

resGEO studio associato di geologia di G. Rizzi e B. Musante
via E. Fico, 32/1 - 16039 Sestri Levante (GE)
tel 0185-1871104 email info@resgeo.it

COMUNE DI SESTRI LEVANTE
(Città Metropolitana di Genova)

*MONITORAGGIO INCLINOMETRICO
IN LOC. VILLA FONTANE DI SAN BERNARDO
ANNO 2019*

RAPPORTO TECNICO

COMMITTENTE: COMUNE DI SESTRI LEVANTE

PREPARATO DA	dott. geol. Barbara Musante	TIMBRE 	EMISSIONE	finale
			REVISIONE	0
CONTROLLATO DA	dott. geol. Giovanni Rizzi		OSSERVAZIONI	
				
Sestri Levante, marzo 2020				

COMUNE DI SESTRI LEVANTE

(CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA)

MONITORAGGIO INCLINOMETRICO

IN LOC. VILLA FONTANE DI SAN BERNARDO

RAPPORTO TECNICO

ANNO 2019

INDICE DEI CAPITOLI

1. MONITORAGGIO INCLINOMETRICO
2. MONITORAGGIO PIEZOMETRICO
3. MONITORAGGIO IN CONTINUO
4. CONSIDERAZIONI SUL CINEMATISMO
5. CONCLUSIONI

ALLEGATI

TAV. 1: PLANIMETRIA TECNICA

TAV. 2: DIAGRAMMI INCLINOMETRICI

TAV. 3: SCHEMA DELLE VELOCITA' DI SPOSTAMENTO ALLA QUOTA DEL PIANO PRINCIPALE DI SCORRIMENTO – ANNO 2019 SU BASE TOPOGRAFICA CTR

TAV. 4: SCHEMA DELLE VELOCITA' DI SPOSTAMENTO ALLA QUOTA DEL PIANO PRINCIPALE DI SCORRIMENTO– ANNO 2019 SU IPOTESI MORFOLOGIA DEL BED ROCK

1. MONITORAGGIO INCLINOMETRICO

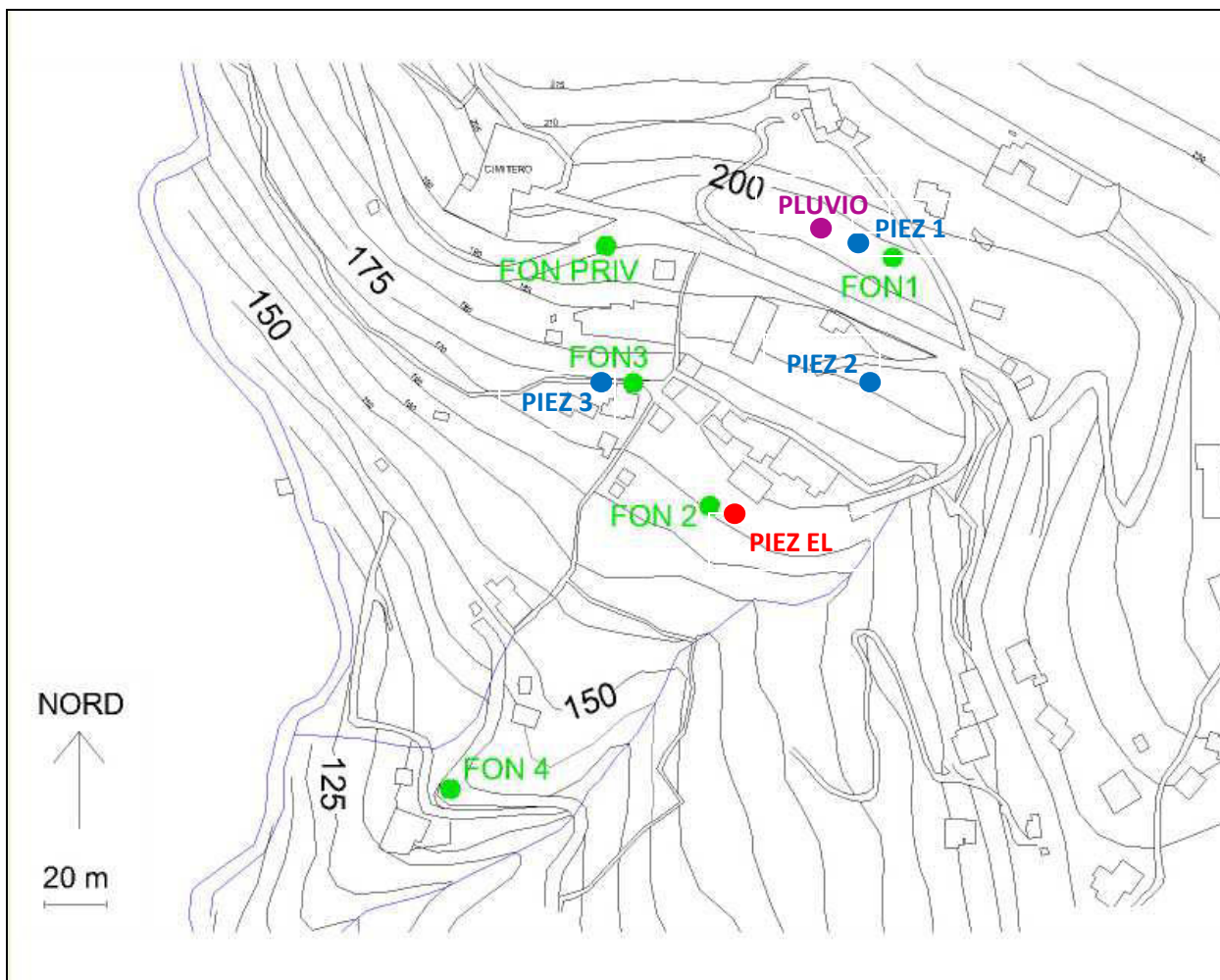
Nel mese di marzo 2020 è stata effettuata la nona lettura “di esercizio” manuale sui tubi inclinometrici installati dall’Amministrazione Comunale di Sestri Levante e attrezzati anche per il monitoraggio automatico in continuo.

Tuttavia sul tubo denominato Fon 2 non è stata effettuata la lettura manuale in quanto non è stato possibile estrarre la catena inclinometrica, causa il probabile troncamento del tubo avvenuto durante l’evento di “riattivazione” della frana manifestatosi nei mesi di novembre-dicembre 2019 di cui si riferirà nel prosieguo della narrativa.

E’stata inoltre eseguita la quarta lettura di esercizio sul tubo inclinometrico FON PRIV installato da soggetti privati e reso disponibile al Comune.

Come noto dalle precedenti relazioni, e con riferimento alla planimetria di seguito allegata, le postazioni sono così nominate:

<i>INCLINOMETRI</i>	<i>PIEZOMETRI</i>
FON 1	Piez 1
FON 2	Piez 2 (preesistente)
FON 3	Piez 3
FON 4	-
FON PRIV	-



TAV. 1: PLANIMETRIA TECNICA

La lettura ed interpretazione dei diagrammi (cfr. TAV. 2) consente di evidenziare gli aspetti salienti del movimento in atto così come di seguito illustrato.

FON 1 (lunghezza 14m)

Elaborazione differenziale integrale dal basso:

L'ultima lettura denuncia uno spostamento totale testa tubo pari a 75mm, con un incremento rispetto alla lettura precedente (circa 1 anno) pari a circa 38mm.

La direzione di spostamento testa tubo permane Sud-Ovest.

Elaborazione differenziale locale dal basso:

L'ultima lettura ha confermato i precedenti picchi di spostamento:

- -13m da pc: 1,5mm (pressoché invariato rispetto all'ultima lettura 2018)
- -9m da pc: 9.5mm (incremento di circa 4.3mm rispetto all'ultima lettura 2018)
- -6m da pc: 37.0 mm (incremento di circa 22.4mm rispetto all'ultima lettura 2018)

Il movimento locale alla sommità del tubo è pari a circa 2.6mm in pratica uguale a quanto rilevato nell'ultima lettura 2018.

Anche per questi movimenti la direzione prevalente di spostamento è da Sud a Sud-Ovest.

FON 3 (lunghezza 17m)

Elaborazione differenziale integrale dal basso:

L'ultima lettura ha segnalato uno spostamento totale testa tubo pari a circa 70mm con avanzamento rispetto alla lettura precedente di circa 35mm.

Lungo il tubo si riscontrano picchi di spostamento tra i -11m ed i -12m da pc con spostamenti totali rispettivamente di 81mm (incremento 43mm) e 65mm (incremento 31mm).

La direzione di spostamento testa tubo è Sud-Ovest.

Elaborazione differenziale locale dal basso:

L'ultima lettura ha confermato il picco di spostamento alla profondità di -12m da pc di entità pari a 60mm (incremento di circa 34mm rispetto all'ultima lettura 2018).

A partire da -12m non si registra alcun movimento significativo e, al momento, la parte superiore del tubo risulta pressoché ferma salvi lievissimi incrementi di spostamento a -3m da pc.

La direzione di spostamento risulta Sud-Sud Ovest.

FON 4 (lunghezza 29m)

Elaborazione differenziale integrale dal basso:

L'ultima lettura ha segnalato uno spostamento totale testa tubo pari a 58mm, con un incremento rispetto alla lettura precedente di circa 35mm.

Il picco principale è identificato alla profondità di 24m da pc ove si registra uno spostamento totale pari a circa 52mm incrementato rispetto alla precedente misura di circa 30mm.

La direzione di spostamento testa tubo è Ovest – Sud Ovest.

Elaborazione differenziale locale dal basso:

L'ultima lettura ha confermato il picco di spostamento alla profondità di 24m da pc di entità totale pari a circa 38mm (con un incremento di circa 24mm rispetto alla lettura precedente).

La restante parte del tubo non evidenzia movimenti secondari.

E' confermata come direzione di spostamento Ovest-Sud Ovest.

FONPRV (lunghezza 22m)

Elaborazione differenziale integrale dal basso:

Su questo tubo inclinometrico (installato da privati) è stata eseguita la quarta lettura di esercizio.

Tale lettura ha segnalato uno spostamento testa tubo pari a 23.5mm con un avanzamento di 16.7mm rispetto alla lettura precedente.

Il tubo registrato un unico picco di spostamento alla profondità di -11m da pc di entità totale pari a 22mm (incrementato rispetto alla lettura precedente di 15.3mm ca); la restante porzione di tubo non registra altri spostamenti significativi.

La direzione di spostamento testa tubo è Sud-Sud Est.

Elaborazione differenziale locale dal basso:

La terza lettura di esercizio ha confermato il principale picco di spostamento alla profondità di -11/-12m da pc di entità pari a 13.4mm (con incremento di spostamento di 10mm rispetto alla lettura precedente).

Oltre questo picco si evidenzia solo un lieve movimento a -4m da pc, pari a 1.7mm con un incremento di 1mm rispetto alla lettura precedente.

La direzione di spostamento è Sud Est nel primo caso ed Est nel secondo.

2. MONITORAGGIO PIEZOMETRICO

Le misure effettuate sui tubi piezometrici sono state raccolte inizialmente nella tabella seguente:

DATA/POSTAZIONE	Piez 1 (m da pc)	Piez 2 (preesistente) (m da pc)	Piez 3 (m da pc)
21 marzo 2014	-	-3,53	-
3 giugno 2014	-6,90	-4,03	-9,70
13 giugno 2014	-7,10	-4,20	-9,80
27 luglio 2014	-8,80	-4,03	-12,55
16 settembre 2014	-11,65	-6,60	-14,40
17 dicembre 2014	-5.80	-6.60	-1.80
26 maggio 2015	-11.50	-	-13.55
20 ottobre 2015	-6.43	-3.35	-11.20
21 dicembre 2016	-11.23	-	-12.68
29 dicembre 2017	-8.50	-3.55	-10.25
2 gennaio 2019	-11.60	-3.80	-12.60
Marzo 2020	-5.97	-3.60	-6.90

Tabella 1

Al fine di una più agevole correlazione dei dati, vengono di seguito proposti alcuni grafici rappresentativi dell'escursione della falda nelle diverse postazioni di monitoraggio.

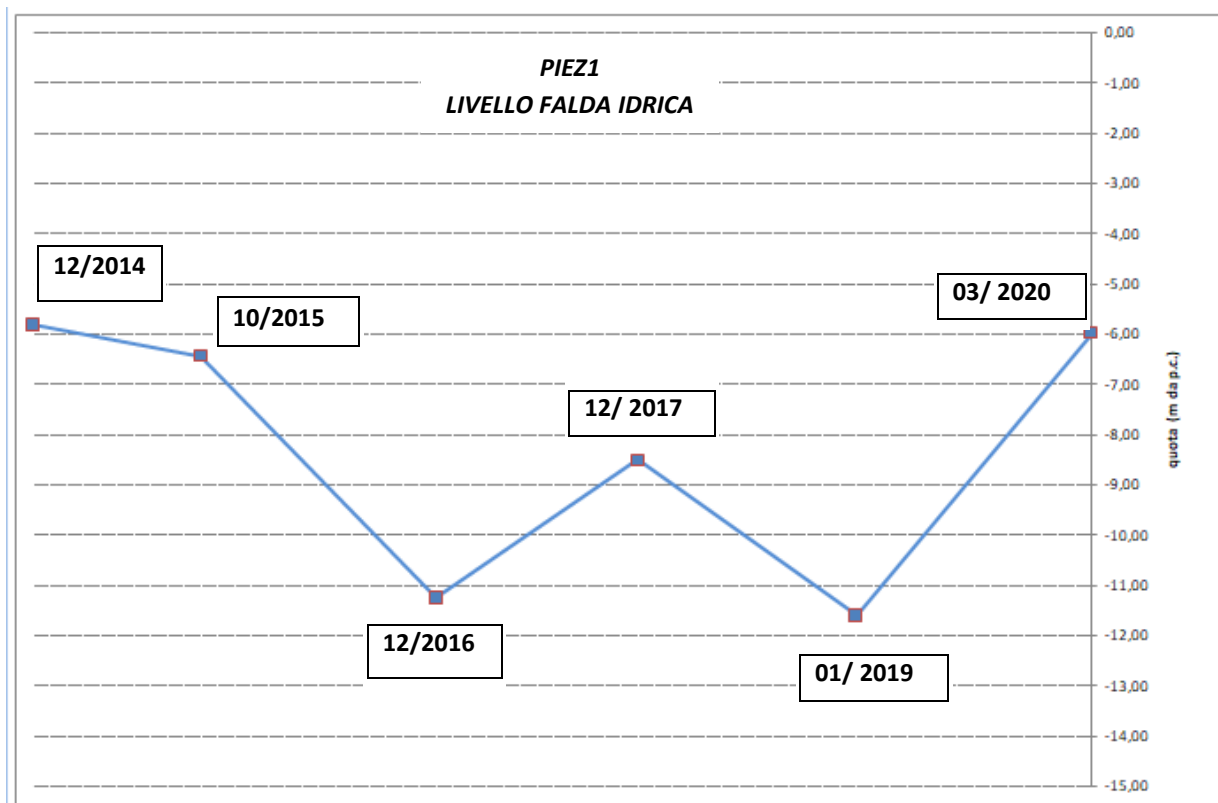


Fig.1

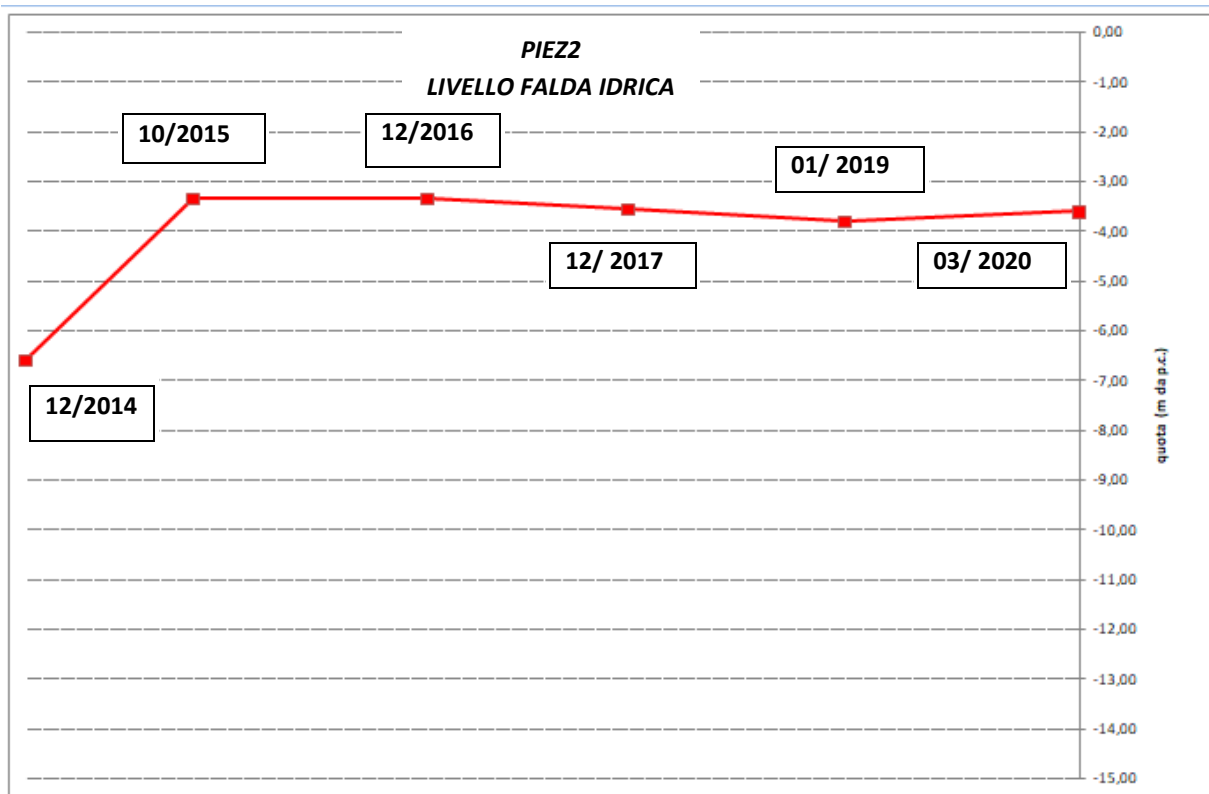


Fig.2

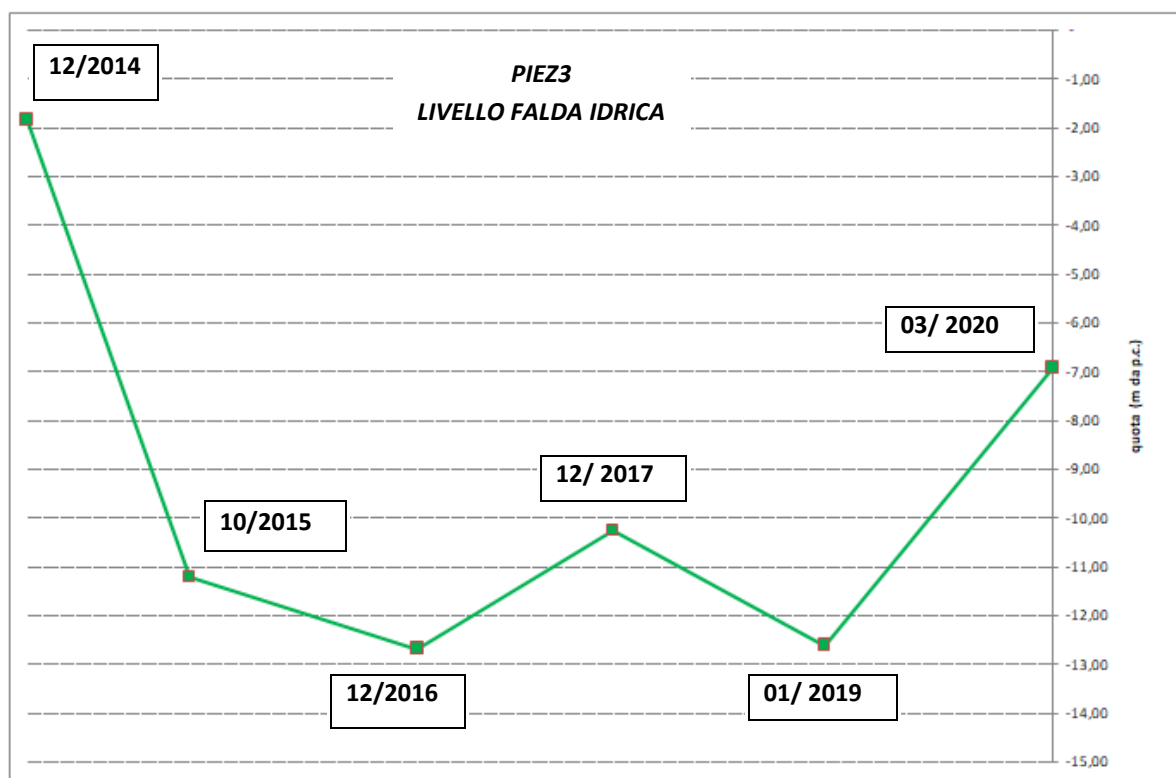


Fig.3

Come già riscontrato l'anno precedente, anche le letture relative all'anno 2019/20 evidenziano che il livello della falda idrica è soggetto ad escursioni di una certa entità, legate evidentemente all'andamento stagionale ma da correlarsi anche all'assetto geomorfologico del versante ed alla permeabilità dei terreni.

In tema di analisi idrogeologica è da rimarcare come in corrispondenza della postazione FON2 sia presente un piezometro elettrico (cfr. TAV. 1) installato al fine di misurare la pressione idraulica sulla principale superficie di scivolamento posta a -12m da pc.

Nella postazione FON1 è presente invece un pluviometro (cfr. TAV. 1), al fine di verificare con precisione la quantità d'acqua effettivamente precipitata nell'area e, a medio-lungo termine, indagare su una possibile relazione intercorrente tra la pioggia e l'incremento delle suddette sovrappressioni neutre proprio in corrispondenza della superficie di scivolamento (FON2).

Si precisa che il pluviometro non ha registrato nell'anno 2019 per problemi tecnici.

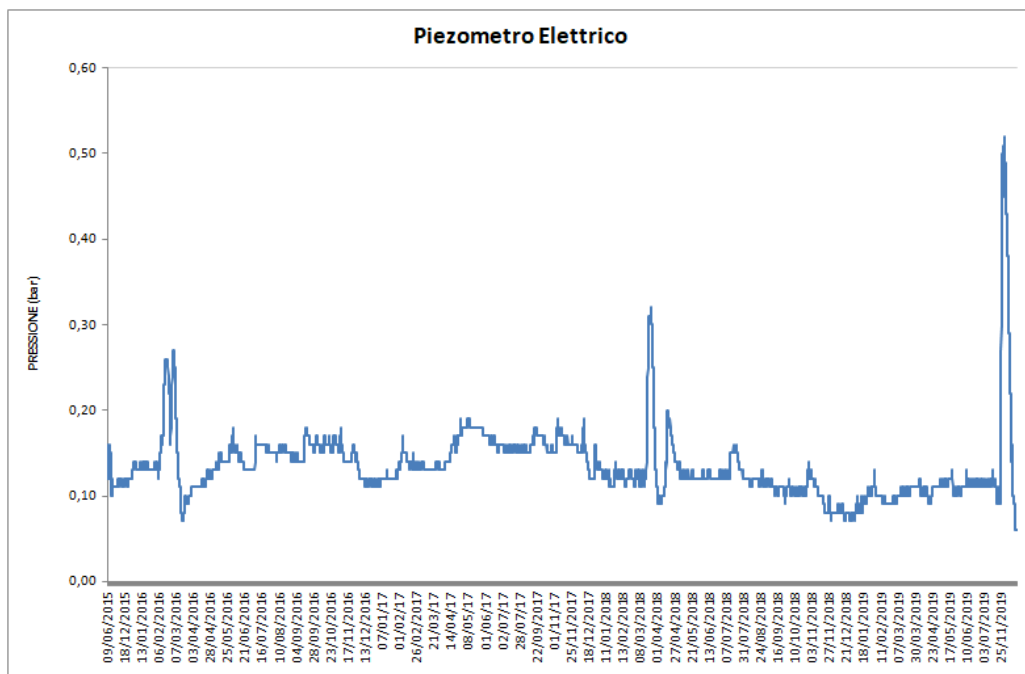


Fig.4: Periodo di monitoraggio 2015-2019

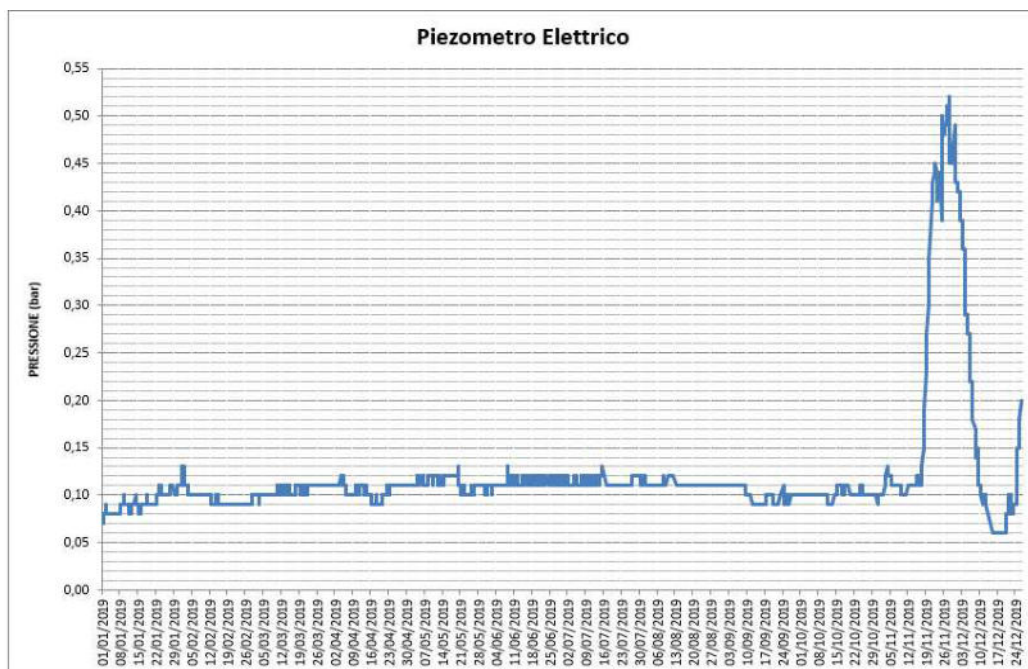


Fig.5: Periodo di monitoraggio 2019

Per completezza d'analisi si riportano nel grafico successivo (ARPAL) i dati di piovosità suddivisi per mesi e rapportati alla media degli stessi mesi, nel periodo compreso tra il 1961 e il 2010.

Risulta quindi che il 2019 è circa in linea con la media cinquantennale (1961/2010) e più piovoso rispetto all'anno 2018.

Si ricorda che tale elaborazione pluviometrica è stata condotta sulle stazioni liguri della rete OMIRL per l'intero territorio regionale.

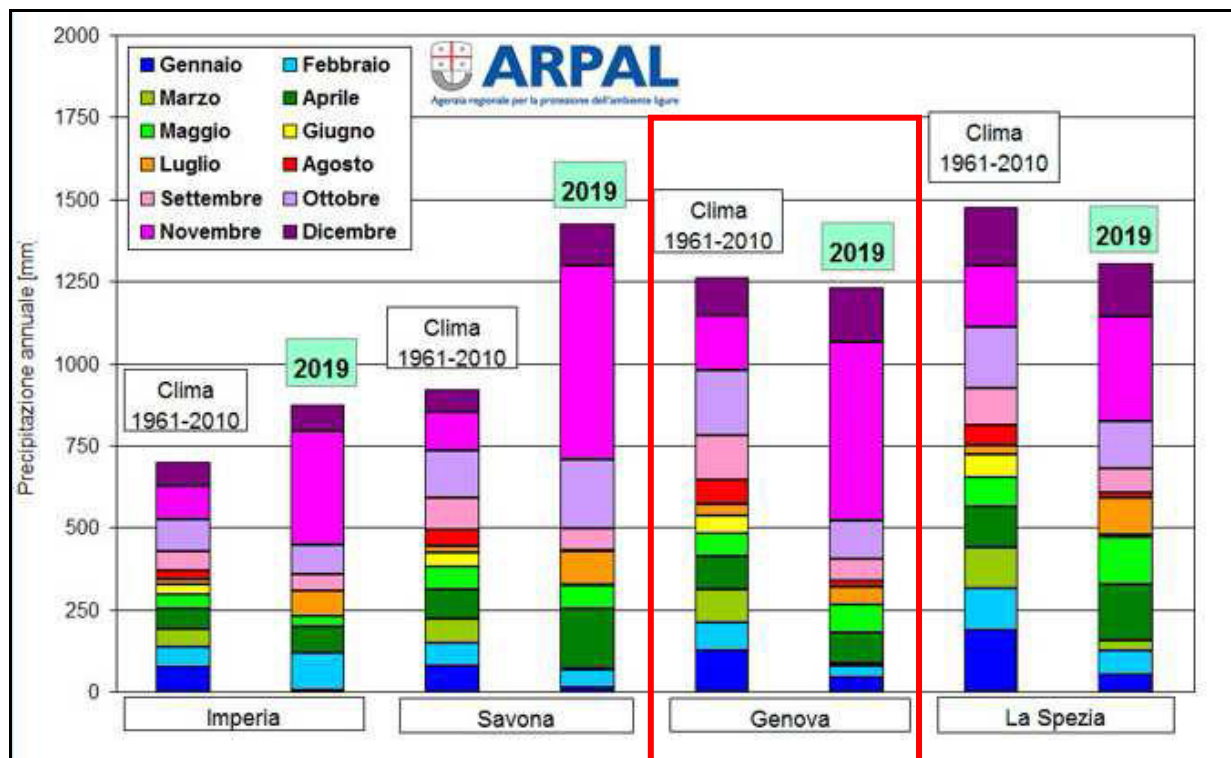


Fig.6

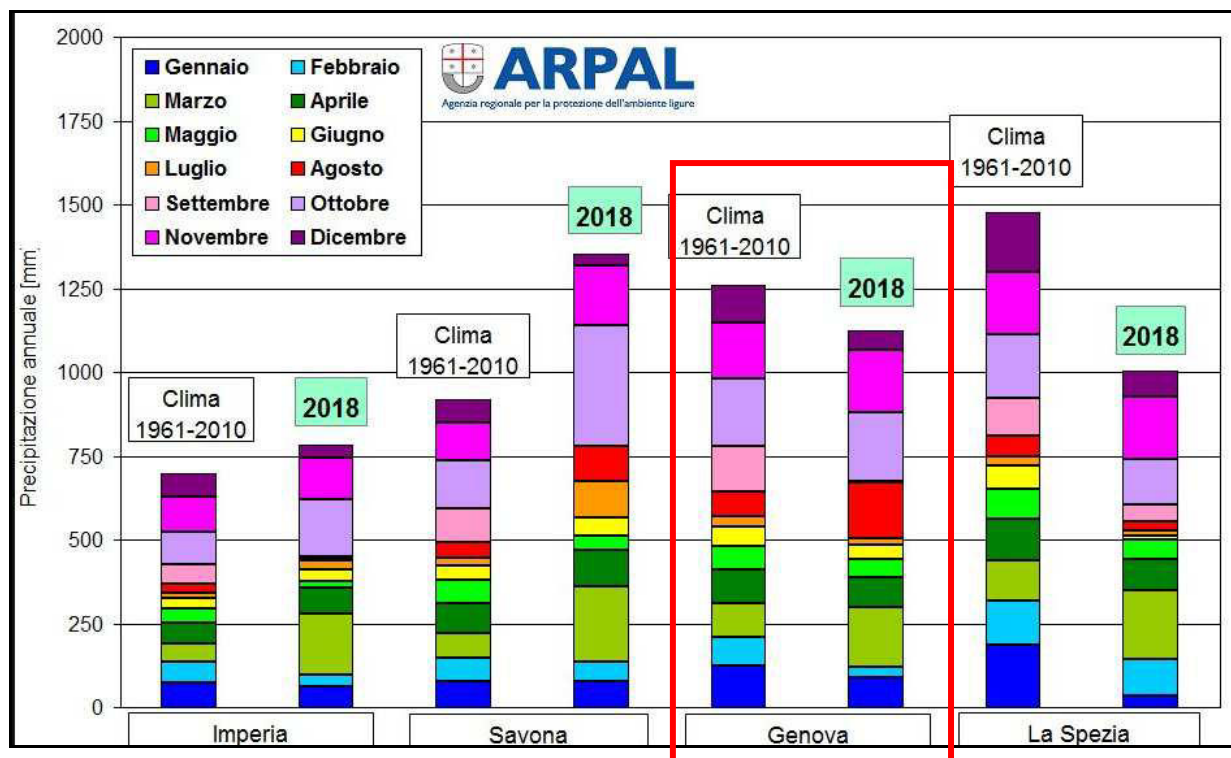


Fig.7

Concentrandoci sui dati relativi alle precipitazioni, nel periodo dicembre – gennaio – febbraio del 2018 si evidenzia sul settore di Genova un’anomalia negativa abbastanza marcata (-38.5%) rispetto alla media cinquantennale (1961-2010).

Tale dato si conferma anche nel settore di Levante con un’anomalia negativa del 19.9%.



Climatologia delle Precipitazioni e Temperature: **inverno 2018**

		DIC-GEN-FEB	Prec	Anomalia (2018-2)	T max	Anomalia (2018-2)	T min	Anomalia (2018-2)
Ponente	Imperia	clima γ (1961-2010)	206.3 mm	+26.5 mm (+12.8%)	12.9 °C	-0.6 °C	7.4 °C	-0.3 °C
		2018	232.8 mm		12.3 °C		7.1 °C	
Centro	Savona	clima γ (1961-2010)	216.6 mm	+47.8 mm (+22.1%)	11.3 °C	+0.3 °C	5.8 °C	-0.2 °C
		2018	264.4 mm		11.6 °C		5.6 °C	
Centro	Genova	clima γ (1961-2010)	323.7 mm	-124.5 mm (-38.5%)	11.6 °C	-0.2 °C	6.6 °C	+0.2 °C
		2018	199.2 mm		11.4 °C		6.8 °C	
Levante	La Spezia	clima γ (1961-2010)	493.8 mm	-98.4 mm (-19.9%)	12.2 °C	-0.1 °C	5.1 °C	+0.8 °C
		2018	395.4 mm		12.1 °C		5.9 °C	

Fig.8

Ragionando in tali termini per l’anno 2019 si evidenzia come ancora nel periodo dicembre – gennaio – febbraio sul settore di Genova aumenti ulteriormente l’anomalia negativa (-58.0%) sempre rispetto alla media cinquantennale (1961-2010).

Tale dato si conferma anche nel settore di Levante con un’anomalia negativa del 58,8%.



Climatologia delle Precipitazioni e Temperature: **inverno 2019**

		DIC-GEN-FEB	Prec	Anomalia (2019 - \bar{y})	T max	Anomalia (2019 - \bar{y})	T min	Anomalia (2019 - \bar{y})
Ponente	Imperia	clima \bar{y} (1961-2010)	206.3 mm		12.9 °C		7.4 °C	
		2019	154.0 mm	-52.3 mm (-24.4%)	13.9 °C	+1.0 °C	7.7 °C	+0.3 °C
Centro	Savona	clima \bar{y} (1961-2010)	216.6 mm		11.3 °C		5.8 °C	
		2019	102.4 mm	-114.2 mm (-52.7%)	13.8 °C	+2.5 °C	6.7 °C	+0.9 °C
Centro	Genova	clima \bar{y} (1961-2010)	323.7 mm		11.6 °C		6.6 °C	
		2019	136.0 mm	-187.7 mm (-58.0%)	12.8 °C	+1.2 °C	7.7 °C	+1.1 °C
Levante	La Spezia	clima \bar{y} (1961-2010)	493.8 mm		12.2 °C		5.1 °C	
		2019	203.6 mm	-290.2 mm (-58.8%)	13.2 °C	+1.0 °C	5.8 °C	+0.7 °C

Fig.9

I dati relativi alle Figure 6 e 7 rispetto a quelli evidenziati in Fig. 8 e 9 parrebbero in prima analisi contraddittori, tuttavia indicano chiaramente la sussistenza di fenomeni meteorologici localizzati, talvolta estremamente intensi e di breve durata che falsano i valori medi di confronto con periodi nei quali erano invece consolidati andamenti stagionali più omogenei.

Di seguito viene allegata la curva pluviometrica di via Sara in Sestri Levante che testimonia una cumulata di quasi 540mm in un solo mese con una punta di pioggia giornaliera di quasi 200mm.

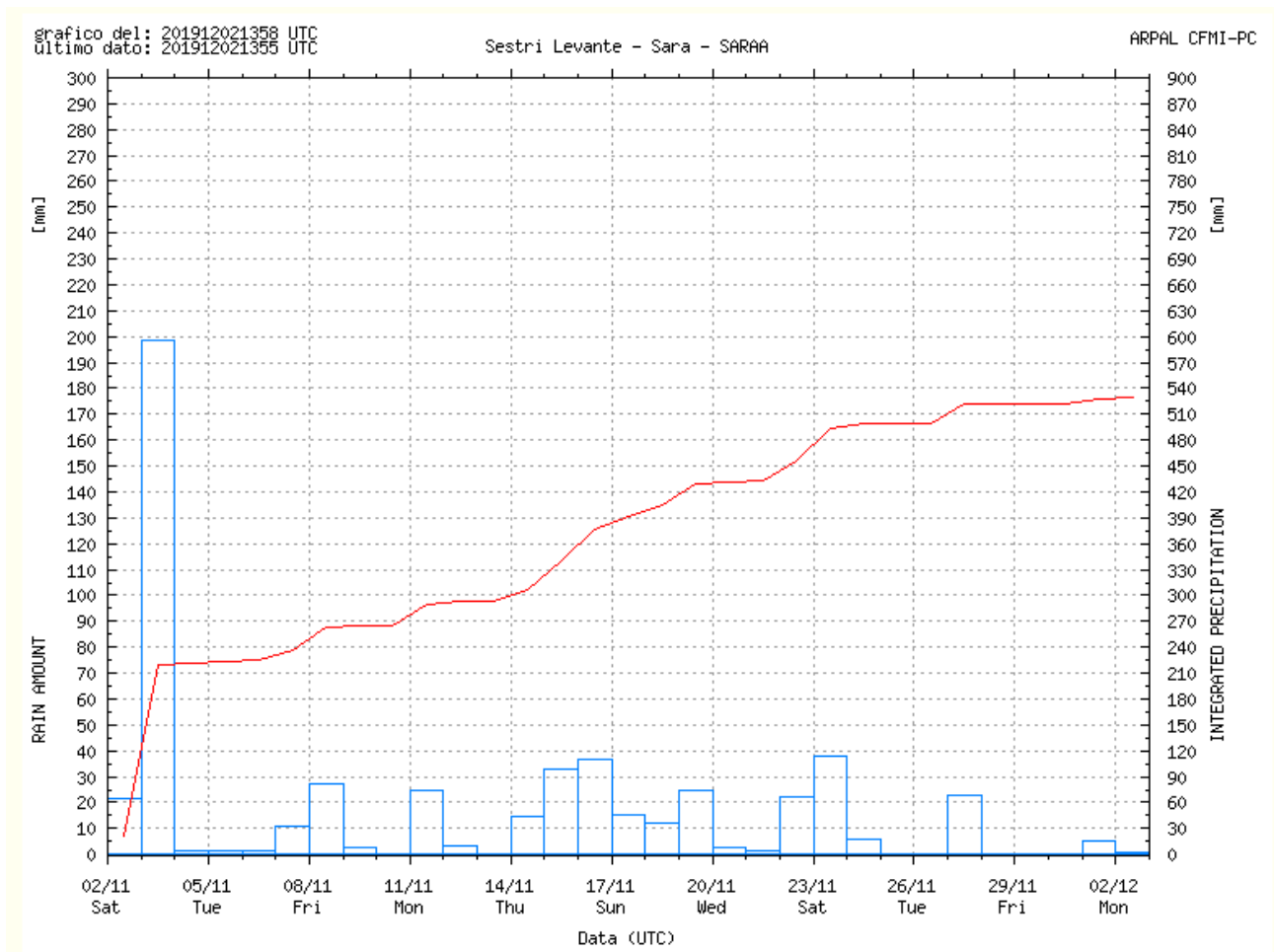


Fig.10: curva pluviometrica relativa al periodo di interesse (novembre – dicembre 2019)

Come specificato in seguito, tale situazione ha condizionato gli spostamenti rilevati sull'intera frana.

3. MONITORAGGIO IN CONTINUO

Le postazioni inclinometriche, come noto, sono state attrezzate con sonde poste a profondità fisse che compiono letture di spostamento ogni 30 minuti e che ogni 12 ore registrano il dato e lo trasmettono via modem al server del Comune di Sestri Levante.

Tale sistema ha l'obiettivo di rilevare una potenziale situazione di rischio attraverso l'invio di sms nel caso in cui la velocità e/o lo spostamento superino un "valore soglia" prefissato.

Principalmente la finalità del monitoraggio abbinato al sistema di allarme è di Protezione Civile, ma il complesso dei dati acquisiti senza soluzione di continuità temporale consente di proporre alcune considerazioni circa la cinematica del movimento, da affinarsi necessariamente con l'incremento dei dati disponibili.

Per chiarezza di analisi sono stati restituiti su grafico i valori degli spostamenti medi giornalieri relativi all'anno 2019.

Si precisa che diversamente dai rapporti precedenti si riportano gli spostamenti annuali rilevati alle varie profondità a cui sono alloggiati i sensori al fine di analizzare esaustivamente l'accelerazione del movimento accaduta nei mesi novembre-dicembre 2019.

Le evidenti oscillazioni che caratterizzano le misure in continuo sono dovute alla tipologia di strumentazione utilizzata.

POSTAZIONE FON1: GENNAIO - DICEMBRE 2019

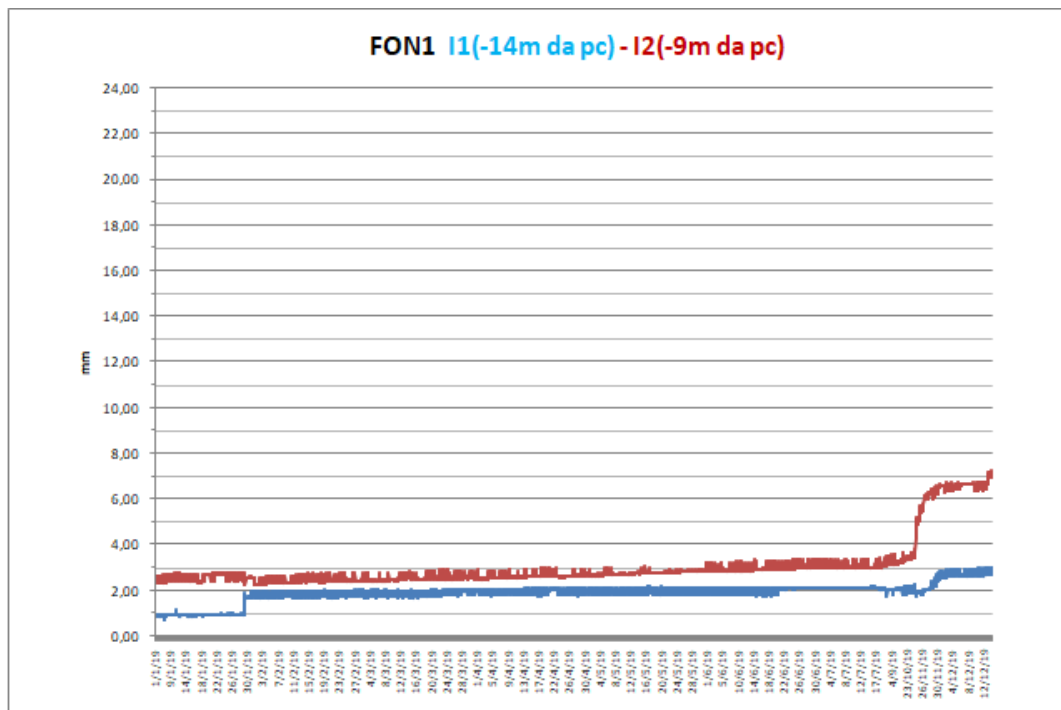


Fig.11

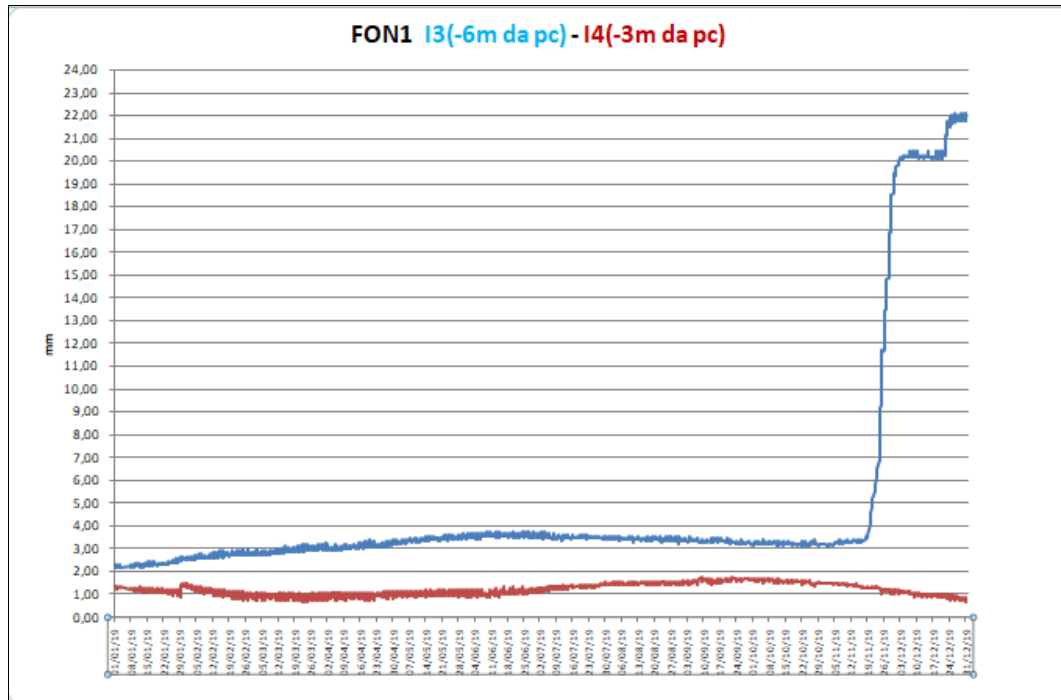


Fig.12

POSTAZIONE FON2: GENNAIO - DICEMBRE 2019

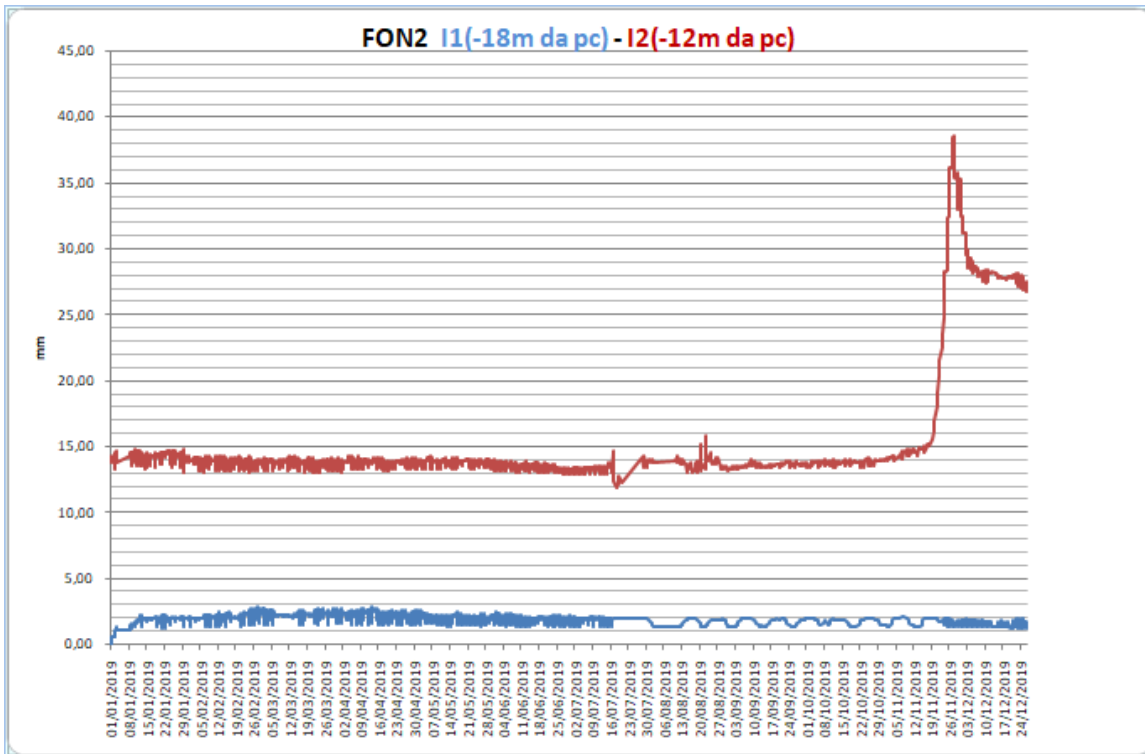


Fig.13

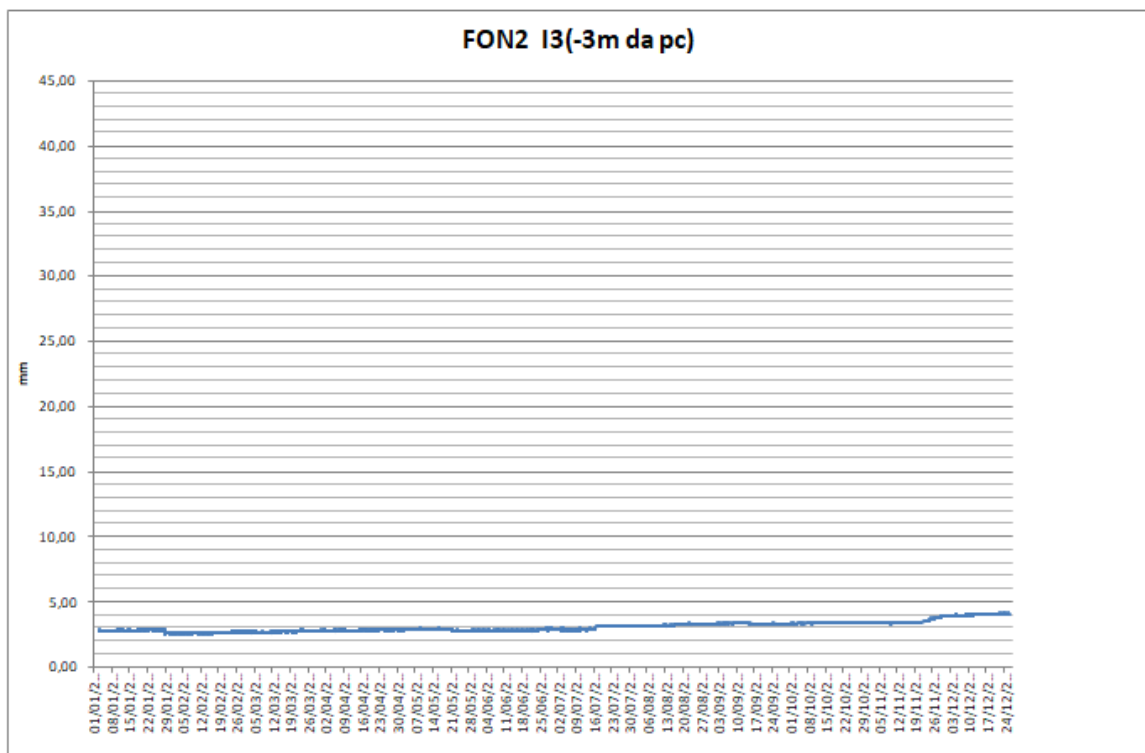


Fig.14

POSTAZIONE FON3: GENNAIO - DICEMBRE 2019

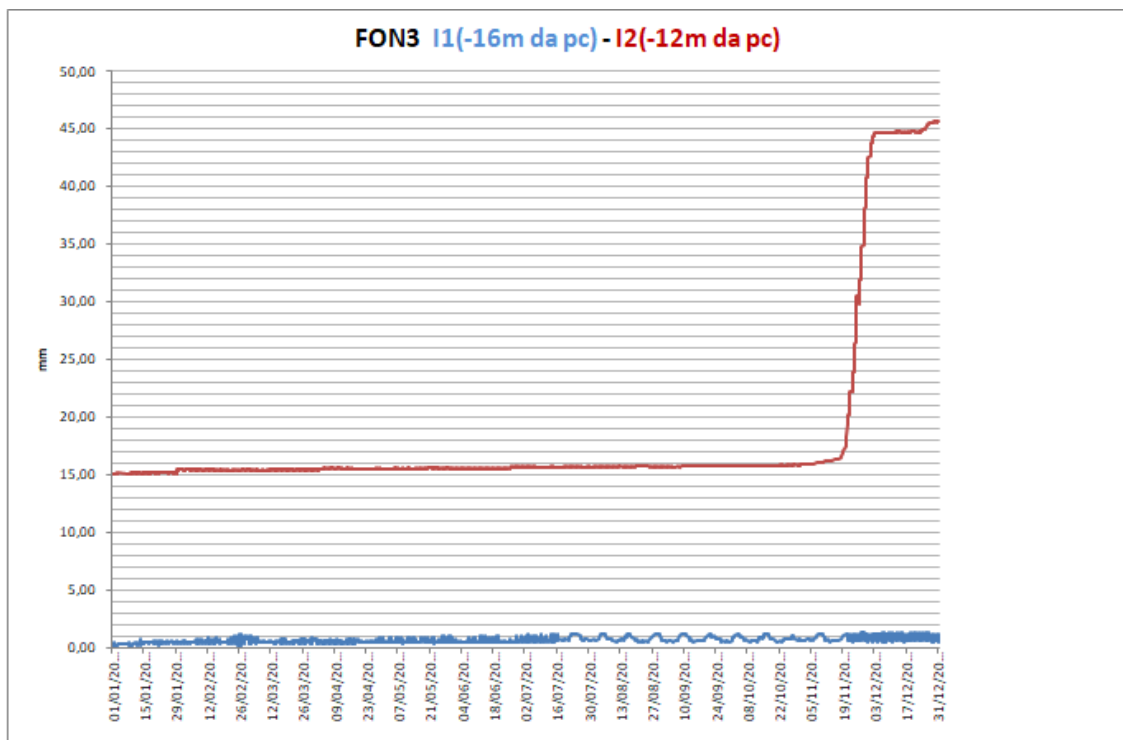


Fig.15

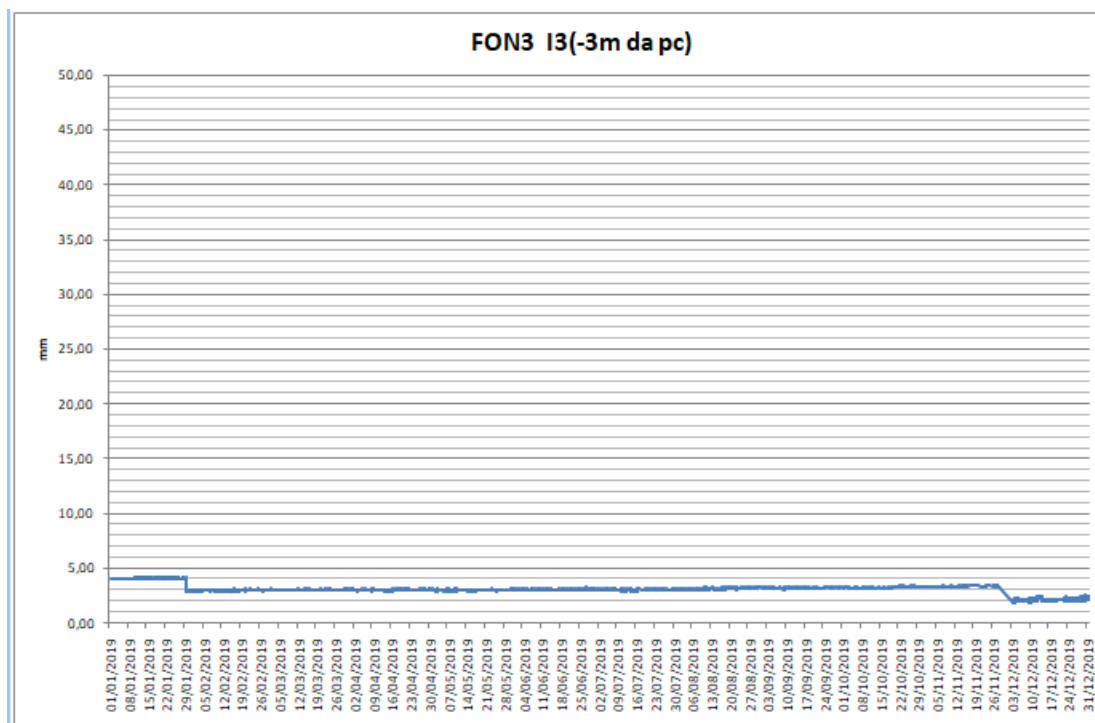


Fig.16

POSTAZIONE FON4: GENNAIO - DICEMBRE 2019

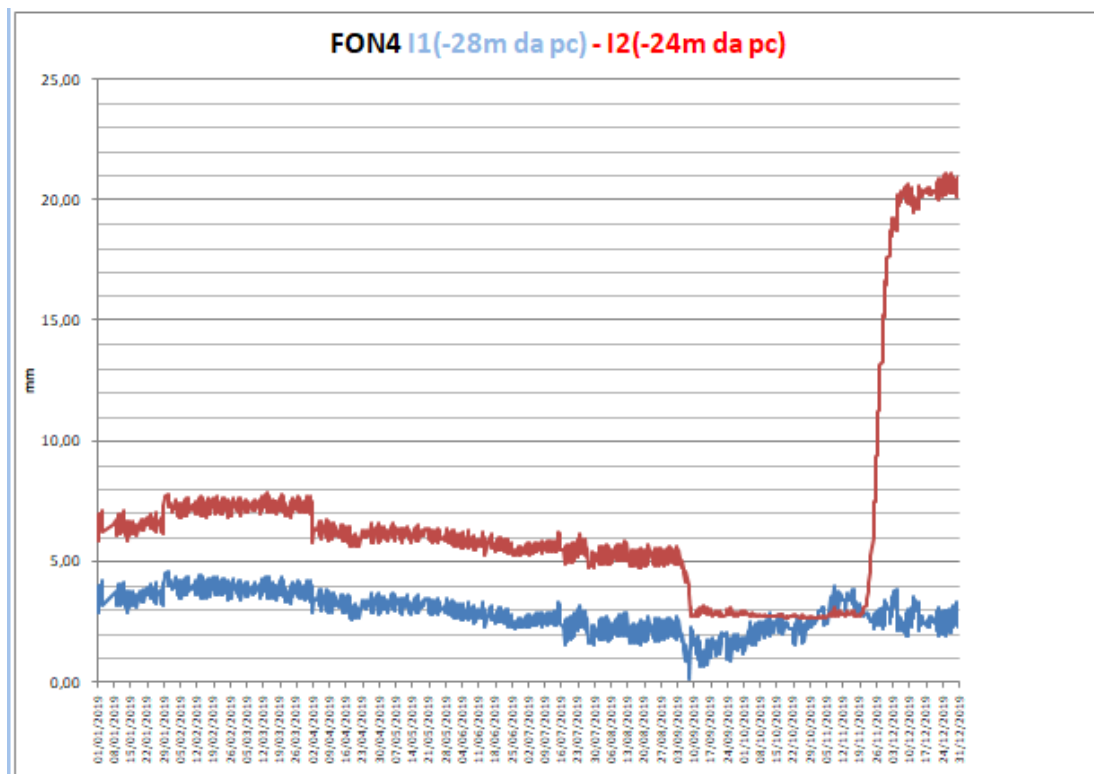


Fig.17

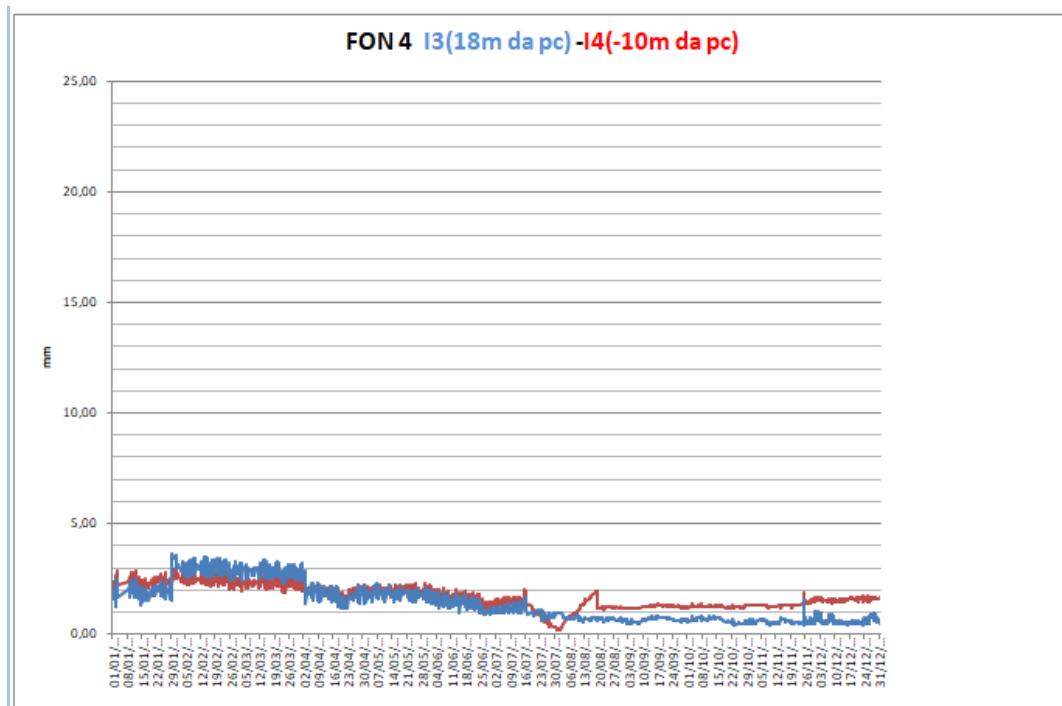


Fig.18

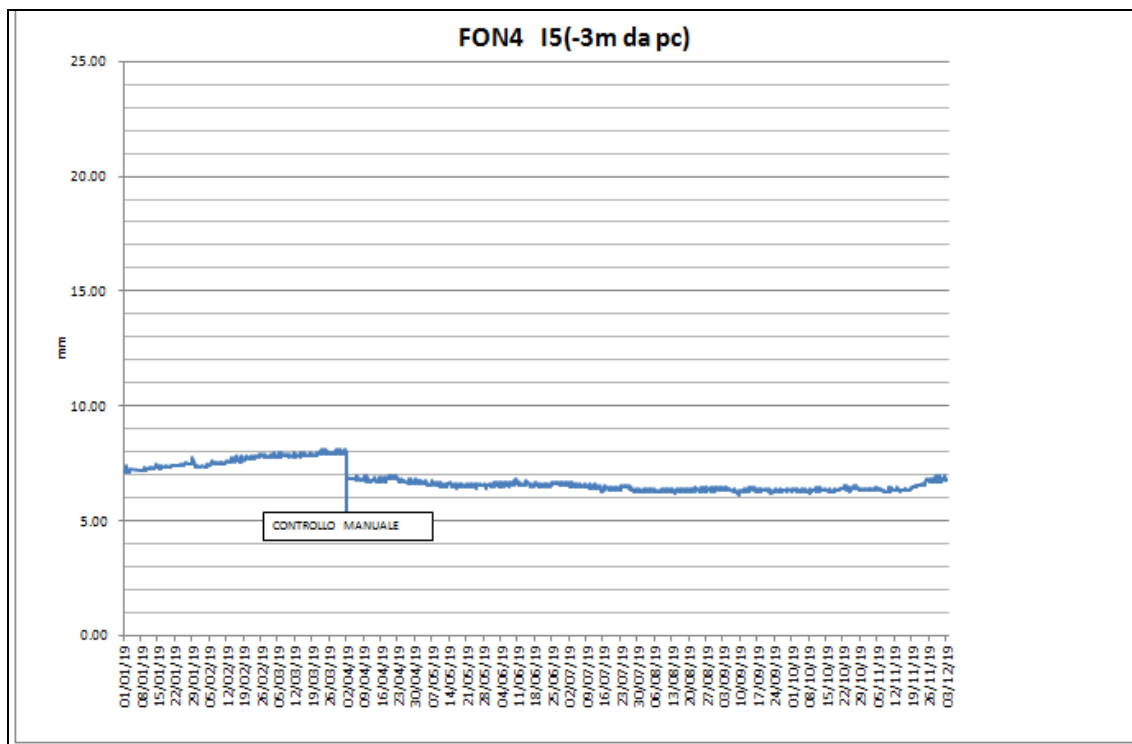


Fig.19

Dall'analisi dei grafici di tutte le postazioni risulta evidente come nel periodo compreso tra novembre e dicembre 2019 ci sia stata un'accelerazione del movimento franoso nel suo insieme con zone caratterizzate da una maggiore accelerazione.

Andiamo ora ad analizzare le postazioni singolarmente.

Nella postazione **Fon1** si è confermata la superficie principale di scorrimento alla profondità di 6m ma l'intero tubo ha registrato spostamenti con l'attivazione di superfici secondarie a -14m / -9m / -3m da pc.

Nella postazione **Fon2** si conferma la principale superficie di scivolamento alla profondità di -12m da pc. Non si sono registrate altre superfici secondarie. A tale profondità si è probabilmente tranciato il tubo inclinometrico come evidenziato dal moto retrogrado registrato dal sensore infatti, come già detto, non è più possibile estrarre tutta la catena inclinometrica fissa.

Anche nella postazione **Fon3** si conferma la principale superficie di scivolamento alla profondità di 12m da pc. I lievi movimenti retrogradi registrati a -3m da pc sono da imputarsi a movimenti compensatori della parte superiore del tubo e a letture mancanti per problemi tecnici.

Nella postazione **Fon4** si conferma la principale superficie di scivolamento alla profondità di -24m da pc.

4. CONSIDERAZIONI SUL CINEMATISMO

Per effettuare una valutazione quantitativa circa lo stato di attività del movimento franoso sono state calcolate per ognuna delle postazioni inclinometriche le velocità medie per l'anno 2019 relative alla superficie di scivolamento principale, procedura al fine di valutare l'evoluzione del fenomeno nel tempo intercorso e individuare, per quanto possibile, la presenza di aree a cinematica più veloce.

Di seguito si riportano schematicamente e per ogni postazione le profondità di massimo movimento e la relativa velocità annuale.

POSTAZIONE	PROFONDITA' PIANO DI SCIVOLAMENTO (m da pc)	V_{media} monitoraggio manuale (mm/anno) ANNO 2016	V_{media} monitoraggio manuale (mm/anno) ANNO 2017	V_{media} monitoraggio manuale (mm/anno) ANNO 2018	V_{media} monitoraggio manuale (mm/anno) ANNO 2019
FON1	6	2.6	<1.0	1.6	22.4
FON2	12	8.1	1.0	6.0	-
FON3	12	6.0	1.0	6.0	34.0
FON4	24	2.1	<1.0	2.0	24.0
FONPRIV	11	2.0	<1.0	1.5	10.0

Tabella 2

<i>POSTAZIONE</i>	<i>PROFONDITA' PIANO DI SCIVOLAMENTO (m da pc)</i>	<i>V_{media} monitoraggio manuale (mm/anno) ANNO 2019</i>	<i>V_{media} monitoraggio in continuo (mm/anno) ANNO 2019</i>
FON1	6	22.4	21.3
FON2	12	-	27.0
FON3	12	34.0	30.6
FON4	24	24.0	14.4

Tabella 3

Una prima considerazione emerge dalla buona corrispondenza tra le V_{media} ricavate con i due diversi metodi utilizzati (misura manuale e in continuo) ad eccezione della postazione Fon4 nella quale effettivamente durante l'anno sono stati registrati movimenti retrogradi di tipo compensatorio.

La seconda evidenza si riferisce alla conferma che c'è una diversificazione di velocità tra la zona centrale della frana e le zone periferiche anche se, in effetti, la differenza è meno percepibile rispetto agli anni passati.

Si è ritenuto utile effettuare un'analisi quantitativa circa l'accelerazione e la durata della stessa che si è attivata nel periodo compreso tra metà novembre e metà dicembre sempre da relazionarsi al regime meteorico già specificato (cfr. FIG.10).

Tale riattivazione ha comportato diversi provvedimenti di Protezione Civile tra cui l'invito ai proprietari a non recarsi prudenzialmente nelle proprie abitazioni fino a che non è stato registrato una riduzione significativa della velocità.

Anche dai sopralluoghi esperiti si è riscontrato un peggioramento del quadro fessurativo nei fabbricati e, inoltre, si è riproposta una fessura nel terreno immediatamente a monte della postazione Fon1.

Si riportano di seguito le velocità medie riscontrate in tale periodo e la durata del dell'incremento delle stesse per ogni postazione.

<i>POSTAZIONE</i>	<i>PROFONDITA' PIANO DI SCIVOLAMENTO (m da pc)</i>	<i>V_{media} (mm/giorno)</i>	<i>Data accelerazione</i>	<i>Durata Accelerazione (giorno)</i>
FON1	6	1.20	18/11-2/12	14
FON2	12	2.61	19/11-28/11	9
FON3	12	1.14	9/11-4/12	25
FON4	24	1.23	21/11-5/12	14

Tabella 4

Dall'analisi dei dati risulta quindi come le postazioni Fon1 – Fon2 – Fon3 risultino molto simili per evoluzione nel tempo del cinematismo anche se comunque la zona centrale si conferma quella "più veloce".

La porzione occidentale della frana risulta invece ad andamento più autonomo (Fon3) con un inizio del cinematismo pregresso rispetto a quanto registrato nelle altre postazioni.

Per completezza di analisi mettiamo in rapporto il grafico degli spostamenti di Fon2 e dell'andamento delle pressioni neutre in corrispondenza della superficie di scivolamento misurate nell'intervallo temporale novembre-dicembre 2019.

E' evidente come gli spostamenti siano correlati al brusco aumento di pressione che è arrivata fino a valori pari a 0.52bar e, come in passato, la pressione diminuisca al termine del movimento, il lieve sfasamento temporale è dovuto probabilmente al fatto che in data 28/11 si è compromesso il tubo inclinometrico per cui le misure hanno segnato un'inversione di tendenza.

Si può ragionevolmente affermare che l'evidenza mostri che l'incremento della pressione idraulica sia contestuale al movimento stesso e non precursore dello stesso.

In quest'ultimo caso infatti dovrebbe essere stata registrata una discrepanza temporale tra i picchi delle due misure.

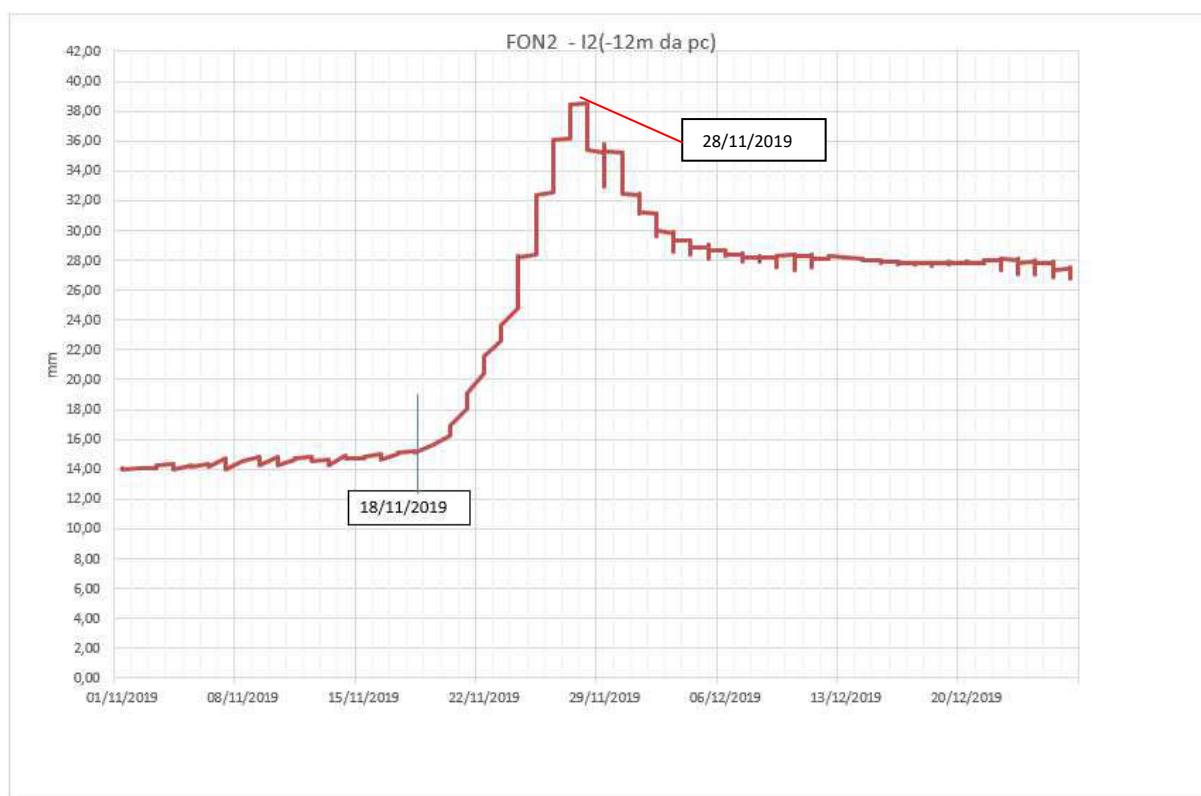


Fig.20

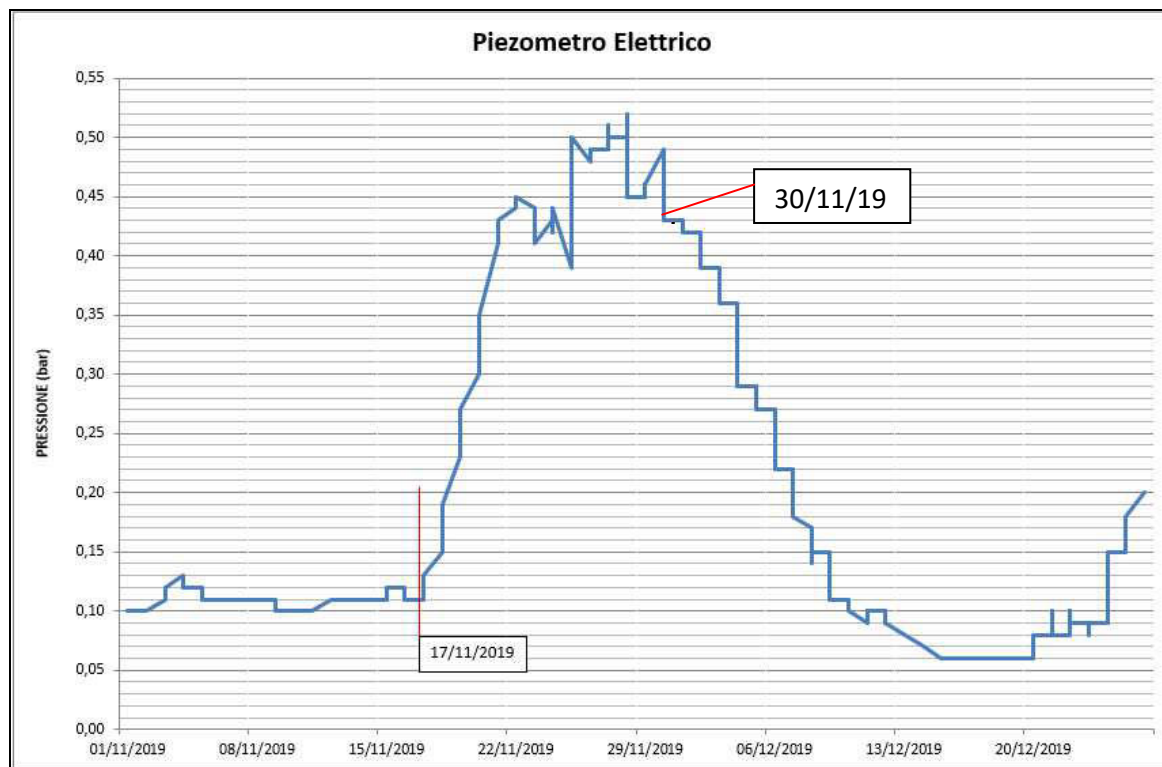


Fig.21

Relativamente alla “riattivazione” del cinematismo rispetto all’anno precedente, per quanto riferito in precedenza, questa è da relazionarsi al regime meteorico del periodo.

Al fine di inserire la frana di Fontane in un sistema classificativo in base alla velocità di movimento, si riporta lo schema di Cruden and Varnes (1996), che è uno dei più accreditati in letteratura.

classe	descrizione	danni osservabili	scala delle velocità	
1	ESTREM. LENTO	Impercettibile senza strumenti di monitoraggio. Costruzione di edifici possibile con precauzioni.	16 mm/anno	$5 \cdot 10^{-10}$ m/s
2	MOLTO LENTO	Alcune strutture permanenti possono non essere danneggiate dal movimento.	1.6 m/anno	$5 \cdot 10^{-8}$ m/s
3	LENTO	Possibilità di intraprendere lavori di rinforzo e restauro durante il movimento. Le strutture meno danneggiabili possono essere mantenute con frequenti lavori di rinforzo se lo spostamento totale non è troppo grande durante una particolare fase di accelerazione.	13 m/mese	$5 \cdot 10^{-6}$ m/s
4	MODERATO	Alcune strutture temporanee o poco danneggiabili possono essere mantenute	1.8 m/h	$5 \cdot 10^{-4}$ m/s
5	RAPIDO	Evacuazione possibile. Distruzione di strutture, immobili ed installazioni permanenti.	3 m/min	$5 \cdot 10^{-2}$ m/s
6	MOLTO RAPIDO	Perdita di alcune vite umane. Velocità troppo elevata per permettere l'evacuazione delle persone.	5 m/s	5 m/s
7	ESTREM. RAPIDO	Catastrofe di eccezionale violenza. Edifici distrutti per l'impatto del materiale spostato. Molti morti. Fuga impossibile.		

Fig.22

Il movimento studiato ricade dunque in classe 2 rappresentativa di un movimento “molto lento” (riquadro rosso), sia prendendo in considerazione le velocità annuali che le velocità durante l’accelerazione di novembre-dicembre 2019.

Alla luce di tali considerazioni viene confermata sostanzialmente l’interpretazione di una “frana con bassa velocità di spostamento ma con possibili incrementi di velocità conseguenti a fluttuazioni del regime delle acque sotterranee o ad eventi sismici”.

Come già anticipato, nell’ambito dell’estensione areale del cinematisimo, si evidenzia un’area più critica in corrispondenza alle postazioni Fon2 e Fon3 ovvero nella porzione mediana del versante circa tra le isoipse 165-200m slm.

Volendo rappresentare in quale “fase di attività” sia attualmente il cinematismo, si è utilizzato il sistema classificativo Cruden and Varnes (1978) che definisce le caratteristiche dell’evoluzione temporale di un fenomeno franoso secondo il seguente schema:

- Frana attiva: frana attualmente in movimento
- Frana riattivata: frana nuovamente attiva dopo un periodo di inattività
- Frana sospesa: frana che attualmente non è in movimento, ma che si è mossa nell’ultimo ciclo stagionale
- Frana inattiva: frana che non ha subito movimenti nell’ultimo ciclo stagionale
- Frana quiescente: frana non attiva al momento del rilevamento, per la quale però esistono indizi che ne dimostrino un’oggettiva possibilità di riattivazione in quanto non ha esaurito la sua potenzialità di evoluzione

La frana al momento può essere considerata “RIATTIVATA” anche se, come già evidenziato, è necessario sottolineare che tale condizione transitoria risulta strettamente correlata al regime meteorico, così come anche confermato dal grafico riportato in Fig. 24.

VELOCITA’ E FASI DEL MOVIMENTO FRANOSO (Cruden and Varnes, 1978)

	CLASSI DI VELOCITÀ						
	1	2	3	4	5	6	7
crollo							
ribaltamento							
scivolamento di roccia (neoformazione)							
scivolamento di roccia (riattivazione)							
scivolamento di detrito							
scivolamento di terra (neoformazione)							
scivolamento di terra (riattivazione)							
espansione laterale in roccia							
espansione laterale di blocchi di roccia sopra livello duttile							
espansione laterale per liquefazione							
colamento in roccia							
colamento di detrito							
colamento di terra coesiva (neoformazione)							
colamento di terra coesiva (riattivazione)							

Fig.24

5. CONCLUSIONI

I monitoraggi effettuati, integrati dal rilevamento inclinometrico in continuo e dalle misure sul piezometro elettrico, hanno consentito di affinare ulteriormente la conoscenza del movimento franoso di Villa Fontane. Le allegate Tavole 3 e 4 propongono in termini grafici indicativi le velocità del cinematismo alla quota del piano di scorrimento principale relativo ad ogni postazione dell'anno 2019.

Nella Tav. 3 le velocità sono sovrapposte alla cartografia CTR mentre nella Tav. 4 le stesse sono sovrapposte all'andamento della morfologia del substrato ricostruita mediante le prospezioni geognostiche eseguite a seguito dell'alluvione 2014.

Tenuto conto dell'entità e delle direzioni degli spostamenti, su entrambe le carte è stata proposta un'ipotesi di zonizzazione circa le diverse modalità di traslazione delle varie porzioni di pendio in termini di velocità e direzione; partendo da questo dato l'obiettivo è quello di rendere possibile un'analisi di rischio più mirata.

Assodato che il cinematismo è permanente, ma con velocità significativamente diversificate in relazione alle condizioni meteo (piovosità) ed idrogeologiche (regime circolatorio delle acque nel sottosuolo e pressione neutra al piano di scorrimento), dalla lettura della Tav. 4 pare altrettanto evidente come le direzioni di spostamento siano condizionate dalla morfologia del substrato in quanto le stesse risulterebbero corrispondenti alla massima pendenza del bedrock piuttosto che a quella della topografia del pendio.

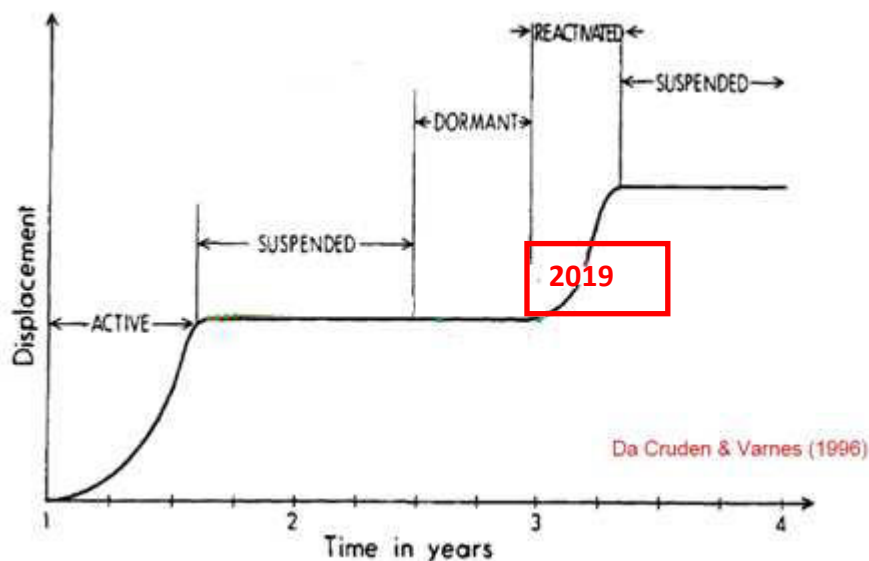


FIG.24 - Stato di attività di un fenomeno franoso

In conclusione, pur rilevando una significativa accelerazione del fenomeno rispetto all'anno precedente, da rapportarsi ad un significativo picco di pioggia e ad una significativa cumulata mensile, il cinematisimo nel suo complesso è confinato in un ambito contenuto in relazione soprattutto alla durata del periodo di accelerazione che, fosse continuato per un tempo più prolungato, avrebbe avuti ben più negativi effetti sull'edificato e sulle infrastrutture (cfr. FIG.25).

E' da rimarcare in conclusione come le cumulate di pioggia verificatesi nel mese di novembre 2019 siano paragonabili in prima analisi a quelle dell'evento manifestatesi nell'anno 2014 ma come, a fronte di un'evidente accelerazione della frana, gli effetti in superficie siano risultati molto ridotti.

Tale circostanza può essere messa in rapporto ai lavori di sistemazione idrogeologica intrapresi dal Comune che hanno comportato la severa regimazione delle acque superficiali e parzialmente di quelle sub superficiali.

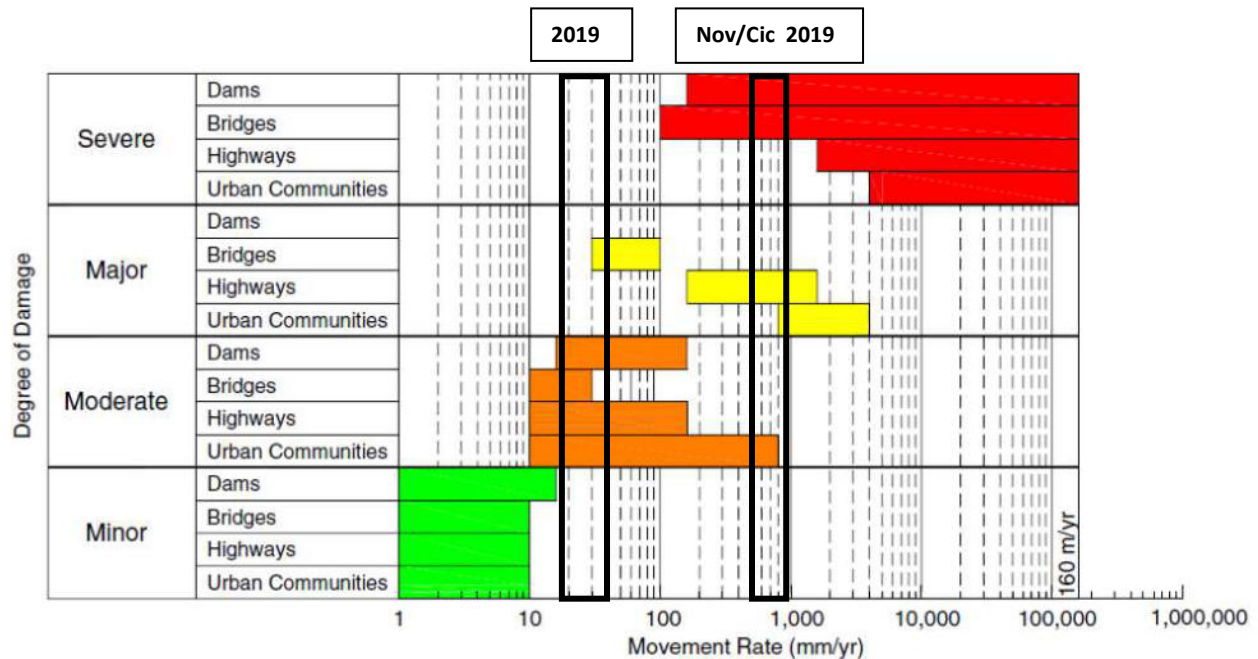


Fig.25- Rappresentazione schematica della misura attesa del danno in relazione alla velocità di movimento per le varie forme di infrastrutture (Mansour – Expected damage from displacement of slow-moving slides – 2010)

Tale evidenza consolida l'intenzione dell'Amministrazione di proseguire con opere di ulteriore bonifica idrogeologica, sia in superficie con il completamento delle opere già in essere che in profondità mediante l'ipotesi di microdreni pseudorizzontali spinti fino alle quota di scorrimento della frana, al fine di perseguire una più efficace mitigazione del cinematismo e dunque dei rischi per la popolazione.

Sestri Levante, Marzo 2020


 Dott. geol. Giovanni Rizzi

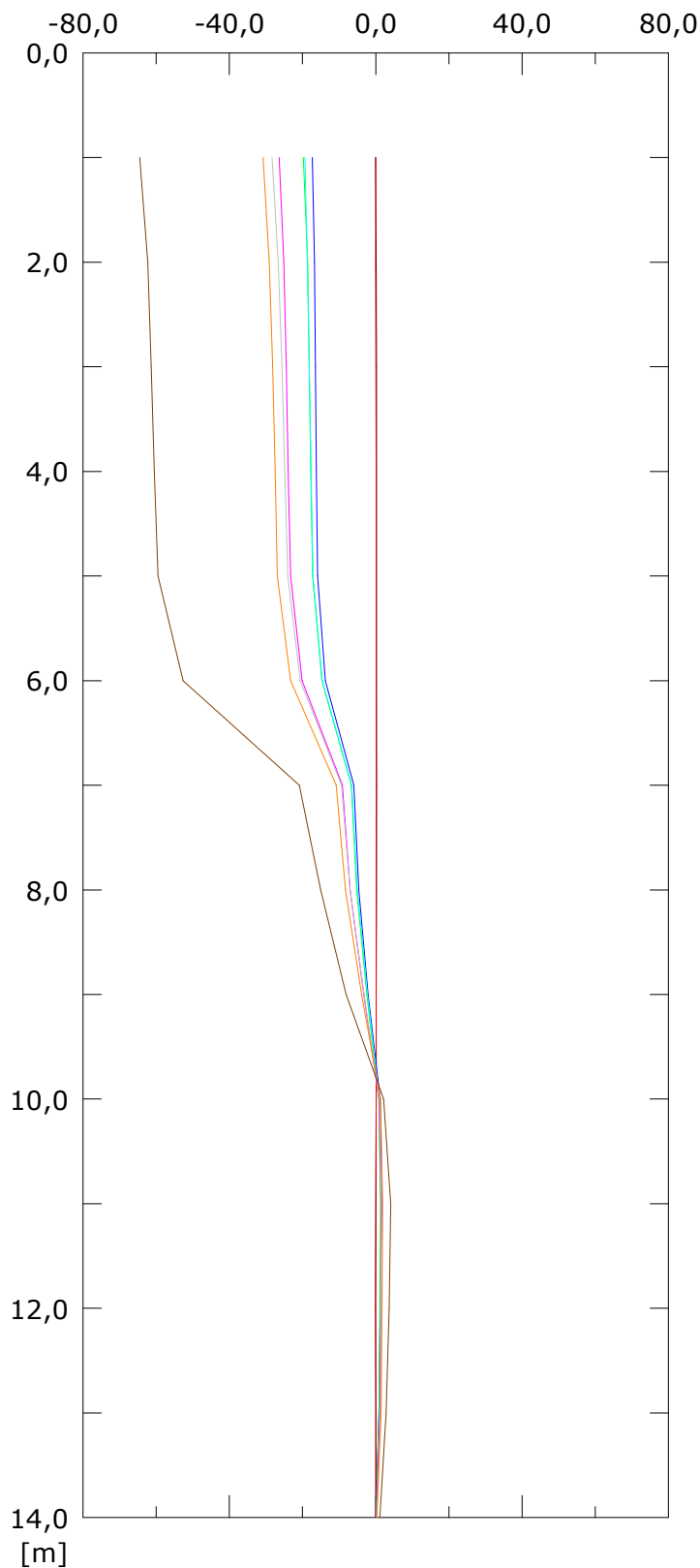
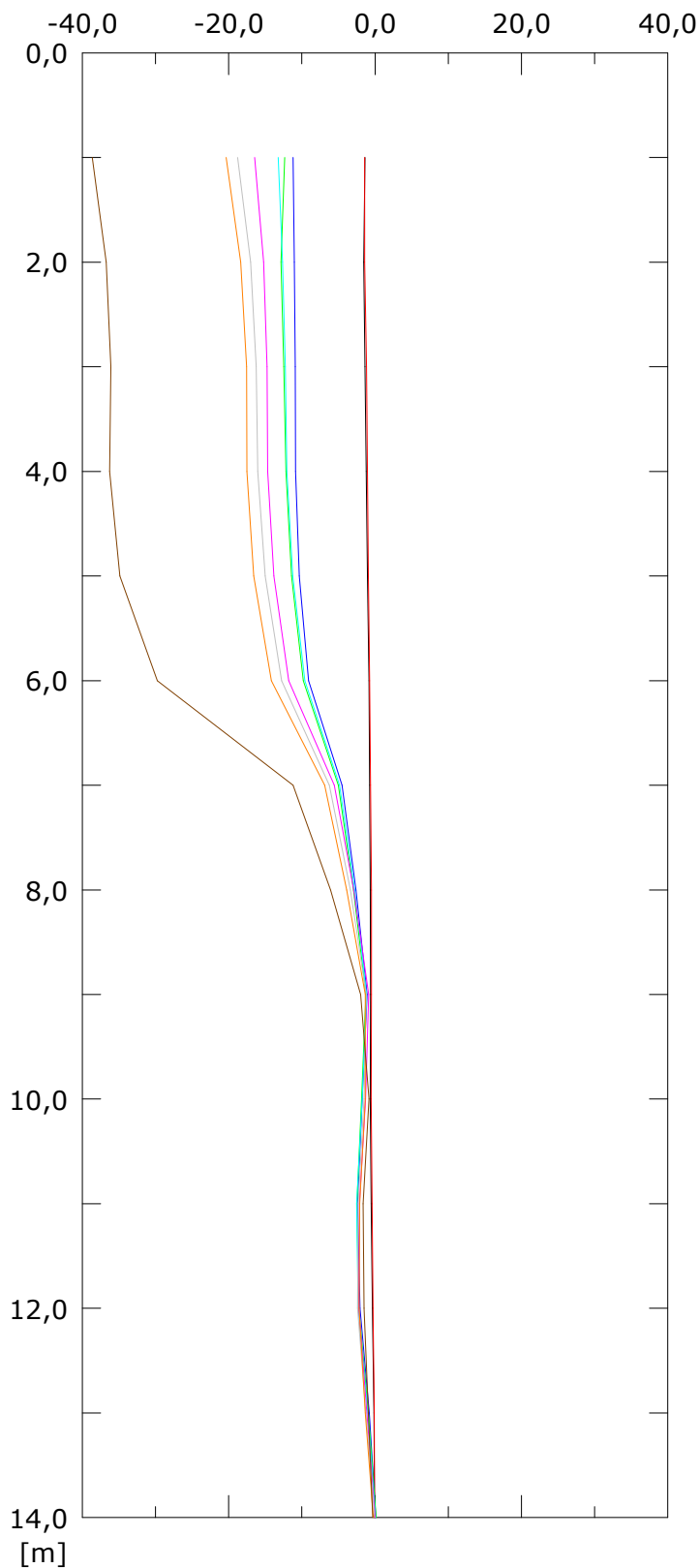


 Dott. geol. Barbara Musante


TAV.2: DIAGRAMMI INCLINOMETRICI

Spost. EST [mm]

Spost. NORD [mm]



001:22/07/2014

002:16/09/2014

003:17/12/2014

004:26/05/2015

005:20/10/2015

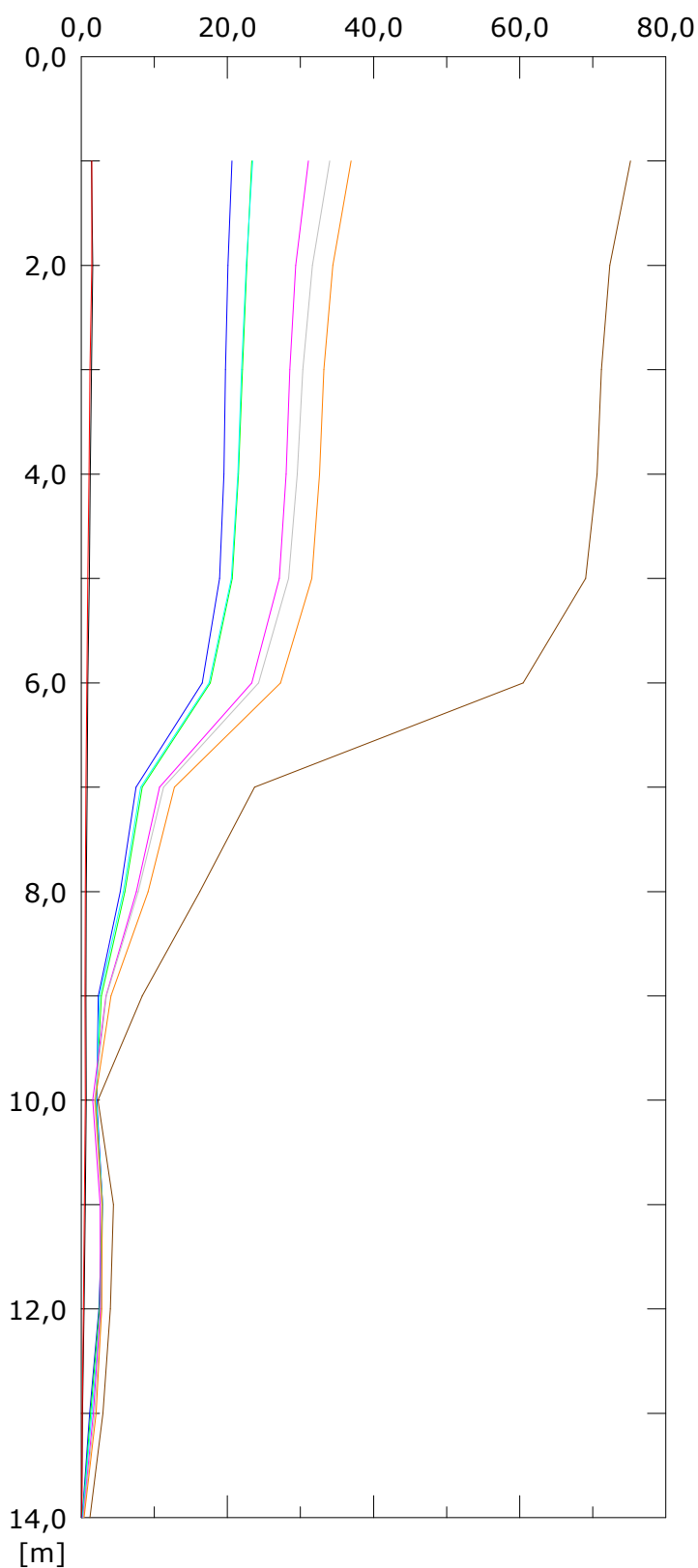
006:21/12/2016

007:29/12/2017

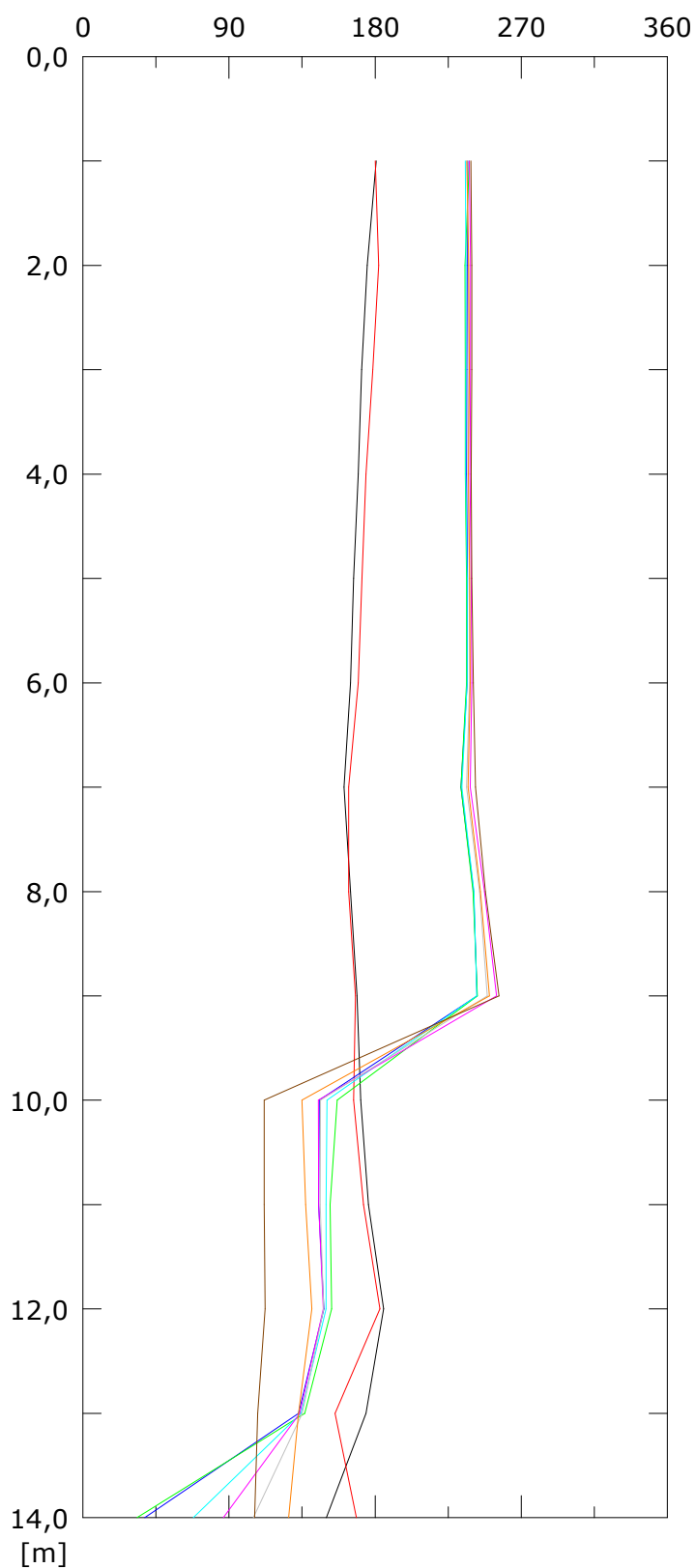
008:02/01/2019

009:04/03/2020

Resultante spost. [mm]



Angolo [gradi]



001:22/07/2014

002:16/09/2014

003:17/12/2014

004:26/05/2015

005:20/10/2015

006:21/12/2016

007:29/12/2017

008:02/01/2019

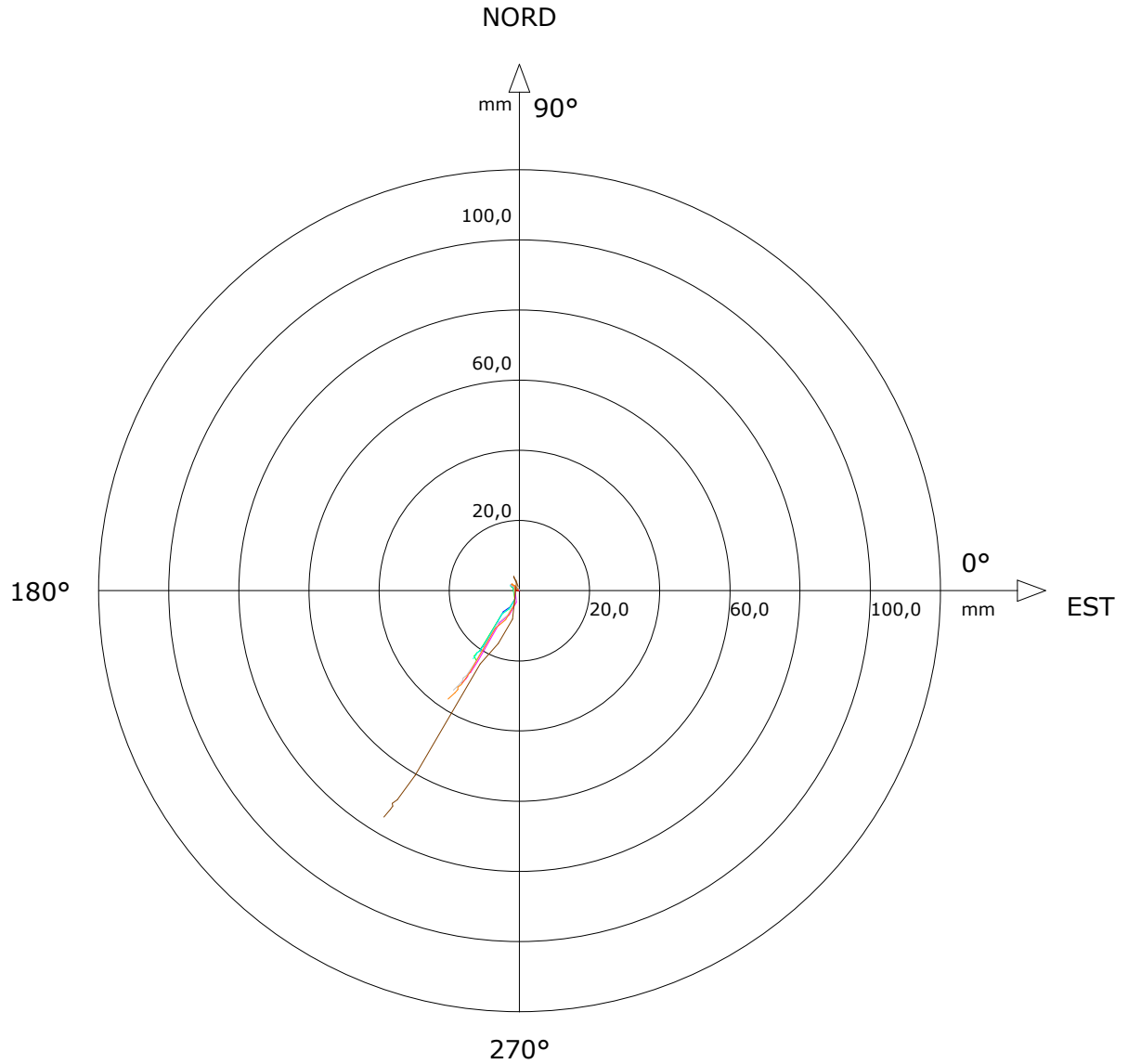
009:04/03/2020

Sito: FONTANE Tubo: FON1

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:03/06/2014

Diagramma polare della deviazione



001:22/07/2014

002:16/09/2014

003:17/12/2014

004:26/05/2015

005:20/10/2015

006:21/12/2016

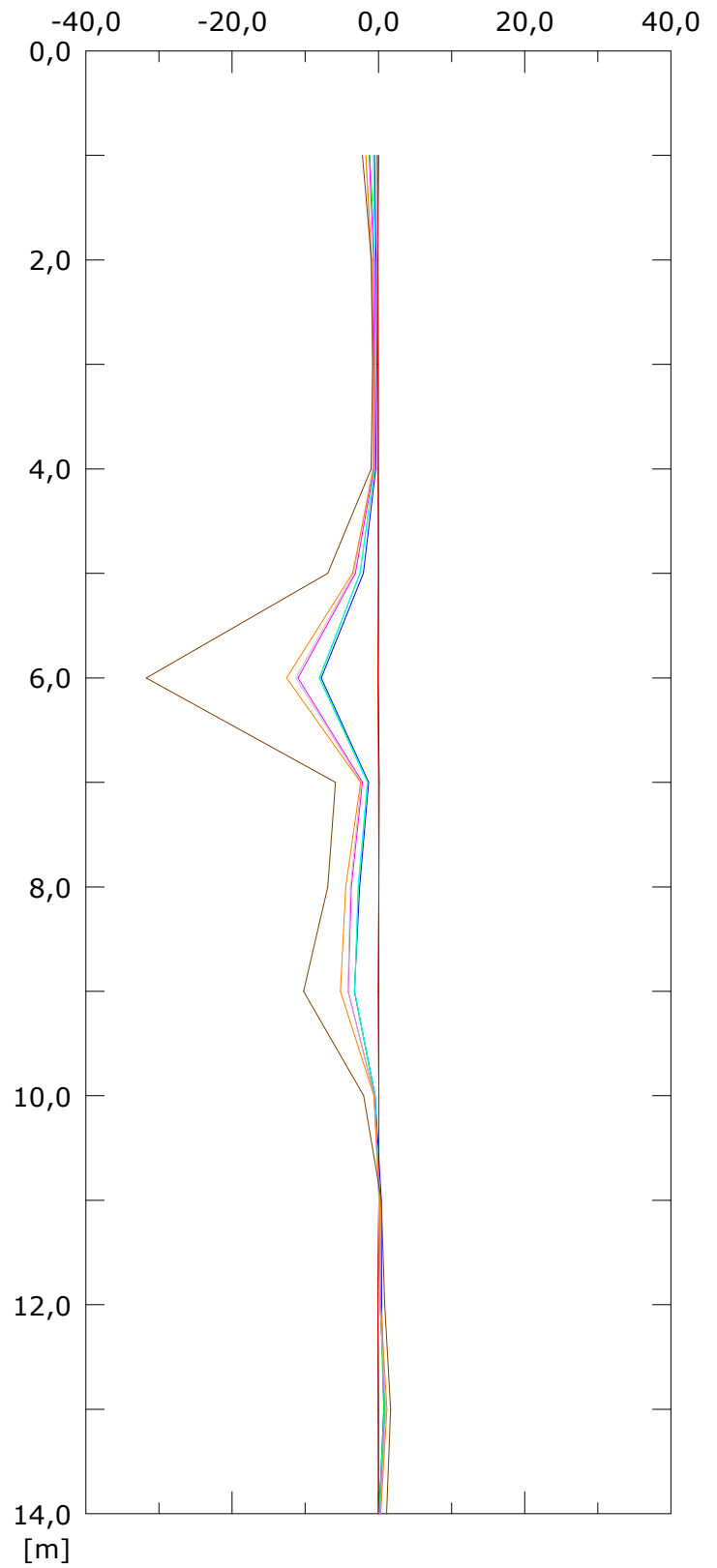
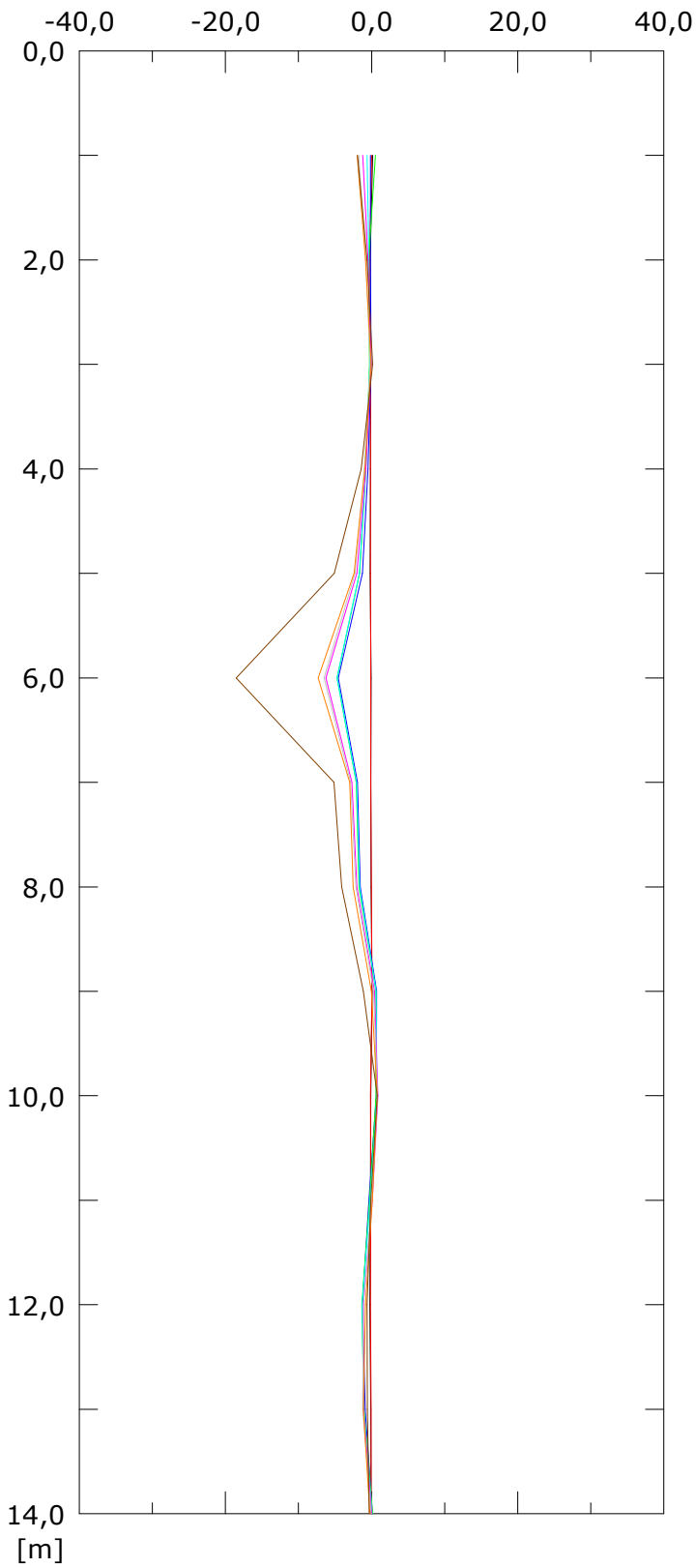
007:29/12/2017

008:02/01/2019

009:04/03/2020

Spost. EST [mm]

Spost. NORD [mm]



001:22/07/2014

002:16/09/2014

003:17/12/2014

004:26/05/2015

005:20/10/2015

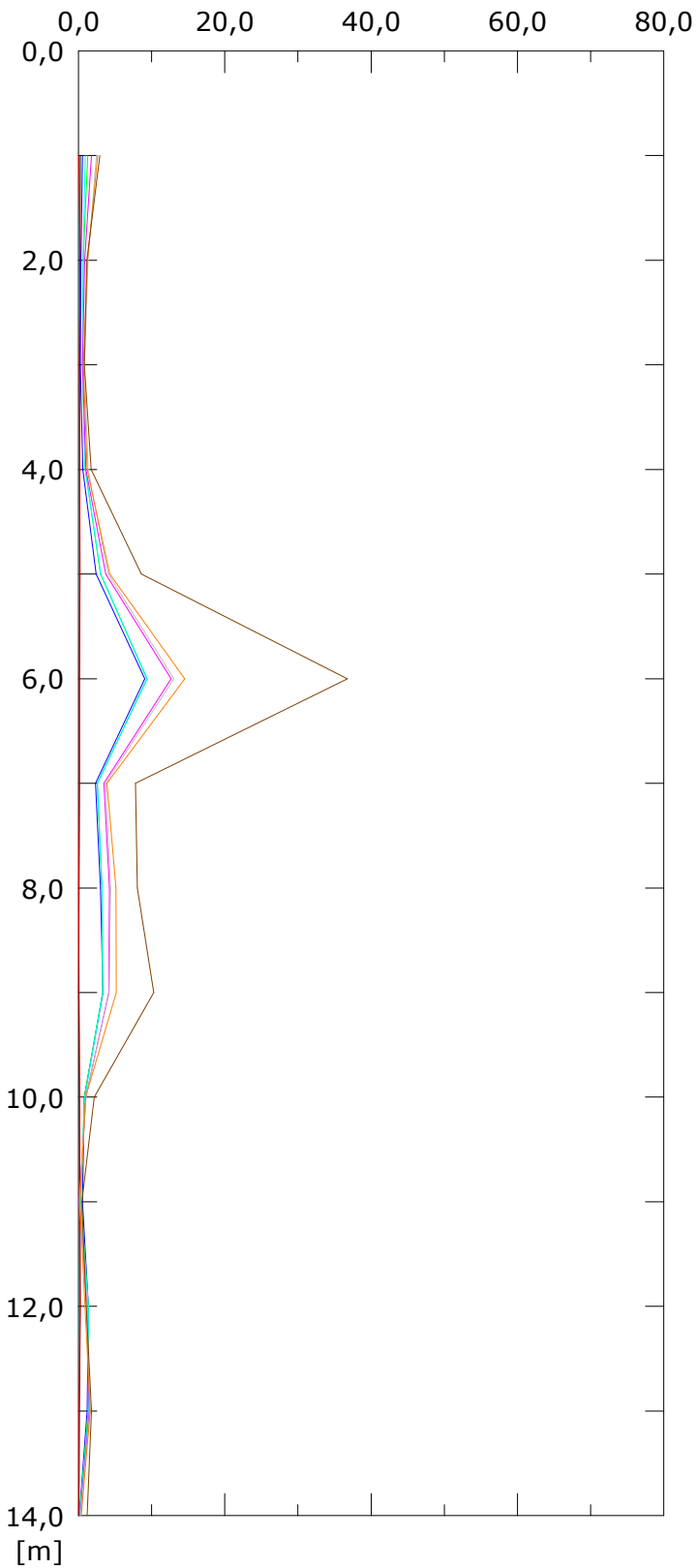
006:21/12/2016

007:29/12/2017

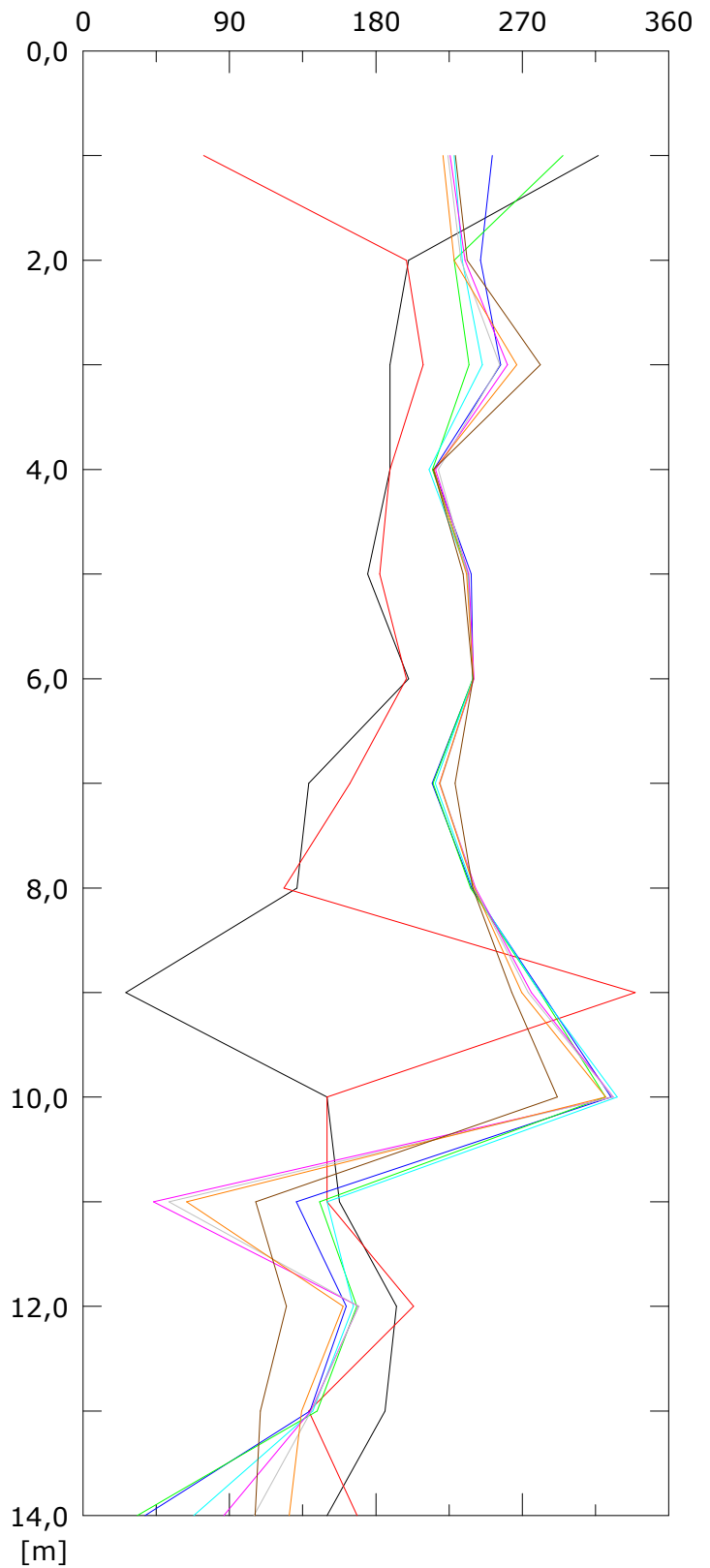
008:02/01/2019

009:04/03/2020

Risultante spost. [mm]



Angolo [gradi]



001:22/07/2014

002:16/09/2014

003:17/12/2014

004:26/05/2015

005:20/10/2015

006:21/12/2016

007:29/12/2017

008:02/01/2019

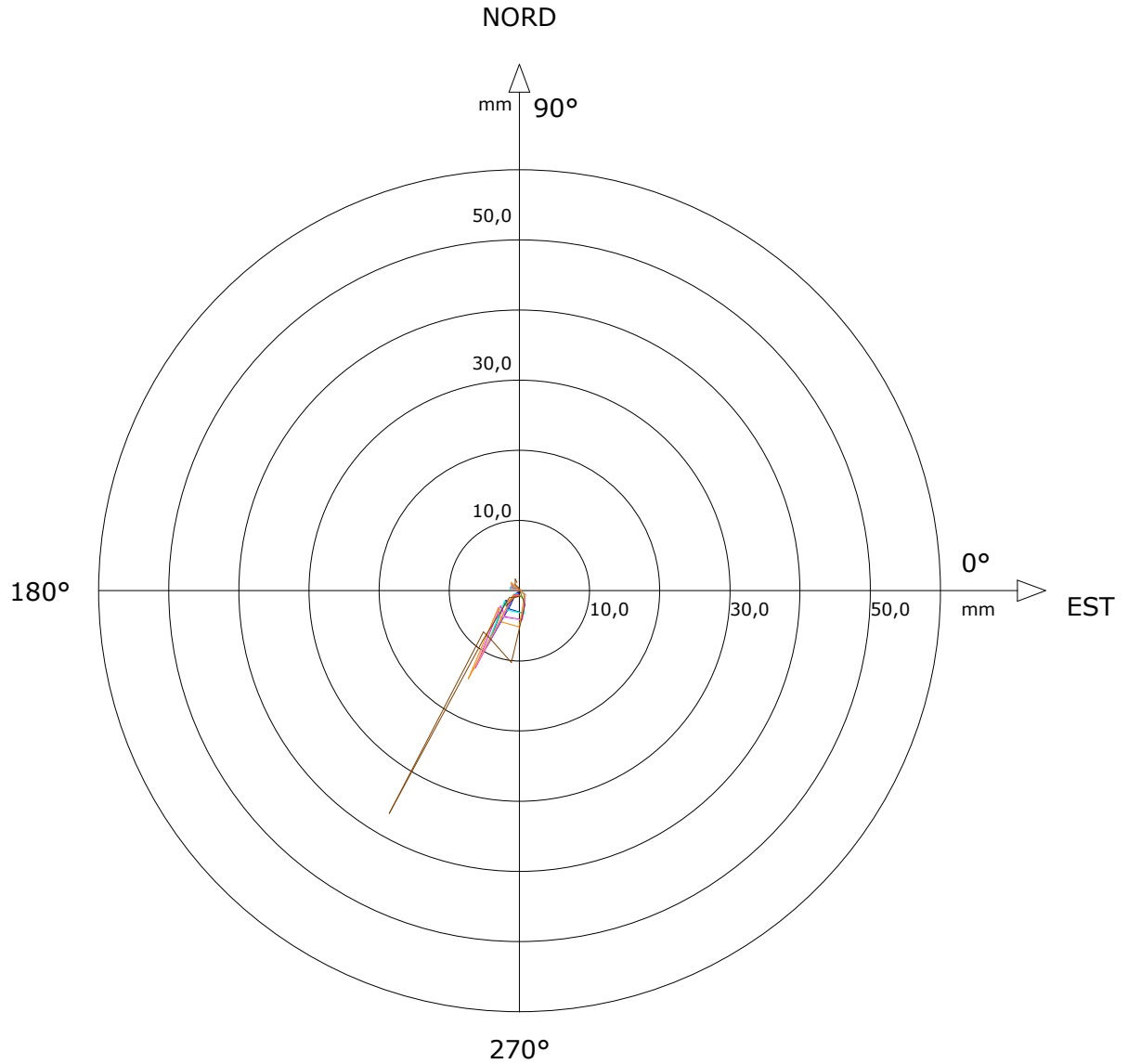
009:04/03/2020

Sito: FONTANE Tubo: FON1

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:03/06/2014

Diagramma polare della deviazione



001:22/07/2014

002:16/09/2014

003:17/12/2014

004:26/05/2015

005:20/10/2015

006:21/12/2016

007:29/12/2017

008:02/01/2019

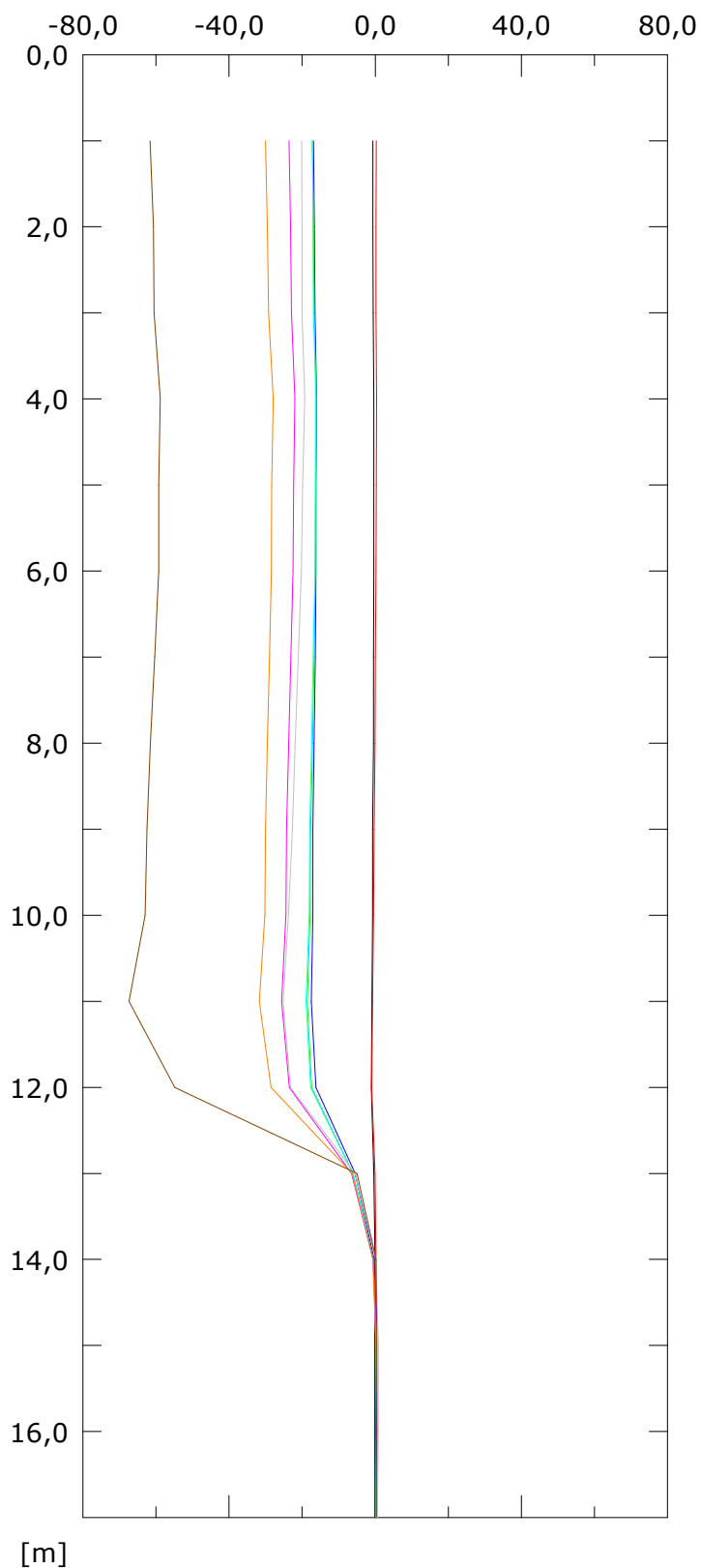
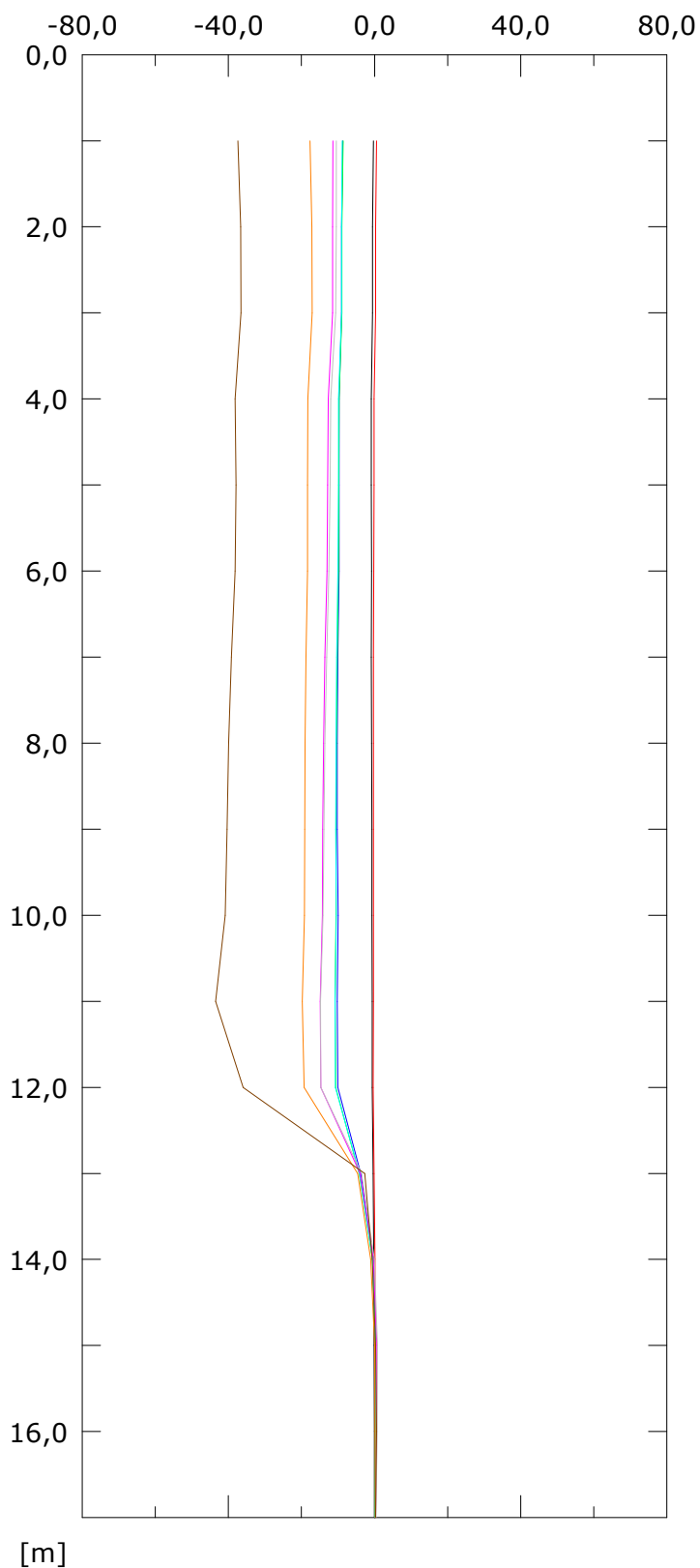
009:04/03/2020

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:03/06/2014

Spost. EST [mm]

Spost. NORD [mm]



001:22/07/2014

002:16/09/2014

003:17/12/2014

004:26/05/2015

005:20/10/2015

006:21/12/2016

007:29/12/2017

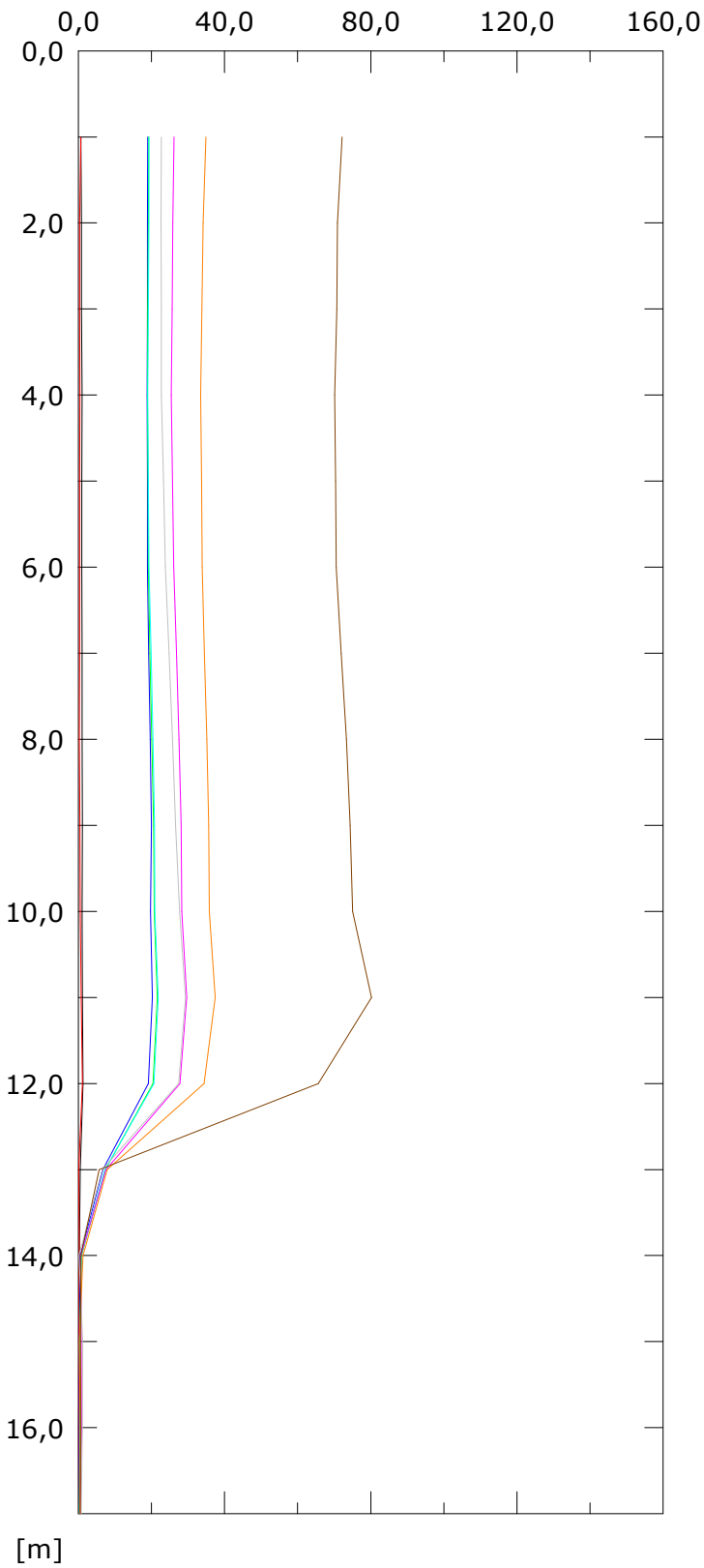
008:02/01/2019

009:04/03/2020

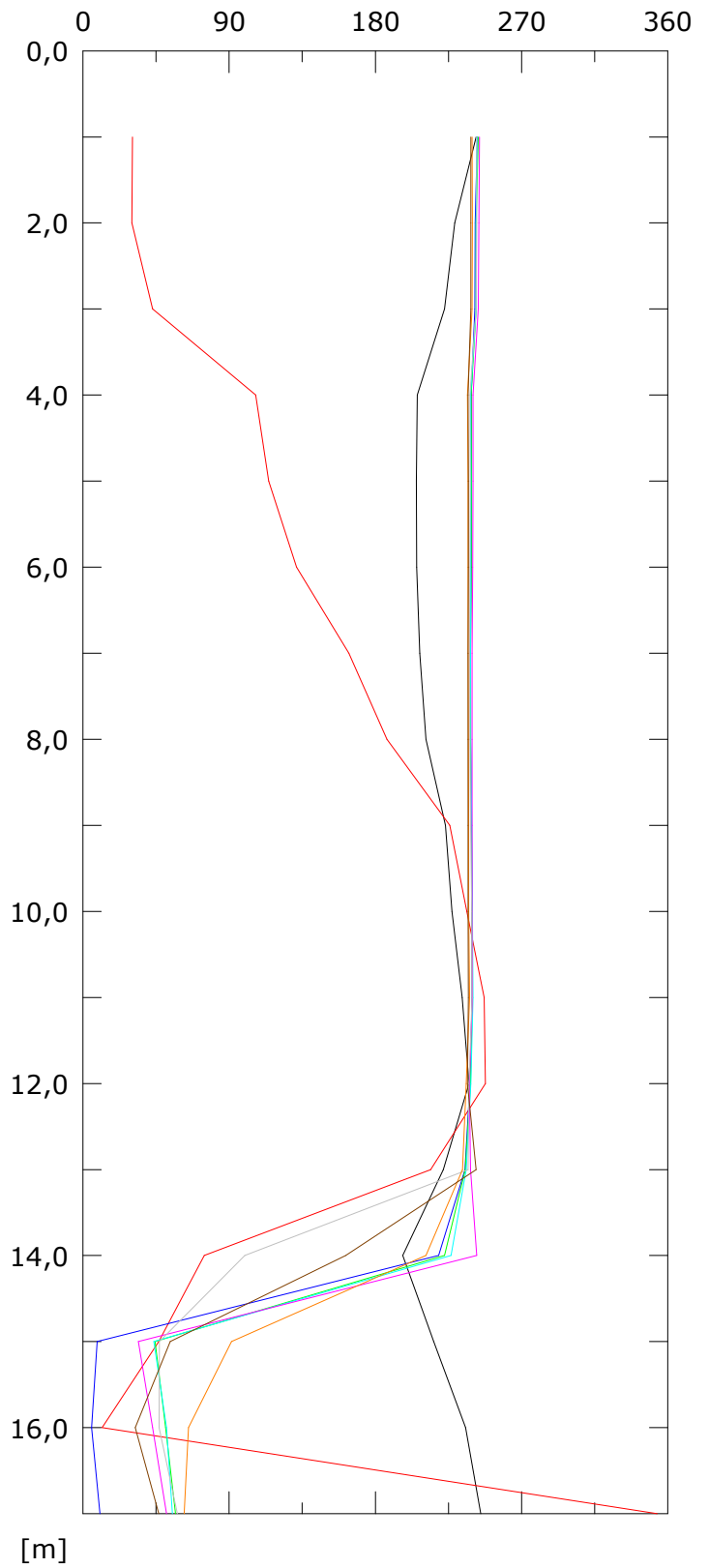
Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:03/06/2014

Risultante spost. [mm]



Angolo [gradi]



001:22/07/2014

002:16/09/2014

003:17/12/2014

004:26/05/2015

005:20/10/2015

006:21/12/2016

007:29/12/2017

008:02/01/2019

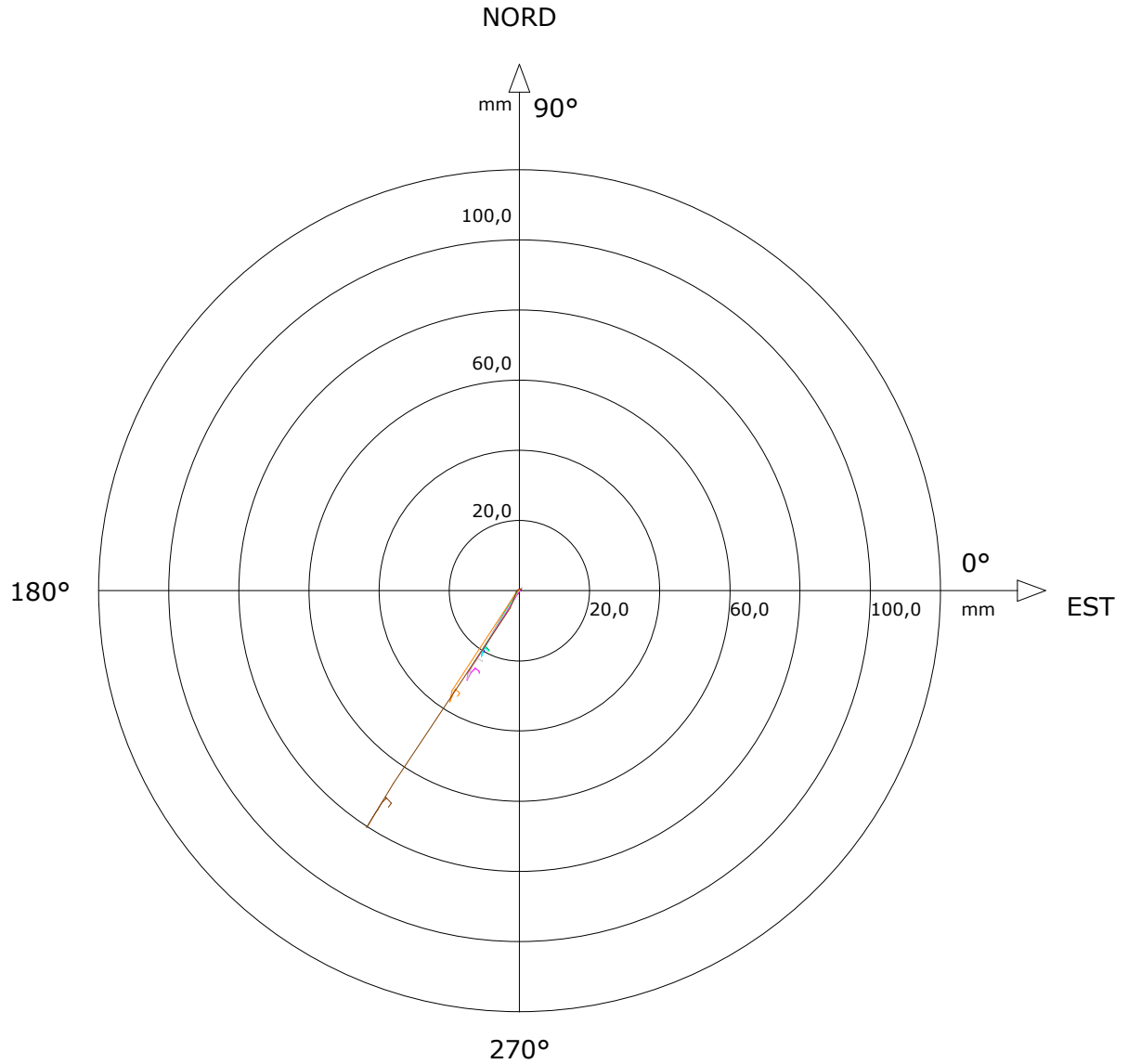
009:04/03/2020

Sito: FONTANE Tubo: FON3

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:03/06/2014

Diagramma polare della deviazione



001:22/07/2014

002:16/09/2014

003:17/12/2014

004:26/05/2015

005:20/10/2015

006:21/12/2016

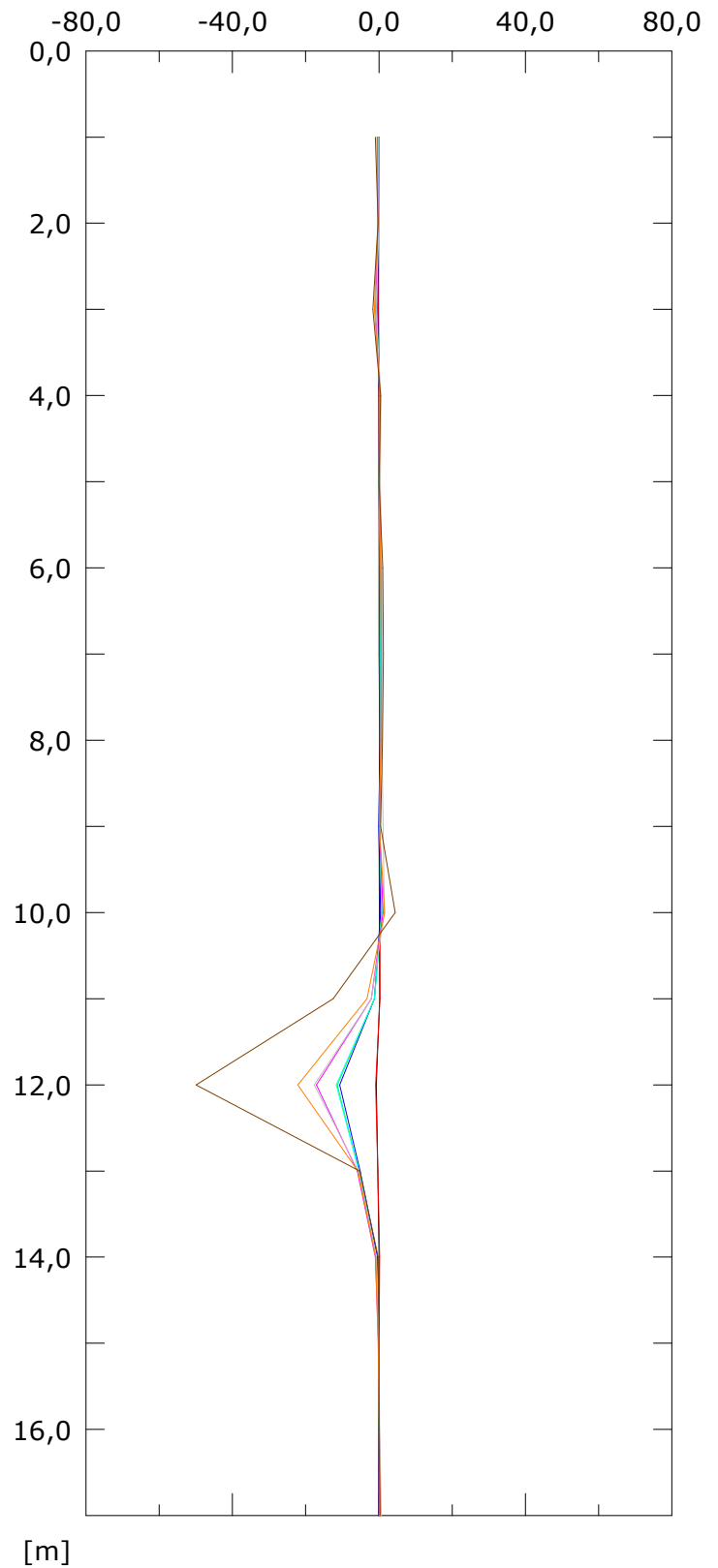
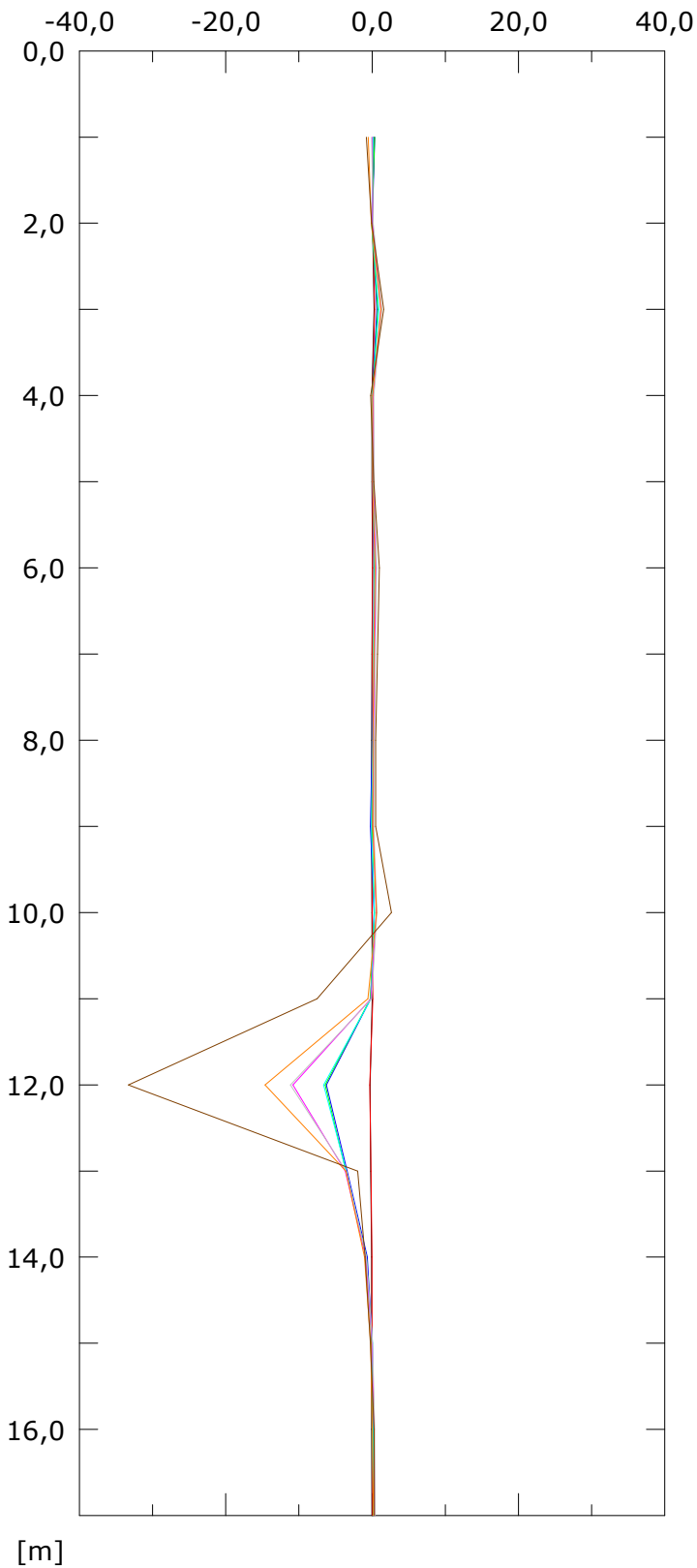
007:29/12/2017

008:02/01/2019

009:04/03/2020

Spost. EST [mm]

Spost. NORD [mm]

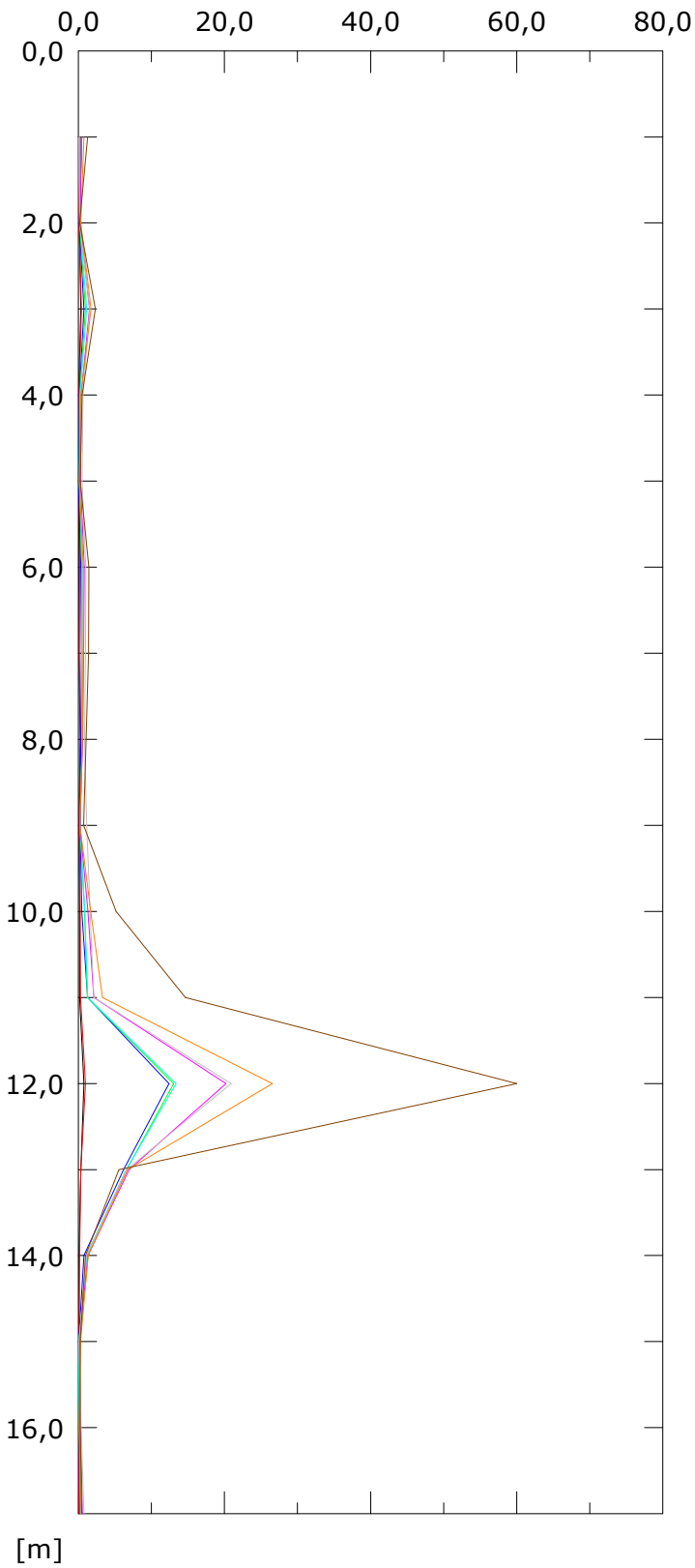


- 001:22/07/2014
- 002:16/09/2014
- 003:17/12/2014
- 004:26/05/2015
- 005:20/10/2015
- 006:21/12/2016
- 007:29/12/2017
- 008:02/01/2019
- 009:04/03/2020

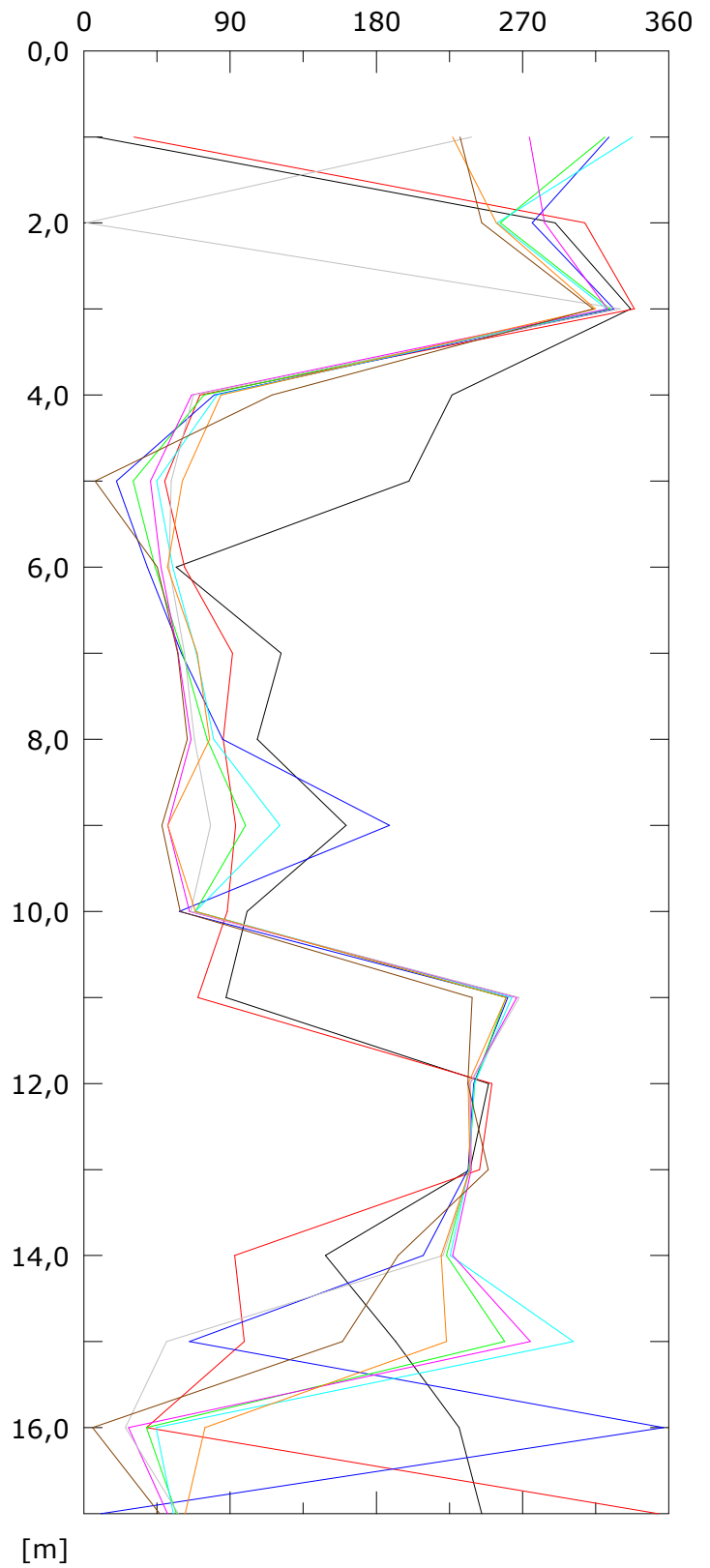
Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:03/06/2014

Risultante spost. [mm]



Angolo [gradi]



001:22/07/2014
004:26/05/2015
007:29/12/2017

002:16/09/2014
005:20/10/2015
008:02/01/2019

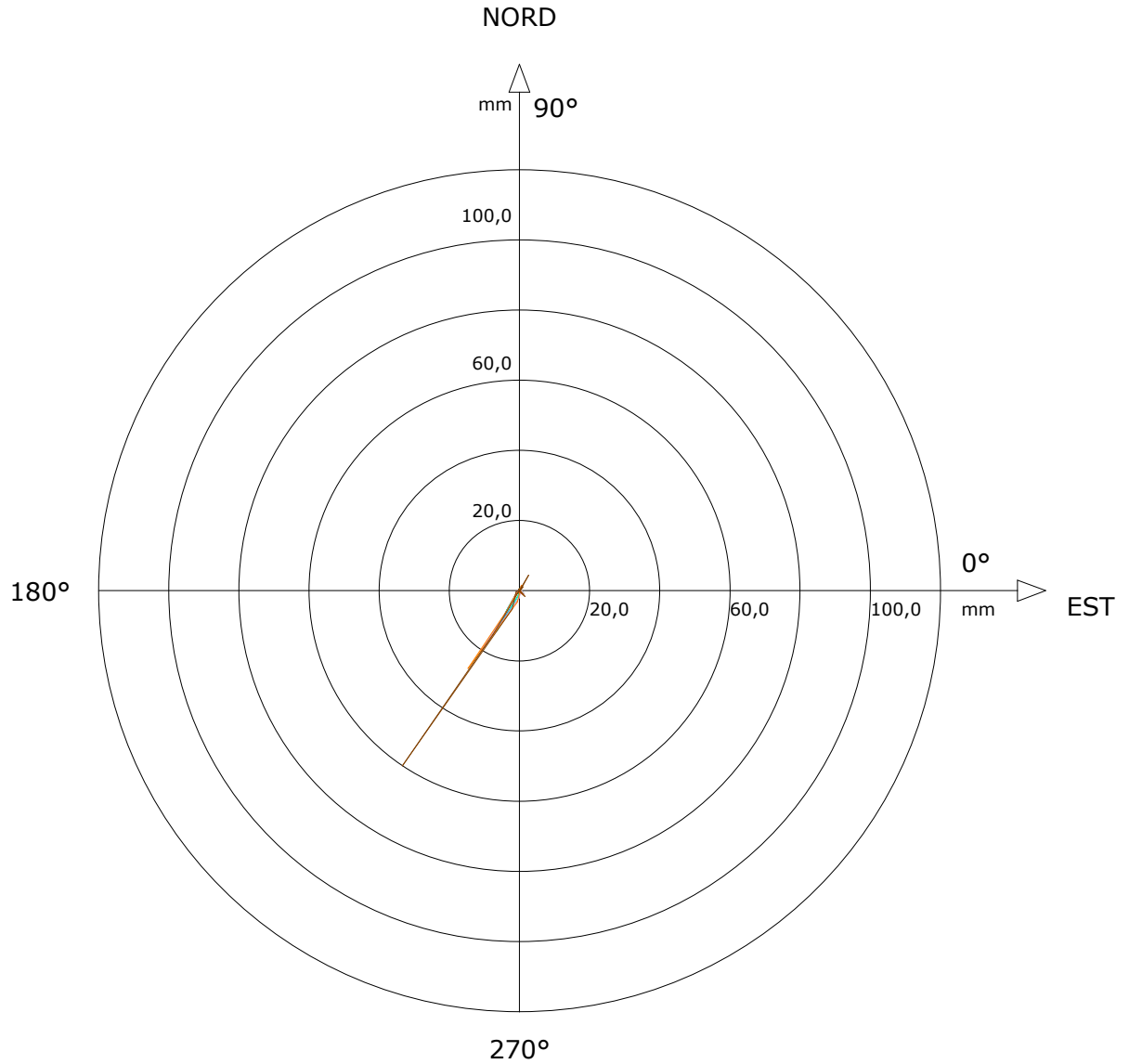
003:17/12/2014
006:21/12/2016
009:04/03/2020

Sito: FONTANE Tubo: FON3

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:03/06/2014

Diagramma polare della deviazione



001:22/07/2014

002:16/09/2014

003:17/12/2014

004:26/05/2015

005:20/10/2015

006:21/12/2016

007:29/12/2017

008:02/01/2019

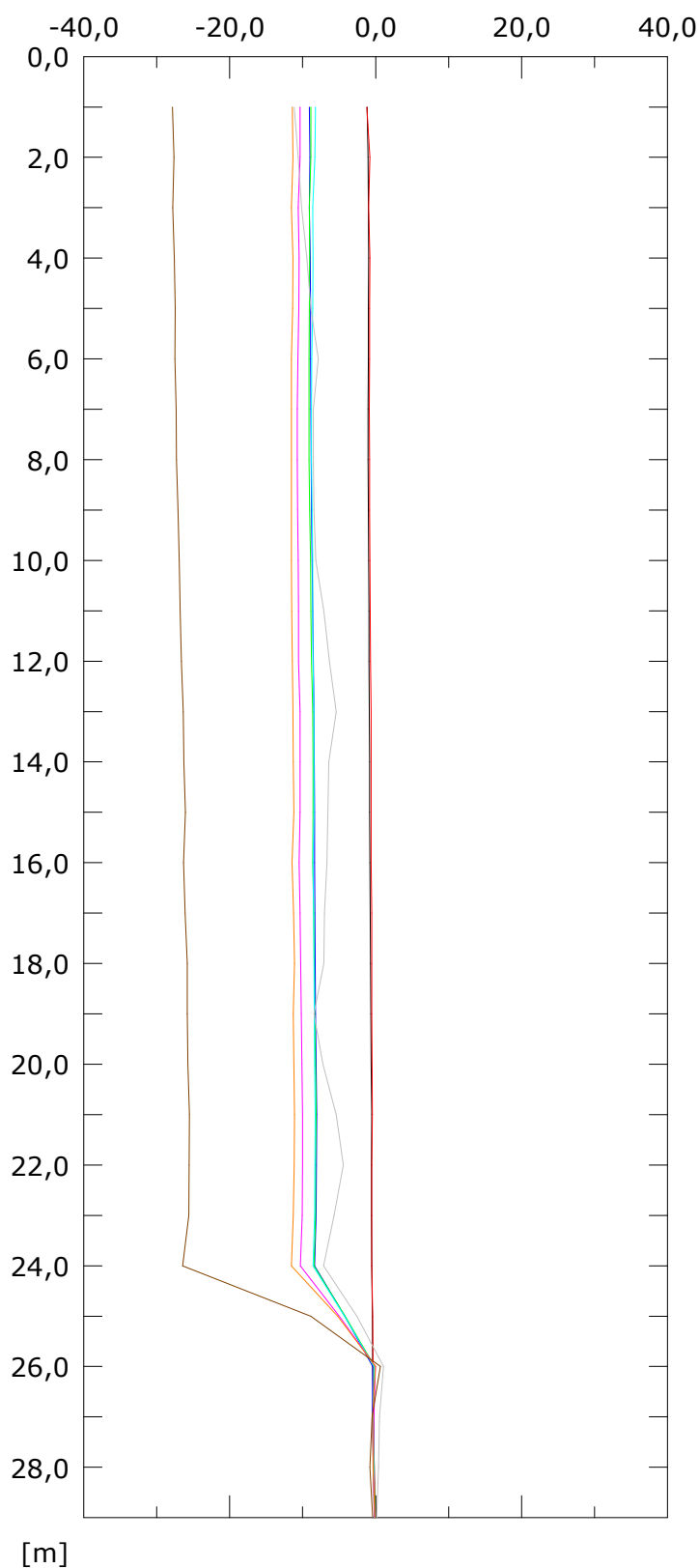
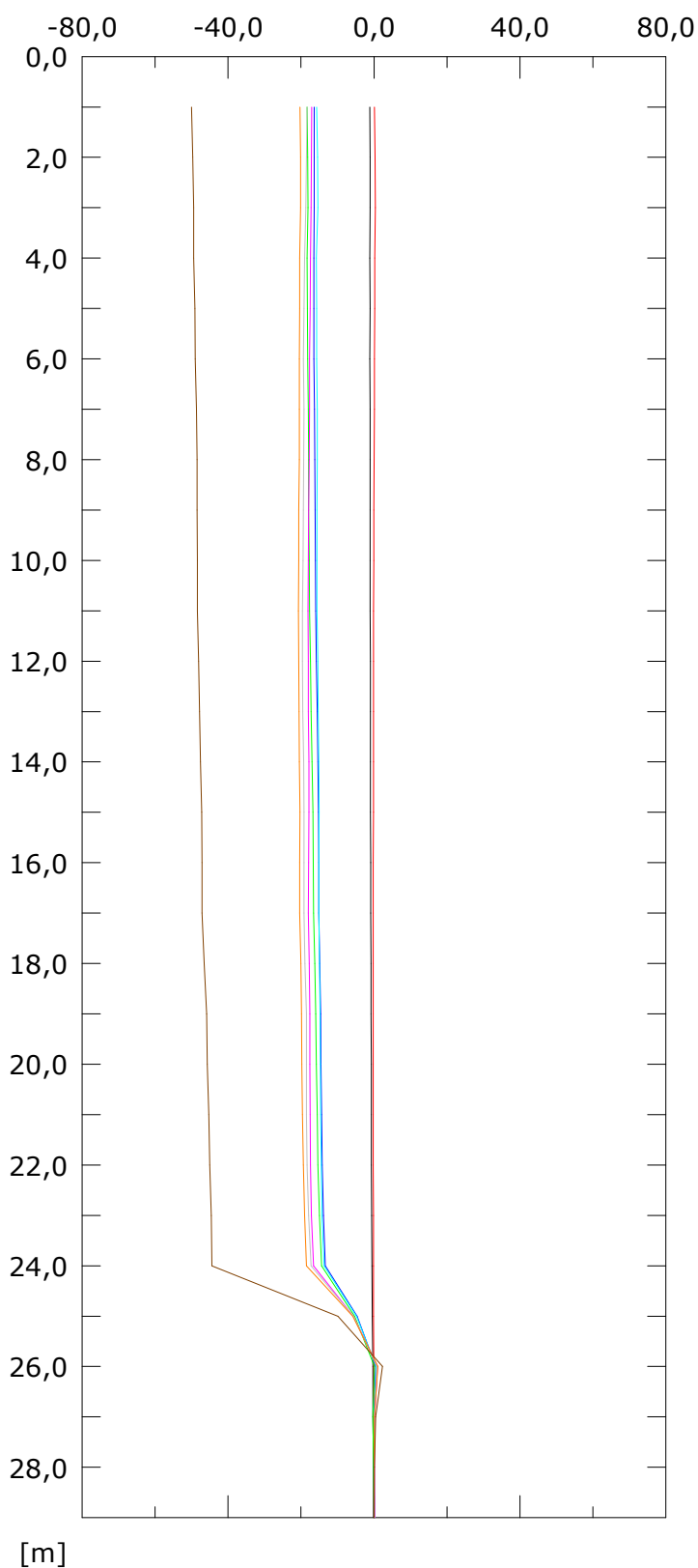
009:04/03/2020

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:06/06/2014

Spost. EST [mm]

Spost. NORD [mm]



001:22/07/2014

002:19/09/2014

003:17/12/2014

004:27/05/2015

005:20/10/2015

006:21/12/2016

007:29/12/2017

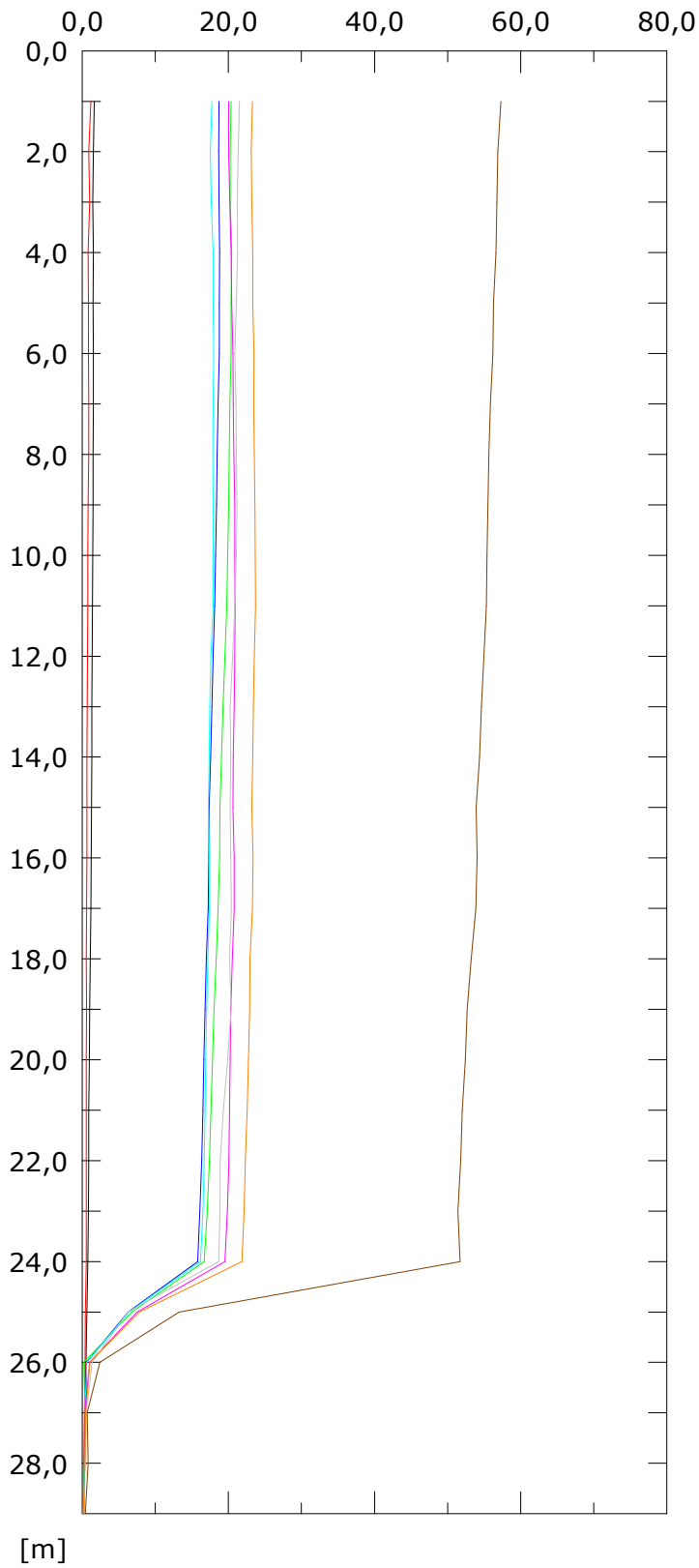
008:02/01/2019

009:04/03/2020

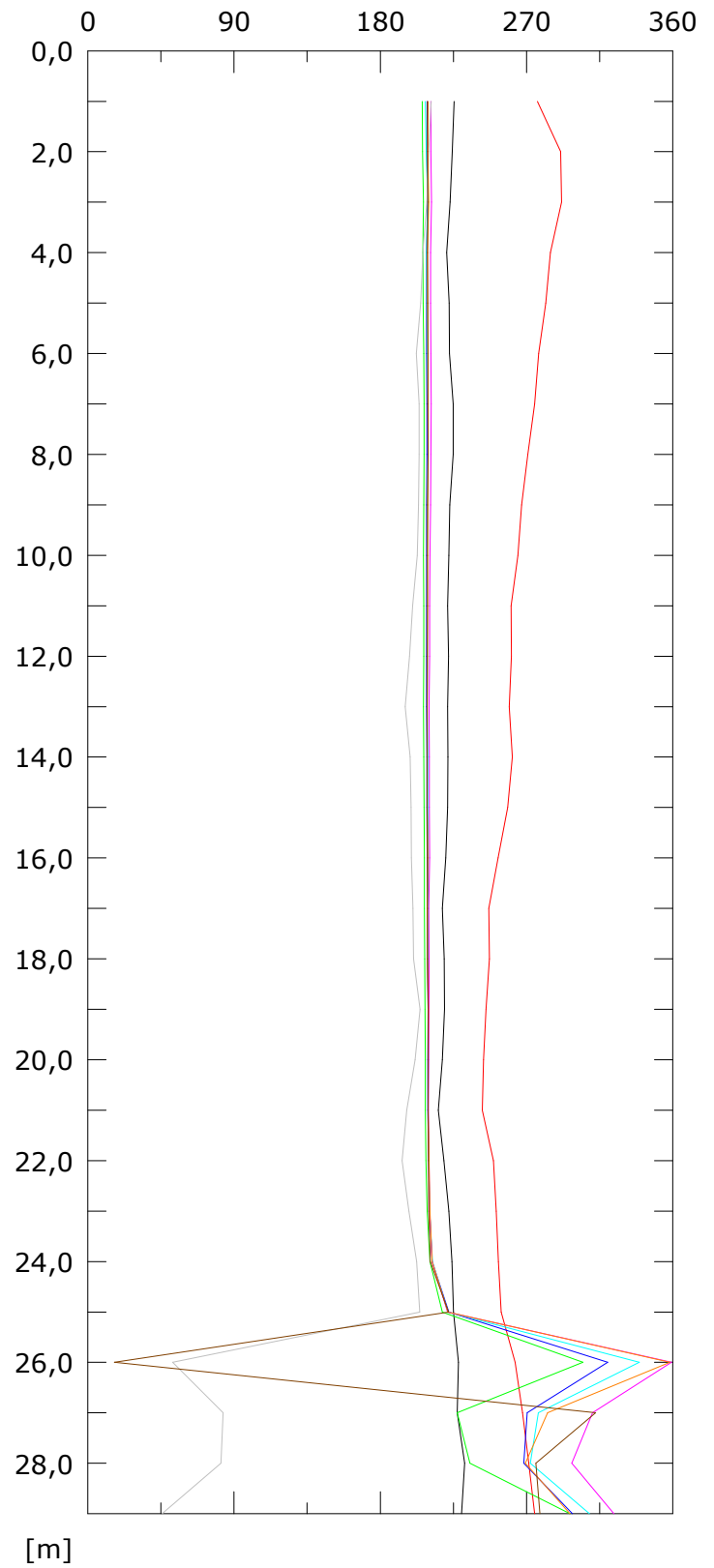
Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:06/06/2014

Resultante spost. [mm]



Angolo [gradi]



001:22/07/2014
004:27/05/2015
007:29/12/2017

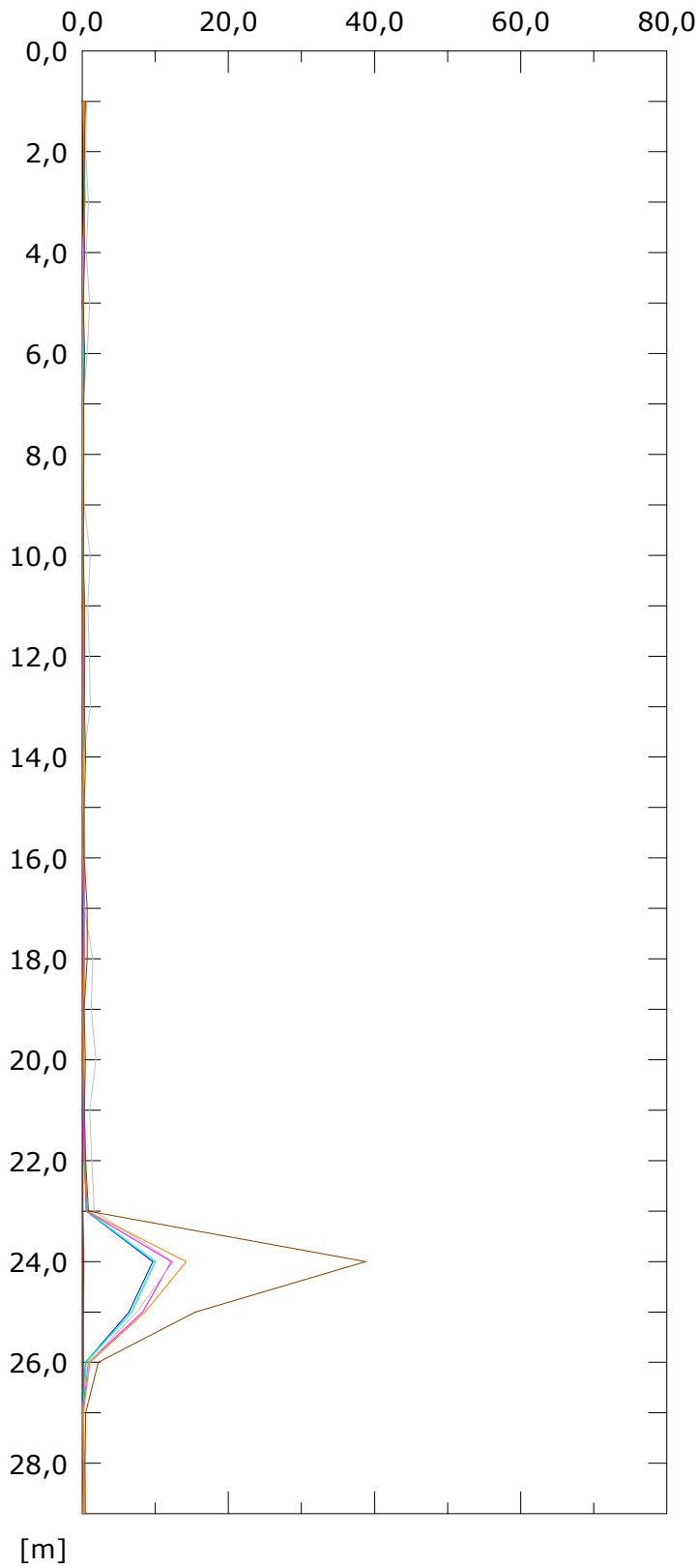
002:19/09/2014
005:20/10/2015
008:02/01/2019

003:17/12/2014
006:21/12/2016
009:04/03/2020

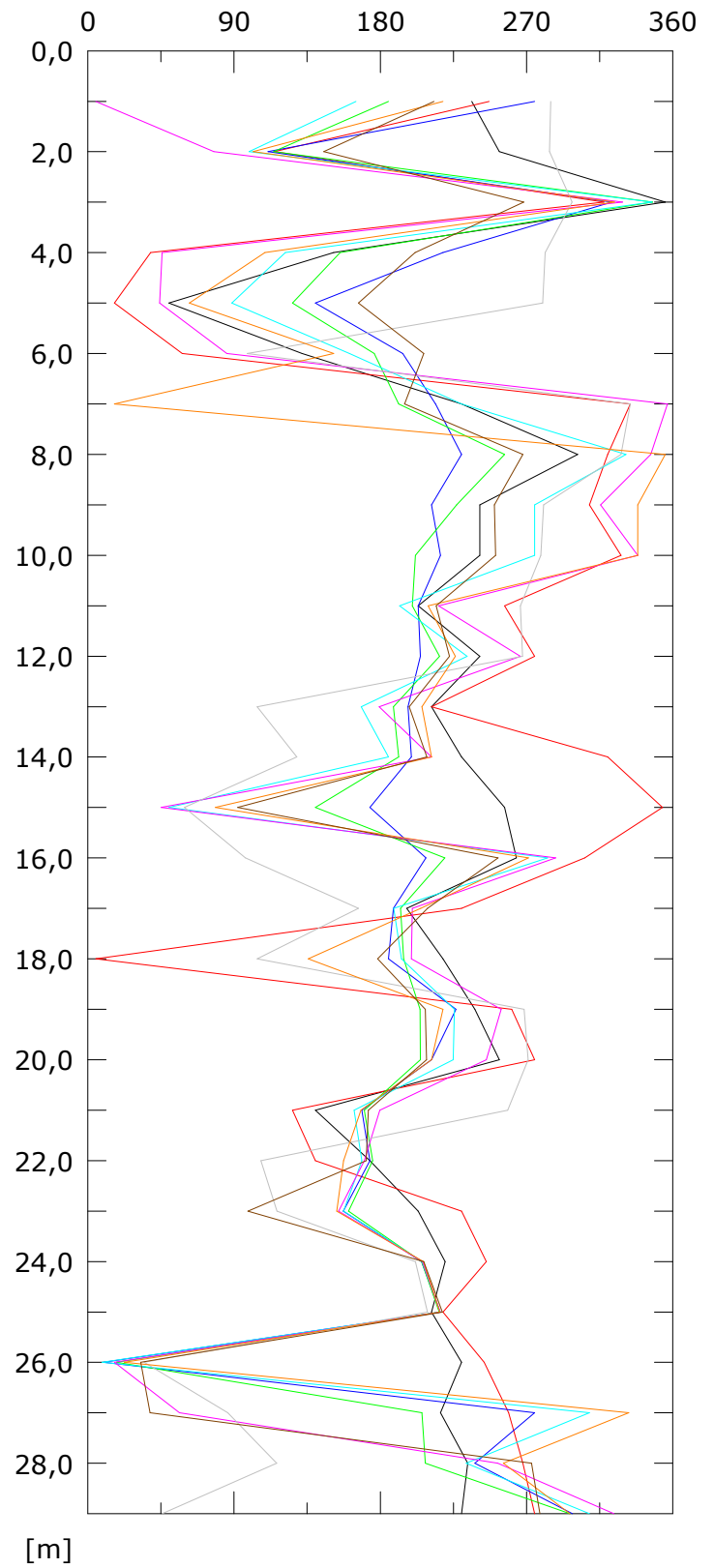
Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:06/06/2014

Risultante spost. [mm]



Angolo [gradi]



001:22/07/2014

002:19/09/2014

003:17/12/2014

004:27/05/2015

005:20/10/2015

006:21/12/2016

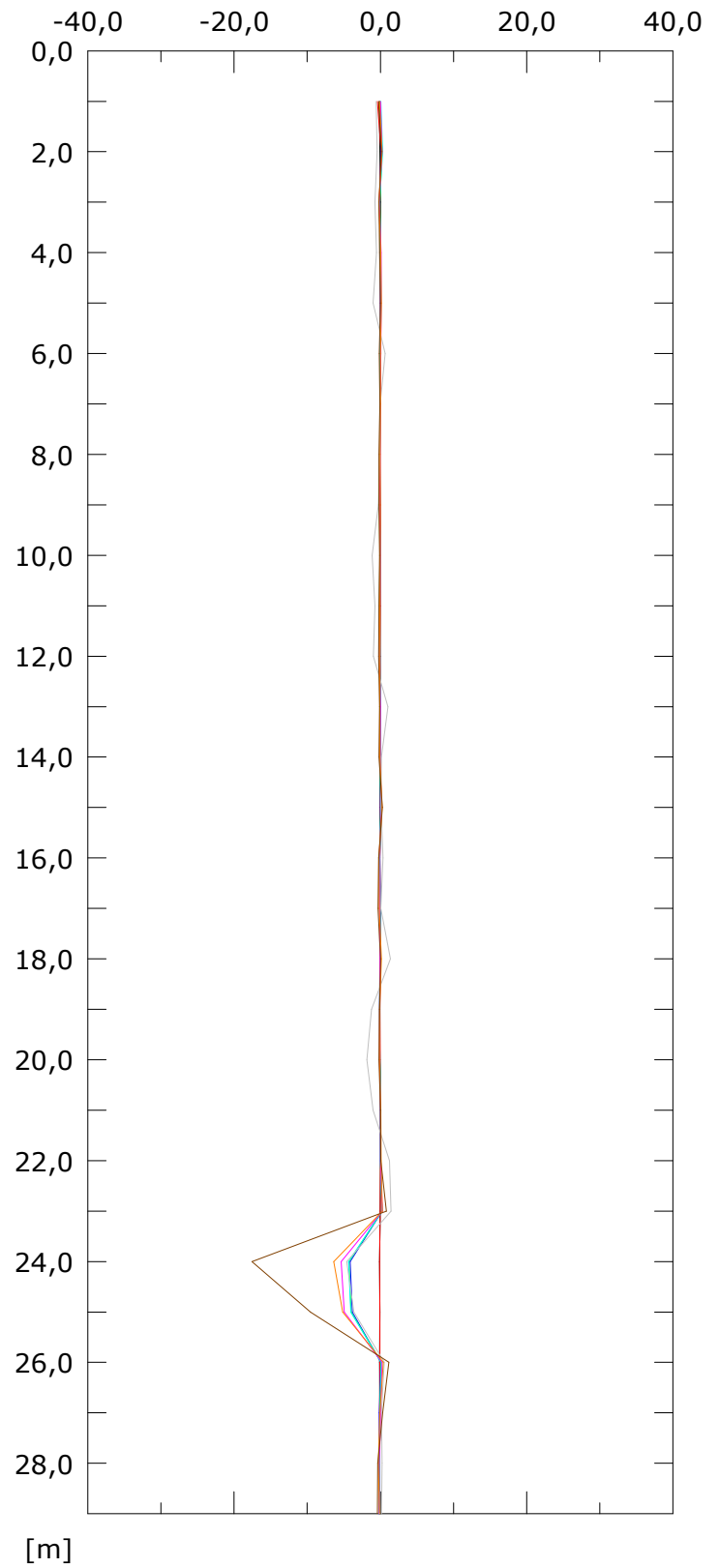
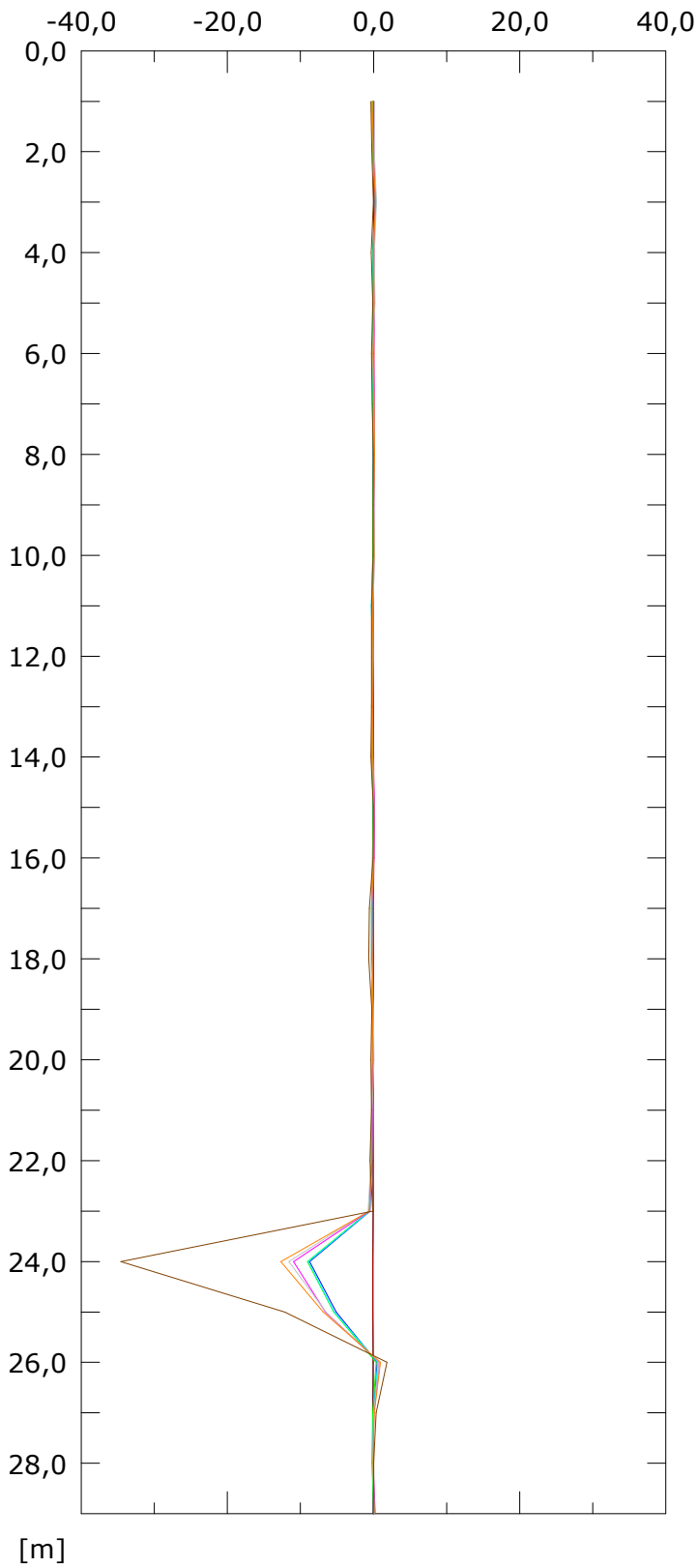
007:29/12/2017

008:02/01/2019

009:04/03/2020

Spost. EST [mm]

Spost. NORD [mm]



001:22/07/2014

002:19/09/2014

003:17/12/2014

004:27/05/2015

005:20/10/2015

006:21/12/2016

007:29/12/2017

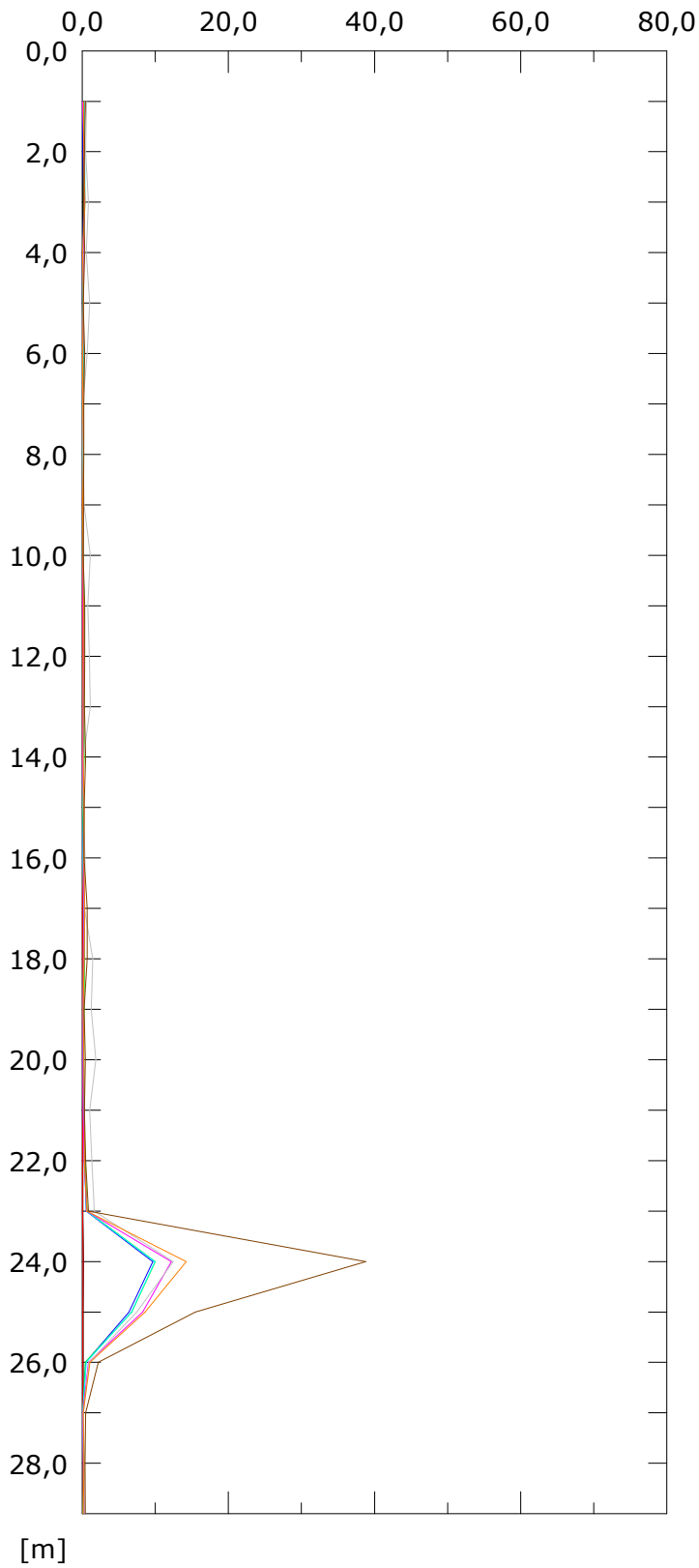
008:02/01/2019

009:04/03/2020

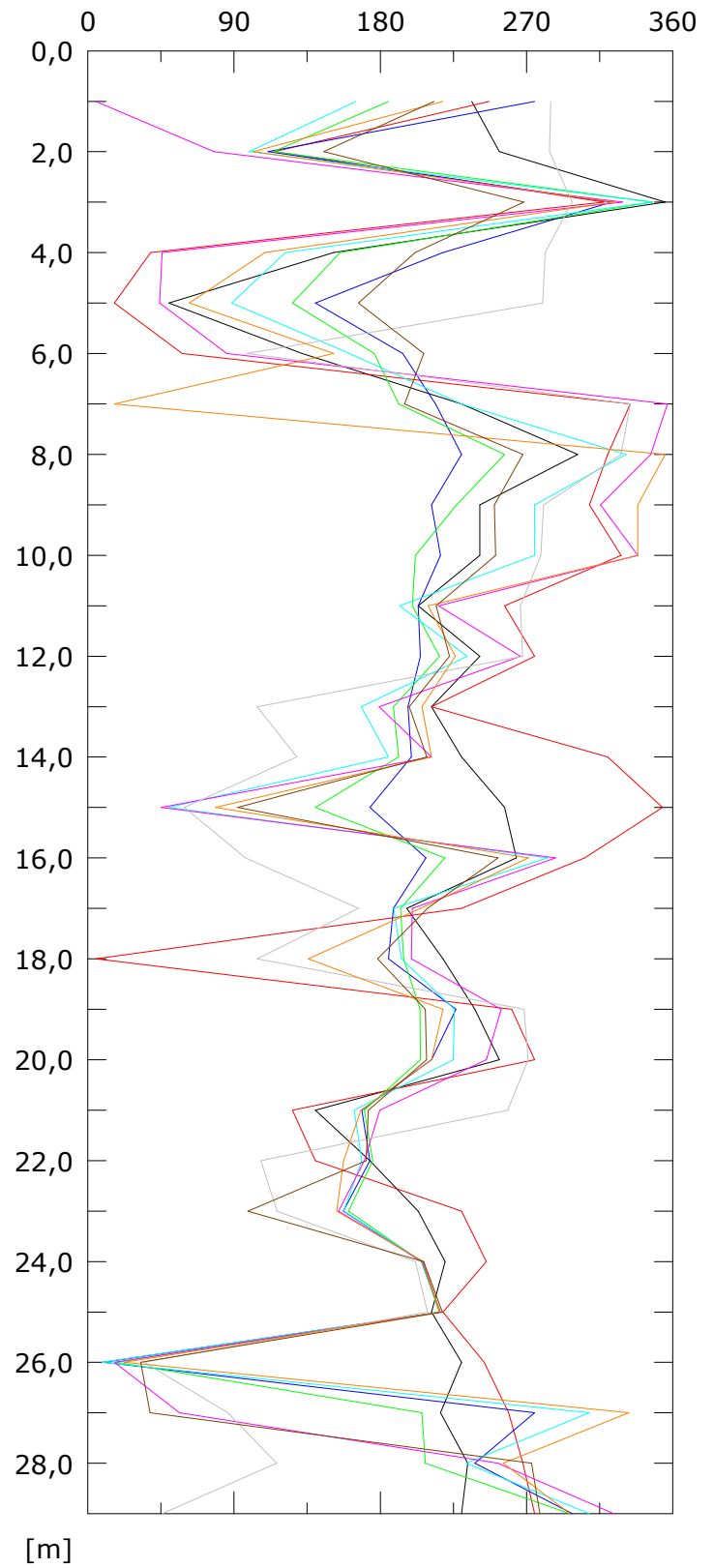
Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:06/06/2014

Risultante spost. [mm]



Angolo [gradi]



001:22/07/2014
004:27/05/2015
007:29/12/2017

002:19/09/2014
005:20/10/2015
008:02/01/2019

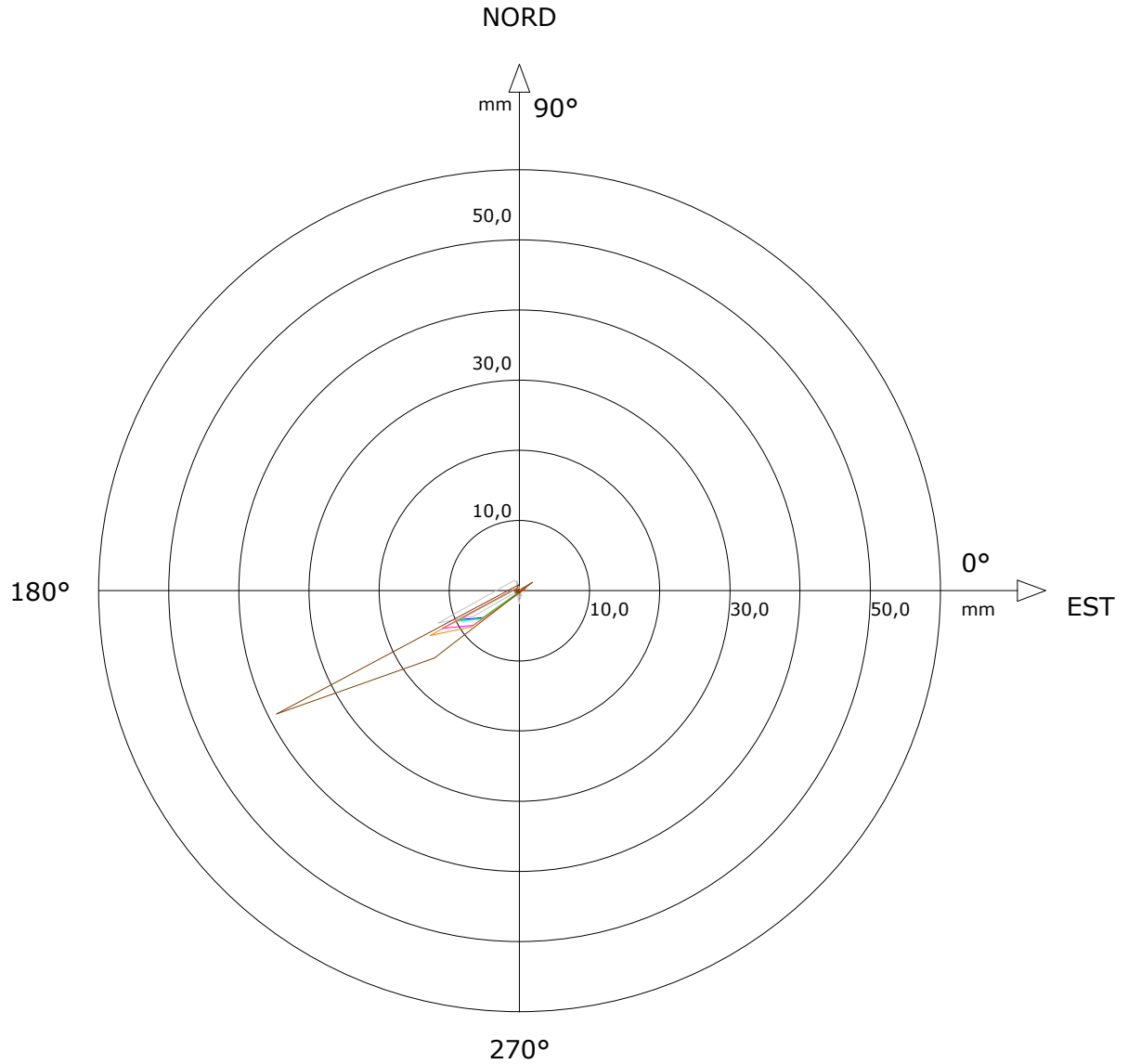
003:17/12/2014
006:21/12/2016
009:04/03/2020

Sito: FONTANE Tubo: FON4

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:06/06/2014

Diagramma polare della deviazione



001:22/07/2014

002:19/09/2014

003:17/12/2014

004:27/05/2015

005:20/10/2015

006:21/12/2016

007:29/12/2017

008:02/01/2019

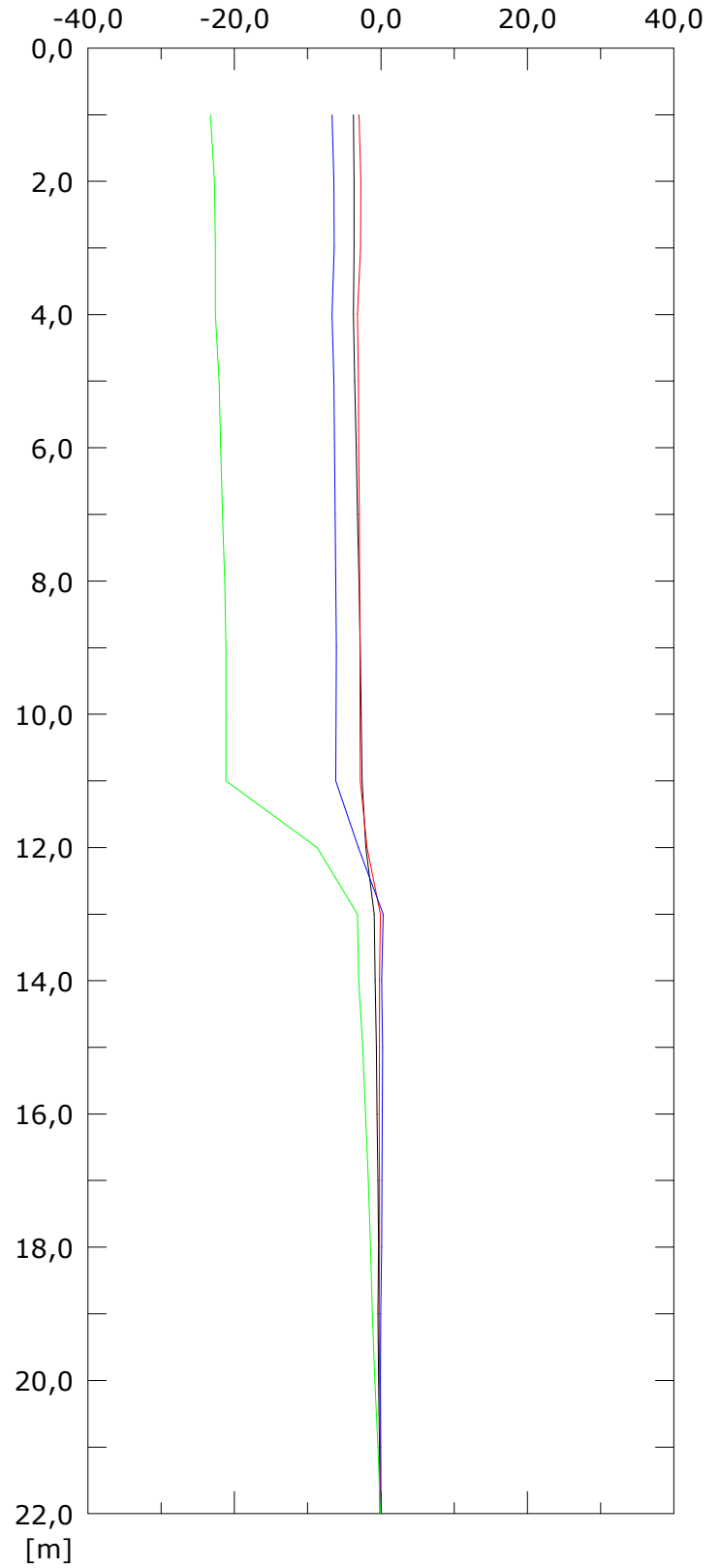
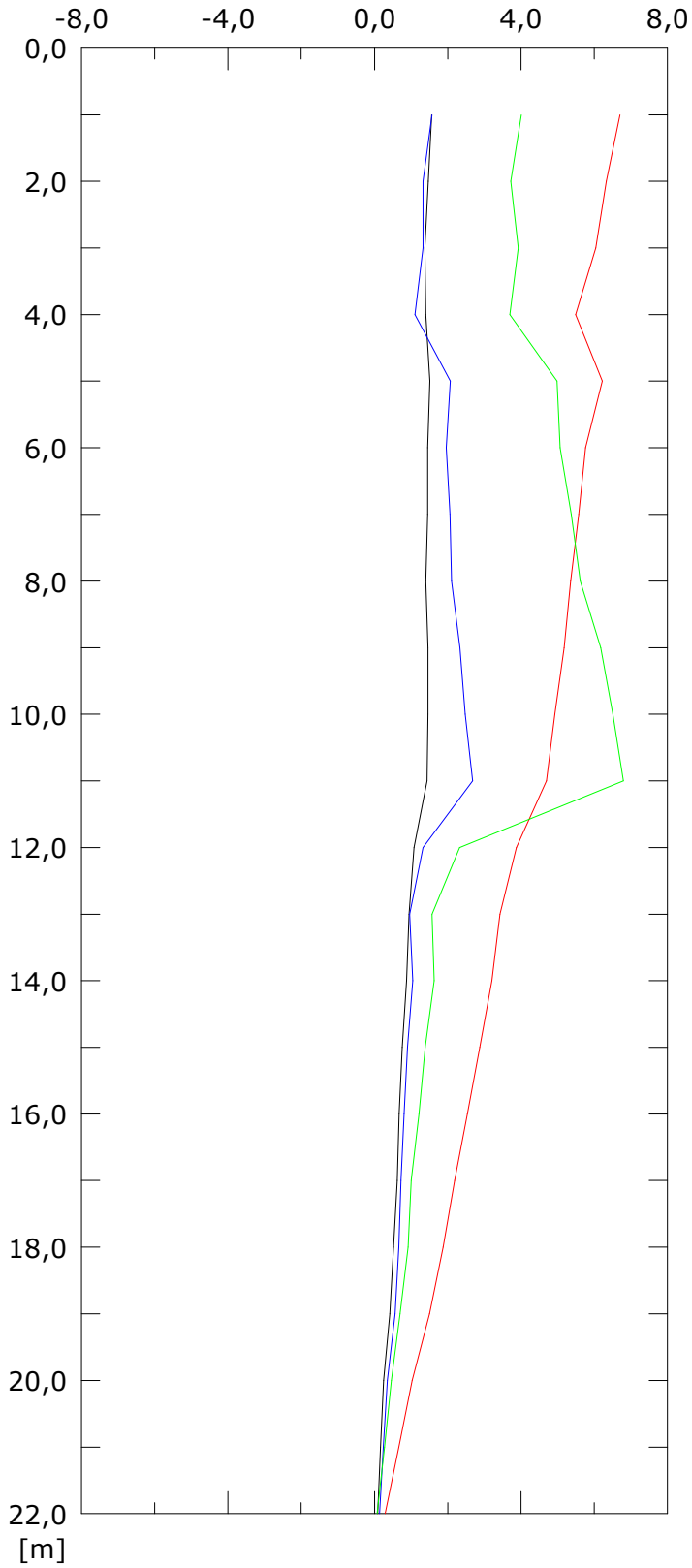
009:04/03/2020

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:02/05/2016

Spost. EST [mm]

Spost. NORD [mm]



001:21/12/2016

002:29/12/2017

003:02/01/2019

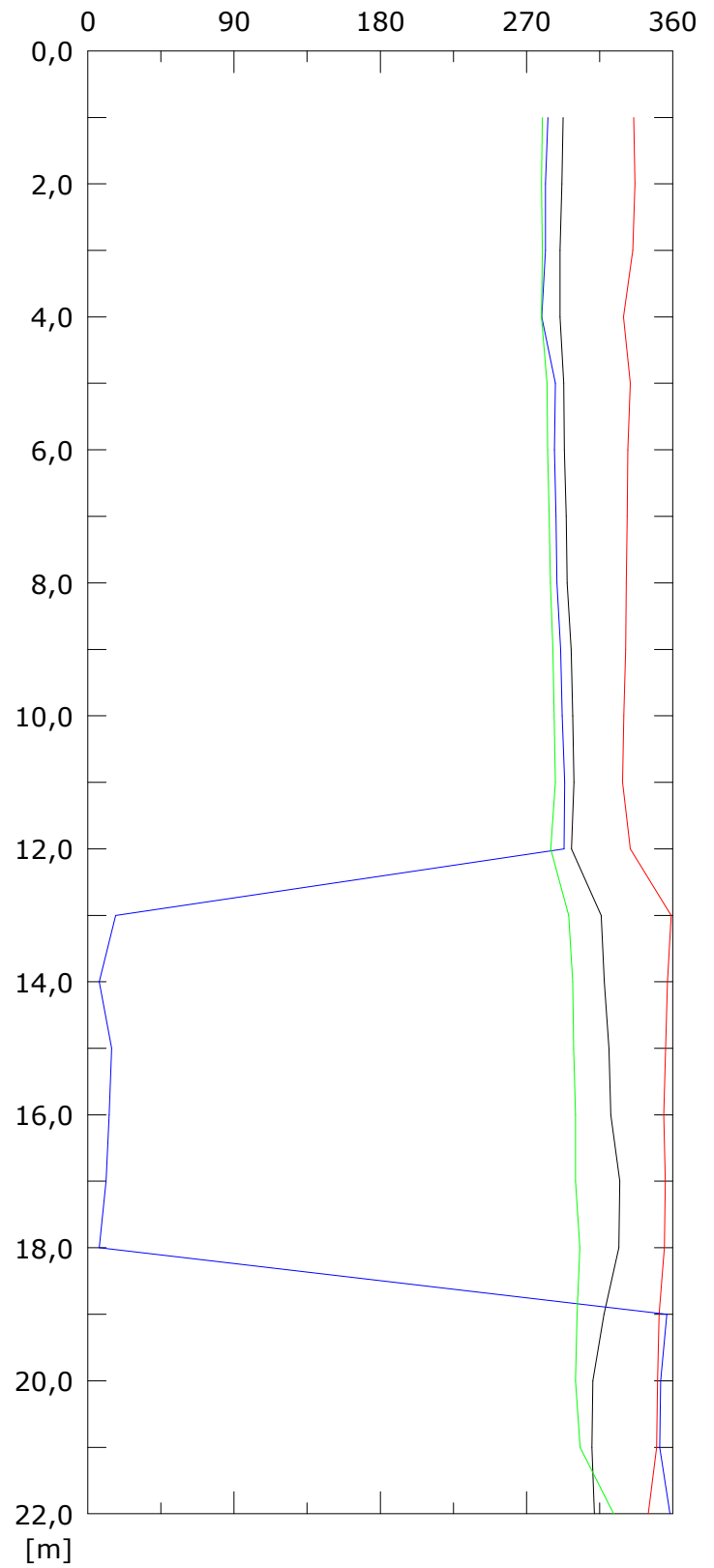
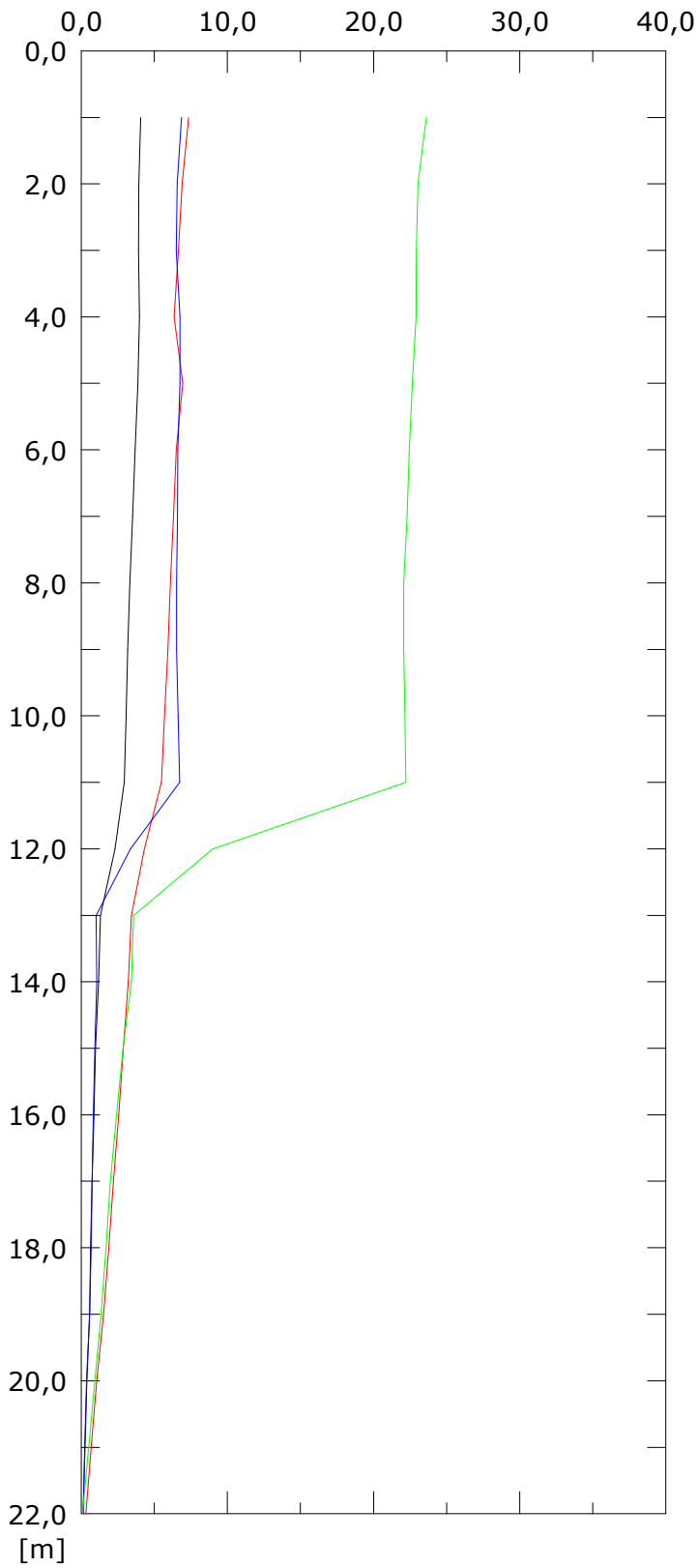
004:04/03/2020

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:02/05/2016

Risultante spost. [mm]

Angolo [gradi]



001:21/12/2016
004:04/03/2020

002:29/12/2017

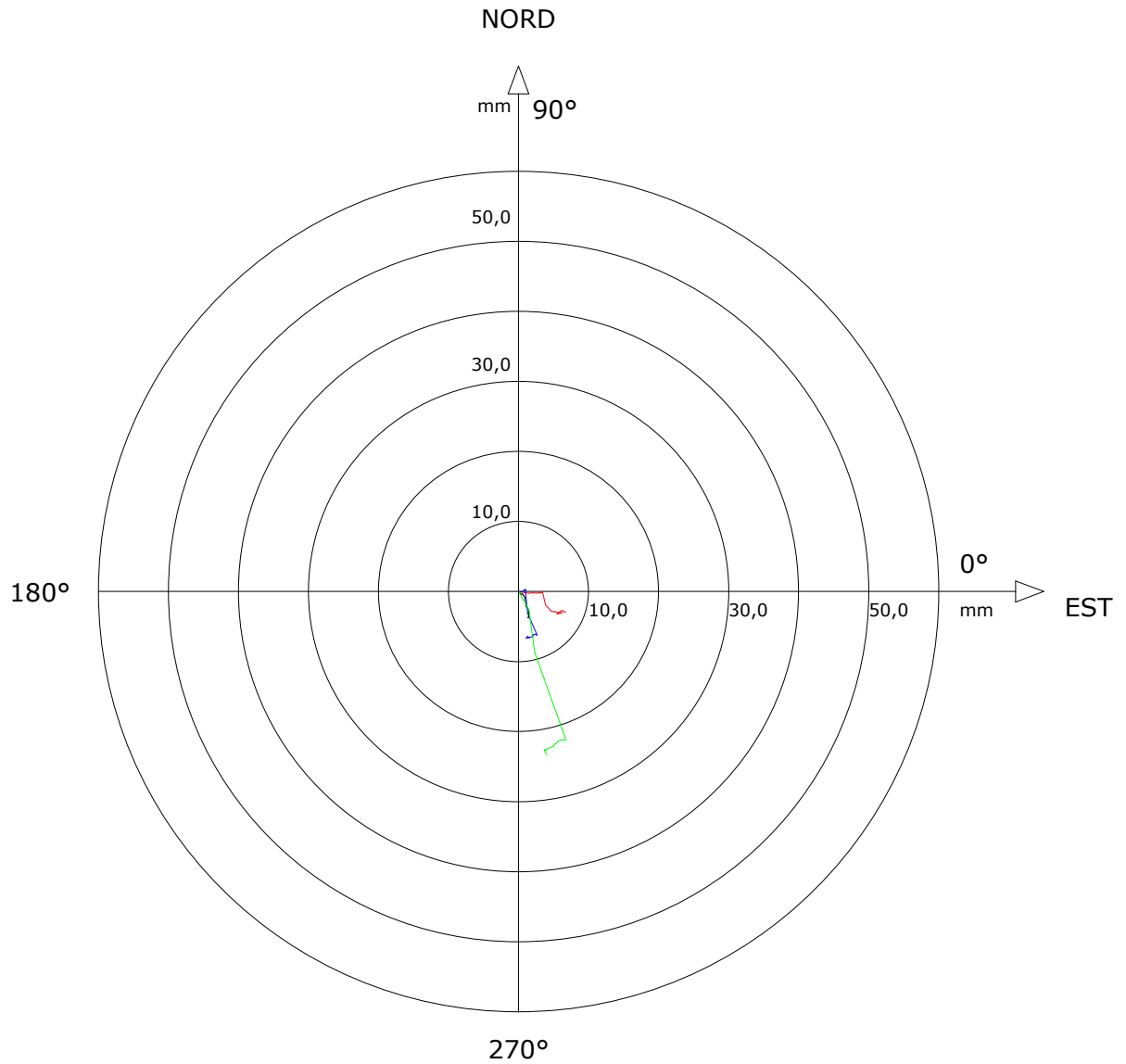
003:02/01/2019

Sito: FONTANE Tubo: FONPRV

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:02/05/2016

Diagramma polare della deviazione



— 001:21/12/2016

— 002:29/12/2017

— 003:02/01/2019

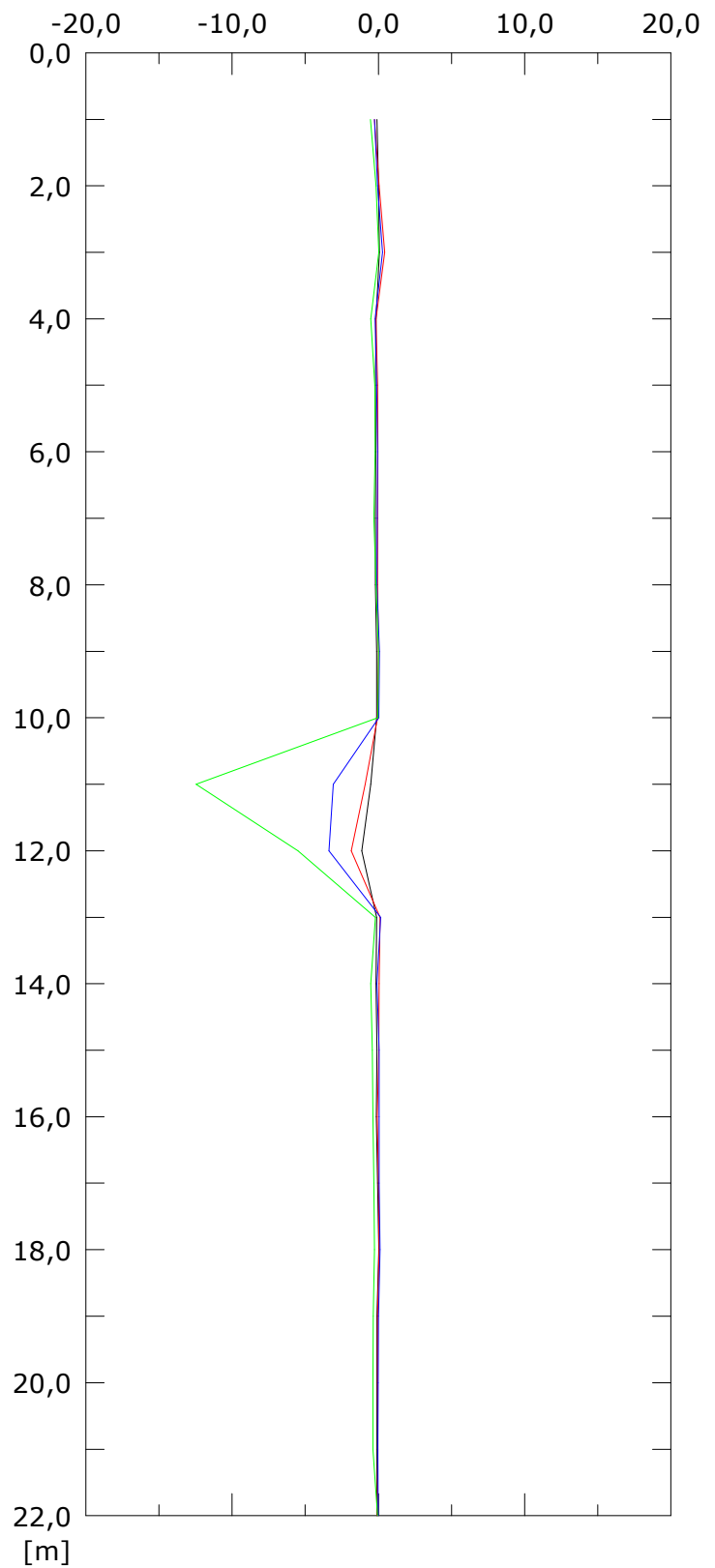
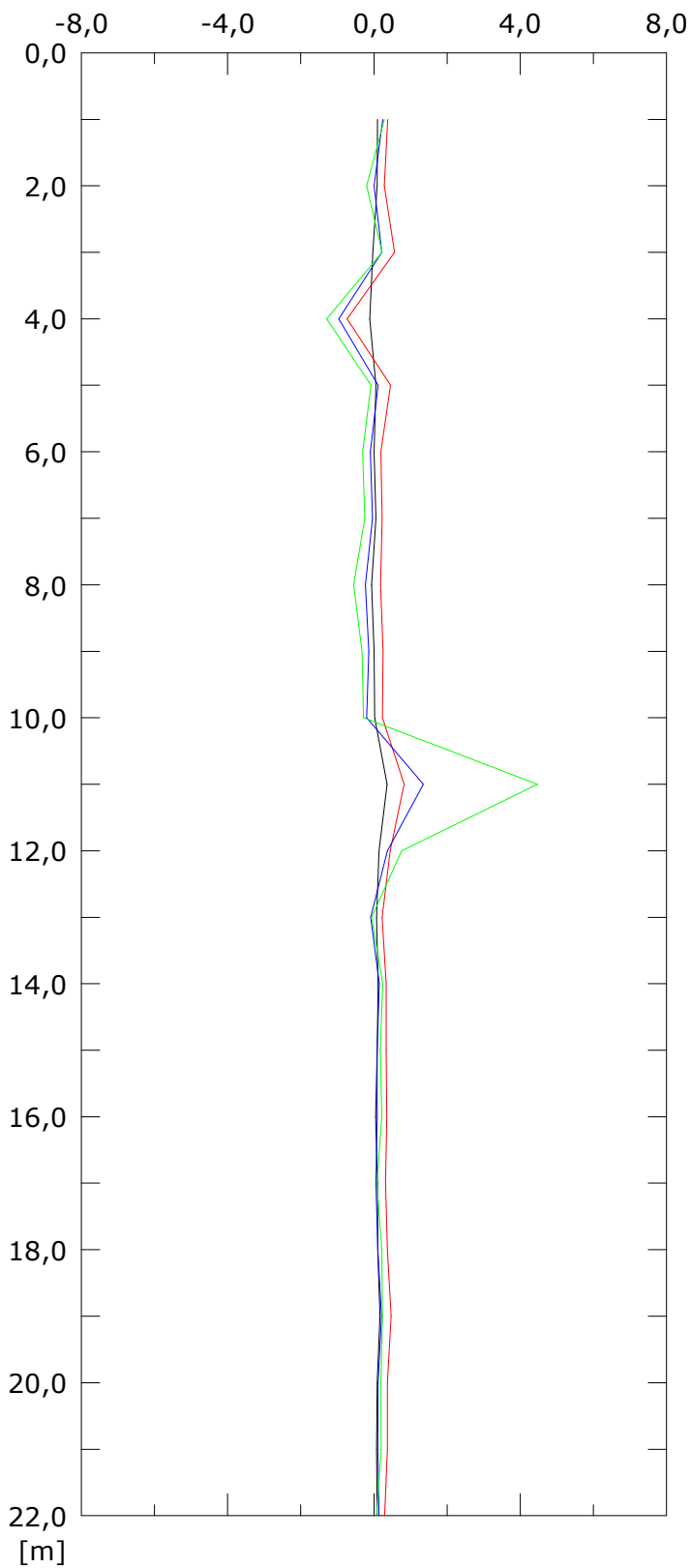
— 004:04/03/2020

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:02/05/2016

Spost. EST [mm]

Spost. NORD [mm]



001:21/12/2016

002:29/12/2017

003:02/01/2019

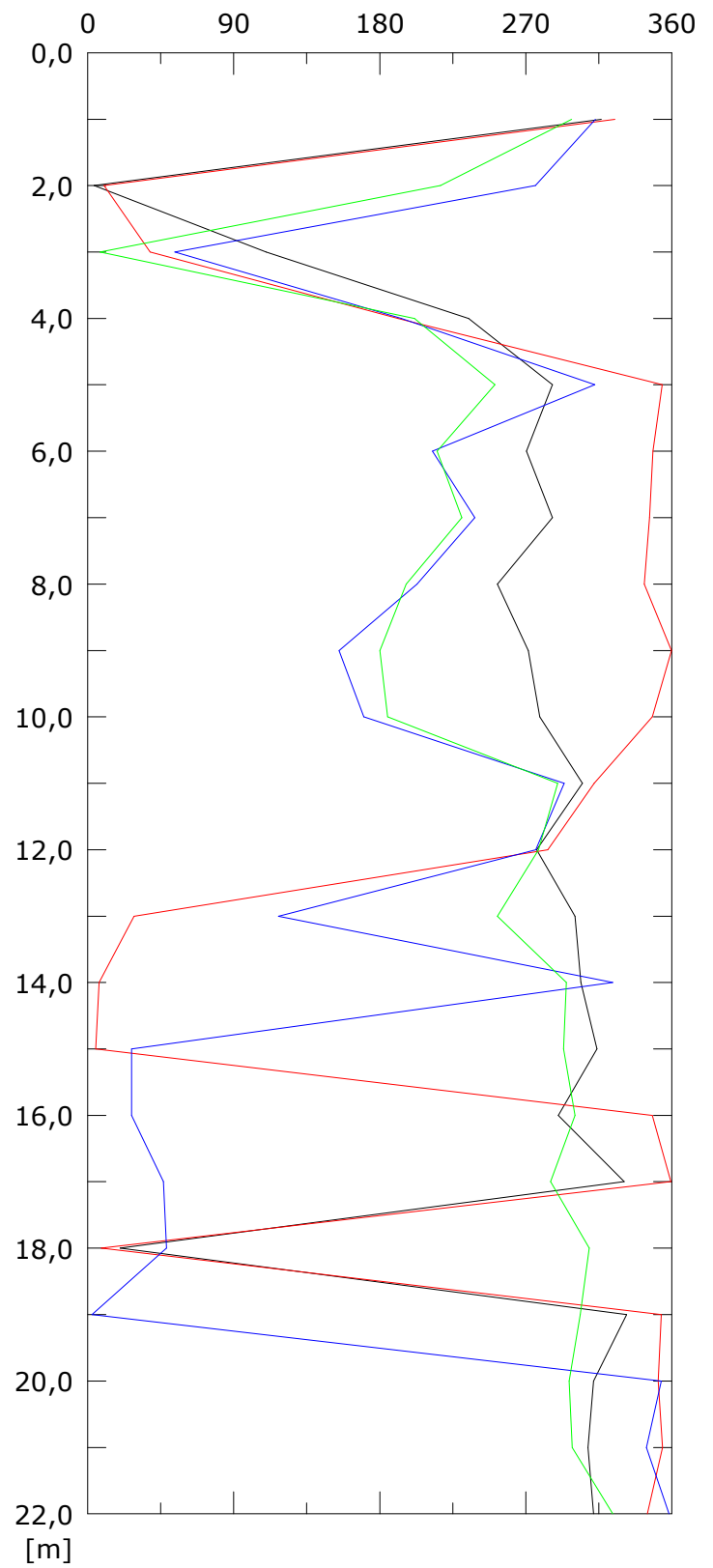
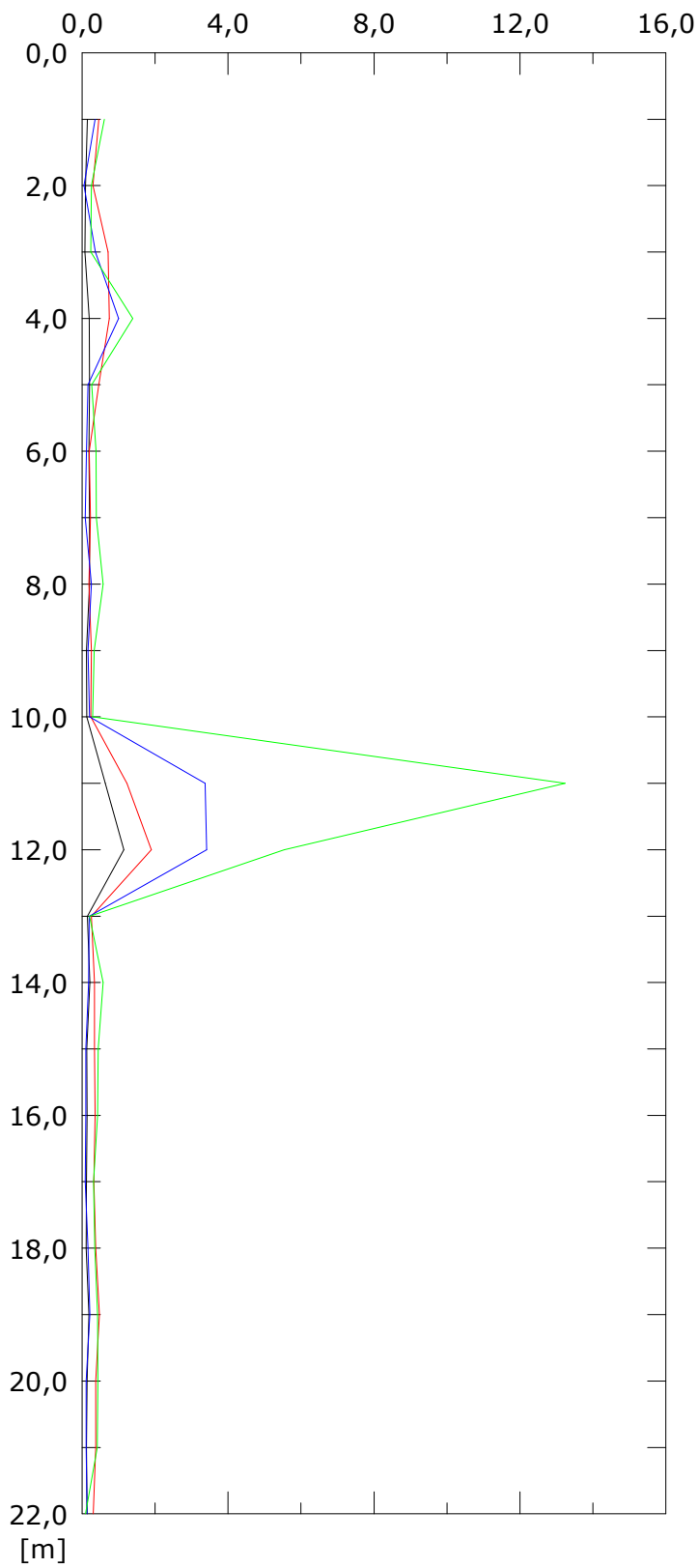
004:04/03/2020

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:02/05/2016

Risultante spost. [mm]

Angolo [gradi]



— 001:21/12/2016
— 004:04/03/2020

— 002:29/12/2017

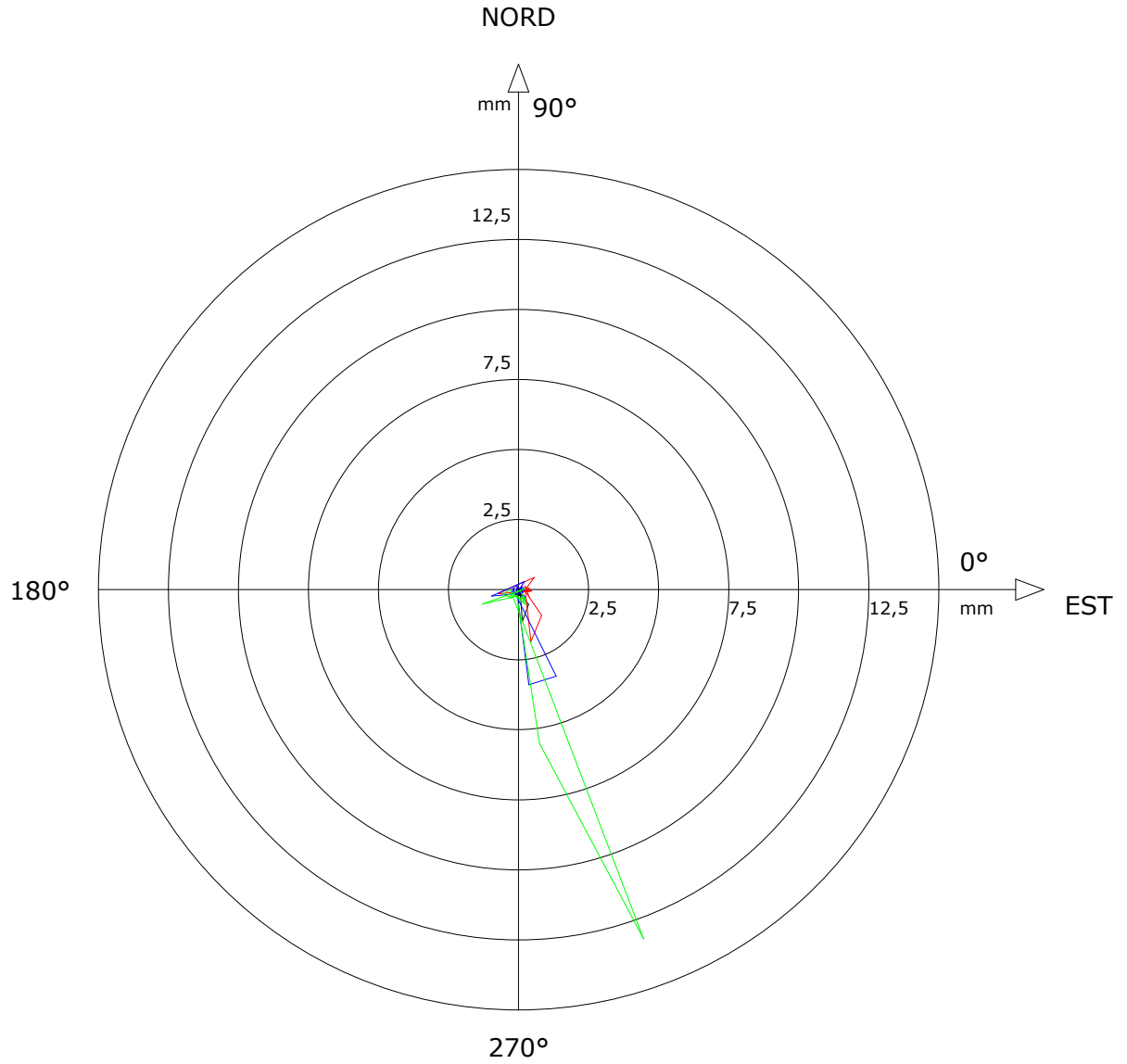
— 003:02/01/2019

Sito: FONTANE Tubo: FONPRV

Elaborazione differenziale locale dal basso

Riferimento 000:02/05/2016

Diagramma polare della deviazione



— 001:21/12/2016

— 002:29/12/2017

— 003:02/01/2019

— 004:04/03/2020

