

Riva del Garda, 26 febbraio 2016

L'innovazione tecnologica al servizio degli ulivi secolari

**L'importanza della gestione della risorsa acqua**

Giambattista Toller; Fondazione Edmund Mach; Unità SIG

**Infatti se solo l'intelletto e  
l'avvedutezza allontanano gli  
affanni,  
e non un luogo da cui si domina  
un'ampia distesa di mare,  
Quelli che solcano il mare mutano  
cielo, ma non animo.**

**Quinto Orazio Flacco (*Epistulae*, I, 11 v.27),**



# Sommario


1. Introduzione
2. Il sistema: atmosfera, pianta, suolo, uomo
3. Gestione dell'acqua in agricoltura
4. Metodi per ottimizzare l'uso dell'acqua

# La gestione dell'acqua in generale

- L'acqua dolce è una risorsa limitata
- Vari settori sono perciò in concorrenza per il suo uso
  - **Agricoltura**
  - **Usi civili**
  - **Industria**
  - **Ambiente**
- L'agricoltura è la maggiore consumatrice
- Ed inoltre, a differenza degli altri, non restituisce l'acqua perché la fa evaporare

# La gestione dell'acqua in agricoltura

- Per gli agricoltori l'irrigazione è un fattore produttivo molto importante.
- Si deve fare in modo che le piante si sviluppino in condizioni idriche ottimali
- Evitare l'eccesso (sistemazioni idraulico agrarie)
- Evitare la carenza (irrigazione, pacciamatura, lavorazioni, maggese)



Tutti i manuali dicono che  
l'agricoltura lavora su un **sistema**  
composto da

- **Atmosfera** Tempo e clima
- **Pianta** Tipo ed età delle piante
- **Suolo** Tipo di suolo
- **Uomo** Interventi agronomici

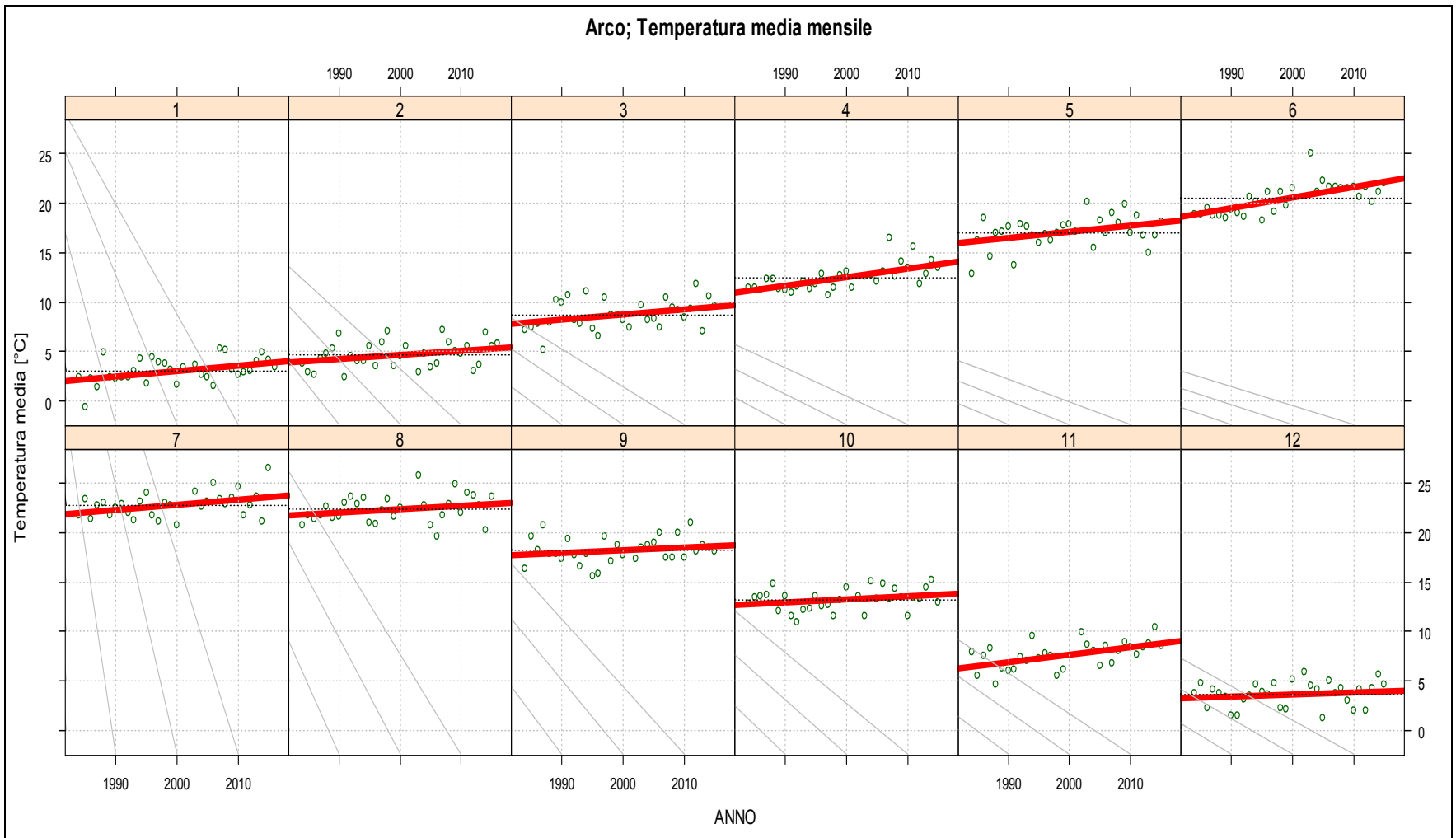
# 1) Il Tempo e il clima



*Andiamo verso il deserto?*

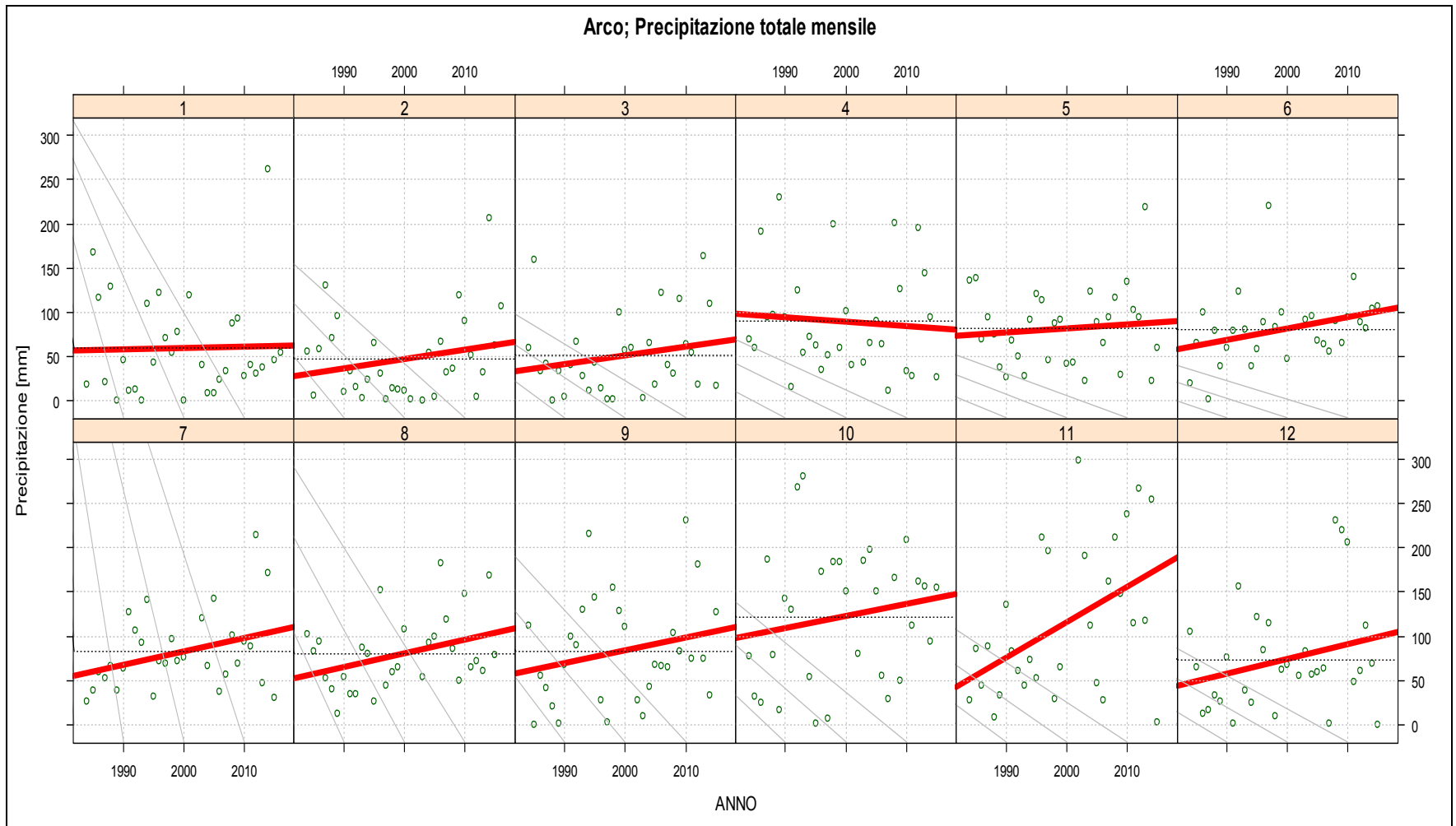
# Arco 1983 - 2015

## temperature medie mensili



# Arco 1983 - 2015

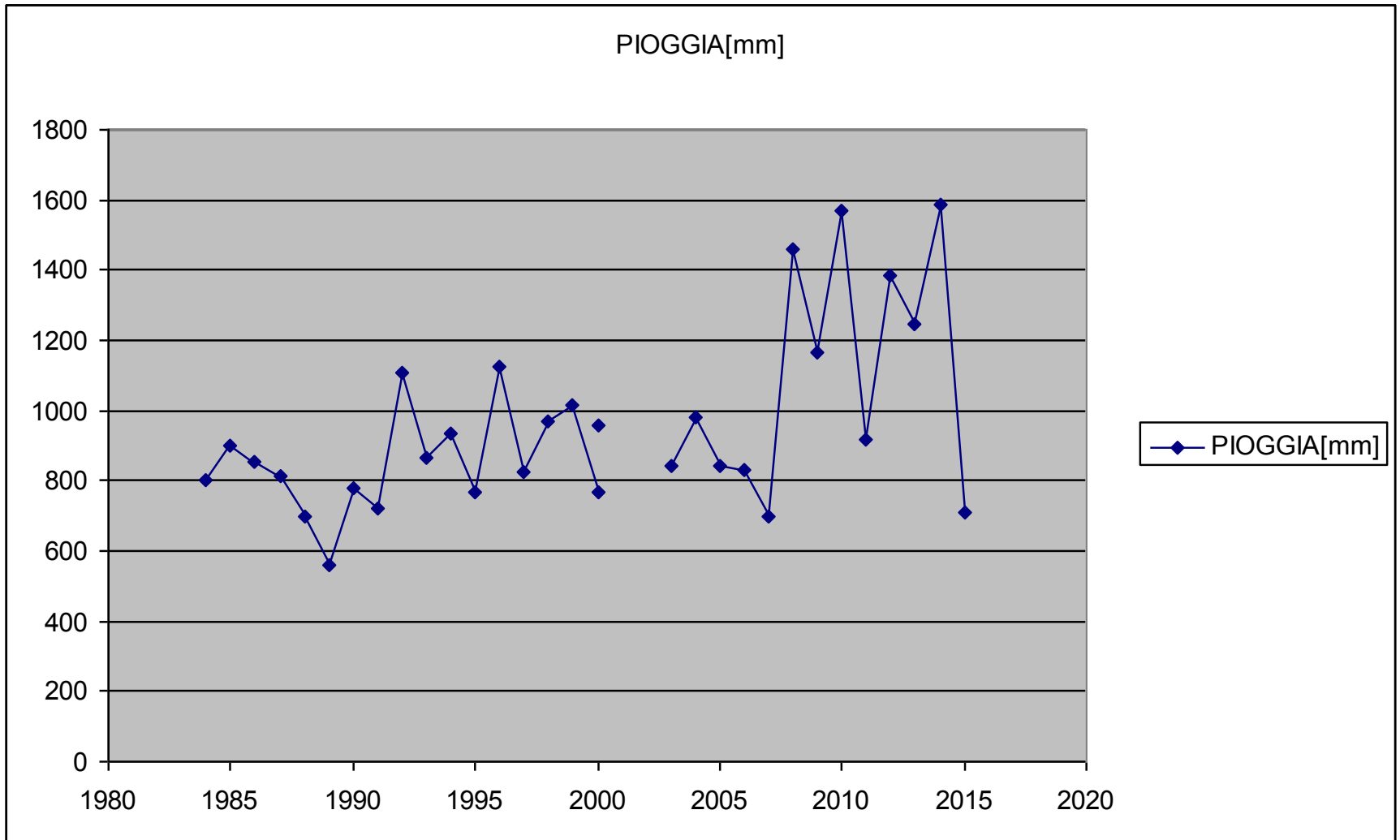
## precipitazioni mensili





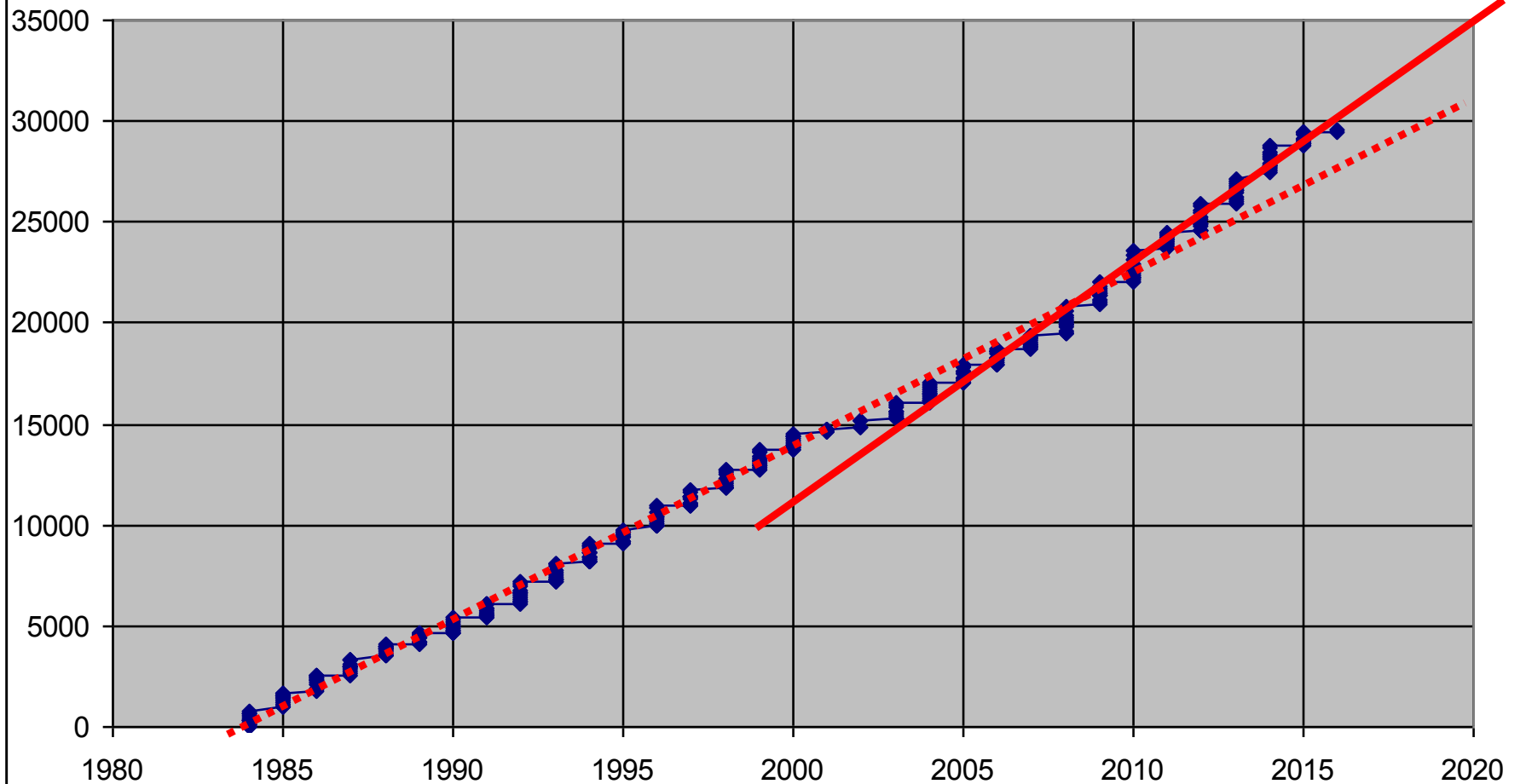
# ARCO; 1984 – 2015

precipitazione media annua = 960 mm



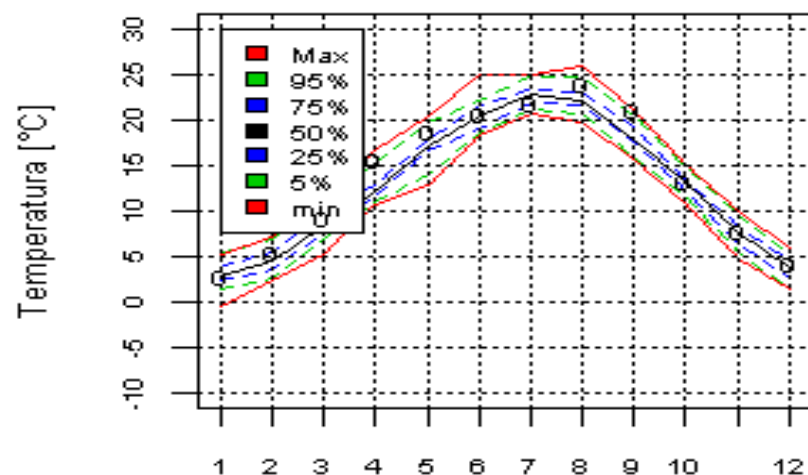
# ARCO; Precipitazione media annua 960 mm

STAZIONE FEM DI ARCO; PIOGGIA CUMULATA [mm]

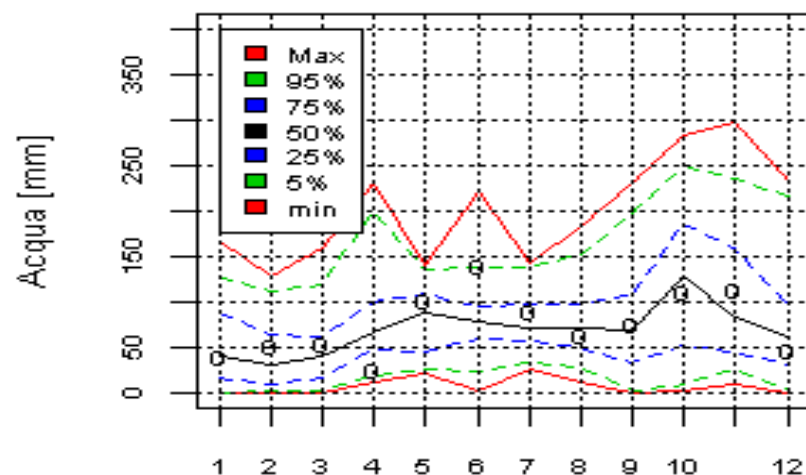


# Arco: anno 2011 vs. periodo; 1984-2012

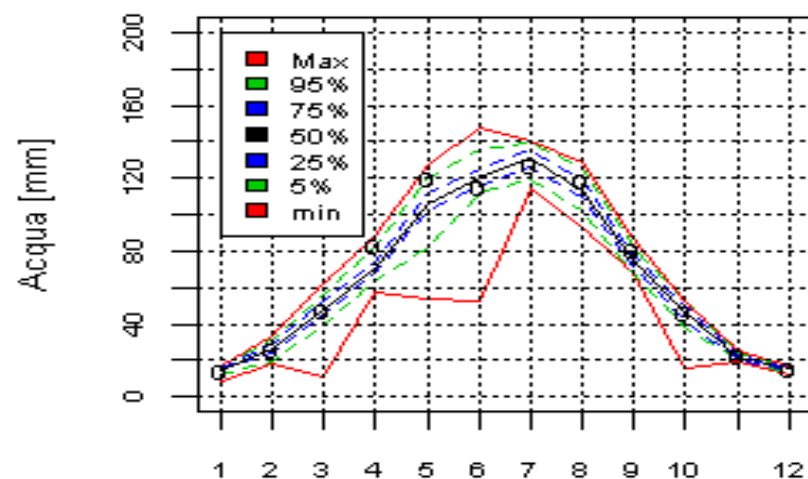
## Temp. Media giorn.



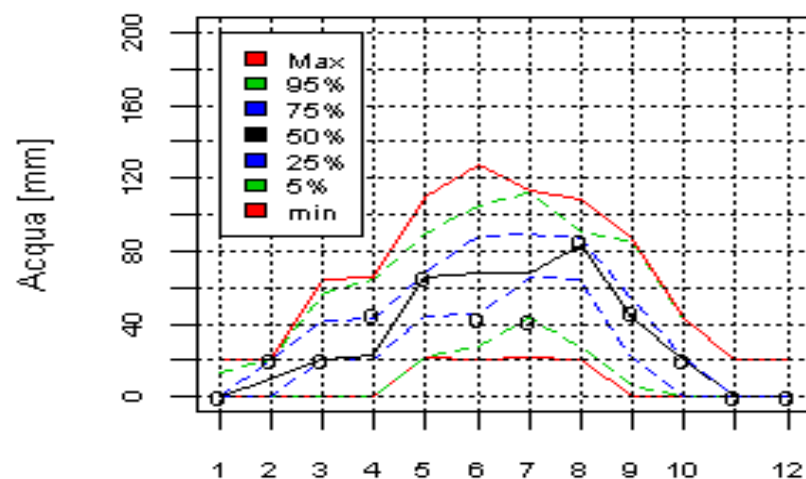
## Precipitazione



## Evapo-Traspir.



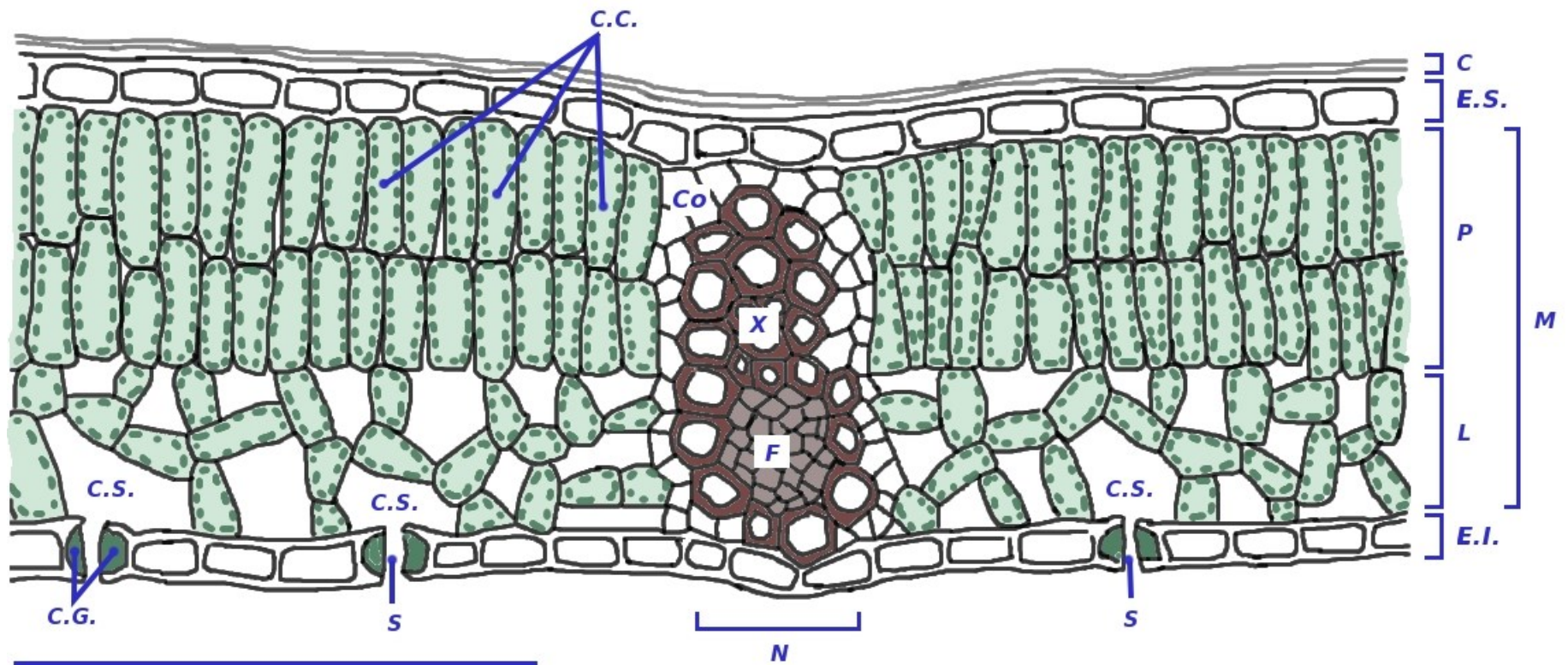
## Irrigazione



## 2) La pianta

Una pianta  
mediterranea





### LEGEND

**C** = cuticola (cuticle)

**Co** = collenchima (collenchyma)

**C.C.** = cellule clorenchimatiche (chlorenchyma cells)

**C.G.** = cellule di guardia (guard cells)

**C.S.** = camere sottostomatiche (substomatal chambers)

**E.I.** = epidermide inferiore (lower epidermis)

**E.S.** = epidermide superiore (upper epidermis)

**F** = floema (phloem)

**M** = mesofillo (mesophyll)

**N** = nervatura (vein)

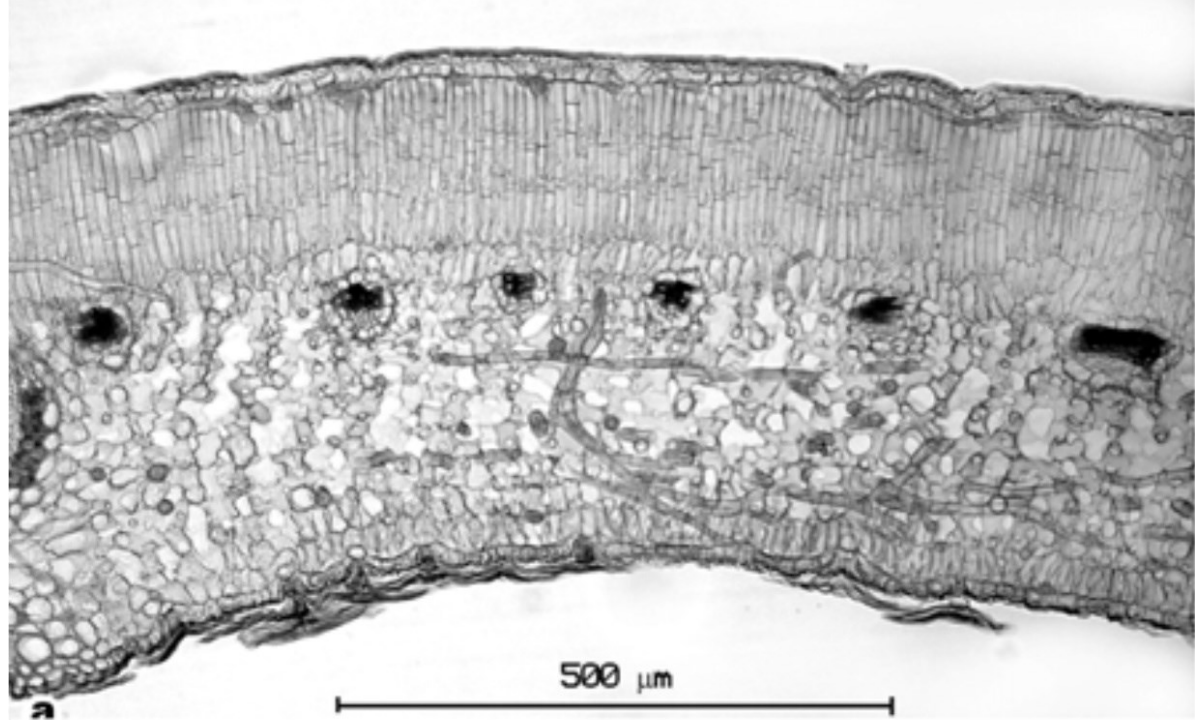
**P** = palizzata (palisade mesophyll)

**S** = lacunoso (spongy mesophyll)

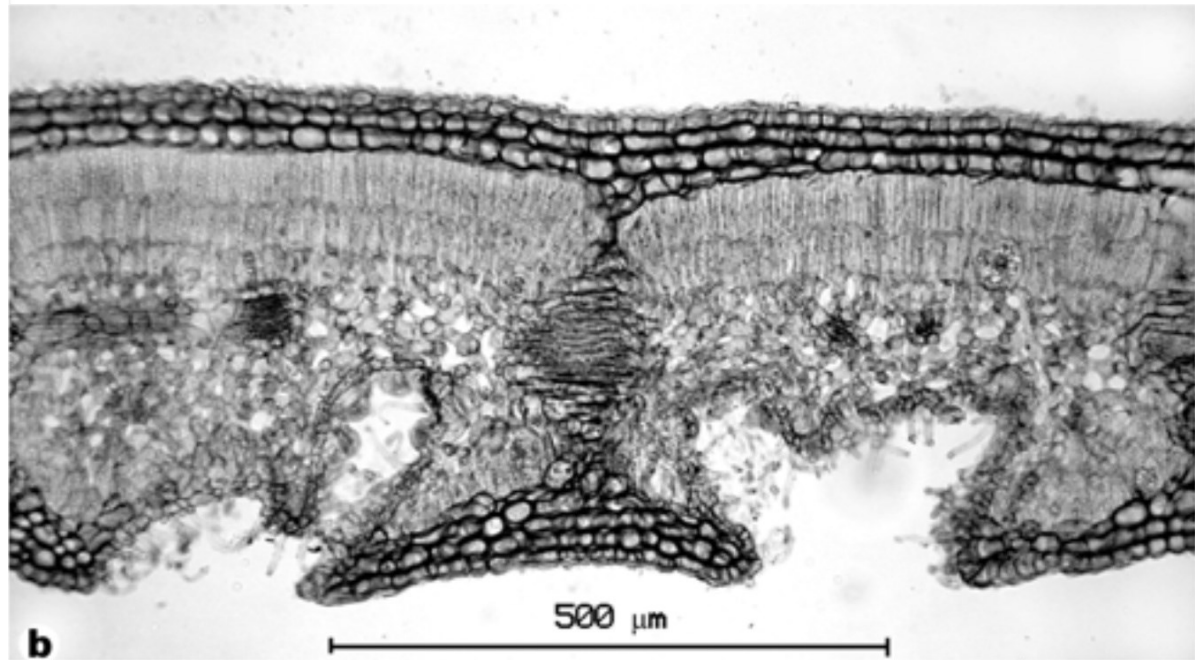
**St** = stomi (stomata)

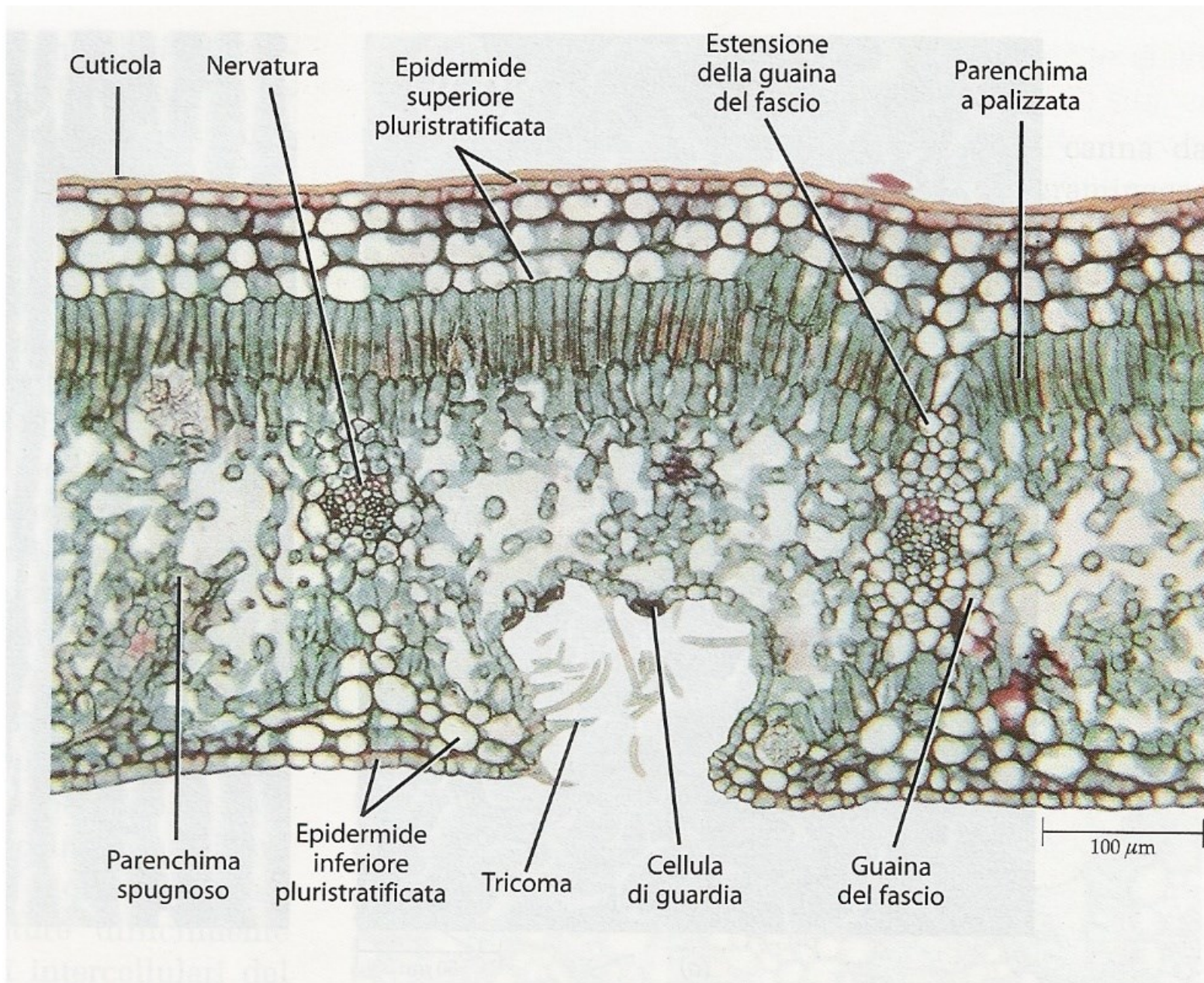
**X** = xilema (xylem)

Olivo



Oleandro





**Figura 1** Sezione trasversale della foglia di *Nerium oleander* .

# Apparato radicale

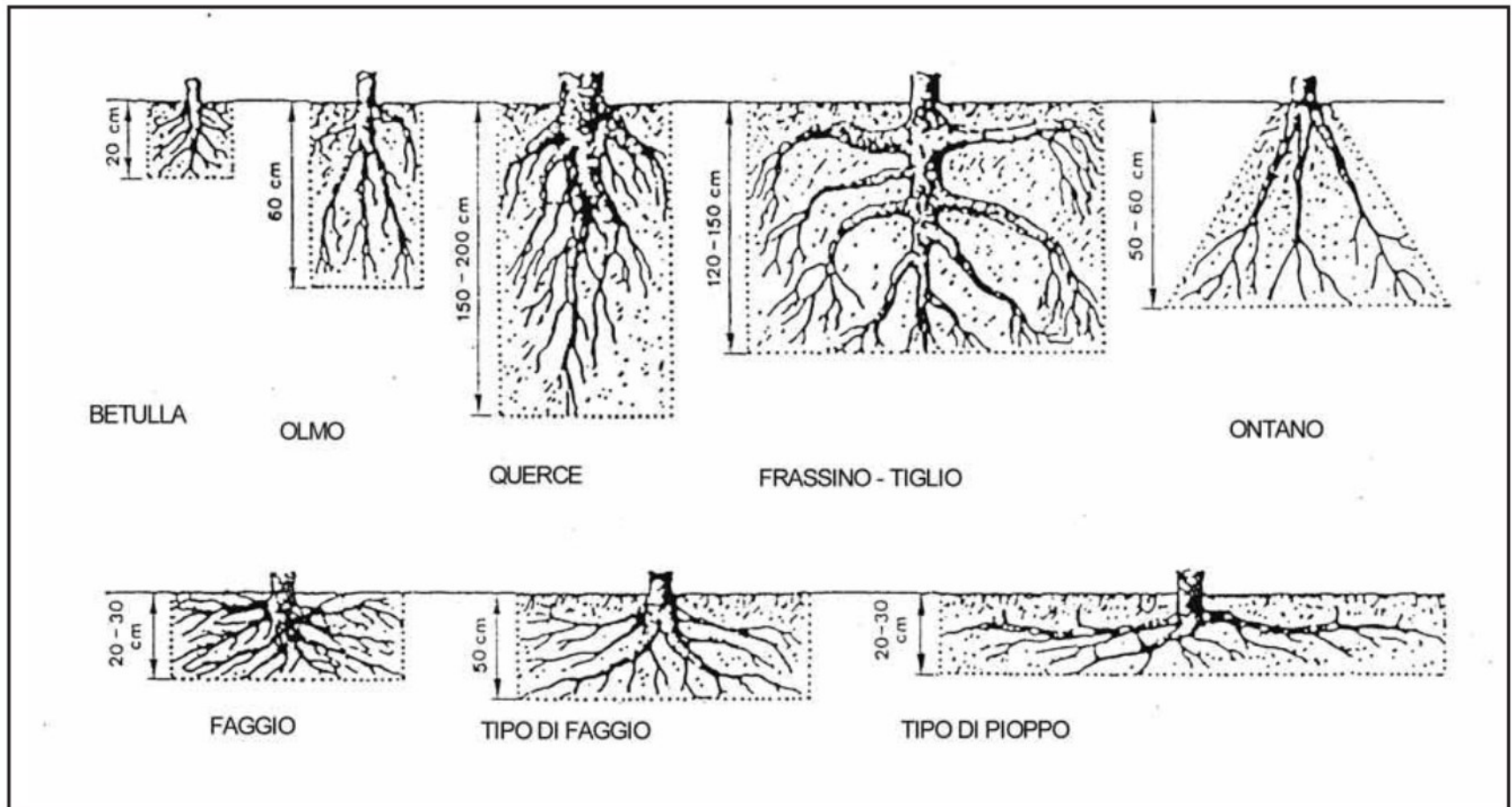


Fig. 12.1.12 - Confronto tra i diversi apparati radicali delle diverse specie di alberi (Mathey, 1929).



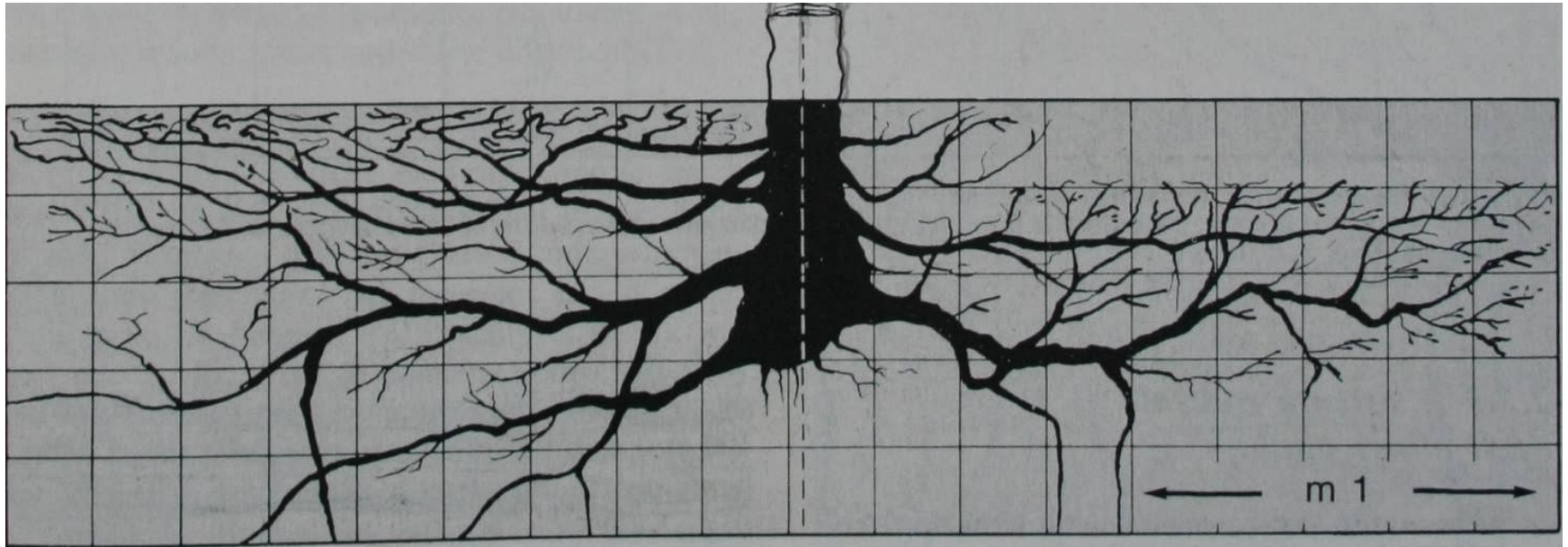
# Il sistema radicale dell'olivo

- Mentre altri alberi spingono le loro radici profondamente nel terreno, gli alberi di olivo hanno sistemi radicali superficiali.
- Ciò permette alle radici dell'olivo di raccogliere acqua da suolo che tipicamente di essicca in fretta, assicurando che l'albero abbia abbastanza umidità per rimanere idratato.
- Le radici richiedono tre cose: acqua, ossigeno e compattamento del terreno abbastanza basso (o con spazi vuoti abbastanza larghi) da permettere la penetrazione radicale.
- Se tutte queste condizioni sono soddisfatte, la radice può crescere a grande profondità. In condizioni di suoli e umidità ideali, si sono osservate radici cresciute fino a più di 6 metri di profondità.



Mappare l'apparato radicale è un'attività molto laboriosa

# Olivo



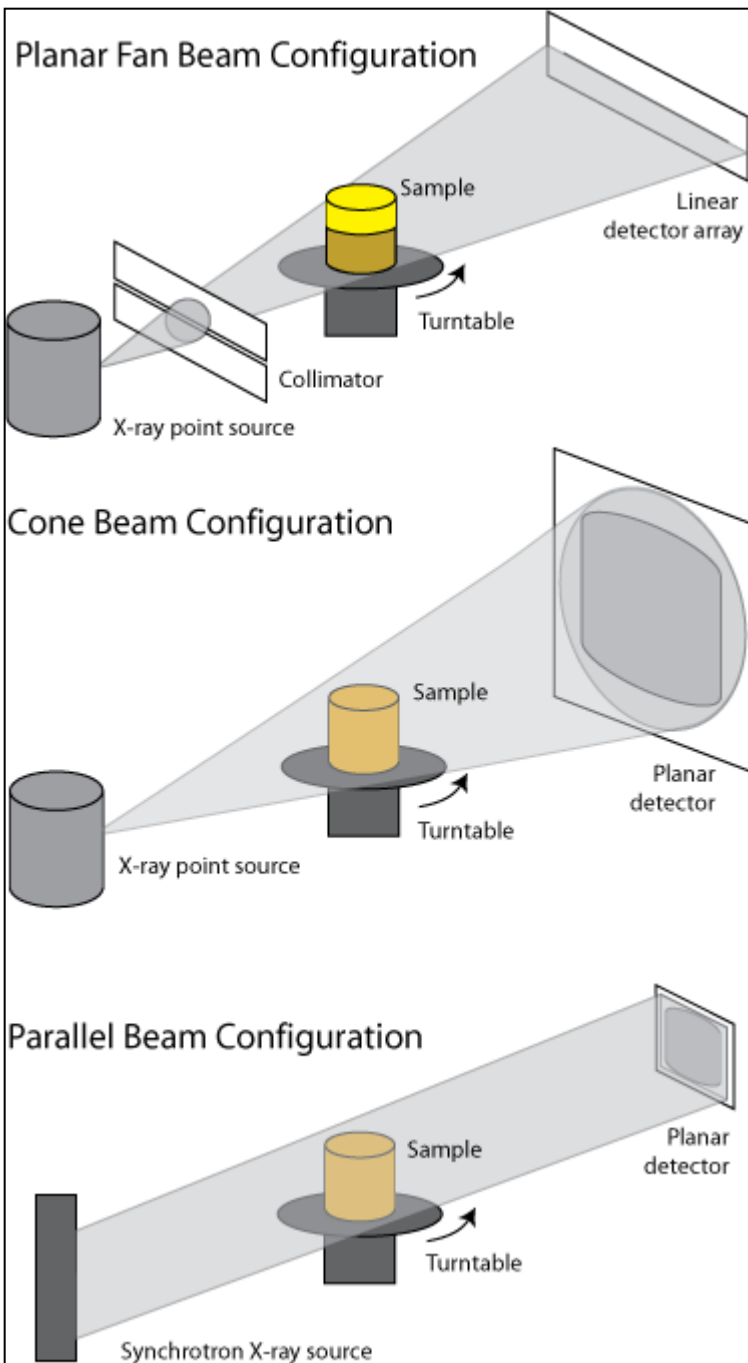
Diserbo chimico

Aratrura a -20 cm

Pacciamatura in paglia

inerbimento controllato: 2-3 sfalci annuali dell'erba (consigliato per  $\frac{3}{4}$  anni, poi un'aratura)



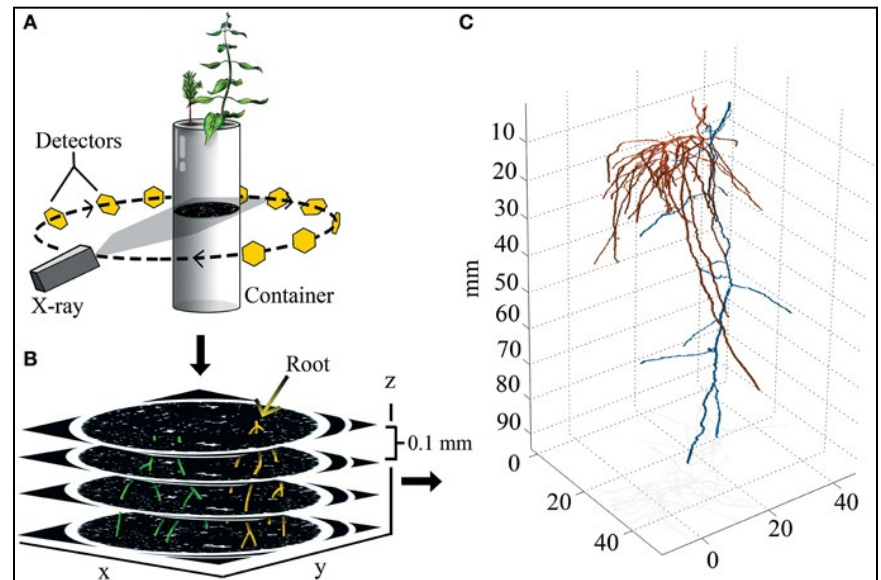


## studio delle radici con Tomografia computerizzata a raggi X

Si dirigono dei **raggi X** su un oggetto da differenti direzioni.

Si misura l'**attenuazione** dell'intensità lungo una serie di percorsi lineari

Si usa poi un **algoritmo** specializzato per ricostruire la distribuzione dell'attenuazione dei raggi X nel volume studiato



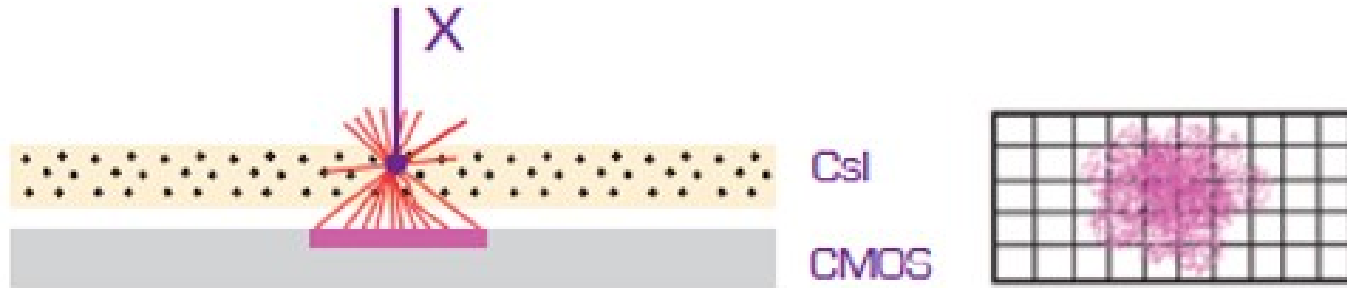
# Wilhelm Conrad Röntgen

In fisica i **raggi X** (o **raggi Röntgen**) sono quella porzione di spettro elettromagnetico con lunghezza d'onda compresa approssimativamente tra 10 nanometri (nm) e 1/1000 di nanometro (1 picometro).



## Come si “vedono” i raggi X?

Sensore per raggi x con scintillatore allo ioduro di cesio (CsI)



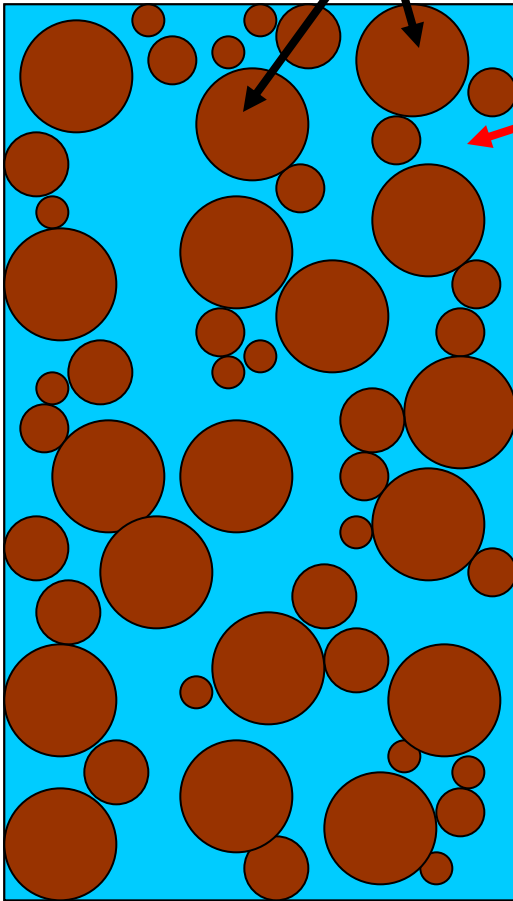
Uno **scintillatore** è un materiale capace di emettere impulsi di luce, in genere visibile o ultravioletta, quando viene attraversato da fotoni di alta energia o da particelle cariche.



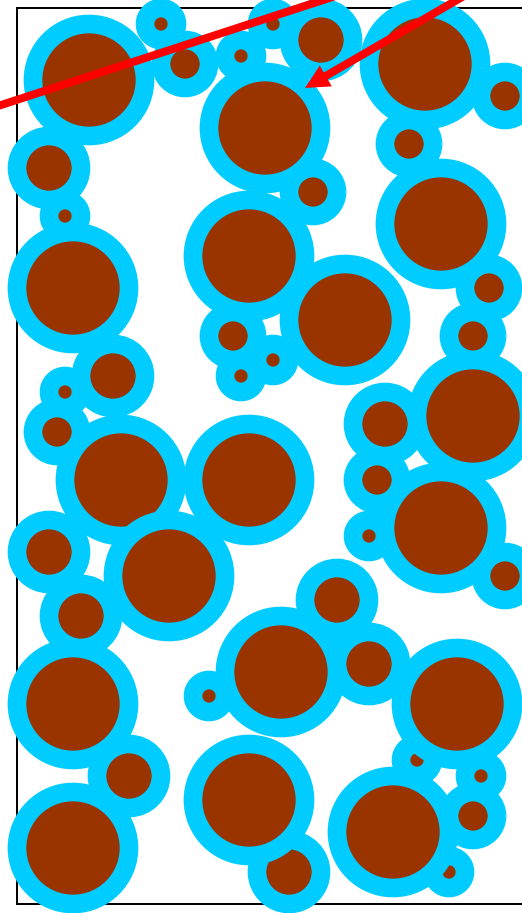
# 1) Il suolo e l'acqua

Grumi strutturali

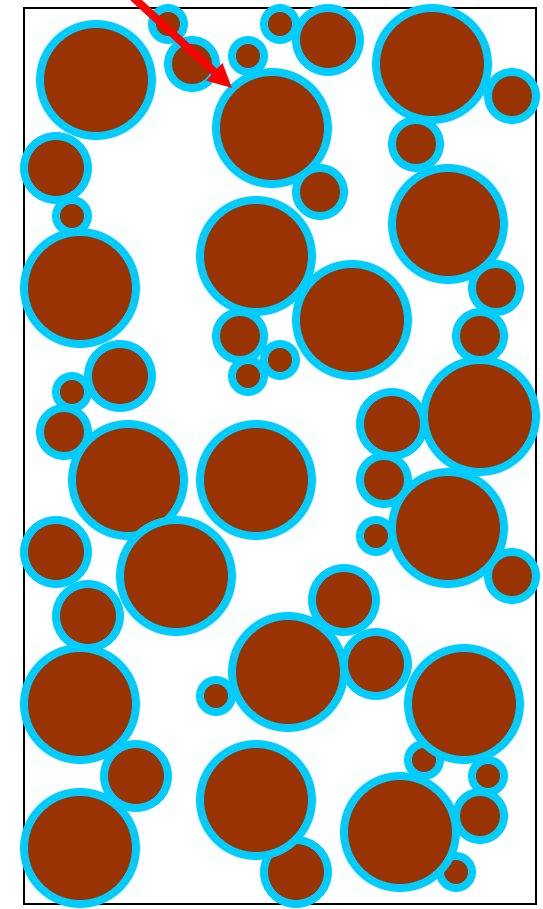
Acqua



**Saturazione**



**Capacità di campo**



**Punto di appassimento**



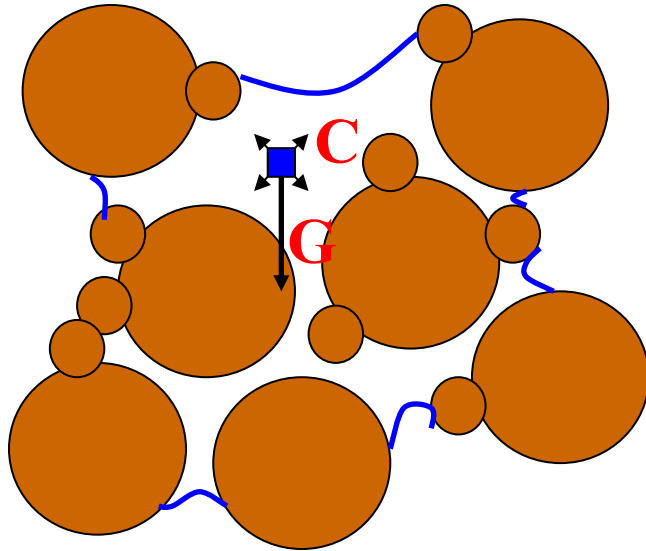
## Saturazione, **Capacità di campo**, Punto di appassimento, **Aqua disponibile**

- **Saturazione (SA)**: acqua in macropori e micropori; l'acqua è mobile; le radici soffrono per mancanza d'ossigeno
- **Capacità di campo (CC)**: aria in macropori, acqua in micropori; l'acqua è immobile; condizioni ottimali per le radici
- **Punto di appassimento (PA)**: acqua solo nei micropori più piccoli e immobile; la pianta non riesce ad estrarla e appassisce.
- **Aqua disponibile (AD)**: umidità a CC – umidità a PA

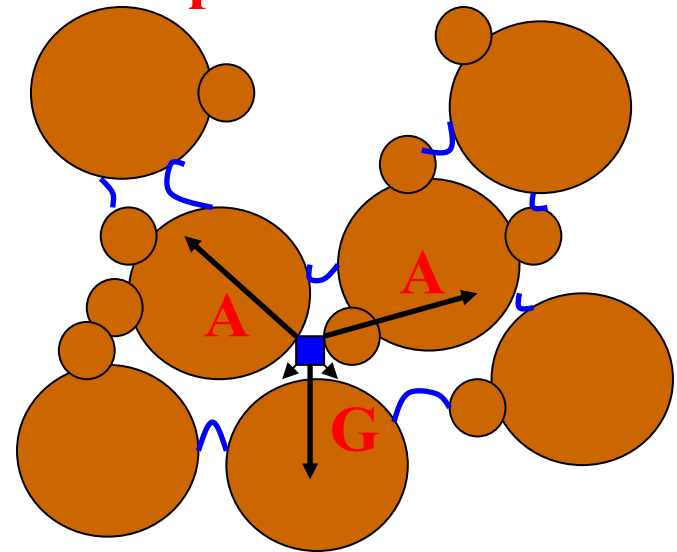
## Tre cose da ricordare

- 1) Il suolo è come una spugna, non è come un recipiente
- 2) la gravità allontana tutta l'acqua oltre la capacità di campo
- 3) tra capacità di campo e punto appass. l'acqua è immobile

### Terreno saturo



### Terreno sotto la capacità di campo



G = forza di **gravità**

C = forza di **coesione** con altre molecole d'acqua

A = forza di **adesione** alla matrice solida del terreno

# 4) Interventi agronomici

- Lavorazioni
- Pacciamatura
- Inerbimento controllato
- Irrigazione
  - Scorrimento
  - Aspersione
  - Goccia

# Aspersione



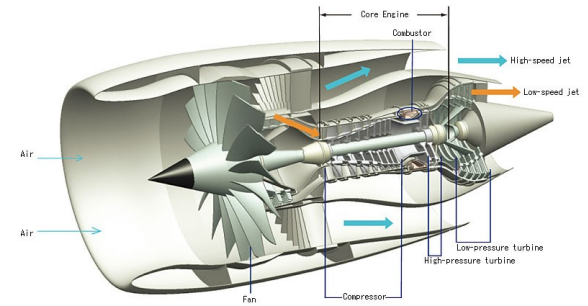
# Microsprinkler



Copyright © 2012 SprinklerWarehouse



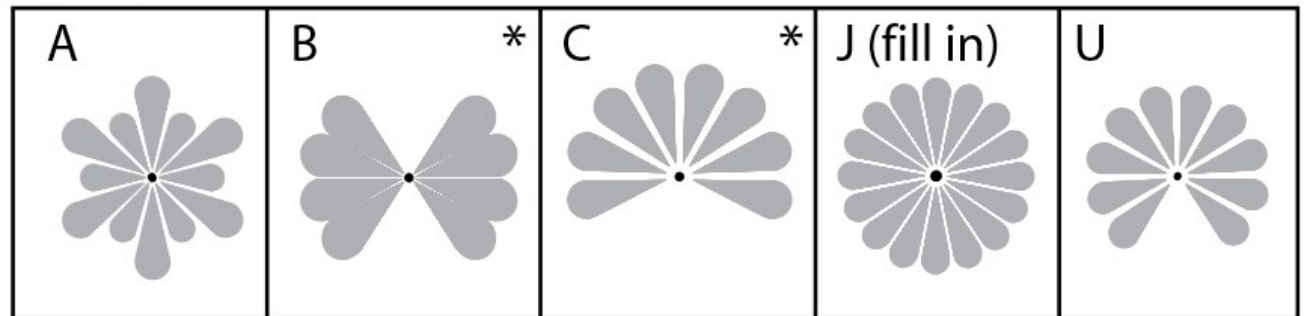
# Microsprinkler Fan-jet PLUS



gph@ 20psi	6.0	8.4	10.7	14.2	16.7	20.5	24.0
L/h @ 14mH2O	22.7	31.8	40.5	53.7	63.2	77.6	90.8



## *Spray Patterns*



# Irrigazione a goccia

Gli obiettivi primari di un **impianto di irrigazione a goccia** su olivo devono essere:

- **la riduzione dei costi**
- **l'aumento della produzione**
- **l'ottimizzazione della qualità dell'olio da produrre.**



# Gestione dell'acqua in agricoltura

- Durante il loro sviluppo le piante hanno dei momenti in cui l'eccesso o la carenza d'acqua può essere particolarmente dannoso.
- Sono detti **periodi critici per l'acqua**



## Il periodo critico riguardo alle necessità idriche nell'olivo è situato **tra la prefioritura e la maturazione**

Effetti del deficit idrico sui processi di accrescimento e produzione dell'olivo  
(Orgaz F. & Ferers E.; 1999)

PROCESSO	PERIODO	EFFETTO DEL DEFICIT IDRICO
Accrescimento vegetativo	Tutto l'anno	Riduzione dell'accrescimento e del numero di fiori nell'anno seguente
Sviluppo di gemme fiorali	Feb – Apr	Riduzione del numero di fiori. Aborto ovarico
Fioritura	Mag	Riduce la fecondazione
Allegagione	Mag – Giu	Aumenta l'alternanza
Accrescimento iniziale del frutto	Giu – Lug	Diminuisce le dimensioni del frutto (minor numero di cellule/frutto)
Accrescimento successivo del frutto	Ago – Raccolta	Diminuisce le dimensioni del frutto (minor dimensione delle cellule del frutto)
Accumulo d'olio	Lug - Nov	Diminuisce il contenuto di olio del frutto

## **I benefici derivanti dalla presenza di un impianto irriguo nell'oliveto sono molteplici:**

- riduzione del fenomeno dell'alternanza produttiva,
- incremento delle produzioni medie,
- promozione dello sviluppo vegetativo,
- possibilità di diradare gli interventi di potatura,
- infittimento dei sesti,
- praticare inerbimento,
- esaltare i profili sensoriali dell'olio, ecc.

# Ci sono quattro fattori ma

¿che peso hanno nella gestione dell'acqua?



# Quanta acqua e quando

Evaporazione potenziale e pioggia  
Sviluppo della chioma e caratteristiche della cultivar  
Volume e tipo di suolo esplorato dalle radici



# Metodi di stima delle necessità irrigue

- **Atmosfera:** misure pioggia ed ET, bilancio idrico
- **Pianta:** misure potenziale fogliare, flusso di linfa, riflettanza
- **Terreno:** misure di contenuto idrico e di potenziale

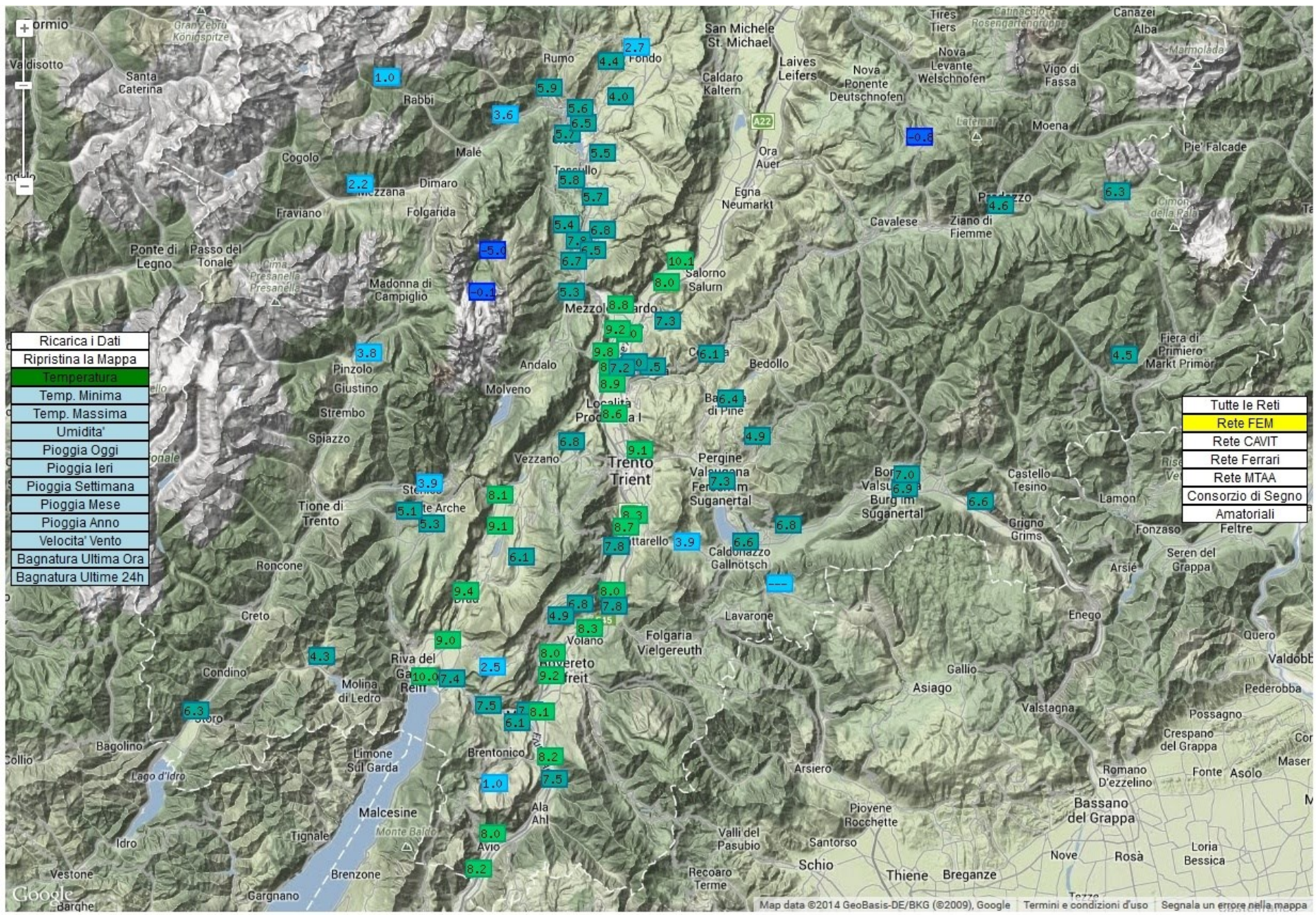
# L'atmosfera

- L'atmosfera fornisce acqua al suolo per mezzo delle precipitazioni
- L'atmosfera riceve acqua dalle piante per traspirazione e dal suolo per evaporazione
- I “motori” che permettono all'acqua di passare da liquido a vapore sono:
  - L'energia radiante che arriva dal sole
  - La “fame d'acqua dell'atmosfera (deficit di saturazione)

# Principali grandezze agro-meteorologiche

Grandezza	Unità di misura
Temperatura dell'aria a 2 m di altezza	[°C]
Umidità relativa dell'aria a 2 m	[%]
Radiazione globale su superf. piana	[W/m <sup>2</sup> ]
Precipitazione	[mm]
Vento velocità a 3 e 10 m di altezza	[m/s]
Vento direzione di provenienza	[gradi sessag.]

# Mappa Stazioni FEM



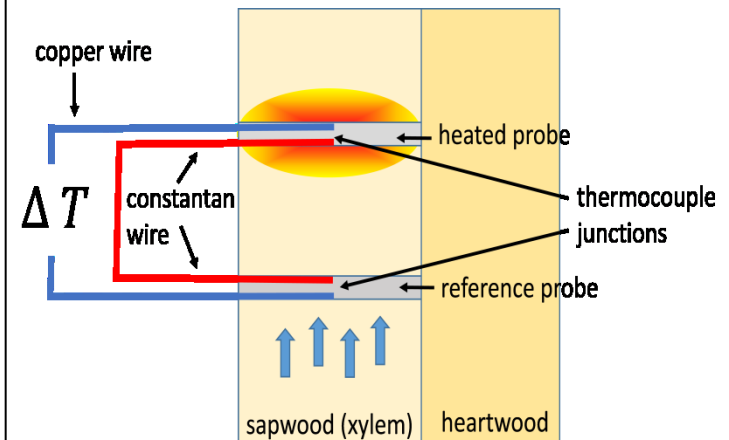
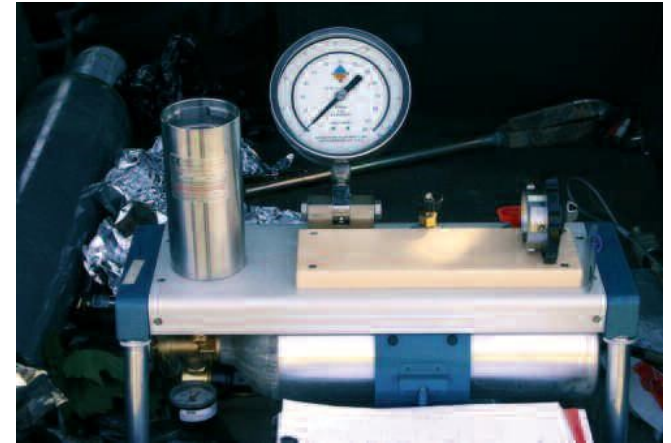


# Quando conviene irrigare l'olivo

- l'irrigazione in olivicoltura determina un aumento della produzione, anche se non sempre tanto significativo da rendere economicamente conveniente **l'investimento** in un impianto irriguo.
- **In aree con piovosità di almeno 800 mm/anno e una durata della stagione siccitosa di non più di due mesi, la convenienza è molto limitata, considerando che l'aumento produttivo medio può non superare il 20%.**
- A causa della tendenza globale delle temperature (e in conseguenza dell'ET) ad aumentare, la soglia di piovosità per avere convenienza economica tende ad innalzarsi.

# Misure sulla pianta

- Potenziale idrico fogliare
- Flusso di linfa



# Misure sulla pianta

- Spettrometro
- Misura scambi gassosi

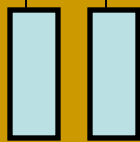


# Sensori per misurare l'umidità del suolo

- a) Sensori di **umidità** basati sulla costante dielettrica: misure di capacità, TDR, TDT
- b) Sensori di **umidità** basati sulla resistenza elettrica: ohmetri, conduttimetri
- c) Sensori di **tensione** dell'acqua nel suolo: Tensiometri

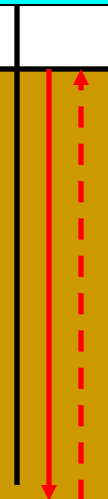
# a) Sensori basati sulla costante dielettrica (capacità; TDR; TDT)

La frequenza di un circuito oscillante varia con la capacità del condensatore



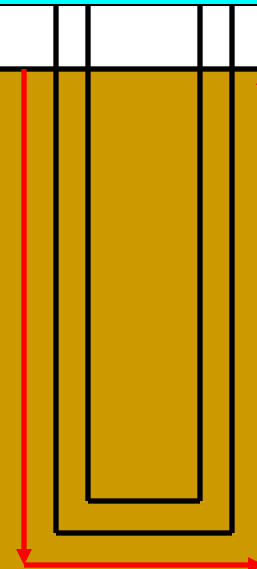
condensatore

TDR:  
misura il tempo di andata dell'onda diretta + il tempo di ritorno dell'onda riflessa



riflessione

TDT:  
misura il tempo di transito di un'onda



transito

# Sensori **capacitivi** per umidità del suolo



**ECH<sub>2</sub>O EA-10**

Measurements taken	Volumetric water content
Accuracy	±4% typical on low EC and medium-textured mineral soils. ±1-2% w/ soil-specific calibration.
Range	0-40% VWC
Electrical Interface	2-wire analog, 4-20mA
Supply Voltage	line-powered 7-32 VDC, overvoltage & reverse-polarity protected.
Frequency	5MHz
Output	Current, correlated linearly w/soil VWC



**ECH<sub>2</sub>O EC-5**

Measurements taken	Volumetric water content
Accuracy	±3% typical on all soils, up to 8dS/m. ±1-2% with soil-specific calibration.
Range	0-100% VWC
Electrical Interface	3.5mm plug, 3-wire
Supply Voltage	2.5-5V DC @ 10mA
Frequency	70MHz
Output	Voltage, correlated linearly (soil) or polynomially (growing media) with VWC

## b) Misura della Resistenza elettrica

### es. “Gessetti” di Bouyoucous

I grumi strutturali sono costituiti  
Da gesso cristallizzato

La soluzione circolante è perciò  
Satura di  $\text{Ca}^{++}$   $\text{SO}_4$

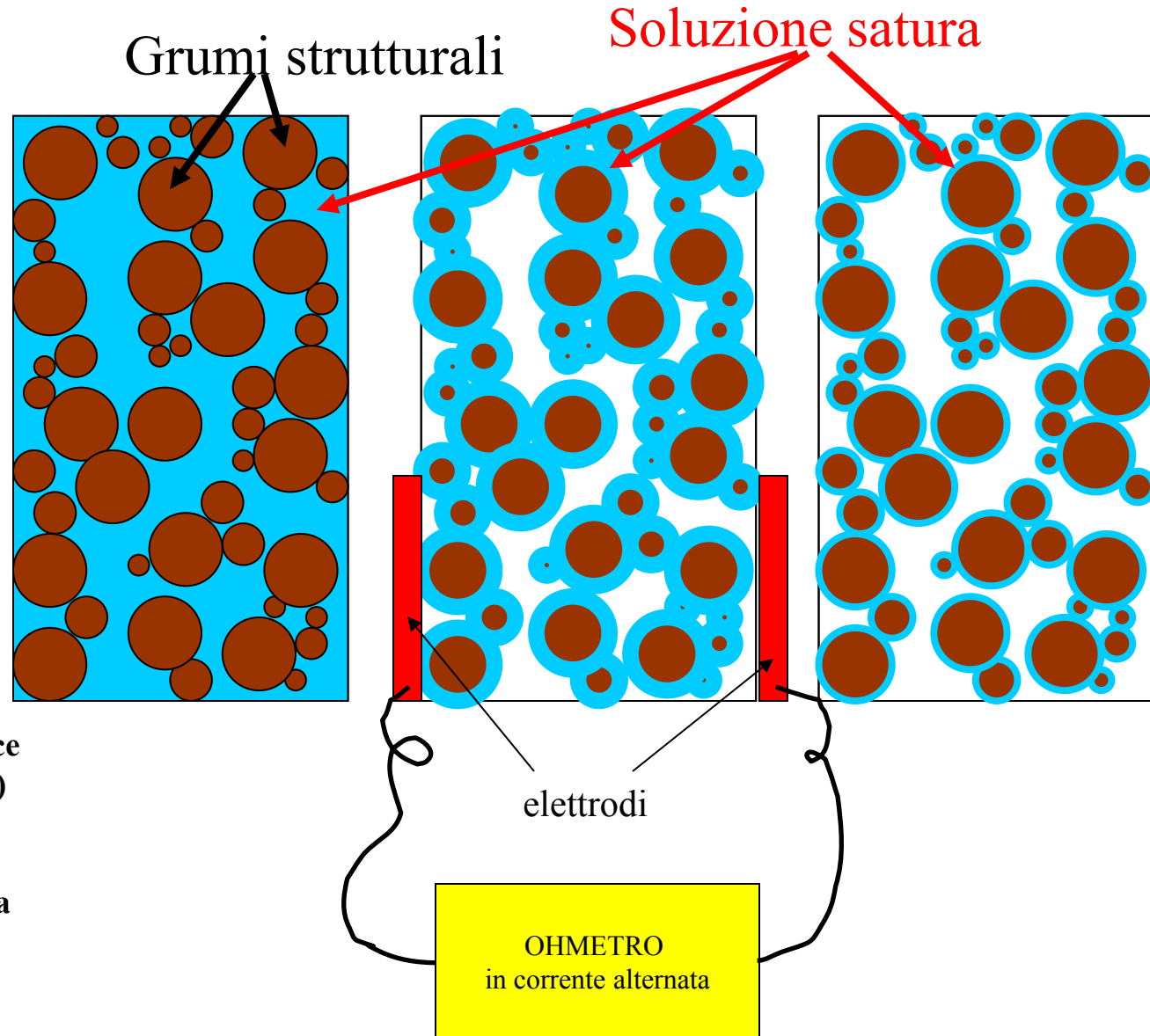
Il movimento di cariche elettriche  
Avviene nella fase liquida

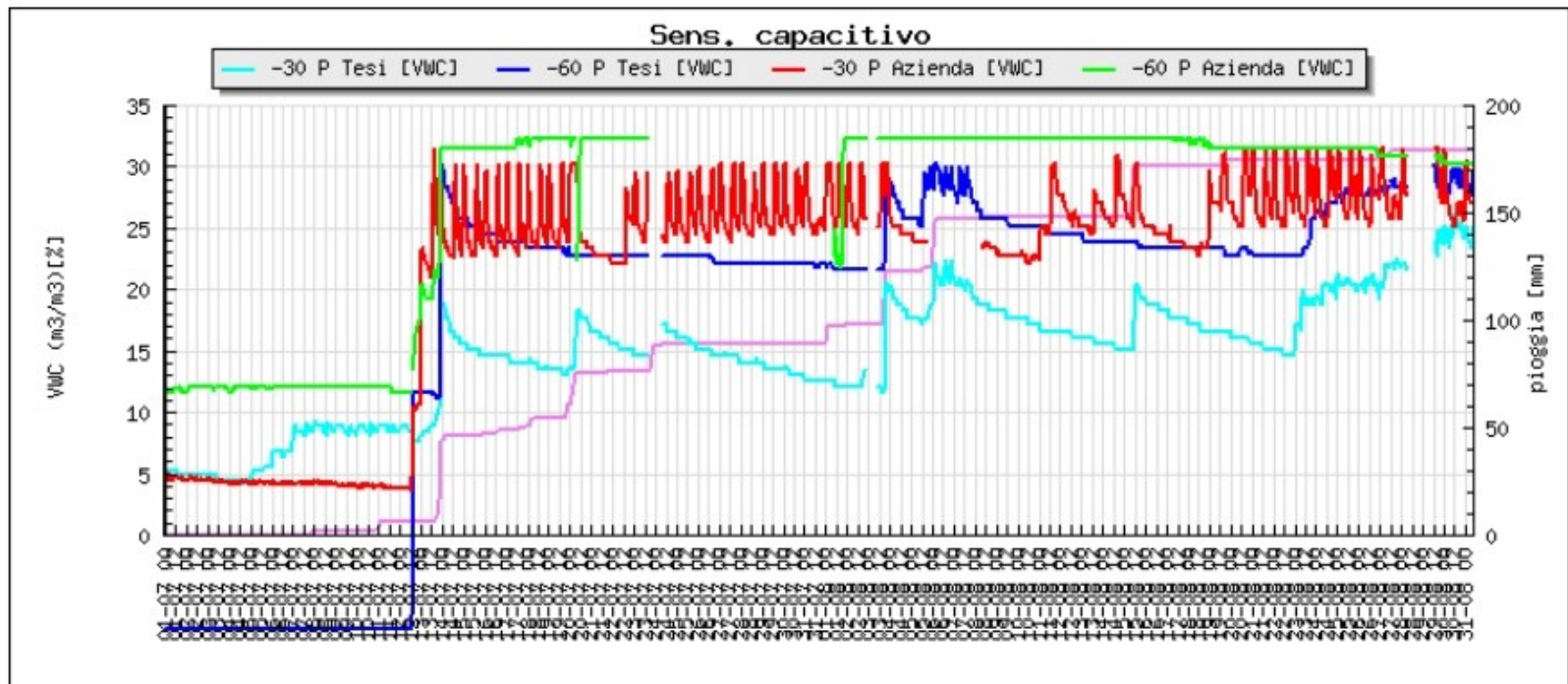
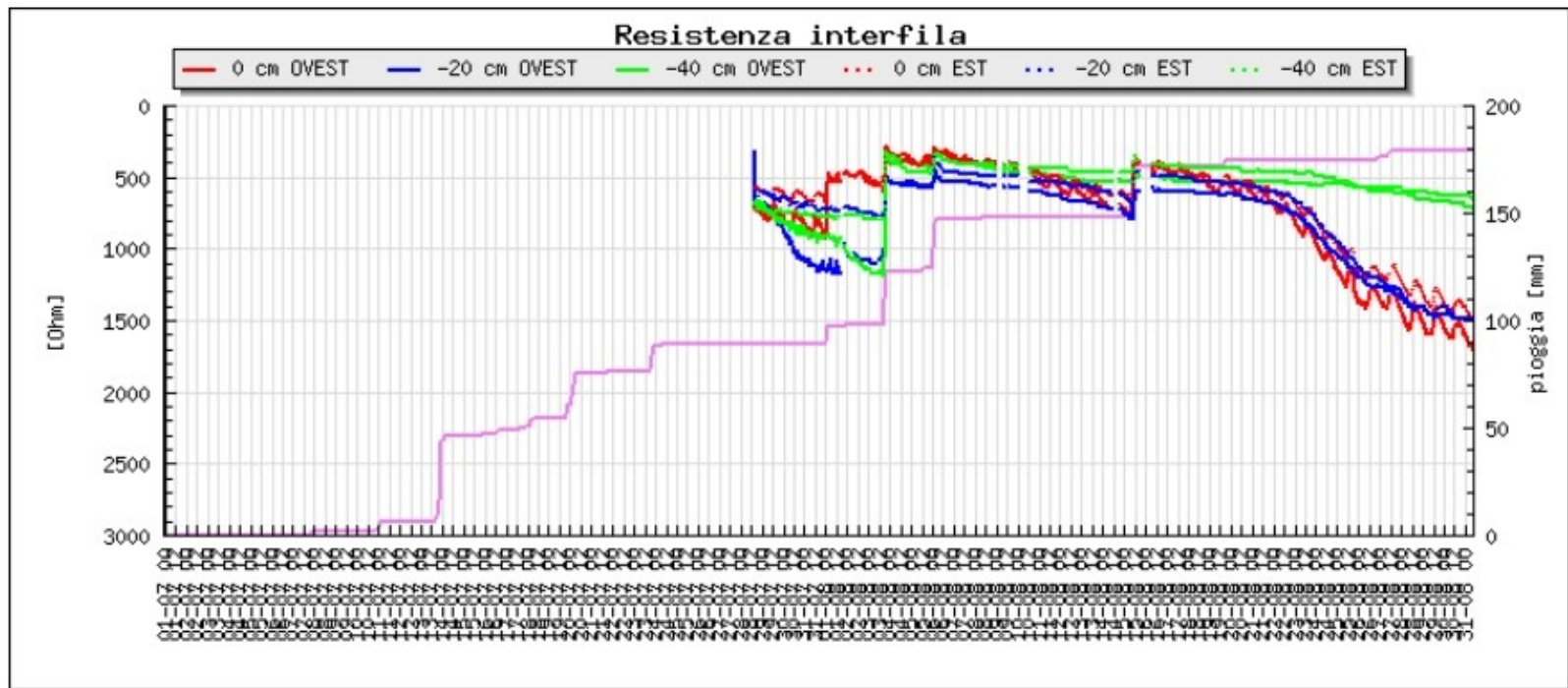
La sezione media della fase liquida  
Varia in funzione del contenuto  
idrico

La seconda legge di Ohm dice che  
La **Resistenza** di un conduttore  
Cresce quando la sezione diminuisce  
( a parità di lunghezza e materiale)

$$R = r l/S$$

C'è perciò una relazione inversa tra  
Umidità e resistenza (ma in realtà  
Non è lineare)

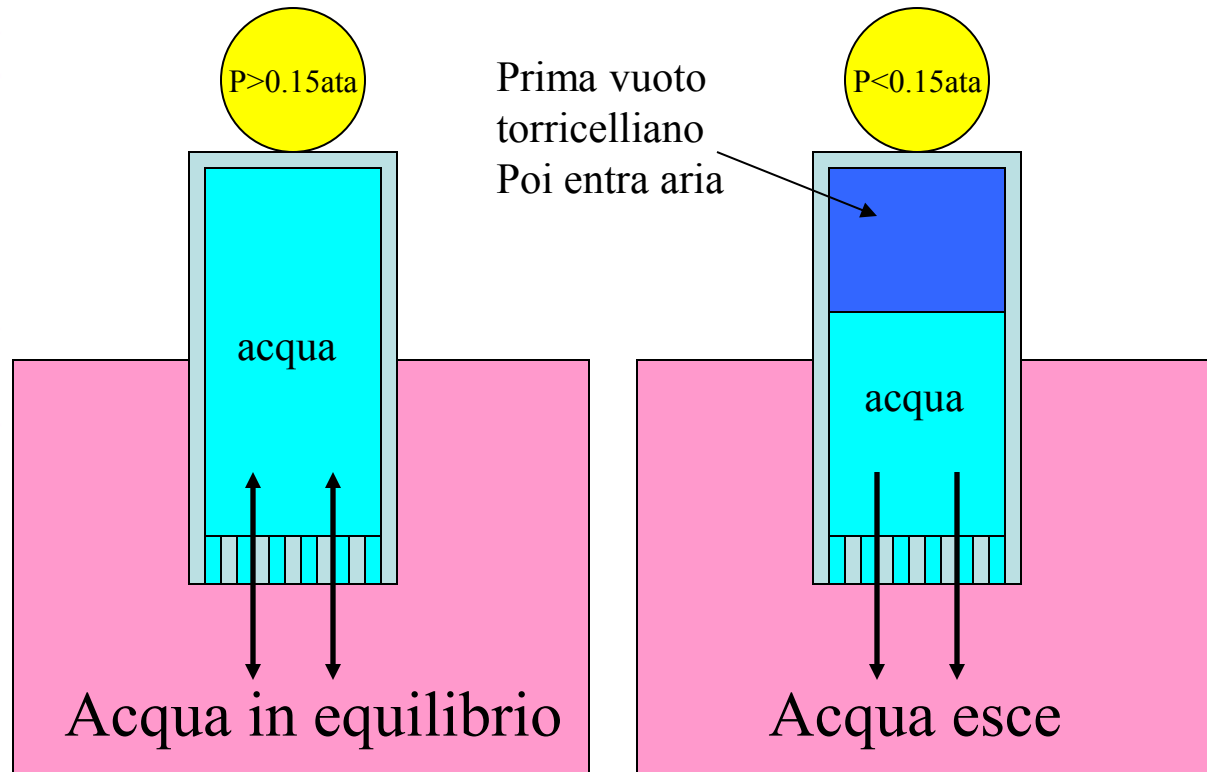
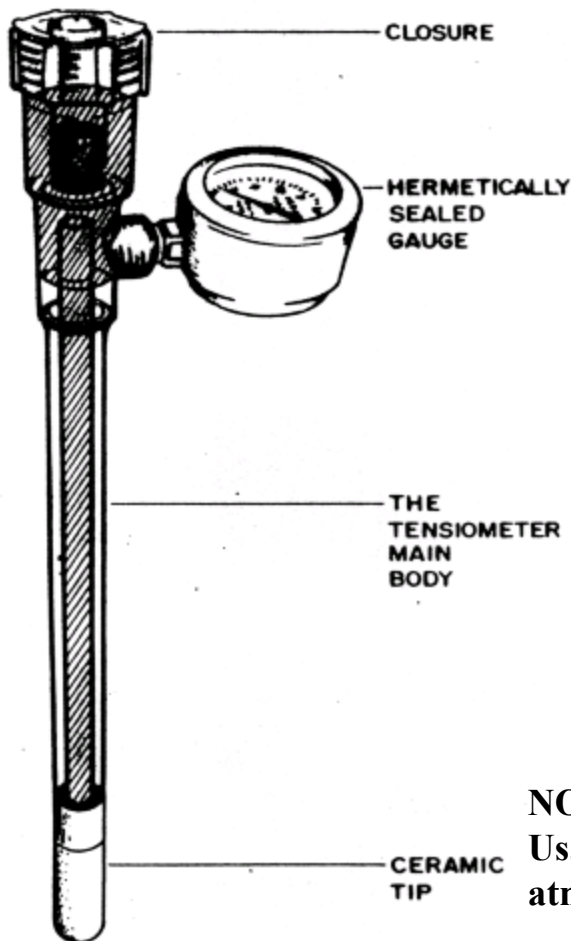






## c) Sensori di tensione dell'acqua nel suolo: Tensiometri

Funziona fino a 85 kPa, corrispondente a pF 2.9.  
A depressioni maggiori si svuota.

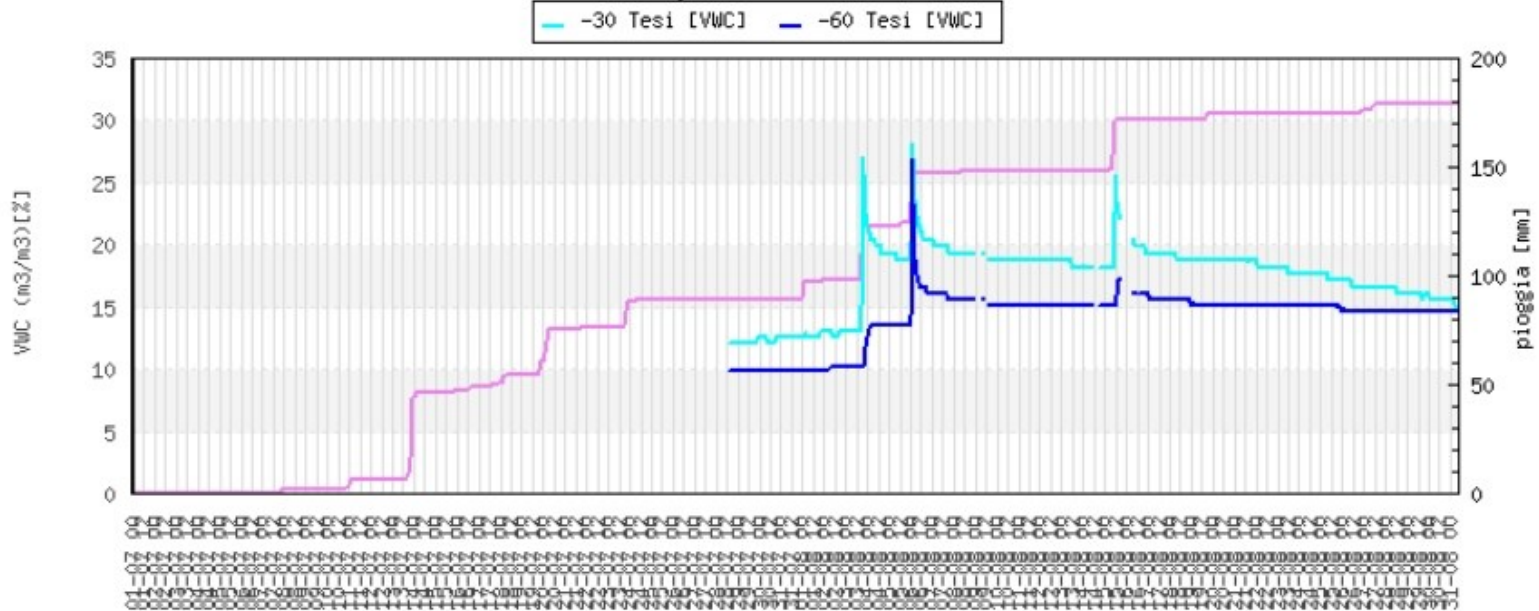


**NOTA:** il tensiometro indica depressione rispetto alla pressione atmosferica. Usando, come i sub, le atmosfere assolute (ata), si passerà da  $\text{ata} = 1$  (pres. atmosferica), a  $\text{ata} = 0.15$ , quando si è avuto un calo di 0.85 atmosfere.

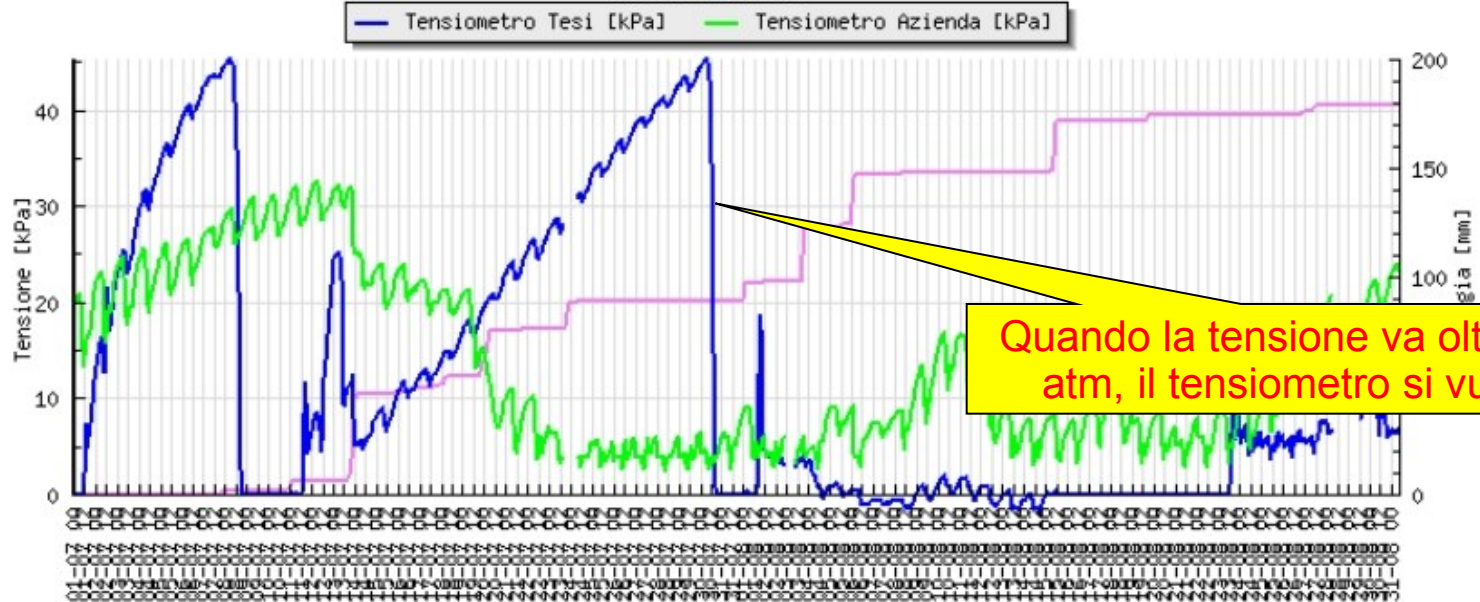


Tensiometro aperto, pronto per il riempimento con **acqua disaerata** (bollita per 15 min e poi chiusa subito in una bottiglia)

### Sens. capacitivo interfila



### Tensiometri



Italia

Lago di Garda

Cazzano 2 Cazzano 1

Nogaredo Noarna

Besenello 2

Besenello 1

Trento

**Siti sperimentali di verifica**  
**Del software per assistenza irrigua**  
**4 Consorzi di Miglioramento Fondiario**  
**2 Settori / Consorzio**  
**2 Livelli irrigui / Settore**

Roveré 1 Roveré 2

**2013-2014-2015**  
**Progetto irriguo vite su 4**  
**Consorzi di Migl. Fond.**

Centeurino  
Fondazione Edmund Mach  
Istituto Agrario San Michele all'Adige



Voce di costo	Costo IVA esclusa [€]
componenti elettronici	24.88
morsetti	15.40
batterie	9.89
circuito stampato doppia faccia	11.21
modem	52.07
pannello solare 1W	4.55
<b>Totale</b>	<b>118.00</b>
<b>tempo realizzazione [ore uomo]</b>	<b>2</b>

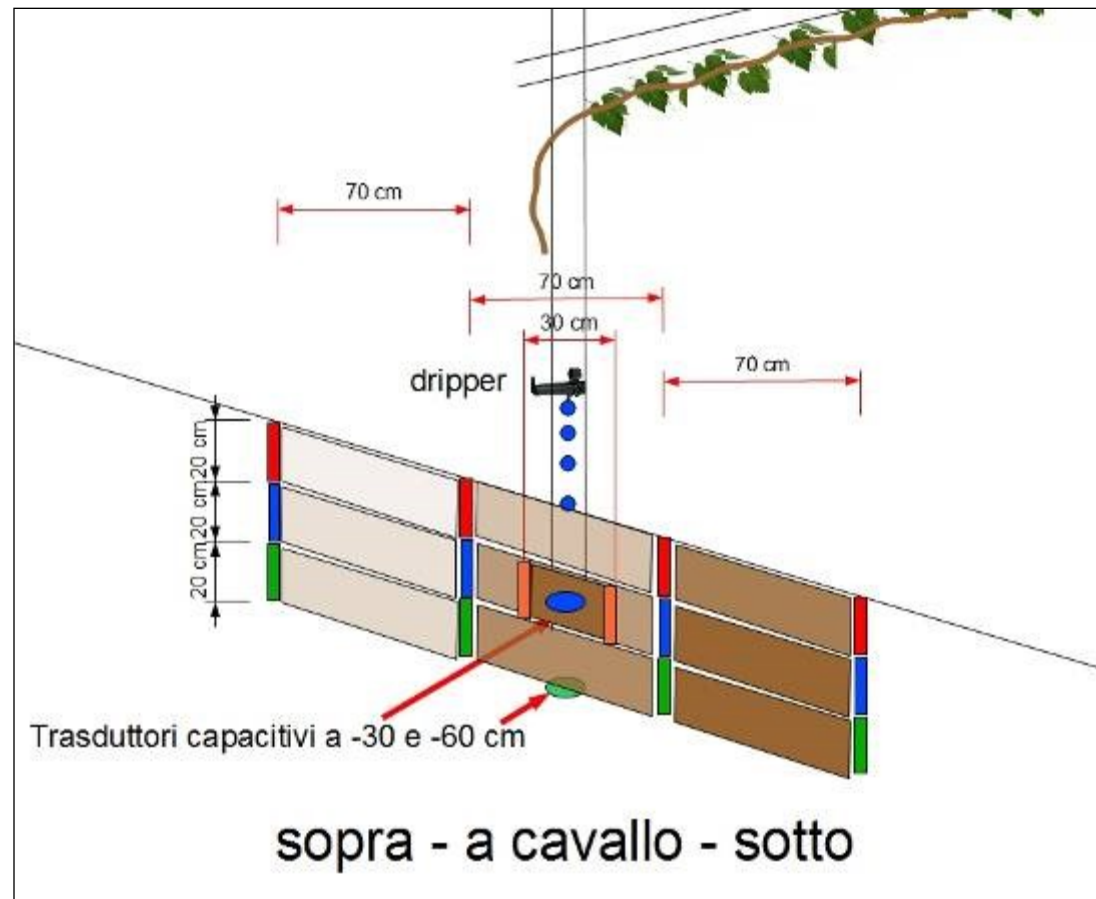
## Cent€urino

1. Esegue misure di resistenza
2. Legge sensori capacitivi e di altro tipo
3. Trasmette i dati al Centro Meteo di S.Michele

Centeurino con suoi due multiplexer può collegare al micro  
16 + 16 elettrodi in  
16 x 16 = 256 combinazioni diverse

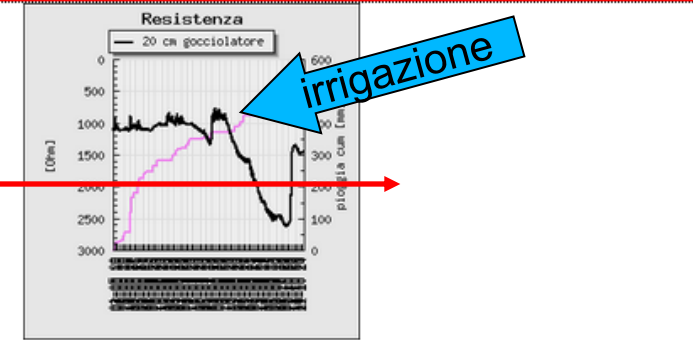
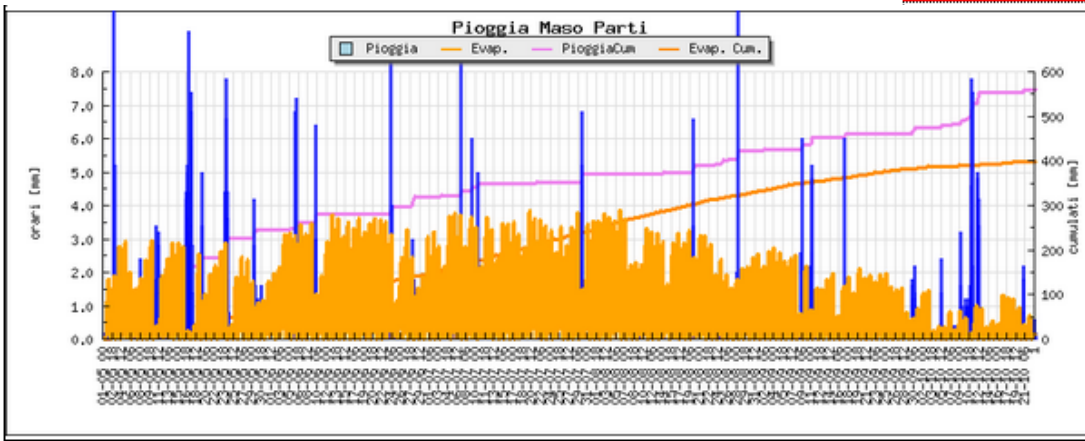
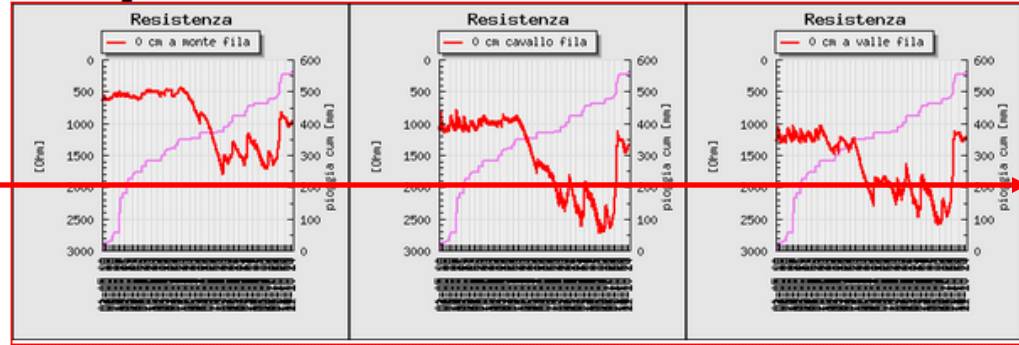


CentEurino ogni 15 minuti trasmette a San Michele  
le misure di umidità del suolo fatte con sensori  
resistivi

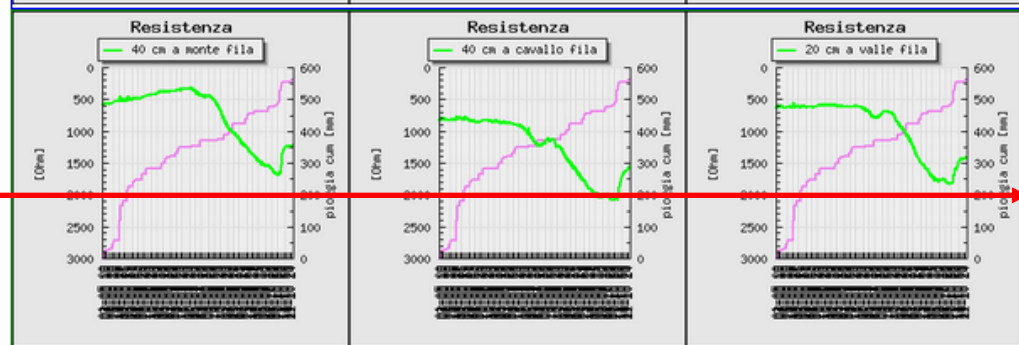
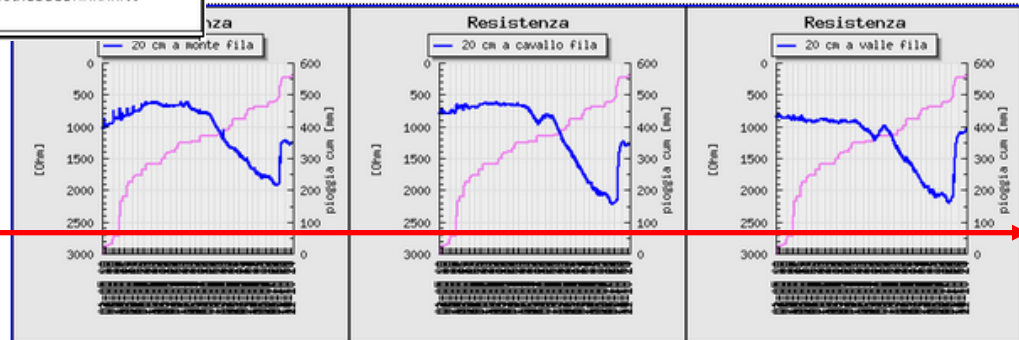




# Mezzolombardo 1/5 - 22/10 2013

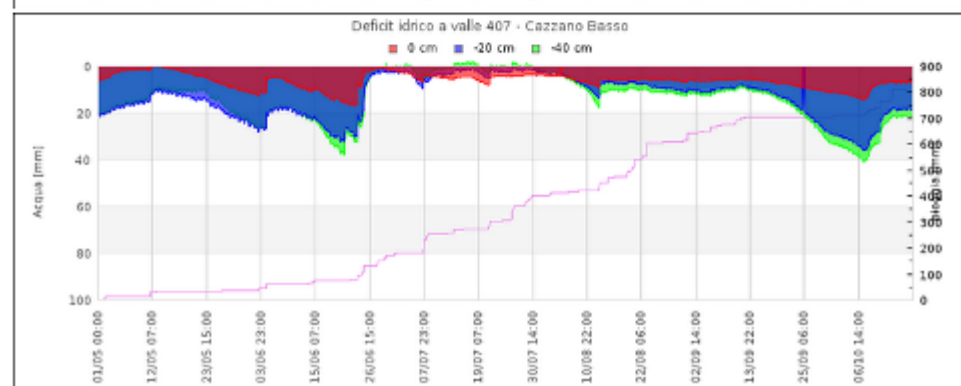
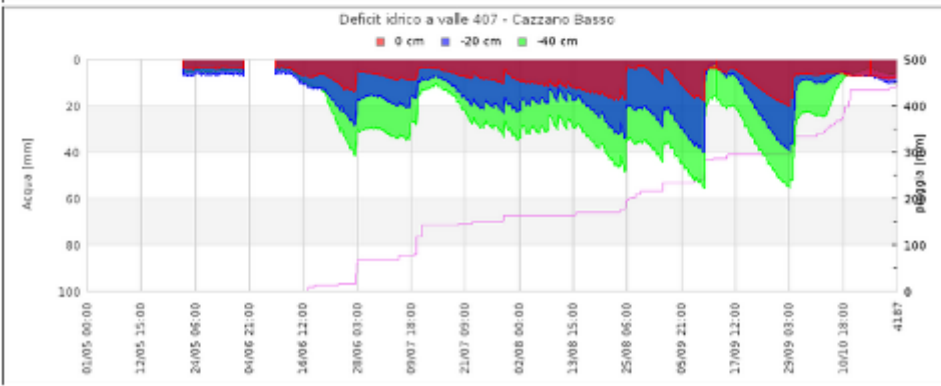
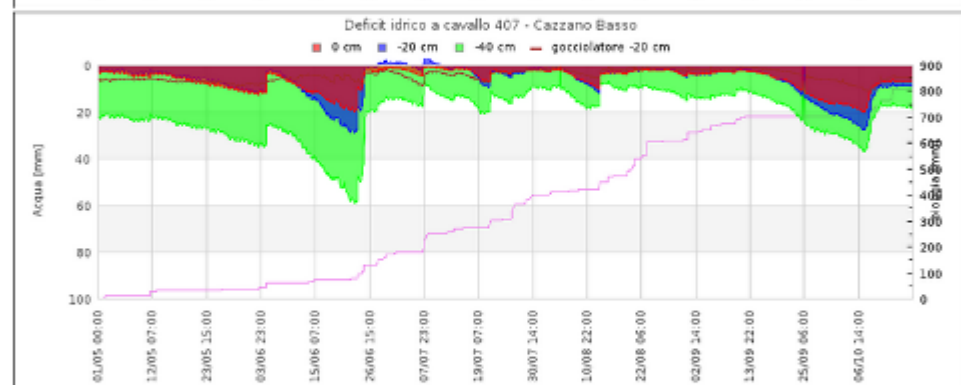
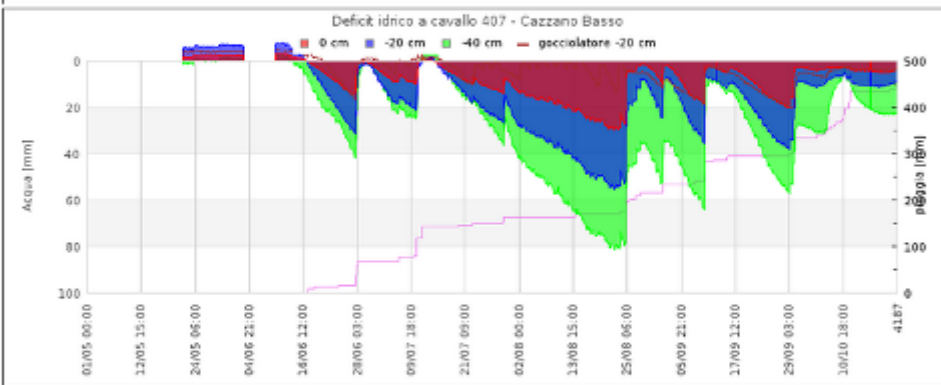
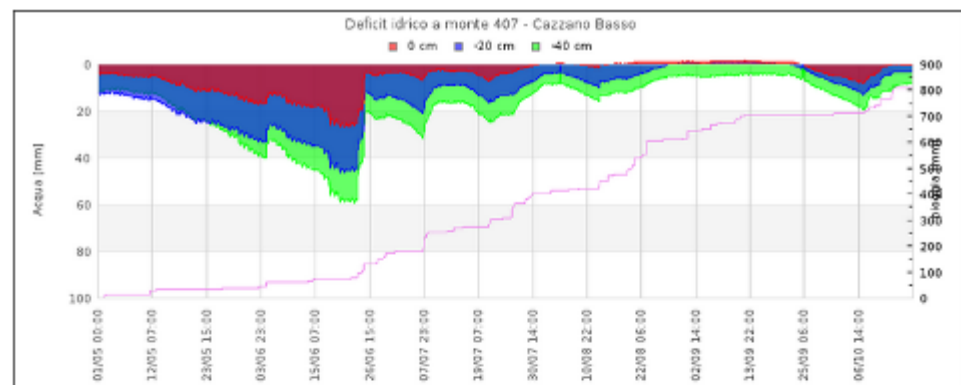
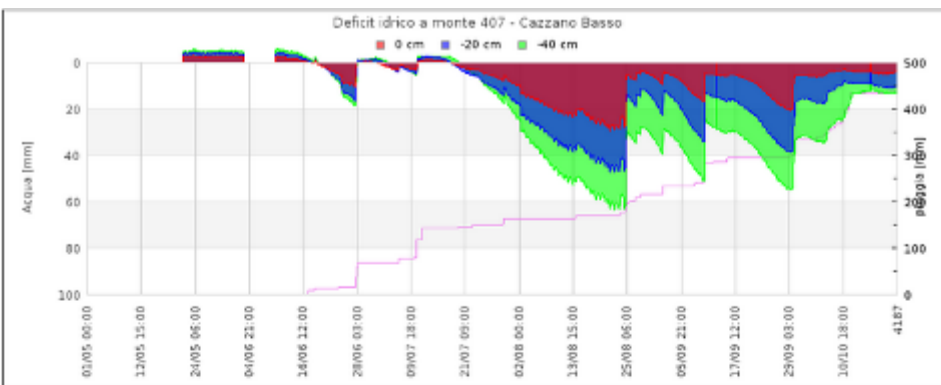


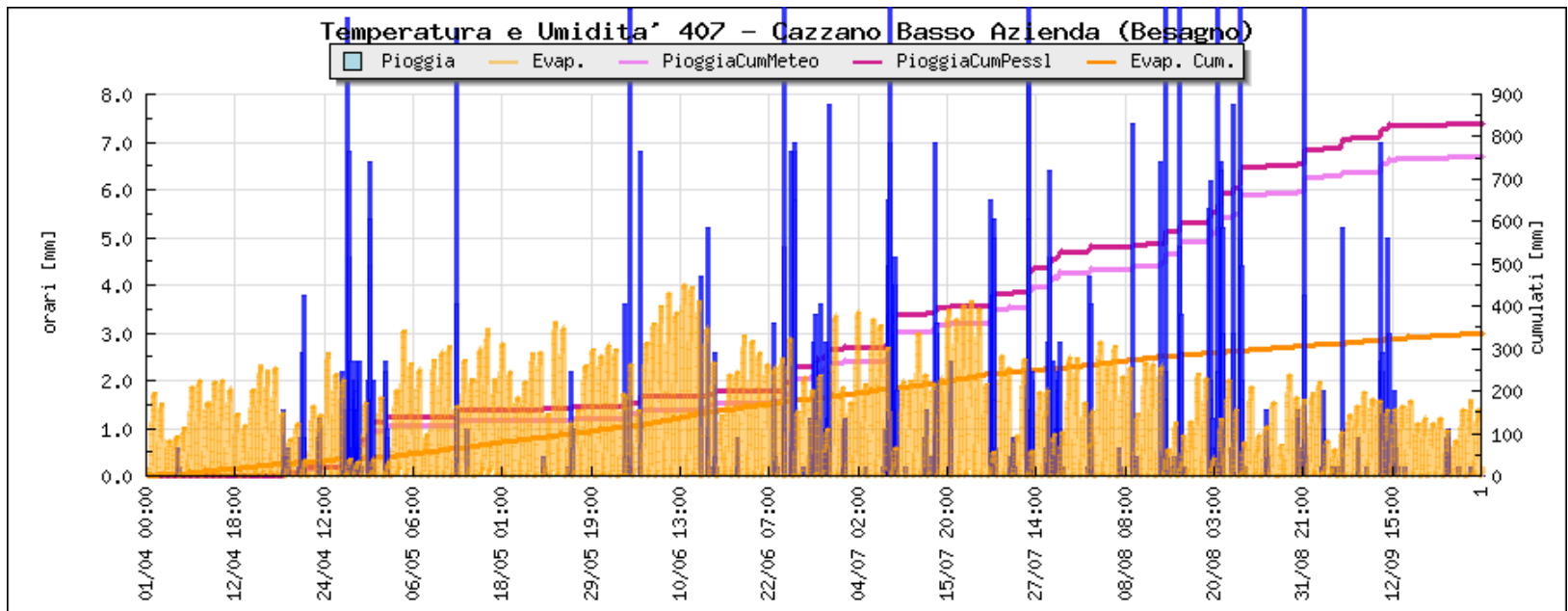
2000 ohm



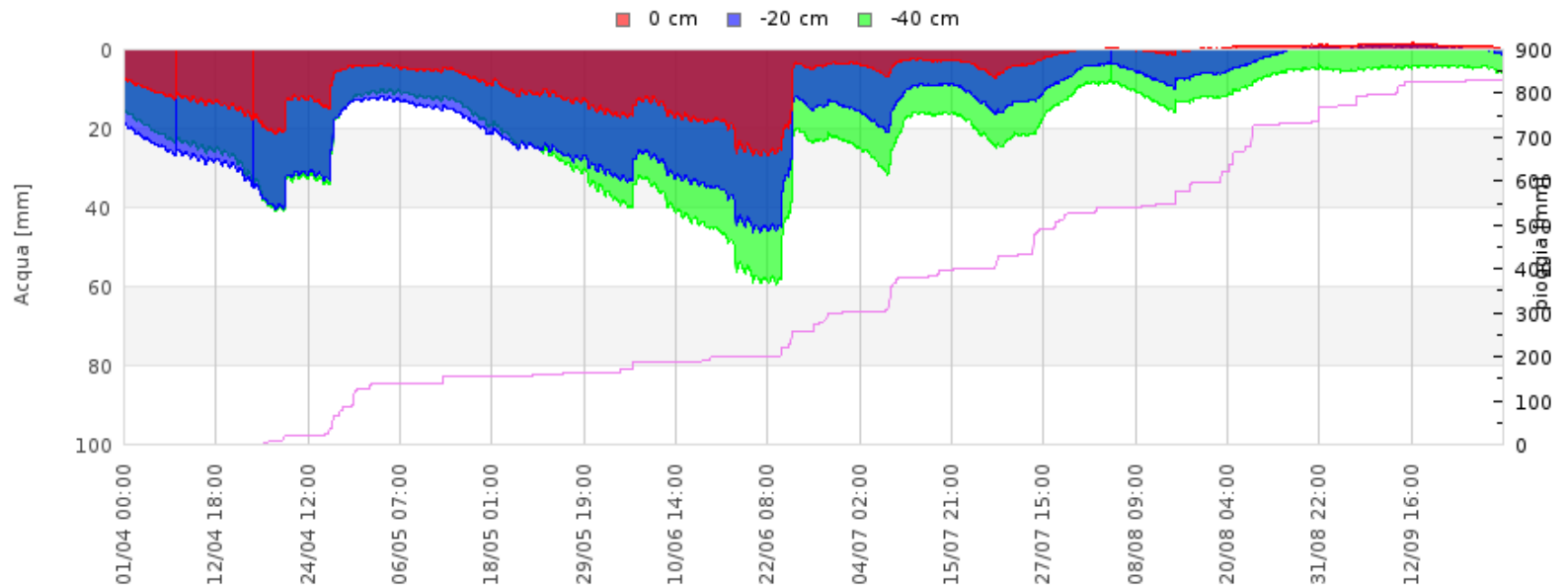


# Cazzano di Brentonico (TN); deficit umidità suolo 2013 2014

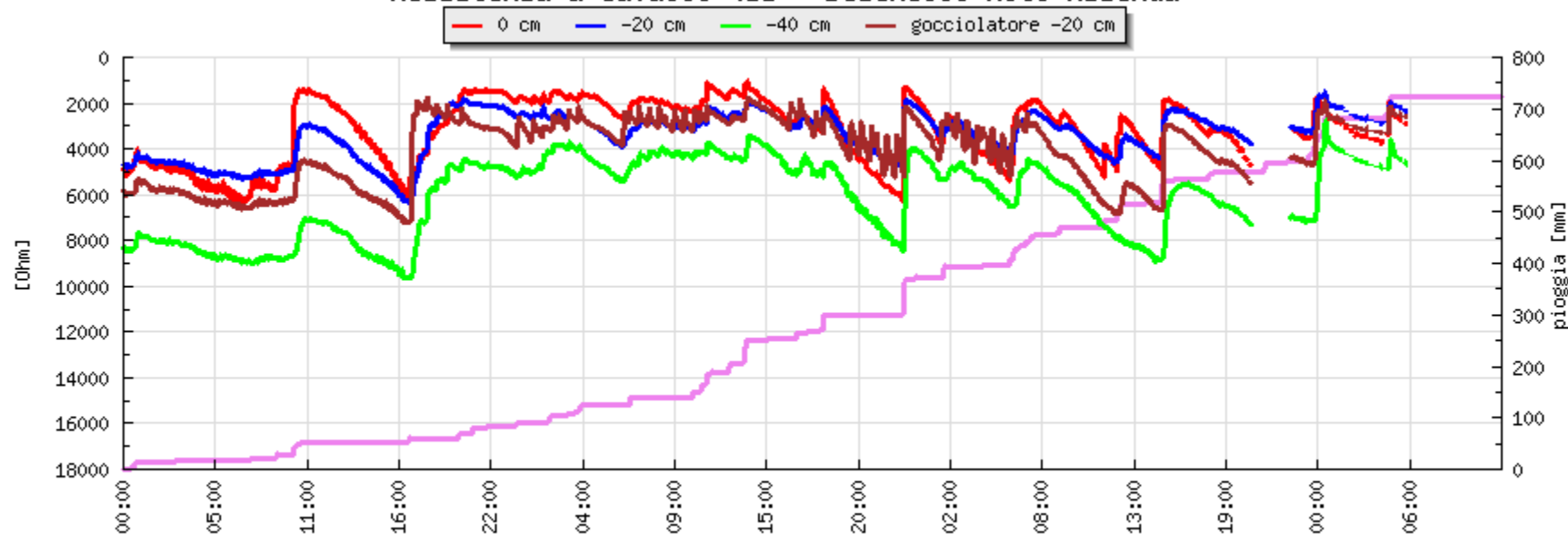




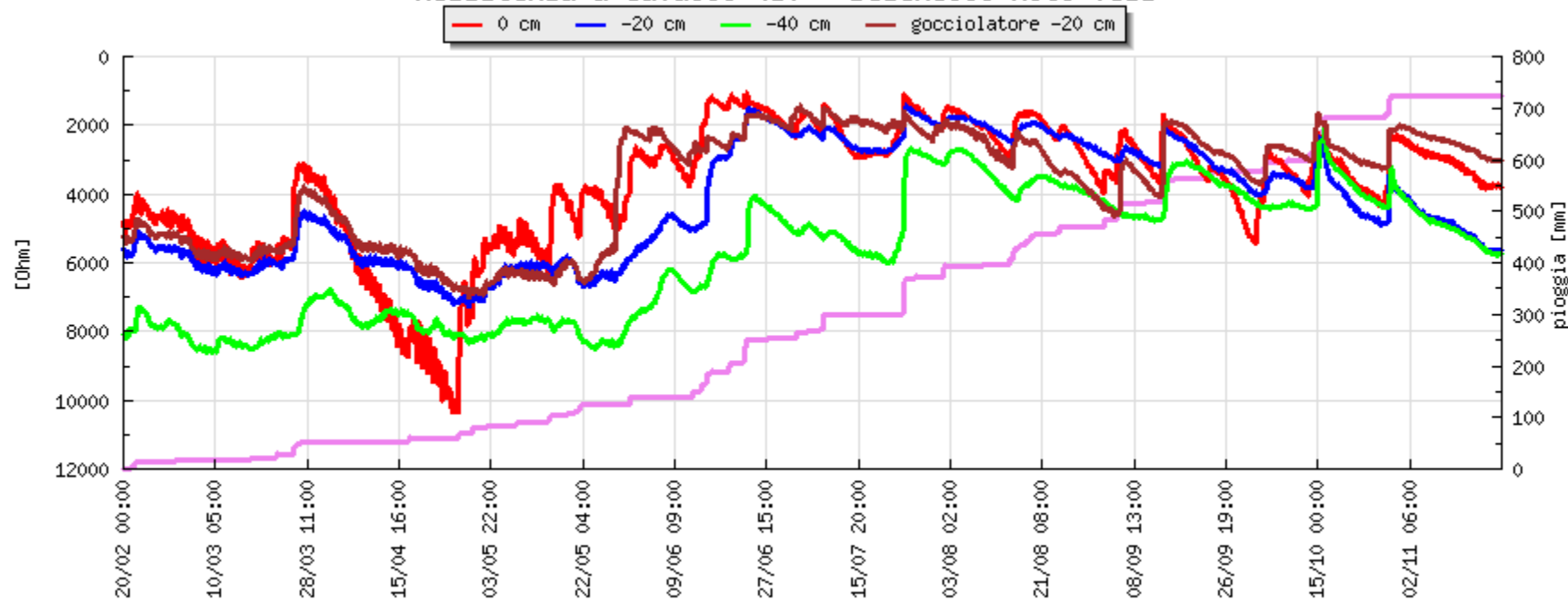
Deficit idrico a monte 407 - Cazzano Basso



### Resistenza a cavallo 411 - Besenello Alto Azienda



### Resistenza a cavallo 410 - Besenello Alto Tesi





**Le innovazioni tecnologiche possono cambiare il nostro modo di navigare!!**

Grazie per l'attenzione. FINE

