



Agenzia Spaziale Italiana

# Il downstream nazionale tra presente e futuro:

un percorso condiviso con la comunità degli utenti

## Stima delle proprietà del suolo d'interesse agronomico dal telerilevamento iperspettrale: il progetto TEHRA

Raffaele Casa (DAFNE, Università della  
Toscia)

S.Priori<sup>1</sup>, L.Marrone<sup>1</sup>, K. Misbah<sup>1</sup>, S.Pignatti<sup>2</sup>,  
S.Mirzaei<sup>2</sup>, S.Pascucci<sup>2</sup>, A.Tricomi<sup>3</sup>, R.Bruno<sup>3</sup>,  
F.Rossi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>DAFNE, Università della Toscana

<sup>2</sup>CNR-IMAA

<sup>3</sup>e-GEOS

<sup>4</sup>Università La Sapienza



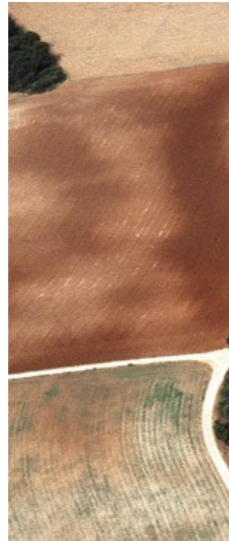
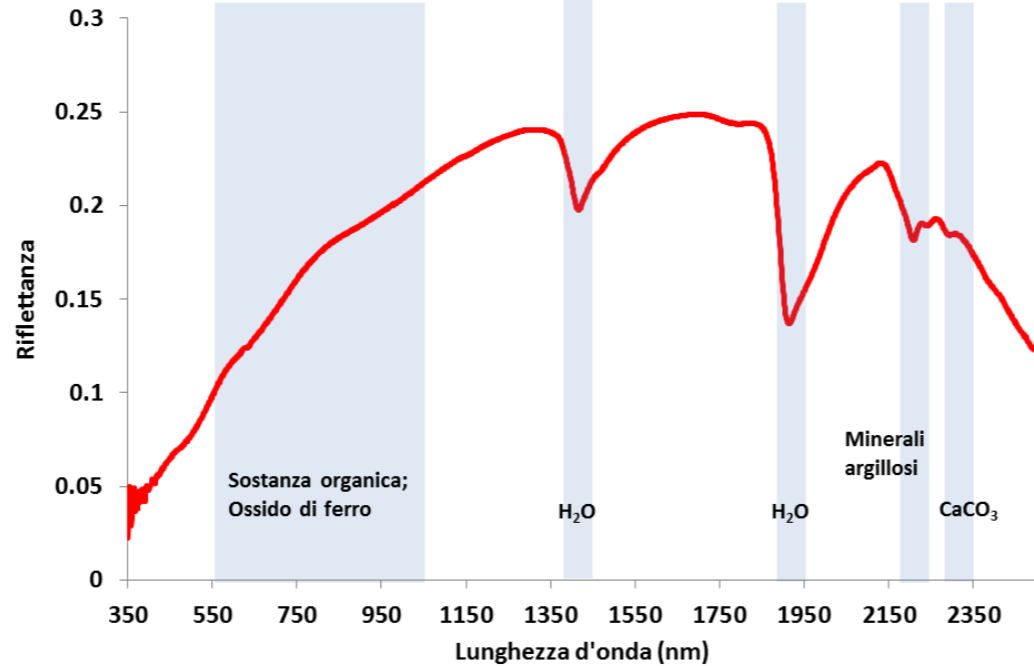
13-14  
Dicembre 2023



Sede ASI  
Via del politecnico snc,  
00173 Roma (Italia)

## Importanza

- Migliore conoscenza della variabilità spaziale dei suoli agricoli
- **Pratiche agronomiche di precisione (semina, irrigazione, concimazione)**
- Uso più sostenibile dei suoli
- Conformità alle politiche agro-ambientali (PAC), ad esempio il sequestro del carbonio nei suoli agricoli



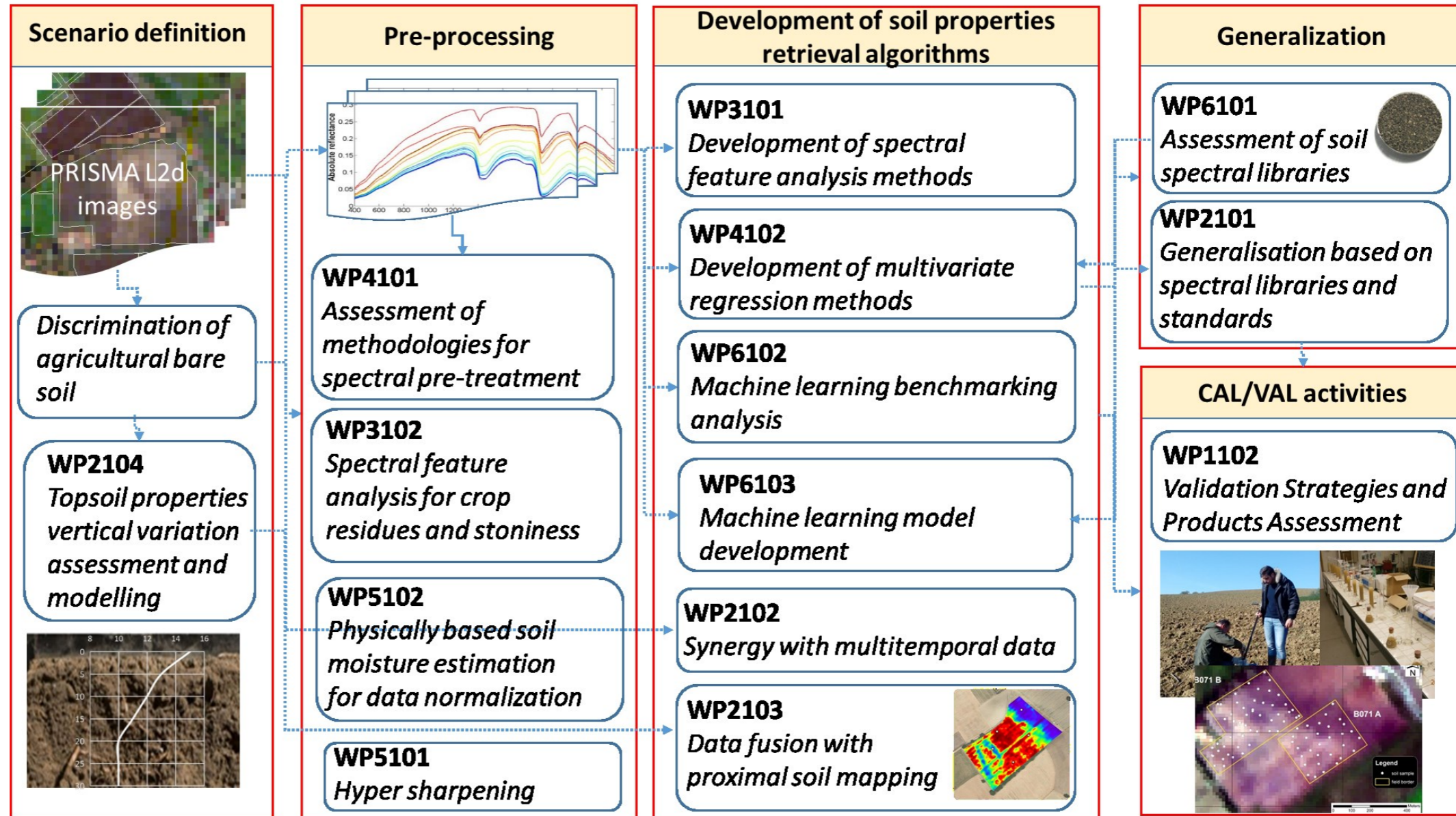
## Opportunità

- Aumento della disponibilità di dati di spettroscopia di immagini satellitari: PRISMA, EnMAP, ...
- Verso un monitoraggio iperspettrale satellitare operativo: ESA CHIME, NASA SBG
- Osservazione ripetuta degli stessi campi agricoli: variabilità temporale della riflettanza superficiale del suolo

## Problematiche

- Osservazione della superficie del suolo
- Solo se suolo nudo visibile
- Copertura vegetale
- Residui colturali
- Rugosità (lavorazione del terreno)
- Soil crusting
- Umidità del suolo
- Mancanza di modelli fisici

- ❑ TEHRA affronta le principali problematiche nell'uso operativo della spettroscopia di imaging satellitare in agricoltura:
  - Scenario di applicabilità
  - Pre-elaborazione e pre-trattamento spettrale, hypersharpening
  - Generalizzazione di modelli di regressione multivariata e machine learning
  - Strategie CAL/VAL





DP: aratura con inversione strato



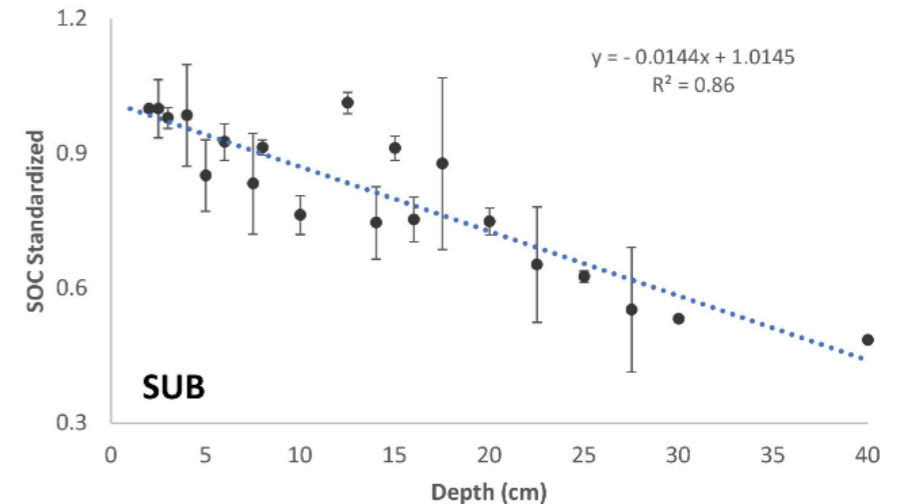
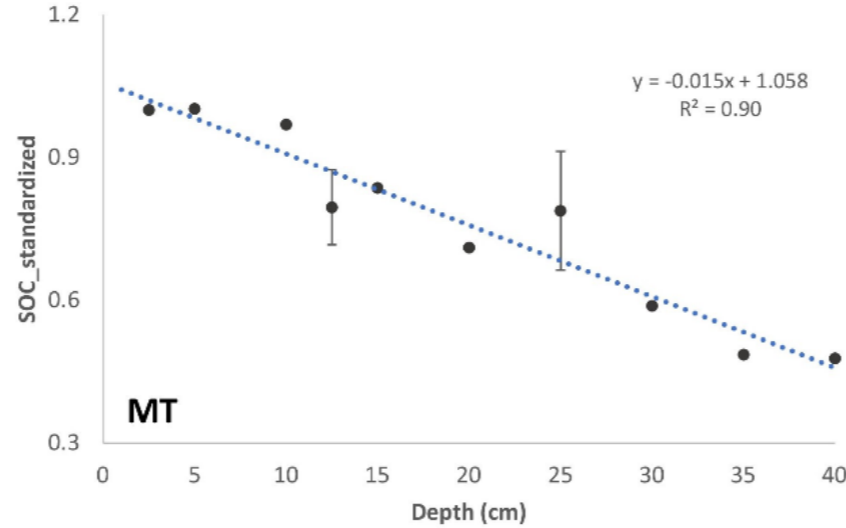
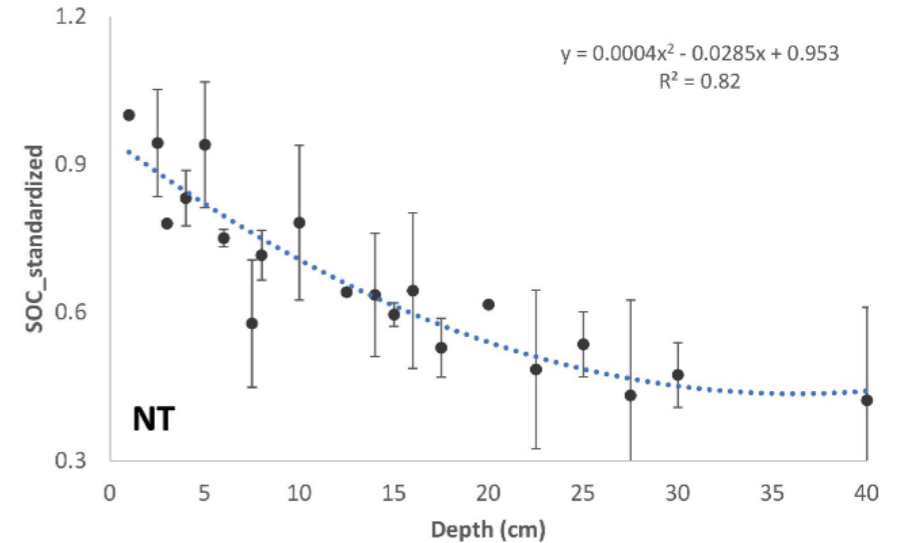
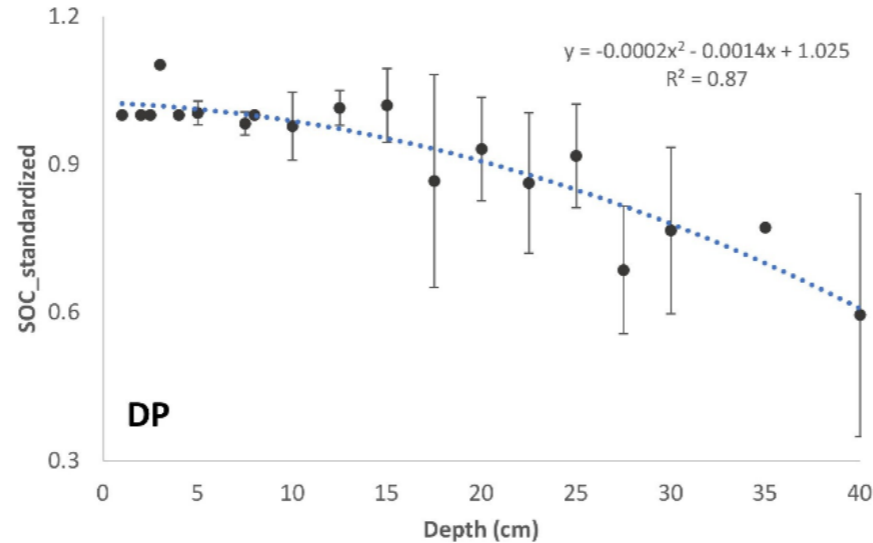
SUB: scarificazione senza inversione



MT: Minima lavorazione



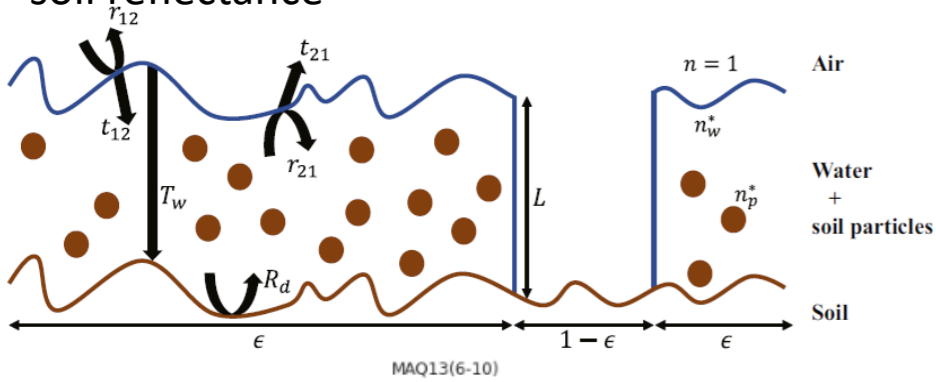
NT: No-till semina su sodo



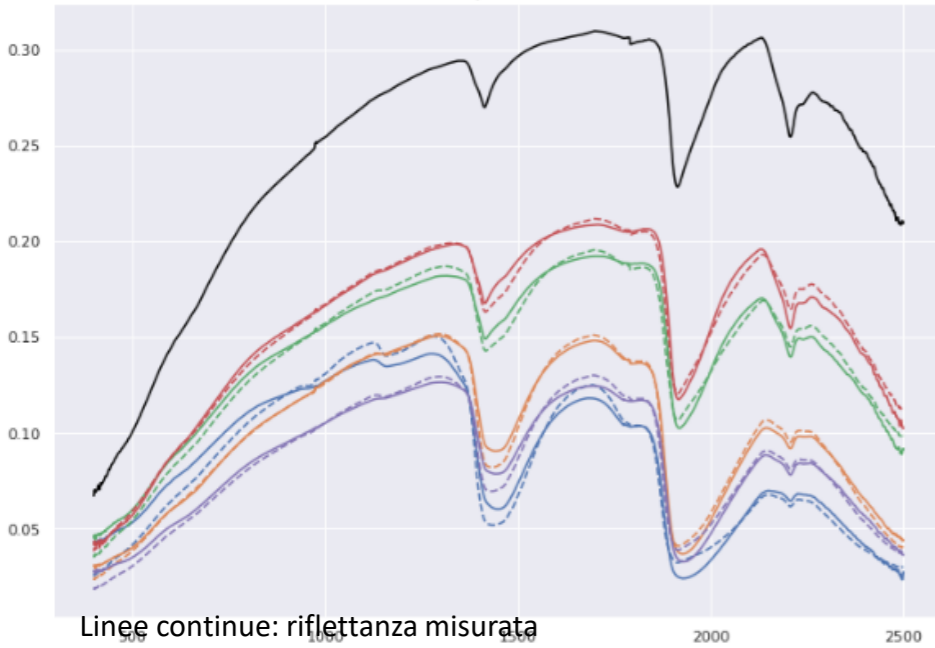
Priori, S., Zanini, M., Falcioni, V., Casa, R. 2024. Topsoil vertical gradient in different tillage systems: An analytical review. *Soil and Tillage Research*. DOI: 10.1016/j.still.2023.105947-236,105947

ASI Downstream Workshop, 14/12/2023

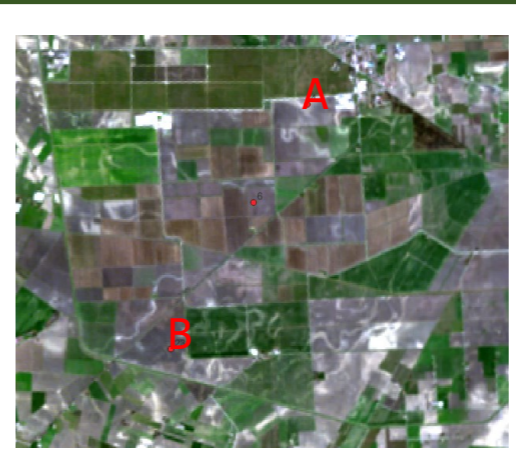
MARMIT-2: a multilayer radiative transfer model of soil reflectance



MAQ13(6-10)



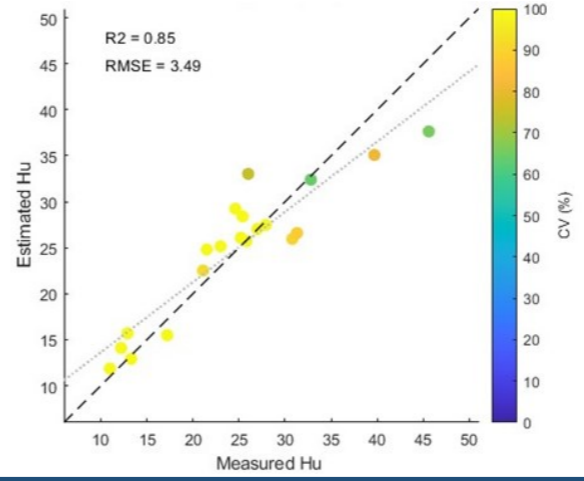
Linee continue: riflettanza misurata  
Linee tratteggiata simulazioni MARMIT-2

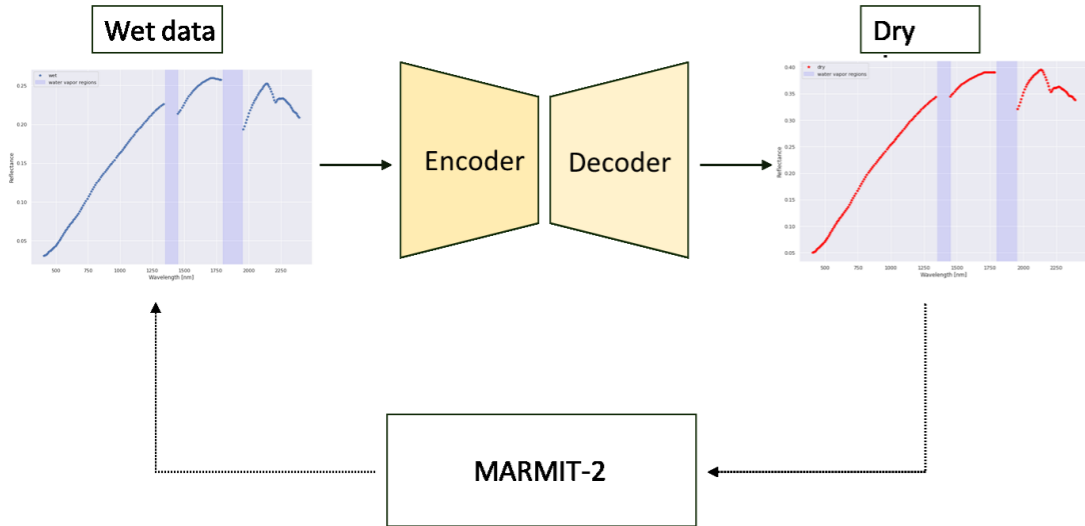


Calibrazione modello Multi-Layer Perceptron (MLP) su dati lab+MARMIT-2 e applicato a PRISMA



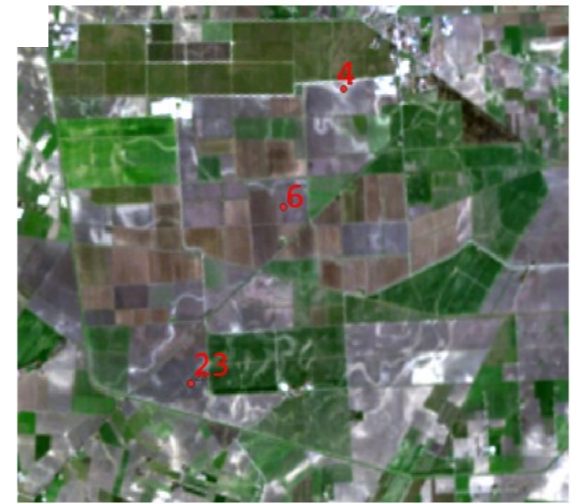
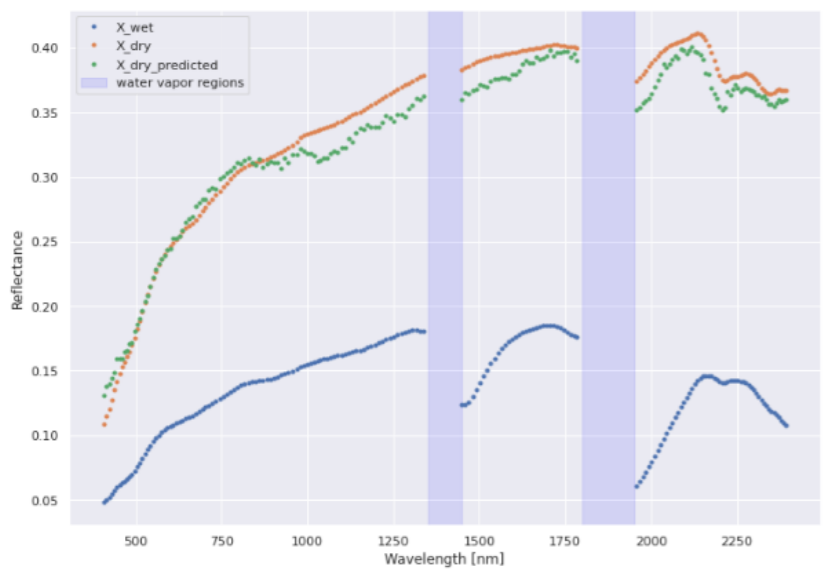
Calibrazione modello Gaussian Process Regression su dati lab con Active learning dati sensori umidità suolo su dati PRISMA





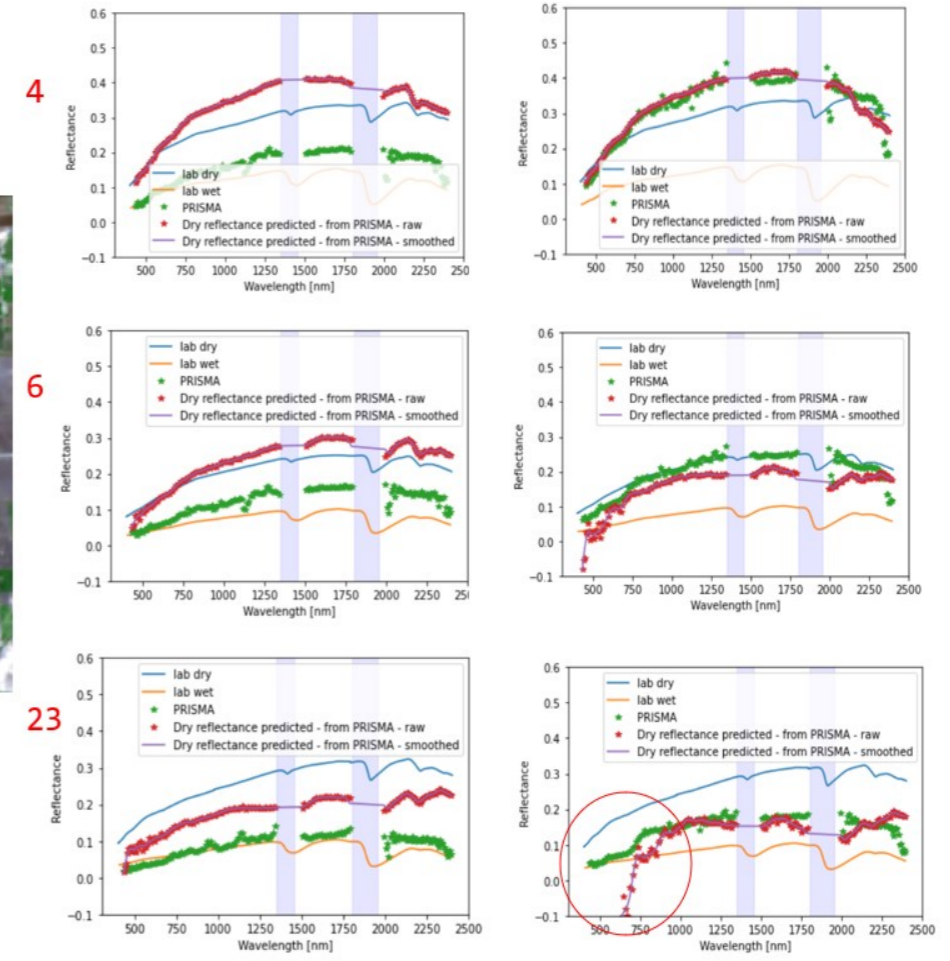
Gli autoencoder sono una particolare classe di reti neurali il cui obiettivo principale è quello di apprendere rappresentazioni robuste di dati complessi

Il modello è stato addestrato su SSL Maccarese, con l'aggiunta di ulteriori campioni grazie all'inversione di MARMIT-2. Jolanda SSL è stato messo da parte per essere utilizzato per testare il modello (MAE: 0.04469, MSE: 0.00317, CS: 0.98).



PRISMA, 14/02/2021

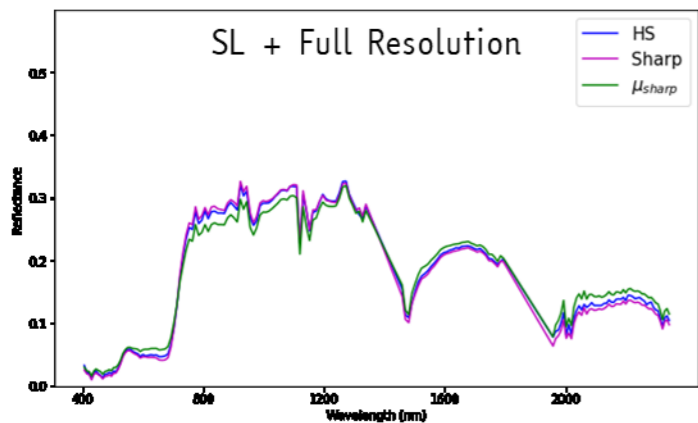
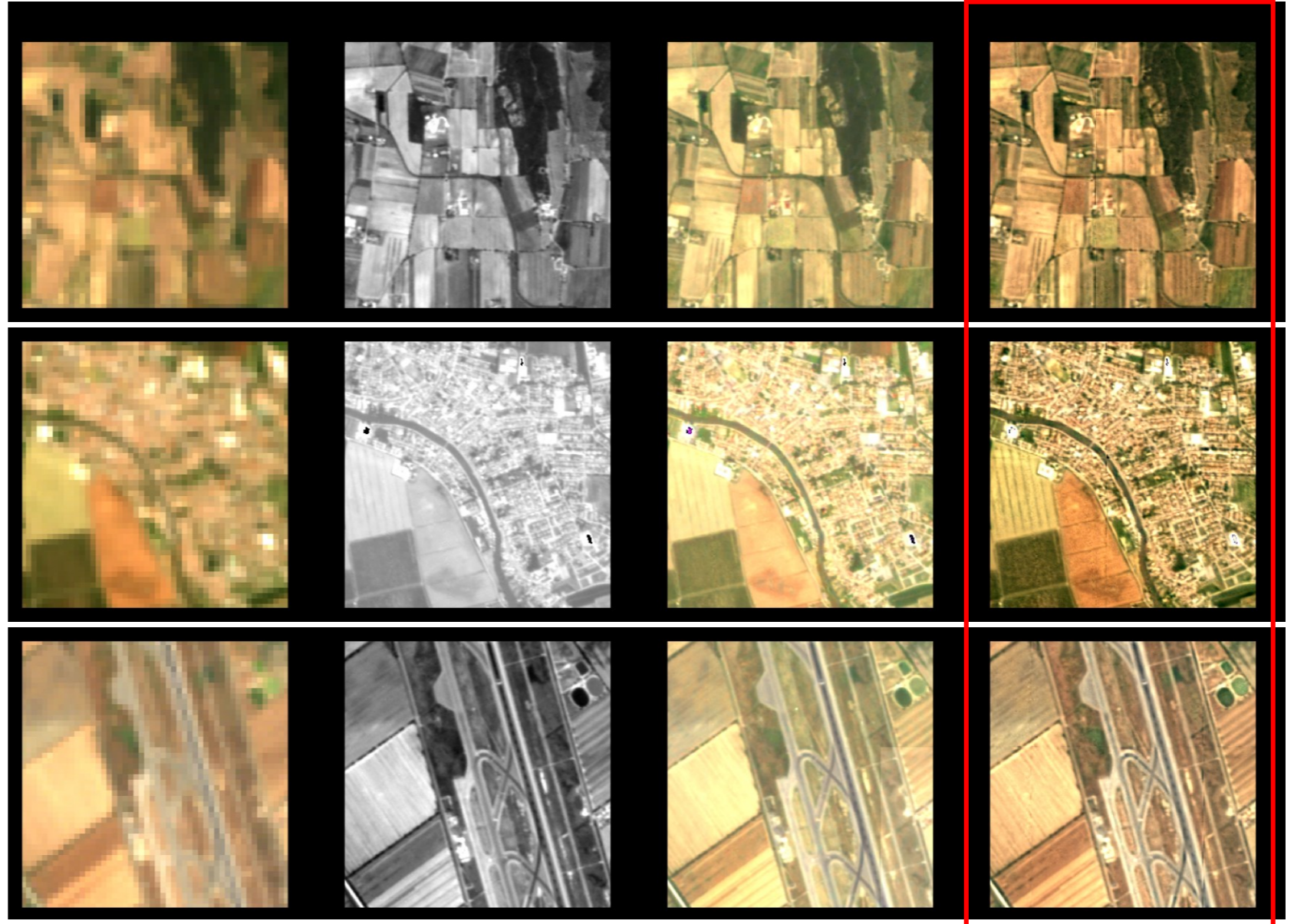
PRISMA, 24/04/2021



- ❑ Sfruttare la banda pancromatica PRISMA a 5 m
- ❑ Approccio basato su Deep Learning e transfer learning

## Steps

1. Generazione dataset sintetico da AVIRIS-NG ricampionato a bande PRISMA e 5 e 30 m GSD
2. Training supervisionato con dataset sintetico (SUP)
3. Successivo training non supervisionato con dati reali PRISMA full-resolution (SUP+FR)

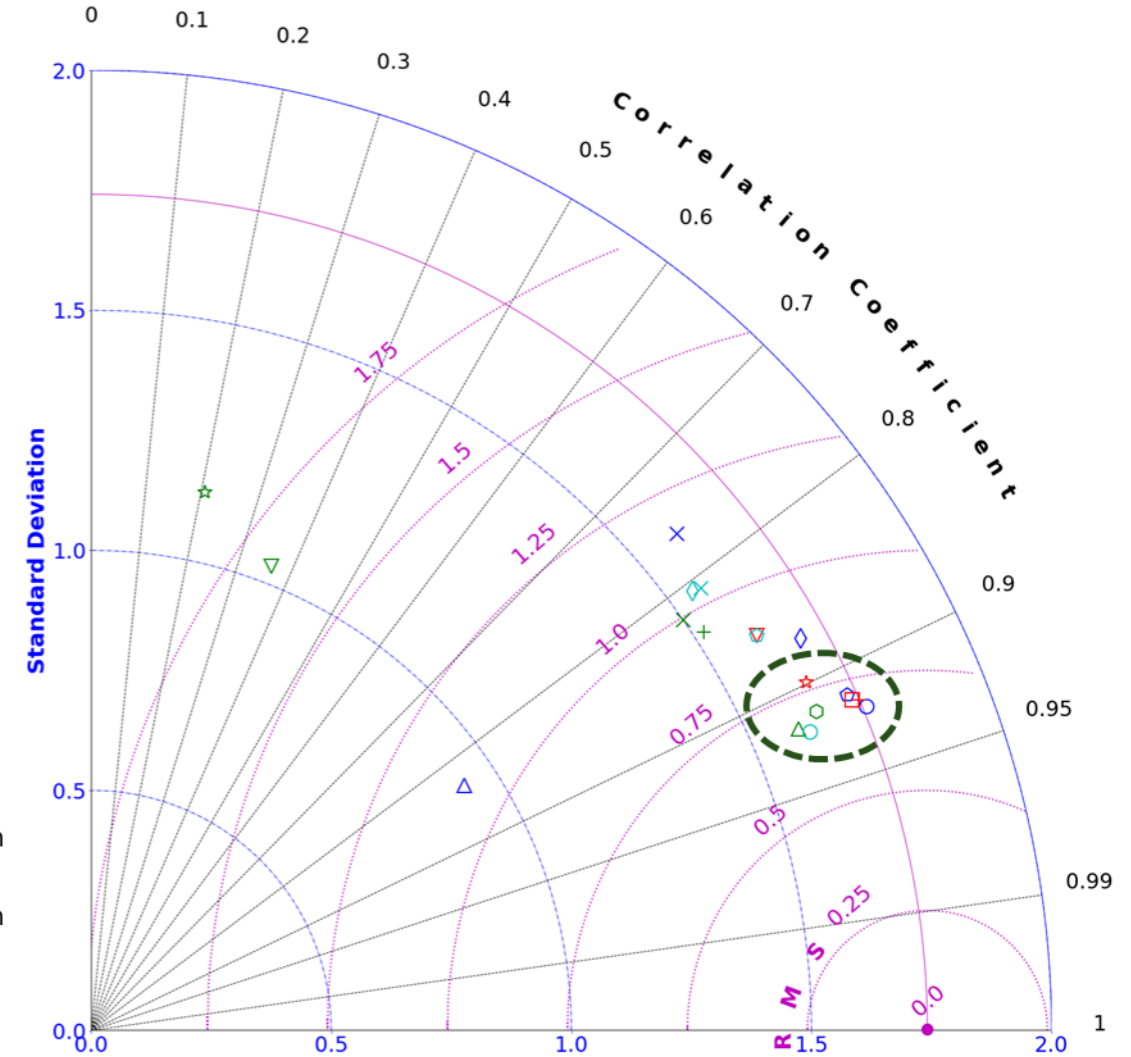
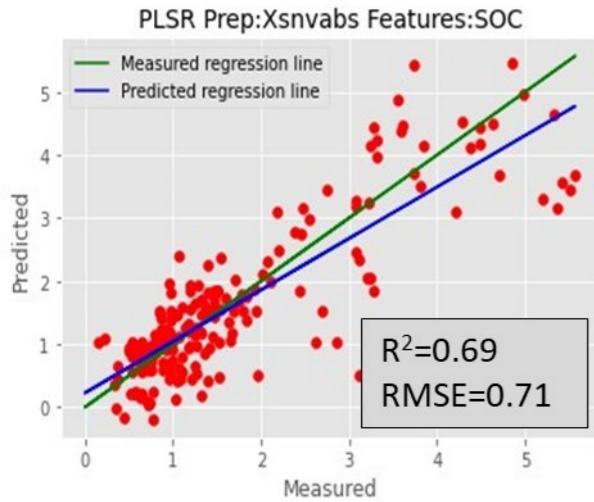


Nella funzione obiettivo LOSS sono incluse metriche per la distorsione spaziale e spettrale

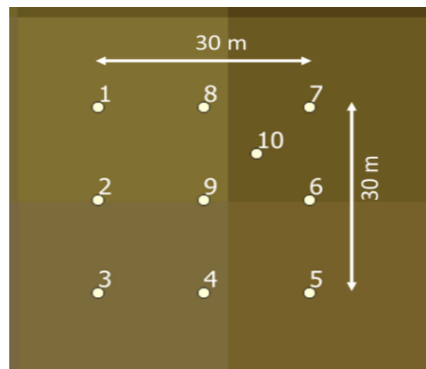
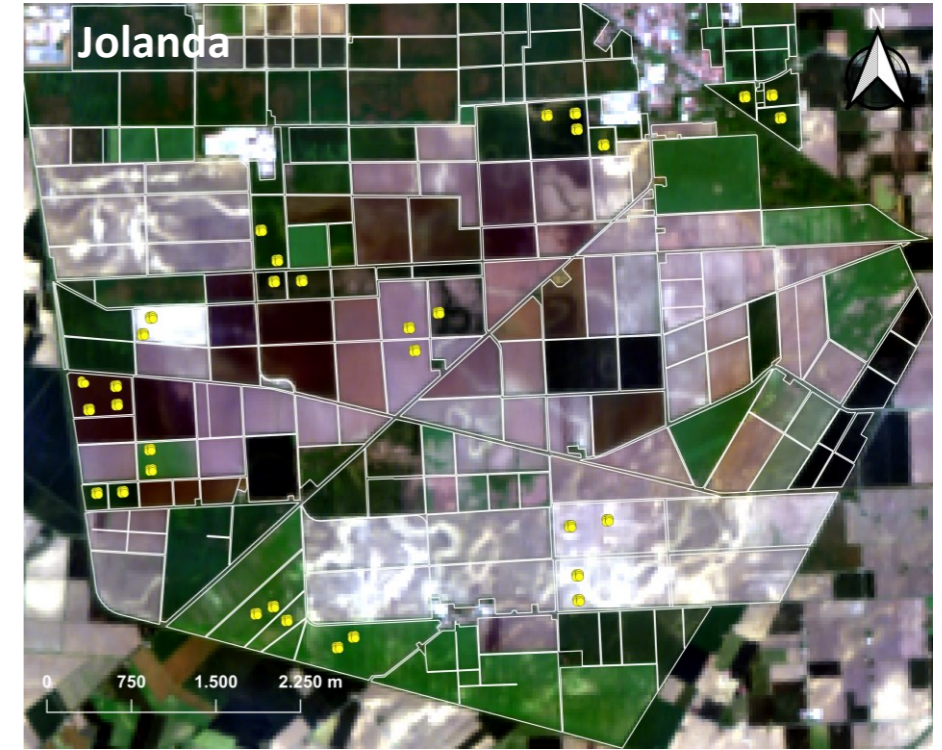
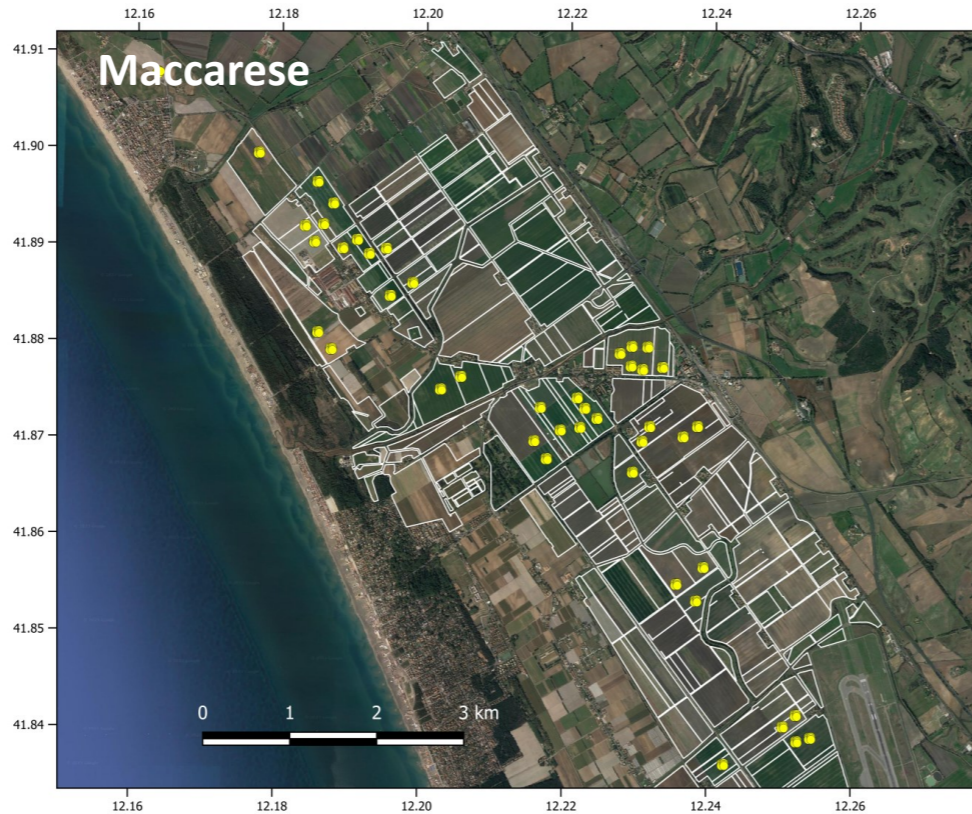
## Pre-trattamenti spettrali

- Abs=log10(1/R) riflettanza ad assorbanza
- DER derivata 1a
- SG= Savitzky-Golay
- SNV= standard normal variate

- Abso|02-Partial Least Square Regression
- × Abso|07-Cubist
- ◇ DER|02-Partial Least Square Regression
- △ DER|07-Cubist
- ◇ MF|02-Partial Least Square Regression
- MF|07-Cubist
- + original|02-Partial Least Square Regression
- original|07-Cubist
- SG0|02-Partial Least Square Regression
- ◇ SG0|07-Cubist
- ▽ SG0\_det\_bas|02-Partial Least Square Regression
- ◇ SG0\_det\_bas|07-Cubist
- ☆ SG1abso|02-Partial Least Square Regression
- + SG1abso|07-Cubist
- × SG2abso|02-Partial Least Square Regression
- SG2abso|07-Cubist
- △ snvabs|02-Partial Least Square Regression
- ▽ snvabs|07-Cubist
- ◇ snvrefl|02-Partial Least Square Regression
- ☆ snvrefl|07-Cubist
- snv\_SG1\_abs|02-Partial Least Square Regression
- × snv\_SG1\_abs|07-Cubist
- ◇ snv\_SG2\_abs|02-Partial Least Square Regression
- △ snv\_SG2\_abs|07-Cubist
- ◇ zangf\_br|02-Partial Least Square Regression
- ◇ zangf\_br|07-Cubist







- Campionamento 0-10 cm
- ESU 30x30 m (PRISMA pixel)
- Analisi in laboratorio
- Totale 105 ESU



clay, sand, silt method by sieving and sedimentation



Soil Organic Carbon (SOC) Walkley-Black

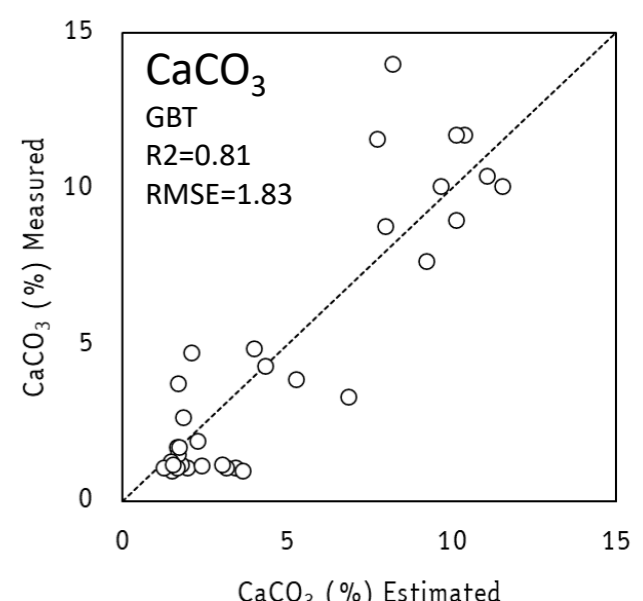
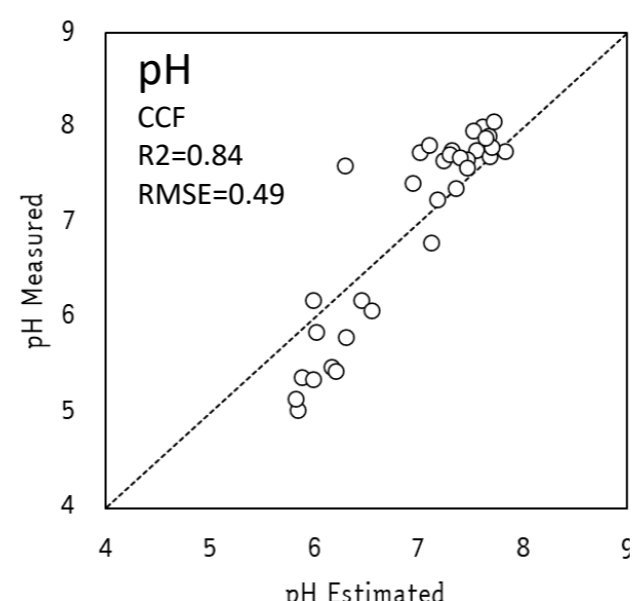
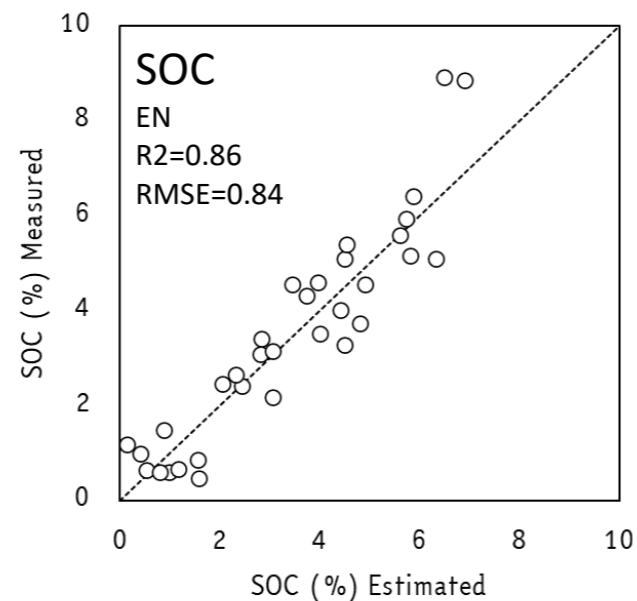
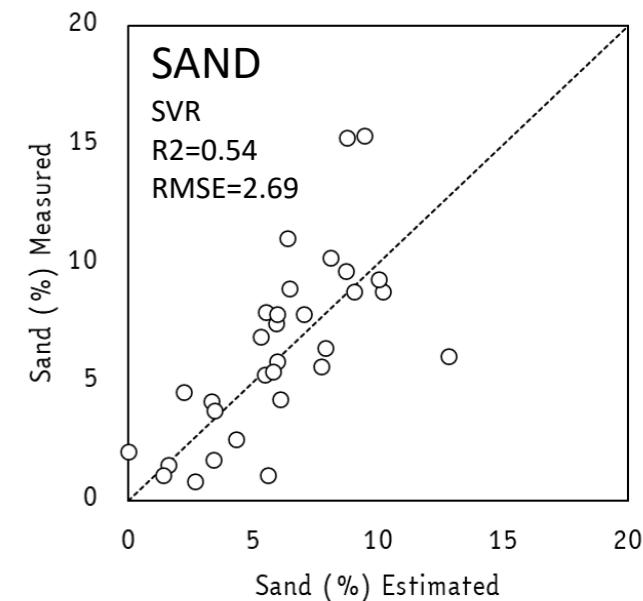
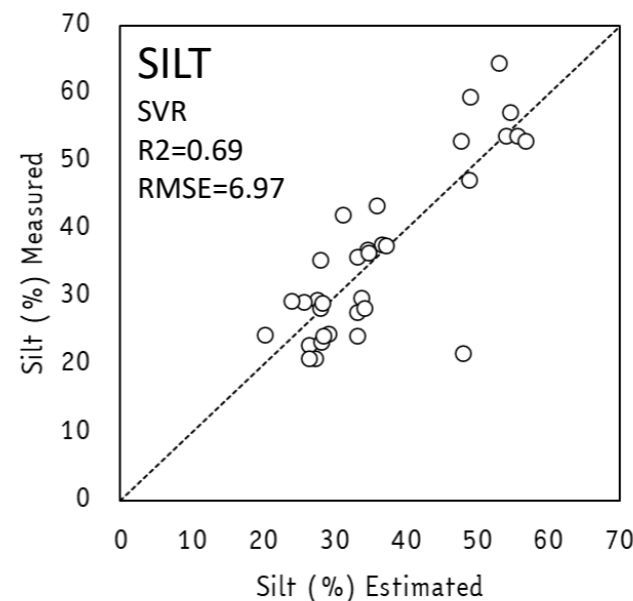
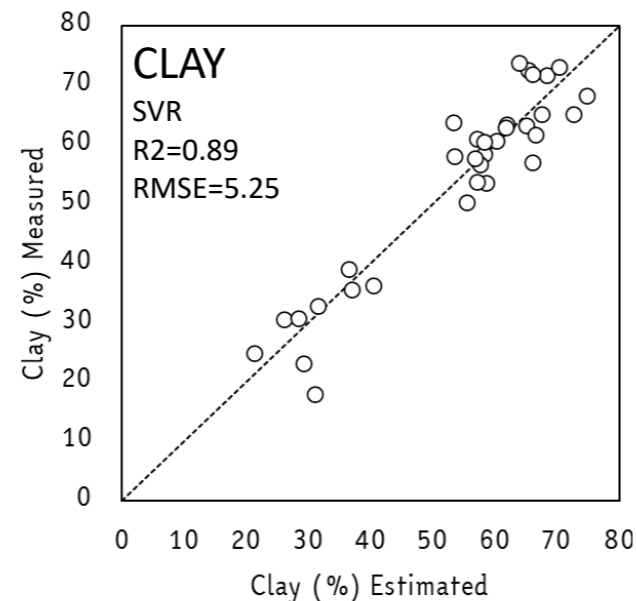


Calcium carbonates (CaCO<sub>3</sub>) gas-volumetric method



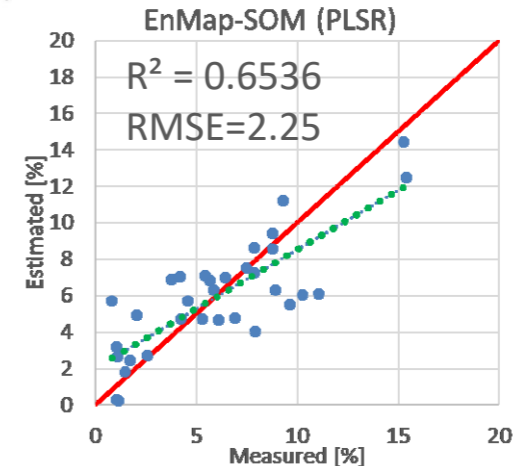
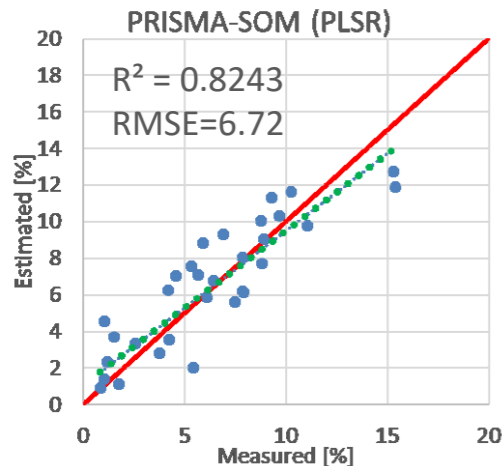
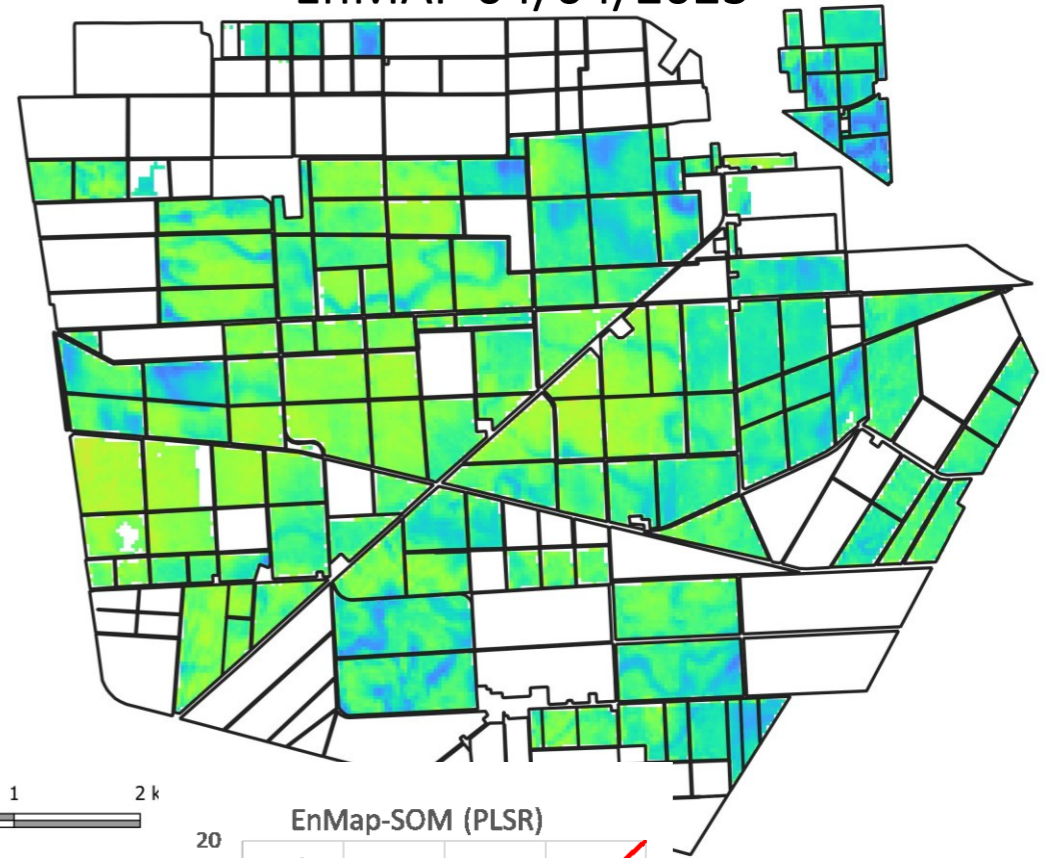
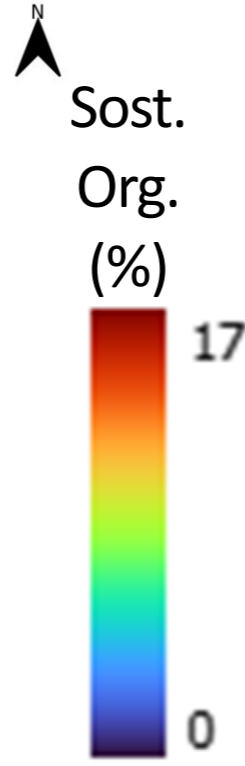
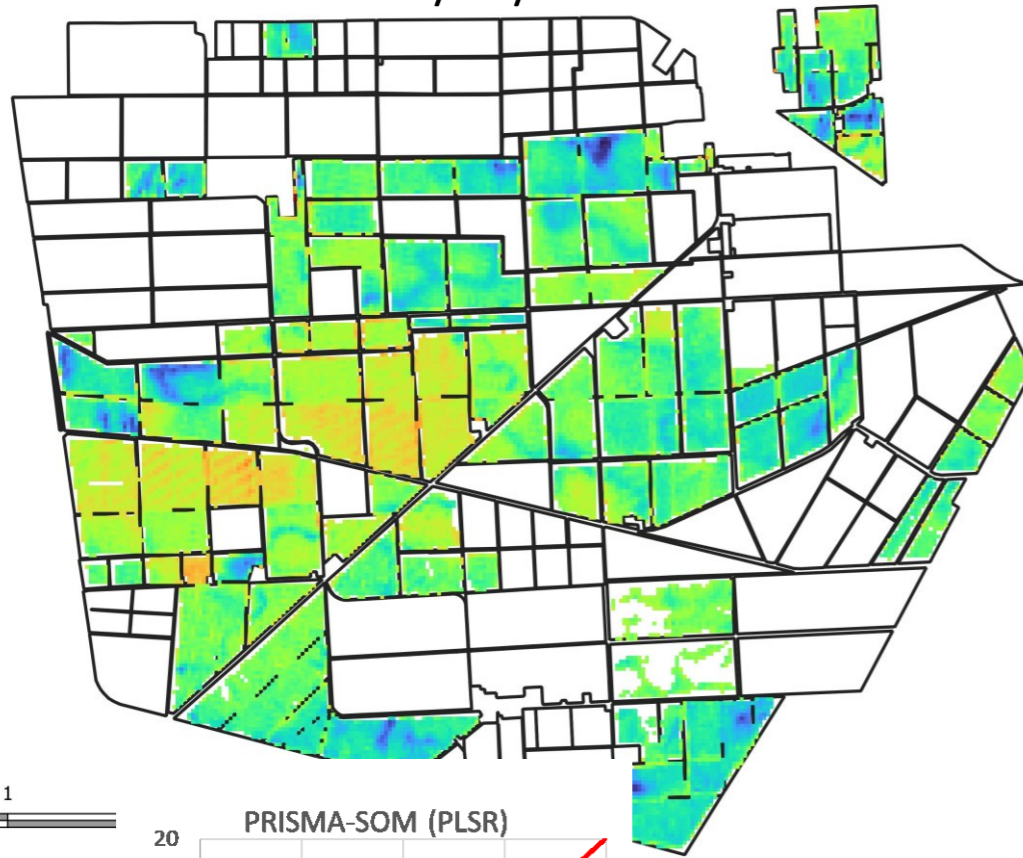
pH 1:2.5 soil H<sub>2</sub>O dispersion

Algorithm name		
Bagging trees	Gradient Boosting/Boosted Trees (GBT)	Random Forest (RF)
Boosting trees	Kernel ridge Regression	Regression tree
Canonical Correlation Forests (CCF)	Kernel signal to noise ratio	Regularized least-squares regression
Elastic Net regression (EN)	Partial least squares regression (PLSR)	Relevance vector Machine
Gaussian Processes Regression (GPR)	Principal components regression	Support Vector Regression (SVR)
Twin gaussian process	Weighted k-nearest neighbors regression	



PRISMA 24/04/2021

EnMAP 04/04/2023



Risultati simili dataset multidata PRISMA (15 ima) ed EnMAP (6 ima)  
Performance leggermente migliore con PRISMA, anche per argilla:  
 $R^2 = 0.8243$  RMSE=6.72 PRISMA,  
 $R^2 = 0.6398$  RMSE=9.55 EnMAP

- ❑ Il progetto TEHRA mira a contribuire allo sviluppo di metodi e algoritmi ed alla sperimentazione di diverse metodologie di stima delle proprietà del suolo d'interesse agronomico.
- ❑ Test svolti con PRISMA hanno fornito risultati migliori rispetto a Sentinel-2 e Landsat-8 per la stima di argilla, sabbia e SOC (Mzid et al., Remote Sens. 2022, 14, 714. <https://doi.org/10.3390/>).
- ❑ Abbiamo osservato che con PRISMA ed EnMAP un approccio multi-data funziona meglio di un approccio ad immagine singola.
- ❑ Durante il progetto TEHRA sono stati messi a punto metodi per affrontare l'effetto dell'umidità del suolo, dei residui colturali e per l'hypersharping delle immagini da 30 a 5 m di risoluzione
- ❑ Sono stati sperimentati molti metodi di stima principalmente basati su algoritmi di regressione non parametrica lineare e non-lineare (machine learning)
- ❑ Sono in corso di test metodologie di generalizzazione dei modelli di stima basati su librerie spettrali acquisite in laboratorio.