

# INNOVAZIONI OPERATIVE PER IL MONITORAGGIO FORESTALE MEDIANTE APPLICAZIONI DI TELERILEVAMENTO PROSSIMALE E REMOTO

WORKSHOP DIDATTICO - DIVULGATIVO

GIOVEDÌ 18 GENNAIO 2024

ACCADEMIA ITALIANA DI SCIENZE FORESTALI - PIAZZA EDISON, 11 (FIRENZE)

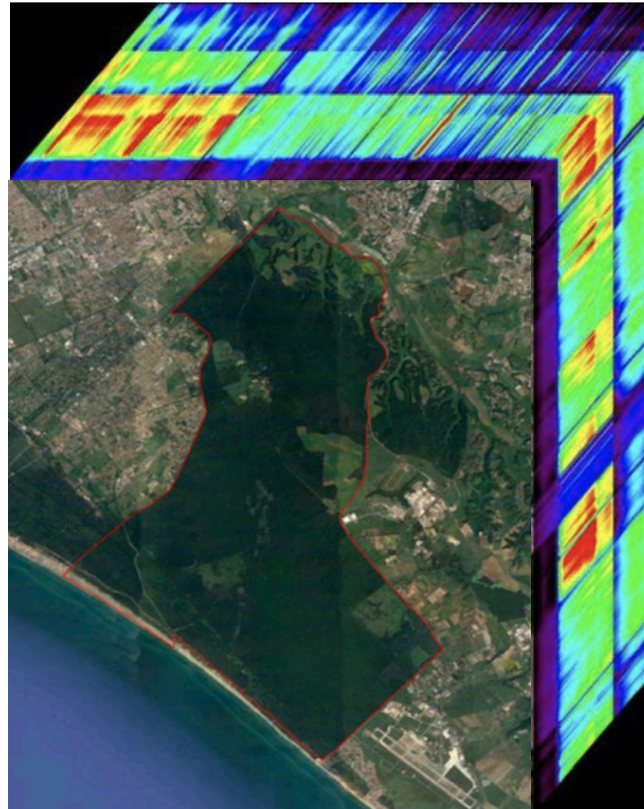


REPERURALE  
NAZIONALE  
20142020



crea  
Consiglio per la ricerca in agricoltura  
e l'analisi dell'economia agraria

SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA  
Dipartimento Nazionale di Osservazione  
della Terra



## Potenzialità del telerilevamento iperspettrale nella mappatura di habitat forestali

Anna Barbati, *Università della Tuscia, DIBAF*

[barbati.sisfor@unitus.it](mailto:barbati.sisfor@unitus.it)

Progetto PRISMA SCIENZA HyperEcos,  
HYPERspectral Prisma data for ECOSystem  
functions, habitats and diversity.

CONTRATTO DI FINANZIAMENTO ASI N. 2022-8-U.0

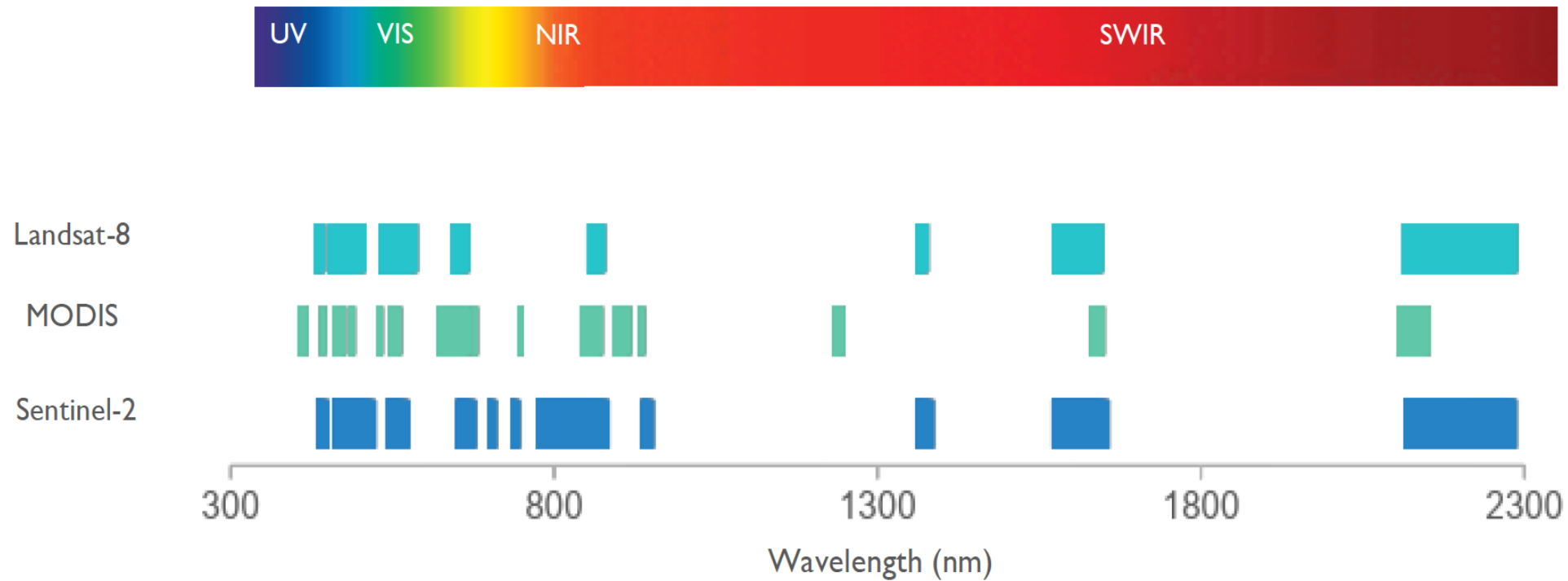


eurac  
research

TERRASYSTEM s.r.l.

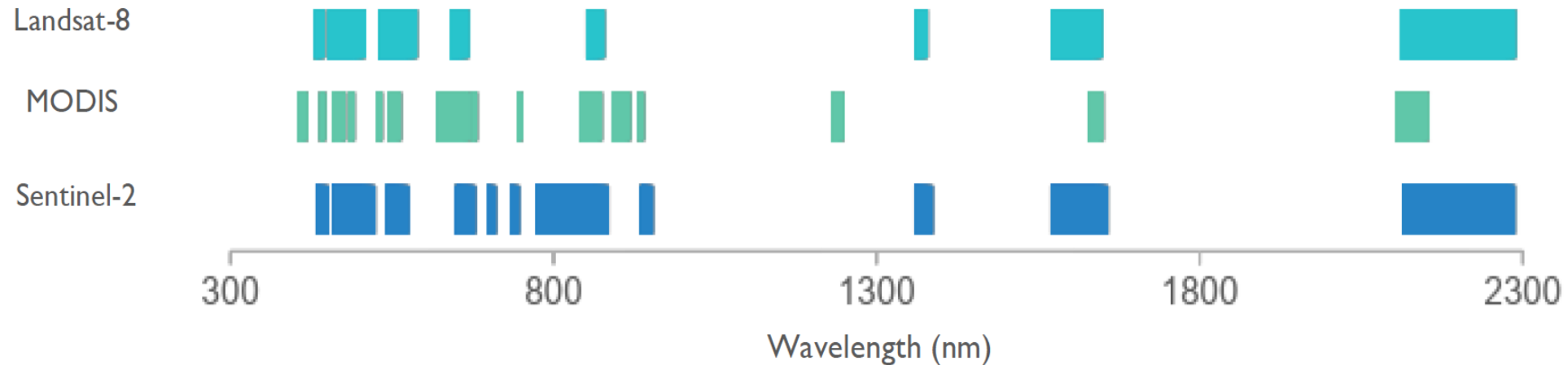
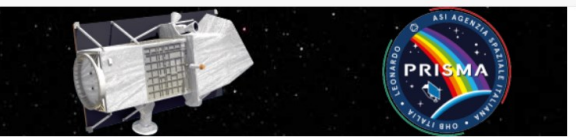
crea  
Consiglio per la ricerca in agricoltura  
e l'analisi dell'economia agraria

Universität Trier



- Nel telerilevamento ottico satellitare, i sensori (spettrometri) più diffusi sono del tipo MULTISPETTRALE
  - ✓ Registrano la riflettanza su decine di bande spettrali nelle regioni VIS-NIR-SWIR
  - ✓ a varie risoluzioni spaziali & temporali

Simbolo occhio



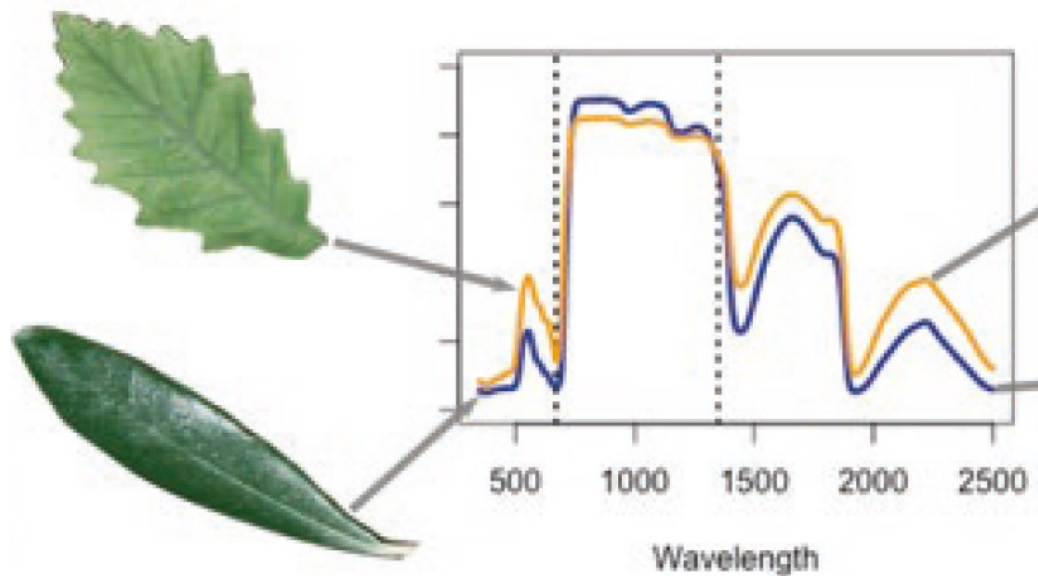
Il telerilevamento **iperspettrale** utilizza

- ✓ Tecnologie più *sofisticate* di spettrometri
- ✓ In grado di registrare la riflettanza su centinaia di bande spettrali contigue all'interno dello spettro elettromagnetico

# Potenzialità in ambito del monitoraggio forestale

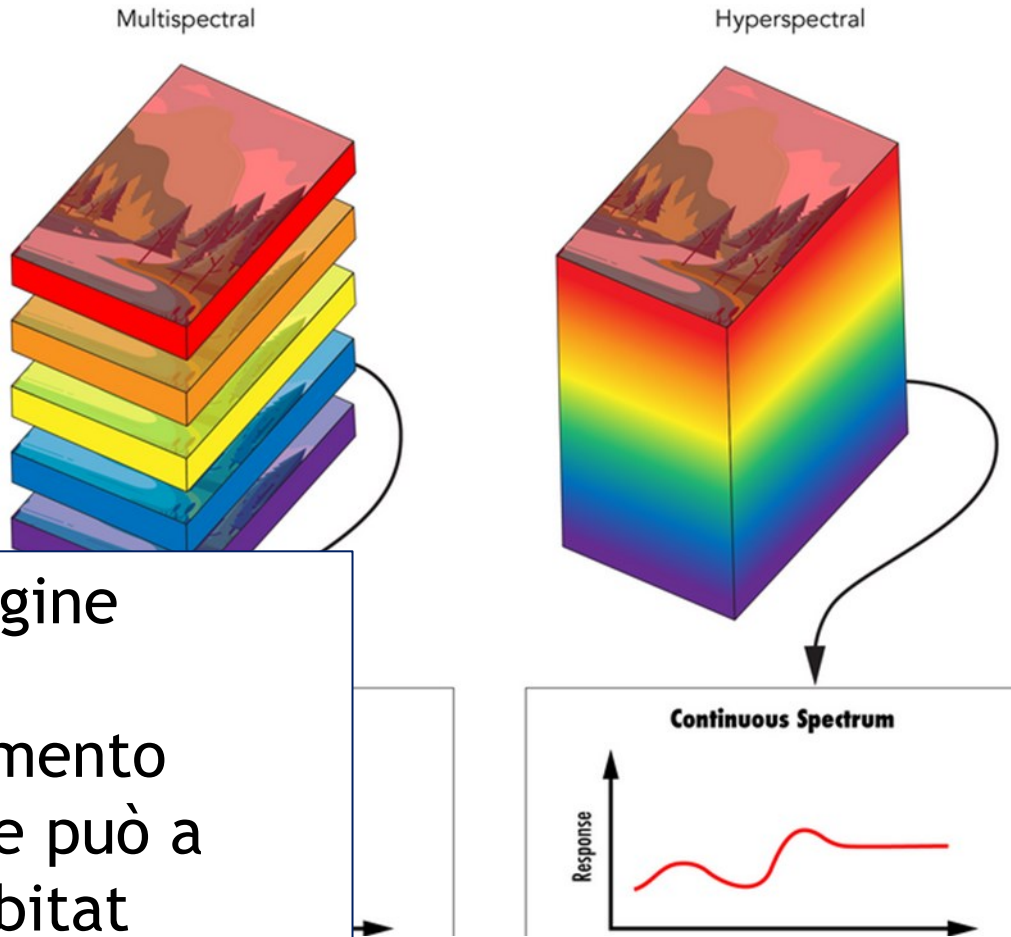
- ✓ Possibilità di analisi della differenze nella risposta spettrale a livello di specie forestale (quasi impossibile con il telerilevamento multispettrale)

## PROGETTO PRISMA SCIENZA HYPERECOS: HYPERspectral Prisma data for ECOSystem functions, habitats, and diversity



Adapted from Cavender-Bares et al. 2017

# MULTISPECTRAL/ HYPERspectral COMPARISON



Area di indagine scientifica:  
Il telerilevamento iperspettrale può a mappare habitat forestali dominati da specie diverse?

# Caso di studio: Riserva Natural Tenuta Presidenziale di Castelporziano (6000 ha ca)



Pastures

Mediterranean coniferous coastal dune forest



Southeastern sub-thermophilous Quercus



Quercus - Fraxinus - Carpinus betulus forest



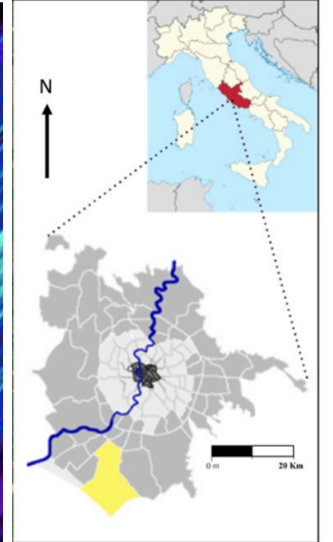
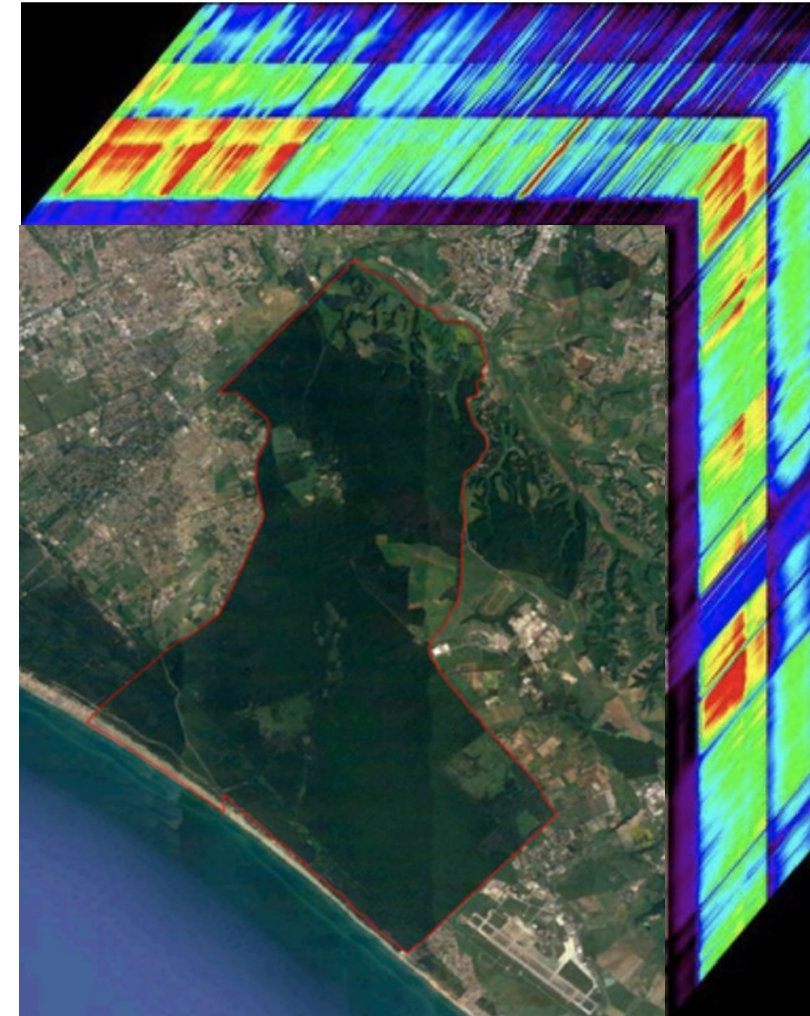
Quercus ilex forest



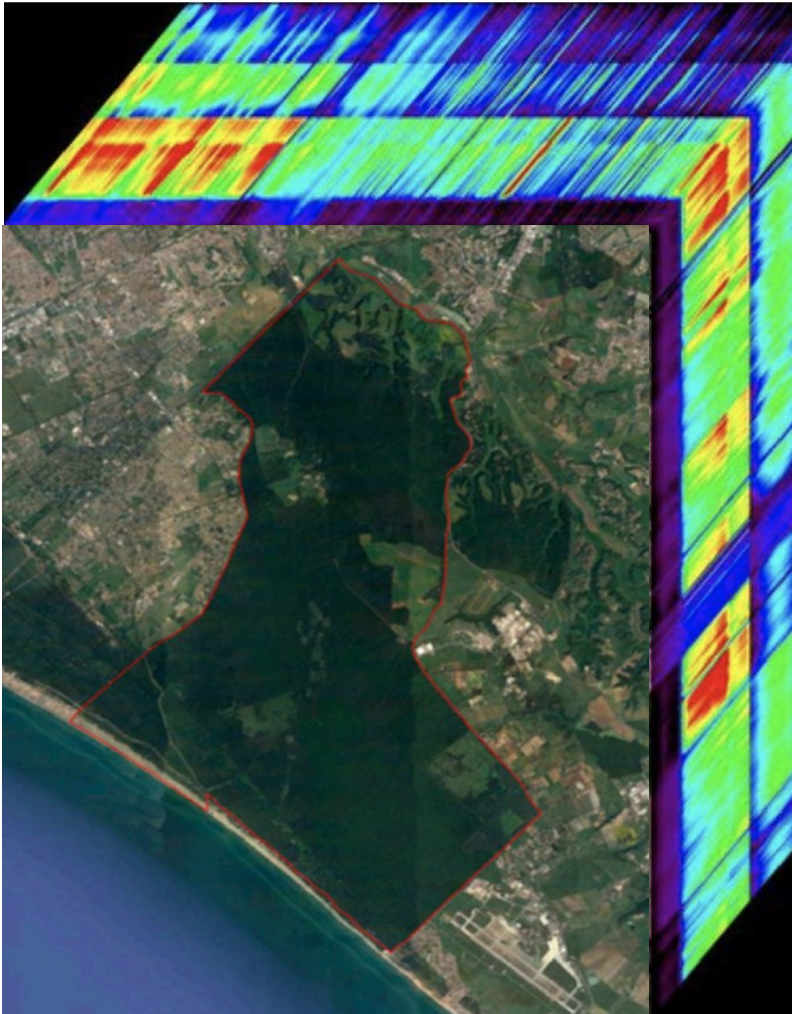
Quercus suber forest



Mediterranean maquis



# HYPERECOS: HYPERspectral Prisma data for ECOSystem functions, habitats, and diversity



Sviluppare metodi per elaborare i dati PRISMA per la mappatura degli habitat forestali

Sfide:

- insiemi di dati ad alta dimensionalità
- come sfruttare al meglio iperspettralità attraverso gli indici di vegetazione
- come risolvere la difficoltà quando le classi di habitat sono molti simili dal punto di vista spettrale (ad es. habitat a dominanza di querce sempreverdi e macchia mediterranea)
- Le date di acquisizione contano?

## Numero di immagini PRISMA acquisite

Castelporziano - usable PRISMA scenes		
2021	2022	2023
5	5	0



14/07/2022 (RGB: 50 30 15)

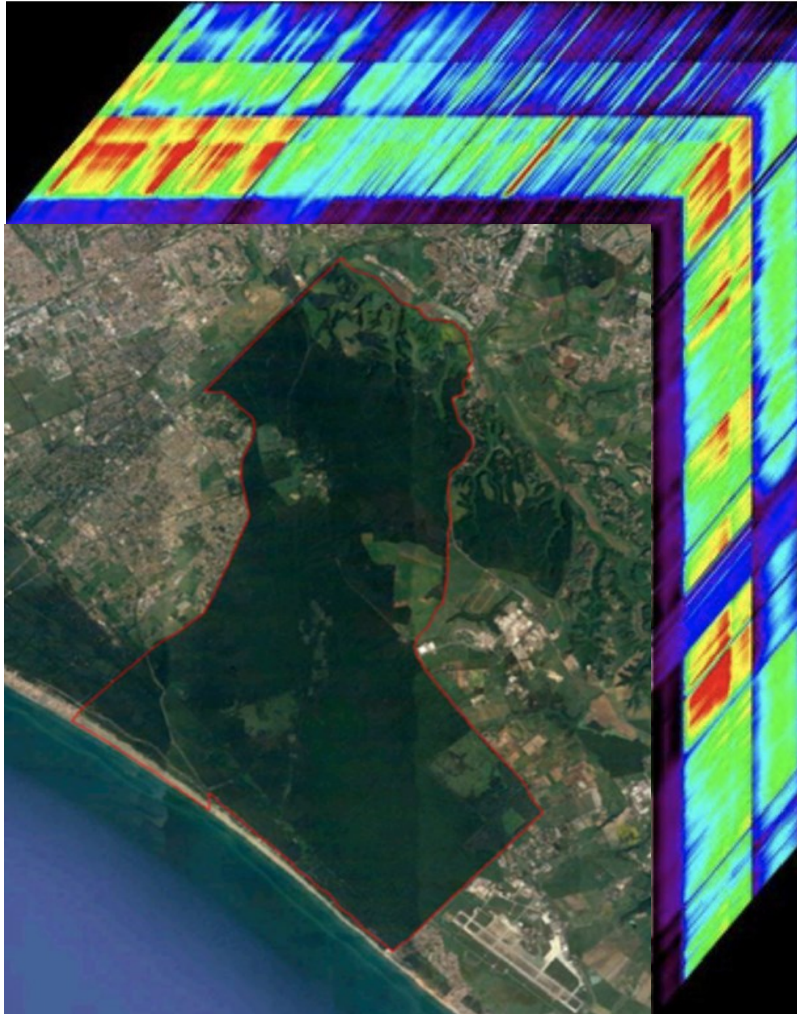
## Classi di uso/copertura del suolo e habitat a Castelporziano

Class code	Description
C1	Water
C2	Agricultural land
C3	Shrubland
C4	Areas in recolonization
C5	Special plantations
C6	Pastures
C7	Pastures with trees
C8	Beach
C9	Roads
C10	Urban areas
N1G	Mediterranean coniferous coastal dune forest
S51	Mediterranean maquis and arborescent matorral
T142	Mediterranean riparian Populus spp. forests
T195	Southeastern sub-thermophilous Quercus spp. forests
T19B6	Thermophilous Fraxinus spp. forests
T1E1	Quercus - Fraxinus - Carpinus betulus forest on eutrophic and mesotrophic soils
T211	Quercus suber forest
T212	Quercus ilex forest

EUNIS 2021  
8 classi di  
Habitat  
forestali



## Workflow per la classificazione degli habitat



**Pulitura del dato grezzo | rimozione di bande con rumore (bande 1-9; 104-111; 148-164; 227-234)**

**192 bande per la classificazione**



**Calcolo di 28 indici spettrali e classificazione preliminare in Random Forest**



**Analisi di multicollinearità tra indici (Variable Inflation Factor)**



**Selezione di 5-7 indici + Canopy Height Model (CHM) come input per RF**





# 28 indici spettrali

**Table 2:** Formulas for the 28 Vegetation Indices Computation Showing Wavelength and Band Numbers Correspondence

NB:  $\rho$  is the reflectance of the closest PRISMA bands (*in nanometres*)

**1. Indices representing photosynthetic pigments (e.g. chlorophyll, carotenoids, anthocyanins), chemical elements (e.g. nitrogen dry matter (e.g. cellulose, lignin))**

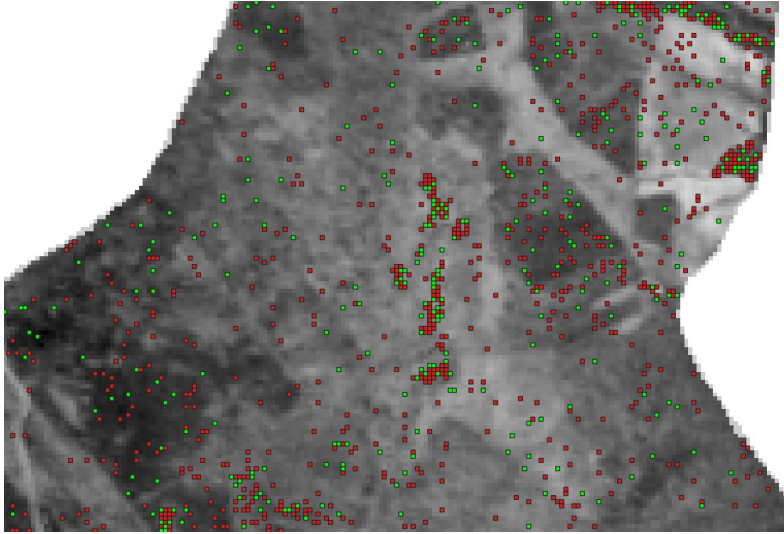
S/N	Vegetation Indices	VI Computation Formula	PRISMA Band correspondence (After spectral subset)	References
1	RENDVI	$(\rho_{752} - \rho_{701}) / (\rho_{752} + \rho_{701})$	(B33 - B28) / (B33 + B28)	Araújo, <i>et al.</i> (2013)
2	CRI	$(\rho_{510})^{-1} - (\rho_{550})^{-1}$	(1/B6) - (1/B11)	(Hill, 2013; Guerschman <i>et al.</i> , 2001, Z <i>et al.</i> 2018)
3	ARI	$(\rho_{550})^{-1} - (\rho_{700})^{-1}$	(1/B11) - (1/B28)	
4	RG	$\rho_{660} / \rho_{555}$	B25 / B12	
5	IRECI	$[(\rho_{783} - \rho_{665}) / (\rho_{705} / \rho_{740})]$	$[(B36 - B24) / (B29 / B32)]$	Frampton, <i>et al.</i> (2003)
6	REP	$(705 + 35 * ((\rho_{783} + \rho_{665}) / 2) - \rho_{705}) / (\rho_{740} - \rho_{705})$	$(705 + 35 * ((B36 + B24) / 2) - B29) / (B32 - B29)$	
7	TCARI	$3 * [(\rho_{700} - \rho_{670}) - 0.2 * (\rho_{700} - \rho_{550}) * (\rho_{700} / \rho_{670})]$	$3 * [(B28 - B25) - 0.2 * (B28 - B11) * (B28 / B25)]$	Wu <i>et al.</i> (2000)
8	OSAVI	$[(1 + 0.16) * (\rho_{800} - \rho_{670})] / [(\rho_{800} + \rho_{670} + 0.16)]$	$[(1 + 0.16) * (B38 - B25)] / [(B38 + B25 + 0.16)]$	
9	MCARI	$((\rho_{701} - \rho_{671}) - 0.2 * (\rho_{701} - \rho_{549})) * (\rho_{701} / \rho_{671})$	$((B28 - B25) - 0.2 * (B28 - B11)) * (B28 / B25)$	(Huete <i>et al.</i> , 2002)
10	EVI	$2.5 * (\rho_{864} - \rho_{660}) / (\rho_{864} + 6 * \rho_{660} - 7.5 * \rho_{487} + 1)$	$2.5 * (B44 - B24) / (B44 + 6 * B24 - 7.5 * B3 + 1)$	Araújo <i>et al.</i> , (2013)
11	PRI	$(\rho_{529} - \rho_{569}) / (\rho_{529} + \rho_{569})$	(B8 - B14) / (B8 + B14)	(Vogelmann <i>et al.</i> , 1993; Galvão <i>et al.</i> , 2013; Araújo <i>et al.</i> , 2023)
12	SIPI	$(\rho_{803} - \rho_{467}) / (\rho_{803} + \rho_{681})$	(B38 - B1) / (B38 + B26)	
13	VOG	$\rho_{742} / \rho_{722}$	B32 / B30	

**2. Vegetation and landscape water content**

14	NDII	$(\rho_{823} - \rho_{1649}) / (\rho_{823} + \rho_{1649})$	(B39 - B114) / (B39 + B114)	(Hunt and Rockwell, 1987; Galvão <i>et al.</i> , 2013)
15	SWIR	$(SWIR3 / SWIR2) = \rho_{2105} / \rho_{1630}$	B148 / B112	Guerschman <i>et al.</i> (2001)
16	PSRI	$(\rho_{681} - \rho_{498}) / \rho_{752}$	(B26 - B4) / B33	Araújo <i>et al.</i> (2013)
17	SATVI	$(\rho_{1650} - \rho_{680}) / (\rho_{1650} + \rho_{680} + L)$	(B114 - B26) / (B114 + B26 + 0.5)	Hill (2013)

18	VARI	$(\rho_{559} - \rho_{660}) / (\rho_{559} + \rho_{660} - \rho_{467})$	(B12 - B24) / (B12 + B24 - B1)	(Gitelson <i>et al.</i> 2002; Galvão <i>et al.</i> , 2013)
19	VIgreen Index	$(\rho_{559} - \rho_{660}) / (\rho_{559} + \rho_{660})$	(B12 - B24) / (B12 + B24)	
20	Simple Ratio SR1060 & SR1640	$\rho_{1060} / \rho_{1640}$	B67 / B113	
<b>3. Vegetation structure and density, green vegetation cover</b>				
21	NDVI	$(\rho_{864} - \rho_{660}) / (\rho_{864} + \rho_{660})$	(B44 - B24) / (B44 + B24)	(Galvão <i>et al.</i> , 2013; Araújo <i>et al.</i> , 2023)
22	SR (NIR/R)	$\rho_{864} / \rho_{660}$	B44 / B24	
23	ARVI	$(\rho_{864} - [\rho_{660} - \gamma * (\rho_{470} - \rho_{660})]) / (\rho_{864} + [\rho_{660} - \gamma * (\rho_{470} - \rho_{660})])$	$(B44 - [B24 - 1.5 * (B1 - B24)]) / (B44 + [B24 - 1.5 * (B1 - B24)])$	(Kaufman and Tanre, 1992; Roberts <i>et al.</i> , 2011)
<b>4. VIs indicating vegetation water content</b>				
24	MSI	$\rho_{1598} / \rho_{823}$	B109 / B39	(Roberts <i>et al.</i> , 2011; Araújo <i>et al.</i> , 2023)
25	WBI	$\rho_{905} / \rho_{972}$	B47 / B58	
26	NDWI	$(\rho_{854} - \rho_{1245}) / (\rho_{854} + \rho_{1245})$	(B42 - B84) / (B42 + B84)	
<b>5. Lignin and cellulose/Residues Indices</b>				
27	CAI	$100 * [0.5 * (\rho_{2032} + \rho_{2213}) - \rho_{2102}]$	$100 * (0.5 * (B138 + B161) - B147)$	
28	NDLI	$[N.log(1/\rho_{1754}) - N.log(1/\rho_{1680})] / [N.log(1/\rho_{1754}) + N.log(1/\rho_{1680})]$	$[N.log(1/B125) - N.log(1/B117)] / [N.log(1/B125) + N.log(1/B117)]$	

# Random forest



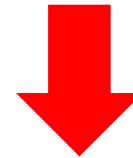
Pixel campione dei vari habitat (da mappa esistente)



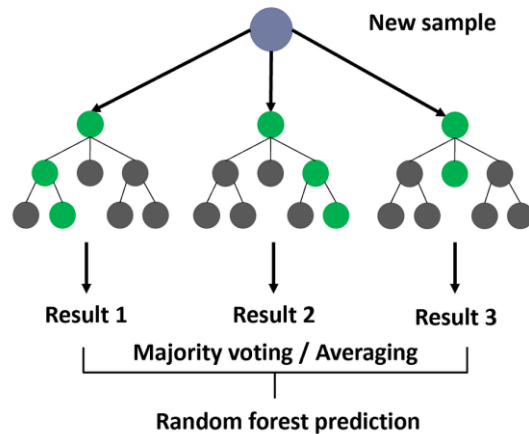
Estrazione casuale di 250 pixels puri per

ogni classe:

- 70% training
- 30% validation



Random  
Forest



## Accuratezza della classificazione «migliore» tra le varie date

14_7_22		
N. of indexes used	8	
Overall accuracy	0.82	
Kappa value	0.81	
	User accuracy	Producer accuracy
C2 - Agricultural land	0.89	0.84
C3 - Shrubland	0.79	0.93
C4 - Areas in recolonization	0.97	0.95
C5 - Special plantations	0.75	0.85
C6 - Pastures	0.86	0.87
C7 - Pastures with trees	0.81	0.79
C8 - Beach	1.00	1.00
N1G - Mediterranean coniferous coastal dune forest	0.79	0.91
S51 - Mediterranean maquis and arborescent matorral	0.85	0.77
T195 - Southeastern sub-thermophilous Quercus spp. Forests	0.75	0.57
T19B6 - Thermophilous Fraxinus spp. Forests	0.83	0.93
T1E1 - Quercus - Fraxinus - Carpinus betulus forest on eutrophic and mesotrophic soils	0.70	0.65
T211 - Quercus suber forest	0.72	0.73
T212 - Quercus ilex and Q. rotundifolia forest	0.83	0.74

Index importance score	14/7/22	Mean Decrease Accuracy score	Tipo di sensitività dell'indice
1st	CAI	88.10	Lignina e cellulosa Pigmenti/biochimica foliare
2nd	TCARI	77.47	
3rd	CHM_mean	72.11	
4th	WBI	71.25	Contenuto idrico
5th	CHM_stdev	62.63	
6th	SWIR	59.49	Contenuto idrico
7th	SATVI	55.55	Contenuto idrico
8th	PRI	52.67	Pigmenti/biochimica foliare

# Mappa degli habitat



## Castelporziano habitat classification

■ C2: Agricultural land

■ C3: Shrubland

■ C4: Areas in recolonization

■ C5: Special plantations

■ C6: Pastures

■ C7: Pastures with trees

■ C8: Beach

■ N1G: Mediterranean coniferous coastal dune forest

■ S51: Mediterranean maquis and arborescent matorral

■ T195: Southeastern sub-thermophilous *Quercus* spp. forests

■ T19B6: Thermophilous *Fraxinus* spp. forest

■ T1E1: *Quercus* - *Fraxinus* - *Carpinus betulus* forest on eutrophic and mesotrophic soils

■ T211: *Q. suber* forest

■ T212: *Q. ilex* and *Q. rotundifolia* forest

# Matrice di confusione

Reference

Prediction	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	N1G	S51	T195	T19B6	T1E1	T211	T212
C2	63	0	0	0	4	2	0	1	0	1	0	0	0	0
C3	0	70	0	4	0	3	0	1	6	4	0	0	0	1
C4	0	0	71	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
C5	1	3	0	64	0	0	0	0	2	5	1	6	1	2
C6	8	0	0	0	65	3	0	0	0	0	0	0	0	0
C7	2	0	1	0	6	59	0	1	0	0	0	1	1	2
C8	0	0	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0
N1G	0	1	1	1	0	4	0	68	0	1	0	1	8	1
S51	0	1	0	0	0	0	0	0	58	2	0	2	4	1
T195	1	0	1	0	0	0	0	0	0	43	0	9	0	3
T19B6	0	0	1	0	0	2	0	1	0	2	70	5	1	2
T1E1	0	0	0	4	0	0	0	1	1	13	2	49	0	0
T211	0	0	0	0	0	0	0	2	7	2	1	2	55	7
T212	0	0	0	2	0	0	0	0	1	2	1	0	5	55

# Considerazioni finali

- ▶ Confermate le potenzialità del TL iperspettrale per discriminare habitat forestali diversi per specie forestali dominante
- ▶ Utilità in automatizzazione procedure habitat mapping siti N2K e monitoraggio stato di conservazione dell'habitat (indicatore habitat extent) ai fini dell'Art. 17 Direttiva Habitat (92/43/EEC, monitoraggio obbligatorio ogni 6 anni)
- ▶ Non indicato, allo stato attuale, per attività di monitoraggio che richiedono tempi di rivisitazione ravvicinati (es. mensili) e regolari (acquisizioni on-demand, procedure autorizzative complesse)
- ▶ Richiede formazione e ricerca per pre-trattamento e procedure di classificazione, in quanto letteratura/sperimentazione in ambito forestale sono ancora molto limitate
- ▶ Il panorama dell'offerta a livello di iperspettrale satellitare è comunque in crescita (missione PRISMA, ENMAP, Planet lancerà TANAGER)