



Rep. N. M6/2024 ETNA

ETNA

BOLLETTINO MENSILE

MESE DI RIFERIMENTO GIUGNO 2024

(data emissione 02/07/2024)

1. SINTESI STATO DI ATTIVITA'

Alla luce dei dati di monitoraggio si evidenzia:

- 1) OSSERVAZIONI VULCANOLOGICHE:** Attività di degassamento principalmente a carico del Cratere Bocca Nuova e secondariamente dal Cratere di Sud-Est. A partire dal 13/14 giugno attività stromboliana al cratere Voragine ed emissioni laviche intracrateriche.
- 2) SISMOLOGIA:** Bassa attività sismica da fratturazione. Ampiezza media del tremore vulcanico sul livello basso fino al 23 giugno; graduale incremento nei giorni successivi fino ad attestarsi, già dalla fine del mese, su valori alti.
- 3) INFRASUONO:** Bassa attività infrasonica, con sorgenti principalmente localizzate in corrispondenza del Cratere di Sud-Est.
- 4) DEFORMAZIONI DEL SUOLO:** Nel corso dell'ultimo mese di osservazione, le reti di monitoraggio delle deformazioni del suolo non hanno registrato variazioni significative.
- 5) GEOCHIMICA:** Flusso di SO₂ su un livello medio ed in moderato incremento dalla seconda metà del mese di giugno
Il flusso di CO₂ è stabile, su valori medi
La pressione parziale di CO₂ disciolta non mostra variazioni di rilievo
Il rapporto isotopico dell'elio si attesta su livelli alti.
- 6) OSSERVAZIONI SATELLITARI:** L'attività termica osservata da satellite in area sommitale è stata generalmente di livello da basso a moderato con isolate anomalie termiche di livello alto in corrispondenza dell'attività effusiva.
- 7) ALTRE OSSERVAZIONI:** Il magma che ha alimentato i primi giorni dell'attività stromboliana della

Voragine ha una composizione molto più evoluta (ossia meno primitiva) di quello emesso l'ultimo parossismo del Cratere di Sud-Est dell'1 dicembre 2023; ciò suggerisce che, nel primo semestre del 2024, il reservoir magmatico superficiale del vulcano è stato poco/nulla alimentato da ricariche di magma più profondo. Ulteriori analisi su campioni più recenti sono in corso per verificare eventuali variazioni della composizione del magma nel tempo.

2. SCENARI ATTESI

Attività stromboliana frequente dai crateri sommitali accompagnata da emissioni laviche. Non è possibile escludere un'evoluzione dei fenomeni verso un'attività più energetica con formazione di colonne eruttive, nubi di cenere e flussi piroclastici.

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 imprevista e rapida, implicando quindi un livello di pericolosità mai nullo.

3. OSSERVAZIONI VULCANOLOGICHE

Nel corso del periodo di osservazione, il monitoraggio dell'attività vulcanica dell'Etna è stato effettuato mediante l'analisi delle immagini della rete di telecamere di sorveglianza dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Etneo (INGV-OE) e attraverso sopralluoghi in area sommitale e rilievi aerei con droni svolti da personale INGV-OE.

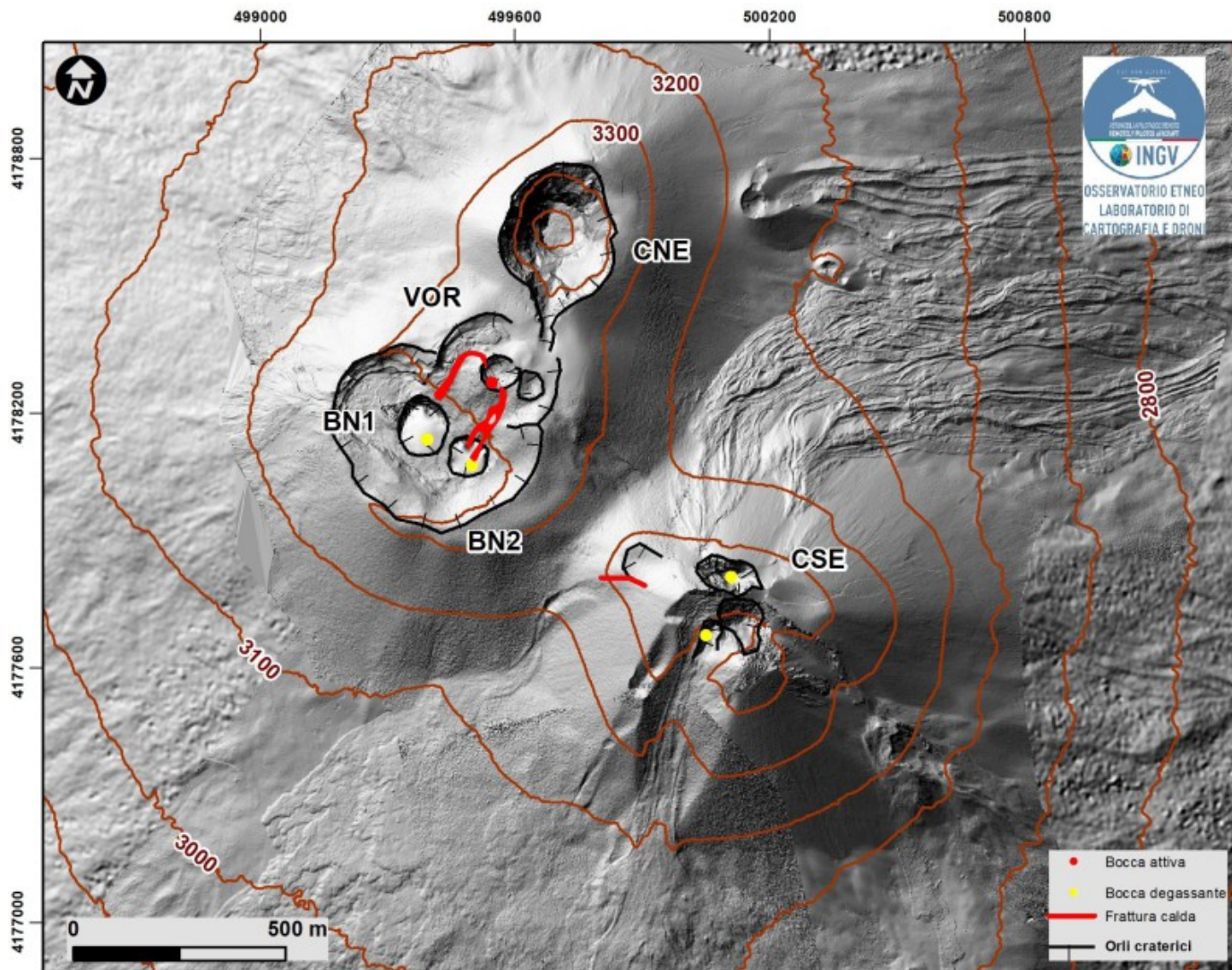


Fig. 3.1 Modello ombreggiato del terreno dei crateri sommitali dell’Etna ottenuto attraverso l’elaborazione delle immagini da drone acquisite durante diversi sorvoli (giugno, luglio e settembre 2023), sovrapposto al modello ombreggiato derivato da immagini Pleiades del 22 agosto 2020. CSE = Cratere di Sud-Est, CNE = Cratere di Nord-Est, BN=Bocca Nuova, VOR=Voragine. In mappa sono riportate schematicamente in rosso le colate laviche generate dall’attività eruttiva del Cratere Voragine.

Durante il mese di giugno l’attività di degassamento dei crateri sommitali (Fig.3.1) è stata a carico, principalmente, del cratere Bocca Nuova e secondariamente dal Cratere di SE come nel periodo precedente (vedi Rep. N. M5/2024 ETNA). In particolare, il degassamento dal cratere Bocca Nuova si caratterizza per un regime variabile a tratti impulsivo con emissione di gas ad alta temperatura che alimenta bagliori visibili nelle ore notturne (Fig. 3.2). Raramente si osservano episodiche emissioni di blanda cenere rossastra che si disperde rapidamente in area sommitale. Il degassamento dal cratere di Sud-Est è prodotto da un’area fumarolizzata presente nel settore orientale del cono, dal cratere a pozzo del 2 aprile 2024 localizzato sull’orlo craterico settentrionale (Fig. 3.2), e dalla bocca orientale che è stata caratterizzata da deboli emissioni di cenere generate nel periodo 6-9 giugno. Il Cratere di NE è, invece, interessato solamente da una debole attività fumarolica in un’area della parete interna nord-occidentale (Fig. 3.2).

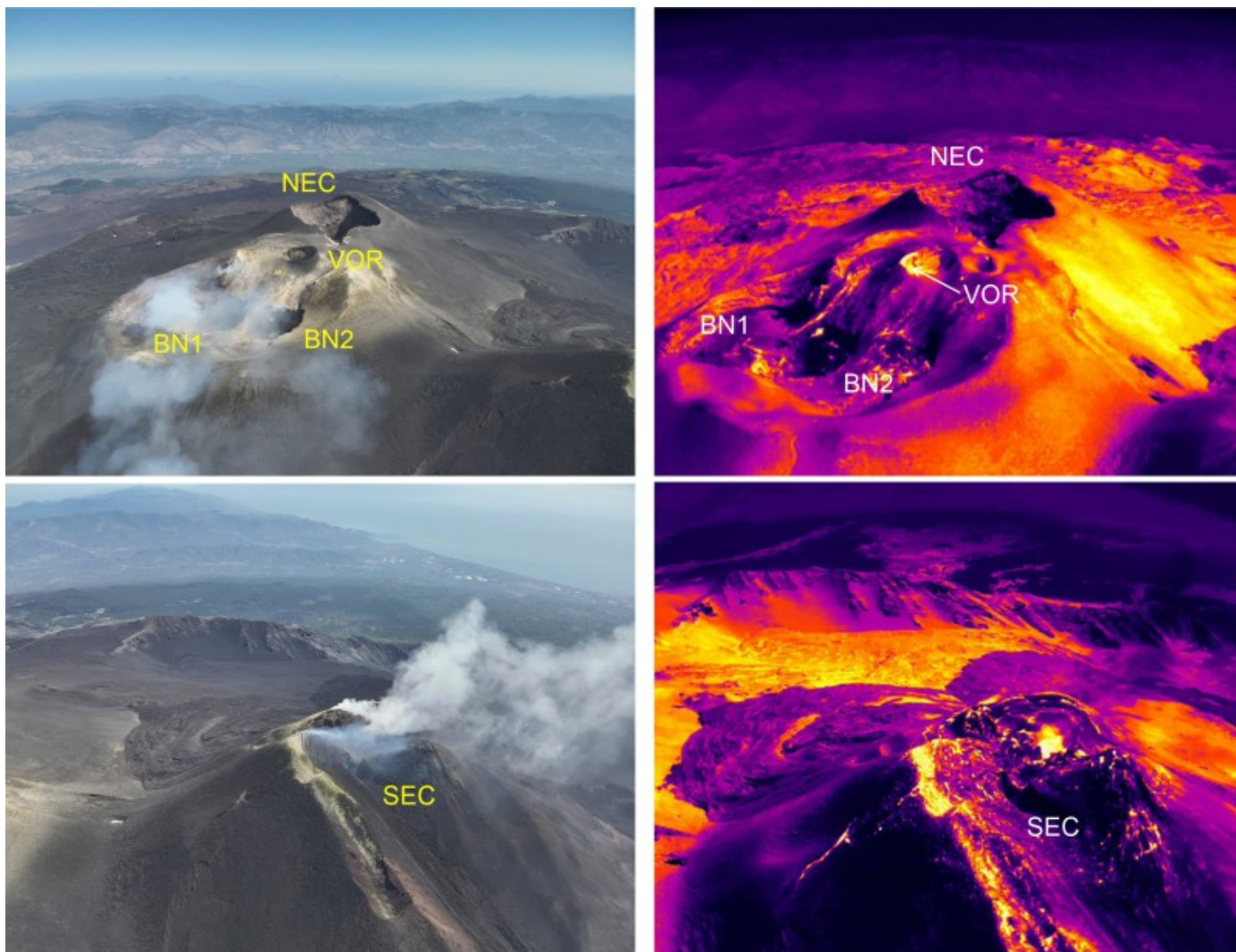


Fig. 3.2 Ripresa aerea con drone del 18 giugno. In alto, immagine visibile e termica panoramica dei crateri Bocca Nuova (BN1 e BN2) del Cratere di NE (NEC) e del cratere Voragine (VOR) caratterizzato da un'anomalia termica indicata dalla freccia bianca dovuta all'attività eruttiva. In basso, immagine visibile e termica del Cratere di SE (SEC).

Il Cratere Voragine durante la prima metà del mese di giugno si presentava, come i mesi precedenti, privo di qualunque tipo di attività. A partire dal 13/14 giugno ha avuto inizio una debole attività stromboliana nella parete interna meridionale del cono di scorie formatosi durante l'attività del 2019-2021 (Fig.3.3a). Inizialmente le esplosioni avvenivano circa ogni 10 minuti e hanno costruito un piccolo hornitos (Fig.3.3b). Nei giorni successivi l'accumulo di materiale piroclastico ha iniziato a formare un piccolo cono di scorie intracraterico e, a partire dal 26 giugno, l'attività stromboliana prodotta da due bocche ha iniziato ad intensificarsi. Tra il 27 e il 30 giugno, il nuovo cono di scorie aveva raggiunto una ventina di metri di altezza (Fig. 3.3c).



Fig. 3.3 a) 14 giugno, attività stromboliana da una bocca posta nella parete interna meridionale del cratere Voragine. b) 25 giugno, il cono di scorie in formazione (fotografia cortesia M. Mannino); c) 30 giugno, attività stromboliana da due bocche del cono di scorie.

A partire dal 29 giugno ha inizio un modesto flusso lavico da una bocca posta sul fianco sud-orientale del nuovo cono, che si riversa nell'adiacente cratere a pozzo della Bocca Nuova (BN-2) (Fig.3.4). l'1 luglio 2024 viene generato un secondo piccolo flusso lavico da una bocca localizzata su fianco nord-occidentale del nuovo cono di scorie (Fig.3.5).



Fig. 3.4 Ripresa, dal bordo meridionale del Bocca Nuova, dell'attività stromboliana del cono di scorie e della colata lavica che si riversa all'interno del cratere a pozzo BN2. Si osserva, inoltre, il fronte lavico della colata lavica generata il 1 luglio che si dirige verso il cratere a pozzo BN1.



Fig. 3.5 Ripresa, dal bordo occidentale del cratere Voragine, dell'attività stromboliana del cono di scorie e della colata lavica generata il 1 luglio.

4. SISMOLOGIA

SISMICITA': Nel mese di giugno la sismicità legata a processi di fratturazione è stata caratterizzata da un basso livello di attività: in tutto sono stati registrati tre terremoti di magnitudo pari o superiore a 2.0 (Fig. 4.1). In particolare due eventi con MI compresa tra 2.1 e 2.2 sono stati registrati nei giorni 6 e 12 giugno. Gli eventi sono stati localizzati nel versante sud-occidentale del vulcano, in prossimità di Monte Intraleo, ad una profondità compresa tra circa 14 e 16 km (Fig. 4.2 e Tab. 4.1). Il terzo evento, registrato il 16 giugno (MI=2.0), è stato localizzato in corrispondenza dei Crateri Centrali ad una profondità di circa 1.5 km sotto il livello del mare (Fig. 4.2 e Tab. 4.1).

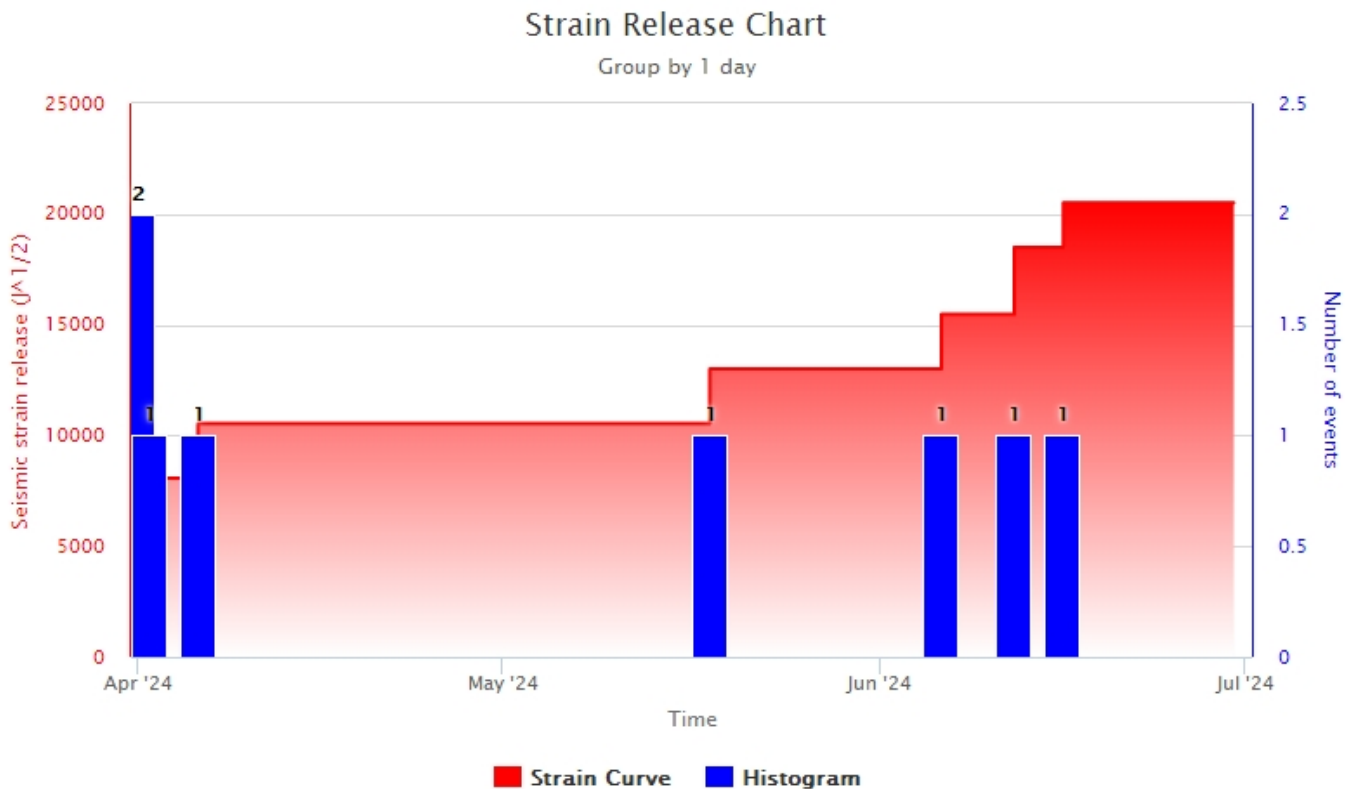


Fig. 4.1 Frequenza giornaliera di accadimento e curva cumulativa del rilascio di strain sismico dei terremoti con M_I pari o superiore a 2.0 registrati nell'ultimo trimestre.

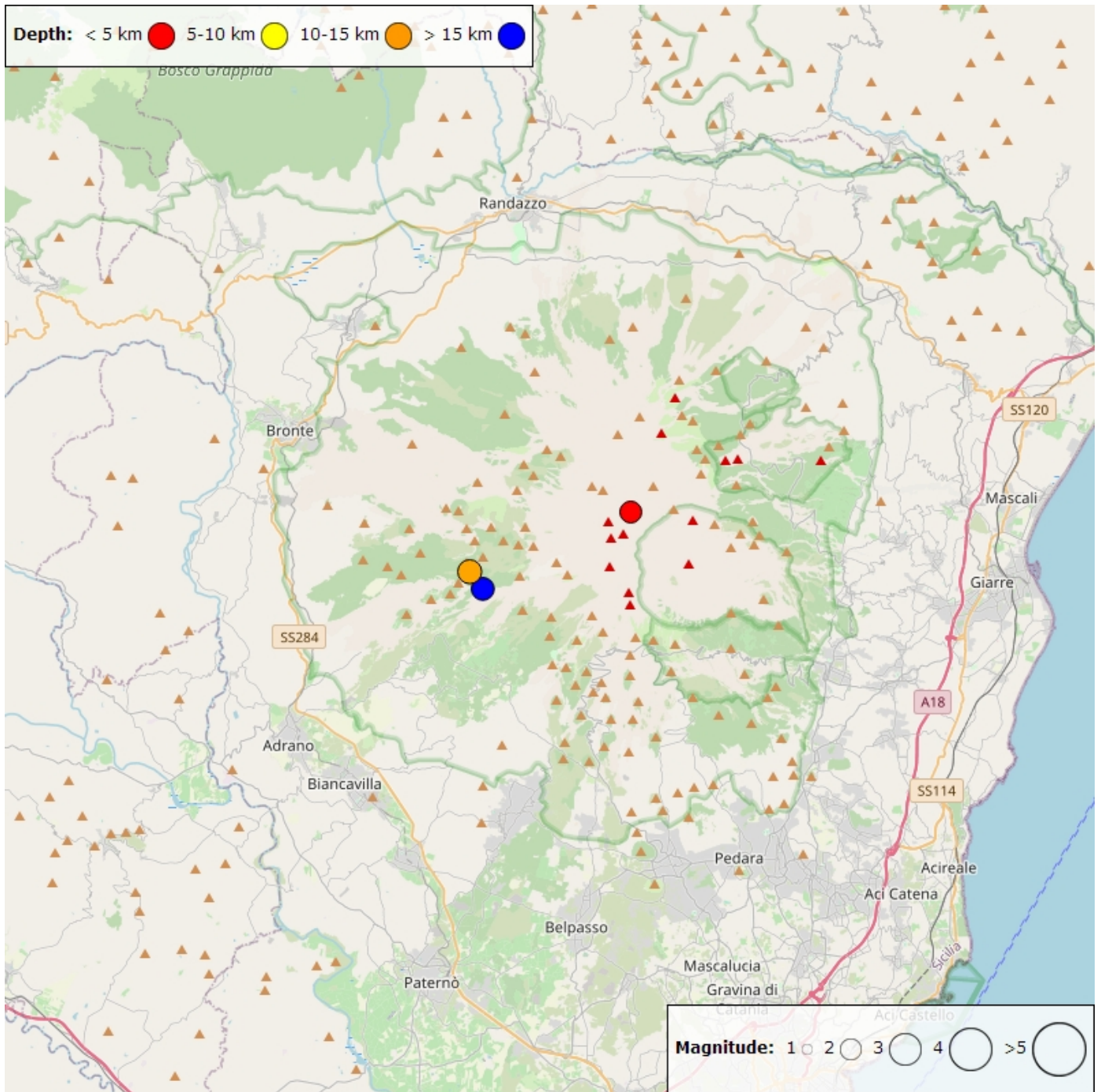


Fig. 4.2 Distribuzione della sismicità con MI pari o superiore a 2.0 nell'ultimo mese.

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

DateTime	ML	Prof. (km)	Area epicentrale
06/06/2024 18:26	2.1	16.8	1.2 km E from M. Intraleo (CT)
12/06/2024 02:15	2.2	14.9	1.1 km NE from M. Intraleo (CT)
16/06/2024 23:55	2.0	1.4	0.9 km E from Crateri Centrali (CT)

TREMORE VULCANICO: L'ampiezza media del tremore vulcanico, nel corso del mese di giugno, si è mantenuta essenzialmente su valori bassi (Fig. 4.2). A partire dal pomeriggio del 23 giugno si è osservato

un graduale incremento fino ad attestarsi, già dalla fine del mese, su valori alti. Il centroide delle sorgenti è stato localizzato principalmente nell'area del cratere di Sud Est, in un intervallo di profondità compreso tra 2500 e 3000m al di sopra del livello medio del mare (Fig. 4.3). Dalla fine del mese le sorgenti sono state localizzate più a nord, tra il cratere di Sud Est e i Crateri Centrali.

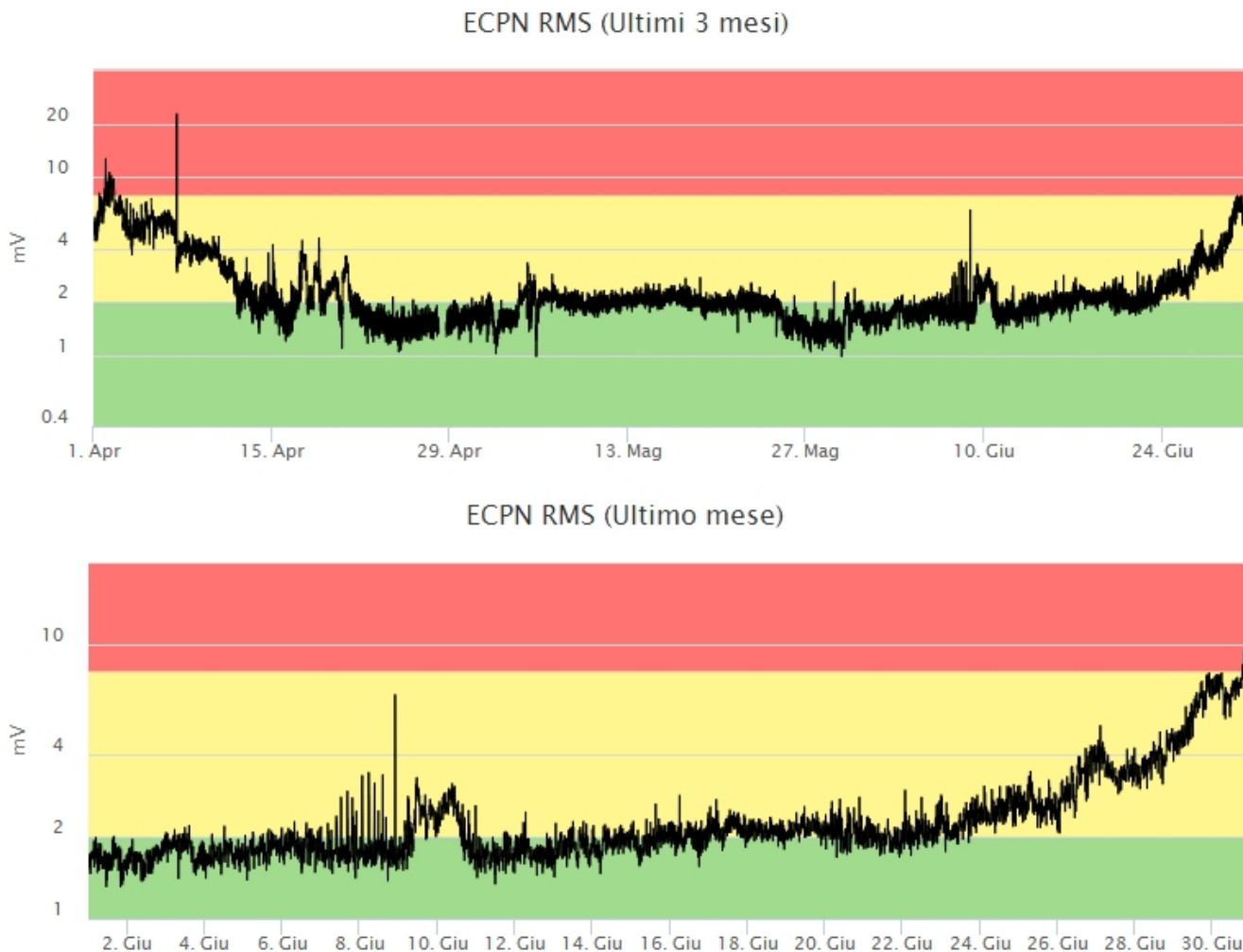


Fig. 4.3 *Andamento temporale dell'ampiezza del tremore vulcanico: valori RMS nell'ultimo mese secondo tre livelli di ampiezza (basso=verde, medio=giallo, alto=rosso).*

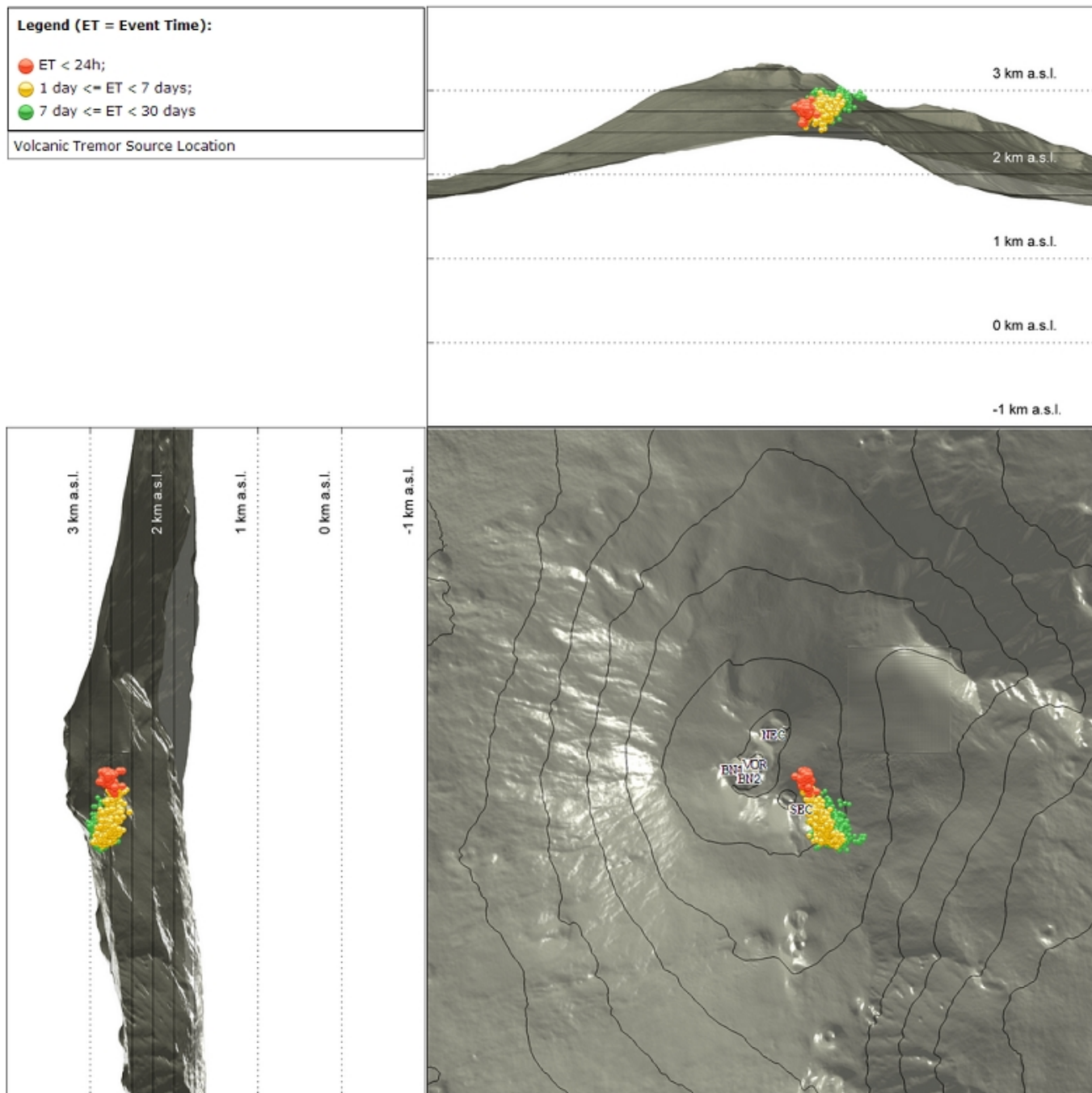


Fig. 4.4 Localizzazione della sorgente del tremore vulcanico. (SEC= cratere SE; VOR = cratere Voragine; NEC = cratere NE; BN1 = cratere 1 Bocca Nuova; BN2 = cratere 2 Bocca Nuova).

5. INFRASUONO

Nel corso del mese di giugno il tasso di occorrenza degli eventi infrasonici localizzati è stato basso, con un andamento in leggera diminuzione rispetto al mese precedente (Fig. 5.1). Gli eventi sono stati localizzati principalmente nell'area del Cratere di Sud-Est e sono stati caratterizzati da valori di ampiezza per la gran parte medio-bassi (Fig. 5.2).

Conteggio eventi infrasonici localizzati (ultimi 3 mesi)

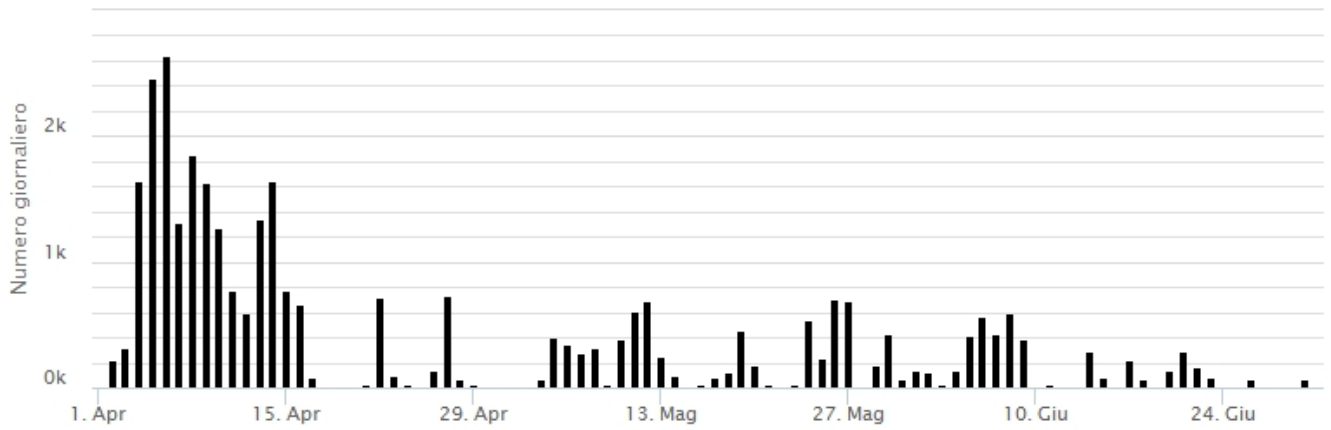


Fig. 5.1 Andamento della frequenza giornaliera di accadimento degli eventi infrasonici localizzati

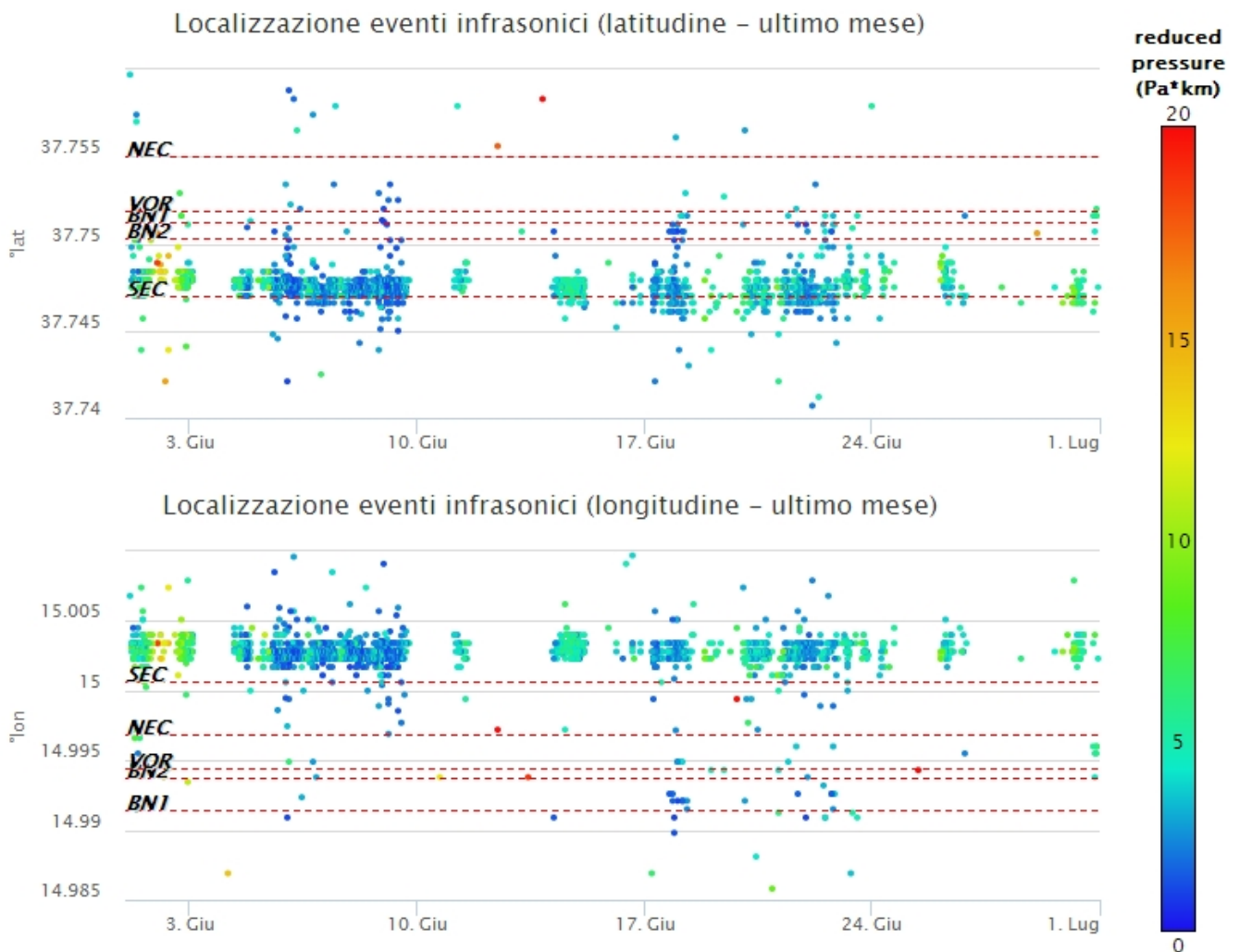


Fig. 5.2 Andamento temporale dei parametri di localizzazione (longitudine e latitudine) degli eventi infrasonici localizzati nell'ultimo mese. (SEC= cratere SE; VOR = cratere Voragine; NEC = cratere NE; BNI = cratere 1 Bocca Nuova; BN2 = cratere 2 Bocca Nuova). A destra nel grafico, il colore dell'indicatore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

6. DEFORMAZIONI DEL SUOLO

I dati della rete GNSS permanente acquisiti ad alta frequenza non hanno mostrato variazioni significative nel corso dell'ultimo mese. Si riporta di seguito l'andamento durante l'ultimo trimestre della variazione giornaliera della componente Est della stazione sommitale Cratere di Nord-Est (ECNE) e l'andamento dell'ultimo trimestre della baseline che unisce i caposaldi M. Egitto (EMEG) e M. Gallo (EMGL) posti nel settore medio occidentale.

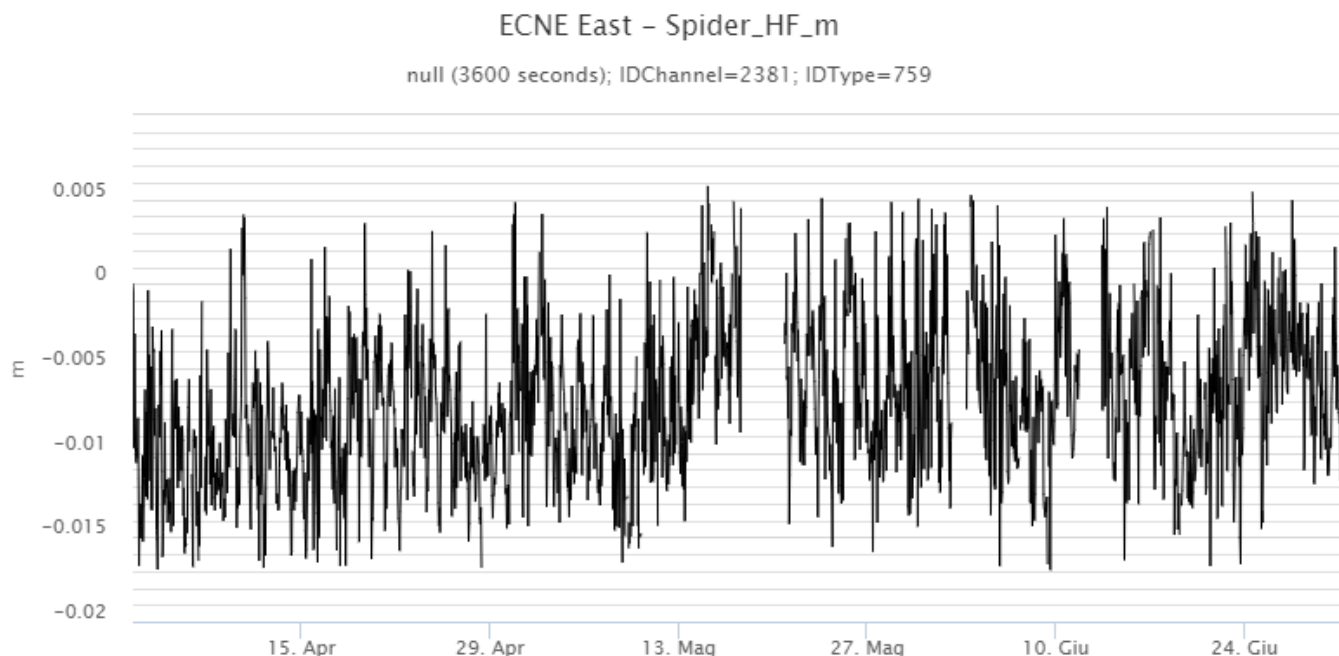


Fig. 6.1 *Andamento nell'ultimo trimestre della componente Est della stazione Cratere di Nord-Est (ECNE) ubicata in area sommitale*

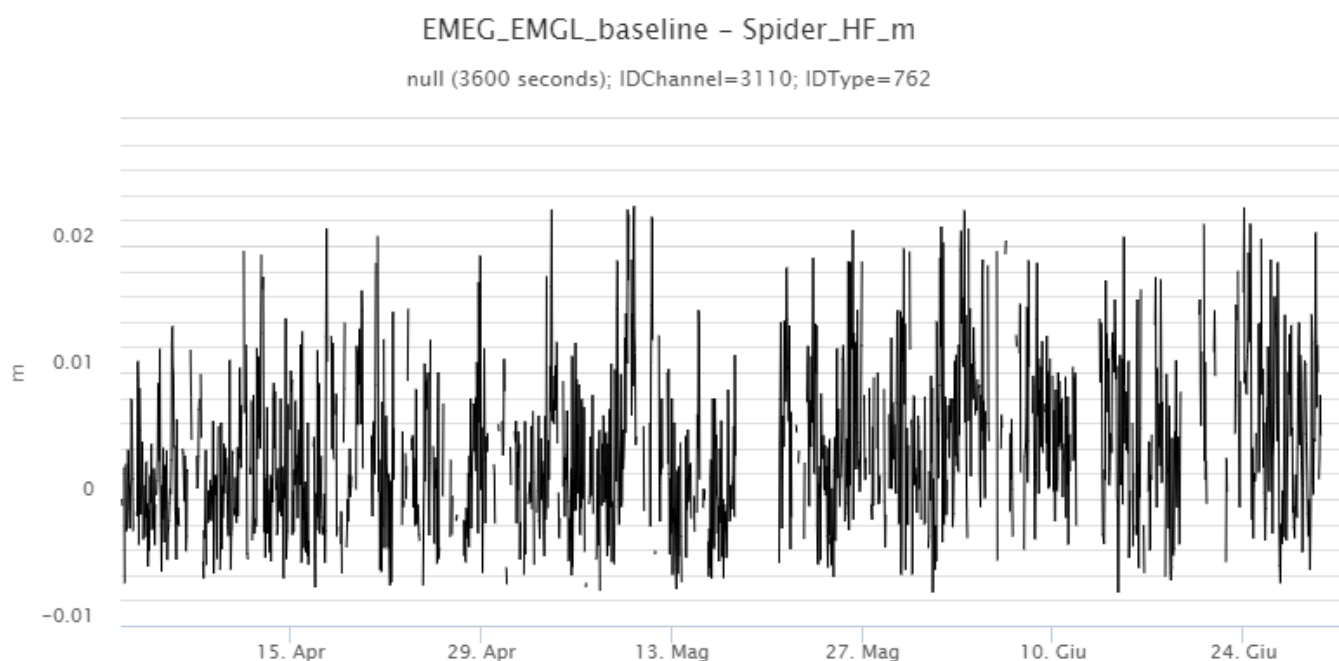


Fig. 6.2 *Andamento nell'ultimo bimestre della baseline che unisce i caposaldi M. Egitto (EMEG) e M. Gallo (EMGL) posti nel settore medio occidentale.*

I segnali della rete clinometrica non hanno mostrato variazioni significative nel corso del periodo di osservazione, neppure in corrispondenza della ripresa dell'attività esplosiva ed effusiva all'interno del Cratere Voragine. Di seguito si riportano come esempi i grafici relativi al segnale registrato nell'ultimo trimestre alla stazione di Monte Conca (MCN), ubicata nel medio-alto settore nord-orientale del vulcano, e dell'ultimo mese della stazione di Pizzi Deneri (PDN), ubicata in area sommitale.



Fig. 6.3 Segnale clinometrico registrato nell'ultimo trimestre alla stazione di Monte Conca (MCN) ubicata nel medio-alto settore nord-orientale del vulcano.

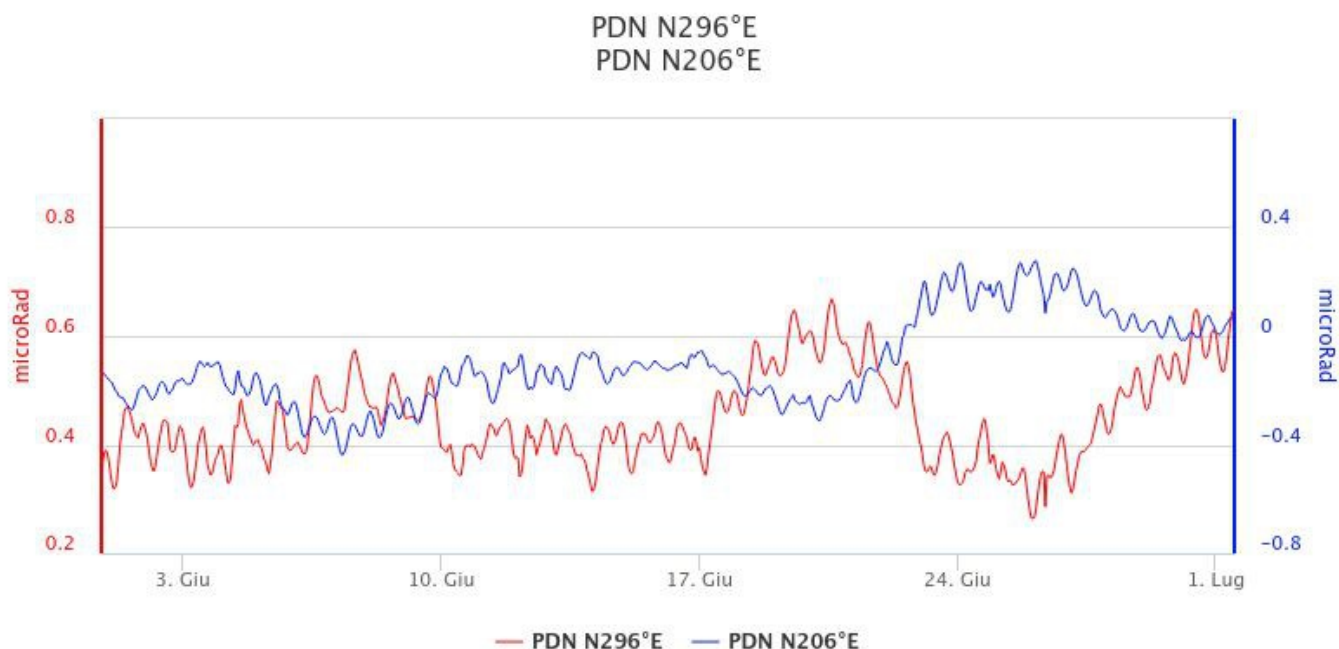


Fig. 6.4 Segnale clinometrico registrato nell'ultimo trimestre alla stazione di Pizzi Deneri (PDN) ubicata in area sommitale

7. GEOCHIMICA

Il flusso di SO₂ medio-giornaliero misurato nel plume vulcanico dell'Etna nel corso dell'ultimo mese indica valori che nel complesso si mantengono su un livello medio; da giorno 22 giugno si registra un moderato incremento.

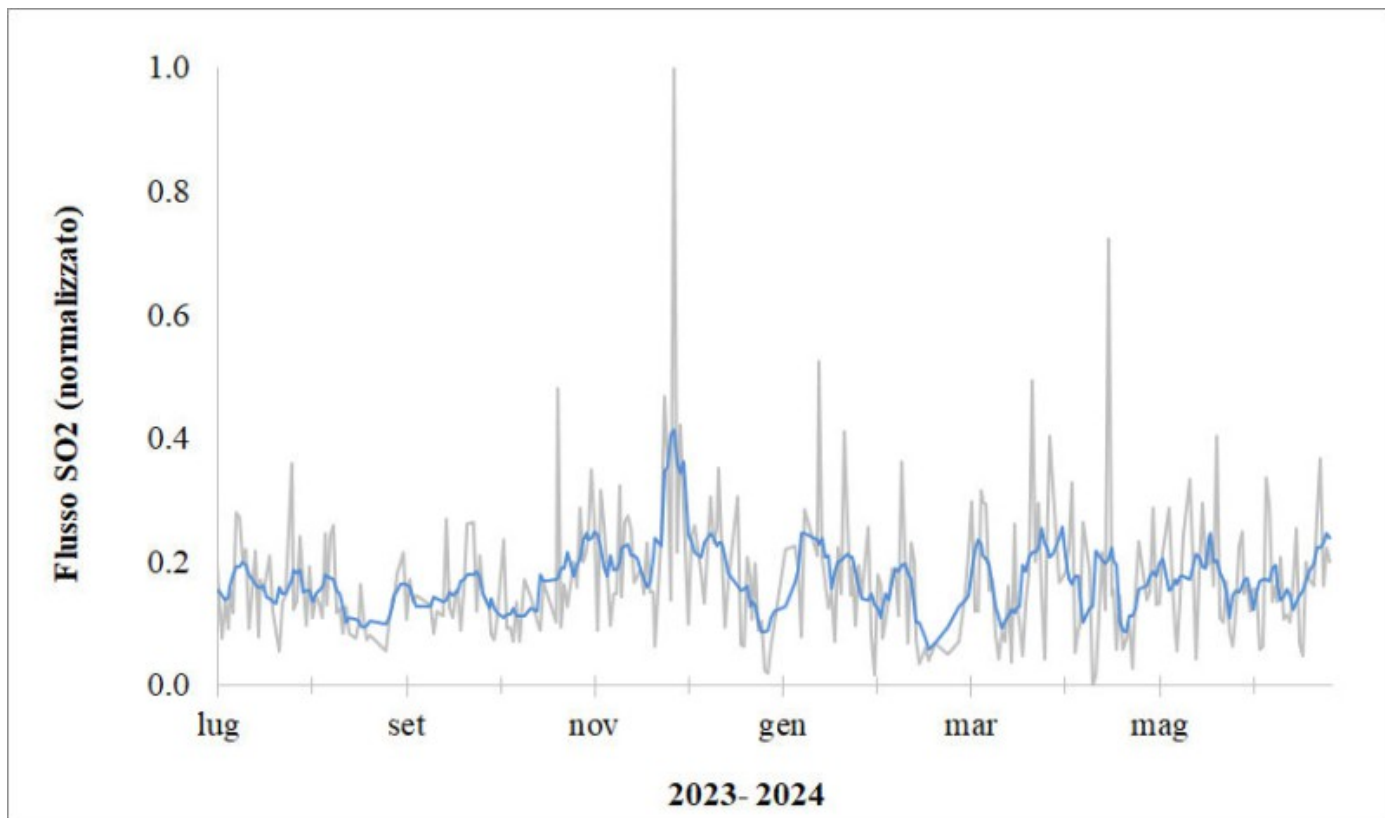


Fig. 7.1 Misure normalizzate del flusso di SO₂ registrato dalla rete FLAME nell'ultimo anno

Flussi CO₂ dal suolo (Rete EtnaGas). Il flusso di CO₂ emessa dal suolo mostra un andamento costante, nel campo dei valori medi.

Etna – TotNorm

FROM: 2023-07-02 – TO: 2024-07-02 | Last Value: 0.30

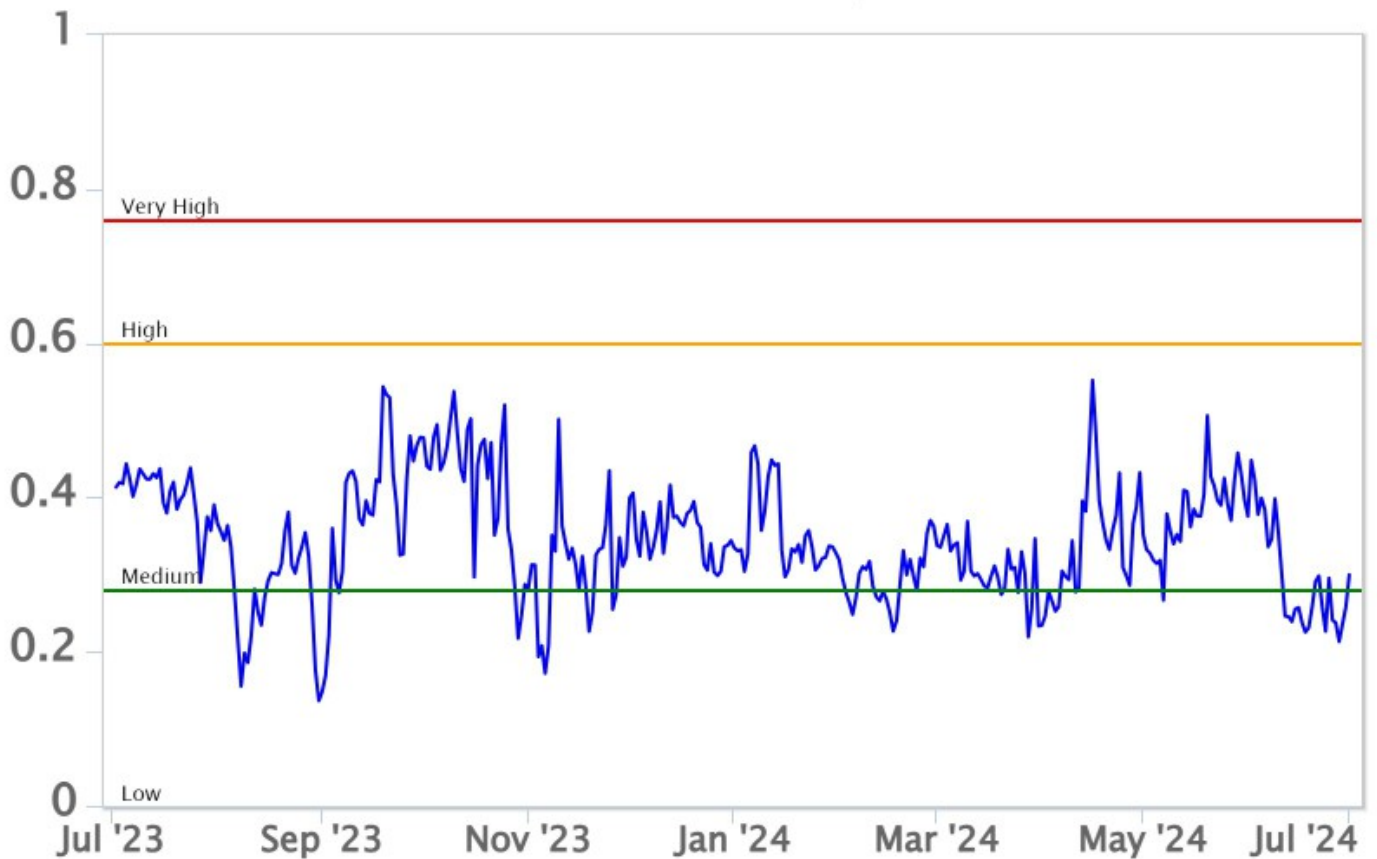


Fig. 7.2 *Curva normalizzata dei flussi complessivi della CO2 esalante dal suolo registrati dalla rete EtnaGAS nell'ultimo anno (running average su base bi- settimanale)*

CO2 in falda (Rete EtnaAcque). La pressione parziale della CO2 disciolta nell'acqua della galleria drenante in località Ponteferro (Santa Venerina) non mostra variazioni di rilievo; i valori misurati permangono nel range di variabilità stagionale.

Ponteferro – pCO₂ – Daily Average

FROM: 2023-07-02 – TO: 2024-07-02 | Last Value: 0.14

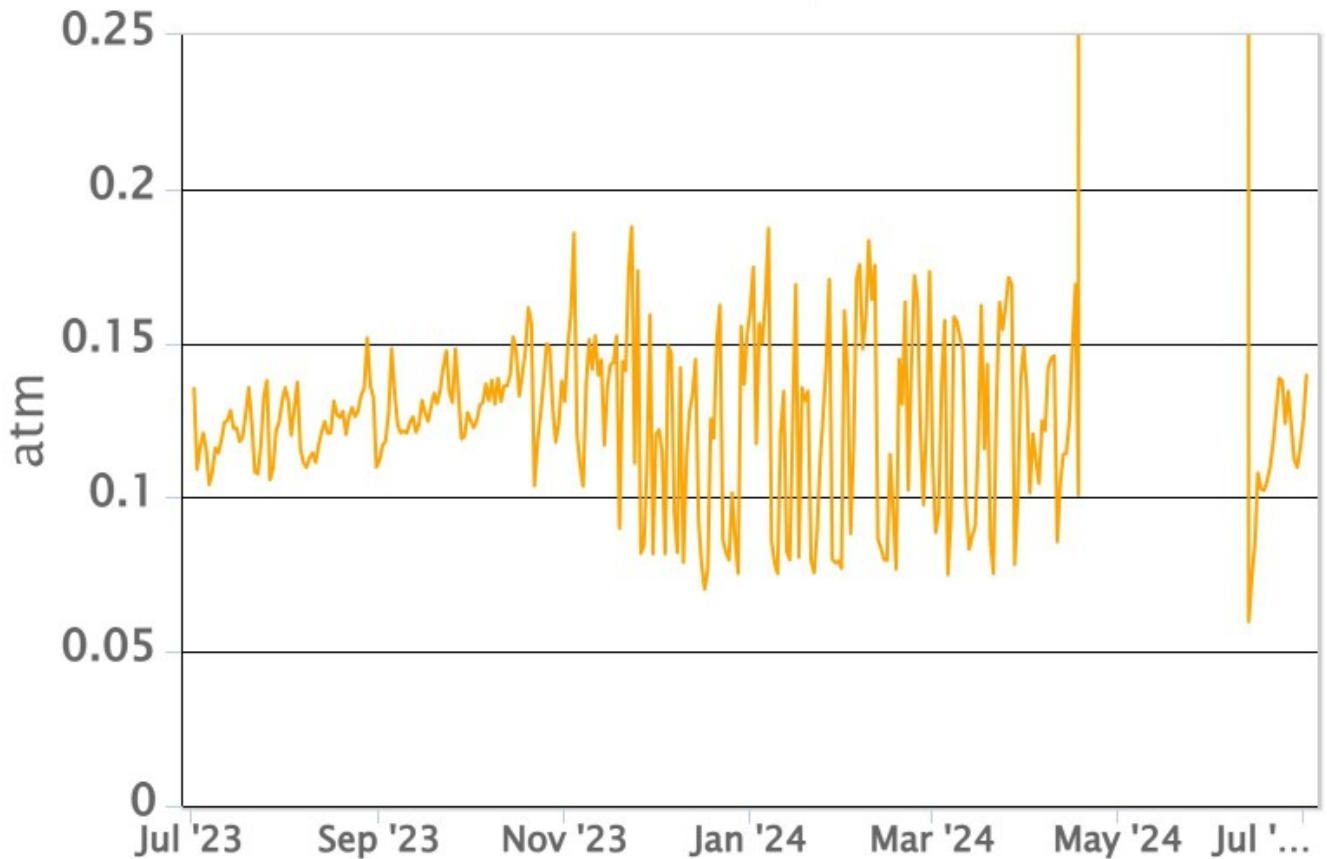


Fig. 7.3 Andamento temporale della pressione parziale di CO₂ disciolta nelle acque della galleria drenante di Ponteferro (medie giornaliere).

Il valore medio del rapporto isotopico dell'elio misurato nei siti periferici mostra valori piuttosto stabili che si attestano su un livello alto.

Etna – Rapporto Isotopico He

FROM: 2021-01-01 – TO: 2024-07-02 | Last Value: 0.62

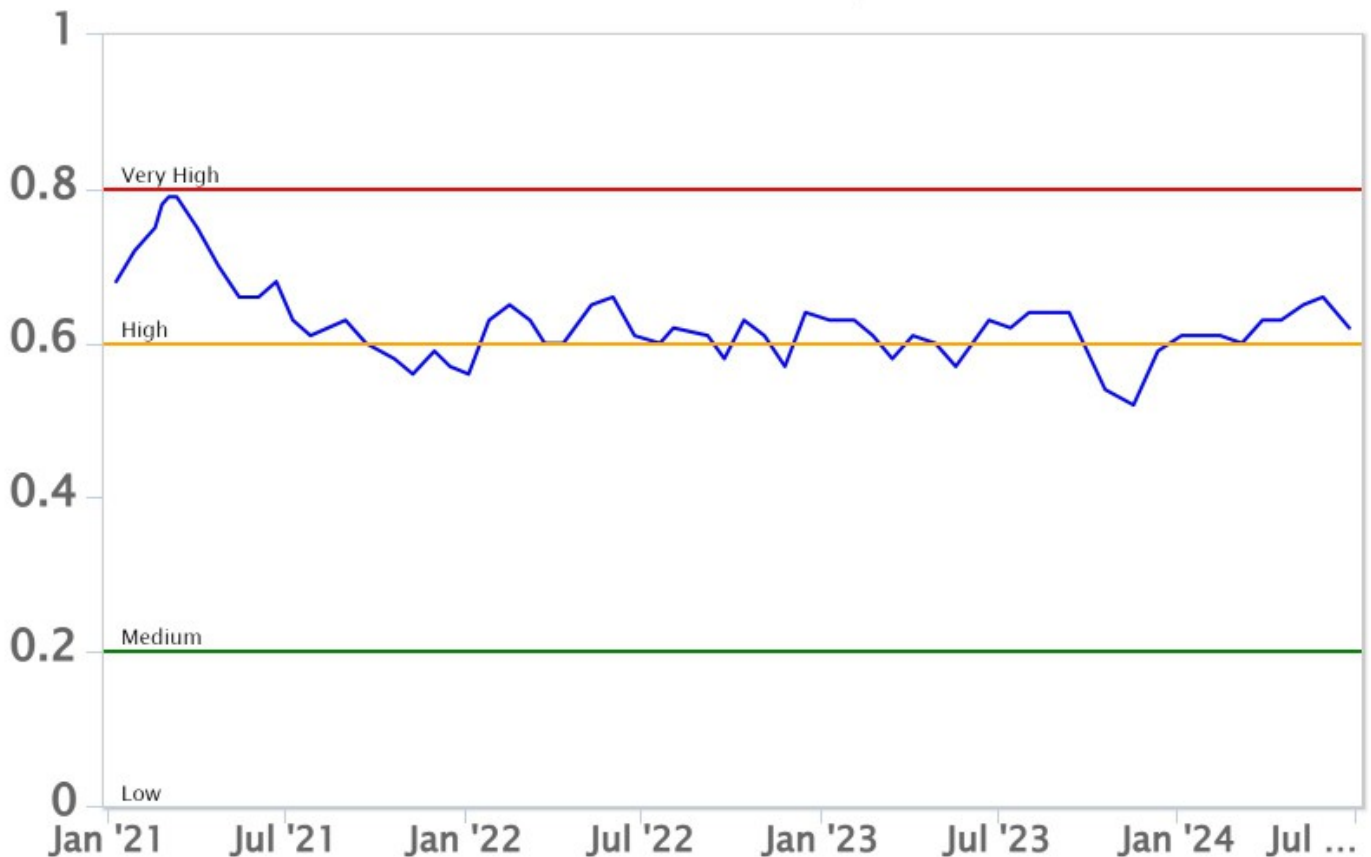


Fig. 7.4 Andamento medio del rapporto isotopico dell'elio nelle cinque manifestazioni periferiche (dati normalizzati).

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 24 ottobre 2023 al 1 luglio 2024 calcolate usando immagini multispettrali MODIS, VIIRS e SENTINEL-3 SLSTR. Nell'ultimo mese l'attività termica in area sommitale osservata da satellite è stata contrassegnata da anomalie con flusso termico di livello da basso a moderato con isolate anomalie di livello alto in corrispondenza dell' attività effusiva in area sommitale. Il valore massimo del flusso termico è stato registrato pari a 350 MW (SLSTR) misurato il 30 giugno alle ore 20:18 UTC. L'ultima anomalia di flusso termico è stata di circa 90 MW (MODIS) in data 1 luglio 2024 alle ore 13:25 UTC.

In Figura 8.2a è mostrata una sequenza di immagini nell'infrarosso del sensore Sentinel-2 MSI (risoluzione 20 m) dal 28/05/2024 al 30/06/2024. Dopo un periodo caratterizzato da assenza di anomalie termiche, a partire dal 7 giugno si osservano anomalie interne al cratere Bocca Nuova 1 e successivamente al cratere Voragine (15/06/2024). Nei giorni successivi, si osserva un aumento dell'estensione areale dell'anomalia termica all'interno del cratere Voragine associata alla formazione del cono di scorie (Figura 8.2b) e l'emissione di una colata lavica dal cratere Voragine verso Bocca Nuova 2 (30 giugno 2024).

In Figura 8.2c, è mostrata la mappa delle anomalie termiche con estensione areale pari a 62.800 m² relativa all'attività eruttiva al 30 giugno 2024 ottenuta usando le bande NIR, SWIR1 e SWIR2 dell'immagine Sentinel-2 MSI (risoluzione 20 m) ed un modello allenato di Machine Learning (ML). Tuttavia, nell'ultima settimana le cattive condizioni meteorologiche possono aver condizionato l'analisi

delle immagini satellitari.

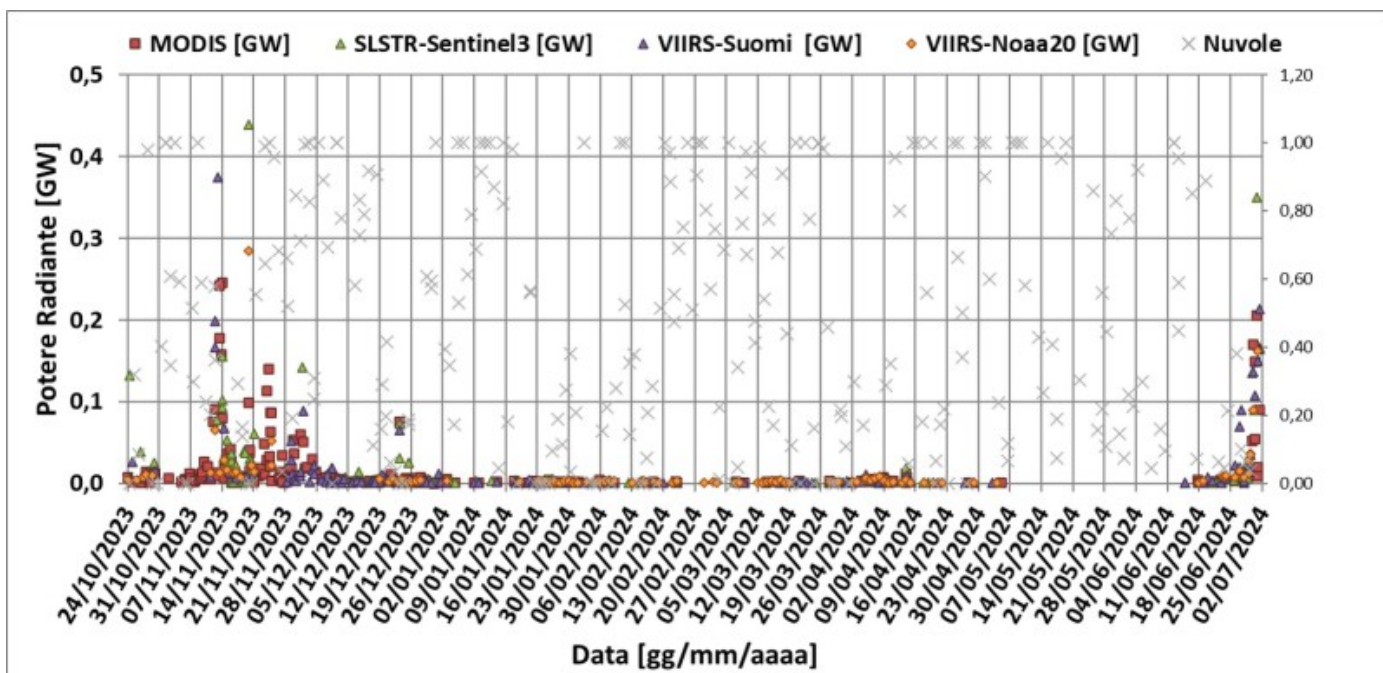


Fig. 8.1 Potere radiante calcolato da dati MODIS (quadrato rosso), SENTINEL-3 SLSTR (triangolo verde) e VIIRS (triangolo viola e rombo giallo) dal 24 ottobre 2023 al 1 luglio 2024.

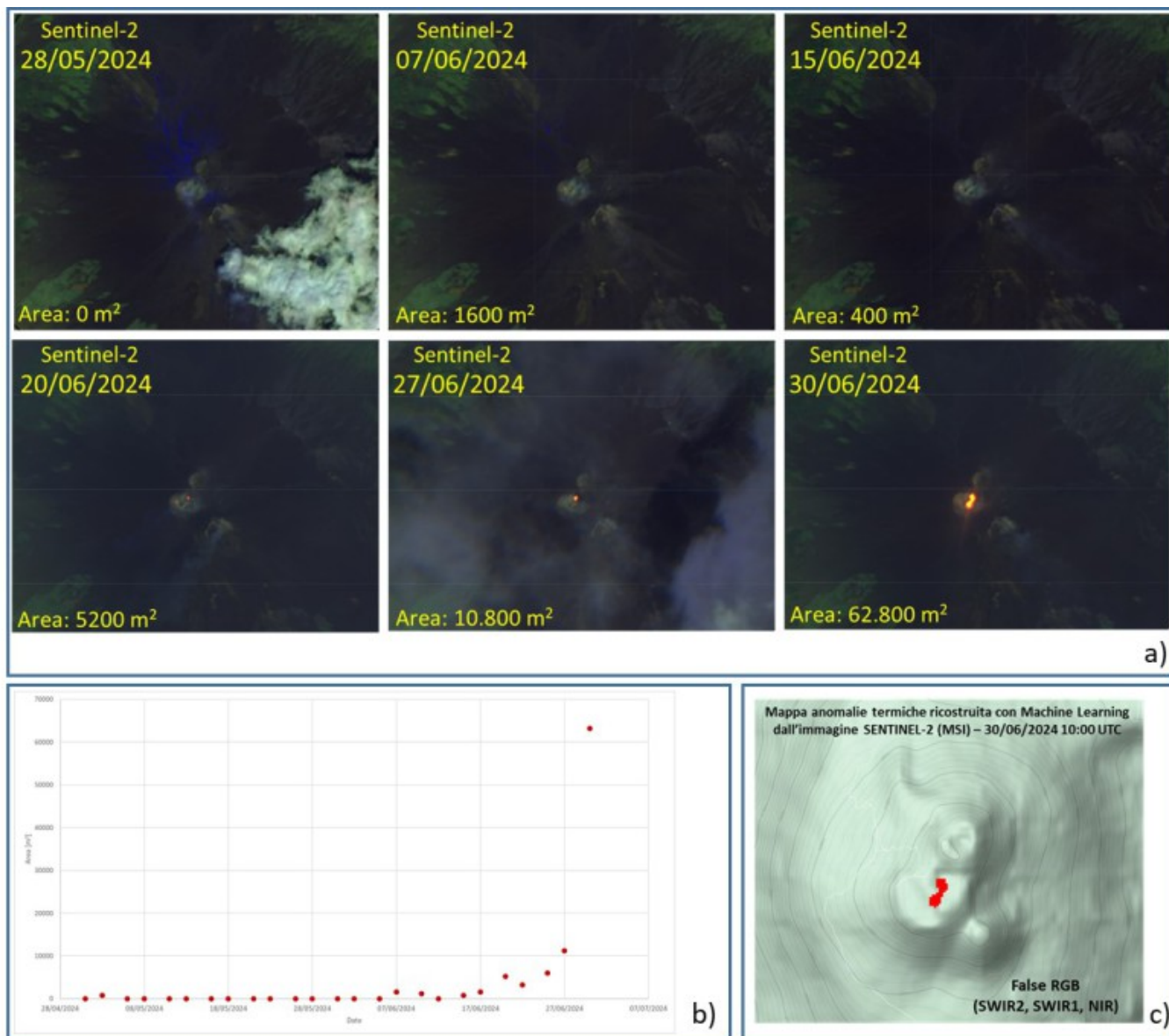


Fig. 8.2 (a) Sequenza di immagini acquisite nell'infrarosso dal sensore satellitare Sentinel-2 MSI (risoluzione 20 metri) che mostra l'evoluzione dell'attività termica dal 28 maggio al 30 giugno 2024. (b) Grafico dell'estensione areale delle anomalie termiche che mostra un incremento associato alla formazione del cono ed il successivo trabocco. (c) Mappa delle anomalie termiche ottenuta usando l'immagine Sentinel-2 MSI del 30/06/2024 10:00 UTC ed un modello ML allenato.

9. ALTRE OSSERVAZIONI

ANALISI DI LABORATORIO

E' stato analizzato un campione dell'attività stromboliana della Voragine (VOR) eruttato e campionato sul bordo del cratere, il 17 giugno 2024.

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 sulla parte esterna di una scoria emessa il 17 giugno 2024 (VOR170624A).

I dati acquisiti sono stati rappresentati nel diagramma CaO/Al₂O₃ vs. FeOtot/MgO (Fig. 9.1), dove per confronto sono state riportate le analisi dei prodotti emessi durante l'ultimo parossismo avvenuto l'1 dicembre 2023 al Cratere di Sud-Est.

Le analisi mostrano che la composizione dei vetri nella scoria prodotta della Voragine è omogenea, inoltre

è decisamente più evoluta (ossia meno primitiva) di quella dei prodotti emessi durante il parossismo dell'1 dicembre 2023 al Cratere di Sud-Est (quadrato rosso), e rappresenta una delle composizioni più evolute analizzate nei prodotti dell'Etna a partire dal 2000.

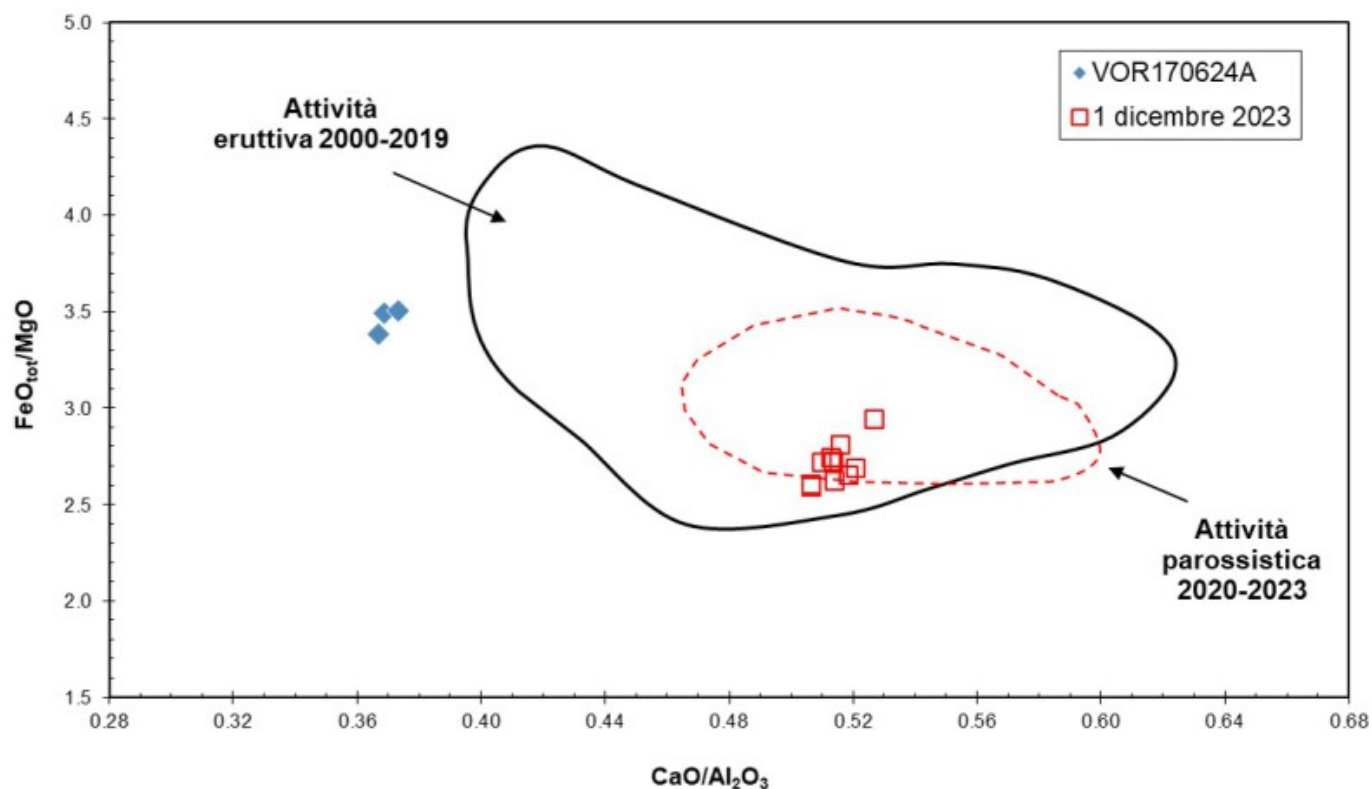


Fig. 9.1 Grafico CaO/Al_2O_3 vs FeO_{tot}/MgO dove sono riportate le composizioni dei vetri dei prodotti della Voragine (VOR) emessi durante l'attività stromboliana del 17 giugno 2024. Per confronto è riportata la composizione dell'ultimo parossismo avvenuto al Cratere di Sud-Est l'1 dicembre 2023; il campo delimitato dalla curva a tratteggio rossa comprende la composizione dei vetri analizzati nei prodotti dell'attività parossistica del CSE dal 2020 al 2023, escluso l'1 dicembre 2023.

Sulla base dei dati preliminari della composizione del vetro vulcanico è presumibile che, dopo il parossismo del 1 dicembre 2023, il reservoir magmatico che alimenta l'attività dei crateri sommitali del vulcano sia 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, nel tempo, ha modificato la propria composizione diventando molto più evoluto rispetto a dicembre 2023. Sono in corso ulteriori analisi su campioni più recenti per valutare eventuali variazioni della composizione del magma nel tempo.

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

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
Geochimica - Etna Plume	1	0	0	1
Geochimica - Etnagas	2	0	12	14
Geochimica Etna Acque	1	0	9	10
Infrasonica	0	0	10	10
Sismologia	0	0	28	28
Telecamere	1	1	12	14

Responsabilita' e proprieta' 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.