

GE038 San Gaetano - Pieve Ligure (GE)

1. Inquadramento del sito

Il sito di San Gaetano è localizzato nel settore sud-orientale del territorio comunale di Pieve Ligure (Città Metropolitana di Genova). Sotto il profilo geologico, il substrato roccioso del territorio di Pieve Ligure è interamente costituito dalla formazione calcareo-marnosa dei flysch di M. Antola (Unità del Monte Antola, età Campaniano-Maastrichtiano) (Fig. 1), su cui insistono estese coltri detritiche e depositi eluvio-colluviali; generalmente le coltri hanno una potenza variabile tra 1 e 3 m o localmente, come nel settore sud-orientale del territorio comunale, anche superiore ai 3 metri. In tale settore, i versanti sono esposti prevalentemente a sud e sud-ovest e hanno un'acclività maggiore in fasce a valle del crinale e a monte della SS1 via Aurelia (50-75%), mentre nel settore centrale la morfologia è meno accentuata con pendenze variabili dal 20 al 50%; l'area costiera ha le pendenze maggiori (>75%). Il pendio indagato è inciso da rii che raggiungono al massimo il terzo ordine gerarchico (Rio Terrile); i rii, con direzioni circa nord-sud, hanno generalmente un'elevata pendenza dell'alveo, caratteristica che induce fenomeni di erosione concentrata di fondo. Tra questi si segnalano in particolare il rio Terrile ad ovest, il rio San Gaetano e il rio Camposanto ad est. Il versante sud-orientale del Monte S. Croce è interessato da estesi cigli di frana inattiva e da scarpate di altezza tendenzialmente inferiore ai 5 m. Lungo il settore costiero sono invece riconoscibili orli di terrazzi marini che interessano ampi tratti.

Tale area è inoltre interessata da una "deformazione gravitativa profonda" (DGPV) o frana relitta (cartografia allegata al Piano di bacino Stralcio per l'assetto idrogeologico – Ambito 14) che copre una superficie di circa 0,5 km², a fronte di una superficie totale di territorio comunale di circa 3,6 km² e giunge fino alla linea di costa. Tale corpo di frana "presenta una potenza accertata dell'ordine di 30 m in corrispondenza dei campi sportivi e inferiore a 15 nel tratto sottostante fino alla Via Aurelia; nel settore compreso tra l'abitato di Pieve Alta e la zona degli impianti sportivi la potenza significativa della frana è tra 20 e 30 m" (Olivari F. et al., 2020). Indagini geognostiche effettuate a partire dagli anni '90 del secolo scorso a corredo di diversi progetti (intervento di sistemazione della P.zza San Michele, progetto di sistemazione di P. le Rollino e viabilità alternativa, progetto di sistemazione dell'area parcheggi in località la Castella) hanno evidenziato che, nella zona del centro abitato di Pieve Alta, il substrato è reperibile a circa -20 m di profondità (Sebastiani C., 2023). Fino all'anno 2020, non sono stati segnalati indicatori cinematici significativi nel tratto apicale, almeno sino alla fascia dove sono eseguiti i campi sportivi (quota 130 m circa).

A valle dei campi sportivi, dove si inserisce l'importante rottura di pendio denominata Ripa di San Gaetano, così anche come segnalato dalla Carta di Franosità reale del Piano di Bacino Stralcio (Ambito 14), dal più recente PAI Dissesti dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale e dalla cartografia IFFI (piattaforma IdroGEO), è presente un corpo di frana attiva per scorrimento o scivolamento. In tale settore si sono verificati negli anni diversi episodi franosi (Relazione Generale Piano di Bacino Stralcio Ambito 14; Archivio Frane Progetto AVI): si ricordano

in particolare gli eventi del 1926, 1952, 1953, 1954, 1985, 1992, che hanno interessato edifici o porzioni della SS 1 via Aurelia. La porzione inferiore del versante, lungo l'alta falesia rocciosa, è soggetta alle frane più rapide, di crollo, che nel passato hanno determinato interventi di consolidamento della sede stradale (Olivari F. et al., 2020).

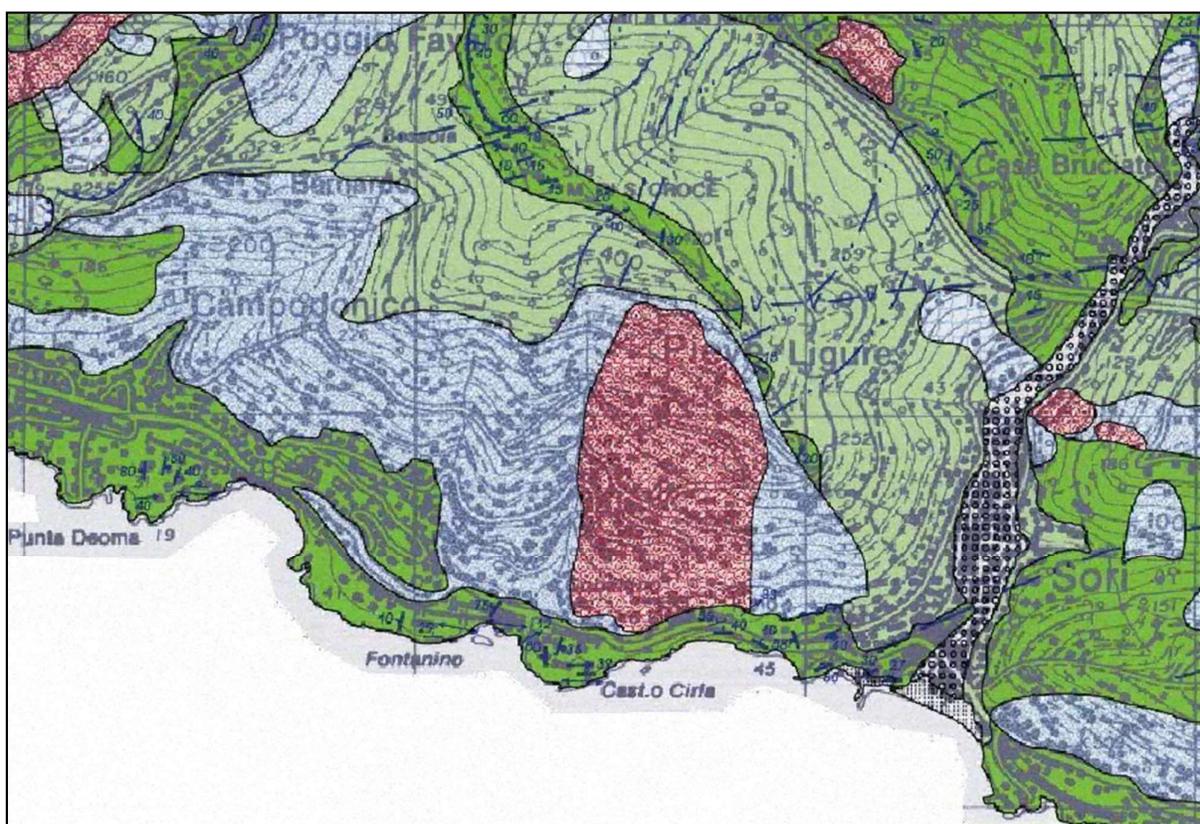


Fig. 1 – Stralcio della Carta Geologica Regionale (CGR) – tav. 231.1, 231.4 “Chiavari - Recco” (scala originale 1:25.000). Aree con punti neri: terreni di riporto; aree con pallini neri: depositi alluvionali e di spiaggia; aree azzurre: coltri eluvio-colluviali; aree rosse: coperture detritiche; aree con semicerchi blu: corpo di frana non attiva; aree verde scuro: flysch del Monte Antola affioranti; aree verde chiaro: flysch del Monte Antola non affioranti. Per la legenda dei simboli e dei litotipi non riportati nel presente documento, far riferimento alla legenda della carta originale.

Come anticipato, due settori potenzialmente instabili del versante sud-orientale del Monte S. Croce sono stati inseriti nell'inventario IFFI – piattaforma IdroGEO (Fig. 2) con i codici riportati nelle tabelle sottostanti:

DPGV

Identificativo	0100383300
Area [mq]	574.591
Codice Frana	010043002
Tipo	DGPV
Stato	-

Ripa di San Gaetano

Identificativo	0100115300
Area [mq]	29.701
Codice Frana	010043003
Tipo	Scivolamento rotazionale/traslattivo
Stato	Attivo/riattivato/sospeso



Fig. 2 - Perimetrazione dei dissesti in accordo con il progetto IFFI (piattaforma IdroGEO).

2. Campagne di indagini 2013-2020

Tra il 2013 ed il 2020 sono state eseguite diverse campagne geognostiche, finanziate da Regione Liguria, dal Comune di Pieve Ligure e da soggetti privati, eseguite sia presso gli impianti sportivi comunali ed lungo la Ripa di san Gaetano (Fig. 3).

I risultati delle diverse campagne sono riassunti nella relazione "Analisi e sintesi documentale dati storici, studi geologici, indagini geognostiche, monitoraggi e interventi eseguiti frana abitato di Pieve Alta e Ripa San Gaetano", depositata presso in comune di Pieve Ligure nel giugno 2023 a firma del Dott. Geol. Claudio Sebastiani.

Nelle tabelle seguenti, tratte dal documento sopracitato, si riassume quanto osservato durante le indagini geognostiche.

Rif.	Rif. cantiere	Profondità sondaggio		Tipologia sondaggio	Profondità substrato	Sondaggio attrezzato
I1	Campi da tennis	40 m		Fino a 30 m distruzione di nucleo da 30 a 40 m carotaggio continuo	33,25 m	Tubo inclinometrico
Pz1	Campi da tennis	30,50 m		Distruzione di nucleo	-	Piezometro elettrico
I2	Cimitero (a monte del cimitero)	30 m		Carotaggio continuo	22 m	Tubo inclinometrico
Pz2	Cimitero (a monte del cimitero)	30,30 m		Distruzione di nucleo	-	Piezometro elettrico
I3	Aurelia (settore ovest della ripa di San Gaetano subito a monte della SS n 1)	30,30 m		Carotaggio continuo	22,10 m (da 8 m breccia cementata)	Tubo inclinometrico
Pz3	Aurelia (settore ovest della ripa di San Gaetano subito a monte della SS n 1)	21,10 m		Distruzione di nucleo	-	Piezometro elettrico

Rif.	Rif. cantiere	Profondità sondaggio	Tipologia sondaggio	Profondità substrato	Sondaggio attrezzato
C1 (S1)	San Gaetano (Proprietà Augusto Parodi) 2019	30 m	carotaggio continuo	24,20 m	Tubo inclinometrico (P1, ex C1)
C2 (exS2)	San Gaetano (Proprietà Augusto Parodi) 2019	24 m	carotaggio continuo	20,30	-
S2	San Gaetano (Proprietà Augusto Parodi) 2022	30 m	Carotaggio continuo	25,70 m (da 16 m abbondanti elementi lapidei)	Tubo inclinometrico
S3	San Gaetano (Proprietà Augusto Parodi) 2022	33 m	carotaggio continuo	27,60 m (da 16 m abbondanti elementi lapidei) -	Tubo inclinometrico

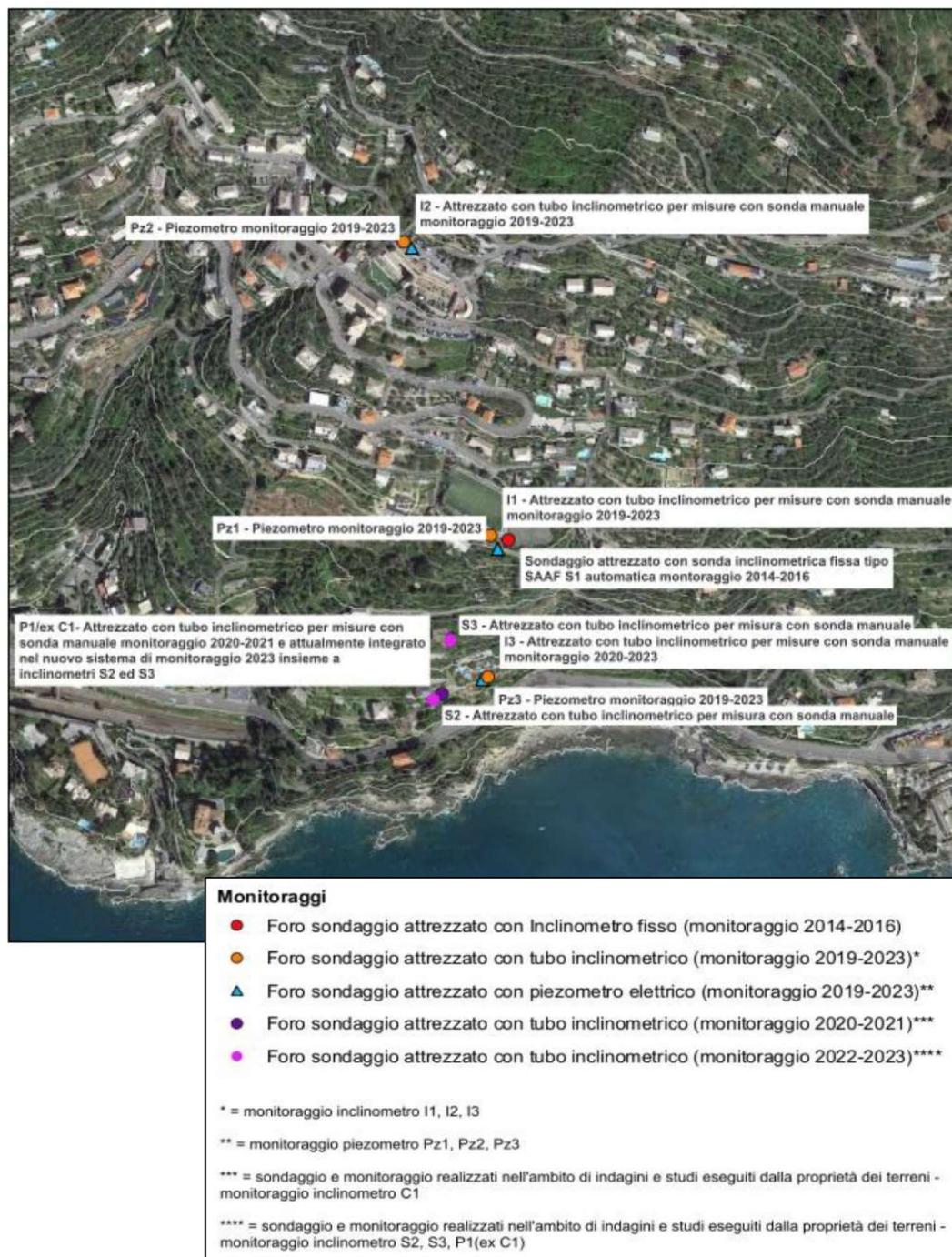


Fig. 3 – Localizzazione dei fori attrezzati con tubo inclinometrico e piezometrico presenti nell'area oggetto di studio del presente documento (immagine tratta dalla relazione di sintesi del dott. Geol. Sebastiani - 2023).

3. Sintesi dei risultati delle indagini geognostiche pregresse

Le indagini geognostiche, sia di tipo diretto che indiretto, effettuate negli anni passati permettono di ricavare il seguente quadro geologico-stratigrafico dell'area:

- in corrispondenza degli impianti sportivi il substrato roccioso è presente a circa – 30 m di profondità da p.c., mentre presso il centro abitato di Pieve Alta esso si colloca a circa -20 m da p.c.;

- nel settore ad Est del Rio San Gaetano le indagini geofisiche hanno evidenziato la presenza di un bedrock sismico ($V_s \geq 800$ m/s) a profondità massime comprese tra i 9-12 metri da p.c.;

- nel settore Ovest della Ripa di San Gaetano il substrato roccioso poco alterato è presente a profondità comprese tra i 20 ed i 25 metri circa. Oltre i 16 metri circa di profondità, i sondaggi evidenziano la presenza di abbondante materiale roccioso intercalato a livelli alterati/materiale sciolto.

4. Analisi dei dati inclinometrici

Nell'area di interesse sono state eseguite negli anni passati diverse campagne di monitoraggio inclinometrico, come riportato nei paragrafi successivi. In Figura 3 sono raffigurati tutti i fori di sondaggio attrezzati con tubo inclinometrico e piezometrico, eseguiti nel corso degli anni.

4.1 Campagna di monitoraggio 2014-2016.

Il sondaggio geognostico denominato "S1" (zona impianti sportivi), eseguito durante la campagna geognostica del 2013, è stato attrezzato con una sonda inclinometrica fissa automatica tipo SAAF ShapeAccelerometer costituita da 60 segmenti rigidi di lunghezza pari a 0,5 m. All'interno di ogni segmento la strumentazione era dotata di 3 accelerometri MEMS che misuravano l'inclinazione lungo gli assi x,y,z. La verticale inclinometrica aveva una lunghezza di 30 metri.

Tale sonda rendeva possibile l'acquisizione dei dati sia localmente sia da remoto ed è stata operativa fino all'anno 2016.

Facendo riferimento alla relazione redatta dal Dott. Geol. Sebastiani, si è desunto che le uniche deformazioni registrate, ad eccezione di quelle iniziali registrate fino alla seconda lettura di zero del settembre 2014, potenzialmente correlate con l'assestamento del materiale di riempimento inserito tra la parete del foro del sondaggio e la tubazione dello strumento di misura, risalgono al periodo novembre-dicembre 2014 (circa 3 mm) e sono state verosimilmente influenzate dalle piogge significative cadute nel periodo autunnale del 2014.

4.2 Campagna di monitoraggio 2019-2023.

A partire dal mese di settembre 2019, i fori di sondaggio I1 (zona impianti sportivi), I2 (zona a monte del cimitero) e I3 (zona al piede del settore occidentale della Ripa di San Gaetano) sono stati attrezzati con tubi inclinometrici per l'esecuzione delle misure con sonda removibile. Ad ogni strumentazione inclinometrica è stato associato un piezometro (piezometrici elettrici Pz1, Pz2, Pz3), inseriti in fori di sondaggio appositamente predisposti.

Si segnala che un'ulteriore campagna di monitoraggio è stata avviata inizialmente nel periodo 2020-21 e successivamente integrata nel 2023, in altri fori di sondaggio fatti eseguire da soggetti privati nei terreni di proprietà situati nella parte occidentale della Ripa di San Gaetano (Sebastiani, 2023).

Per quanto concerne la campagna di monitoraggio 2019-2023, di seguito vengono riassunte le principali informazioni ottenute come desunto dalla relazione a firma del Dott. Geol. Sebastiani, a cui si rimanda per una maggiore completezza di informazioni:

- nel maggio 2020, dopo un periodo di stasi, si iniziano a registrare le prime deformazioni presso l'inclinometro I1 a circa 29 m da p.c. (Fig. 4, 5 e 6), che subiscono lievi incrementi nei mesi successivi fino almeno al mese di novembre 2020. Nel mese di gennaio 2021 c'è un incremento

della deformazione a tale profondità, che risulta non più attivo a partire almeno da aprile 2021. Il movimento subisce una lenta evoluzione osservata nel novembre 2021, connessa probabilmente agli eventi pluviometrici del periodo autunnale; tali blandi movimenti non sono più osservabili nelle letture successive fino a novembre 2022, ultimo mese monitorato in tale campagna.

- L'inclinometro I2 (Fig. 7, 8 e 9) inizia a evidenziare numerosi picchi deformativi a partire dal gennaio 2021, che nelle letture successive fino al novembre 2022, ultimo mese di monitoraggio della campagna, non mostrano incrementi significativi.

- L'inclinometro I3 (Fig. 10, 11 e 12), a partire dal agosto 2021, evidenzia un settore di deformazione fino a 12.0 m da p.c. a partire da 26 m da p.c.; nel luglio 2022 si evidenzia un incremento degli spostamenti, seppur modesto, nei primi 12.0 m da p.c; nelle letture successive, fino al febbraio 2023, non vengono segnalati incrementi degli spostamenti presso tale tubo inclinometrico.

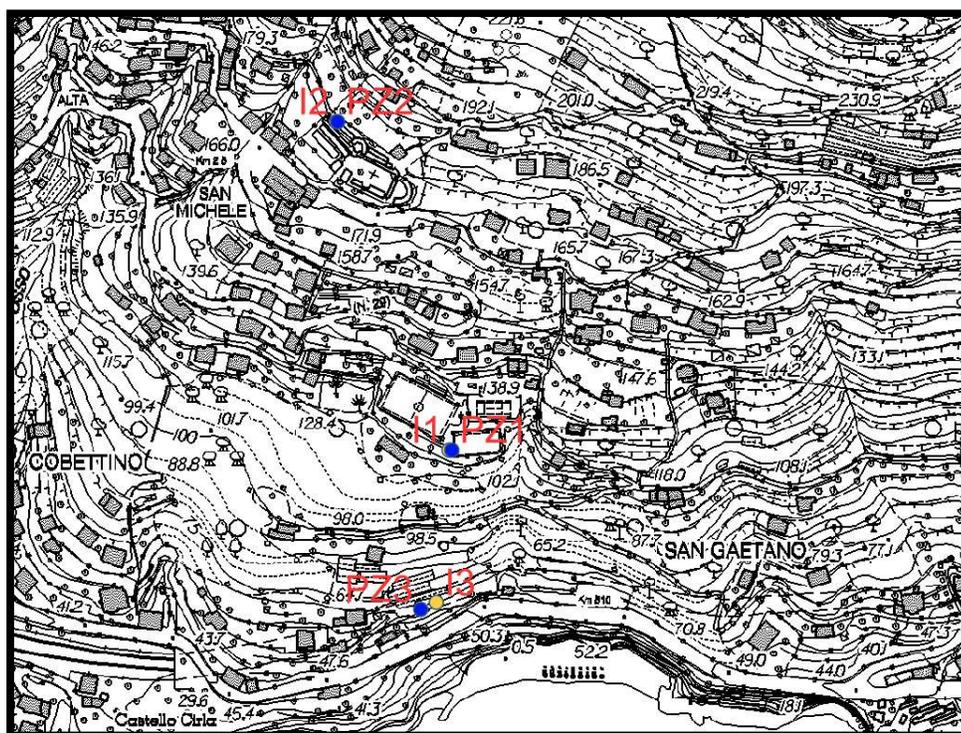


Fig. 3 – Ubicazione degli inclinometri e piezometri monitorati durante la campagna 2019-2023 e presi in carico da ARPAL a partire dal marzo 2024 (pallini arancioni: inclinometri; pallini blu: piezometri).

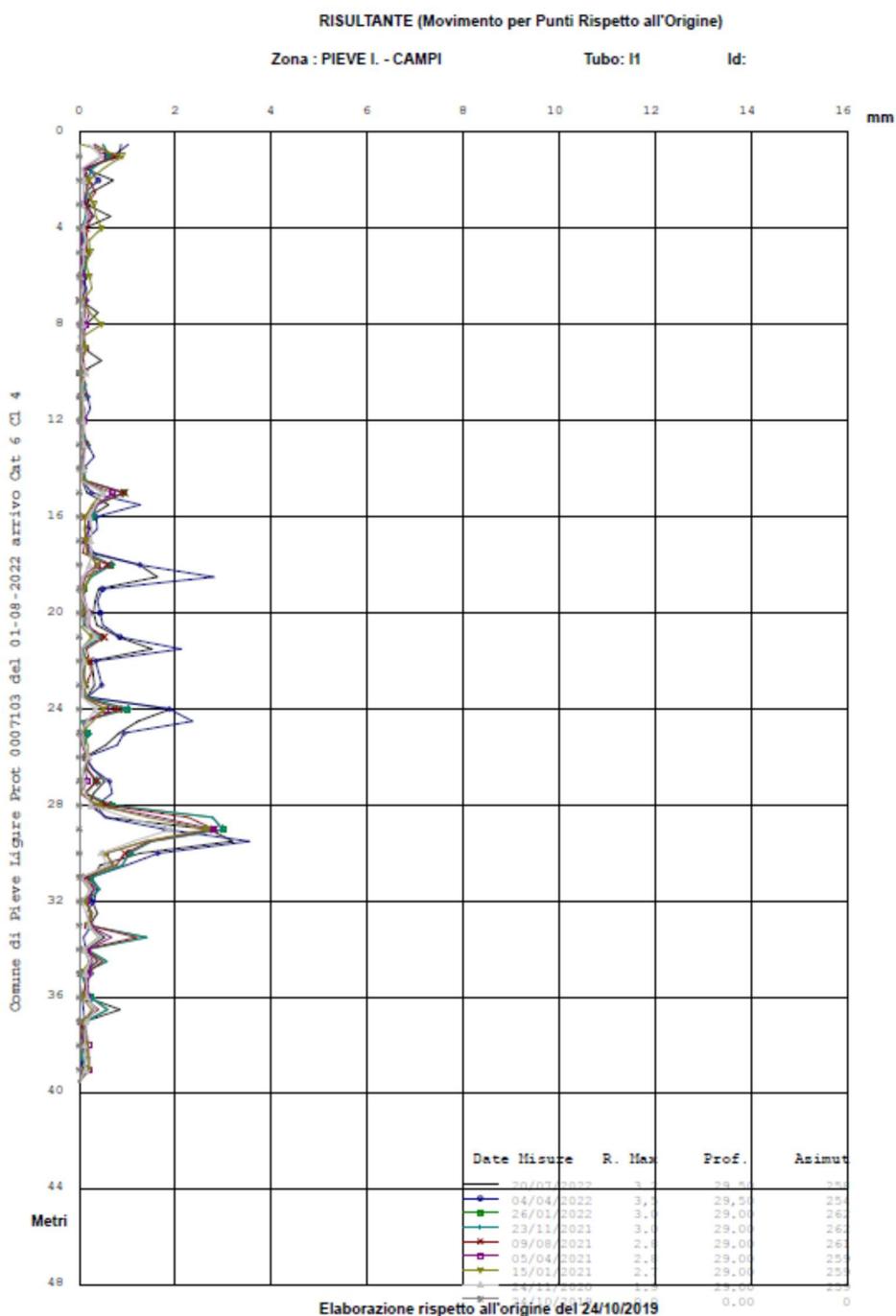


Fig. 4 - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro I1.

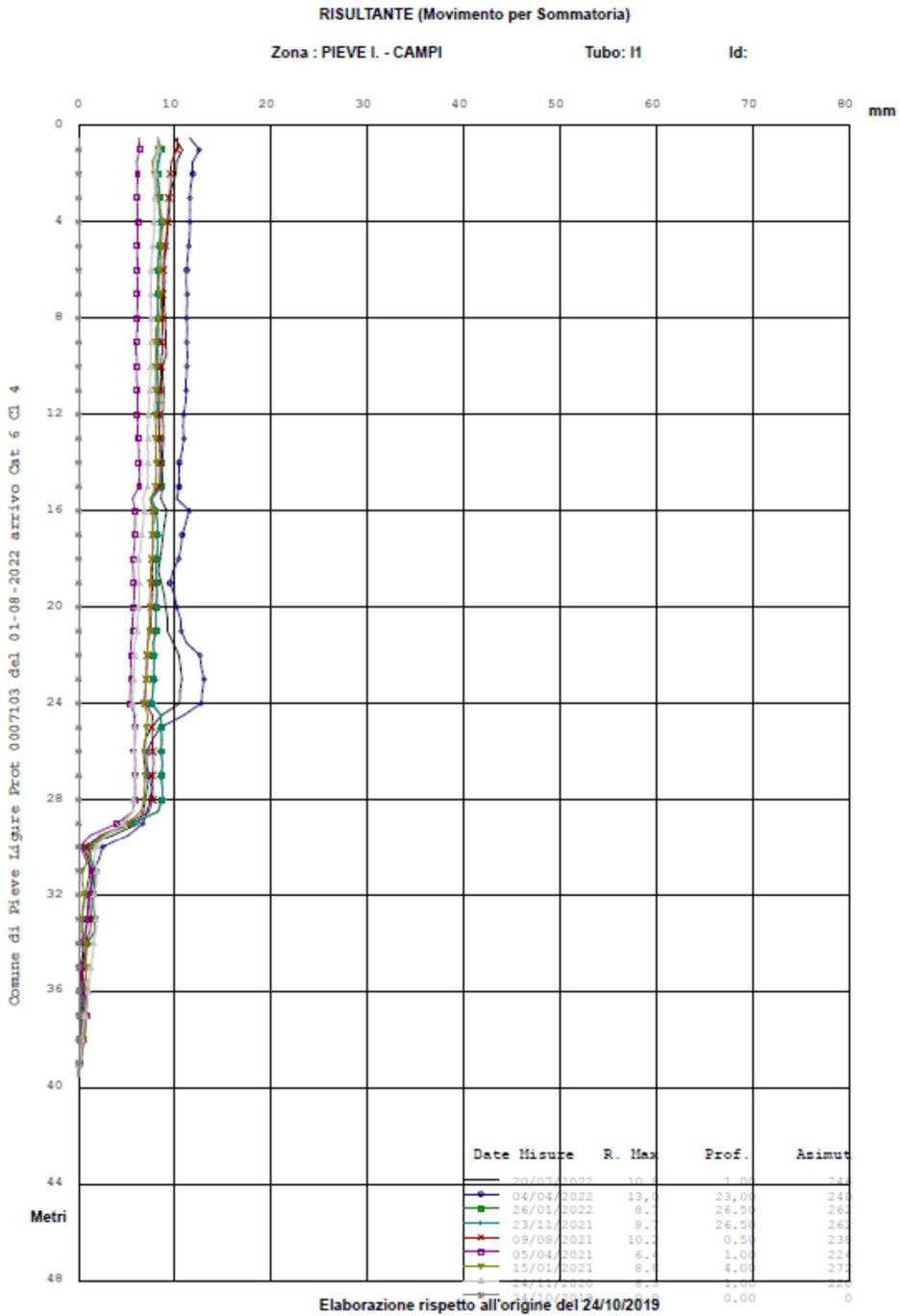


Fig. 5 - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro I1.

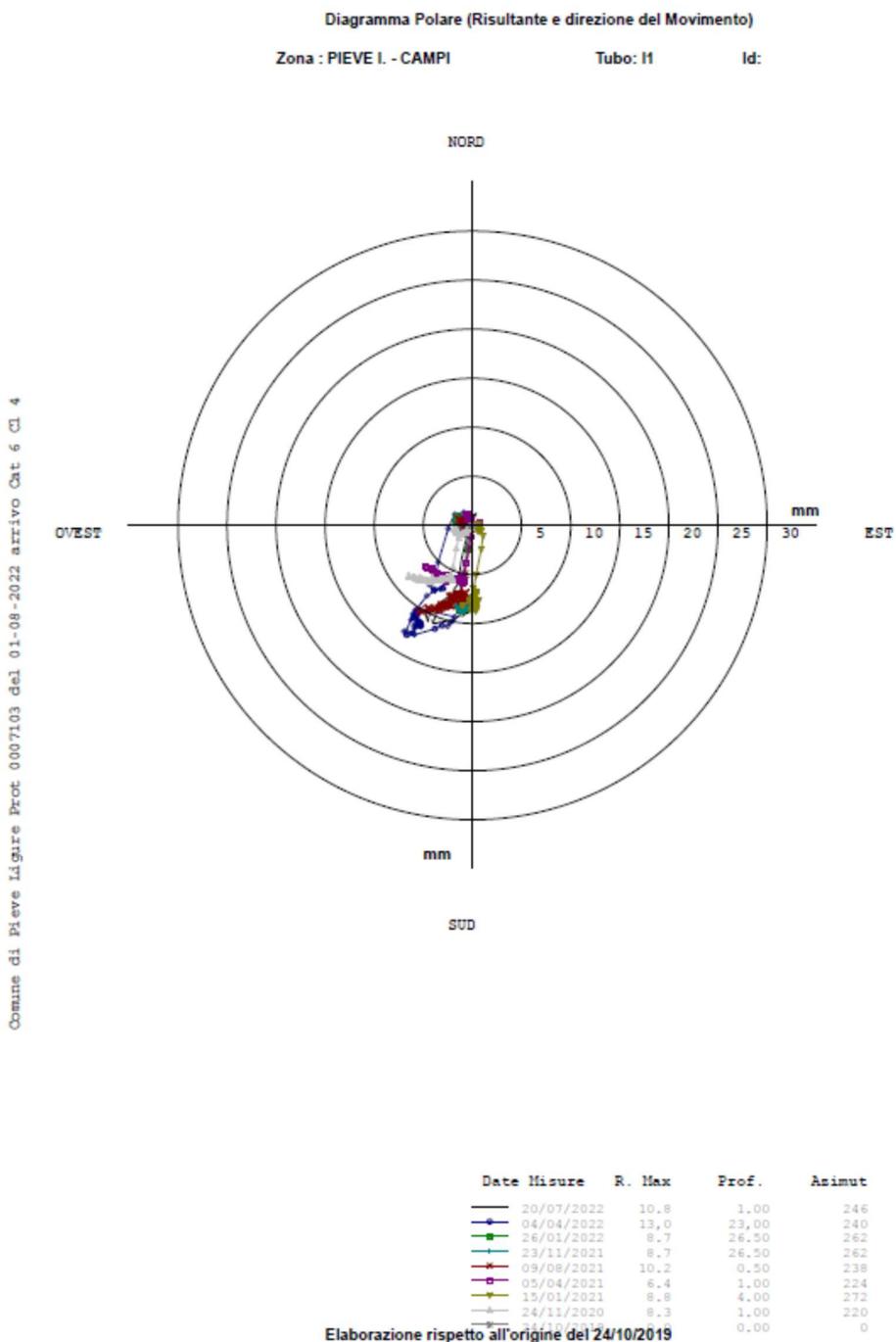


Fig. 6 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro I1.

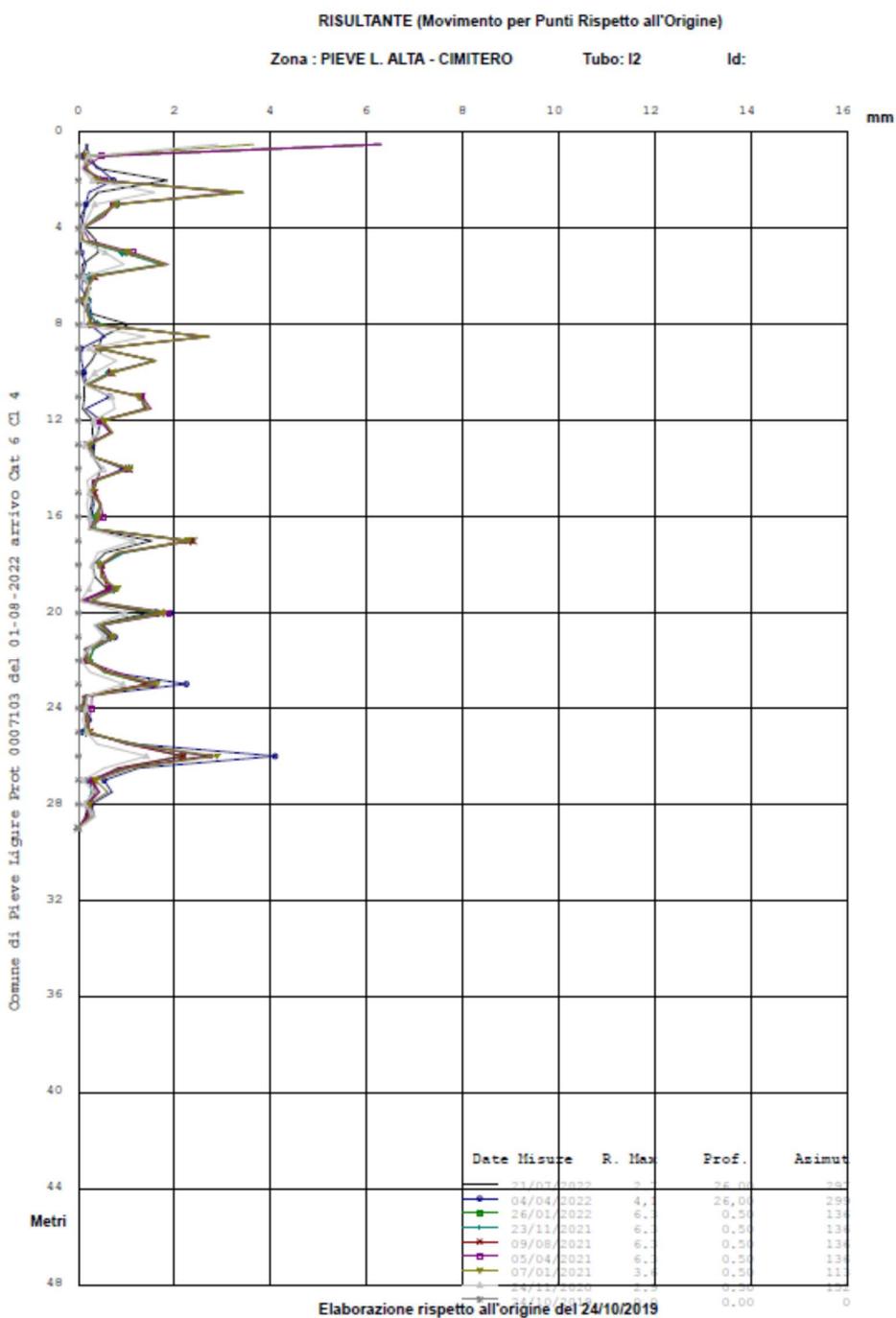


Fig. 7 - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro I2.

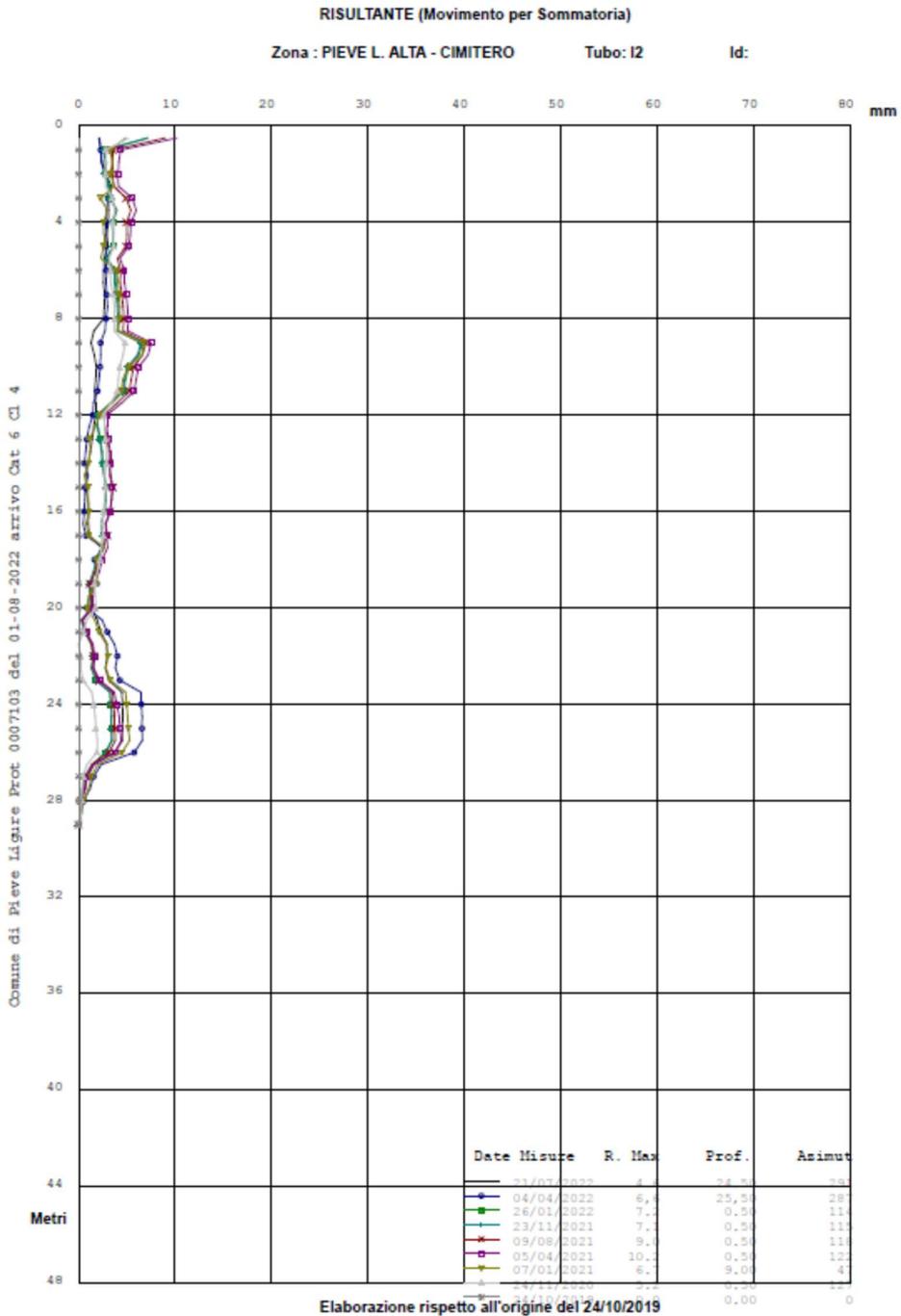


Fig. 8 - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro I2.

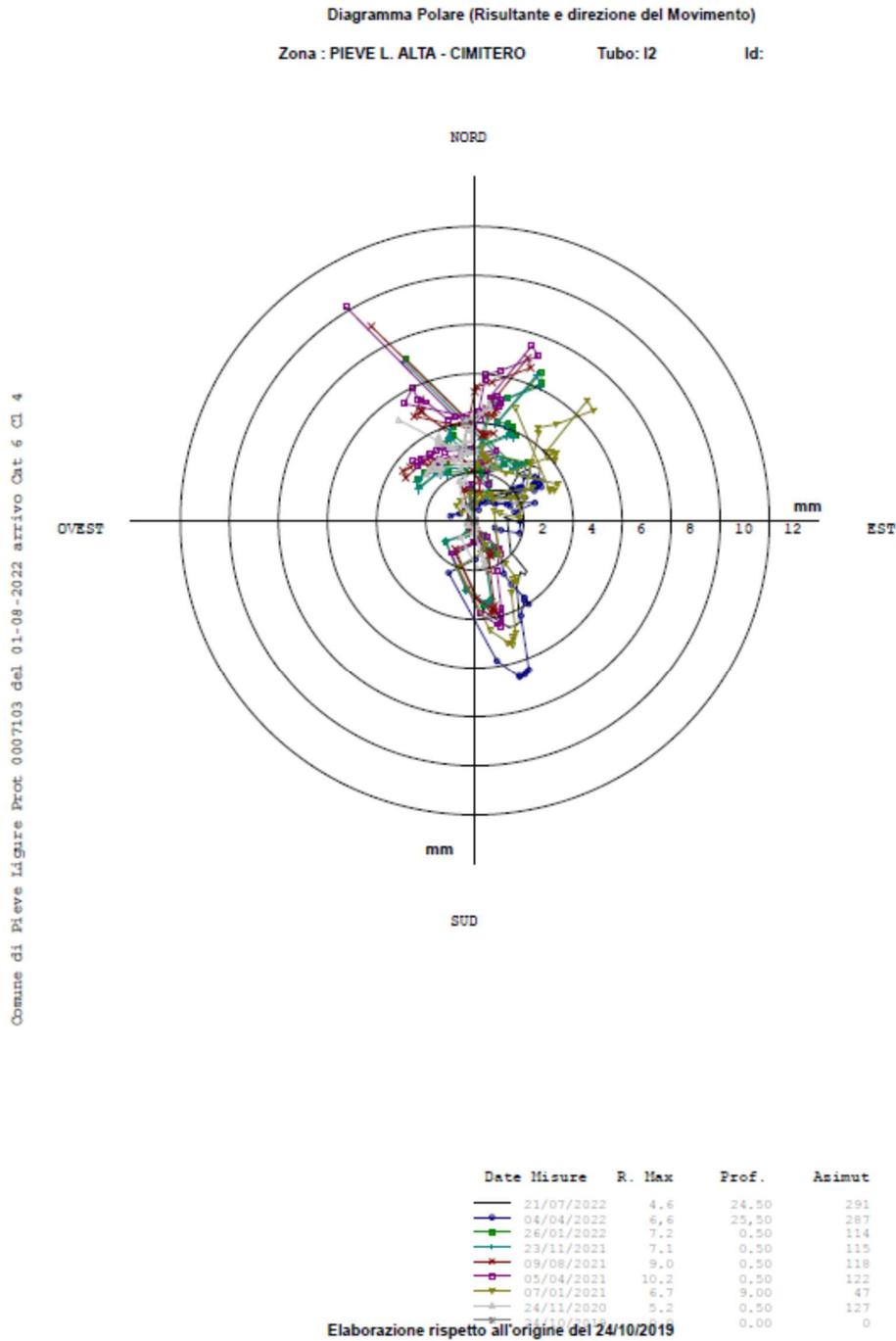


Fig. 9 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro I2.

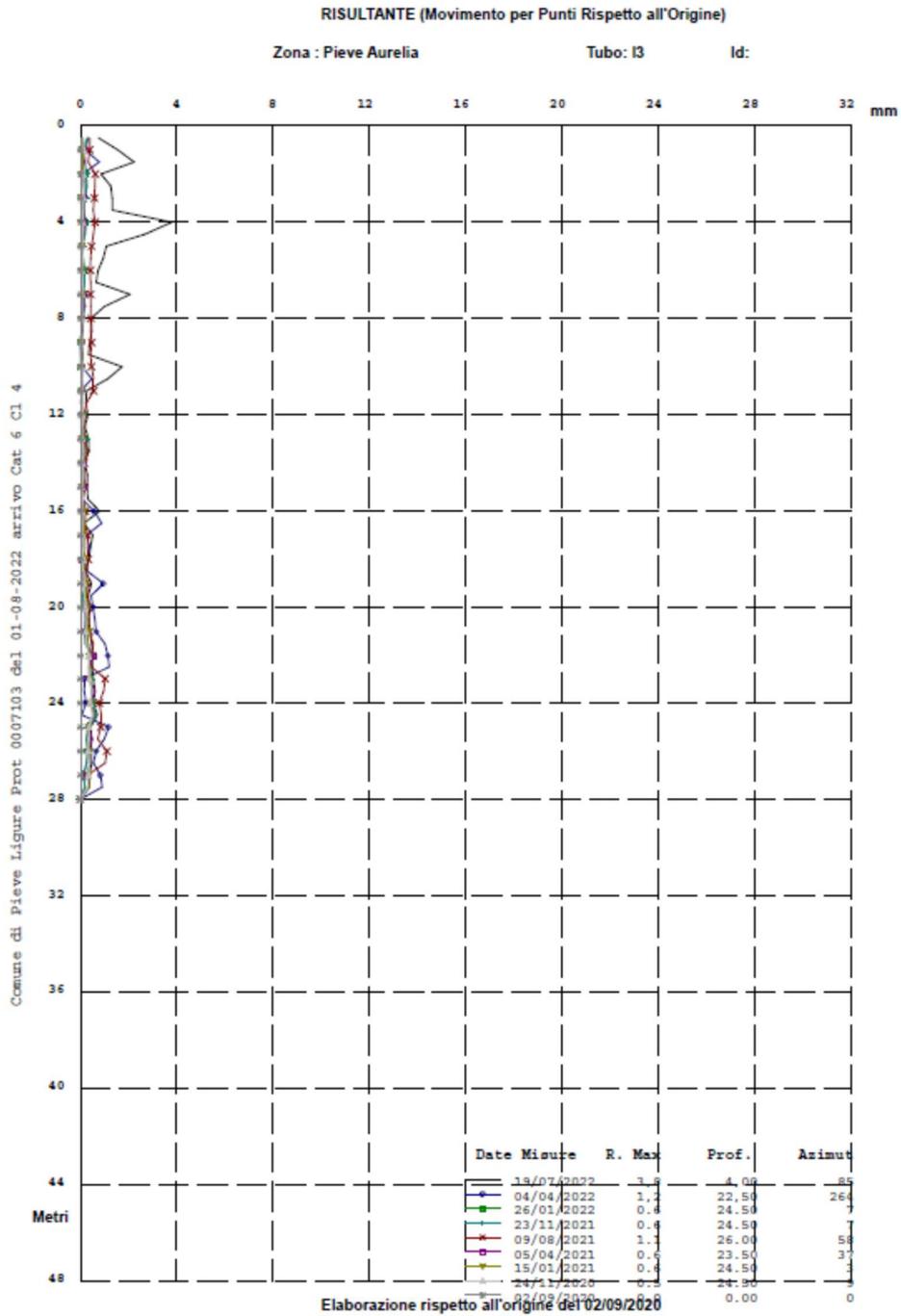


Fig. 10 - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro I3.

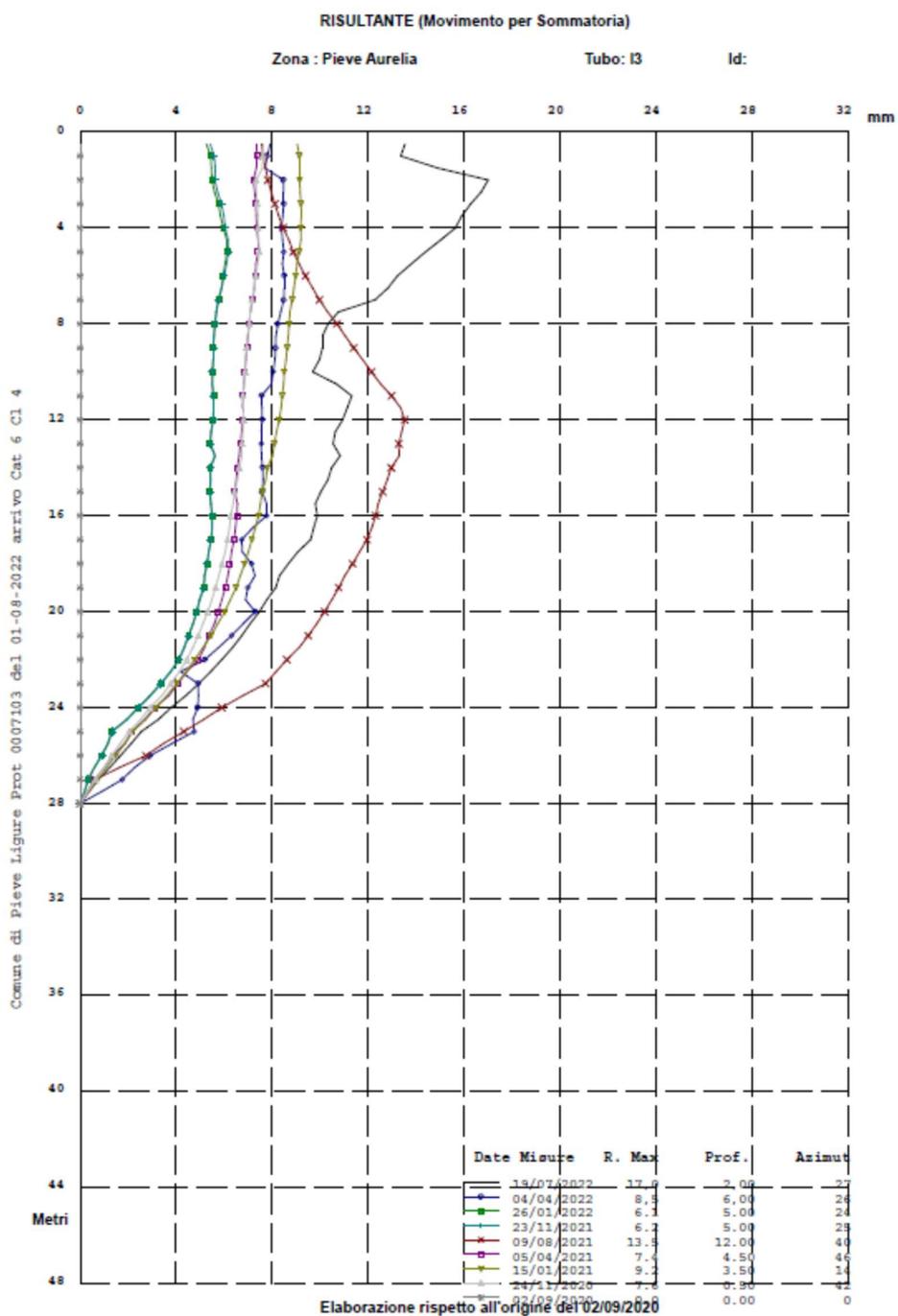


Fig. 11 - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro I3.

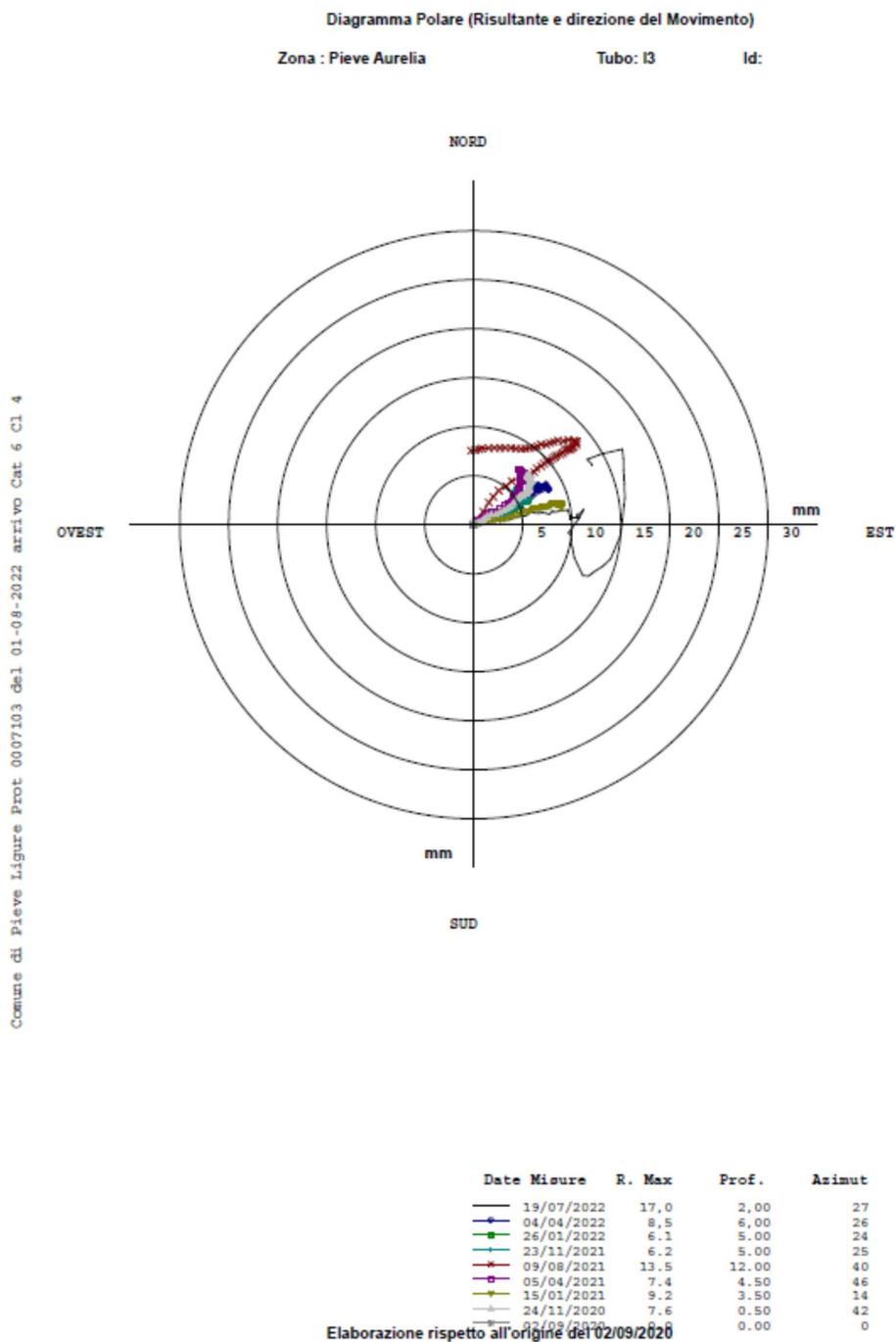


Fig. 12 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro I3.

4.3 Campagna di monitoraggio 2020-2023

Durante tale campagna sono stati monitorati gli inclinometri (P1 exC1, S2 e S3) realizzati da una committenza privata nella zona tra i campi sportivi e la S.S. 1 Via Aurelia, come desunto dalle relazioni del Dott. Geol. Del Mastro. In tali documenti viene riportato che nella campagna 2020-21 è stato identificato un piano di scivolamento a circa -8 m da p.c., caratterizzato da un movimento *“lentissimo, concentrato principalmente nel periodo piovoso”*, a partire dalla lettura di ottobre 2020. La lettura di febbraio 2023 ha evidenziato *“uno scostamento dalla verticale che interessa i primi 4.0 m da p.c. per tutti e tre i tubi”*; tali valori di deformazione non hanno subito incrementi almeno fino all'ultima lettura della campagna, nel mese di aprile 2023.

5. **Analisi dei dati inclinometrici 2024 (monitoraggio attivo)**

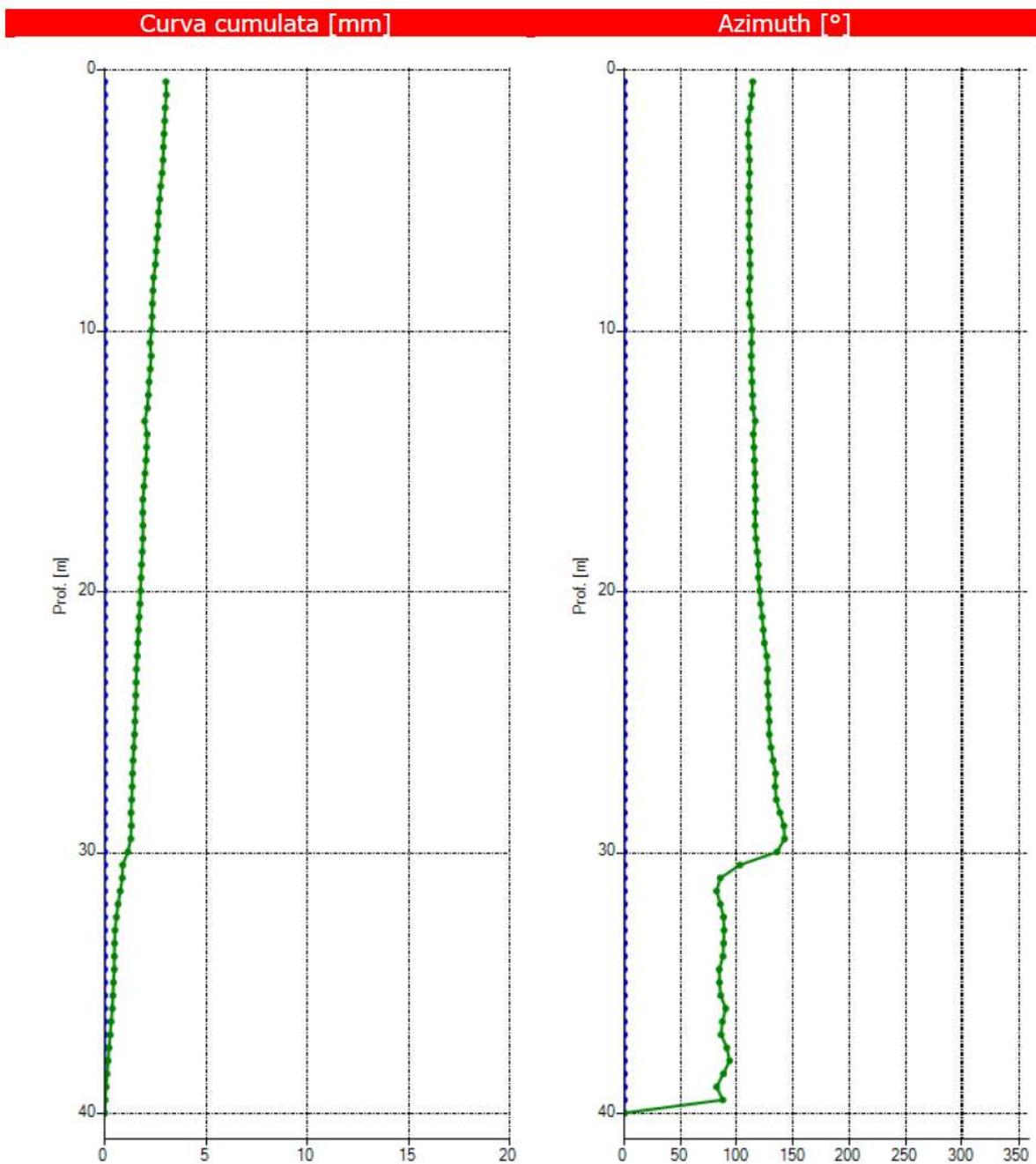
Su richiesta del Comune di Pieve Ligure in accordo con Regione Liguria, parte della strumentazione di monitoraggio piezometrico (Pz1, Pz2, Pz3) ed inclinometrico (I1, I2, I3) realizzata negli anni passati è stata inserita nel programma di monitoraggio del progetto Remove. Nel marzo 2024 è stata effettuata la ricognizione preliminare della strumentazione presente sul territorio, per poi procedere alla lettura di zero su tutte le guide dei tubi inclinometrici e alla prima lettura di esercizio dopo sei mesi, così come specificato nella seguente tabella.

Data	Attività	Strumentazione	Sistema di misura
28/05/2024	Lettura di zero sulle guide A1B1/A2B2/A3B3/A4B4	Inclinometri I1, I2, I3 Piezometri PZ1, Pz2, Pz3	Sonda servoaccelerometrica biax. S222643
13/11/2024	Lettura di esercizio sulle guide A1B1/A3B3	Inclinometri I1, I2, I3 Piezometri PZ1, Pz2, Pz3	Sonda servoaccelerometrica biax. S222643

Tab. 1- Misure effettuate nel 2024 nel sito di San Gaetano (Pieve Ligure).

5.1 **Inclinometro RM582_I1 (39,5 m) – zona a valle dei campi sportivi**

In conformità con quanto osservato nella campagna di indagini 2019-2023, il monitoraggio svolto nel 2024 da ARPAL ha evidenziato una superficie di scivolamento principale a -30m da p.c. che, in circa 6 mesi, ha comportato uno spostamento locale di meno di un millimetro, confermando il trend osservato in passato. La cumulata totale in testa tubo è pari a circa 3 mm. I seppur minimi spostamenti indicano un movimento verso SE (figg. 13-14-15).



■ 13/11/2024 10:51:06 ■ 28/05/2024 11:08:14
Misura inclinometrica di riferimento 28/05/2024 11:08

Fig. 13 - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro I1.

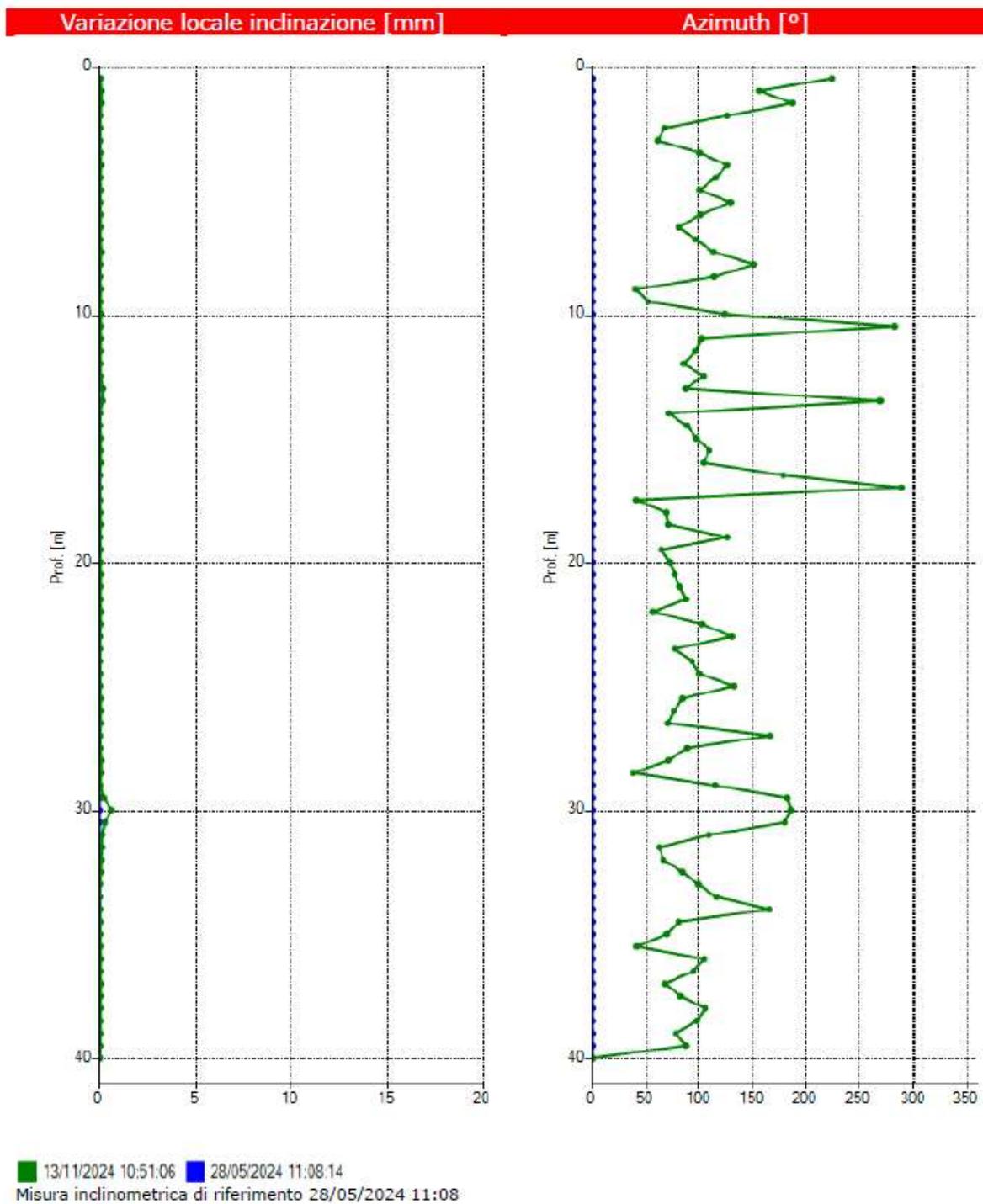


Fig. 14 - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro I1.

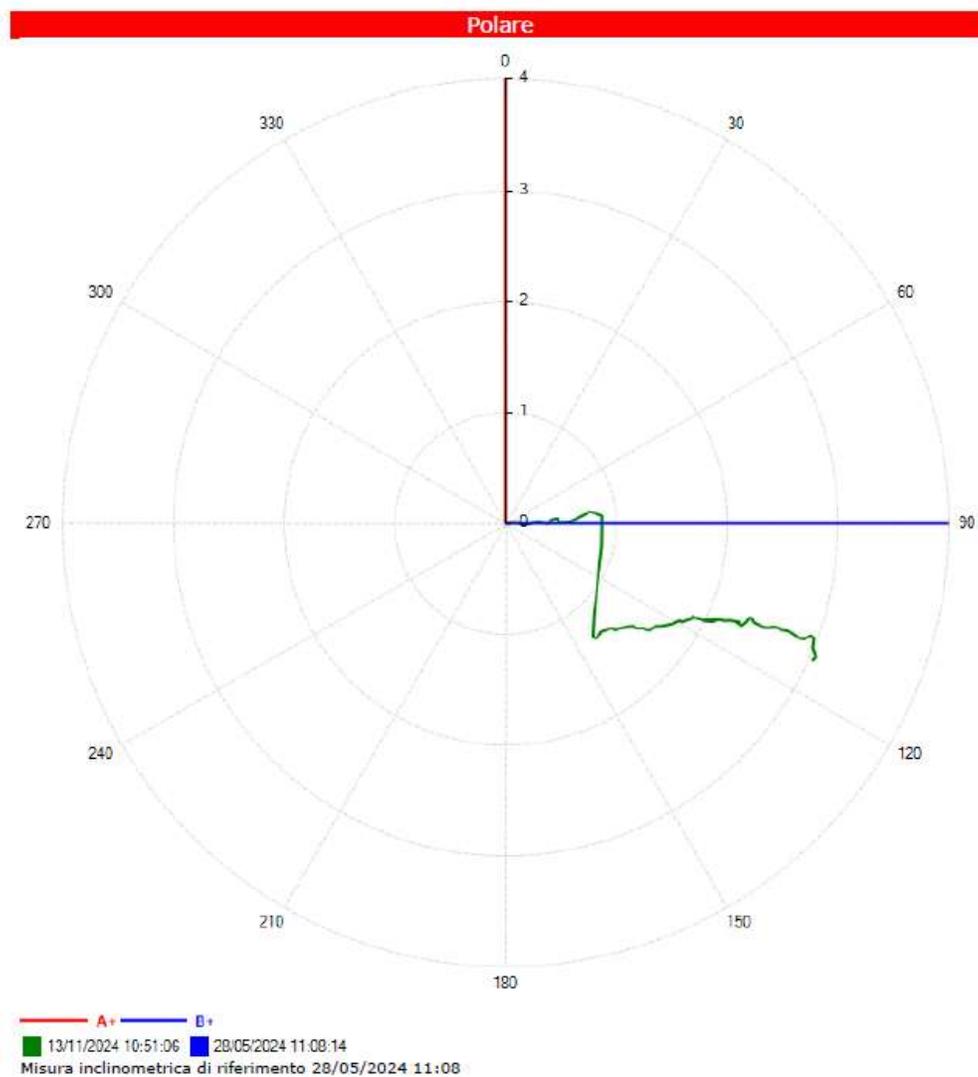


Fig. 15 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro 11.

5.2 Inclinometro RM584_I2 (29 m) – zona a monte del cimitero

La lettura inclinometrica effettuata nel novembre 2024 da parte di ARPAL non ha evidenziato né superfici nette di spostamento né movimenti significativi, in quanto la cumulata in testa tubo si attesta su valori inferiori al millimetro (figg. 16-17-18).

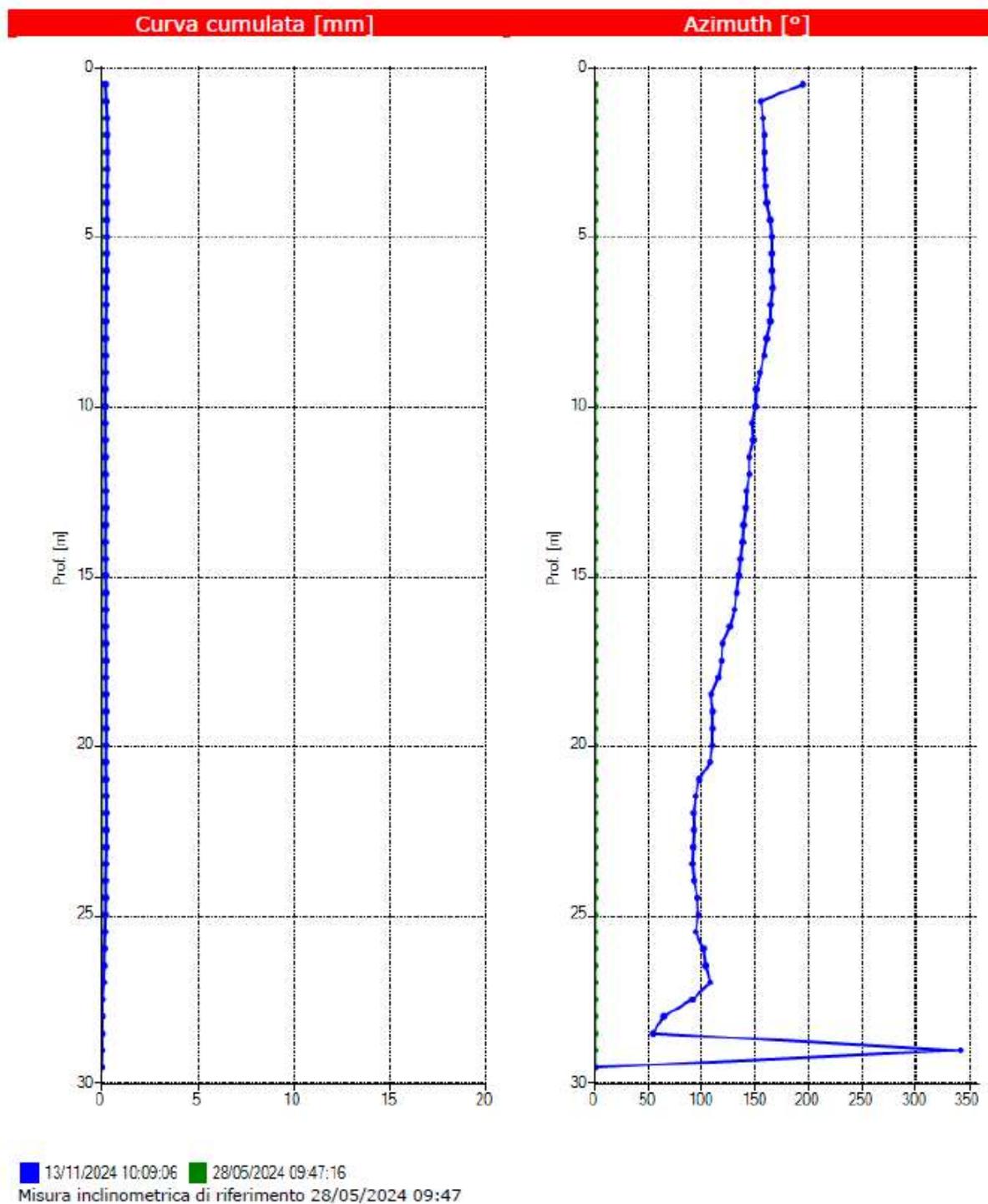


Fig. 16 - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro I2.

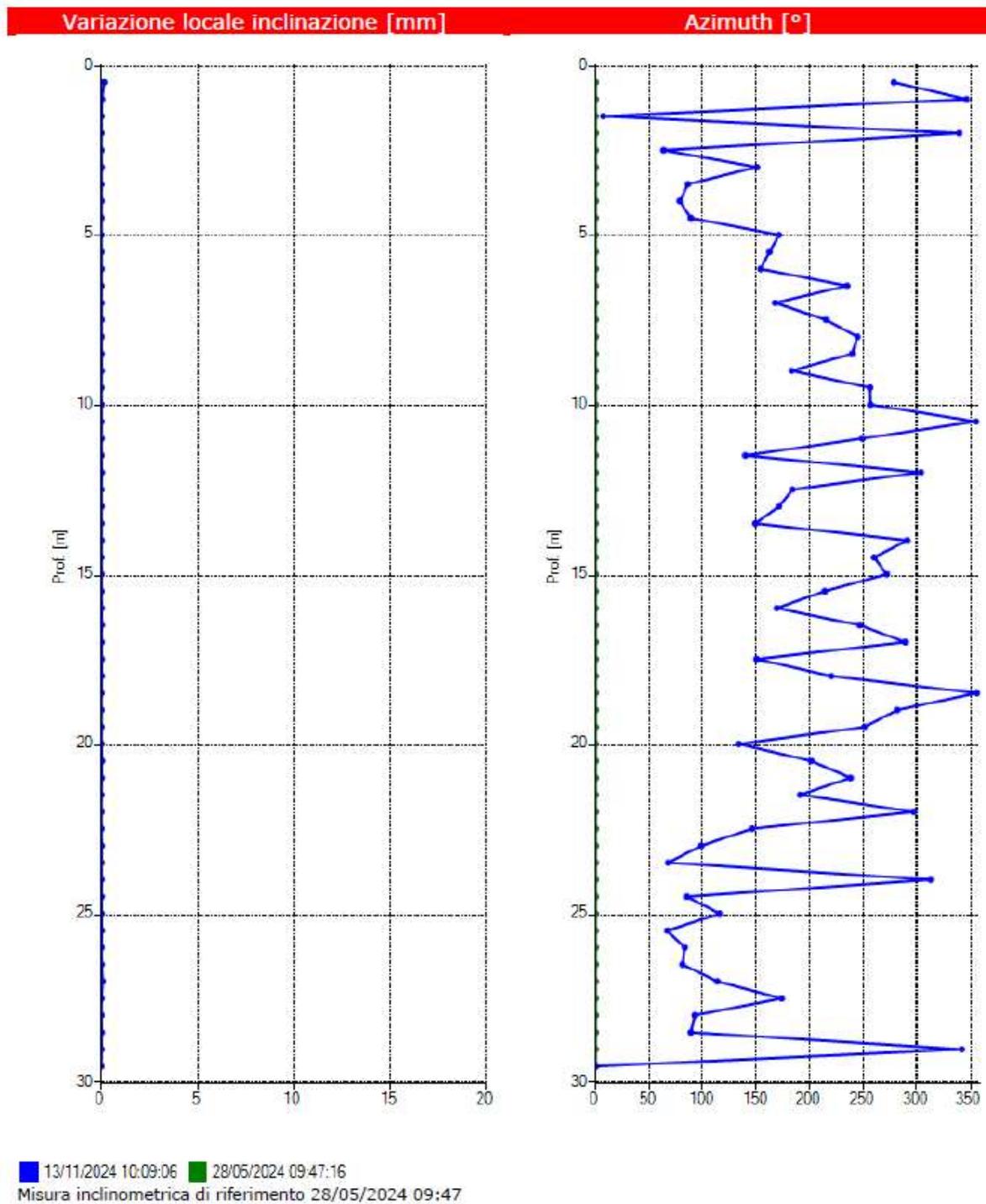


Fig. 17 - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro I2.

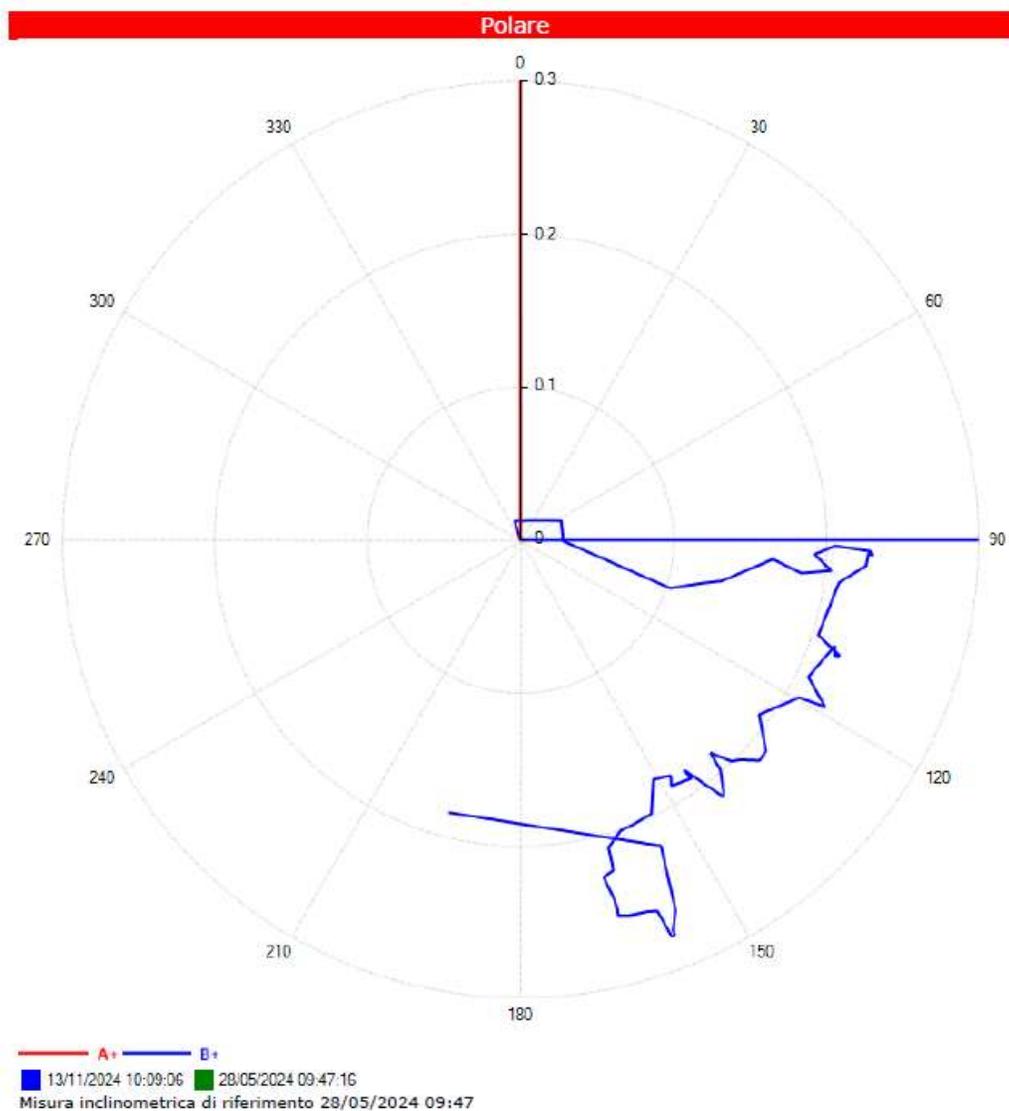


Fig. 18 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro I2.

5.3 Inclinometro RM583_I3 (28,5 m) – zona al piede del settore occidentale della Ripa di San Gaetano

La lettura inclinometrica di novembre 2024 effettuata da ARPAL non ha registrato movimenti locali apprezzabili, con spostamenti cumulati in testa tubo pari a circa 1 mm (figg. 19-20-21). Ad oggi risulta quindi non possibile il confronto diretto con le letture effettuate nelle campagne precedenti.

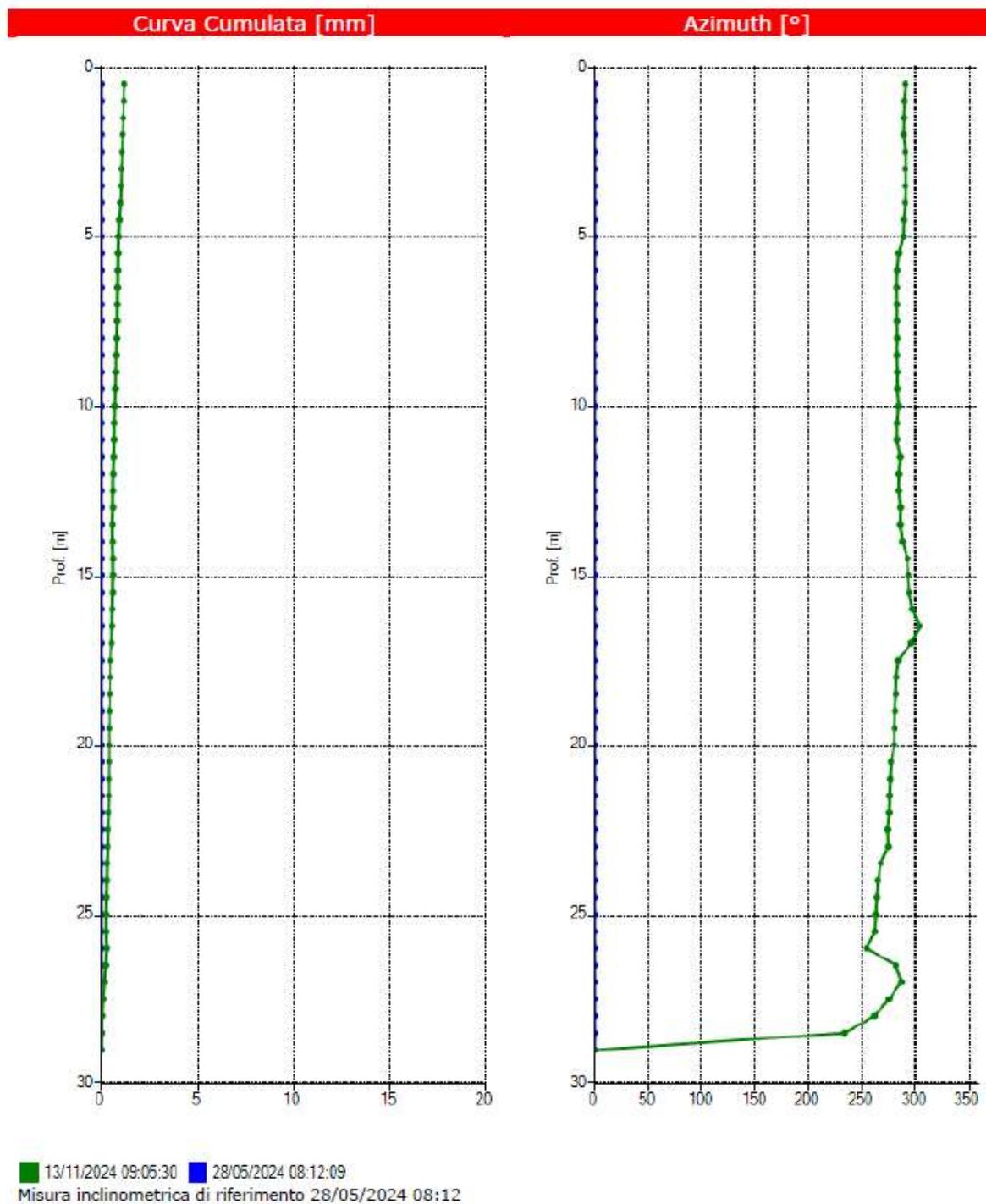


Fig. 19 - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro I3.

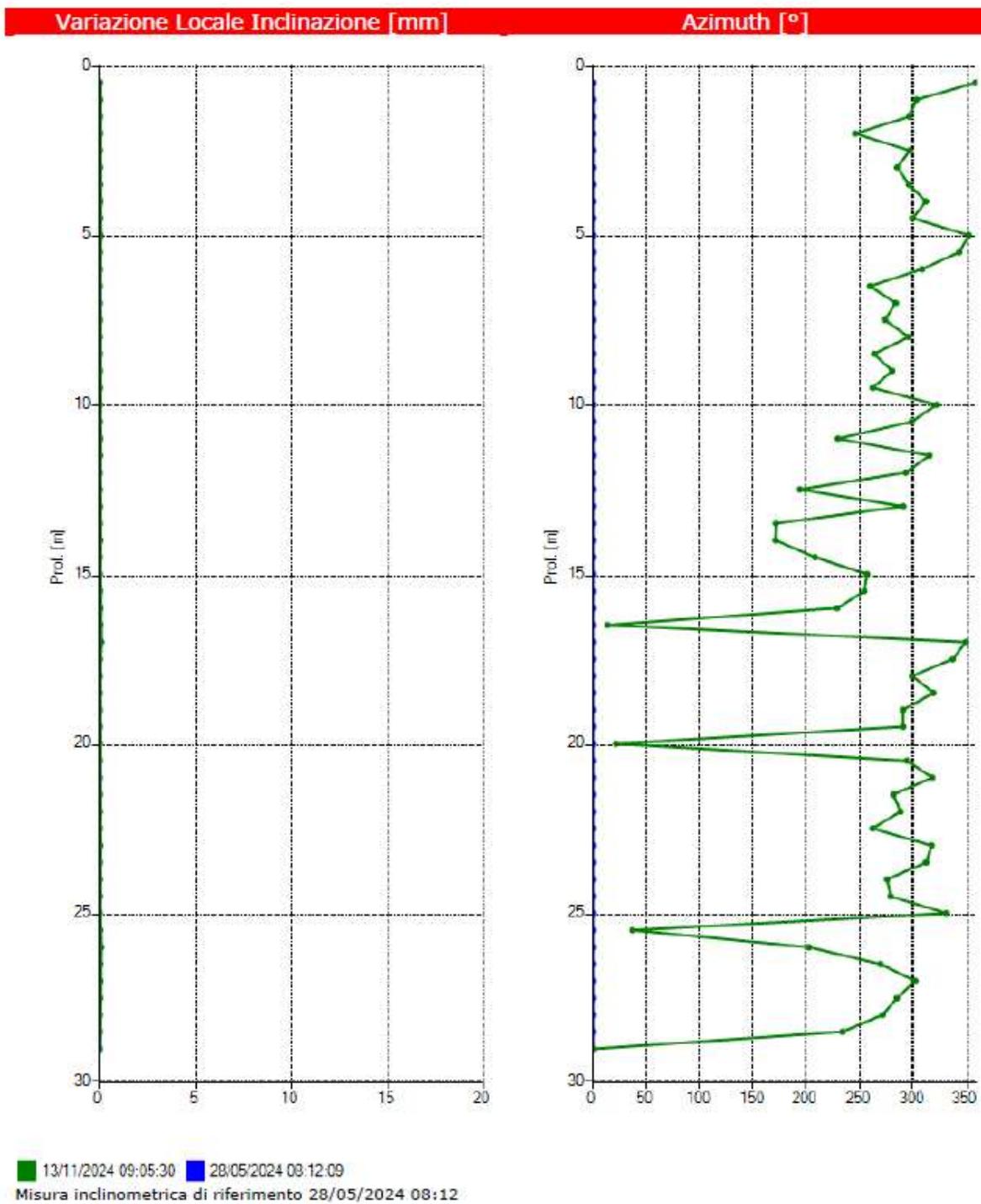


Fig. 20 - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro I3.

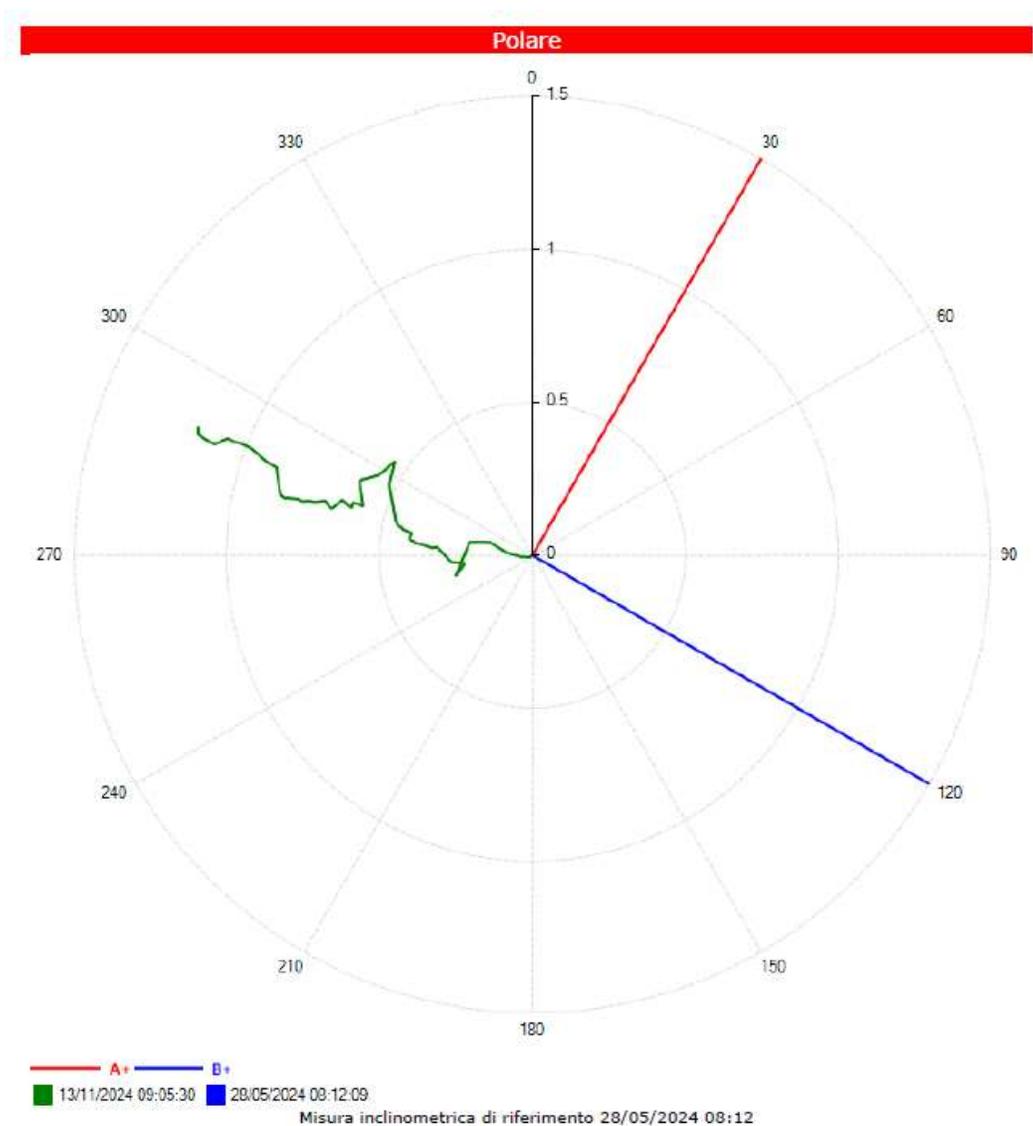


Fig. 21 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro 13.

6. Variazione della soggiacenza della falda

Di seguito si riporta la variazione della profondità della superficie di falda nel periodo di monitoraggio 2019-2023, presso i piezometri Pz1 (a valle dei campi sportivi), Pz2 (a monte del cimitero) e Pz3 (al piede del settore occidentale della Ripa di San Gaetano) (Sivori L., 2022-2023). Nella tabella seguente (Tabella 2) sono indicate le profondità misurate durante le campagne di monitoraggio di ARPAL del 2024. Si nota come la superficie di scivolamento principale a -30 m (presso l'inclinometro I1) si sia trovata, almeno dei periodi in cui è stato effettuato il monitoraggio di ARPAL, sopra falda in condizioni di non saturazione.

Piezometro	Profondità da p.c. (m)	
	28/05/2024	13/11/2024
Pz1	asciutto	30.35
Pz2	28.74	28.25
Pz3	21.79	25.85

Tab. 2 – Soggiacenza della falda (m da p.c.) rilevata durante la campagna 2024 (ARPAL).

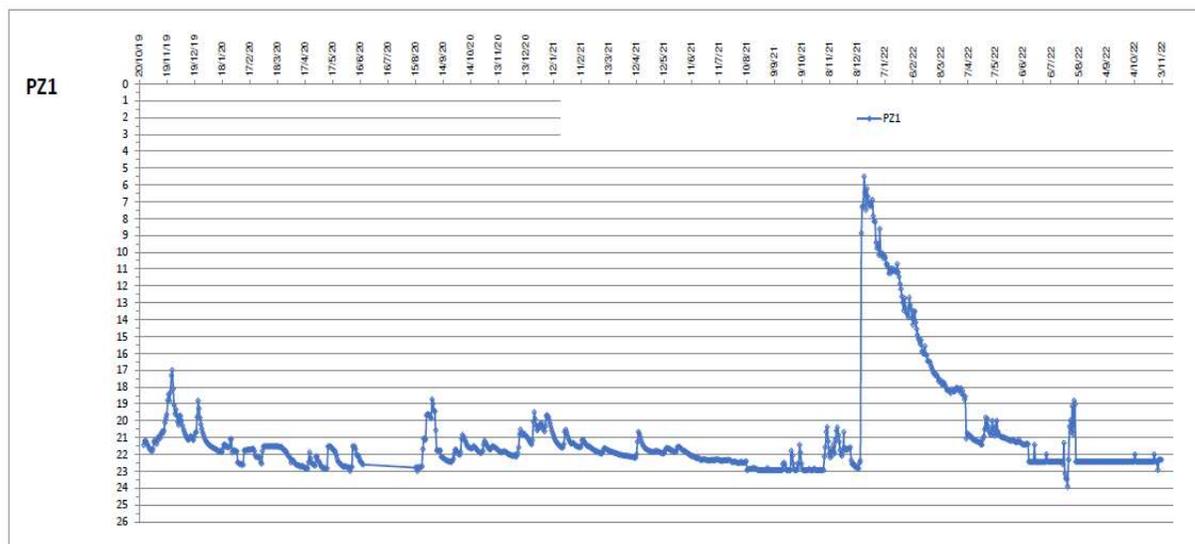


Fig. 22 – Variazione della profondità della superficie di falda presso il piezometro Pz1 (Sivori L., 2022).

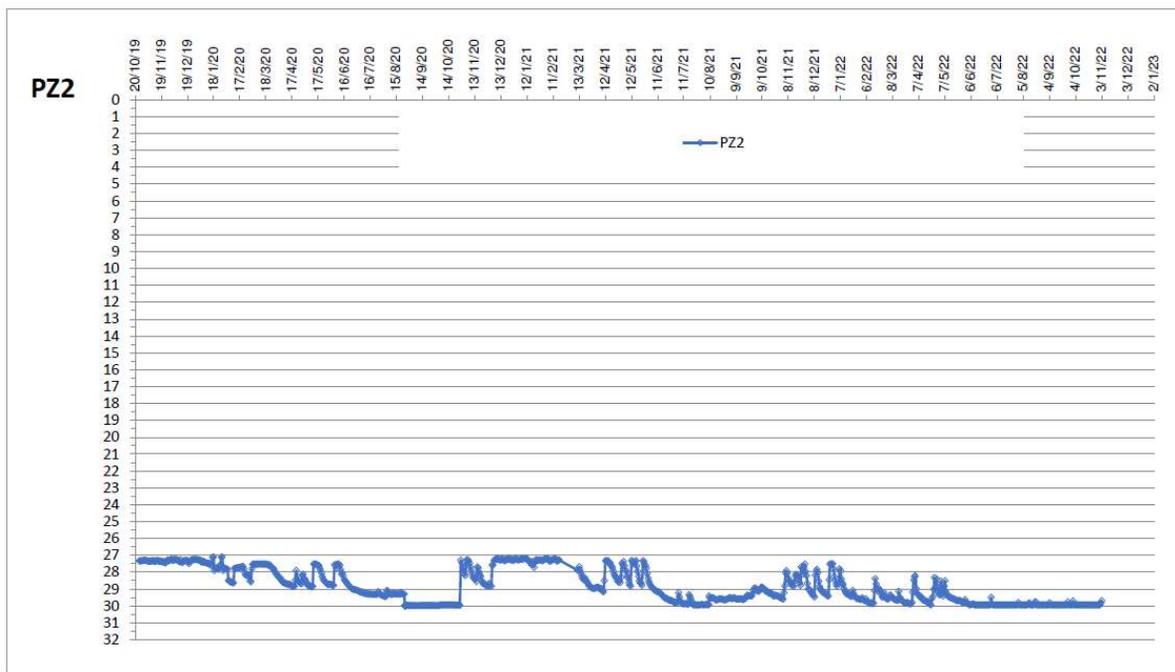


Fig. 23 – Variazione della profondità della superficie di falda presso il piezometro Pz2 (Sivori L., 2022).

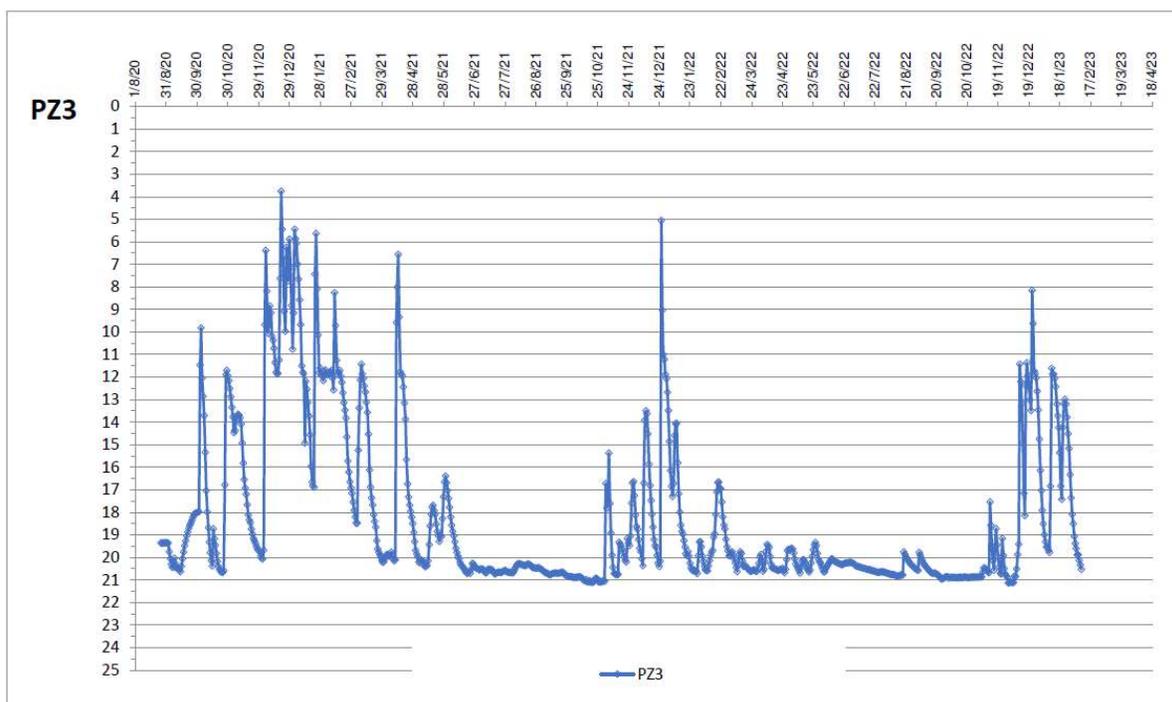


Fig. 24 – Variazione della profondità della superficie di falda presso il piezometro Pz3 (Sivori L., 2023).

7. Conclusioni

Il versante sud-orientale del Monte S.Croce, su cui sorge parte dell'abitato di Pieve Ligure, è interessato da dissesti noti già a partire dai primi anni del novecento, che interessano depositi detritici potenti estesi quasi fino alla linea di costa. Le indagini geognostiche e il monitoraggio inclinometrico e piezometrico dell'ultimo decennio hanno permesso di caratterizzare l'assetto geologico delle porzioni di versante potenzialmente instabili e di definirne, almeno in parte, le dinamiche. Il settore di monte dell'abitato presso Pieve Alta, è caratterizzato dalla presenza di circa 20 m di depositi detritici, la cui potenza aumenta verso valle; tali depositi sono soggetti a blande deformazioni distribuite lungo tutta la verticale. Più a valle, nella porzione centrale del corpo di frana principale presso i campi sportivi, il substrato si attesta a circa -30 m da p.c. ed è a tale profondità che si registrano i movimenti principali dell'area, seppur minimi e poco significativi, riferiti all'ultima campagna di misure inclinometriche (2024). Nel settore ad Est del Rio San Gaetano le indagini geofisiche hanno evidenziato la presenza di un bedrock sismico ($V_s \geq 800$ m/s) a profondità massime comprese tra i 9-12 metri da p.c., mentre nel settore Ovest della Ripa di San Gaetano il substrato roccioso poco alterato è presente a profondità comprese tra i 20 ed i 25 metri circa, evidenziando un andamento convergente della morfologia del substrato roccioso, verso il settore dove sorgono i campi sportivi.

Ai piedi della Ripa di San Gaetano, dove erano stati riscontrati movimenti a circa -8 m da p.c. durante le precedenti campagne inclinometriche, il monitoraggio del 2024 di ARPAL non ha evidenziato superfici nette di spostamento, registrando movimenti in testa tubo dell'ordine del millimetro in circa 6 mesi.

8. Bibliografia

Del Mastro M. (2021). Monitoraggio di tubo inclinometrico verticale presso via XXV Aprile c.n. 305 nel Comune di Pieve Ligure, finalizzato alla verifica dello stato di attività di movimento franoso ritenuto attivo. Committente: privato.

Olivari F., Fassi G., Faccini F., Noce P. (2020). Studio preliminare ambientale "Opere di messa in sicurezza del versante posto a monte della S.S.1 Aurelia - Ripa di San Gaetano". Committente Comune di Pieve Ligure, finanziato da Regione Liguria.

Sebastiani C. (2023). Analisi e sintesi documentale dati storici, studi geologici, indagini geognostiche, monitoraggi e interventi eseguiti frana abitato di Pieve Alta e Ripa San Gaetano; committente: Comune di Pieve Ligure.

Sivori L. (2022, 2023). Monitoraggio geotecnico ed idrogeologico versante su cui sorge il nucleo di Pieve Liguri Alta. Committente: Borghi DRILL Srl.