



Bollettino di Sorveglianza Vulcani Campani

Marzo 2014

1 – VESUVIO

L'attività del Vesuvio non mostra particolari anomalie o variazioni rispetto alle osservazioni precedenti relative ai parametri geofisici. La sismicità, con 48 eventi rilevati nell'ultimo mese, permane dal 2000 ad un livello di bassa energia ed è localizzata nella parte centrale della struttura vulcanica, molto superficiale.

Anche le deformazioni del suolo non mostrano trend significativi, eccetto una persistente leggera subsidenza dell'area del cono vesuviano, osservata ormai da decenni.

Sono state ripristinate le condizioni per l'effettuazione dei campionamenti nel cratere per le analisi geochimiche dei gas fumarolici, i cui risultati sono riportati in dettaglio nella sezione geochimica seguente. Lo stato del vulcano è di quiescenza, senza alcuna particolare anomalia.

1.1 - Sismicità

Nel corso dell'ultimo mese al Vesuvio sono stati registrati 48 terremoti (Fig. 1.1.1). E' stato possibile determinare l'ipocentro di 6 eventi. La magnitudo massima registrata è stata pari a 1.9. Non si evidenziano trend significativi nei parametri sismologici (Fig. 1.1.2, 1.1.3, 1.1.4, 1.1.5).

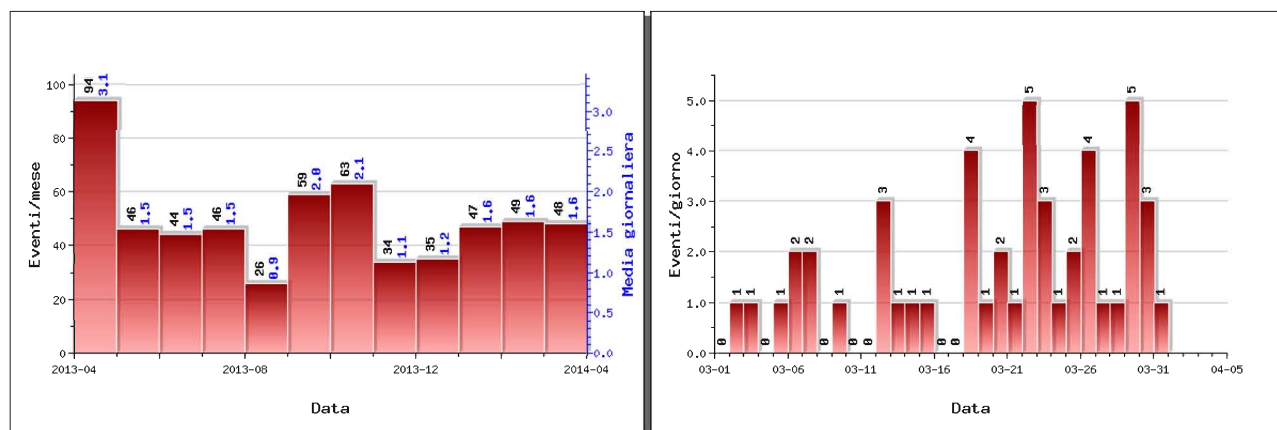


Figura 1.1.1 – A sinistra il numero di eventi registrati al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (in totale 591), mentre a destra quelli avvenuti nell'ultimo mese (in totale 48).

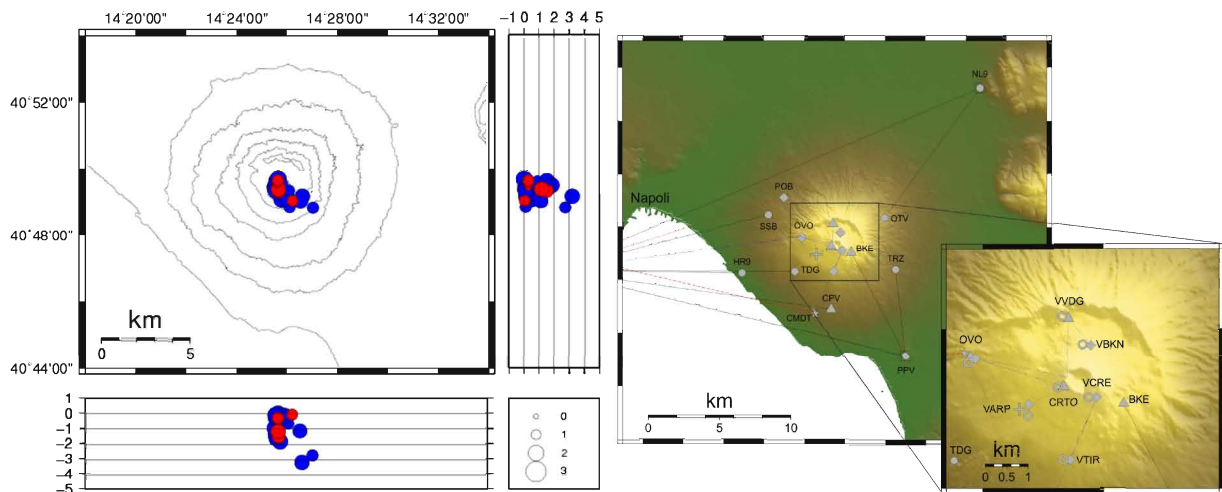


Figura 1.1.2 – Localizzazioni ipocentrali al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (in blu) e dell'ultimo mese (in rosso). La dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo, come indicato nel riquadro in basso. A destra è mostrata la mappa con la rete sismica del Vesuvio.

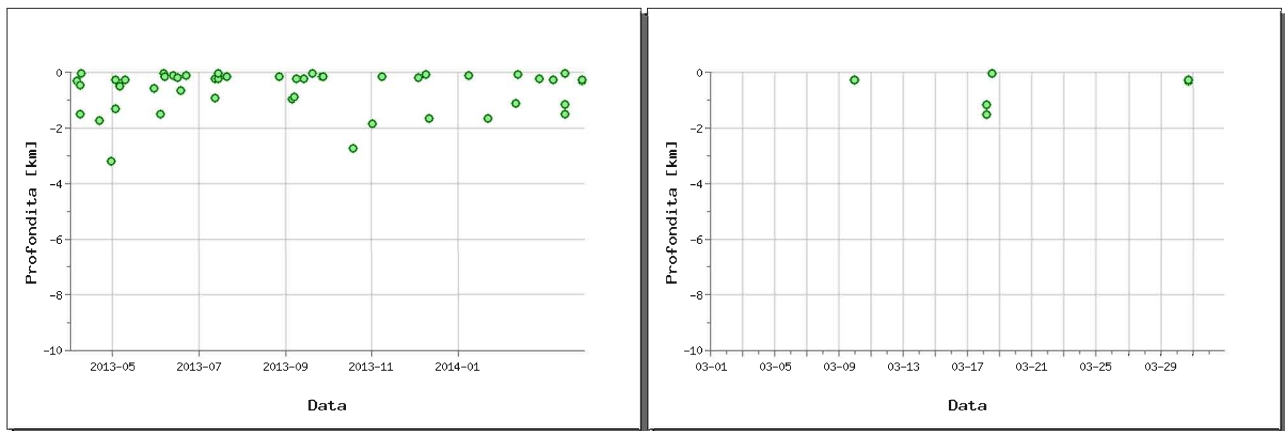


Figura 1.1.3 – Profondità ipocentrali degli eventi registrati al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

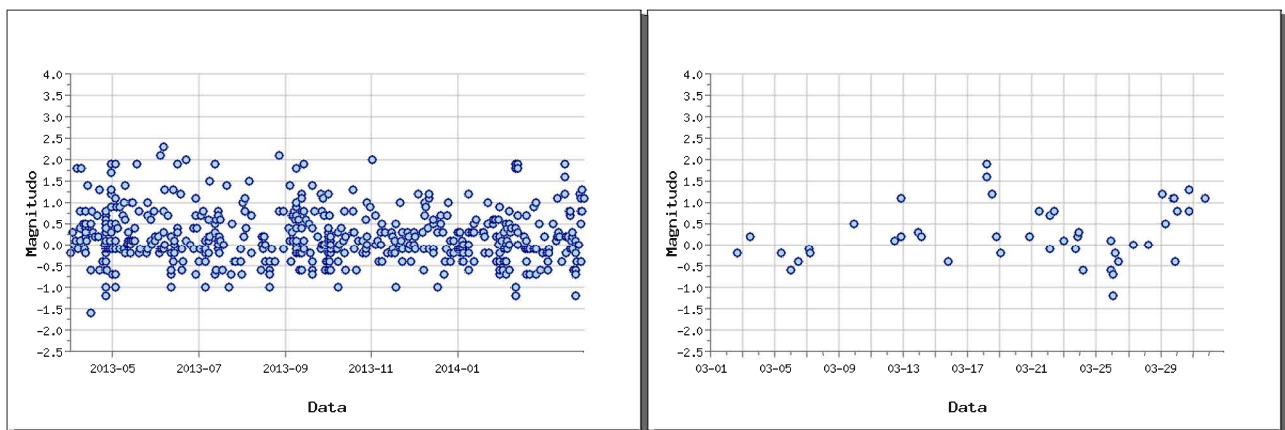


Figura 1.1.4 – Magnitudo degli eventi registrati al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

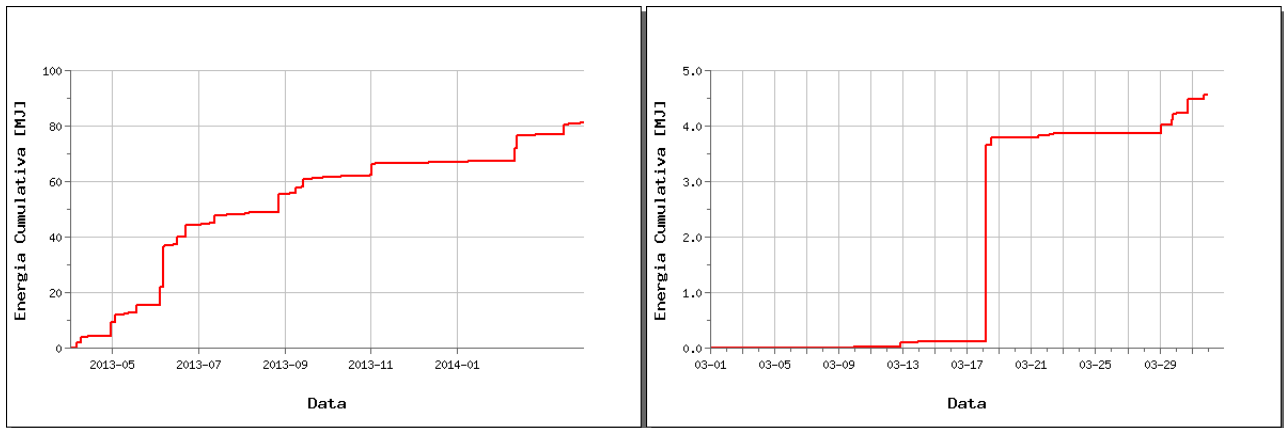


Figura 1.1.5 – Rilascio cumulativo di energia sismica al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

1.2 - Deformazioni del Suolo

Non si evidenziano deformazioni del suolo imputabili a fenomeni vulcanici. Le sole stazioni GPS ubicate nella parte alta dell'edificio vulcanico mostrano una moderata subsidenza (es. BKE1 in figura 1.2.1 e 1.2.2), verosimilmente dovuta a processi di compattazione e/o scivolamento di terreni poco coerenti ed in forte pendenza.

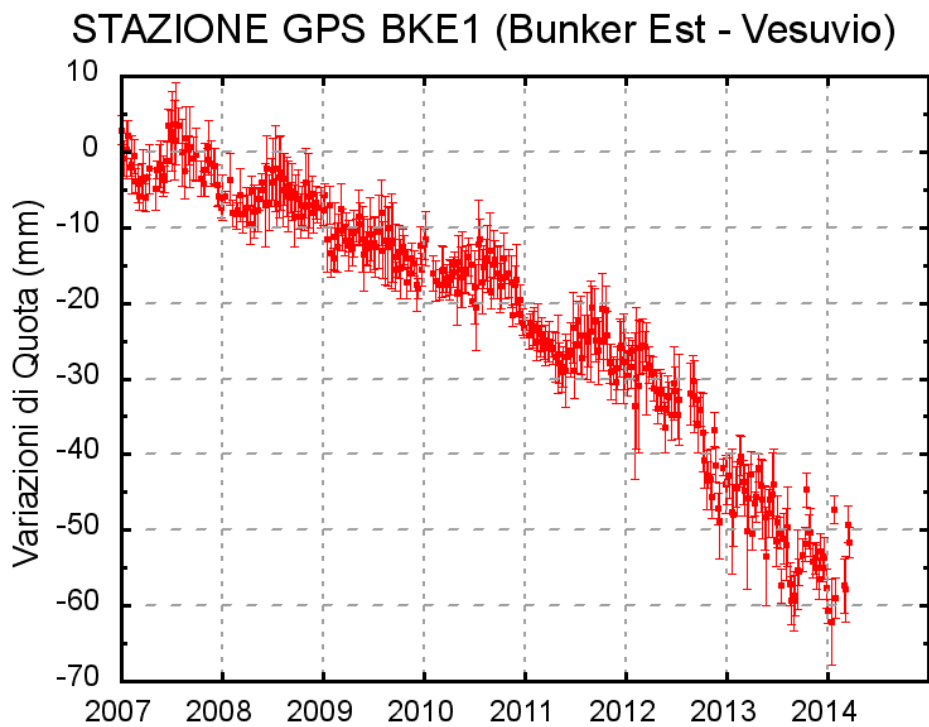


Fig. 1.2.1: Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di BKE1 (Vesuvio) dal 2007 al 31 marzo 2014

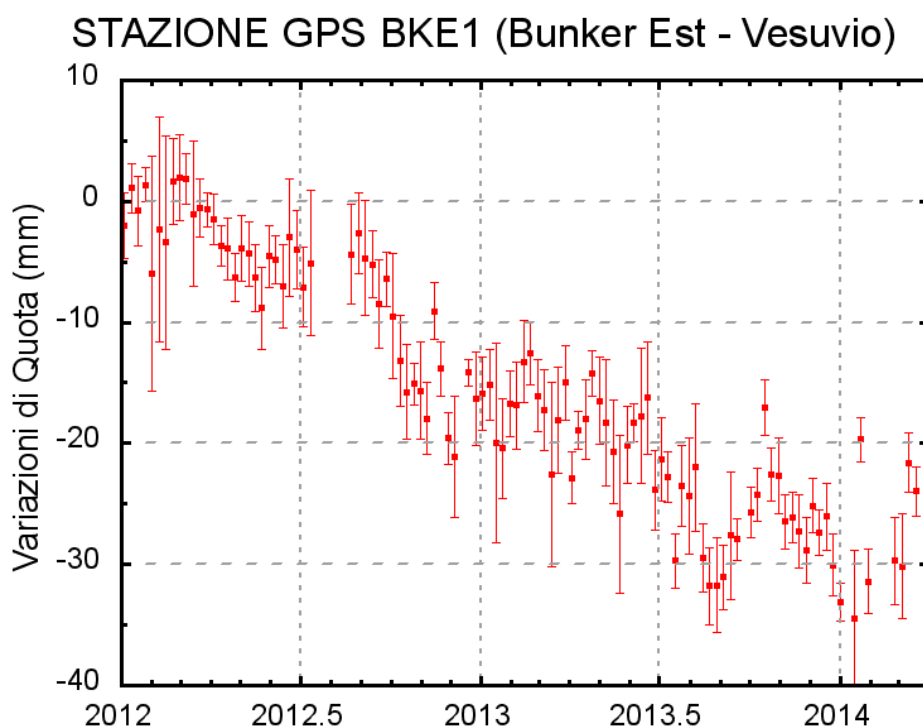


Fig. 1.2.2: Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di BKE1 (Vesuvio) dal 01 gennaio 2012 al 31 marzo 2014.

1.3 – Geochimica

Nel mese di marzo 2014 sono state ripristinate le condizioni per il monitoraggio delle emissioni fumaroliche presenti sul fondo del cratere del Vesuvio, attività interrotta a fine 2012.

COMPOSIZIONE CHIMICA DELLE FUMAROLE DEL VESUVIO

Nel mese di marzo sono stati eseguiti n. 2 campionamenti della fumarola FC2 sita sul fondo del cratere.

Una dettagliata descrizione del modello geochimico interpretativo delle fumarole 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 pCO_2 stimata sulla base di geindicatori gassosi. Contemporaneamente si è verificata la diminuzione del rapporto H_2/CO_2 e l'incremento del rapporto CH_4/CO_2 (Fig. 1, 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).

Le analisi relative ai campioni prelevati nel mese di marzo non mostrano variazioni significative dei valori misurati rispetto ai periodi precedenti. In particolare i valori di equilibrio stimati per la temperatura e la pressione di CO_2 mostrano una lieve diminuzione rispetto ai valori pregressi, rientrando in un trend pluriennale di diminuzione dell'attività idrotermale all'interno del cratere (Fig. 2).

CONCLUSIONI

La composizione delle fumarole, relative al mese di marzo 2014, non ha mostrato variazioni significative rispetto ai periodi precedenti. In particolare, tali variazioni rientrano in un trend pluriennale di diminuzione dell'attività idrotermale nell'area craterica del Vesuvio.

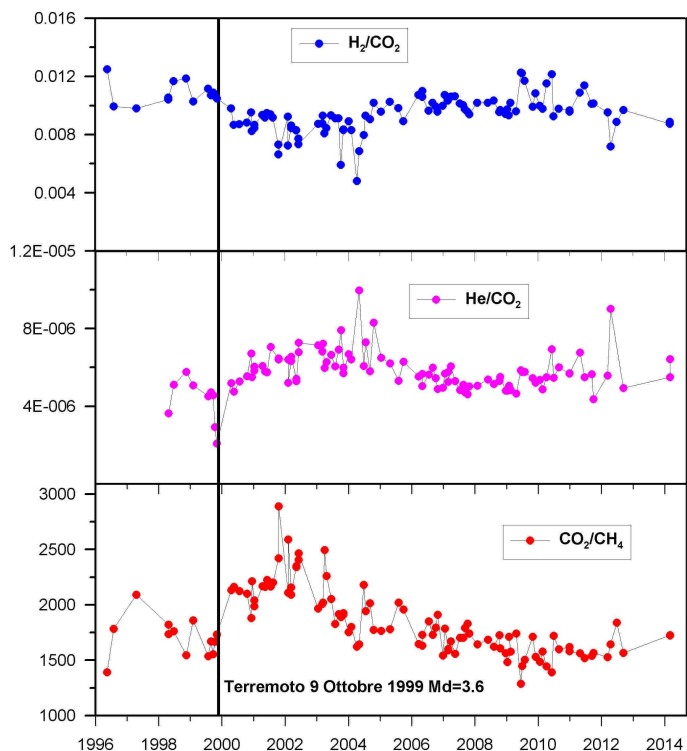


Fig 1- Variazioni composizionali della fumarola FC2 nel periodo 1996-2014.

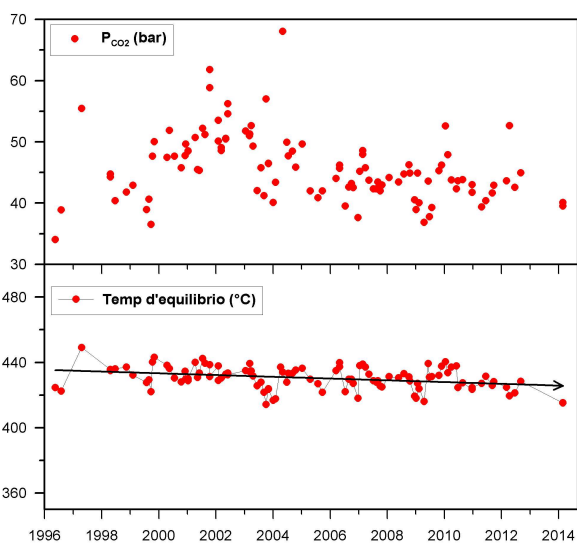


Fig. 2 - Cronogramma di valori d'equilibrio della Temperatura e pressione parziale di CO_2 stimati per il sistema idrotermale del Vesuvio.

Bibliografia

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.

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.

2 - CAMPI FLEGREI

Nel corso del mese non sono evidenziati ulteriori sollevamenti del suolo nell'area flegrea, mentre sono stati rilevati 68 piccoli eventi sismici, di cui 66 concentrati durante uno sciame sismico avvenuto il 31/3, di bassissima energia e con l'evento massimo di magnitudo 0.7. Lo stato dell'area flegrea permane ad un livello di attenzione.

2.1 - Sismicità

Ai Campi Flegrei, nel corso dell'ultimo mese, sono stati registrati 68 terremoti, con magnitudo massima 0.9. Di questi eventi 66 sono concentrati in uno sciame sismico avvenuto il 31/3 tra le 22:59 e le 23:22 UT, con eventi di magnitudo massima pari a 0.7 (Fig.2.1.1). Gli ipocentri degli eventi sono localizzati nei dintorni della Solfatara (Fig.2.1.2).

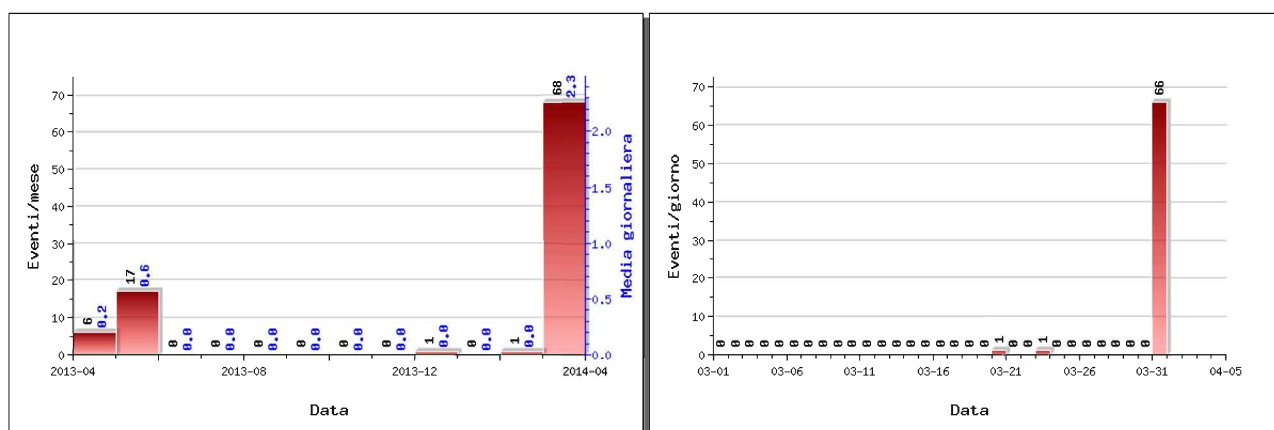


Figura 2.1.1 – A sinistra il numero di eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (in totale 93), mentre a destra quelli avvenuti nell'ultimo mese (in totale 68).

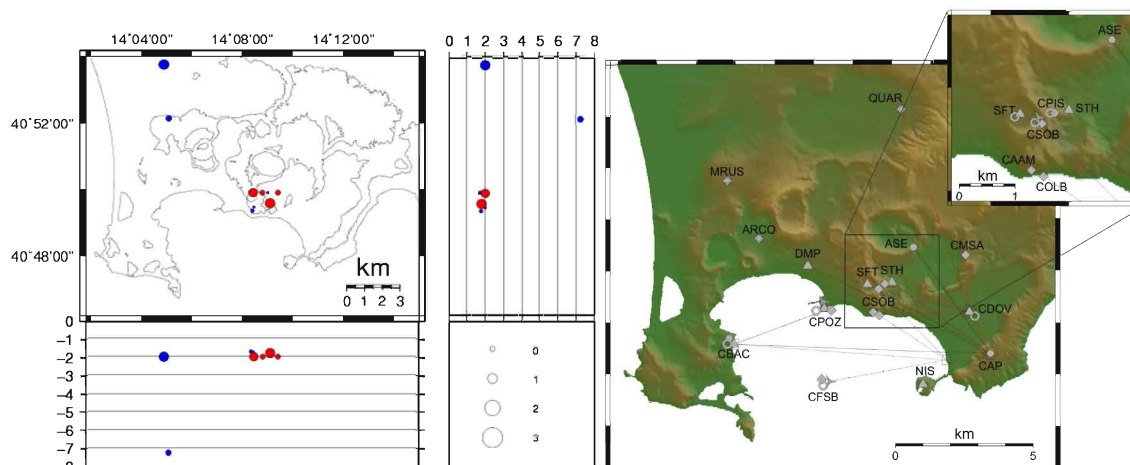


Figura 2.1.2 – Localizzazioni ipocentrali ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (in blu) e dell'ultimo mese (in rosso). La dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo, come indicato nel riquadro in basso. A destra è mostrata la mappa con la rete sismica dei Campi Flegrei.

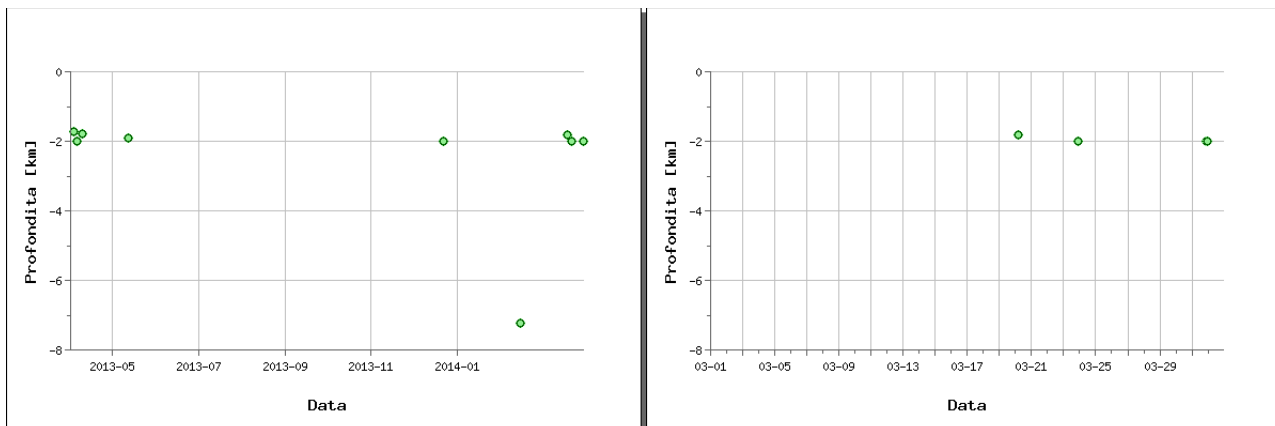


Figura 2.1.3 – Profondità ipocentrali degli eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

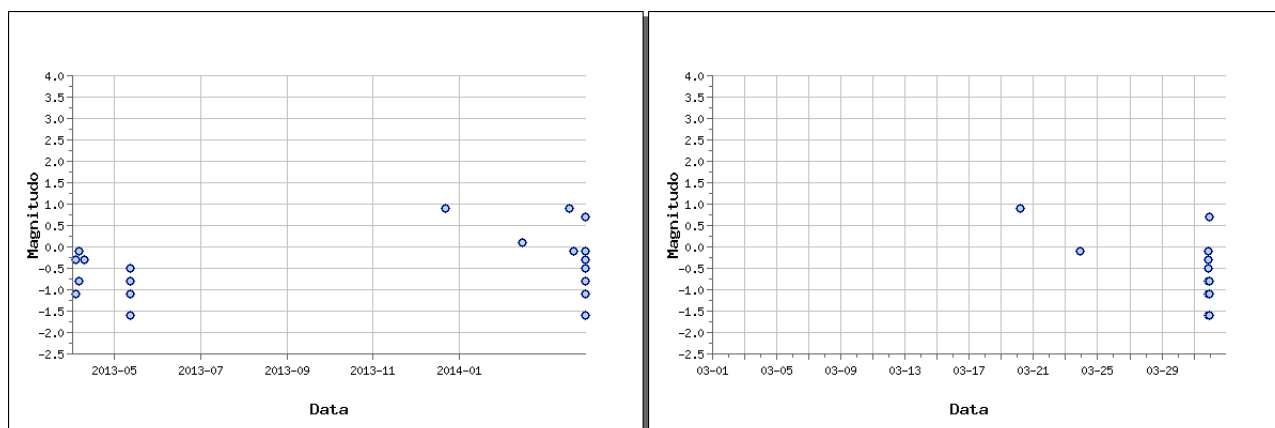


Figura 2.1.4 – Magnitudo degli eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

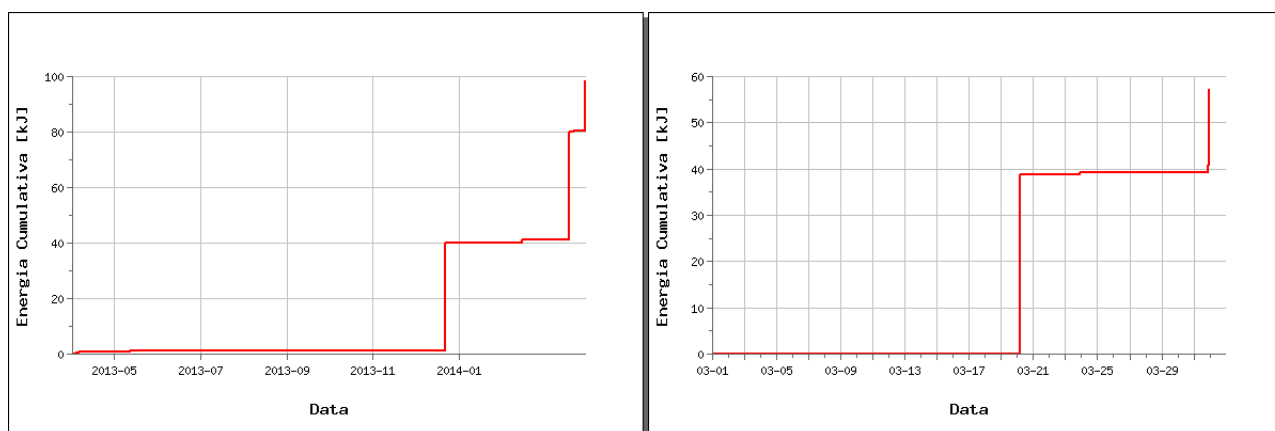


Figura 2.1.5 – Rilascio cumulativo di energia sismica ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

2.2 - Deformazioni del Suolo

Dagli inizi di maggio 2013 non si evidenziano significative deformazioni del suolo ai Campi Flegrei (Fig. 2.2.2)

Alla stazione GPS di RITE, localizzata a Pozzuoli nell'area di massima deformazione verticale, il sollevamento complessivo dal 2005 ad aprile 2013 è stato di circa 23 cm (Fig. 2.2.1), di cui circa 12 cm dal 2012 (Fig. 2.2.2).

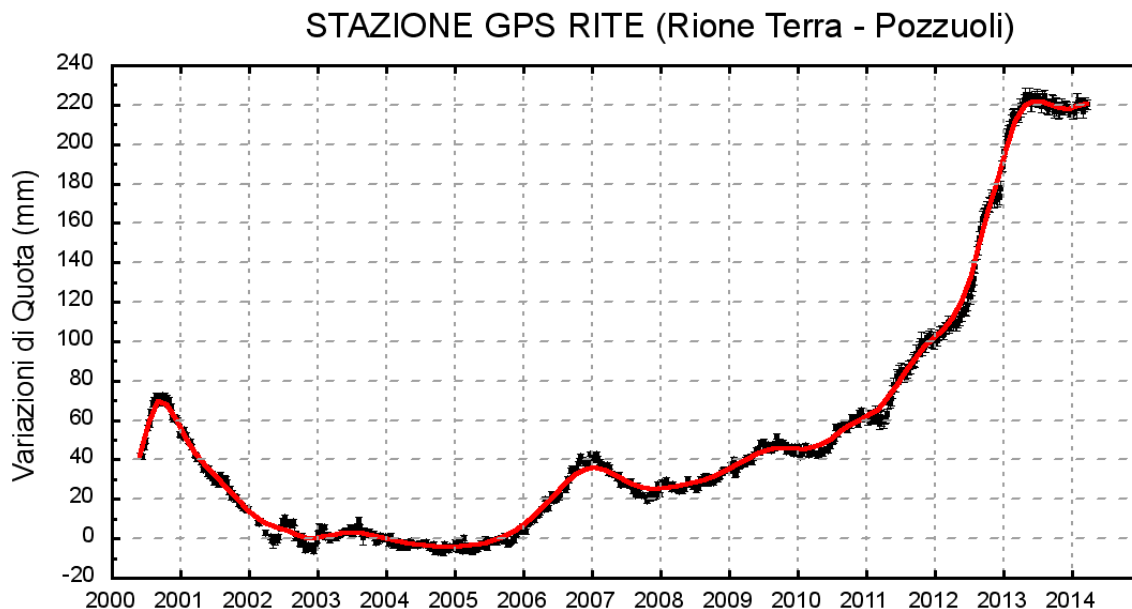


Fig. 2.2.1: Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di RITE (Pozzuoli) dal 2000 al 31 marzo 2014

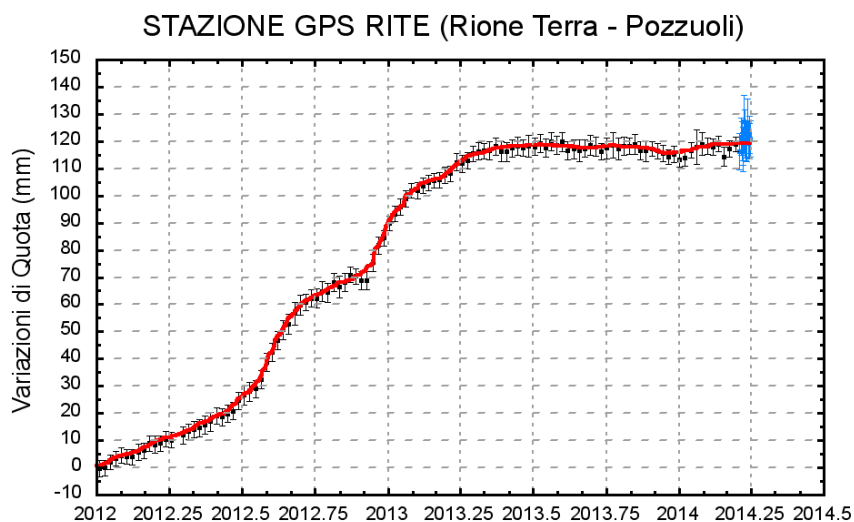


Fig. 2.2.2: Serie temporale delle variazioni in quota della stazione di RITE (Pozzuoli) dal 01 gennaio 2012 al 31 marzo 2014.

2.2 – Geochimica dei Fluidi

L'attività di monitoraggio svolta nel mese di Marzo ha riguardato: l'acquisizione in continuo di dati di flusso di CO₂ dal suolo e della temperatura della fumarola principale a Pisciarelli; il

campionamento delle fumarole della Solfatara (BG e BN) e di Pisciarelli. Qui di seguito vengono riportate le osservazioni più rilevanti sui nuovi dati:

Nel periodo di riferimento il rapporto $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$, che aveva subito un incremento negli ultimi campionamenti raggiungendo valori mai misurati nelle fumarole della Solfatara (~ 0.35 , Fig. 2.3.1), è leggermente diminuito (~ 0.34). Tali variazioni, fino ad ora interpretate solo come un aumento nella componente profonda di derivazione magmatica dei fluidi fumarolici (Caliro et al., 2007), possono in parte derivare anche da un aumento dei flussi di gas all'interno del sistema idrotermale e alla sua pressurizzazione (vedi punto sotto), processi che potrebbe comportare la condensazione di parte del vapore d'acqua originale.

L'analisi di geindicatori 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 PCO_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 PCO_2 in gran parte riflette l'aumento nelle concentrazioni di monossido di carbonio (CO) dei fluidi fumarolici. In genere alti contenuti di CO caratterizzano sistemi vulcanici ad elevata temperatura mentre fumarole alimentate da sistemi idrotermali mostrano concentrazioni più basse. Dati di CO sono disponibili alla Solfatara di Pozzuoli fin dalla crisi del 1983-84 (fumarola BG, Fig. 2.3.3). Dopo un primo periodo di oscillazioni della concentrazioni, si è assistito a partire dal 2000 ad un ben definito trend di crescita delle concentrazioni, trend che è ancora in corso;

Il rapporto CO_2/CH_4 (Fig. 2.3.4) continua a mostrare picchi positivi, interpretabili come dovuti all'arrivo di fluidi magmatici ossidanti, e a basso contenuto in CH_4 , nel sistema idrotermale (Chiodini 2009). I vari picchi osservabili nel cronogramma di Fig. 2.3.4 corrisponderebbero quindi ad eventi di degassamento magmatico e conseguente immissione di fluidi magmatici nel sistema idrotermale che alimenta le fumarole della Solfatara. Nel periodo d'osservazione sono assimilabili alla coda di un picco del rapporto CO_2/CH_4 , precedentemente identificato, che potrebbe corrispondere alla uscita dei fluidi coinvolti negli ultimi episodi deformativi di fine 2012 - inizio 2013. Per maggiori dettagli su tale processo si rimanda ad un lavoro specifico di recente pubblicazione (Chiodini et al., 2012).

Il processo di pressurizzazione della parte più superficiale del sistema idrotermale, iniziato a partire dal 2006 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). Tale aumento, che sembrava essere culminato nel periodo 2012-primi mesi 2013, è ripreso a Novembre ed è tuttora in atto mostrando valori misurati i flussi di CO_2 in assoluto più elevati dal 2007.

Nel campionamento della fumarola di Pisciarelli è stata misurata la temperatura di $114.7\text{ }^\circ\text{C}$, temperatura in assoluto più alta mai registrata. Tale temperatura risulta più elevata di quella misurata in continuo a causa dell'allargamento della zona di emissione e dello spostamento del flusso principale che investe marginalmente il sensore di temperatura in continuo.

In data 1 aprile '14 a seguito dei numerosi piccoli eventi sismici registrati il 31/3 è stato effettuato un sopralluogo nelle aree di Pisciarelli e Solfatara, ed è stato effettuato il campionamento delle fumarole principali. Le analisi di laboratorio dei campioni prelevati sono in corso. A seguito del sopralluogo non ci sono variazioni macroscopiche da segnalare eccetto, da un punto di vista qualitativo, l'incremento del rumore generato dall'emissione fumarolica a Pisciarelli.

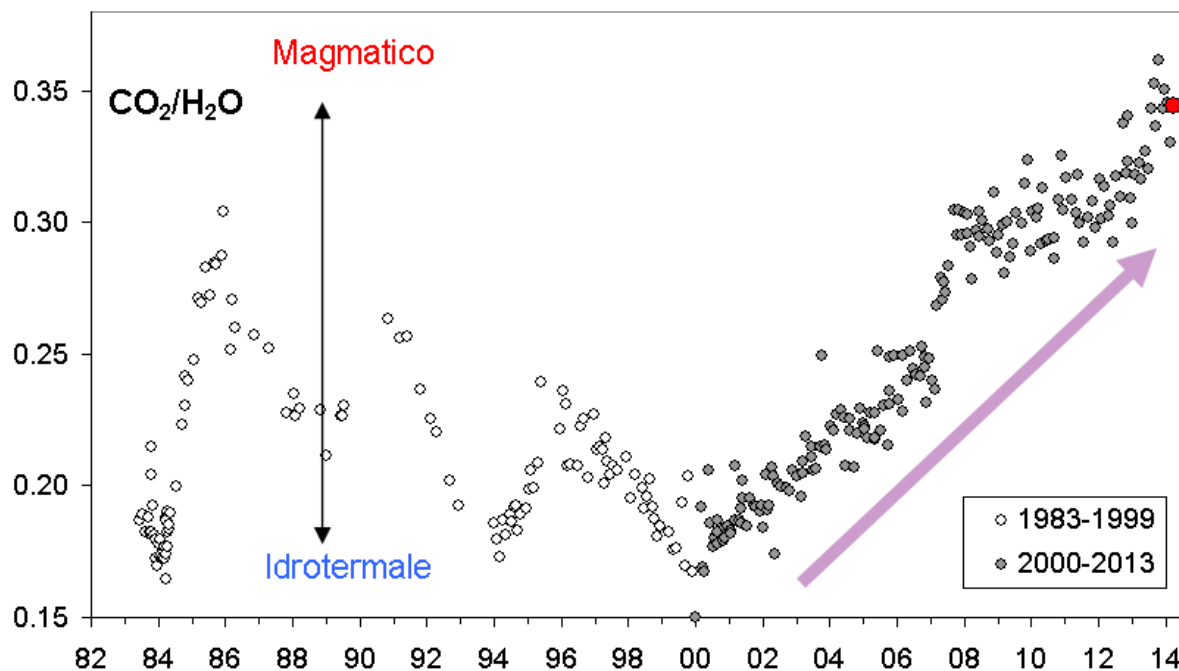


Fig 2.3.1 Cronogramma del rapporto $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ per la fumarola BG. In grigio sono riportati i dati a partire dal 2000, quando è iniziato un trend d'aumento del rapporto $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$, indicativo di una crescente frazione della componente magmatica nei fluidi fumarolici. In rosso sono evidenziati i valori relativi ai campioni analizzati nel mese di Marzo 2014.

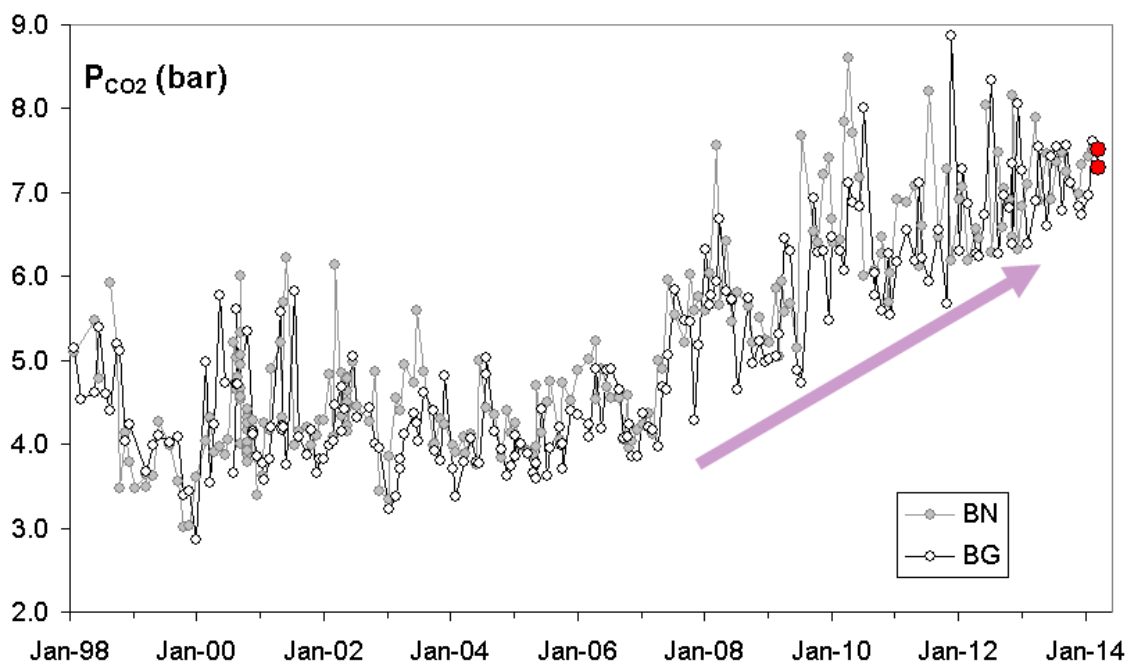


Fig 2.3.2 -Cronogramma della pressione di CO_2 d'equilibrio stimata nel sistema $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{H}_2-\text{CO}$ per le fumarole BG e BN. In rosso sono evidenziati i dati relativi agli ultimi campioni analizzati (Marzo 2014).

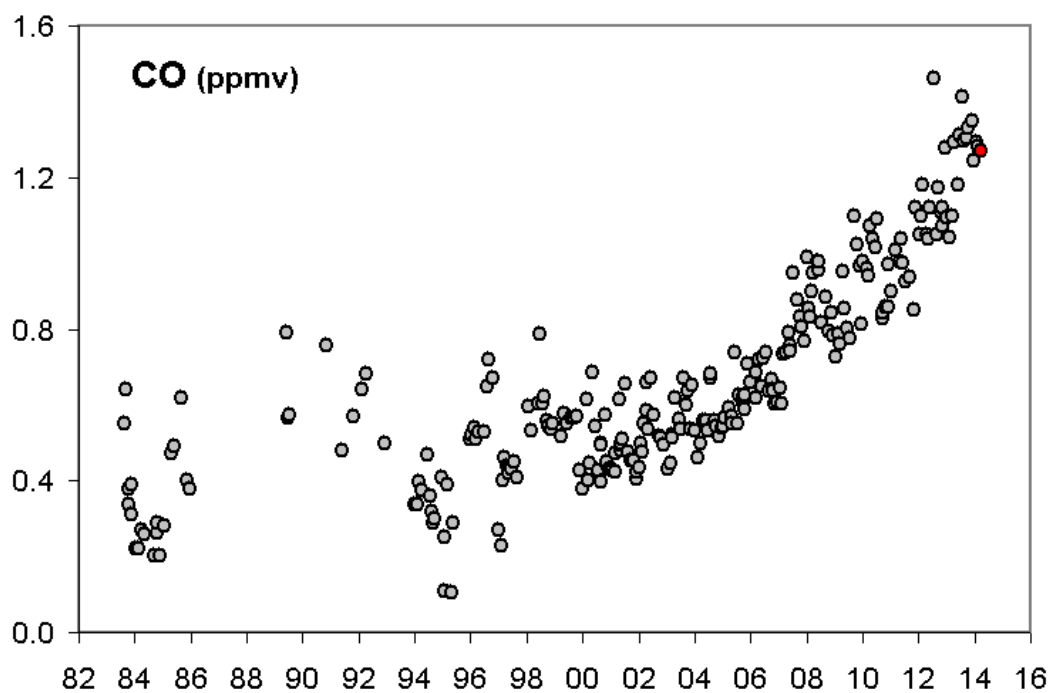


Fig. 2.3.3 – Variazioni della concentrazione di monossido di carbonio (CO) misurato alla fumarola BG a partire dal 1983. In rosso sono evidenziati i valori relativi al campione di Marzo 2014.

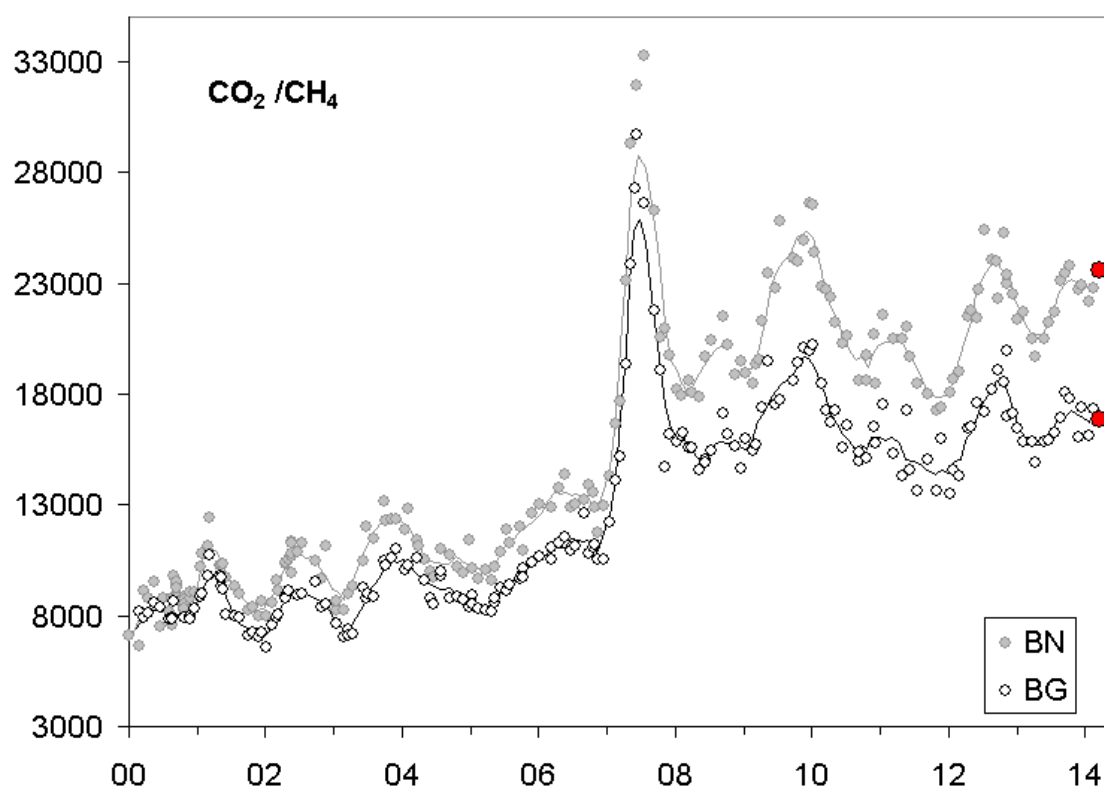


Fig. 2.3.4 – Variazioni del rapporto CO_2/CH_4 per le fumarole BG e BN a partire dal 2000. I picchi nel rapporto, registrati in superficie con circa un anno di ritardo, evidenziano episodi di degassamento magmatico occorsi ai Campi Flegrei (Chiodini et al., 2012). In rosso sono evidenziati i valori relativi ai campioni relativi a marzo 2014.

PISCIARELLI



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

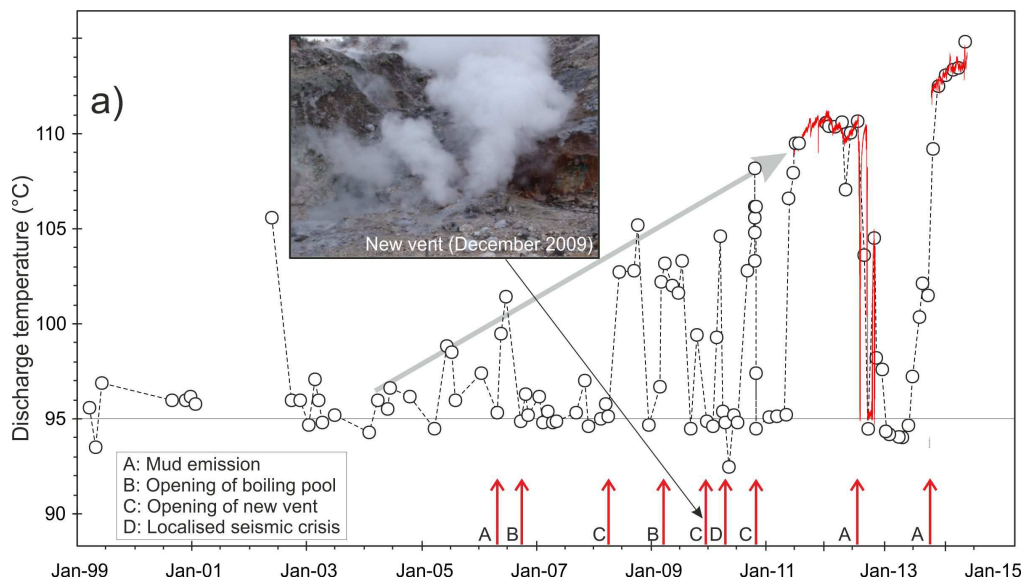


Fig. 2.3.6) Cronogramma delle temperature (°C) della fumarola di Pisciarelli e dei maggiori eventi occorsi legati all'aumento dell'attività idrotermale. La temperatura di 95°C rappresenta la temperatura di ebollizione per i fluidi fumarolici di Pisciarelli. Nella foto è riportata la nuova vigorosa fumarola sorta il 20 dicembre 2009.

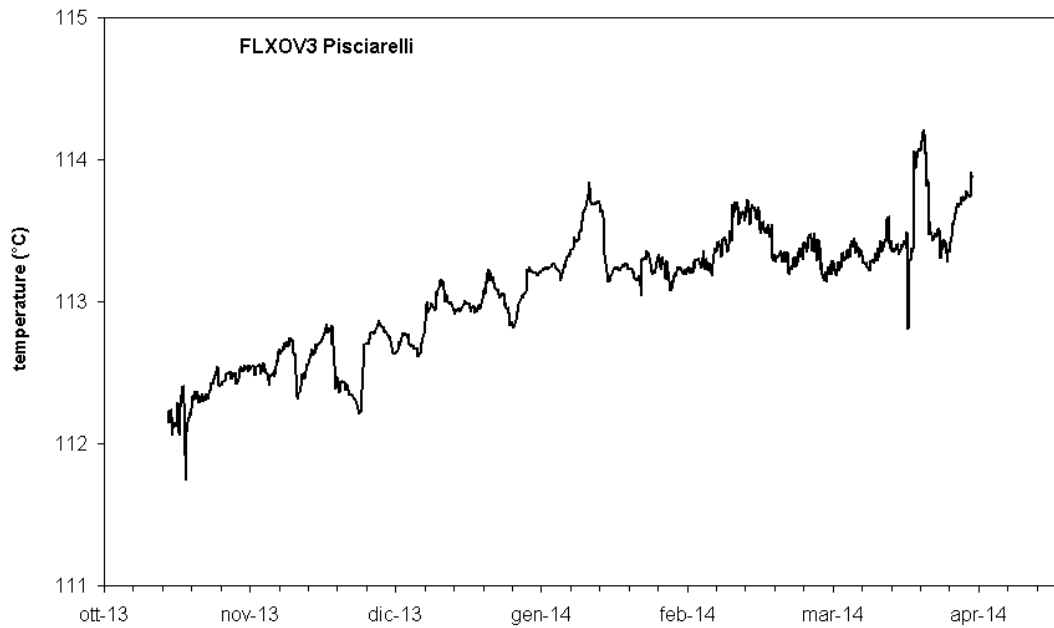


Fig. 2.3.7 Dettaglio delle temperature registrate in continuo della fumarola di Pisciarelli dopo la sostituzione della termocoppia avvenuta il 15 Ottobre e il riposizionamento nell'emissione principale. È da evidenziare il continuo trend d'aumento della temperatura che nel mese di Marzo 2014 ha raggiunto valori mai registrati di 114.7°C (temperatura misurata durante le operazioni di campionamento delle fumarole). Le brusche diminuzioni di temperatura osservate sono da mettere in relazione a eventi piovosi. Il maggiore noise dei dati di temperatura osservato a partire dal mese di Febbraio è da mettere in relazione a modificazioni del sito di emissione e ad un ulteriore spostamento dell'emissione principale.

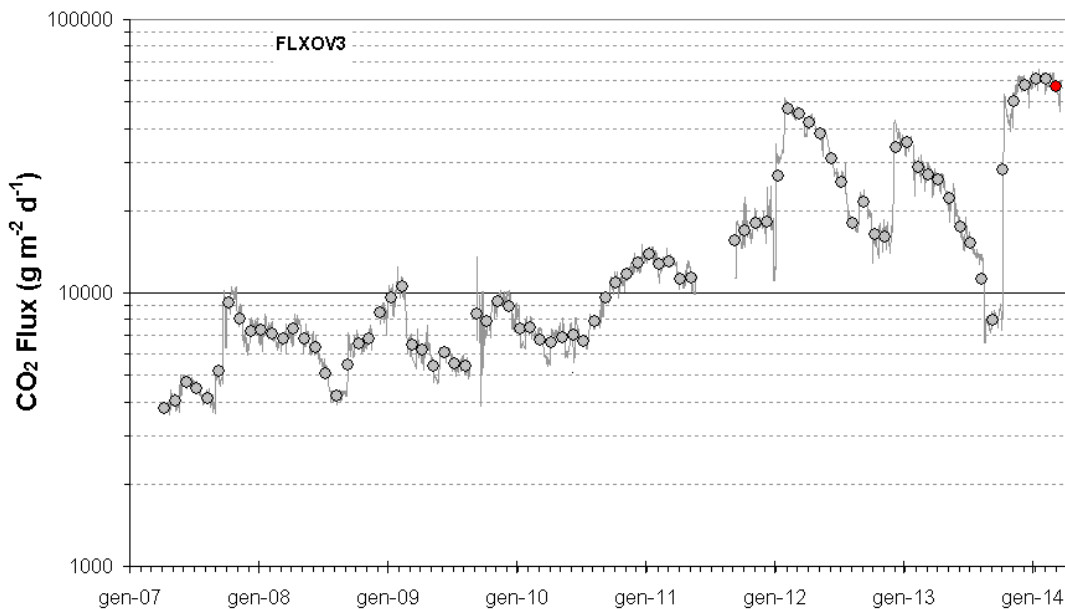


Fig. 2.3.8 Medie giornaliere (linea) e medie mensili (cerchi) dei flussi di CO₂ misurati a Pisciarelli (FLXOV3). La media mensile dei flussi relativa a Marzo 2014 è riportata con il simbolo rosso.

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.

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. (2009), CO₂/CH₄ 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)

3 – ISCHIA

Ad Ischia nel corso del mese sono stati rilevati due eventi sismici di bassa magnitudo.

Nel periodo di riferimento non sono stati elaborati nuovi dati delle stazioni GPS per problemi tecnici, in via di soluzione.

3.1 - Sismicità

Nel corso dell'ultimo mese, ad Ischia, non sono stati registrati terremoti. L'ultimo evento è avvenuto il 9/2/2014 con magnitudo pari a 1.6.

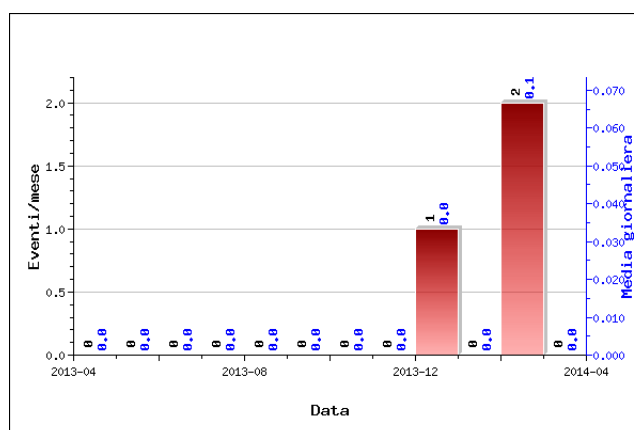


Figura 3.1.1 – A sinistra il numero di eventi registrati ad Ischia nel corso degli ultimi 12 mesi (in totale 3).

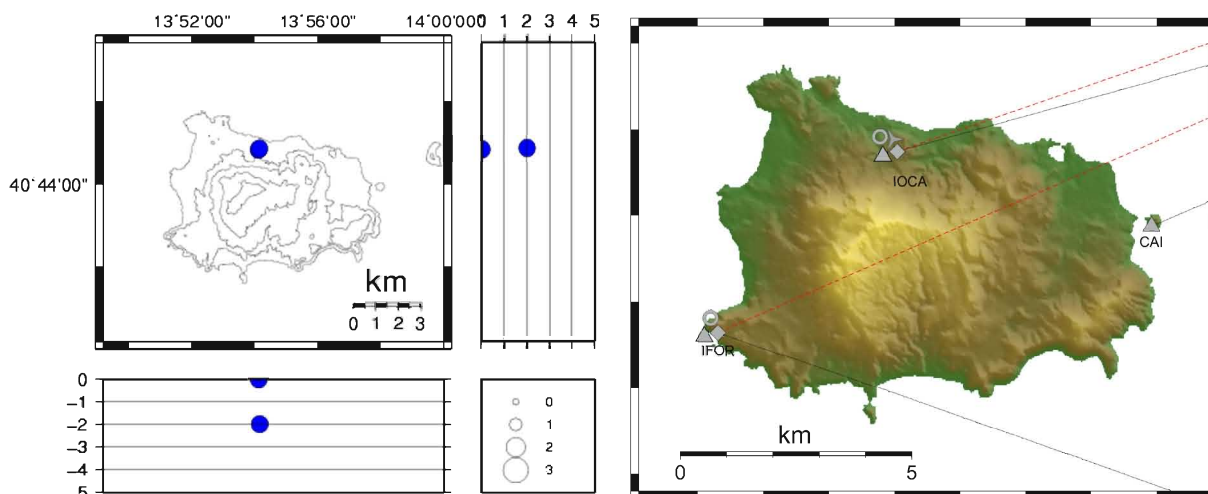


Figura 3.1.2 – Localizzazione ipocentrale degli eventi localizzati ad Ischia nel corso degli ultimi 12 mesi (in blu). La dimensione del simbolo è proporzionale alla magnitudo, come indicato nel riquadro in basso. A destra è mostrata la mappa con la rete sismica di Ischia.

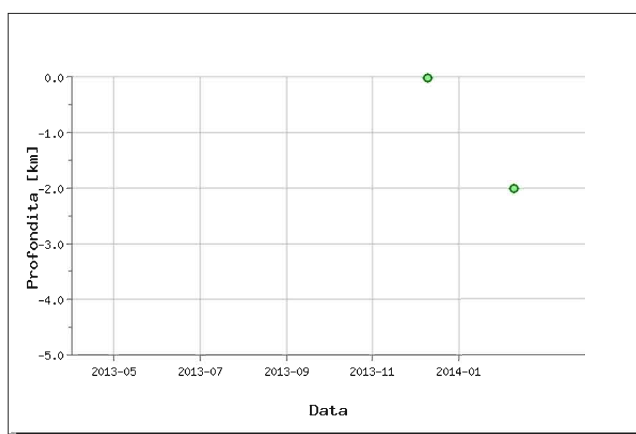


Figura 3.1.3 – Profondità ipocentrali degli eventi registrati ad Ischia nel corso degli ultimi 12 mesi.

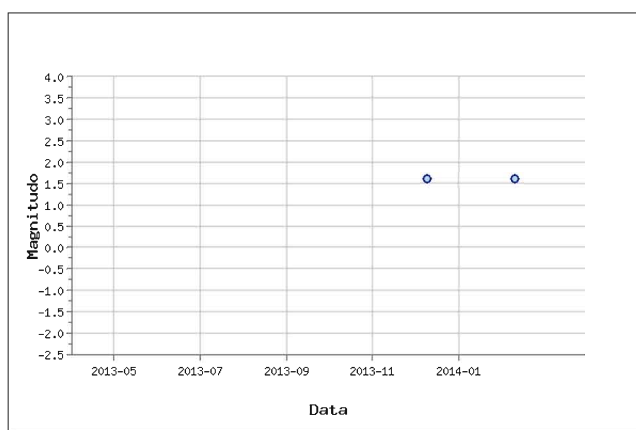


Figura 3.1.4 – Magnitudo degli eventi registrati ad Ischia nel corso degli ultimi 12 mesi.

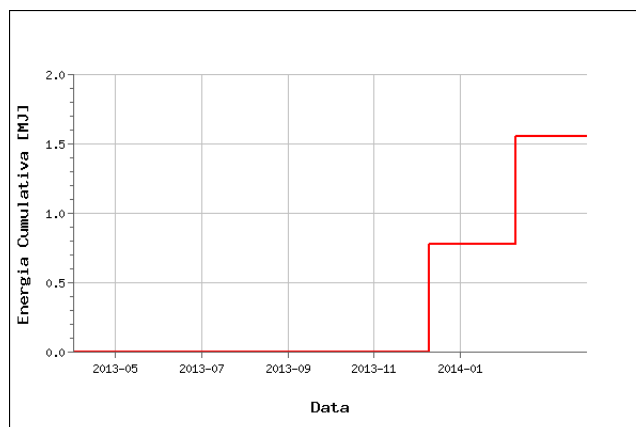


Figura 3.1.5 – Rilascio cumulativo di energia sismica ad Ischia nel corso degli ultimi 12 mesi.

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).

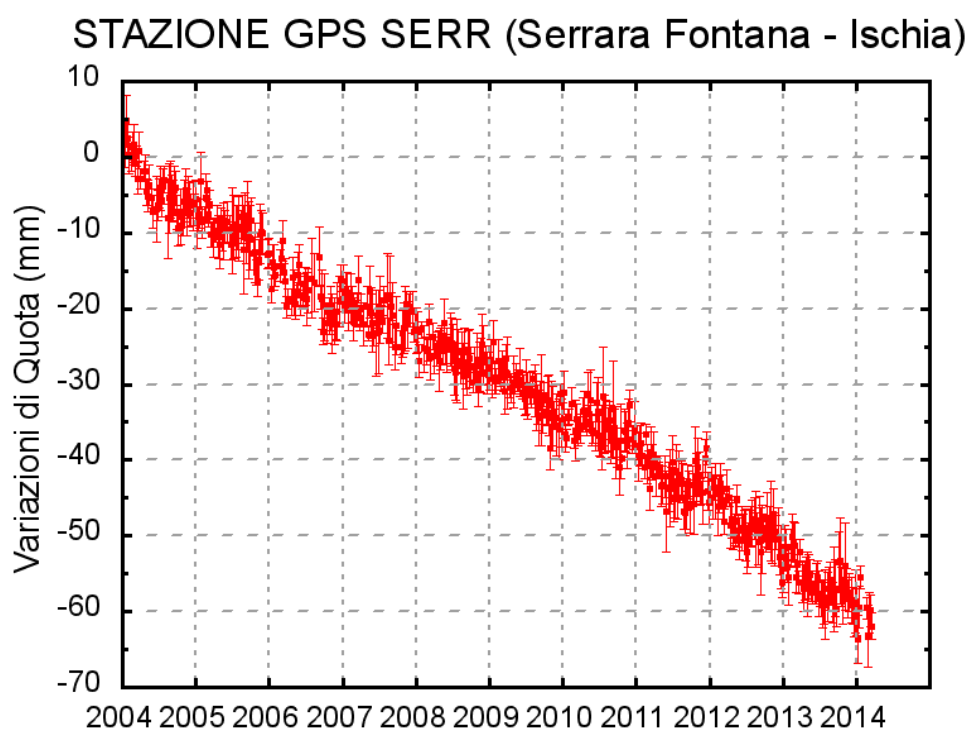


Fig. 3.2.1: Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di SERR (Ischia) dal 2004 al 31 marzo 2014

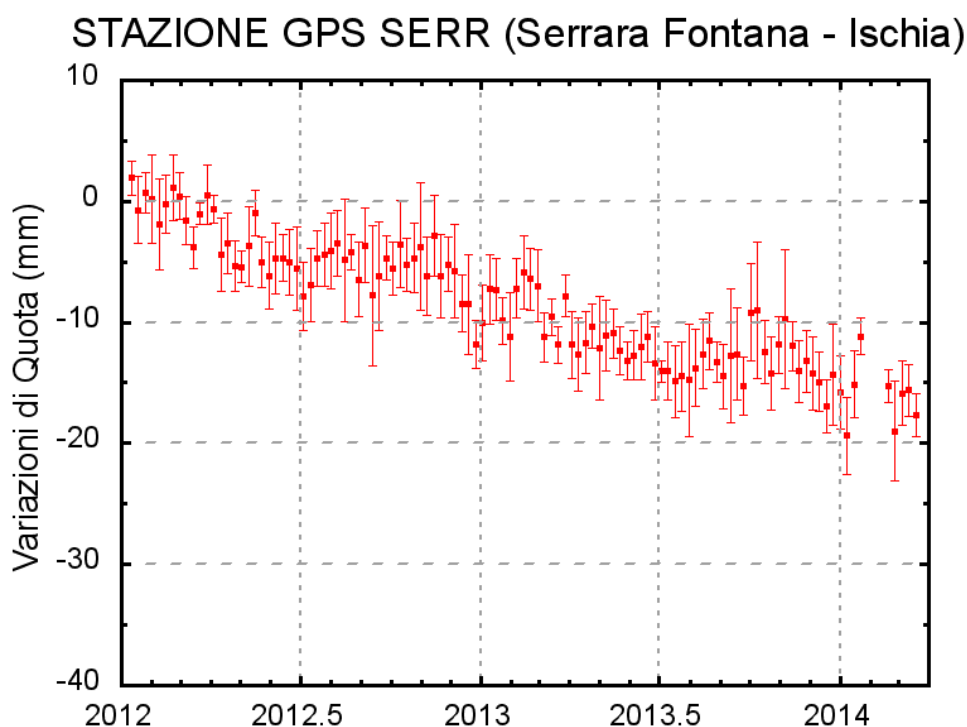


Fig. 3.2.2: Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di SERR (Ischia) dal 01 gennaio 2012 al 31 marzo 2014

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.