



Rep. N. 41/2023 STROMBOLI

STROMBOLI

BOLLETTINO SETTIMANALE

SETTIMANA DI RIFERIMENTO 02/10/2023 - 08/10/2023
(data emissione 10/10/2023)

1. SINTESI STATO DI ATTIVITA'

Alla luce dei dati di monitoraggio si evidenzia:

- 1) OSSERVAZIONI VULCANOLOGICHE:** In questo periodo è stata osservata una normale attività stromboliana con attività di spattering sia all'area craterica N che a quella CS. Inoltre quattro trabocchi lavici sono stati prodotti dall'area craterica N, tutti messi in posto all'interno della Sciara del Fuoco. La frequenza oraria totale delle esplosioni è stata variabile tra valori medi (14 eventi/h) e valori alti (20 eventi/h). L'intensità delle esplosioni è stata variabile da bassa a media all'area craterica N ed alta a quella CS
- 2) SISMOLOGIA:** I parametri sismologici monitorati non mostrano variazioni significative.
- 3) DEFORMAZIONI DEL SUOLO:** Le reti di monitoraggio delle deformazioni del suolo dell'isola non hanno mostrato variazioni significative durante il periodo in esame.
- 4) GEOCHIMICA:** Flusso di SO₂ su un livello medio ed in incremento dal mese di agosto. Il flusso di CO₂ in area Pizzo mostra valori su livelli medi. Non ci sono aggiornamenti per il rapporto C/S. Rapporto isotopico del He disciolto nei pozzi termali mostra un'ulteriore incremento, attestandosi su valori elevati.
- 5) OSSERVAZIONI SATELLITARI:** L'attività termica osservata da satellite è stata generalmente di livello da moderato ad alto.

2. SCENARI ATTESI

Attività persistente di tipo stromboliano di intensità ordinaria accoppiata a colate laviche lungo la Sciara del Fuoco da tracimazione dai crateri. L'attività può essere accompagnata da crolli di roccia o valanghe di detrito lungo la Sciara del Fuoco e da potenziali esplosioni idro-magmatiche per interazione tra lava e mare con lancio di blocchi fino a qualche centinaio di metri dalla costa e dispersione di gas e/o cenere vulcanica. Non è possibile escludere il verificarsi di esplosioni di intensità maggiore dell'ordinario

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 lo Stromboli, possono verificarsi senza preannuncio o evolvere in maniera imprevista e rapida, implicando quindi un livello di pericolosità mai nullo.

3. OSSERVAZIONI VULCANOLOGICHE

Nel periodo in osservazione, l'attività eruttiva dello Stromboli è stata caratterizzata attraverso le analisi delle immagini registrate dalle telecamere di sorveglianza dell'INGV-OE del Pizzo sopra la Fossa (SPT) e di Punta dei Corvi (SCV). Inoltre, nell'ambito delle attività previste nei progetti UNO e DYNAMO, sono state eseguite osservazioni dell'attività vulcanica e dell'assetto morfo-strutturale della terrazza craterica e sorvoli con droni nei giorni 7,8 e 9 ottobre.

L'attività esplosiva è stata prodotta, in prevalenza, da 4 bocche eruttive localizzate nell'area craterica Nord e da 3 bocche poste nell'area Centro Sud (CS; Fig. 3.1).

Quattro trabocchi lavici sono stati prodotti dall'area craterica settentrionale.

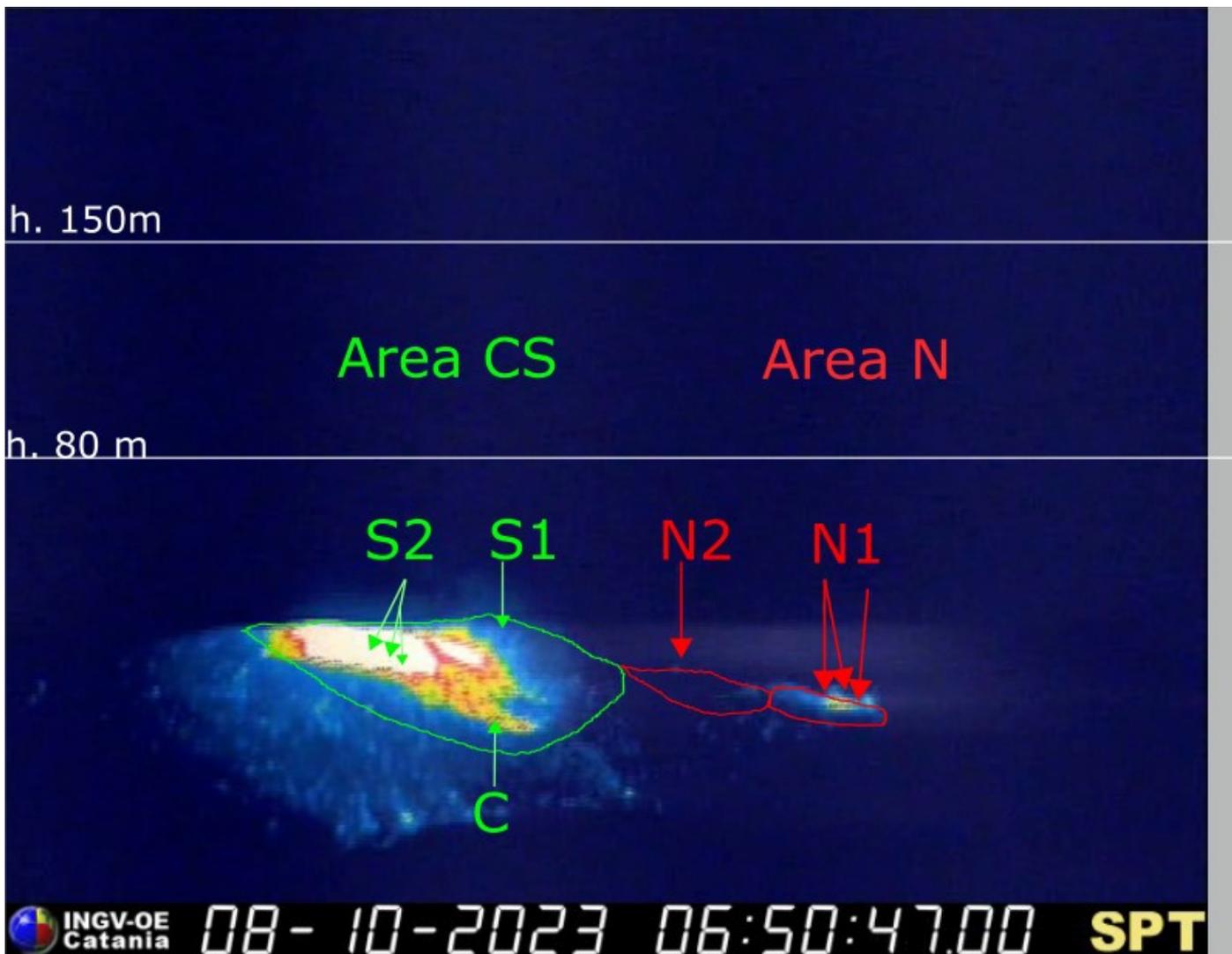


Fig. 3.1 La terrazza craterica vista dalla telecamera termica posta sul Pizzo sopra la Fossa (SPT) con la delimitazione delle aree crateriche Area Centro-Sud e Area Nord (rispettivamente AREA C-S e AREA N). Le sigle e le frecce indicano i nomi e le ubicazioni delle bocche attive; l'areale soprastante la terrazza craterica è diviso in tre intervalli di altezze associabili a 3 livelli di intensità dell'attività esplosiva.

Osservazioni dell'attività esplosiva ripresa dalle telecamere di sorveglianza

All'area craterica Nord (N), caratterizzata da tre bocche poste nel settore N1 ed una nel settore N2, è stata osservata una attività esplosiva di intensità variabile da bassa (minore di 80 m di altezza) a media (minore di 150 m di altezza) ed occasionalmente alta (maggiore di 150 m di altezza). I prodotti eruttati sono stati in prevalenza di materiale grossolano (bombe e lapilli) talvolta frammisto a materiale fine (cenere). Inoltre è stata osservata una continua attività di spattering al settore N1 che è stata intensa per gran parte del periodo ed in concomitanza dei trabocchi lavici. La frequenza media delle esplosioni è stata oscillante tra 6 e 11 eventi/h.

All'area Centro-Sud (CS) i settori S1 e C non ha mostrato attività significativa mentre il settore S2, caratterizzato da tre bocche attive anche contemporaneamente, ha mostrato in prevalenza una attività esplosiva di intensità alta (oltre i 150 m di altezza) di materiale grossolano che ha avuto una distribuzione ampia lungo le pendici esterne della terrazza craterica. Inoltre un'attività di spattering è stata osservata durante i giorni 4-7 ed 8 ottobre. La frequenza media delle esplosioni è stata oscillante tra 7 e 9 eventi/h (Fig. 3.2)

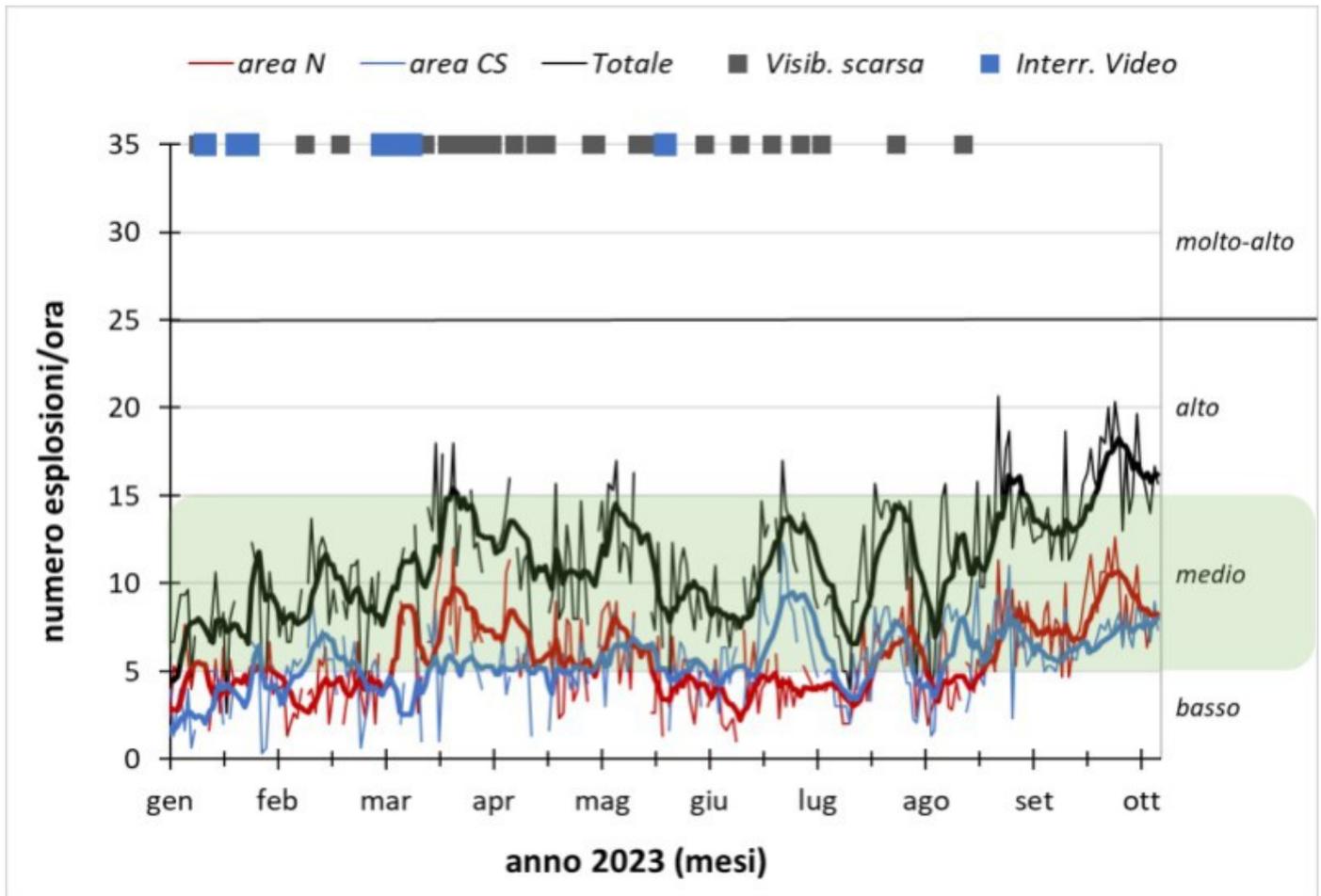


Fig. 3.2 *Frequenza media oraria giornaliera e settimanale, per area craterica ed in totale dell'attività esplosiva dello Stromboli (rispettivamente linea sottile ed in grassetto). Nella parte superiore del grafico sono riportate le condizioni di visibilità e le interruzioni del segnale video, mentre a destra sono delimitati i livelli di attività; la barra verde indica il livello medio tipico dell'attività esplosiva.*

Trabocchi lavici del 3-6-7-8 ottobre 2023.

Nei giorni 3-9-7 ed 8 ottobre quattro trabocchi lavici sono stati emessi dal settore N1 dell'area craterica N. Di seguito la descrizione degli eventi effusivi. Gli orari sono in UTC.

3 ottobre

Dalle ore 06:27 dopo una intensa attività di spattering al settore N1, dall'area craterica N ha avuto inizio un trabocco lavico che dopo un iniziale rotolamento di blocchi lavici (Fig. 3.3 a) all'interno della parta alta della Sciara del Fuoco ha assunto dopo breve periodo le caratteristiche di colata lavica (Fig. 3.3 b). Il flusso lavico è stato ben alimentato incanalandosi nel Canyon presente all'interno della Sciara ed intorno alle ore 14:00 è apparso poco alimentato ed in raffreddamento (Fig. 3.3 c).

6 ottobre

Dalle ore 00:45 dopo una intensa attività di spattering al settore N1, dall'area craterica N ha avuto inizio un trabocco lavico (Fig. 3.3 d ed e). Il flusso lavico ben alimentato si è incanalato nel Canyon presente all'interno della Sciara ed intorno alle ore 07:30 è apparso poco alimentato ed in raffreddamento (Fig. 3.3 f). Questo trabocco lavico è stato l'unico a raggiungere la linea di costa con un esiguo deposito di accumulo, appena visibile sulla telecamera infrarosso SPCT.

7 ottobre

Dalle ore 03:00 dopo una intensa attività di spattering al settore N1, dall'area craterica N ha avuto inizio un trabocco lavico (Fig. 3.3 g e h) all'interno della parta alta della Sciara del Fuoco. Tale flusso ben alimentato si è incanalato nel Canyon presente all'interno della Sciara del fuoco ed intorno alle ore 08:00 è apparso poco alimentato ed in raffreddamento (Fig. 3.3 i).

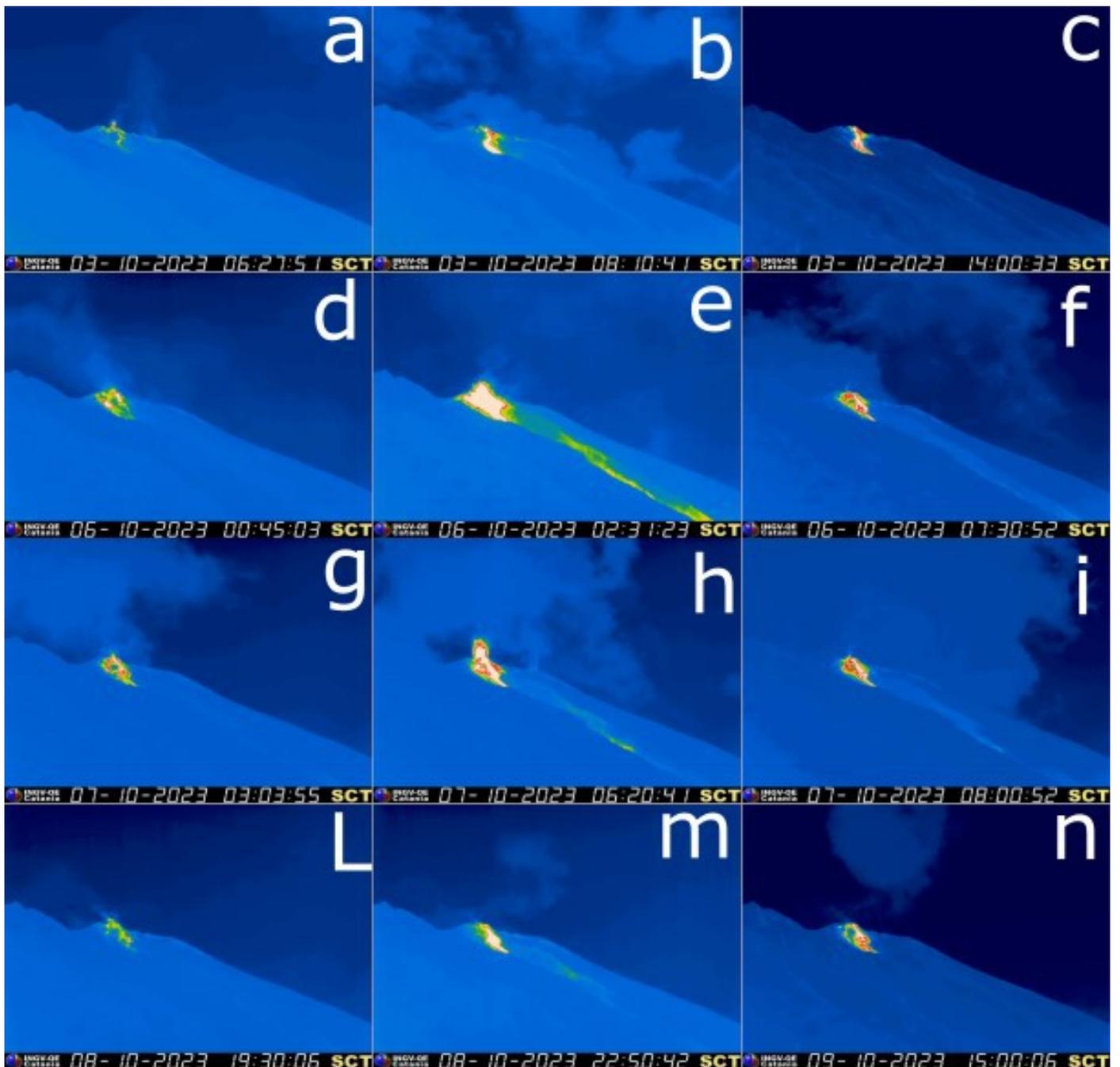


Fig. 3.3 Fotogrammi significativi dei trabocchi lavici del periodo 2-8 ottobre 2023 ripresi dalla telecamera infrarossa di quota 190 (SCT).

8 ottobre

Dalle ore 19:30 dopo una intensa attività di spattering al settore N1, dall'area craterica N ha avuto inizio un trabocco lavico all'interno della parta alta della Sciara del Fuoco (Fig. 3.3 l e m). Il flusso lavico ben alimentato si è incanalato Canyon presente all'interno della Sciara ed è stato soggetto a vistose fluttuazioni nel tasso di emissione sino ad apparire poco alimentato ed in raffreddamento intorno alle ore 15:00 di giorno 9 ottobre (Fig. 3.3 n e figura 3.4).

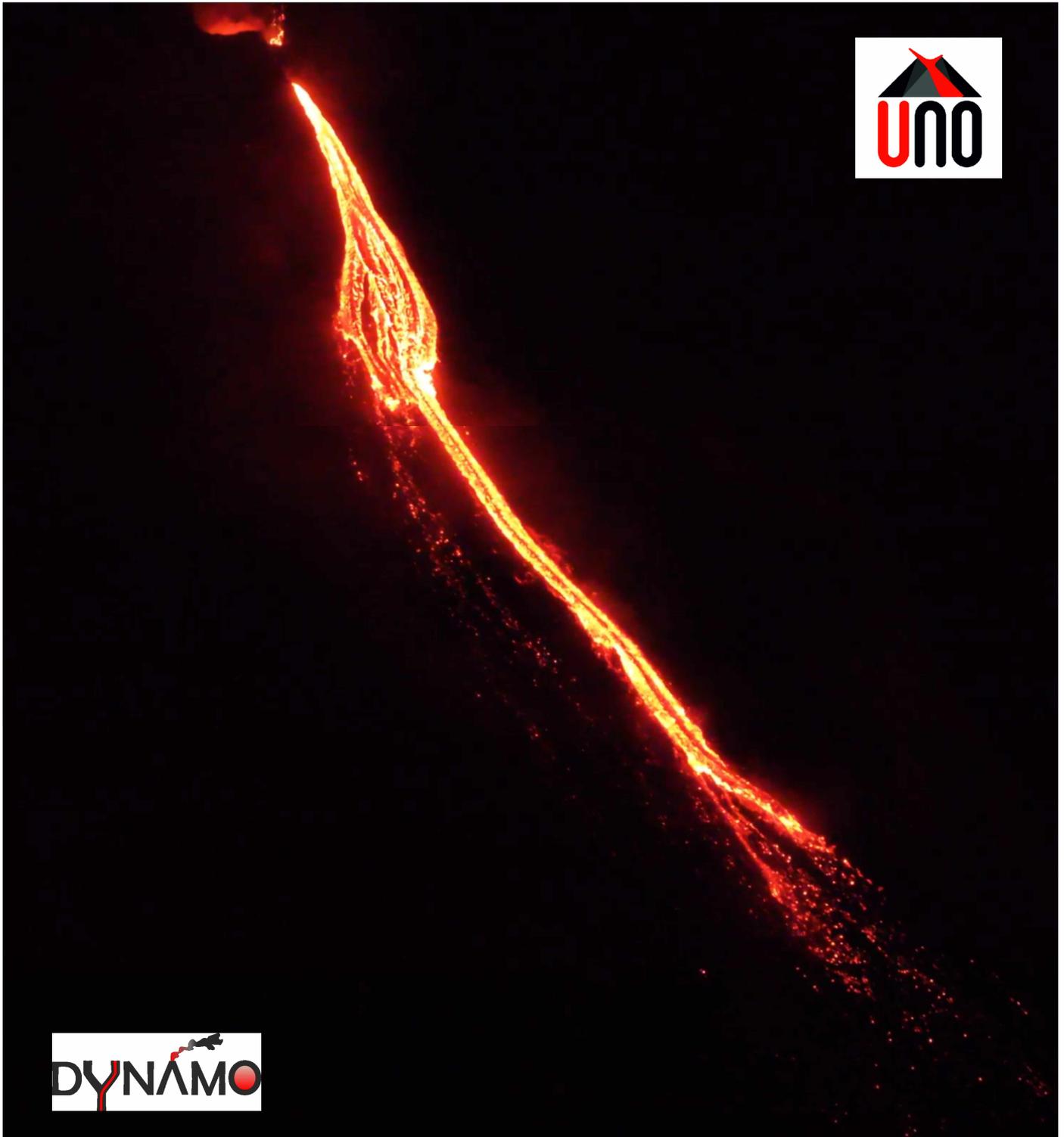


Fig. 3.4 *Trabocco lavico da N1 e rotolamenti lungo la Sciara del Fuoco, 8 ottobre.*

Osservazioni di terreno e con droni nei giorni 7, 8 e 9 Ottobre

Nell'ambito delle attività previste nei progetti UNO e DYNAMO, sono state eseguite osservazioni dell'attività vulcanica e dell'assetto morfo-strutturale della terrazza craterica e sorvoli con droni. I prodotti dei rilievi con droni sono il modello digitale della superficie (DSM) e l'ortomosaico e l'ortomosaico termico di 25 cm di risoluzione (Figura 3.5 a, b, c rispettivamente).

L'osservazione dell'attività eruttiva ha permesso di identificare le bocche attive e di caratterizzarne lo stile eruttivo (cerchi azzurri in figura 3.5 b)

Il 7 ottobre erano attive 5 bocche, due nel settore N1 della terrazza craterica, una nel settore N2 e due nel settore S2, mentre l'8 e il 9 ottobre erano attive 4 bocche con un solo vent nell'area Centro-Sud.

Nell'area Nord, il cratere N1 era caratterizzato dalla presenza di due bocche attive e incandescenti con

esplosioni ed emissione di materiale grossolano prive di cenere ed episodi di spattering dovuti al livello del magma prossimo alla superficie.

L'area craterica N2 era invece caratterizzata da una sola bocca attiva e incandescente che, nel periodo di osservazione, ha prodotto esplosioni verticali di gas, con poco materiale perlopiù grossolano e una modesta quantità di cenere.

Nell'area Centro-Sud, erano presenti due bocche nel settore S2, delle quali la più orientale, incandescente, produceva esplosioni ed emissione di materiale grossolano prive di cenere mentre la più occidentale era caratterizzata da esplosioni di materiale cineritico sia fresco che rimaneggiato frammisto a materiale grossolano Il giorno 7 ottobre, (figura 3.5 d). Nei giorni 8 e 9 ottobre era presente una sola bocca ubicata sul fondo del cratere caratterizzata da esplosioni di materiale grossolano e cenere

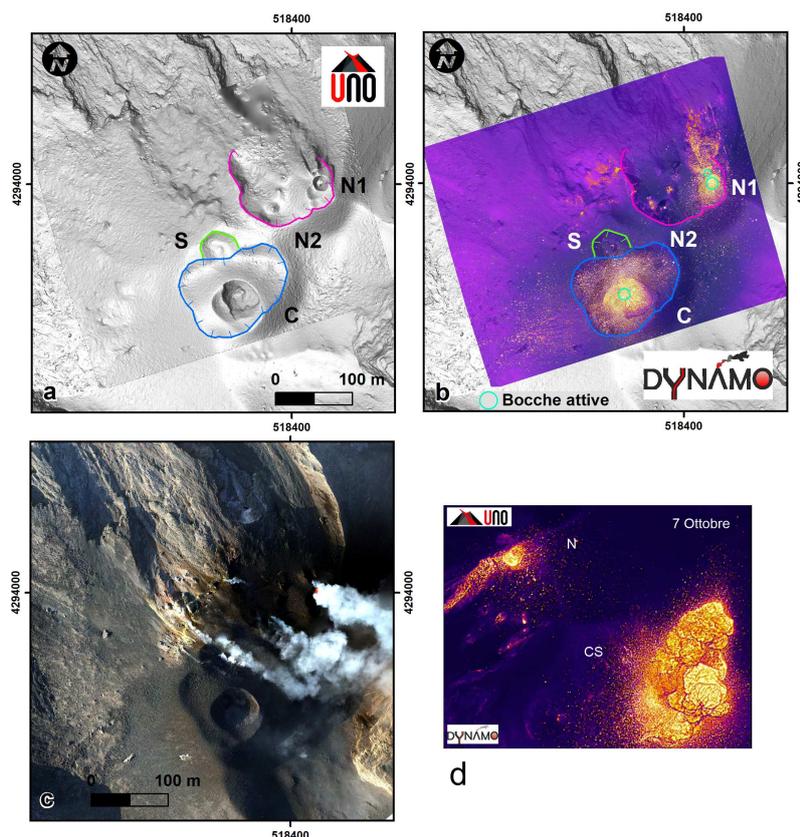


Fig. 3.5 a) modello ombreggiato del terreno dell'area craterica, b) ortomosaico, c) ortomosaico termico e d) immagine termica di un'esplosione ripresa da drone

4. SISMOLOGIA

NOTA: Il bollettino viene realizzato con i dati acquisiti da un numero massimo di 8 stazioni. Nel corso della settimana l'ampiezza del tremore ha avuto valori tra MEDI e ALTI.

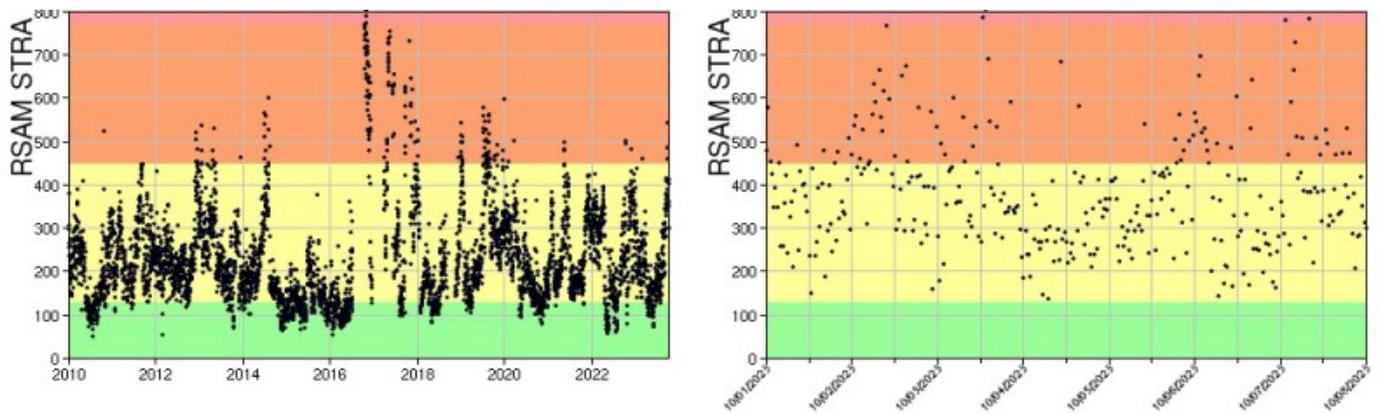


Fig. 4.1 Media giornaliera dell'ampiezza del tremore alla stazione STRA dal 1/01/2010 (sinistra) e nell'ultima settimana (destra).

La frequenza di occorrenza dei VLP ha avuto valori compresi tra 12 e 14 eventi/ora.

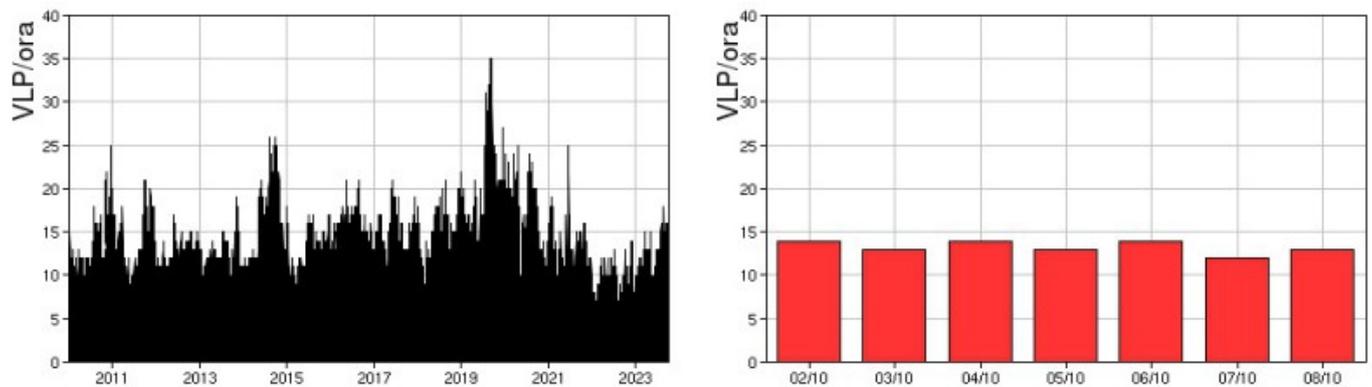


Fig. 4.2 Frequenza di accadimento degli eventi VLP dal 1/1/2010 (sinistra) e nell'ultima settimana (destra).

L'ampiezza degli eventi VLP ha avuto valori generalmente tra BASSI e MEDI, con alcuni eventi di ampiezza ALTA.

L'ampiezza degli explosion-quake ha avuto valori generalmente MEDI, con alcuni eventi di ampiezza ALTA .

NB: Per problemi tecnici non è stato possibile stimare la localizzazione e la polarizzazione dei segnali VLP.

Informazioni relative ai dati dilatometrici.

In alto, lo strain registrato nell'ultimo anno, dalle 00:00 UTC del 10/10/2022 alle 23:05 UTC del giorno 09/10/2023. In basso, lo strain registrato nell'ultima settimana, dalle 00:00 UTC del giorno 02/10/2023 alle 24:00 UTC del giorno 08/10/2023.

I dati dello strain non mostrano variazioni significative nell'ultima settimana.

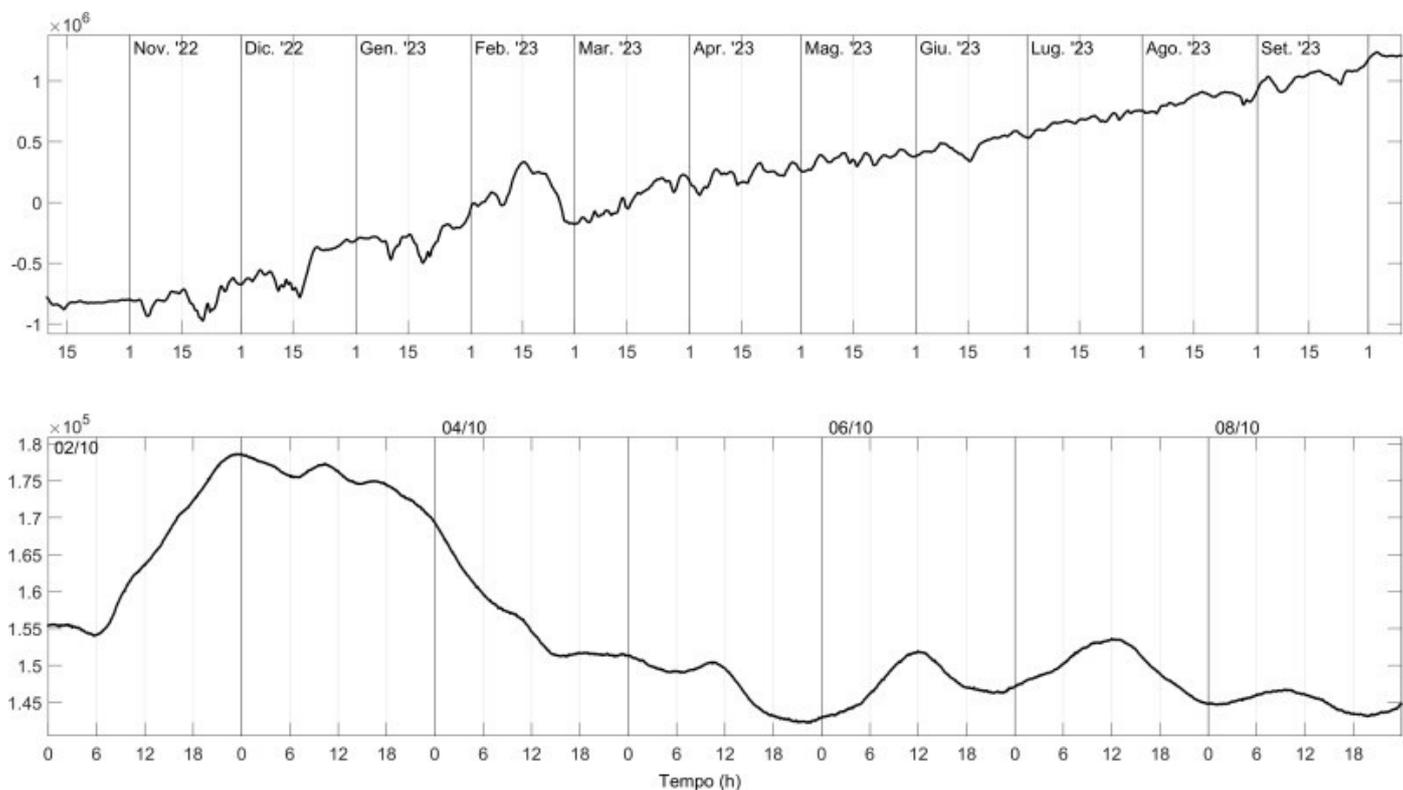


Fig. 4.3 Grafico relativo al dato dilatometrico registrato a SVO: in alto viene mostrato lo strain registrato dal 10/10/2022, in basso quello nell'ultima settimana.

Informazioni relative ai terremoti: nel corso della settimana in oggetto solamente un terremoto ha raggiunto o superato la soglia di magnitudo locale 1.0 (Fig. 4.4). Tale evento risulta localizzato a circa 4 km dall'abitato di Ginostira ad una profondità focale di circa 5 km (Fig. 4.5 e Tab. 1).

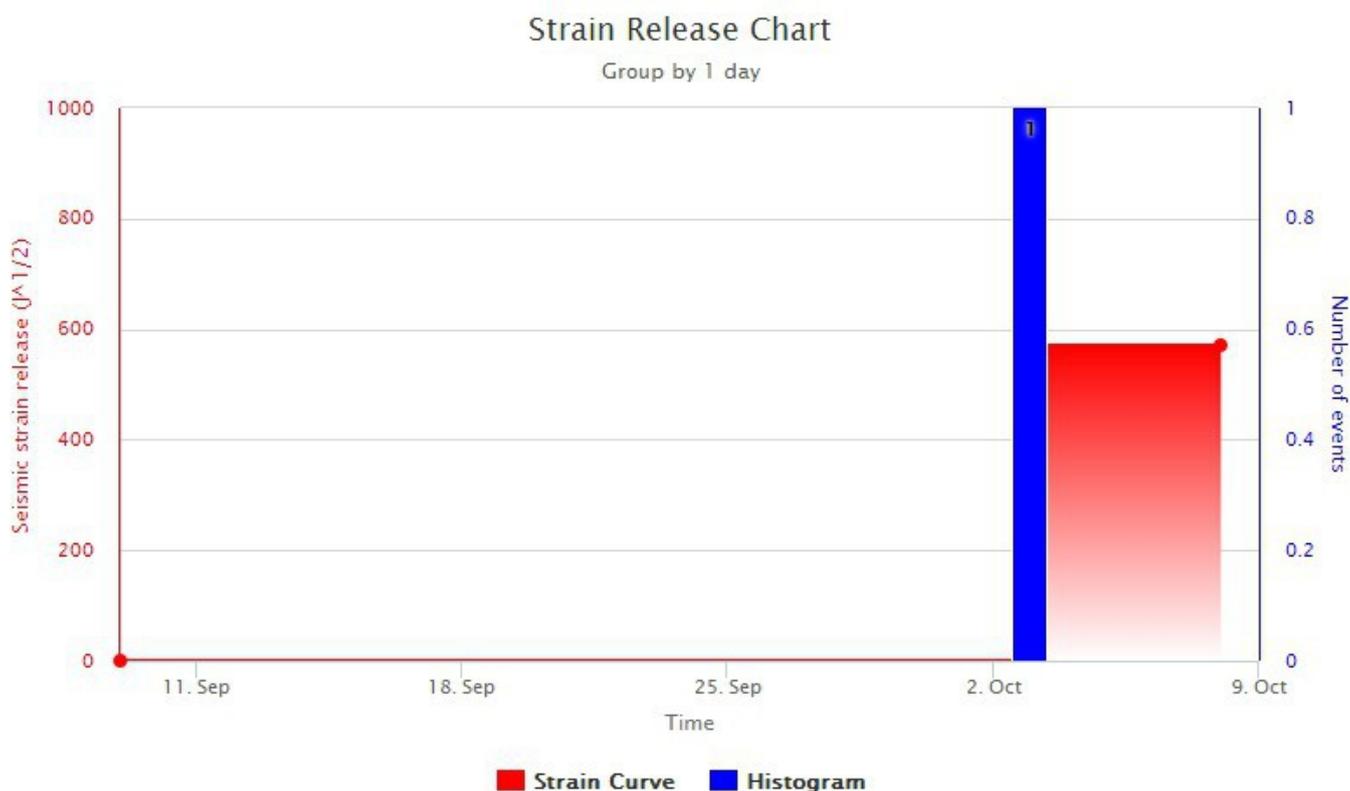


Fig. 4.4 Frequenza giornaliera di accadimento e curva cumulativa del rilascio di strain sismico dei terremoti con M_L

maggiore o uguale a 1.0 localizzati nell'ultimo mese nell'area di Stromboli.

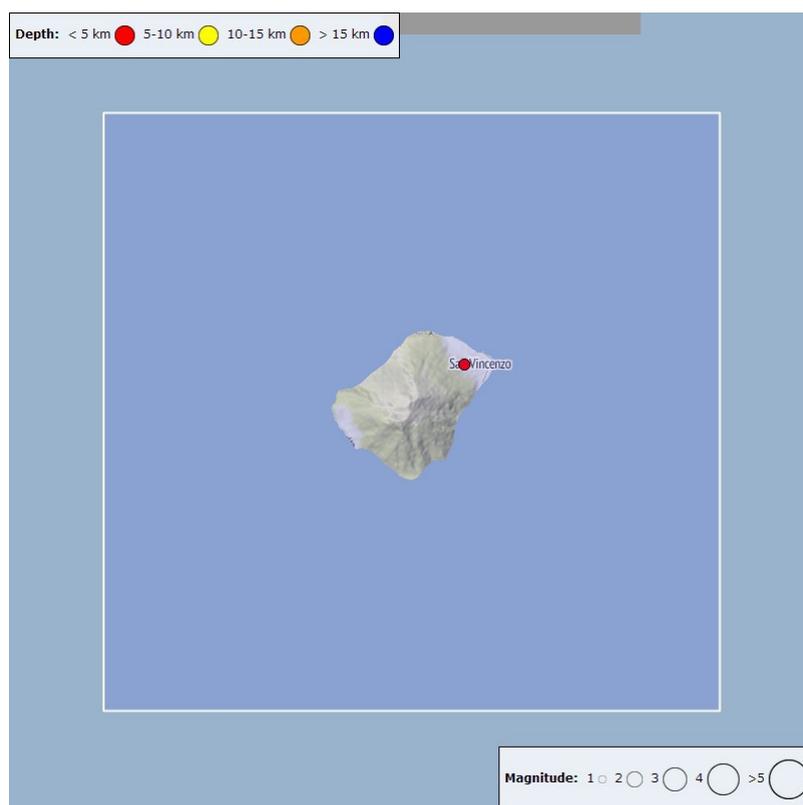


Fig. 4.5 *Mappa epicentrale dei terremoti con ML maggiore o uguale a 1.0 localizzati nell'ultima settimana nell'area di Stromboli.*

Tabella. 4.1 - Tabella dei terremoti con ML \geq 1

DateTime	ML	Prof. (km)	Area epicentrale
03/10/2023 01:47	1.4	4.9	3.8 km E from Ginostra (ME)

5. DEFORMAZIONI DEL SUOLO

L'analisi dei dati della rete GNSS permanente, acquisiti ad alta frequenza, non ha mostrato variazioni significative. Si riporta, come esempio, la variazione della distanza tra le stazioni San Vincenzo (SVIN) e Timpone del Fuoco (STDF), poste agli opposti versanti dell'isola.

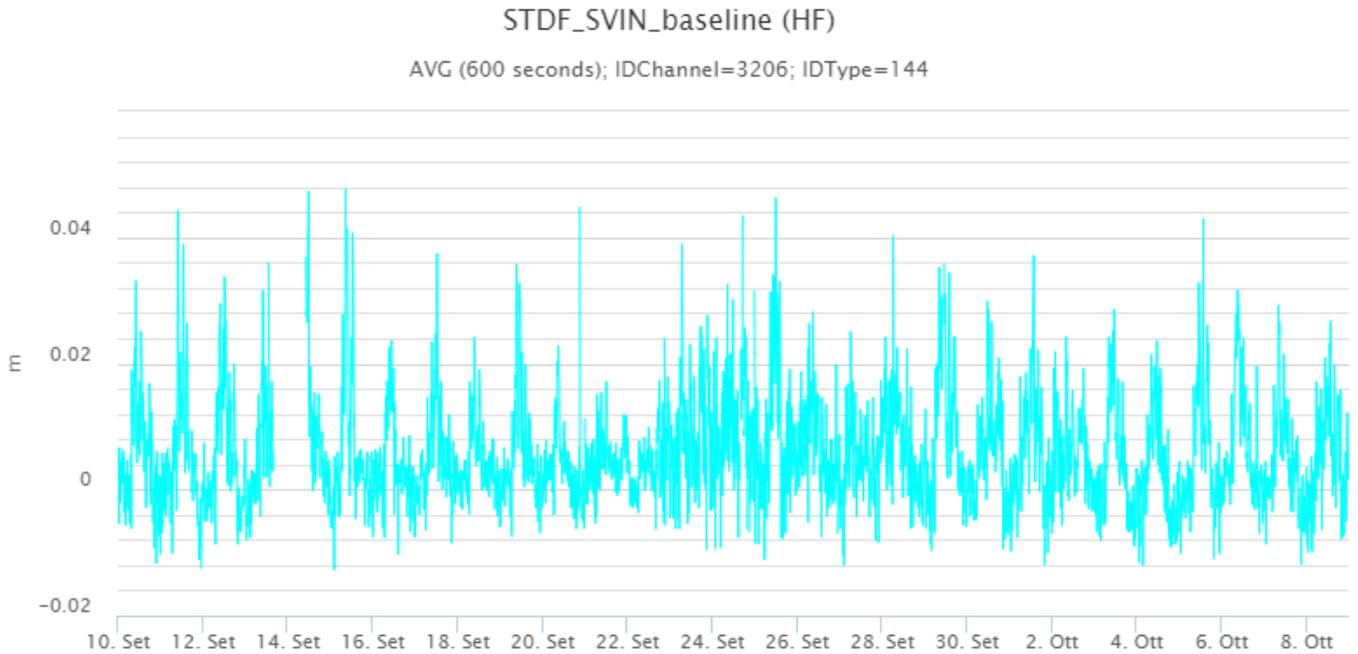


Fig. 5.1 Serie temporale della variazione di distanza tra le stazioni GNSS di SVIN e di STDF.

La stazione di monitoraggio clinometrico di Timpone del Fuoco (TDF) non ha registrato variazioni significative.

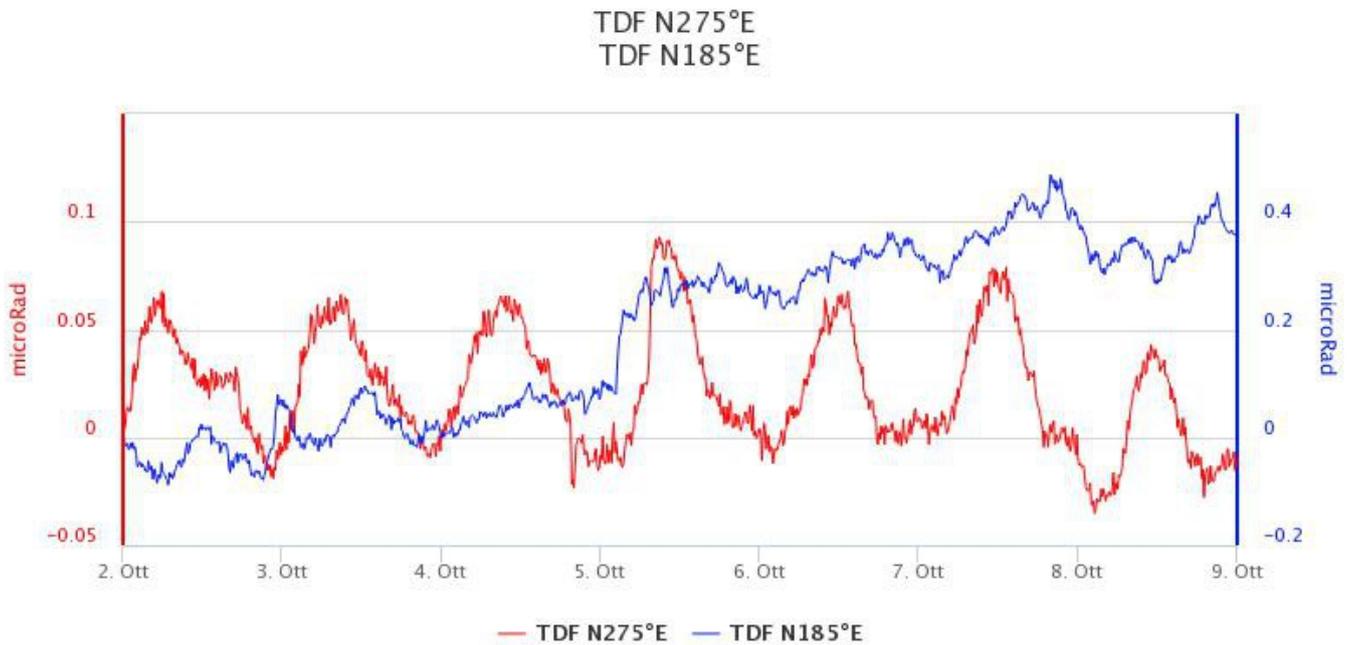


Fig. 5.2 Serie temporale delle due componenti del segnale clinometrico della stazione di Timpone del Fuoco (TDF) nel corso dell'ultima settimana.

6. GEOCHIMICA

Il flusso di SO₂ medio-giornaliero totale emesso dall'area craterica N e CS nel periodo ha indicato valori su un livello medio con valori infra-giornalieri sino ad un livello alto. Dall'inizio del mese di agosto si registra una tendenza all'incremento

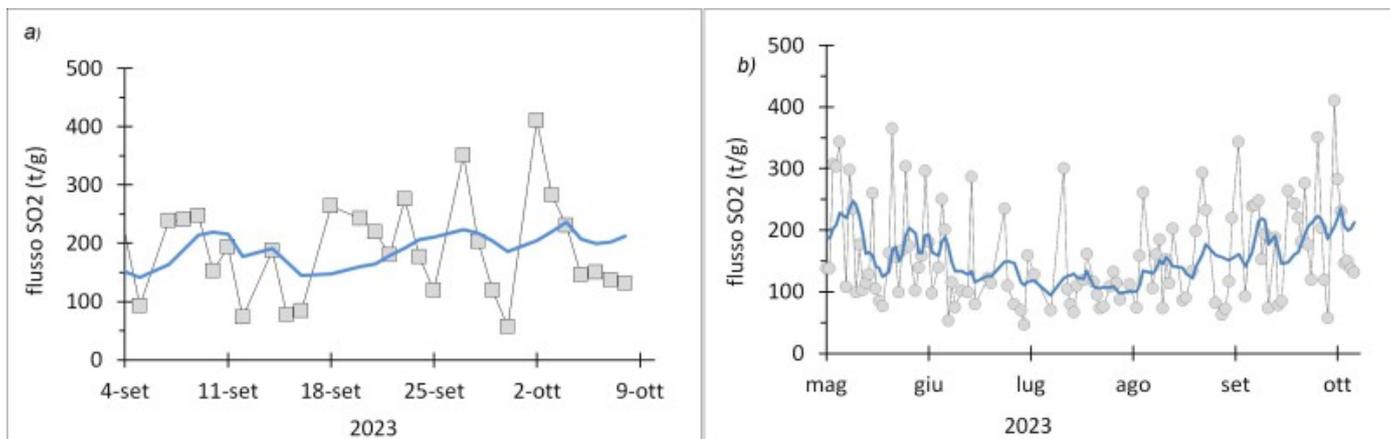


Fig. 6.1 *Flusso di SO₂ medio-giornaliero nel corso dell'ultimo mese (a) e dell'ultimo semestre (b)*

Flusso di CO₂ in area sommitale. La stazione di misura del flusso di CO₂ emesso dal suolo in area Pizzo (STR02) mostra livelli di degassamento medi, con valori di 8000 g/m²/giorno nell'ultima settimana.

STR02 – Flusso CO₂

FROM: 2023-07-10 – TO: 2023-10-09 | Last Week Average: 2023-10-08 – 8055.64



STR02 – Flusso CO₂

FROM: 2022-10-10 – TO: 2023-10-09 | Last Week Average: 2023-10-08 – 8055.64



Fig. 6.2 Andamento temporale del flusso di CO₂ dal suolo: a) ultimi tre mesi; b) ultimo anno.

Rapporto CO₂/SO₂ nel plume (Rete StromboliPlume). A causa di problemi tecnici non ci sono aggiornamenti.

Rapporto isotopico di He disciolto nei pozzi termali. Il rapporto isotopico dell'elio disciolto nella falda termale mostra un'ulteriore crescita in corrispondenza dell'ultima campagna del 25 Settembre e si attesta su valori alti con ($R/R_a = 4.43$).

Stromboli – Rapporto Isotopico He – 1 Year

FROM: 2022-10-10 – TO: 2023-10-10 | Last Value: 4.43



Stromboli – Rapporto Isotopico He – 5 Years

FROM: 2018-10-10 – TO: 2023-10-10 | Last Value: 4.43

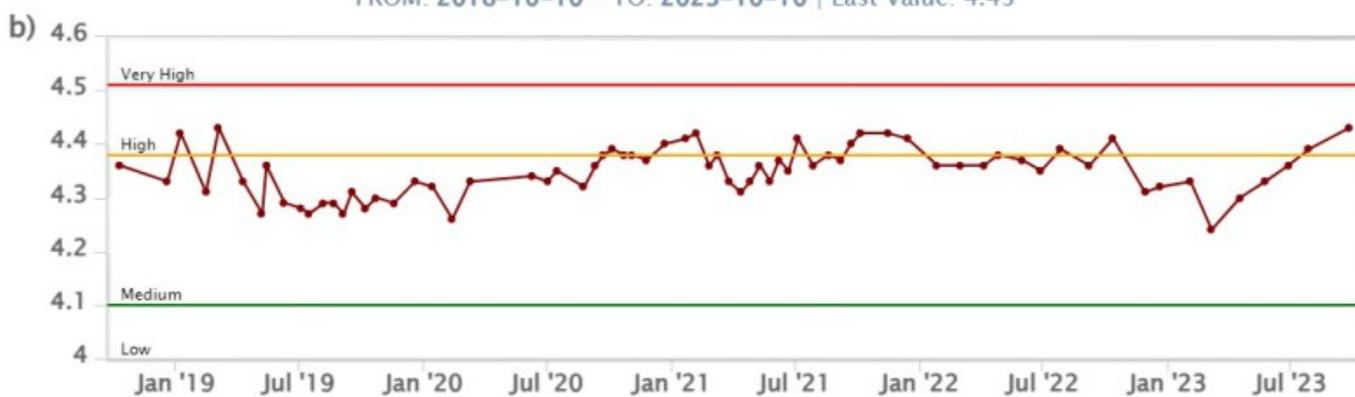


Fig. 6.4 Andamento temporale medio del rapporto isotopico dell'elio disciolto nella falda termale: a) ultimo anno; b) ultimo quinquennio.

7. OSSERVAZIONI SATELLITARI

L'attività termica dello Stromboli è stata seguita tramite l'elaborazione di una varietà di immagini satellitari con differenti risoluzioni temporale, spaziale e spettrale. In Figura 7.1 sono mostrate le stime del potere radiante dal 1 marzo al 10 ottobre 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 da moderato ad alto in relazione ai molteplici episodi di trabocchi lavici in area sommitale. In Figura 7.2 vengono mostrate la sequenza di immagini ad alta risoluzione spaziale analizzate dal 3 ottobre al 9 ottobre 2023 per la stima dell'estensione areale delle anomalie termiche in area sommitale e la corrispondente stima del potere radiante calcolate usando immagini multispettrali MODIS, VIIRS, SENTINEL-3 SLSTR e SEVIRI. Quest'ultimo ha permesso di seguire l'evoluzione degli eventi con una maggiore risoluzione temporale (i.e. ogni 15 minuti), in particolare sono state registrate quattro sequenze principali con picchi rispettivamente di 208 MW (SEVIRI) il 3 ottobre alle ore 11:12 UTC, 340 MW (SEVIRI) il 6 ottobre 2023 alle ore 02:57 UTC, 252 MW (SEVIRI) il 7 ottobre 2021 alle ore 04:27 UTC e 115 MW (SLSTR) il 8 ottobre 2023 alle ore 20:13 UTC. L'ultima anomalia di flusso termico (circa 4MW, MODIS) è stata registrata il 9 ottobre alle ore 20:24 UTC. L'estensione areale dell'anomalia termica associata al campo lavico attivo del 6 ottobre 2023 stimata di circa 0.034 kmq ed è stata registrata il 6 ottobre 2023 alle ore 07:14 UTC usando l'immagine multispettrale Landsat 7-ETM+(L7-ETM+). L'estensione areale dell'anomalia termica associata al campo lavico attivo del 8/9 ottobre 2023 di circa

0.015 kmq ed è stata registrata il 9 ottobre 2023 alle ore 09:58 UTC usando l'immagine multispettrale Sentinel2-MSI(S2-MSI).
Tuttavia, nell'ultima settimana le cattive condizioni meteorologiche possono aver condizionato l'analisi delle immagini satellitari.

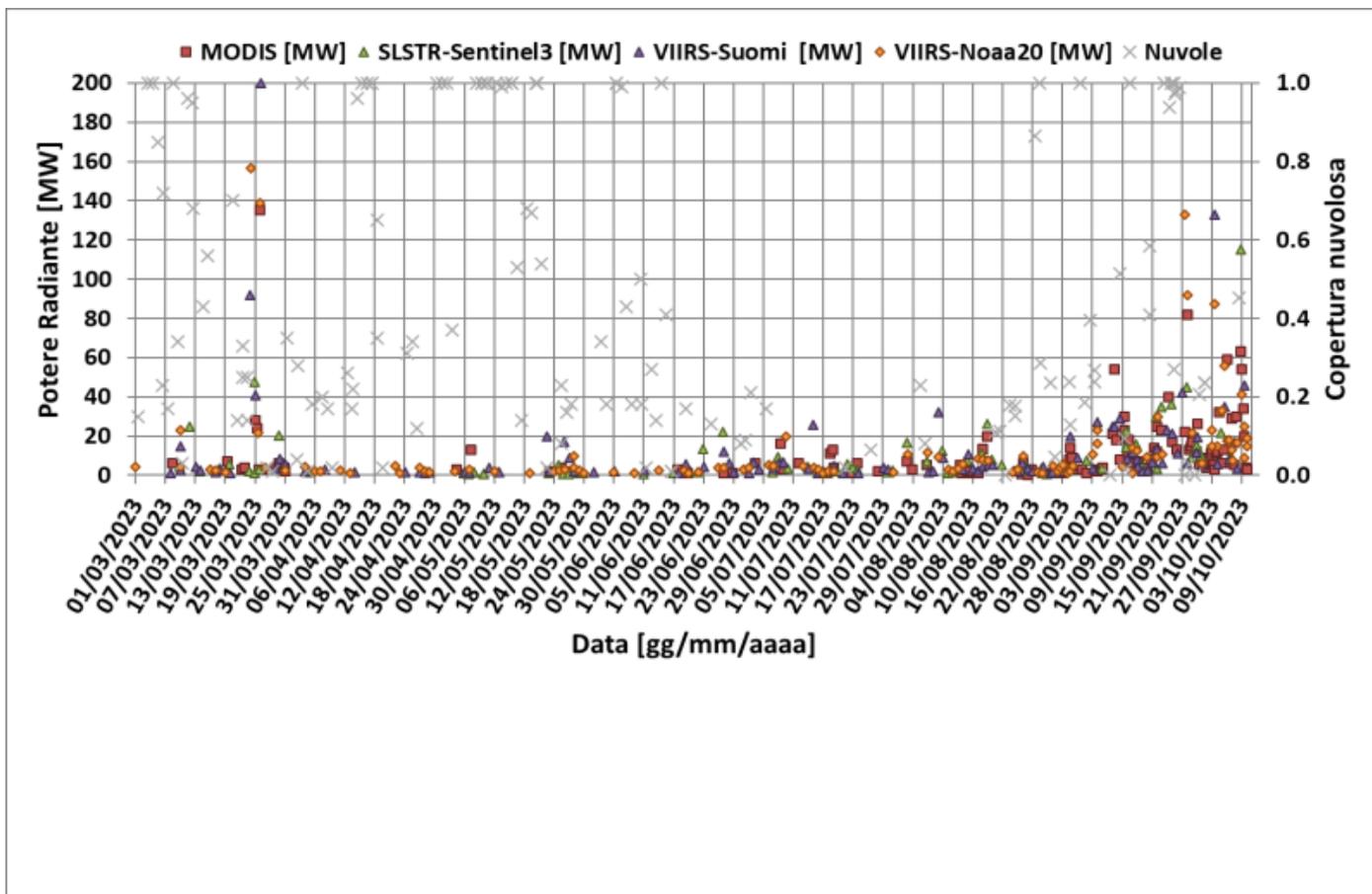


Fig. 7.1 Potere radiante calcolato da dati MODIS (quadrato rosso), SENTINEL-3 SLSTR (triangolo verde) e VIIRS (triangolo viola e rombo giallo) dal 1 marzo al 10 ottobre 2023. Per l'intero periodo analizzato è anche riportato l'indice di nuvolosità.

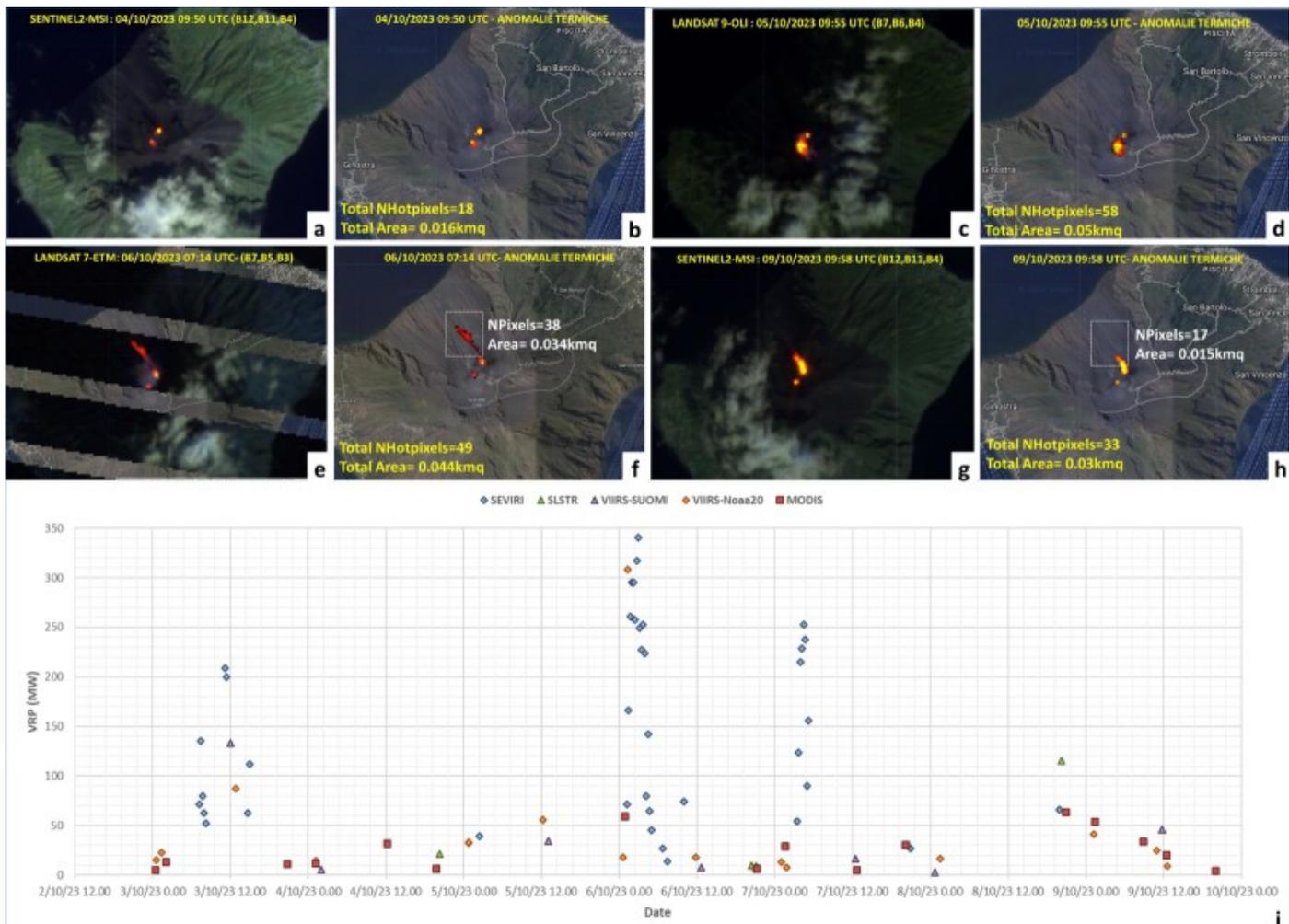


Fig. 7.2 Analisi delle immagini satellitari multispettrali dal 3 ottobre al 10 ottobre 2023. Vengono mostrate le immagini False RGB (Band SWIR2, Band SWIR1 e Band RED) e relative mappe termiche identificate con algoritmo Xmeans e banda SWIR1 ottenute da S2-MSI 4/10/2023(a,b), Landsat9-OLI 5/10/2023(c,d), L7-ETM+ del 6/10/2023(e-f), S2-MSI del 9/10/2023(g-h). i) Potere radiante calcolato da dati SEVIRI (rombo azzurro), MODIS (quadrato rosso), S3-SLSTR (triangolo verde) e VIIRS (triangolo viola e rombo giallo)

8. STATO STAZIONI

Tab.8.1 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
Geochimica - CO2/SO2	-	-	1	2
Geochimica - Flussi CO2 suolo	-	-	-	1
Geochimica Flussi SO2	2	0	2	4
Rete dilatometrica	1	0	1	2
Sismologia	1	0	6	7
Telecamere	2		3	5

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.