



Rep. N° 21/2021

## **Stromboli**

### **Bollettino Settimanale**

### **17/05/2021 - 23/05/2021**

(data emissione 25/05/2021)

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

---

Alla luce dei dati di monitoraggio si evidenzia:

1) OSSERVAZIONI VULCANOLOGICHE: Attività stromboliana e attività di spattering a tratti intensa all'area N2, collasso del bordo craterico, flusso piroclastico seguito da un flusso lavico. La frequenza totale degli eventi ha mostrato valori oscillanti tra livelli medio-alti ed alti (19-21 eventi/h) prima degli eventi del 19 maggio e medio-bassi e medi (9-11 eventi/h) nei successivi giorni del periodo. L'intensità delle esplosioni è stata variabile da bassa a media all'area craterica Nord e medio-alta a quella Centro-Sud.

2) SISMOLOGIA: I parametri sismologici monitorati non mostrano variazioni significative, ad eccezione dell'incremento dell'ampiezza del tremore del giorno 19/05, dovuto al flusso piroclastico, e dell'incremento dell'ampiezza degli explosion-quake nei giorni 18-21/05.

3) DEFORMAZIONI: La stazione clinometrica Timpone del Fuoco ha registrato dei transienti in concomitanza del flusso piroclastico di giorno 19 Maggio.

4) GEOCHIMICA: Flusso di SO<sub>2</sub> su un livello medio

Il rapporto C/S nel plume si attesta su valori medi.

Il rapporto isotopico dell'He disciolto nella falda termale permane su un livello medio.

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

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

---

Attività persistente di tipo stromboliano di intensità ordinaria e discontinua attività di spattering, accoppiata a trabocchi lavici che si riversano nella Sciara del Fuoco. Non è possibile escludere il verificarsi di esplosioni di intensità maggiore dell'ordinario.

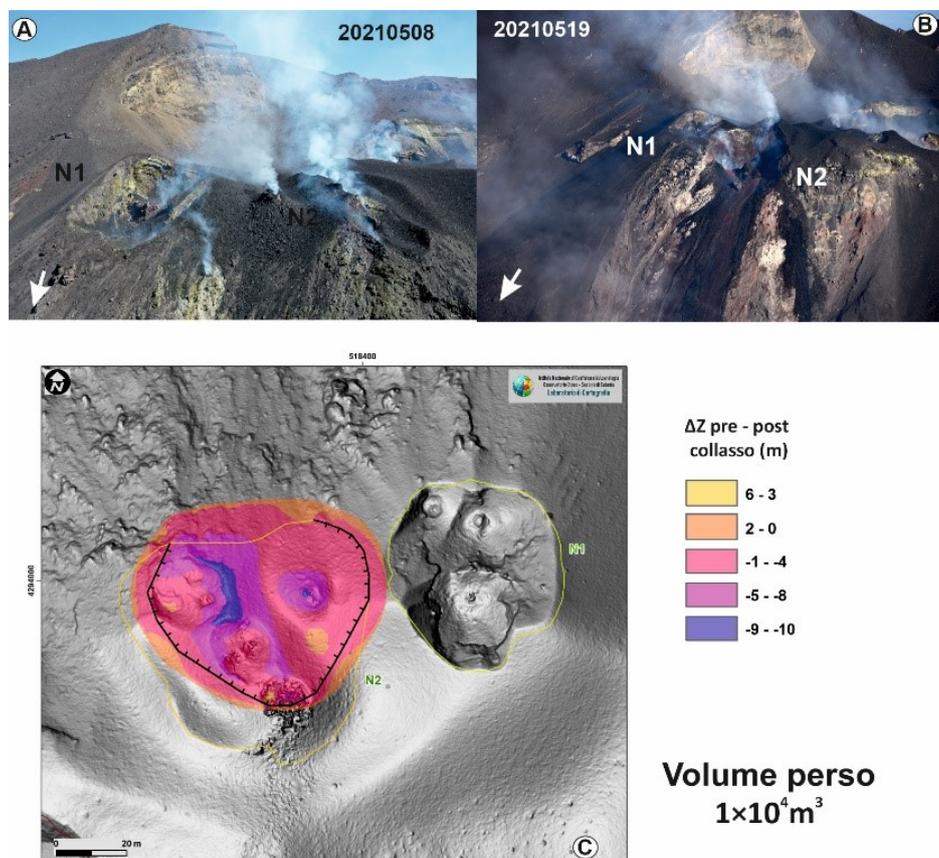
**N.B. Eventuali variazioni dei parametri monitorati possono comportare una diversa evoluzione degli scenari d'evento sopra descritti. Si sottolinea che le intrinseche e peculiari caratteristiche di alcune fenomenologie, proprie di un vulcano in frequente stato di attività e spesso con persistente stato 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 l'analisi delle immagini registrate dalle telecamere di sorveglianza dell'INGV-OE situate a quota 190 m, Punta Corvi e quota 400 m e tramite sopralluoghi da parte di personale INGV nell'ambito dell'Allegato A e del progetto UNO e da un sorvolo effettuato con l'elicottero dei Vigili del Fuoco del "Nucleo elicotteri VF di Catania". La descrizione dell'attività e la discriminazione delle bocche che alimentano l'attività esplosiva nelle singole aree crateriche Nord (N) e Centro-Sud (CS), potrebbero avere delle incertezze a causa dell'inquadratura delle telecamere di quota 400 m e di quota 190 m, che non permettono di discriminare i punti di emissione, in particolare l'area Centro-Sud. Il periodo in osservazione si caratterizza per l'accadimento del flusso piroclastico ed un successiva attività effusiva dall'area craterica N il 19 maggio 2021.

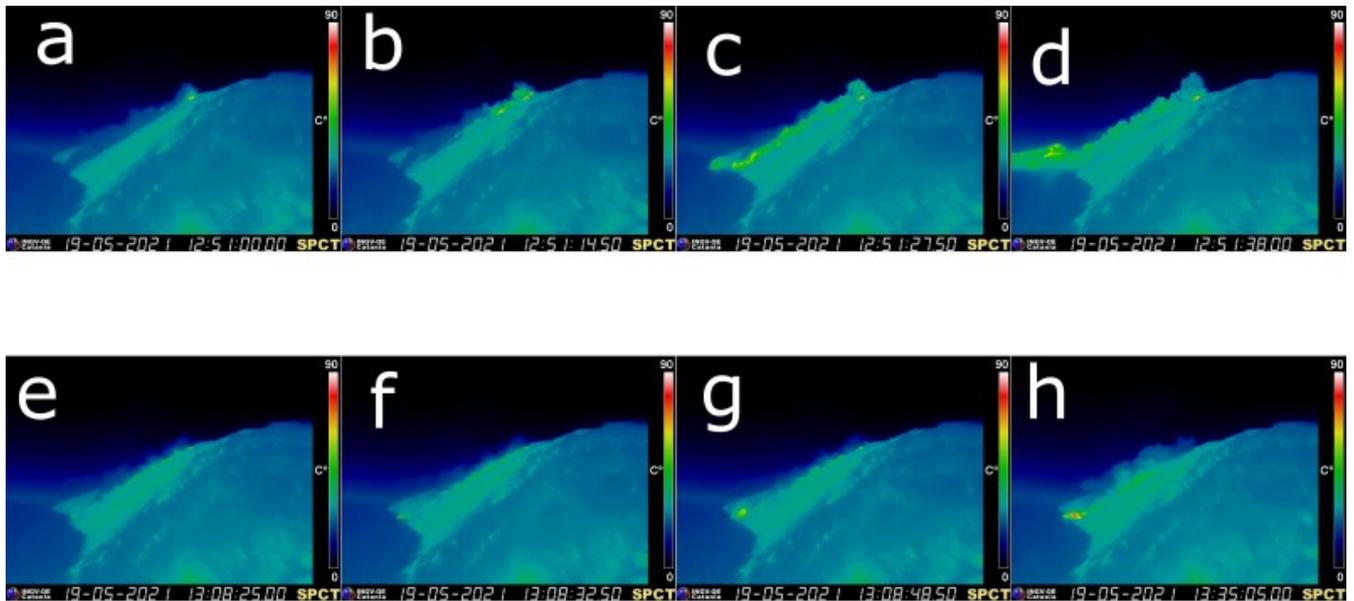
Descrizione dell'evento piroclastico ed effusivo del 19 maggio 2021.

Il giorno 19 maggio alle ore 12:51 UTC dopo una intensa attività di spattering dall'area Nord nel settore craterico denominato N2 è avvenuto il collasso del bordo del cratere N2, prospiciente la Sciara del Fuoco. Il collasso ha determinato la formazione di un flusso piroclastico che ad una velocità di circa 50 m/sec ha raggiunto la linea di costa inoltrandosi per oltre 1 km in mare (Fig. 3.2 a-b-c-d). Dalla nicchia di distacco è scaturito un flusso lavico, che dalle ore 13:08 UTC scorrendo lungo la Sciara ha raggiunto la linea di costa (Fig. 3.2 e-f-g-h). Inoltre al flusso principale sono seguiti ulteriori flussi di minore intensità sino alle 13.35.



**Fig. 3.1 -** Figura 3.1 A) Immagine area craterica Nord pre-collasso B) immagine area craterica N2 post-collasso C) stima degli spessori in m, di materiale coinvolto nel collasso sovrapposta al modello ombreggiato del terreno risultante dalle attività del Progetto UNO /INGV-DPC All. A.

Il tasso eruttivo (TADR - time averaged discharge rate) stimato attraverso l'elaborazione di dati MODIS e SEVIRI (dati SEVIRI, grazie all'elevata risoluzione temporale (un dato ogni 5-15 minuti) hanno permesso di seguire l'evoluzione dell'evento del 19 maggio), ha indicato anomalie termiche giorno 19 maggio con continuità dalle 12:45 alle 21:30 GMT. Il picco dell'anomalia termica è stato registrato alle 13:00 GMT, relativo al flusso piroclastico e corrisponde ad un tasso eruttivo compreso tra  $6.0 \pm 2 \text{ m}^3/\text{s}$  (Fig 3.4b). Il volume emesso al 24 maggio è compreso circa  $450 \pm 150$  mila metri cubi. La mappa della colata è stata ottenuta attraverso l'analisi delle immagini del sorvolo in elicottero effettuato il 19 Maggio 2021 e grazie all'immagine satellitare Sky-Sat del 21 Maggio. L'area coperta dalla colata è pari a  $11 \times 10^4 \text{ m}^2$  e il volume stimato è di  $8.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ . Il volume è stato calcolato con il metodo planimetrico (area x spessore) assegnando uno spessore medio di 0.5 m lungo il pendio e di 3 m nella porzione di colata in prossimità della costa (da quota 25 m s.l.m. in poi) ove si accumula il materiale (Fig 3.4b). E' stato inoltre stimato il volume di materiale coinvolto nel collasso dell'area craterica N2 grazie al DSM elaborato nell'ambito delle attività del Progetto UNO /INGV-DPC All. A: L'analisi delle foto pre e post collasso hanno permesso di disegnare la nicchia formatasi in seguito all'evento. Il volume di materiale perso è di circa  $10000 \text{ m}^3$ , tale valore è stato stimato interpolando una superficie di base post collasso (Fig.3.1) .



**Fig. 3.2** - Fig. 3.2 Immagini della Telecamera termica di sorveglianza (SPCT) a-b-c-d). Flusso piroclastico lungo la Sciara del Fuoco e ingresso in mare. e-f-g-h). Flusso lavico lungo la Sciara e inizio deposizione lungo la linea di costa. Deposito della colata e del flusso piroclastico riprese dal sorvolo 19 maggio con l'ausilio dell'elicottero dei Vigili del Fuoco

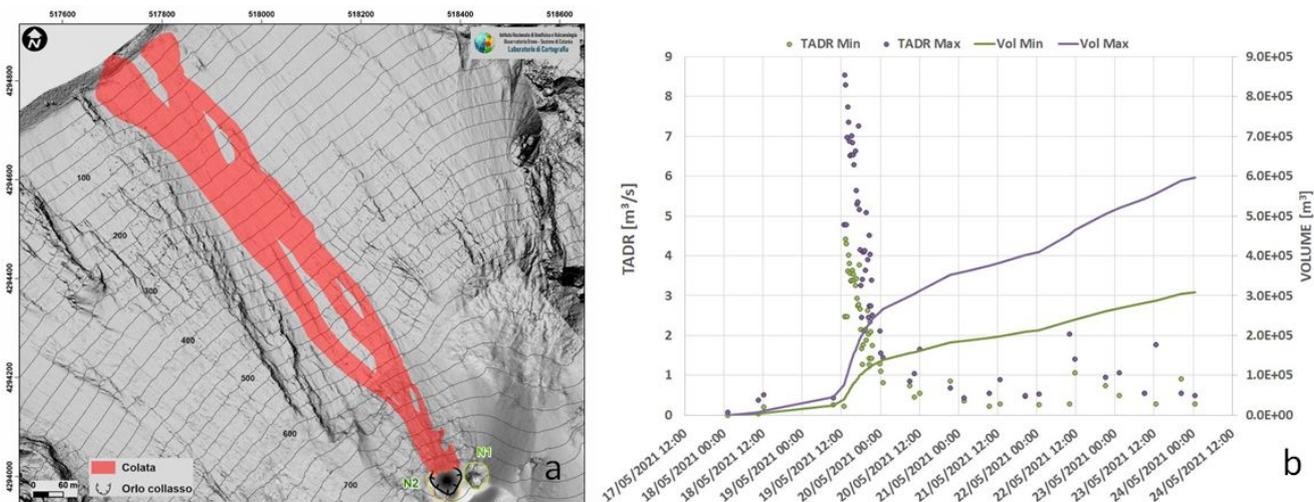
Descrizione dell'attività esplosiva ripresa dalle telecamere di sorveglianza.

All'area craterica Nord il cratere N1, con tre punti di emissione, ha prodotto esplosioni di intensità variabile da bassa a media (talvolta i prodotti hanno raggiunto i 150 m di altezza) di materiale grossolano (lapilli e bombe). La bocca N2, con quattro punti di emissione, ha mostrato una attività esplosiva d'intensità variabile da bassa a medio-alta (talvolta i prodotti hanno raggiunto i 250 m di altezza) di materiale, in prevalenza, grossolano con una attività di spattering che è stata intensa per brevi intervalli precedendo il collasso craterico e continuando durante la successiva attività effusiva. La frequenza media delle esplosioni è stata oscillante tra 12 e 15 eventi/h prima degli eventi vulcanici del 19 maggio mentre nei giorni successivi la frequenza media ha mostrato valori tra 8 e 10 eventi/h.

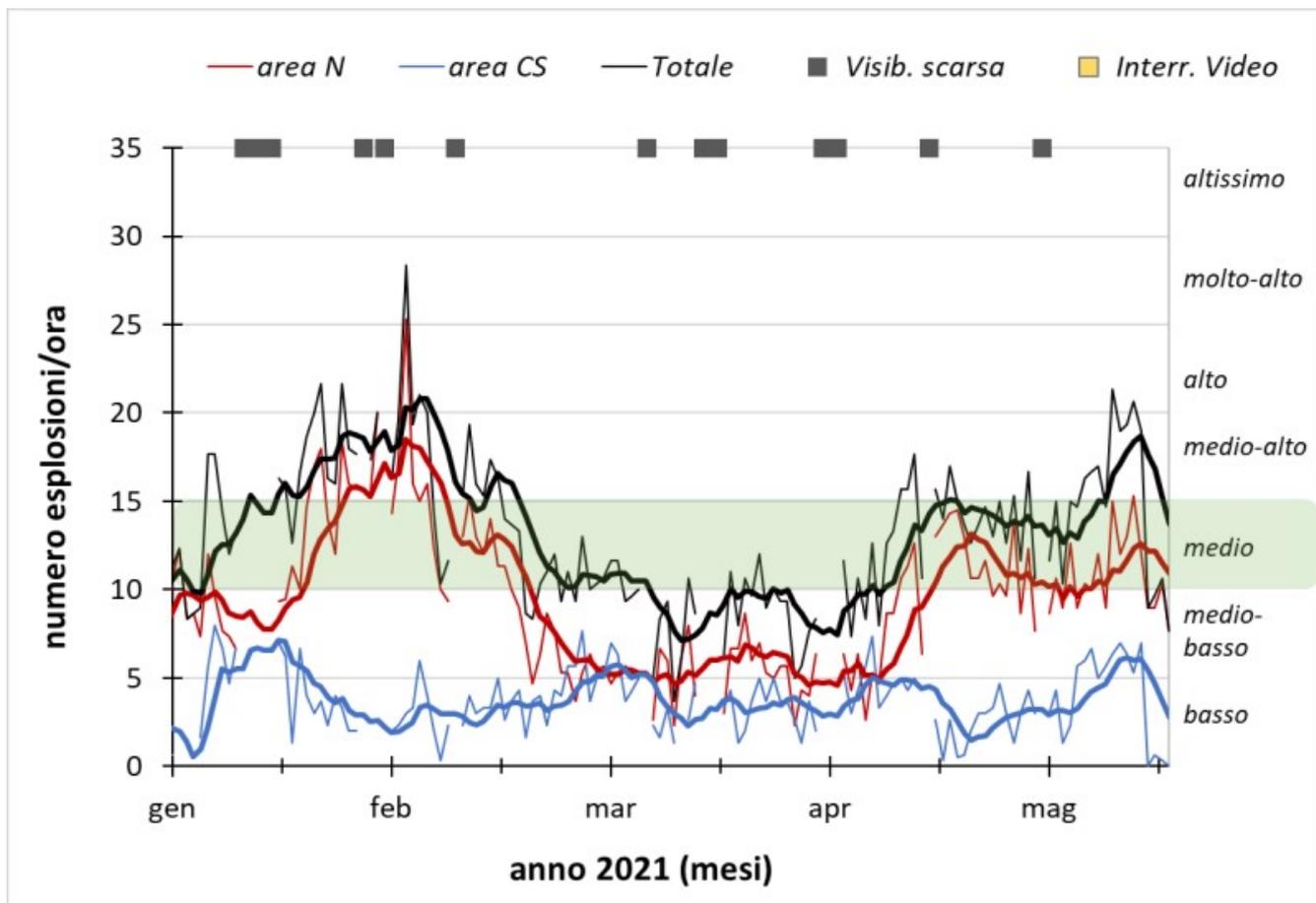
All'area Centro-Sud sono stati almeno tre i punti di emissione con esplosioni, di materiale grossolano e fine di intensità media e talvolta alta (i prodotti hanno superato i 250 m di altezza). L'attività esplosiva ha mostrato valori della frequenza media oraria compresi tra 5 e 7 eventi/h

prima degli eventi del 19 maggio mentre nei successivi giorni l'attività esplosiva è stata scarsa o assente.

I



**Fig. 3.3 - Fig 3.4 (a)** Mappa della colata aggiornata al 21 Maggio disegnata su modello ombreggiato del terreno (realizzato in collaborazione GEOMAR Volcanology Drone Group), la topografia dell'area craterica è aggiornata all' 8 maggio (Progetto UNO /INGV-DPC All. A). (b) Stima del tasso eruttivo e dei volumi emessi dall'elaborazione di dati MODIS e SEVIRI dal 18 al 24 maggio 2021.



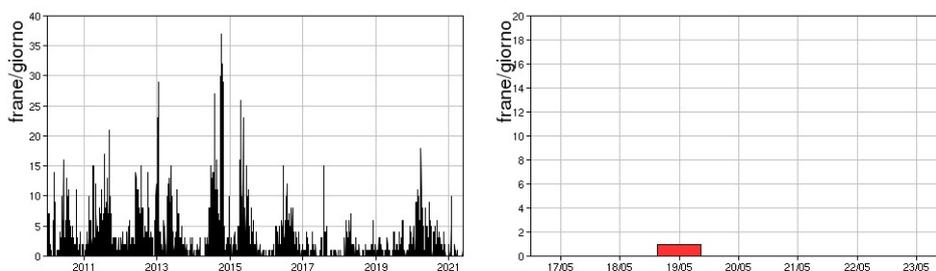
**Fig. 3.4 - Fig. 3.3** Frequenza media oraria giornaliera e settimanale per area craterica ed in totale dell'attività esplosiva dello Stromboli (rispettivamente linea sottile ed in grassetto). Al top del grafico è riportata la condizioni di osservazione del dato e a destra i livelli di attività; la barra verde indica il livello medio tipico dell'attività esplosiva dello Stromboli

## 4. SISMOLOGIA

NOTA: Il bollettino viene realizzato con i dati acquisiti da un numero massimo di 7 stazioni.

Il giorno 19/05 a partire dalle 12:47 UTC è stato registrato un incremento della traccia sismica associabile alla dinamica di un flusso piroclastico lungo la Sciara del Fuoco che ha prodotto una nube di cenere e che si è originato dal collasso del fianco del Cratere Nord (CN). In seguito, sono stati registrati altri eventi associati al fenomeno (alle 12:51, 13:04, 13:09, 13:13 UTC, ecc.) ben visibili alla stazione sismica ISTR di Ginostra e alla stazione STR4.

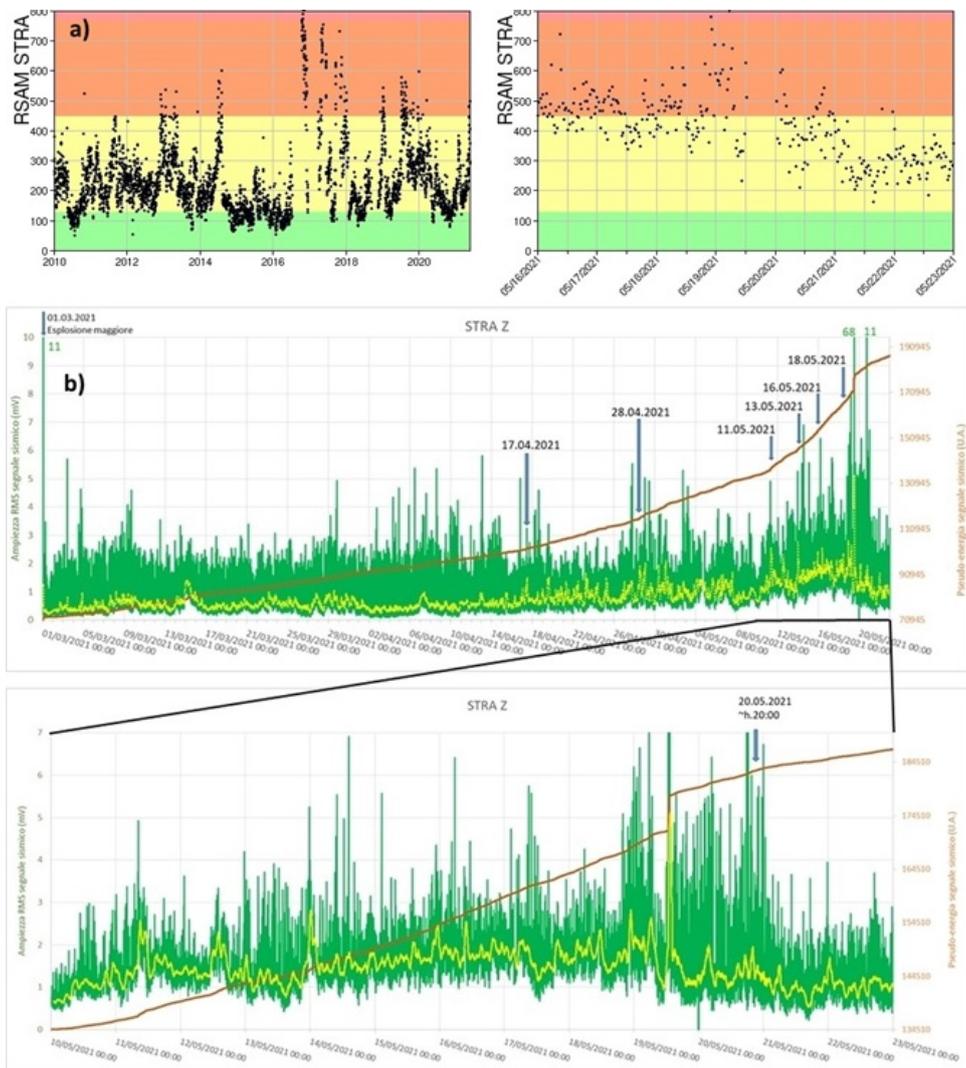
Nell'ultima settimana è stata registrato un segnale sismico associabile ad evento franoso, di moderata entità, presumibilmente legato al flusso piroclastico. Inoltre, sono stati registrati altri segnali, di piccola ampiezza e non riportati nel grafico, ascrivibili a rotolamenti di materiale roccioso.



**Fig. 4.1** - Frequenza giornaliera dei segnali di frana dal 1/1/2010 (sinistra) e nell'ultima settimana (destra).

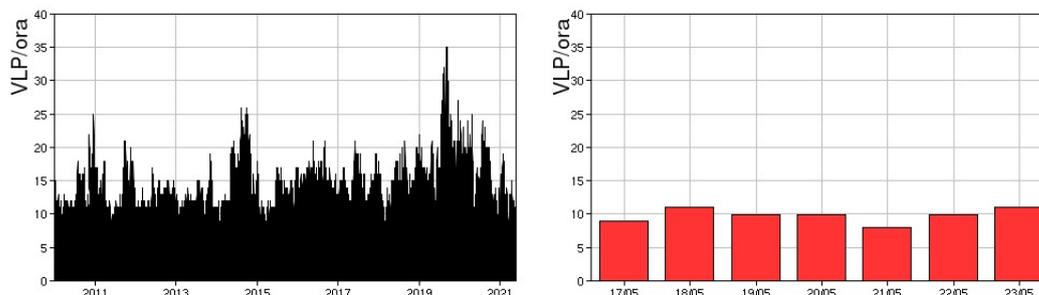
Nel corso della settimana l'ampiezza del tremore ha avuto valori tra medio-bassi e medio-alti fino al giorno 21/05. Successivamente ha mostrato un trend decrescente su valori medio-bassi. E' stata effettuata una stima dell'energia sismica liberata dal tremore a partire da marzo 2021 con alcuni moderati incrementi osservati fino all'evento del 19/05. In particolare viene riportato l'andamento temporale dell'ampiezza RMS media (60 sec) della componente verticale della velocità del suolo a STRA (in verde), della sua media mobile a 60 minuti (in giallo) e dell'andamento temporale del rilascio cumulativo di pseudo-energia (rosso mattone). In alto, periodo 01.03.2021 - 23.05.2021. In basso è mostrato un ingrandimento nel periodo 10-23.05.2021.

Le frecce blu, nel grafico in alto, indicano i principali incrementi del gradiente di rilascio della pseudo-energia sismica osservati prima dell'evento del 19.05.2021. Nella figura in basso, la freccia, marca la principale diminuzione della inclinazione della curva cumulativa osservata dopo l'evento del 19 maggio.



**Fig. 4.2** - a) Media giornaliera dell'ampiezza del tremore alla stazione STRA dal 1/1/2010 (sinistra) e nell'ultima settimana (destra).  
 b) Andamento temporale dell'ampiezza RMS media (60 sec) della componente verticale della velocità del suolo a STRA (in verde), della sua media mobile a 60 minuti (in giallo) e dell'andamento temporale del rilascio cumulativo di pseudo-energia (rosso mattone). In alto, periodo 01.03.2021 - 23.05.2021. In basso è mostrato un ingrandimento nel periodo 10-23.05.2021.

La frequenza di occorrenza dei VLP ha avuto valori compresi tra 8 e 11 eventi/ora.



**Fig. 4.3** - Frequenza di accadimento degli eventi VLP dal 1/1/2010 (sinistra) e nell'ultima settimana (destra).

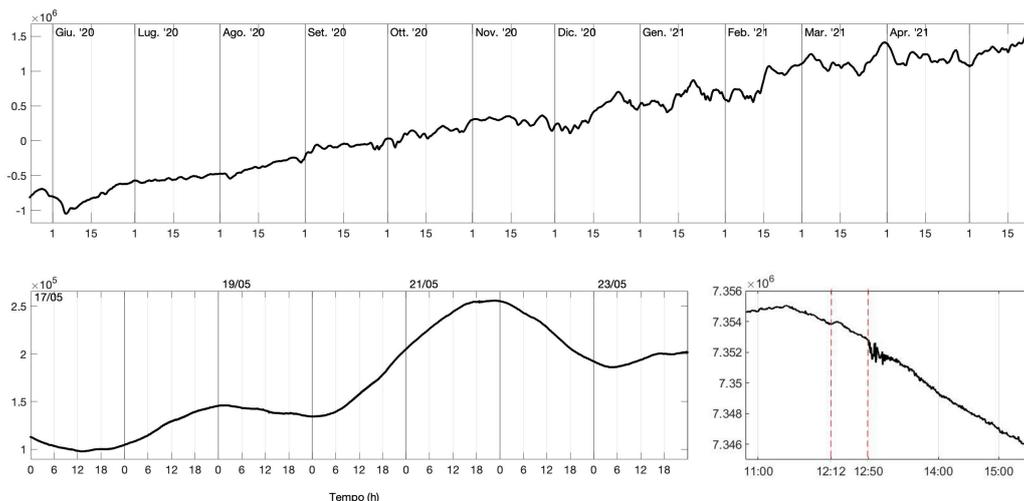
L'ampiezza degli eventi VLP ha avuto generalmente valori bassi.  
 L'ampiezza degli explosion-quake ha avuto valori generalmente bassi con alcuni Medio Bassi e qualche Medio Alto nei giorni 18-19 e 20-21.

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

Informazioni relative ai dati dilatometrici.

I dati nel grafico in alto sono relativi al periodo che va dalle 00:00 UTC del 24/05/2020 alle 23:05 UTC del giorno 24/05/2021. In basso viene riportata l'ultima settimana di dati, dalle 00:00 UTC del giorno 17/05/2021 alle 24:00 UTC del giorno 23/05/2021.

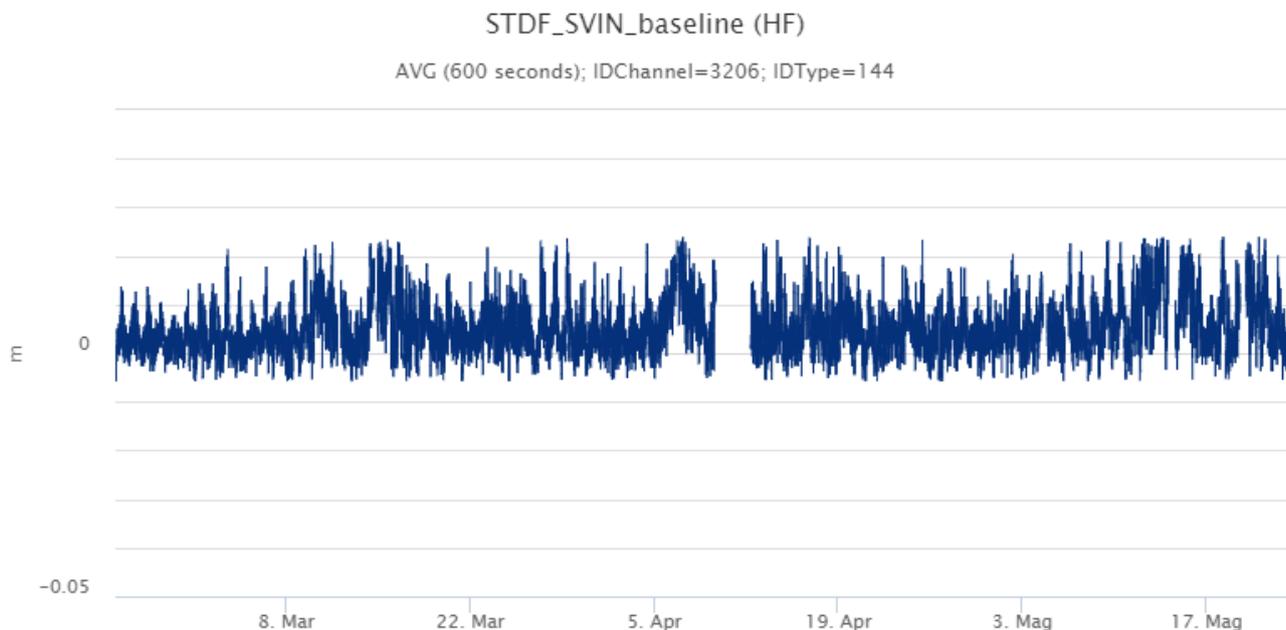
Nel dato dilatometrico, durante l'ultima settimana, non si verificano variazioni significative per l'andamento dello strain a meno delle piccole variazioni osservate in corrispondenza dell'evento del 19/05.



**Fig. 4.4** - Grafico relativo al dato dilatometrico registrato a SVO: in alto viene mostrato lo strain registrato dal 24/05/2020. In basso viene riportata a sinistra l'ultima settimana di dati, mentre a destra è mostrato il dettaglio dello strain relativo alla fenomenologia occorsa intorno alle ore 12:51 UTC del giorno 19/05/2021. Le linee rosse tratteggiate indicano le variazioni osservate nel dato di strain.

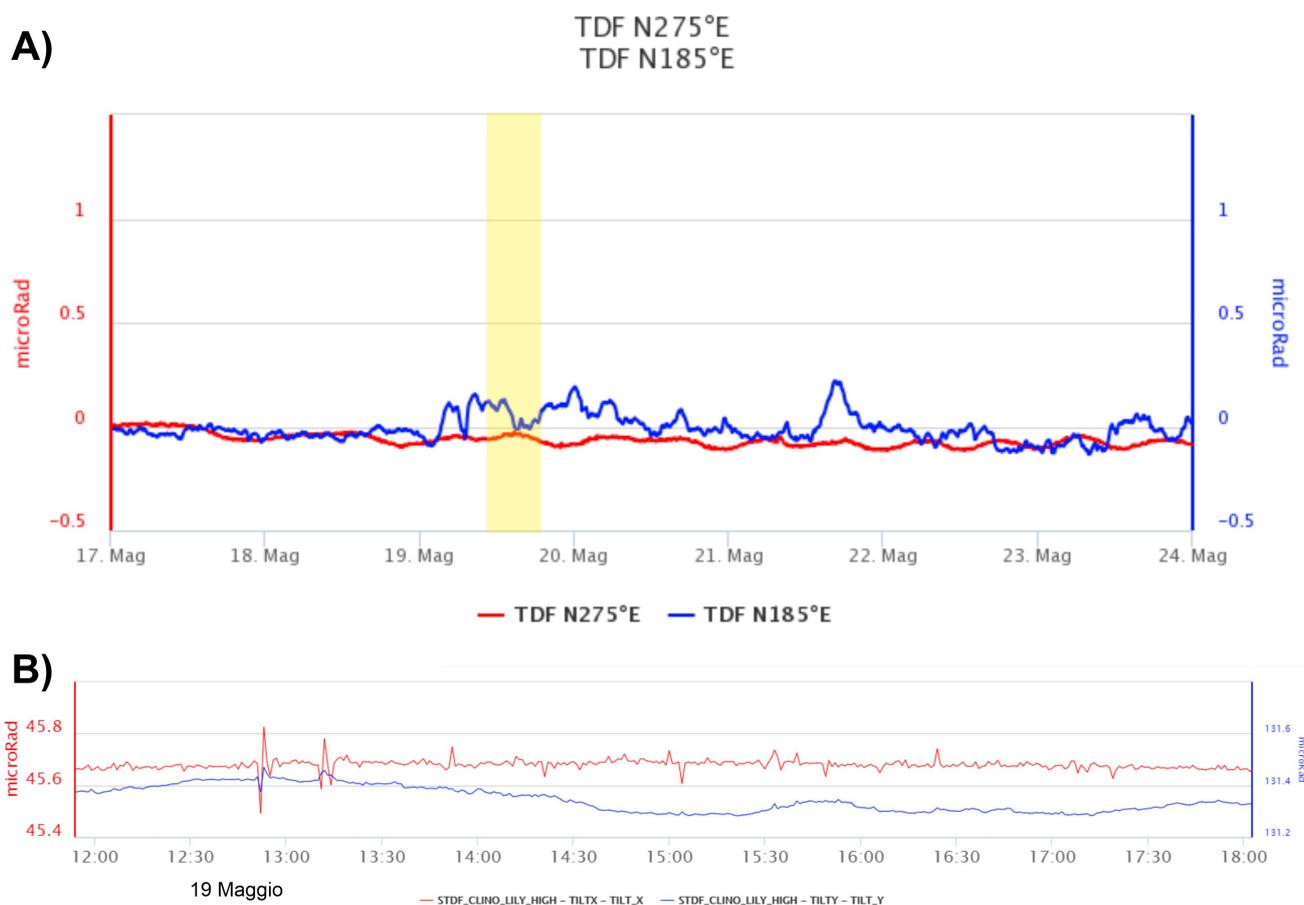
## 5. DEFORMAZIONI DEL SUOLO

**GPS:** I segnali della stazione di riferimento San Vincenzo (SVIN) della rete GNSS non erano disponibili durante il flusso piroclastico di giorno 19 Maggio per i problemi di trasmissione dati che hanno interessato vari segnali quali quelli sismici e video. Al di fuori di questo breve intervallo temporale, la rete GNSS non ha mostrato variazioni significative.



**Fig. 5.1** - Serie temporale della variazione di distanza STDF-SVIN (m) durante gli ultimi tre mesi

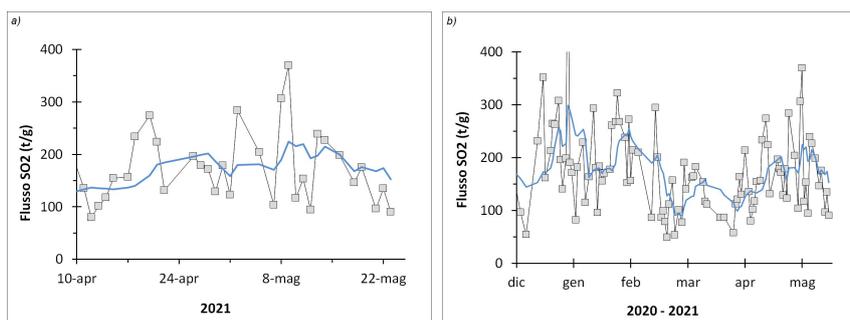
**Clinometria:** La stazione di Timpone del Fuoco ha registrato dei modesti transienti durante il flusso piroclastico di giorno 19 Maggio (vedi figura sezione B). Nessuna altra variazione significativa si segnala al di fuori della precedente (vedi figura sezione A).



**Fig. 5.2** - Serie temporale delle due componenti tilt della stazione clinometrica di TDF (microradianti) durante l'ultima settimana (A). In giallo si evidenzia l'intervallo temporale zoomato nella sezione B. In particolare, nella sezione B) sono evidenti i vari transienti registrati durante il flusso piroclastico di giorno

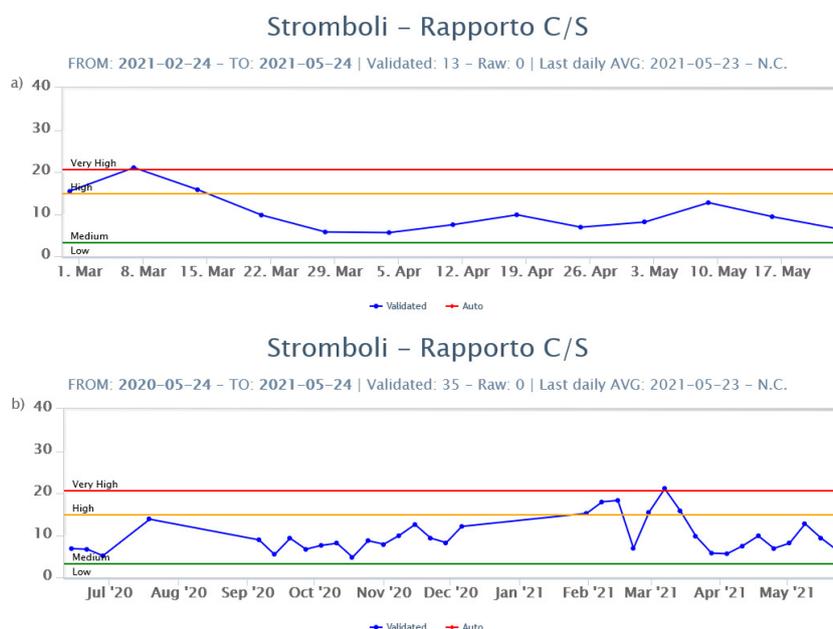
## 6. GEOCHIMICA

**SO<sub>2</sub> nel plume (Rete Flame):** Flussi medi-giornalieri di SO<sub>2</sub> su valori medi con transienti di misure infra-giornaliere su un livello medio-alto. L'incremento registrato nel flusso di SO<sub>2</sub> dal mese di aprile sembra indicare un rientro dalla metà del mese di maggio.



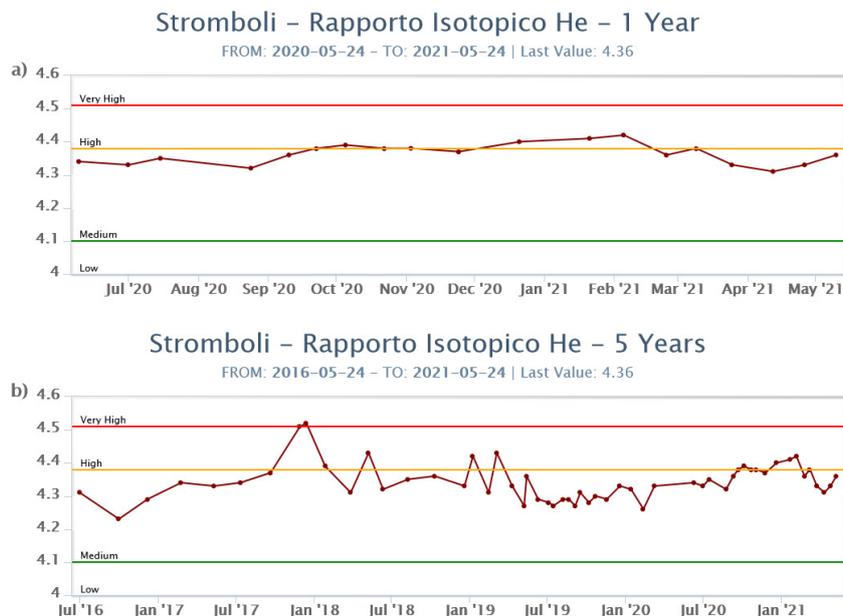
**Fig. 6.1** - Flusso di SO<sub>2</sub> medio-giornaliero nel corso dell'ultimo mese (a) e dell'ultimo semestre (b)

**C/S nel plume (Rete StromboliPlume):** Il valore del rapporto C/S, aggiornato al 23/05/2021, è pari a 6.6, in lieve diminuzione rispetto al precedente, pur mantenendosi su valori medi.



**Fig. 6.2** - Andamento medio settimanale del rapporto CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> nel plume: a) ultimi tre mesi; b) ultimo anno.

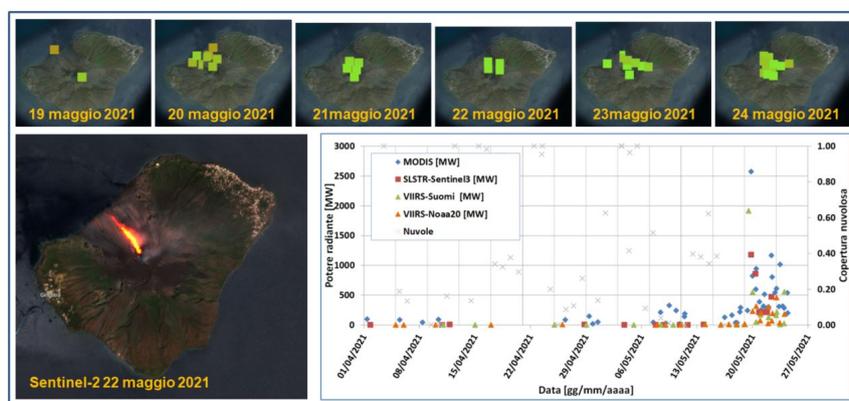
**Altre Osservazioni:** Non ci sono nuovi dati relativi alla misura del rapporto isotopico dell'He disciolto nella falda termale (Figura 13), che nell'ultimo campionamento del 10/05/2021, si mantiene su un livello medio ( $R/R_a = 4.36$ ).



**Fig. 6.3** - 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 immagini satellitari multispettrali acquisite dai sensori 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 7.1 sono mostrate (in alto) le anomalie termiche rilevate dalla sequenza di immagini VIIRS (risoluzione spaziale 375 m); (a sinistra) il campo lavico del 22 maggio 2021 rilevato dalla immagine Sentinel-2 in True Color + IR highlights; (a destra) le stime del potere radiante calcolato da dati MODIS, SENTINEL-3 e VIIRS dal primo aprile al 24 maggio 2021. L'attività termica osservata da satellite è stata di livello elevato. Il valore di potere radiante ottenuto dall'ultima immagine MODIS in cui è stata rilevata attività termica (11h:35m GMT del 24 maggio) è di circa 196 MW.



**Fig. 7.1** - (in alto) Anomalie termiche rilevate dalle immagini VIIRS (risoluzione 375 m). L'intensità e la distribuzione delle anomalie termiche dal 20 al 24 maggio sono compatibili con la presenza di un campo lavico attivo. (a sinistra) Campo lavico rilevato dall'immagine Sentinel-2 True Color + IR highlights (risoluzione 20 m). (a destra) Flusso radiante calcolato da dati MODIS (rombo blu), SENTINEL-3 (quadrato rosso) e VIIRS (triangolo arancione e triangolo verde) dal primo aprile al 24 maggio 2021. Per

*l'intero periodo analizzato è anche riportato l'indice di nuvolosità.*

## 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
Sismologia	1	0	7	8
Telecamere			4	5
Geochimica Flussi SO2	0	0	3	4
Geochimica flussi CO2 suolo	-	-	-	1
Geochimica CO2/SO2	-	-	1	2
Rete dilatometrica	1	0	1	2
Rete GNSS			3	4
Rete Clinometrica			1	2

### **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 simiche 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.