



Verso un servizio operativo di mappatura dell'estensione dei corpi idrici da dati ottici e SAR: primi risultati e focus su estate 2024

Luca Pulvirenti¹, Luca Cenci¹, Giuseppe Squicciarino¹, Andrea Duro², Silvia Puca²

¹ Fondazione CIMA

² Dipartimento della Protezione Civile – Presidenza del Consiglio dei Ministri

www.cimafoundation.org

Contesto e motivazione

- Disponibilità della risorsa idrica sempre più alterata a causa del *cambiamento climatico*
- Aumento della frequenza di eventi estremi: *siccità prolungate, ondate di calore, precipitazioni intense ma concentrate*
- Invasi artificiali e laghi indicatori chiave di crisi idriche
- Mappatura sistematica da satellite fornisce informazioni di supporto per: *gestione idrica, pianificazione agricola decisioni di emergenza.*



Obiettivo del servizio

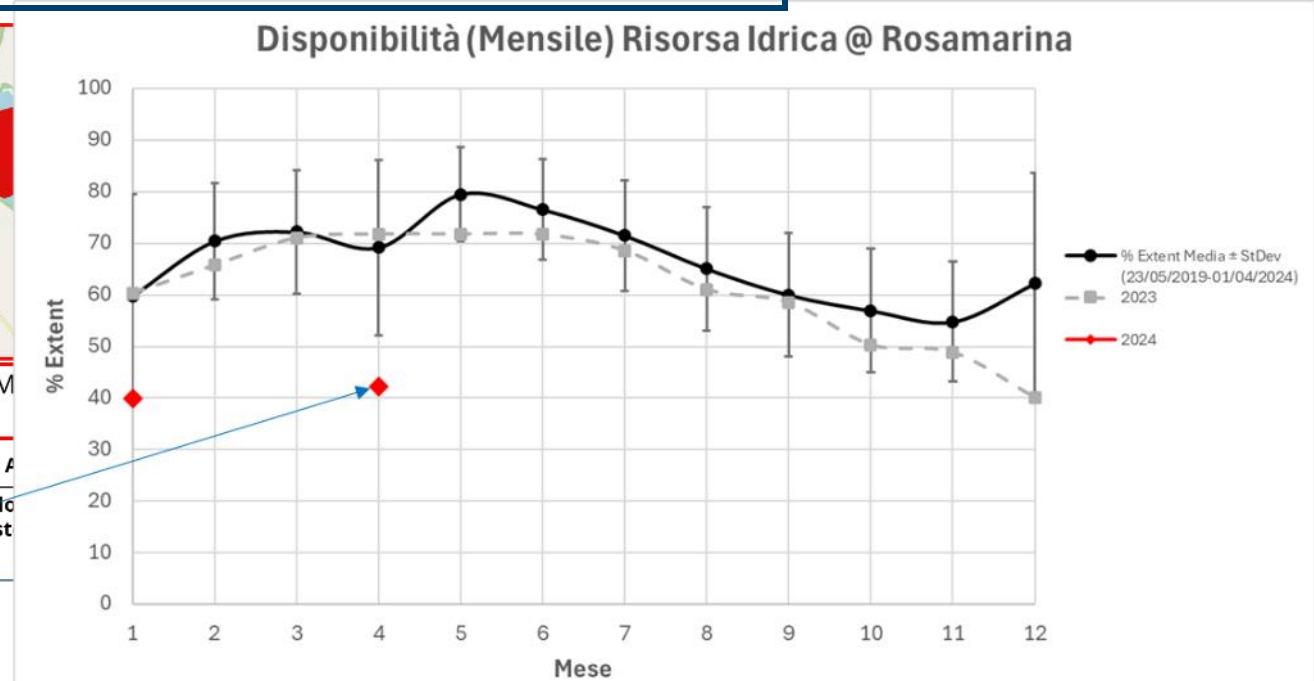
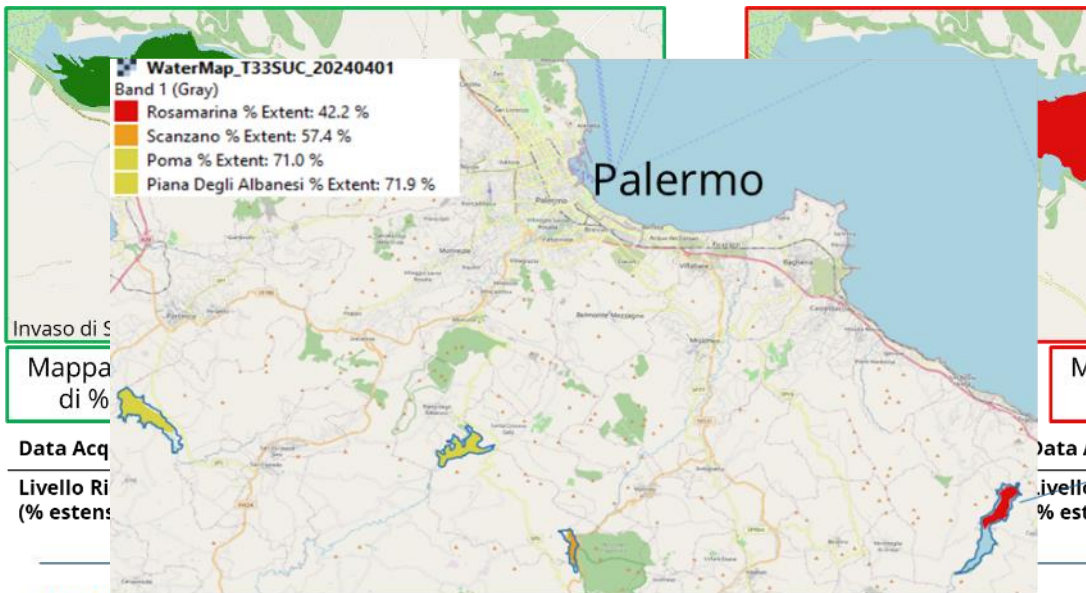
- Medio termine
 - Generare mappe di *estensione areale [ha]* di tutti i corpi d'acqua oggetto di interesse (Protezione Civile, Regioni, Enti Gestori)
 - Dati *Sentinel-2*
 - Pixel size mappe: *10 m²*
 - Aggiornamento coincidente con revisit Sentinel-2 (default *5 gg*, copertura nuvolosa può allungare tempi)
- Lungo termine
 - Tutti i corpi d'acqua (> 4 ha in mappe di riferimento) su *intera scala nazionale*
 - Servizio *totalmente automatico*, operativo *365 gg/anno* in *NRT*
 - Integrazione dati ottici e SAR (e.g., *COSMO-SkyMed MapItaly* → pixel size mappe: *5 m²*)
 - Riduzione revisit time

Informazioni fornite

- Percentuale *(%) estensione invaso* rispetto a *massimo storico* (derivato da Global Surface Water - JRC)
 - % riferita a dati giornalieri o mediata su *un mese*
- *Anomalie mensili* (scostamenti dalla media)

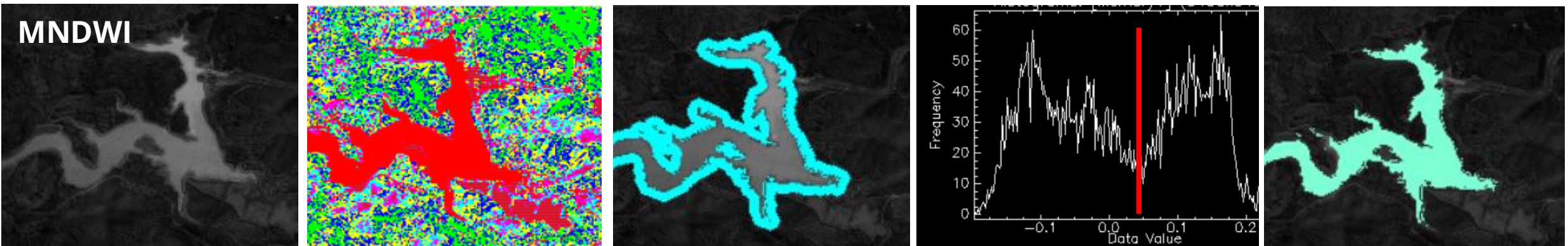
$$A = Extent_{Month} - \overline{Extent_{Month}}$$

$$StdA = (Extent_{Month} - \overline{Extent_{Month}}) / \sigma_{Extent_{Month}}$$



Uso dati Sentinel-2 - Metodologia

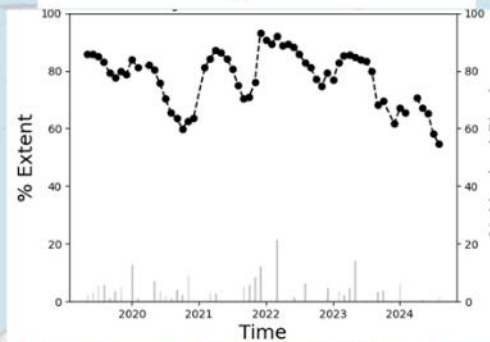
- Calcolo 4 indici spettrali: *NDWI, MNDWI, AWEIsh, AWEInsh*
- Combinazione di diverse tecniche image processing
 - Isodata per mappatura di 1st guess
 - Buffer intorno a mappa di 1st guess per ottenere istogramma bimodale $\forall$ indice
 - Applicazione *thresholding automatico (Otsu)* + *region growing* per ottenere mappe binarie "*acqua*" e "*no-acqua*" $\forall$ indice
 - Mappa finale derivata da media pesata mappe da singolo indice basata su *separabilità* $[(\mu_1 - \mu_2)/(\sigma_1 + \sigma_2)]$ classi "*acqua*" e "*no-acqua*"



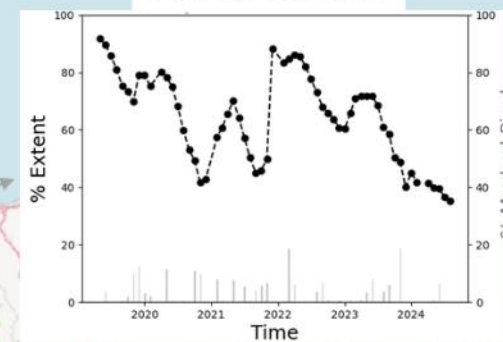
Uso dati Sentinel-2 – Risultati Sicilia

**Monthly time series of WB %
Extent for selected
reservoirs located in Sicily
(January 2018 – August 2024)**

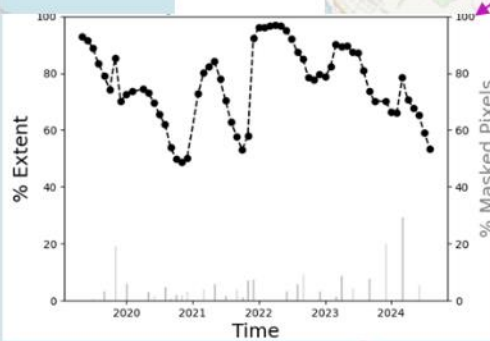
Piana degli Albanesi



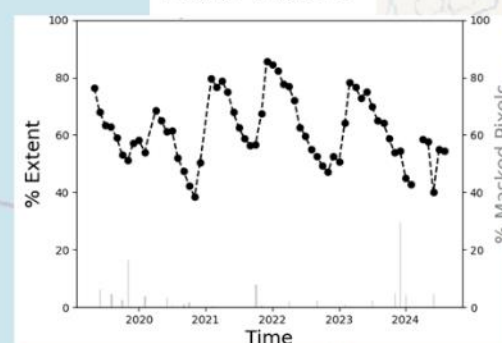
Rosamarina



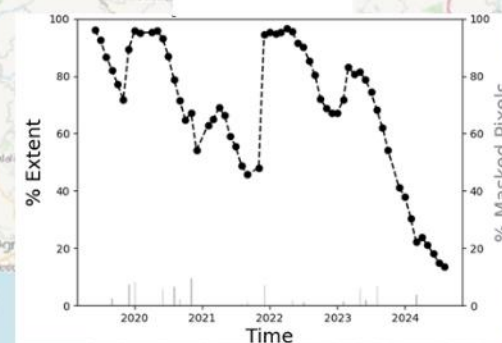
Poma



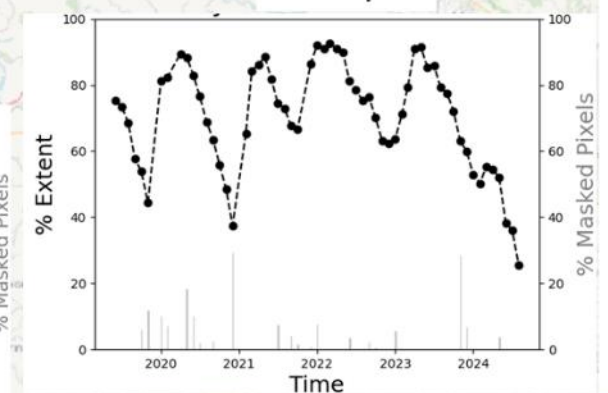
Scanzano



Fanaco



Ancipa



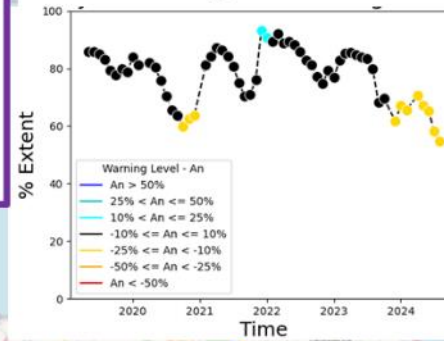
Uso dati Sentinel-2 – Risultati Sicilia (cont.)

Monthly time series of WB % Extent for selected reservoirs located in Sicily + Anomaly Indicators for Warnings (January 2018 – August 2024)

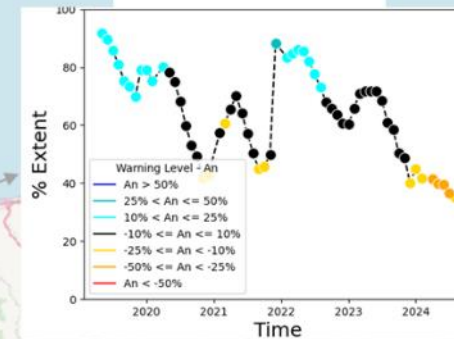
Warning Level - An

- An > 50%
- 25% < An <= 50%
- 10% < An <= 25%
- 10% <= An <= 10%
- 25% <= An < -10%
- 50% <= An < -25%
- An < -50%

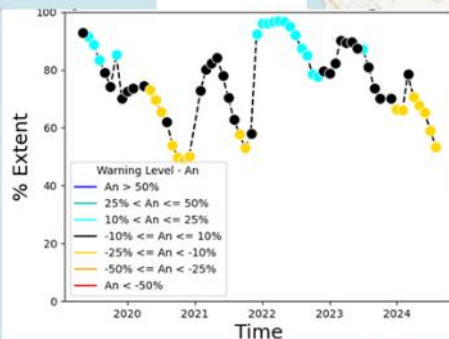
Piana degli Albanesi



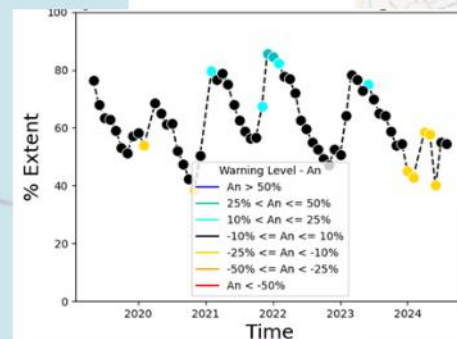
Rosamarina



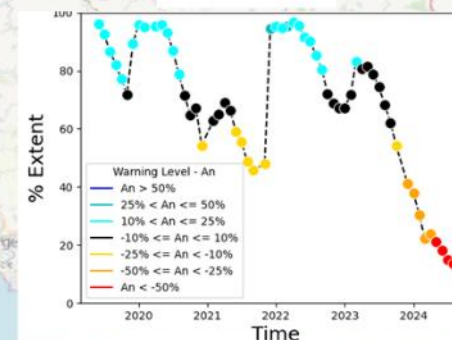
Poma



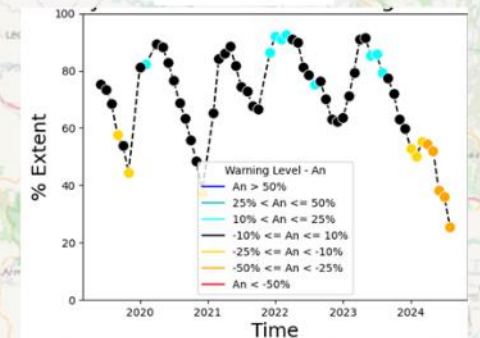
Scanzano



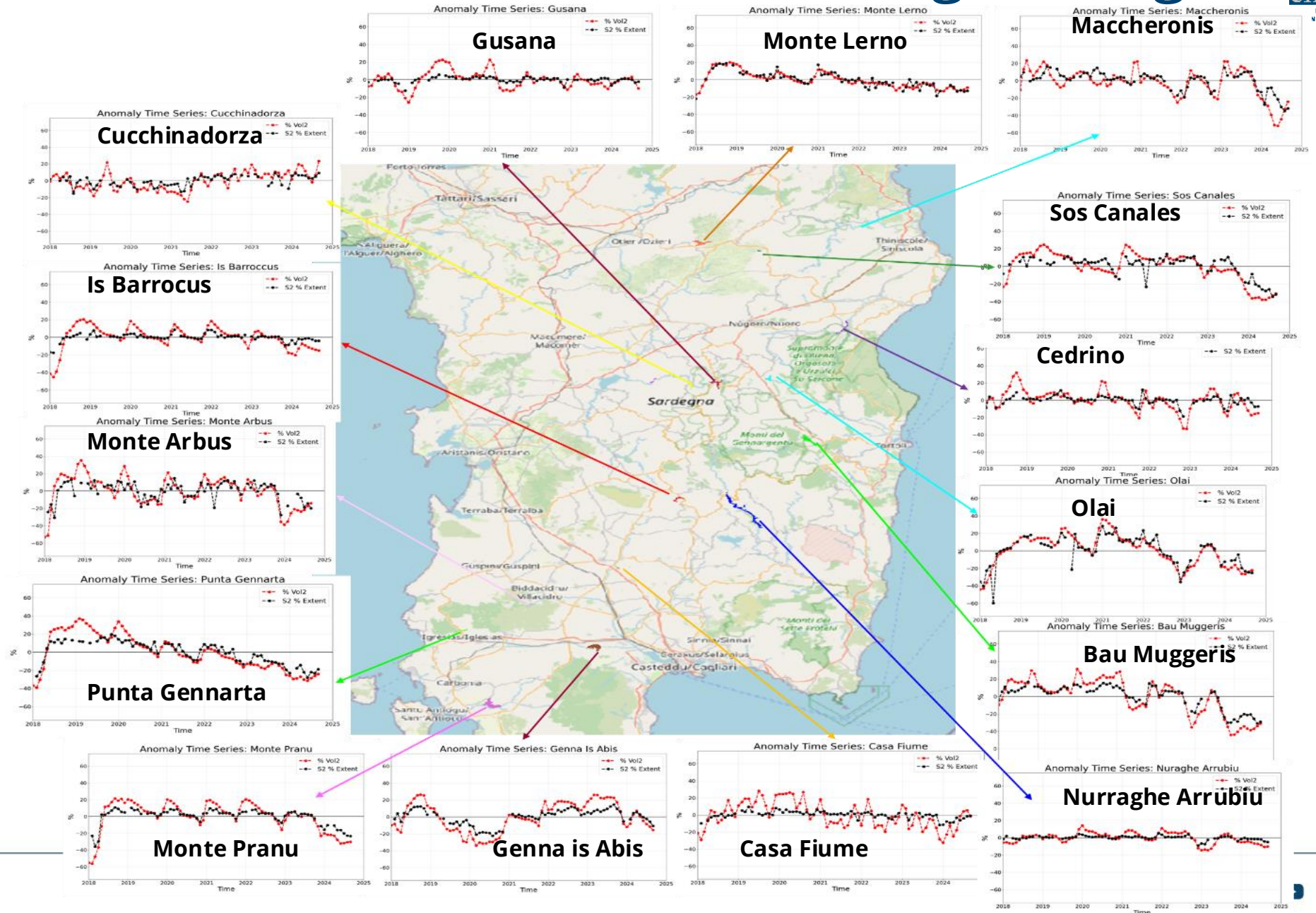
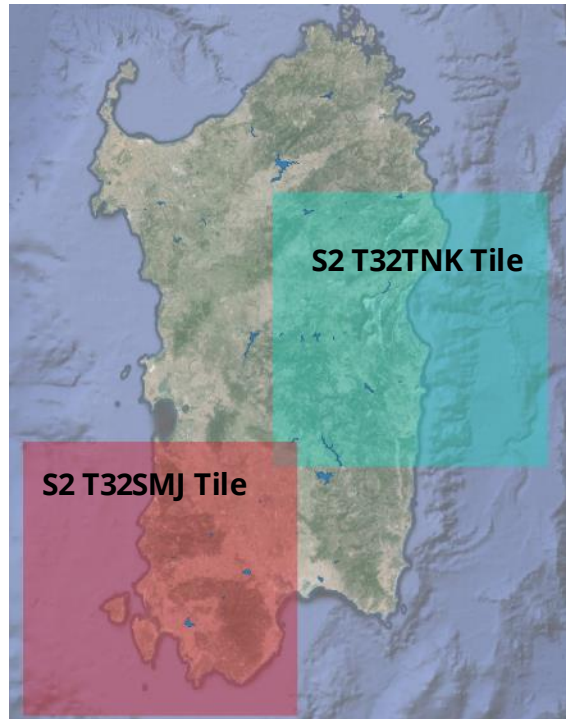
Fanaco



Ancipa



Uso dati S2 - validazione (collaborazione reg Sardegna)



Uso dati S2 - validazione quantitativa – reg Sardegna

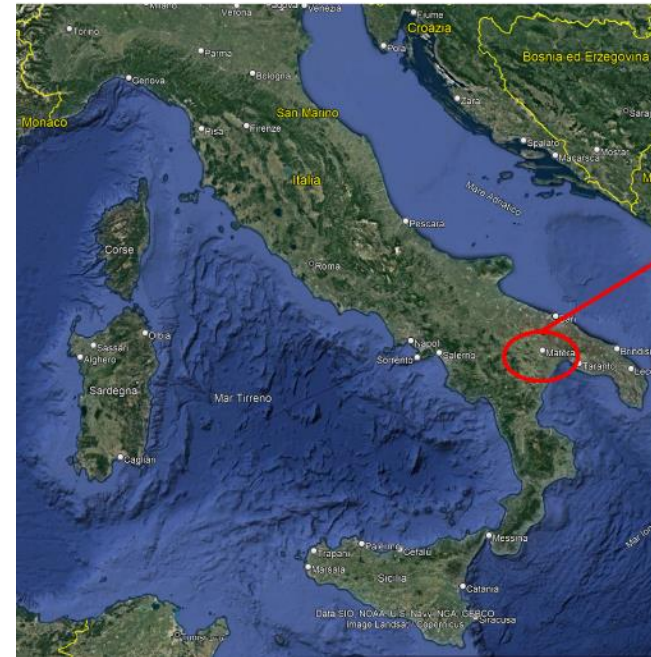
- Anomalie mensili
- Periodo: Gennaio 2018 – Settembre 2024

Anomalies - Reference Period: 2018-2024						
ID_Lake_CIMA	Lake_Name	CorrCoef[-]	Mean[%]	StDev[%]	RMSE[%]	NRMSE[-]
1439	Is_Barroccus	0.87	-0.16	8.69	8.69	3.10
1418	Bau_Muggeris	0.94	0.05	9.34	9.34	0.59
1435	Nuraghe_Arrubiu	0.82	-0.26	4.50	4.51	1.96
1396	Cucchinadorza	0.68	1.08	7.73	7.80	0.79
1393	Olai	0.86	0.33	9.48	9.48	0.40
1392	Benzone	0.28	0.32	13.31	13.31	2.54
1394	Gusana	0.72	-0.27	7.40	7.40	2.36
1385	sos_Canales	0.80	0.70	9.92	9.95	0.94
1390	Cedrino	0.69	-0.26	8.32	8.32	2.13
1384	Monte_Lerno	0.91	-0.01	3.83	3.83	0.33
1380	Maccheronis	0.80	0.71	9.62	9.65	1.10
1538	Monte_Pranu	0.94	-0.57	8.45	8.47	1.38
1456	Genna_Is_Abis	0.92	-0.42	10.15	10.16	0.87
1455	Punta_Gennarta	0.92	0.59	9.00	9.02	0.44
1451	Monte_Arbus	0.67	-0.90	11.47	11.50	0.83
1448	Casa_Fiume	0.66	0.00	12.44	12.44	3.01
Mean		0.78	0.06	8.98	8.99	1.42
StDev		0.17	0.53	2.47	2.47	0.95
Mean		0.81	0.04	8.69	8.70	1.35
StDev		0.11	0.54	2.26	2.26	0.93

Uso dati S2 - validazione su Lago San Giuliano (Basilicata)

- Anomalie mensili & giornaliere
- Periodo: Luglio 2019 – Giugno 2023

Metrica	Analisi Giornaliera	Analisi Mensile
ρ [-]	0.92	0.94

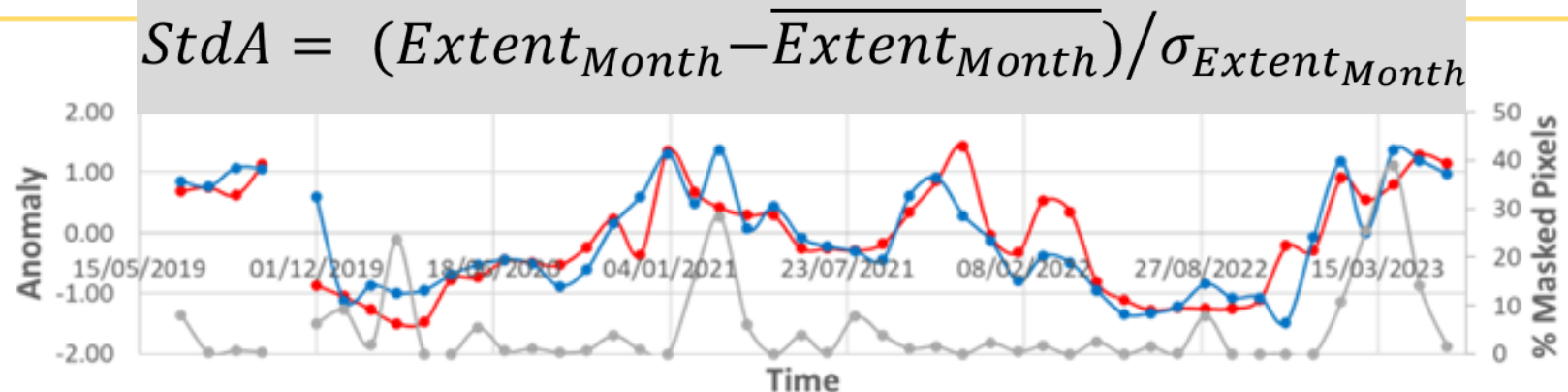


Legenda:

% Extent (S2)

% Volume (reference data)

Masked Pixels



Uso dati SAR - Metodologia

- Derivata da metodo sviluppato per *mappatura operativa aree allagate*
- Combinazione di
 - Isodata
 - Statistiche backscattering da invasi
 - Modello SPM
 - Otsu + Region growing

ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 225 (2025) 382–401

Contents lists available at ScienceDirect

 **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing** 

journal homepage: www.elsevier.com/locate/isprsjprs

Continuous flood monitoring using on-demand SAR data acquired with different geometries: Methodology and test on COSMO-SkyMed images

Luca Pulvirenti ^{a,*}, Giuseppe Squicciarino ^a, Luca Cenci ^a, Luca Ferraris ^a, Maria Virelli ^b, Laura Candela ^b, Silvia Puca ^c

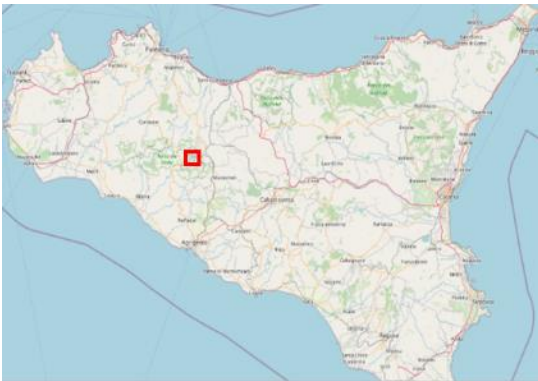
^a CIMA Research Foundation, 17100 Savona, Italy
^b Italian Space Agency, 00133 Rome, Italy
^c Italian Department of Civil Protection, Presidency of the Council of Ministers, 00189 Rome, Italy



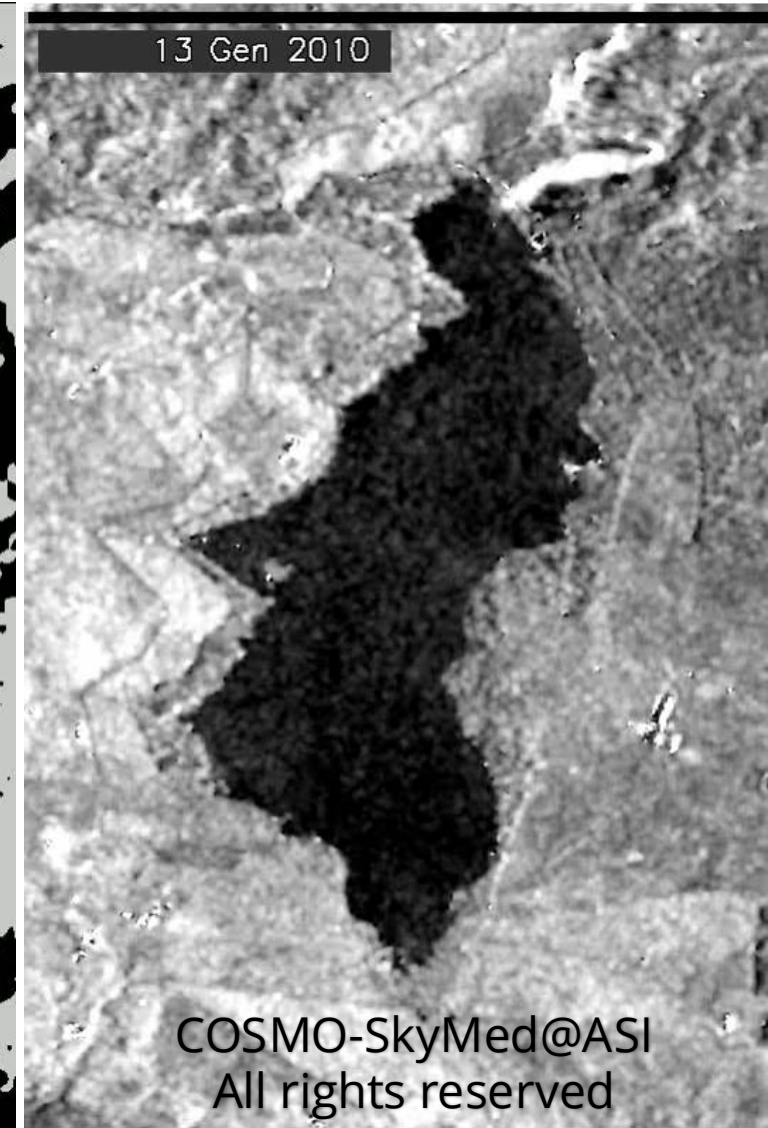
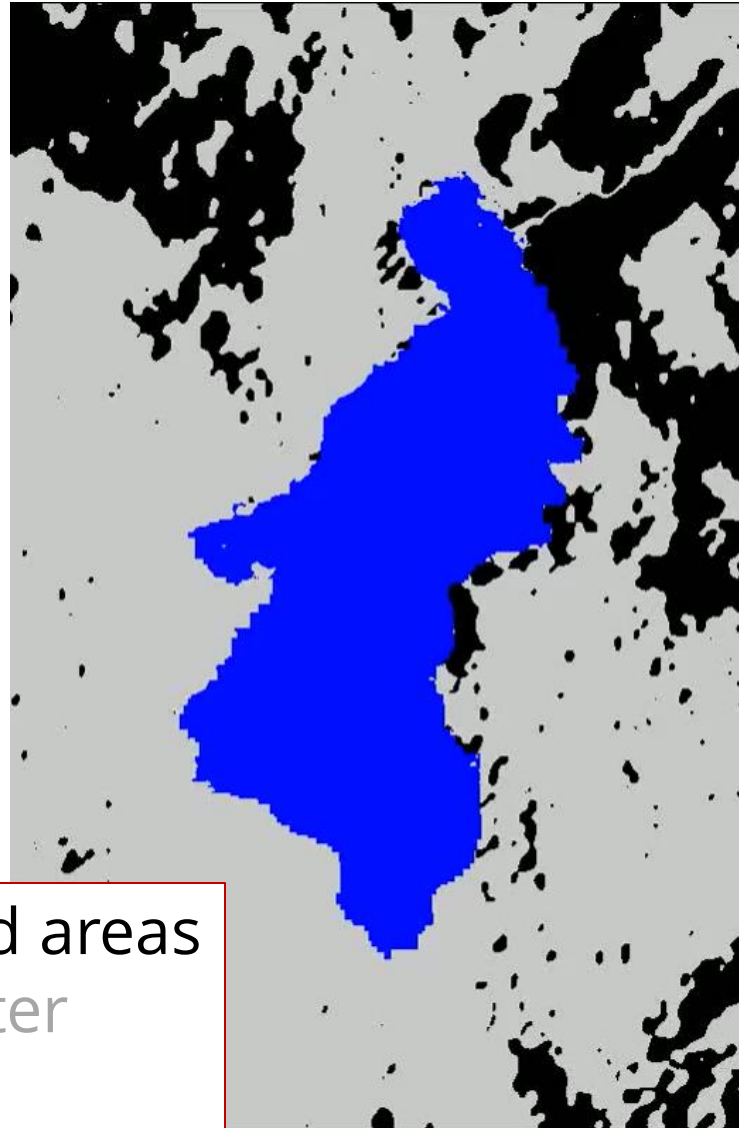
Serie temporale COSMO-SkyMed lago Fanaco - Mappe

165 immagini *MapItaly*
(~ 1/mese) da marzo
2010 a settembre 2024

Principali comuni approvvigionati:
Acquaviva Platani, Casteltermini,
Canicattì, Cammarata, Bompensiere,
Campofranco, Delia, Milena, Montedoro,
Mussomeli, Sommatino e Sutera



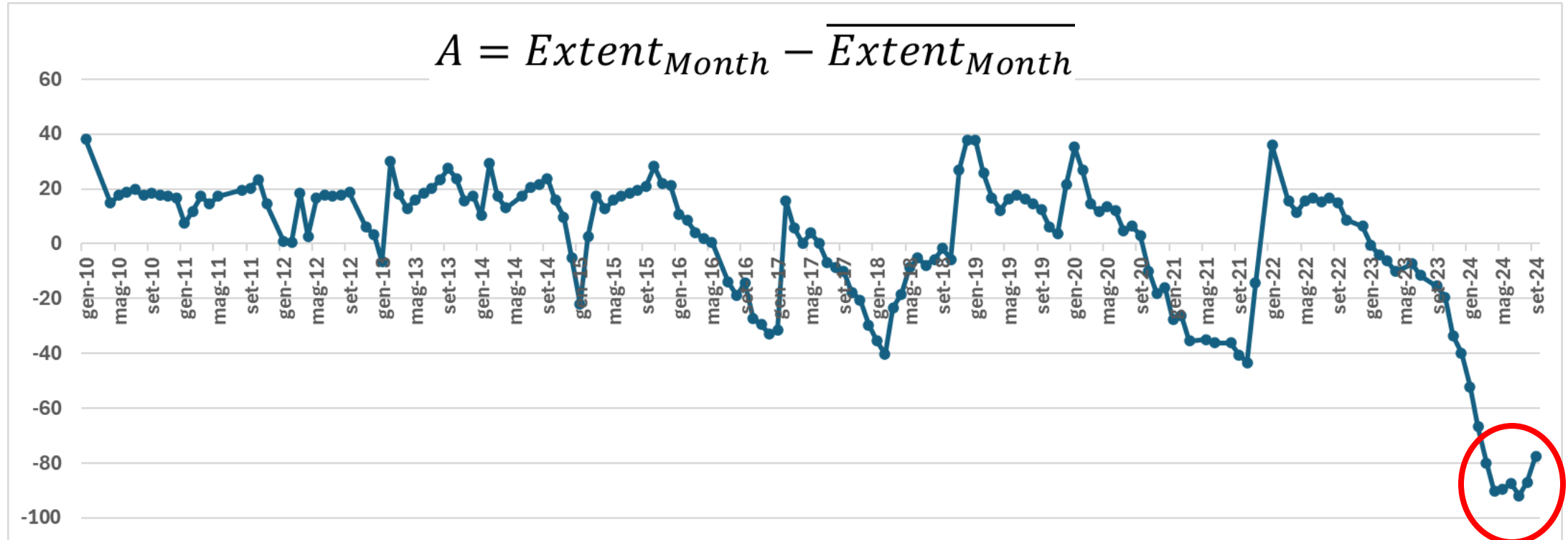
Black: Masked areas
Grey: No-water
Blue: Water



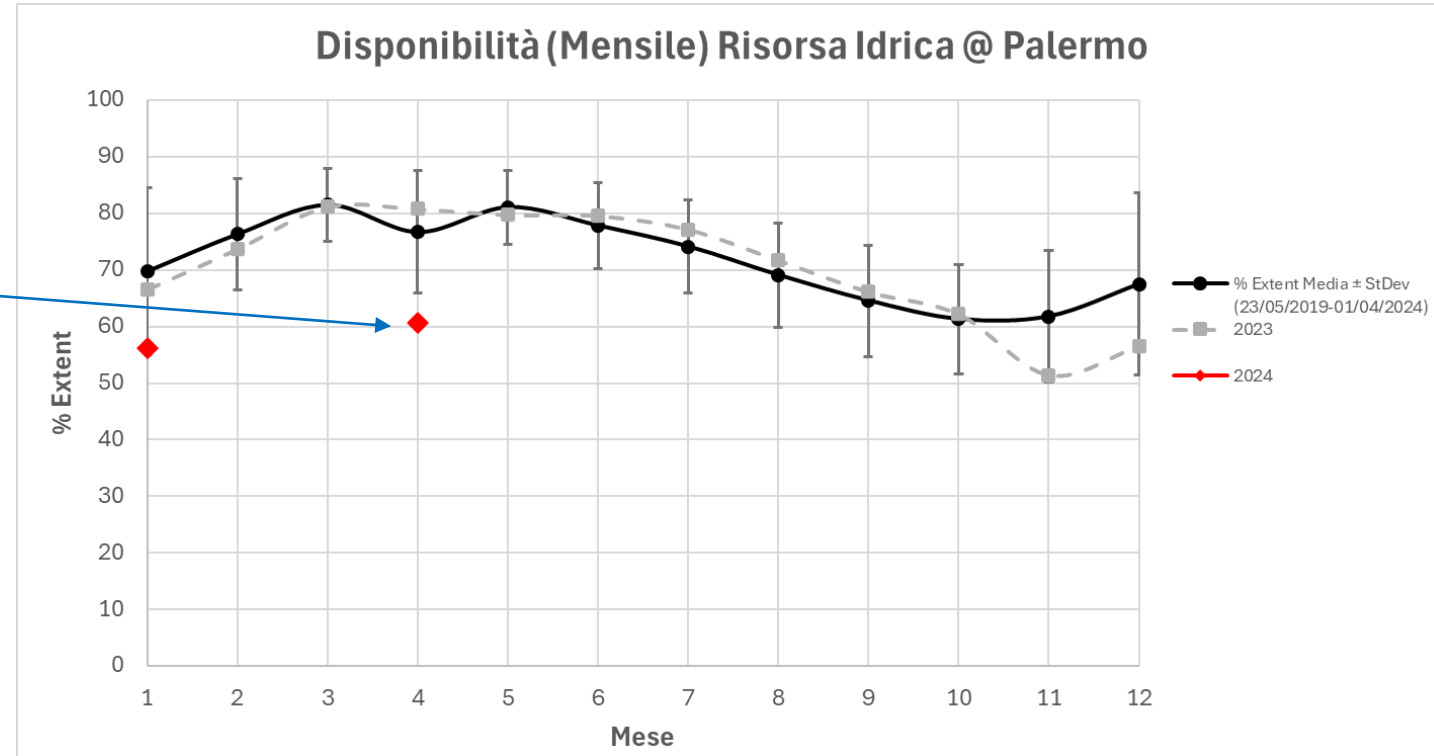
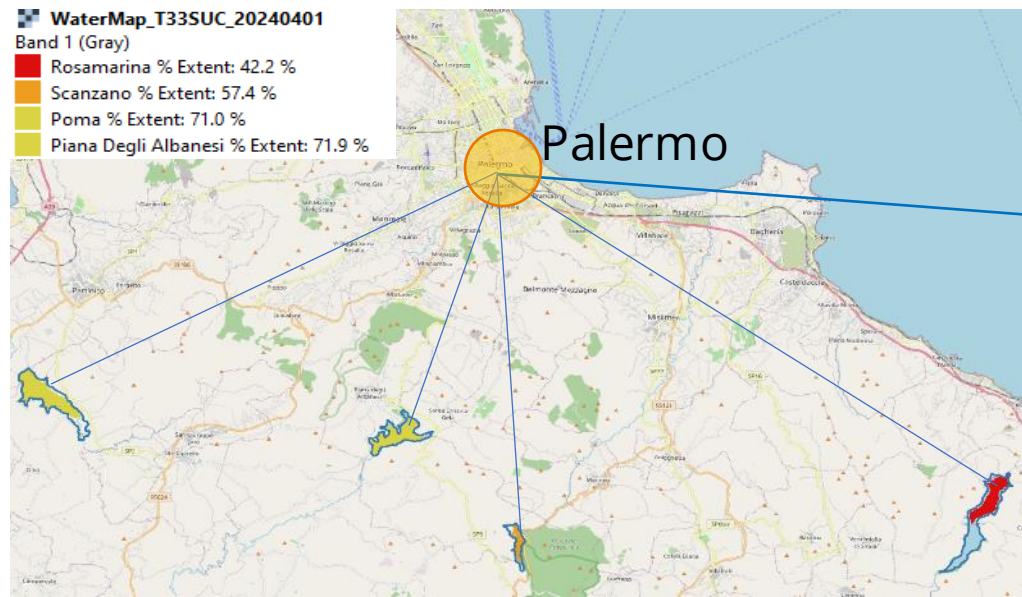
Serie temporale COSMO-SkyMed lago Fanaco

Andamento temporale anomalia

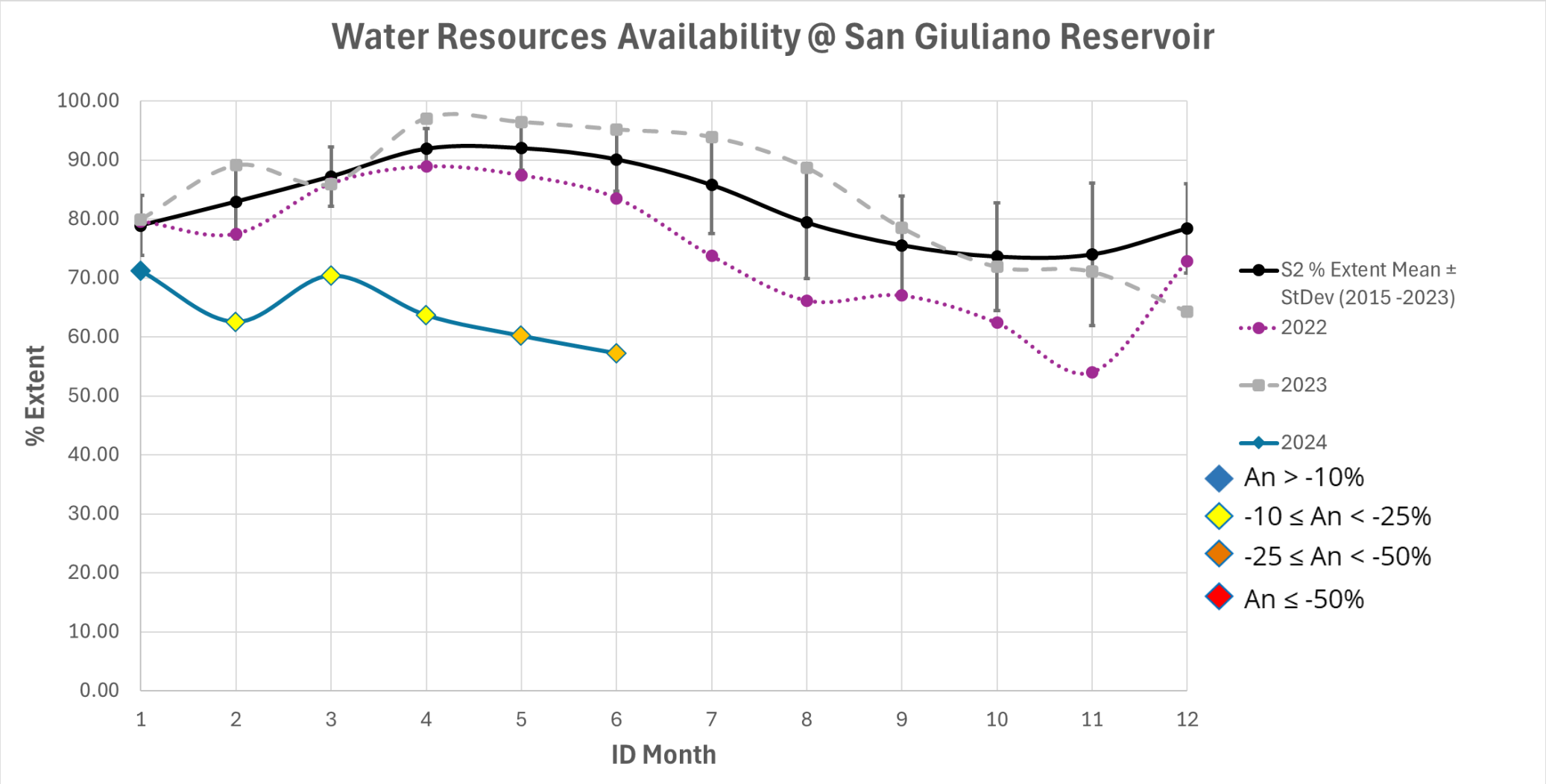
- Anomalie calcolate in modalità rolling
 - per il mese *mm* dell'anno *yyyy* → statistiche derivate considerando le mappe del mese *mm* per tutti gli anni tranne *yyyy*



Focus su 2024 – Invasi approvvigionamento Palermo



Focus su estate 2024 – Lago San Giuliano

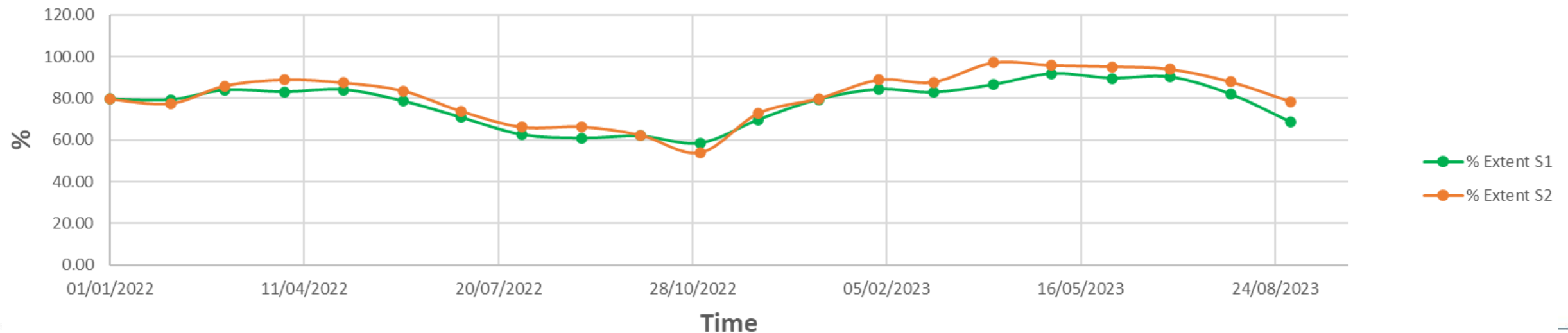


Integrazione Ottico-SAR - Lago San Giuliano

- Confronto percentuali riempimento mensile derivate da *Sentinel-2* e *Sentinel-1* (gennaio 2022 – agosto 2023).
- Ottimo accordo tra le due serie temporali

Metrica	Valore
ρ [-]	0.96
μ_{Diff} [%]	3.55
σ_{Diff} [%]	3.49
RMSE [%]	4.92

Time Series: Monthly % Extent S1 vs Monthly % Extent S2



Conclusioni e prospettive

- Risultati chiave:
 - Dimostrare fattibilità e possibilità operative di *monitoraggio estensione dei corpi idrici continuo* (ogni 5 giorni) e ad *alta risoluzione* (5-10 m²)
 - Capacità di identificare *dinamiche rapide di variazione degli invasi*, cruciali per la gestione della risorsa idrica (Estate 2024)
 - Buona *coerenza con dati volumetrici di riferimento*
- Lesson learnt/best practice
 - Integrazione Ottico-SAR per superare limiti singoli sensori (e.g., *nubi per ottico, rumore e vento per SAR*) → *robustezza e limitazione gap temporali*
 - Miglior dettaglio spaziale (importante per laghi piccoli) con CSK/CSG
- Idea Progettuale / Tema di R&D
 - Sviluppo *catena di processamento automatica* per servizio su grandi scale
 - Creazione di un'*interfaccia web* per fruizione interattiva dei dati (mappe, serie temporali) e permettere *accesso diretto e immediato utenti finali*



Grazie per l'attenzione



www.cimafoundation.org

luca.pulvirenti@cimafoundation.org