OPEN DAY ON DAMS



Impianti e Modelli per la Gestione delle Risorse Idriche

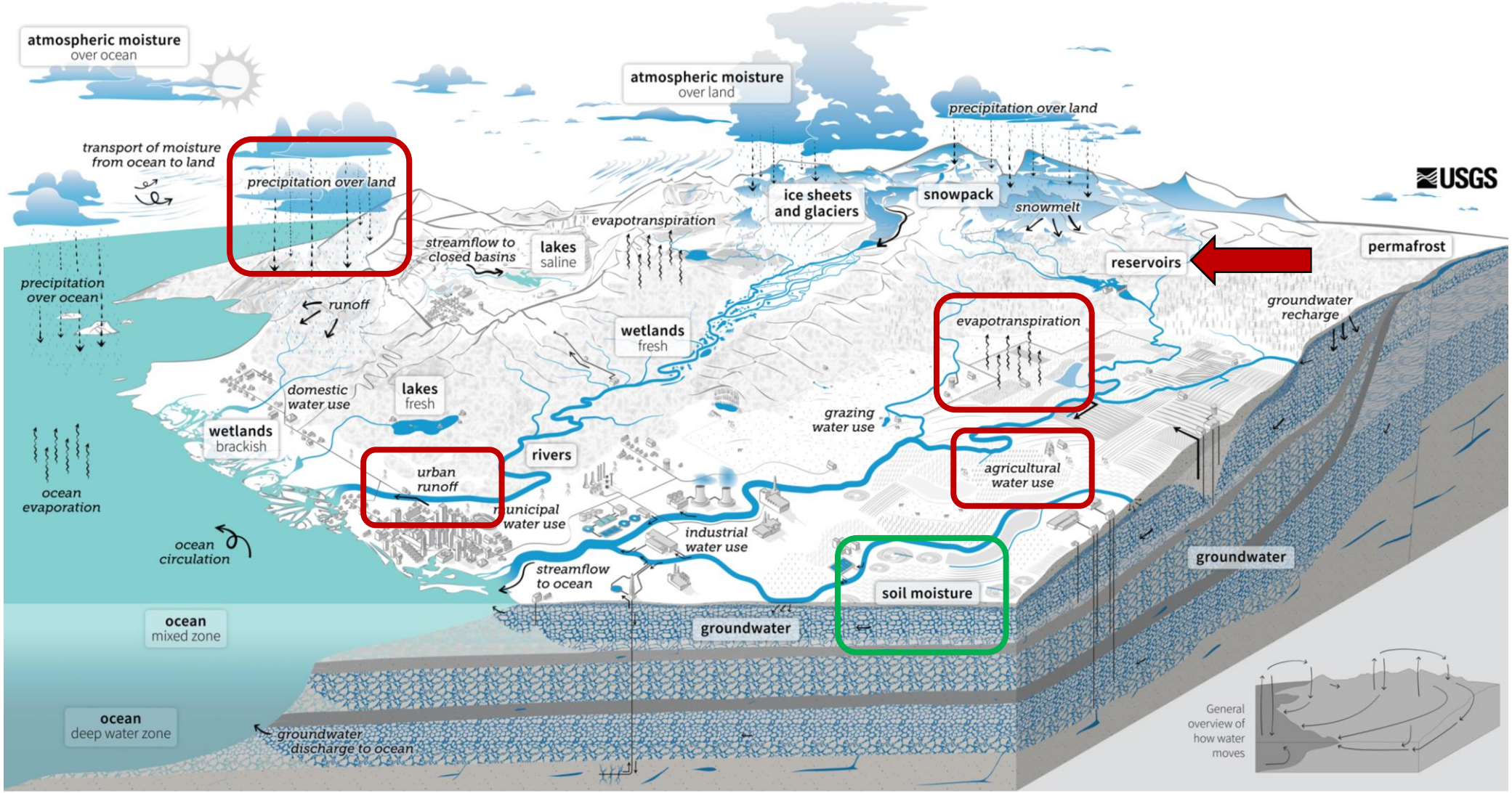
BARI , 30 maggio 2025

La modellistica idrologica per la stima del contenuto d’acqua del suolo

margherita.lombardo@unical.it

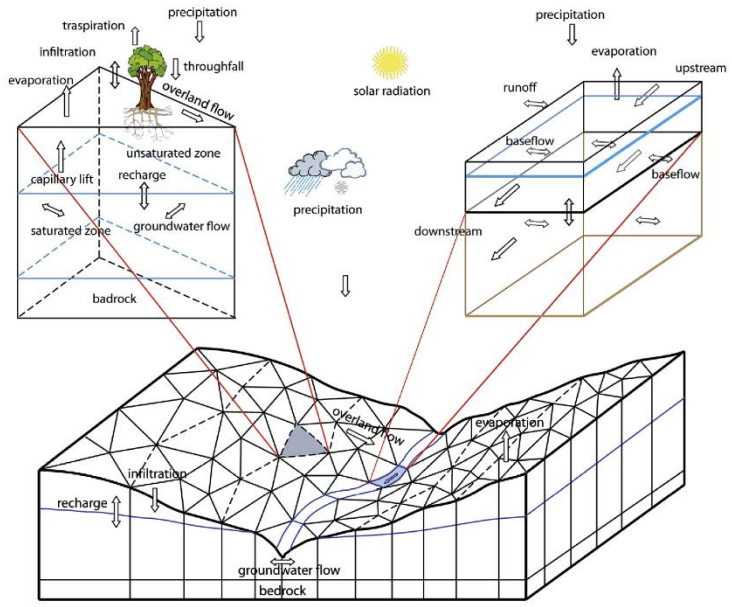
ITCOLD – II Concorso Fotografico

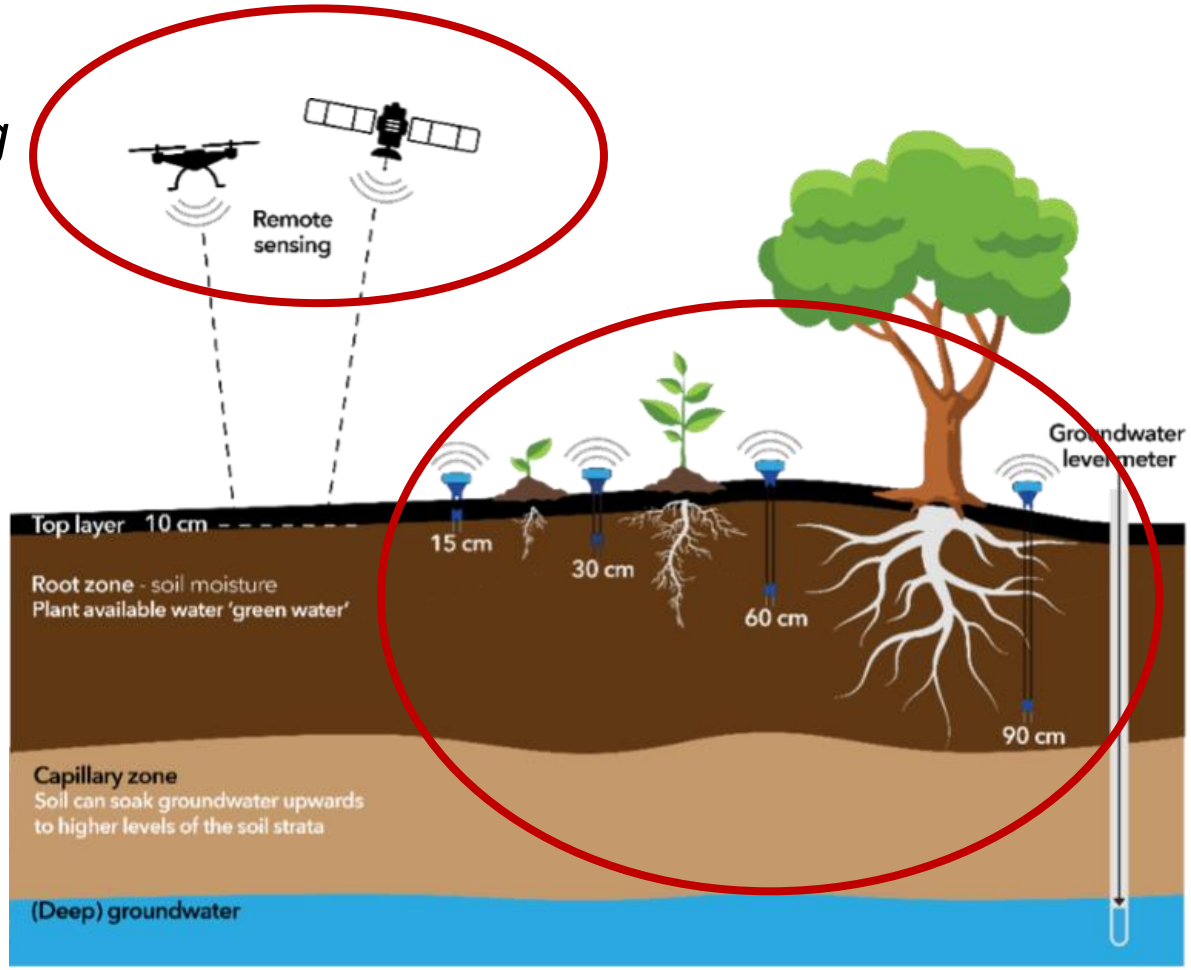
Il contenuto idrico del suolo nel ciclo idrologico



Monitorare e modellare il contenuto idrico del suolo

- Misure in situ
- Monitoraggio mediante *remote sensing*
- Modellazione idrologica





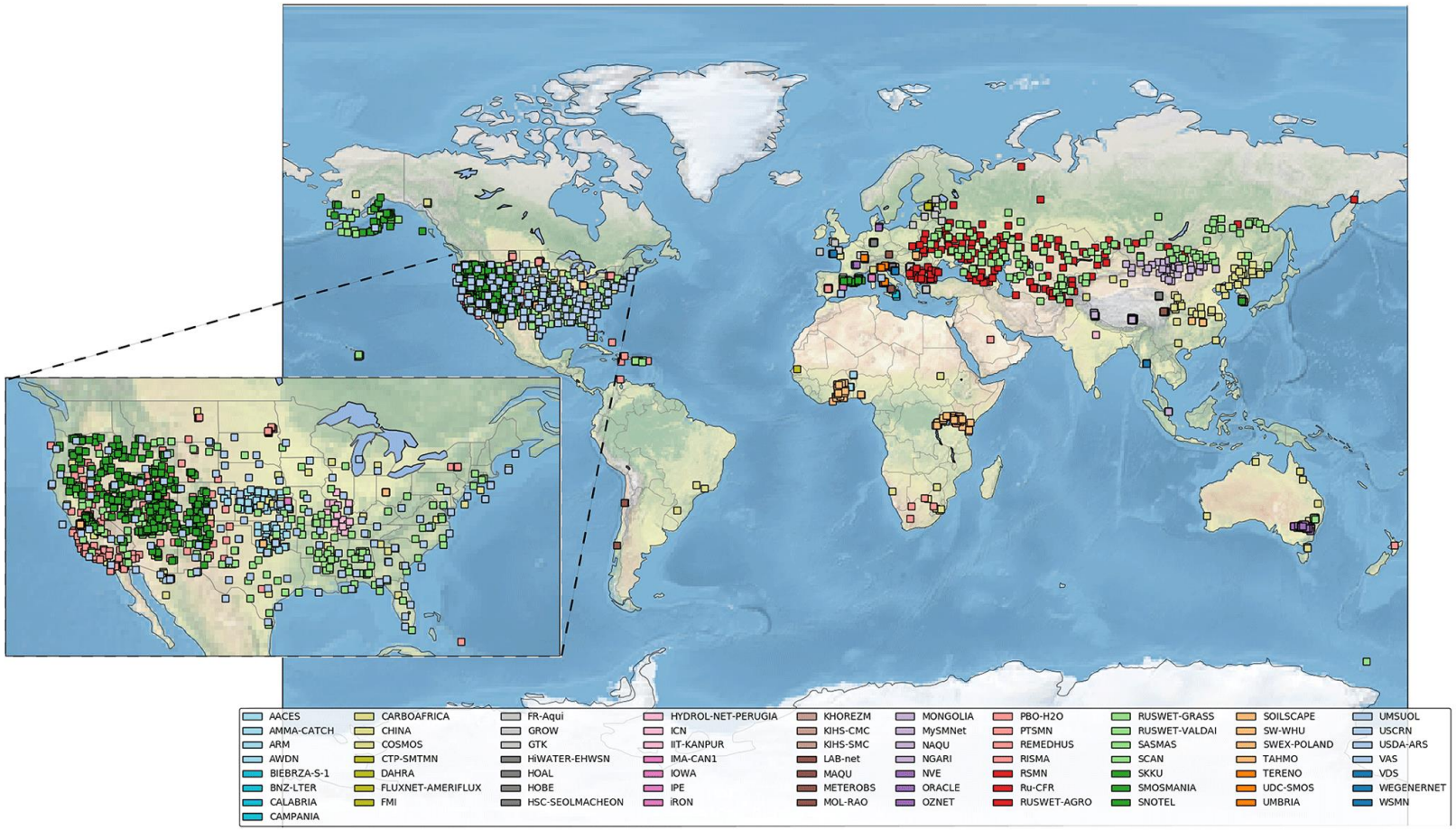
Misure in situ



Sonde dielettriche



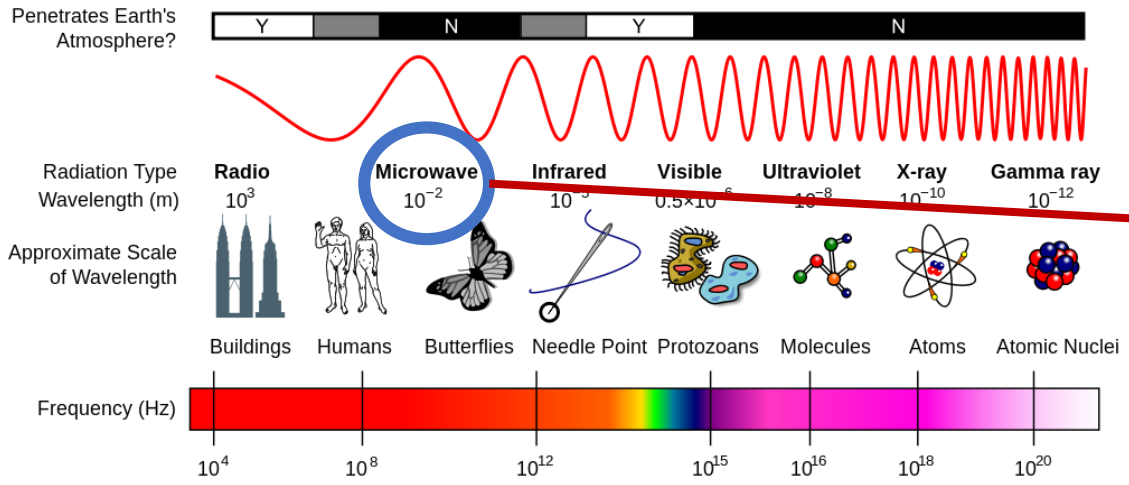
Stazione Cosmic Ray

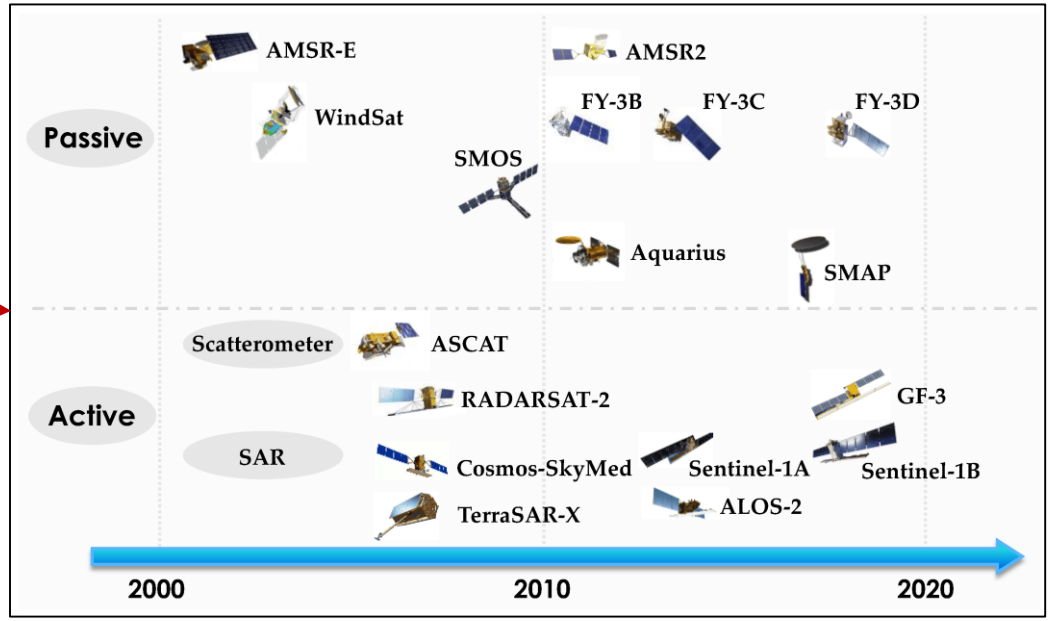


International Soil Moisture Network (ISMN)

- Maggiore accuratezza
- Limitata rappresentatività spaziale, dispendio temporale, manutenzione onerosa

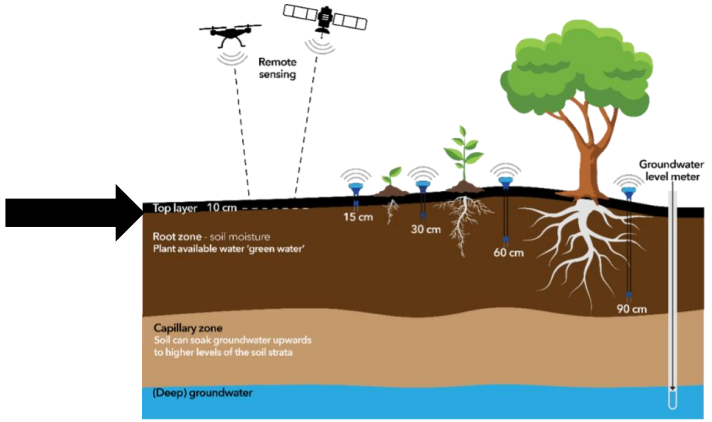
Monitoraggio mediante remote sensing





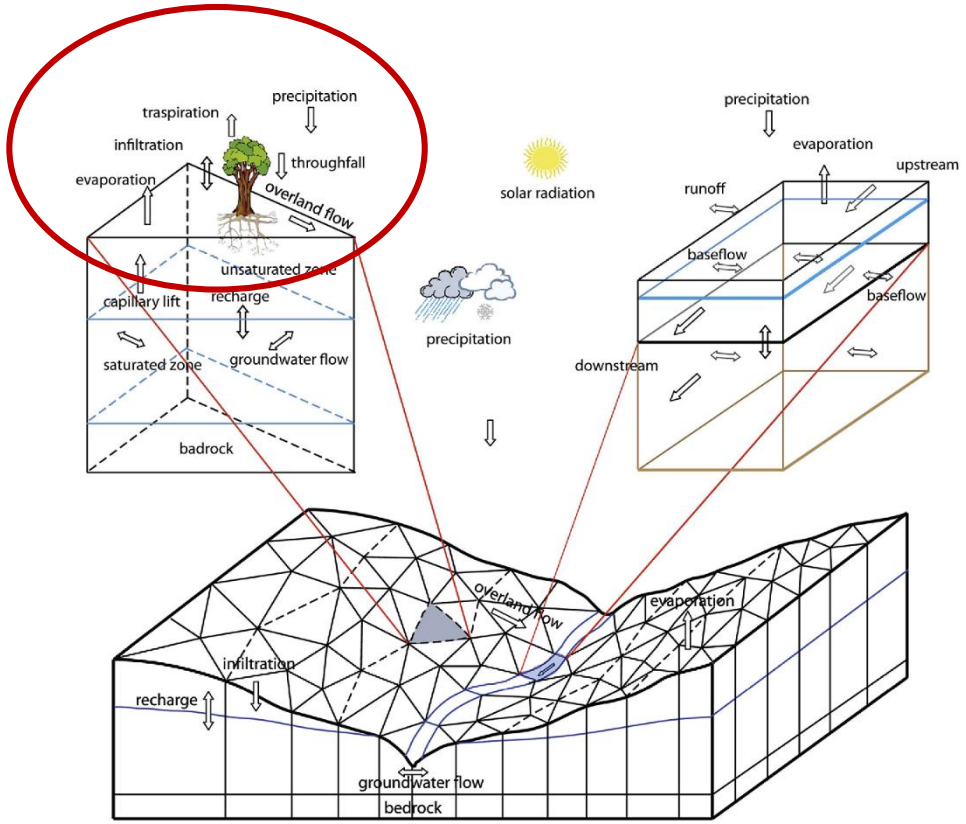
Radiazioni elettromagnetiche con diverse lunghezze d'onda

La profondità di riferimento si estende da **pochi millimetri** (per bande **ottiche e termiche**) ad **alcuni centimetri** per sensori a **microonde** nelle frequenze X, C o L)



Campi di applicazione: agricoltura, modellazione idrologica, previsione meteorologica

Modelli per la stima del contenuto idrico della zona radicale



La propagazione delle informazioni sull'umidità del suolo superficiale (SSM) a diverse profondità di interesse può essere effettuata attraverso diverse tecniche, tra cui:

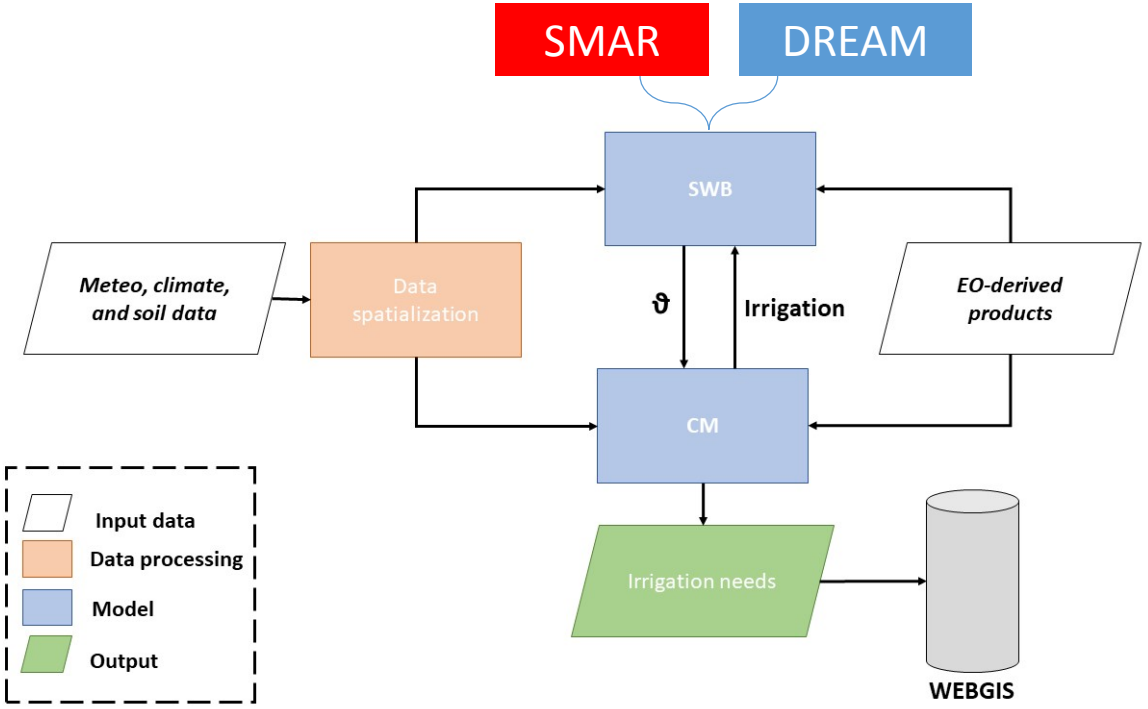
- **Filtro esponenziale** (vedi, ad esempio, Wagner et al., 1999; Albergel et al., 2008; Brocca et al., 2012)
- **Regressioni** (vedi, ad esempio, Zhang et al., 2017)
- **Reti neurali artificiali** (Souissi et al., 2022)
- Modelli fisicamente basati, come **SMAR** (Manfreda et al., 2014) e **SMAR EnKF** (Baldwin et al., 2017).

L’esperienza del progetto THETIS

THETIS

EarTH Observation for the Early forecasT of Irrigation needS

Innovation for Downstream Preparation (I4DP) *Agreement n. 2023-52-HH.0*



Politecnico di Bari

Università degli Studi di Napoli Federico II

istituto per il rilevamento elettromagnetico dell’ambiente

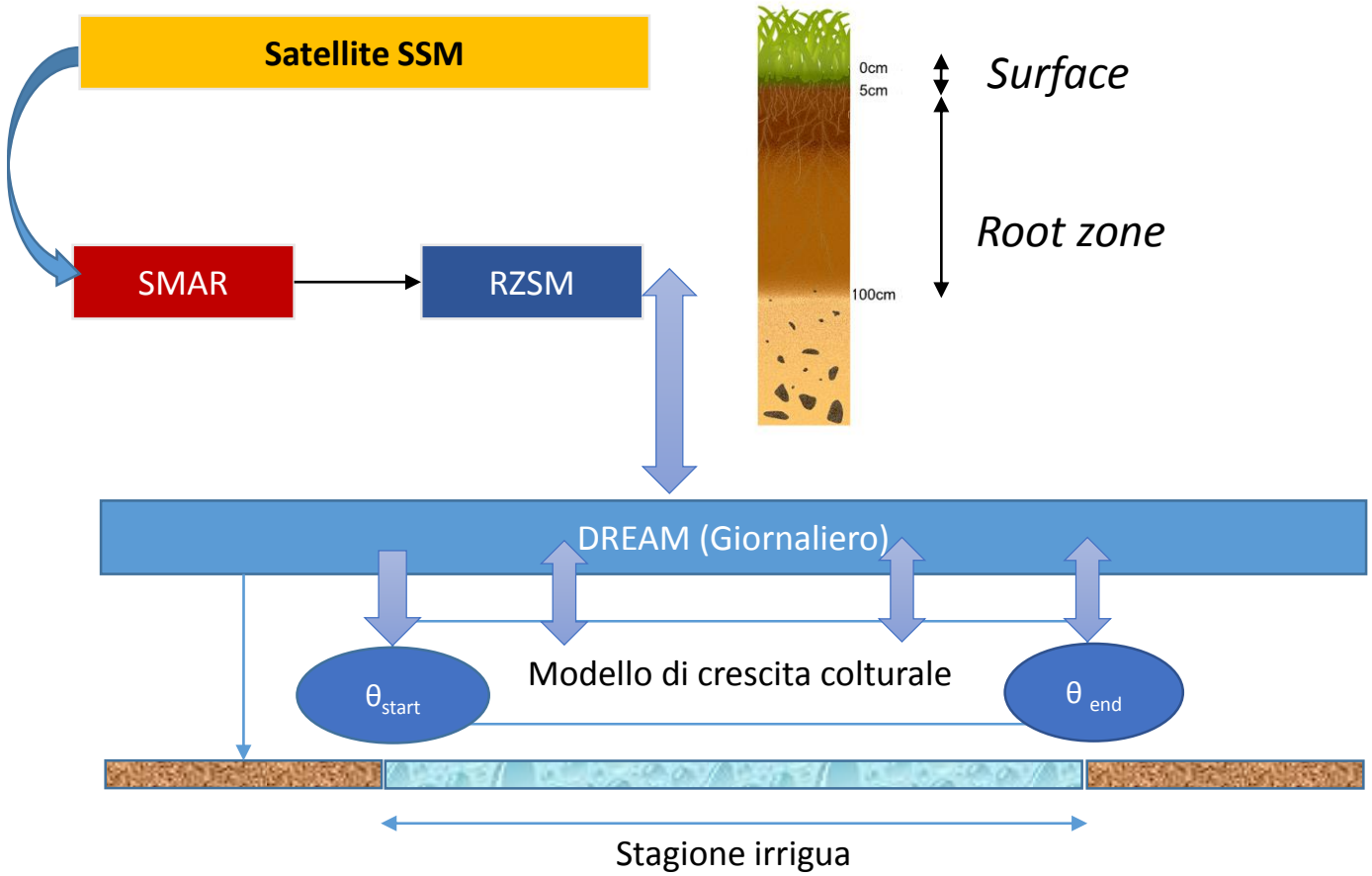
crea Consiglio per la ricerca in agricoltura e l’analisi dell’economia agraria

Università degli Studi di Bari Aldo Moro

Consorzio per la Bonifica della Capitanata

Agenzia Spaziale Italiana

Logica e componenti del modulo SWB



- Bilancio semplificato tra due strati di suolo
- Riporta l'informazione dalla superficie alla *root zone*
- Passo temporale di 1 giorno
- Applicazione di tipo puntuale

SMAR

- Bilancio idrologico giornaliero fisicamente basato a parametri semi-distribuiti
- Passo temporale di 1 giorno
- Applicazione distribuita su tutto il bacino idrografico di riferimento

DREAM

Il modello DREAM [1]

Distributed model for **R**unoff, **E**vapotranspiration, and **A**ntecedent soil **M**oisture simulation

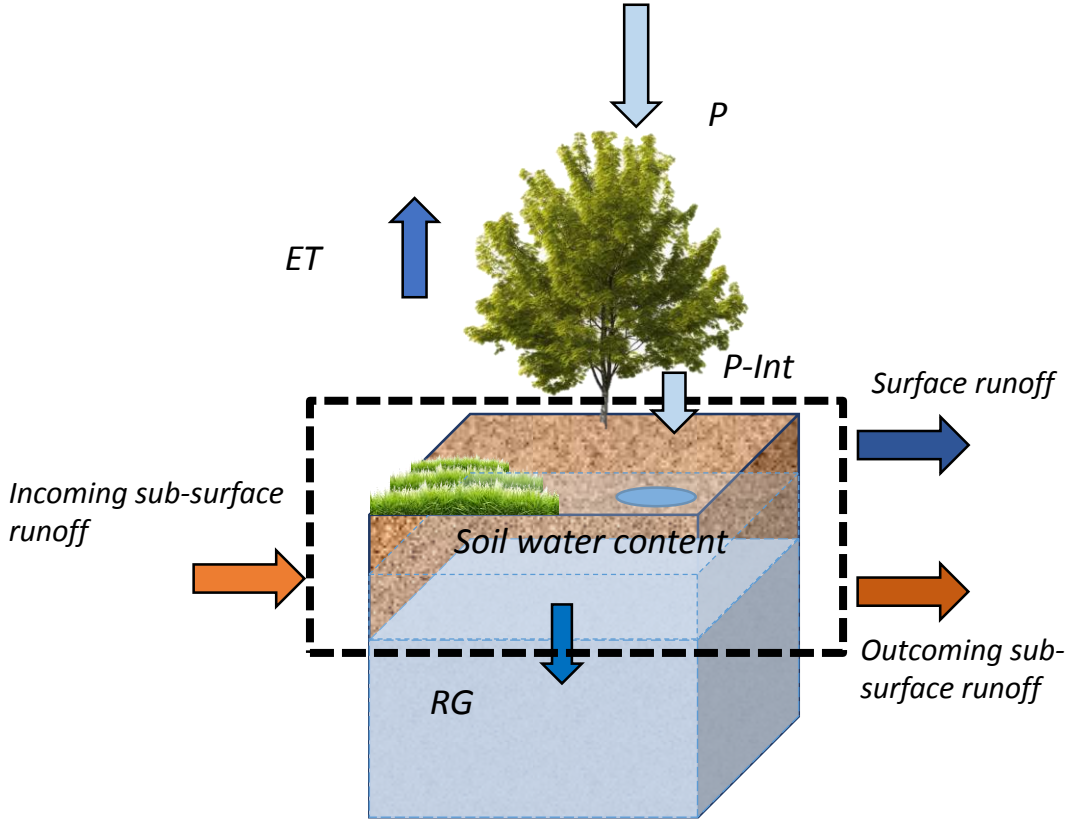
Componente giornaliera del modello DREAM

Applicazione a scala di bacino

Equazione di bilancio idrico del suolo

$$S_{t+\Delta t} = S_t + I_t + RS_t - RG_t - ET_{veg}$$

S: soil water content, I: infiltration, RS: subsurface runoff, RG: grownwater recharge, ET: Evapotranspiration



[1] Manfreda, S., Fiorentino, M., & Iacobellis, V. (2005). DREAM: a distributed model for runoff, evapotranspiration, and antecedent soil moisture simulation. Advances in Geosciences, 2, 31-39.

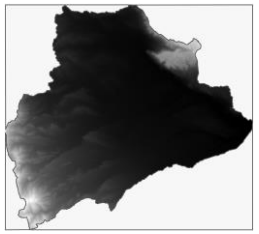
Parametri distribuiti

Condizioni iniziali

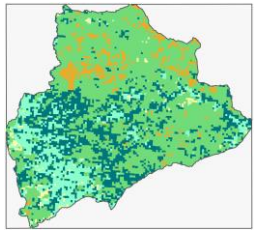
Forzanti meteorologiche

Costanti nel tempo

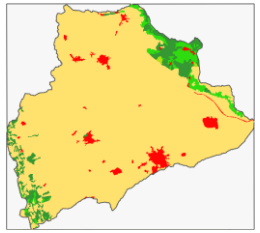
Variabili nel tempo



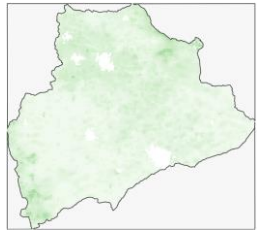
Dati topografici
- Dem
- Slope
- Flow accumulation



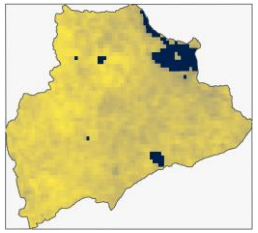
Tipo di suolo
Composizione del suolo
Proprietà idrauliche del suolo

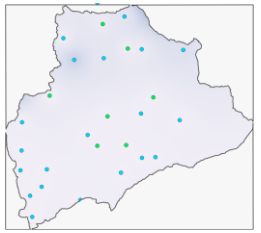


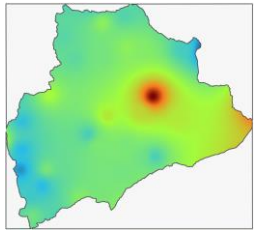
Copertura del suolo
Profondità del suolo



Indice di copertura fogliare (LAI)







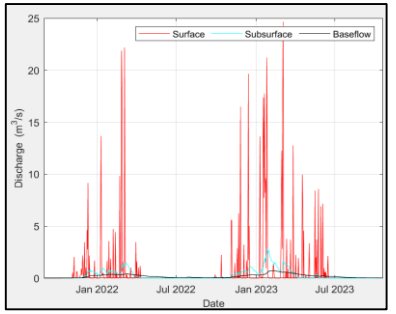
Piogge

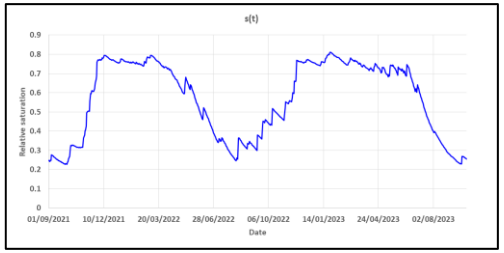
T_{max}, T_{min} → ET_0

D-DREAM

Parametri concentrati soggetti a calibrazione

- *Portate giornaliere*
- *Mappe e serie temporali del contenuto idrico del suolo S/Smax*



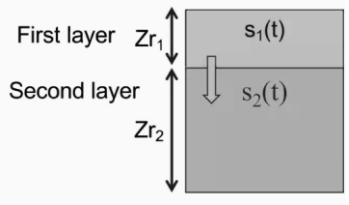


Output del modello

CM per PREVISIONE

Il modello SMAR [2]

Soil **M**oisture **A**nalytical **R**elationship



Ipotesi

- Il trasferimento dell'acqua dallo strato superficiale a quello profondo avviene secondo la schematizzazione di **Green-Ampt (1911);**
- Il contenuto d'acqua che supera la capacità di campo nel primo strato si trasferisce al secondo strato nell'arco di un giorno **(Laio, 2006);**
- Suolo con capacità infinita per valori della saturazione relativa superiori alla capacità di campo;
- Legame lineare tra perdite e contenuto idrico del suolo anche per elevati valori di quest'ultimo.

Trasferimento del contenuto idrico tra 1 e 2

$$n_1 Zr_1 y(t) = n_1 Zr_1 y[s_1(t), t] = n_1 Zr_1 \begin{cases} (s_1(t) - s_{c1}), & s_1(t) \geq s_{c1} \\ 0, & s_1(t) < s_{c1} \end{cases}$$

Equazione di bilancio

$$(1 - s_w) n_2 Z_{r2} \frac{dx_2(t)}{dt} = \underbrace{n_1 Z_{r1} y(t)}_{\text{Infiltration}} - \underbrace{V_2 x_2(t)}_{\text{Losses}}$$

$$a = \frac{V_2}{(1 - s_w) n_2 Z_{r2}}$$

$$b = \frac{n_1 Z_{r1}}{(1 - s_w) n_2 Z_{r2}}$$

$$s_2(t_j) = s_w + (s_2(t_{j-1}) - s_w)\, e^{-a(t_j - t_{j-1})} + (1 - s_w) b\, y(t_j)(t_j - t_{j-1})$$

Dinamica del contenuto idrico nella root-zone a partire da misure (o osservazioni satellitari) del contenuto idrico in superficie.

n [-]: porosità
Z_r [L]: profondità del suolo
V_2 [LT^{-1}]: coefficiente che regola le perdite per evapotraspirazione percolazione
x_2 [-]: saturazione relativa effettiva dello strato 2
s_{c1} [-]: saturazione relativa alla capacità di campo dello strato 1

4 parametri: a, b, s_w, s_{c1}

Modello fisicamente basato;
Parametrizzazione legata alle caratteristiche fisiche del suolo e del clima locale.

[2] Manfreda, S., L. Brocca, T. Moramarco, F. Melone, and J. Sheffield, *A physically based approach for the estimation of root-zone soil moisture from surface measurements*. Hydrology and Earth System Sciences, 18, 1199-1212, (doi:10.5194/hess-18-1199-2014), 2014.



t = 1 giorno

Serie di SSM(t) di riferimento*

Serie di RZSM(t) di riferimento**

* *Osservata / Ricavata da satellite / Modellata*
** *Osservata o modellata*

SMAR

a

b

s_{c1}

s_{w2}

Parametri ottimizzati

Calibrazione

Osservazioni satellitari ad alta risoluzione di SSM (t_j)

RZSM(t_{j-1}) modellata

SMAR CALIBRATO

RZSM(t_j)

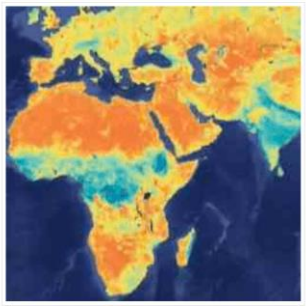
$$s_2(t_j) = s_{w2} + \left(s_2\left(t_{j-1}\right) - s_{w2}\right) e^{-a\,(t_j - t_{j-1})} + (1 - s_{w2})\, b\, y\left(t_j\right)\left(t_j - t_{j-1}\right)$$

$$\begin{cases} (s_1(t) - s_{c1}), & s_1(t) \geq s_{c1} \\ 0, & s_1(t) < s_{c1} \end{cases}$$

Prodotti satellitari globali



SPL3SMP_E.006 SMAP L3 Radiometer Global Daily 9 km Soil Moisture



Dataset Availability
2023-12-04T12:00:00Z–2025-01-01T00:00:00Z

Dataset Provider
Google and NSIDC

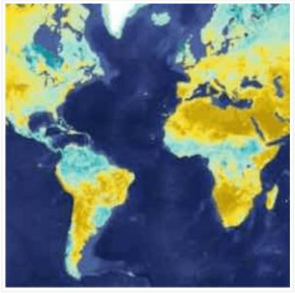
Earth Engine Snippet
`ee.ImageCollection("NASA/SMAP/SPL3SMP_E/006")`

Cadence
1 Day

Tags
drought nasa smap soil-moisture surface weather

Layer	Min value	Max value	Description
soil_moisture_AM soil_moisture_PM	0	1	Retrieved soil moisture estimate from the disaggregated/downscaled vertical polarization brightness temperature at 9-km grid cell; AM/PM overpass

SPL4SMGP.007 SMAP L4 Global 3-hourly 9-km Surface and Root Zone Soil Moisture



Dataset Availability
2015-03-31T12:00:00Z–2024-12-30T22:30:00Z

Dataset Provider
Google and NSIDC

Earth Engine Snippet
`ee.ImageCollection("NASA/SMAP/SPL4SMGP/007")`

Cadence
3 Hours

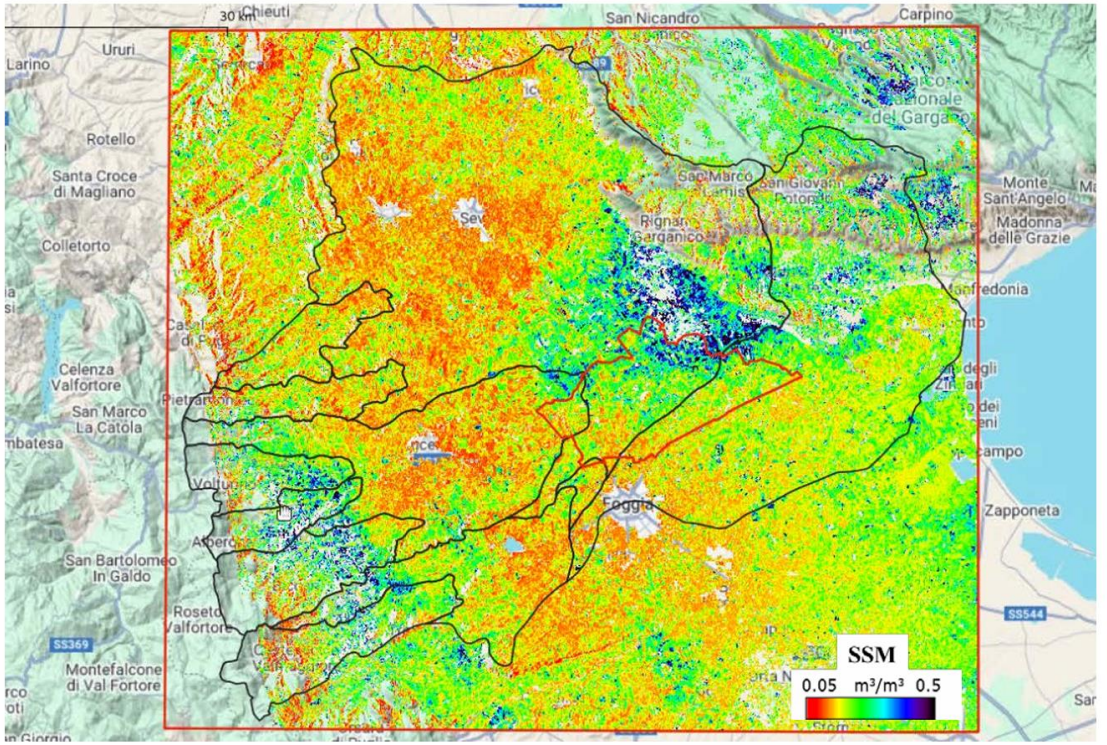
Tags
drought nasa smap soil-moisture surface weather

Layer	Min value	Max value	Description
sm_surface_wetness	0	1	Top layer soil wetness (0-5 cm; wetness units). Soil wetness units (dimensionless) vary between 0 and 1, indicating relative saturation between completely dry conditions and completely saturated conditions, respectively.

Dati satellitari ad alta risoluzione

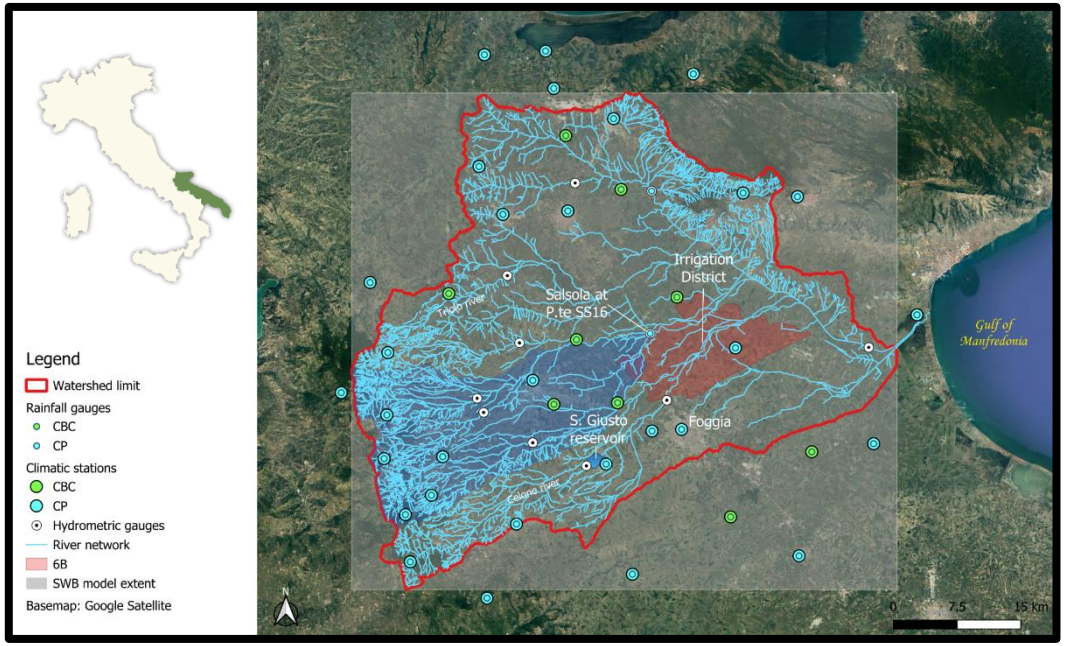


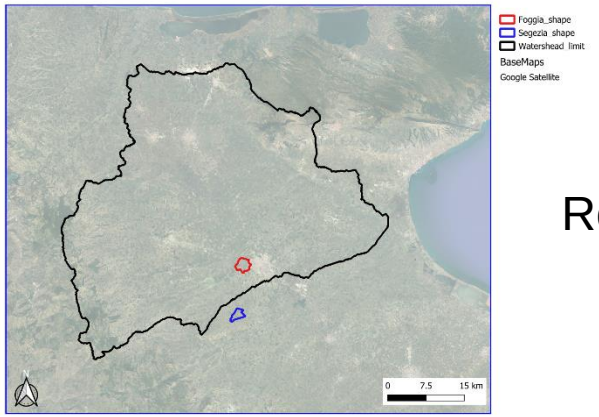
Integrazione delle mappe satellitari ad alta risoluzione di SSM ottenute grazie al programma Copernicus (Sentinel)



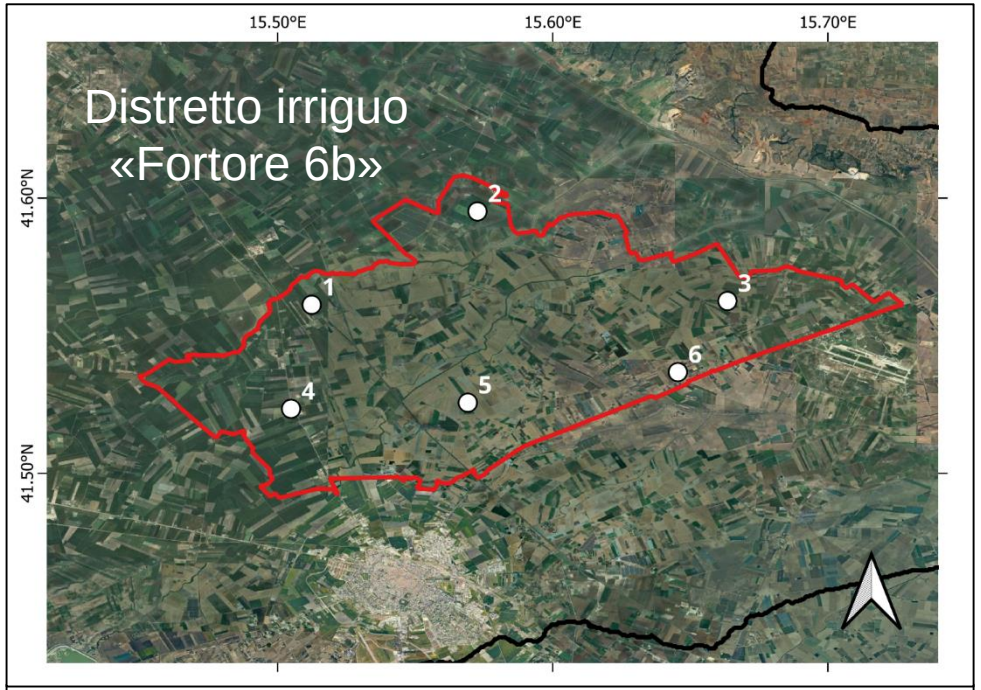
Tempo di rivisita: 6-12 giorni

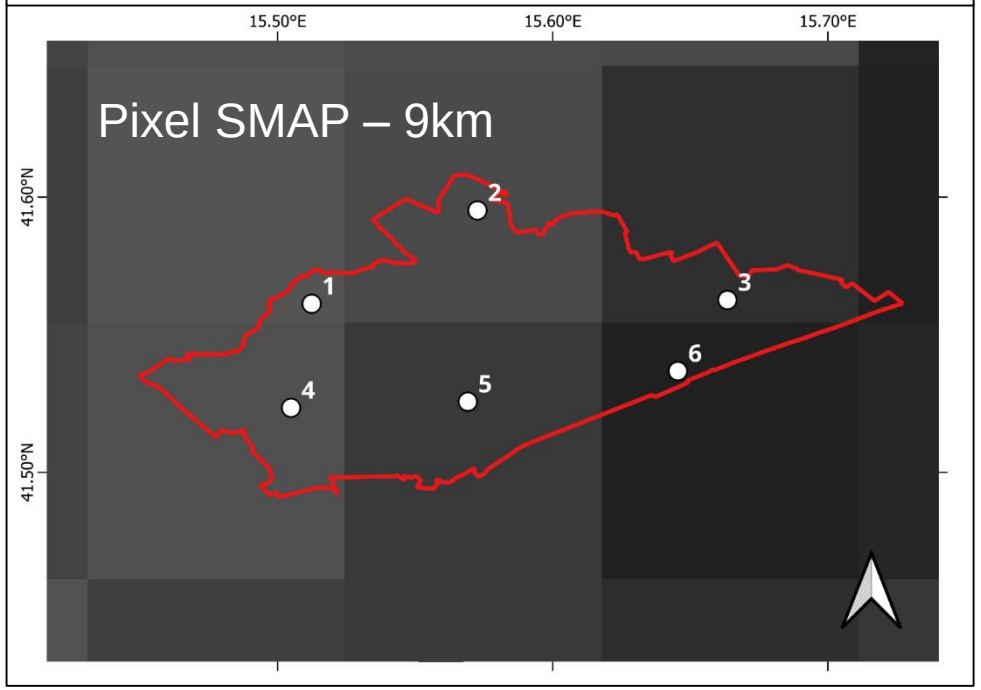
Area studio pilota



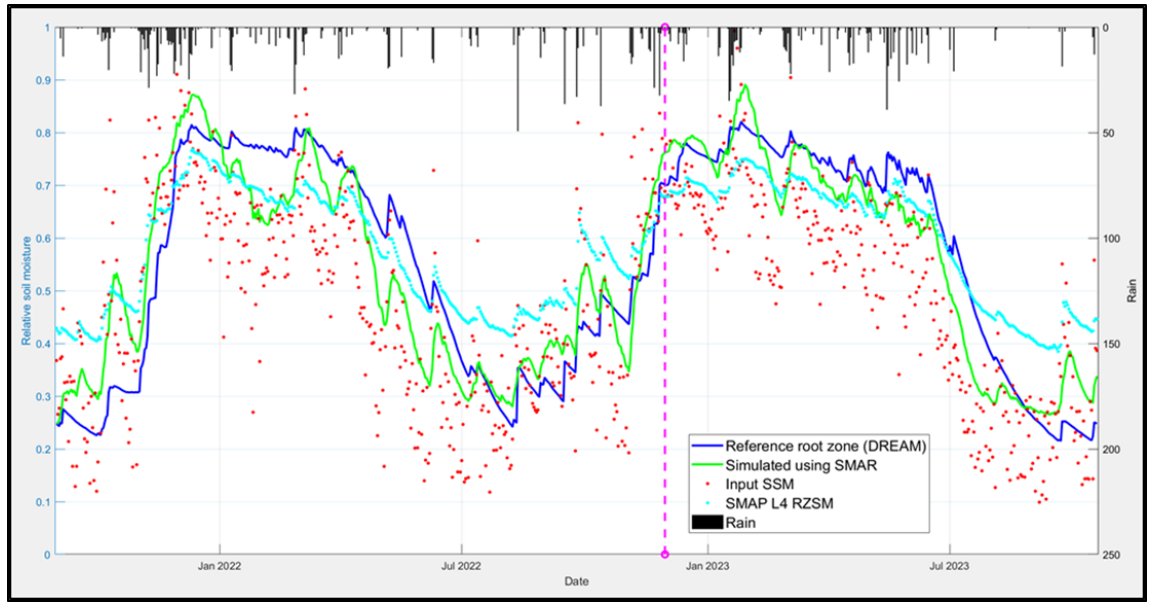


Reti di misura
Foggia e
Segezia

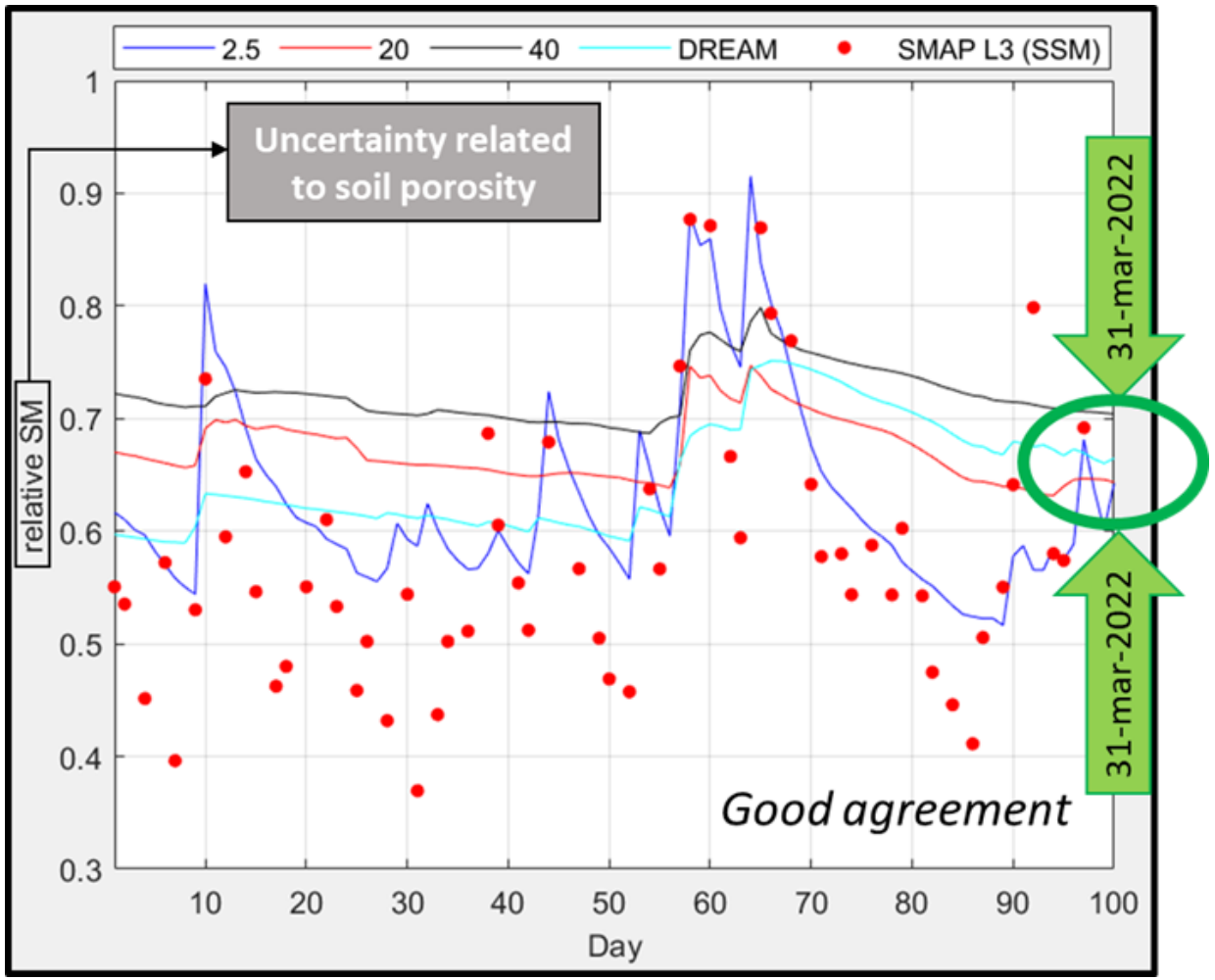




Prestazioni del modello DREAM

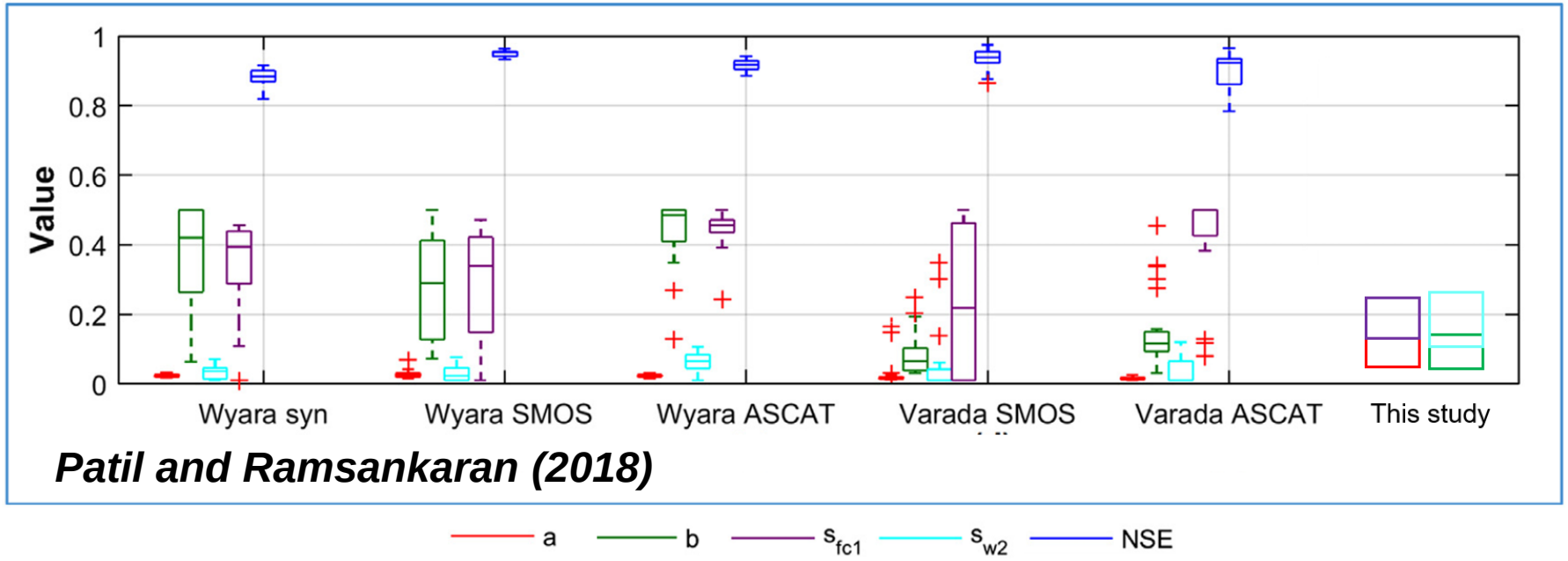


Il modello a scala di bacino, **calibrato sui dati di deflusso giornaliero** disponibili per una porzione del bacino del **Torrente Salsola**, riproduce in modo affidabile le dinamiche temporali dell'umidità del suolo, rispondendo positivamente agli eventi di pioggia e mostrando cali durante i periodi asciutti, con pattern stagionali in accordo con le **osservazioni satellitari** e alle **misure di umidità del suolo**



Calibrazione di SMAR mediante approccio model-based [3]

Pixel	a	b	sc1	sw2	KGE	RMSE
1	0.100	0.100	0.190	0.199	0.834	0.063
2	0.110	0.100	0.160	0.207	0.866	0.056
3	0.100	0.100	0.156	0.189	0.787	0.072
4	0.100	0.110	0.176	0.222	0.787	0.075
5	0.100	0.130	0.206	0.226	0.821	0.076
6	0.100	0.100	0.202	0.156	0.906	0.050



[3] Iacobellis, V., Gioia, A., Totaro, V., Lombardo, M., Izzaddin, A. B., Manfreda, S., ... & Tapete, D. (2024, July). Advancing Sustainable Water Management in Southern Italy through Integrated Hydrological Modeling and Earth Observation. In International Conference on Computational Science and Its Applications (pp. 217-229). Cham: Springer Nature Switzerland. (oral present.)

Conclusioni

- In un contesto di **cambiamenti climatici** in atto, monitorare la **disponibilità idrica** per le attività antropiche è divenuto essenziale.
- Accanto alle misure dirette su piccola scala e al monitoraggio da remoto su scala più ampia, la **modellistica idrologica fisicamente basata** rappresenta uno strumento prezioso anche per supportare le **attività previsionali;**
- L'esperienza maturata con il **progetto THETIS** ha permesso di applicare due modelli consolidati in letteratura (SMAR e DREAM) in un contesto operativo diverso rispetto alle applicazioni originarie, con finalità orientate al supporto dell'inizializzazione di un **modello colturale** specializzato, destinato alla previsione dei fabbisogni irrigui;
- I due modelli, all'interno dell'architettura possono contribuire ad un **confronto sistematico** tra le osservazioni satellitari dell'umidità del suolo, le mappe di umidità derivate da simulazioni continue e i risultati del modello di crescita colturale, col fine ultimo di aumentare l'affidabilità delle previsioni e promuovere un **uso più efficiente delle risorse idriche in ambito agricolo.**

OPEN DAY ON DAMS



Impianti e Modelli per la Gestione delle Risorse Idriche

BARI , 30 maggio 2025

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

margherita.lombardo@unical.it

ITCOLD – II Concorso Fotografico