

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

L'Osservazione della Terra pEr la sTima precoce dei fabbisogni Irrigui (progetto TETI)

Giuseppe Satalino (CNR-IREA)
Team TETI



Partners



- Giuseppe Satalino, Francesco Mattia, Anna Balenzano, Francesco Lovergine, Cinzia Albertini
Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA), Bari (Ente proponente di TETI)



- Sergio Ruggieri¹, Pasquale Garofalo¹, Michele Rinaldi²
Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria (CREA), ¹ Agricoltura e Ambiente (CREA-AA), Bari, ² Cerealicoltura e Colture Industriali (CREA-CI), Foggia



- Vito Iacobellis, Andrea Gioia
Politecnico di Bari (PoliBA), Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica (DICATECh), Bari



- Donato Impedovo
Università degli Studi di Bari Aldo Moro (UniBA), Dipartimento di Informatica, Bari



- Luigi Nardella, Michele Di Cataldo, Nicoletta Noviello
Consorzio per la Bonifica della Capitanata (CBC), Foggia



- Deodato Tapete, Rocchina Guarini, Patrizia Sacco, Maria Virelli
Agenzia Spaziale Italiana (ASI)

TETI è finanziato dall'ASI con l'Accordo n. 2023-52-HH.0



Contesto programmatico: I4DP_SCIENCE



- **Sviluppo dimostrativo** – attraverso casi d’uso e progetti pilota
- **Preparare servizi downstream** di nuova generazione basati sull’utilizzo di metodi, algoritmi e dati scientifici
- **Sviluppo di applicativi** basati su nuovi metodi e algoritmi di analisi di dati satellitari
- **Punto di partenza:** Metodi e algoritmi con Scientific Readiness Level – SRL non inferiore a 4 (Proof of concept)

I4DP_SCIENCE Seconda Call “Agricoltura e Uso Sostenibile delle Risorse Idriche”



Ambiti applicativi:

- ✓ **agricoltura sostenibile**
- ✓ **gestione delle risorse idriche**
- ✓ **mitigazione degli eventi meteo-climatici e degli effetti del cambiamento climatico**



Call for Ideas

“Innovation for Downstream Preparation for Science”

I4DP_SCIENCE

Sviluppo di applicativi basati su nuovi metodi e algoritmi di analisi di dati satellitari e formazione di personale a qualificazione medio-alta, in diversi settori applicativi e del *downstream* scientifico

Agricoltura e Uso Sostenibile delle Risorse Idriche
(Seconda call)

Osservazione della Terra pER la sTima precoce dei fabbisogni Irrigui

Obiettivo: Implementare un Sistema di Supporto alle Decisioni Spaziali (SDSS) per fornire previsioni del fabbisogno irriguo a scala di bacino

Scopo: Migliorare la pianificazione delle risorse irrigue e l'efficienza dell'uso dell'acqua in agricoltura

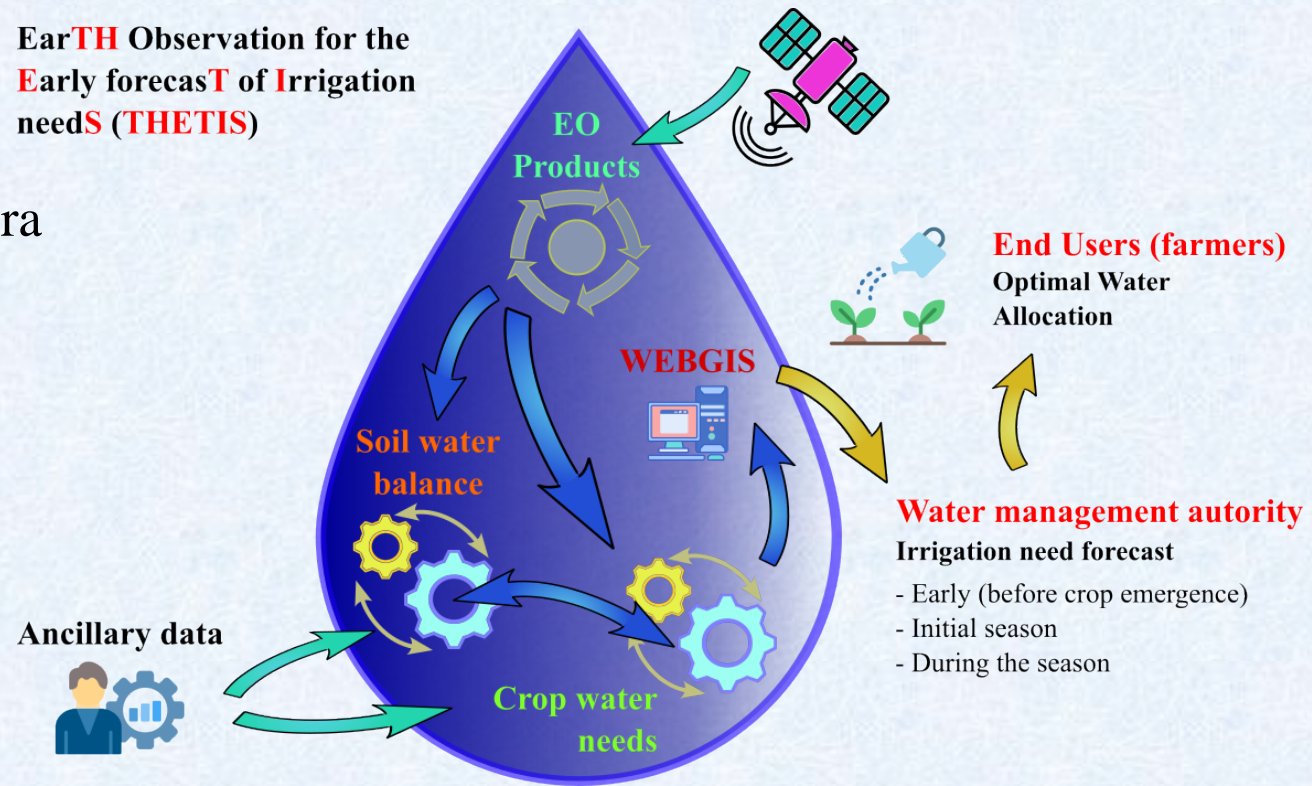
TETI integra:

- Mappe tematiche innovative derivate da EO
- Modellazione idrologica e colturale
- Modelli di IA per la spazializzazione dei dati meteo-climatici
- Interfaccia WEBGIS

Risultati attesi: Previsioni dei fabbisogni irrigui

- ✓ in fase precoce (allo stato di semina delle colture)
- ✓ all'inizio della stagione
- ✓ durante la stagione, settimanali

Ear**TH** Observation for the **E**arly forecast**T** of Irrigation needs (**THETIS**)



Moduli Principali



TETI

Prodotti derivati da EO

Prodotti innovativi da dati EO multi-temporali e multi-frequenza (SAR e Ottici)

Modulo IA

Modellistica spaziale e previsione di dati meteo-climatici

Modello idrologico del bilancio idrico del suolo (SWB)

Bilancio idrico con l'adozione di diversi modelli idrologici (ad es. BIGBANG, DREAM e SMAR), collegati ai prodotti EO e al Modello Colturale

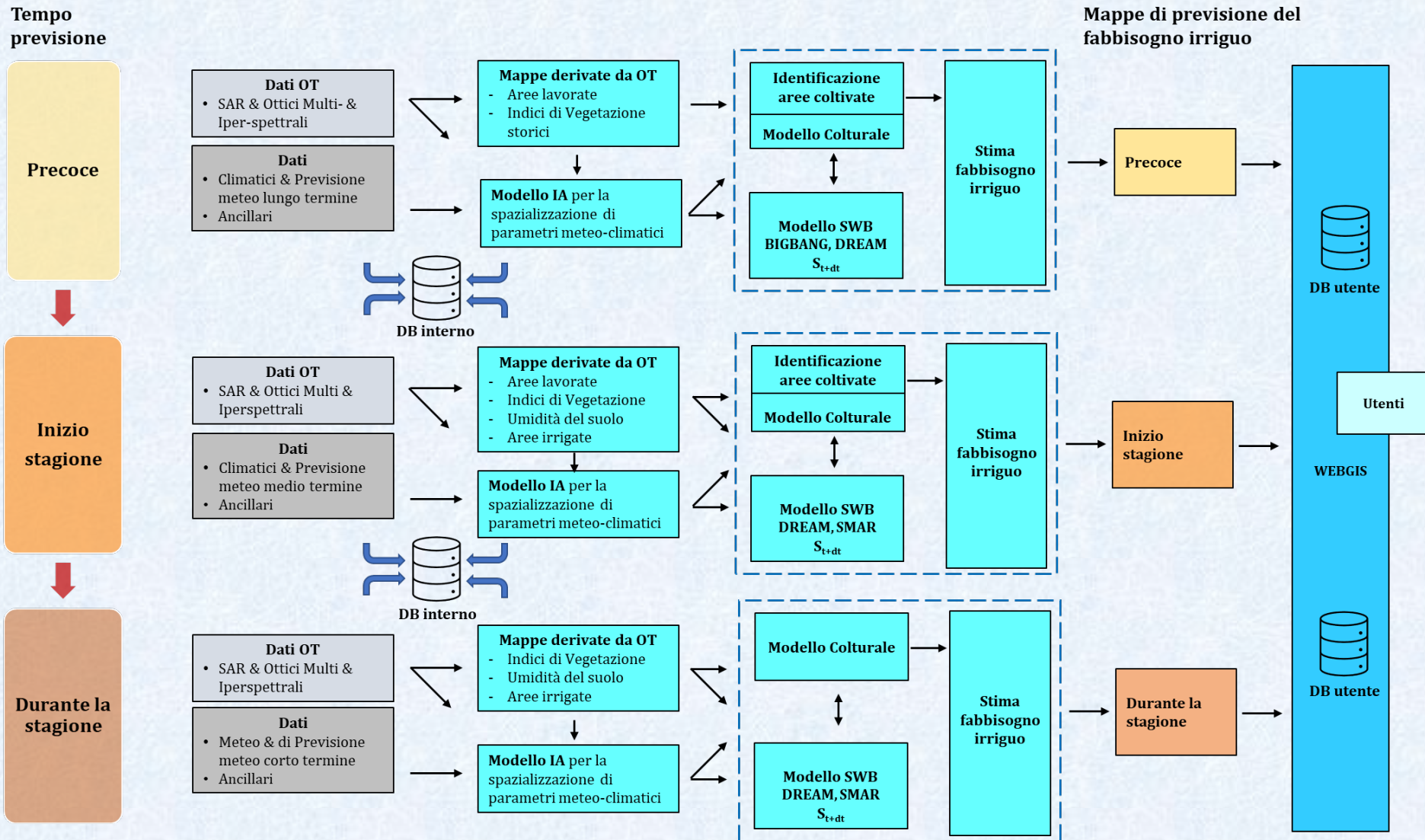
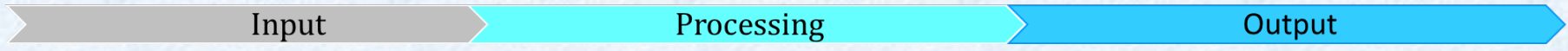
Modello Colturale (CM)

Basato sull'architettura AquaCrop, userà gli input dei moduli EO, IA e SWB per la previsione dei fabbisogni idrici

WEBGIS

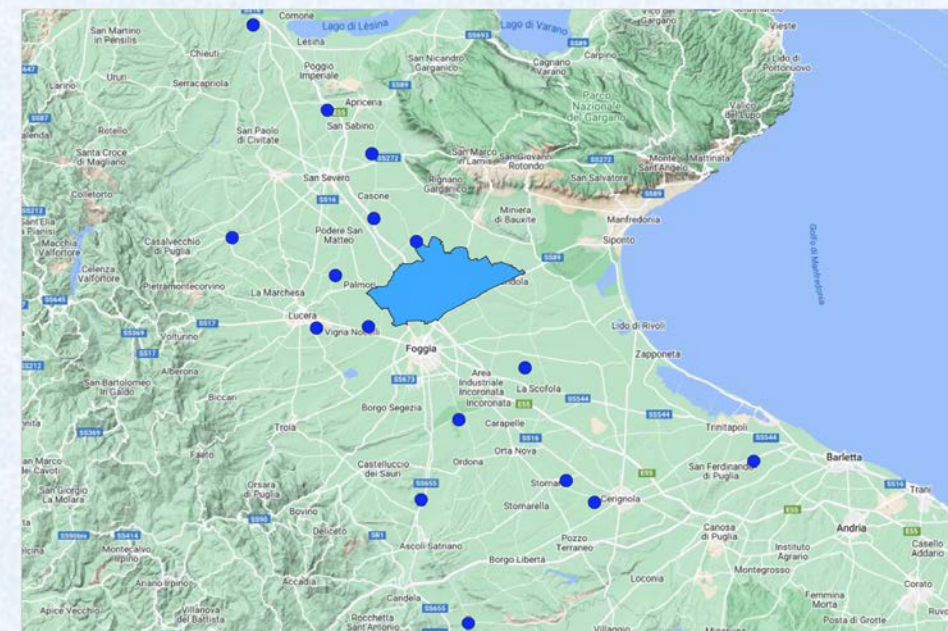
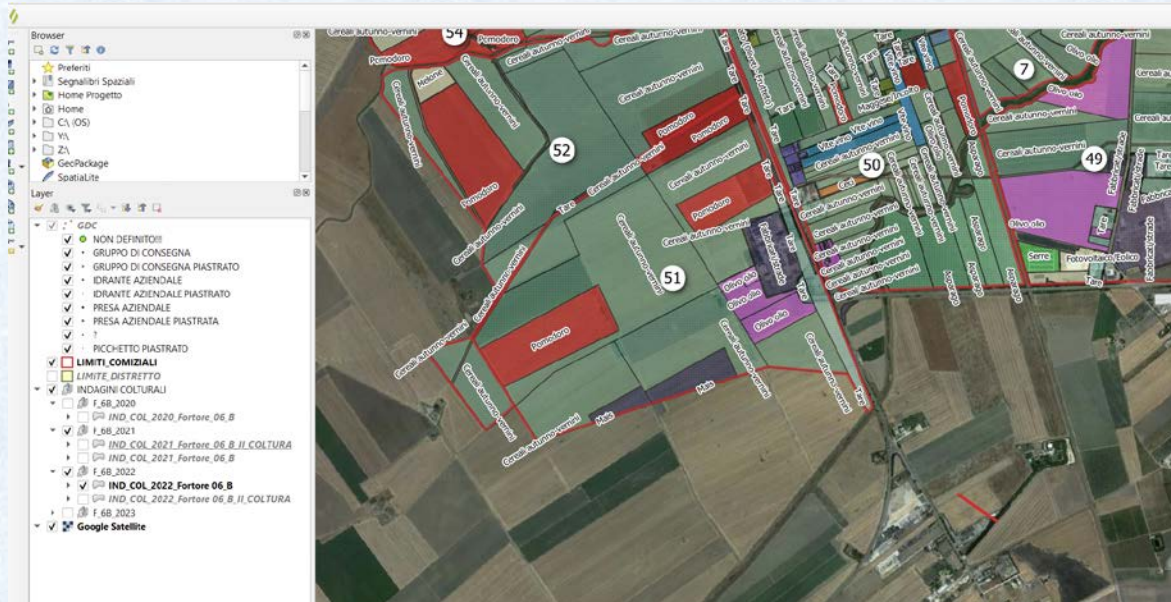
Interfaccia per l'accesso ai prodotti EO e alle mappe di output di TETI

Architettura



Consorzio per la Bonifica della Capitanata, che contribuirà alla:

- ❑ Definizione dei requisiti utente
- ❑ Fornitura dati disponibili (storici e futuri)
 - 16 stazioni agrometeorologiche (gestite da CBC)
 - Consumi irrigui nell'area Fortore 6B
 - Indagini culturali 2020 al 2023

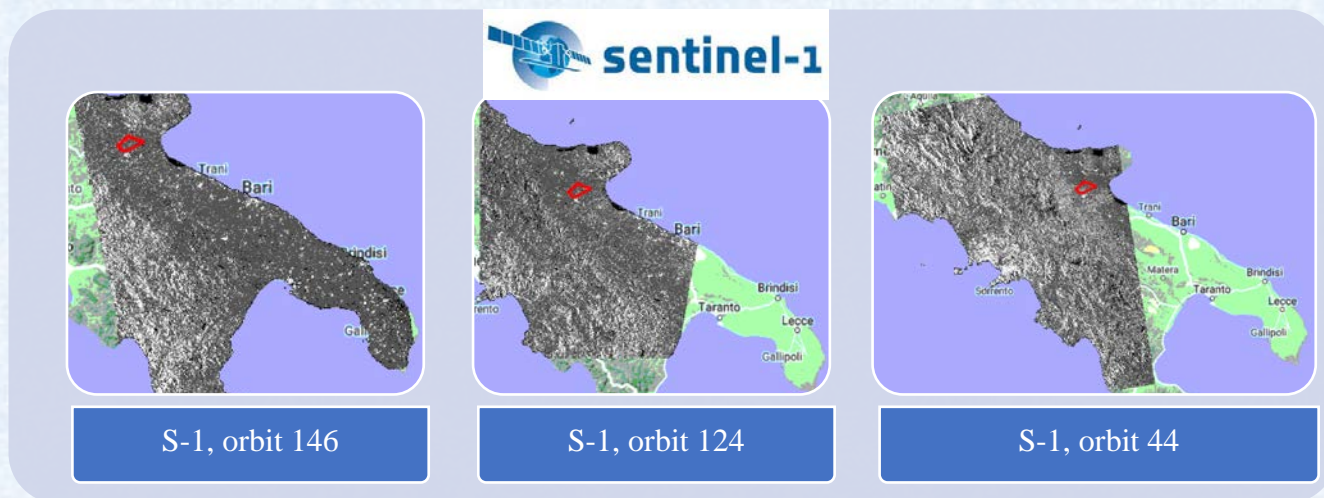


Distretto Irriguo "6B" gestito da CBC (area azzurra) e posizioni delle stazioni agrometeorologiche (punti blu)

Attività di raccolta sull'area di studio di:

- dati SAR e sensori ottici multi-missione e multi-frequenza (già acquisiti dal CNR-IREA)
- nuove acquisizioni di dati EO per la prossima stagione

Missioni EO: Sentinel-1, Sentinel-2, PRISMA, SAOCOM, CSK/CSG



Esempi di prodotti EO su Tavoliere pugliese già disponibili presso CNR-IREA per il 2021 e il 2022

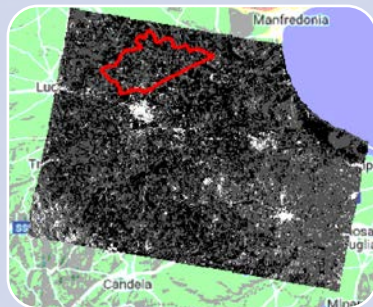




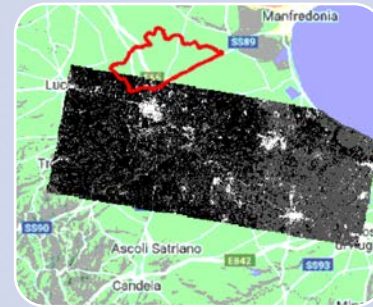
SAOCOM



SAOCOM, orbit
A-S3DP-0445



SAOCOM, orbit
D-S4DP-1659



SAOCOM, orbit
D-S4DP-1659



CSK/CSG



COSMO, orbit A-0432



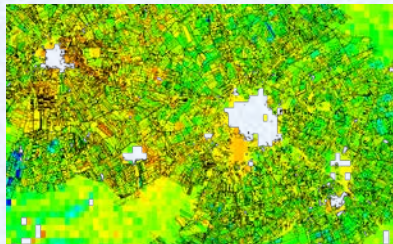
COSMO, orbit A-0432



COSMO, orbit D-1656

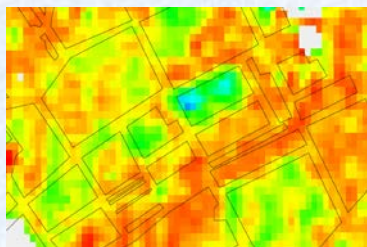
Esempi di prodotti EO su Tavoliere pugliese già disponibili presso CNR-IREA per il 2021 e il 2022

☐ Umidità superficiale del suolo (SSM)



- *mediante*: l'algoritmo STCD (Short Term Change Detection) implementato nel software **SMOSAR**
- *da*: dati SAR (@ 1 km) e loro estensione a "scala di campo" (~0.1 km) integrando dati ottici (ad esempio, S-1 e S-2) e bordi delle parcelle (LPIS)
- *utilizzo*: nel modello SWB, per migliorare il bilancio idrologico

☐ Aree irrigate



- *mediante*: un algoritmo basato sul confronto del livello di umidità del suolo calcolato a due scale spaziali
- *da*: mappe SSM ad alta risoluzione
- *utilizzo*: nel CM, per l'individuazione di aree irrigate

☐ Campi lavorati (terreni arati o rullati)



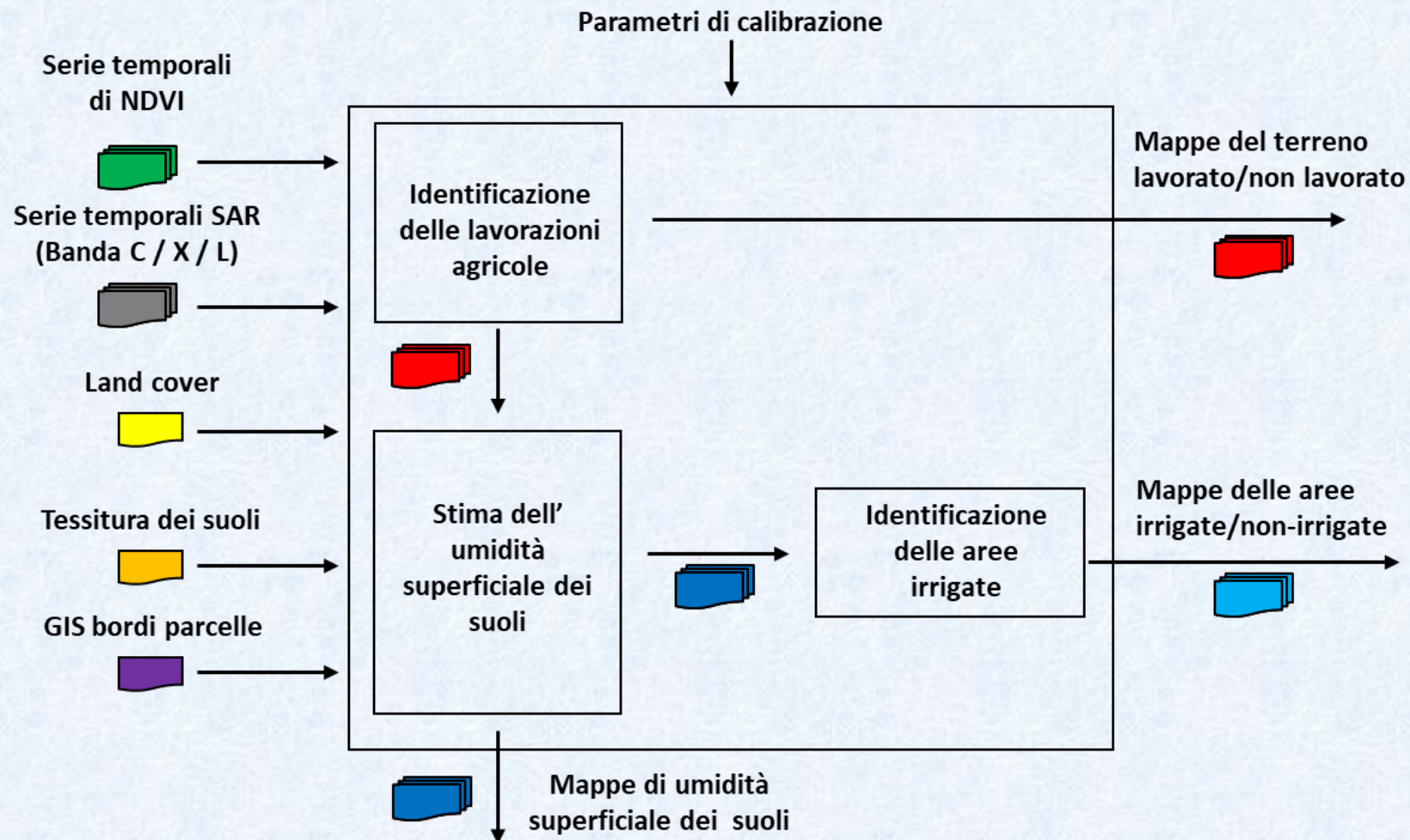
- *mediante*: un algoritmo di *change detection* basato su dati SAR incoerenti e coerenti
- *da*: dati SAR ed ottici (ad esempio, S-1 e S-2) e LPIS
- *utilizzo*: nel CM, per una precoce individuazione di aree probabilmente destinate all'irrigazione

Le informazioni derivate dai **dati EO** saranno integrate

- nel **modello idrologico**
- nel **modello colturale**

per migliorarne le prestazioni

SMOSAR è già stato consolidato e validato nel progetto finanziato da ASI:
 "Utilizzo di dati SAR multifrequenza per l'Agricoltura"
 (SARAGRI)

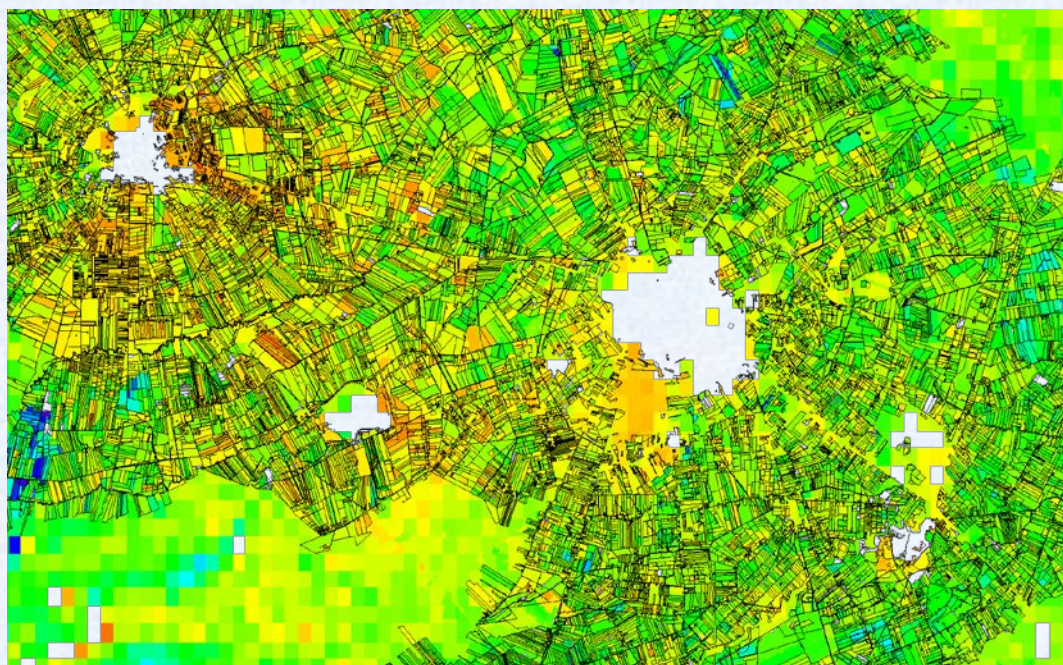


Schema semplificato dell'architettura software che include gli algoritmi di stima e di classificazione dei parametri




**Tavoliere
Pugliese**

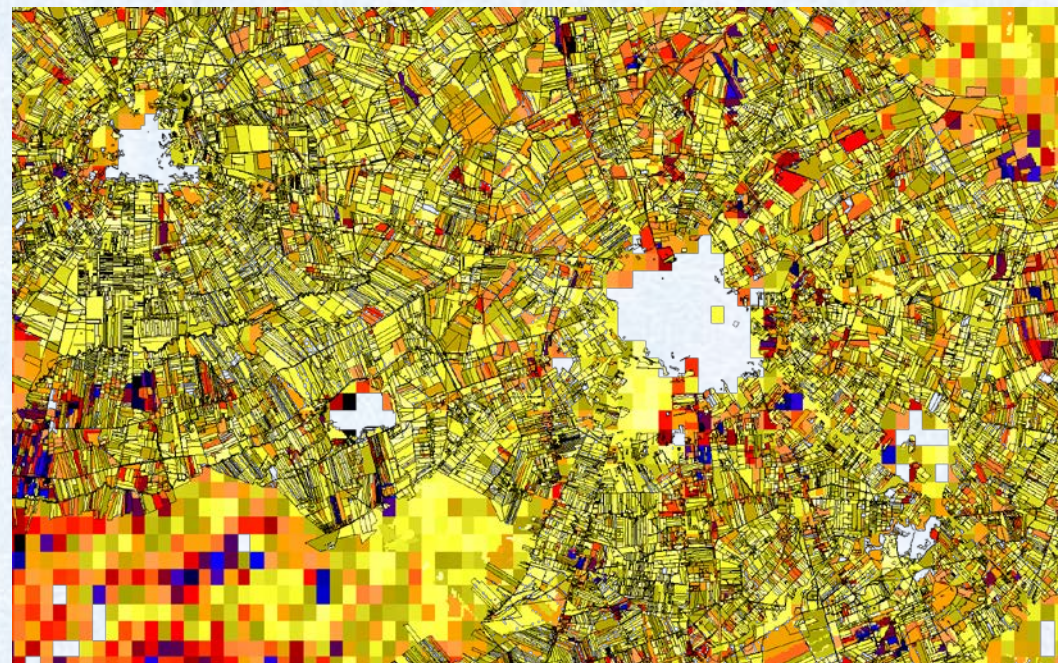
Esempio di SSM a scala di campo (media e incertezza) da S-1 e S-2




SSM 0.05 m^3/m^3 0.5



SSM



STD 0 m^3/m^3 0.1

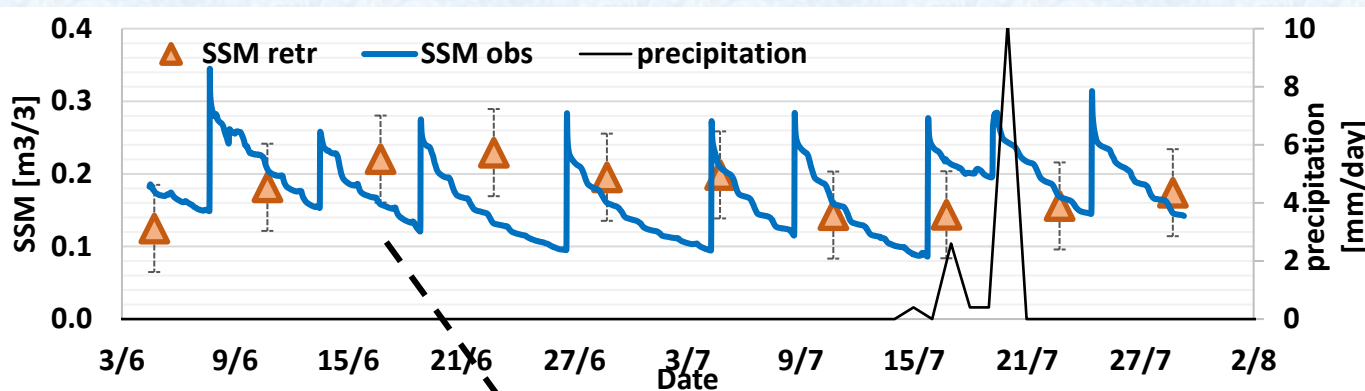


SSM std dev

50m pix res

March 12, 2021

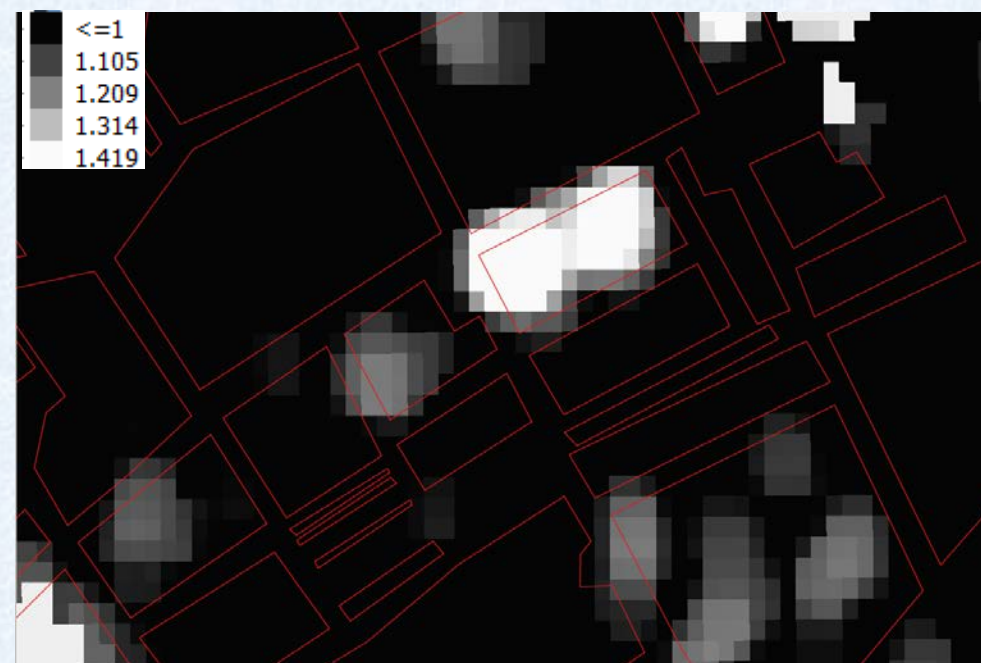
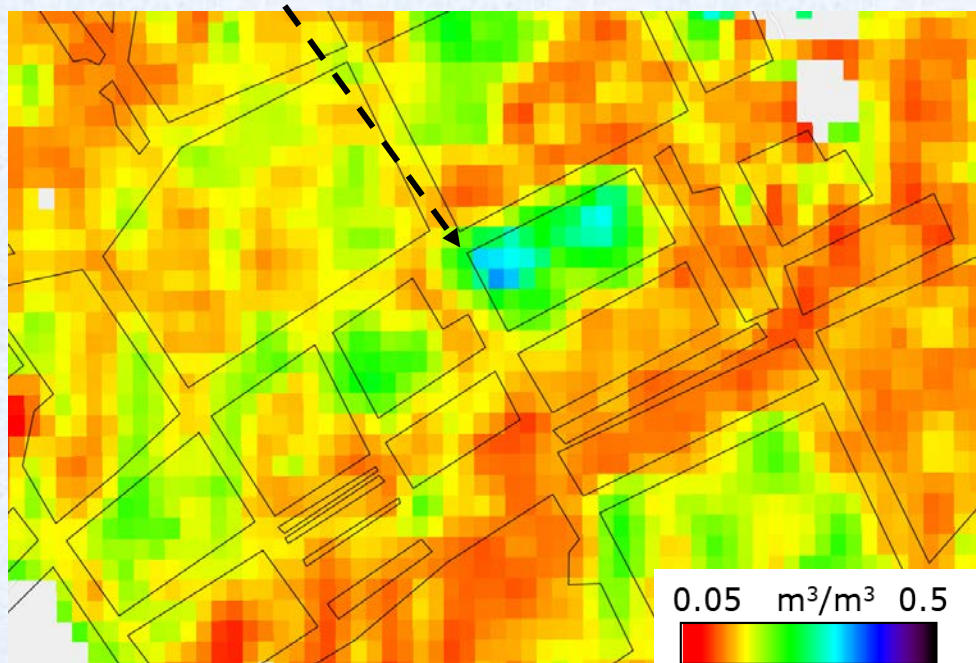
Esempio di mappa (Rapporto finale ASI-SARAGRI, 2023)



SSM relativo a mais irriguo 2021 (Tavoliere pugliese)

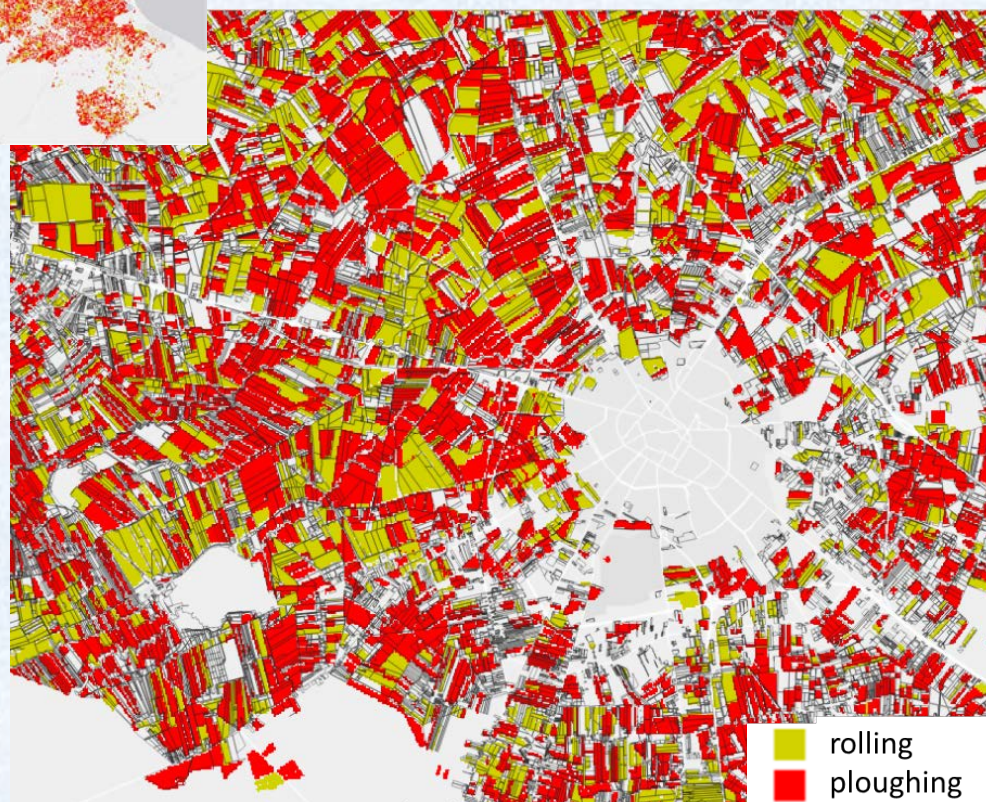


$$C = \frac{SSM_{>75Q,field}}{SSM_{>75Q>window}} > th$$



40m pix res

Potenzialità: individuazione precoce delle aree coltivate

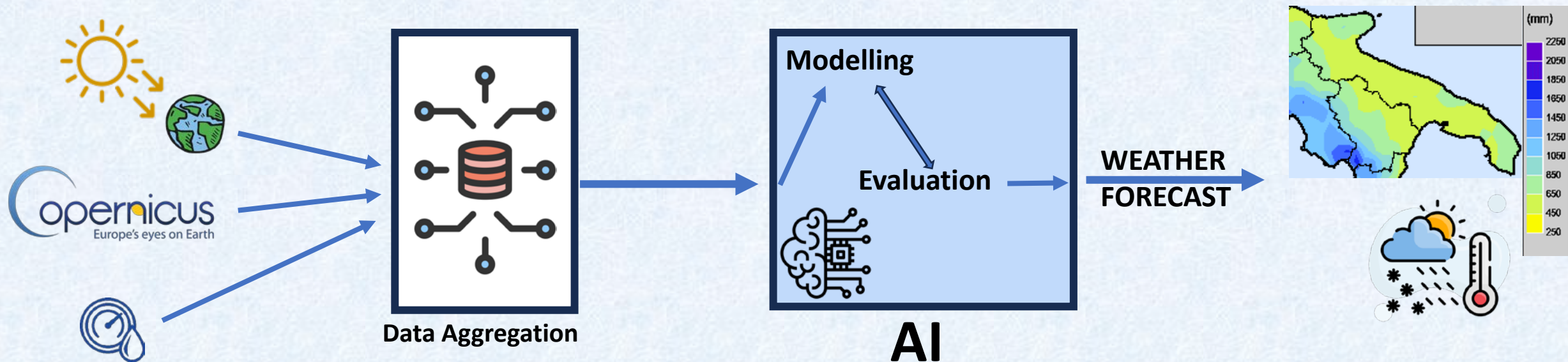


Mappa cumulativa stagionale delle lavorazioni, 01 Sett. - 30 Nov., 2021



NDVI da S-2 al 12 Aprile 2022

- ❑ Applicazione del Machine Learning e, più in generale, di IA per la previsione di parametri meteo-climatici di specifico interesse e la modellistica di supporto alle decisioni
- ❑ Tra questi parametri, ad esempio, l'indice di radiazione solare e la quantità di precipitazioni
- ❑ Un'altra attività riguarda la spazializzazione di questi dati (sia attuali che di previsione)



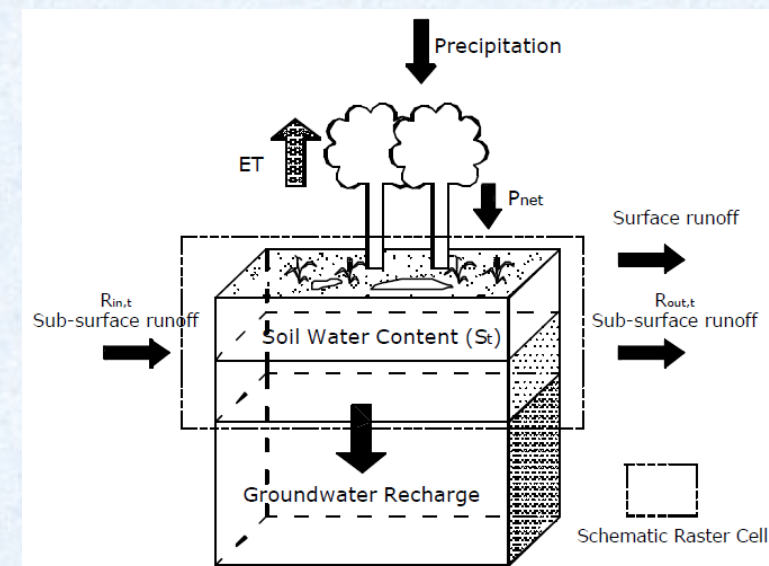
SWB sarà adattato per fornire stime del contenuto d'acqua nel suolo:

- con il livello di dettaglio fornito dai diversi casi d'uso:
 - in fase precoce (allo stato di semina delle colture)
 - all'inizio della stagione
 - durante la stagione
- in modo gerarchico, con precisioni progressivamente crescenti
- prevedendo un uso integrato tra:

modelli applicati a scala nazionale e ad intervalli mensili (ad es., **BIGBANG** – *Braca et al., 2021*)



modelli applicati a scala giornaliera e/o sub-giornaliera (ad esempio il modello **DREAM** - *Manfreda et al., 2005*) e **SMAR** (*Manfreda et al., 2012*), quest'ultimo in grado di mettere in relazione l'SSM dei dati EO con il contenuto di umidità degli strati più profondi



Gli output saranno utilizzati dal Modello Colturale nella previsione dei fabbisogni irrigui

Schema del Modello Culturale

CM produrrà **previsioni del fabbisogno irriguo**

- in fase precoce
- all'inizio della stagione
- durante la stagione

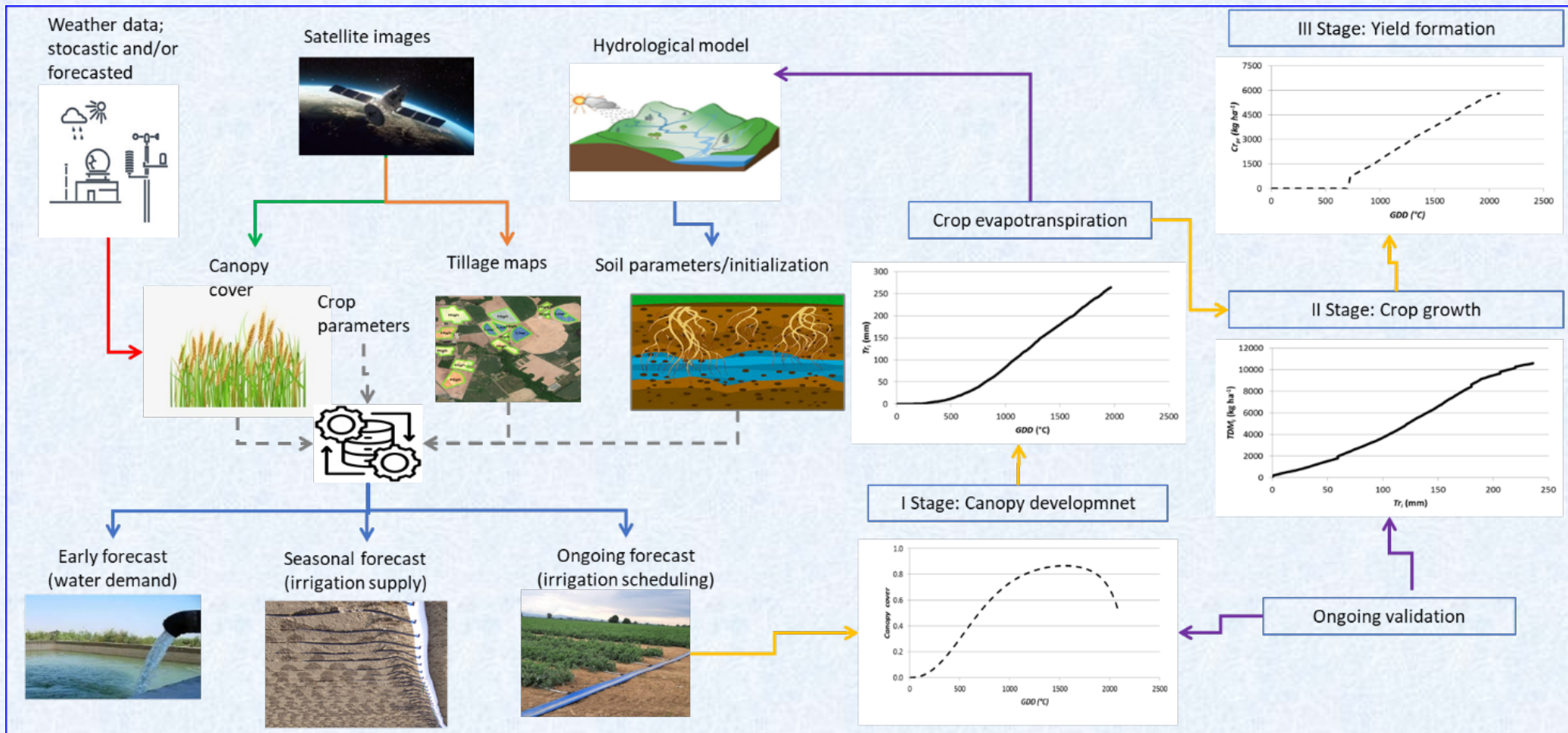
Esso si basa su **AquaCrop**.

Si articola in tre livelli interconnessi:

- i. sviluppo fogliare
- ii. crescita e produttività delle colture
- iii. bilancio idrico

Sarà adattato per:

- utilizzare i **parametri del suolo** da SWB
- utilizzare **prodotti derivati dall'EO**



Confronto tra:

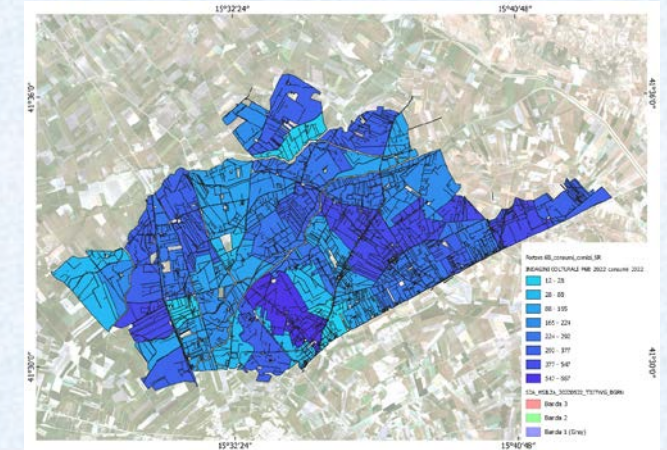
- ❑ le **quantità** di acqua stimate da CM e le quantità somministrate dalle aziende agricole
- ❑ le **aree irrigate** identificate dalle mappe derivate da EO e quelle effettivamente irrigate secondo le informazioni fornite da CBC

La validazione quantificherà le discrepanze tra:

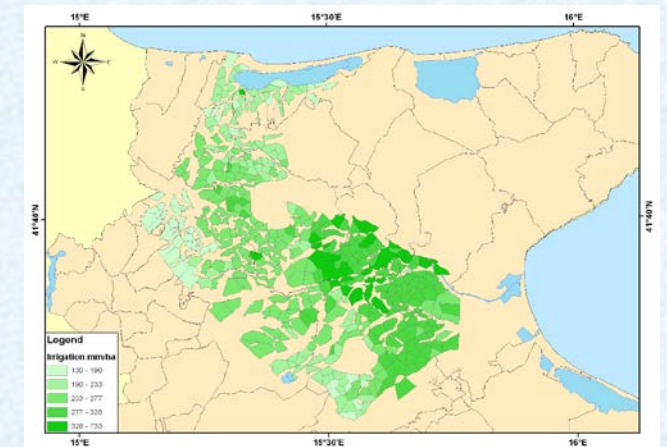
- ❑ le quantità stimate e reali di acqua di irrigazione
- ❑ l'accuratezza complessiva della classificazione (OA) nell'identificazione delle aree irrigate

La stima delle aree irrigate e del consumo irriguo sarà effettuata a:

- Marzo: previsioni anticipate
- Inizio maggio: previsioni stagionali
- Maggio - Settembre: previsioni durante il ciclo colturale

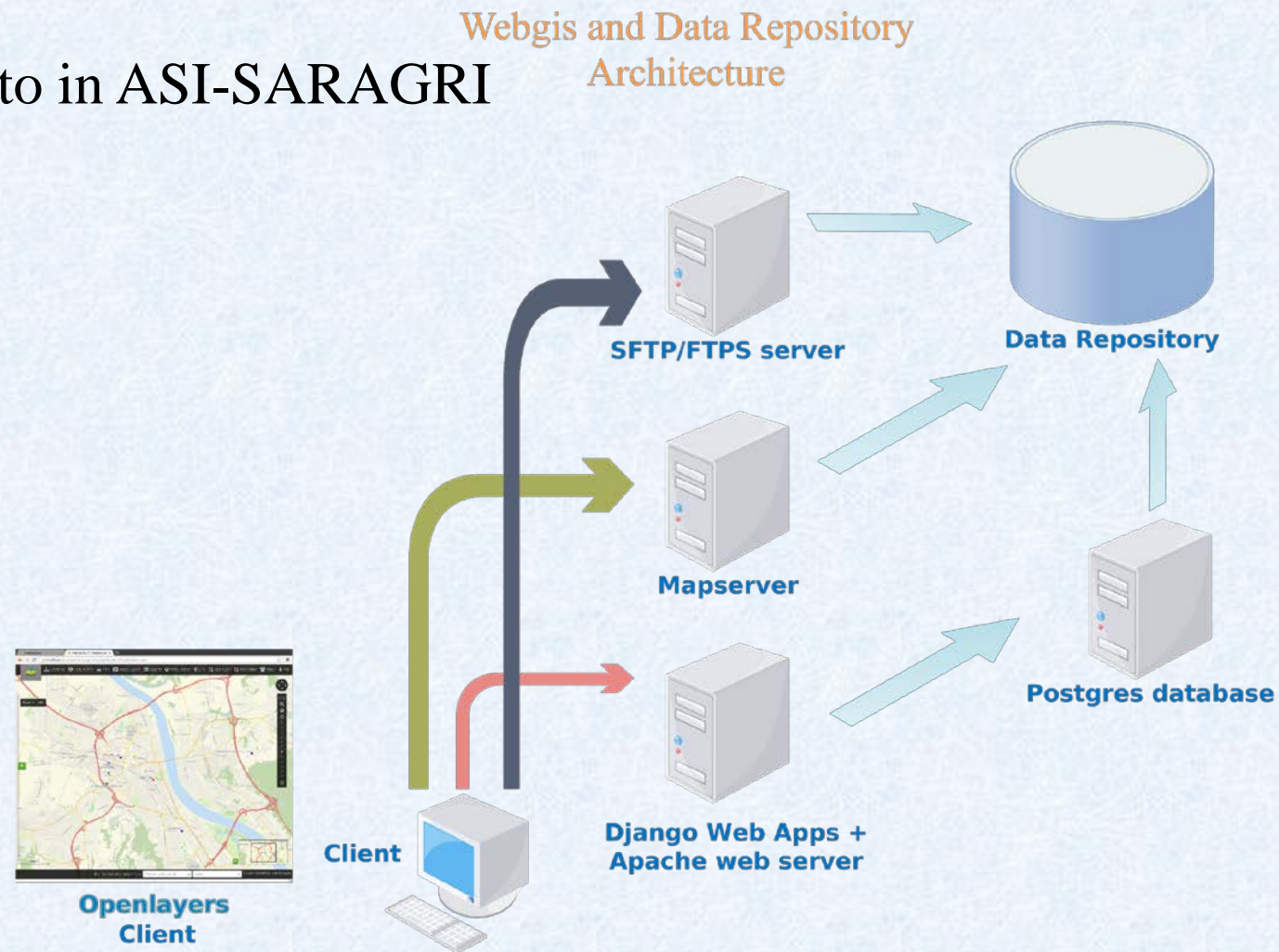
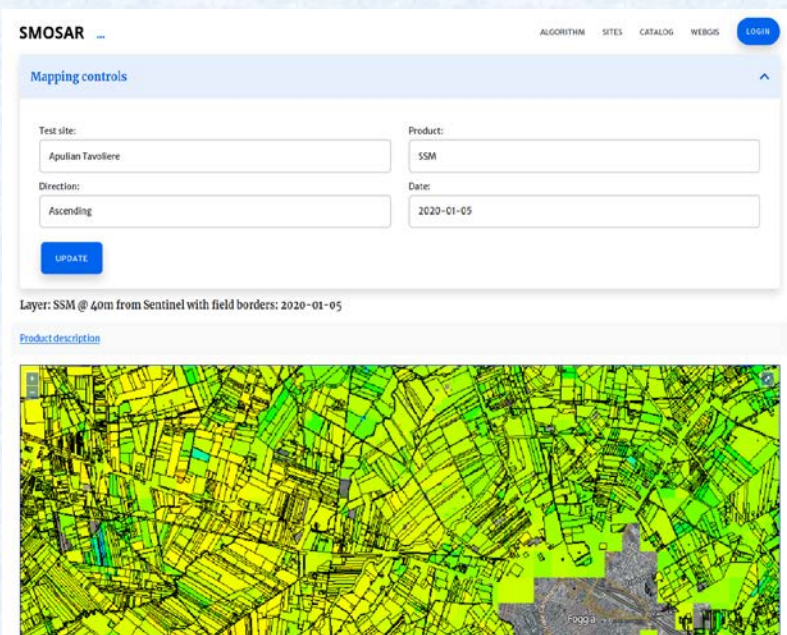


ESEMPIO di mappa di acqua distribuita dal CBC nel distretto 6B nel 2022 (m³)



ESEMPIO di mappa di irrigazione simulata (in passato) con "AquaCrop" su barbabietola

- Basata sul precedente sistema sviluppato in ASI-SARAGRI
- Architettura multi-tier
- Framework e strumenti FOSS
- Adattamento del backend and frontend
- <https://teti.irea.cnr.it/>



Architettura generale dei principali componenti informatici del servizio WEBGIS, inclusi i framework e gli strumenti FOSS