

## Le Acque Sotterranee

### L'acqua nel sottosuolo.

L'acqua è presente ovunque al di sotto della superficie terrestre e poco più di metà di essa si trova al di sopra di 750 metri di profondità. La quantità di liquidi presente in questa zona, che è anche quella normalmente utilizzata dall'uomo, è equivalente ad uno strato di circa 55 metri di spessore che avvolge tutta la Terra; essa costituisce lo 0,31% di tutta l'acqua mondiale, che, se paragonato allo 0,009% che corrisponde a quella presente nei laghi e nei fiumi, permette di comprendere l'importanza di questa fonte di approvvigionamento.

Nel sottosuolo l'acqua si accumula e circola nei pori dei sedimenti, nelle fratture e nelle discontinuità delle rocce, nelle cavità di tipo carsico. L'acqua presente nel sottosuolo deriva da infiltrazione di precipitazioni meteoriche, dalla dispersione dei fiumi, ed anche da irrigazioni.

Alla superficie vi è la *zona non satura*, avente spessore variabile, nella quale una parte dei pori e delle discontinuità sono occupati da aria. La *frangia capillare* è situata a cavallo tra la zona insatura e la sottostante zona satura e in essa l'acqua aderisce sotto forma di pellicola alle particelle costituenti il sedimento, e risale per capillarità. L'acqua contenuta nella zona insatura è detta *vadosa*.

Nella zona satura tutti i vuoti sono riempiti d'acqua, la quale costituisce la *falda idrica*, la cui superficie superiore viene detta *superficie freatica* o *tavola d'acqua* (ingl. *water table*). Nella zona satura vi è l'*acqua di falda* (ingl. *ground water*).

### Porosità e capacità di ritenzione.

I vuoti presenti nelle rocce o nei sedimenti sciolti costituiscono la porosità.

Quantitativamente essa si esprime come rapporto tra il volume dei vuoti e il volume totale della roccia.

Se si fa sgocciolare un campione di roccia o di sedimento saturo d'acqua, una parte del liquido esce per azione della gravità (*acqua libera*), mentre una parte è trattenuta sotto forma di pellicola attorno ai granuli (*acqua di ritenzione*).

La capacità di ritenzione specifica è data dal rapporto tra il volume d'acqua di ritenzione e il volume totale di roccia in cui è trattenuta.

L'argilla è un materiale molto poroso, ma si lascia attraversare dall'acqua con velocità estremamente bassa, risultando praticamente impermeabile.

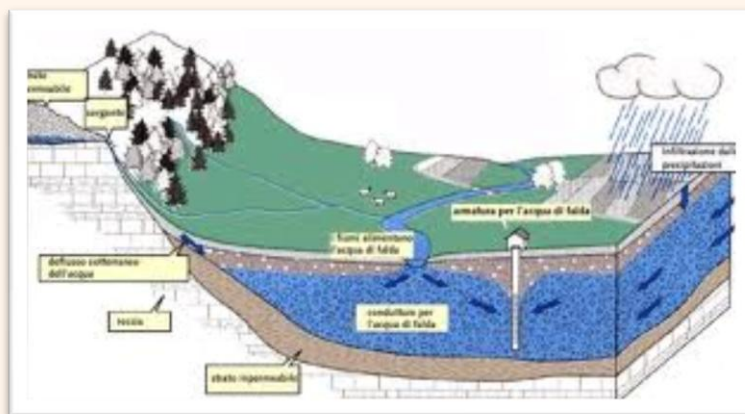
La capacità di ritenzione determina la quantità d'acqua che si può estrarre da un pozzo.

### Tipi di falde.

Le falde, così come le rocce in cui sono contenute, sono dette acquiferi e possono essere libere oppure in pressione.

Le *falde libere (o freatiche)* non sono delimitate superiormente da strati impermeabili; la superficie superiore può oscillare in relazione alle condizioni di alimentazione o di sfruttamento.

Le *falde in pressione (o artesiane)* sono confinate superiormente da livelli impermeabili detti acquicludi: nei pozzi che raggiungono dette falde, l'acqua risale fino a una quota, detta livello piezometrico, che può trovarsi anche a quote maggiori della superficie topografica.



### Movimento delle acque sotterranee e carte delle isopieze.

Nelle falde l'acqua, in prossimità della superficie, si muove circa parallelamente alla superficie topografica stessa, seguendo approssimativamente l'andamento del terreno, addolcendone le asperità.

Nelle carte delle *isopiezometriche* (isofreatiche per le falde libere) sono riportate le *linee di uguale quota* (sul livello del mare) a cui risale l'acqua in pozzi che raggiungono le falde in pressione o a cui si incontra la falda freatica.

Il *gradiente idraulico* è rapporto tra due successive isopiezometriche ( $dh$ ) e la loro distanza orizzontale ( $dl$ ). Esso indica l'abbassamento della superficie piezometrica. La *velocità delle acque sotterranee* viene calcolata in base alla *formula di Darcy*:

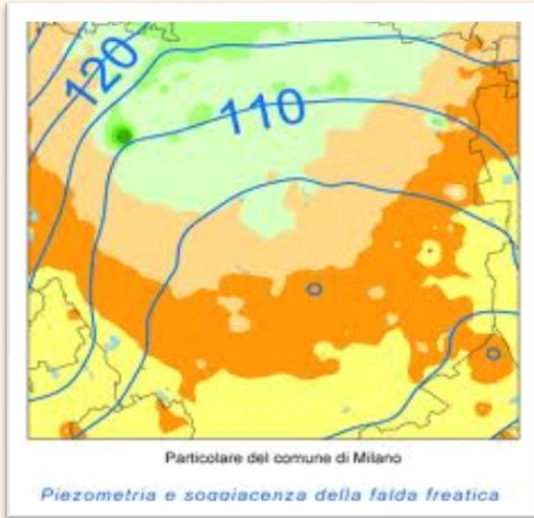
$$V = K \frac{dh}{n \, dl}$$

La velocità dipende dal *gradiente idraulico*  $dh/dl$ , dalla *porosità*  $n$  e da un *fattore*  $K$  che rappresenta la conducibilità idraulica.

La *conducibilità idraulica* è l'attitudine delle rocce a far passare acqua e si esprime in m/giorno.

La velocità, in acquiferi porosi, varia da alcune decine di centimetri fino a qualche metro al giorno. In rocce fratturate si arriva anche ad alcuni chilometri al giorno, in funzione anche delle dimensioni delle fratture.

## Le Acque Sotterranee



**Misure dirette di velocità delle acque sotterranee** possono essere eseguite immettendo nei pozzi **sostanze traccianti** e registrando il momento della loro comparsa nei pozzi a valle. I traccianti chimici i più usati sono i cloruri (NaCl, LiCl, CaCl<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>Cl), tutti molto solubili e facilmente rilevabili misurando la concentrazione del cloro.

**In zone carsiche si usano traccianti colorati** come il blu di metilene, l'uraninina e la fluoresceina. Vengono impiegati anche gli isotopi sia stabili che radioattivi: trizio, deuterio e altri.

Le misure di velocità consentono, tra l'altro, di calcolare la porosità e la conducibilità idraulica, in base alla formula ricavata dalla **legge di Darcy**.

La **trasmissività T** si ricava moltiplicando la conducibilità idraulica K per lo spessore dell'acquifero ed è espressa in m<sup>2</sup>/giorno.

### Uso delle carte delle isopiezometriche.

Queste carte offrono una considerevole quantità di informazioni. Innanzitutto consentono di calcolare i gradienti idraulici e di ricavare **le linee di flusso della falda che sono ortogonali alle isopiezometriche e dirette dalle quote più alte alle meno elevate**. Un addensamento delle isopiezometriche segnala una locale diminuzione di trasmissività. La variazione della trasmissività a sua volta può essere legata ad un cambiamento di spessore dell'acquifero oppure alla variazione della conducibilità idraulica.

Dalle carte delle isofreatiche (che corrispondono alle isopiezometriche delle falde libere) si possono ricavare i **rapporti esistenti fra i fiumi e le falde**: laddove un **fiume drena la falda le isofreatiche formano una V con il vertice verso monte**, quando la **alimenta, la V ha il vertice verso valle**. Le "cementificazioni" eseguite nelle

canalizzazioni sopprimono i rapporti tra fiumi e falde freatiche.

Dalle succitate carte si hanno anche **indicazioni sulle aree di alimentazione della falda, corrispondenti alle zone da cui le linee di flusso si allontanano**.

Il tempo impiegato dall'acqua sotterranea per muoversi può variare da pochi giorni fino a millenni per le acque più profonde di un acquifero. Conseguenza che anche gli inquinanti che raggiungono la falda possono restarvi per tempi più o meno lunghi.

Le carte delle isopiezometriche sono necessarie per stabilire, laddove le acque sotterranee sono utilizzate per il consumo umano, l'ubicazione degli scarichi inquinanti, in quanto non dovrebbero essere mai collocati a monte dei pozzi di approvvigionamento.



Esempio di un pozzo artesiano