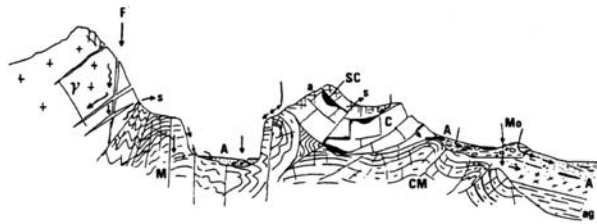


## LE ACQUE SOTTERRANEE

Acque sotterranee: si organizzano in corpi idrici con caratteristiche differenti a seconda del tipo di materiale

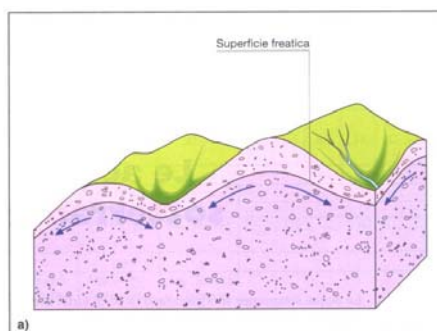
- **Rocce cristalline o sedimentarie**: circolano prevalentemente lungo fratture e discontinuità
- **Rocce carbonatiche** (carsiche): circolano lungo cavità e condotti carsici
- **Terre sciolte**: riempiono vuoti presenti tra granuli



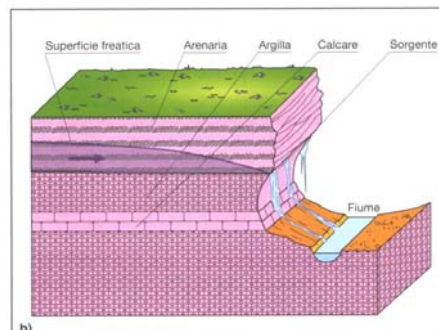
## ACQUIFERI E FALDE

Acquiferi: terreni (rocce) saturi d'acqua all'interno dei quali avviene il deflusso sotterraneo

Falde: acque che circolano negli acquiferi

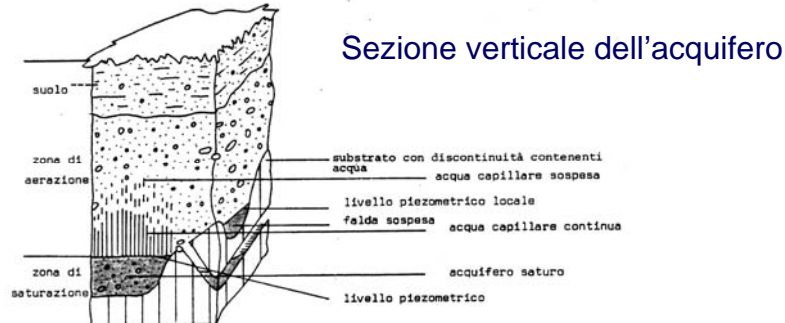


Falda in terreni sciolti



Falda in roccia

## CIRCOLAZIONE IDRICA NELLE TERRE SCIOLTE GLI ACQUIFERI



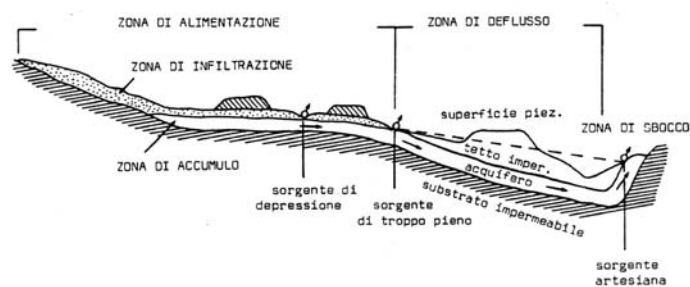
Suolo: poca acqua dovuta ad infiltrazione

Terreno aerato: poca acqua capillare in alto, frangia di risalita capillare in basso

Terreno saturo: contenente falda

Substrato impermeabile (roccia o terreno impermeabile o semipermeabile): sostegno della falda

## CIRCOLAZIONE IDRICA NELLE TERRE SCIOLTE GLI ACQUIFERI



Zona di alimentazione: suddivisa in zona di infiltrazione e zona di accumulo

Zona di deflusso: acquifero vero e proprio e la zona di sbocco (area in cui l'acqua confluisce in un altro corpo idrico o fuoriesce sotto forma di sorgenti)



## LE FALDE

Falda libera: delimitata superiormente dalla frangia capillare o dall'atmosfera (falda affiorante). Superficie piezometrica e superficie della falda coincidono.

Falda freatica: falda libera più superficiale

Falda in pressione: delimitata superiormente da un corpo impermeabile, quindi la superficie piezometrica non coincide con il tetto della falda.

Falda artesianiana: falda in pressione che emerge in superficie (livello piezometrico più alto del piano campagna)

Falda saliente: falda in pressione che non emerge in superficie (livello piezometrico inferiore a piano campagna)

## TIPI DI ACQUA NEL TERRENO

Acque reticolari: fanno parte del reticolo cristallino di alcuni minerali

Acque di ritenzione: non libere di muoversi per gravità

Acqua igroscopica: condensazione dell'umidità intorno ai granuli

Acqua pellicolare: acqua adsorbita intorno a minerali delle argille per forze elettrostatiche

Acqua capillare: legata a tensione superficiale e adesione con le particelle solide

Acqua gravitativa (libera in s.s.): acqua libera di muoversi per gravità

## TIPI DI ACQUA NEL TERRENO

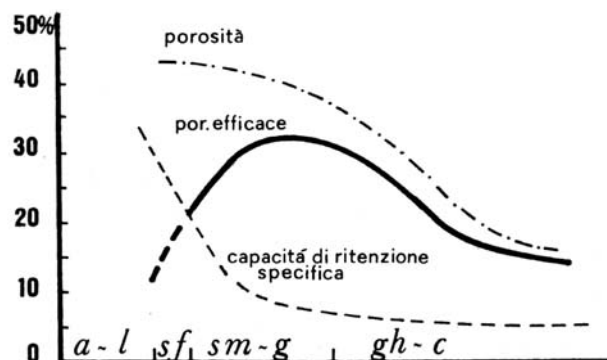
Tipi di acque		
Denominazione	Caratteristiche generali	Giacitura
1) H <sub>2</sub> O di ritenzione		
a) Igroscopica	Può essere eliminata solo per completa evaporazione	Aderisce ai granuli o in gocce o in pellicole
b) Pellicolare	Si elimina solo per centrifugazione ed evaporazione	Pellicole sottili intorno ai granuli
c) Capillare	Se isolata, occupa canalicoli e non si sposta per azione della gravità: eliminabile per centrifugazione. Se continua, può spostarsi per azione della gravità: eliminabile per gravità (sgocciolamento)	Canalicoli isolati
2) H <sub>2</sub> O gravitativa (libera in senso stretto)		
	Eliminabile per gravità	Occupa gli spazi intergranulari liberi da altri fluidi e dalle aree di ritenzione sotto il livello piezometrico

## PROPRIETA' IDROGEOLOGICHE DEI TERRENI

Porosità (totale) (m):  $m = \frac{V_v}{V_T} \cdot 100$

Porosità efficace (m<sub>e</sub>): rapporto tra vuoti che possono essere occupati da acqua libera e volume totale

Capacità di ritenzione (specific) (S<sub>r</sub>): rapporto tra vuoti che possono essere occupati da acque di ritenzione e volume totale (differenza tra porosità totale ed efficace)



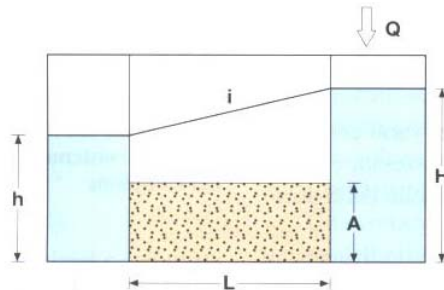
## PROPRIETA' IDROGEOLOGICHE DEI TERRENI

Permeabilità: attitudine del terreno a lasciarsi attraversare dall'acqua

### LEGGE DI DARCY

$$Q = k A i = k A (H-h)/L$$

k: **coefficiente di permeabilità** (o **permeabilità di Darcy**) (cm/s o m/s): quantità di acqua libera che attraversa una sezione unitaria del terreno nell'unità di tempo, con gradiente idraulico unitario, alla temperatura di 20°



i= cadente piezometrica  $= (H-h)/L$   
L= lunghezza campione di terreno  
A= sezione unitaria di terreno  
Q= portata immessa  
H= carico piezometrico di monte  
h= carico piezometrico di valle

## PROPRIETA' IDROGEOLOGICHE DEI TERRENI

Porosità primaria: pori che si formano insieme alla roccia stessa

Porosità secondaria: pori che si formano successivamente (per fratturazione o carsismo)

Permeabilità per porosità: dovuta a porosità primaria (generalmente terreni)

Permeabilità per fratturazione: dovuta a porosità secondaria

## PROPRIETA' IDROGEOLOGICHE DEI TERRENI

Permeabilità (cm/s)			
> 1	$1 - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 10^{-9}$
Ciottoli, ghiaie senza elementi fini	Sabbie, sabbie e ghiaie	Sabbie fini, limi, argille con limi e sabbie	Argille omogenee
Permeabilità elevata	Buona	Cattiva	Impermeabili

### Valori medi di permeabilità di alcuni terreni

**Tramissività:** prodotto della permeabilità dell'acquifero per il suo spessore (e):

$$T = k e$$

Per un acquifero multistrato (es. 3 strati):

$$T = k_1 e_1 + k_2 e_2 + k_3 e_3$$

## I MOVIMENTI DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Acqua piovana **filtra** in profondità, con **componente** prevalente **verticale** (**infiltrazione**)

Raggiunta la **zona di saturazione**, la **componente** diventa principalmente **orizzontale** (**filtrazione**)

**Moto laminare:** moto del liquido per filetti paralleli (per velocità piccole o viscosità elevate)

**Moto turbolento:** instabilità dei filetti fluidi e formazione di vortici

## I MOVIMENTI DELLE ACQUE SOTTERRANEE

In condizioni di **validità della Legge di Darcy** (mezzo omogeneo e isotropo, mezzo permeabile per porosità primaria, mezzo saturo, moto laminare):

$$V = k i$$

In condizioni di **moto turbolento**:

$$V = k i^{1/2}$$

V= velocità (apparente) dell'acqua

K= coefficiente di permeabilità

i= cadente piezometrica

## I MOVIMENTI DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Velocità apparente (Darcy):

$$V = Q/A$$

Sezione reale di flusso:

$$A' = A m_e$$

$m_e$  : Porosità efficace

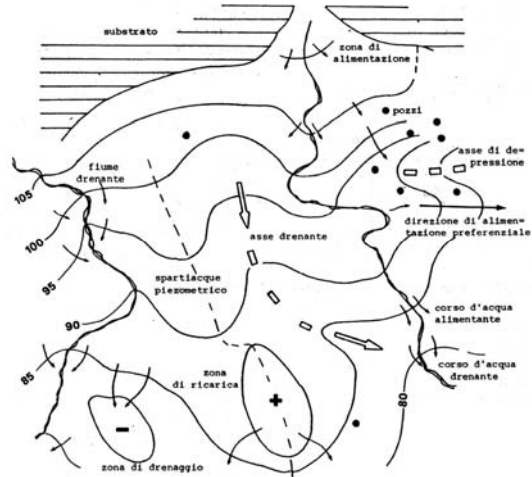
Velocità effettiva di filtrazione:

$$u = Q/A' = k i A / A m_e = k i / m_e$$



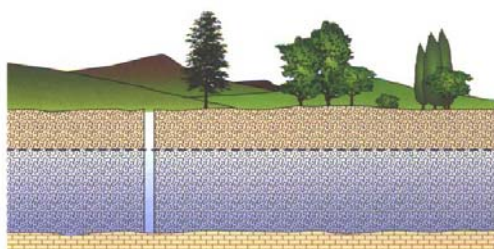
## RAPPRESENTAZIONE DELLE FALDE

Rappresentazione della superficie piezometrica:  
tramite isopiezometriche (isopieze o curve di livello della  
superficie piezometrica)

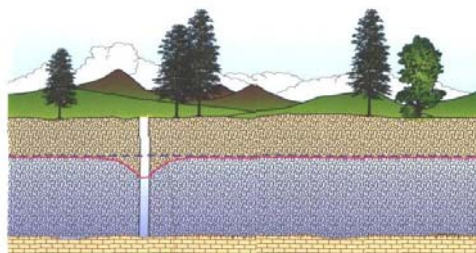


## EFFETTI DELLE CAPTAZIONI SULLE FALDE ACQUIFERE

Quota del livello  
dell'acqua entro un  
pozzo in quiete: **livello  
statico**

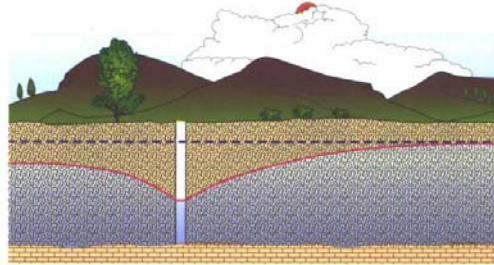


Pompaggio: formazione  
di un cono di  
depressione. Livello  
dell'acqua entro un  
pozzo in quiete: **livello  
dinamico**



## EFFETTI DELLE CAPTAZIONI SULLE FALDE ACQUIFERE

Con il procedere del pompaggio: estensione progressiva del cono di depressione: **regime transitorio**



Dopo un certo tempo: stabilizzazione del cono di depressione: **regime quasi permanente**

