

# RAPPORTO RG01

---

INSTALLAZIONE DI UNA CATENA  
INCLINOMETRICA NEL COMUNE DI  
ROTA GRECA (CS)

MAGGIO 2022

---

CAMILab  
Università della Calabria



Comune di  
Rota Greca



ase  
ADVANCED SLOPE ENGINEERING

  
Lab. di  
Cartografia  
Ambientale e  
Modellistica Idrogeologica  
UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA

Sistema  
Integrato di  
Laboratori per  
l'Ambiente



## INSTALLAZIONE DI UNA CATENA INCLINOMETRICA NEL COMUNE DI ROTA GRECA (CS)

### 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 nel territorio del Comune di Rota Greca (CS). La strumentazione ha l'obiettivo di monitorare una frana lenta che interessa gran parte del centro abitato del Comune.

### Individuazione del punto di installazione

La catena inclinometrica è stata installata nel Comune di Rota Greca (CS), nel quartiere denominato Casale (Figura 1).

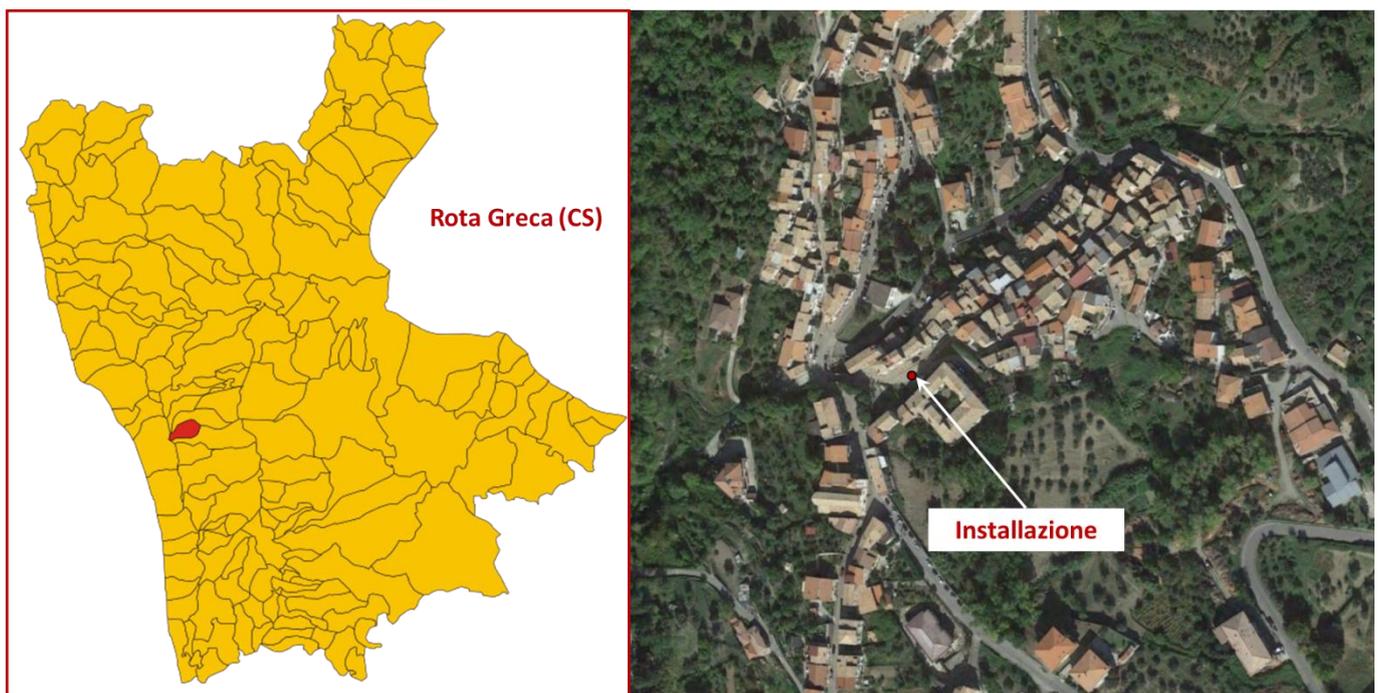


Figura 1: Individuazione del punto di installazione

Nella zona si hanno diverse evidenze che sia in atto un movimento franoso che interessa il centro abitato. Diversi edifici e strade del quartiere presentano lesioni importanti dovuti a questo movimento (Figure 2 – 3)



*Figura 2: Alcuni esempi di edifici che presentano lesioni importanti*

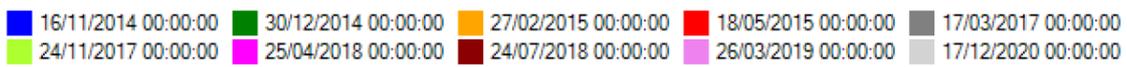
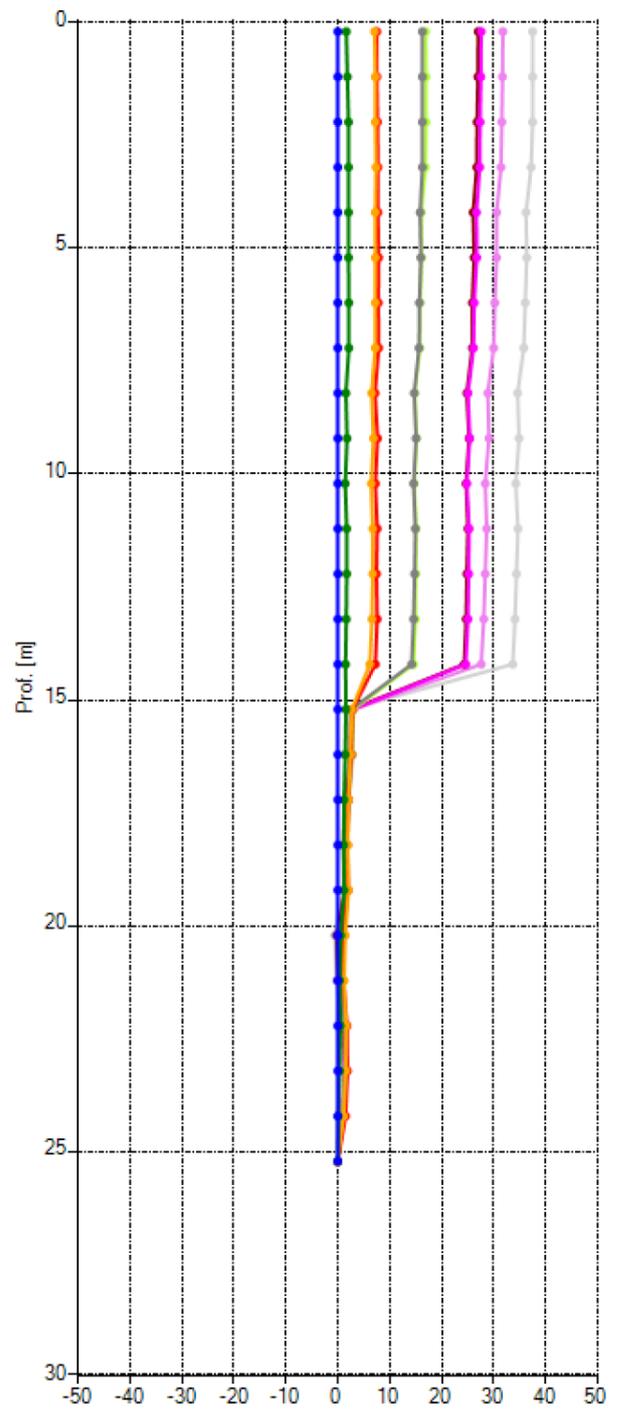
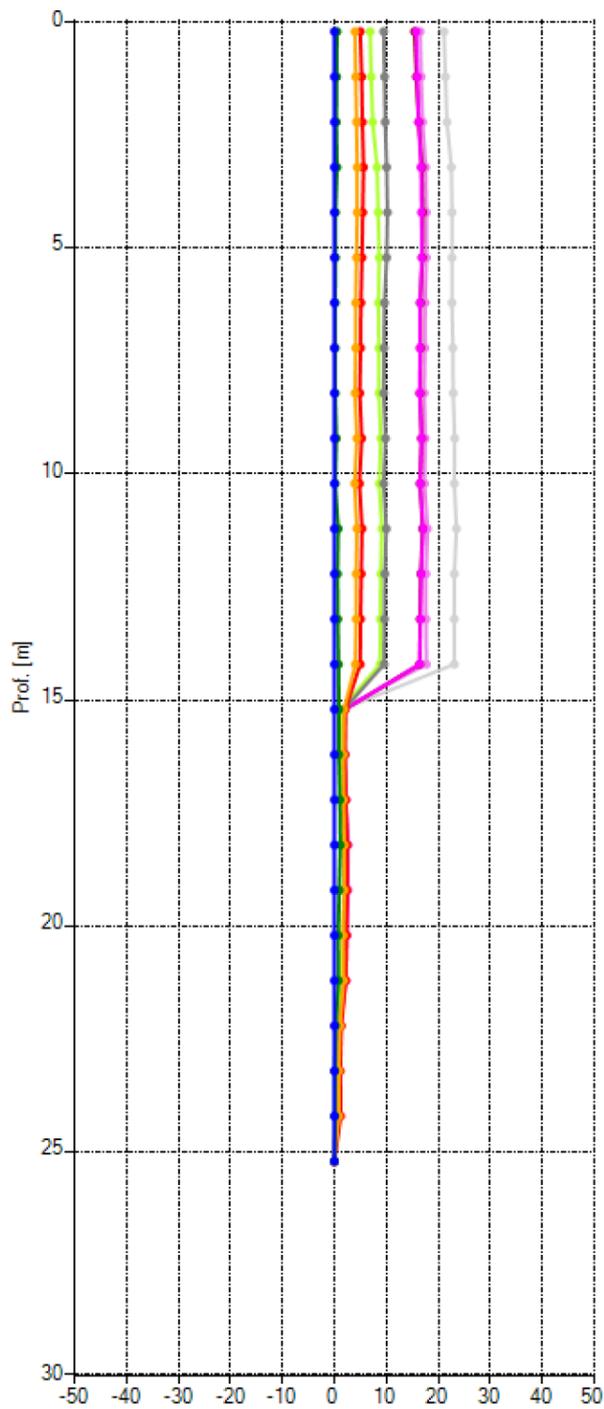


*Figura 3: Lesioni che interessano alcune strade a valle del punto di installazione*

Queste evidenze inoltre, sono supportate da una serie di misure inclinometriche effettuate con degli inclinometri mobili. Di seguito si riportano i risultati di tali misure.

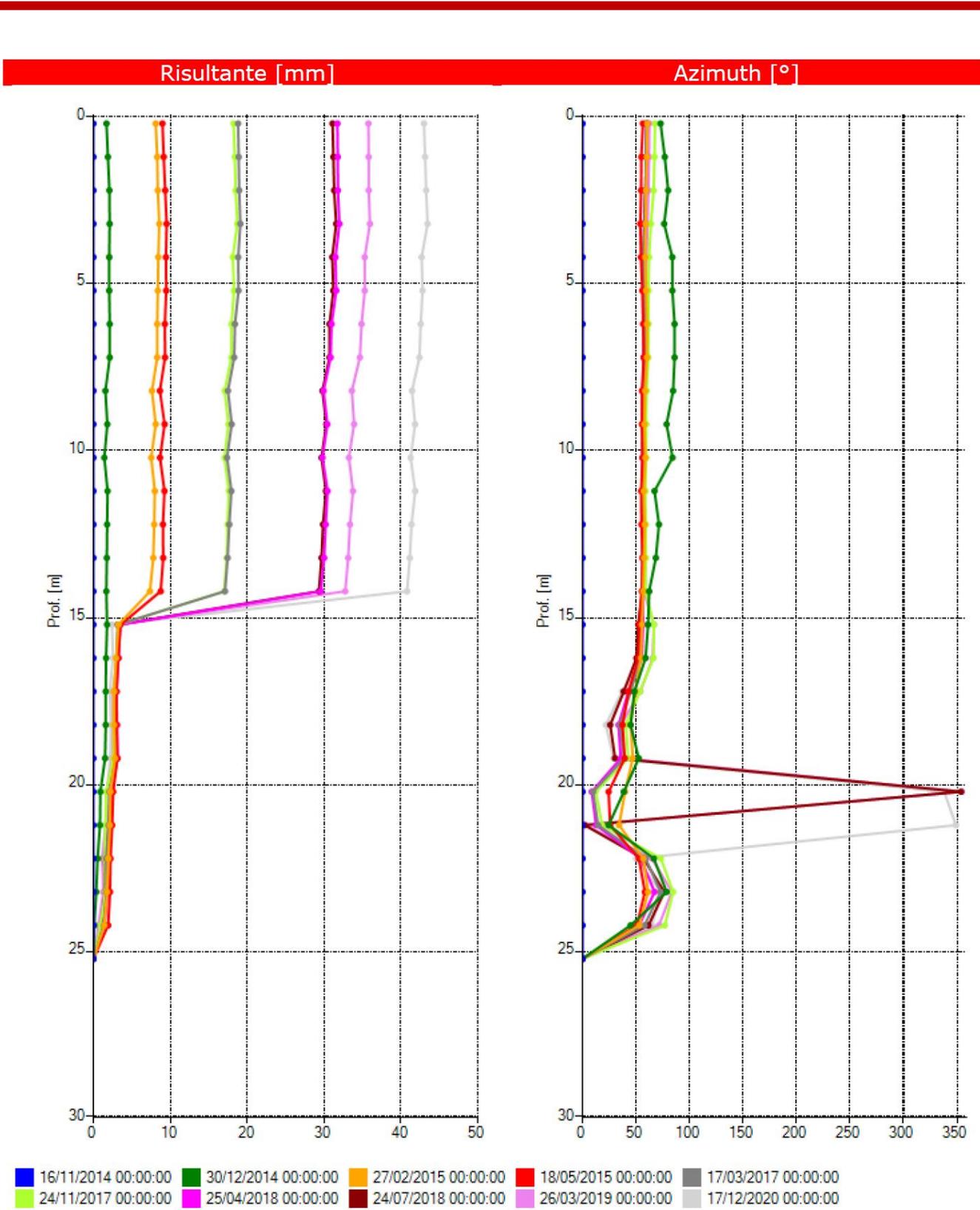
Spostamento Nord [mm]

Spostamento Est [mm]



Misura inclinometrica di riferimento 16/11/2014

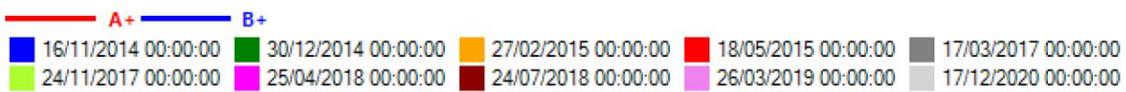
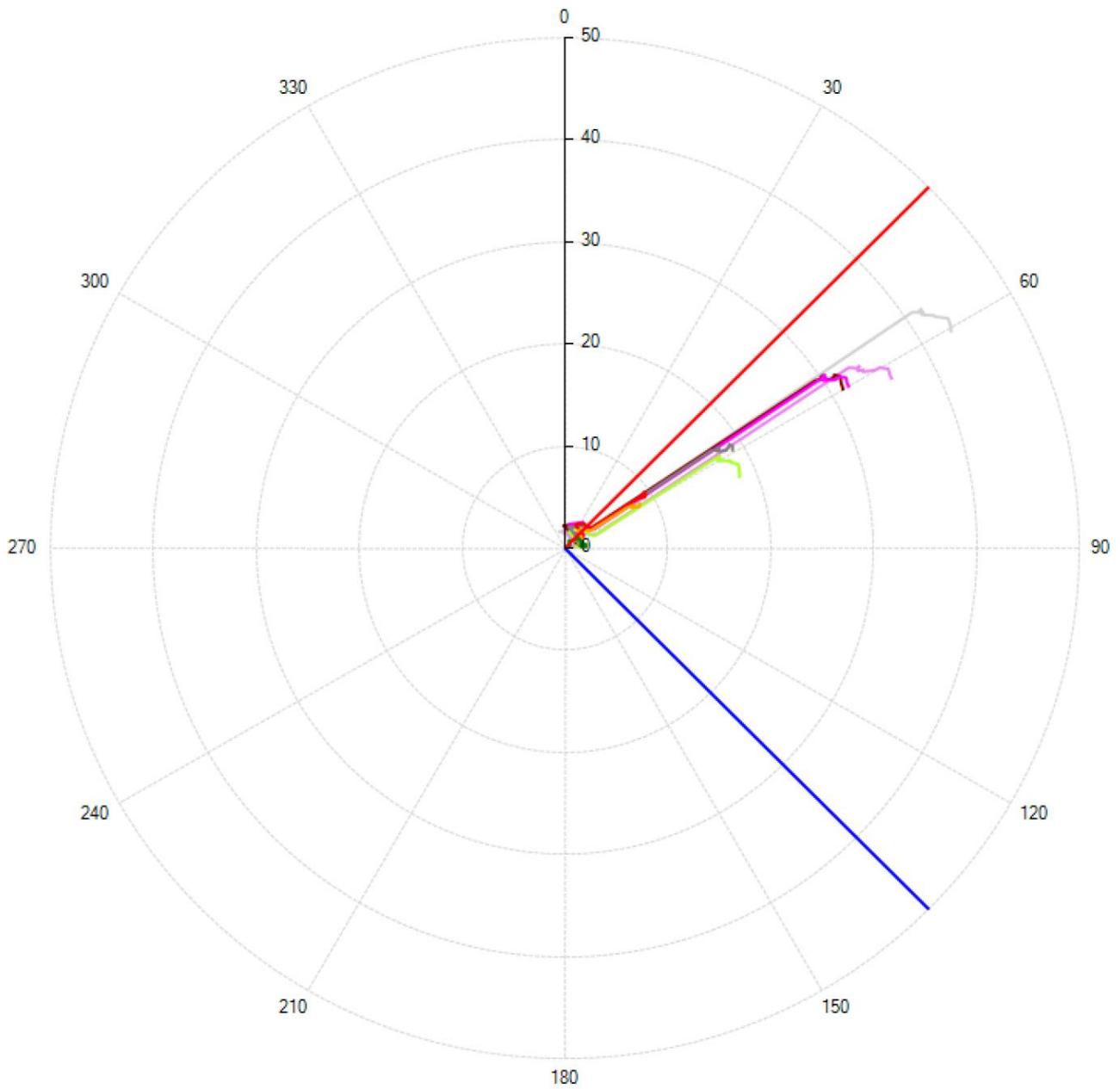
Figura 4: Spostamenti Nord ed Est misurati con l'inclinometro



Misura inclinometrica di riferimento 16/11/2014

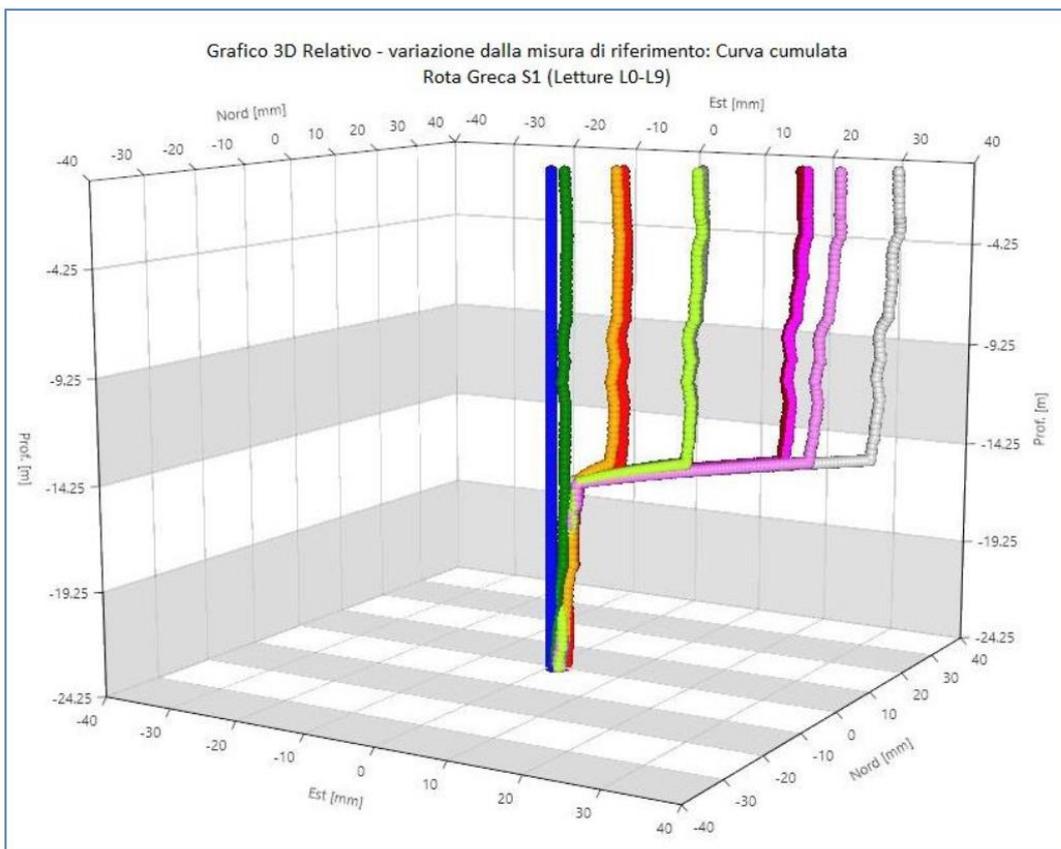
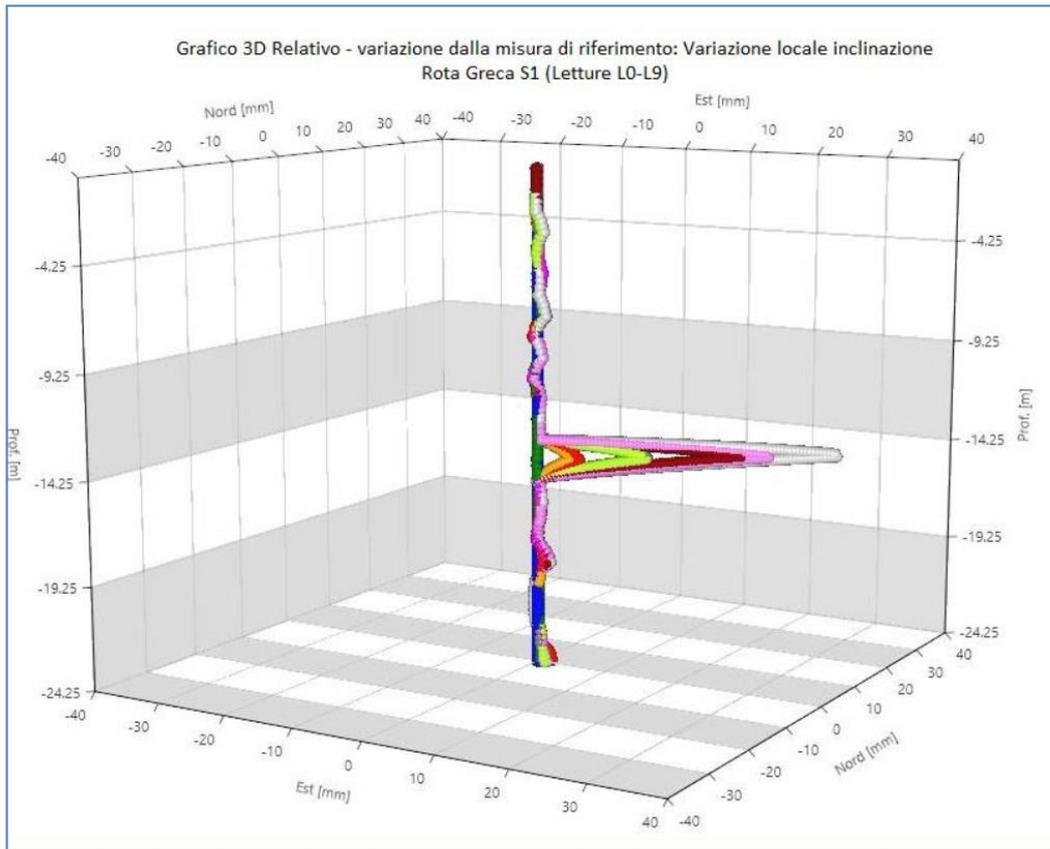
*Figura 5: Risultante dello spostamento e Azimut*

## Polare



Misura inclinometrica di riferimento 16/11/2014

Figura 6: Polare



*Figura 7: Grafici 3D dell'inclinazione e dello spostamento*

---

# 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, si identifica in maniera chiara ed univoca un movimento del terreno alla profondità di circa 15 metri (Figura 8). In virtù delle evidenze 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 24 Metri
- 20 Sonde inclinometriche distribuite come in tabella 1

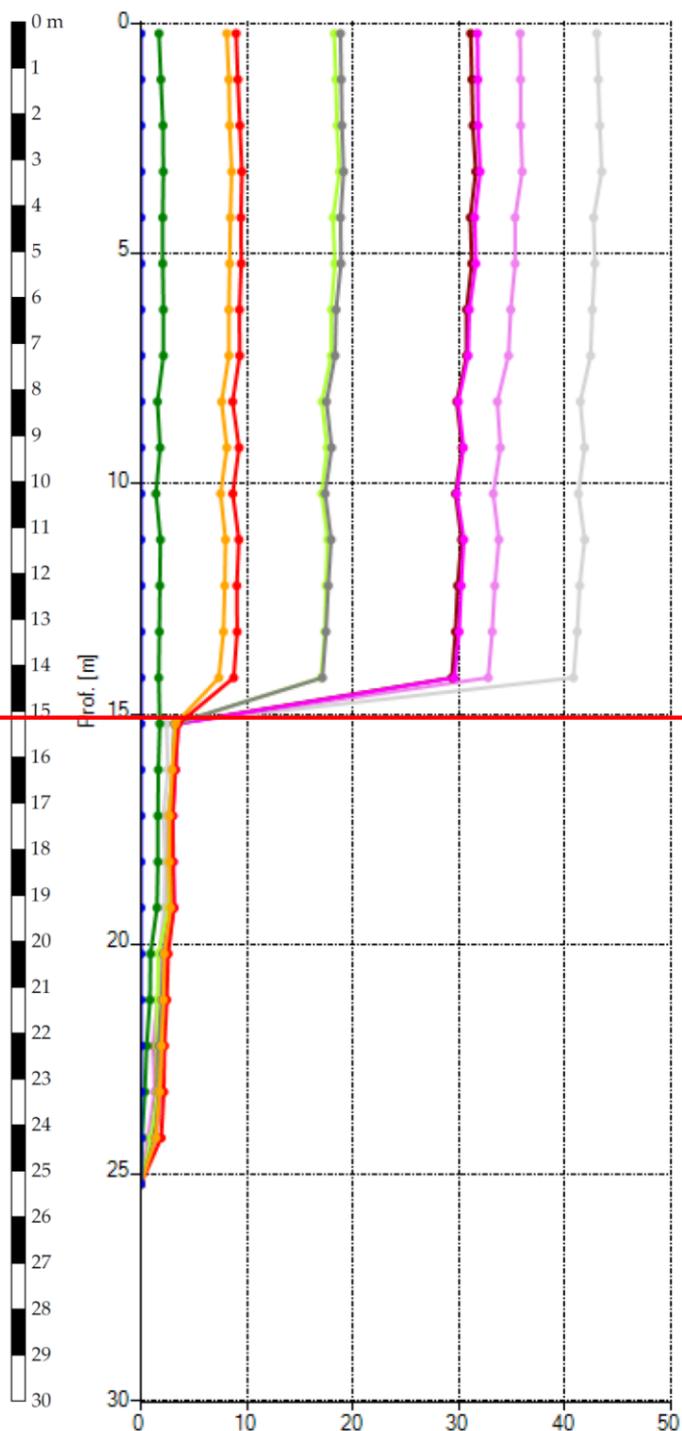


Figura 8: Individuazione della profondità del movimento franoso

Profondità	Nodo
0	
0,5	
1	
1,5	Sensore 1
2	
2,5	
3	Sensore 2
3,5	
4	Sensore 3
4,5	
5	Sensore 4
5,5	
6	Sensore 5
6,5	
7	Sensore 6
7,5	
8	Sensore 7
8,5	
9	Sensore 8
9,5	
10	Sensore 9
10,5	
11	Sensore 10
11,5	
12	Sensore 11
12,5	
13	Sensore 12
13,5	
14	Sensore 13
14,5	
15	Sensore 14
15,5	
16	Sensore 15
16,5	
17	Sensore 16
17,5	
18	Sensore 17
18,5	
19	Sensore 18
19,5	
20	Sensore 19
20,5	
21	
21,5	
22	
22,5	Sensore 20
23	
23,5	Ancora 1 m
24	

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 modificare il pozzetto del foro, predisporre un palo per l'installazione del pannello fotovoltaico e della centralina, e predisporre un corrugato sottotraccia che collegasse il pozzetto al palo (Figura 9).



*Figura 9: Modifica del pozzetto, predisposizione del corrugato e del palo*

## Installazione

Si riporta in maniera schematica le fasi dell'installazione.

1. Verifica che il foro fosse vuoto e privo di impedimenti (Figura 10).
2. Srotolamento della catena inclinometrica (Figura 11).
3. Fissaggio dell'ancora alla catena (Figura 12).
4. Inserimento della catena nel foro (Figure 13-14).
5. Ancoraggio superiore della catena (Figura 15).
6. Inserimento in foro di malta cementizia per cementare l'ancora inferiore (Figura 16).

7. Inserimento di ghiaia per tutta la lunghezza del foro per stabilizzare i sensori (Figura 17).
8. Test dei sensori in sede (Figura 18).
9. Passaggio dei cavi all'interno del corrugato (Figura 19).
10. Installazione del pannello fotovoltaico (Figura 20).
11. Installazione della centralina (Figura 21).
12. Cablaggio dei sensori alla centralina (Figura 22).
13. Test dei sensori (Figura 23).
14. Inserimento nella parte alta del foro di malta cementizia per cementare l'ancora superiore (Figura 24).



*Figura 10: Verifica che il foro fosse vuoto e privo di impedimenti*



*Figura 11: Srotolamento della catena inclinometrica*



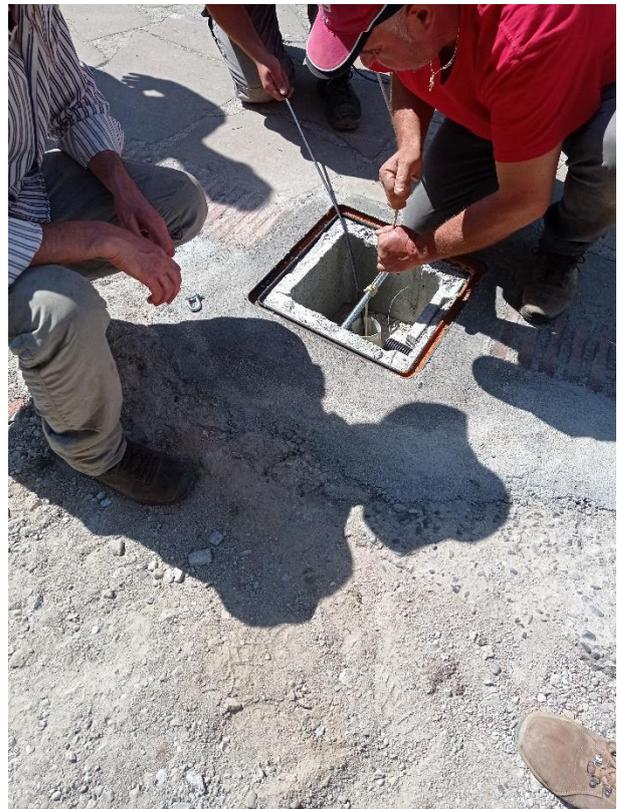
*Figura 12: Fissaggio dell'ancora alla catena*



*Figura 13: Inserimento della catena nel foro*



*Figura 14: Inserimento della catena nel foro*



*Figura 15: Ancoraggio superiore della catena*



*Figura 16: Inserimento in foro di malta cementizia per cementare l'ancora inferiore*



*Figura 17: Inserimento di ghiaia per tutta la lunghezza del foro per stabilizzare i sensori*



*Figura 18: Test dei sensori in sede*



*Figura 19: Passaggio dei cavi all'interno del corrugato*



*Figura 20: Installazione del pannello fotovoltaico*



*Figura 21: Installazione della centralina*



*Figura 22: Cablaggio dei sensori alla centralina*



*Figura 23: Test dei sensori*



*Figura 24: Inserimento nella parte alta del foro di malta cementizia per cementare l'ancora superiore*



*Figura 25: 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.

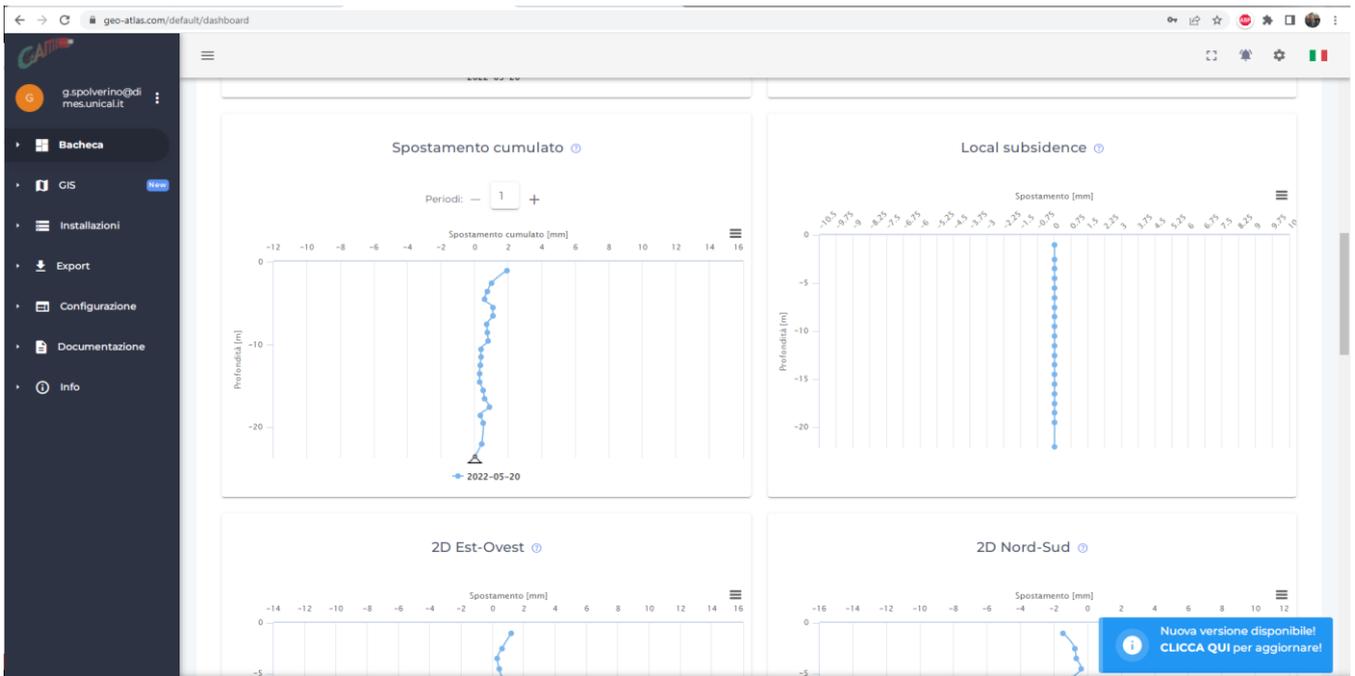
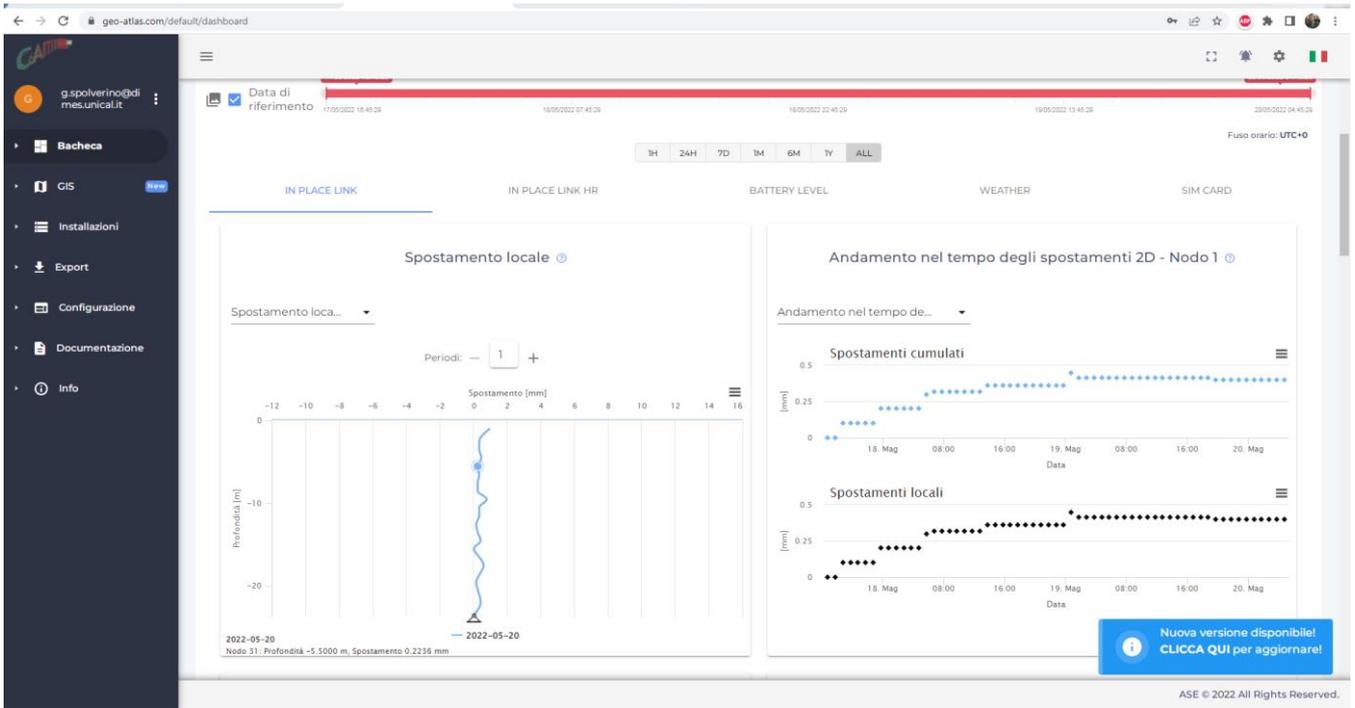
Al superamento di soglie definibili tramite la piattaforma, il sistema è in grado di spedire, automaticamente, allerte e/o allarmi secondo differenti livelli, per mezzo di email o SMS. Le soglie possono riguardare un singolo sensore o un insieme di strumenti, ed essere basate su dati assoluti o differenziali. 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.

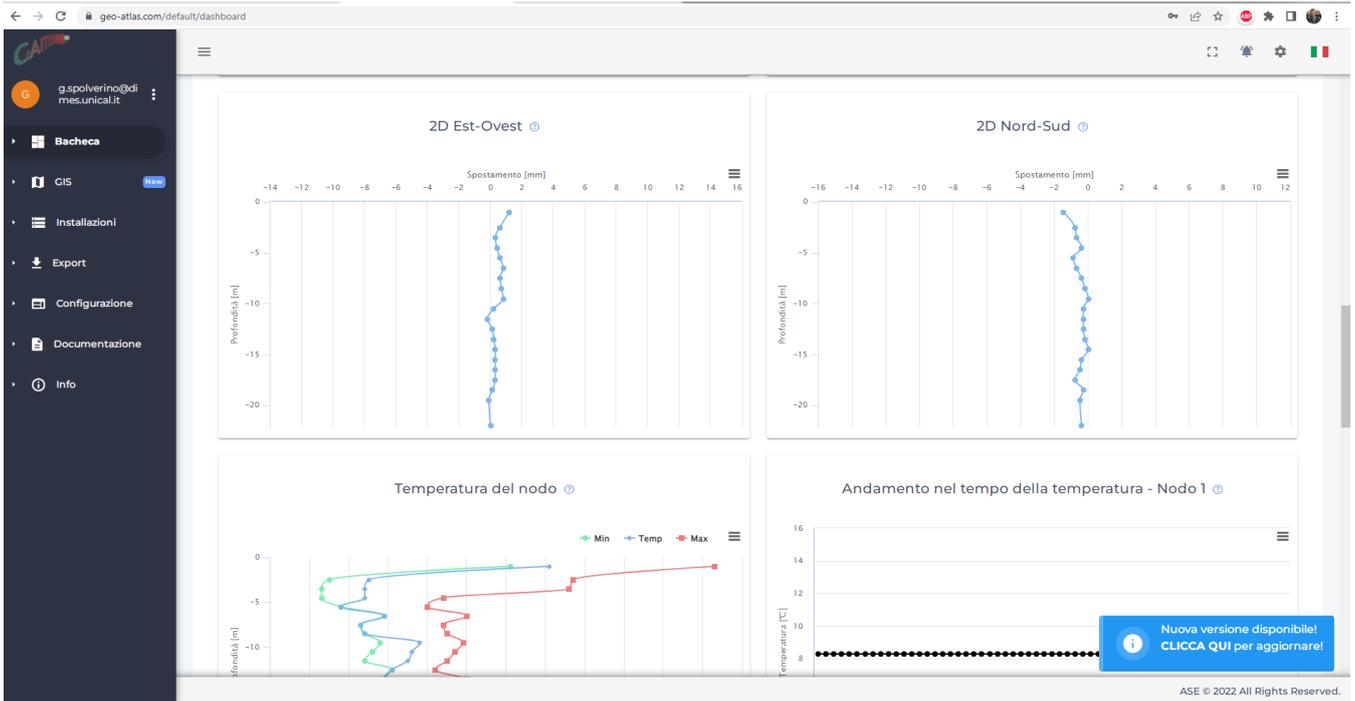
**Di seguito si riportano le schermate visualizzabili dalla piattaforma.**

The screenshot displays the 'geo-atlas.com/default/dashboard' interface. At the top, there are four summary cards: '5 Siti', '13 Centraline', '17 Catene', and '272 Nodi'. Below these, the 'Catene' section features a search bar and a table with columns for 'Sito', 'Centralina', 'Catena', 'Nodi', 'Tipo', and 'Descrizione'. The table lists two entries: 'Roto Greca' and 'San Benedetto Ullano'. To the right, the 'Nodi' section shows a table with columns for 'Tipo di nodo', 'Numero', and 'Profondità', listing various 'In Place Link' types and their depths. At the bottom, there is a 'Data di riferimento' section with a timeline and a 'Nuova versione disponibile!' notification.

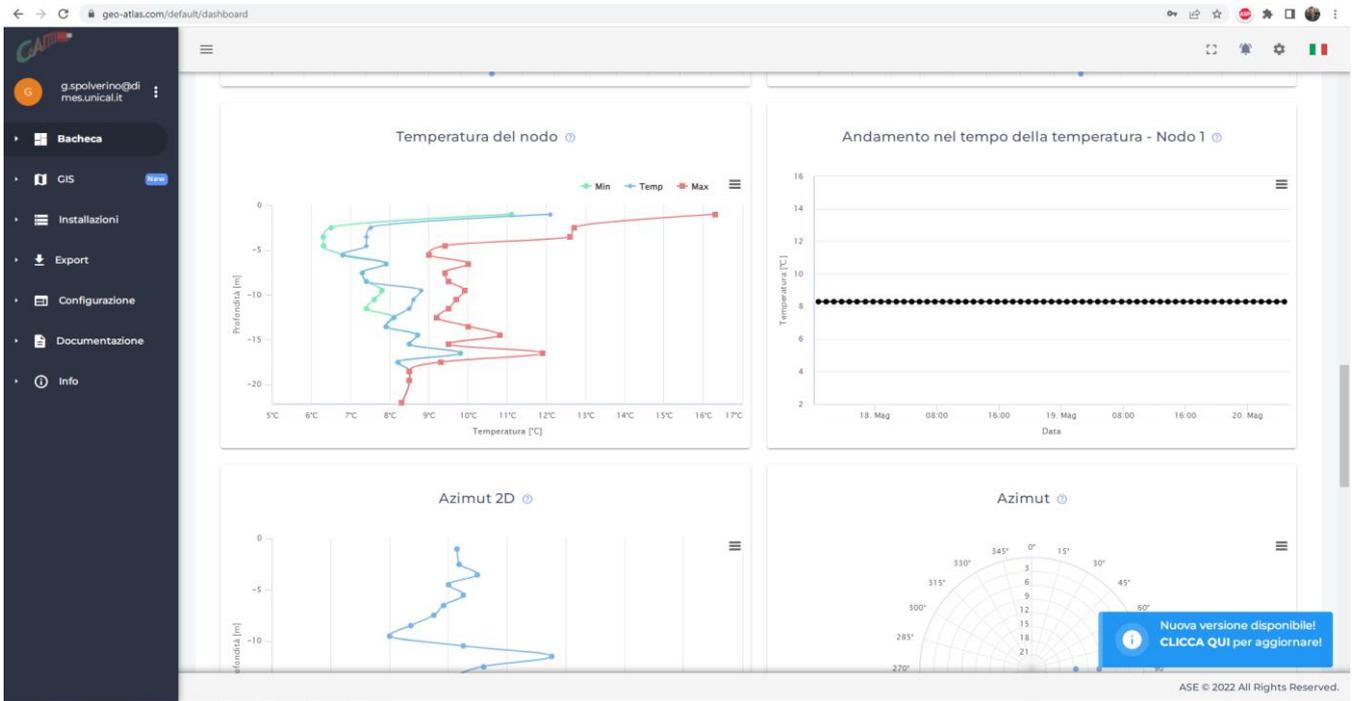
Sito	Centralina	Catena	Nodi	Tipo	Descrizione
Roto Greca	ID0152	DT0178	41	In Place Array	Fore S1
San Benedetto Ullano	ID0151	DT0177	47	In Place Array	Fore S1

Tipo di nodo	Numero	Profondità
In Place Link HR	40	1.50
In Place Link	39	1.50
In Place Link HR	38	3.00
In Place Link	37	3.00
In Place Link HR	36	4.00

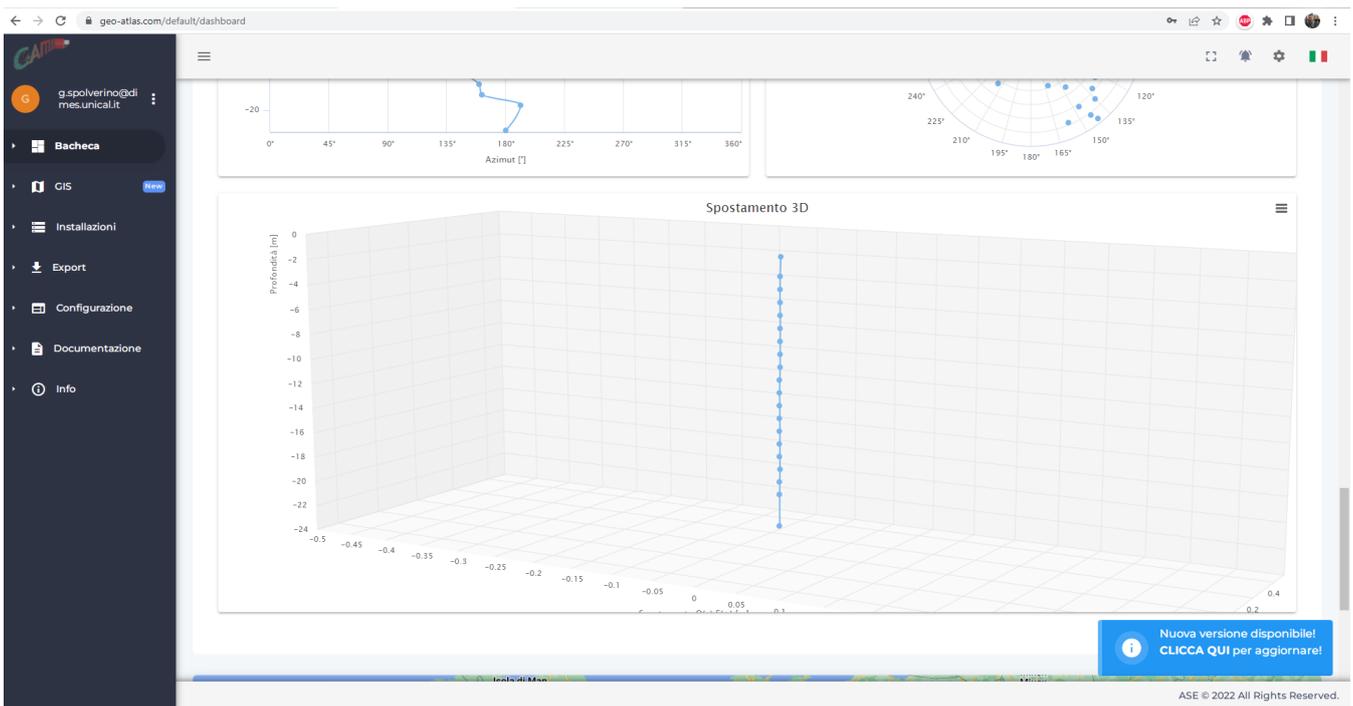




ASE © 2022 All Rights Reserved.



ASE © 2022 All Rights Reserved.



Come è possibile notare dall'ultima schermata, essendo una nuova installazione, non si apprezza ancora alcun movimento lungo la verticale.