



Bollettino di Sorveglianza Vulcani Campani

Agosto 2014

1 – VESUVIO

Al Vesuvio permane una lieve sismicità di fondo ed un'assenza di deformazioni significative tranne per un lieve, persistente, abbassamento nell'area craterica. Non si evidenziano anomalie nei parametri geochimici rilevati nelle fumarole in area craterica.

1.1 - Sismicità

Nel corso dell'ultimo mese al Vesuvio sono stati registrati 63 terremoti (Fig. 1.1.1). E' stato possibile determinare l'ipocentro di 11 eventi. La magnitudo massima registrata è stata pari a 1.5. Non si evidenziano trend significativi nei parametri sismologici (Fig. 1.1.2, 1.1.3, 1.1.4, 1.1.5).

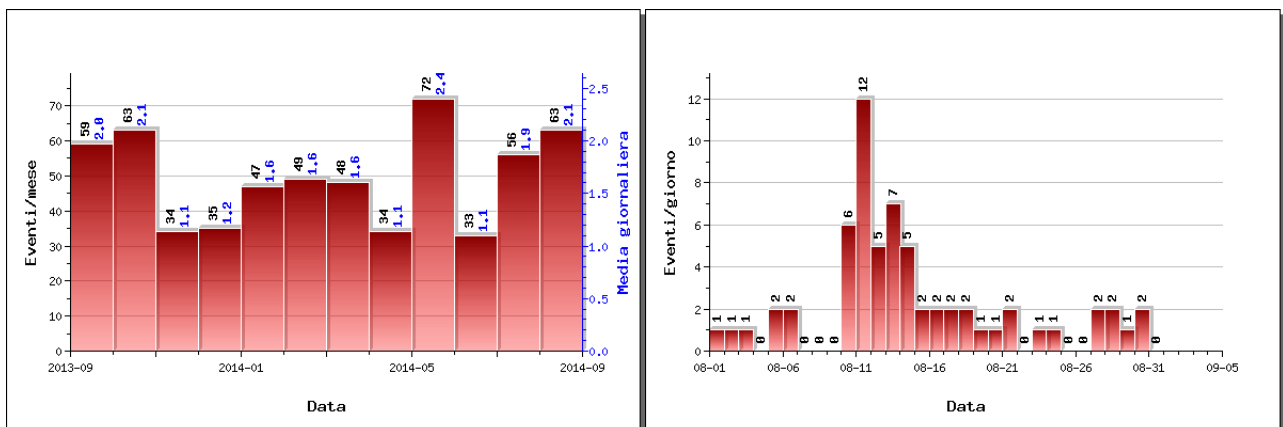


Figura 1.1.1 – A sinistra il numero di eventi registrati al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (in totale 593), mentre a destra quelli avvenuti nell'ultimo mese (in totale 63).

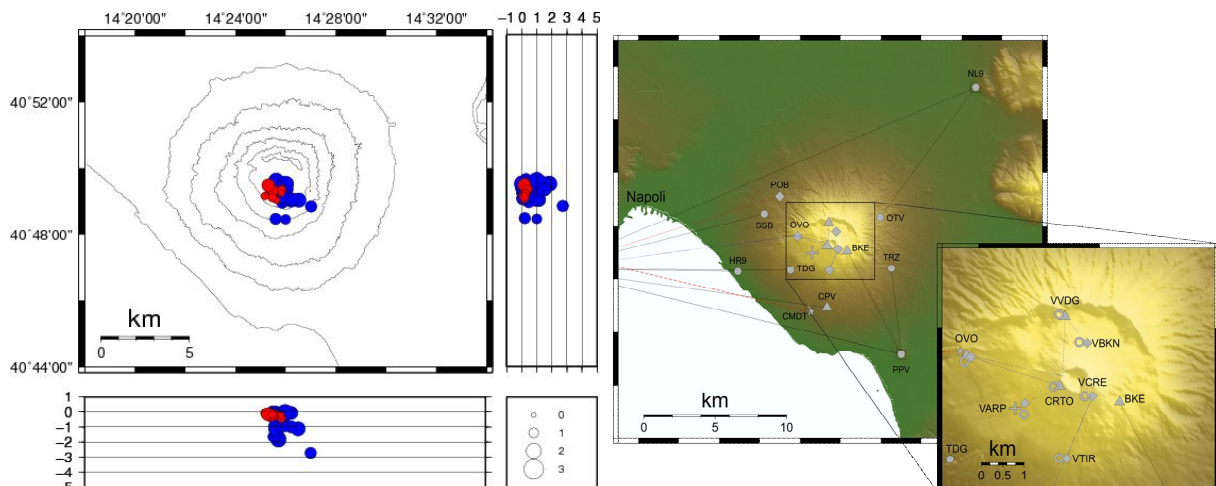


Figura 1.1.2 – Localizzazioni ipocentrali al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (in blu) e dell'ultimo mese (in rosso). La dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo, come indicato nel riquadro in basso. A destra è mostrata la mappa con la rete sismica del Vesuvio.

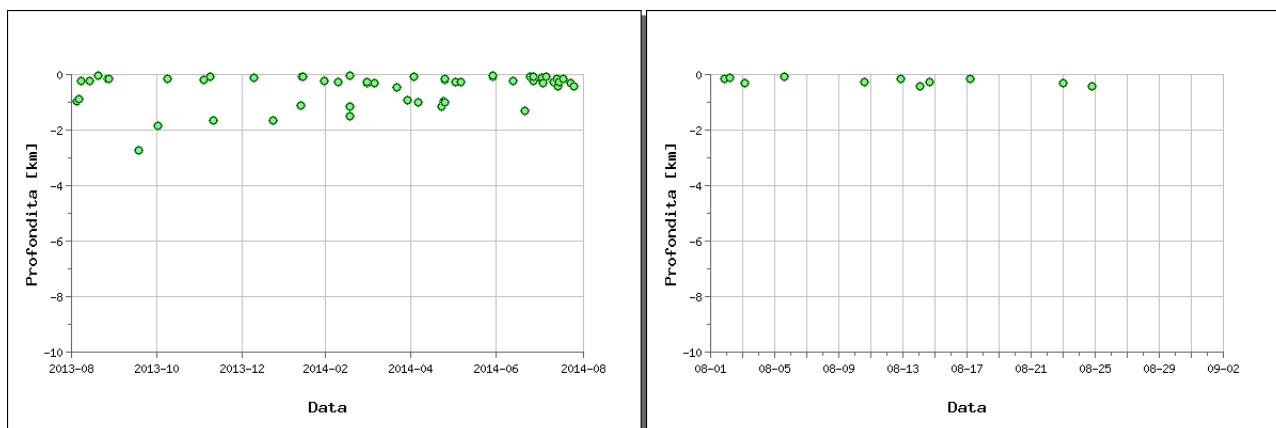


Figura 1.1.3 – Profondità ipocentrali degli eventi registrati al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

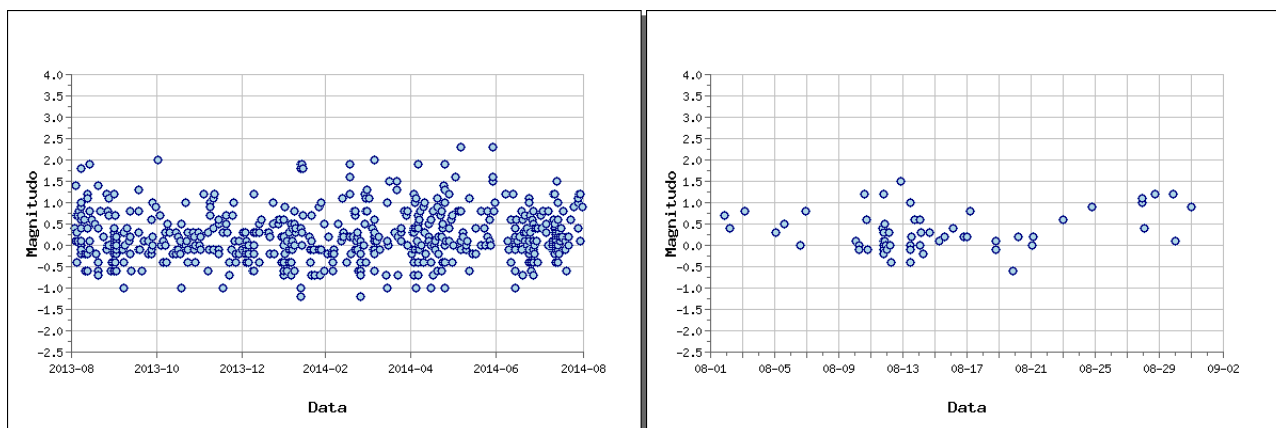


Figura 1.1.4 – Magnitudo degli eventi registrati al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

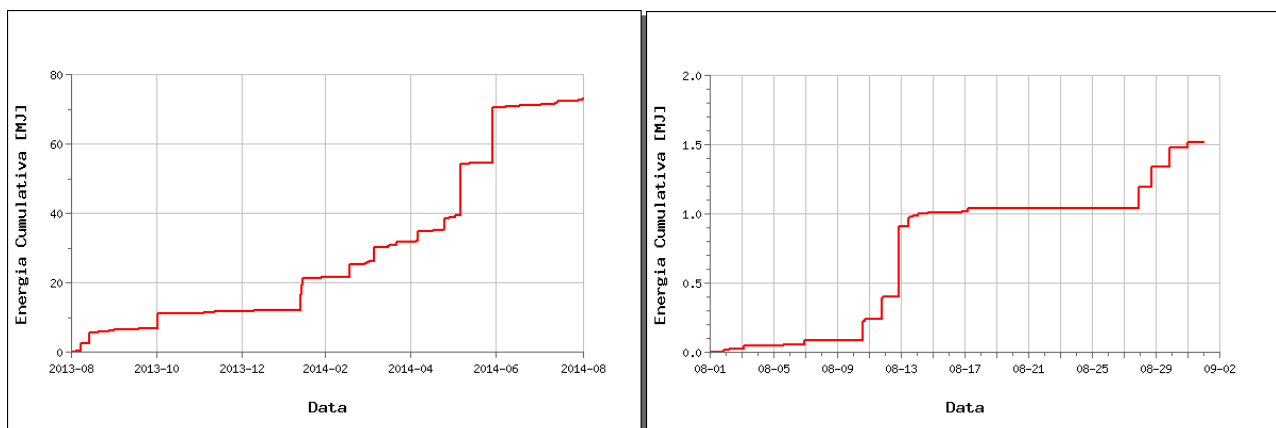


Figura 1.1.5 – Rilascio cumulativo di energia sismica al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

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.

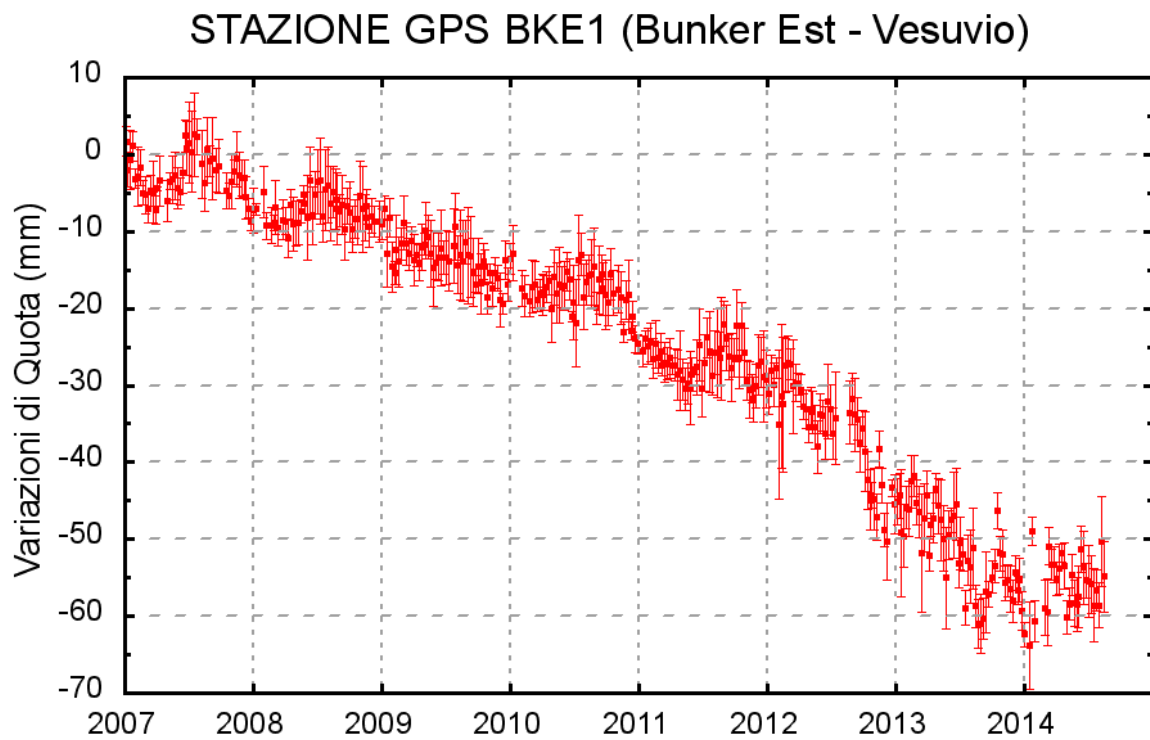


Figura 1.2.1 - Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di BKE1 (Vesuvio) dal 2007 al 31 agosto 2014

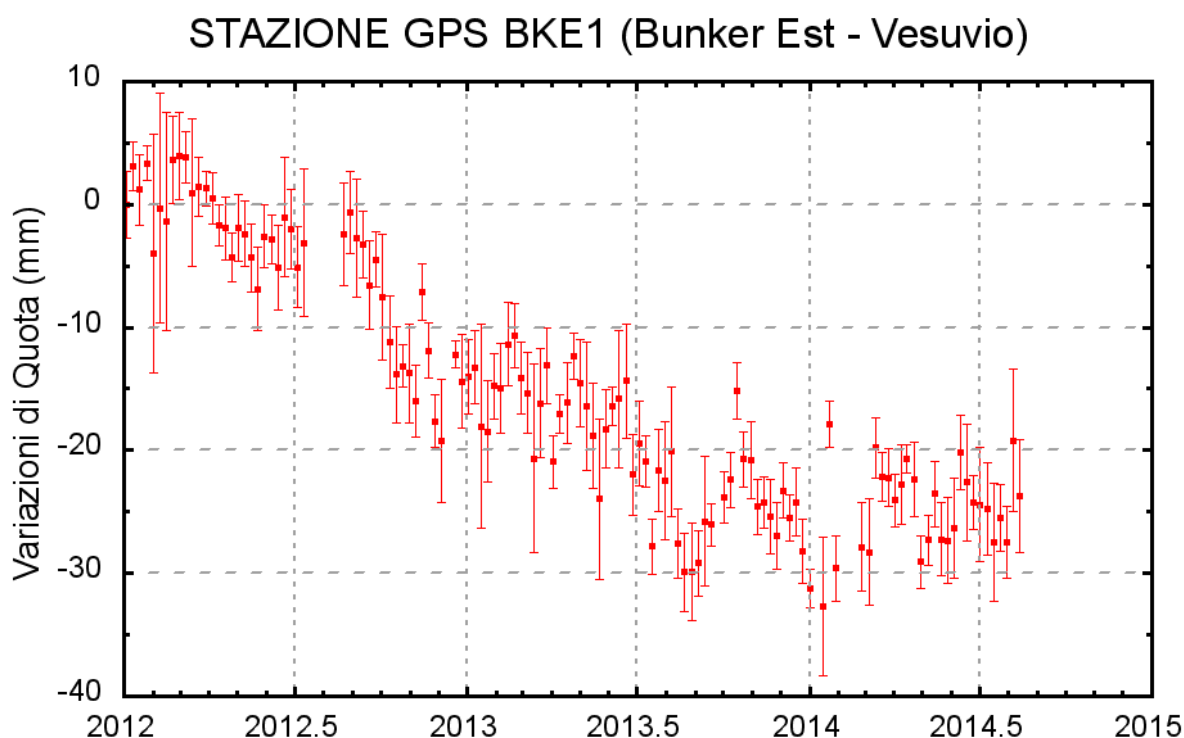


Figura 1.2.2 - Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di BKE1 (Vesuvio) dal 01 gennaio 2012 al 31 agosto 2014

1.3 – Geochimica

Nel mese di Agosto è stato eseguito il campionamento della fumarola FC2 sita sul fondo del cratere, eseguita anche nel mese di Luglio.

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 CO_2/CH_4 (Fig. 1.3.1, 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 nei mesi di Luglio ed Agosto non mostrano variazioni significative dei valori misurati rispetto ai periodi precedenti. In particolare i valori di equilibrio stimati per la temperatura e la pressione parziale 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. 1.3.2).

CONCLUSIONI

La composizione delle fumarole, relative ai campioni di Luglio ed Agosto 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.

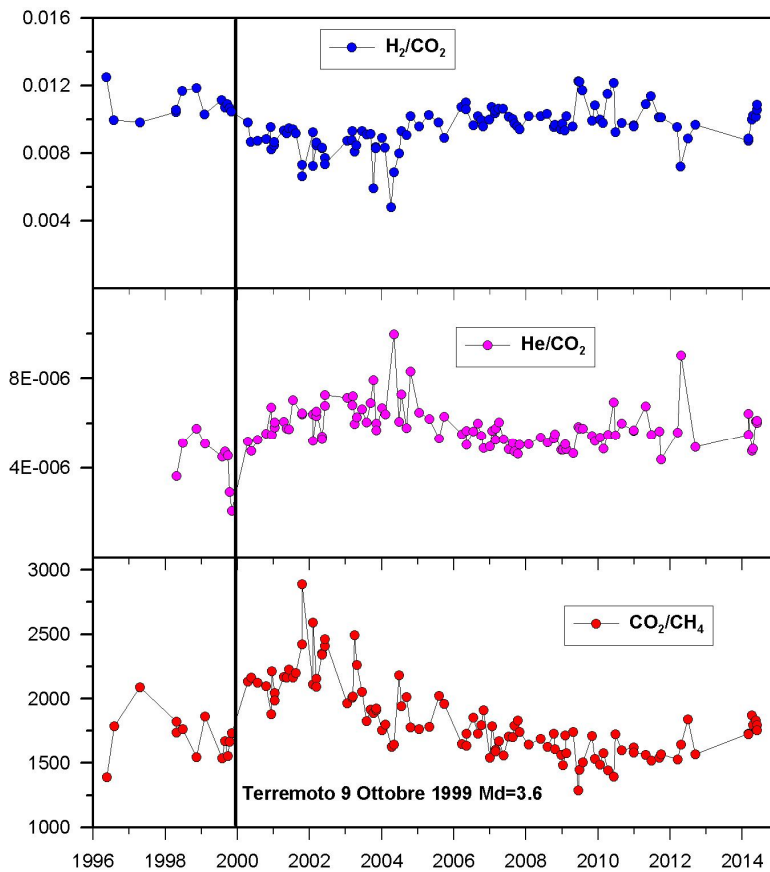


Figura 1.3.1 - Variazioni composizionali della fumarola FC2 nel periodo 1996-2014.

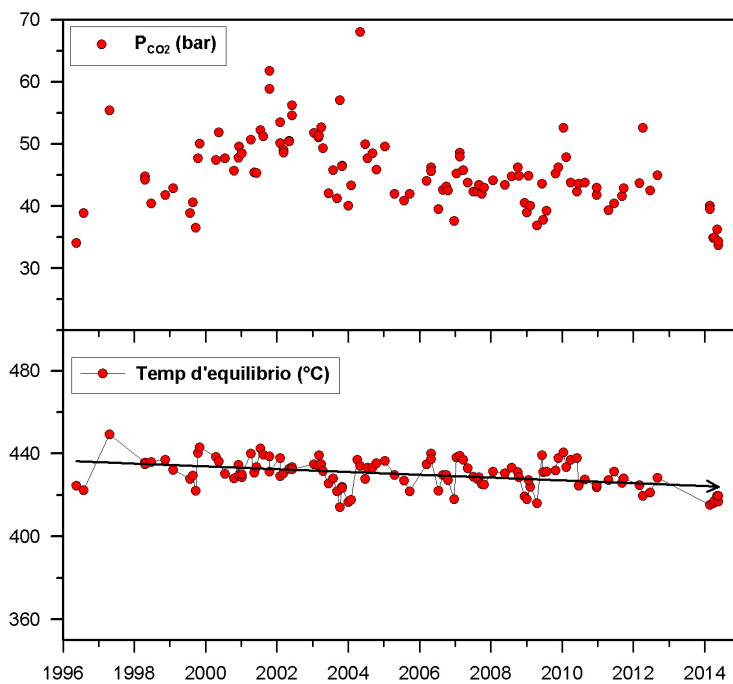


Figura 1.3.2 Cronogramma dei valori d'equilibrio della temperatura e pressione parziale di CO_2 stimati per il sistema idrotermale del Vesuvio.

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 dell'ultimo mese ai Campi Flegrei sono stati registrati 39 eventi sismici di piccola magnitudo ($M_{max}=0.8$). Dal gennaio 2014 si evidenzia un trend in sollevamento dell'area, in aumento a partire da luglio. Il sollevamento massimo registrato dall'inizio dell'anno alla stazione di RITE è di circa 3 cm, di cui circa 2 cm negli ultimi due mesi. I dati geochimici non mostrano variazioni significative della composizione dei fluidi fumarolici, rientrando nei trend già identificati in precedenza.

2.1 - Sismicità

Ai Campi Flegrei, nel corso dell'ultimo mese, sono stati registrati 39 terremoti (Fig. 2.1.1). E' stato possibile determinare l'ipocentro di 19 eventi. La magnitudo massima registrata è stata pari a 0.8. Gli ipocentri degli eventi sono localizzati nell'area compresa tra Pozzuoli e la Solfatara (Fig. 2.1.2).

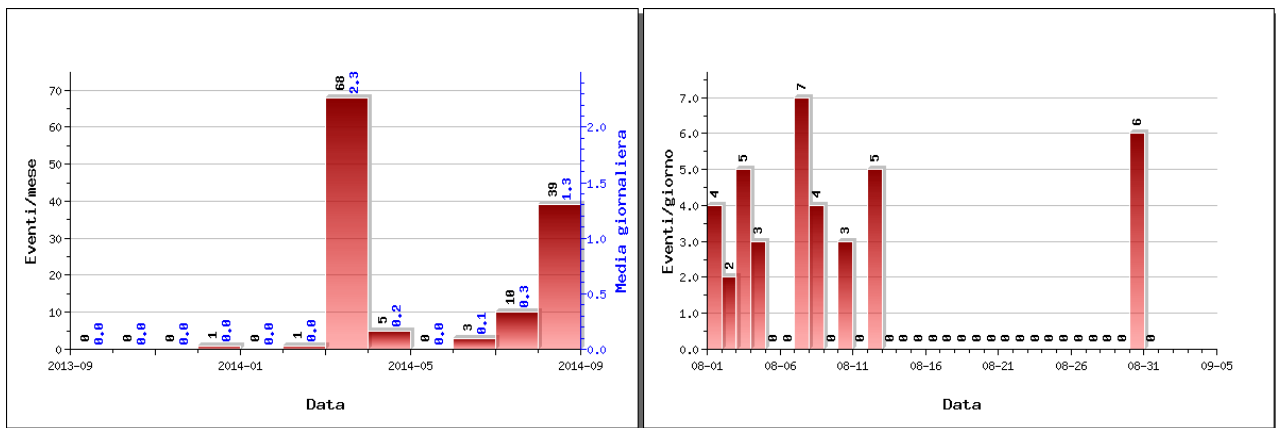


Figura 2.1.1 – A sinistra il numero di eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (in totale 127), mentre a destra quelli avvenuti nell'ultimo mese (in totale 39).

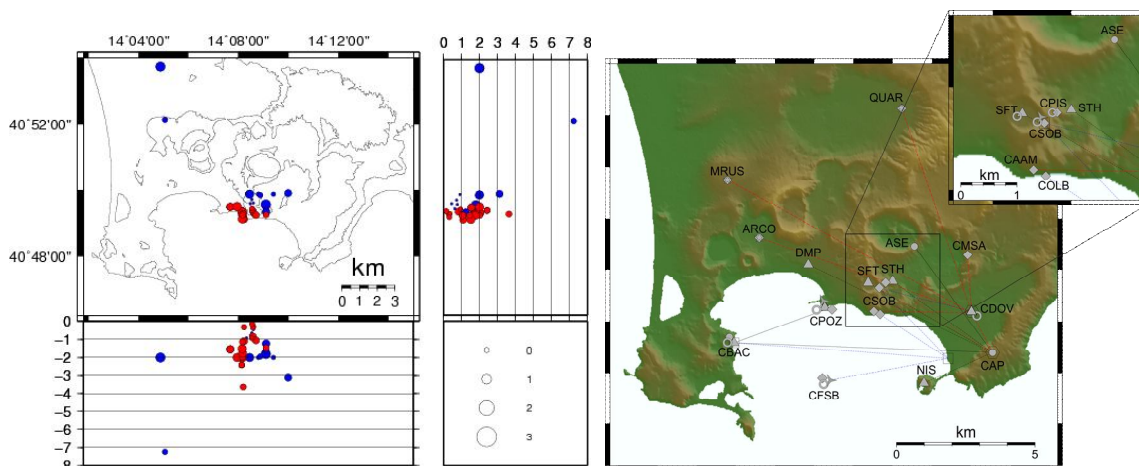


Figura 2.1.2 – Localizzazioni ipocentrali ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (in blu) e dell'ultimo mese (in rosso). La dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo, come indicato nel riquadro in basso. A destra è mostrata la mappa con la rete sismica dei Campi Flegrei.

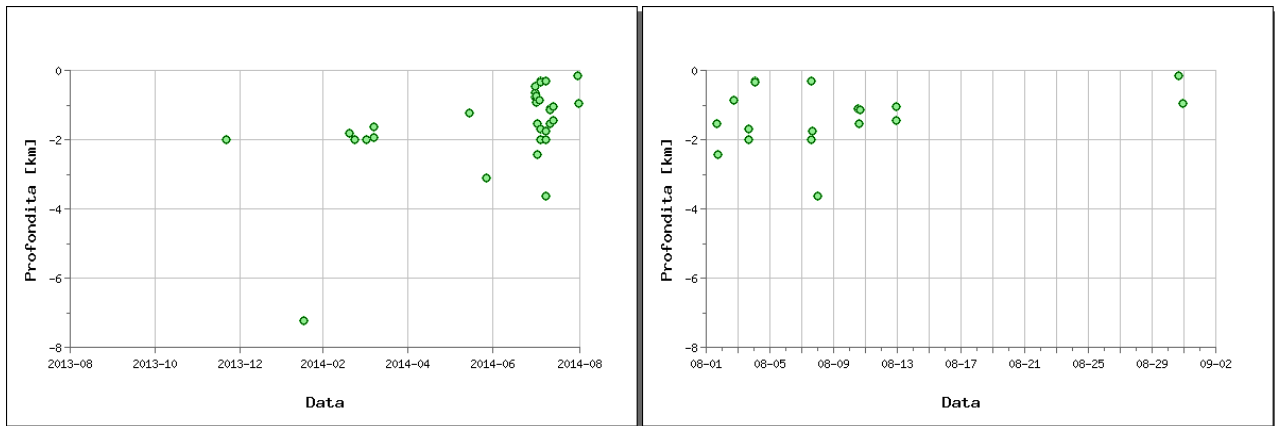


Figura 2.1.3 – Profondità ipocentrali degli eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

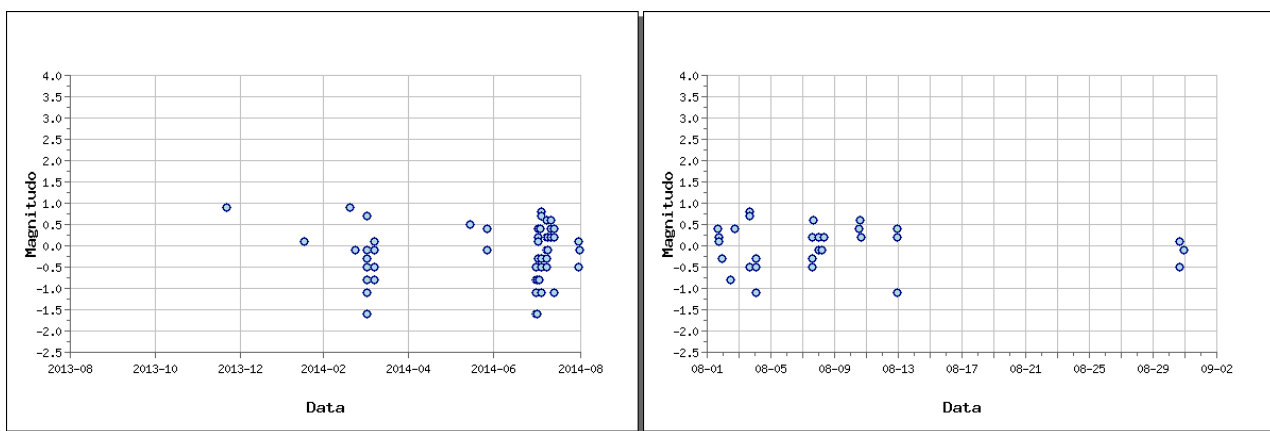


Figura 2.1.4 – Magnitudo degli eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

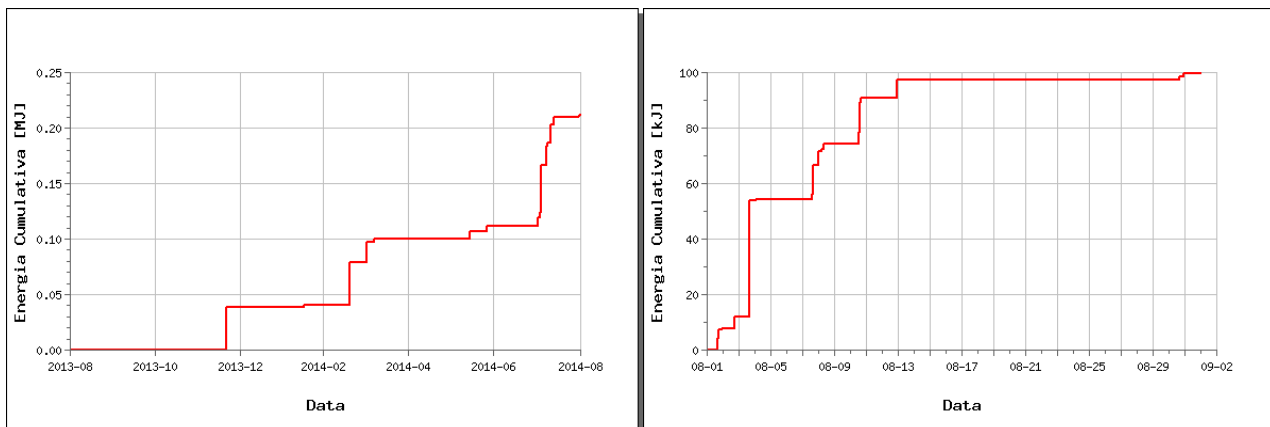


Figura 2.1.5 – Rilascio cumulativo di energia sismica ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

2.2 - Deformazioni del Suolo

Dal gennaio 2014 si evidenzia un trend in sollevamento dell'area, in aumento a partire da luglio (Fig. 2.2.1). Il sollevamento massimo registrato dall'inizio dell'anno alla stazione di RITE è di circa 3 cm, di cui circa 2 cm negli ultimi due mesi (Fig. 2.2.2). Anche la variazione di lunghezza della baseline ACAE-ARFE mostra un incremento a partire da luglio (Fig. 2.2.3)

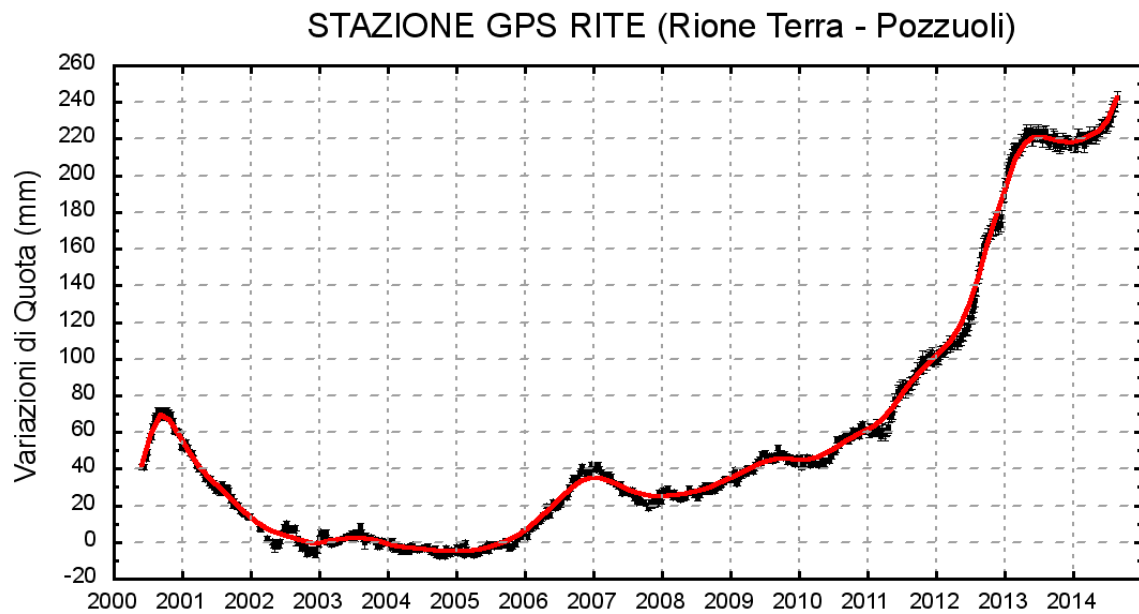


Figura 2.2.1 - Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di RITE (Pozzuoli) dal 2000 al 31 agosto 2014

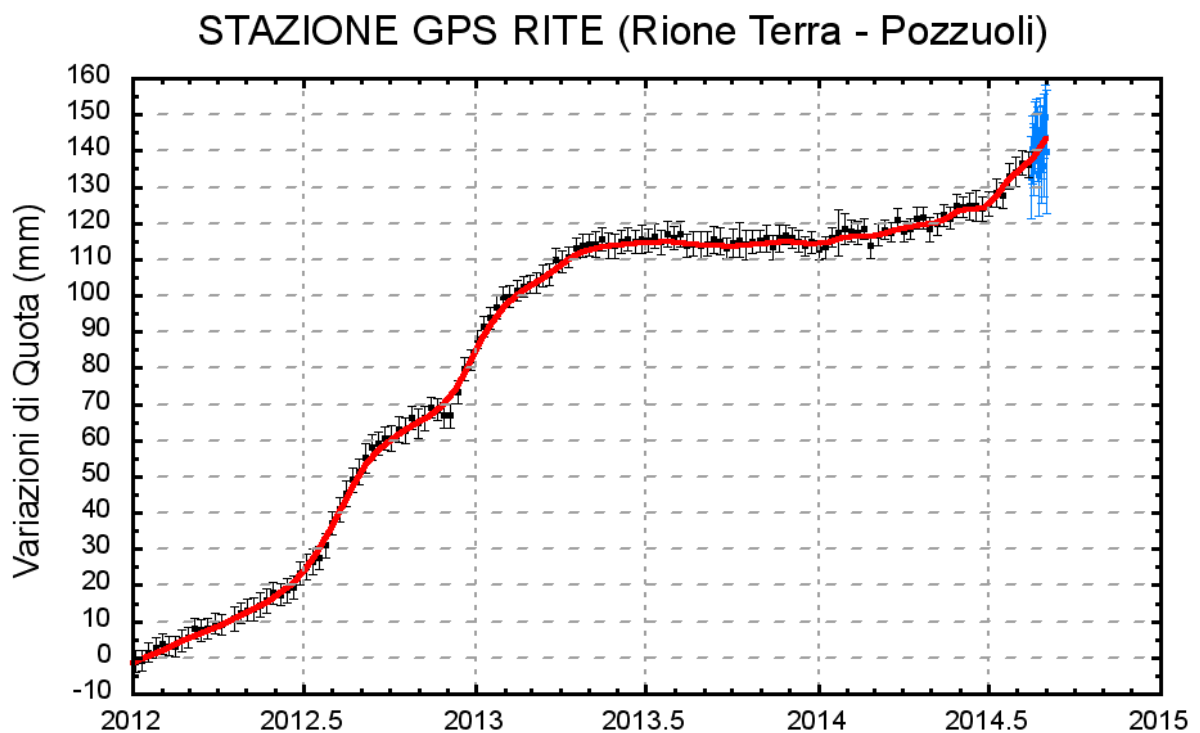


Figura 2.2.2 - Serie temporale delle variazioni in quota della stazione di RITE (Pozzuoli) dal 01 gennaio 2012 al 01 settembre 2014

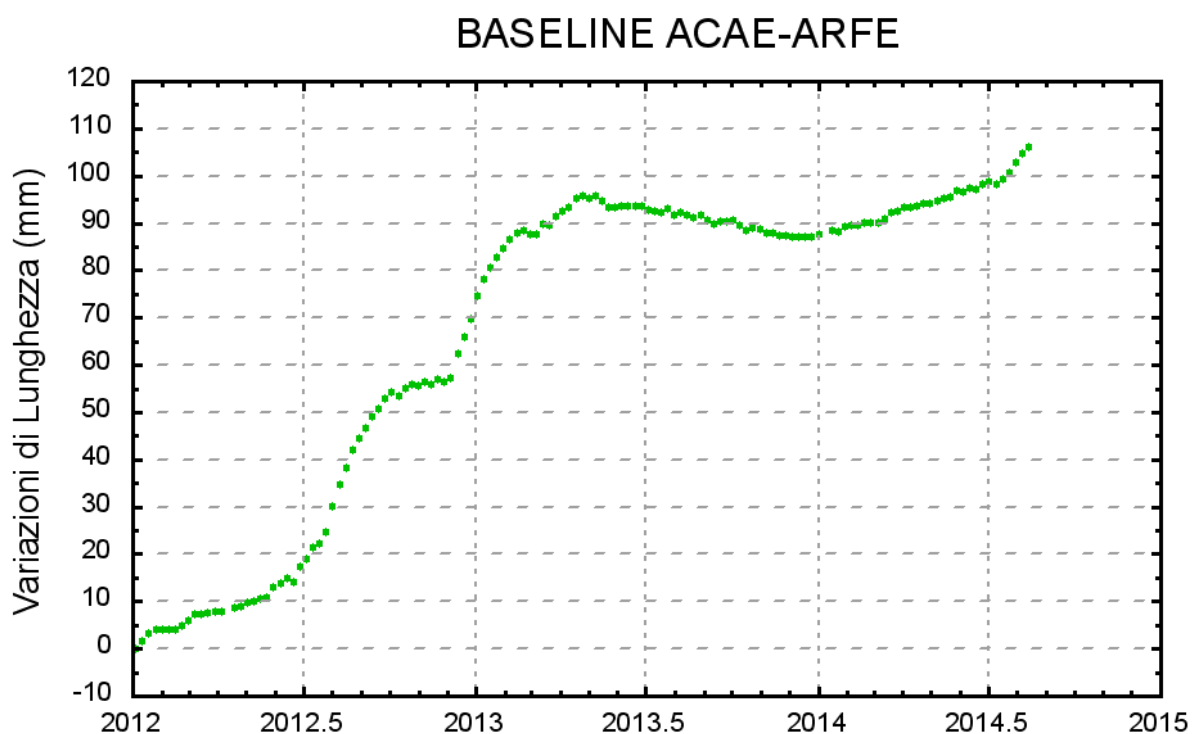


Figura 2.2.3 - Serie temporale delle variazioni in lunghezza della baseline ACAE (Accademia Aeronautica) – ARFE (Arcofelice) dal 01 gennaio 2012 al 23 agosto 2014.

2.2 – Geochimica dei Fluidi

L'attività di monitoraggio svolta nel mese di Agosto ha riguardato: l'acquisizione in continuo di dati di flusso di CO₂ dal suolo e della temperatura della fumarola principale a Pisciarelli; l'acquisizione in continuo di dati di flusso di CO₂ dal suolo nel cratere della Solfatara; misure di flusso di CO₂ 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 et al., (2009; 2010; 2011; 2012), ai quali si rimanda per approfondimento.

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

Il rapporto CO₂/H₂O delle fumarole della Solfatara, il cui aumento, è interpretabile come un incremento nella componente di derivazione magmatica nei fluidi fumarolici (Caliro et al., 2007), nel periodo di riferimento si è mantenuto su valori elevati (Fig. 2.3.1).

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_{CO2} d'equilibrio stimata all'interno del sistema gassoso H₂O-H₂-CO₂-CO (Chiodini et al., 2011) sta aumentando dal 2007 (Fig. 2.3.2). L'aumento della stima della p_{CO2} 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 rapporto CO_2/CH_4 (Fig. 2.3.4) mostra picchi positivi, interpretabili come dovuti all'arrivo di fluidi magmatici ossidanti, e a basso contenuto in CH_4 , nel sistema idrotermale (Chiodini 2009; 2012). 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 i dati sono assimilabili alla fase finale di un picco del rapporto CO_2/CH_4 , precedentemente identificato. Per maggiori dettagli su tale processo si rimanda ad uno specifico lavoro scientifico (Chiodini et al., 2012).

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 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 delle temperature della fumarola di Pisciarelli, che nel mese di Luglio ha raggiunto i 115.7 °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 CO_2 dal suolo, misurati in continuo dalla stazione FLXOV3 (Fig 2.3.8), mostrano un nuovo incremento dopo la diminuzione registrata nei mesi di Aprile - Maggio 2014.

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_2/CH_4 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

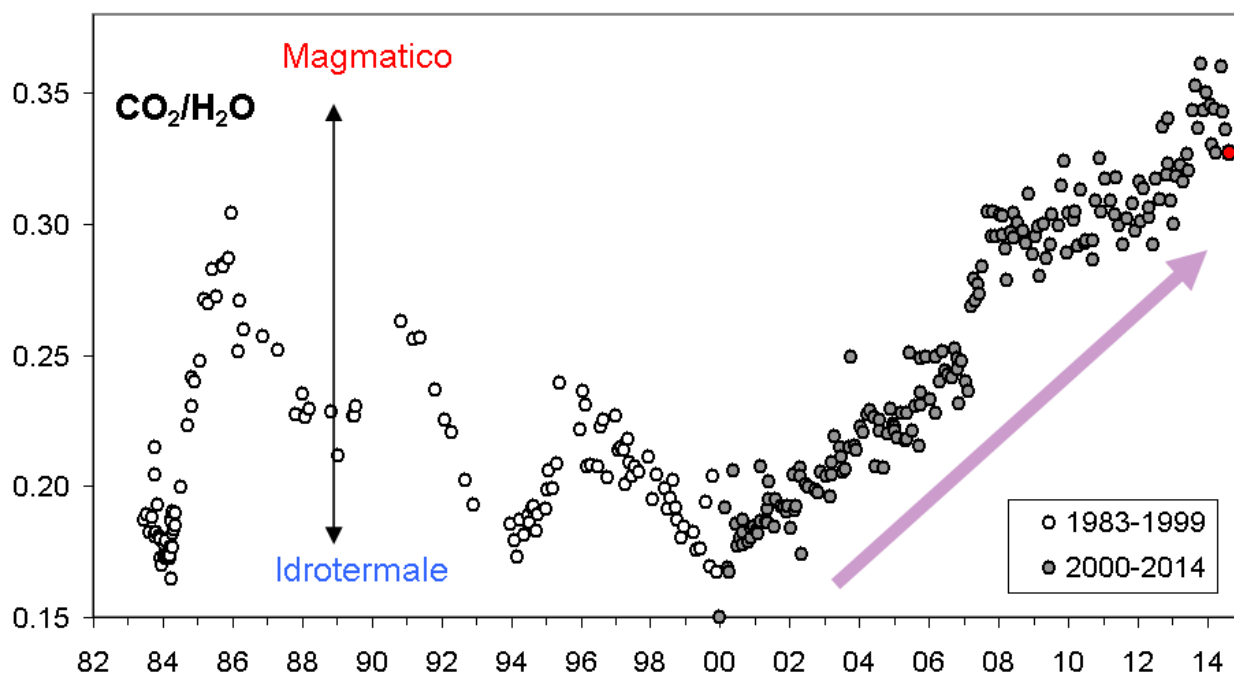


Figura 2.3.1 - Cronogramma del rapporto $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ per la fumarola BG. In grigio sono riportati i dati a partire dal 2000, quando è iniziato un trend d'aumento del rapporto $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$, indicativo di una crescente frazione della componente magmatica nei fluidi fumarolici. In rosso è evidenziato il campione di Agosto 2014.

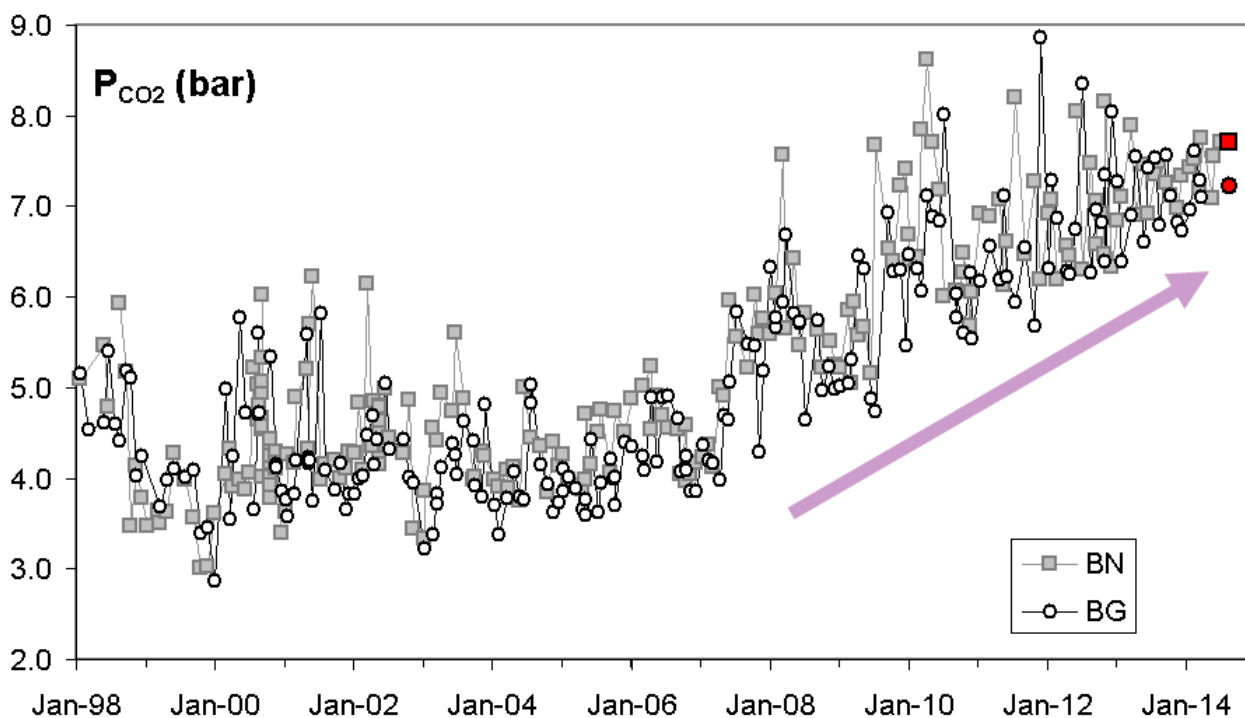


Figura 2.3.2 - Cronogramma della pressione di CO_2 d'equilibrio stimata nel sistema $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{H}_2-\text{CO}$ per le fumarole BG e BN. In rosso sono evidenziati i dati relativi agli ultimi campioni analizzati (Agosto 2014).

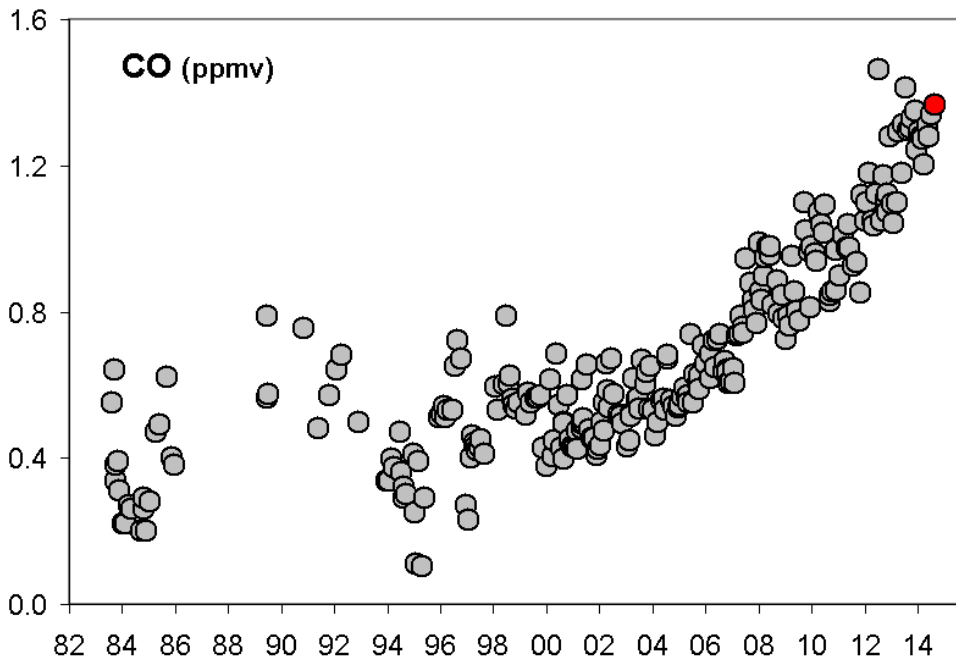


Fig. 2.3.3 – Variazioni della concentrazione di monossido di carbonio (CO) misurato alla fumarola BG a partire dal 1983. In rosso è evidenziato il campione relativo al mese di Agosto 2014. In generale alti contenuti di CO caratterizzano sistemi vulcanici ad elevata temperatura mentre fumarole alimentate 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.

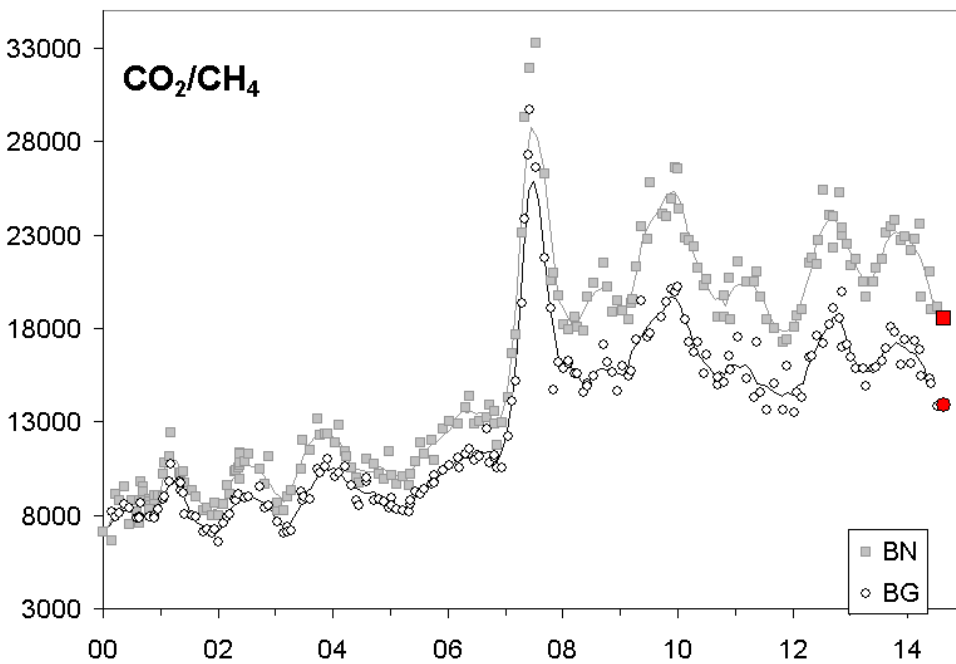


Figura 2.3.4 – Variazioni del rapporto CO₂/CH₄ per le fumarole BG e BN a partire dal 2000. I picchi nel rapporto, registrati in superficie con circa un anno di ritardo, evidenziano episodi di degassamento magmatico occorsi ai Campi Flegrei (Chiodini et al., 2012). In rosso sono evidenziati i valori relativi ai campioni di Agosto 2014.

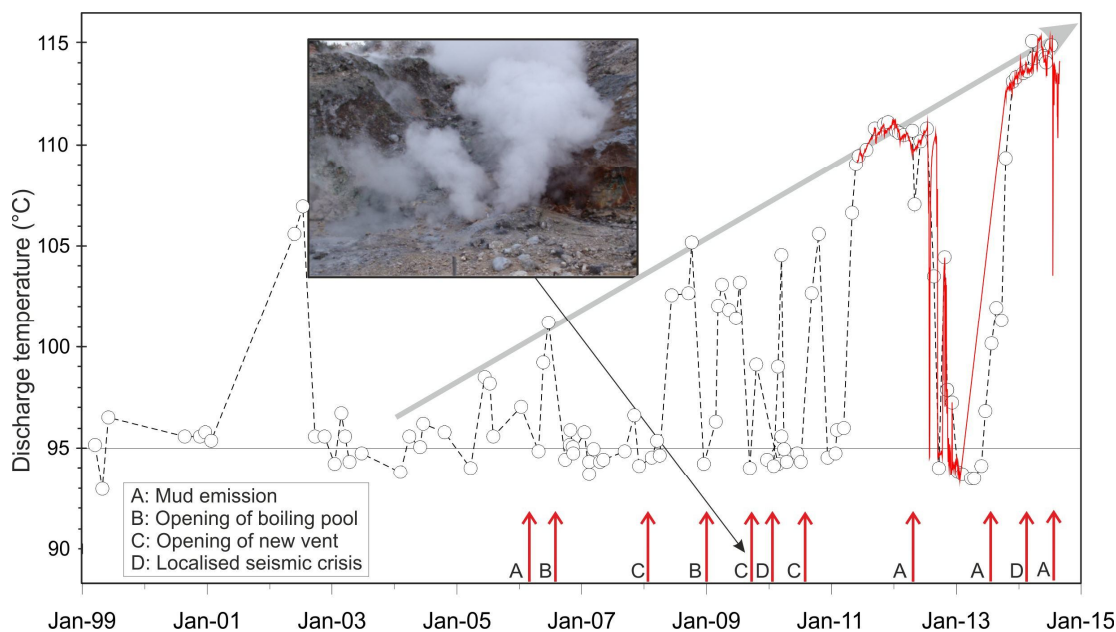


Figura 2.3.6 - Cronogramma delle temperature (°C) della fumarola di Pisciarelli e dei maggiori eventi occorsi legati all'aumento dell'attività idrotermale (i cerchi si riferiscono a misure discrete, la linea rossa si riferisce alle medie giornaliere delle misure in continuo). La temperatura di 95°C rappresenta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

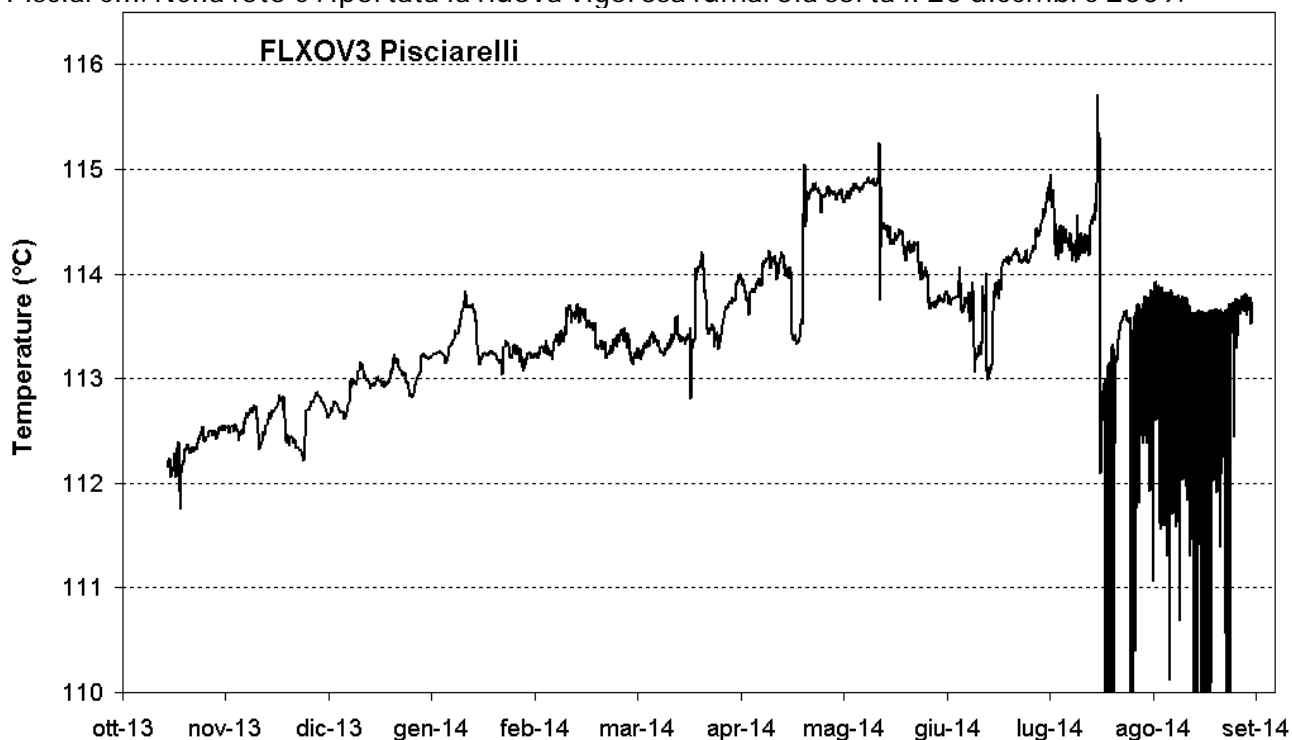


Figura 2.3.7 - Dettaglio delle temperature registrate in continuo della fumarola di Pisciarelli. È da evidenziare il continuo trend d'aumento della temperatura che a Luglio ha superato i 115.7 °C.



Figura 2.3.8 - Medie giornaliere (linea) e medie mensili (cerchi) dei flussi di CO₂ misurati a Pisciarelli (FLXOV3). La media mensile dei flussi relativa al mese di Agosto 2014 è riportata con il simbolo rosso. I flussi di CO₂ dal suolo mostrano un lieve aumento rispetto ai mesi precedenti.

3 – ISCHIA

Ad Ischia nel corso del mese di agosto 2014 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 4/7/2014 con magnitudo pari a 1.2.

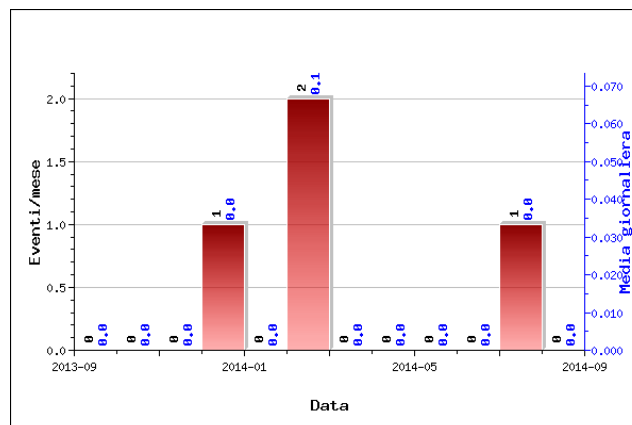


Figura 3.1.1 – Numero di eventi registrati ad Ischia nel corso degli ultimi 12 mesi (in totale 4).

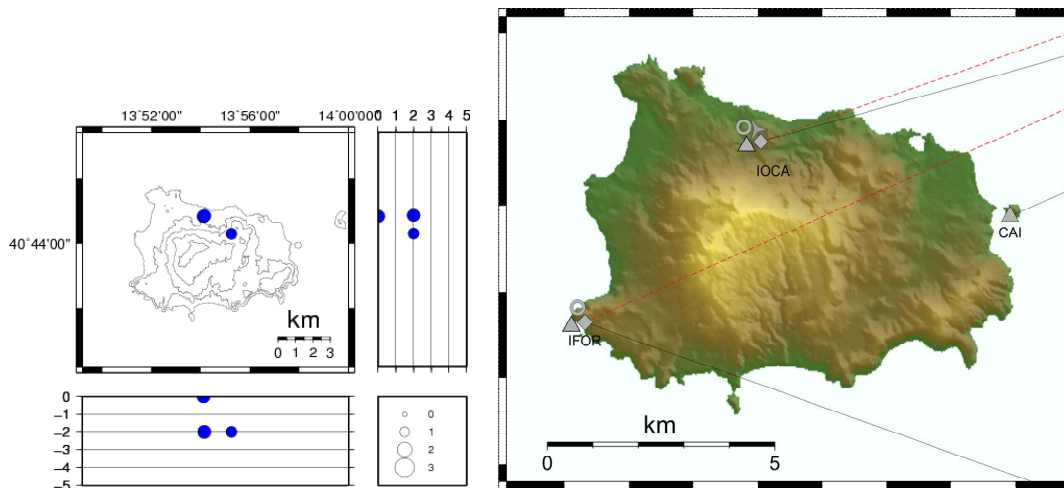


Figura 3.1.2 – Localizzazione ipocentrale degli eventi localizzati ad Ischia nel corso degli ultimi 12 mesi. La dimensione del simbolo è proporzionale alla magnitudo, come indicato nel riquadro in basso. A destra è mostrata la mappa con la rete sismica di Ischia.

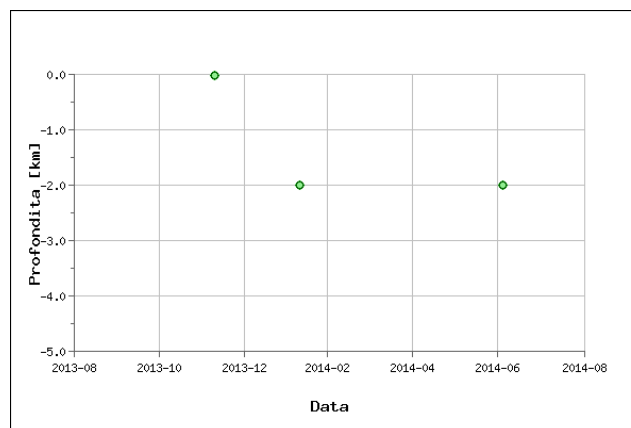


Figura 3.1.3 – Profondità ipocentrali degli eventi registrati ad Ischia nel corso degli ultimi 12 mesi.

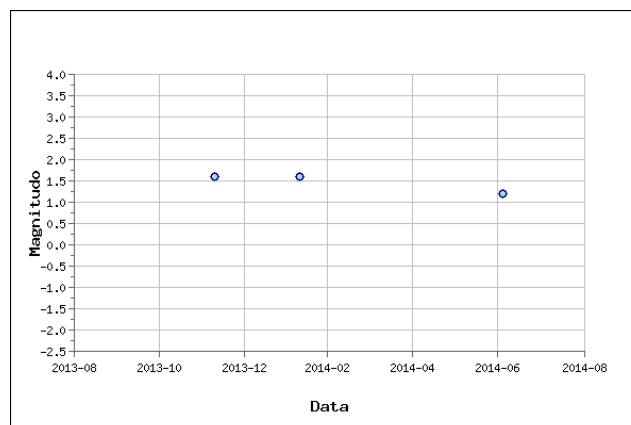


Figura 3.1.4 – Magnitudo degli eventi registrati ad Ischia nel corso degli ultimi 12 mesi.

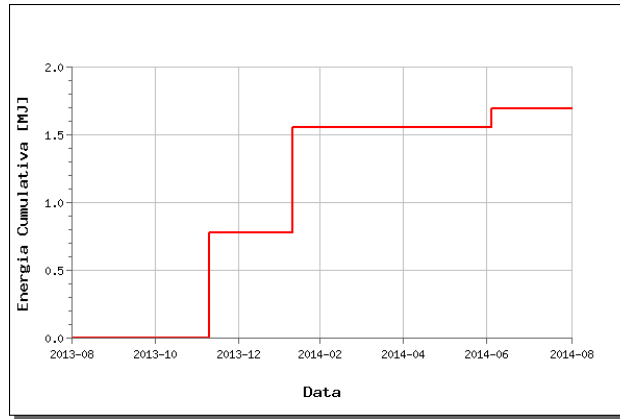


Figura 3.1.5 – Rilascio cumulativo di energia sismica ad Ischia nel corso degli ultimi 12 mesi.

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).

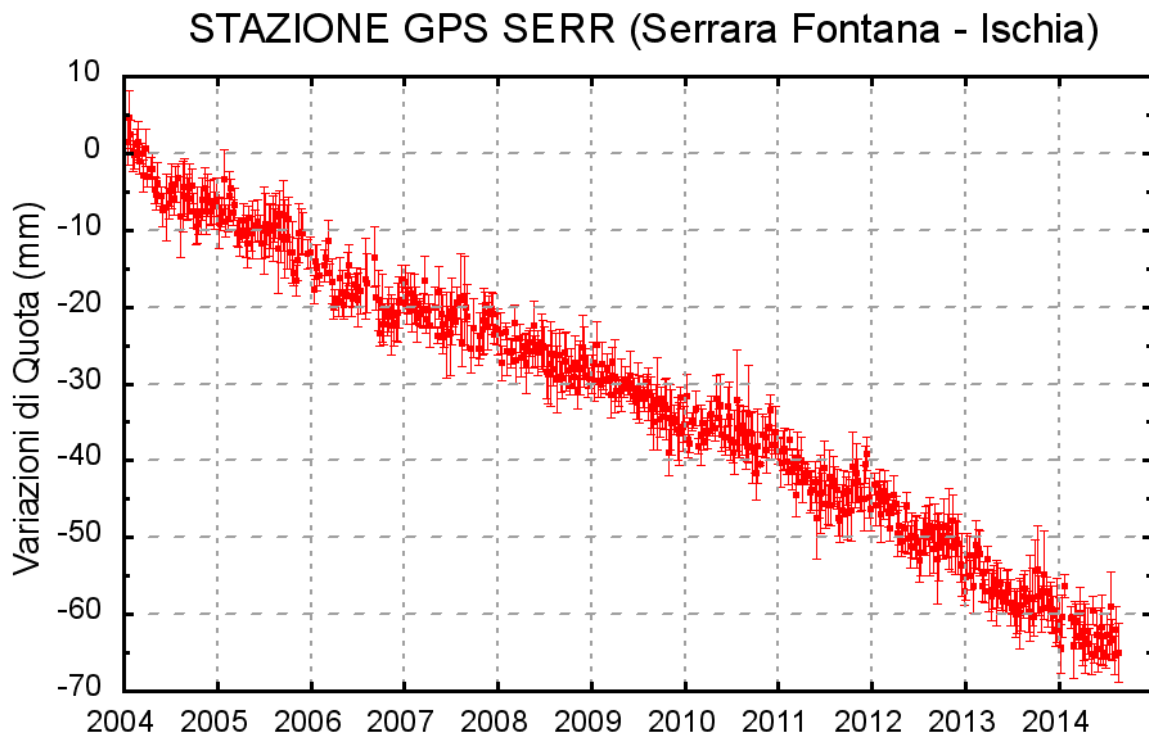


Figura 3.2.1 - Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di SERR (Ischia) dal 2004 al 31 agosto 2014

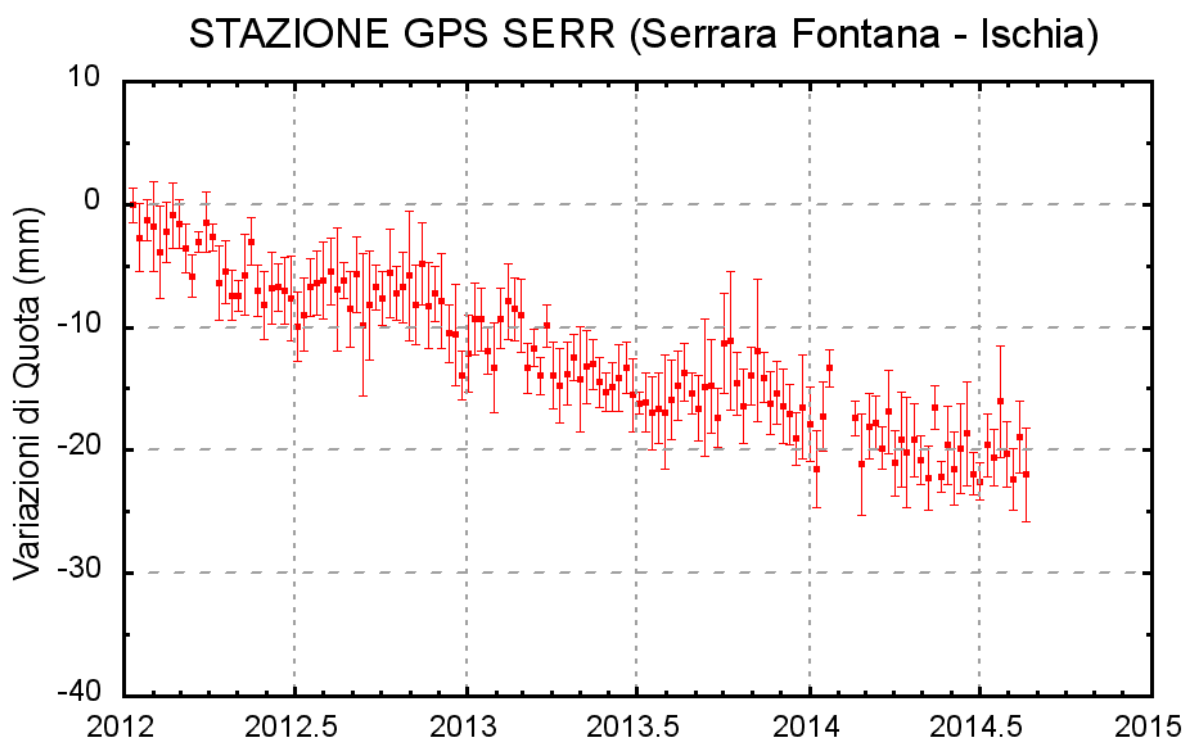


Figura 3.2.2 - Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di SERR (Ischia) dal 01 gennaio 2012 al 31 agosto 2014

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.