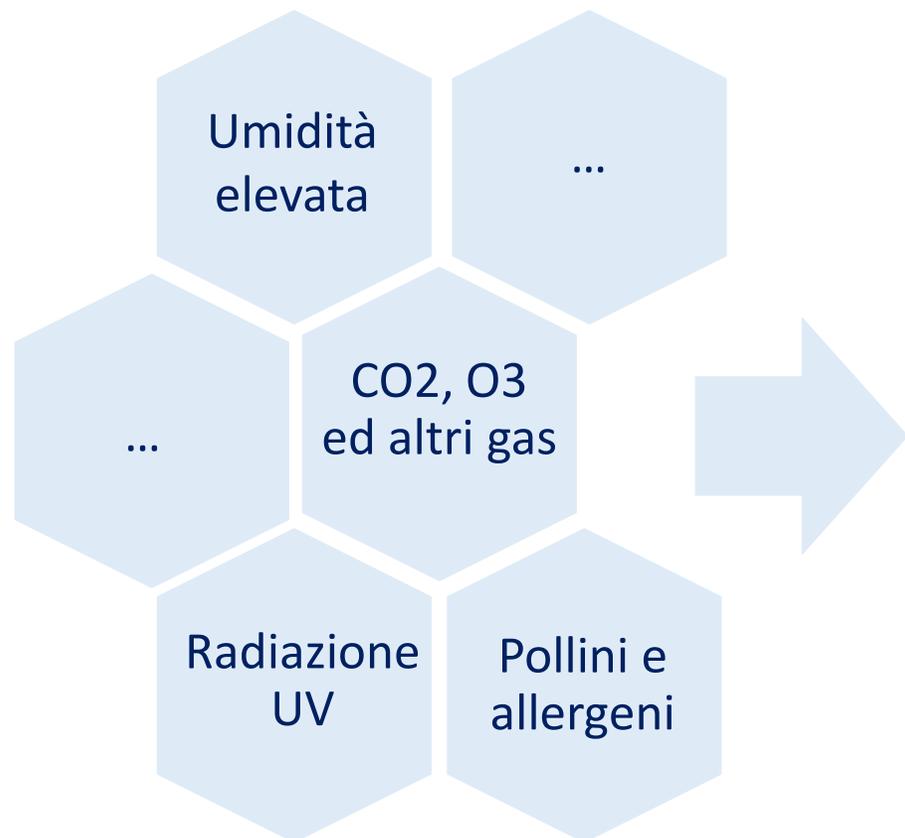


**Il downstream nazionale
tra presente e futuro:**
un percorso condiviso con la comunità degli utenti

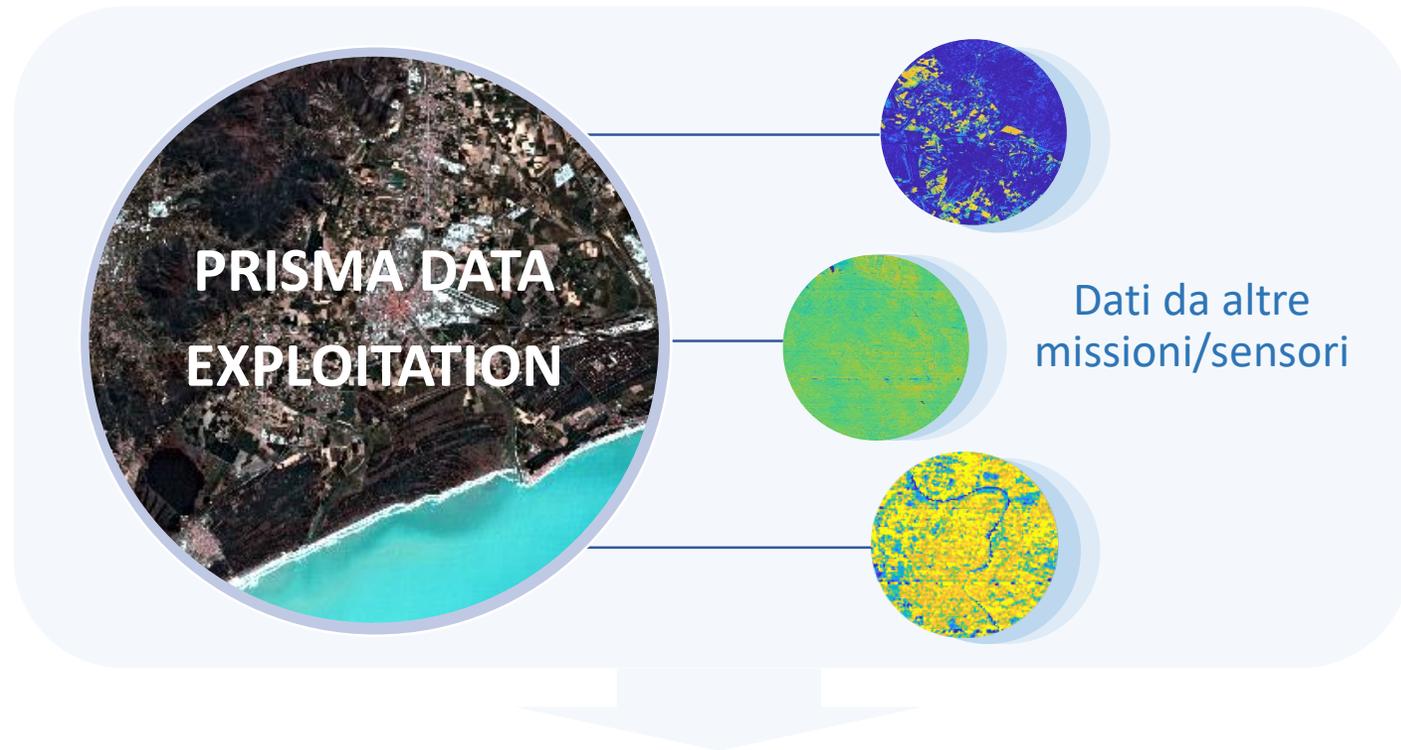
**HYPERHEALTH - ENVIRONMENTAL IMPACT
ASSESSMENT ON HUMAN HEALTH:
ADVANCED METHODS FOR HYPERSPECTRAL
PRISMA DATA EXPLOITATION**

Nicola Acito (DII-Università di Pisa)
Giovanni Corsini, Stefania Matteoli,
Emilio Simeone



Attività umane all'aperto

Rischio associato alle condizioni ambientali



➔ **Sistema per la valutazione del rischio indotto dalle condizioni ambientali sulla salute dell'uomo nello svolgimento di attività all'aperto**

Proof-of-concept di un servizio che integri dati PRISMA a dati di altre missioni

G. Corsini - PI (04/2022-10/2023)
N. Acito - PI (11/2023-04/2024)

Ing. S. Matteoli

Dott. E. Simeone



Metodi basati su ML/DL per la stima dei costituenti atmosferici da immagini PRISMA (columnar water vapor CWV and column-averaged dry-air mole fraction XCO₂)

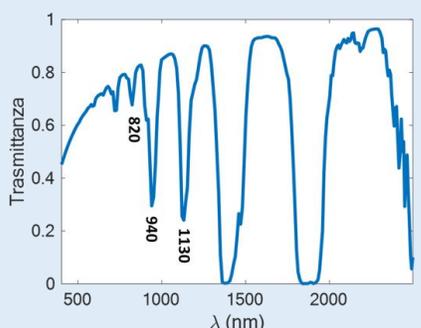
Metodologie per l'estrazione di mappe di specie vegetali allergeniche da immagini PRISMA e caratterizzazione spettrale degli stati fenologici

Proof-of-concept di un servizio digitale (App) per la valutazione del rischio mediante fusione di informazioni estratte da PRISMA e dati da altri sensori/missioni (e.g. Sentinel, CAMS, SEVIRI)

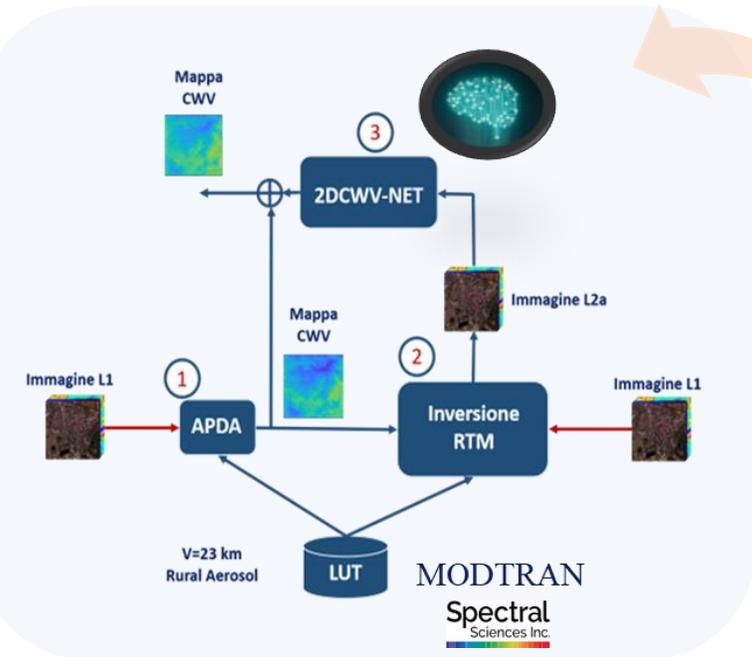
Stima CWV



Assorbimento del vapor d'acqua



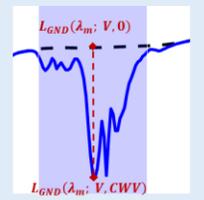
Constituent	Wavelength (μm)	Description
Water Vapor (H2O)	0.59	Very weak
	0.65	Very weak
	0.72	Strong (wide)
	0.82	Weak
	0.91	Weak
	0.94	Strong (wide)
	1.13	Strong (wide)
	1.4	Very strong (wide)
1.9	Very strong (wide)	
2.7	Very strong (wide)	



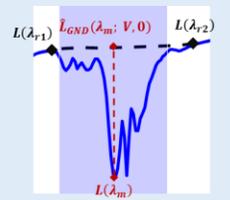
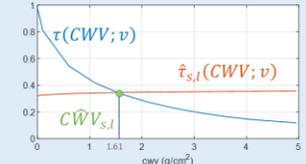
$$\hat{\rho}(CWV_{APDA}) = \frac{\tilde{\rho}(CWV_{APDA})}{1 + \bar{S}(CWV_{APDA}) \tilde{\rho}(CWV_{APDA})} \quad (2)$$

$$\tilde{\rho}(CWV_{APDA}) = \frac{L - \bar{L}_p(CWV_{APDA})}{[\bar{\tau}_1(CWV_{APDA}) + \bar{\tau}_2(CWV_{APDA})] \bar{E} \cos(\vartheta)} \pi$$

Atmospheric Pre-corrected Differential Absorption (APDA) 1



$$CWV_{s,l} = \arg \min_{cwv} |\hat{\tau}_{s,l}(cwv; v) - \tau(cwv; v)|$$



$$\hat{\tau}_{s,l}(\lambda_m) = \frac{L_{s,l}(\lambda_m) - L_p(\lambda_m; V, CWV)}{L_{GND}(\lambda_m; V, 0)}$$

$$\hat{L}_{GND}(\lambda_m; V, 0) = \frac{\lambda_{r2} - \lambda_m}{\lambda_{r2} - \lambda_{r1}} L(\lambda_{r1}) + \frac{\lambda_m - \lambda_{r1}}{\lambda_{r2} - \lambda_{r1}} L(\lambda_{r2})$$

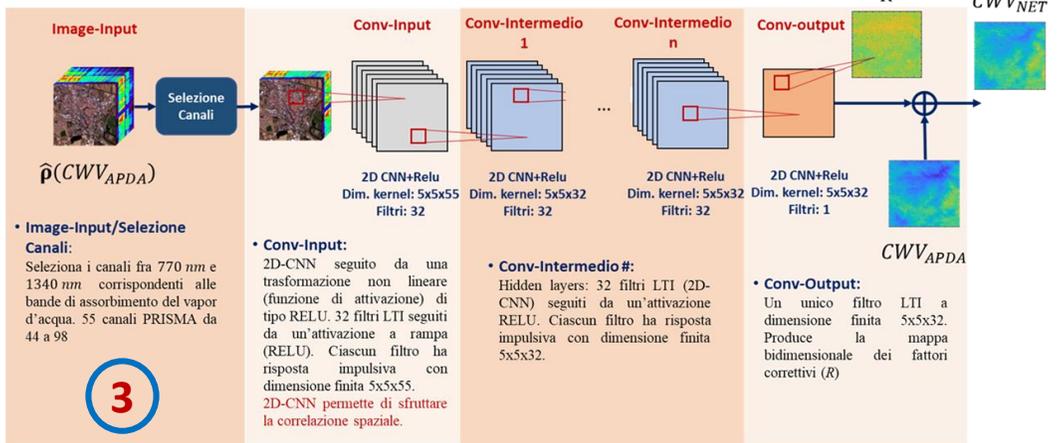


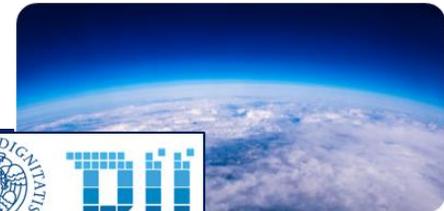
Image-Input/Selezione Canali:
Selezione i canali fra 770 nm e 1340 nm corrispondenti alle bande di assorbimento del vapor d'acqua. 55 canali PRISMA da 44 a 98

Conv-Input:
2D-CNN seguito da una trasformazione non lineare (funzione di attivazione) di tipo RELU. 32 filtri LTI seguiti da un'attivazione a rampa (RELU). Ciascun filtro ha risposta impulsiva con dimensione finita 5x5x55. 2D-CNN permette di sfruttare la correlazione spaziale.

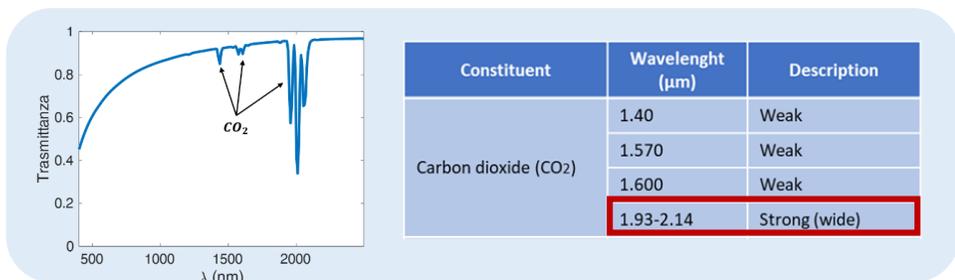
Conv-Intermedio #:
Hidden layers: 32 filtri LTI (2D-CNN) seguiti da un'attivazione RELU. Ciascun filtro ha risposta impulsiva con dimensione finita 5x5x32.

Conv-Output:
Un unico filtro LTI a dimensione finita 5x5x32. Produce la mappa bidimensionale dei fattori correttivi (R)

Stima XCO₂

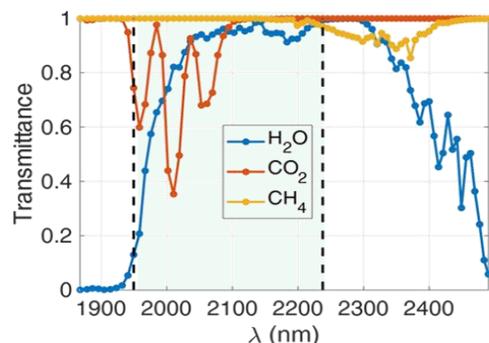


Contenuto colonnare di CO₂ quantificato in termini di *column-averaged dry-air mole fraction* XCO₂ (ppm)



Intervallo spettrale utile per la stima di XCO₂ da immagini PRISMA: **55 canali da 159 (1950 nm) a 194 (2237 nm)**.

- no interferenze da CH₄
- Interferenze da CWV



Stato dell'arte

Continuum Interpolated Band Ratio (CIBR)

Generalmente utilizzato su immagini iperspettrali (bassa risoluzione spettrale), sensibile alle sorgenti di disturbo, computazionalmente efficiente

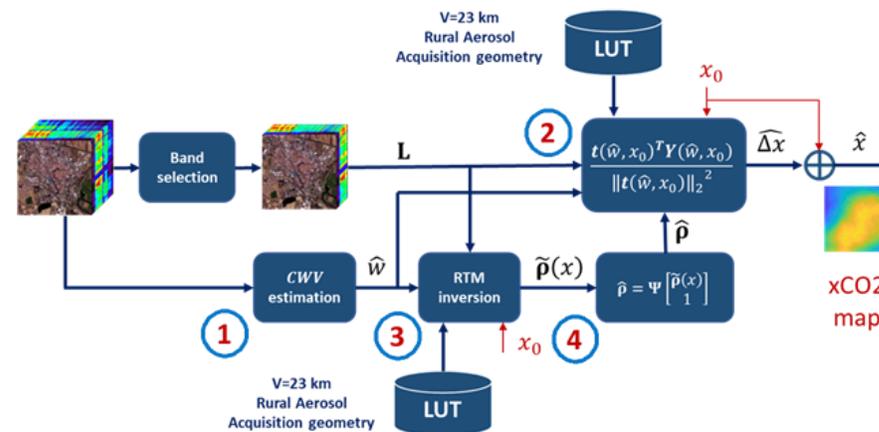
$$\mathbf{L} = \alpha(cwv) \cdot e^{-\beta x CO_2} \rho + \mathbf{L}_p(cwv, xCO_2)$$

Sviluppo in serie di Taylor $xCO_2 = x_0 + \Delta x$

$$\mathbf{L} = \mathbf{h}(\hat{w}, x_0) + \mathbf{t}(\hat{w}, x_0) \cdot \Delta x + \mathbf{L}_p(\hat{w}, x_0)$$

$$\alpha(\hat{w}) \cdot e^{-\beta x_0} \hat{\rho} \quad -\mathbf{h}(\hat{w}, x_0) \cdot \beta$$

$$\hat{\Delta x} = \frac{\mathbf{t}(\hat{w}, x_0)^T [\mathbf{L} - \mathbf{h}(\hat{w}, x_0) - \mathbf{L}_p(\hat{w}, x_0)]}{\|\mathbf{t}(\hat{w}, x_0)\|_2^2}$$



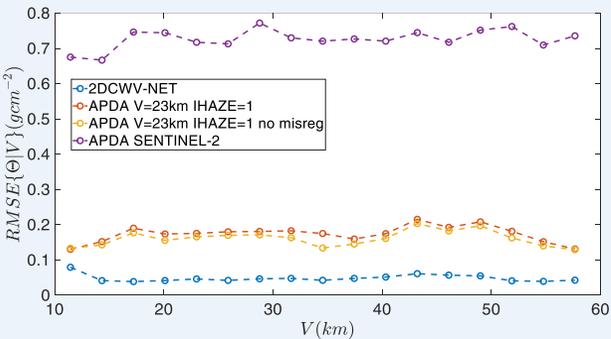
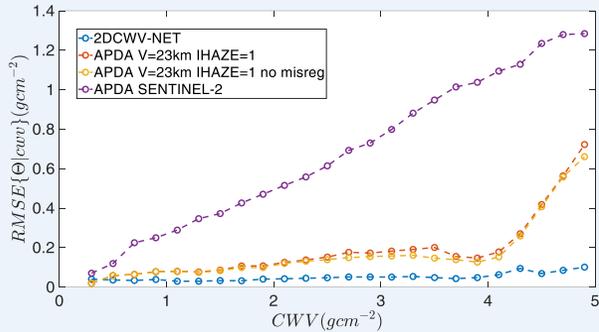
Radiative Transfer Model based Matched Filter (RTM-MF)

Analisi prestazioni



Stima CWV

$$\Theta = C\hat{W}V - CWV$$

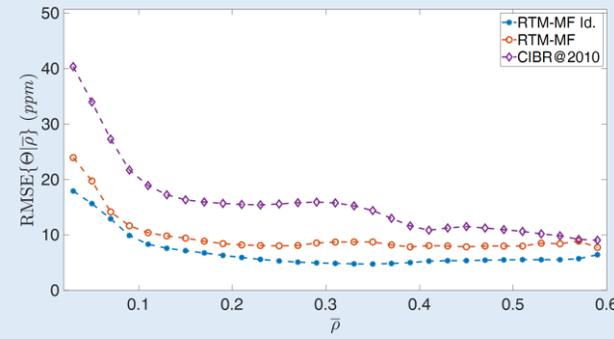
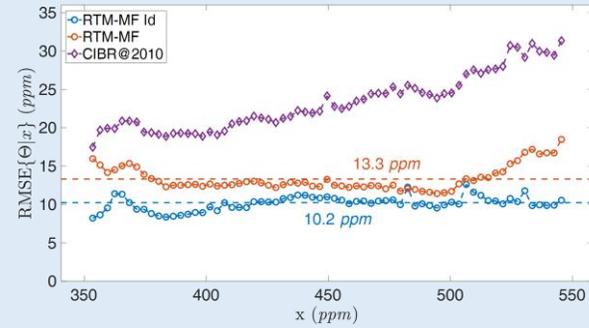


Accuratezza di stima (RMSE)

2DCWV-NET	0.04 g/cm^2
APDA	0.18 g/cm^2
SENTINEL-2	0.71 g/cm^2

Stima XCO2

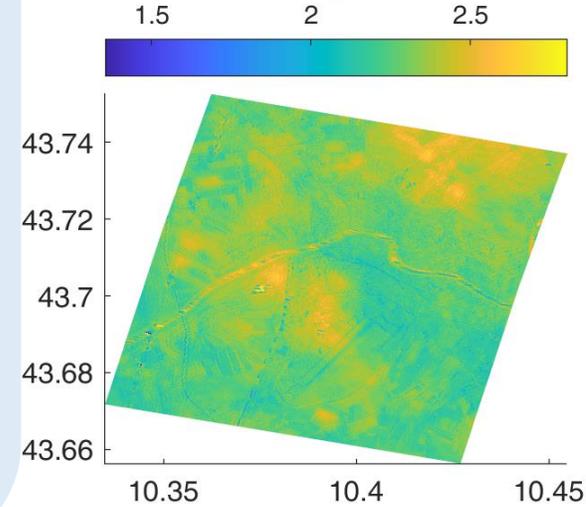
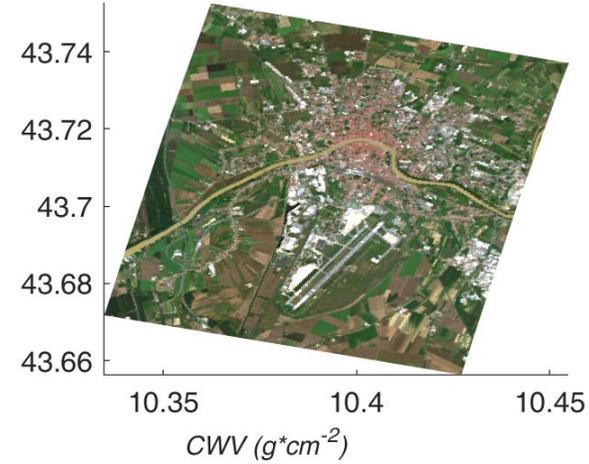
$$\Theta = X\hat{C}O_2 - XCO_2$$



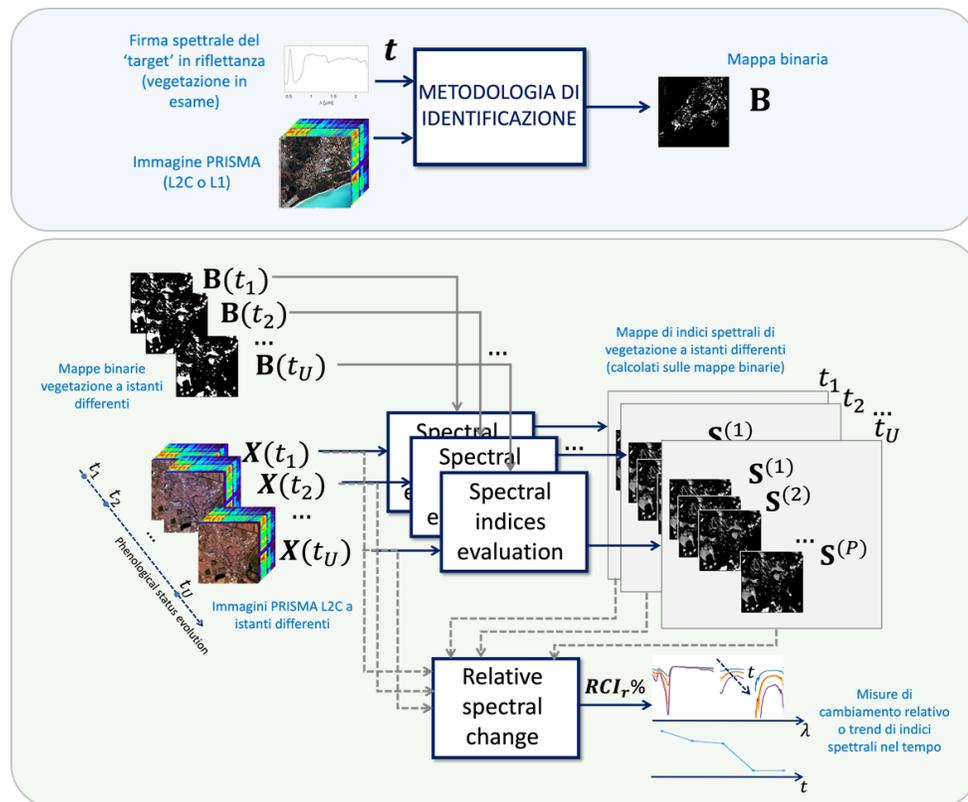
Accuratezza di stima (RMSE)

RTM-MF	13 ppm
CIBR	22 ppm

Pisa – 16/06/2023



Identificazioni di specie vegetali allergeniche



Generazione di mappe della specie vegetale considerata



Calcolo di indici spettrali di vegetazione sulle mappe di vegetazione generate

Nome	Acronimo	Formula
Normalized Difference Vegetation Index	NDVI	$\frac{x_{800} - x_{680}}{x_{800} + x_{680}}$
Green Normalized Difference Vegetation Index	GNDVI	$\frac{x_{750} - x_{550}}{x_{750} + x_{550}}$
Water Index	WI	$\frac{x_{900}}{x_{970}}$
Normalized Difference Water Index	NDWI	$\frac{x_{860} - x_{1240}}{x_{860} + x_{1240}}$
WI over NDVI	WI/NDVI	$\frac{x_{900}}{x_{970}} \cdot \frac{x_{800} + x_{680}}{x_{800} - x_{680}}$
Plant Reflectance Senescence Index	PSRI	$\frac{x_{678} - x_{500}}{x_{750}}$
Photochemical Reflectance Index	PRI	$\frac{x_{531} - x_{570}}{x_{531} + x_{570}}$
Enhanced Vegetation Index	EVI	$2.5 \cdot \frac{x_{NIR} - x_{RED}}{(x_{NIR} + 6 \cdot x_{RED} - 7.5 \cdot x_{BLUE}) + 1}$
Visible Atmospherically Resistant Vegetation Index	VARI	$\frac{x_{545:565} - x_{620:680}}{x_{545:565} + x_{620:680} - x_{459:490}}$
Soil Adjusted Vegetation Index	SAVI	$1.5 \cdot \frac{x_{800} - x_{670}}{x_{800} + x_{670} + 0.5}$
Chlorophyll reflectance Index	CRI	$\frac{x_{850} - x_{710}}{x_{850} + x_{680}}$

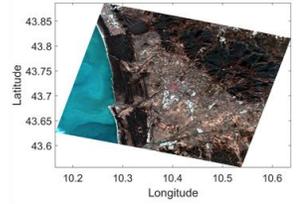
Area di test



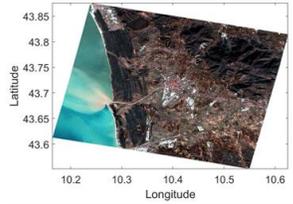
Immagini PRISMA



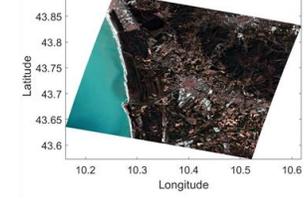
November 14 2022



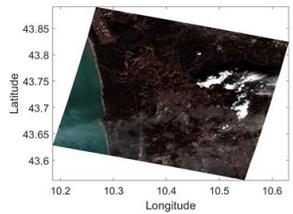
December 18 2022



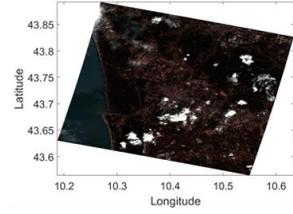
March 27 2023



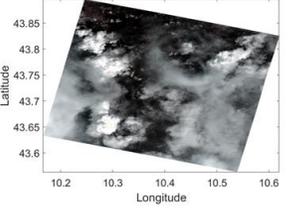
April 02 2023



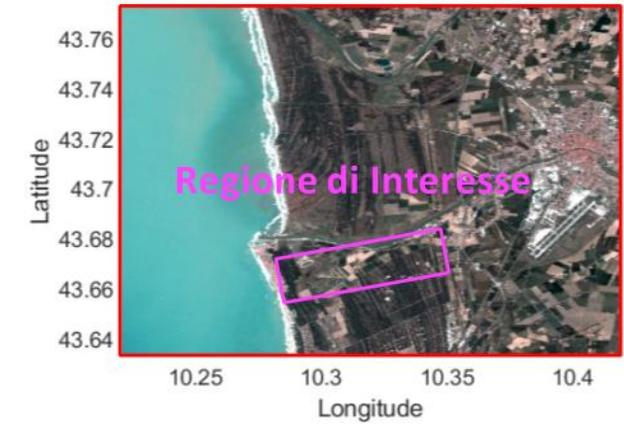
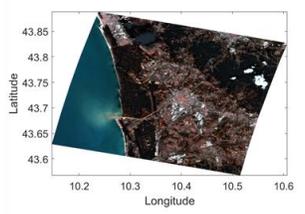
May 30 2023



June 05 2023



June 16 2023



Campagna sperimentale

April 21 2023



May 23 2023



May 30 2023



June 09 2023



June 16 2023



Avena

April 21 2023



May 23 2023



May 30 2023



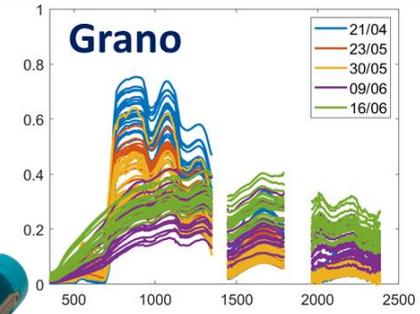
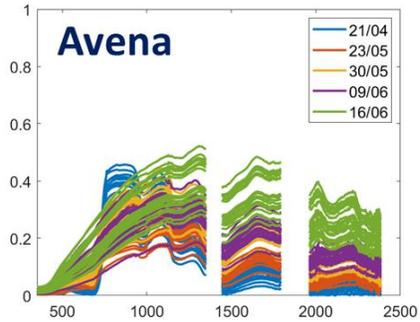
June 09 2023



June 16 2023



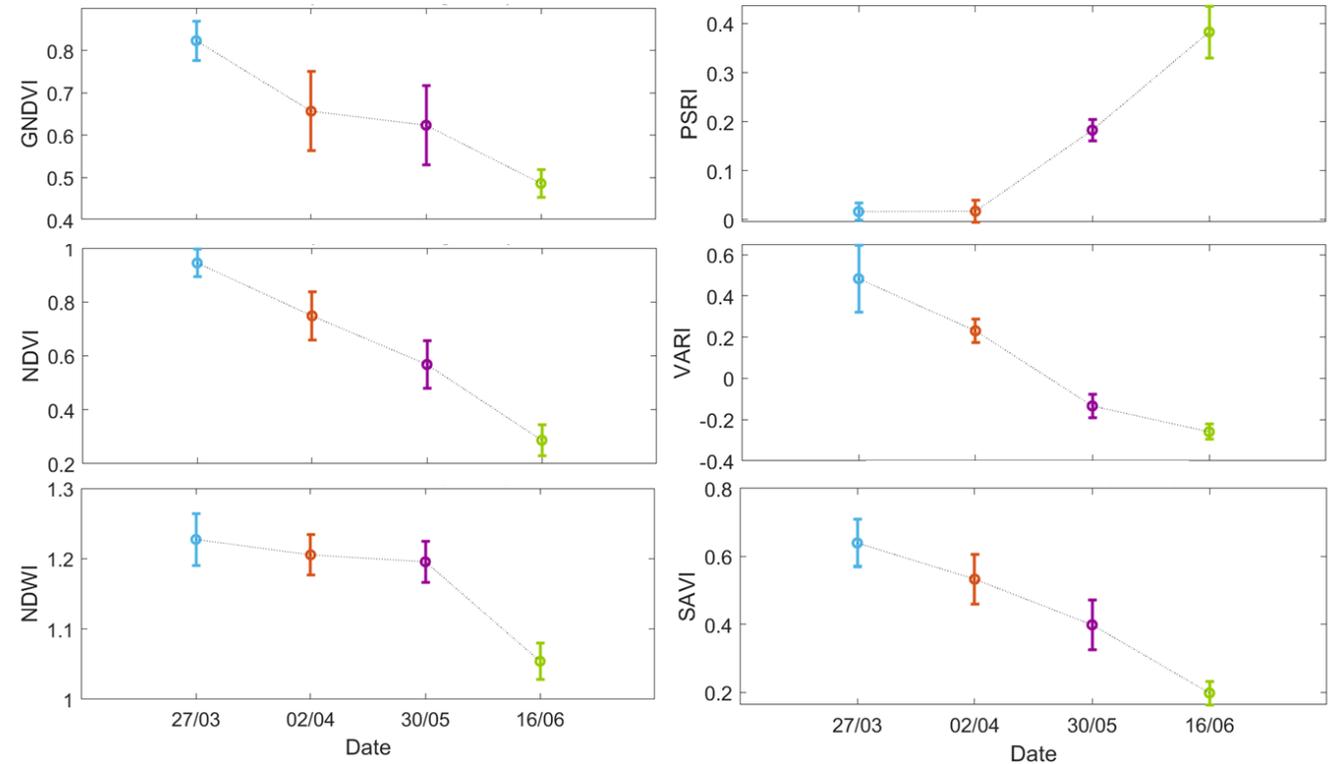
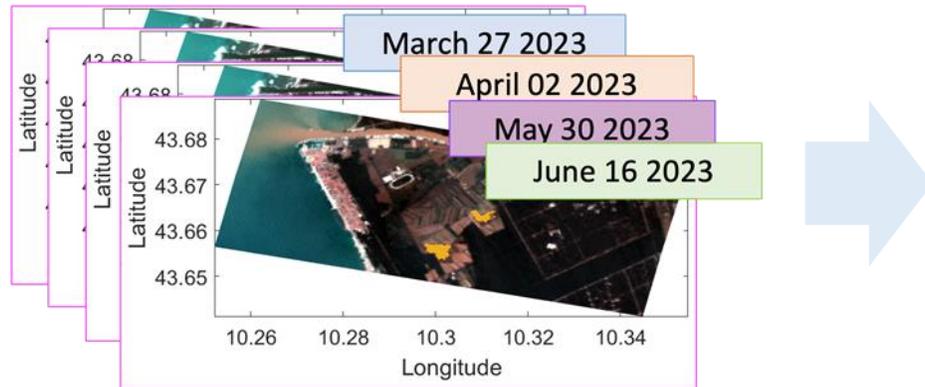
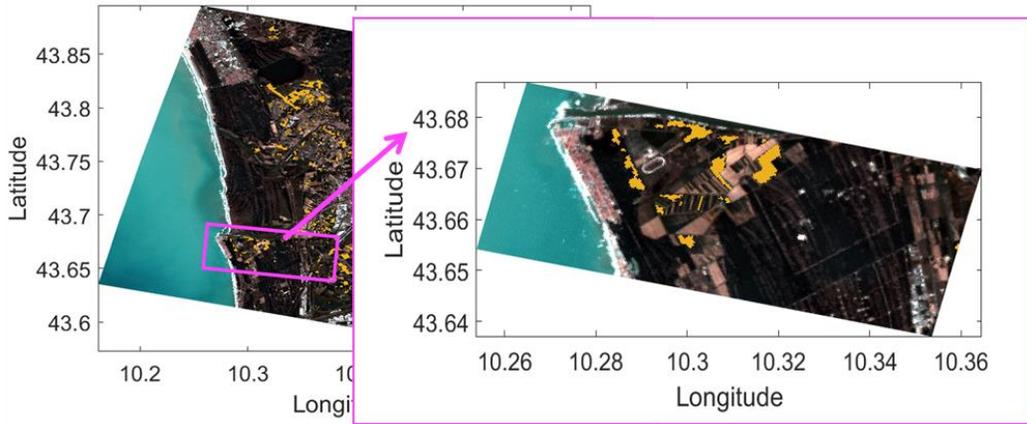
Grano



Risultati



March 27 2023 (Avena Map)

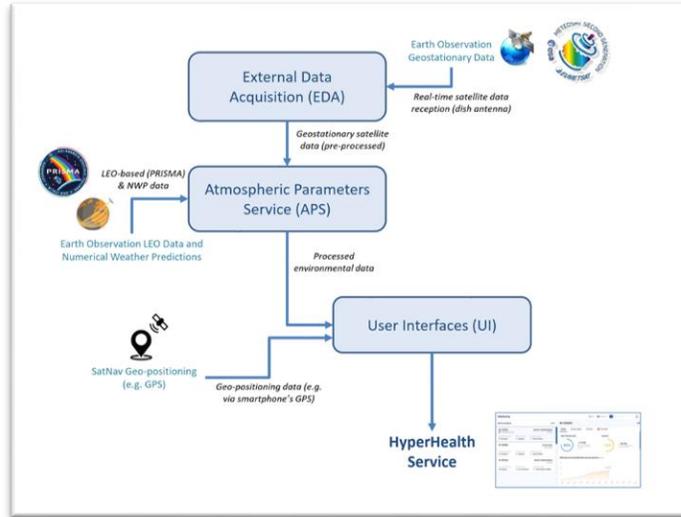


Servizio digitale di valutazione del rischio - Proof-of-concept



Fusione Dati

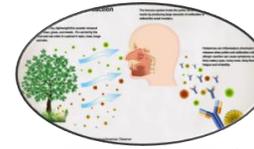
- Dati estratti da PRISMA con altre sorgenti legate a servizi satellitari (e.g. CAMS, SEVIRI, MSG...)



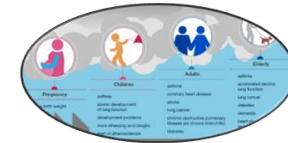
Generazione mappe di rischio

- Mappe legate alla diffusione di pollini nell'area di interesse
- Mappe legate ai costituenti atmosferici (e.g. CO₂, CWV, O₃)
- Informazioni relative all'esposizione a radiazione solare UV

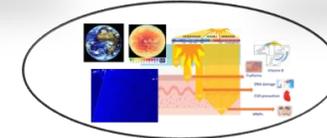
Aero-allergeni (pollini)



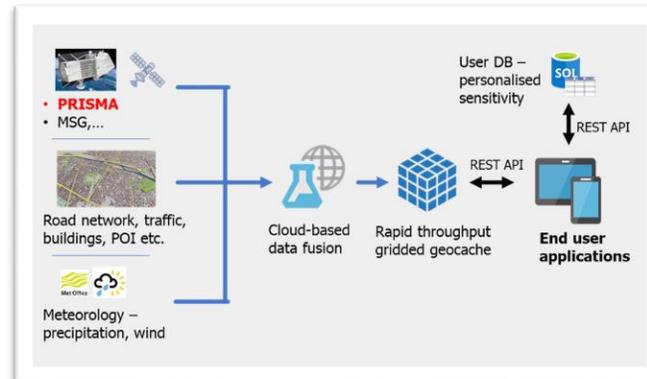
Costituenti atmosferici



Radiazione Solare UV



- Sviluppo mobile app prototipale (elaborazione in cloud)



Servizio digitale di valutazione del rischio - Proof-of-concept



HyperHealth Profile

Profile
Current Risk
Risk Maps

Profilo

Fototipo della pelle

I II III
IV V VI

Sensibilità al polline

Basso Medio Alto

Sensibilità al biossido di carbonio

Basso Medio Alto

Sensibilità all'ozono

Basso Medio Alto

Sensibilità al vapore acqueo

Basso Medio Alto

Lingua

EN IT

Posizione

Pisa, Province of Pisa, Italy

Salva dettagli

Logout

HyperHealth Rischio attuale

Profilo
Rischio attuale
Mappe del rischio

Radiazione solare

Indice UV 4 (MEDIO)
Rischio scottature solari MEDIO

Polline

Concentrazione di polline BASSO
Rischio BASSO

Anidride carbonica (CO₂)

Concentrazione di CO₂ BASSO
Rischio MEDIO

Ozono (O₃)

Concentrazione di O₃ BASSO
Rischio BASSO

Vapore acqueo (H₂O)

Concentrazione di H₂O MEDIO
Rischio MEDIO

Livello di rischio per la salute è MEDIO

Disconnettersi



Agenzia Spaziale Italiana

Il downstream nazionale tra presente e futuro:

un percorso condiviso con la comunità degli utenti



nicola.acito@unipi.it



stefania.matteoli@cnr.it



emilio.simeone@sihealthphotonics.it



13-14
Dicembre 2023



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