



PROTEZIONE CIVILE
CENTRO DI COMPETENZA
Università degli Studi di Firenze



Le frane di Niscemi del gennaio 2026

Rapporto di aggiornamento

Valutazione del rischio residuo nel centro abitato



Per conto di: Commissario straordinario per l'area di Niscemi
ai sensi del decreto-legge 27 febbraio 2026, n. 25

Firenze, 5 giugno 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)

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, Agnese INNOCENTI, Camilla MEDICI, Olga NARDINI, Massimiliano NOCENTINI, Teresa NOLESINI, Aldo PIOMBINO, Francesco POGGI

Gruppo di lavoro CNR IREA

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

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	4
2	ANALISI DEI DATI SATELLITARI RADAR INTERFEROMETRICI.....	5
2.1	SENTINEL-1 - ELABORAZIONE CON TECNICA SBAS.....	5
2.2	COSMO-SKYMED - ELABORAZIONE CON TECNICA SBAS.....	10
3	EVOLUZIONE DELLA SCARPATA E AGGIORNAMENTO DELLE MISURE DI SALVAGUARDIA NEL CENTRO ABITATO	16
3.1	MODELLO DI ARRETRAMENTO INIZIALE	16
3.2	MODELLO DI ARRETRAMENTO AGGIORNATO	24
3.3	MONITORAGGIO SATELLITARE DEI MOVIMENTI NELLA FASCIA DI INTERDIZIONE	25
3.4	MONITORAGGIO GNSS DEI MOVIMENTI NELLA FASCIA DI INTERDIZIONE	29
3.5	AGGIORNAMENTO DELLA FASCIA DI INTERDIZIONE	34
4	CONCLUSIONI	35
5	BIBLIOGRAFIA.....	36

1 Introduzione

Nel mese di gennaio 2026 il territorio comunale di Niscemi, in provincia di Caltanissetta, è stato interessato da un fenomeno franoso complesso, caratterizzato da due fasi principali di attivazione (15-16 e 25-26 gennaio) che hanno coinvolto infrastrutture viarie e aree urbanizzate, con impatti significativi sulla sicurezza pubblica e sulla funzionalità dei servizi.

A seguito degli eventi, il Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri, d'intesa con la Regione Siciliana, ha attivato il Centro di Competenza dell'Università degli Studi di Firenze per garantire il monitoraggio del fronte di frana, la valutazione del rischio residuo e il supporto decisionale alle autorità locali.

I rapporti tecnici precedenti hanno ricostruito l'evoluzione del dissesto, definito un primo modello interpretativo, stimato l'arretramento della scarpata e impostato un sistema di monitoraggio integrato, con progressivi adeguamenti delle misure di salvaguardia nel centro abitato.

In tale contesto, il presente Rapporto risponde alla richiesta del Commissario straordinario ex decreto-legge 27 febbraio 2026, n. 25, di aggiornare il quadro conoscitivo ai fini di fornire gli elementi tecnico-scientifici necessari per guidare la rimodulazione della fascia di interdizione alla luce di nuovi dati raccolti.

2 Analisi dei dati satellitari radar interferometrici

L'obiettivo principale di questa analisi ha riguardato l'analisi dell'eventuale presenza di segnali deformativi successivi alle frane di gennaio 2026, in particolare nella fascia di interdizione nel centro abitato.

A tal fine è stata effettuata l'analisi multi-temporale, focalizzata esclusivamente sullo scenario post-evento, con nuove immagini acquisite dalle costellazioni Sentinel-1 e COSMO-SkyMed 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 la prima acquisizione post-evento del 31 gennaio 2026 e l'ultima acquisizione disponibile (maggio 2026). Il dettaglio sulle acquisizioni utilizzate è riportato in Tabella 1.

Satellite	Banda	Geometria di acquisizione	Intervallo temporale
Sentinel-1	C	Ascendente	31/01/2026 - 25/05/2026
Sentinel-1	C	Discendente	07/02/2026 - 26/05/2026
COSMO-SkyMed	X	Ascendente	01/02/2026 - 24/05/2026
COSMO-SkyMed	X	Discendente	08/02/2026 - 31/05/2026

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

2.1 Sentinel-1 - elaborazione con tecnica SBAS

La Figura 1 illustra la mappa di spostamento, ottenuta dai dati interferometrici acquisiti dalla costellazione Sentinel-1 e processati tramite l'algoritmo SBAS, nell'intervallo temporale compreso tra il 31 gennaio e il 25 maggio 2026, per la geometria ascendente, nel settore nord di Niscemi. I punti di misura sono visualizzati in base allo spostamento registrato nel periodo coperto dalle acquisizioni, mediante la scala di colori graduati centrata sul valore zero di spostamento.

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.

In generale, tutta l'area nord di Niscemi, incluso l'abitato all'interno della fascia di interdizione, è caratterizzata da punti di misura (*Measurement Points*) MPs classificati in colore verde che presentano valori di spostamento all'interno della finestra di stabilità di $\pm 0,5$ cm.

L'esame delle serie temporali di spostamento (Figura 2), riferite all'intero intervallo di acquisizione disponibile (2 febbraio 2021 - 25 maggio 2026) e quindi comprensive delle fasi antecedenti e successive agli eventi di gennaio 2026, mette in luce, nel punto D, una variazione brusca del segnale interferometrico in corrispondenza dell'evento, interpretabile come discontinuità tra l'ultima acquisizione pre-frana e la prima post-frana. Tuttavia, nel periodo post-evento, tale punto mostra una tendenza alla stabilizzazione e al progressivo assestamento. Il punto A evidenzia invece un comportamento cinematico differente, caratterizzato da una tendenza all'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 nella quasi totalità delle acquisizioni successive. Un comportamento cinematico analogo, sebbene decisamente meno accentuato, si osserva in corrispondenza del punto C. Il punto B mostra una sostanziale stabilità per l'intera durata del periodo di osservazione.

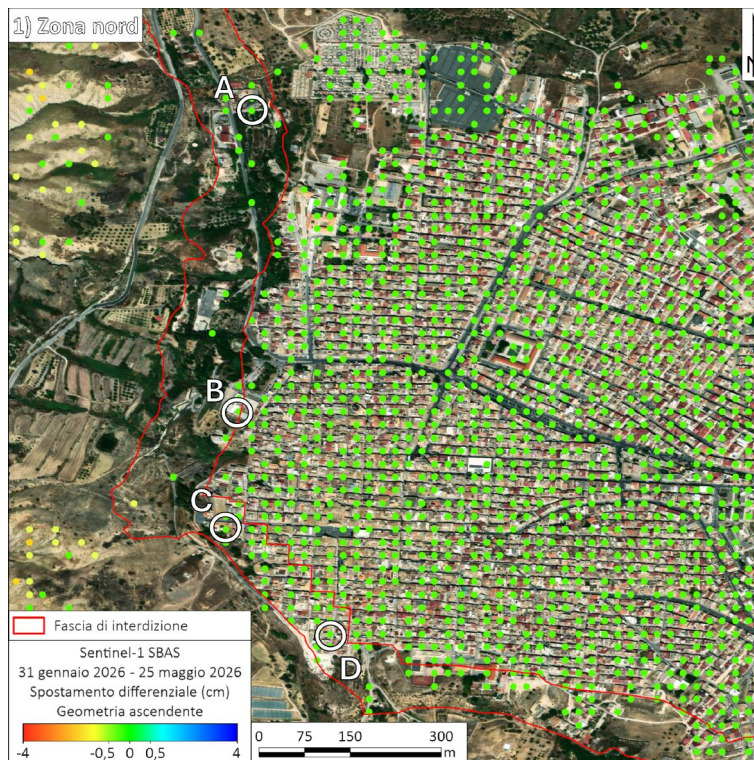


Figura 1 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati Sentinel-1, elaborati con tecnica SBAS, nella zona nord in geometria ascendente nell'intervallo temporale 31 gennaio - 25 maggio 2026. In Figura 2 le serie temporali dei punti considerati. Le linee rosse indicano la fascia di interdizione vigente.

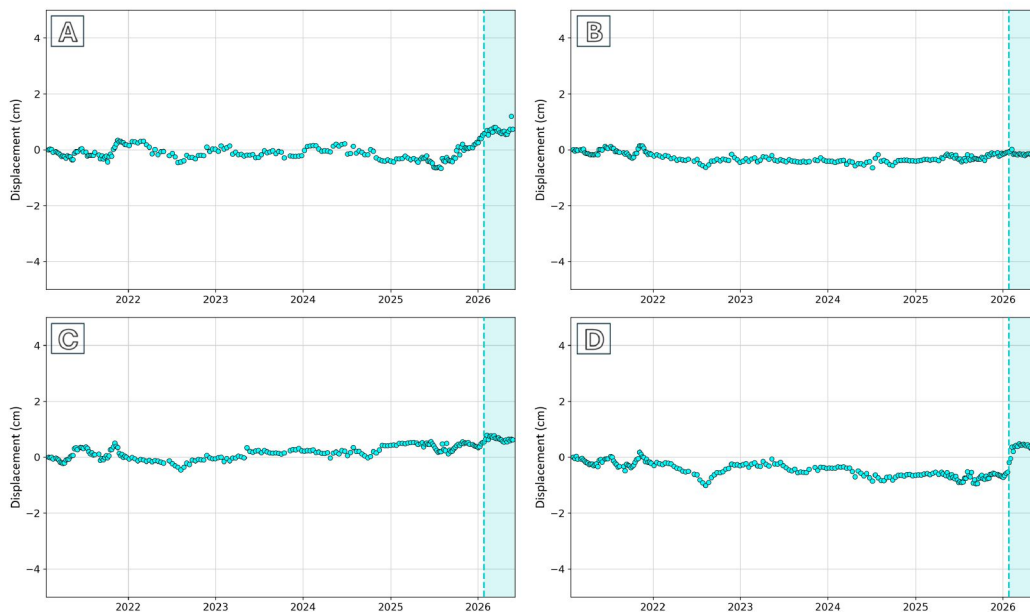


Figura 2 - Serie temporali dei punti evidenziati in Figura 1. L'area ombreggiata azzurra indica il periodo post-frana.

In maniera speculare, tutta l'area sud di Niscemi è caratterizzata da MPs classificati in colore verde che presentano valori di spostamento all'interno della finestra di stabilità di $\pm 0,5$ cm (Figura 3).

Le serie temporali dei punti selezionati (Figura 4), situati all'interno della fascia di interdizione vigente, mostrano nella maggior parte dei casi una tendenza stazionaria nella fase di post-evento. Nello specifico, i punti E e G evidenziano un comportamento prevalentemente stazionario. Tuttavia, il punto E mostra una lieve variazione in corrispondenza dell'evento per poi stabilizzarsi, mentre il punto G non evidenzia variazioni in corrispondenza dell'evento. Il punto F presenta un andamento in avvicinamento al sensore in corrispondenza degli eventi di gennaio, pur mostrando una stabilizzazione nelle ultime acquisizioni. Nel

punto H a seguito dell'evento di gennaio 2026, il segnale evidenzia un modesto andamento in allontanamento dal sensore lungo tutta la fase post-evento.

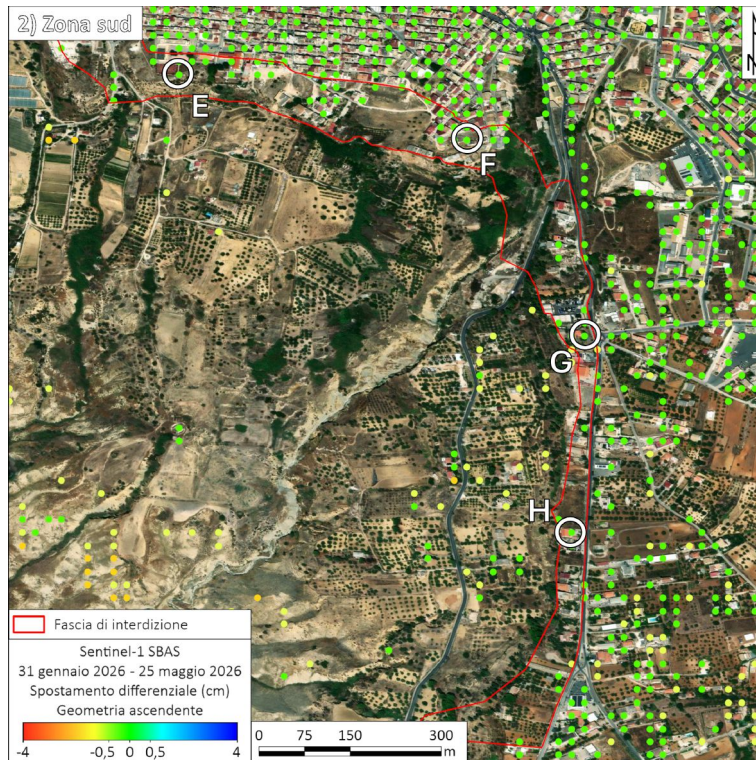


Figura 3 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati Sentinel-1, elaborati con tecnica SBAS, nella zona sud in geometria ascendente nell'intervallo temporale 31 gennaio - 25 maggio 2026. In Figura 4 le serie temporali dei punti considerati. Le linee rosse indicano la fascia di interdizione vigente.

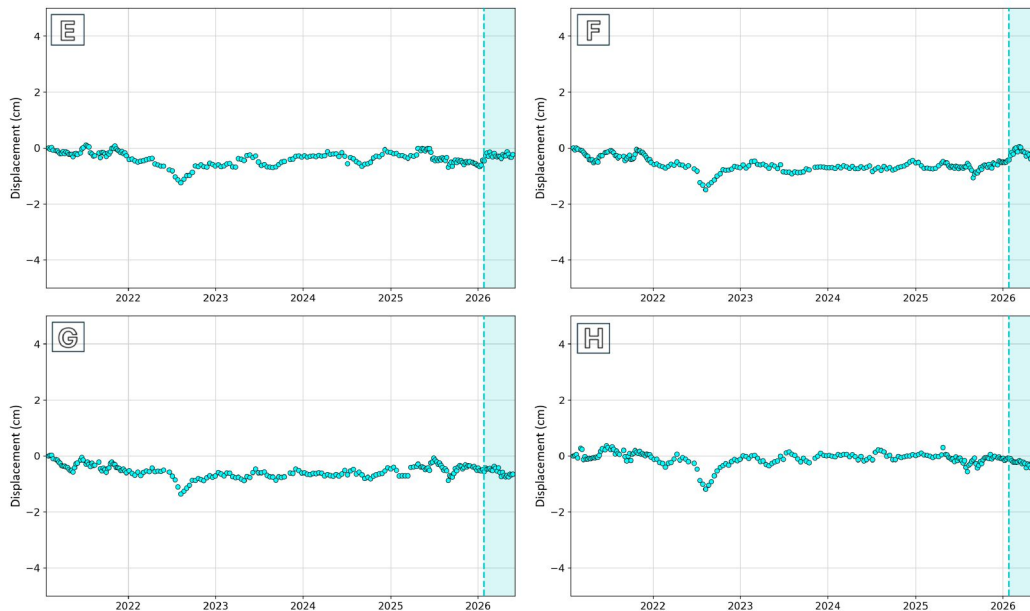


Figura 4 - Serie temporali dei punti evidenziati in Figura 3. L'area ombreggiata azzurra indica il periodo post-frana.

La Figura 5 illustra la mappa di spostamento, osservata dai dati interferometrici acquisiti dalla costellazione Sentinel-1 e processati tramite l'algoritmo SBAS, nell'intervallo temporale compreso tra il 7 febbraio e il 26 maggio 2026, per la geometria discendente, nel settore nord di Niscemi. I punti di misura sono visualizzati in base allo spostamento registrato nel periodo coperto dalle acquisizioni, mediante la scala di colori graduati centrata sul valore zero di spostamento.

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*. Nel complesso, l'intera area nord di Niscemi è caratterizzata da MPs classificati in colore verde, stabili entro tale soglia. Tuttavia, limitatamente al perimetro della fascia di interdizione, si osserva la presenza di alcuni *cluster* di punti classificati in colore giallo.

L'esame delle serie temporali di spostamento (Figura 6), riferite all'intero intervallo di acquisizione disponibile (3 febbraio 2021 - 26 maggio 2026) e quindi comprensive delle fasi antecedenti e successive agli eventi di gennaio 2026, mette in luce nel punto D una variazione netta del segnale interferometrico in corrispondenza dell'evento, interpretabile come discontinuità tra l'ultima acquisizione pre-frana e la prima post-frana. Inoltre, nel periodo post-evento, dopo una temporanea stabilizzazione, il punto evidenzia una ripresa della tendenza all'allontanamento nelle ultime acquisizioni. In modo analogo, 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; tuttavia, a differenza del punto D, le ultime acquisizioni evidenziano una tendenza alla stabilizzazione. Il punto B non mostra variazioni significative rispetto alla tendenza generale stazionaria, pur registrando un lieve allontanamento in corrispondenza degli eventi di gennaio 2026, seguito da una successiva stabilizzazione. Al contrario, il punto C non risente in alcun modo degli eventi di gennaio, mantenendo un andamento stabile, ma evidenzia una tendenza all'allontanamento nelle ultime acquisizioni della serie temporale.

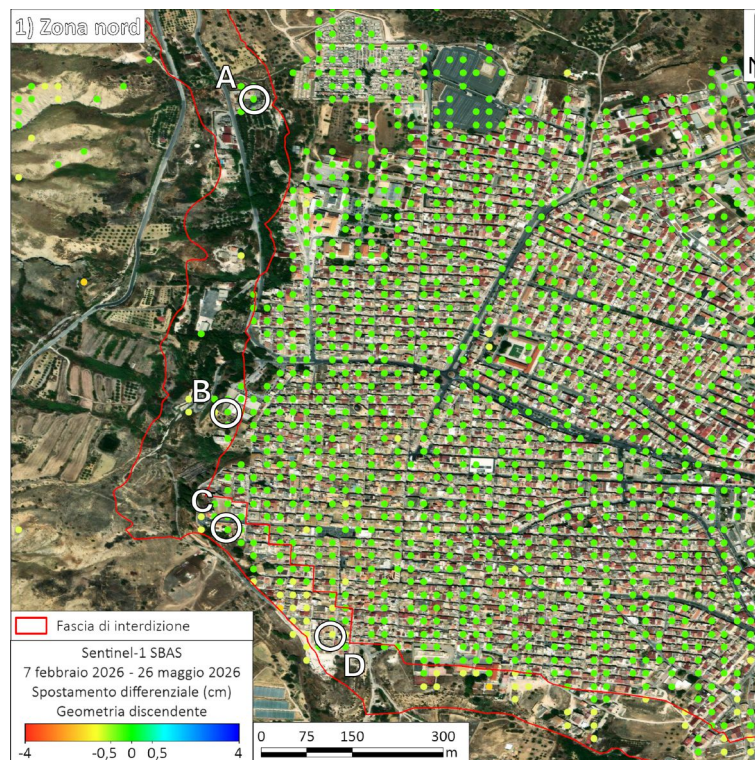


Figura 5 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati Sentinel-1, elaborati con tecnica SBAS, nella zona nord in geometria discendente nell'intervallo temporale 7 febbraio - 26 maggio 2026. In Figura 6 le serie temporali dei punti considerati. Le linee rosse indicano la fascia di interdizione vigente.

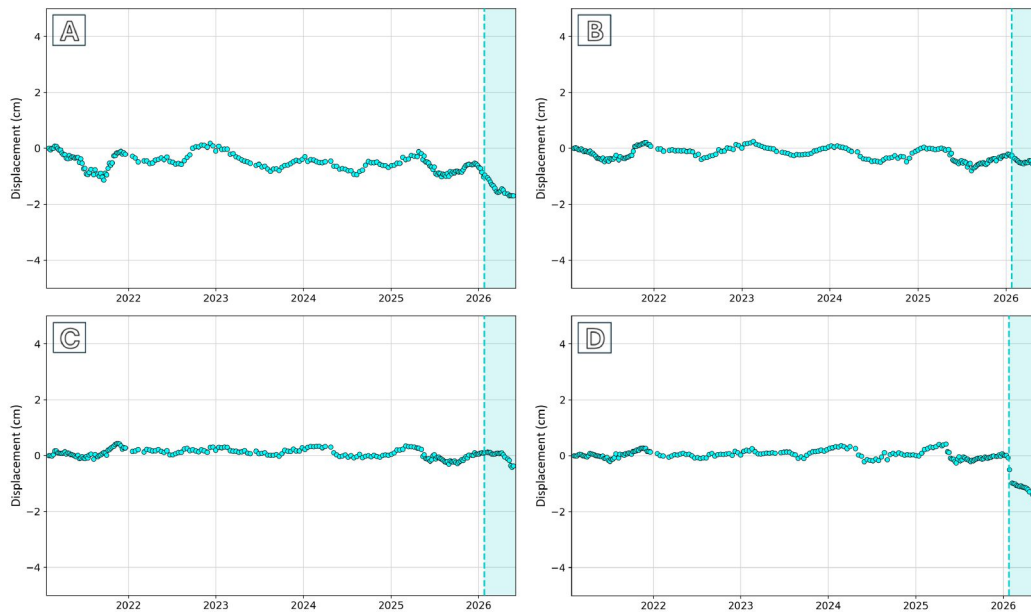


Figura 6 - Serie temporali dei punti evidenziati in Figura 5. L'area ombreggiata azzurra indica il periodo post-frana.

Analogamente, anche per il dato discendente, la quasi totalità dell'area sud di Niscemi è caratterizzata da MPs classificati in colore verde che presentano valori di spostamento all'interno della finestra di stabilità di $\pm 0,5$ cm (Figura 7). Fanno eccezione alcune aree caratterizzate da MPs classificati in colore giallo, che tuttavia sono limitati prevalentemente all'interno della fascia di interdizione o in corrispondenza del corpo di frana.

Le serie temporali dei punti selezionati (Figura 8), situati all'interno della fascia di interdizione, mostrano, nel caso dei punti E ed F, una brusca variazione del segnale in corrispondenza dell'evento. Per entrambi i punti, la fase post-evento mostra una decisa tendenza all'allontanamento dal sensore, particolarmente accentuata nel punto E, dove lo spostamento cumulato raggiunge circa i -3 cm. Nelle acquisizioni più recenti si inizia a registrare un'attenuazione di tali tendenze, potenzialmente indicative di una possibile stabilizzazione; tale dinamica necessita, tuttavia, di ulteriori acquisizioni per poter essere confermata. Il punto H risente dell'evento in modo molto più contenuto, mostrando un lieve salto negativo a gennaio 2026 seguito da una stabilizzazione nella fase post-evento. Infine, il punto G evidenzia un andamento sostanzialmente stabile, senza subire variazioni significative riconducibili agli eventi, seppur evidenziando una lieve tendenza in allontanamento nella fase post-evento.

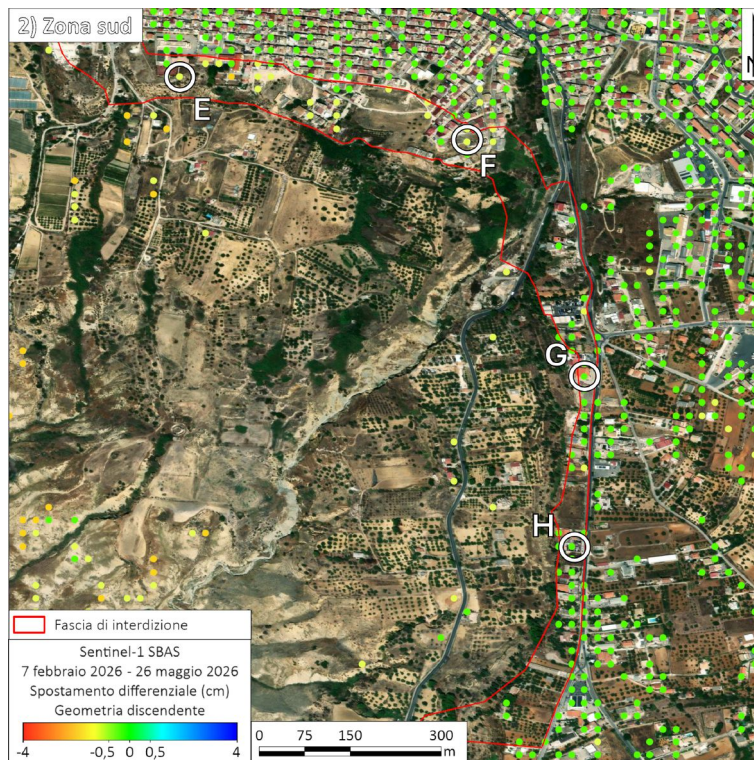


Figura 7 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati Sentinel-1, elaborati con tecnica SBAS, nella zona sud in geometria discendente nell'intervallo temporale 7 febbraio - 26 maggio 2026. In Figura 8 le serie temporali dei punti considerati. Le linee rosse indicano la fascia di interdizione vigente.

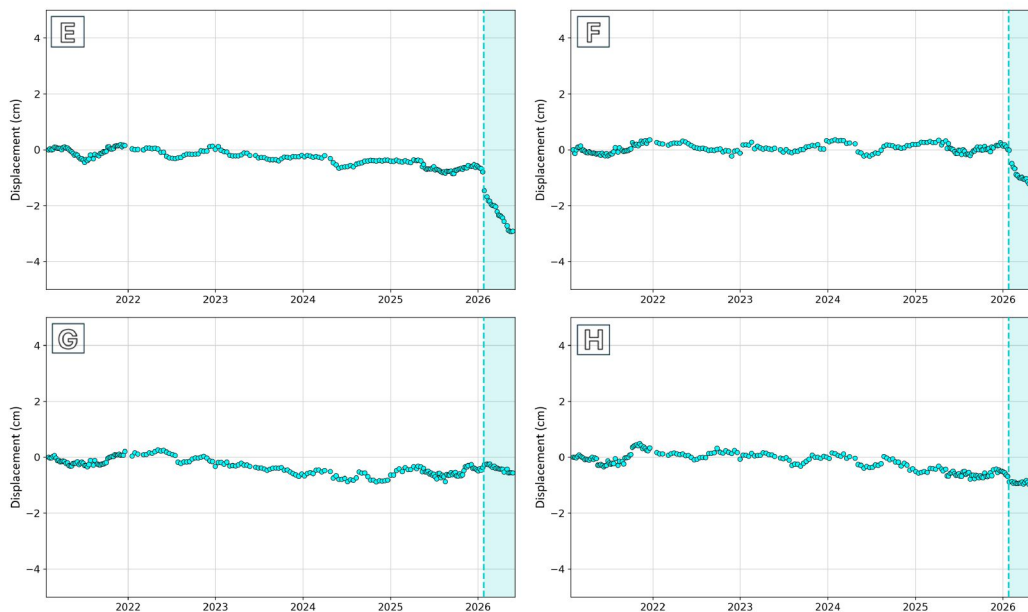


Figura 8 - Serie temporali dei punti evidenziati in Figura 7. L'area ombreggiata azzurra indica il periodo post-frana.

2.2 COSMO-SkyMed - elaborazione con tecnica SBAS

La Figura 9 illustra la mappa di spostamento osservata dai dati interferometrici acquisiti dalla costellazione COSMO-SkyMed Seconda Generazione e processati tramite algoritmo SBAS, nell'intervallo temporale compreso tra il 1 febbraio e il 24 maggio 2026 per la geometria ascendente, nel settore nord di Niscemi.

I punti di misura sono visualizzati in funzione dello spostamento registrato nel periodo coperto dalle acquisizioni mediante l'uso della scala di colori graduati, centrata sul valore zero di spostamento.

Come illustrato nella sezione 2.1, la finestra di stabilità è posta a $\pm 0,5$ cm, con ricalibratura in funzione dell'incertezza associata al dataset considerato.

In generale, tutta l'area nord di Niscemi è caratterizzata da MPs che presentano valori di spostamento all'interno della finestra di stabilità di $\pm 0,5$ cm.

Le serie temporali dei punti selezionati (Figura 10), riferite all'intero intervallo di acquisizione disponibile (13 gennaio 2022 - 24 maggio 2026) e quindi comprensive delle fasi antecedenti e successive all'evento di gennaio 2026, mostrano andamenti prevalentemente stabili, seppur parzialmente rumorosi. Una parziale eccezione è riscontrata nei punti C e D, che in corrispondenza dell'evento di gennaio 2026 mostrano una lieve variazione della tendenza.

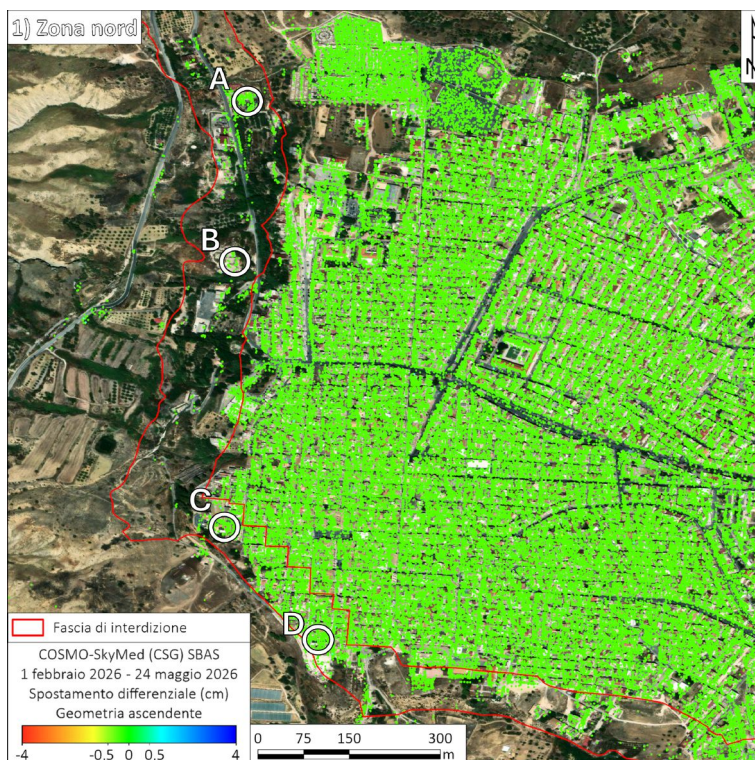


Figura 9 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati COSMO-SkyMed Seconda Generazione, elaborati con tecnica SBAS, nella zona nord in geometria ascendente nell'intervallo temporale 1 febbraio - 24 maggio 2026. In Figura 10 le serie temporali dei punti considerati. Le linee rosse indicano la fascia di interdizione vigente.

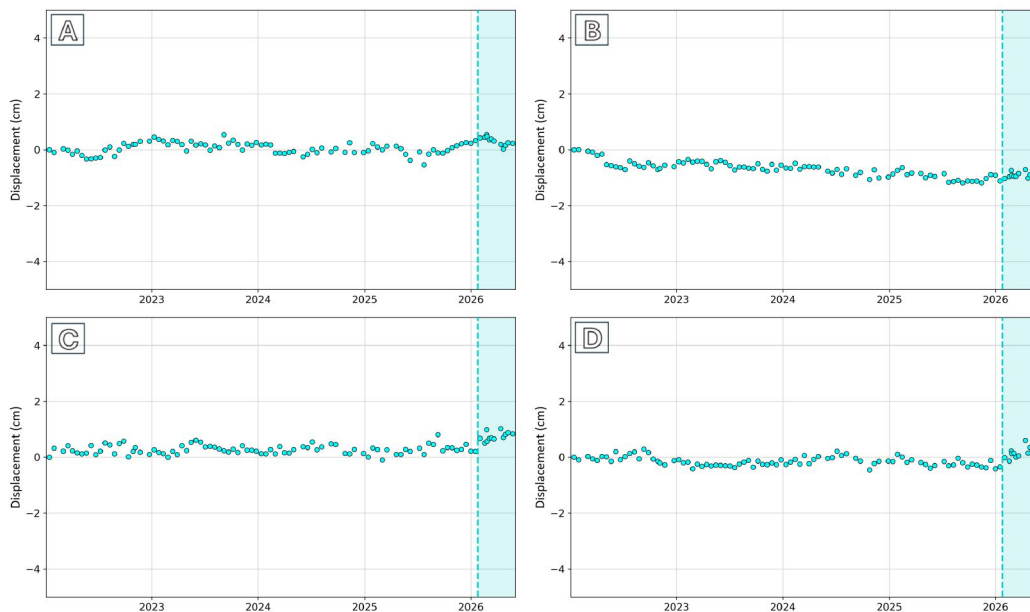


Figura 10 - Serie temporali dei punti di misura evidenziati in Figura 9. L'area ombreggiata azzurra indica il periodo post-frana.

Analogamente anche l'area sud del centro abitato di Niscemi è caratterizzata dalla maggioranza di MPs classificati in colore verde che presentano valori di spostamento all'interno della finestra di stabilità di $\pm 0,5$ cm (Figura 11).

Le serie temporali di spostamento dei punti di misura selezionati entro la fascia di interdizione mostrano una sostanziale stabilità nelle acquisizioni riferite all'intervallo temporale post-evento (Figura 12).

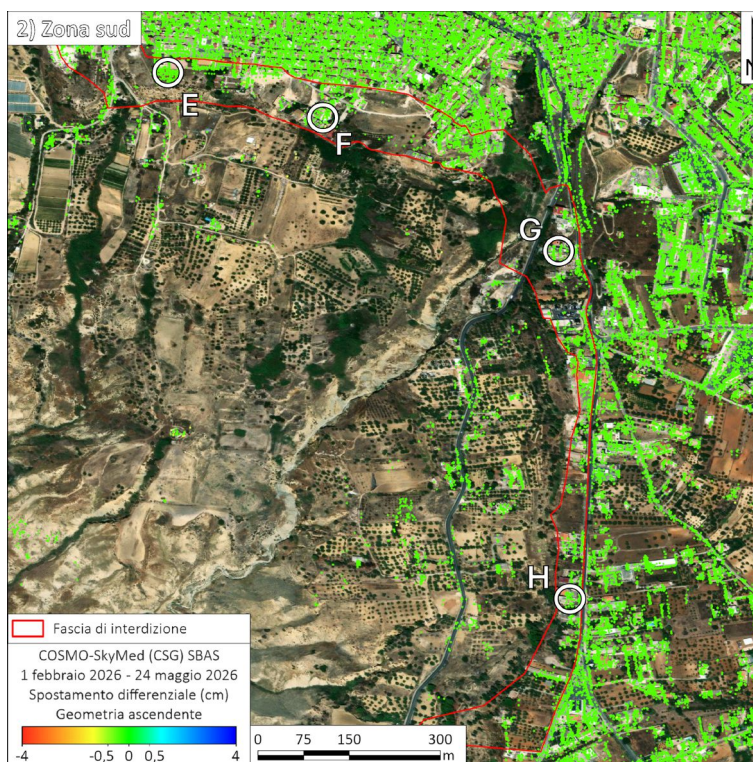


Figura 11 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati COSMO-SkyMed Seconda Generazione, elaborati con tecnica SBAS, nella zona sud in geometria ascendente nell'intervallo temporale 1 febbraio - 24 maggio 2026. In Figura 12 le serie temporali dei punti considerati. Le linee rosse indicano la fascia di interdizione vigente.

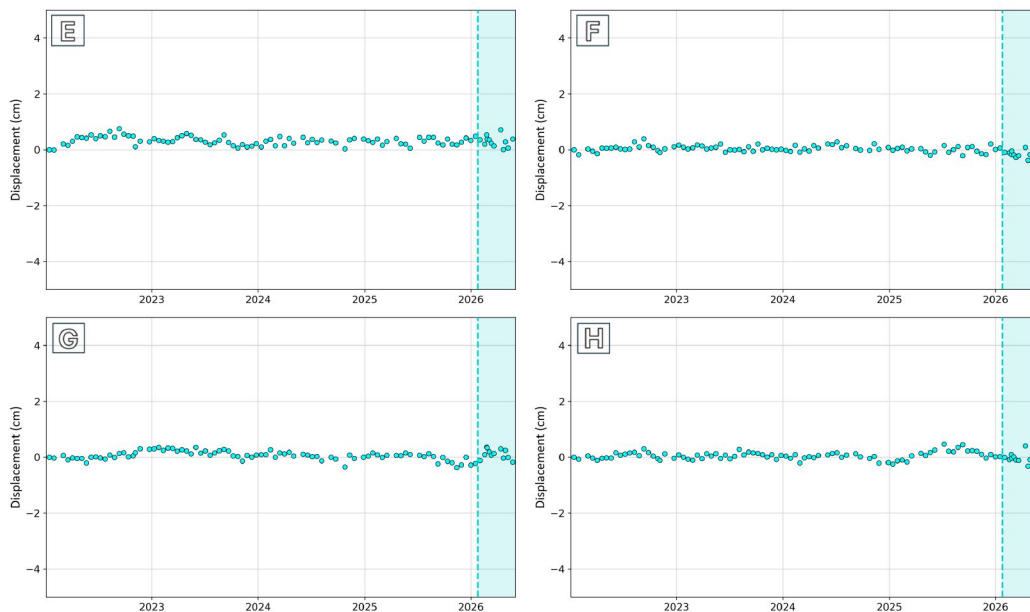


Figura 12 - Serie temporali dei punti di misura evidenziati in Figura 11. L'area ombreggiata azzurra indica il periodo post-frana.

La Figura 13 illustra la mappa di spostamento osservata dai dati interferometrici acquisiti dalla costellazione COSMO-SkyMed Seconda Generazione e processati tramite l'algoritmo SBAS, nell'intervallo temporale compreso tra l'8 febbraio e il 31 maggio 2026, per la geometria discendente, nel settore nord di Niscemi.

Anche in questo caso, i punti di misura sono visualizzati in funzione dello spostamento registrato nel periodo coperto dalle acquisizioni, con finestra di stabilità posta a $\pm 0,5$ cm. In generale, si conferma la valutazione effettuata con i dati ascendenti, cioè tutta l'area nord di Niscemi è caratterizzata da MPs classificati in colore verde che presentano valori di spostamento all'interno della finestra di stabilità di $\pm 0,5$ cm.

Le serie temporali di spostamento dei punti di misura selezionati situati all'interno della fascia di interdizione (Figura 14) mostrano andamenti affetti da rumore; tuttavia, nel caso dei punti A e D è possibile rilevare un comportamento pressoché analogo, sono infatti entrambi caratterizzati da una tendenza all'allontanamento precedente all'evento. Tuttavia, le ultime acquisizioni relative al punto A sono caratterizzate da un maggior rumore di fondo, mentre il punto D evidenzia una chiara stabilizzazione. Una dinamica differente si osserva nel punto B, che presenta una tendenza stabile, seppure affetto da rumore, interrotto in corrispondenza dell'evento di gennaio 2026 con un salto negativo, a cui fa tuttavia seguito una nuova stabilizzazione. Il punto C non mostra alcuna variazione significativa o discontinuità né durante l'evento né nella successiva fase di post-evento.

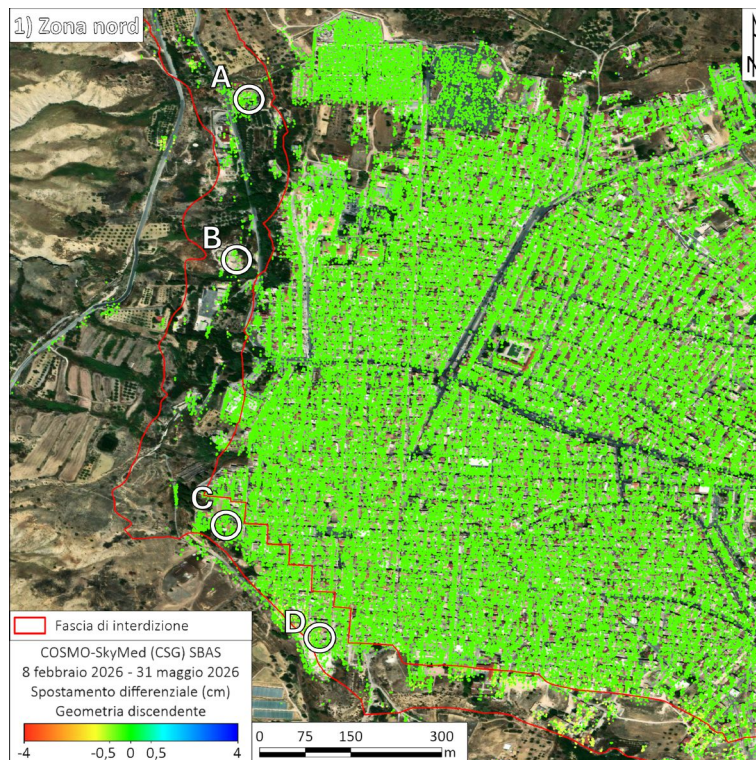


Figura 13 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati COSMO-SkyMed Seconda Generazione, elaborati con tecnica SBAS, nella zona nord in geometria discendente nell'intervallo temporale 8 febbraio - 31 maggio 2026. In Figura 14 le serie temporali dei punti considerati. Le linee rosse indicano la fascia di interdizione vigente.

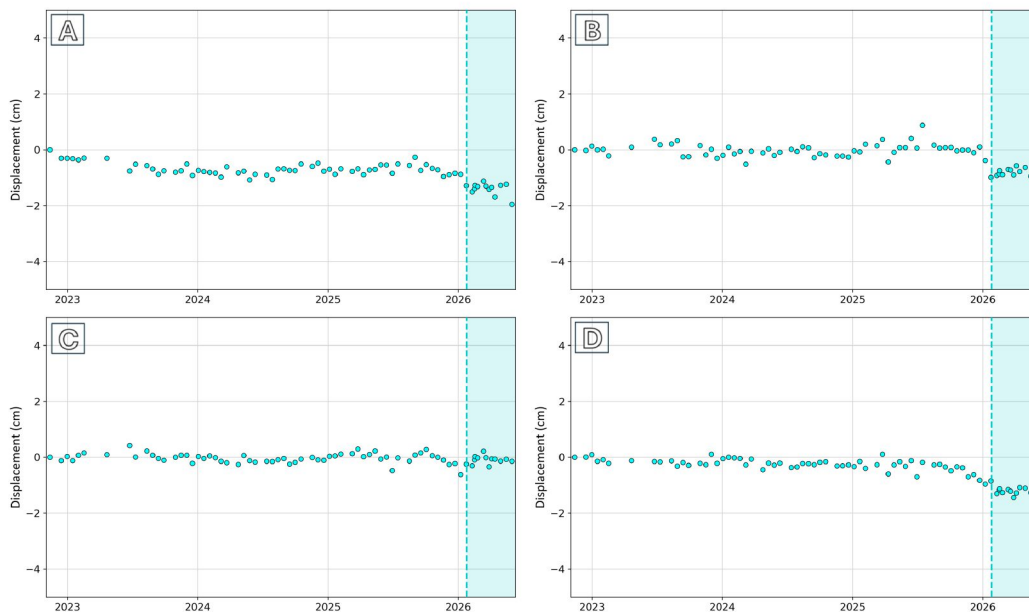


Figura 14 - Serie temporali dei punti di misura evidenziati in Figura 13. L'area ombreggiata azzurra indica il periodo post-frana.

Similmente, anche l'area sud di Niscemi è caratterizzata dalla maggioranza di MPs in geometria discendente classificati in colore verde che presentano valori di spostamento all'interno della finestra di stabilità di $\pm 0,5$ cm (Figura 15). L'analisi delle serie temporali dei punti di misura selezionati (Figura 16) evidenzia una generale stabilità cinematica di tutti i settori nel periodo antecedente all'evento di gennaio 2026. Tale condizione viene mantenuta senza alcuna variazione significativa anche nella fase post-evento nel caso dei punti G e H. Al contrario, in corrispondenza dei punti E ed F si osserva una variazione in concomitanza con l'evento, che attiva una cinematica deformativa in allontanamento dal sensore; tale variazione di tendenza risulta più marcata nel caso del punto F.

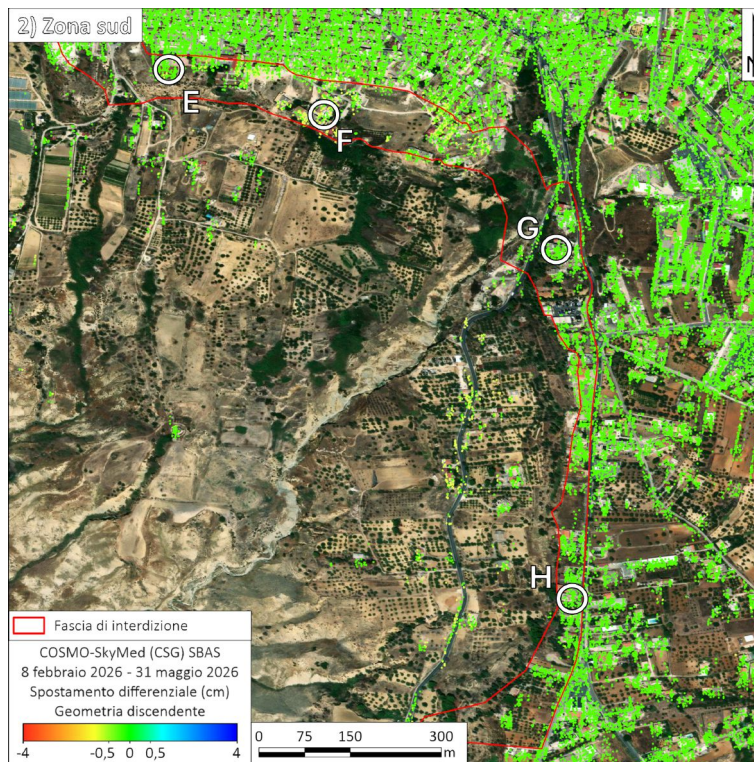


Figura 15 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati COSMO-SkyMed Seconda Generazione, elaborati con tecnica SBAS, nella zona sud in geometria discendente nell'intervallo temporale 8 febbraio - 31 maggio 2026. In Figura 16 le serie temporali dei punti considerati. Le linee rosse indicano la fascia di interdizione vigente.

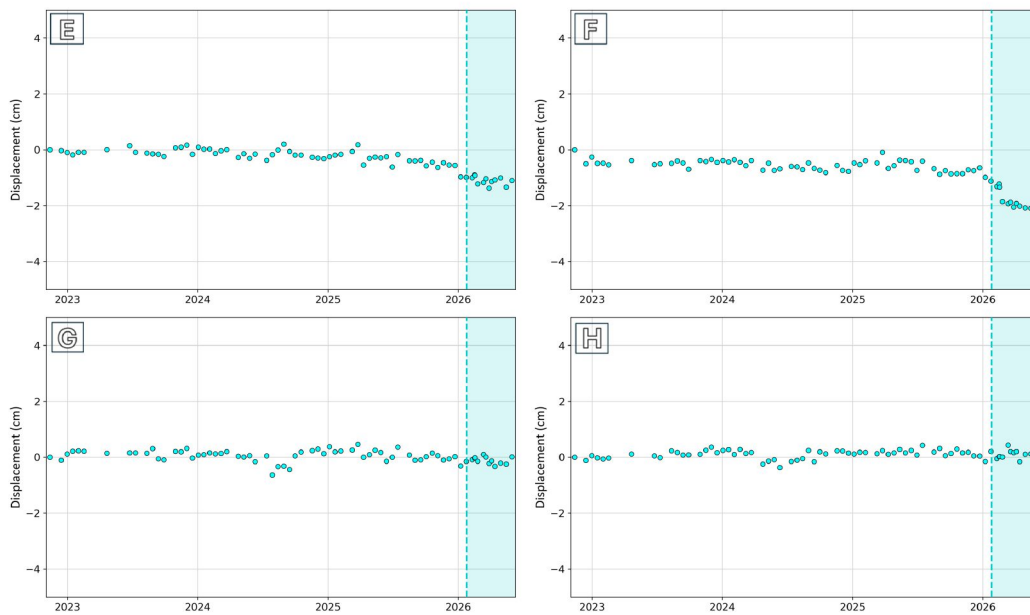


Figura 16 - Serie temporali dei punti di misura evidenziati in Figura 15. L'area ombreggiata azzurra indica il periodo post-frana.

3 Evoluzione della scarpata e aggiornamento delle misure di salvaguardia nel centro abitato

Alla data del presente rapporto, il fenomeno franoso risulta ancora in evoluzione, pur mostrando segnali di progressiva attenuazione dei movimenti rispetto alle fasi immediatamente successive all'evento. Le analisi dei dati di monitoraggio indicano una generale tendenza alla stabilizzazione, pur non consentendo di escludere la persistenza di movimenti lenti all'interno del corpo di frana.

Le evidenze geomorfologiche, rappresentate da scarpate attive, fenditure aperte e deformazioni del piano campagna, testimoniano il permanere di una dinamica evolutiva, particolarmente evidente nei versanti occidentali e meridionali. La scarpata principale della frana centrale continua ad essere interessata da processi di arretramento e assestamento dei materiali esposti.

L'analisi dei dati interferometrici satellitari post-evento (Sezione 2) mostra come il centro abitato presenti condizioni di sostanziale stabilità. Tuttavia, la frana, e in particolare la sua scarpata principale che borda il paese, è suscettibile di evoluzione retrogressiva.

Sulla base delle geometrie osservate, del confronto con la frana del 1997 e dell'evento storico del 1790, è plausibile ipotizzare un ulteriore arretramento del ciglio di scarpata dell'ordine di alcune decine di metri, soprattutto in caso di nuovi eventi pluviometrici significativi.

Tale evoluzione potrebbe coinvolgere ulteriori edifici posti in prossimità del margine instabile e compromettere in modo permanente tratti di viabilità strategica.

Il rischio residuo per il centro abitato deve pertanto essere considerato elevato, con particolare riferimento alle aree immediatamente retrostanti il ciglio della scarpata e ai settori già interessati dal movimento franoso.

Con i dati geotecnici, geofisici e di monitoraggio oggi a disposizione è tuttavia possibile analizzare la stabilità della scarpata principale valutando l'entità della sua futura retrogressione, in modo da ricalibrare l'estensione della fascia di interdizione.

3.1 Modello di arretramento iniziale

I materiali su cui sorge l'abitato di Niscemi sono costituiti da un livello superiore di sabbie talvolta addensate intercalate da livelli calcarenitici e limosi alla base, che poggiano con un contatto sub-orizzontale su un livello di argilla limosa (Casagli *et al.*, 2026).

Dalla documentazione disponibile risulta ben caratterizzato dal punto di vista geotecnico il materiale argilloso sottostante, a differenza della soprastante porzione sabbiosa/calcarenitica. Un riferimento attendibile di quest'ultimo è riportato in una sezione geologica di una relazione relativa a un intervento di stabilizzazione nell'area in oggetto realizzata dal Dott. Geol. Puccio (2010), dove si fa riferimento a un terreno granulare con coesione efficace $c'=0$ e angolo di attrito efficace ϕ' variabile fra 32° e 42° .

Considerando le caratteristiche geotecniche dei materiali e le evidenze dell'evoluzione in atto sulla parete di neoformazione (Figura 17), si ritiene che il meccanismo di dissesto più probabile sia il graduale arretramento della parete, con conseguente riduzione della pendenza per effetto di fenomeni estremamente superficiali, caratteristici di materiale a comportamento puramente attritivo come quello che costituisce il livello sabbioso soprastante.

Col tempo il materiale franato si accumula al piede formando una falda detritica che si va a raccordare con la parete disponendosi secondo l'angolo di riposo caratteristico del materiale.

Al fine di esplicitare tale approccio, si consideri il profilo topografico riportato nella Figura 18, estratto nella zona del quartiere Sante Croci dal rilievo aerofotogrammetrico del 31 gennaio (Casagli *et al.*, 2026). Lungo tale profilo sono state quindi tracciate le linee corrispondenti all'angolo di riposo, ridotto secondo un fattore di sicurezza (F_s) variabile da 1 a 2,9.

In particolare, il modello si basa sull'assunzione che l'angolo di riposo delle sabbie, qui selezionato cautelativamente pari a 30° , corrisponda all'angolo di attrito efficace ϕ' , per cui l'inclinazione delle linee corrispondenti ai diversi valori di F_s è data da: $\tan\phi'/F_s$. Ognuna di queste linee interseca il profilo topografico in corrispondenza del paese in un punto per il quale viene misurata la distanza a partire dal ciglio della scarpata alla data del rilievo utilizzato.



Figura 17 - Particolare della scarpata principale della frana di Niscemi nella zona del quartiere Sante Croci. Immagine acquisita durante il sopralluogo da elicottero del 27 gennaio 2026 che mostra l'evoluzione in atto della scarpata con formazione di cono detritici.

Come osservabile dalla Figura 19 alla Figura 25, tale valore varia da circa 44 m per F_s pari all'unità, a 150 m per F_s pari a 2,9 (ovvero l'estensione della fascia di interdizione inizialmente fissata con l'Ordinanza sindacale n. 12 del 28 gennaio 2026 all'indomani dell'evento).

Si precisa che questa analisi considera la naturale evoluzione, tuttora in atto, di graduale arretramento della scarpata di neoformazione ad elevata inclinazione, senza prendere in considerazione eventuali riattivazioni del corpo di frana principale, che possono prevedere fenomeni di arretramento più profondi, la cui entità può essere comunque cautelativamente assimilata a quella massima osservata in occasione dell'evento del 25-26 gennaio (25-30 m).

Nella Figura 26 è rappresentata, sempre facendo riferimento al rilievo topografico del 31 gennaio, la distanza di arretramento per $F_s=1,5$, ottenuta estrapolando lo schema di calcolo geometrico sopra descritto a tutta la lunghezza della scarpata che delimita la frana centrale a ridosso del centro abitato.

A tal fine il ciglio della scarpata è stato discretizzato in una serie di punti e per ognuno di essi si è calcolato il dislivello tra il ciglio stesso e il piede; laddove il piede della scarpata è ricoperto da cono detritico, è stato individuato il punto di intersezione tra la pendenza della scarpata (assunta cautelativamente pari a 70°) e il piano orizzontale che si origina dal piede del cono detritico. Dal piede della scarpata, reale o ricostruito, è

stata di conseguenza calcolata punto per punto la distanza di arretramento del ciglio della scarpata corrispondente a un angolo di 21° (corrispondente a $\tan\phi'/1,5$). La distanza di arretramento stimata in corrispondenza degli edifici è generalmente compresa tra 50 e 70 m, con un valore massimo pari a circa 83 m.

Si sottolinea che nel calcolo della distanza di arretramento sono state effettuate le seguenti assunzioni a favore della sicurezza:

- angolo di attrito efficace ϕ' delle sabbie pari a 30° (inferiore all'intervallo di $32-42^\circ$ indicato in letteratura);
- utilizzo del piede della scarpata come punto di partenza delle linee corrispondenti all'angolo di riposo (in luogo del contatto sabbie-argille, spesso posto a quota più elevata);
- impiego di un fattore di sicurezza superiore al valore $F_s=1.25$ previsto dalla vigente normativa per la componente attrittiva della resistenza al taglio dei terreni (Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 17 gennaio 2018).

Sulla base delle precedenti considerazioni, il Commissario straordinario, nominato ai sensi del Decreto-Legge 27 febbraio 2026 n. 25, ha proposto al comune di Niscemi la riduzione della fascia di interdizione da 150 m a 100 m dal ciglio della scarpata nel centro abitato in corrispondenza della frana centrale in quanto tale riduzione: *“appare idonea a garantire un adeguato margine di sicurezza per la popolazione ed è coerente con un approccio conservativo alla gestione del rischio residuo. Si precisa che gli immobili solo parzialmente ricadenti entro tale fascia devono considerarsi esclusi dalla medesima e, pertanto, non soggetti a interdizione.”*

Tale provvedimento, recepito dall'Ordinanza sindacale n. 19 del 28 febbraio 2026, è stato ritenuto idoneo a garantire un adeguato margine di sicurezza e coerente con la gestione del rischio residuo.

In Figura 27 sono riportate la fascia di interdizione stabilita con l'Ordinanza sindacale n.12 del 28 gennaio 2026 all'indomani della frana e la nuova fascia stabilita con l'Ordinanza sindacale n.19 del 28 febbraio 2026.

Si specifica che la riduzione riguarda esclusivamente il settore della frana centrale; la rimodulazione in corrispondenza della frana sud deriva da una precedente ordinanza sindacale legata alla viabilità sulla SP11.

Conseguentemente, in Figura 27 gli edifici sono stati classificati in funzione della nuova perimetrazione della fascia distinguendo tra gli edifici soggetti a interdizione e gli edifici esclusi dalla fascia di interdizione.

Coerentemente con le disposizioni del Commissario straordinario, tale categoria comprende anche i manufatti solo parzialmente interessati dal perimetro, per i quali è stata confermata la revoca del provvedimento di interdizione.

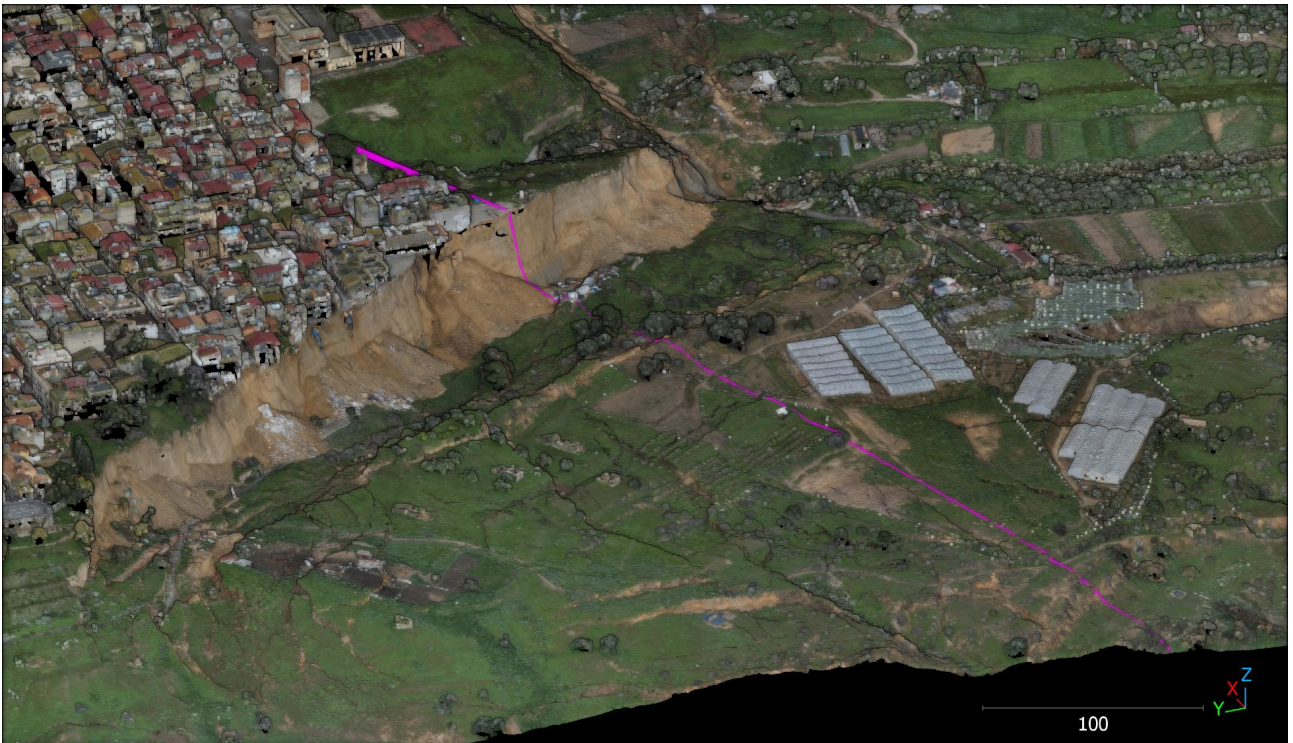


Figura 18 - Traccia della sezione (linea fucsia) utilizzata per la valutazione dell'arretramento della parete.

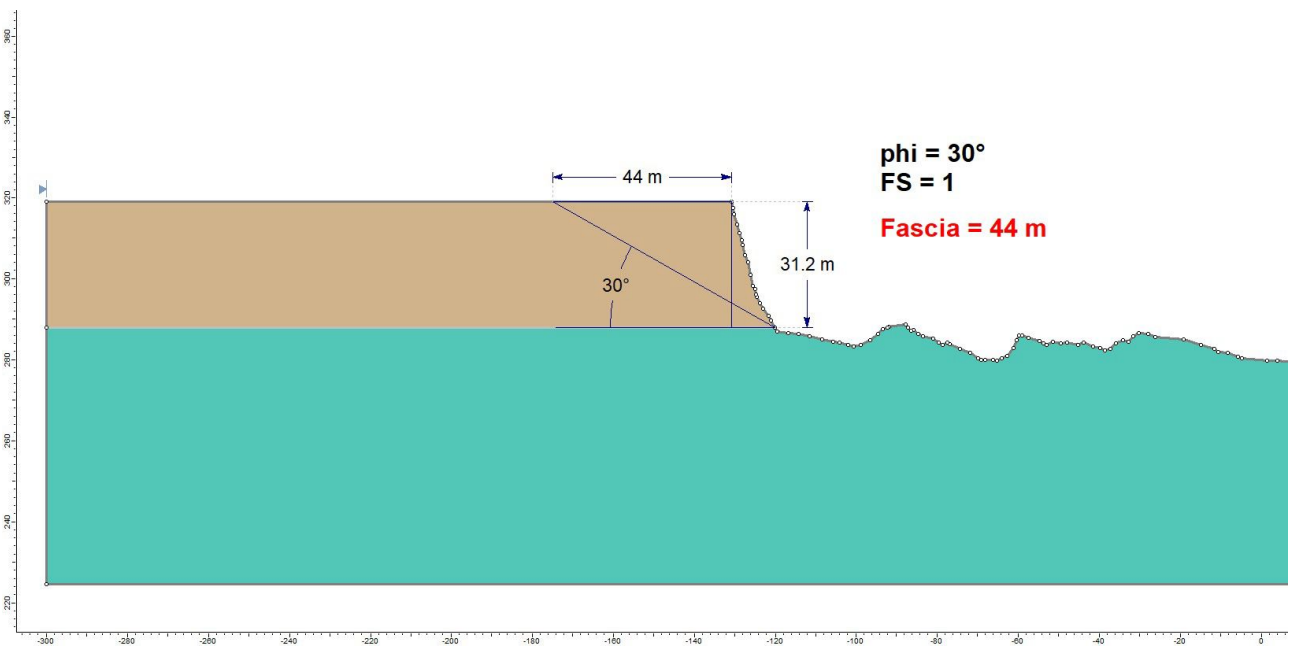


Figura 19 - Stima dell'arretramento della parete principale in corrispondenza del profilo analizzato considerando un Fattore di Sicurezza $F_s=1$, da cui risulta una fascia di rispetto di 44 m.

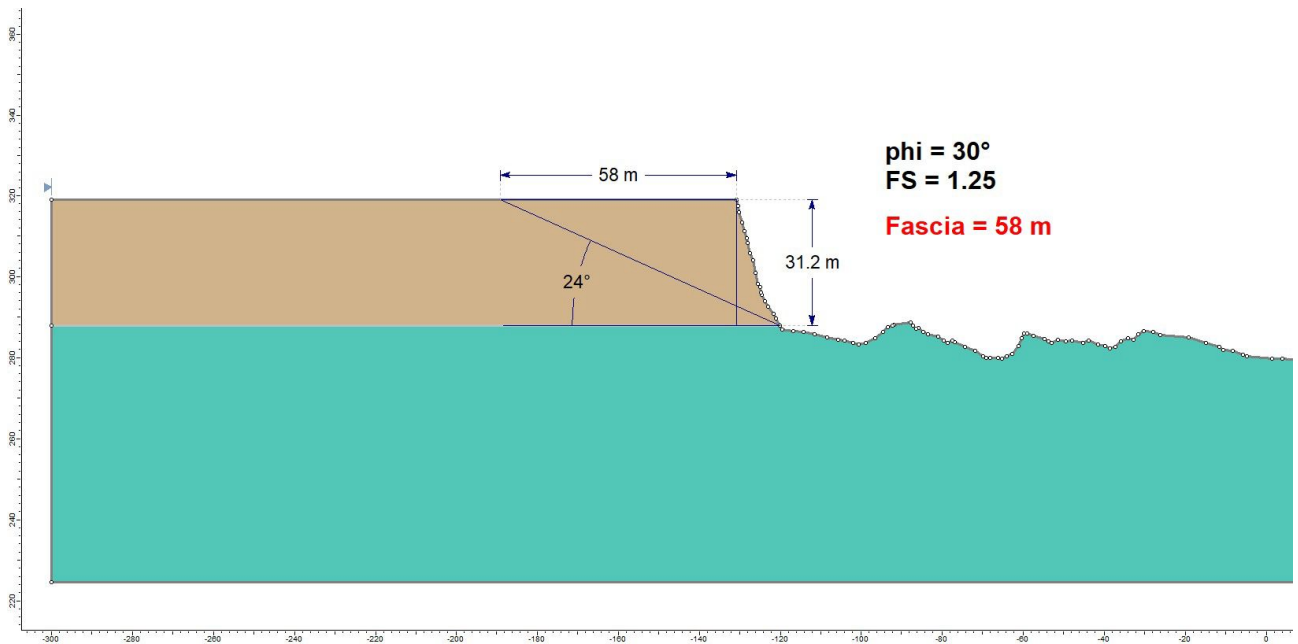


Figura 20 - Stima dell'arretramento della parete principale in corrispondenza del profilo analizzato considerando un Fattore di Sicurezza $F_s=1.25$, da cui risulta una fascia di rispetto di 58 m.

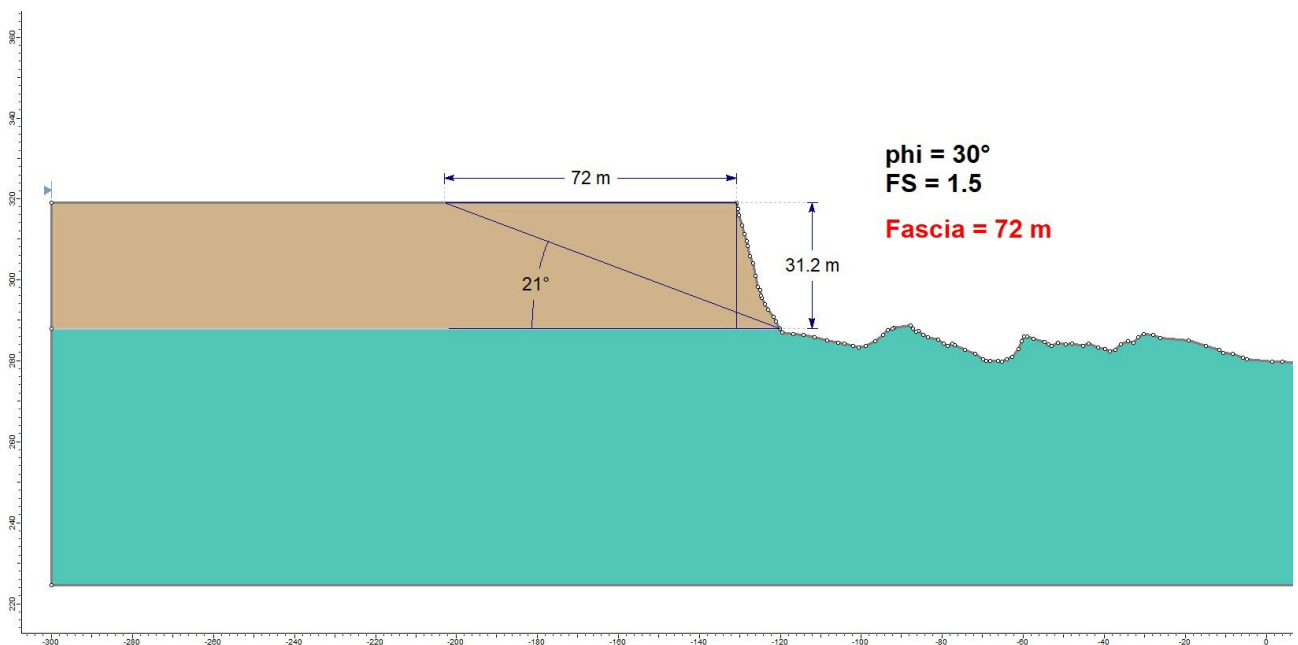


Figura 21 - Stima dell'arretramento della parete principale in corrispondenza del profilo analizzato considerando un Fattore di Sicurezza $F_s=1.5$, da cui risulta una fascia di rispetto di 72 m.

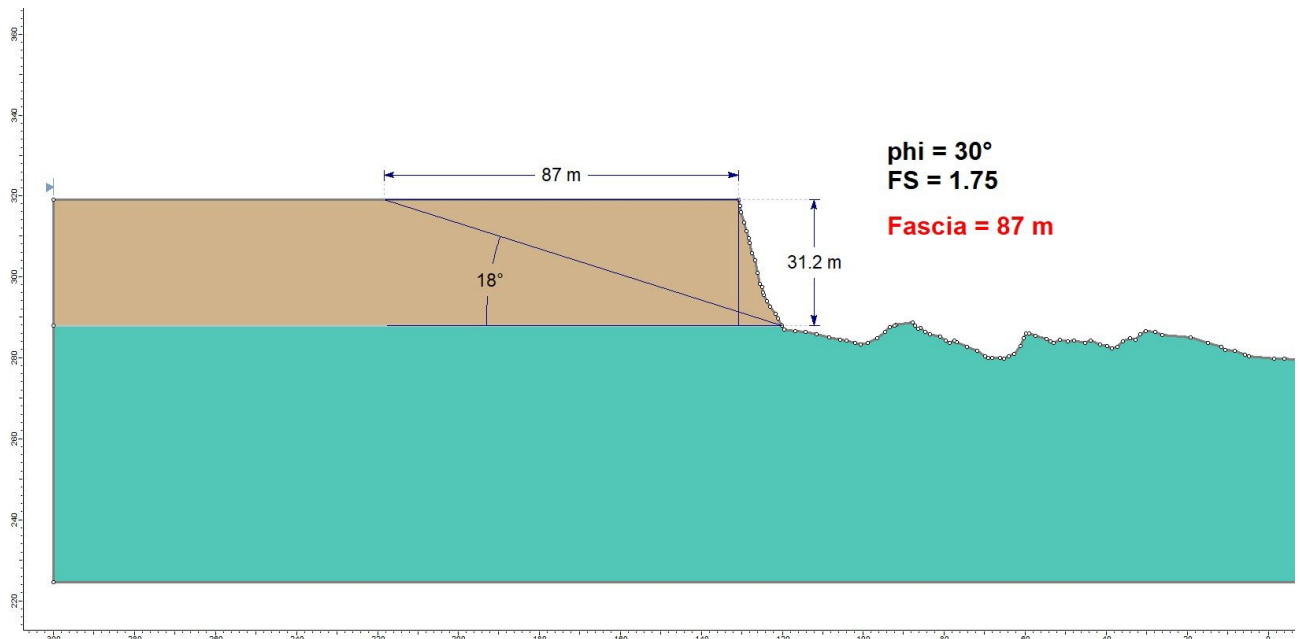


Figura 22 - Stima dell'arretramento della parete principale in corrispondenza del profilo analizzato considerando un Fattore di Sicurezza $F_s=1.75$, da cui risulta una fascia di rispetto di 87 m.

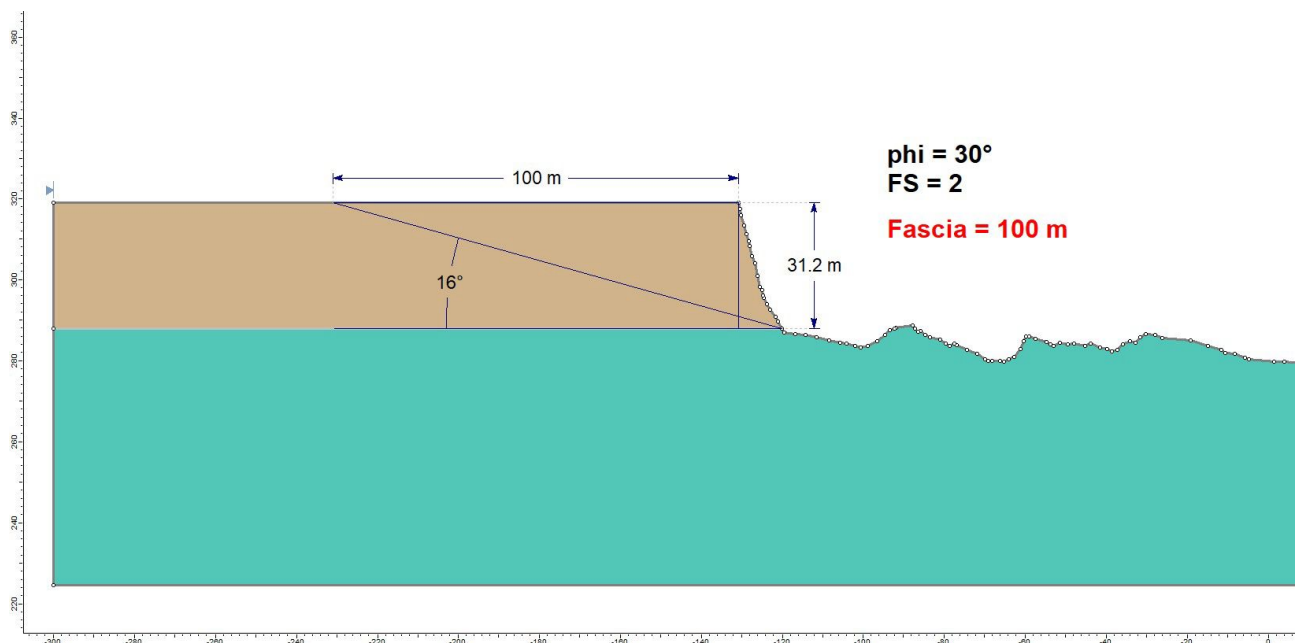


Figura 23 - Stima dell'arretramento della parete principale in corrispondenza del profilo analizzato considerando un Fattore di Sicurezza $F_s=2$, da cui risulta una fascia di rispetto di 100 m.

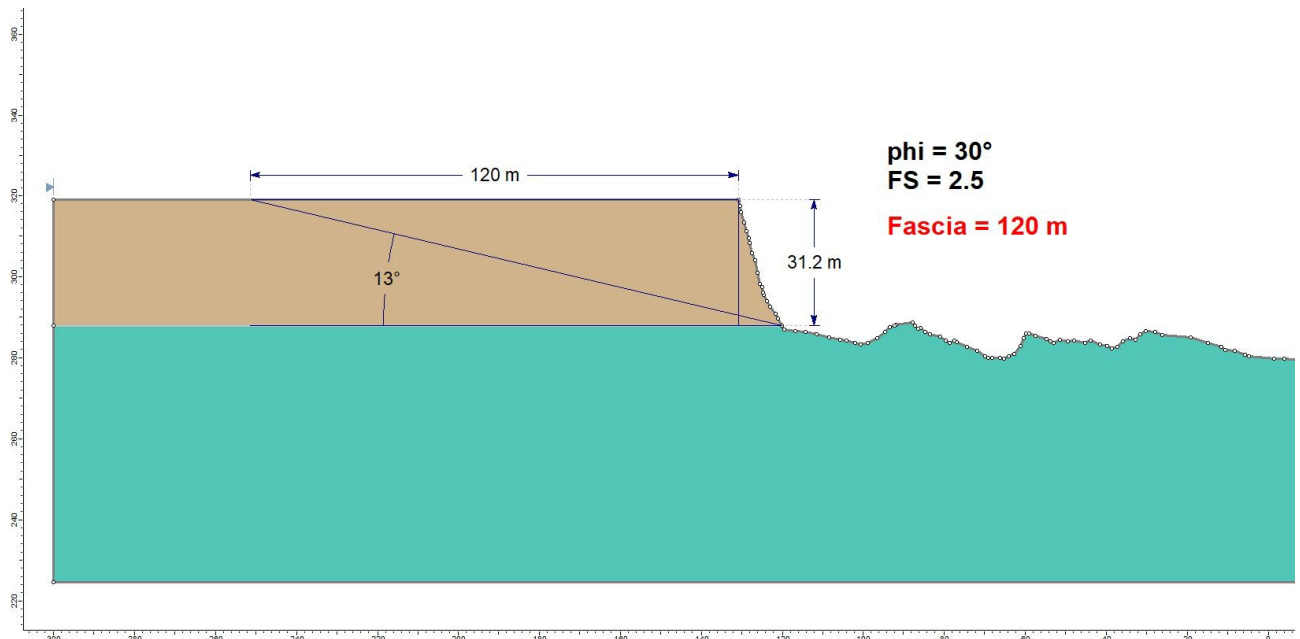


Figura 24 - Stima dell'arretramento della parete principale in corrispondenza del profilo analizzato considerando un Fattore di Sicurezza $F_s=2.5$, da cui risulta una fascia di rispetto di 120 m.

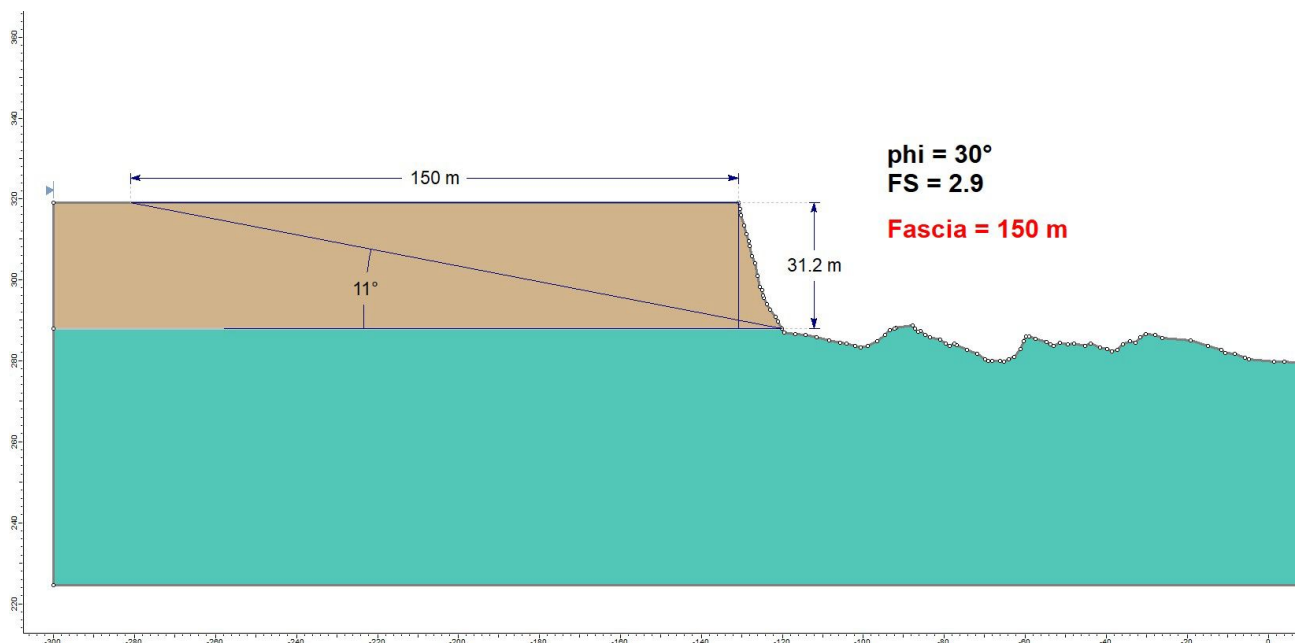


Figura 25 - Stima dell'arretramento della parete principale in corrispondenza del profilo analizzato considerando un Fattore di Sicurezza $F_s=2.9$, da cui risulta una fascia di rispetto di 150 m.

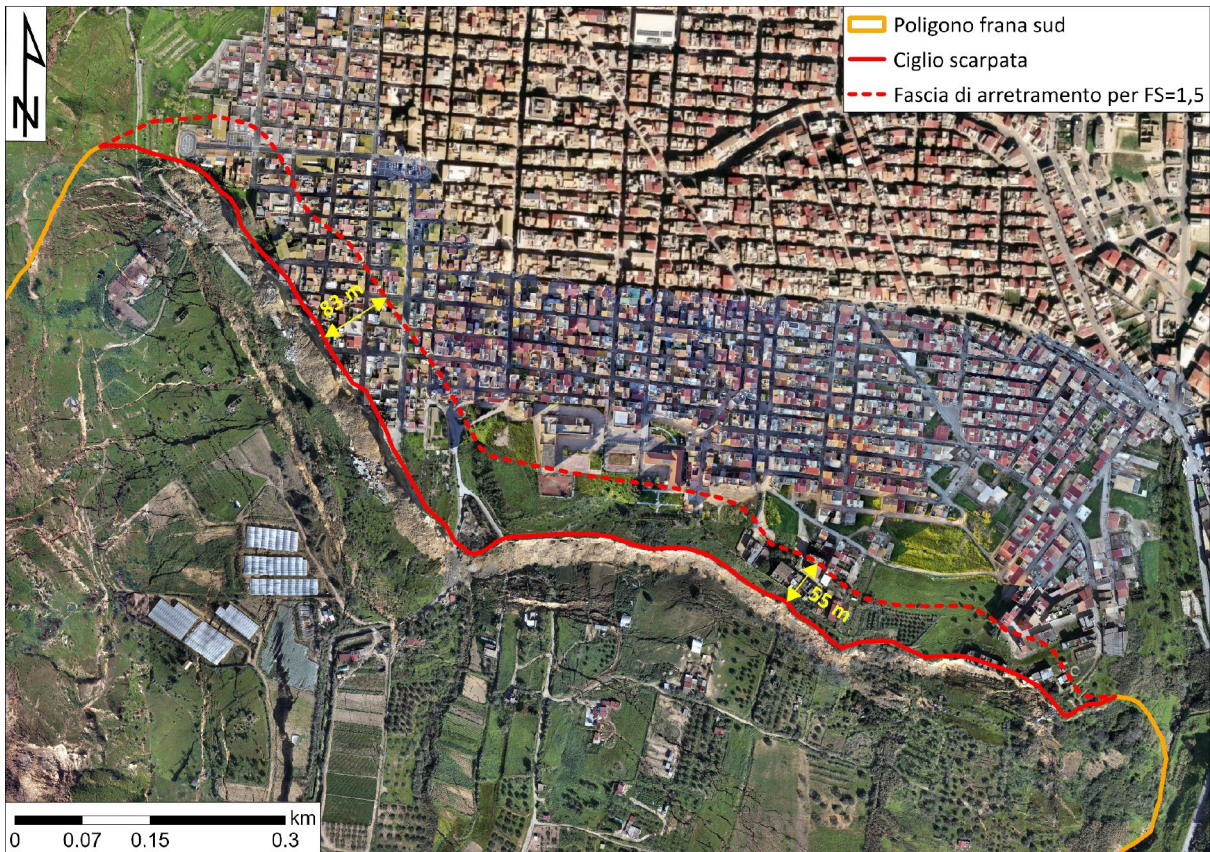


Figura 26 - Distanza di arretramento della scarpata della frana centrale considerando un Fattore di Sicurezza $F_s=1.5$.

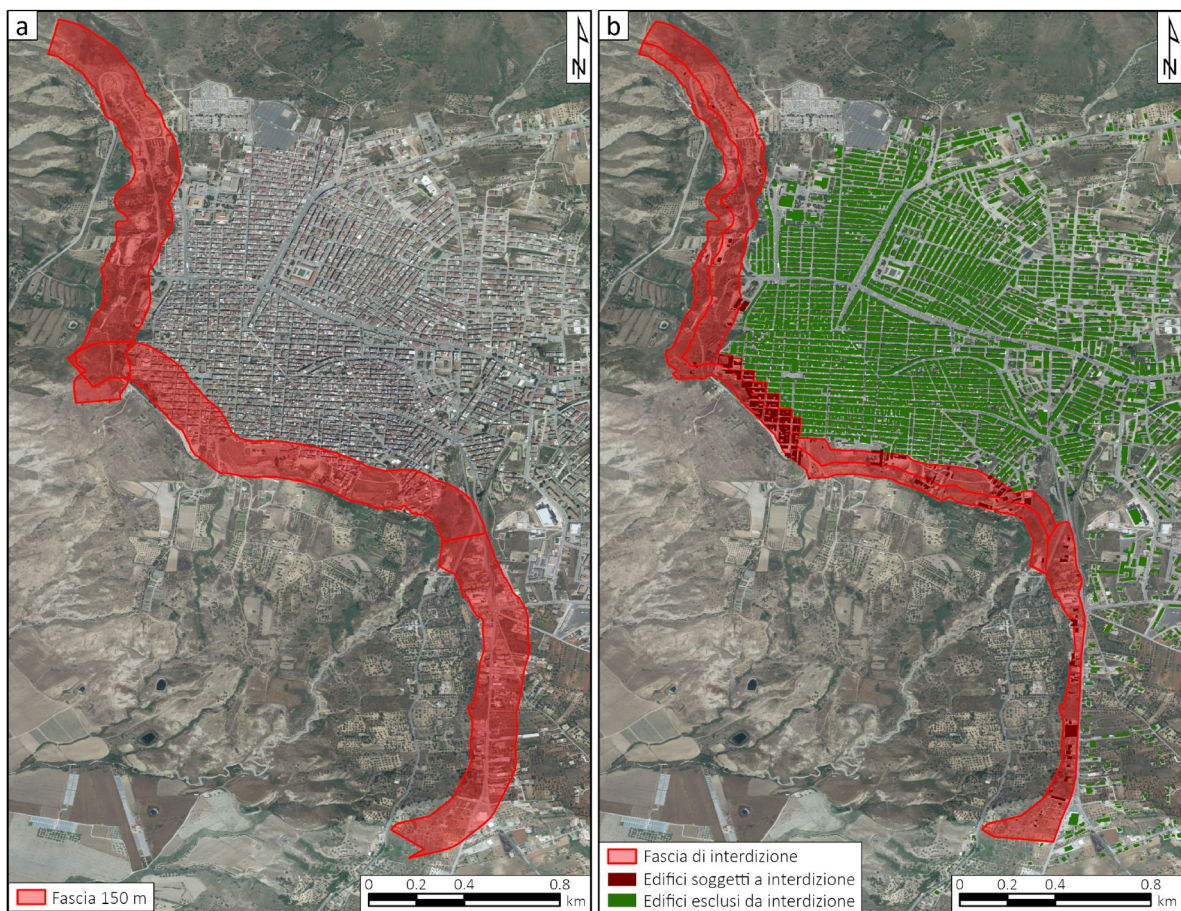


Figura 27 - Evoluzione delle misure di salvaguardia nel centro abitato di Niscemi: (a) fascia di interdizione di 150 m stabilita all'indomani dell'evento franoso con Ordinanza sindacale n.12 del 28/01/2026; (b) rimodulazione della fascia a seguito della nota del Commissario straordinario e dell'Ordinanza sindacale n. 19 del 28/02/2026.

3.2 Modello di arretramento aggiornato

A quattro mesi dall'evento, vista la dinamica evolutiva in atto lungo la scarpata della frana centrale, si ritiene ragionevole procedere a un aggiornamento della stima della possibile distanza di arretramento sulla base del rilievo topografico più aggiornato ad oggi disponibile (realizzato dalla Fondazione CIMA, in Casagli *et al.*, 2026).

Si osserva in particolare una graduale progradazione dei coni detritici, frutto del progressivo disfacimento corticale dell'orizzonte sabbioso esposto lungo la scarpata e della conseguente tendenza della stessa a disporsi su un angolo pari all'angolo di riposo del materiale; a tal proposito, la Figura 28 mostra la mappa delle pendenze nel tratto compreso tra il piede e il ciglio della scarpata, da cui è possibile osservare come, a valle dei tratti sub-verticali ancora intatti, i valori siano in buona parte prossimi a circa 35°.

La Figura 29 illustra più nel dettaglio la distribuzione dei valori di pendenza calcolati, con indicazione della loro evoluzione nel periodo intercorso tra il rilievo del Comune (31 gennaio) e della Fondazione CIMA (31 marzo - 2 aprile): si nota una diminuzione generalizzata dell'incidenza dei valori superiori a 40°, controbilanciata da un incremento dell'incidenza dei valori tra 20-40° e soprattutto della classe 30-35°, a conferma dell'appropriatezza del valore selezionato di angolo di attrito per le sabbie.

Le evidenze di graduale formazione e assestamento dei coni detritici supportano pertanto l'opportunità di considerare l'attuale piede progradato come punto di partenza delle linee corrispondenti all'angolo di riposo.

La Figura 30 indica il ricalcolo della distanza di arretramento della scarpata della frana centrale per Fattore di Sicurezza $F_s=1.5$ sulla base del rilievo topografico della Fondazione CIMA, rispetto all'ubicazione del ciglio della scarpata, della base dei coni di detrito (o della scarpata laddove ancora non si è formato un accumulo detritico significativo) e della fascia stabilita dall'Ordinanza sindacale n. 19 del 28 febbraio.

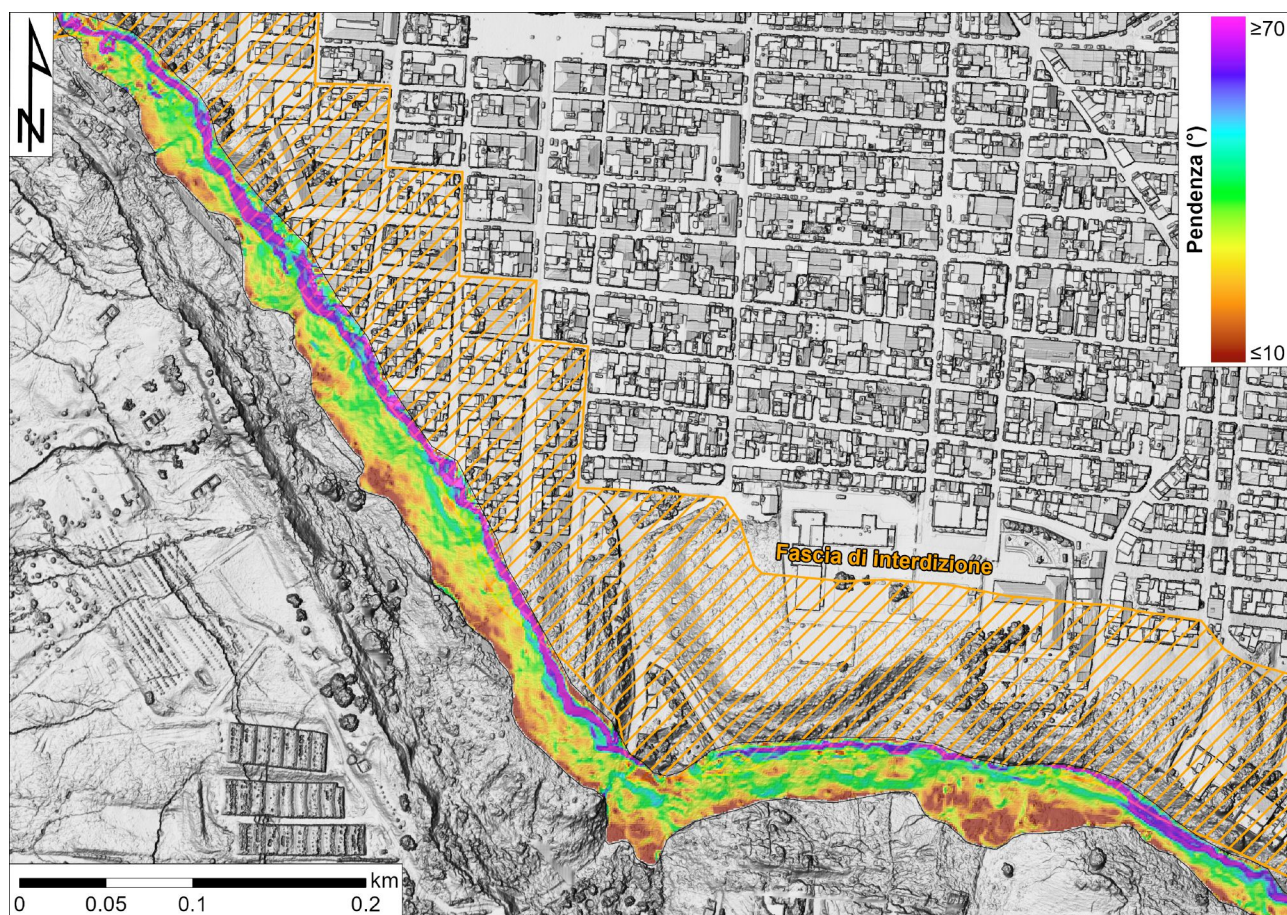


Figura 28 - Mappa delle pendenze nel tratto compreso tra il piede e il ciglio della scarpata della frana centrale.

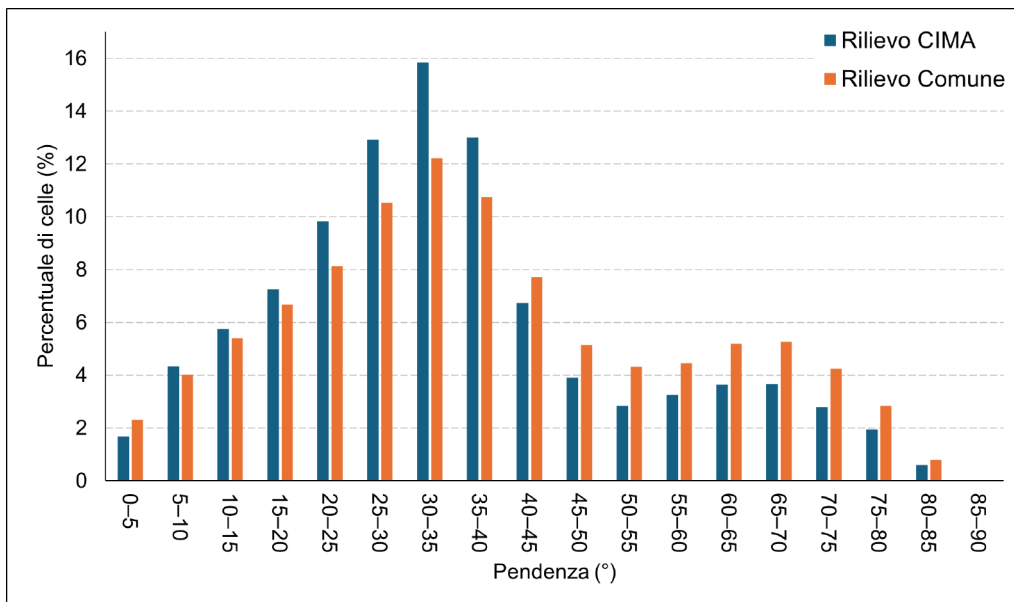


Figura 29 - Distribuzioni dei valori di pendenza nel tratto di versante compreso tra il piede e il ciglio della scarpata, nel rilievo del Comune (31 gennaio) e in quello della Fondazione CIMA (31 marzo - 2 aprile).

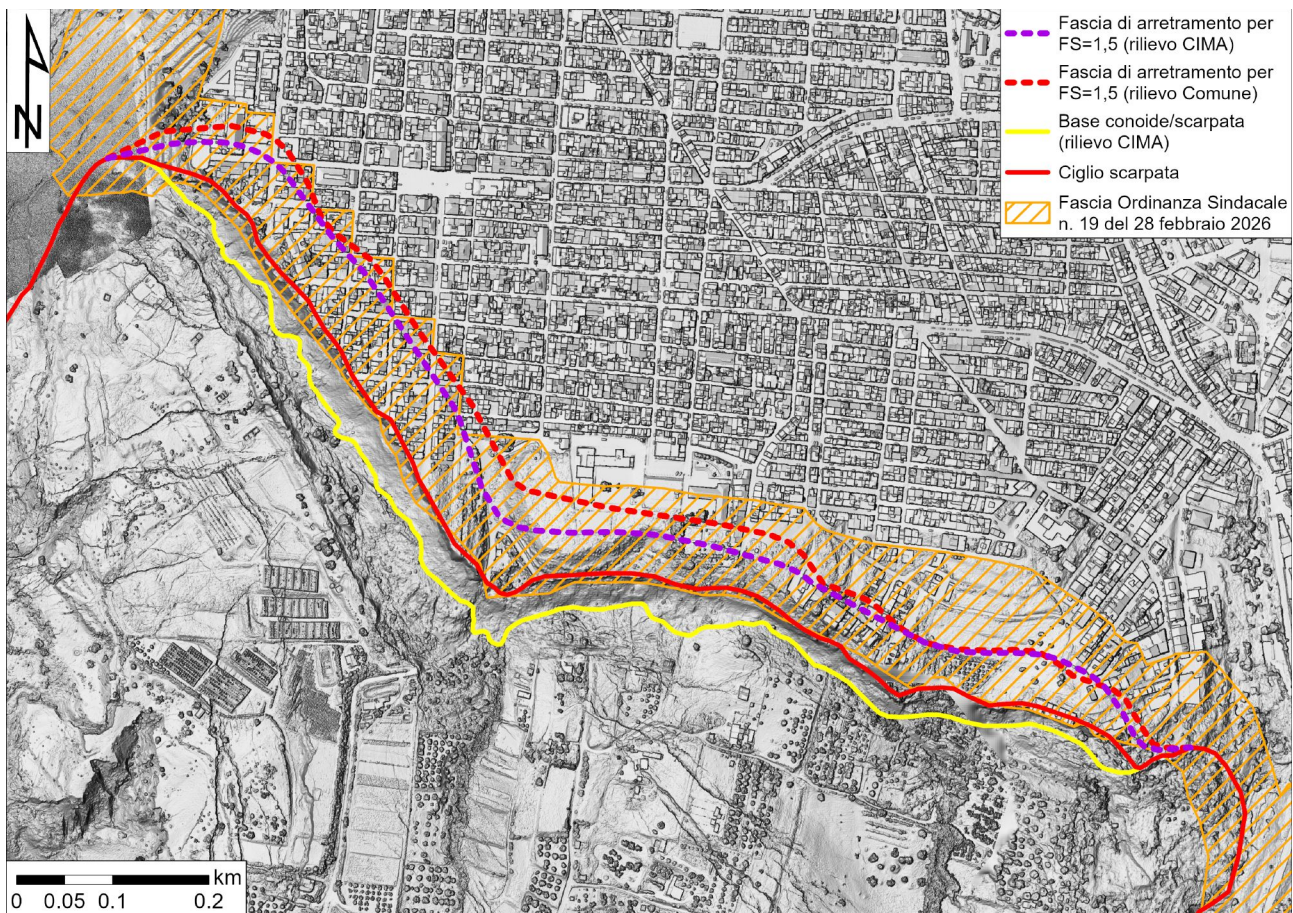


Figura 30 - Distanza di arretramento della scarpata della frana centrale considerando un Fattore di Sicurezza $F_s=1.5$.

3.3 Monitoraggio satellitare dei movimenti nella fascia di interdizione

Alla luce dei risultati ottenuti dall'aggiornamento del modello di arretramento della scarpata (Sezione 3.2), risulta tecnicamente sostenibile una proposta di adeguamento e ottimizzazione geometrica della perimetrazione della fascia di interdizione vigente.

Nello specifico, si valuta la revoca dell'interdizione per ulteriori cinque isolati in corrispondenza del quartiere Sante Croci (Figura 31). Tali lotti ricadono infatti per la quasi totalità al di fuori della distanza di arretramento ricalcolata (linea viola in Figura 30).

Inoltre, l'analisi dei dati radar satellitari interferometrici (da Figura 32 a Figura 35) fornisce un quadro informativo coerente con l'ipotesi di riapertura. L'esame dei punti di misura derivati dall'elaborazione SBAS dei dati Sentinel-1 e COSMO-SkyMed mostra infatti come l'intero comparto dei cinque isolati proposti per la revoca della fascia di interdizione sia caratterizzato da una sostanziale stabilità.

Le serie temporali (da Figura 32 a Figura 35) su tali isolati non mostrano tendenze significative, ad eccezione dei dati Sentinel-1 discendenti che hanno evidenziato spostamenti lineari millimetrici nella fase post-evento (Figura 33). Tuttavia, tali spostamenti:

- rientrano all'interno della finestra di stabilità di $\pm 0,5$ cm;
- non sono confermati dalle corrispondenti serie temporali di COSMO-SkyMed (Figura 35) a miglior risoluzione spaziale e spettrale;
- nelle ultime acquisizioni del mese di maggio sembrano evidenziare un principio di assestamento.

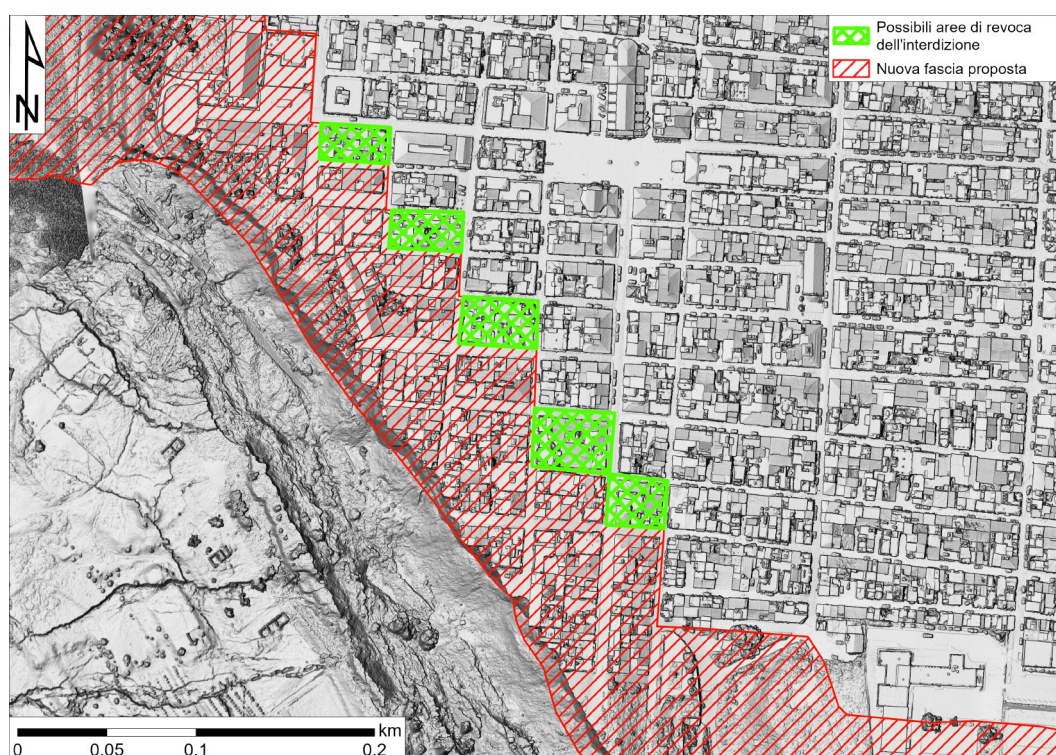


Figura 31 - Proposta di nuova fascia di interdizione (in rosso) e indicazione degli isolati (in verde) che ricadono in larga parte al di fuori della distanza di arretramento della scarpata ricalcolata nella Figura 30.

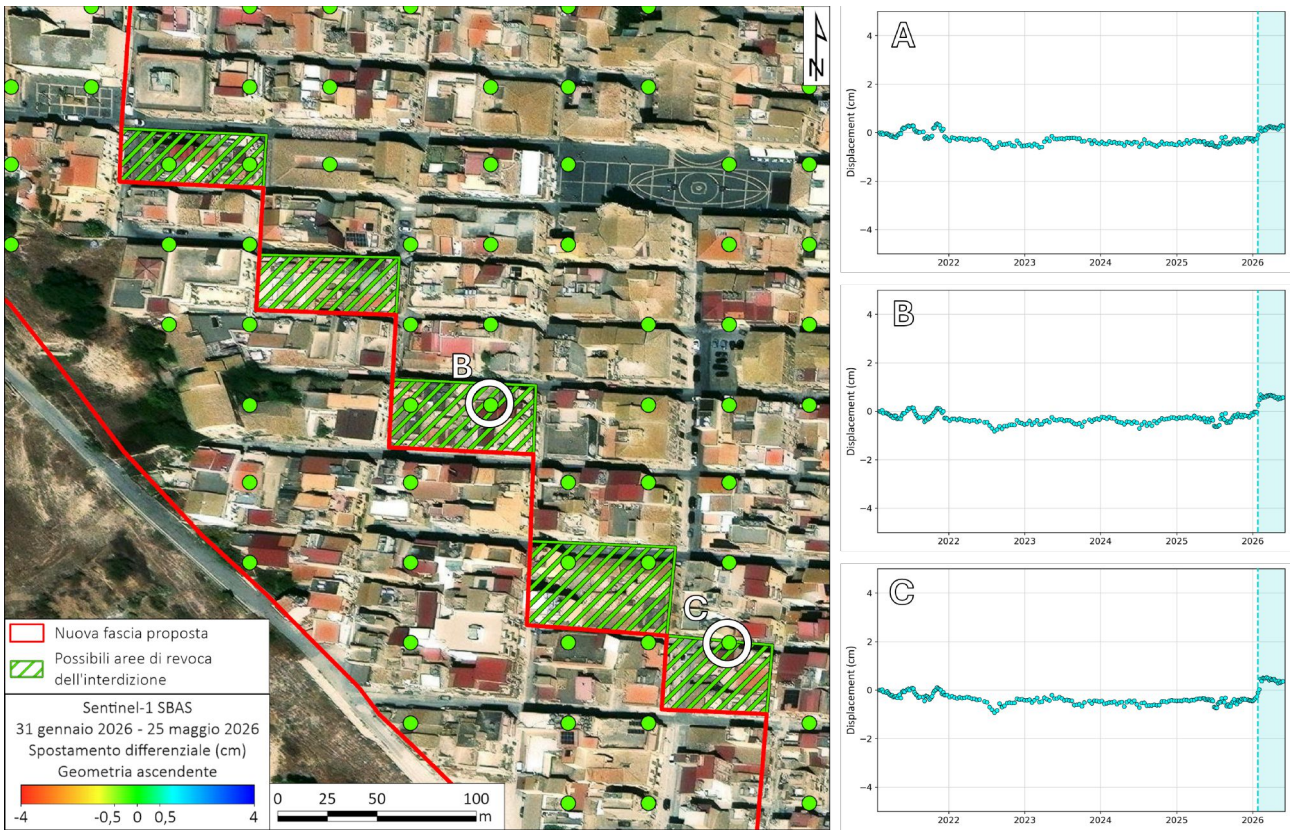


Figura 32 - Particolare della nuova proposta di rimodulazione della fascia di interdizione sovrapposta alla mappa degli spostamenti differenziali da dati Sentinel-1 SBAS (geometria ascendente, periodo 31/01/2026 - 25/05/2026).

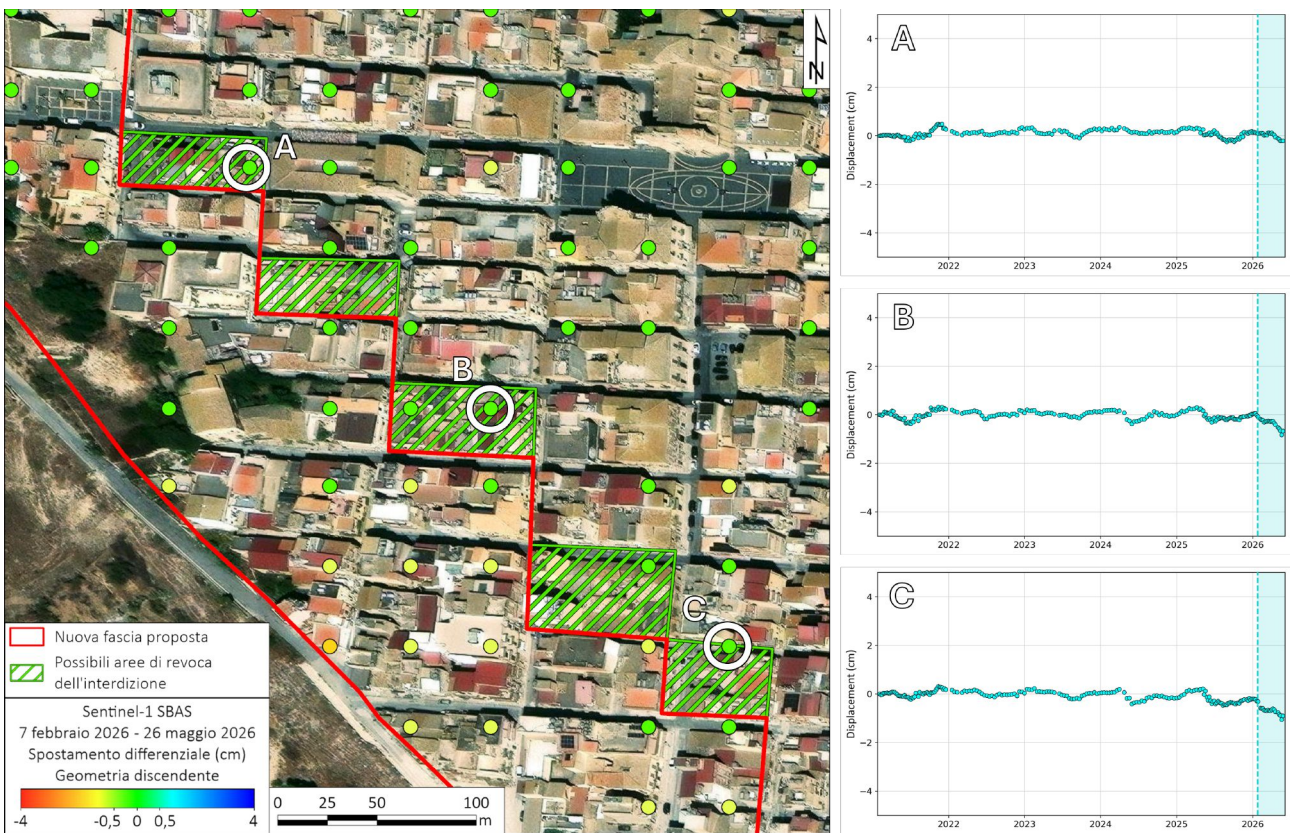


Figura 33 - Particolare della nuova proposta di rimodulazione della fascia di interdizione sovrapposta alla mappa degli spostamenti differenziali da dati Sentinel-1 SBAS (geometria discendente, periodo 07/02/2026 - 26/05/2026).

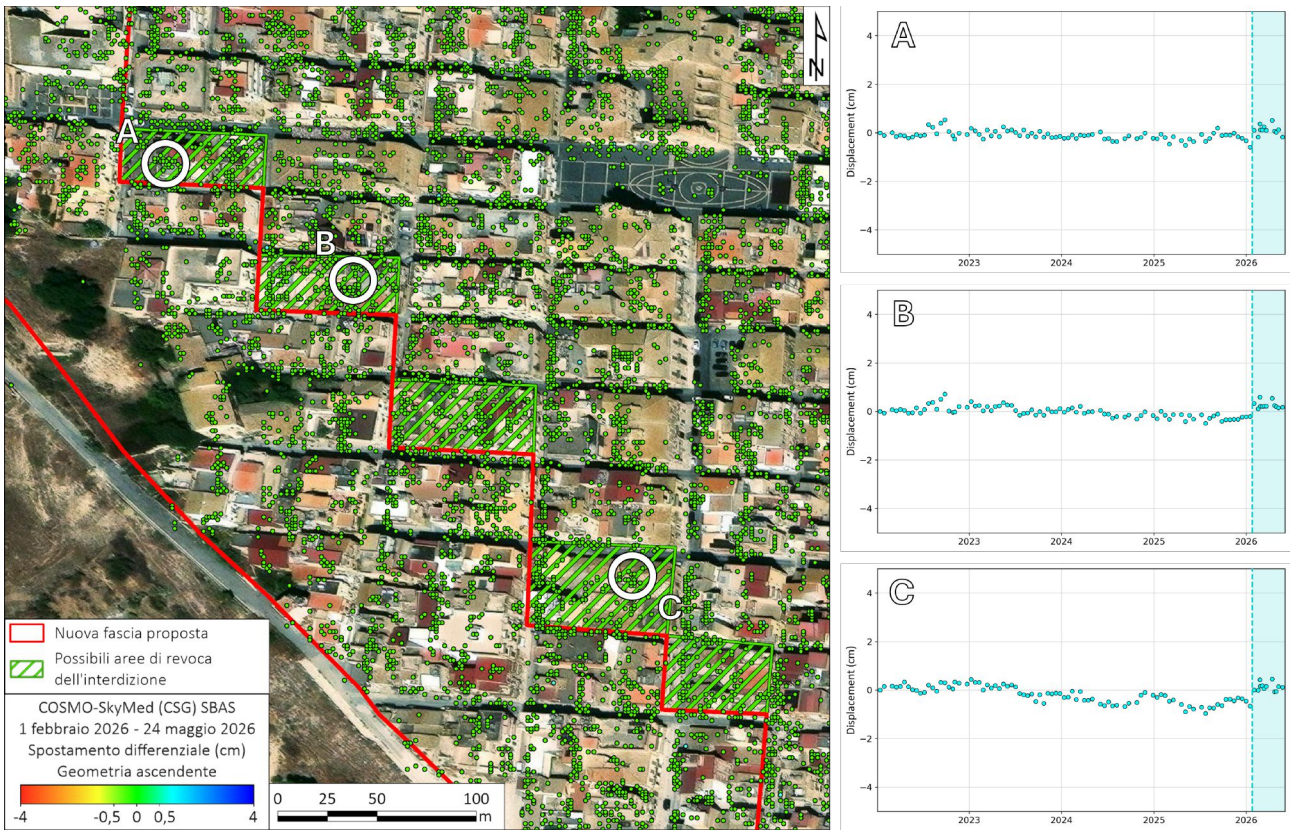


Figura 34 - Particolare della nuova proposta di rimodulazione della fascia di interdizione sovrapposta alla mappa degli spostamenti differenziali da dati COSMO-SkyMed SBAS (geometria ascendente, periodo 01/02/2026 - 24/05/2026).

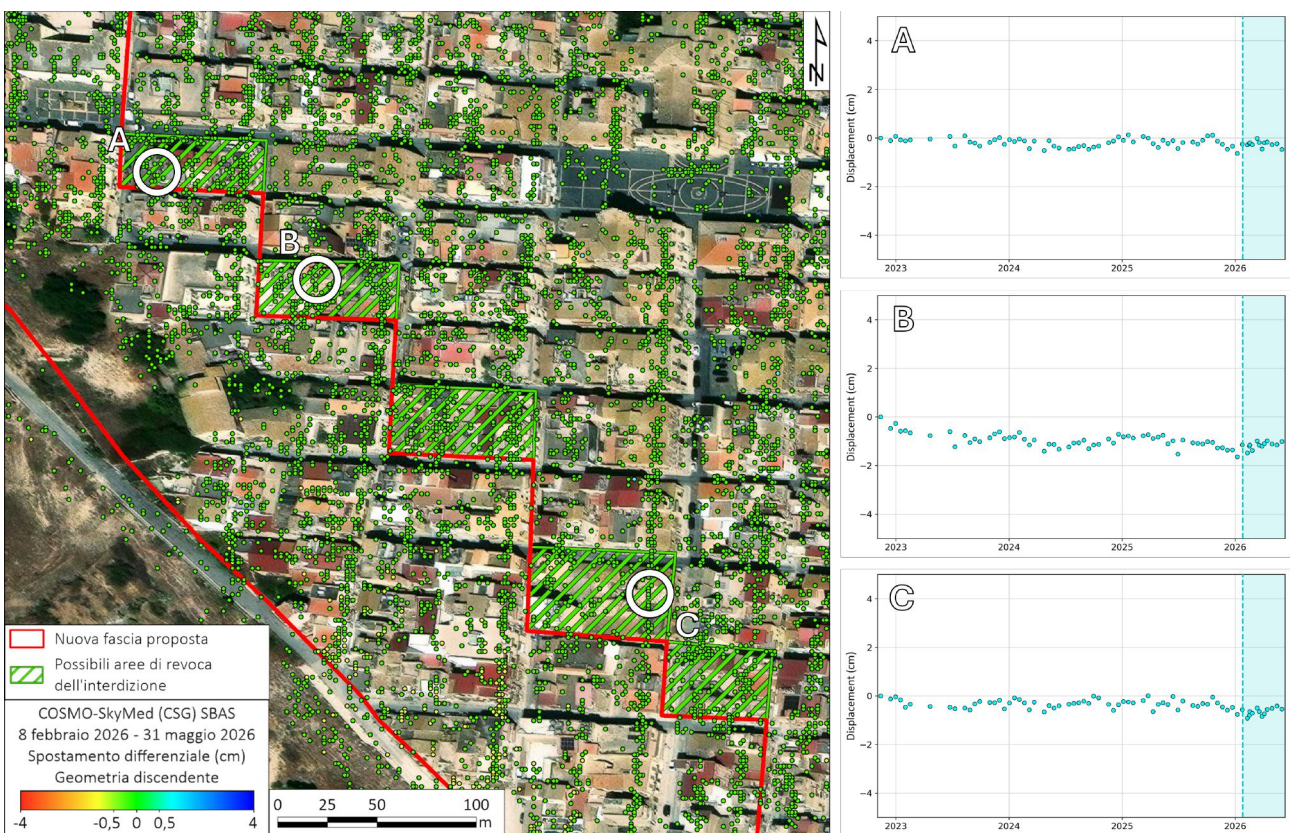


Figura 35 - Particolare della nuova proposta di rimodulazione della fascia di interdizione sovrapposta alla mappa degli spostamenti differenziali da dati COSMO-SkyMed SBAS (geometria discendente, periodo 08/02/2026 - 31/05/2026).

Nella fascia di interdizione, al di fuori dei cinque isolati per cui si propone la deperimetrazione, le mappe e le serie temporali relative specificamente ai dati Sentinel-1 in geometria discendente (da Figura 5 a Figura 8) mostrano come sia ancora chiaramente in atto un'evidente dinamica deformativa in due settori:

- nel quartiere Sante Croci, in corrispondenza dell'area panoramica del Belvedere e fino all'intersezione tra via Abaco e via Regina Margherita (punto D in Figura 5), i movimenti rimangono strettamente confinati a ridosso del ciglio della scarpata;
- spostandosi invece nel settore più orientale, nella zona tra il plesso scolastico "San Giuseppe" (punto E in Figura 7) e via Gorizia (punto F in Figura 7), l'evidenza deformativa risulta più netta non solo in corrispondenza della scarpata di frana, ma anche in tutta l'estensione della fascia di interdizione vigente.

Tale situazione impone quindi l'adozione di un approccio conservativo, escludendo al momento ulteriori rimodulazioni della fascia di interdizione oltre a quanto proposto per i cinque isolati sopra descritti.

3.4 Monitoraggio GNSS dei movimenti nella fascia di interdizione

Quanto evidenziato dal monitoraggio interferometrico satellitare trova riscontro anche nei dati della rete di sensori GNSS installati dall'INGV, la cui ubicazione è riportata in Figura 36, che illustra anche il confronto tra i vettori di velocità di deformazione nei periodi considerati (in nero le velocità per il periodo 14/02/2026-19/03/2026, in giallo quelle per il periodo 26/03/2026-30/05/2026).

La maggior parte delle stazioni mostra infatti spostamenti non significativi (Figura 37 e Figura 38). L'unica eccezione all'interno della rete è rappresentata dal sensore denominato NSGP, ubicato sul ciglio della scarpata della frana centrale nei pressi del plesso scolastico "San Giuseppe" (Casagli *et al.*, 2026). Questo sensore aveva manifestato, fin dall'inizio del monitoraggio, una tendenza continua di spostamento verso sud quantificabile in circa un centimetro al mese (Casagli *et al.*, 2026).

Tuttavia, nelle acquisizioni più recenti della stazione NSGP si registra una netta attenuazione di tale tendenza, indicativa di una fase di progressiva stabilizzazione cinematica del sito (Figura 39). Infatti, la velocità di deformazione in direzione sud della stazione NSGP, che ammontava a circa 158 mm/anno per il periodo 14/02/2026-19/03/2026, si è ridotta a circa 85 mm/anno (Figura 36).

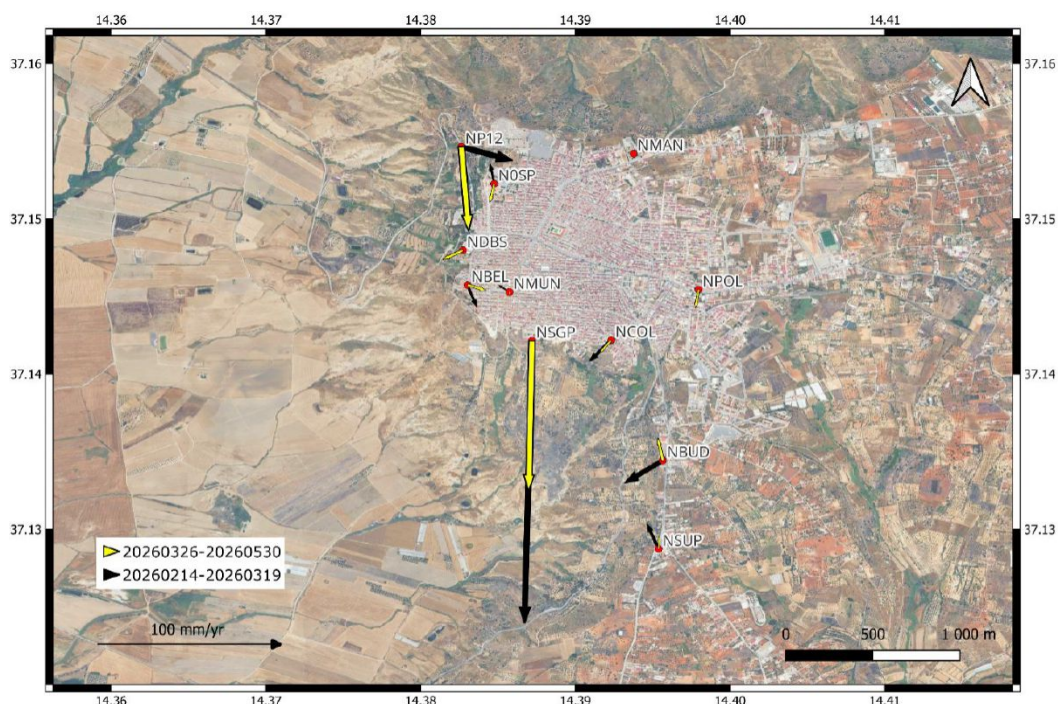


Figura 36 - Ubicazione planimetrica delle stazioni di monitoraggio GNSS dell'INGV con confronto dei vettori di velocità di deformazione nei periodi considerati (in nero le velocità per il periodo 14/02/2026-19/03/2026, in giallo quelle per il periodo 26/03/2026-30/05/2026). È evidente la marcata decelerazione dei movimenti. Fonte: INGV.



Figura 37 - Serie temporali delle componenti di spostamento delle stazioni di monitoraggio GNSS dell'INGV.



Figura 38 - Serie temporali delle componenti di spostamento delle stazioni di monitoraggio GNSS dell'INGV.

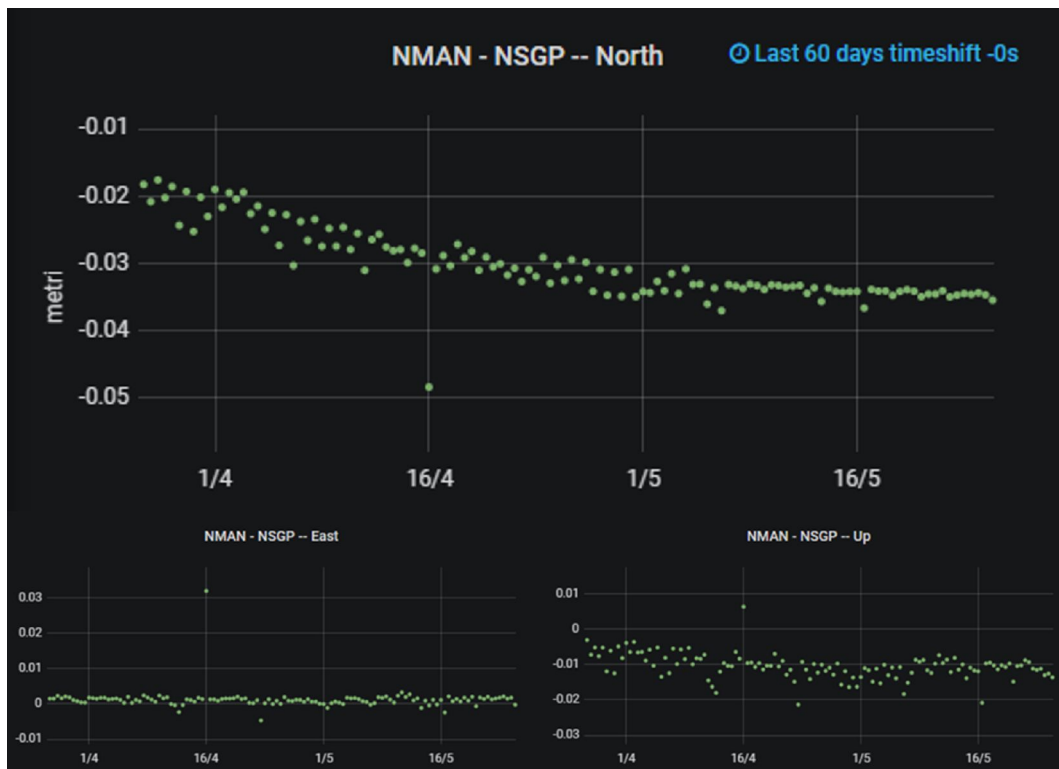


Figura 39 - Componenti di spostamento del sensore GNSS installato nei pressi del plesso scolastico "San Giuseppe".

L'evidenza di tale tendenza rilevata dal sensore GNSS NSGP e della sua successiva attenuazione trova corrispondenza nei risultati dell'analisi interferometrica derivata dai dati Sentinel-1 e COSMO-SkyMed. In Figura 40 e Figura 41 e in Figura 42 e Figura 43 sono riportate rispettivamente per Sentinel-1 (geometria ascendente e discendente) e per COSMO-SkyMed (geometria ascendente e discendente), le mappe aggiornate degli spostamenti differenziali e le relative serie temporali per i punti di misura in prossimità del plesso scolastico "San Giuseppe".

L'analisi comparativa tra le due geometrie radar, per entrambi i sistemi satellitari, conferma l'asimmetria di sensibilità già riscontrata nei precedenti rapporti. Il dato in orbita ascendente non mostra variazioni significative: i punti di misura rientrano all'interno della finestra di stabilità e le relative serie temporali presentano un andamento stazionario lungo tutto l'intervallo di osservazione.

Al contrario, la geometria discendente sia in banda C che in banda X si conferma più sensibile ai segnali deformativi, mostrando i punti di misura in prossimità del sensore GNSS NSGP con spostamenti differenziali che superano la soglia di stabilità. Nello specifico, le serie temporali in geometria discendente del dato Sentinel-1 evidenziano la netta variazione in concomitanza con l'evento di gennaio 2026, seguita da una tendenza di progressivo allontanamento dal sensore. Coerentemente con quanto registrato dal sensore GNSS, le ultime acquisizioni satellitari mostrano una flessione della pendenza della curva, con una tendenza al rallentamento in perfetto accordo con il dato a terra. Analogamente, il dato COSMO-SkyMed mostra un andamento, seppure meno marcato, in allontanamento dal sensore.

Tale discrepanza è riconducibile alla geometria di acquisizione del sensore; nella proiezione lungo la linea di vista del satellite (LOS) della geometria discendente, le componenti di spostamento verticale e quelle orizzontali 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.

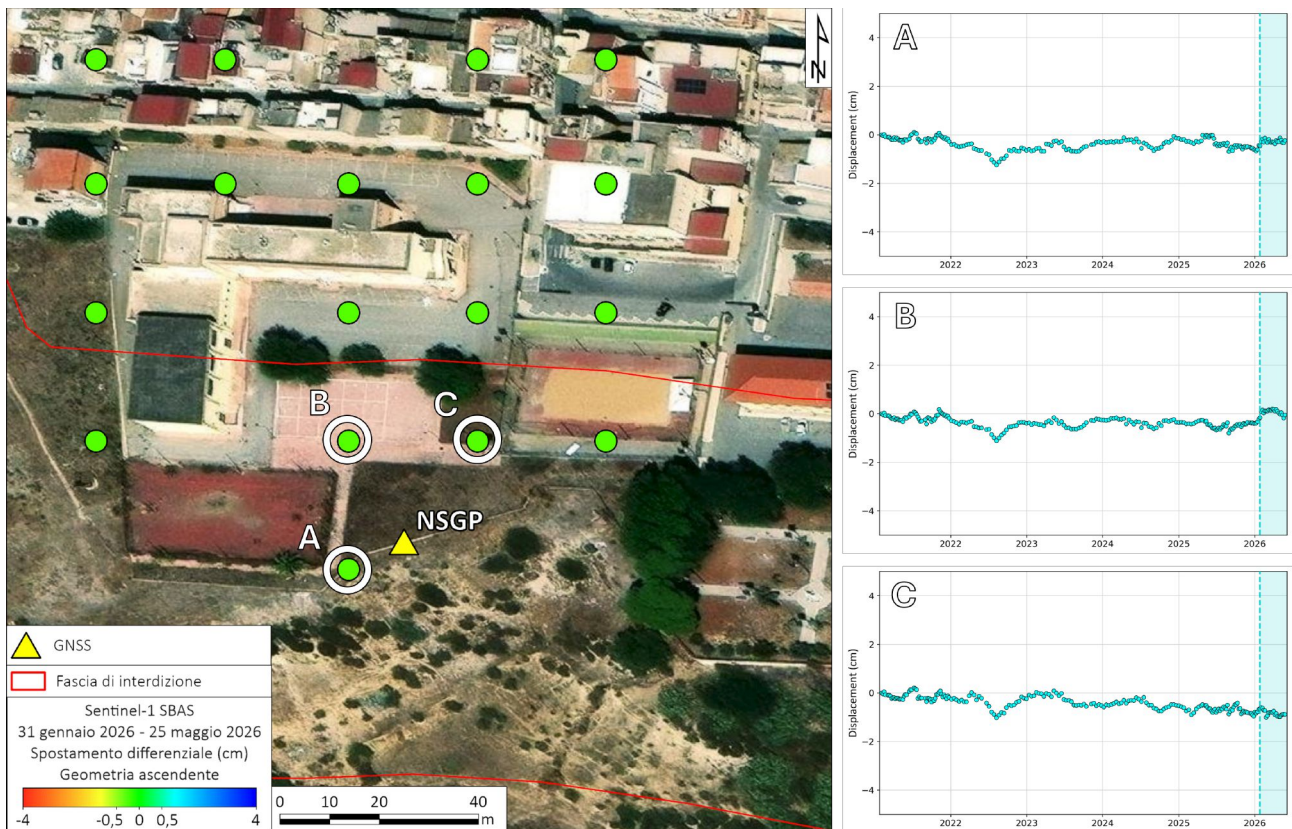


Figura 40 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati Sentinel-1 in geometria ascendente, elaborati con tecnica SBAS, nell'intervallo di tempo 31 gennaio 2026 - 25 maggio 2026, nell'area circostante il plesso scolastico "San Giuseppe". A destra, le serie temporali dei punti evidenziati in mappa.

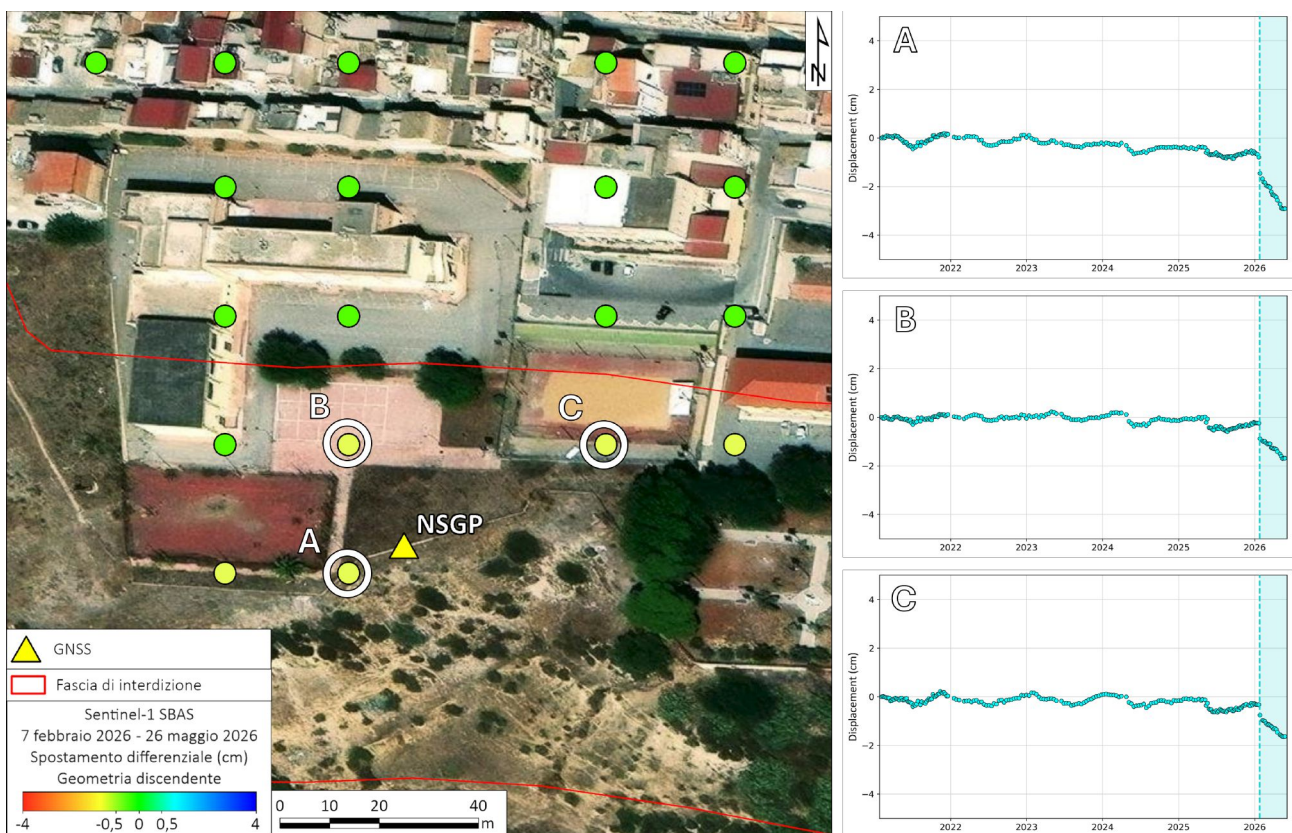


Figura 41 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati Sentinel-1 in geometria discendente, elaborati con tecnica SBAS, nell'intervallo di tempo 7 febbraio 2026 - 26 maggio 2026, nell'area circostante il plesso scolastico "San Giuseppe". A destra, le serie temporali dei punti evidenziati in mappa.

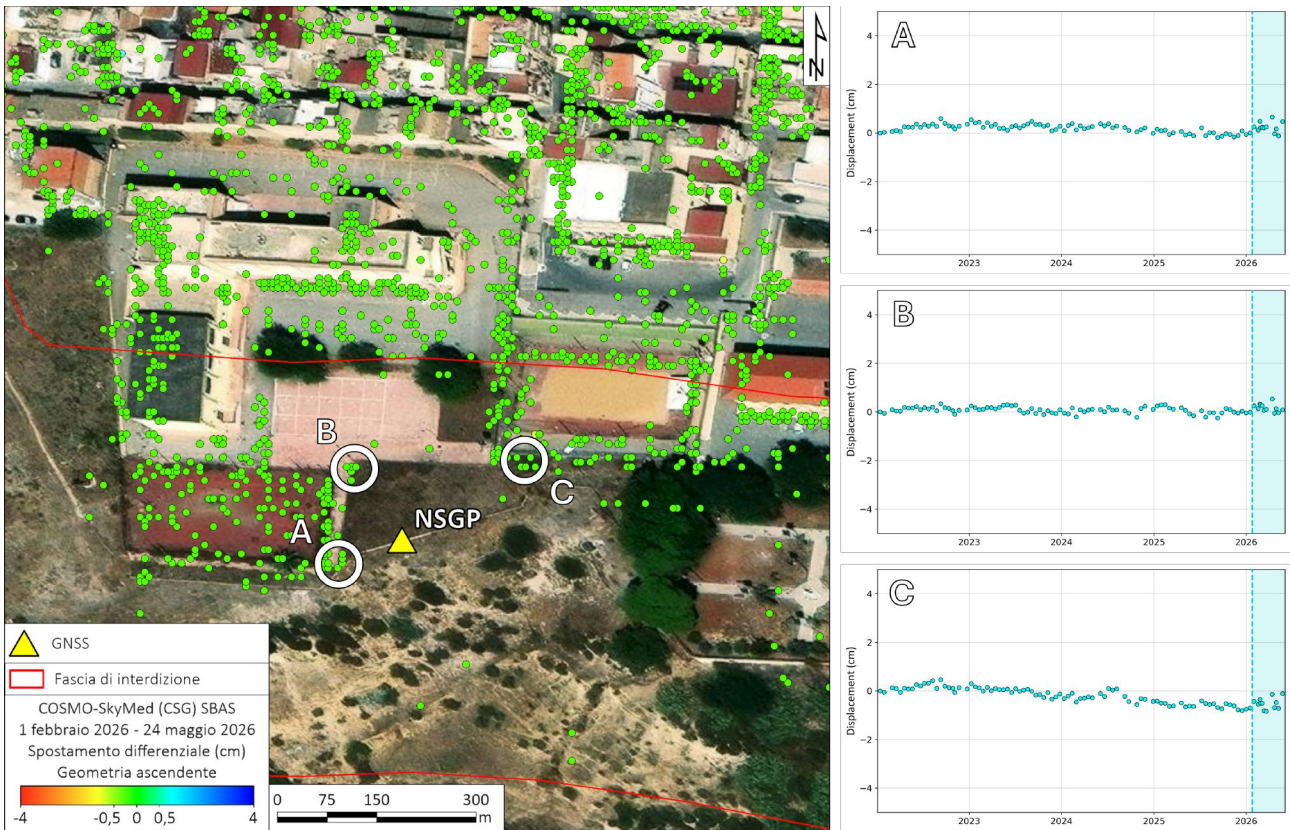


Figura 42 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati COSMO-SkyMed in geometria ascendente, elaborati con tecnica SBAS, nell'intervallo di tempo 1 febbraio 2026 - 24 maggio 2026, nell'area circostante il plesso scolastico "San Giuseppe". A destra, le serie temporali dei punti evidenziati in mappa.

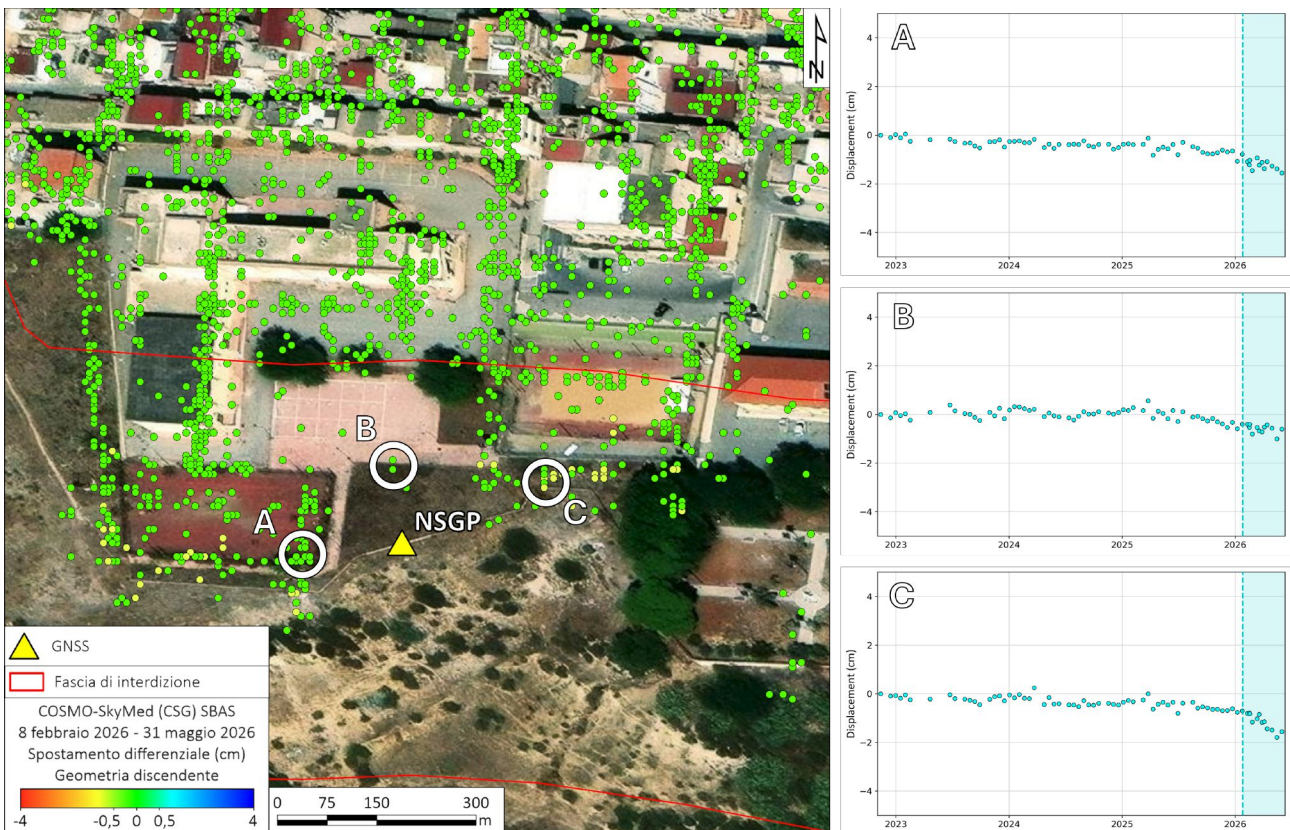


Figura 43 - Mappa degli spostamenti differenziali registrati dai dati COSMO-SkyMed in geometria discendente, elaborati con tecnica SBAS, nell'intervallo di tempo 8 febbraio 2026 - 31 maggio 2026, nell'area circostante il plesso scolastico "San Giuseppe". A destra, le serie temporali dei punti evidenziati in mappa.

3.5 Aggiornamento della fascia di interdizione

Alla luce delle considerazioni esposte, si propone una rimodulazione della fascia di interdizione nel centro abitato. Tale aggiornamento è tecnicamente fondato e coerente con i principi di gestione adattiva del rischio residuo definiti in Casagli *et al.* (2026) sulla base dei nuovi dati raccolti.

In Figura 44 sono riportate la fascia di interdizione stabilita con l'Ordinanza sindacale n.19 del 28 febbraio 2026 e la nuova fascia proposta nel presente rapporto. Si specifica che la rimodulazione riguarda esclusivamente il settore della frana centrale, con la revoca del provvedimento di interdizione per ulteriori cinque isolati nel quartiere Sante Croci, i quali ricadono al di fuori della distanza di arretramento ricalcolata e in area cinematicamente stabile, sulla base del monitoraggio satellitare e GNSS.

Al contrario, nella zona sud-orientale del centro abitato si propone il mantenimento dell'attuale fascia di interdizione, in considerazione della persistenza di evidenze deformative emerse dal monitoraggio interferometrico satellitare.

Conseguentemente, in Figura 44 gli edifici sono stati classificati in funzione delle rispettive perimetrazioni, distinguendo tra immobili soggetti a interdizione (in rosso) ed edifici esclusi dalla fascia (in verde).

Attraverso il confronto tra le due perimetrazioni è possibile identificare gli edifici per i quali si propone la revoca del provvedimento di interdizione, in quanto non più compresi nella nuova fascia di salvaguardia.

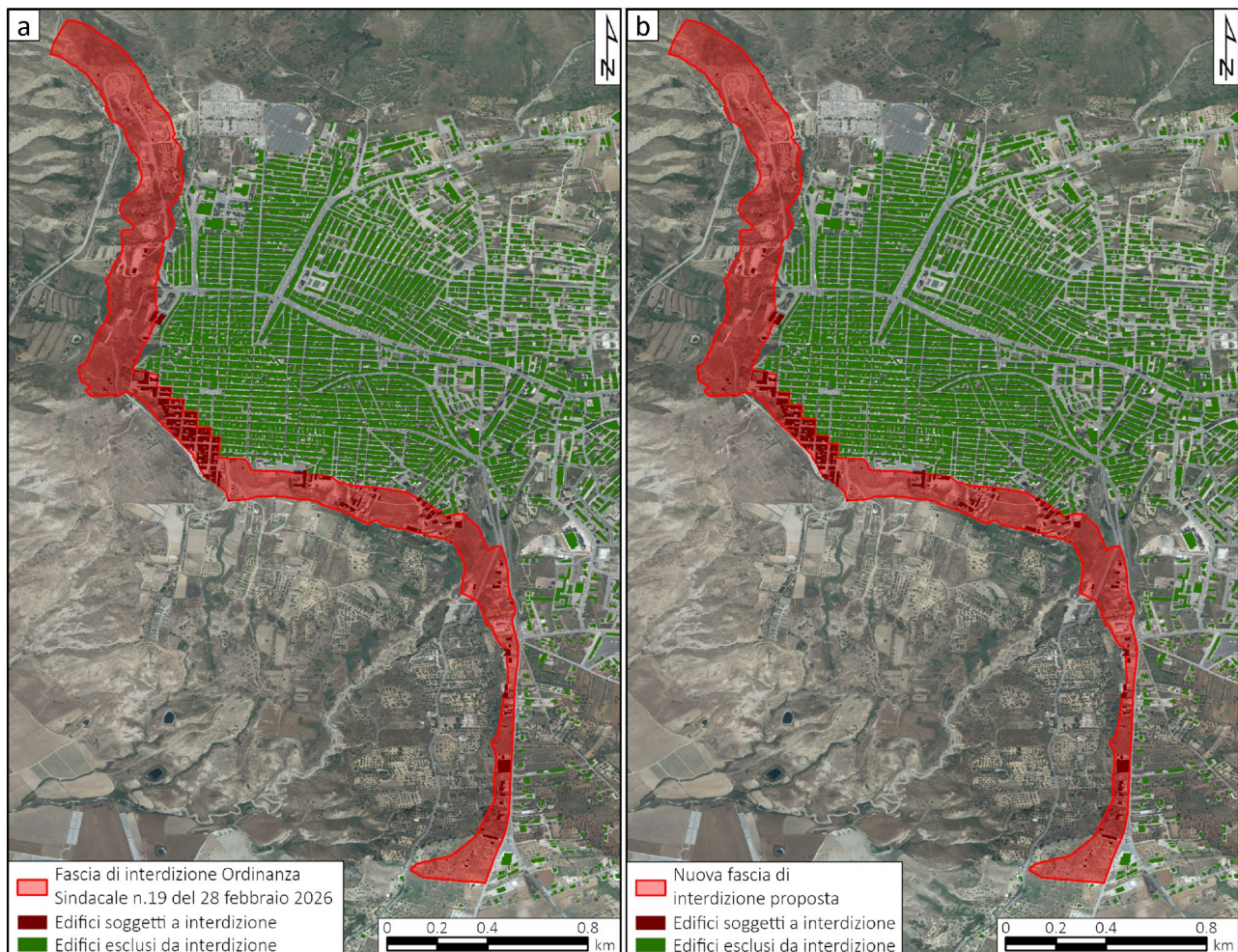


Figura 44 - Evoluzione delle misure di salvaguardia nel centro abitato di Niscemi: (a) fascia di interdizione vigente stabilita dall'Ordinanza sindacale n. 19 del 28/02/2026; (b) nuova proposta di rimodulazione della fascia di interdizione alla luce dei modelli di arretramento aggiornati e dei dati di monitoraggio radar satellitari e GNSS integrati. Sono evidenziati in rosso gli edifici soggetti a interdizione e in verde quelli esclusi dal provvedimento.

4 Conclusioni

Il presente rapporto tecnico-scientifico ha aggiornato il quadro conoscitivo e l'evoluzione deformativa dei fenomeni di instabilità gravitativa che hanno interessato il territorio di Niscemi nel mese di gennaio 2026.

L'indagine, condotta mediante l'integrazione dei nuovi rilievi topografici e dei dati di monitoraggio radar interferometrico satellitare e GNSS, aggiornati a fine maggio 2026, ha consentito di integrare e approfondire il quadro conoscitivo e di definire gli elementi tecnico-scientifici a supporto della rimodulazione delle misure di salvaguardia nel centro abitato.

Monitoraggio satellitare e strumentale

L'analisi multi-temporale condotta mediante l'elaborazione con tecnica SBAS dei dati Sentinel-1 e COSMO-SkyMed (aggiornati a maggio 2026) conferma che il centro abitato di Niscemi è caratterizzato da una condizione di sostanziale stabilità generale.

L'analisi delle serie temporali mostra una progressiva riduzione delle deformazioni nelle acquisizioni più recenti, incluse le aree che nella fase post-evento avevano registrato variazioni del segnale, pur persistendo dinamiche evolutive nelle aree più prospicienti alle scarpate di frana attivate a gennaio 2026. Per tali situazioni, si rende necessario il proseguimento del monitoraggio.

Tale quadro trova convergenza con i dati della rete di sensori GNSS. La maggior parte delle stazioni mostra infatti spostamenti non significativi, con valori nell'ordine di pochi millimetri coerenti con i dati del monitoraggio satellitare. L'unica eccezione all'interno della rete è rappresentata dal sensore NSGP posizionato sul ciglio della scarpata nei pressi del plesso scolastico "San Giuseppe", che aveva mostrato una tendenza deformativa continua. Tuttavia, gli ultimi aggiornamenti della serie temporale GNSS e i corrispondenti dati interferometrici mostrano un'attenuazione di tale tendenza, registrando un iniziale segnale di rallentamento dei movimenti nell'area, che dovrà trovare definitiva conferma nelle future acquisizioni.

Aggiornamento del modello di arretramento

A quattro mesi dall'evento, l'analisi geomorfologica, supportata dal rilievo topografico aggiornato della Fondazione CIMA tra il 31 marzo e il 2 aprile, ha evidenziato la naturale evoluzione della scarpata di neoformazione della frana centrale. Si registra una progressiva diminuzione delle pendenze sub-verticali a favore di un incremento della classe di pendenza 30°-35°, a testimonianza della graduale formazione e dell'assestamento di coni detritici stabili al piede, disposti secondo l'angolo di riposo delle sabbie.

Il ricalcolo del modello geometrico di arretramento, con valori cautelativi dell'angolo di attrito efficace $\phi'=30^\circ$ e del fattore di sicurezza $F_s=1.5$ (corrispondente a un angolo di inclinazione pari a 21°), applicato alla nuova topografia progradata, ha dimostrato la sostenibilità tecnica di un adeguamento della perimetrazione vigente (Ordinanza sindacale n. 19 del 28 febbraio 2026).

Rimodulazione della fascia

La convergenza tra i modelli di retrogressione teorica e la stabilità dell'area derivante dal monitoraggio integrato (satellitare e GNSS) consente di proporre un aggiornamento della fascia di interdizione nel centro abitato, così articolato:

- **Revoca dell'interdizione per cinque isolati nel quartiere Sante Croci**, in quanto ricadenti al di fuori della distanza di arretramento ricalcolata e in area stabile come desunta dai dati di monitoraggio aggiornati.
- **Mantenimento precauzionale dell'attuale perimetrazione nella zona a sud-est del quartiere Sante Croci**, in virtù dei persistenti segnali deformativi millimetrici registrati dai dati interferometrici.

La nuova proposta di perimetrazione garantisce il necessario equilibrio tra la tutela della pubblica incolumità nelle aree prossime al ciglio ancora attive e la progressiva restituzione del tessuto urbano alla cittadinanza, subordinata alla certificazione strumentale della stabilizzazione. Infatti, il monitoraggio integrato proseguirà in modo continuativo in tutte le aree, all'interno e all'esterno della fascia perimetrata, al fine di garantire la sicurezza dei luoghi e di supportare le future decisioni di gestione del rischio.

5 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. (2026). *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.
- 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, 1-4 VDE.
- Lanari R., Bonano M., Casu F., Luca C.D., 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.