

Corso di "Agronomia"

- Viterbo, Novembre 2009 -



Scaricabile da:

http://www.unitus.it/dipartimenti/dpv/materiale_didattico.htm

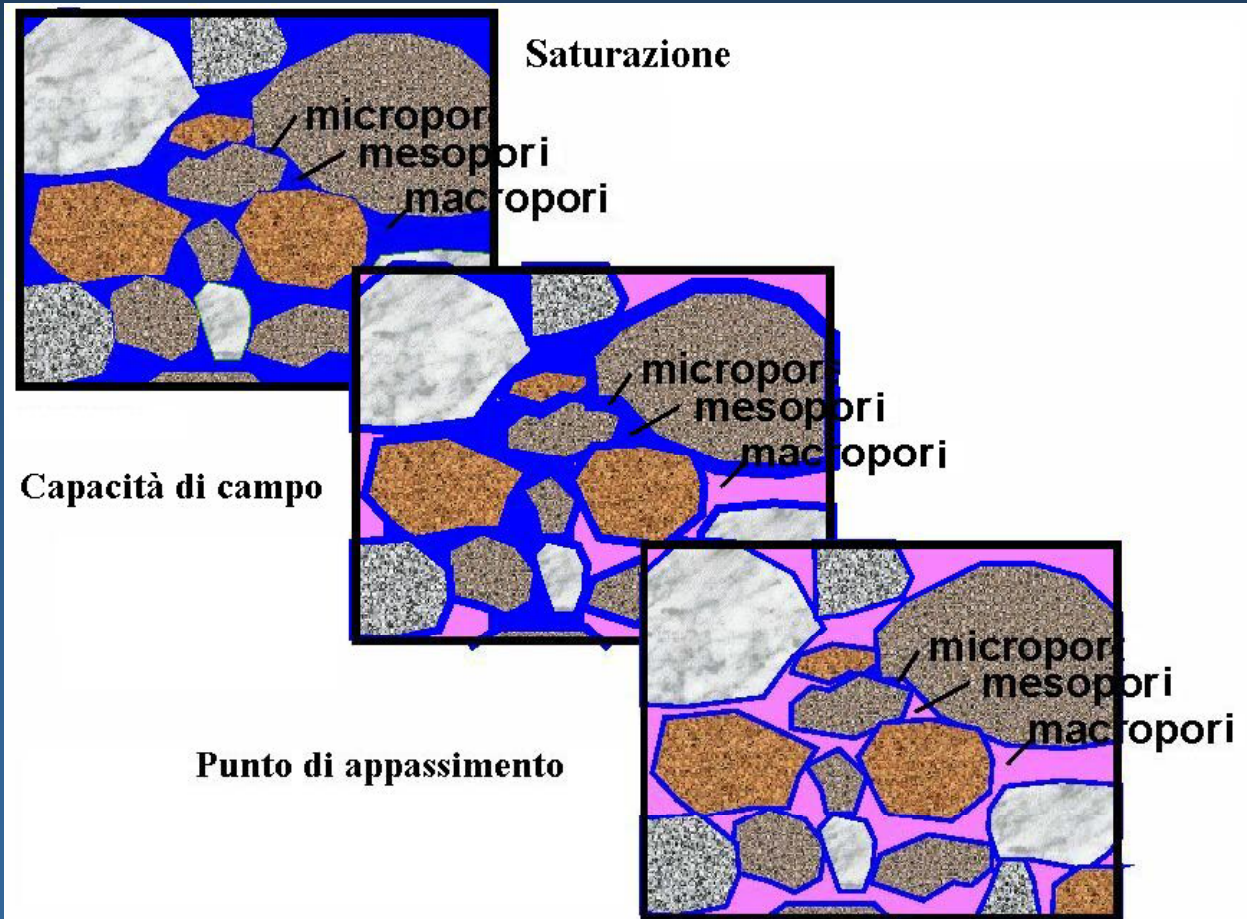


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DELLA
Tuscia

Prof. Raffaele Casa,
Dipartimento di Produzione Vegetale,
Università della Tuscia, Viterbo
e-mail: rcasa@unitus.it

L'acqua nel suolo

L'acqua che le piante possono utilizzare è quella disponibile tra capacità di campo e punto di appassimento



L'umidità del suolo: gravimetrica e volumetrica

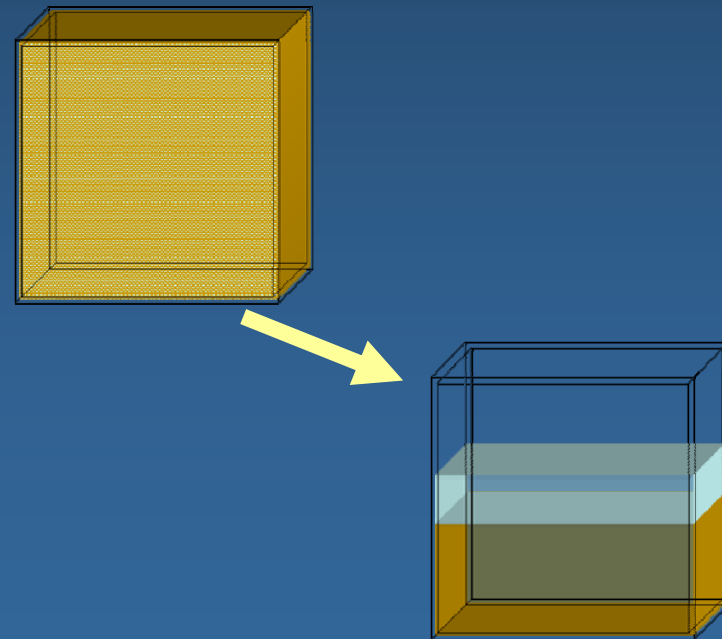
L'umidità del suolo si può esprimere come:

1. Percentuale in peso:

$$g_w = \frac{\text{peso terreno umido} - \text{peso terreno secco}}{\text{terreno secco}} = \frac{\text{peso acqua}}{\text{peso terreno secco}} \cdot 100$$

2. Percentuale in volume:

$$g_v = \frac{\text{volume acqua}}{\text{volume terreno}} \cdot 100$$



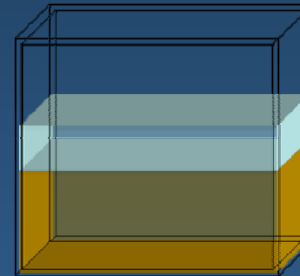
L'acqua nel terreno

Come convertire tra umidità del suolo espressa come % in peso e % in volume o viceversa

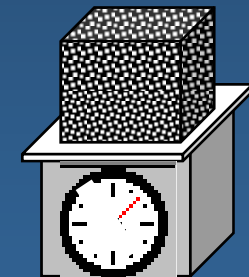
1. Concetto di densità apparente del terreno

Per poter determinare l'umidità volumetrica è necessario conoscere il volume apparente del suolo e quindi la sua **densità apparente** (rapporto tra massa e volume apparente del suolo).

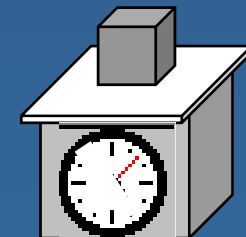
$$\text{Densità}(g \cdot \text{cm}^{-3}) = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}}$$



$$\text{Densità}_{\text{Apparente}} = \frac{\text{Massa}_{\text{suolo}_{\text{Secco}}}}{\text{Volume}_{\text{suolo}}(\text{ con presi}_{\text{i}}_{\text{pori}})}$$



$$\text{Densità}_{\text{Reale}} = \frac{\text{Massa}_{\text{fraz.minerale}_{\text{suolo}}}}{\text{Volume}_{\text{fraz.minerale}_{\text{suolo}}}}$$



Densità (massa volumica) apparente



$$Porosità_totale = \frac{V_{apparente} - V_{reale}}{V_{apparente}}$$

Densità (massa volumica) apparente



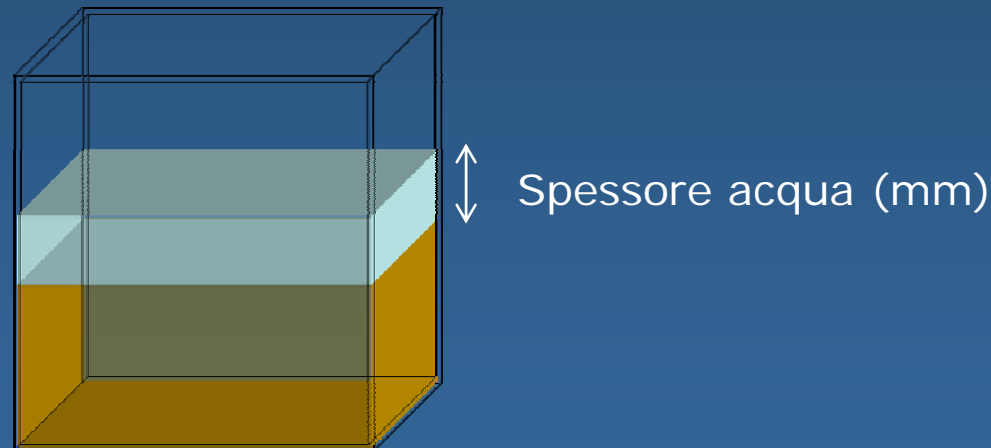
L'umidità del suolo: spessore equivalente

L'umidità del suolo si può esprimere anche come:

3. Spessore di acqua equivalente

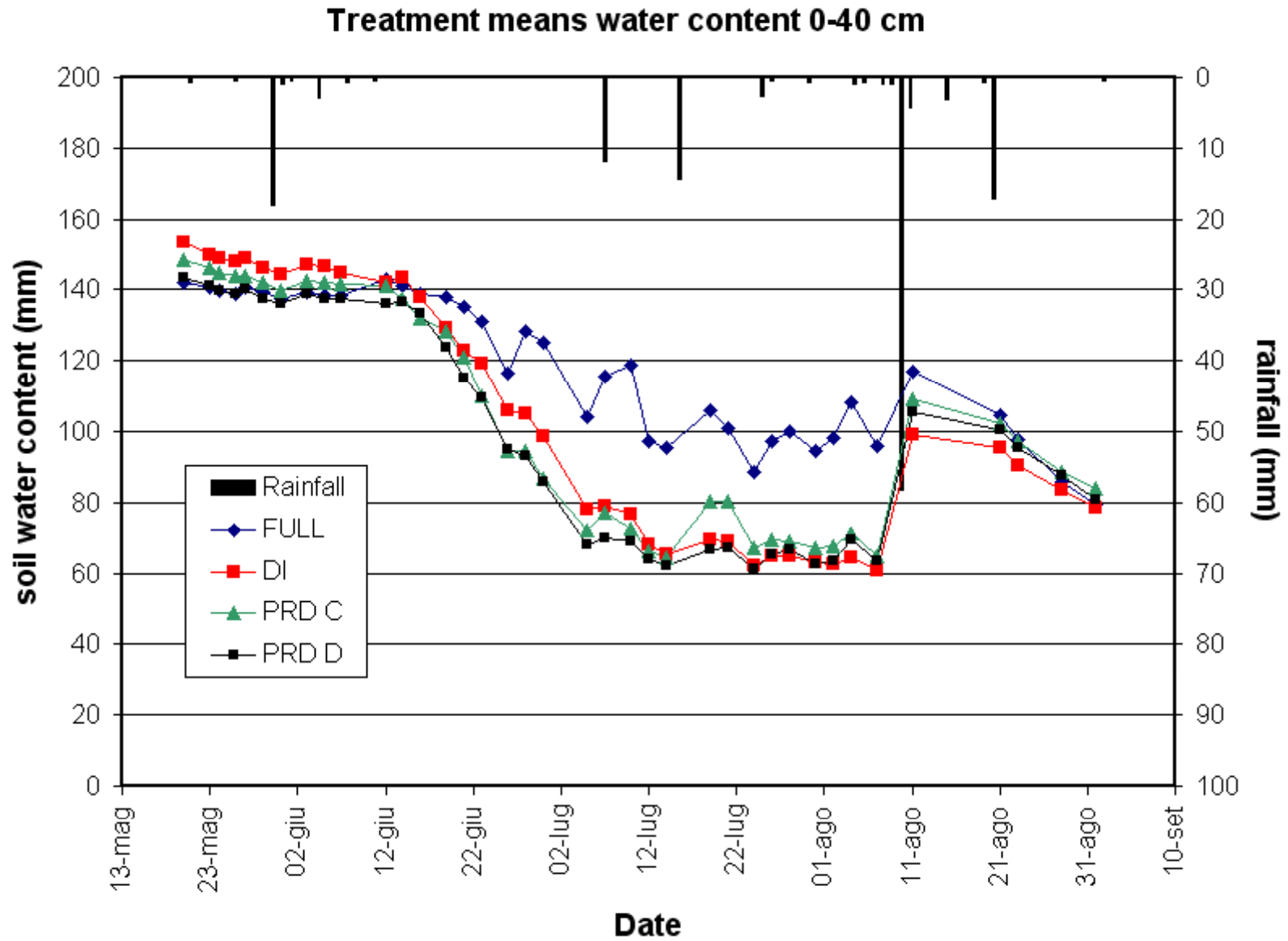
n.b.: 1 litro di acqua su 1 m² = 1 mm = 10 m³ ha⁻¹

n.b.: sono le unità di misura più utilizzate per esprimere l'irrigazione (e la pioggia)



$$\text{Spess. H}_2\text{O [mm]} = \text{Umidità volumetrica} * \text{spessore suolo [mm]}$$

PRD field trial Viterbo 2006



L'acqua nel suolo

Riassumendo

Il **contenuto** di acqua del suolo si può esprimere come:

1. Umidità gravimetrica (% in peso)
2. Umidità volumetrica (% in volume)
3. Spessore (es. in mm)

Ma quest'acqua **come** è trattenuta dal terreno?

→ Concetto di potenziale idrico

L'acqua nel suolo: le costanti idrologiche

N.B.

La capacità di campo ed punto di appassimento (costanti idrologiche) corrispondono a valori di umidità del terreno molto diversi nei diversi tipi di suoli !

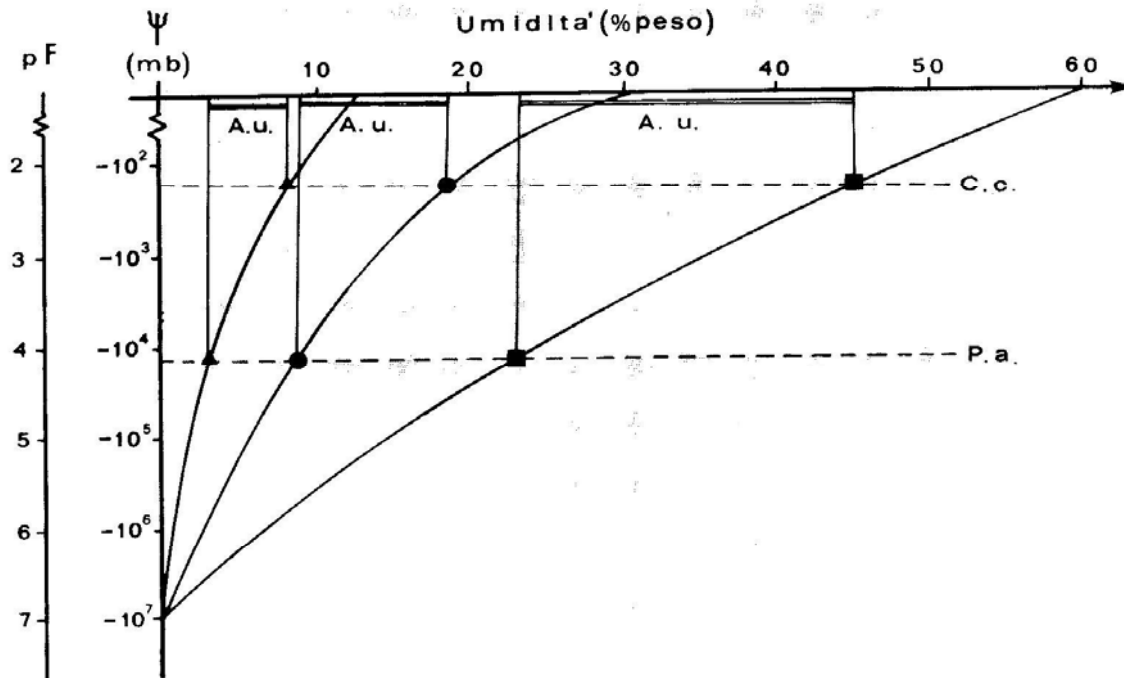


Fig. 66 - Rapporti tra umidità (in ascissa) e potenziale idrico (in ordinata) in terreni di diversa natura. È evidente come la quantità d'acqua utile sia maggiore nel terreno argilloso, molto minore in quello sabbioso. C.c.: capacità di campo; P.a.: punto d'appassimento; A.u.: acqua utilizzabile; — terreno sabbioso; — terreno limoso; — terreno argilloso.

L'acqua nel suolo: le costanti idrologiche

La capacità di campo ed punto di appassimento (costanti idrologiche) cambiano in suoli a diversa tessitura:

Tab. 10 - Punto di appassimento, capacità di campo e acqua utilizzabile in terreni diversi (sec. Richards e Weaver).

Terreno	Punto di appassimento (% volume)	Capacità di campo (% volume)	Acqua utilizzabile (% volume)
Sabbia	1,8	2,6	0,8
Terreno sabbiolimoso	4,2	6,9	2,7
Terreno limo-sabbioso	5,2	9,2	4,0
Terreno limoso	6,3	12,7	6,4
Terreno limo-argilloso	10,0	18,4	8,4
Terreno di medio impasto	14,3	24,4	10,1
Terreno molto argilloso	26,0	45,9	19,9

Misurare l'umidità del suolo

Metodo termogravimetrico:

Caratteristiche:

Campionamento diretto. Si preleva il suolo e lo si pesa prima e dopo metterlo in stufa a 105°C ad essiccare

Vantaggi:

E' il metodo di riferimento ed è il più semplice

Svantaggi:

Richiede parecchio tempo e lavoro.
Non automatizzabile



Misurare l'umidità del suolo

TDR

(Time domain reflectometry):

Principio di funzionamento

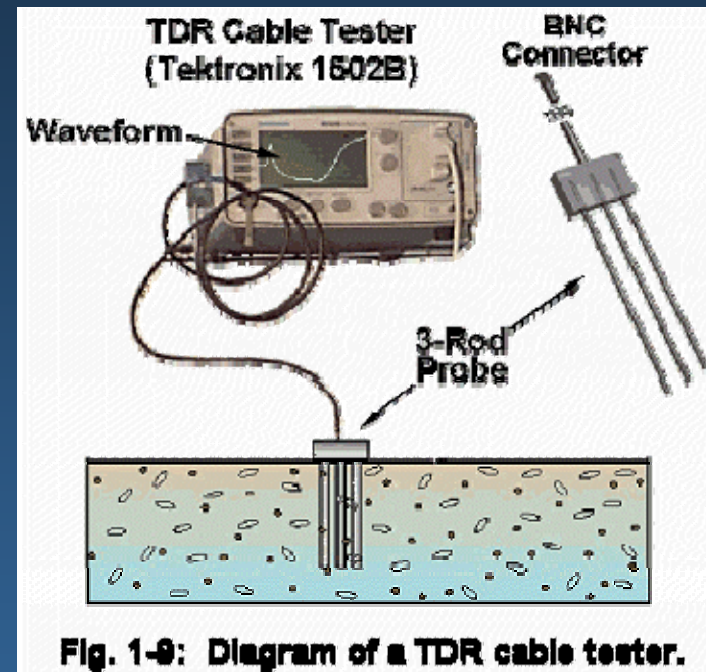
La velocità di propagazione di onde elettromagnetiche lungo delle guide di acciaio è influenzata dalla costante dielettrica del suolo che è proporzionale al contenuto d'acqua (costante dielettrica H₂O = 80; cost.dielettrica suolo =2)

Vantaggi:

- misura rapida, accurata (1-2%), senza bisogno di calibrazione per la maggior parte dei suoli
- misura espressa direttamente come umidità volumetrica
- consente misure in continuo (automatizzabile)

Svantaggi:

- Volume limitato di suolo
- problemi in terreni ricchi di scheletro
- problemi in terreni salini
- problemi in terreni argillosi in periodi asciutti (crepacciature) e molto umidi
- Costoso



Misurare l'umidità del suolo

TDR

Esempi di sistemi in commercio:

- Campbell Scientific

- **CS616**: riflettometro TDR, accuratezza $\pm 2.5\%$, collegabile con qualsiasi data-logger (circa 400€)
- **Hydrosense**: sistema TDR portatile

- Streat Instruments

- **Aquaflex**: sensore flessibile lungo 3 m, fornisce una media spaziale, accuratezza $\pm 2.5\%$, collegabile con data-logger e stazioni meteo oppure con sistema acq. dati incorporato (circa 850 €)



Misurare l'umidità del suolo

Capacitance e FDR (Frequency domain reflectometry):

Caratteristiche

Determinano la costante dielettrica del suolo attraverso variazioni nella frequenza o nel voltaggio di corrente alternata applicata a degli elettrodi da un circuito oscillatore

Vantaggi:

- misura rapida, accurata (1-2%), senza bisogno di calibrazione per la maggior parte dei suoli
- misura espressa direttamente come umidità volumetrica
- consente misure in continuo (automatizzabile)

Svantaggi:

- Volume limitato di suolo
- sensibile alla salinità
- problemi di contatto con il suolo simili al TDR
- costoso (ma meno del TDR)



Misurare l'umidità del suolo

FDR e capacitance :

Esempi di sistemi in commercio:

•Sentek

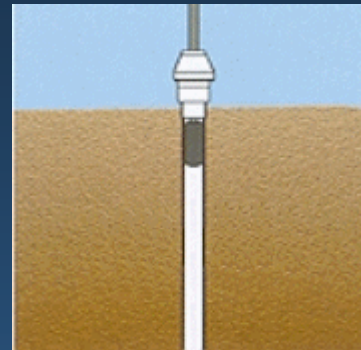
- EnviroScan, Diviner, EasyAG** : sensori lunghi da 50cm a 2m con misure ogni 10 cm (da inserire in tubi di PVC), accuratezza (dichiarata) $\pm 1\%$. Costo circa 5000€ (sistema EnviroScan completo di acquisizione più due sensori da 50 cm)

•Delta-T

- Theta probe**: sensori da inserire o seppellire nel terreno, utilizzabili con la maggior parte dei data-logger. Buona accuratezza $\pm 1\%$ anche in terr.argillosi. Circa 350€

•Decagon

- ECH₂O**: sensori simili a righelli di plastica (dimensioni 10 o 20 cm) da inserire o seppellire nel terreno, utilizzabili con la maggior parte dei data-logger. Accuratezza $\pm 3\%$ ($\pm 1\%$ con calibrazione). Circa 200€



Misurare l'umidità del suolo

Tensiometro:

Caratteristiche

Misura il potenziale idrico (matriciale), non l'umidità

Vantaggi:

- Poco costoso
- Automatizzabile

Svantaggi:

Funziona solo tra saturazione e -70 kPa
(n.b. la capacità di campo è a -33 kPa ed il punto di appassimento è a -1500 kPa)



Delta-T's three models



Soilmoisture's JetFill & Quickdraw Portable Tensiometers



Earth systems Solutions



SDEC France



Irrrometer tensiometer



Misurare l'umidità del suolo

Blocchetti di gesso
o di altro materiale (Watermark):

Caratteristiche

Si misura la resistenza tra due elettrodi inseriti nel materiale poroso che è in relazione con il potenziale idrico

Vantaggi:

- Economico
- Automatizzabile

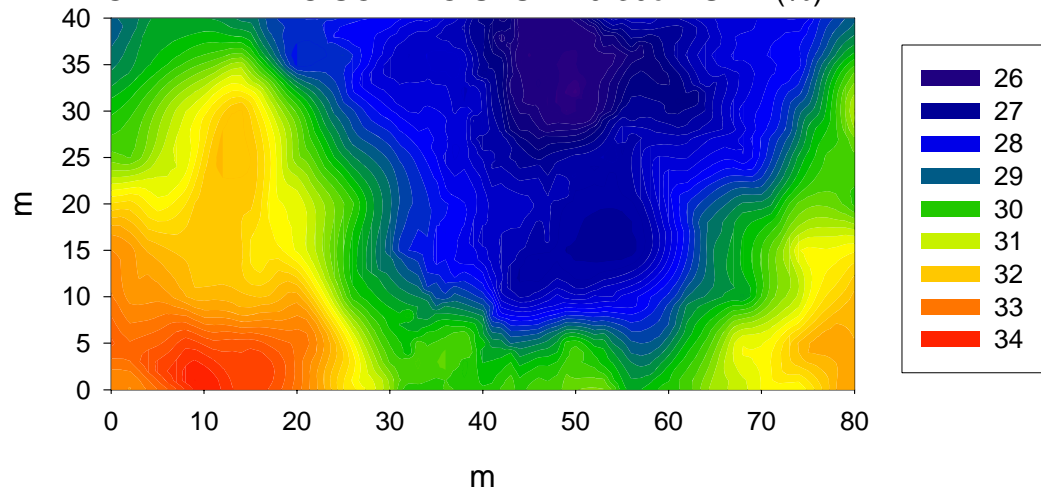
Svantaggi:

- Risposta lenta
- Col tempo il blocchetto di gesso si degrada
- Isteresi

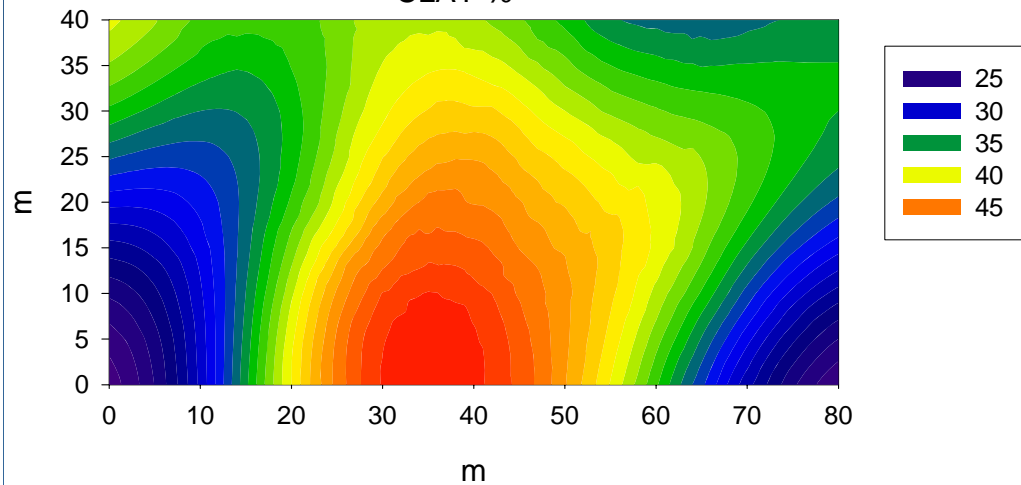


Variabilità nello spazio e nel tempo dell'umidità del suolo

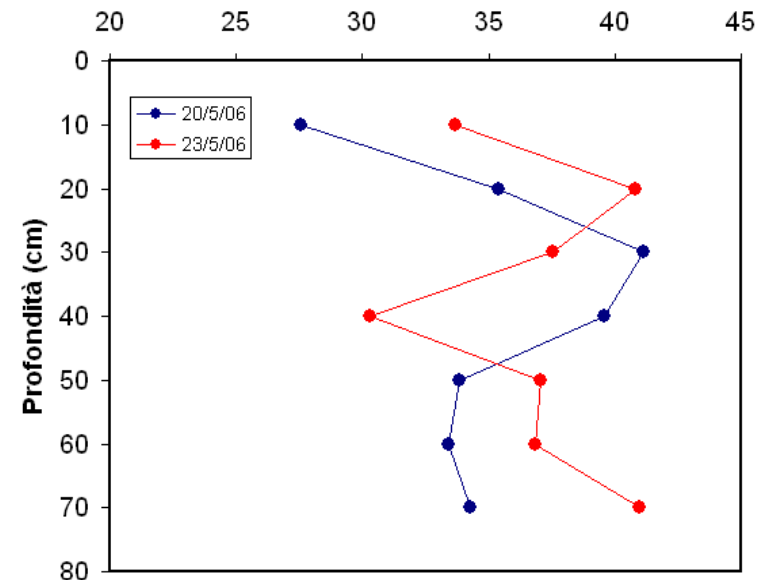
GRAVIMETRIC SOIL MOISTURE 0-30cm **SM1** (%)



CLAY %



Umidità volumetrica (%)



Quando irrigare

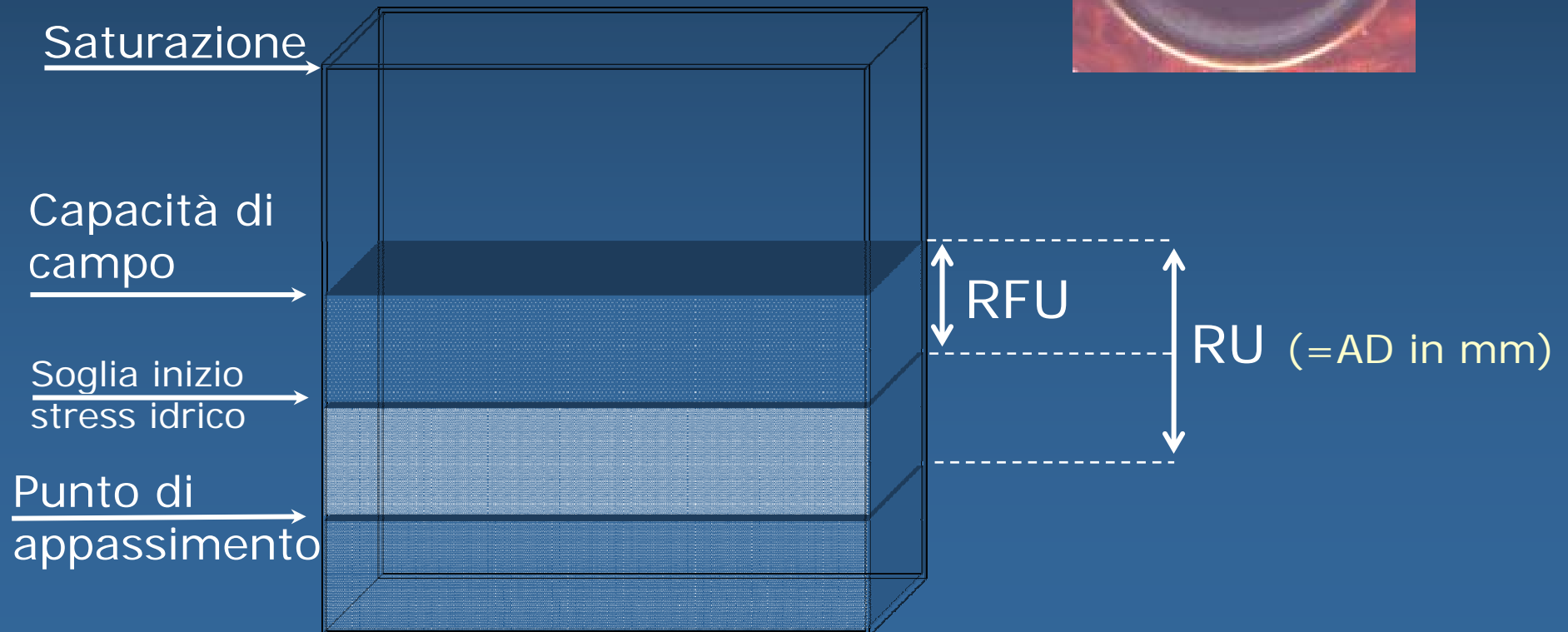
Metodi per la determinazione in campo del momento dell'intervento irriguo:

- Metodi empirici
- Metodi oggettivi
 - metodi basati sul monitoraggio dello stato idrico del terreno
 - metodi basati sul monitoraggio dello stato idrico delle piante
 - metodi basati sul bilancio idrico del sistema terreno-pianta

L'acqua disponibile per le piante

Il suolo come un serbatoio. Concetti di:

- Acqua disponibile (AD) [% vol]
- Riserva Utile (RU) [mm]
- Riserva Facilmente Utilizzabile (RFU) [mm]



Quando irrigare ?

Se vogliamo evitare stress idrico

Bisogna irrigare quando si è esaurita la riserva facilmente utilizzabile (RFU) per lo strato di terreno interessato dalle radici della coltura

La RFU è una frazione **p** della RU in cui le piante non soffrono stress idrico. Tale frazione p varia da specie a specie.

Per la maggior parte delle specie

- **p = 0.4-0.6**

Tab. 1 - Suddivisione delle colture secondo la capacità d'estrazione d'acqua (Fao-24, rielaborazione Mannini).

Coltura	Profondità radici cm	Strato di max estrazione cm	Acqua facilmente utilizzabile in terreno medio (*) %
Bassa capacità di estrazione			
Fragola	20-30	0-25	15
Cipolla	25-35	0-30	25
Aglione	30-40	0-30	30
Lattuga	30-50	0-30	30
Spinaci	30-50	0-30	25
Patata	40-60	0-35	25
Fagiolo	50-70	0-40	45
Trifoglio	50-70	0-35	35
Peperone	50-100	0-40	25
Actinidia	60-120	0-40	25
Media capacità di estrazione			
Medica imp.	50-80	0-40	40
Cetriolo	70-120	0-50	50
Melanzana	70-110	0-60	40
Pisello	60-100	0-40	35
Prato	50-150	0-50	50
Tabacco	50-100	0-40	40
Soia	60-130	0-50	50
Mais	80-150	0-60	45
Melone	100-140	0-60	35
Melo/M9	70-110	0-50	40
Però/BA29	80-110	0-50	40
Arancio	120-150	0-60	50
Alta capacità di estrazione			
Sorgo	100-200	0-60	55
Bietola	70-120	0-70	50
Pomodoro	70-150	0-70	35
Girasole	80-150	0-70	50
Fruento	100-150	0-80	70
Medica	100-200	0-80	60
Cotone	100-170	0-80	60
Pesco/CP677	100-170	0-80	60
Melo/M106	80-130	0-60	40
Però/cotogno	100-150	0-60	50
Vite	100-200	0-80	40

* Le percentuali sono per evaporati di 5-6 mm/giorno, estrazioni superiori o inferiori si verificano rispettivamente per evaporati più bassi o più alti.

Metodi basati sul bilancio idrico

I metodi basati sul monitoraggio dello stato idrico del terreno o delle coltura hanno i seguenti svantaggi:

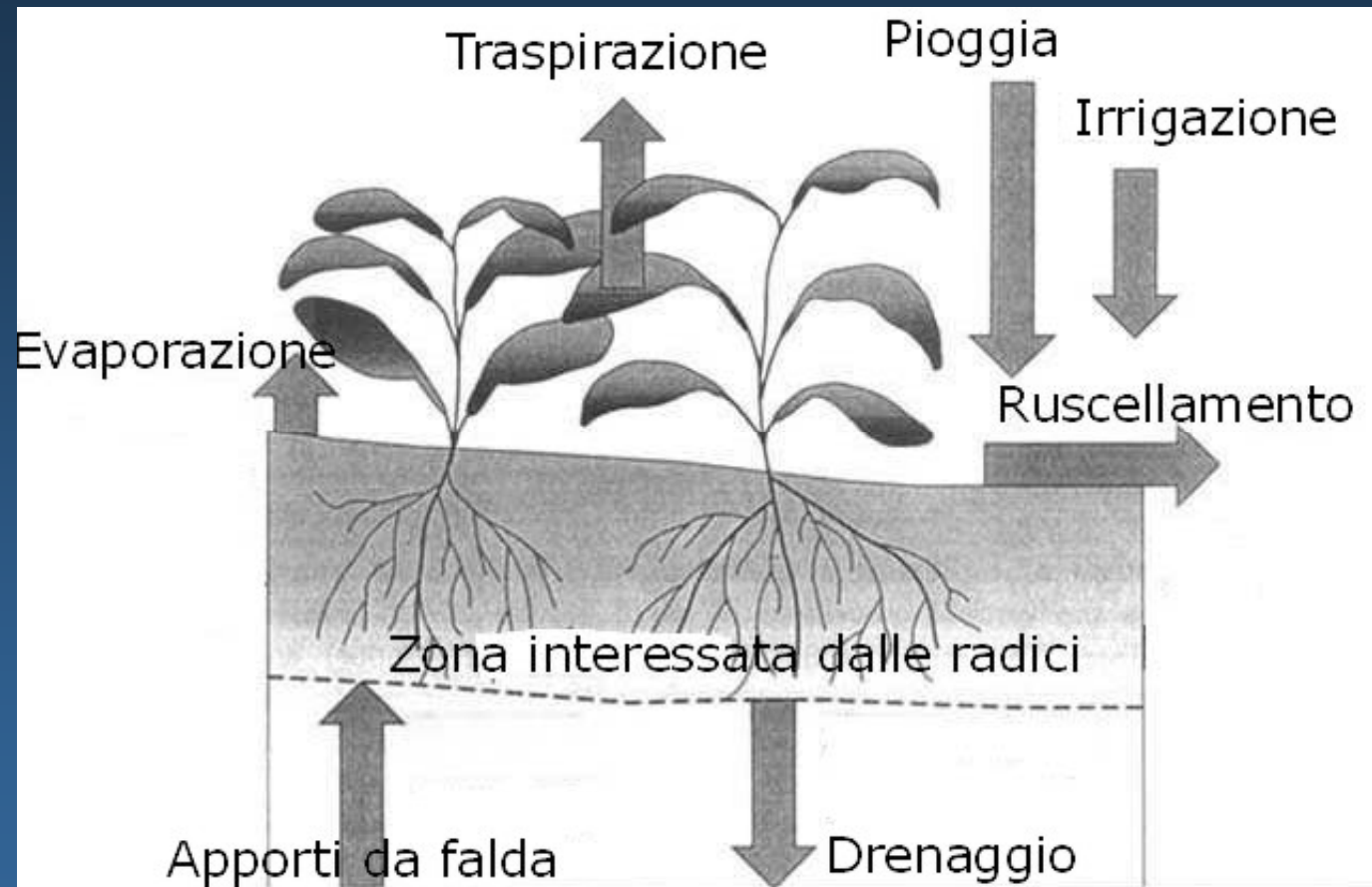
- misure puntiformi, non sono rappresentative di aree estese
- costo e lavoro elevato per avere una buona attendibilità

La stima delle componenti del bilancio idrico ci consente:

- la determinazione in campo del momento dell'intervento irriguo potendo conoscere quando si esaurisce la RFU
- la determinazione della quantità da utilizzare per ogni irrigazione (volume di adacquamento)
- la previsione e la programmazione del fabbisogno irriguo
- l'uso di diverse scale spaziali e temporali

Bilancio: Entrate = Uscite

Il bilancio idrico



Il bilancio idrico

Equazione del bilancio idrico:

$$P + CR + I \pm \Delta\theta = E + T + RO + DP$$

P = pioggia

CR = apporto da falda

I = irrigazione

$\Delta\theta$ = variazione di umidità del suolo

E = evaporazione

T = traspirazione

RO = ruscellamento

DP = drenaggio o percolazione in profondità

Entrate

Uscite

- Il bilancio può essere giornaliero, settimanale o mensile

Le componenti del bilancio idrico

I_i

I_i = irrigazione netta durante il giorno i che entra nel suolo [mm]

va considerata l'acqua apportata con l'irrigazione che entra effettivamente nel terreno. Da considerare:

perdite per

- evaporazione nell'aria
- evaporazione dalla superficie delle piante
- evaporazione dalla superficie del terreno
- percolazione oltre lo strato interessato dalle radici

 Efficienza

• Efficienza d'adacquamento (E) dipende dal sistema d'irrigazione:

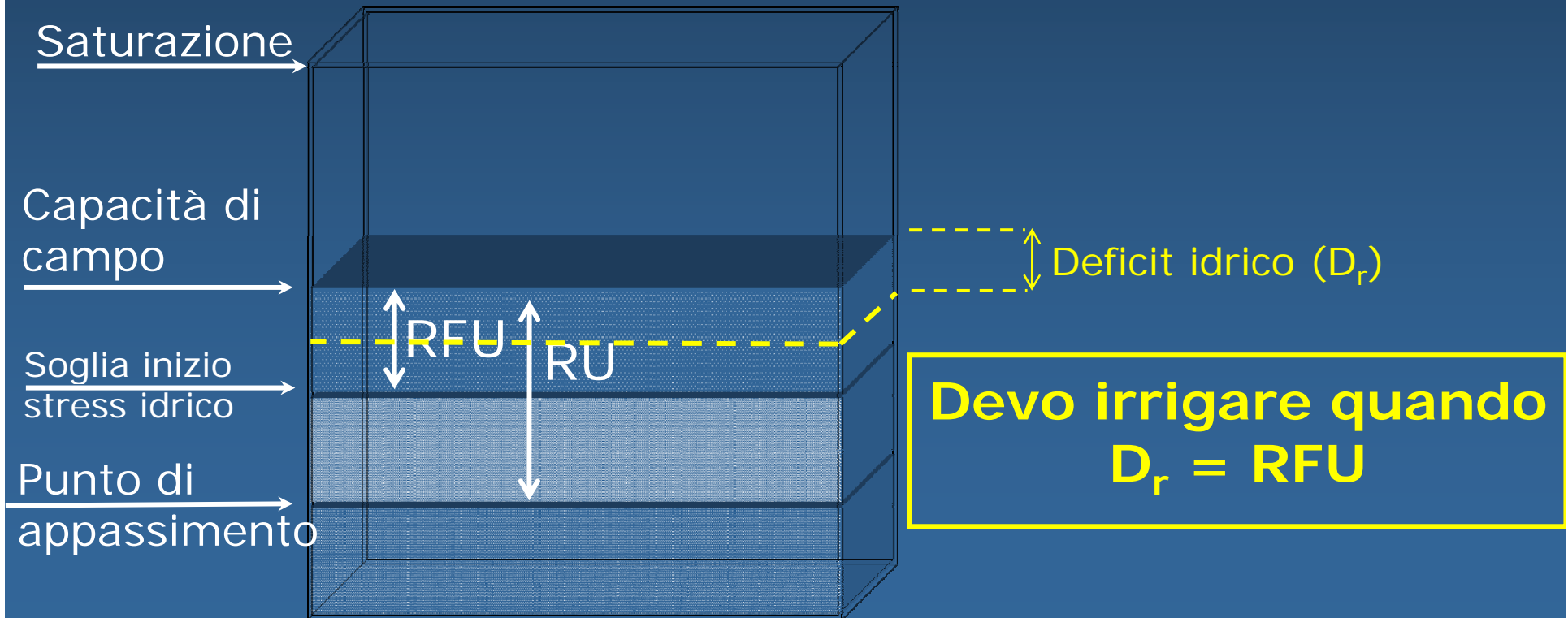
- scorrimento $E=0.4-0.6$
- aspersione $E=0.7-0.8$
- sub-irrigazione $E=0.8-0.9$

$$\text{Irrigazione}_{\text{netta}} = \text{irrigazione} * E$$

Il bilancio idrico

Se considero un intervallo di tempo tra un'irrigazione e la successiva posso calcolare il deficit idrico come:

$$D_{r,i} = D_{r,i-1} - (P - RO)_i - CR_i + ET_{c,i} + DP_i$$



Il bilancio idrico

Esempio di bilancio idrico giornaliero per decidere quando irrigare:

