



Rep. N. 51/2023 ETNA

## ETNA

### BOLLETTINO SETTIMANALE

#### SETTIMANA DI RIFERIMENTO 11/12/2023 - 17/12/2023

(data emissione 19/12/2023)

#### 1. SINTESI STATO DI ATTIVITA'

---

Alla luce dei dati di monitoraggio si evidenzia:

**1) OSSERVAZIONI VULCANOLOGICHE:** Attività di degassamento al Cratere Bocca Nuova (BN) e al Cratere di Sud-Est (CSE); intensi bagliori alla BN e una singola esplosione al CSE.

**2) SISMOLOGIA:** Bassa attività sismica da fratturazione; stazionarietà dei parametri del tremore vulcanico.

**3) INFRASUONO:** Moderato incremento dell'attività; le sorgenti sono state localizzate principalmente alle bocche del cratere Bocca Nuova.

**4) DEFORMAZIONI DEL SUOLO:** Nel corso dell'ultima settimana le reti di monitoraggio delle deformazioni del suolo non hanno registrato variazioni significative.

**5) GEOCHIMICA:** flusso di SO<sub>2</sub> su un livello medio

I flussi di CO<sub>2</sub> dal suolo si attestano su valori medi

La pressione parziale di CO<sub>2</sub> disciolta in falda mostra valori nell'ambito della variabilità stagionale

Il rapporto isotopico dell'elio nei siti periferici si attesta su valori medio-alti

**6) OSSERVAZIONI SATELLITARI:** L'attività termica osservata da satellite è stata generalmente di livello basso.

**7) ALTRE OSSERVAZIONI:** Il magma che ha alimentato l'attività parossistica dell'1 dicembre 2023 ha una composizione più evoluta (ossia meno primitiva) di quello del precedente parossismo del 12 novembre 2023; ciò suggerisce che, nella seconda metà di novembre, il reservoir magmatico del CSE è stato poco/nulla alimentato da ricariche di magma più profondo.

## 2. SCENARI ATTESI

---

Discontinua e/o frequente attività esplosiva ai crateri sommitali eventualmente accompagnata da formazione di nubi di cenere e ricaduta di prodotti piroclastici grossolani e flussi piroclastici in area sommitale, ed attività effusiva sommitale con sviluppo di colate laviche. Non è possibile escludere un'evoluzione dei fenomeni in corso verso un'attività più energetica

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

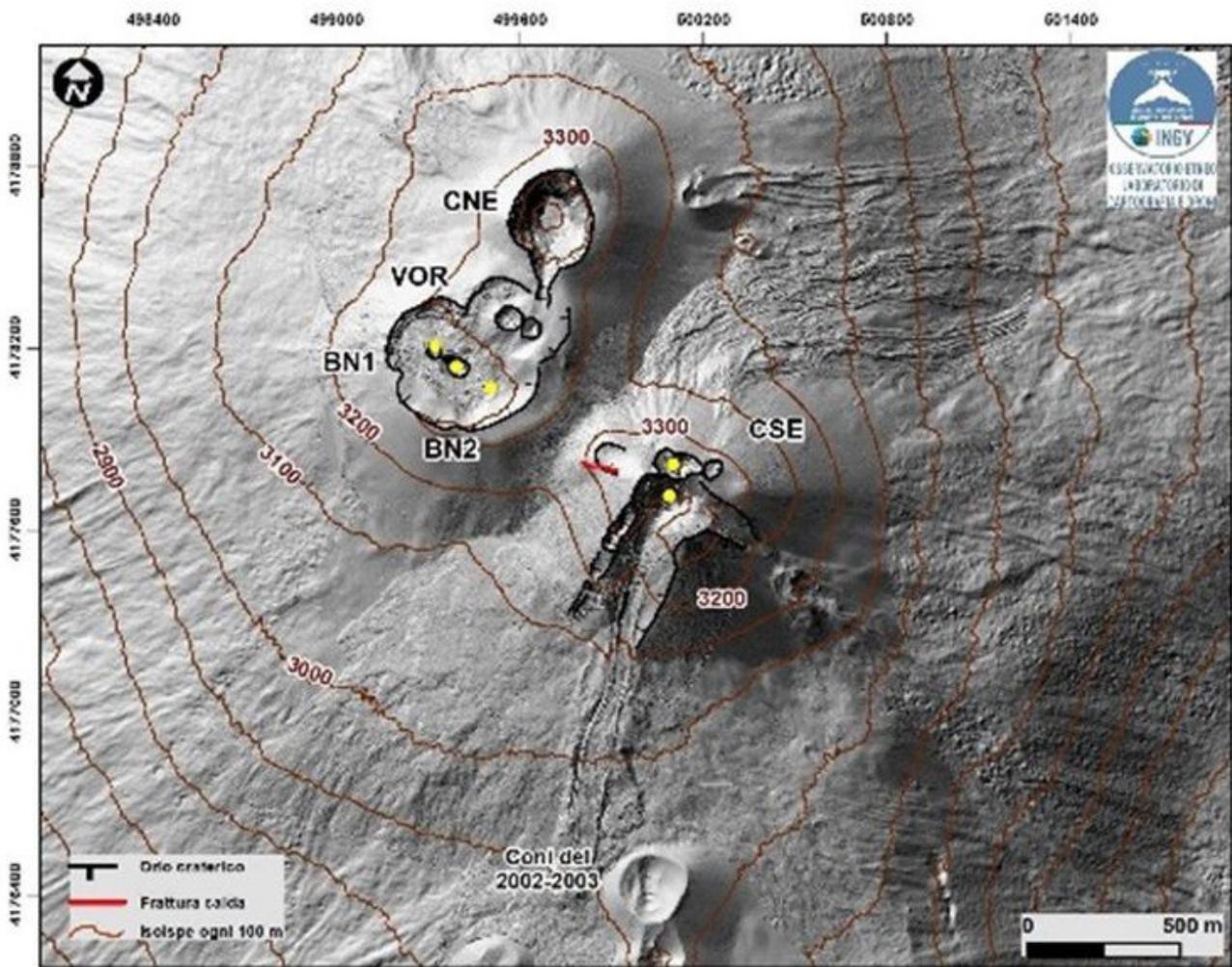
**Si sottolinea che le intrinseche e peculiari caratteristiche di alcune fenomenologie, proprie di un vulcano in frequente stato di attività e spesso con persistente stato di disequilibrio come l'Etna, possono verificarsi senza preannuncio o evolvere in maniera impreveduta e rapida, implicando quindi un livello di pericolosità mai nullo.**

## 3. OSSERVAZIONI VULCANOLOGICHE

---

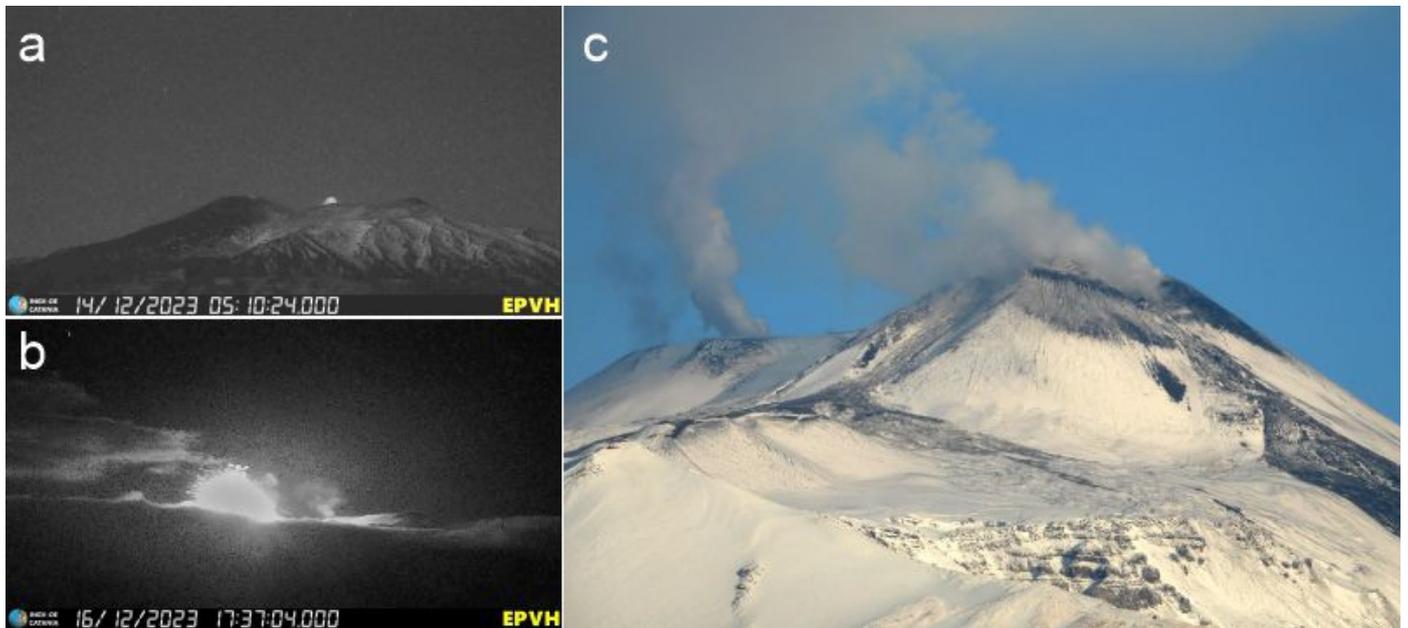
Durante la settimana, il monitoraggio dell'attività vulcanica dell'Etna è stato effettuato attraverso l'analisi delle immagini delle telecamere di sorveglianza dell'INGV, Osservatorio Etneo (INGV-OE). Le avverse condizioni meteorologiche hanno periodicamente limitato l'osservazione dell'attività vulcanica da remoto.

Nel periodo in esame l'attività dell'Etna è stata caratterizzata da una modesta attività di degassamento al Cratere Bocca Nuova (BN) e al Cratere di Sud Est (CSE) e assenza di qualsiasi manifestazione eruttiva ai crateri Voragine (VOR) e Cratere di Nord-Est (CNE) (Fig.3.1). Negli orari notturni, le telecamere di sorveglianza dell'INGV-Osservatorio Etneo hanno rilevato bagliori fluttuanti in corrispondenza della BN (Fig. 3.2a); rispetto alle settimane precedenti, in alcuni momenti i bagliori sono stati più intensi. Tuttavia non è stata osservata alcuna evidenza di lancio di materiale piroclastico sopra l'orlo craterico.



**Fig. 3.1** *Modello ombreggiato del terreno dei crateri sommitali dell'Etna (30 cm di risoluzione) ottenuto elaborando le immagini da drone acquisite durante diversi sorvoli (giugno, luglio e settembre 2023), sovrapposto al modello ombreggiato derivato da immagini Pleiades del 22 agosto 2020 (AO Telerilevamento). CSE = Cratere di Sud-Est, CNE = Cratere di Nord-Est, BN=Bocca Nuova, VOR= Voragine. Aggiornamento del 03 settembre 2023.*

Al CSE, alle ore 17:37 del 16 dicembre, è avvenuta una singola esplosione, che ha lanciato abbondante materiale piroclastico grossolano incandescente sulla parte alta del cono (Fig. 3.2b). Durante le ore successive sono avvenute alcune esplosioni molto minori seguiti da deboli bagliori che si sono esauriti nella notte del 17 dicembre, e non sono stati osservati ulteriori fenomeni eruttivi. La figura 3.2c mostra la presenza di densi volumi di vapore acqueo emessi dalla BN e dal CSE in condizioni di umidità atmosferica e quasi assenza di vento.

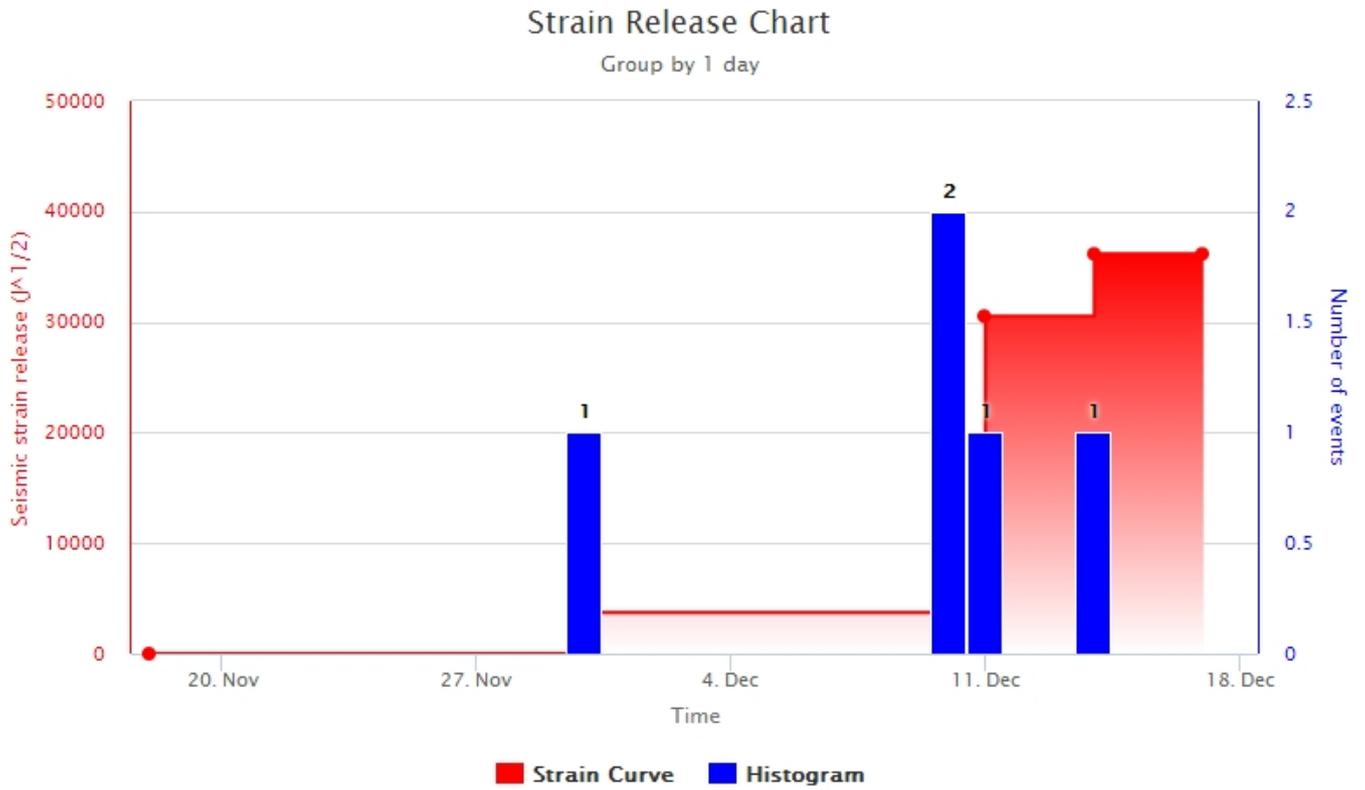


**Fig. 3.2** (a) *Bagliori al cratere Bocca Nuova all'alba del 14 dicembre 2023.* (b) *Esplosione al Cratere di Sud-Est nel tardo pomeriggio del 16 dicembre 2023.* Le immagini sono state estratte da video registrato dalla telecamera di sorveglianza a Piedimonte Etneo (EPVH). (c) *Degassamento ai crateri Bocca Nuova e Sud-Est nel mattino del 16 dicembre 2023, visto da Tremestieri Etneo sul versante meridionale dell'Etna.*

#### 4. SISMOLOGIA

---

Terremoti: nel corso della settimana in oggetto sono stati registrati 2 terremoti di magnitudo pari o superiore a 2 (Fig. 4.1). Il primo tra questi ( $ML=2.9$ ), è stato registrato giorno 11 alle ore 11:03 UTC e localizzato nell'alto versante nord orientale del vulcano (a N di Piano Pernicana) ad una profondità prossima al piano campagna. Il secondo terremoto ha interessato, giorno 14 alle 11:35 UTC, il versante occidentale del vulcano (ad ovest di Bronte) ad una profondità di circa 20 km sotto il livello del mare (Fig. 4.2 e Tabella 4.1).



**Fig. 4.1** *Frequenza giornaliera di accadimento e curva cumulativa del rilascio di strain sismico dei terremoti con  $M_I$  pari o superiore a 2.0 registrati nell'ultimo mese.*

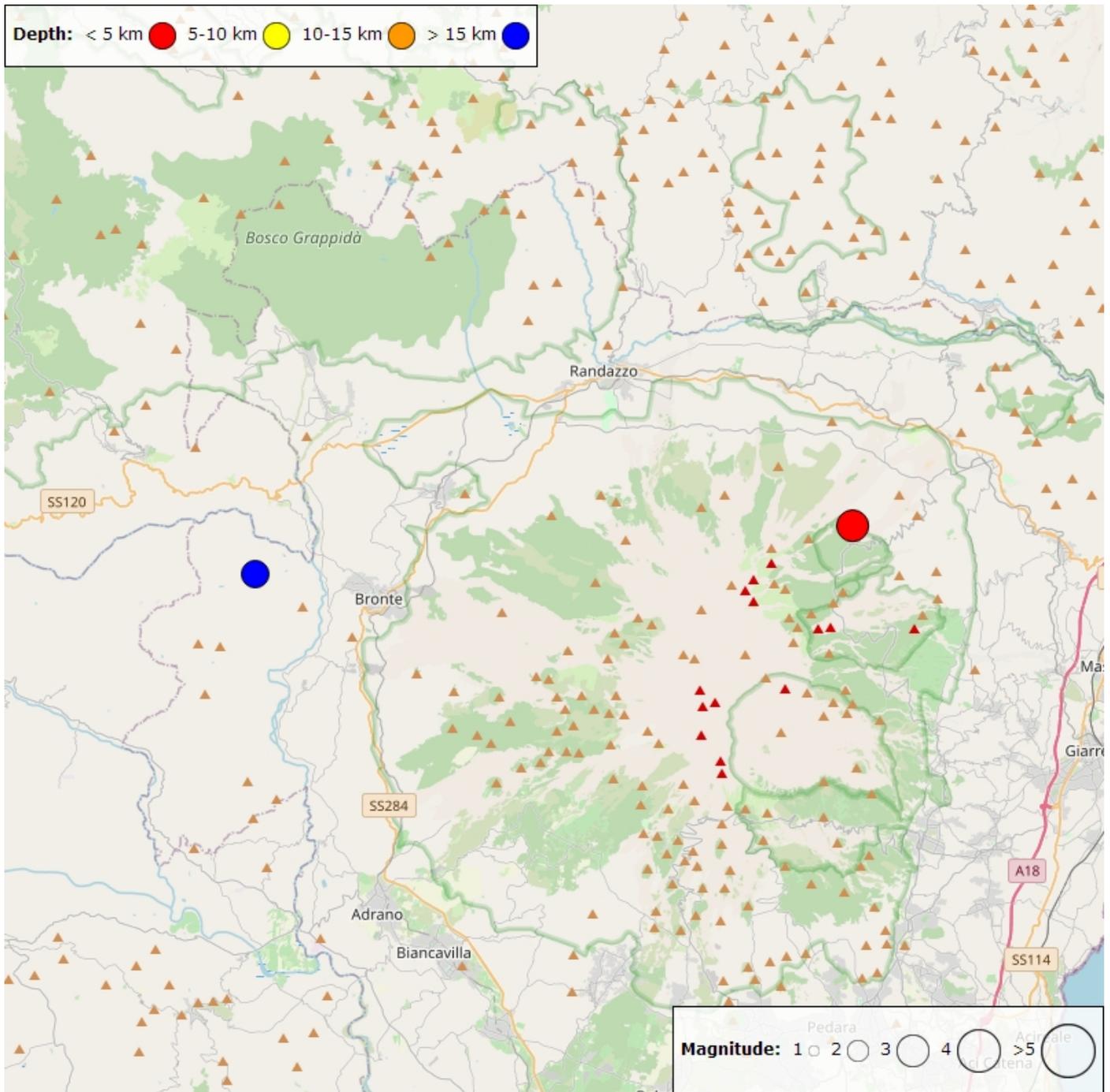
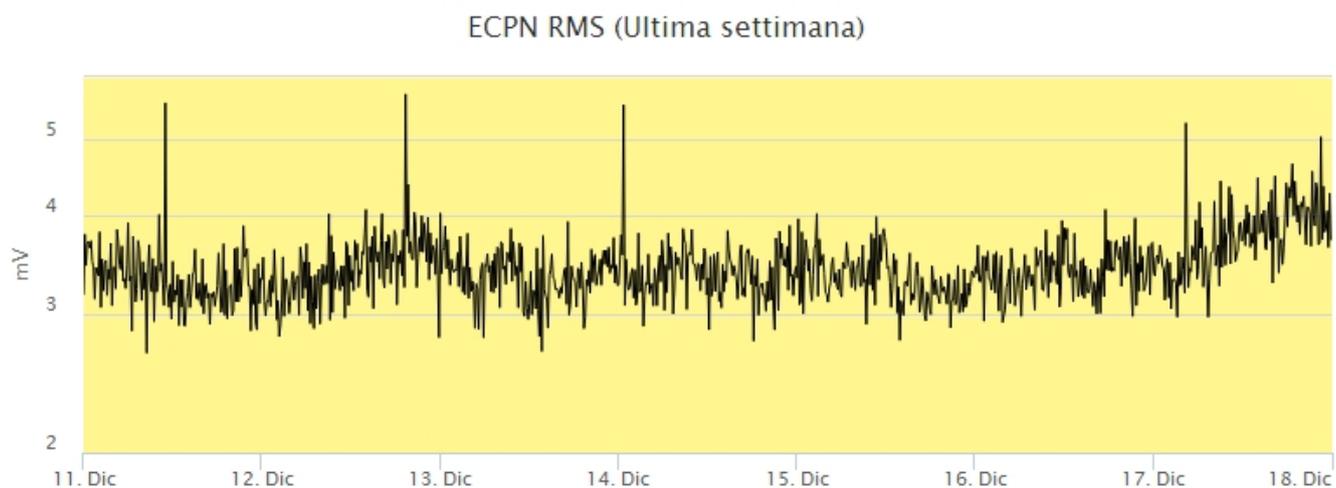
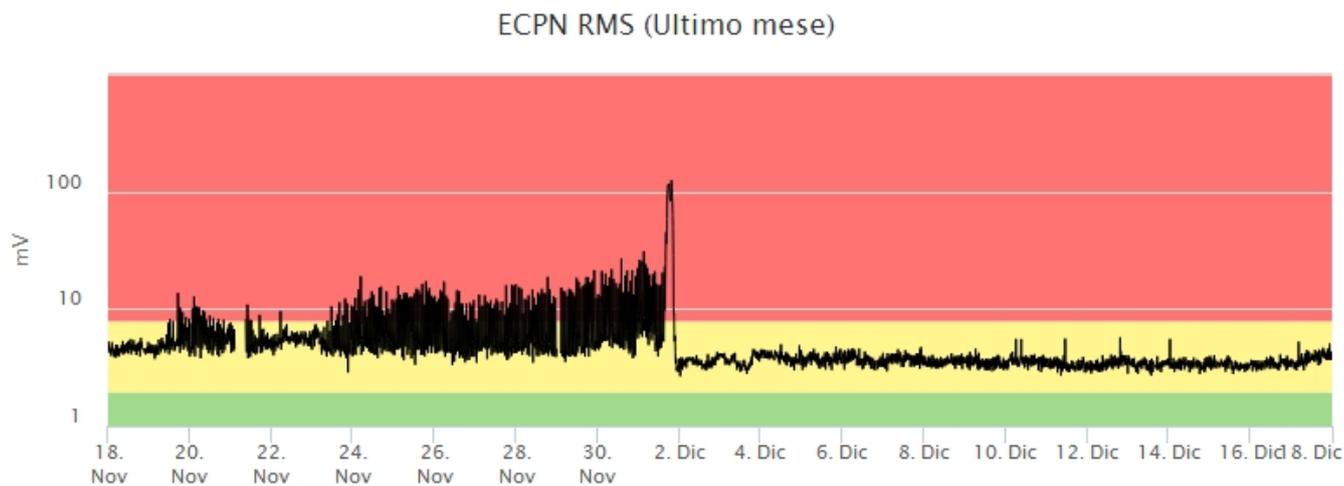


Fig. 4.2 Distribuzione della sismicità con MI pari o superiore a 2.0 nell'ultima settimana.

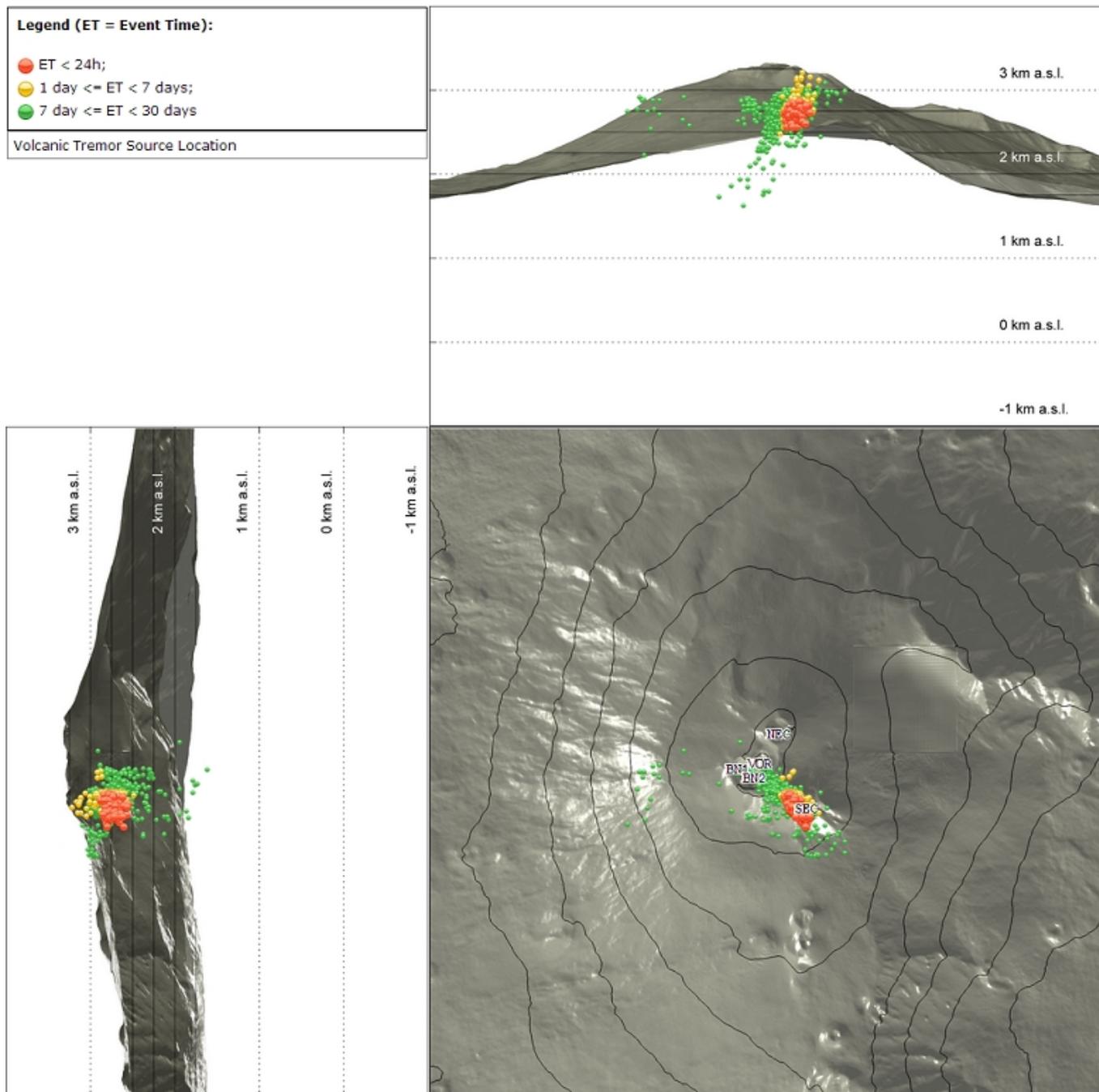
Tabella. 4.1 - Tabella dei terremoti con ML  $\geq$  2

DateTime	ML	Prof. (km)	Area epicentrale
11/12/2023 11:03	2.9	-1.5	1.1 km N from Piano Pernicana (CT)
14/12/2023 11:35	2.5	20.3	5.5 km W from Bronte (CT)

Tremore vulcanico: l'ampiezza media del tremore vulcanico non ha mostrato variazioni significative rispetto alla settimana precedente, mantenendosi all'interno della fascia dei valori medi (Fig. 4.3). Le sorgenti del tremore sono state localizzate nell'area del cratere di Sud Est in un intervallo di profondità compreso mediamente tra 2500 e 3000 m sopra il livello del mare (Fig. 4.4).



**Fig. 4.3** *Andamento temporale dell'ampiezza del tremore vulcanico: valori RMS nell'ultimo mese (in alto) e nell'ultima settimana (in basso) secondo tre livelli di ampiezza (basso=verde, medio=giallo, alto=rosso).*



**Fig. 4.4** Localizzazione della sorgente del tremore vulcanico. (SEC= cratere SE; VOR = cratere Voragine; NEC = cratere NE; BN1 = cratere 1 Bocca Nuova; BN2 = cratere 2 Bocca Nuova).

## 5. INFRASUONO

Durante la prima parte della settimana in oggetto, l'elevato rumore prodotto dal vento ha inficiato il rilevamento automatico degli eventi e la loro localizzazione. Tuttavia, anche grazie alla visualizzazione dei sismogrammi, si è potuto osservare che l'attività infrasonica ha subito un incremento rispetto alla settimana precedente (Fig. 5.1). Le sorgenti risultano localizzate prevalentemente nell'area del cratere Bocca Nuova con valori di ampiezza mediamente bassi. Un esiguo numero di sorgenti infrasoniche è stato localizzato al cratere di Sud Est con ampiezze degli eventi da basse a medie: fa eccezione un evento registrato giorno 16 alle ore 17:37 UTC, associato all'evento esplosivo al Cratere di Sud Est segnalato nella sezione

Osservazioni Vulcanologiche, la cui ampiezza ha raggiunto valori molto elevati (Fig. 5.2).

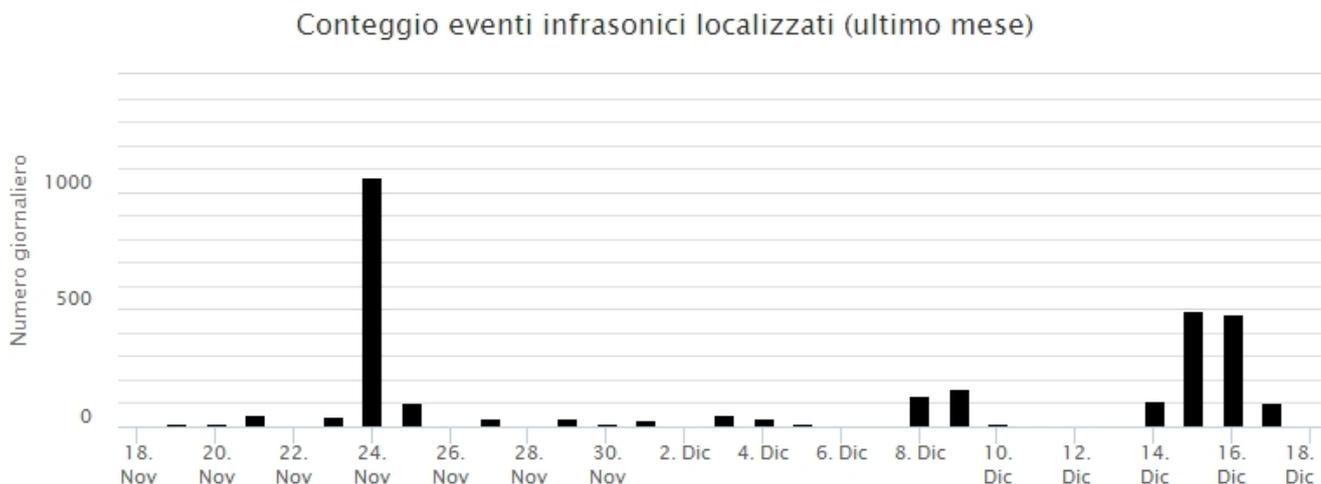


Fig. 5.1 Andamento della frequenza giornaliera di accadimento degli eventi infrasonici localizzati

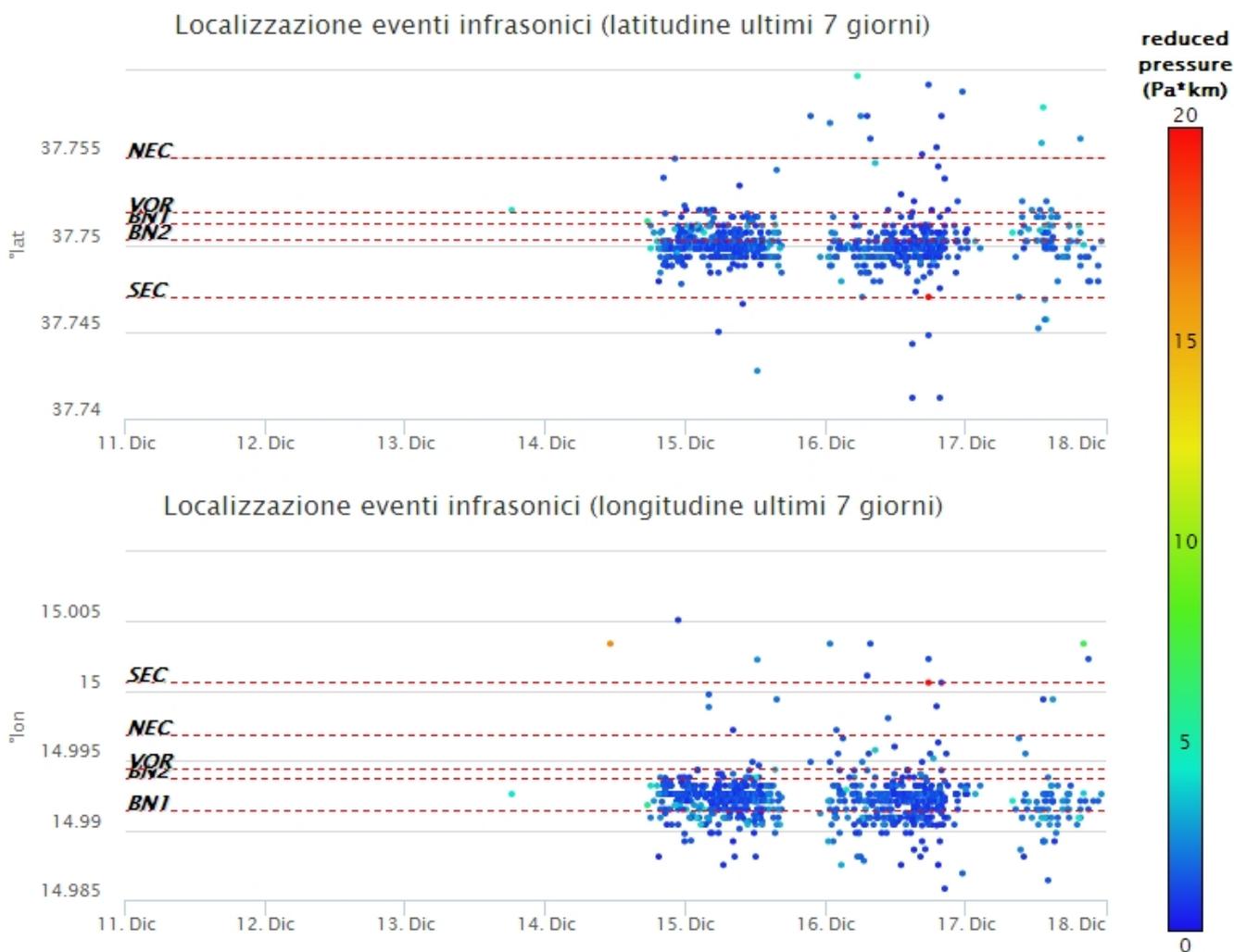
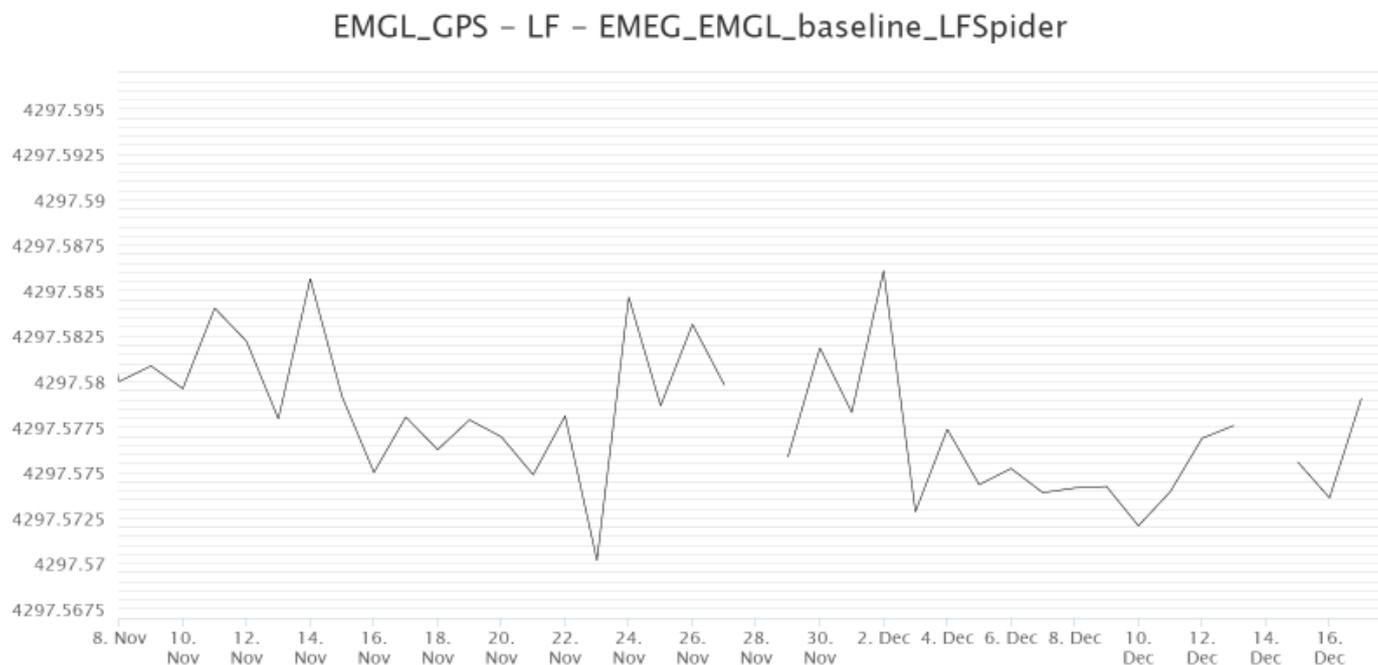


Fig. 5.2 Andamento temporale dei parametri di localizzazione (longitudine e latitudine) degli eventi infrasonici localizzati nell'ultima settimana. (SEC= cratere SE; VOR = cratere Voragine; NEC = cratere NE; BNI = cratere 1 Bocca Nuova; BN2 = cratere 2 Bocca Nuova). A destra nel grafico, il colore dell'indicatore è funzione dell'ampiezza degli eventi.

## 6. DEFORMAZIONI DEL SUOLO

I segnali della rete di stazioni GNSS permanenti non hanno mostrato variazioni significative durante l'ultima settimana. Come esempio, si riporta la baseline tra le stazioni Monte Egitto (EMEG) e Monte Gallo (EMGL), nel settore occidentale del vulcano.



**Fig. 6.1** Serie temporale della variazione della baseline compresa tra le stazioni Monte Egitto (EMEG) e Monte Gallo (EMGL), nel medio settore occidentale del vulcano.

I segnali della rete clinometrica non hanno mostrato variazioni significative nel corso dell'ultima settimana. Come esempio si riporta la serie temporale della stazione sommitale di Cratere del Piano (ECP).

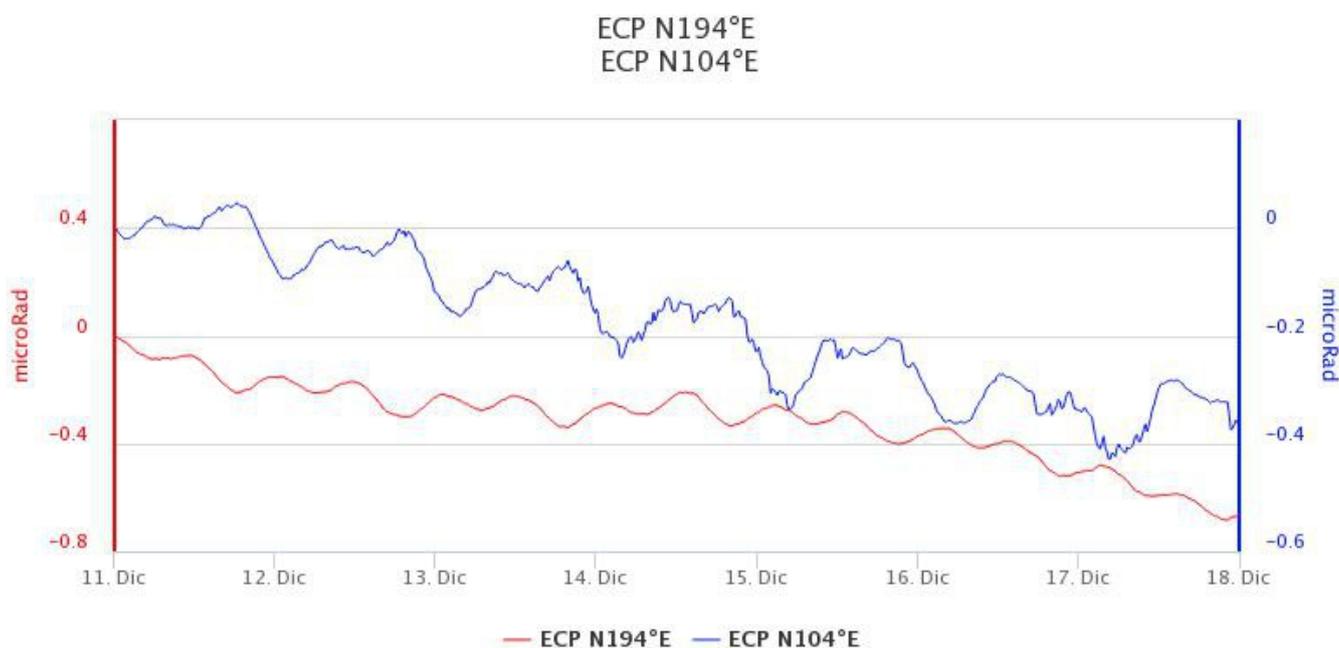


Fig. 6.2 Serie temporale delle componenti del clinometro della stazione ECP, nel corso dell'ultima settimana.

## 7. GEOCHIMICA

Il flusso di SO<sub>2</sub> medio-giornaliero misurato nel plume vulcanico dell'Etna dall'inizio del mese di dicembre ha indicato valori su un livello medio.

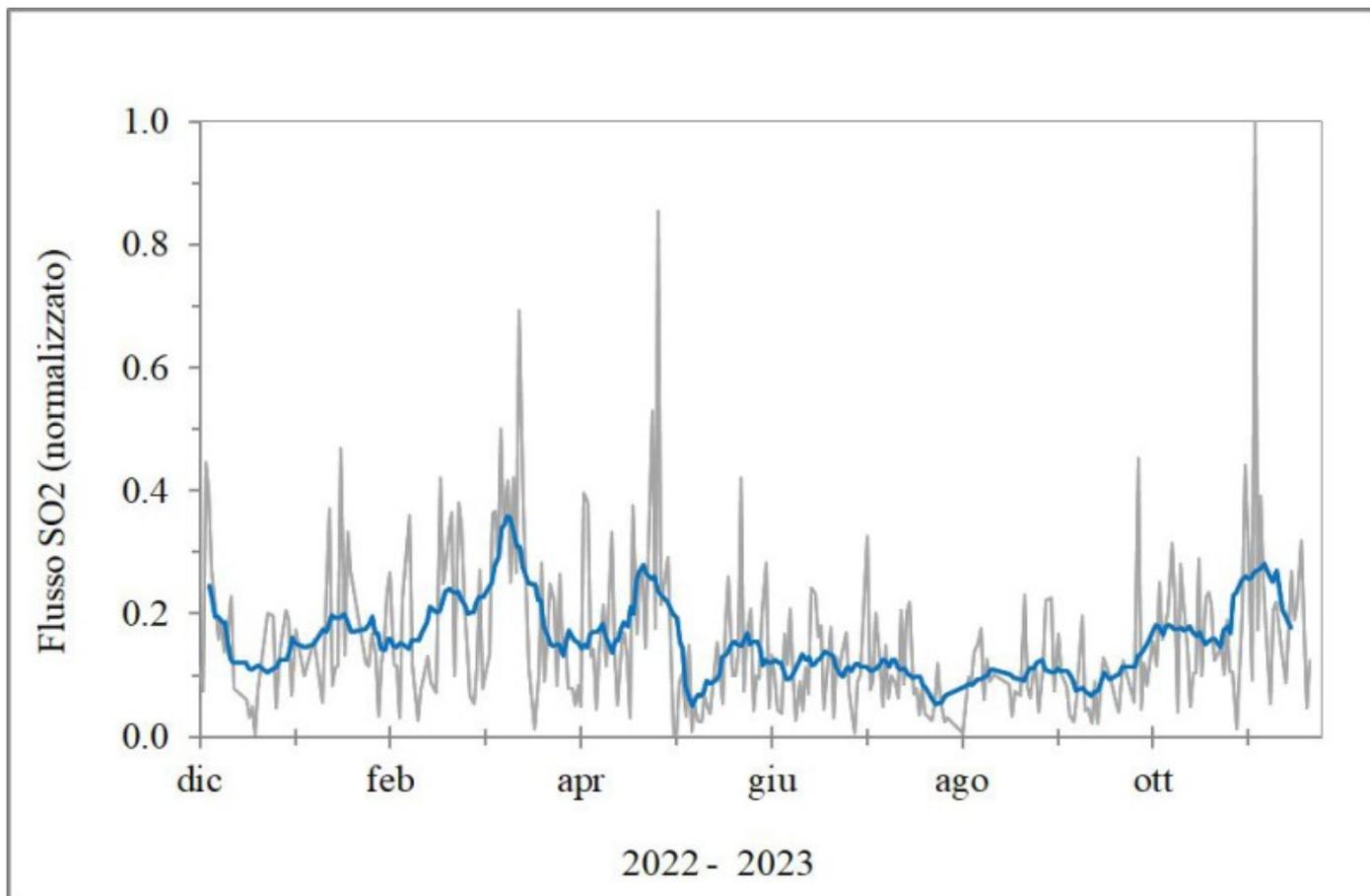


Fig. 7.1 Misure normalizzate del flusso di SO<sub>2</sub> registrato dalla rete FLAME nell'ultimo anno

Flussi CO<sub>2</sub> dal suolo (Rete Etnagas). I flussi di CO<sub>2</sub> dal suolo rimangono pressoché stabili rispetto la settimana precedente, attestandosi su valori medi.

# Etna – TotNorm

FROM: 2022-12-18 – TO: 2023-12-18 | Last Value: 0.37

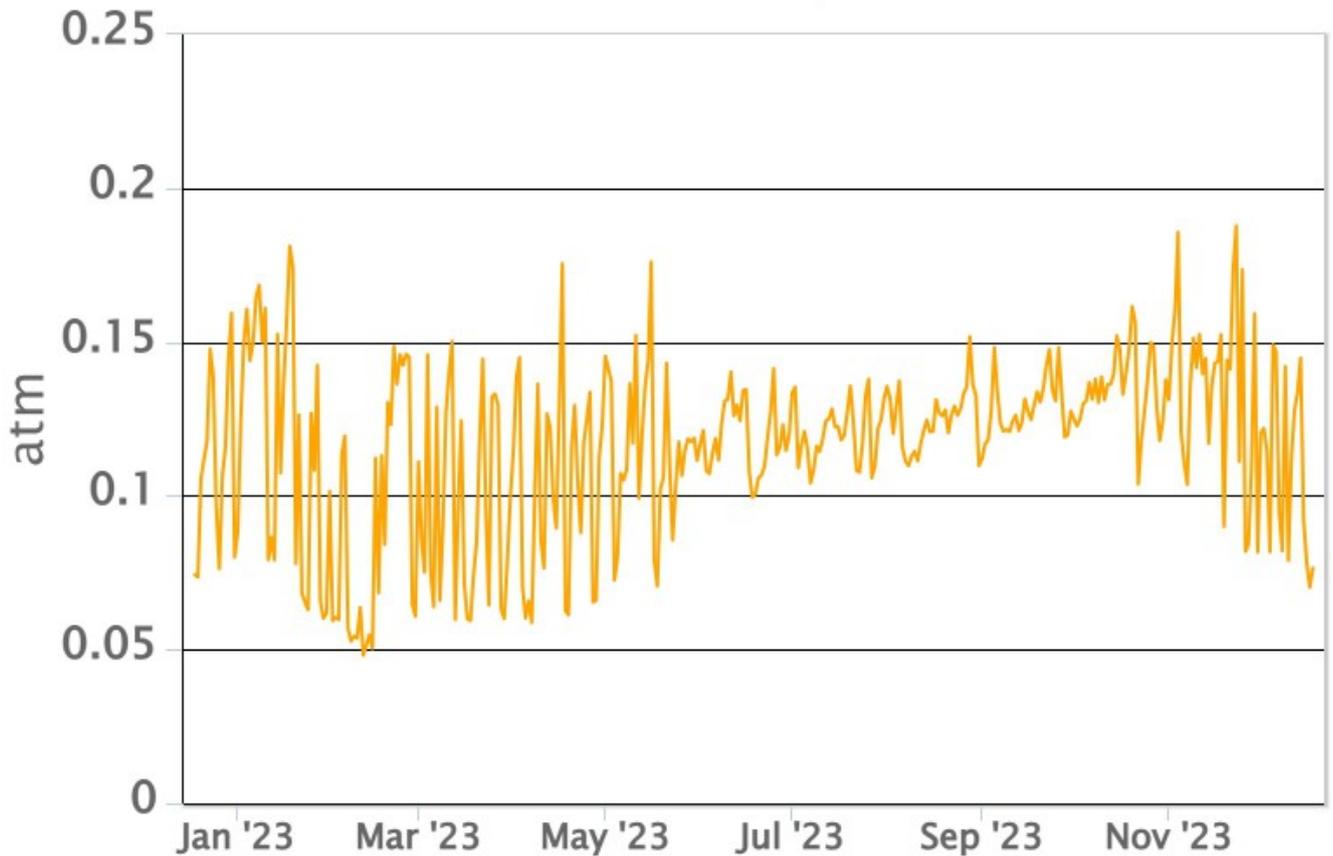


**Fig. 7.2** *Fig. 7.2 Curva normalizzata dei flussi complessivi della CO2 esalante dal suolo registrati dalla rete EtnaGAS nell'ultimo anno (running average su base bi-settimanale).*

CO2 in falda (Rete EtnaAcque). La pressione parziale della CO2 disciolta nell'acqua della galleria drenante in località Ponteferro (Santa Venerina) non mostra variazioni significative al di fuori del tipico andamento stagionale.

## Ponteferro – pCO<sub>2</sub> – Daily Average

FROM: 2022-12-18 – TO: 2023-12-18 | Last Value: 0.08



**Fig. 7.3** *Fig. 7.3 Andamento temporale della pressione parziale di CO<sub>2</sub> disciolta nelle acque della galleria drenante di Ponteferro (medie giornaliere).*

Il rapporto isotopico dell'elio misurato nei siti periferici è in lieve risalita rispetto il campionamento del 16 novembre, attestandosi su valori medio-alti (ultimo campionamento del 11 dicembre 2023).

# Etna – Rapporto Isotopico He

FROM: 2021-01-01 – TO: 2023-12-18 | Last Value: 0.59

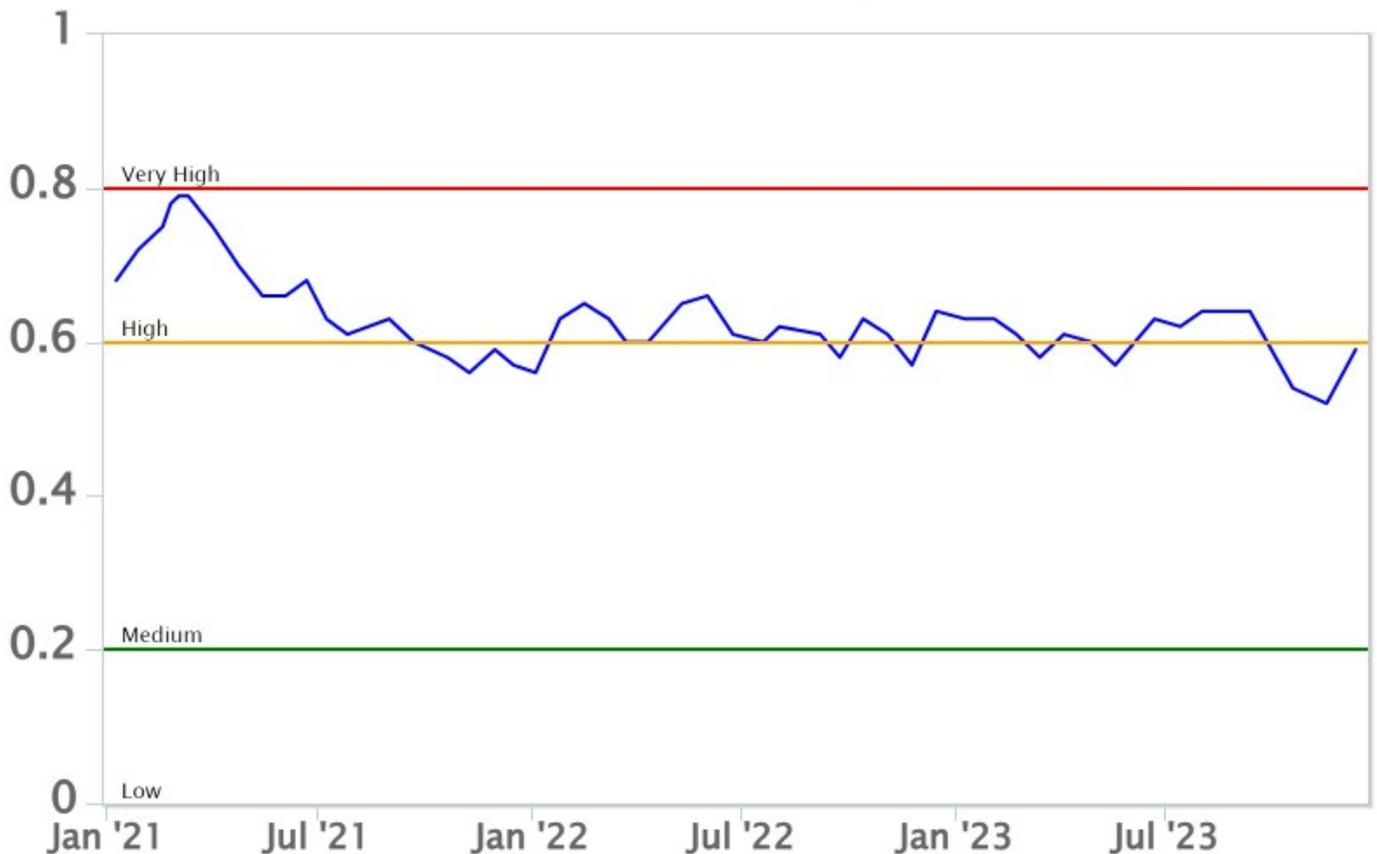


Fig. 7.4 *Fig. 7.4 Andamento medio del rapporto isotopico dell'elio nelle cinque manifestazioni periferiche (dati normalizzati).*

## 8. OSSERVAZIONI SATELLITARI

L'attività termica dell' Etna è stata seguita tramite l'elaborazione di una varietà di immagini satellitari con differenti risoluzioni temporale, spaziale e spettrale. In Figura 8.1 sono mostrate le stime del potere radiante dal 16 settembre al 18 dicembre 2023 calcolate usando immagini multispettrali MODIS, VIIRS e SENTINEL-3 SLSTR. Nell'ultima settimana l'attività termica in area sommitale è stata generalmente di livello basso. Il valore massimo delle anomalie di flusso termico è stato di 3 MW (SLSTR) il 16 dicembre alle ore 20:25 UTC. L'ultima anomalia di flusso termico (1 MW, MODIS) è stata registrata il 18 dicembre 2023 alle ore 20:00 UTC. Tuttavia, nell'ultima settimana le cattive condizioni meteorologiche possono aver condizionato l'analisi delle immagini satellitari.

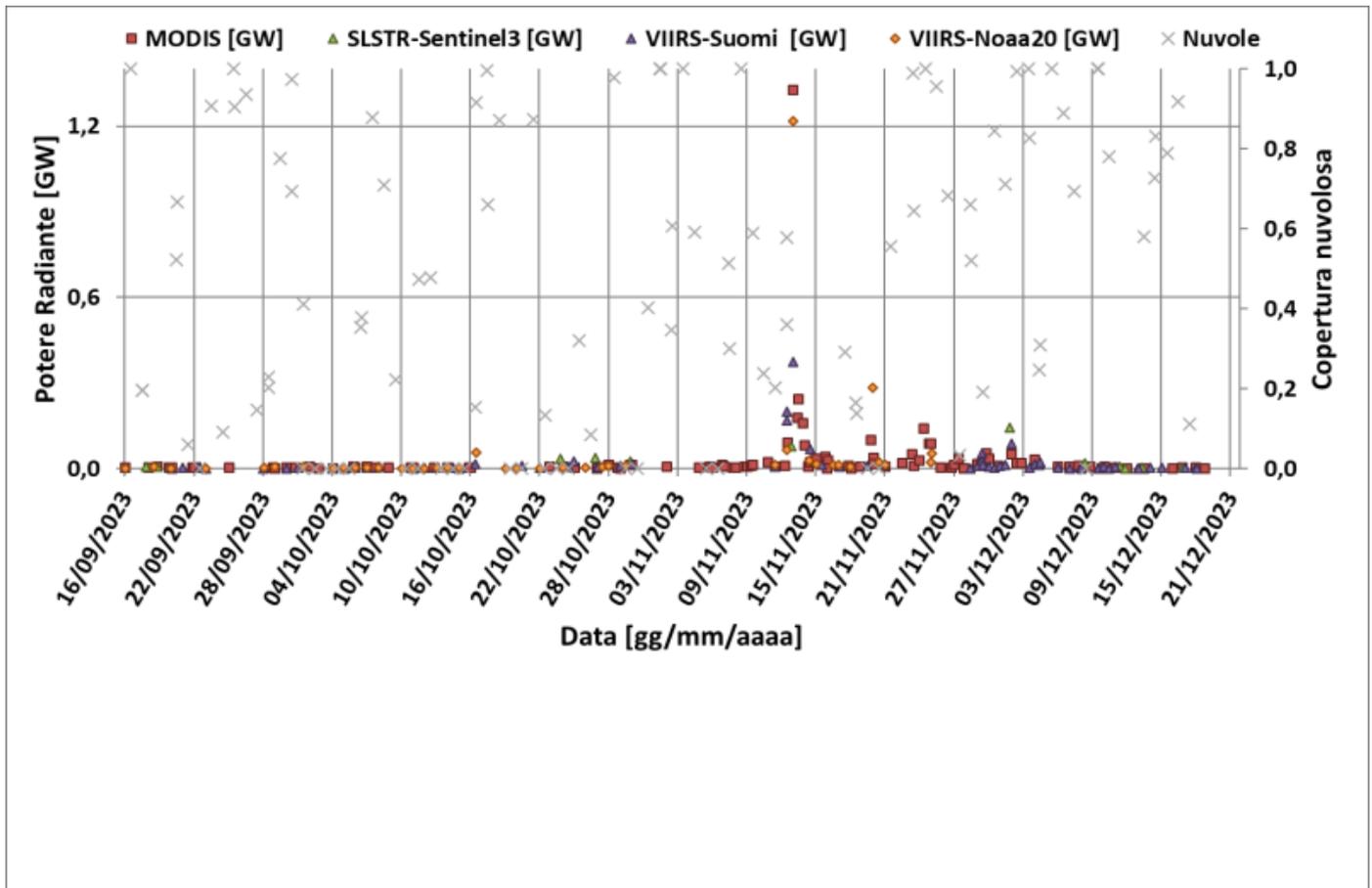


Fig. 8.1 Potere radiante calcolato da dati MODIS (quadrato rosso), SENTINEL-3 SLSTR (triangolo verde) e VIIRS (triangolo viola e rombo giallo) dal 16 settembre al 18 dicembre 2023. Per l'intero periodo analizzato è anche riportato l'indice di nuvolosità.

## 9. ALTRE OSSERVAZIONI

Sono stati studiati i campioni del parossismo avvenuto l'1 dicembre 2023 al Cratere di Sud-Est (CSE). Le analisi della composizione del vetro sono state effettuate presso i laboratori dell'OE mediante il SEM-EDS (microscopio elettronico a scansione con associata microanalisi). La composizione del vetro vulcanico (elementi maggiori) è stata determinata su lapilli ricaduti a Piedimonte (CSE011223D) e Linguaglossa (CSE011223E). I dati acquisiti sono stati rappresentati nel diagramma  $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  vs.  $\text{FeO}_{\text{tot}}/\text{MgO}$  (Fig. 9.1), dove per confronto sono state riportate le analisi dei prodotti emessi durante i parossismi di febbraio 2022 e di maggio, agosto e novembre 2023. Le analisi mostrano che la composizione dei vetri dell'1 dicembre 2023 (quadrato rosso e triangolo fucsia) è complessivamente omogenea ed è più evoluta (ossia meno primitiva) di quella dei prodotti emessi durante il precedente parossismo del 12 novembre 2023 (quadrato marrone). Se si considera anche la composizione dei prodotti emessi durante i precedenti parossismi di agosto (quadrato nero) e maggio (triangolo azzurro) 2023, è evidente che i vetri dell'attività parossistica di febbraio 2022 (cerchio verde) rimangono, ad oggi, i più primitivi tra quelli eruttati dal CSE nel periodo 2022-23.

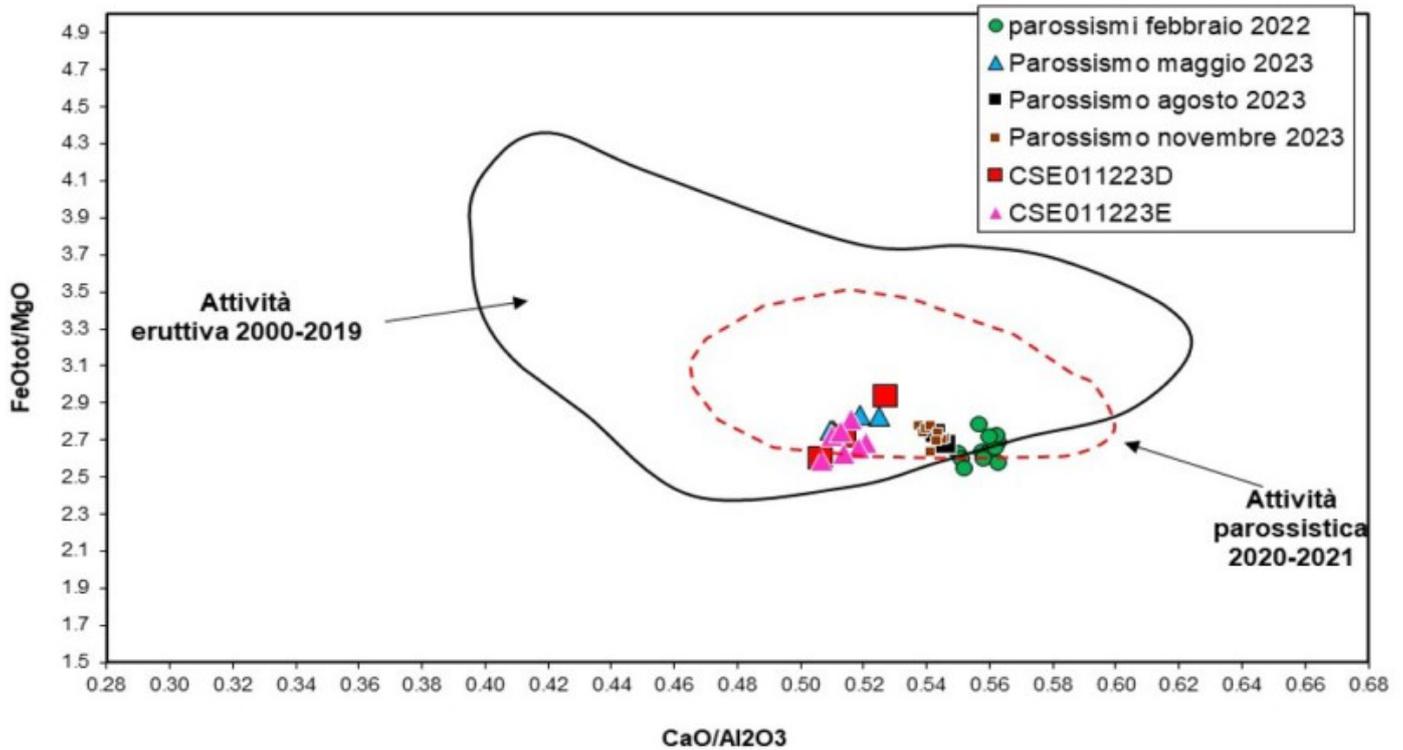


Fig. 9.1 Grafico  $CaO/Al_2O_3$  vs  $FeO_{tot}/MgO$  dove sono riportate le composizioni dei vetri dei prodotti del CSE emessi durante il parossismo avvenuto al CSE l'1 dicembre 2023.

Sulla base dei dati preliminari della composizione del vetro vulcanico è presumibile che, dopo il parossismo di novembre 2023, il reservoir magmatico che alimenta i parossismi del CSE è stato poco/nulla alimentato da ricariche di magma più profondo. Questa condizione ha favorito il parziale raffreddamento e la cristallizzazione del magma stazionante nel reservoir, che ha modificato la propria composizione. Di conseguenza, durante l'attività parossistica dell'1 dicembre 2023, è stato emesso un magma di composizione più evoluta (ossia meno primitiva) di quello della precedente attività parossistica di novembre 2023.

## 10. STATO STAZIONI

Tab.10.1 Stato di funzionamento delle reti

Rete di monitoraggio	Numero di stazioni con acq. < 33%	Numero di stazioni con acq. compreso tra 33% e 66%	N. di stazioni con acq. > 66%	N. Totale stazioni
FLAME-Etna	3	0	6	9
Geochimica - Etna Plume	1	0	0	1
Geochimica - Etnagas	2	0	12	14
Geochimica Etna Acque	1	0	9	10
Infrasonica	2	2	7	11
Sismologia	1	2	25	28
Telecamere	1	1	12	14

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 2022-2025), 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.**