



Rep. N. 06/2023 ETNA

ETNA

BOLLETTINO SETTIMANALE

SETTIMANA DI RIFERIMENTO 30/01/2023 - 05/02/2023

(data emissione 07/02/2023)

1. SINTESI STATO DI ATTIVITA'

Alla luce dei dati di monitoraggio si evidenzia:

1) OSSERVAZIONI VULCANOLOGICHE: Attività effusiva con flussi lavici in Valle del Leone, degassamento a regime variabile dai crateri sommitali associato a modeste e sporadiche emissioni di cenere dal Cratere di SE.

2) SISMOLOGIA: Incremento del tasso di accadimento dei terremoti da fratturazione e dei rilasci energetici. Stazionarietà dei parametri del tremore vulcanico.

3) INFRASUONO: Attività infrasonica da moderata ad elevata con sorgenti localizzate nelle aree dei crateri di SE e Bocca Nuova.

4) DEFORMAZIONI DEL SUOLO: Le reti di monitoraggio delle deformazioni del suolo non hanno misurato variazioni significative nel corso dell'ultima settimana

5) GEOCHIMICA: Flusso di SO₂ su un livello medio.

I valori di flusso di CO₂ dal suolo registrati nell'ultima settimana si attestano su valori medio-bassi.

La pressione parziale di CO₂ disciolta in falda (Rete EtnaAcque) non mostra variazioni al di fuori della variabilità stagionale del sito.

I dati della composizione isotopica dell'elio dell'ultimo campionamento (03-02-2023) non mostrano variazioni significative rispetto quelli precedenti, attestandosi su un livello alto.

6) OSSERVAZIONI SATELLITARI: L'attività termica osservata da satellite in area sommitale è stata di livello alto in corrispondenza dell'eruzione effusiva in area sommitale. Tuttavia, dalla sera del 5 febbraio sono stati registrati solo valori bassi di flusso termico segnalando una interruzione dell'attività effusiva.

2. SCENARI ATTESI

Attività vulcanica caratterizzata da effusioni laviche da bocche eruttive in area sommitale accompagnata da degassamento e occasionale discontinua attività esplosiva eventualmente associata a formazione di nubi di cenere e ricaduta di prodotti piroclastici grossolani e flussi piroclastici in area sommitale. Non è possibile escludere un'evoluzione dei fenomeni 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

Nel corso della settimana, il monitoraggio dell'attività dell'Etna (Fig. 3.1) è stato svolto attraverso la rete delle telecamere di sorveglianza dell'INGV – Osservatorio Etneo.

Durante la settimana in oggetto è proseguita la modesta attività effusiva, iniziata il 27 novembre 2022, dalla bocca apertasi alla base nord-orientale del Cratere di Sud-Est ad una quota di circa 2800 m s.l.m., che è stata tuttavia caratterizzata da ampie fluttuazioni. Tale attività produce la sovrapposizione di colate laviche nell'area della Valle del Leone e sulla parete occidentale della Valle del Bove (Figg. 3.2 e 3.3)

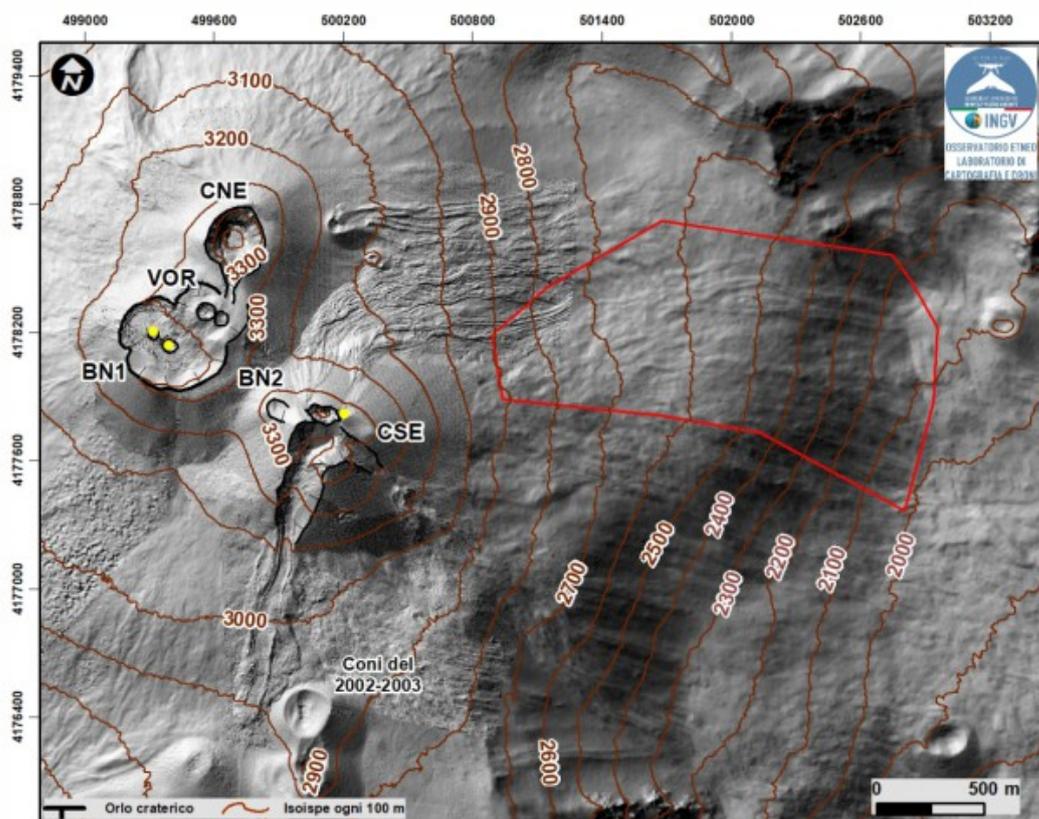


Fig. 3.1 Modello ombreggiato del terreno dei crateri sommitali dell'Etna ottenuto elaborando le immagini da drone acquisite durante diversi sorvoli (15 e 21 settembre 2022, 6, 21 e 23 ottobre), sovrapposto al modello ombreggiato derivato da immagini Pleiades del 22 agosto 2020 (AO Telerilevamento). CSE = Cratere di Sud-Est, CNE = Cratere di Nord-Est, BN = Bocca Nuova, VOR = Voragine. Il poligono rosso delimita l'area dell'attuale attività effusiva.

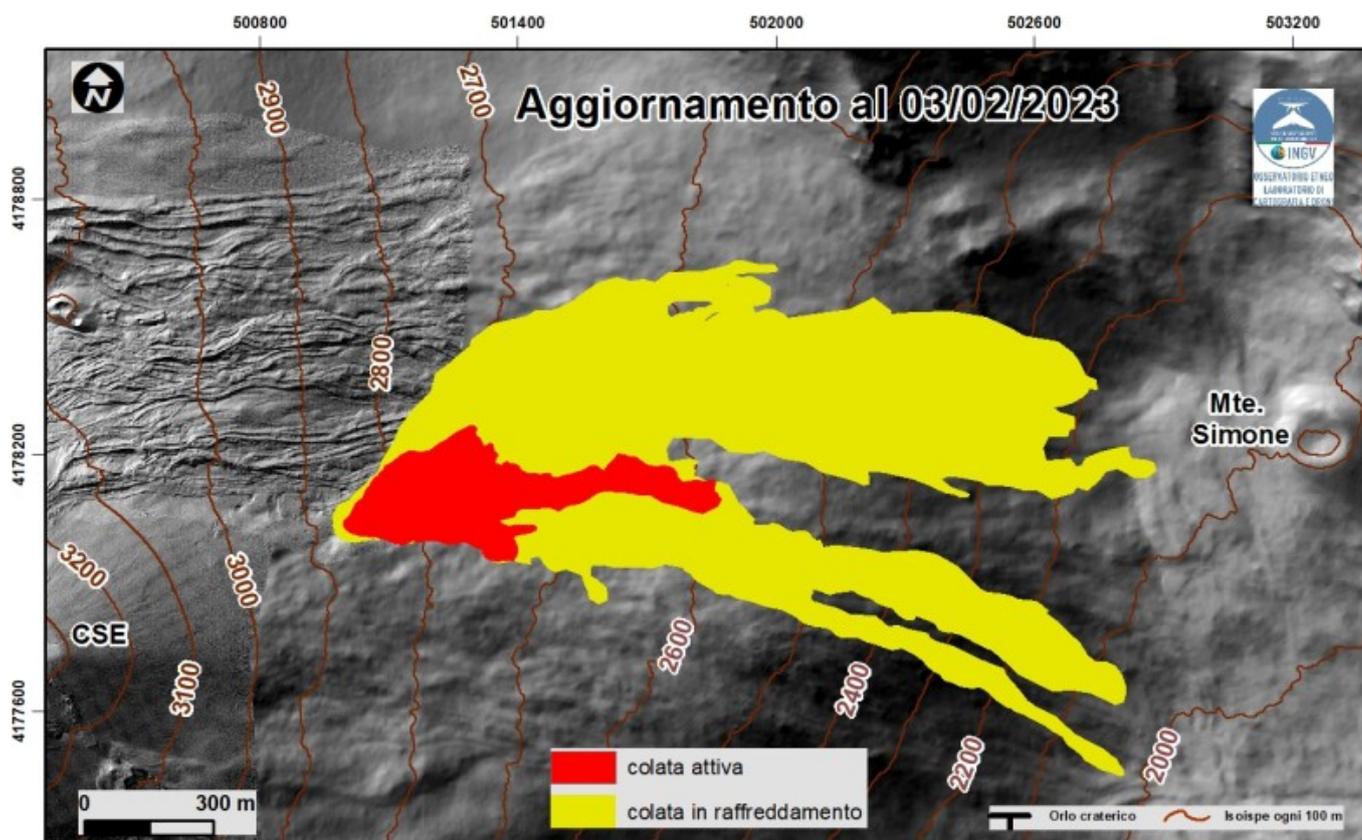


Fig. 3.2 Mappa del campo lavico aggiornata al 3 febbraio 2023 e eseguita analizzando le immagini satellitari Sentinel 2 del 1 e 3 febbraio. L'immagine di background è il modello ombreggiato del terreno dell'area sommitale dell'Etna, ottenuto elaborando le immagini da drone acquisite durante diversi sorvoli (15 e 21 settembre 2022, 6, 21 e 23 ottobre), sovrapposto al modello ombreggiato derivato da immagini Pleiades del 22 agosto 2020 (AO Telerilevamento). CSE = Cratere di Sud-Est.

In particolare, a partire dalle prime ore della mattina del 1 febbraio, il flusso lavico ha subito un brusco aumento (Fig. 3.3a), per poi diminuire gradualmente nella notte tra l'1 ed il 2 febbraio fino ad arrestarsi completamente nelle prime ore del mattino del 2 (Fig. 3.3b). Il flusso riprendeva nuovo vigore nelle prime ore del pomeriggio del 2 febbraio (Fig. 3.3c) producendo nuove sovrapposizioni di colate sul campo lavico preesistente (Fig. 3.3d). A partire dal pomeriggio del 4 e nella notte tra il 4 ed il 5 febbraio il flusso mostra una progressiva diminuzione (Fig. 3.3e) ed il campo lavico appare in raffreddamento (Fig. 3.3f).

Nella settimana in esame i fronti più avanzati del campo lavico restano confinati a quota compresa tra circa 2590-2030 m s.l.m. e, in particolare, a quota 2590 m s.l.m. giorno 03 febbraio (Fig. 3.2). La superficie complessivamente ricoperta dai flussi lavici a partire dal 27 novembre 2022 e fino al 03 febbraio 2023, è pari a $9.6 \times 10^5 \text{ m}^2$ mentre il volume totale è compreso tra 4.8 e $6.1 \times 10^6 \text{ m}^3$. Tale stima è preliminare e si valuta un errore del 40% circa.

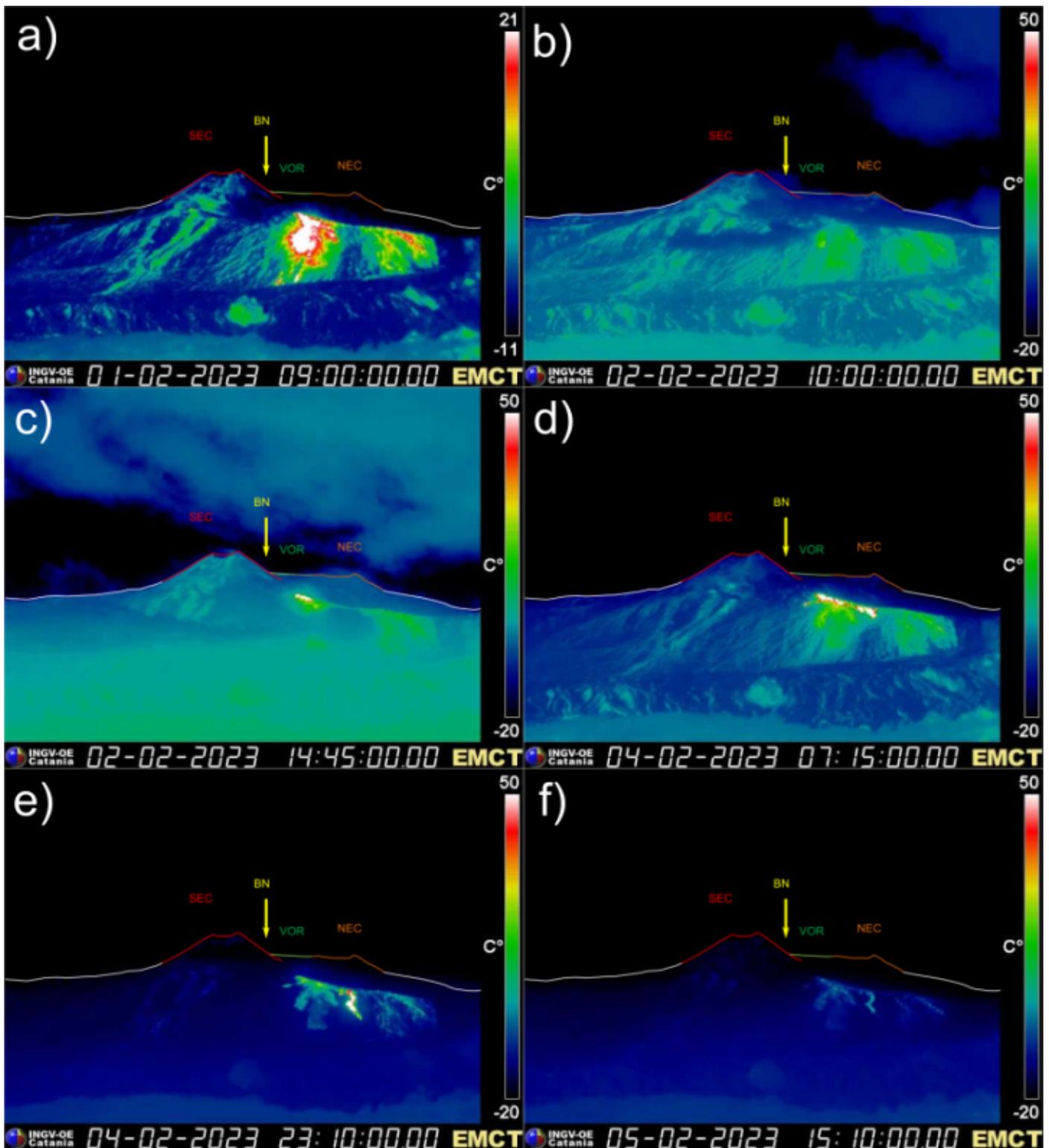


Fig. 3.3 *Evoluzione del flusso lavico visto dalla telecamera termica di M.te Cagliato (EMCT): brusco aumento del flusso la mattina del 1/2 (Fig. 3.3a); graduale diminuzione nella notte tra l'1 ed il 2/2; completo arresto nelle prime ore del mattino del 2/2 (Fig. 3.3b). Nuova ripresa del flusso lavico nel pomeriggio del 2/2 (Fig. 3.3c) e sovrapposizioni sul campo lavico preesistente (Fig. 3.3d). Diminuzione del flusso dal pomeriggio del 4 (Fig. 3.3e) e campo lavico in graduale raffreddamento (Fig. 3.3f).*

L'attività dei crateri sommitali è stata caratterizzata quasi esclusivamente da degassamento a regime variabile, prevalentemente a carico del cratere Bocca Nuova (BN) dove è continuato l'intenso degassamento a carattere impulsivo che la caratterizza da mesi (Fig. 3.4a).

Il Cratere di Sud Est (SEC) presenta invece un degassamento di intensità variabile, alimentato principalmente dalle fumarole ubicate lungo l'orlo craterico, all'interno della nicchia formatasi dal collasso di fianco del 10 febbraio 2022 e dalla bocca eruttiva di maggio-giugno 2022 (3.4a), che ha mostrato

frequenti bagliori visibili durante la notte (Fig. 3.4b), raramente accompagnati da anomalie termiche (Fig. 3.4c,d) nonché da modeste emissioni diluite di cenere rapidamente disperse in area sommitale dai venti in quota. (Fig. 3.5).

Infine, per quanto concerne il Cratere Voragine (VOR) ed il Cratere di Nord-Est (NEC), dalle telecamere di sorveglianza si osserva solo una debole attività di degassamento (Fig. 3.4a).

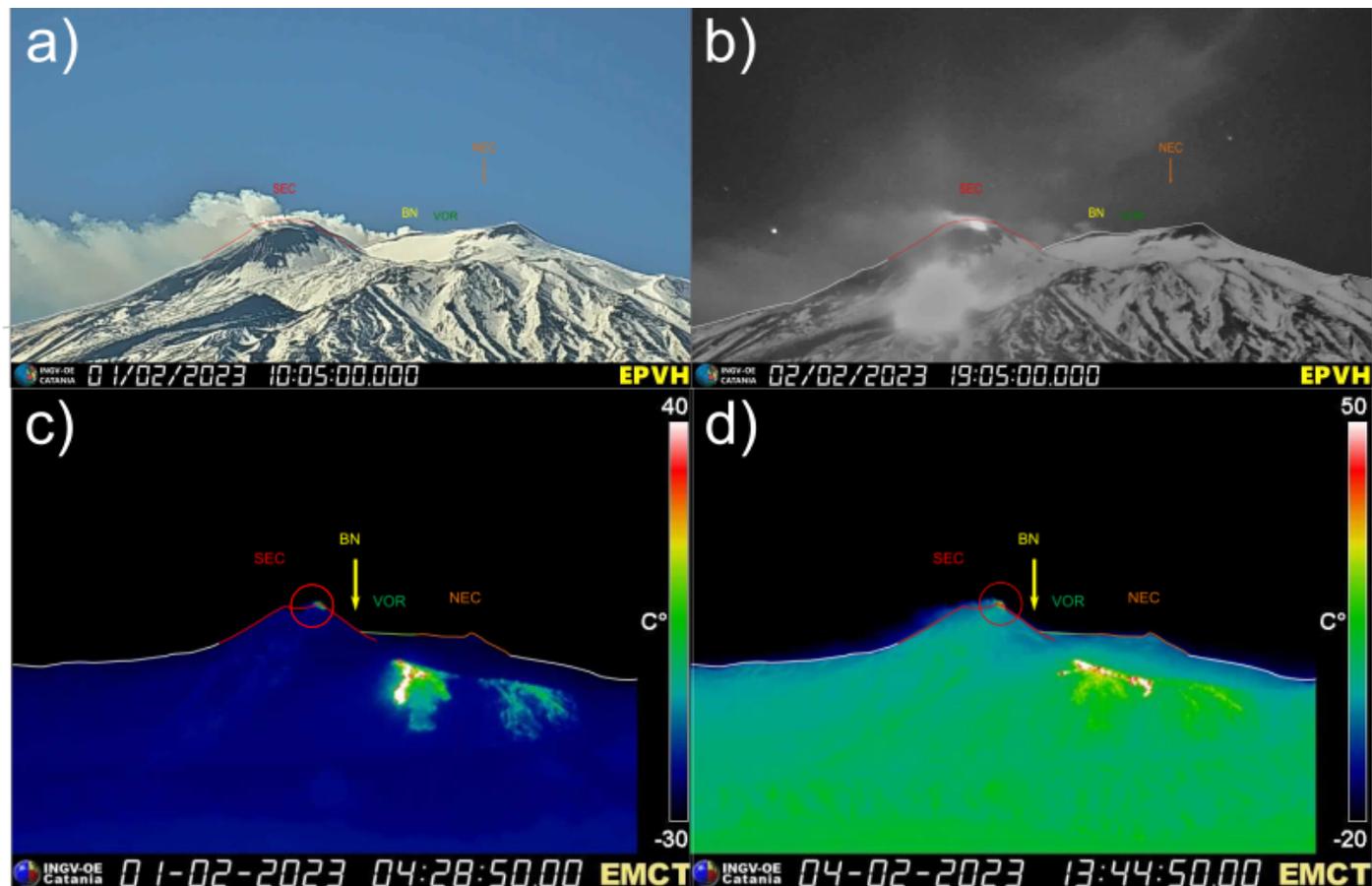


Fig. 3.4 (a) Attività di degassamento ai crateri sommitali e (b) bagliori al cratere di SE visti dalla telecamera ad alta risoluzione di Piedimonte (EPVH). Sporadica attività termica al cratere di SE (c,d) vista dalla telecamera termica di M.te Cagliato (EMCT).

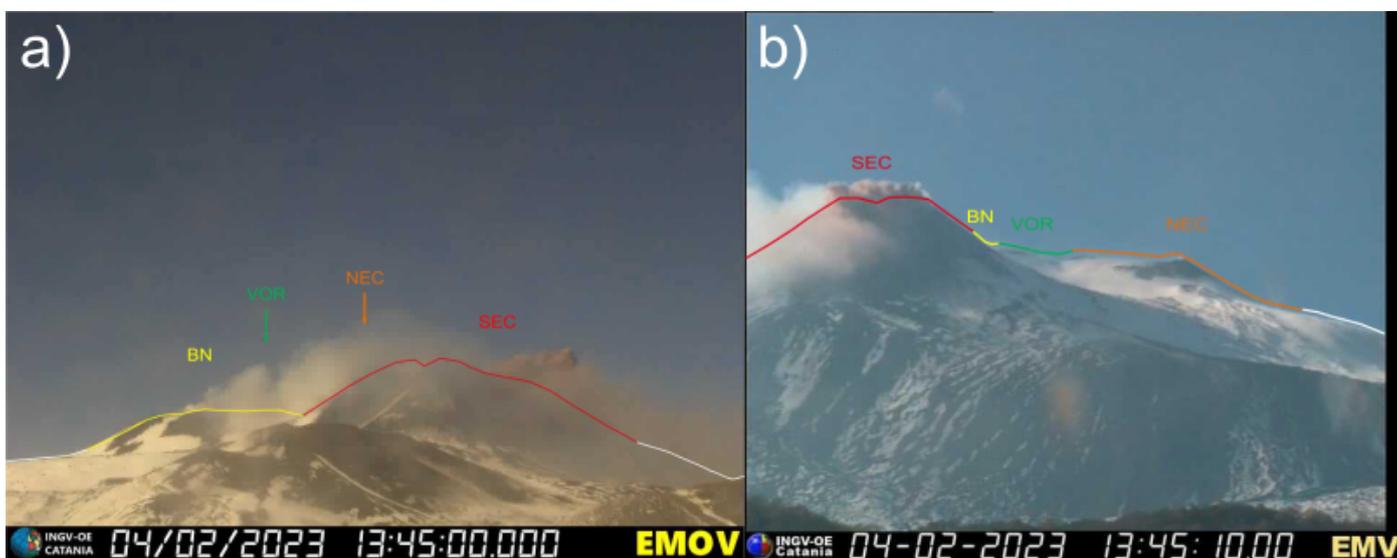


Fig. 3.5 Blanda emissione di cenere dal cratere di SE ripresa dalle telecamere nel visibile della Montagnola (EMOV) e di Milo (EMV) la mattina del 4 febbraio.

4. SISMOLOGIA

Sismicità: Nel corso della settimana in oggetto è stato osservato un incremento della sismicità (Fig. 4.1) caratterizzato dall'accadimento di uno sciame sismico che ha interessato il medio-alto versante occidentale del vulcano. Complessivamente lo sciame, registrato il 5 febbraio, è stato caratterizzato da 3 scosse a magnitudo maggiore o uguale a 2.0 (in totale 22 sono gli eventi a M_I pari o superiore a 1.0), localizzate a SW da Bronte (CT). La scossa più energetica ($M_I=3.6$), localizzata 7.9 km a SW da Bronte (Fig. 4.2 e Tab. 4.1), è stata registrata alle ore 20:49 (UTC) di giorno 5 febbraio ad una profondità ipocentrale di 17.1 km.

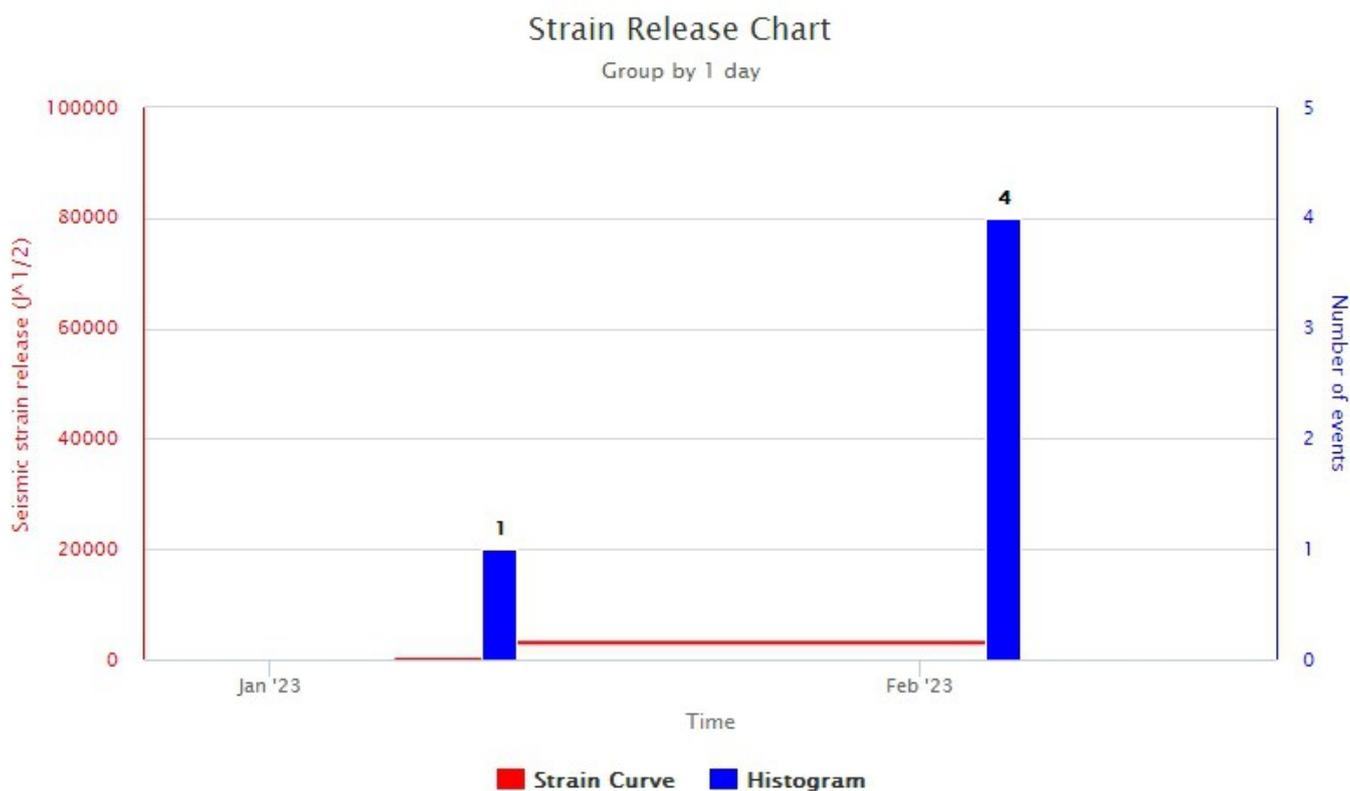


Fig. 4.1 *Frequenza giornaliera di accadimento e curva cumulativa del rilascio di strain sismico dei terremoti con M_I pari o superiore a 2.0 registrati nell'ultimo mese.*

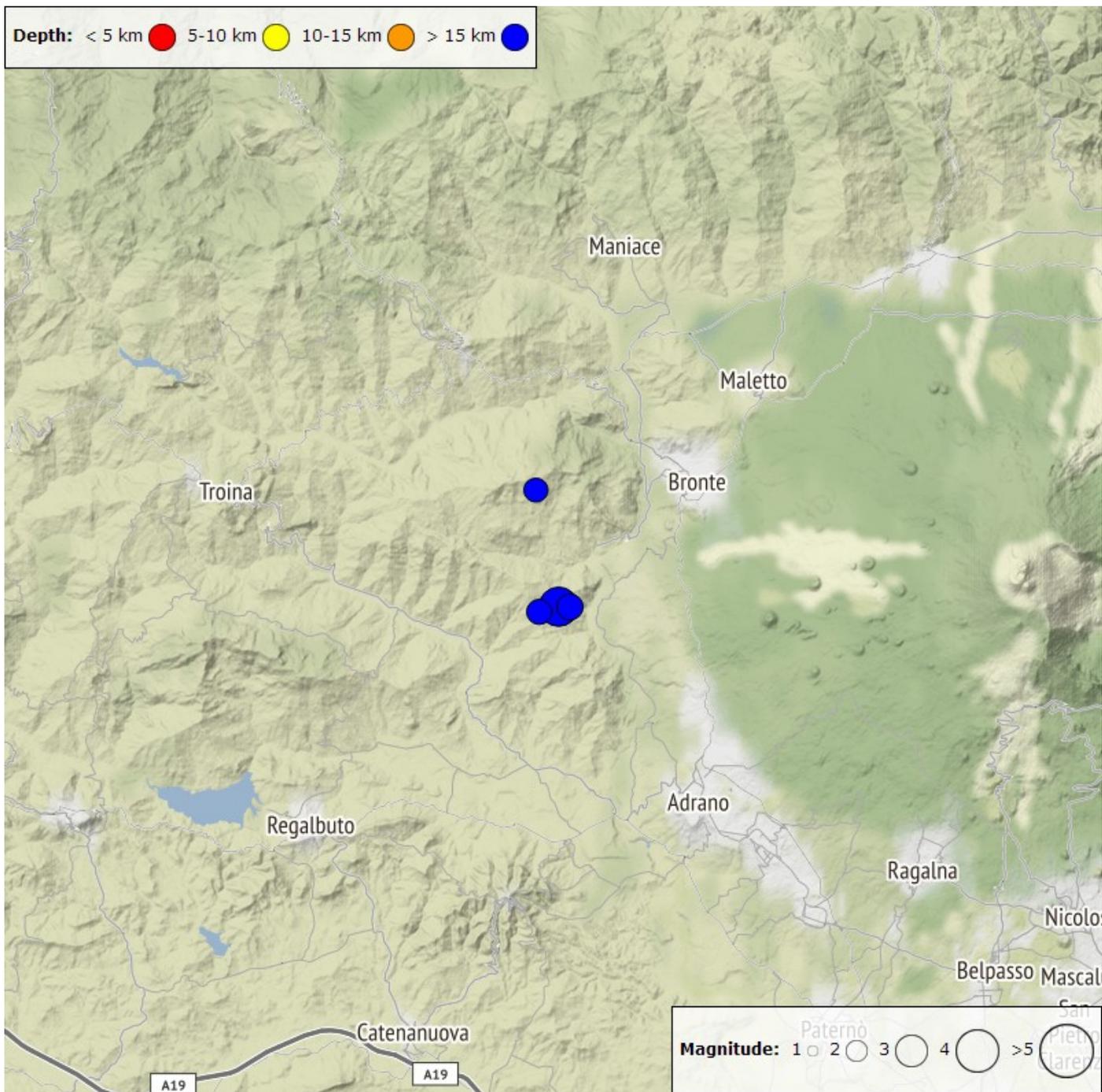


Fig. 4.2 Distribuzione della sismicità con MI pari o superiore a 2.0 nell'ultima settimana.

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

DateTime	ML	Prof. (km)	Area epicentrale
05/02/2023 17:18	2.4	16.5	7.6 km SW from Bronte (CT)
05/02/2023 20:49	3.6	17.1	7.9 km SW from Bronte (CT)
05/02/2023 21:02	2.3	16.3	8.8 km SW from Bronte (CT)

Tremore Vulcanico: L'ampiezza media del tremore vulcanico si è mantenuta, nel corso di tutta la settimana, su un livello complessivamente medio o medio-basso (Fig. 4.3). In particolare, le localizzazioni

delle sorgenti del tremore risultano concentrate nell'area dei crateri centrali in un intervallo di profondità principalmente compreso tra 2.0 e 2.8 km al di sopra del livello medio del mare (Fig. 4.4).

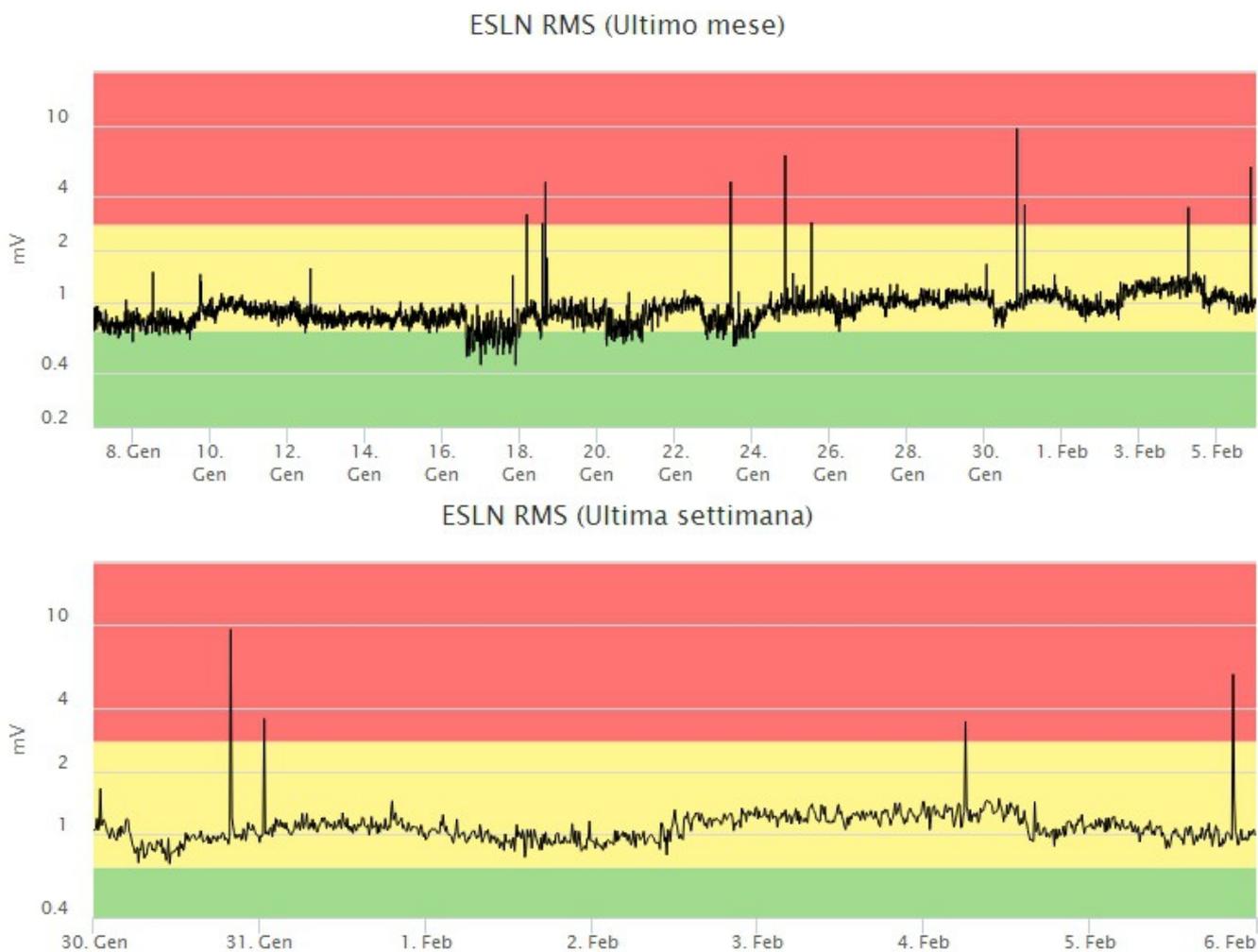


Fig. 4.3 *Andamento temporale dell'ampiezza media del tremore vulcanico: valori RMS nell'ultimo mese (in alto) e nell'ultima settimana (in basso) secondo tre livelli di ampiezza (basso=verde, medio=giallo, alto=rosso).*

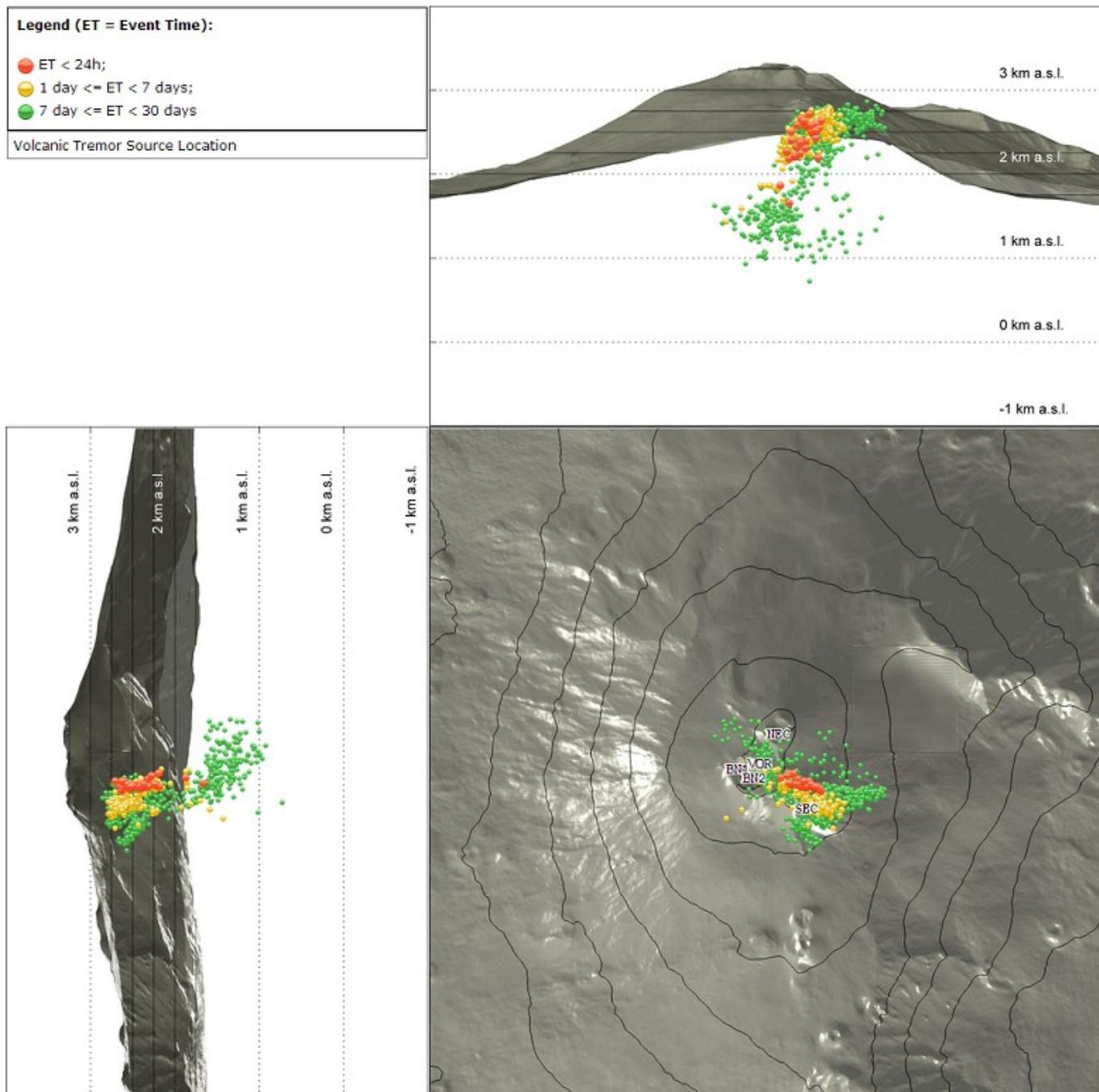


Fig. 4.4 Localizzazione dei centroidi delle sorgenti del tremore vulcanico (SEC= cratere SE; VOR = cratere Voragine; NEC = cratere NE; BN1 = cratere 1 Bocca Nuova; BN2 = cratere 2 Bocca Nuova).

5. INFRASUONO

Nel corso della settimana in oggetto è stato osservato un incremento nella frequenza di accadimento degli eventi infrasonici rispetto alla settimana precedente (Fig. 5.1). Si segnala che negli ultimi giorni della settimana tale parametro potrebbe risultare sottostimato a causa del rumore prodotto dal vento. In particolare, gli eventi infrasonici risultano localizzati nelle aree dei crateri di SE e Bocca Nuova, con valori di ampiezza da bassi a medio-bassi (Fig. 5.2).

Conteggio eventi infrasonici localizzati (ultimo mese)



Fig. 5.1 Andamento della frequenza giornaliera di accadimento degli eventi infrasonici localizzati nell'ultimo mese.

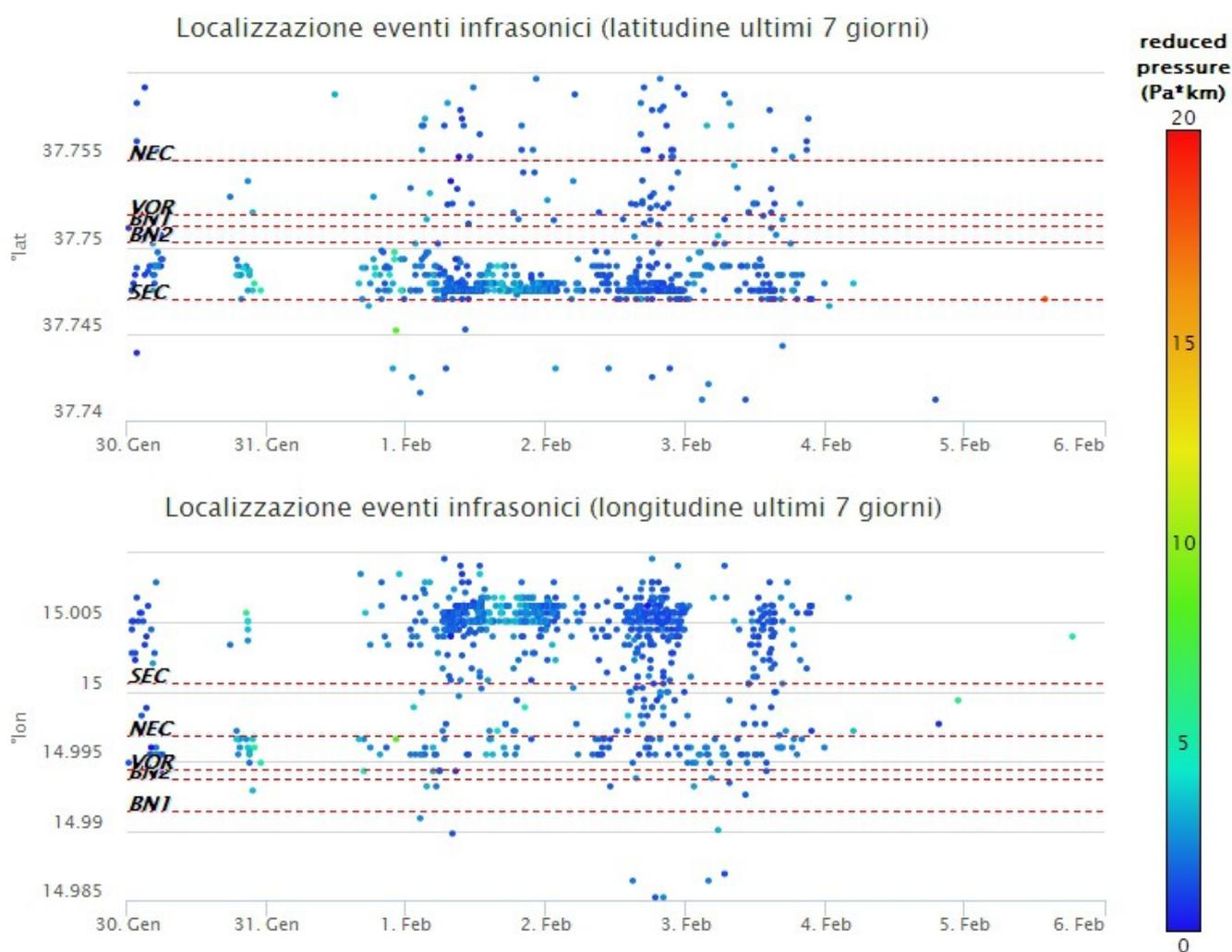


Fig. 5.2 Andamento temporale dei parametri di localizzazione (longitudine e latitudine) degli eventi infrasonici localizzati nell'ultima settimana (SEC = cratere SE; VOR = cratere Voragine; NEC = cratere; BNI = cratere 1 Bocca Nuova; BN2 = cratere 2 Bocca Nuova). A destra nel grafico, il colore dell'indicatore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

6. DEFORMAZIONI DEL SUOLO

L'analisi dei dati della rete GNSS permanente non ha mostrato variazioni significative nel corso dell'ultima settimana. Continua la graduale e leggera fase di deflazione dell'edificio vulcanico, iniziata nella seconda metà di dicembre 2022. A titolo esemplificativo viene riportata la dilatazione areale del triangolo formato dalle stazioni ESLN

(Serra la Nave), EMEG (Monte Egitto) ed EDAM (Dammusi) e la variazione di distanza della baseline EMEG - EMGL (Monte Gallo) nell'ultimo trimestre.

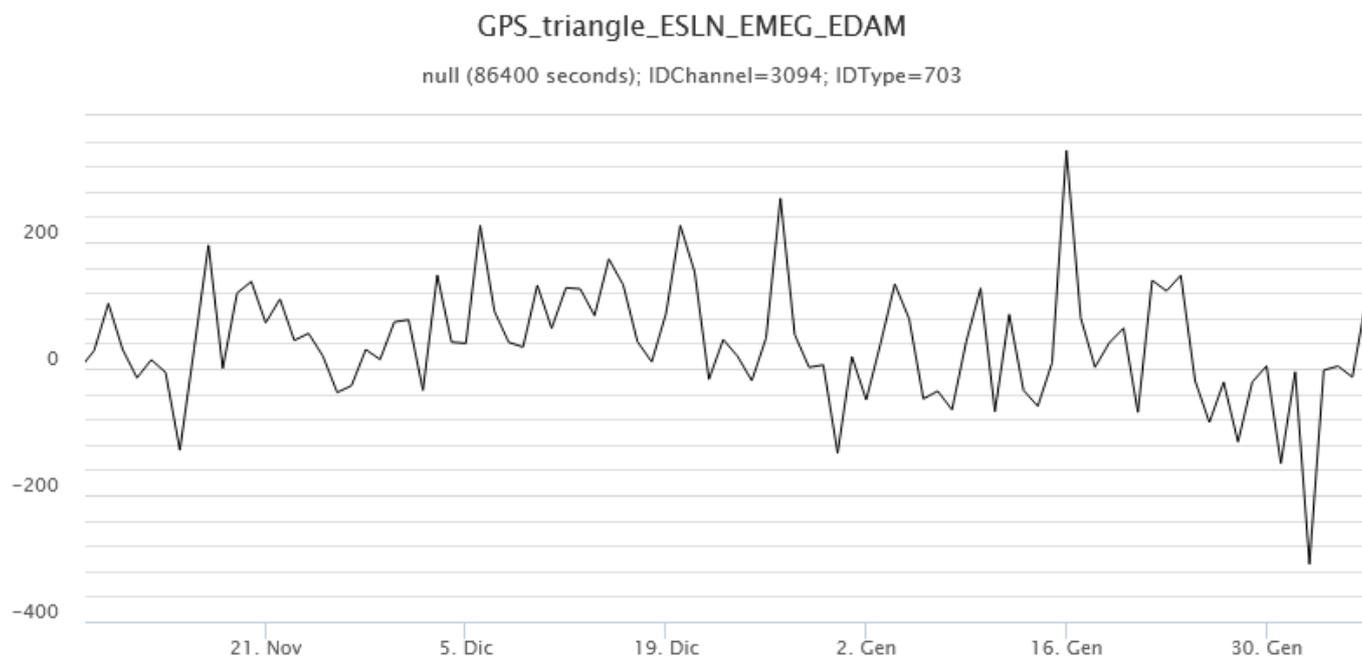


Fig. 6.1 Serie temporale della variazione areale del triangolo *ESLN-EMEG-EDAM* nel corso dell'ultimo trimestre

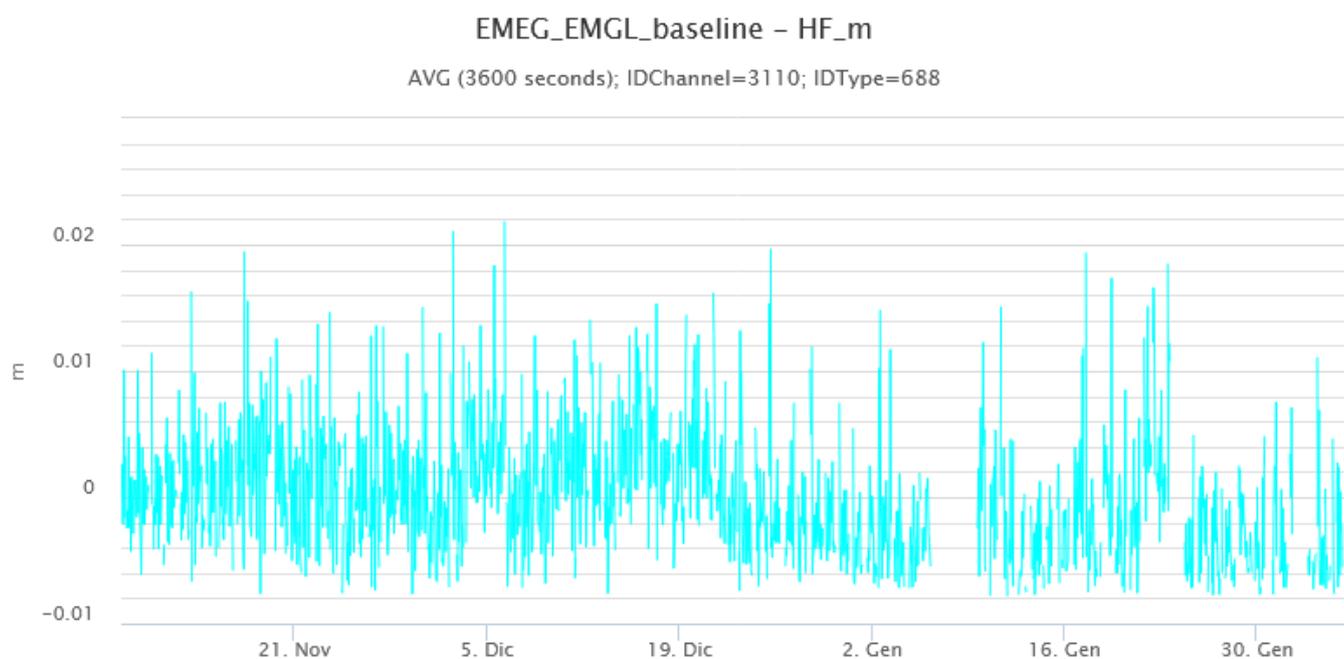


Fig. 6.2 Serie temporale della variazione di distanza *EMEG-EMGL* nel corso dell'ultimo trimestre.

I segnali della rete clinometrica non hanno mostrato variazioni significative nel corso dell'ultima settimana. A titolo esemplificativo viene riportato il segnale della stazione PDN (Pizzi Denri) ubicata in area sommitale.

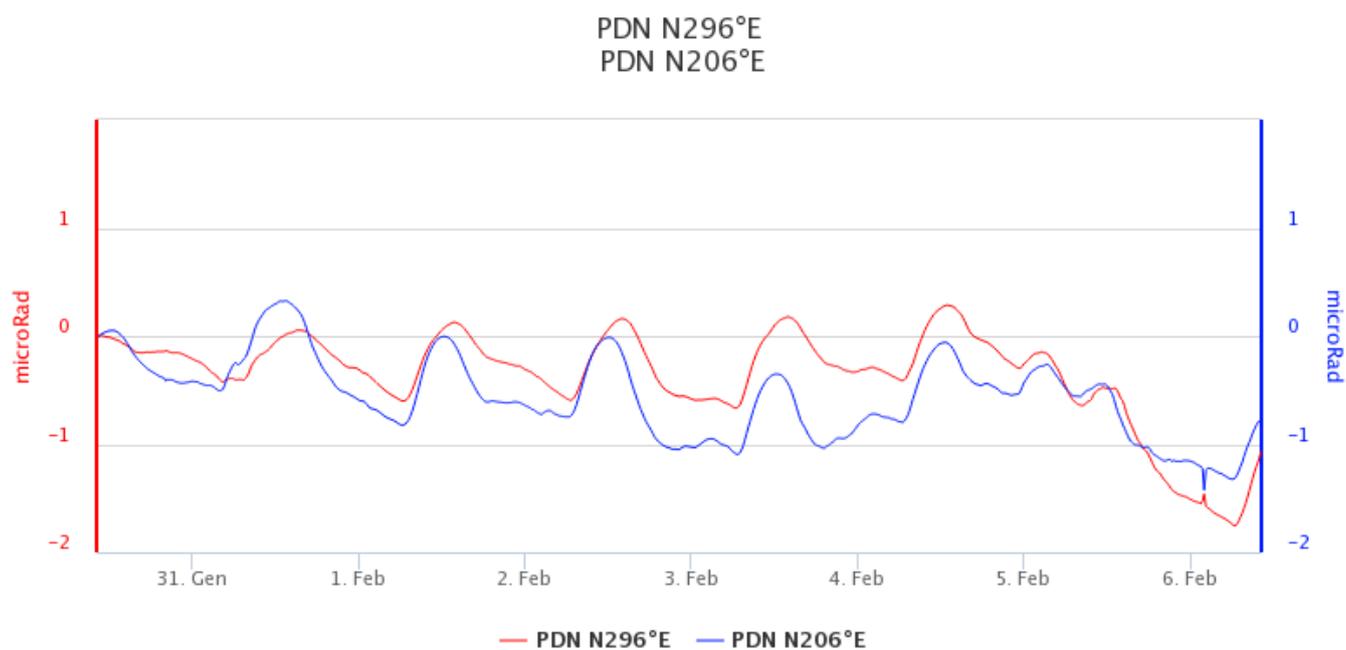


Fig. 6.3 Serie temporale delle componenti N296E e N206E del clinometro di PDN nel corso dell'ultima settimana.

7. GEOCHIMICA

Il flusso di SO₂ medio-giornaliero nel periodo in osservazione ha indicato valori su un livello medio; dalla metà di gennaio si registra un moderato incremento.

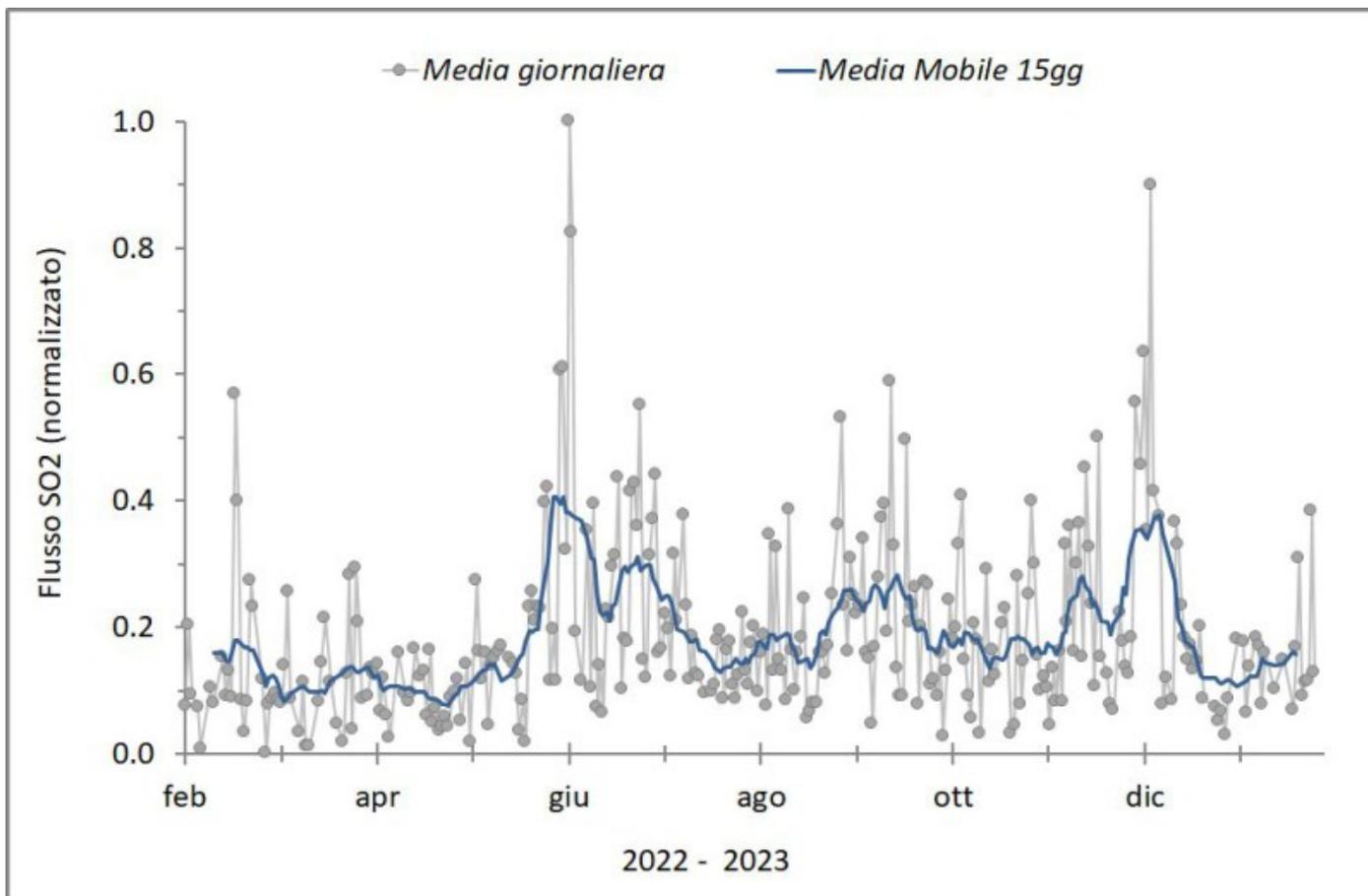


Fig. 7.1 Misure normalizzate del flusso di SO₂ registrato dalla rete FLAME nell'ultimo anno

Flussi CO₂ dal suolo (Rete Etnagas). I valori di flusso di CO₂ dal suolo registrati nell'ultima settimana non mostrano variazioni significative e si attestano su valori medio - bassi.

Etna – TotNorm

FROM: 2022-02-07 – TO: 2023-02-07 | Last Value: 0.28

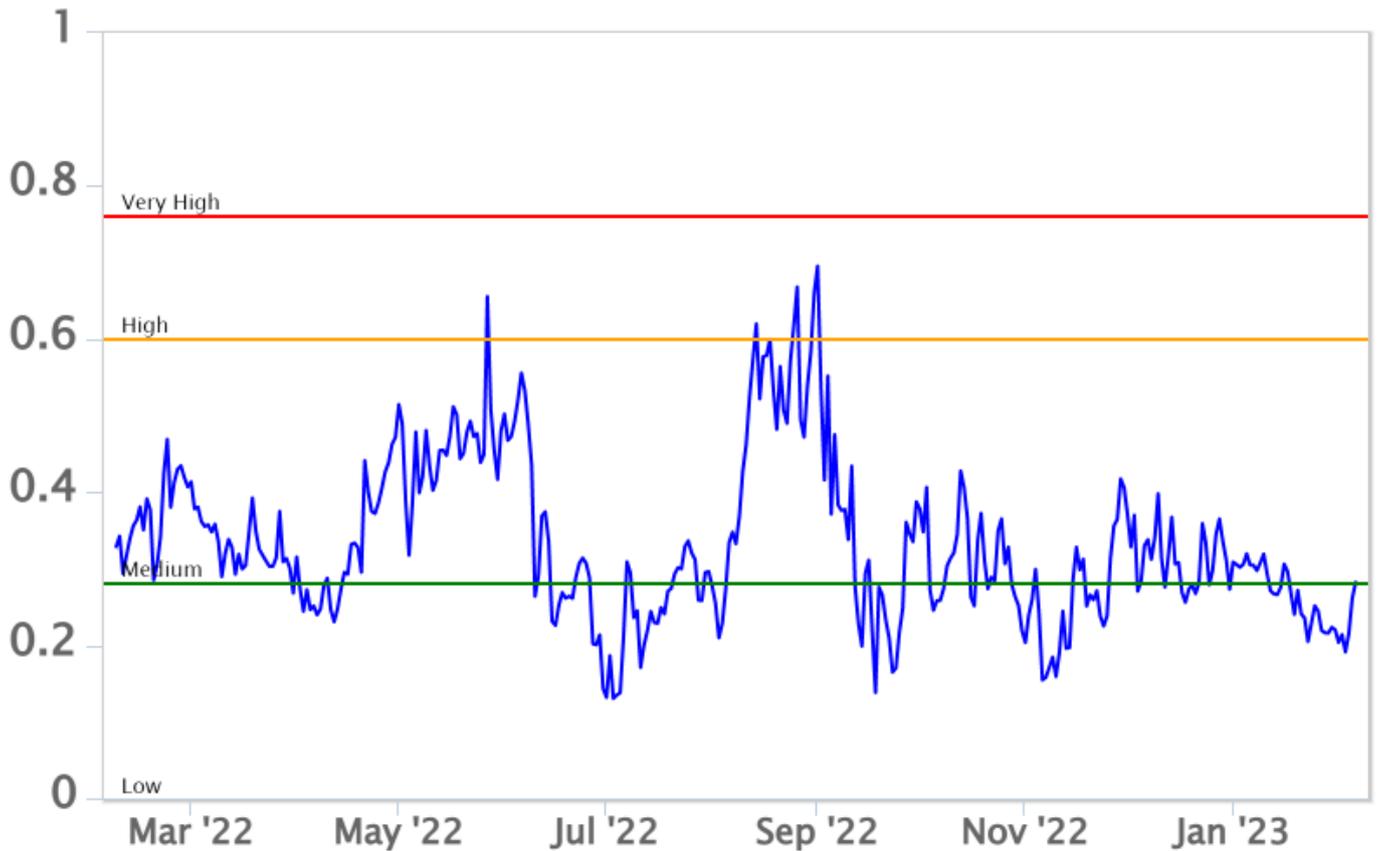


Fig. 7.2 *Curva normalizzata dei flussi complessivi della CO2 esalante dal suolo registrati dalla rete EtnaGAS nell'ultimo anno (running average su base bi- settimanale).*

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

Ponteferro – pCO₂ – Daily Average

FROM: 2022-02-07 – TO: 2023-02-07 | Last Value: 0.05

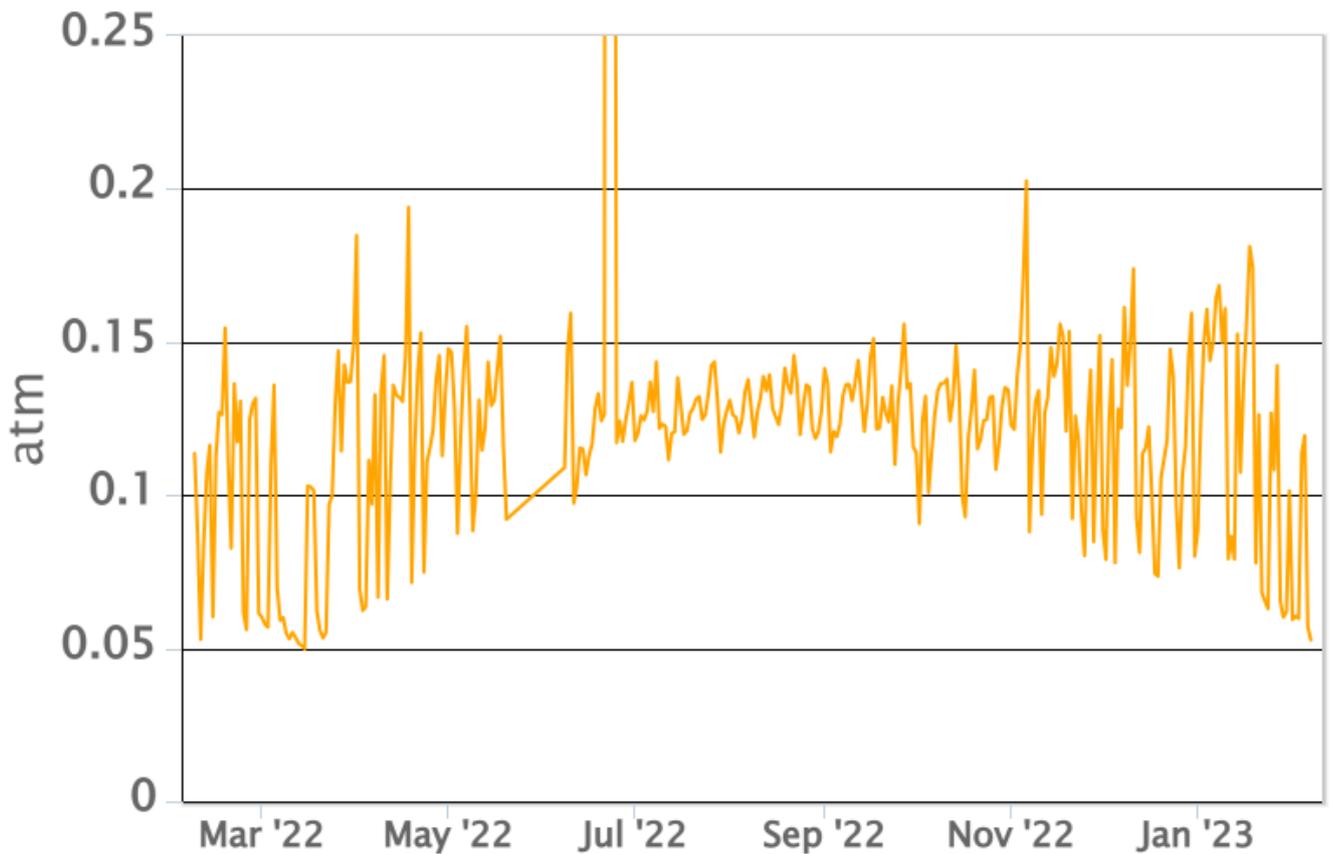


Fig. 7.3 *Andamento temporale della pressione parziale di CO₂ disciolta nell'acqua della galleria drenante di Ponteferro (medie giornaliere).*

Isotopi elio (campionamento in discreto). I dati dell'ultimo campionamento (03/02/2023) non mostrano variazioni significative rispetto quelli precedenti, attestandosi comunque sempre su livelli alti.

Etna – Rapporto Isotopico He

FROM: 2021-01-01 – TO: 2023-02-07 | Last Value: 0.63

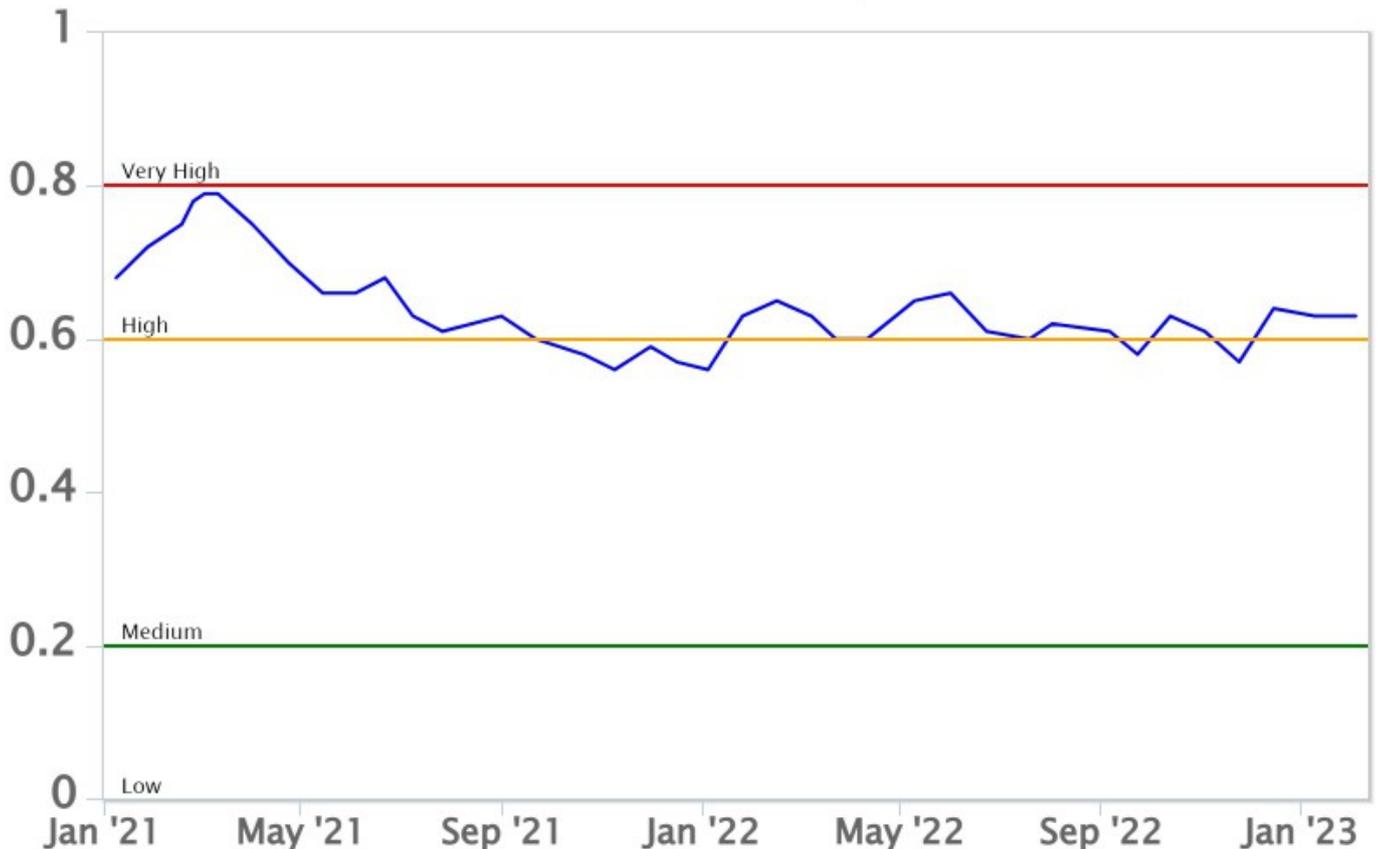


Fig. 7.4 Andamento medio del rapporto isotopico dell'elio nelle cinque manifestazioni periferiche (dati normalizzati).

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 primo ottobre 2022 alla mattina del 6 febbraio 2023 calcolate usando immagini multispettrali SEVIRI, MODIS, VIIRS e SENTINEL-3 SLSTR. Nell'ultima settimana, l'attività termica in area sommitale osservata da satellite è stata contrassegnata da anomalie con flusso termico di livello alto, in corrispondenza dell'eruzione effusiva in area sommitale (valore max > 525 MW, SENTINEL-3) misurato il 3 febbraio 2023 alle ore 20:18 UTC. Tuttavia, dalla sera del 5 febbraio 2023 sono stati registrati solo valori di flusso termico di livello basso che segnalano una interruzione dell'attività effusiva.

In Figura 8.2a è mostrata l'immagine Sentinel-2 SWIR del 3 febbraio 2023 alle ore 09:42 UTC con risoluzione spaziale di 20 m. Da questa immagine è stata ricavata la copertura areale del campo lavico attivo calcolata con un algoritmo Random Forest utilizzando le bande VIS-NIR-SWIR (Fig 8.2b): Area mappa: 0.10 km²; Numero pixel caldi: 256; Lunghezza mappa: 940 m. Dalle sequenze di immagini Sentinel-2 acquisite dal 28 novembre 2022 al 3 febbraio 2023 è stato calcolato il campo lavico cumulato nell'intero periodo (Fig. 8.2c): Area totale: 0.98 km²; Lunghezza totale: 1920 m. In Figura 8.2a è mostrata l'immagine Sentinel-2 SWIR del 6 febbraio 2023 alle ore 10:00 UTC che non evidenzia campi lavici attivi. In Figura 8.3 sono mostrati il tasso effusivo e il volume cumulato durante l'attività effusiva dell'Etna dal 28 novembre 2022 alla sera del 5 febbraio 2023 stimati dai dati satellitari MODIS, VIIRS e Sentinel-3.

Valore massimo del Tasso effusivo medio (rombi rossi) nell'ultima settimana = 2.1 m³/s (03/02/2023 20:18 UTC)

Stima del Volume medio totale (curva rossa) dell'intera attività effusiva fino alle 20:00 UTC del 05/02/2023 = 6.300.000 m³.

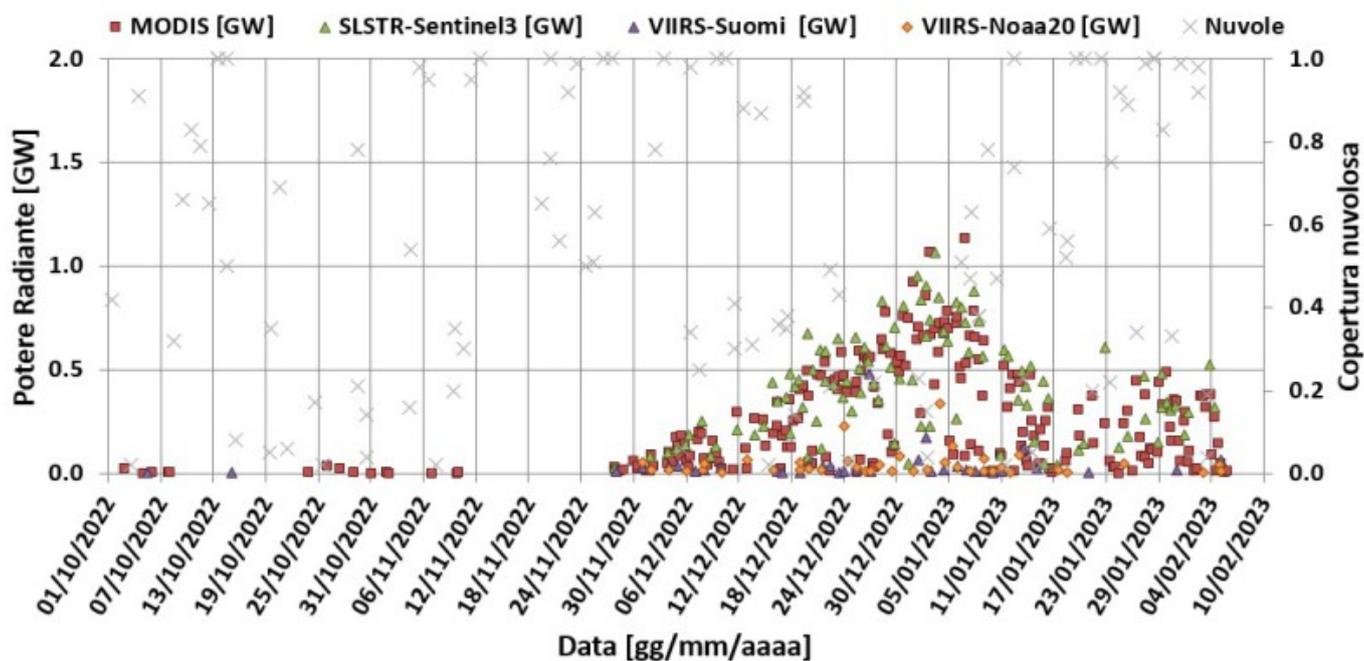


Fig. 8.1 Potere radiante calcolato da dati SEVIRI (rombo blu), MODIS (quadrato rosso) e SENTINEL-3 (triangolo verde) dal primo ottobre 2022 alla mattina del 6 febbraio 2023. Per l'intero periodo analizzato è anche riportato l'indice di nuvolosità.

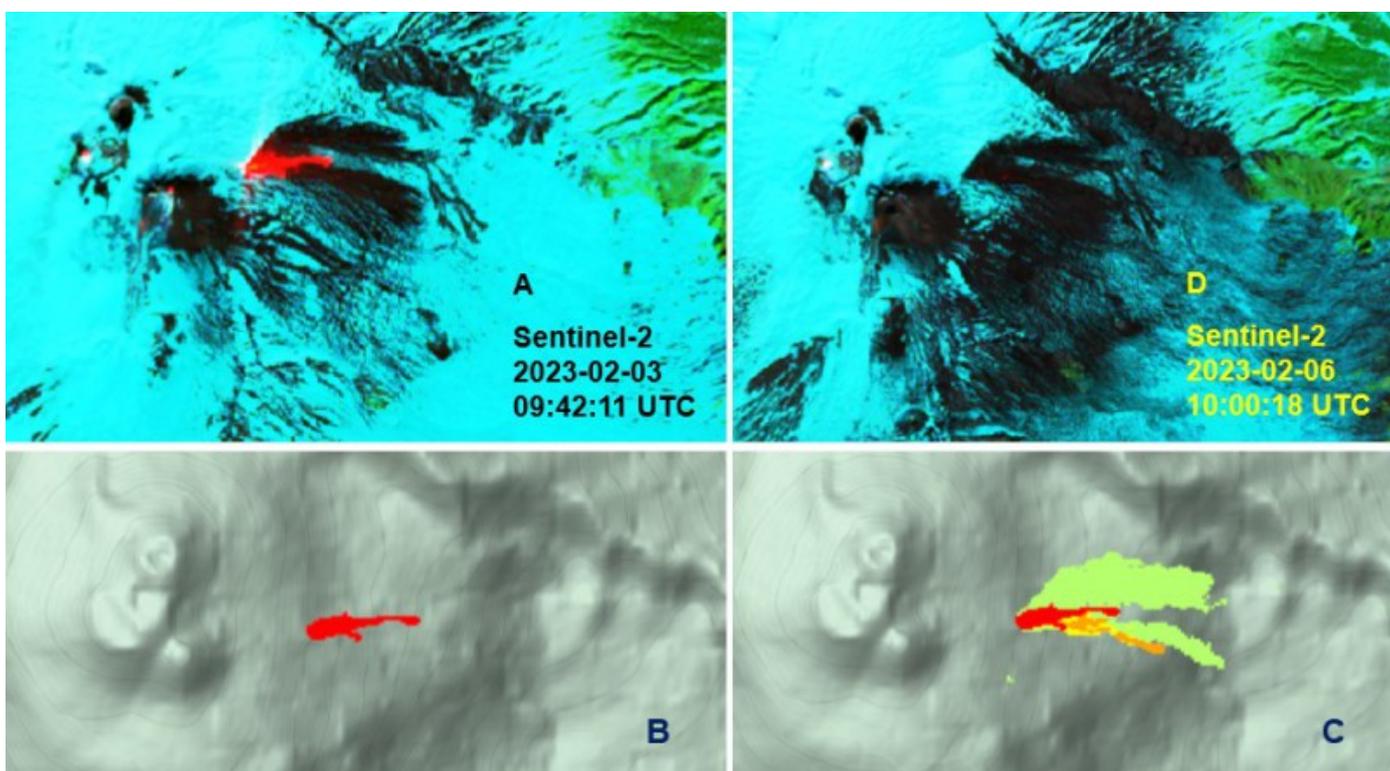


Fig. 8.2 (A) L'immagine Sentinel-2 SWIR del 3 febbraio 2023 mostra l'anomalia termica associata con l'eruzione effusiva in corso nell'area sommitale dell'Etna. (B) Mappa del campo lavico attivo costruita analizzando le bande VIS-NIR-SWIR di Sentinel-2 con un modello Random Forest. (C) Mappa del campo lavico cumulato ricavato dalla sequenza di immagini

Sentinel-2 dal 28 novembre 2022 al 3 febbraio 2023. (D) L'immagine Sentinel-2 SWIR del 6 febbraio 2023 mostra solo un campo lavico in raffreddamento.

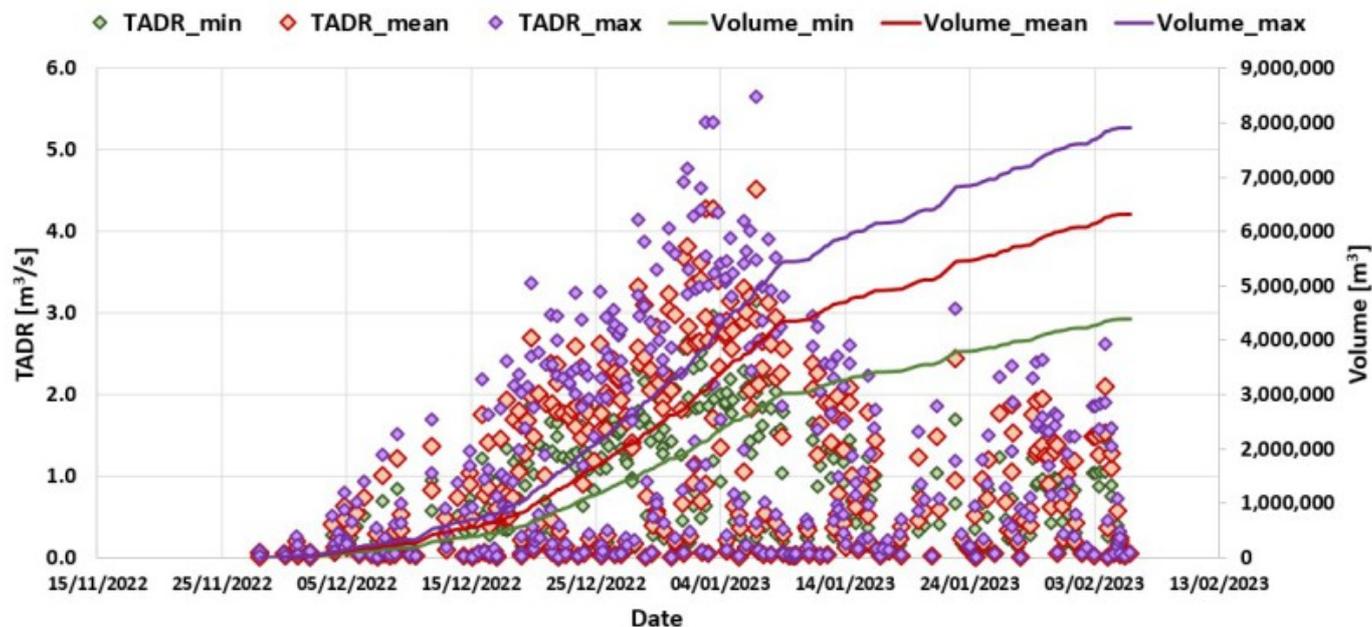


Fig. 8.3 Tasso effusivo e volume cumulato durante l'attività effusiva dell'Etna dal 28 novembre 2022 alla sera del 5 febbraio 2023 stimati dai dati satellitari MODIS, VIIRS e Sentinel-3.

9. STATO STAZIONI

Tab.9.1 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	3	0	8	11
Sismologia	2	0	26	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.