



Corso di aggiornamento

ESPERIENZE INNOVATIVE PER LA GESTIONE IDRAULICA DEL TERRITORIO

CUGRI - CAMPUS UNIVERSITARIO DI FISCIANO

7 Dicembre 2018



IRRIGAZIONE ASSISTITA DA SATELLITE



Ing. Massimo Natalizio

CONSORZIO DI BONIFICA DEL SANNIO ALIFANO

www.sannioalifano.it - direzione generale@sannioalifano.it

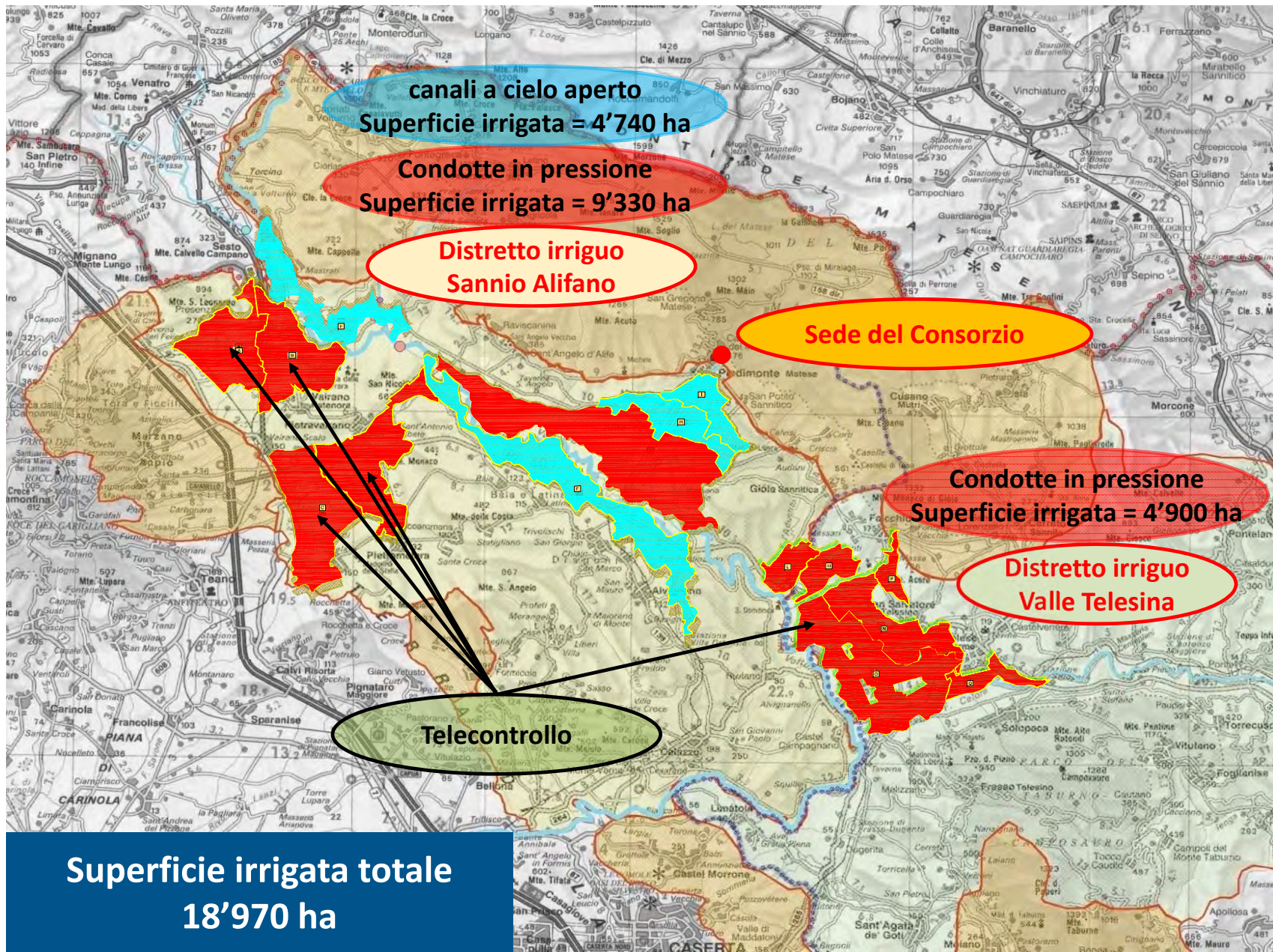




CONSORZIO
DI BONIFICA
DEL SANNIO
ALIFANO

- Area totale: 1950 km²







Gestione della risorsa idrica ai fini irrigui



Previsioni future di scarsità della risorsa idrica a livello mondiale

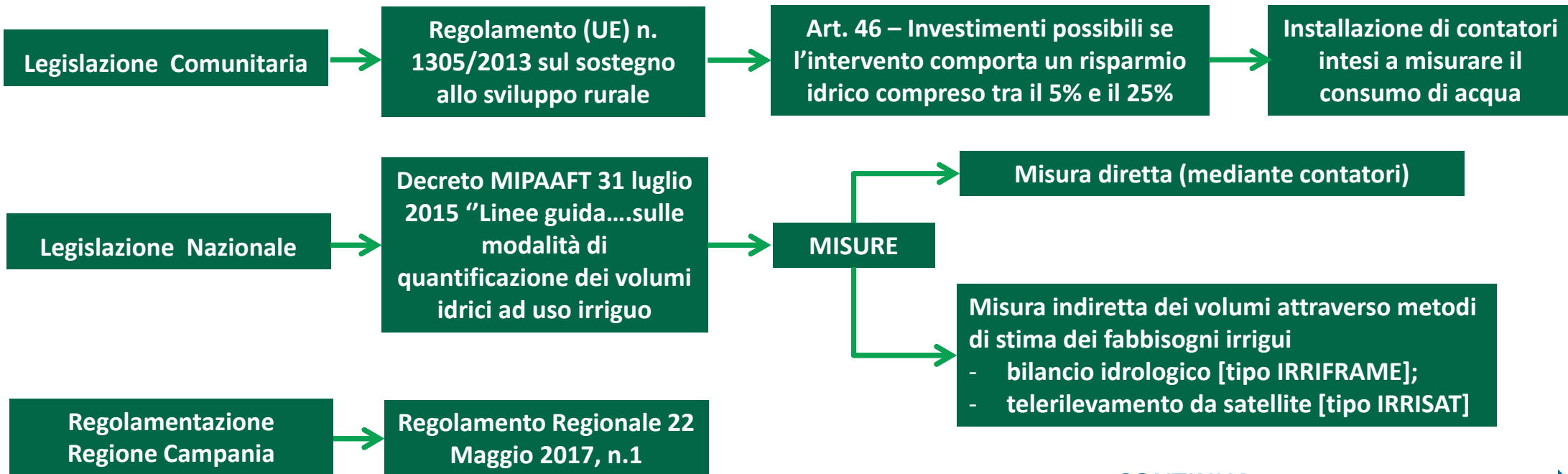


L'agricoltura utilizza il 60-70% dell'acqua dolce disponibile



Esigenza di risparmio idrico, specialmente in agricoltura

Esempi



CONTINUA





Gestione della risorsa idrica ai fini irrigui



CONSIDERAZIONI



Tutti i finanziamenti pubblici, sia Comunitari che Nazionali, nel settore dell'irrigazione impongono ai beneficiari la condizione del "RISPARMIO IDRICO", da dimostrare attraverso la misura (diretta o indiretta) dei volumi irrigui utilizzati.



Gestione della risorsa idrica ai fini irrigui



Come si realizza il “ risparmio della risorsa idrica ” in agricoltura ???



- **Interventi di tipo infrastrutturale:**
[conversione di reti irrigue da canali a cielo aperto a reti tubate in pressione, sistemi di telecontrollo e di automazione];
- **Gestione innovativa della distribuzione dell'acqua irrigua:**
[conoscenza delle aree irrigate e dei fabbisogni irrigui colturali, sistemi informatici di supporto alle decisioni]



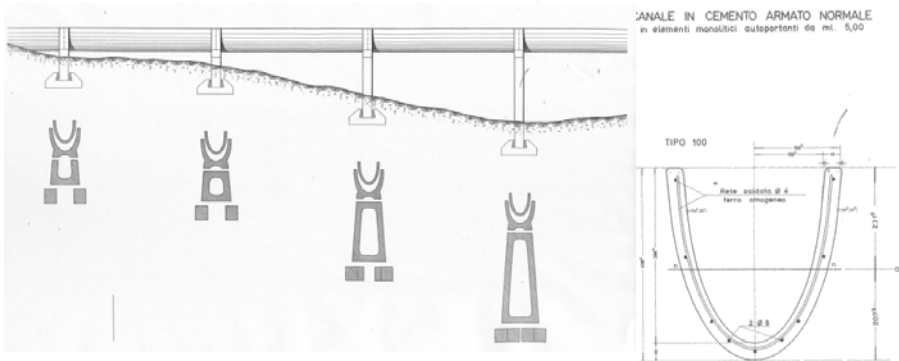
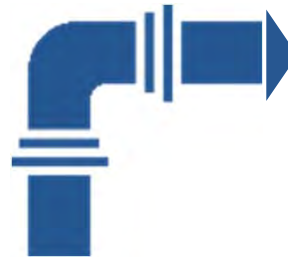
Sia le aree irrigate che i fabbisogni irrigui possono essere determinati attraverso metodi “ basati a terra ” (ground based) o “ da telerilevamento ” (remote sensing)



ESEMPI DI INTERVENTI SULLE INFRASTRUTTURE IRRIGUE



Conversione da canali a cielo aperto a reti tubate in pressione



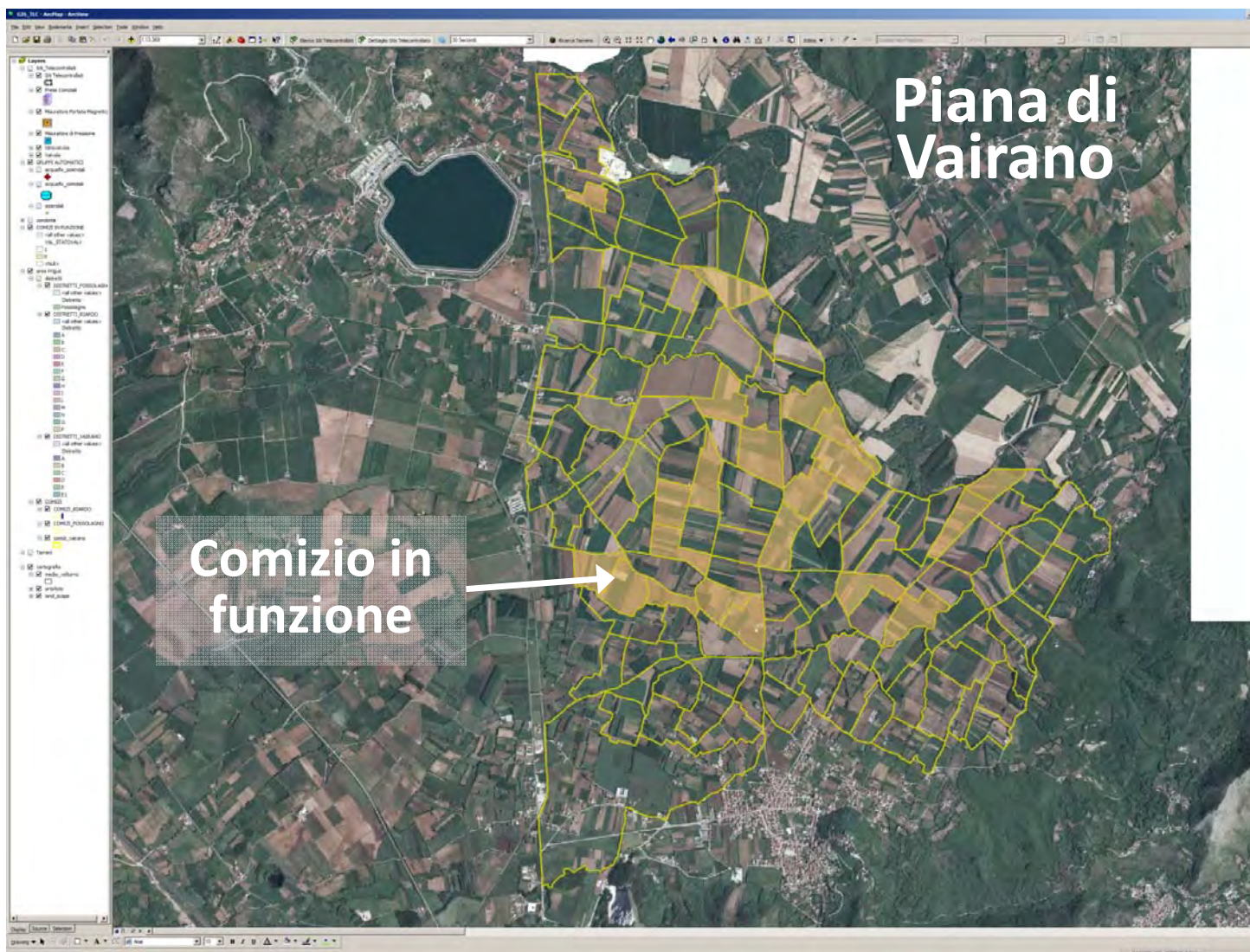


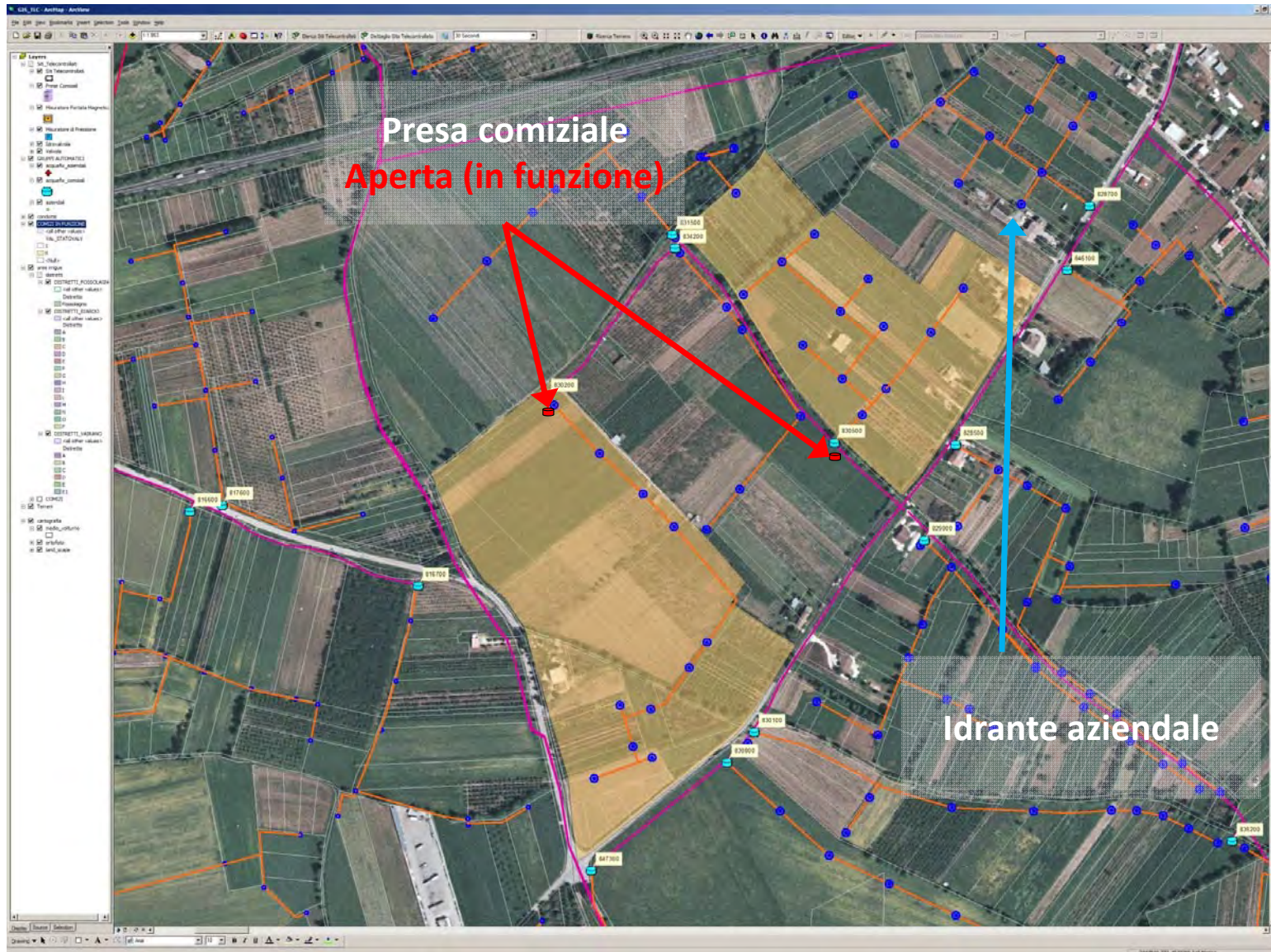
Centro generale di telecontrollo del Consorzio di bonifica Sannio Alifano





Piattaforma GIS del centro generale di telecontrollo







Presà comiziale DN 250





Apparati di telecontrollo per prese comiziali

Pannello Fotovoltaico con batteria



Quadro telecontrollo componenti principali



MODEM

PLC

Centralina misuratore di portata

Display trasduttore di pressione



Interfaccia SCADA per prese comiziali

Informazioni generali sul funzionamento di ogni presa comiziale

AR_B 08 - CO0309 VAIR. PATEN. - COMIZIALE 08 - DISTR. B
Distretto: Riardo Z.B. / Comune: Vair. Paten.

15/12/2009 15:06:42

VAIR. PATEN. - COMIZIALE

Dati Idraente

19042913 15:06:42

INTRUSIONE QUADRO

REMOZIONE PANNELLO

BATTERIA SCARICA

STATO GRUPPO

COMUNICAZIONE RTU/ACQUAFIX

BLOCCO PORTELLA

PRESENZA EROGAZIONE

ASSENZA EROGAZIONE

DATI TESSIRA

TIPO: UTENTE

COGNOME: OPELICE

NOME: ALBERTO

INDICATO: 15:06

Riquadro per segnalazioni ed allarmi



Idrante automatizzato per la regolazione della distribuzione dell'acqua attraverso tessera elettronica





**IL PROBLEMA DELLA DISTRIBUZIONE
DELL'ACQUA DI IRRIGAZIONE:
QUANTITA' E MODALITA' DI
CONSEGNA DELL'ACQUA**



Il problema della distribuzione irrigua



Difficoltà da parte degli enti gestori, quali Consorzi di Bonifica, a gestire l'irrigazione e controllare il territorio



La soluzione di partenza

Mappare le Aree Irrigate sulla base di dati di E.O.

- Permettere un rapido esame e **controllo delle domande di fornitura** di acqua a uso irriguo
- Individuare le **irrigazioni senza autorizzazione**
- **Recupero dei relativi Ruoli**
- Ottimizzazione e **riduzione dei controlli in campo**
- **Equità** nell'accesso alla risorsa e nella suddivisione dei costi
- **Metodologia riconosciuta** dall'Unione Europea e conforme all'art.3 del D.M. MIPAAF del 31 luglio 2015



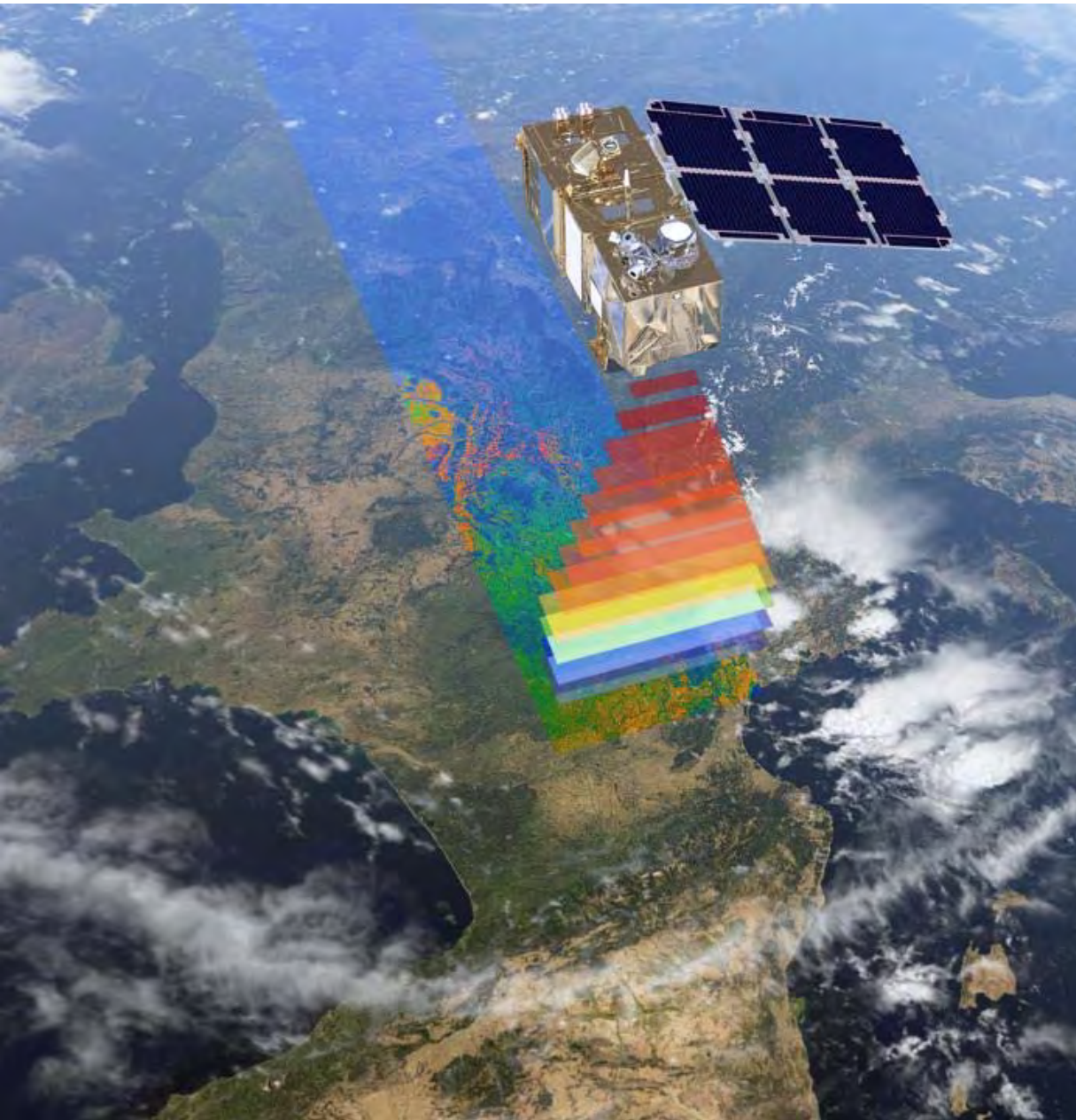


Tecnica approvata dall'Unione Europea

Tale tecnica è riportata come **metodologia ufficiale** per la stima delle aree irrigate nel Report della DG Ambiente **dell'Unione Europea**, “Applying Earth Observation to support the detection of non-authorized water abstraction”



ed è segnalata come **l'unica effettivamente applicabile** su vasta scala dall'Unione Europea nel **“Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources”** del Novembre 2012.



Il sistema utilizza i
dati di 'Osservazione
della Terra'
trasmessi dalla
costellazione
Copernicus dell'ESA



Progetto finanziato dall'Unione Europea
Horizon2020 Research and Innovation Programme

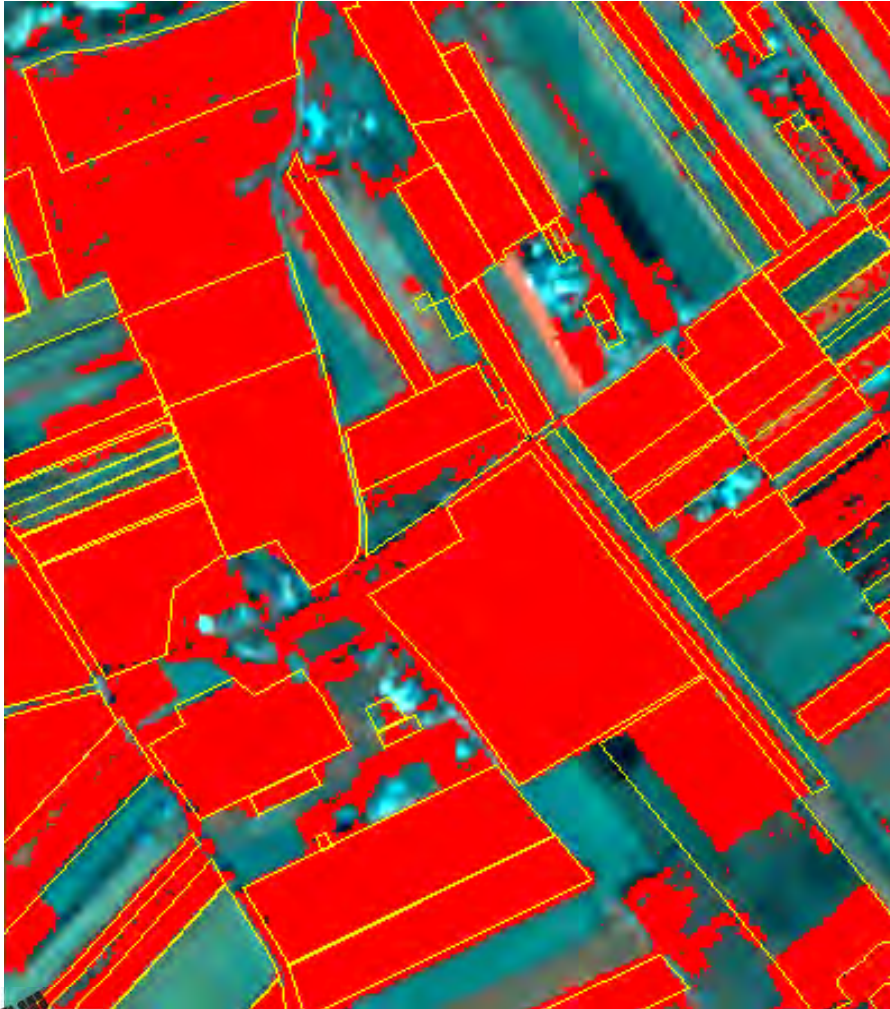




Mappatura delle Aree Irrigate con il satellite

Assunzioni di base

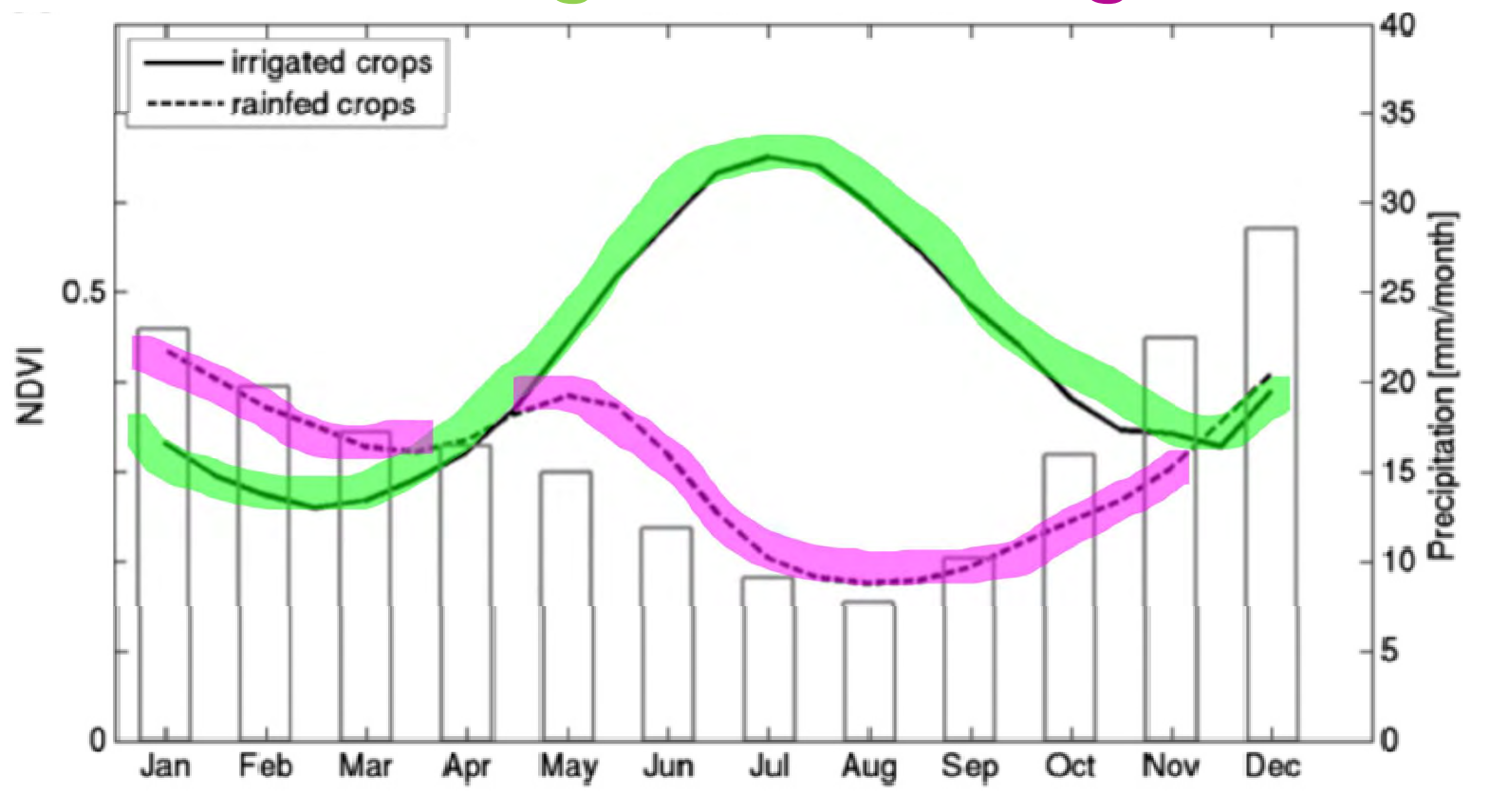
- **Elevati trend di crescita** colturale sono compatibili solo con apporti irrigui esterni
- **Forme** degli appezzamenti **regolari**
- Ipotesi valida in condizioni di **deficit idrologico** tipico degli ambienti aridi e semiaridi (ambiente mediterraneo)





Andamento vigore di vegetazione

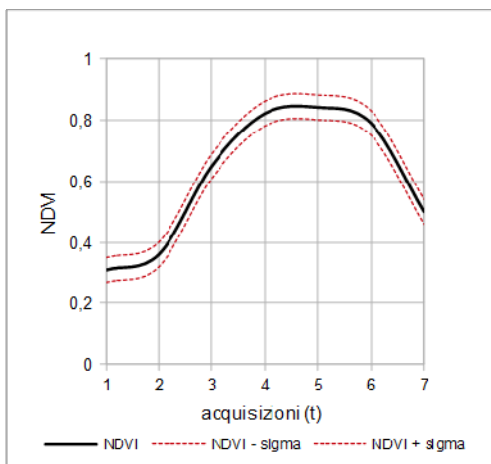
colture irrigate e non irrigate



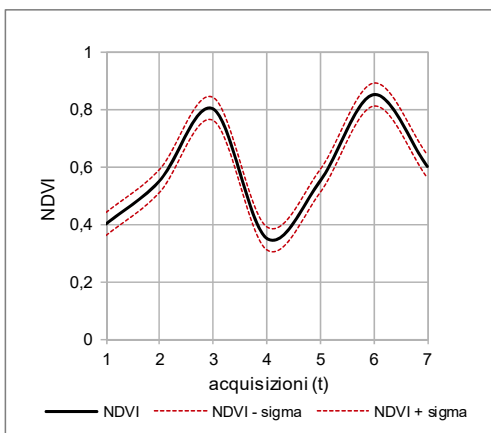
Andamento temporale dell'indice NDVI e profili di precipitazione di appezzamenti irrigati e non irrigati; le linee rappresentano il valore medio di risposta di un campione di circa cinque siti. (da Ozdogan and Gutman 2008)



Classificazione basata sui trend temporali



Andamento tipico di una coltura erbacea irrigua

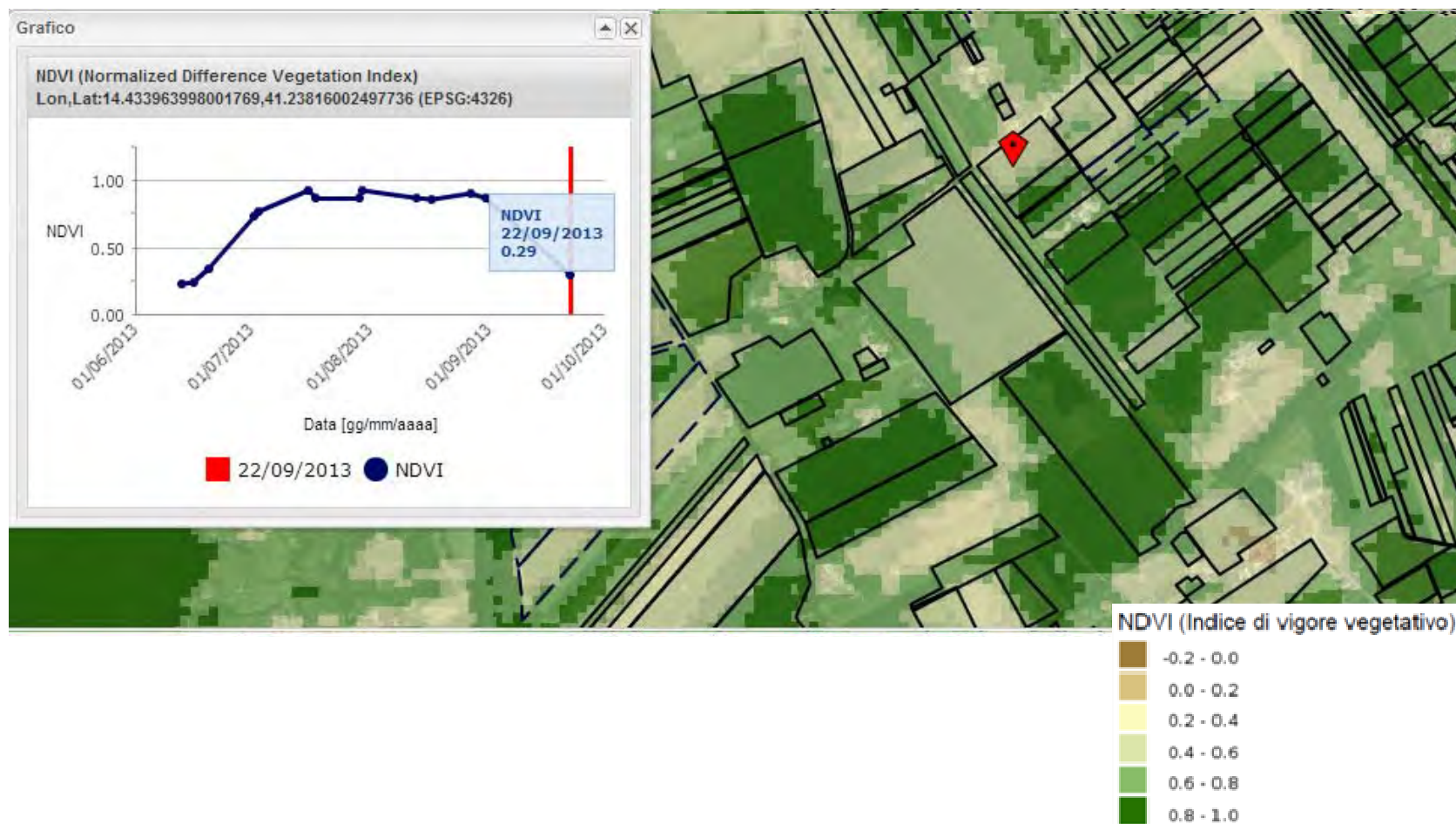


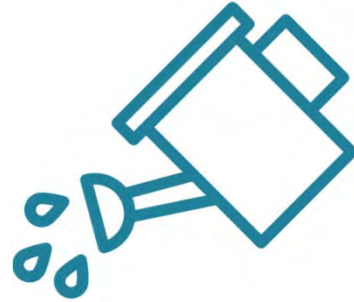
Andamento tipico di una coltura erbacea irrigua soggetta a sfalci

- Acquisizione di immagini multispettrali con **elevata frequenza** (ogni 10gg circa)
- Analisi degli **andamenti di vigore vegetativo** e delle **forme degli appezzamenti**
- **Classificazione e mappatura** delle particelle irrigate (colture erbacee e arboree – frutteti) basata sui trend di crescita (classi con idro-esigenza e trend di crescita simile)
- **Stima dell'evapotraspirazione (FAO56)** e del fabbisogno irriguo
- La mappatura può essere effettuata sia **durante la stagione** in corso che a **fine stagione**



Serie multi-temporale di mappe di NDVI Esempio: Particella irrigua coltivata a mais





STIMA DEI FABBISOGNI IRRIGUI



Stima dei fabbisogni irrigui

BILANCIO IDROLOGICO

Approccio two steps

$$r_a: \frac{208}{u_2} \left[\frac{s}{m} \right] \quad r_s: 70 \left[\frac{s}{m} \right] \quad \text{altezza della coltura (prato) di 12 cm}$$



$$ET_0 = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot u_2)}$$

K_c : dipende dalla tipologia di coltura e dal suo stadio di crescita come la copertura del suolo, le proprietà della coltura, oltre la resistenza della superficie fogliare e aerodinamica, proviene da sperimentazioni su campo.

Essendo p il prodotto delle seguenti efficienze:

e_{ap} è l'efficienza di applicazione al campo

e_d è l'efficienza di distribuzione

e_a è l'efficienza di adduzione fino al distretto

EVAPOTRASPIRAZIONE
COLTURALE $\left[\frac{mm}{d} \right]$

FABBISOGNO IRRIGUO $\left[\frac{m^3}{ha} \right]$

$$ET_c = K_c \cdot ET_0 \quad \longrightarrow \quad w = \frac{|ET_c - P_n|}{\rho} \cdot 10$$

PIOGGIA NETTA $\left[\frac{mm}{d} \right]$ $P_n = f_c \cdot (1.253 \cdot P^{0.824} - 2.935) \cdot 10^{0.001 \cdot ET_c}$



Stima dei fabbisogni irrigui

BILANCIO IDROLOGICO

Approccio *one step*

$$ET = \frac{1}{\lambda} \frac{\Delta (R_n - G) + \rho c_p (e_s - e_a) / r_a}{\Delta + \gamma (1 + r_s / r_a)}$$

ET: flusso evapotraspirativo [mm/d]

λ : calore latente di vaporizzazione [MJ/Kg]

Δ : pendenza della curva che esprime la tensione di vapore saturo in funzione della temperatura [kPa/°C]

γ : costante psicrometrica [0.066 kPa/°C]

R_n : radiazione netta [MJ/m²d]

G: densità di flusso di calore nel suolo [MJ/m²d]

$e_s - e_a$: deficit di pressione di vapore dell'aria dell'aria [kPa]

r_s : resistenza superficiale [s/m]



$$r_s = \frac{r_l}{LAI_{active}}$$

r_l : resistenza stomatica della foglia ben-illuminata [s/m]

LAI_{active} : Indice di Area Fogliare attivo (illuminato dal sole) [-]

r_a : resistenza aerodinamica [s/m]



$$r_a = \frac{\ln \left[\frac{z_m - d}{z_{om}} \right] \ln \left[\frac{z_h - d}{z_{oh}} \right]}{k^2 u_z}$$



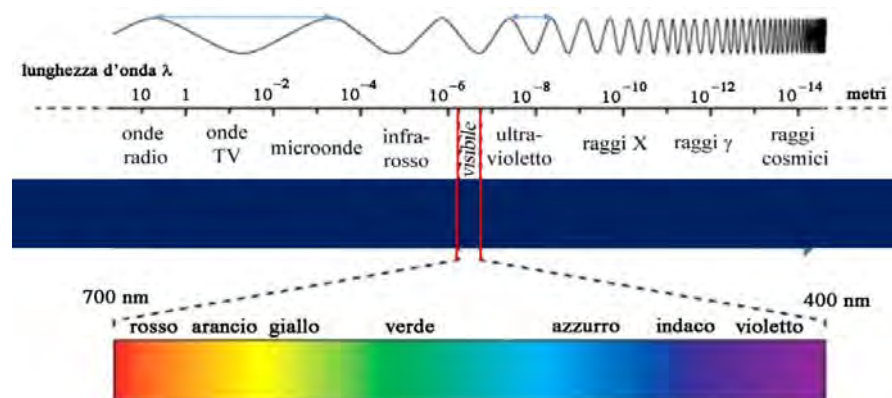
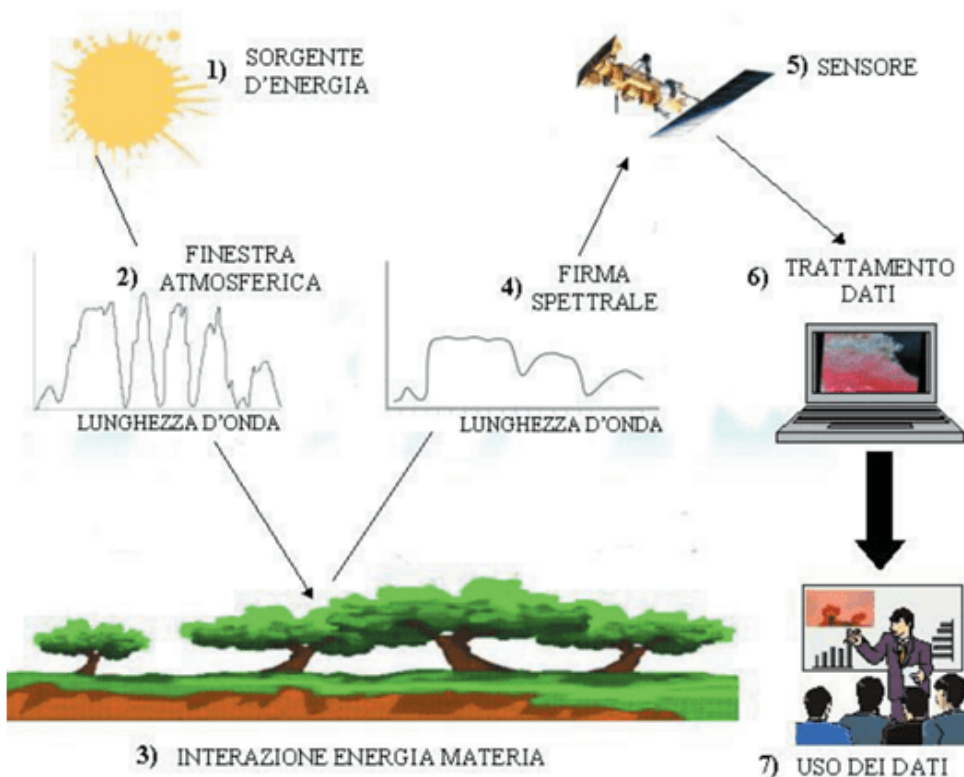
Stima dei fabbisogni irrigui



TELERILEVAMENTO



Il telerilevamento o remote sensing, è la scienza che permette di ottenere informazioni da oggetti posti a distanza, basandosi sulla raccolta e sull'analisi di dati senza che lo strumento usato sia in contatto diretto con l'oggetto studiato.



Il telerilevamento utilizza la banda spettrale:

dell'ultravioletto o UV con lunghezze d'onda tra 0.01 e 0.4 μm ,

del visibile tra 0.4 e 0.7 μm ,

dell'infrarosso si colloca tra 0.7 μm e 1 mm,



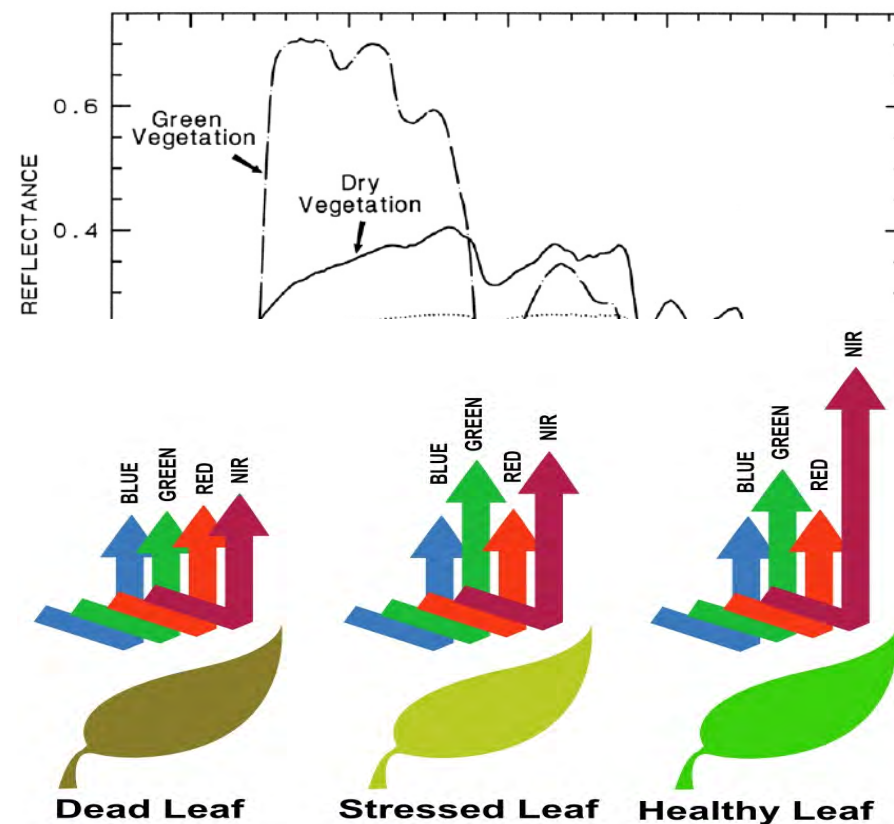
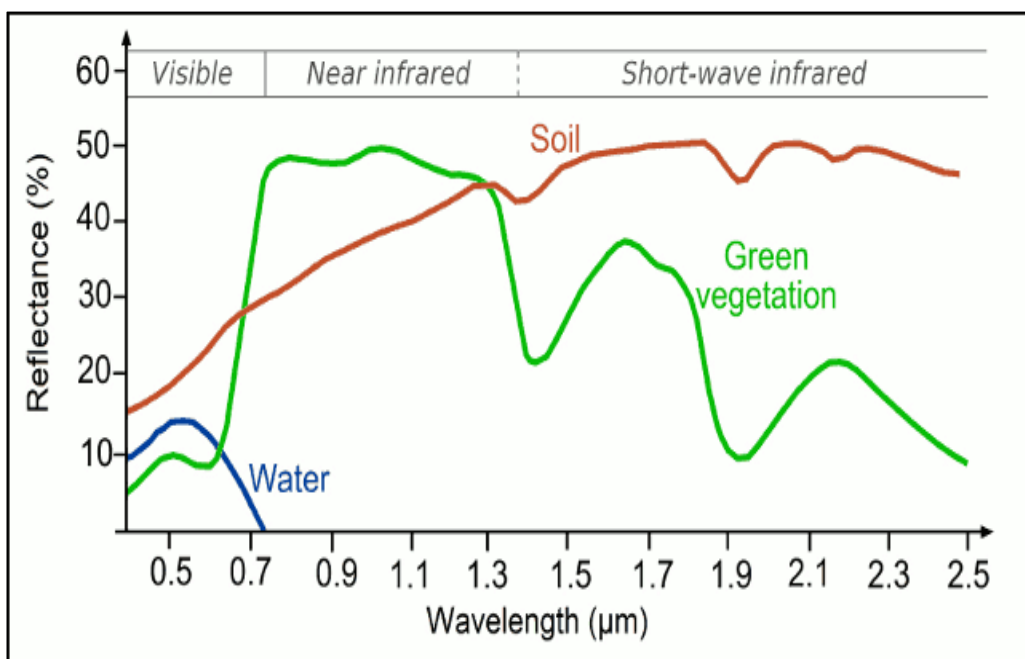
Stima dei fabbisogni irrigui



TELERILEVAMENTO



Quindi ogni superficie a seconda di alcune caratteristiche, trasmette, assorbe o riflette le radiazioni elettromagnetiche in maniera differente nelle lunghezze d'onda.





Stima dei fabbisogni irrigui



TELERILEVAMENTO



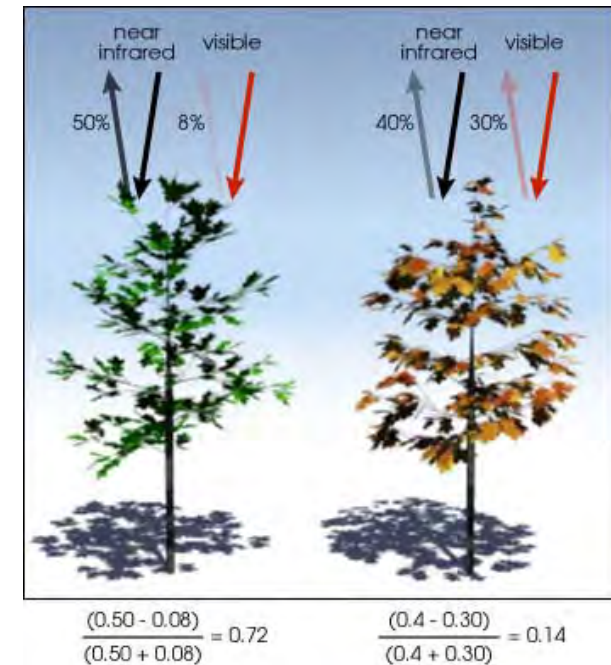
Mediante operazioni algebriche tra i valori di riflettanza nelle regioni dello spettro, è possibile ricavare degli indici di vegetazione, al fine di monitorare lo stress idrico, la tipologia di coltura, l'evapotraspirazione colturale ed il fabbisogno irriguo.

I primi nascono tra la risposta spettrale della riflettanza nelle bande del rosso ρ_R e porzioni del vicino infrarosso ρ_{NIR} , il più diffuso è l'**NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)**:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R}$$

La seconda categoria di indici di vegetazione, misurano la presenza di vegetazione mediante le differenze nei valori di riflettanza in relazione ai valori ottenuti a suolo nudo, **WDVI (Weighted Difference Vegetation Index)**:

$$WDVI = \rho_{NIR} - \rho_R \frac{\rho_{suolo,NIR}}{\rho_{suolo,R}}$$





Stima dei fabbisogni irrigui

FABBISOGNO IRRIGUO DA TELERILEVAMENTO

A valle del processo di elaborazione delle immagini, è possibile ricavare la risposta spettrale della vegetazione, la riflettanza, e mediante dei metodi semi-empirici i parametri colturali albedo indicato con 'r' e l'indice di area fogliare 'LAI'.

Albedo

$$r = \sum_{\lambda=1}^n \rho_{\lambda} w_{\lambda}$$

ρ_{λ} riflettanza spettrale
 w_{λ} coefficienti di correzione a banda larga

LAI

$$LAI = -\frac{1}{\alpha} \ln \left(1 - \frac{WDVI}{WDVI_{\infty}} \right)$$

in cui $WDVI_{\infty}$ è il valore di $WDVI$ per LAI che tende all'infinito,
 α è parametro empirico stimato con misure di campo.

$$ET_c = f \{r, Lai, hc, Ta, RH, R, U\}$$

Fabbisogno idrico

CWR (Crop Water Requirement)

$$CWR = ET_c - P_n$$

$$P_n = P - a \cdot LAI \left(1 - \frac{1}{a + \frac{f_{cp}}{LAI}} \right)$$

a: parametro empirico che per molte colture assume il valore di 2.88 [mm/d]
 f_{cp} : frazione di superficie coperta dalla vegetazione



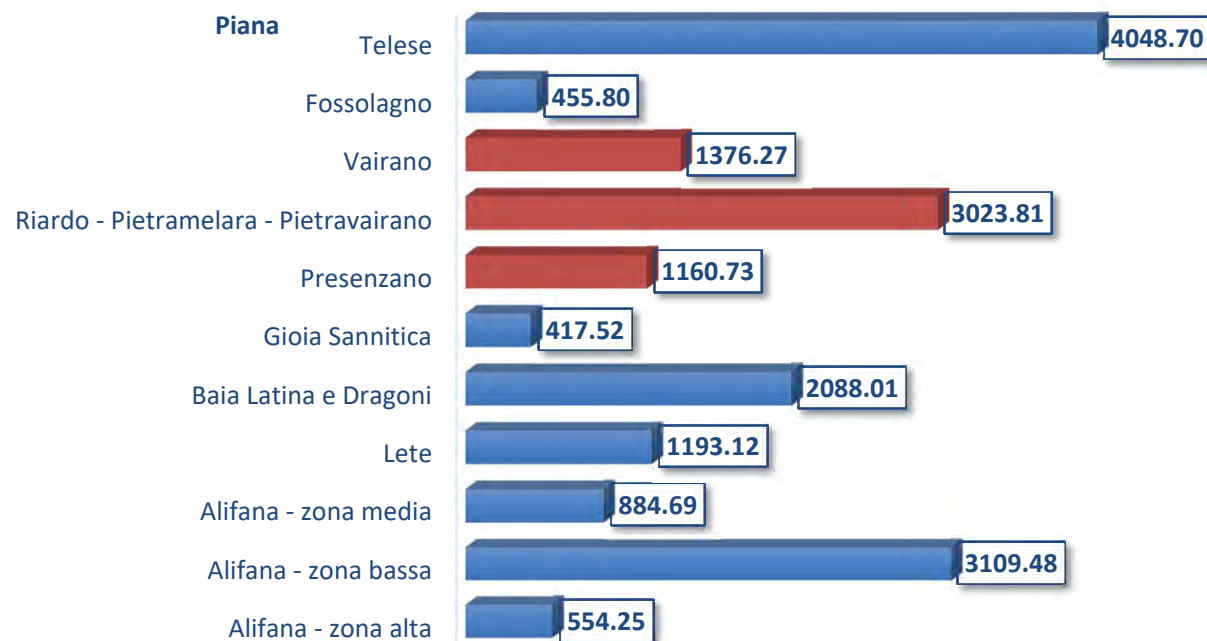
CASO STUDIO
CONSORZIO DI BONIFICA SANNIO
ALIFANO

Consorzio di bonifica Sannio Alifano



NUMERI DEL CONSORZIO: **Comuni 82; Canali e corsi d'acqua [Km] 838; Estensione [ha] 194837; Superficie irrigata [ha] 18970**

Superficie topografica [ha]

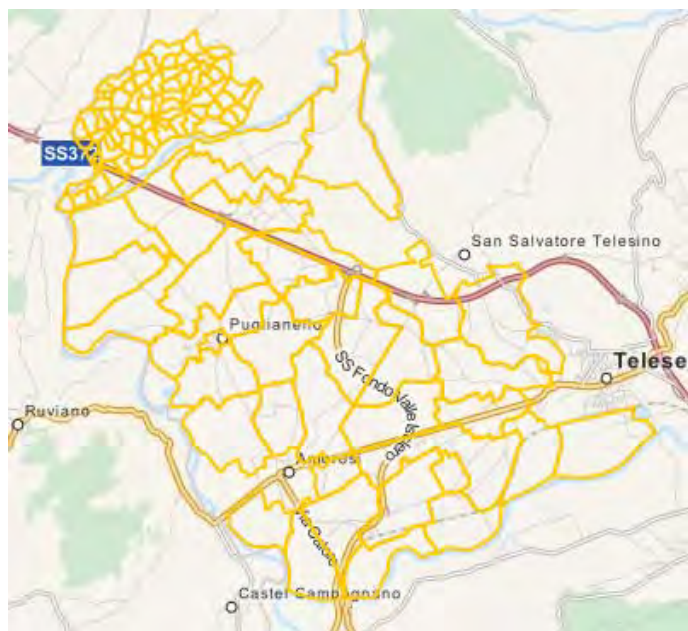


Caso Studio: Consorzio di bonifica del Sannio Alifano

Sistema di registrazione della domanda irrigua

- Controllo delle **domande irrigue**
- Aggiornamento delle **informazioni** di base (superficie irrigata, coltura) per l'applicazione del **ruolo irriguo**
- Individuazione degli **illeciti** (DIANA)
- **Consiglio irriguo** (IRRISAT)

I dati del Consorzio (sub-comprensorio della Valle Telesina)



- Estensione **5000 ha**
- Agricoltura irrigua da **maggio a settembre**.
- Principali colture: **mais, alfalfa, alberi da frutto e colture orticole**.
- Dimensione media delle parcelle è di circa **2 ha**.



CONSORZIO
DI BONIFICA
DEL SANNIO
ALIFANO



Sistema di domanda irrigua e prenotazione georiferito

The screenshot shows a web application interface. On the left, there is a sidebar with a menu. The main area displays an aerial map of a field with a cyan polygon overlaid, labeled 'Id: 26509 Campone'. A red arrow points to the 'Consigli ed Irrigazione' button in the sidebar. The top navigation bar includes options like 'dettagli Azienda', 'Particelle catastali', 'Poligoni', 'Prenotazioni', 'Elenco aziende', 'Nuova Azienda', and 'Tutte le Prenotazioni'.

Data	kc
05/08/2013	0.99
17/08/2013	0.88
27/08/2013	0.86
22/09/2013	0.83
	0.7

The screenshot shows a dialog box titled 'Dati catastali relativi all'azienda [redacted] collegamenti con il poligono id: 27127'. It contains a table with the following columns: Comune, Foglio, Particella, Superficie catastale [m²], Superficie irrigata [m²], poligono Collegato, elimina, Duplica, and link/u... The table lists 15 parcels from PIETRAVA... with various surface areas and irrigation statuses. At the bottom, there is a summary section for 'Superfici da collegare al poligono a (1930 [m²])' with input fields for 'Sup. irrigata particelle [m²]' (0), 'Sup. totale particelle [m²]' (0), and 'Sup. irrigata poligono [m²]' (1930.19). Buttons for 'Chiudi' and 'Salva' are at the bottom right.

Comune	Foglio	Particella	Superficie catastale [m ²]	Superficie irrigata [m ²]	poligono Collegato	elimina	Duplica	link/u...
PIETRAV...	10	288	2545	0	26477	⊘	⊕	⊘
PIETRAV...	10	289	4249	0	26477	⊘	⊕	⊘
PIETRAV...	10	291	11938	0	non collegato	⊘	⊕	🔗
PIETRAV...	10	292	3923	0	26480	⊘	⊕	⊘
PIETRAV...	10	293	4082	0	26480	⊘	⊕	⊘
PIETRAV...	10	294	22855	0	26480	⊘	⊕	⊘
PIETRAV...	10	297	4992	0	non collegato	⊘	⊕	🔗
PIETRAV...	10	305	276	0	non collegato	⊘	⊕	🔗
PIETRAV...	10	392	2095	0	non collegato	⊘	⊕	🔗
PIETRAV...	10	393	1863	0	26484	⊘	⊕	⊘
PIETRAV...	10	431	1009	0	26484	⊘	⊕	⊘
PIETRAV...	10	665	4249	0	26477	⊘	⊕	⊘
PIETRAV...	10	722	3470	0	26485	⊘	⊕	⊘

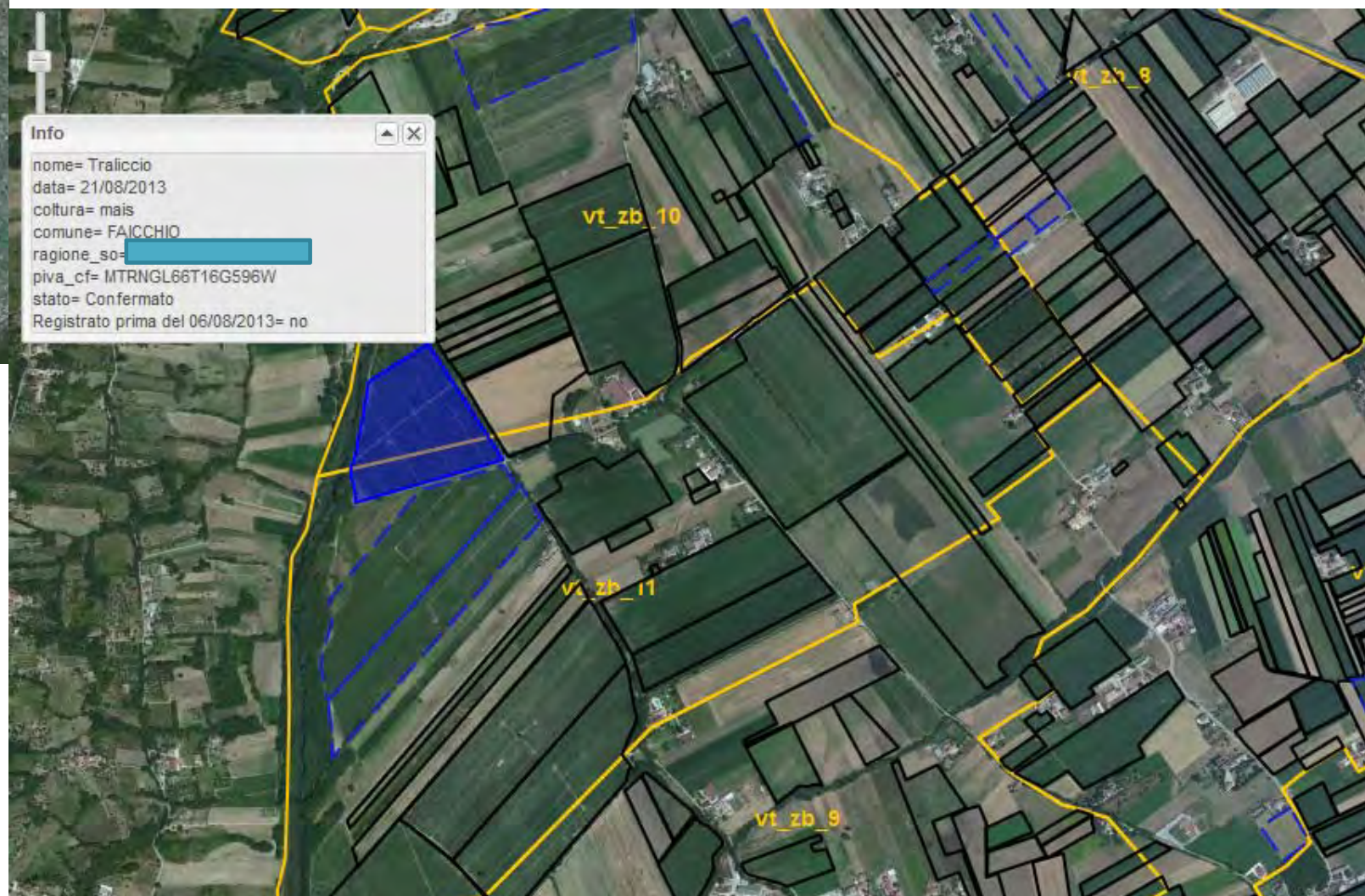
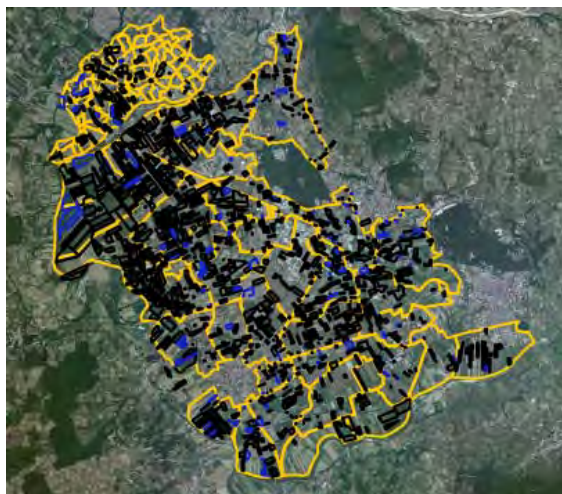
Superfici da collegare al poligono a (1930 [m²])

Sup. irrigata particelle [m²]: Sup. totale particelle [m²]: Sup. irrigata poligono [m²]:

Chiudi Salva

Tutta la procedura avviene via web

Appezamenti registrati nella piattaforma



1372 (919 ha)
Campi registrati
(valle Telesina)

3403 (2680 ha)
In tutto il
consorzio

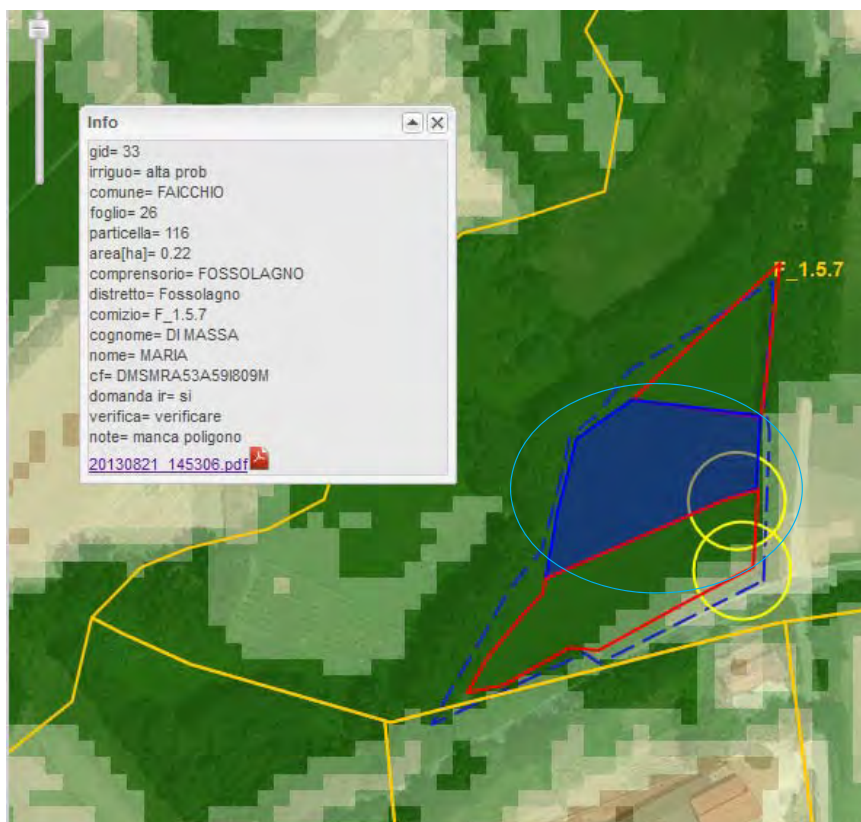
Monitoraggio Aree irrigate con immagini satellitari



Individuazione delle particelle senza domanda irrigua o con domanda tardiva in **rosso**



Particelle sottoposte a controllo



COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA	COGNOME	NOME	P.IVA /C.F.	AREA irrigua [ha]
FAICCHIO	26	116	DI MASSA	- MARIA	DMSMRA53A59I809M	0.24



Figura 1 – Area irrigua (0.24 ha) relativa al catastrale foglio 26 particella 116 del Comune di Faicchio.

**Totale particelle irrigue individuate da satellite 266
(circa 114 ha)**

Foto e sopralluogo in campo



Figura 6 – Sopralluogo del giorno 21 agosto 2013 (coordinate WGS84UTM33: 451901 Est; 4567610 Nord) per l'area irrigua relativa al catastale foglio 26 particella 116 del Comune di Faicchio con indicazione del campo con coltura in crescita.

Totale controlli in campo con report fotografico n. 30



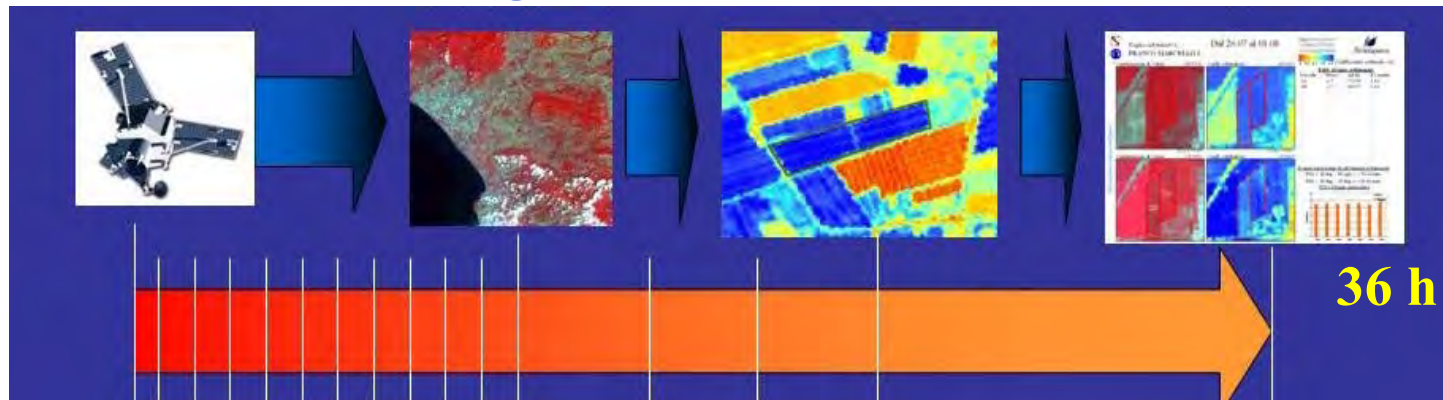
Fondo europeo agricolo
per lo sviluppo rurale:
l'Europa investe nelle zone rurali



Misura I24HC



Schema metodologico



- 1) Monitoraggio in **tempo reale** dello sviluppo delle colture mediante dati satellitari multi-spettrali ad alta risoluzione spaziale (10 m, Sentinel-2A/B)
- 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



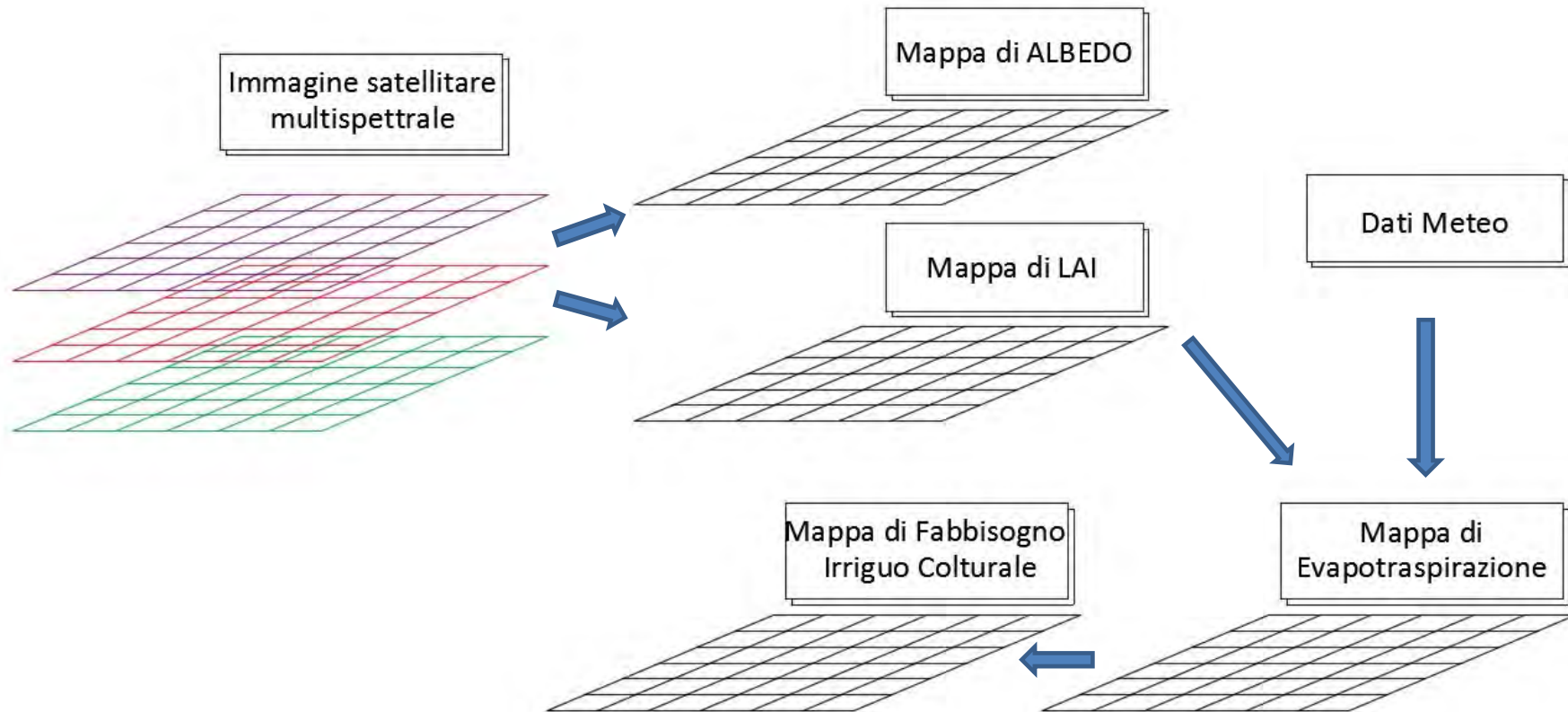
Tecnologia irrisat[®]



**Stima del Fabbisogno Irriguo delle colture
mediante dati di Osservazione della Terra**



Tecnologia irrisat[®] – FLOWCHART dati E.O.





Tecnologia irrisat[®] – Equazione di Penman-Monteith

$$ETp = f \{r, Lai, [L^*, cp, Pa, (e_s - e_a), \lambda, s, \gamma] Ta, RH\}$$

in cui

'L*' è la radiazione alle onde lunghe,

'cp' è il calore specifico dell'aria,

'Pa' la densità,

'(es-ea)' il deficit di vapor saturo,

'λ' il calore specifico di evaporazione dell'acqua,

's' è la pendenza della curva vapor saturo-temperatura,

'γ' è la costante psicrometrica.

Tutte queste quantità possono essere dedotte dalle misure di temperatura Ta ed umidità relativa dell'aria RH.

L'equazione di Penman-Monteith modificata come da quaderno F.A.O. 56 (1998) può essere adattata per il calcolo dell'evapotraspirazione ETp, e scritta esplicitamente in funzione dei parametri colturali **Albedo** (α) e **Indice di Area Fogliare** (LAI) derivati da satellite e di quelli meteorologici.



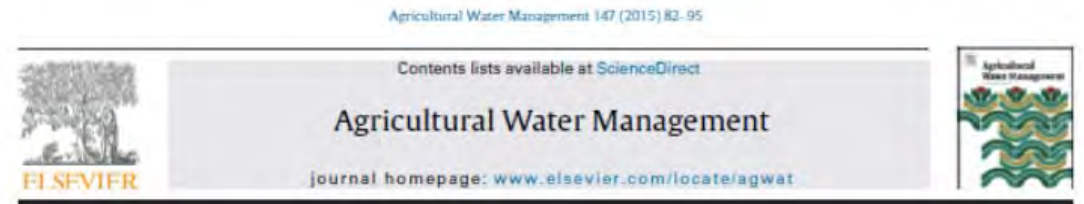


Tecnologia Irrisat[®] - Fabbisogno irriguo.

Fabbisogno Irriguo = $(E_{tp} - P_n) A$

per una superficie di area A.

P_n rappresenta la pioggia efficace o netta, corrispondente alla frazione di precipitazione P che effettivamente raggiunge la superficie del suolo



Satellite-based irrigation advisory services: A common tool for different experiences from Europe to Australia

Francesco Vuolo^a, Guido D'Urso^{b,c,*}, Carlo De Michele^c, Biagio Bianchi^d, Michael Cutting^e

^a University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU), P. Jordan Str.82, Vienna, Austria
^b Department of Agriculture, University of Naples Federico II, Via Università 100 Portici (NA), Italy
^c Ariespace s.r.l., Spin-off company of the University of Naples Federico II, Centro Direz. Is.A'3, Naples, Italy
^d Dept. Agriculture and Environm. Sci., University of Bari Aldo Moro, Via Orabona 4, Bari, Italy
^e South Australian Murray-Darling Basin Natural Resources Management Board, Strathalbyn, South Australia

ARTICLE INFO

Article history:
Available online 28 August 2014

Keywords:
Remote sensing
webGIS
Crop water requirements
Irrigation advisory services

ABSTRACT

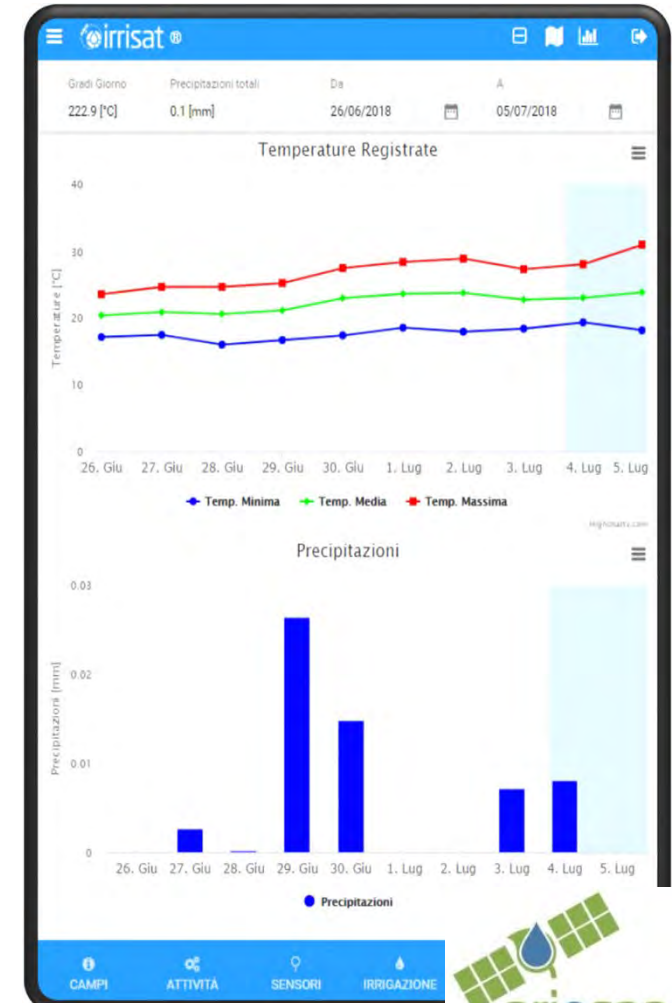
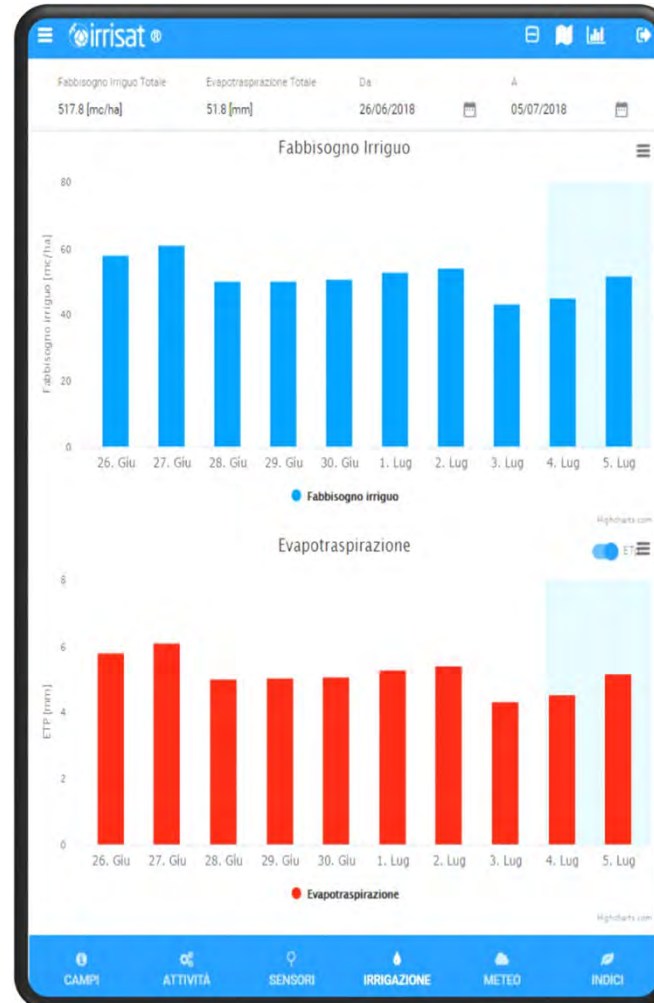
Earth Observation techniques are widely recognised in supporting the management of land and water resources and they are nowadays being transferred to operative applications. In this paper, we present the current status of a satellite-based irrigation advisory system based on dedicated webGIS or farmers and district managers, in three different agricultural systems and environments: Southern Italy, Austria and Southern Australia. Maps of canopy development (leaf area index, albedo and soil cover) are derived from high-resolution (20 m) multispectral satellite images, delivered in near real time (24–36 h) and processed by using in-situ agro-meteorological data. The outputs of this procedure are: (i) a personalised irrigation advice, based on the calculation of crop evapotranspiration under standard conditions (according to FAO-56 definition and by using the direct approach) by taking into account the actual canopy development and crop variability at sub-plot scale; (ii) timely delivery of the information, consisting in maps and suggested irrigation volume applications, timely published on a dedicated webGIS-site with access restricted to growers and basin authorities in order to better control the irrigation process and consequently improve its overall efficiency. The key-points of this procedure are: (a) personalised irrigation advice; (b) timely delivery of the information. Final users have provided important feedback on the usage of the information provided; i.e. farmers are able to recognise without difficulties their parcels on the images and they schedule the irrigations by taking into account the information provided. The crop heterogeneity captured by the high resolution images is considered as a valuable add-on information to identify the variability of soil texture and fertility, plant nutrition, or different performance of irrigati have evaluated positively the usefulness of the information provided, and irrigation efficiency was achieved, because of the reduction of water volume

© 2014 Elsevier





Tecnologia irrisat® - Web app per le aziende agricole





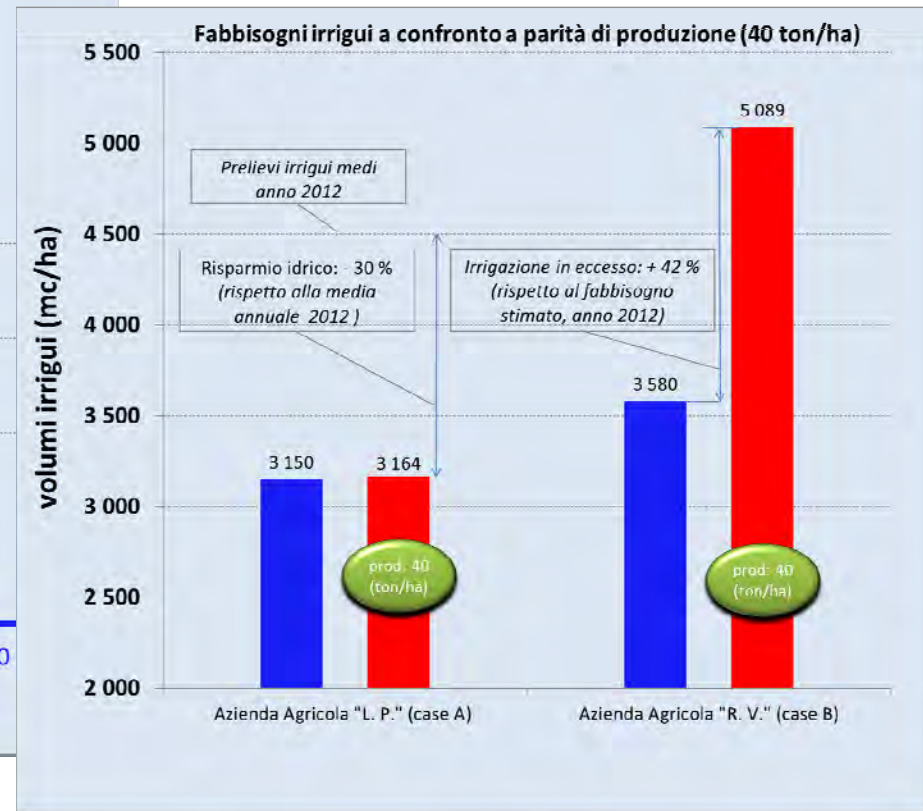
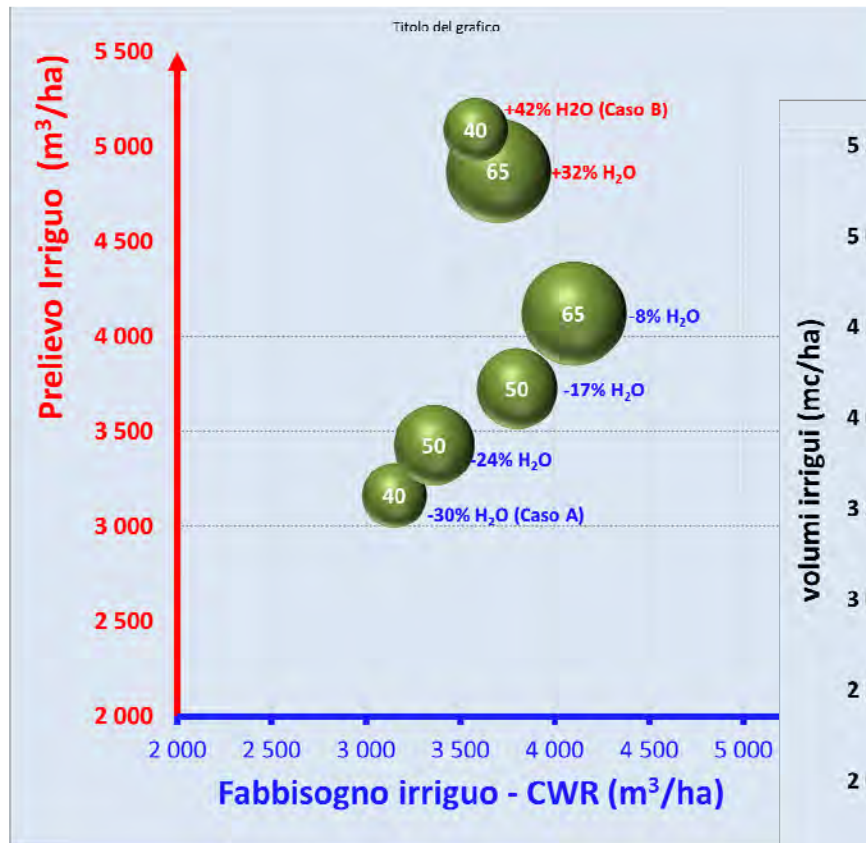
Fondo europeo agricolo
per lo sviluppo rurale:
l'Europa investe nelle zone rurali



Misura I24HC



Assessorato Agricoltura
Assessorato Agricoltura





Fondo europeo agricolo
per lo sviluppo rurale:
l'Europa investe nelle zone rurali



Analisi costi-benefici in IRRISAT



- Risparmio idrico ed energetico a scala aziendale e consortile
- Recupero di risorse idriche per altri usi
- Maggior competitività dei prodotti (minori costi, qualità migliore)
- Controllo aree irrigate ed identificazione di prelievi abusivi (DIANA)



Fondo europeo agricolo
per lo sviluppo rurale:
l'Europa investe nelle zone rurali



Misura I24HC



Assessorato Agricoltura
Assessorato Agricoltura



No input complicati da parte degli **agricoltori**



Integrabilità con i sistemi elettronici dei gruppi di consegna (tipo **Aquacard, Hydropass etc.**)



Integrazione con **altri servizi di assistenza** (piani di concimazione, pedologia, etc.)



Monitoraggio a scala aziendale, di distretto e di comprensorio



Integrabilità con la gestione amministrativa dell'irrigazione (dalla domanda irrigua alla contribuzione)

Grazie per l'attenzione
Domande????