ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Rapporto tecnico-scientifico sullo stato attività di Vulcano

a cura delle sezioni di Palermo, Osservatorio Etneo e Roma1

Si comunica che la rete osservativa multiparametrica INGV (Figura 1) ha rilevato alcune variazioni significative dei parametri monitorati nel sistema vulcanico di La Fossa (Isola di Vulcano), di seguito descritti.

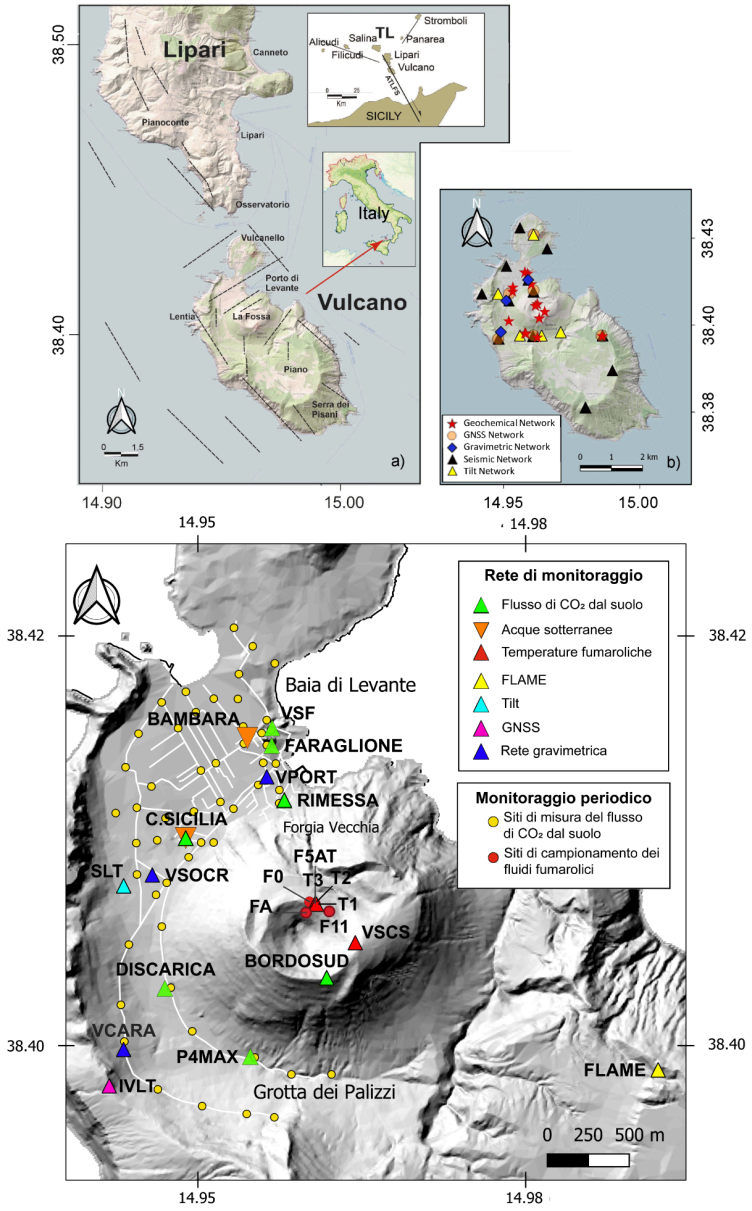


Figura 1 - a) Mappa strutturale dell'area Lipari-Vulcano. b) Mappa dei siti di misura e campionamento della rete multiparametrica INGV. c) DEttaglio della parte nord dell'isola, che mostra i siti di campionamento e misura per le indagini geochimiche.

Degassamento al cratere La Fossa

Dal 1° agosto 2025, i sensori della rete di temperatura, installati sul bordo del cratere, hanno mostrato un trend di incremento. Come si vede nel grafico di Figura 2, aggiornato al 19 agosto 2025, i diversi sensori hanno mostrato incrementi di entità variabile da 19°C a 77°C. La temperatura massima di 285°C è stata registrata al sensore T3. Il tasso di incremento è diminuito progressivamente da 15°/day a 2°/day. L'entità dell'incremento è confrontabile, al momento, con quella registrata durante l'anomalia del periodo maggio-settembre 2024, mentre il rate di incremento è superiore.

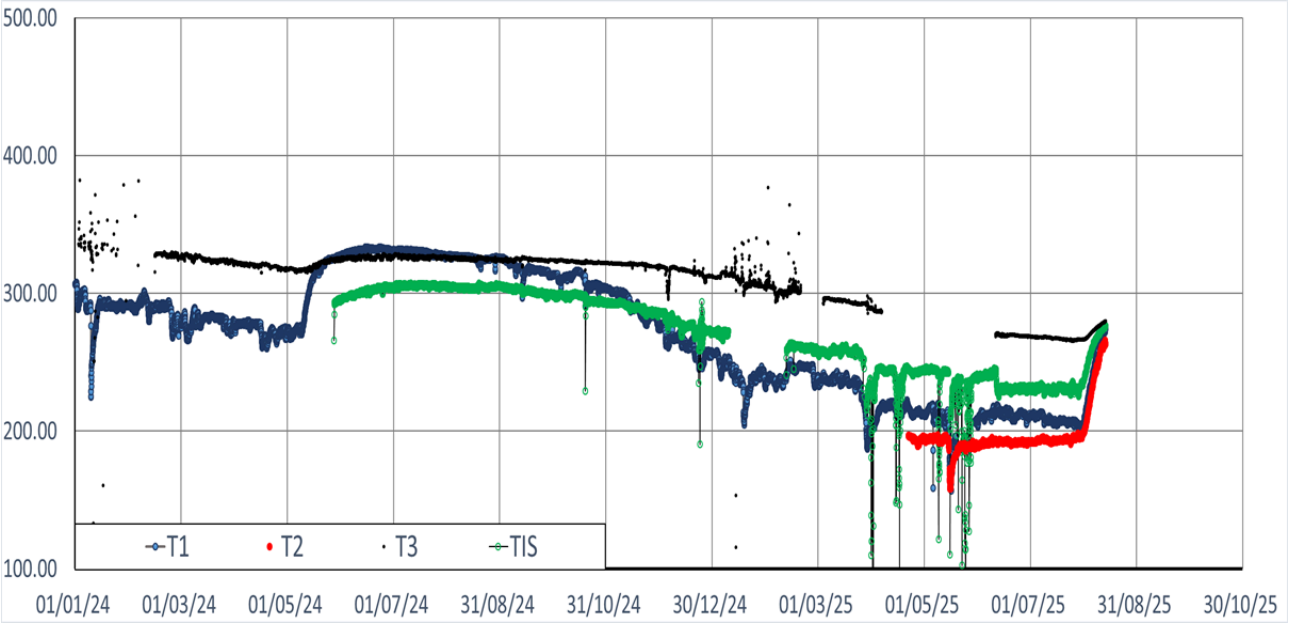


Figura 2 - Serie temporale dei valori di temperatura (°C) misurati in continuo nelle fumarole localizzate sull'orlo del versante nord del cono La Fossa (fumarola F5AT, segnali T1 e T2; fumarola F5, segnale T3, fumarola FA, segnale TIS).

Al di fuori del campo fumarolico di alta temperatura, sull'orlo orientale di La Fossa, i dati di temperatura (Figura 3), utilizzati per il calcolo del flusso di calore nel sito VSCS (Figura 4) mostrano un trend di incremento, a partire dal 31 luglio. L'intervallo di valori orari registrato dall'1 al 19 agosto è compreso tra 39 e 116 watt/m^2. Il massimo è stato raggiunto il 16 agosto, dopo le abbondanti precipitazioni che hanno indotto il temporaneo raffreddamento del suolo (Figura 3).

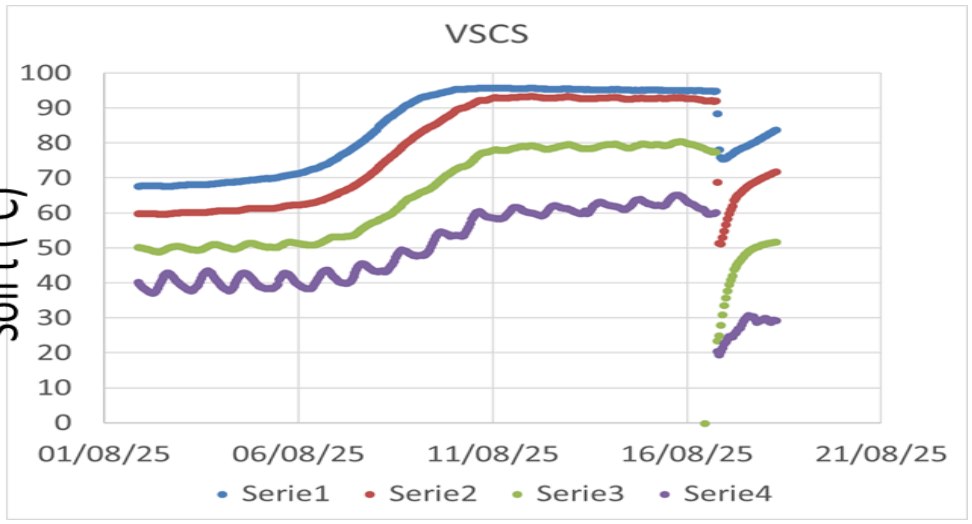


Figura 3 - Andamento temporale della temperatura del suolo a diverse profondità, nel sito VSCS (temperatura superficiale: colore verde – temperatura profonda: colore azzurro).

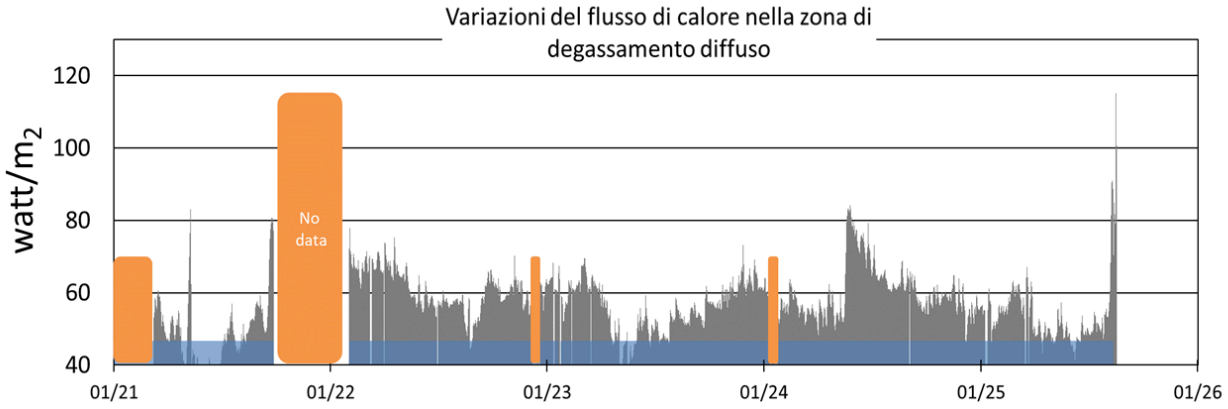


Figura 4 - Serie temporale del flusso di calore misurato al sito VSCS (medie giornaliere). In azzurro è indicato il riferimento di background, calcolato come media degli anni precedenti l'unrest del 2021 (2018-2020).

La stazione di flusso di CO_2 dal suolo VSCS (Figura 5), installata sul bordo orientale del cratere, ha registrato un incremento dei valori sin dal 1° agosto, fino a 40000 g/m^2/day, misurati il giorno 18 agosto. Per confronto, a ottobre 2021, nelle fasi più intense del unrest, il flusso di CO_2 in questa stazione aveva raggiunto valori superiori a 30000 g/m^2/d.

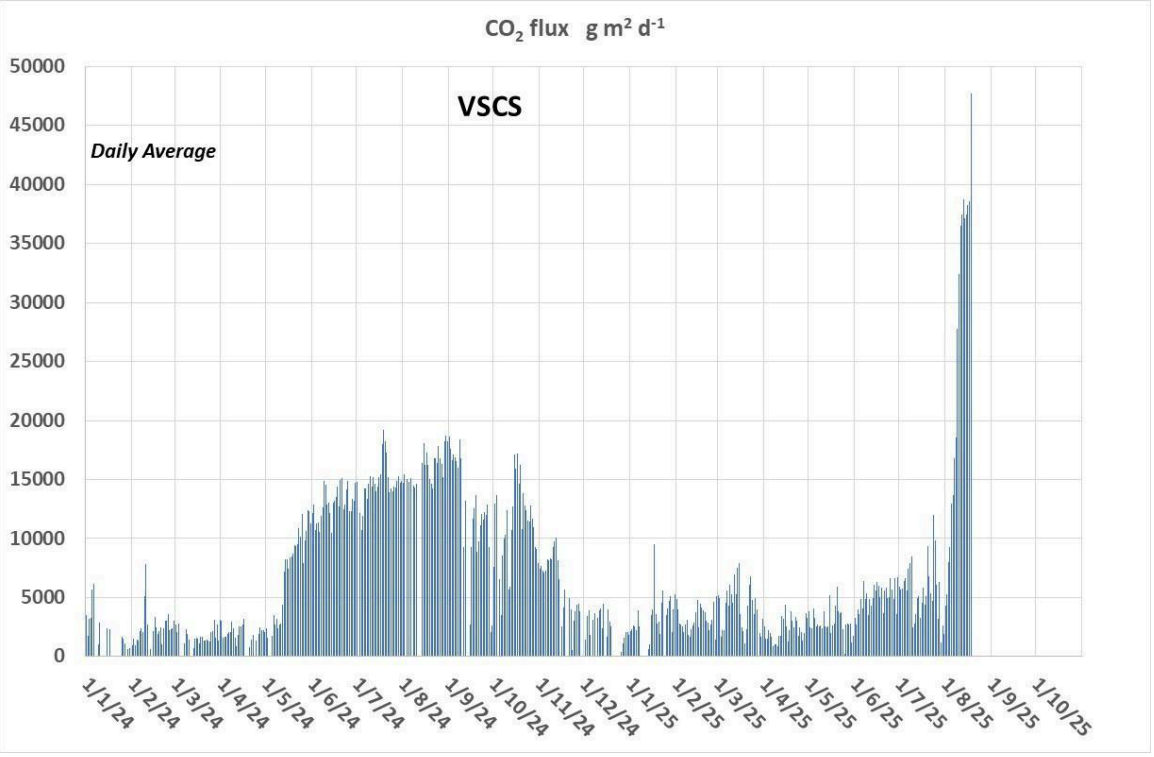


Figura 5 - Serie temporale del flusso di CO_2 emesso dal suolo nella stazione VSCS, sull'orlo orientale del cratere La Fossa

Dalla seconda metà del mese di luglio, il flusso di SO_2 medio-giornaliero totale emesso dal campo fumarolico del cratere di La Fossa ha mostrato una graduale tendenza all'incremento di circa 0.5 t/d con valori sino ad un livello medio-alto ed un massimo di 64 t/d misurato il 17 agosto; la media del periodo è stata di 40 t/d (variabilità di 10 t/d). Analoghe fasi di aumento del degassamento sono state già misurate nel periodo successivo alla fase di unrest del 2021 (autunno del 2023, primavera del 2024, ottobre del 2024). Sebbene l'entità di questi incrementi sia maggiore rispetto al degassamento classico di Vulcano (circa 22 t/d), il flusso di SO_2 emesso in queste fasi è 3-4 volte minore rispetto ai valori misurati nella fase di unrest del 2021.

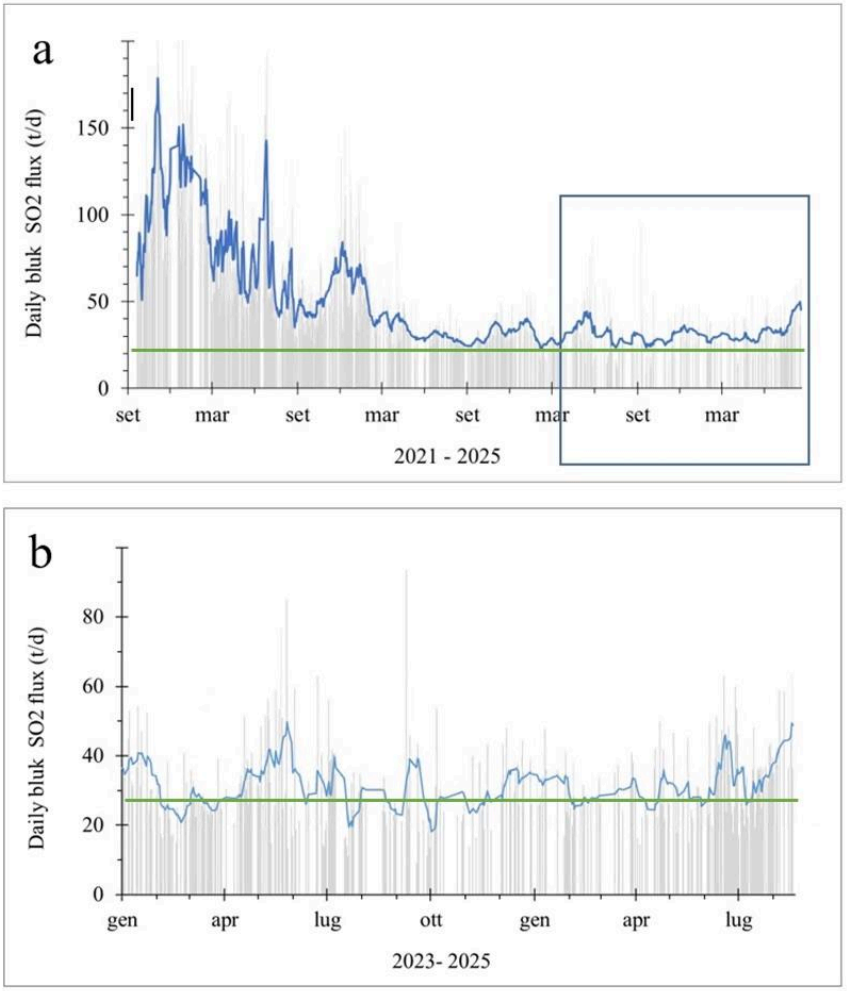


Figura 6 - Flusso di SO_2 medio-giornaliero emesso dal campo fumarolico craterico di Vulcano nel periodo tra agosto 2021 - 18 agosto 2025 (a) e gennaio 2024 - 18 agosto 2025 (b). La linea verde indica il degassamento classico di vulcano (22 t/d).

Dal punto di vista composizionale, le fumarole di alta temperatura, campionate il giorno 6 agosto, hanno mostrato un modesto incremento della concentrazione di CO_2 (gas indicativo del contributo magmatico nel vapore fumarolico), con valori compresi tra 18 e 22 mol%, associato ad una composizione isotopica del carbonio prossima a quella del marker magmatico (Figura 7). Un simile incremento era stato già misurato nell'estate 2024, in corrispondenza della fase di incremento delle temperature fumaroliche. Si ricorda che la concentrazione di CO_2 nel vapore fumarolico, da settembre 2021, non è mai diminuita sotto l'11 mol%, ad indicare un contributo comunque significativo della componente magmatica, rimasta sempre prevalente rispetto a quella idrotermale, caratterizzata da un contenuto di CO_2 intorno a 3-5 mol%.

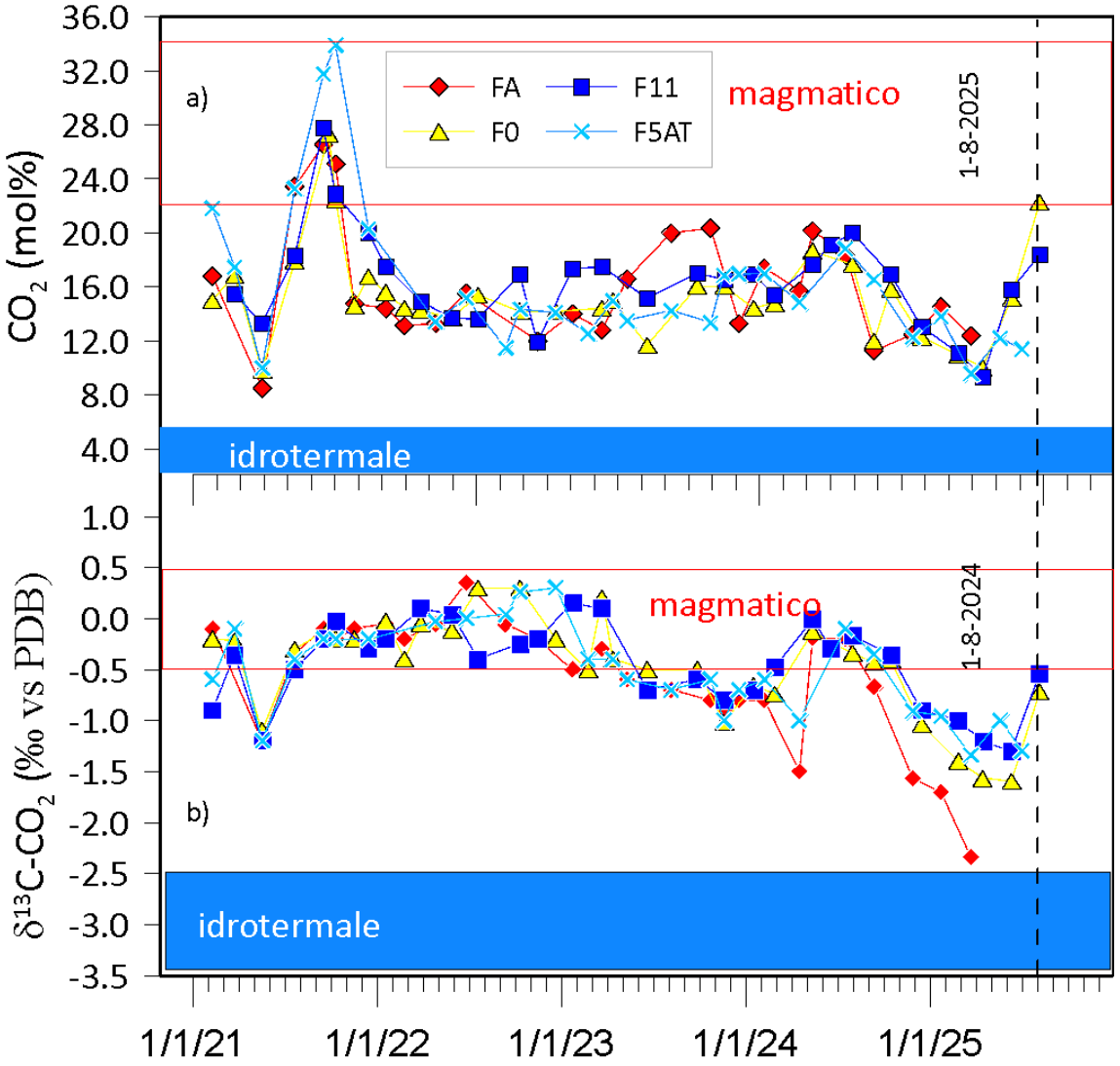


Figura 7 –Serie temporali a) della concentrazione di CO_2 nelle fumarole crateriche, b) della composizione isotopica del carbonio della CO_2, dal 1° gennaio 2021.

La composizione isotopica dell'elio, invece, non mostra nessuna variazione significativa e rimane su valori bassi, anche rispetto a quelli misurati nell'estate 2024.

Degassamento periferico e falda termale

Nella falda termale, non si osservano variazioni di rilievo nei parametri chimico-fisici. L'incremento della temperatura nell'acqua del pozzo Camping Sicilia, iniziato il 12 agosto, è, al momento, di modesta entità (Figura 8).



Figura 8 - Andamento temporale della temperatura nel pozzo Camping Sicilia negli ultimi due anni.

Alla base del cratere, finora si sono registrati solo modesti incrementi nel flusso di CO_2 dal suolo, appena al di sopra dei valori di background, in particolare nel sito Rimessa (Figura 9), tuttora in fase di aumento.

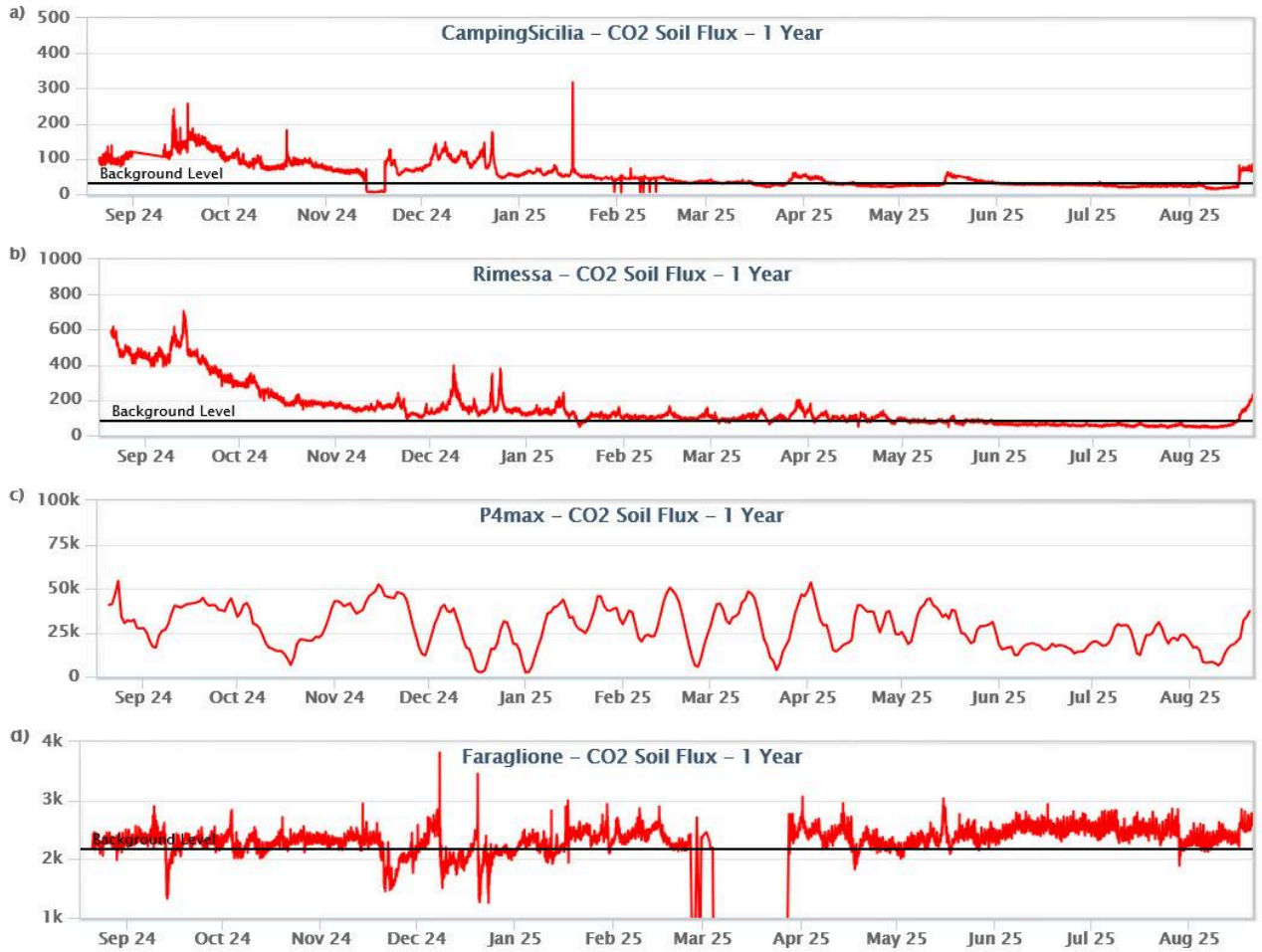


Figura 9 - Andamento temporale del flusso di CO_2 dal suolo misurato in continuo nelle stazioni di Camping Sicilia (a), Rimessa (b), Palizzi (c) e Faraglione (d).

Nell'area della Baia di Levante, non si sono registrate variazioni significative nel flusso di CO_2 dal suolo nella stazione VSF.

Degassamento di CO_2 dal suolo a Vulcano Porto - Area Target di Camping Sicilia Casa Lombardo

A partire dal 17 agosto 2025, è stato registrato un incremento continuo della concentrazione di CO_2 dal suolo nella stazione ubicata nel giardino di casa Lombardo, fino al 44 vol.%. Di riflesso, questo incremento si è evidenziato anche nella concentrazione di CO_2 in aria. Alla luce di questi valori anomali si è ritenuto opportuno anticipare la campagna di misura del flusso di CO_2 dal suolo nelle aree target di Vulcano Porto e alla base del cono de La Fossa che era prevista per la prima settimana di settembre.

Il 20 agosto 2025 è iniziata la campagna di monitoraggio del flusso diffuso di CO_2 dal suolo dando priorità alla zona di maggior rischio e cioè l'area target di Camping Sicilia-Casa Lombardo. Questo settore è infatti urbanizzato e nella crisi del 2021 vi si sono verificati incidenti a causa della presenza di concentrazioni pericolose di CO_2 sia outdoor sia indoor.

Nel presente rapporto vengono presentati preliminarmente i risultati delle misure in questa area target e i dati delle stazioni di monitoraggio in continuo (vedi Figura 10). Le attività di misura del flusso diffuso di CO_2 dal suolo sono in corso e si completeranno le aree target di Palizzi, Spiaggia di Levante e linea Palizzi-Forgia Vecchia. Una volta elaborati i dati verrà trasmesso un nuovo rapporto di aggiornamento.

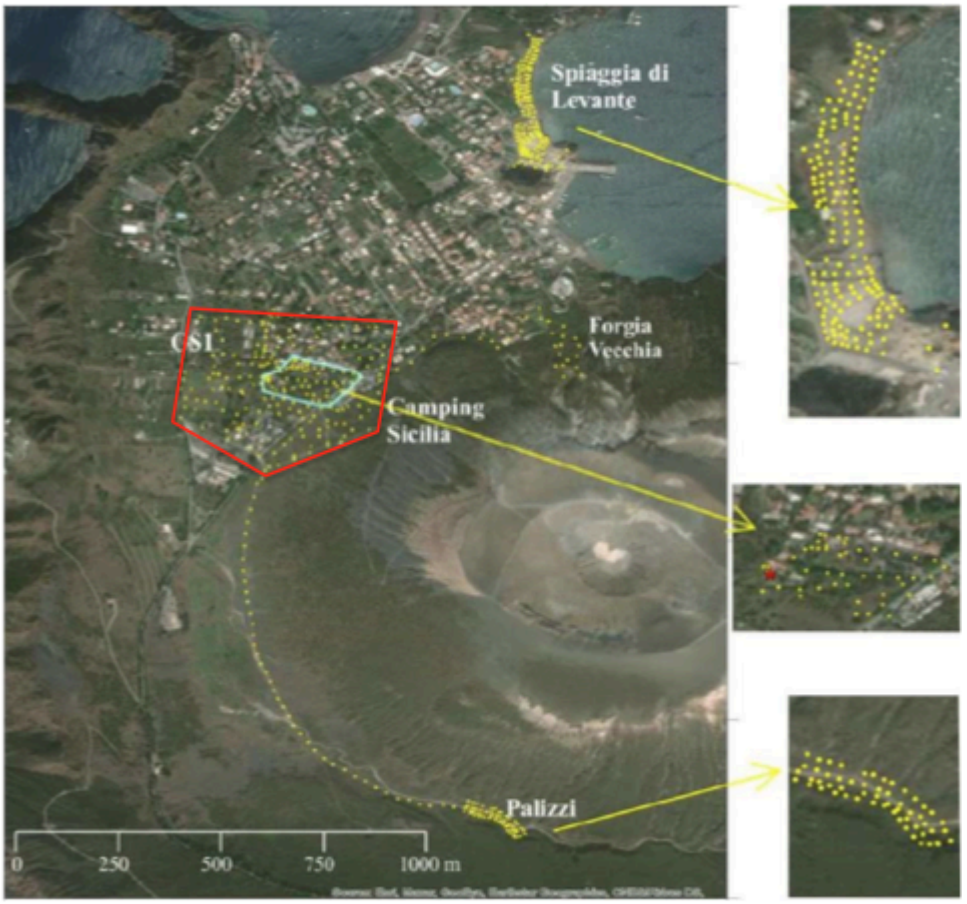


Figura 10. Ubicazione delle misure del flusso di CO_2 dal suolo a Vulcano Porto. CS1: area target allargata di Camping Sicilia. Stella rossa: stazione di monitoraggio della concentrazione di CO_2 a casa Lombardo. Le linee rossa e azzurra indicano le aree target investigate il 20 agosto 2025.

Area target di Camping Sicilia

La mappa del flusso di CO_2 dal suolo, relativa alla campagna del 20 agosto 2025, condotta sull'area target di Camping Sicilia-Casa Lombardo (52 misure su 18.212 m^2) è riportata in Figura 11, insieme alle mappe delle prospezioni eseguite a maggio e luglio 2025. Le mappe sono state elaborate con il metodo *Geostatistical Gaussian Simulation* in ArcGis 10.6. Sempre in Fig. 11 è riportato il grafico con la variazione nel tempo del flusso totale di CO_2 dal suolo a partire da ottobre 2021.

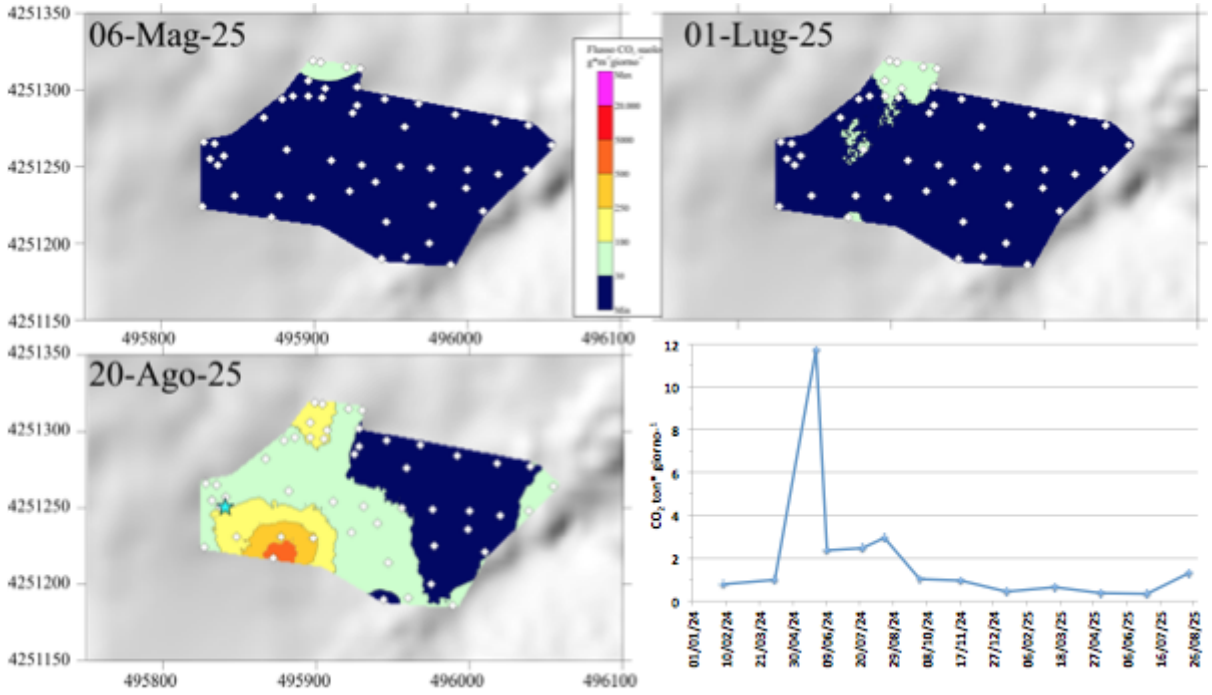


Figura 11. Mappe del flusso diffuso di CO_2 dal suolo dall'area target di Camping Sicilia-Casa Lombardo da marzo ad agosto 2025 (stella azzurra: stazione di CO_2 in continuo di Casa Lombardo). Dx.: variazione del flusso totale di CO_2 dal suolo da gennaio 2024 ad agosto 2025.

La mappa del flusso di CO_2 dal suolo del 20 agosto mostra una ripresa nel degassamento diffuso nella porzione orientale dell'area target di Camping Sicilia, che include casa Lombardo (stella blu) e la centrale Enel. La stima del flusso totale di CO_2 è pari a 1,30 ton*giorno^{-1} (valore 3 volte più alto rispetto alle stime di maggio-luglio 2025 pari a 0,36-0,34 ton*giorno^{-1}). Questo valore è leggermente al di sopra della soglia di background posta a 1 ton*giorno^{-1}.

Area target di Camping Sicilia allargata

Il giorno 20 agosto 2025 è stata investigata l'area target del Camping Sicilia allargata (indicata come CS1 in Fig. 1) con 200 misure su 194.000 m^2. Le mappe del flusso di CO_2 dal suolo (elaborate con il metodo *Geostatistical Gaussian Simulation* in ArcGis 10.6) relative alle ultime tre campagne sono riportate in Figura 12, insieme con il grafico delle variazioni del flusso totale nel tempo.

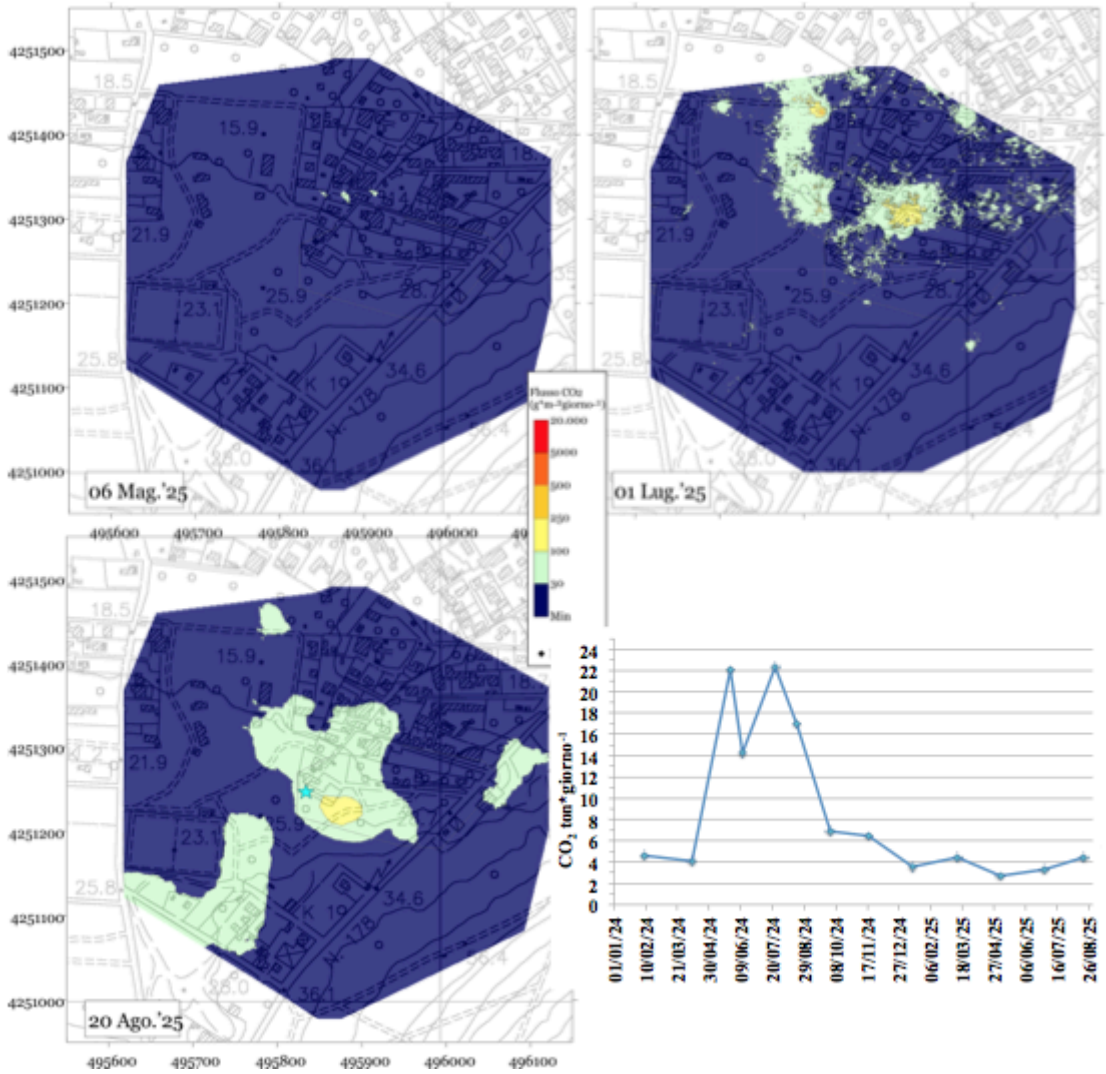


Figura 12. Mappe del flusso diffuso di CO_2 dal suolo dell'Area Target allargata di Camping Sicilia da maggio ad agosto 2025 (stella azzurra in mappa: stazione di monitoraggio continuo di CO_2 dal suolo e in aria di Casa Lombardo). Basso dx: flusso totale di CO_2 dal suolo da gennaio 2024 al 20 agosto 2025.

Rispetto a quanto osservato su piccola scala, la mappa del flusso di CO_2 mostra che l'anomalia nel degassamento diffuso si estende anche alla porzione sud occidentale dell'area target (Figura 12). Il flusso totale di CO_2 dal suolo è stimato in 4,40 ton*giorno^{-1}, valore solo leggermente più alto rispetto alle 3,28 ton*giorno^{-1} misurate a luglio 2025 (vedi grafico in Figura 12). Bisognerà sicuramente monitorare l'evoluzione del degassamento nelle prossime settimane.

Monitoraggio continuo della concentrazione di CO_2 nel suolo e in aria nel giardino di casa Lombardo

Il monitoraggio in continuo della concentrazione di CO_2 nel suolo nel giardino di casa Lombardo, dal 17 agosto registra un deciso trend in crescita (circa il 10% al giorno). Analizzando il grafico nel dettaglio, si osserva che nel periodo dal 1 gennaio al 20 luglio 2025 la concentrazione di CO_2 nel suolo era rimasta

intorno all'1 vol.%, per poi crescere e stabilizzarsi al 5 vol.% tra fine luglio e il 16 agosto. La CO_2 è poi cresciuta rapidamente e ha raggiunto il 21 agosto oltre il 44 vol.% (Figura 13).

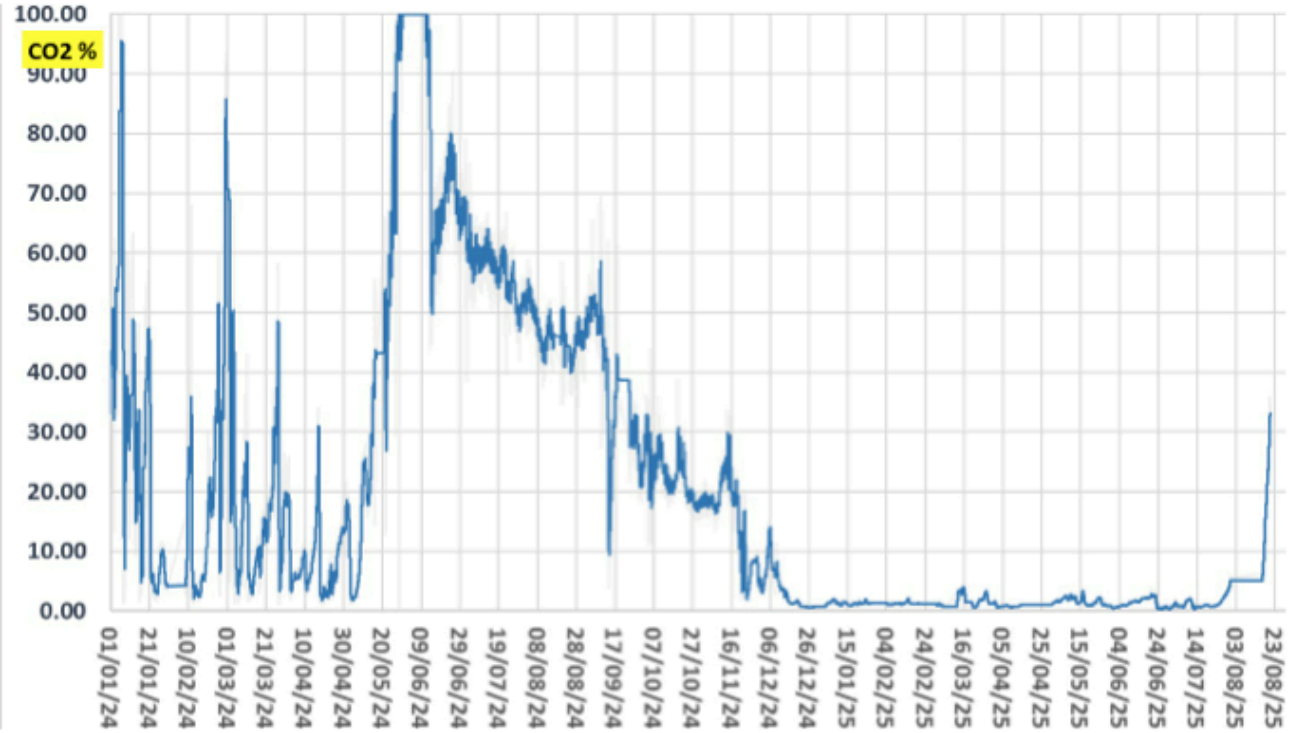


Figura 13. Media mobile oraria della concentrazione di CO_2 nel suolo misurata in continuo nel giardino di casa Lombardo a 50 cm di profondità nel suolo nel periodo 1 gennaio 2024 al 20 agosto 2025.

Anche la concentrazione di CO_2 in aria (misurata ad un'altezza di 1 m dal suolo), che da inizio maggio registra concentrazioni (di 580-600 ppm) poco superiori a quelli dell'aria, ha mostrato un netto incremento negli ultimi giorni, portandosi su concentrazioni medie giornaliere di 1.400 ppm (Figura 14). Questi valori non raggiungono ancora soglie pericolose, almeno in quel punto di misura, ma potrebbero aumentare in tempi brevi.

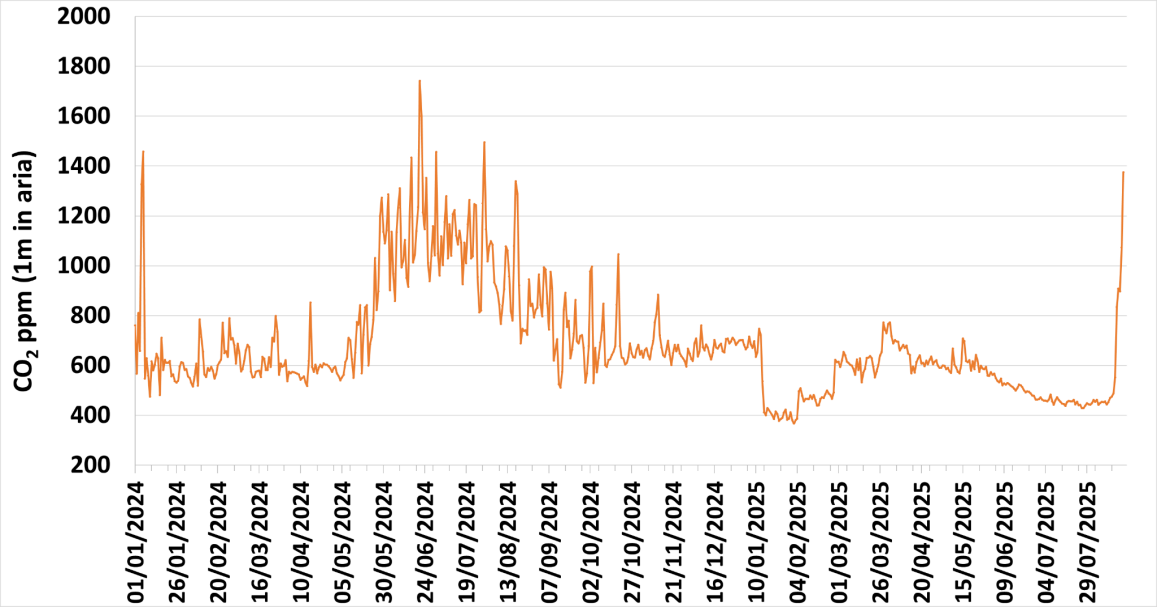


Figura 14. Stazione di monitoraggio della CO_2 in continuo nel giardino di casa Lombardo. Alto: media mobile oraria della concentrazione di CO_2 nel suolo. Basso: media mobile giornaliera della concentrazione di CO_2 in aria.

Le misure del flusso di CO_2 dal suolo del 20 agosto 2025 eseguite nel settore di Camping Sicilia – Casa Lombardo mostrano una ripresa del degassamento diffuso, confermando quanto osservato nella stazione di monitoraggio della concentrazione di CO_2 nel suolo e in aria ubicata nel giardino di Casa Lombardo. In particolare, ciò che colpisce è la forte pendenza della retta che segnala un rapido aumento delle concentrazioni del gas che potrebbero portare a condizioni di pericolosità elevata per i residenti di quel settore, animali inclusi. Si raccomanda quindi di adottare tutte le necessarie misure cautelative.

Deformazioni del suolo

Per quanto riguarda le deformazioni del suolo, la stazione clinometrica di Sotto Lentia non ha mostrato evidenti cambi di trend sulle due componenti (Figura 15).



Figura 15 - Segnali clinometrici alla stazione di Sotto Lentia dell'ultimo mese

Anche i dati delle serie temporali GNSS ad alta frequenza delle stazioni IVCR (Cratere della Fossa), IVLT (Lentia) e IVUG (Piano Grillo) non evidenziano variazioni di rilievo negli ultimi mesi se si eccettua un leggero spostamento (pochi millimetri verso ovest) registrato alla stazione di ICVR (Figura 16) nella prima metà di agosto.

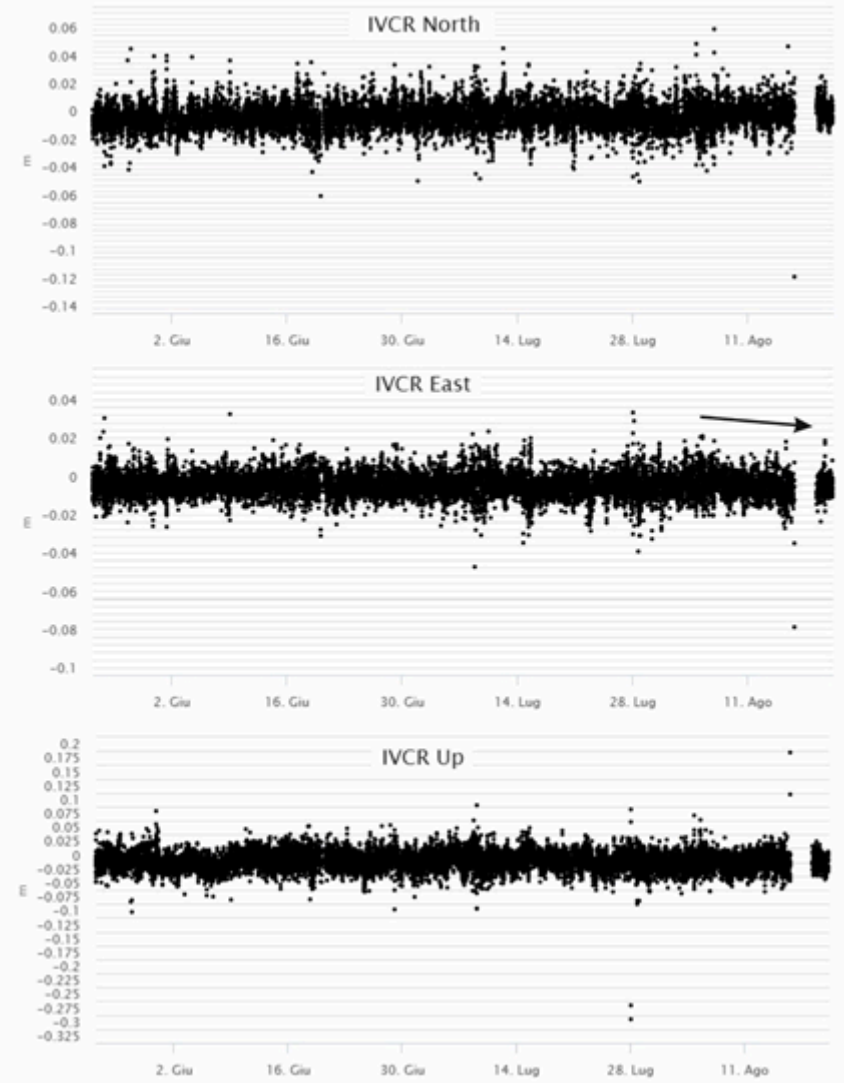


Figura 16 - Serie temporali GNSS ad alta frequenza delle componenti Nord, Est e verticale alla stazione IVCR (Cratere della Fossa) negli ultimi 3 mesi.

Attività sismica

L'attività sismica legata alla dinamica dei fluidi idrotermali ha subito un incremento a partire dall'1 agosto, raggiungendo valori massimi del tasso di accadimento degli eventi tra il 6 e l'8 agosto. Questa nuova fase di incremento, di intensità superiore a quella verificatasi nel maggio-giugno 2024, ha coinvolto sia gli eventi a più alta frequenza (F compresa tra 1 e 30 Hz; Figura 17) che quelli con frequenza più bassa principalmente eventi VLP (F compresa tra 0 e 1 Hz; Figura 18). Questa fase ha mostrato negli ultimi giorni un moderato decremento.

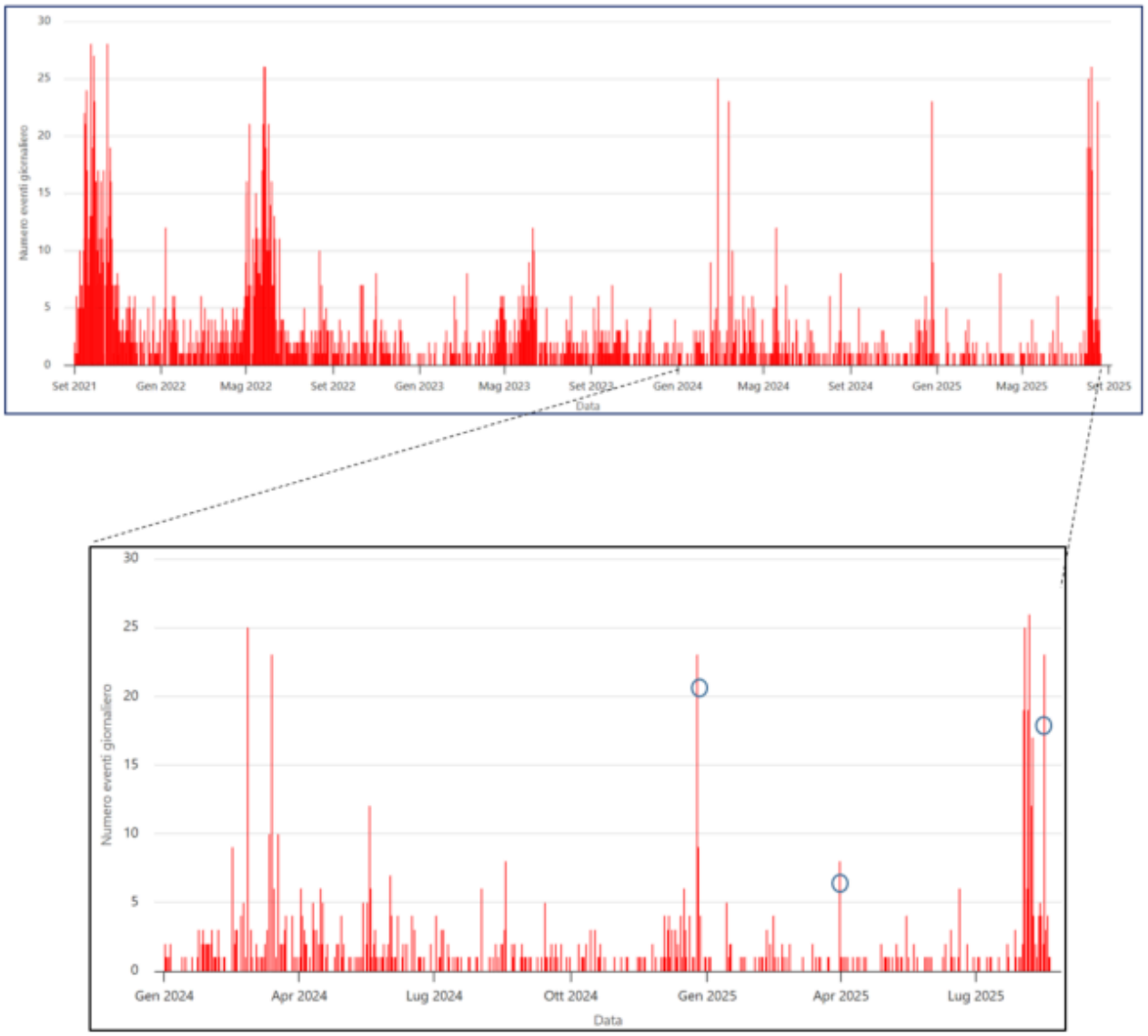


Figura 17 - Tasso di accadimento giornaliero e relativa curva cumulativa degli eventi con frequenza di picco nell'intervallo 1-30 Hz, rilevati dal sistema automatico nel periodo 01/09/2021 - 20/08/2024 (a) e 01/01/2024 - 20/08/2025 (b). Il simbolo contrassegna le giornate caratterizzate da brevi periodi di fattori strumentali o meteorologici che hanno determinato dei falsi picchi in questa classe di eventi.

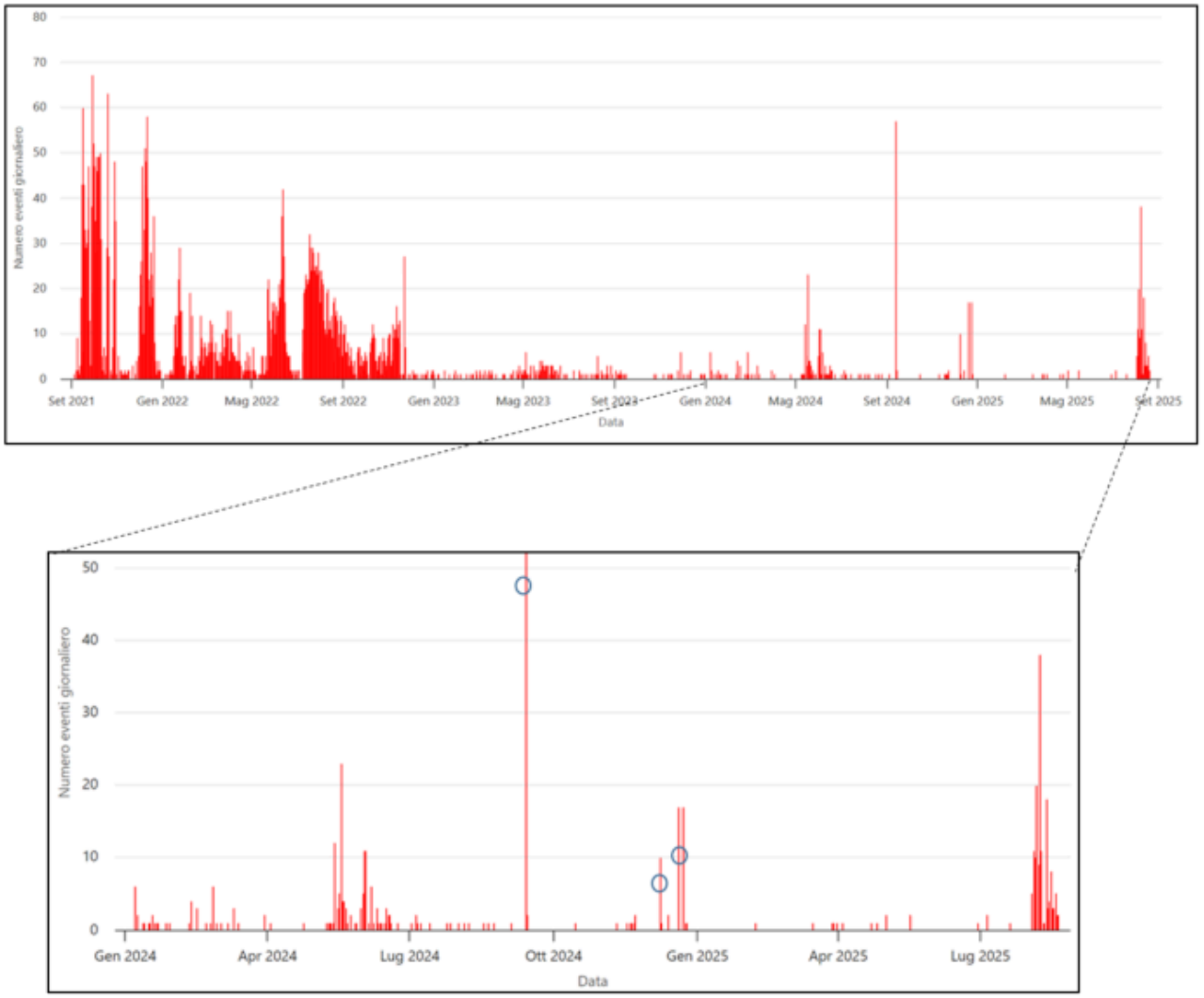


Figura 18 - Tasso di accadimento giornaliero e relativa curva cumulativa degli eventi con frequenza di picco nell'intervallo 0-1 Hz (principalmente VLP), rilevati dal sistema automatico nel periodo 01/09/2021 - 20/08/2024 (a) e 01/01/2024 - 20/08/2025.

Per quanto riguarda la sorgente degli eventi VLP, l'andamento temporale delle localizzazioni automatiche calcolate dall' 1 aprile 2024 al 18 agosto 2025 (Figura 19 a, b, c) evidenzia che tale fase di incremento non è associata a variazioni significative della sua posizione. La mappa di Figura 19 (in basso) riporta il valore medio di tutte le localizzazioni automatiche calcolate dal 1 aprile 2024. La localizzazione media conferma una sorgente ubicata nel settore nord del cono della Fossa ad una profondità media di 880 ± 300 m s.l.m..

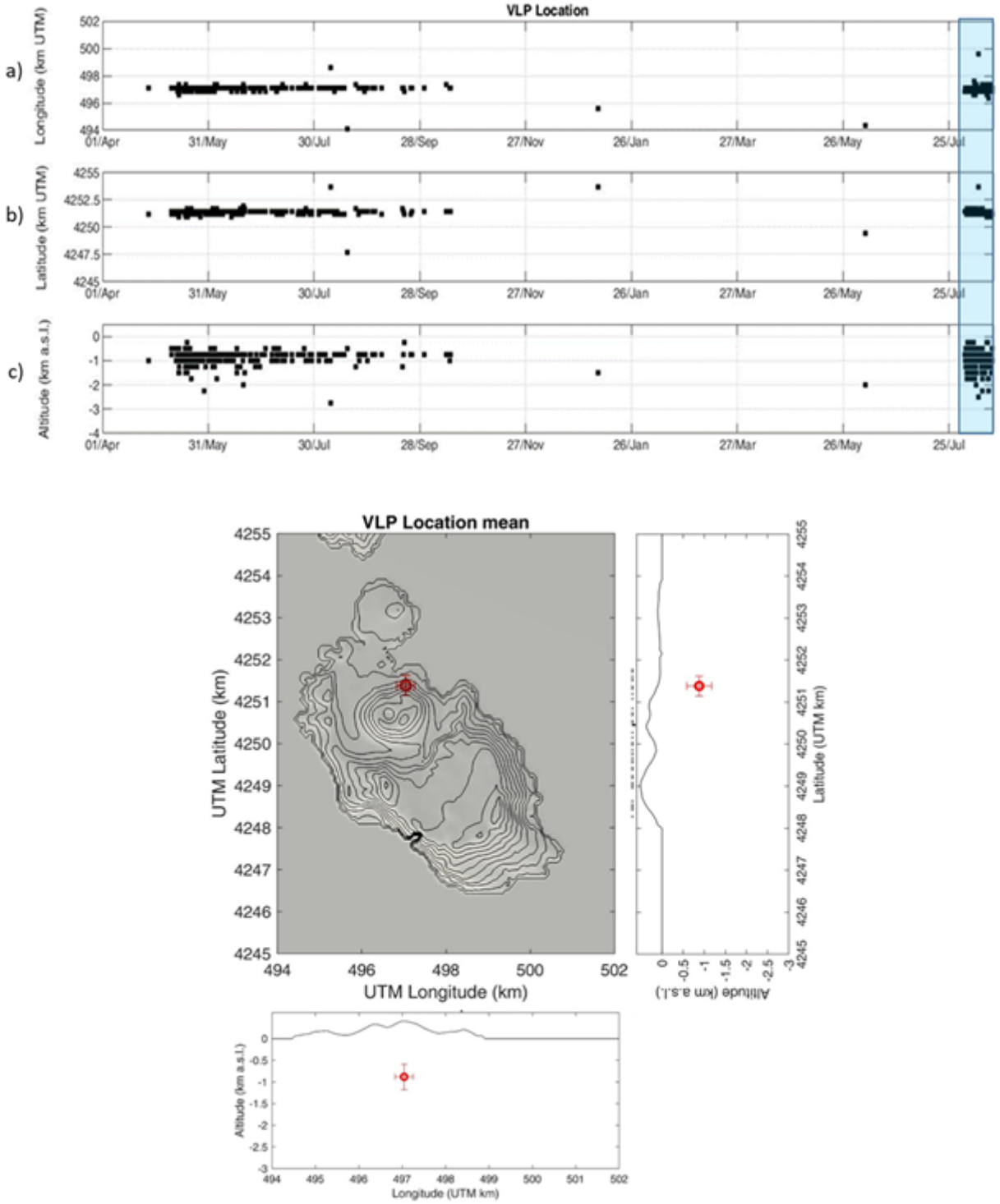


Figura 19 - Serie temporali della longitudine (a), latitudine (b) e quota (c) delle localizzazioni automatiche degli eventi con componente VLP nell'intervallo temporale 1 aprile 2024-18 agosto 2025. In basso, mappa e sezioni riportanti il valore medio e la relativa deviazione standard di tutte le localizzazioni calcolate nell'intervallo di tempo considerato.

Per quanto riguarda l'attività sismica vulcano-tettonica, nell'ultimo anno è stata di livello basso (Figura 20). Nel mese in corso è stato registrato solo un terremoto con ML=1.1, localizzato a Sud-Ovest dell'isola ad una profondità di circa 5 km sotto l.m. (Figura 21).

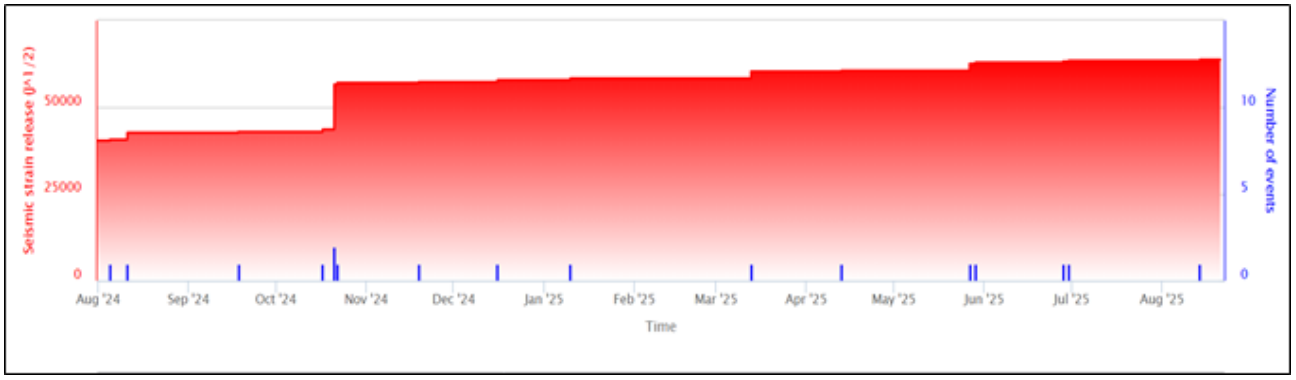
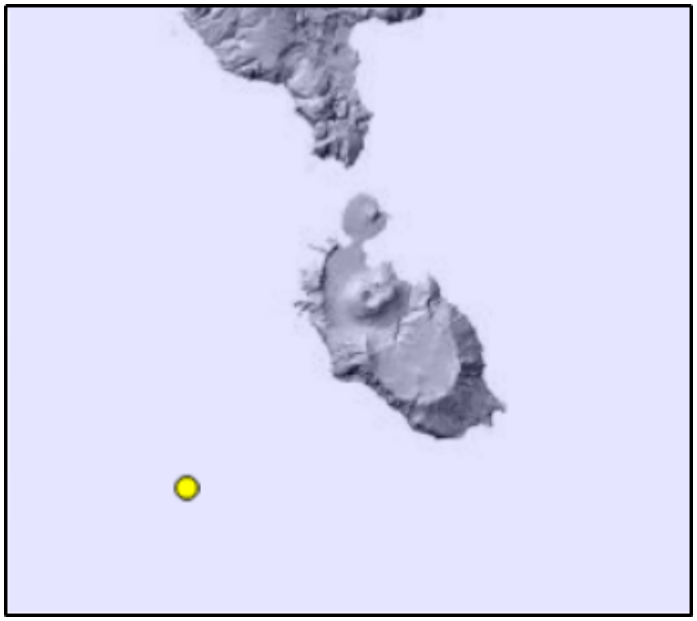


Figura 20 - Tasso di accadimento e rilascio cumulativo di strain per i terremoti con ML ≥ 1 registrati nell'area di Vulcano dal 01/08/2024 al 20/08/2025



Data	Latitudine	Longitudine	Profondità	Ml
14/08/2025 09.59.08	38,3539	14,9002	5,24	1,1

Figura 21 - Mappa epicentrale e tabella con i principali parametri ipocentrali dei terremoti con ML ≥ 1 registrati nell'ultimo mese nell'area di Vulcano.

Considerazioni conclusive

Dal 1° agosto 2025, nell'area di Vulcano Porto e del cratere de La Fossa, si è osservata una variazione nei segnali monitorati, in particolare nelle temperature fumaroliche, nel flusso di CO_2 dal suolo dall'orlo craterico orientale, nel flusso di SO_2 dal plume. Dall'1 agosto è stato registrato un incremento della sismicità legata alla dinamica dei fluidi, sia quella legata agli eventi a più alta frequenza che quelli con frequenza più bassa, principalmente eventi VLP. Negli ultimi giorni è stata osservata una moderata diminuzione. La localizzazione automatica della sorgente dei VLP non ha mostrato variazioni significative. Nelle aree periferiche del sistema vulcanico non si osservano anomalie significative nella falda termale superficiale, mentre si registrano incrementi sensibili nel degassamento dal suolo in aree ancora limitate.

La variazione registrata è compatibile con un incremento dell'apporto di fluidi magmatici, che ha verosimilmente indotto anche una maggiore vaporizzazione del sistema idrotermale, causa dell'incremento della sismicità a bassa frequenza.

L'apporto di fluidi magmatici è indicato da un incremento della concentrazione di CO_2 nelle fumarole (che, comunque, da settembre 2021, non era mai diminuita fino a valori compatibili con il gas idrotermale), e dal marker isotopici di CO_2. L'aumento del flusso di vapore, sia di origine magmatica che idrotermale, ha anche prodotto un riscaldamento sia nel campo fumarolico sia al di fuori di esso, associato ad un incremento del flusso di CO_2 dal suolo e di SO_2 in-plume.

Da notare che il tasso di incremento delle temperature è diminuito negli ultimi giorni, così come la sismicità legata ai fluidi idrotermali.

Le anomalie osservate finora rimangono comunque più contenute rispetto a quelle misurate nel corso delle fasi iniziali del unrest nel periodo settembre-dicembre 2021, nel 2022 e nel periodo maggio-settembre 2024.

Visto l'aumento della concentrazione di CO_2 in aria e nel suolo nel sito Casa Lombardo, si raccomanda di adottare le opportune misure di cautela per questo specifico sito.