

I nuovi "occhi" del monitoraggio ambientale: come l'innovazione tecnologica supporta le attività istituzionali di osservazione della Terra

**Dronitaly**

I Droni nel Sistema Nazionale di Protezione Ambientale:  
dall'acquisizione del dato all'utilizzo dell'informazione per il monitoraggio ed il controllo del territorio

Convegno a cura di



Progetto Pilota di Mappatura e Monitoraggio degli habitat mediante l'impiego di UAS (Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto) nella ZSC IT9210143 Lago Pertusillo (Basilicata, Italia):  
**Valutazione dello stato Vegetativo tramite indici spettrali da rilievo multispettrale a mezzo UAS**

**Relatore Giuseppe Miraglia**

*Ufficio Ecosistemi Terrestri, Biodiversità ed Uso del Suolo*

*Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Basilicata*

**Autori:** Miraglia Giuseppe<sup>1</sup>, Caricato Gaetano<sup>1</sup>, Carlucci Valeria<sup>1</sup>, Milito Sebastiana<sup>1</sup>, De Fino Luciana<sup>2</sup>, Massari Gaetano<sup>2</sup>, Palma Achille<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ARPA Basilicata, Via della Fisica, 18 c/d – 85100 Potenza

<sup>2</sup> Air Drone srl, Zona Ind.le Pantanelle - 85100 Santangelo le Fratte (PZ)

### Anno 2022

- **Acquisto UAS:**
  - Drone **DJI Matrice 300 RTK**
  - Camera Ottica **Dji Zenmuse H20**
  - Camera Multispettrale e Termica **Micasense Altum-PT**
- **Formazione:** 2 Operatori UAS A1-A3-A2



### Anno 2025

- **Acquisto GPS:**
  - Ricevitore GPS (GNSS) RTK: Sfaira One
- **Formazione:** 10 Operatori UAS A1-A3-A2



# Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Basilicata A.R.P.A.B.

## Attività Svolte:

- Ricognizione visiva di una fioritura algale nel Gennaio 2023, Invaso del Pertusillo
- Rilievo fotogrammetrico per la stima di volumi di rifiuti Luglio 2025



## Sviluppi Futuri:

- Attività di Monitoraggio, Ispezione, progetti speciali



# Obiettivi del Progetto e Contesto di Monitoraggio



Si propone lo sviluppo di un **protocollo di monitoraggio dello stato di conservazione degli habitat (Direttiva 92/43/CEE «Habitat») integrato**, applicato alla Zona Speciale di Conservazione (ZSC) Lago del Pertusillo (Basilicata, Italia), basato sull'utilizzo di **Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto (UAS) equipaggiati con sensori multispettrali e supportati da dati meteorologici registrati in continuo.**

## Produzione di ortomosaici ad alta risoluzione

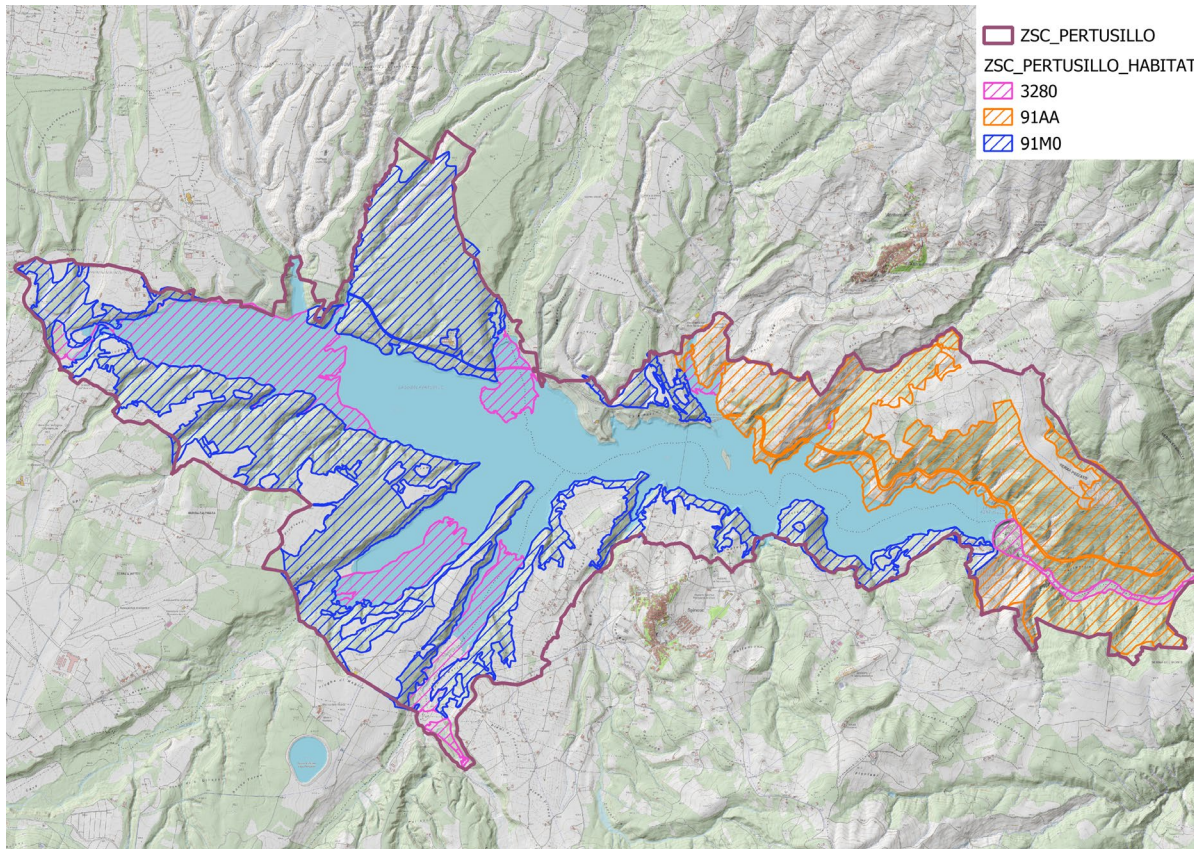
Gli ortomosaici georeferenziati sono creati con software specializzati per analisi precise della vegetazione.

## Utilizzo degli indici spettrali

Gli indici NDVI, NDRE, LCI e GNDVI interpretano la risposta fisiologica della vegetazione in modo dettagliato.

# Caratteristiche della ZSC Lago del Pertusillo

La ZSC Lago del Pertusillo (ettari 2040 di cui circa il 30% acqua) ospita habitat boschivi, ambienti umidi e superfici idriche caratterizzati da dinamiche ecologiche complesse e vulnerabili.



- **3280** Fiumi mediterranei a flusso permanente con il *Paspalo-Agrostidion* e con filari ripari di *Salix* e *Populus alba*;
- **91AA \*** Boschi orientali di quercia bianca;
- **91M0** Foreste panonico-balcaniche di cerro e rovere
- **9340** Foreste di *Quercus ilex* e *Quercus rotundifolia* (non Mappato).

## Strumentazione Utilizzata

- **DJI Mavic 3M:** drone compatto con camera RGB da 20 MP e camera multispettrale a quattro bande.
- **DJI Matrice 300 RTK con MicaSense Altum PT:** piattaforma UAV industriale con sei bande spettrali, autonomia di volo fino a 55 minuti.
- **Igrometro:** per misurare temperatura e umidità relativa.
- **Stazione meteorologica mobile Wittfield:** per raccogliere e trasmettere dati ambientali.



# Analisi Multispettrale e Indici Vegetativi

L'analisi multispettrale ha utilizzato software professionali per valutare lo stato vegetativo delle aree campionate.

- **Software utilizzati:** DJI Terra e Pix4Dfields per l'elaborazione dei dati.
- **Indici di vegetazione analizzati:** NDVI, NDRE, LCI, GNDVI.

Indice	Descrizione	Formula	Significato
NDVI ( <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> )	Indice spettrale che misura la vigoria vegetativa basato sulla differenza di riflettanza tra rosso e NIR	$(NIR - RED) / (NIR + RED)$	NDVI: valori <0.1 indicano suolo nudo, >0.6 vegetazione densa.
NDRE ( <i>Normalized Difference Red Edge Index</i> )	Indice basato su red-edge e NIR, sensibile al contenuto di clorofilla	$(NIR - RE) / (NIR + RE)$	NDRE: valori <0.2 indicano suolo nudo, >0.6 vegetazione molto vigorosa.
LCI ( <i>Leaf Chlorophyll Index</i> )	Indice che stima la concentrazione di clorofilla fogliare	$(NIR - RE) / (NIR + RED)$	LCI: valori <0.3 indicano basso contenuto di clorofilla, >0.5 vegetazione sana.
GNDVI ( <i>Green Normalized Difference Vegetation Index</i> )	Indice sensibile al contenuto di clorofilla usando banda verde	$(NIR - Green) / (NIR + Green)$	GNDVI: valori <0.3 indicano vegetazione debole, >0.6 vegetazione sana

# Risultati dei primi sei mesi di monitoraggio (Maggio 2025 – Ottobre 2025)

(Durata Monitoraggio 1 anno: Maggio 2025 – Aprile 2026)

Mese	Sintesi dei risultati
Maggio 2025	Elevati valori NDVI e GNDVI nelle aree boschive e prative. <b>Piccole zone con stress localizzati.</b> NDRE e LCI mostrano nutrizione generalmente buona.
Giugno 2025	Vegetazione ancora attiva ma con disomogeneità crescenti. Aumento delle aree a NDVI medio-basso nelle porzioni centrali e marginali. <b>Prime evidenze di stress idrico/nutrizionale.</b>
Luglio 2025	NDVI in diminuzione nelle aree interne. <b>GNDVI segnala stress nutrizionale più evidente.</b> Aree adiacenti al lago presentano ancora buona vigoria grazie all'umidità residua
Agosto 2025	Maggiori valori di NDVI/GNDVI solo nella fascia prossima al lago. Ampie zone marginali mostrano riflettanza da suolo nudo o vegetazione rada. <b>NDRE e LCI confermano stress fisiologico diffuso.</b>
Settembre 2025	<b>Livelli idrici minimi dell'anno:</b> effetto marcato sulle fasce ripariali. NDVI e GNDVI mostrano situazioni molto disomogenee. Individuate anomalie sia in SET1 (valori troppo alti) sia in SET2 (valori troppo bassi)
Ottobre 2025	Valori NDVI più alti rispetto a settembre. LCI e NDRE confermano miglioramento del contenuto di clorofilla. presenza di anomalie puntuali (suolo umido, alghe, vegetazione residua).

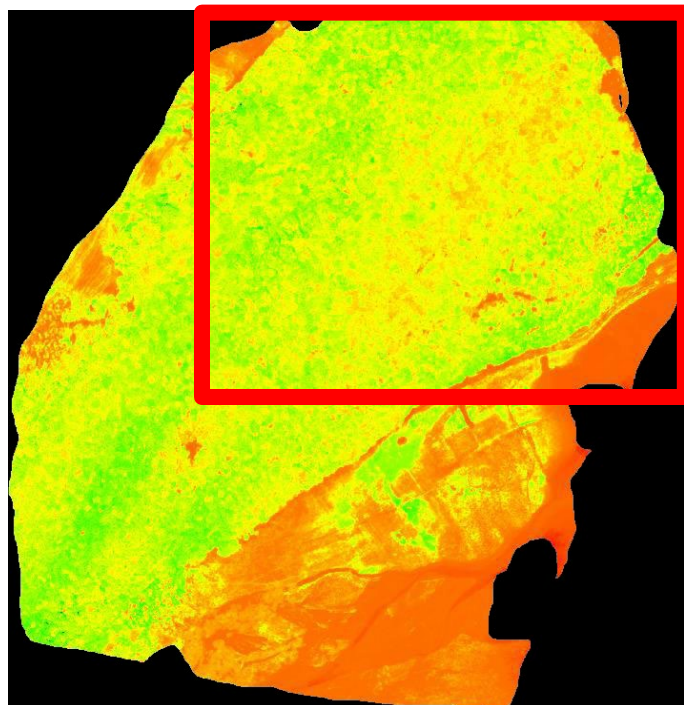
# Primi Risultati (Maggio 2025 – Ottobre 2025)

*Volo Maggio 2025 su area habitat 91M0 indice NDVI*

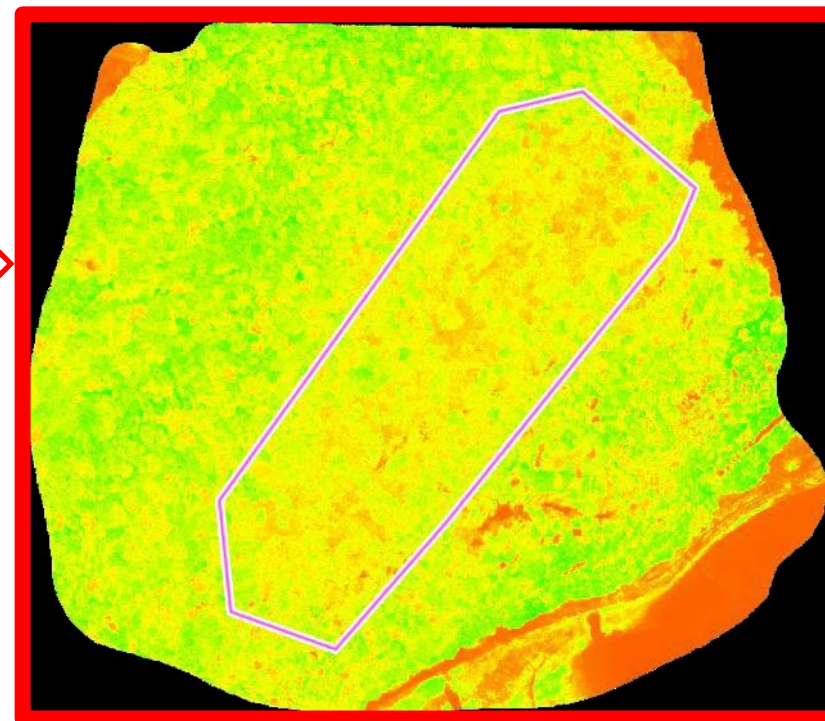
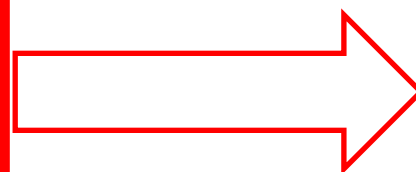


# Primi Risultati (Maggio 2025 – Ottobre 2025)

*Volo Maggio 2025 su area habitat 91M0 indice NDVI*



Istogramma e legenda

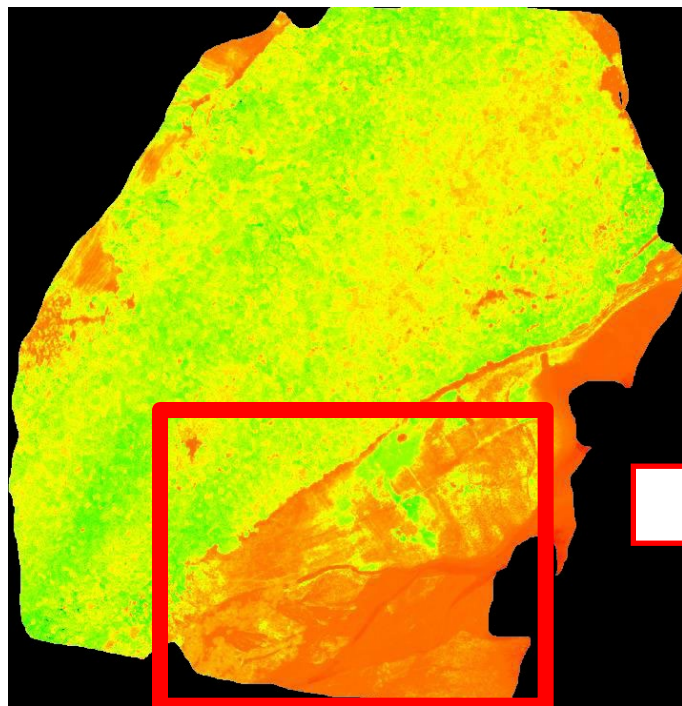


Riduzione nell'area circoscritta degli indici in una zona in cui avrebbero dovuto mantenersi pressoché costante, indicando una probabile condizione di stress

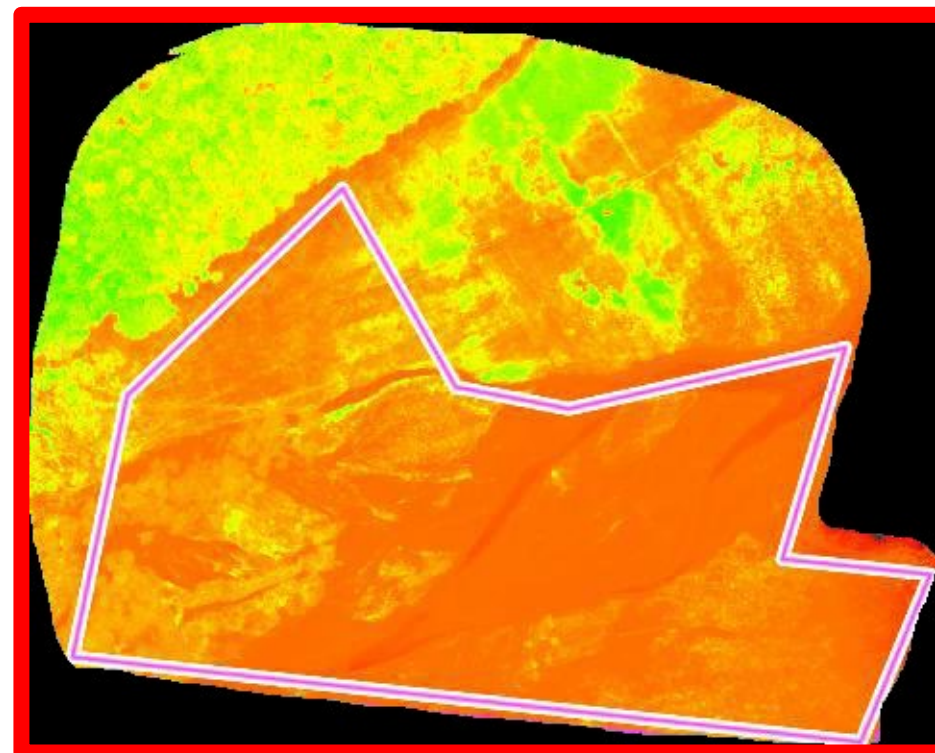
**ESEMPIO di anomalia riscontrata**

# Primi Risultati (Maggio 2025 – Ottobre 2025) – ESEMPIO di anomalia riscontrata

*Volo Maggio 2025 su area habitat 91M0 indice NDVI*



Istogramma e legenda



Presenza di valori degli indici leggermente superiori alle attese in un contesto dove sarebbero dovuti risultare molto bassi, evidenziando un'anomalia di riflettanza che potrebbe essere attribuita a vegetazione residua, presenza di alghe o riflessione di suolo umido

**ESEMPIO di anomalia riscontrata**

## Conclusioni: primi sei mesi di indagine

---

- Le mappe multispettrali e gli indici vegetativi hanno evidenziato zone critiche da monitorare in modo continuo per prevenire degrado ambientale o anomalie idrologiche.
- Nei sei mesi analizzati del 2025, l'invaso ha mostrato un progressivo calo dei livelli idrici, influenzando direttamente la vigoria vegetativa e aumentando le superfici di transizione acqua-suolo
- Nei sei mesi analizzati del 2025 il monitoraggio multispettrale del Pertusillo ha permesso di comprendere l'evoluzione dello stato vegetativo e le dinamiche idrologiche dell'invaso
- Le aree 91M0, 9340 e Acqua mostrano pattern distinti: variazioni di vigore, stress idrico e presenza di suoli umidi residui influenzano fortemente le letture NDVI/NDRE/LCI/GNDVI
- L'integrazione dei dati multispettrali consente una visione narrativa completa: dal rilievo alla diagnosi, fino alla definizione di raccomandazioni operative per la gestione sostenibile dell'invaso.

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**

**EX-GAM Centro Congressi Bologna, 11-13  
marzo 2026**