

SV002 - Montaldo – Cengio (SV)

1. Inquadramento del sito

Il sito di Montaldo si colloca nel Comune di Cengio in un'area in cui affiora la formazione arenacea di Monesiglio in prossimità del contatto ad andamento complessivamente N-S con le marne della formazione di Rocchetta, costituenti la parte basale del Bacino Terziario del Piemonte (Fig.2). I dissesti verificatisi nel centro abitato di Montaldo mostrano la possibilità che il fenomeno franoso abbia subito una riattivazione con lo sviluppo di movimenti di scorrimento a lenta evoluzione che si sono ripercossi nella coltre detritica superficiale in aggiunta a movimenti sviluppati all'interno della coltre con deformazioni plastiche indotte da una forte imbibizione (*"Atlante dei Centri Abitati Instabili della Liguria"* – CNR – Prov. di Savona, 2005).

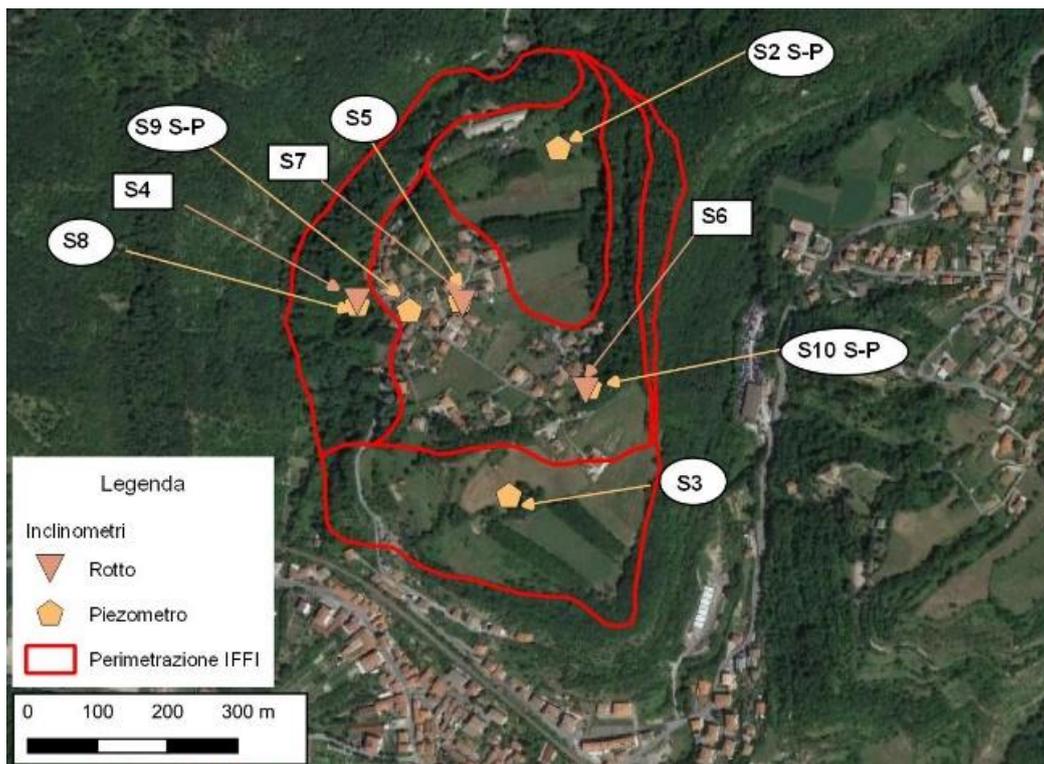


Fig. 1 - Posizione degli inclinometri MNTD4 (S4), MNTD6 (S6), MNTD7 (S7) e piezometri S2, S3, S5, S8, S9, S10 all'interno del corpo di frana. I piezometri S2, S9 ed S10 contengono due tubi piezometrici in un unico foro, che monitorano una falda superficiale – indicata con S – e una profonda – indicata con P.

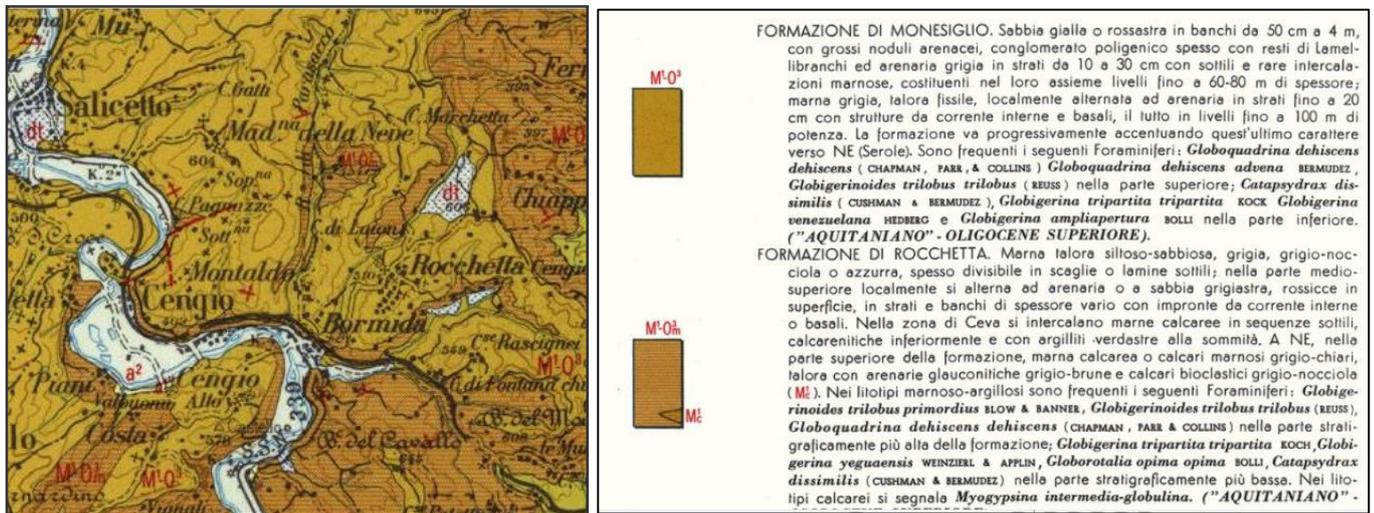


Fig. 2 - Stralcio della Carta Geologica d'Italia 1:100.000 (Foglio Ceva)

2. Campagne di indagine 2008

Il fenomeno è stato monitorato dal 2008 utilizzando gli inclinometri MNTD4, MNTD6, MNTD7 e i piezometri S5, S8, S9 e S10, realizzati tra il 2004 e il 2006 (Fig.2). Nel 2014 si è verificata la rottura degli inclinometri MNTD4 e MNTD6. Nel corso del 2015 non essendo più attiva una rete di monitoraggio sufficiente a coprire l'area in frana, si è concordato con Regione Liguria di sospendere qualsiasi misurazione. Successivamente nel 2016 e 2017 si è rilevata, mediante video-ispezione, anche la rottura di MNTD7.

3. Campagne di indagine 2021

Per quanto riguarda il 2021, nell'ambito del Progetto promosso dall'Amministrazione comunale di Cengio: "Opere di Mitigazione e di monitoraggio del dissesto franoso interessante il nucleo abitato di Montaldo" (Fase E, 3° stralcio funzionale – Sondaggi e installazioni per il monitoraggio post-operam), sono stati installati n.6 inclinometri, associati a piezometri realizzati in parte nella fase A del progetto, con il duplice scopo di sostituire la vecchia strumentazione, che nell'arco di dieci anni circa è stata resa inutilizzabile dal movimento franoso in atto, e di integrare i dati sull'evoluzione del versante nelle aree limitrofe. La profondità degli inclinometri varia da 15 m a 30 m ed è stata decisa sulla base della profondità del piano di scivolamento individuato dal monitoraggio condotto dal 2008 (IN_01, IN_02 e IN_03), mentre per gli inclinometri posizionati su nuovi punti di misura, la profondità è stata stimata sulla base della morfologia del versante e della quota di fondo valle in modo da intercettare un'ipotetica superficie di scivolamento principale (IN_04,

IN_05 e IN_06). Le ultime installazioni realizzate ricadono, quindi, all'interno di corpi franosi già monitorati negli anni precedenti e compresi nell'Inventario dei fenomeni franosi (Progetto IFFI):

Inclinometri: IN_02, IN_03, IN_04, IN_06

Tipo	Scivolamento rotazionale/traslativo
Stato	Quiescente generico
Identificativo	0090107204
Area [mq]	117808

Inclinometri: IN_01

Tipo	Complesso
Stato	Attivo/riattivato/sospeso
Identificativo	0090107203
Area [mq]	68434

Inclinometri: IN_05

Tipo	Colamento lento
Stato	Attivo/riattivato/sospeso
Identificativo	0090107202
Area [mq]	60952

4. Analisi dei dati inclinometrici (2008-2020)

Inclinometro MNTD4 (S4) 29 m – zona inferiore della frana (valle del centro abitato)

Le ultime letture si riferiscono al 2013 quando si erano osservati nello stesso anno due incrementi, il primo spostamento registrato con la lettura di aprile 2013 pari a 5 mm (rispetto alla lettura di ottobre 2012) e il secondo spostamento con la lettura di ottobre 2013 pari a 11 mm. Lo spostamento complessivo ammonta a 77 mm, considerando la lettura di zero del 2004, mentre lo spostamento totale dal 2008 ad oggi (monitoraggio ARPAL) arriva a 66 mm; la direzione generale di movimento risulta orientata verso W, in accordo con la morfologia del versante. Le deformate locali confermano l'evoluzione del picco principale a 8 m (zona di deformazione compresa tra -7 e -9 m di profondità) ed uno spostamento di 75 mm.

Complessivamente dal 2004 l'area è caratterizzata da riattivazioni e stasi più o meno lunghe (periodi di quiescenza). In particolare risaltano tre movimenti rilevanti: il primo registrato nel 2009 (novembre 2008-agosto 2009) con 20 mm di spostamento, il secondo nel 2011 (novembre 2010-giugno 2011) con 17 mm e il terzo nel 2013 (ottobre 2012 - ottobre 2013) con 16 mm intervallati da decelerazioni o stasi del fenomeno (Figg.7 e 8).



Fig. 3 - Piano di taglio alla profondità di -7.95m (a sinistra) e di -7.60m (a destra) - MNTD4 (2014)



Fig. 4 - Piano di taglio alla profondità di -7.95m (a sinistra) e di -7.60m (a destra) - MNTD4 (2016)



Fig. 5 - Piano di taglio principale alla profondità di -7.95m - MNTD4 (2017)



Fig. 6 - Piano di taglio alla profondità di -7.95m (a sinistra) e di -7.60m (a destra) - MNTD4 (2020)

REMOVER 2008-2024

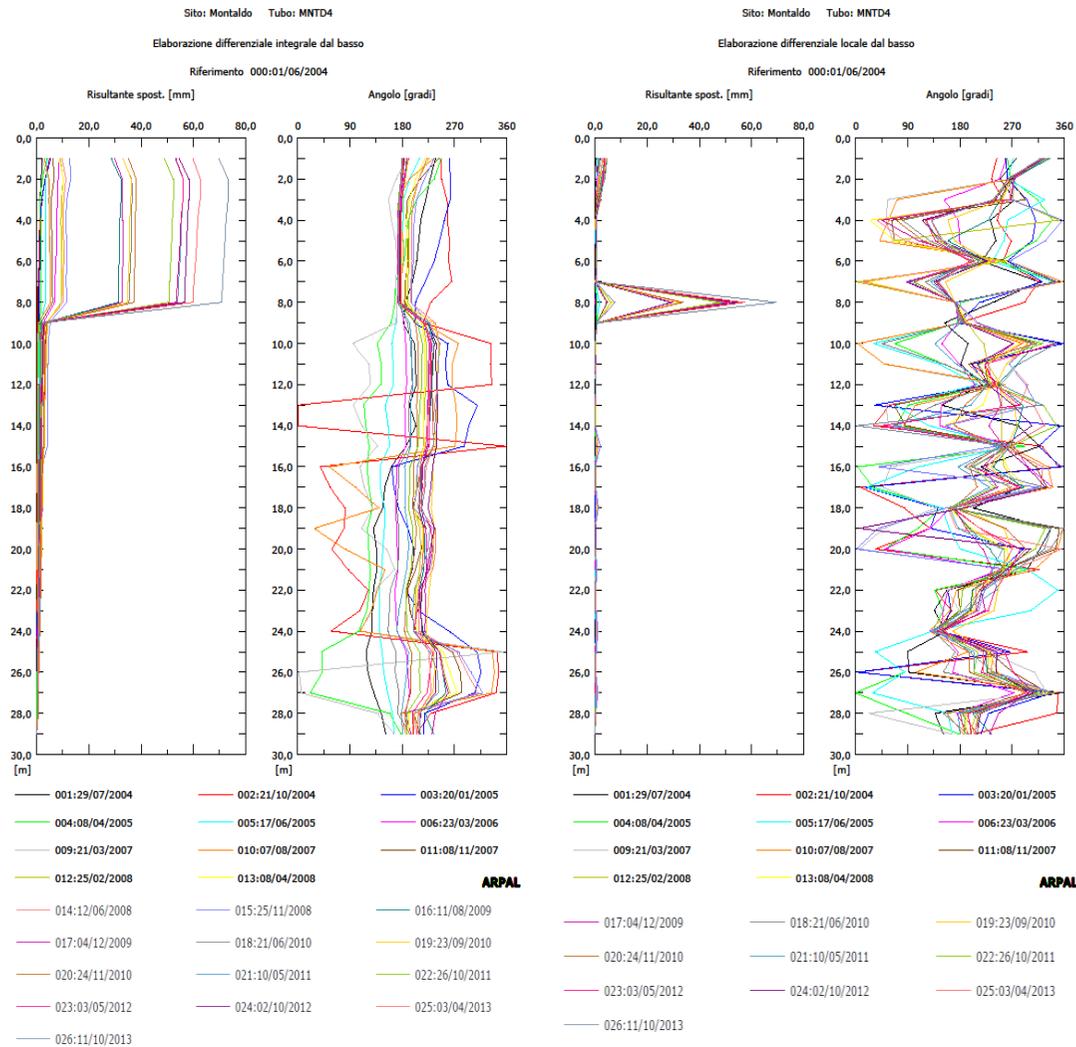


Fig. 7 - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) e all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro MNTD4

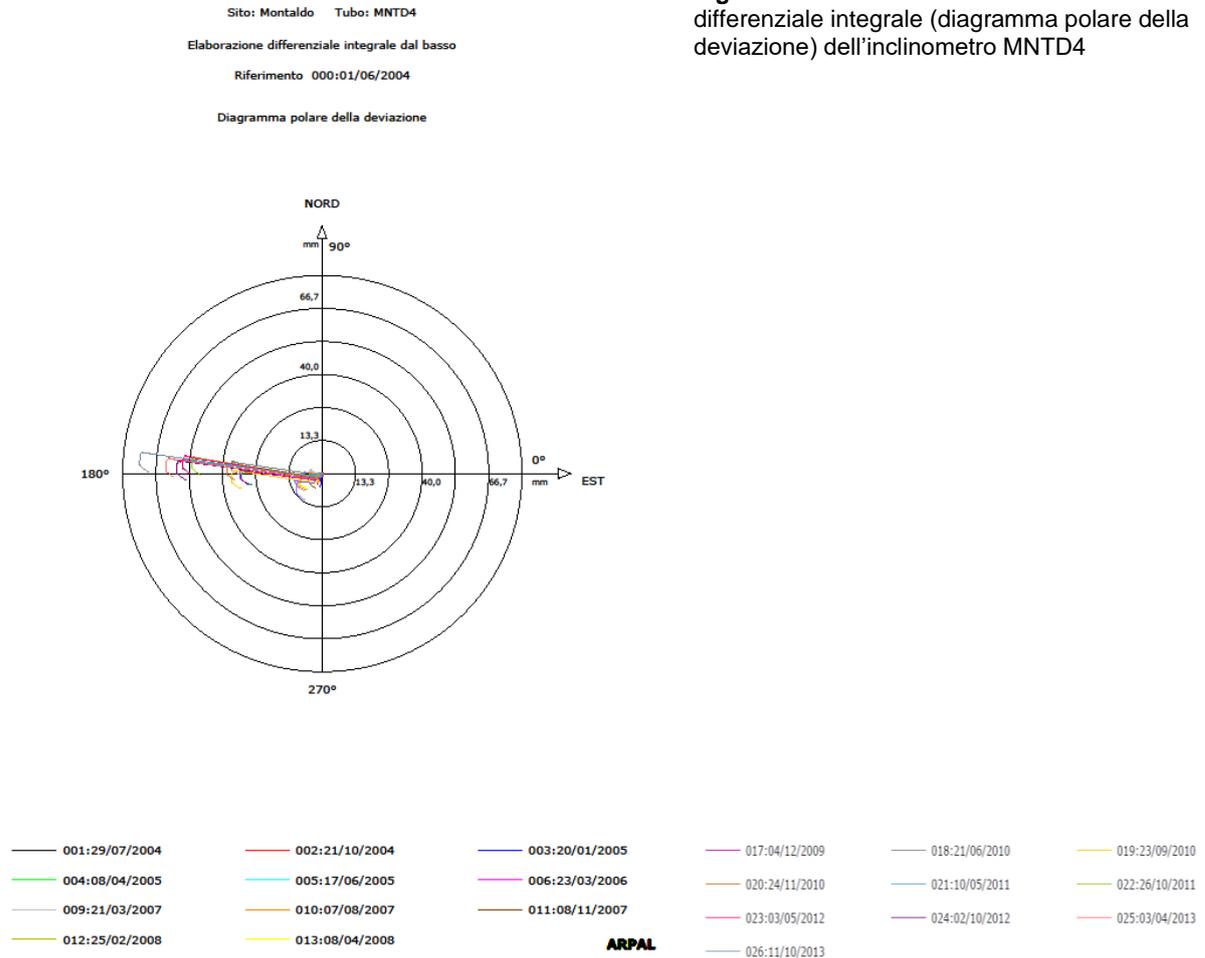


Fig. 8 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro MNTD4

Inclinometro MNTD6 (S6) 27m – zona superiore della frana (monte del centro abitato)

Le ultime letture si riferiscono al 2013 in cui l'elaborazione differenziale integrale aveva evidenziato due incrementi: la lettura di aprile 2013 pari a 4 mm rispetto alla lettura di ottobre 2012 e la lettura di ottobre 2013 pari a 8 mm. Lo spostamento complessivo ammonta a 39 mm, facendo riferimento alla lettura di zero del 2004, mentre lo spostamento totale dal 2008 ad oggi arriva a 33 mm; la direzione generale di movimento risulta orientata verso NW, in accordo con la morfologia del versante. Le deformate locali confermano l'evoluzione del picco principale a 13 m (zona di deformazione tra -12 e -14 m di profondità) e un valore massimo di deformazione di circa 35 mm.

Il 23 maggio 2014 si è potuto constatare la rottura dell'inclinometro MNTD6 e pertanto la tubazione non risulta più utilizzabile. La foto seguente mostra l'immagine relativa al piano di taglio della tubazione (Fig.9). Il rilievo della definitiva deformazione della tubazione inclinometrica determina quindi uno spostamento >39 mm.

Nei giorni 12 dicembre 2016 e 28 dicembre 2017 si è monitorato l'inclinometro con una ispezione televisiva per verificare se il gradino della zona di rottura si sia ulteriormente deformato. Dalla comparazione delle foto nel punto di rottura sembra non si siano registrate grandi variazioni dal 2014 (Figg.10 e 11), anche se si percepisce un leggero aumento dell'inclinazione delle pareti interne in prossimità del gradino. Il giorno 3 marzo 2020 si sono monitorate le deformazioni dell'inclinometro al fine di verificare l'eventuale deterioramento della struttura della tubazione. In Fig.12 le immagini mostrano i piani di taglio dell'inclinometro. Sebbene le condizioni all'interno della tubazione non siano delle migliori per una valutazione del volume libero a causa della presenza di una notevole quantità di materiale in sospensione nell'acqua, risulta difficile stabilire un paragone con il 2017. Si osserva una deformazione plastica della tubazione che risulta fortemente piegata.

Come per l'inclinometro MNTD4, MNTD6 è caratterizzato dal 2004 da tre movimenti: nel 2009 (novembre 2008 - agosto 2009) con 7 mm di spostamento, nel 2011 (novembre 2010 - giugno 2011) con 10 mm e nel 2013 (ottobre 2012 - ottobre 2013) con 12 mm, intervallati da decelerazioni o stasi del fenomeno (Figg. 13 e 14).



Fig. 9: piano di taglio alla profondità di -12.86m – MNTD6 (2014)

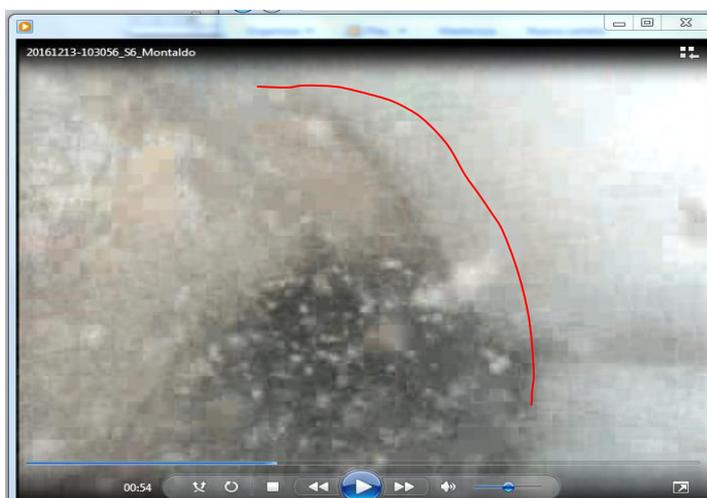


Fig. 10: piano di taglio alla profondità di -12.86m – MNTD6 (2016)



Fig. 11: piano di taglio alla profondità di -12.86m –
MNTD6 (2017)

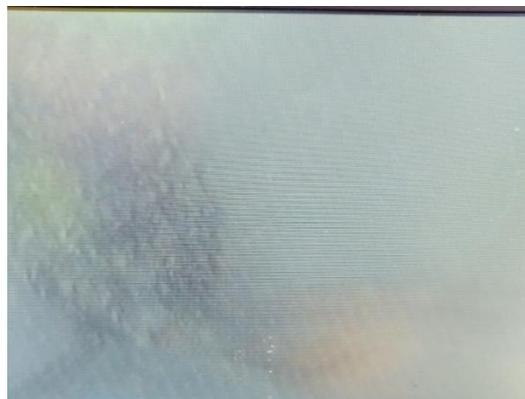
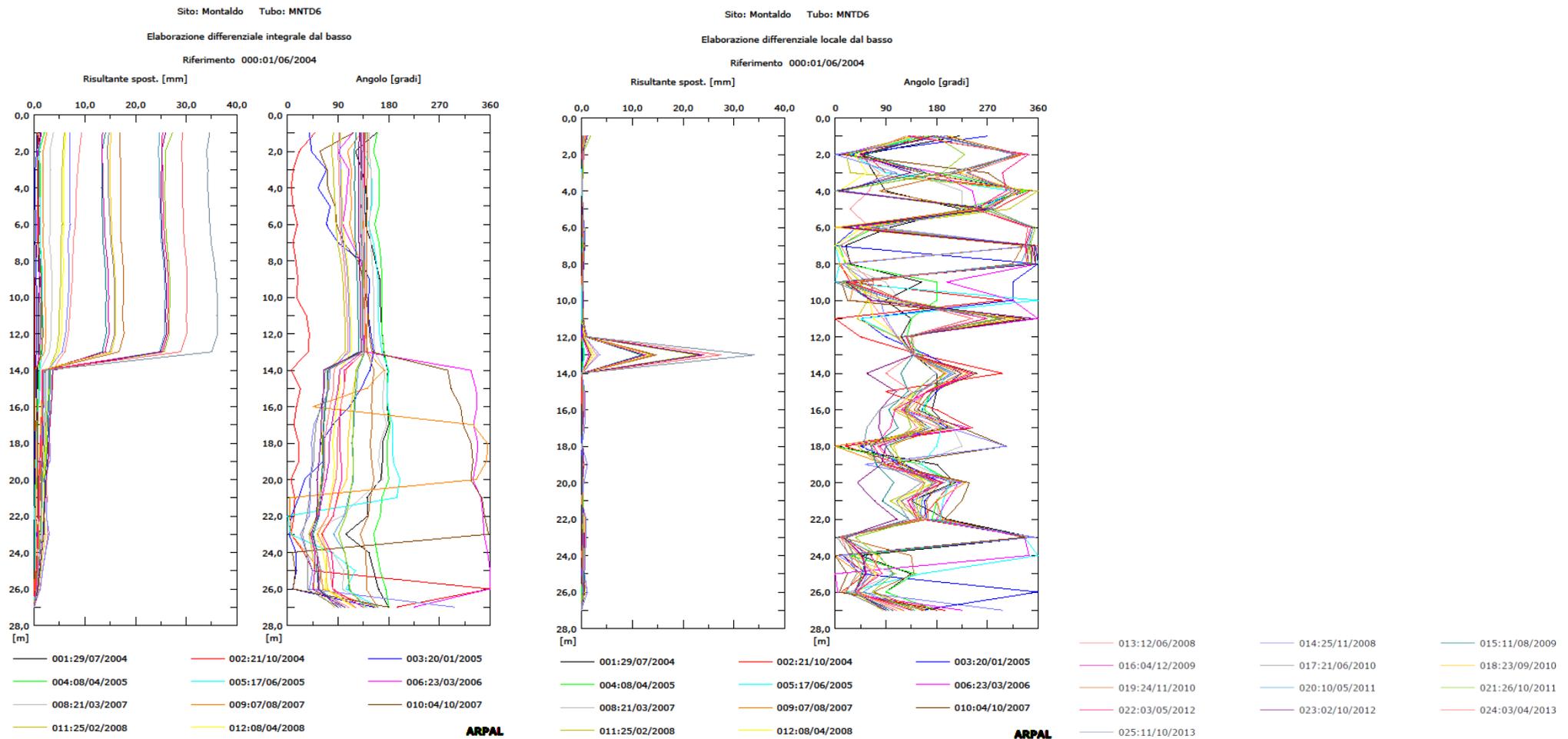


Fig. 12: piano di taglio alla profondità di -12.86m –
MNTD6 (2020)

Fig. 13 - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) e all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro MNTD6



Sito: Montaldo Tubo: MNTD6

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:01/06/2004

Diagramma polare della deviazione

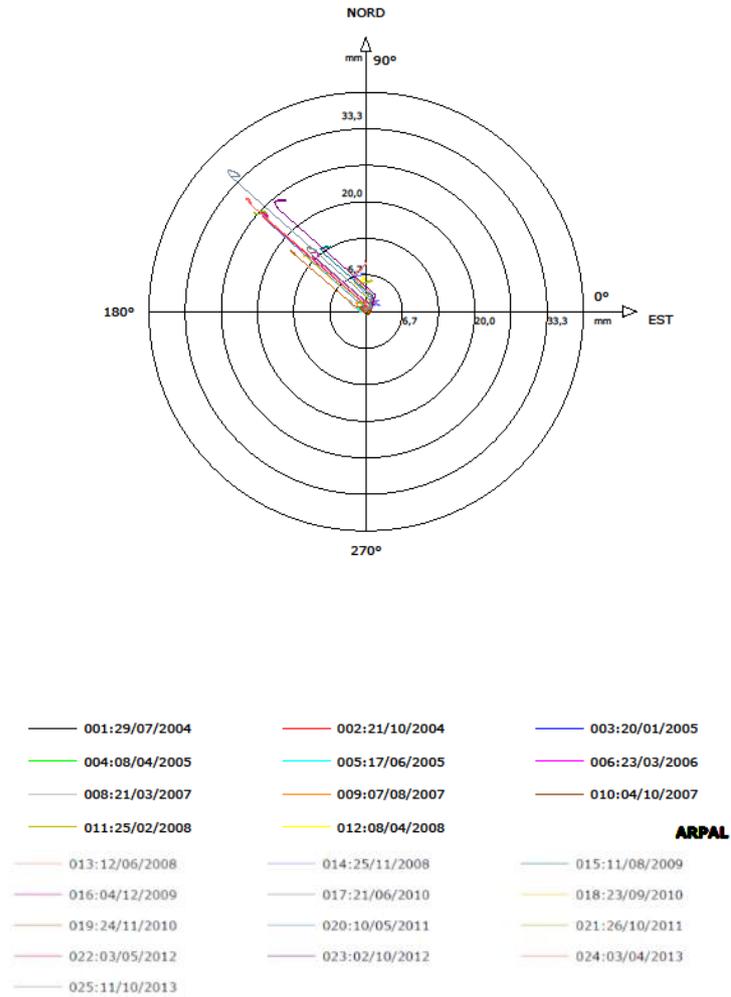


Fig. 14 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro MNTD6

Inclinometro MNTD7 (S7) 16 m – parte centrale della frana (centro abitato)

Le ultime letture si riferiscono al 2014 in cui l'elaborazione differenziale integrale aveva evidenziato un incremento pari a 10 mm rispetto alla lettura di aprile 2013. Lo spostamento massimo è di 40 mm dal 2008 (il periodo 2006-2008 è privo di evidenze di movimento) con una direzione generale di movimento verso W-NW, coerentemente con la morfologia del versante.

La parte centrale della zona evidenzia riattivazioni e stasi del movimento compatibili con le altre parti della frana anche se in modo meno evidente (Figg.18 e 19). Le deformate locali mostrano con ancor maggior evidenza l'evoluzione del picco principale a -15 m (zona di deformazione tra -14 e -16 m di profondità) con una deformazione globale di quasi 40 mm.



Fig. 15: piano di taglio alla profondità di -15.10 m – MNTD7 (2016)

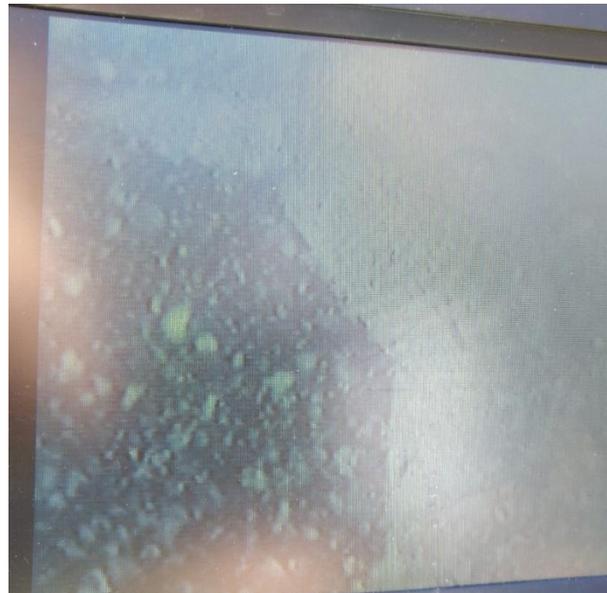


Fig. 16: piano di taglio alla profondità di -15.10 m – MNTD7 (2017)



Fig. 17: piano di taglio alla profondità di -15.10 m – MNTD7

REMOVER 2008-2024

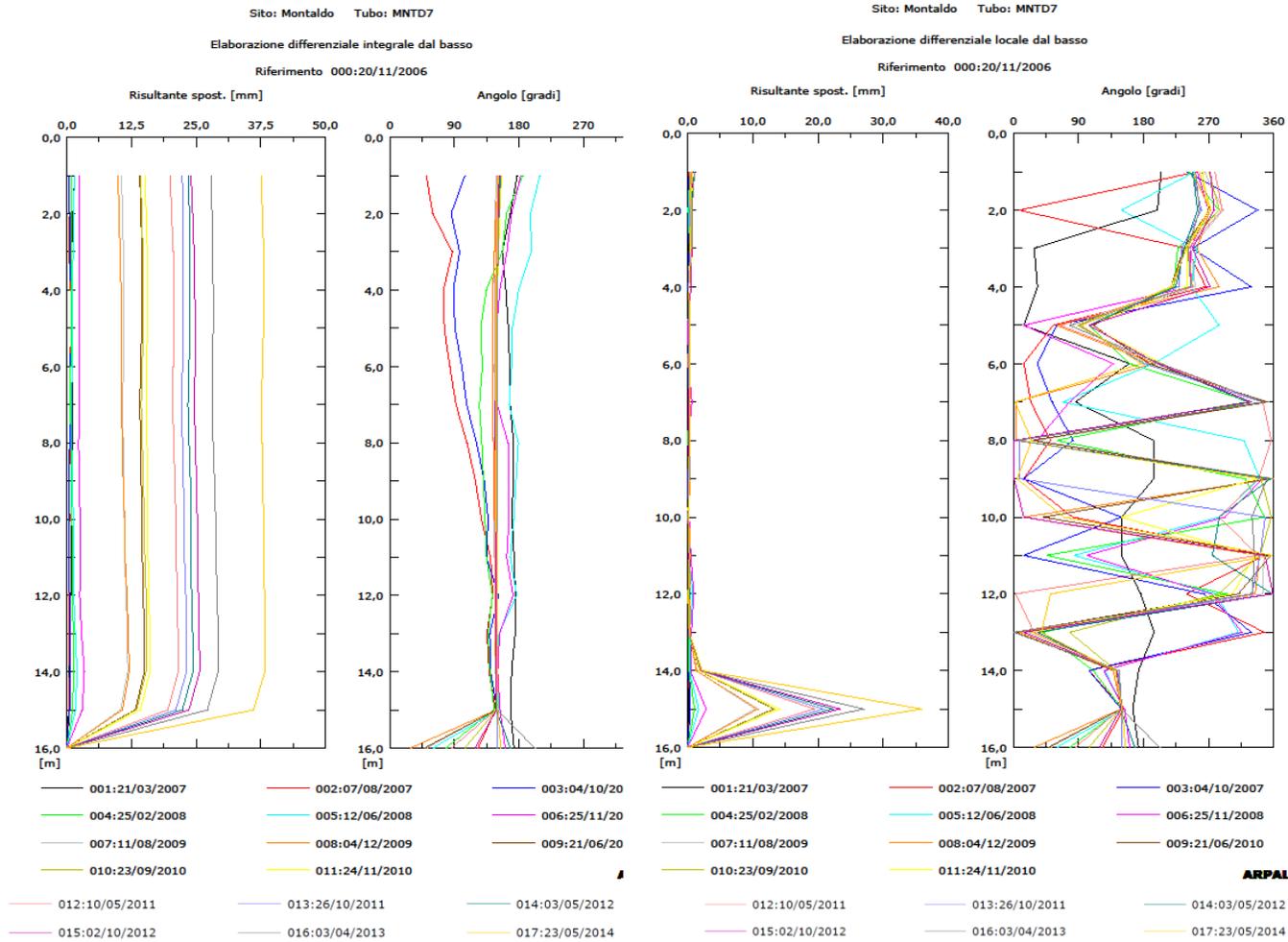


Fig. 18 - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) e all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro MNTD7

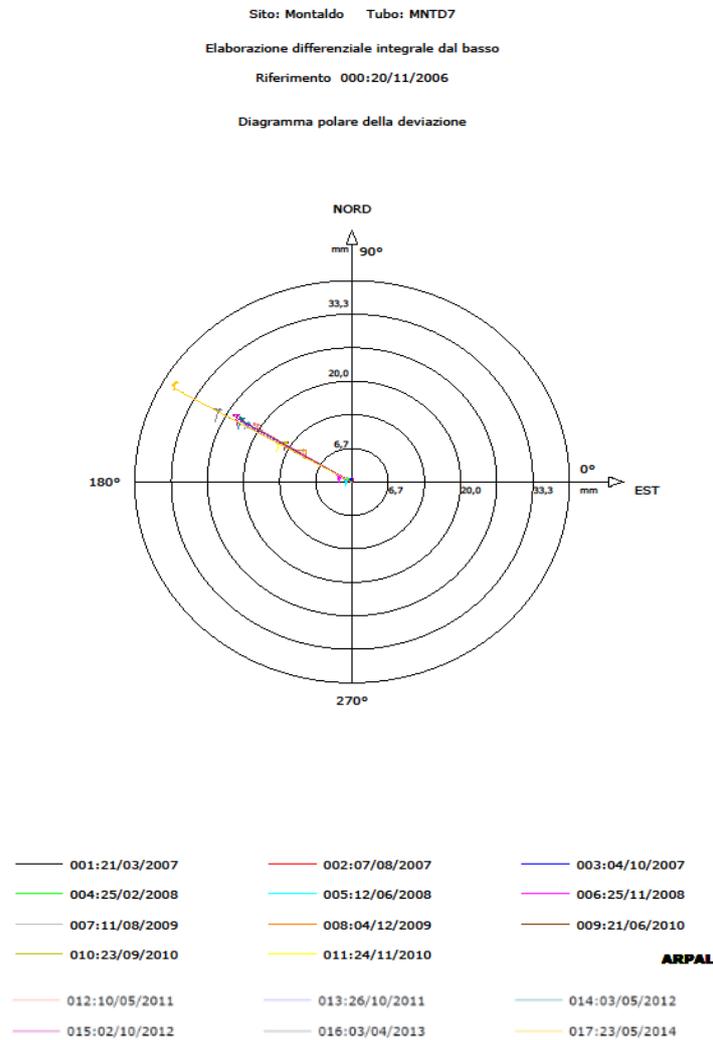


Fig. 19 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro MNTD7

5. *Analisi dati inclinometrici 2021-2024 (monitoraggio attivo)*

Nel corso del 2024 sono state effettuate le letture di esercizio come riportato nella tabella di seguito:

Data	Attività	Strumentazione	Sistema di misura
14/11/2024	Letture di esercizio sulle guide A1B1/ A3B3	Inclinometri IN_01, IN_02, IN_03, IN_04, IN_05, IN_06	Sonda servoaccelerometrica biassiale S222643

Tab. 1 - Misure effettuate nel 2024 nel sito di Montaldo.

Inclinometro IN_01 14 m – parte bassa del centro abitato

La risultante sul differenziale integrale ha evidenziato uno spostamento totale in superficie calcolato a 3.7 mm, ovvero con un aumento di 1.6 mm rispetto alla lettura del 2023. Tale elaborazione è confermata anche dal differenziale locale, che alla profondità di 7 metri mostra un incremento di oltre 1 mm rispetto alla lettura precedente (con un totale pari a 1,8 mm). Al momento le deformazioni rilevate non sono tali da determinare una direzione netta e sufficientemente affidabile per quanto riguarda il vettore spostamento (Figg. 20 e 21). Con le prossime letture sarà possibile monitorare il comportamento del versante e valutarne l'evoluzione gravitativa.

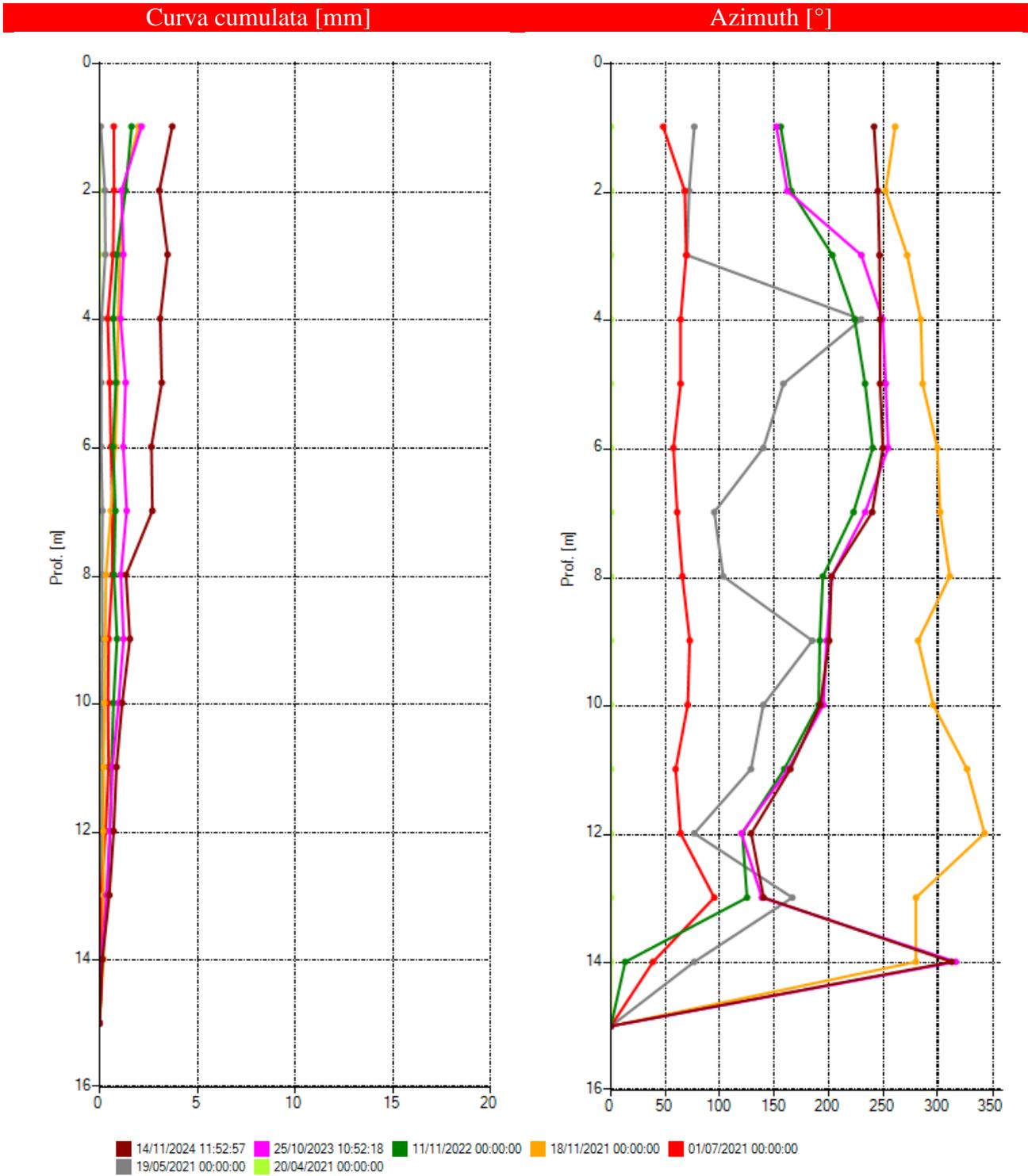
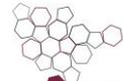
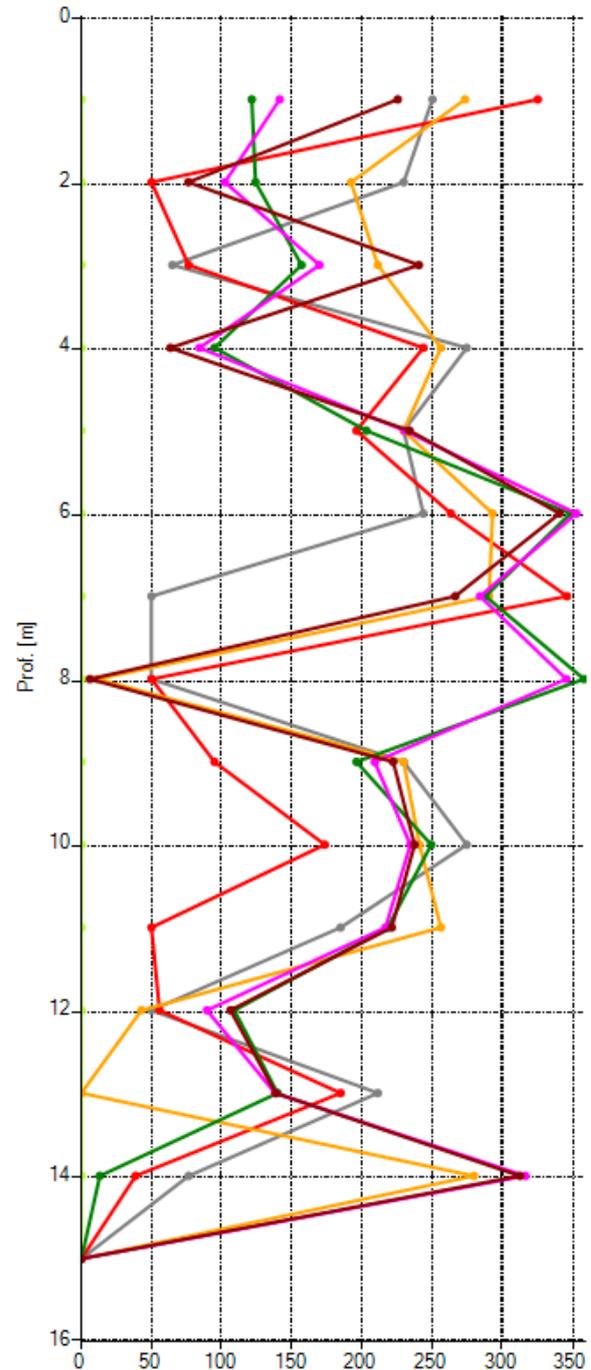
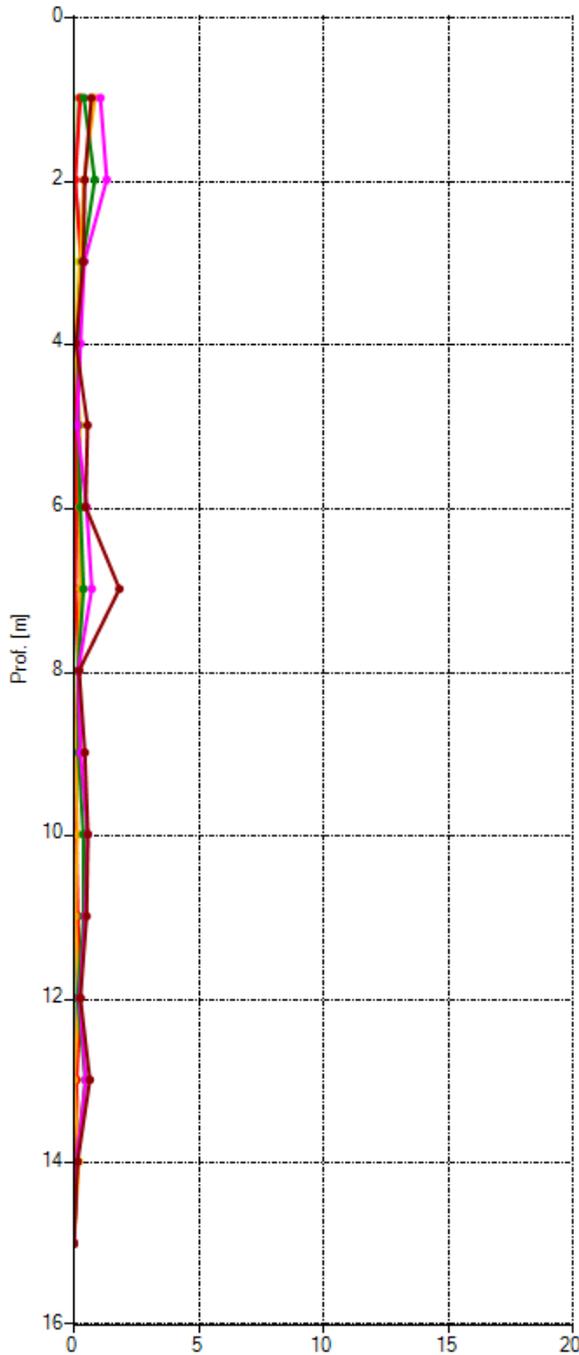


Fig. 20a Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro IN_01



Variation local inclination [mm]

Azimuth [°]



■ 14/11/2024 11:52:57 ■ 25/10/2023 10:52:18 ■ 11/11/2022 00:00:00 ■ 18/11/2021 00:00:00 ■ 01/07/2021 00:00:00
■ 19/05/2021 00:00:00 ■ 20/04/2021 00:00:00

Fig. 20b - Grafico relativo all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro IN_01

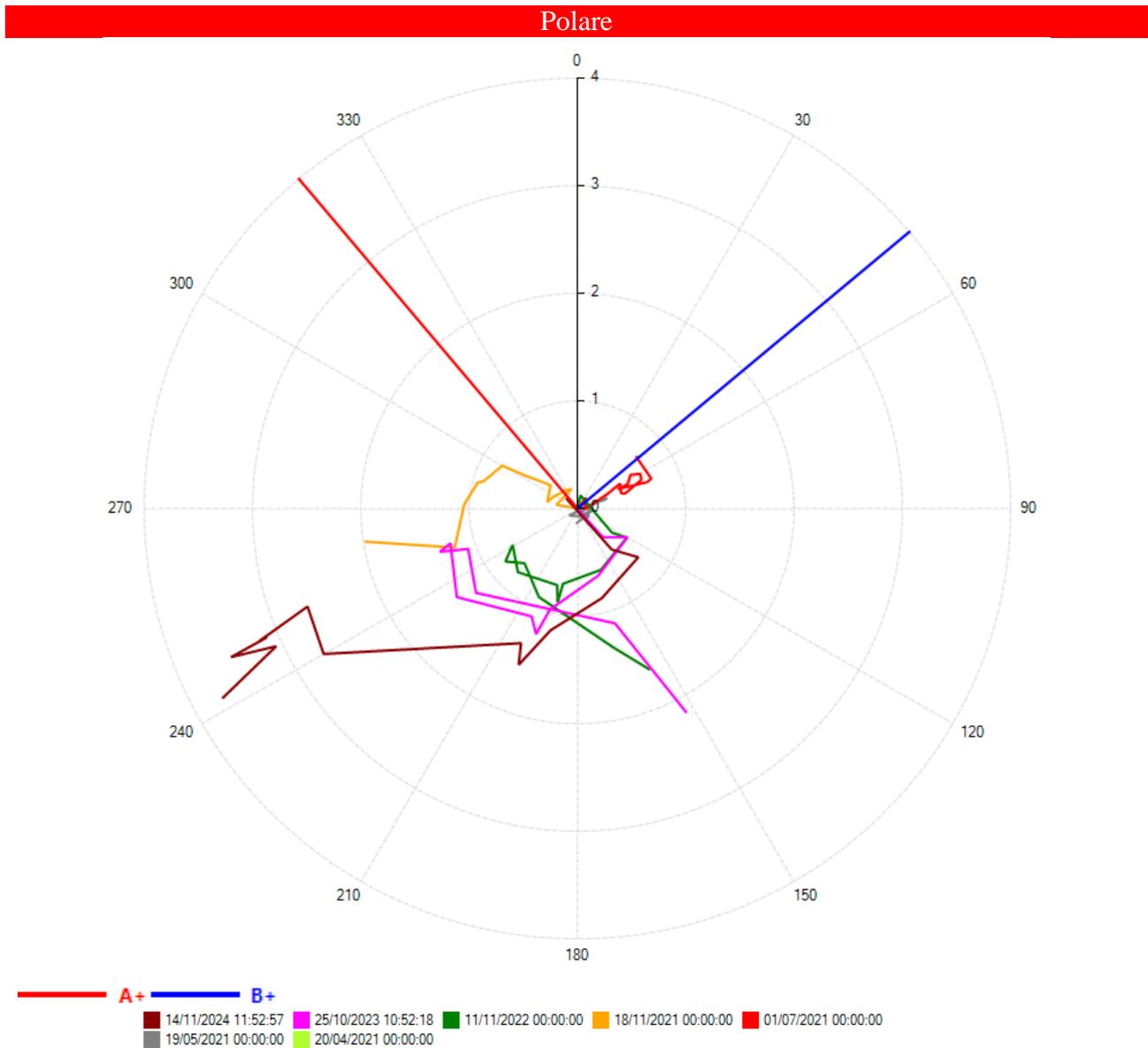


Fig. 21 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro IN_01

Inclinometro IN_02 17 m – parte alta del centro abitato

Grazie all'ultima lettura è stato possibile individuare uno spostamento totale di circa 5.3 mm a testa tubo sul differenziale integrale. Lo spostamento locale massimo risulta pari a 1 mm a -12 metri da p.c. con un incremento di oltre 1 mm rispetto alla lettura precedente (Figg. 22 e 23). Il diagramma polare indica una direzione di spostamento verso ESE compatibile con l'esposizione del versante.

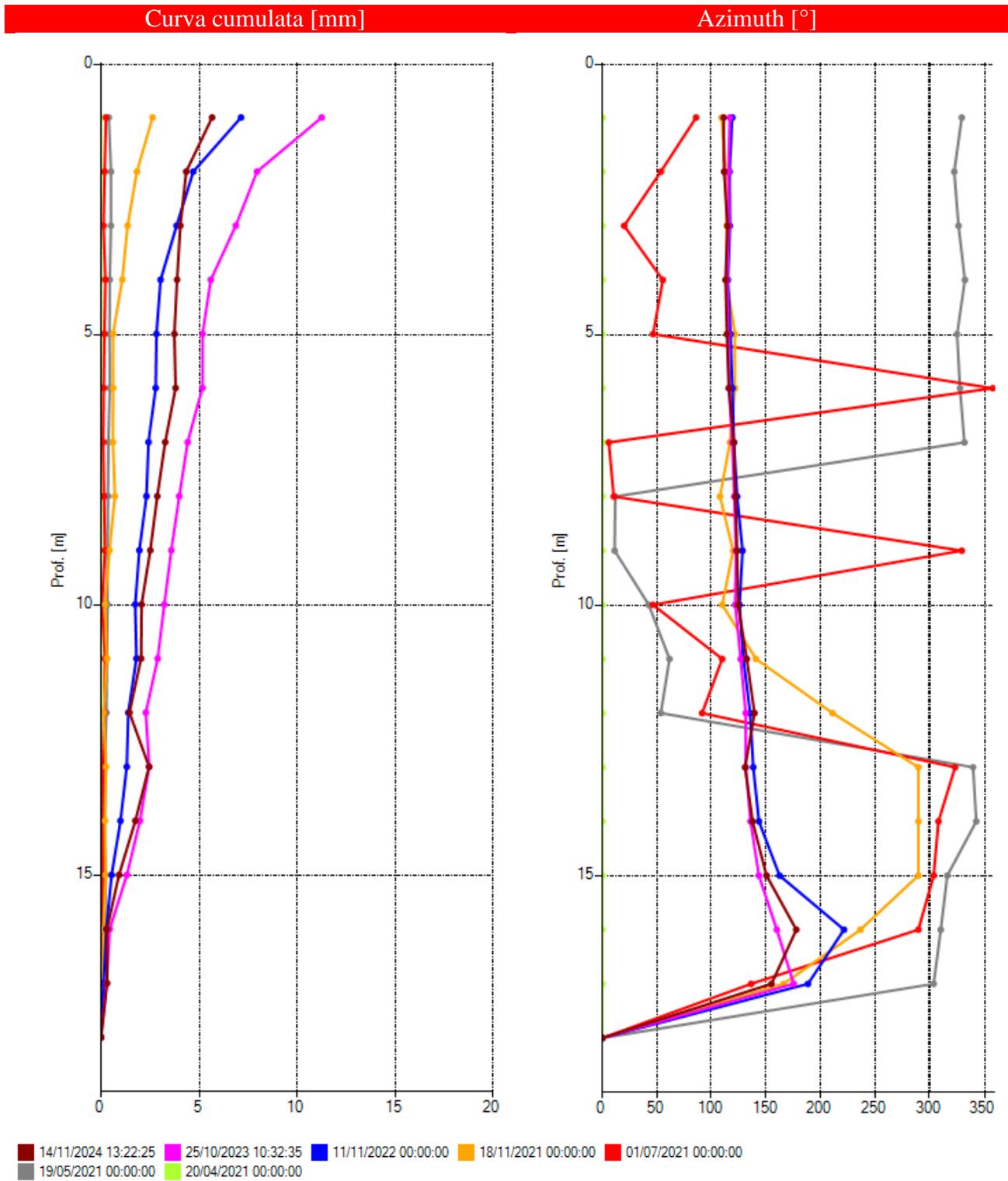


Fig. 22a - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro IN_02

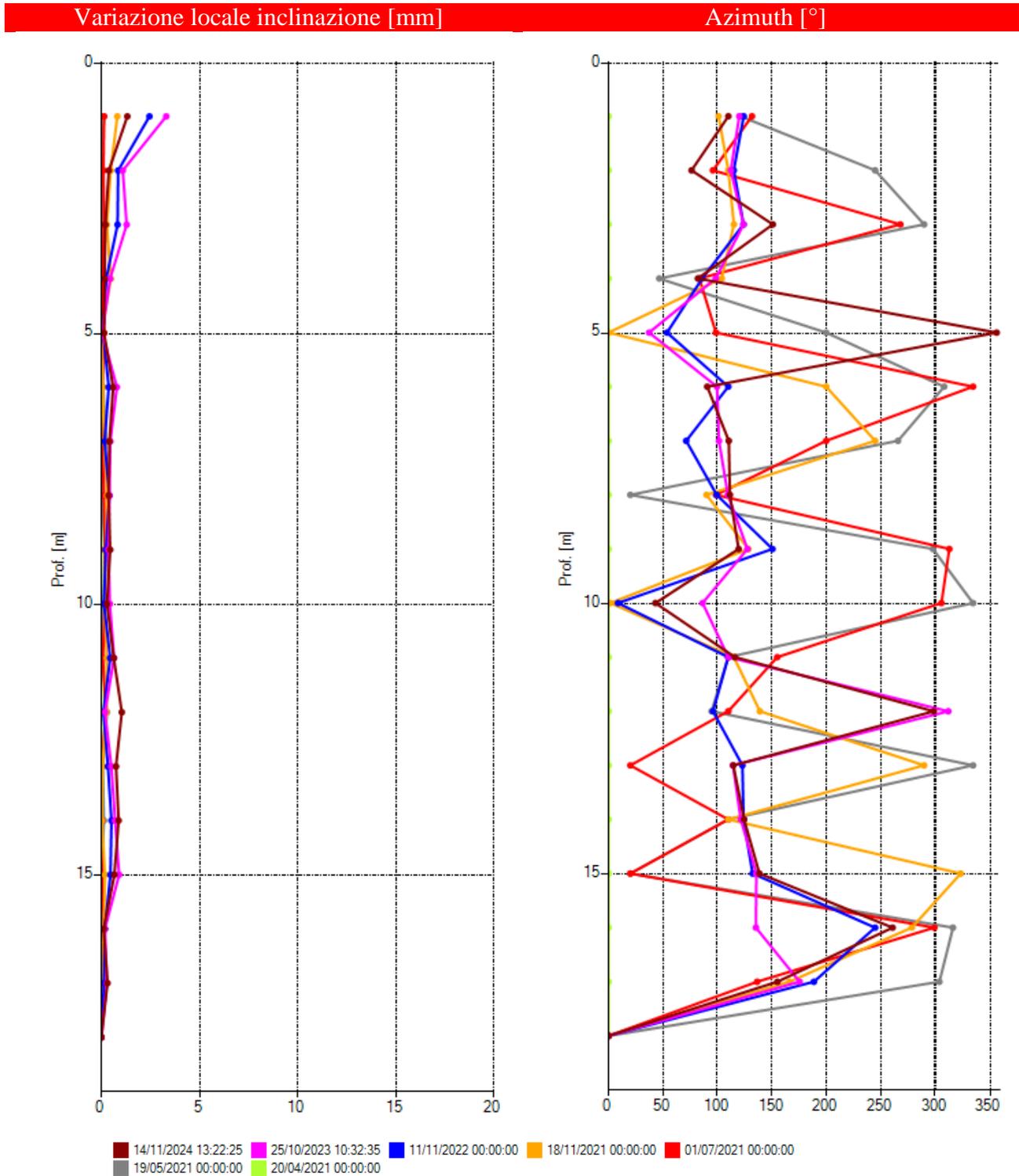


Fig. 22b - Grafico relativo all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro IN_02

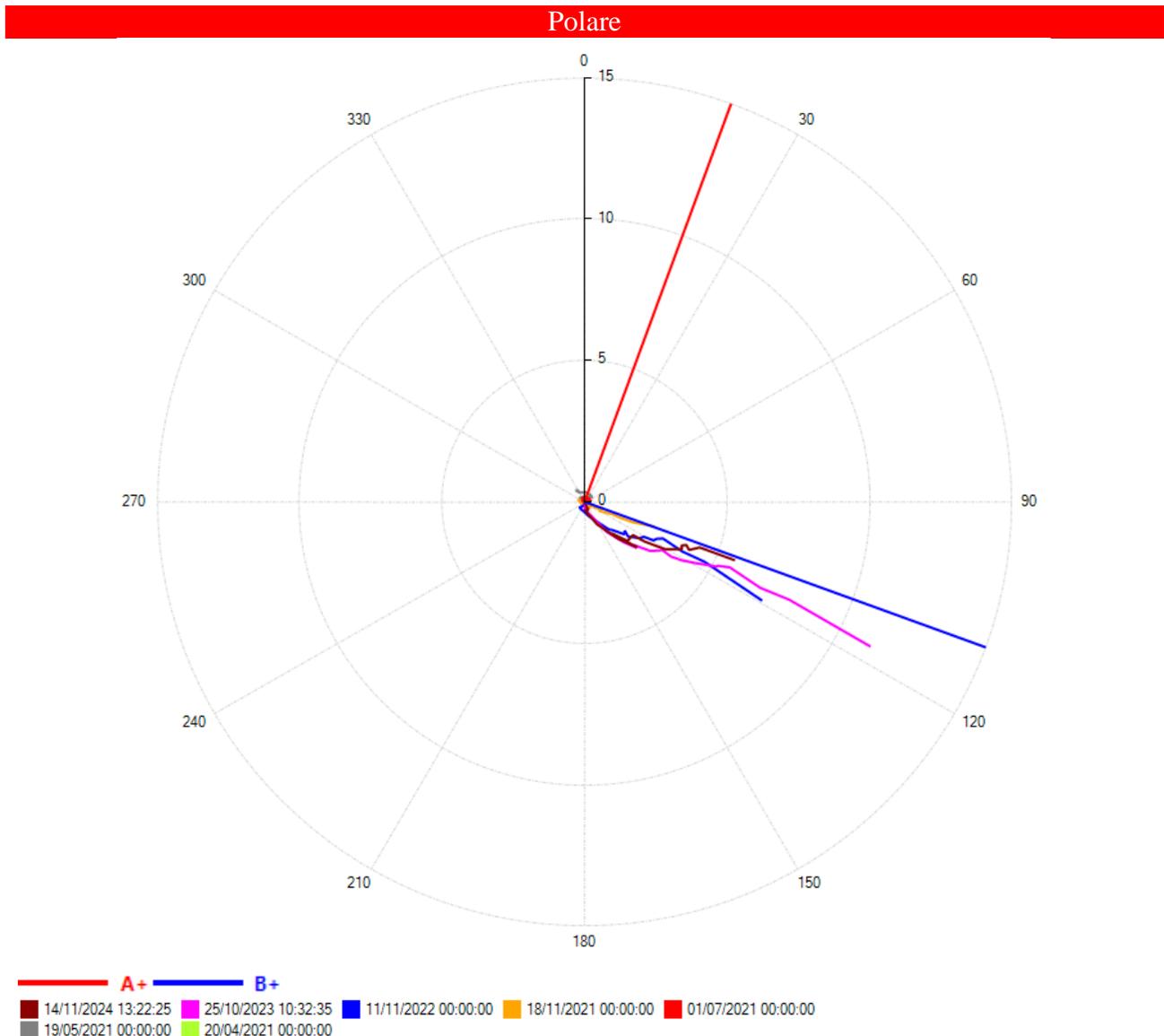


Fig. 23 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro IN_02.

Inclinometro IN_03 20 m – parte centrale dell'abitato

Dall'elaborazione delle prime letture di esercizio risulta evidente, rispetto alle letture precedenti, uno spostamento concentrato nella fascia 13-15 m di profondità, con un picco di circa 4.6 mm rispetto all'ultima lettura a -14 m da p.c. (differenziale locale). Ciò nonostante, la risultante sul differenziale integrale indica uno spostamento totale di 5.5 mm a testa tubo con incremento al di sotto della sensibilità strumentale rispetto ai dati del 2023: da tale lettura era risultato infatti che le deformazioni erano equamente distribuite lungo tutta la verticale. Sul diagramma polare sembra possibile identificare una direzione dello spostamento verso NW (Figg. 24 e 25).

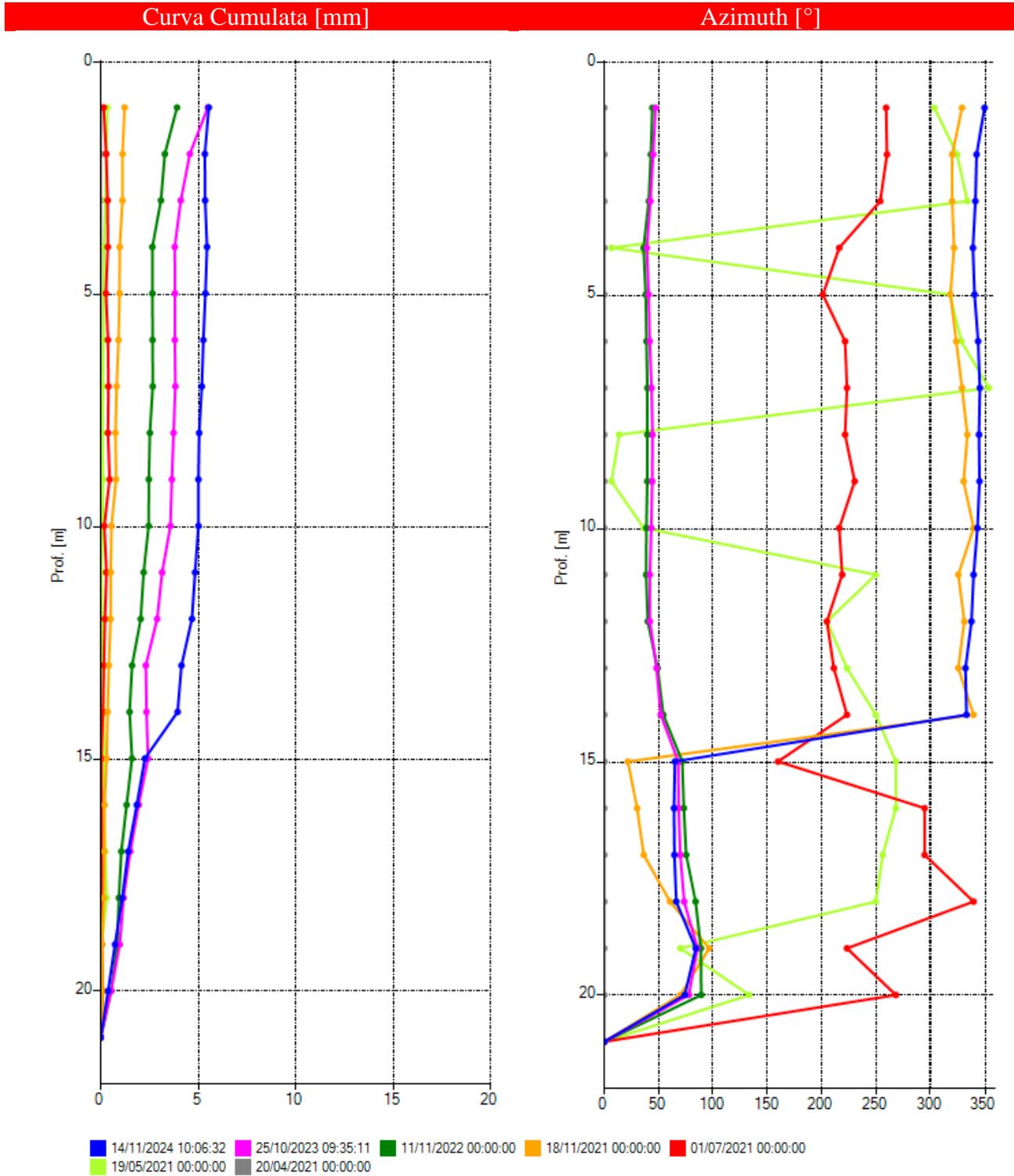


Fig. 24a - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro IN_03

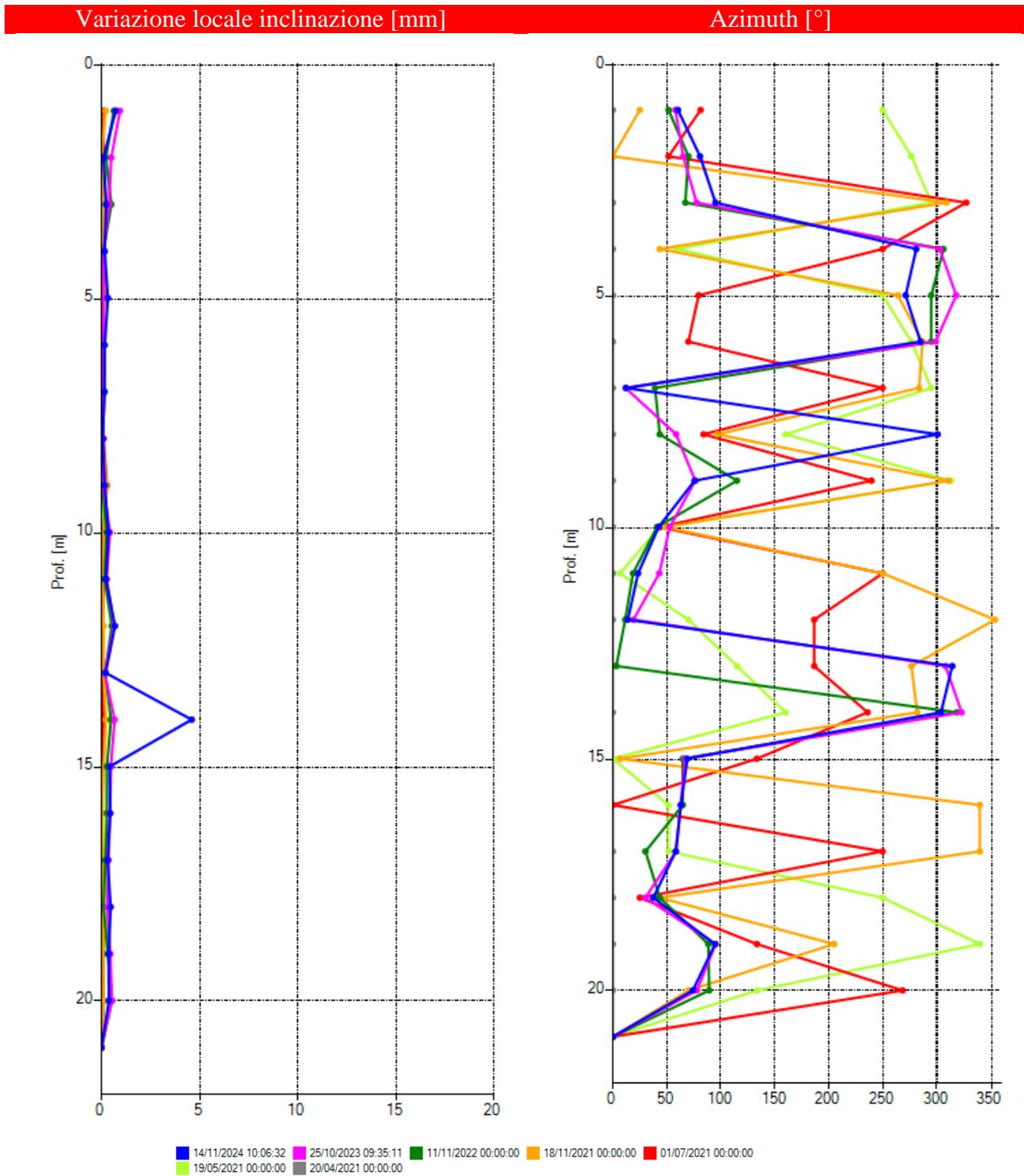


Fig. 24b - Grafico relativo all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro IN_03

Polare

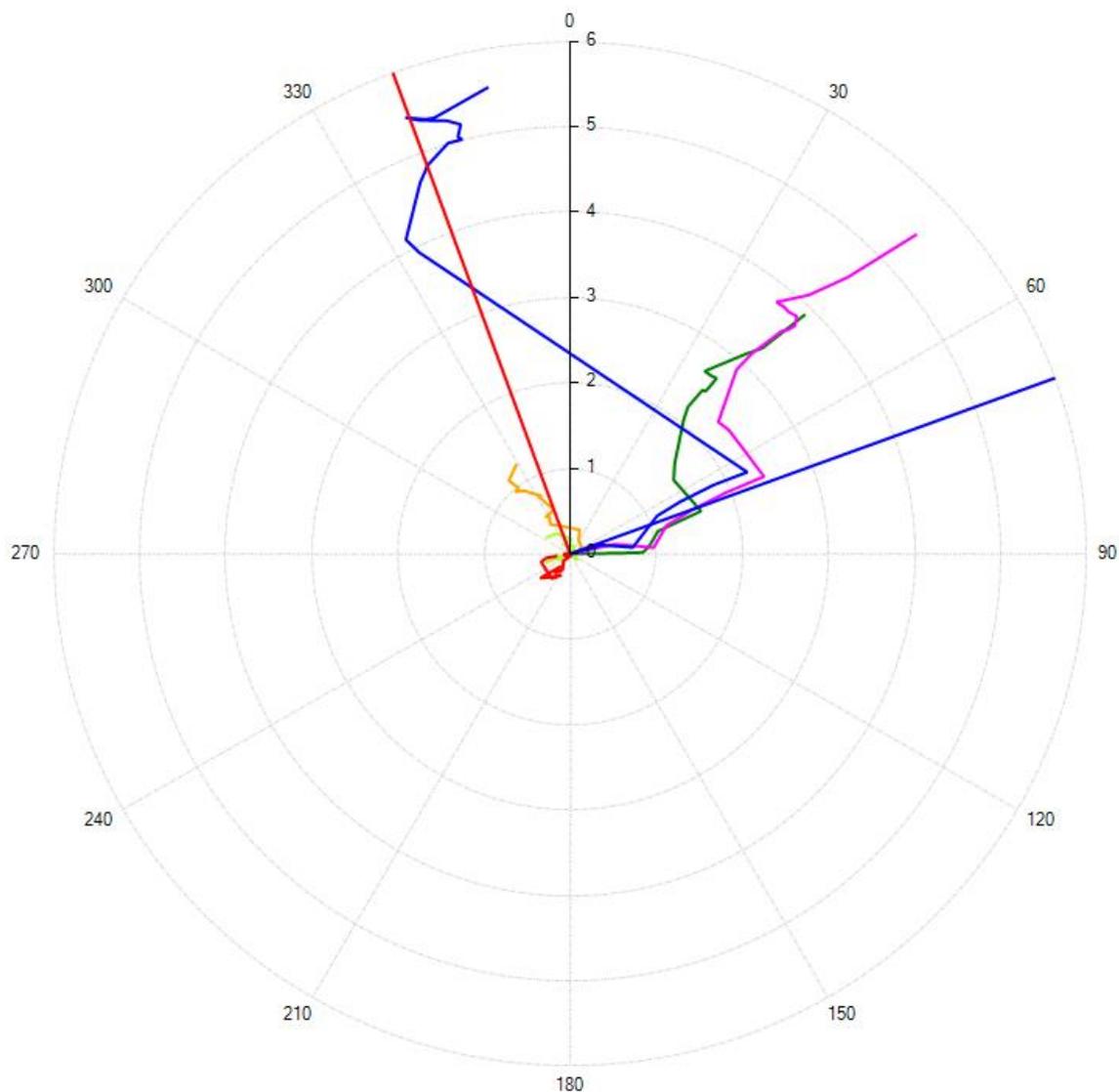


Fig. 25 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro IN_03

Inclinometro IN_04 14 m – parte centrale dell'abitato

L'elaborazione della lettura 2024 ha evidenziato uno spostamento di circa 19.5 mm a testa tubo con incremento di circa 15 mm rispetto al 2023. Per quanto riguarda il differenziale locale si riscontra alla profondità -10 metri uno spostamento dell'ordine di 18 mm (incremento di circa 16 mm rispetto al 2023). La lettura 2024 suggerisce una direzione di spostamento verso NNW (Figg. 26 e 27).

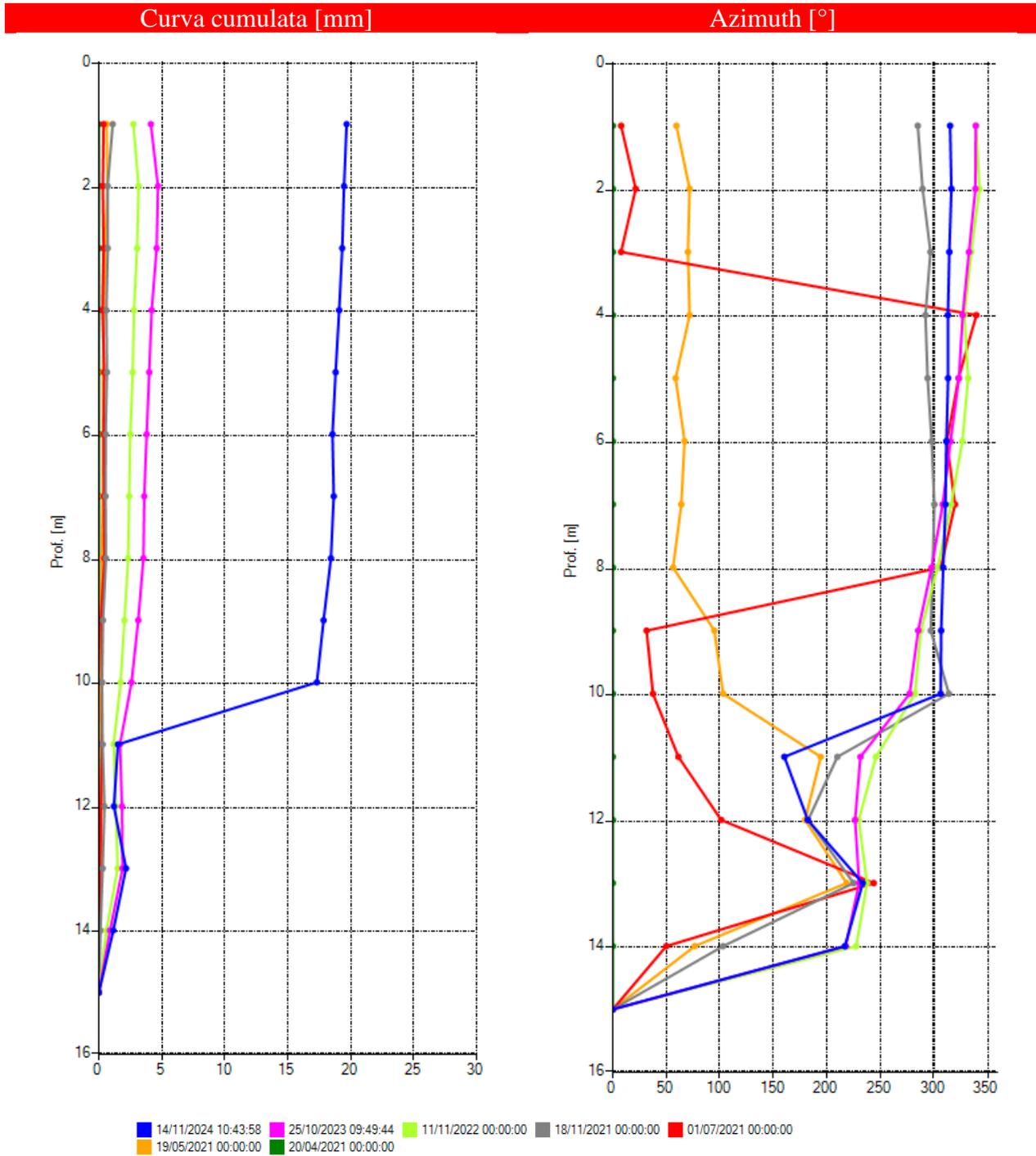


Fig. 26a - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro IN_04



Variazione locale inclinazione [mm]

Azimuth [°]

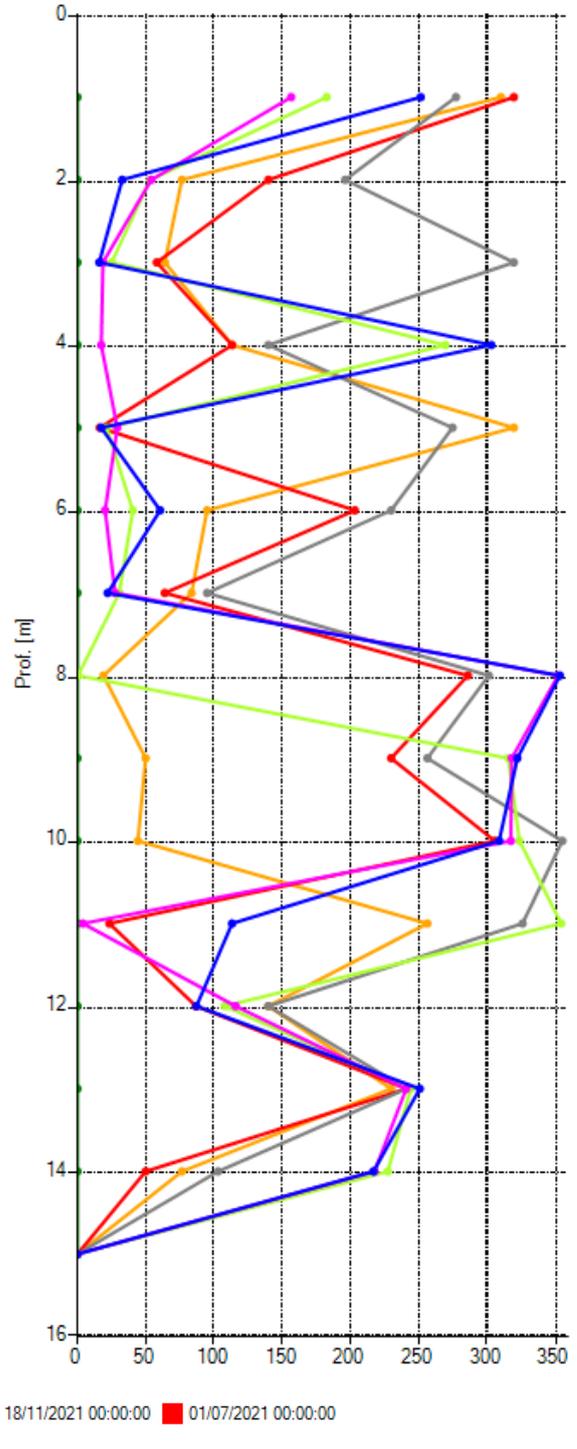
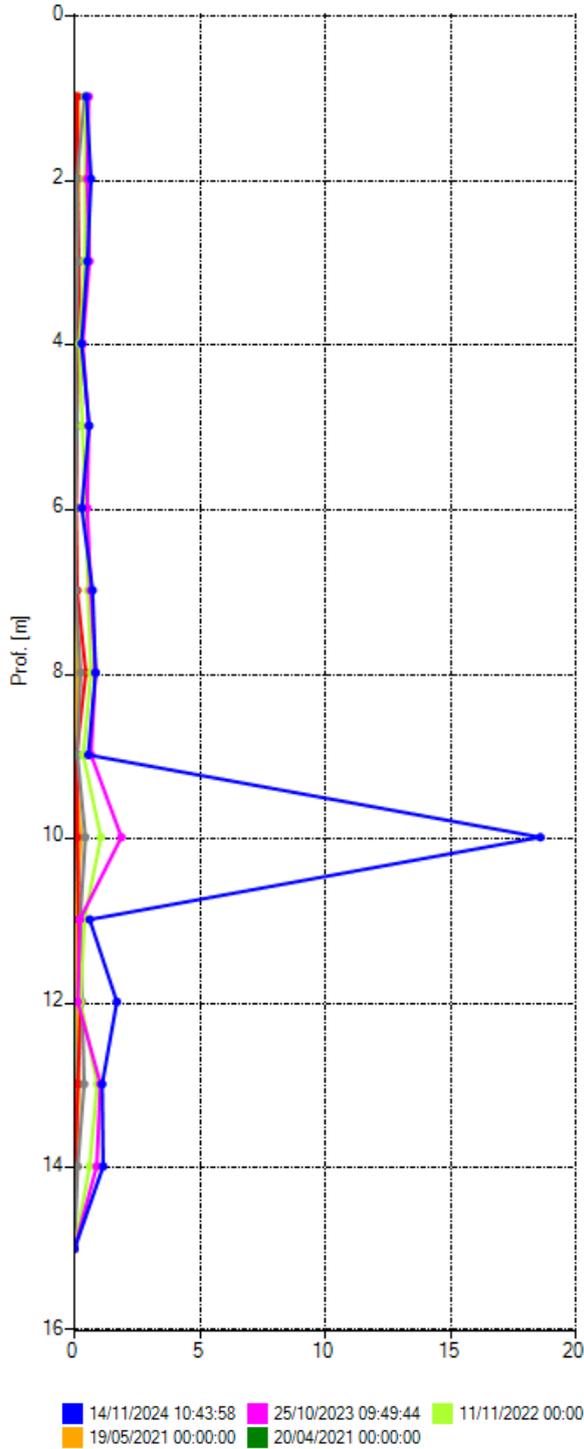


Fig. 26b - Grafico relativo all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro IN_04

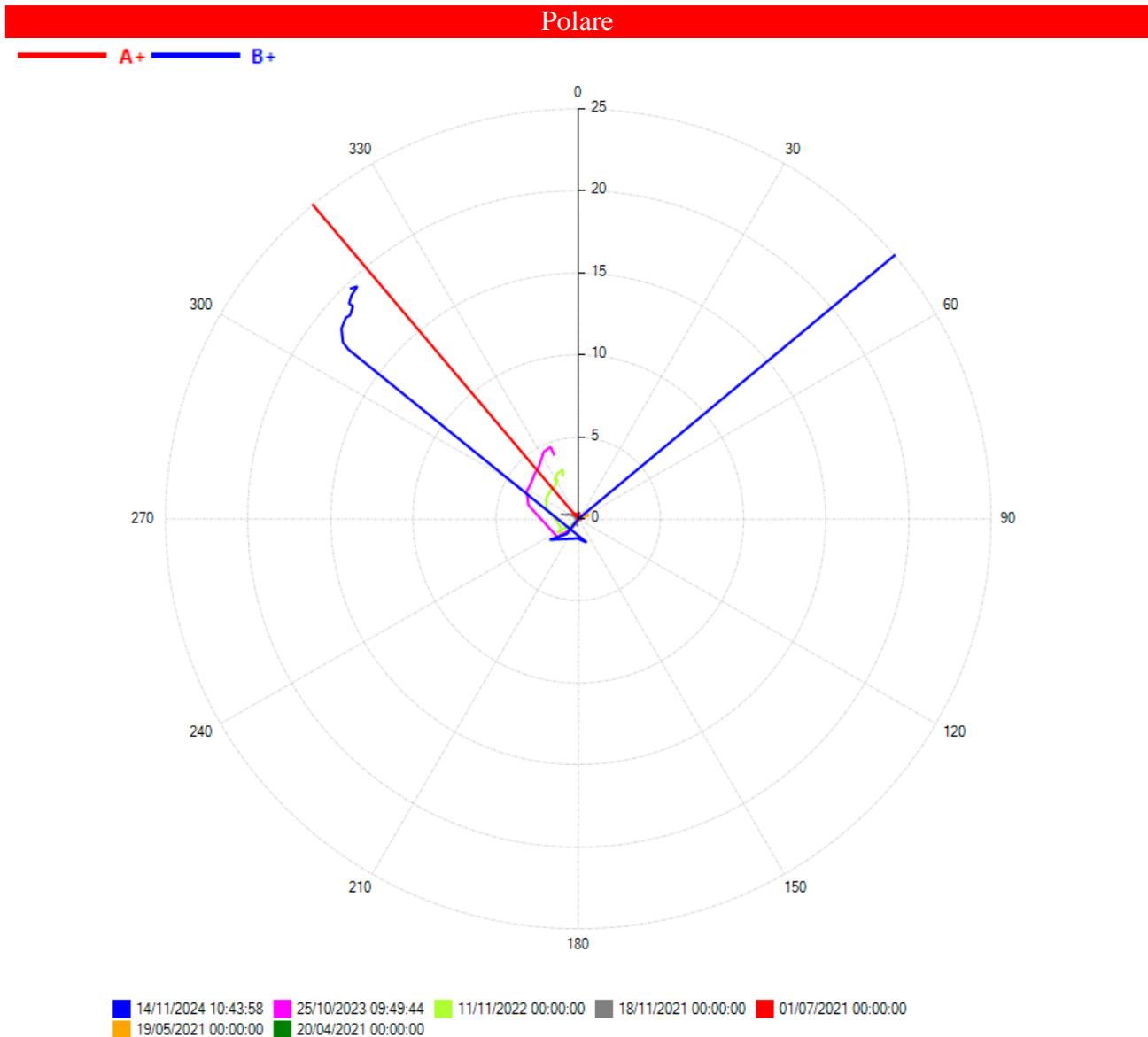


Fig. 27 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro IN_04

Inclinometro IN_05 15 m – parte alta del centro abitato

Dall'elaborazione della lettura di esercizio 2024, sul differenziale integrale emerge uno spostamento corrispondente a circa 16 mm a testa tubo, con incremento di circa 2 mm dal 2023 considerando come riferimento la profondità di -2 m da p.c.. Il differenziale locale evidenzia valori di deformazione pari a 3.3 mm alla quota di circa -13 m da p.c., con incremento di circa 2 mm rispetto alla lettura precedente. Sul diagramma polare ad oggi la componente dello spostamento risulta essere NW in linea con la lettura 2023 (Figg. 28 e 29).

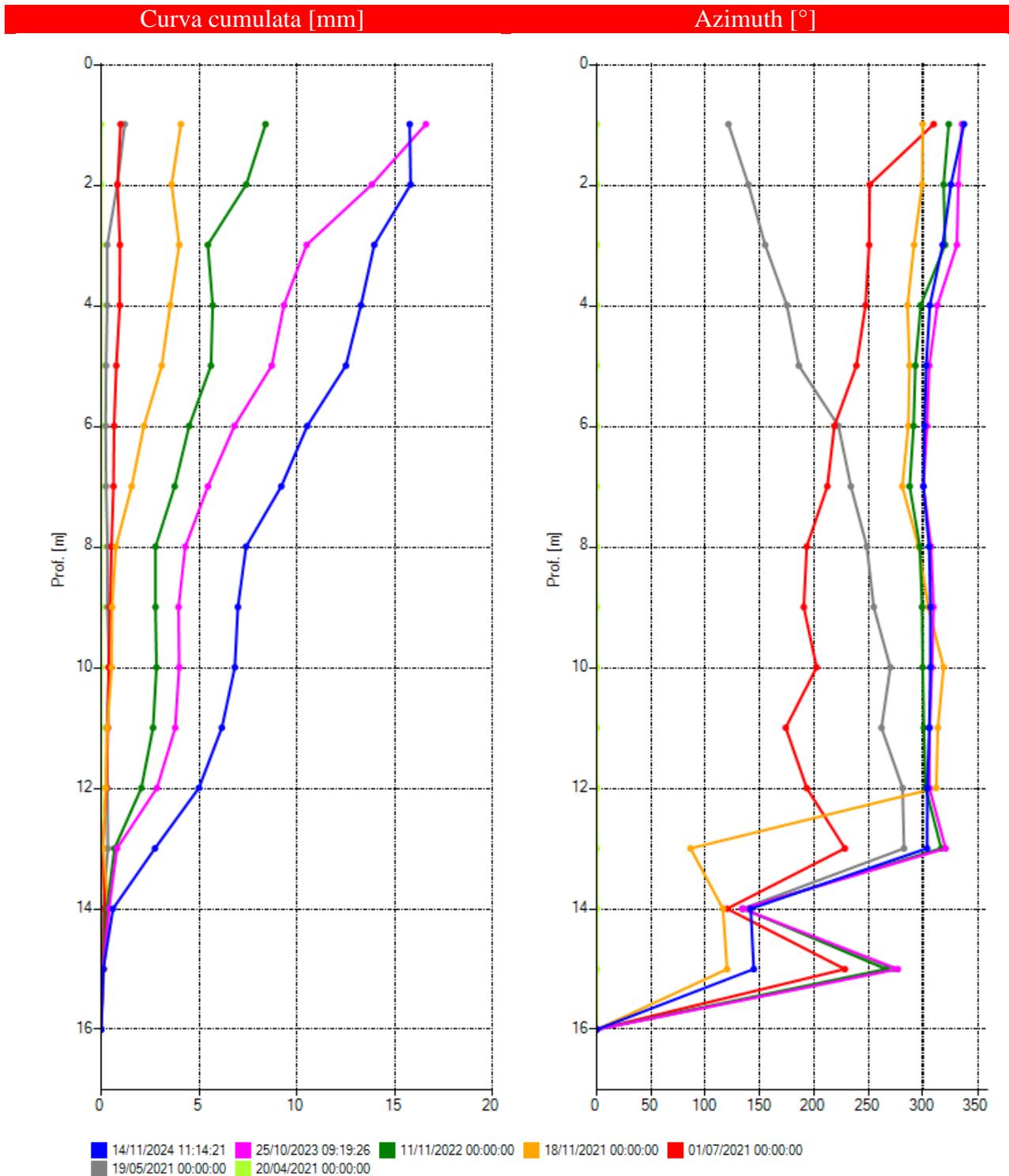


Fig. 28a - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro IN_05

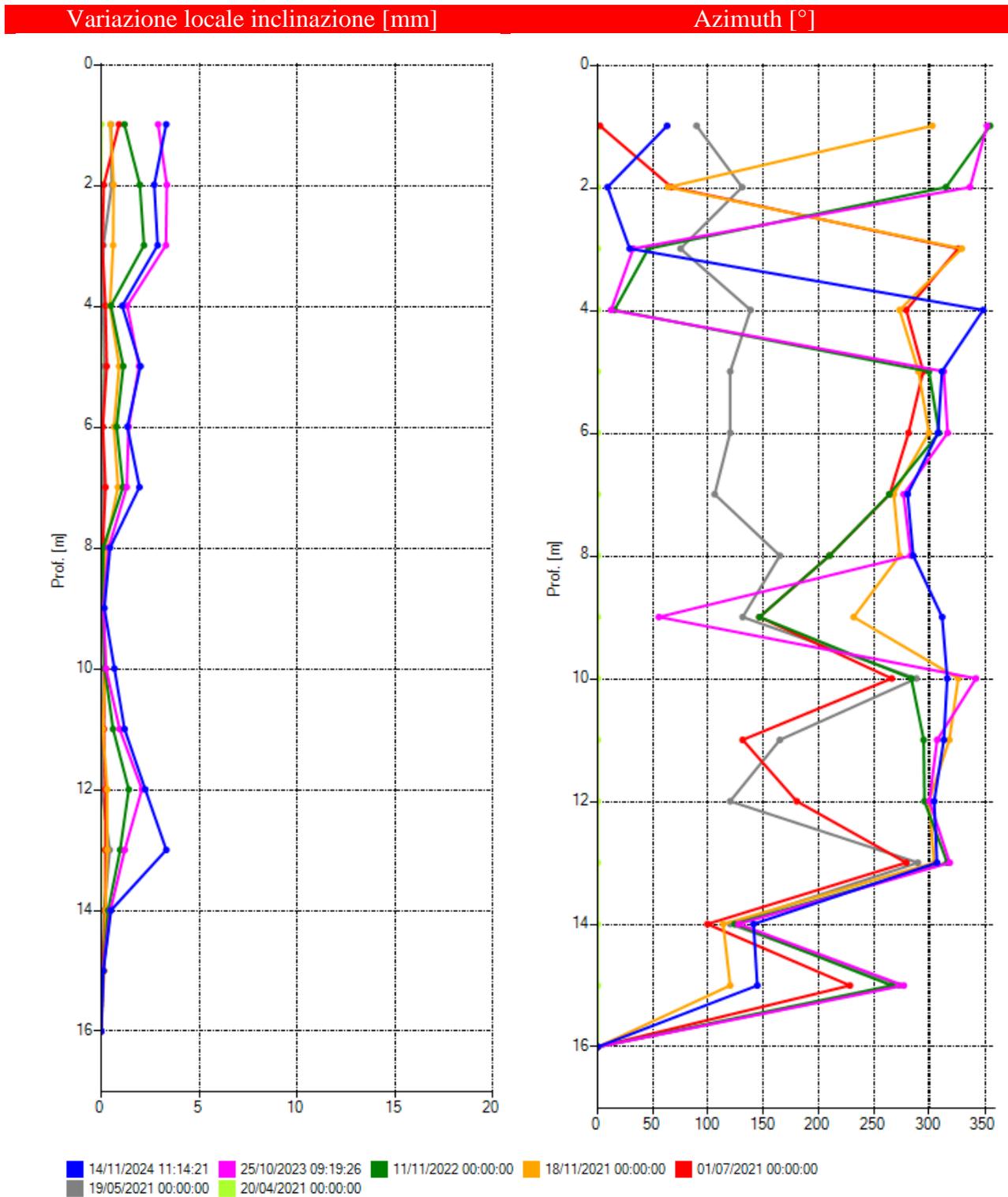


Fig. 28b - Grafico relativo all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro IN_05

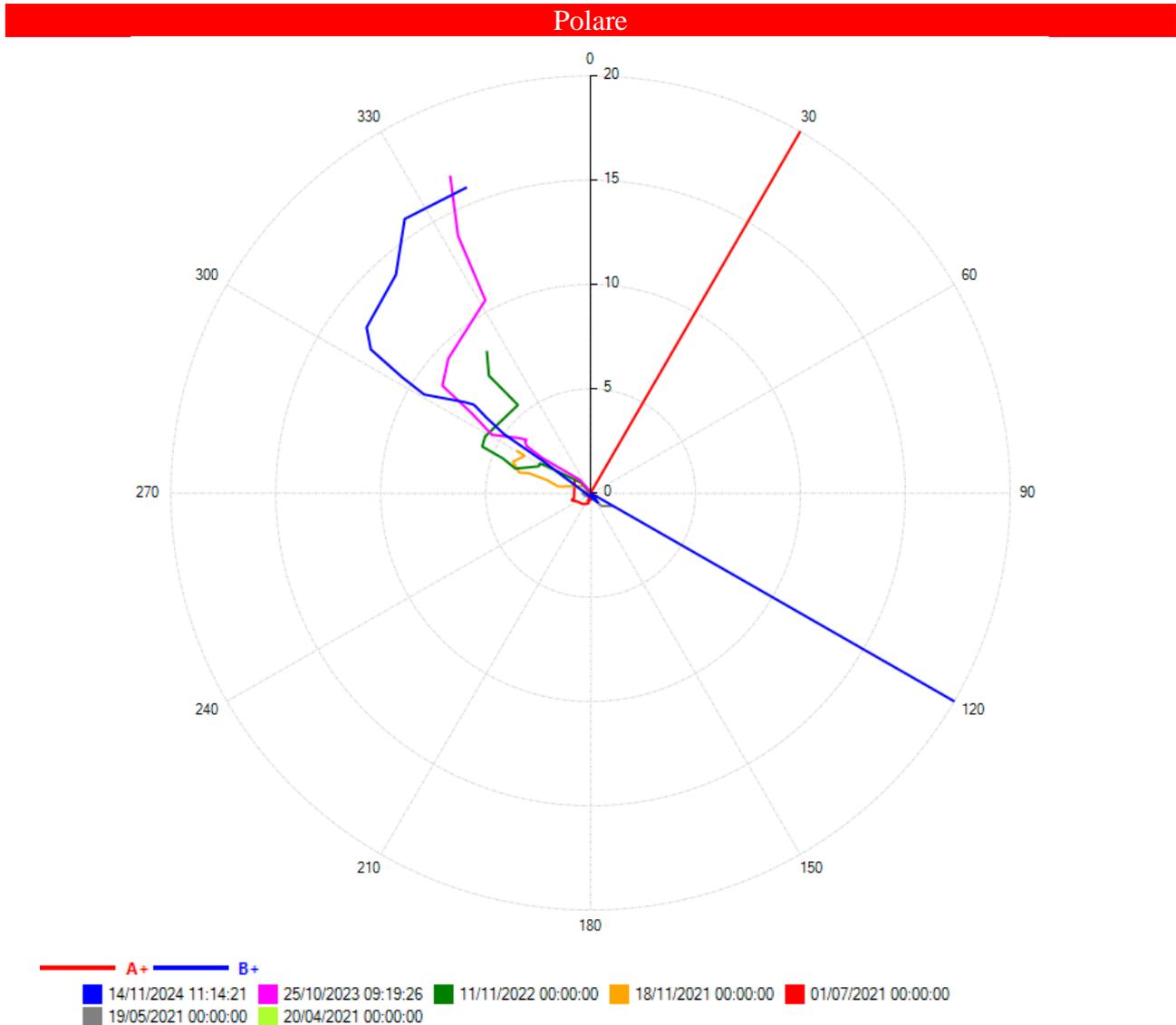


Fig. 29 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro IN_05

Inclinometro IN_06 29,0 m – parte centrale dell'abitato

Dall'elaborazione della lettura di esercizio non emerge alcun movimento significativo in atto nella porzione di versante indagata. La risultante sul differenziale integrale evidenzia uno spostamento pari a 10 mm in testa tubo come l'anno precedente. Tale elaborazione è confermata anche dal differenziale locale dove gli spostamenti osservabili non identificano una superficie di scivolamento ben definita, bensì fasce più o meno deformate con valori di spostamento locale di circa 3 mm da fondo foro fino a circa 6-7 m di profondità. Sul diagramma polare ad oggi la componente dello spostamento risulta essere SSW, ma non essendo chiara la presenza di una

superficie di scivolamento si rimanda alle prossime letture la determinazione della componente principale della deformazione (Figg. 30 e 31).

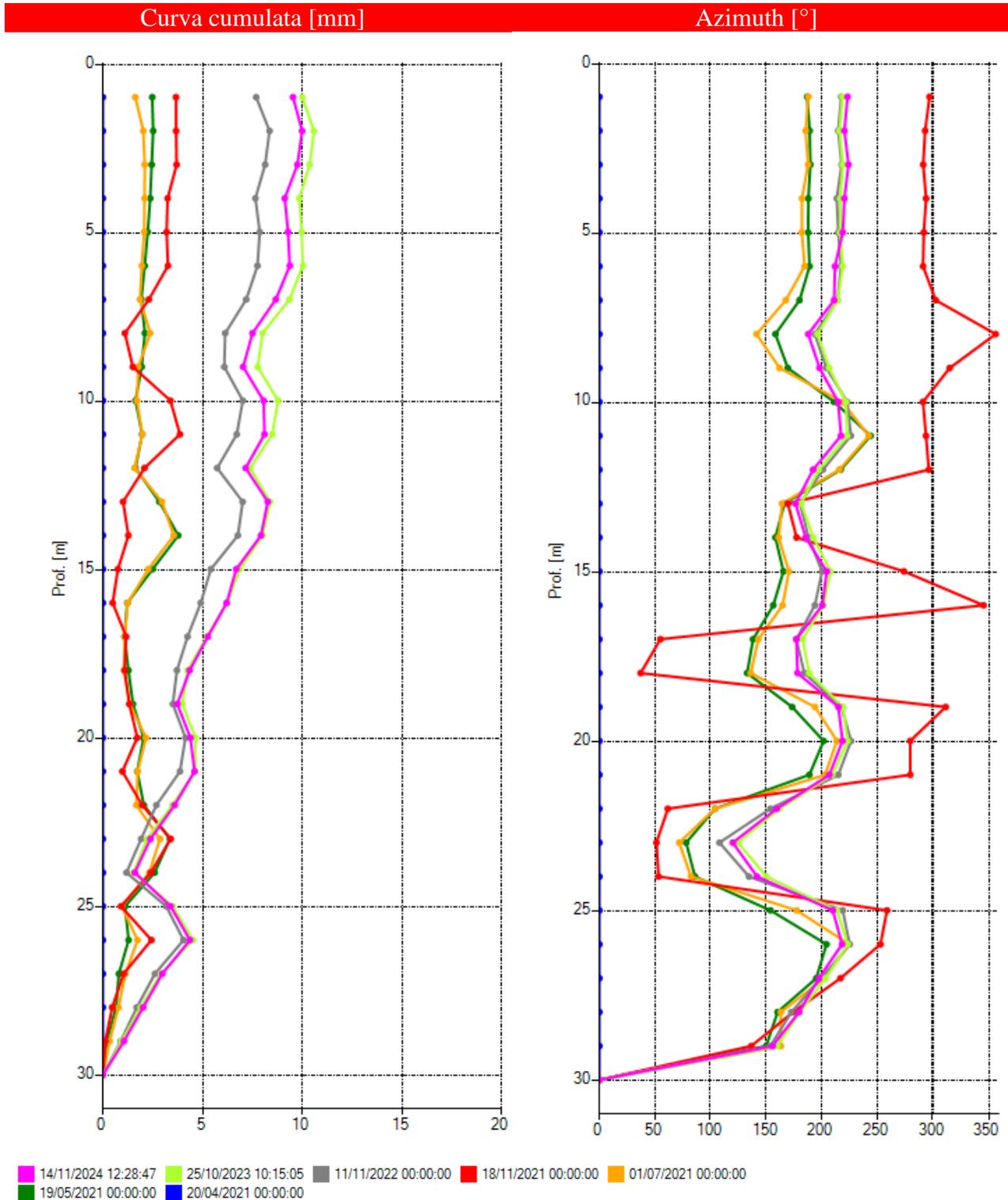


Fig. 30a - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro IN_06

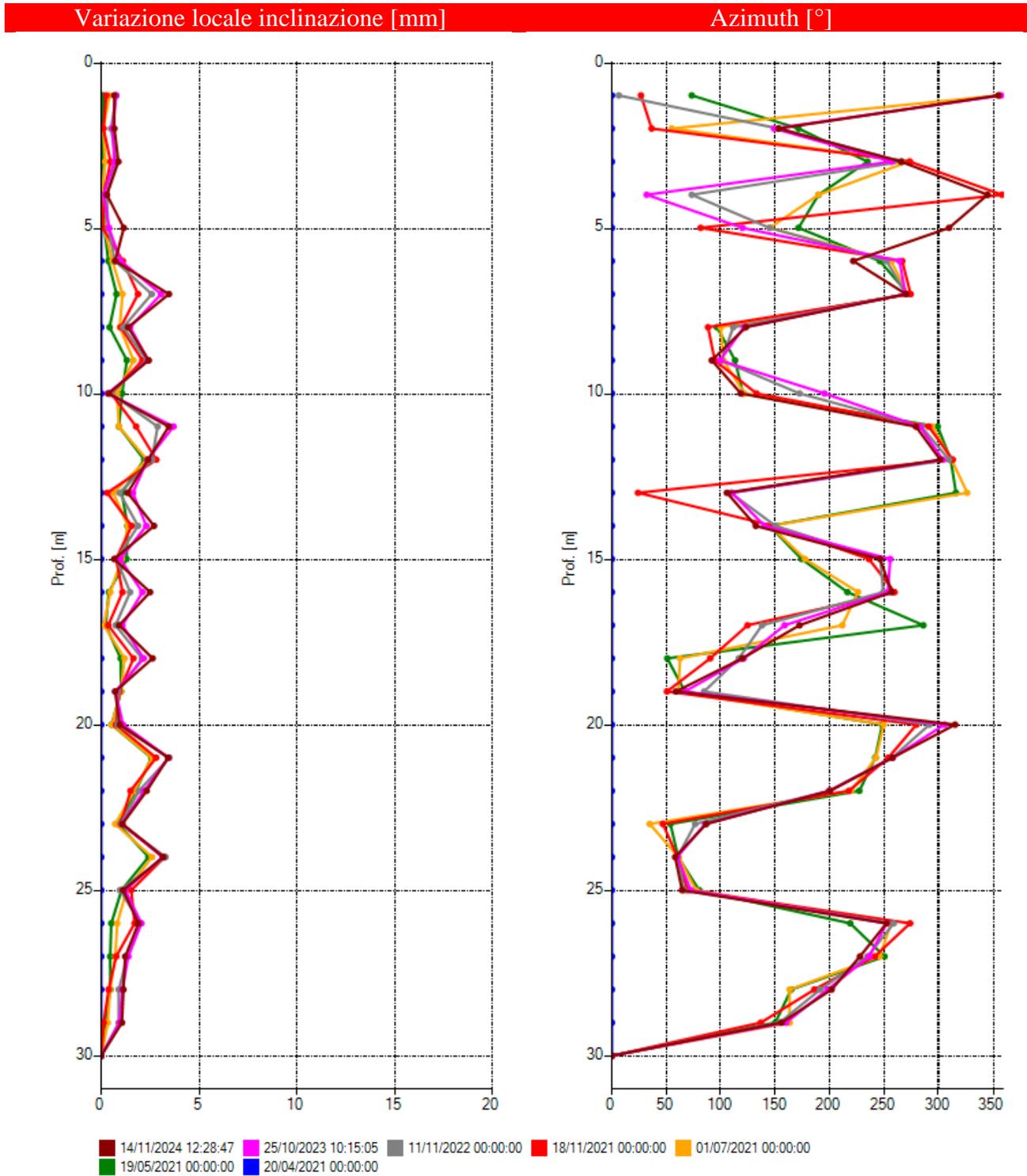


Fig. 30b - Grafico relativo all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro IN_06.

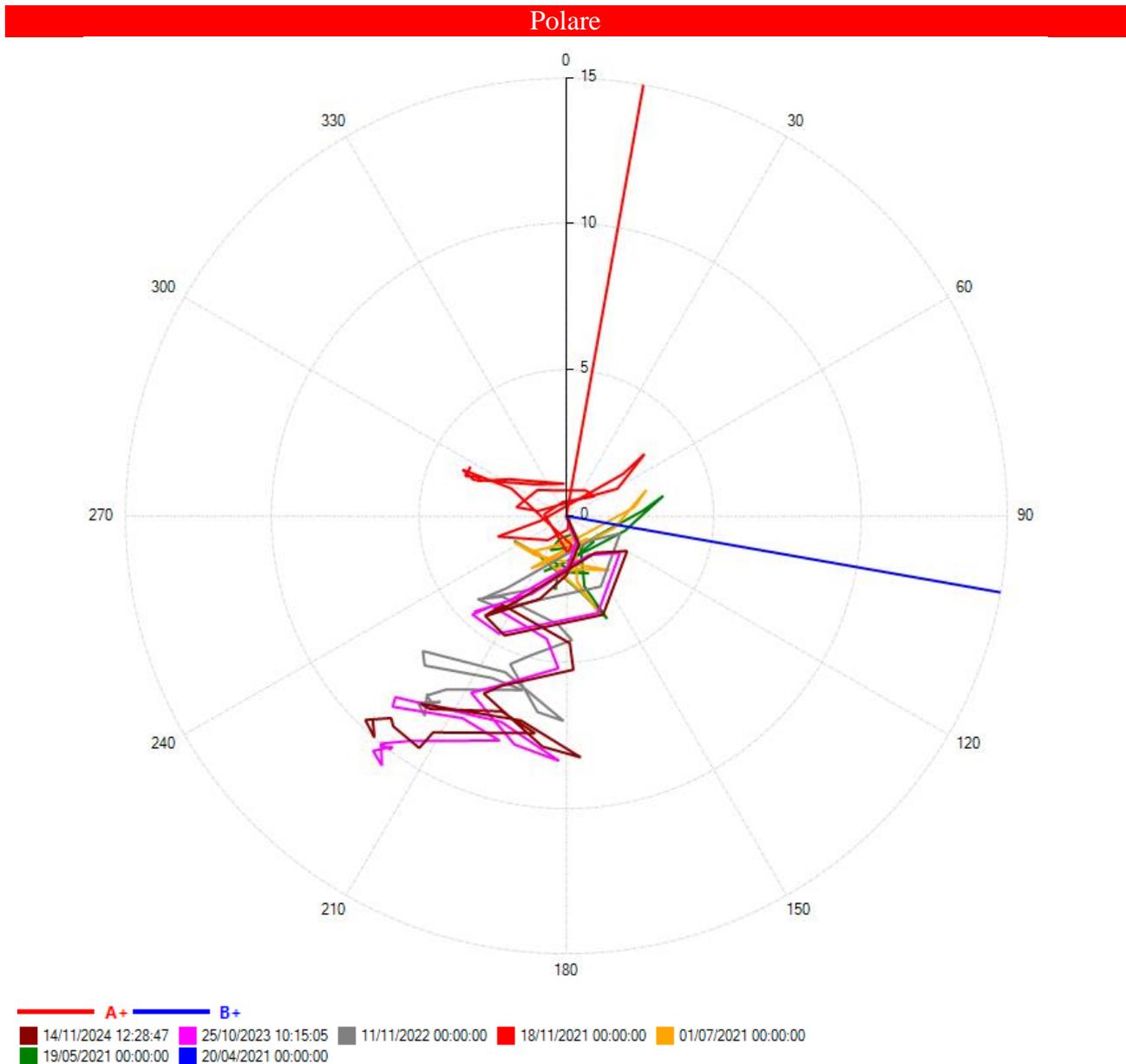


Fig. 31 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro IN_06.

6. Conclusioni

Entrando nel merito del cinematismo del pendio di Montaldo, si è potuto osservare come il movimento della frana si sia sviluppato ad intermittenza con periodi di quiescenza intervallati da periodi di attività durante il monitoraggio effettuato.

Per quanto riguarda l'influenza che può avere la presenza di una falda nel sottosuolo, si osserva che l'accumulo franoso nella zona di monte presenta una zona insatura potente circa 12 m, rappresentata dalla coltre detritica, ed una zona satura sottostante in cui i livelli piezometrici registrati

da S10 a 12 e 16 m rappresenterebbero rispettivamente la massima escursione di un sottile livello acquifero in coltre e una circolazione più profonda in roccia. Nella zona di valle l'escursione si attesta tra 8 e 10 m di profondità (S8), al limite del contatto coltre-basamento, mentre la zona centrale risulta sempre pressoché satura fino al piano campagna con un livello piezometrico che si localizza a circa 2-3 m di profondità registrati da S9, S5 e S2 (Fig. 35).

I livelli misurati nella zona di valle e di monte presentano quindi una leggera escursione attorno alla profondità della superficie di scollamento, mentre nella zona centrale la coltre risulta sempre pressoché satura con la presenza di una falda di versante, che in aggiunta riceve dal basso il contributo profondo della circolazione in roccia: tale circolazione, rilevata anche da S3, sembra infatti essere presente al di sotto di 15 m fino a 25 m.

I segni del dissesto sono visibili anche in superficie: la zona di monte, ove è localizzato MNTD6, è caratterizzata da affioramenti di arenarie (Fig.36) in bancate massicce, talora fratturate con discontinuità beanti e da una coltre superficiale in evidente scollamento dal substrato (Fig.37). Le bancate arenacee inoltre risultano alterate e in alcuni punti arrotondate dall'erosione superficiale, evidenziando un set di frattura principale pseudo-ortogonale alla direzione del banding sedimentario. Si osservano inoltre grandi blocchi di arenaria che giacciono sul terreno immediatamente a valle della scarpata, denunciando il rischio potenziale di un disgaggio naturale delle bancate.

Considerando i dati del monitoraggio tra il 2008 e il 2017, l'influenza degli eventi meteorici sul versante sembra essere importante; tale parametro può considerarsi una concausa dell'instabilità del versante stesso, insieme alle scadenti qualità geomeccaniche del substrato marnoso, sul quale si imposta un livello costituito da una coltre interessata, nel corpo mediano, dalla presenza di una falda a circa 1-2 m di profondità (a monte e a valle la falda risulta più profonda).

Si osserva inoltre che la risposta agli eventi meteorici e quindi la reattività del sistema franoso risulta più alta nel settore di valle rispetto alla zona centrale e di monte.

Il rapporto tra eventi meteorici e movimenti del versante dal 2008 al 2017 è descritto nei grafici seguenti (Figg.32-33-34):

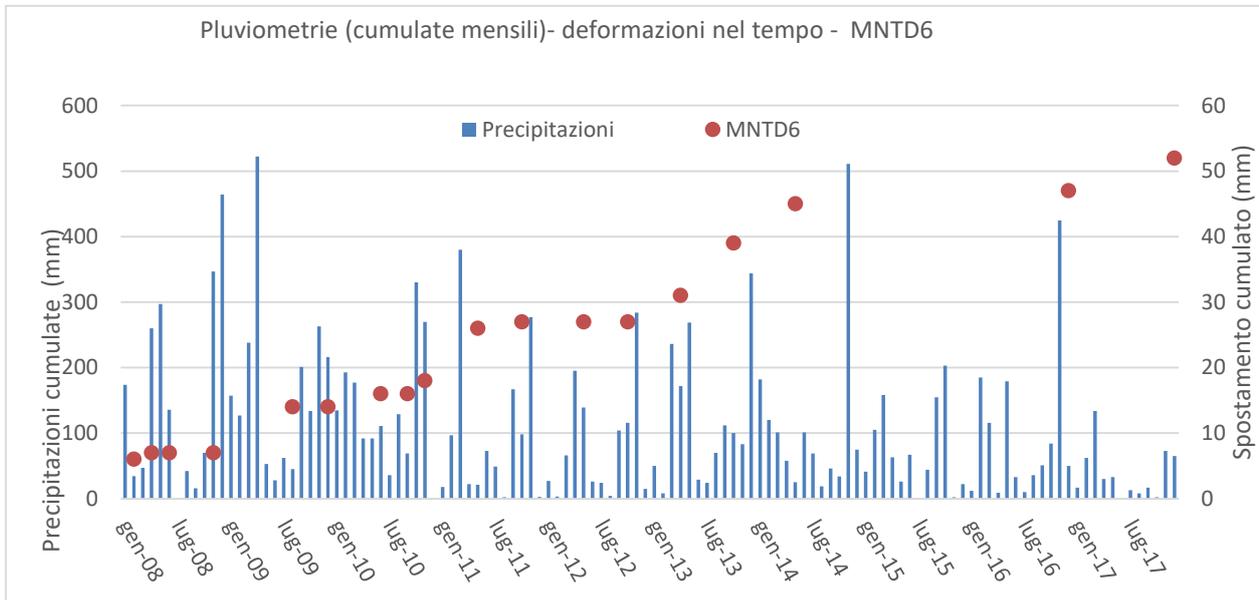


Fig. 32 – Andamento pluviometrico mensile, (stazioni CAIRM e SELSV), letture inclinometriche e ispezioni televisive (telecamera da foro) MNTD4 – periodo 2008-2017

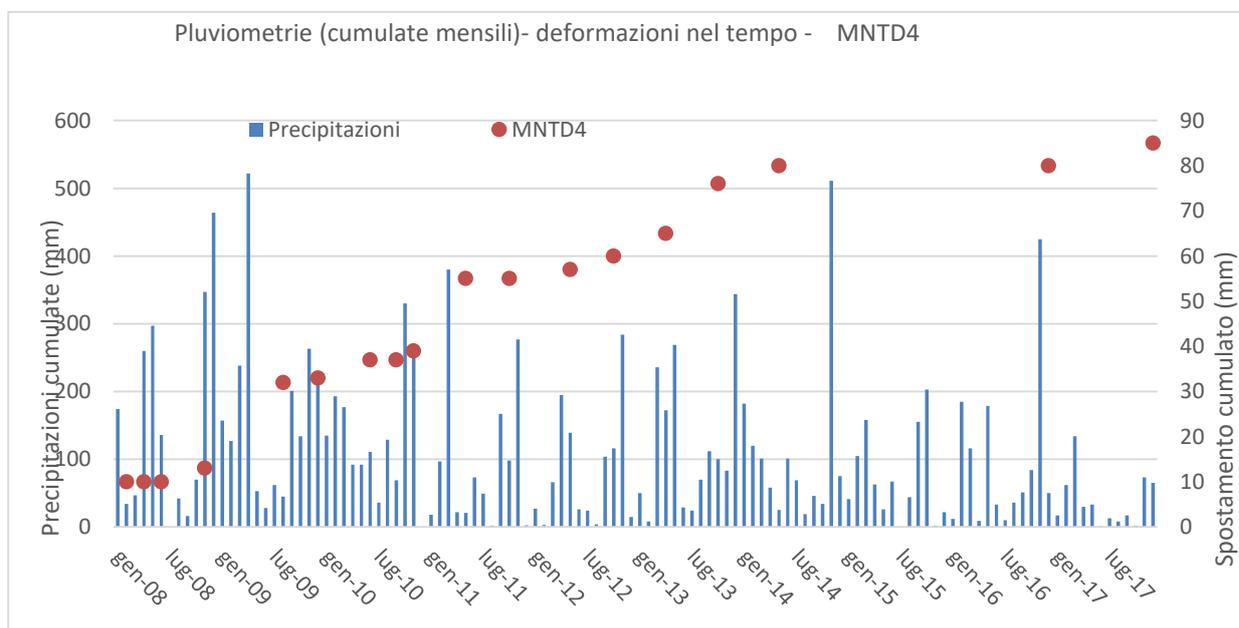


Fig. 33 – Andamento pluviometrico mensile, (stazioni CAIRM e SELSV), letture inclinometriche e ispezioni televisive (telecamera da foro) MNTD6 - periodo 2008-2017

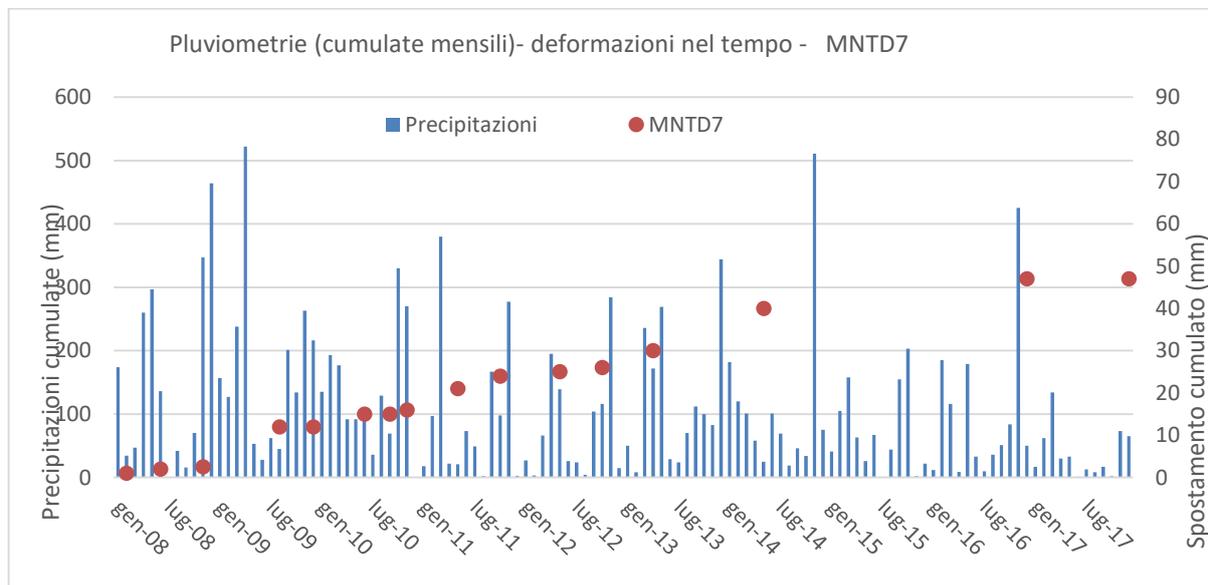


Fig. 34 – Andamento pluviometrico mensile (stazioni CAIRM e SELSV) e letture inclinometriche e ispezioni televisive (telecamera da foro) MNTD7 - periodo 2008-2017

Le stratigrafie contenute nella relazione *“Studi e indagini sul movimento franoso interessante la località di Montaldo”* (Dott. Geol. Longo e Dossi, 2004) mostrano la presenza di una stratificazione caratterizzata da una coltre detritica, potente circa 8 m, che soggiace su un basamento marnoso-arenaceo. Dall’elaborazione dei dati inclinometrici, risalenti alla prima campagna di sondaggi, si può osservare come le deformazioni si sviluppino lungo un’unica superficie di scollamento, nel tratto di valle rappresentata dalle marne, su cui scorre la sovrastante coltre detritica (profondità 8 m), mentre nel tratto mediano tale superficie di scorrimento si localizza a circa 15 m, interessando ancora le stesse marne sulle quali scorre però un livello alterato di arenarie, potenti 7 m, che “trascina” anche la sovrastante coltre. Le marne quindi assumono la funzione di *“lubrificante”*, essendo naturalmente sensibili alla presenza di una circolazione idrica sotterranea. Nella zona di monte, invece, la superficie di taglio, sempre localizzata alla profondità di 13-15 m, coinvolgerebbe la coltre che scivolerebbe direttamente sul substrato arenaceo.

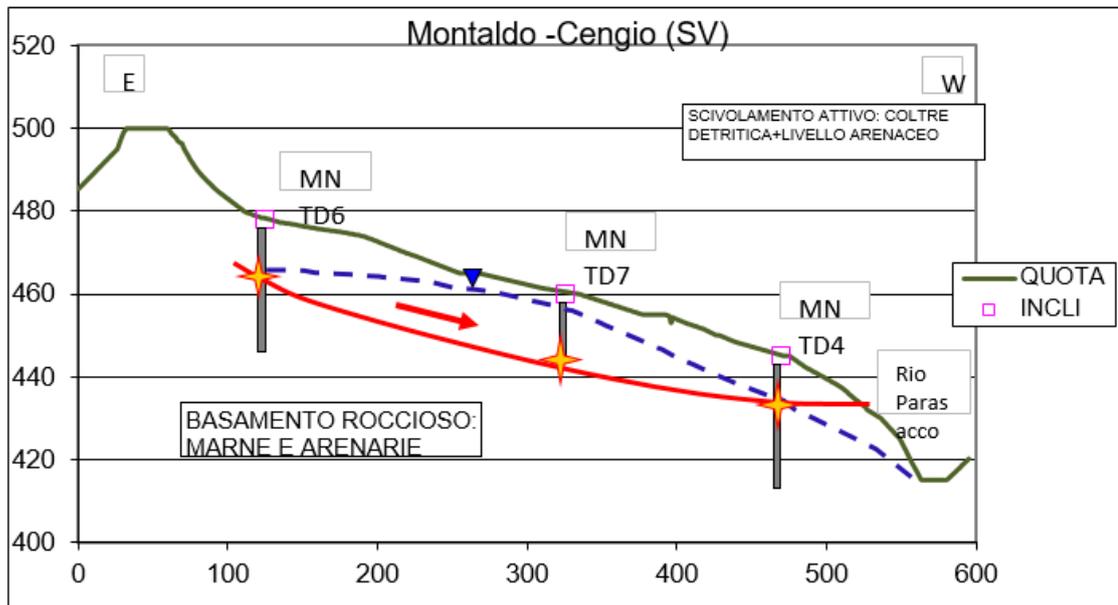


Fig. 35 - Sezione della frana di Montaldo in base alla situazione evidenziata al 2020.

La zona di taglio include la quasi totalità delle deformazioni, confermando che lo scorrimento in direzione W-NW della coltre e del primo livello arenaceo avviene in blocco sul sottostante basamento marnoso. Lo scorrimento nella zona di valle risulta caratterizzato da spostamenti di una certa entità mentre più a monte lo scollamento a 13-15 m di profondità ha fatto osservare un incremento meno evidente. Questo concorda con il fatto che il maggiore spostamento si verifica sulla formazione marnosa e in vicinanza all'asse vallivo che determina la rottura di pendenza.



Fig. 36 - Direzione di movimento (nella zona di valle maggiore che a monte) dell'area in frana su cui sorge l'abitato di Montaldo

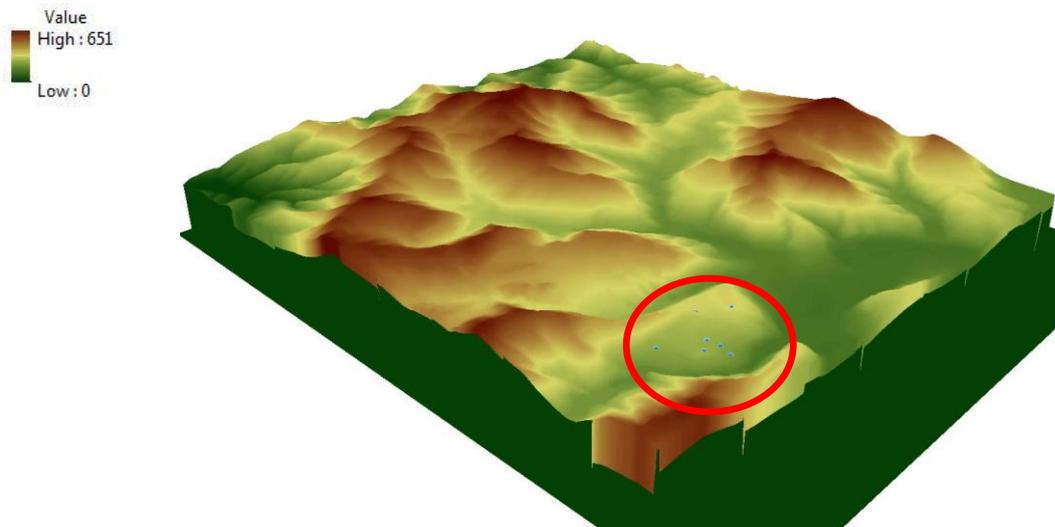


Fig.37 - DTM dell'orografia circostante l'area di Montaldo: si osserva come il pendio sia degradante verso l'asta torrentizia in accordo con la giacitura degli strati del substrato roccioso.

Per quanto concerne le valutazioni sul movimento del versante in tempi recenti (dopo la seconda campagna di sondaggi realizzati nel corso del 2020/2021), non si riscontrano nel complesso indicazioni di modifiche sostanziali nell'evoluzione del versante rispetto al 2022, fatto salvo per IN05 che ha registrato un incremento della cumulata di quasi 10 mm nel 2023 e IN04 che ha mostrato un incremento di circa 15 mm nel 2024, a indicare una deformazione più marcata rispetto alle altre installazioni (Figg. 38 a,b).

Le letture sono state eseguite con passo di un metro come negli anni passati a partire dalla messa in esercizio delle nuove installazioni: occorrerà proseguire nell'attività di monitoraggio per i prossimi anni nell'ottica di un supporto alla progettazione di opere di difesa del suolo e relativo monitoraggio nel tempo. Ad oggi gli unici dati disponibili sono forniti dal *Dott. Geol. Longo* che ha effettuato dal 2018 ad oggi misure manuali della soggiacenza della falda il cui andamento è riportato nel grafico di figura 39.

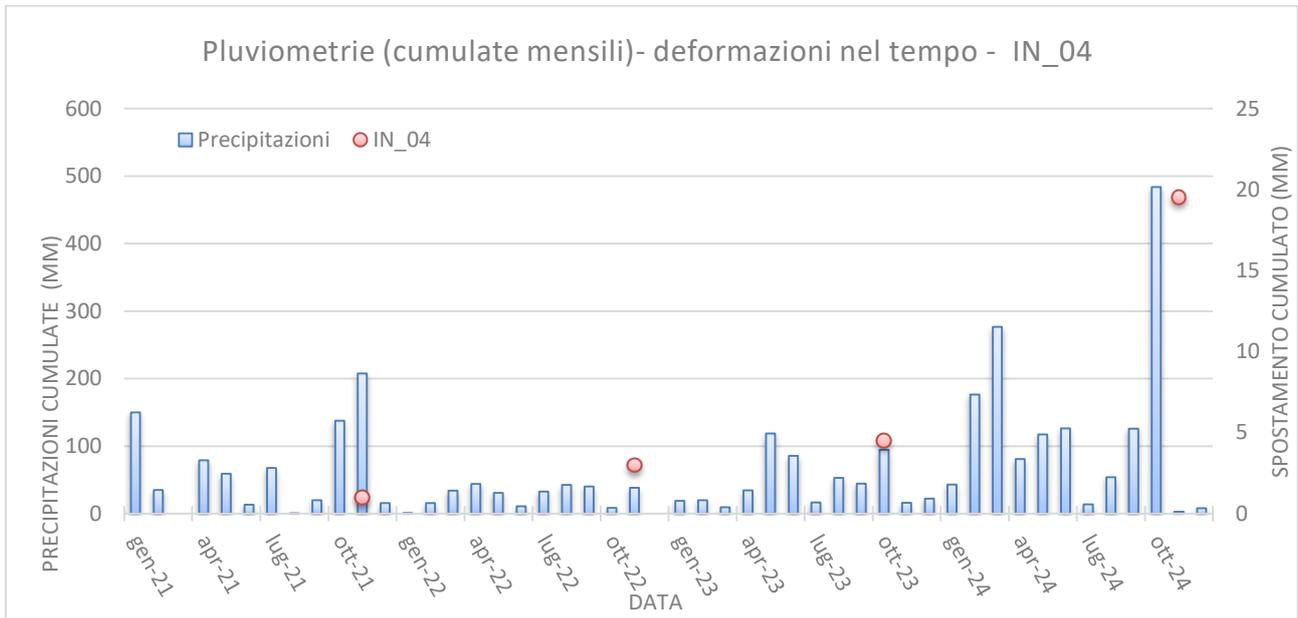


Fig.38a – confronto tra regime pluviometrico e incrementi di deformazione registrati sulla risultante del differenziale integrale dell'inclinometro IN_04.

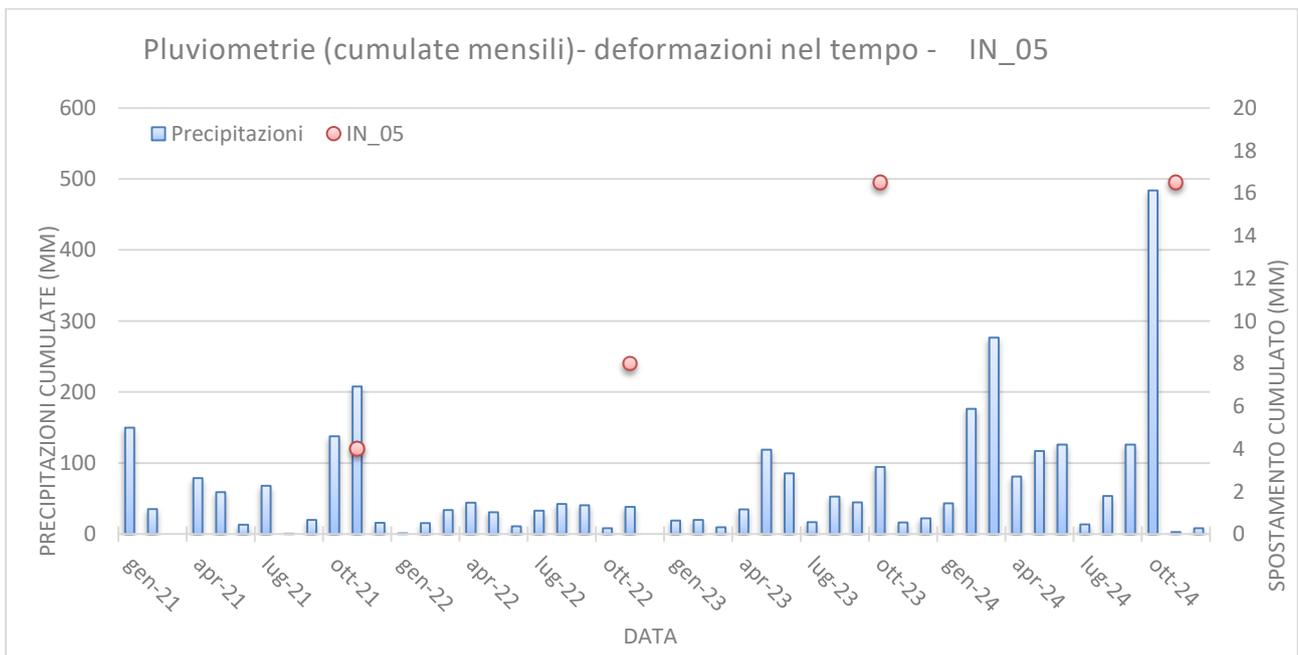


Fig.38b – confronto tra regime pluviometrico e incrementi di deformazione registrati sulla risultante del differenziale integrale dell'inclinometro IN_05.

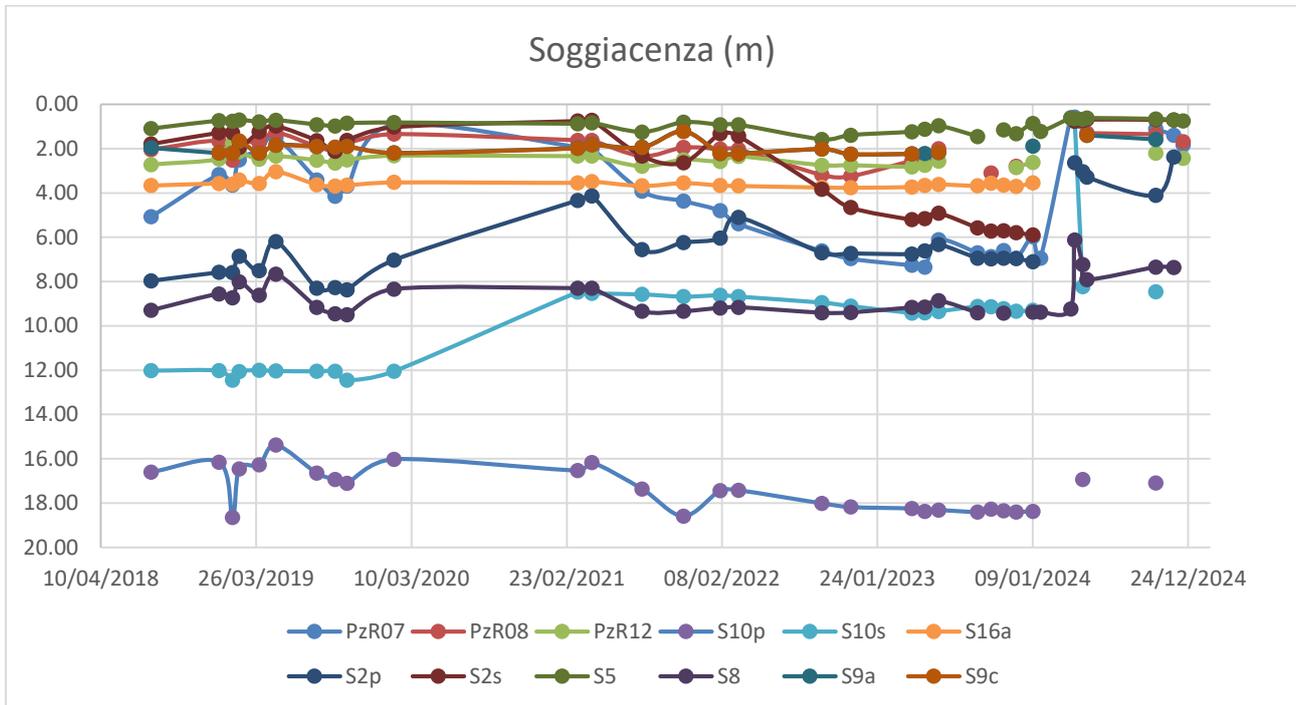


Fig.39 – Misure manuali della soggiacenza della falda eseguite nel periodo 2018-2024 dal Dott. Geol. Longo.