



UNIONE EUROPEA  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Ministero dell'Università  
e della Ricerca



PON  
RICERCA  
E INNOVAZIONE  
2014 - 2020



*Mitigazione dei rischi naturali per la sicurezza e la mobilità  
nelle aree montane del Mezzogiorno: Il contributo dei Collaboratori di Ricerca*

# TECNICHE SATELLITARI IN BANDA OTTICA PER IL MONITORAGGIO DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

Responsabile Scientifico: Prof. Valerio Tramutoli

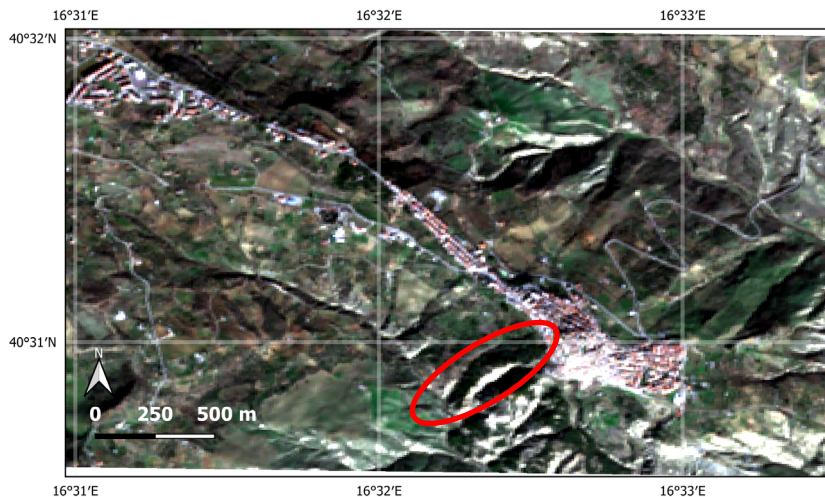
Scuola di Ingegneria (SI – UNIBAS)

*Relatore: Valeria Satriano*

*Ruolo: Assegnista*

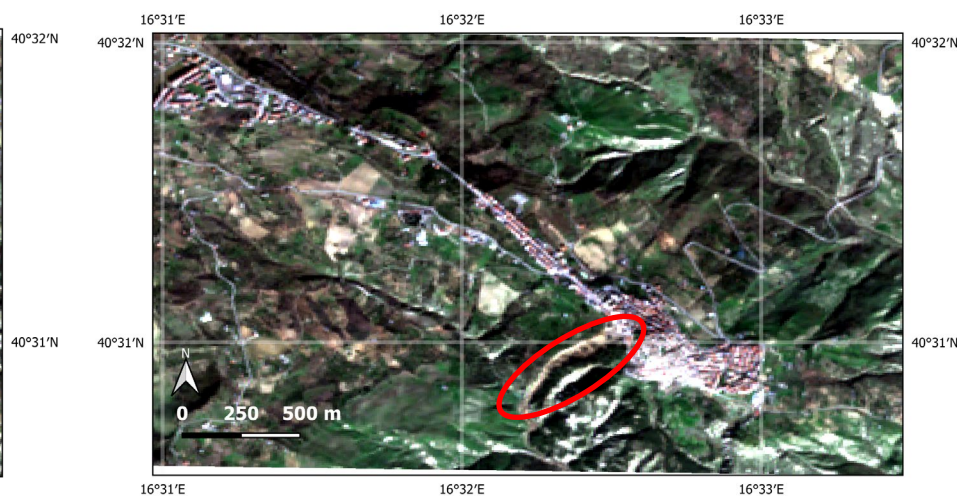
15 Gennaio 2024

La semplice differenza tra immagini utile per riconoscere cambiamenti in corso legati a un evento. Per esempio **Frana Pomarico (MT) 24-25 Gennaio 2019** (RGB su immagini MSI *Sentinel-2* )



**PRIMA**

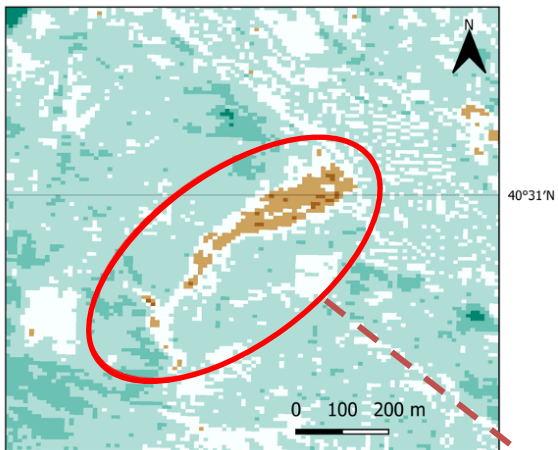
Sentinel-2 09.02.2018



**DOPO**

Sentinel-2 09.02.2019

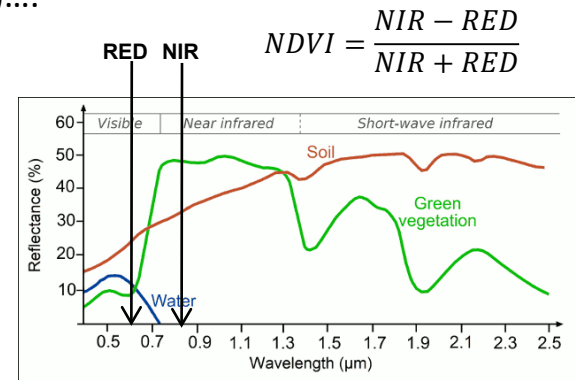
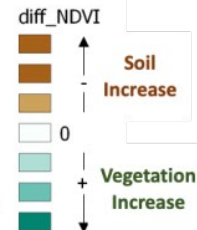
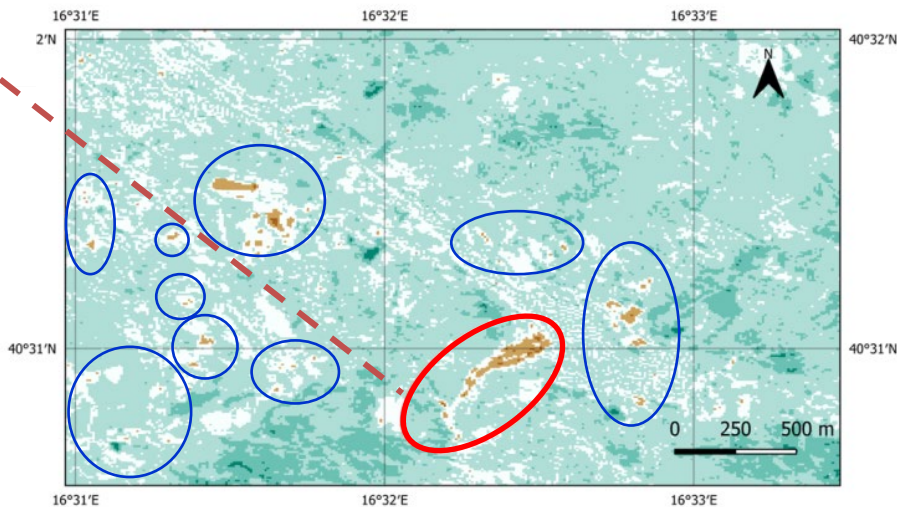
La differenza prima/dopo tra mappe di indici di vegetazione (e.g. NDVI)....



NDVI<sub>2019</sub> - NDVI<sub>2018</sub>

Genera anche molti falsi positivi

consente di mappare l'area in frana ma...



## Alluvione Emilia Romagna maggio 2023

### PRIMA

Sentinel-2 28.04.2023



### DOPO

Sentinel-2 23.05.2023

11.7°E 12.0°E 12.3°E



44.4°N

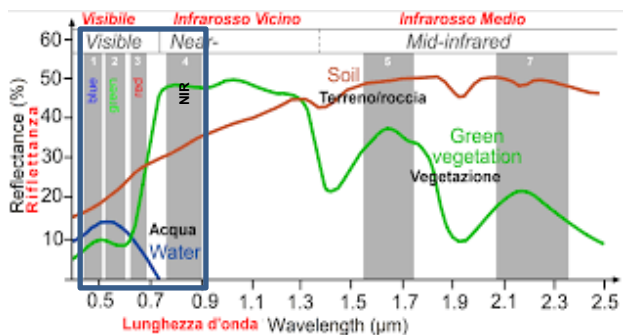
11.7°E 12.0°E 12.3°E



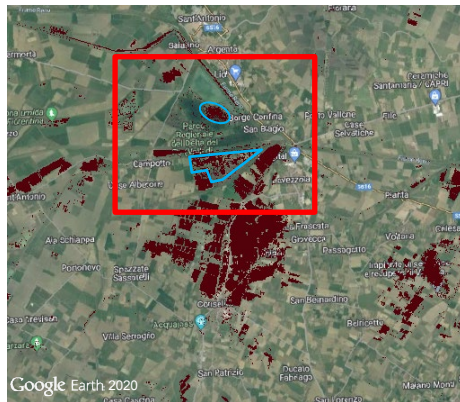
44.4°N

11.7°E 12.0°E 12.3°E

11.7°E 12.0°E 12.3°E

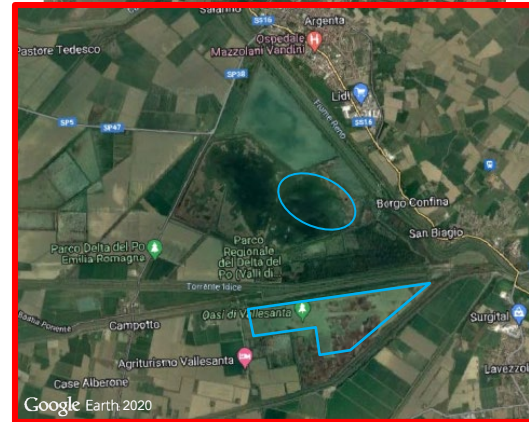
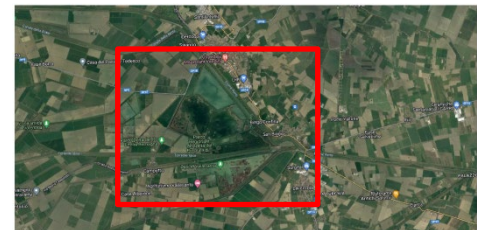


Caballero et al., 2019



Sentinel-2 MSI situazione al 23.05.2023

Flood



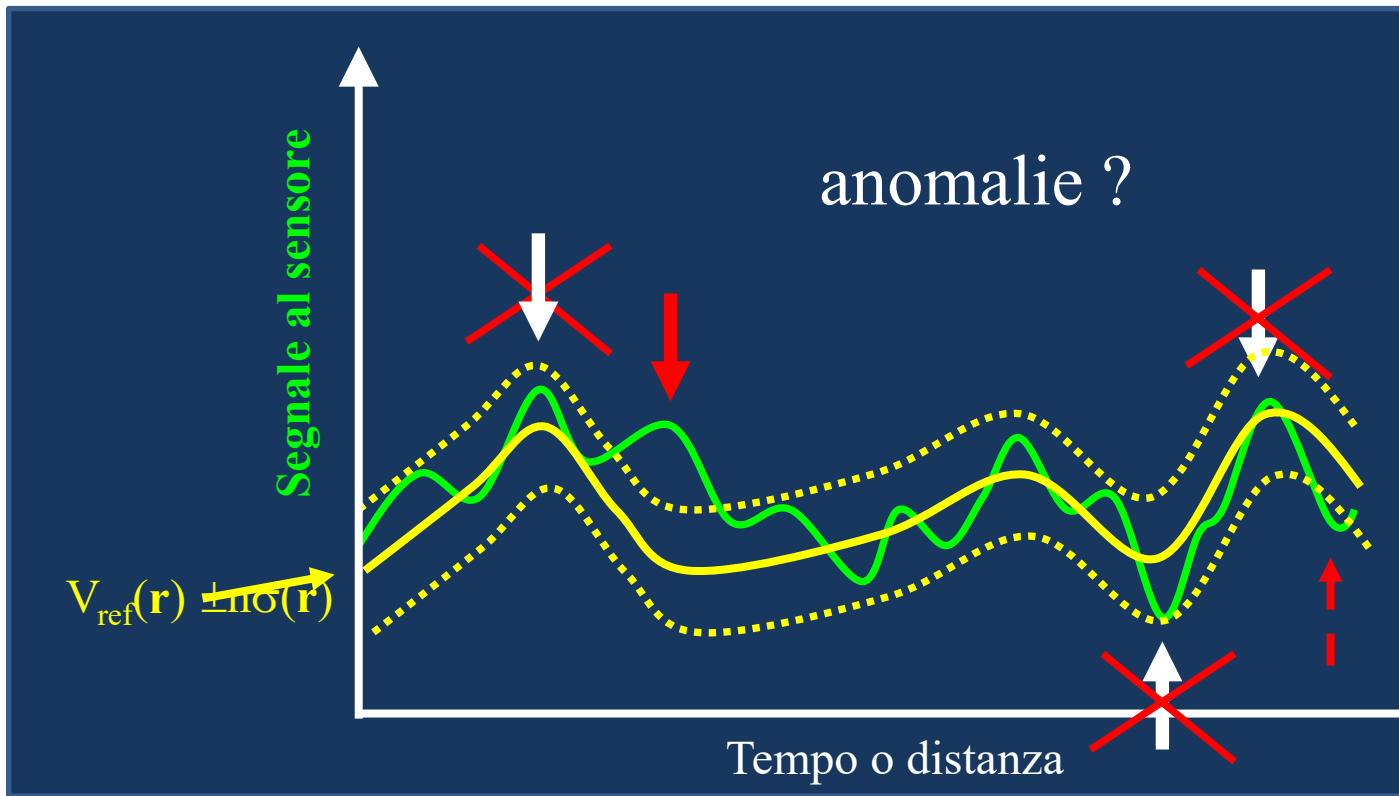
Altre tecniche tradizionali di *change-detection* a soglia fissa (e.g. Caballero et al., 2019) consentono di identificare i corpi d'acqua presenti sulla scena ma...

$$\begin{aligned}
 & Rrs_{\max} > 0.2 \\
 & \text{OR} \\
 & \text{Max}(Rrs_{\text{blue}}, Rrs_{\text{green}}, Rrs_{\text{red}}) < Rrs_{\text{NIR}} \\
 & \text{OR} \\
 & Rrs_{\text{NIR}} / Rrs_{\text{red}} > 0.9 \\
 & \text{OR} \\
 & Rrs_{\text{NIR}} > 0.05 \\
 & \text{OR} \\
 & (Rrs_{\max} / Rrs_{\min}) / Rrs_{\max} < 0.2
 \end{aligned}$$

Test (POST) – Test (PRE)

... senza distinguere le aree alluvionate dai corpi d'acqua permanenti

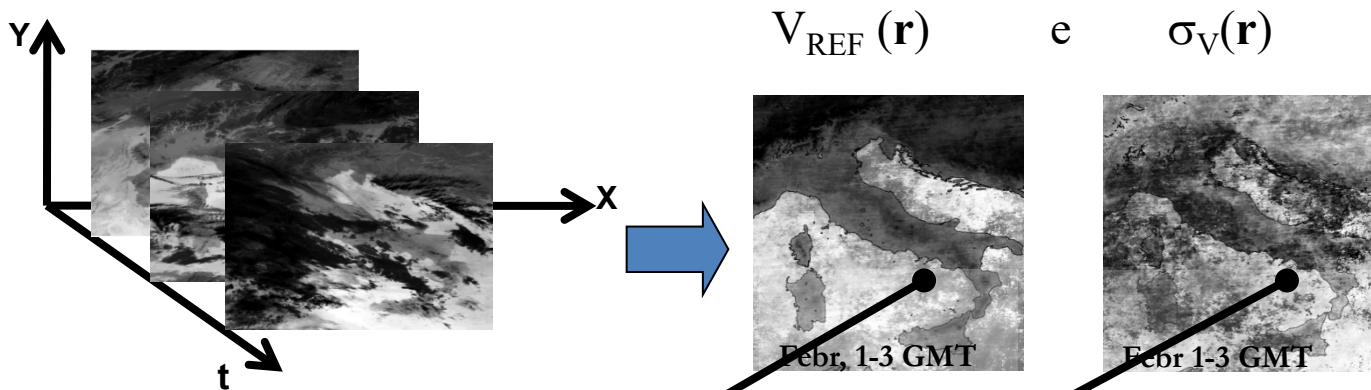
Il segnale misurato da satellite varia normalmente nel tempo e nello spazio al variare di condizioni locali (e.g. orografia, copertura vegetazionale) e delle condizioni di osservazione (e.g. ora del giorno, condizioni atmosferiche)



# Robust Satellite Techniques (RST)

(v. Tramutoli, 1998, 2005, 2007)

1. **Calcolo dei campi di riferimento** imperturbati per la variabile  $V(r,t)$  a partire da una serie multitemporale di osservazioni satellitari raccolte in condizioni OMOGENEE (stessa ora del giorno, mese dell'anno, etc.)



2. Change-detection al tempo  $t$  con:

$$\otimes_V(x, y, t) = \frac{V(x, y, t) - V_{REF}(x, y)}{\sigma_V(x, y)}$$

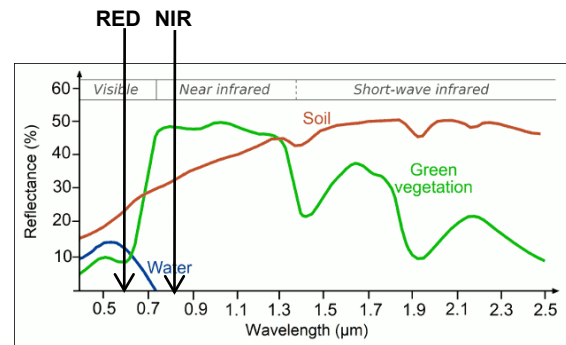
**A.L.I.C.E.**  
*(Absolutely Llocal Index of Change of the Environment)*

## RST

$$\otimes_V(x, y, t) = \frac{V(x, y, t) - V_{REF}(x, y)}{\sigma_V(x, y)}$$

$$V(x, y, t) = NDVI(x, y, t)$$

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$



## RST – cover (Satriano et al., 2023)

$$\otimes_{NDVI}(x, y, t) = \frac{NDVI(x, y, t) - \mu_{NDVI}(x, y)}{\sigma_{NDVI}(x, y)}$$

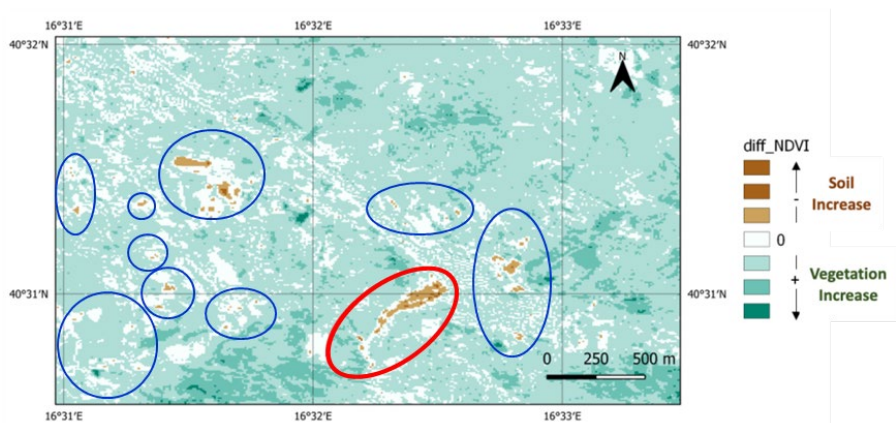
Campi di riferimento  $\mu(x, y)$  e  $\sigma(x, y)$  calcolati su immagini Sentinel-2 raccolte in tutti gli anni antecedent l'evento (2016-2018) nello stesso periodo dell'anno

Codice JavaScript  
per  
Google Earth Engine  
completamente  
automatico  
(time = 15min)

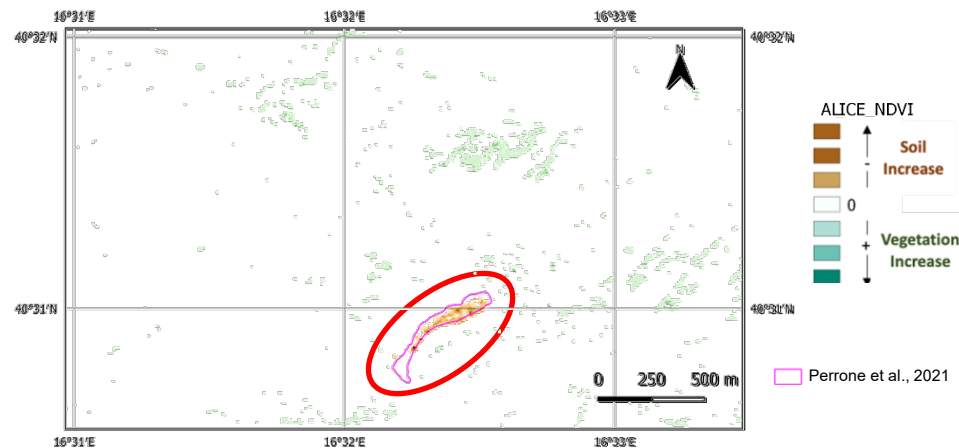


Frana di Pomarico:  $\otimes_{NDVI}(x,y,t)$  applicato all'immagine Sentinel-2 del 9 Febbraio 2019 (post-evento)

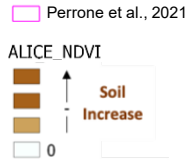
## Differenza NDVI prima dopo



## RST-cover (Satriano et al., 2023)

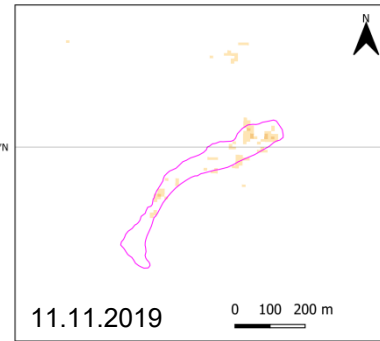
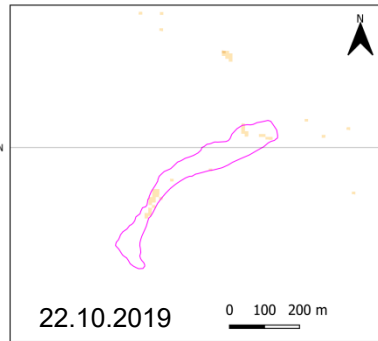
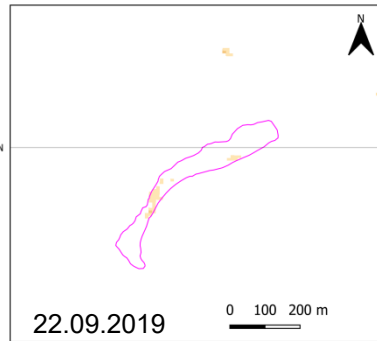
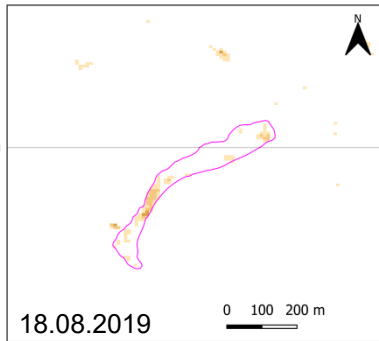
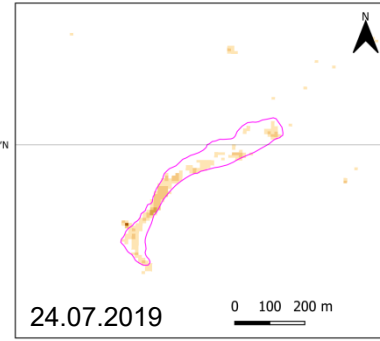
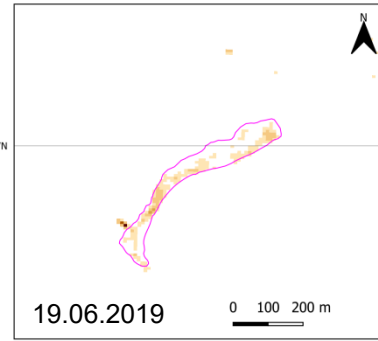
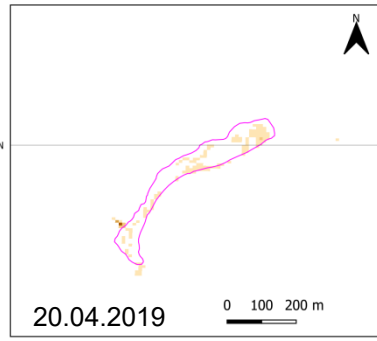
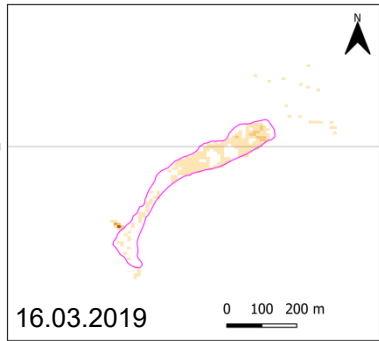


L'area in frana viene individuata senza falsi positivi

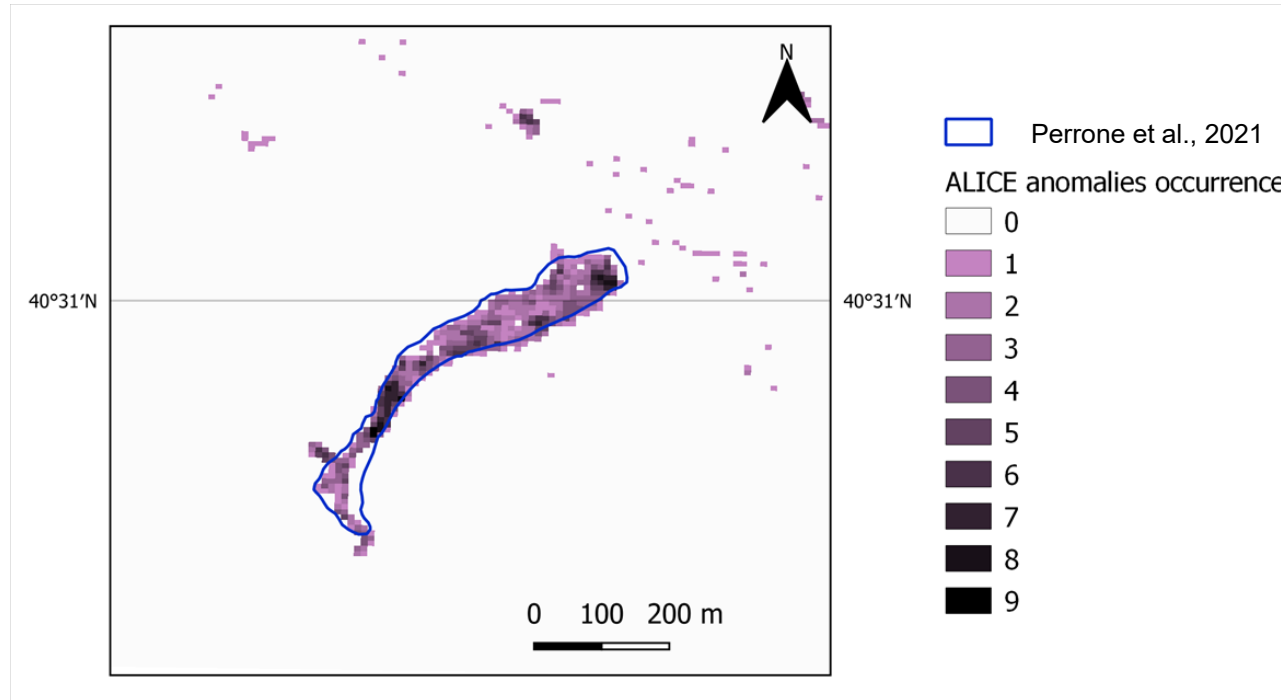


## Frana di Pomarico

⊗<sub>NDVI</sub> (x,y,t) applicato al resto dell'anno 2019



Occorrenza delle anomalie a livello del singolo pixel calcolate da Febbraio a Novembre 2019

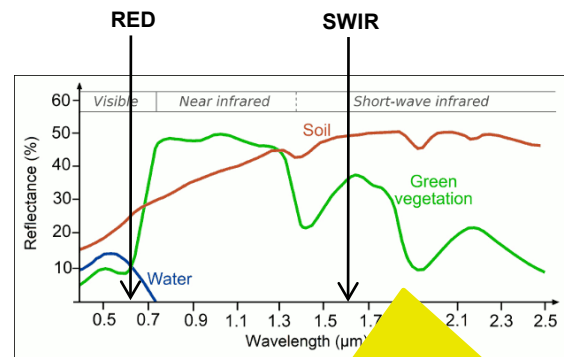


## RST

$$\otimes_V(x, y, t) = \frac{V(x, y, t) - V_{REF}(x, y)}{\sigma_V(x, y)}$$

$$V(x, y, t) = NDSI(x, y, t)$$

$$NDSI = \frac{RED - SWIR}{RED + SWIR}$$



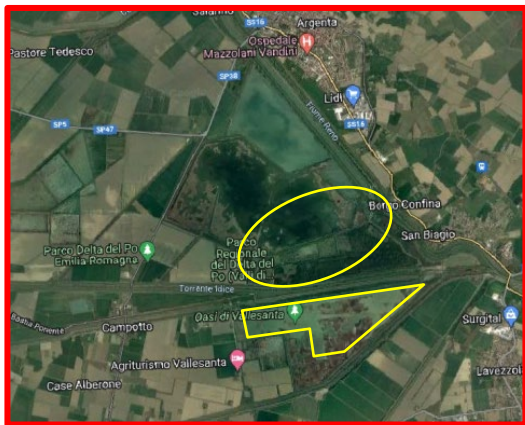
$$\otimes_{NDSI}(x, y, t) = \frac{NDSI(x, y, t) - \mu_{NDSI}(x, y)}{\sigma_{NDSI}(x, y)}$$

Campi di riferimento  $\mu(x,y)$  e  $\sigma(x,y)$  calcolati su immagini Sentinel-2 raccolte in tutti gli anni antecedenti evento (2015-2022) nello stesso periodo dell'anno

Codice JavaScript  
per  
Google Earth Engine  
completamente  
automatico  
(time = 15min)

## Servizio Ufficiale a livello europeo Copernicus Emergency Management Service (CEMS)

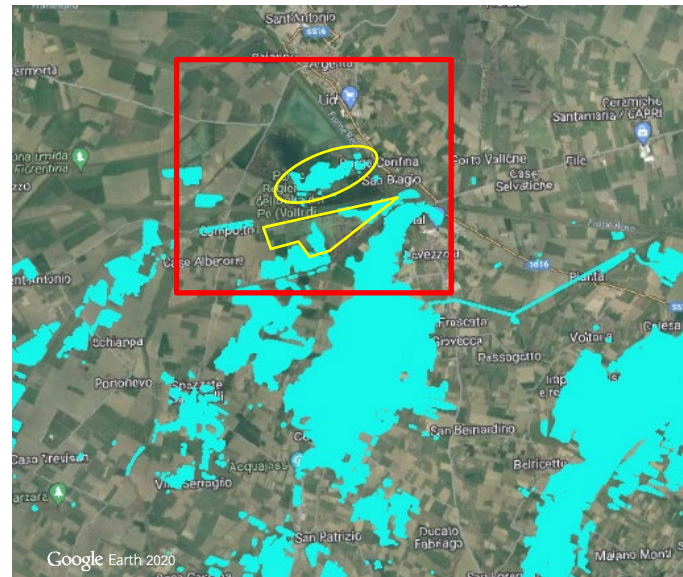
- Informazioni in *rapid mapping* (7-48h dalla disponibilità del dato satellitare)
- Utilizzo di dati multi-sensore e multi-piattaforma
- Analisi semi-automatiche o manuali
- Rilascio di mappe liberamente accessibili sul loro sito-web



Aggregato SAR  
22.05.2023

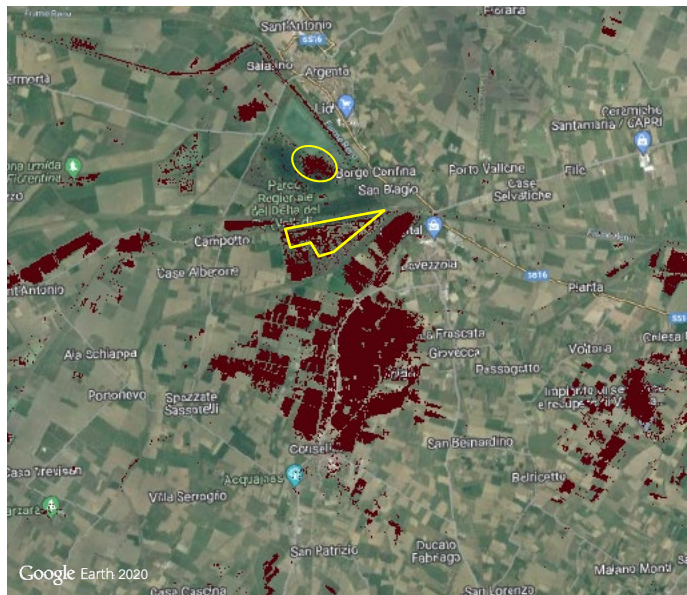
 Flood

### CEMS - Rapid Mapping



Anche qui alcuni limiti... forse trascurabili in fase di emergenza rispetto all'informazione generale richiesta

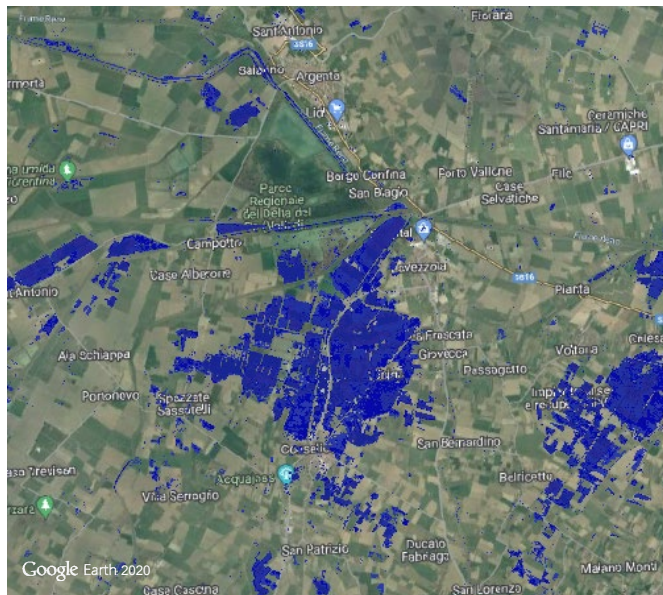
Caballero et al., 2019



Sentinel-2 MSI  
situazione al  
23.05.2023

Flood

RST



Sentinel-2 MSI  
23.05.2023

Flood

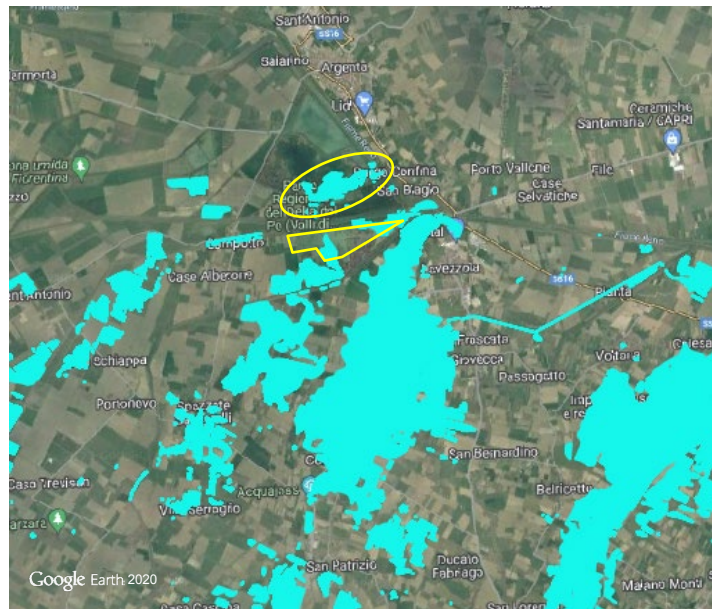
## RST



Sentinel-2 MSI  
23.05.2023

 Flood

## CEMS Rapid Mapping



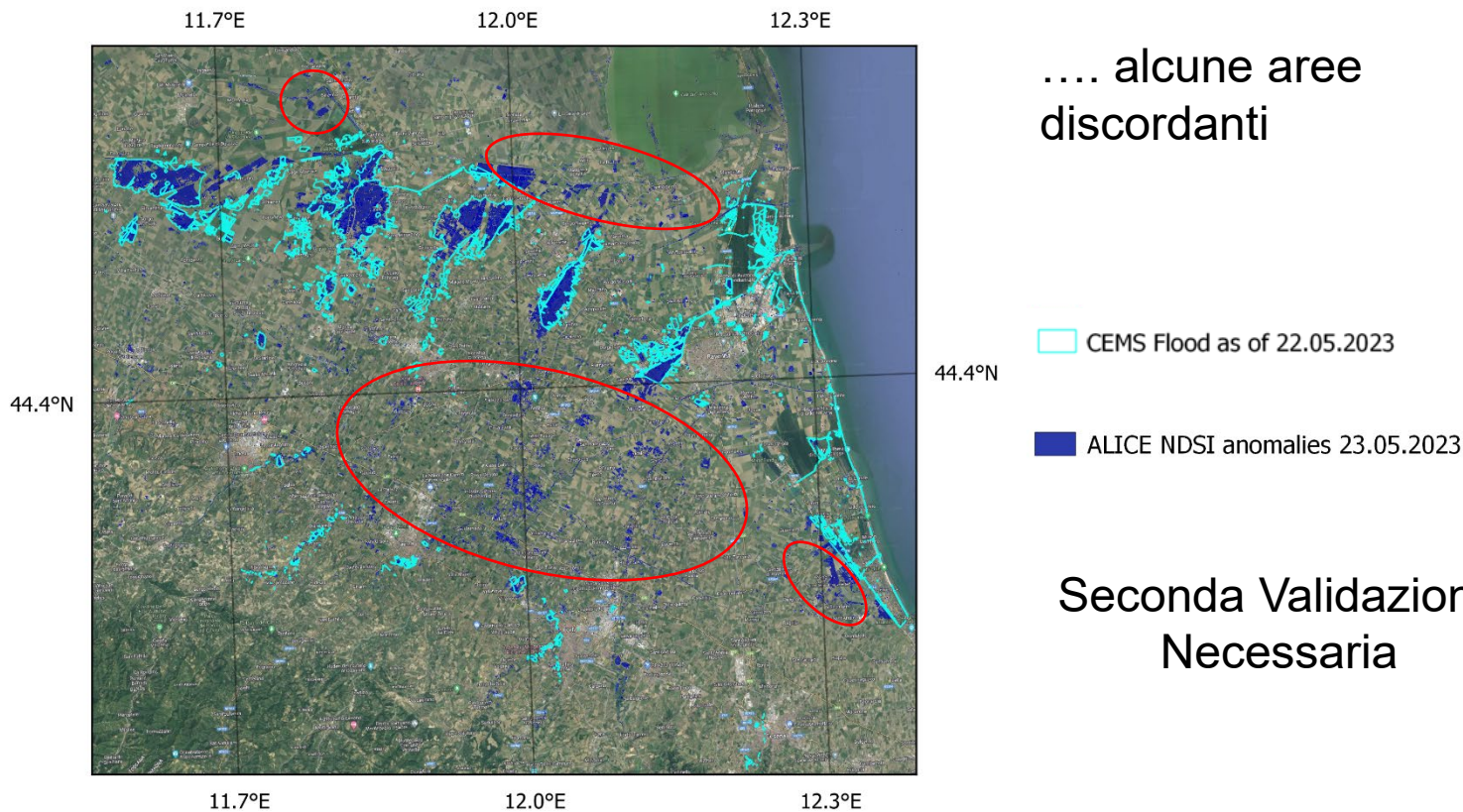
Aggregato SAR  
22.05.2023

 Flood

## VALIDAZIONE CON PRODOTTI UFFICIALI RAPIDI

(relativi a date diverse, distanza temporale trascurabile data l'estensione delle inondazioni)

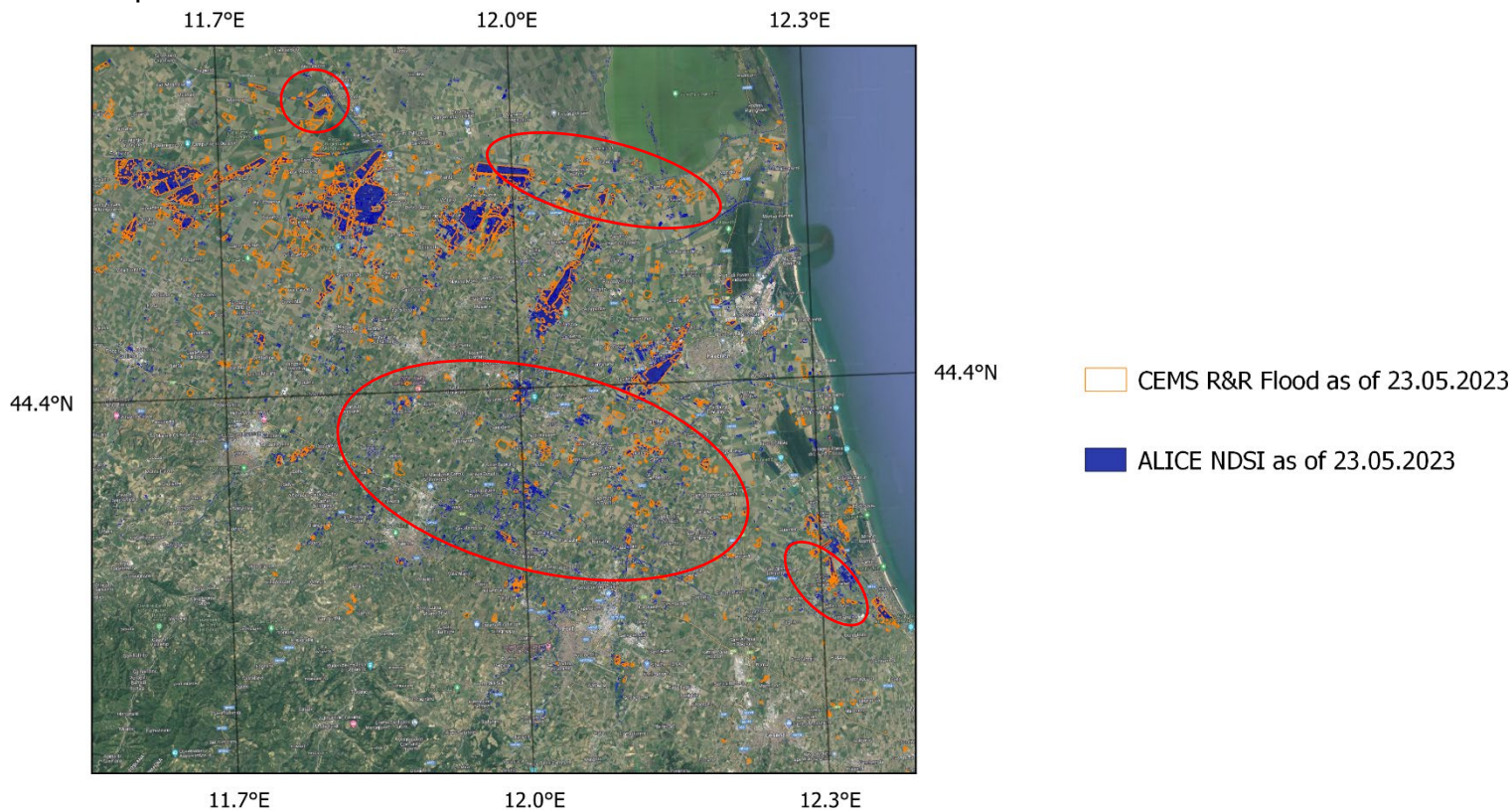
Sulla larga scala si osserva forte correlazione tra CEMS ed RST ma.....



Seconda Validazione  
Necessaria



Il CEMS rilascia un secondo prodotto più accurato dopo un periodo di tempo lungo (2 mesi nel caso dell'Emilia). Il prodotto, rilasciato in fase denominata **Risk and Recovery**, è il risultato di analisi più accurate multi dato (in situ e da remoto) che si svolgono in un tempo successivo l'evento.



- La tecnica RST ha dimostrato alte performance sia nell'implementazione ai fenomeni di frana che a quelli alluvionali.
- Nel caso delle alluvioni si è dimostrata anche più sensibile delle tecniche implementate nei sistemi ufficiali di sorveglianza (i.e. CEMS)
- RST restituisce risultati rapidi con accuratezza pari agli stessi forniti dal CEMS dopo diversi mesi
- RST si presta bene ad essere implementata in sistemi di monitoraggio rapidi grazie alla velocità di processamento del dato e rilascio del prodotto finale (circa 15minuti dalla fruibilità del dato)
- L'informazione rilasciata può essere estremamente utile nelle fasi emergenziali

## PUBBLICAZIONI

- Tramutoli, V., Filizzola, C., Colonna, R., Genzano, N., Lacava, T., **Satriano, V.**, & Ciancia, E. (2022, December). *Analyzing multi-temporal series of optical and microwave satellite data for hydrogeological risk mitigation: the MITIGO Project experience*. In AGU Fall Meeting Abstracts (Vol. 2022, pp. NH23C-02).
- **Satriano, V.**, Ciancia, E., Filizzola, C., Genzano, N., Lacava, T., Tramutoli, V. *Landslides Detection and Mapping with an Advanced Multi-Temporal Satellite Optical Technique*. Remote Sensing. 2023; 15(3):683. <https://doi.org/10.3390/rs15030683>
- **Satriano, V.**, Ciancia, E., Pergola, N., Tramutoli, V. *Floods automatic rapid mapping through Sentinel-2 MSI multitemporal data*. submitted to EGU 2024

In fase di scrittura un articolo scientifico sui risultati ottenuti dall'implementazione di RST all'evento alluvionale Emilia Romagna



UNIONE EUROPEA  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## *Mitigazione dei rischi naturali per la sicurezza e la mobilità nelle aree montane del Mezzogiorno: Il contributo dei Collaboratori di Ricerca*

Estratto dagli Atti del Convegno: Il contributo dei Collaboratori di Ricerca del progetto MITIGO presso l'Università della Basilicata

© 2024 Università degli Studi della Basilicata

Editrice Universosud – Potenza

ISBN 9791281551084



9 791281 551084

Pubblicazione realizzata con il cofinanziamento dell'Unione Europea – FESR, PON Ricerca e Innovazione 2014-2020.

[www.ponricerca.gov.it](http://www.ponricerca.gov.it)