Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
Ministero dell'Università e della Ricerca
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Practical applications of digital image processing on landslides

P. Mazzanti,

G.M Marmoni, C.A. Stefanini

SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA



Indice della Videolezione

Fotomonitoraggio per i processi di frana

Esempi applicativi di Change Detection

Esempi applicativi di Digital Image Correlation

Il Task nel WP3

WP3
Landslides and Sinkholes

Obiettivo della Ricerca: Supportare le attività di monitoraggio frane attraverso il test di soluzioni tecnologiche fotografiche e lo sviluppo di tecniche di processamento e analisi di immagini

Obiettivi Specifici

- Acquisizione o Installazione di sistemi di fotomonitoraggio in 15 siti sul territorio Italiano;
- Test su differenti cinematismi e tipologie di frana, caratterizzati da stili differenti;
- Applicazione e sviluppo di tecniche di image processing.

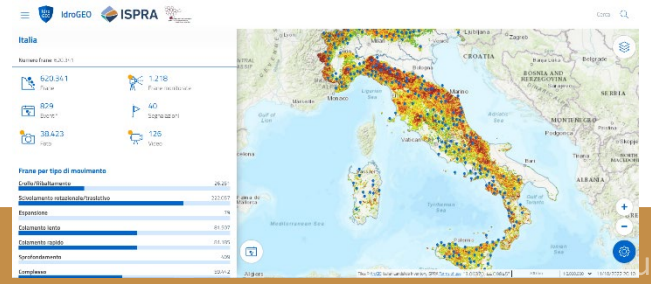
Obiettivi Generali

- Aumentare il numero di siti di monitoraggio frane presenti sul territorio (**oggi solo lo 0.2%**)
- Integrazione di analisi quantitative in siti di monitoraggio strumentati e gestiti dai servizi geologici regionali
- Verificare l'applicabilità e l'accuratezza della tecnica mediante confronto multi-sensore.

IdroGEO ISPRA

620.835
Frane*

1.219
Frane monitorate



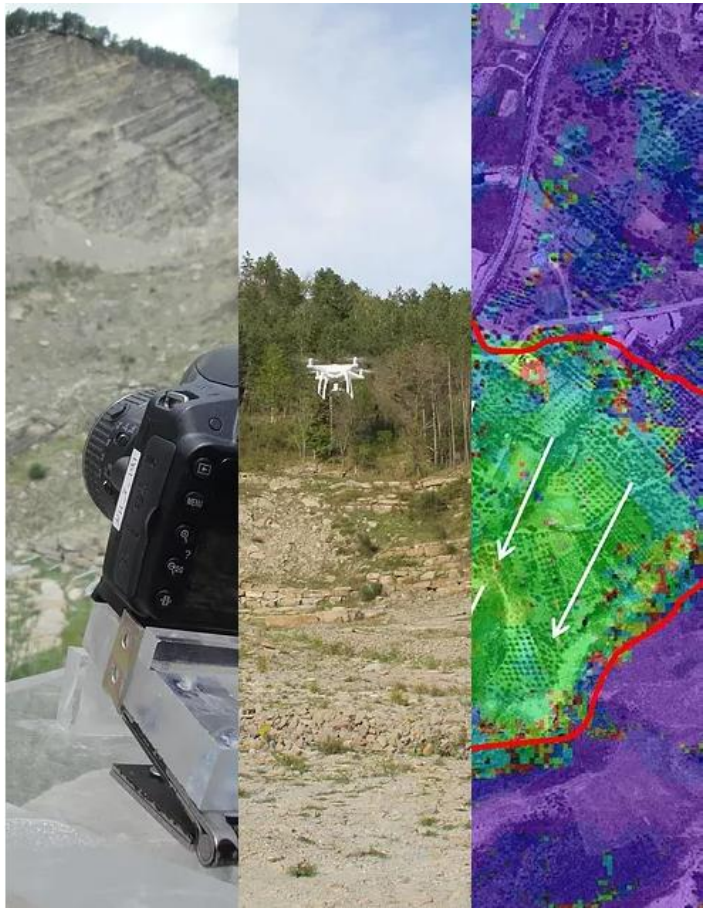
Fotomonitoraggio

Il Fotomonitoraggio è una soluzione di monitoraggio che sfrutta la grande diffusione nel mondo di **sensori ottici/multispettrali** al fine di ottenere **informazioni** circa i **cambiamenti** o gli **spostamenti** del terreno, mediante opportune tecniche DIP

Il Fotomonitoraggio opera a **diverse scale** spaziali e temporali, rappresentando uno strumento ideale per lo studio e il monitoraggio di processi deformativi superficiali nell'ambito del controllo del territorio e delle strutture

È possibile identificare due macro-categorie di indagine:

- Analisi delle **differenze (Change detection)**
- Analisi degli **spostamenti o deformazioni (Digital Image correlation)**









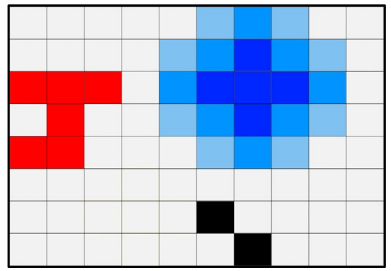




Il Fotomonitoraggio *(Digital Image Processing)*

Analisi di Cambiamenti - Change detection (CD)

Identificazione di cambiamenti, o elementi e oggetti che compaiono e scompaiono tra due fotogrammi successivi (master & slave)

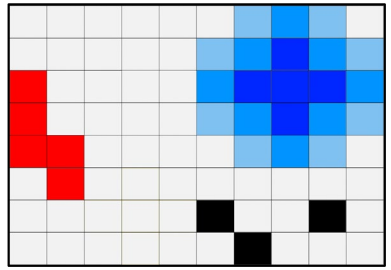


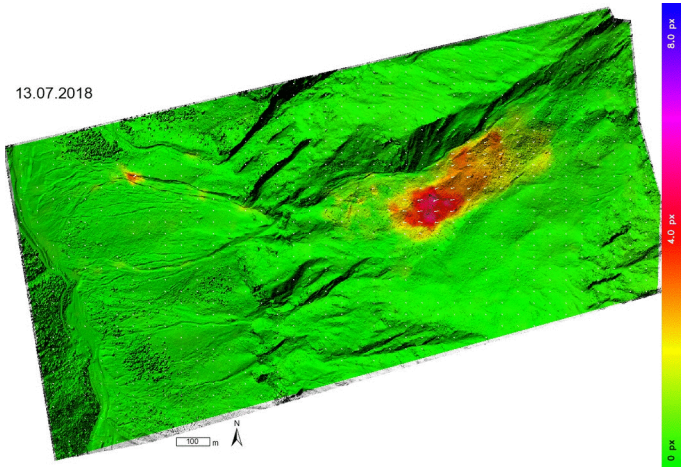
- Illuminazione
- Contrasto
- Componente Strutturale

$$SSIM\,(x,y) = [l(x,y)]^{\alpha} \cdot [c(x,y)]^{\beta} \cdot [s(x,y)]^{\gamma}$$

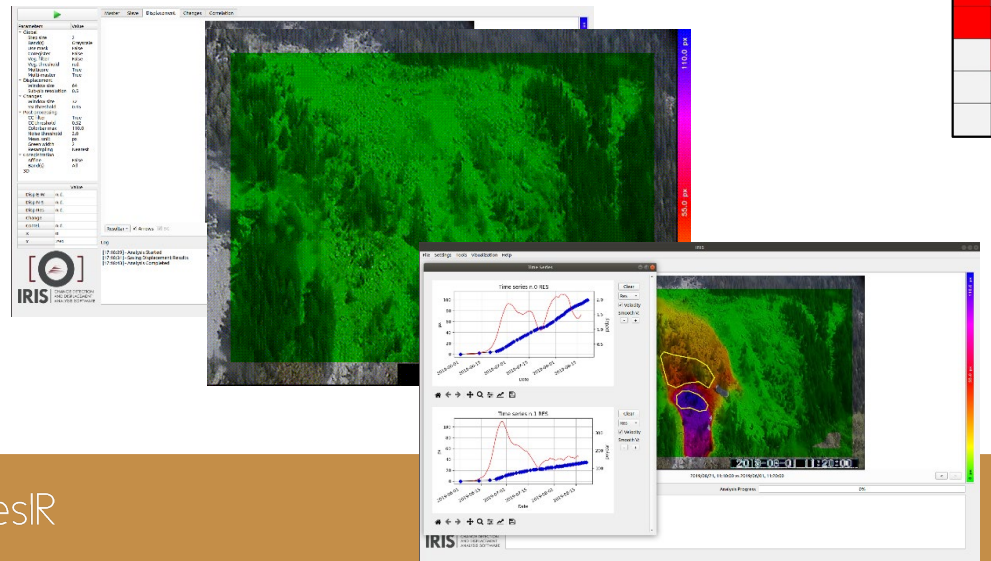
Analisi degli Spostamenti – Digital Image Correlation (DIC)

Identificazione e tracciamento di traslazioni, rotazioni o spostamenti di features nelle immagini (dettaglio funzione delle risoluzione temporale e geometrica di analisi)







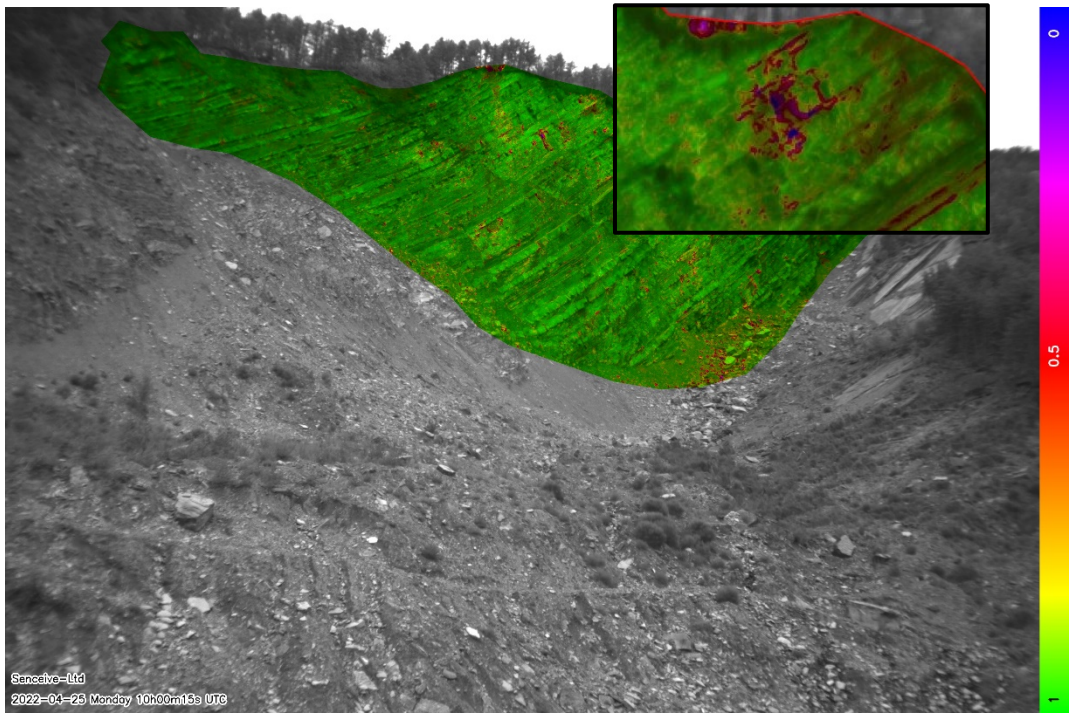


DIC processing

(webcam *Ruinon, SO)*



Change Detection (Analisi dei Cambiamenti)



0

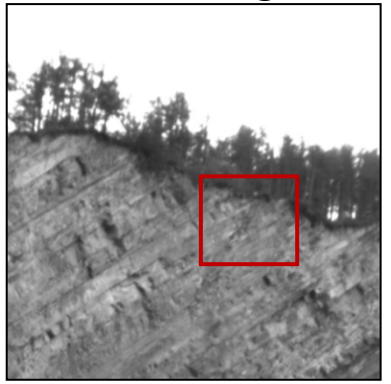
SSI

1

Master image



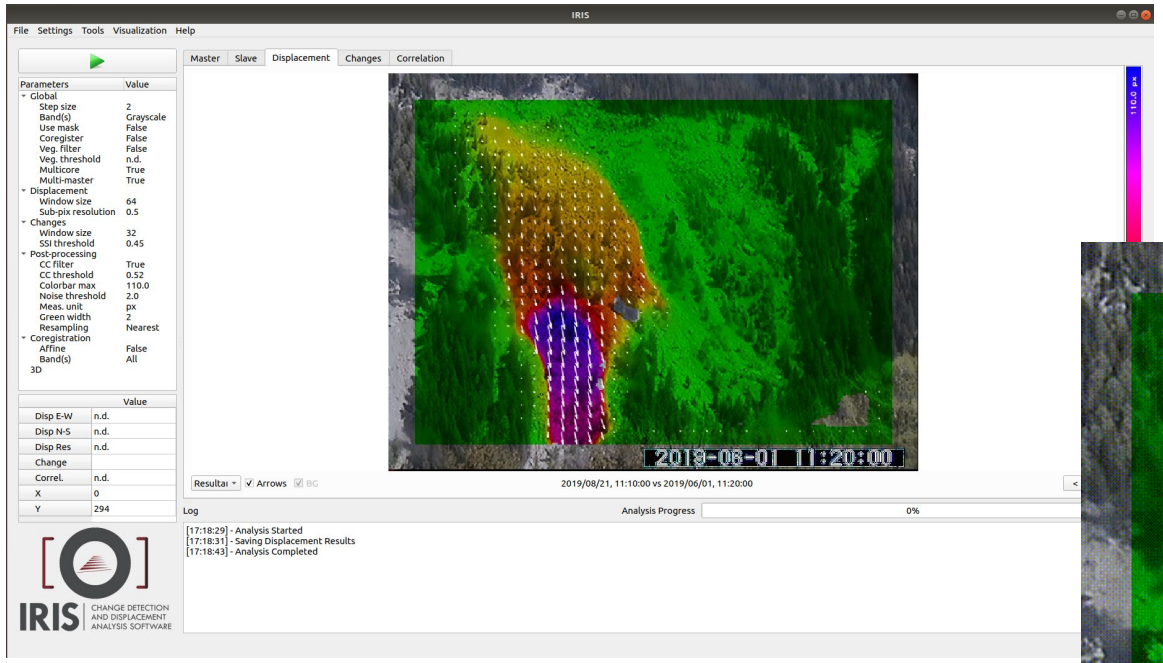
Slave image



CD Analysis 18-19/12/2022

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
Ministero dell'Università e della Ricerca
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Digital Image Correlation (Analisi degli Spostamenti)







Esempio di processamento con tecniche DIC da immagini webcam

Frana del Ruinon (SO)

15 Siti sperimentali di fotomonitoraggio

….Molteplici piattaforme di acquisizione







		Acquisition Platforms					
Site	Area, Municipality	Optical Camera	Thermal Camera	Drones	Gigapixel Cams	Existing Cameras	Mobile Devices
Scaiu'n	ValMàsino (Valtellina, SO)	X					
Acuto	Frosinone (FR)	X	X				
Poggio Baldi	Santa Sofia (FC)	X			X		
Frana Biricuccola/Bandiola	F. Panaro (MO)	X					
Frana Mont de La Saxe	Courmayeur (AO)					X	
Sperone della Brenva	Monte Bianco (AO)					X	
Frana del Gollone	Acceglio (CN)	X			X		
Falesia del Castellaro	Camogli (GE)			X			
Punta Gnifetti	Monte Rosa (VB)				X		
Cercevesa	Paularo, Alpi Carniche, (UD)	X		X			
Civita - Lubriano	Bagnoregio (VT)						X
Torgiovannetto	Assisi (PG)	X					
Ruinon	Valfurva (SO)					X	
Porto Empedocle	Agrigento (AG)				X		
Calvello	Calvello (PZ)	X					

Le camere

- Camere Singola Ottica(Day and Night);
- Camere multi-ottica multi-focale
- Sistemi Timelapse DSLR-Reflex
- Teste Robotizzate Gigapan®

MOBOTIX
BeyondHumanVision





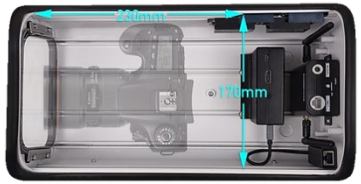
Senceive
Wireless condition monitoring



TIME LAPSE LAB









TBOX





Postazioni Fisse





Valmasino (SO)



Paularo (UD)

Senceive
Wireless condition monitoring



Calvello (PZ)





Acceglio (CN)





MOBOTIX
BeyondHumanVision

TBOX

Pavullo nel Frignano (MO)





Rilievi Periodici

- Rilievi Gigapan di Panorami Gigapan
- Acquisizione UAV e generazione di Ortofoto





Camogli (GE)





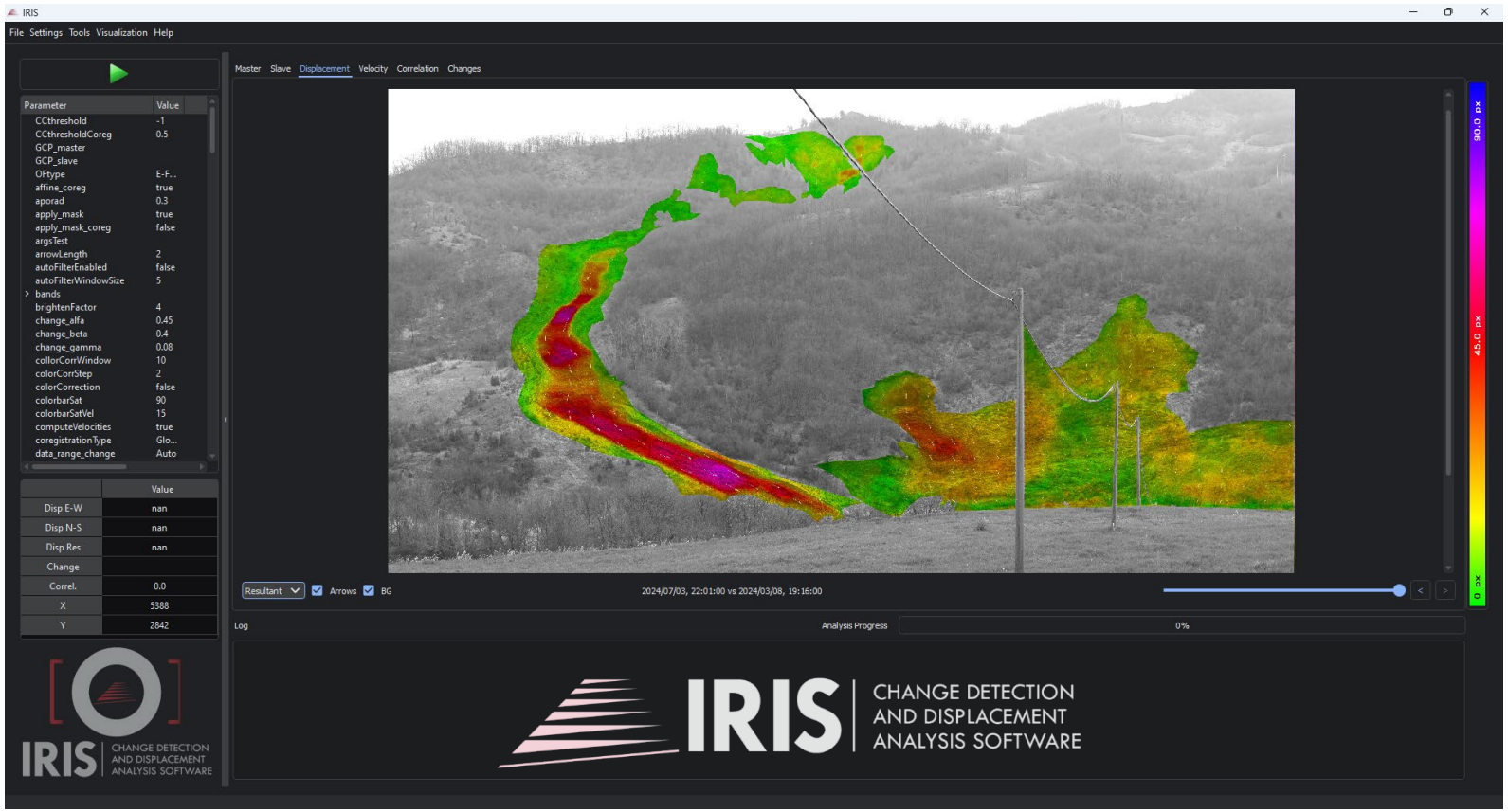




Mt. Rosa (Macugnaga, VB)

Il Fotomonitoraggio

Il software utilizzato



- **Pre-elaborazione**
  - -visualizzazione ottimizzate delle immagini
  - -equalizzazione degli istogrammi delle immagini
  - -esportazione di singole bande da immagini multispettrali
  - -filtraggio del rumore nell'immagine
- **Elaborazione manuale e automatica**
  - -preselezione delle immagini
  - -co-registrazione automatica
  - -rilevamento dei cambiamenti
  - -analisi multi-temporale dei spostamenti
  - -allertamento
- **Post-elaborazione**
  - -esportazione dei risultati in formato immagine
  - -regolazione dei risultati
  - -filtraggio dei risultati in base alla distribuzione spaziale e al valore di correlazione

APPLICAZIONI DI CHANGE DETECTION

- **Frana del Gollone (Acceglio, CN)**

Distanza camera-scarpata: 1100 m ca
GROUND SAMPLING DISTANCE (GSD) a 1000 m:
FOV 30° 15.58 cm/px
FOV 8° 3.74 cm/px

MOBOTIX
BeyondHumanVision





Lunghezza focale 11,9 mm FOV 30°



Lunghezza focale 50 mm e FOV 8°

APPLICAZIONI DI CHANGE DETECTION

- **Frana del Gollone (Acceglio, CN)**



18/10/2024 15:00



19/10/2024 18:00

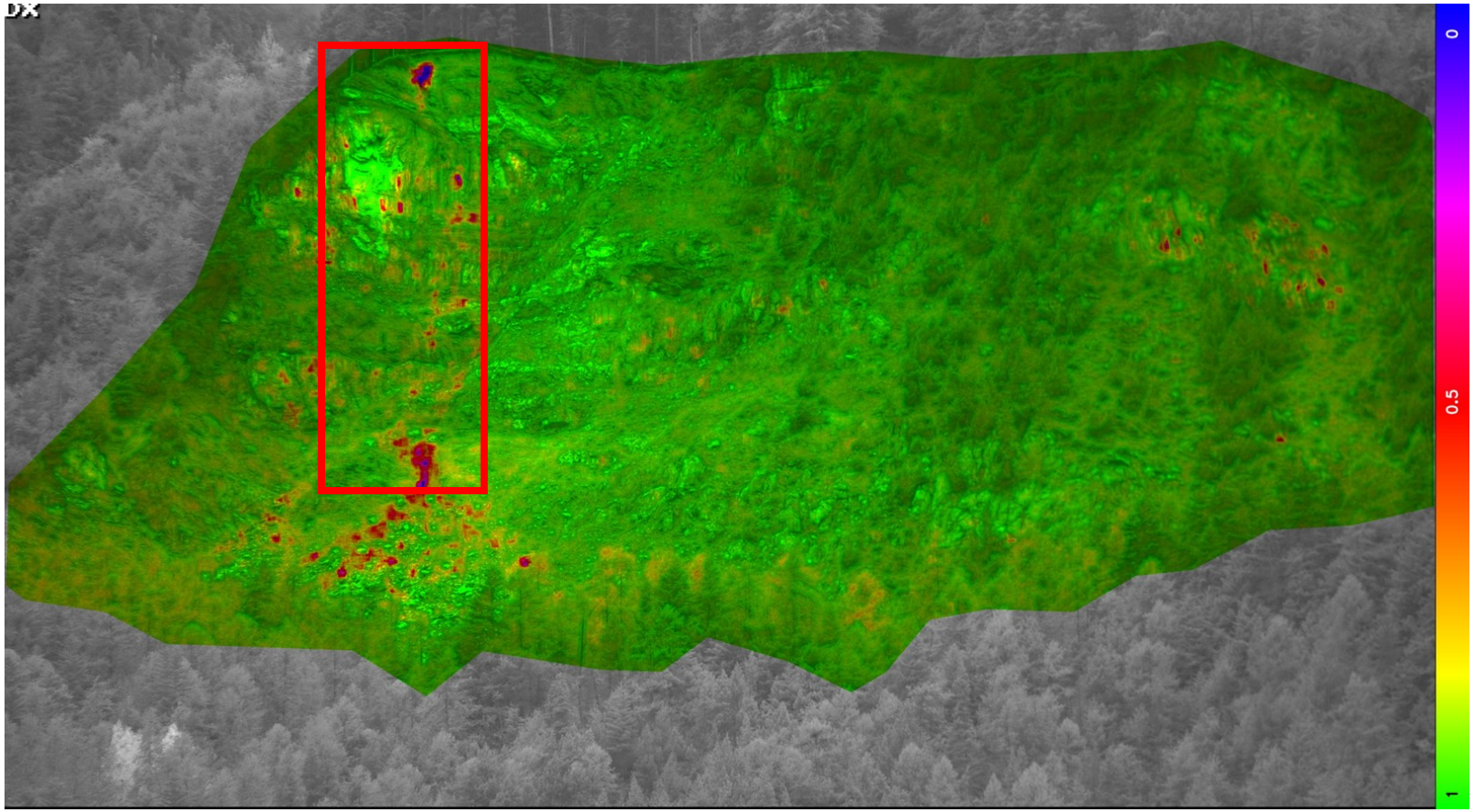
APPLICAZIONI DI CHANGE DETECTION

- **Frana del Gollone (Acceglio, CN)**



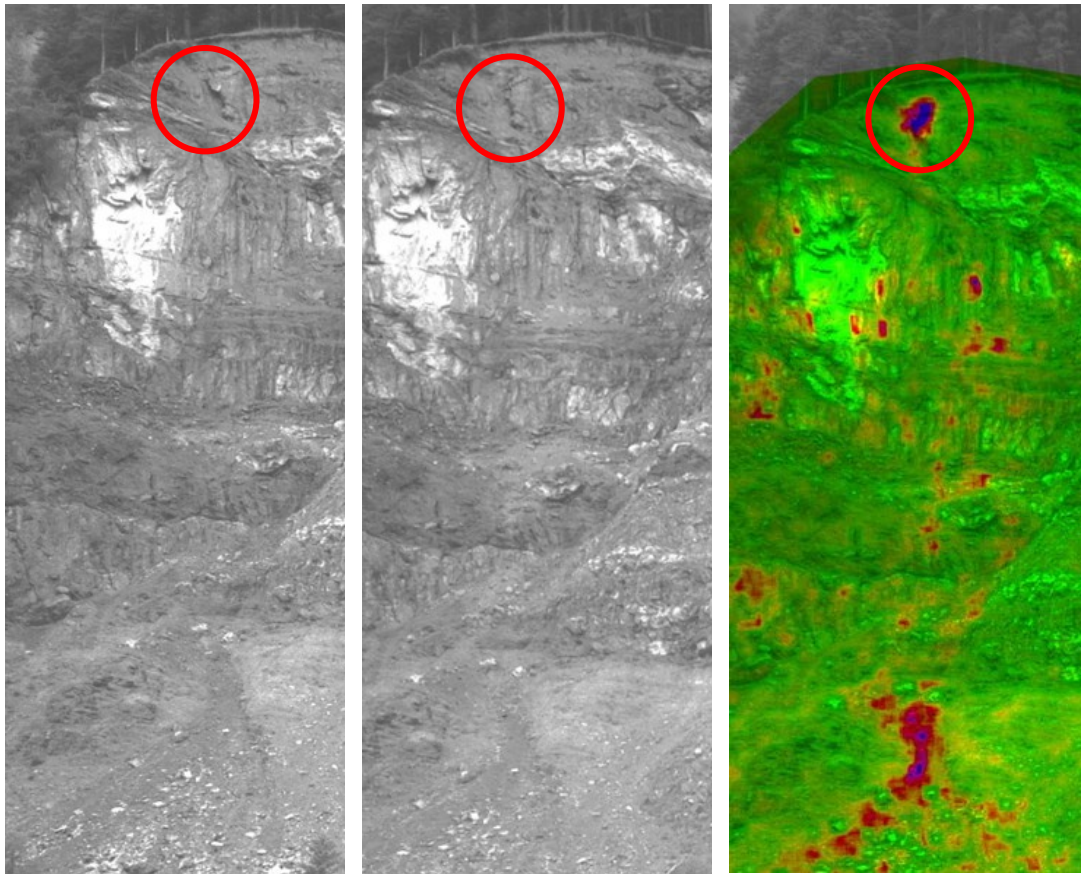
APPLICAZIONI DI CHANGE DETECTION

- **Frana del Gollone (Acceglio, CN)**



APPLICAZIONI DI CHANGE DETECTION

- **Frana del Gollone (Acceglio, CN)**



1175 pixels
~ 1,65 m²

APPLICAZIONI DI CHANGE DETECTION

- **Frana del Gollone (Acceglio, CN)**

FOV 30°



18/10/2024 15:00

FOV 30°



19/10/2024 18:00

APPLICAZIONI DI CHANGE DETECTION

- **Frana del Gollone (Acceglio, CN)**



APPLICAZIONI DI CHANGE DETECTION

- **Frana del Gollone (Acceglio, CN)**

39 pixels - ~ 0,95 m²



- **Poggio Baldi (Santa Sofia, FC)**

Distanza camera-scarpata: 500 m ca
Risoluzione: 5MPx
Ground Sampling Distance (GSD) A 500 M: 17 cm/px



Senceive
Wireless condition monitoring





Maggio 2022 vs Maggio 2023

APPLICAZIONI DI CHANGE DETECTION

TIME LAPSE LAB



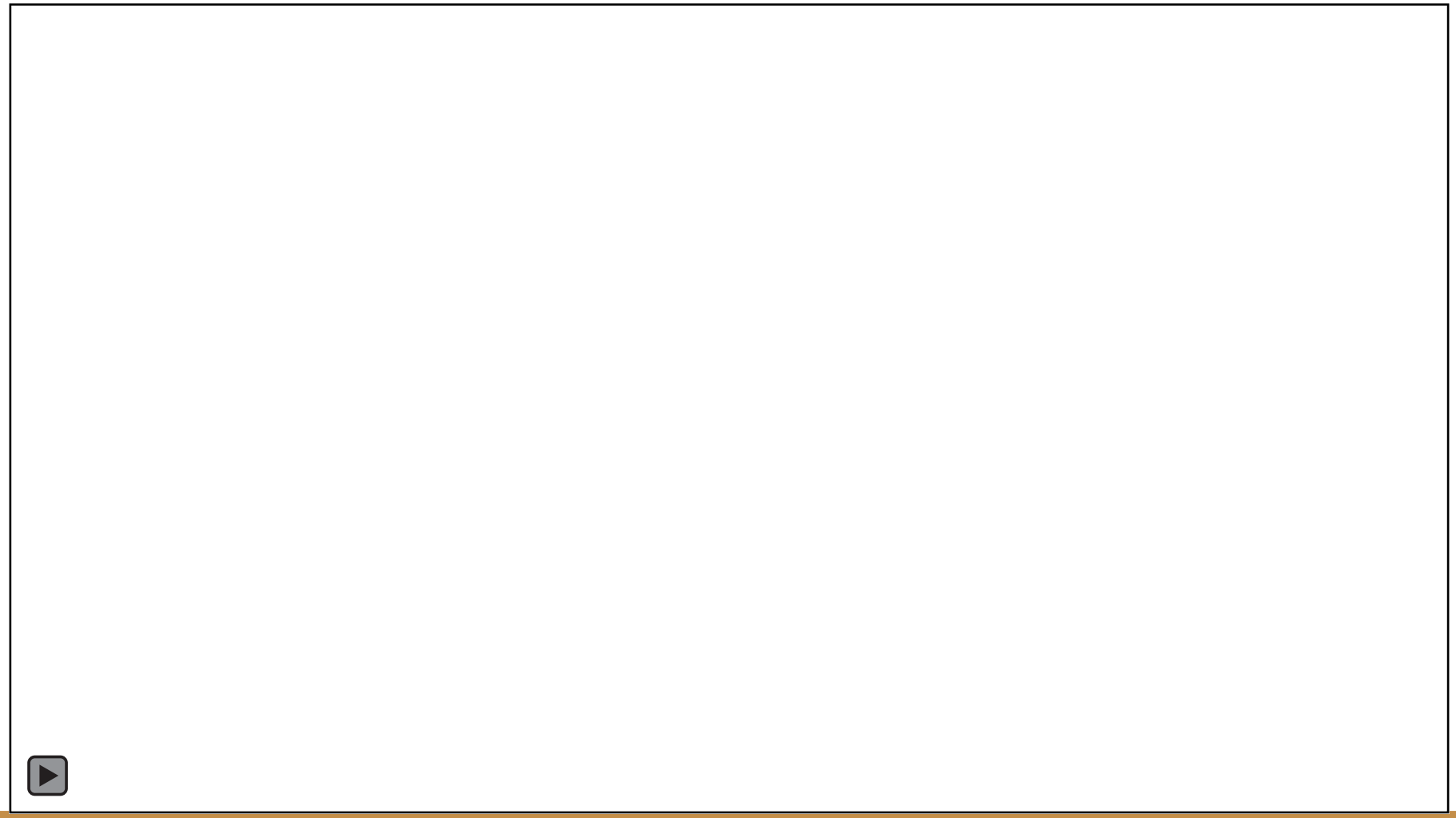
- **Poggio Baldi (Santa Sofia, FC)**

Distanza camera-scarpata: 500 m ca
Risoluzione: 8MPx
Ground Sampling Distance (GSD) A 500 M: 9.5 cm/px

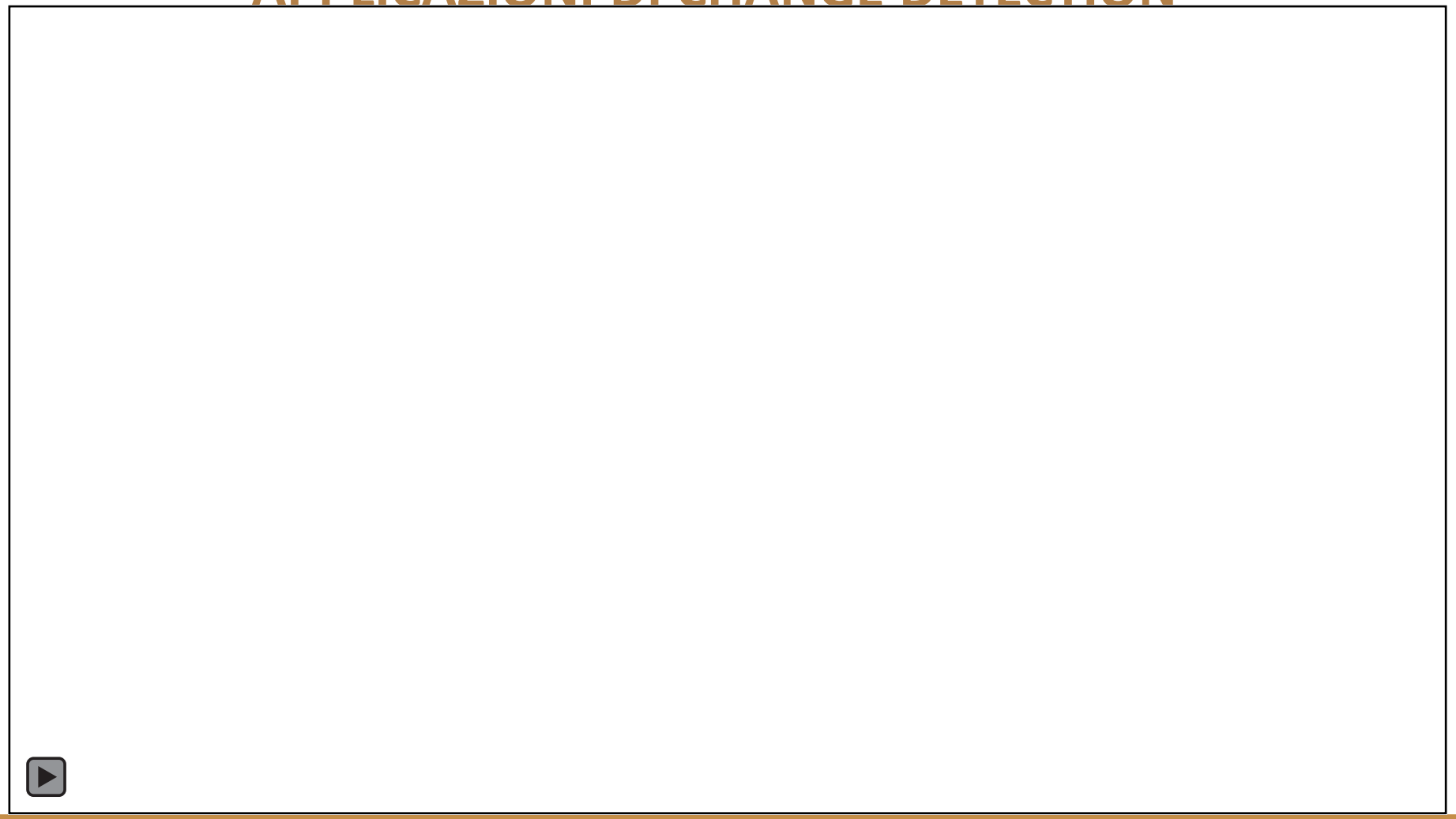




APPLICAZIONI DI CHANGE DETECTION



APPLICAZIONI DI CHANGE DETECTION



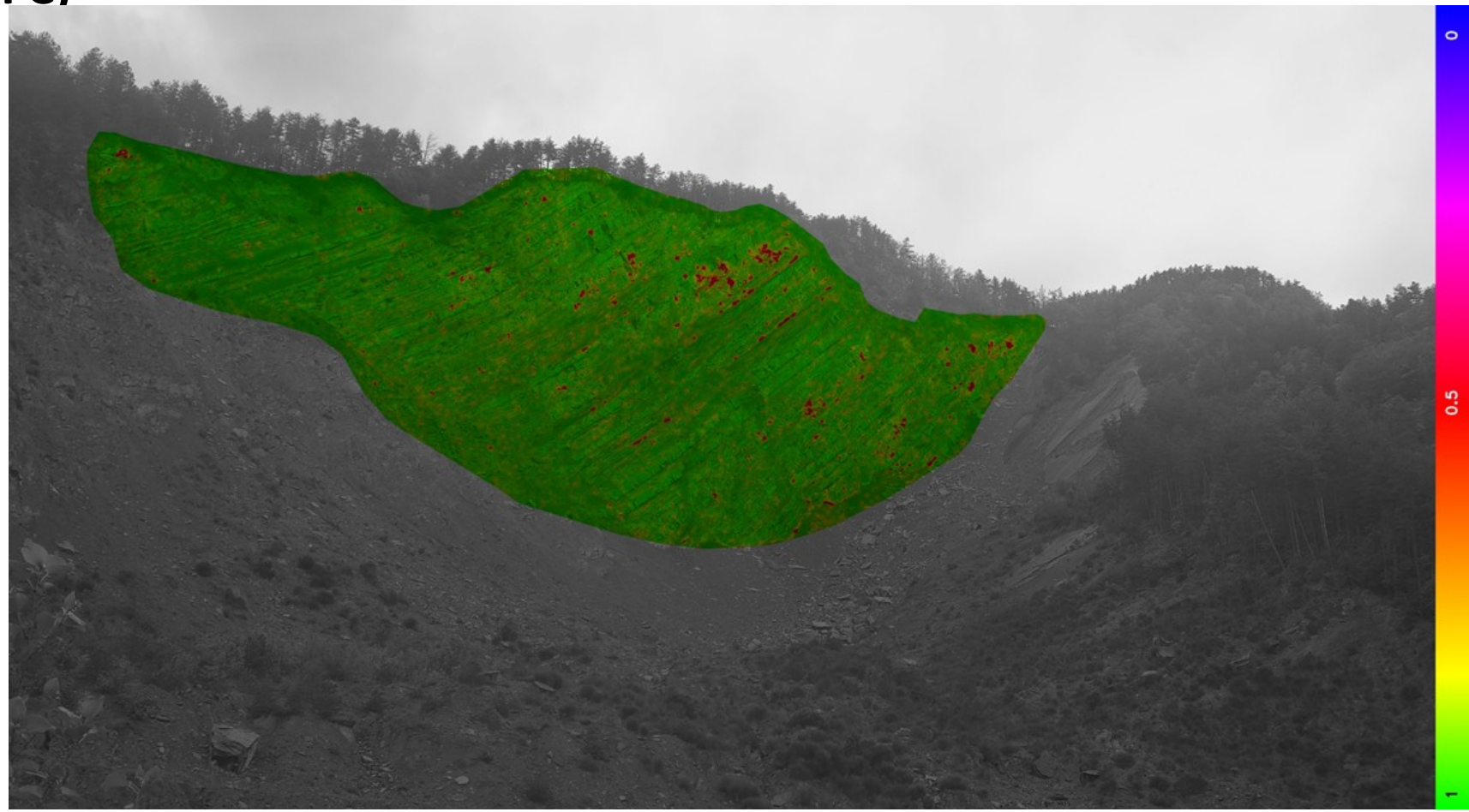
APPLICAZIONI DI CHANGE DETECTION

- **Poggio Baldi (Santa Sofia, FC)**

01/05/2024 vs 15/12/2024

Circa 115 cluster evidenziati

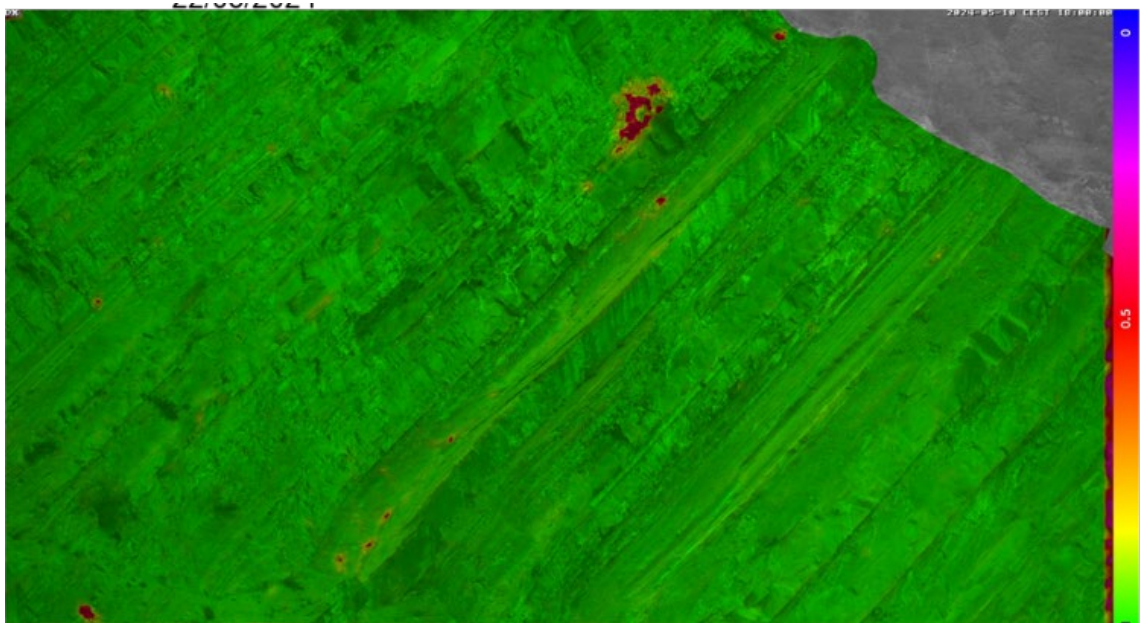
12 837 pixels.



APPLICAZIONI DI CHANGE DETECTION

- **Poggio Baldi (Santa Sofia, FC)**

Camera: Mobotix S74 con duplice ottica 8°
Distanza: 800m ca.
GSD: 1.8 cm/pixel







APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Poggio Baldi (Santa Sofia, FC)**

Periodo 13/03/2025 vs 16/03/2025

Identificazione di una traslazione in roccia con collasso di circa 350’000 m3 di materiale

Anticipato da crolli di piccola volumetria



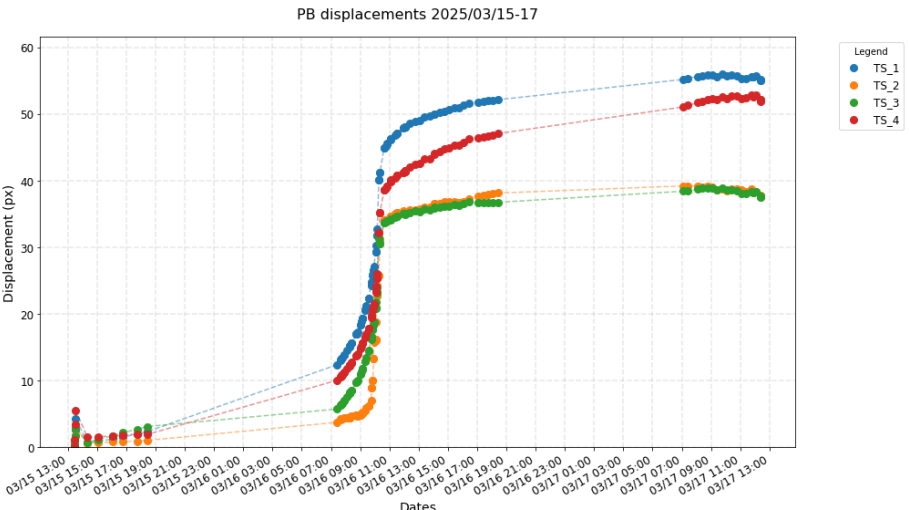
APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Poggio Baldi (Santa Sofia, FC)**

13/03/2025 vs 16/03/2025

DIC su più di 140 frames,

spostamento cumulato 90 cm



APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Poggio Baldi (Santa Sofia, FC)**

13/03/2025 vs 16/03/2025



APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Frana Biricuccola-Baldiola (Pavullo nel Frignano, MO)**

Distanza camera-frana: 400-1300 m
Risoluzione: 24 Mpx
GSD ~ 12.60 cm (stimata) a 1000 m



TBOX



Canon





APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Frana Biricuccola-Baldiola (Pavullo nel Frignano, MO)**



08/03/2024



19/10/2024



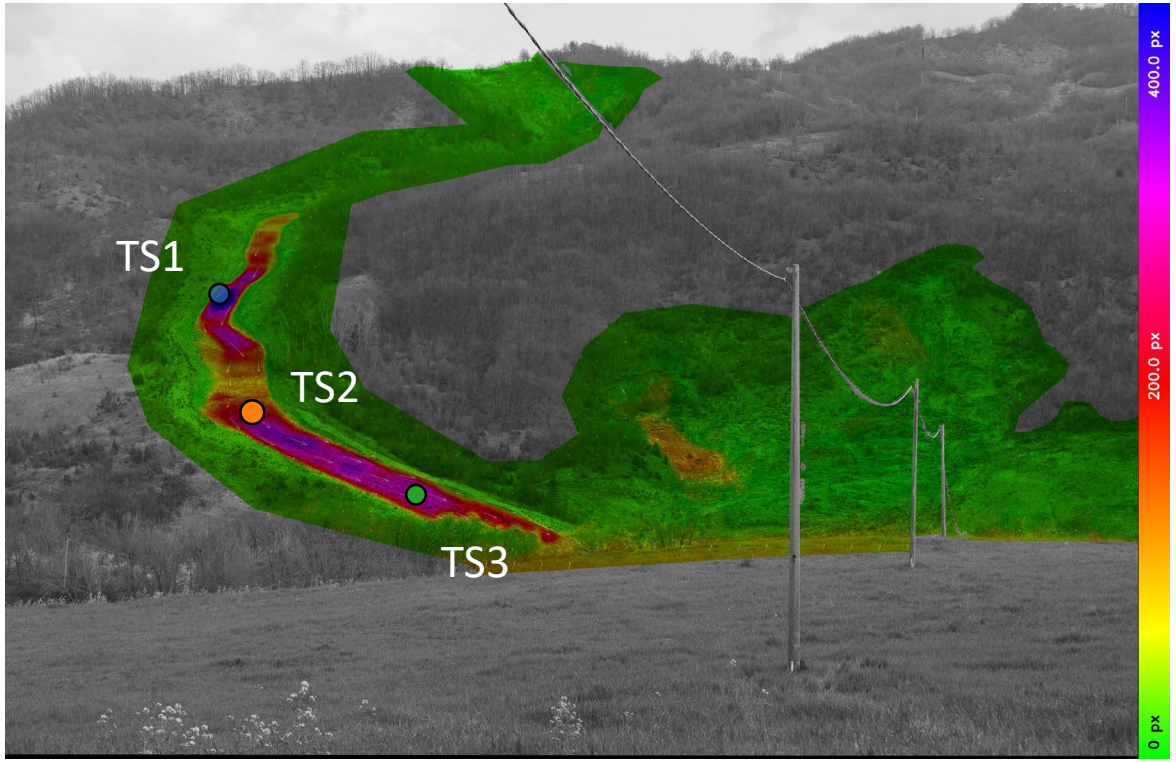


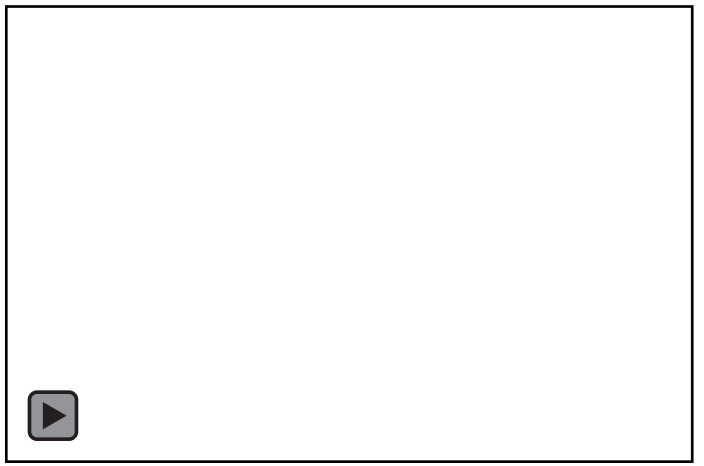
Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
Ministero dell'Università e della Ricerca
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

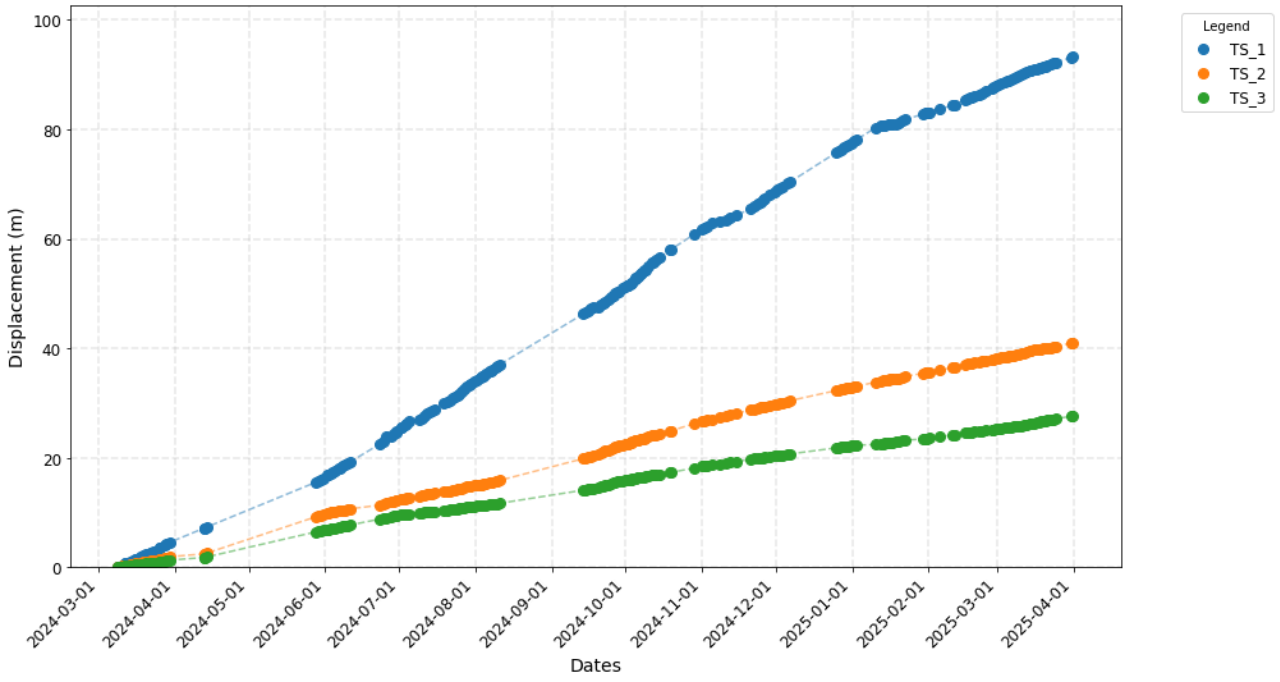
APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Frana Biricuccola-Baldiola (Pavullo nel Frignano, MO)**

08/03/2024-31/03/2025 (1 anno)
207 foto (filtrate da più di 5000 immagini)







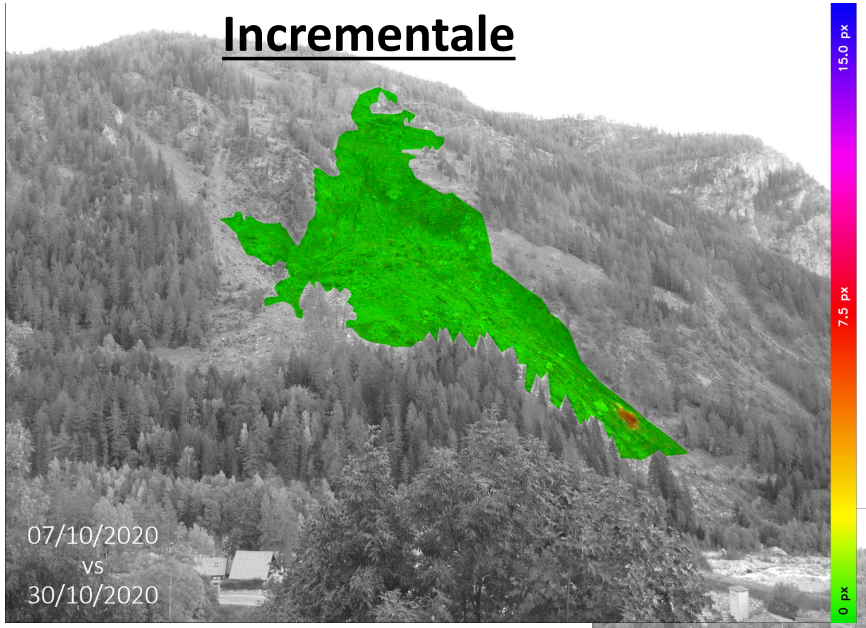
Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
Ministero dell'Università e della Ricerca
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

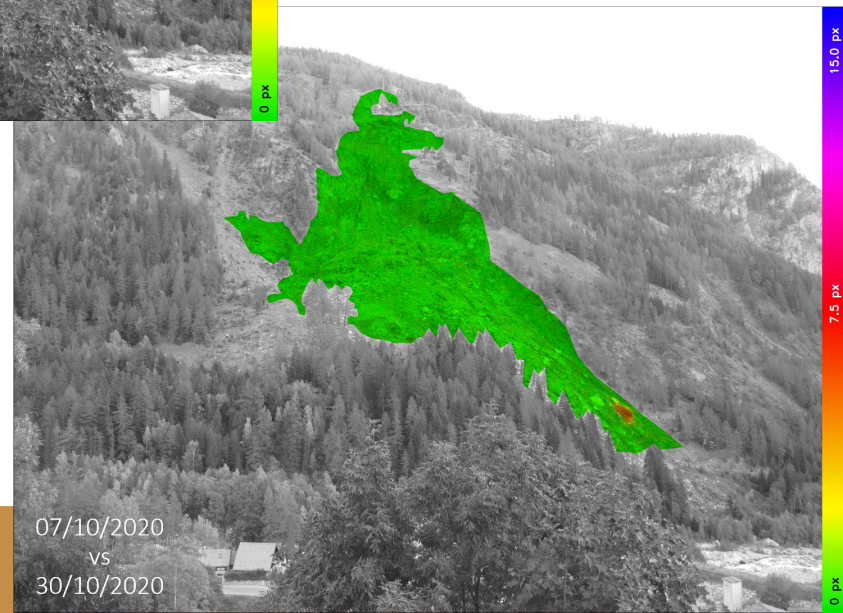
- **Frana de La Saxe (Courmayeur, AO)**



Incrementale



Differenziale



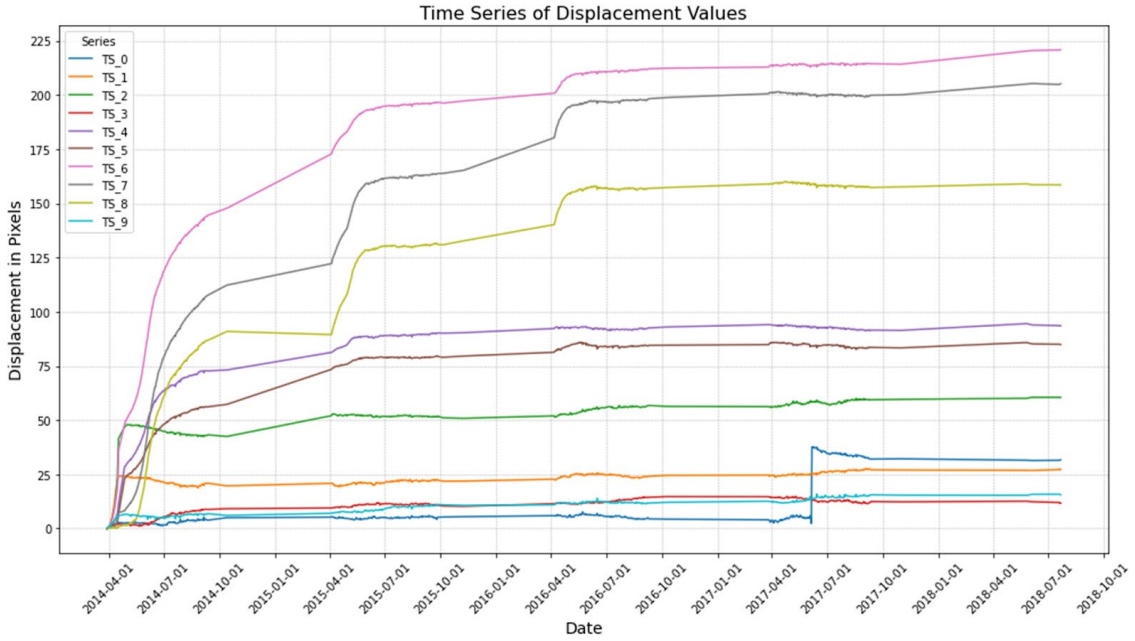
Ott 2020 – Giu 2022 (3770 foto pre-filtrate)

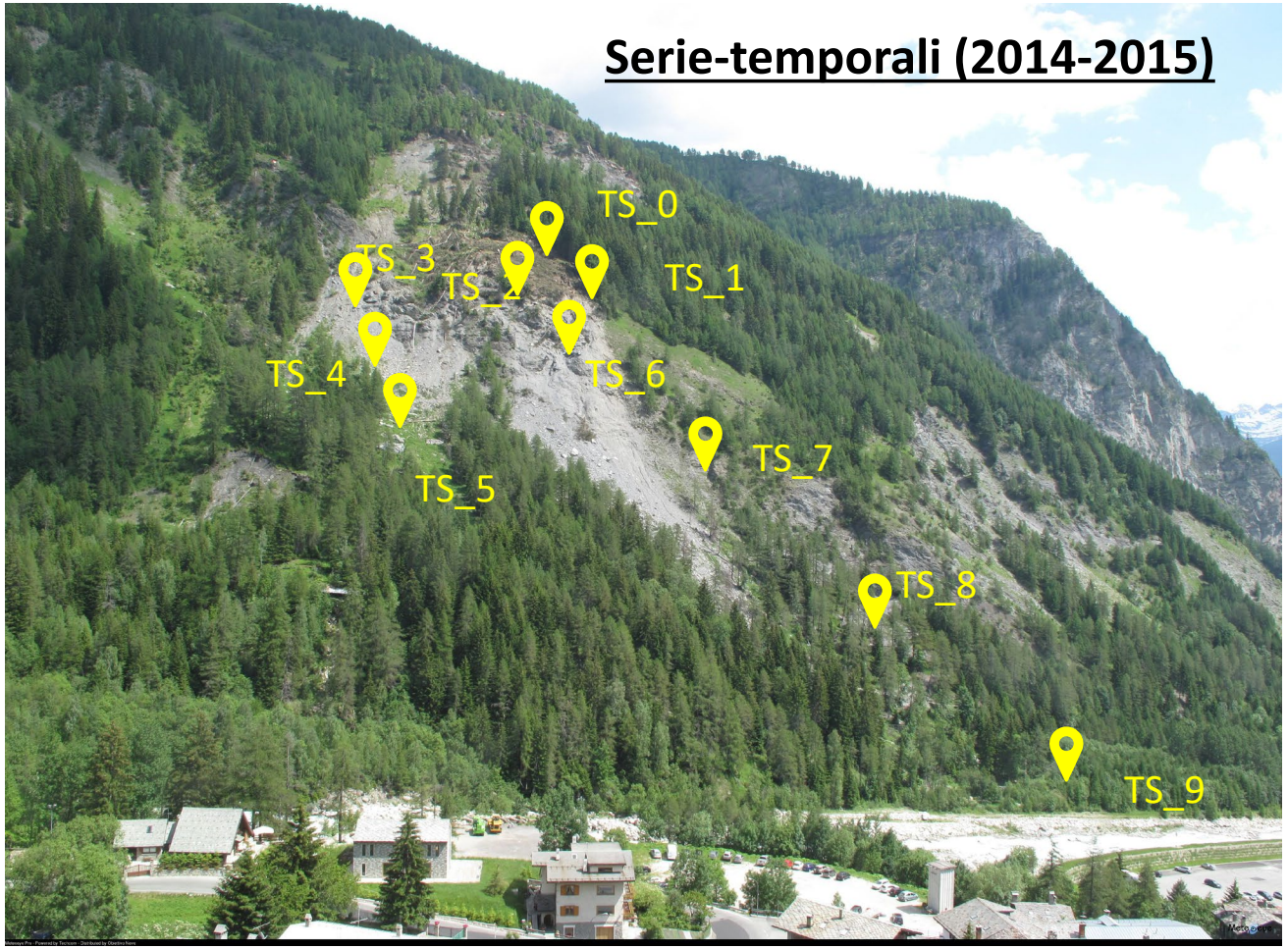
APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Frana de La Saxe (Courmayeur, AO)**

306 Foto filtrate su 42000 (nuvole, nebbia, pioggia, controluce, ecc) mediante SSI

Digital Image Correlation – Optical flow (E-Folki)





APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Ruinon (Valfurva, SO)**

Distanza camera-frana: 800-1700 m
GSD stimata ~ 40.00 cm a 1250 m



Scivolamento in roccia e detriti superficiali con volume complessivo stimato > 24 milioni di m^3

Processi all'interno della DGVP del Confinale (*Crosta et al., 2017*)

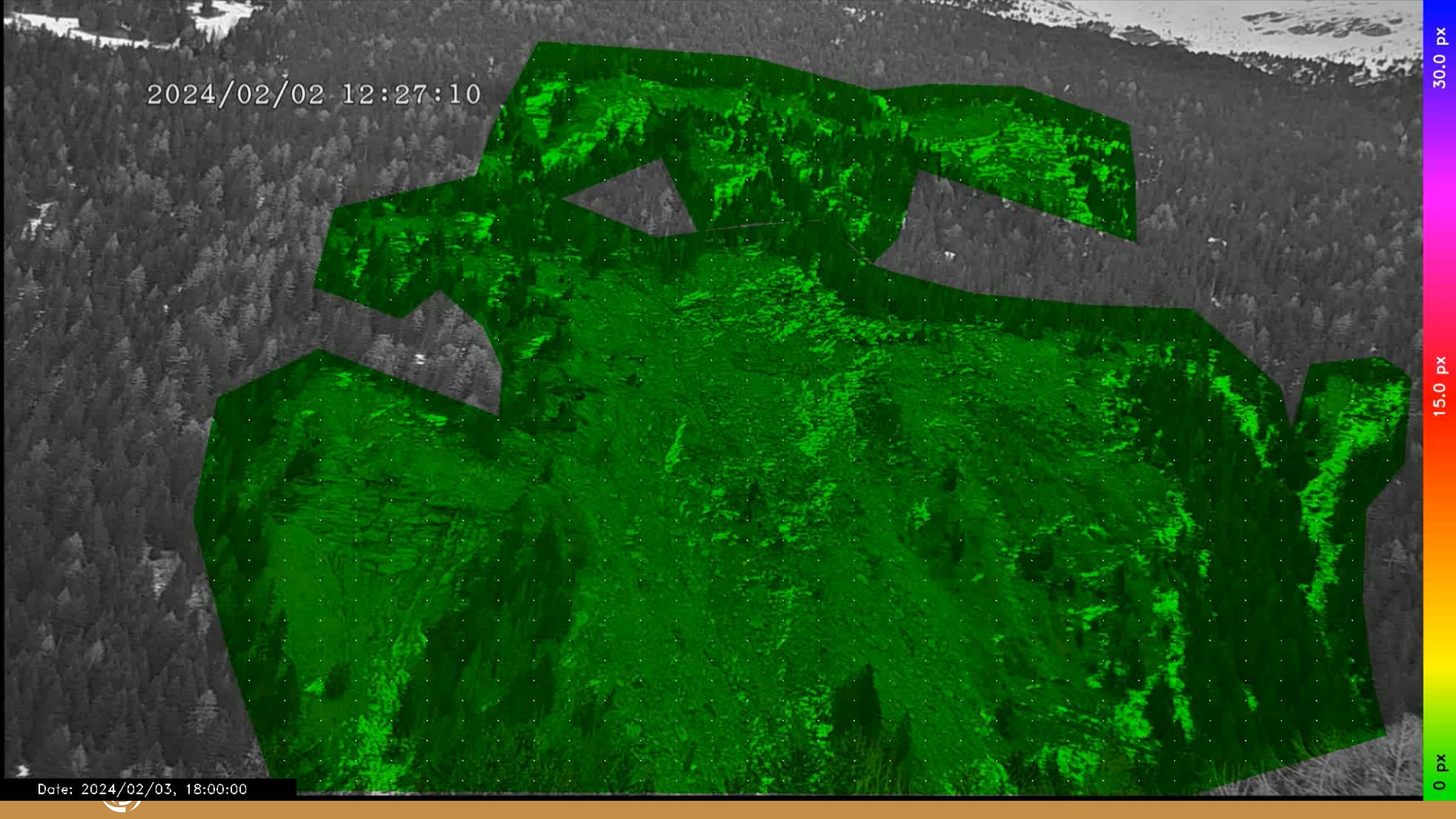
APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Ruinon (Valfurva, SO) – analisi Multi-Immagine**

32 immagini tra 02/02/2024 e 12/10/2024 acquisi-
Te da ARPA Lombardia

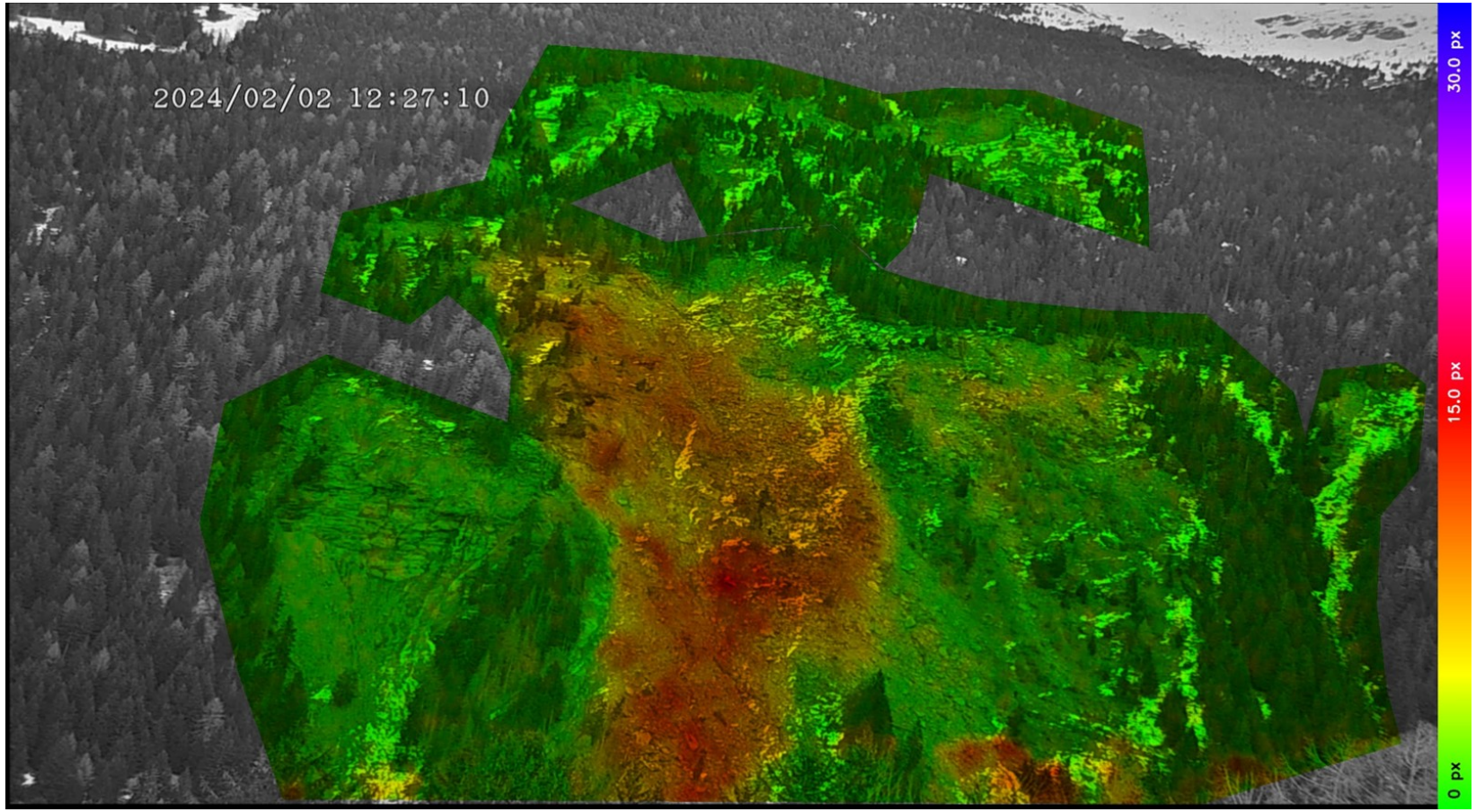
7 nel febbraio 2024, 25 foto tra settembre
e ottobre 2025




2024/02/02 12:27:10
30.0 px
15.0 px
0 px
Date: 2024/02/03, 18:00:00

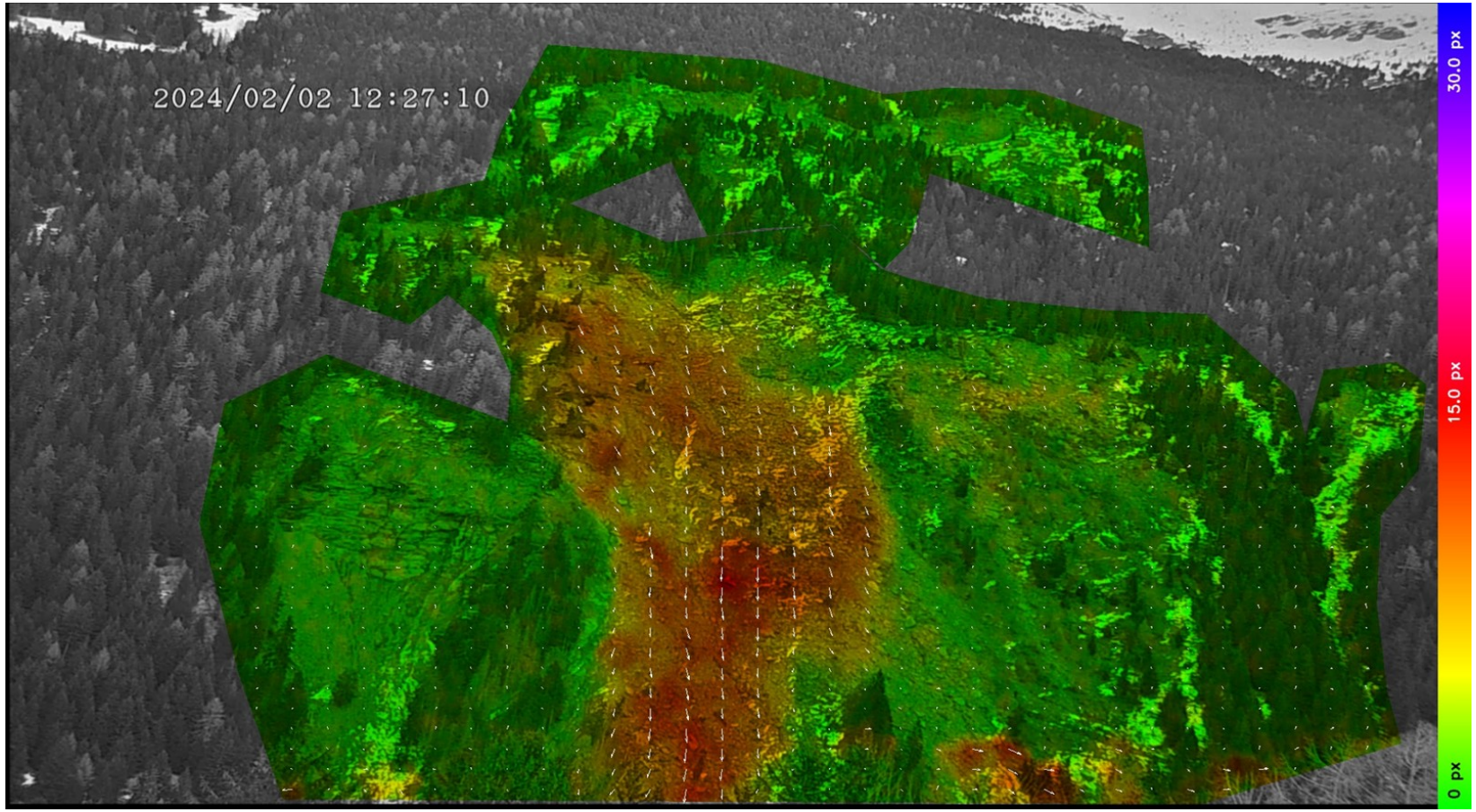
APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Ruinon (Valfurva, SO) – analisi Multi-Immagine – componente risultante**



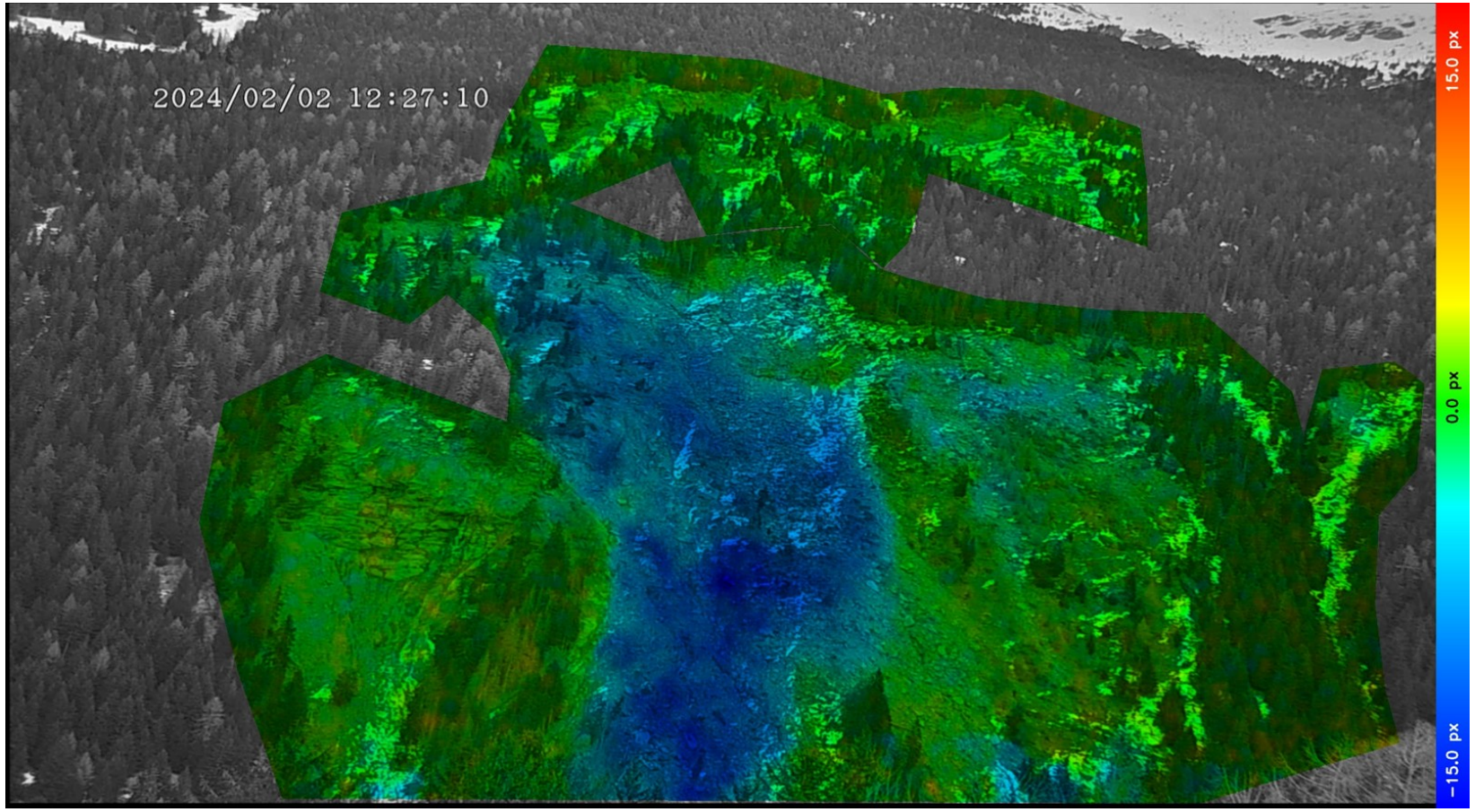
APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Ruinon (Valfurva, SO) – analisi Multi-Immagine – componente risultante**



APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Ruinon (Valfurva, SO) – analisi Multi-Immagine – componente Alto-Basso d'immagine**

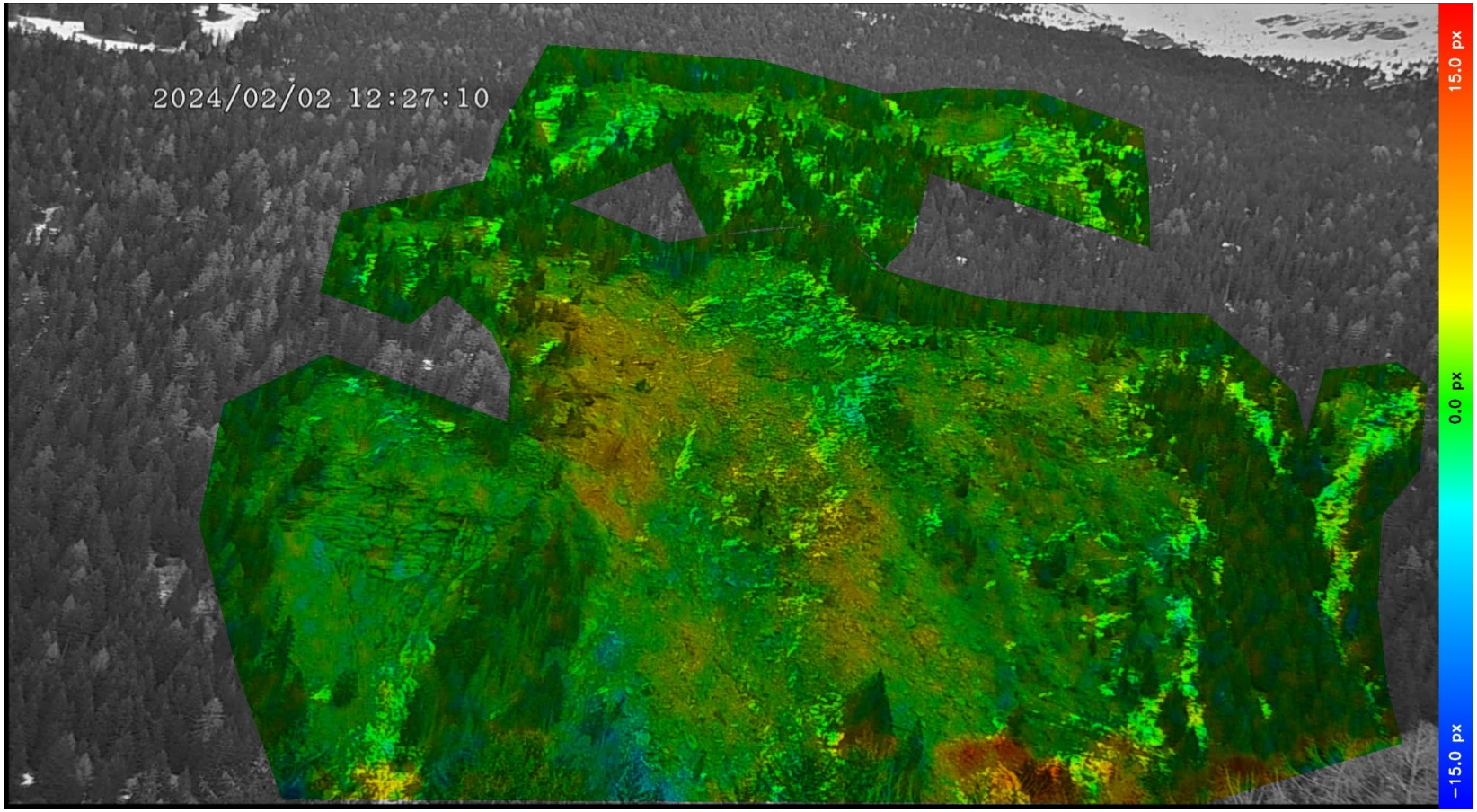


Alto

Basso

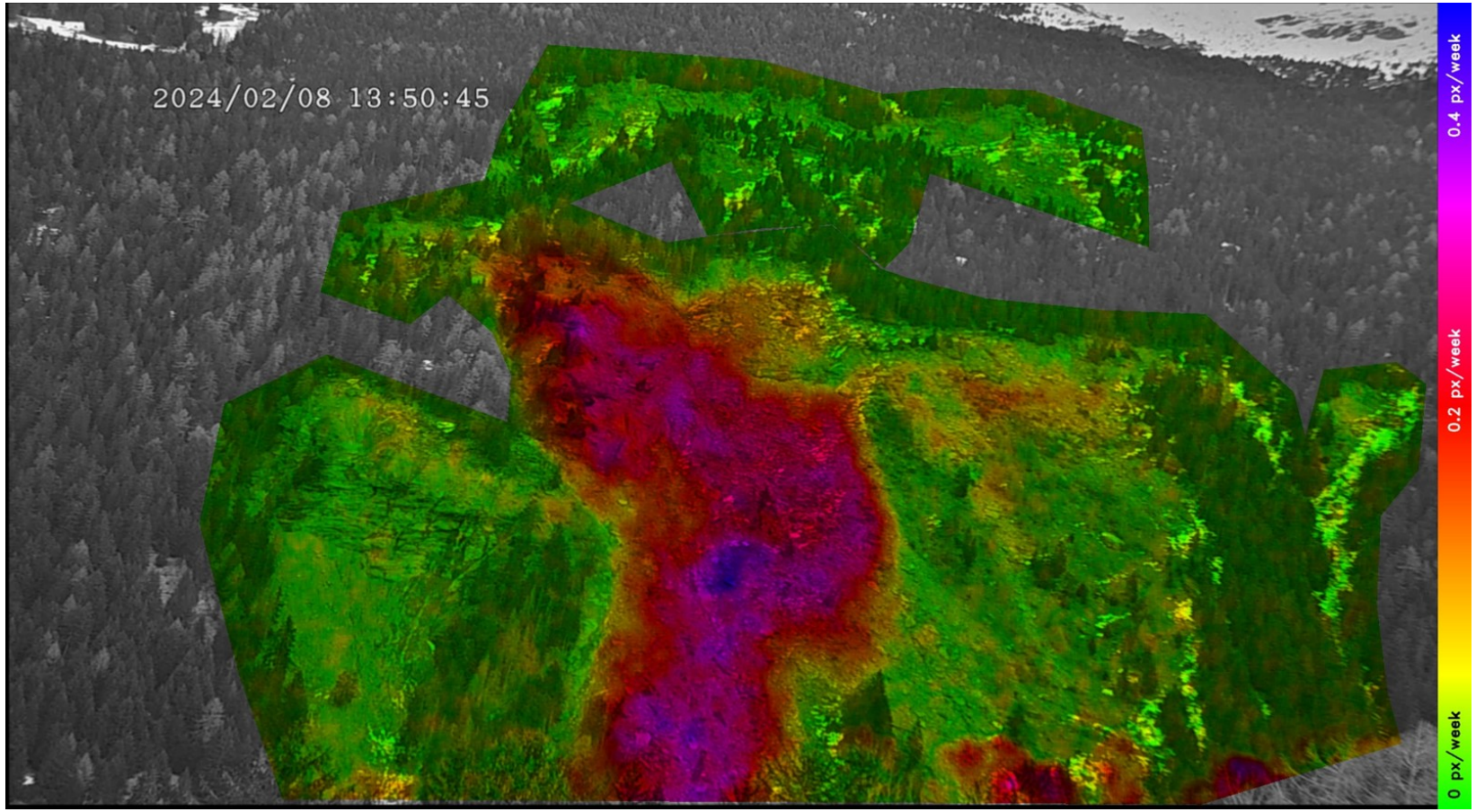
APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Ruinon (Valfurva, SO) – analisi Multi-Immagine – componente Sx-Dx d'immagine**



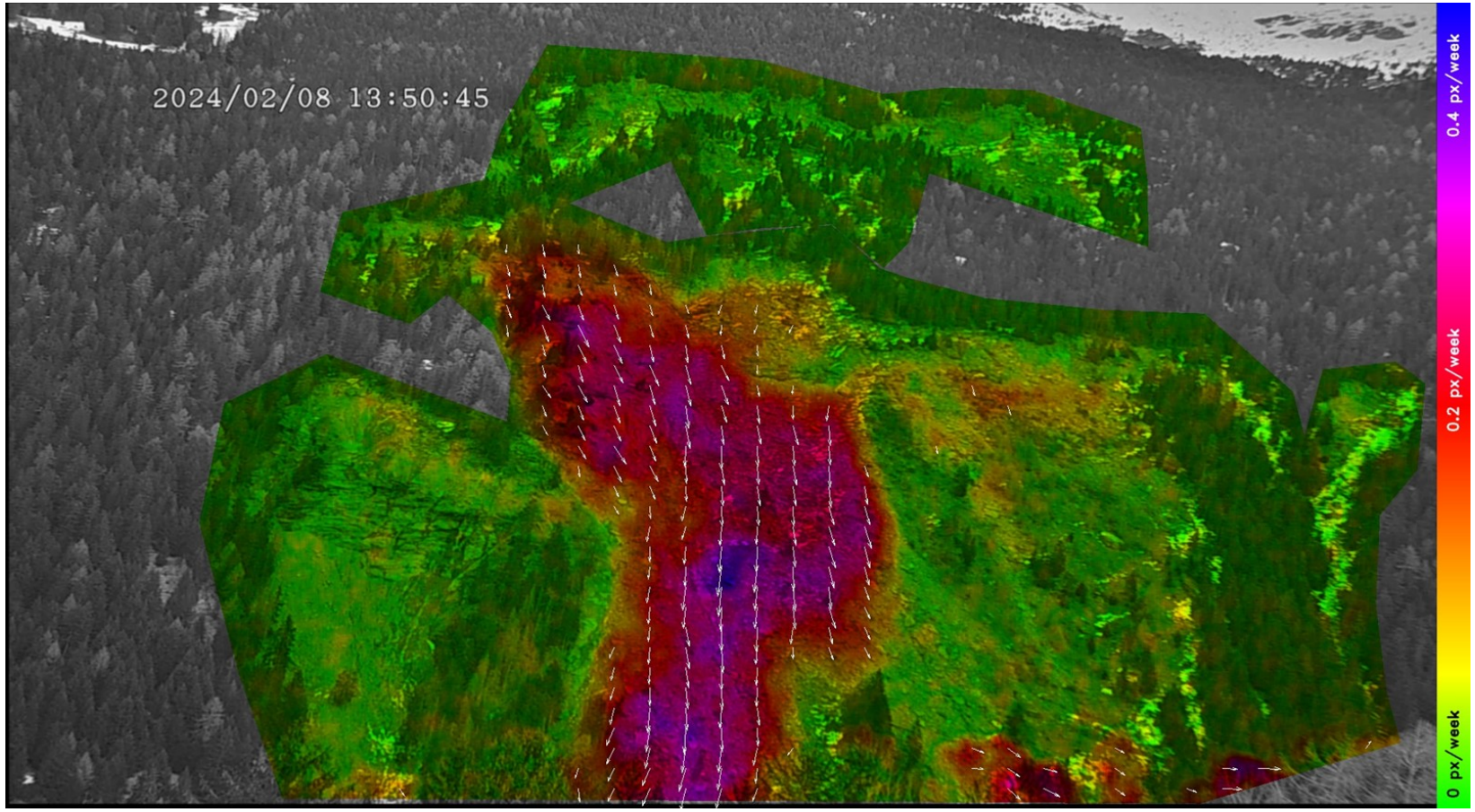
APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Ruinon (Valfurva, SO) – analisi Multi-Immagine – velocità di deformazione risultante**



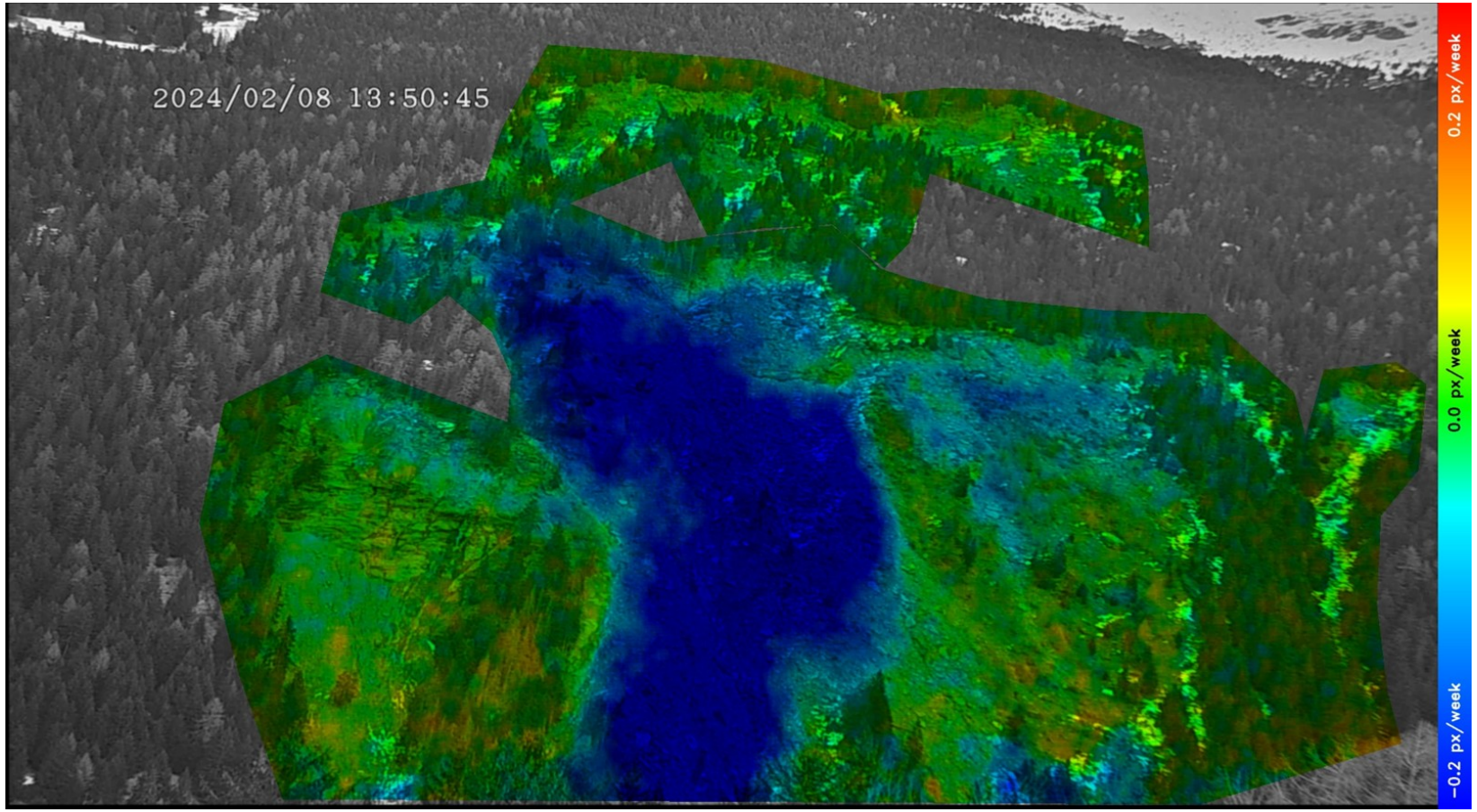
APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Ruinon (Valfurva, SO) – analisi Multi-Immagine – velocità di deformazione risultante**



APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Ruinon (Valfurva, SO) – analisi Multi-Immagine – velocità di deformazione Alto-Basso**

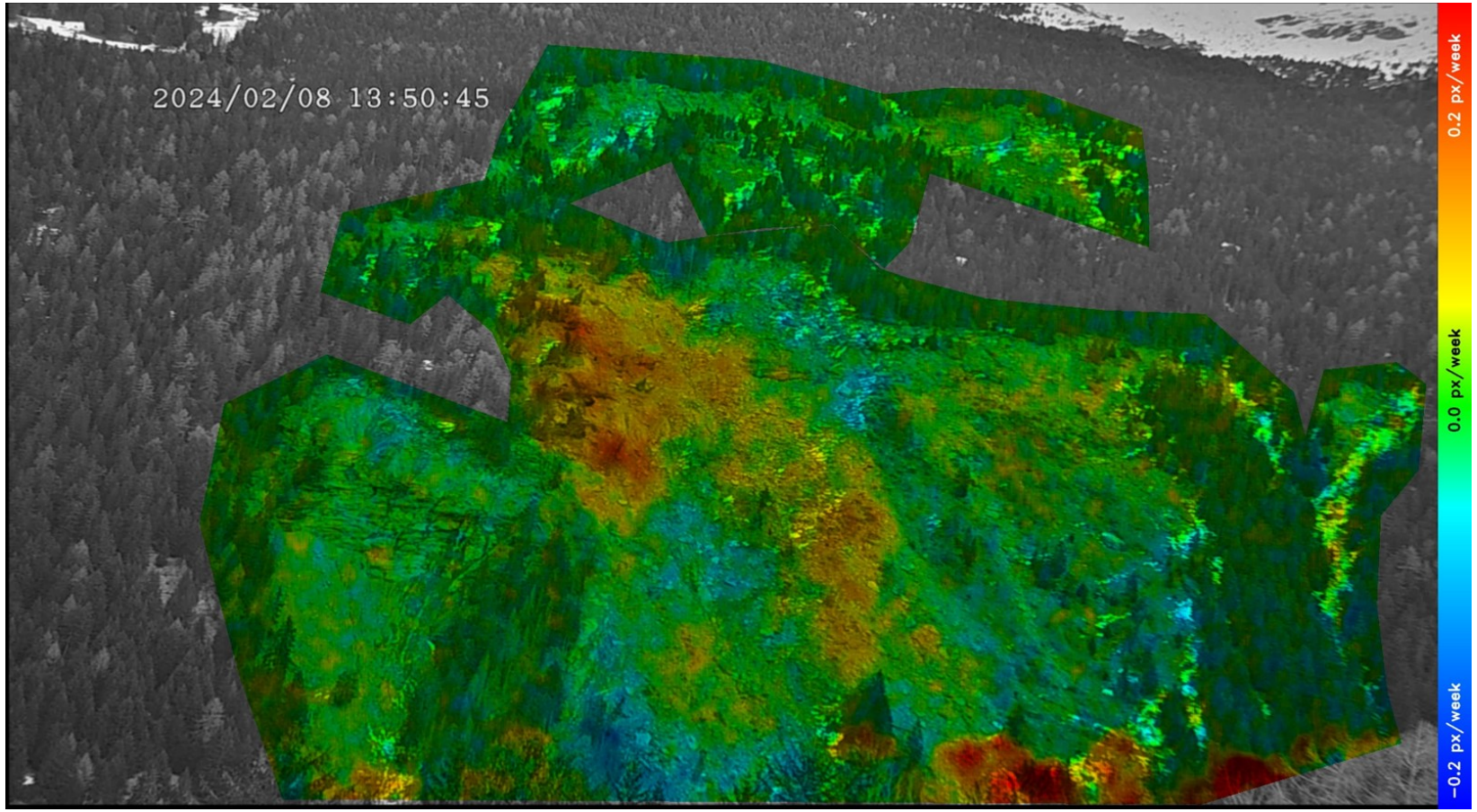


Alto

Basso

APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Ruinon (Valfurva, SO) – analisi Multi-Immagine – velocità di deformazione Dx-Sx**

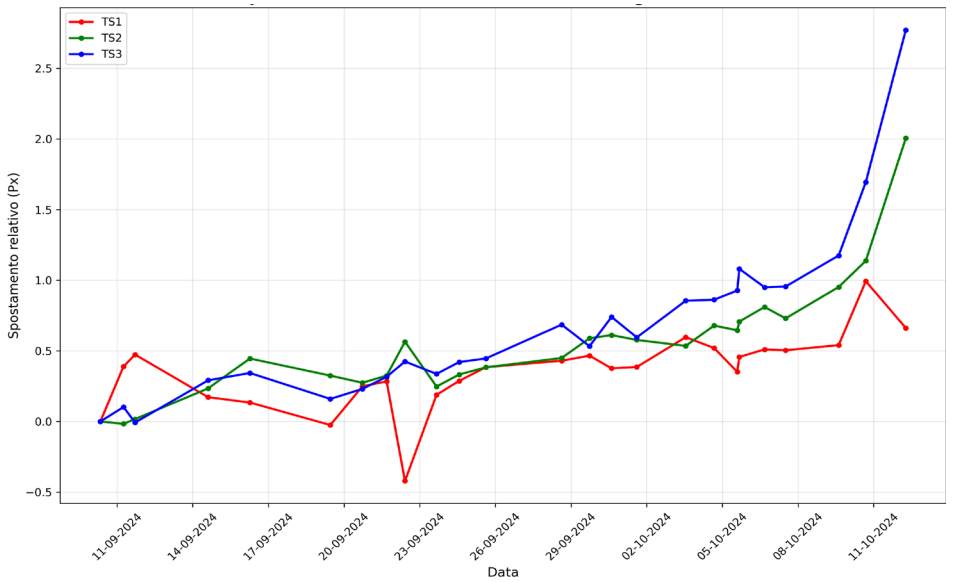


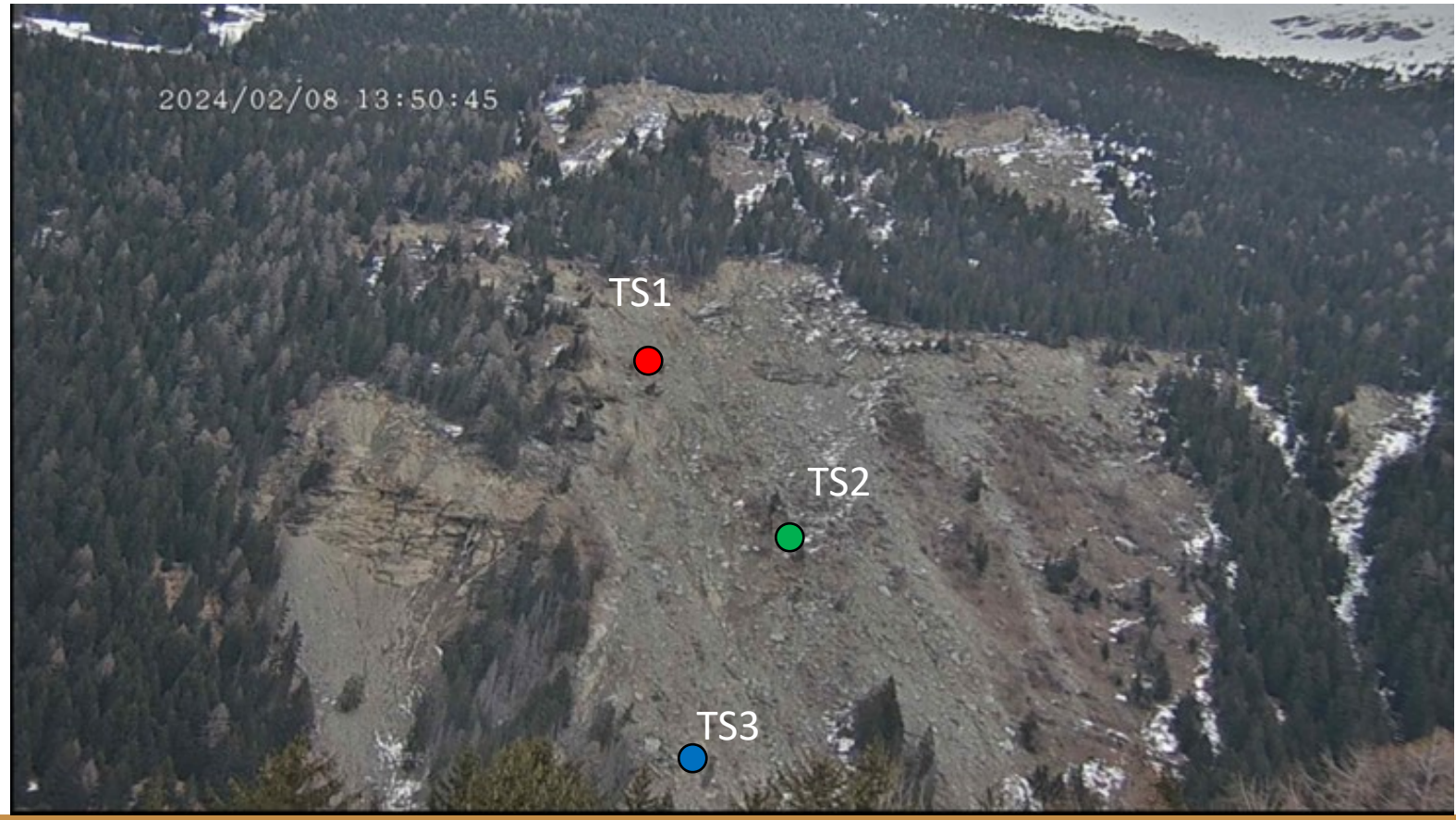
DX

SX

APPLICAZIONI DI DIGITAL IMAGE CORRELATION

- **Ruinon (Valfurva, SO) – analisi Multi-Immagine – estrazione serie temporali**





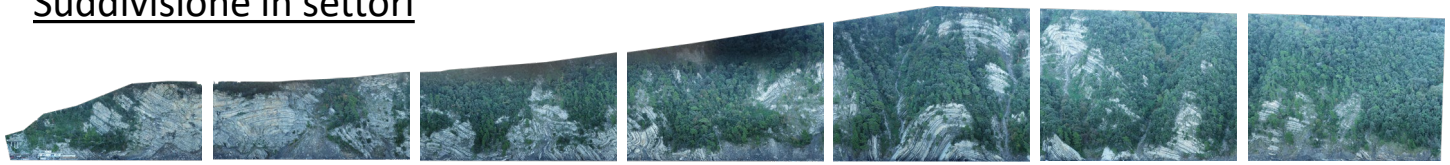
Change Detection su Foto Drone

- **Falesia del Castellaro (Camogli, GE)**

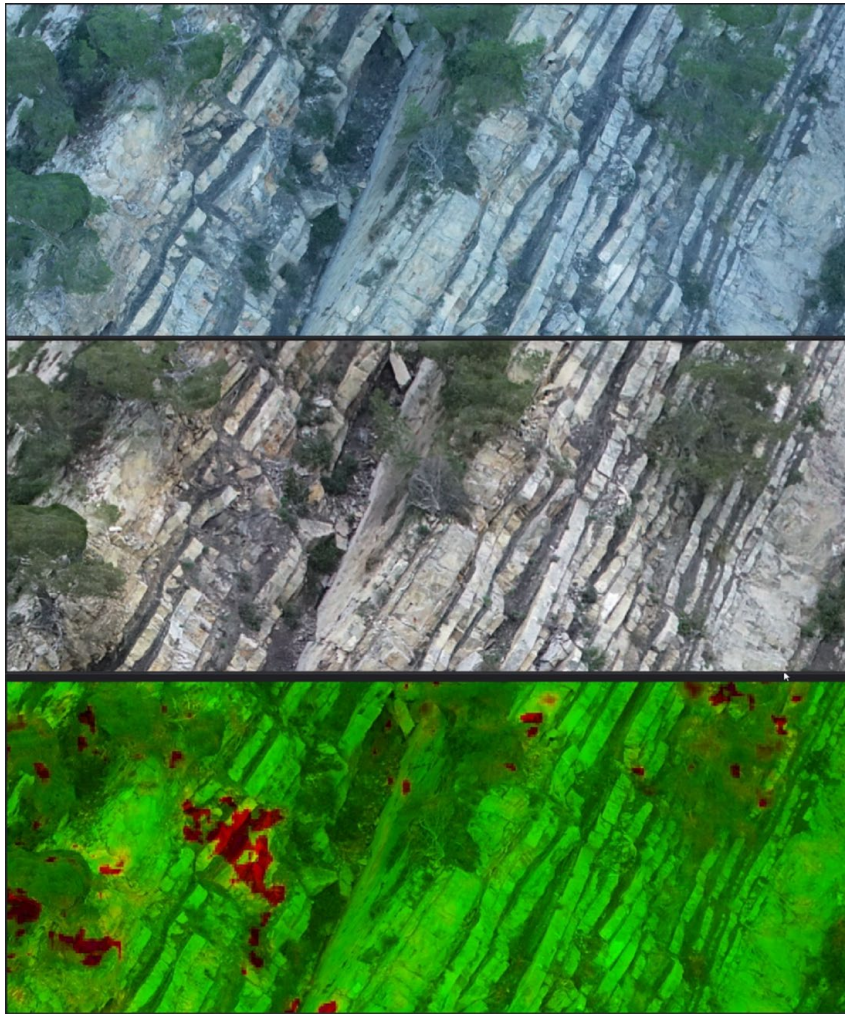
Rilievi UAV e ricostruzione Ortofoto della Falesia
In date 17/11/2023 vs 13/03/2024

GSD: 3 cm/pixel

<u>Suddivisione in settori</u>



Settore 1 | Settore 2 | Settore 3 | Settore 4 | Settore 5 | Settore 6 | Settore 7



Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
Ministero dell'Università e della Ricerca
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Change Detection su Foto Drone

- **Falesia del Castellaro (Camogli, GE)**

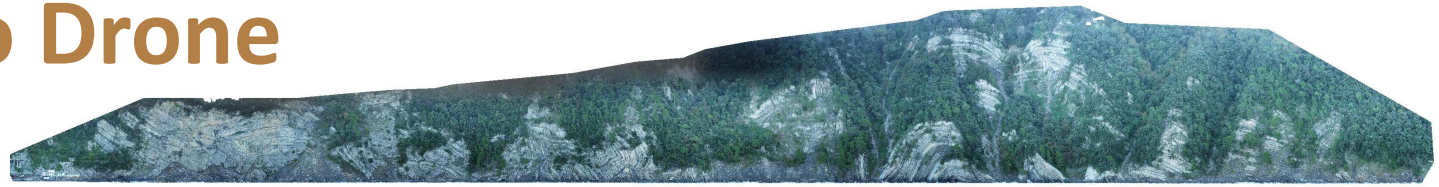
Rilievi drone periodici ed estrazione ortofoto della falesia costiera

GSD: 3 cm/pixel

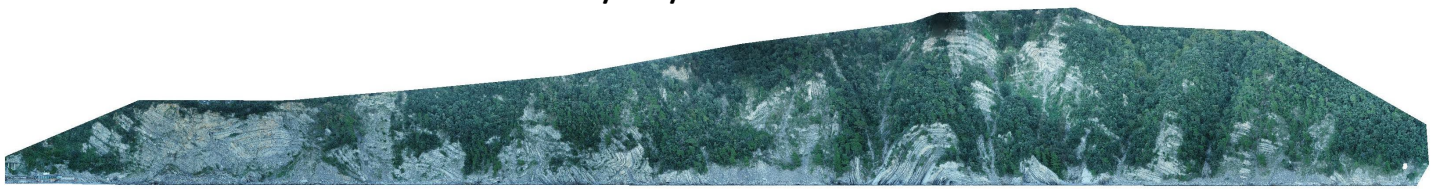
REGIONE LIGURIA







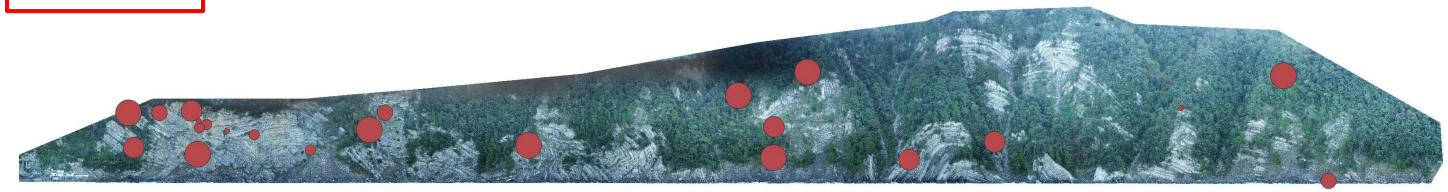
17/11/2023



15/11/2024



Settore 1	Settore 2	Settore 3	Settore 4	Settore 5	Settore 6	Settore 7



24 fenomeni gravitativi validati (fino ad ora)
dim. Areali: da 0.3 m^2 fino oltre 2000 m^2

Change Detection su Foto Drone

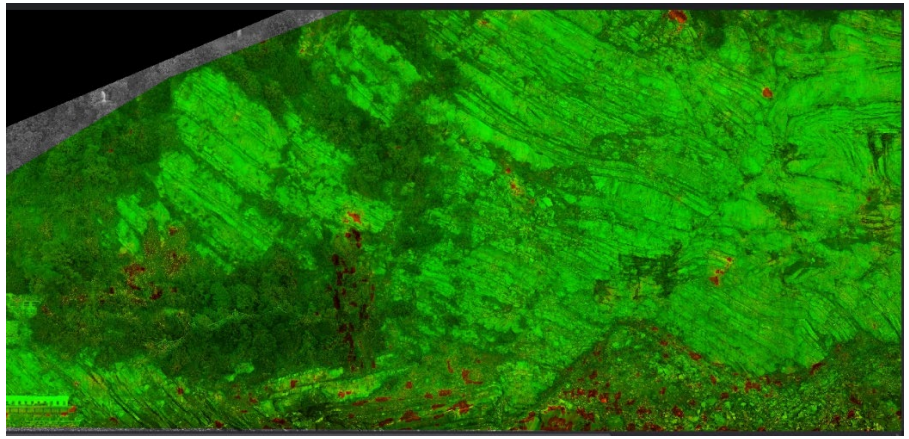
- **Falesia del Castellaro (Camogli, GE)**

  Rilievi drone periodici ed estrazione ortofoto della falesia costiera

REGIONE LIGURIA



GSD= 3 cm/pixel





17/11/2023



15/11/2024

Change Detection su Foto Drone

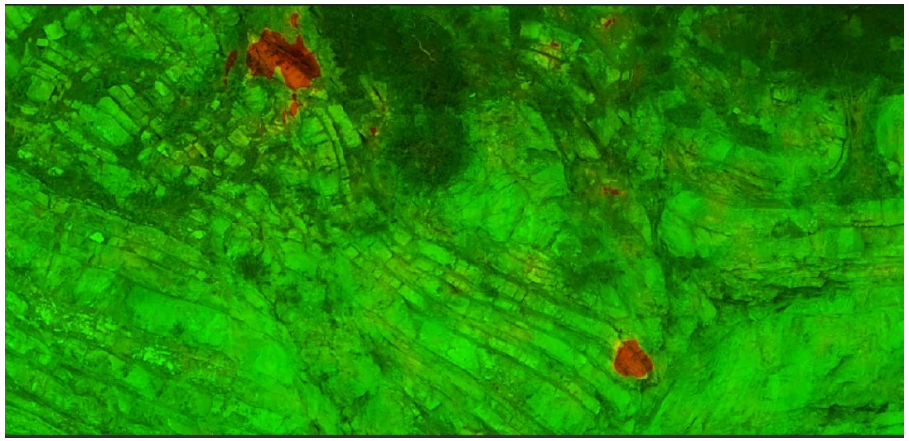
- **Falesia del Castellaro (Camogli, GE)**

  Rilievi drone periodici ed estrazione ortofoto della falesia costiera

REGIONE LIGURIA



GSD= 3 cm/pixel





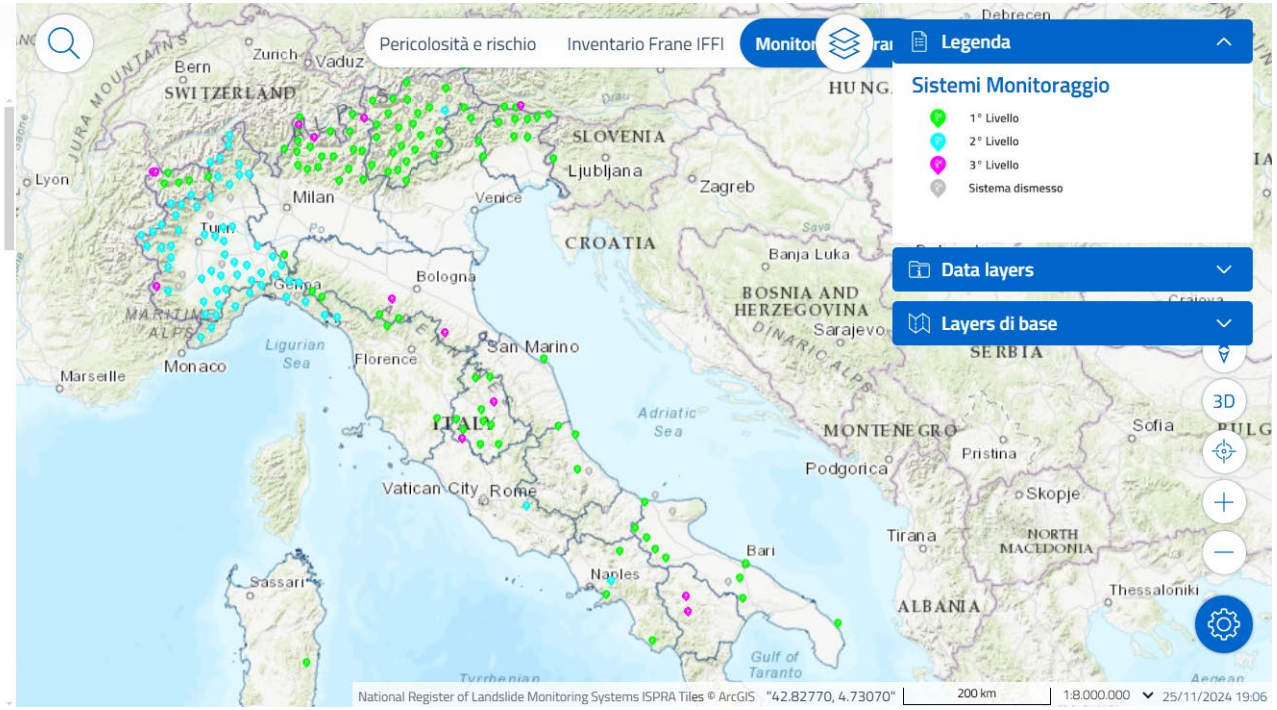
17/11/2023



15/11/2024

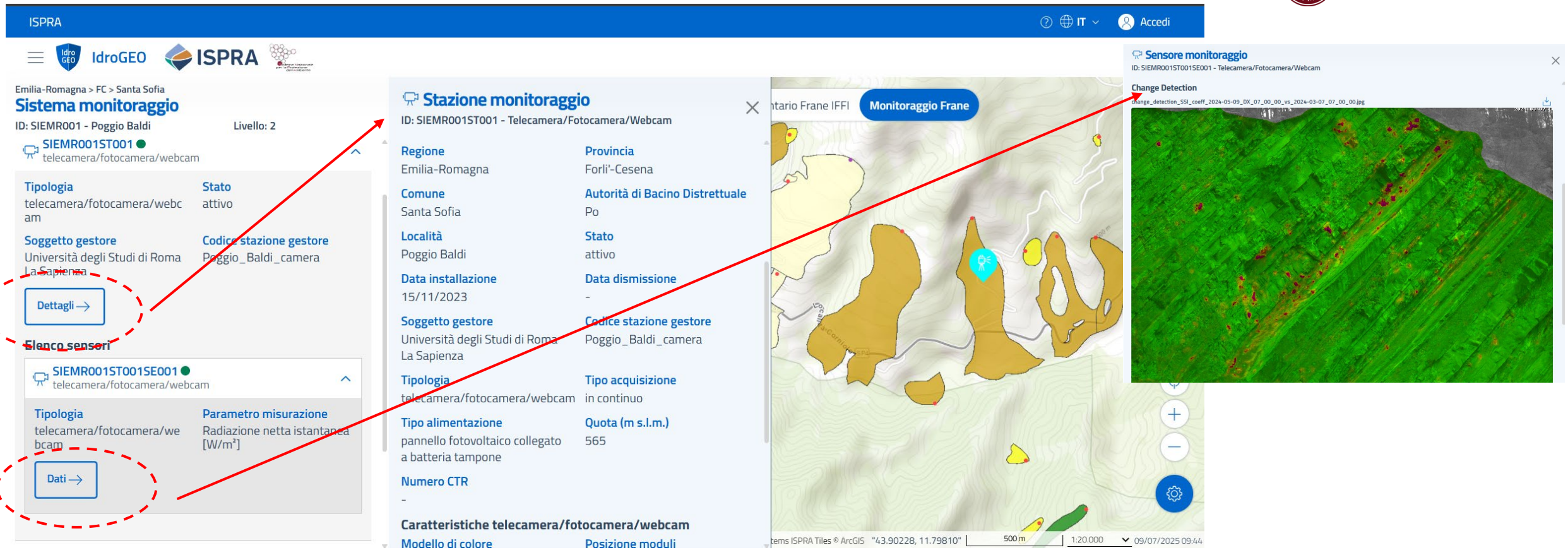
Il Fotomonitoraggio in IDROGEO 2.0





Il Fotomonitoraggio in IDROGEO 2.0

SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA



Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
Ministero dell'Università e della Ricerca
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

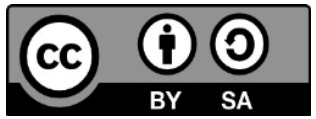
PNRR "GeoSciences IR" - Missione 4 “Istruzione e Ricerca” - Componente 2 “Dalla ricerca all’impresa” -
Linea di investimento 3.1 “Fondo per la realizzazione di un sistema integrato di infrastrutture di ricerca e innovazione”
Finanziato dall'Unione Europea NextGenerationEU CUP: I53C22000800006

ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente
Università degli Studi di Salerno
Università degli Studi di Milano Bicocca
Università degli Studi di Napoli Federico II
Università degli Studi dell'Insubria
Politecnico di Torino
Università degli Studi del Molise
OGS Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale
Consiglio Nazionale delle Ricerche
Università degli Studi di Bari Aldo Moro
Università degli Studi di Palermo
Sapienza Università di Roma
Università degli Studi dell'Aquila
Università degli Studi della Tuscia
Università degli Studi di Trieste
Università degli Studi di Cagliari

Disclaimer

L'Autore/gli Autori è/sono pienamente responsabile/i di tutti i contenuti inseriti nella presentazione. I contenuti di questa presentazione (testo, grafica, immagini e altri materiali) non violano i diritti di terzi e sono nella piena e libera disponibilità, avendo acquisito da ogni eventuale terzo avente diritto su di essi espressa autorizzazione alla pubblicazione; pertanto saranno utilizzati per le finalità strettamente connesse al progetto GeoSciences IR.





Grazie per l'Attenzione !

GeoSciencesIR
un'infrastruttura di ricerca per la Rete Italiana dei Servizi Geologici