ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

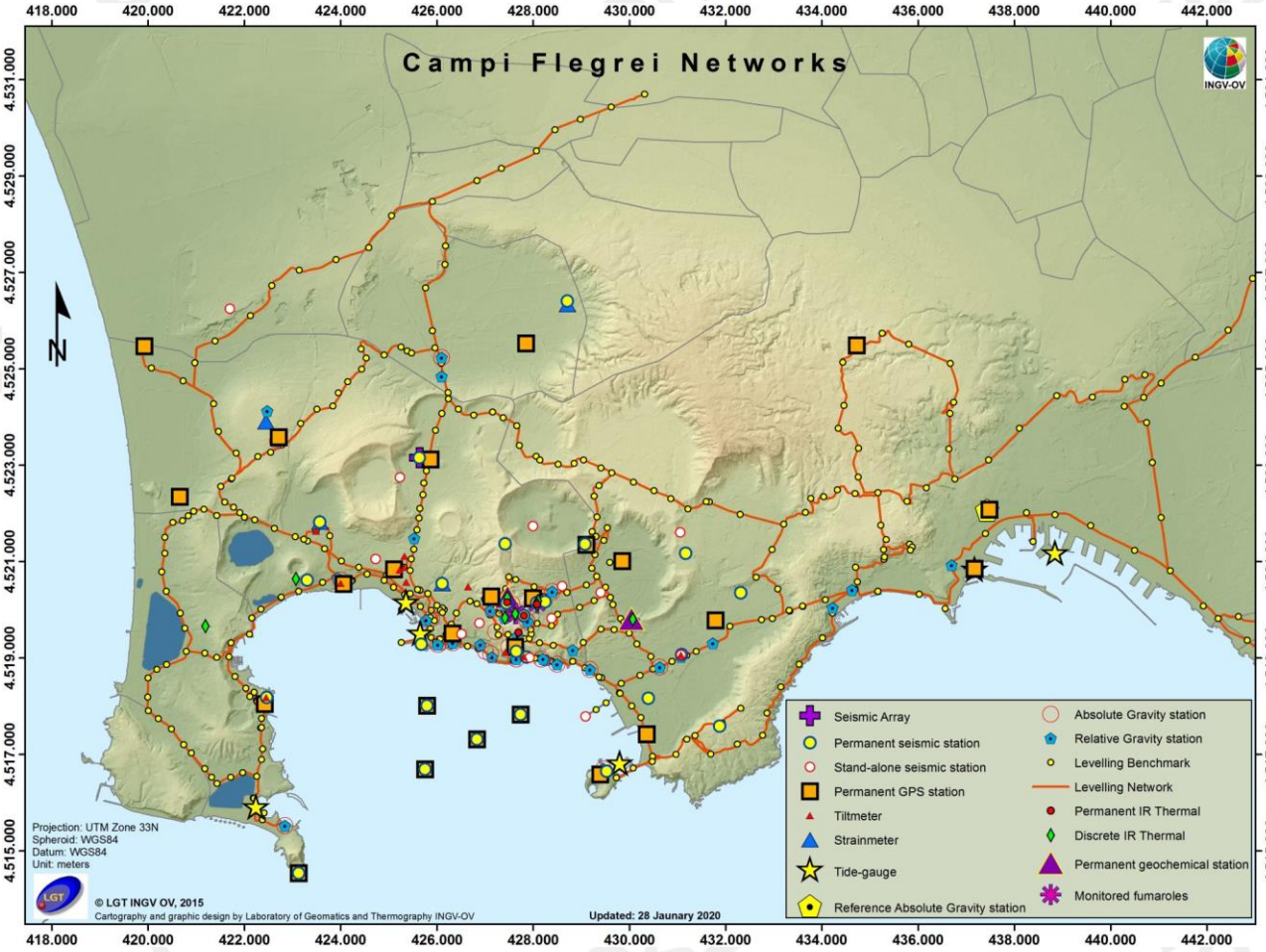
PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

Bollettino di Sorveglianza

CAMPI FLEGREI

SETTEMBRE 2021

*A cura della Sezione di Napoli | **OSSERVATORIO VESUVIANO***



SEZIONE DI NAPOLI
OSSERVATORIO
VESUVIANO

Via Diocleziano, 328 | 80124 Napoli | Italia | tel. +39.0816108483 | fax +39.0816100811
www.ov.ingv.it | aoo.napoli@pec.ingv.it | www.ingv.it

1. SISMOLOGIA

La Rete Sismica Permanente dei Campi Flegrei è mostrata in Figura 1.1 ed è costituita da 26 stazioni terrestri e marine. L'infrastruttura marina permanente di monitoraggio e ricerca multi-parametrica sperimentale che opera nel Golfo di Pozzuoli, denominata MEDUSA (http://portale.ov.ingv.it/medusa/), è costituita da 4 boe geodetiche (CFBA, CFBB, CFBC e CFSB) ed altrettanti moduli sottomarini, equipaggiati con strumentazione geofisica, oceanografica e multi-disciplinare.

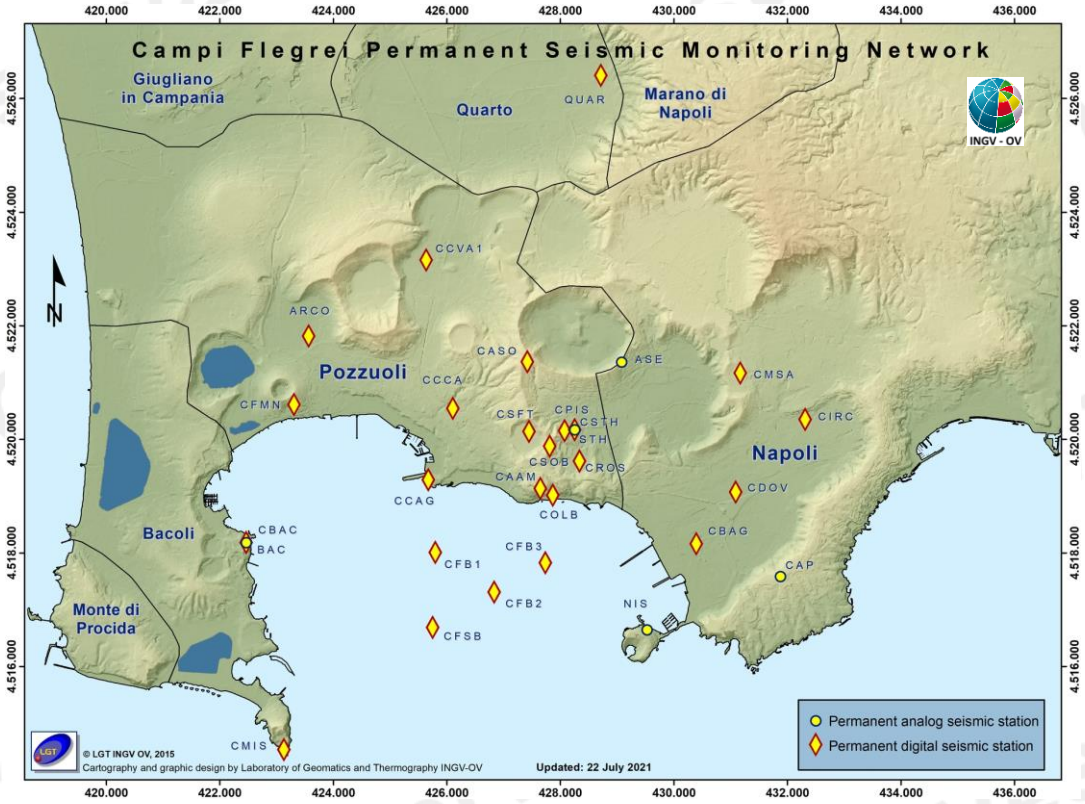


Figura 1.1 *- Mappa della Rete Sismica Permanente dei Campi Flegrei.*

Nel corso del mese di settembre 2021, ai Campi Flegrei, sono stati registrati 128 terremoti di bassa energia (M_{dmax}=0.9±0.3; evento del 01/09/2021 alle ore 06:41 UTC) (Fig. 1.2).

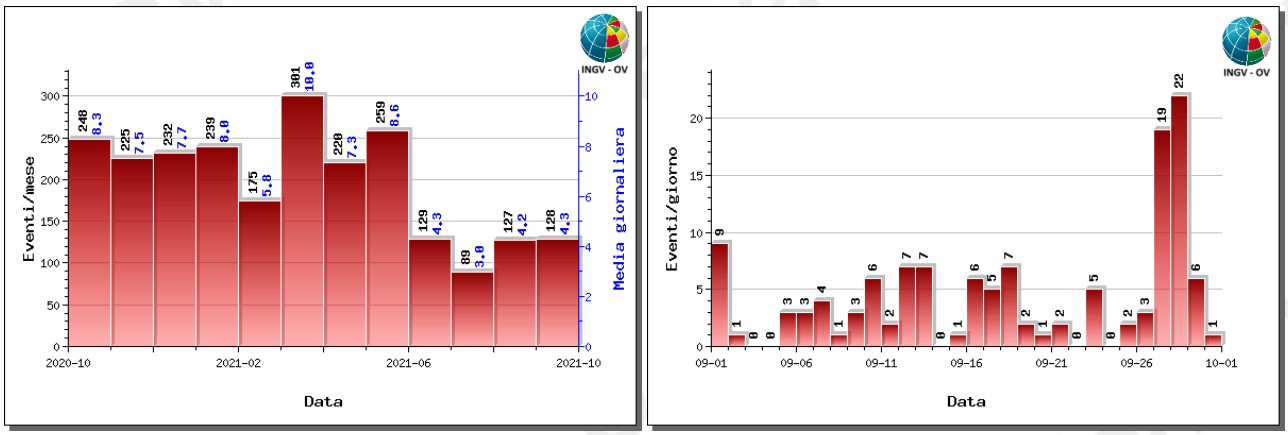


Figura 1.2 *- A sinistra numero di eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (in totale 2372), mentre a destra quelli avvenuti nell'ultimo mese (in totale 128).*

È stato possibile determinare i parametri ipocentrali di 66 degli eventi registrati, le cui localizzazioni sono mostrate in Figura 1.3.

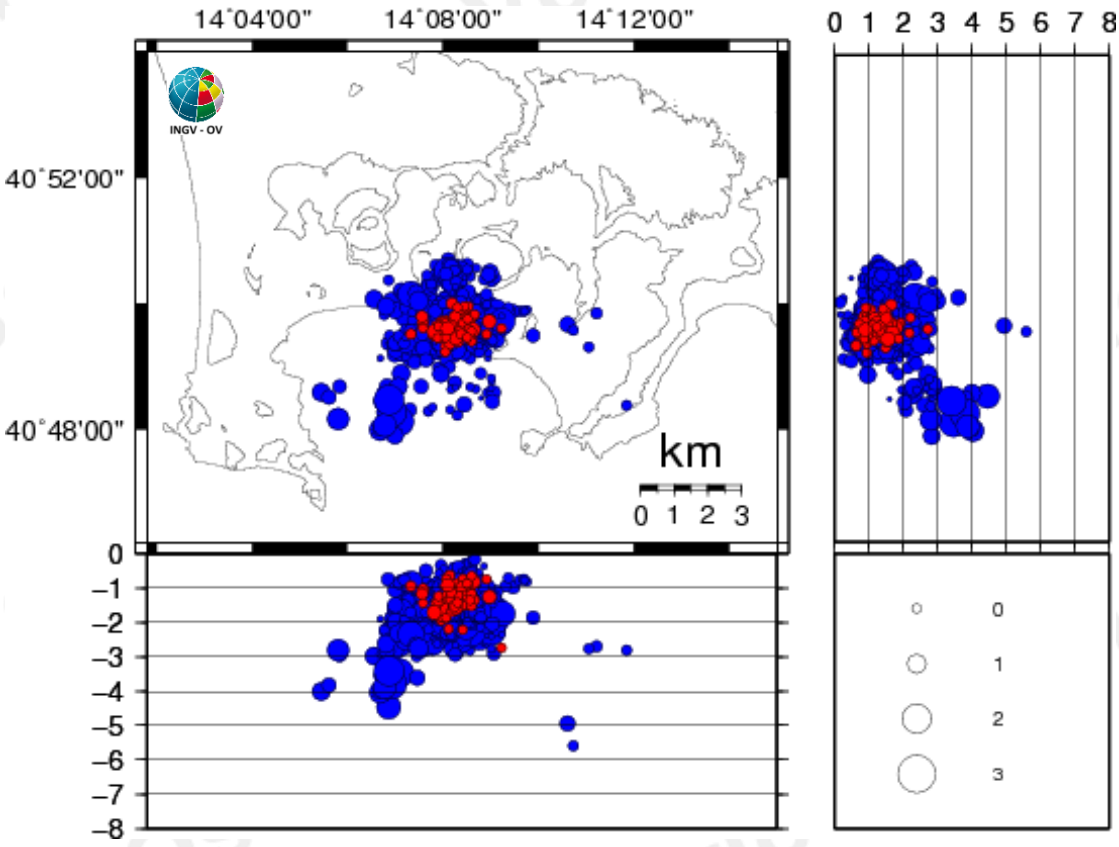


Figura 1.3 *- Localizzazioni ipocentrali ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (in blu) e dell'ultimo mese (in rosso). La dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo, come indicato nel riquadro in basso.*

Non si evidenziano andamenti significativi negli altri parametri sismologici (Figg. 1.2-1.6).

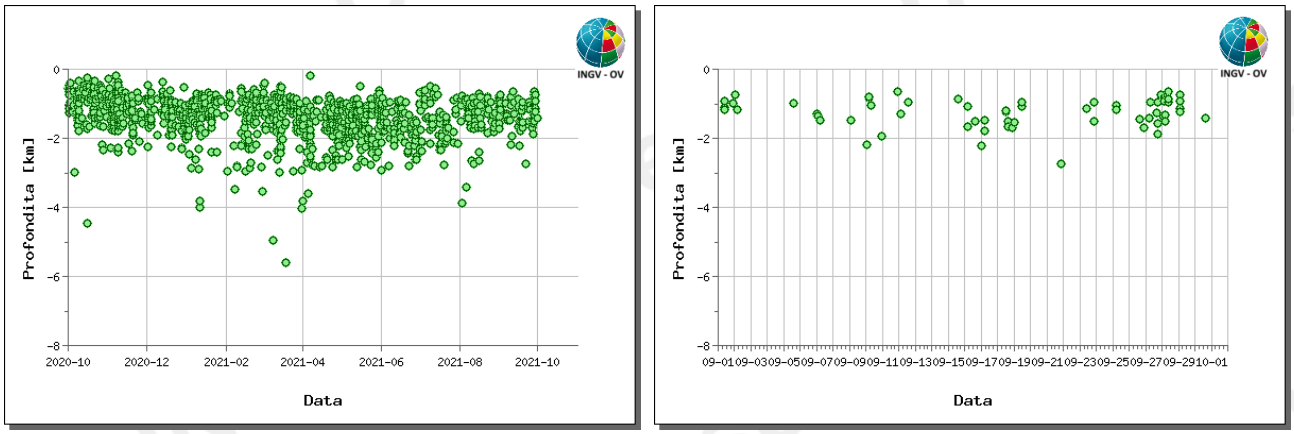


Figura 1.4 *- Profondità ipocentrali degli eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).*

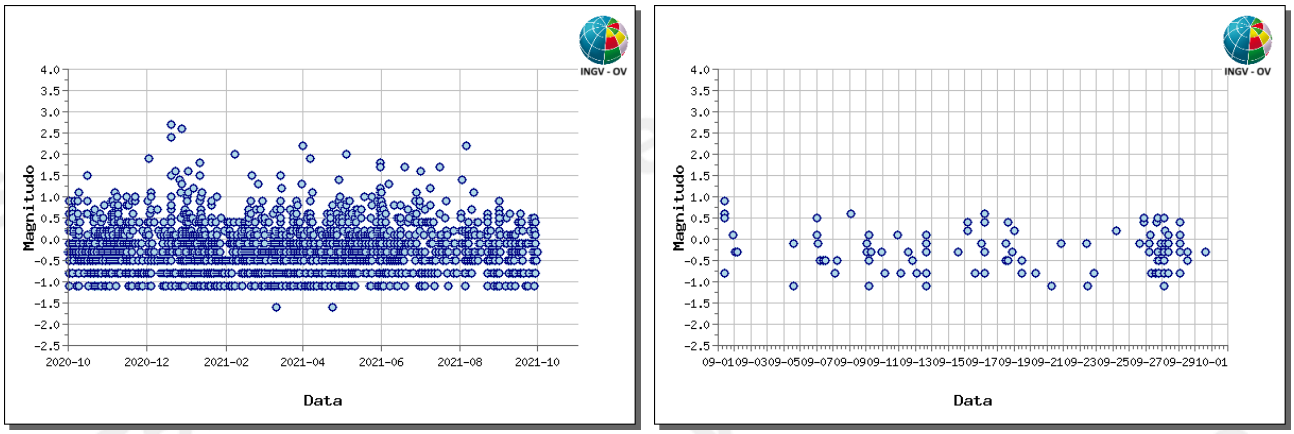


Figura 1.5 *- Magnitudo degli eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).*

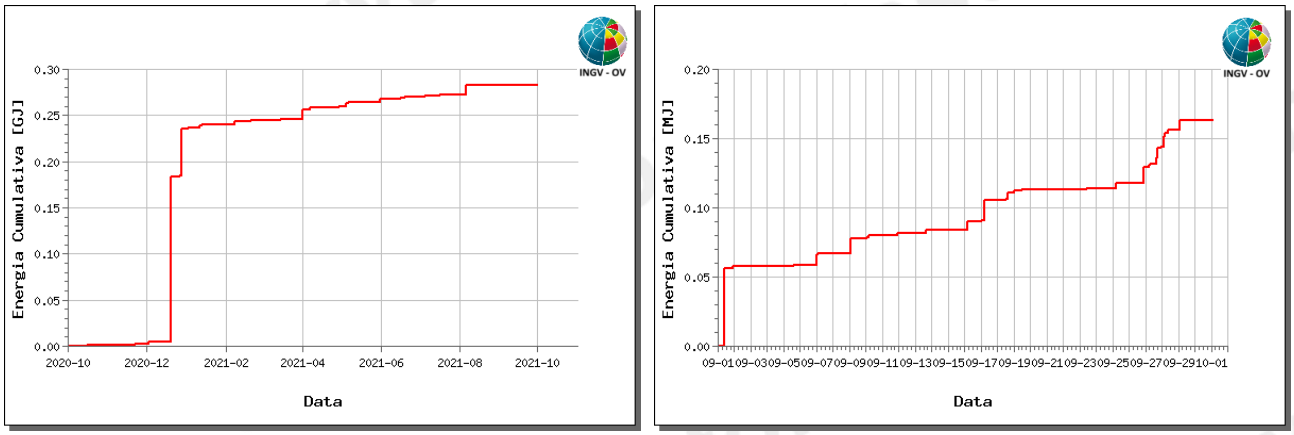


Figura 1.6 *- Rilascio cumulativo di energia sismica ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).*

In Tabella 1.1 è rappresentato il numero di eventi registrati divisi per classi di magnitudo e le relative percentuali.

Tabella 1.1 *– Riepilogo mensile della sismicità registrata ai Campi Flegrei divisa per classi di magnitudo e relative percentuali.*

Numero totale terremoti: 128	**M_{dmax}= 0.9±0.3**	
Numero terremoti con **Md < 0.0**	81	(63.28%)
Numero terremoti con **0.0 ≤Md< 1.0**	28	(21.88%)
Numero terremoti con **Md N.D.**	19	(14.84%)

In figura 1.7 sono rappresentati gli andamenti dei principali parametri sismologici a partire dal 2005.

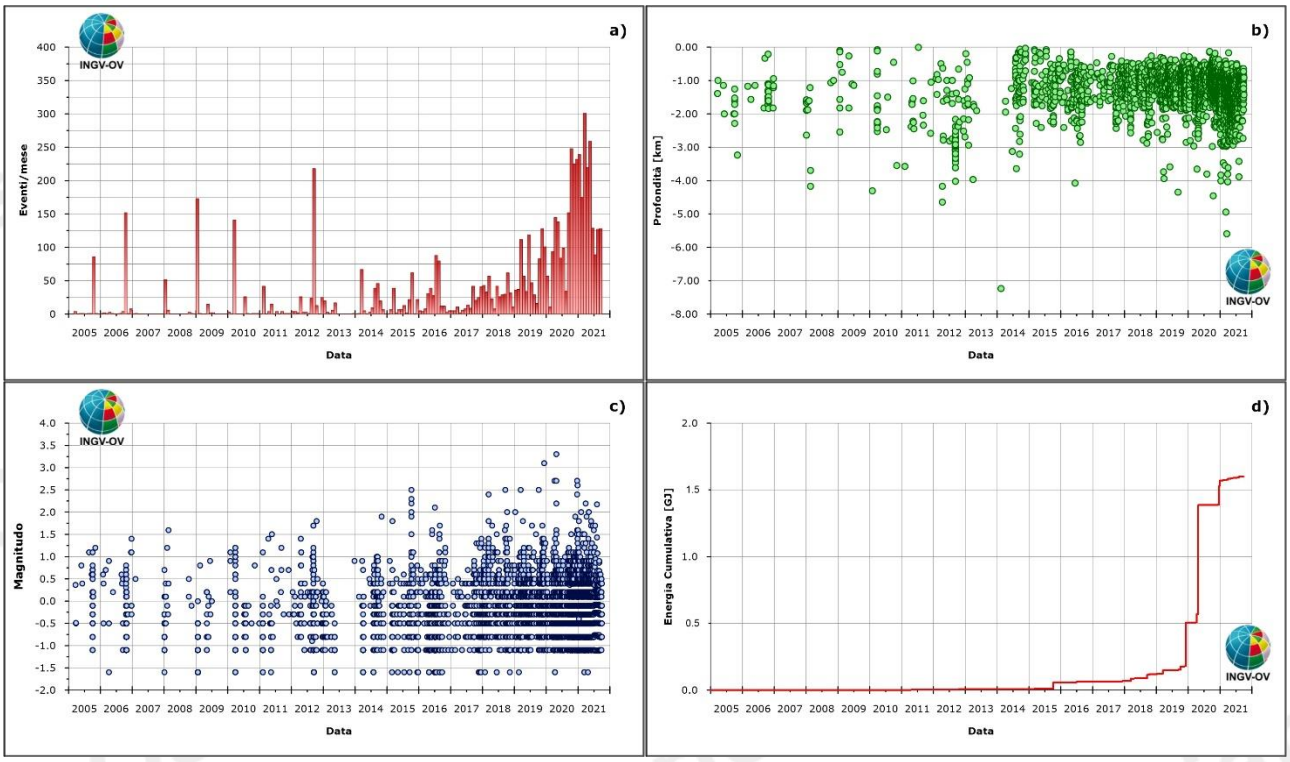


Figura 1.7 *- Andamento dei principali parametri sismologici a partire dal 2005: a) frequenza di accadimento; b) profondità ipocentrali; c) magnitudo; d) energia cumulativa.*

In figura 1.8 è rappresentata la frequenza di accadimento dei terremoti registrati ai Campi Flegrei dal 1983 e la relativa energia cumulativa.

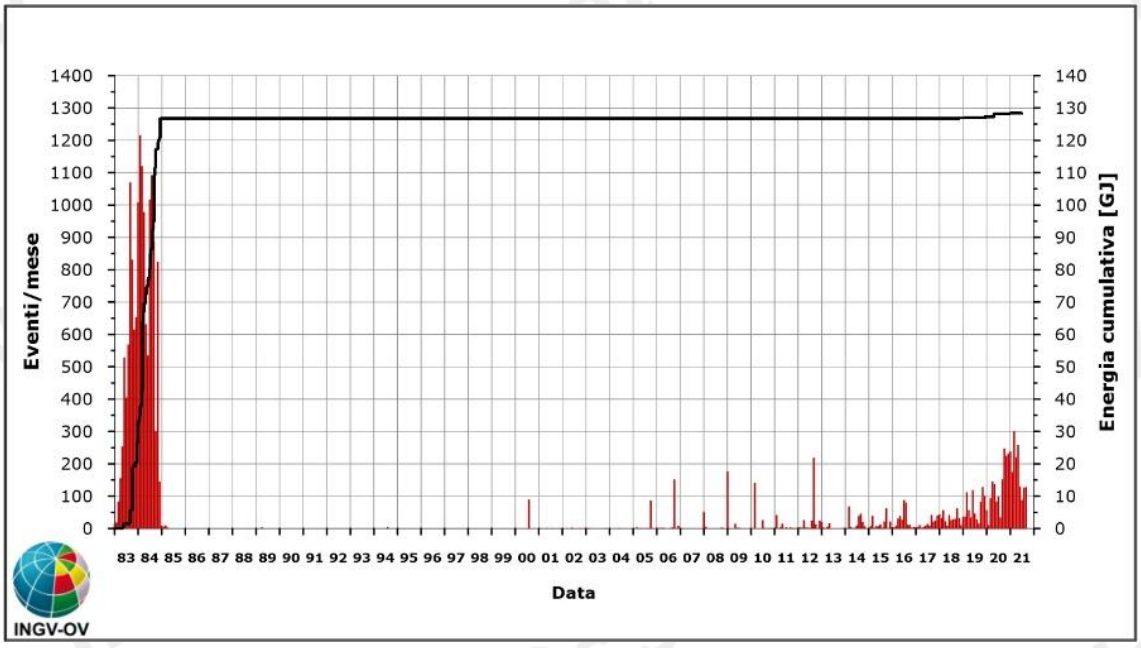


Figura 1.8 *– Frequenza di accadimento dei terremoti registrati ai Campi Flegrei dal 1983. La linea nera rappresenta l'energia cumulativa.*

2. DEFORMAZIONI DEL SUOLO

2.1 GPS

La Rete GPS permanente dei Campi Flegrei è costituita da 25 stazioni terrestri e marine (Figura 2.1.1). L'infrastruttura marina permanente di monitoraggio e ricerca multi-parametrica sperimentale che opera nel Golfo di Pozzuoli, denominata MEDUSA (http://portale.ov.ingv.it/medusa/), è costituita da 4 boe geodetiche (CFBA, CFBB, CFBC e CFSB) ed altrettanti moduli sottomarini, equipaggiati con strumentazione geofisica, oceanografica e multi-disciplinare.

Il valore medio della velocità di sollevamento nell'area di massima deformazione dalla metà di luglio 2021 è di circa 10±2 mm/mese, in diminuzione rispetto al valore di circa 13±2 mm/mese registrato precedentemente a partire da settembre 2020.

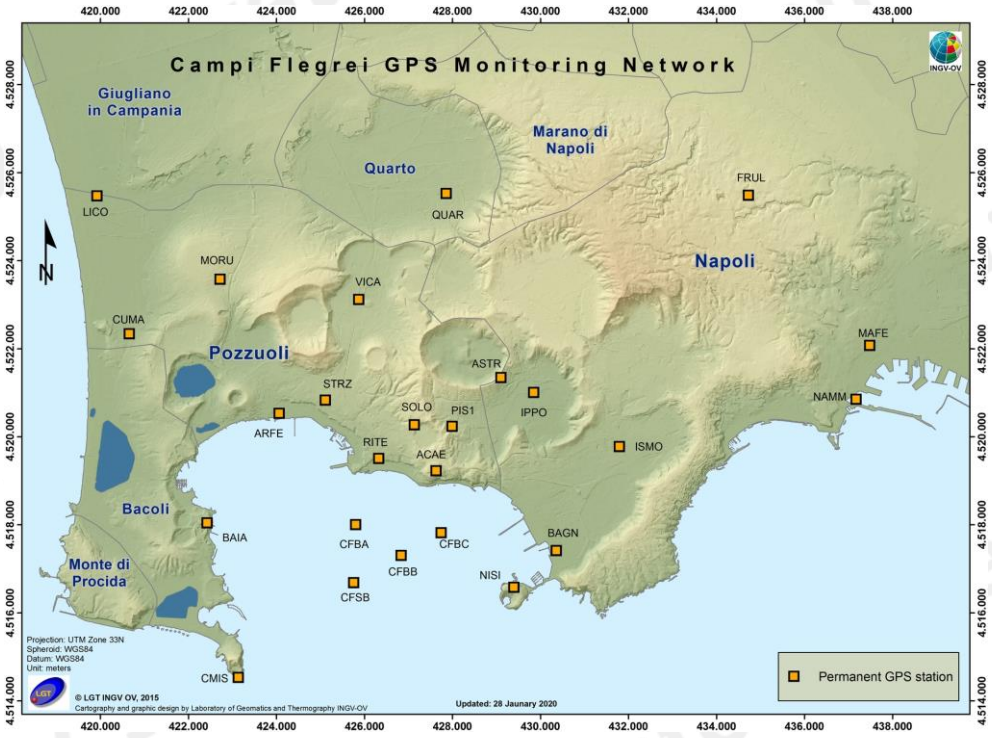


Figura 2.1.1 *- Rete GPS Permanente dei Campi Flegrei.*

Il sollevamento totale registrato alla stazione GPS di RITE è di circa 86 cm da novembre 2005, inizio dell'attuale fase di *unrest* (Fig. 2.1.2). Da gennaio 2016 a oggi il sollevamento nell'area di massima deformazione è di circa 52 cm (Fig. 2.1.3).
La figura 2.1.3 riporta le serie temporali delle variazioni in quota di alcune stazioni GPS ubicate nella zona di massima deformazione dei Campi Flegrei.

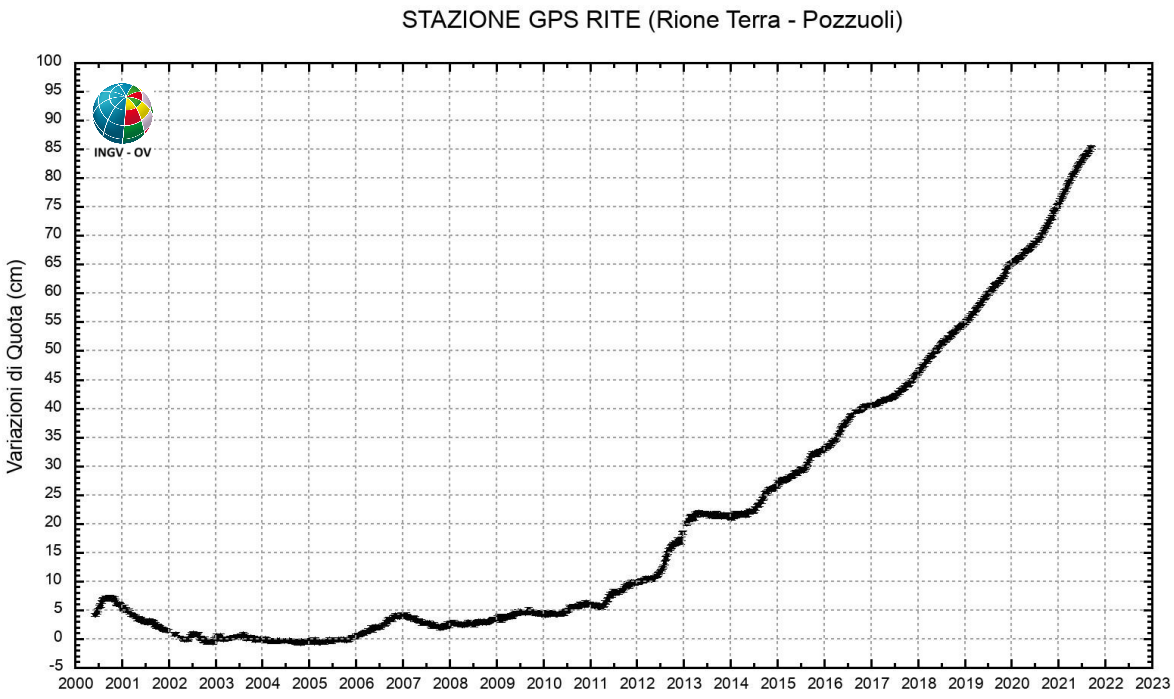


Figura 2.1.2 *- Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di RITE (Pozzuoli – Rione Terra) dal 2000 a settembre 2021.*

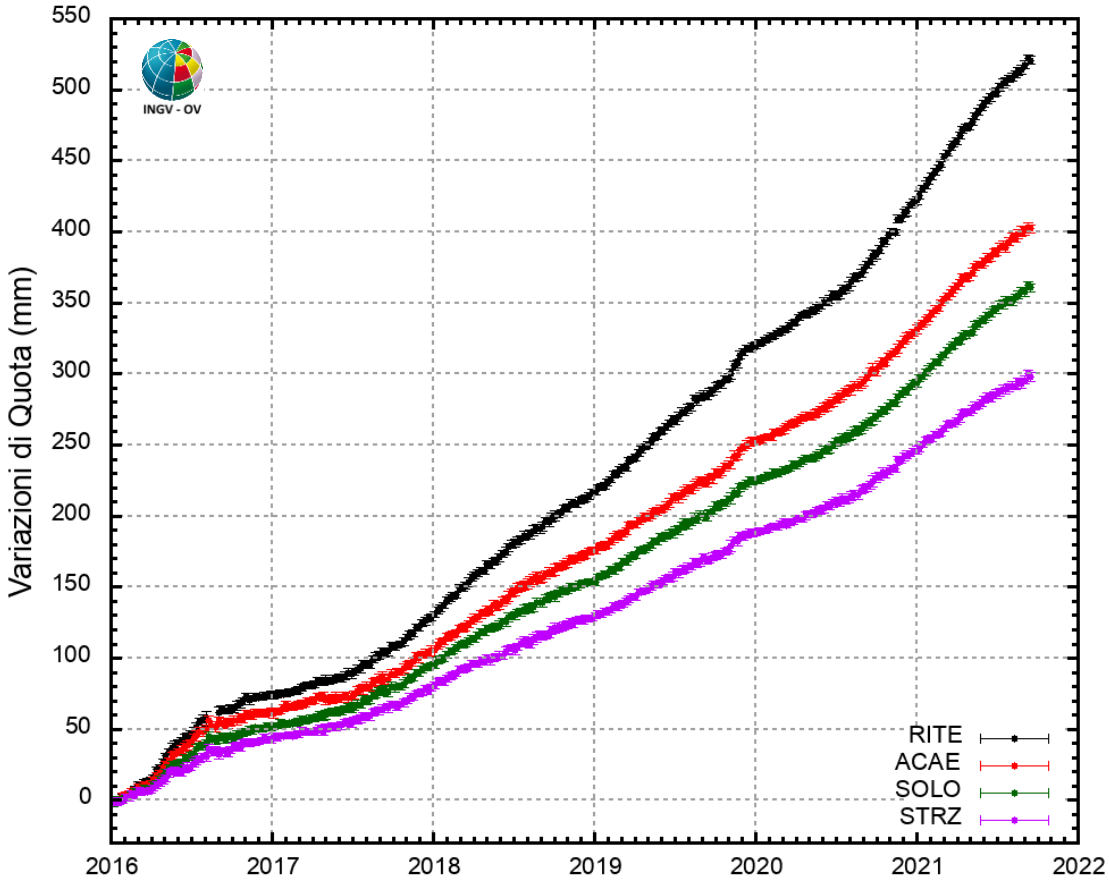


Figura 2.1.3 *- Serie temporale delle variazioni in quota della stazione di RITE (Pozzuoli - Rione Terra), ACAE (Accademia Aeronautica), SOLO (Solfatara) e STRZ (Pozzuoli - Cimitero) da gennaio 2016 a settembre 2021.*

In Figura 2.1.4 è riportata la mappa dei vettori degli spostamenti orizzontali registrati alle stazioni CGPS ai Campi Flegrei dal 2016.

Si conferma la forma radiale del campo di deformazione, simile a quelle già individuate nelle precedenti fasi del sollevamento, e la conseguente stabilità della sorgente di deformazione localizzata nel Golfo di Pozzuoli a qualche centinaio di metri a sud della stazione di RITE.

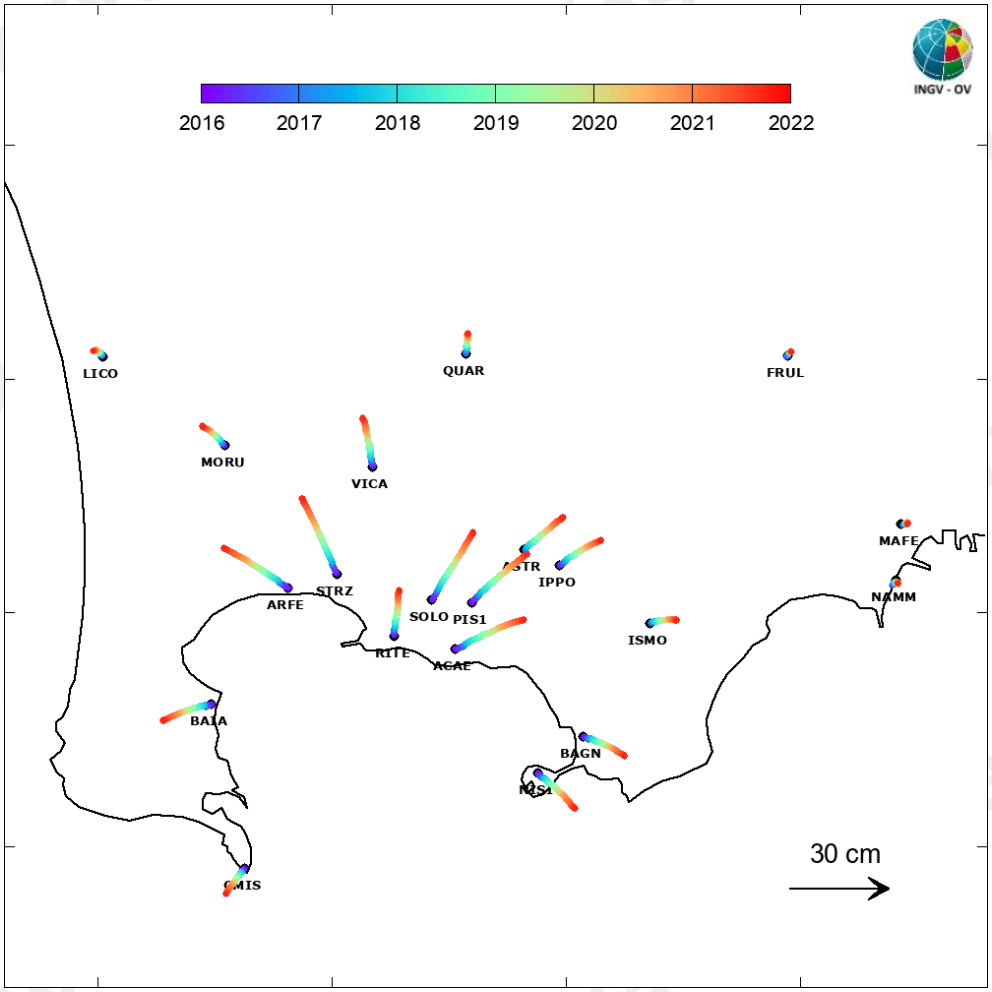


Figura 2.1.4 *- Mappa degli spostamenti GPS orizzontali registrati nell'area flegrea da gennaio 2016 a settembre 2021.*

2.2 Tiltmetria

La Rete di Monitoraggio delle inclinazioni del suolo dei Campi Flegrei consiste di 10 stazioni di cui 4 equipaggiate con sensori analogici di superficie (BAI, SLF, OLB, CSO), 3 con tiltmetri analogici da pozzo (PSC, ARC, TOI installati da 1 a 7 m di profondità) e 3 con sensori digitali da pozzo (CMP, ECO, HDM installati a 25 m di profondità) (Fig. 2.2.1).

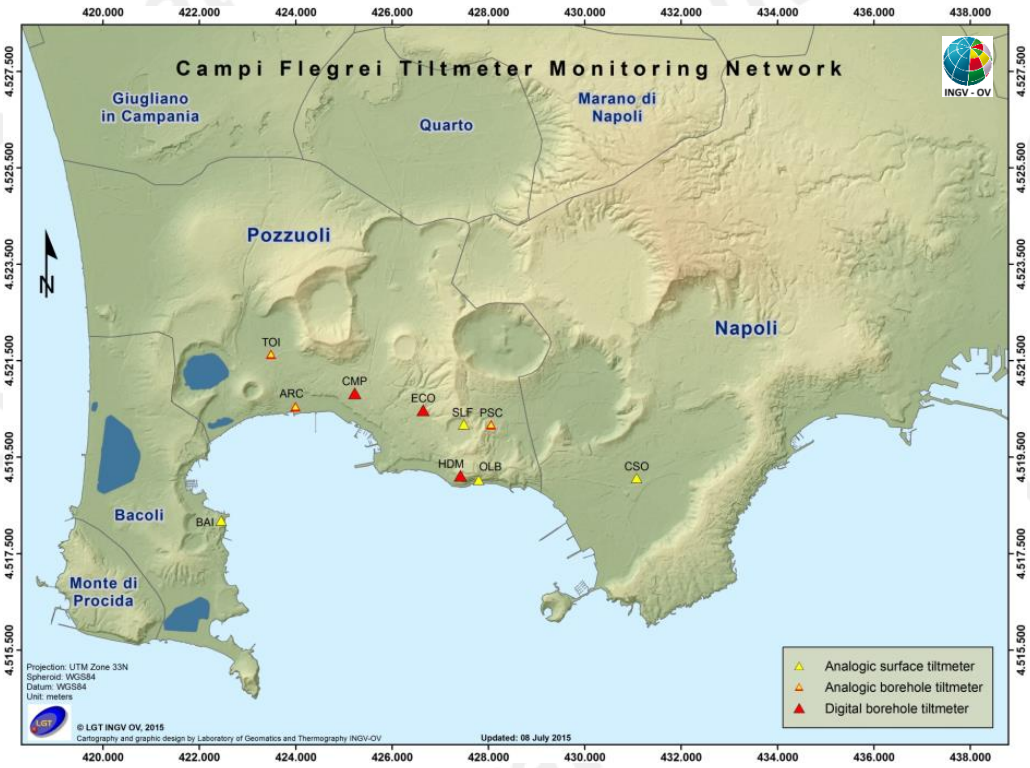


Figura 2.2.1 *– Rete Tiltmetrica dei Campi Flegrei.*

La variazione tiltmetrica osservata ai Campi Flegrei nel corso del 2021 segue una simmetria quasi radiale ed è caratterizzata da un pattern polarizzato lungo 2 direzioni ortogonali, NNW ed ENE, generato dal campo di deformazione connesso alla fase di uplift che interessa l'area (Fig. 2.2.2).

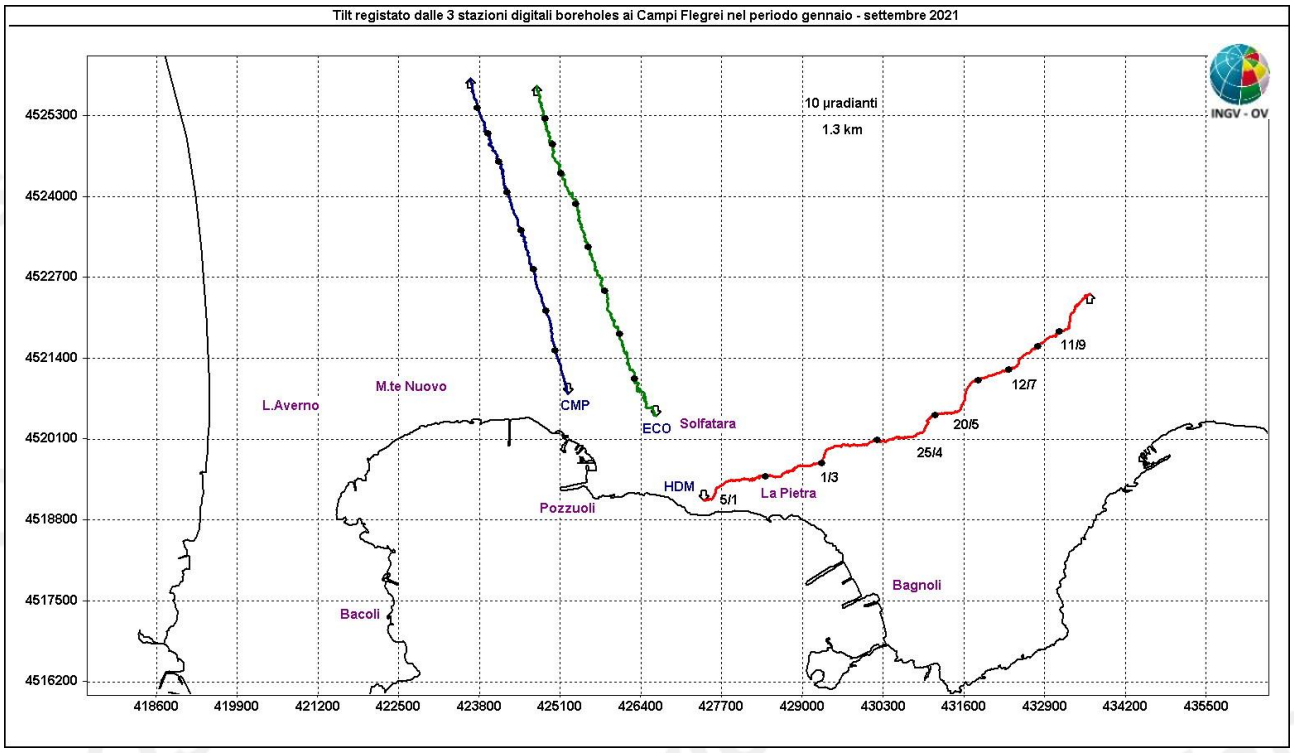


Figura 2.2.2 *- Pattern tiltmetrico osservato ai Campi Flegrei. Per comodità di rappresentazione grafica e per una interpretazione più agevole, sono riportate solo le 3 stazioni "borehole" con sensori ubicati a 25 m di profondità. Il lato di ogni maglia del reticolo equivale a 10 µradianti o 1.3 km ed i pallini neri sovrapposti sui vettori tilt indicano intervalli di un mese. Le date riportate sui segnali indicano le variazioni tiltmetriche osservate più significative.*

La deformazione relativa a 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 riportate, per le stazioni digitali, la variazione d'inclinazione del suolo, con la relativa direzione di tilting, nonché quella termica registrata a fondo pozzo (≈ -25 m dal p.c.) acquisite nei primi nove mesi del 2021.

Sito	Inclinazione e direzione	Temperatura
Stazione ECO (89 m s.l.m.)	43.4 µradianti a NNW	0.05 °C
Stazione CMP (62 m s.l.m.)	40.8 µradianti a NNW	0.02 °C
Stazione HDM (112 m s.l.m.)	54.1 µradianti a ENE-NE	0.02 °C

In Figura 2.2.3 sono riassunti gli andamenti delle componenti tiltmetriche (filtrate dalle periodicità giornaliere) e termica registrate da ognuna delle 3 stazioni borehole.
Per evidenziare la continuità dei segnali, il periodo di tempo rappresentato parte dal 1° gennaio 2020; poiché, inoltre, i segnali acquisiti rappresentano la variazione di tilt, sono stati tutti azzerati a partire da quella data.

Componenti NS del tilt: tutte mostrano un trend di inclinazione verso N e quindi un sollevamento del suolo a S delle stesse. Il 5/1 HDM registra una variazione nell'inclinazione verso N e tale fenomeno si ripete l'1/3, il 25/4, il 20/5, il 12/7 e l'11/9.

Componenti EW del tilt: coerentemente all'uplift HDM si inclina ad E mentre CMP si inclina a W. ECO continua invece ad inclinarsi a W lungo una direzione che conserva dagli inizi di settembre 2020.

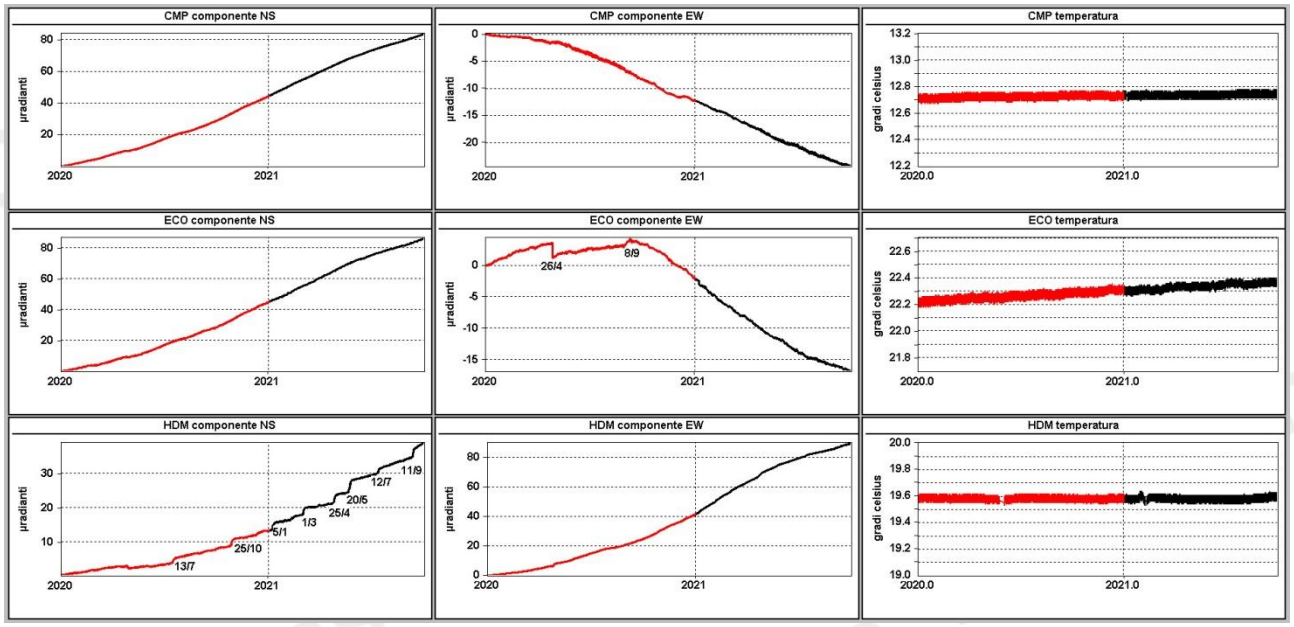


Figura 2.2.3 *– Serie temporali dei segnali registrati a partire dal 2020 dalle 3 stazioni "borehole" della rete flegrea ordinate dal basso verso l'alto secondo la latitudine. Le prime 2 colonne riportano le componenti NS ed EW in µradianti i cui valori di tilt crescenti nel tempo indicano rispettivamente la variazione di inclinazione del suolo a N e ad E, mentre la terza colonna riporta la temperatura in °C registrata da ogni sensore. In rosso sono riportati i segnali relativi al 2020 mentre in nero sono rappresentati quelli registrati nel 2021.*

L'analisi dei singoli segnali denota la costanza dell'inclinazione del suolo nelle 2 direzioni predominanti e cioè a NNW (ECO e CMP) ed ENE (HDM), il decremento del tilt relativo alle componenti NS dagli inizi di giugno ed il protrarsi del comportamento del sito HDM che, dal mese di luglio 2020, pur inclinandosi ad ENE coerentemente all'uplift, mostra delle periodiche (ogni 30-40 giorni) inclinazioni in direzione N della durata di pochi giorni. La caratteristica di queste variazioni tiltmetriche risiede principalmente nella similarità della loro forma e durata.
La cinematica che caratterizza i 3 siti è riassunta vettorialmente nel plot di Fig. 2.2.2, in cui le curve in colore rappresentano la variazione tiltmetrica progressiva registrata dai 3 tiltmetri nell'anno in corso.

2.3 Mareometria

N.B. Nel presente Bollettino non sono riportate le informazioni relative alla Mareometria dei Campi Flegrei in quanto, a partire dal mese di giugno 2021, è in atto una riorganizzazione dell'intera Rete Mareografica che verrà inserita a pieno titolo nelle infrastrutture di monitoraggio marino in corso di potenziamento.
Appena completata la nuova organizzazione, i contributi relativi alla Rete Mareografica torneranno ad essere presenti nei Bollettini di Sorveglianza.

3. MONITORAGGIO TERMICO AD IMMAGINE

3.1 Rete Permanente Monitoraggio Termico ad Immagine

La stazione SF2 della Rete Permanente di Monitoraggio Termico dei Campi Flegrei (TIRNet) acquisisce immagini all'infrarosso termico del settore settentrionale del versante interno del cratere della Solfatara, mentre la stazione PS1 acquisisce immagini all'infrarosso termico della parte alta del versante ad ovest della fumarola principale in località Pisciarelli (Fig. 3.1.1; Silvestri et al., 2017; Vilardo et al., 2015).

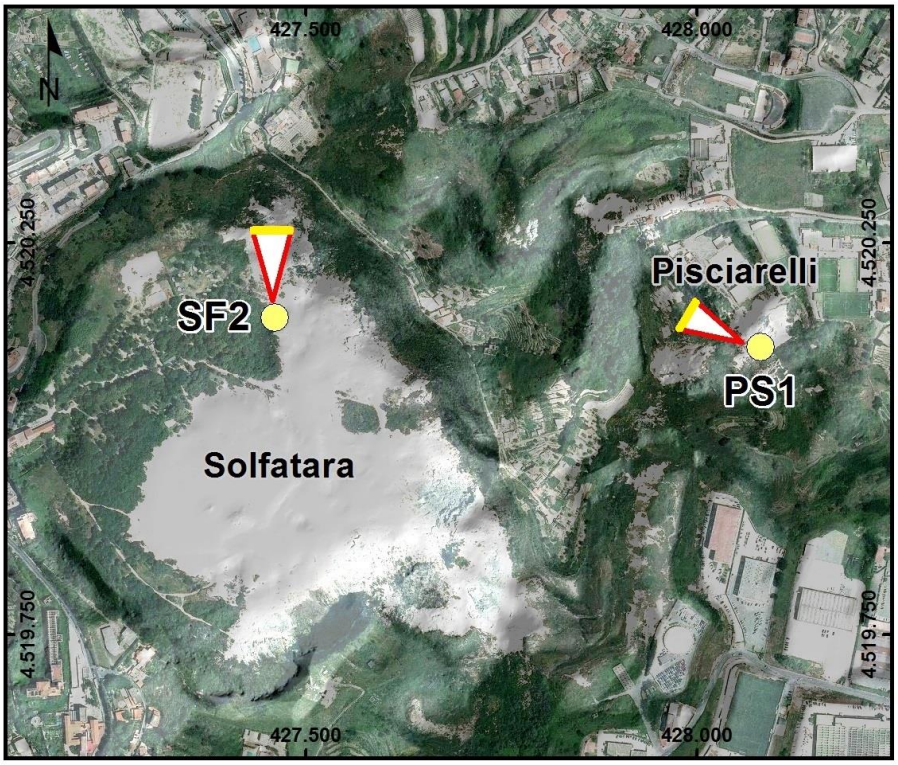


Figura 3.1.1 *- Mappa della Rete Permanente di Monitoraggio Termico ad immagine (TIRNet) con l'ubicazione delle stazioni SF2 e PS1. Punto giallo: posizione della stazione; base del triangolo: area campionata.*

Le figure seguenti mostrano l'elaborazione delle serie temporali dei valori di temperatura massima delle immagini IR acquisite dalle stazioni SF2 (Fig. 3.1.2) e PS1 (Fig. 3.1.3), processati mediante l'algoritmo di destagionalizzazione analitica STL (Seasonal Trend Decomposition).

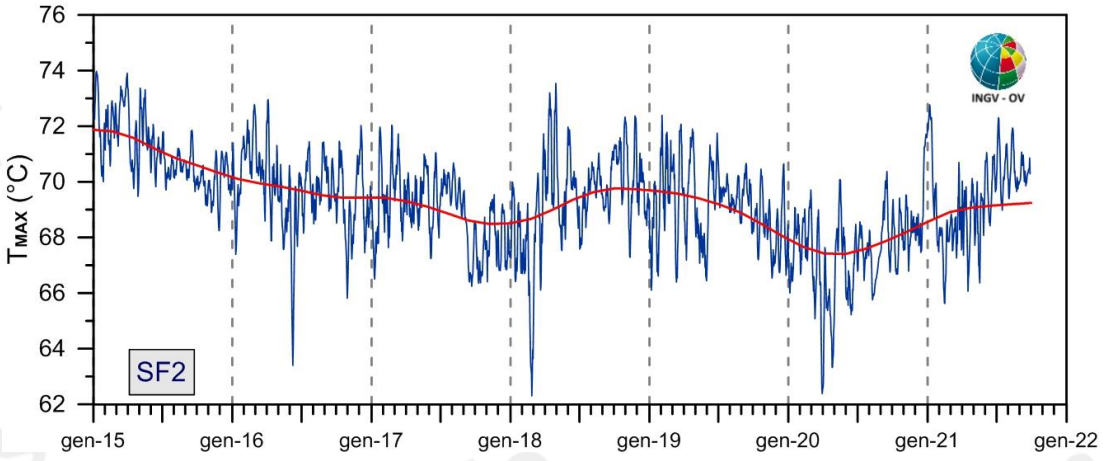


Figura 3.1.2 *- Stazione SF2: Serie temporali dei valori di temperatura massima giornaliera rilevata nelle immagini IR destagionalizzate mediante applicazione dell'algoritmo STL [medie settimanali (blu); trend a lungo termine (rosso)].*

I cronogrammi delle temperature massime (Fig. 3.1.2 e 3.1.3) evidenziano il perdurare dei trend pluriannuali già identificati in precedenza, caratterizzati da un andamento sostanzialmente stabile seppure in presenza di oscillazioni di varia ampiezza e periodo.
Dopo il repentino e sensibile aumento dei valori registrato nel mese di dicembre 2020 e l'altrettanto rapida diminuzione osservata nei primi mesi del 2021, i valori massimi di temperatura al suolo rilevati nell'ultimo mese dalle stazioni SF2 e PS1 non mostrano variazioni significative.

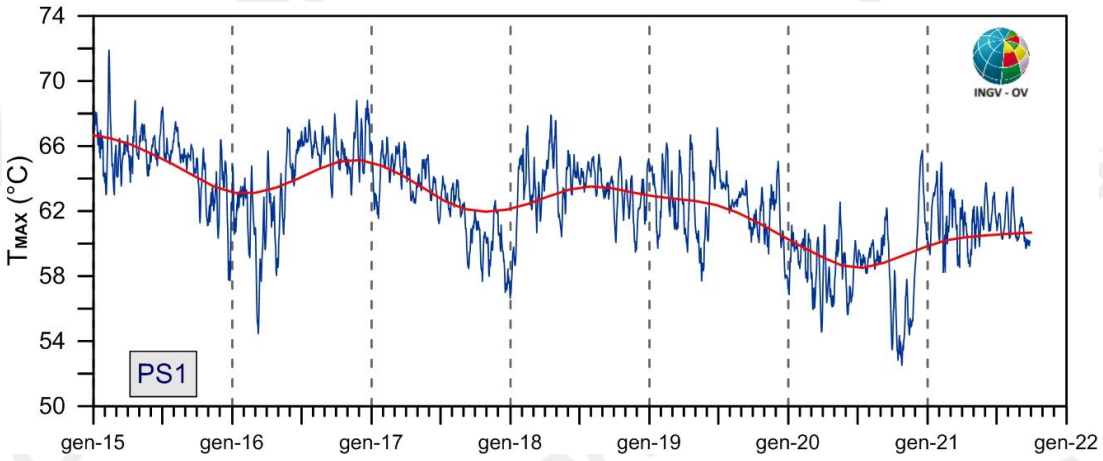


Figura 3.1.3 *- Stazione PS1. Serie temporali dei valori di temperatura massima giornaliera rilevata nelle immagini IR destagionalizzate mediante applicazione dell'algoritmo STL [medie settimanali (blu); trend a lungo termine (rosso)].*

Nel cronogramma in Figura 3.1.4 è riportato il trend a lungo termine (ottobre 2007 – settembre 2021) delle temperature massime superficiali rilevate dalla stazione PS1 ottenuto mediante applicazione dell'algoritmo STL.

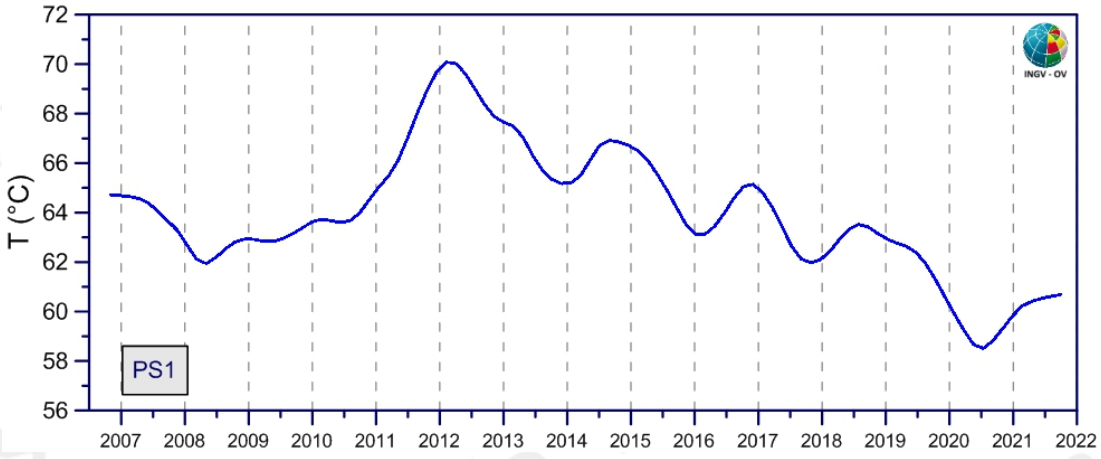


Figura 3.1.4 *- Stazione PS1: Trend a lungo termine dei valori di temperatura massima rilevati nelle immagini IR ottenuto mediante applicazione dell'algoritmo STL.*

Dopo il raggiungimento del picco massimo dei valori di temperatura nella prima metà del 2012 (Fig. 3.1.4), si rileva la presenza di un trend in costante diminuzione, caratterizzato da ampie oscillazioni a lungo periodo, che raggiunge il valore minimo a metà 2020.
Nei mesi successivi, e fino a tutto settembre 2021, il trend delle temperature massime dell'area target mostra una lievissima tendenza all'aumento.

3.2 Monitoraggio Termico con Termocamera Mobile e Termocoppia

La sorveglianza vulcanologica tramite Telecamere Termiche Mobili (TTM) e termocoppie rigide ha come principale obiettivo l'individuazione di eventuali variazioni nel tempo dei valori di temperatura misurati al suolo in punti discreti e/o di aree a temperatura maggiore in modo da evidenziare eventuali modifiche nella distribuzione areale del campo fumarolico.
I rilievi sono eseguiti mensilmente in condizioni di non irraggiamento solare (essenzialmente di notte), utilizzando una termocamera portatile FLIR SC640 ad alta risoluzione (640 x 480 pixel) e sensibilità (<0.06 ÷ +30 °C). La termocoppia utilizzata è di tipo K, con errore strumentale di circa 0.1°C nell'intervallo -200÷1260 °C. Le misure ottenute con la termocamera sono confrontate, quando possibile, con quelle eseguite con termocoppia rigida.
Da dicembre 2020 si utilizza una nuova termocamera FLIR T1020 con una maggiore risoluzione (1024 x 768 pixel). Quando possibile, contemporaneamente alla FLIR T1020 si continua ad utilizzare anche la FLIR SC640. La doppia misura consente di calibrare i valori rilevati con la nuova termocamera.

Ubicazione dei punti di misura ai Campi Flegrei
Le aree e i punti in cui sono effettuate le misure termiche nella caldera dei Campi Flegrei sono distribuite in varie zone del fondo della caldera (Fig. 3.2.1).

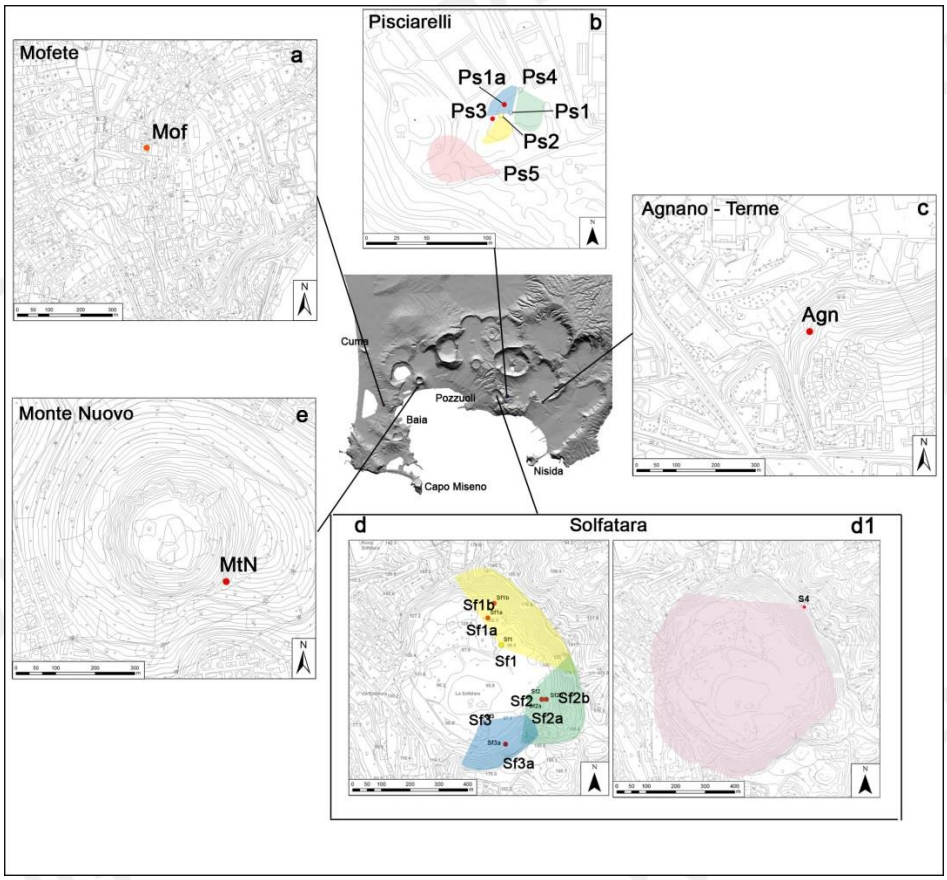


Figura 3.2.1 *– Ubicazione dei punti di misura e dei settori indagati ai Campi Flegrei. I pallini rossi indicano i punti stazione dove sono stati effettuati rilievi con termocoppia rigida e telecamera termica. Nel riquadro b, le aree colorate celeste, verde e rosa indicano i versanti rilevati con termocamera rispettivamente dalle stazioni Ps1, Ps4 e Ps5. Nel riquadro d, le aree in giallo, verde e rosa indicano i versanti rilevati con termocamera rispettivamente dalle stazioni Sf1, Sf2 e Sf3; Sf2a e Sf1b sono misure puntuali effettuate con termocamere e termocoppia; nel riquadro d1, in rosa l'area rilevata con termocamera dalla stazione S4.*

In generale, non si osservano significative variazioni di temperatura massima e modifiche nella distribuzione areale del campo fumarolico nei diversi punti di misura. Di seguito si riportano le osservazioni e i dati relativi al mese di settembre 2021 corrispondenti a tre siti di misura selezionati (Pisciarelli, Monte Nuovo e Agnano Terme).

Pisciarelli

A Pisciarelli l'allargamento dell'area della polla è aumentato al punto da impedire l'accesso a tutti i siti di misura (Fig. 3.2.1b). Di conseguenza, il rispetto delle procedure di sicurezza non consente di effettuare le misure strumentali nell'area più prossima alla polla. Pertanto dal mese di aprile 2019 i rilievi sono effettuati prevalentemente con l'ausilio di un drone. Il drone utilizzato è un quadricottero (SR-T4 S/N:03) equipaggiato da una termocamera FLIR VUEPRO ad alta risoluzione (640x512 pixel) e precisione ±5 °C.

La fotocomposizione termica evidenzia due aree con maggiore anomalia termica, denominate PsD1 e PsD2 (Fig. 3.2.2a). L'area PsD1 racchiude i versanti che in passato venivano rilevati con termocamera a mano dalle stazioni Ps1 e Ps4 mentre l'area PsD2 include il versante rilevato in passato dalla stazione Ps5 (Fig. 3.2.1d), in corrispondenza della telecamera termica fissa della Rete TIRNet dell'OV. I valori di temperatura massima rilevati nel mese di settembre 2021 non presentano significative variazioni rispetto ai mesi precedenti (Fig. 3.2.2b).

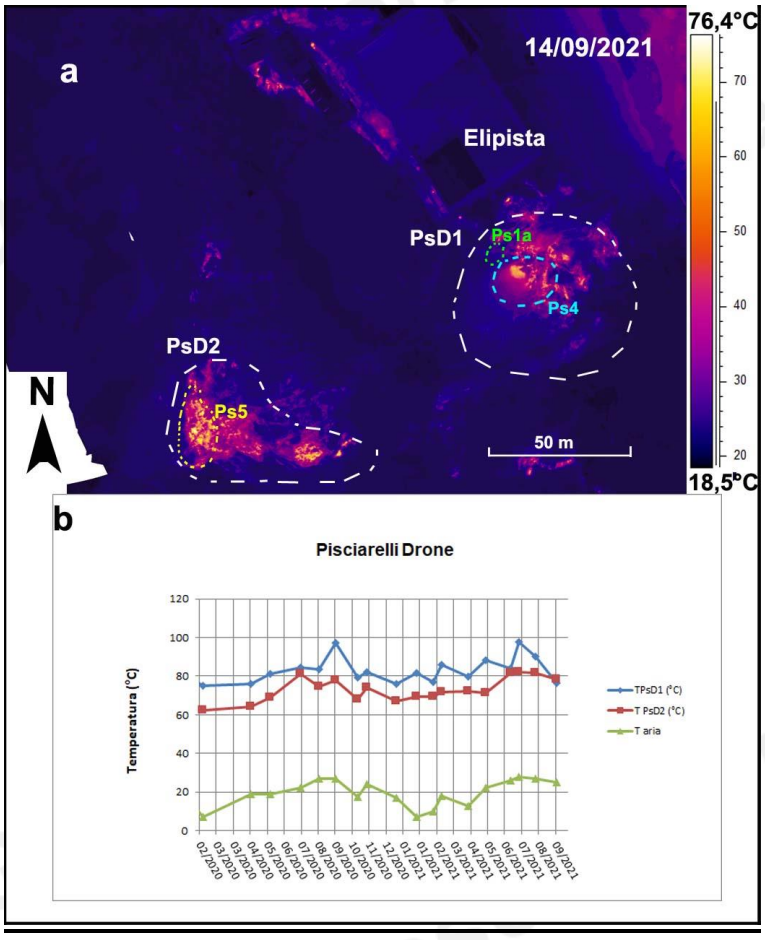


Figura 3.2.2 *– Fotocomposizione di immagini termiche rilevate da drone nel mese di settembre 2021 (a) e valori massimi di temperatura (T) delle aree a maggiore anomalia termica (PsD1 e PsD2) confrontati con la temperatura dell'aria (Taria) misurata nel momento del rilievo termico da febbraio 2020 a settembre 2021 (b).*

Monte Nuovo

I valori di temperatura rilevati con telecamera termica e termocoppia rigida, lungo il versante meridionale dell'edificio di Monte Nuovo (MtN, Fig. 3.2.1e), sono stabili nell'ultimo anno come nei precedenti, a meno di variazioni stagionali (Fig. 3.2.4c).

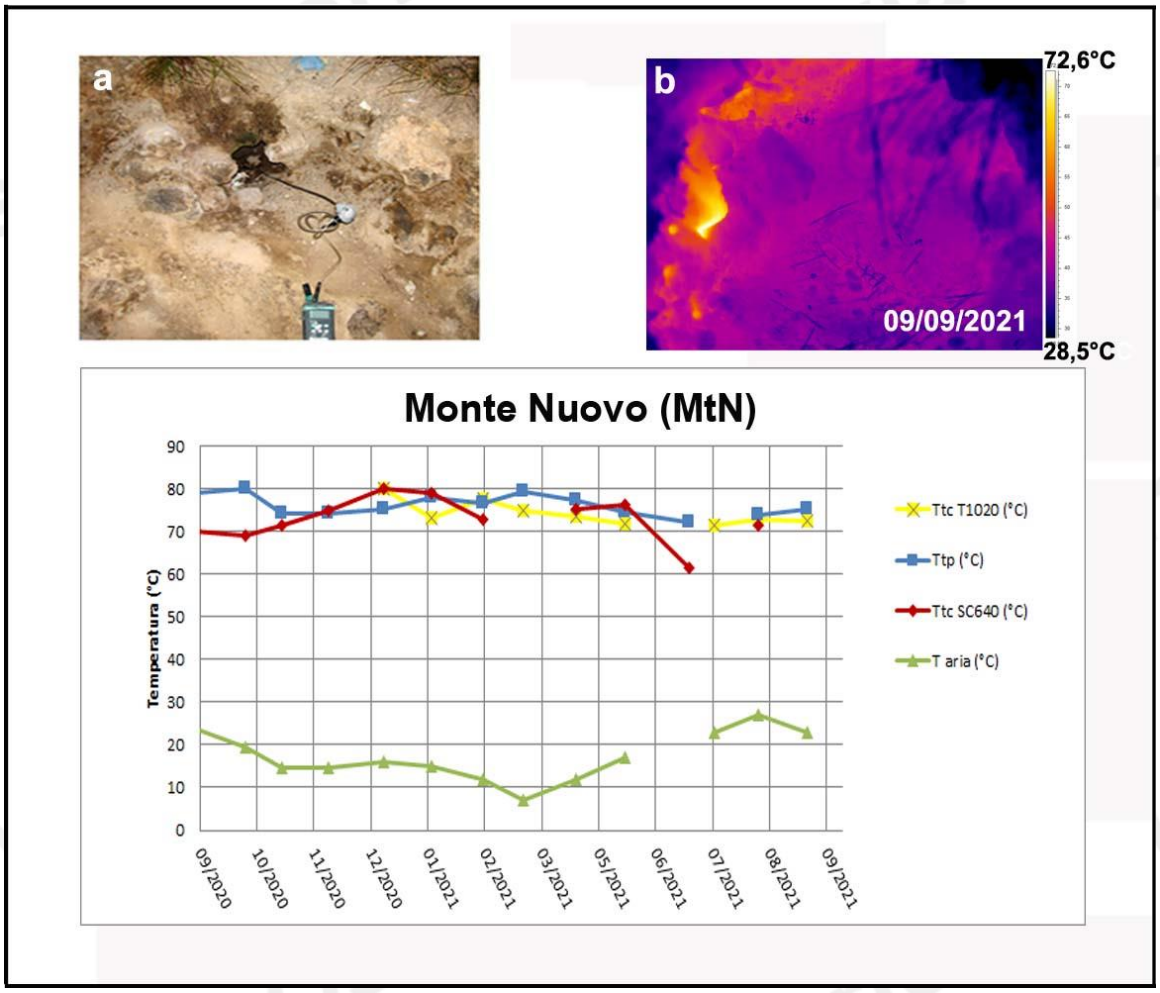


Figura 3.2.4 *– Fumarola lungo il versante meridionale di Monte Nuovo. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto MtN di figura 1.1e. Valori massimi di temperatura con termocamera FLIR SC640 (TtcSC640), valori massimi di temperatura con termocamera FLIR T1020 (TtcT1020) e valori di temperatura dalla termocoppia (Ttp), confrontati con la temperatura dell'aria (Taria) misurata nel momento del rilievo termico, da settembre 2020 a settembre 2021 (c).*

Agnano Terme

I valori di temperatura rilevati con telecamera termica e termocoppia rigida in corrispondenza di una fumarola non captata presso le "Terme di Agnano" (Agn, figura 3.2.1c), sono stabili nell'ultimo anno come nei precedenti a meno di variazioni stagionali (Fig. 3.2.5).

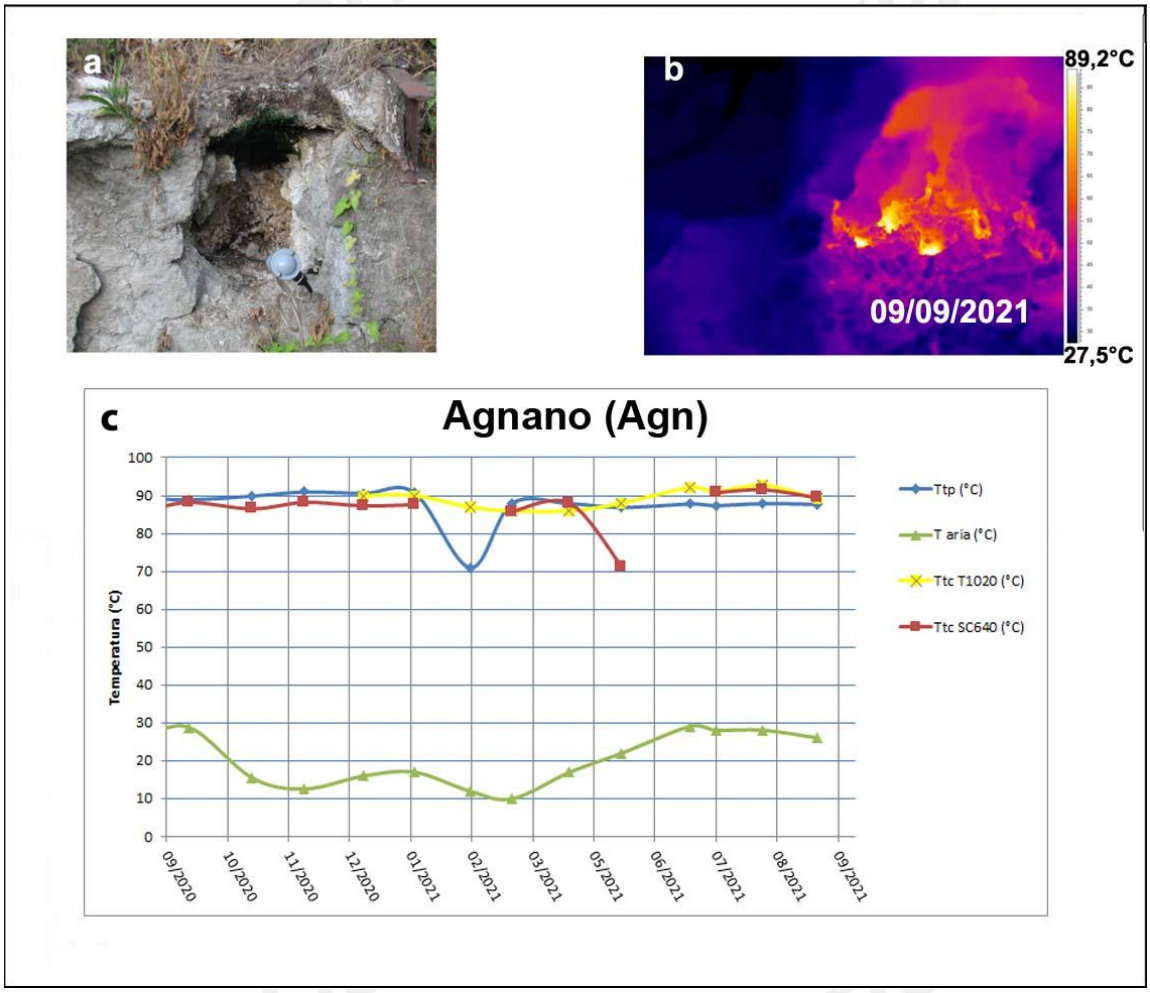


Figura 3.2.5 *– Fumarola all'interno dello stabilimento termale delle "Terme di Agnano". Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto stazione Agn di figura 3.2.1c. Valori massimi di temperatura con termocamera FLIR SC640 (TtcSC640), valori massimi di temperatura con termocamera FLIR T1020 (TtcT1020) e valori di temperatura dalla termocoppia (Ttp), confrontati con la temperatura dell'aria (Taria) misurata nel momento del rilievo termico, da settembre 2020 a settembre 2021 (c).*

4. GEOCHIMICA DEI FLUIDI

L'attività di monitoraggio svolta nel mese di settembre 2021 ai Campi Flegrei (Fig. 4.1) ha riguardato:

- l'acquisizione in continuo del flusso di CO_2 dal suolo, della temperatura della fumarola BG e del gradiente termico nel cratere della Solfatara (stazioni FLXOV1, FLXOV5 e GTS1);
- l'acquisizione in continuo dei dati di flusso di CO_2 dal suolo e della temperatura della fumarola tramite la stazione multiparametrica FLXOV8 installata a Pisciarelli;
- il campionamento delle fumarole principali Bocca Grande e Bocca Nuova nel cratere della Solfatara e di una fumarola nell'area di Pisciarelli;
- misure di flusso di CO_2 dal suolo e temperatura del suolo su punti fissi selezionati nell'area della Solfatara e di Pisciarelli.

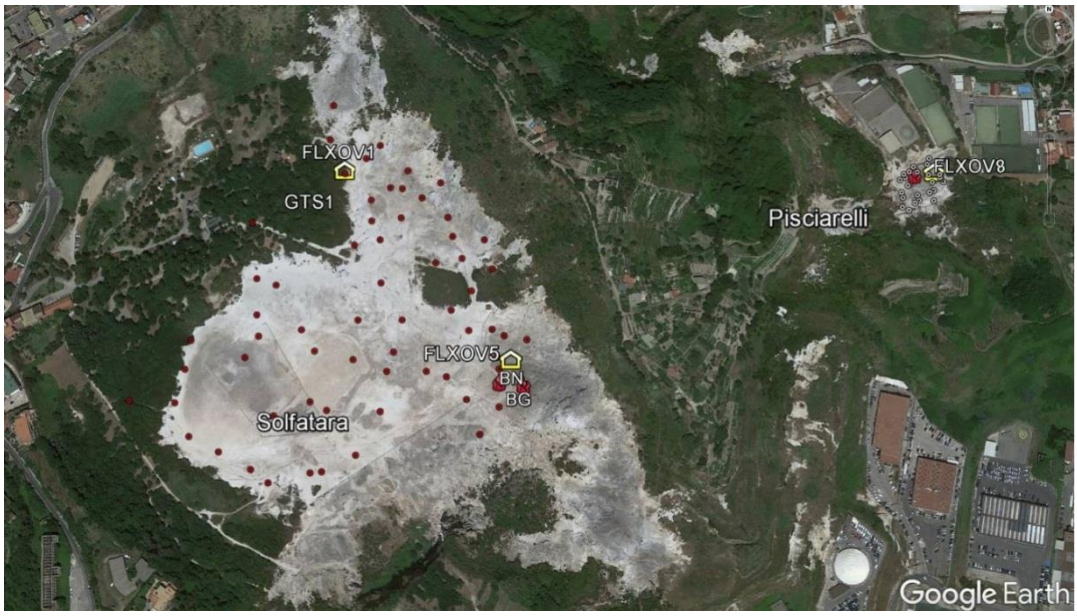


Figura 4.1 *- Ubicazione delle stazioni della rete geochimica ai Campi Flegrei e dei siti dove sono eseguite le attività di monitoraggio geochimico. In particolare sono riportate le quattro stazioni geochimiche ubicate in area Solfatara-Pisciarelli, le principali fumarole della Solfatara (BG e BN) e di Pisciarelli, sono inoltre riportati i punti fissi per la misura del flusso di CO_2 dal suolo e della temperatura del suolo in area Solfatara (simboli rossi) e in area Pisciarelli (simboli bianchi).*

Di seguito sono 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; 2015a,b; 2016, 2021), ai quali si rimanda per approfondimento.

Le analisi di laboratorio dei campioni prelevati evidenziano il perdurare dei trend già identificati in precedenza (vedi Bollettini di Sorveglianza precedenti; Figg. 4.2 - 4.5).
Il rapporto CO_2/H_2O delle fumarole (Fig. 4.2) nei campioni di settembre 2021 continua a mostrare valori elevati (~0.37 per entrambe le fumarole BG e BN) che in generale testimoniano una elevata frazione di gas magmatici presente nei fluidi fumarolici (Caliro et al., 2007; Chiodini et al., 2010).

In particolare, l'interpretazione di queste variazioni risulta più complessa alla luce di recenti studi che 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) e allo stato termico del sistema, possano influenzare il rapporto CO_2/H_2O misurato alle fumarole (Chiodini et al., 2015a; 2016). Inoltre è possibile che una frazione della CO_2 emessa dalle fumarole sia prodotta, in seguito all'aumento di temperatura del sistema, da reazioni che coinvolgono la calcite di origine idrotermale presente nel sistema (Chiodini et al., 2015b).

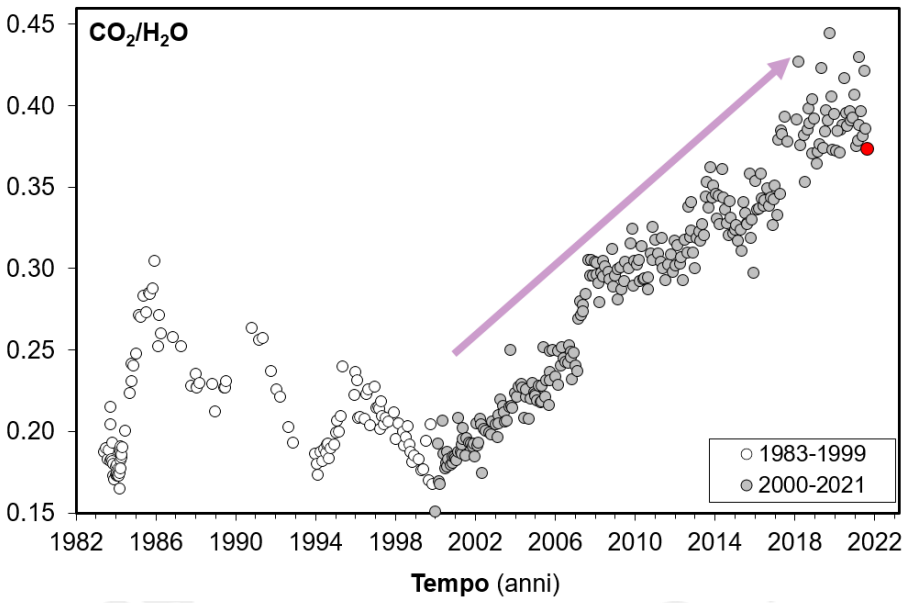


Figura 4.2 *- Cronogramma del rapporto CO_2/H_2O per la fumarola BG. In grigio sono riportati i dati a partire dal 2000, quando è iniziato un trend d'aumento del rapporto CO_2/H_2O, in generale, indicativo di una crescente frazione della componente magmatica nei fluidi fumarolici. Con il simbolo rosso è evidenziato il campione di settembre 2021.*

L'analisi di geoindicatori di Temperatura e Pressione, basati sulle composizioni delle fumarole BG e BN, indica il progressivo riscaldamento delle parti più superficiali del sistema idrotermale della Solfatara. In particolare, le concentrazioni di monossido di carbonio (CO), disponibili alla Solfatara di Pozzuoli fin dalla crisi del 1983-84, a partire dagli inizi degli anni 2000 mostrano un evidente trend di crescita particolarmente marcato a partire dai campioni del 2018, trend che sembra rallentare, raggiungendo un massimo nel luglio 2020, per poi invertirsi per i campioni degli ultimi mesi (fumarola BG, Fig. 4.3).

Tale crescita è, comunque, rilevante poiché il CO è fra le specie fumaroliche analizzate quella più sensibile alla temperatura. Assumendo come buffer delle condizioni redox del sistema idrotermale la funzione di D'Amore and Panichi (1980), che in generale ben descrive la fO_2 in molti dei sistemi idrotermali del mondo, il trend del CO corrisponderebbe ad un aumento di temperatura di circa 45 °C fra gli inizi degli anni 2000 (T circa 215 °C) a oggi (T circa 260 °C, Fig. 4.4). Tale processo di riscaldamento del sistema flegreo e le possibili cause sono trattate nei lavori scientifici di Chiodini et al. (2015a; 2016) a cui si rimanda per approfondimento.

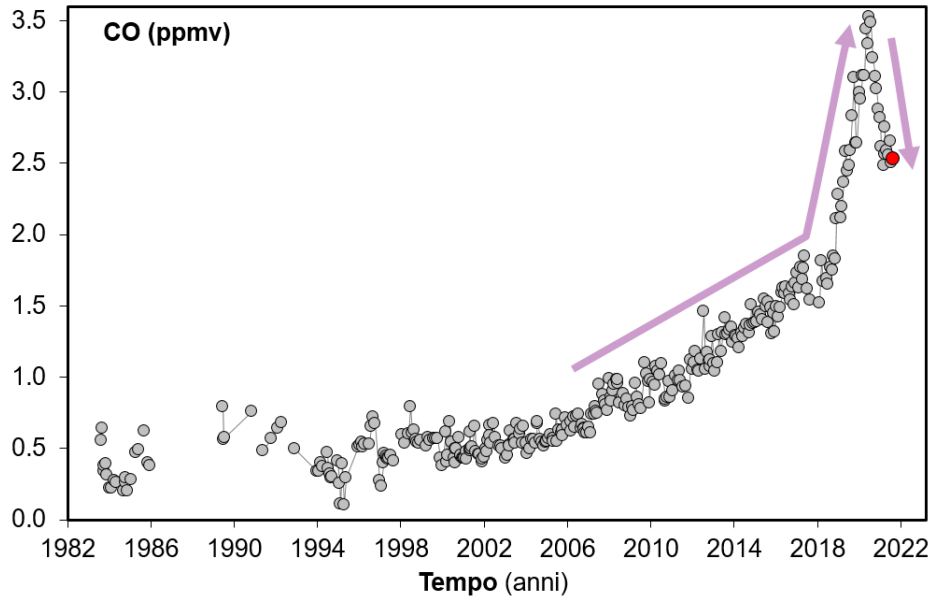


Figura 4.3 *– Variazioni della concentrazione di monossido di carbonio (CO) misurato alla fumarola BG a partire dal 1983. Con il simbolo rosso è evidenziato il campione di settembre 2021. In generale alti contenuti di CO caratterizzano sistemi vulcanici ad elevata temperatura mentre fumarole alimentate 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.*

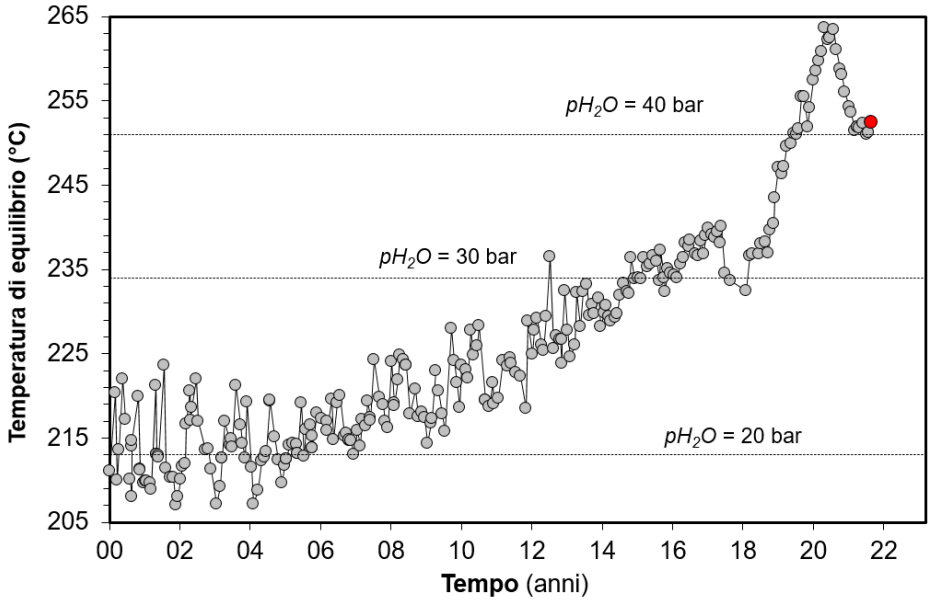


Figura 4.4 *– Cronogramma delle temperature di equilibrio per il sistema CO-CO_2, relativo alla fumarola BG, stimate assumendo condizioni redox fissate dalla relazione di D'Amore and Panichi (1980). Tali temperature, rappresentative della parte più superficiale del sistema idrotermale (Caliro et al., 2007), mostrano un trend d'aumento a partire dai primi anni del 2000. Con il simbolo rosso è evidenziato il campione di settembre 2021.*

Il cronogramma del rapporto CO_2/CH_4 (Fig. 4.5) mostra picchi positivi, interpretati come dovuti all'arrivo di fluidi magmatici ossidanti e a basso contenuto in CH_4, nel sistema idrotermale (Chiodini 2009; Chiodini et al., 2010; 2011; 2012).

Nei campioni di settembre 2021, il rapporto CO_2/CH_4 mostra valori in linea a quelli che hanno caratterizzato i periodi precedenti, indicativi della fine di un picco che ha raggiunto i valori massimi nel 2017. I vari picchi corrisponderebbero, quindi, a eventi di degassamento magmatico, occorsi in precedenza, e con conseguente immissione di fluidi magmatici nel sistema idrotermale che alimenta le fumarole della Solfatara. Per maggiori dettagli su tale processo si rimanda a specifici lavori scientifici (Chiodini et al., 2012; 2016). Inoltre, in Figura 4.5 è possibile riconoscere un trend d'aumento del rapporto a partire dal 2000, interrotto dalla fase discendente dell'ultimo picco che caratterizza gli ultimi periodi. La persistenza di questo basso valore del rapporto CO_2/CH_4 (i.e. elevate concentrazioni di CH_4) contemporaneamente all'aumento della concentrazione del monossido di carbonio e dell'idrogeno evidenzia una variazione del comportamento del sistema idrotermale in risposta ad una iniezione di fluidi magmatici, rispetto a quanto mostrato nei periodi precedenti. I fluidi emessi in questo periodo dal sistema idrotermale mostrano caratteristiche più riducenti; differenti processi possono essere considerati responsabili delle variazioni osservate, ma al momento non è possibile fornire un'interpretazione univoca.

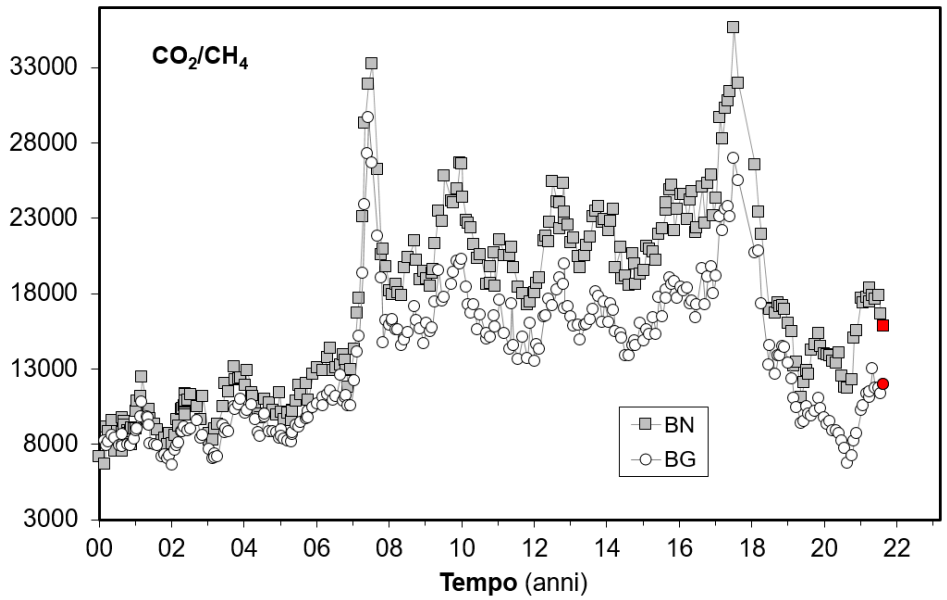


Figura 4.5 *– Variazioni del rapporto CO_2/CH_4 per le fumarole BG e BN a partire dal 2000. I picchi nel rapporto, registrati in superficie con circa un anno di ritardo, evidenziano episodi di degassamento magmatico occorsi ai Campi Flegrei (Chiodini et al., 2012). Con i simboli rossi sono evidenziati i campioni di settembre 2021.*

Il processo di riscaldamento e pressurizzazione del sistema idrotermale è supportato dalle misure periodiche, su punti fissi nel cratere della Solfatara, del flusso di CO_2 dal suolo e della temperatura del suolo che mostrano trend di aumento pluriennali (Fig. 4.6). In particolare, i valori di flusso di CO_2 dal suolo relativi alle campagne mensili di misura mostrano un andamento caratterizzato da una periodicità annuale, rientrando in un trend di aumento dei valori a partire dal 2006 (Fig. 4.6).
Queste misure (~60 punti, Target area in Fig 4.6a), sono state confrontate con i dati di flusso totale emesso dall'area di degassamento, misurato nelle campagne estese eseguite fino al 2016 (~400 misure per campagna, Cardellini et al., 2017), successivamente sospese per le note difficoltà di accesso all'area del cratere della Solfatara. La correlazione mostrata tra i valori di flusso misurati nell'area target e l'area estesa, ha permesso di stimare un valore medio del flusso dell'intera area di degassamento in ~3200 t/d nel 2020 (Chiodini et al., 2021), valori paragonabili al flusso medio di CO_2 nel *plume* di vulcani attivi a degassamento persistente.

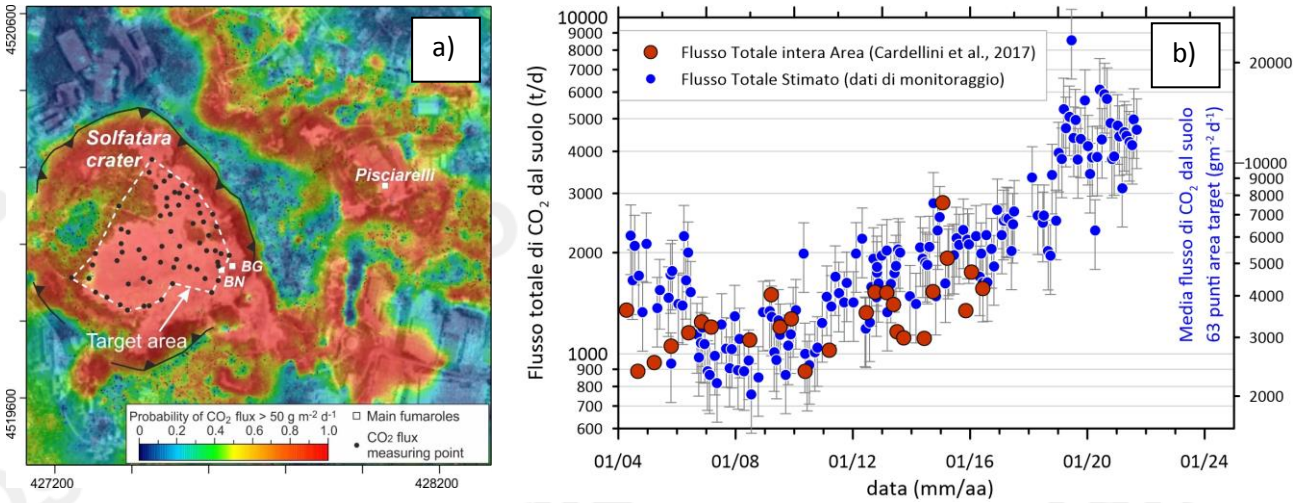


Figura 4.6 *– a) Mappa dell'area di degassamento diffuso della Solfatara-Pisciarelli (Cardellini et al., 2017), con l'ubicazione dell'area target; b) Cronogramma dei flussi di CO_2, i punti blu si riferiscono all'emissione dall'area target scalati sull'intera DDS, ottenuta dal confronto con i dati delle 30 campagne estese (simboli rossi) in Cardellini et al. (2017).*

La media delle temperature del suolo, misurate a 10 cm di profondità, mostra un chiaro andamento stagionale sovraimposto a un trend d'aumento (Fig. 4.7), con un incremento del valore medio delle temperature misurate di oltre 6 °C nel periodo 2002-2021. Nella mappa di Figura 4.8a è riportato l'incremento di temperatura espresso in °C/anno calcolato per ogni punto di misura a partire dal 2002. L'incremento di temperatura interessa diffusamente tutta l'area craterica con un massimo nella zona centrale; naturalmente, l'incremento di temperatura non interessa le aree delle fumarole e del bordo del cratere a NE, dove le temperature sono vicine al limite fisico di condensazione per i fluidi emessi dalla Solfatara (~95°C, Fig. 4.8b).

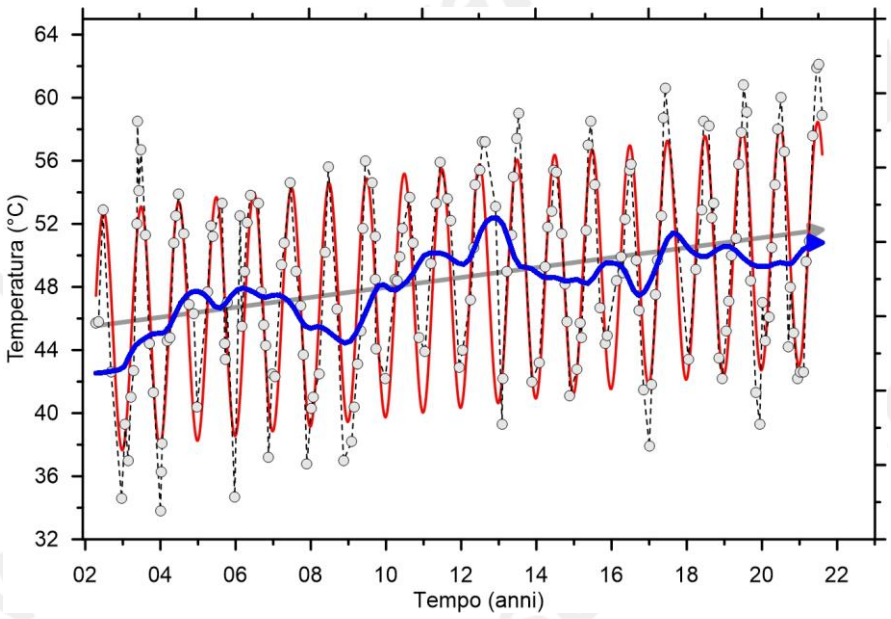


Figura 4.7 *– Cronogramma della media delle temperature del suolo (a 10 cm di profondità) misurate su 61 punti fissi nell'area craterica della Solfatara. Va evidenziato l'incremento del valore medio nel periodo 2002-2020 di oltre 6 °C. Il trend depurato dalla componente stagionale, mediante l'utilizzo dell'algoritmo di destagionalizzazione STL (Seasonal-Trend decomposition based on Loess, Cleveland et al., 1990), è riportato con la linea blu.*

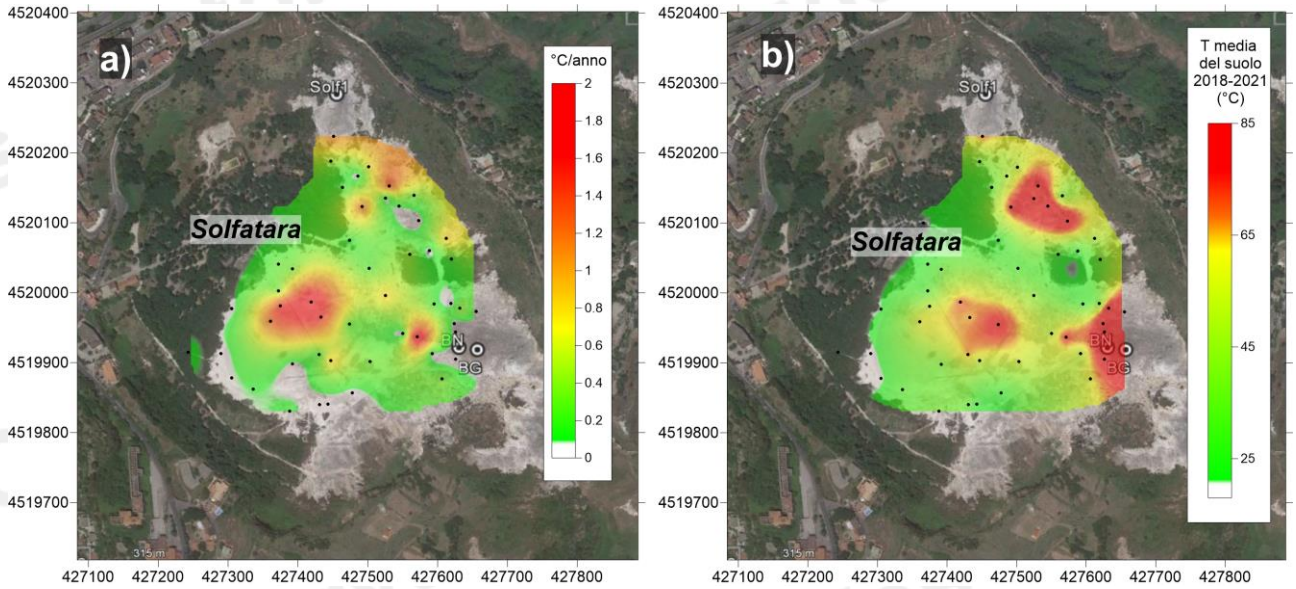


Figura 4.8 *– a) Mappa dell'incremento di temperatura in °C/anno calcolato per ogni punto misurato a partire dal 2002. L'incremento di temperatura interessa diffusamente tutta l'area craterica con un massimo nella zona centrale. L'incremento di temperatura non interessa le aree delle fumarole e del bordo del cratere a NE dove le temperature sono vicine al limite fisico di condensazione per i fluidi emessi dalla Solfatara (~95°C). b) mappa delle temperature dei punti misurati (media dal 2018 al 2021).*

Tale processo di riscaldamento è evidenziato anche da misure analoghe, di flusso di CO_2 dal suolo e temperatura del suolo, eseguite periodicamente su 25 punti fissi nell'area di Pisciarelli. In Figura 4.9 è riportata la media delle temperature del suolo, misurate a 10 cm di profondità, che dal 2009 mostra un rilevante trend d'aumento, con un incremento del valore medio di circa 5 °C. Nella mappa di Figura 4.10, dove è riportata la distribuzione areale dell'incremento annuo di temperatura, si nota oltre ad un aumento diffuso delle temperature in tutta l'area indagata la presenza di zone a maggiore riscaldamento legate a processi di fumarolizzazione locale.

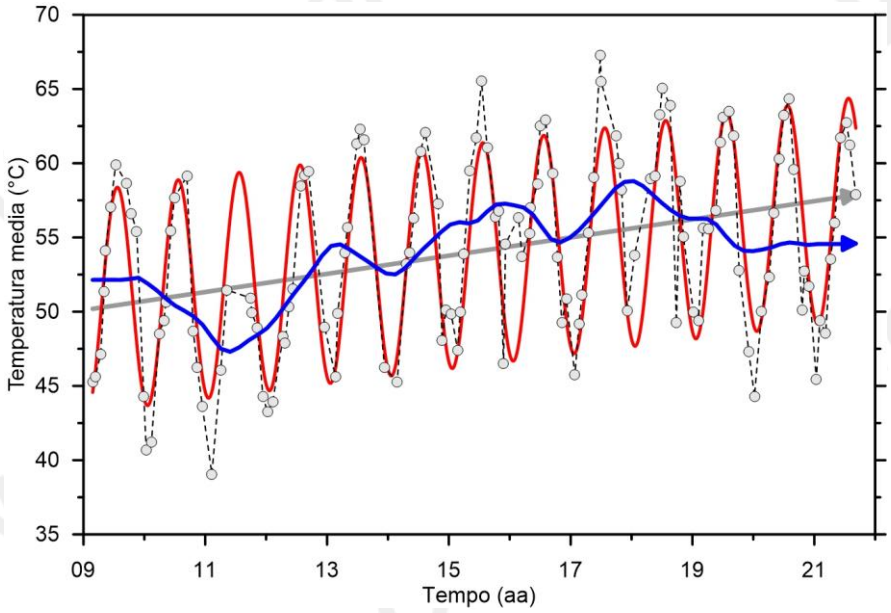


Figura 4.9 *– Cronogramma della media delle temperature del suolo (a 10 cm di profondità) misurate su 25 punti fissi nell'area di Pisciarelli dal 2009. Il trend destagionalizzato, mediante l'utilizzo dell'algoritmo di destagionalizzazione STL (Seasonal-Trend decomposition based on Loess, Cleveland et al., 1990), è riportato con la linea blu.*

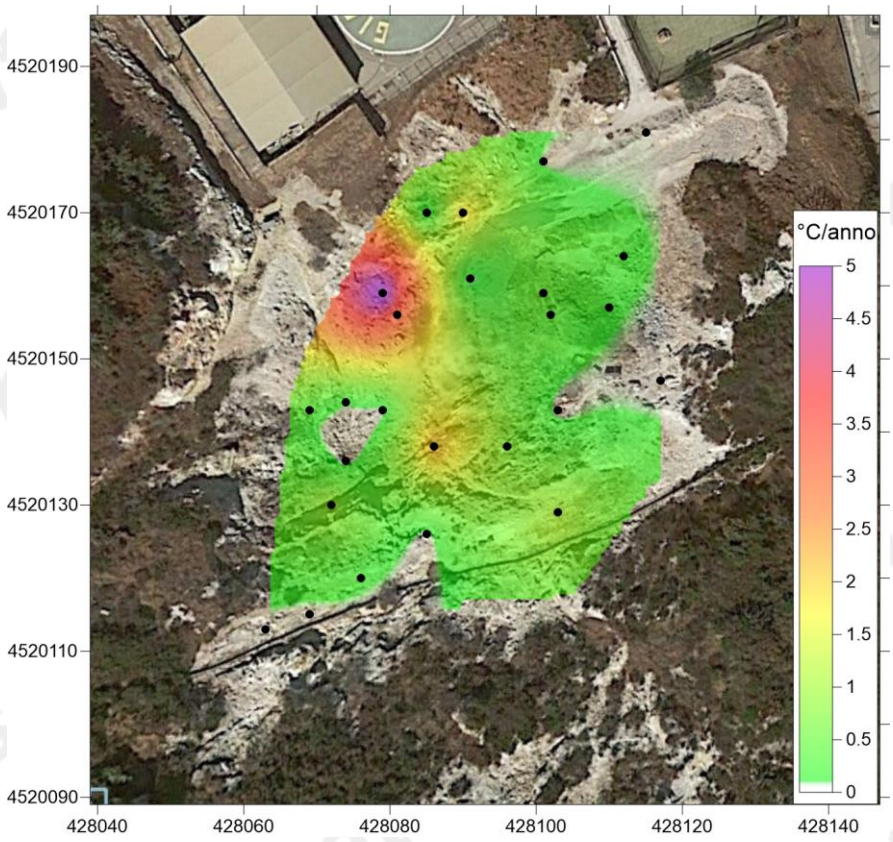


Figura 4.10 *– Mappa dell'incremento di temperatura in °C/anno calcolato per ognuno dei 25 punti fissi nell'area di Pisciarelli misurati a partire dal 2009. L'incremento di temperatura interessa tutta l'area indagata con le zone di maggiore riscaldamento legate a processi di fumarolizzazione locale.*

Il flusso di CO_2 dal suolo misurato dalla stazione multiparametrica FLXOV5, installata nel cratere della Solfatara, ha mostrato un significativo aumento a partire dal febbraio 2016 (Fig. 4.11), tale aumento è da mettere in relazione all'evidente processo di fumarolizzazione che interessa l'intera area.

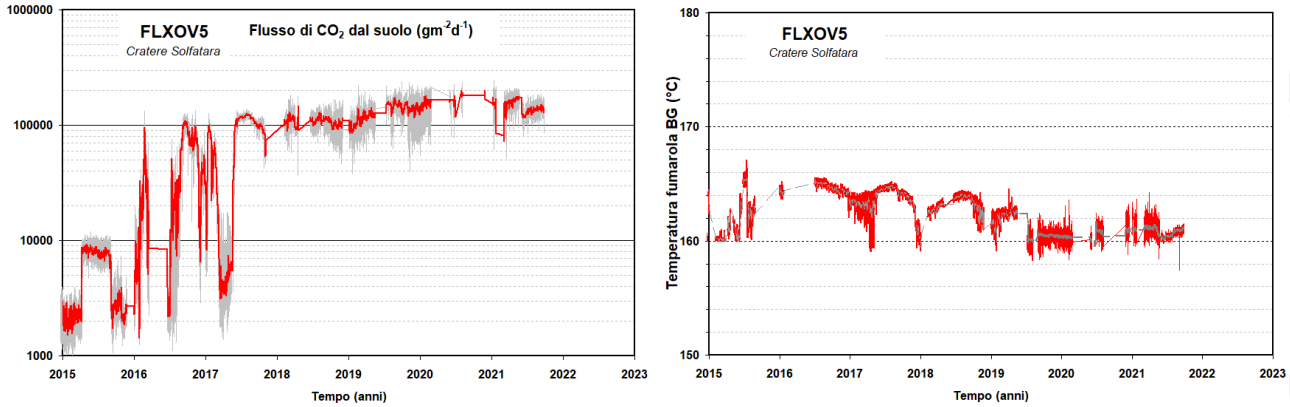


Figura 4.11 *– Valori del flusso di CO_2 dal suolo e della temperatura della fumarola BG misurati dalla stazione FLXOV5 installata nel cratere della Solfatara a pochi metri dalla fumarola principale BG. I valori di flusso di CO_2 dal suolo mostrano, in generale, un significativo incremento a partire dal 2016 (la linea rossa si riferisce alle medie giornaliere).*

Il processo di riscaldamento e pressurizzazione della parte più superficiale del sistema idrotermale, iniziato a partire dal 2007 (Chiodini et al., 2011) e tuttora in corso, è presumibilmente la causa delle variazioni macroscopiche del processo di degassamento osservate nel sito di Pisciarelli (Fig. 4.12) e che negli ultimi anni sono consistite nell'apertura di nuovi *vent* fumarolici e di polle bollenti, nell'emissione di fango, in attività sismica localizzata, nell'aumento della temperatura della fumarola principale (Fig. 4.13) e nell'aumento dei flussi di CO_2 dal suolo misurati in continuo dalla stazione geochimica (Fig. 4.14). In particolare, il flusso di CO_2 dal suolo misurato dalla stazione FLXOV8, che dal mese di aprile 2020 aveva mostrato una diminuzione dei valori, nel mese di settembre 2021 ha mostrato valori simili a quelli registrati nei primi mesi del 2020. Differentemente dal flusso di CO_2 dal suolo misurato dalla stazione, la concentrazione di CO_2 in aria non ha mostrato variazioni dei valori registrati nel periodo di interesse (Fig. 4.15).

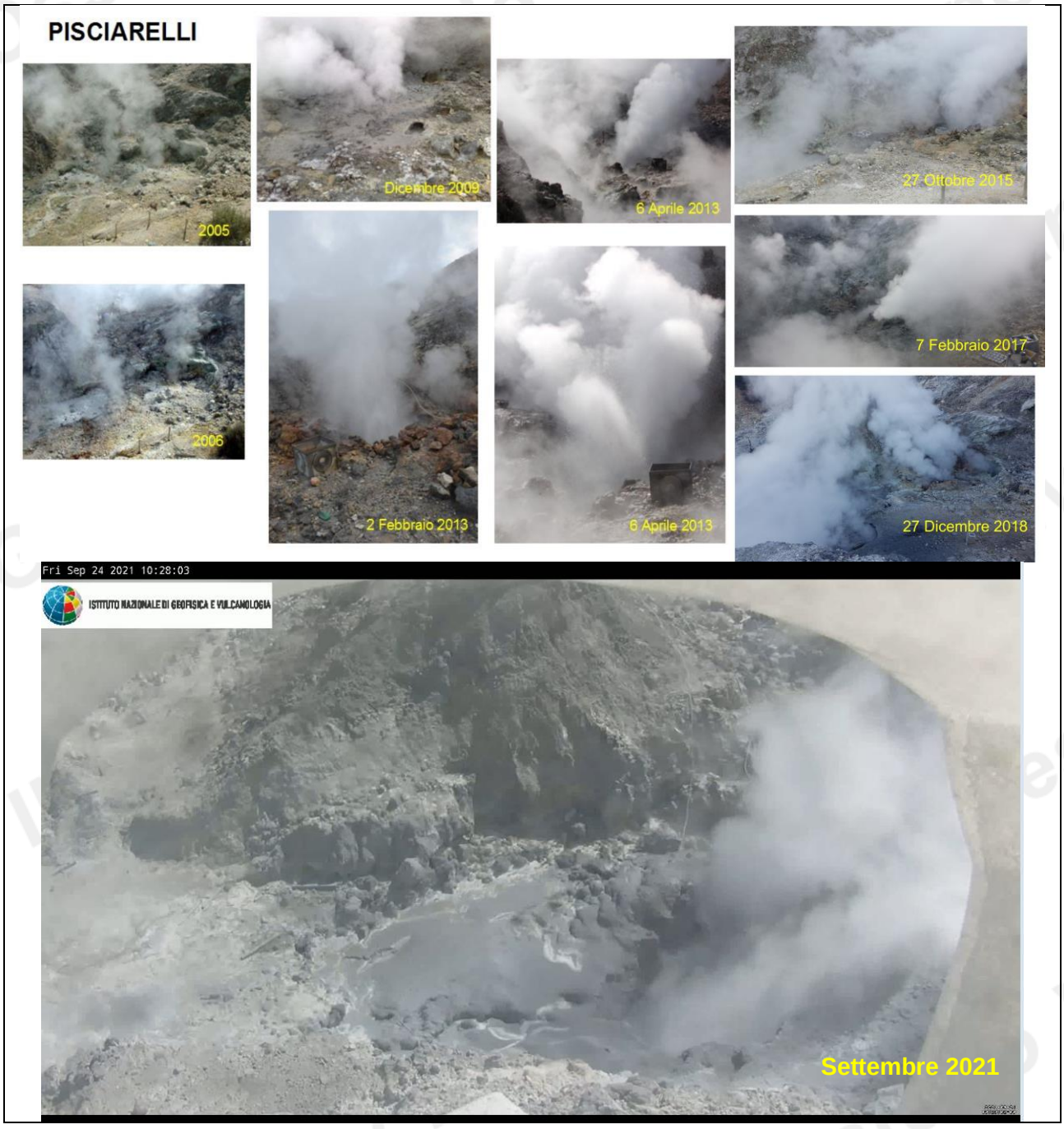


Figura 4.12 *- Variazioni macroscopiche dell'area di emissione di Pisciarelli dal 2005.*

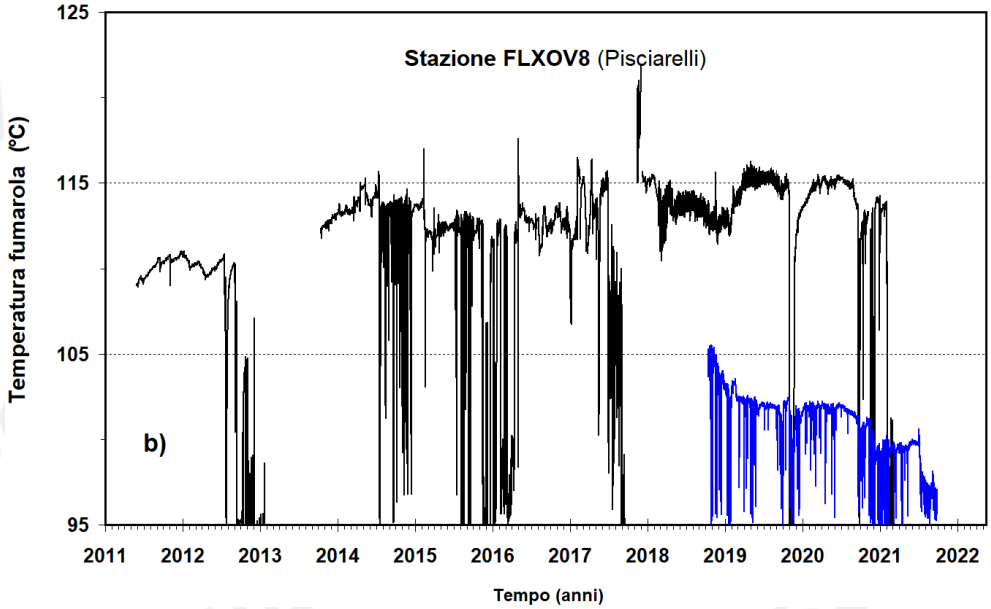


Figura 4.13 *– Cronogramma dal 2011 della temperatura della fumarola principale di Pisciarelli. Con la linea blu sono riportati i valori di temperatura misurati in continuo, a partire dal mese di ottobre 2018, in un'altra emissione fumarolica nell'area di Pisciarelli sita a pochi metri di distanza dalla fumarola principale e caratterizzata da una minore temperatura di emissione.*

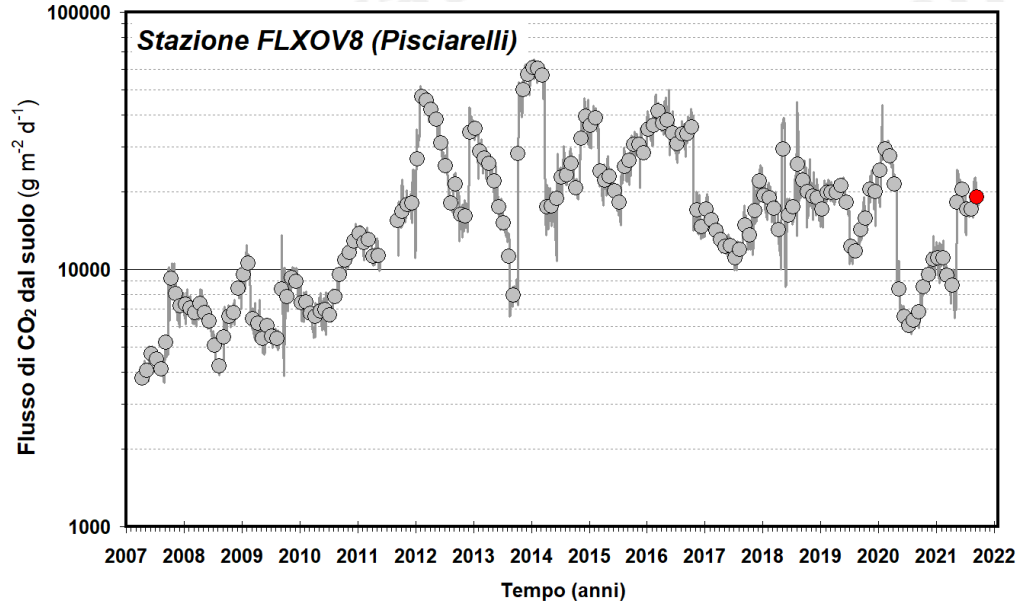


Figura 4.14 *- Medie giornaliere (linea) e medie mensili (cerchi) dei flussi di CO_2 misurati dalla stazione automatica a Pisciarelli. È da evidenziare il continuo trend d'aumento nel tempo a partire dal 2007 del flusso CO_2. La media dei flussi relativa al mese di settembre 2021 è riportata con il simbolo rosso. Il flusso di CO_2 dal suolo misurato dalla stazione FLXOV8, che dal mese di aprile 2020 fino a maggio 2021 aveva mostrato una diminuzione dei valori, negli ultimi periodi ha mostrato valori simili a quelli registrati nei primi mesi del 2020.*

In Figura 4.13 (linea blu) sono riportati i valori di temperatura misurati in continuo a partire dal mese di ottobre 2018 in un'altra emissione fumarolica nell'area di Pisciarelli, caratterizzata da una minore temperatura di emissione e sita a pochi metri di distanza dalla fumarola principale. I valori misurati hanno mostrato oscillazioni, da ~97 °C fino al valore di ebollizione per il fluido emesso di ~95 °C.

Nel periodo di riferimento, si è assistito a episodi ripetuti di risalita del livello del liquido nella polla di Pisciarelli (Fig. 4.12), in concomitanza delle precipitazioni verificatesi. Sin dalla formazione della polla nel 2005, l'evidenza di una così diretta correlazione delle variazioni del sito con le condizioni meteo si era verificata solo lo scorso anno in circostanze simili. Questo comportamento suggerisce un crescente controllo nel tempo delle condizioni ambientali sulla dinamica locale del sito.
L'incremento del processo di degassamento nell'area è supportato dalle misure del flusso di CO_2 delle fumarole (Tamburello et al., 2019). Inoltre, l'aumento dell'attività di degassamento nell'area di Pisciarelli è anche indicato dalla misura in continuo della concentrazione di CO_2 in aria e dal tremore fumarolico (RSAM, Real-time Seismic Amplitude Measurement) misurato dalla stazione sismica CPIS (Fig. 4.15) e generato dall'attività fumarolica, parametri che risultano strettamente correlati all'intensità dell'attività idrotermale (Chiodini et al., 2017, Giudicepietro et al., 2019; 2020).

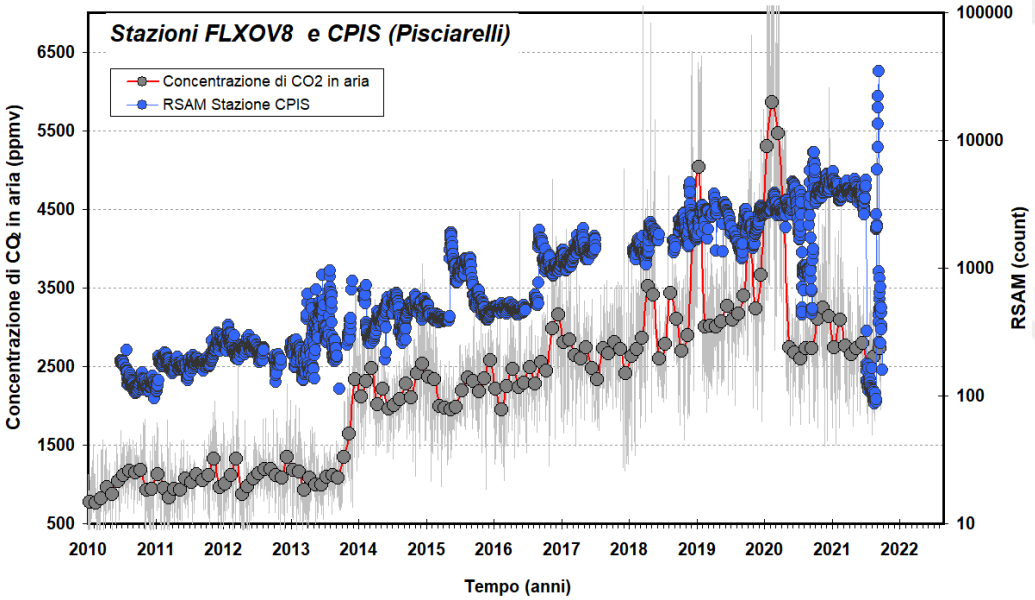


Figura 4.15 *- Cronogramma delle medie giornaliere (linea) e medie mensili (cerchi) della concentrazione di CO_2 registrata in aria con frequenza bioraria dalla stazione geochimica per la misura del flusso di CO_2 dal suolo di Pisciarelli (FLXOV8). Nel cronogramma è riportata anche la serie temporale dell'ampiezza del tremore fumarolico su base giornaliera registrata dalla stazione sismica CPIS, installata a pochi metri dalla fumarola principale. Questi parametri risultano strettamente correlati tra di loro e all'intensità dell'attività idrotermale (Chiodini et al., 2017, Giudicepietro et al., 2019). E' da evidenziare il continuo trend d'aumento nel tempo delle concentrazioni di CO_2 in aria e dell'ampiezza del tremore fumarolico sin dal 2013.*

La serie temporale di concentrazione di CO_2 in aria (registrata con frequenza bioraria dalla stazione geochimica FLXOV8) mostra un significativo aumento nel tempo delle concentrazioni (come medie mensili), da ~1000 ppm nel 2012, fino a ~3000 ppm negli ultimi periodi, con un massimo di ~5000 ppm registrato nei periodi gennaio-marzo 2019 e gennaio-marzo 2020. Analogamente, l'ampiezza del tremore fumarolico (RSAM) mostra a partire dal 2013 un rilevante aumento nel tempo. Nel mese di settembre 2021 il tremore fumarolico ha mostrato un nuovo aumento dei valori misurati in concomitanza degli eventi piovosi verificatisi e alla ricomparsa di liquido nella polla (Fig. 4.15), per poi ritornare a valori bassi.
In considerazione di tali evidenti variazioni, in osservanza al principio di precauzione e al fine di operare in sicurezza nel sito di emissione sono al momento sospese le attività di campionamento dei fluidi della fumarola principale di Pisciarelli oltre a quelle di manutenzione del sensore di temperatura installato nella medesima fumarola.

5. QUADRO DI SINTESI DELLO STATO DEL VULCANO NEL MESE DI SETTEMBRE 2021 E VALUTAZIONI

1) **SISMOLOGIA**: Nell'area dei Campi Flegrei sono stati registrati 128 terremoti di bassa energia (M_{dmax}=0.9±0.3) di cui 66 localizzati prevalentemente tra Pozzuoli e l'area Solfatara-Pisciarelli-Agnano.

2) **DEFORMAZIONI**: Il valore medio della velocità di sollevamento nell'area di massima deformazione dalla metà di luglio 2021 è di circa 10±2 mm/mese, in diminuzione rispetto al valore di circa 13±2 mm/mese registrato precedentemente a partire da settembre 2020. Il sollevamento registrato alla stazione GPS di RITE è di circa 52 cm a partire da gennaio 2016.

L'orientazione dei vettori tilt per le stazioni in pozzo mostra un pattern polarizzato lungo 2 direzioni ortogonali, NNW ed ENE, generato dal campo di deformazione connesso alla fase di uplift che interessa l'area.

3) **TERMOGRAFIA**: L'analisi delle serie temporali dei valori massimi di temperatura delle aree campionate della Solfatara e Pisciarelli, seppur in presenza di ampie oscillazioni a breve periodo, non mostrano variazioni significative.

Le misure con termocamere mobili effettuate in diversi punti nell'area dei Campi Flegrei mostrano andamenti stabili.

4) **GEOCHIMICA**: La composizione delle fumarole e i parametri monitorati indicano il perdurare dei trend pluriennali di riscaldamento e pressurizzazione del sistema idrotermale. Nell'area di Pisciarelli il flusso di CO_2 dal suolo misurato dalla stazione FLXOV8, che dal mese di aprile 2020 aveva mostrato una diminuzione dei valori, nel mese di settembre 2021 si è riportato a valori simili a quelli registrati nei primi mesi del 2020. Il tremore sismico (RSAM, Real-time Seismic Amplitude Measurement) generato dall'attività fumarolica di Pisciarelli, ha mostrato un nuovo aumento dei valori misurati in concomitanza degli eventi piovosi verificatisi e alla ricomparsa di liquido nella polla, per poi ritornare a valori bassi. Il sensore di temperatura installato nella fumarola principale di Pisciarelli a partire dal 10 novembre 2020 ha mostrato un malfunzionamento e per motivi di sicurezza non è al momento riparabile. I valori di temperatura misurati in continuo in un'altra emissione fumarolica nell'area di Pisciarelli, caratterizzata da una minore temperatura di emissione e collocata a pochi metri di distanza dalla fumarola principale, hanno mostrato oscillazioni da ∼97 °C fino al valore di ebollizione per il fluido emesso di ∼95 °C, da mettersi in relazione agli eventi piovosi verificatisi.

Nella Figura 5.1 sono rappresentati i parametri di monitoraggio più indicativi in un confronto temporale a breve e medio termine.

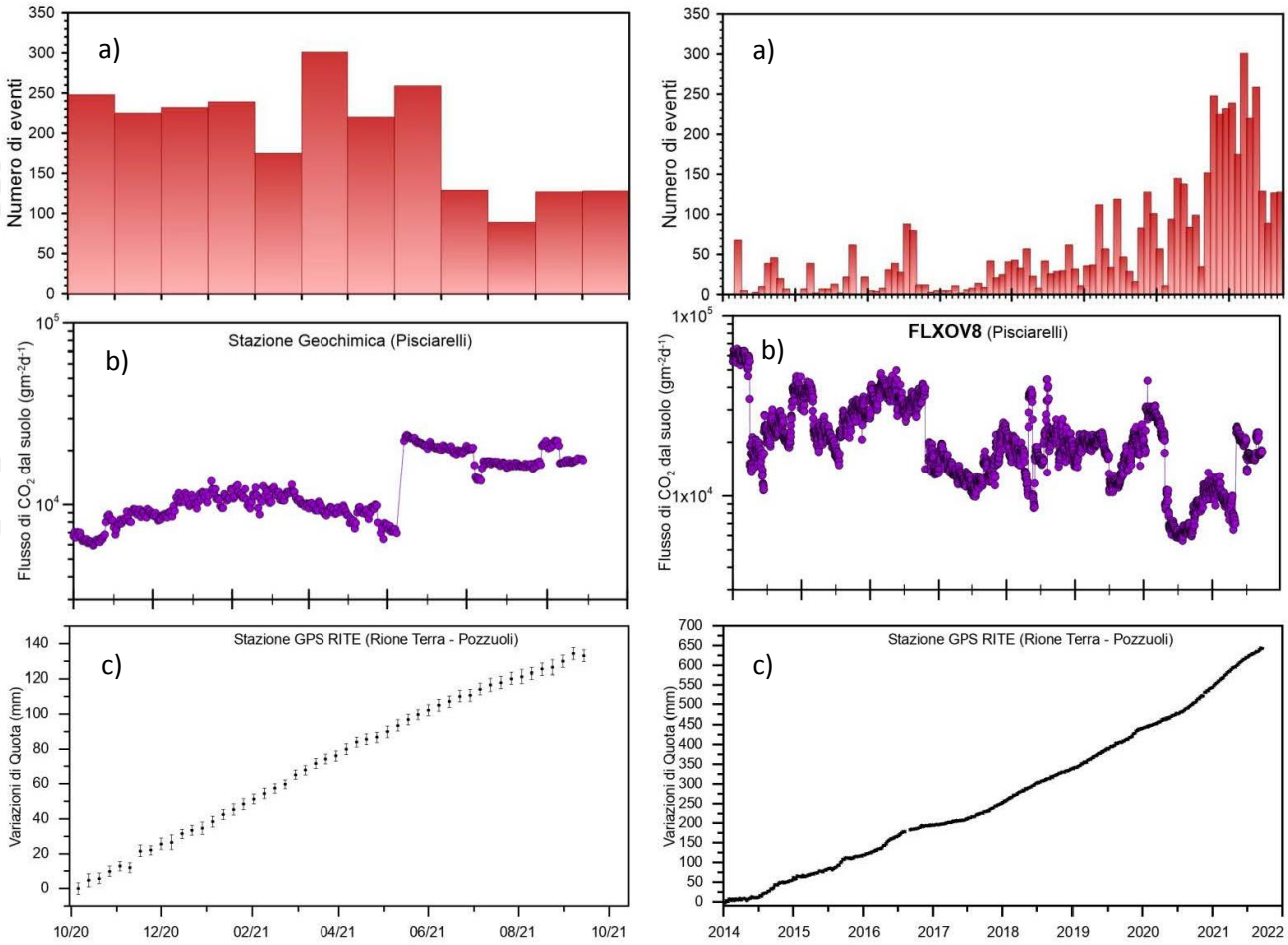


Figura 5.1 *– Frequenza di accadimento degli eventi sismici (a), variazioni del flusso di CO_2 alla stazione geochimica di Pisciarelli (b) e andamento delle deformazioni del suolo alla stazione GPS di RITE (c) negli ultimi dodici mesi (a sinistra) e dal 2014 (a destra).*

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

N.B. Eventuali variazioni dei parametri monitorati possono comportare una diversa evoluzione degli scenari di pericolosità sopra descritti.

Il monitoraggio dell'area flegrea permane al livello di "Attenzione".

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

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. (2015a) 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

Chiodini G., Pappalardo L., Aiuppa A. and Caliro S. (2015b) The geological CO_2 degassing history of a long-lived caldera. Geology. doi:10.1130/G36905.1

Chiodini G., Paonita A., Aiuppa A., Costa A., Caliro S., De Martino P., Acocella V. and Vandemeulebrouck J. (2016) Magmas near the critical degassing pressure drive volcanic unrest towards a critical state. Nat. Commun. 7, 13712. doi: 10.1038/ncomms13712

Chiodini G., Caliro S., Avino R., Bini G., Giudicepietro F., De Cesare W., Ricciolino P., Aiuppa A., Cardellini C., Petrillo Z., Selva J., Siniscalchi A., Tripaldi S. (2021) Hydrothermal pressure-temperature control on CO2 emissions and seismicity at Campi Flegrei (Italy). J. Volcanol. Geotherm. Res. 414 (2021) 107245. doi:10.1016/j.jvolgeores.2021.107245.

Cleveland, R.B., Cleveland, W.S., McRae, J.E., and Terpenning, I., (1990). STL: A seasonal-trend decomposition procedure based on loess: Journal of Official Statistics, v. 6, p. 3–73.

Cusano P., Petrosino S. and Saccorotti G. (2008) Hydrothermal origin for sustained Long-Period (LP) activity at Campi Flegrei Volcanic Complex, Italy. J. Volcanol. Geotherm. Res. doi:10.1016/j.jvolgeores.2008.07.019.

D'Amore F. and Panichi C. (1980) Evaluation of deep temperatures of hydrothermal systems by a new gas geothermometer. Geochim. Cosmochim. Acta 44, 549-556.

D'Auria, L., Giudicepietro, F., Aquino, I., Borriello, G., Del Gaudio, C., Lo Bascio, D., Martini, M., Ricciardi, G. P., Ricciolino, P., and Ricco, C. (2011), Repeated fluid-transfer episodes as a mechanism for the recent dynamics of Campi Flegrei caldera (1989–2010), J. Geophys. Res., 116, B04313, doi:10.1029/2010JB007837.

Giudicepietro F., Chiodini G., Caliro S., De Cesare W., Esposito A. M., Galluzzo D., D. Lo Bascio, G. Macedonio, M. Orazi, P. Ricciolino, and J. Vandemeulebrouck. (2019). Insight into Campi Flegrei Caldera Unrest through seismic tremor measurements at Pisciarelli Fumarolic Field. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 20, 5544–5555. https://doi.org/10.1029/ 2019GC008610.

Giudicepietro, F., Chiodini G., Avino R., Brandi G., Caliro S., De Cesare W., Galluzzo D., Esposito A., La Rocca A., Lo Bascio D., Obrizzo F., Pinto S., Ricci T., Ricciolino P., Siniscalchi A.,Tramelli A., Vandemeulebrouck J. and Macedonio G. (2020). Tracking Episodes of Seismicity and Gas Transport in Campi Flegrei Caldera Through Seismic, Geophysical, and Geochemical Measurements, Seismol. Res. Lett. XX, 1–11, doi: 10.1785/022020022

Ricco, C., Aquino, I., Borgstrom, S.E. and Del Gaudio, C. (2013) 19 years of tilt data on Mt. Vesuvius: State of the art and future perspectives. Ann. Geophys. 2013, Vol. 56 n. 4.

Ricco, C., Petrosino, S., Aquino, I., Del Gaudio, C. and Falanga, M. (2019) Some Investigations on a Possible Relationship between Ground Deformation and Seismic Activity at Campi Flegrei and Ischia Volcanic Areas (Southern Italy). Geosciences. 2019, Vol. 9 Pag. 1-24. ISSN:2076-3263.

Silvestri M., Diaz J.A., Marotta E., Dalla Via G., Bellucci Sessa E., Caputo T., Buongiorno M.F., Sansivero F., Musacchio M., Belviso P., Carandente A., Peluso R., Nave R., Vilardo G., Doumaz F. and E. Corrales (2017). The 2016 field campaign of la Solfatara volcano: monitoring methods and instruments for volcanic surveillance. Rapporti Tecnici INGV, ISSN 2039-7941, Anno 2017, Numero 380.

Tamburello G., S. Caliro, G. Chiodini, et al. (2019). Escalating CO2 degassing at the Pisciarelli fumarolic system, and implications for the ongoing Campi Flegrei unrest, Journal of Volcanology and Geothermal Research, https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2019.07.005.

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 arrecati 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.