

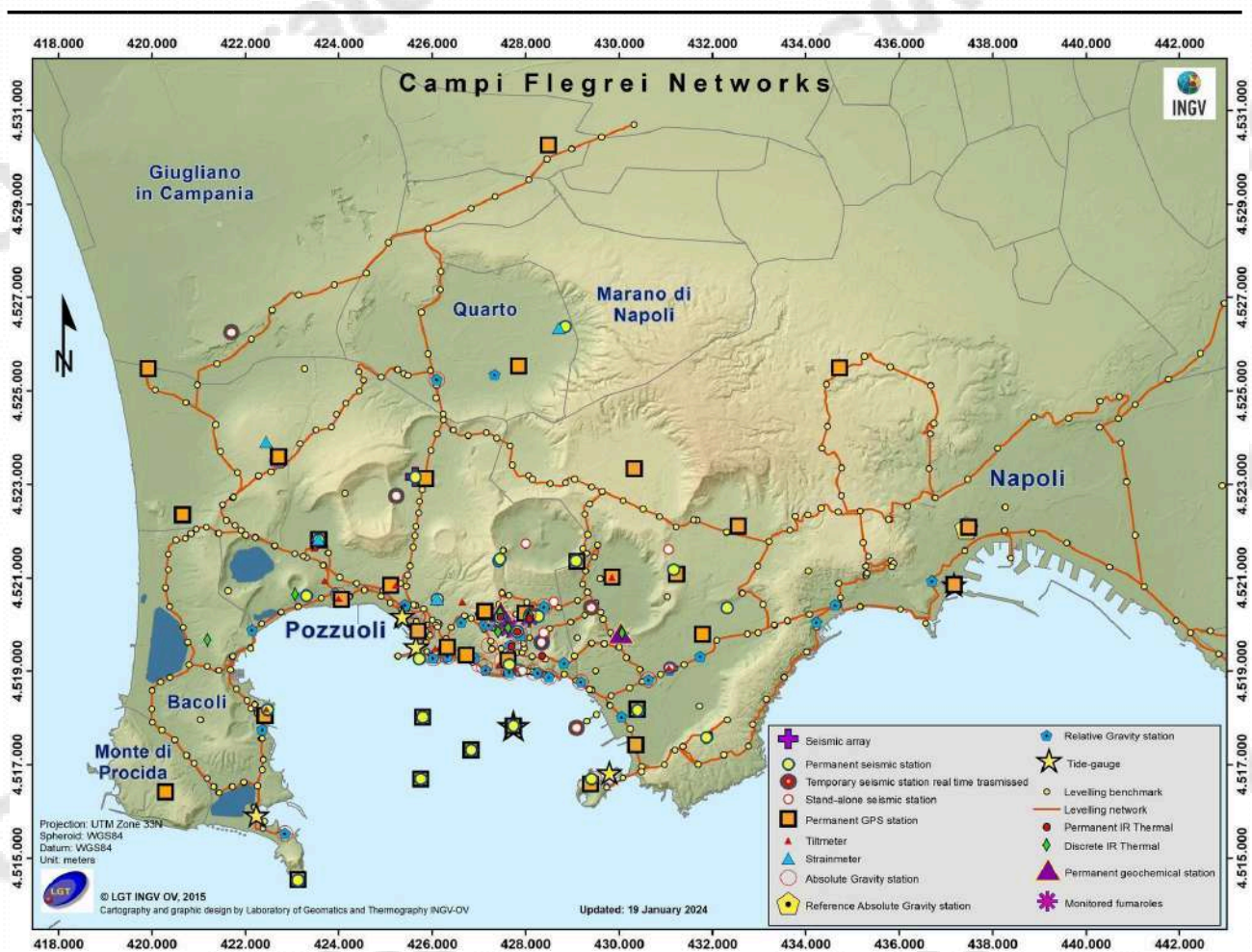


Bollettino di Sorveglianza

CAMPI FLEGREI

FEBBRAIO 2026

A cura della Sezione di Napoli | OSSERVATORIO VESUVIANO



1. SISMOLOGIA

La Rete Sismica Permanente dei Campi Flegrei è mostrata in Figura 1.1 ed è costituita da 27 stazioni terrestri e marine, integrata da 7 stazioni della Rete Mobile in trasmissione continua. L'infrastruttura marina permanente di monitoraggio e ricerca multi-parametrica sperimentale che opera nel Golfo di Pozzuoli, denominata MEDUSA (<http://medusa.ingv.it/>), è costituita da 4 boe geodetiche (CFBA, CFBB, CFBC e CFSB) ed altrettanti moduli sottomarini equipaggiati con strumentazione geofisica, oceanografica e multiparametrica. Allo stato attuale, la stazione CFSB non è funzionante.

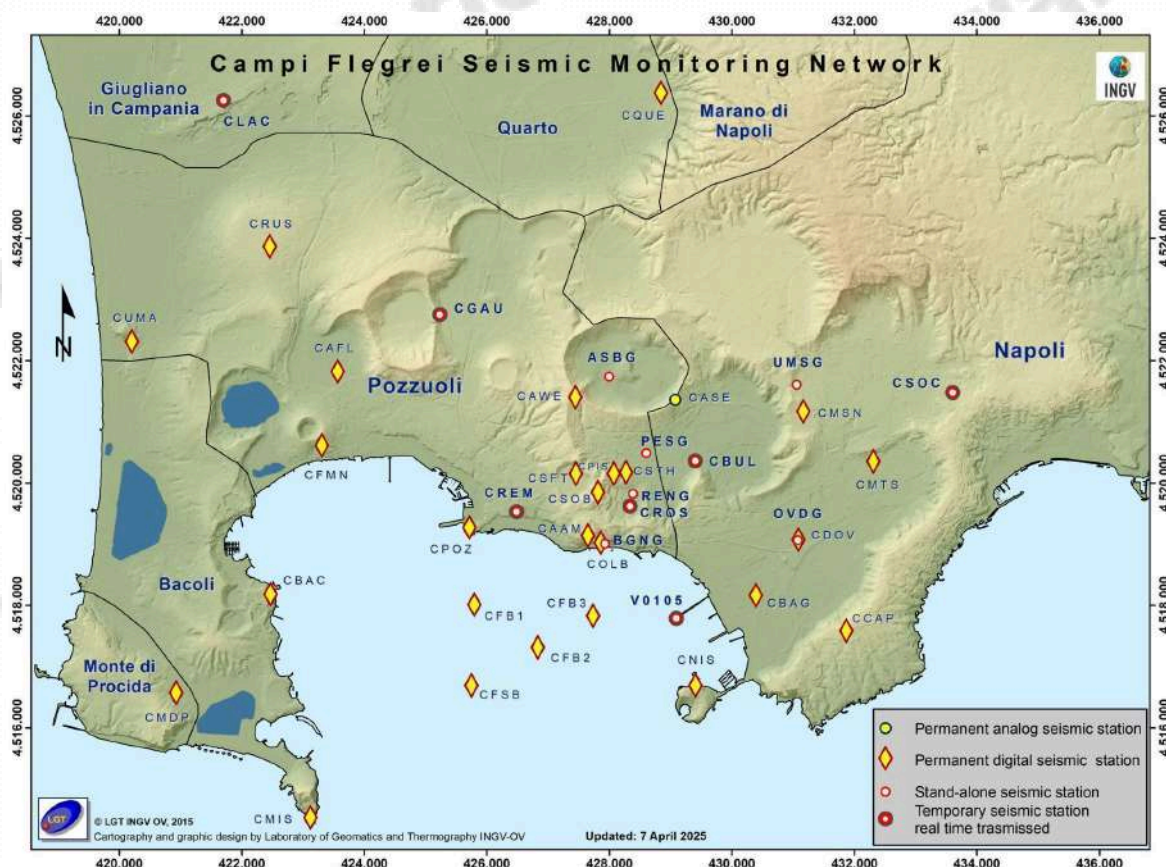


Figura 1.1 - Mappa della Rete Sismica dei Campi Flegrei (DOI: 10.5281/zenodo.5886962).

Nel corso del mese di febbraio 2026, ai Campi Flegrei, sono stati registrati 254 terremoti. L'evento più energetico è stato registrato il 28/02/2026 alle ore 10:19 UTC con $M_d=3.5\pm 0.3$ (Figg.1.2;1.5).

85 degli eventi registrati ($M_d\geq 0.0\pm 0.3$) sono avvenuti nel corso di 3 sciami sismici (Tab.1.1)

Tabella 1.1 – Sciami sismici registrati nel corso del mese di febbraio 2026.

Inizio sciame	Num eventi $M_d\geq 0.0$	M_d max (± 0.3)	Area
2026/02/14 09:49 UTC	18	1.5	Agnano-Pisciarelli
2026/02/17 22:12 UTC	15	2.8	Pozzuoli
2026/02/28 16:27 UTC	52	3.5	Pozzuoli-Agnano

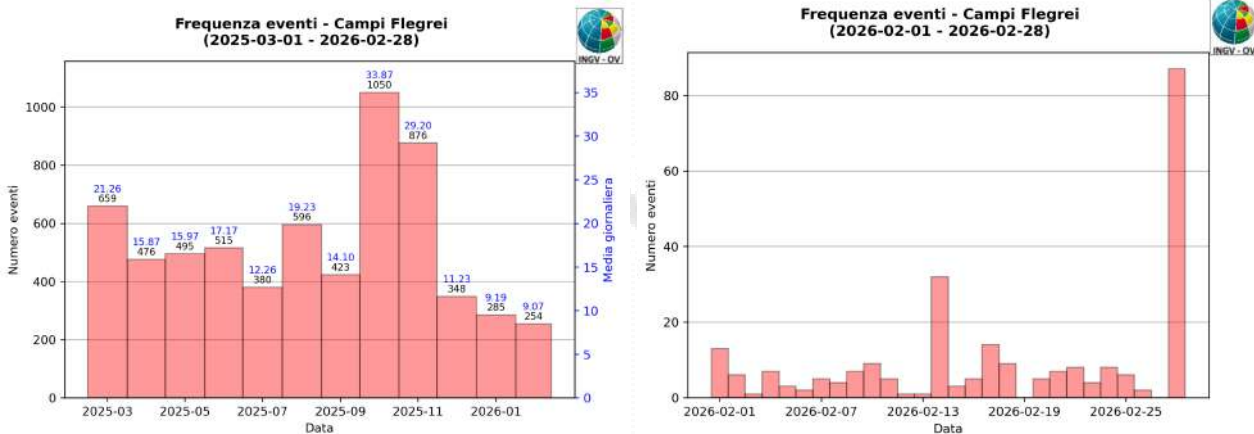


Figura 1.2 - A sinistra numero di eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (in totale 6357), mentre a destra quelli avvenuti nell'ultimo mese (in totale 254).

E' stato possibile determinare i parametri ipocentrali di 192 degli eventi registrati, le cui localizzazioni sono mostrate in rosso in Fig. 1.3.

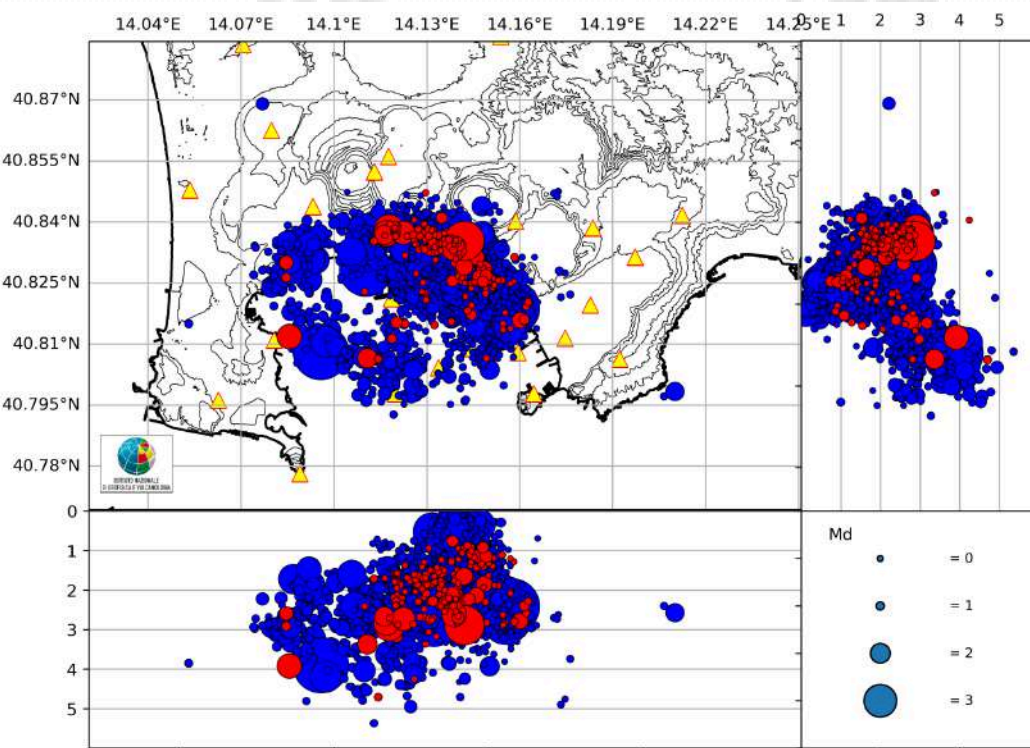


Figura 1.3 - Localizzazioni ipocentrali ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (in blu) e dell'ultimo mese (in rosso). La dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo, come indicato nel riquadro in basso a destra.

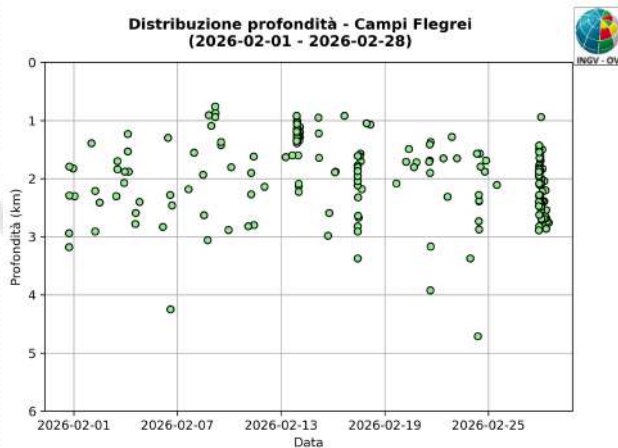
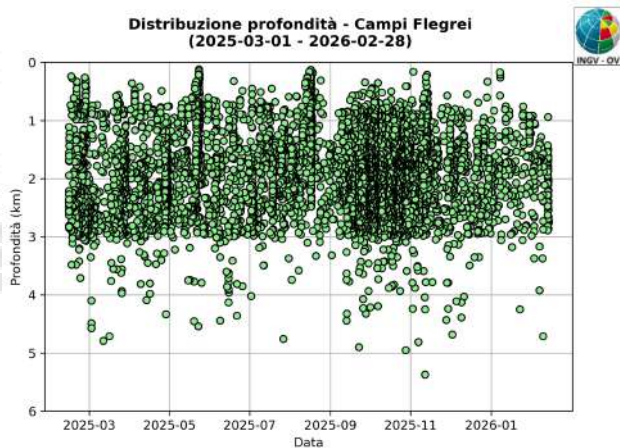


Figura 1.4 - Profondità ipocentrali degli eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

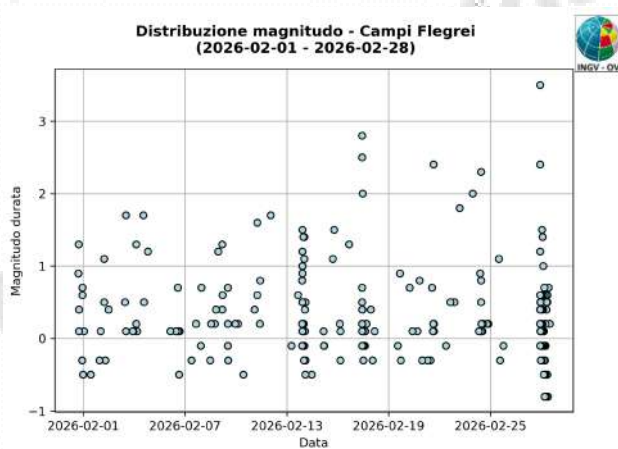
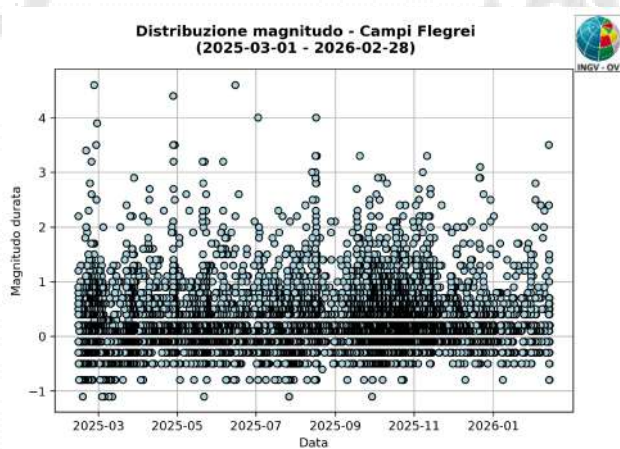


Figura 1.5 - Magnitudo degli eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

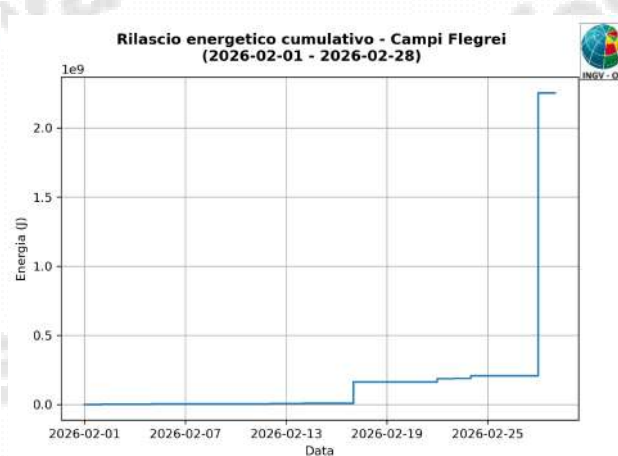
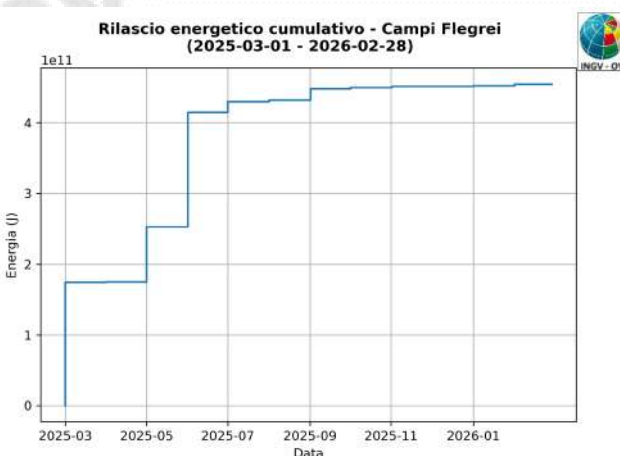
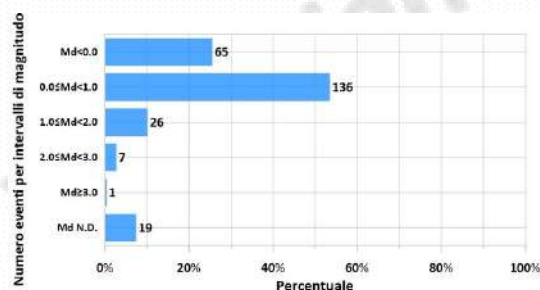


Figura 1.6 - Rilascio cumulativo di energia sismica ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (mensile a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

In Tabella 1.2 è rappresentato il numero di eventi registrati, divisi per classi di magnitudo, e le relative percentuali.

Tabella 1.2 – Riepilogo mensile della sismicità registrata ai Campi Flegrei divisa per classi di magnitudo e relative percentuali.

Numero totale terremoti 254 $M_{dmax} = 3.5 \pm 0.3$	
Numero terremoti con $Md < 0.0$	65 (25.59%)
Numero terremoti con $0.0 \leq Md < 1.0$	136 (53.54%)
Numero terremoti con $1.0 \leq Md < 2.0$	26 (10.24%)
Numero terremoti con $2.0 \leq Md < 3.0$	7 (2.76%)
Numero terremoti con $Md \geq 3.0$	1 (0.39%)
Numero terremoti con Md N.D.	19 (7.48%)



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

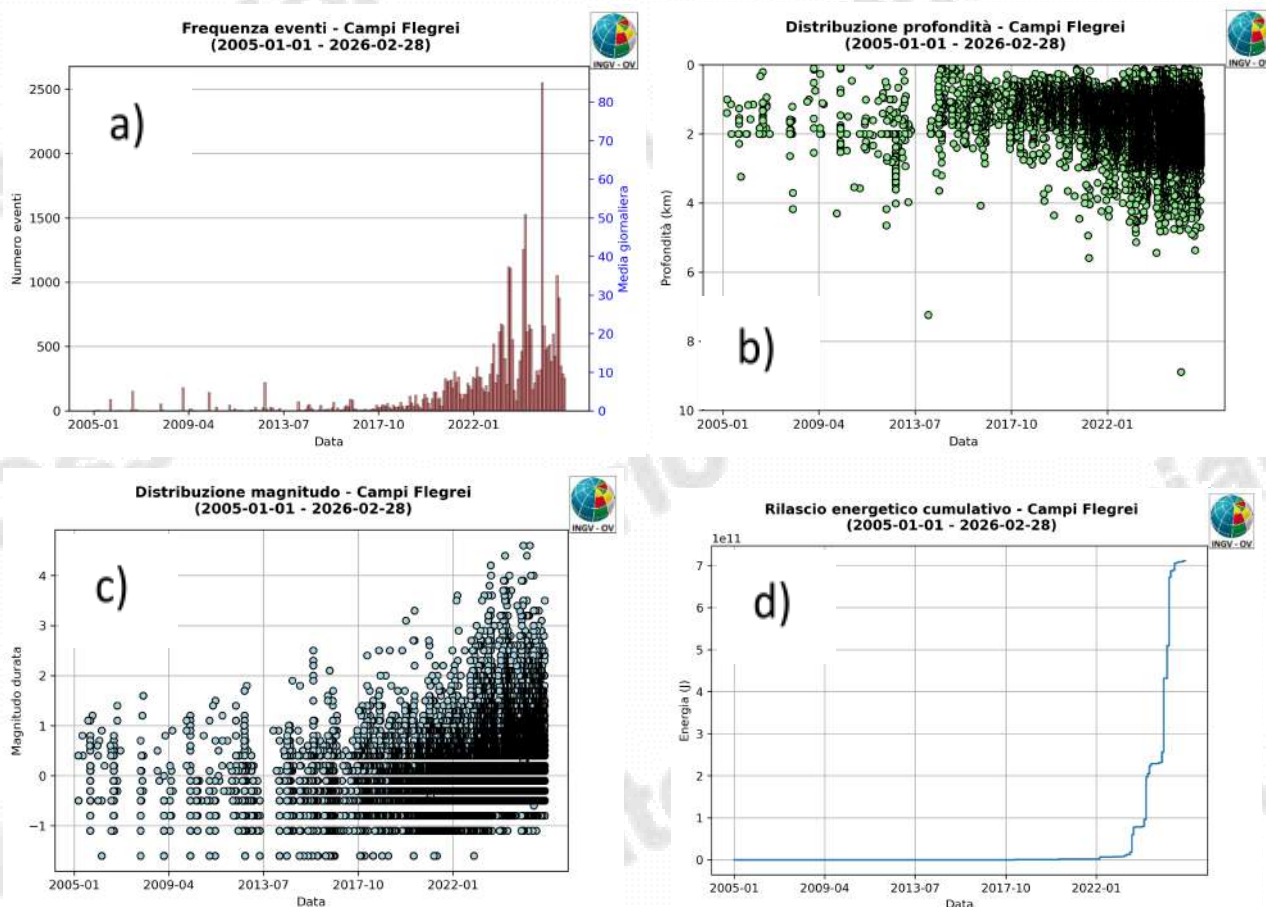


Figura 1.7 - Andamento dei principali parametri sismologici a partire dal 2005: a) frequenza di accadimento mensile; b) profondità ipocentrali; c) magnitudo; d) energia cumulativa.

I dati in Figura 1.7 mostrano, dal 2019, un progressivo intensificarsi della sismicità, sia per numero di eventi che per magnitudo.

In Figura 1.8 sono riportate le localizzazioni ipocentrali e gli andamenti dei principali parametri sismologici relativi ai soli eventi con $Md \geq 3.0$ a partire dal 2019, anno in cui si è verificato il primo evento con questa energia (06.12.2019, $Md=3.1$).

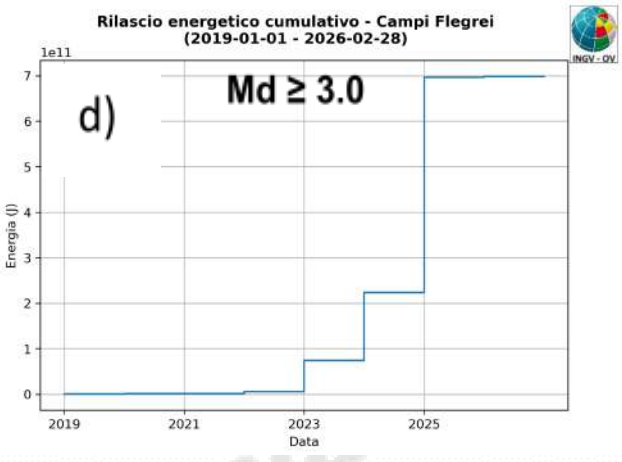
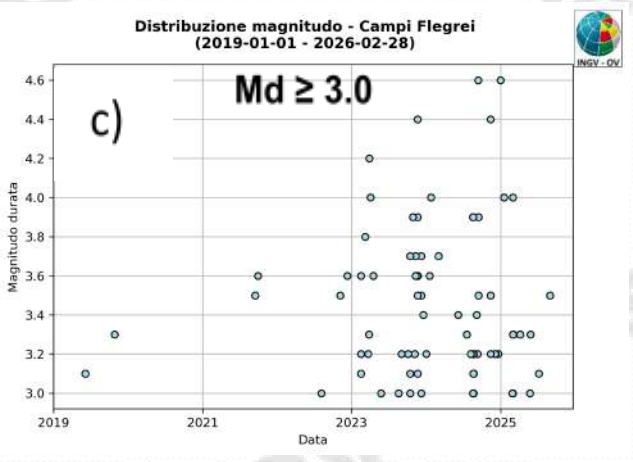
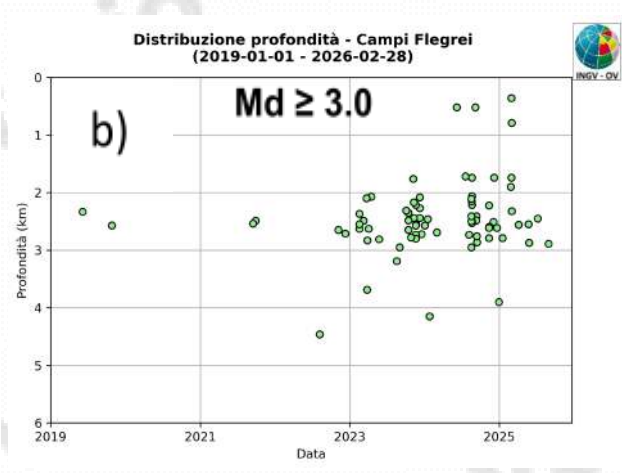
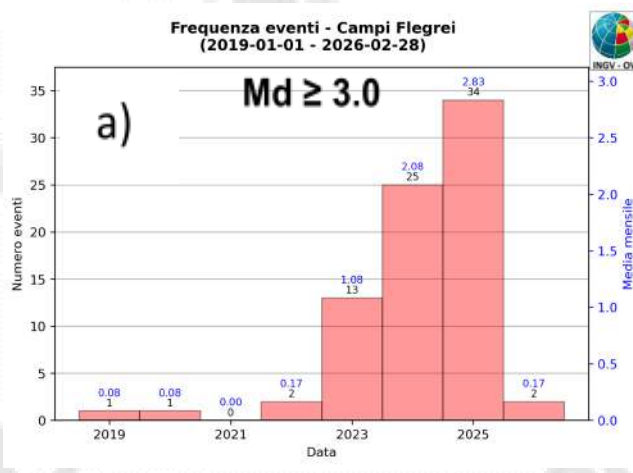
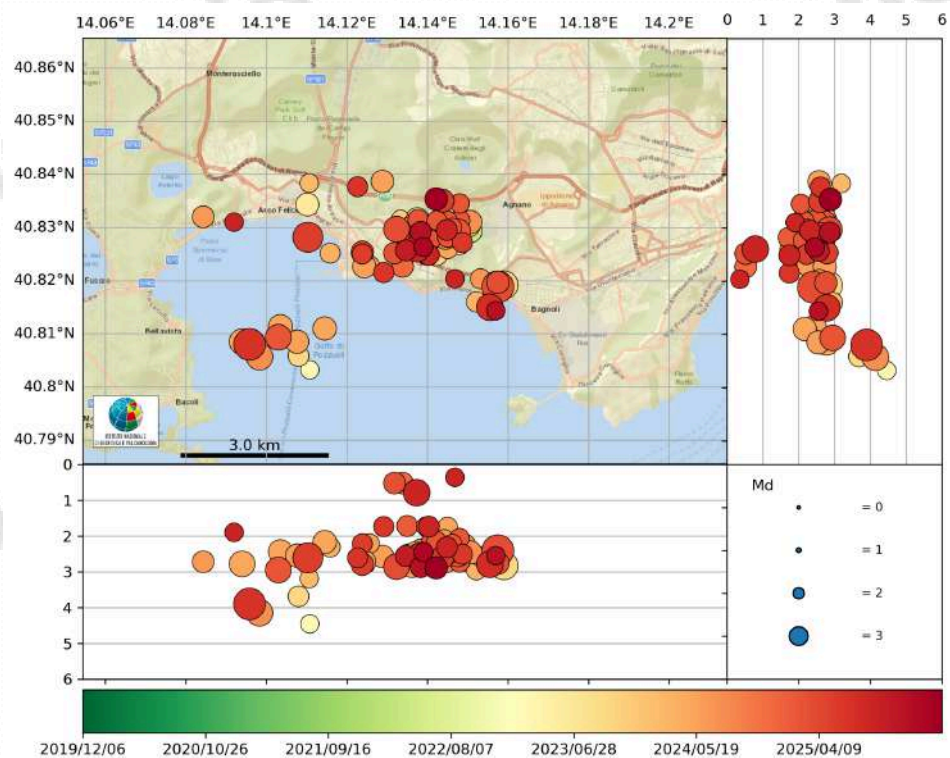


Figura 1.8 - Localizzazioni e andamento dei principali parametri sismologici dei terremoti con $Md \geq 3.0$ a partire dal 2019: a) frequenza di accadimento; b) profondità ipocentrali; c) magnitudo; d) energia cumulativa.

Nella figura 1.9 è rappresentata la frequenza di accadimento dei terremoti registrati ai Campi Flegrei dal 1983 e la relativa energia cumulativa.

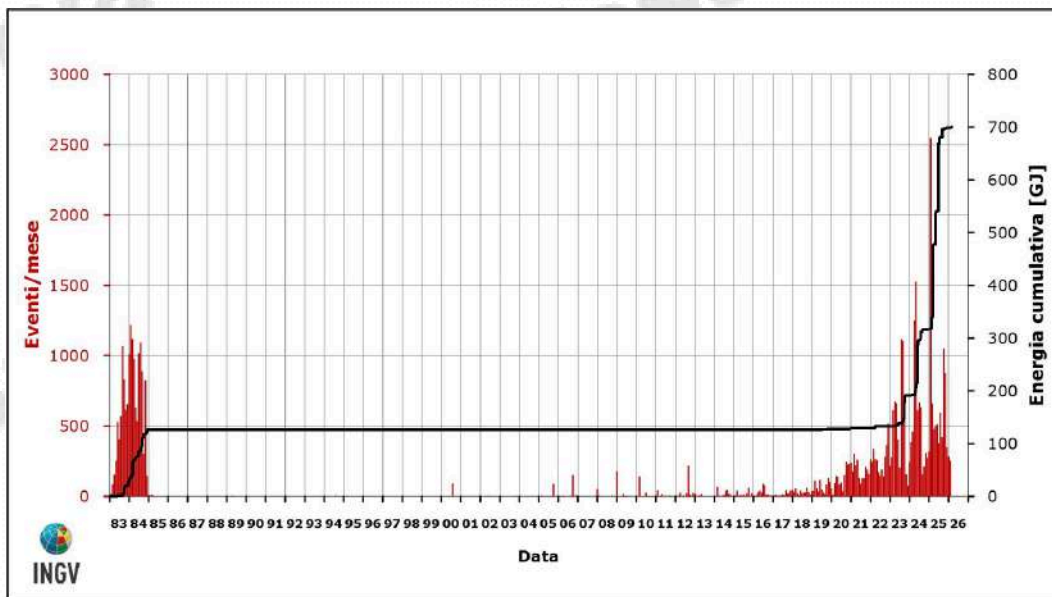


Figura 1.9 – Frequenza di accadimento dei terremoti registrati ai Campi Flegrei dal 1983. La linea nera rappresenta l'energia cumulativa.

2. DEFORMAZIONI DEL SUOLO

2.1 GNSS

La Rete GNSS permanente dei Campi Flegrei (De Martino et al., 2021) è costituita da 39 stazioni terrestri e marine (Figura 2.1.1). La stazione GNSS di SOLO (Solfatara) è stata dismessa in quanto l'edificio sul quale era materializzata (Plesso Scolastico "A. Trincone") sarà demolito. L'infrastruttura marina permanente di monitoraggio e ricerca multi-parametrica sperimentale che opera nel Golfo di Pozzuoli, denominata MEDUSA (<http://medusa.ingv.it/>), è costituita da 4 boe geodetiche (CFBA, CFBB, CFBC e CFSB) ed altrettanti moduli sottomarini equipaggiati con strumentazione geofisica, oceanografica e multiparametrica (Iannaccone et al., 2018; De Martino et al., 2020; Guardato et al., 2022). Allo stato attuale, la stazione CFSB non è in funzione.

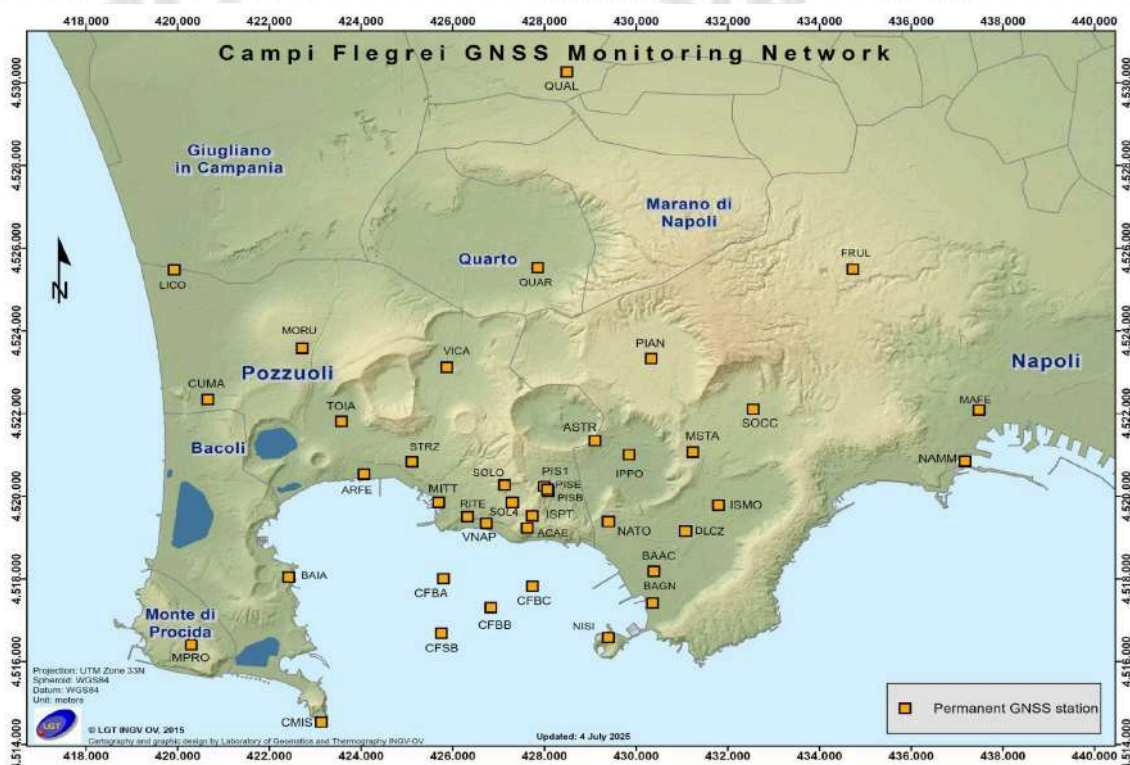


Figura 2.1.1 - Rete GNSS Permanente dei Campi Flegrei (DOI: 10.5281/zenodo.5886962).

Dal 2025 la velocità massima di sollevamento del suolo è stata caratterizzata da variazioni evidenziate nella Figura 2.1.2.

I dati successivi allo sciame sismico del 15-19 febbraio 2025 hanno evidenziato un aumento della velocità di sollevamento del suolo, con un valore medio mensile di circa 30 ± 3 mm/mese (fascia verde in Figura 2.1.2) fino alla fine di marzo. Dagli inizi di aprile si è continuato a registrare sollevamento del suolo con valore medio mensile di circa 15 ± 3 mm/mese (fascia gialla in Figura 2.1.2). A partire dal 10 ottobre 2025 si è registrato un aumento della velocità di sollevamento del suolo (fascia viola in Figura 2.1.2), con un valore medio mensile di sollevamento di circa 25 ± 3 mm/mese. Dalla metà di dicembre 2025 si è registrata una diminuzione della velocità di sollevamento del suolo, con un valore medio di velocità mensile di circa 15 ± 3 mm/mese (fascia gialla in Figura 2.1.4). Dagli inizi di febbraio 2026 si registra un'ulteriore diminuzione della velocità di sollevamento del suolo, con un valore medio di velocità mensile di circa 10 ± 3 mm/mese (fascia grigia in Figura 2.1.4).

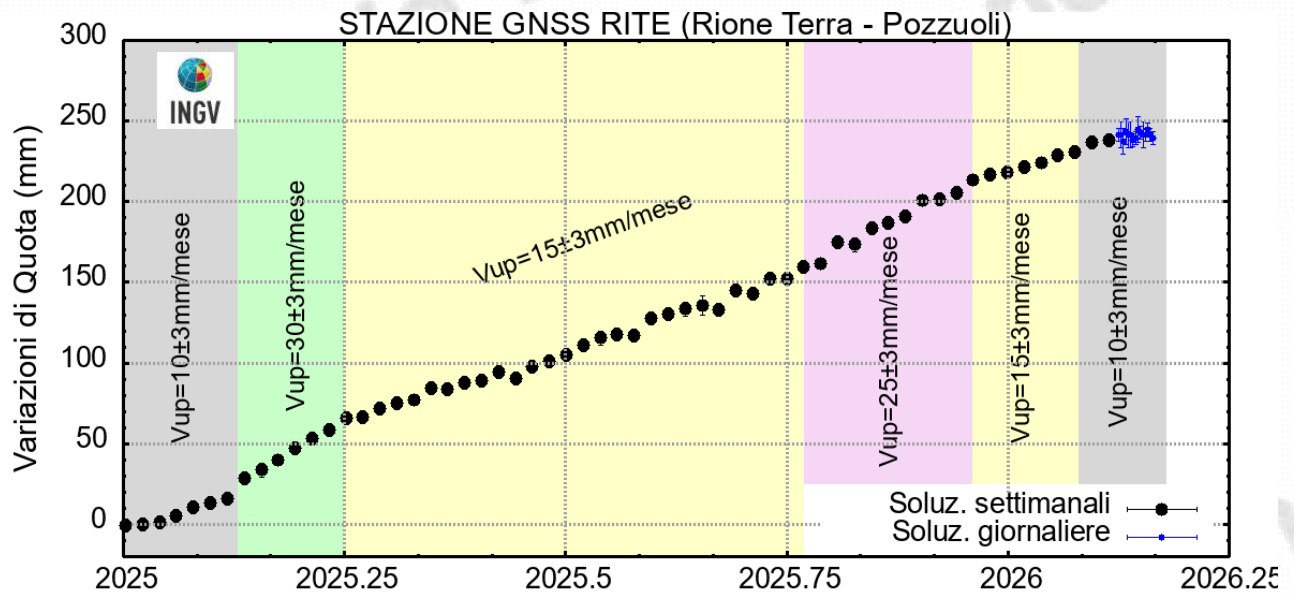


Figura 2.1.2 - Serie temporale delle variazioni in quota della stazione GNSS di RITE dal 01/01/2025 al 01/03/2026. Elaborazione dati in modalità differenziale singola baseline con software GNSS Spider.

La Figura 2.1.3 riporta le serie temporali delle variazioni in quota dal 2024 di alcune stazioni GNSS ubicate nella zona di massima deformazione dei Campi Flegrei.

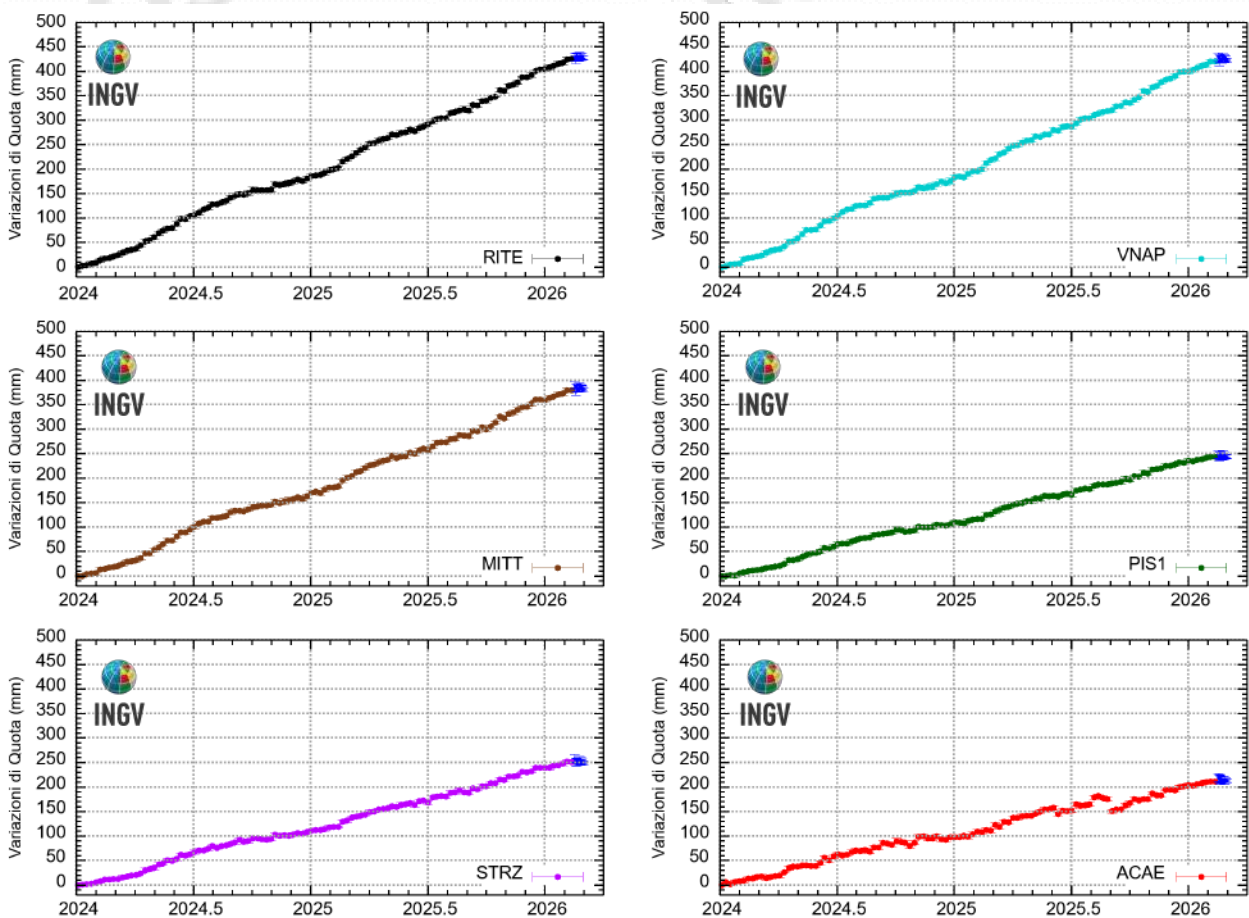


Figura 2.1.3 - Serie temporali delle variazioni in quota delle stazioni di RITE (Pozzuoli - Rione Terra), VNAP (Pozzuoli - Via Napoli), MITT (Pozzuoli - Porto), PIS1 (Pisciarelli), STRZ (Pozzuoli - Cimitero) e ACAE (Accademia Aeronautica) dal 01/01/2024 al 01/03/2026. Elaborazione dati in modalità differenziale singola baseline con software GNSS Spider.

Il sollevamento totale registrato alla stazione GNSS di RITE è di circa 162.5 cm da novembre 2005, inizio dell'attuale fase di *unrest* (Fig. 2.1.4), e di circa 24.5 cm da gennaio 2024 (Figura 2.1.2).

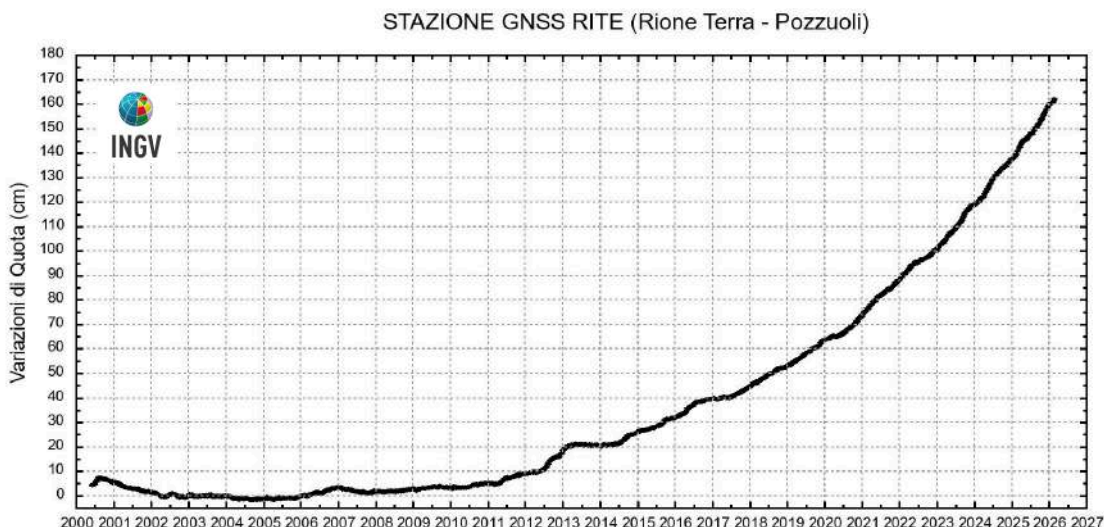


Figura 2.1.4 - Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di RITE (Pozzuoli – Rione Terra) dal 2000 a febbraio 2026.

In Figura 2.1.5 sono riportate le mappe dei vettori degli spostamenti orizzontali (a) e le isolinee degli spostamenti verticali (b) registrati alle stazioni GNSS ai Campi Flegrei dal 2024.

Si conferma la forma radiale del campo di deformazione con la caratteristica forma a campana, simile a quelle già individuate nelle precedenti fasi del sollevamento (De Martino et al., 2021), e la conseguente stabilità della posizione della sorgente di deformazione localizzata qualche centinaio di metri a sud della stazione RITE.

Permane l'anomalia locale nella zona dei duomi lavici di Accademia - Monte Olibano, già riportata nei precedenti bollettini (si veda anche Giudicepietro et al., 2024).

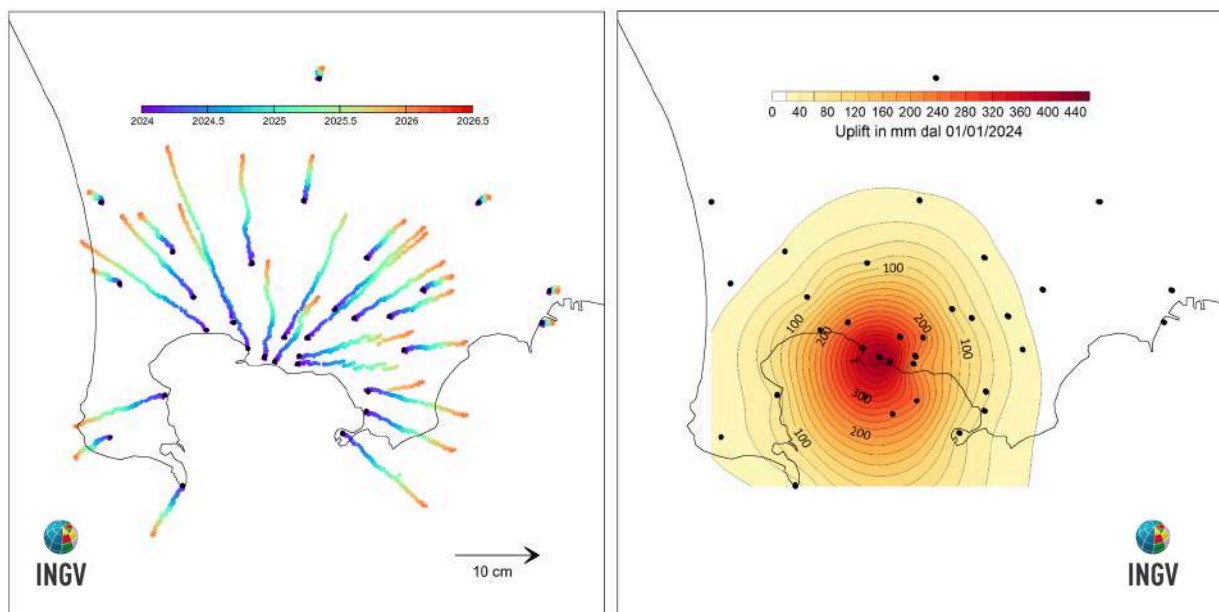


Figura 2.1.5 - Mappa degli spostamenti GNSS orizzontali (a) e verticali (b) registrati nell'area flegrea da gennaio 2024 a febbraio 2026.

Le deformazioni verticali del fondale marino della caldera flegrea registrate dall'infrastruttura MEDUSA da gennaio 2024 sono riportate in Figura 2.1.6. Alla stazione CFBA il sollevamento dal 2024 è di circa 33 cm.

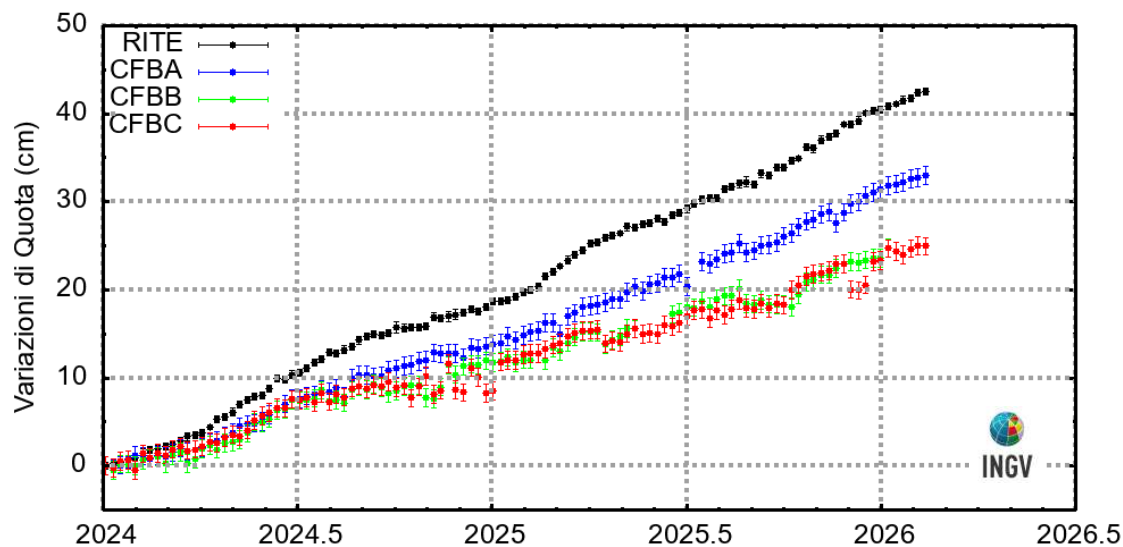


Figura 2.1.6 – Serie temporali delle variazioni settimanali in quota delle stazioni GNSS dell'infrastruttura marina MEDUSA nell'intervallo gennaio 2024 - febbraio 2026, confrontate con quella della stazione RITE

2.2 Tiltmetria

La Rete di Monitoraggio delle inclinazioni del suolo dei Campi Flegrei consiste di 12 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 5 con sensori digitali da pozzo (Fig. 2.2.1). Nel mese di maggio 2025 sono state installate 2 nuove stazioni in pozzo a 25 m di profondità (IPA e CSP in Fig. 2.2.1) e si stanno concludendo le operazioni per l'installazione di un'ulteriore stazione (VAP in Fig. 2.2.1).

L'alta risoluzione dei sensori tiltmetrici da pozzo consente di rilevare variazioni di inclinazione del suolo riconducibili sia ad eventi sismici sia a fenomeni locali legati alla migrazione di fluidi in aree ad elevata fratturazione. Tali segnali si sovrappongono alle variazioni generate dal campo di deformazione principale associato all'uplift in corso nella caldera flegrea (Falanga et al., 2023).

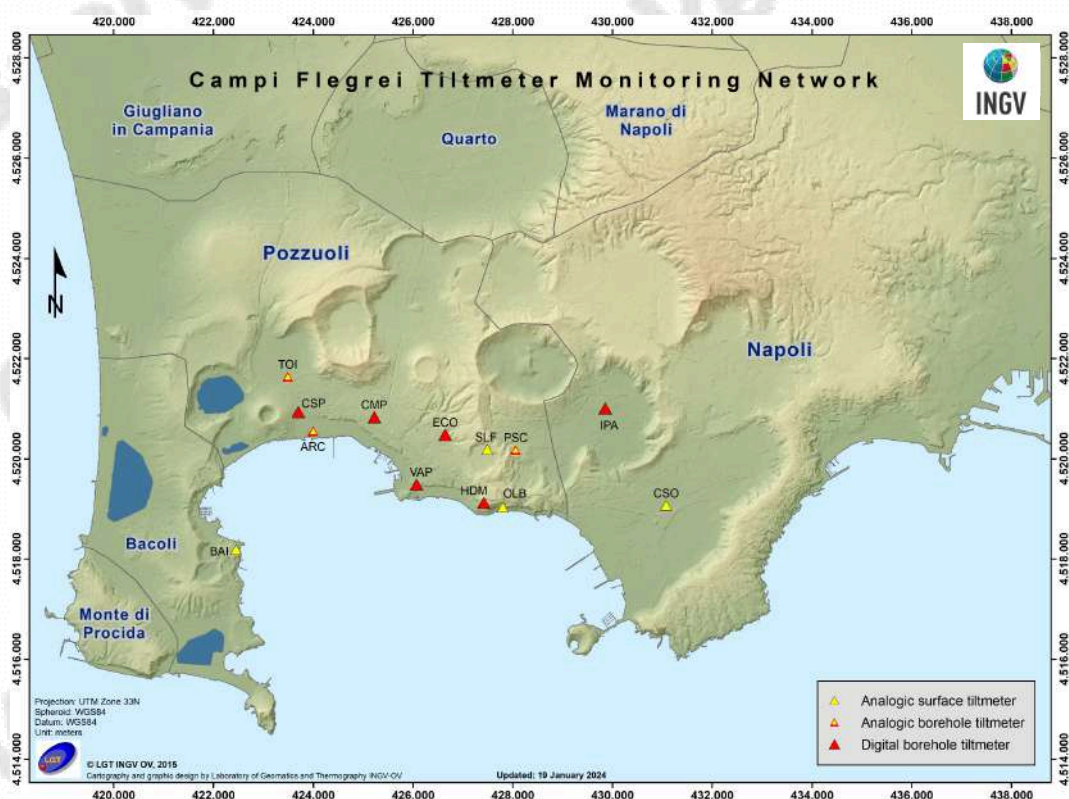


Figura 2.2.1 – Rete Tiltmetrica dei Campi Flegrei (DOI: 10.5281/zenodo.5886962).

Di seguito sono rappresentate le serie temporali e il plot (ultimi 12 mesi) del tilt delle stazioni digitali da pozzo (HDM, ECO e CMP). I segnali nei grafici sono filtrati dalle componenti mareali diurna e semidiurna. In particolare nei diagrammi sono riportati :

- Componente NS (valori di tilt crescenti nel tempo indicano la variazione di inclinazione del suolo a N)
- Componente EW (valori di tilt crescenti nel tempo indicano la variazione di inclinazione del suolo a E)
- Rappresentazione del vettore inclinazione nel tempo

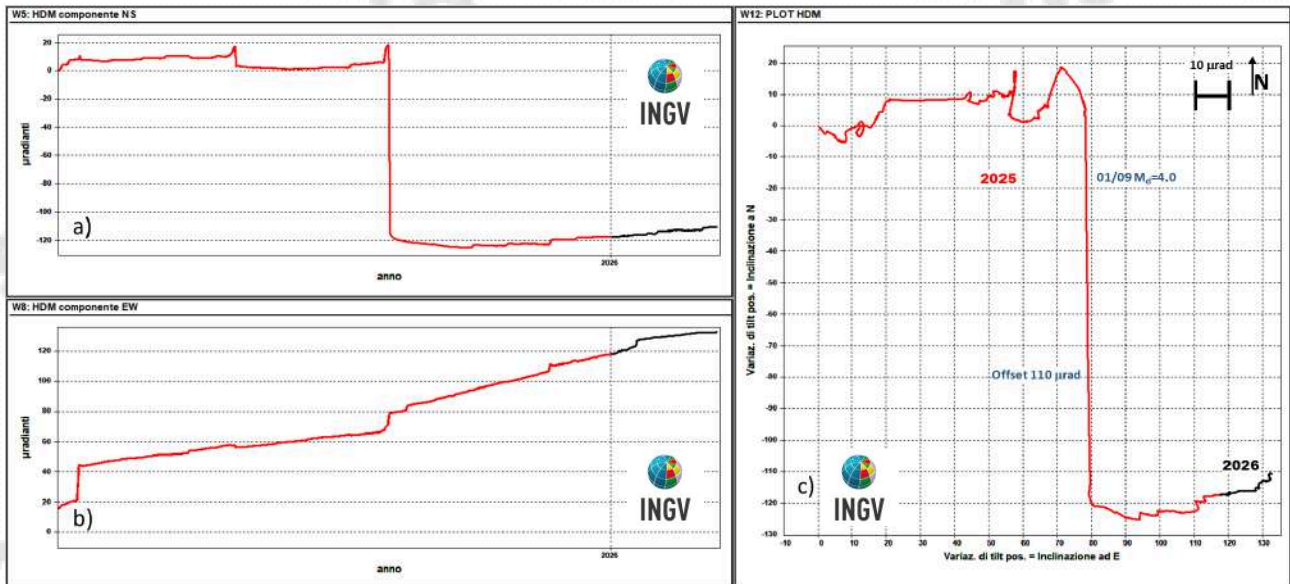


Figura 2.2.2 – Serie temporali e plot (ultimi 12 mesi) del tilt della stazione HDM della rete dei Campi Flegrei.

I segnali registrati alla stazione HDM (Fig. 2.2.2) mostrano una dinamica associata alla deformazione radiale correlata alla fase di uplift dell'area flegrea, sulla quale si sovrappongono effetti locali legati alla dinamica dell'area di Solfatara-Pisciarelli e del duomo lavico dell'Accademia-Monte Olibano. Inoltre sono stati registrati numerosi offset in corrispondenza degli eventi sismici più energetici localizzati nell'area. L'evento di Md=4.0 del 01/09 ha generato un offset cosismico totale di 110 μ rad in direzione Sud, coerente con la direzione degli spostamenti registrati alla vicina stazione GNSS di ACAE (Accademia Aeronautica). Successivamente, il vettore mostra una prevalente direzione di inclinazione a ENE.

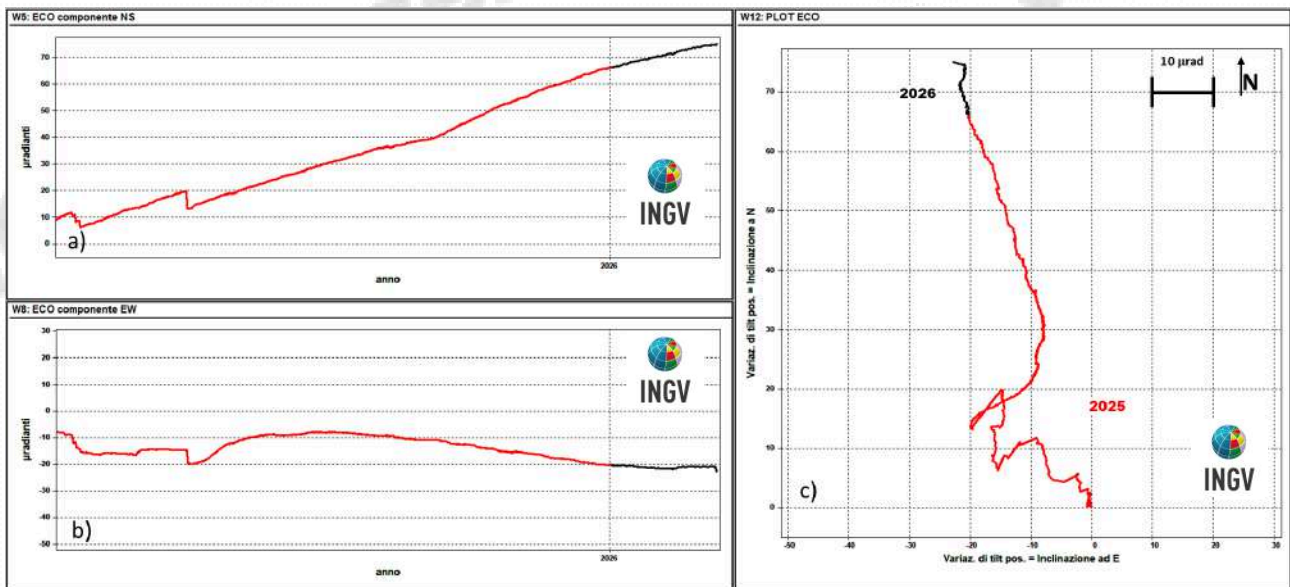


Figura 2.2.3 – Serie temporali e plot (ultimi 12 mesi) del tilt della stazione ECO della rete dei Campi Flegrei.

I segnali registrati alla stazione ECO (Figura 2.2.3) mostrano una prevalente inclinazione del suolo in direzione NNW, con diversi offset in direzione SW in corrispondenza degli eventi sismici più energetici. Successivamente all'evento sismico del 13 maggio (Md=4.4), che ha generato un'ulteriore offset di circa 8 μ rad a SW, l'inclinazione della stazione ha mostrato un andamento prevalente verso NE. Da agosto l'inclinazione del suolo ha ripreso la direzione NNW.

In occasione degli eventi sismici più energetici dello sciame del 31 agosto - 01 settembre si sono registrati piccoli offset cosismici di circa 1 μ rad. A partire dal 22/09, sulle componenti NS ed EW si osserva un incremento dell'inclinazione in direzione N e W. Tale incremento è visibile anche alla stazione CMP.

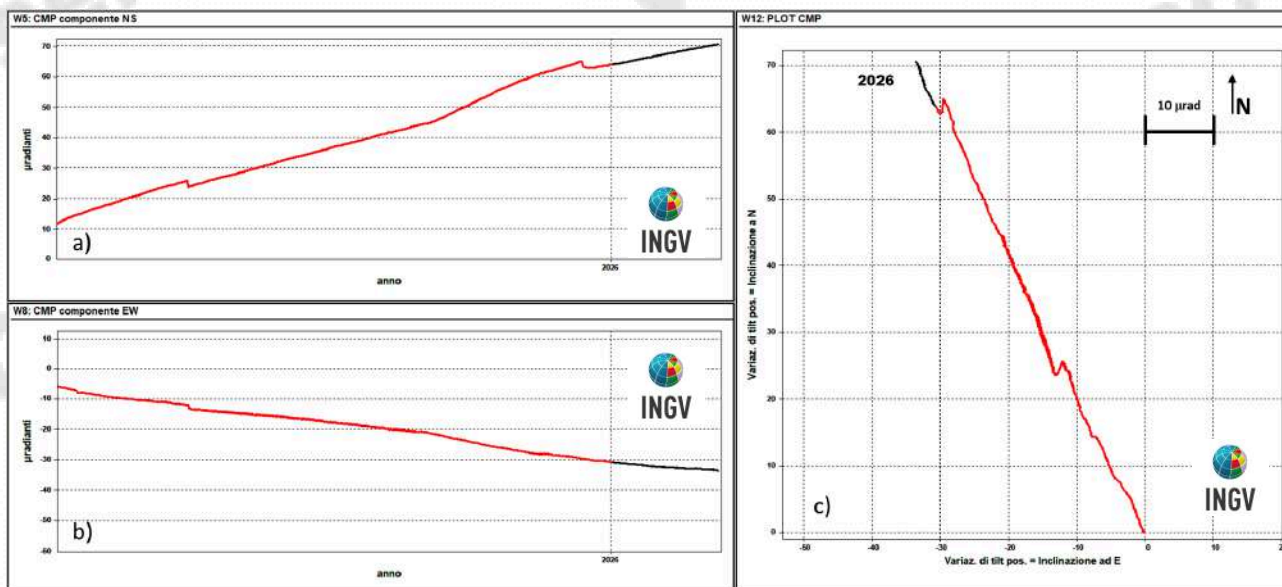


Figura 2.2.4 – Serie temporali e plot (ultimi 12 mesi) del tilt della stazione CMP della rete dei Campi Flegrei.

I segnali registrati alla stazione CMP (Fig. 2.2.4) mostrano, complessivamente, una inclinazione del suolo in direzione NNW seguendo una simmetria radiale correlata all'evoluzione temporale del campo di deformazione generato dalla fase di uplift che interessa l'area flegrea. In occasione dell'evento sismico di Md=4.4 del 13 maggio è stato registrato un offset cosismico di circa 2.2 μ rad in direzione SW. A partire dal 16/2 e dal 22/9 sulle componenti NS ed EW, si osserva un incremento dell'inclinazione in direzione N e W, tale incremento è visibile anche alla stazione ECO.

2.3 Mareometria

La Rete Mareografica dei Campi Flegrei, riportata in Figura 2.3.1, è costituita da cinque stazioni con strumentazione basata su sistema a shaft encoder e tecnologia radar (stazioni CFB3 e POPT).

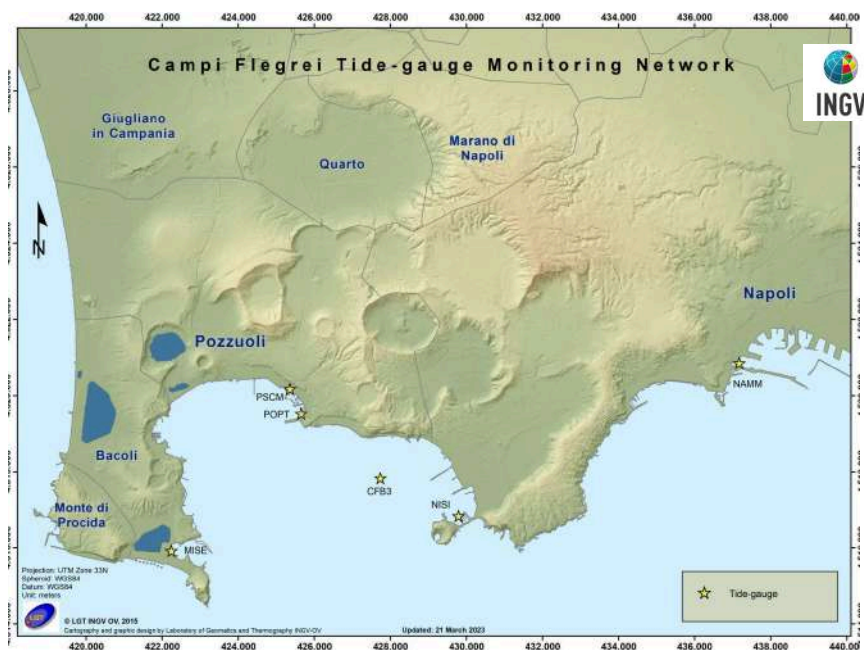


Figura 2.3.1 - Rete Mareografica dei Campi Flegrei.

Nella Figura 2.3.2 sono mostrati i dati mareografici registrati dalla stazione di Pozzuoli Porto (POPT) dai quali si evince un sollevamento dell'area di circa 121.5 cm nel periodo gennaio 2016 – febbraio 2026.

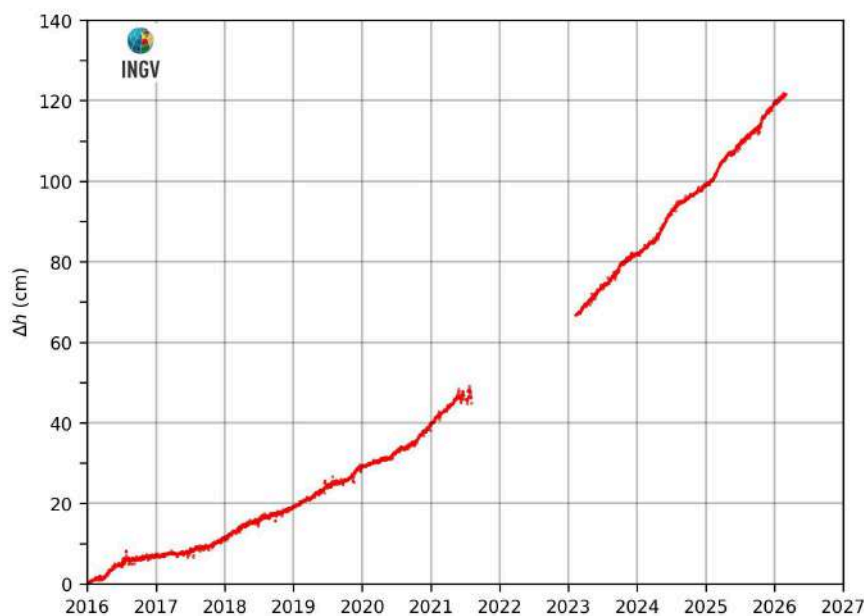


Figura 2.3.2 – Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2016 – febbraio 2026, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dalla stazione mareografica di Pozzuoli Porto (POPT), area centrale della caldera Flegrea. Le variazioni, riportate in cm, rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione mareografica di Napoli, molo San Vincenzo (NAMM).

Nella Figura 2.3.3 sono mostrati i dati mareografici registrati dalla stazione di Pozzuoli Porto (POPT) nel periodo gennaio 2006 – febbraio 2026.

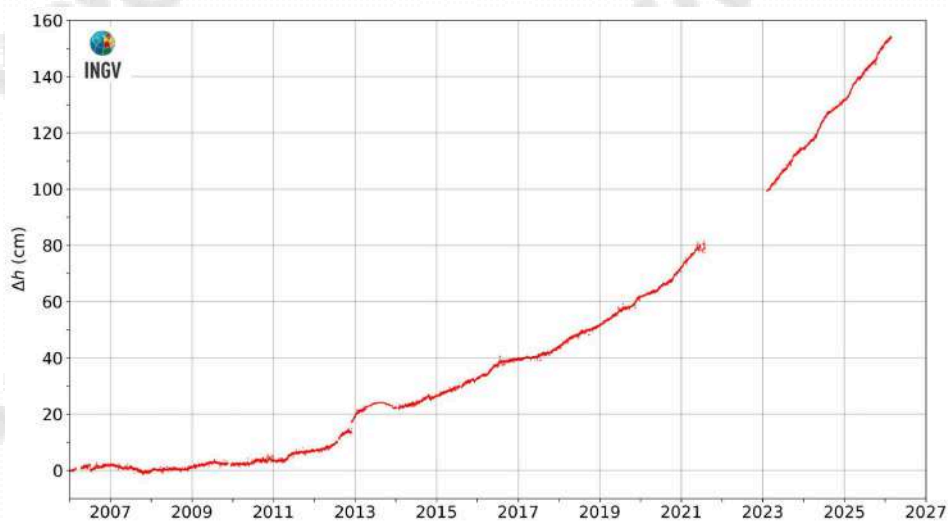


Figura 2.3.3 - Movimenti verticali del suolo nel periodo gennaio 2006 – febbraio 2026, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dalla stazione mareografica di Pozzuoli Porto (POPT) (area centrale della caldera Flegrea). Le variazioni, riportate in cm, rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione mareografica di Napoli, molo San Vincenzo (NAMM).

Dal 2006 a oggi, alla stazione mareografica di Pozzuoli Porto si registra un sollevamento del suolo di circa 154.0 cm.

Nella Figura 2.3.4 sono mostrati i dati registrati da tutte le stazioni mareografiche dell'area dei Campi Flegrei nel periodo gennaio 2006 – febbraio 2026.

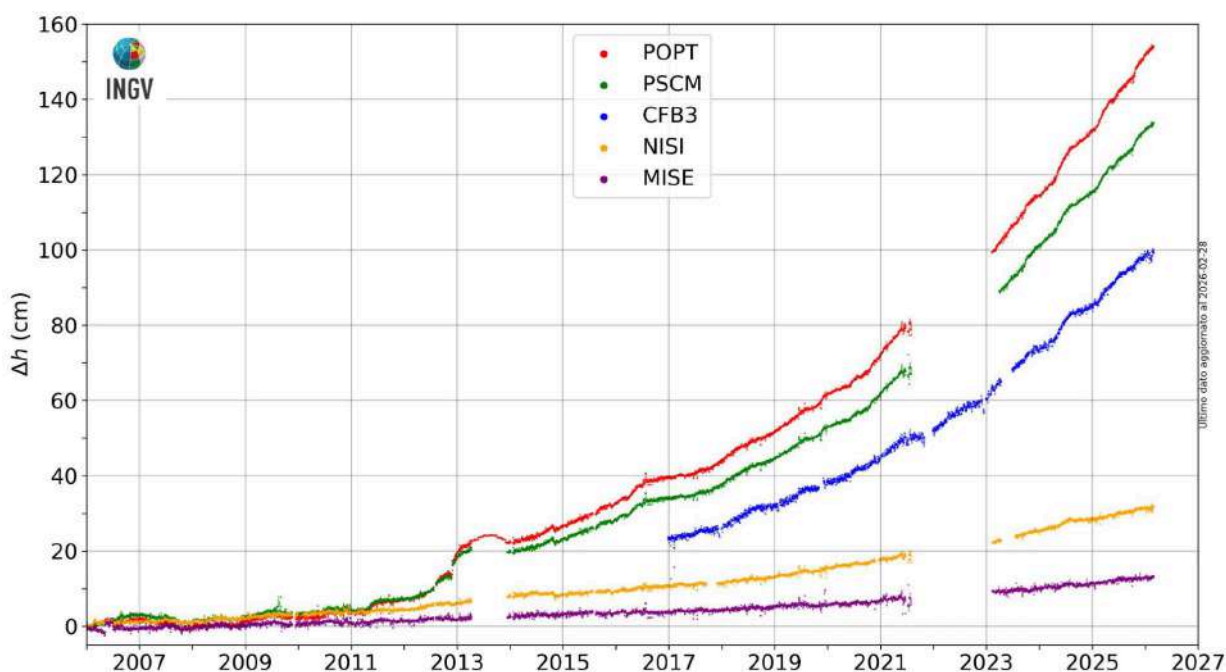


Figura 2.3.4 - Movimenti verticali del suolo nel periodo gennaio 2006 – febbraio 2026, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti da tutte le stazioni mareografiche dell'area della caldera Flegrea. Le variazioni, riportate in cm, rappresentano le medie giornaliere e sono tutte riferite alla stazione mareografica di Napoli, molo San Vincenzo (NAMM).

2.4 Gravimetria relativa (campagne periodiche)

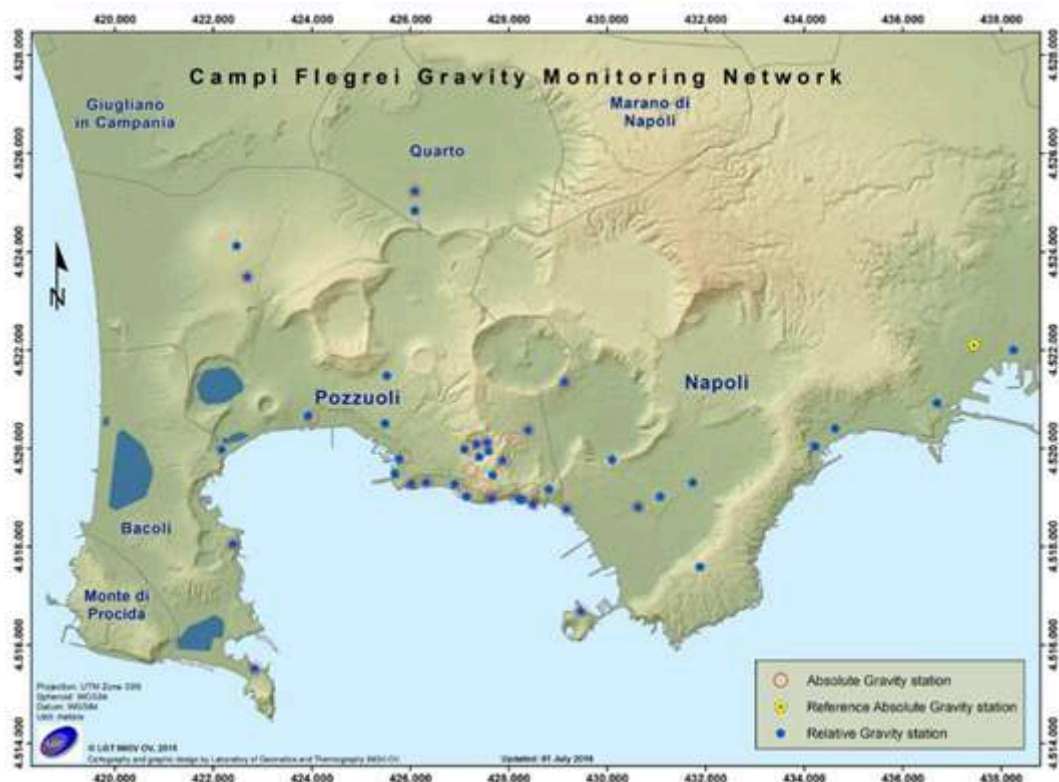


Figura 2.4.1. - Vertici della rete gravimetrica dell'OV-INGV (www.ov.ingv.it). Il punto giallo, che rappresenta il caposaldo assoluto di riferimento, è localizzato presso il complesso monumentale di Largo San Marcellino (Napoli).

Nel mese di febbraio 2026 è stata condotta una nuova campagna di misure gravimetriche relative, nell'area dei Campi Flegrei. Le misure sono state eseguite su 38 vertici della rete (Figura 2.4.1), collegati alla stazione gravimetrica assoluta di Napoli (Largo San Marcellino), assunta come riferimento. Le misure gravimetriche relative sono state eseguite con il gravimetro Scintrex CG6 e corrette per gli effetti di variazione della marea della Terra solida, della pressione atmosferica e della deriva strumentale. La successiva compensazione degli errori di chiusura è stata eseguita su un numero di sei circuiti concatenati dell'intera rete avvalendosi del codice GSadjust (Kennedy, 2020), ottenendo un errore medio sulla rete pari a $\pm 7 \mu\text{Gal}$ ($1 \mu\text{Gal} = 10^{-8} \text{ m/s}^2$, equivalente a 10^{-9} g). I valori sono stati confrontati con quelli ottenuti (con le medesime procedure di calcolo) nella precedente campagna di ottobre 2025. In Figura 2.4.2 si riportano le differenze di gravità osservate, non corrette per il contributo dovuto al sollevamento del suolo registrato tra ottobre 2025 e febbraio 2026, il cui valore massimo alla stazione GNSS di RITE è stato pari a circa 7 cm. Il pattern spaziale evidenzia una anti-correlazione con il campo dei movimenti verticali nella zona centrale di Pozzuoli e il persistere della zona di anomalia per effetto del deficit del sollevamento nella zona di Accademia. Le stazioni periferiche, mostrano in generale variazioni di gravità prossime allo zero. In Figura 2.4.3 è mostrato invece il campo dei residui gravimetrici (Δg_r) ottenuto sottraendo ai Δg osservati nei diversi vertici le rispettive variazioni di gravità dovute al sollevamento del suolo, nel periodo considerato, pervenendo così alle variazioni di gravità indicative di possibili variazioni di massa e/o densità nel sottosuolo. Il valore di Free-Air gradient (FAG) utilizzato per modellare l'effetto dovuto al sollevamento del suolo e il conseguente calcolo dei residui gravimetrici è quello ottenuto da Berrino et al., (1992) per i Campi Flegrei, pari a $-289 \mu\text{Gal/m}$. Non si osservano variazioni significative del campo gravimetrico ad eccezione di una zona

poco a sud di Solfatara-Pisciarelli (Belvedere San Gennaro), a Via Campana e ad Agnano dove i Δg arrivano a valori massimi poco superiori ai $20\mu\text{Gal}$.

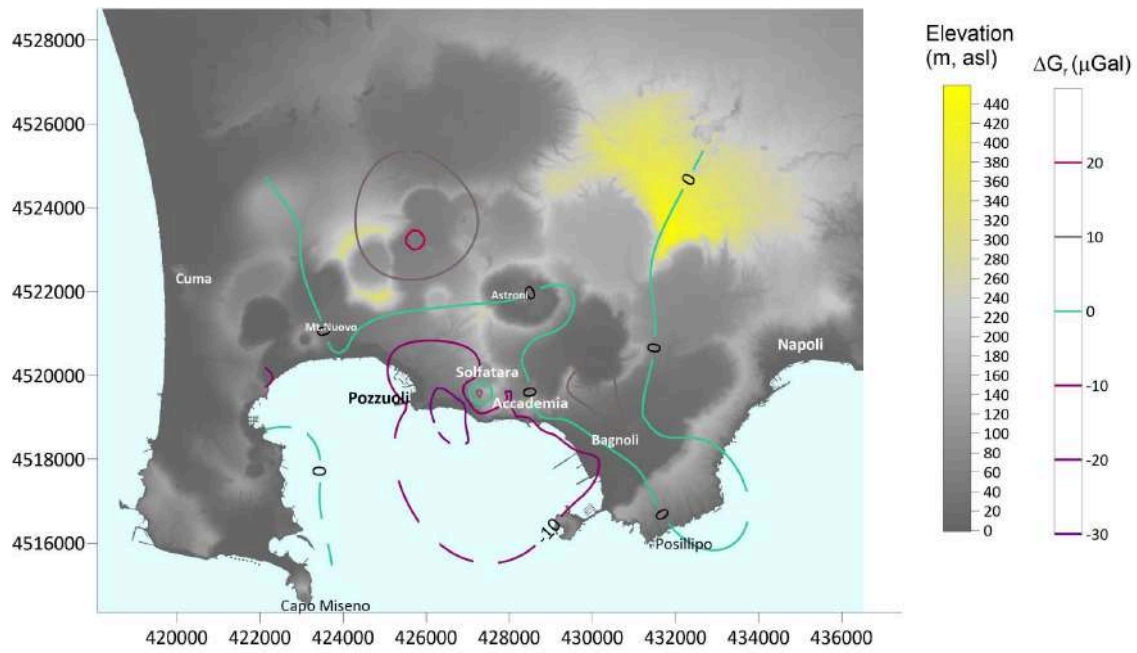


Figura 2.4.2 - Differenze di gravità ottenute tra le campagne gravimetriche ottobre 2025 e febbraio 2026. I valori osservati non sono corretti per il contributo del sollevamento. Valori anticorrelati rispetto alla zona di sollevamento (intorno ai $-20\mu\text{Gal}$) si osservano nel settore centrale di Pozzuoli in prossimità della zona portuale

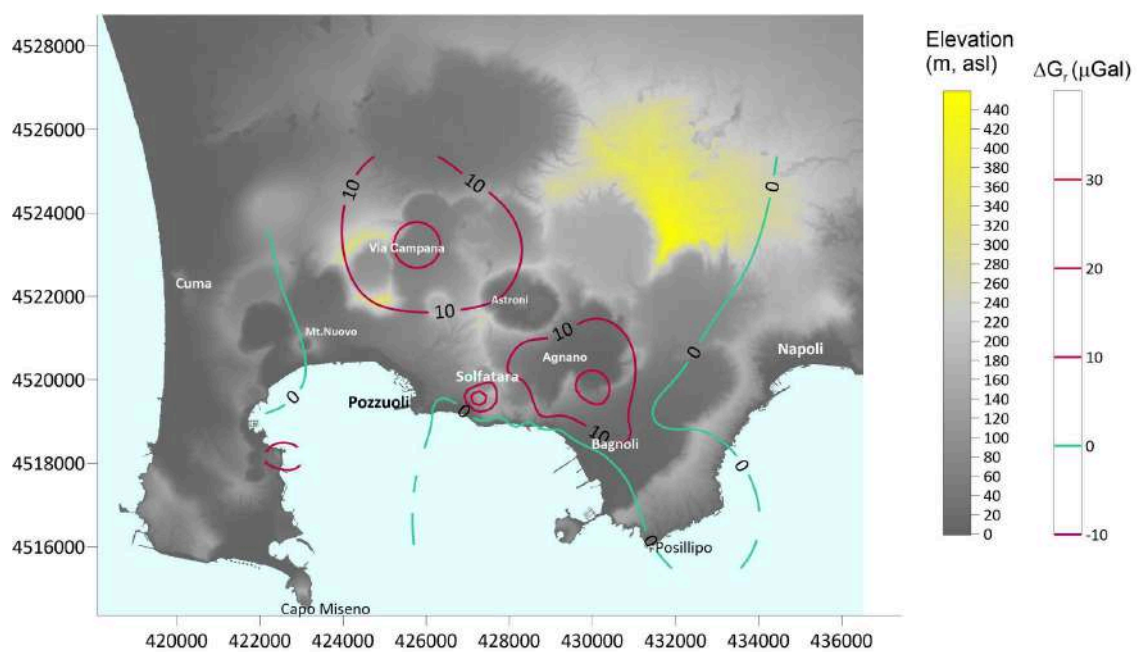


Figura 2.4.3 - Residui di gravità (Δg_r) ottenuti tra la campagna gravimetrica di ottobre 2025 e febbraio 2026. Valori positivi di gravità, al di sopra dell'errore statistico (intorno ai $20\mu\text{Gal}$) si osservano poco a sud della Solfatara (Belvedere San Gennaro), alla stazione di Via Campana e a quella di Agnano.

In Figura 2.4.4 sono riportate invece le serie gravimetriche time-lapse acquisite fino dal 2015 e aggiornate a febbraio 2026. È stato scelto questo intervallo temporale poiché dal 2015 si ha un numero stabile di stazioni con serie continue di variazioni di gravità e inoltre, da questa data, è possibile ottenere, in collaborazione con il CNR-IREA, la serie temporale DInSAR (satellite Sentinel-1) degli spostamenti verticali alle stazioni gravimetriche. Le serie temporali residue, aggiornate, mostrano un trend di lungo termine lievemente positivo nelle stazioni centrali della caldera (Figura 2.4.4). Le variazioni massime osservate sono dell'ordine di $+50\mu\text{Gal} \pm 15$ (come ad esempio è riportato in Solfatara) e si attenuano fino a diventare quasi nulle alle stazioni più periferiche al di fuori della caldera (vedi es. Napoli Palazzo Reale).

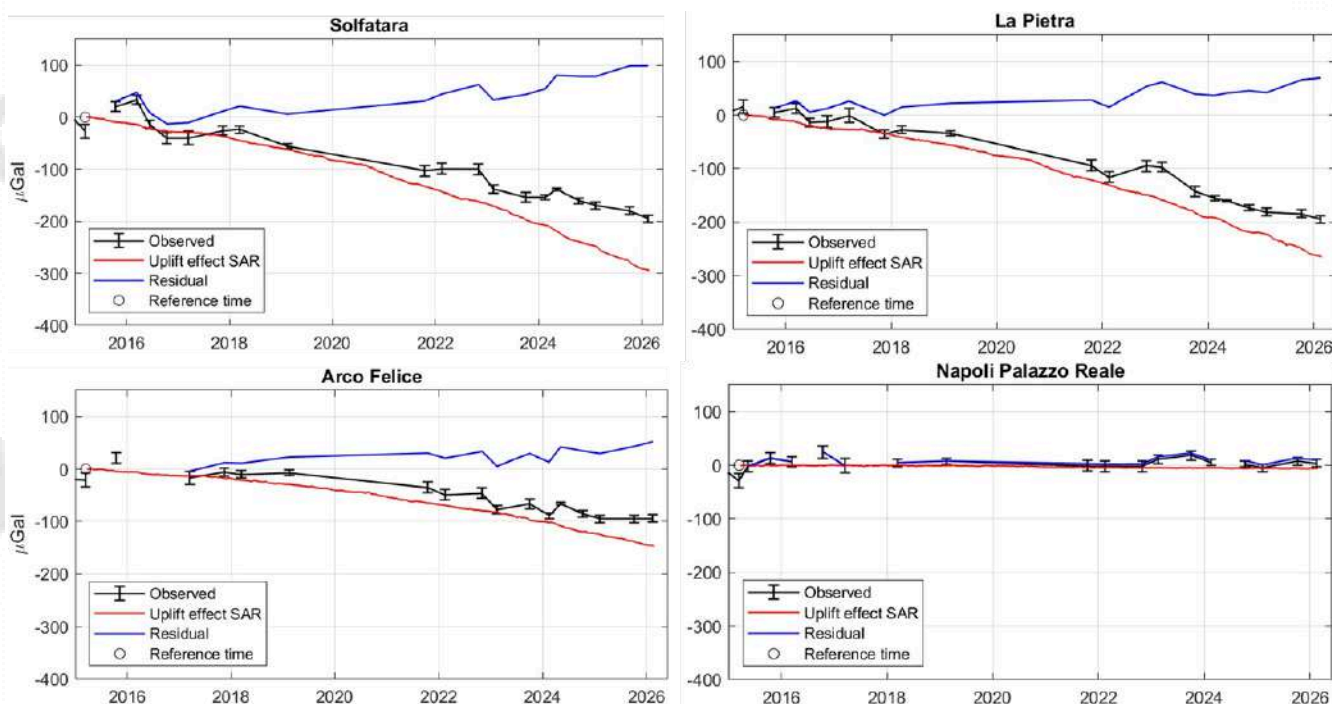


Figura 2.4.4. - Residui di gravità (Δg) ottenuti tra la campagna gravimetrica di ottobre 2025 e febbraio 2026. Valori positivi di gravità, al di sopra dell'errore statistico (intorno ai $20\mu\text{Gal}$) si osservano nelle di Solfatara-Pisciarelli, Via Campana e Agnano.

2.4.1 Gravimetria relativa (misure in continuo)

A partire da gennaio 2023 sono in corso misure gravimetriche in continuo con un gravimetro gPhoneX (#116) installato presso l'Oasi Naturale WWF di Astroni. I dati "raw" acquisiti vengono processati per rimuovere i contributi gravimetrici legati alle maree, gli effetti di tilt, atmosferici, dei terremoti e la deriva strumentale (Riccardi et al., 2024).

La serie temporale "raw" di gravità, nel periodo 1-28 febbraio 2026, e la serie temporale residua sono riportate in Figura 2.4.5a-b. Nella serie residua si osservano, oscillazioni di bassa-moderata ampiezza, generalmente comprese tra -10 e $+10 \mu\text{Gal}$ da attribuire principalmente a effetti locali e transitori, quali condizioni ambientali avverse (10-20 febbraio) e a una maggiore attività sismica nel mese di febbraio, caratterizzata da alcuni sciami ed eventi sismici di intensità massima M_d max 3.5. Una progressiva attenuazione del segnale si osserva nell'ultima decade del mese, con ritorno a oscillazioni di modesta ampiezza e assenza di variazioni impulsive rilevanti.

Escludendo tutti questi effetti, nel complesso, la serie residua gravimetrica nel mese di febbraio 2026 non evidenzia variazioni significative del campo di gravità nel sito di misura. I dati restano coerenti con l'attuale livello di dinamica del sistema, nell'ambito della variabilità osservata negli ultimi mesi (Figura 2.4.5b).

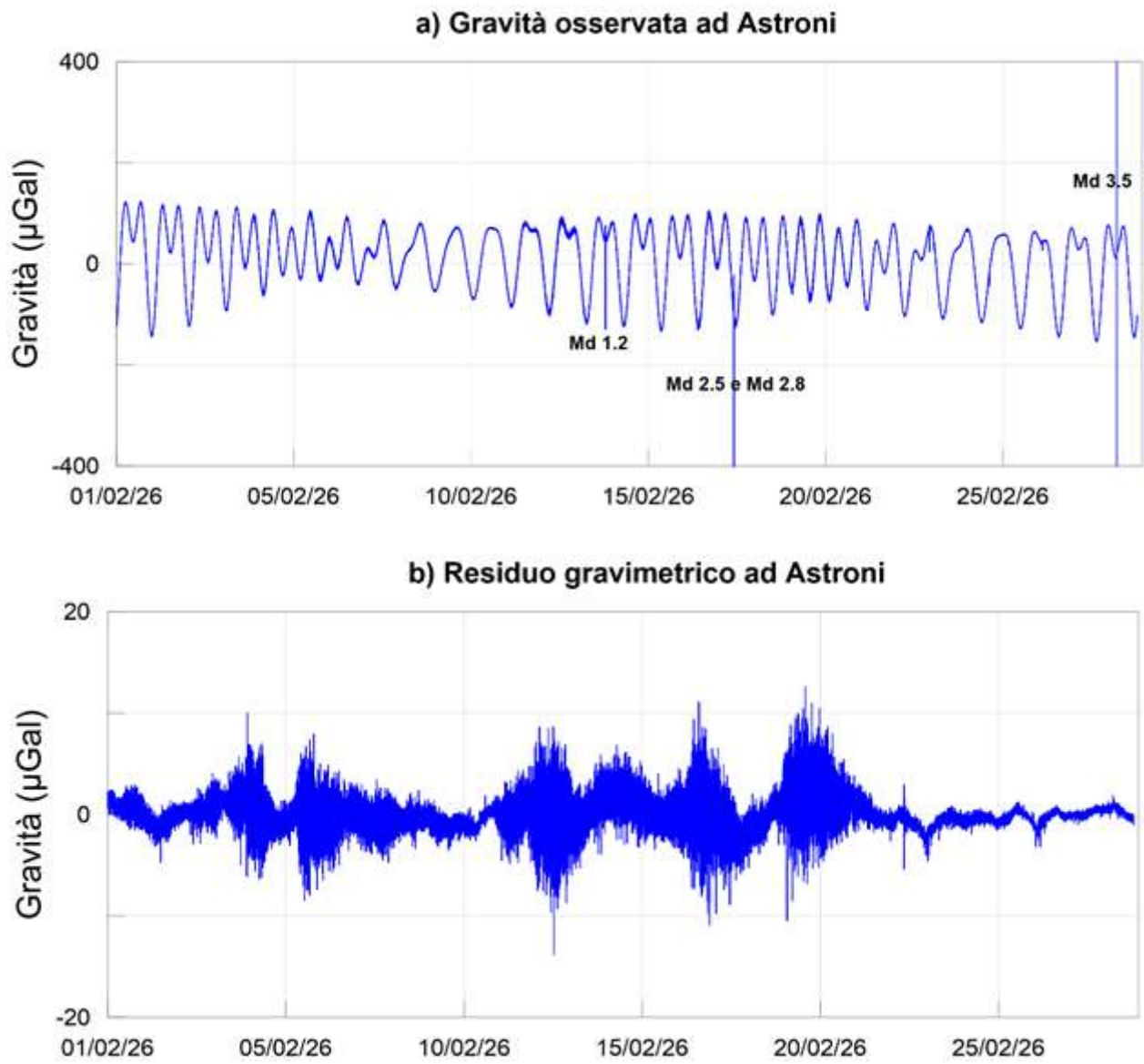


Figura 2.4.5 - a) serie temporale raw (risoluzione temporale 1 minuto) registrata dal gPhone. Si osserva il contributo dominante delle maree. b) serie residua di gravità con variazioni massime dell'ordine di +/-10 μGal.

2.5 Dilatometria

La rete dilatometrica installata ai Campi Flegrei consta di 4 siti d'acquisizione (Figura 2.5.1), equipaggiati con dilatometri Sacks-Evertson installati a partire dal 2004 grazie al progetto DINEV (siti Quarto, Monterusciello e Rione Toiano) e VULCAMED (sito Pozzuoli), in collaborazione con il gruppo di ricerca della Carnegie Institution of Washington DC (USA). Nel mese di maggio è stato ripristinato il funzionamento del dilatometro sito a Monterusciello (MRUS in figura 2.5.1), tramite l'utilizzo di una sistema combinato SOC-box + Affinity datalogger. Il dilatometro di Quarto è in acquisizione tramite il proprio datalogger SHOE-box. Gli altri 2 dilatometri saranno ripristinati a breve nell'ambito delle attività di riorganizzazione della rete Dilatometrica.

I dilatometri di Sacks-Evertson hanno precisioni nominali dell'ordine di 10^{-12} , rispetto ad ampi intervalli di frequenze (da 10^{-7} fino a 10^2 Hz), e sono caratterizzati da un'elevata dinamica (140 dB). Tali strumenti sono installati in pozzi di profondità compresa tra 120 e 180 m per minimizzare l'effetto sui segnali acquisiti delle variazioni termiche in superficie e delle attività antropiche. Essi misurano le variazioni del campo di strain locale: il dato così acquisito è espresso come una grandezza adimensionale e rappresenta la variazione relativa della dimensione del volume monitorato.

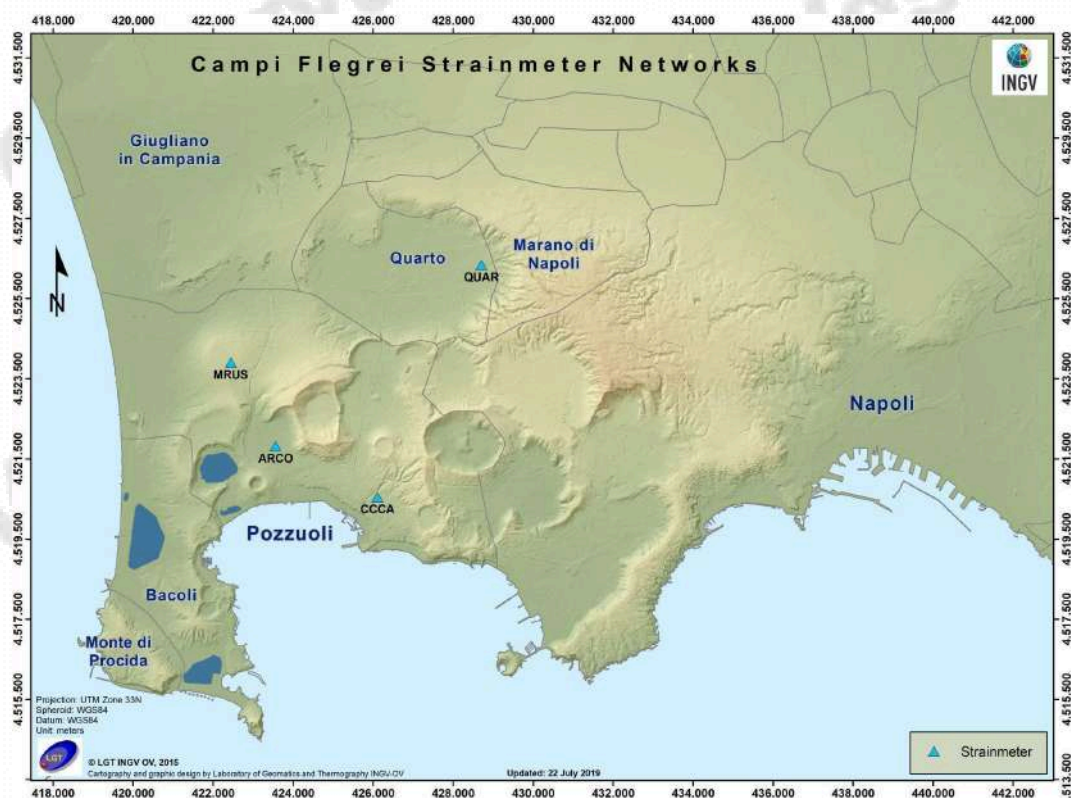


Figura 2.5.1 – Rete Dilatometrica dei Campi Flegrei

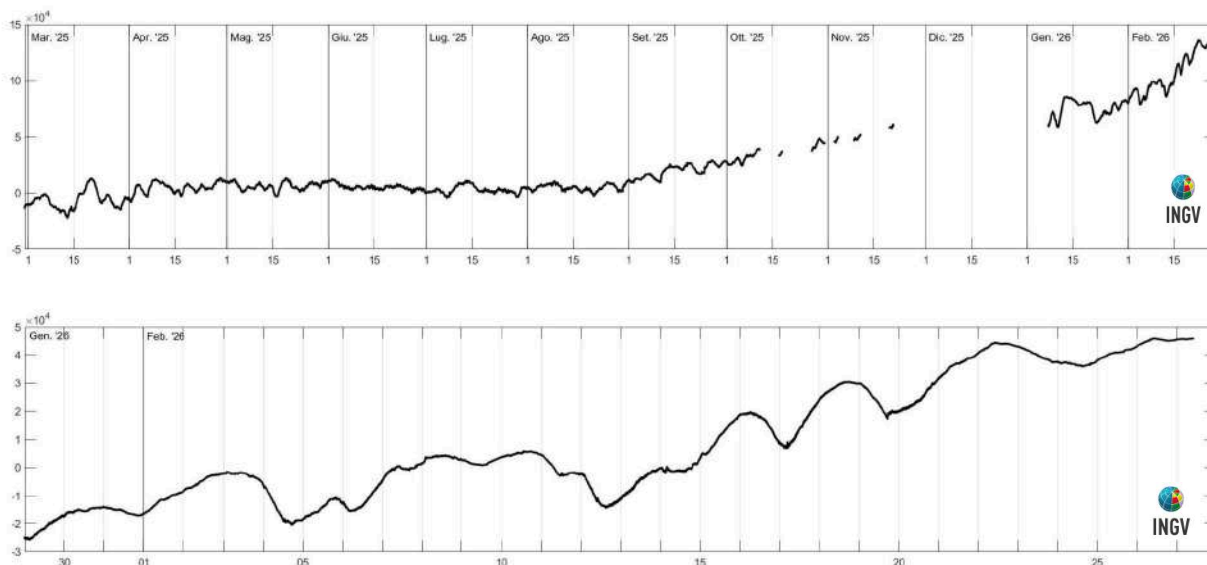


Figura 2.5.2 - Strain registrato dalla stazione dilatometrica di Quarto. In alto è mostrato lo strain registrato nell'ultimo anno, dalle 00:00 UTC del 28/02/2025 alle 11:00 UTC del 27/02/2026. In basso, i dati di strain disponibili nell'ultimo periodo, dalle 00:00 UTC del 29/01/2026 alle 11:00 UTC del 27/02/2026.

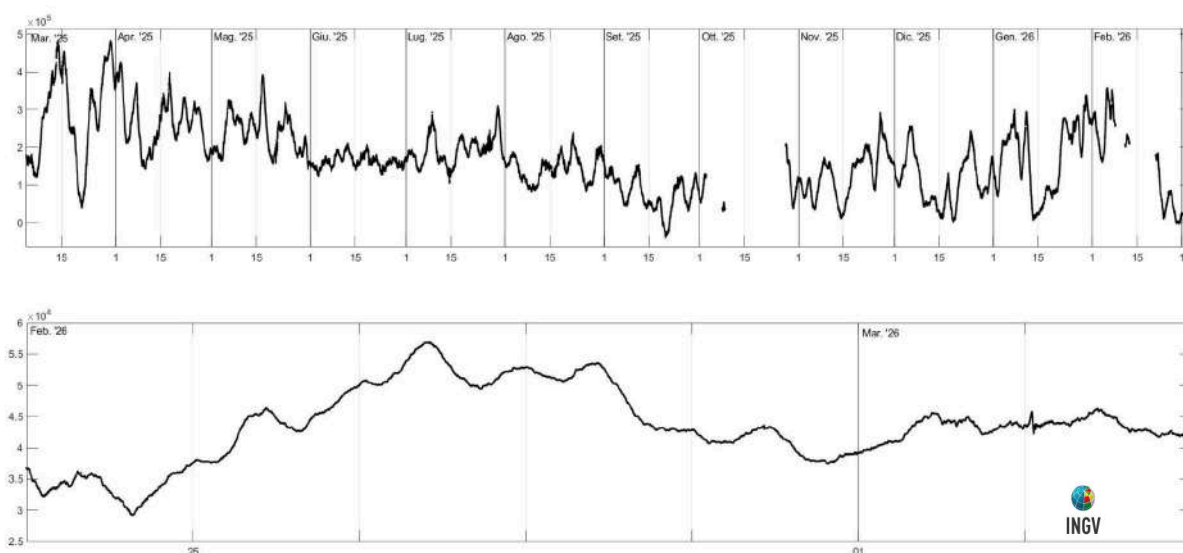


Figura 2.5.3 - In alto: Strain registrato nell'ultimo anno alla stazione di Monterusciello, dalle 00:00 UTC del 03/03/2025 alle 24:00 UTC del giorno 03/03/2026. In basso: Strain registrato nell'ultima settimana alla stazione di Monterusciello, dalle 00:00 del 24/02/2026 alle 24:00 del 02/03/2026.

Nel corso dell'ultimo periodo, alla stazione dilatometrica di Quarto si sono nuovamente evidenziati problemi di trasmissione dati, in via di risoluzione.

Non si registrano variazioni significative nel dato dilatometrico di entrambe le stazioni.

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 notturne all'infrarosso termico con risoluzione 640x480 pixel del settore settentrionale del versante interno del cratere della Solfatara, mentre la stazione PS1 acquisisce immagini della parte alta del versante ad ovest della fumarola principale in località Pisciarelli (Fig. 3.1.1; Sansivero & Vilardo, 2024).

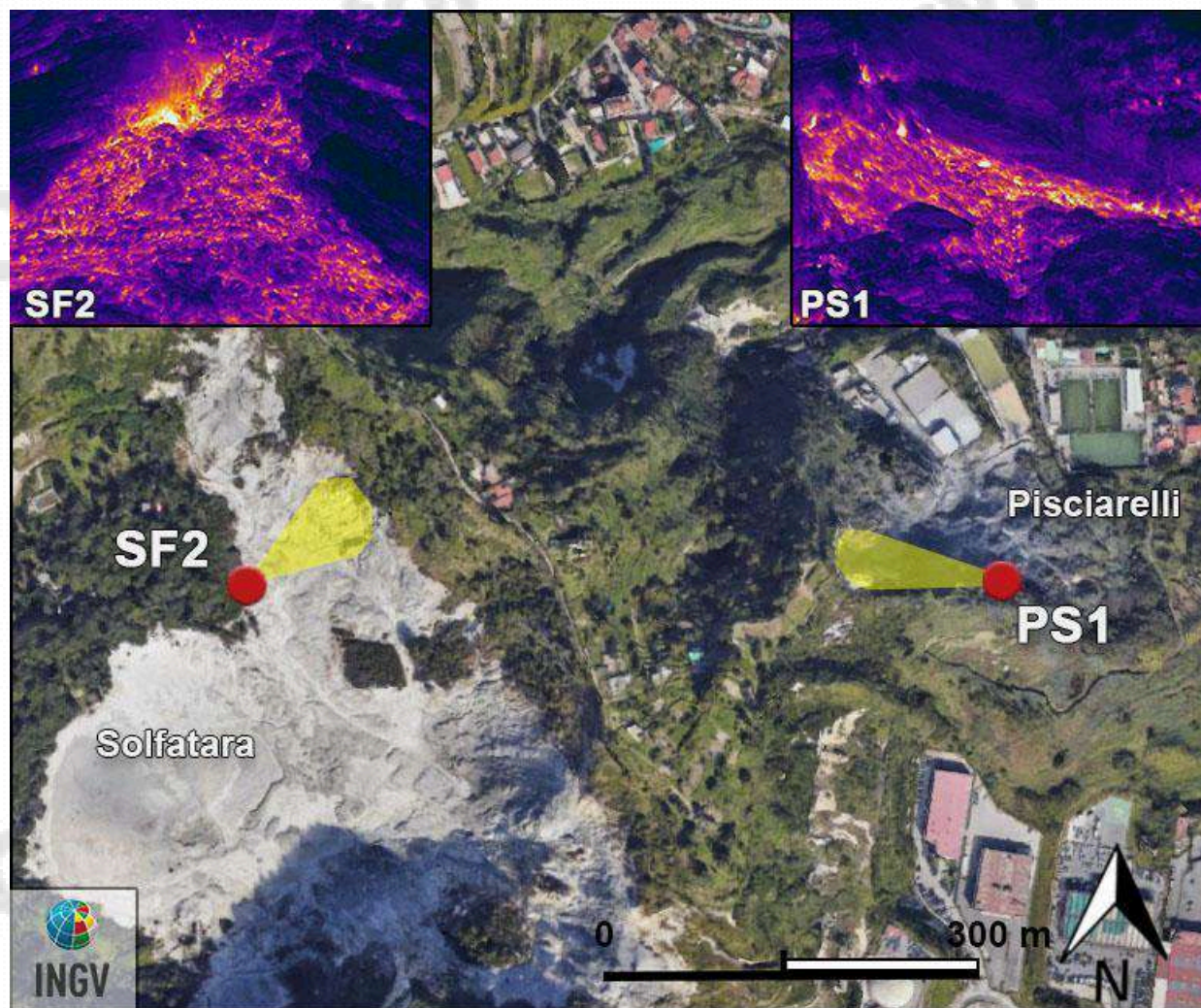


Figura 3.1.1 - Mappa della Rete Permanente di Monitoraggio Termico ad immagine (TIRNet) con l'ubicazione delle stazioni SF2 e PS1. Pallini rossi: indicano i punti di ripresa; aree gialle: indicano schematicamente le aree acquisite.

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 con metodologia di rimozione della stagionalità basata sull'algoritmo di destagionalizzazione analitica STL (Seasonal Trend Decomposition; Sansivero et al., 2025; Sansivero & Vilardo, 2024). I trend a lungo termine sono ottenuti applicando un fitting LOESS di 2° alle temperature massime destagionalizzate con STL.

I valori di temperatura massima al suolo rilevati dalla **stazione SF2** (Fig. 3.1.2) mostrano sensibili oscillazioni, con una lieve diminuzione delle temperature nella seconda parte del mese di febbraio 2026, evidenziata anche dal trend a lungo termine (in rosso).

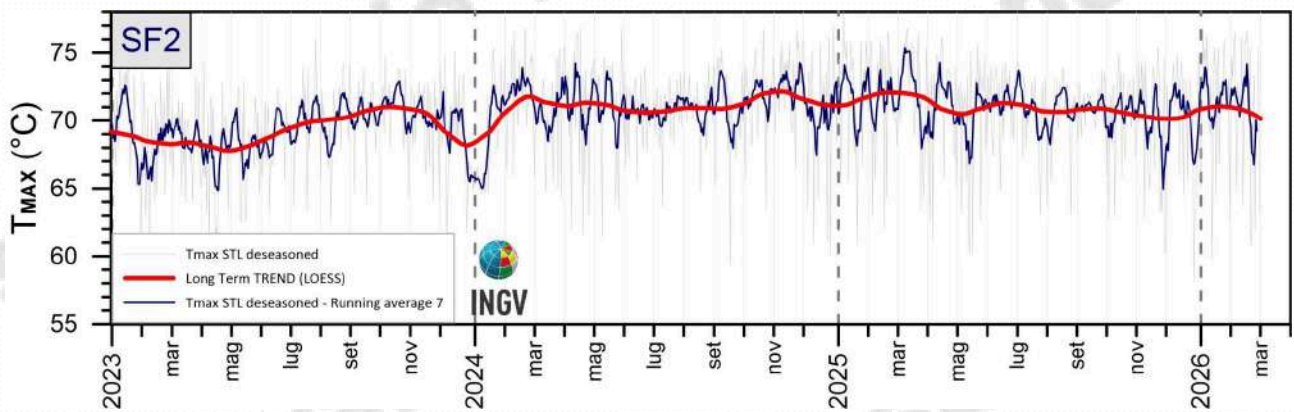


Figura 3.1.2 - Stazione SF2: Serie temporali dei valori di temperatura massima giornaliera rilevata nelle immagini IR, destagionalizzate mediante applicazione dell'algoritmo STL [medie settimanali (blu); trend a lungo termine (rosso)]. Il trend a lungo termine è ottenuto applicando un fitting LOESS di 2° alle temperature massime destagionalizzate.

La **stazione PS1** (Fig. 3.1.3) nel corso del mese di febbraio 2026 mostra una lieve diminuzione delle temperature massime superficiali ad inizio mese, seguita da una sostanziale stabilità. Il trend a lungo termine, ottenuto con fitting LOESS di 2°(in rosso) è stabile.

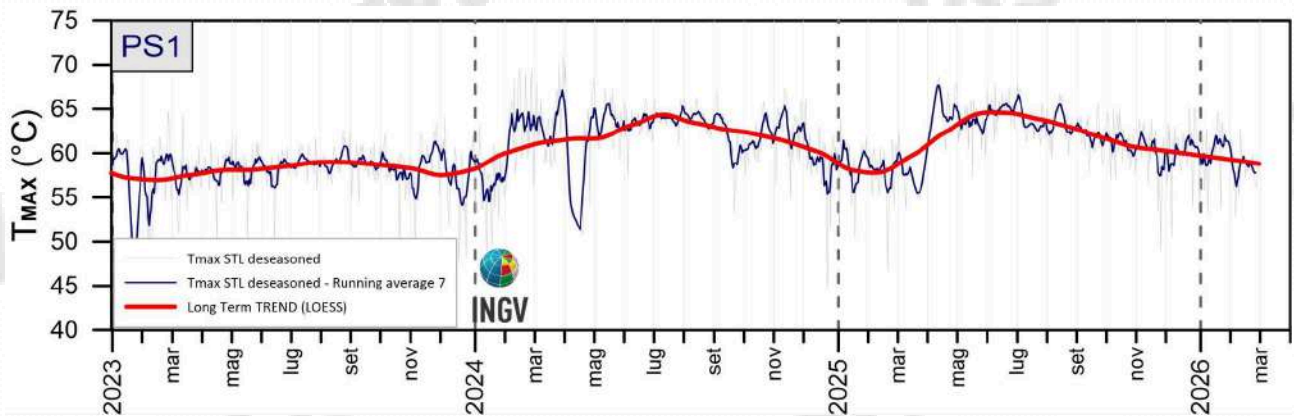


Figura 3.1.3 - Stazione PS1. Serie temporali dei valori di temperatura massima giornaliera rilevata nelle immagini IR destagionalizzate mediante applicazione dell'algoritmo STL [medie settimanali (blu); trend a lungo termine (rosso)]. Il trend a lungo termine è ottenuto applicando un fitting LOESS di 2° alle temperature massime destagionalizzate.

Il Trend a lungo termine (ottobre 2007 – febbraio 2026) delle temperature massime superficiali rilevate dalle immagini IR acquisite alla **stazione PS1**, ottenuto mediante applicazione dell'algoritmo STL (Fig. 3.1.4), mostra valori sostanzialmente stabili.

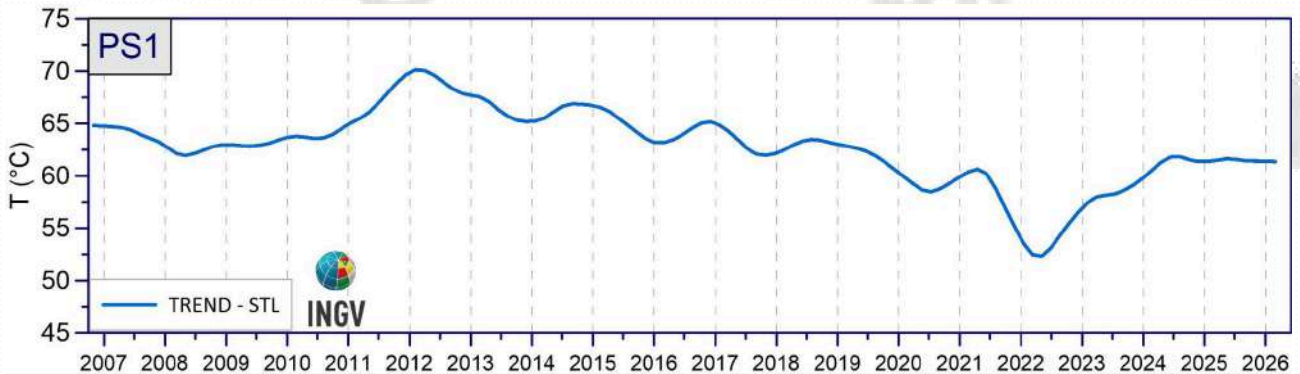


Figura 3.1.4 - Stazione PS1: Trend a lungo termine dei valori di temperatura massima rilevati nelle immagini IR ottenuto mediante applicazione dell'algoritmo STL.

3.2 Monitoraggio Termico con Termocamera Mobile, Termocoppia e Drone

La sorveglianza vulcanica tramite Telecamere Termiche Mobili (TTM) e termocoppie rigide ha come principale obiettivo l'individuazione di eventuali variazioni 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 ($<0.06 \div +30$ °C). La termocoppia utilizzata è di tipo K, con errore strumentale di circa 0.1°C nell'intervallo $-200 \div 1260$ °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 ha consentito di calibrare i valori rilevati con la nuova termocamera.

Da aprile 2019, in alcuni siti e quando le condizioni lo consentono, contestualmente alla FLIR T1020, le misure di temperatura vengono rilevate anche con l'ausilio di un drone equipaggiato con una termocamera FLIR VUEPRO ad alta risoluzione (640x512 pixel) e precisione ± 5 °C. Da dicembre 2025 si utilizza anche una Zenmuse H30T della DJI a più alta risoluzione (1280x1024 pixel) e sensibilità di 0.05 °C.

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).

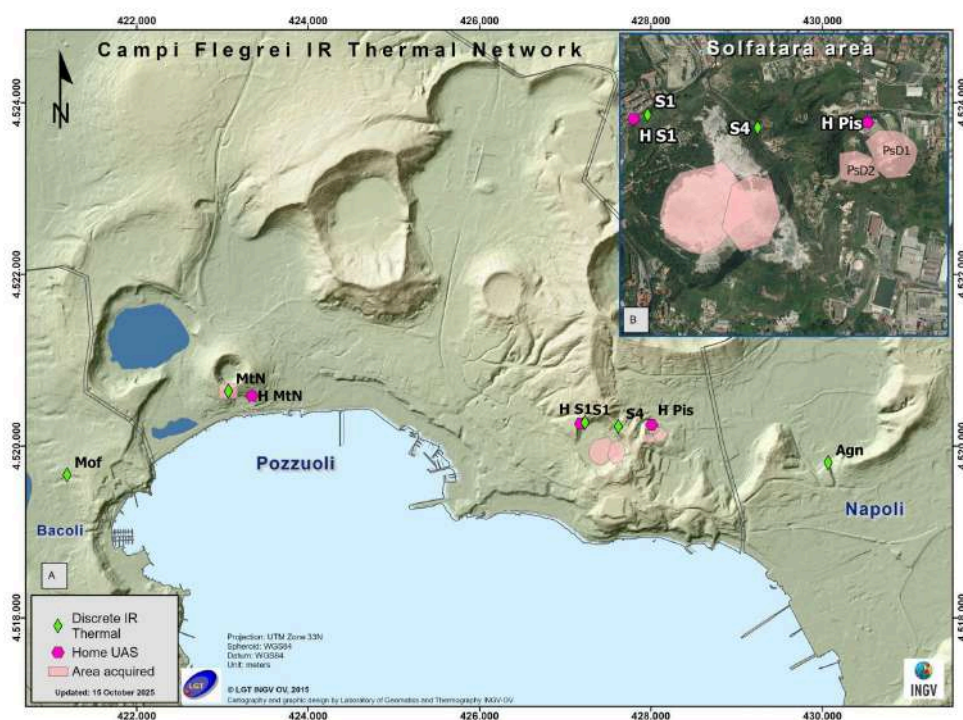


Figura 3.2.1 – Ubicazione dei punti di misura e dei settori indagati ai Campi Flegrei. I rombi verdi indicano i punti stazione in cui sono stati effettuati rilievi termici con termocoppia rigida e telecamera termica. In rosa sono evidenziate le aree riprese da termocamera a mano o da drone, mentre gli esagoni fucsia indicano la Home da cui il drone decolla e atterra. Il riquadro B offre una visione dettagliata dei punti di misura nelle aree de La Solfatarata e di Pisciarelli.

In generale, non si osservano variazioni significative della temperatura massima e della distribuzione del campo fumarolico nei diversi punti di misura (Fig. 3.2.1).

Di seguito, i dati e le osservazioni relative al mese in esame per i tre siti monitorati mensilmente: 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 ha consentito di effettuare le misure strumentali dirette nell'area più prossima alla polla. Pertanto dal mese di aprile 2019 i rilievi sono effettuati prevalentemente con l'ausilio di un drone.

La fotocomposizione termica, come mostrato nei bollettini dei mesi precedenti, evidenzia due aree con maggiore anomalia termica, denominate PsD1 e PsD2. L'area PsD2 include il versante rilevato dalla telecamera termica fissa TIMNet dell'Osservatorio Vesuviano.

I valori di temperatura massima rilevati non presentano variazioni significative rispetto ai mesi precedenti (Fig. 3.2.2b). La temperatura massima riscontrata nell'area PsD1 è di 97,2°C, mentre per l'area PsD2 il valore massimo è di 85,5°C.

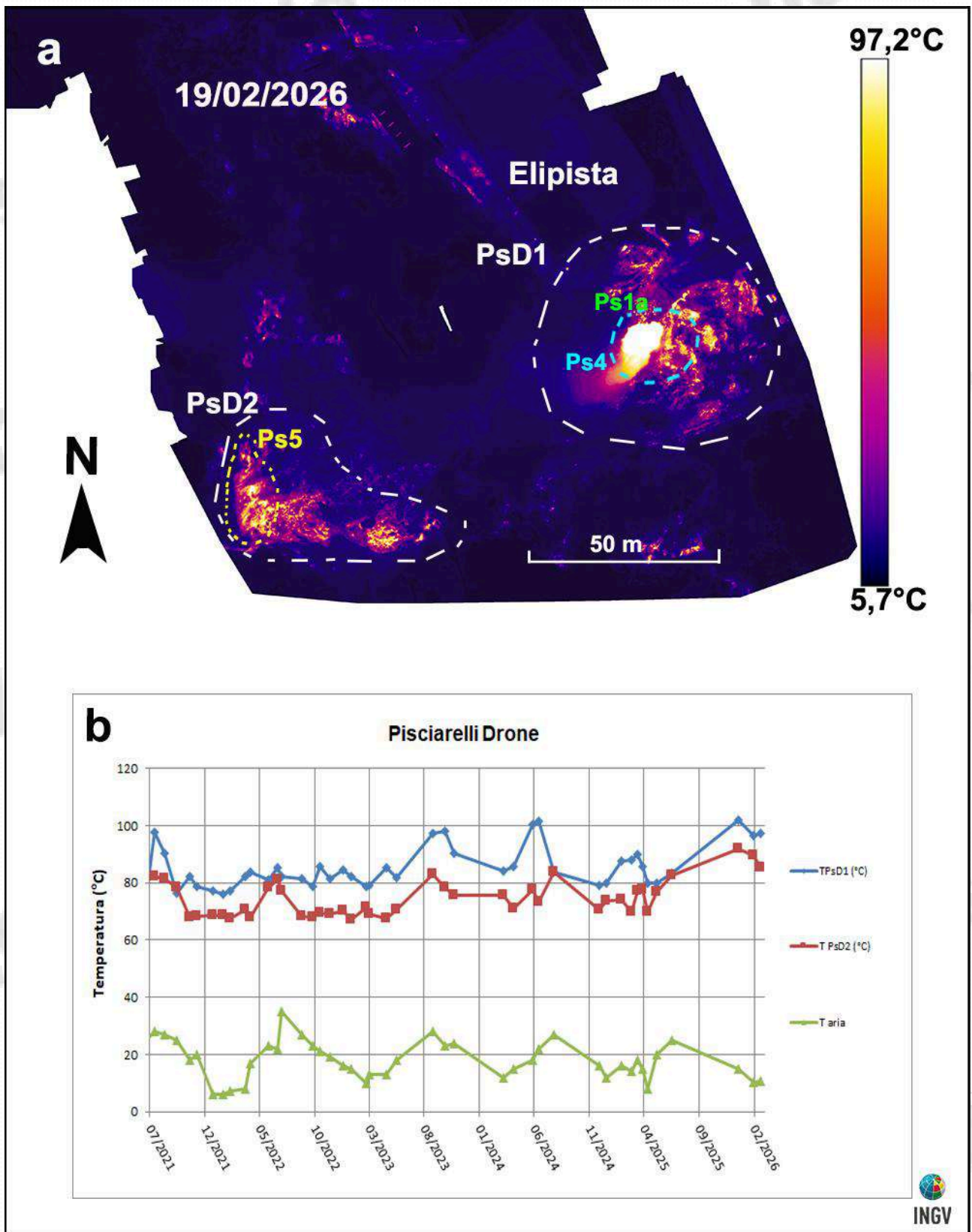


Figura 3.2.2 – Fotocomposizione di immagini termiche rilevate da drone nel mese di febbraio 2026 (a) e valori massimi di temperatura (T) delle aree a maggiore anomalia termica (PsD1 e PsD2), confrontati con la temperatura dell'aria misurata nel momento del rilievo termico, da luglio 2021 a febbraio 2026 (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. 3.2.1), sono piuttosto stabili, a meno di variazioni stagionali (Fig. 3.2.3c).

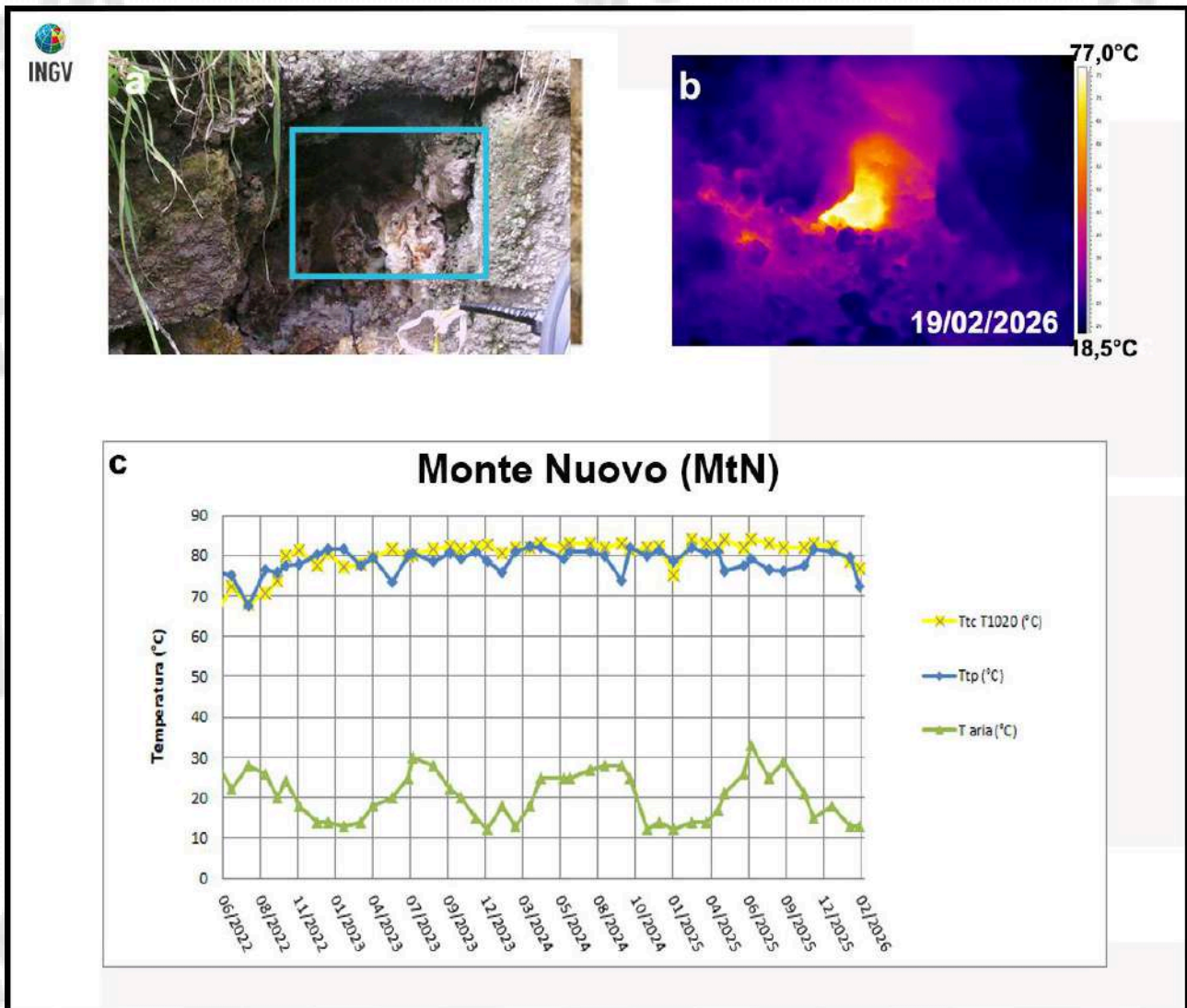


Figura 3.2.3 – Fumarola lungo il versante meridionale di Monte Nuovo. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto MTN di Figura 3.2.1; il riquadro azzurro in (a) indica l'area inquadrata nella termografia. Il grafico (c) riporta la serie temporale (giugno 2022 – febbraio 2026) dei valori massimi di temperatura con termocamera FLIR T1020 (TtcT1020) e con termocoppia (Ttp), confrontati con la temperatura dell'aria (Taria) misurata nel momento del rilievo termico.

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 3.2.1), sono stabili a meno di variazioni stagionali (Fig. 3.2.4).

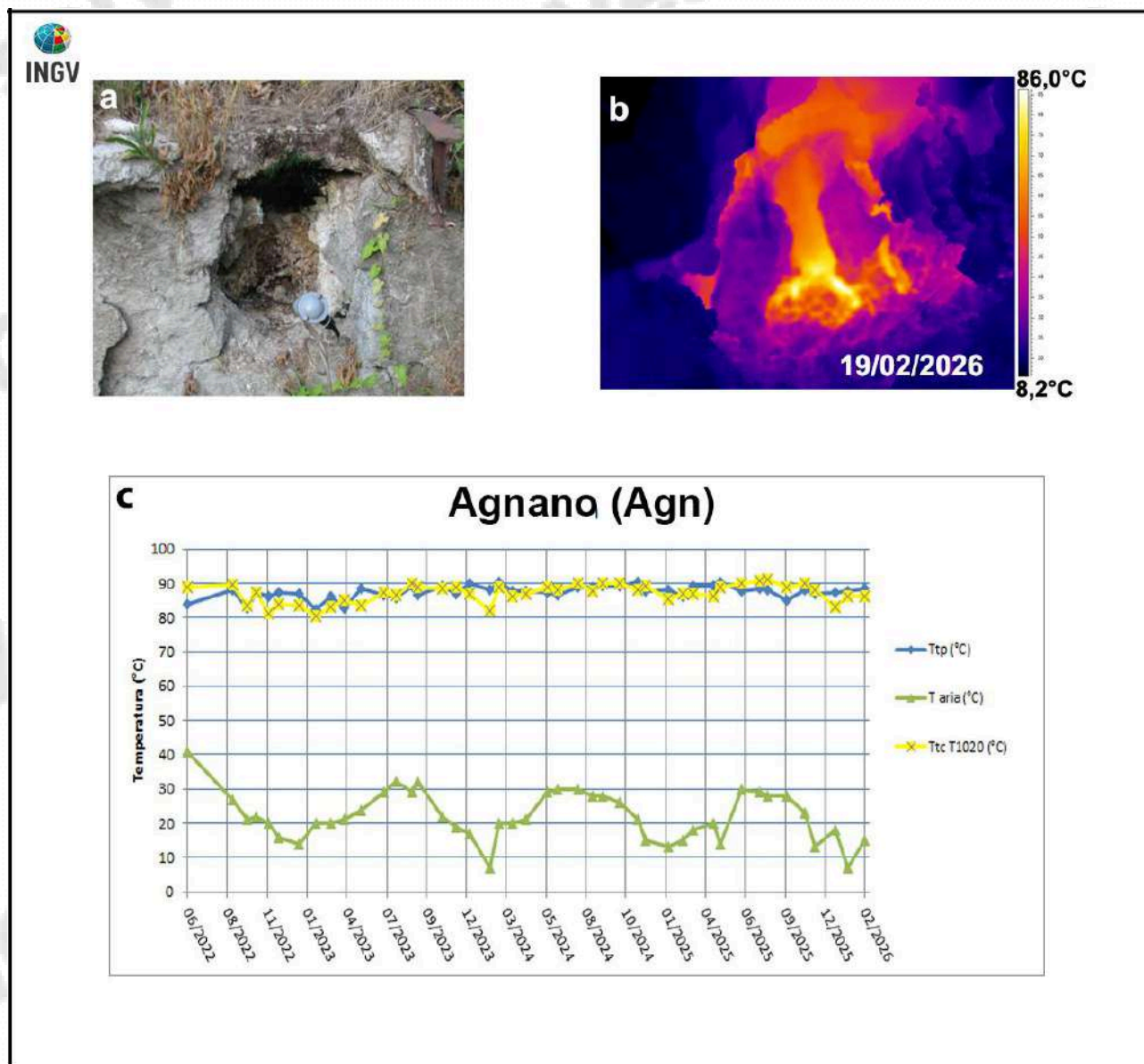


Figura 3.2.4 – Fumarola all’interno dello stabilimento termale delle “Terme di Agnano”. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto stazione Agn di Figura 3.2.1. Il grafico (c) riporta la serie temporale (giugno 2022 – febbraio 2026) dei valori massimi di temperatura con termocamera FLIR T1020 (TtcT1020) e con termocoppia (Ttp), confrontati con la temperatura dell’aria (Taria) misurata nel momento del rilievo termico.

4. GEOCHIMICA DEI FLUIDI

L'attività di monitoraggio svolta nel mese di febbraio 2026 ai Campi Flegrei (Fig. 4.1) ha riguardato:

- l'acquisizione in continuo del flusso di CO₂ dal suolo, della temperatura della fumarola BG e del gradiente termico nel cratere della Solfatara (stazioni multiparametriche V03, V11, V202, e GTS1); la misura della concentrazione in aria di CO₂, H₂S, SO₂, H₂O tramite tre stazioni multigas (MG1, MG2, MG3).
- l'acquisizione in continuo dei dati di flusso di CO₂ dal suolo e della temperatura della fumarola tramite la stazione multiparametrica FLXOV8 e la stazione V07 installate a Pisciarelli;
- il campionamento delle fumarole principali Bocca Grande e Bocca Nuova nel cratere della Solfatara;
- misure di flusso di CO₂ dal suolo e temperatura del suolo su punti fissi selezionati nell'area della Solfatara e di Pisciarelli.

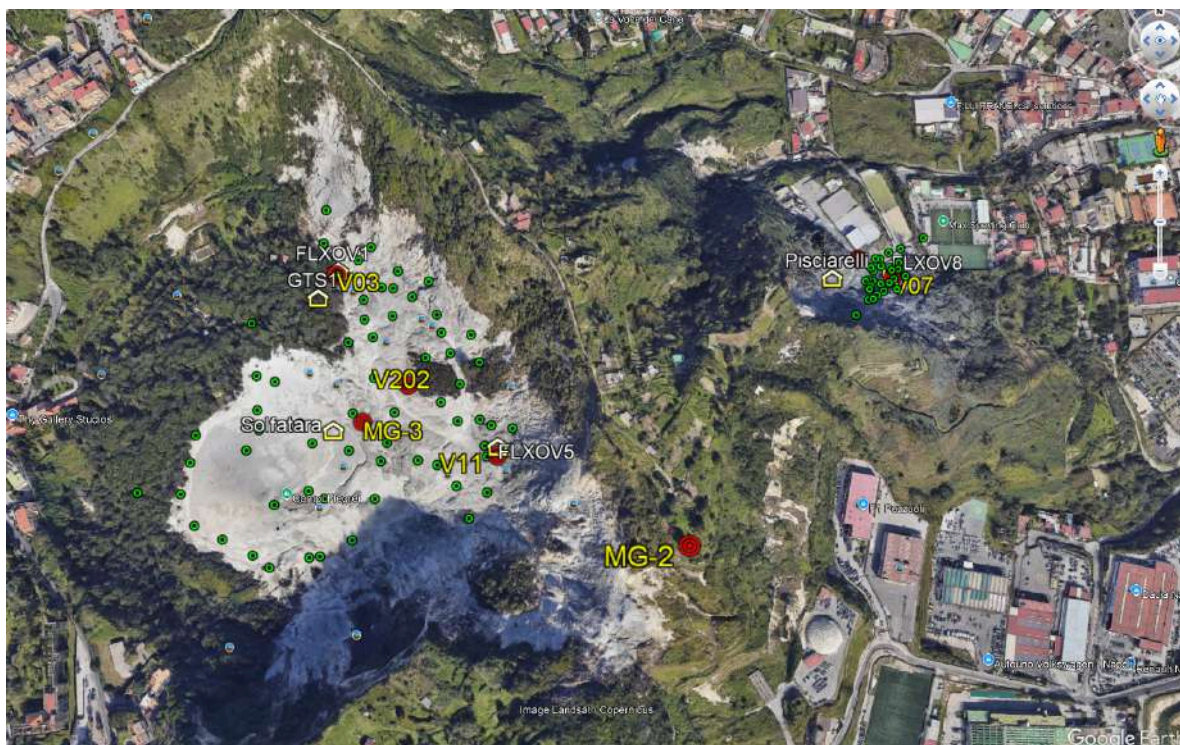


Figura 4.1 - Ubicazione delle stazioni della rete geochimica ai Campi Flegrei e dei siti dove sono eseguite le attività di monitoraggio geochimico. Sono riportate: i) le stazioni geochimiche del tipo GEMMA (FLXOV5, FLXOV8); ii) le nuove stazioni multiparametriche (V03, V07, V11, V202); iii) e le tre nuove stazioni per le misure multigas (CO₂, H₂S, SO₂, H₂O) e del vento con un sensore 3D sonico, ubicate in area Solfatara-Pisciarelli tutt'ora in fase di test; iv) le principali fumarole della Solfatara (BG e BN) e di Pisciarelli. Sono inoltre riportati i punti fissi per la misura del flusso di CO₂ dal suolo e della temperatura del suolo in area Solfatara (simboli verdi) e in area Pisciarelli (simboli verdi).

Di seguito sono riportate le osservazioni più rilevanti sui dati acquisiti nel periodo in esame. 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, 2025); 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 di riscaldamento e pressurizzazione del sistema idrotermale già identificati in precedenza (vedi Bollettini di Sorveglianza precedenti; Figg. 4.2 - 4.6).

Il rapporto $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ delle fumarole (Fig. 4.2) nei campioni di febbraio 2026 mostra una lieve diminuzione pur rimanendo su valori elevati (~ 0.41 per la fumarola BG e ~ 0.46 per la fumarola 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 degli 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 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ misurato alle fumarole (Chiodini et al., 2015a, 2016, 2021; Caliro et al., 2025). 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; Buono et al., 2023).

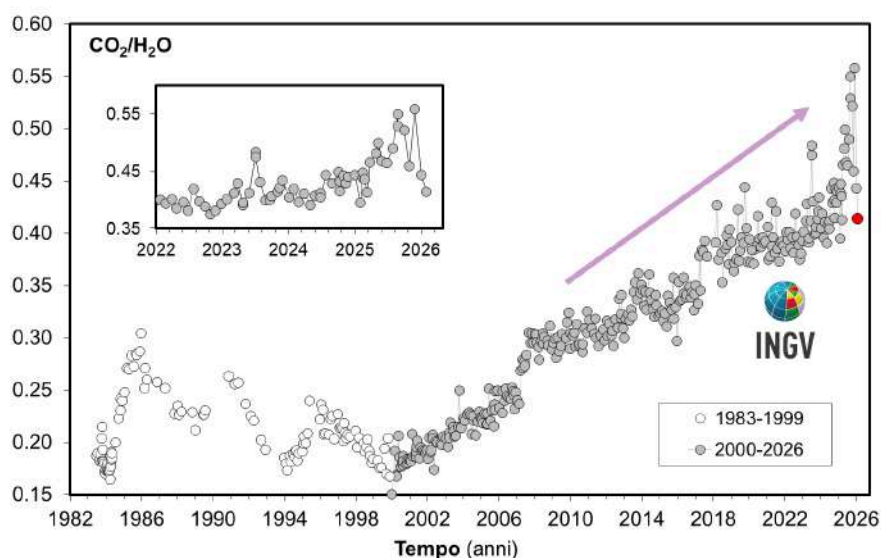


Figura 4.2 - Cronogramma del rapporto $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ per la fumarola BG. In grigio sono riportati i dati a partire dal 2000, quando è iniziato un trend d'aumento del rapporto $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$, in generale, indicativo di una crescente frazione della componente magmatica nei fluidi fumarolici. Con il simbolo rosso è evidenziato il campione di febbraio 2026. Nel riquadro un dettaglio dal 2022.

L'analisi di geoindicatori di Temperatura e Pressione, basati sulle composizioni delle fumarole BG e BN, indica il progressivo riscaldamento e pressurizzazione delle parti più superficiali del sistema idrotermale della Solfatara. In particolare, i valori di concentrazione di monossido di carbonio (CO), disponibili alla Solfatara di Pozzuoli fin dalla crisi del 1983-84, mostrano a partire dagli inizi degli anni 2000 un evidente trend di crescita, particolarmente marcato dai campioni del 2018. Questo incremento ha raggiunto un massimo nel luglio 2020, seguito da una fase di diminuzione fino ai primi mesi del 2022, quando inizia un nuovo aumento (fumarola BG, Fig. 4.3). I campioni degli ultimi mesi confermano il trend di aumento delle concentrazioni di CO. Tale variazione è 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 (DP) D'Amore and Panichi (1980), che in generale ben descrive la f_{O_2} in molti sistemi idrotermali del mondo, il trend del CO corrisponderebbe a un aumento di temperatura di circa 40°C dagli inizi

degli anni 2000 (T circa 215 °C) a oggi (T circa 255 °C), raggiungendo un massimo (T ~ 263 °C) nel 2018 (Fig. 4.4). In particolare, i campioni del mese di febbraio 2026 evidenziano variazioni della concentrazione di CO e della temperatura stimata (~255 °C), in accordo con il suddetto trend d'aumento di lungo termine.

Il processo di riscaldamento del sistema flegreo e le possibili cause sono trattate nei lavori scientifici di Chiodini et al. (2015a; 2016; 2021) a cui si rimanda per approfondimento.

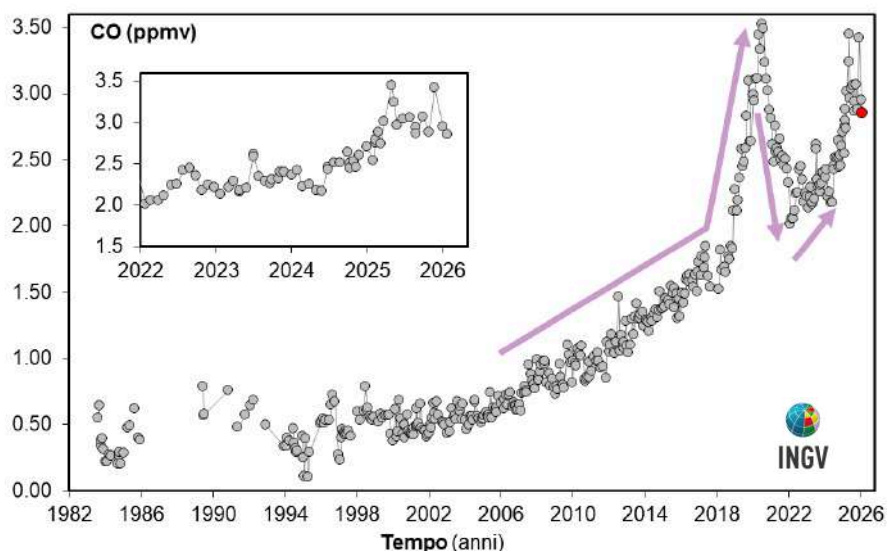


Figura 4.3 – Variazioni della concentrazione di monossido di carbonio (CO) misurato alla fumarola BG a partire dal 1983. Con il simbolo rosso è evidenziato il campione di febbraio 2026. In generale alti contenuti di CO caratterizzano sistemi vulcanici a elevata temperatura, mentre fumarole alimentate 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. Nel riquadro un dettaglio dal 2022.

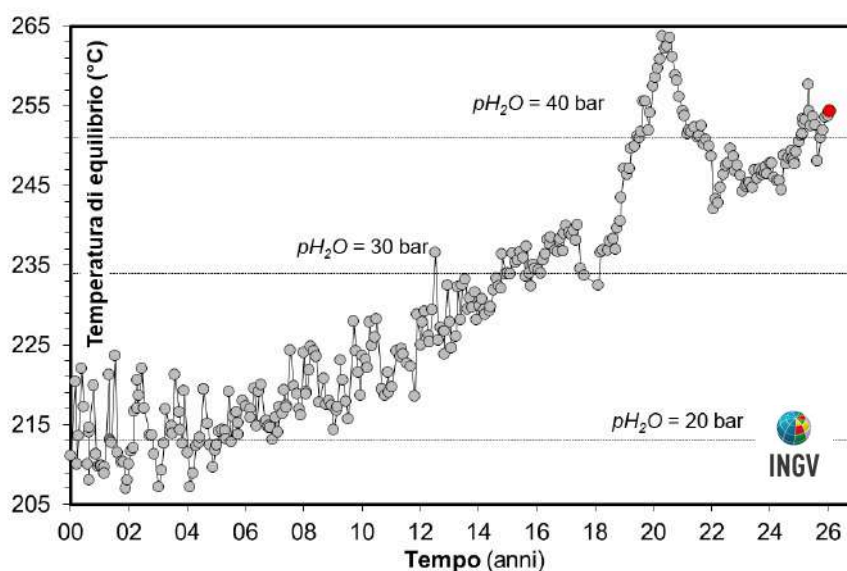


Figura 4.4 – Cronogramma delle temperature di equilibrio per il sistema CO-CO₂, relativo alla fumarola BG, stimate assumendo condizioni redox fissate dalla relazione di D'Amore and Panichi (1980). Tali temperature, rappresentative della parte più superficiale del sistema idrotermale (Caliro et al., 2007), mostrano un trend in aumento a partire dai primi anni del 2000. Con il simbolo rosso è evidenziato il campione di febbraio 2026.

Contemporaneamente all'aumento di temperatura descritto, dal 2018 viene rilevato anche un aumento del rapporto H_2S/CO_2 (Fig. 4.5). In particolare nel diagramma sono riportati i rapporti di concentrazione misurati (simboli grigi), e quelli calcolati in condizioni di equilibrio con la pirite alle temperature e condizioni redox riportate in Figura 4.4 (vedi Caliro et al., 2025). La figura evidenzia una forte similitudine dei valori misurati e calcolati sin dalla fine della fase bradisismica degli anni '80 (non nel diagramma). Tale similitudine suggerisce che per circa 40 anni le concentrazioni dello zolfo sono state controllate da condizioni di equilibrio nella parte più superficiale del sistema. I due andamenti cominciano a mostrare un lieve scostamento a partire dal 2018, scostamento che diventa significativo a partire dal 2021 raggiungendo un massimo a ottobre 2022, per poi ritornare a valori di equilibrio a settembre 2024, seguiti da una nuova divergenza. Tale variazione è stata interpretata (Caliro et al., 2025) come compatibile con un processo di degassamento di un magma in risalita nella crosta terrestre, tra i 9 e i 6 km di profondità. Le concentrazioni di zolfo nei campioni degli ultimi mesi mostrano un nuovo ritorno verso condizioni di equilibrio idrotermale.

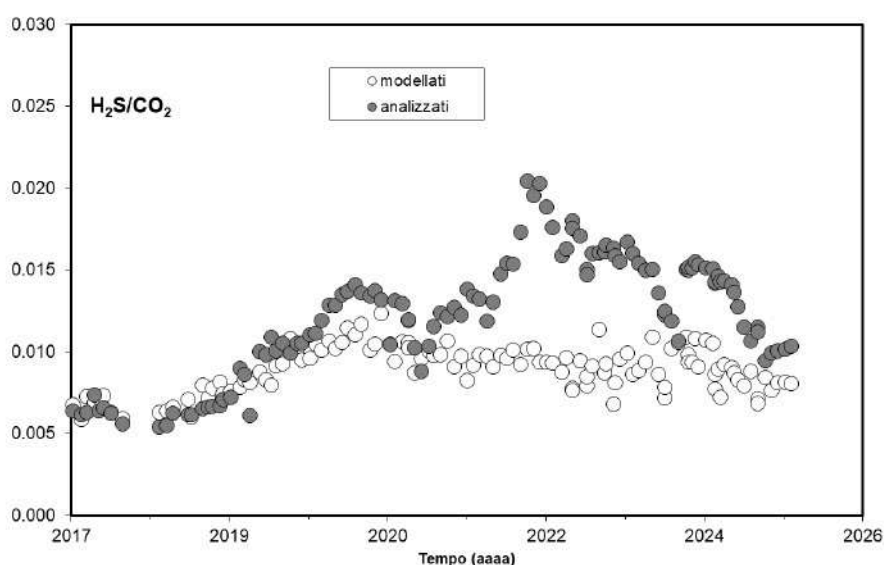


Figura 4.5 - Cronogramma del rapporto H_2S/CO_2 per la fumarola BG a partire dal 2017. I simboli grigi rappresentano i valori misurati, mentre i simboli bianchi i valori di equilibrio con i minerali idrotermali presenti nella porzione superficiale del sistema (Caliro et al., 2025).

Il cronogramma del rapporto CO_2/CH_4 (Fig. 4.6) mostra picchi 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). I vari picchi corrisponderebbero, quindi, a eventi di degassamento magmatico, avvenuti in precedenza, 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 4.6 è possibile riconoscere un generale trend d'aumento del rapporto a partire dal 2000, interrotto da fasi discendenti, con valori che hanno raggiunto i picchi massimi nel 2017, 2023 e nel settembre 2025.

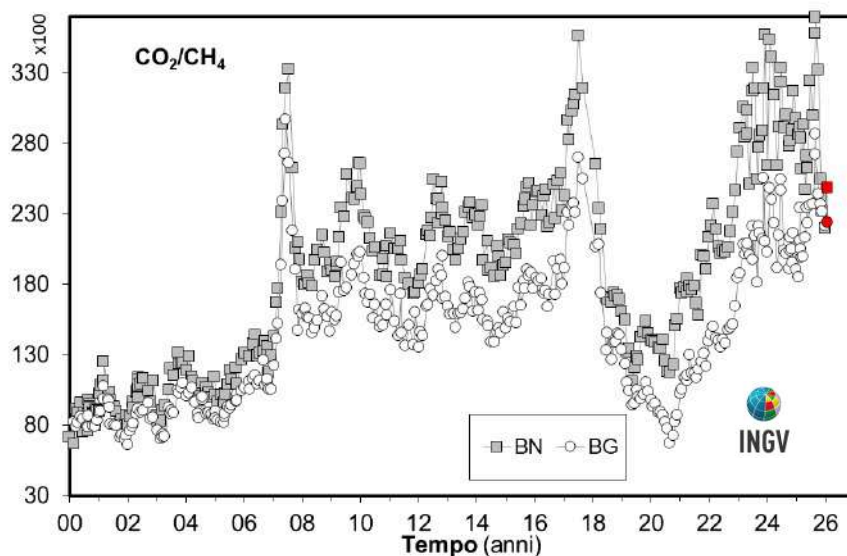


Figura 4.6 – Variazioni del rapporto CO_2/CH_4 per le fumarole BG e BN a partire dal 2000. I picchi nel rapporto, registrati in superficie con circa un anno di ritardo, evidenziano episodi di degassamento magmatico avvenuti ai Campi Flegrei (Chiodini et al., 2012). Con il simbolo rosso sono evidenziati i campioni di febbraio 2026.

In particolare, dalla fine del 2020 è iniziato un nuovo trend d'aumento del rapporto CO_2/CH_4 , che continua fino a raggiungere un massimo nel dicembre 2023. Il basso valore del rapporto CO_2/CH_4 (i.e. elevate concentrazioni di CH_4) mostrato nel periodo 2018-2021, contemporaneamente all'aumento della concentrazione del monossido di carbonio e dell'idrogeno, ma in generale di tutte le specie di gas ridotte, evidenzia una variazione del comportamento del sistema idrotermale in risposta all'iniezione di fluidi magmatici, rispetto a quanto mostrato nei periodi precedenti. I fluidi emessi dal sistema idrotermale, nel periodo 2018-2021, mostrano caratteristiche più riducenti, che secondo le più recenti interpretazioni possono essere indotte da estesi processi di condensazione del vapore nella parte superficiale del sistema in risposta all'aumento delle condizioni di pressione e temperatura. Il rapporto CO_2/CH_4 mostra un massimo dei valori raggiunto tra dicembre 2023 e febbraio 2024, per poi diminuire. I campioni degli ultimi mesi mostrano un'ampia variabilità pur rimanendo su valori elevati del rapporto.

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. 4.7). 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. 4.7). Queste misure (~60 punti, Target area in Fig. 4.7a), 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, Chiodini et al., 2021). La correlazione 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) e ~3500 t/d nel 2023, valori paragonabili al flusso medio di CO_2 nel *plume* di vulcani attivi a degassamento persistente.

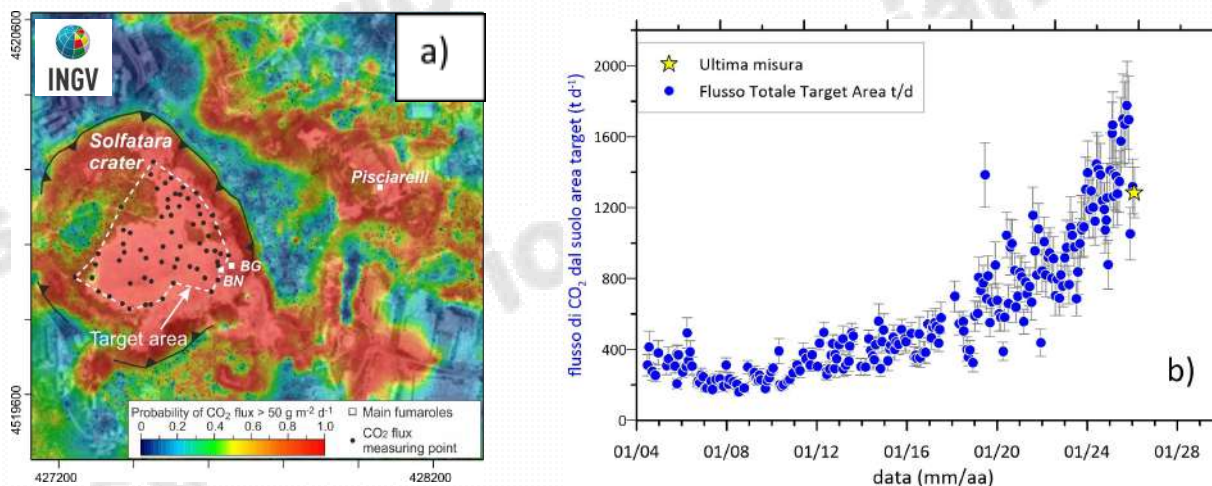


Figura 4.7– a) Mappa dell'area di degassamento diffuso della Solfatara-Pisciarelli (Cardellini et al., 2017), con l'ubicazione dell'area target; b) Cronogramma dei flussi di CO₂, i punti blu si riferiscono all'emissione dall'area target in tonnellate al giorno (t d⁻¹) calcolata con il codice sGs UnMix (Bini et al., 2025).

La relazione tra i valori stimati di flusso relativi alle campagne estese e il flusso delle misure mensili risulta essere cambiata per le ultime misure (dal 2022) rispetto a quella riportata in Chiodini et al. (2021). Questa differenza suggerisce una variazione del pattern di degassamento diffuso nell'area, con un incremento relativo nell'area craterica (misurata mensilmente) rispetto a quella esterna interessata dalle misure estese di flusso di CO₂, con conseguente diminuzione del fattore di proporzione definito in Chiodini et al. (2021). Pertanto, ai fini del monitoraggio vengono riportati i valori di flusso stimati sulle misure mensili della sola area target interna alla Solfatara (Fig. 4.7a). Per questa area le misure di febbraio 2026 indicano un valore di ~ 1300 t/d.

La media delle temperature del suolo a 10 cm di profondità, misurate mensilmente sulla stessa maglia di punti, mostra un chiaro andamento stagionale sovrapposto a un trend d'aumento (Fig. 4.8), con un incremento del valore medio delle temperature misurate di oltre 8 °C nel periodo 2002-2025. Nella mappa di Figura 4.9a è riportato l'aumento 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. 4.9b).

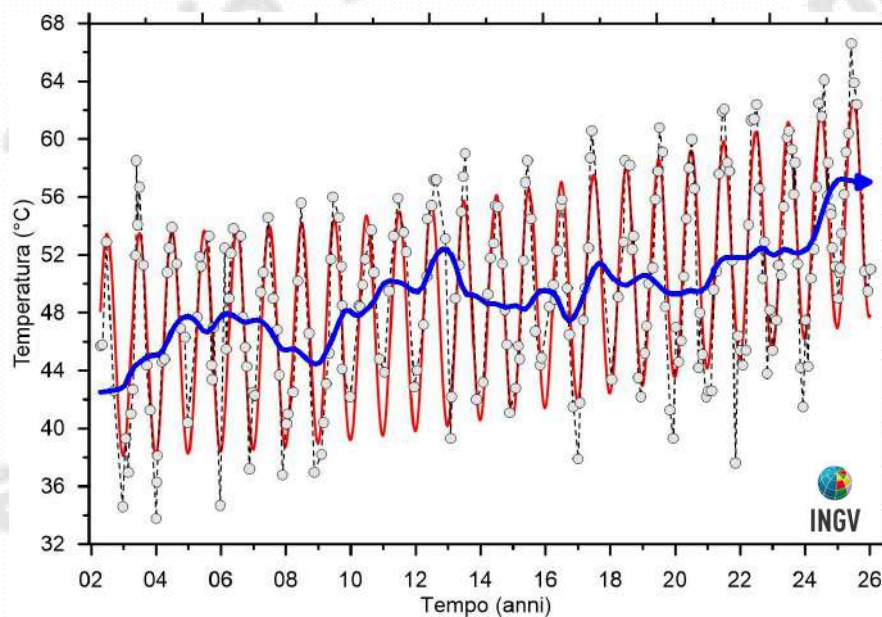


Figura 4.8 – Cronogramma della media delle temperature del suolo (a 10 cm di profondità) misurate su 61 punti fissi nell'area craterica della Solfatara. Va evidenziato l'aumento del valore medio nel periodo 2002-2024 di oltre 8 °C. Il trend depurato dalla componente stagionale mediante l'utilizzo dell'algoritmo di destagionalizzazione STL (Seasonal-Trend decomposition based on Loess, Cleveland et al., 1990), è riportato con la linea blu.

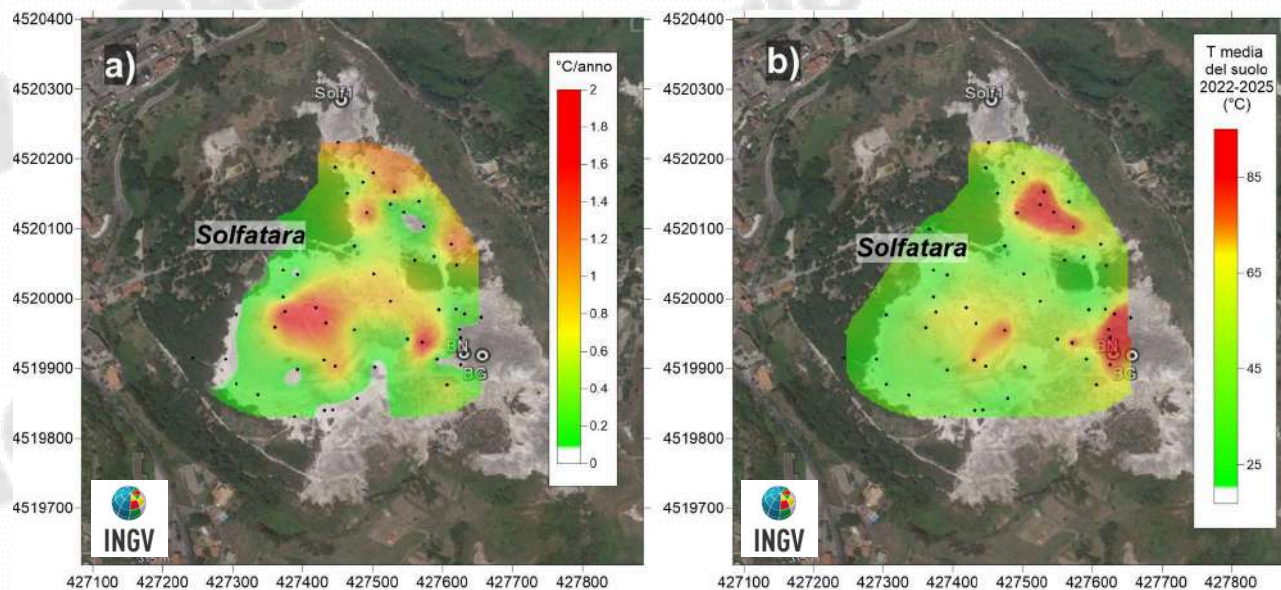


Figura 4.9 – a) Mappa dell'incremento di temperatura in °C/anno calcolato per ogni punto misurato a partire dal 2002. L'incremento di temperatura interessa diffusamente tutta l'area craterica con un massimo nella zona centrale. L'incremento di temperatura non interessa le aree delle fumarole e del bordo 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 2022 al 2025).

Tale processo di riscaldamento è evidenziato anche da misure analoghe di flusso di CO₂ dal suolo e temperatura del suolo, eseguite periodicamente su 25 punti fissi nell'area di Pisciarelli. In Figura 4.10 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. A partire dal 2022, l'incremento di temperatura risulta meno marcato, per poi mostrare un nuovo trend d'aumento a partire dal 2024.

A causa della inaccessibilità della maggior parte dei punti periodicamente misurati nell'area di Pisciarelli, dovuta all'allargamento e all'incremento di attività della polka, i punti di misura non più raggiungibili sono stati sostituiti con altri nelle immediate vicinanze. La mappa dove è riportata la distribuzione areale dell'incremento annuo di temperatura mette in evidenza un aumento diffuso delle temperature in tutta l'area indagata e la presenza di zone interessate da processi di fumarolizzazione locale.

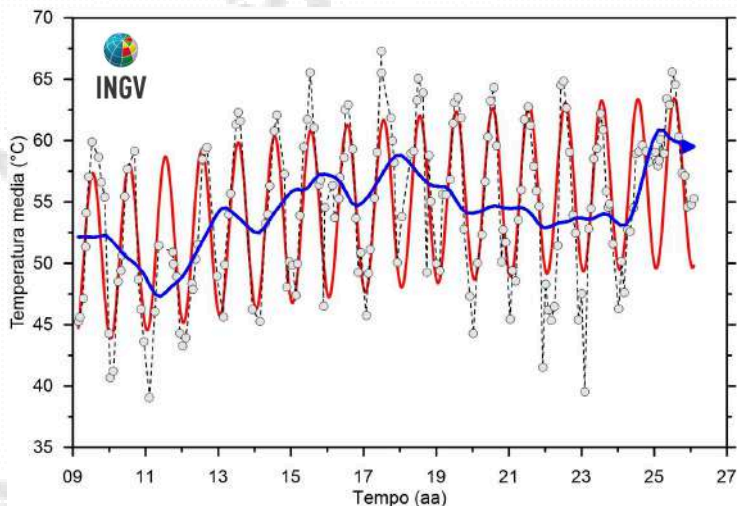


Figura 4.10 – Cronogramma della media delle temperature del suolo (a 10 cm di profondità) misurate su 25 punti fissi nell'area di Pisciarelli dal 2009. Il trend destagionalizzato, mediante l'utilizzo dell'algoritmo di destagionalizzazione STL (Seasonal-Trend decomposition based on Loess, Cleveland et al., 1990), è riportato con la linea blu.

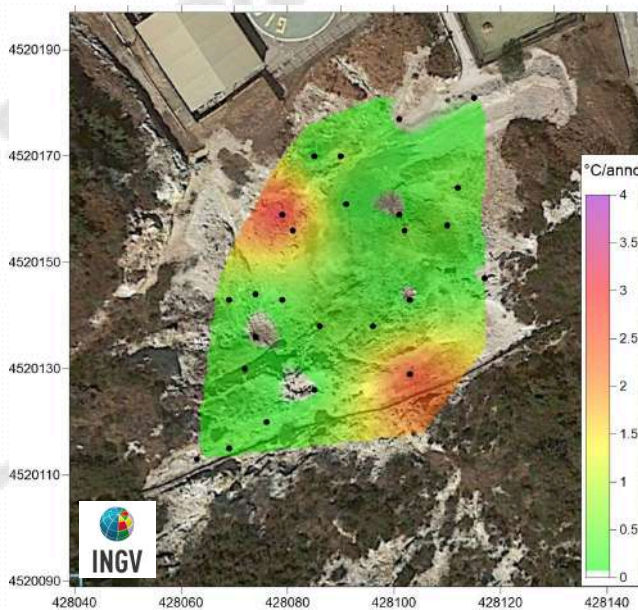


Figura 4.11 – Mappa dell'incremento di temperatura in °C/anno calcolato per ognuno dei 25 punti fissi nell'area di Pisciarelli misurati a partire dal 2009. L'incremento di temperatura interessa tutta l'area indagata con le zone di maggiore riscaldamento legate a processi di fumarolizzazione locale.

La stazione multiparametrica FLXOV5, attiva dal 2015 nel cratere della Solfatara nel mese di febbraio non ha acquisito i dati di flusso e temperatura della fumarola a causa di un malfunzionamento. In Figura 4.12 sono riportati i valori di flusso di CO₂ dal suolo e della

temperatura della fumarola BG acquisiti dalla stazione fissa V11 installata a marzo 2023 a pochi metri dalla fumarola BG e nelle vicinanze della stazione FLXOV5. E' da evidenziare negli ultimi mesi il significativo aumento di temperatura delle fumarole BG, confermato anche dalle misure periodiche eseguite mensilmente durante il campionamento dei fluidi, che hanno mostrato valori fino a circa 173°C.

Al fine di monitorare l'aumento della temperatura di emissione della fumarola BG, nel mese di ottobre 2025 è stato installato un nuovo sensore di temperatura, nell'area di emissione della fumarola che presenta la temperatura più elevata. Il valore medio di temperatura acquisito da questa stazione nel periodo di riferimento è ~173 °C (Fig. 4.12).

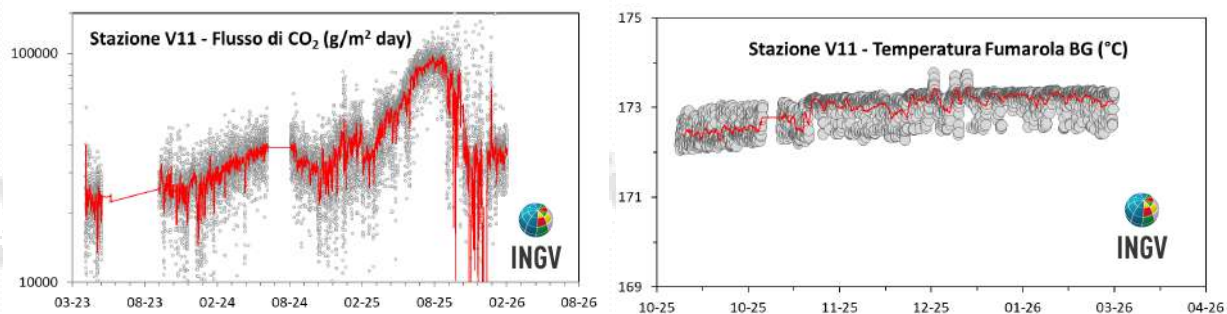


Figura 4.12 – Valori del flusso di CO₂ dal suolo e della temperatura della fumarola BG misurati dalla stazione V11 installata nel cratere della Solfatara, a pochi metri dalla fumarola principale BG.

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 osservate nel sito di Pisciarelli 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 CO₂ dal suolo misurati in continuo dalla stazione geochimica (Fig. 4.14). Il flusso di CO₂ dal suolo misurato dalla stazione FLXOV8, così come la concentrazione di CO₂ in aria, nel mese di febbraio 2026 hanno mostrato un lieve aumento dei valori rispetto ai periodi precedenti (Fig. 4.15).

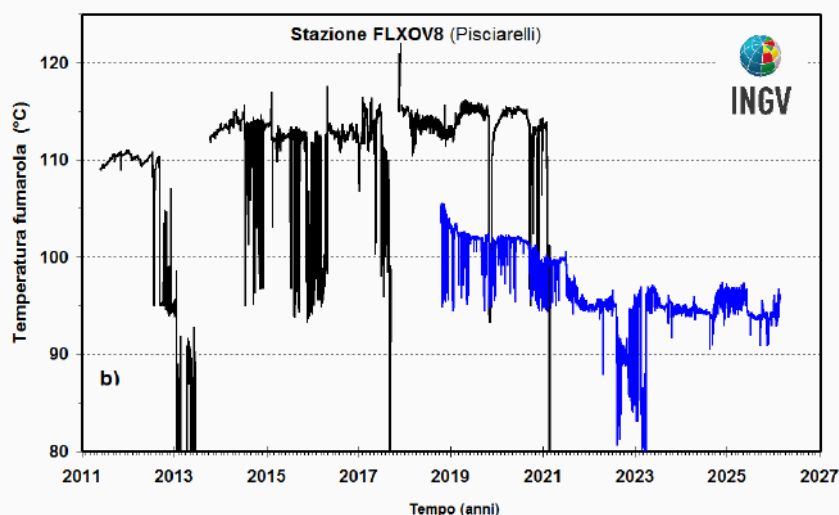


Figura 4.13 – Cronogramma dal 2011 della temperatura della fumarola principale di Pisciarelli. Con la linea blu sono riportati i valori di temperatura misurati in continuo, a partire dal mese di ottobre 2018, in un'altra emissione fumarolica nell'area di Pisciarelli sita a pochi metri di distanza dalla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

Nella polla di Pisciarelli nel mese di febbraio 2026 il livello del liquido ha avuto oscillazioni correlate alle precipitazioni meteoriche verificatesi. Tale fenomeno, già osservato negli ultimi anni (dal 2020), è verosimilmente legato a un diminuito apporto del liquido che alimenta la polla, composto da una miscela di condensati fumarolici e di acque di origine meteorica. Appare evidente, quindi, il crescente controllo delle condizioni meteo rispetto all'attività vulcano-idrotermale sulla dinamica della polla, sulla temperatura della fumarola e più in generale sulle variazioni locali del sito di degassamento.

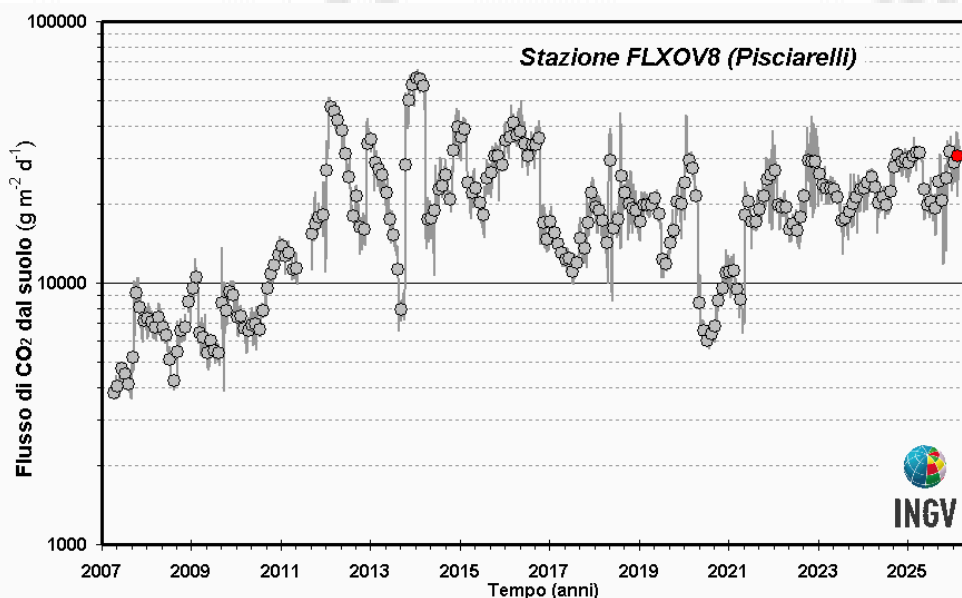


Figura 4.14 - Medie giornaliere (linea) e medie mensili (cerchi) dei flussi di CO₂ misurati dalla stazione automatica a Pisciarelli. È da evidenziare il continuo trend d'aumento nel tempo a partire dal 2007 del flusso CO₂. La media dei flussi relativa al mese di febbraio 2026 è riportata con il simbolo rosso. Il flusso di CO₂ 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. Nel mese di febbraio 2026 i valori di temperatura misurati hanno mostrato un valore medio di ~94 °C, temperatura prossima alla condensazione del fluido fumarolico.

L'incremento del processo di degassamento nell'area a partire dal 2009 è supportato dalle misure del flusso di CO₂ delle fumarole (Tamburello et al., 2019) (Fig. 4.14). Inoltre, l'aumento dell'attività di degassamento nell'area di Pisciarelli è anche indicato dalla misura in continuo della concentrazione di CO₂ 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). Tale processo è visibile fino alla prima metà del 2020, poi mostra una diminuzione.

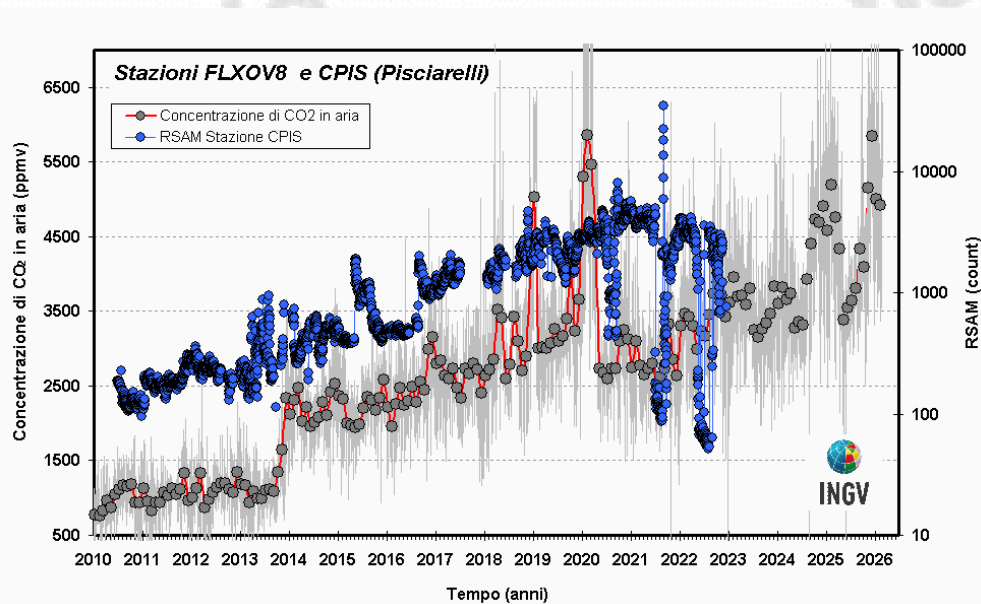


Figura 4.15 - Cronogramma delle medie giornaliere (linea) e medie mensili (cerchi) della concentrazione di CO₂ registrata in aria con frequenza bioraria dalla stazione geochimica per la misura del flusso di CO₂ dal suolo di Pisciarelli (FLXOV8). Nel cronogramma è riportata anche la serie temporale dell'ampiezza del tremore fumarolico su base giornaliera registrata dalla stazione sismica CPIS fino al 2023, 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 CO₂ in aria e dell'ampiezza del tremore fumarolico dal 2013 al 2021, successivamente i trend mostrano una diminuzione per poi mostrare negli ultimi periodo un nuovo aumento.

In particolare, la serie temporale di concentrazione di CO₂ 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, con un massimo di ~ 5000 ppm registrato nei periodi gennaio-marzo 2019 e gennaio-marzo 2020. Negli ultimi mesi, la concentrazione di CO₂ misurata in aria ha mostrato lieve trend d'aumento, nel mese di febbraio 2026 è stato misurato un valore medio di ~5000 ppm.

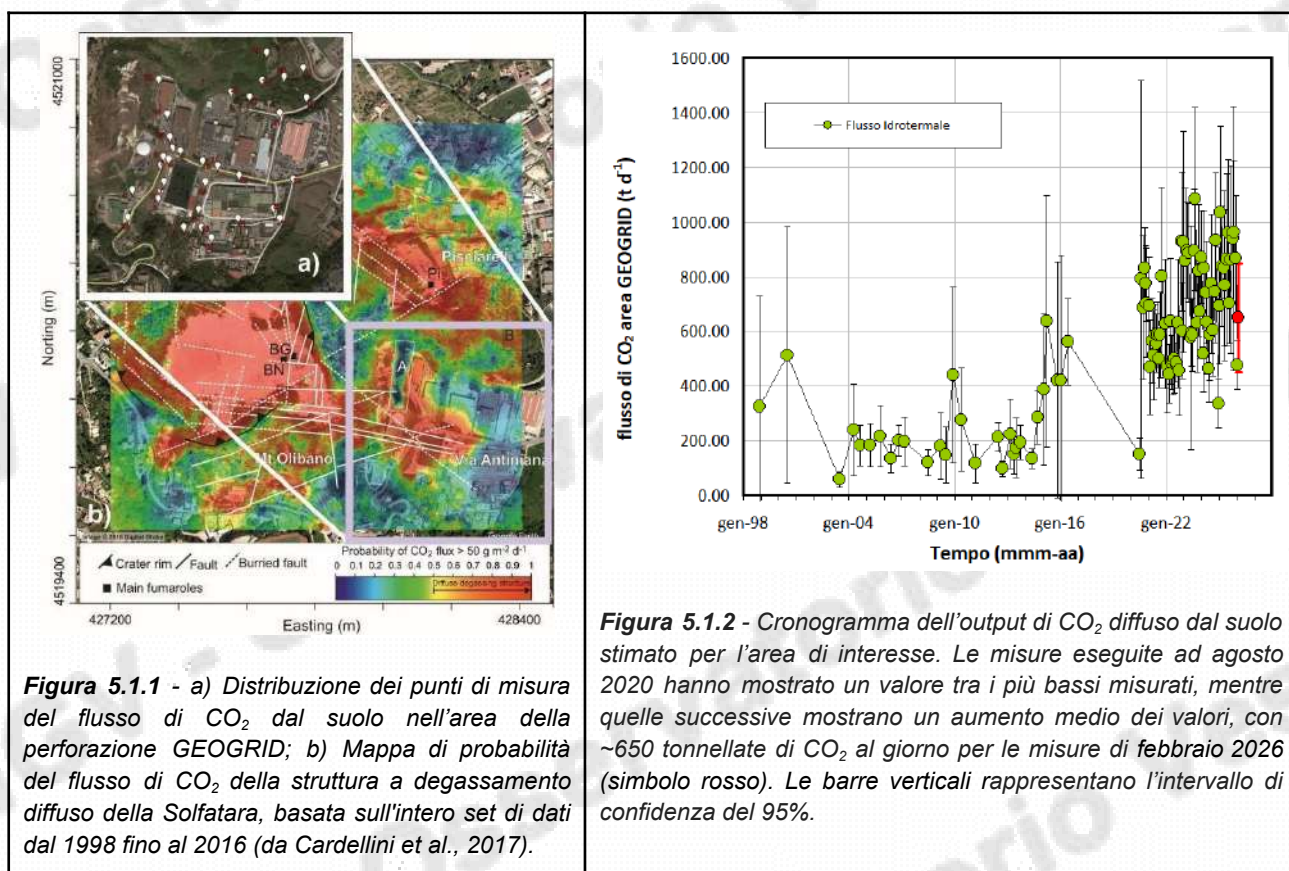
Analogamente, l'ampiezza del tremore fumarolico (RSAM) mostra, a partire dal 2013, un rilevante aumento nel tempo raggiungendo un massimo nel 2021. Il tremore fumarolico non è attualmente acquisito alla stazione sismica CPIS a causa di problemi tecnici.

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 misura e di manutenzione delle strumentazioni nell'area interessata dalla polla.

5. AGGIORNAMENTO ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO NELL'AREA CIRCOSTANTE IL POZZO "GEOGRID"

5.1 Misure di flusso diffuso di CO₂ dal suolo in area del cantiere del pozzo del Progetto GEOGRID

Al fine di rilevare eventuali variazioni locali del processo di degassamento diffuso dal suolo, a partire dal mese di settembre 2020, sono state ripetute mensilmente le campagne di misura del flusso di CO₂ dal suolo in circa 30 punti distribuiti in un'area di circa 0.25 km², centrata sul cantiere della perforazione eseguita nell'ambito del progetto GEOGRID (Fig. 5.1.1a). Le misure sono state confrontate con quelle relative al database di misure del flusso di CO₂ diffuso eseguite dal 1998 al 2016 (Cardellini et al., 2017), riguardanti la stessa area (Fig. 5.1.1b).



I valori di flusso di CO₂ stimati nell'area indagata (0.25 km²) hanno mostrato un *range* compreso tra 58 e 638 t/d nel periodo dal 1998 al 2016, con un valore medio di circa 250 t/d. Tuttavia è da notare che gli ultimi valori disponibili fino al 2016 mostravano un trend in aumento, mentre il valore stimato per le misure eseguite nel mese di agosto 2020, di circa 150 t/d, risulta tra i valori più bassi misurati nell'area. Le misure successive mostrano un aumento dei valori fino a ~900 t/d nei primi mesi del 2023, in linea con il trend d'aumento mostrato fino al 2016; le ultime misure del mese di febbraio 2026 mostrano un valore del flusso di CO₂ stimato in ~650 t/d (Fig. 5.1.2).

5.2 Monitoraggio Termico ad Immagine – Stazione ANTN

La stazione ANTN della Rete Permanente di Monitoraggio Termico dei Campi Flegrei (TIRNet) acquisisce immagini all'infrarosso termico dell'area di Antiniana, compresa tra il versante esterno sud-orientale del cratere della Solfatara e il versante a sud dell'area di Pisciarelli, laddove è stata effettuata la perforazione realizzata nel contesto del Progetto Geogrid (Fig. 5.2.1).

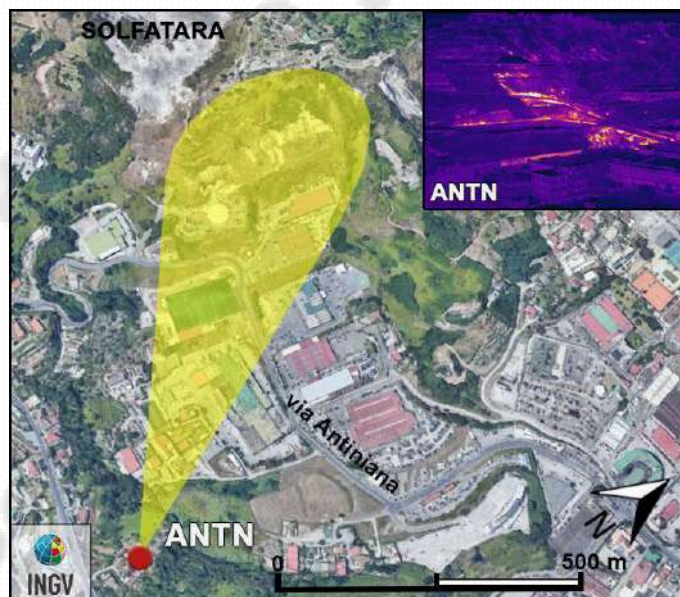


Figura 5.2.1 - Stazione ANTN. Pallino rosso: punto di ripresa; area gialla: indica schematicamente l'area acquisita.

La figura seguente mostra l'elaborazione della serie temporale dei valori di temperatura massima delle immagini IR acquisite dalla stazione ANTN (Fig. 5.2.2).

Tali dati sono relativi ad una zona circoscritta, interessata dal maggiore rilascio termico dell'area indagata, e sono stati processati con metodologia di rimozione della stagionalità basata sull'algoritmo di destagionalizzazione analitica STL (Seasonal Trend Decomposition; Sansivero et al., 2025; Sansivero & Vilardo, 2024). Il trend a lungo termine è ottenuto applicando un fitting LOESS di 2° alle temperature massime destagionalizzate con STL.

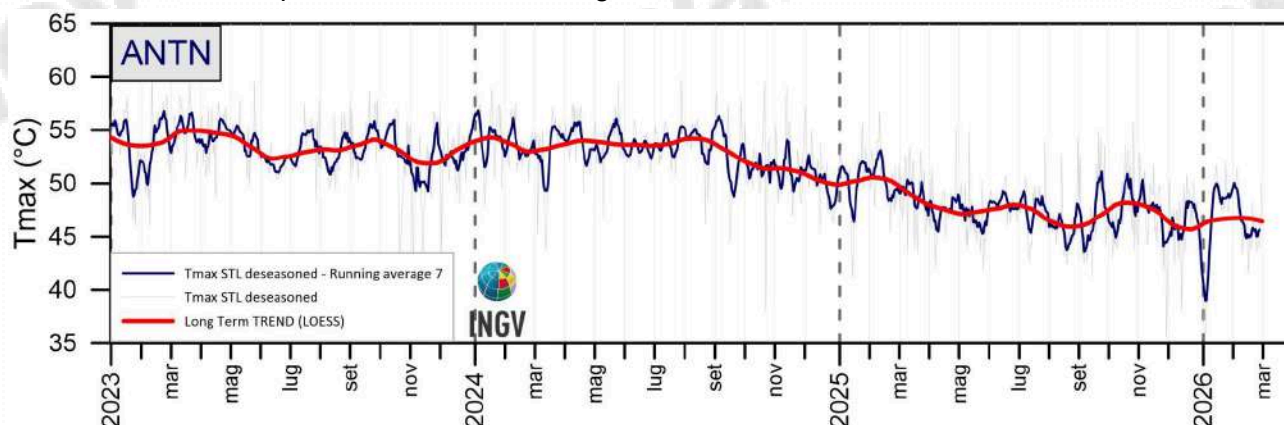


Figura 5.2.2 - Stazione ANTN. Serie temporale dei valori di temperatura massima giornaliera rilevata nelle immagini IR destagionalizzate mediante applicazione dell'algoritmo STL [medie settimanali (blu); trend a lungo termine (rosso)].

I valori massimi di temperatura al suolo rilevati dalla **stazione ANTN** (Fig. 5.2.2) nei primi giorni del mese di febbraio 2026 mostrano una diminuzione di circa 5° e una successiva stabilizzazione intorno a tali valori. Il trend a lungo termine (in rosso) evidenzia un comportamento sostanzialmente stabile delle temperature massime.

QUADRO DI SINTESI DELLO STATO DEL VULCANO NEL MESE DI RIFERIMENTO E VALUTAZIONI

1) **SISMOLOGIA:** Nell'area dei Campi Flegrei sono stati registrati 254 terremoti ($M_{max}=3.5\pm 0.3$), di cui 192 localizzati, avvenuti prevalentemente tra Pozzuoli, Agnano, l'area Solfatara-Pisciarelli, Bagnoli e il Golfo di Pozzuoli, con profondità concentrate prevalentemente nei primi 3 km e profondità massima di circa 4.5 km.

2) **DEFORMAZIONI:** Da aprile 2025 si è registrato un sollevamento del suolo con valore medio mensile di circa 15 ± 3 mm/mese fino agli inizi di ottobre. A partire dal 10 ottobre 2025 si è registrato un aumento della velocità di sollevamento del suolo, con un valore medio mensile di sollevamento di circa 25 ± 3 mm/mese. Dalla metà di dicembre 2025 si è registrata una diminuzione della velocità di sollevamento del suolo, con un valore medio di velocità mensile di circa 15 ± 3 mm/mese. Dagli inizi di febbraio 2026 si registra un'ulteriore diminuzione della velocità di sollevamento del suolo, con un valore medio di velocità mensile di circa 10 ± 3 mm/mese.

Il sollevamento registrato alla stazione GNSS di RITE è di circa 162.5 cm da novembre 2005, di cui circa 24.5 cm da gennaio 2025. Le variazioni alle stazioni tiltmetriche e a quelle mareografiche sono coerenti con la fase di uplift che interessa l'area.

Dal confronto della campagna gravimetrica con quella precedente di ottobre 2025, non si osservano variazioni significative del campo gravimetrico ad eccezione di una zona poco a sud di Solfatara-Pisciarelli con valori Δg poco superiori ai $20\mu\text{Gal}$.

3) **TERMOGRAFIA:** Nel corso mese di gennaio 2026 le serie temporali delle temperature massime superficiali acquisite dalla rete permanente di telecamere TIR mostrano alla Solfatara, nell'area di Agnano-via Antiniana e nell'area di Pisciarelli una lieve diminuzione nella prima parte del mese seguita da un andamento sostanzialmente stabile. Si evidenziano sensibili oscillazioni nell'area di Solfatara.

Le misure con termocamere mobili e droni effettuate in diversi punti dei Campi Flegrei mostrano andamenti piuttosto stabili.

4) **GEOCHIMICA:** La composizione delle fumarole e i parametri monitorati indicano il perdurare dei trend pluriennali di riscaldamento e pressurizzazione del sistema idrotermale che ha raggiunto un massimo nel luglio 2020, per poi invertirsi fino ai primi mesi del 2022, quando è iniziato un nuovo trend d'aumento tuttora in corso.

Il flusso di CO_2 dal suolo misurato nella sola area target interna alla Solfatara si conferma essere elevato, stimato in circa 1300 t/d, valori comparabili a quelli che si ritrovano nel plume di vulcani attivi a degassamento persistente.

Nella Figura 6.1 sono rappresentati i parametri di monitoraggio più indicativi in un confronto temporale a breve e medio termine.

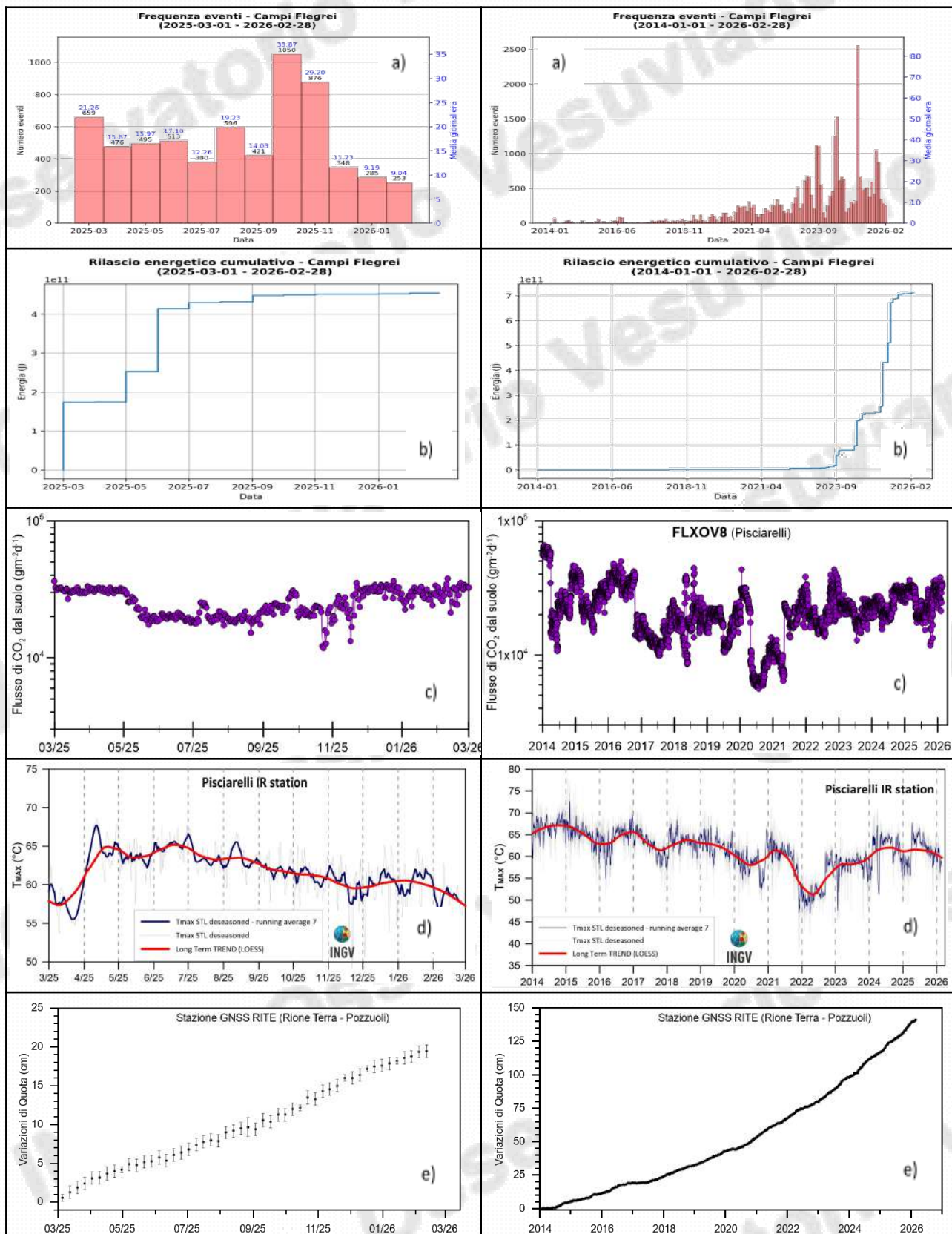


Figura 6.1 – Frequenza di accadimento degli eventi sismici (a), rilascio di energia sismica cumulativa (b), variazioni del flusso di CO₂ alla stazione geochimica di Pisciarelli (c), trend delle temperature massime superficiali destagionalizzate delle telecamera all'infrarosso termico a Pisciarelli (d) e andamento delle deformazioni del suolo alla stazione GNSS di RITE (e), 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, che possano comportare una diversa evoluzione dei fenomeni sopra descritti, saranno oggetto di approfondimenti tempestivamente comunicati.

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

Bibliografia

- Astort, A., Trasatti, E., Caricchi, L., Polcari, M., De Martino, P., Acocella, V., & Di Vito, M. A. (2024). Tracking the 2007–2023 magma-driven unrest at Campi Flegrei caldera (Italy). *Communications Earth & Environment*, 5(1), 506.
- Bellucci Sessa, E., Borriello G., Cirillo F. & Working Group NAPLES (2022). NAPLES (moNitoring mAps of camPania voLcanoES) (1.0) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5886962>.
- Berrino, G., Rymer, H., Brown, G. C., & Corrado, G. (1992). Gravity-height correlations for unrest at calderas. *Journal of volcanology and geothermal research*, 53(1-4), 11-26.
- Bini, G., Tamburello, G., Cacciaguerra, S., Perfetti, P. (2025). sGs UnMix: a web application for spatial prediction and mixture modeling with a case study on volcanic soil CO₂ fluxes. *Environmental Modelling & Software*, 106652.
- Buono G., Caliro S., Paonita A., Pappalardo L., Chiodini G. (2023). Discriminating carbon dioxide sources during volcanic unrest: The case of Campi Flegrei caldera (Italy). *Geology* ; doi: <https://doi.org/10.1130/G50624.1>
- Caliro, S., Chiodini, G., Avino, R., Carandente, A., Cuoco, E., Di Vito, M.A., Minopoli, C., Rufino, F., Santi, A., Lages, J., Mangiacapra, A., Monteleone, B., Pappalardo, L., Taracsák, Z., Tramati, C., Vizzini, S. and Aiuppa, A., 2025. Escalation of caldera unrest indicated by increasing emission of isotopically light sulfur. *Nature Geoscience*. <https://doi.org/10.1038/s41561-024-01632-w>
- 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. <https://doi.org/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. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2014.01.021>
- Chiodini, G., G. Vilardo, V. Augusti, D. Granieri, S. Caliro, C. Minopoli, and C. Terranova (2007) Thermal monitoring of hydrothermal activity by permanent infrared automatic stations: Results obtained at Solfatara di Pozzuoli, Campi Flegrei (Italy). *J. Geophys. Res.*, 112, B12206, <https://doi.org/10.1029/2007JB005140>
- 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)
- 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, <https://doi.org/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. <https://doi.org/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. *Geology*, <https://doi.org/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. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.01.012>
- Chiodini G., Pappalardo L., Aiuppa A. and Caliro S. (2015b) The geological CO₂ degassing history of a long-lived caldera. *Geology*. <https://doi.org/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. <https://doi.org/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). <https://doi.org/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.
- De Martino, P.; Guardato, S.; Donnarumma, G.P.; Dolce, M.; Trombetti, T.; Chierici, F.; Macedonio, G.; Beranzoli, L.; Iannaccone, G.(2020), Four Years of Continuous Seafloor Displacement Measurements in the Campi Flegrei Caldera. *Front. Earth Sci.* 2020, 8, 615178. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.615178>
- De Martino P, Dolce M, Brandi G, Scarpato G, Tammaro U. The Ground Deformation History of the Neapolitan Volcanic Area (Campi Flegrei Caldera, Somma–Vesuvius Volcano, and Ischia Island) from 20 Years of Continuous GPS Observations (2000–2019). *Remote Sensing*. 2021; 13(14):2725. <https://doi.org/10.3390/rs13142725>
- Falanga, M., Aquino, I., De Lauro, E., Petrosino, S., & Ricco, C. (2023). New insights on ground deformation at Campi Flegrei caldera inferred from kinematics and dynamics investigation of borehole tilt. *Earth and Space Science*, 10, e2022EA002702. <https://doi.org/10.1029/2022EA002702>
- Geng J., Chen X., Pan Y., Mao S., Li C., Zhou J., Zhang K. (2019). PRIDE PPP-AR: an open-source software for GPS PPP ambiguity resolution. *GPS Solutions*, 23(91):1-10. doi:10.1007/s10291-019-0888-1
- Giudicepietro F., Casu F., Bonano M., De Luca C., De Martino P., Di Traglia F., Di Vito MA., Macedonio G., Manunta M., Monterroso F., Striano P., Lanari R. (2024). First evidence of a

- geodetic anomaly in the Campi Flegrei caldera (Italy) ground deformation pattern revealed by DInSAR and GNSS measurements during the 2021–2023 escalating unrest phase, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol 132, 2024, 104060, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.104060>. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.104060>
- 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
- Guardato, S., Donnarumma G.P., Riccio R., et al. InSEA Project: Initiatives in Supporting the Consolidation and Enhancement of the EMSO Infrastructure and Related Activities (2022), *Frontiers in Marine Science* Vol. 9, <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.846701>
- Hector, B., Hinderer, J. (2016). PyGrav, a Python-based program for handling and processing relative gravity data. *Comput. Geosci.* 91, 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2016.03.010>.
- Iannaccone, G.; Guardato, S.; Donnarumma, G.P.; De Martino, P.; Dolce, M.; Macedonio, G.; Chierici, F.; Beranzoli, L. Measurement of Seafloor Deformation in the Marine Sector of the Campi Flegrei Caldera (Italy). *J. Geophys. Res. Solid Earth* 2018, 123, 66–83. <https://doi.org/10.1002/2017JB014852>
- Kennedy, J., 2020, GSadjust v1.0: U.S. Geological Survey Software Release, 20 December 2020, <https://doi.org/10.5066/P9YEIOU8>
- Riccardi U., Pivetta T., Fedele A., Ricciardi G., Carlino S., (2024) Continuous Gravity Observations at Campi Flegrei Caldera: An Accurate Assessment of Tidal and Non-Tidal Signals and Implications for Volcano Monitoring. *Pure Appl. Geophys.* 182, 1047–1074. <https://doi.org/10.1007/s00024-024-03555-4>
- Ricciolino P., Lo Bascio D., Esposito R. (2024). GOSSIP - Database Sismologico Pubblico INGV-Osservatorio Vesuviano. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/gossip>
- 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.
- Sansivero, F., Vilardo, G., & Buonocunto, C. (2025). Development of a Thermal Infrared Network for Volcanic and Environmental Monitoring: Hardware Design and Data Analysis Software Code. *Sensors*, 25(13), 4141.
- Sansivero, F., & Vilardo, G. (2024). Twenty Years of Thermal Infrared Observations (2004–2024) at Campi Flegrei Caldera (Italy) by the Permanent Surveillance Ground Network of INGV-Osservatorio Vesuviano. *Remote Sensing*, 16(17), 3352. <https://doi.org/10.3390/rs16173352>
- Sansivero, F.; Vilardo, G.; Buonocunto, C. (2025). Development of a Thermal Infrared Network for Volcanic and Environmental Monitoring: Hardware Design and Data Analysis Software Code. *Sensors* (Basel, Switzerland), 25.13: 4141. <https://doi.org/10.3390/s25134141>

- Schüller, K. (2020). Theoretical basis for earth tide analysis and prediction. Manual-01-ET34-X-V, Surin, Thailand, PP. 217.
- Beilin, J. (2006). Apport de la gravimétrie absolue à la réalisation de la composante gravimétrique du Réseau Géodésique Français. Inst. Géogr. Natl., Paris, France.
- 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>.
- Trombetti, T., Burigana, C., De Martino, P., Guardato, S., Macedonio, G., Iannaccone, G. and Chierici, F. On the seafloor horizontal displacement from cGPS and compass data in the Campi Flegrei caldera. J Geod 97, 62 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00190-023-01751-z>
-

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 nella convenzione biennale attuativa per le attività di servizio in esecuzione dell'Accordo Quadro tra il Dipartimento della Protezione Civile e l'INGV (Periodo 2024-2026), alle attività previste nell'ambito del Sistema Nazionale di Protezione Civile. In particolare, questo documento, redatto in conformità all'Allegato Tecnico 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.