

# SP004 - Cembrano- Maissana (SP)

## 1. Inquadramento del sito

Il sito di Cembrano, localizzato nel Comune di Maissana, sorge in un'area dove affiorano gli argilloscisti del Super Gruppo della Val di Vara e risulta rappresentato da alcuni corpi di frana indipendenti che si sviluppano a partire dalla sommità di un duomo collinare verso valle nelle diverse direzioni. Le installazioni presenti (Fig.1) ricadono quindi all'interno di corpi di frana multipli che si sviluppano a partire dalla sommità del rilievo collinare, su cui si trova il centro abitato, e censiti nell'Inventario dei fenomeni franosi (IFFI-Iidrogeo) come segue:

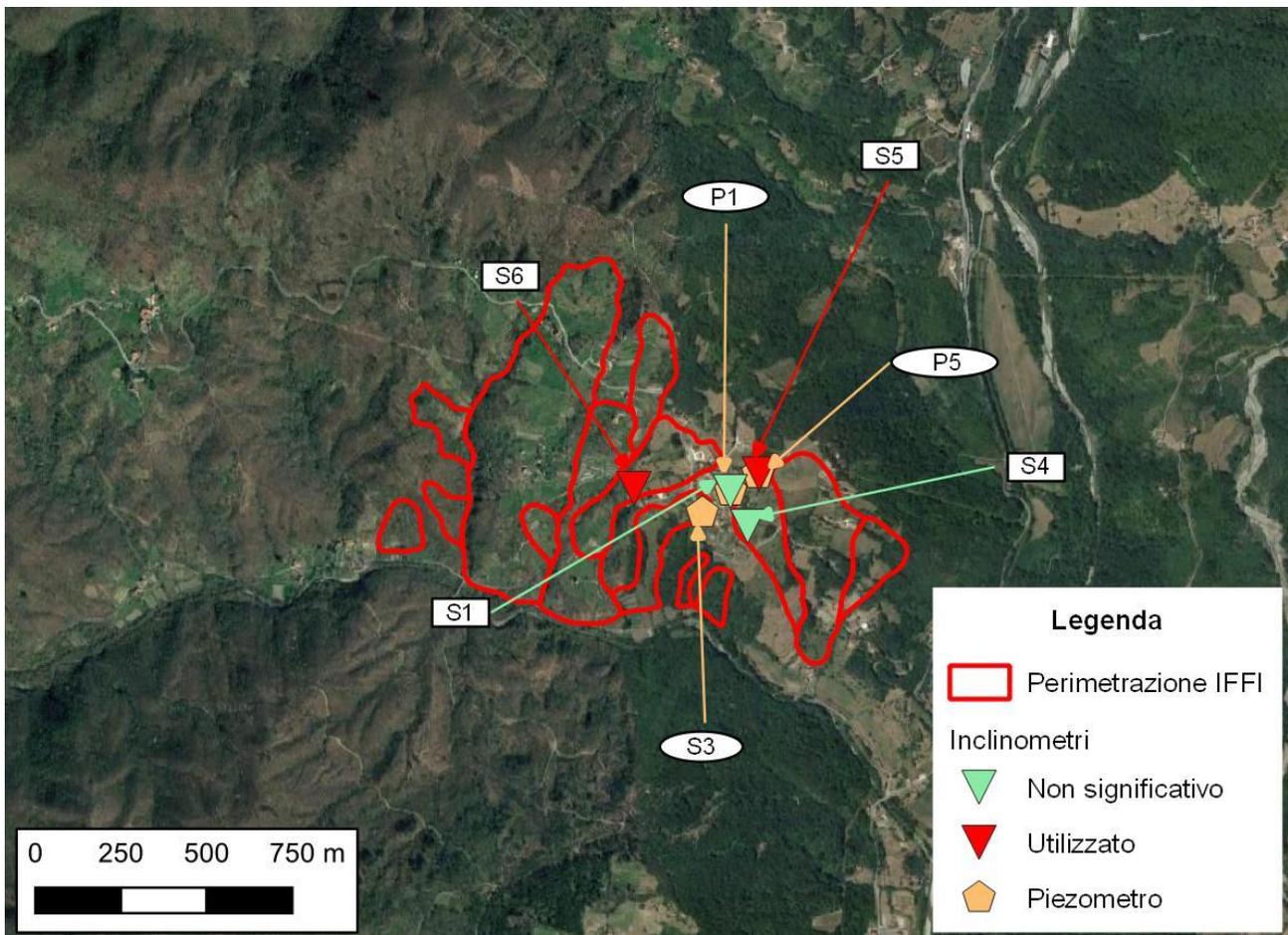


Fig. 1 - Posizione degli inclinometri S1, S4, S5, S6 e piezometri S3, P5 (P1 risulta inutilizzabile) all'interno del corpo di frana

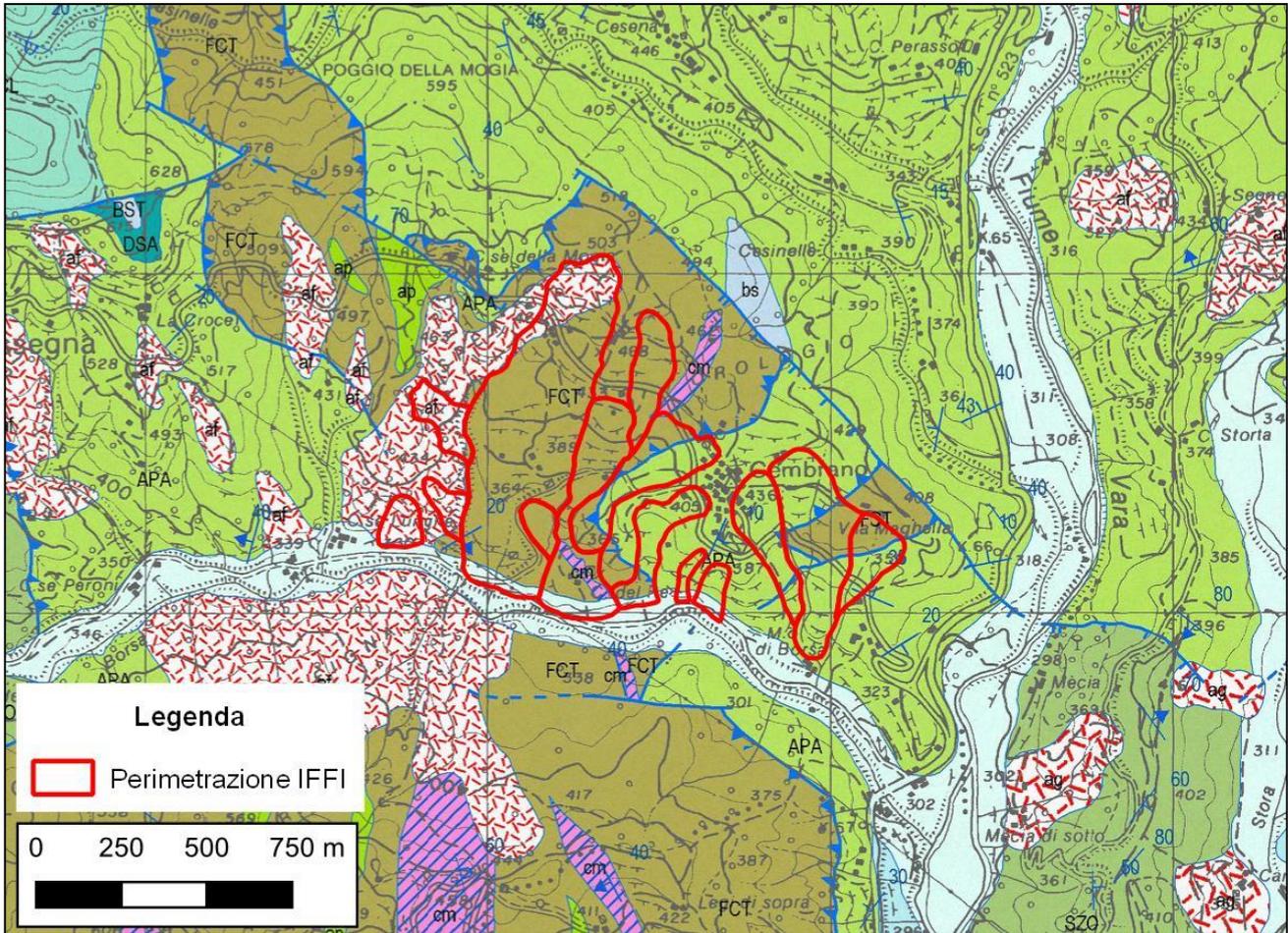


Fig.2 - Stralcio Carta Geologica Regionale (CARG – foglio 232-Sestri Levante) sc.1:10.000

### DEPOSITI QUATERNARI

- Deposito di frana recente (a1)**  
Accumuli caotici di materiali eterogenei ed eterometrici con indizi di movimento in atto.
- Deposito di frana antica (a1q)**  
Accumuli caotici di materiali eterogenei ed eterometrici senza indizi di movimento in atto.
- Depositi di versante**  
Depositi eterogenei ed eterometrici dovuti ad alterazione in posto e localmente rimaneggiati per gravità e/o ruscellamento. Sulla base delle litologie presenti nel substrato sono riconducibili a due tipologie:  
- depositi costituiti da ciastri grossolani spigolosi con matrice sabbiosa, soggetti a fenomeni di dilavamento e flusso tipo debris-flow (a1g)  
- depositi costituiti da argille e limi argillosi con inclusi eterometrici di calcari, arenarie e argilliti dispersi, soggetti a locali fenomeni di flusso per gravità (a1f)
- Deposito alluvionale attuale (b)**  
Depositi alluvionali prevalentemente grossolani, costituiti da ghiaie e ciottoloni con limi e sabbie, spesso frammati a ciastri poco elaborati.
- Deposito alluvionale terrazzato (bn)**  
Depositi alluvionali prevalentemente grossolani, costituiti da ghiaie e ciottoloni con limi e sabbie, spesso frammati a ciastri poco elaborati, probabilmente distribuiti in un unico ordine con un dislivello massimo di circa dieci metri dall'attuale livello dei corsi d'acqua.

### DOMINIO LIGURE INTERNO SUPERGRUPPO DEL VARA

E' costituito da una successione litoridica poggiate su formazioni pelagiche di ambiente oceanico a composizione calcareo-silicea, con colate basiche e corpi di breccia alla base. La successione giace su di un basamento costituito da ultramafiti di mantello. La successione ha risentito di intense deformazioni polifasiche dall'Eocene all'Oligocene, che ne hanno provocato la strutturazione in tre unità tettoniche principali definite Unità Liguri Interne: U.T. Lavagna, U.T. Gottero, U.T. Bracco-Val Graveglia.

- Formazione di Tavorone (FCT)**  
Argilliti di colore da grigio a bruno, folgetate con sottili intercalazioni di silti e calcarenarie. Frequentemente calcizzate inglobano siltoliti derivati da Arenarie del Gottero (g), Argille a Palombini (ap), ultramafiti (sr,bs,gb) e breccie ofiolitiche (b), e calcari mamosi (cm) di età Coniaciano di appartenenza incerta. Paleocene inferiore.
- Argilliti di Giallette (GTT)**  
Argilliti policrome finemente folgetate, con strati da medi a sottili di quarzoarenari fini e più rari frammenti di strati di calcilutiti. Sono presenti pacchi di strati di Argille a Palombini (ap). Paleocene.
- Arenarie di Monte Gottero (GOT)**  
Arenarie quarzo-feldspatiche in strati e banchi alternate ad argilliti. Verso la base sono presenti intercalazioni decametriche di argilliti policrome sottilmente stratificate con strati di marne e lenti di breccie (Argilliti di M. Valai auct., GOTa). Campaniano superiore-Paleocene.
- GRUPPO DEL LAVAGNA**  
Comprende le seguenti formazioni: Scisti Zonati, Ardesie di M. Verzi e Scisti Manganeseiferi, a composizione argilloso-mamoso-arenacea, con rapporti spaziali di non chiara risoluzione. Rapporti di parziale eteropia sono possibili, oltre che tra le tre formazioni, anche tra Scisti Manganeseiferi e Argille a Palombini e tra Scisti Zonati e la porzione inferiore delle Arenarie di Monte Gottero.
- Scisti Zonati della Forcella (SZO)**  
Torbiditi siltoso-arenacee in strati sottili con rari strati di marne localmente anche di spessore notevole. Campaniano superiore.
- Argille a Palombini (APA)**  
Argilliti grigie e silti intercalate a strati di calcare micritico di colore grigio scuro (galietano), raramente a base calcarenaria. Verso il tetto gli strati di palombino possono mancare. All'interno della formazione sono presenti siltoliti di Arenarie del M. Gottero (g), serpentiniti (sr), basalti (bs), calcari a calpionella (cl). Hauteriviense superiore - Santoniano superiore.
- Calcari a Calpionella (CCL)**  
Calcilutiti bianche o grigio chiare, con rare selci, con subordinate intercalazioni di argilliti, localmente mamosse, più abbondanti verso il tetto. Titonico superiore - Valangiano inferiore.
- Diapiri del Monte Alpe (DSA)**  
Diapiri varicolori sottilmente stratificati, localmente ricristallizzati. Giurassico Medio - Superiore.

## 2. *Analisi dei dati inclinometrici (2009-2023)*

L'attività di monitoraggio del versante in esame prosegue dal 2009, ma non è stata eseguita negli anni 2013, 2021, 2022, 2024 per l'assenza di consistenti spostamenti rilevati dalla strumentazione installata nel corso delle letture già effettuate a più riprese. Di seguito si riportano i risultati del monitoraggio 2023:

Data	Attività	Strumentazione	Sistema di misura
11/05/2023	Letture inclinometrica	Inclinometri S1,S5,S6	Sonda servoaccelerometrica biax. S060314

Tab. 1 - Misure effettuate nel sito di Cembrano nel 2023

### **Inclinometro S4 (8.5 m) – versante sud del centro abitato**

Durante la campagna di acquisizione dati del 2023 non è stata effettuata la lettura dell'inclinometro a causa di problemi logistici (l'inclinometro si trova in una proprietà privata e non è stato possibile raggiungerlo). Facendo riferimento all'inclinometro S1 posto a monte nel centro abitato, si può affermare la sostanziale assenza di movimento. Si riporta comunque l'ultima lettura realizzata nel 2019: l'elaborazione differenziale integrale non aveva evidenziato movimenti sostanziali e complessivamente i valori misurati pari a circa 4 mm rientrano all'interno dell'incertezza strumentale. Tale evidenza è confermata anche dall'elaborazione differenziale locale dove si può osservare come gli unici riscontri di movimento siano localizzati nei primi due metri di coltre mentre lungo tutto l'asse del tubo inclinometrico non si rilevano altre deformazioni, fermo restando la limitata profondità dell'installazione (Figg.3 e 4).

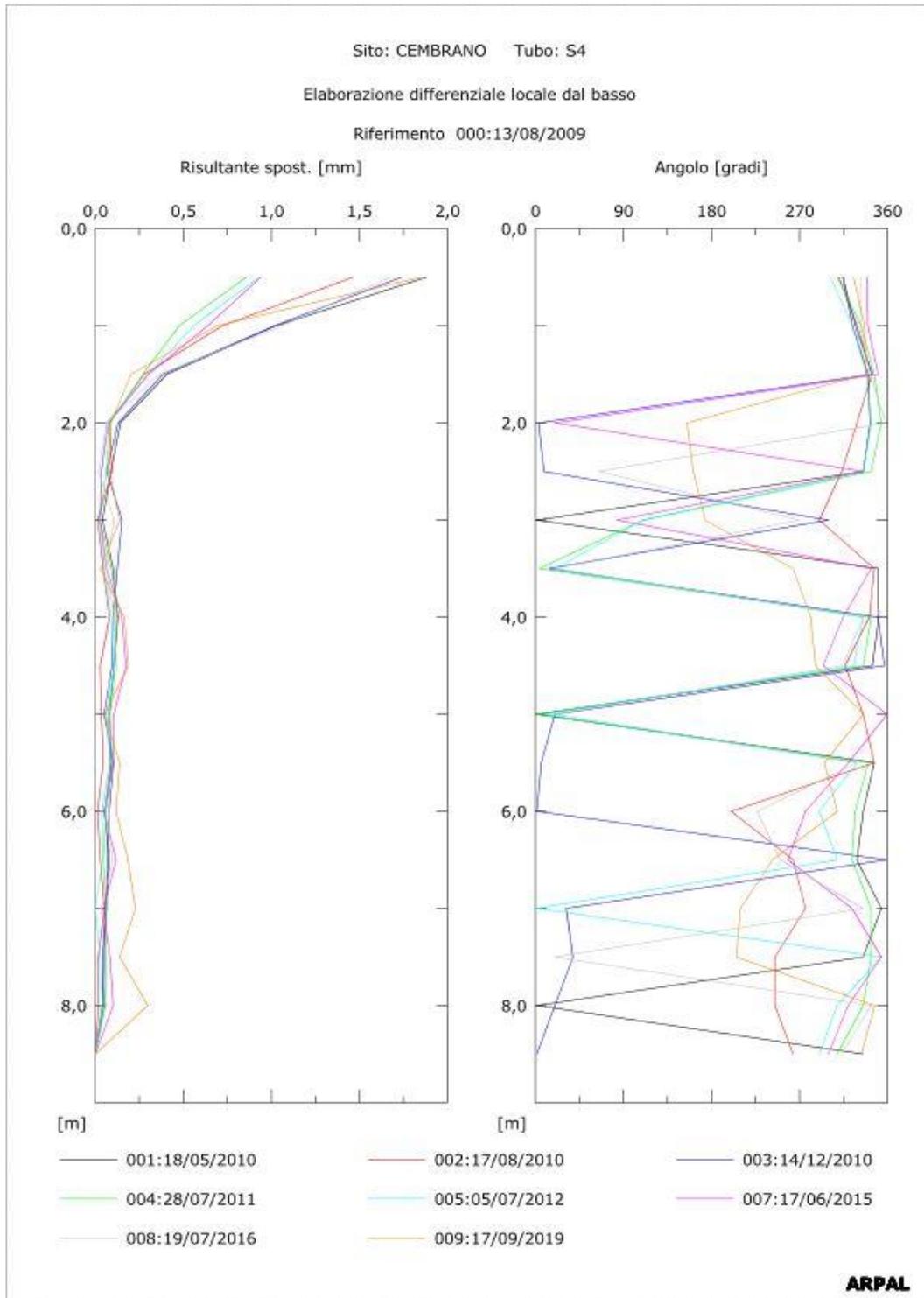
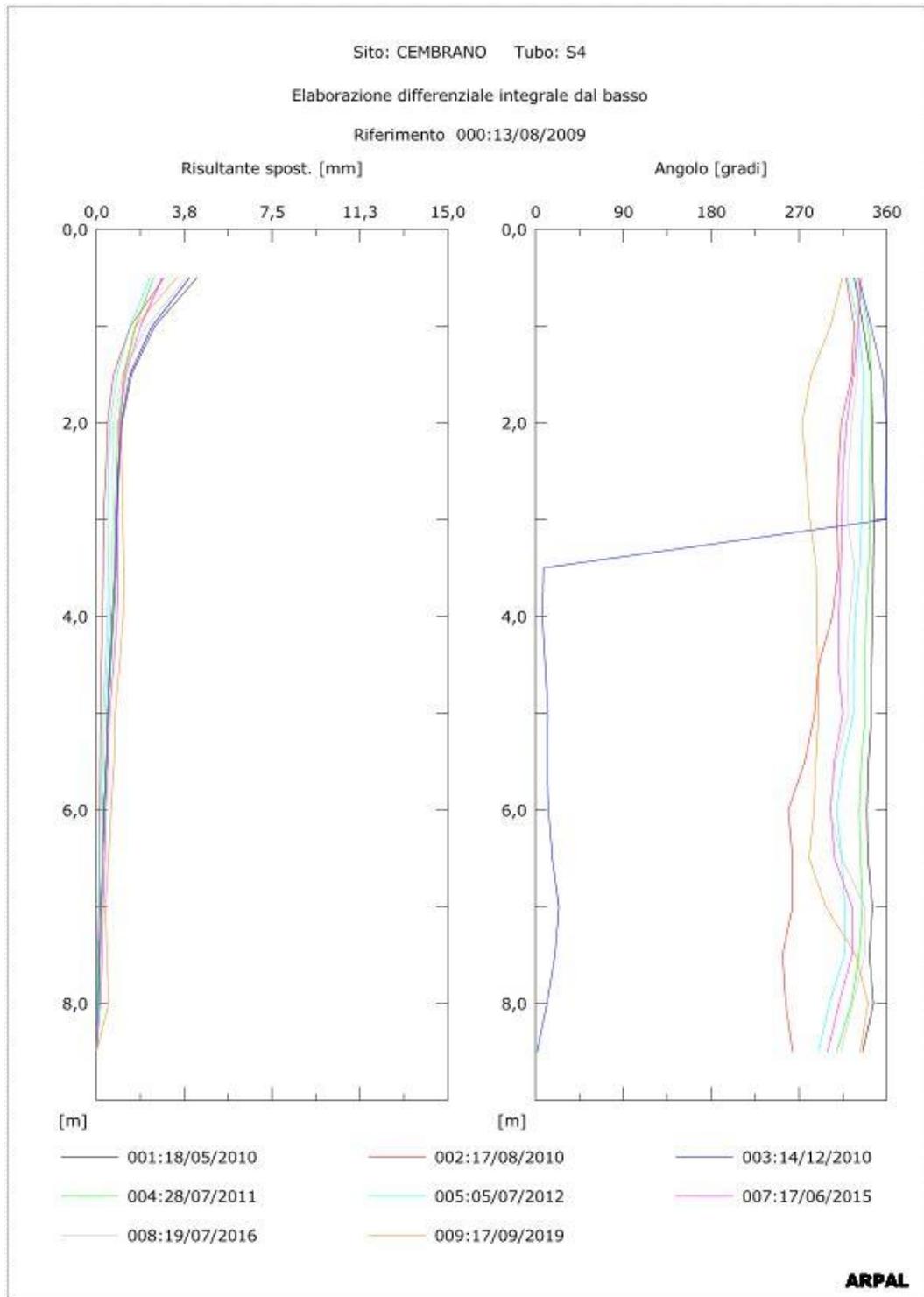
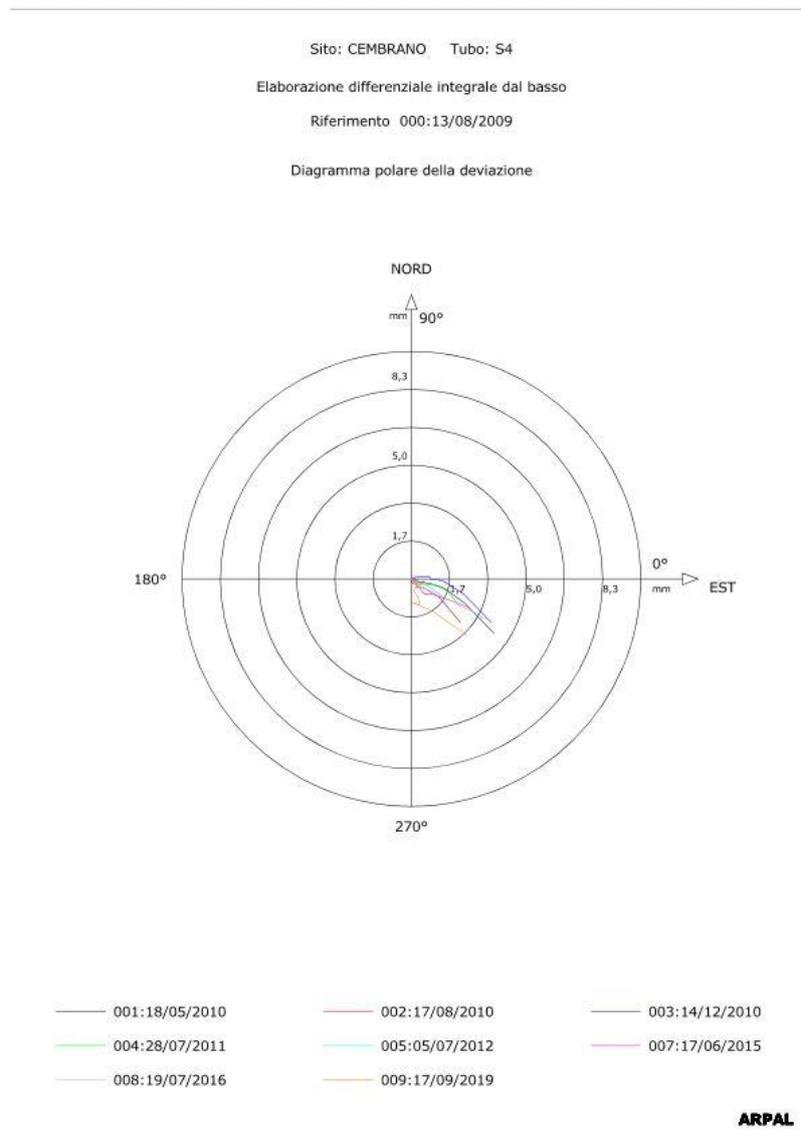


Fig.3a - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro S4



**Fig.3b** - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro S4



**Fig. 4** - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro S4

### Inclinometro S1 (8.5 m) – centro abitato

La verifica dei dati nell'anno 2023 non ha evidenziato anomalie strumentali nei cicli di lettura effettuati. L'elaborazione differenziale integrale non ha evidenziato movimenti sostanziali così come l'elaborazione differenziale locale in cui gli unici indizi di deformazione si possono osservare in corrispondenza della fascia corticale del terreno con picchi localizzati di modesta entità (Fig.5).

Sito: CEMBRANO Tubo: S1

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:13/08/2009

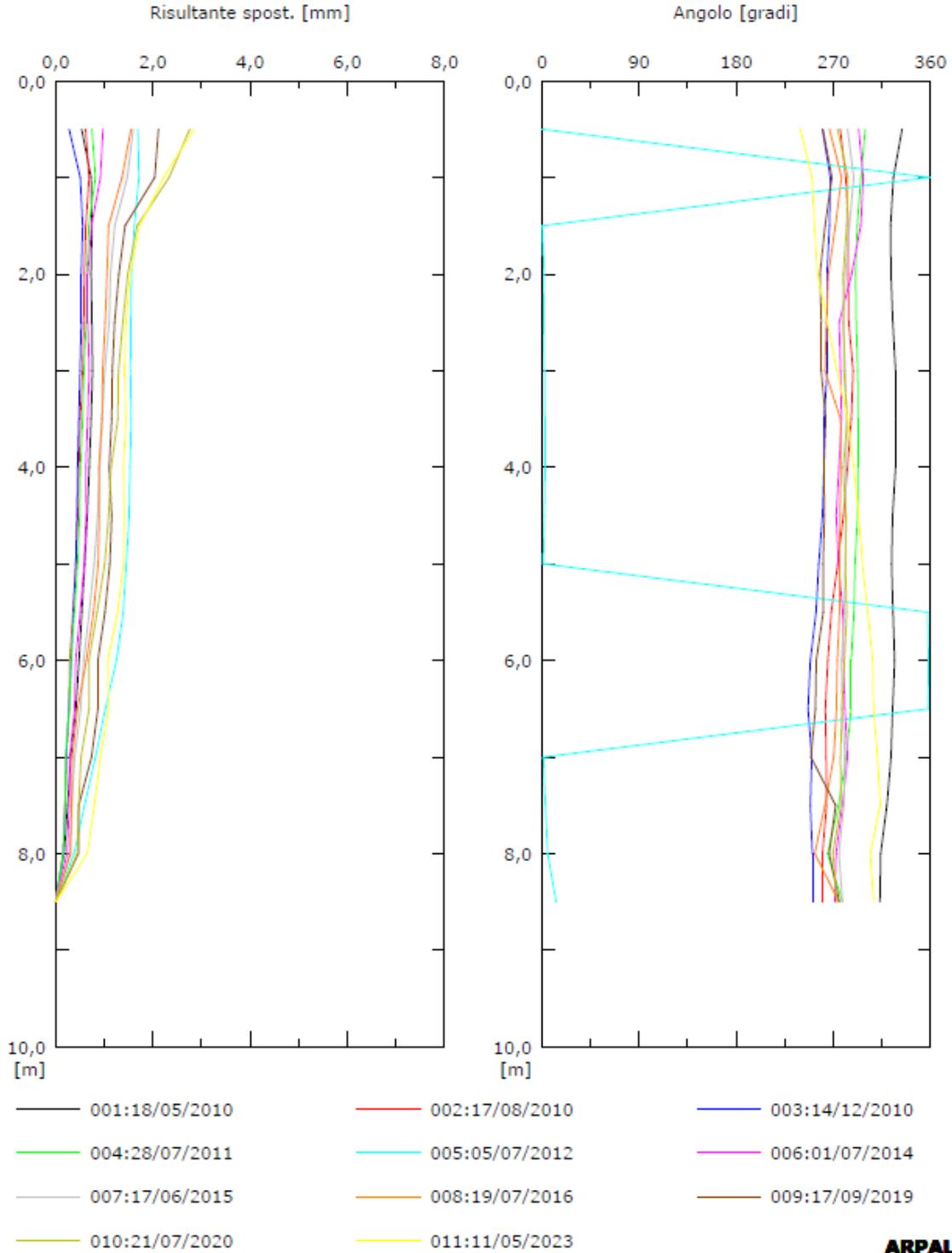


Fig.5a - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro S1

Sito: CEMBRANO Tubo: S1

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:13/08/2009

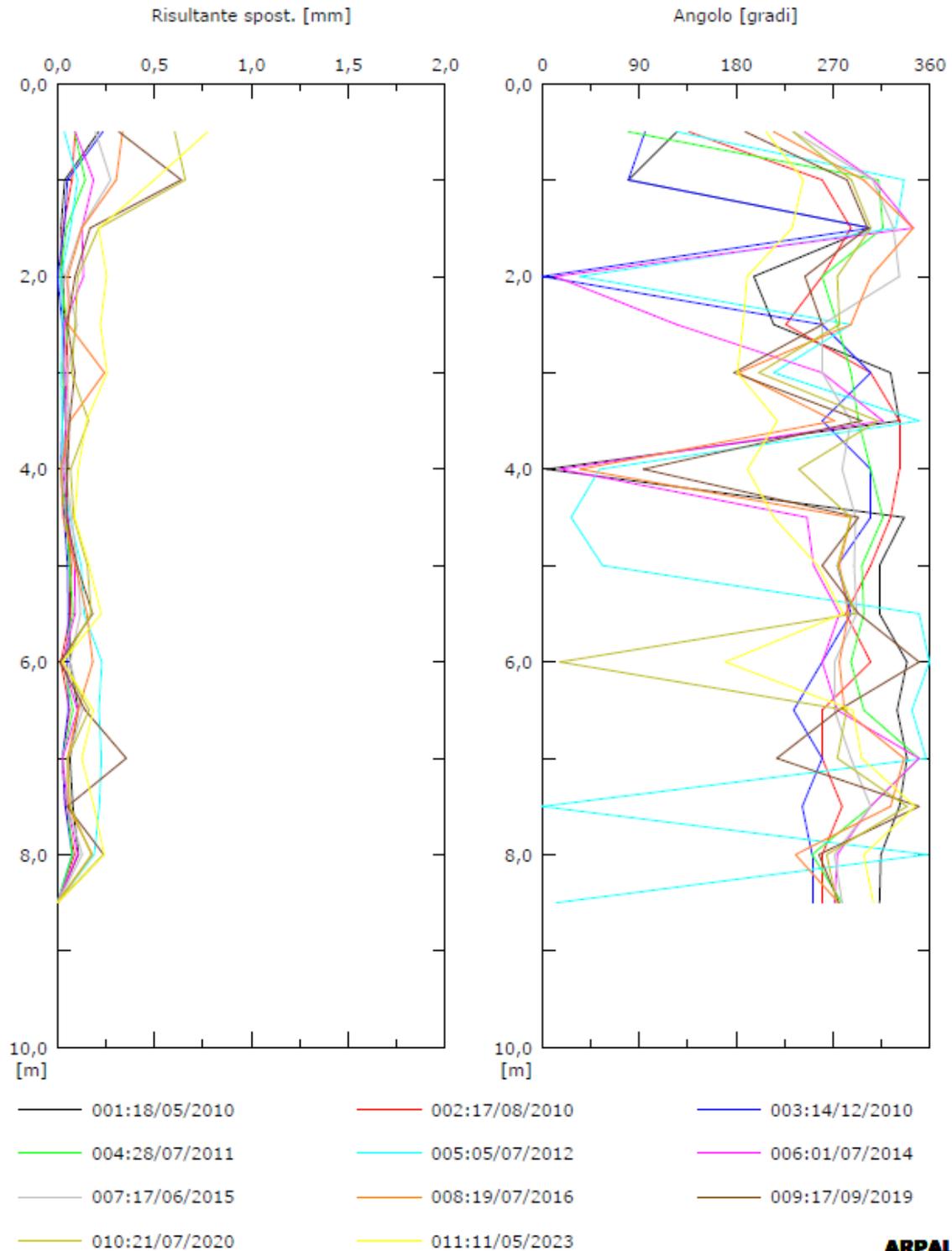
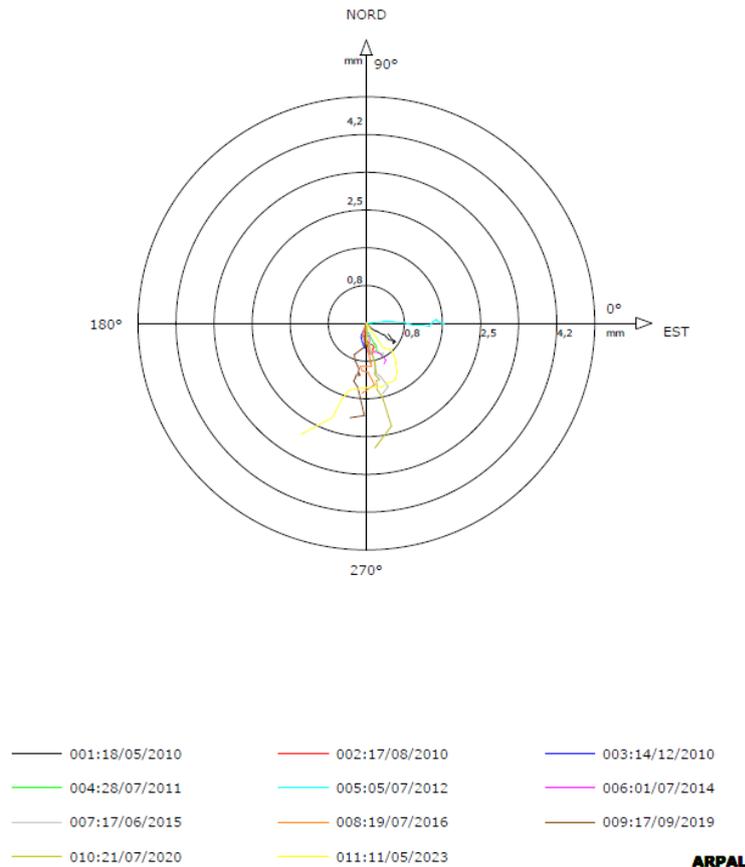


Fig.5b - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro S1

Sito: CEMBRANO Tubo: S1  
 Elaborazione differenziale integrale dal basso  
 Riferimento 000:13/08/2009  
 Diagramma polare della deviazione



**Fig. 6** - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro S1

### Inclinometro S5 (8 m) – versante nord del centro abitato

La verifica dei dati nell'anno 2023 non ha evidenziato anomalie strumentali nei cicli di lettura effettuati. L'elaborazione differenziale integrale dal basso ha evidenziato uno spostamento massimo misurato in testa tubo di circa 100 mm, con incremento di circa 15 mm dalla lettura 2020, con una direzione di movimento verso S, concorde con l'esposizione del versante. Le deformate integrali non mostrano anomalie di particolare entità in profondità, mentre in superficie tra -1 e -3 m si assiste ad una serie di incrementi dello spostamento (profondità attribuibile a un creep della coltre di versante): tale situazione è confermata dall'elaborazione locale che mostra un innalzamento dei valori a -1.5 m con un massimo fino a 35 mm ed un incremento di 5 mm dall'ultima lettura (Figg. 7 e 8).

Data l'esigua profondità della deformazione, il movimento potrebbe essere attribuito all'assestamento della strada costruita in rilevato con muro di contenimento al di sopra di un terreno a composizione prettamente argillosa.

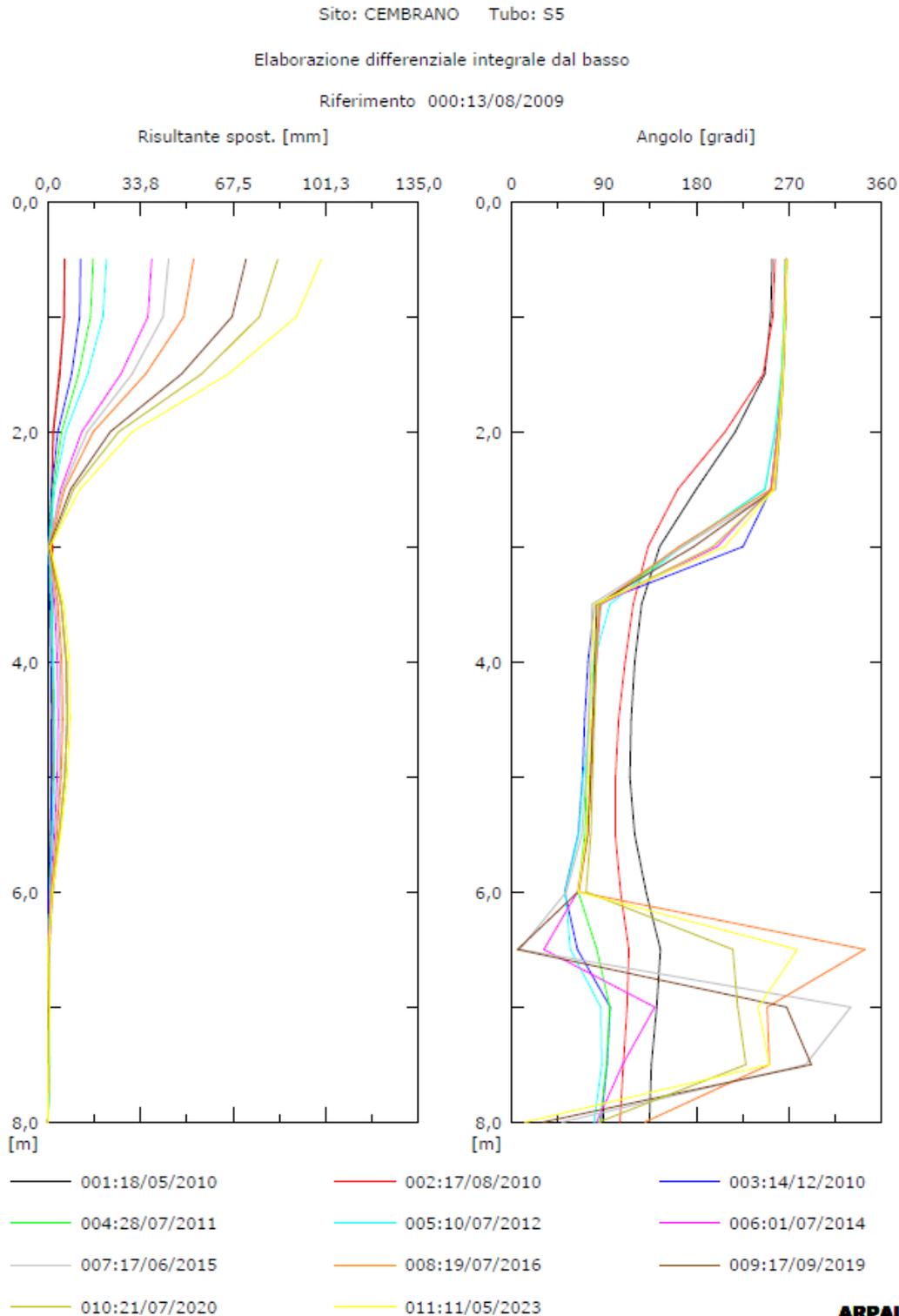


Fig.7a - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro S5

Sito: CEMBRANO Tubo: S5

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:13/08/2009

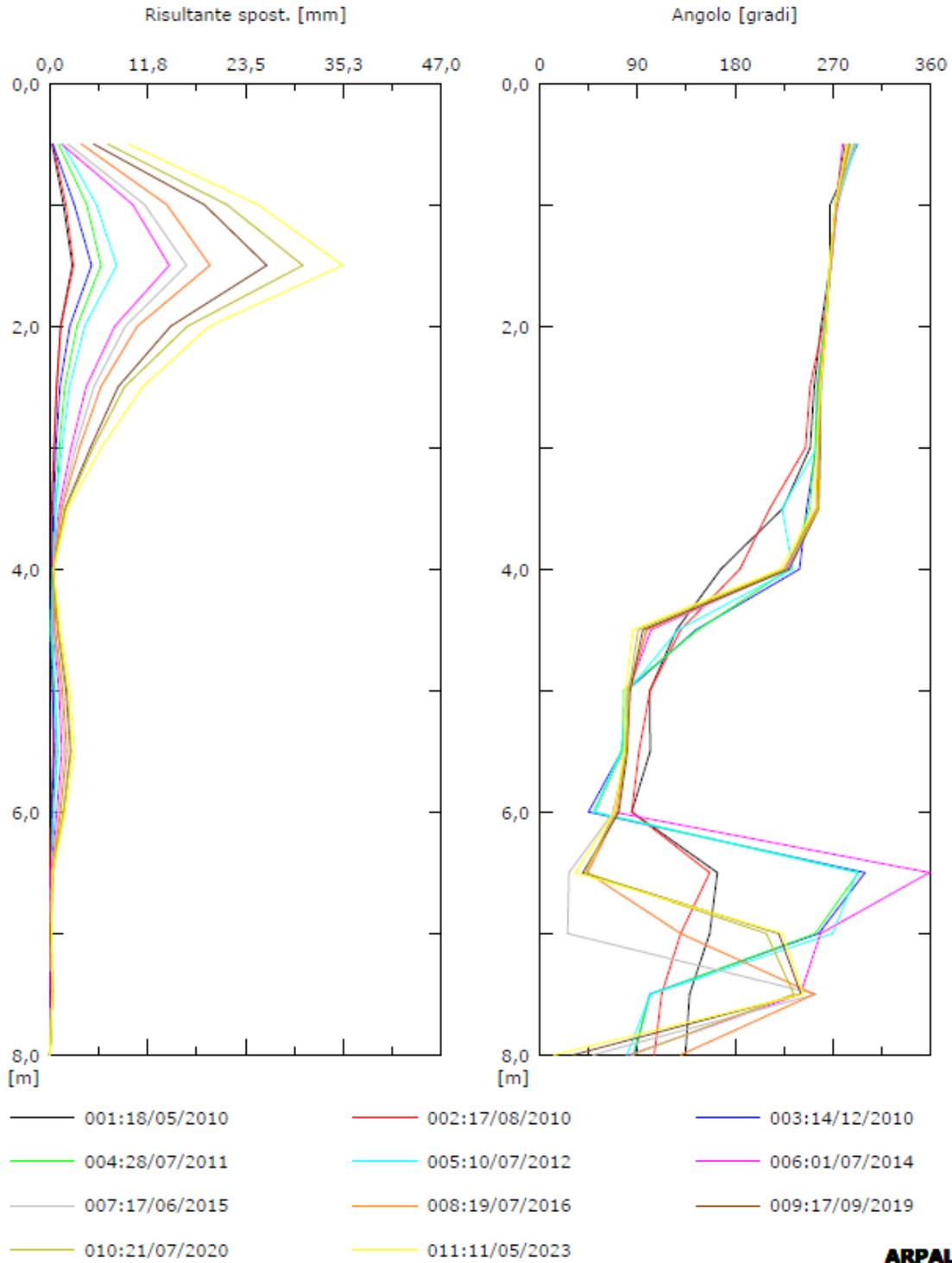


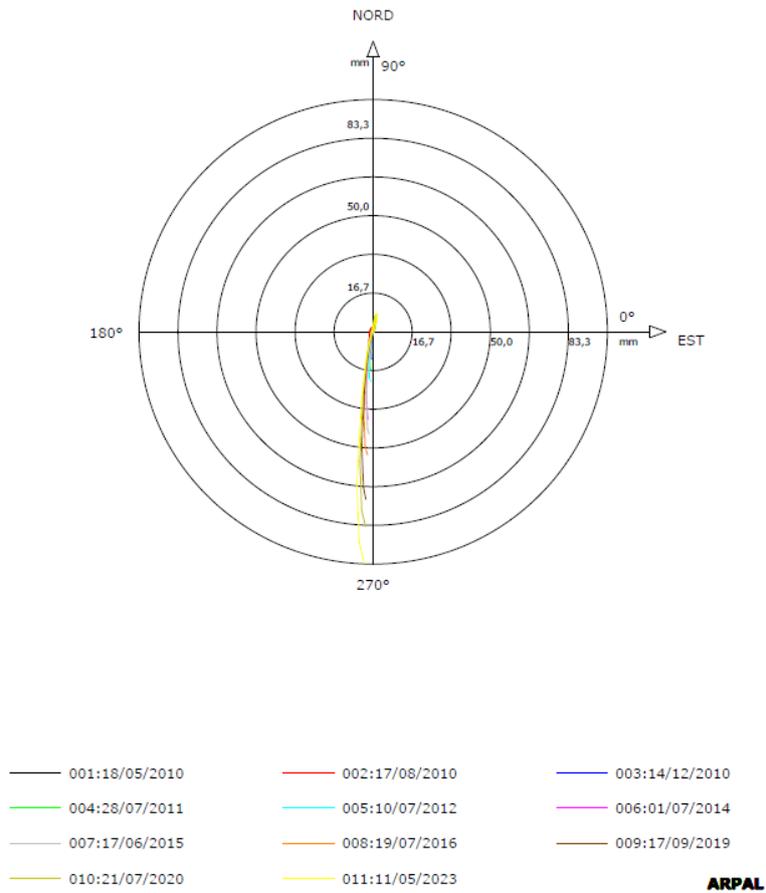
Fig.7b - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro S5

Sito: CEMBRANO Tubo: S5

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:13/08/2009

Diagramma polare della deviazione



**Fig. 8** - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro S5

### **Inclinometro S6 (17 m) – versante ovest del centro abitato**

La verifica dei dati nell'anno 2023 non ha evidenziato anomalie strumentali nei cicli di letture effettuate. L'elaborazione differenziale integrale mostra uno spostamento globale, in 11 anni, pari a circa 20 mm con un incremento dalla precedente lettura del 2020 di poco inferiore a 2,5 mm e una direzione generale di movimento verso W-SW, coerente con l'orientazione del pendio. Il piano di taglio, peraltro non rilevato nettamente fino al 2011, è stato osservato in lentissima evoluzione dal 2012 con impostazione ad una profondità compresa tra 4 m e 6 m. L'elaborazione locale ha evidenziato il picco di deformazione a -5 m di profondità con 5,5 mm di spostamento (Figg.9 e 10).

Sito: CEMBRANO Tubo: S6

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:13/08/2009

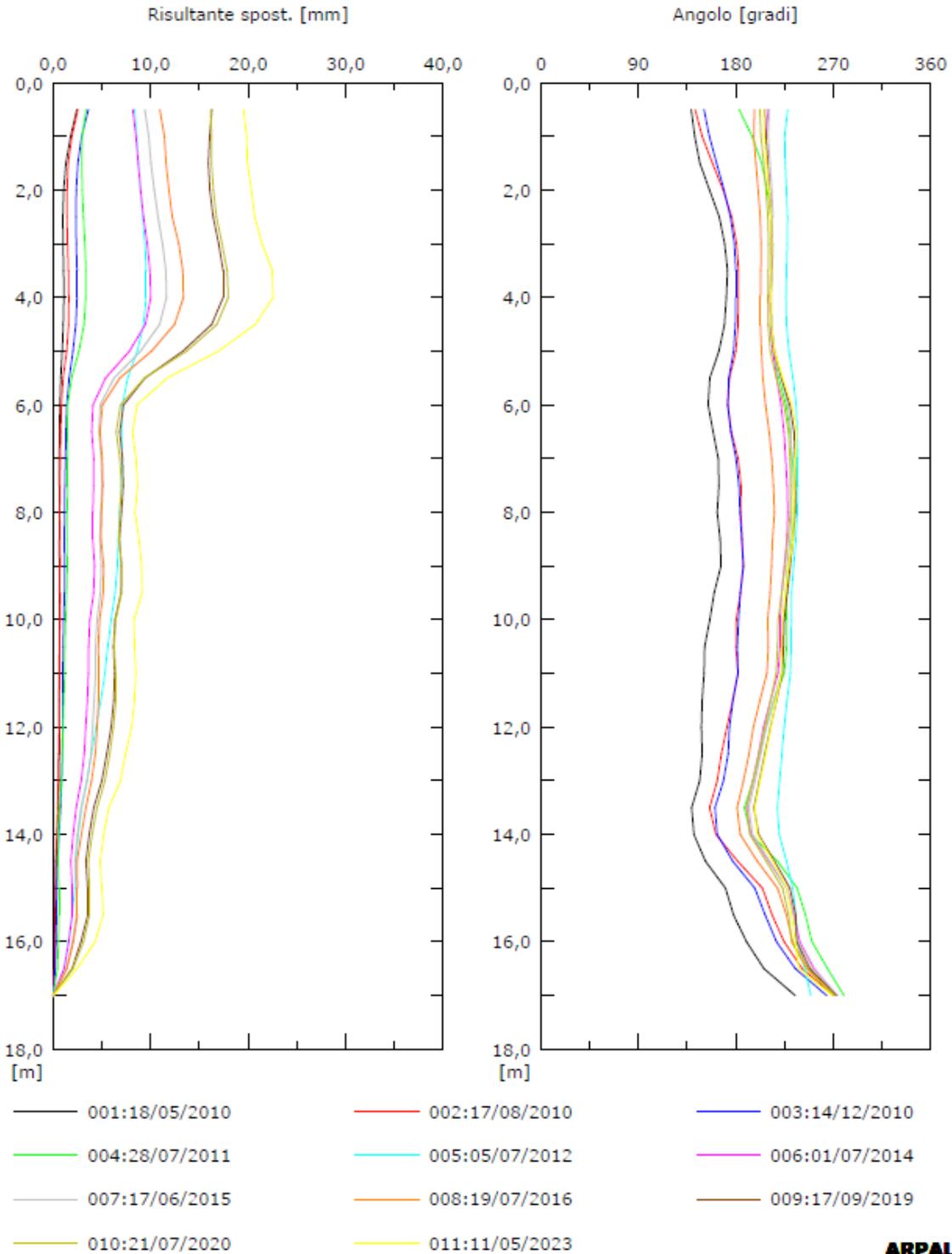


Fig. 9a - Grafici relativi all'elaborazione differenziale integrale (risultante degli spostamenti) dell'inclinometro S6

Sito: CEMBRANO Tubo: S6

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:13/08/2009

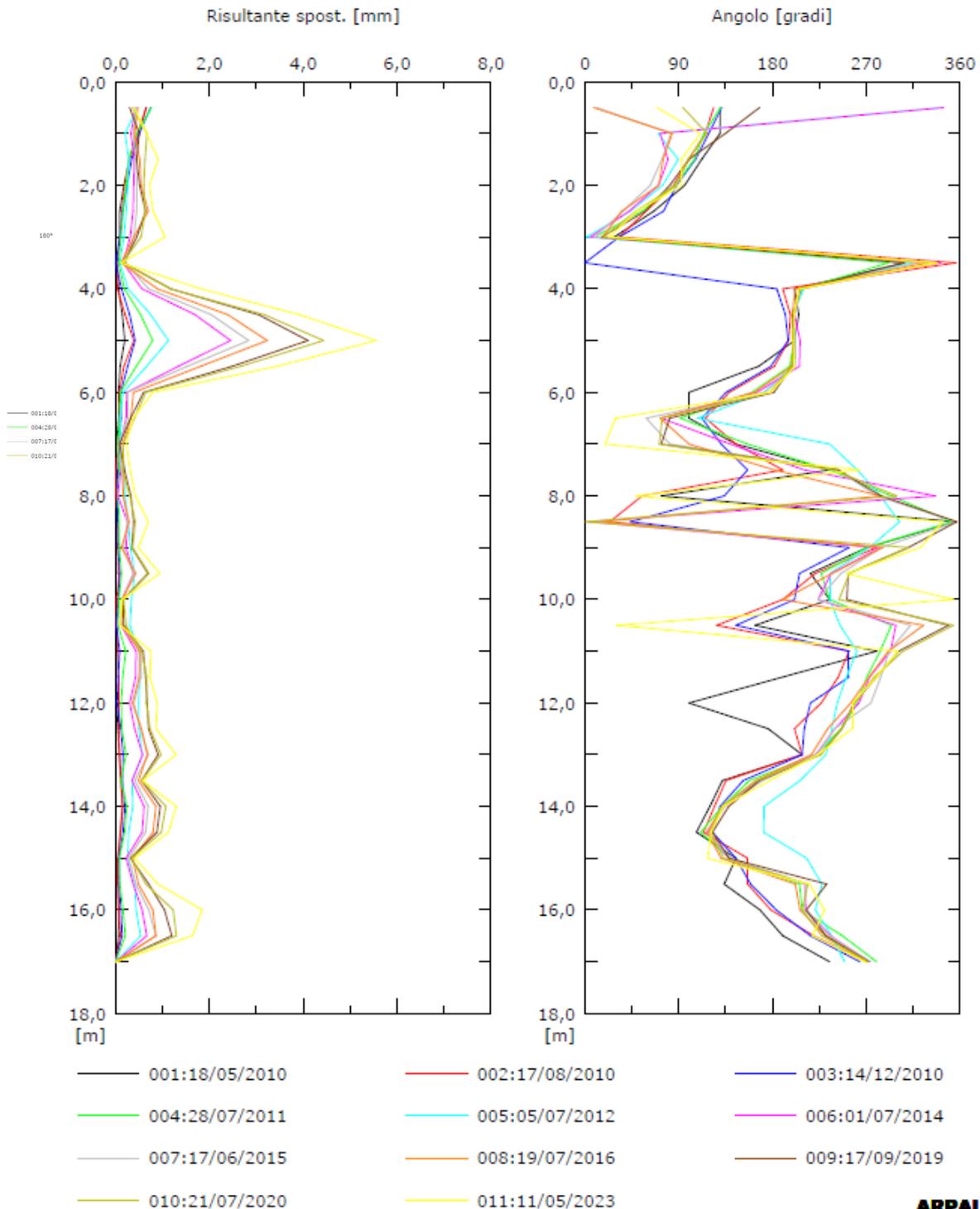


Fig. 9b - Grafici relativi all'elaborazione differenziale locale (spostamenti locali) dell'inclinometro S6

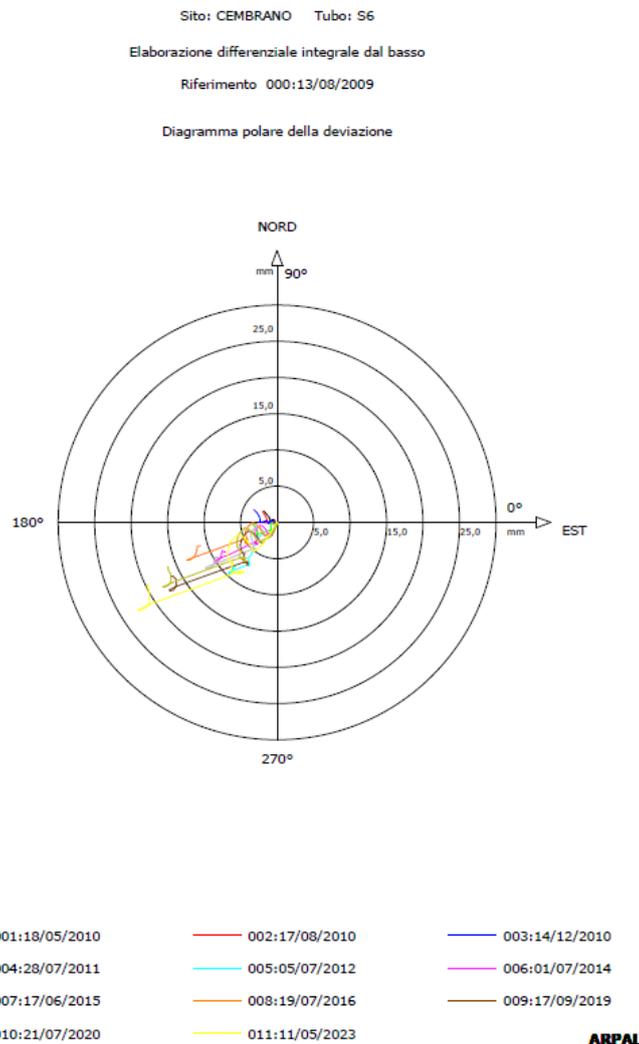
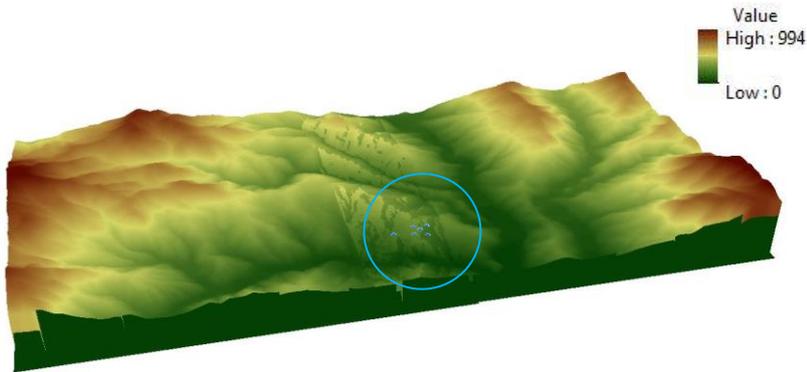


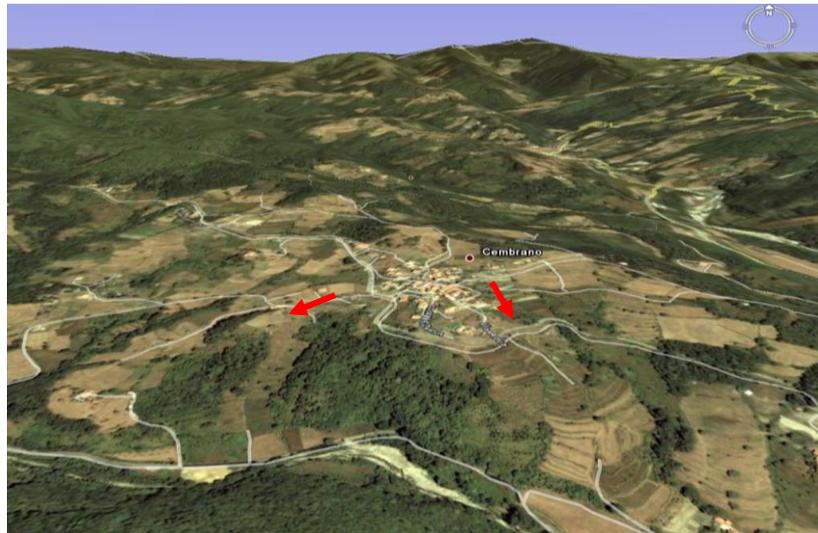
Fig. 10 - Grafico relativo all'elaborazione differenziale integrale (diagramma polare della deviazione) dell'inclinometro S6

### 3. Conclusioni

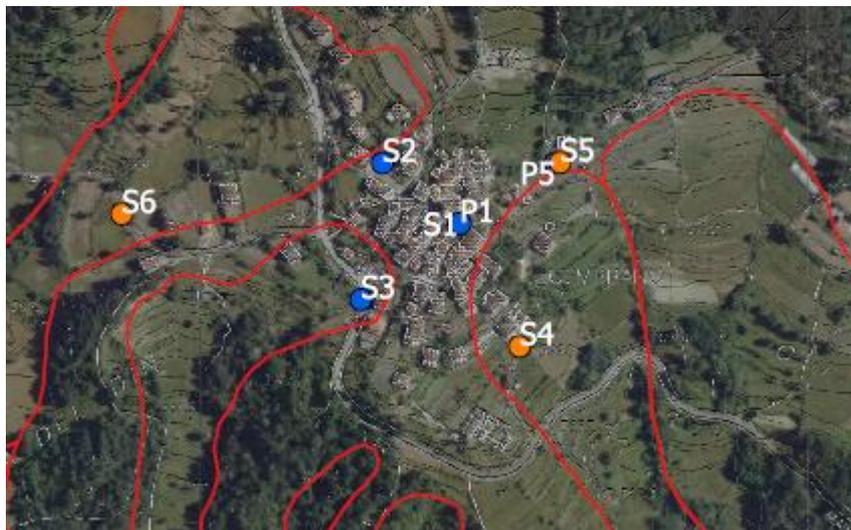
L'alto morfologico su cui si è sviluppato l'abitato di Cembrano è caratterizzato da un complesso roccioso attribuibile alla formazione degli Argilloscisti a Palombini. I cicli di letture fino al 2011 avevano rilevato la presenza di movimenti a profondità non superiori a 2 m, in direzione S nella zona orientale del centro abitato, mentre la parte occidentale non aveva fatto registrare spostamenti. In tale zona con le letture a partire dal 2014, invece, si è osservata una deformazione superficiale in evoluzione a circa 5 m di profondità con verso di movimento W-SW. Gli inclinometri ubicati nei due pendii sarebbero quindi interessati da movimenti superficiali della coltre, con spostamenti massimi rilevati nella zona orientale fino a 100 mm in 14 anni di monitoraggio (Figg.11 e 12).



**Fig.11** - DTM dell'orografia del pendio su cui sono installati gli strumenti di misura

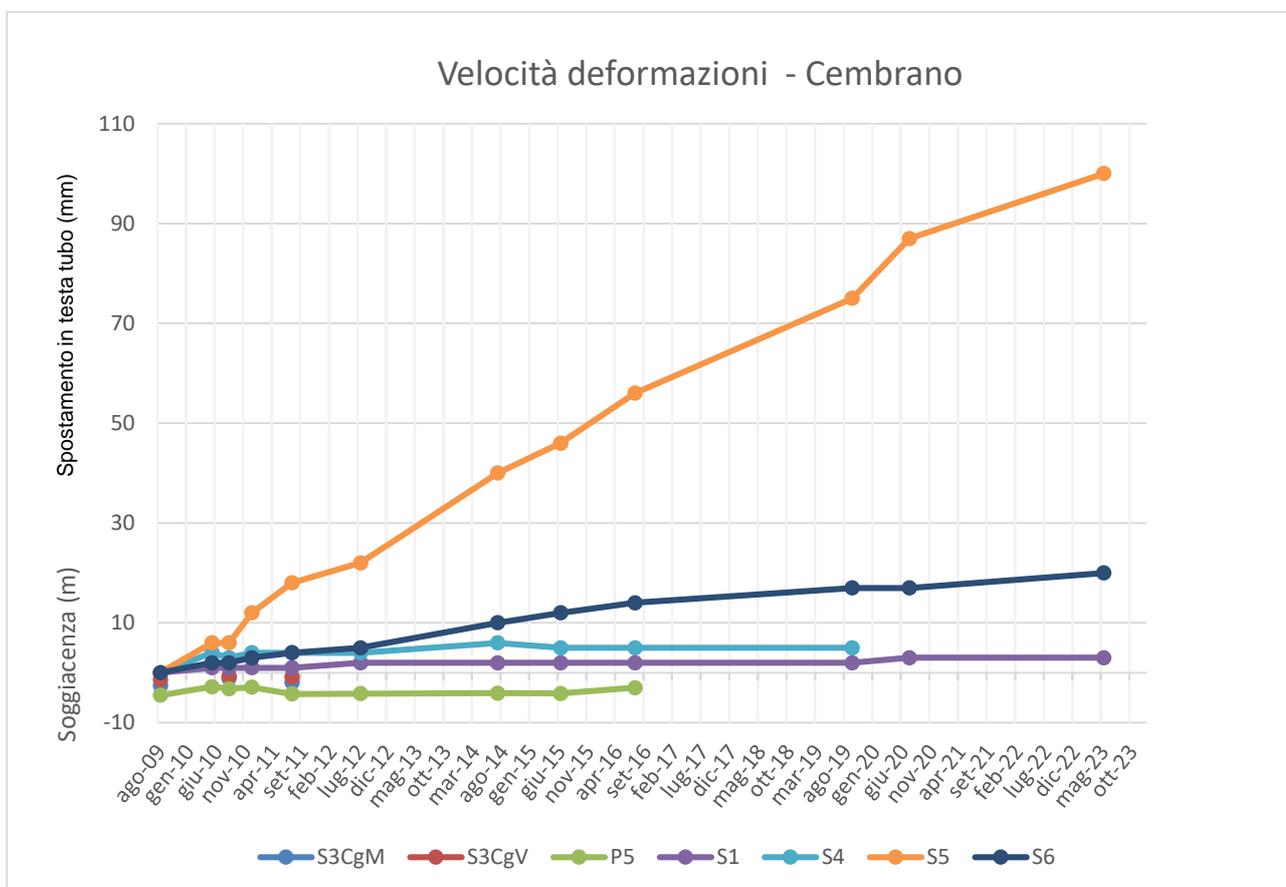


**Fig.12** Aree in frana che si diramano sui versanti sottostanti all'abitato di Cembrano



**Fig 13** – Stazioni di monitoraggio installate nel sito di Cembrano

Per quanto riguarda l'idrogeologia si registra la presenza di una falda di versante presente nel sottosuolo quasi in superficie, a profondità variabili in funzione della topografia tra -4 e -2 m, con oscillazioni del livello freaticometrico comprese in 1-2 m e determinando quindi uno stato di quasi saturazione della coltre di versante. Il grafico seguente evidenzia la velocità delle deformazioni registrate dagli inclinometri della rete di monitoraggio: in generale i valori rilevati sono al di sotto dell'incertezza strumentale ad eccezione di S5 che, al contrario, evidenzia accelerazioni riferibili a movimenti di massa ben definiti (Fig.14). Un discorso a parte merita S6 che sembra aver individuato nelle ultime letture un piano di taglio in evoluzione.

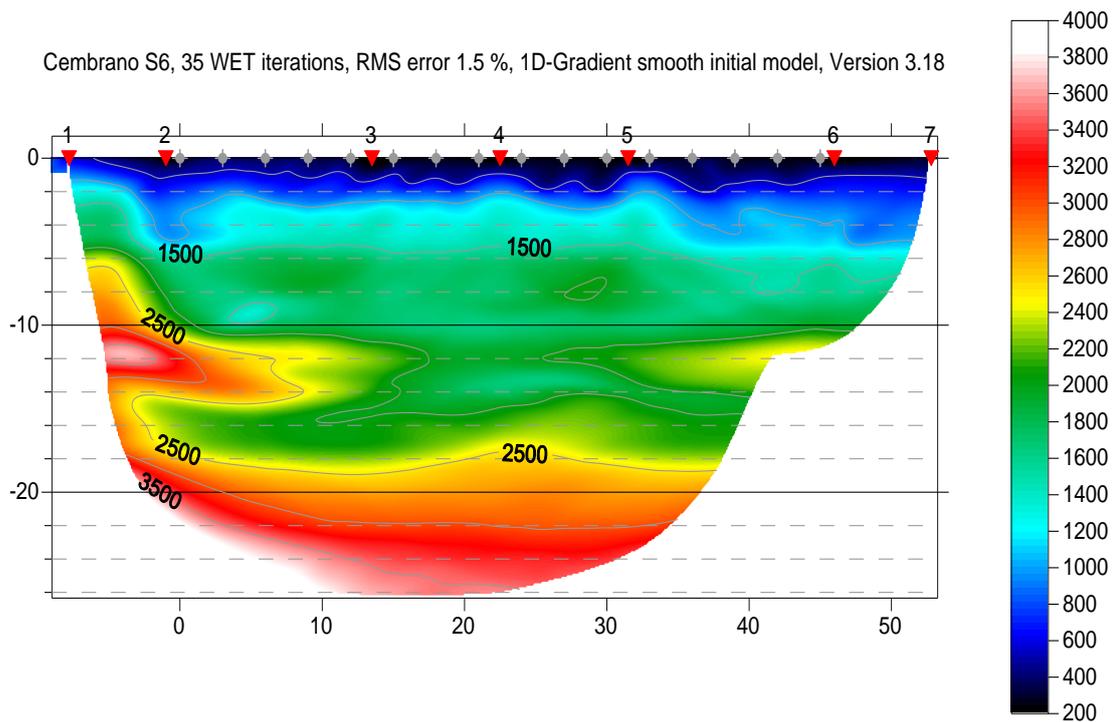


**Fig. 14** -Velocità delle deformazioni nel periodo di monitoraggio 2009-2023

Nel mese di luglio 2011 nella zona ove è installato S6 (zona occidentale) è stata eseguita una prova sismica con una stesa strumentata di 45 metri di lunghezza e 3 metri di distanza intergeofonica che ha consentito di indagare i primi 24 metri di sottosuolo (Fig.15). Ad una profondità di circa 20 metri si individua la transizione al substrato roccioso mentre nei primi 20 metri la stratigrafia del versante presenta una struttura complessa.

I primi 2-4 m sono attribuibili al suolo e coltre, al di sotto dei depositi più superficiali la tomografia sismica ha individuato elementi disarticolati caratterizzati da velocità delle onde P variabili ed attribuibili a blocchi di roccia immersi in una matrice più tenera.

Tra le profondità di 14 e 18 metri la sezione presenta una inversione di velocità delle onde P, attribuibile ad un orizzonte meno competente. I dubbi circa la lunghezza adeguata dell'inclinometro S6 (17 m) nel rilievo delle deformazioni sembrano quindi trovare conferma dalla presenza di un basamento stabile a non meno di 20 m e quindi l'assenza di deformazioni rilevata dal monitoraggio inclinometrico potrebbe essere dovuta ad un fenomeno di traslazione dovuto ad un'installazione non sufficientemente profonda che non ha permesso di intestare l'inclinometro nel substrato roccioso stabile.



**Fig. 15** - Sezione sismica tomografica del pendio in frana nella zona occidentale: si osserva la presenza di un accumulo franoso di quasi 20m, il basamento disgregato (giallo) e stabile (rosso) intorno a 20 m.

Dall'osservazione delle figure 16 e 17, in cui le precipitazioni sono state rapportate alle letture, si rileva un'evoluzione della deformazione dipendente dalla piovosità, con lo sviluppo di periodi in accelerazione e decelerazione visibile fino al 2012. Le letture successive non mostrano più questa situazione per una minore frequenza nelle misurazioni. In particolare fino al 2012 la pulsazione è avvenuta in un regime pluviometrico con piogge distribuite che si alternano a periodi modesti come apporti ma in ogni caso collegati alla velocità dello scorrimento. Gli anni successivi sono caratterizzati da una distribuzione disomogenea delle piogge spesso localizzate in pochi mesi: in particolare le cumulate di marzo 2013 (540 mm), gennaio e febbraio 2014 (580 mm e 448 mm), novembre 2014 (543 mm) e febbraio 2016 (458 mm) sono collegate a spostamenti, non sempre proporzionali alla quantità di pioggia caduta.

Si può osservare inoltre nel periodo 2013-2019 una presenza costante di precipitazioni consistenti, che in pochi giorni possono produrre quantitativi di pioggia di oltre 400 mm come nel caso del mese di marzo 2013 ove il quantitativo mensile è caduto nella quasi totalità in 10 giorni. Tali eventi coincidono con lo spostamento osservato tra il 2013-2014, mentre nel caso della

cumulata di novembre 2014 non si sono registrati eventi estremi e spostamenti. L'ultimo rilevante spostamento potrebbe essere effettivamente collegato agli eventi di febbraio 2016 con 179 mm in tre giorni non consecutivi. Infine risalta la cumulata del mese di novembre 2019 con quasi 800mm, cui potrebbe essere associato lo spostamento rilevato nel 2020. Dal 2021 al 2023 non si registrano eventi significativi e il regime pluviometrico è stato tendenzialmente siccitoso.

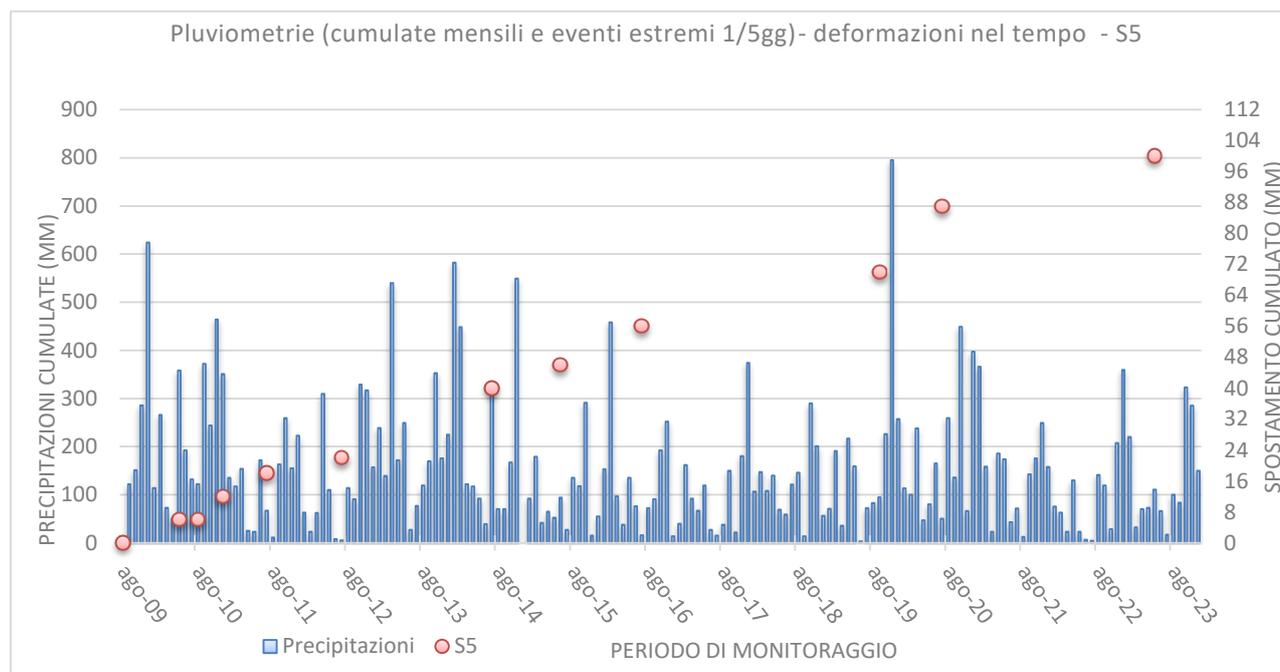


Fig. 16 – Andamento pluviometrico mensile (stazione CEMBR) e letture inclinometriche (S5) – periodo 2009-2023

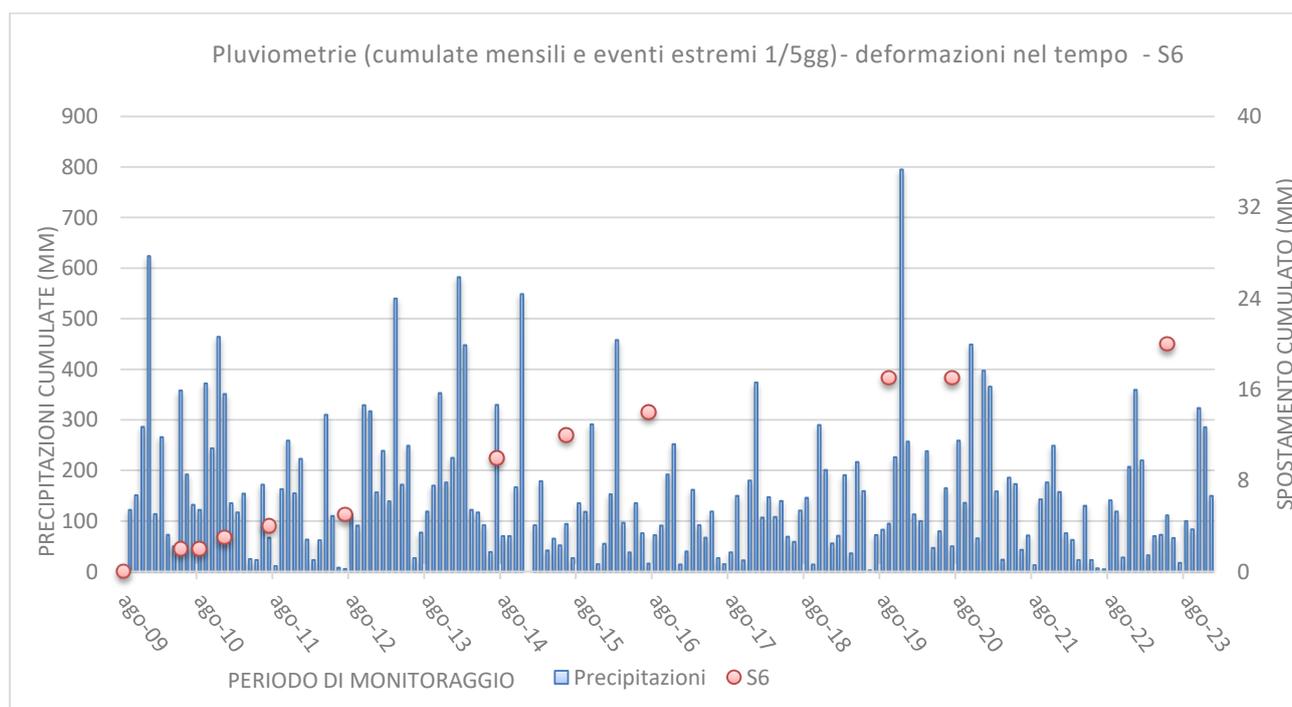


Fig. 17 – Andamento pluviometrico mensile (stazione CEMBR) e letture inclinometriche (S6) – periodo 2009-2023