



Le frane di Niscemi del gennaio 2026

Rapporto di aggiornamento

Monitoraggio delle deformazioni nel centro abitato e valutazione del rischio residuo
nei pressi del plesso scolastico San Giuseppe e di via Ustica



Contratto tra: Commissario straordinario per l'area di Niscemi
e Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze

Firenze, 17 settembre 2026

Responsabili del progetto

Prof. Nicola CASAGLI - nicola.casagli@unifi.it

Presidente del Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze (CPC-UNIFI)

Prof. Luca FERRARIS - luca.ferraris@cimafoundation.org

Presidente della Fondazione CIMA

Dott. Riccardo LANARI - lanari.r@irea.cnr.it

CNR Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA)

Gruppo di lavoro CPC-UNIFI

Silvia BIANCHINI, Giovanni GIGLI, Veronica PAZZI, Federico RASPINI, Francesco BECATTINI, Tommaso BENI, Tommaso CARLÀ, Pierluigi CONFUORTO, Matteo DEL SOLDATO, Gabriele FIBBI, Teresa GRACCHI, Agnese INNOCENTI, Camilla MEDICI, Olga NARDINI, Massimiliano NOCENTINI, Teresa NOLESINI, Aldo PIOMBINO, Francesco POGGI

Gruppo di lavoro Fondazione CIMA

Simone GABELLANI, Umberto MORRA DI CELLA, Flavio PIGNONE, Roberto TIRASSO, Lorenzo CAMPO, Lorenzo ALFIERI, Andrea LIBERTINO

Gruppo di lavoro CNR IREA

Manuela BONANO, Francesco CASU, Claudio DE LUCA, Michele MANUNTA, Giovanni ONORATO, Yenni ROA, Pasquale STRIANO, Ivana ZINNO

TAVOLA DEI CONTENUTI

1	INTRODUZIONE.....	4
2	INQUADRAMENTO DELL'AREA IN ESAME	5
3	ANALISI DEI DATI RADAR SATELLITARI INTERFEROMETRICI	7
3.1	SENTINEL-1 - GEOMETRIA ASCENDENTE.....	7
3.2	SENTINEL-1 - GEOMETRIA DISCENDENTE.....	11
4	ANALISI DEI DATI GNSS	14
5	APPROFONDIMENTO E VALUTAZIONE DEL RISCHIO RESIDUO NEI SETTORI CRITICI DEL CENTRO ABITATO	16
5.1	VIA GORIZIA - SP10	17
5.2	SAN GIUSEPPE - VIA USTICA.....	19
5.3	INTERVENTI IMMEDIATI PER LA RIDUZIONE DELL'INFILTRAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE NELLE FESSURAZIONI.....	22
6	CONCLUSIONI	24
7	BIBLIOGRAFIA	26

1 Introduzione

Nel gennaio 2026, il territorio comunale di Niscemi, in provincia di Caltanissetta, è stato interessato da un complesso fenomeno franoso, articolatosi in due fasi principali di attivazione (15-16 e 25-26 gennaio), che ha coinvolto infrastrutture viarie e aree del centro abitato, con conseguenze rilevanti sulla sicurezza pubblica.

A seguito dell'evento, il Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri (DPC), d'intesa con il Dipartimento della Protezione Civile della Regione Siciliana (DRPC), ha attivato il Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze (CPC-UNIFI), cui si sono successivamente affiancati il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (CNR-IREA) per l'elaborazione di dati radar satellitari e la Fondazione CIMA per la realizzazione di rilievi topografici di dettaglio e di indagini idrologiche e idrauliche.

I rapporti tecnici del 26 febbraio, 9 marzo, 20 aprile, 5 giugno e 4 agosto 2026 hanno progressivamente ricostruito l'evoluzione del dissesto, definito un modello interpretativo del meccanismo di movimento e fornito aggiornamenti dal sistema di monitoraggio (Casagli *et al.*, 2026a, b, c, d, e).

In data 22 luglio 2026 è stato stipulato un contratto di servizio tecnico-scientifico tra il CPC-UNIFI e il Commissario straordinario per l'area di Niscemi, nominato con decreto-legge 27 febbraio 2026, n. 25. Tale contratto ha come oggetto il supporto tecnico-scientifico agli interventi di prevenzione strutturale e di riduzione del rischio idrogeologico nel territorio di Niscemi. Analoghi contratti sono stati stipulati con Fondazione CIMA e con CNR-IREA per fornire supporto tecnico-scientifico al Commissario per gli aspetti di rispettiva competenza.

Il presente documento comprende il rapporto mensile di aggiornamento dei dati di monitoraggio satellitare radar interferometrico effettuato dal CPC-UNIFI e dal CNR-IREA, in prosecuzione delle attività avviate durante le fasi emergenziali e di prima caratterizzazione. Il rapporto esamina gli aggiornamenti relativi ai mesi di agosto e ai primi giorni di settembre 2026.

I dati interferometrici radar sono confrontati e integrati con dati satellitari ottici, rilievi effettuati mediante drone dalla Fondazione CIMA e misure acquisite dalla rete GNSS installata e gestita dall'INGV. L'integrazione delle diverse fonti informative consente di ricostruire il quadro deformativo continuo, multitemporale e multiplatforma del territorio interessato dai dissesti, aggiornando le conoscenze sull'evoluzione del fenomeno franoso.

Sulla base del quadro deformativo così delineato, il rapporto approfondisce la situazione dei settori del centro abitato e dei versanti circostanti che presentano segnali di movimento significativi e richiedono, pertanto, particolare attenzione. Nel periodo in esame tale condizione interessa principalmente due aree nel settore sud-orientale dell'abitato: la prima nell'intorno di Via Gorizia e della SP10, la seconda fra il plesso scolastico San Giuseppe e via Ustica; in tali aree è stata condotta un'analisi di dettaglio dei dati di monitoraggio, finalizzata alla valutazione del rischio residuo e delle relative implicazioni sulla vigente fascia di interdizione.

L'aggiornamento si inserisce nell'ambito dell'approccio di gestione adattiva del rischio residuo, già adottato fin dalle prime fasi emergenziali (Casagli *et al.*, 2026a), fondato sul progressivo affinamento delle conoscenze disponibili e sulla conseguente modulazione delle misure di salvaguardia in funzione dell'evoluzione del dissesto.

Con riferimento al contratto del 22 luglio 2026 fra il CPC-UNIFI e il Commissario straordinario, il presente rapporto comprende attività relative ai seguenti pacchetti di lavoro:

- WP 2 Monitoraggio satellitare radar interferometrico;
- WP 3 Dati satellitari ottici e rilievi con drone (*pro parte*);
- WP 6 Valutazione del rischio residuo nel centro abitato;
- WP 7 Coordinamento di indagini e monitoraggio;
- WP 8 Scenari di rischio e gestione adattiva del rischio.

2 Inquadramento dell'area in esame

L'area di Niscemi è caratterizzata da una spiccata predisposizione ai fenomeni di instabilità gravitativa, connessa all'alternanza fra livelli sabbioso-arenacei permeabili e le sottostanti unità argilloso-limose a comportamento meccanico più debole, in un contesto morfostrutturale che ha già dato luogo, in passato, a movimenti franosi di rilevanti dimensioni, come quelli documentati nel 1790 e nel 1997.

In seguito agli eventi di gennaio 2026, è stata introdotta e rimodulata più volte, a seconda delle evidenze di campo e dei dati di monitoraggio disponibili, una fascia di interdizione del centro abitato:

- 150 m dalla linea di scarpata nel centro abitato, stabiliti in via cautelativa nell'immediatezza dell'evento con Ordinanza sindacale n. 12 del 28 gennaio 2026,
- 100 m dalla medesima linea di scarpata definiti con l'Ordinanza sindacale n. 19 del 28 febbraio 2026 sulla base del Rapporto del 26 febbraio 2026 (Casagli *et al.*, 2026a),
- revoca del provvedimento per cinque isolati del quartiere Sante Croci, proposta nel Rapporto del 5 giugno 2026 (Casagli *et al.*, 2026d) e recepita con l'Ordinanza Sindacale n. 32 del 19 giugno 2026.

L'ubicazione dell'area e la fascia di interdizione vigente sono riportate in Figura 1 che indica i tre corpi di frana riconosciuti nel territorio comunale:

- la Frana Nord, attivatasi nella prima fase del 15-16 gennaio 2026 con spostamenti di oltre 12 m diretti prevalentemente verso ovest, che ha determinato il collasso della SP12;
- la Frana Centrale, corpo principale coinvolto nell'evento del 25-26 gennaio con spostamenti di circa 50 m verso sud-ovest, bordata a sud-est dal Torrente Benefizio in forte incisione, che ha generato la scarpata a ridosso del margine urbano;
- la Frana Sud, coinvolta nel secondo evento e separata dalla precedente dal Torrente Benefizio, con spostamenti medi di circa 7 m verso ovest-sud-ovest, che ha causato la parziale distruzione della SP10.

Nel periodo più recente, come documentato nel Rapporto del 4 agosto 2026 (Casagli *et al.*, 2026e), sono emersi nuovi elementi geomorfologici a monte della scarpata principale della Frana Centrale, in particolare una frattura in prossimità del plesso scolastico San Giuseppe e una retrogressione del coronamento lungo la contigua via Ustica, settori che sono oggetto di specifico approfondimento anche nel presente rapporto di monitoraggio.



Figura 1 - Inquadramento dell'area di studio, con i tre corpi di frana e la fascia di interdizione vigente (campitura rossa).

3 Analisi dei dati radar satellitari interferometrici

Il monitoraggio radar satellitare interferometrico ha l'obiettivo di fornire un quadro deformativo continuo e multitemporale dell'intero abitato di Niscemi e dei versanti circostanti, con particolare riferimento al centro abitato, alla fascia di interdizione e ai tre corpi di frana. L'aggiornamento presentato in questo rapporto estende le serie interferometriche alle acquisizioni più recenti, così da verificare la persistenza o l'eventuale evoluzione dei segnali deformativi individuati nelle fasi precedenti.

A tal fine è stata effettuata l'analisi multitemporale, focalizzata esclusivamente sulla situazione posteriore agli eventi di gennaio 2026, con nuove immagini acquisite dalla costellazione Sentinel-1 ed elaborate tramite l'algoritmo SBAS (*Small BAseline Subset*) (Berardino *et al.*, 2002; Casu *et al.*, 2014; Manunta *et al.*, 2019; Lanari *et al.*, 2020; De Luca *et al.*, 2022).

In particolare, sono state utilizzate le prime acquisizioni post-evento (gennaio-febbraio 2026) e le ultime acquisizioni disponibili (agosto 2026). Il dettaglio sulle immagini utilizzate è riportato in Tabella 1.

Satellite	Banda	Geometria di acquisizione	Intervallo temporale
Sentinel-1	C	Ascendente	31/01/2026 - 24/08/2026
Sentinel-1	C	Discendente	07/02/2026 - 25/08/2026

Tabella 1 - Specifiche tecniche dei *dataset* utilizzati per l'analisi interferometrica post-eventi di gennaio 2026.

Per ciascun *dataset* sono state analizzate le mappe di spostamento differenziale e le serie temporali dei punti di misura (*Measurement Points* - MP). Nelle mappe i MP sono visualizzati in base allo spostamento registrato nel periodo post-evento (Tabella 1), mediante una scala di colori graduata e centrata sul valore di spostamento zero. Le serie temporali sono invece riportate sull'intero intervallo di acquisizione disponibile (febbraio 2021 - agosto 2026), comprensivo pertanto sia delle fasi antecedenti sia di quelle successive agli eventi di gennaio 2026.

La finestra di stabilità è stata posta pari a $\pm 0,5$ cm, tenendo conto della precisione della tecnica interferometrica e della deviazione *standard* dell'intero *dataset*. Si precisa che la robustezza della stima interferometrica è strettamente correlata all'estensione temporale della serie di acquisizioni: per intervalli temporali più brevi, caratterizzati da un numero inferiore di immagini disponibili, aumenta l'incidenza del rumore residuo e, conseguentemente, la deviazione *standard* delle misure. In tali condizioni, la finestra di stabilità deve essere opportunamente ricalibrata, in modo coerente con il livello di incertezza associato al *dataset* considerato.

L'interpretazione dei dati interferometrici deve tener conto della geometria di acquisizione, che ne condiziona la sensibilità alle diverse componenti di movimento. Nel caso specifico di Niscemi, dove i versanti instabili e i relativi spostamenti sono orientati prevalentemente verso ovest/sud-ovest, la geometria discendente risulta più sensibile ai segnali deformativi.

Nella proiezione lungo la linea di vista del satellite (LOS: *line-of-sight*) della geometria discendente, infatti, le componenti di spostamento verticale e orizzontale verso ovest si sommano, poiché entrambe vengono lette come un allontanamento dal satellite; al contrario, lungo la LOS della geometria ascendente le medesime componenti tendono a compensarsi reciprocamente, dato che il movimento verticale indica un allontanamento mentre quello verso ovest si traduce in un avvicinamento al sensore, attenuando così il segnale complessivo rilevato.

3.1 Sentinel-1 - geometria ascendente

La Figura 2 riporta la mappa di spostamento in geometria ascendente per il settore nord di Niscemi. L'intera area, incluso l'abitato all'interno della fascia di interdizione, è caratterizzata da MP verdi, con valori di spostamento entro la finestra di stabilità di $\pm 0,5$ cm.

Le serie temporali di spostamento analizzate sono riportate in Figura 3. Il punto A evidenzia un comportamento cinematico caratterizzato da un'accelerazione, in avvicinamento al sensore, precedente agli eventi di gennaio 2026. Tale dinamica prosegue nella prima fase successiva all'evento, per poi mostrare una stabilizzazione nelle acquisizioni successive. I punti B e C mostrano una sostanziale stabilità per l'intera durata del periodo di osservazione. Il punto D mostra una variazione brusca del segnale interferometrico in corrispondenza dell'evento principale di gennaio, interpretabile come discontinuità tra l'ultima acquisizione pre-frana e la prima post-frana. Tuttavia, nel periodo post-evento, tale punto mostra dapprima una tendenza al progressivo assestamento, quindi un'ulteriore accelerazione a partire dalle ultime acquisizioni.

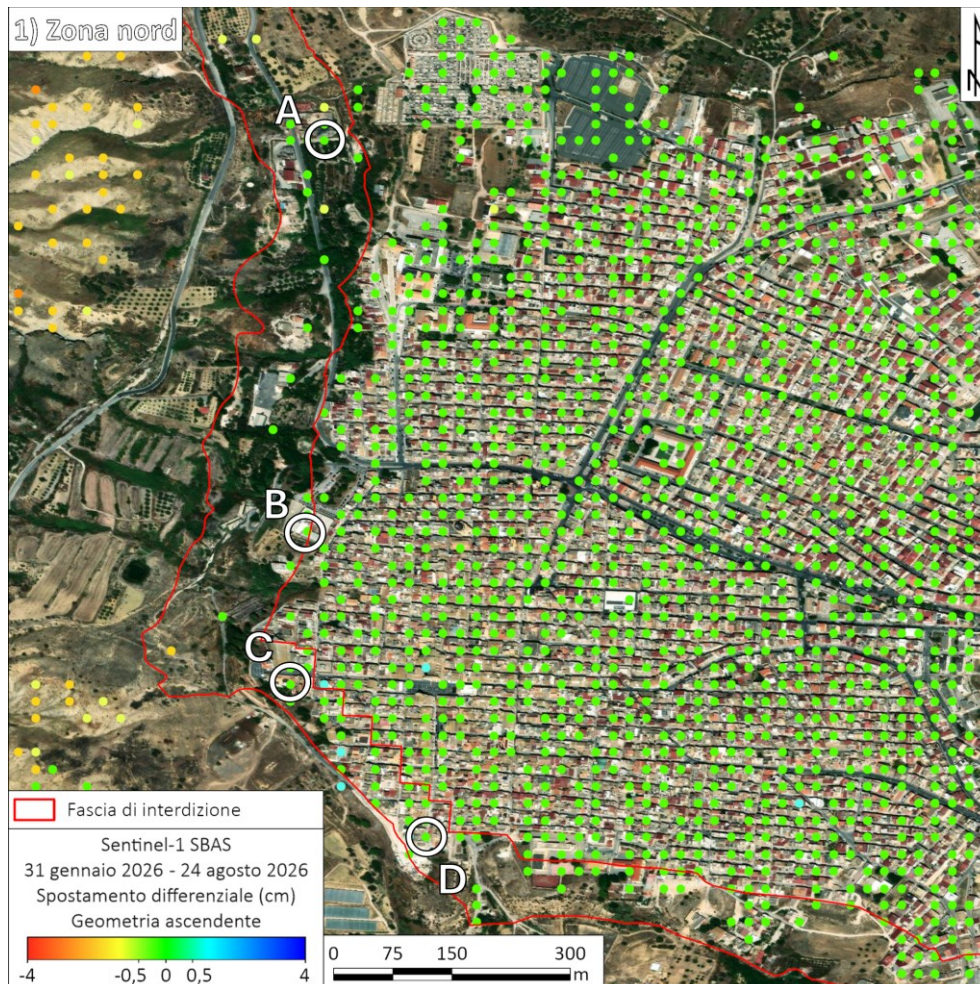


Figura 2 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati Sentinel-1, elaborati con tecnica SBAS, nella zona nord in geometria ascendente nell'intervallo temporale 31 gennaio - 24 agosto 2026. In Figura 3 le serie temporali dei punti considerati. Le linee rosse indicano la fascia di interdizione vigente.

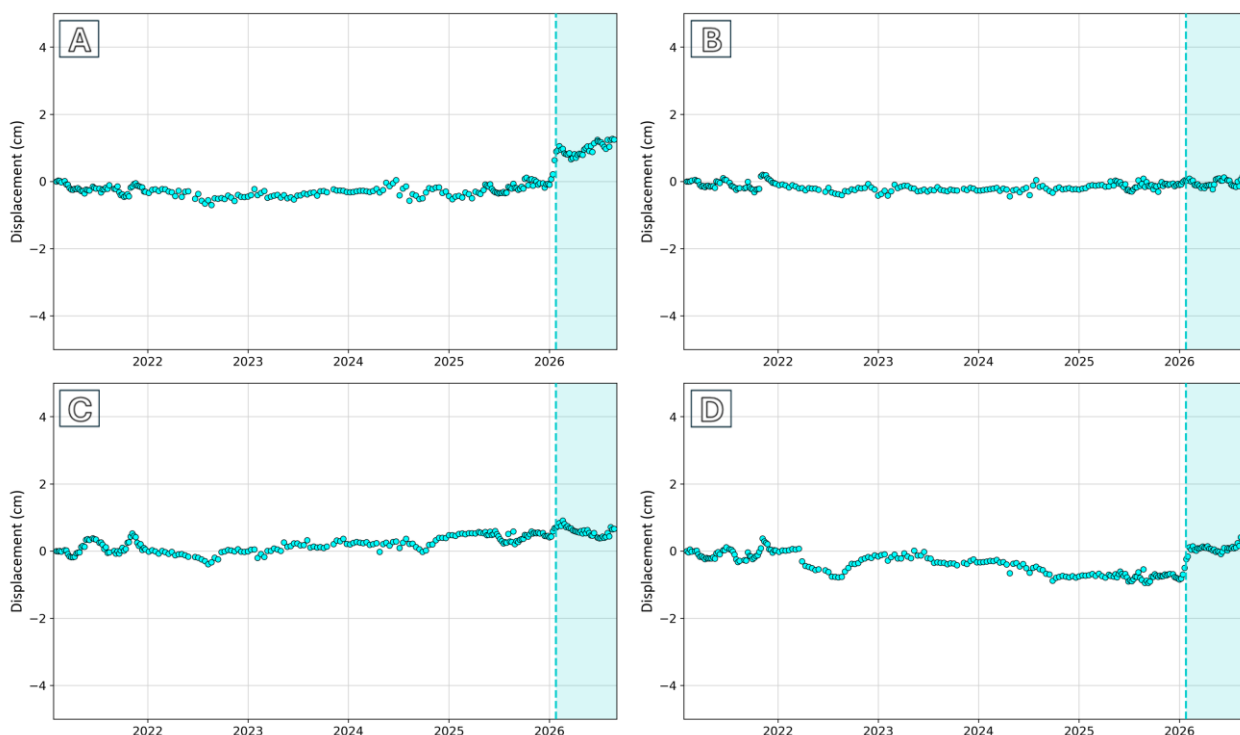


Figura 3 - Serie temporali dei punti evidenziati in Figura 2. L'area ombreggiata azzurra indica il periodo post-frana.

In maniera analoga, tutta l'area sud di Niscemi è caratterizzata da MP con valori di spostamento all'interno della finestra di stabilità di $\pm 0,5$ cm (Figura 4).

Le serie temporali dei punti selezionati (Figura 5) mostrano, nella maggior parte dei casi, una tendenza stazionaria nella fase di post-evento. Nello specifico, il punto E evidenzia un comportamento prevalentemente stazionario. Il punto F presenta un andamento in avvicinamento al sensore in corrispondenza degli eventi di gennaio, pur mostrando una stabilizzazione nelle ultime acquisizioni. Il punto G, sostanzialmente stabile per gran parte del periodo di osservazione, mostra tuttavia una tendenza all'avvicinamento al sensore nelle ultime acquisizioni. Nel punto H, a seguito dell'evento di gennaio 2026, il segnale evidenzia un andamento in allontanamento dal sensore lungo tutta la fase post-evento, che tuttavia appare in fase di assestamento nelle ultime acquisizioni.

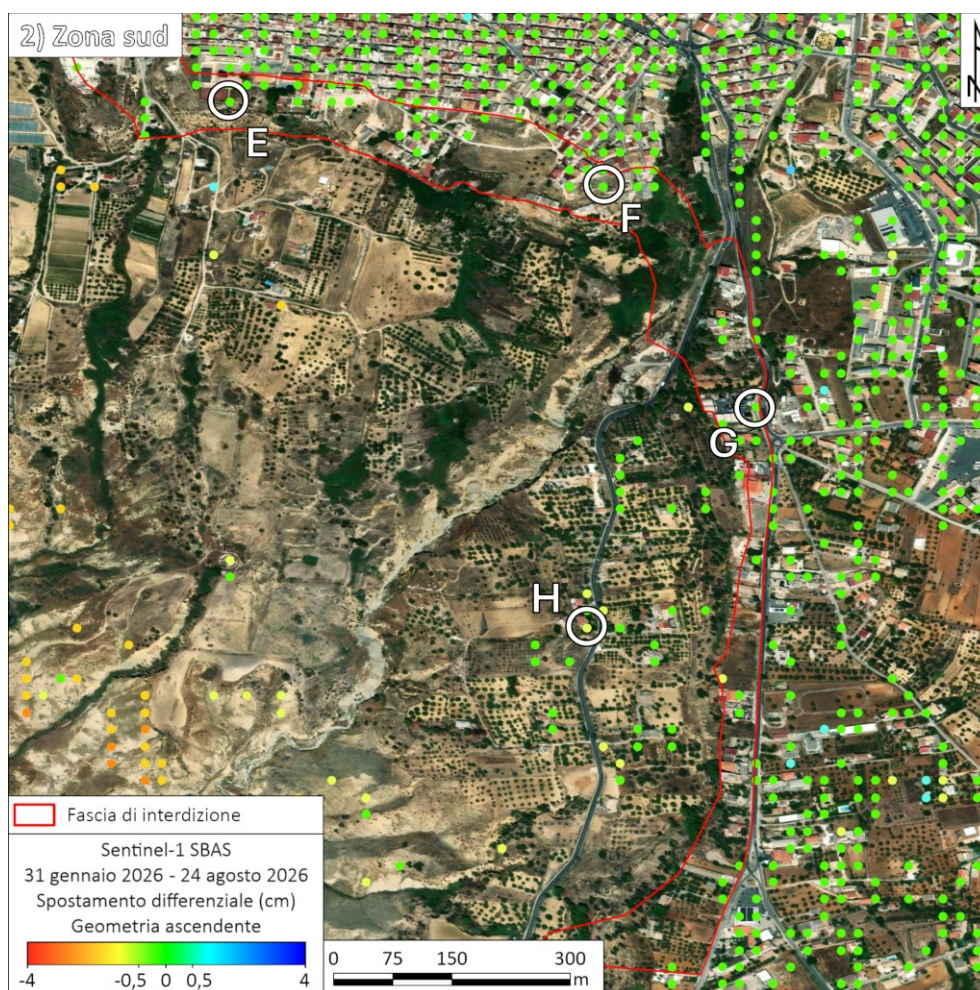


Figura 4 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati Sentinel-1, elaborati con tecnica SBAS, nella zona sud in geometria ascendente nell'intervallo temporale 31 gennaio - 24 agosto 2026. In Figura 5 le serie temporali dei punti considerati. Le linee rosse indicano la fascia di interdizione vigente.

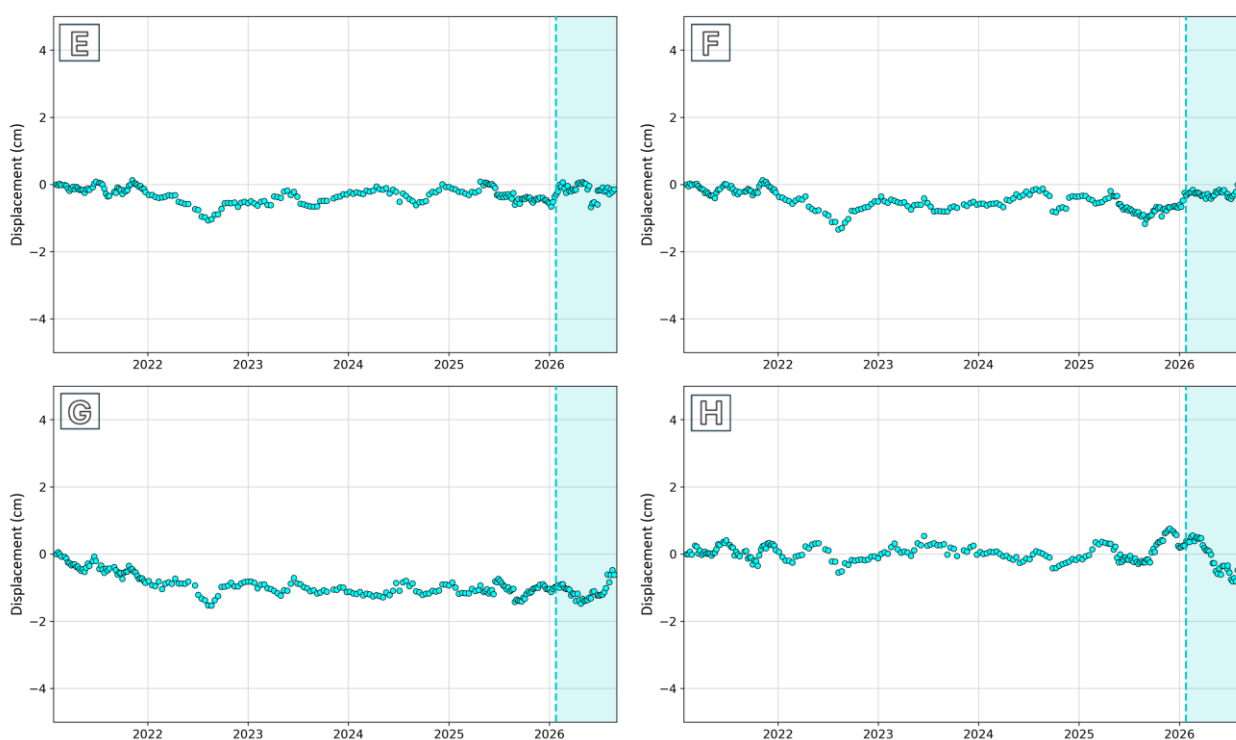


Figura 5 - Serie temporali dei punti evidenziati in Figura 4. L'area ombreggiata azzurra indica il periodo post-frana.

3.2 Sentinel-1 - geometria discendente

La Figura 6 riporta la mappa di spostamento in geometria discendente per il settore nord di Niscemi. Nel complesso, l'intera area settentrionale è caratterizzata da MP stabili; tuttavia, entro il perimetro della fascia di interdizione, si individuano alcuni gruppi di punti i cui movimenti superano la soglia di stabilità di $\pm 0,5$ cm, rappresentati in giallo e arancione nella mappa.

Le serie temporali di spostamento sono riportate in Figura 7. Il punto D mostra una variazione netta del segnale interferometrico in corrispondenza dell'evento, interpretabile come discontinuità tra l'ultima acquisizione pre-frana e la prima post-frana. Nella fase post-evento il punto prosegue in allontanamento dal sensore fino a circa $-1,8$ cm, con una tendenza all'assestamento nelle ultime acquisizioni. Il punto A mostra una deformazione in allontanamento dal sensore, la cui attivazione precede leggermente l'evento di gennaio 2026 e prosegue nella prima fase post-evento con evidenze di stabilizzazione nelle ultime acquisizioni.

Il punto B presenta una tendenza all'allontanamento precedente agli eventi di gennaio 2026, che si mantiene e si accentua nella fase post-evento. Il punto C, infine, non risente degli eventi di gennaio, mantenendo un andamento sostanzialmente stabile.

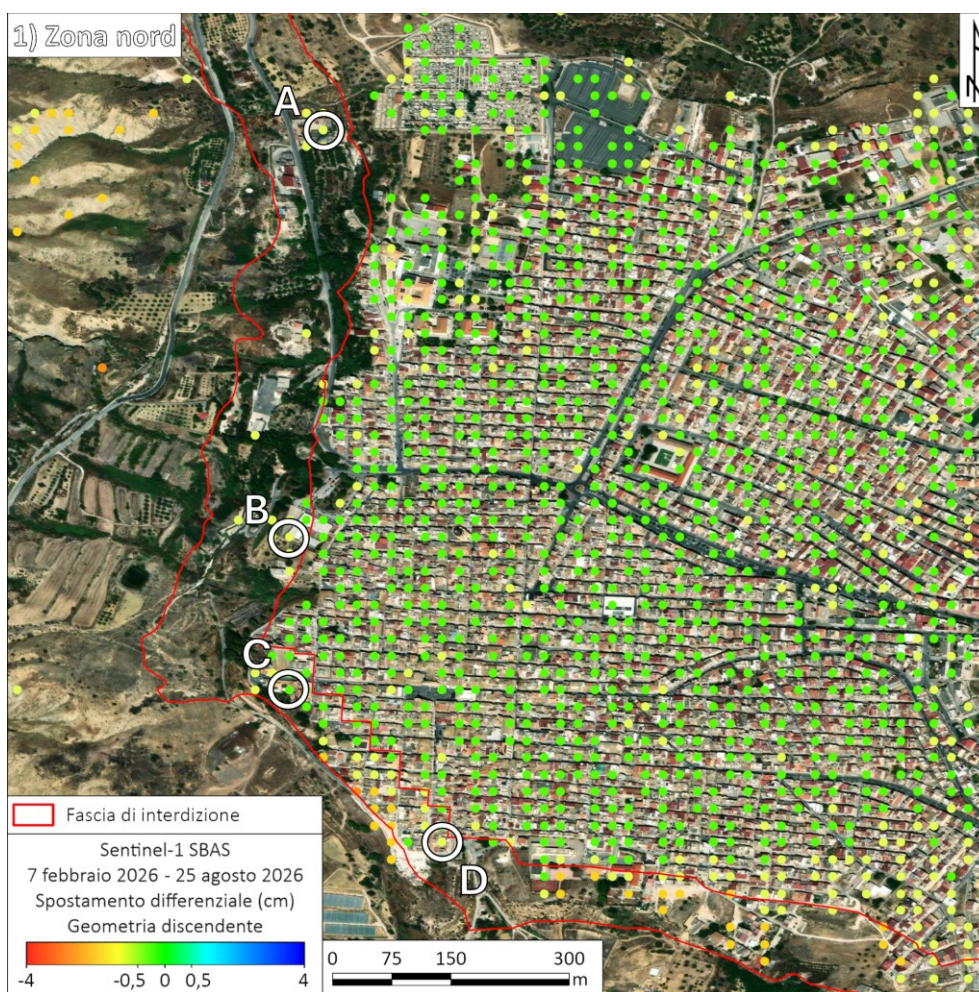


Figura 6 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati Sentinel-1, elaborati con tecnica SBAS, nella zona nord in geometria discendente nell'intervallo temporale 7 febbraio - 25 agosto 2026. In Figura 7 le serie temporali dei punti considerati. Le linee rosse indicano la fascia di interdizione vigente.

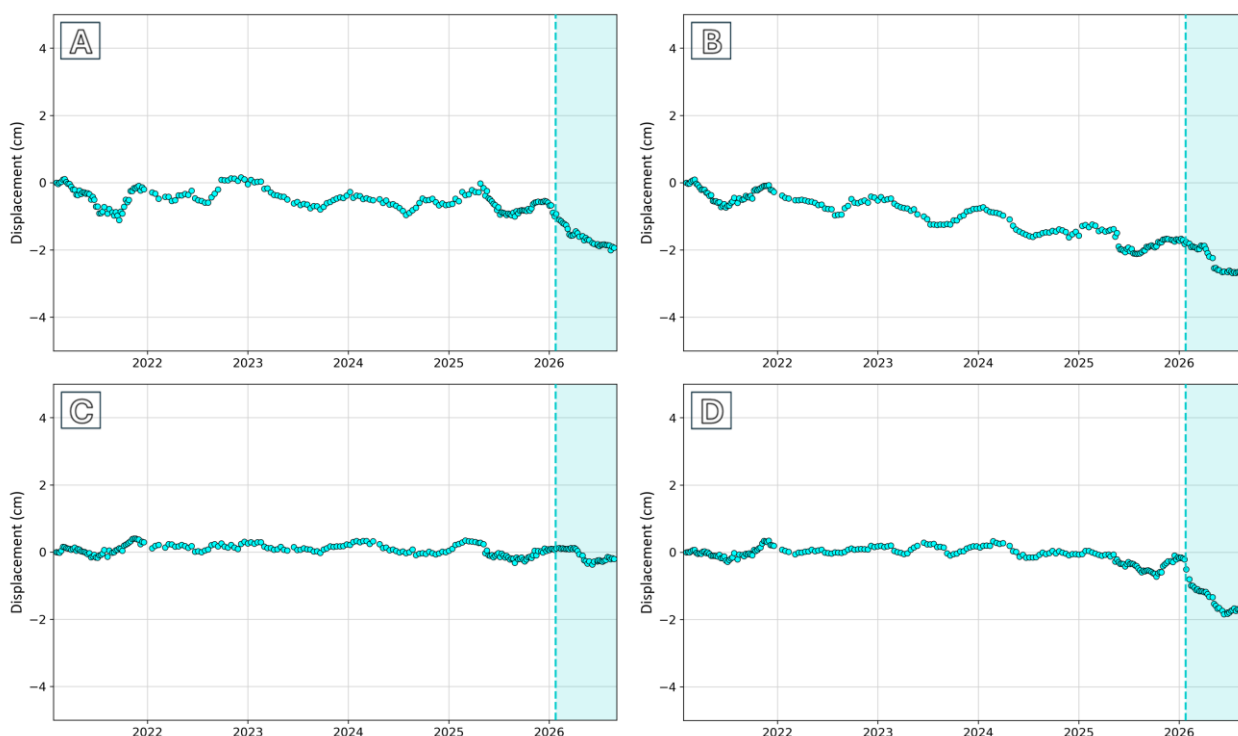


Figura 7 - Serie temporali dei punti evidenziati in Figura 6. L'area ombreggiata azzurra indica il periodo post-frana.

Analogamente, anche per il dato discendente, la quasi totalità dell'area sud di Niscemi è caratterizzata da MP classificati in colore verde, quindi con valori di spostamento all'interno della finestra di stabilità di $\pm 0,5$ cm (Figura 8). Fanno eccezione alcune aree con MP con movimenti significativi, classificati in colore giallo o arancione, che tuttavia sono limitate prevalentemente all'interno della fascia di interdizione o in corrispondenza del corpo di frana.

Le serie temporali dei punti selezionati (Figura 9) mostrano, nel caso dei punti E ed F, una brusca variazione del segnale in corrispondenza dell'evento, seguita da una decisa tendenza all'allontanamento dal sensore. Nel punto E lo spostamento cumulato raggiunge circa -3 cm e nelle ultime acquisizioni la tendenza si attenua, indicando una possibile stabilizzazione. Il punto F, invece, prosegue in allontanamento anche nelle acquisizioni più recenti, fino a circa -2 cm, senza una chiara stabilizzazione. Il punto H risente dell'evento in modo molto più contenuto, con una lieve tendenza all'allontanamento dal sensore nella fase post-evento. Infine, il punto G evidenzia un andamento sostanzialmente stabile, senza variazioni significative riconducibili agli eventi.

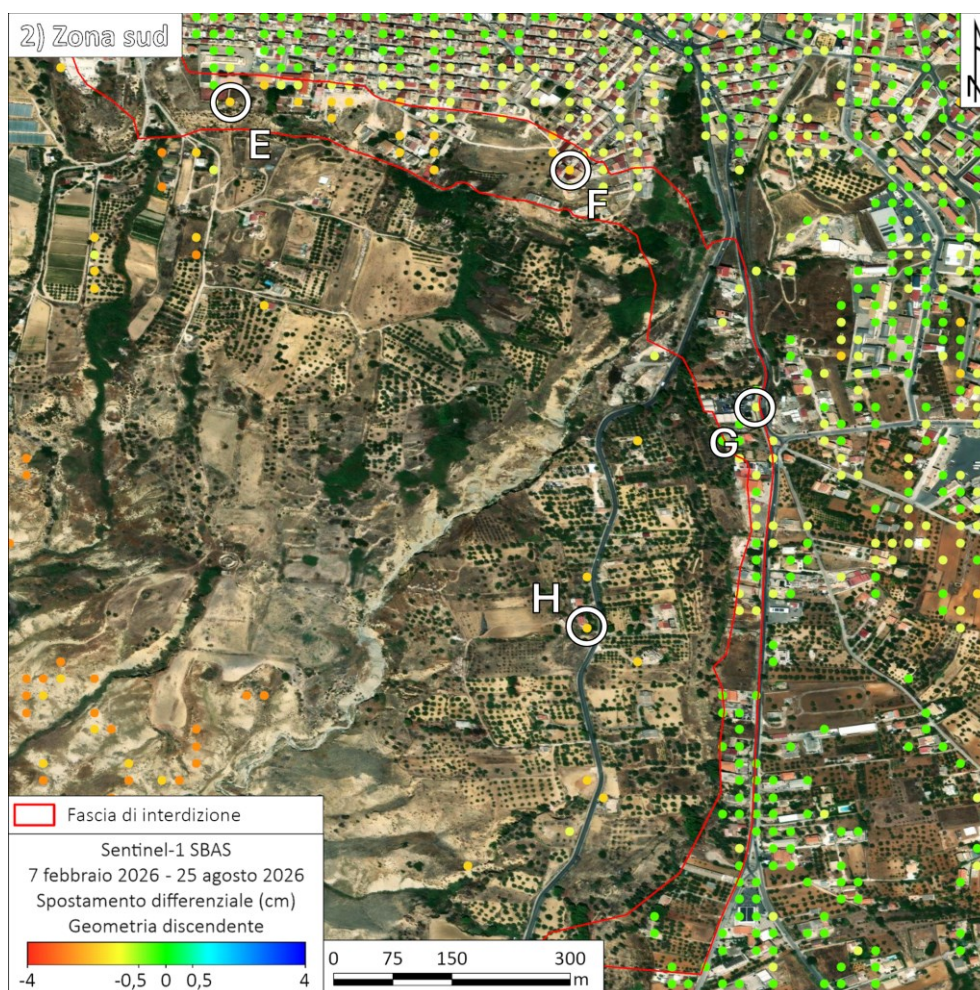


Figura 8 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati Sentinel-1, elaborati con tecnica SBAS, nella zona sud in geometria discendente nell'intervallo temporale 7 febbraio - 25 agosto 2026. In Figura 9 le serie temporali dei punti considerati. Le linee rosse indicano la fascia di interdizione vigente.

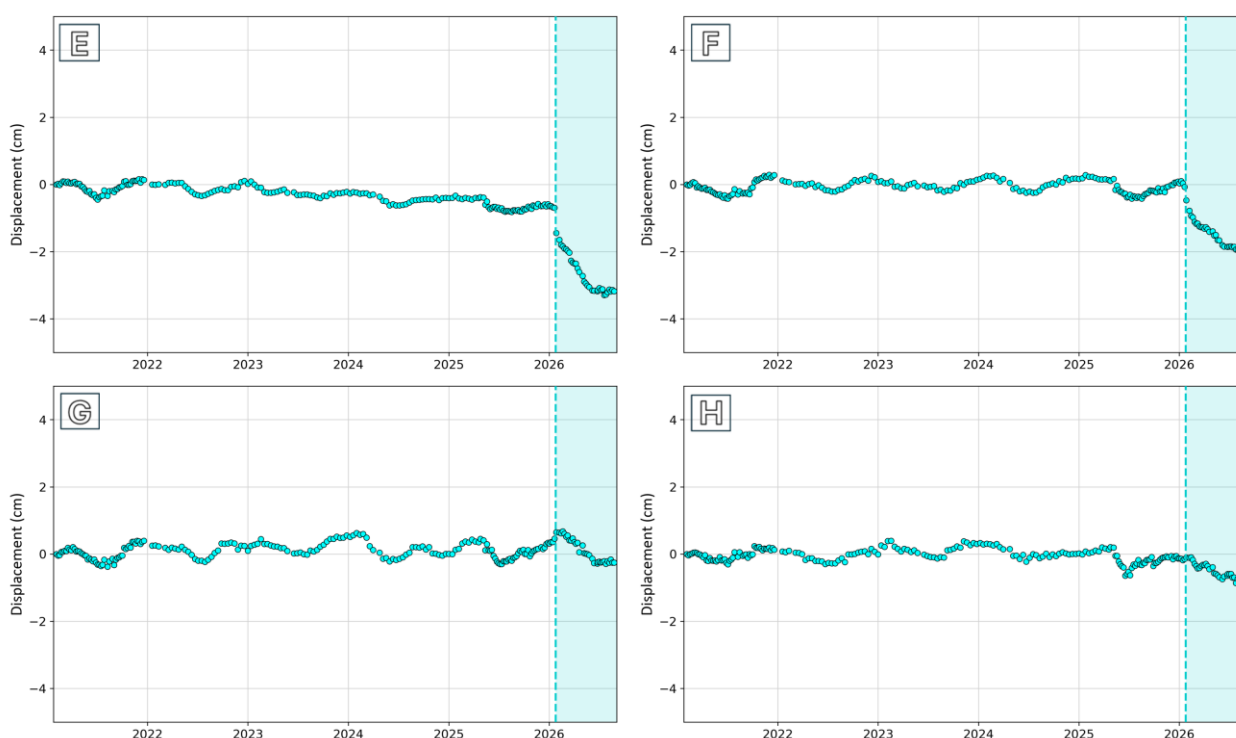


Figura 9 - Serie temporali dei punti evidenziati in Figura 8. L'area ombreggiata azzurra indica il periodo post-frana.

4 Analisi dei dati GNSS

Il monitoraggio con interferometria radar satellitare è integrato con l'analisi dei dati della rete di sensori GNSS installata dall'INGV nell'area di Niscemi, la cui ubicazione è riportata in Figura 10.

Le serie temporali delle tre componenti di spostamento di ciascuna stazione - est (*easting*), nord (*northing*) e verticale (*up*) - sono riportate in Figura 11.

Quanto evidenziato dal monitoraggio interferometrico satellitare trova riscontro anche nei dati della rete GNSS: la maggior parte delle stazioni mostra spostamenti non significativi, con le tre componenti che oscillano entro pochi millimetri attorno allo zero per l'intero periodo di osservazione.

La sola stazione a evidenziare una deformazione significativa è il sensore NSGP, ubicato sul ciglio della scarpata della Frana Centrale nei pressi del plesso scolastico San Giuseppe. La stazione evidenzia un movimento progressivo verso sud, fino a circa 4,5 cm, accompagnato da un abbassamento di quota, con la componente verticale fino a circa 3 cm, mentre la componente est si mantiene pressoché stabile. Si segnala che la stazione ha subito un'interruzione dell'acquisizione dalla sera del 13 agosto al mattino del 21 agosto 2026; dopo tale interruzione la tendenza allo spostamento verso sud prosegue senza sostanziali variazioni.

Si osserva inoltre, in misura nettamente più contenuta, uno spostamento verso sud presso la stazione NP12, ubicata nel settore settentrionale dell'abitato, in corrispondenza della Frana Nord: la componente nord è dell'ordine di circa 1 cm. Pur non costituendo una deformazione significativa, si raccomanda di mantenere sotto osservazione tale segnale nei prossimi aggiornamenti.

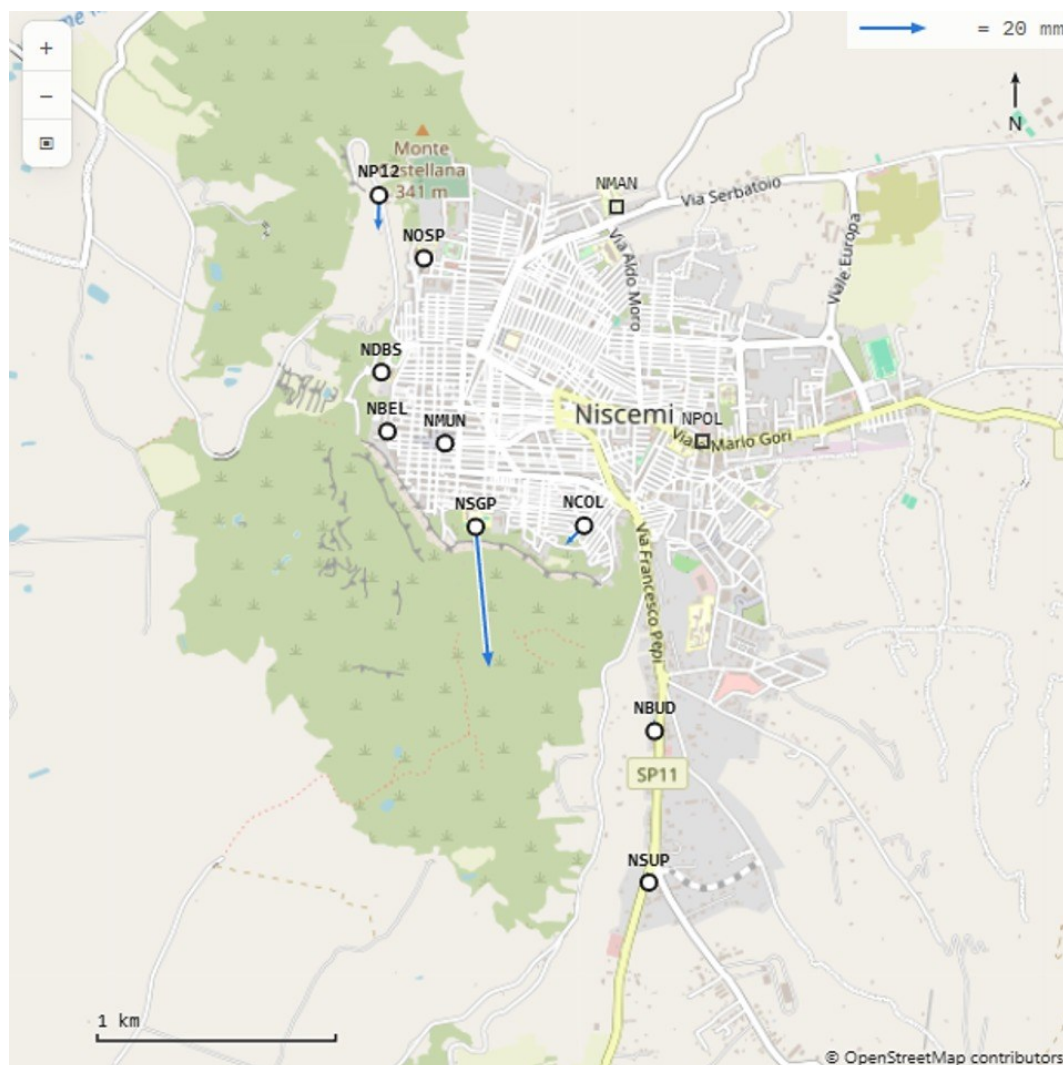


Figura 10 - Ubicazione delle stazioni della rete di monitoraggio GNSS installata dall'INGV nell'area di Niscemi, con i relativi vettori di spostamento.

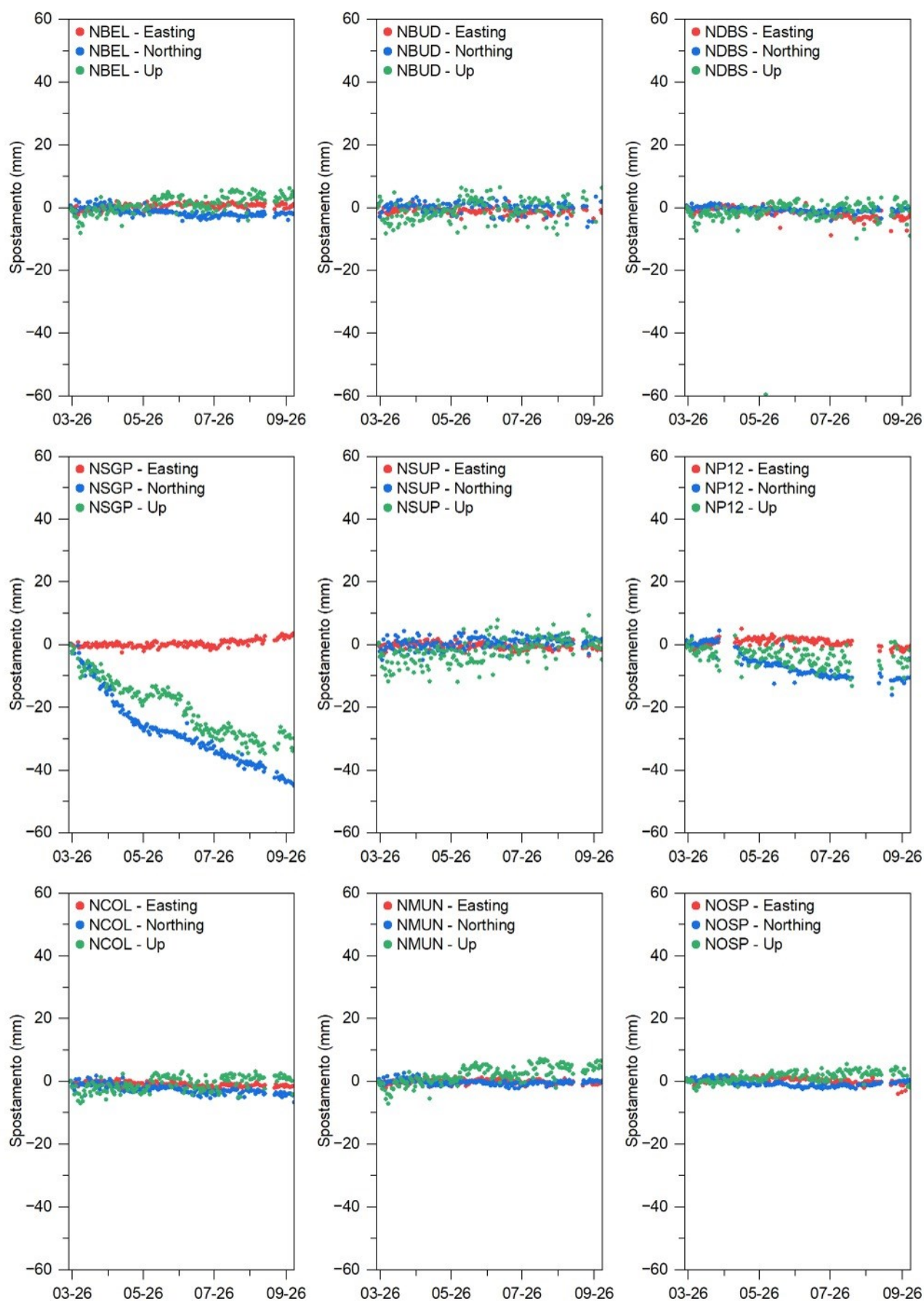


Figura 11 - Serie temporali delle componenti di spostamento delle stazioni di monitoraggio GNSS dell'INGV.

5 Approfondimento e valutazione del rischio residuo nei settori critici del centro abitato

Il quadro deformativo delineato nelle Sezioni 3 e 4 non evidenzia, per gran parte del centro abitato, deformazioni significative rilevabili mediante le tecniche di monitoraggio impiegate. Nella porzione sud-orientale dell'abitato sono stati tuttavia individuati due settori nei quali gli spostamenti misurati superano la soglia adottata per l'individuazione delle anomalie deformative. Tali settori richiedono pertanto un'analisi di dettaglio ai fini della valutazione del rischio residuo:

- il settore che comprende via Gorizia e la SP10, parzialmente esteso anche a monte della fascia di interdizione;
- il settore compreso fra il plesso scolastico San Giuseppe e via Ustica, ubicato all'interno della fascia di interdizione lungo la scarpata principale della Frana Centrale.

L'ubicazione dei due settori è riportata in Figura 12.



Figura 12 - Ubicazione dei due settori oggetto di approfondimento: a) via Gorizia - SP10 e b) San Giuseppe - via Ustica. La campitura rossa indica la fascia di interdizione vigente. Le linee rosse tratteggiate mostrano le principali fessurazioni sul terreno.

5.1 Via Gorizia - SP10

Il settore in esame è ubicato nella porzione meridionale dell'abitato, intorno a via Gorizia e fra questa e l'SP10, all'interno della fascia di interdizione e in parte a monte di questa (Figura 12).

In geometria ascendente (Figura 13) i punti di misura di tale settore rientrano nella finestra di stabilità, con serie temporali (Figura 14) sostanzialmente stazionarie, caratterizzate, al più, da una lieve tendenza all'avvicinamento al sensore nelle ultime acquisizioni.

Il dato in geometria discendente evidenzia invece alcuni punti di misura con spostamenti differenziali che superano la soglia di stabilità (Figura 15). Le relative serie temporali (Figura 16) mostrano un andamento sostanzialmente stabile fino agli eventi di gennaio 2026, seguito da una tendenza all'allontanamento dal sensore nella fase post-evento, dell'ordine di 1-2 cm, che nelle ultime acquisizioni mostra tuttavia un evidente rallentamento.

I dati registrati nelle due geometrie di acquisizione risultano quindi coerenti con un movimento di versante. Va tuttavia considerato che il dato include, oltre alla componente deformativa, anche contributi riconducibili a disturbi atmosferici e a rumore residuo, di cui occorre tener conto nell'interpretazione; l'evidenza sarà pertanto verificata nei prossimi aggiornamenti.

Ai fini della valutazione del rischio residuo, si raccomanda di mantenere il settore sotto osservazione mediante il monitoraggio satellitare, così da verificare la persistenza del fenomeno rilevato e coglierne tempestivamente eventuali variazioni di tendenza, nonché mediante ispezioni periodiche *in situ* mirate a evidenziare segnali di instabilità sul terreno e sui manufatti.

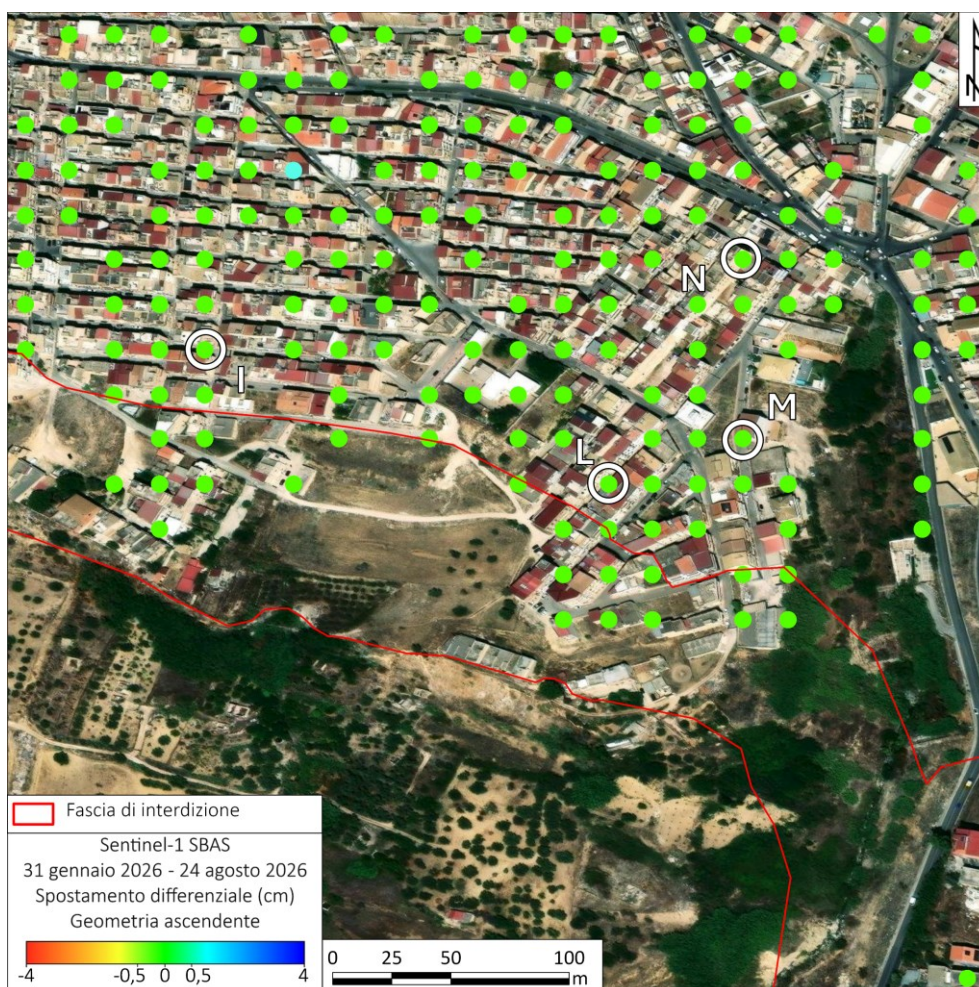


Figura 13 - Mappa degli spostamenti differenziali Sentinel-1 in geometria ascendente (SBAS, 31 gennaio - 24 agosto 2026), dettaglio del settore di via Gorizia - SP10. In Figura 14 le serie temporali dei punti considerati. Le linee rosse indicano la fascia di interdizione vigente.

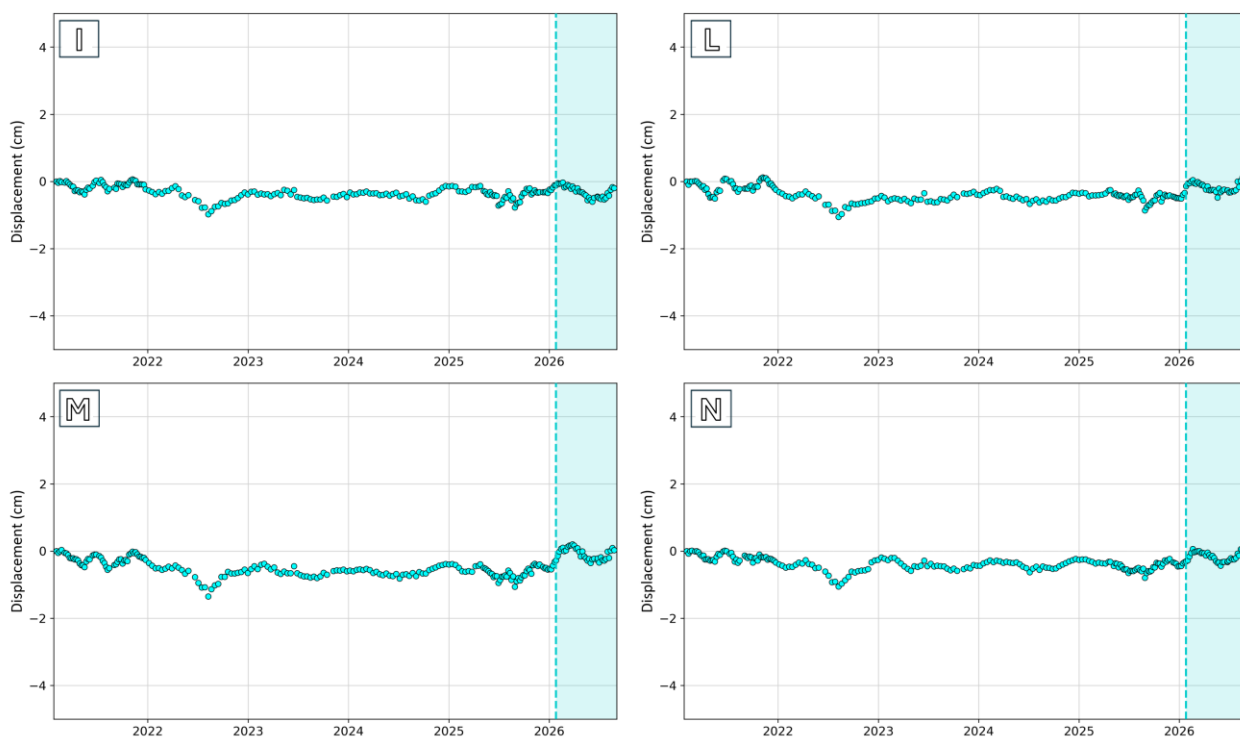


Figura 14 - Serie temporali dei punti evidenziati in Figura 13. L'area ombreggiata azzurra indica il periodo post-frana.

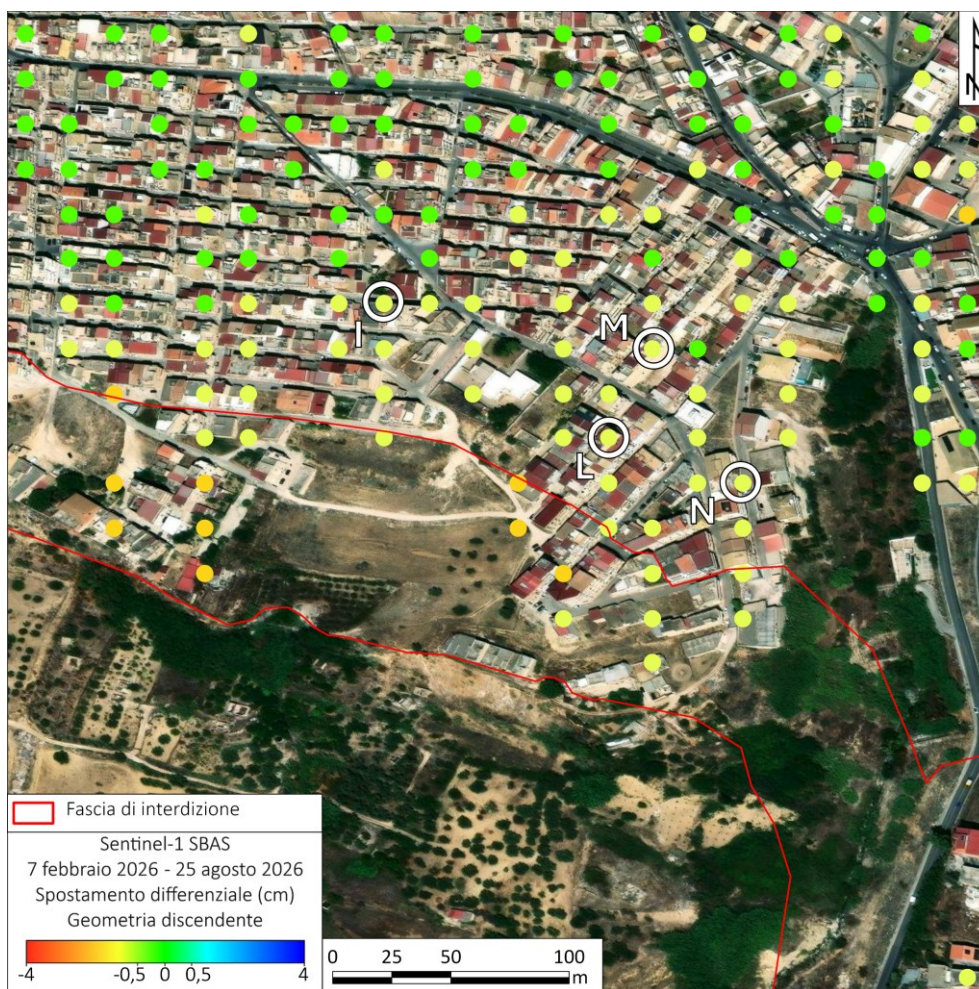


Figura 15 - Mappa degli spostamenti differenziali Sentinel-1 in geometria discendente (SBAS, 7 febbraio - 25 agosto 2026), dettaglio del settore di via Gorizia - SP10. In Figura 16 le serie temporali dei punti considerati. Le linee rosse indicano la fascia di interdizione vigente.

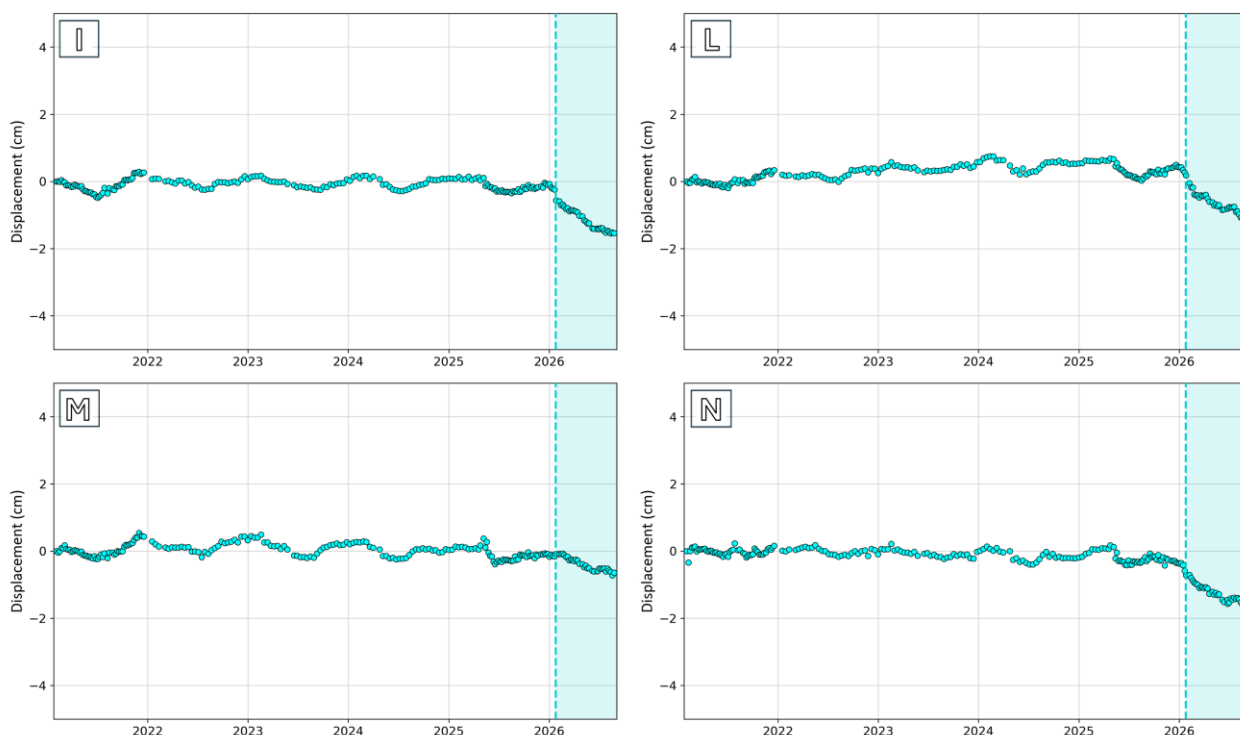


Figura 16 - Serie temporali dei punti evidenziati in Figura 15. L'area ombreggiata azzurra indica il periodo post-frana.

5.2 San Giuseppe - Via Ustica

Sulla base del quadro deformativo delineato nelle sezioni precedenti e delle evidenze geomorfologiche descritte nel rapporto del 4 agosto 2026 (Casagli *et al.*, 2026e), è stato analizzato in dettaglio il settore compreso fra il plesso scolastico San Giuseppe e via Ustica, lungo la fascia di interdizione a monte della scarpata principale della Frana Centrale.

In tale settore, caratterizzato da segnali di movimento significativi, è stata condotta un'analisi di dettaglio degli spostamenti, integrando i dati interferometrici Sentinel-1, le misure della stazione GNSS NSGP e le misure distanziometriche effettuate dal personale DPC in corrispondenza di sette coppie di capisaldi installate a cavallo della nuova fessurazione principale.

In Figura 17 e Figura 18 sono riportate le mappe degli spostamenti ottenute dall'elaborazione dei dati Sentinel-1 con le relative serie temporali dei punti di misura ritenuti più significativi, rispettivamente per la geometria ascendente (31 gennaio 2026 - 24 agosto 2026) e per la geometria discendente (7 febbraio 2026 - 25 agosto 2026).

In geometria ascendente (Figura 17) i punti di misura di entrambi i settori rientrano nella finestra di stabilità. Le relative serie temporali mostrano tuttavia, per i punti B, C e D, una lieve tendenza all'avvicinamento al sensore nelle ultime acquisizioni, mentre il punto A si mantiene sostanzialmente stazionario.

La geometria discendente (Figura 18), più sensibile ai movimenti dei versanti in esame per i motivi esposti nella Sezione 3, evidenzia invece spostamenti differenziali che superano la soglia di stabilità. Tutti i punti considerati presentano un andamento sostanzialmente stabile fino agli eventi di gennaio 2026, seguito da una tendenza all'allontanamento dal sensore nella fase post-evento, con spostamenti cumulati dell'ordine di alcuni centimetri. In corrispondenza del plesso scolastico, il punto A, prossimo alla stazione GNSS NSGP, raggiunge circa -3,5 cm e il punto B circa -2 cm. Nelle acquisizioni più recenti, entrambi i punti mostrano una tendenza alla stabilizzazione che non si evidenzia invece nel settore orientale. Nell'area di via Ustica, dove l'evoluzione si manifesta come arretramento del coronamento della frana, infatti, i punti C e D, con valori cumulati di circa 3,5 cm, proseguono la tendenza all'allontanamento, a indicare una deformazione tuttora attiva in tale settore.

Il quadro interferometrico trova inoltre riscontro nei dati della stazione GNSS NSGP (Sezione 4), ubicata sul ciglio della scarpata in prossimità del plesso scolastico, che documenta un progressivo spostamento verso sud e un abbassamento di quota del ciglio di scarpata.

Nei pressi del plesso scolastico, la fessurazione principale segnalata nel Rapporto del 4 agosto 2026 (Casagli *et al.*, 2026e) è oggetto di monitoraggio mediante misura manuale della distanza relativa tra coppie di capisaldi, i quali sono materializzati da chiodi metallici infissi nel terreno poco a valle e a monte della fessurazione stessa. L'ubicazione di tali coppie di capisaldi, installati a partire dalla fine di luglio 2026 dal personale tecnico del Comune e del DRPC Sicilia, è individuata in Figura 19; in particolare, si segnala che il punto T2 è prossimo alla stazione GNSS NSGP.

Pur tenendo conto dei limiti intrinseci di queste misurazioni, i dati documentano una progressiva evoluzione della fessurazione principale, particolarmente evidente in corrispondenza del cosiddetto Rilevatore (Ril.) 1 e, in misura minore, dei Rilevatori 2 e 4 (Figura 20). Nel primo si registra infatti un incremento della distanza relativa fra i capisaldi pari a circa 10,5 cm. Seppur installata alla fine di agosto, anche la coppia di capisaldi denominata T1 (nei pressi della strada che si sviluppa a ovest del plesso scolastico) appare denotare un progressivo incremento degli spostamenti, con valori che attualmente si attestano attorno a 2,5 cm.

L'apertura della frattura, tuttora in atto, indica che la deformazione del settore a valle del plesso rimane attiva. Tale deformazione non emerge direttamente dal dato radar, che mostra una tendenza alla stabilizzazione, anche perché i relativi punti di misura sono in corrispondenza delle strutture a monte della frattura. Si rimanda al prossimo aggiornamento per confermarne l'andamento.

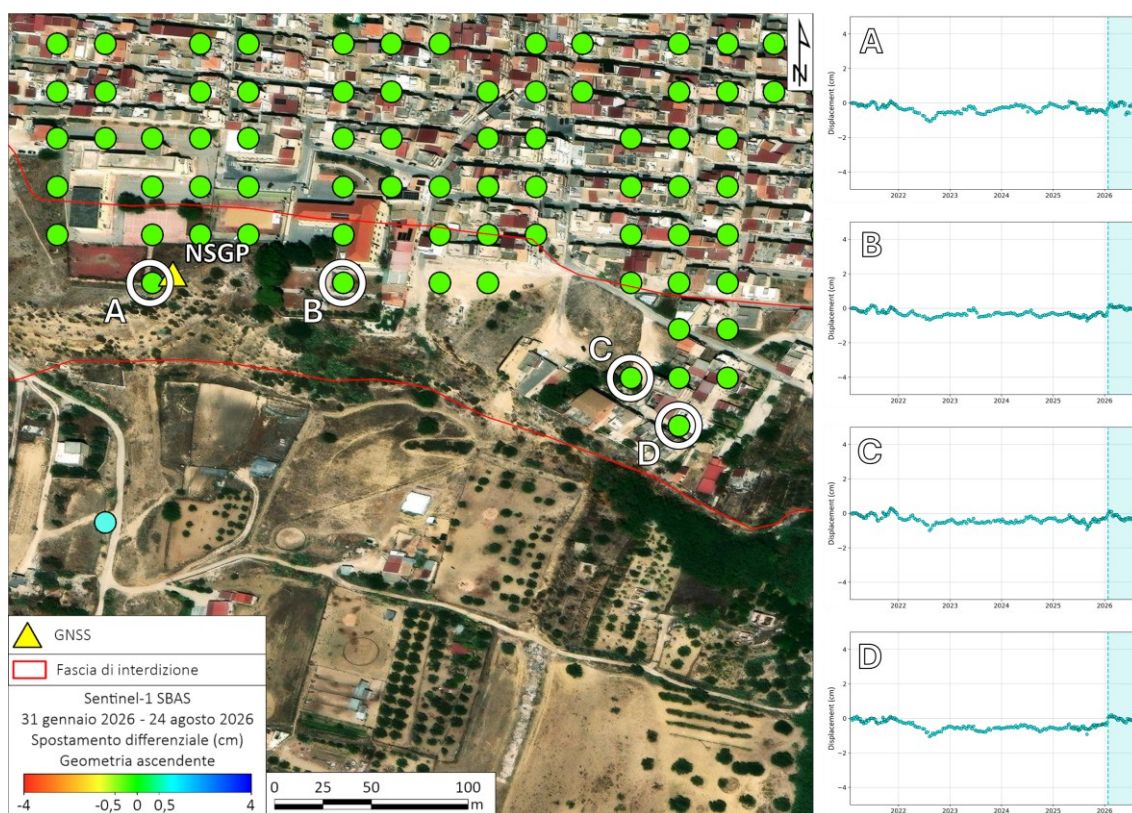


Figura 17 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati Sentinel-1 in geometria ascendente, elaborati con tecnica SBAS, nell'intervallo di tempo 31 gennaio 2026 - 24 agosto 2026, nei settori del plesso scolastico San Giuseppe e di via Ustica. A destra, le serie temporali dei punti evidenziati in mappa.

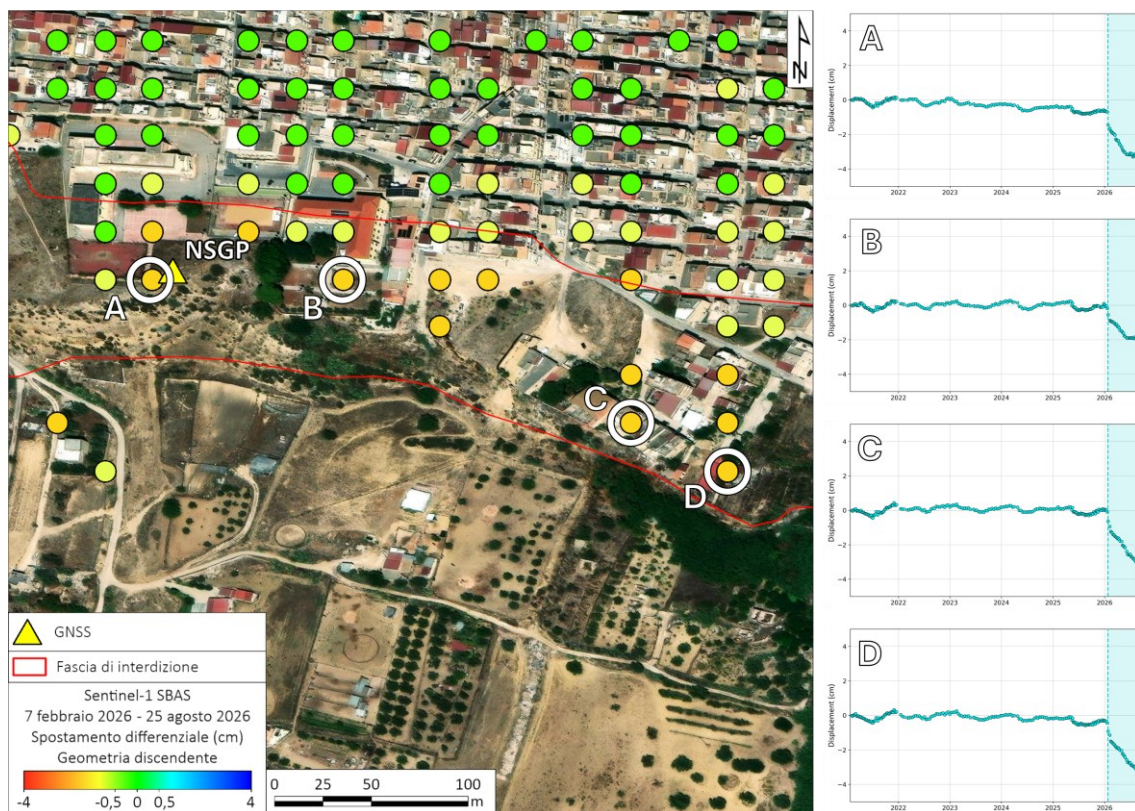


Figura 18 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati Sentinel-1 in geometria discendente, elaborati con tecnica SBAS, nell'intervallo di tempo 7 febbraio 2026 - 25 agosto 2026, nei settori del plesso scolastico San Giuseppe e di via Ustica. A destra, le serie temporali dei punti evidenziati in mappa.



Figura 19 - Ubicazione dei capisaldi di monitoraggio della frattura in prossimità del plesso scolastico San Giuseppe: i punti Ril. 1-4 a cavallo della discontinuità e i riferimenti T1 (strada), T2 (GNSS), T3 (muro).

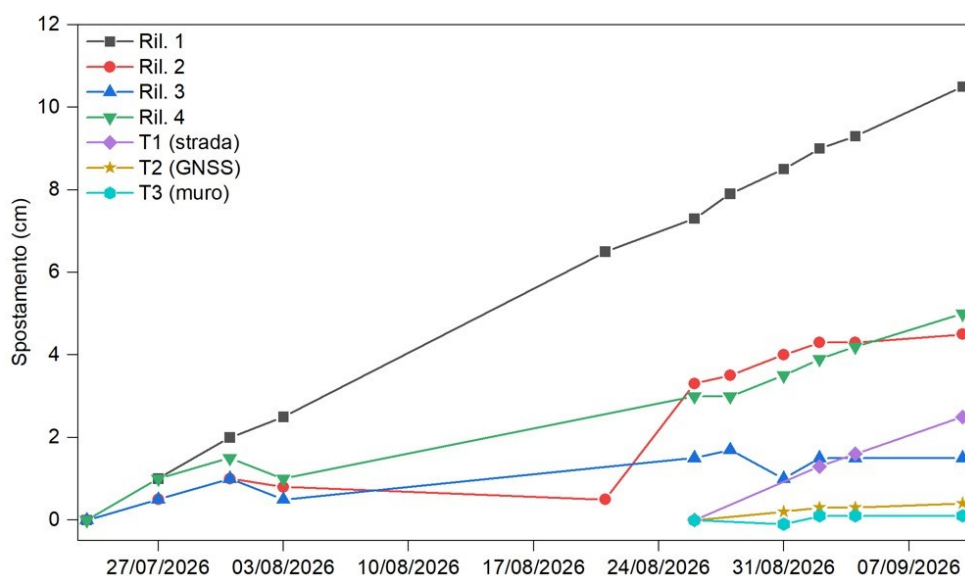


Figura 20 - Serie temporali di spostamento acquisite manualmente presso le coppie di capisaldi denominate Ril. 1-4, T1, T2 e T3 dal 23 luglio 2026 al 10 settembre 2026.

5.3 Interventi immediati per la riduzione dell'infiltrazione delle acque meteoriche nelle fessurazioni

L'apertura e la progressiva estensione delle fessurazioni di neoformazione individuate in corrispondenza del plesso scolastico San Giuseppe configurano una criticità che richiede una risposta tempestiva, orientata a limitare, anche mediante misure di carattere provvisorio, l'ingresso delle acque meteoriche all'interno delle discontinuità e, per questa via, in profondità nel corpo di frana. L'ubicazione delle fessure oggetto dell'intervento è riportata in Figura 21.



Figura 21 - Ubicazione delle fessure di neoformazione (in rosso) in corrispondenza del plesso scolastico San Giuseppe, oggetto dell'intervento provvisorio di impermeabilizzazione. Base cartografica: rilievo aerofotogrammetrico da drone eseguito dalla Fondazione CIMA nel luglio 2026.

Le lesioni riscontrate risultano infatti esposte non soltanto alle precipitazioni che le interessano direttamente, di per sé assai contenute, ma anche alle acque di scorrimento provenienti dalle superfici in pendenza a monte, che si concentrano sull'estensione delle fessure almeno per parte del loro sviluppo. Si ritiene pertanto prudente estendere l'intervento all'intera lunghezza delle lesioni, avendo cura di non compromettere i dispositivi già installati per il monitoraggio della loro apertura.

L'infiltrazione delle acque meteoriche nel corpo di frana può infatti incrementare le pressioni interstiziali in corrispondenza della superficie di scivolamento profonda e ridurne la resistenza al taglio, favorendo l'evoluzione del fronte instabile.

L'intervento di seguito descritto ha pertanto carattere provvisorio e di mitigazione immediata: esso costituisce una misura transitoria, da mantenere in stretta integrazione con il sistema di monitoraggio in atto (che non dovrà in alcun modo essere interrotto) e da armonizzare con la progettazione degli interventi di stabilizzazione definitivi, in particolare con quelli di regimazione delle acque superficiali e profonde già delineati in Casagli *et al.* (2026c).

L'intervento prevede la posa di teloni impermeabili in nylon o altro materiale idoneo, resistente agli agenti atmosferici, a copertura delle lesioni e delle porzioni di terreno immediatamente circostanti. È preferibile l'impiego di teli in nylon spesso e trasparente, che consentano il controllo visivo delle fessure sottostanti senza necessità di rimozione della protezione. I teloni dovranno in particolare:

- coprire integralmente le lesioni visibili, estendendosi oltre i relativi bordi per almeno 4-5 m, in funzione dell'ampiezza e della geometria del dissesto;
- essere posati evitando pieghe o avvallamenti che possano favorire l'accumulo di acqua;
- essere sovrapposti, in caso di più elementi, per almeno 50-100 cm, con disposizione "a embrici" coerente con la pendenza longitudinale, in modo che l'elemento posto più a monte risulti sovrapposto a quello più a valle;
- essere ancorati lungo i bordi mediante arginelli in terra, picchetti, sacchi di sabbia o altri sistemi di fissaggio compatibili con le condizioni locali.

La posa dei teloni non potrà costituire l'unica misura di gestione delle acque: dovranno essere mantenuti liberi e funzionanti i fossi e le cunette a monte, le canalette e le opere di raccolta esistenti, gli scarichi e gli attraversamenti, nonché gli eventuali sistemi di drenaggio già presenti, verificando in particolare la presenza di scarichi dei pluviali degli edifici prossimi alle lesioni e di reti interrato (fognature bianche e nere).

L'intervento dovrà essere sottoposto a controlli periodici, in particolare a seguito di eventi meteorici intensi, verificando l'integrità dei teloni, il corretto ancoraggio dei bordi, l'eventuale presenza di strappi, sollevamenti o infiltrazioni, l'ampliamento delle lesioni, l'insorgenza di rigonfiamenti, cedimenti o colamenti, nonché l'efficienza dei fossi e dei percorsi di deflusso.

6 Conclusioni

Il presente rapporto rappresenta l'aggiornamento del quadro deformativo dei fenomeni di instabilità gravitativa che interessano il territorio di Niscemi, sulla base dei dati di monitoraggio radar interferometrico satellitare (Sentinel-1) e GNSS aggiornati rispettivamente a fine agosto e a inizio settembre 2026.

L'analisi, estesa all'intero abitato e ai versanti circostanti, restituisce un quadro privo, per gran parte del centro abitato, di deformazioni significative rilevabili mediante le tecniche impiegate. Le principali anomalie rilevate interessano due settori, entrambi ubicati nella porzione sud-orientale dell'abitato: quello nell'intorno di via Gorizia e della SP10, in parte esteso a monte della fascia di interdizione, e quello del plesso scolastico San Giuseppe e di via Ustica, all'interno della fascia di interdizione lungo la scarpata principale della Frana Centrale.

Nel primo, il dato discendente evidenzia spostamenti post-evento dell'ordine di 1-2 cm, in rallentamento nelle acquisizioni più recenti e coerenti con un movimento di versante di entità contenuta. Va tuttavia considerato che il dato include, oltre alla componente deformativa, anche contributi riconducibili a disturbi atmosferici e a rumore residuo, di cui occorre tener conto nell'interpretazione; la persistenza del segnale sarà pertanto verificata nei prossimi aggiornamenti.

Nel secondo, l'analisi interferometrica in geometria discendente conferma spostamenti che superano la soglia di stabilità, all'interno della fascia di interdizione e in corrispondenza delle fessurazioni formatesi a partire dal mese di luglio. Nelle acquisizioni più recenti le serie temporali relative ai punti ubicati in corrispondenza del plesso scolastico mostrano una progressiva attenuazione degli spostamenti, mentre quelle di via Ustica continuano a mostrare uno spostamento in allontanamento dal sensore, indicativo della prosecuzione del fenomeno deformativo. A valle del plesso scolastico, il monitoraggio manuale dei capisaldi installati dal Comune e dal DRPC Sicilia documenta, inoltre, una progressiva evoluzione della fessurazione principale.

Il quadro interferometrico trova riscontro nei dati della stazione GNSS NSGP, ubicata sul ciglio della scarpata in prossimità del plesso scolastico e unica, nella rete dell'INGV, a evidenziare un segnale significativo: la stazione registra un movimento progressivo verso sud, fino a circa 4,5 cm, accompagnato da un abbassamento di quota fino a circa 3 cm, tuttora in atto.

Il quadro strumentale è compatibile con l'ipotesi, già formulata nei rapporti precedenti, di una riattivazione localizzata della Frana Centrale associata a superfici di scivolamento profonde, con le manifestazioni geomorfologiche documentate in particolare nel Rapporto del 4 agosto 2026 (Casagli et al., 2026e).

Si ribadiscono, pertanto, le raccomandazioni già formulate nei rapporti precedenti. In particolare, l'apertura e la progressiva estensione delle fessure di neoformazione in corrispondenza del plesso scolastico San Giuseppe costituiscono una criticità che richiede interventi di mitigazione con la massima tempestività: a tal fine, il presente rapporto descrive l'intervento immediato di carattere provvisorio raccomandato, imperniato sulla posa di teloni impermeabili opportunamente ancorati e sulla gestione controllata delle acque di scorrimento, volto a limitare l'ingresso delle acque meteoriche nelle discontinuità riscontrate, in attesa e a integrazione degli interventi di stabilizzazione definitivi.

Si conferma il carattere prioritario dell'installazione di strumentazione in foro per il monitoraggio profondo delle pressioni interstiziali e degli spostamenti, da definire, ove necessario, rivalutando lo schema della rete di monitoraggio prevista in funzione dell'ubicazione delle più recenti manifestazioni gravitative. Si conferma altresì l'opportunità di installare ulteriori sensori GNSS a valle dei tratti nei quali le fessurazioni presentano maggiore continuità spaziale e rigetti più significativi.

Le deformazioni rilevate in corrispondenza del plesso scolastico San Giuseppe e di via Ustica ricadono integralmente all'interno dell'attuale fascia di interdizione, mentre le anomalie deformative individuate nel settore di via Gorizia-SP10, sebbene in parte esterne a essa, risultano di entità contenuta e mostrano una tendenza al rallentamento. Alla luce del quadro complessivo restituito dal monitoraggio strumentale e dalle osservazioni geomorfologiche, gli elementi attualmente disponibili non evidenziano, nell'immediato,

condizioni tali da richiedere una revisione della perimetrazione, ferma restando la necessità di aggiornare la valutazione in funzione dell'evoluzione del quadro deformativo e di eventuali nuovi elementi conoscitivi.

Si raccomanda pertanto di intensificare le attività di sorveglianza, integrando il monitoraggio strumentale con ispezioni periodiche *in situ*, al fine di individuare tempestivamente possibili condizioni di instabilità del terreno e dei manufatti e valutare, ove necessario, una futura revisione della fascia di interdizione.

Nell'ambito delle attività di monitoraggio dell'evoluzione del fenomeno franoso, alla fine del mese di settembre 2026 Fondazione CIMA effettuerà un nuovo rilievo integrato LiDAR e fotogrammetrico da drone, esteso all'intero corpo di frana. Il rilievo consentirà di acquisire un modello tridimensionale aggiornato e ad alta risoluzione dell'area interessata dal dissesto (DSM e DTM con passo di griglia non superiore a 20 cm e ortomosaico con GSD non superiore a 5 cm/pixel) e, attraverso il confronto con il corrispondente rilievo eseguito nel luglio 2026, di individuare e quantificare eventuali variazioni morfologiche e spostamenti intervenuti nel periodo. L'analisi multitemporale dei due dataset fornirà pertanto ulteriori elementi utili alla caratterizzazione dei movimenti tuttora in atto e all'aggiornamento del quadro deformativo complessivo, integrando le informazioni derivanti dal monitoraggio satellitare interferometrico, dalla rete GNSS e dalle osservazioni in situ.

Le evidenze riscontrate confermano la necessità di interventi di mitigazione e risultano coerenti con la strategia generale proposta in Casagli *et al.* (2026c) incentrata, tra l'altro, sulla *«realizzazione di un sistema integrato di drenaggio profondo, costituito da gallerie drenanti e campi pozzi di emungimento, finalizzati alla regolazione dei livelli piezometrici nei livelli argillosi e sabbiosi e alla mitigazione dei meccanismi di instabilità. A tali opere si affiancano interventi di regimazione superficiale, tra cui la riprofilatura dei pendii mediante strutture in terra armata con livelli drenanti, la realizzazione di canali di gronda e il ripristino del reticolo idraulico minore, anche mediante tecniche di ingegneria naturalistica»*.

L'efficacia di tale strategia dovrà essere verificata mediante specifici approfondimenti progettuali.

7 Bibliografia

- Berardino P., Fornaro G., Lanari R., Sansosti E., 2002. *A New Algorithm for Surface Deformation Monitoring Based on Small Baseline Differential SAR Interferograms*. IEEE Trans Geosci Remote Sens, 40(11), 2375-2383.
- Casagli N. et al. (2026a). *Le frane di Niscemi del gennaio 2026*. Rapporto n. 1 del 26/02/2026.
- Casagli N. et al. (2026b). *Le frane di Niscemi del gennaio 2026*. Rapporto n. 2 del 09/03/2026.
- Casagli N. et al. (2026c). *Le frane di Niscemi del gennaio 2026. Monitoraggio, verifica del rischio residuo e criteri di intervento per la riduzione del rischio*. Rapporto n. 3 del 20/04/2026.
- Casagli N. et al. (2026d). *Le frane di Niscemi del gennaio 2026. Valutazione del rischio residuo nel centro abitato*. Rapporto di aggiornamento del 05/06/2026.
- Casagli N. et al. (2026e). *Le frane di Niscemi del gennaio 2026. Aggiornamento della valutazione del rischio residuo nei pressi del plesso scolastico San Giuseppe a seguito dell'evento pluviometrico del 1° luglio 2026*. Rapporto di aggiornamento del 04/08/2026.
- Casu F., Elefante S., Imperatore P., Zinno I., Manunta M., De Luca C., Lanari R., 2014. *SBAS-DInSAR parallel processing for deformation time-series computation*. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 7(8), 3285-3296.
- De Luca C., Casu F., Manunta M., Onorato G., Lanari R., 2022, July. *On the analysis of the DInSAR time series retrieved through the P-SBAS approach: a focus on possible bias*. In EUSAR 2022; 14th European Conference on Synthetic Aperture Radar, VDE, 1-4.
- Lanari R., Bonano M., Casu F., De Luca C., Manunta M., Manzo M., Onorato G., Zinno I., 2020. *Automatic generation of Sentinel-1 continental scale DInSAR deformation time series through an extended P-SBAS processing pipeline in a cloud computing environment*. Remote Sensing, 12(18), 2961.
- Manunta M., De Luca C., Zinno I., Casu F., Manzo M., Bonano M., Fusco A., Pepe A., Onorato G., Berardino P., De Martino P., 2019. *The Parallel SBAS Approach for Sentinel-1 Interferometric Wide Swath Deformation Time-Series Generation: Algorithm Description and Products Quality Assessment*. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 57(9), 6259-6281.