

PROGETTO, C.S.P.:

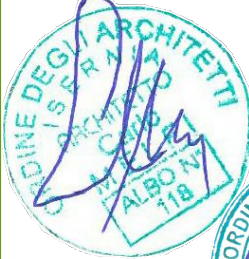
CAPOGRUPPO:



Sede legale: 00192 Roma - via Paolo Emilio, 34
Uffici: 86170 Isernia (IS) - via Libero Testa, 15/A
Uffici: 60026 Numana (AN) - via Loreto, 15
tel +390865411942 - fax +390865234579
spm@melfiprogetti.it - spm@pec.it
www.melfiprogetti.it



dott.arch. Carlo Melfi dott.ing. Roberto Melfi



MANDANTI:

geom. Marco Giovanchelli

dott.geol. Andrea Venosini



REGIONE TOSCANA



COMUNE DI CANTAGALLO

(Provincia di Prato)

OPERE DI BONIFICA PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO SU VERSANTE SOGGETTO A FRANA IN LOCALITA' "CASE DI SOTTO - MIGLIANA"

PROGETTO ESECUTIVO

Redatto ai sensi del D.Lgs. n°50 del 18.04.16 e s.m.i.

ALLEGATO:

**STUDIO GEOLOGICO:
Monitoraggio piezometrico ed
inclinometrico automatico**

CODICE ELABORATO:

C.01
Allegato.4C

--

R.U.P.
dott.arch. Nicola SERINI

A TERMINI DI LEGGE QUESTO PROGETTO E' DI PROPRIETA' ESCLUSIVA DELLA S.P.M. S.R.L. ED E' VIETATO RIPRODURLO O COMUNICARNE A TERZI IL CONTENUTO SENZA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE

C.U.P. F84J18000890009

DATA APRILE 2022

INDICE MODIFICHE	N°	MODIFICHE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO
	2				
	1				
	0	1^ EMISSIONE	DATA 04.22 SIGLA 406-408-413	DATA 04.22 SIGLA 404-415	DATA 04.22 SIGLA 417

Sistema di Monitoraggio della frana di Migliana, località Case di Sotto, Comune di Cantagallo (PO)



RAPPORTO FINALE

Ente Committente: S.P.M. s.r.l.

All'attenzione del dott. arch. Carlo Melfi

Firenze, 24 Maggio 2021

INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO	5
3. INSTALLAZIONE E MESSA IN OPERA DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO	10
3.1 INCLINOMETRI IN FORO	11
3.2 PIEZOMETRI	13
3.3 FESSURIMETRI.....	15
4. REALIZZAZIONE E MESSA ON-LINE DELLA PIATTAFORMA WEB DEDICATA	17
5. MONITORAGGIO INCLINOMETRICO PRELIMINARE.....	19
6. SETTAGGIO DEGLI ALLARMI PRELIMINARI	24
7. CONCLUSIONI	30
ANNESSO.....	32

1. Introduzione

Il presente documento rappresenta il Rapporto Finale relativo al sistema di monitoraggio in tempo reale della frana ubicata in Località Migliana-Case di Sotto, nel Comune di Cantagallo (PO), realizzato da Geoapp s.r.l. tramite l'impiego di una rete wireless di sensori geotecnici. La fornitura del sistema è stata svolta nell'ambito dell'incarico ricevuto da Geoapp srl in data 14/10/2020 dalla società committente S.P.M. s.r.l. all'interno delle attività che la stessa società ha attualmente in essere per l'amministrazione regionale e comunale relativamente alla progettazione e realizzazione delle opere di bonifica per la mitigazione del rischio sul versante soggetto a frana in località Case di Sotto nella frazione di Migliana.

Il sistema di monitoraggio è finalizzato al duplice scopo di raccogliere informazioni relative ai fenomeni di dissesto utili alla progettazione degli interventi previsti e di consentire il controllo dell'evoluzione dei dissesti in atto nell'area oggetto di indagine durante la realizzazione degli interventi e in una fase post-operam. L'intera installazione è basata su una rete wireless di sensori geotecnici, rappresentati nello specifico da inclinometri in foro, piezometri a tubo aperto, piezometri Casagrande e fessurimetri automatici. Il sistema proposto, oltre a consentire il monitoraggio delle deformazioni e delle pressioni neutre, permette l'impiego degli stessi dati a fini di allertamento automatico. Il sistema infatti è stato progettato per consentire, in caso di superamento di soglie predeterminate, l'invio di allarmi via e-mail e/o SMS.

L'area oggetto del monitoraggio è mostrata in Figura 1.

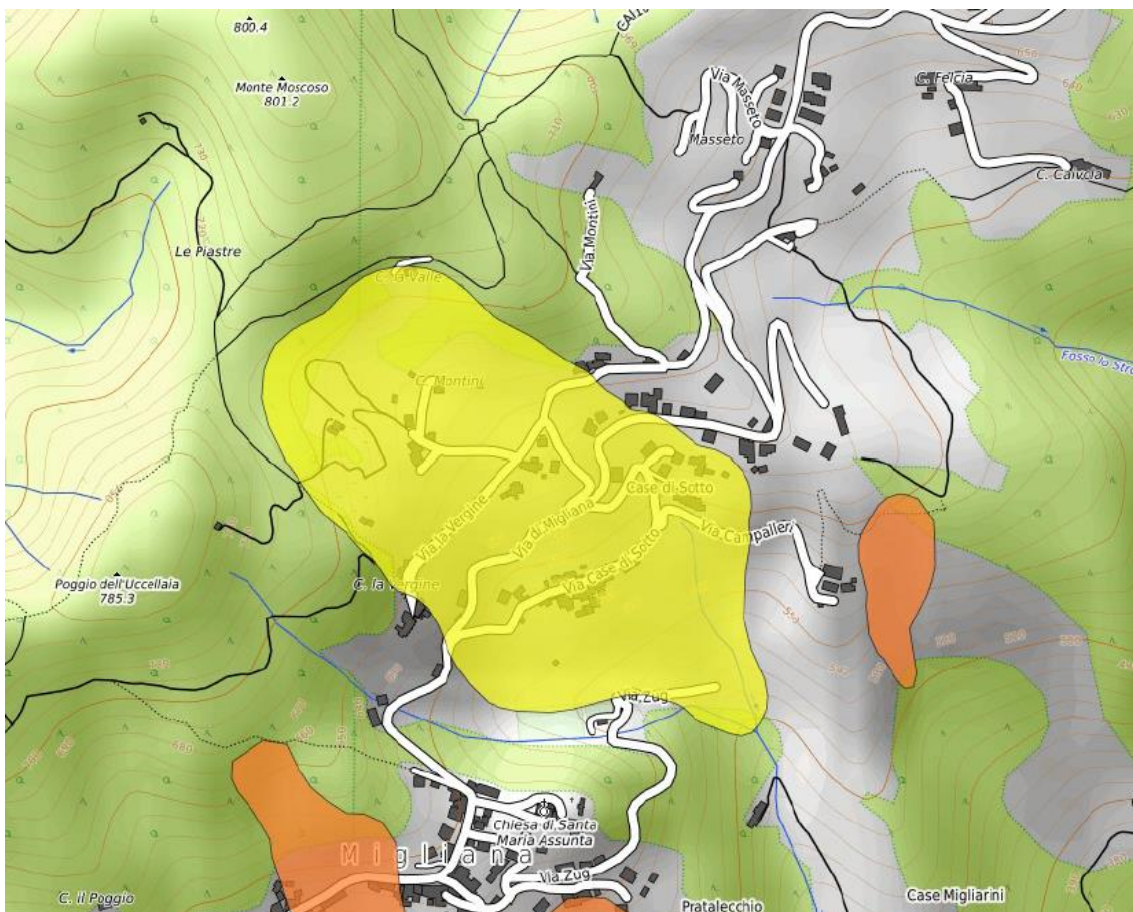


Figura 1 – Area oggetto del monitoraggio con riportata la carta di pericolosità geomorfologica del PAI estratta dal sito dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

Nello specifico le attività incluse e svolte all'interno del presente incarico sono le seguenti:

1. Installazione e messa in opera di una rete di monitoraggio wireless di sensori geotecnici (inclinometri in foro, piezometri e fessurimetri) composta da nodi wireless con modulo di ricezione e trasmissione dati per la trasmissione di tutti i dati in tempo reale.
2. Realizzazione e messa on-line di piattaforma web dedicata per l'accesso, la visualizzazione e l'analisi dei dati acquisiti dal sistema di monitoraggio e per il settaggio degli allarmi.
3. Definizione di soglie di allarme preliminari.
4. Attivazione di sistema di allertamento con generazione di allarmi automatici via e-mail ed SMS.

Nei successivi paragrafi, dopo una breve descrizione della tecnologia impiegata all'interno del presente incarico, sono descritte in dettaglio le sopra citate attività.

2. Descrizione del sistema di monitoraggio

Per il monitoraggio della cinematica del movimento franoso che interessa la parte dell'abitato di Migliana in località Case di Sotto ed interessata da dissesti negli anni scorsi, almeno a partire dal 2013, è stato proposto l'impiego di una Rete *Wireless* di Sensori (WSN) per il monitoraggio dell'entità delle deformazioni superficiali, profonde e delle pressioni neutre del terreno in punti di controllo opportunamente individuati sul versante. Tale monitoraggio è stato finalizzato alla ricostruzione della geometria dei movimenti, dello stato di attività del dissesto ed alla fornitura di allerte in caso di accelerazione dei fenomeni in atto.

La strumentazione di monitoraggio impiegata è costituita da sensori geotecnici ad elevata accuratezza rappresentati da:

- sonde inclinometriche in foro,
- piezometri a tubo aperto;
- piezometri Casagrande;
- fessurimetri automatici.

I suddetti sensori sono connessi via cavo a delle centraline (datalogger) wi-fi che creano una rete autoconfigurante composta da uno o più nodi coordinatori provvisti di modulo GPRS/UMTS per il trasferimento dei dati in rete. La struttura della rete di monitoraggio è tale da consentire ai nodi che raccolgono il segnale via cavo dai sensori collegati, di ricevere tramite wifi anche i dati provenienti da altri nodi e trasmettere a loro volta i dati acquisiti. Questo tipo di distribuzione e di connettività tra i nodi del sistema, definita a topologia mesh, costituisce una rete ridondante che assicura una continua acquisizione e trasmissione del dato in rete.

E' inoltre possibile integrare, in caso di necessità, altri nodi alla rete in modalità wireless, a cui connettere via cavo eventuali sensori aggiuntivi, per estendere la rete di sensori che consenta il monitoraggio in tempo reale di un numero significativo di punti nell'area di interesse. Ogni nodo, sia coordinatore che nodi router, è dotato di batterie per l'alimentazione del datalogger stesso e dei sensori ad esso connessi via cavo e di pannello solare per la ricarica delle stesse.

Tutti i dati di monitoraggio sono consultabili su un'apposita piattaforma *web* che permette di interrogare i sensori in tempo reale, visualizzare i grafici di ogni parametro registrato (spostamento, deflessione angolare, temperatura, ecc.) per ogni singolo sensore, scaricare i dati, attivare gli allarmi e controllare il livello delle batterie dei nodi del sistema.

Nello specifico, i sensori proposti per il monitoraggio dei fenomeni di dissesto in questione sono i seguenti (Figura 2):

- n.15 sonde inclinometriche in foro;
- n.8 sonde piezometriche, di cui n.5 a tubo aperto e n.3 Casagrande;
- n.3 estensimetri a barra (fessurimetri).

Il sistema consiste di n. 15 nodi, di cui n.2 coordinatori dotati di modulo GPRS e n.13 router con solo modulo wifi (vd. Paragrafo successivo Figura 7).

In Figura 3 viene mostrato uno dei 2 nodi coordinatori con la funzionalità di datalogger wifi a cui sono connessi via cavo i sensori di monitoraggio.

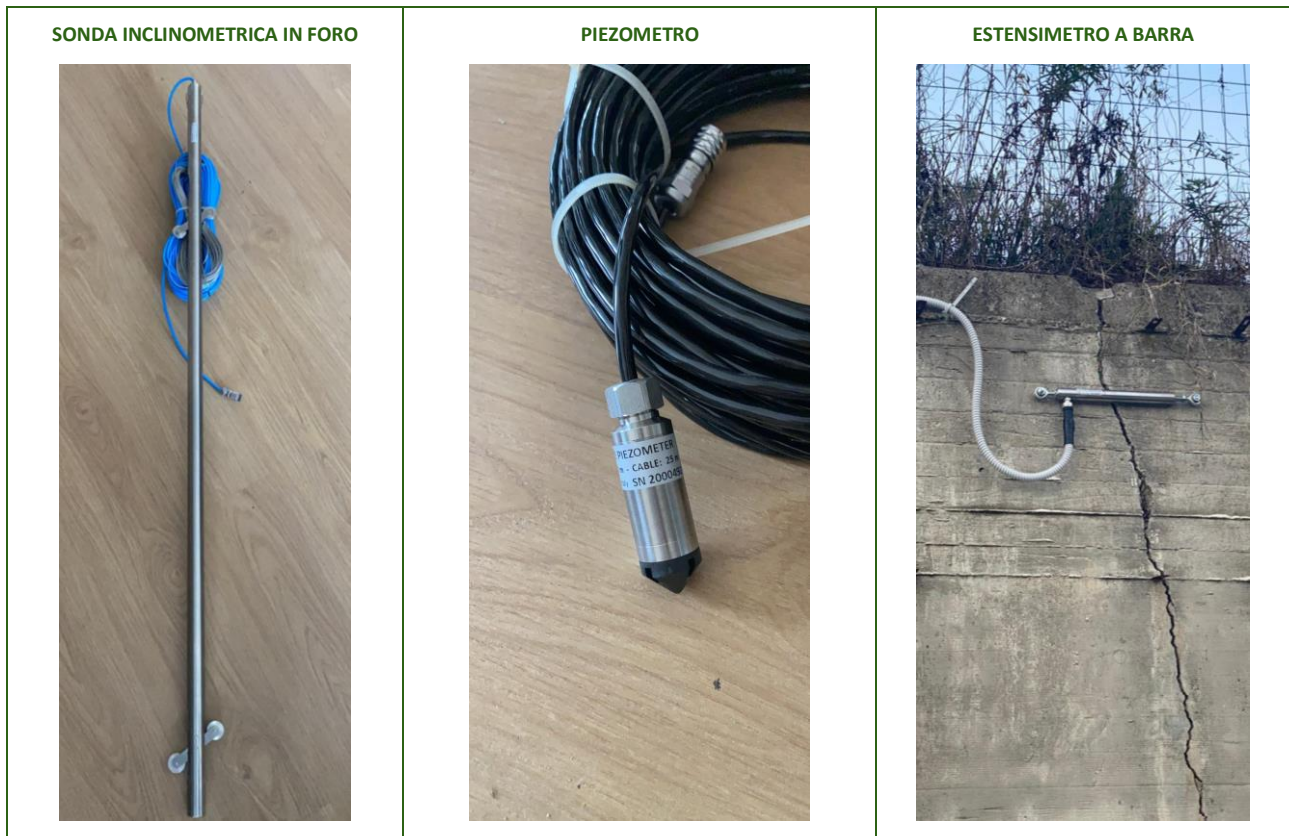


Figura 2 – Tipologia di sensori proposti per il monitoraggio. Da sinistra sonda inclinometrica in foro, sonda piezometrica ed estensimetro a barra.



Figura 3 – Nodo coordinatore (datalogger wifi) dotato di modem GPRS per il trasferimento dei dati on line e di pannello solare per la ricarica delle batterie che alimentano il nodo ed i sensori connessi ad esso via cavo.

Di seguito vengono riportate le schede tecniche di collaudo dei diversi sensori geotecnici installati (Figura 4, Figura 5, Figura 6).

CERTIFICATO DI COLLAUDO (Test Certificate): <i>INCLINOMETRO FISSO DI PROFONDITA' (In-place inclinometer)</i>						
CARATTERISTICHE TECNICHE (Technical Specification)				CONNESSIONI ELETTRICHE (Electric Connections)		
Modello (Model):	IFF-110			alimentazione 12 Vdc (power +12 Vdc)	rosso (red)	
Tipo di sensore (Sensor):	MEMS biassiale (MEMS biaxial)			GND (- supply)	nero (black)	
Campo di misura (Range):	+/- 10°			segnale X (signal X)	giallo (yellow)	
Quantità fornite (Supply Quantity):	15			segnale Y (signal Y)	marrone (brown)	
Numero seriale (Serial Number):	200571 - 200585			RS485 (A+)	blu (blue)	
Alimentazione (Supply power):	11-18 Vdc			RS485 (B-)	verde (green)	
Segnale in uscita (Output Signal):	4-20 mA a 3 fili (4-20 mA 3 wires)					
Risoluzione (Resolution):	0,005°					
Accuratezza totale (Total Accuracy):	< 0,2% F.S.					
Stabilità a lungo termine (Long Term Stability):	< 0,05°					
Temp. di esercizio (Operating Temperature):	-20...+60 °C					
Dimensioni (Dimensions):	30 mm diameter, 1400 mm length					
Passo sonde (Distance between wheels):	1000 mm					
Materiale (Material):	acciaio inox (stainless steel)					
Classe di protezione (Protection Class):	IP68					

	asse X			asse Y		
	INCLINATION: 0° OUTPUT: 12 mA	POSITIVE SCALE FUND OUTPUT: 20 mA	NEGATIVE SCALE FUND OUTPUT: 4 mA	INCLINATION: 0° OUTPUT: 12 mA	POSITIVE SCALE FUND OUTPUT: 20 mA	NEGATIVE SCALE FUND OUTPUT: 4 mA
SN	VALUE (mA)	VALUE (mA)	VALUE (mA)	VALUE (mA)	VALUE (mA)	VALUE (mA)
200671	12,005	20,045	4,005	12,064	20,005	4,035
200672	12,103	20,161	4,035	12,011	20,012	4,005
200673	12,045	20,059	4,015	12,059	20,113	4,022
200674	12,073	20,115	4,025	11,977	19,905	3,974
200675	12,010	20,011	4,005	12,080	20,111	4,015
200676	12,042	20,075	4,015	12,055	20,095	4,015
200677	12,073	20,115	4,024	12,025	20,037	4,014
200678	12,055	20,122	4,024	12,100	20,155	4,047
200679	12,052	20,055	4,015	12,037	20,070	4,019
200680	12,075	20,117	4,030	12,022	20,025	4,031
200681	12,077	20,127	4,033	12,050	20,125	4,037
200682	12,070	20,124	4,030	12,050	20,091	4,025
200683	12,012	20,024	4,000	12,014	20,040	4,005
200684	12,025	20,040	4,005	12,055	20,105	4,025
200685	12,075	20,124	4,025	12,055	20,095	4,015

Si dichiara che gli strumenti forniti risultano conformi alle caratteristiche tecniche sopra indicate.
(We declare that the supplied instruments are in accordance with the technical data mentioned above).

DATA (Date) 12/11/2020	Il Responsabile (Responsible)
----------------------------------	--

Figura 4 – Scheda tecnica e certificato di collaudo per i sensori inclinometrici in foro.


CERTIFICATO DI COLLAUDO (Test Certificate): <i>SENSORE DI LIVELLO (Level sensor)</i>	
CARATTERISTICHE TECNICHE (Technical Specification)	
Modello (Model):	<i>PEP-100</i>
Tipo di sensore (Sensor Type):	<i>piezoresistivo (piezoresistive)</i>
Campo di misura (Range):	<i>20 m</i>
Quantità fornite (Supply Quantity):	<i>5</i>
Numero seriale (Serial Number):	<i>2000487-2000491</i>
Tipo di misura (Measure Type):	<i>relativa (relative)</i>
Segnale in uscita (Output Signal):	<i>4-20 mA</i>
Tensione di alimentazione (Power Supply):	<i>8-32 Vdc</i>
Sovrappressione (Overpressure):	<i>100% FS</i>
Accuratezza (Accuracy):	<i>< 0,25% FS</i>
Stabilità a lungo termine (Long term stability):	<i>2 mbar</i>
Temp. di esercizio (Operating Temperature):	<i>-20...+80 °C</i>
Materiale (Material):	<i>acciaio inox (stainless steel)</i>
Diametro (Diameter):	<i>21 mm</i>
Lunghezza (Length):	<i>73 mm</i>
Classe di protezione (Protection Class):	<i>IP68</i>
Ingresso cavo (Cable Entry):	<i>pressacavo (cable gland)</i>
CONNESSIONI ELETTRICHE (Electric Connections)	
CODICE COLORI (color code) - OUTPUT mV/V	
+ segnale (+ signal)	<i>bianco (white)</i>
- segnale (- signal)	<i>verde (green)</i>
+ alimentazione (+ supply)	<i>rosso (red)</i>
- alimentazione (- supply)	<i>nero (black)</i>
CODICE COLORI (color code) - OUTPUT 4-20 mA	
+ alimentazione (+ supply)	<i>rosso (red)</i>
segnale (signal)	<i>nero (black)</i>
COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE LINEARE (linear correlation coefficients)	
$y = A \cdot x + B$ $A =$ $B =$ <p><i>y = valore (value) (m)</i></p> <p><i>x = lettura sensore (sensor reading) (mA)</i></p>	
<p>Si dichiara che gli strumenti forniti risultano conformi alle caratteristiche tecniche sopra indicate. <i>(We declare that the supplied instruments are in accordance with the technical data mentioned above).</i></p>	
DATA (Date) <i>12/11/2020</i>	Il Responsabile (Responsible) 

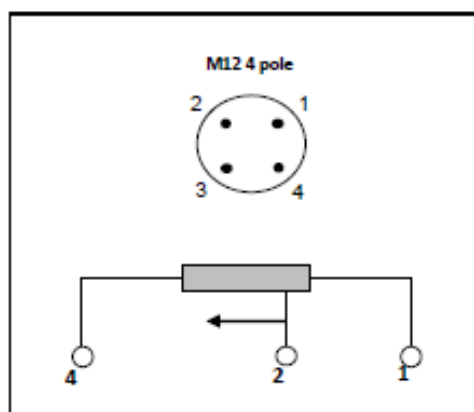
Figura 5 – Scheda tecnica e certificato di collaudo per i sensori piezometrici.

CERTIFICATO DI COLLAUDO (Test Certificate): FESSURIMETRO ELETTRICO (Electrical Crackmeter)**CARATTERISTICHE TECNICHE (Technical Specification)**

Modello (Model):	MGE-368
Tipo di installazione (Installation type):	every type of environments
Tipo di sensore (Sensor):	potenziometrico (potentiometric)
Campo di misura (Range):	50 mm
Quantità fornite (Supply Quantity):	4
Numero seriale (Serial Number):	da 200803 a 200806
Tensione di alimentazione (Power Supply):	2-24 Vdc
Segnale in uscita (Output Signal):	tensione (voltage)
Linearità (Linearity):	< 0,1 %FS
Risoluzione (Resolution):	related to the reading system
Accuratezza (Accuracy):	< 0,1 %FS
Ripetibilità (Repeatability):	0,01 mm
Temp. di esercizio (Operating Temperature):	-20...+80 °C
Materiale (Material):	acciaio inox (stainless steel)
Diametro (Diameter):	29 mm
Lunghezza (Length):	270-320 mm
Classe di protezione (Protection Class):	IP68
Ingresso cavo (Cable Entry):	connettore (connector)
Tipo di connettore (Protection Class):	M12 4 poli (M12 4 pole)

CONNESSIONI ELETTRICHE (Electric Connections)

	M12 4 pole	colore (colour)
Alimentazione (power V+)	pin 1	rosso (red)
Segnale (signal)	pin 2	bianco (white)
-	pin 3	-
GND	pin 4	nero (black)



Si dichiara che gli strumenti forniti risultano conformi alle caratteristiche tecniche sopra indicate.

(We declare that the supplied instruments are in accordance with the technical data mentioned above).

DATA (Date)

12/11/2020

Il Responsabile (Responsible)

Figura 6 – Scheda tecnica e certificato di collaudo per i fessurimetri elettrici.

3. Installazione e messa in opera del sistema di monitoraggio

Nel presente paragrafo viene riportata la descrizione dei sensori che compongono il sistema di monitoraggio e la loro disposizione nell'area oggetto di indagine.

Nel complesso, il sistema è composto da:

Numero	Tipologia nodo	Dotazione
2	Nodo coordinatore	Modem GPRS, Pannello solare
13	Nodo router	wifi

A cui è connessa la seguente sensoristica:

Numero	Tipologia sensore	Specifica
15	Inclinometro in foro	
8	Piezometro	n.5 a tubo aperto
		n.3 Casagrande
3	Fessurimetri	

In Figura 7 viene riportata l'ubicazione dei diversi sensori e dei relativi coordinatori/nodi per l'acquisizione e la trasmissione dei dati.

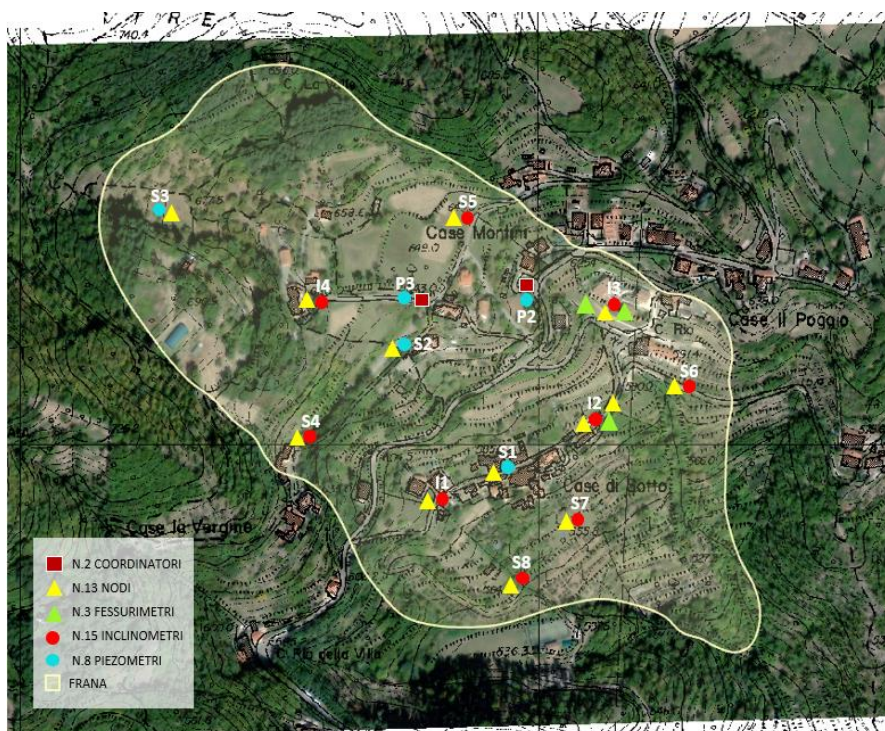


Figura 7 – Localizzazione dei sondaggi con i sensori di monitoraggio sull'area in frana, così distribuiti: 5 inclinometri in sondaggi nuovi (S4-S8), 10 inclinometri in sondaggi esistenti (I1-I4); 8 piezometri in 5 sondaggi, di cui 2 già esistenti (P2-P3) e 3 di nuova realizzazione (S1-S3).

3.1 Inclinatori in foro

La rete di monitoraggio include un totale di n. 15 sensori inclinometri in foro, 10 dei quali posizionati in fori di sondaggio profondi preesistenti, realizzati nell'ambito delle indagini e del sistema di monitoraggio messo in opera nel 2018 dalla Dott.ssa Geol. Polverosi, mentre i rimanenti 5 ubicati all'interno di sondaggi di nuova realizzazione.

Nei fori di sondaggio preesistenti, identificati con il codice I1-I4, sono state inserite, sulla base delle risultanze delle misure svolte nel 2018 dalla Dott.ssa Geol. Polverosi, le sonde inclinometriche a profondità diverse come riportato nello schema della tabella sottostante (Tabella 1). Le posizioni dei sondaggi I1-I4 sono indicate in Figura 8.

Nelle vicinanze di ciascun foro di sondaggio sono state installate le centraline wi-fi e connesse via cavo ai sensori inseriti all'interno del foro, come mostrato in Figura 9.

Tabella 1 – In tabella sono riportati i sondaggi preesistenti con le profondità di installazione per ogni nuova sonda inclinometrica.

Foro di sondaggio	Profondità foro (m)	Sonda inclinometrica	Profondità dal p.c. (m)
I1	20	I1	17
		I2	19
I2	39	I1	16
		I2	18
		I3	33
		I4	35
I3	30	I1	18
		I2	20
I4	34	I1	22
		I2	24

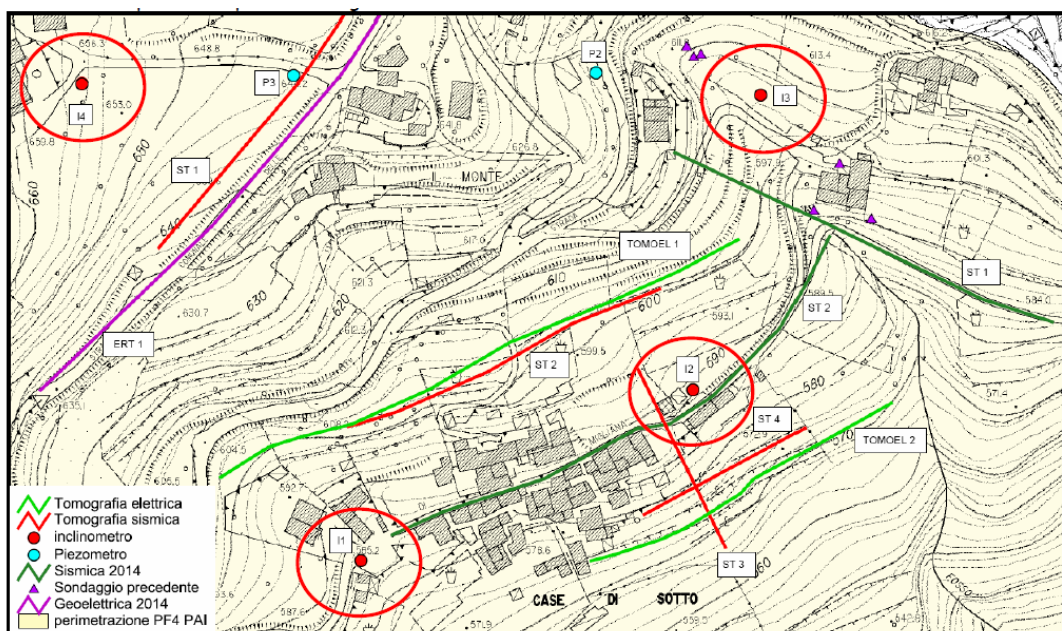


Figura 8 – Sono cerchiare di rosso le posizioni (I1-I4) dei fori di sondaggio preesistenti (da relazione Polverosi 2018), in cui sono state inserite le nuove sonde inclinometriche.



Figura 9 – Foto della centralina wifi e della sonda inclinometrica installata in corrispondenza del foro di sondaggio I1.

I fori di sondaggio di nuova realizzazione, identificati dal codice S4-S8, hanno raggiunto le seguenti profondità (Figura 10):

- S4: profondità sondaggio 20 m dal p.c.;
- S5: profondità sondaggio 20 m dal p.c.;
- S6: profondità sondaggio 19 m dal p.c.;
- S7: profondità sondaggio 20 m dal p.c.;
- S8: profondità sondaggio 19 m dal p.c.;

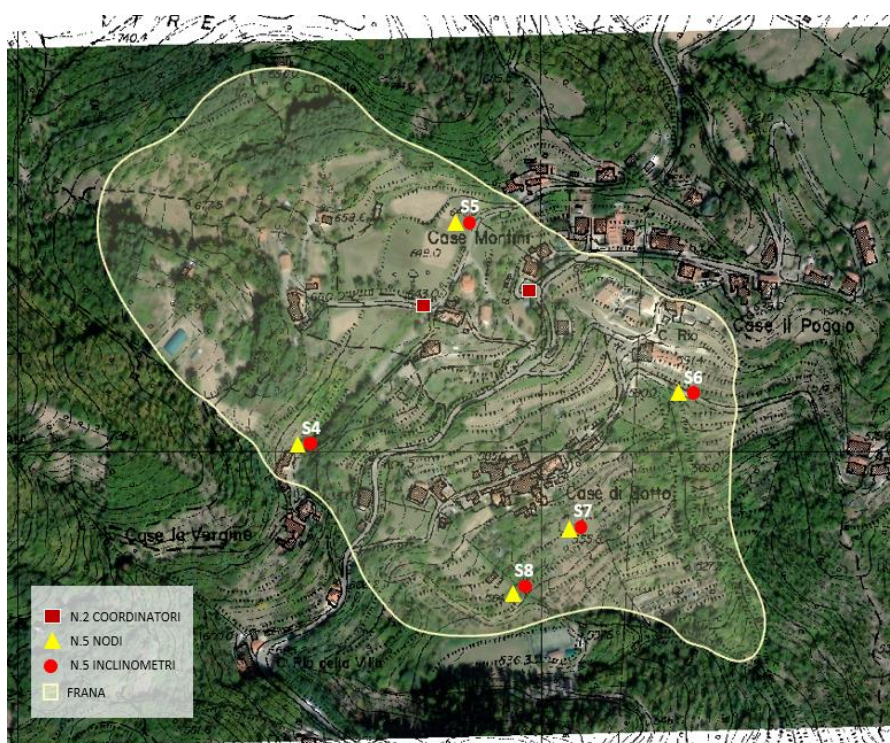


Figura 10 – Ubicazione dei sensori inclinometrici in foro, con i relativi nodi, in corrispondenza dei sondaggi realizzati tra novembre e dicembre 2020 (S4-S8).

Terminata la fase di indurimento del cemento relativa all'installazione dei tubi inclinometrici, così come da programma, è stata effettuata da parte della Dott.ssa Geol. Polverosi nel mese di febbraio 2021 la prima campagna di misure manuali per effettuare la lettura di zero necessaria. La seconda lettura manuale è stata effettuata il 21 aprile 2021, per individuare le profondità alle quali si sono verificati i massimi spostamenti rispetto alla prima lettura di riferimento e poter posizionare in modo ottimale le sonde automatiche per la rilevazione dei movimenti.

Dal confronto tra le due letture manuali è risultato che in generale i sondaggi S4-S8 non hanno mostrato spostamenti significativi, probabilmente per il limitato periodo di osservazione. Il sondaggio S4 non ha presentato spostamenti significativi, il sondaggio S5 ha presentato un accenno di deformazioni a profondità comprese tra 7 e 8 m, mentre i sondaggi S6, S7 e S8 hanno mostrato un possibile accenno a deformazioni su livelli superficiali, compresi tra i 4 e 6 m. Sulla base di tali risultati e della stratigrafia dell'area in esame, sono state scelte le seguenti profondità di posizionamento delle sonde automatiche inclinometriche:

- S4: n. 1 sonda inclinometrica a 17.5 m;
- S5: n. 1 sonda inclinometrica a 19 m;
- S6: n. 1 sonda inclinometrica a 4.5 m;
- S7: n. 1 sonda inclinometrica a 5 m;
- S8: n. 1 sonda inclinometrica a 6 m;

3.2 Piezometri

La rete di monitoraggio include un totale di n. 8 sensori piezometri. Anche in questo caso per 2 degli 8 piezometri sono stati utilizzati fori di sondaggi preesistenti, realizzati nell'ambito delle indagini e del monitoraggio messo in opera nel 2018 dalla dott.ssa geol. Polverosi, mentre per gli altri 6 sono stati utilizzati sondaggi di nuova realizzazione (Figura 11 e Figura 12).

Nei sondaggi preesistenti, identificati con il codice P2 e P3, sono ubicati i seguenti sensori piezometrici a tubo aperto:

- P2: profondità sondaggio 15 m, piezometro a tubo aperto fino a 15 m dal p. c.
- P3: profondità sondaggio 15 m. piezometro a tubo aperto fino a 15 m dal p. c.



Figura 11 - A destra sensore piezometrico installato nel sondaggio P2 e del relativo nodo (a sinistra).

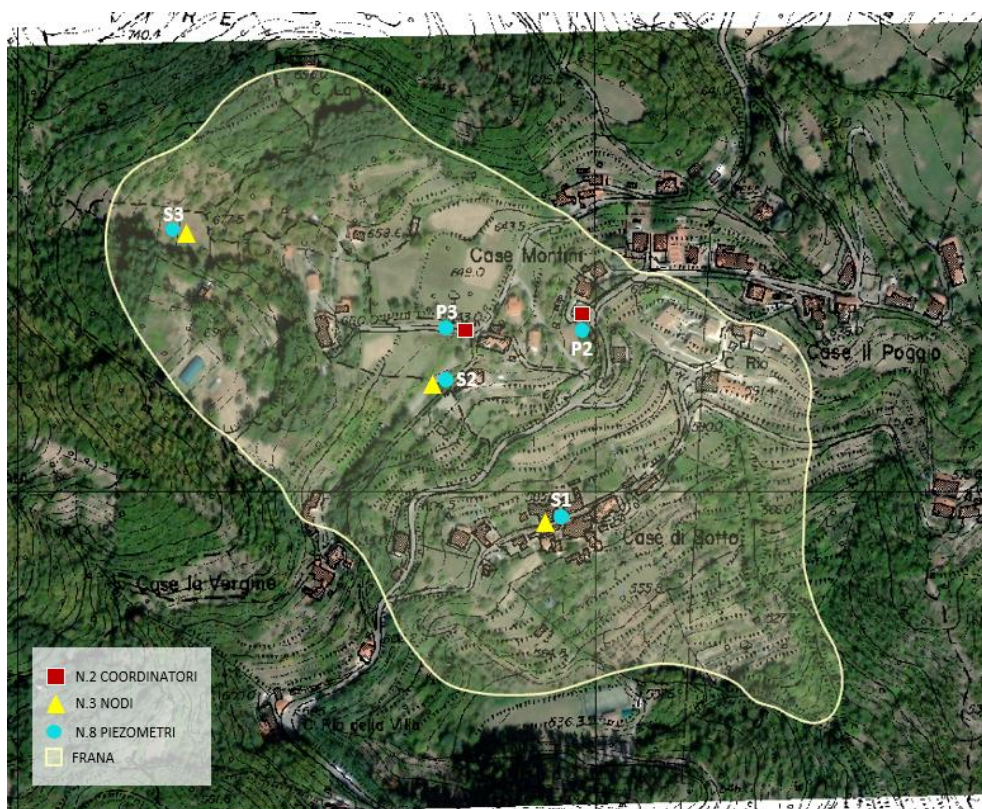


Figura 12– Ubicazione dei sensori piezometrici installati nei fori di sondaggio pre-esistenti (P2/P3) e di recente realizzazione (S1/S3), distribuiti come riportato in Tabella 2.

Nei sondaggi di nuova realizzazione, indentificati con il codice S1-S3, sono ubicati i seguenti sensori piezometrici:

- S1: profondità sondaggio 30 m, piezometro tubo aperto fino a 20 m dal p. c. e piezometro Casagrande a 25 m dal p. c.;
- S2: profondità sondaggio 30 m. piezometro a tubo aperto fino a 20 m dal p. c. e piezometro del tipo Casagrande a 25 m dal p. c.;
- S3: profondità sondaggio 30 m. piezometro a tubo aperto fino a 20 m dal p. c. e piezometro Casagrande a 25 m dal p. c.

In Tabella 2 viene riportata la lista di tutti i piezometri installati.

Tabella 2 – In tabella sono riportati i fori di sondaggi e le profondità di installazione dei piezometri.

Foro di sondaggio	Profondità (m)	Tipo di piezometro	Profondità dal p.c. (m)
P2	15	Piezometro a tubo aperto	15
P3	15	Piezometro a tubo aperto	15
S1	30	Piezometro a tubo aperto	20
		Piezometro Casagrande	25
S2	30	Piezometro a tubo aperto	20
		Piezometro Casagrande	25
S3	30	Piezometro a tubo aperto	20
		Piezometro Casagrande	25

3.3 Fessurimetri

Sulle principali lesioni presenti nell'area, in particolare in zone dove sono presenti elementi a rischio rilevanti (muri, parcheggi pubblici), sono stati installati alcuni fessurimetri elettronici per consentire di valutare l'eventuale allargamento delle stesse a seguito di accelerazioni del fenomeno franoso.

Nello specifico sono stati installati 3 fessurimetri (Figura 14), secondo le specifiche sotto riportate e localizzati come mostrato in Figura 13:

- n.1 fessurimetro sul muro di sostegno sottostante il parcheggio che costeggia la strada principale, in prossimità del sondaggio I1;
- n.1 fessurimetro sul muro di sostegno ortogonale allo sviluppo longitudinale del parcheggio, in prossimità del sondaggio I1;
- n.1 fessurimetro sul muro di sostegno sopra al parcheggio, in prossimità del sondaggio I2.

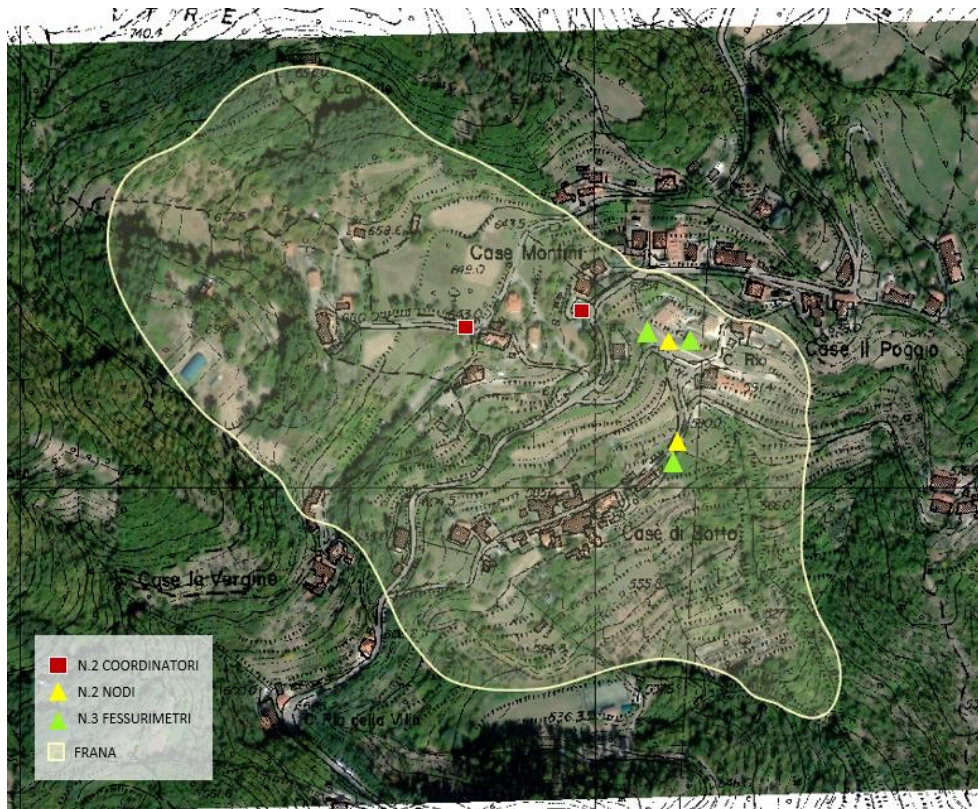


Figura 13 – Ubicazione dei fessurimetri elettrici installati sulle fratture dei muri di contenimento presenti nell'area monitorata.



Figura 14 – Fessurimetri installati sulle fratture presenti sui muri di contenimento nell'intorno del sondaggio I3 (prime due foto da sinistra) ed I2 (foto sulla destra).

4. Realizzazione e messa on-line della piattaforma web dedicata

All'interno del presente incarico è stata implementata una piattaforma web dedicata per poter accedere ai dati di monitoraggio della rete installata e per poter configurare la rete stessa, gli allarmi e controllare lo stato dei sensori e delle loro batterie.

La piattaforma consente di effettuare le seguenti attività:

- Configurazione della rete di monitoraggio;
- Diagnostica per controllo dello stato dei sensori;
- Controllo del livello delle batterie dei nodi e del livello di segnale;
- Visualizzazione della mappa con ubicazione dei diversi nodi/sensori;
- Visualizzazione interattiva dei grafici spostamento vs. tempo, deflessione angolare vs. tempo o temperatura vs. tempo dei diversi sensori;
- Download dei dati di monitoraggio per ulteriori analisi;
- Settaggio degli allarmi.

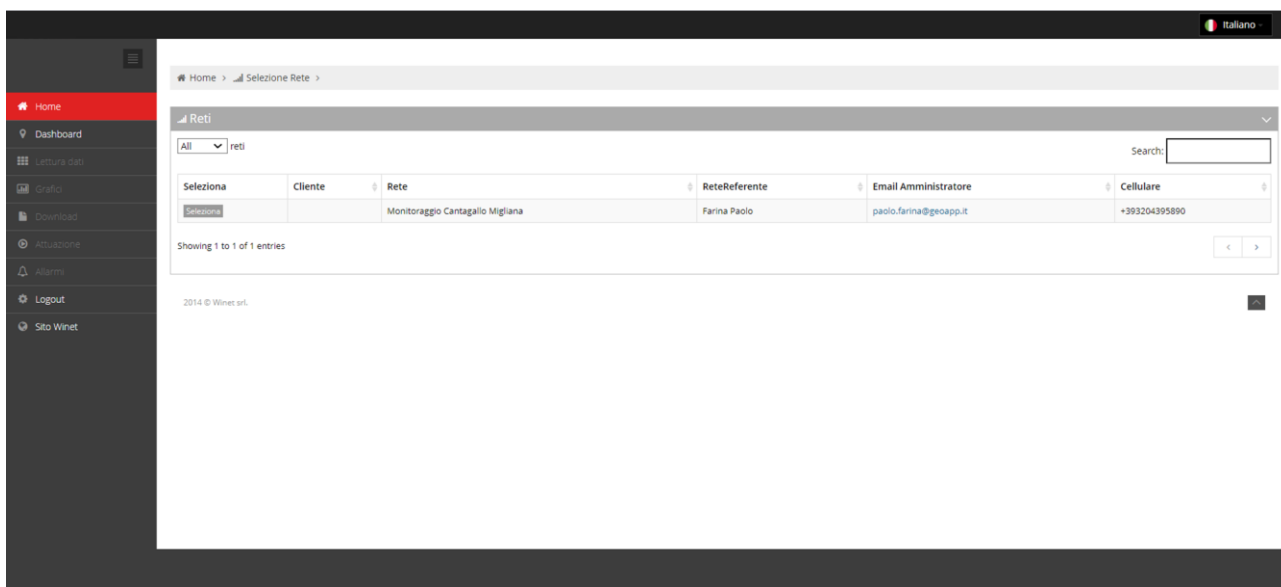


Figura 15 – Screenshot della homepage della piattaforma di monitoraggio.

E' possibile accedere al sito web dedicato al sistema di monitoraggio al seguente indirizzo:

<http://winetsrl.serveftp.com/v2>

Sono stati creati due profili con le seguenti credenziali create per accedere al sito:

Profilo 1

USER: amministrazione@geoven.it

PASS: Geoapp2020!

Profilo 2

USER: architetto@melfiprogetti.it

PASS: Geoapp2020!

Una volta entrati nel sito con le proprie credenziali, dal menu è necessario scegliere la rete di monitoraggio denominata “Monitoraggio distribuito loc. Migliana” nella lista di quelle disponibili, dalla quale è possibile accedere ai dati, sotto forma di mappa o di grafici.

E’ disponibile un manuale d’uso del sito web dedicato al seguente indirizzo web: http://winetsrl.serveftp.com/v2/Documents/Manuale_Sw_v1.0.pdf o direttamente nel menu del sito stesso.

Monitoraggio distribuito loc. Migliana Monitoraggio di sensori IoT
Aggiornato al: 11/12/2020 19:26:14

Home > Lettura dati >

Filtri

Dati dalla rete

DATA	NODO	F1	F2	I1_X	I1_X	I1_X	I1_X	I1_Y	I1_Y	I1_Y	I1_Y	I2_X	I2_X	I2_X	I2_Y	I2_Y	I2_Y	I2_Y	I3_X	I3_Y	I4_X	I4_Y	P2	P3	T,F1		
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
11/12/2020 19:24:05	P2_0101_C 0101	---																							7.32	--	
11/12/2020 19:24:02	I3_0006 0006	0.20	0.24			-0.37				0.61				0.99												-0.11	
11/12/2020 19:23:59	I2F_0004 0004	-0.01																								5.1	
11/12/2020 19:23:56	I2_0005 0005			6.90				6.50				11.50			9.10				11.00	0.38	0.59	0.19					2.68
11/12/2020 19:15:03	P3_0102_C 0102																										2.68
11/12/2020 19:15:01	I4_0003 0003							-17.20		11.10				-7.40					12.30								
11/12/2020 19:04:04	P2_0101_C 0101	---																									7.33

Figura 16 – Screenshot con lista dei dati acquisiti dal sistema di monitoraggio.



Figura 17 – Screenshot con esempio di grafici del sistema di monitoraggio.

5. Monitoraggio inclinometrico preliminare

Vengono riportate di seguito alcune valutazioni relative all'analisi dei dati inclinometrici acquisiti dalla data di installazione del sistema di monitoraggio in tempo reale alla data del presente documento. L'analisi è stata fatta al duplice scopo di "raccordare" le misure acquisite dai sensori inclinometrici automatici installati all'interno del presente incarico con le misure manuali acquisite dalla dott.ssa geol. Polverosi nel periodo 2018-2020, oltre che per supportare il settaggio delle soglie di allertamento preliminari che vengono descritte nel successivo paragrafo del presente documento.

Nel periodo compreso tra febbraio 2018 e novembre 2020 sono state effettuate delle misure inclinometriche manuali da parte della dott.ssa geol. Polverosi con il fine di determinare la geometria e lo stato di attività del fenomeno franoso che interessa l'abitato di Migliana, in località Case di Sotto.

Come riportato nella relazione tecnica redatta dalla dott.ssa geol. Polverosi, nella precedente campagna di monitoraggio è risultato che:

- l'inclinometro I1 rilevava spostamenti di entità modesta con incertezza nella determinazione della direzione e della profondità;
- l'inclinometro I2 aveva mostrato uno spostamento cumulato nell'intero periodo pari a 5.6 cm ad una profondità compresa tra i 16 e i 17 m. La direzione rilevata corrisponde con la direzione della guida A, orientata a N 128° (SE);
- l'inclinometro I3 aveva mostrato uno spostamento cumulato nell'intero periodo di circa 3.3 cm nell'intervallo stratigrafico compreso tra i 18 e i 20 m dal p.c., con una direzione di spostamento orientata a +20° rispetto alla guida A dell'inclinometro, ovvero in direzione 170°N;
- L'inclinometro I4 aveva registrato uno spostamento cumulato nell'intero periodo di circa 3.7 cm in corrispondenza del livello stratigrafico compreso tra 22 e 24 m dal p.c., con una direzione di spostamento corrispondente alla direzione della guida A, orientata a 108°N.

Si riportano di seguito i grafici relativi ai tre inclinometri che hanno registrato spostamenti nella precedente campagna di indagine, così come elaborati dalla dott.ssa geol. Polverosi, per il periodo compreso tra il 27 settembre 2018 ed il 19 novembre 2020 (Figura 18).

I risultati del monitoraggio manuale hanno evidenziato che il movimento del corpo franoso si sviluppa ad una profondità compresa tra i 16 m e i 24 m dal piano campagna, in corrispondenza del tetto del substrato roccioso, con uno spostamento di centimetrico nel periodo di osservazione compreso tra febbraio 2018 e novembre 2020 e un generale andamento del movimento in direzione S/SE.

Tali dati sono stati confrontati con quelli acquisiti dal sistema di monitoraggio installato all'interno del presente incarico con il fine di identificare una correlazione di massima tra le direzioni del movimento della frana e l'entità degli spostamenti misurati dai due sistemi di monitoraggio. I dati acquisiti nel periodo compreso tra l'attivazione del sistema del 27 novembre 2020 ed il 10 febbraio 2021 hanno evidenziato che la frana sia ancora in movimento.

In particolare, i sensori inclinometrici installati nei sondaggi I3 ed I4 hanno registrato, malgrado il breve intervallo di misura considerato, movimenti sopra il rumore strumentale con un chiaro trend. In dettaglio, nel periodo di osservazione, la sonda posizionata a 20 m dal p.c. nel sondaggio I3 ha

registrato uno spostamento cumulato pari a circa 3 mm lungo la risultante delle due guide, in direzione N 193°. La sonda dell'inclinometro I4 posizionata alla profondità di 22 m dal p.c. ha rilevato invece uno spostamento cumulato risultante pari a 0.9 mm orientato in direzione N 109°.

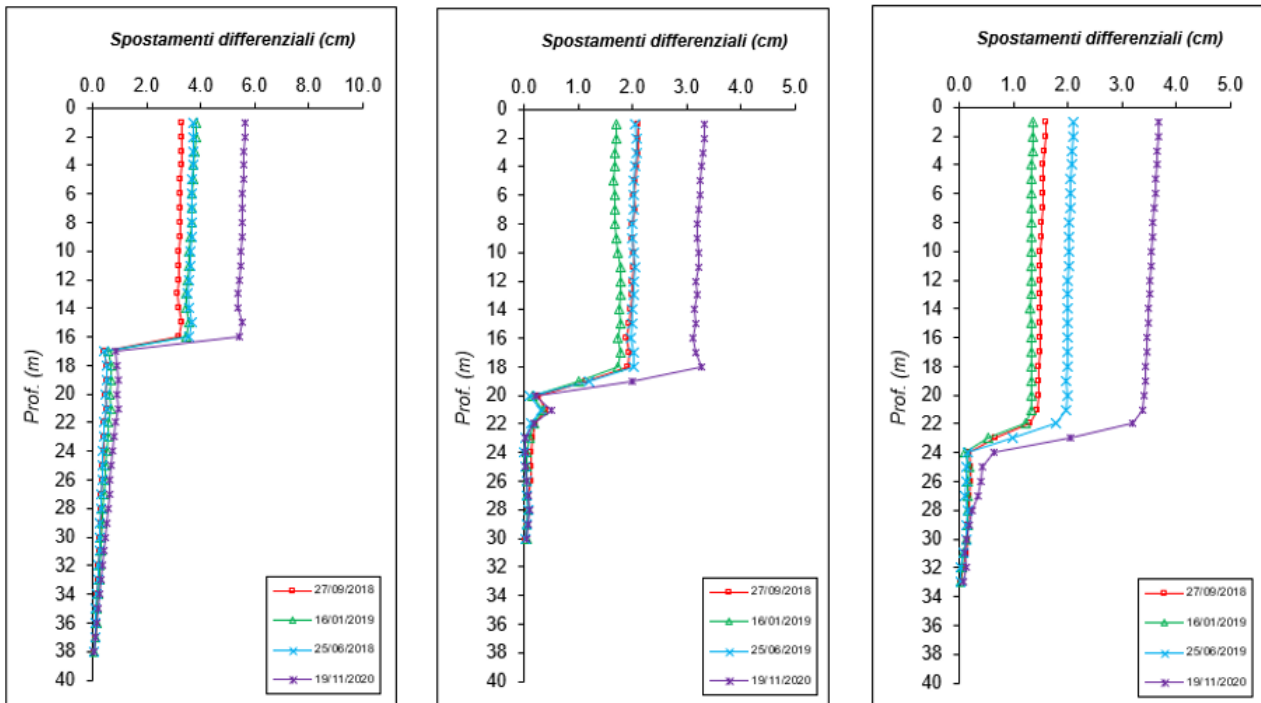


Figura 18 – Grafici elaborati dalla dott.ssa geol. Polverosi relativi agli spostamenti misurati rispettivamente, da sinistra verso destra, dagli inclinometri I2, I3 e I4 durante la precedente campagna di misurazioni manuali nel periodo compreso tra il 27 settembre 2018 ed il 19 novembre 2020.

Confrontando i dati dei due sistemi di monitoraggio, manuale ed automatico, benché essi siano relativi a due intervalli temporali non sovrapposti (febbraio 2018-novembre 2020 vs. novembre 2020-febbraio 2021) ed abbiano frequenze di campionamento differenti nello spazio e nel tempo, è possibile effettuare le seguenti considerazioni.

Per i sondaggi I3 ed I4 entrambe le misure hanno evidenziato movimenti alle stesse profondità con direzioni confrontabili (I3 170° N per letture manuali vs 193° N per letture automatiche, I4 108° N per letture manuali vs 109° N per letture automatiche) e con tassi di deformazione paragonabili per I3 (1.2 mm/mese per letture manuali vs 1.3 mm/mese per letture automatiche), ma non per I4, le cui letture manuali mostrano tassi più elevati (1.4 mm/mese vs 0.4 mm/mese per letture automatiche).

Per quanto riguarda i sensori del sondaggio I2, che avevano registrato movimenti centimetrici nel periodo di osservazione coperto dalle campagne manuali con tassi pari a 2.2 mm/mese, nei dati automatici non sono stati invece riscontrati movimenti significativi.

Le differenze osservate tra i due dataset possono essere legate ai diversi periodi di misura, soprattutto in considerazione del fatto che la frana non ha mostrato movimenti lineari né nelle letture manuali né nel periodo coperto dal monitoraggio automatico e quindi il calcolo delle velocità medie mensili può essere fuorviante, sia ad un differente stato di attività dei diversi settori della frana nel corso dell'intero periodo di osservazione.

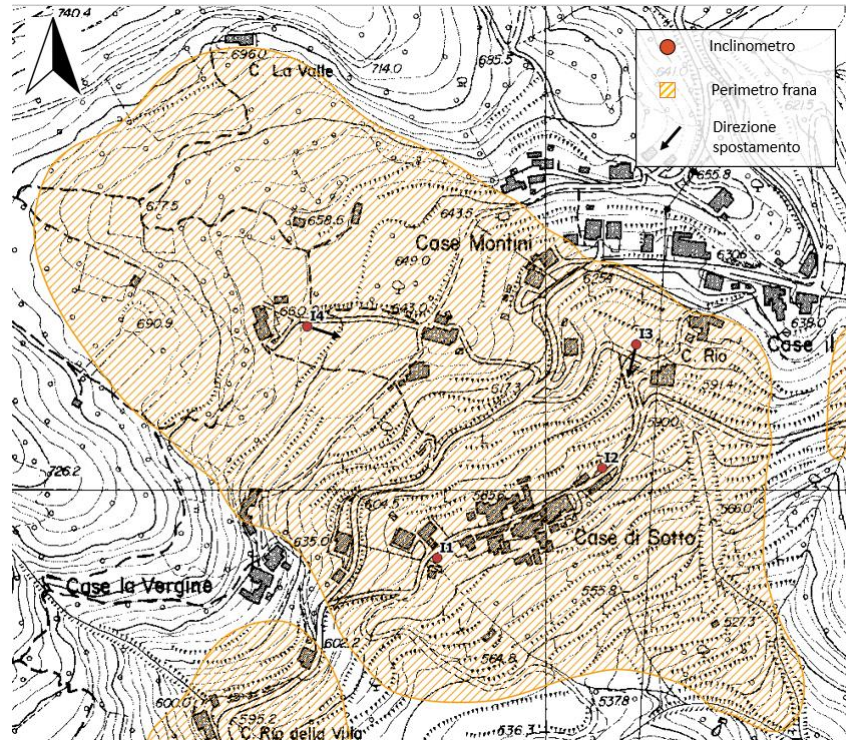


Figura 19 – Ubicazione degli inclinometri e direzione degli spostamenti rilevati nel periodo compreso tra la data di installazione del sistema di monitoraggio ed il 10 febbraio 2021.

Si riportano di seguito i grafici relativi alle letture manuali degli inclinometri di nuova realizzazione S4-S8 per il periodo compreso tra febbraio e aprile 2021, elaborati dalla dott. geol. Polverosi.

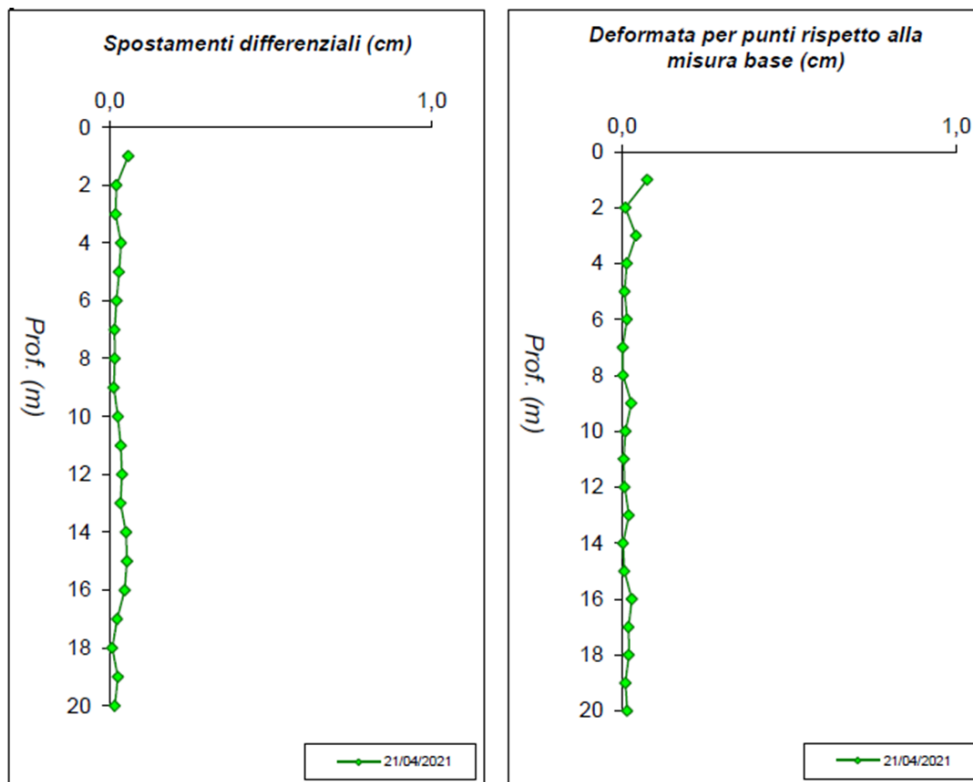


Figura 20 Grafici elaborati dalla dott.ssa geol. Polverosi relativi agli spostamenti misurati dell'inclinometro S4 nel periodo compreso tra febbraio e aprile 2021.

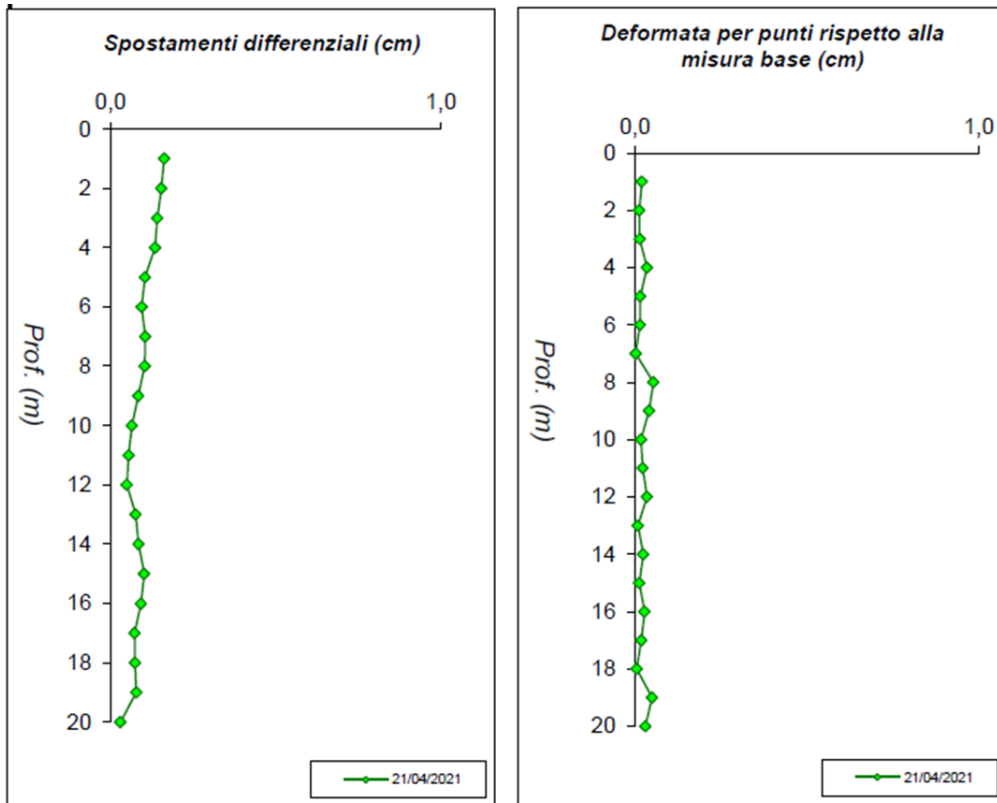


Figura 21 Grafici elaborati dalla dott.ssa geol. Polverosi relativi agli spostamenti misurati dell'inclinometro S5 nel periodo compreso tra febbraio e aprile 2021.

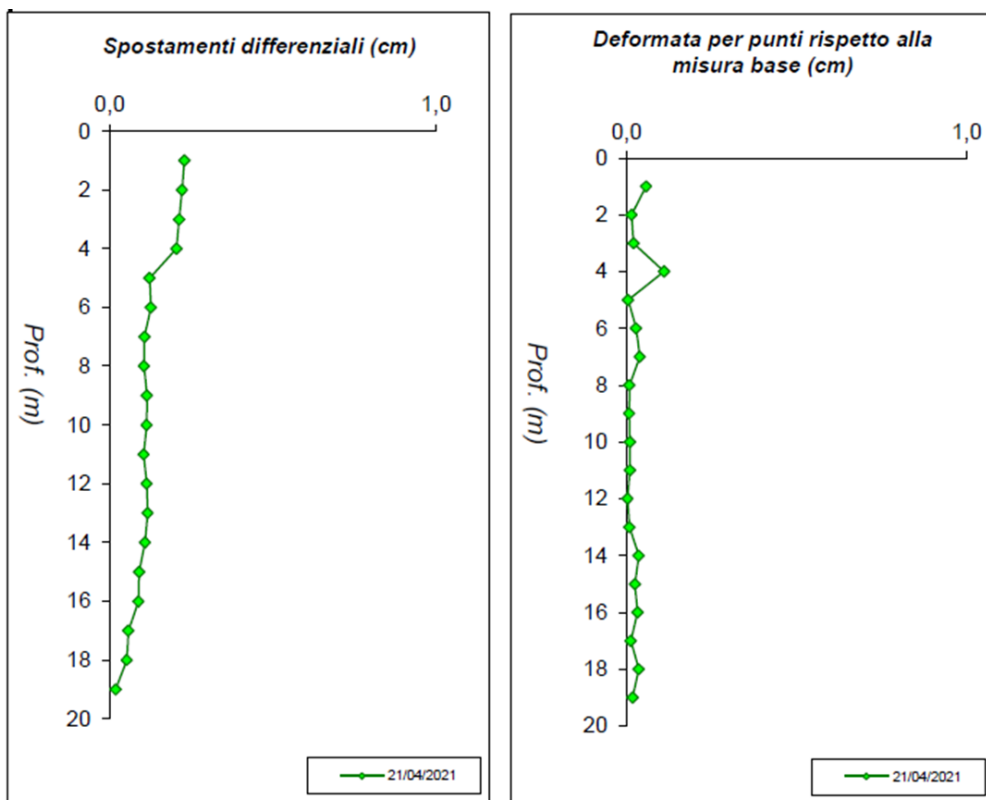


Figura 22 Grafici elaborati dalla dott.ssa geol. Polverosi relativi agli spostamenti misurati dell'inclinometro S6 nel periodo compreso tra febbraio e aprile 2021.

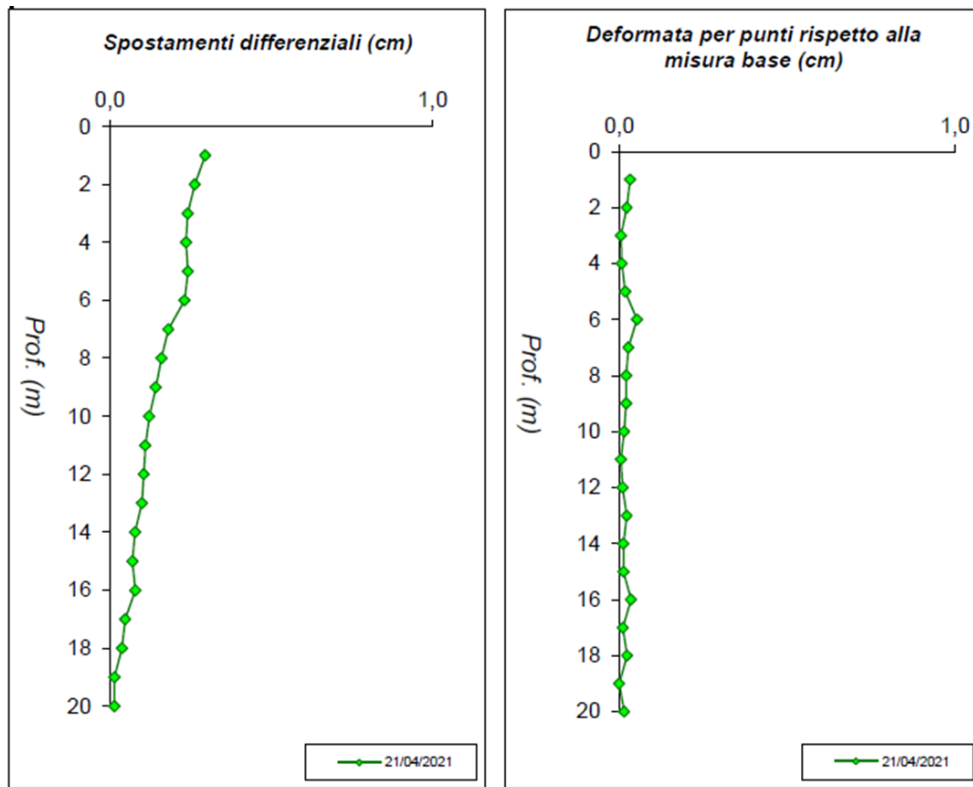


Figura 23 Grafici elaborati dalla dott.ssa geol. Polverosi relativi agli spostamenti misurati dell'inclinometro S7 nel periodo compreso tra febbraio e aprile 2021.

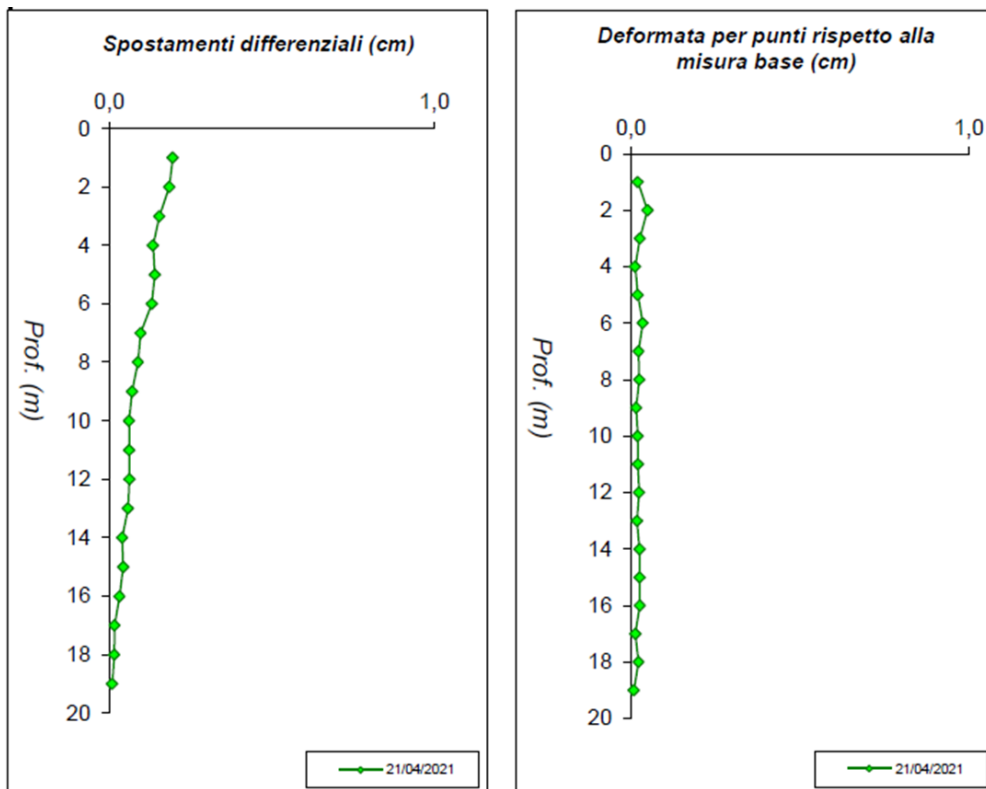


Figura 24 Grafici elaborati dalla dott.ssa geol. Polverosi relativi agli spostamenti misurati dell'inclinometro S8 nel periodo compreso tra febbraio e aprile 2021.

6. Settaggio degli allarmi preliminari

Nel presente paragrafo vengono riportati i valori di soglia di attenzione e di allerta preliminari per il sistema di monitoraggio definiti sulla base dell'analisi dei dati registrati dai sensori nel corso dei primi mesi di operatività del sistema, ovvero dall'attivazione del 27 novembre 2020 fino a febbraio 2021.

Si riportano di seguito i valori degli spostamenti registrati nel periodo compreso tra il 27 novembre 2020 ed il 10 febbraio 2021, nelle direzioni x e y, dagli inclinometri I3 alla profondità di 20 m dal p.c.), I4 alla profondità di 22 m dal p.c. e I2 alla profondità di 33 m dal p.c.

Analizzando il grafico degli spostamenti registrati nelle direzioni x e y, dall'inclinometro I3, mostrato nelle seguenti figure, è possibile notare un chiaro trend di spostamento. In particolare, il grafico mostra un'accelerazione in entrambe le componenti, in corrispondenza del periodo tra il 6 ed il 13 dicembre 2020, tra il 28 dicembre 2020 ed il 5 gennaio 2021 e tra il 24 ed il 27 gennaio 2021.

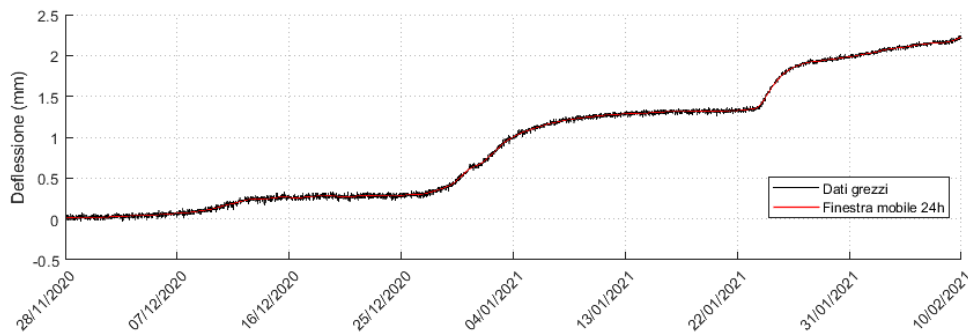


Figura 25 - Grafico spostamenti vs. tempo registrati dall' inclinometro I3 a 20 m dal p.c. in direzione x.

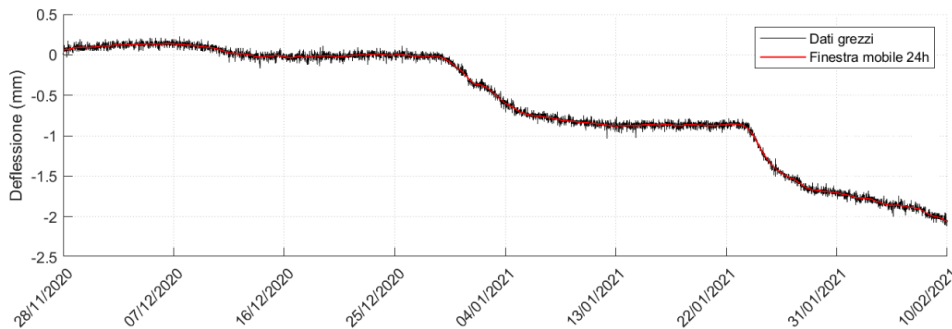


Figura 26 - Grafico spostamenti vs. tempo registrati dall'inclinometro I3 a 20 m dal p.c. in direzione y.

Tali accelerazioni sono evidenti anche nelle misure delle velocità (Figura 27 e Figura 28), calcolata come la differenza di movimento tra campioni delle misure separati di 24 ore, senza alcuna media, nelle direzioni x e y dall'inclinometro. Infatti, in corrispondenza dei tre periodi di accelerazione si nota un picco dei valori delle velocità, nettamente distinguibile dalle oscillazioni nei periodi precedenti dovute al rumore.

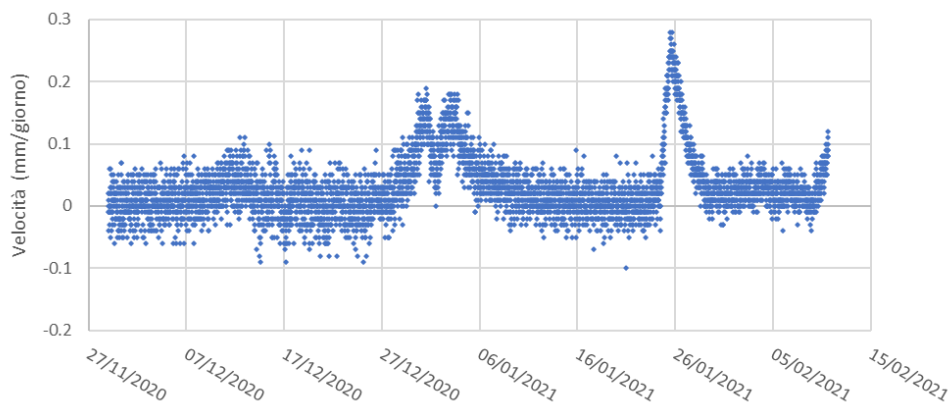


Figura 27 - Velocità registrate in direzione x dall'inclinometro I3 a 20 m dal p.c.

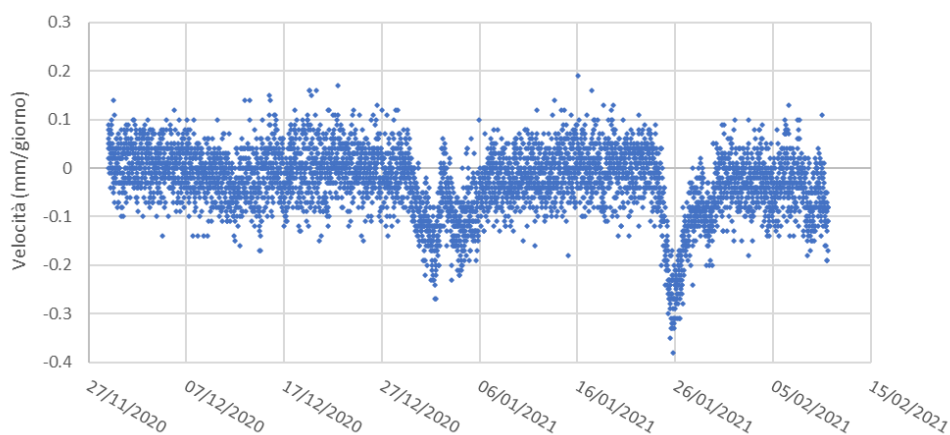


Figura 28 - Velocità registrate in direzione y dall'inclinometro I3 a 20 m dal p.c.

Anche analizzando il grafico degli spostamenti registrati dall'inclinometro I4 alla profondità di 22 m dal p.c. (Figura 29 e Figura 30), è possibile notare un chiaro trend di spostamento, con accelerazioni registrate nei periodi 28 dicembre 2020 - 4 gennaio 2021 e 24 - 28 gennaio 2021.

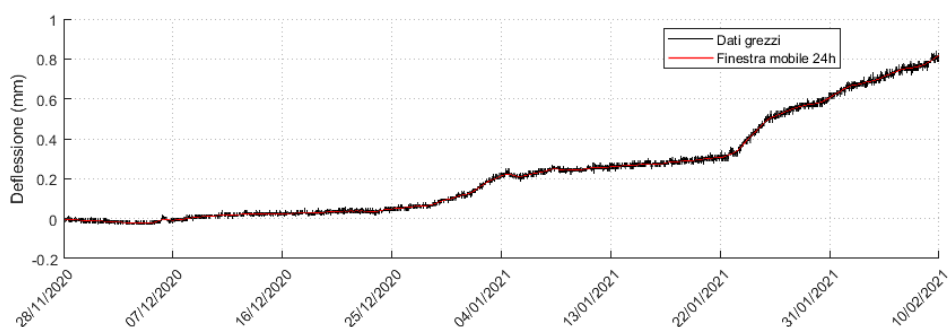


Figura 29 - Grafico spostamenti vs. tempo registrati dall'inclinometro I4 a 22 m dal p.c. in direzione x.

Anche in questo caso, i valori di velocità giornaliera in corrispondenza dei due periodi di accelerazione sono superiori e facilmente distinguibili rispetto al rumore di fondo delle misure di velocità nel restante periodo di tempo (Figura 31 e Figura 32).

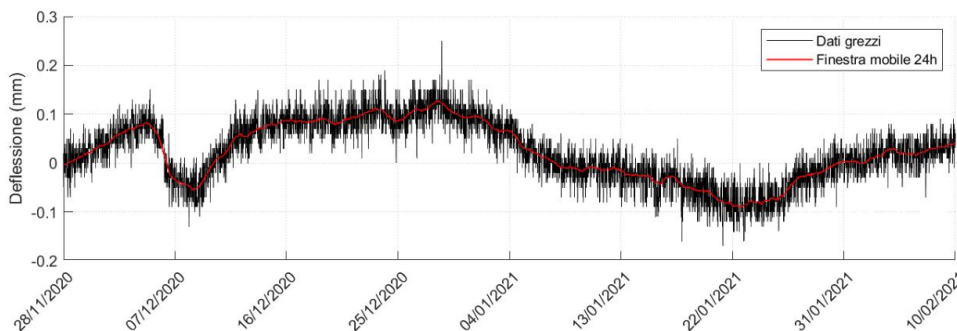


Figura 30 - Grafico spostamenti vs. tempo registrati dall'inclinometro I4 a 22 m dal p.c. in direzione y.

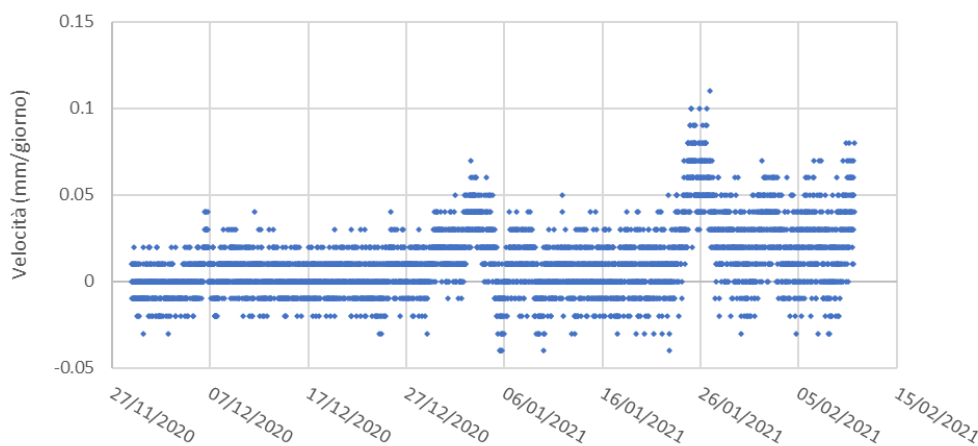


Figura 31 - Velocità registrate in direzione x dall'inclinometro I4 a 22 m dal p.c.

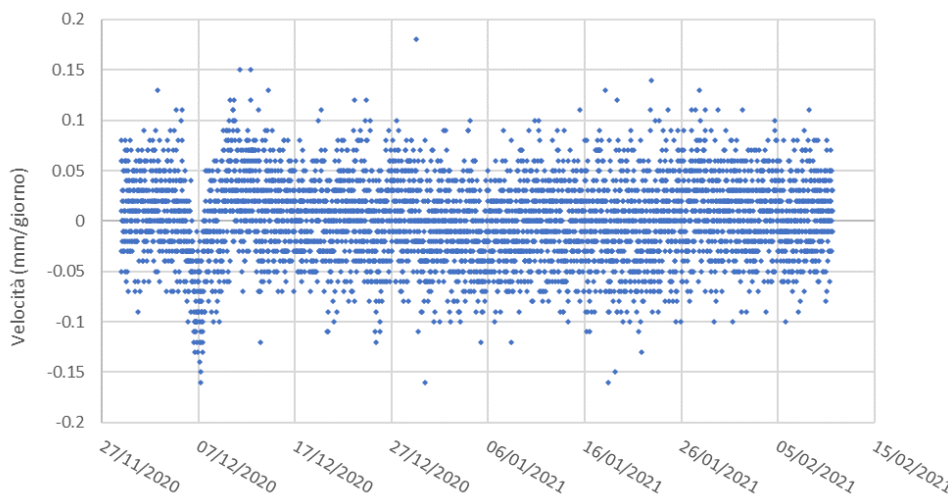


Figura 32 - Velocità registrate in direzione y dall'inclinometro I4 a 22 m dal p.c.

Al contrario, i grafici degli spostamenti in direzione x e y, registrati dall'inclinometro I2 alla profondità di 33 m dal p.c. (Figura 33 e Figura 34), non mostrano trend di spostamento significativi, ma valori che rientrano nel range di rumore strumentale, dell'ordine del decimo di millimetro. Tale dinamica è chiaramente visibile anche osservando i valori di velocità nel tempo, come mostrano i grafici in Figura 35 e in Figura 36.

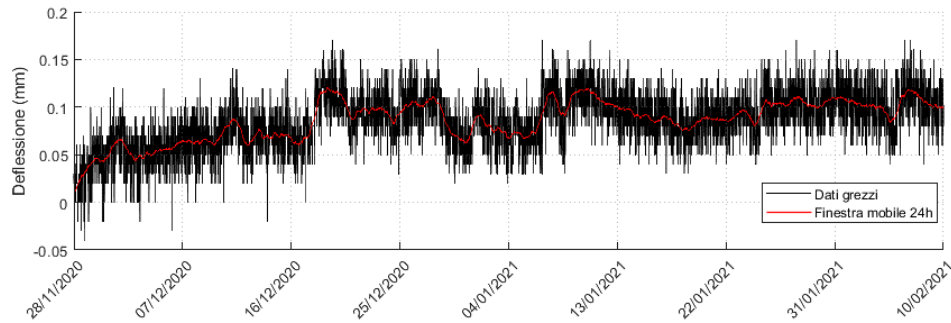


Figura 33 - Grafico spostamenti vs. tempo registrati dall'inclinometro I2 al 33 m dal p.c. in direzione x.

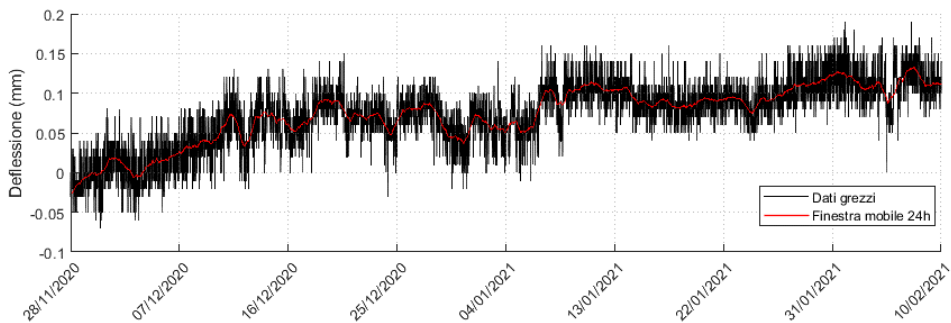


Figura 34 - Grafico spostamenti vs. tempo registrati dall'inclinometro I2 a 33 m dal p.c. in direzione y.

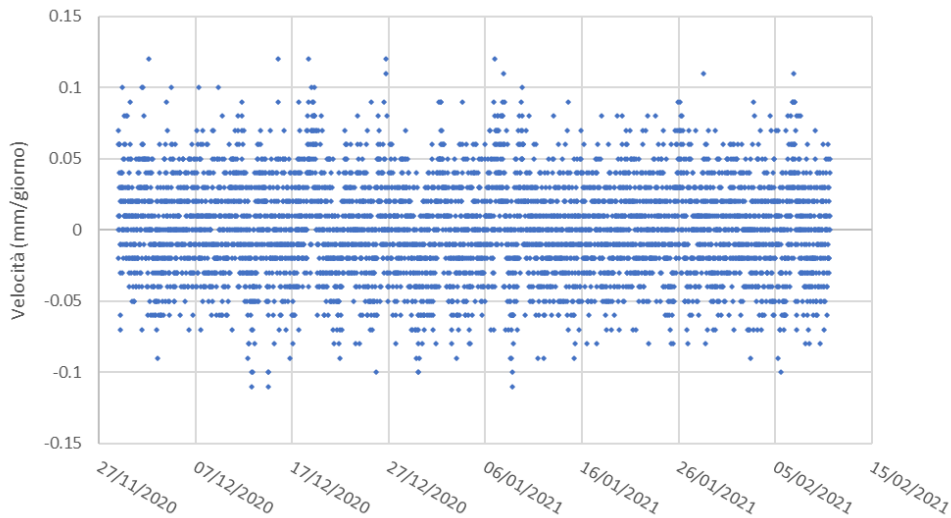


Figura 35 - Velocità registrate in direzione x dall'inclinometro I2 a 33 m dal p.c.

Le soglie di attenzione e di allerta proposte vengono espresse in termini di velocità (spostamento registrato nelle 24 ore). Le velocità registrate dagli inclinometri e dagli estensimetri della rete di monitoraggio nei primi mesi dall'installazione del sistema di monitoraggio sono state utilizzate come riferimento per individuare il range delle misure dovute al rumore strumentale o alle oscillazioni termiche. I valori di soglia sono stati dunque definiti moltiplicando i valori massimi e minimi di velocità registrate per un coefficiente maggiorativo, in modo da identificare comportamenti anomali delle misure non associabili a rumore strumentale od oscillazioni legate alle variazioni di temperatura, ma a reali aumenti delle deformazioni, e quindi da ridurre l'occorrenza di falsi allarmi.

Nella tabella successiva si riportano i valori massimi e minimi delle velocità registrate dagli inclinometri nel periodo di riferimento.

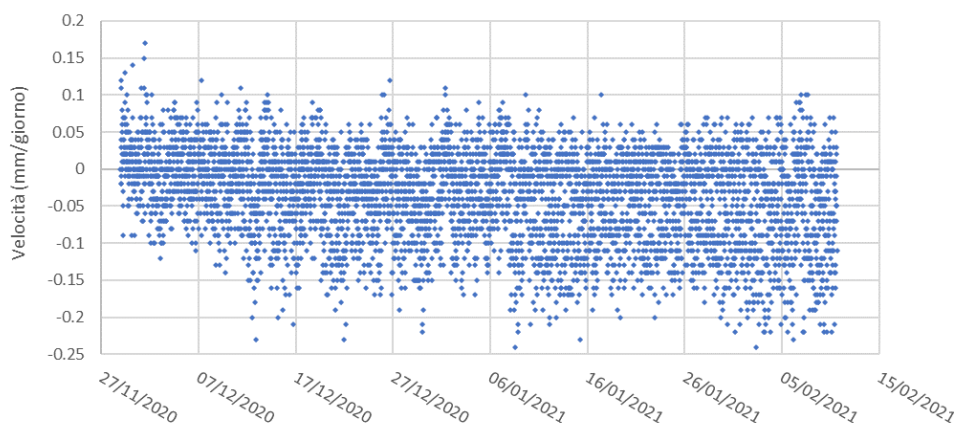


Figura 36 - Velocità registrate in direzione y dall'inclinometro I2 a 33 m dal p.c.

Tabella 3 - Velocità registrate dagli inclinometri nel periodo 27 novembre 2020 – 10 febbraio 2021.

NODO	STRUMENTO	SENSORE	RANGE VELOCITA' MIN e MAX (mm/giorno)			
			Direzione X		Direzione Y	
Nodo 2	Inclinometro	I1 17 m	< 0.26	> -0.28	< 0.17	> -0.2
	Inclinometro	I1 19 m	< 0.15	> -0.23	< 0.33	> -0.37
Nodo 3	Inclinometro	I4 22 m	< 0.12	> -0.04	< 0.2	> -0.2
	Inclinometro	I4 24 m	< 0.2	> -0.25	< 0.15	> -0.15
Nodo 5	Inclinometro	I2 16 m	< 0.16	> -0.17	< 0.21	> -0.18
	Inclinometro	I2 18 m	< 0.2	> -0.2	< 0.23	> -0.2
	Inclinometro	I2 33 m	< 0.12	> -0.11	< 0.17	> -0.24
	Inclinometro	I2 35 m	< 0.22	> -0.17	< 0.18	> -0.17
Nodo 6	Inclinometro	I3 18 m	< 0.44	> -0.53	< 0.36	> -0.37
	Inclinometro	I3 20 m	< 0.28	> -0.1	< 0.19	> -0.38
Velocità media			< 0.21	> -0.21	< 0.22	> -0.25

Utilizzando un coefficiente maggiorativo pari a 3 per la soglia di attenzione e pari a 4 per la soglia di allerta e considerando il valore medio delle velocità registrate, sono stati identificati i seguenti valori di soglia di attenzione e allerta per i sensori inclinometrici:

Tabella 4 - Soglie di attenzione e di allerta per il monitoraggio inclinometrico.

STRUMENTO	DIREZIONE	SOGLIE DI ATTENZIONE		SOGLIE DI ALLERTA	
		Velocità (mm/giorno)	Velocità (mm/giorno)	Velocità (mm/giorno)	Velocità (mm/giorno)
Inclinometro	X	> 0.6	< -0.6	> 0.8	< -0.8
	Y	> 0.6	< -0.75	> 0.8	< -1.0

I valori di soglia impostati per gli inclinometri I1-I4 sono stati adottati anche per gli inclinometri S4-S8 posizionati nei sondaggi di nuova realizzazione di cui non abbiamo un periodo di misura utile per valutare la statistica del rumore delle misure.

In Tabella 5 si riportano i valori massimi e minimi delle velocità registrate dagli estensimetri nel periodo di riferimento.

Utilizzando un coefficiente maggiorativo pari a 3 per la soglia di attenzione e pari a 4 per la soglia di allerta e considerando il valore medio delle velocità registrate, sono stati definiti i valori di soglia di attenzione e di allerta per il monitoraggio dei dati registrati dagli estensimetri come riportato in Tabella 6.

Tabella 5 - Velocità registrate dagli estensimetri nel periodo 27 novembre 2020 – 10 febbraio 2021.

NODO	STRUMENTO	ID SENSORE	RANGE VELOCITA' MIN e MAX (mm/giorno)	
			< 0.18	> -0.22
Nodo 6	Estensimetro	I3 F1	< 0.36	> -0.37
	Estensimetro	I3 F2	< 0.31	> -0.27
Nodo 4	Estensimetro	I2F F1	< 0.28	> -0.29
Velocità media			< 0.28	> -0.29

Tabella 6 - Soglie di attenzione e di allerta per il monitoraggio degli estensimetri.

STRUMENTO	SOGLIE DI ATTENZIONE		SOGLIE DI ALLERTA	
	Velocità (mm/giorno)	Velocità (mm/giorno)	Velocità (mm/giorno)	Velocità (mm/giorno)
Estensimetro	> 0.9	< -0.9	> 1.2	< -1.2

Nel caso in cui le suddette soglie vengano raggiunte, gli allarmi saranno notificati, oltre che al personale di Geoapp, al personale tecnico dell'amministrazione comunale di Cantagallo e dei tecnici di SPM S.r.l. ed ai geologi dott. Andrea Venosini e dott.ssa Benedetta Polverosi mediante SMS ed e-mail.

Si sottolinea che lo scopo di tali allarmi non è quello di identificare condizioni di dissesto o di collasso incipiente, ma di allertare lo staff tecnico coinvolto nel monitoraggio di eventuali variazioni delle misure rispetto ai valori iniziali, identificando così variazioni significative del quadro deformativo che possano essere analizzate ed interpretate da personale tecnico competente.

7. Conclusioni

Il presente documento rappresenta il Rapporto Finale relativo al sistema di monitoraggio in tempo reale della frana ubicata in Località Migliana-Case di Sotto, nel Comune di Cantagallo (PO), realizzato tramite l'impiego di una rete wireless di sensori geotecnici. La fornitura di tale sistema è stata svolta all'interno dell'incarico ricevuto da Geoapp srl in data 14/10/2020 dalla società S.P.M. s.r.l. nell'ambito delle attività che la stessa società ha attualmente in essere per la progettazione e realizzazione delle opere di bonifica per la mitigazione del rischio sul versante soggetto a frana in località Case di Sotto nella frazione di Migliana.

Il sistema di monitoraggio, finalizzato al duplice scopo di raccogliere informazioni relative ai fenomeni di dissesto utili alla progettazione degli interventi previsti e di consentire il controllo dell'evoluzione dei dissesti in atto nell'area oggetto durante la realizzazione degli interventi e in una fase post-operam, è basato su una rete wireless di sensori geotecnici di monitoraggio, rappresentati nello specifico da inclinometri in foro, piezometri a tubo aperto e piezometri Casagrande ed estensimetri a barra/fessurimetri automatici. Il sistema proposto, oltre a consentire il monitoraggio delle deformazioni e delle pressioni neutre, permette l'impiego dei dati a fini di allertamento automatico. Il sistema infatti è stato progettato per consentire, in caso di superamento di soglie predeterminate, l'invio di allarmi via e-mail e/o SMS.

Nello specifico le attività svolte all'interno del presente incarico sono le seguenti:

1. Installazione e messa in opera di una rete di monitoraggio wireless di sensori geotecnici (inclinometri in foro, piezometri e fessurimetri) composta da nodi wireless con modulo di ricezione e trasmissione dati per la trasmissione di tutti i dati in tempo reale.
2. Realizzazione e messa on-line di piattaforma web dedicata per l'accesso, la visualizzazione e l'analisi dei dati acquisiti dal sistema di monitoraggio e per il settaggio degli allarmi.
3. Analisi dei dati di monitoraggio acquisiti nei primi due mesi di funzionamento del sistema di monitoraggio e definizione delle soglie di allarme preliminari.
4. Attivazione di sistema di allertamento con generazione di allarmi automatici via e-mail ed SMS.

Dopo un periodo iniziale necessario per tarare il sistema, si è proceduto, in accordo con i tecnici di SPM s.r.l., al settaggio degli allarmi preliminari. Sulla base delle misure acquisite dai sensori nel periodo compreso tra l'attivazione del sistema del 27 novembre 2020 e febbraio 2021, sono stati definiti due livelli di allarme, il livello di attenzione ed il livello di allarme.

Per il monitoraggio inclinometrico sono stati definiti i seguenti valori di soglia:

STRUMENTO	DIREZIONE	SOGLIE DI ATTENZIONE		SOGLIE DI ALLERTA	
		Velocità (mm/giorno)	Velocità (mm/giorno)	Velocità (mm/giorno)	Velocità (mm/giorno)
Inclinometro	X	> 0.6	< -0.6	> 0.8	< -0.8
	Y	> 0.6	< -0.75	> 0.8	< -1.0

Per il monitoraggio effettuato tramite estensimetri sono stati definiti i seguenti valori di soglia:

STRUMENTO	SOGLIE DI ATTENZIONE		SOGLIE DI ALLERTA	
	Velocità (mm/giorno)	Velocità (mm/giorno)	Velocità (mm/giorno)	Velocità (mm/giorno)
Estensimetro	> 0.9	< -0.9	> 1.2	< -1.2

Nel periodo iniziale di messa in opera del sistema i dati sono stati controllati a cadenza settimanale dal personale di Geoapp s.r.l., in modo da poter allertare i tecnici dell'amministrazione comunale e della società SPM s.r.l. oltre che i geologi dott. Andrea Venosini e dott.ssa Benedetta Polverosi nel caso fossero state identificate eventuali accelerazioni anomale.

L'analisi dei dati di monitoraggio del periodo di osservazione consente di affermare che la frana ha effettuato spostamenti di modesta entità, dell'ordine di 1-3 mm. Tali spostamenti sono stati in particolare evidenziati dalle letture inclinometriche realizzate nel foro di sondaggio I3 ed I4 che confermano dei movimenti alle profondità di circa 18-22 m dal p.c.

Per la Società incaricata Geoapp S.r.l.

Dott. Geol. Paolo Farina



ANNESSO

“Oggetto: Nota tecnica su analisi dei dati di monitoraggio della frana di Migliana-Case di Sotto, Cantagallo (PO).”

Firenze, 06/12/2020

La presente nota ha lo scopo di riportare quanto riferito per le vie brevi in data odierna al sindaco del Comune di Cantagallo (PO), dott. Guglielmo Bongiorno, ai Vigili del Fuoco del Comando di Prato ed alla dott.ssa geol. Benedetta Polverosi, in relazione ai dati di monitoraggio acquisiti da Geoapp s.r.l. sulla frana in oggetto, all'interno dell'incarico ricevuto dalla società S.P.M. srl per la fornitura di un sistema di monitoraggio in tempo reale della frana stessa tramite una rete wireless di sensori geotecnici.

A seguito della comunicazione telefonica ricevuta alle ore 16.35 in data odierna da parte della dott.ssa geol. Polverosi di una probabile riattivazione o accelerazione del fenomeno franoso, come segnalato da alcuni residenti, in corrispondenza dell'area in cui è stato realizzato il sondaggio denominato I-3, è stato effettuato dallo scrivente un controllo dei dati di monitoraggio acquisiti dalla data di installazione dello stesso sistema (27 novembre c.a.) fino alla data odierna.

Nell'area oggetto della segnalazione sono installati n.2 sensori inclinometrici automatici all'interno del foro di sondaggio attrezzato con tubo inclinometrico denominato I-3 alla profondità di 18 m e 20 m dal piano di campagna, oltre a due fessurimetri automatici installati a cavallo di n.2 fratture sub-verticali presenti sui due muri di sostegno del parcheggio presente nell'area. Tali sensori sono connessi via cavo ad una centralina che trasmette i dati in tempo reale ad un server da cui è possibile visualizzarli su una piattaforma web dedicata.

Il controllo dei dati effettuato in data odierna a seguito della segnalazione della dott.ssa geol. Polverosi, ha consentito di rilevare che i due sensori inclinometrici automatici installati in corrispondenza del foro di sondaggio denominato I-3 non evidenziano valori significativi di deformazione angolare.

Entrambi i fessurimetri automatici installati in corrispondenza delle fessure verticali presenti sul muro sottostante il parcheggio (dove è ubicato il foro di sondaggio I-3) e sul muro perpendicolare ad esso hanno invece misurato deformazioni di alcuni decimi di millimetro (0,3 mm) limitatamente al periodo compreso tra i giorni 30 novembre e 3 dicembre (c.a.). A partire dal 4 dicembre i due fessurimetri non hanno rilevato deformazioni significative, sopra all'errore strumentale, quindi è possibile dire che al momento non si evidenziano trend in accelerazione dai dati di monitoraggio.

Si fa notare infine che al momento dell'installazione della suddetta strumentazione il palo su cui è posizionata la centralina di acquisizione dati non è stata installata a “piombo” (quindi non sono da considerarsi rilevanti eventuali osservazioni di perdita di verticalità minime successive all'installazione) e che inoltre alla data dell'installazione dei sensori in questa area risultava già essere presente tra il muro di sostegno in questione e l'asfalto del piano del parcheggio un distacco di circa 5 cm. Vengono riportati di seguito i grafici che mostrano i dati di monitoraggio dei suddetti sensori nel periodo compreso tra il 27 novembre ed il 6 dicembre 2020.

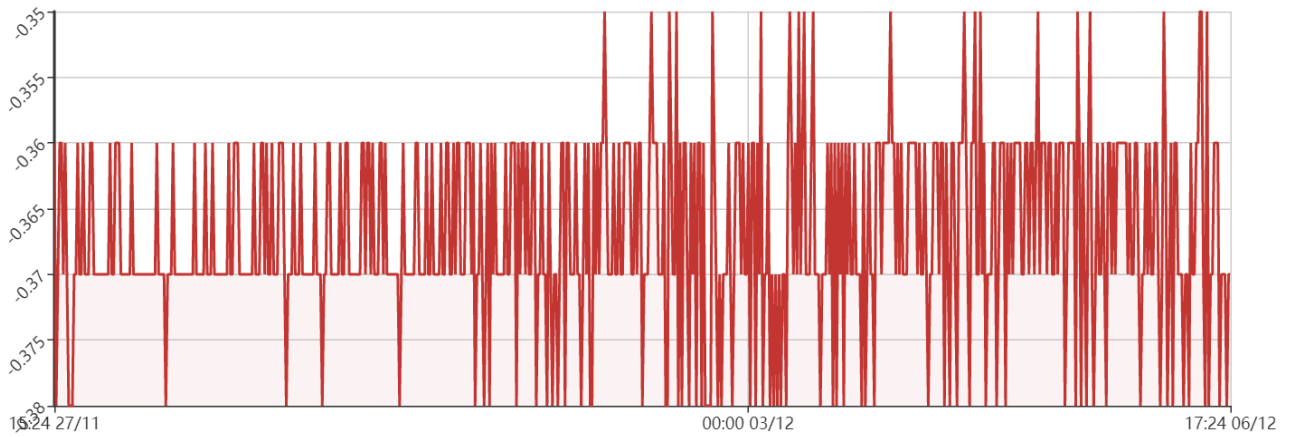


Figura 1 - Deformazioni angolari (unità di misura sull'asse verticale gradi) in corrispondenza del sensore inclinometro installato nel foro I-3 alla profondità di 18 m dal p.c. lungo l'asse X.

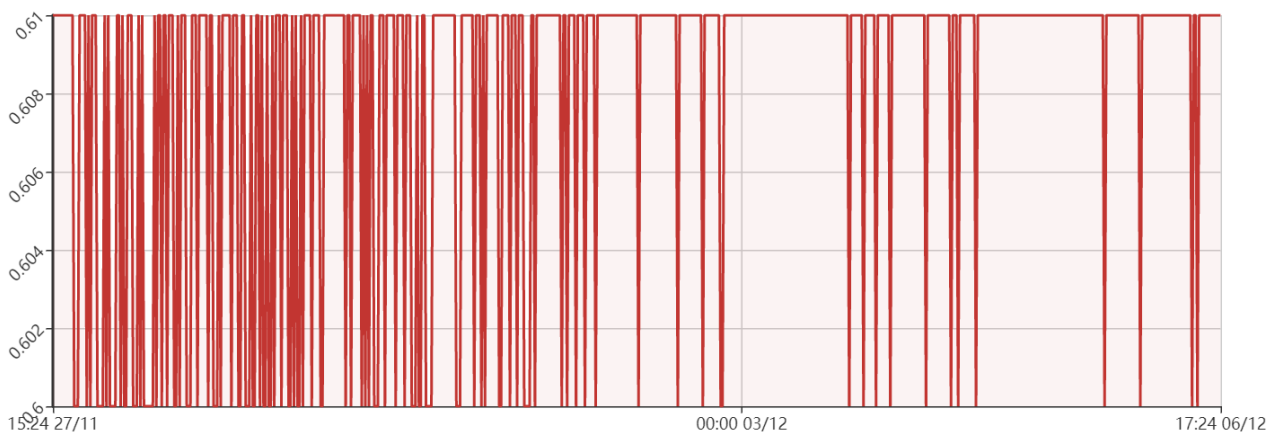


Figura 2 - Deformazioni angolari (unità di misura sull'asse verticale gradi) in corrispondenza del sensore inclinometro installato nel foro I-3 alla profondità di 18 m dal p.c. lungo l'asse Y.

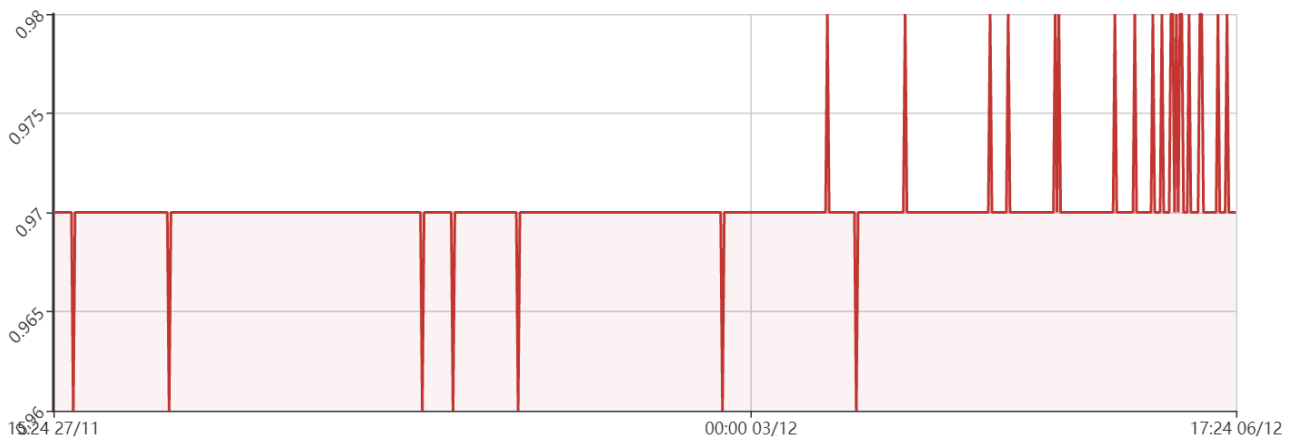


Figura 3 - Deformazioni angolari (unità di misura sull'asse verticale gradi) in corrispondenza del sensore inclinometro installato nel foro I-3 alla profondità di 20 m dal p.c. lungo l'asse X.

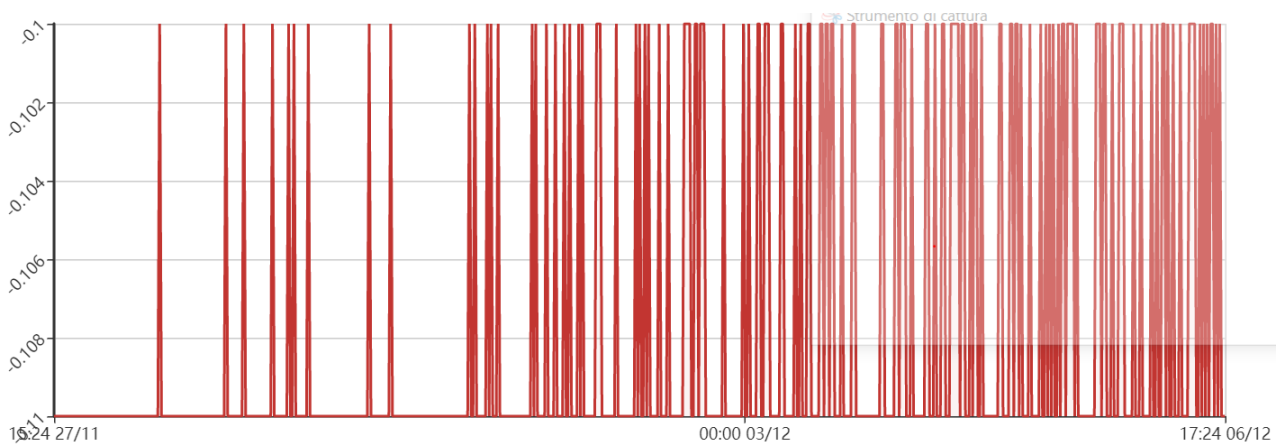


Figura 4 - Deformazioni angolari (unità di misura sull'asse verticale gradi) in corrispondenza del sensore inclinometro installato nel foro I-3 alla profondità di 20 m dal p.c. lungo l'asse Y.

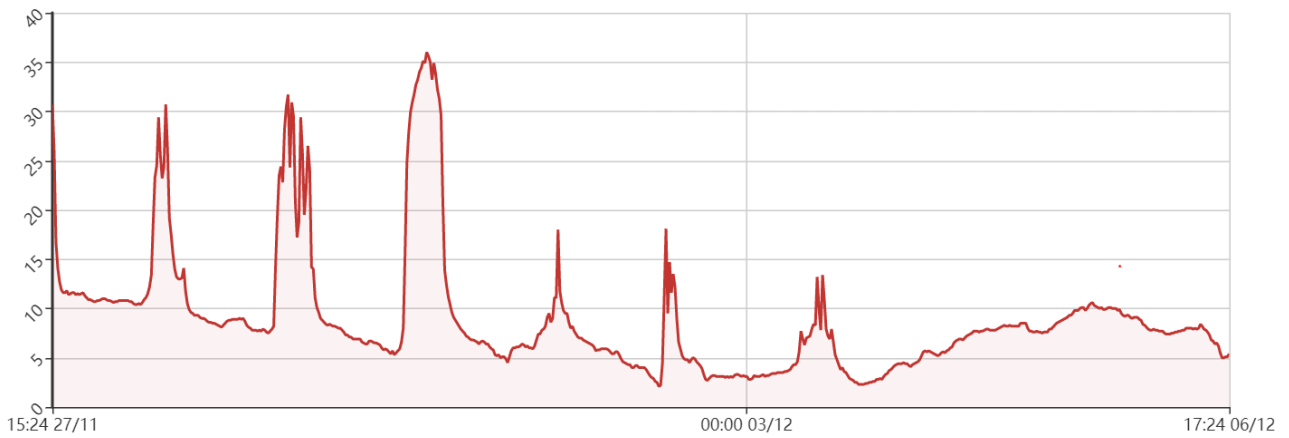


Figura 5 - Temperatura (in gradi) misurata in corrispondenza del fessurimetro ubicato sul muro sottostante al parcheggio.

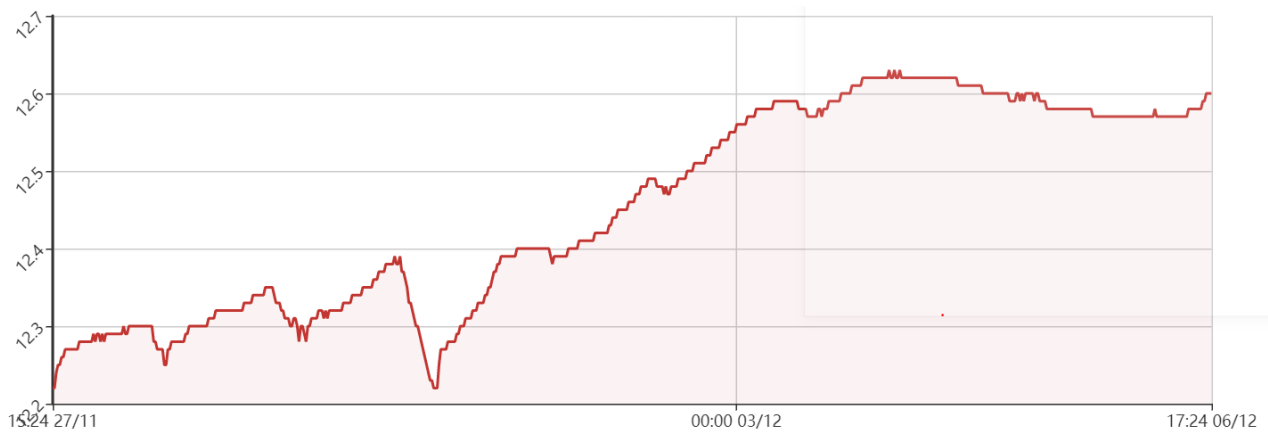


Figura 6 - Deformazioni (in mm) misurate in corrispondenza del fessurimetro ubicato sul muro sottostante al parcheggio.

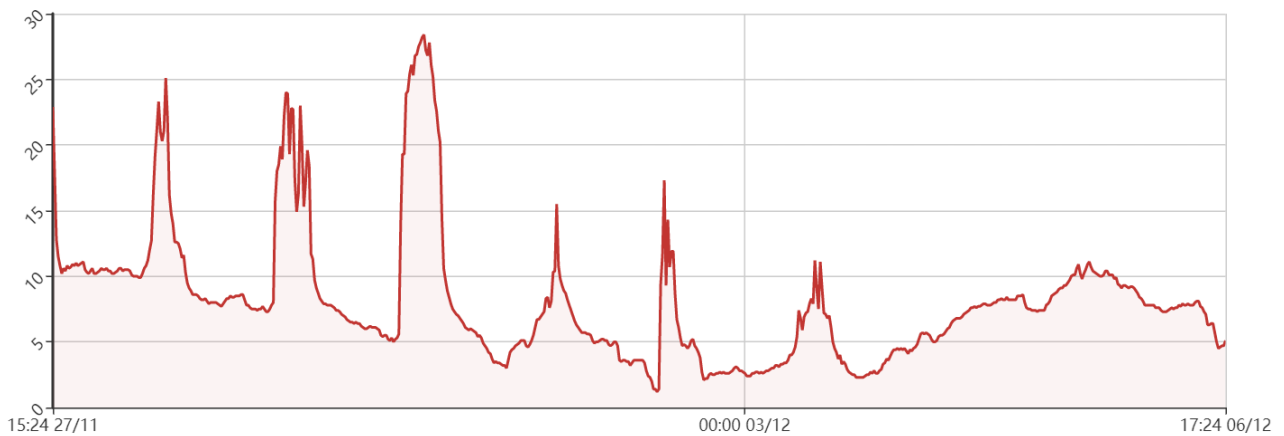


Figura 7 - Temperatura (in gradi) misurata in corrispondenza del fessurimetro ubicato sul muro perpendicolare allo sviluppo del parcheggio.

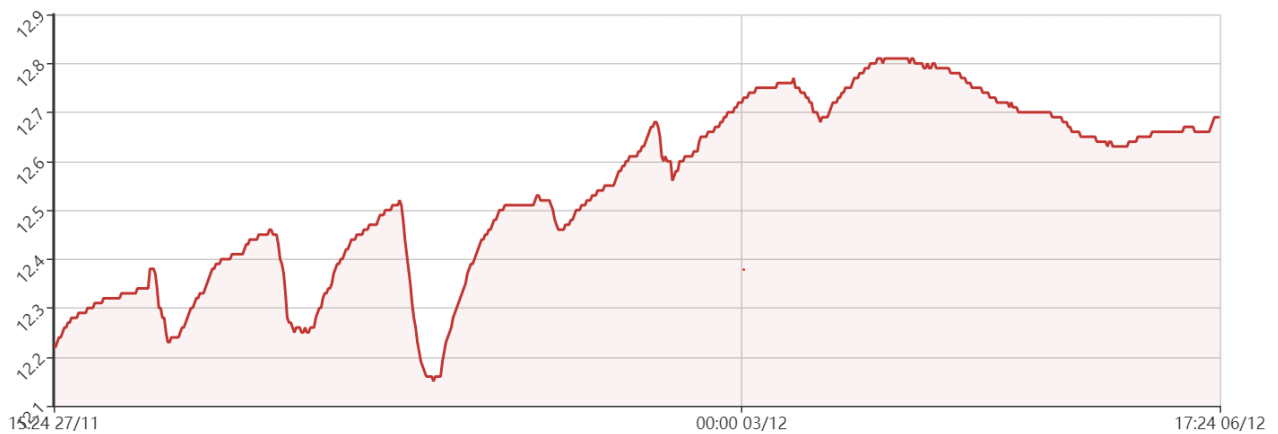


Figura 8 - Deformazioni (in mm) misurate in corrispondenza del fessurimetro ubicato sul muro perpendicolare allo sviluppo del parcheggio.

Firenze, 06/12/2020

In fede
Dott. Paolo Farina
Amministratore Unico
Geoapp srl

