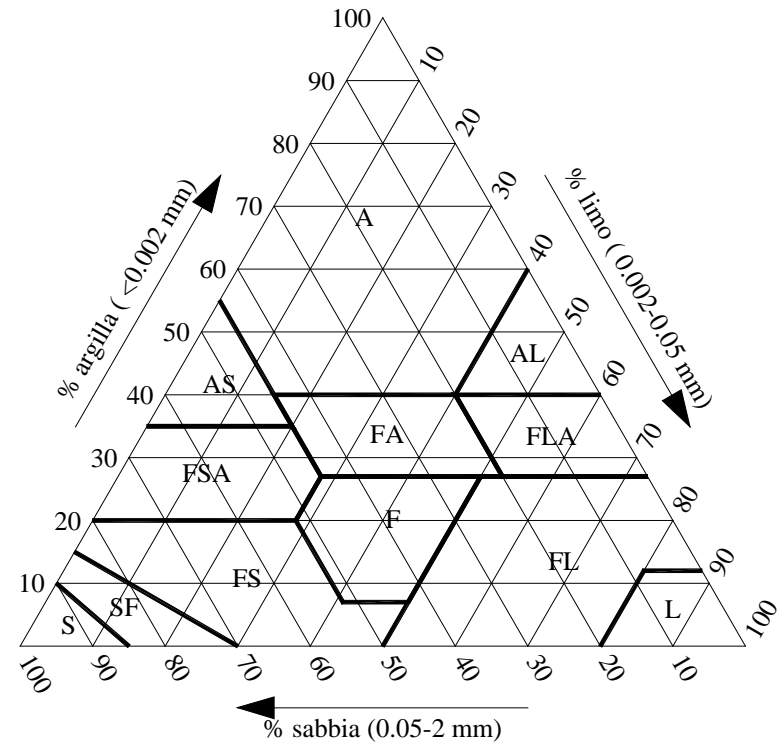


2. Richiami sui rapporti acqua-suolo

- Il suolo è un sistema costituito da tre fasi:
 - la **fase solida**
 - la **fase liquida**
 - la **fase gassosa**
- **La tessitura** esprime la composizione della fase solida in relazione alle dimensioni granulometriche delle particelle che la compongono
 - **terra fine** (quelle con dimensioni ≤ 2 mm)
 - **sabbia** (le particelle più grandi),
 - **argilla** (quelle più piccole) e
 - **limo** (quelle di dimensioni intermedie).
 - **scheletro** (quelle con dimensioni maggiori).
- Uno strumento di pratica utilità è il **Triangolo della tessitura** attraverso il quale un suolo può essere attribuito ad una determinata classe di tessitura.
- L'uso del Triangolo della tessitura presuppone la conoscenza, attraverso l'**analisi granulometrica**, del contenuto di sabbia, limo e argilla, espressi in percento del peso secco.
- **La struttura** esprime la capacità di formare aggregati tra le particelle solide (leganti di natura minerale e organica).



$$\theta = w \frac{\rho_{ss}}{\rho_w}$$

Contenuto idrico del suolo

- Si può esprimere
 - in termini di **peso di acqua** (Kg) presente nel suolo rispetto alla massa di terreno secco (essiccato in stufa a 100-110°C)
$$w = \frac{P_w}{P_{ss}}$$
 - In termini di **volume di acqua** rispetto al volume di suolo $\theta = \frac{V_w}{V_t}$
 - Si può passare dall'uno all'altro $\theta = w \frac{\rho_{ss}}{\rho_w}$

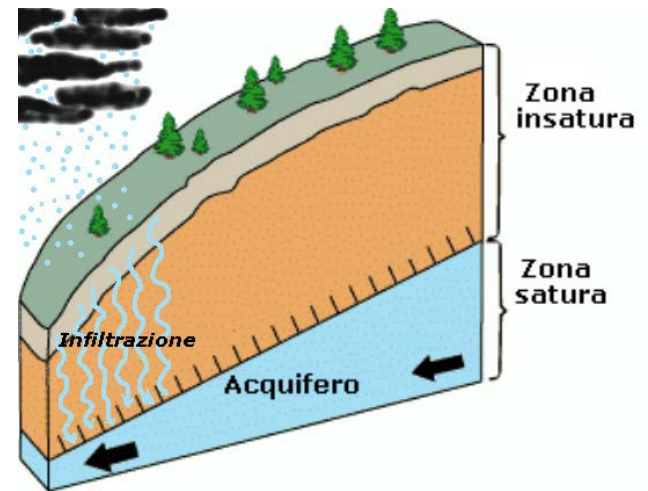
In tutti casi può essere utile esprimere il contenuto idrico in %

Es. **in % del peso del terreno secco**

$$w = \frac{P_w}{P_{ss}} \cdot 100$$

Terreno saturo e non saturo

- In condizioni di **saturazione** del suolo, tutta la porosità risulta occupata dall'acqua ($V_v = \theta$) e il contenuto idrico varia fra 0.35-0.40 (35-40%) per i terreni sabbiosi e 0.50-0.60 per quelli argillosi.
- Si parla di **terreno non saturo** quando nel suolo sono presenti contemporaneamente acqua e aria.
 - Lo strato di terreno interessato dagli **apparati radicali**, il più superficiale, è bene che si mantenga in **condizioni non sature**, essendo la saturazione uno stato sopportabile dalle piante solo per periodi brevi.
- La zona satura più profonda (acquifero) viene chiamata
 - **falda freatica** se non è limitata superiormente da uno strato impermeabile,
 - **falda artesiana** in caso contrario.
 - il passaggio fra la zona non satura e quella satura non è netto, ma esiste una zona intermedia denominata **frangia capillare**, attraverso la quale avviene una redistribuzione dell'acqua tra i diversi strati.



L'acqua nel suolo

Il terreno agrario è in grado di trattenere l'acqua nei suoi pori, in contrasto con le forze di gravità che tenderebbero ad allontanarla verso il basso (percolazione).

Questa, proprietà è fondamentale ai fini della vita vegetale.

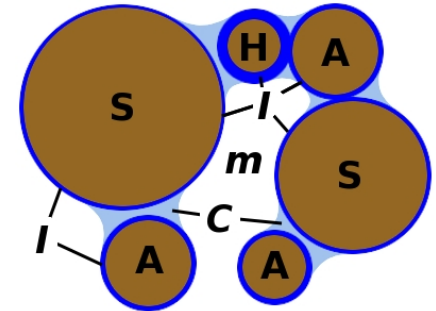
- La capacità di trattenuta è dovuta ai due fenomeni di **capillarità e adsorbimento**.

Capillarità

- Il terreno agrario si può immaginare come **un'insieme di tubi capillari**, di forma e dimensioni variabili, in cui **l'acqua si trova in tensione** per effetto della tensione superficiale che si manifesta nell'interfaccia acqua-suolo.
- Il grado di curvatura dei menischi aumenta man mano che si sottrae acqua dal terreno, fino a quando il diametro del menisco diventa uguale a quello della particella; a questo punto si ha lo svuotamento del poro più grosso sottostante il menisco.

Adsorbimento

- I fenomeni di **adsorbimento**, fenomeno in virtù del quale la superficie di una sostanza solida, il terreno, fissa molecole provenienti da una fase liquida, l'acqua, con cui è a contatto, formando un sottilissimo strato di acqua attorno alla particella solida. Particolarmente importante nei suoli argillosi, ricchi di particelle con cariche negative e positive.
- Sono dovuti **all'attrazione elettrica** fra le particelle argillose cariche negativamente e quelle di acqua, caratterizzate da dipolarità (carica positiva per l'idrogeno e negativa per l'ossigeno).
- I due fenomeni (capillarità e adsorbimento) sono strettamente connessi in quanto **se diminuisce il contenuto idrico del suolo**, aumenta la curvatura del menisco e si assottiglia la pellicola di acqua che circonda la particella, provocando un aumento di tensione.



Meccanismo della ritenzione idrica nel terreno

Legenda:

- S: particella non colloidale
- A: colloidale minerale
- H: colloidale organico
- I: acqua d'imbibizione
- C: acqua capillare
- m: macroporo

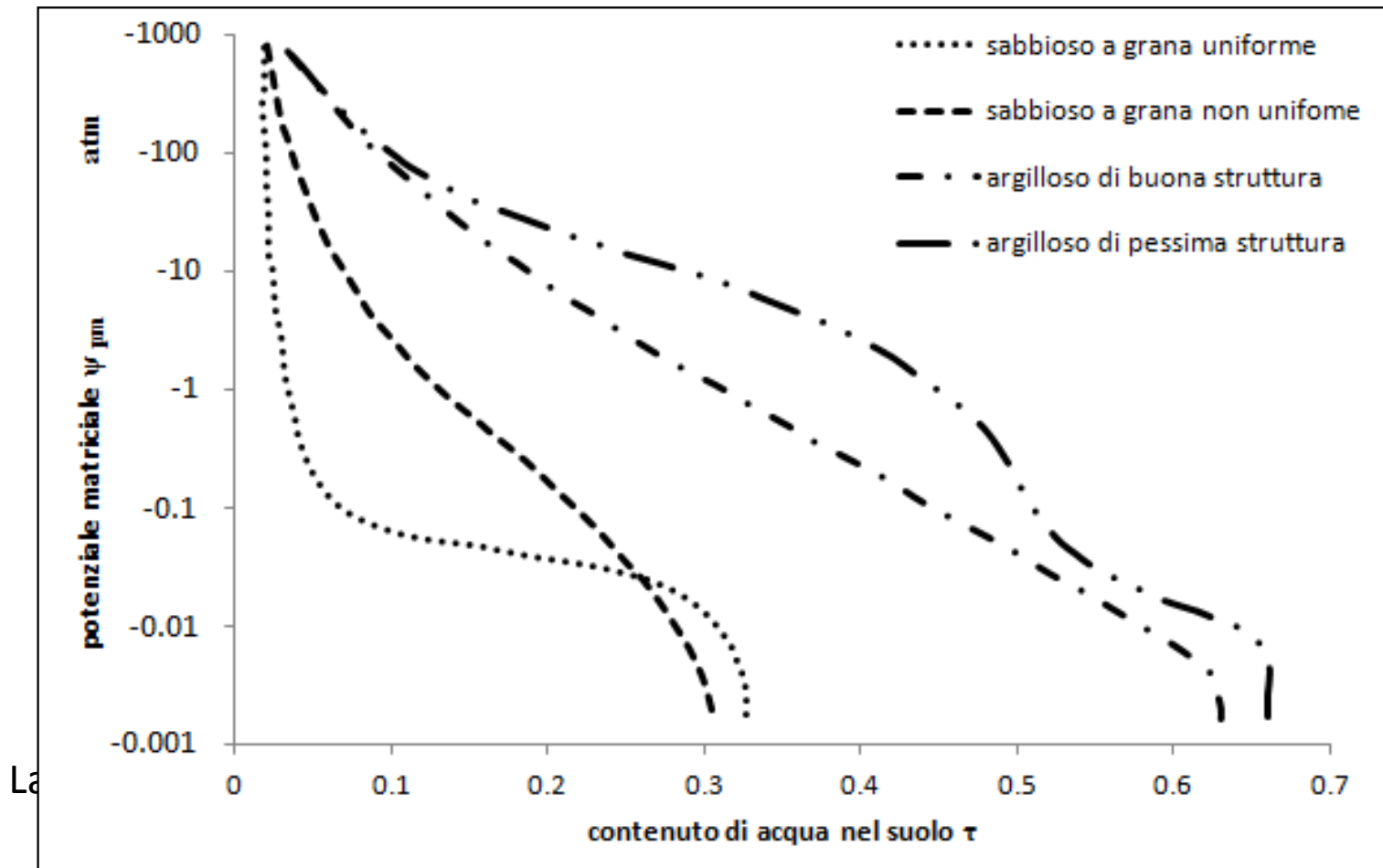
Il potenziale di matrice dell'acqua nel suolo

L'acqua, all'interno dei pori del terreno, è soggetta ad **un complesso di forze (tensione)** che agiscono in direzioni diverse, generano energia potenziale e ne determinano lo stato ed il movimento.

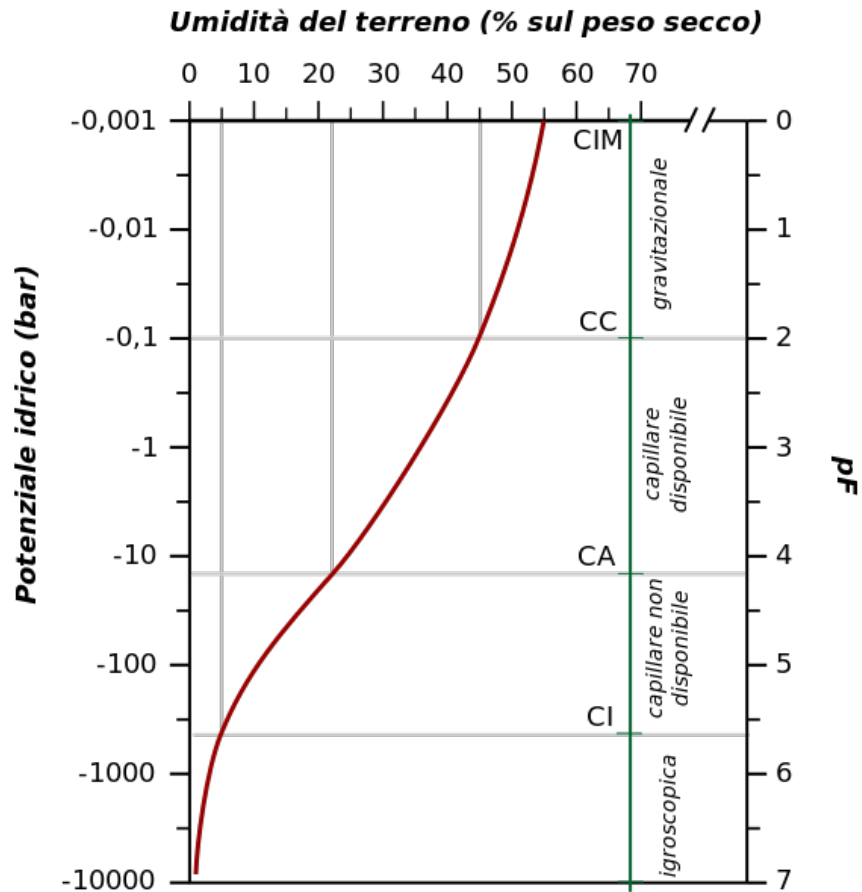
Il **potenziale totale dell'acqua nel suolo** ψ_t $\psi_t = \psi_o + \psi_m$

- esprime il lavoro che bisogna compiere (per unità di massa, peso, o volume di acqua), per estrarre acqua dal terreno
- ha le stesse dimensioni di una pressione, quindi Pa nel S.I., kg m⁻², bar o atm nei sistemi pratici. Se riferito all'unità di peso, il potenziale si esprime come un'altezza, quindi in m. (1 atm ≈ 1 bar ≈ 1 kg/cm² ≈ 10 m c.a. ≈ 100000 Pa ≈ 100 kPa)
- il **potenziale osmotico (ψ_o)** è dovuto all'attrazione intermolecolare tra acqua e soluti e si manifesta in presenza di una membrana semipermeabile (le radici assorbenti delle piante); dipende dal contenuto di Sali della soluzione circolante
- Il **potenziale di matrice (ψ_m)** è la componente del potenziale totale che tiene conto delle forze di **capillarità** e di **adsorbimento**; dipende quindi dalle caratteristiche del suolo (tessitura, struttura, tipo di argilla, contenuto di s.o., ecc.)

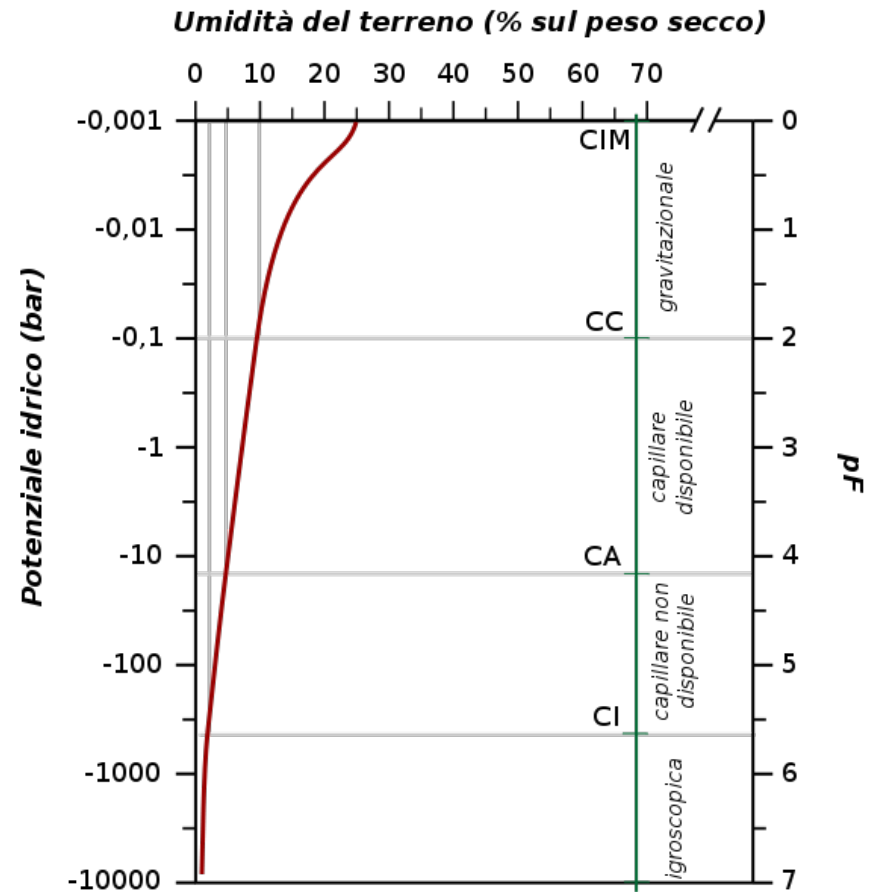
Curve di ritenzione idrica



Caratteristiche idrologiche del terreno agrario (punti convenzionali della curva di ritenzione)



t. argilloso

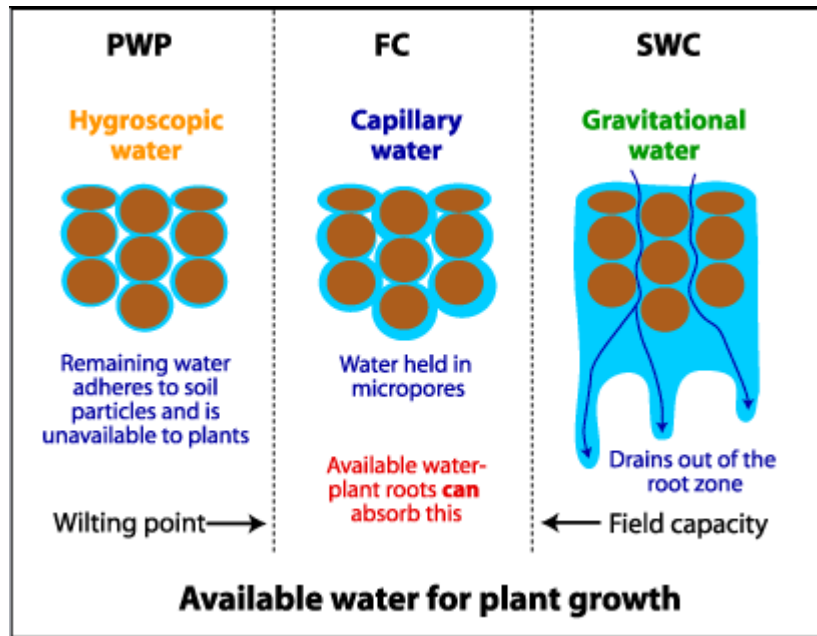


t. sabbioso

Quanta acqua trattiene il terreno?

Punto di appassimento Pa = contenuto idrico del terreno quando la pianta non assorbe più acqua (> 0)

Convenzionalmente pari al contenuto idrico quando la tensione è 15 atm



Capacità idrica massima = porosità = quantità massima di acqua contenuta nel terreno

percolazione acqua gravitazionale

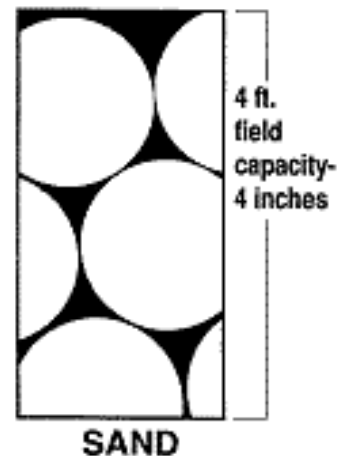
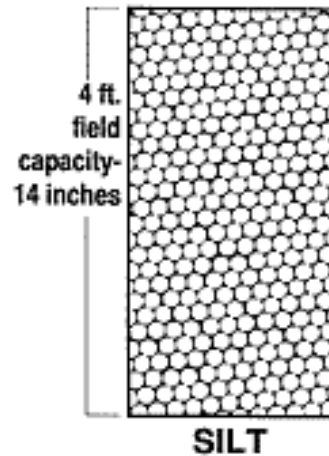
Capacità di campo Cc = quantità massima di acqua trattenuta dal terreno, a disposizione per l'assorbimento radicale

Si misura in campo

Acqua disponibile massima (Ad) = Cc - Pa

Tutti i terreni trattengono l'acqua allo stesso modo? No

Limo o argilla



Sabbia

• I terreni argillosi o limosi hanno una maggiore capacità di trattenuta dell'acqua rispetto ai sabbiosi (maggiore intervallo Cc-Pa, **quindi maggiore Ad**)

• a parità di contenuto idrico, la tensione è minore nei terreni sabbiosi

Di conseguenza, nei terreni argillosi o limosi

○ si possono somministrare, in ogni irrigazione, volumi maggiori

○ l'acqua somministrata "dura" di più (soddisfa i fabbisogni della coltura per un tempo maggiore)

○ gli intervalli tra le irrigazioni (turno) possono essere più lunghi

○ per valori bassi di contenuto idrico, la tensione è maggiore rispetto ai terreni sabbiosi e, quindi, il lavoro che le piante devono compiere per l'assorbimento è maggiore

○ si deve irrigare quando il contenuto idrico del terreno è maggiore.

Valori orientativi della Capacità di campo e del Punto di appassimento per diversi tipi di terreno

Tipo di terreno (figura 3.1)	Capacità di campo, θ_{CC} , mm m^{-1}	Punto di appassimento, θ_{PA} , mm m^{-1}	Acqua disponibile totale, A_d , mm m^{-1}	
			range	Media
Sabbioso	70 – 170	20 – 70	50 - 110	80
Franco sabbioso	110 – 190	30 – 100	60 – 120	90
Sabbioso franco	180 – 280	60 – 160	110 – 150	130
Franco	200 - 300	70 – 170	130 – 180	155
Franco limoso	220 – 360	90 – 210	130 – 190	160
Limoso	280 – 360	120 – 220	160 – 200	180
Franco limoso argilloso, Franco argilloso, Franco sabbioso argilloso	300 – 370	170 – 240	130 – 180	155
Argilloso limoso, Argilloso sabbioso	300 – 420	170 – 290	130 – 190	160
Argilloso	320 – 400	200 – 240	120 - 200	160

Moto dell'acqua nel suolo

- Si definisce **potenziale idraulico** ψ_i (o H in unità di peso) la somma del potenziale matriciale (o di quello piezometrico in caso di terreno saturo) e del potenziale gravitazionale: $\psi_i = \psi_m + \psi_g$
- oppure, in unità di peso: $H = h + z$
- **In Terreno saturo vale la Legge di Darcy**, riferita al moto monodimensionale in direzione verticale si può esprimere come:

$$V = -K_s \cdot \frac{dH}{dz}$$

dove velocità V = velocità di filtrazione, $m s^{-1}$; K_s = conducibilità idraulica del suolo, $m s^{-1}$; dH/dz = gradiente di potenziale H nella direzione z , in cui H è **il potenziale idraulico** e z è la profondità misurata a partire dalla superficie.

- In **terreno non saturo**, la conducibilità idraulica K_s dipende dal potenziale matriciale (h , a sua volta dipendente dal contenuto idrico del terreno)

$$V = -K(h) \cdot \frac{dH}{dz}$$

Moto nel terreno non saturo

- La **conducibilità idraulica diminuisce al diminuire del potenziale** (o del contenuto idrico del suolo), quindi l'acqua si muove più lentamente se il terreno è secco, dato che in tali condizioni molti pori sono occupati dall'aria e, quindi, diminuisce la sezione utile per il trasporto dell'acqua.
- La **conducibilità idraulica del suolo saturo è in genere superiore in un terreno sabbioso** rispetto ad uno argilloso, ma **nel terreno non saturo**, quando il contenuto idrico diminuisce può accadere **il contrario**, in quanto nei terreni argillosi prevalgono i pori di piccola dimensione, pieni d'acqua, e quindi conduttivi anche per bassi valori del potenziale.

L'infiltrazione dell'acqua nel suolo

- L'acqua di pioggia (o di irrigazione) che arriva sulla superficie del terreno si divide in due aliquote, una che si infiltra e l'altra (eccesso di pioggia) che defluisce in superficie (se il terreno è in pendenza).
- Si chiama **velocità di infiltrazione** v (m s^{-1}) il volume di acqua che penetra nell'unità di superficie del terreno nell'unità di tempo, in condizioni determinate di andamento della pluviometria;
- si definisce, invece, **capacità d'infiltrazione** i (m s^{-1}) il volume di acqua che **attraversa la superficie unitaria nell'unità di tempo in condizioni di disponibilità continua e illimitata a potenziale di pressione zero.**
- Le **misure della velocità d'infiltrazione** dello strato superficiale del terreno, per essere rappresentative, devono essere condotte in campo. Lo strumento più utilizzato è **l'infiltrometro a doppio cilindro**. Nel cilindro interno si legge la diminuzione del tirante idrico (h , in mm) nell'intervallo temporale corrispondente (t , in secondi). L'acqua presente nel cilindro esterno serve invece solamente per confinare i flussi orizzontali.