



Rep. N° 11/2021

## **ETNA**

### **Bollettino Settimanale**

### **08/03/2021 - 14/03/2021**

(data emissione 16/03/2021)

#### **1. SINTESI STATO DI ATTIVITA'**

---

Alla luce dei dati di monitoraggio si evidenzia:

1) OSSERVAZIONI VULCANOLOGICHE: Episodi parossistici al Cratere di Sud-Est, separati da intervalli di relativa calma; attività esplosiva intracraterica e degassamento dagli altri crateri sommitali.

2) SISMOLOGIA: Attività di fratturazione modesta. Tremore vulcanico con valori tra medi e alti (durante episodi parossistici).

3) INFRASUONO: Attività infrasonica alta,

4) DEFORMAZIONI: Il trend deflattivo dell'edificio vulcanico iniziato con la sequenza degli episodi di fontane di lava, ha mostrato nell'ultima settimana, una fase di rallentamento.

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

Il flusso di HCl si pone su un livello medio-alto

I valori del rapporto isotopico dell'elio indicano il proseguire di un trend in incremento fino a raggiungere i valori più alti degli ultimi 12 mesi .

IL flusso di CO<sub>2</sub> dai suoli si attesta su valori medi.

6) OSSERVAZIONI SATELLITARI: L'attività termica in area sommitale si pone su un livello elevato.

#### **2. SCENARI ATTESI**

---

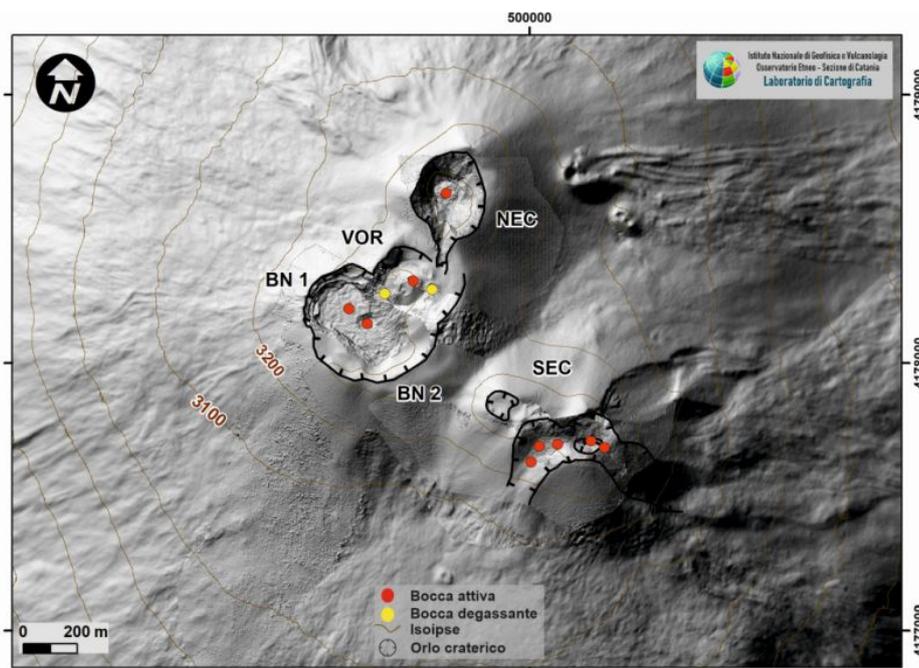
Attività vulcanica caratterizzata da degassamento e continua attività esplosiva dai crateri sommitali con eventuale formazione di nubi di cenere ed effusione lavica. Non è possibile escludere un'evoluzione dei fenomeni verso un'attività più energetica

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

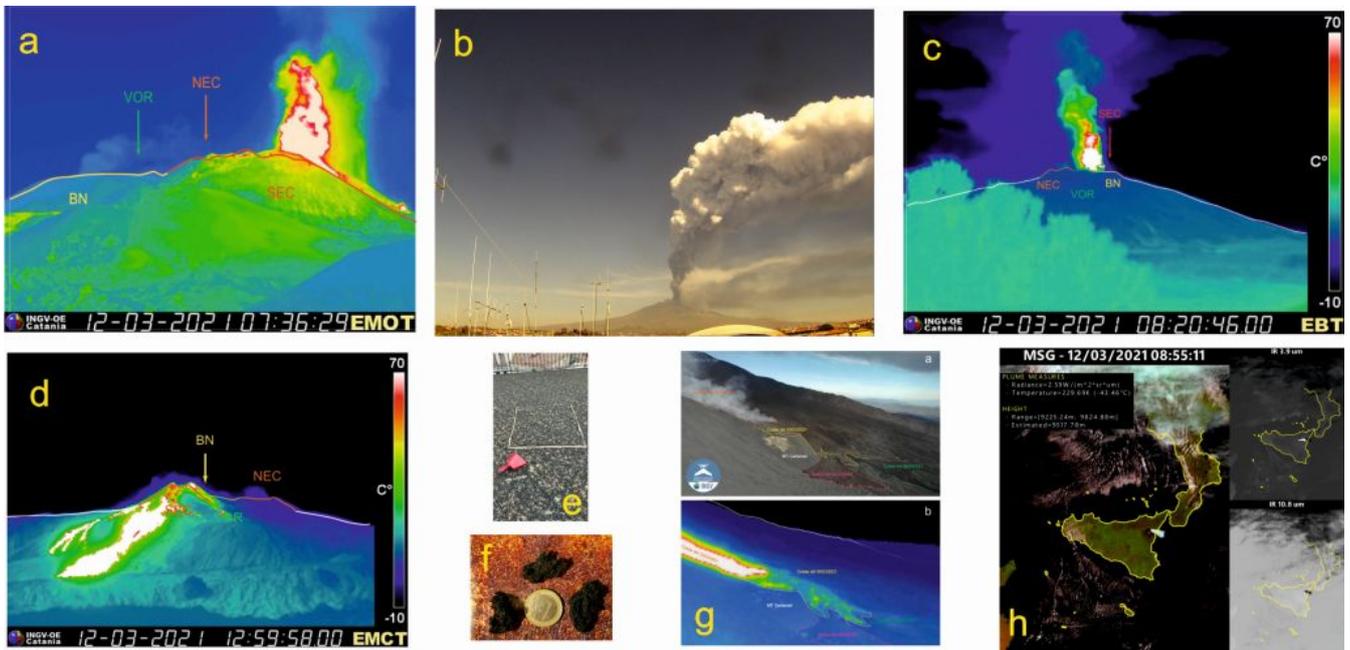
### 3. OSSERVAZIONI VULCANOLOGICHE

L'attività dell'Etna nella settimana in oggetto è stata monitorata osservata tramite la rete di telecamere di sorveglianza e da personale INGV-OE in campo in varie occasioni durante e dopo gli eventi eruttivi. Durante la settimana il teatro eruttivo è stato dominato principalmente dal cratere di Sud-Est che ha alimentato due ulteriori eventi di fontana di lava e secondariamente dall'attività eruttiva intra-craterica ai crateri Bocca Nuova, Voragine e Cratere di Nord-Est (Fig.3.1).



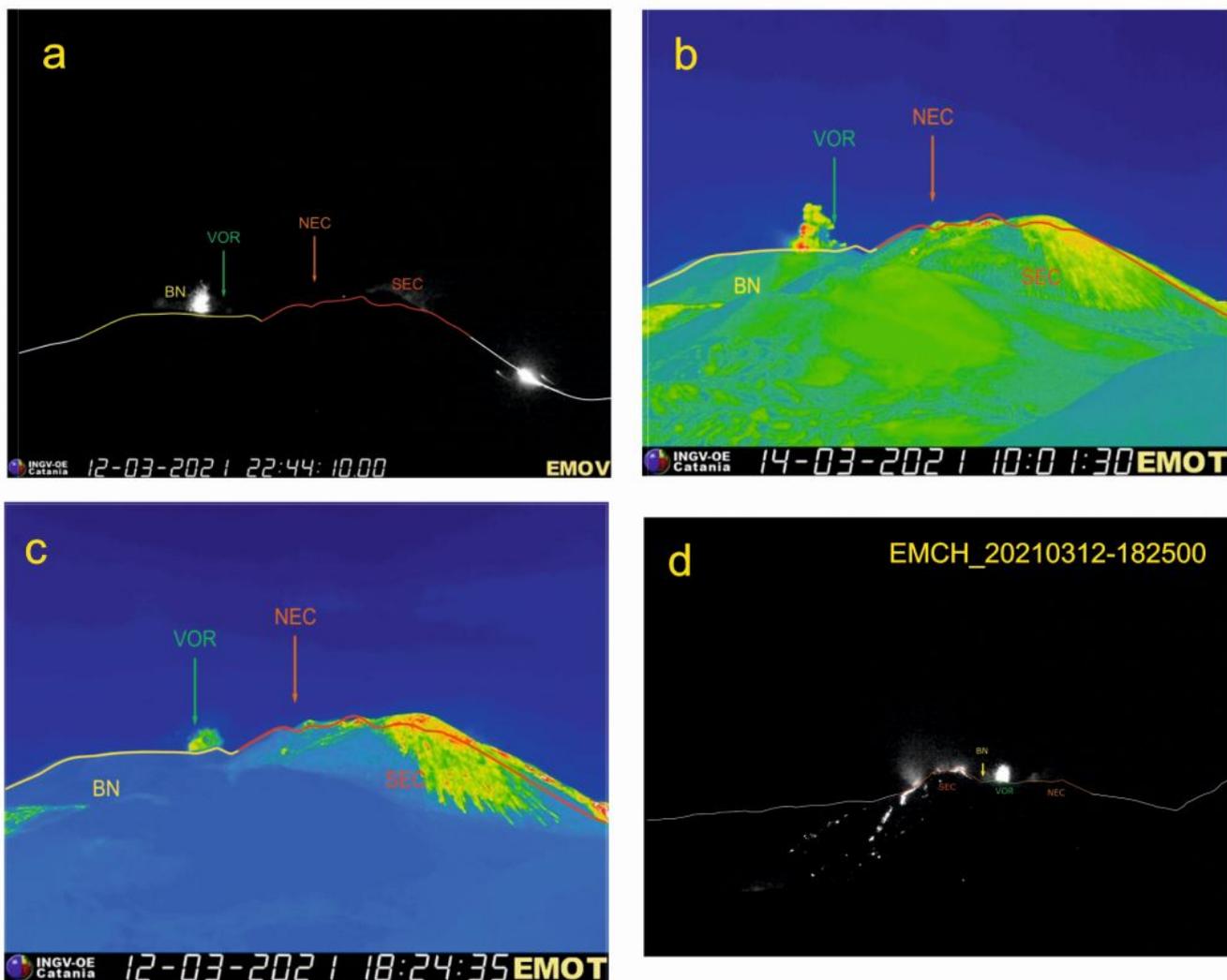
**Fig. 3.1** - Mappa dei crateri sommitali dell'Etna. BN: Bocca Nuova, VOR: Voragine; NEC: Cratere di Nord-Est; SEC: Cratere di Sud-Est. La base topografica di riferimento su cui sono stati sovrapposti gli aggiornamenti morfologici è relativo al DEM 2014 elaborato dal Laboratorio di Aerogeofisica-Sezione Roma 2.

In particolare tra 8 ed il 14 marzo, il cratere di Sud-Est ha prodotto due episodi di fontana di lava giorno 10 e il 12 marzo (episodio 11 e 12 della sequenza iniziata il 16 febbraio). La fenomenologia evolutiva di questi episodi eruttivi è comune a tutti gli altri 10 episodi accaduti dal 16 febbraio, e consiste nella ripresa dell'attività stromboliana al CSE, seguita da una graduale intensificazione che poi passa rapidamente a fontana preceduta e/o accompagnata dal trabocco lavico alimentato dallo stesso cratere. Nel caso degli episodi del 10 e 12 marzo, il tempo intercorso tra la ripresa delle attività stromboliana alla conclusione della fenomenologia è stata rispettivamente di ~ 06:13 h e di ~06:55 ore con una durata del solo episodio di fontanamento di ~02:43 ore giorno 10 marzo e 02:55 ore giorno 12 marzo. Ambedue episodi hanno prodotto nubi eruttive che si sono inalzate sino ad un'altezza tra 9 e 10 km dal livello del mare disperdendosi nei quadranti orientali dell'Etna con ricaduta di cenere e lapilli negli abitati di Mascali, Giarre, fiumefreddo (10 marzo) e Milo, Fornazzo, Giarre (12 marzo; Fig 3.2). I flussi lavici alimentati dal trabocco in ambedue gli episodi hanno preceduto il fontanamento rispettivamente di 02:13 e di 05:34 ore e hanno messo in posto dei campi lavici che si sono propagati nel versante occidentale della Valle del Bove sino ad una quota di ~1770 metri slm e per una lunghezza media di 3 km e con un volume eruttato medio di ~ 1 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> (Fig 3). In Fig 3.3 sono riportate le mappe dei campi lavici delle due fontane, prodotte attraverso l'integrazione dei dati derivati dall'analisi delle immagini satellitari: Sentinel 2, PlanetScope, Pleiades, SkySat e Aster, delle immagini termiche delle telecamere di videosorveglianza e da osservazioni eseguite durante i sopralluoghi sul campo.



**Fig. 3.2** - L'attività di fontana di lava prodotta dal CSE ripresa attraverso le telecamere di sorveglianza e immagini Meteosat. Gli episodi eruttivi hanno prodotto getti di lava alti sino a ~500 metri (a, c) e flussi lavici nella Valle del Bove sino ad una quota di ~1700 m slm (g). Le nubi eruttive prodotte durante le fasi parossistiche hanno raggiunto altezze sino a ~9-10 km che si sono disperse in direzione est (b,h) con una ricaduta di cenere (e) e lapilli (f) negli abitati del versante orientale.

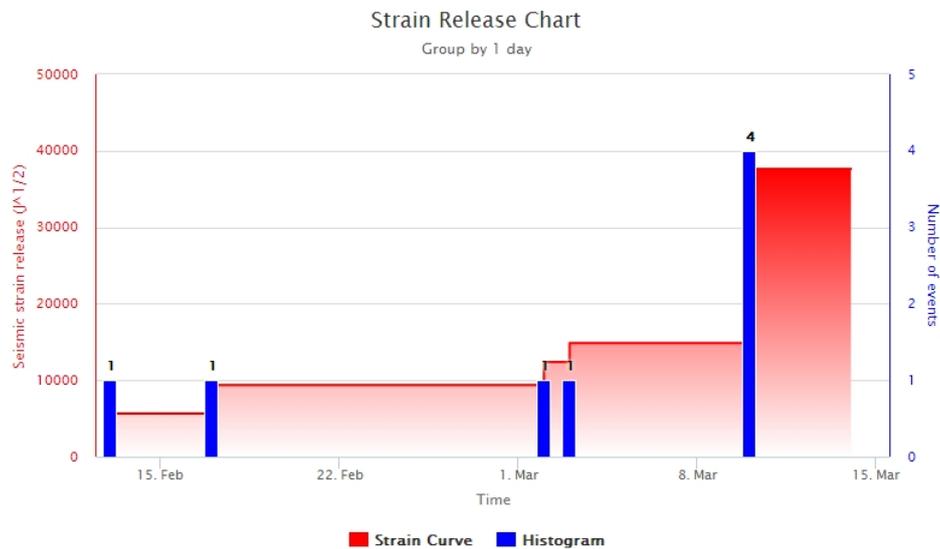
Per ciò che riguarda il cratere di Nord-Est, Bocca Nuova e Voragine, è continuata per tutto il periodo in maniera persistente l'attività stromboliana che produce modeste emissioni di cenere che si disperdono rapidamente in atmosfera in prossimità dell'area sommitale. Quest'attività eruttiva è principalmente confinata all'interno dei crateri, sebbene nel caso della Bocca Nuova e Voragine alcune esplosioni superano abbondantemente l'orlo craterico (Fig 3.3). Per ciò che riguarda l'attività effusiva intra-craterica alla Bocca nuova indicata nel bollettino Rep. N° 07/2021, nel corso del periodo in oggetto non ci sono evidenze di attività.



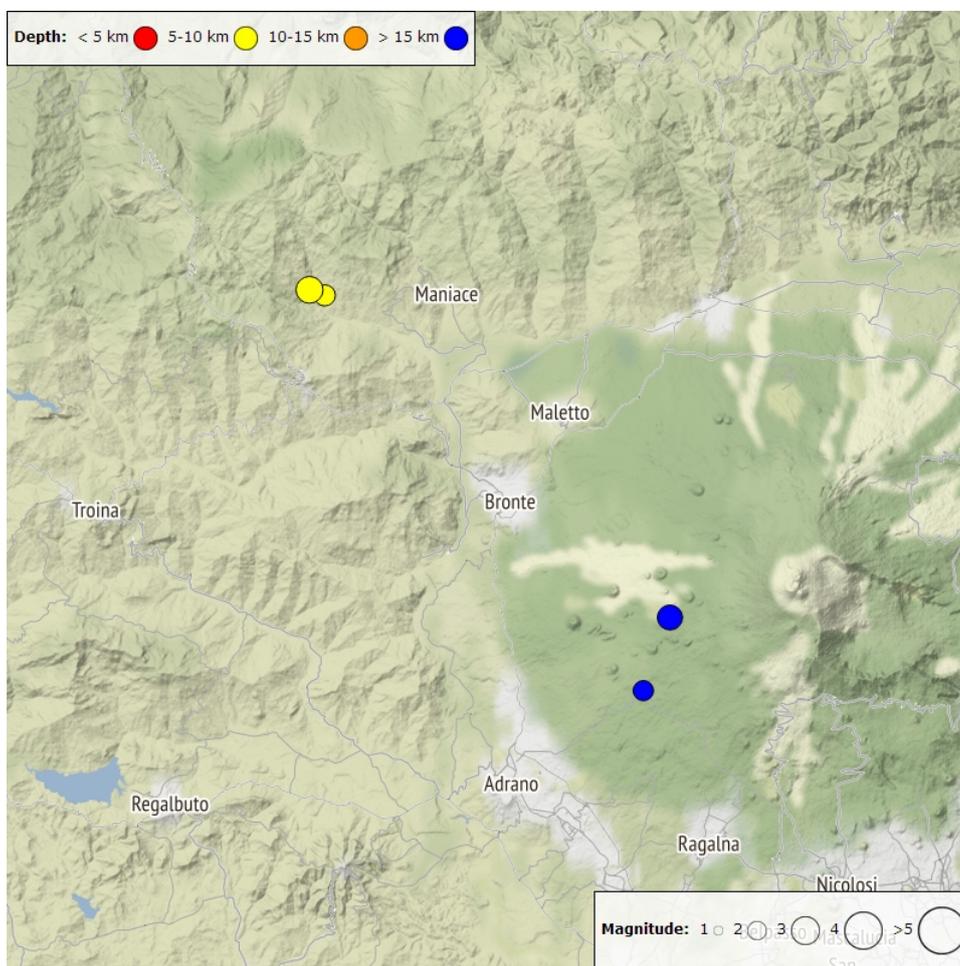
**Fig. 3.3** - Attività stromboliana alla Bocca Nuova (a, b) e Voragine (c, d) ripresa dalle telecamere di sorveglianza dell'INGV OE

#### 4. SISMOLOGIA

**Sismicità:** L'attività sismica di fratturazione si concentra sulla giornata del 10 Marzo con quattro eventi. Il più forte ( $M=2.8$ ) è stato registrato a San Teodoro ad una profondità di ca 8 km. Il secondo più forte ( $M=2.6$ ) riguarda un evento localizzato a Mt. Intraleo ad una profondità di ca. 25 km.



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



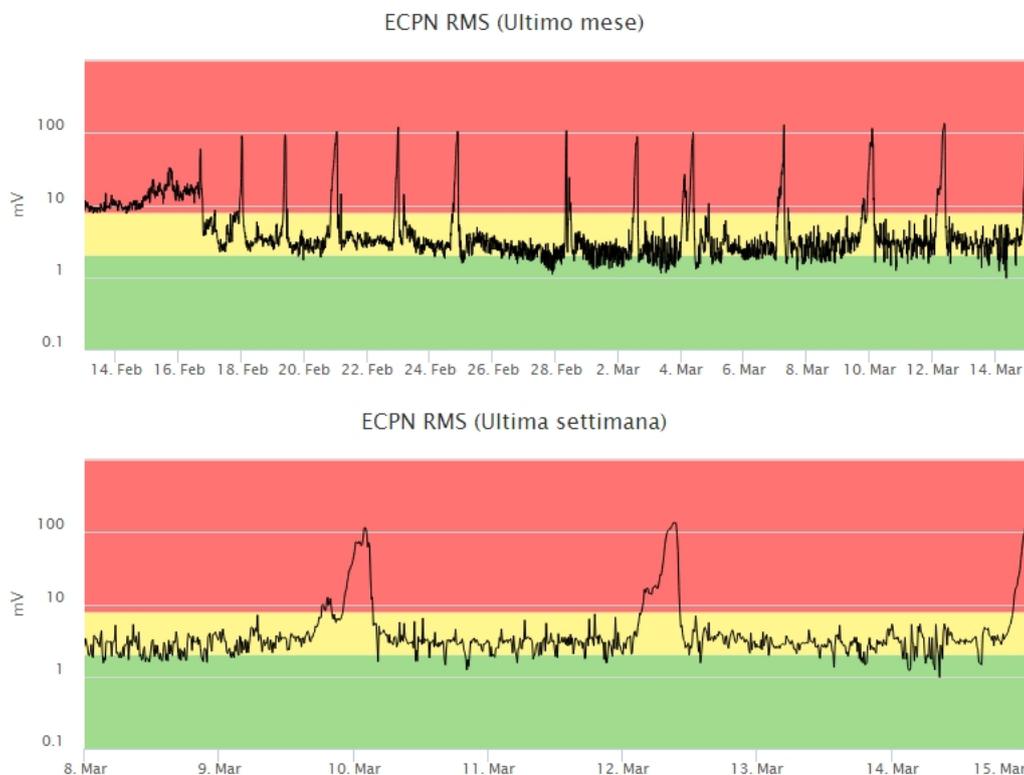
**Fig. 4.2** - Distribuzione della sismicità con  $M_L$  pari o superiore a 2.0 nell'ultima settimana

**Tab. 4.1** - Tabella dei terremoti con  $M_L \geq 2$

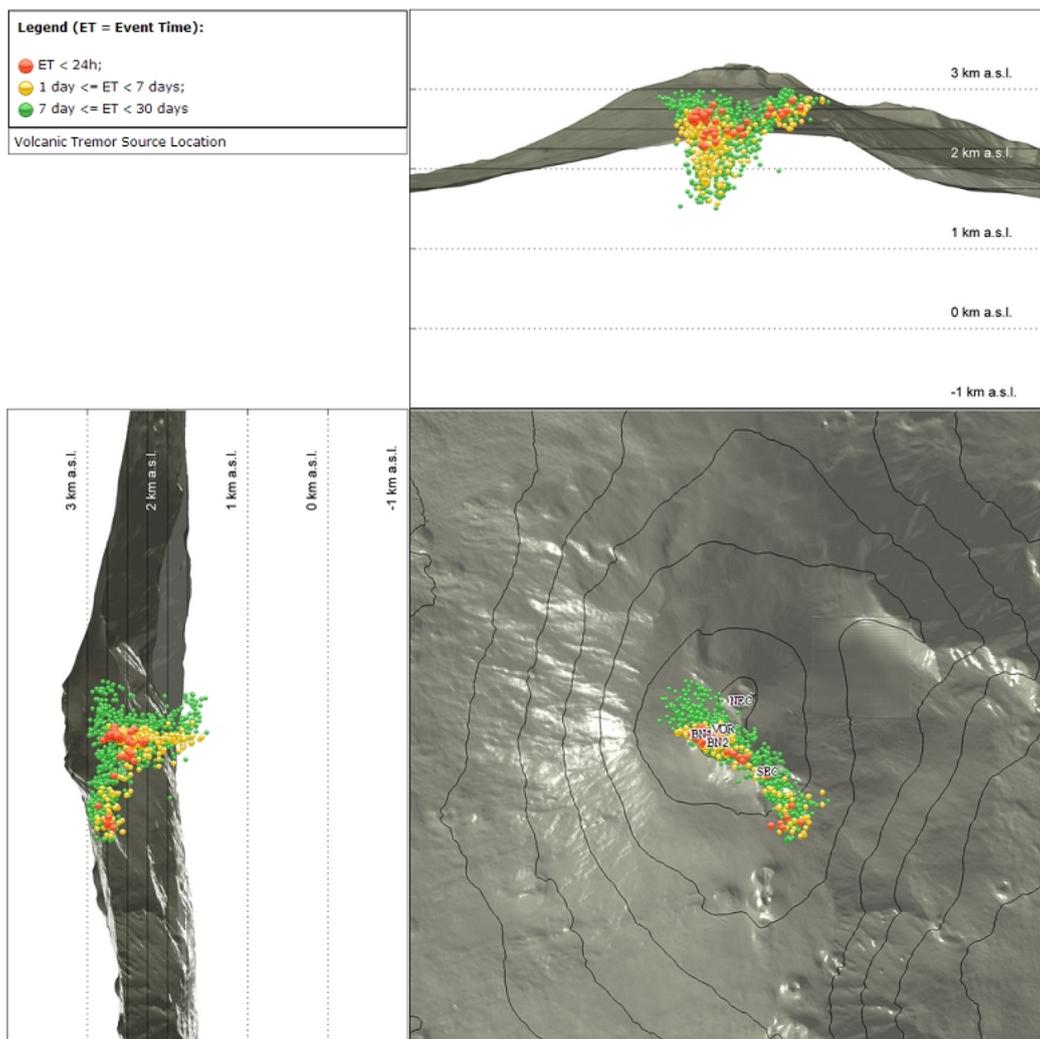
DateTime	ML	Prof. (km)	Area epicentrale
10/03/2021 04:28	2.2	8.7	4.6 km N from Cesarò (ME)
10/03/2021 08:56	2.6	25.5	1.7 km NE from M. Intraleo (CT)

DateTime	ML	Prof. (km)	Area epicentrale
10/03/2021 09:15	2.1	23.5	0.8 km N from Contrada Feliciosa (CT)
10/03/2021 09:20	2.8	8.1	4.6 km NE from San Teodoro (ME)

**Tremore vulcanico:** L'ampiezza del tremore ha raggiunto valori alti durante gli episodi parossistici del 9/10 Maro e del 12 Marzo 2021. Il valori massimi di ampiezza raggiunti sono simili a quelli notati durante gli episodi precedenti, la durata dei fenomeni - partendo da livelli medi fino a valori di picco - è di circa 6-8 ore. Alla fine della giornata del 14 Marzo si nota un nuovo incremento del tremore a livelli alti. Tale aumento si conclude nel parossismo osservato nelle prime ore del 15 Marzo. La localizzazione delle sorgenti del tremore mostra una fluttuazione tra livelli a 1500 fino a 3000 m s.l.m. durante periodi di aumentata attività vulcanica. Si nota inoltre una migrazione del centroide da posizioni centrali verso il Cratere SE durante lo sviluppo dei fenomeni parossistici.



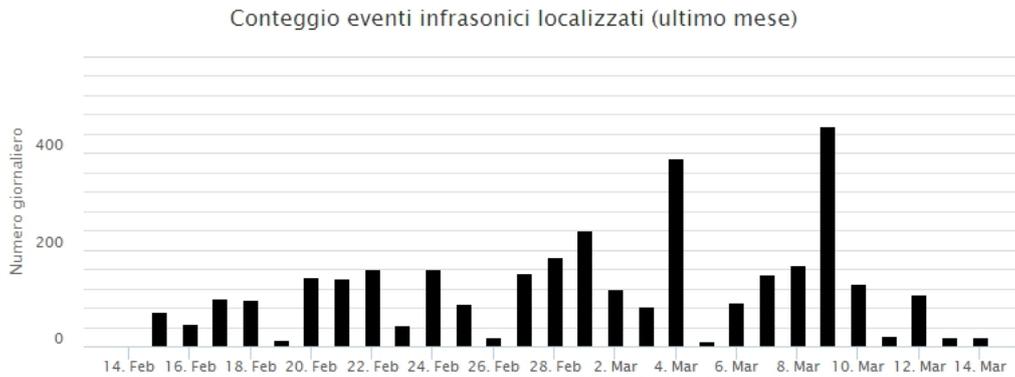
**Fig. 4.3** - Andamento temporale dell'ampiezza del tremore vulcanico: valori RMS nell'ultimo mese (in alto) e nell'ultima settimana (in basso) secondo tre livelli di ampiezza (basso=verde, medio = giallo, alto = rosso).



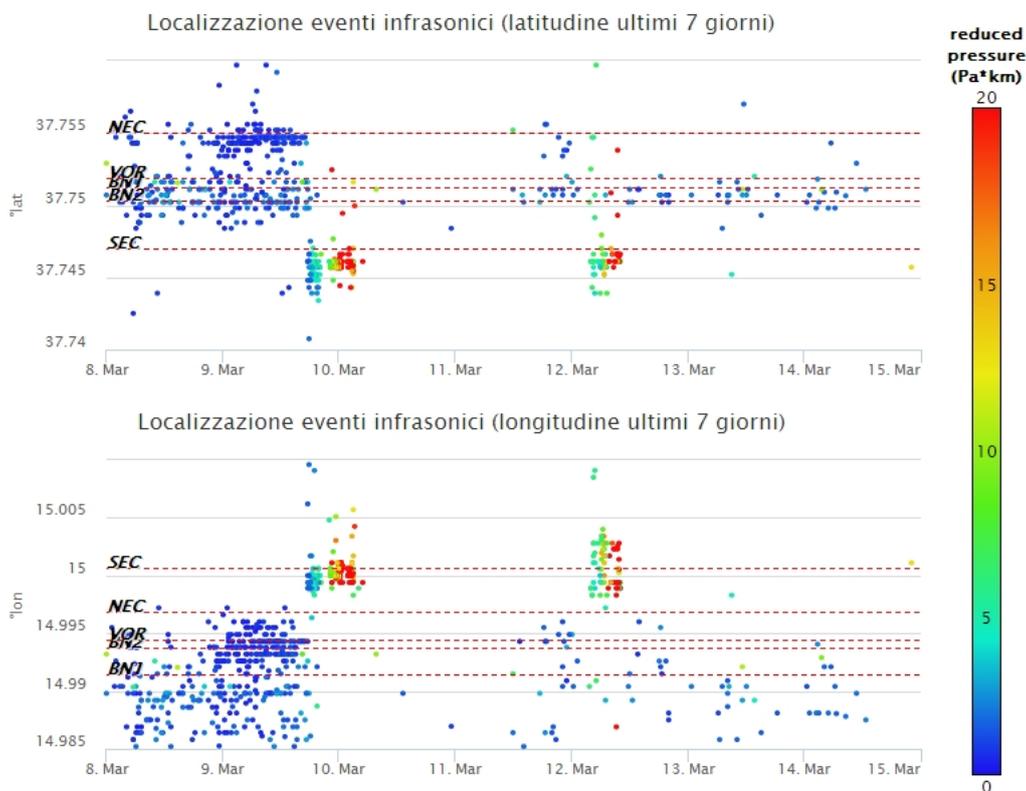
**Fig. 4.4** - Localizzazioni della sorgenti del tremore vulcanico (SEC= cratere SE; VOR = cratere Voragine; NEC = cratere NE; BN1 = cratere 1 Bocca Nuova; BN2 = cratere 2 Bocca Nuova).

## 5. INFRASUONO

L'attività infrasonica nella settimana dal 8 al 14 Marzo risulta alta nei primi tre giorni della settimana. Durante il 9 Marzo vengono localizzate circa 450 eventi. Nei giorni successivi la localizzazione viene parzialmente impedita dalle condizioni meteo, per tale motivo il numero di eventi può essere sottostimato. Durante periodi di aumentata attività vulcanica (9/10 Marzo e 12 Marzo) le sorgenti vengono localizzate vicine al Cratere SE, mentre nei restanti giorni le sorgenti ricadono in vicinanza dei crateri Bocca Nuova (BN), NE e Voragine. L'energia degli eventi localizzati in vicinanza del cratere SE risulta decisamente più alta nel confronto degli altri eventi.



**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 NE; BN1 = 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

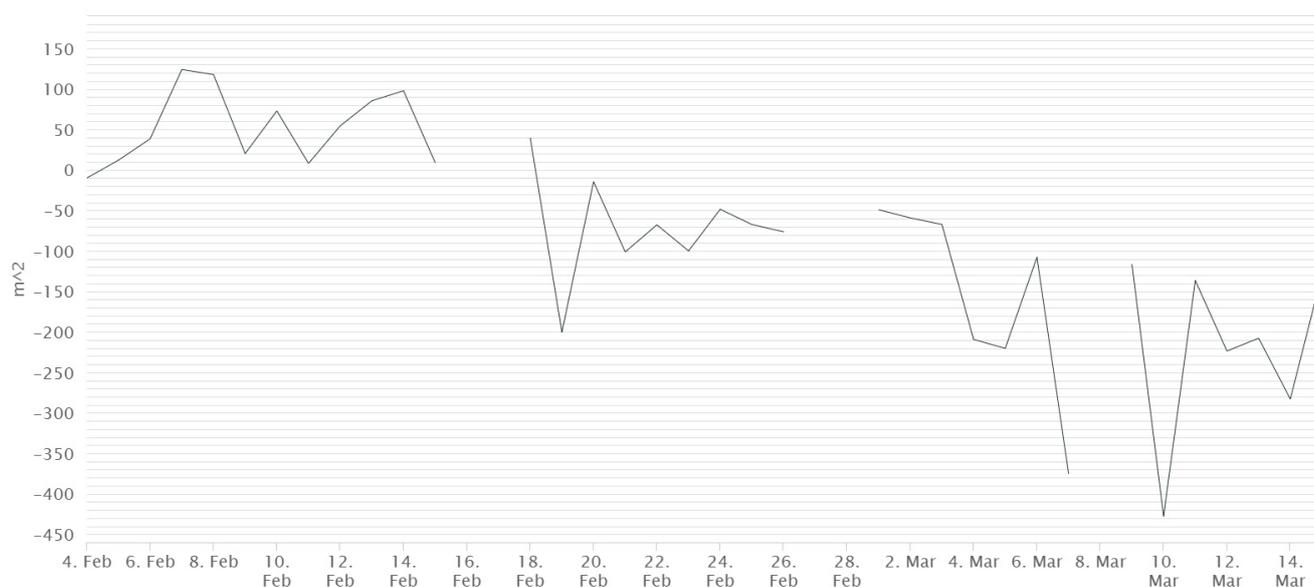
**GPS:** La deflazione, iniziata il 16 febbraio 2021, in corrispondenza con l'inizio della serie di fontane di lava, è visibile nelle figure della variazione areale dei triangoli individuati dalle stazioni EPDN, ECPN e EPLU, in area sommitale, e dalle stazioni ESLN, EMEG e EDAM, a quote intermedie. Durante la settimana trascorsa, la rete GNSS ha misurato un rallentamento nell'attuale trend deflattivo che coinvolge l'intero edificio vulcanico.

ECPN\_GPS - HF - gps\_triangle\_EPDN\_ECPN\_EPLU



**Fig. 6.1** - Variazione areale del triangolo sotteso dalle stazioni EPDN (Pizzi Deneri), ECPN (Cratere del Piano) e EPLU (Punta Lucia), situate nell'area sommitale del vulcano. Variazioni negative indicano una contrazione areale.

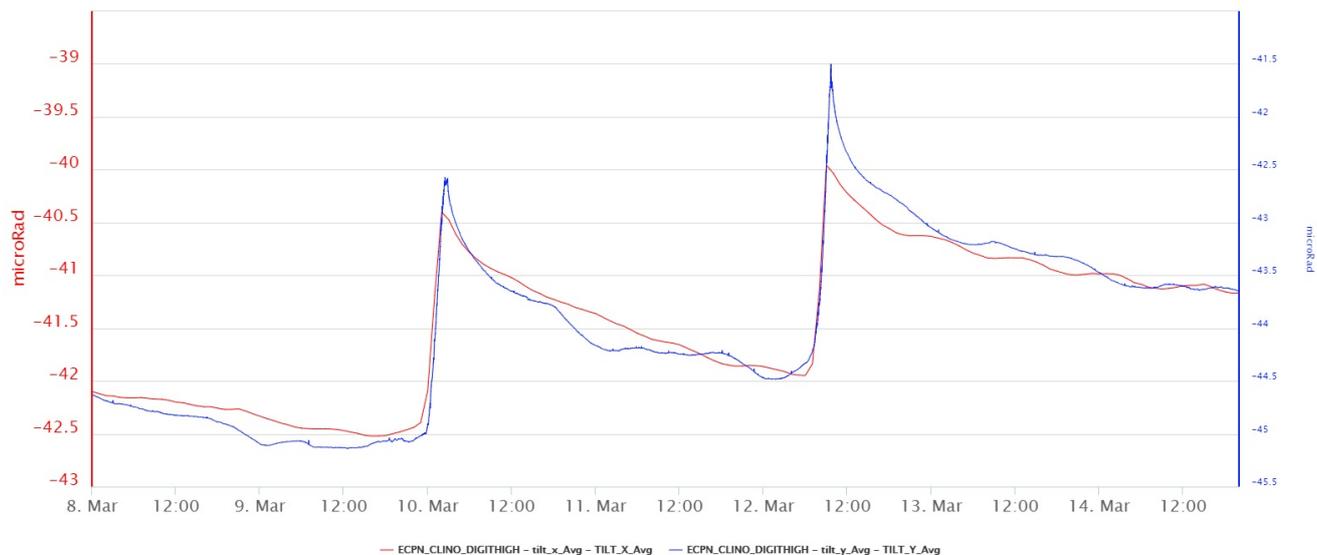
ESLN\_GPS - HF - gps\_triangle\_ESLN\_EMEG\_EDAM



**Fig. 6.2** - Variazione areale del triangolo sotteso dalle stazioni ESLN (Serra La Nave), EMEG (Monte Egitto) e EDAM (Etna Dammusi), situate a quote intermedie, rispettivamente nel versante meridionale, occidentale e settentrionale del vulcano. Variazioni negative indicano una contrazione areale.

**Clinometria:** La rete clinometrica ha mostrato variazioni a tutte le stazioni durante le due fasi parossistiche avvenute nell'ultima settimana. Le variazioni maggiori (di 3-4 microradianti) sono state misurate alla stazione ECPN (Cratere del Piano) durante gli eventi parossistici del 9/10 e del 12 marzo 2021.

ECPN\_CLINO\_DIGITHIGH - tilt\_x\_Avg - TILT\_X\_Avg  
 ECPN\_CLINO\_DIGITHIGH - tilt\_y\_Avg - TILT\_Y\_Avg

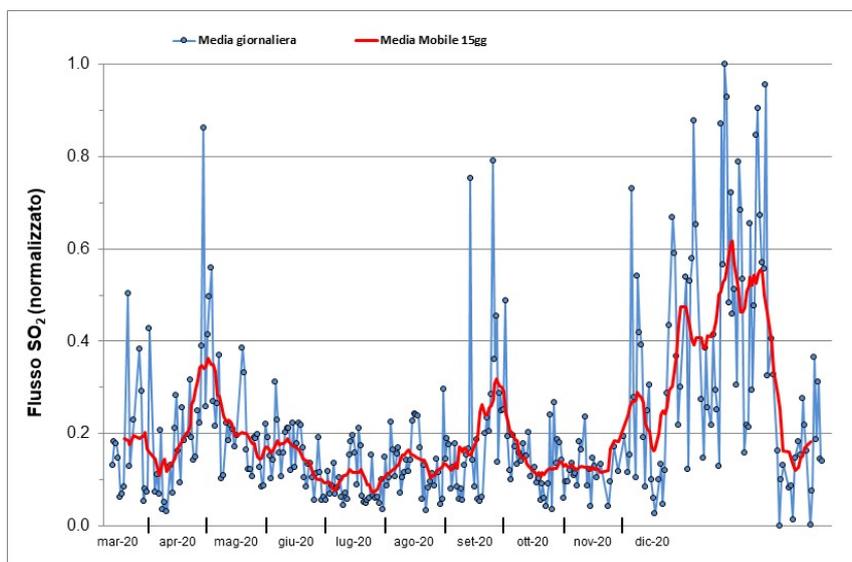


**Fig. 6.3 - Tilt registrato alla stazione sommitale ECPN**

## 7. GEOCHIMICA

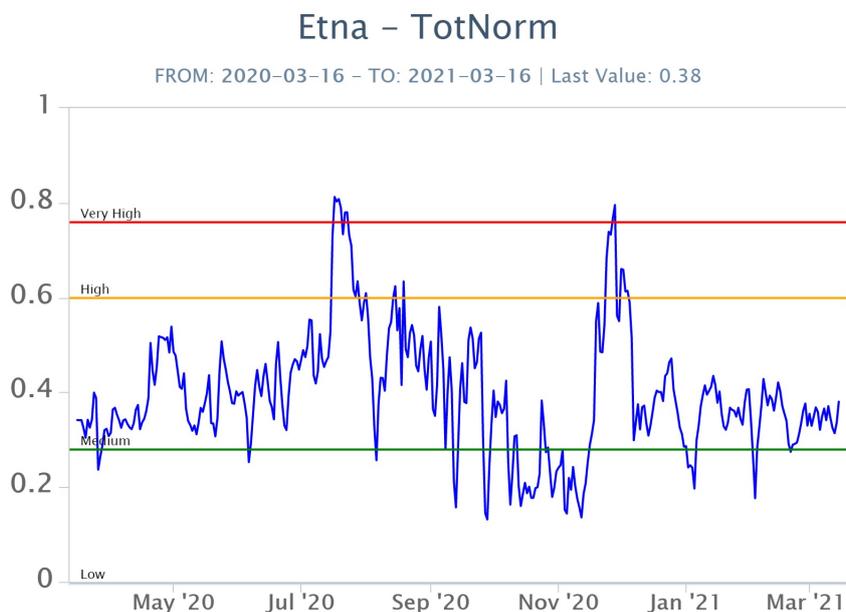
**SO<sub>2</sub> nel plume (Rete Flame):** Il flusso di SO<sub>2</sub> medio-settimanale ha indicato valori stabili con i dati della settimana precedente; le misure infra-giornaliere hanno mostrato valori sino ad un livello alto in concomitanza con le fasi eruttive di fontana di lava.

Il flusso di HCl, determinato attraverso combinazione del rapporto SO<sub>2</sub>/HCl (misure FTIR) con il flusso di SO<sub>2</sub> (rete FLAME), ha mostrato valori in aumento rispetto a quelli precedentemente osservati. Il flusso si pone su un livello medio-alto rispetto al normale tasso di degassamento dell'Etna.



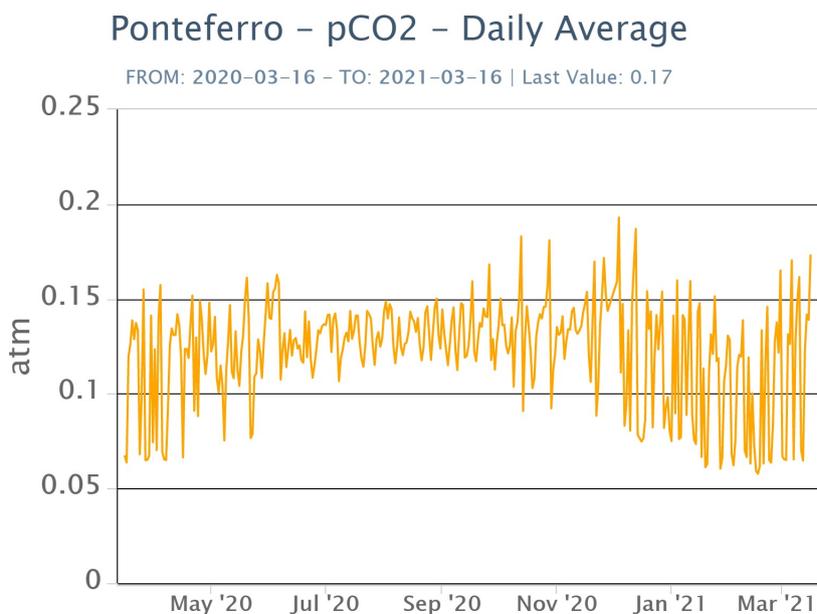
**Fig. 7.1 -**

**Flussi CO2 dal suolo (Rete Etnagas)** Il flusso di CO2 emesso dal suolo registrato dalla rete EtnaGAS non mostra variazioni significative rispetto alla settimana precedente e si attesta su valori medi di degassamento.



**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 nella falda non evidenzia variazioni significative rispetto alla media stagionale. I valori si mantengono su un livello medio di 0.11 atm.

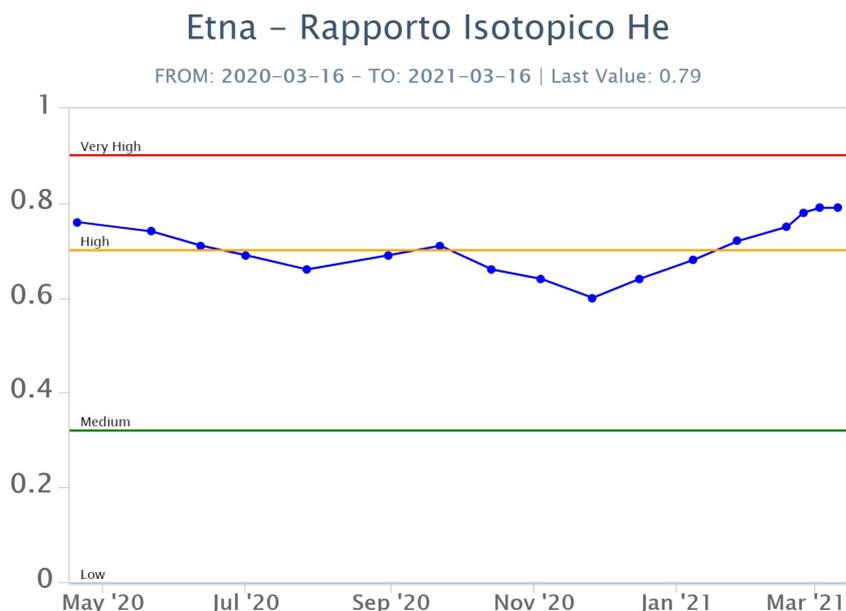


**Fig. 7.3** - Andamento temporale della pressione parziale di CO2 disciolta nelle acque della galleria drenante di Ponteferro (medie giornaliere).

**C/S nel plume (Rete EtnaPlume):** Non sono disponibili aggiornamenti. A causa delle condizioni meteo e dello stato d'attività è stato impossibile procedere alla installazione di una nuova

stazione.

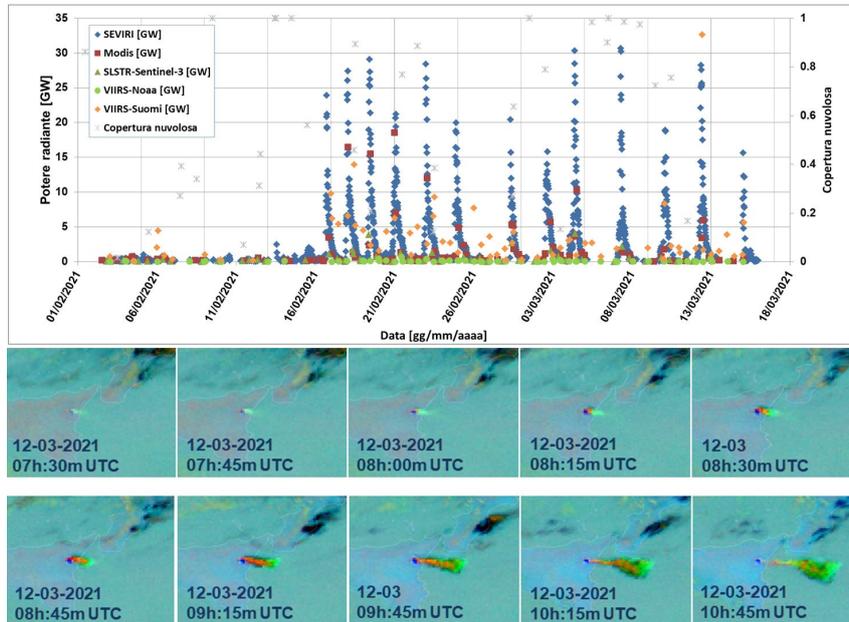
**Isotopi He (campionamento in discreto):** I valori del rapporto isotopico dell'elio (campionamento del 11/03/2021) indicano il proseguire di un trend in incremento fino a raggiungere i valori più alti degli ultimi 12 mesi .



**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 immagini satellitari multispettrali acquisite dai sensori SEVIRI, MODIS, SENTINEL-3 SLSTR e VIIRS. Le elaborazioni dei dati MODIS sono state condotte con il sistema HOTSAT. Le elaborazioni dei dati SENTINEL-3 e VIIRS sono state eseguite con il sistema FlowSat che è ancora in una fase sperimentale perché non è stata ancora completata la validazione dell'algoritmo di analisi delle immagini. In Figura 8.1 sono mostrate (sotto) la sequenza di immagini SEVIRI che traccia la dispersione della cenere durante la fontana di lava del 12 marzo 2021 e (sopra) la stima del potere radiante calcolato da dati SEVIRI, MODIS, SENTINEL-3 e VIIRS dal primo febbraio al 15 marzo 2021. I dati SEVIRI sono stati elaborati fino alle 08h:27m GMT del 16 marzo, MODIS fino alle 12h:15m GMT del 15 marzo, SENTINEL-3 fino alle ore 20h:46m GMT del 13 marzo; i dati VIIRS fino alle ore 01h:00m GMT del 15 marzo 2021. Il valore di potere radiante ottenuto dall'ultima immagine SEVIRI in cui è stata rilevata attività termica (23h:12m GMT del 15 marzo) è di circa 200 MW.



**Fig. 8.1** - (in alto) Flusso radiante calcolato da dati SEVIRI (rombo blu), MODIS (quadrato rosso), SENTINEL-3 (triangolo verde) e VIIRS (rombo giallo e cerchio verde) da 1 febbraio a 15 marzo 2021. Per l'intero periodo analizzato è anche riportato l'indice di nuvolosità. (in basso) Sequenza di immagini SEVIRI RGB composite (canali IR8.7, IR10.8 e IR12.0) che traccia la dispersione della cenere durante la fontana di lava del 12 marzo 2021 dalle 07:30 alle 10:45 UTC.

## 9. ALTRE OSSERVAZIONI

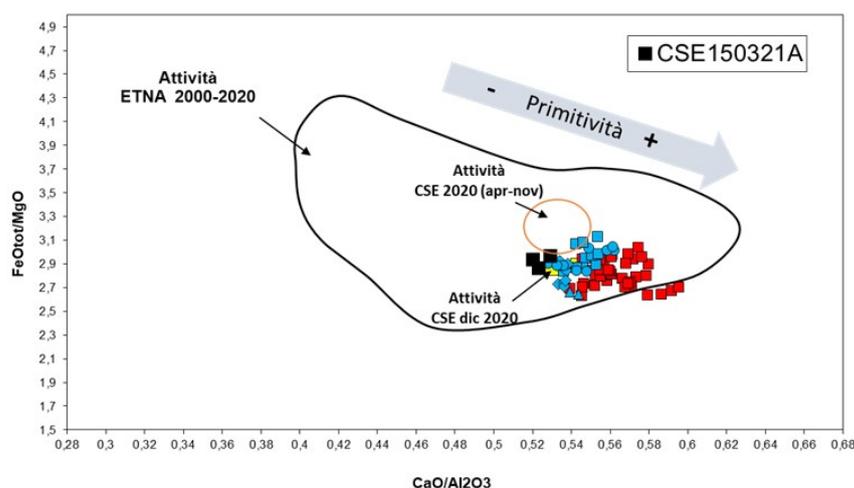
### Analisi di Laboratorio

Dopo avere misurato la composizione dei vetri vulcanici emessi durante i parossismi avvenuti dal 16 al 20 febbraio 2021 dal Cratere di Sud-Est (CSE) (Bollettino settimanale Rep. N° 08/2021), le analisi sono proseguite su campioni di lapilli e ceneri grossolane di tutti i parossismi successivi e sono aggiornate all'ultimo evento avvenuto il 15 marzo 2021.

La misura degli elementi maggiori nel vetro è stata determinata presso i laboratori dell'OE con il SEM-EDS (microscopio elettronico a scansione con associata microanalisi).

Le misure effettuate mostrano (Fig. 8.1) che la composizione dei vetri emessi durante le fontane di lava di marzo 2021 copre un intervallo composizionale compreso tra  $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3=0.53\text{-}0.56$  e  $\text{FeO}_{\text{tot}}/\text{MgO}=2.64\text{-}3.12$ . In particolare la composizione dei prodotti delle fontane del 10, 12 e 15 marzo risulta complessivamente meno primitiva (ovvero più evoluta) di quella dei vetri delle fontane di lava del periodo gennaio-febbraio 2021. Inoltre la composizione del vetro dell'ultima fontana del 15 marzo risulta confrontabile con i prodotti dell'attività parossistica del CSE di dicembre 2020.

I dati preliminari evidenziano dunque che, a partire dal 10 marzo, il magma è diventato complessivamente meno primitivo (ovvero più evoluta) di quello emesso durante i precedenti parossismi del 2021. Questa evidenza potrebbe suggerire che l'alimentazione di magma profondo all'interno del "reservoir" (serbatoio) del Cratere di Sud-Est, pur continuando, sia meno sostenuta e che, in tali condizioni, comincino ad avere effetto processi di raffreddamento e cristallizzazione del magma che determinano la variazione della sua composizione verso termini meno primitivi (ovvero più evoluti).



**Fig. 9.1** - Misure dei rapporti  $CaO/Al_2O_3$  e  $FeO_{tot}/MgO$  nei vetri dei prodotti eruttati durante l'ultima fontana di lava del 15 marzo 2021 (quadrati neri) e durante le precedenti fontane di marzo (simboli azzurri) e di gennaio-febbraio 2021 (quadrati rossi) al Cratere di Sud-Est (CSE). Per confronto sono riportate le composizioni dei prodotti emessi dal CSE a dicembre e in aprile-novembre 2020. La freccia indica la direzione seguendo la quale la composizione del magma aumenta il grado di primitività

## 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
Sismologia	3	0	26	29
Telecamere	1	1	12	14
Geochimica Etna Acque	1	0	9	10
Geochimica - Etnagas	6	0	6	14
Infrasonica	2	0	8	10
FLAME-Etna	2	0	8	10
Geochimica - Etna Plume	1	0	0	1

### 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 dall'Accordo di programma decennale stipulato tra lo stesso INGV e il DPC in data 2 febbraio 2012 (Prot. INGV 2052 del 27/2/2012), alle attività previste nell'ambito del Sistema Nazionale di Protezione Civile.

In particolare, questo documento, redatto in conformità all'Allegato A 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 recati 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.