



*ACCADEMIA DEI GEORGOFILI*  
**“ACQUA E PRODUZIONE ALIMENTARE”**

*7 giugno 2011*

**Nuove tecnologie per la gestione della risorsa  
idrica in agricoltura**

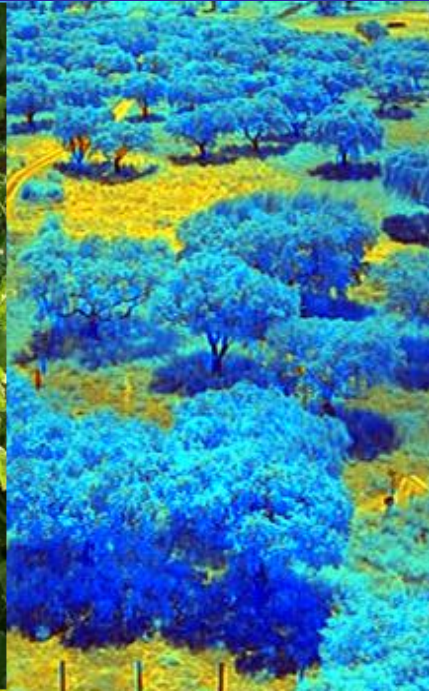
*Guido D’Urso*

*Dip. Ingegneria Agraria ed Agronomia del Territorio,  
Università di Napoli Federico II*

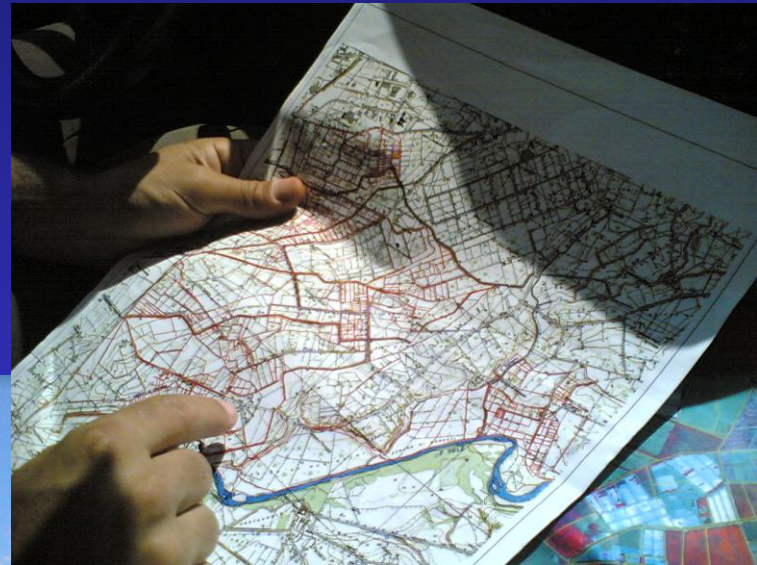
Key-words:

uso sostenibile del risorse ambientali  
gestione delle risorse idriche  
emergenze da cause naturali e antropiche

Quali strumenti ?



Le ricerche condotte in anni recenti hanno consentito la messa a punto di **metodologie**, **modelli** e **tecniche di misura** per la valutazione degli scambi di massa ed energia nel sistema **suolo-pianta-atmosfera**



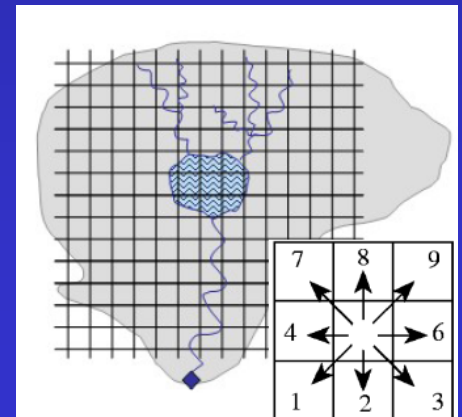
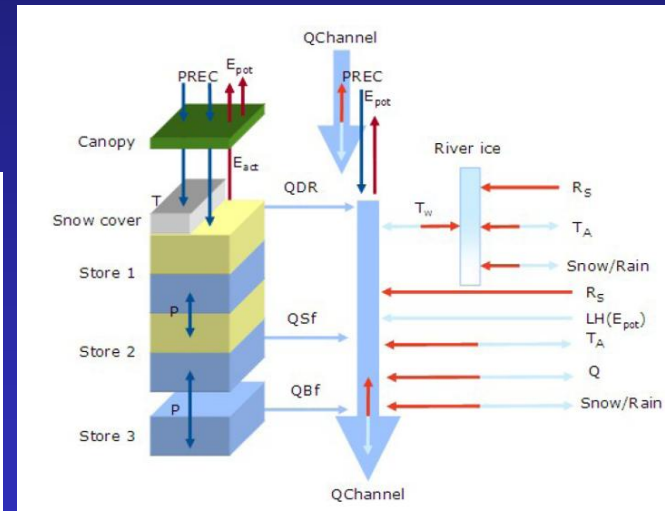
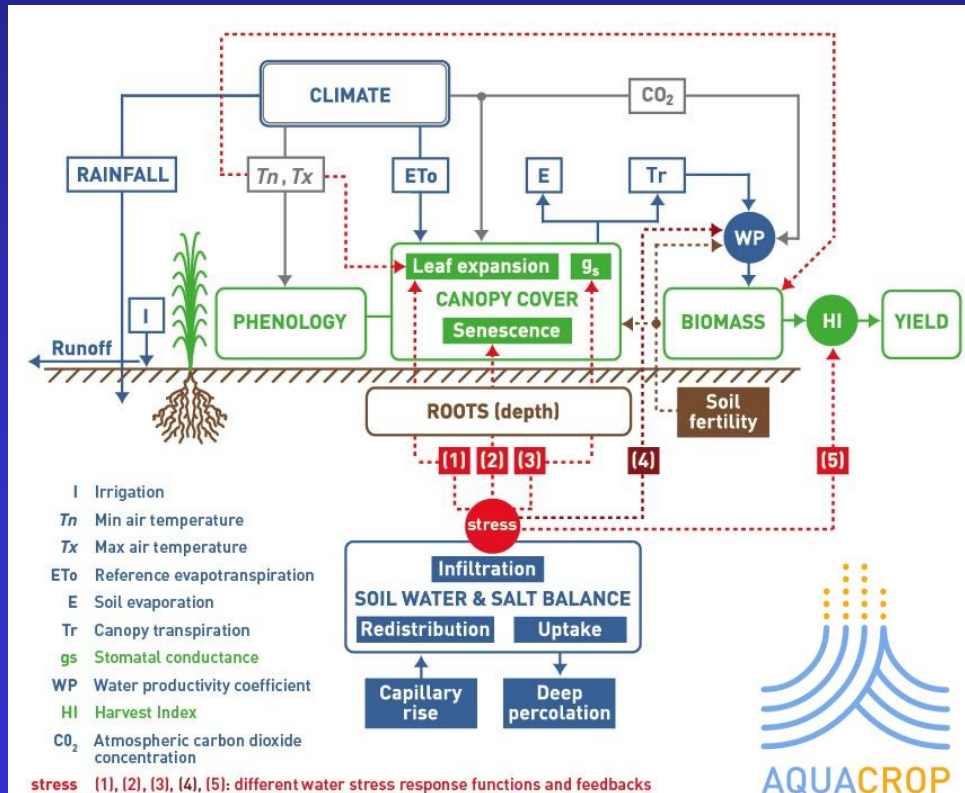
# Caratterizzazione dettagliata e monitoraggio



# ... modelli idrologici ...

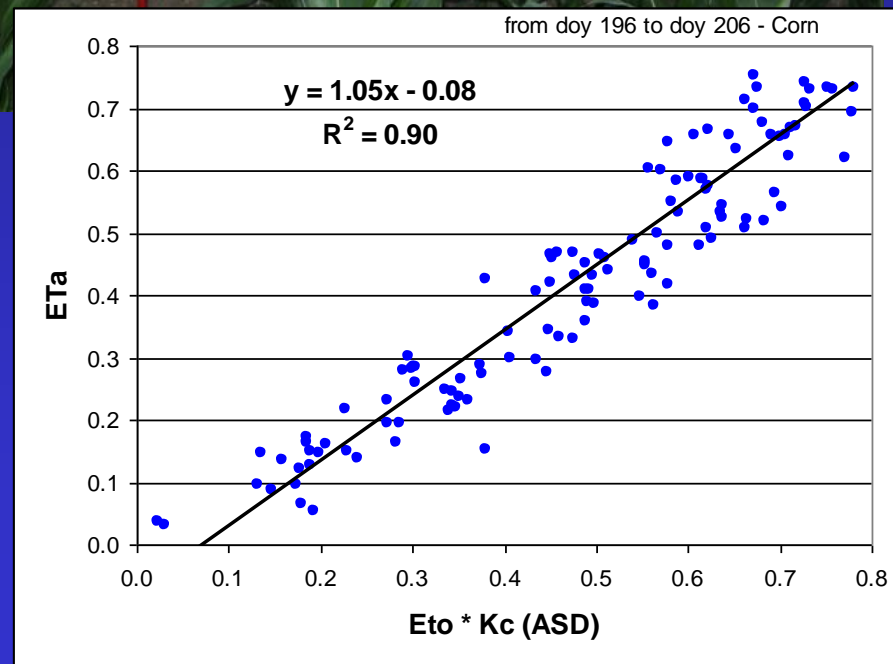
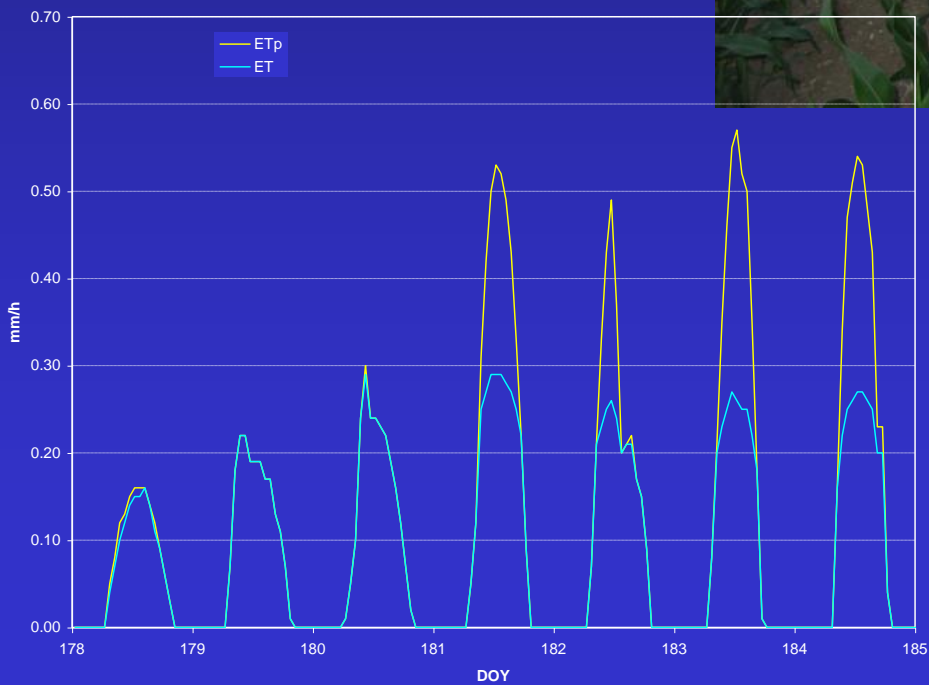
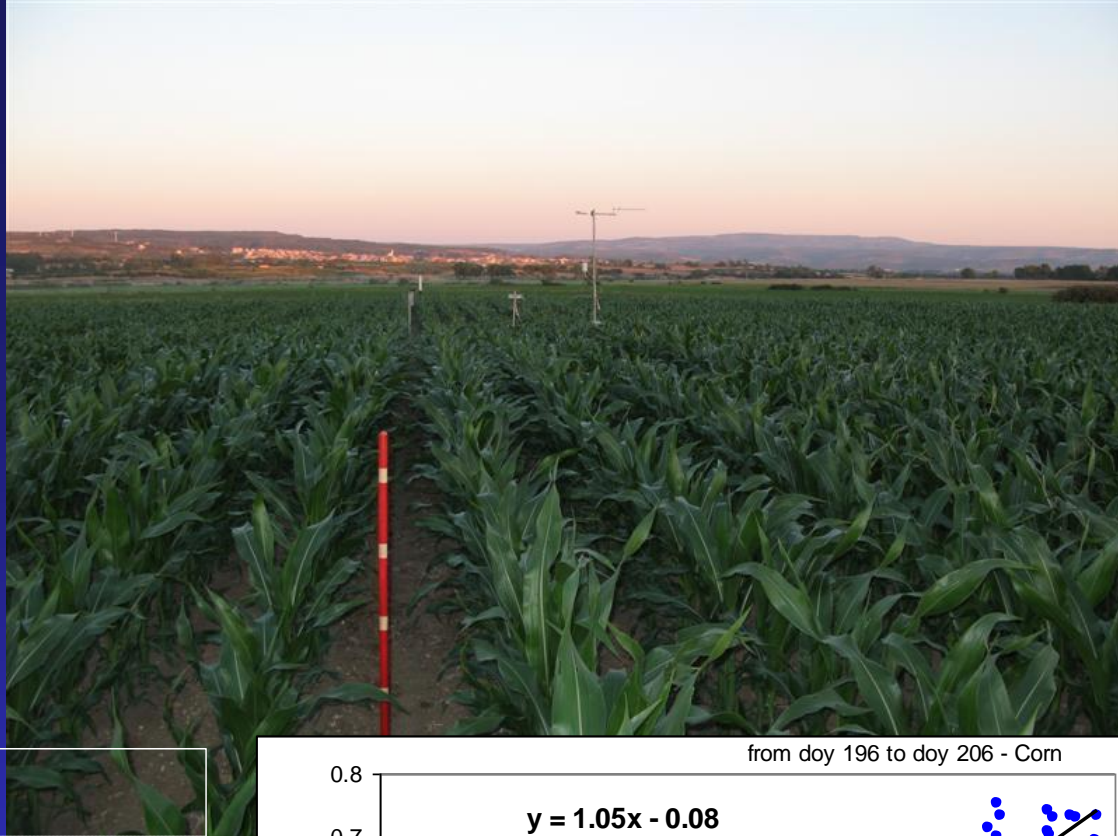
$$E_p = \frac{1}{\lambda} \frac{\Delta(R_{ns} - R_{nl} - G) + 87.52 \rho D_E / r_a}{\Delta + \gamma(1 + r_c / r_a)}$$

$$ET_o \times \begin{matrix} K_s \times K_c \text{ adjusted} \\ \text{water \& environmental stress} \end{matrix} = ET_c \text{ adj}$$





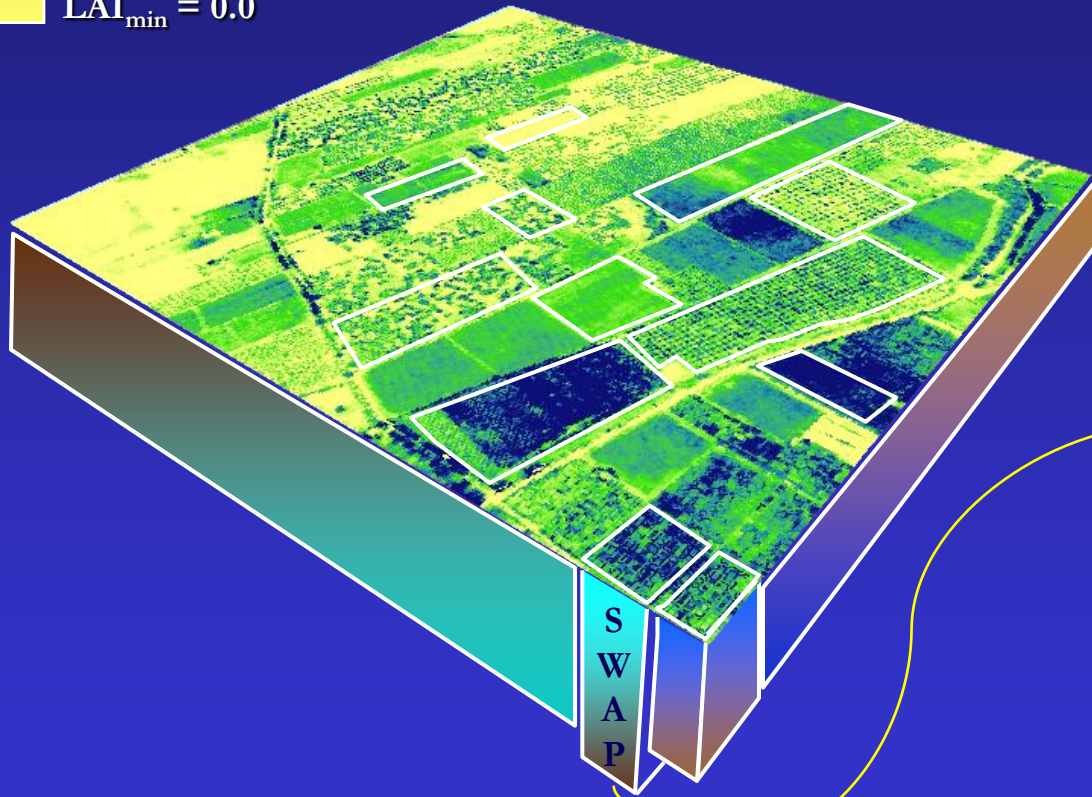
Validazione – Mais  
(eddy-covariance)



# Modelli dinamici – *continuum* S.P.A. e variabilità spaziale e temporale

LAI<sub>max</sub> = 3.5  
LAI<sub>min</sub> = 0.0

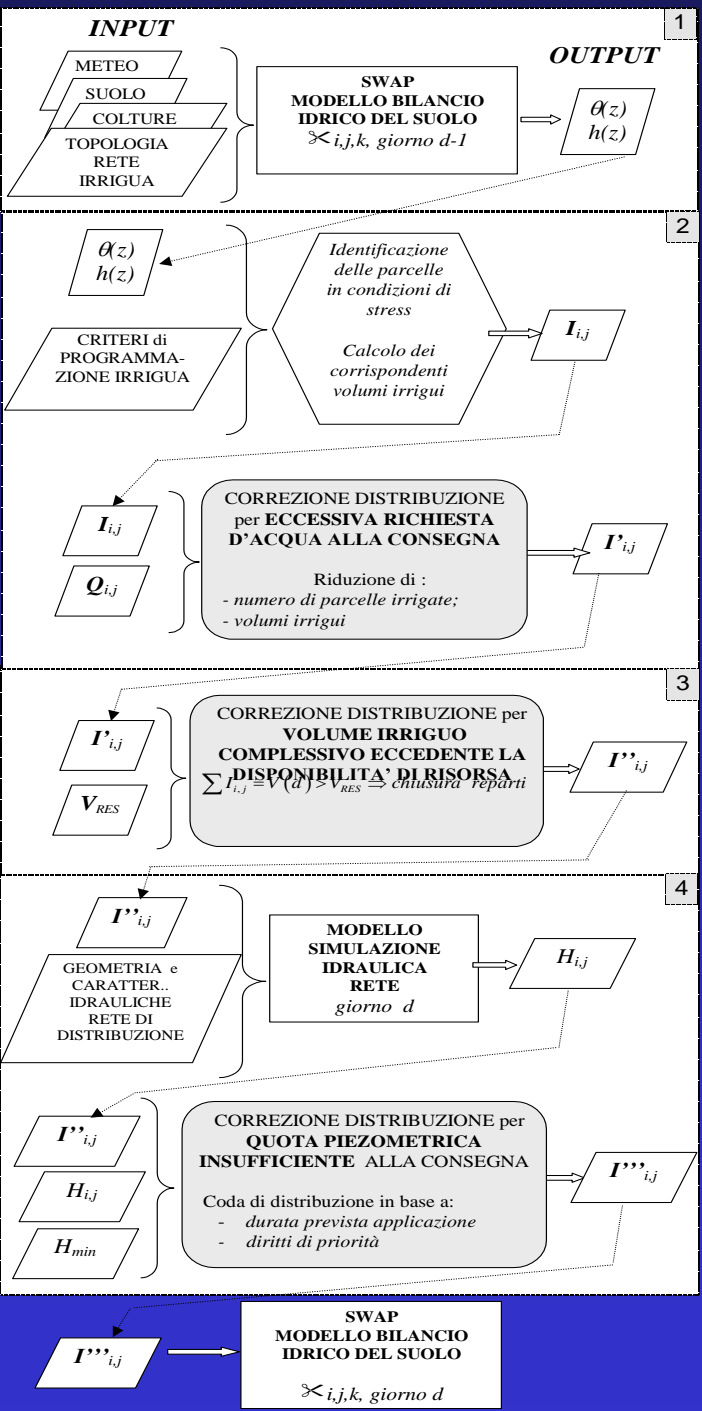
$$\int_0^z [\theta(z, t + \Delta t) - \theta(z)] dz = \Delta W = (P_e + I_e - E_s - T + v_d) dt$$



Condizione al contorno sup.:  
Parametri vegetazione  
+  
Evapotraspirazione massima

Moto dell'acqua nel sistema  
Suolo-Pianta-Atmosfera:  
Equazione Richard's  
+  
Modelli attingimento radicale

Condizione al contorno inf.:  
a) Circolazione sotterranea  
b) Percolazione  
c) Strati impermeabili



# SIMODIS (Simulation and Management On-Demand Irrigation Systems)

## VINCOLI GESTIONALI E DI SISTEMA

- $i_r$  = frazione del deficit idrico nel suolo utilizzata come volume irriguo specifico
- $Q_{i,j}$  = portata del gruppo di consegna comiziale
- $V_{RES}$  = volume giornaliero disponibile
- $H_{min}$  = carico piezometrico minimo richiesto

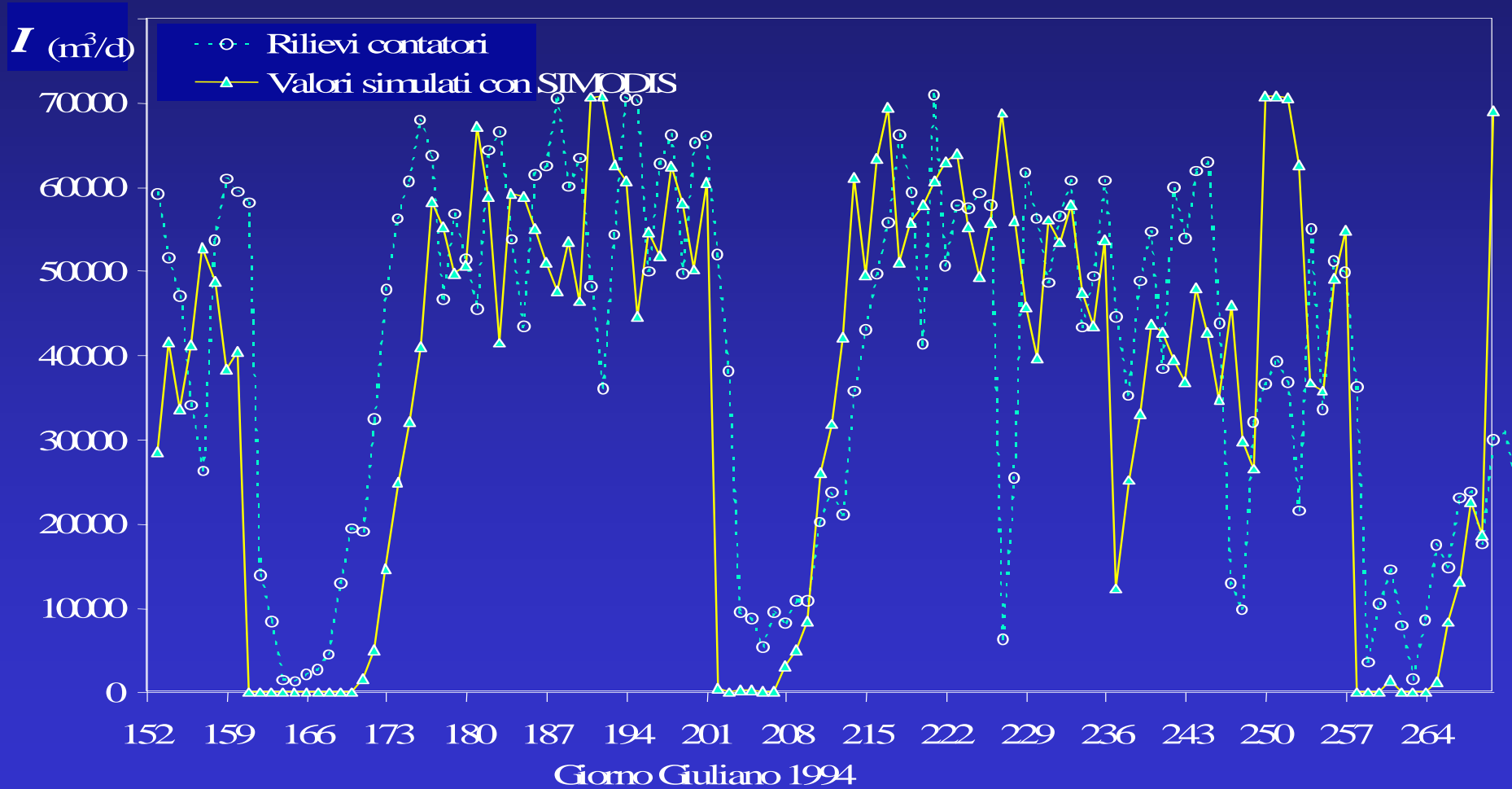
## OUTPUT

- $I_{i,j}$  = Volume irriguo alla consegna del settore
- $\Delta t$  = tempo di apertura nelle 24 h
- $H_{i,j}$  = carico piezometrico alla consegna
- $V(d)$  = volume totale richiesto nel giorno d



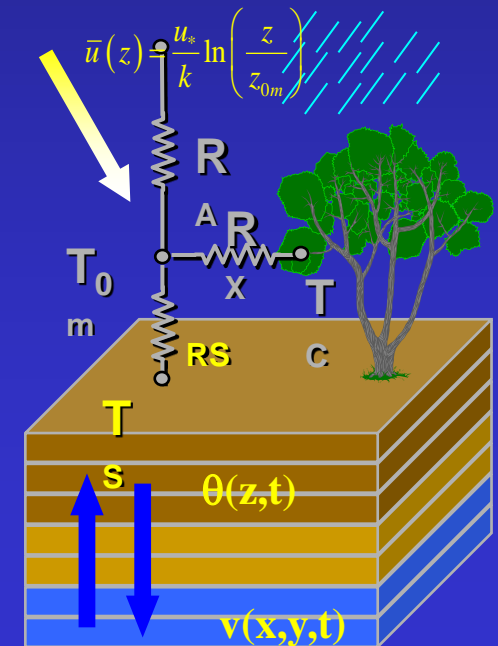
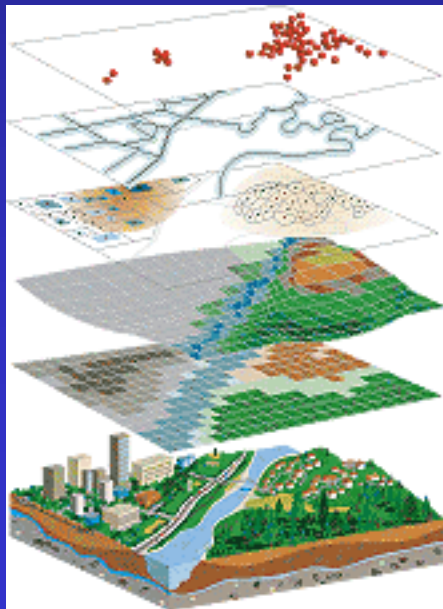
# Validazione

*Confronto tra i prelievi simulati e quelli osservati*



# Uso sinergico di strumenti modellistici e tecniche di monitoraggio

GIS + Osservazione della Terra + modelli



# Sviluppo tecnologico e sensori satellitari

Landsat 7 ETM+ => 30 m



SPOT5 => 10 m

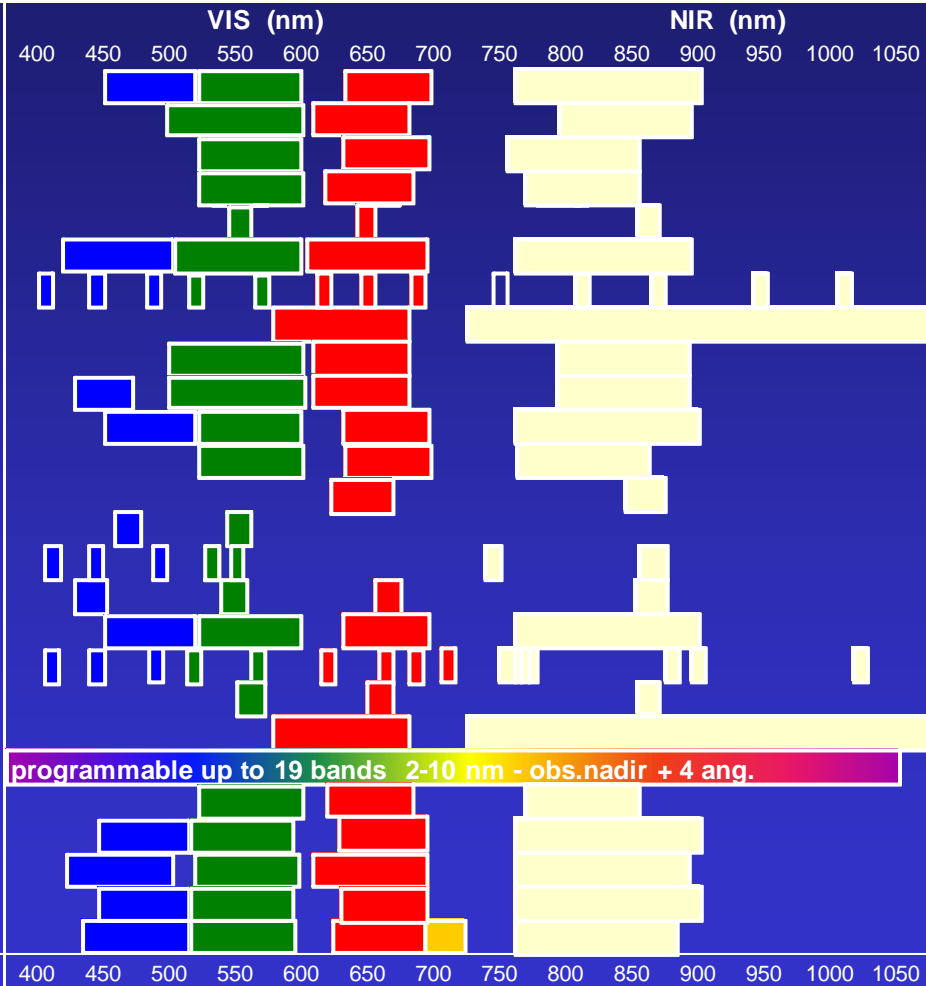


Quick Bird => 2,8 m



# Principali caratteristiche di sensori satellitari operanti nello spettro visibile (VIS) e dell'infrarosso prossimo (NIR)

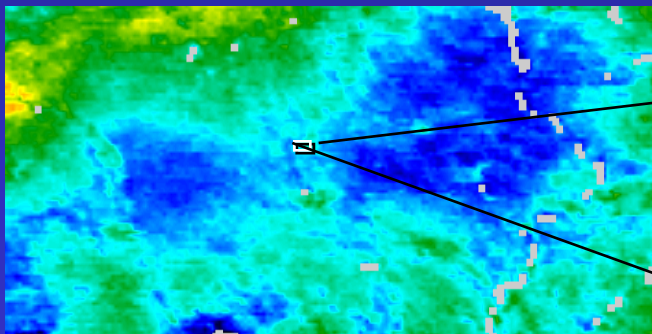
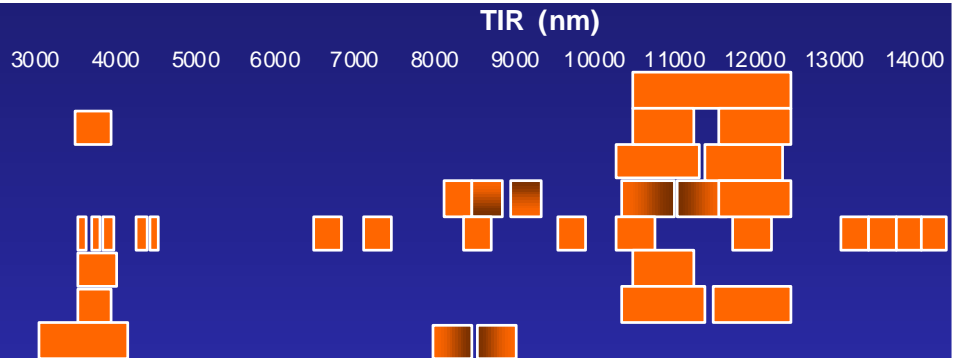
SATELLITE	SENSORE	Lancio	RisSpaz (m)	Ciclo (g)	Risol Spettr.	Spectral Coverage	
						VIS (nm)	NIR (nm)
LANDSAT 5-7	TM/+ETM	1982-2003	30	16	4	450-700	750-900
SPOT 1-5 *	HRV	1986	20	26	3	450-700	750-900
JERS	OPS	1992	21	44	3	450-700	750-900
IRS 1-c/d	LISS III	1995	24	22	3	450-700	750-900
ERS-2	ATSR-2	1995	1000	35	3	450-700	750-900
ADEOS	AVNIR	1996	16	46	4	450-700	750-900
IRS P3	MOS-B	1996	500	24	13	450-700	750-900
NOAA	AVHRR/2	1996	1100/4000	11/0.5	2	450-700	750-900
SPOT 4	HRVIR	1998	20	26	3	450-700	750-900
SPOT 4	VEGETATION	1998	1100	1	4	450-700	750-900
IKONOS 1-2	IKONOS	1998	4	5	4	450-700	750-900
TERRA	ASTER	1999	15	16	3	450-700	750-900
TERRA	MODIS	1999	250	16	2	450-700	750-900
TERRA	MODIS	1999	500	16	3	450-700	750-900
TERRA	MODIS	1999	1000	16	12	450-700	750-900
TERRA	MISR	1999	240/multiang	16	4	450-700	750-900
QUICKBIRD	QUICKBIRD	2000	4	var.	4	450-700	750-900
ENVISAT	MERIS	2002	250	35	16	450-700	750-900
ENVISAT	AATSR	2002	500	35	3	450-700	750-900
NOAA K	AVHRR/3	2002	1100	0.5	2	450-700	750-900
PROBA	CHRIS	2001	25/multiang	local.dip.	19	450-700	750-900
IRS PS	LISS III-IV	2003	24	14	3	450-700	750-900
FORMOSAT-2		2004	8	1	4	450-700	750-900
ALOS	AVNIR-2	2006	10	46	4	450-700	750-900
KOMPSAT-2	MSC	2008	1	14	4	450-700	750-900
Rapid-Eye *	Jena SS 56	2008	6.5	2	5	450-700	750-900



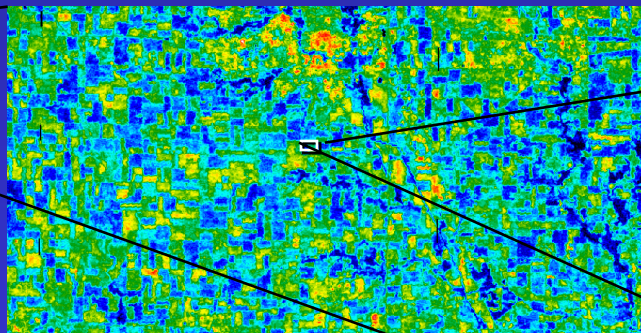
\* costellazione di satelliti; capacità di puntamento

# Principali caratteristiche di sensori satellitari operanti nello spettro dell'infrarosso termico (TIR)

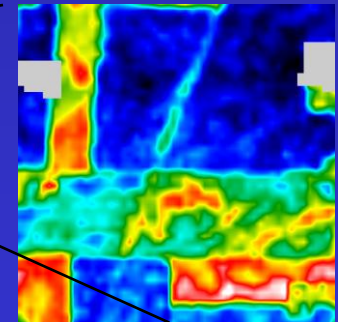
SATELLITE	SENSORE	Lancio	Risoluz. (m)	Freq. (g)	num. bande	TIR (nm)
LANDSAT	+ETM	1998	60	16	1	
ERS-2	ATSR-2	1995	1000	35	3	
NOAA	AVHRR/2	1996	1100/4000	11/0.5	2	
TERRA	ASTER	1999	90	16	5	
TERRA	MODIS	1999	1000	16	15	
ENVISAT	AATSR	2001	1000	35	3	
NOAA K	AVHRR/3	2001	1100	0.5	3	
LSPIM	PRISM	2006	50	3	3	



MODIS (1000 m)



Landsat (60 m)



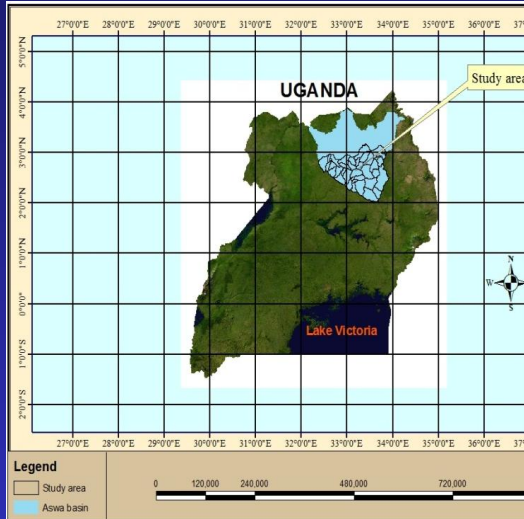
aereo (4 m)

# Applicazioni principali dei dati O.T. nella gestione delle risorse idriche

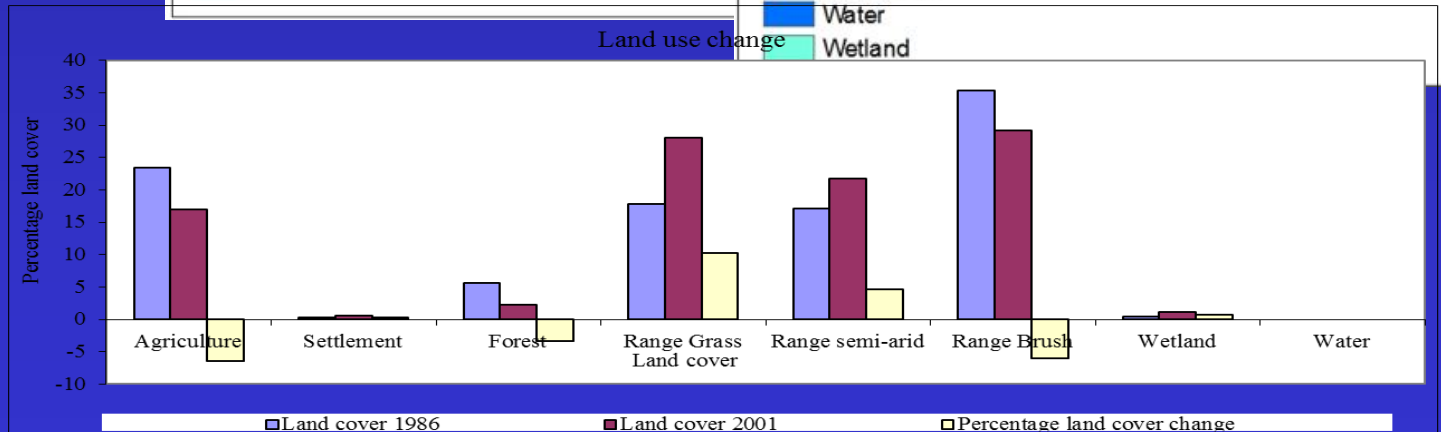
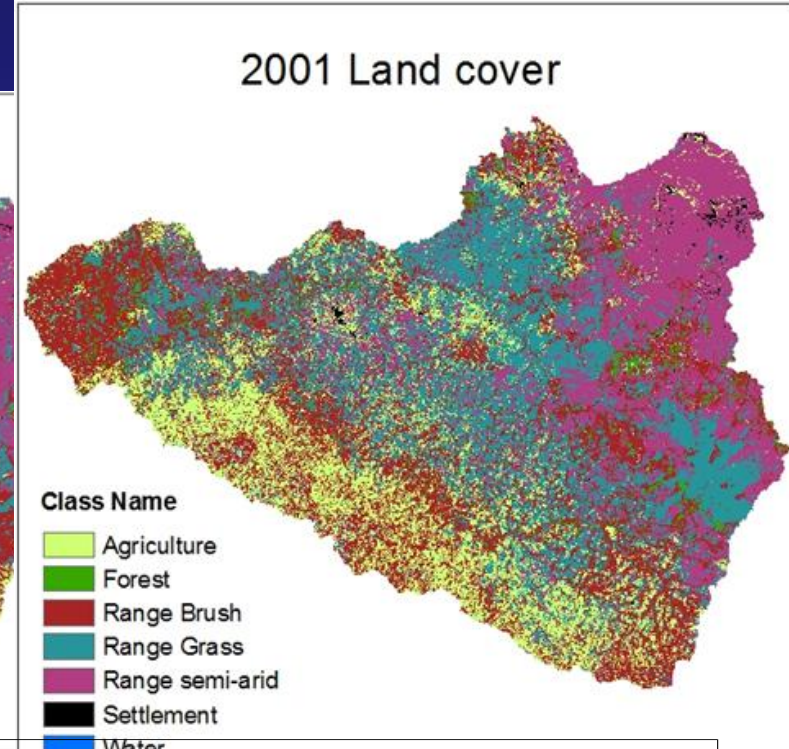
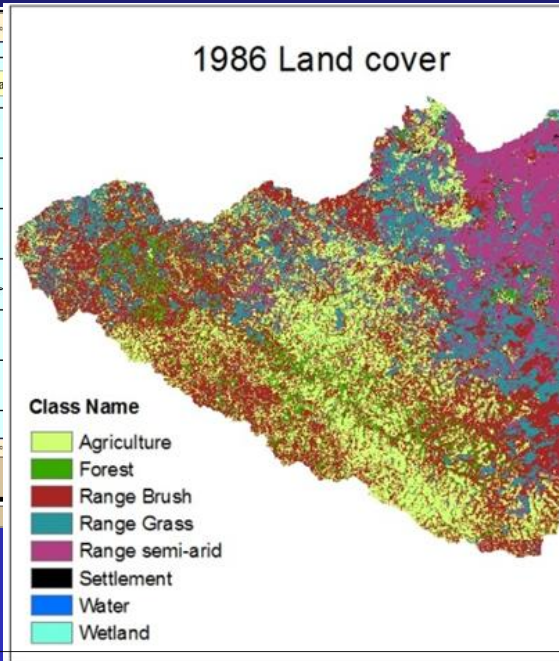
1. Classificazione dell'uso reale del suolo =>  
**VIS/NIR/MW**
2. Determinazione di parametri della superficie:  
albedo, copertura del suolo, Indice di area fogliare,  
Coeff. Colturale  $K_c$  => **VIS+NIR**
3. Stima dei valori istantanei di variabili e termini del  
bilancio idrologico: evapotraspirazione reale,  
contenuto idrico dei suoli => **TIR / MW**

# 1. Classificazione dell'uso reale del suolo

=> VIS/NIR/MW



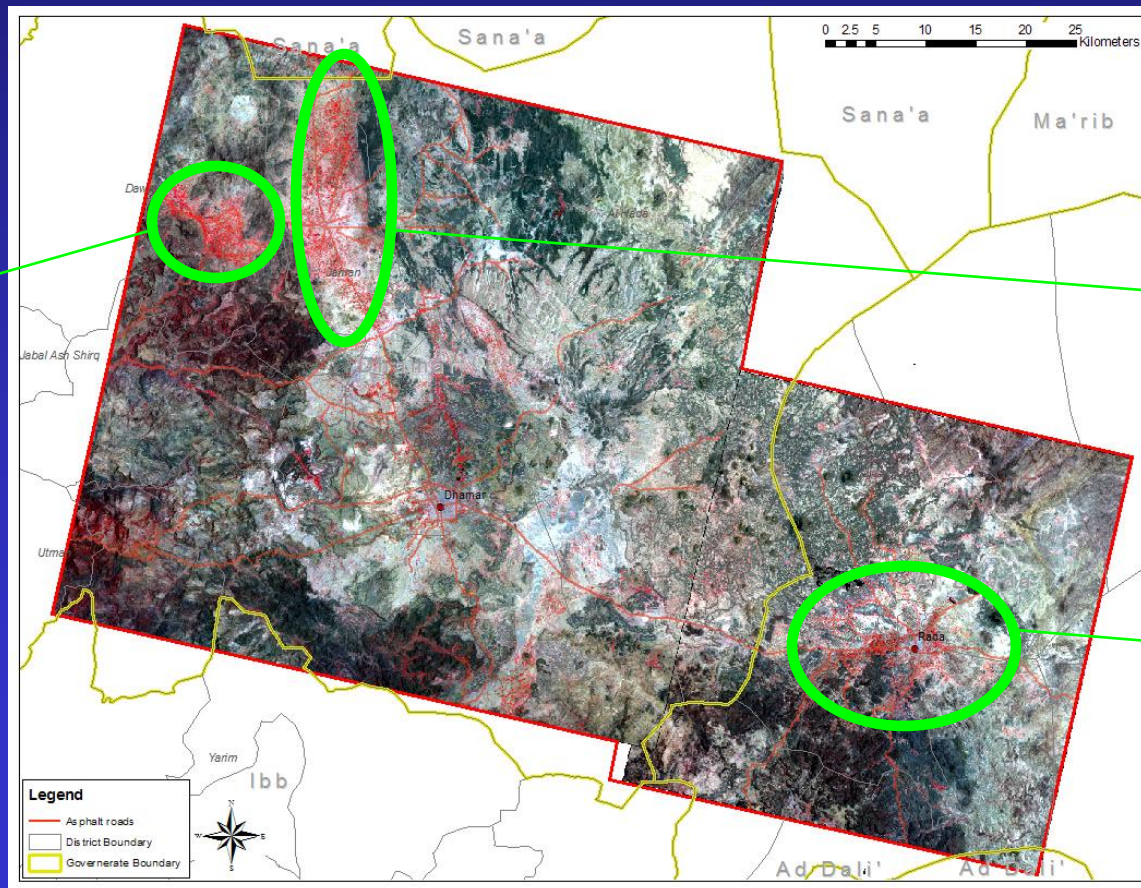
12,230 km<sup>2</sup>  
 Altitudine: 870-1908 m.



(Nyeko, 2010)

# Inventari colturali: esempio in Yemen

*Scarsa disponibilità della risorsa: dove è possibile un recupero attraverso il miglioramento dell'efficienza irrigua ?*



Mais e patata

Patata e altre ortive

Qat

(Soppe, 2008)



# Inventari colturali: esempio in Yemen

---

Le tecniche di classificazione dell'uso del suolo non sono ideali per stimare i fabbisogni irrigui: troppe incertezze nella determinazione dei coefficienti colturali  $K_c$ ...

Qat



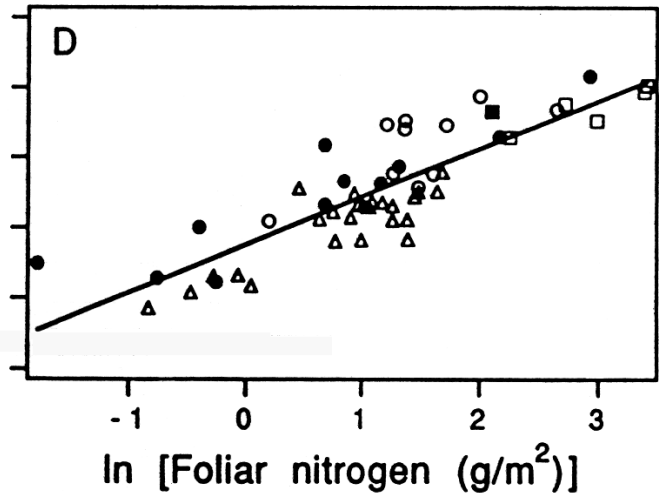
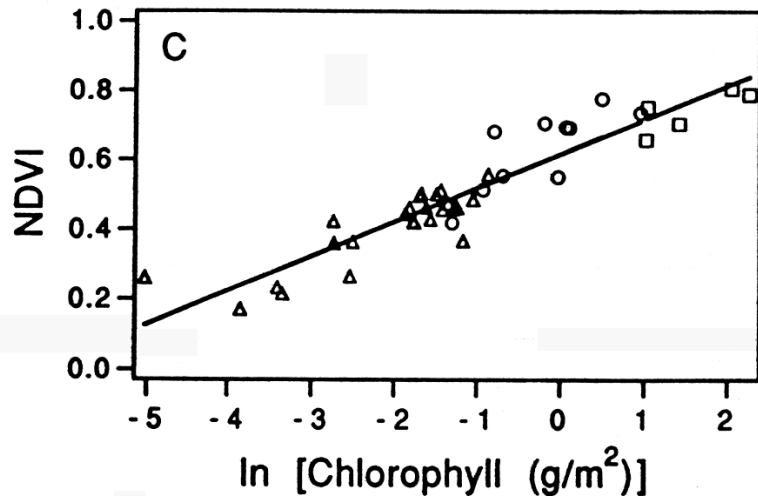
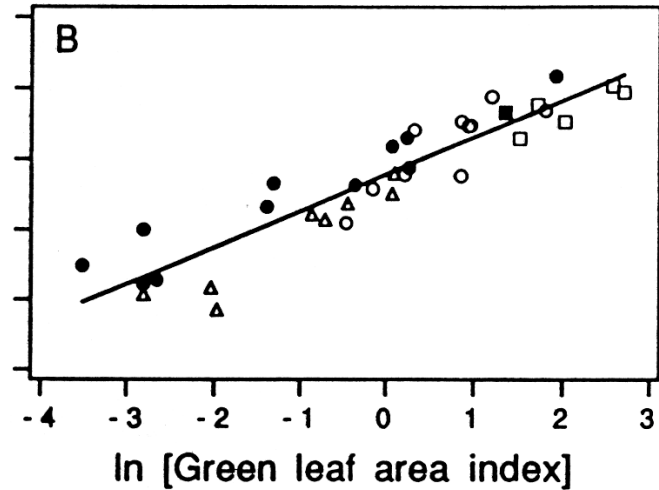
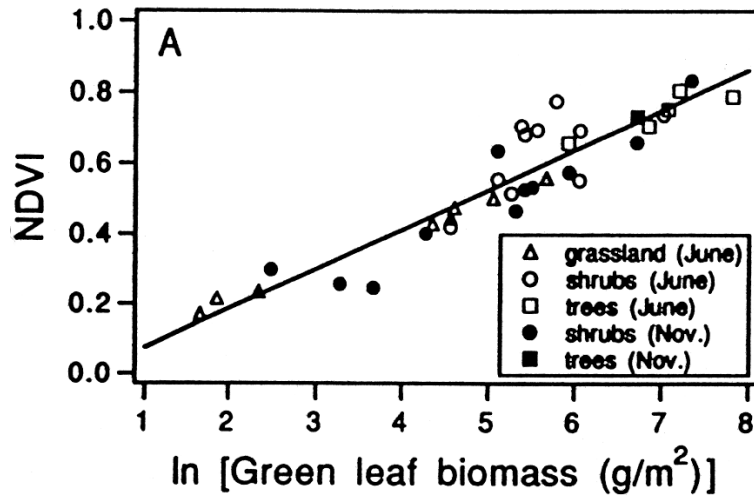
Papaya



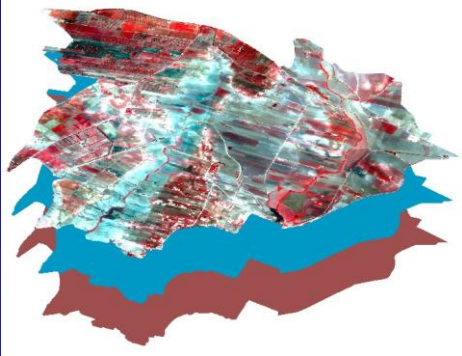
*(Soppe, 2008)*

2. Determinazione di parametri della superficie: albedo, copertura del suolo, Indice di area fogliare, Coeff. Colturale  
 $K_c \Rightarrow \text{VIS+NIR}$

# Significato dell'NDVI

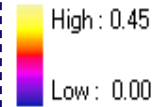


## Osservazioni VIS – NIR



ANALISI D'IMMAGINE:  
LAI + ALBEDO + Altezza colt.

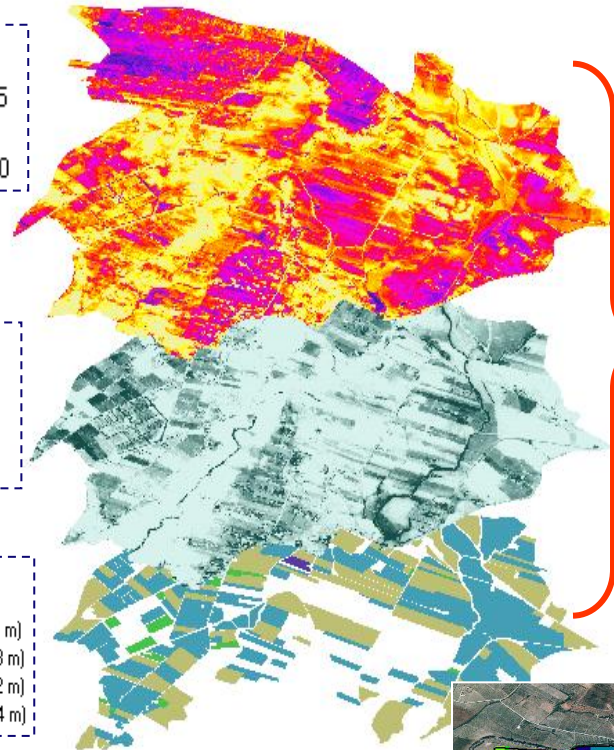
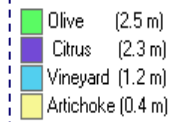
### ALBEDO



### LAI



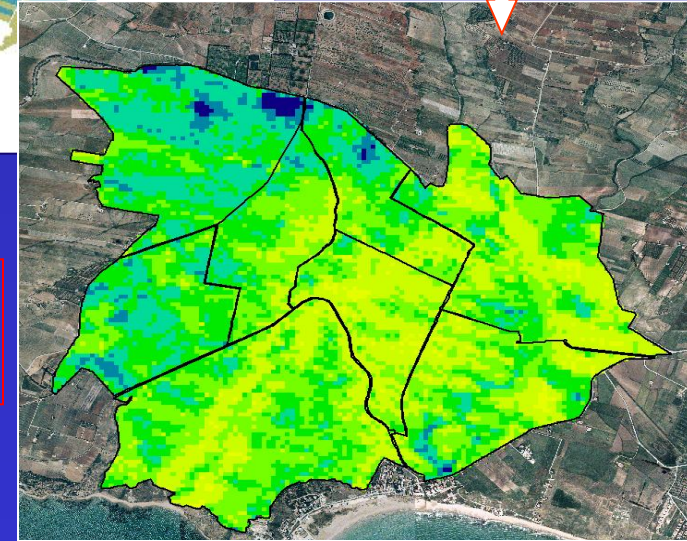
### Hc



DATI AGRO-METEO  
+

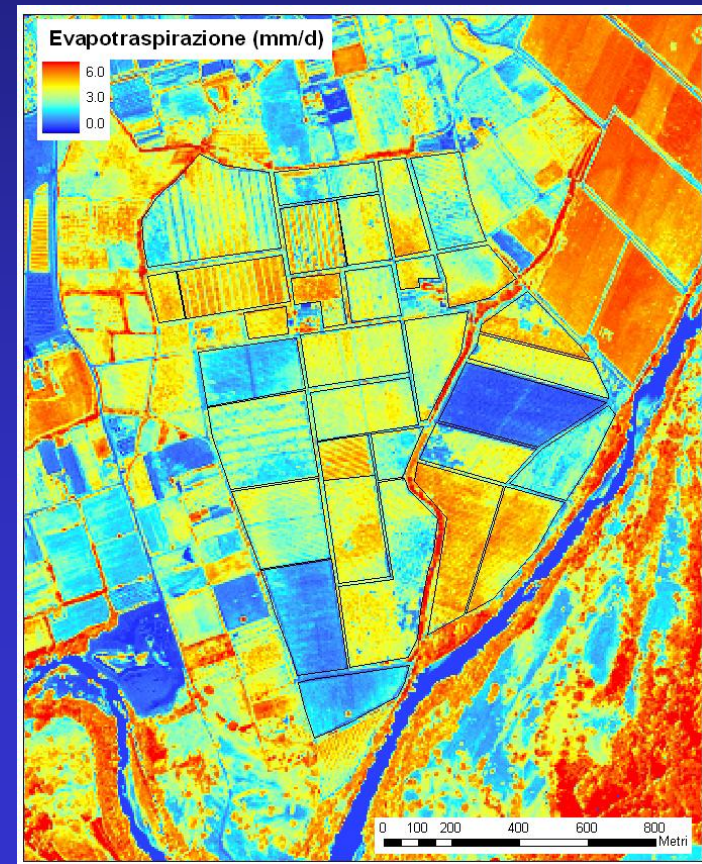
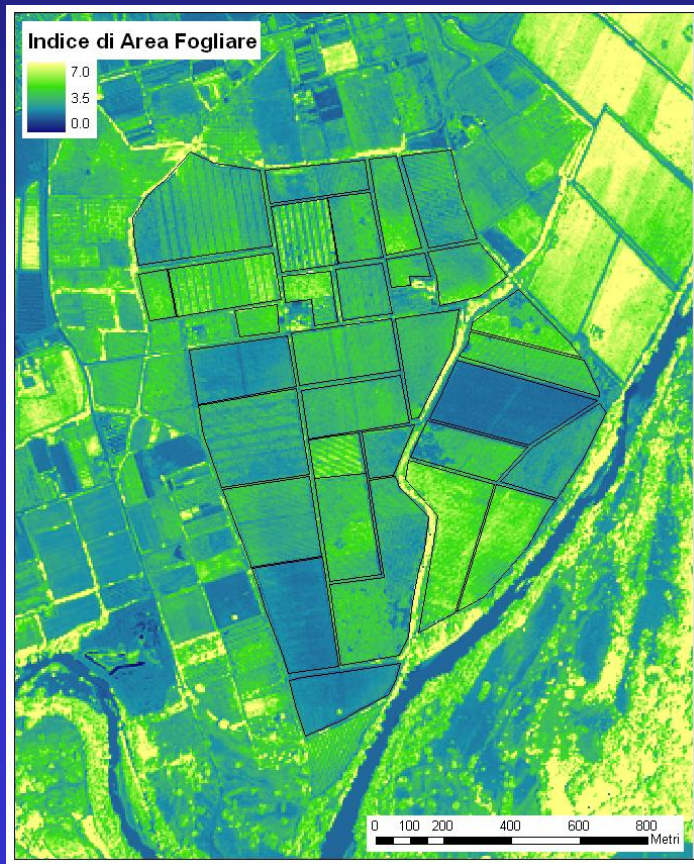
$r, h_c, LAI$

$$ET_p = f(K^\downarrow, T_a, RH, U ; r, LAI, h_c)$$

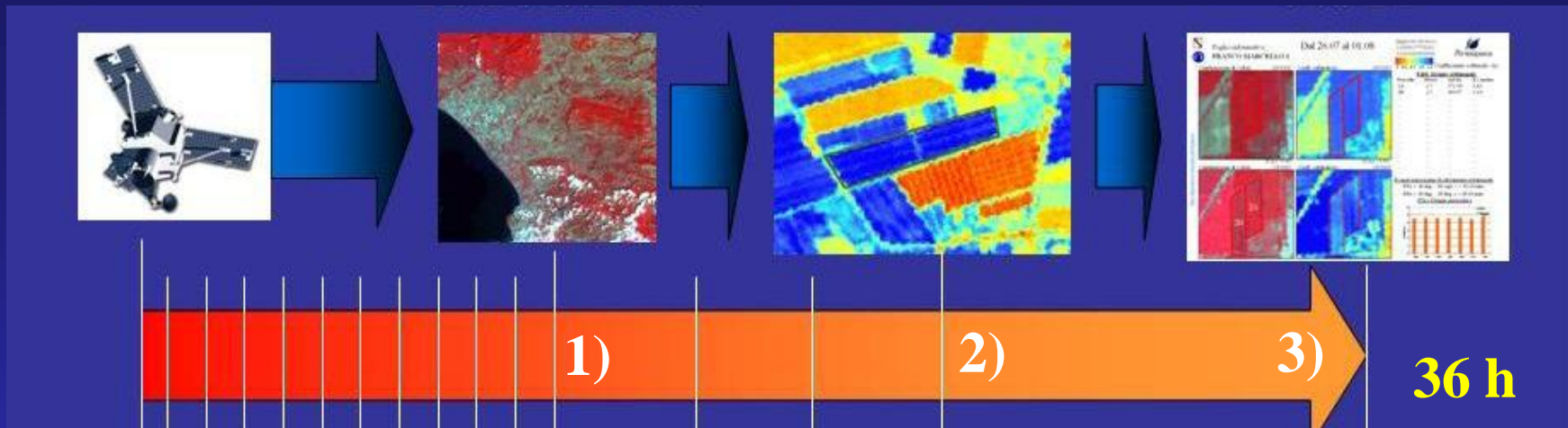


# Progetto UE - DEMETER (2002-2005)

Sviluppo e validazione in Italia, Spagna e Portogallo di due metodologie per la determinazione dei fabbisogni irrigui massimi



# Schema metodologico :



- 1) Monitoraggio in **tempo reale** dello sviluppo delle colture mediante dati satellitari multi-spettrali ad alta risoluzione spaziale (5-20 m; SPOT)
- 2) Calcolo dei fabbisogni irrigui secondo la procedura “1-step” **F.A.O.** con dati dalla rete agrometeorologica
- 3) Distribuzione del **consiglio irriguo personalizzato** direttamente agli agricoltori

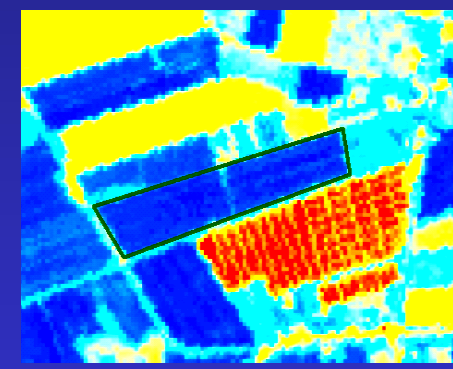
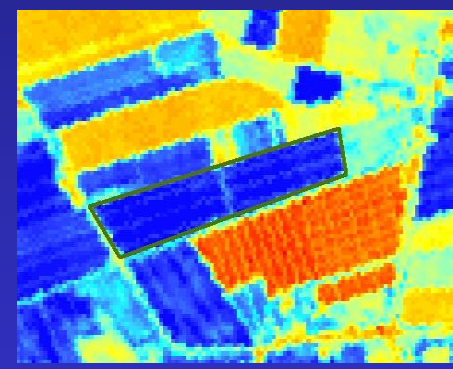
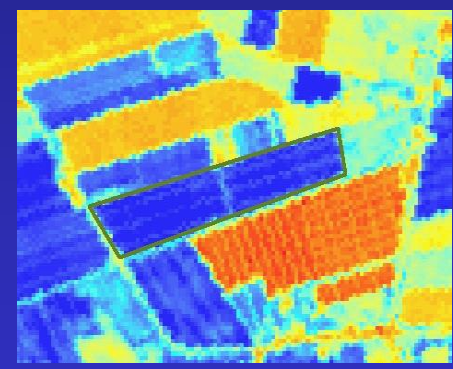
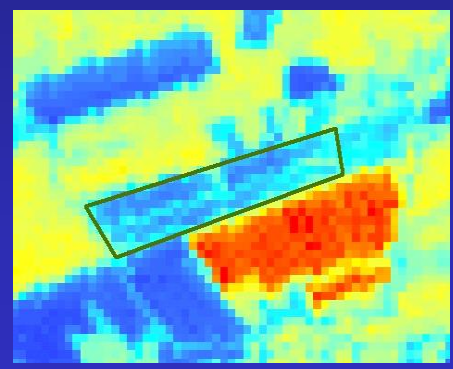
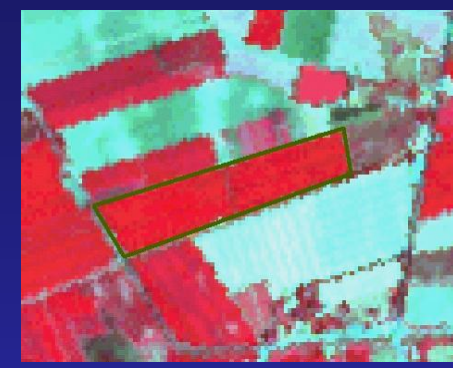
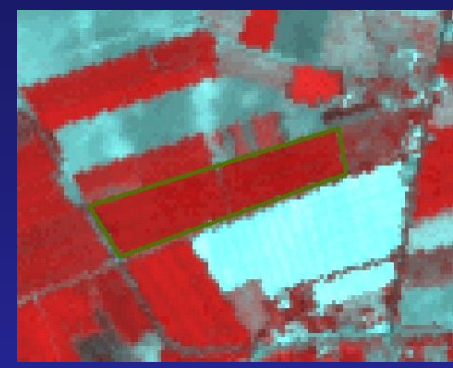
# MAIS

45 giorni  
dalla semina

60

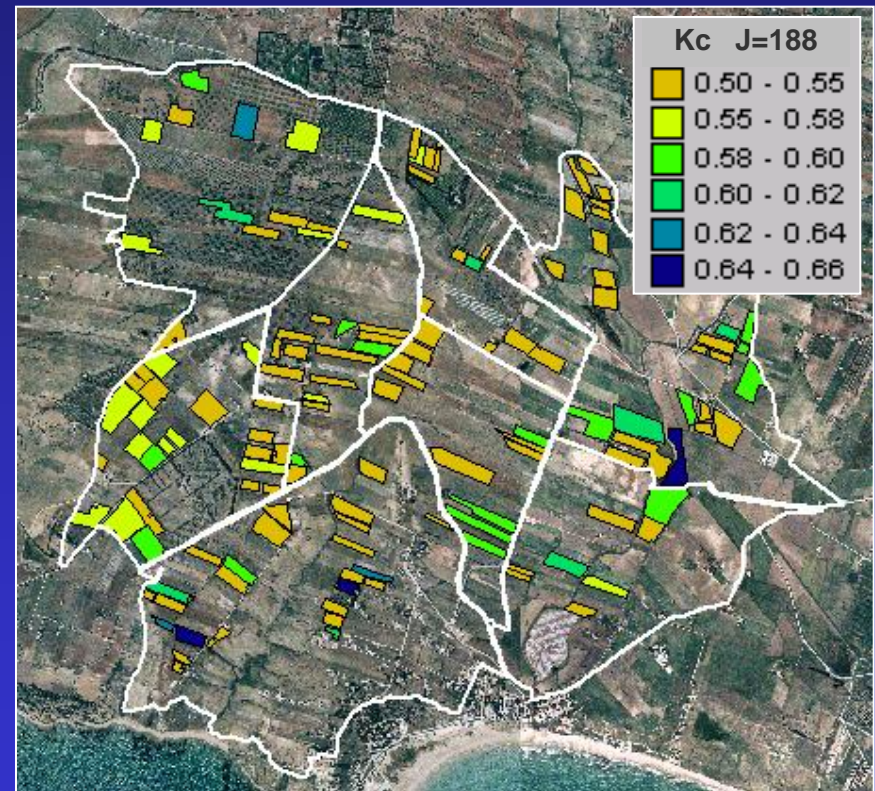
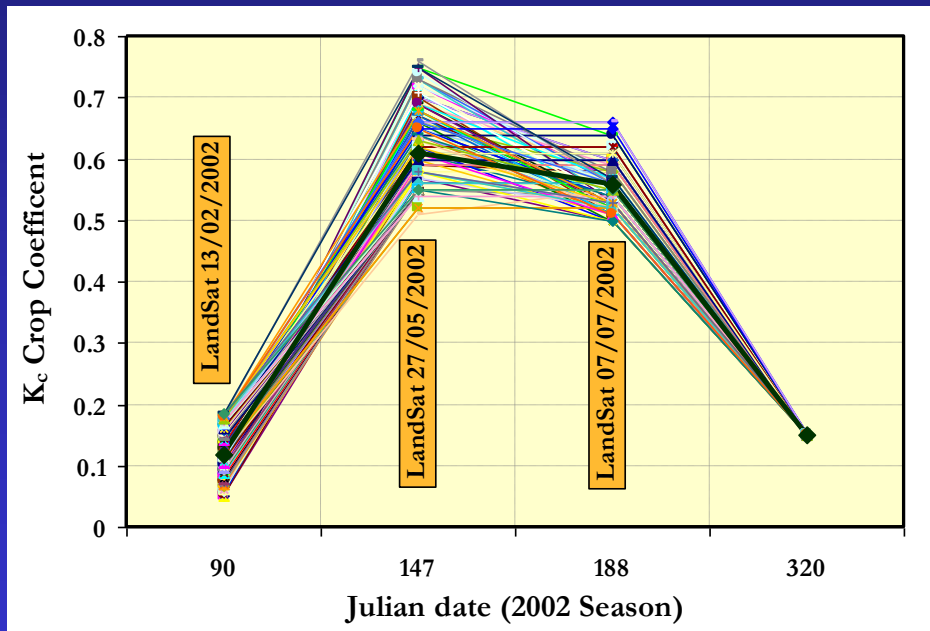
90

120



# Viticultura irrigua, Trapani

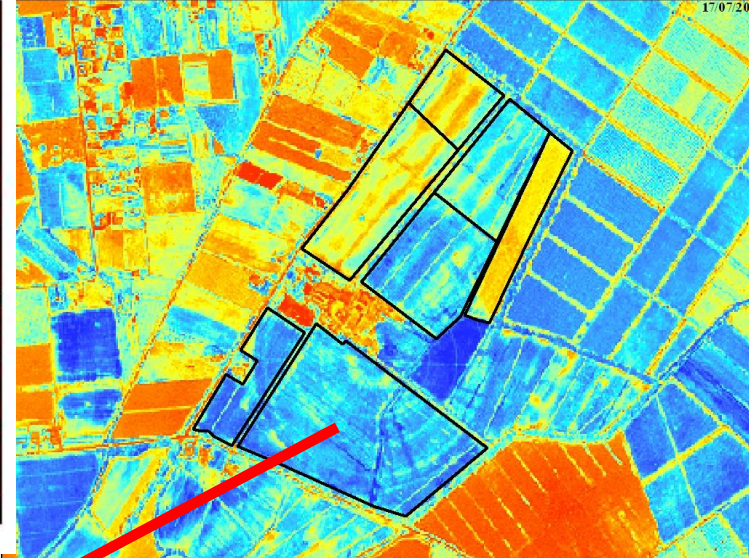
Distribuzione dei valori di  $K_c$





# Livello (A): consulenza irrigua personalizzata - scala aziendale -

Combinazione di Colori 28/06/2005



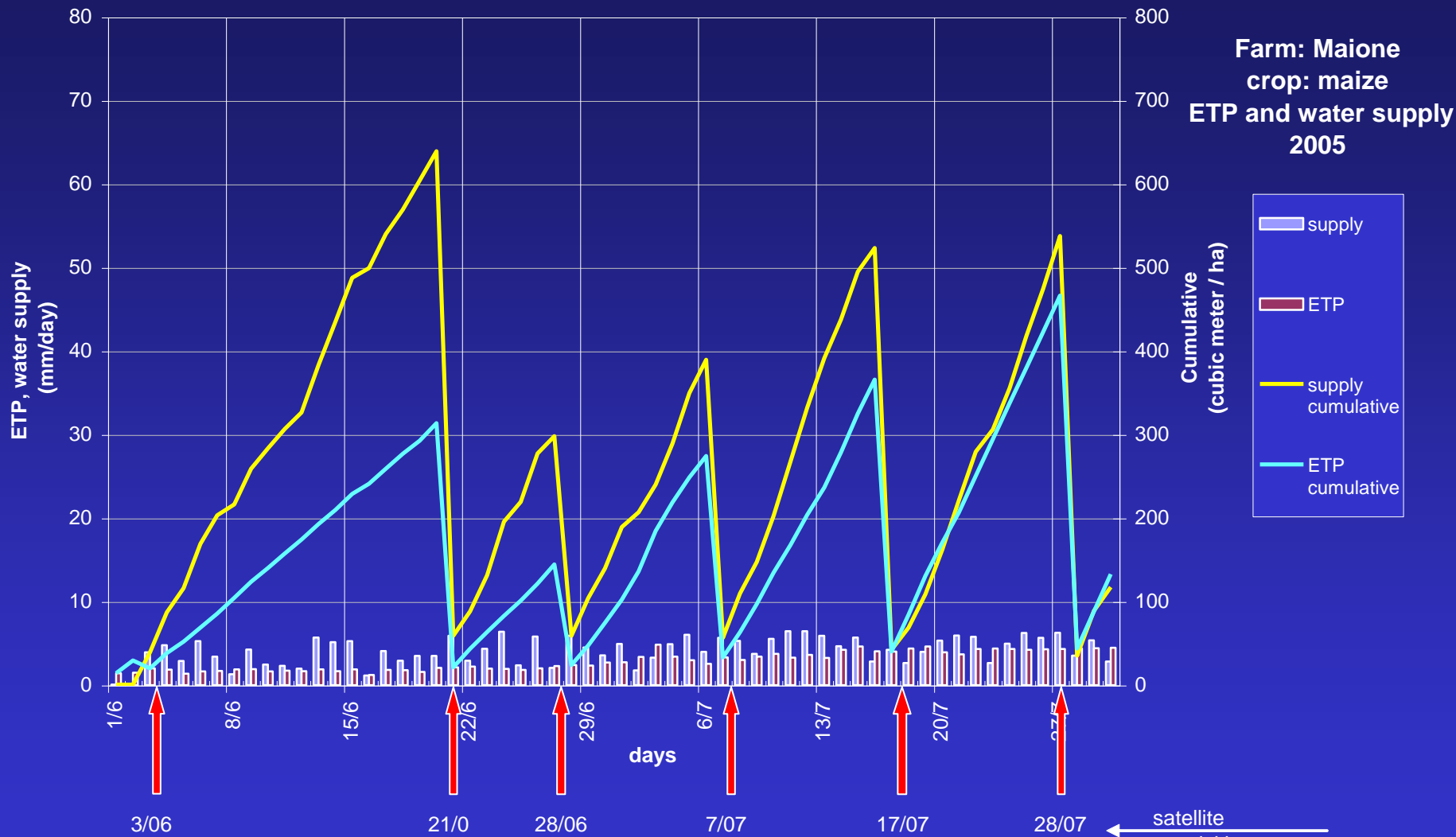
Numero_pro	50
Località	Fiocché
Proprietar	DI STEFANO LUIGI
Portata_ge	100-10L/M
Codice_gru	229870/00136
Condotta	SEC. FFEC
Foglio	49
Associato	
Kc20072004	0.742
Ndvi200704	0.723
Area	57208.088
Perimeter	1034.018
Hectares	5.721
Recno	143
Portata_l	10
Etp200704	3.732
Ymc200704	213.508
Tirr(h)	5.9308

**Parcella ID: 229870/00136**

**Volume irriguo consigliato,  
settimana 28: 213 m<sup>3</sup>**

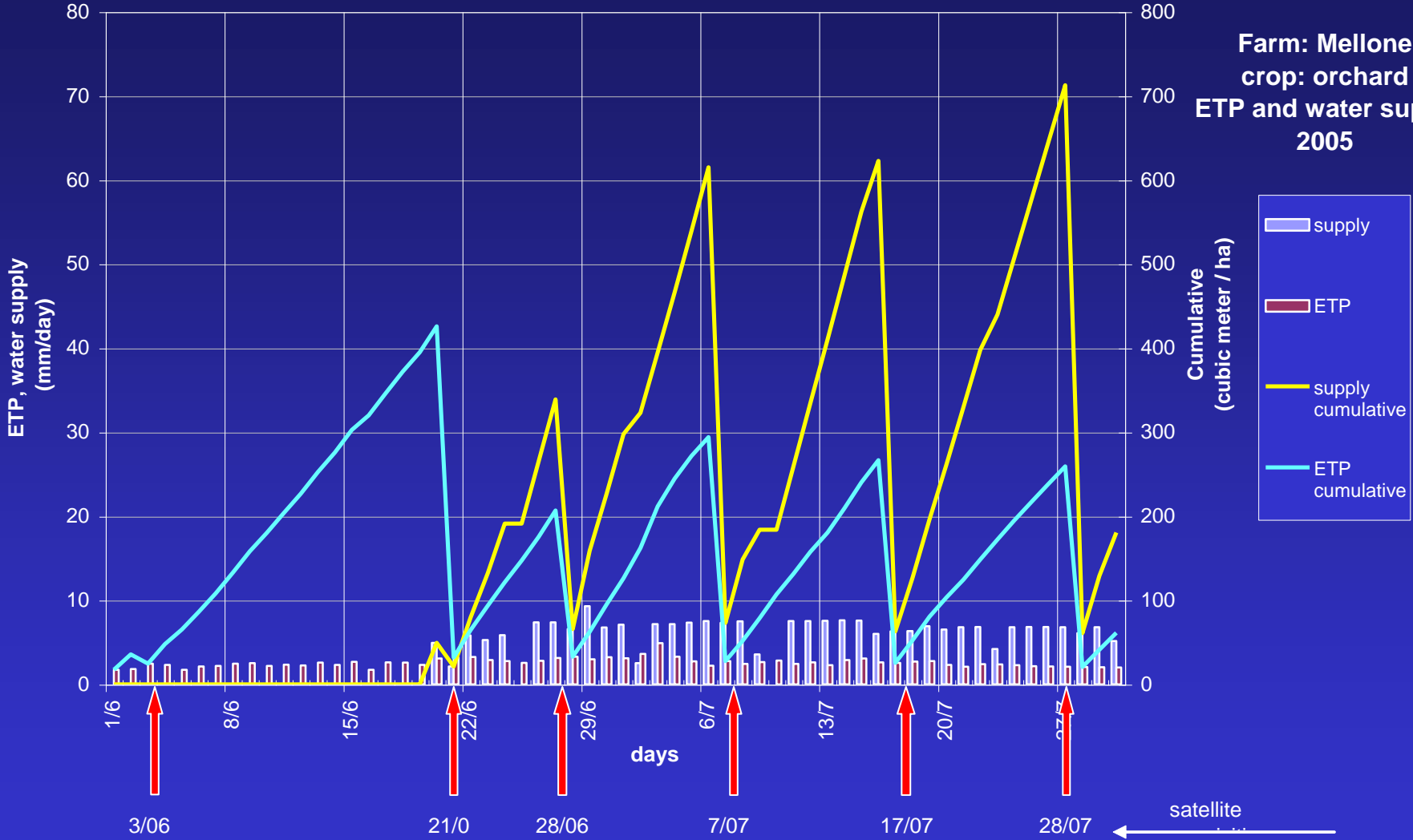
**Durata applicazione: 5.5 h**



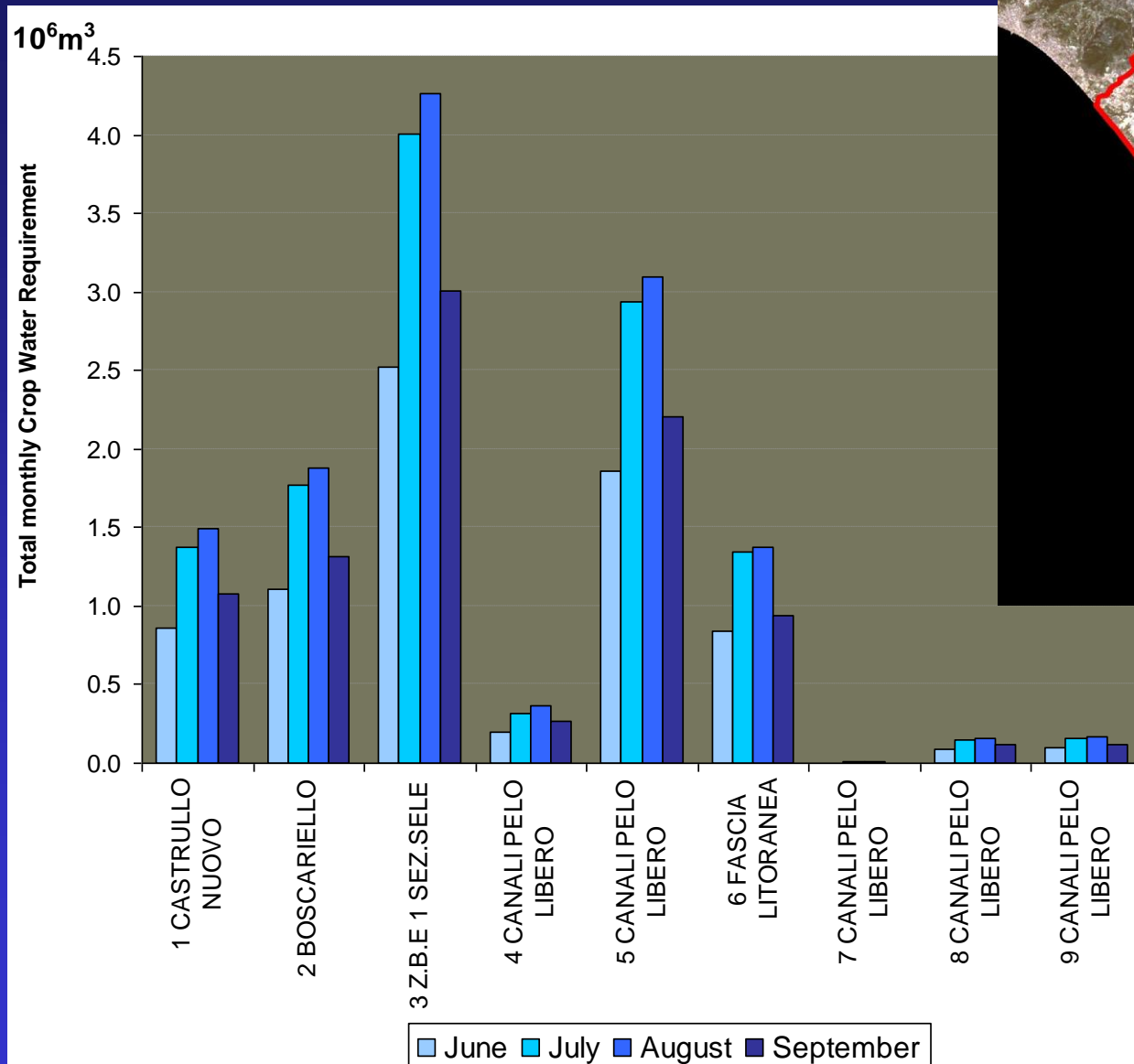


2005

Farm: Mellone  
crop: orchard  
ETP and water supply  
2005



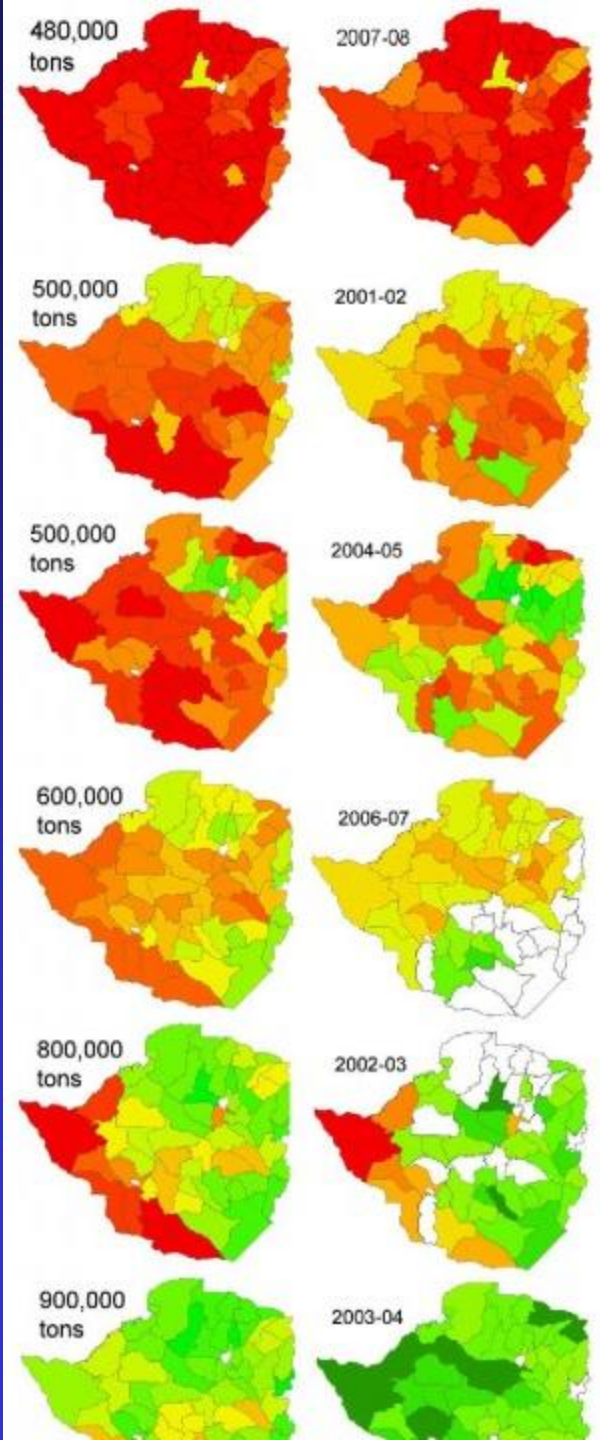
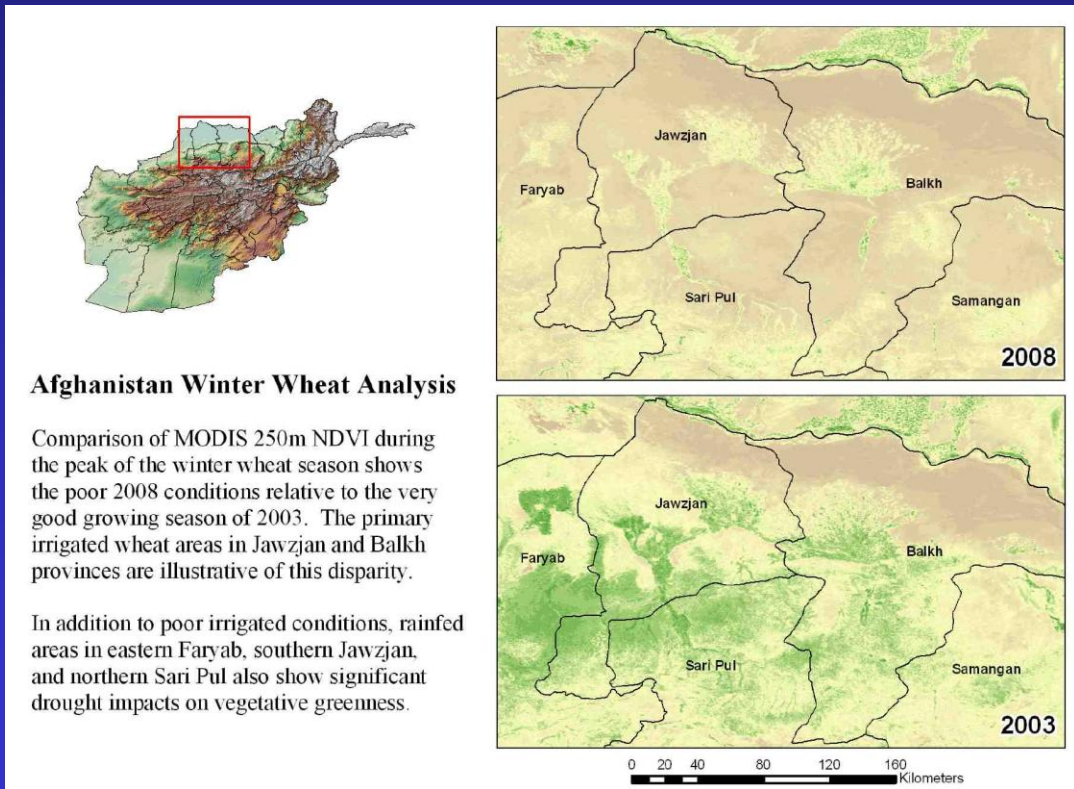
# Livello (B): informazione a scala di comprensorio irriguo



Esempi di applicazioni del  
telerilevamento a grande scala nei  
Paesi in via di sviluppo

# Famine Early Warning Systems Network (FEWS NET) - USAID

## Analisi di indici di vegetazione

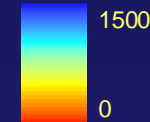


(Budde, Rowland et al., 2010)

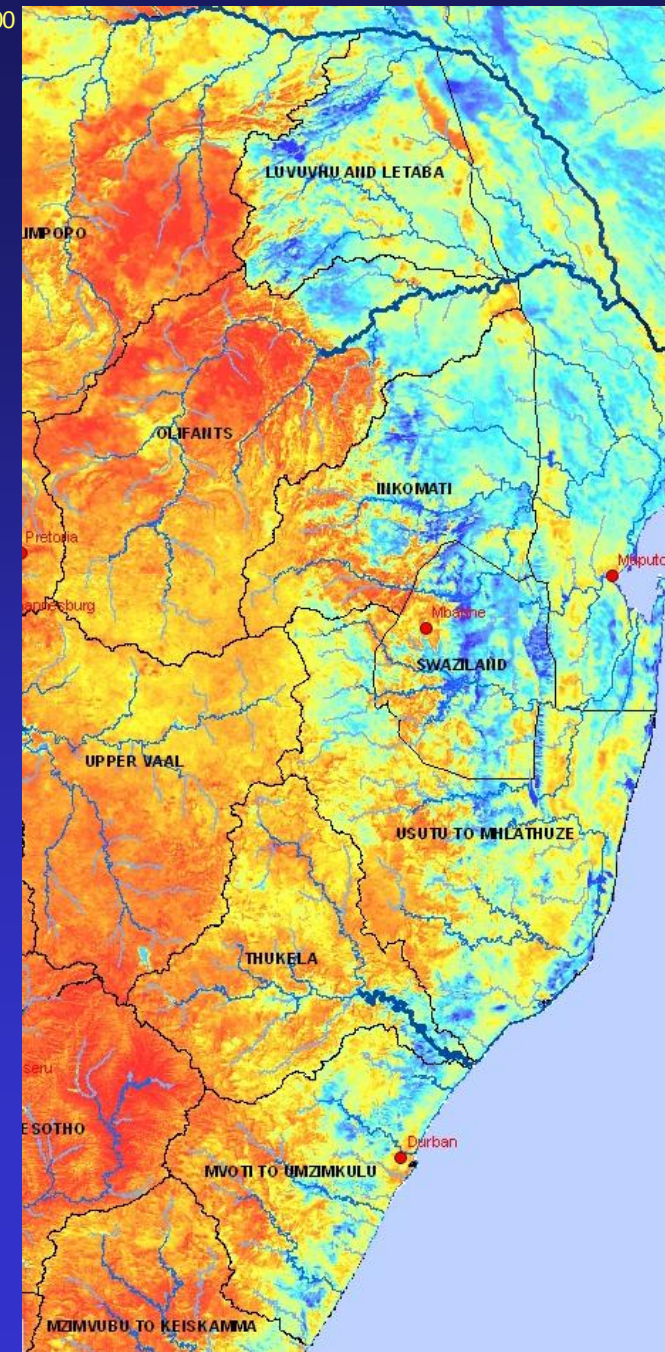
3. Stima dei valori istantanei di variabili e termini del bilancio idrologico: => **TIR**

Annual ET (July 2004 - June 2005)

[mm]



# Bilancio energetico superficiale – stima annuale $ET_a$ da MODIS

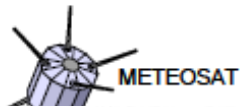


(Bastiaanssen, 2006)

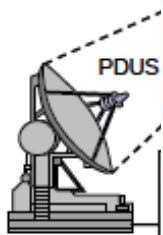
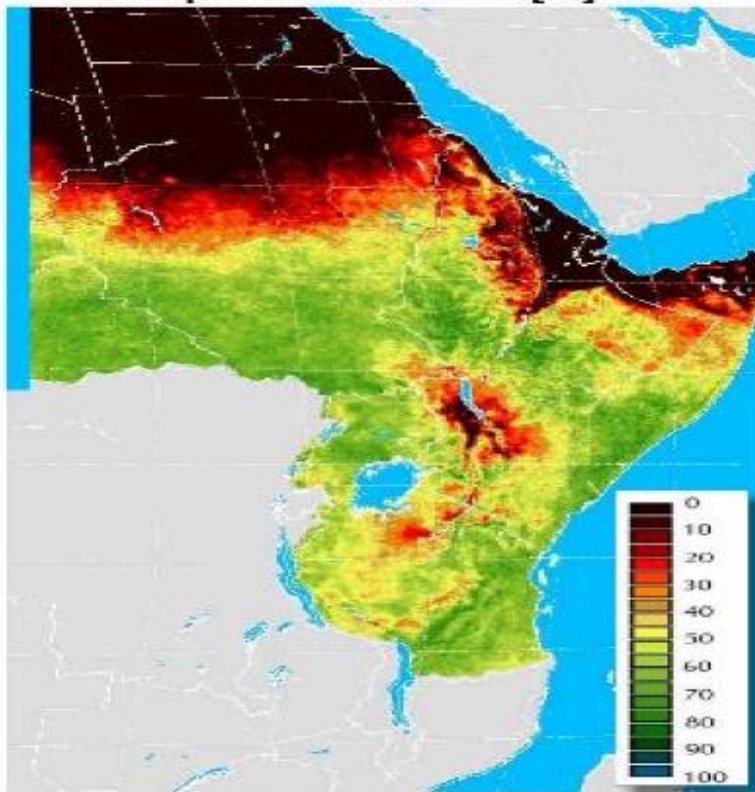


# Early warning Water Balance Monitoring System

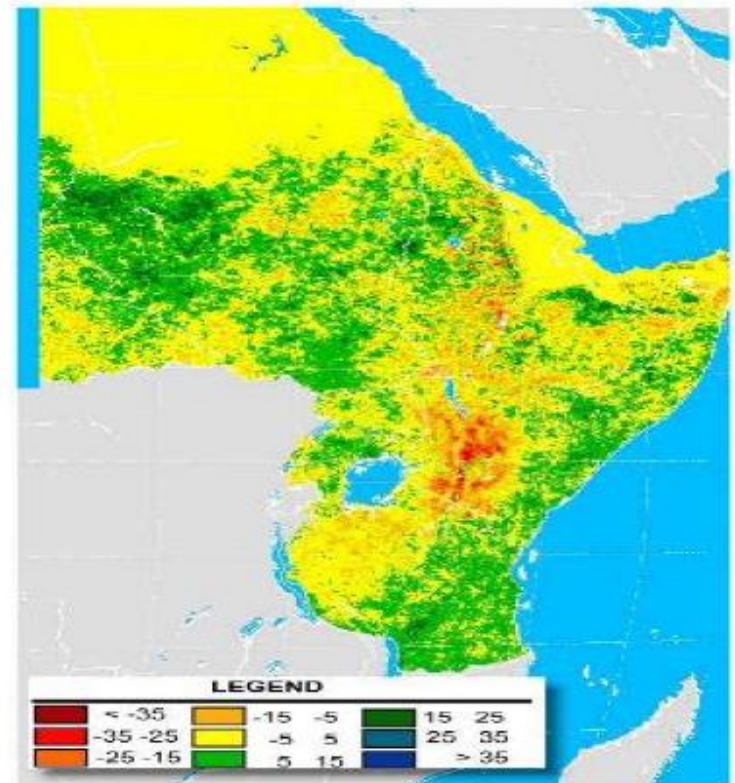
## EWBMS and its applications



**METEOSAT derived  
Crop Yield Indicator [%]**

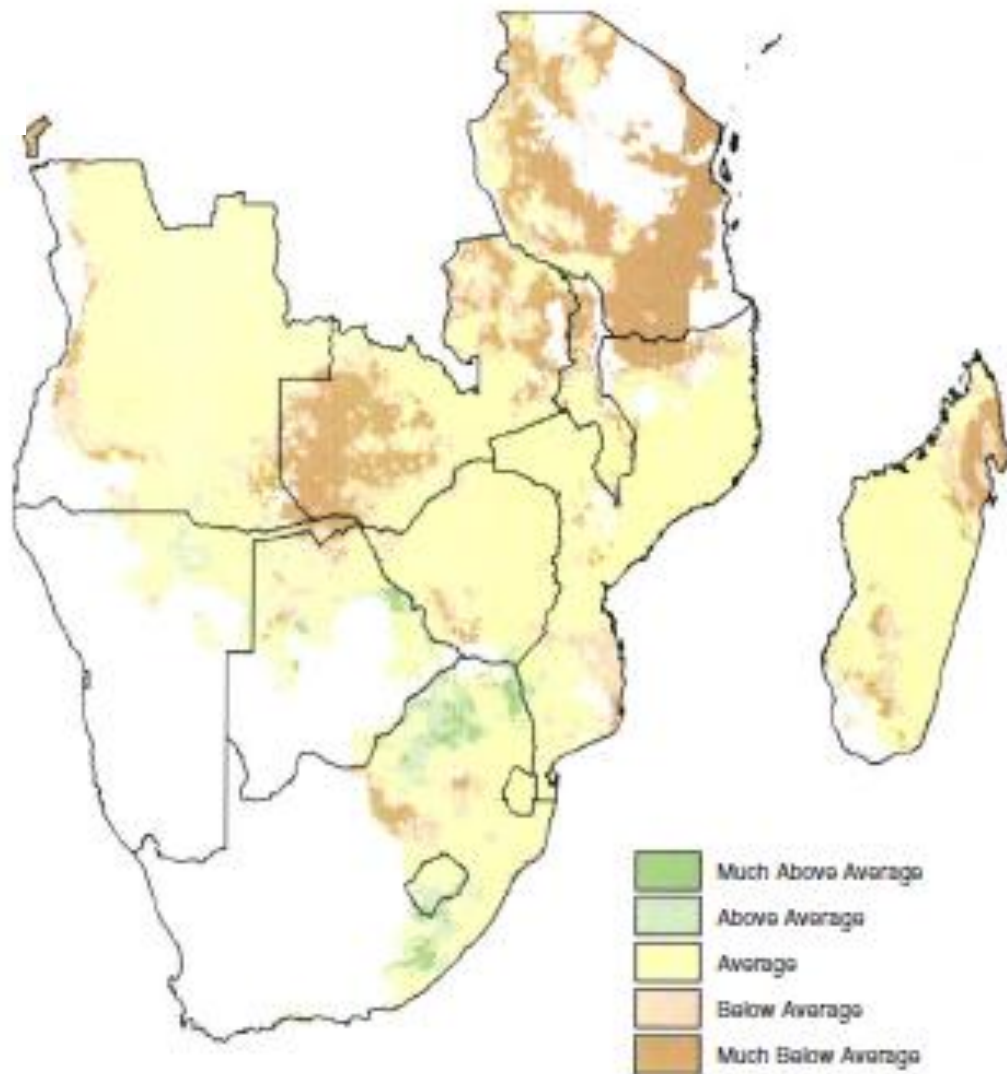


**METEOSAT  
Crop Yield Difference Indicator [%]**



# Indice WRSI (*water requirement satisfaction index*) e Bilancio Energetico Superficiale

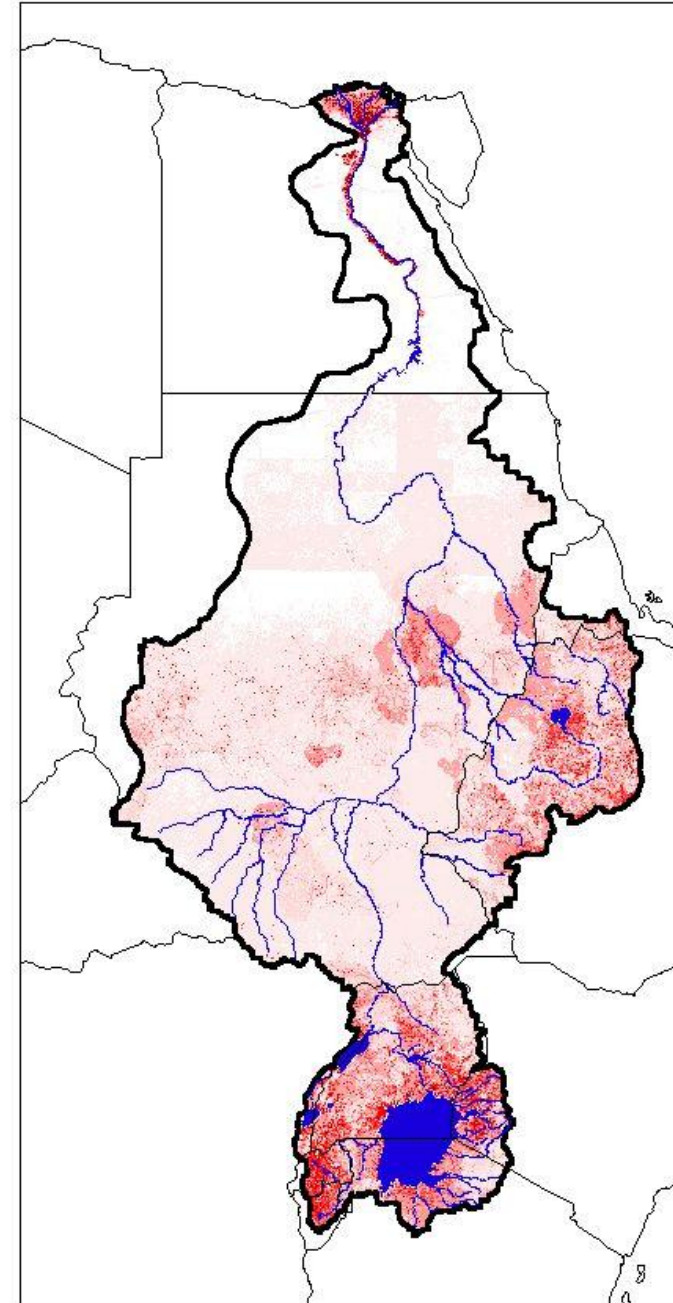
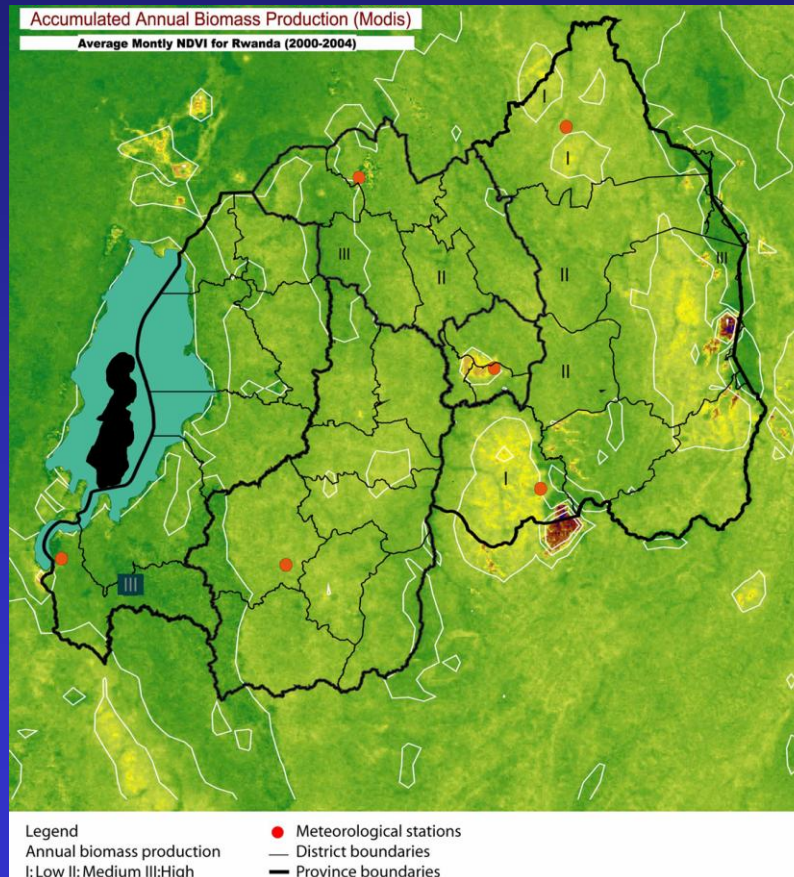
$$\text{WRSI} = \left[ \text{CWS} / \sum (K_c E_{rc})_i \right] \times 100$$



(Verdin e Klaver, 2002)

# ITA-FAO Nile

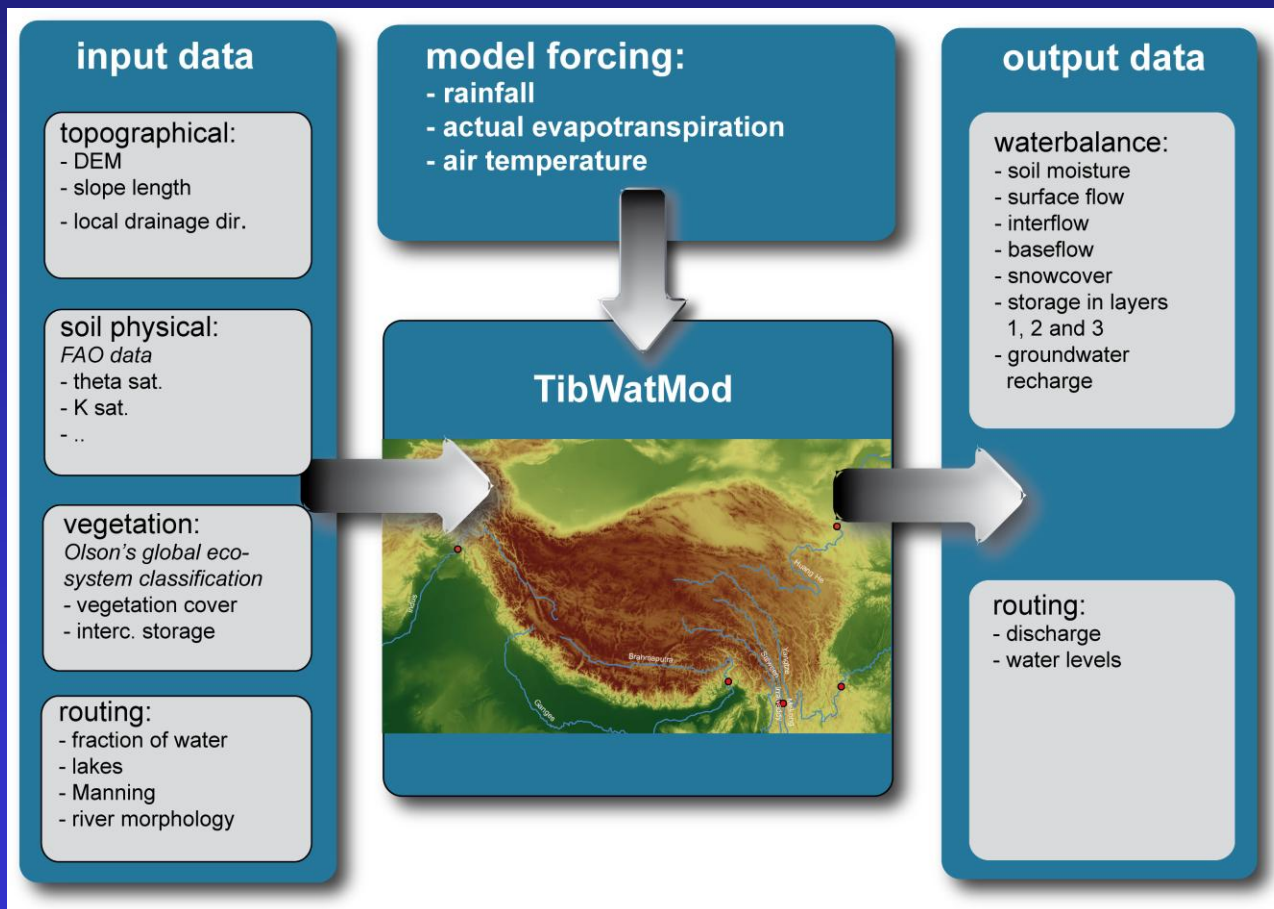
## Rafforzamento delle capacità per la gestione delle risorse idriche del Nilo



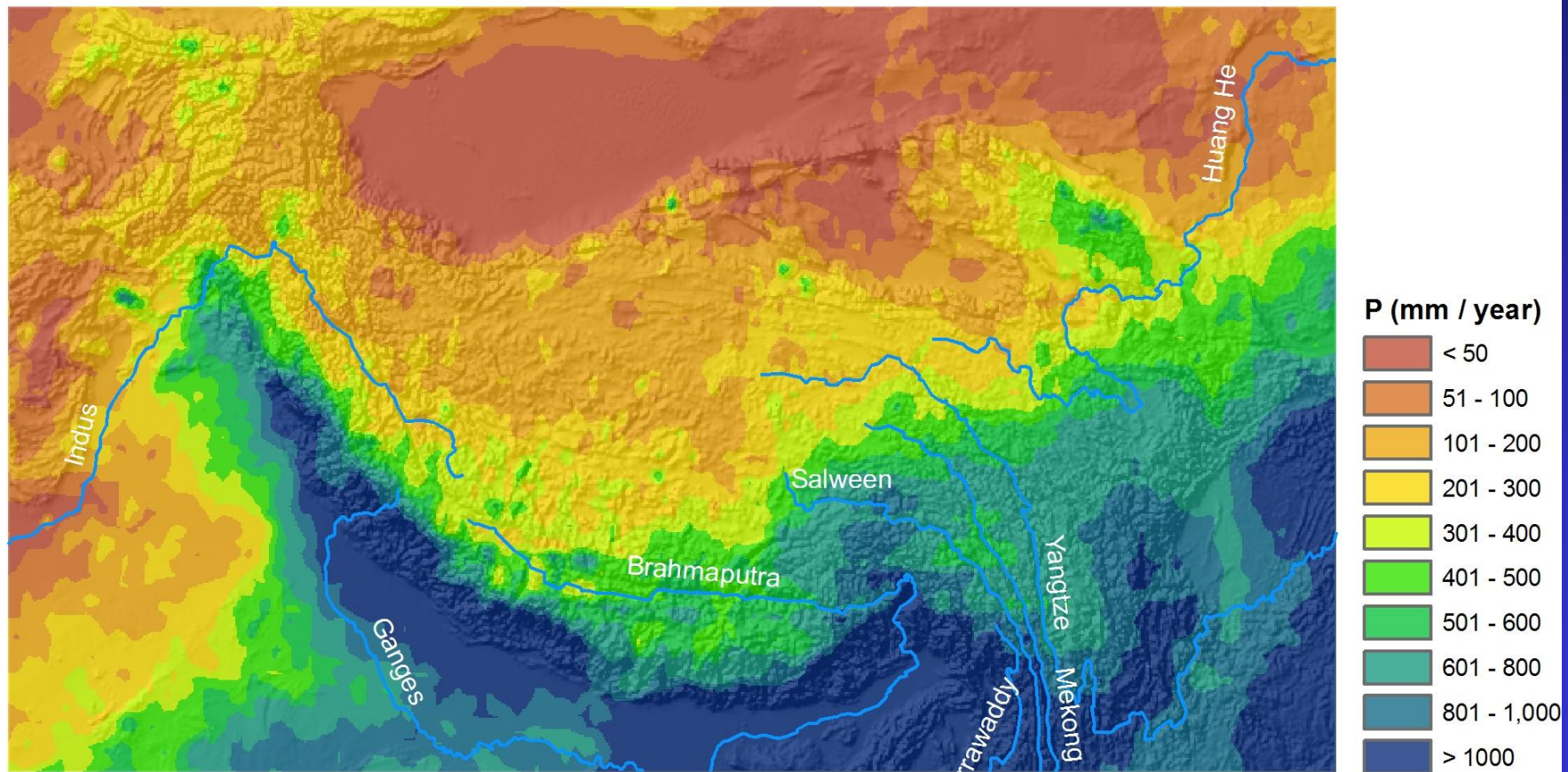
<http://www.fao.org/nr/water/faonile/>

# Integrazione fra modelli idrologici a grande scala e prodotti avanzati da dati di Osservazione della Terra

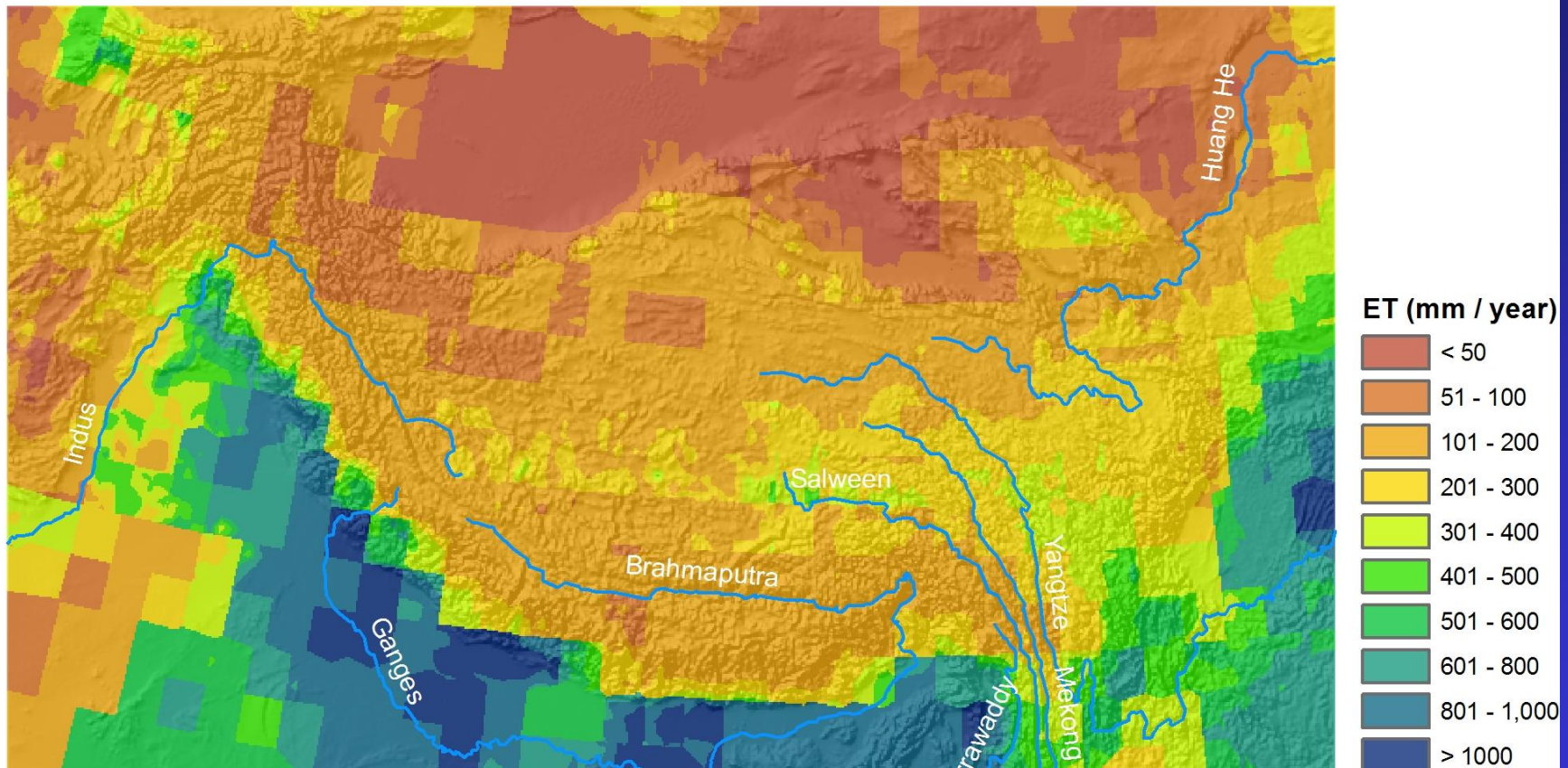
**Progetto CEOP-AEGIS (Coord.: M.Menenti; 2008-2012); EU-VII FP  
WP8: Monitoraggio della produzione di deflussi superficiali nel Tibet**



# Precipitazioni sensore TRMM 3B42 test – anno 2000

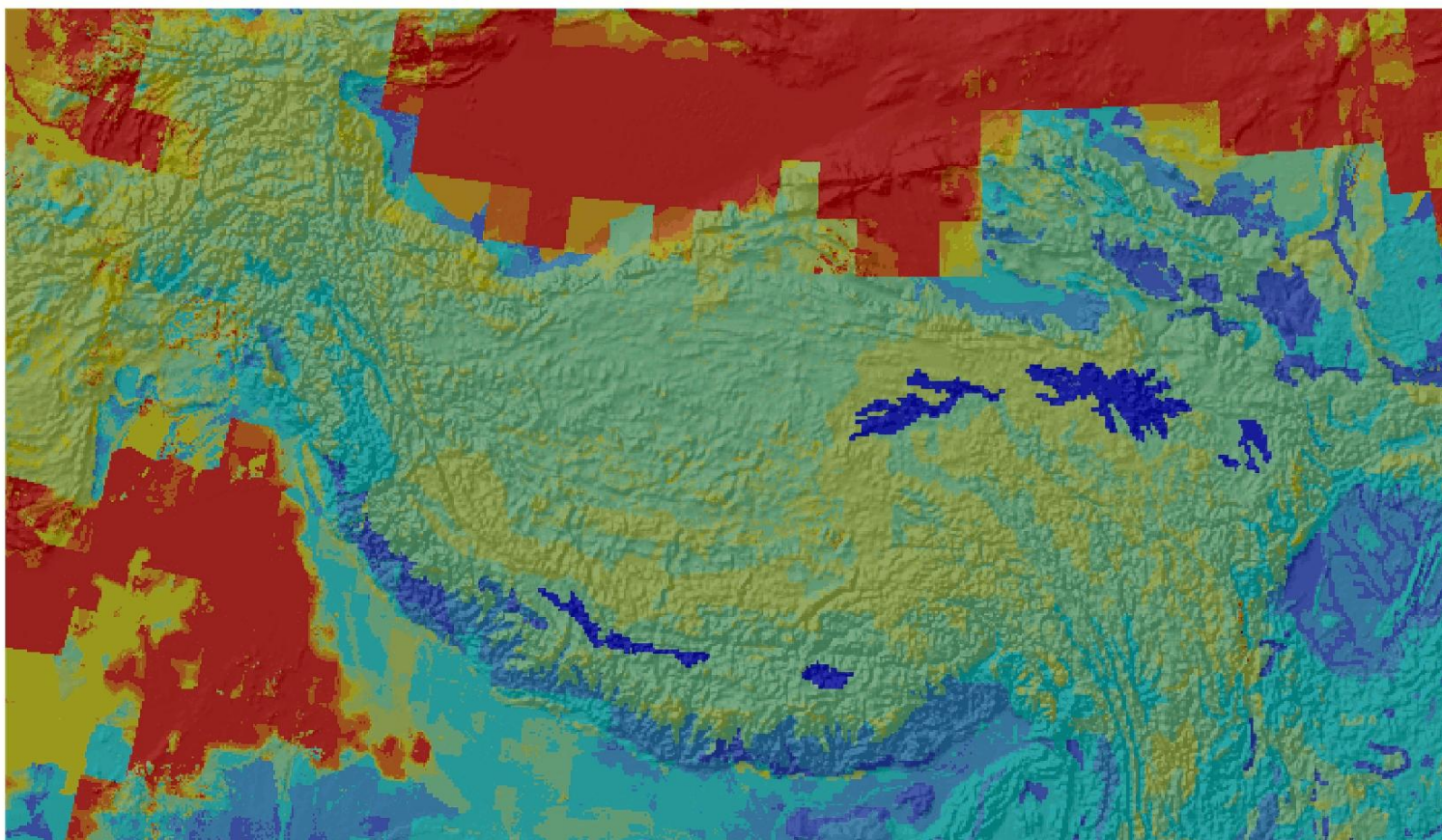


# *Evapotraspirazione reale (ETlook-WaterWatch, da dati MODIS) 2000*

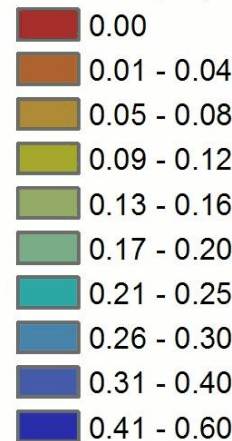


# *Immagazzinamento d'acqua nel suolo (modello+GRACE+SAR)*

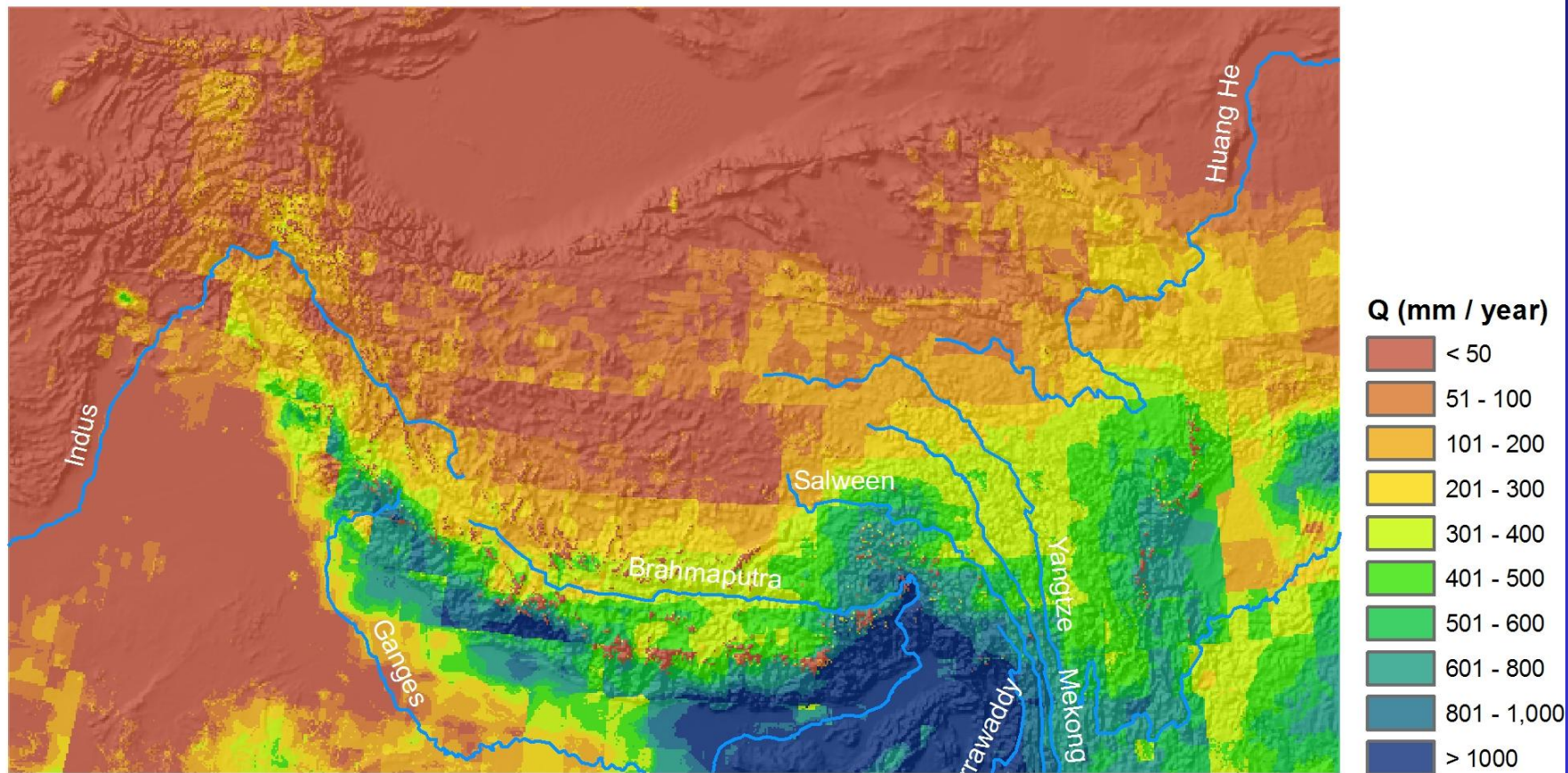
January



Store 2 (m)

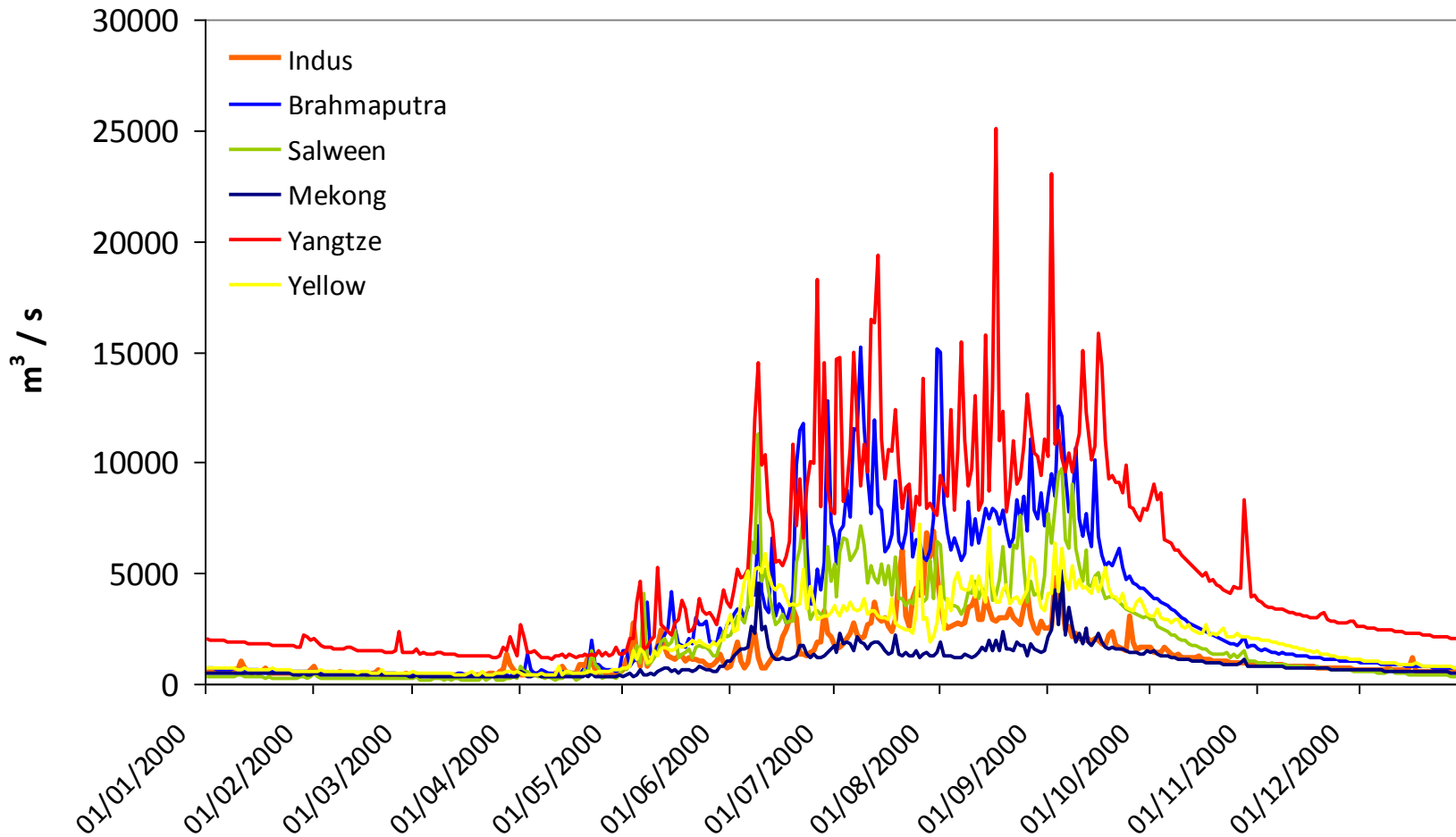


# *Mappa della produzione dei Deflussi superficiali* 2000





# *Portate – principali fiumi*



(Immerzeel, 2010)

# Conclusioni 1/4

- Le nuove tecnologie basate sull'analisi di dati di Osservazione della Terra e sulla descrizione dei processi idrologici consentono di valutare la domanda d'acqua per uso irriguo in relazione alla disponibilità delle risorse idriche (*water accounting*)

## conclusioni 2/4

- Nei prossimi 3-4 anni le principali agenzie spaziali (NASA, ESA) distribuiranno gratuitamente ed in tempo reale dati satellitari multispettrali ad alta risoluzione spaziale (10-20 m, i.e. Landsat 8 & Sentinel), come già oggi avviene con quelli a media risoluzione (300-1000 m)

## conclusioni 3/4

- Internet ed i moderni mezzi di comunicazione facilitano enormemente l'acquisizione e la distribuzione di dati ed informazioni, che possono essere resi disponibili in tempo quasi reale agli utenti finali

## conclusioni 4/4

- L'accesso comune a queste informazioni da parte di Enti gestori trans-nazionali consente una gestione partecipata e condivisa delle risorse, limitando così l'insorgenza di crisi e di conflitti