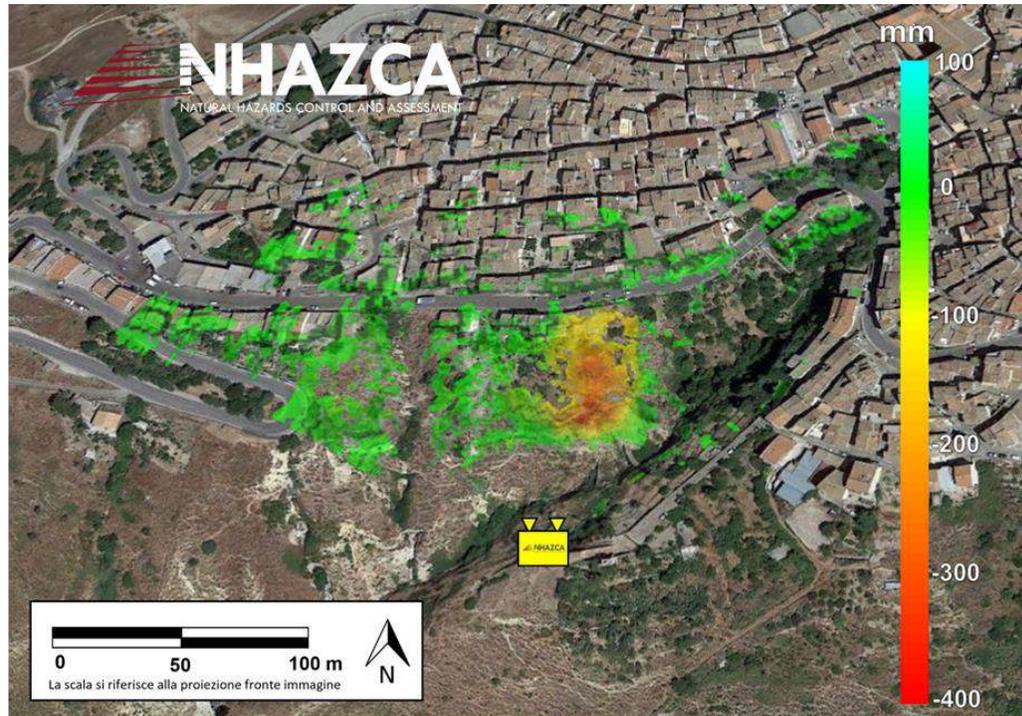
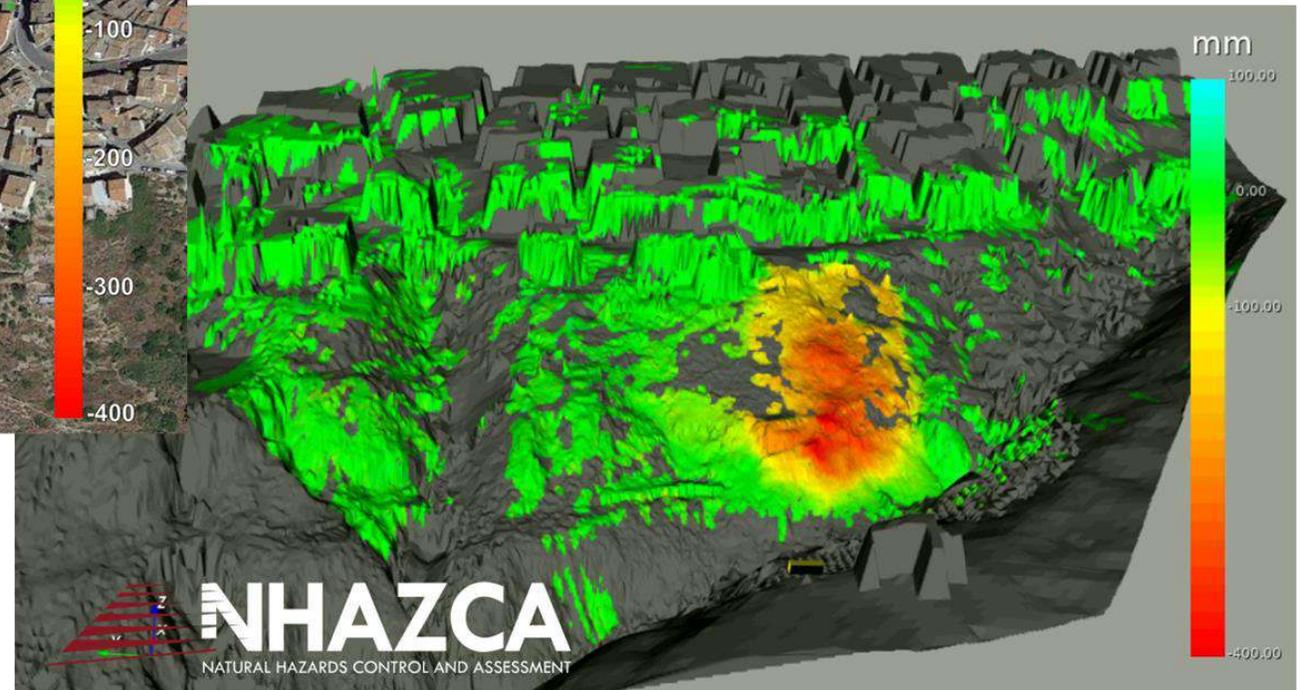


TERRESTRIAL INSAR

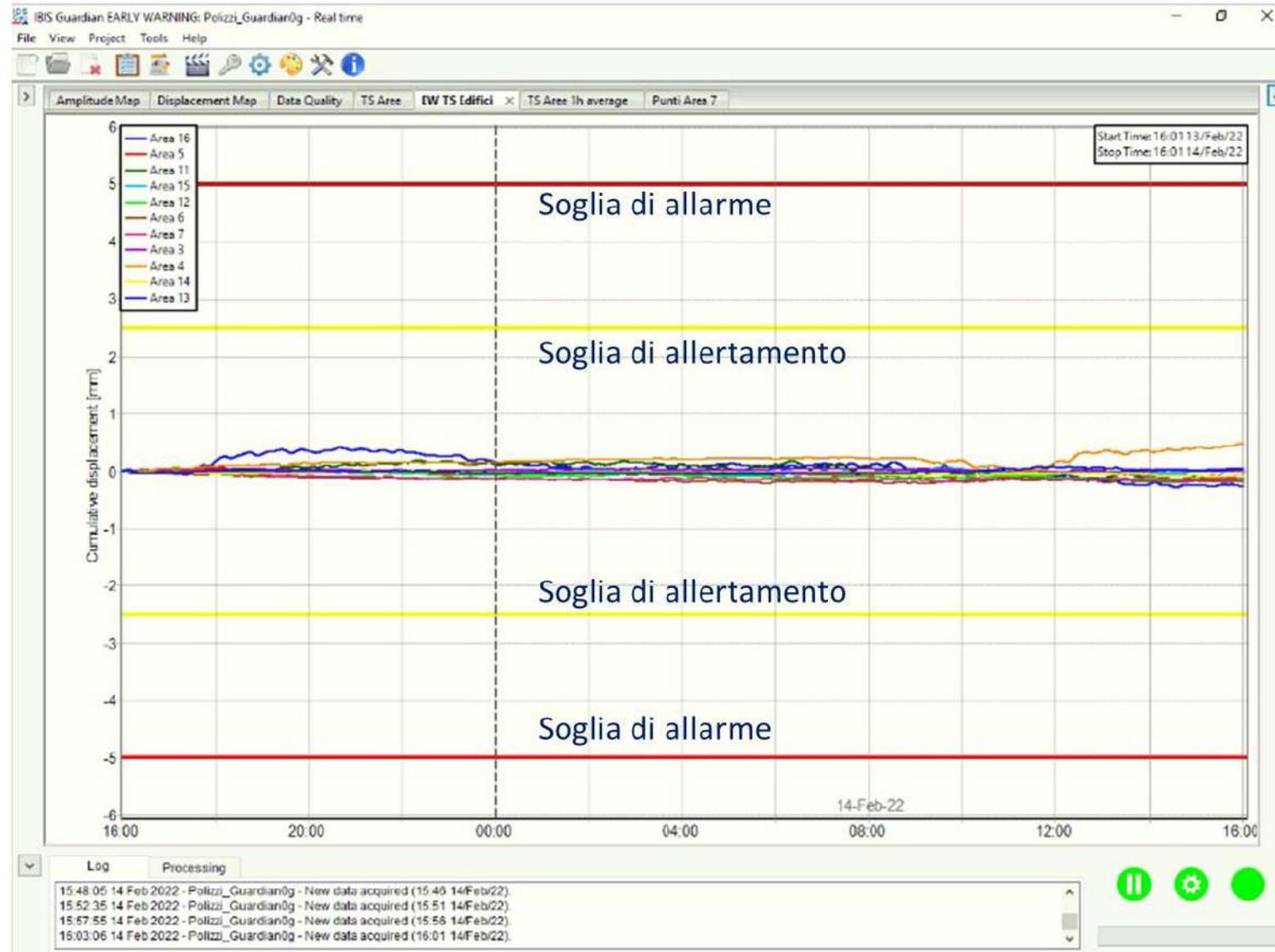


Mappa di spostamento cumulato su
Ortoto Google Earth

Mappa di spostamento cumulato su
Modello Digitale di Elevazione



TERRESTRIAL INSAR



TERRESTRIAL INSAR



*Sito Sperimentale di Monitoraggio Permanente
della Frana di Poggio Baldi*

www.landslidemonitoring.com



Photographic archive of Mr. Pietro Zangheri



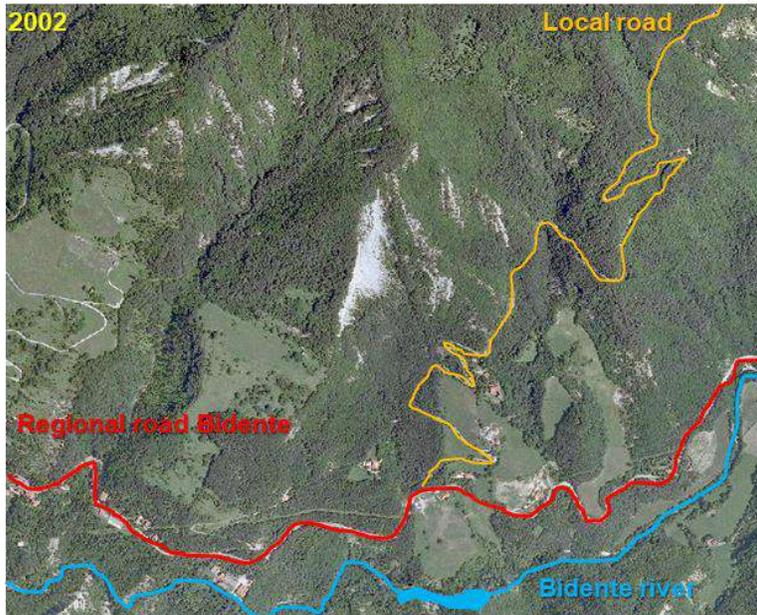
First activation: 03/25/1914 rock wedge slide

Last activation: 03/19/2010 earthflow

Volume: $4 \times 10^6 \text{ m}^3$

Complex movement started as a rotational
rockslide, then evolved into an earthflow and rock-
falls in head scarp.

TERRESTRIAL INSAR



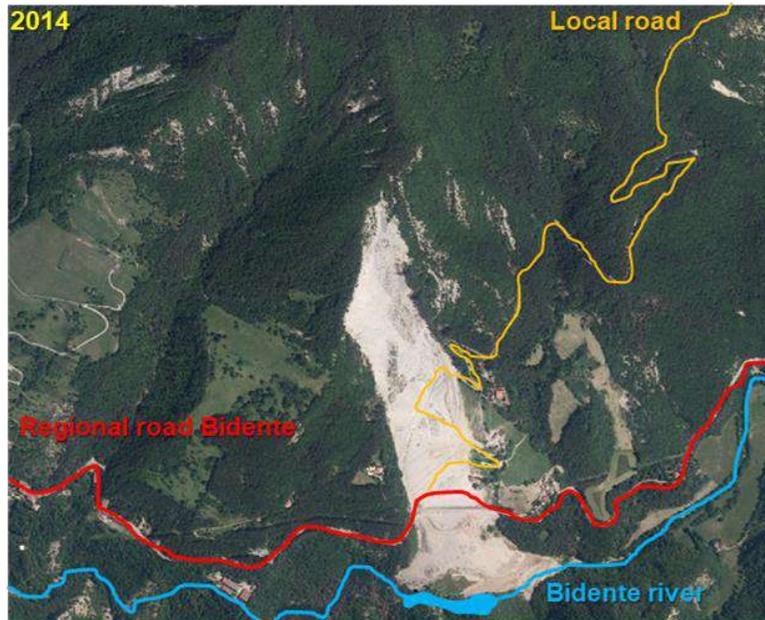
First activation: 03/25/1914 rock wedge slide

Last activation: 03/19/2010 earthflow

Volume: $4 \times 10^6 \text{ m}^3$

Triggered by water pressure increase due to snow-melting, after long rain-snow-fall period.

TERRESTRIAL INSAR



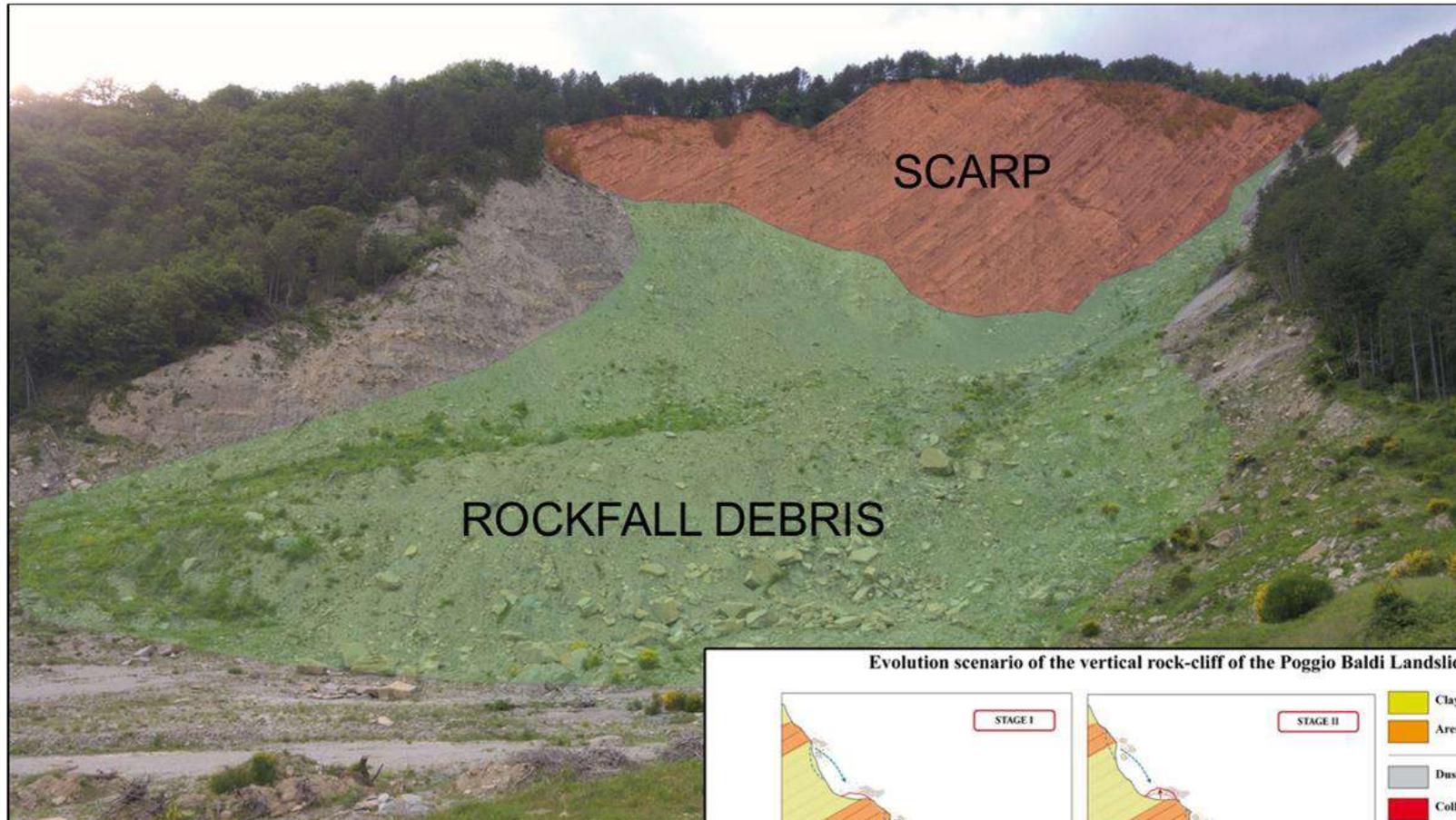
First activation: 03/25/1914 rock wedge slide

Last activation: 03/19/2010 earthflow

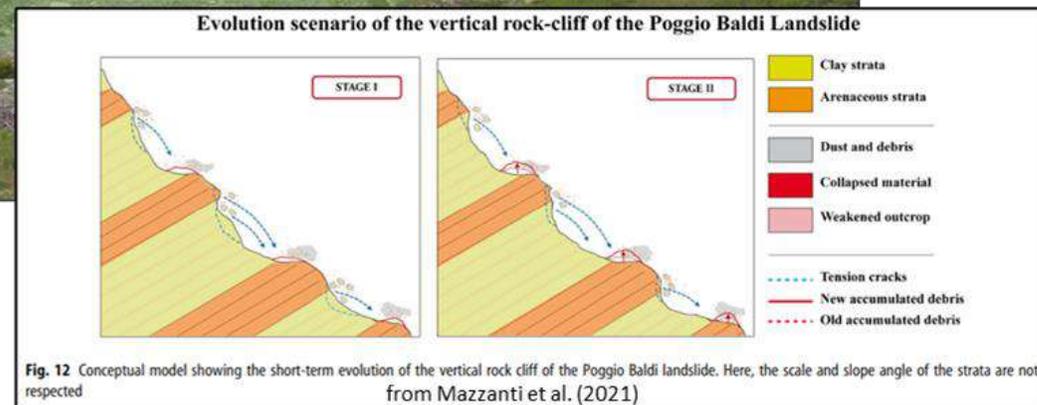
Volume: $4 \times 10^6 \text{ m}^3$

2 days of “warning signals” (such as opening of cracks), then the landslide moved downslope in 3 hours.

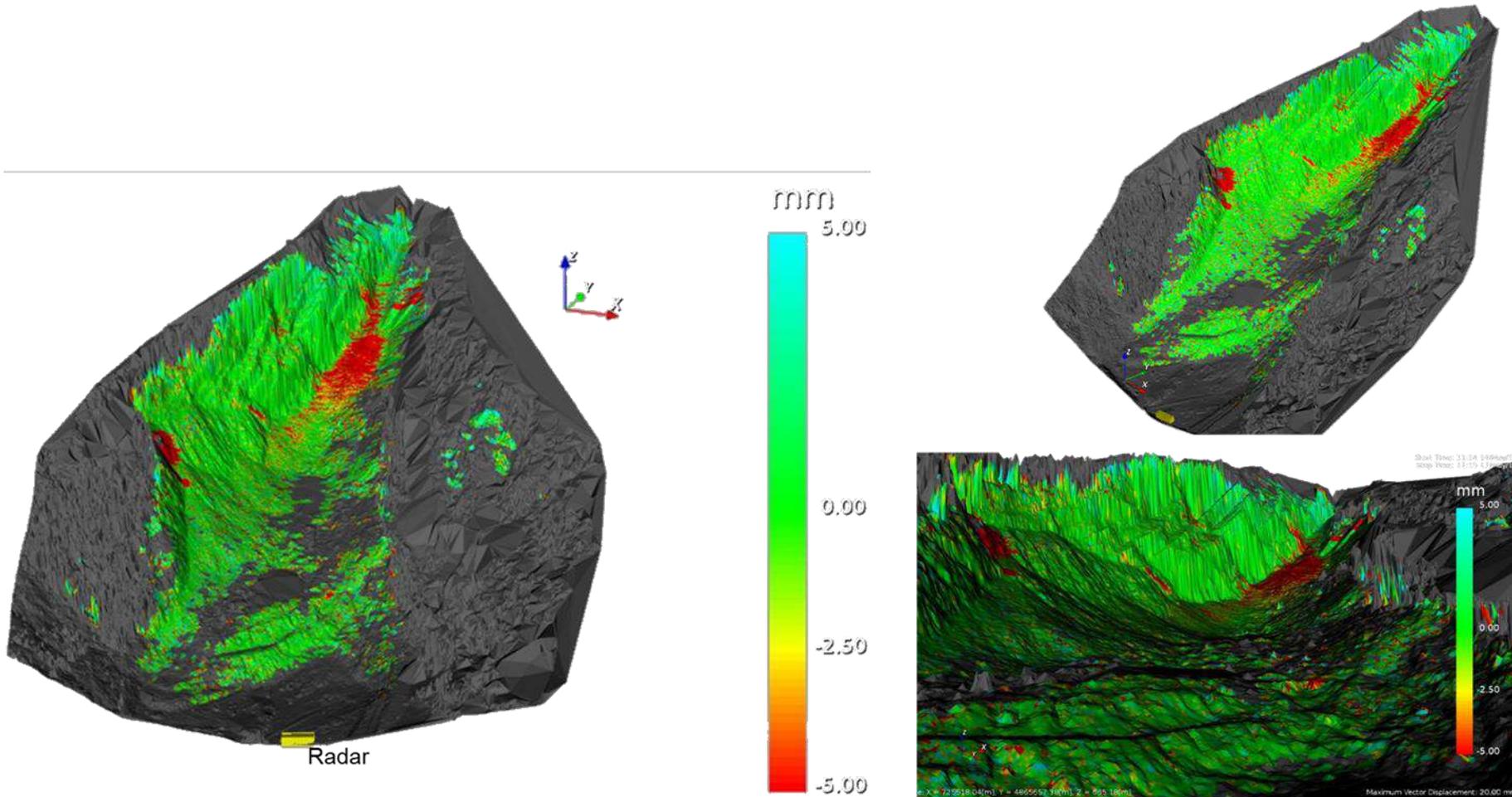
TERRESTRIAL INSAR



height-range 480 – 800 m asl, max
width 200 m, max length 850 m

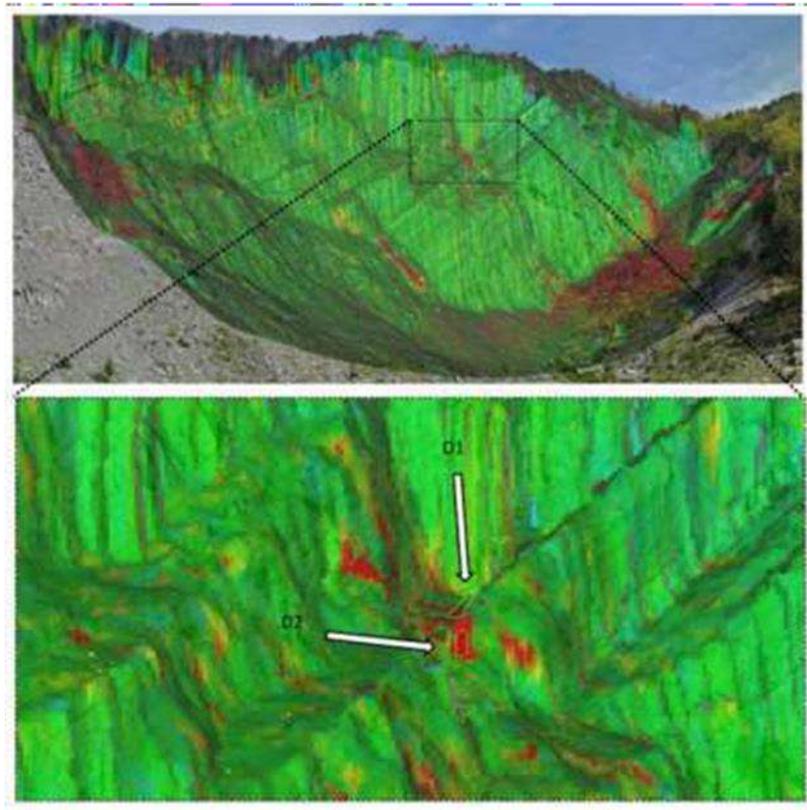


TERRESTRIAL INSAR



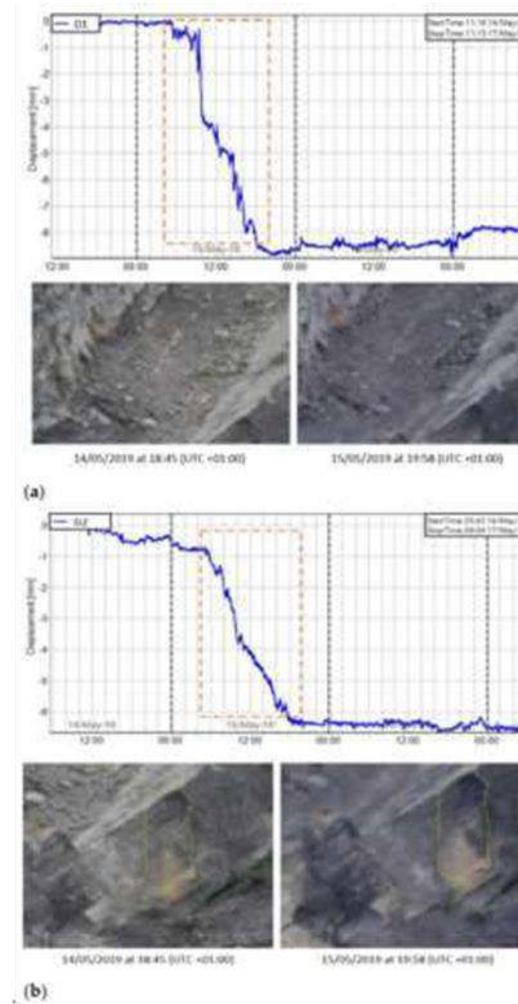
Fonte: Romeo et al. 2021

TERRESTRIAL INSAR



Central sector of the slope with correspondence between changes detected by radar measurements (green-red pixels) and GigaPan image analysis (yellow polygons)

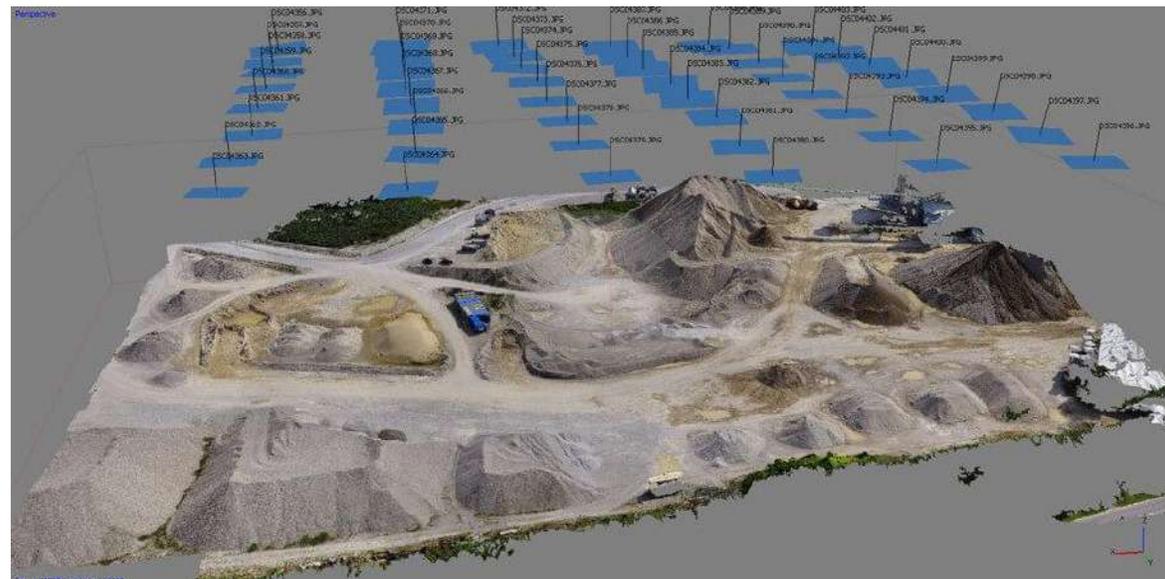
Fonte: Romeo et al. 2021



Comparison between radar measurements and Gigapixel analysis: (a) Displacement time series of D1 area measured by radar (above) and pre/post event images taken by GigaPan (below); (b) Displacement time series of D2 area measured by radar (above) and pre/post event images by GigaPan (below).

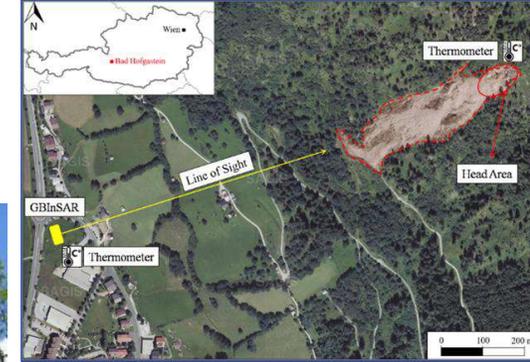
IMAGING

Si tratta di soluzioni innovative di rilievo e monitoraggio che sfruttano la grande diffusione nel mondo dei sensori ottici/multispettrali al fine di ottenere informazioni, mediante opportune tecniche di image processing, sia di tipo tridimensionale che per individuare cambiamenti e/o spostamenti superficiali.



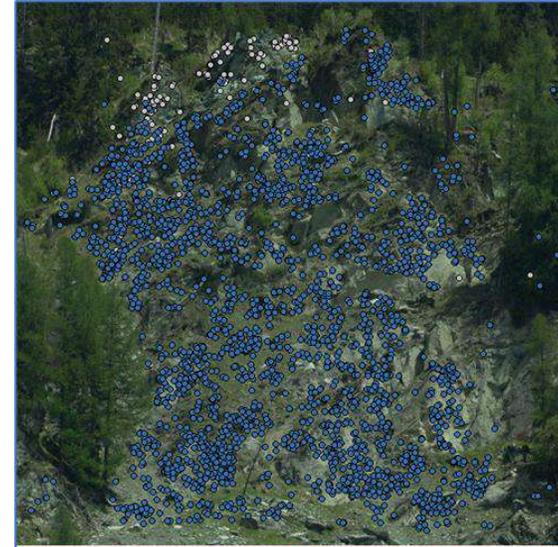
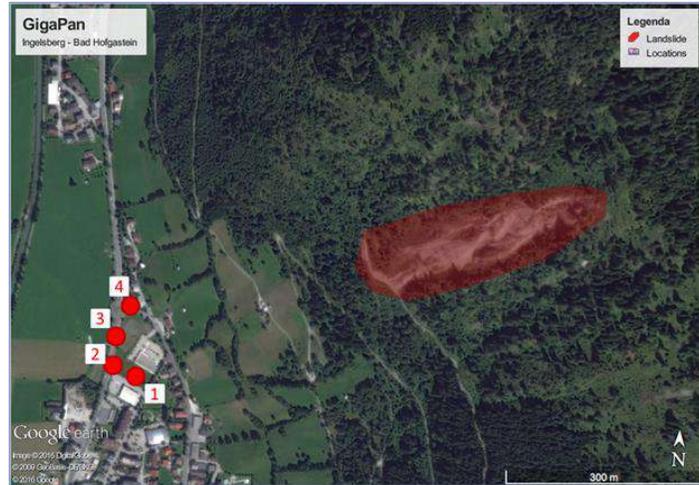
Frane Sinkhole Terremoti Subsidenza Attività vulcanica Esondazioni

IMAGING

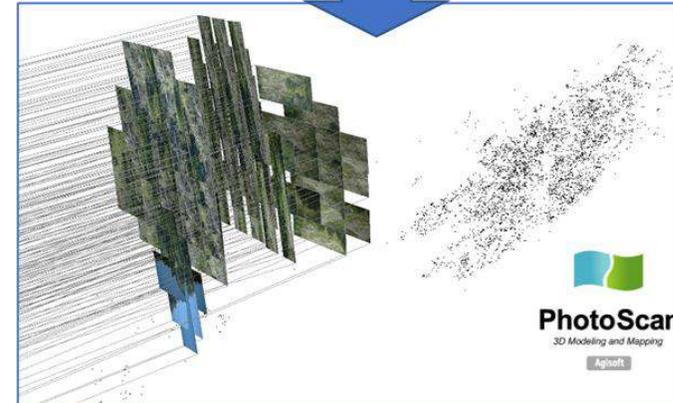


Steps of the acquisition campaign in Ingelsberg, Bad Hofgastein (May, 2016)
Equipment used: Nikon D800 (Focal Length: 0,4 m), Giganpan Epic PRO

IMAGING



Matched common points on photographs



Dense point cloud generation

Structure from motion (SfM) is a range imaging technique for estimating 3-dimensional structures from 2-dimensional image sequences that may be coupled with local motion signals.



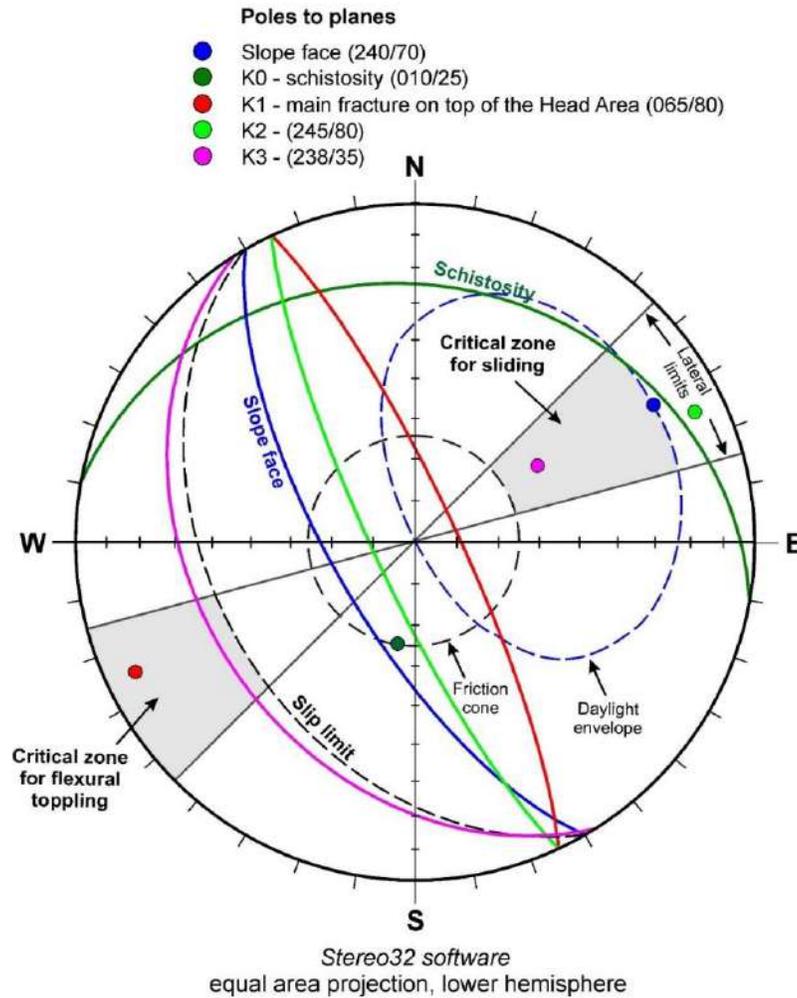
Institute for Computer Graphics and Vision



Topography lab.

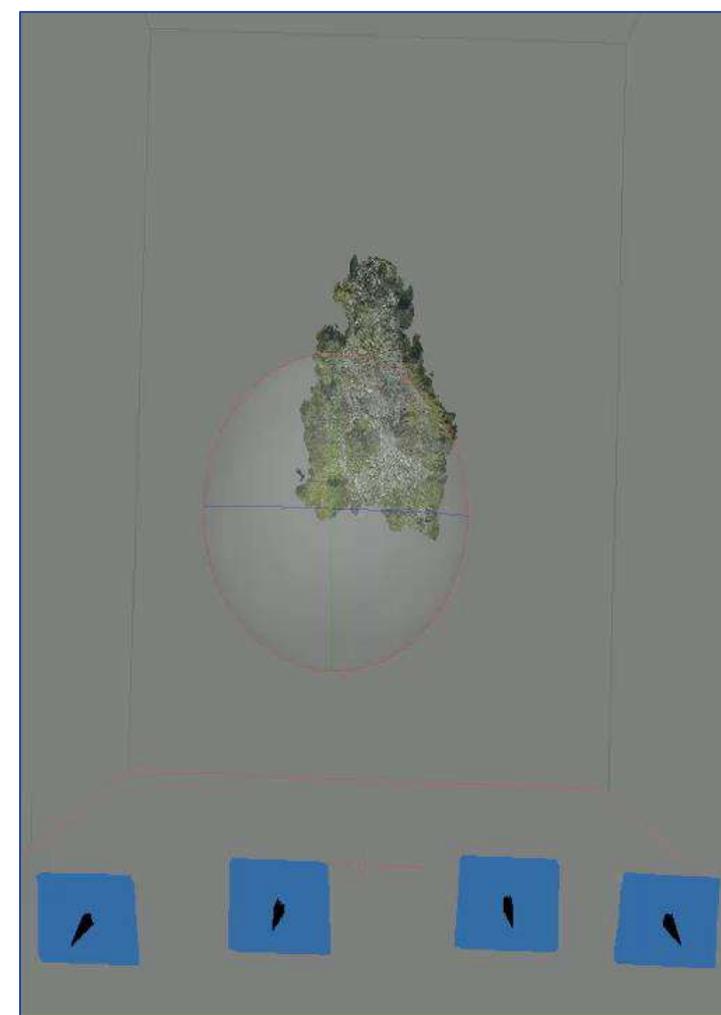
Fonte: Romeo et al. 2019

IMAGING



Goodman, R.E. 1980. Introduction to Rock Mechanics (Chapter 8), Toronto: John Wiley, pp 254-287.

Fonte: Romeo et al. 2019



3D model (by PhotoScan)

Table 4.1 Typical ranges of friction angles for a variety of rock types

Rock class	Friction angle range	Typical rock types
Low friction	20–27°	Schists (high mica content), shale, marl
Medium friction	27–34°	Sandstone, siltstone, chalk, gneiss, slate
High friction	34–40°	Basalt, granite, limestone, conglomerate

IMAGING

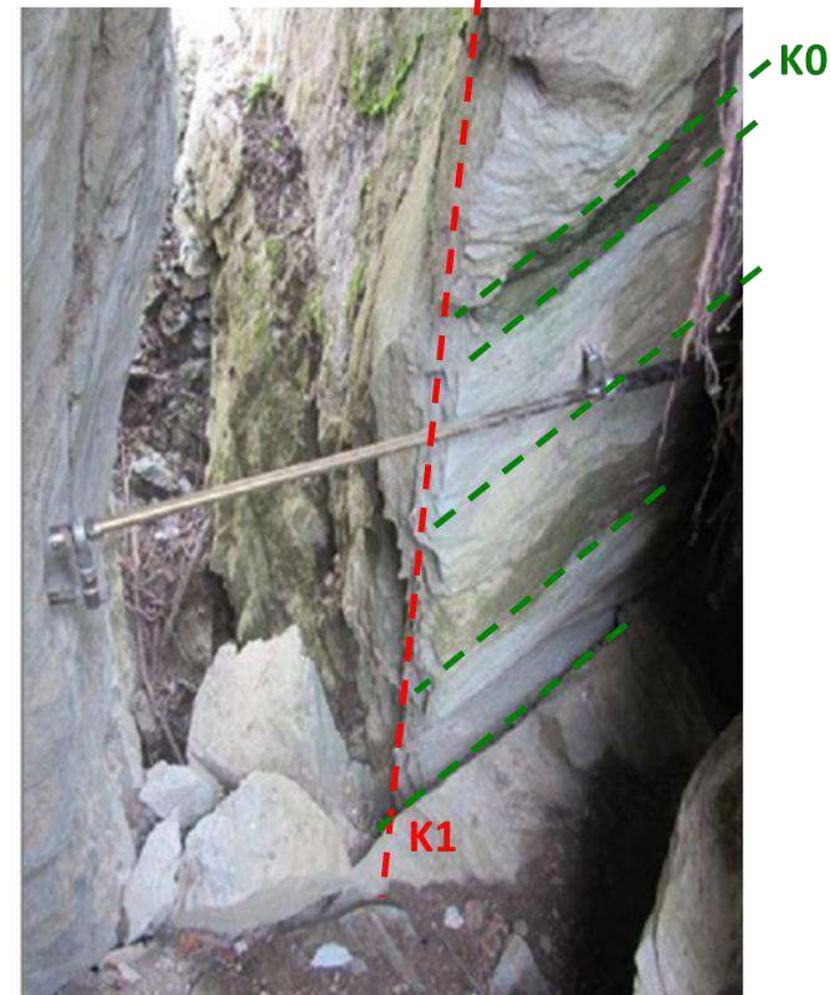
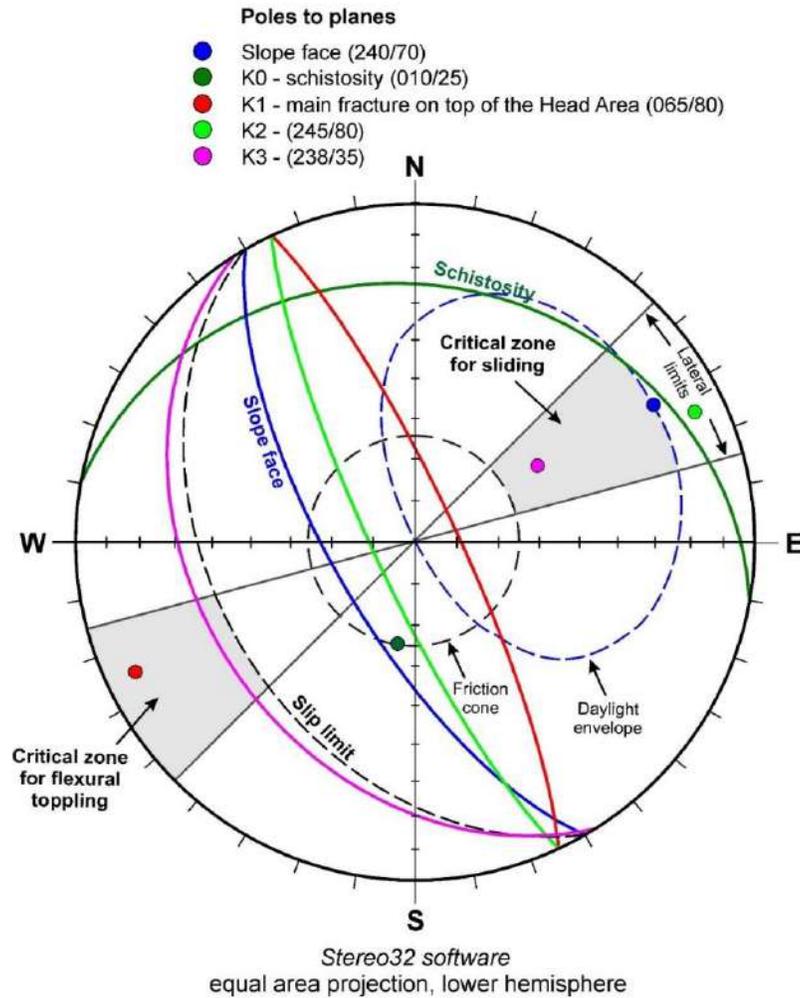


Photo on field

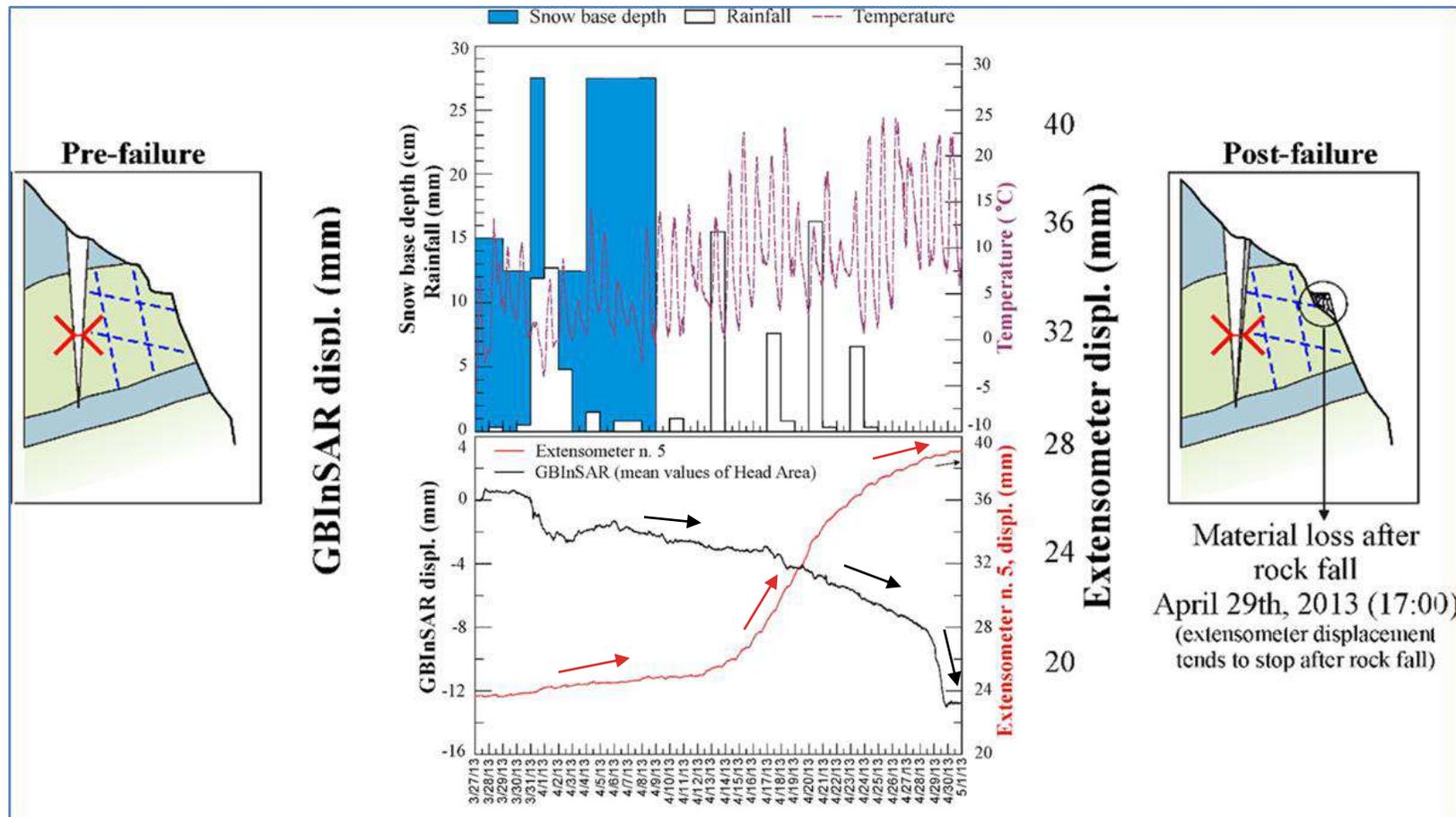
Goodman, R.E. 1980. Introduction to Rock Mechanics (Chapter 8), Toronto: John Wiley, pp 254-287.

Table 4.1 Typical ranges of friction angles for a variety of rock types

Rock class	Friction angle range	Typical rock types
Low friction	20–27°	Schists (high mica content), shale, marl
Medium friction	27–34°	Sandstone, siltstone, chalk, gneiss, slate
High friction	34–40°	Basalt, granite, limestone, conglomerate

Fonte: Romeo et al. 2019

IMAGING

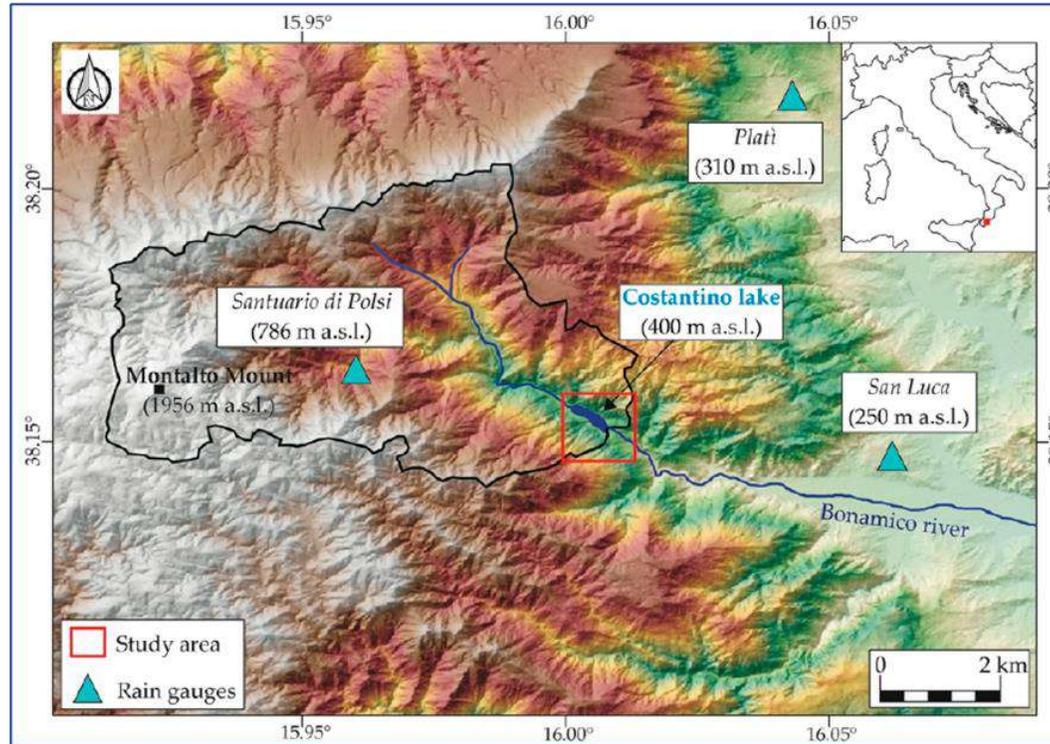


Displacement trends of extensometer n. 5 and GB-InSAR (Head Area) and air temperature, rainfall and snow base depth for the main event occurred in April 29, 2013 (17:00) with schematic representation (not to scale) of the rock fall process (a volume of 20 to 40 m³ of rocks from the Head Area – facing the slope – was detached).

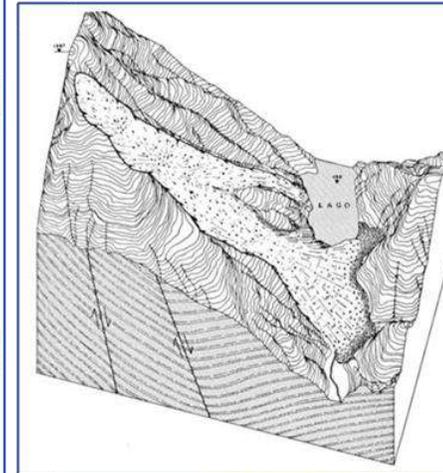


Fonte: Romeo et al. 2019

IMAGING

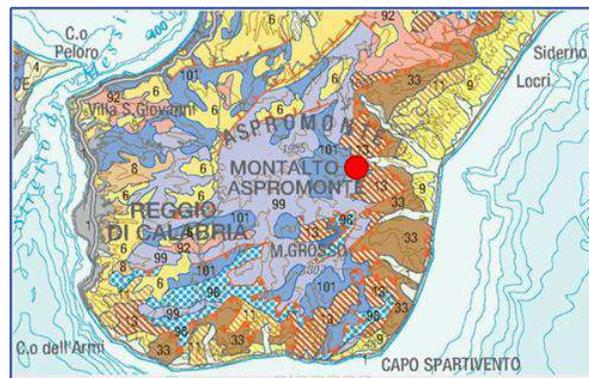


Failure between 3-4 January 1973
($23 \times 10^6 \text{ m}^3$)



Landslide illustration
(from Calcaterra & Parise, 2010)

Location map
(from Cencetti et al., 2017)



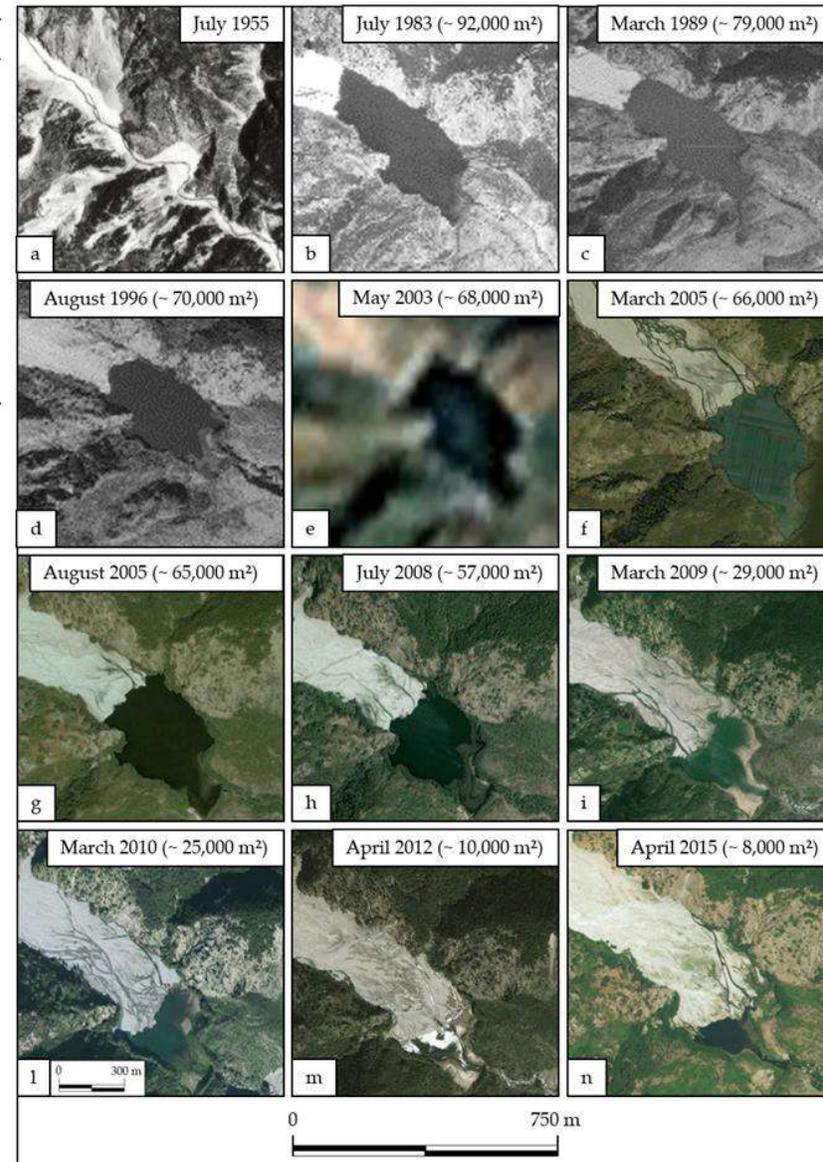
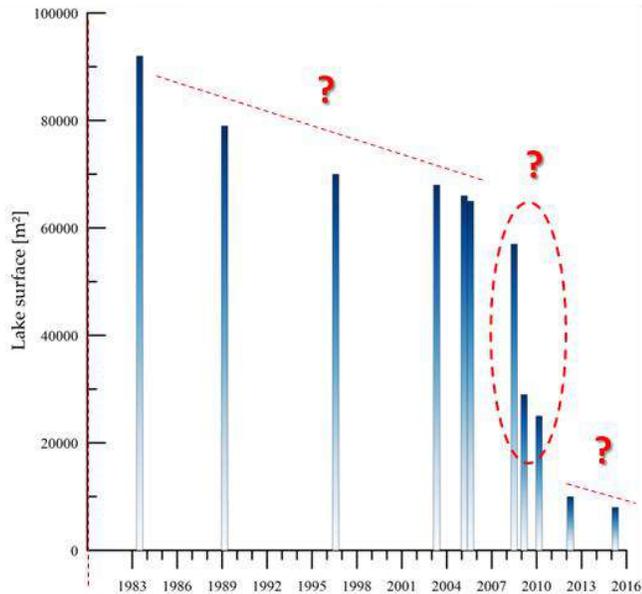
Geological setting (ISPRA, 2011): *Unit of Madonna di Polsi* (schists with garnet and muscovite)

Fonte: Romeo et al. 2017

IMAGING

Labels of images	Type	Season	Date
<i>a</i>	AP black/white	Summer	July 1955
<i>b</i>	AP black/white	Summer	July 1983
<i>c</i>	OP black/white	Winter	March 1989
<i>d</i>	OP black/white	Summer	August 1996
<i>e</i>	SI colour	Spring	May 2003
<i>f</i>	SI colour	Winter	March 2005
<i>g</i>	SI colour	Summer	August 2005
<i>h</i>	SI colour	Summer	July 2008
<i>i</i>	SI colour	Spring	March 2009
<i>l</i>	SI colour	Winter	March 2010
<i>m</i>	SI colour	Spring	April 2012
<i>n</i>	SI colour	Spring	April 2015

Imagery database: AP - aerial photos, OP – orthophotos, SI - satellite images.
(Source: Ministero dell’Ambiente, Istituto Geografico Militare, Google, Bing).



Fonte: Romeo et al. 2017

IMAGING



Fonte: NHAZCA Srl

IMAGING



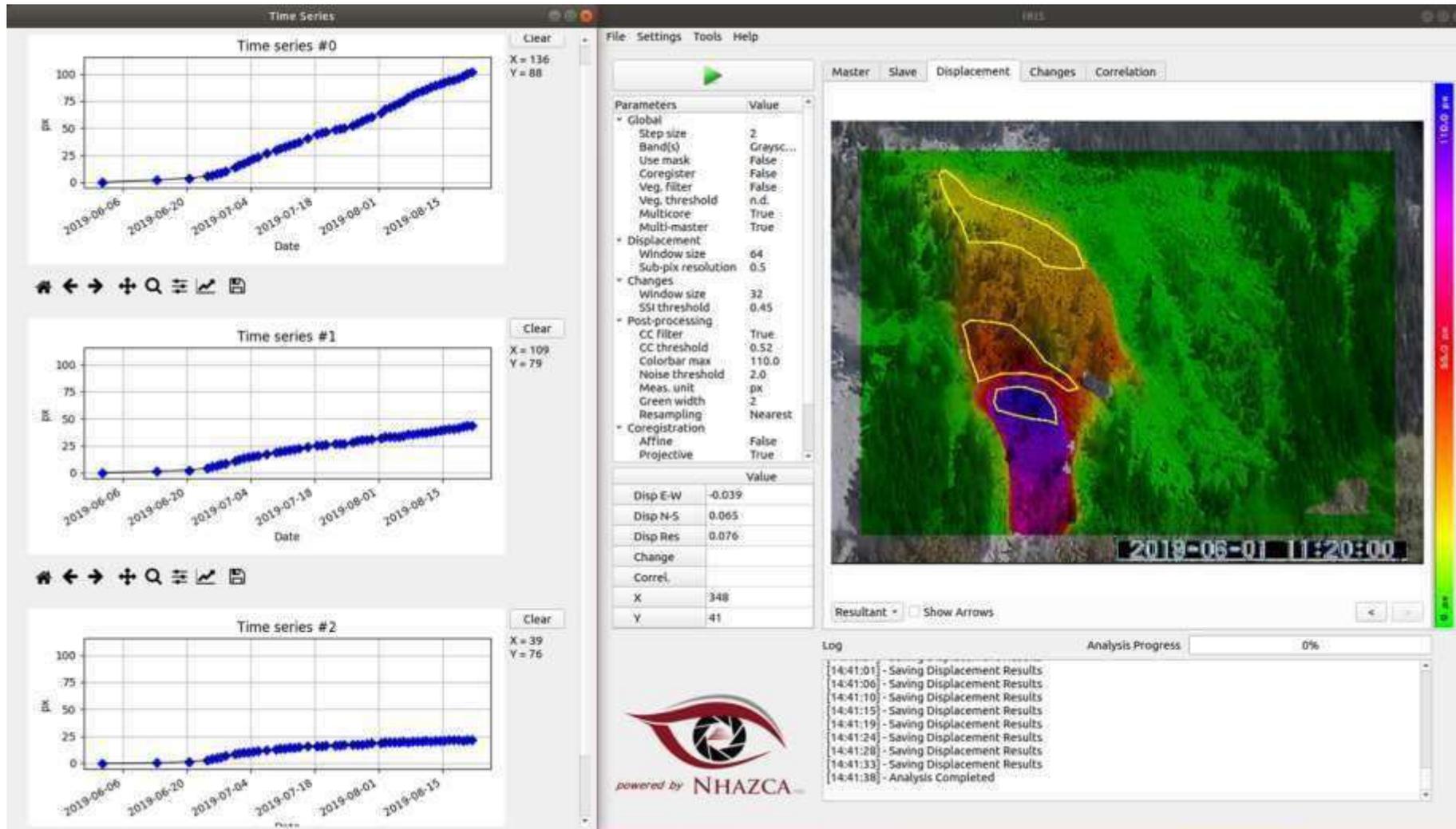
Fonte: NHAZCA Srl

IMAGING



Fonte: NHAZCA Srl

IMAGING



Fonte: NHAZCA Srl

IMAGING

<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>

The screenshot displays the Copernicus Browser interface for visualizing Sentinel-2 L2A data. The main map shows a Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) derived from Sentinel-2 L2A data, overlaid on a satellite image of an urban area with a prominent river. The interface includes a search bar at the top right, navigation and zoom controls on the right side, and a detailed legend for the NDVI layer on the left. The legend explains that NDVI is based on a combination of bands (B8 - B4) and provides a color scale from -1 to 1, with values approaching -1 corresponding to water and values approaching 1 indicating high vegetation density. The interface also features a 'Go to Place' search bar, a 'Default' style selector, and a 'Sentinel-2 L2A' layer selector. The bottom of the interface shows logos for the European Union, Copernicus, ESA, and ISPR, along with version information (v1.10.1) and a disclaimer.

Layers:

- True color
Based on bands B4, B3, B2
- False color
Based on bands B8, B4, B3
- Highlight Optimized Natural Color
Enhanced natural color visualization
- NDVI**
Based on a combination of bands (B8 - B4...)
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
The normalized difference vegetation index is a simple, but effective index for quantifying green vegetation. It is a measure of the state of vegetation health based on how plants reflect light at certain wavelengths. The value range of the NDVI is -1 to 1. Negative values of NDVI (values approaching -1) correspond to water. Values close to zero (-0.1 to 0.1) generally correspond to barren areas of rock, sand, or snow. Low, positive values represent shrub and grassland (approximately 0.2 to 0.4), while high values indicate temperate and tropical rainforests (values approaching 1).
More info [here](#) and [here](#).
- False color (urban)
Based on bands B12, B11, B4

Lat: 41.87141, Lng: 12.44245 500 m

LASER SCANNER



Tecnica di telerilevamento che permette di determinare la distanza da un oggetto con un impulso LASER. La strumentazione utilizza una lunghezza d'onda del visibile e dell'infrarosso vicino.

Frane

Sinkhole

Attività vulcanica

Esondazioni

LASER SCANNER

"LiDAR is a fool's errand"

"Il LiDAR è un'impresa folle"

"LiDAR is lame"

"Il LiDAR è sfigato"

"Anyone relying on LiDAR is doomed, doomed"

"Chiunque faccia affidamento sul LiDAR è spacciato, spacciato"



Elon Musk



LASER SCANNER



Elon Musk

LASER SCANNER

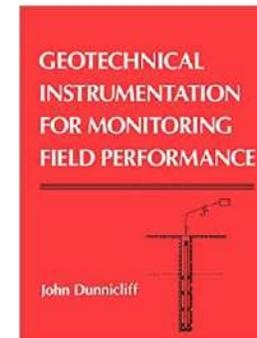


Elon Musk



John Dunncliff

“Every instrument on a project should be selected and placed to assist with answering a specific geotechnical question: if there is no question, there should be no instrumentation”



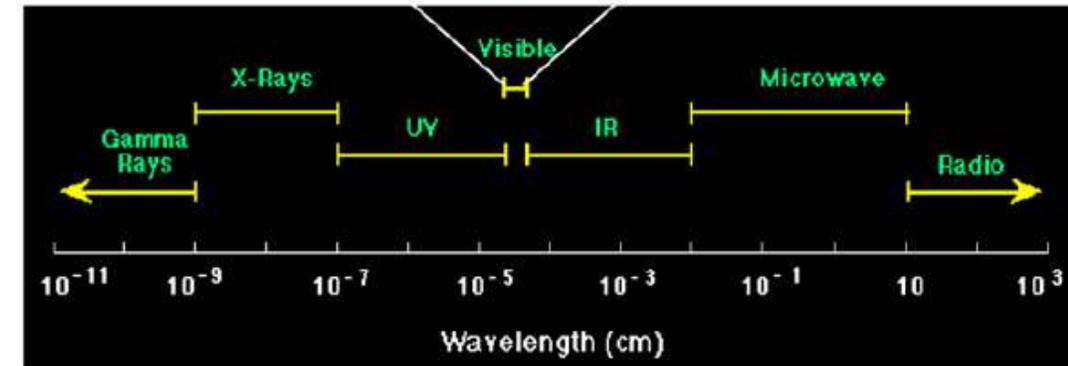
LASER SCANNER

Light Detection And Ranging = Identificazione e misura tramite la luce

Tecnica di telerilevamento che permette di determinare la distanza d da un oggetto con un impulso laser.

La strumentazione utilizza una lunghezza d'onda del visibile e dell'infrarosso vicino (solitamente tra 0,3 e 1,6 μm).

Sistema attivo che attraverso sistemi meccanici e specchi ruotanti ed oscillanti è in grado di emettere raggi *LASER* e di indirizzare gli stessi in diverse posizioni dello spazio, eseguendo in questo modo una “scansione” degli oggetti che ha nel proprio campo di azione.

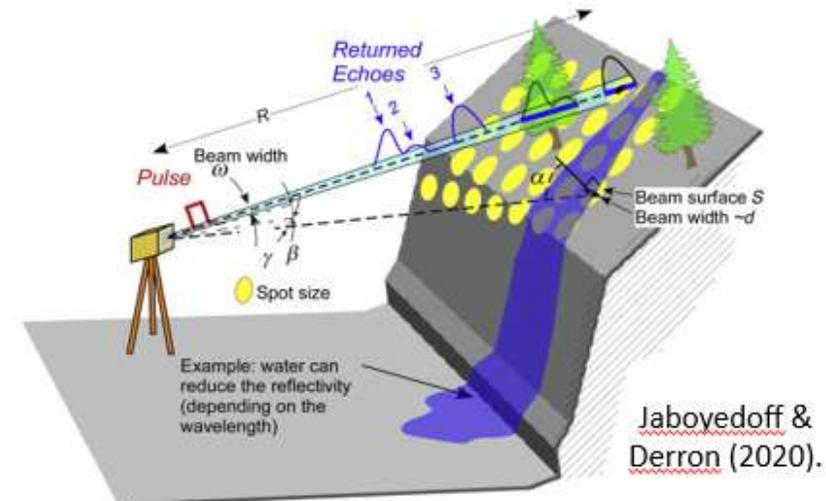
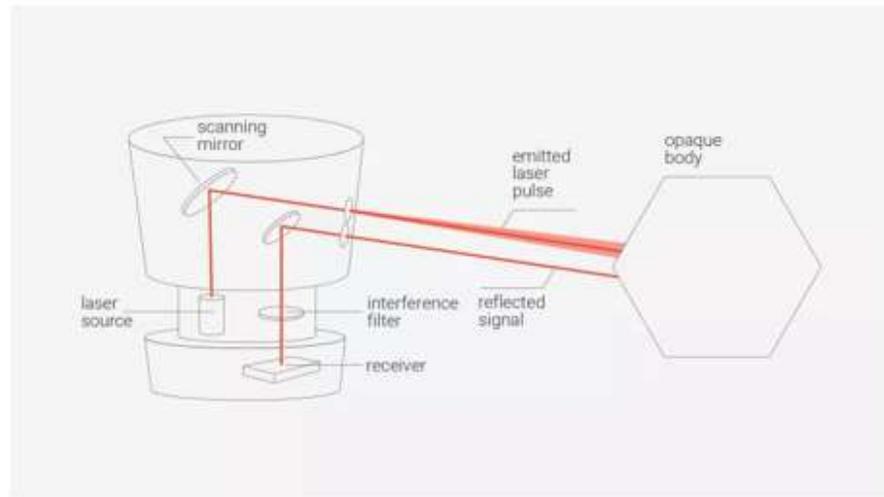


LASER SCANNER

- Il **LiDAR** (*Light Detection and Ranging*) è una tecnologia di telerilevamento che permette di **determinare la distanza di un oggetto** o di una superficie **utilizzando un impulso LASER** (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*).
- La principale differenza fra il **LiDAR** e il RADAR è che il primo usa lunghezze d'onda ultraviolette (0,01-0,4 μ m), nel visibile (0,4-0,7 μ m) o nel vicino infrarosso (0,7-10 μ m); questo rende possibile localizzare e ricavare immagini e informazioni su **oggetti molto piccoli**, di dimensioni pari alla lunghezza d'onda usata.
- Il **Laser Scanning** è una tecnica che permette di ricostruire **modelli tridimensionali** attraverso la registrazione di scansioni singole o multiple. Può essere considerata come una stazione totale motorizzata ad elevata automazione, in grado di acquisire **milioni di punti** in pochi minuti.

LASER SCANNER

- Il sensore a «**tempo di volo**» (TOF) è costituito da un **trasmettitore**, che emette fino a centinaia di migliaia di impulsi di luce (>100k punti/secondo) nella direzione della superficie scansionata (risoluzione angolare di $0,01^\circ$). Una volta che un impulso raggiunge la superficie, viene retrodifuso e rilevato dal **ricevitore** calcolando il **ritardo nel ritorno** (sistema attivo).



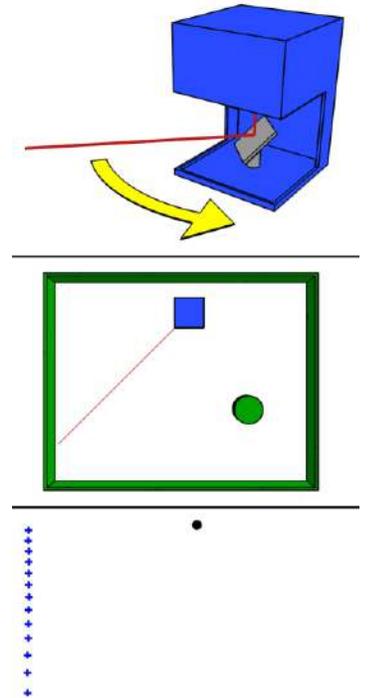
- Esistono inoltre i sensori a «**differenza di fase**» (LS interferometrici). Questi, per calcolare la distanza, misurano lo **sfasamento** tra l'onda emessa e quella ricevuta.

Sensori TOF: < precisione (5-15mm); > portate (alcuni km)

Sensori a differenza di fase: > precisione (2-4mm); < portate (centinaia di m)

LASER SCANNER

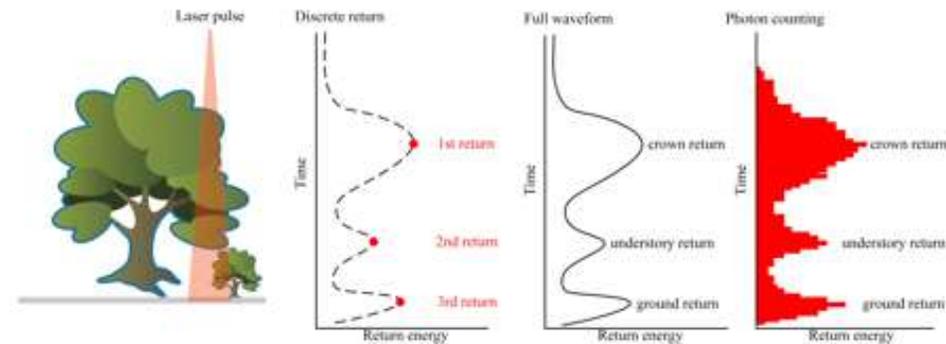
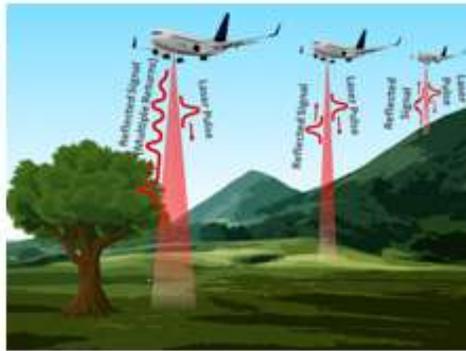
- In sostanza, il Laser Scanner consente di acquisire le **coordinate geografiche** (x, y, z) di una nuvola di punti dello scenario oggetto di indagine attraverso la misura del “tempo di volo” (TOF).
- Grazie all’integrazione con una fotocamera ad alta risoluzione, è possibile, inoltre, acquisire **immagini ottiche/termografiche calibrate** con il sensore laser.
- Il risultato del rilievo è, pertanto, una **nuvola di punti ad altissima risoluzione ed a colori** (RGB o termografia) sulla quale è possibile eseguire le comuni operazioni di misura spaziale (calcolo di distanze, superfici e volumi).



Esempio di scansione
2D mediante LiDAR
(fonte: Wikipedia)

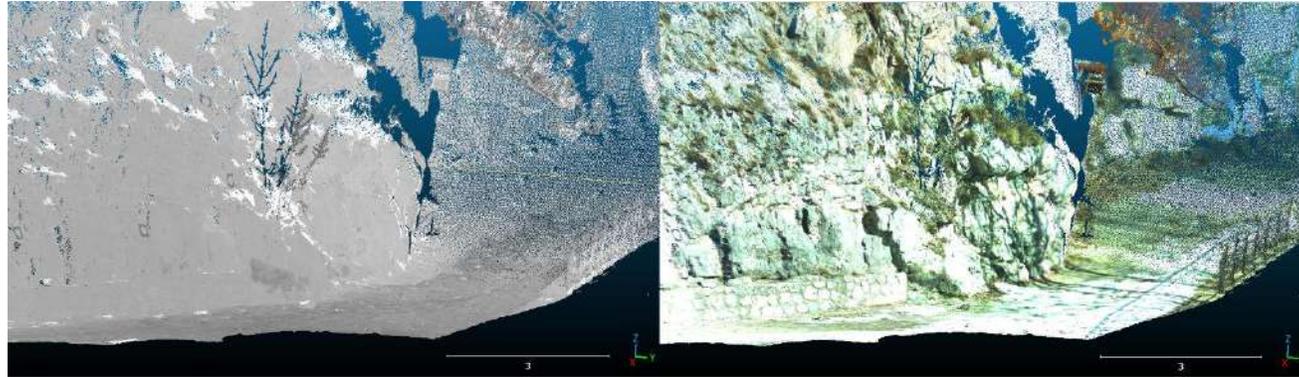
LASER SCANNER

- Le ultime generazioni di sistemi LiDAR sono detti **full-waveform**. Ciò significa che il sistema è in grado di acquisire tutta la forma d'onda dell'impulso laser di ritorno e di caratterizzare la nuvola di punti in funzione della lunghezza d'onda di riflessione dell'oggetto colpito.
- Ciò permette di descrivere con **elevato dettaglio** la superficie indagata (es. LiDAR aereo).

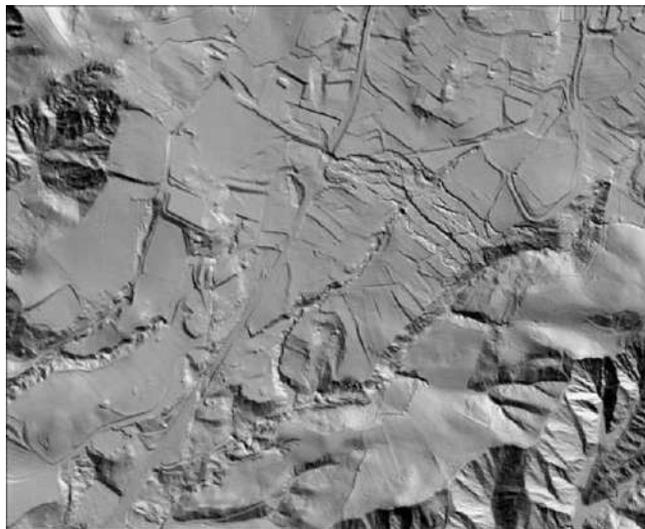


Wang & Fang (2020).

LASER SCANNER



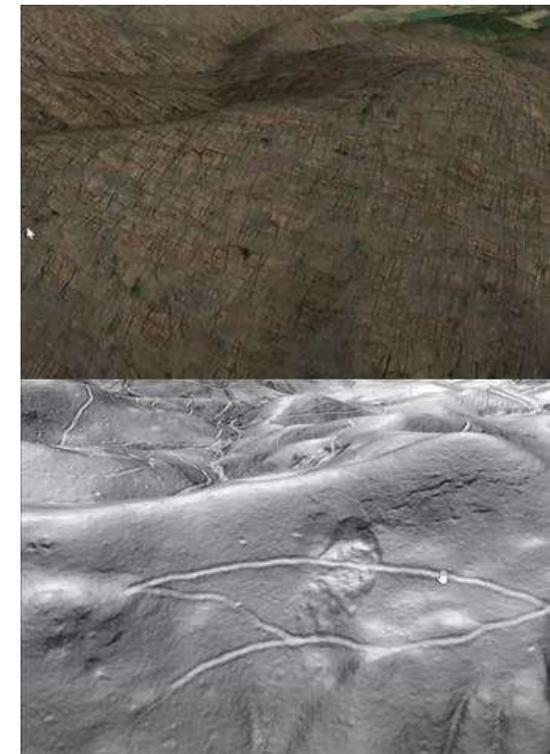
Nuvola di punti grezza (a sx) ed con i valori di colorazione RGB (a dx).



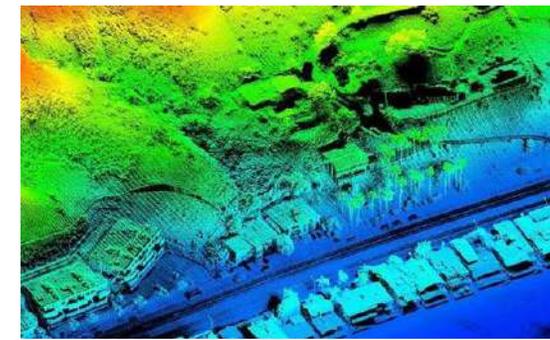
DSM derivato da LiDAR aereo.



Visione frontale frana (Esposito et al., 2015).



Confronto tra immagine ottica (in alto) e DTM da LiDAR aereo (in basso).



Nuvola di punti LiDAR in ampiezza.

LASER SCANNER



Esempio parete rocciosa



Utilizzo dei dati

- Per generazione sezioni, profili,

The image displays a 3D software interface for laser scanner data processing. The main window shows a 3D model of a rocky cliff face with a vertical profile line and two yellow pencils. A 'Plane' dialog box is open, showing coordinates and dip/direction values. A smaller window shows a 2D profile plot of the cliff face.

Plane

Equazione

$x = 0.914000$ $y = 0.173140$ $z = 0.000000$ $w = -123.009700$ $d = 0$

Punto normale

Punto [m]

$x = 127.203437$ $y = 13.021521$ $z = 90.333630$

Normale

$x = 0.914000$ $y = -0.173140$ $z = 0.000000$

DIP e DIP direction

Punto [m]

$x = 127.203437$ $y = 13.021521$ $z = 90.333630$

DIP [deg] DP direction [deg]

90.000000 100.000000

OK Calcola de parti Annulla

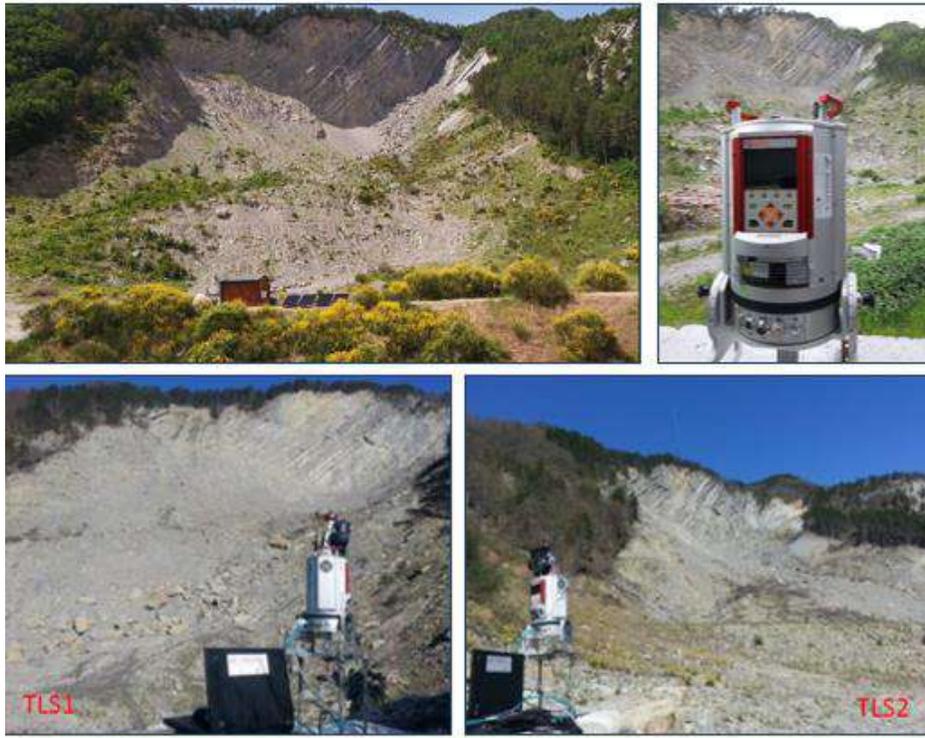
Escluso profilo (tutti scanner: "Scans")

LASER SCANNER

Monitoraggio c/o il laboratorio naturale della frana di Poggio Baldi (FC)

- Rilievi multi-temporali e multi-stazione con Laser Scanner Terrestre a partire dal 2015
- 3 potazioni di scansione
- Distanza massima: 700 m

www.landslidemonitoring.com



Perspective 3D



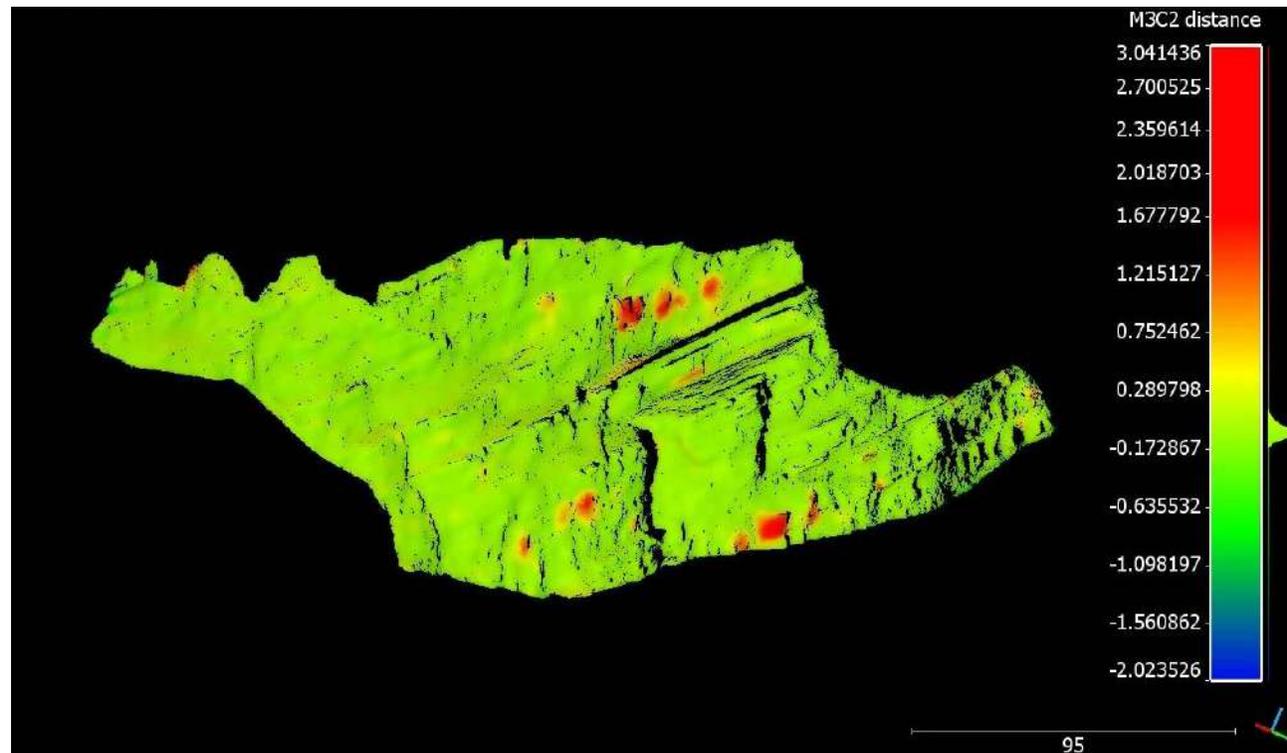
Formato: 99,009 verticosi: 47,009

LASER SCANNER

Monitoraggio c/o il laboratorio naturale della frana di Poggio Baldi (FC)

- Rilievi multi-temporali e multi-stazione con Laser Scanner Terrestre a partire dal 2015
- 3 potazioni di scansione
- Distanza massima: 700 m

www.landslidemonitoring.com

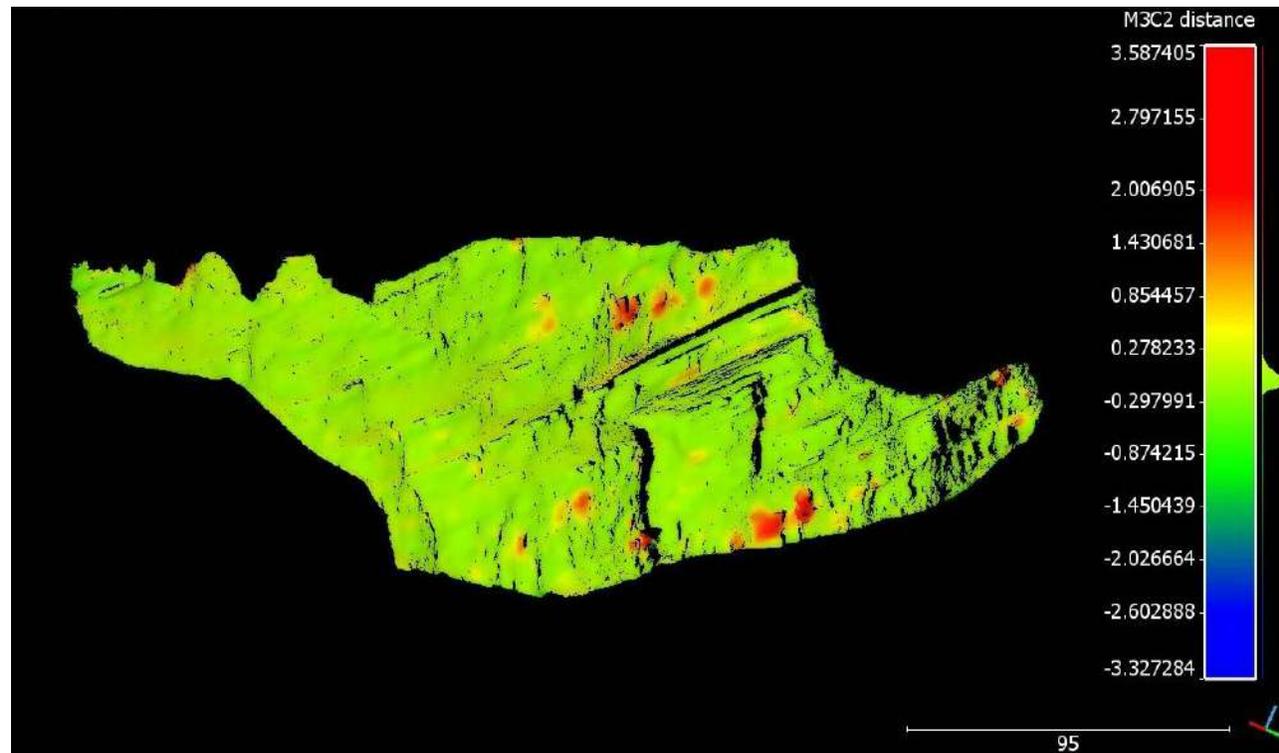


LASER SCANNER

Monitoraggio c/o il laboratorio naturale della frana di Poggio Baldi (FC)

- Rilievi multi-temporali e multi-stazione con Laser Scanner Terrestre a partire dal 2015
- 3 potazioni di scansione
- Distanza massima: 700 m

www.landslidemonitoring.com

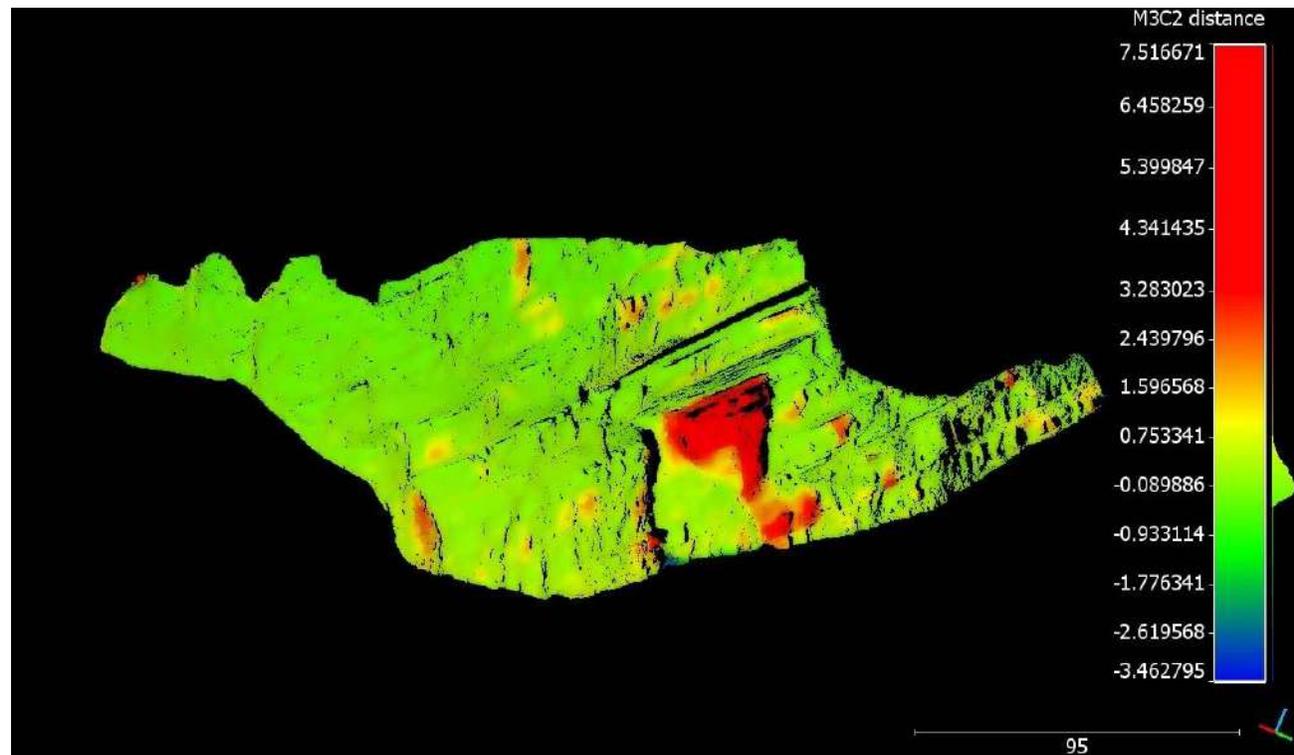


LASER SCANNER

Monitoraggio c/o il laboratorio naturale della frana di Poggio Baldi (FC)

- Rilievi multi-temporali e multi-stazione con Laser Scanner Terrestre a partire dal 2015
- 3 potazioni di scansione
- Distanza massima: 700 m

www.landslidemonitoring.com

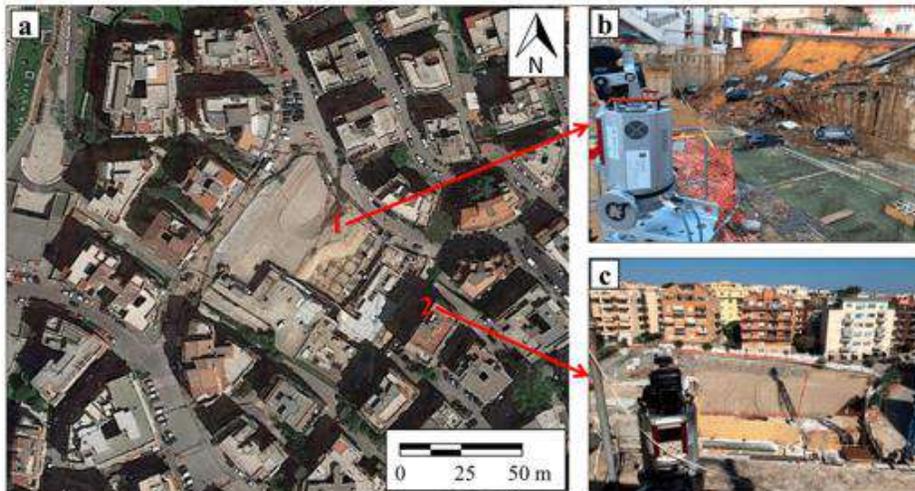


LASER SCANNER

Monitoraggio mediante Laser Scanner Terrestre in ambito urbano (Roma)

- Volume totale coinvolto nel cedimento della paratia: 850 m³
- 22 famiglie evacuate, 7 auto distrutte
- 18 rilievi multi-temporali eseguiti tra febbraio e maggio 2018
- 2 potazioni di scansione
- Distanza massima: 450 m

Balduina (Roma), 2018



Multi-Temporal TLS Scans					
TLS Location	Date	Time (hh:mm:ss)	Distance from the Piling wall	Number of Points (for Each Point Cloud)	File Size (for Each Point Cloud)
Construction site	February 15th, 2018	02:24:44	25 m	≈27 million	≈660 MB
		03:12:41			
		04:16:26			
		05:15:07			
		06:16:11			
		08:03:17			
		10:22:54			
		11:46:24			
		13:31:29			
		15:48:30			
Rooftop	February 18th, 2018	09:48:57	83 m	≈22.5 million	≈530 MB
		15:01:08			
	February 17th, 2018	09:05:29			
		February 19th, 2018			
	March 2nd, 2018				
	May 26th, 2018	06:46:14			

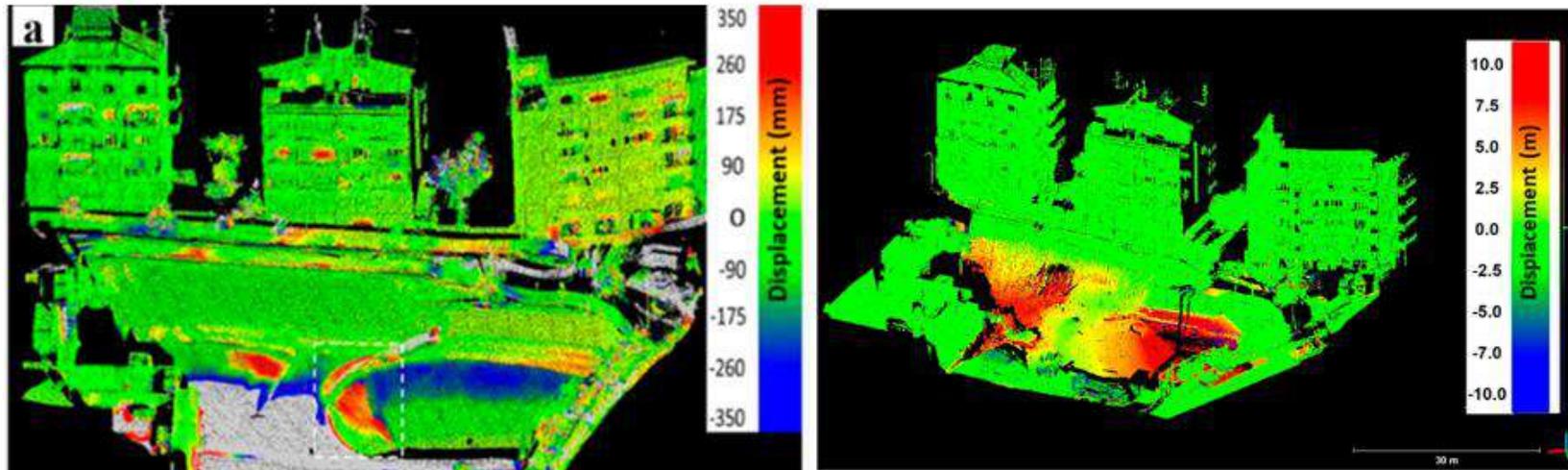
Bozzano et al. (2020).

LASER SCANNER

Monitoraggio mediante Laser Scanner Terrestre in ambito urbano (Roma)

- Volume totale coinvolto nel cedimento della paratia: 850 m³
- 22 famiglie evacuate, 7 auto distrutte
- 18 rilievi multi-temporali eseguiti tra febbraio e maggio 2018
- 2 potazioni di scansione
- Distanza massima: 450 m

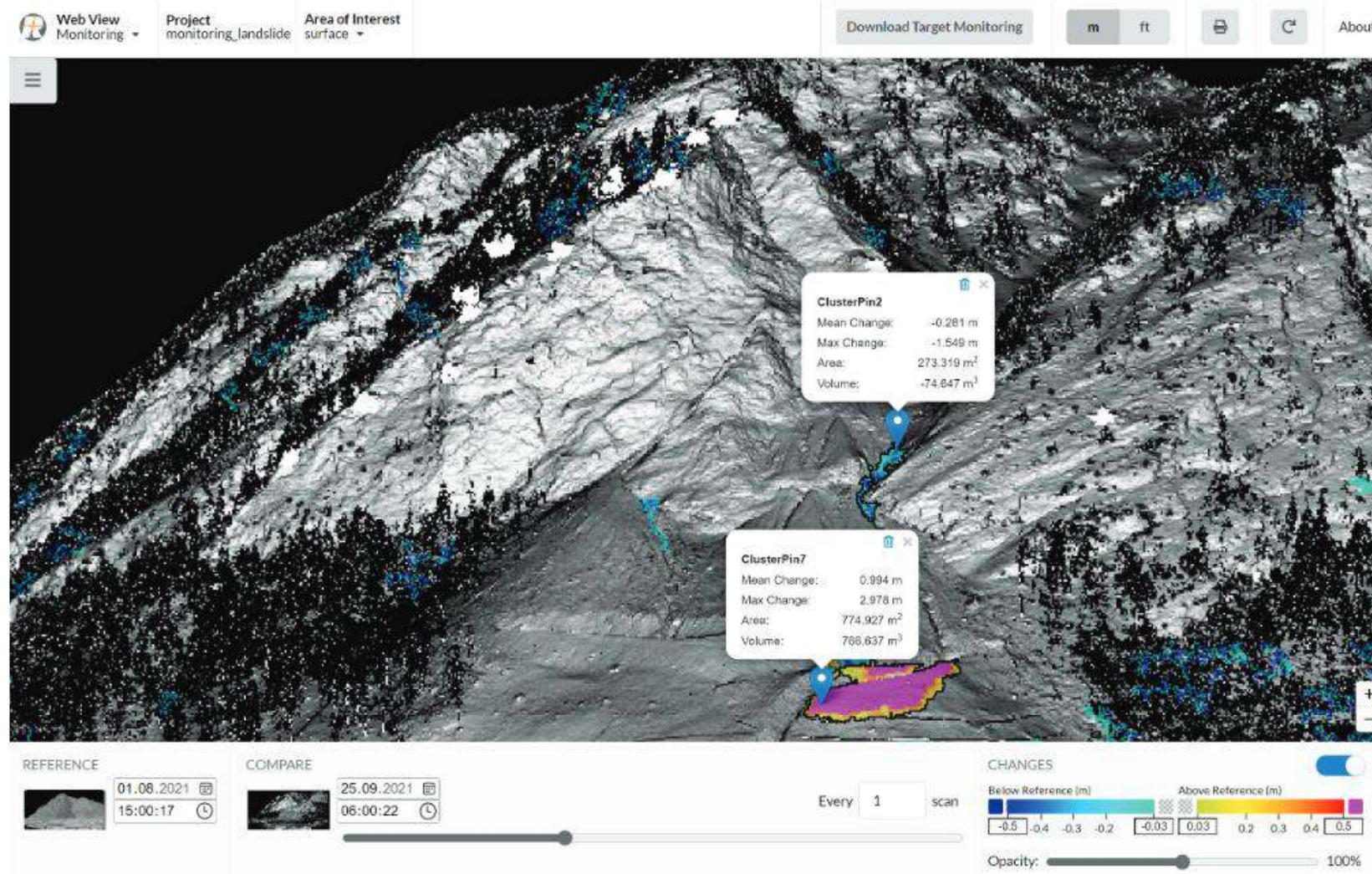
Mappe di spostamento (in termini di distanza M3C2) ottenute attraverso il confronto tra nuvole di punti.



Bozzano et al. (2020).

LASER SCANNER

Monitoraggio in continuo mediante Laser Scanner Permanente



(fonte: RIEGL GmbH & DMT GmbH & Co. KG)

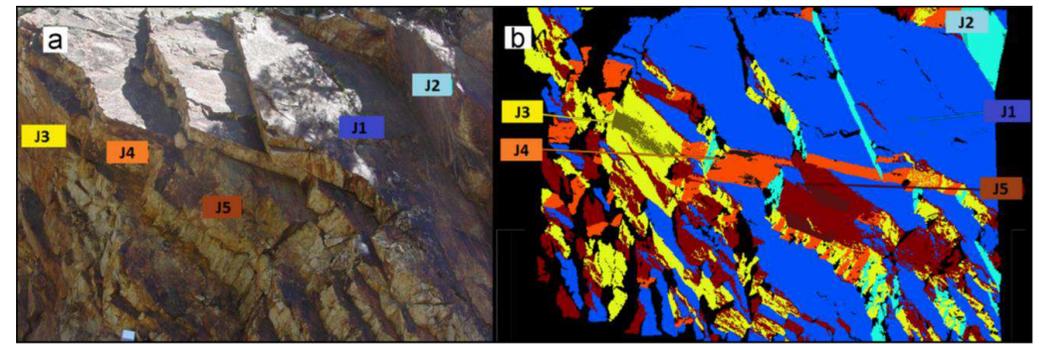
LASER SCANNER

Monitoraggio in continuo mediante Laser Scanner Permanente

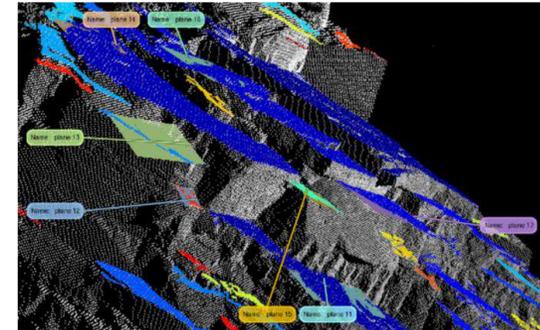


(fonte: RIEGL GmbH & DMT GmbH & Co. KG)

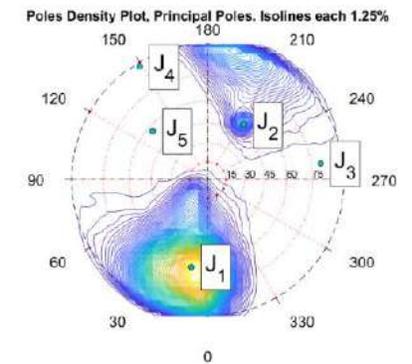
LASER SCANNER



Individuazione
famiglie di
discontinuità

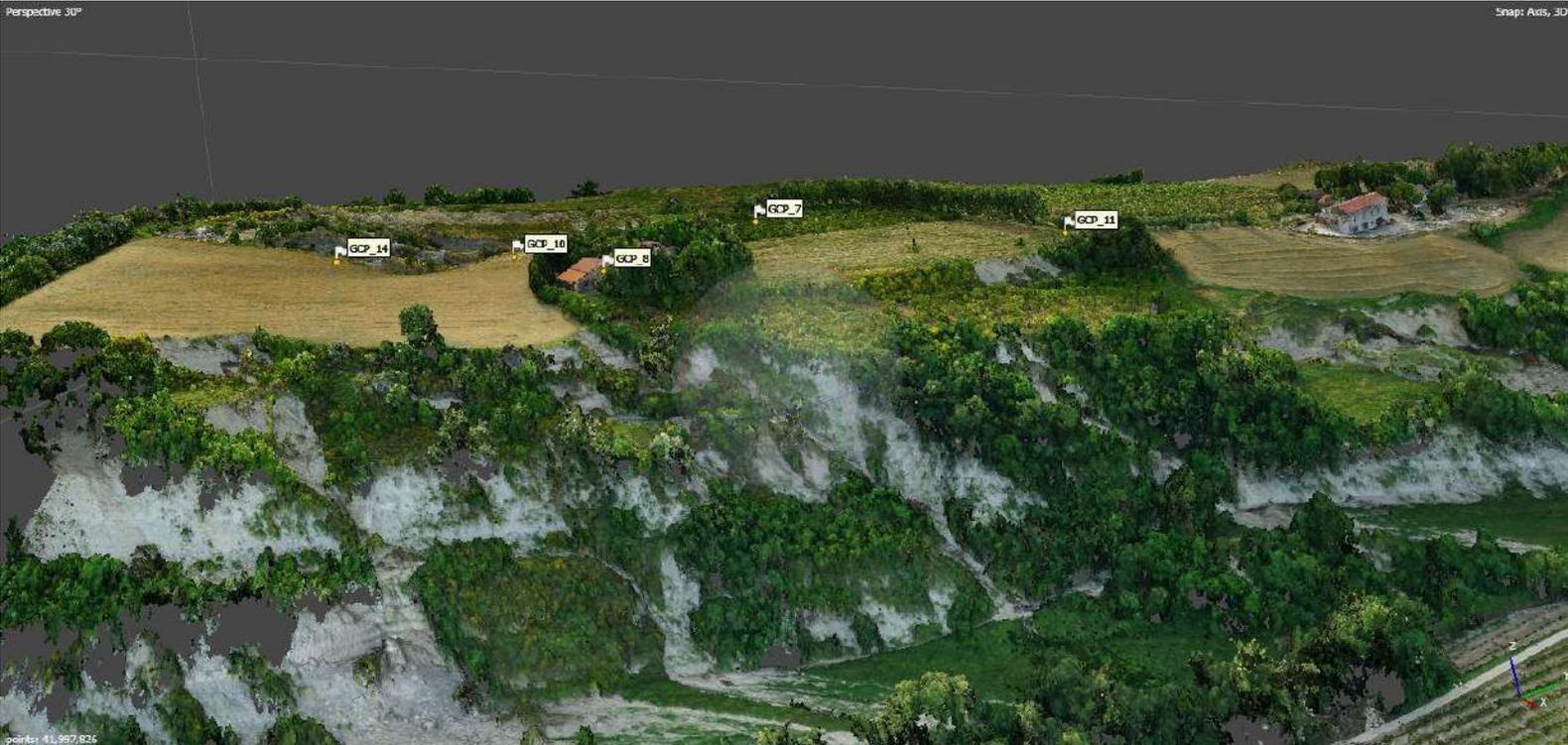
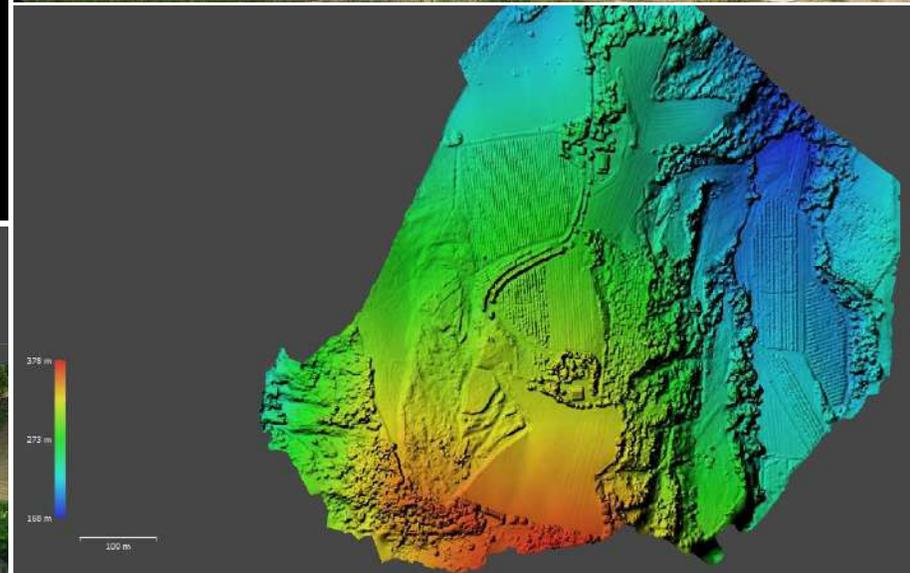
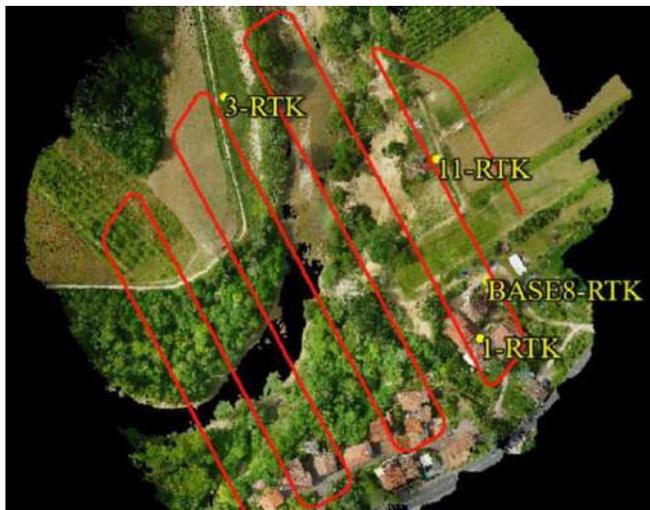


(Requielme et al., 2014)



LASER SCANNER

Emergenza Emilia-Romagna 2023
Rilievi mediante UAS



LASER SCANNER

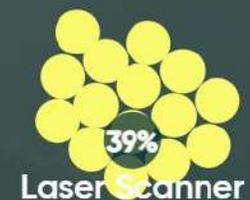


LA MIA TECNICA DI REMOTE SENSING PREFERITA È:

Join at menti.com | use code 4369 6674

Mentimeter

La mia tecnica di RS preferita è:



Grazie

saverio.romeo@isprambiente.it

www.isprambiente.gov.it/it