

GE008 Fado-Mele (GE)

1. Inquadramento del sito

I dissesti del Fado, localizzati nel territorio comunale di Mele (Città Metropolitana di Genova), interessano diversi settori del versante che dal Bric Aresci degrada verso ovest. Sotto il profilo geologico, tali aree sono caratterizzate da affioramenti di prevalenti “calcescisti del Turchino” che, risalendo lungo il versante, sono in contatto con le “metabasiti di Rossiglione”. Il fabric composito, che caratterizza la struttura di queste rocce appartenenti all'unità tettonometamorfica Voltri e che ne controlla i contatti litologici, ha in questo settore una direzione circa N-S (Fig. 1).

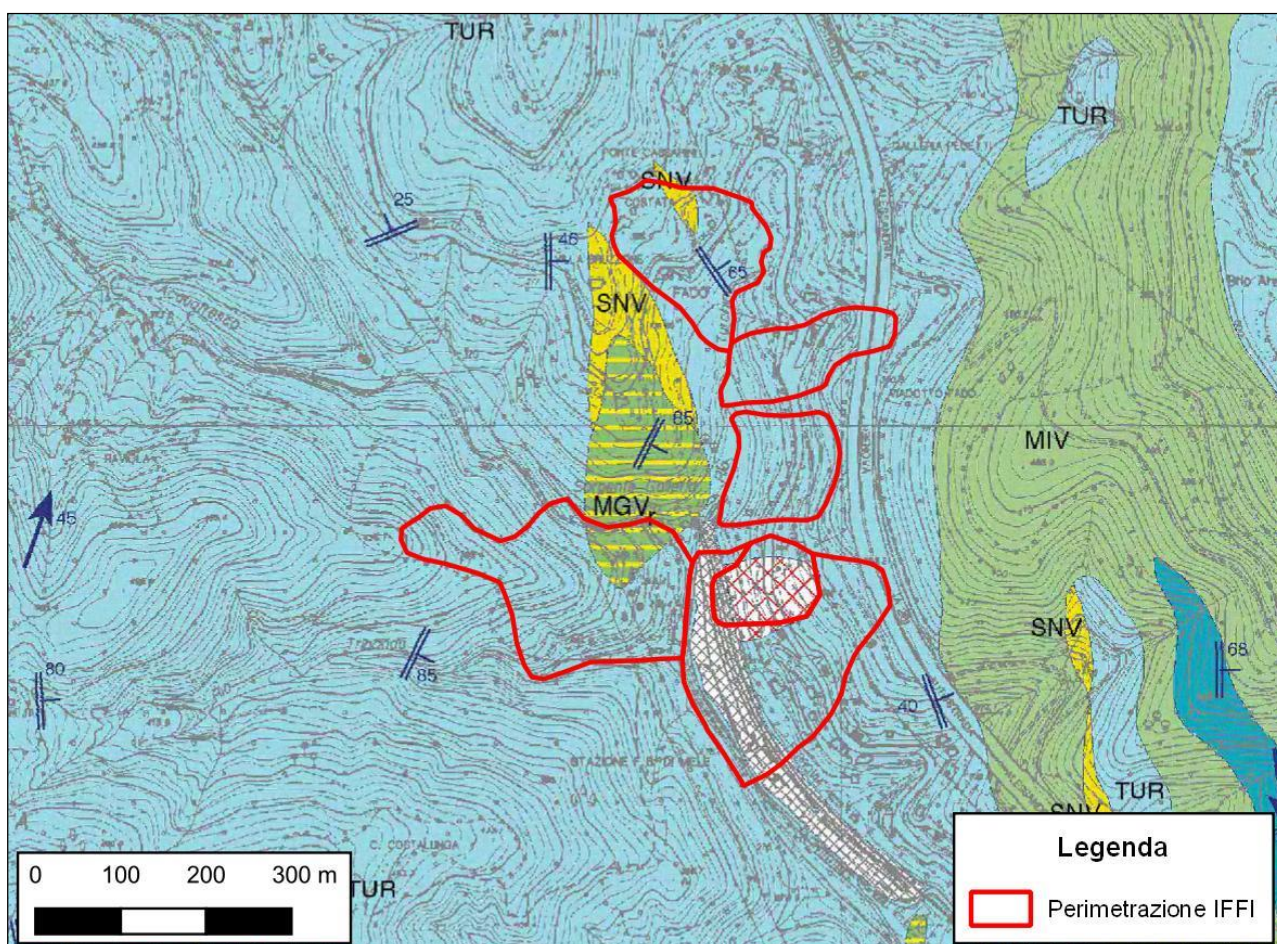


Fig. 1 - Stralcio della Carta Geologica Regionale (CARG) - Foglio 213 “Genova” (scala originale 1:10000). Aree con griglia nera fine: strutture antropiche. TUR: calcescisti del Turchino. Aree blu: quarziti di Case Tavernino. MIV: metabasiti di Rossiglione. MGVR: metagabbri eclogitici della Colma (litofacies a prevalente retrocessione in facies Scisti Verdi). SNV: serpentinoscisti antigoritici del Bric del Dente. Per la legenda dei simboli e dei litotipi non riportati nel presente documento, far riferimento alla legenda della carta originale. Le aree interessate da instabilità ricadono all'interno del perimetro IFFI (linee rossa).

Tali aree instabili sono state monitorate a partire dal 2008 con gli inclinometri denominati IA1, IA2, S3, S4 e con quattro piezometri (P2A, S1, PA1, S6), installati nell'anno 2004 (Fig. 2). Nel recente passato la zona del Fado è stata soggetta a fenomeni franosi che si sono verificati sul versante compreso tra la sede autostradale e la sede stradale più a valle. Nel 2020 e 2021 il sito non è stato monitorato, così come concordato con Regione Liguria. La strumentazione installata insiste all'interno di alcuni corpi di frana censiti nell'Inventario dei fenomeni franosi (Progetto IFFI - IdroGEO), come segue:

Inclinometro S3

Tipo	Complesso
Stato	Quiescente generico
Identificativo	0100223600
Area [mq]	13791

Inclinometri IA1 e IA2

Tipo	Complesso
Stato	Quiescente generico
Identificativo	0100223700
Area [mq]	15006

Inclinometro S4

Tipo	Complesso
Stato	Stabilizzato generico
Identificativo	0100223801
Area [mq]	37184

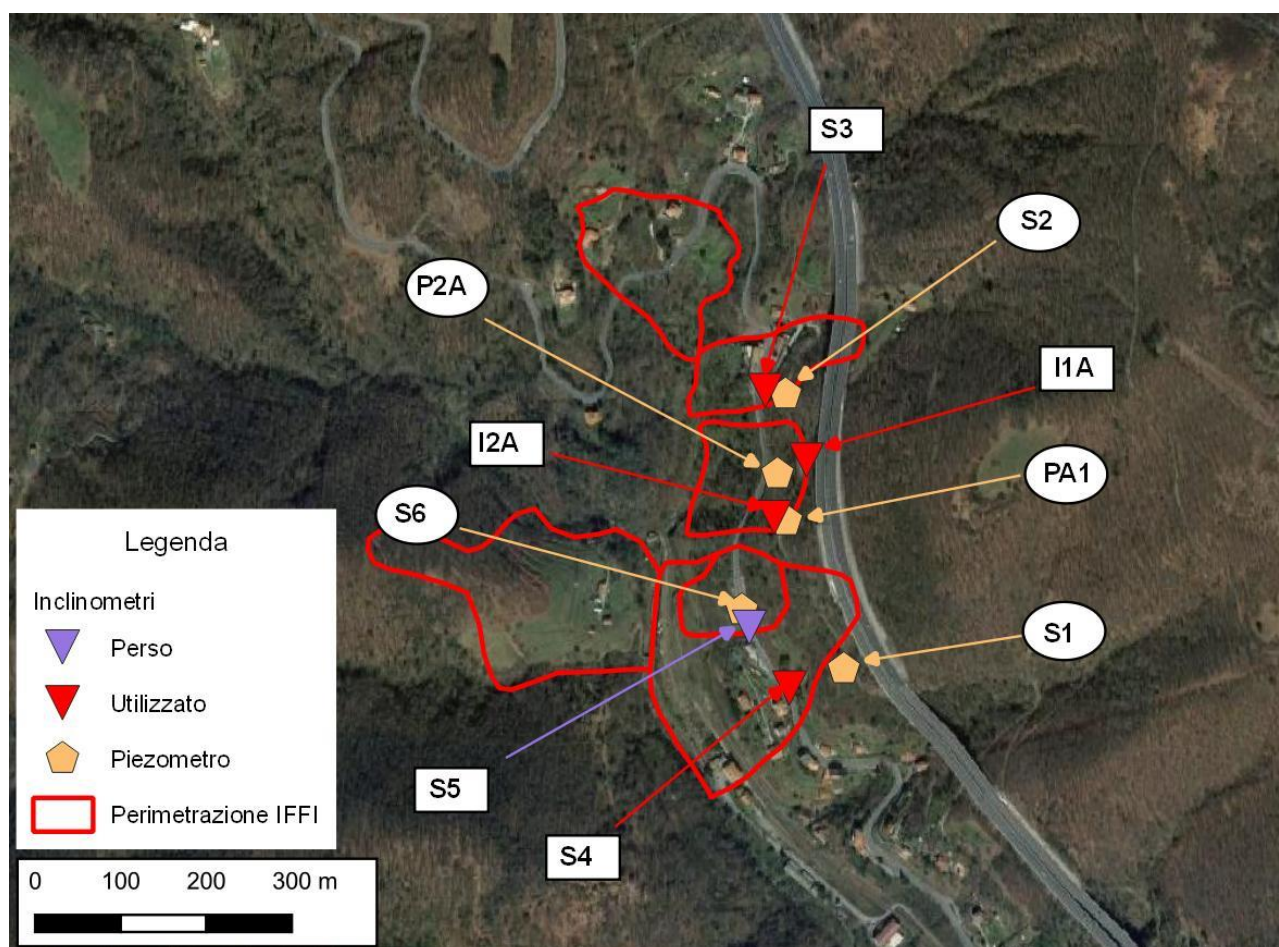


Fig. 2 - Posizione degli inclinometri IA1, IA2, S3, S4 e piezometri P2A, PA1, S6 e S1 all'interno dei corpi di frana (S5, in viola, non è utilizzabile).

2. Campagna di indagini

Le frane in oggetto (Fig. 2) interessano un'area complessa dal punto di vista geologico-strutturale e geomorfologico ove affiorano, come anticipato, litotipi metamorfici intensamente deformati. Il quadro stratigrafico dei dissesti del Fado è stato definito grazie a stratigrafie ricavate da lavori pregressi correlati alla sistemazione e/o monitoraggio dei corpi instabili, così come di seguito descritti:

- I sondaggi ubicati nel corpo di frana definito “*complesso quiescente*” ed eseguiti dalla *Comunità Montana Argentea* (“*Relazione geologica inerenti le indagini geognostiche ed i monitoraggi eseguiti per la progettazione preliminare complessiva della frana in località Fado nel Comune di Mele con raccordo delle azioni già intraprese per la messa in sicurezza delle infrastrutture presenti - viabilità ex ANAS, Ferrovia Genova – Ovada, Autostrada A 26*”, Dott.Geol. Scottoni) avevano individuato nella zona centrale una coltre di versante limoso-

argillosa ad elevata plasticità, potente in media 20 m, poggiante su un basamento di calcescisti (il basamento è stato raggiunto solo in S3 a -12 m da p.c.).

- I sondaggi ubicati più a sud nel corpo di frana definito “*complesso attivo*” eseguiti da *Autostrade spa* (Dott. Geol. Angelini), avevano rilevato un basamento roccioso presente a partire dalla profondità di circa 3-5 m al di sotto di una coltre limoso-argillosa.

I calcescisti del substrato roccioso in ogni caso risultano molto fratturati e alternano tratti di buona qualità litotecnica a tratti in cui la roccia è disgregata in scaglie a seguito dell'intersezione delle diverse famiglie di fratture con il fabric composito, quest'ultimo definito dalla sovrapposizione di più scistosità; la coltre sovrastante sembra denotare una forte diversità dello spessore da zona a zona.



Fig. 3 - Area in frana che insiste sull'abitato del Fado e sulle sedi stradale e autostradale (direzione di movimento allo stato attuale evidente solo in una zona).

3. Analisi dei dati inclinometrici (monitoraggio attivo)

Di seguito si riassume l'ultima attività di monitoraggio del 2024.

Data	Attività	Strumentazione	Sistema di misura
22/07/2024	Lettura di esercizio sulle guide A1/A3 e sequenza di letture A1B1/A3B3	Inclinometri S3, S4, IA2, IA1	Sonda servoaccelerometrica biax. S222643
	Monitoraggio	Piezometro P2A	

Tab. 1 - Misure effettuate nel 2024 nel sito del Fado.

Inclinometro IA1 (17.50 m) – valle sede autostradale

La verifica dei *dataset* nell'anno 2024 attraverso i “*checksum*” e la “*deviazione standard*” non ha evidenziato anomalie strumentali nei cicli di letture effettuate. Per quanto concerne gli spostamenti cumulati (lettura differenziale integrale) in testa tubo, questi registrano valori ridotti dell'ordine di circa 3 mm, discostandosi di meno di 1 mm dalla lettura dell'anno precedente. Il valore massimo della curva cumulata è calcolato alla profondità di 9,5 metri, pari a 4,9 mm, con un riallineamento delle misure sopra 8,5 metri rispetto al valore a testa tubo. Questo andamento sembra indicare una deformazione progressiva da fondo foro fino a 9 metri di profondità con un abbassamento della parte superiore del tubo, più verticale. Dalla lettura del differenziale locale emergono movimenti paragonabili a quelli del 2023, confermando la presenza di una superficie di scivolamento a circa 8.5 m di profondità. Nonostante l'evoluzione nel tempo delle deformazioni non sia sufficientemente marcata, il diagramma polare evidenzia una generale direzione di spostamento verso SSW (azimut=230°), in accordo con l'esposizione del versante (Figg.4 e 5). Tuttavia, a causa della lunghezza limitata della tubazione, non si possono escludere movimenti di traslazione della stessa eventualmente coinvolta nel movimento della massa considerata.

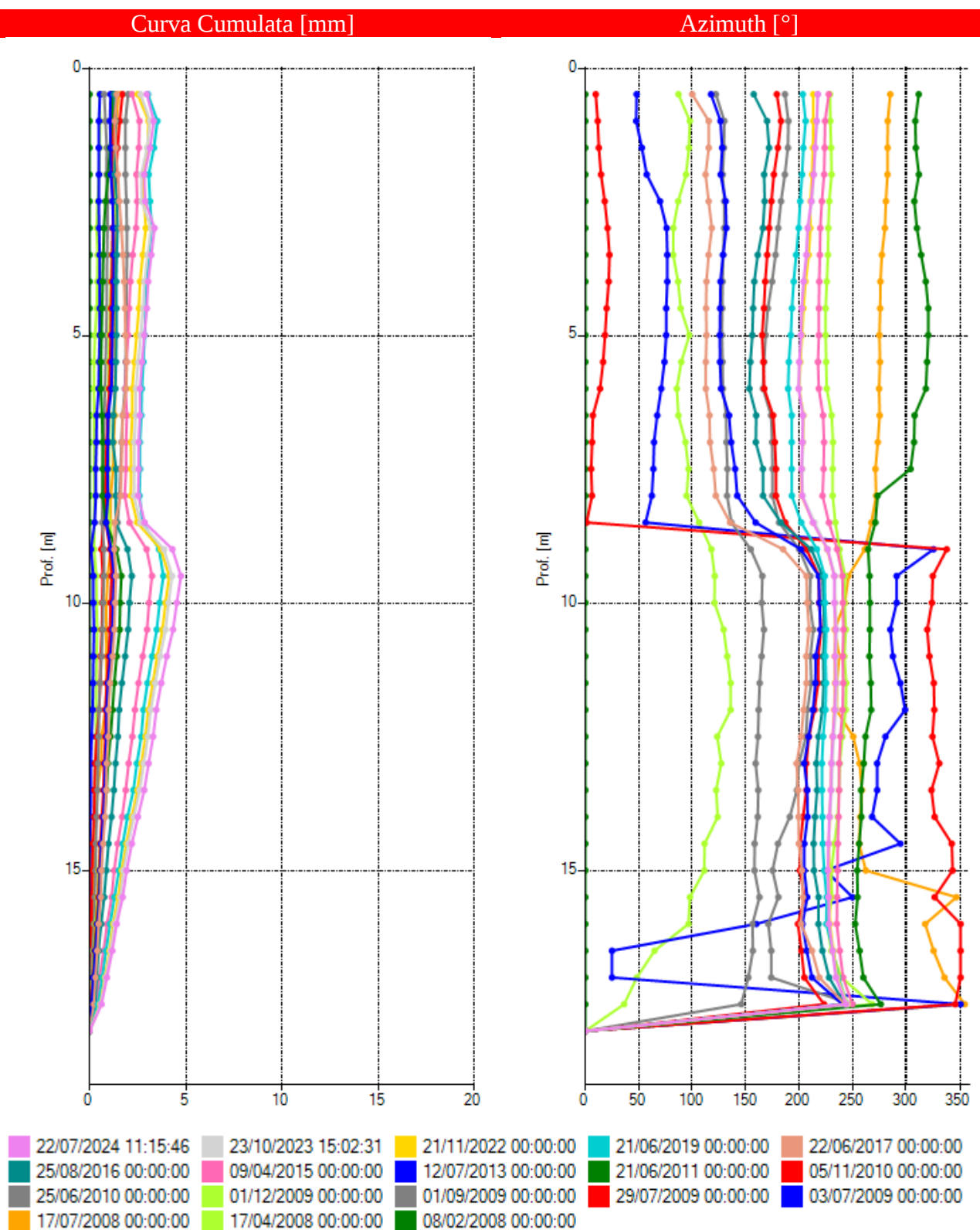


Fig. 4a - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro IA1.

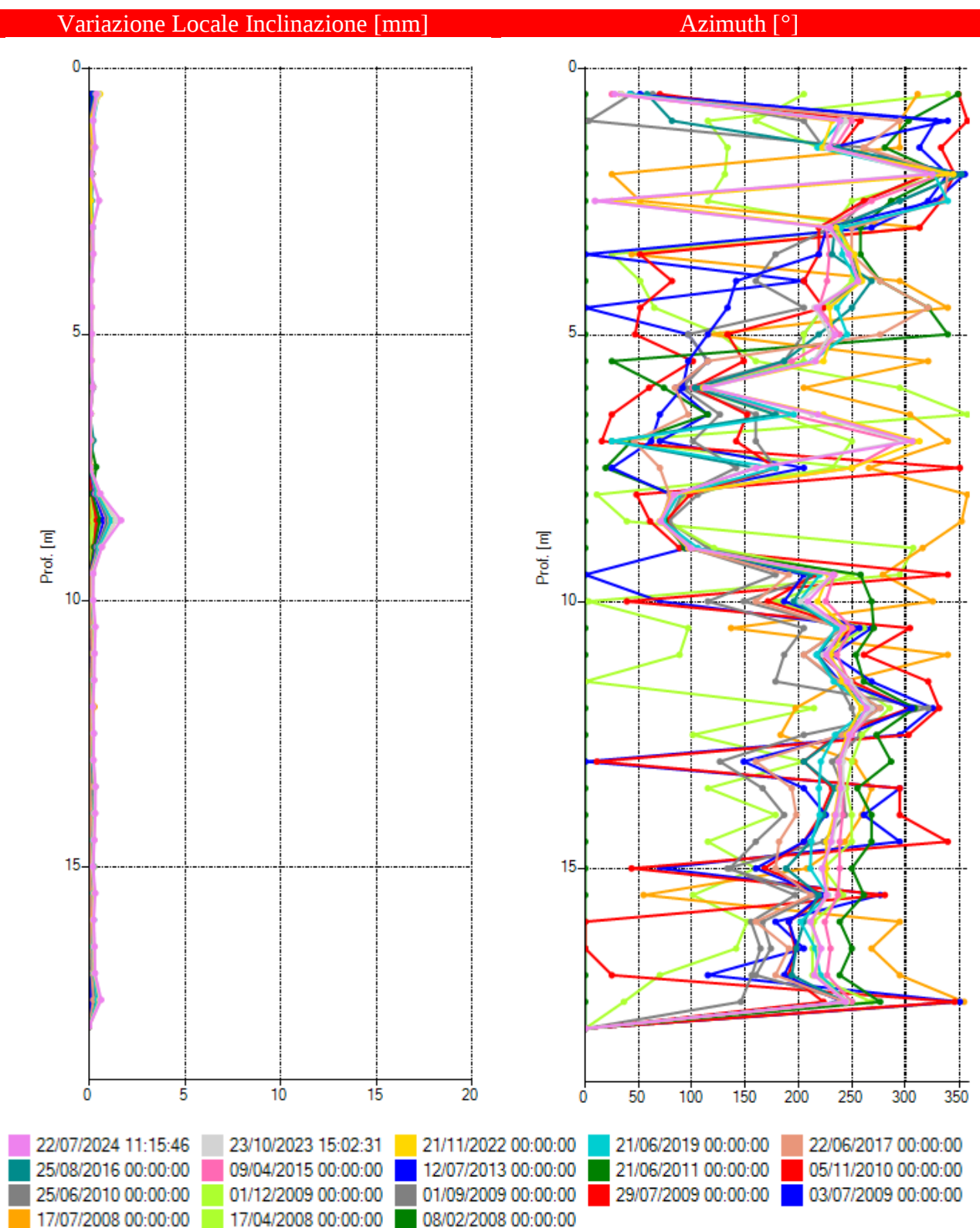


Fig. 4b - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro IA1.

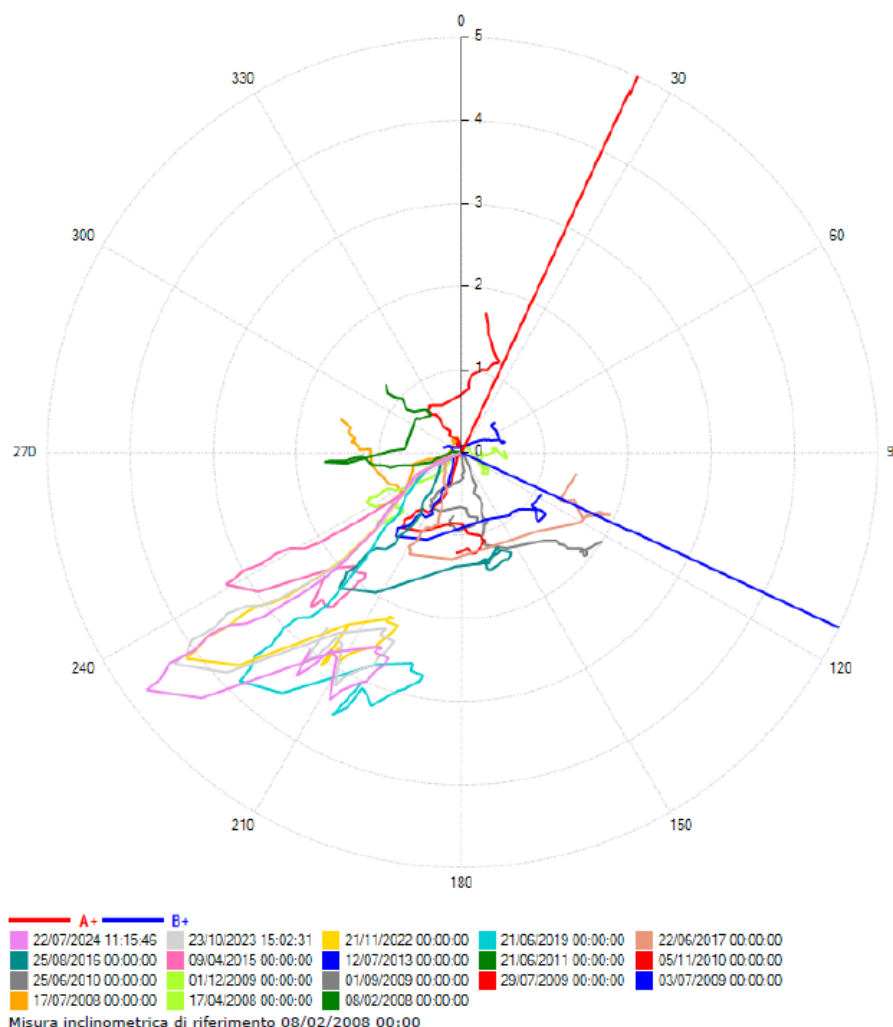


Fig. 5 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro IA1.

Inclinometro IA2 (17 m) - valle sede autostradale

La verifica dei dataset nell'anno 2024 attraverso i "checksum" e la "deviazione standard" non ha evidenziato anomalie strumentali nei cicli di letture effettuate. Osservando il grafico del differenziale integrale emerge che nel corso del monitoraggio condotto dal 2008 al 2024 non si osservano spostamenti riconducibili alla presenza di una superficie di scivolamento nel tratto indagato. Anche l'analisi del differenziale locale conferma che non sono evidenti deformazioni significative. I valori degli incrementi nel grafico sono all'interno della sensibilità strumentale (spostamento incrementale a testa tubo pari a 2.5 mm), nonostante sia confermata la presenza di due fasce di deformazione intorno alle quote 8,5 m e 5 m di profondità con picco di circa 1 mm. L'assenza di deformazioni marcate nel tempo non rende possibile individuare una componente univoca dello spostamento (Figg.6 e 7). E' da sottolineare come la lunghezza limitata della tubazione potrebbe non identificare eventuali movimenti profondi, ma potrebbe essere coinvolta in movimenti traslazionali.

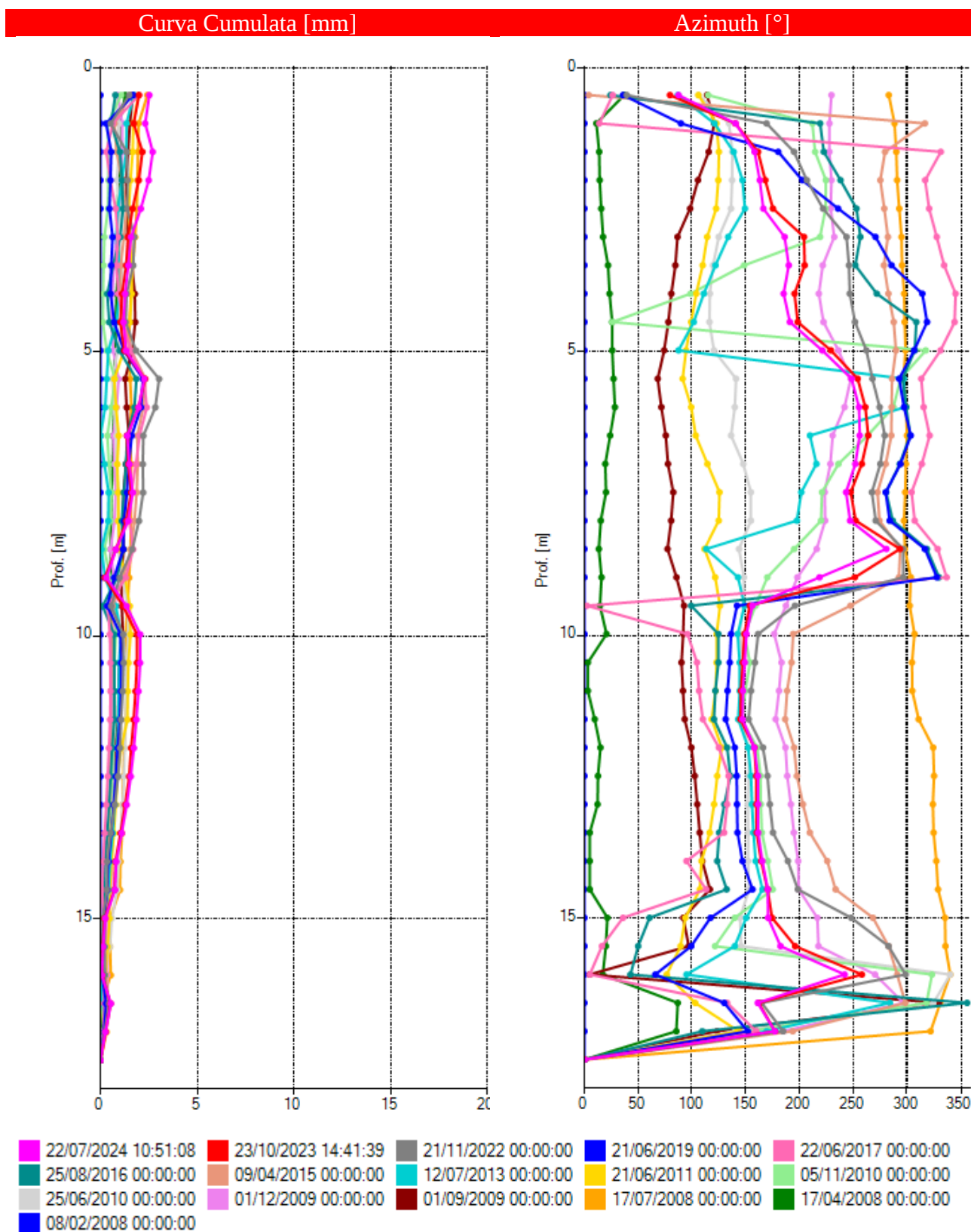


Fig. 6a - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro IA2

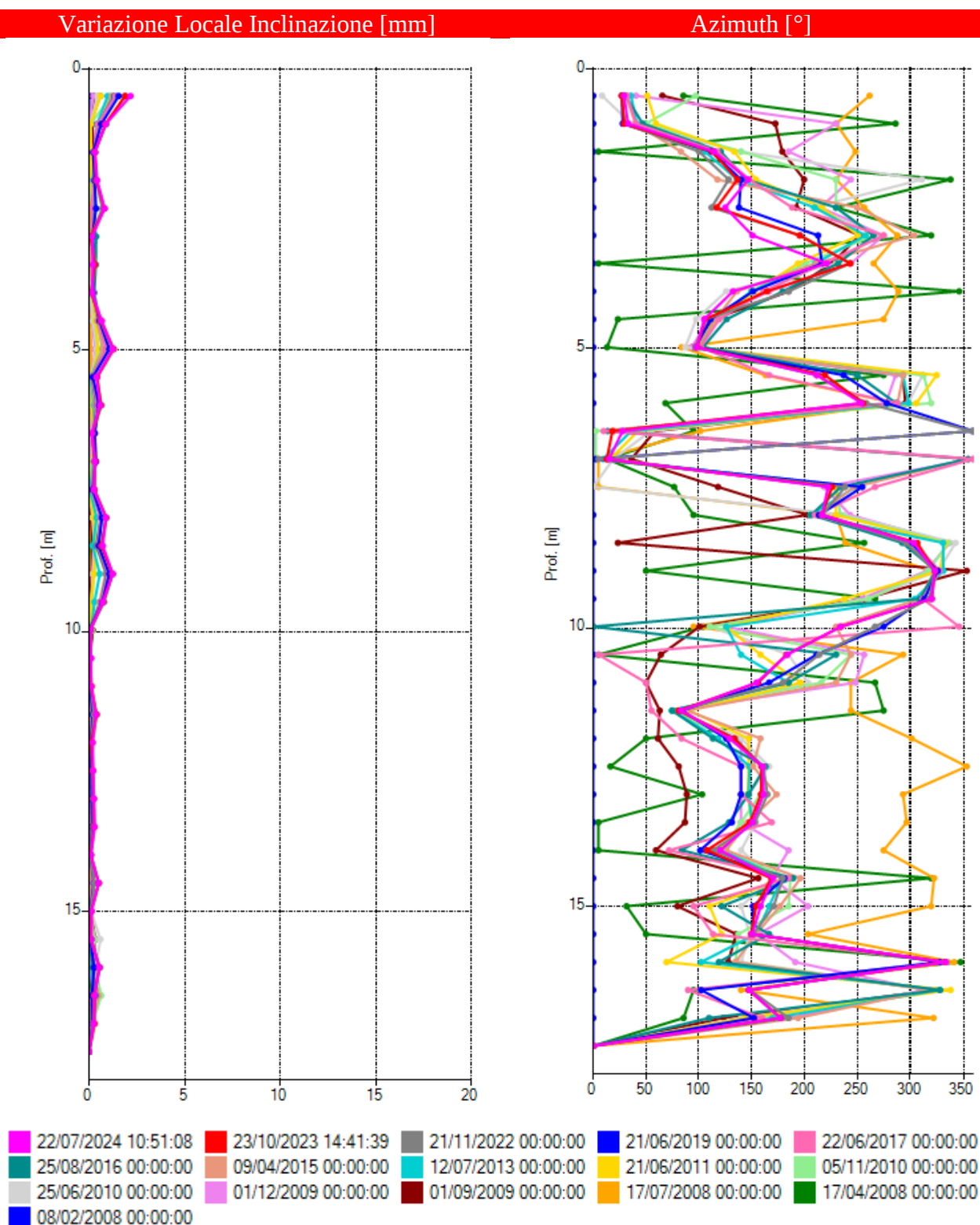


Fig. 6b - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro IA2

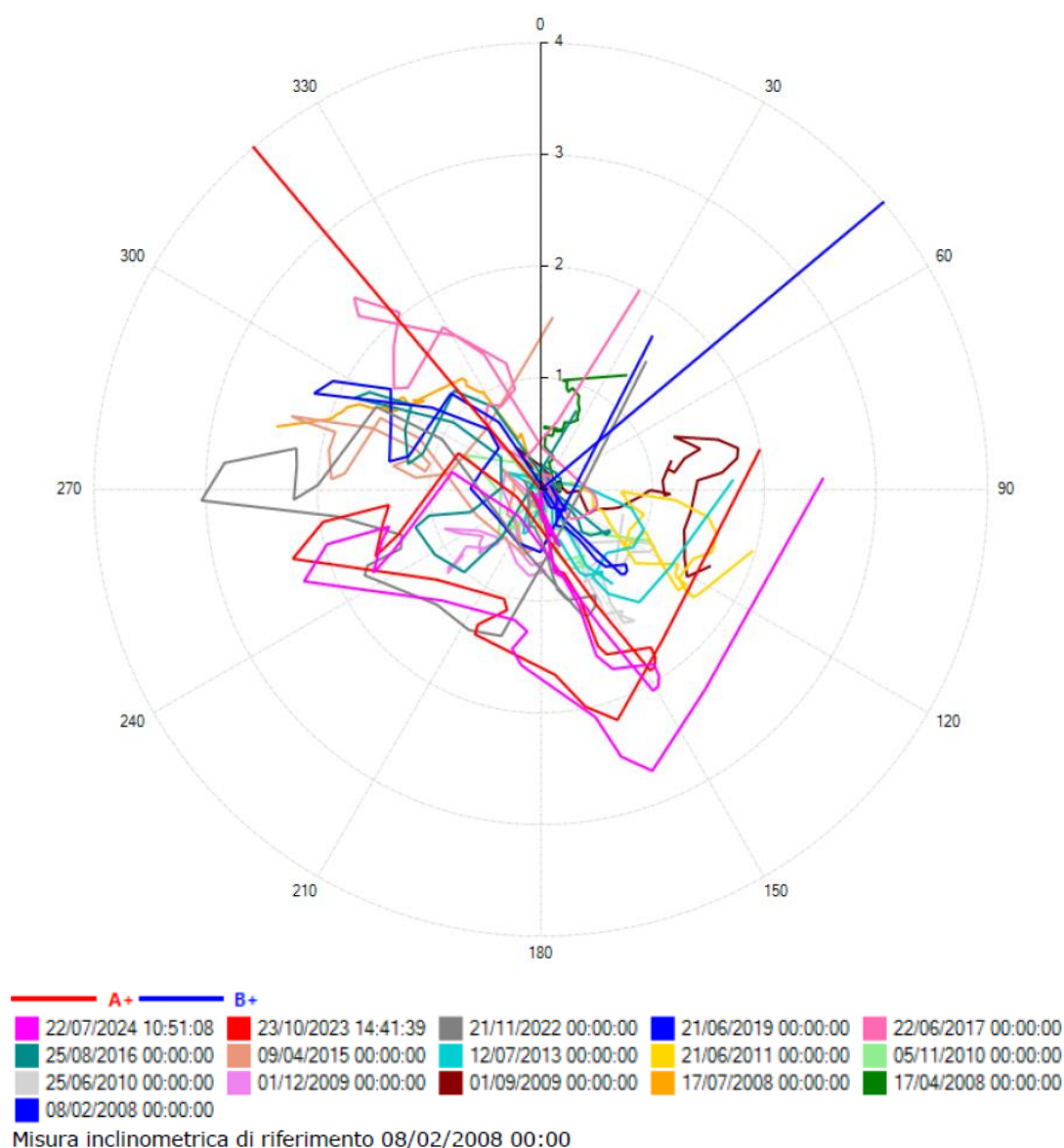


Fig. 7 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro IA2

Inclinometro S3 (25 m) - valle sede autostradale

La verifica dei *dataset* nell'anno 2024 attraverso i "*checksum*" e la "*deviazione standard*" non ha evidenziato anomalie strumentali nei cicli di letture effettuate. I dati inclinometrici registrati fino al 2024 e rappresentativi del monitoraggio dal 2008 hanno permesso di identificare in generale valori assoluti negli spostamenti piuttosto bassi. I valori infatti risultano fino al 2011 contenuti entro 5 mm, confermando quindi l'assenza di spostamenti, mentre nelle successive letture a partire dal 2013 e successivamente dal 2022, si è assistito ad una evoluzione del quadro deformativo, con un incremento degli spostamenti.

L'analisi del grafico del differenziale integrale non evidenzia, per il 2024, un incremento significativo degli spostamenti osservati a testa tubo, che complessivamente insistono su valori di circa 47 mm sulla risultante, con un aumento di 1 mm rispetto alla precedente lettura e rimangono sostanzialmente immutati dal 2022. Esaminando le variazioni locali lungo il tubo, non si evidenziano spostamenti significativi rispetto alle letture del 2023 e non sono presenti deformazioni che indichino la presenza di una potenziale superficie di scivolamento. Dal diagramma polare è possibile evidenziare una direzione di spostamento ben definita a partire dal 2022, anno in cui la porzione di versante monitorata inizia a muoversi verso SSW. Le letture precedenti sembrano invece indicare uno spostamento verso WSW (Figg.8 e 9).

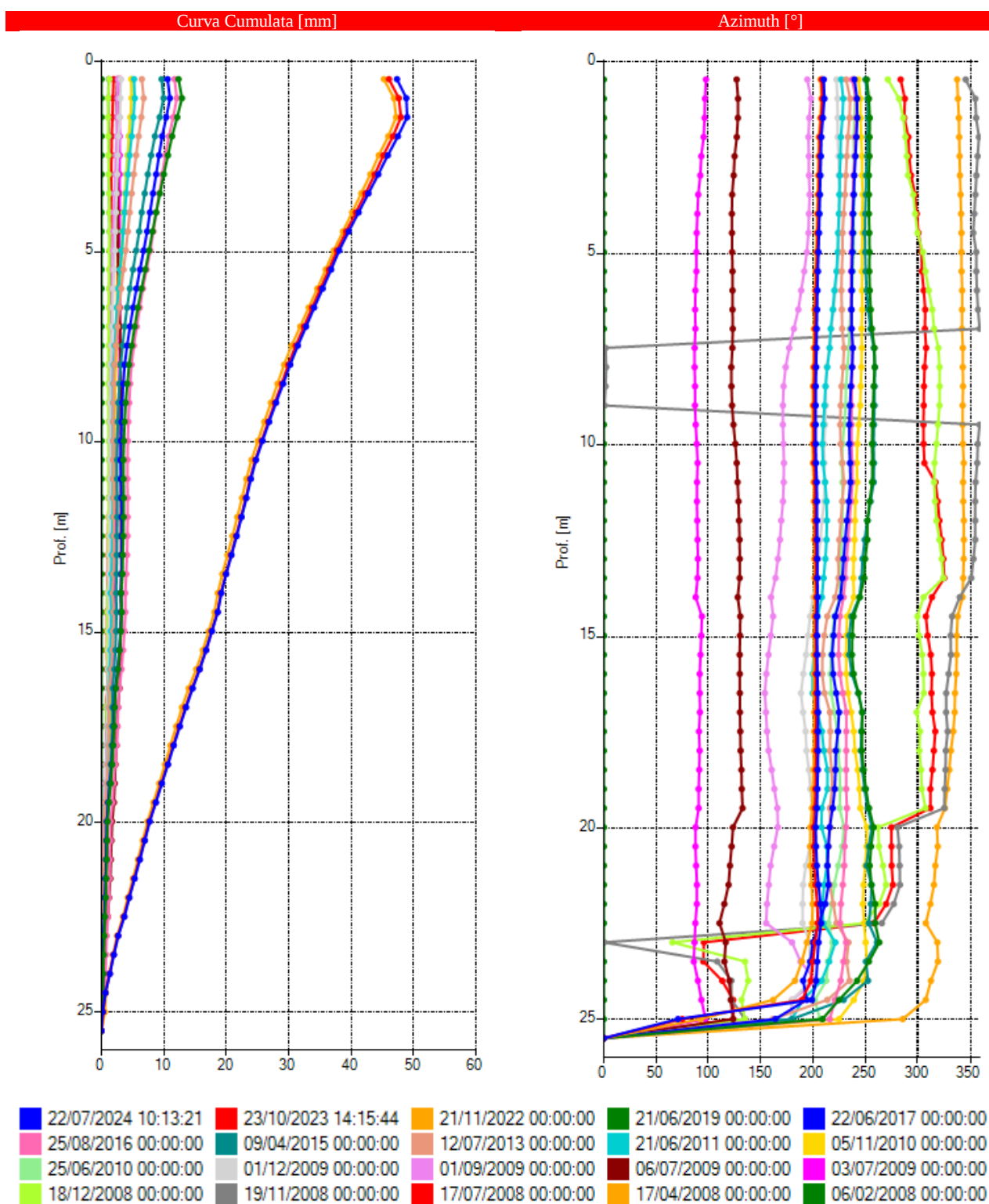


Fig. 8a - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro S3.

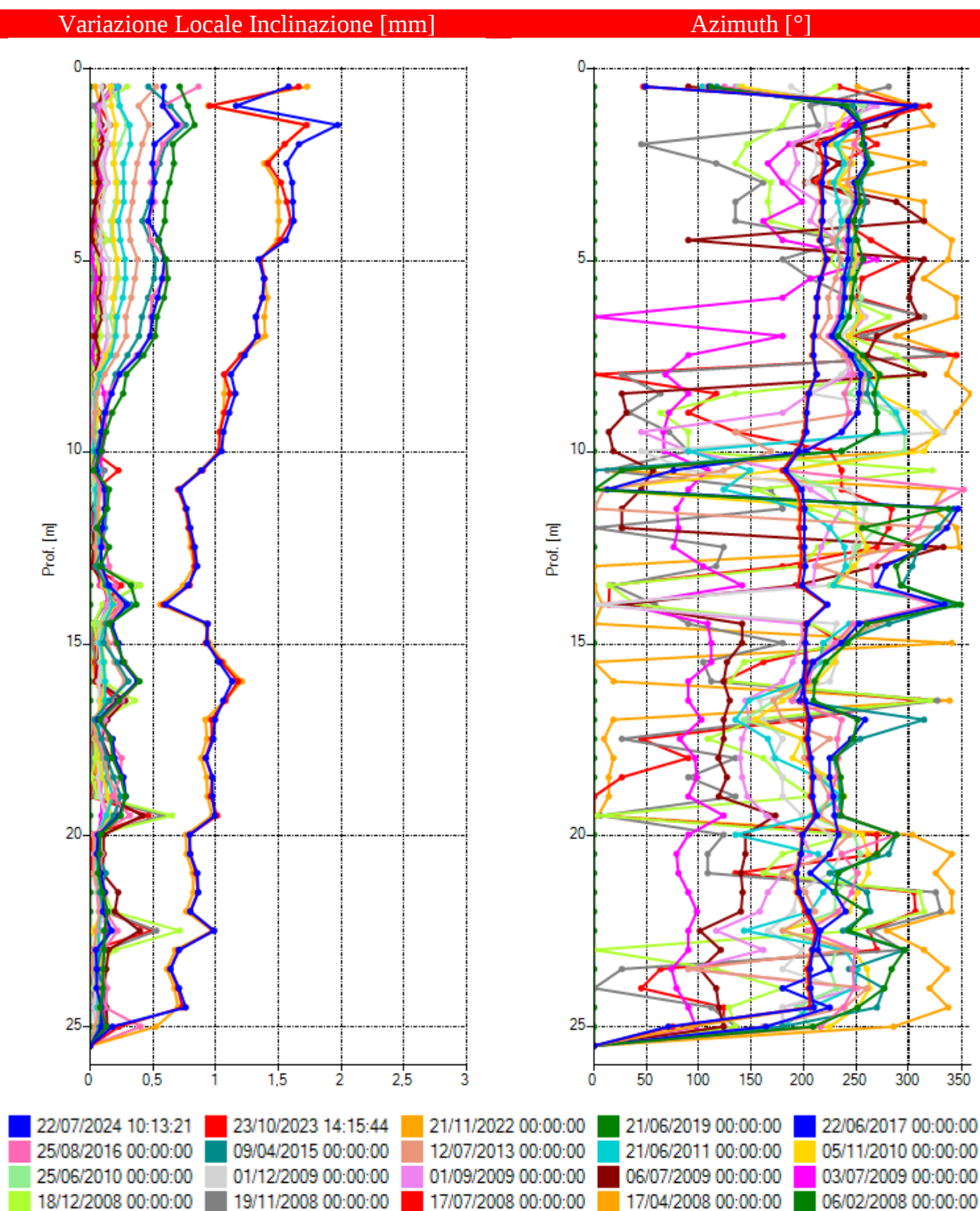


Fig. 8b - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro S3.

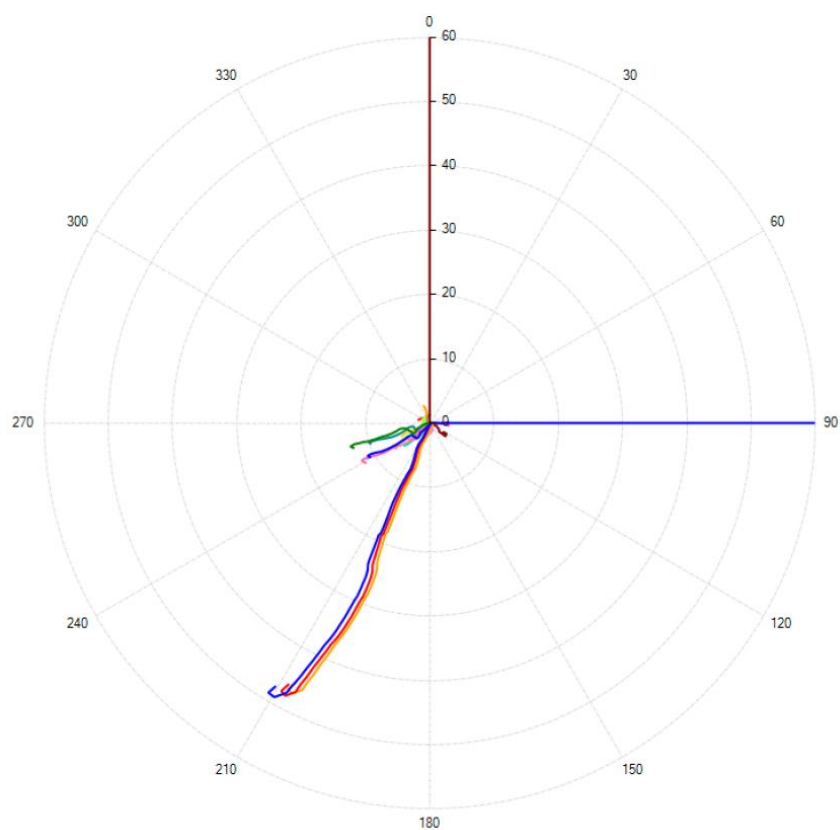


Fig. 9 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro S3.

Inclinometro S4 (24.5 m) - valle sede autostradale

Nel 2024, durante la lettura sulla guida A1/B1, si è notata una maggiore resistenza allo scorrimento della sonda intorno a -17,5 m da p.c. Durante il passaggio sulla guida A3/B3 la sonda non è scesa oltre tale quota e pertanto la lettura non è stata portata a termine. Un tentativo di video ispezione non ha fornito informazioni sullo stato del tubo a causa della elevata torbidità dell'acqua. Per il momento il monitoraggio viene sospeso per valutarne il proseguimento sulle guide ortogonali.

Viene quindi riportata l'ultima lettura eseguita nel monitoraggio 2023.

La verifica dei *dataset* nell'anno 2023 (l'ultimo in cui è stato effettuato il monitoraggio di questo inclinometro) attraverso i "*checksum*" e la "*deviazione standard*" non ha evidenziato anomalie strumentali nei cicli di letture effettuate. I dati inclinometrici registrati fino all'anno 2023 e rappresentativi del monitoraggio dal 2008 hanno permesso di identificare in generale valori assoluti negli spostamenti piuttosto bassi, intorno a 5 mm con direzione non chiaramente definibile; pertanto, dato il basso valore della risultante degli spostamenti, il dataset potrebbe complessivamente rientrare nel campo delle oscillazioni strumentali (Figg.10 e 11).

Per quanto concerne le misure del differenziale integrale, dalla lettura condotta nel 2022 è stato riscontrato un incremento trascurabile degli spostamenti osservati a testa tubo (risultante circa 5 mm). Dall'analisi del differenziale locale non sono emerse accelerazioni rilevanti rispetto alla lettura del 2022, nonostante si notino due deformazioni localizzate alle profondità di circa 16 m e circa 19 m, con incrementi prossimi al millimetro e quindi al limite della sensibilità strumentale. La direzione principale di movimento, concorde con la direzione di massima pendenza del versante, può ricavarsi solo a partire dalle letture del 2022 (diagramma polare).

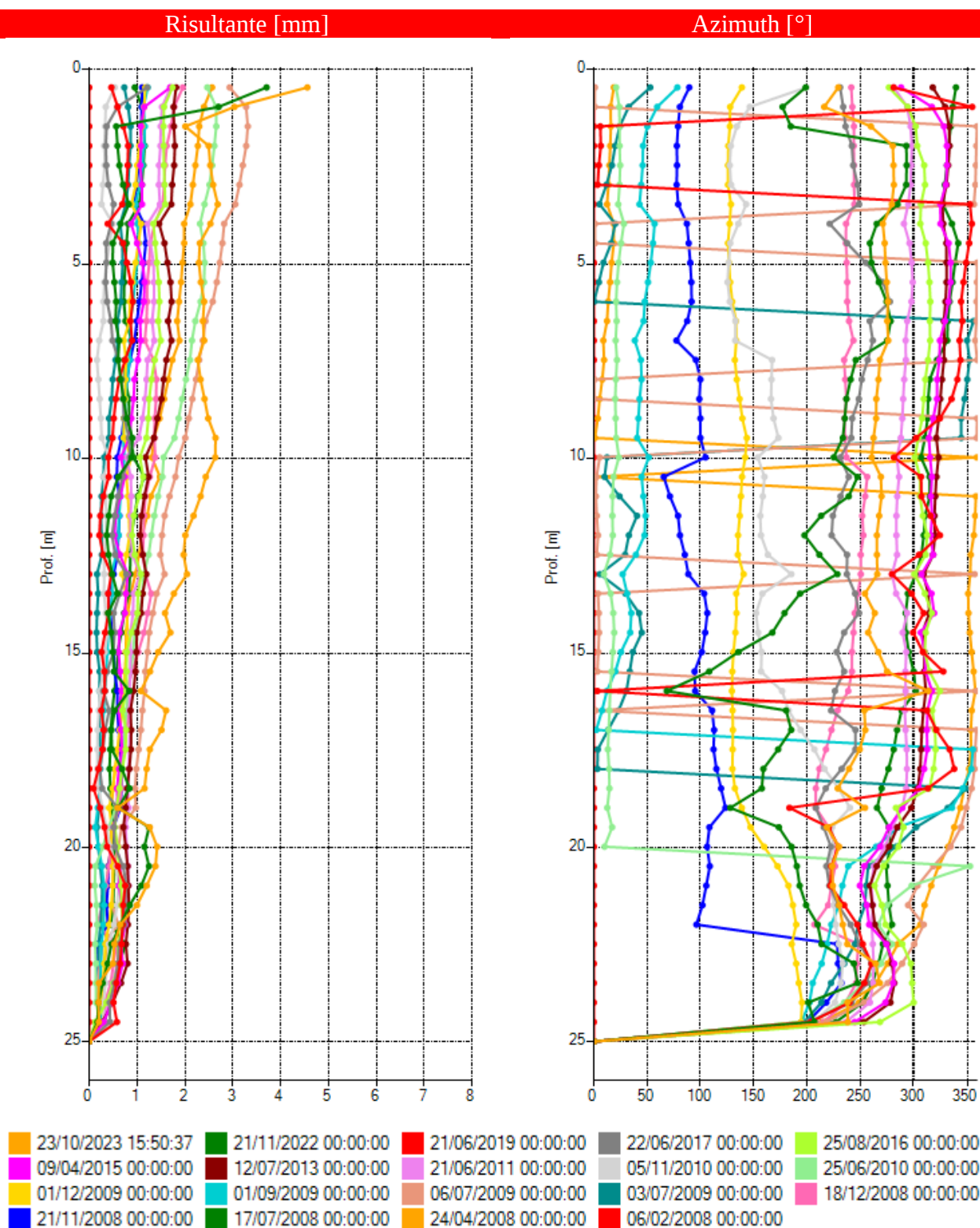


Fig. 10a Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro S4

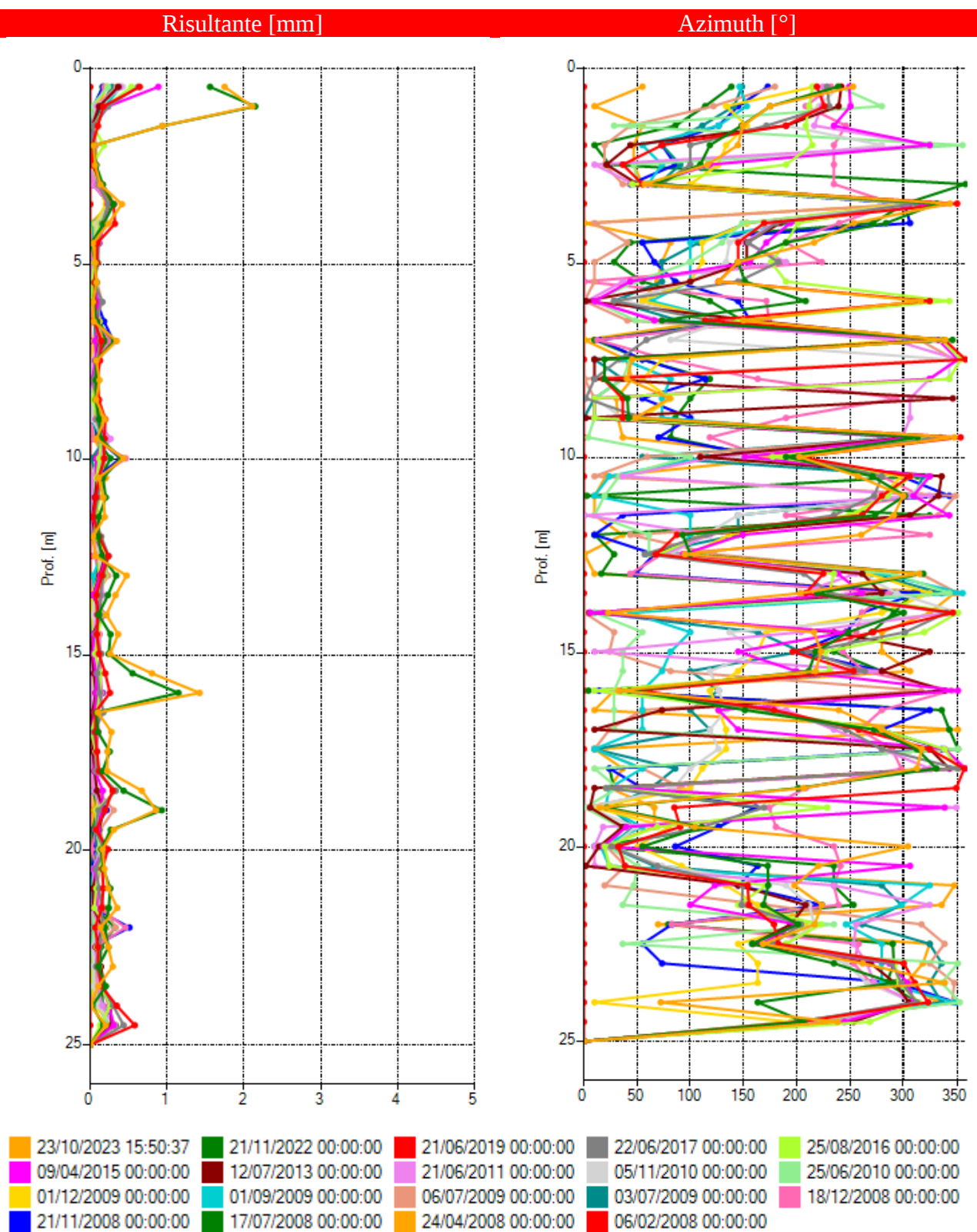


Fig. 10b Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro S4

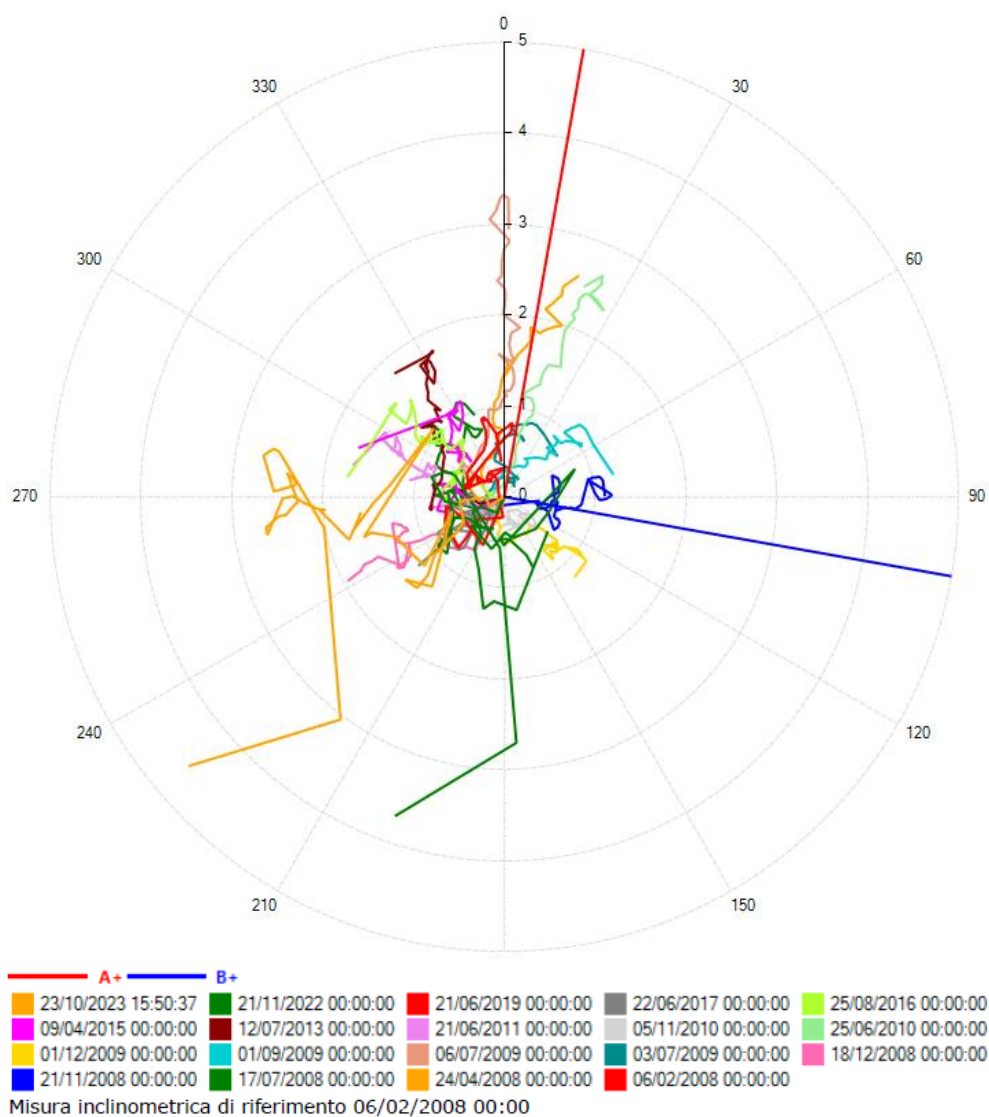


Fig.11 Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro S4.

4. Conclusioni

Le letture degli inclinometri attualmente operativi hanno permesso di monitorare tre dei quattro corpi di frana della zona del Fado definiti come “*frane complesse quiescenti e/o stabilizzate*”, così come classificati in IFFI – IdroGEO; il settore centrale dell'area, considerato in IFFI come “*attivo/riattivato/sospeso*”, non è monitorato allo stato attuale da alcun inclinometro, poiché S5 è stato abbandonato per inaffidabilità nelle misure. Si osserva inoltre che i tubi inclinometrici installati nel corpo di frana (“*quiescente*”) immediatamente a nord del precedente, a causa della loro lunghezza limitata (17 m per IA1 e IA2), siano soggetti a movimenti di traslazione dovuti a possibili scorrimenti a profondità maggiore rispetto al fondo foro.

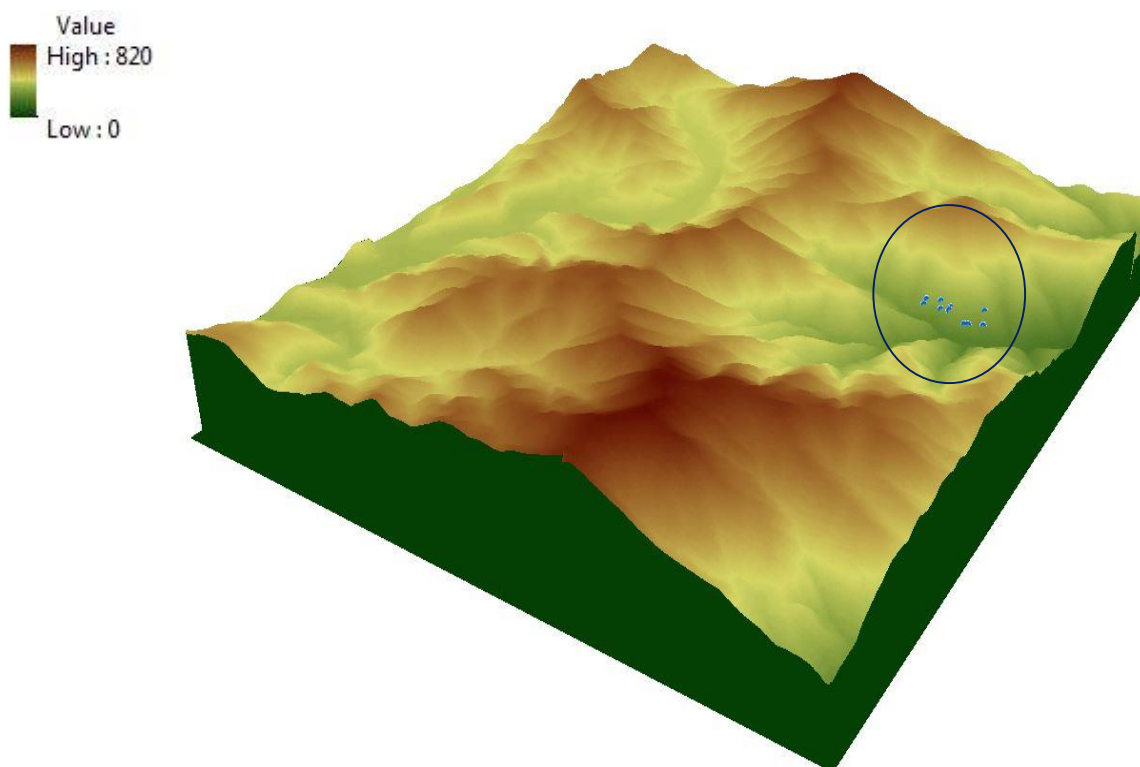


Fig.12 - DTM dell'orografia del contesto del Fado: si osserva l'elevata energia del rilievo che sovrasta il sito con la strumentazione installata.

I dati inclinometrici raccolti dal 2008 fino al 2011 hanno permesso di identificare, in generale, valori assoluti negli spostamenti inferiori a circa 5 mm, senza evidenziare alcuna deformazione consistente (Figg.13 e 14). Nelle successive letture, soprattutto nell'arco temporale 2019-2024, nella zona più a nord (S3), si è assistito ad una evoluzione del quadro deformativo, con un impulso del movimento tra le letture del 2019 e il 2022, periodo in cui si sono registrati circa 3 cm di spostamento cumulato in testa tubo. L'incremento dei valori strumentali di spostamento in tale periodo rende importante verificare l'evoluzione della situazione con la prosecuzione del monitoraggio.

Si segnala inoltre che durante i sopralluoghi del 2023 e del 2024, i piezometri PA1 e PA2 sono risultati asciutti.

Dai dati acquisiti finora, si può inoltre affermare che ad oggi non è possibile stabilire una correlazione diretta tra il regime pluviometrico e le deformazioni del versante monitorato (Fig. 15).

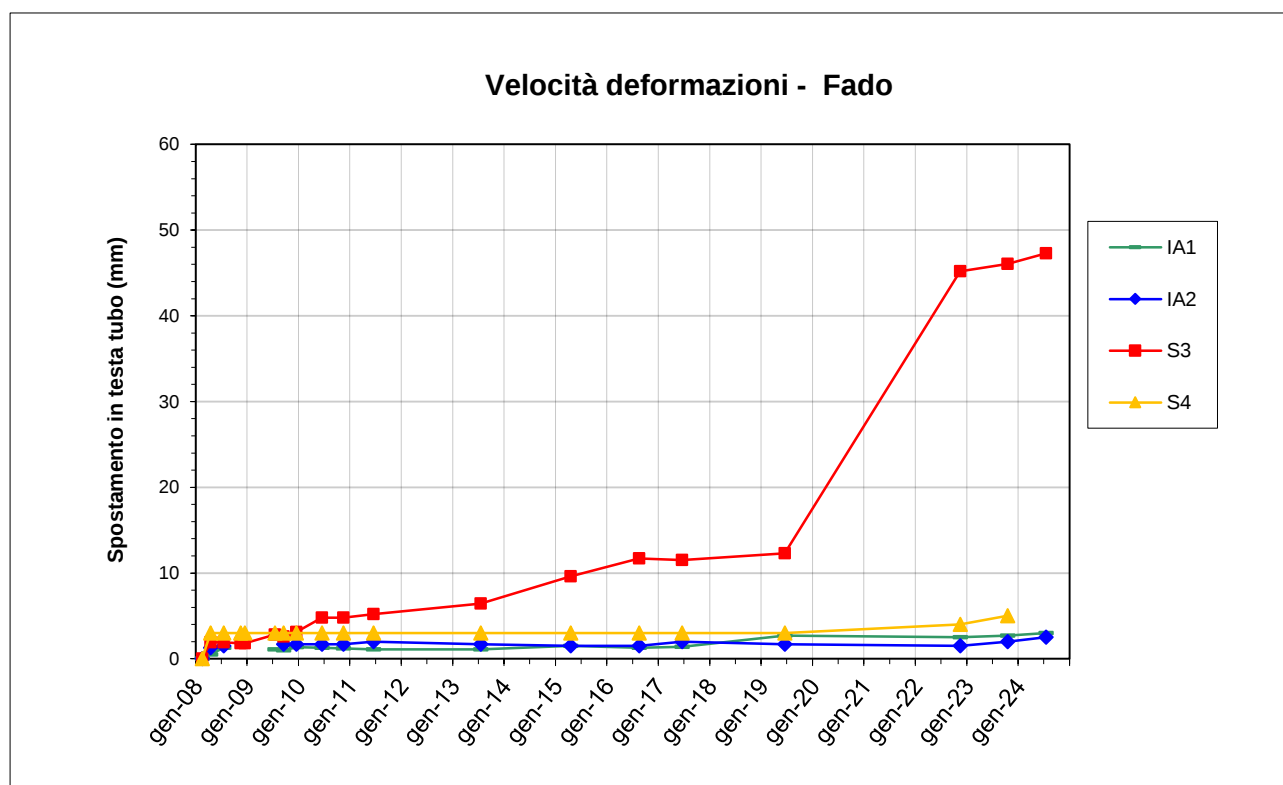


Fig. 13 – Velocità delle deformazioni misurate presso gli inclinometri in loco.

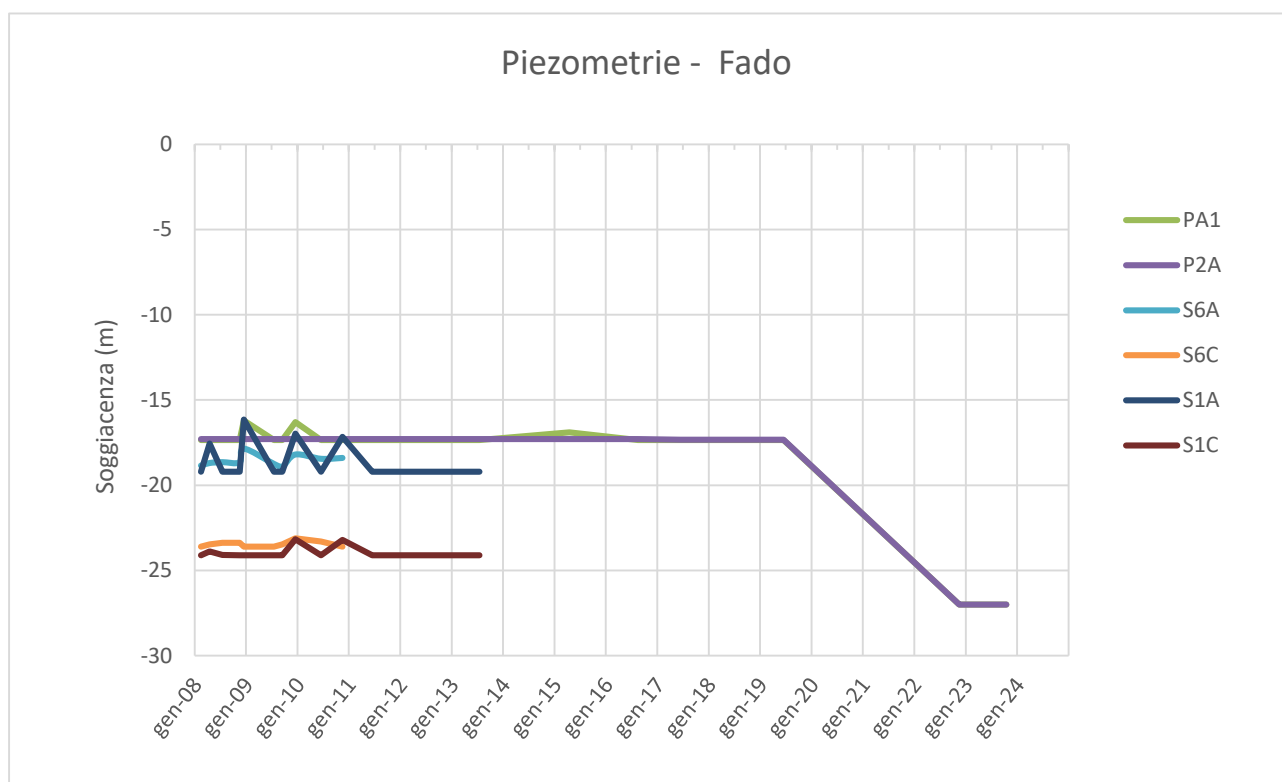


Fig. 14 - Soggiacenza della falda.

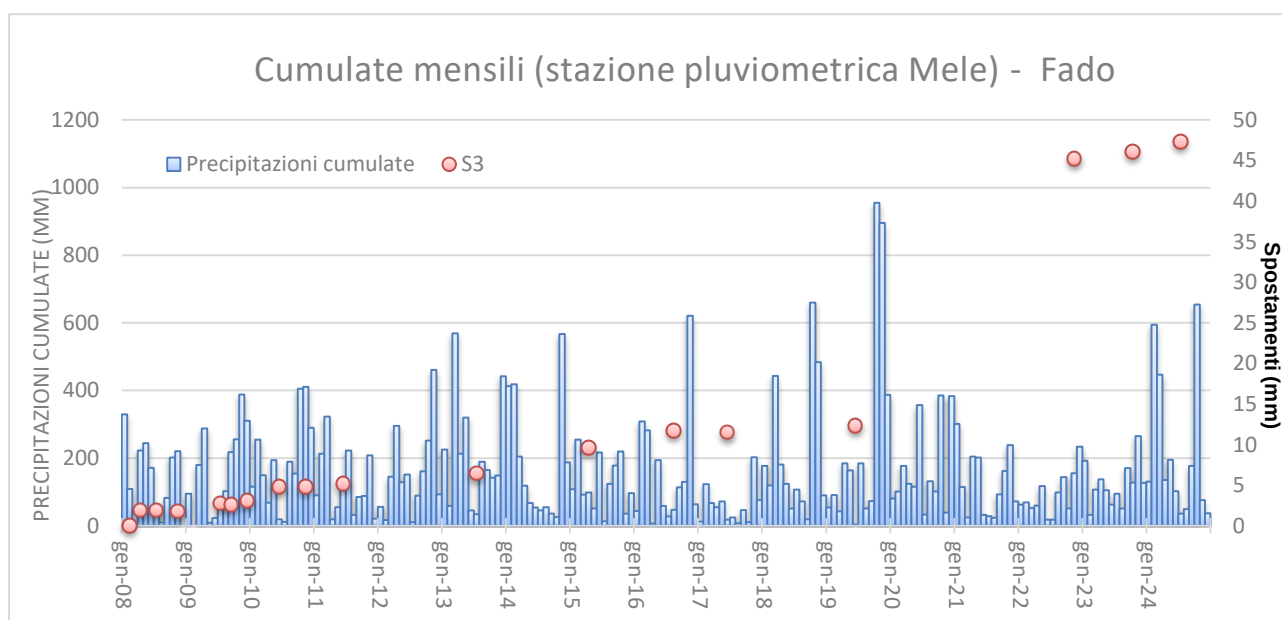


Fig. 15 – Andamento pluviometrico mensile (stazione pluviometrica di MELE) e spostamenti in testa tubo dell'inclinometro S3, per gli anni 2008-2024.