



# Bollettino di Sorveglianza Vulcani Campani

## Gennaio 2015

### 1 – VESUVIO

Al Vesuvio permane una lieve sismicità di fondo ed un'assenza di deformazioni significative. I dati delle telecamere termiche non evidenziano variazioni significative alle fumarole presenti sul versante del cratere.

#### 1.1 - Sismicità

Nel corso del mese di gennaio al Vesuvio sono stati registrati 75 terremoti (Fig. 1.1.1). E' stato possibile determinare l'ipocentro di 12 eventi. La magnitudo massima registrata è stata pari a 1.2 (evento del 20/01 alle 08:27). Non si evidenziano trend significativi nei parametri sismologici (Fig. 1.1.2, 1.1.3, 1.1.4, 1.1.5).

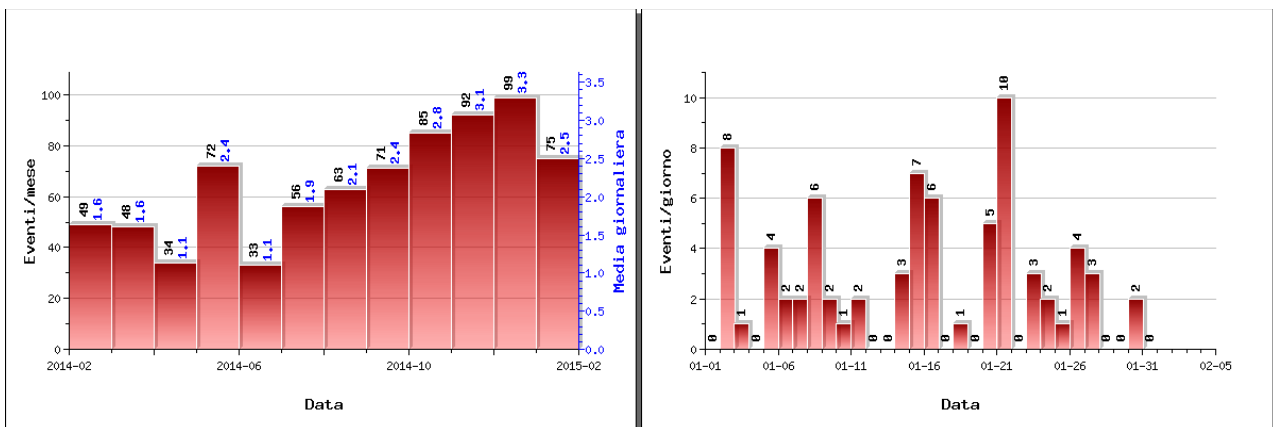


Figura 1.1.1 – A sinistra il numero di eventi registrati al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (in totale 777), mentre a destra quelli avvenuti nell'ultimo mese (in totale 75).

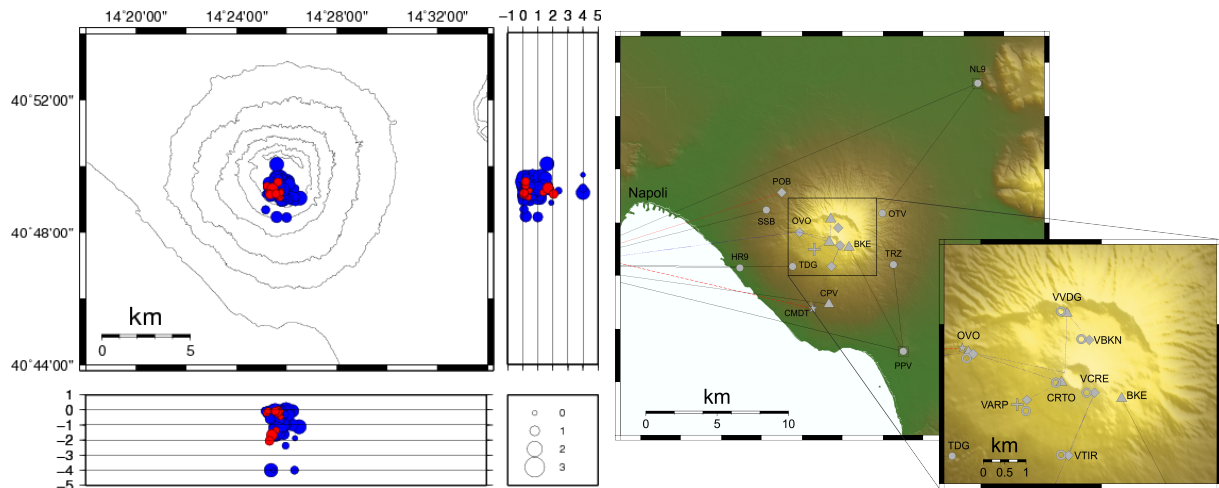


Figura 1.1.2 – Localizzazioni ipocentrali al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (in blu) e dell'ultimo mese (in rosso). La dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo, come indicato nel riquadro in basso. A destra è mostrata la mappa con la rete sismica del Vesuvio.

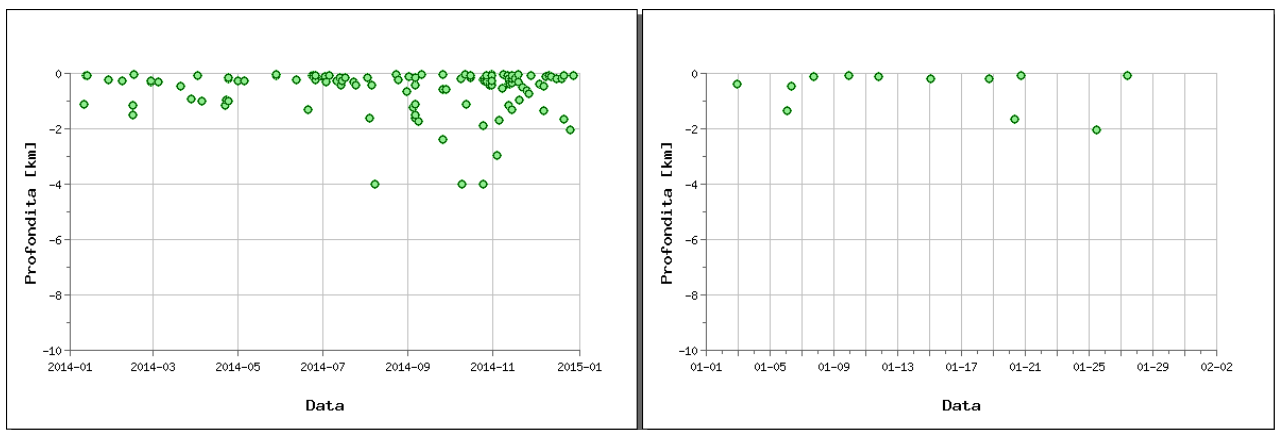


Figura 1.1.3 – Profondità ipocentrali degli eventi registrati al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

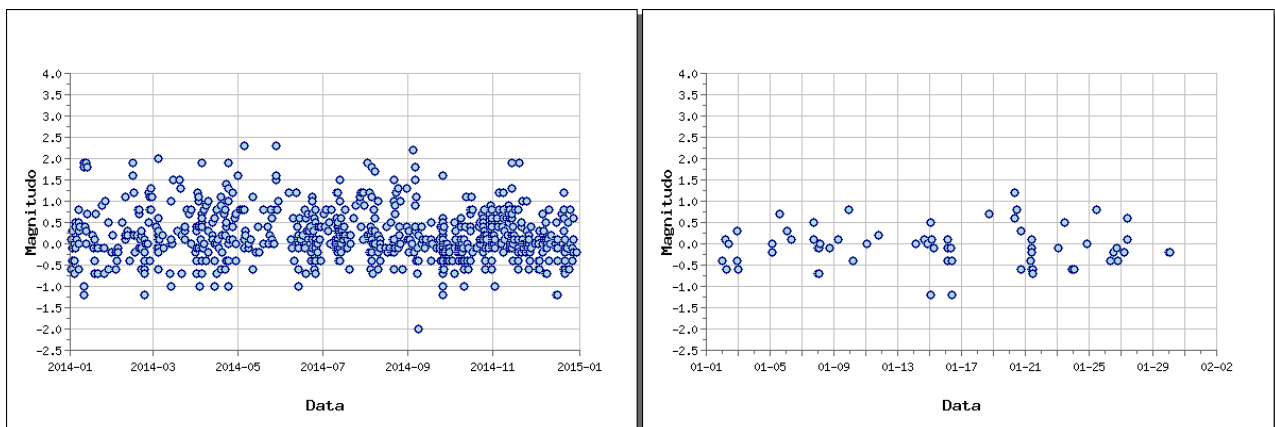


Figura 1.1.4 – Magnitudo degli eventi registrati al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

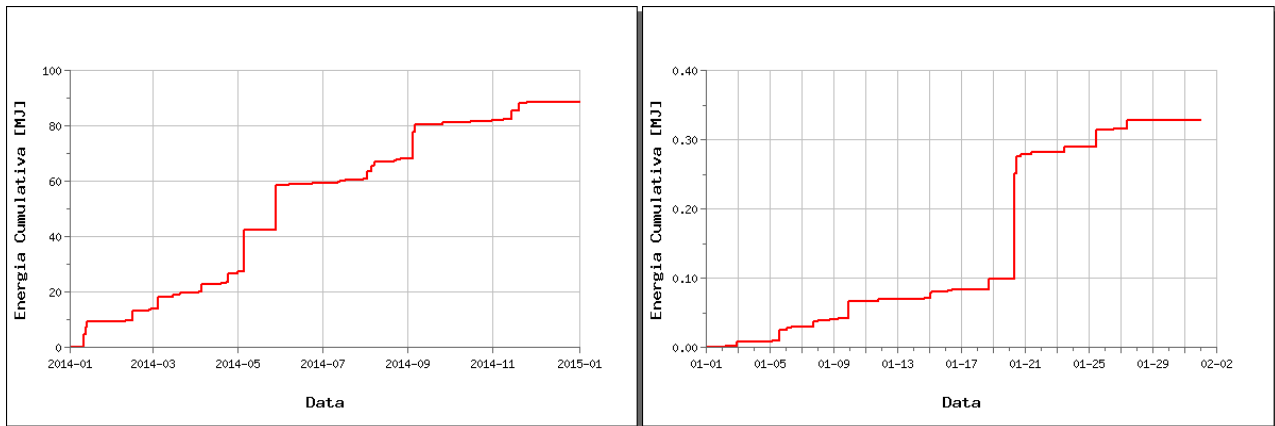


Figura 1.1.5 – Rilascio cumulativo di energia sismica al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

## 1.2 - Deformazioni del Suolo

Non si evidenziano deformazioni del suolo imputabili a fenomeni vulcanici.

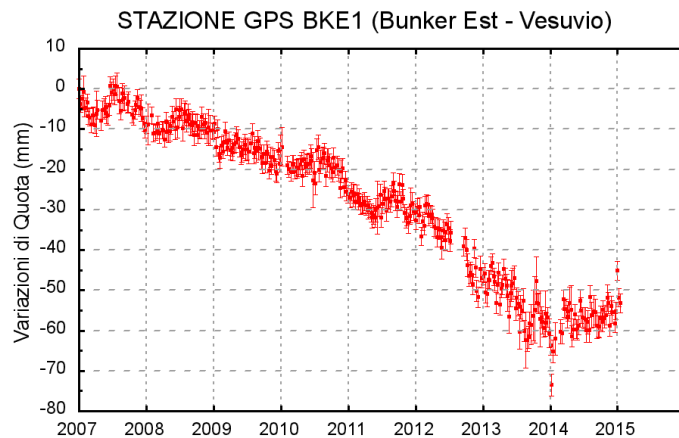


Figura 1.2.1 - Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di BKE1 (Vesuvio) dal 2007 a gennaio 2015

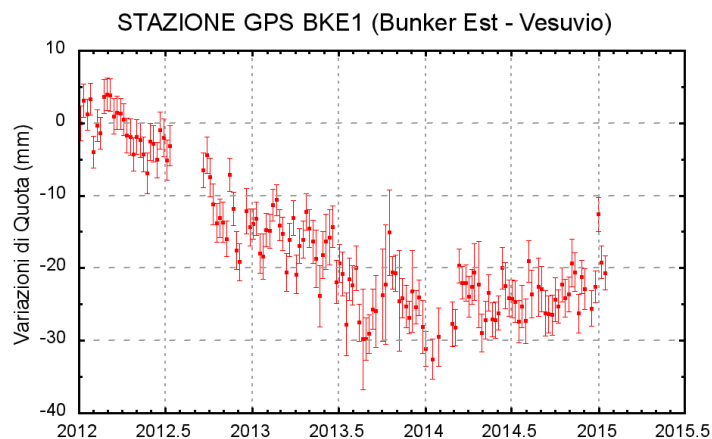


Figura 1.2.2 - Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di BKE1 (Vesuvio) da gennaio 2012 a gennaio 2015

### 1.3 – Monitoraggio termico e geochimico

La stazione della rete permanente di monitoraggio termico acquisisce immagini all'infrarosso del versante interno nord orientale del cratere del Vesuvio (Sansivero et al., 2013).

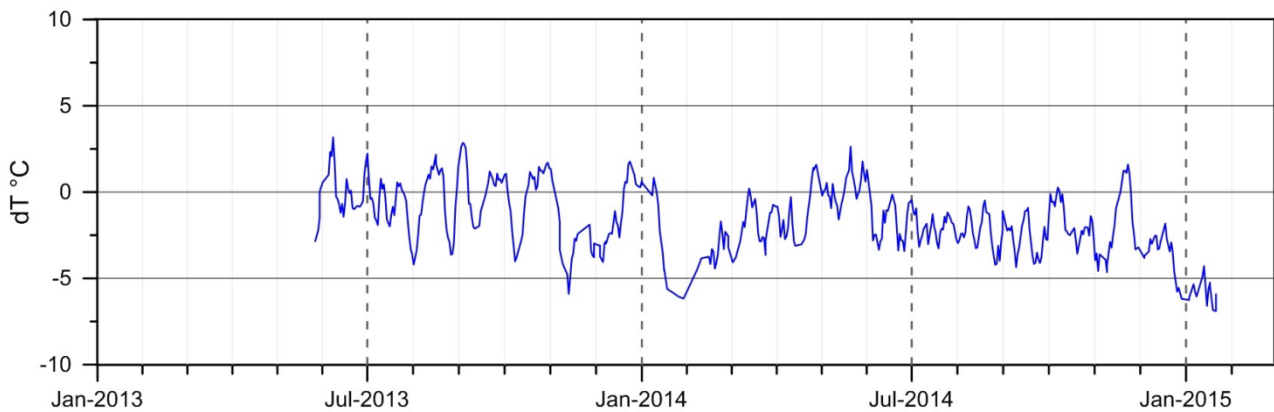


Figura 1.3.1 - Stazione Vesuvio. Medie settimanali dei residui ( $dT^\circ$ ) della serie temporale dei valori di temperatura massima rilevati nell'immagine IR.

L'elaborazione della serie temporale in Figura 1.3.1 evidenzia l'assenza di trend significativi ed una sostanziale stabilità nei valori del campo di temperatura superficiale nell'area d'analisi, con andamento caratterizzato da minimi stagionali nei mesi invernali e da variazioni cicliche solitamente ristrette nell'intervallo di  $\pm 3^\circ\text{C}$ .

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.*

## 2 - CAMPI FLEGREI

Nel corso del mese di gennaio, ai Campi Flegrei non sono stati registrati terremoti. Da dicembre 2014 sembra evidenziarsi un lieve trend di sollevamento con un valore medio di circa 0.5 cm/mese. Il sollevamento massimo registrato alla stazione GPS di Rione Terra è di circa 60 mm a partire da gennaio 2014, di cui circa 50 mm da luglio 2014. I parametri geochimici rientrano nei trend già identificati in precedenza.

### 2.1 - Sismicità

Ai Campi Flegrei, nel corso dell'ultimo mese, non sono stati registrati terremoti. L'ultimo evento registrato risale al 22/11/2014 ( $M_d -0.5$ ).

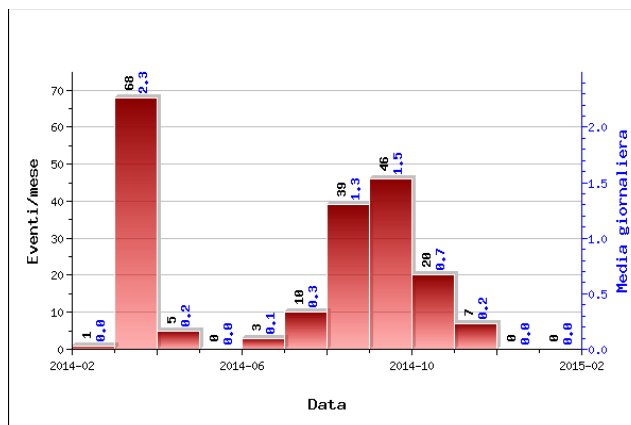


Figura 2.1.1 – Numero di eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (in totale 199).

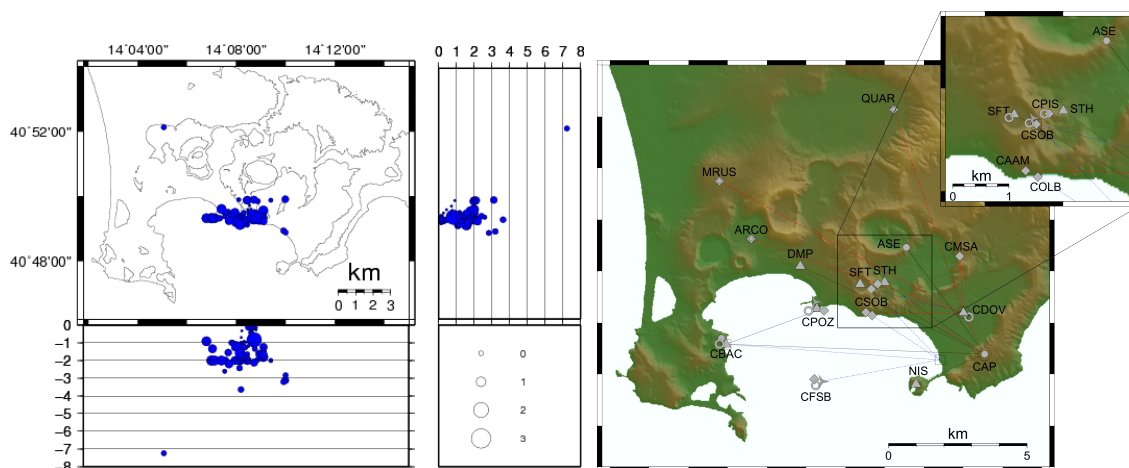


Figura 2.1.2 – Localizzazioni ipocentrali ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi. La dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo, come indicato nel riquadro in basso. A destra è mostrata la mappa con la rete sismica dei Campi Flegrei.

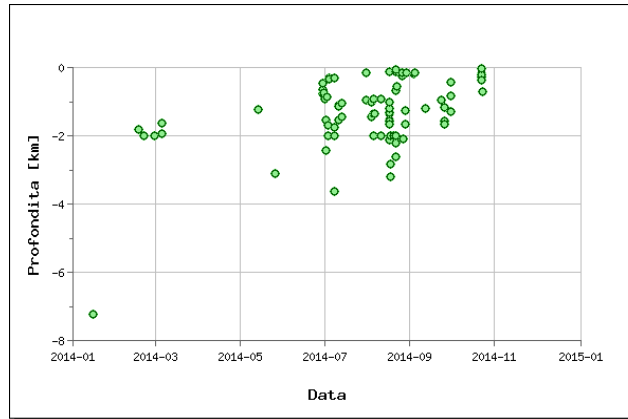


Figura 2.1.3 – Profondità ipocentrali degli eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi.

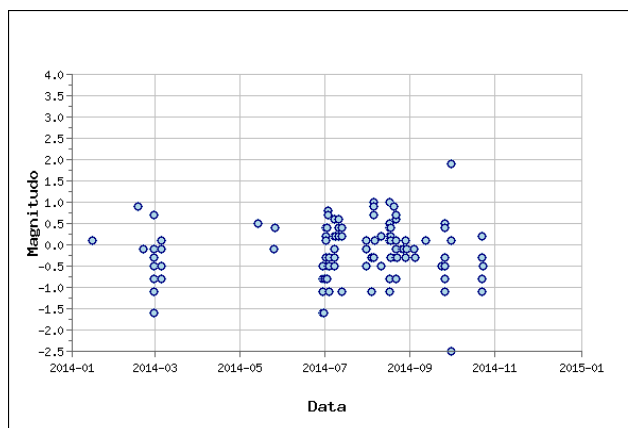


Figura 2.1.4 – Magnitudo degli eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi.

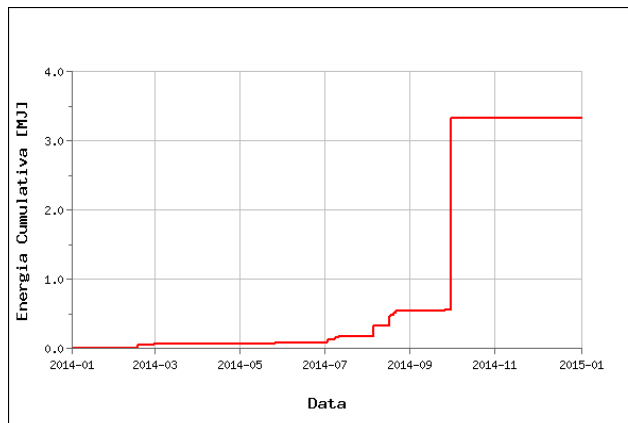


Figura 2.1.5 – Rilascio cumulativo di energia sismica ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi.

## 2.2 - Deformazioni del Suolo

Da dicembre 2014 sembra evidenziarsi un lieve trend di sollevamento con un valore medio di circa 0.5 cm/mese. Il sollevamento massimo registrato alla stazione GPS di Rione Terra è di circa 60 mm a partire da gennaio 2014, di cui circa 50 mm da luglio 2014 (Fig. 2.2.1 e Fig. 2.2.2).



Figura 2.2.1 - Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di RITE (Pozzuoli) dal 2000 a gennaio 2015

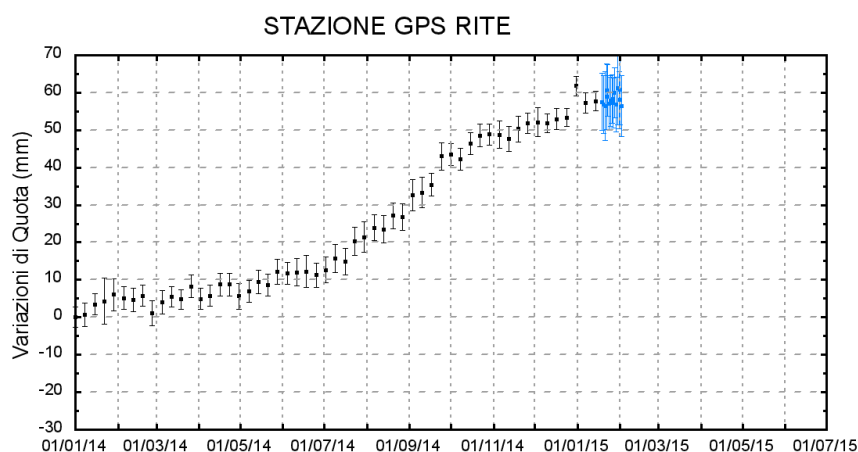


Figura 2.2.2 - Serie temporale delle variazioni in quota della stazione di RITE (Pozzuoli) dal 01 gennaio 2014 al 03 febbraio 2015 (vedi bollettino settimanale)

## 2.3 - Geochimica dei Fluidi

L'attività di monitoraggio svolta nel mese di Gennaio ha riguardato: l'acquisizione in continuo di dati di flusso di CO<sub>2</sub> dal suolo e della temperatura della fumarola principale a Pisciarelli; l'acquisizione in continuo di dati di flusso di CO<sub>2</sub> dal suolo nel cratere della Solfatara; misure di flusso di CO<sub>2</sub> dal suolo e temperatura del suolo su punti fissi selezionati nelle are della Solfatara e di Pisciarelli; il campionamento delle principali fumarole della Solfatara (BG e BN). Di seguito vengono riportate le osservazioni più rilevanti sui nuovi dati acquisiti.

Una dettagliata descrizione del modello geochimico interpretativo del sistema idrotermale della Solfatara, delle variazioni composizionali registrate e delle possibili interpretazioni sono riportate nei seguenti lavori scientifici: Caliro et al., (2007; 2014); Chiodini (2009); Chiodini et al., (2010; 2011; 2012; 2015), ai quali si rimanda per approfondimento.

Le analisi di laboratorio dei campioni prelevati non mostrano variazioni significative della composizione dei fluidi fumarolici rispetto al periodo precedente, rientrando nei trends già identificati in precedenza (vedi rapporti di sorveglianza precedenti; Figg. 2.3.1-4).

Il rapporto  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$  delle fumarole, in aumento a partire dal 2000 (Fig. 2.3.1), si è mantenuto su valori elevati che, in generale, testimoniano una elevata frazione di gas magmatici presente nei fluidi fumarolici (Caliro et al., 2007; Chiodini et al., 2010). Recenti studi mettono in evidenza come possibili processi di condensazione del vapore nel sistema idrotermale, in risposta ad un aumento del flusso dei fluidi magmatici (e della pressione), possano contribuire all'aumento del rapporto  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$  (Chiodini et al., 2015)

L'analisi di geoindicatori di Temperatura e Pressione, basati sulle composizioni delle fumarole BG e BN, indicano la progressiva pressurizzazione delle parti più superficiali del sistema idrotermale della Solfatara. In particolare la  $p_{\text{CO}_2}$  d'equilibrio stimata all'interno del sistema gassoso  $\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2-\text{CO}_2-\text{CO}$  (Chiodini et al., 2011) sta aumentando dal 2007 (Fig. 2.3.2). L'aumento della stima della  $p_{\text{CO}_2}$  in gran parte riflette l'aumento nelle concentrazioni di monossido di carbonio (CO) dei fluidi fumarolici. Dati di CO sono disponibili alla Solfatara di Pozzuoli fin dalla crisi del 1983-84. Dopo un primo periodo di oscillazioni delle concentrazioni, si è assistito a partire dal 2000 ad un ben definito trend di crescita delle concentrazioni, trend che è ancora in corso (fumarola BG, Fig. 2.3.3).

Il cronogramma del rapporto  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$  (Fig. 2.3.4) mostra picchi positivi, interpretabili come dovuti all'arrivo di fluidi magmatici ossidanti, e a basso contenuto in  $\text{CH}_4$ , nel sistema idrotermale (Chiodini 2009; Chiodini et al., 2010; 2011; 2012). I vari picchi corrisponderebbero quindi ad eventi di degassamento magmatico e conseguente immissione di fluidi magmatici nel sistema idrotermale che alimenta le fumarole della Solfatara. Per maggiori dettagli su tale processo si rimanda ad uno specifico lavoro scientifico (Chiodini et al., 2012). Inoltre, in Figura 2.3.4, è possibile riconoscere un trend d'aumento del rapporto a partire dal 2000. Sia l'aumento della temperatura di equilibrio della parte più profonda del sistema idrotermale che variazioni delle sue condizioni redox (verso condizioni più ossidanti, magmatiche) possono essere la causa dell'aumento del rapporto  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$  (i.e. diminuzione relativa delle concentrazioni di  $\text{CH}_4$ ) (Chiodini et al., 2015).

Il processo di pressurizzazione della parte più superficiale del sistema idrotermale, iniziato a partire dal 2007 (Chiodini et al., 2011) e tuttora in corso, causa a nostro avviso la variazione macroscopica dell'area di emissione che da qualche anno interessa l'area di Pisciarelli (Fig. 2.3.5) e che ha riguardato: l'apertura di vent fumarolici e di polle bollenti, l'emissione di fango, attività sismica localizzata, l'aumento della temperatura delle fumarole (Figg. 2.3.6, 2.3.7), l'aumento dei flussi misurati in continuo dalla stazione FLXOV3 (Fig. 2.3.8).

In particolare va evidenziato il continuo incremento della temperatura della fumarola di Pisciarelli, che nel mese di Luglio ha raggiunto i  $115.7\text{ }^\circ\text{C}$  (Fig. 2.3.7). Le successive oscillazioni della temperatura misurate, sono imputabili a variazioni macroscopiche del sito di emissione (emissioni di fango, frane e spostamento del vent principale).

I flussi di  $\text{CO}_2$  dal suolo, misurati in continuo dalla stazione FLXOV3 (Fig. 2.3.8), mostrano valori medi di  $\sim 36\text{ kg m}^{-2}\text{d}^{-1}$  nel mese di Gennaio.

Sono continuati, positivamente, i test della nuova stazione multiparametrica installata nel cratere della Solfatara (Fig. 2.3.9). Tale tipologia di stazioni andrà a integrare/sostituire la rete presente di stazioni geochimiche.

## Bibliografia:

- Caliro S., Chiodini G., Moretti R., Avino R., Granieri D., Russo M., and Fiebig J. (2007) The origin of the fumaroles of La Solfatara (Campi Flegrei, South Italy). *Geochimica et Cosmochimica Acta* **71**, 3040-3055. doi:10.1016/j.gca.2007.04.007.
- Caliro S., Chiodini G., and Paonita A. (2014) Geochemical evidences of magma dynamics at Campi Flegrei (Italy). *Geochim. Cosmochim. Acta* **132**, 1-15. doi:10.1016/j.gca.2014.01.021.
- Chiodini, G. (2009), CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> ratio in fumaroles a powerful tool to detect magma degassing episodes at quiescent volcanoes., *Geophys. Res. Lett.*, doi: [10.1029/2008GL036347](https://doi.org/10.1029/2008GL036347)
- Chiodini, G., S. Caliro, C. Cardellini, D. Granieri, R. Avino, A. Baldini, M. Donnini, and C. Minopoli (2010), Long-term variations of the Campi Flegrei, Italy, volcanic system as revealed by the monitoring of hydrothermal activity, *J. Geophys. Res.*, **115**, B03205, doi:10.1029/2008JB006258.
- Chiodini, G., R. Avino, S. Caliro, C. Minopoli (2011) Temperature and pressure gas geoindicators at the Solfatara fumaroles (Campi Flegrei). *Annals Geophysics*, **54**, 2. doi: 10.4401/ag-5002
- Chiodini G., Caliro S., De Martino P., Avino R. and Gherardi F. (2012). Early signals of new volcanic unrest at Campi Flegrei caldera? Insights from geochemical data and physical simulations. *Gelogy*, doi:10.1130/G33251.1
- Chiodini G., Vandemeulebrouck J., Caliro S, D'Auria L., De Martino P, Mangiacapra A., Petrillo Z. (2015) Evidence of thermal driven processes triggering the 2005-2014 unrest at Campi Flegrei caldera. *Earth Planet. Sci. Lett.* **414**, 58-67. doi:10.1016/j.epsl.2015.01.012



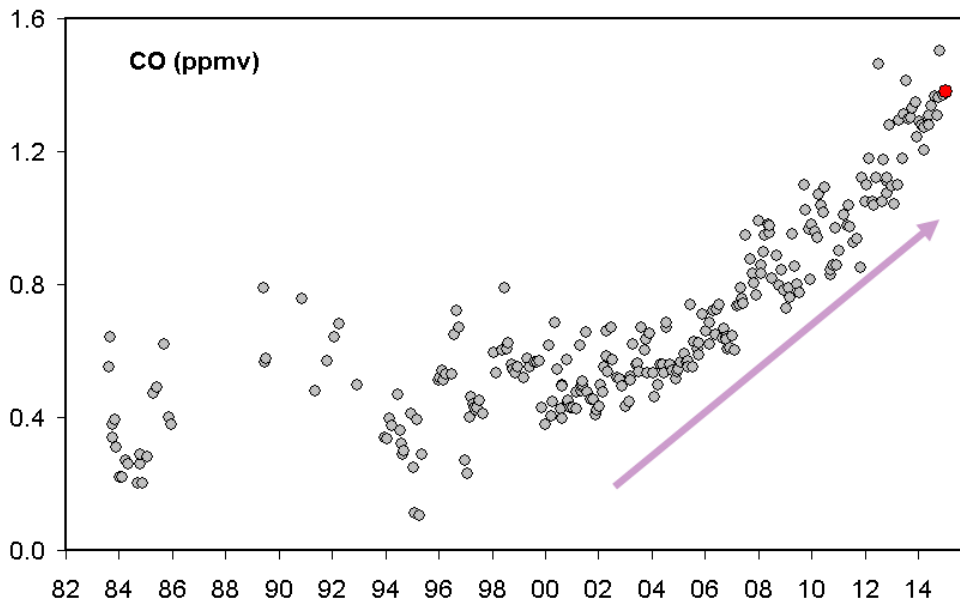


Figura 2.3.3 – Variazioni della concentrazione di monossido di carbonio (CO) misurato alla fumarola BG a partire dal 1983. In rosso è evidenziato il campione relativo al mese di Gennaio 2015. In generale alti contenuti di CO caratterizzano sistemi vulcanici ad elevata temperatura mentre fumarole alimentate da sistemi idrotermali mostrano concentrazioni più basse, in tali sistemi un aumento delle concentrazioni di CO può riflettere un incremento delle condizioni di pressione e temperatura.

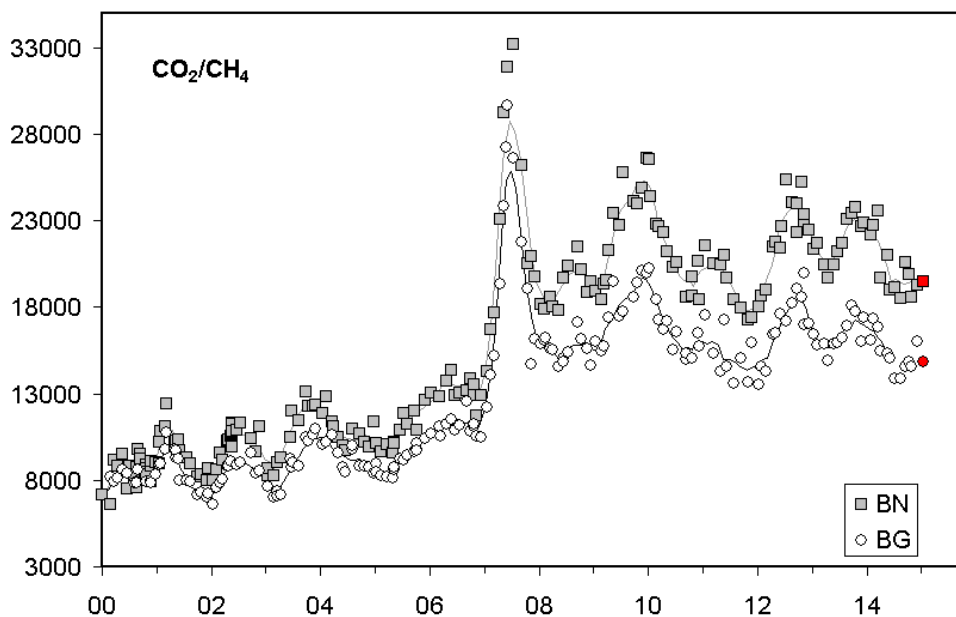


Figura 2.3.4 – Variazioni del rapporto CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> per le fumarole BG e BN a partire dal 2000. I picchi nel rapporto, registrati in superficie con circa un anno di ritardo, evidenziano episodi di degassamento magmatico occorsi ai Campi Flegrei (Chiodini et al., 2012). In rosso sono evidenziati i valori relativi ai campioni di Gennaio 2015.

## PISCIARELLI



Figura 2.3.5 - Variazioni macroscopiche dell'area di emissione di Pisciarelli dal 2005.

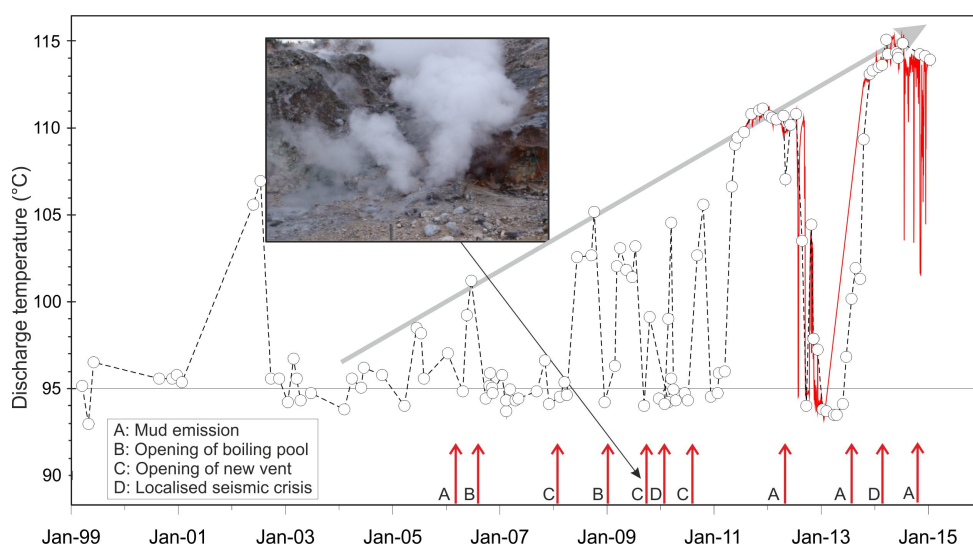


Figura 2.3.6 - Cronogramma delle temperature (°C) della fumarola di Pisciarelli e dei maggiori eventi occorsi legati all'aumento dell'attività idrotermale (i cerchi si riferiscono a misure discrete, la linea rossa si riferisce alle medie giornaliere delle misure in continuo). La temperatura di 95°C rappresenta la temperatura di ebollizione per i fluidi fumarolici di Pisciarelli. Nella foto è riportata la nuova vigorosa fumarola sorta il 20 dicembre 2009.

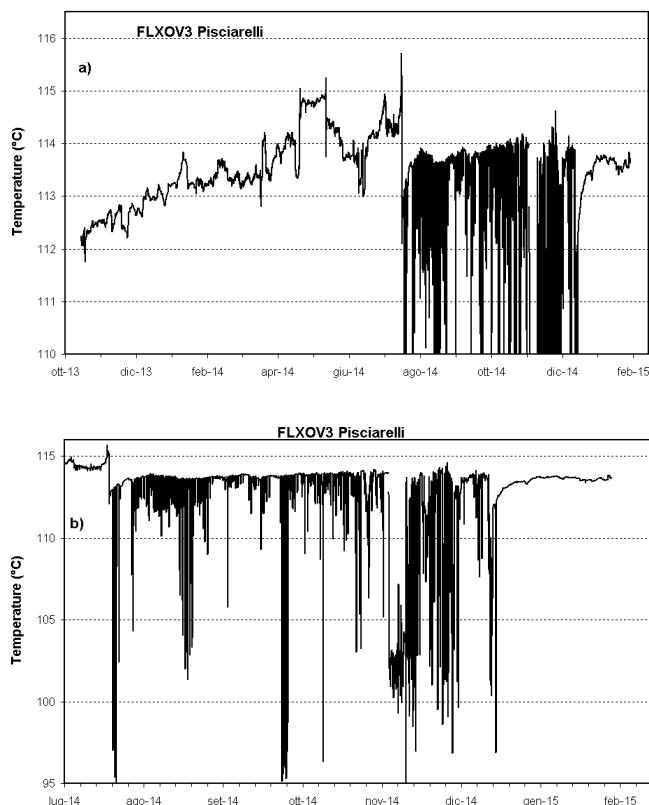


Figura 2.3.7 - Temperature registrate in continuo della fumarola di Pisciarelli. a) È da evidenziare il continuo trend d'aumento della temperatura che a Luglio ha superato i 115.7 °C. b) Dettaglio delle temperature da Luglio, le oscillazioni della temperatura, ed in particolare quelle fino alla temperatura di ebollizione (~95 °C), possono indicare i momenti di emissione dalla fumarola di una fase liquida.



Figura 2.3.8 - Medie giornaliere (linea) e medie mensili (cerchi) dei flussi di CO<sub>2</sub> misurati a Pisciarelli (FLXOV3). La media mensile dei flussi relativa al mese di Gennaio è riportata con il simbolo rosso.

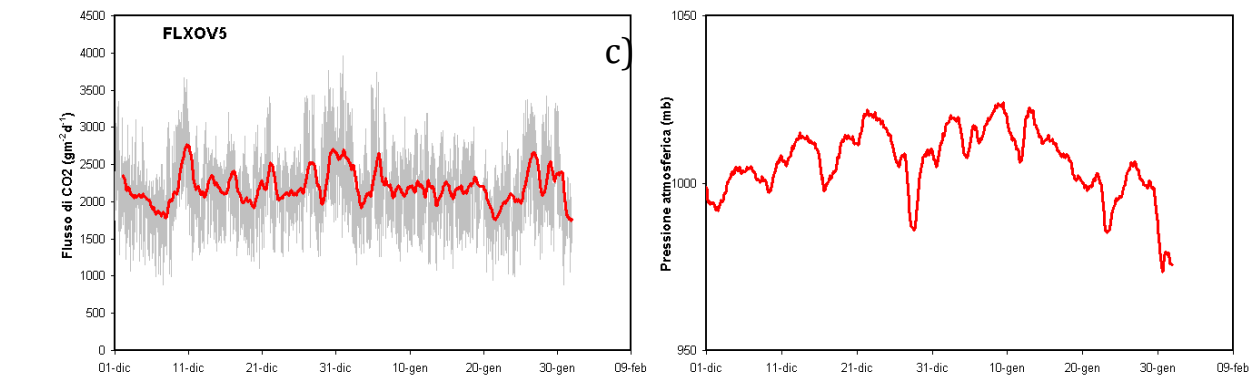
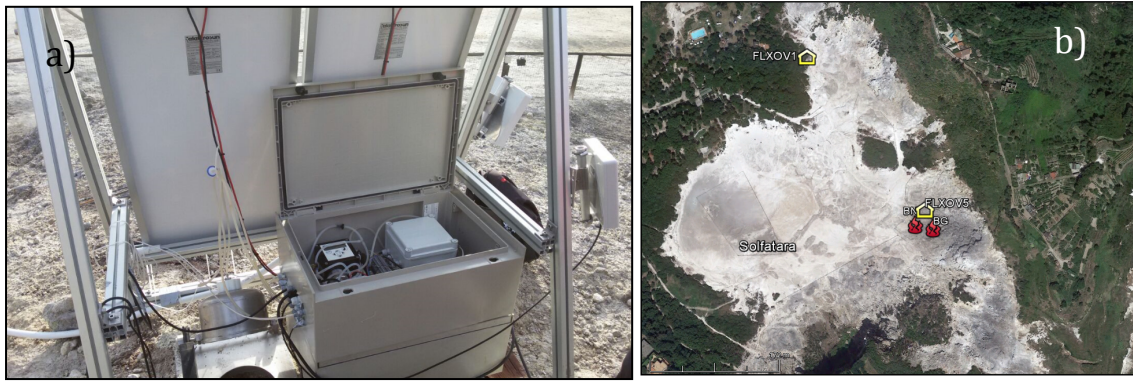


Figura - 2.3.9 a) Stazione multiparametrica (FLXOV5), sviluppata presso l'Osservatorio Vesuviano per la misura in continuo di: flusso di CO<sub>2</sub> dal suolo, gradienti di temperatura nel suolo, temperatura e pressione differenziale delle fumarole, parametri meteorologici e misure "Multigas"; b) Mappa del cratere della Solfatara con indicata l'ubicazione della nuova stazione e delle principali fumarole (BG e BN); c) Alcuni parametri misurati dalla nuova stazione: Flusso di CO<sub>2</sub> dal suolo e pressione atmosferica.

### 3 – ISCHIA

Ad Ischia nel corso del mese di gennaio 2015 non sono stati registrati eventi sismici. Per quanto riguarda le deformazioni del suolo, permane una lieve subsidenza generale, più marcata nella parte meridionale dell'isola.

#### 3.1 - Sismicità

Nel corso dell'ultimo mese, ad Ischia, non sono stati registrati terremoti. L'ultimo evento è avvenuto il 04/07/2014 con magnitudo pari a 1.2.

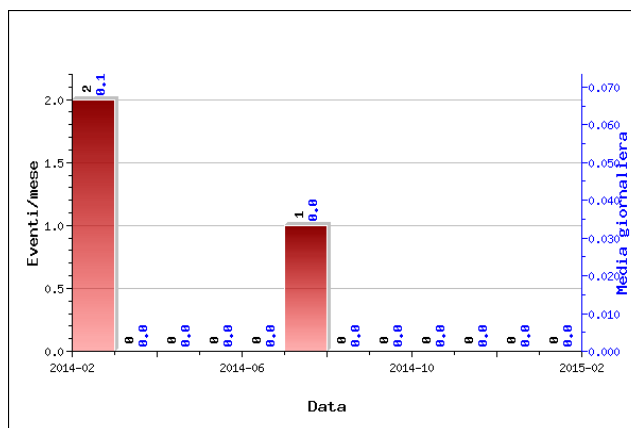


Figura 3.1.1 – Numero di eventi registrati ad Ischia nel corso degli ultimi 12 mesi (in totale 3).

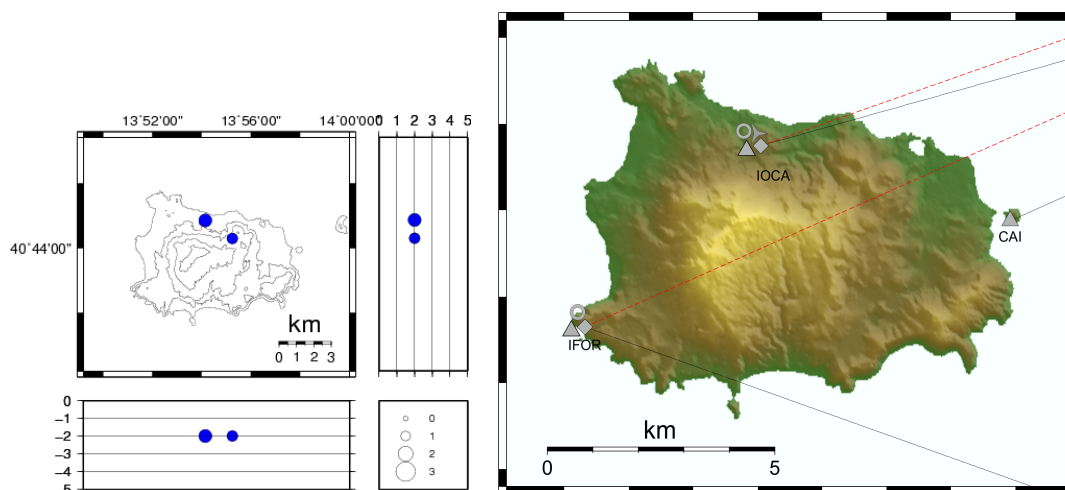


Figura 3.1.2 – Localizzazione ipocentrale degli eventi localizzati ad Ischia nel corso degli ultimi 12 mesi. La dimensione del simbolo è proporzionale alla magnitudo, come indicato nel riquadro in basso. A destra è mostrata la mappa con la rete sismica di Ischia.

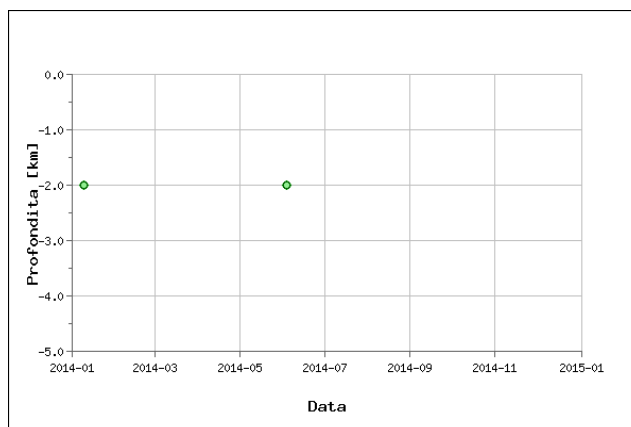


Figura 3.1.3 – Profondità ipocentrali degli eventi registrati ad Ischia nel corso degli ultimi 12 mesi.

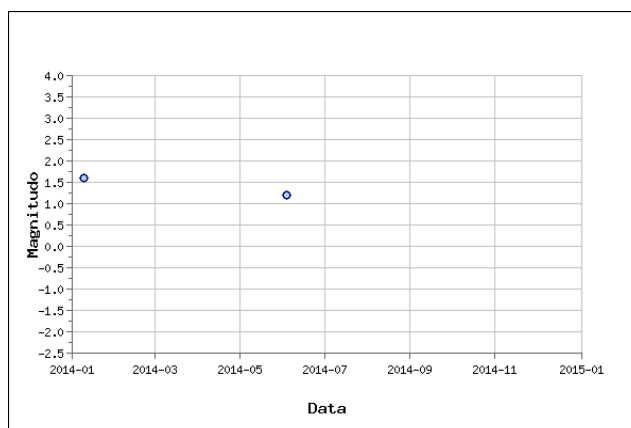


Figura 3.1.4 – Magnitudo degli eventi registrati ad Ischia nel corso degli ultimi 12 mesi.

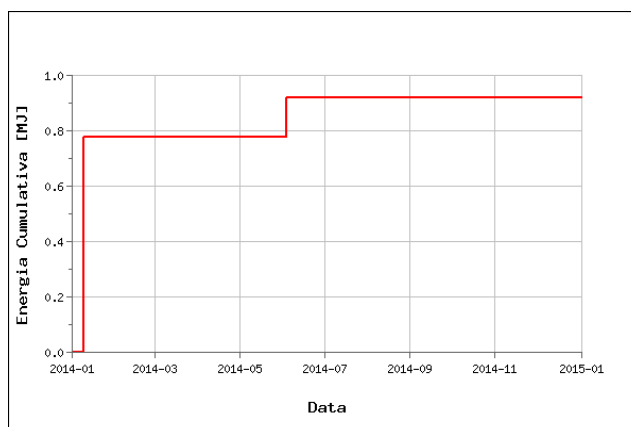


Figura 3.1.5 – Rilascio cumulativo di energia sismica ad Ischia nel corso degli ultimi 12 mesi.

### 3.2 - Deformazioni del Suolo

L'analisi delle serie temporali GPS conferma la generale subsidenza dell'isola con valori più elevati nel settore meridionale dell'isola (Fig. 3.2.1 e 3.2.2).

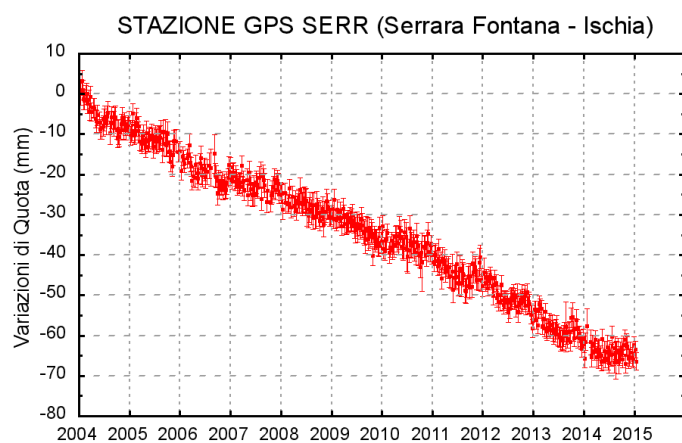


Figura 3.2.1 - Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di SERR (Ischia) dal 2004 a gennaio 2015

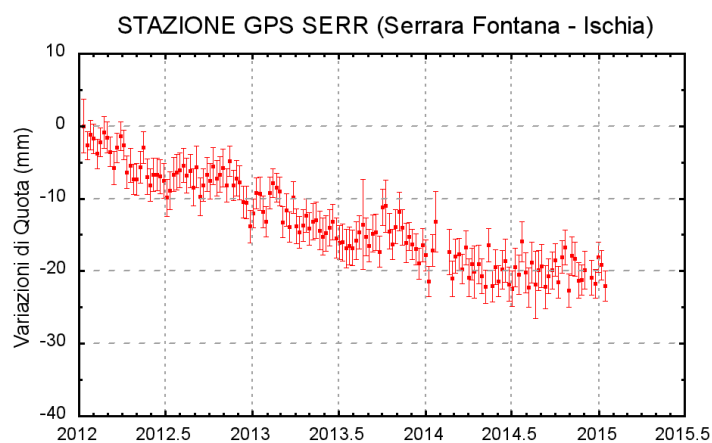


Figura 3.2.2 - Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di SERR (Ischia) da gennaio 2012 a gennaio 2015

## **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.