istituto per il rilevamento
elettromagnetico
dell'ambiente

Consiglio Nazionale delle Ricerche

Monitoraggio DInSAR di aree vulcaniche

Monitoraggio di Vulcano e Stromboli

Analisi DInSAR di Vulcano tramite dati Sentinel-1
Aggiornamento al 30 ottobre 2026

Gruppo di lavoro:
Manuela Bonano, Sabatino Buonanno, Francesco Casu, Claudio De Luca, Adele Fusco, Riccardo Lanari, Michele Manunta, Fernando Monterroso, Pasquale Noli, Giovanni Onorato, Yenni Lorena Belen Roa, Pasquale Striano, Muhammad Yasir, Giovanni Zeni, Ivana Zinno

Rif: WP1_EOLI_SNT_26_10_V

5 novembre 2026

www.irea.cnr.it mbox@irea.cnr.it
I-80124 NAPOLI Via Diocleziano. 328 tel. +39 081 5707999 / 5704945 fax +39 081 5705734 C.F. 80054330586 Part. IVA 02118311006

Sintesi

La presente relazione fornisce una descrizione degli spostamenti del suolo misurati nell'isola di Vulcano, nel periodo 24 aprile 2015 – 30 ottobre 2026, mediante tecniche di Interferometria Differenziale Radar ad Apertura Sintetica (DInSAR) applicate ai dati acquisiti dai sensori Sentinel-1 del programma europeo Copernicus.
Lo stato delle deformazioni osservate nell'ultimo periodo si può riassumere come segue.

- Da agosto a ottobre 2025 è stato registrato un sollevamento de La Fossa fino ad un massimo di circa 5 cm. Il sollevamento massimo è localizzato nel versante nord-orientale interno al cratere.
- Da novembre 2025 a dicembre 2025 il segnale appare generalmente stabile.
- Dal mese di gennaio 2026 si registra un abbassamento interno alla caldera.
- Negli ultimi mesi il segnale all'interno della caldera mostra un andamento prevalentemente stabile con tendenza all'abbassamento.
- Nello stesso periodo, non si evidenziano altre aree che mostrano una variazione dei tassi di deformazione.
- I versanti esterni del vulcano sono interessati da uno spostamento verticale in abbassamento, con valori medi intorno a 1 cm/anno. In queste aree non sono state registrate variazioni significative dei tassi di spostamento negli ultimi mesi.

www.irea.cnr.it mbox@irea.cnr.it
I-80124 NAPOLI Via Diocleziano. 328 tel. +39 081 5707999 / 5704945 fax +39 081 5705734 C.F. 80054330586 Part. IVA 02118311006

Vulcano: Analisi delle velocità medie e delle serie temporali di deformazione

L'analisi delle velocità medie di deformazione dell'isola di Vulcano (Figura 1a-b), nel periodo di osservazione (24 aprile 2015 – 30 ottobre 2026), mostra in generale un *pattern* di deformazione che evidenzia la presenza di fenomeni d'instabilità dei versanti orientali dell'isola lungo costa. Inoltre, il cratere de La Fossa mostra nel lungo periodo un comportamento di subsidenza, che interessa i versanti interni ed esterni, e un sollevamento concentrato nella parte interna.

Nel seguito, ci si focalizza sulle deformazioni registrate in corrispondenza de La Fossa, per la quale la Figura 2a-b mostra uno zoom delle mappe di velocità media di spostamento di Figura 1a-b. In particolare, la componente verticale mostra un abbassamento di lungo periodo nel versante interno al cratere, interrotto da sollevamenti in corrispondenza degli *unrest* di settembre-novembre 2021, maggio-settembre 2024 e agosto-ottobre 2025 (punti P1 e P2 in Figura 2a e grafici di Figura 2c,e). La componente est-ovest, nello stesso periodo, mostra valori positivi e negativi, congruenti con il movimento verticale registrato (grafici di Figura 2d,f).

Il sollevamento all'interno de La Fossa in occasione dei citati *unrest* è evidenziato anche dal grafico della componente verticale (Figura 2g) relativa al punto P3 sul fondo del cratere (Figura 2a) a cui corrisponde un andamento est-ovest anch'esso influenzato dai periodi di *unrest* del vulcano (Figura 2h).

Un'analisi di maggiore dettaglio degli spostamenti verticali (Figura 3) mostra che, lungo un profilo est-ovest interno al cratere, è stato registrato un sollevamento in corrispondenza di ogni periodo di *unrest* (Figure 3b1-f1).

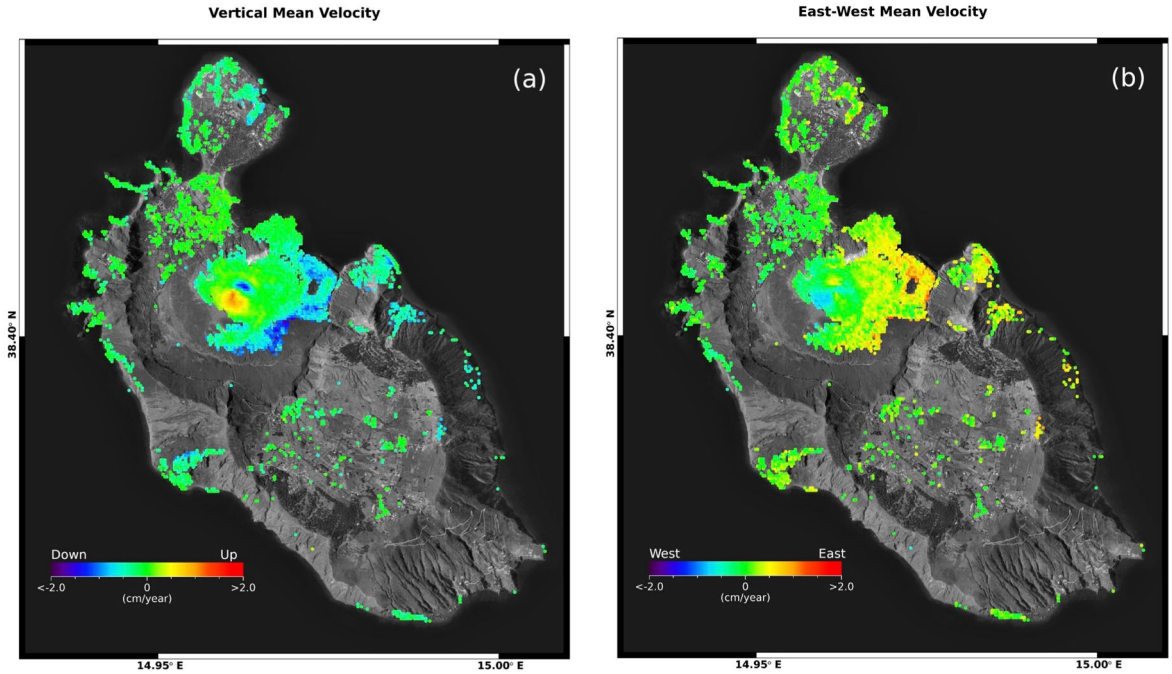


Figura 1. Vulcano: mappe delle componenti Verticale ed Est-Ovest della velocità media di deformazione relative al periodo 24 aprile 2015 – 30 ottobre 2026 generate a partire da dati Sentinel-1. a) Componente Verticale. b) Componente Est-Ovest.

www.irea.cnr.it mbox@irea.cnr.it

I-80124 NAPOLI Via Diocleziano. 328 tel. +39 081 5707999 / 5704945 fax +39 081 5705734 C.F. 80054330586 Part. IVA 02118311006

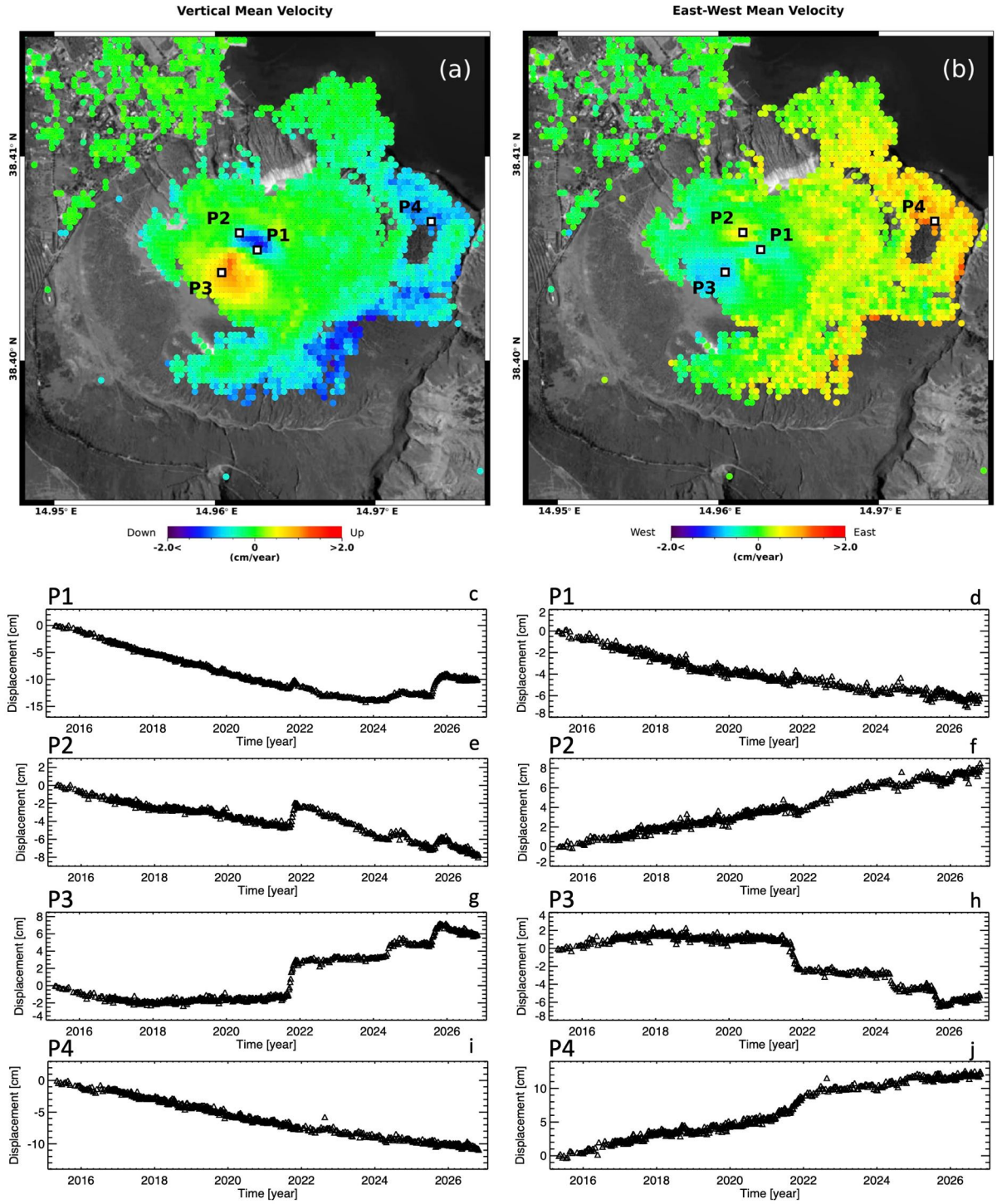


Figura 2. Vulcano – La Fossa: mappe delle componenti Verticale ed Est-Ovest della velocità media di deformazione relative al periodo 24 aprile 2015 – 30 ottobre 2026 generate a partire da dati Sentinel-1. a) Componente Verticale. b) Componente Est-Ovest. c-j) Andamento temporale della deformazione lungo la direzione Verticale (c)(e)(g)(i) ed Est-Ovest (d)(f)(h)(j) in corrispondenza di quattro punti identificati come P1, P2, P3 e P4 in (a)-(b).

www.irea.cnr.it mbox@irea.cnr.it

I-80124 NAPOLI Via Diocleziano. 328 tel. +39 081 5707999 / 5704945 fax +39 081 5705734 C.F. 80054330586 Part. IVA 02118311006

In particolare, concentrandosi sull'episodio del 2025 (ultimo in ordine cronologico), si nota che da agosto a ottobre 2025 è stato registrato un sollevamento della parte interna del cratere de La Fossa (Figura 4b1-d2) che ha raggiunto un'entità massima di circa 5 cm (Figura 4b2) nel versante nord-orientale interno al cratere (Figura 4a, punto b).
Da novembre 2025 a dicembre 2025 il segnale di spostamento ha mostrato una tendenza alla stabilità (Figura 4b1-d2).

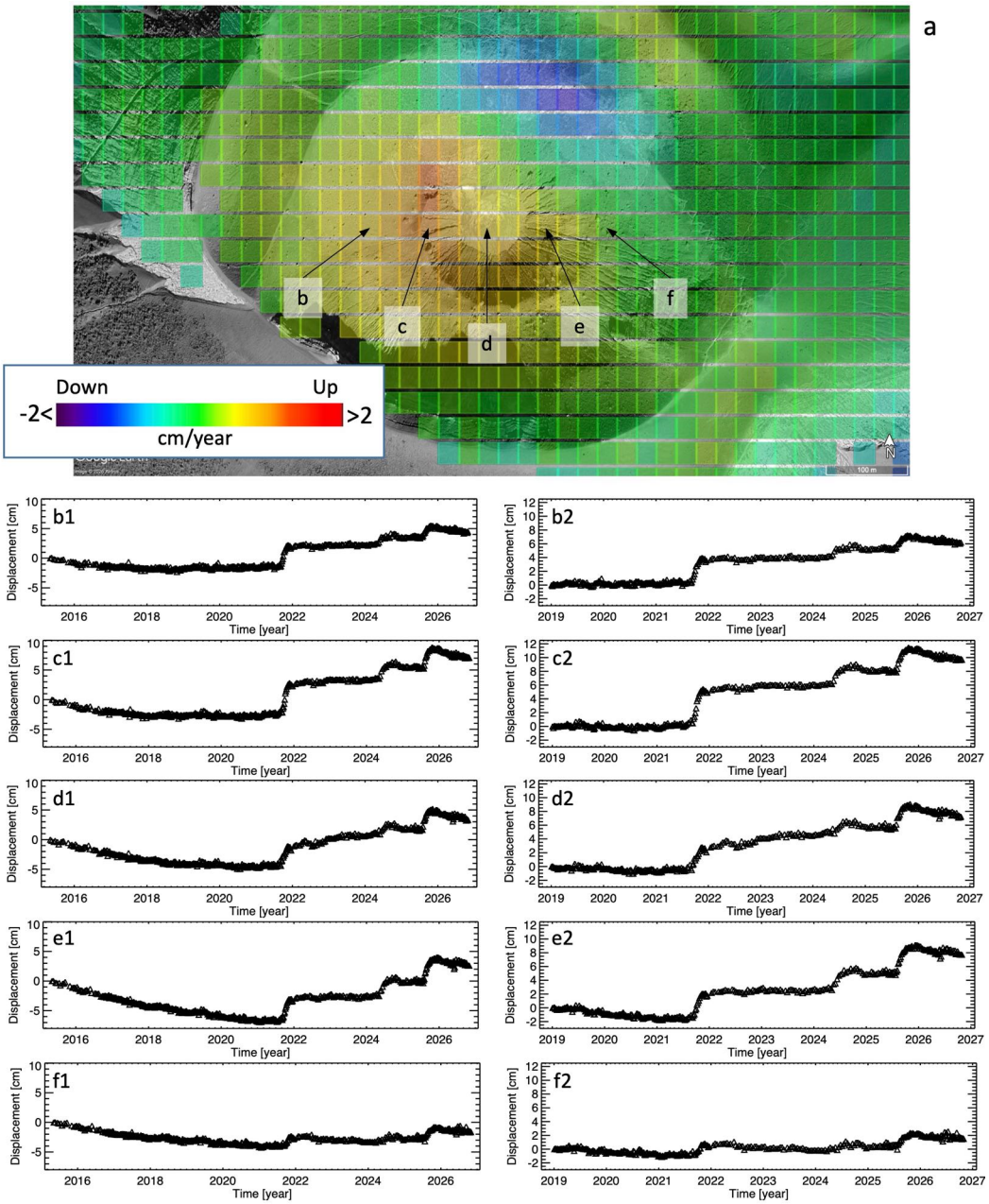


Figura 3. Vulcano – La Fossa: evoluzione temporale dello spostamento verticale per alcuni punti all'interno del cratere. a) mappa della componente Verticale della velocità media di deformazione nel periodo 24 aprile 2015 – 30 ottobre 2026. b1-f2) grafici dell'andamento temporale dello spostamento verticale per tutto il periodo analizzato (sinistra) e a partire da gennaio 2019 (destra), relativi ai punti identificati come b-f in Figura 3a.

www.irea.cnr.it
mbox@irea.cnr.it
I-80124 NAPOLI Via Diocleziano. 328 tel. +39 081 5707999 / 5704945 fax +39 081 5705734 C.F. 80054330586 Part. IVA 02118311006

Da gennaio 2026 si registra un abbassamento interno alla caldera (Figura 4b2,c2,d2). Negli ultimi mesi (Figura 4b2) il segnale all'interno della caldera mostra un andamento prevalentemente stabilite con una leggera tendenza all'abbassamento, sebbene alcune acquisizioni della serie mostrino in alcuni punti una leggera rumorosità dovuta verosimilmente a disturbi atmosferici non completamente compensati (Figura 4b2,c2,d2).
Non si evidenziano altre aree che mostrino una variazione dei tassi di deformazione nell'ultimo mese.
Sui versanti esterni de La Fossa si registra un abbassamento nel lungo periodo. In queste aree gli spostamenti medi sono dell'ordine di 1 cm/anno (es. P4 in Figura 2a). In questo caso, il

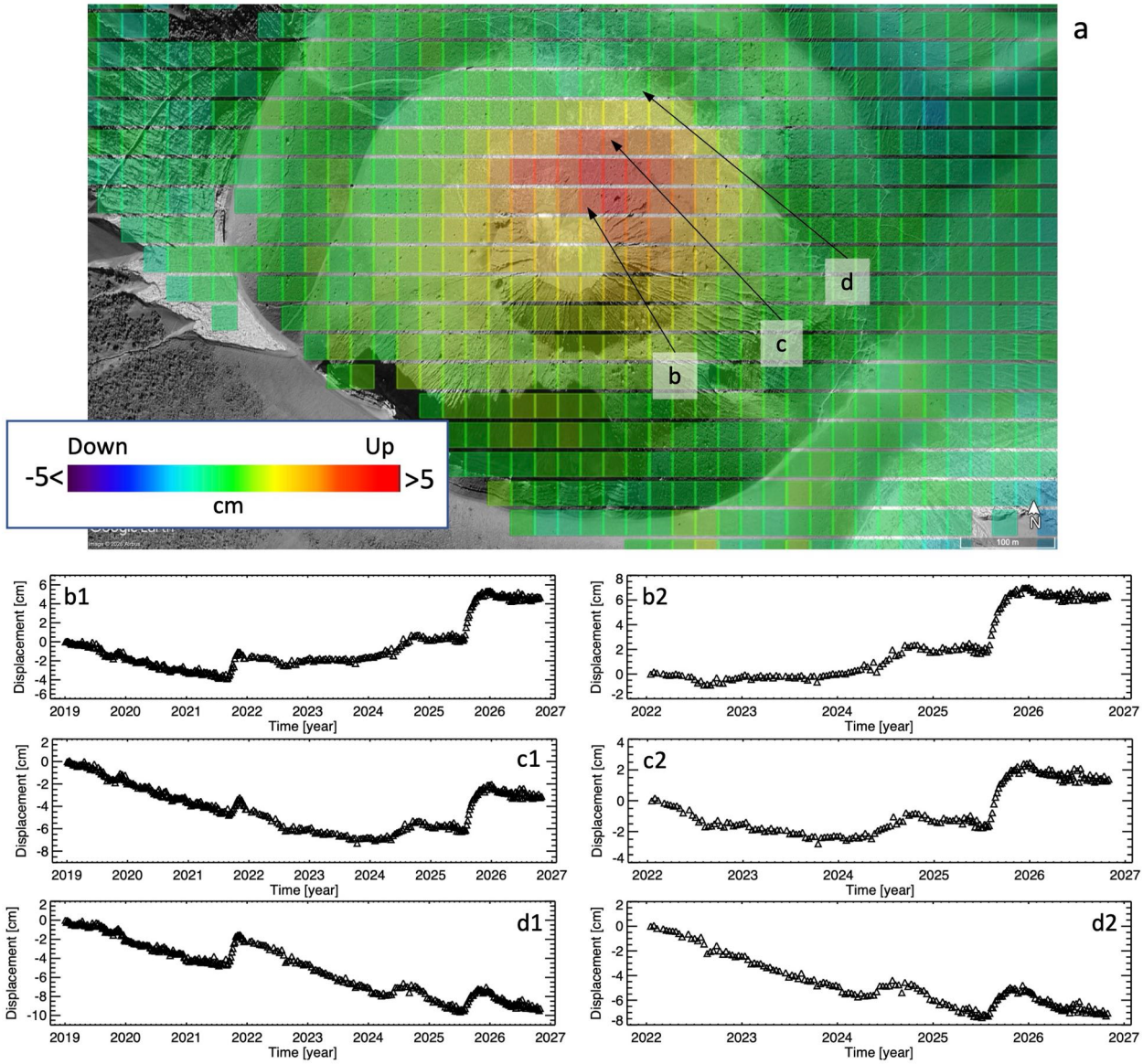


Figura 4. Vulcano – La Fossa: evoluzione temporale dello spostamento verticale per alcuni punti all'interno del cratere. a) mappa della componente Verticale dello spostamento del suolo nel periodo 30 luglio 2025 – 30 ottobre 2026. b1-d2) grafici dell'andamento temporale dello spostamento verticale da gennaio 2019 (sinistra) e da gennaio 2022 (destra),

www.irea.cnr.it mbox@irea.cnr.it
I-80124 NAPOLI Via Diocleziano. 328 tel. +39 081 5707999 / 5704945 fax +39 081 5705734 C.F. 80054330586 Part. IVA 02118311006

comportamento della deformazione verticale ed est-ovest (Figura 2i, 2j) non mostra variazioni nell'ultimo periodo di osservazione.

www.irea.cnr.it mbox@irea.cnr.it
I-80124 NAPOLI Via Diocleziano. 328 tel. +39 081 5707999 / 5704945 fax +39 081 5705734 C.F. 80054330586 Part. IVA 02118311006

Appendice A

Stato delle acquisizioni Sentinel-1 utilizzate e dettagli tecnici dell'elaborazione DInSAR

La deformazione superficiale dell'isola di Vulcano è stata studiata tramite i dati acquisiti dai sensori SAR della costellazione Sentinel-1. Dal 23 dicembre 2021 in poi il satellite Sentinel-1B non ha più acquisito a causa di un problema all'alimentazione del sistema radar. Dal 19 aprile 2025 e dal 17 aprile 2026 sono disponibili, rispettivamente, le acquisizioni dei satelliti Sentinel-1C e Sentinel-1D. Dal 9 al 23 giugno 2026 i dati Sentinel-1C non sono disponibili per una riconfigurazione orbitale del satellite. Dal 24 giugno 2026 è ripristinata la configurazione a 6 giorni della costellazione garantita dai satelliti Sentinel-1C e Sentinel-1D. Dal 29 giugno 2026 Sentinel-1A ha terminato l'operatività. Nello specifico, per le elaborazioni DInSAR presentate, sono state impiegate 549 immagini SAR acquisite da orbite ascendenti (*Track* 44) e 544 da quelle discendenti (*Track* 124).
In Tabella A1 sono riassunte le principali caratteristiche dei dati Sentinel-1 utilizzati. In Figura A1 è mostrata la distribuzione delle acquisizioni nel piano Tempo/Baseline Perpendicolare nell'intervallo temporale 24 aprile 2015 – 30 ottobre 2026. Da questi dati sono state generate, per ciascun'orbita, le relative serie temporali di deformazione e le mappe di velocità media nella linea di vista del sensore (LOS), sfruttando l'algoritmo di interferometria SAR differenziale denominato SBAS (Small BAseline Subset) [1]. Per l'elaborazione SBAS è stato impiegato un DEM SRTM dell'area con una risoluzione spaziale di 30 m. Sia gli interferogrammi differenziali sia le successive mappe e serie storiche di deformazione hanno una risoluzione spaziale di circa 30 m, ottenuta a valle di un'operazione di *multilooking*. La disponibilità di informazioni da entrambe le orbite (ascendente e discendente) ha permesso di scomporre lo spostamento in LOS osservabile dal SAR lungo le direzioni Verticale ed Est-Ovest, seguendo l'approccio presentato in [2] (si noti che la proiezione della componente Nord-Sud dello spostamento lungo la linea di vista del sensore è trascurabile, dal momento che i satelliti percorrono orbite polari). Essendo lo scarto temporale fra passaggi ascendenti e discendenti di circa 12 ore e assumendo che la variazione di deformazione sia trascurabile in un intervallo così breve, è stato possibile combinare le singole acquisizioni ascendenti e discendenti per generare le serie temporali delle componenti di deformazione Verticale ed Est-Ovest. Ciò è valido da settembre 2016 al 23 dicembre 2021, in concomitanza della piena operatività di Sentinel-1B. Per i periodi

Tabella A1
Caratteristiche principali dei dati **S1** utilizzati per l'analisi interferometrica

	Ascendente	**Discendente**
Lunghezza d'onda	**5,5 cm**	
Modalità di acquisizione	**Terrain Observation by Progressive Scans**	
Angolo di vista a centro scena	**~39°**	
Risoluzione spaziale dato interferometrico	**~30 m x 30 m**	
Track	**44**	**124**
Periodo di osservazione	**30/04/2015 – 30/10/2026**	**24/04/2015 – 30/10/2026**
Numero di acquisizioni	**549**	**544**

www.irea.cnr.it mbox@irea.cnr.it
I-80124 NAPOLI Via Diocleziano. 328 tel. +39 081 5707999 / 5704945 fax +39 081 5705734 C.F. 80054330586 Part. IVA 02118311006

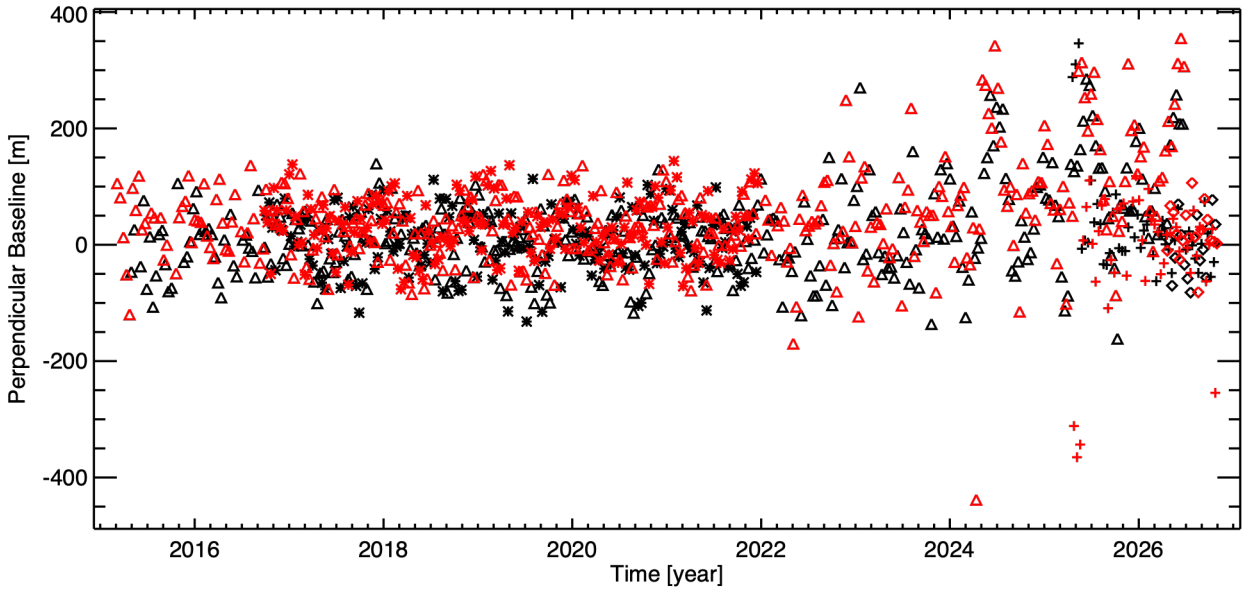


Figura A1. Distribuzione nel piano Tempo/Baseline Perpendicolare dei dati SAR Sentinel-1 utilizzati per l'analisi interferometrica SBAS. In nero e rosso sono rappresentati i dati acquisiti, rispettivamente, da orbite ascendenti e discendenti. Il triangolo, l'asterisco, la croce e il rombo indicano, rispettivamente, acquisizioni effettuate dai satelliti Sentinel-1A, Sentinel-1B, Sentinel-1C e Sentinel-1D.

antecedente (aprile 2015 – settembre 2016) e successivo (23 dicembre 2021 – 18 aprile 2025), per i quali si dispone di un unico sensore, si è assunto che la variazione di deformazione fra acquisizioni ascendenti e discendenti in 6 giorni fosse trascurabile. In generale, tali assunzioni sono valide nel momento in cui non avvengano deformazioni improvvise e di elevata entità (ad esempio terremoti di elevata magnitudo o eruzioni) nel periodo che intercorre fra i due passaggi, come nel caso in esame. Si segnala che, grazie al satellite Sentinel-1C, dal 19 aprile 2025 è tornata la disponibilità di acquisizioni ascendenti e discendenti ogni 6 giorni.
Infine si rimarca che le misure di spostamento sono riferite spazialmente ad un punto in località Piano.

Riferimenti

[1] P. Berardino, G. Fornaro, R. Lanari, and E. Sansosti, "A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms", IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 40, no. 11, pp. 2375–2383, Nov. 2002.

[2] F. Casu and A. Manconi, "Four-dimensional surface evolution of active rifting from spaceborne SAR data", Geosphere, 2016, doi: 10.1130/GES01225.1.

www.irea.cnr.it mbox@irea.cnr.it
I-80124 NAPOLI Via Diocleziano. 328 tel. +39 081 5707999 / 5704945 fax +39 081 5705734 C.F. 80054330586 Part. IVA 02118311006