sensore della stazione di riferimento NAMP.

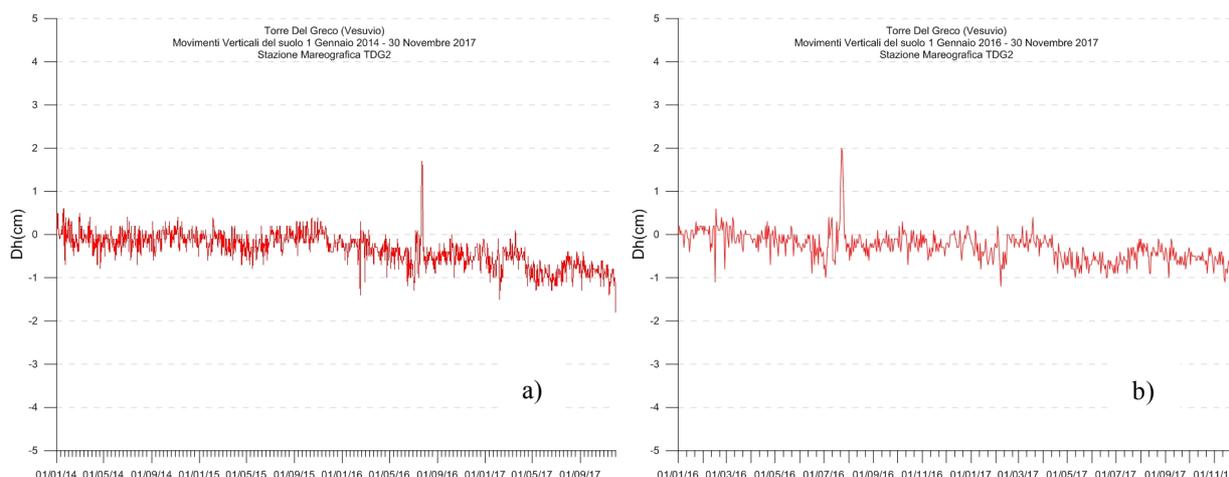


Figura 2.4 - Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2014 - novembre 2017 (a) e gennaio 2016 - novembre 2017 (b), ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore digitale alla stazione mareografica di Torre del Greco (TDG2). Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione di Napoli Molo S.Vincenzo (NAMP).

Tiltmetria

La Rete di Monitoraggio delle inclinazioni del suolo del Vesuvio consiste in 7 stazioni (Fig. 2.5) di cui 3 equipaggiate con sensori analogici di superficie (OVO, CMD, ROV) e 4 con sensori digitali da pozzo (IMB, TRC, CMT, CMG installati a 25 m di profondità).

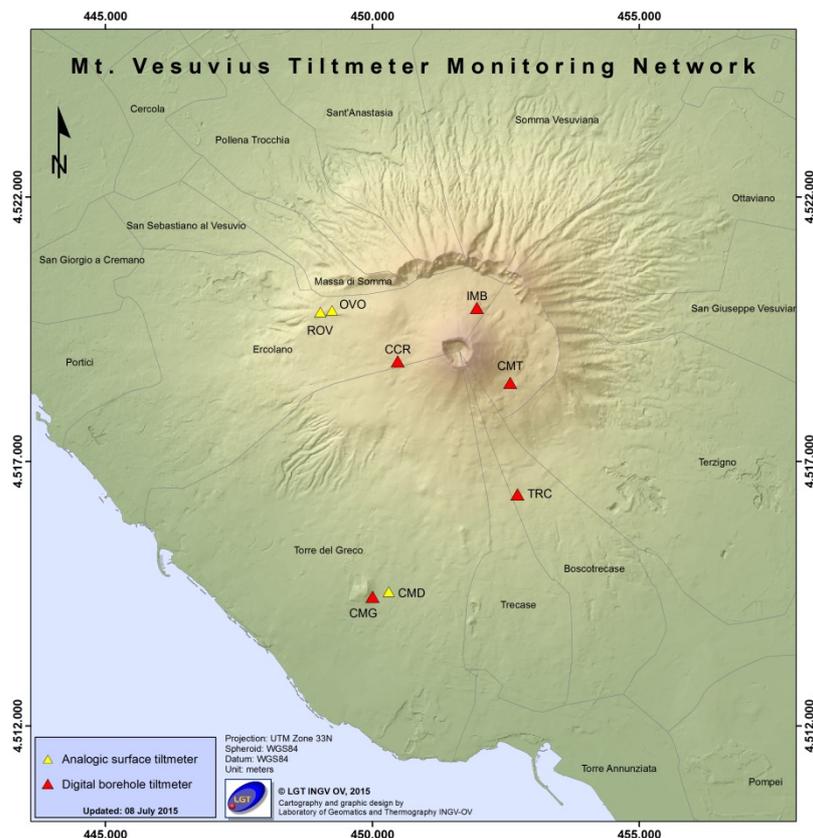


Figura 2.5 – Rete Tiltmetrica del Vesuvio. La stazione CCR è in corso di completamento.

Il pattern di inclinazione calcolato al Vesuvio nel periodo gennaio-novembre 2017 è riportato in Figura 2.6.

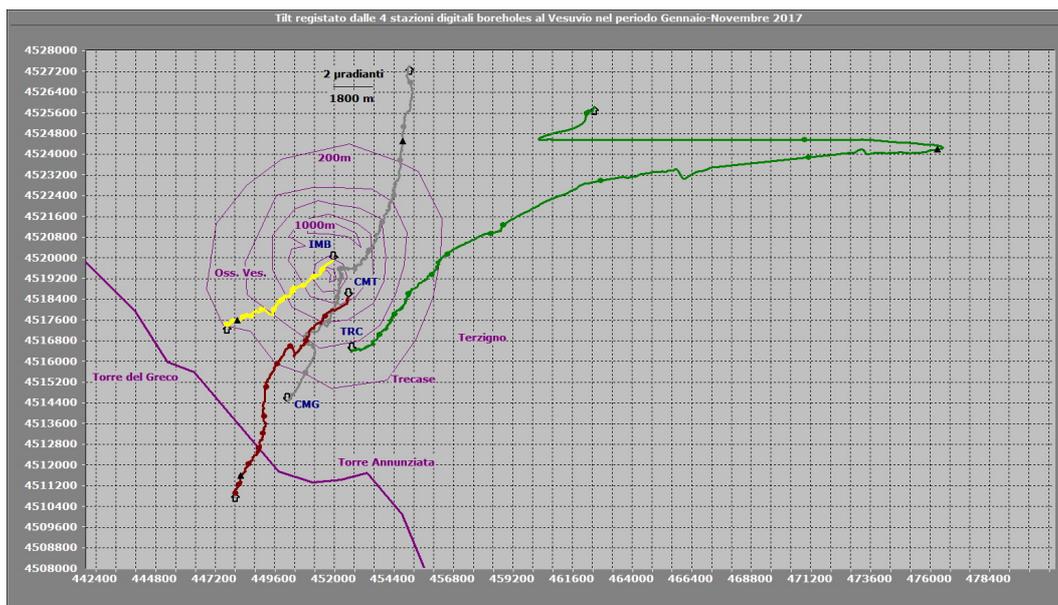


Figura 2.6 – Odografo del tilting registrato alle stazioni del Vesuvio nel periodo gennaio-novembre 2017. Per chiarezza di rappresentazione grafica sono state selezionate solo le stazioni borehole con sensori ubicati tra 20 e 25 m di profondità.

La deformazione relativa ad ogni sito-stazione è rappresentata con segmenti orientati di colore diverso; l'origine di ogni vettore tilt è siglata con il nome del sito stesso ed evidenziata con una freccia puntata verso il basso mentre l'estremo libero è indicato con una freccia puntata verso l'alto. Il verso di ogni vettore (che indica settori di crosta in abbassamento) è univocamente definito dal suo estremo libero.

Nella Tabella seguente sono riportati i valori di inclinazione del suolo, le rispettive direzioni del tilting e la variazione di temperatura registrata a fondo pozzo (≈ -25 m dal p.c.) acquisiti nei primi undici mesi del 2017. Si segnala che dal 7 novembre non è stato possibile acquisire dati alla stazione CMT per problemi di trasmissione. Il collegamento è stato ripristinato nei primi giorni del mese di dicembre.

Sito	Inclinazione e direzione	Temperatura
Stazione TRC (372 m s.l.m.)	17.0 μ radianti a NE	0.03 °C
Stazione IMB (974 m s.l.m.)	6.2 μ radianti a SW	- 0.05 °C
Stazione CMG (117 m s.l.m.)	17.3 μ radianti a NNE	0.01 °C
Stazione CMT (842 m s.l.m.)	11.1 μ radianti a SSW	0.07 °C

L'inclinazione dell'edificio vulcanico nel periodo gennaio-novembre 2017 è avvenuta in prevalenza in direzione NNE-NE nella parte meridionale del Vesuvio e quindi a quote più basse (CMG e TRC). Il tilting prevalente, riguardante la porzione settentrionale del vulcano ed a quote maggiori (IMB e CMT), si concentra invece in direzione SW.

Già da fine luglio, però, il sito di TRC ha mostrato un graduale cambiamento nella sua direzione di tilting preferenziale, inclinandosi sempre più verso E e tale variazione si è protratta fino a metà ottobre mostrando un pattern molto singolare che si è discostato notevolmente dalla "normalità".

Il 16 ottobre, però, la deriva verso E si è conclusa e la deformazione ha invertito la sua polarità; questo comportamento ha riguardato solo la stazione TRC e non sono state riscontrate anomalie nel funzionamento del sensore.

Durante un sopralluogo effettuato sul posto è stato individuato un corpo di frana con asse situato ad W del sito-stazione e distante non meno di 140 m da esso.

L'effetto di loading prodotto sul tiltmetro ha indotto quindi una deformazione tale da portare fuori scala la componente EW dello stesso ed è stato calcolato un abbassamento del suolo equivalente almeno a 4.5 cm in corrispondenza del corpo di frana.

Il tiltmetro è stato successivamente livellato elettronicamente e, come si può evincere dalla Fig. 2.6, il tilting è ripreso lungo la direzione che aveva alla fine di luglio.

Resta comunque l'anomalia in azimuth riscontrata da agosto fino al giorno successivo al 15 Ottobre, quando è stato registrato un evento sismico in area craterica di $M_d = 2.8$.

3 - Monitoraggio termico ad immagine

La stazione della Rete Permanente di Monitoraggio Termico acquisisce immagini all'infrarosso del versante interno sud occidentale del cratere del Vesuvio (Sansivero et al., 2013). La serie temporale in Fig. 3.1 non evidenzia la presenza di trend significativi del campo di temperatura superficiale nell'area d'analisi.

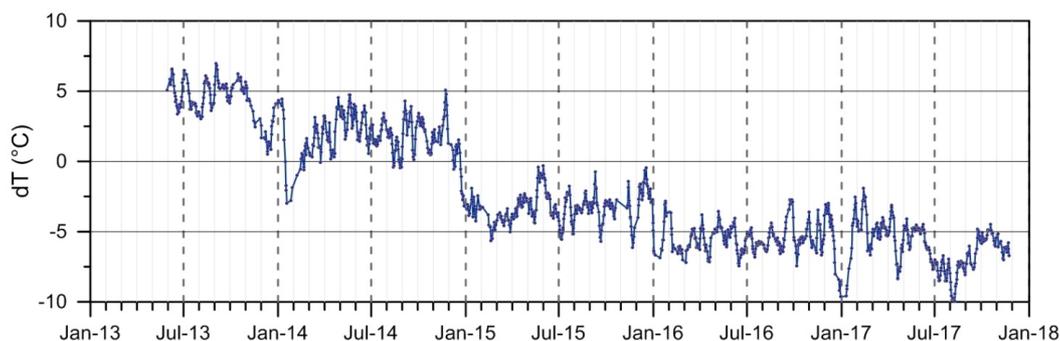


Figura 3.1 - Stazione Vesuvio. Medie settimanali dei residui (dT° ; Vilardo et al., 2015) della serie temporale dei valori di temperatura massima rilevati nell'immagine IR.

4 - Geochimica dei Fluidi

L'attività di monitoraggio svolta nel mese di novembre 2017 ha riguardato (Fig. 4.1):

- l'acquisizione in continuo di dati di flusso di CO_2 dal suolo, della temperatura della fumarola principale e del gradiente di temperatura del suolo tramite la stazione multiparametrica (FLXOV6) installata in area bordo cratere (settore SW) e la stazione installata in area di fondo cratere (FLXOV7);
- il campionamento della fumarola FC2 di fondo cratere (Fig. 4.1).

Le analisi di laboratorio dei campioni di gas prelevati della fumarola di fondo cratere (FC2), hanno mostrato una minore contaminazione atmosferica rispetto ai campioni relativi ai periodi precedenti.

Di seguito vengono riportate le osservazioni più rilevanti sui dati acquisiti.

Una dettagliata descrizione del modello geochimico interpretativo del sistema idrotermale del Vesuvio è riportata nel lavoro scientifico Chiodini et al., (2001) e nei precedenti rapporti di sorveglianza in cui sono state segnalate variazioni della composizione delle fumarole interne al cratere. In particolare a partire dal terremoto del 9 ottobre 1999 ($M_d=3.6$) sono stati misurati per 2 anni aumenti nel tempo sia del rapporto He/CO_2 che della $p\text{CO}_2$ stimata sulla base di geindicatori gassosi. Contemporaneamente si è verificata la diminuzione del rapporto H_2/CO_2 e l'incremento del rapporto CO_2/CH_4 (Fig. 4.2, vedi rapporto finale 2001 e 2002). Tali variazioni sono state interpretate come un incremento dell'input di fluidi magmatici più ossidanti, poveri in CH_4 e ricchi in He nel sistema idrotermale. A partire dall'autunno 2002, le composizioni chimiche delle fumarole hanno mostrato un graduale ritorno dei valori verso le condizioni pre-1999. Una dettagliata descrizione delle variazioni e delle possibili interpretazioni sono riportate nel lavoro scientifico Caliro et al. (2011).

Va comunque segnalato che nei campioni degli ultimi anni si registra un lieve aumento del rapporto CO_2/CH_4 ed He/CO_2 , rispetto ai valori più bassi raggiunti nel periodo 2009-2010, che potrebbe essere legato ad un aumento nella frazione di fluidi ossidanti (magmatici?). La stazione multiparametrica, installata in area bordo cratere (settore SW), misura: il flusso di CO_2 dal suolo (ogni due ore), gradiente di temperatura nel suolo, temperatura della maggiore emissione fumarolica dell'area, pressione atmosferica e temperatura dell'aria (ogni 10 minuti). I parametri misurati nel periodo di interesse, non hanno mostrato variazioni significative (Fig. 4.3). Le lievi variazioni osservate sono, comunque, da mettersi in relazione a particolari eventi meteorologici (pioggia, vento forte, bassa pressione, temperatura atmosferica etc.).

La stazione multiparametrica FLXOV7 installata nell'area fumarolizzata di fondo cratere (Fig. 4.1), ha acquisito e trasmesso i dati fino al 8 novembre. Un primo intervento di manutenzione effettuato ha evidenziato un malfunzionamento del sistema combinato di alimentazione eolico-solare. Successivi interventi di manutenzione saranno effettuati per ripristinare il funzionamento. I parametri misurati nel periodo di interesse sono riportati in figura 4.4.

In conclusione le indicazioni fornite dalla geochimica dei fluidi sono di una sostanziale stabilità dei trend precedentemente osservati.



Figura 4.1 - Ubicazione delle stazioni multiparametriche FLXOV6 e FLXOV7, e dei siti oggetto delle attività di sorveglianza geochimica in area craterica. In particolare, sono riportate le principali fumarole di bordo cratere (B1-B3) e di fondo cratere (FC2), sono inoltre riportati i punti fissi per la misura del flusso di CO₂ dal suolo e della temperatura del suolo, in area bordo cratere (simboli bianchi) e in area di fondo cratere (simboli gialli).

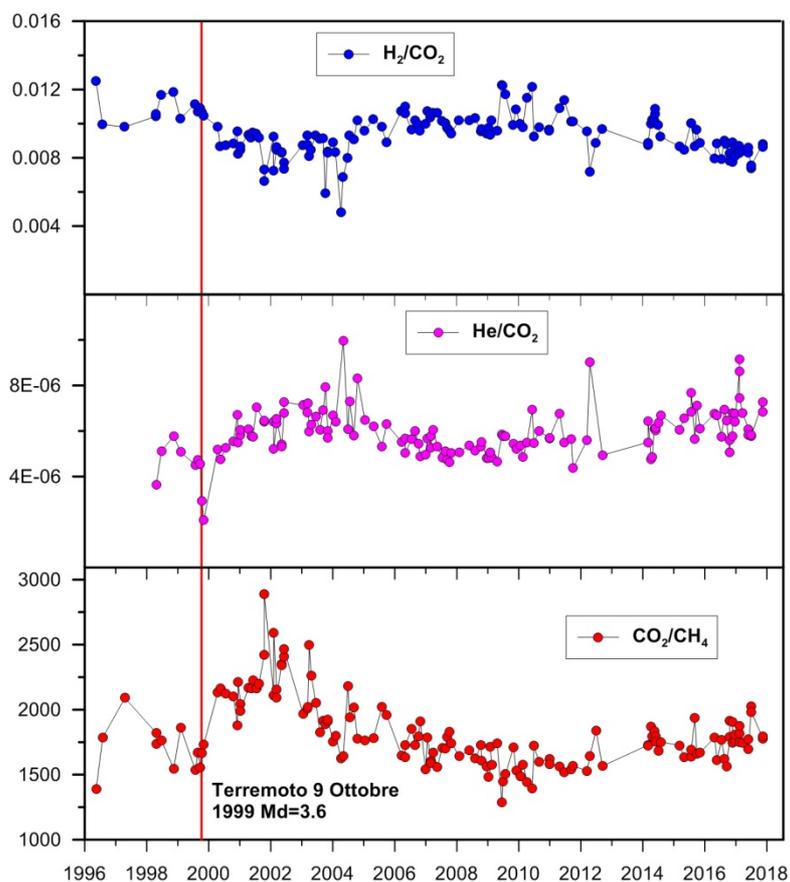


Figura 4.2 - Variazioni composizionali della fumarola FC2 nel periodo 1996-2017.

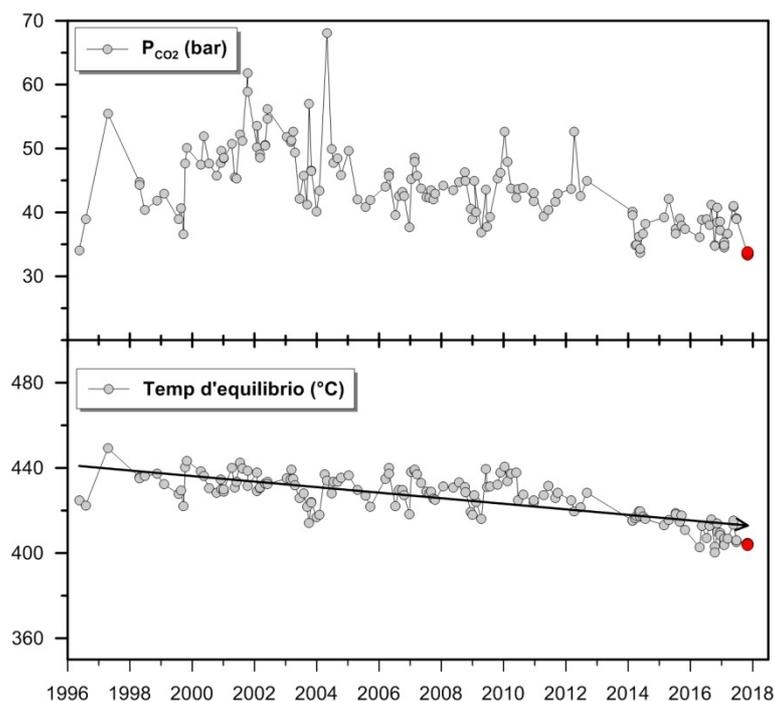


Figura 4.3 - Cronogramma dei valori d'equilibrio della temperatura e pressione parziale di CO₂ stimati per il sistema idrotermale del Vesuvio. I campioni di novembre 2017 sono riportati con il simbolo rosso.

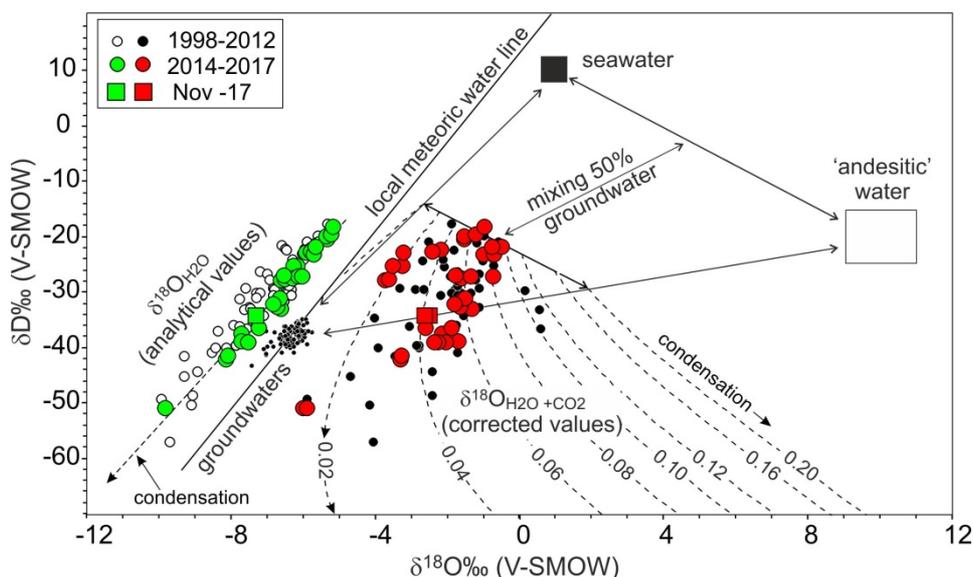


Figura 4.4 - Diagramma della composizione isotopica dell'ossigeno e dell'idrogeno dei vapori emessi dalle fumarole di fondo cratere del Vesuvio. I dati analitici (simboli verdi e bianchi) possono essere interpretati considerando l'equilibrio isotopico dell'ossigeno tra il CO₂ e il vapore e gli effetti di condensazione in accordo con il modello proposto in Caliro et al. (2011), al quale si rimanda per maggiori dettagli e approfondimenti. Tale modello prevede un'origine del vapore fumarolico dovuta al mixing di tre componenti: acqua magmatica di tipo andesitico, acqua di mare e acque meteoriche locali. Le linee tratteggiate indicano le variazioni composizionali del sistema H₂O+CO₂ legate a processi di condensazione del vapore per un fluido originato da differenti miscele delle tre componenti, la cui frazione molare di CO₂ è indicata su ogni linea. La composizione dei campioni calcolata per il sistema H₂O+CO₂ (simboli rossi e neri) individua, nel diagramma, la possibile frazione di CO₂ del fluido originale. Alti valori di questa frazione indicherebbero, quindi, un maggiore contributo di fluidi magmatici nei gas fumarolici.

5 - QUADRO DI SINTESI DELLO STATO DEL VULCANO NEL MESE DI NOVEMBRE 2017 E VALUTAZIONI

Al Vesuvio permane una lieve sismicità di fondo con 85 terremoti registrati nel mese di novembre 2017 ($M_{Dmax}=1.8$).

Non si osservano deformazioni riconducibili a sorgenti vulcaniche.

I dati delle telecamere termiche e le analisi geochimiche non evidenziano variazioni significative alle fumarole presenti sul versante del cratere e sul fondo.

Sulla base dell'attuale quadro dell'attività vulcanica sopra delineato, non si evidenziano elementi tali da suggerire significative evoluzioni a breve termine.

Bibliografia

- Caliro S., Chiodini G., Avino R., Minopoli C., and Bocchino B. (2011) Long time-series of chemical and isotopic compositions of Vesuvius fumaroles: evidence for deep and shallow processes. *Annals Geophysics* **54**, 137-149. doi: 10.4401/ag-5034.
- Chiodini G., Marini L., and Russo M. (2001) Geochemical evidence for the existence of high-temperature hydrothermal brines at Vesuvio volcano, Italy. *Geochim. Cosmochim. Acta* **65**, 2129-2147.
- Sansivero F., Scarpato G. and G. Vilardo (2013). The automated infrared thermal imaging system for the continuous long-term monitoring of the surface temperature of the Vesuvius crater. *Annals of Geophysics*, 56, 4, S0454; doi:10.4401/ag-6460.
- Vilardo G., Sansivero F. and G. Chiodini (2015). Long-term TIR imagery processing for spatiotemporal monitoring of surface thermal features in volcanic environment: a case study in the Campi Flegrei (Southern Italy). *J. Geophys. Res. - Solid Earth*, 120 (2), 812-826, doi:10.1002/2014JB011497.

Responsabilità e proprietà dei dati

L'INGV, in ottemperanza a quanto disposto dall'Art.2 del D.L. 381/1999, svolge funzioni di sorveglianza sismica e vulcanica del territorio nazionale, provvedendo alla organizzazione della rete sismica nazionale integrata e al coordinamento delle reti sismiche regionali e locali in regime di convenzione con il Dipartimento della Protezione Civile.

L'INGV concorre, nei limiti delle proprie competenze inerenti la valutazione della Pericolosità sismica e vulcanica nel territorio nazionale e secondo le modalità concordate dall'Accordo di programma decennale stipulato tra lo stesso INGV e il DPC in data 2 febbraio 2012 (Prot. INGV 2052 del 27/2/2012), alle attività previste nell'ambito del Sistema Nazionale di Protezione Civile. In particolare, questo documento, redatto in conformità all'Allegato A del suddetto Accordo Quadro, ha la finalità di informare il Dipartimento della Protezione Civile circa le osservazioni e i dati acquisiti dalle reti di monitoraggio gestite dall'INGV su fenomeni naturali di interesse per lo stesso Dipartimento.

L'INGV fornisce informazioni scientifiche utilizzando le migliori conoscenze scientifiche disponibili; tuttavia, in conseguenza della complessità dei fenomeni naturali in oggetto, nulla può essere imputato all'INGV circa l'eventuale incompletezza ed incertezza dei dati riportati e circa accadimenti futuri che differiscano da eventuali affermazioni a carattere previsionale presenti in questo documento. Tali affermazioni, infatti, sono per loro natura affette da intrinseca incertezza.

L'INGV non è responsabile dell'utilizzo, anche parziale, dei contenuti di questo documento da parte di terzi, e/o delle decisioni assunte dal Dipartimento della Protezione Civile, dagli organi di consulenza dello stesso Dipartimento, da altri Centri di Competenza, dai membri del Sistema Nazionale di Protezione Civile o da altre autorità preposte alla tutela del territorio e della popolazione, sulla base delle informazioni contenute in questo documento. L'INGV non è altresì responsabile di eventuali danni recati a terzi derivanti dalle stesse decisioni.

La proprietà dei dati contenuti in questo documento è dell'INGV. La diffusione anche parziale dei contenuti è consentita solo per fini di protezione civile ed in conformità a quanto specificatamente previsto dall'Accordo Quadro sopra citato tra INGV e Dipartimento della Protezione Civile.