

# RAPPORTO RF01

---

INSTALLAZIONE DI UNA CATENA  
INCLINOMETRICA AL KM 292  
LUNGO LA LINEA FERROVIARIA  
BATTIPAGLIA - REGGIO CALABRIA,

MAGGIO 2022

---

CAMILab  
Università della Calabria



  
Lab. di  
Cartografia  
Ambientale e  
Modellistica Idrogeologica  
UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA



---

## INSTALLAZIONE DI UNA CATENA INCLINOMETRICA AL KM 292 LUNGO LA LINEA FERROVIARIA BATTIPAGLIA - REGGIO CALABRIA,

### Premessa

Nell'ambito del progetto SILA (Sistema Integrato di Laboratori per l'Ambiente), il Laboratorio CAMILab (Cartografia Ambientale e Modellistica Idrologica) ha installato una catena inclinometrica al fine di monitorare e analizzare l'evoluzione di un movimento franoso, attualmente attivo al km 292 lungo la linea ferroviaria Battipaglia - Reggio Calabria, nei pressi delle località Francica e San Gregorio d'Ippona (VV).

### Individuazione del punto di installazione

La catena inclinometrica è stata installata nel Comune di San Gregorio d'Ippona (VV), nei pressi del km 292 lungo la linea ferroviaria Battipaglia - Reggio Calabria (Figura 1).

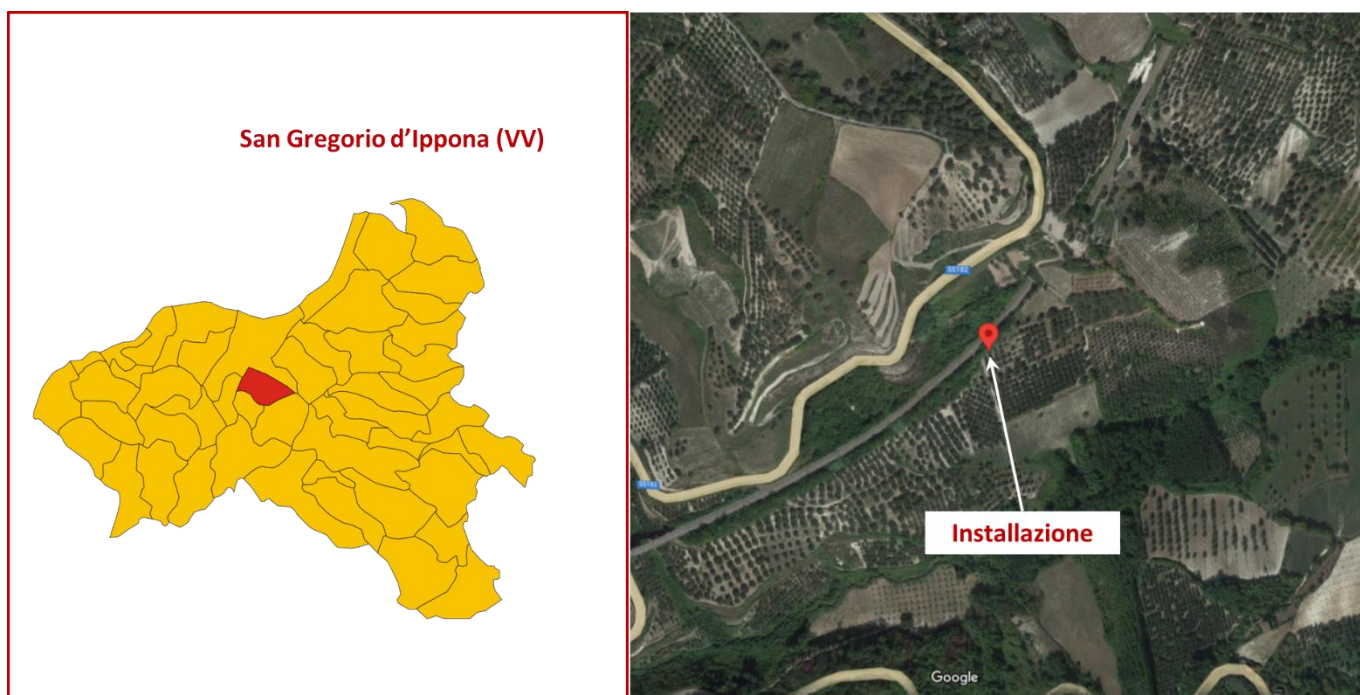
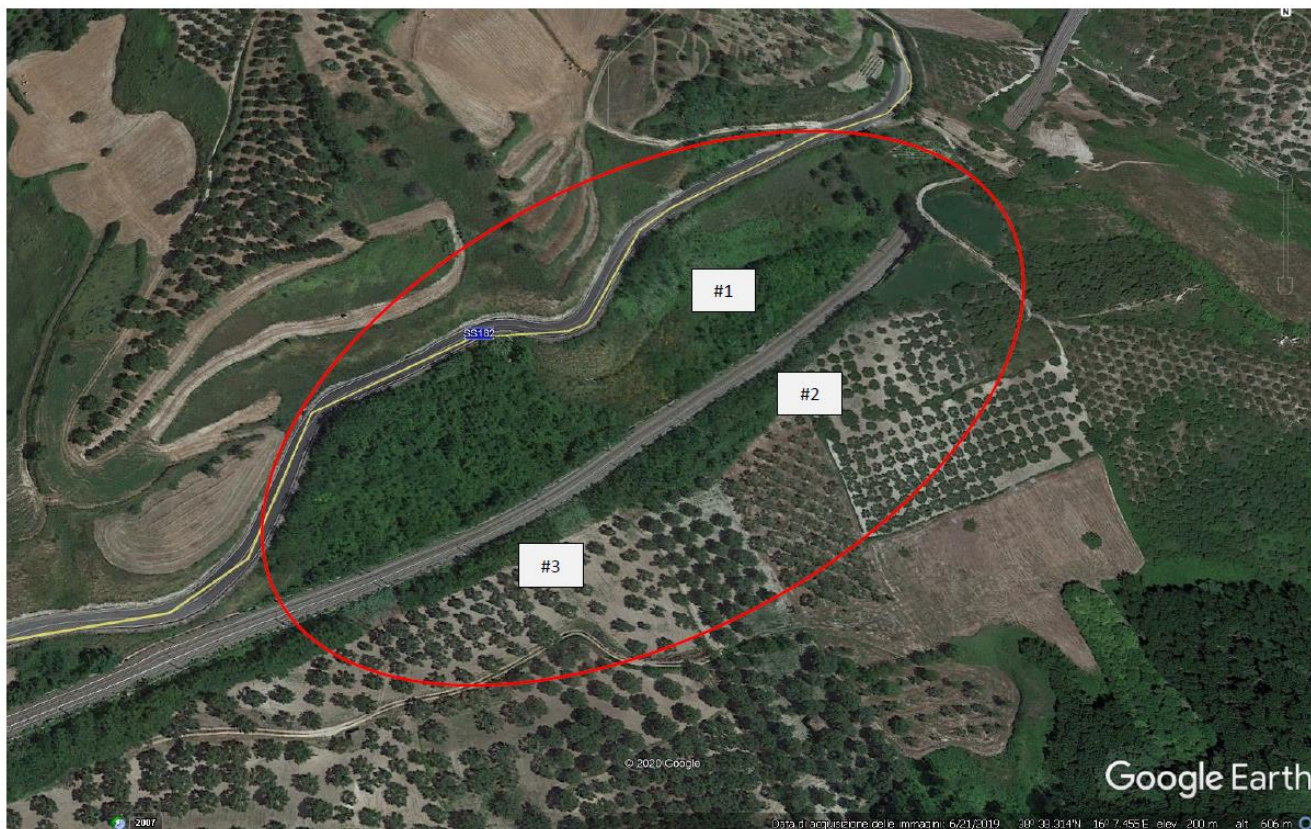


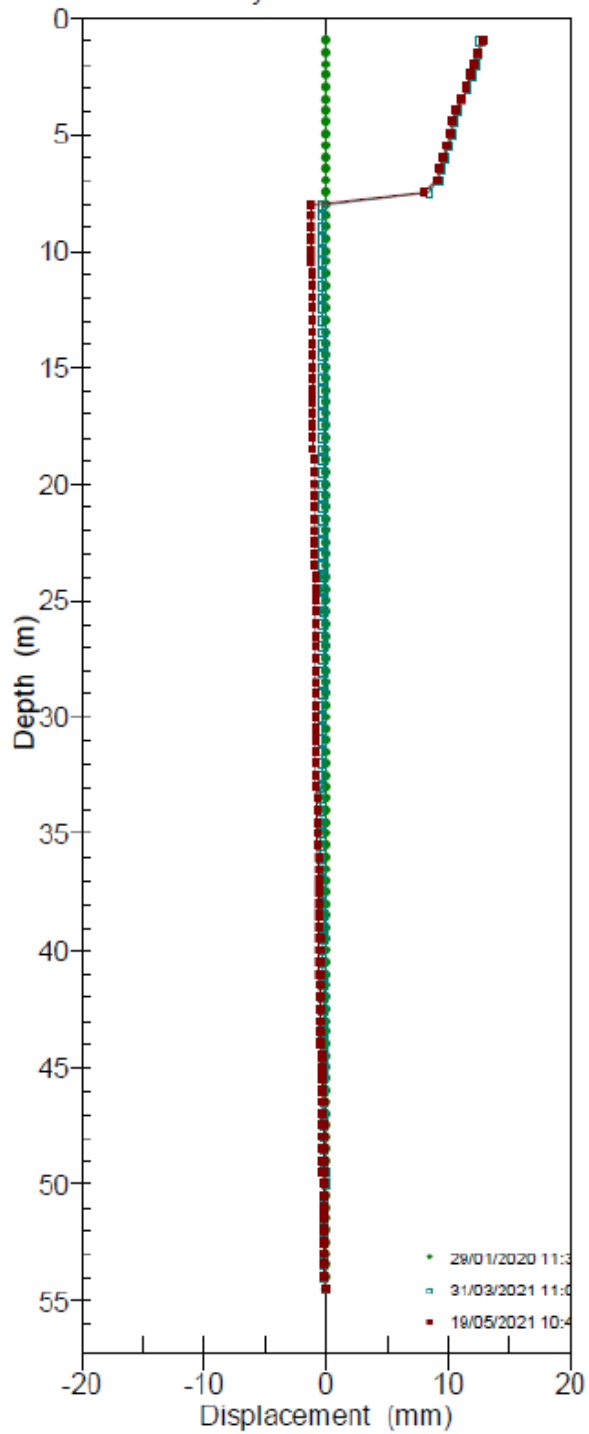
Figura 1: Individuazione del punto di installazione

Una serie di misure inclinometriche effettuate con inclinometri mobili hanno evidenziato che nella zona è in atto un movimento franoso lento. Di seguito si riportano i risultati di tali misure. La Figura 2 mostra l'ubicazione dei sondaggi, mentre le Figure 3 e 4 mostrano rispettivamente le misure effettuate nel sito #2 e nel sito #3.



*Figura 2: Ubicazione dei sondaggi (fonte CNR-IRPI)*

km292:2 - A Axis Cumulative  
Initial survey: 29/01/2020 11:36



km292:2 - B Axis Cumulative  
Initial survey: 29/01/2020 11:36

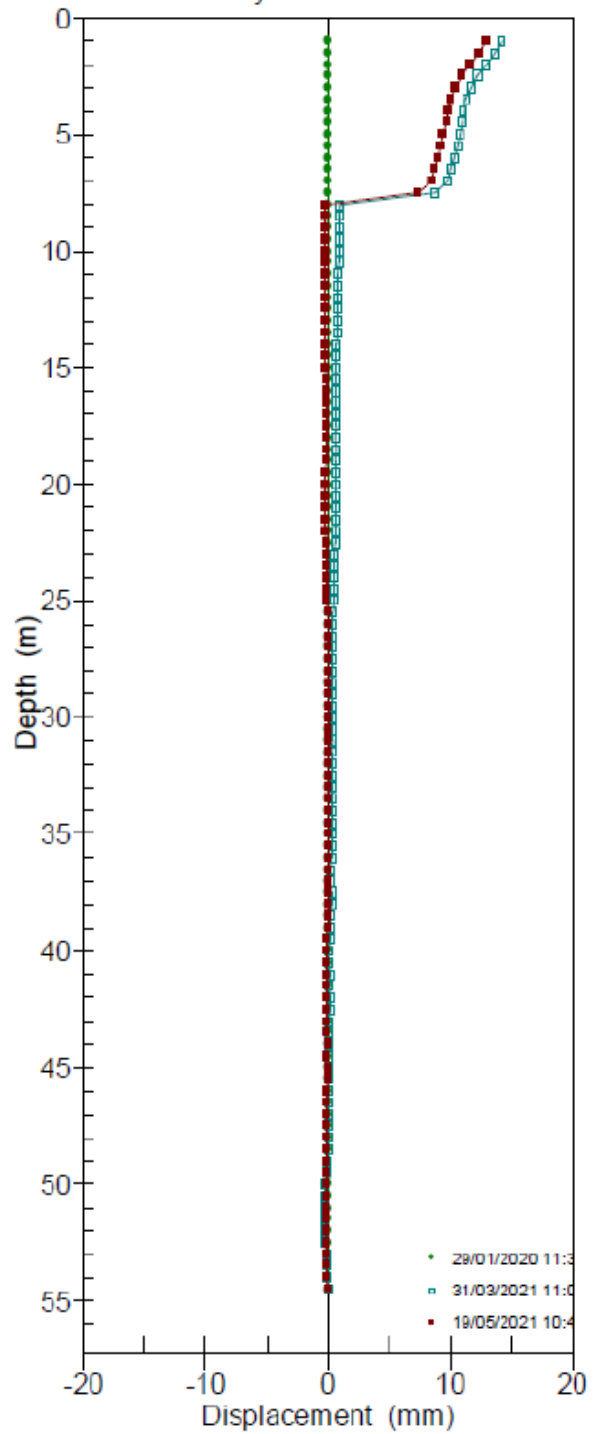
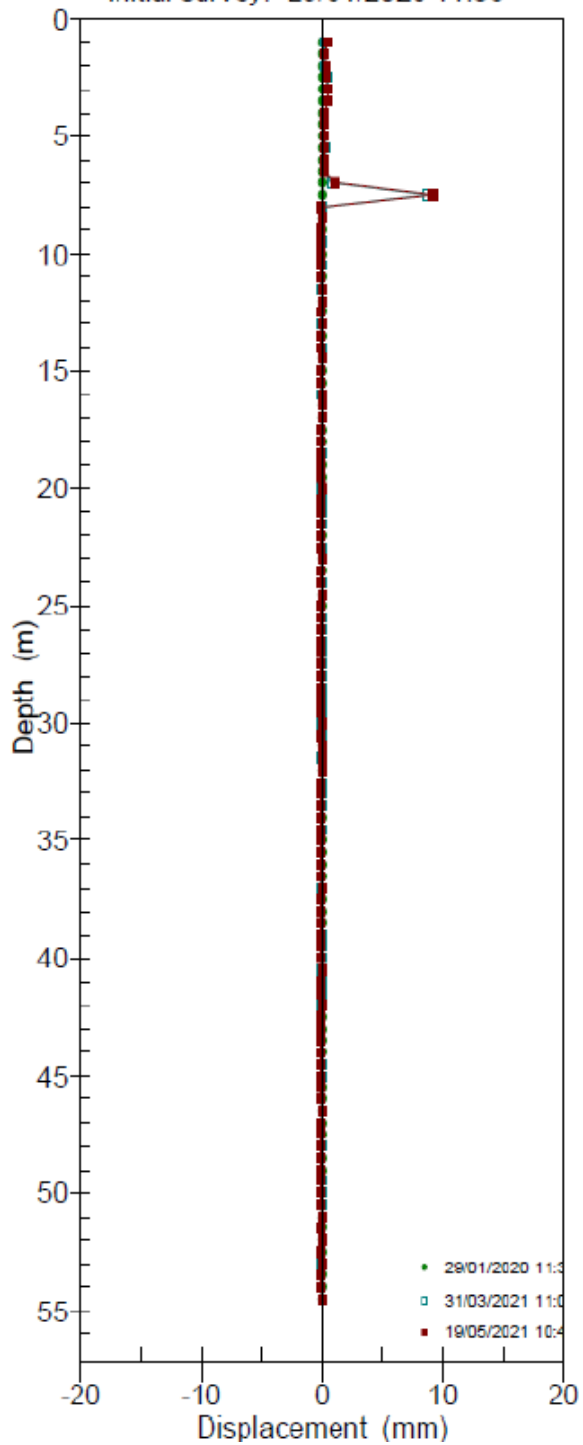


Figura 3(a): Spostamenti cumulati registrati nel sito #2 (fonte CNR-IRPI)

### km292:2 - A Axis Incremental

Initial survey: 29/01/2020 11:36



### km292:2 - B Axis Incremental

Initial survey: 29/01/2020 11:36

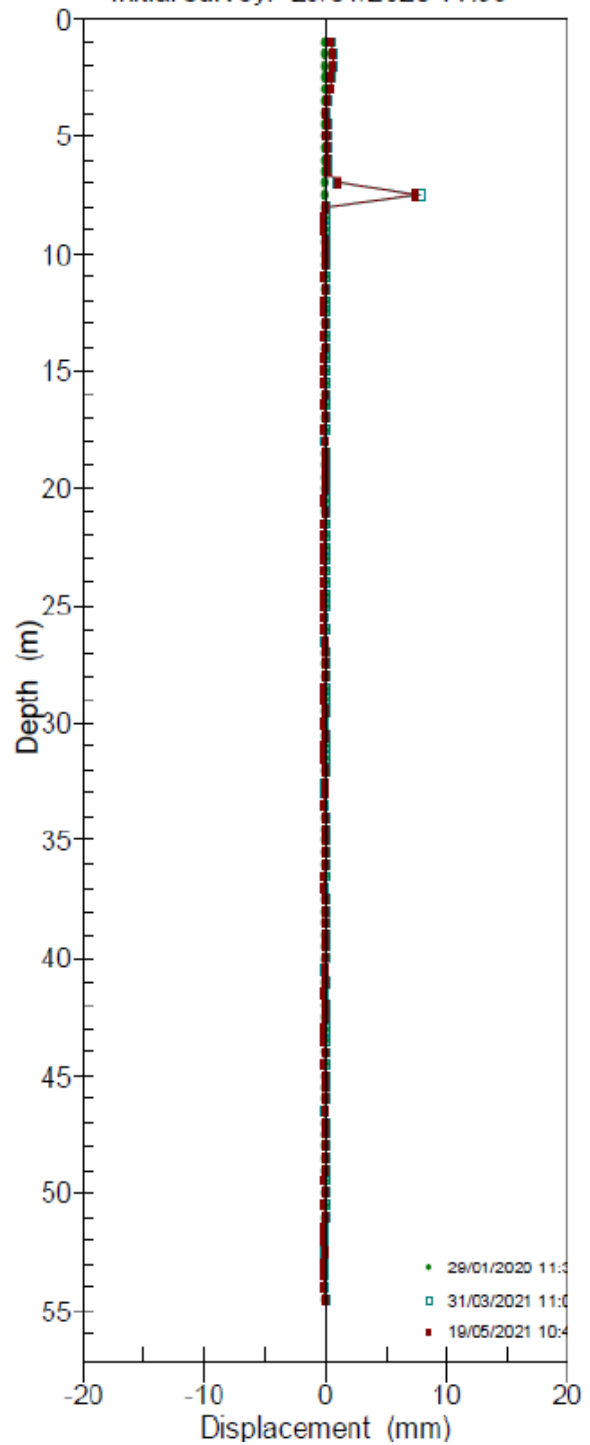


Figura 3(b): Spostamenti registrati nel sito #2 (fonte CNR-IRPI)

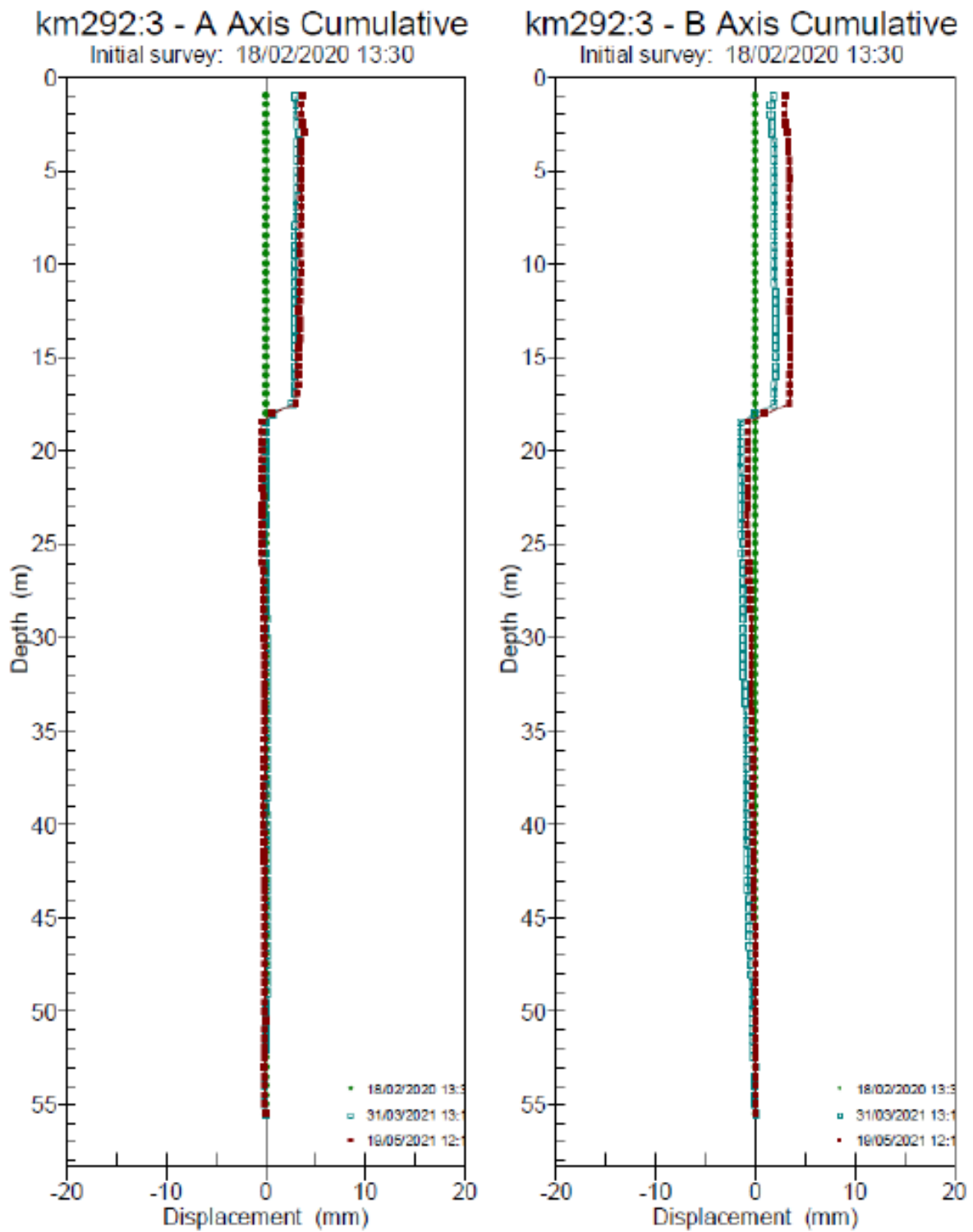


Figura 4(a): Spostamenti cumulati registrati nel sito #3 (fonte CNR-IRPI)



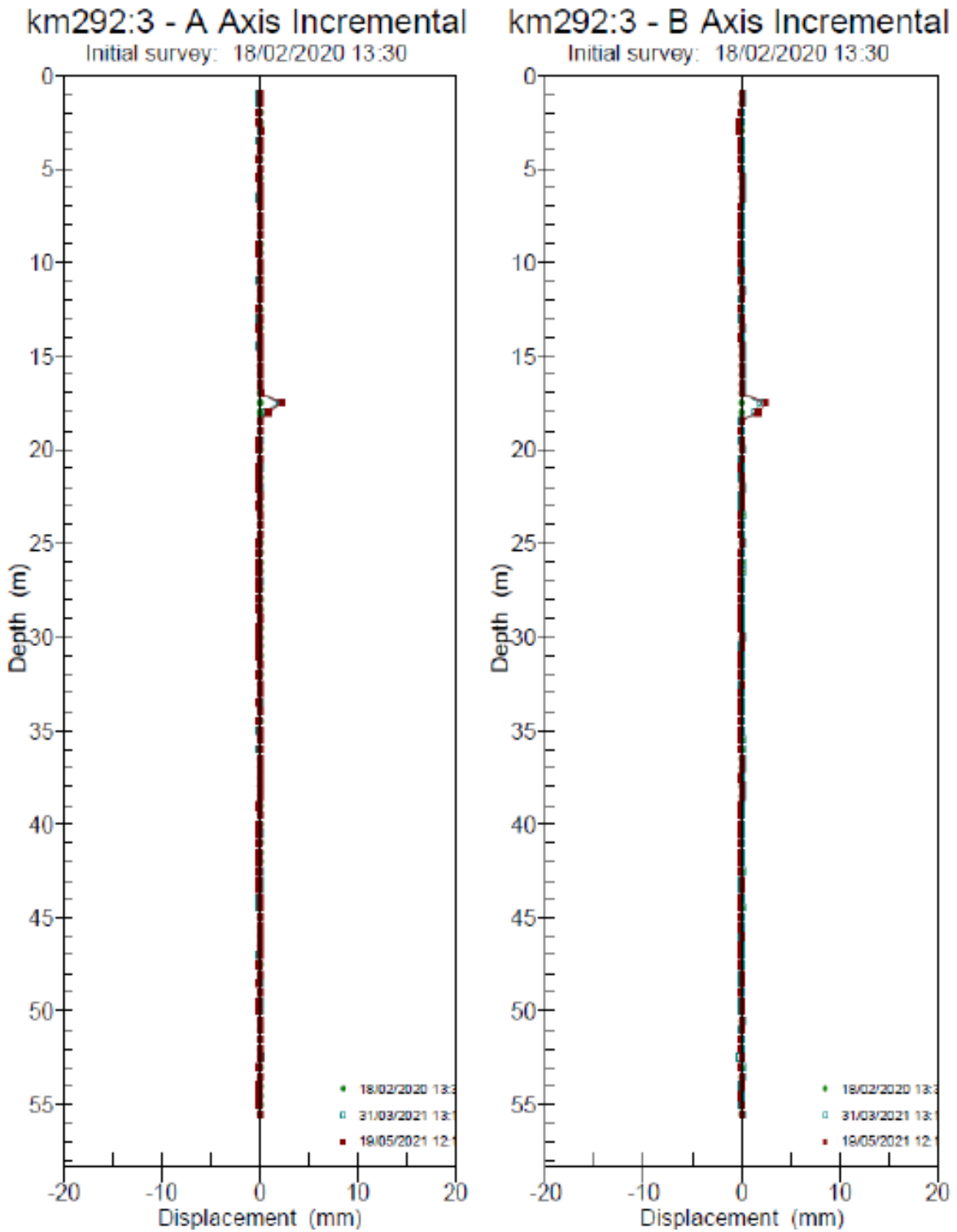


Figura 4(b): Spostamenti registrati nel sito #3 (fonte CNR-IRPI)

---

# La strumentazione: Vertical Array

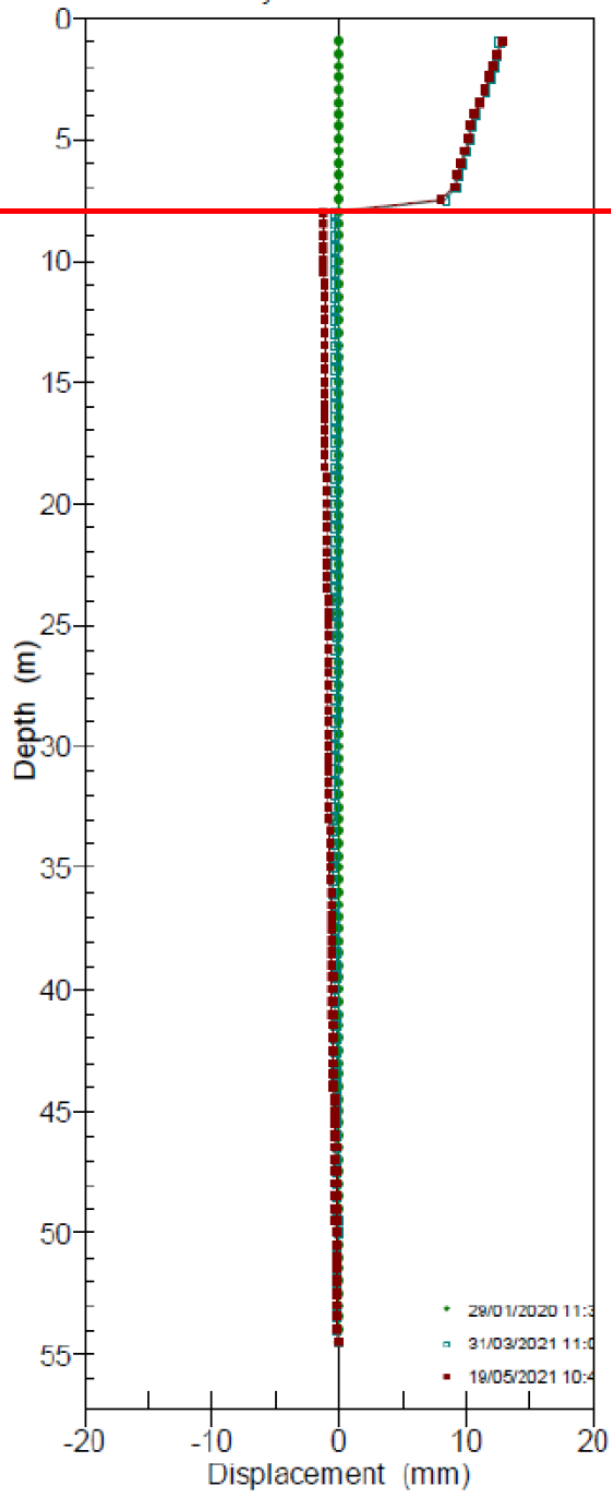
Il Vertical Array è un inclinometro automatico 3D intelligente progettato per monitorare gli spostamenti a diverse profondità in frane e rilevati. Si presenta come una sequenza di nodi ermetici IP69 uniti mediante un cavo in kevlar e un cavo di segnale quadripolare. Ogni nodo contiene al proprio interno un sensore MEMS 3D ad alta risoluzione, un magnetometro e un termometro. A seconda delle esigenze di progetto è possibile definire il numero di sensori di misura, la spaziatura e la lunghezza dello strumento. Il Vertical Array può essere fornito all'interno di un tubo in materiale plastico che funge da protezione per i sensori e che ne permette lo scorrimento. Il Vertical Array può essere gestito dalle centraline G802, G301 oppure da qualsiasi altro Datalogger compatibile con il protocollo RS485 Modbus RTU.

Dalle misure effettuate con l'inclinometro mobile nel sito di installazione della catena inclinometrica (sito #2), ossia il sito di maggior interesse perché posizionato più vicino alla linea ferroviaria, si identifica in maniera chiara ed univoca un movimento del terreno alla profondità di circa 8 metri (Figura 5). In virtù delle evidenti mostrate nella verticale, si è deciso di infittire i nodi ad una profondità non superiore ai 20 metri. La strumentazione installata ha le seguenti caratteristiche:

- Centralina G301
- Lunghezza catena 50 Metri
- 27 Sonde inclinometriche distribuite come in tabella 1



km292:2 - A Axis Cumulative  
Initial survey: 29/01/2020 11:36



km292:2 - B Axis Cumulative  
Initial survey: 29/01/2020 11:36

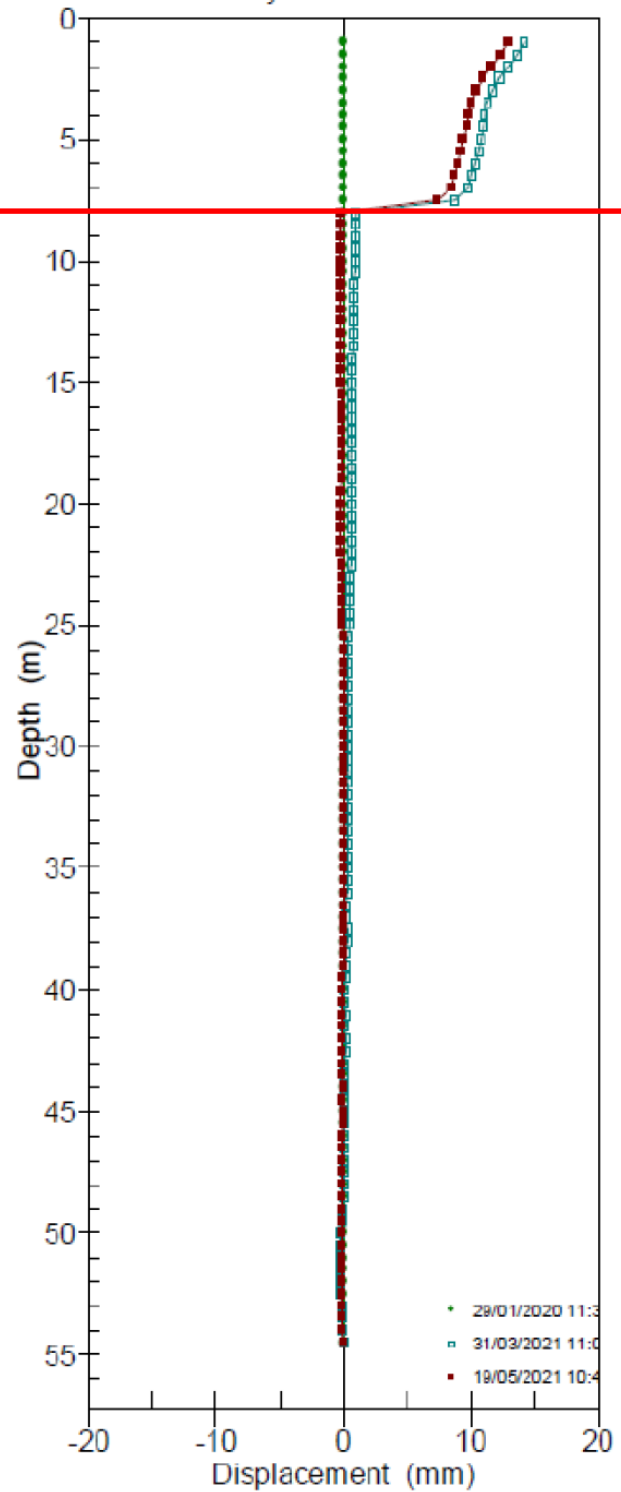


Figura 5: Individuazione della profondità del movimento franoso

Profondità	Nodo	Profondità	Nodo
0		25,5	
0,5		26	
1	Sensore 1	26,5	
1,5		27	
2	Sensore 2	27,5	Sensore 23
2,5		28	
3	Sensore 3	28,5	
3,5		29	
4	Sensore 4	29,5	
4,5		30	
5	Sensore 5	30,5	
5,5		31	
6	Sensore 6	31,5	
6,5		32	
7	Sensore 7	32,5	Sensore 24
7,5		33	
8	Sensore 8	33,5	
8,5		34	
9	Sensore 9	34,5	
9,5		35	
10	Sensore 10	35,5	
10,5		36	
11	Sensore 11	36,5	
11,5		37	
12	Sensore 12	37,5	Sensore 25
12,5		38	
13	Sensore 13	38,5	
13,5		39	
14	Sensore 14	39,5	
14,5		40	
15	Sensore 15	40,5	
15,5		41	
16	Sensore 16	41,5	
16,5		42	
17	Sensore 17	42,5	Sensore 26
17,5		43	
18	Sensore 18	43,5	
18,5		44	
19	Sensore 19	44,5	
19,5		45	
20	Sensore 20	45,5	
20,5		46	
21		46,5	
21,5		47	
22	Sensore 21	47,5	Sensore 27
22,5		48	
23		48,5	
23,5		49	
24	Sensore 22	49,5	Ancora 1 m
24,5		50	

Tabella 1: Distribuzione delle sonde

---

# Fasi dell'Installazione

## Fase preliminare

Per l'alloggiamento della catena inclinometrica, è stato adattato un foro già realizzato che era usato per le misure con l'inclinometro mobile. Per l'installazione dei sensori tuttavia, si è dovuto predisporre un palo per l'alloggiamento del pannello fotovoltaico e della centralina. La Figura 6 mostra la realizzazione del foro per l'installazione del palo, effettuato con una trivella manuale. La Figura 7 invece, mostra l'installazione del palo e la posa della malta cementizia per bloccarlo.



*Figura 6: Realizzazione del foro per l'installazione del palo, effettuato con una trivella manuale*



*Figura 7: Installazione del palo e la posa della malta cementizia*

## Installazione

Si riporta in maniera schematica le fasi dell'installazione.

1. Verifica che il foro fosse vuoto e privo di impedimenti (Figura 8).
2. Srotolamento della catena inclinometrica (Figura 9).
3. Fissaggio dell'ancora alla catena (Figura 10).
4. Inserimento della catena nel foro (Figure 11).
5. Ancoraggio superiore della catena (Figura 12).



6. Inserimento in foro di malta cementizia per cementare l'ancora inferiore (Figura 13).
7. Inserimento di ghiaia per tutta la lunghezza del foro per stabilizzare i sensori (Figura 14).
8. Test dei sensori in sede (Figura 15).
9. Installazione del pannello fotovoltaico (Figura 16).
10. Installazione della centralina (Figura 17).
11. Cablaggio dei sensori alla centralina (Figura 18).
12. Test dei sensori (Figura 19).
13. Inserimento nella parte alta del foro di malta cementizia per cementare l'ancora superiore (Figura 20).



*Figura 8: Verifica che il foro fosse vuoto e privo di impedimenti*



*Figura 9: Srotolamento della catena inclinometrica*





*Figura 10: Fissaggio dell'ancora alla catena*



*Figura 11: Inserimento della catena nel foro*



*Figura 12: Ancoraggio superiore della catena*



*Figura 13: Inserimento in foro di malta cementizia per cementare l'ancora inferiore*





*Figura 14: Inserimento di ghiaia per tutta la lunghezza del foro per stabilizzare i sensori*



*Figura 15: Test dei sensori in sede*



*Figura 16: Installazione del pannello fotovoltaico*



*Figura 17: Installazione della centralina*





*Figura 18: Cablaggio dei sensori alla centralina*



*Figura 19: Test dei sensori*



*Figura 20: Inserimento nella parte alta del foro di malta cementizia per cementare l'ancora superiore*



*Figura 21: Installazione completata*



---

# Visualizzazione e monitoraggio

La visualizzazione dei dati registrati dai sensori avviene mediante la piattaforma Geo-Atlas. È una piattaforma progettata per la gestione, lo storage, l'elaborazione e la visualizzazione dinamica dei dati provenienti da sistemi di monitoraggio. La tecnologia è composta dai seguenti componenti:

- Il sistema di immagazzinamento e storage dei dati su Cloud con backup su Server fisico;
- Il Software, basato su algoritmi di deep learning per l'elaborazione e la pre-validazione dei dati di monitoraggio;
- La Piattaforma web-based ad accesso controllato per la visualizzazione dei dati.

## Il software

Il software di calcolo elabora automaticamente i dati di monitoraggio non appena questi raggiungono il Cloud Server, convertendo i dati grezzi in unità fisiche (se non già convertiti in precedenza tramite il Datalogger). Algoritmi di tipo statistico processano le informazioni, eliminando outliers ed errori accidentali, eseguendo una prima validazione automatica dei dati del sito. Al termine dell'elaborazione, al superamento di soglie pre-impostate viene attivato il sistema di allertamento. Il servizio prevede l'invio di email ed SMS, nonché l'attivazione remota di dispositivi luminosi o sonori.

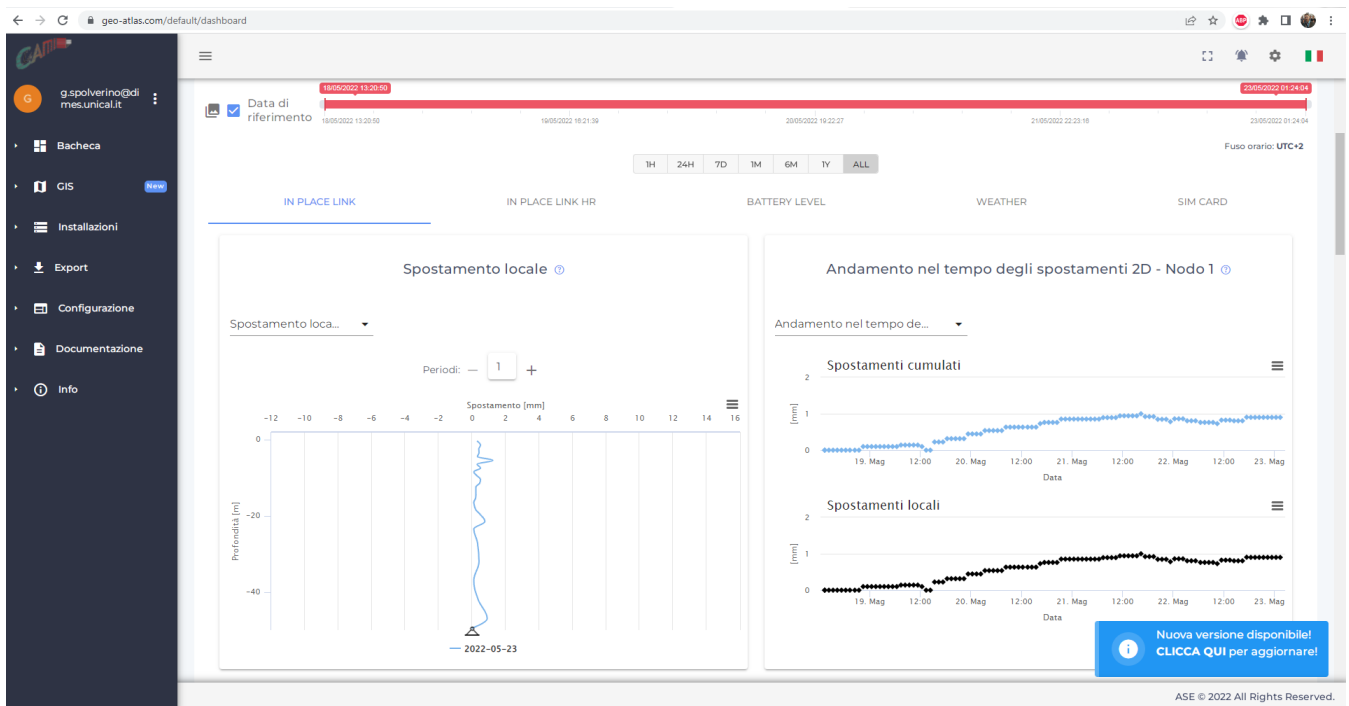
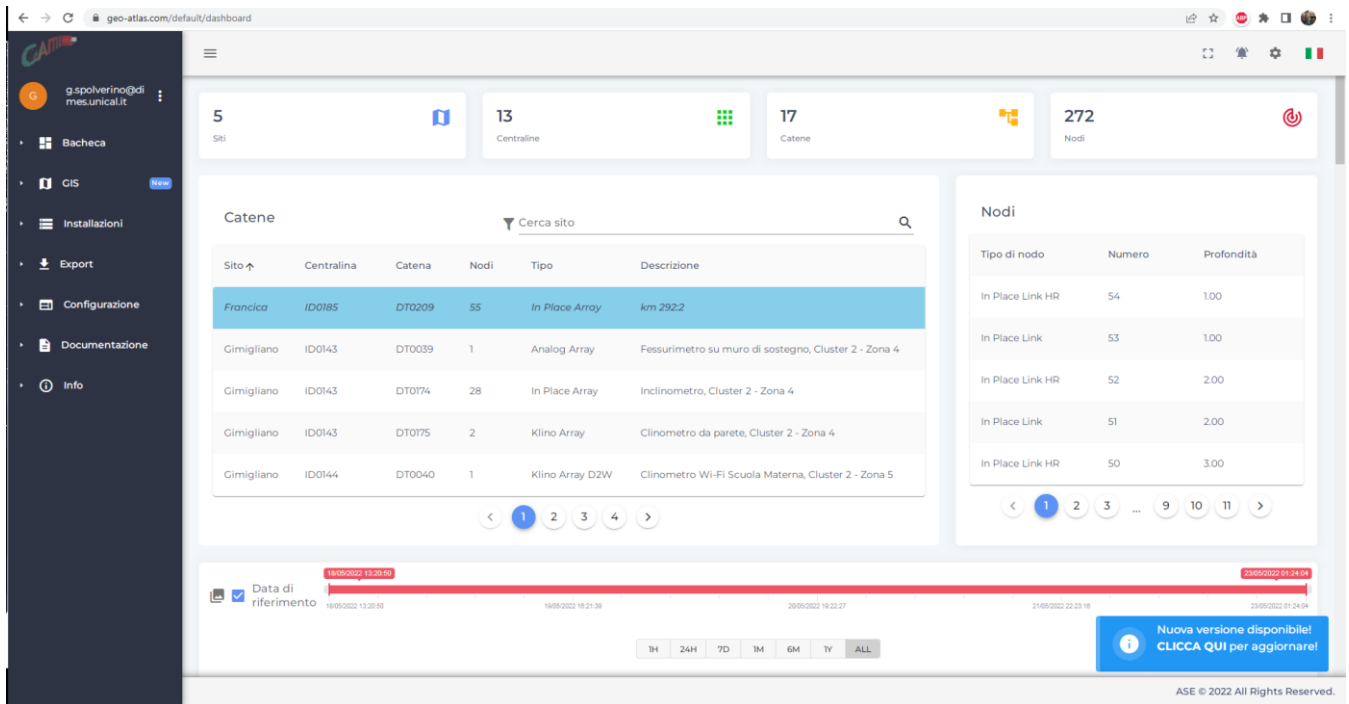
## La piattaforma

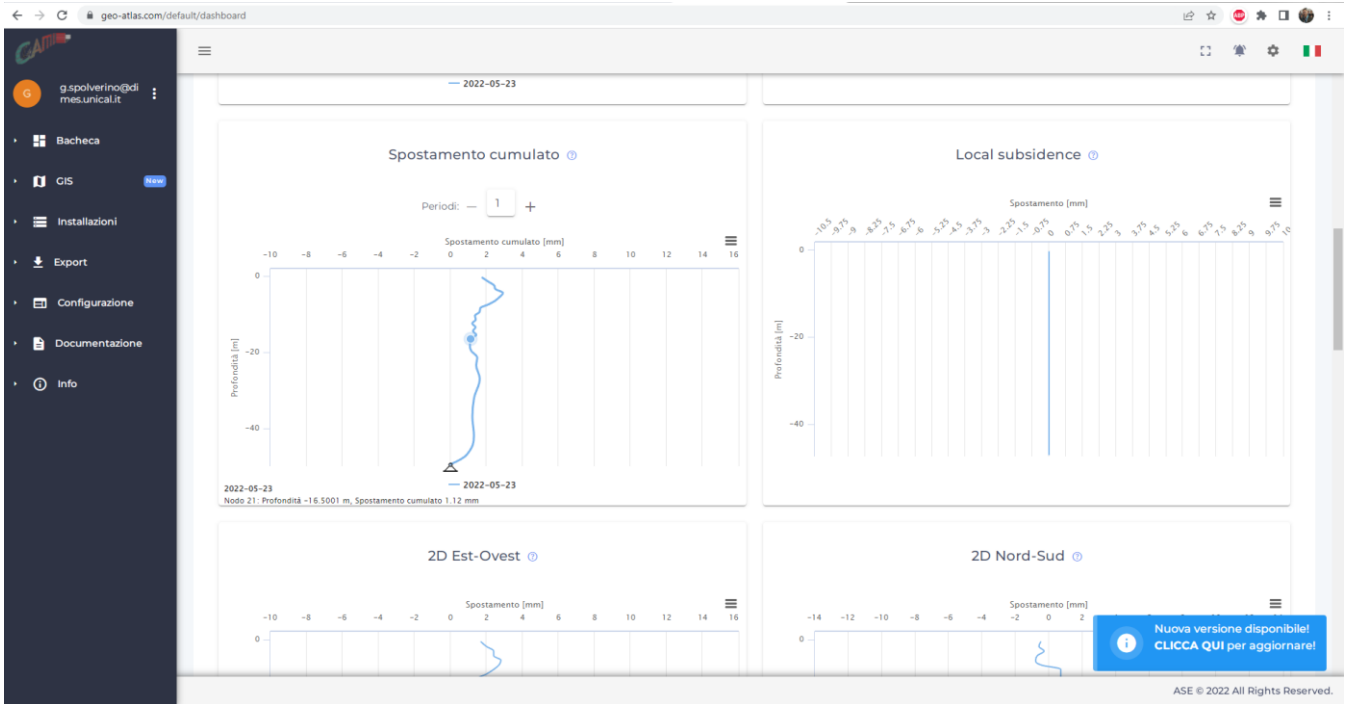
La rappresentazione dei risultati avviene mediante piattaforma dinamica web-based la quale, attraverso differenti tools, permette di ottenere un'indicazione immediata dei possibili fenomeni in atto nel sito. La piattaforma è ad accesso controllato H24 con diversi livelli di autenticazione ed è consultabile da molteplici periferiche (PC, Smartphone, Tablet, ecc.), secondo i principi dell'IoT.

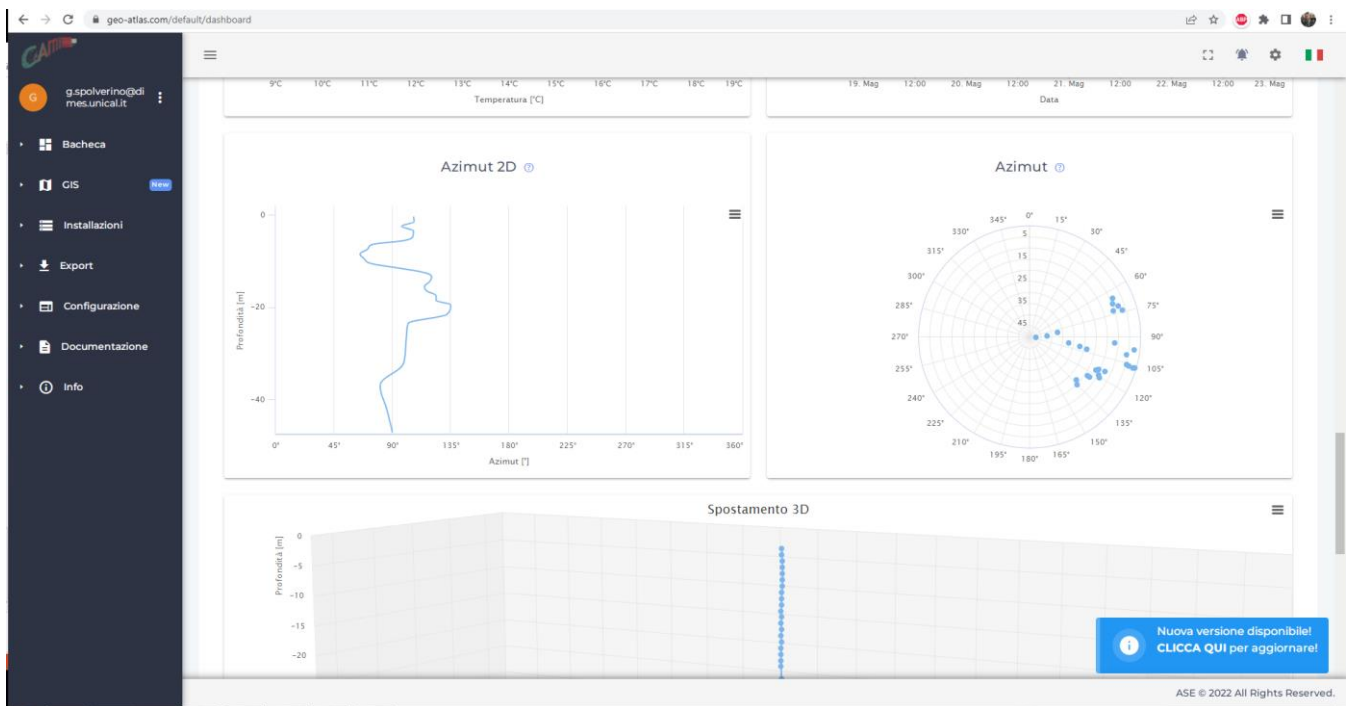
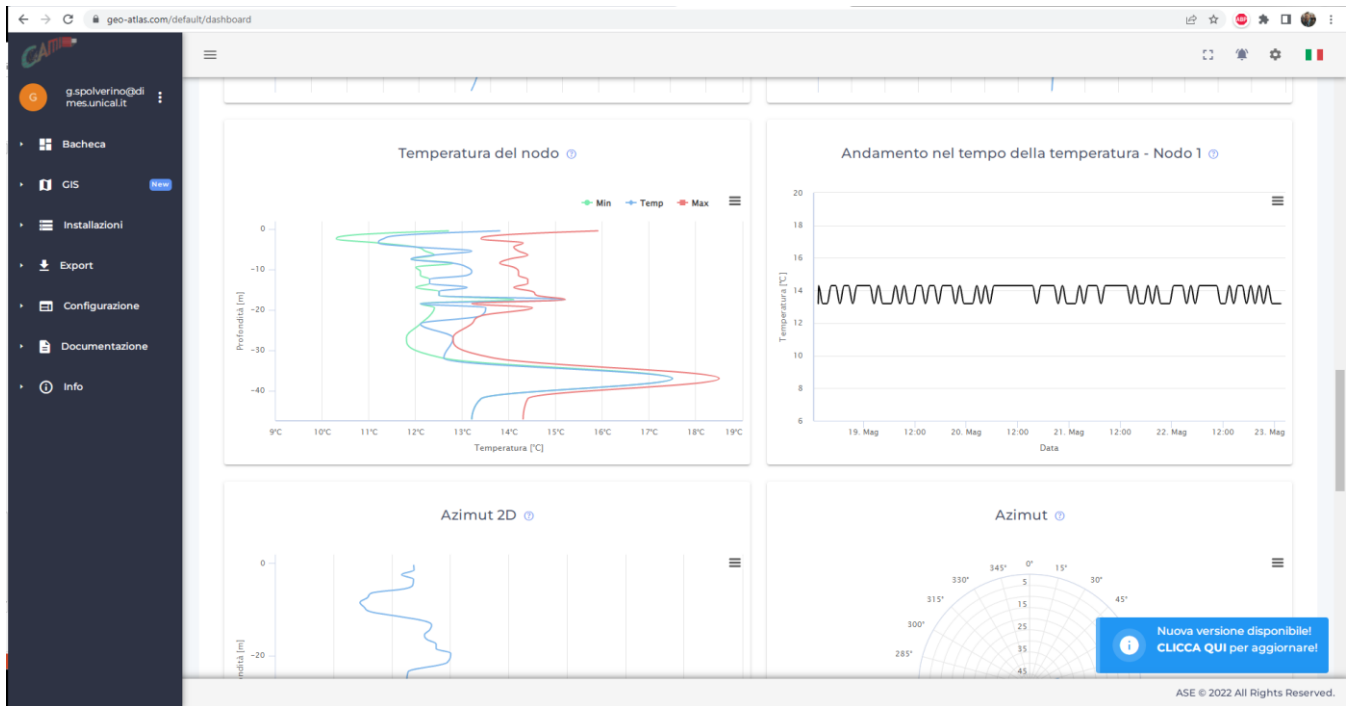
Al superamento di soglie definibili tramite la piattaforma, il sistema è in grado di spedire, automaticamente, allerte e/o allarmi secondo differenti livelli, per mezzo di email o SMS. Le soglie possono riguardare un singolo sensore o un insieme di strumenti, ed essere basate su dati assoluti o differenziali. Il sistema inoltre invia in automatico una email nel caso sia stato individuato un livello di batteria insufficiente oppure in caso di mancata ricezione dei dati.

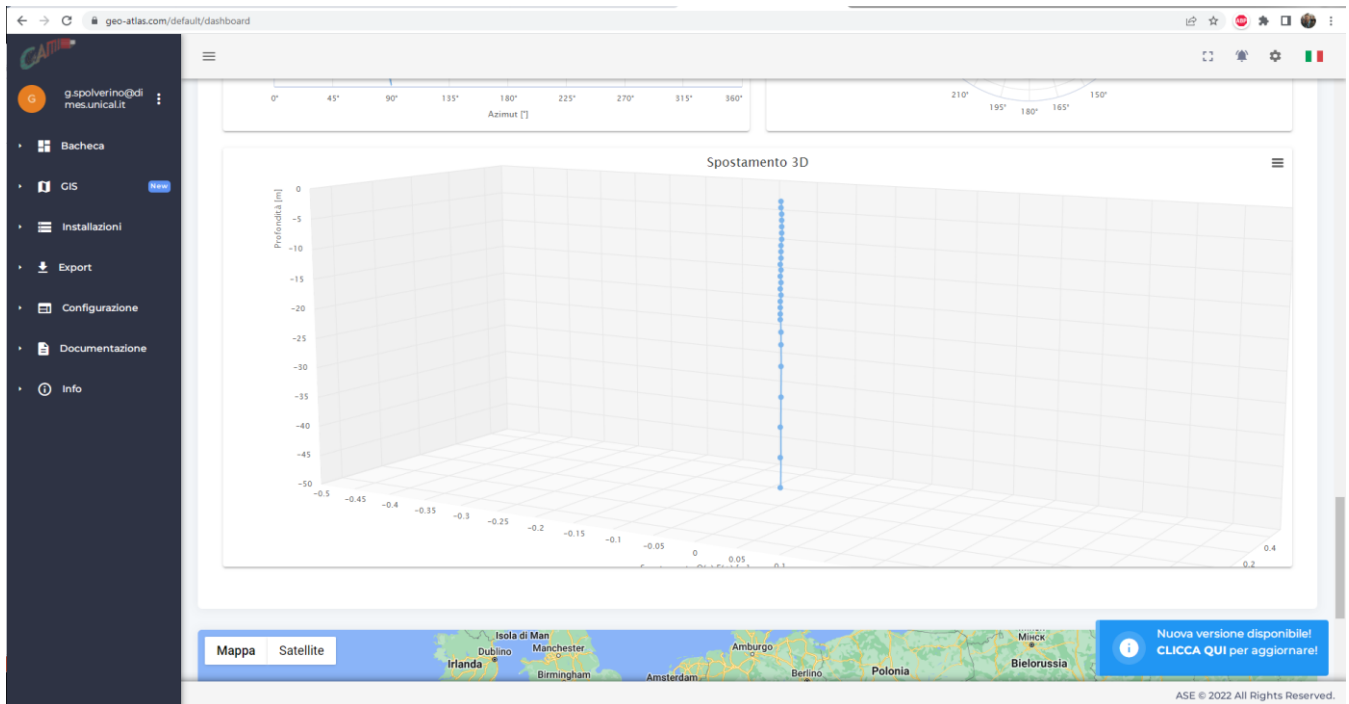
**Di seguito si riportano le schermate visualizzabili dalla piattaforma.**











Come è possibile notare dall'ultima schermata, scorporando l'assestamento dei sensori, non si apprezza ancora alcun movimento significativo lungo la verticale.