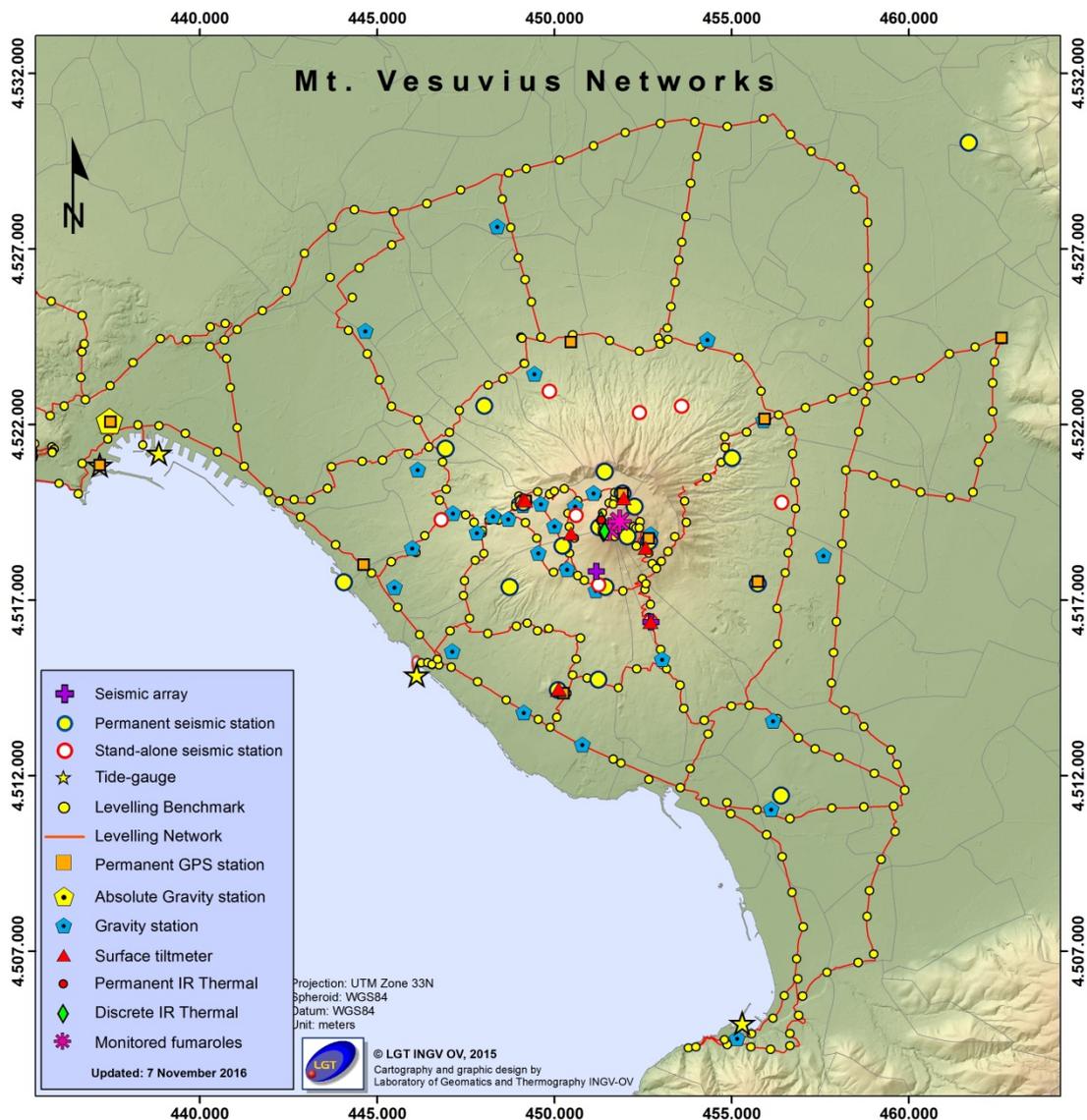




# Bollettino di Sorveglianza

# VESUVIO

## FEBBRAIO 2018



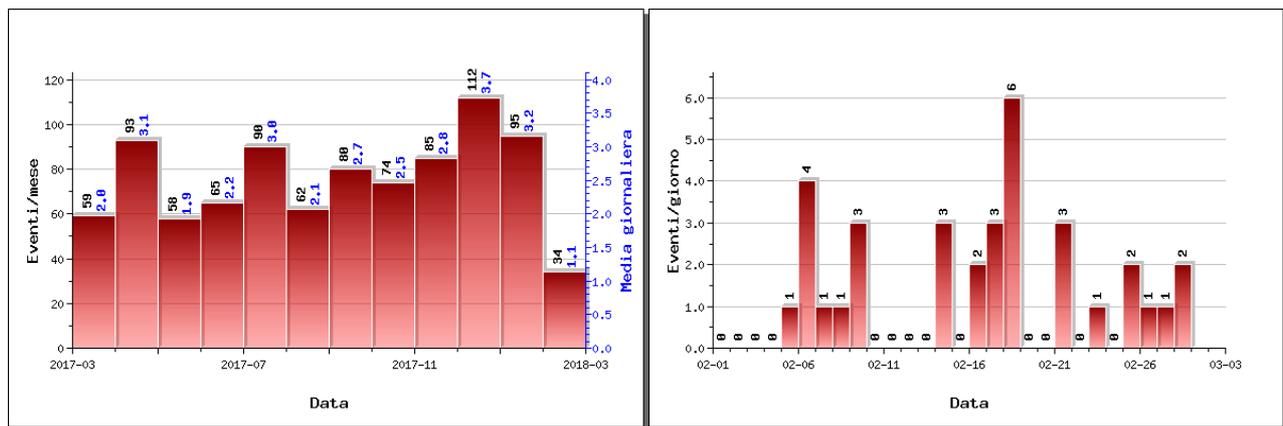
# VESUVIO

## 1 - Sismicità

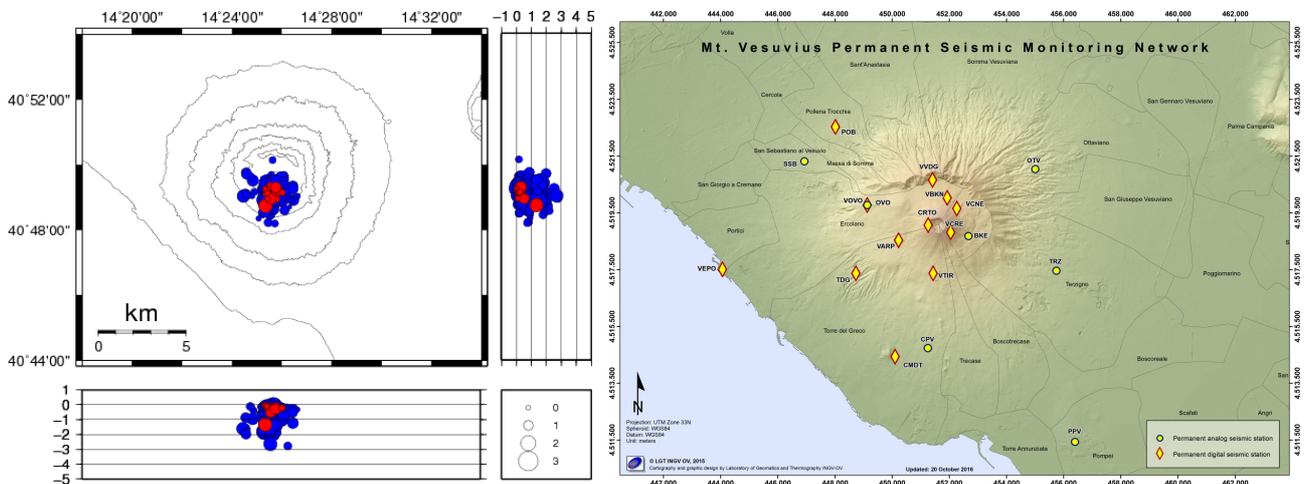
Nel corso del mese di febbraio 2018 al Vesuvio sono stati registrati 34 terremoti (Fig. 1.1). La magnitudo massima è stata pari a  $M_d=1.7$  (evento del 18/02 alle ore 01:35 UTC).

E' stato possibile determinare l'ipocentro di 25 degli eventi registrati. Le localizzazioni sono mostrate in Fig. 1.2.

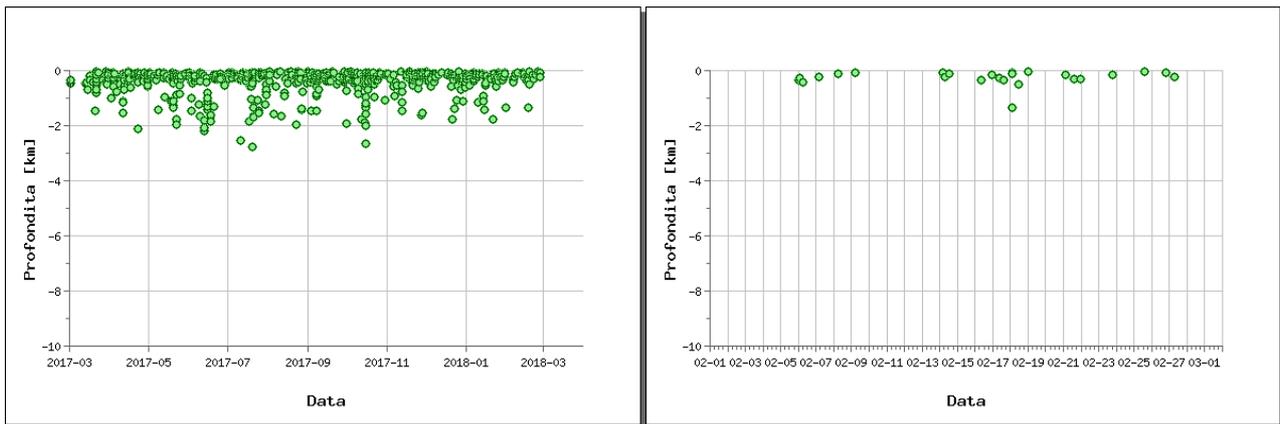
Non si evidenziano trend significativi nei parametri sismologici (Fig. 1.2, 1.3, 1.4, 1.5).



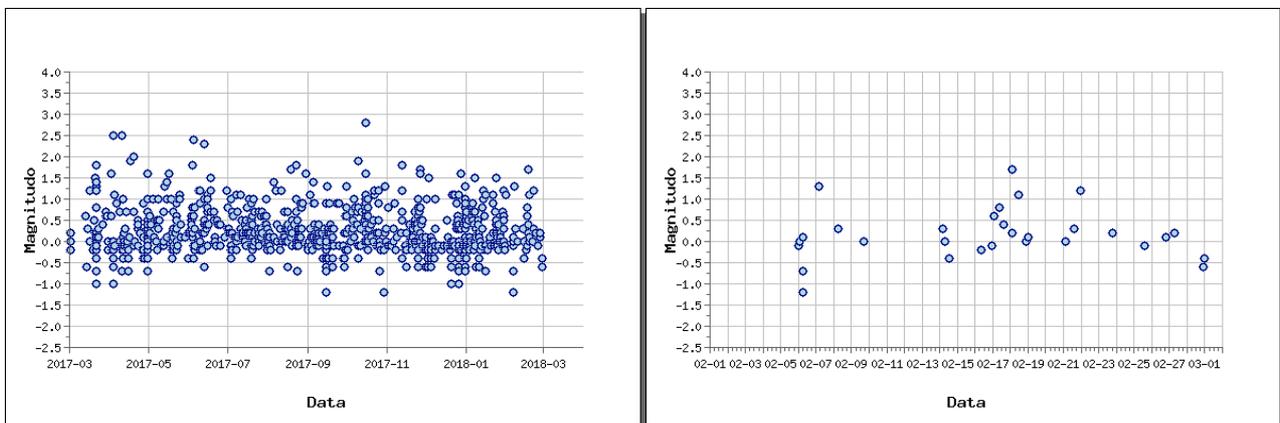
**Figura 1.1** - A sinistra il numero di eventi registrati al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (in totale 907), mentre a destra quelli avvenuti nell'ultimo mese (in totale 34).



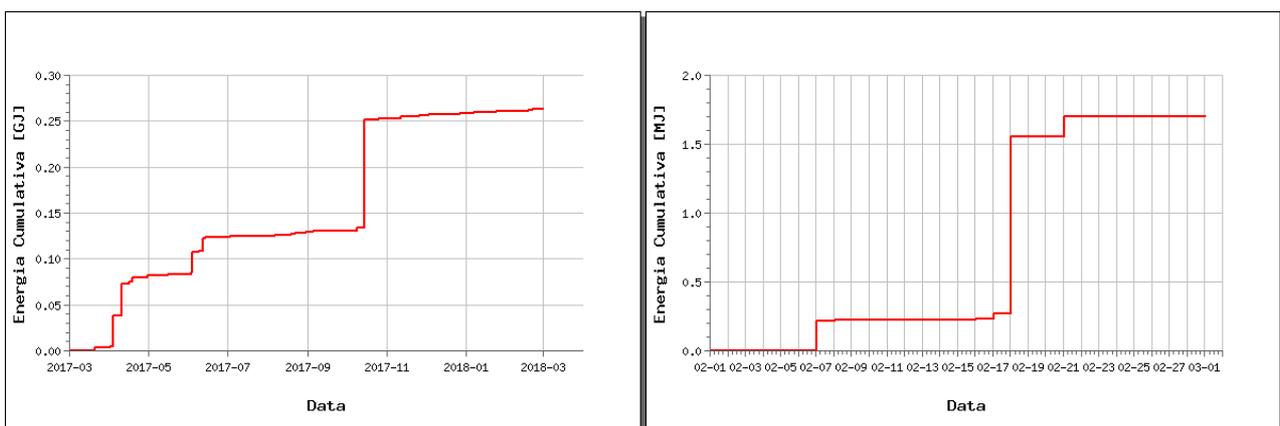
**Figura 1.2** - Localizzazioni ipocentrali al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (in blu) e dell'ultimo mese (in rosso). La dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo, come indicato nel riquadro in basso. A destra è mostrata la mappa della Rete Sismica Permanente del Vesuvio.



**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).



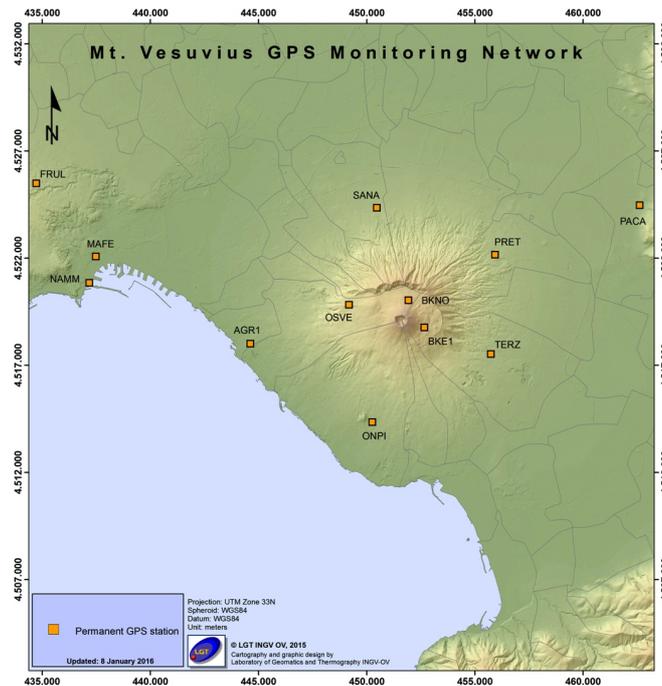
**Figura 1.5** - Rilascio cumulativo di energia sismica al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

## 2 - Deformazioni del Suolo

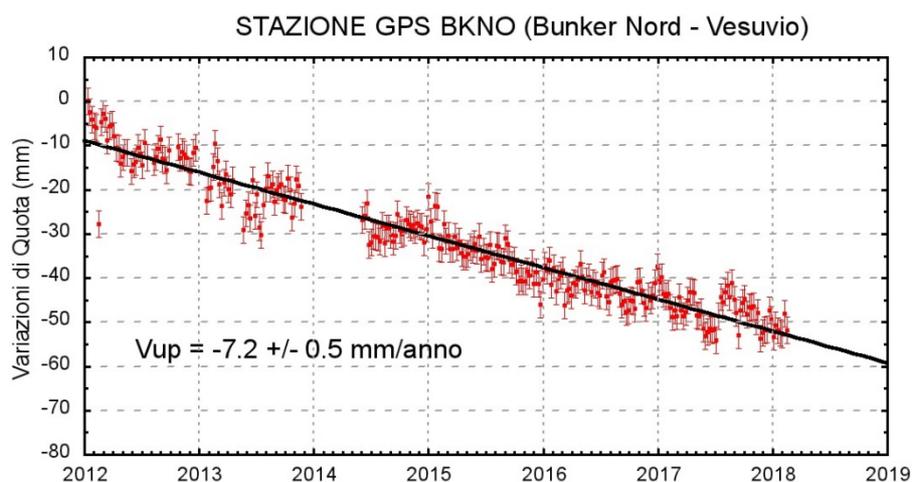
### GPS

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) da cui si evidenzia la lieve subsidenza verosimilmente dovuta a processi di compattazione e/o scivolamento di terreni poco coerenti.



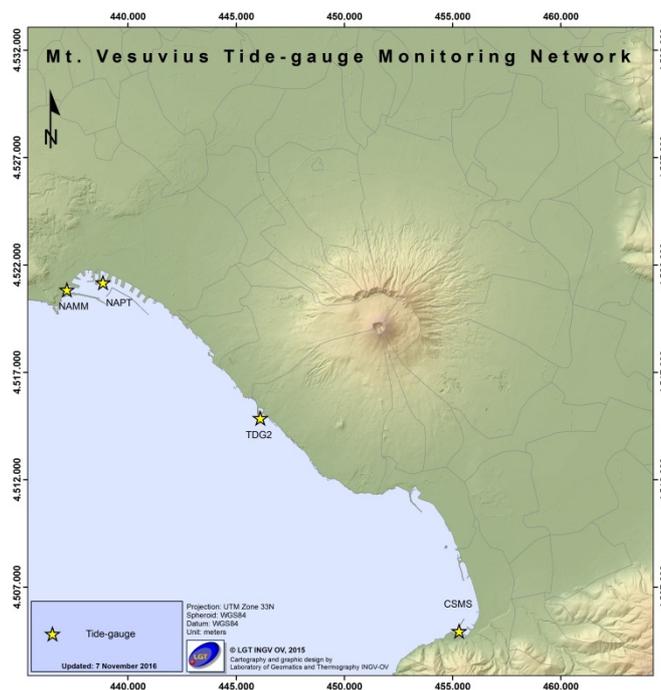
**Figura 2.1** - Rete GPS Permanente del Vesuvio.



**Figura 2.2** - Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione BKNO (Vesuvio) da gennaio 2012 a febbraio 2018.

## Mareometria

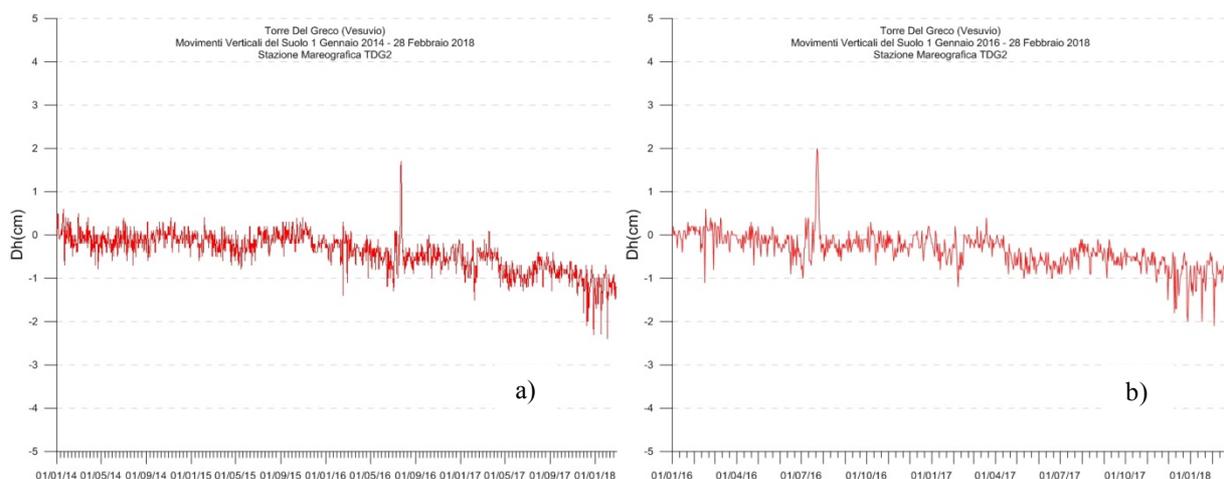
In Figura 2.3 è mostrata la Rete Mareografica operativa al Vesuvio.



**Figura 2.3** - Rete Mareografica del Vesuvio

Nell'area vesuviana non si osservano significativi movimenti verticali del suolo imputabili a fenomeni vulcanici 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.

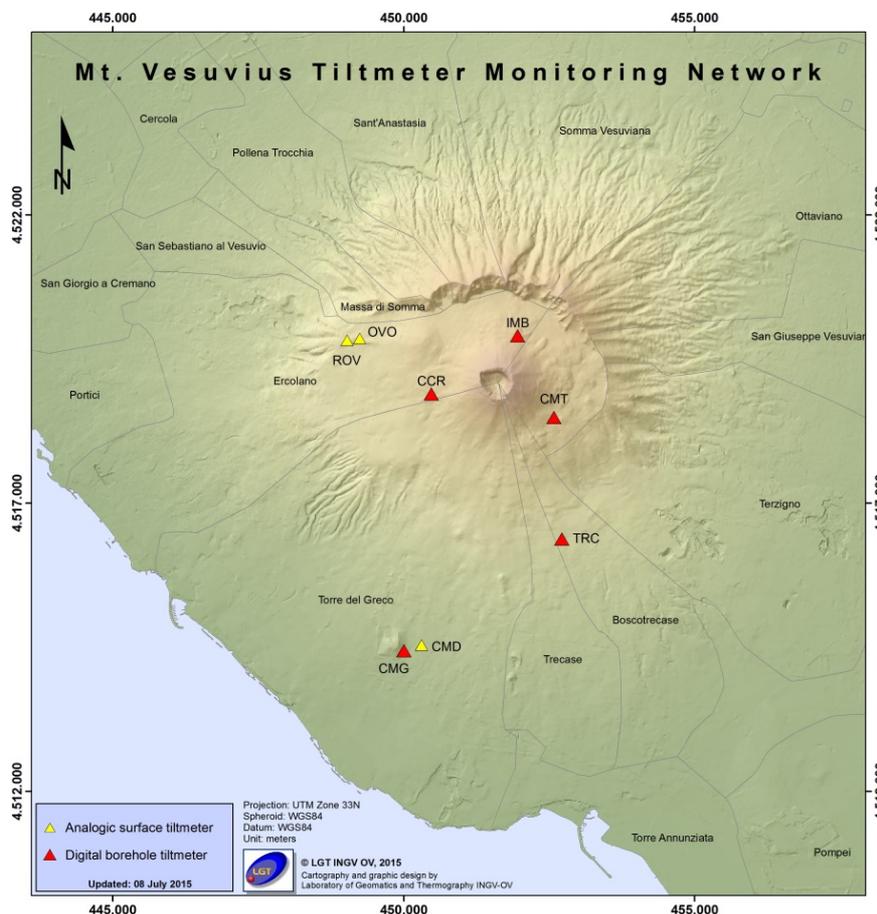
Il picco visibile verso la fine del mese di luglio 2016 è stato determinato dal malfunzionamento temporaneo del sensore della stazione di riferimento NAMP.



**Figura 2.4** - Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2014 - febbraio 2018 (a) e gennaio 2016 - febbraio 2018 (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).

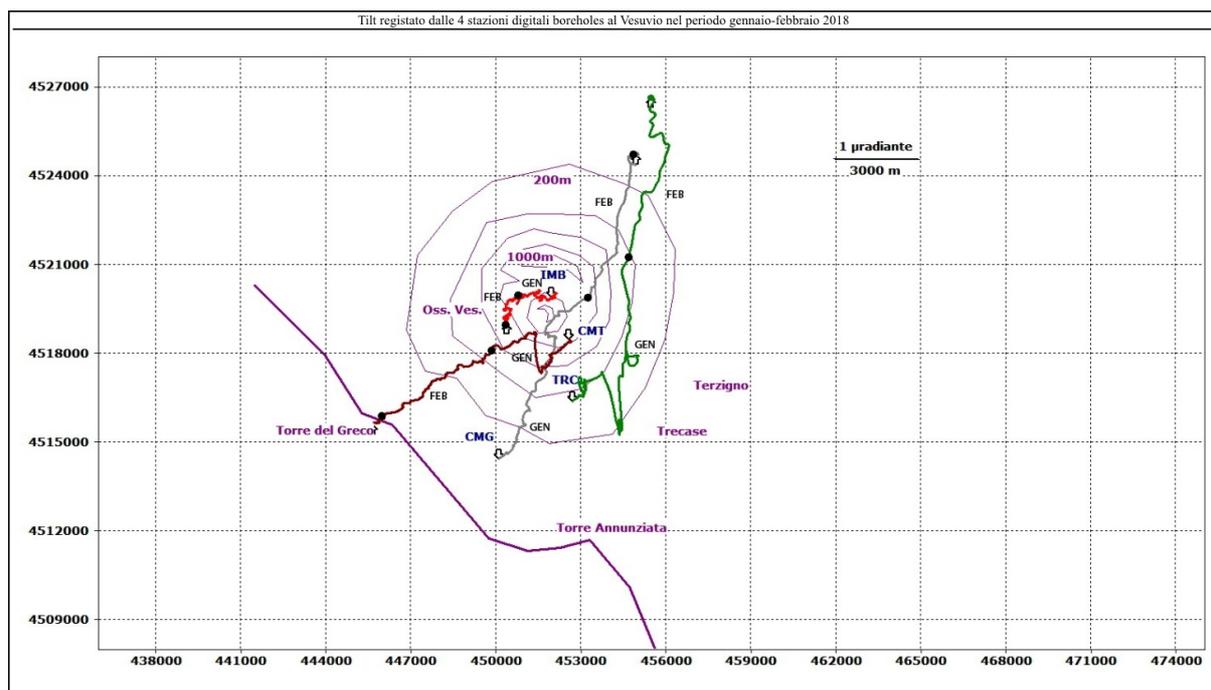
## Tiltmetria

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.

La variazione tiltmetrica osservata al Vesuvio nel periodo gennaio-febbraio 2018 avviene con modalità diverse in relazione alla posizione delle stazioni ed è riportata in Figura 2.6.



**Figura 2.6** – Odografo del tilting registrato alle stazioni del Vesuvio nel periodo gennaio-febbraio 2018. Per chiarezza di rappresentazione grafica sono state selezionate solo le stazioni borehole con sensori ubicati tra 20 e 25 m di profondità. Il lato di ogni maglia del reticolo equivale ad 1  $\mu$ radiante o 3 km. I pallini neri sovrapposti sui vettori tilt indicano l'inizio di ogni mese.

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 indica settori di crosta in abbassamento ed è univocamente definito dal suo estremo libero.

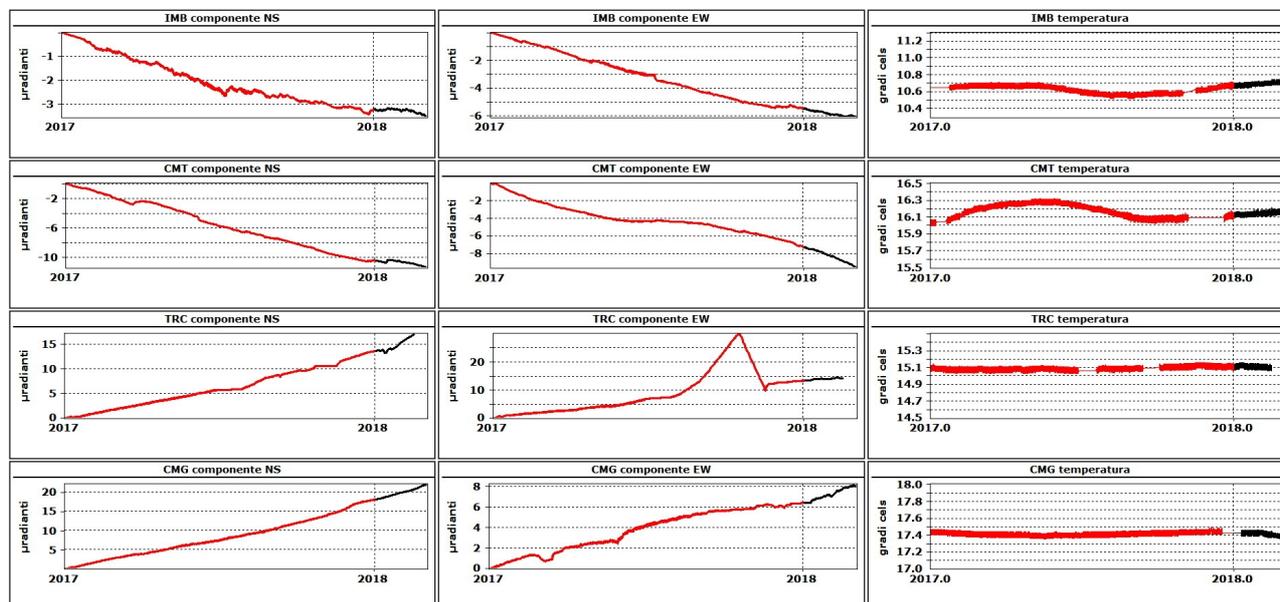
Nella Tabella seguente sono riportati i valori di inclinazione del suolo, le rispettive direzioni del tilting e la variazione di temperatura registrata a fondo pozzo ( $\approx -25$  m dal p.c.) acquisiti nel periodo gennaio-febbraio 2018.

I segnali del tiltmetro di Trecase (TRC) sono aggiornati al 16 febbraio in quanto lo scaricodati avviene manualmente e non è stato possibile accedere al sito per problemi meteo.

Sito	Inclinazione e direzione	Temperatura
Stazione TRC (372 m s.l.m.)	3.5 $\mu$ radianti a NNE	-0.01 °C
Stazione IMB (974 m s.l.m.)	0.6 $\mu$ radianti a W	0.05 °C
Stazione CMG (117 m s.l.m.)	3.8 $\mu$ radianti a NNE	-0.05 °C
Stazione CMT (842 m s.l.m.)	2.5 $\mu$ radianti a WSW	0.06 °C

In Figura 2.7 sono riassunti gli andamenti temporali delle componenti tiltmetriche (filtrate dalle periodicità giornaliere) e termica registrate da ognuna delle 4 stazioni borehole. Per evidenziare la continuità dei segnali, il periodo di tempo ivi rappresentato parte dal 1 gennaio 2017; poiché, inoltre, i segnali acquisiti rappresentano la variazione di tilt, sono stati tutti azzerati a partire da quell'epoca.

Le componenti NS delle stazioni più in quota (IMB e CMT) mostrano un trend di inclinazione verso S, mentre il trend di quelle EW è in direzione W; una situazione opposta si ha invece alle stazioni situate a quote più basse.



**Figura 2.7** – Serie temporali dei segnali registrati a partire da gennaio 2017 dalle 4 stazioni “borehole” della rete vesuviana, con sensori ubicati a 25 m di profondità, ordinate dal basso verso l’alto secondo la latitudine. Le prime 2 colonne riportano le componenti NS ed EW in  $\mu$ radianti i cui valori di tilt crescenti nel tempo indicano rispettivamente la variazione di inclinazione del suolo a N e ad E, mentre la terza colonna riporta la temperatura in  $^{\circ}$ C registrata da ogni sensore.

In rosso sono riportati i segnali relativi al 2017 mentre in nero sono rappresentati quelli registrati nel 2018.

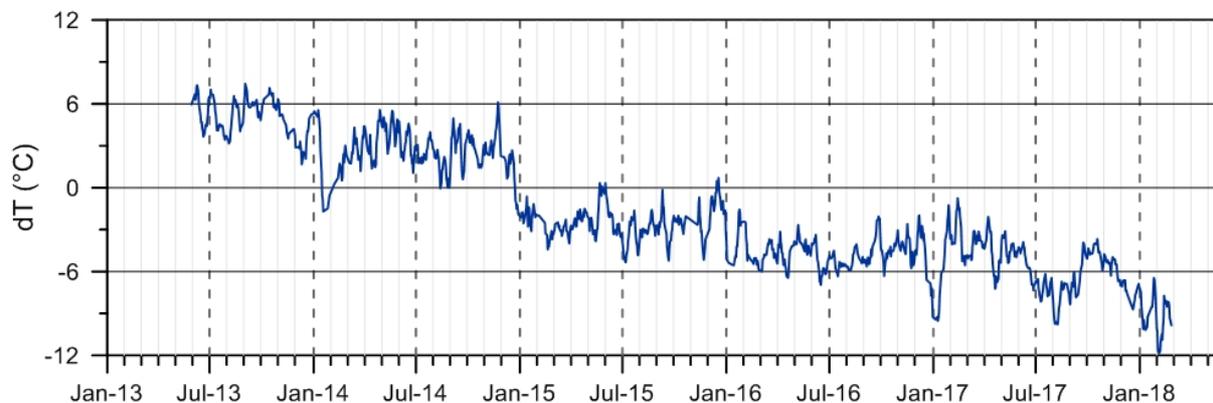
Nel periodo gennaio-febbraio 2018, le componenti NS delle stazioni più in quota si riducono notevolmente a vantaggio di quelle EW.

In generale però, come già affermato in precedenza, l’inclinazione dell’edificio vulcanico avviene con modalità diverse in relazione alla posizione delle stazioni e più precisamente in direzione NE nella parte meridionale del Vesuvio e quindi a quote più basse (CMG e TRC), mentre il tilting prevalente, riguardante la porzione settentrionale del vulcano ed a quote maggiori (IMB e CMT), si concentra invece in direzione WSW÷SW.

Si nota inoltre come le temperature a fondo pozzo tendano, anche se in modo estremamente lieve, ad aumentare alle quote più alte (IMB e CMT) rispetto alle altre 2 stazioni (CMG e TRC) dove, al contrario, le temperature sono in diminuzione.

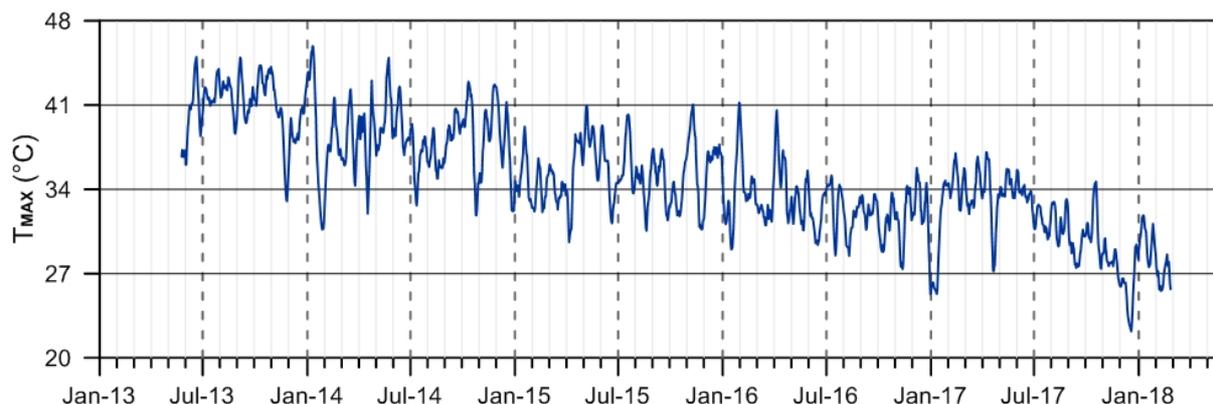
### 3 - Monitoraggio termico ad immagine

La stazione della Rete Permanente di Monitoraggio Termico acquisisce immagini all'infrarosso del versante interno sud occidentale del cratere del Vesuvio (Fig. 3.1; Sansivero et al., 2013).



**Figura 3.1** - Stazione Vesuvio. Medie settimanali dei residui ( $dT^{\circ}$ ; Vilardo et al., 2015) della serie temporale dei valori di temperatura massima rilevati nell'immagine IR.

La figura 3.2 mostra l'elaborazione della serie temporale dei valori di temperatura massima delle immagini IR processati in tempo reale con il nuovo algoritmo di destagionalizzazione analitica STL (Seasonal-Trend Decomposition) implementato nel software A.S.I.R.A. (Automated System for IR Analysis). Tale procedura, largamente utilizzata nell'elaborazione statistica di serie temporali, ha una elevata affidabilità ed il vantaggio di restituire il trend in termini di valori di temperatura osservati anziché di valori residui.



**Figura 3.2** - Stazione Vesuvio. Serie temporale delle medie settimanali dei valori di temperatura massima rilevati nell'immagine IR destagionalizzata mediante applicazione dell'algoritmo di filtraggio analitico STL (Seasonal-Trend Decomposition).

L'analisi delle serie temporali nelle Figure 3.1 e 3.2 evidenzia la presenza, nel lungo termine, di un trend in decremento del campo di temperatura superficiale nell'area d'analisi.

#### 4 - Geochimica dei Fluidi

L'attività di monitoraggio svolta nel mese di febbraio 2018 ha riguardato:

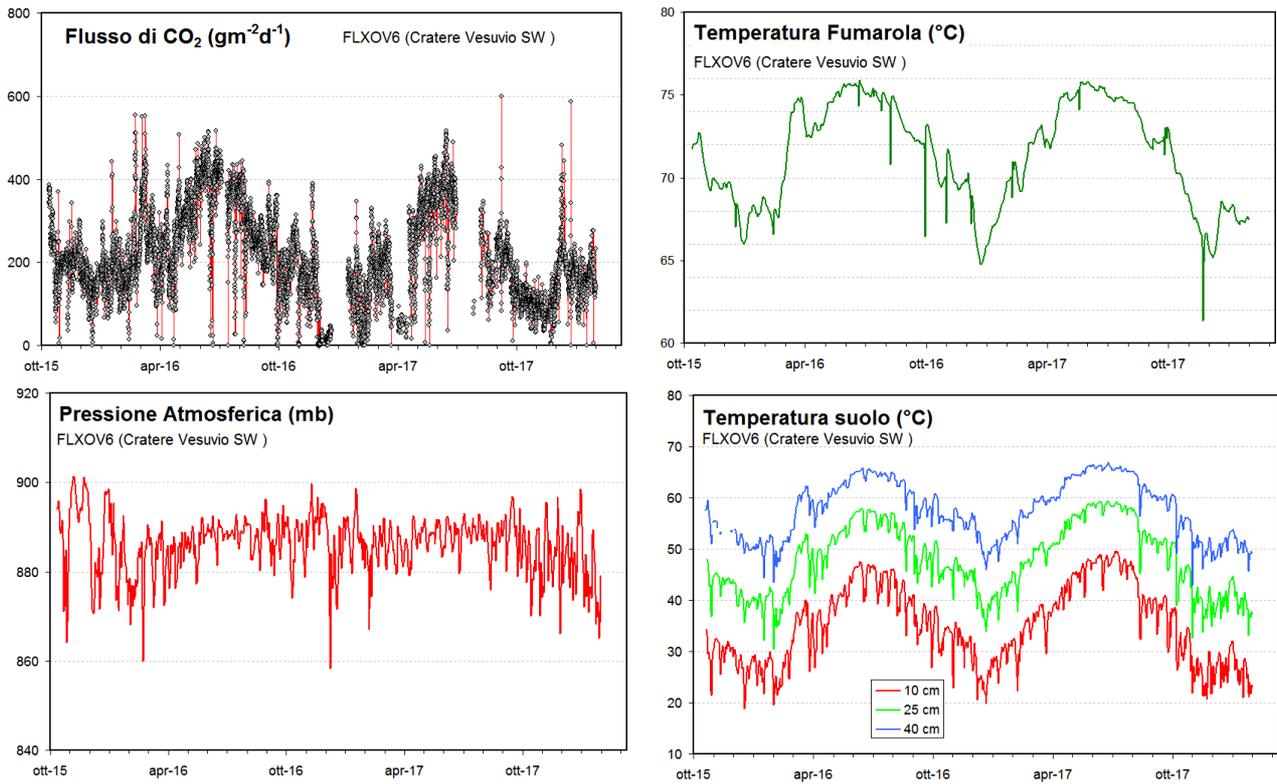
- l'acquisizione in continuo di dati di flusso di CO<sub>2</sub> dal suolo, della temperatura della fumarola principale e del gradiente di temperatura del suolo tramite la stazione multiparametrica (FLXOV6) installata in area bordo cratere (settore SW);

La stazione multiparametrica, installata in area bordo cratere (Figura 4.1; settore SW), misura: il flusso di CO<sub>2</sub> 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. 4.2). Le lievi variazioni osservate sono, comunque, da mettersi in relazione a variazioni stagionali ed a particolari eventi meteorologici (pioggia, vento forte, bassa pressione, temperatura atmosferica etc.).

La stazione di fondo cratere (FLXOV7, Fig. 4.1) è stata interessata da una frana che ha seriamente danneggiato il sistema di alimentazione combinato eolico-solare (Fig. 4.3), che dovrà essere sostituito.



**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 CO<sub>2</sub> dal suolo e della temperatura del suolo, in area bordo cratere (simboli bianchi) e in area di fondo cratere (simboli gialli).



**Figura 4.2** - Parametri misurati dalla stazione geochimica (FLXOV6) installata in area bordo cratere del Vesuvio (settore SW). I valori, eccetto il flusso di CO<sub>2</sub> dal suolo, sono riportati come medie giornaliere.



**Figura 4.7** - Eventi franosi hanno danneggiato il sistema di alimentazione combinato eolico-solare della stazione di fondo cratere FLXOV7.

## 5 - QUADRO DI SINTESI DELLO STATO DEL VULCANO NEL MESE DI FEBBRAIO 2018 E VALUTAZIONI

1) SISMOLOGIA: Al Vesuvio permane una lieve sismicità di fondo con 34 terremoti registrati nel mese di febbraio 2018 ( $M_{dmax}=1.7$ ).

2) DEFORMAZIONI: Non si osservano deformazioni riconducibili a sorgenti vulcaniche.

3) TERMOGRAFIA: I dati delle telecamere termiche non evidenziano la presenza, nel lungo termine, di un trend in decremento del campo di temperatura superficiale nell'area d'analisi.

4) GEOCHIMICA: Le analisi geochemiche 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.*