

COMMESSA

**MONITORAGGIO AMBIENTALE DEGLI IMPIANTI IDROELETTRICI  
DI CONTRA, CASTRA E CUSIANO, SUL TORRENTE NOCE**  
**MISURE INCLINOMETRICHE**

COMMITTENTE

**HYDROBIOLOGICA S.r.l.**



ELABORATO

**NONO ANNO DI MONITORAGGIO**

**ANNO 2022 - 2023**

Roverè Veronese li: 16 giugno 2023

Il responsabile dei rilevamenti:

Dott. geol. Dario Gaspari

# INDICE

<b>1</b>	<b>PREMessa.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>CENNI METODOLOGICI SULLE MISURE INCLINOMETRICHE.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>MISURA DEGLI SPOSTAMENTI LATERALI .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>COMMENTO ALLE MISURE INCLINOMETRICHE EFFETTUATE .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1</b>	<b>TUBO INCLINOMETRICO P1 (339).....</b>	<b>6</b>
<b>3.2</b>	<b>TUBO INCLINOMETRICO P2 (340).....</b>	<b>6</b>
<b>3.3</b>	<b>TUBO INCLINOMETRICO P3 (341).....</b>	<b>6</b>
<b>3.4</b>	<b>TUBO INCLINOMETRICO P4 (342).....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAZIONI A CONSUNTIVO DELLE MISURE EFFETTUATE .....</b>	<b>7</b>

Alla presente relazione sono allegati i seguenti elaborati:

- Elaborato n. 1) Monografie delle stazioni di misura;
- Elaborato n. 2) Grafici delle misure inclinometriche;

## 1 PREMESSA

Il presente rapporto, effettuato su incarico della Società HYDROBIOLOGICA S.r.l., rientra nel progetto del “Piano di Monitoraggio Ambientale degli impianti idroelettrici di Contra, Castra e Cusiano, sul Torrente Noce in Val di Peio” ed ha lo scopo di illustrare e commentare le misure effettuate nei quattro tubi inclinometrici verticali (T.I.V.) posizionati per controllare la stabilità dei versanti.

I tubi P1 e P2 (339 e 340 nel catasto del Serv. Geologico) sono posizionati in località San Bartolomeo (bassa Val de la Mare) mentre i tubi P3 e P4 (341 e 342 nel catasto del Serv. Geologico) in Val di Peio, lungo la ciclabile che costeggia il Fiume Noce nelle località Ponte per Comasine – Vasca di carico di Castra (P3) e località Pianezza – Centrale di Castra.

In questo rapporto saranno riportati solamente i grafici dei tubi P1, P2 e P3 in quanto il tubo P4 è stato abbandonato per problematiche tecniche, descritte e comunicate alla committenza con nota del 3 giugno 2017, che hanno impedito la sua lettura e comportato il suo abbandono.



**Fig. 1:** ubicazione dei tubi inclinometrici P1 e P2 su foto aerea.



**Fig. 2:** ubicazione del tubo inclinometrico P3 su foto aerea.



**Fig. 3:** ubicazione del tubo inclinometrico P4 su foto aerea.

I tubi inclinometrici sono stati posizionati in aprile-maggio 2015 e misurati con frequenza semestrale da un tecnico incaricato da Hydrobiologica s.r.l..

Contemporaneamente sono state effettuate anche due letture dal Serv. Geologico della PAT, la lettura di riferimento e quella successiva.

Nell'autunno dell'anno 2016 Hydrobiologica s.r.l. ha incaricato il sottoscritto a proseguire le letture dei T.I.V. con esplicita richiesta di coordinare la metodologia e i riferimenti delle letture inclinometriche con il Serv. Geologico provinciale.

In questo rapporto sono riportate le letture effettuate dallo scrivente, a partire dal 19 aprile 2016, riferite alle misure di zero del Serv. Geologico (25 e 26/08/2015).

Le misure effettuate dal tecnico incaricato da Hydrobiologica precedentemente al sottoscritto non sono state inserite nei grafici perché eseguite con riferimenti diversi da quelli della PAT (guida di riferimento a 90°). Tali misure sono comunque da considerarsi valide ed

hanno attestato l'assenza di movimenti in tutti i tubi inclinometrici, nel periodo di tempo a cui fanno riferimento.

Per le misure sono sempre state utilizzate sonde servo-inclinometriche verticali della Slope Indicator metrica (mod. 50302510), totalmente in acciaio inox, con due servoaccelerometri di derivazione Sheavitz con sensibilità 1/25.000 senα (0,02 mm di spostamento su 500 mm) e ripetibilità della misura angolare pari a  $\pm 0,003^\circ$ .

## 2 CENNI METODOLOGICI SULLE MISURE INCLINOMETRICHE

Gli inclinometri vengono utilizzati per controllare i movimenti laterali del terreno in zone franose o nei terrapieni.

Un sistema inclinometrico è costituito da un tubo inclinometrico, da una sonda inclinometrica collegata ad un cavo di controllo e da una unità di lettura dei dati.

Il tubo inclinometrico è montato di solito su un pozzo di trivellazione quasi verticale che attraversa la zona sospetta del movimento. La parte inferiore del tubo è ancorata stabilmente al terreno e serve come riferimento. La misura di "zero" è usata per verificare il tubo e per stabilire la sua posizione iniziale.

Il movimento del terreno causa lo spostamento del tubo dalla sua posizione iniziale ad una nuova posizione. La velocità, la profondità e l'ampiezza di questo spostamento si calcolano confrontando i dati dell'osservazione iniziale con i dati delle osservazioni successive.

La sonda inclinometrica non misura direttamente lo spostamento. Di fatto, misura la pendenza del tubo.

L'inclinazione del tubo viene misurata da due servo-accelerometri a bilanciamento di forze. Un accelerometro misura l'inclinazione rispetto al piano stesso delle ruote dell'inclinometro (l'asse "A"). L'altro accelerometro misura l'inclinazione rispetto al piano verticale perpendicolare alle ruote (l'asse "B").

Durante l'osservazione la sonda viene tirata verso l'alto, dal fondo del tubo sino alla sommità. La sonda viene bloccata ad intervalli di mezzo metro per eseguire le misurazioni dell'inclinazione. Per eliminare gli errori di offset si passa una seconda volta la sonda attraverso il tubo. Nel secondo passaggio la sonda viene ruotata di 180 gradi.

Un insieme completo di dati comprende, per ciascun asse, anche le letture a 0 e a 180 gradi. Il segno delle letture a 180 gradi è opposto a quello delle letture a 0 gradi poiché la sonda viene ruotata di 180 gradi.

Teoricamente le due letture per ciascuna profondità dovrebbero essere identiche eccetto che per il segno, ma l'offset del sensore e il suo posizionamento generano delle

differenze. Le due letture devono quindi essere mediate calcolando la differenza algebrica dei due valori e dividendo per 2.

## 2.1 MISURA DEGLI SPOSTAMENTI LATERALI

La pendenza misurata viene convertita in uno spostamento laterale come di seguito descritto.

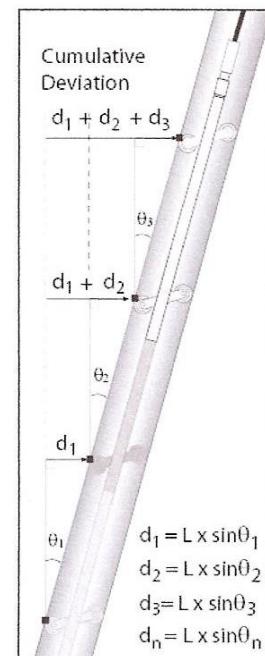
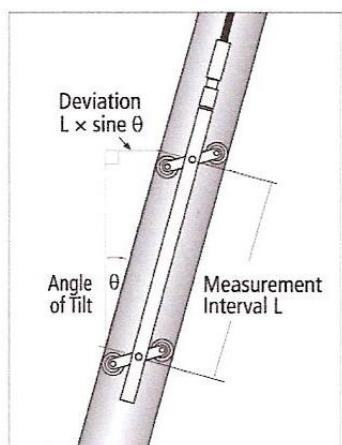
Lo spostamento in un intervallo è chiamato spostamento *incrementale*. La somma degli spostamenti incrementali è chiamata spostamento *cumulativo*.

Dal valore corretto della lettura effettuata ad una certa profondità (ottenuto dalla media della lettura eseguita a  $0^\circ$  con quella eseguita a  $180^\circ$ ) si ottiene il seno dell'angolo di inclinazione del tubo e le letture visualizzate dalla centralina di acquisizione dei dati sono proporzionali all'angolo di pendenza ( $\theta$ ). Utilizzando una sonda metrica l'indicatore visualizza le letture come  $\text{sen}\theta \times 25000$ .

Per ottenere lo spostamento si divide il valore corretto della lettura (ottenuto dalla media della lettura eseguita a  $0^\circ$  con quella eseguita a  $180^\circ$ ) per 25000 in modo da ottenere il valore di  $\text{sen}\theta$  e si moltiplica quest'ultimo per l'intervallo di misurazione, che per una sonda metrica è tipicamente 500 mm. Lo spostamento così ottenuto sarà in millimetri.

$$\text{Spostamento laterale} = L \times \text{sen}\theta = L \times \text{lettura} / 25000$$

Lo spostamento incrementale ad una certa profondità si ottiene dalla differenza tra lo spostamento ottenuto da una lettura successiva con quello ottenuto dalla lettura iniziale o di zero.



**Fig. 4:** rappresentazione schematica dello spostamento misurato ad ogni stop di misura.

**Fig. 5:** rappresentazione schematica dello spostamento cumulativo misurato in un tratto di TIV.

### **3 COMMENTO ALLE MISURE INCLINOMETRICHE EFFETTUATE**

#### **3.1 TUBO INCLINOMETRICO P1 (339)**

Questo tubo inclinometrico non ha registrato movimenti significativi.

#### **3.2 TUBO INCLINOMETRICO P2 (340)**

Questo tubo inclinometrico non ha registrato movimenti significativi.

#### **3.3 TUBO INCLINOMETRICO P3 (341)**

Questo tubo inclinometrico non ha registrato movimenti significativi.

Le irregolarità del grafico, considerata la profondità del tubo (60 m), sono da attribuire ad un assestamento del tubo e a possibili differenze legate a misure effettuate da diversi operatori con differenti sonde inclinometriche.

Per maggiore chiarezza è stato effettuato un grafico dello “spostamento cumulato” ponendo come lettura di riferimento quella effettuata dal sottoscritto il 15 novembre 2016.

#### **3.4 TUBO INCLINOMETRICO P4 (342)**

Questo TIV è stato abbandonato per problematiche che hanno impedito la sua lettura.

Durante la lettura del 28 ottobre 2016 si è, infatti, incastrata la sonda testimone a 50 m di profondità e non è stato possibile recuperarla.

Il 15 novembre 2016, tramite l'utilizzo di una telecamera, è stato ispezionato questo tubo inclinometrico fino alla profondità di 30 m, oltre la quale non è stato possibile spingersi a causa dell'elevata torbidità dell'acqua che oscurava completamente la ripresa.

In tale occasione si è deciso di effettuare la lettura inclinometrica partendo da una profondità di 45 m con la quale sono stati osservati numerosi punti in cui la superficie del tubo esercitava delle resistenze anomale allo scorrimento della sonda inclinometrica, probabilmente dovute alle incrostazioni osservate con la telecamera, per cui si è deciso, in accordo con il Serv. Geologico che ha assistito all'ispezione, di abbandonare il tubo.

#### **4 CONSIDERAZIONI A CONSUNTIVO DELLE MISURE EFFETTUATE**

Con le letture effettuate nei tubi inclinometrici, nei 9 anni passati, sono state riscontrate condizioni stabili dei versanti.

In particolare ci si riferisce alle letture fatte sui tubi P1, P2 e P3, non al tubo P4 che è stato abbandonato per problematiche che ne hanno impedito la lettura.

Questi tubi, infatti, non hanno registrato movimenti significativi e attualmente mantengono integra la loro funzionalità.

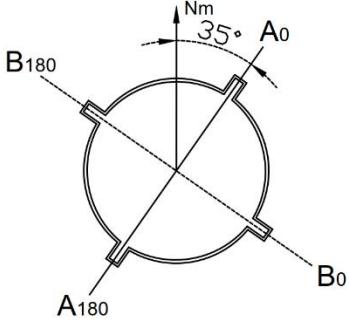
In futuro sarà possibile valutare di ridurre la frequenza delle misure qualora queste dovessero confermare le condizioni di stabilità riscontrate in passato, considerando che una minore frequenza delle letture non permette di effettuare, nel caso in cui si registrino dei movimenti, considerazioni sulle cause del movimento stesso.

Si consideri che per mantenere efficiente la strumentazione, e per verificarne lo stato, è opportuno fare almeno una lettura all'anno.

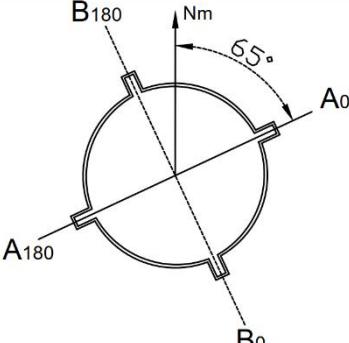
# **ELABORATO N. 1**

**(Monografie delle stazioni di misura)**

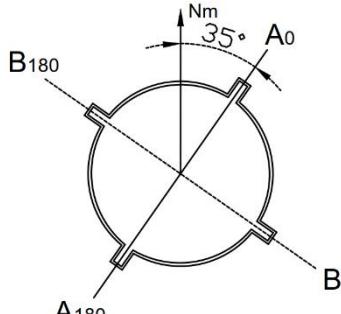
MONOGRAFIA DELLA STAZIONE INCLINOMETRICA  
VAL DI PEIO - P1 (339)

FOTO DEL SITO	CONVENZIONI E RIFERIMENTI
	 <p> <math>A_0</math> = guida di riferimento      Nm= Nord magnetico  azimuth di <math>A_0</math> da Nm = <math>35^\circ</math>  partenza misura = -14,5 m  ultima misura = -0,5 m  intervallo tra le misure = 0,5 m  riferimento progressiva 0,0 m = sommità del tubo  Coord. Gauss. Boaga:      X = 629836 m   Y = 5135694 m  NOTE: misura fatta con prolunga </p>

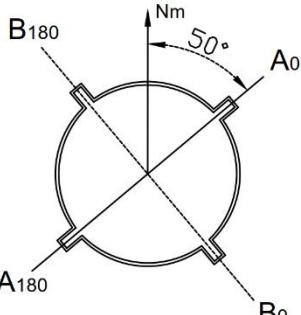
MONOGRAFIA DELLA STAZIONE INCLINOMETRICA  
VAL DI PEIO - P2 (340)

FOTO DEL SITO	CONVENZIONI E RIFERIMENTI
	 <p> <math>A_0</math> = guida di riferimento      Nm= Nord magnetico  azimuth di <math>A_0</math> da Nm = <math>65^\circ</math>  partenza misura = -14,5 m  ultima misura = -0,5 m  intervallo tra le misure = 0,5 m  riferimento progressiva 0,0 m = sommità del tubo  Coord. Gauss. Boaga:      X = 629804 m   Y = 5135556 m  NOTE: misura fatta con prolunga </p>

**MONOGRAFIA DELLA STAZIONE INCLINOMETRICA  
VAL DI PEIO - P3 (341)**

FOTO DEL SITO	CONVENZIONI E RIFERIMENTI
	 <p> <b>A<sub>0</sub></b> = guida di riferimento      Nm= Nord magnetico  azimuth di A<sub>0</sub> da Nm = 35°  partenza misura = -58,5 m  ultima misura = -0,5 m  intervallo tra le misure = 0,5 m  riferimento progressiva 0,0 m = sommità del tubo  Coord. Gauss. Boaga:      X = 631316 m   Y = 5132538 m  NOTE: misura fatta con prolunga </p>

**MONOGRAFIA DELLA STAZIONE INCLINOMETRICA  
VAL DI PEIO - P4 (342)**

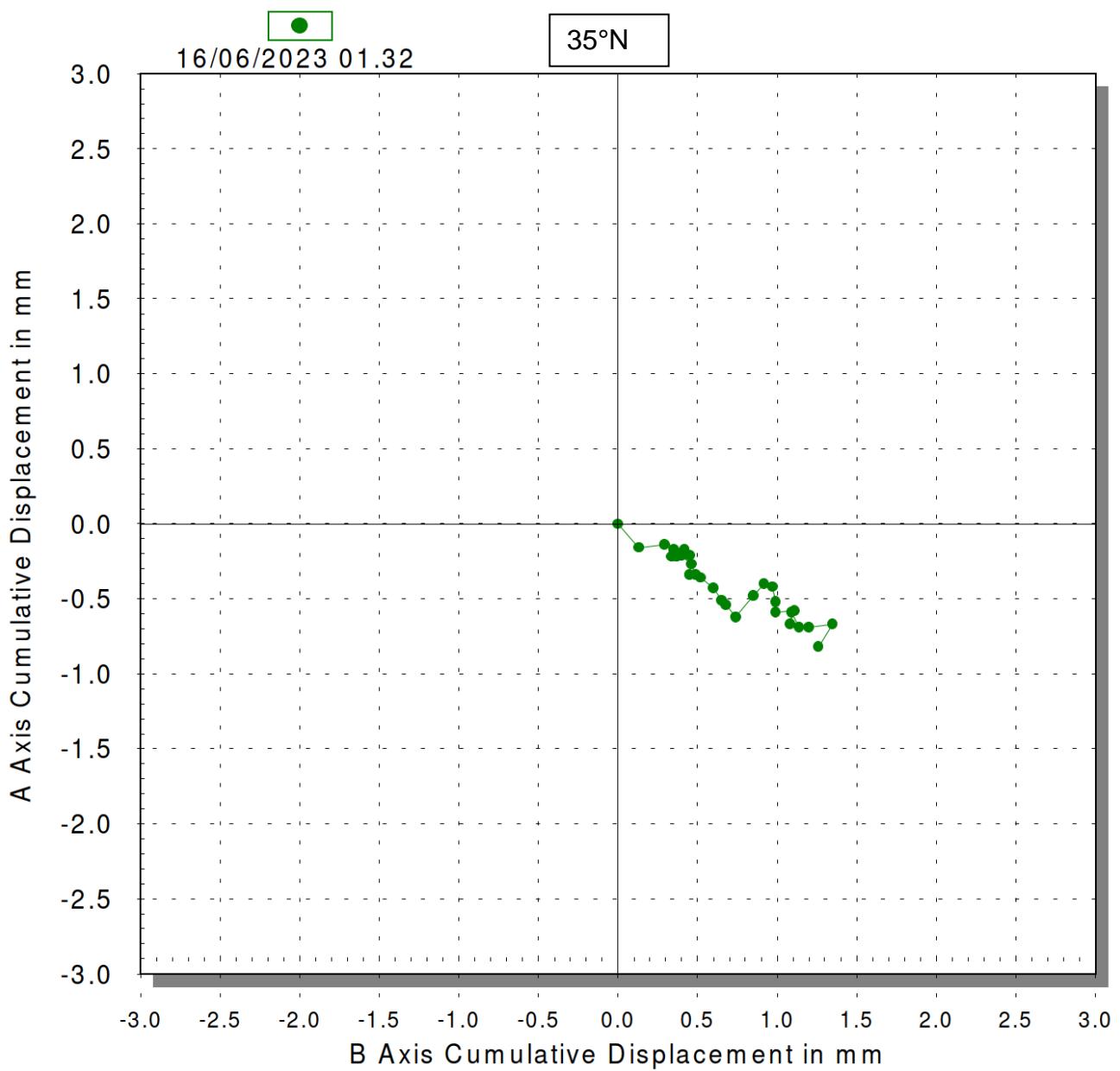
FOTO DEL SITO	CONVENZIONI E RIFERIMENTI
	 <p> <b>A<sub>0</sub></b> = guida di riferimento      Nm= Nord magnetico  azimuth di A<sub>0</sub> da Nm = 50°  partenza misura = -54,0 m  ultima misura = -0,5 m  intervallo tra le misure = 0,5 m  riferimento progressiva 0,0 m = sommità del tubo  Coord. Gauss. Boaga:      X = 631921 m   Y = 5131583 m  NOTE: misura fatta con prolunga </p>

# **ELABORATO N. 2**

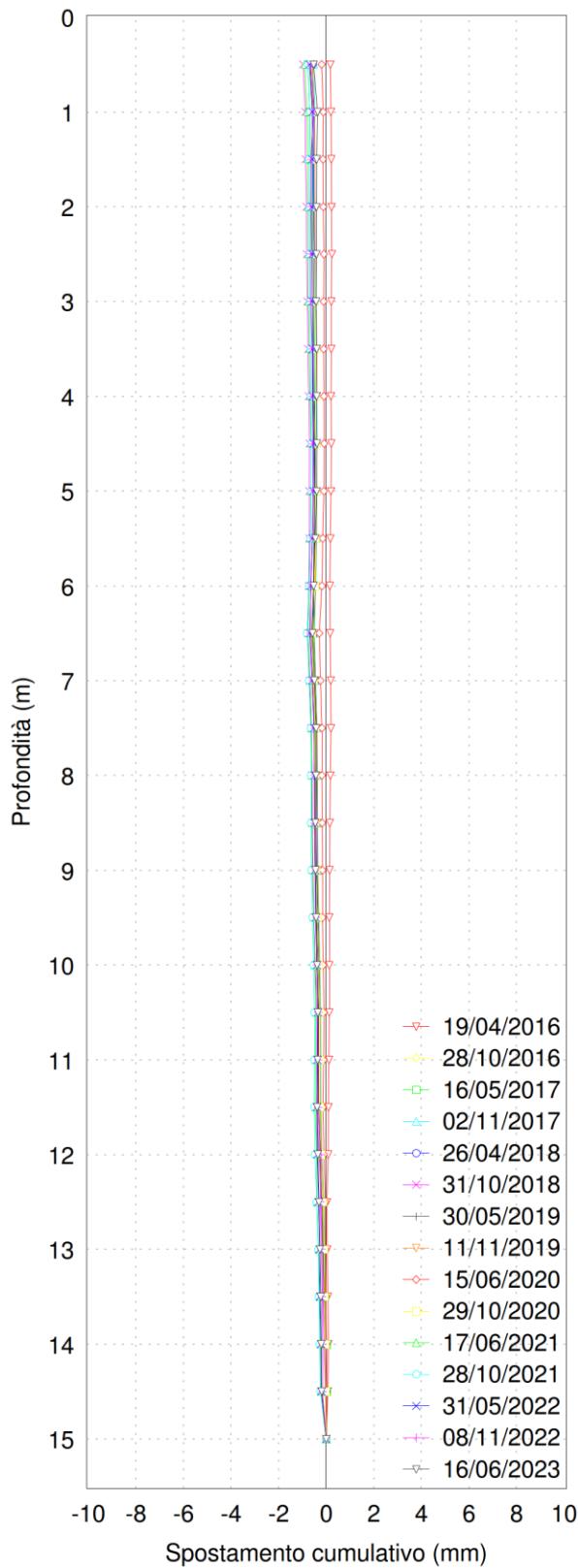
**(Grafici delle misure inclinometriche)**

# P1 - A Axis vs B Axis

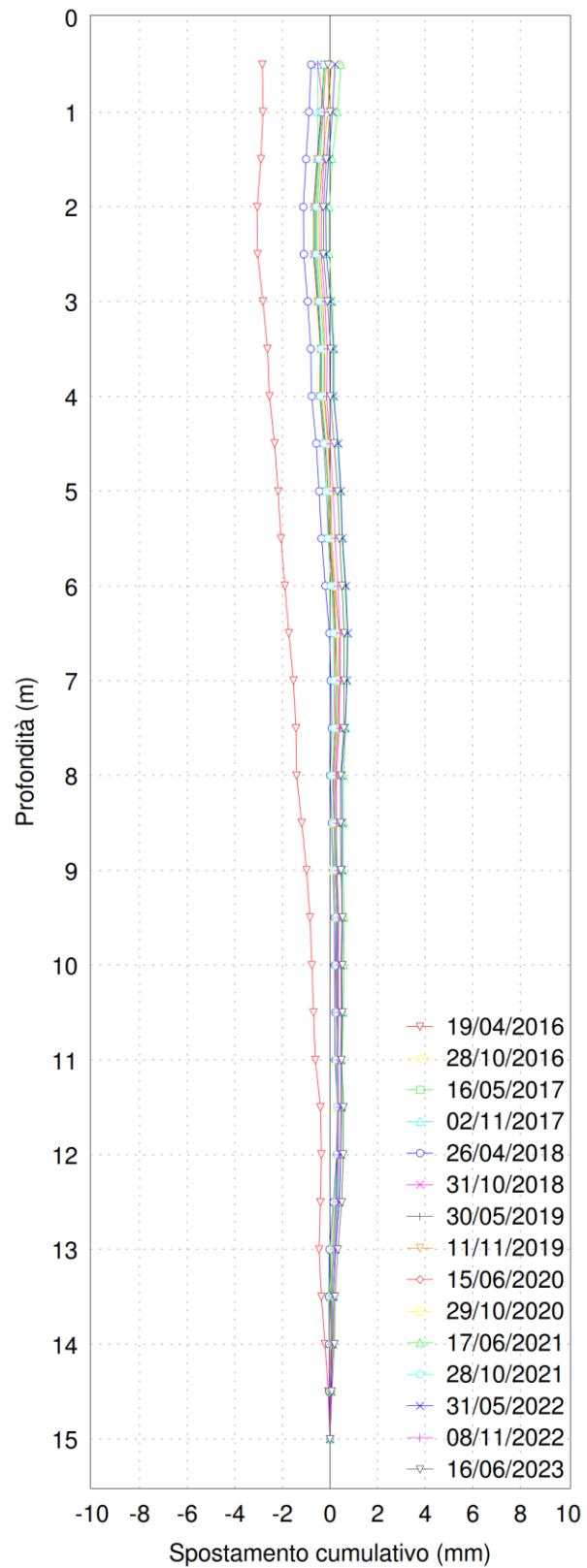
Initial survey: 24/08/2015 12.39



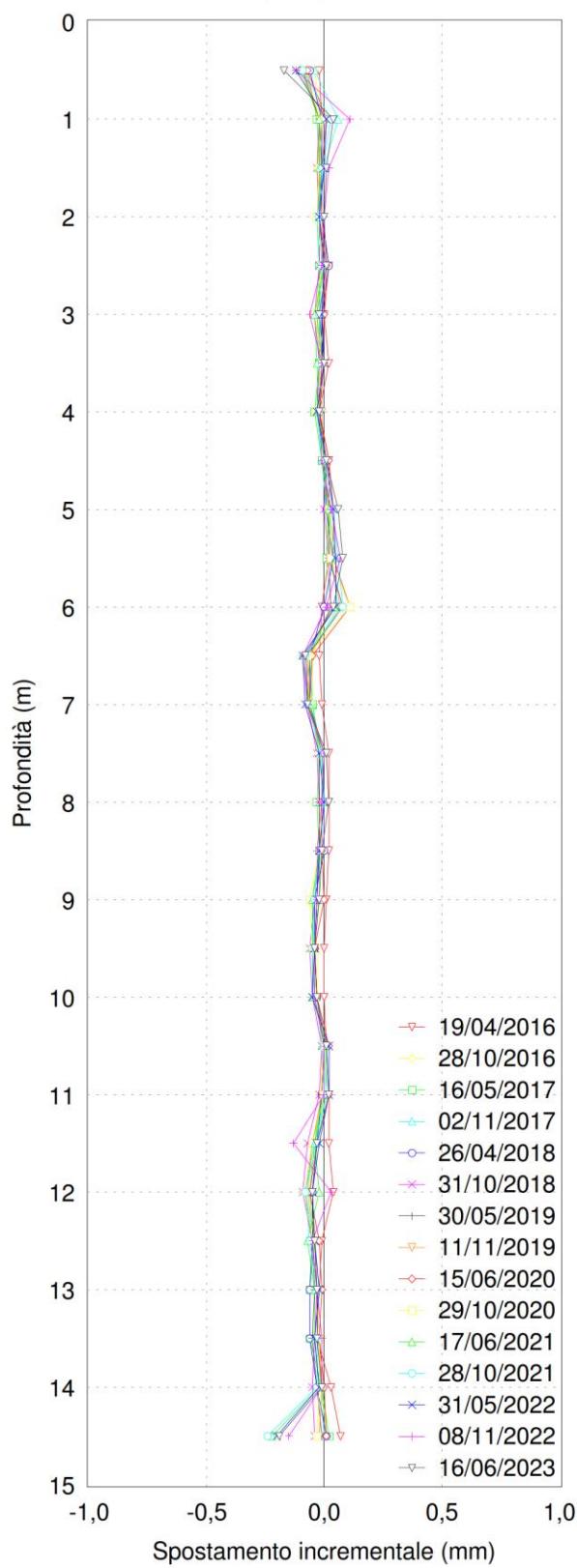
P1 (339), A-Axis



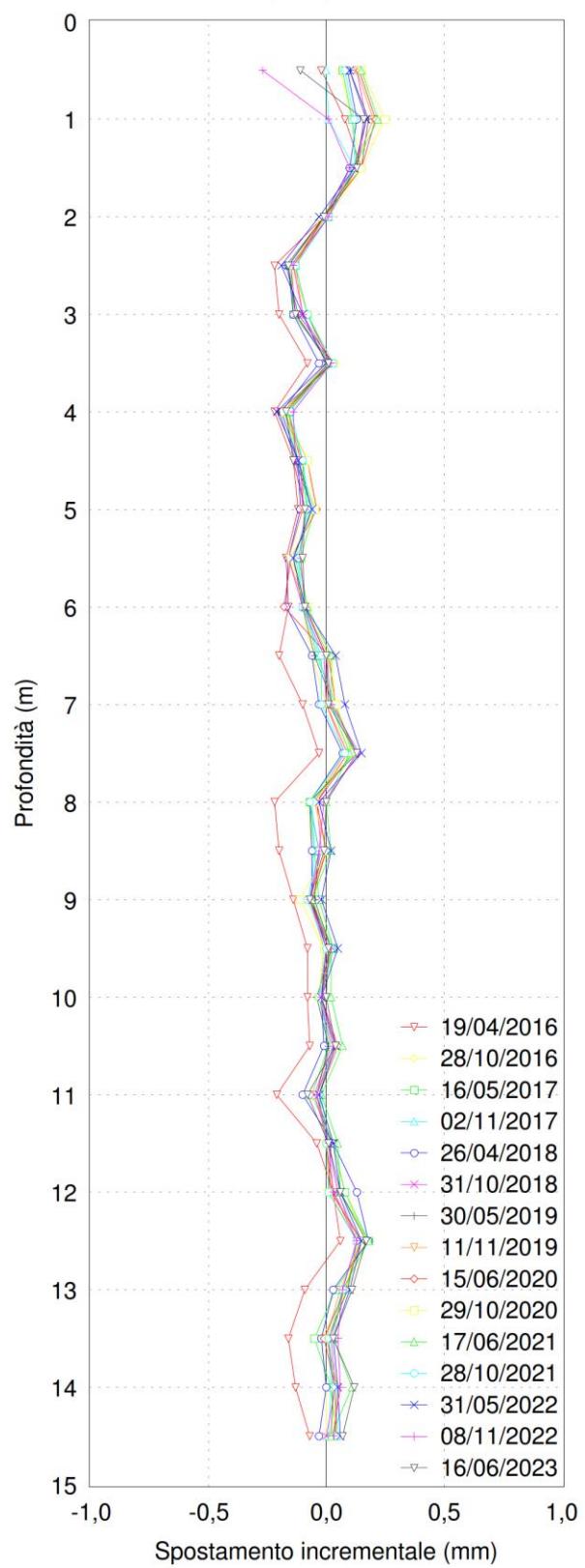
P1 (339), B-Axis



P1 (339), A-Axis



P1 (339), B-Axis



# P2 - A Axis vs B Axis

Initial survey: 25/08/2015 10.25

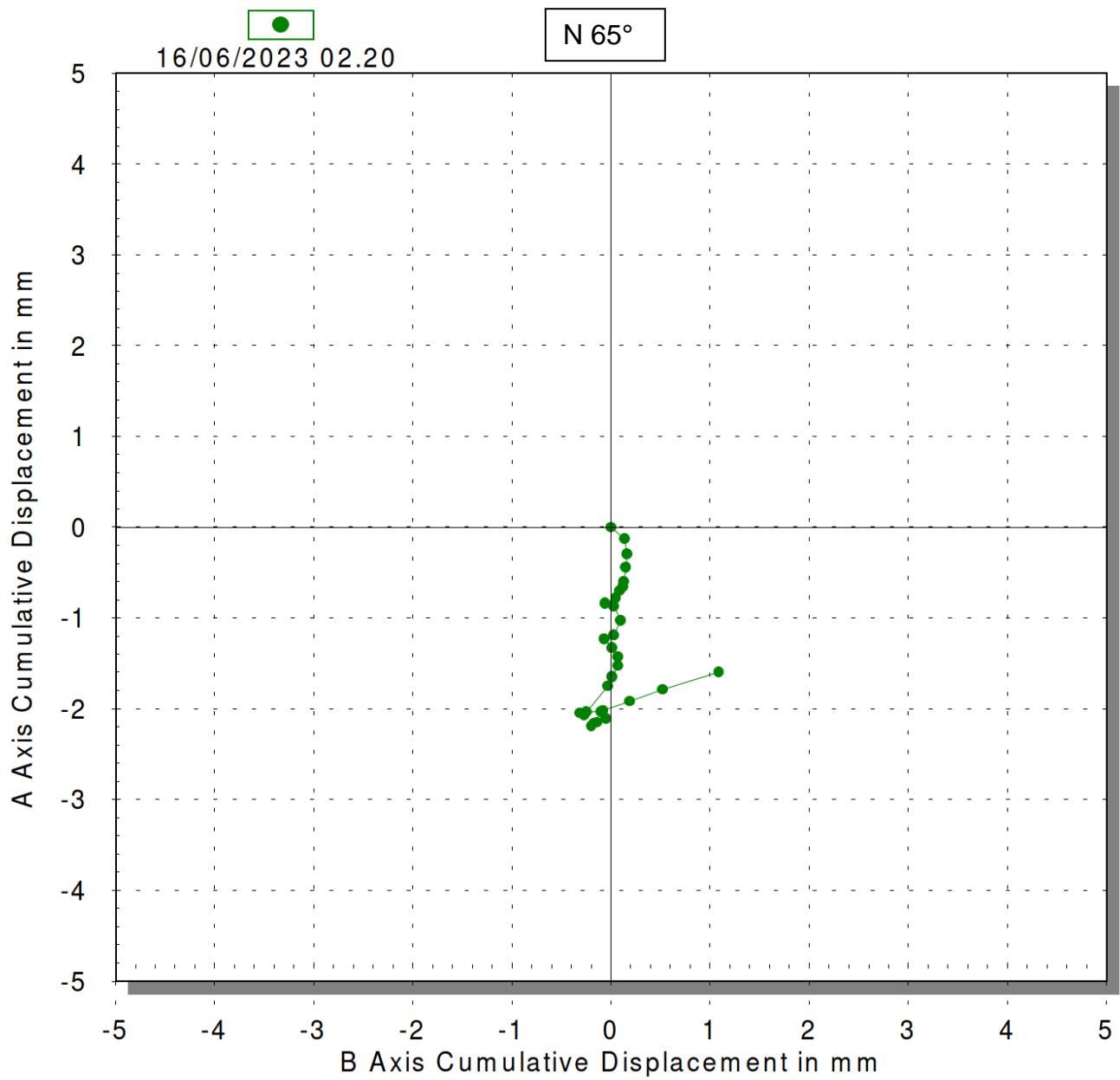
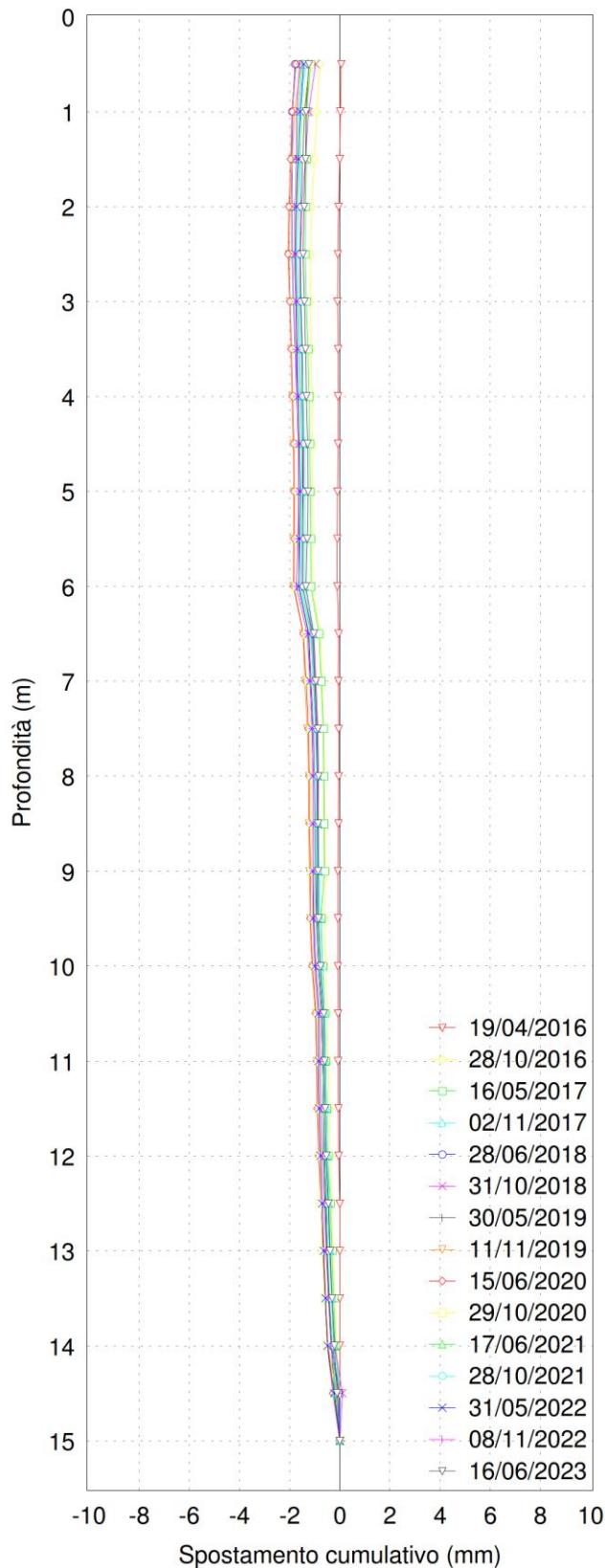


Grafico dello spostamento CUMULATIVO a partire dal 25/08/15

NOTE: non si registrano movimenti significativi.

P2 (340), A-Axis



P2 (340), B-Axis

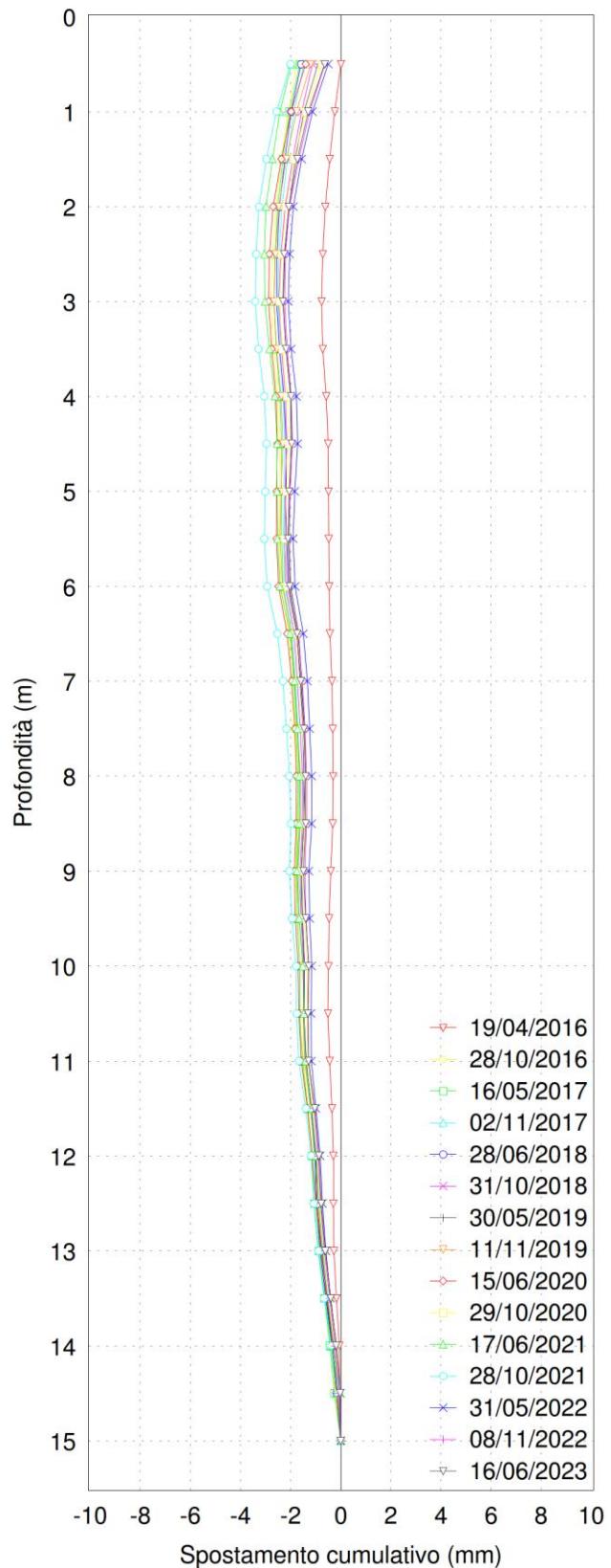
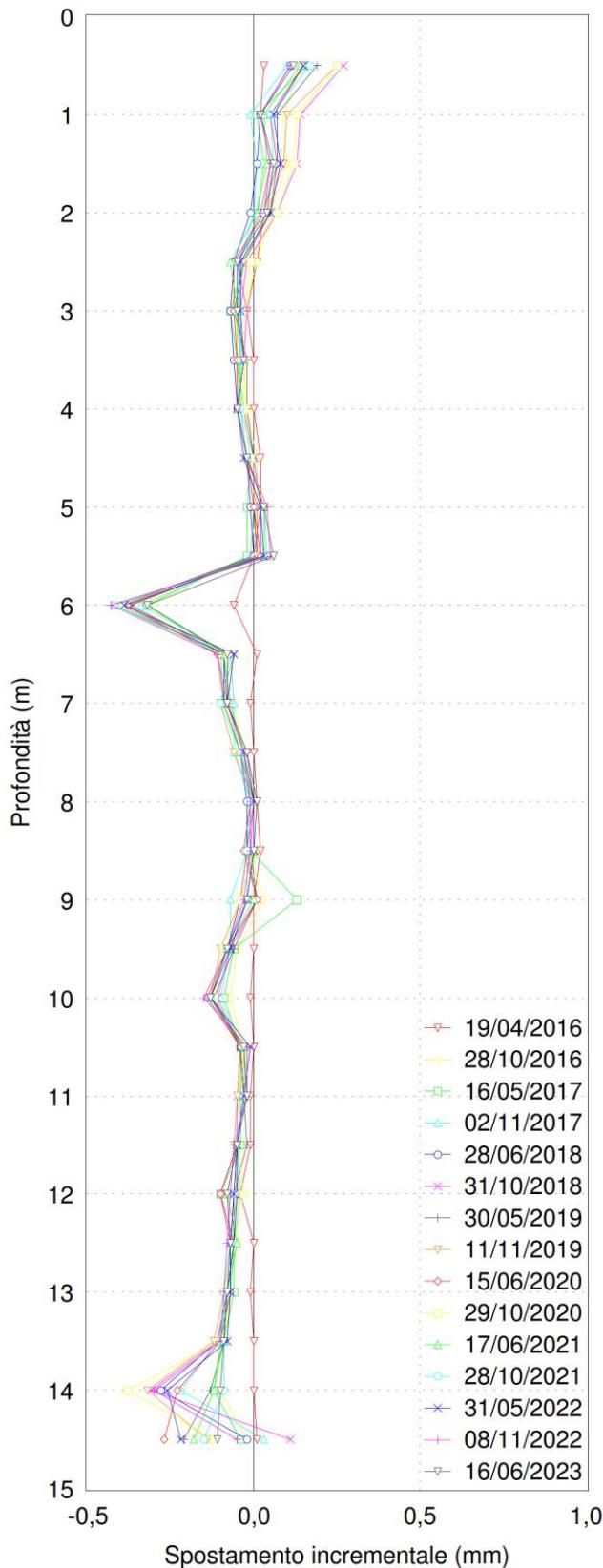


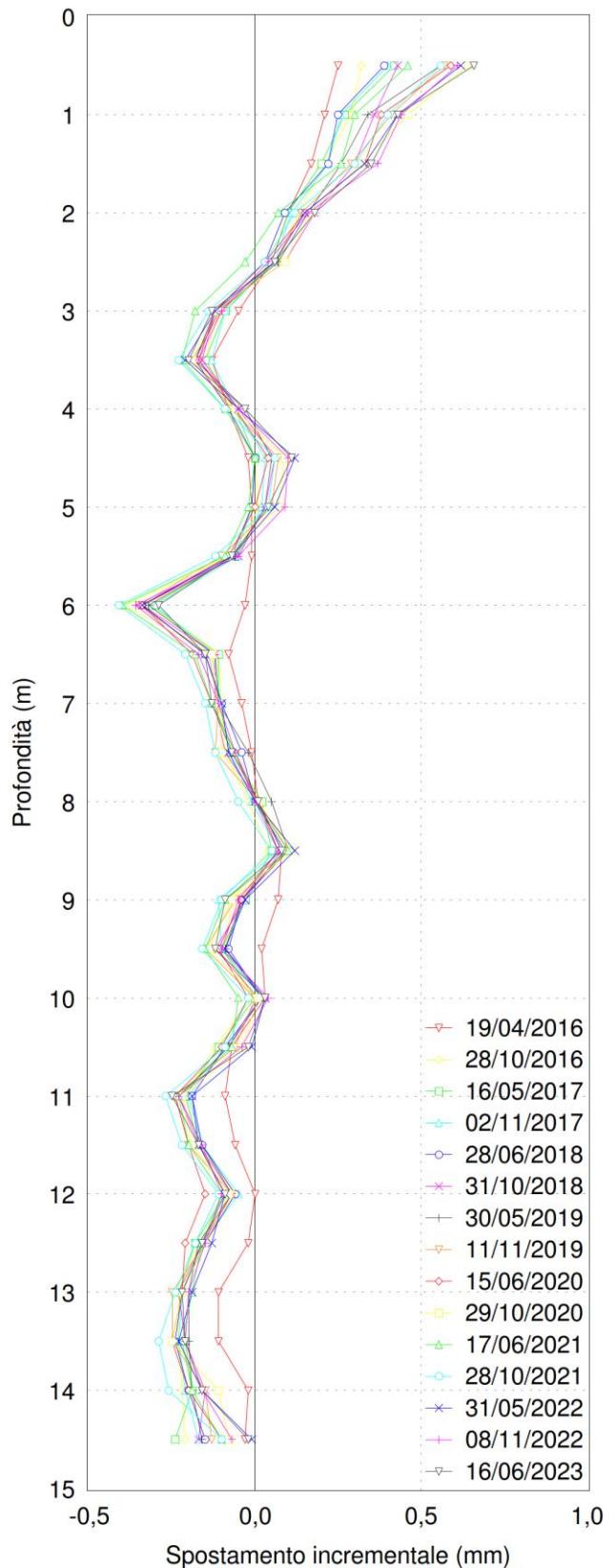
Grafico dello spostamento INCREMENTALE a partire dal 25/08/15

NOTE: non si registrano movimenti significativi.

P2 (340), A-Axis

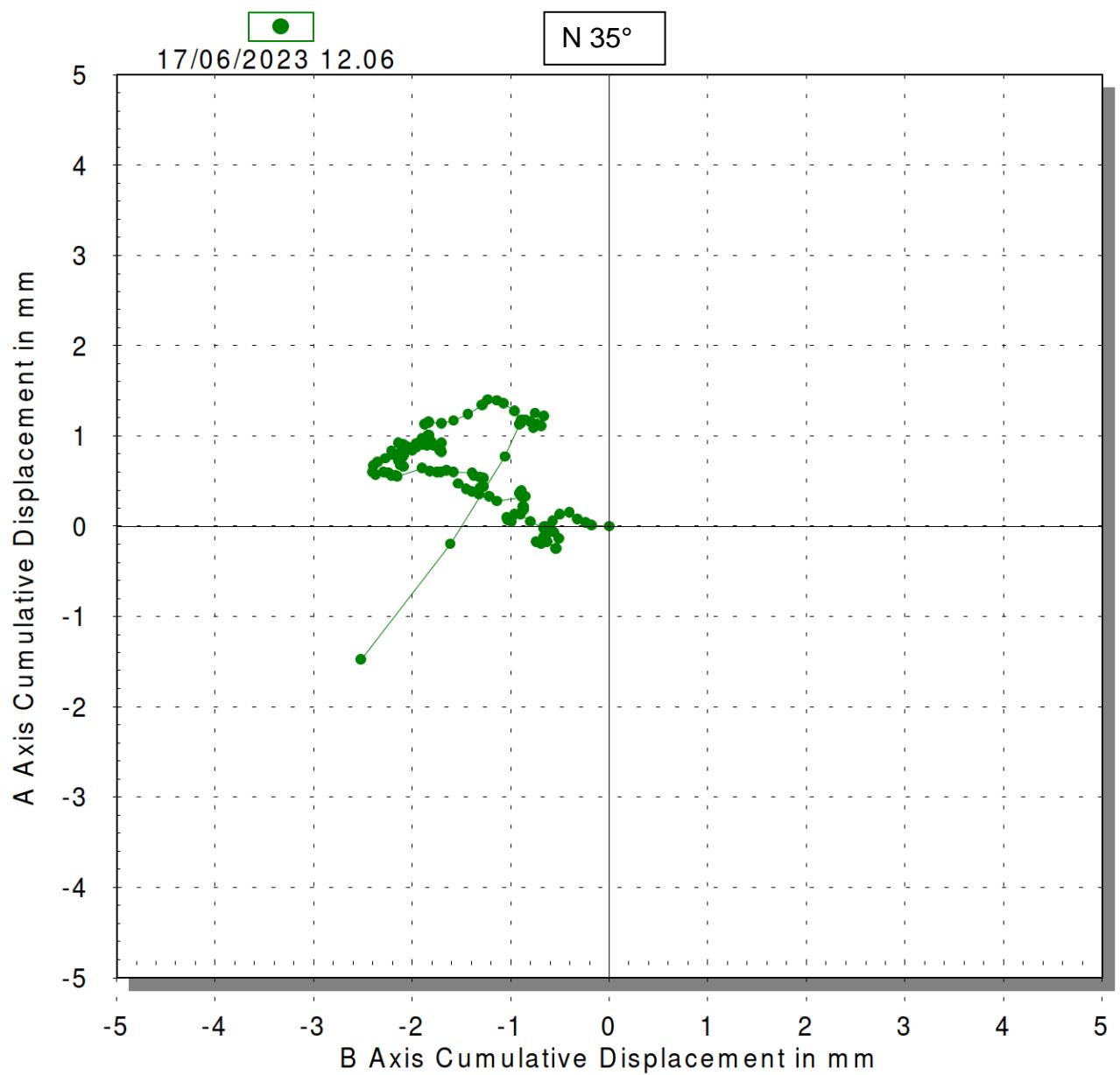


P2 (340), B-Axis



# P3 - A Axis vs B Axis

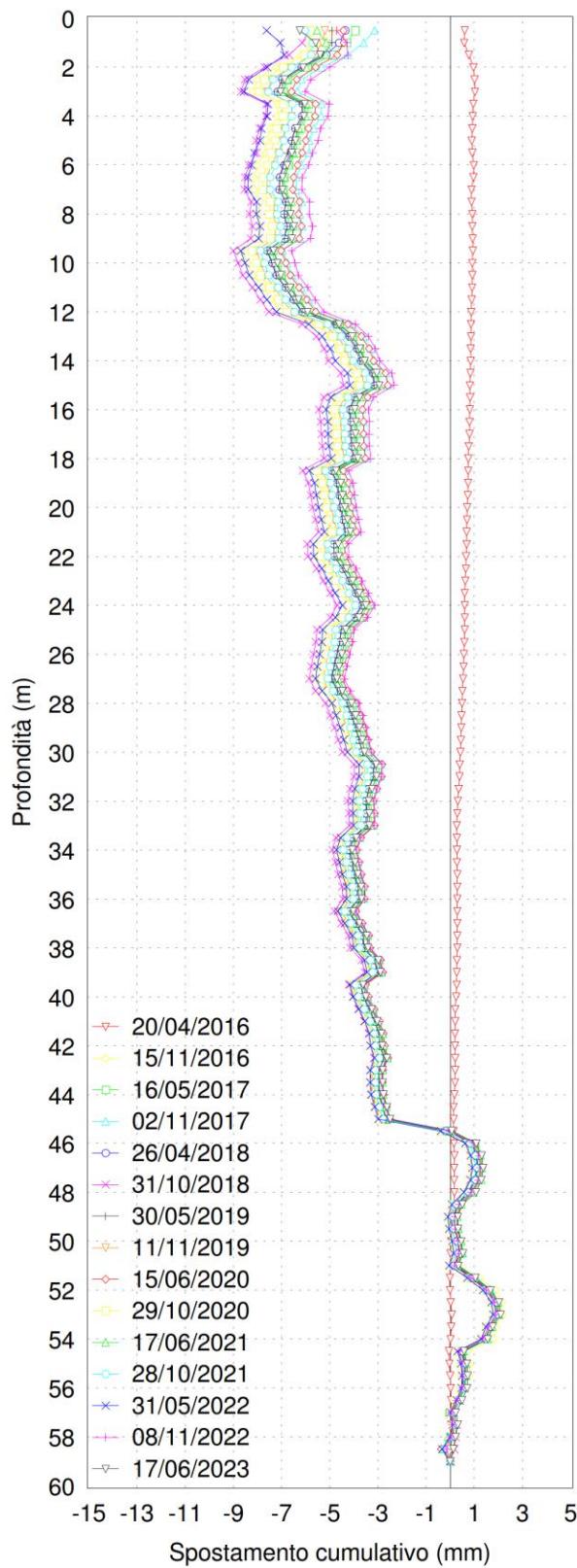
Initial survey: 15/11/2016 12.15



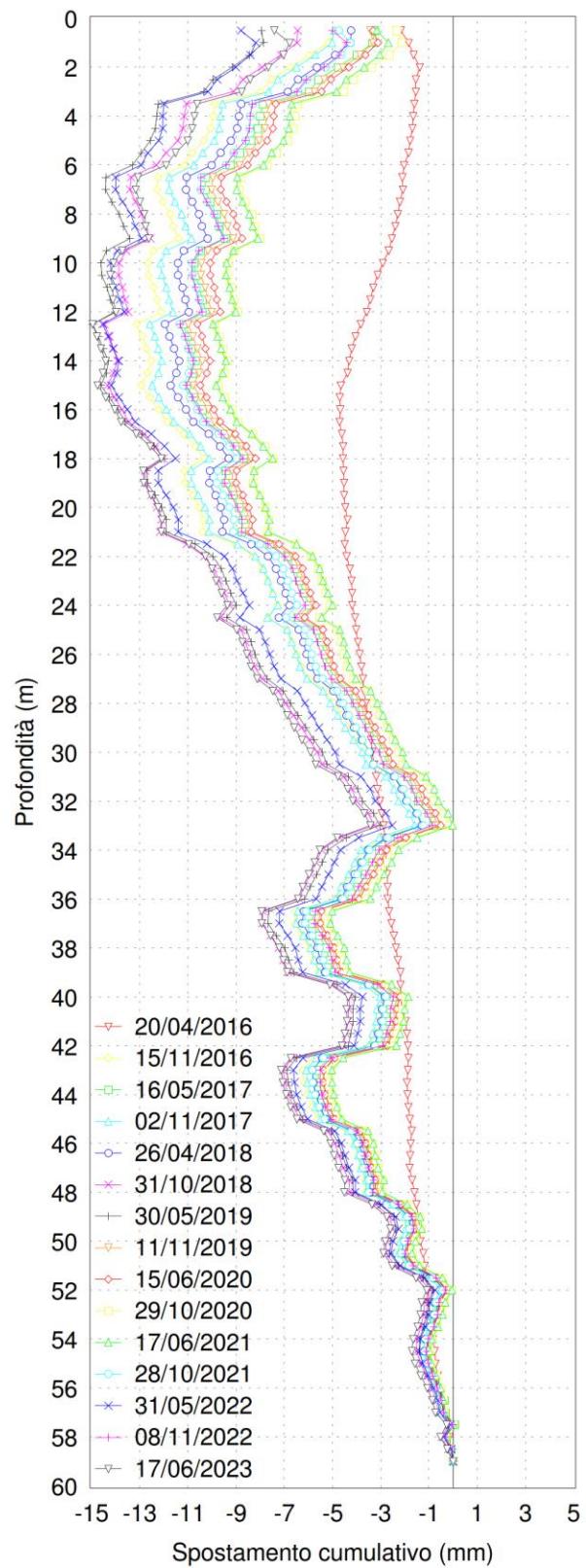
**Grafico dello spostamento CUMULATIVO a partire dal 26/08/15**

NOTE: non si registrano movimenti significativi. Si nota un assestamento del TIV e possibili differenze causate dall'utilizzo di diverse sonde.

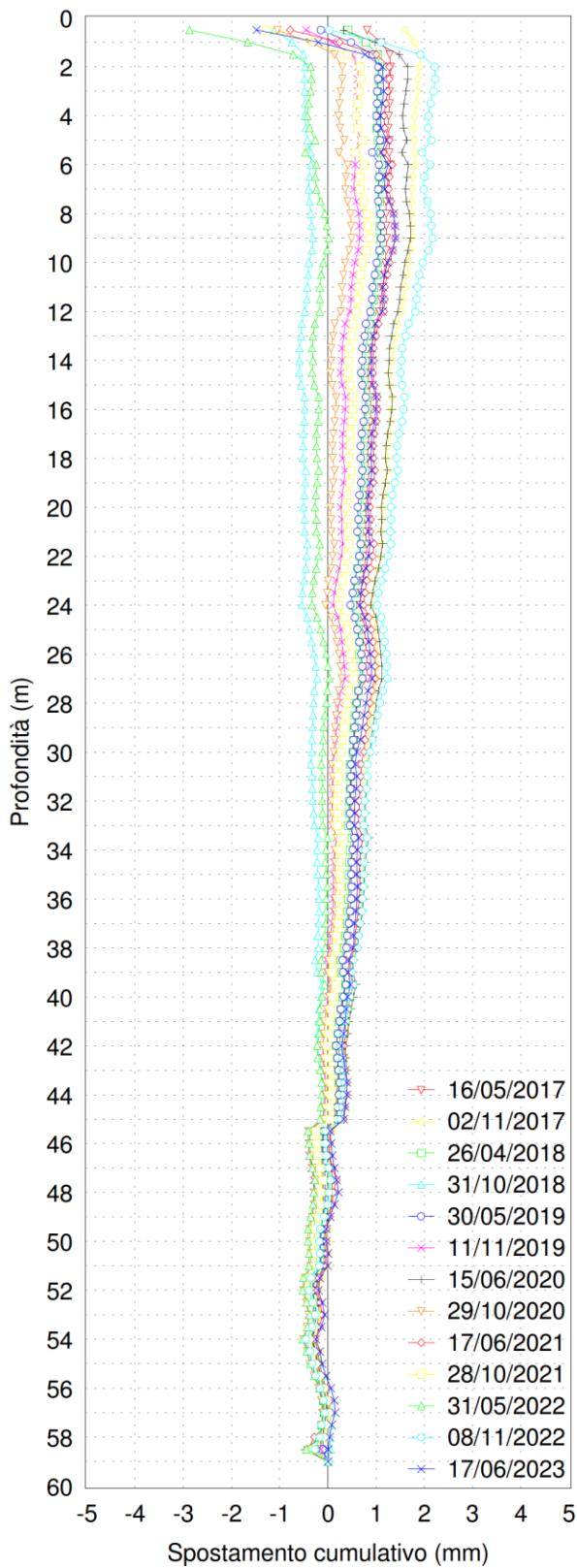
P3 (341), A-Axis



P3 (341), B-Axis



341 DG, A-Axis



341 DG, B-Axis

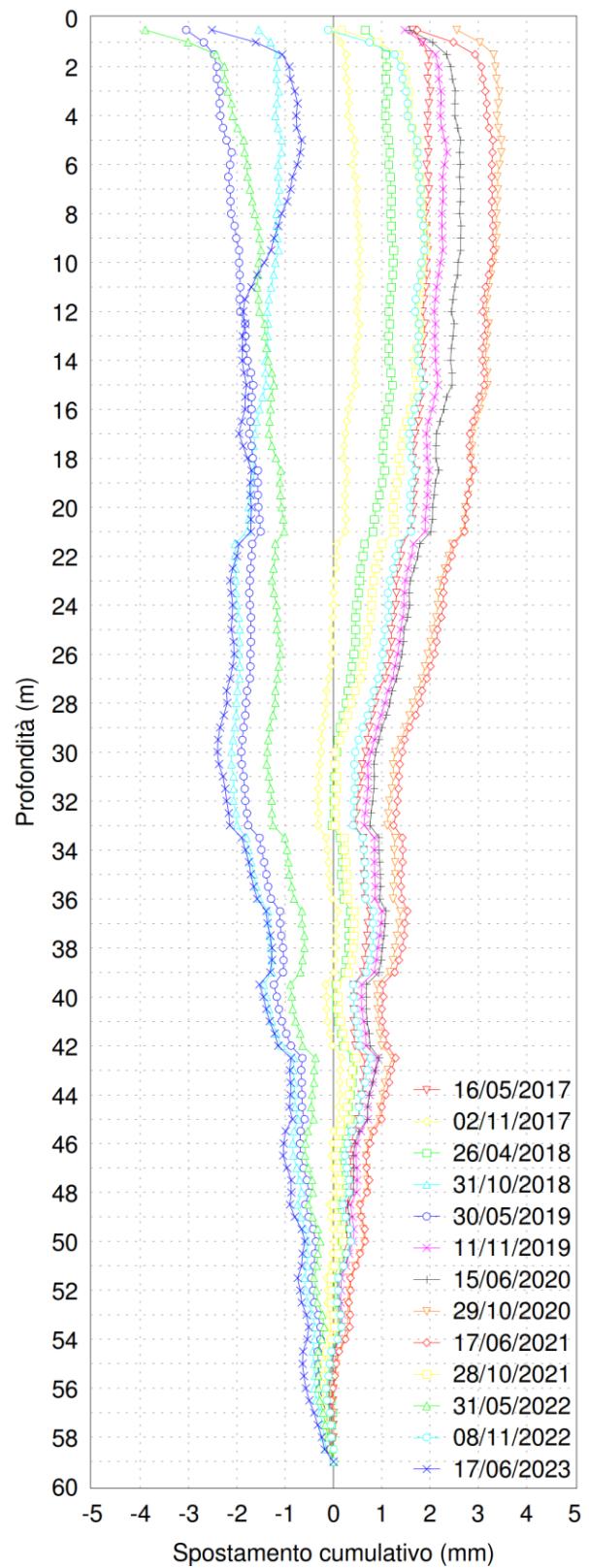
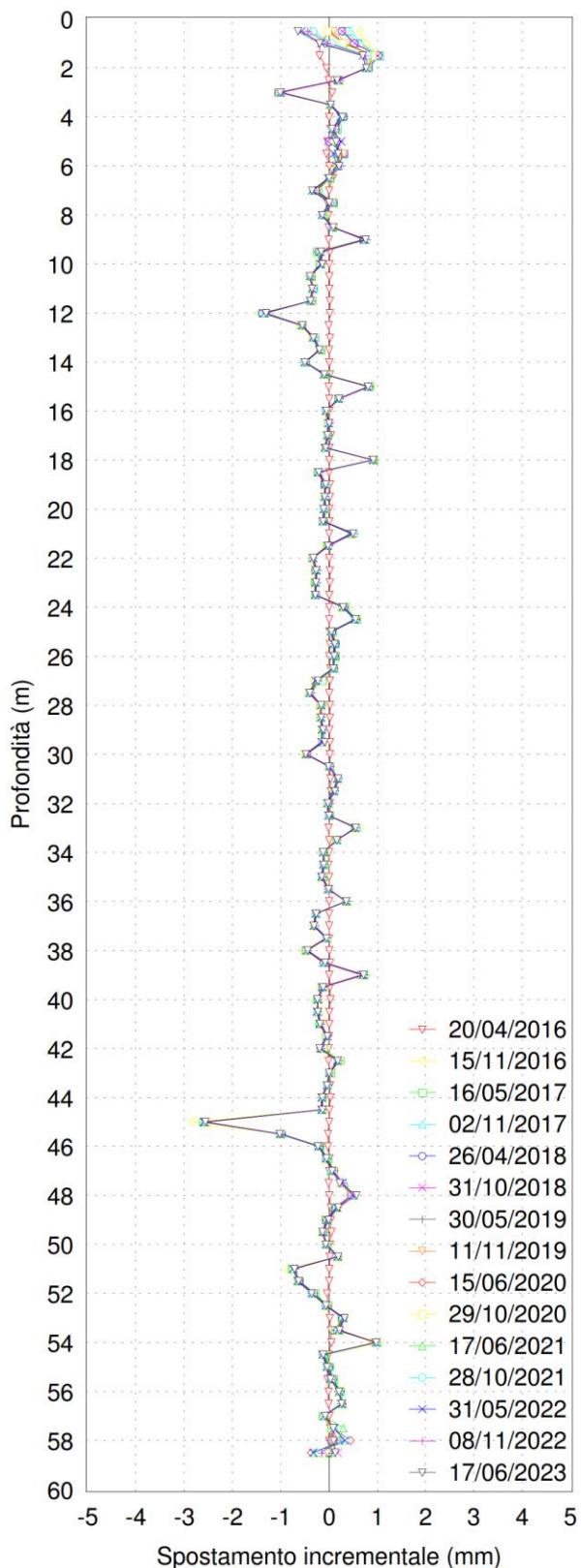


Grafico dello spostamento INCREMENTALE a partire dal 26/08/15

NOTE: non si registrano movimenti significativi. Si nota un assestamento del TIV e possibili differenze causate dall'utilizzo di diverse sonde.

P3 (341), A-Axis



P3 (341), B-Axis

