

Corso di Idrogeologia Applicata

dr Alessio Fileccia

geofile@libero.it

Introduzione

Concetti generali

(acquiferi porosi e fratturati)

Strumentazione

Indagini e prove in sito

Principali software specifici

Approfondimenti

Appendice

Indice

Concetti generali

Parte introduttiva: caratteristiche ed utilità delle indagini idrogeologiche
Deposizione dei sedimenti
Strutture geologiche ed acquiferi
Interazione tra attività umana ed acquiferi
Terminologia
Esempi di utilizzo di acque sotterranee e metodi di captazione
Ciclo idrogeologico e bilancio
Elementi del flusso sotterraneo
Riserve e risorse sfruttabili
Parametri fondamentali
Reticoli di flusso e piezometria

Strumentazione

Semplice strumentazione per le indagini in sito

Acquiferi fratturati

Concetti generali
Bilancio

Indagini e Prove in sito

Metodi di perforazione
Prove di permeabilità
Prove in pozzo
Prove su acquifero

Programmi di maggiore utilizzo nelle indagini idrogeologiche

Approfondimenti

Processi d'inquinamento degli acquiferi
Vulnerabilità degli acquiferi
Fasce di rispetto attorno ai punti di prelievo

Le immagini ed i testi rappresentano una sintesi, non esaustiva, dell'intero corso di Idrogeologia Applicata tenuto presso il Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università di Trieste. Il programma completo prevede, oltre agli argomenti in elenco e per ogni capitolo, una serie di esercizi con applicazione delle formule analitiche, la descrizione di alcuni software specifici per geostatistica, prove di portata, modellistica ed un'uscita con prove pratiche in un campo pozzi. Le lezioni sono periodicamente aggiornate e controllate. Per informazioni, segnalazione di errori o commenti, rivolgersi a:

dr Alessio Fileccia
geofile@libero.it

Per scaricare l'intero corso: www.disgam.units.it/didattica/insegnamenti-13.php

Le immagini sintetizzano e chiariscono i concetti principali della materia, per una migliore comprensione si consiglia lo studio dei titoli in bibliografia.

(figure e foto sono dell'autore, se non diversamente specificato)

Alcuni testi consigliati

Autore	Anno	Titolo	Editore
Bear Jacob	1987	Modeling Groundwater Flow and Pollution	Reidel
Beretta G.P.	1992	Idrogeologia per il disinquinamento delle acque sotterranee	Pitagora, BO
Bianucci G.	1985	La chimica delle acque sotterranee	Hoepli
Brassington Rick	1988	Field Hydrogeology	Open Univ. Press J.Wiley and Sons
Castany G.	1982	Idrogeologia	Flaccovio
Celico Pietro		Prospezioni idrogeologiche (I-II)	Liguori
Cerbini Gianni	1992	Il manuale delle acque sotterranee	Geo-graph
Chiesa Guido	1994	Inquinamento delle acque sotterranee	Hoepli
Chiesa Guido	1992	Pozzi di rilevazione	Geo-graph
Chiesa Guido	1992	Glossario di idrogeologia	Geo-graph
Civita Massimo		Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: teoria e pratica	Pitagora
Clarke David	1987	Microcomputer programs for g.w. Studies	Elsevier
Consiglio Nazionale Ricerche	1988	Proposta di normativa per l'istituzione delle fasce di rispetto delle opere di captazione di acque sotterranee	Geo-graph
Custodio, Llamas	1996	Idrologia Sotterranea	Flaccovio
Davis S.N., Campbell D.J., Bentley H.W., Flynn T.J.	1985	Ground water tracers	National Water Well Association
Fletcher G. Driscoll	1986	Groundwater and wells	National G.W. Association www.h2o-ngwa.org
Isaaks Edward, Srivatsava Mohan	1989	An introduction to applied geostatistics	Oxford Univ. Press N. Y.
Kruseman G.P., de Ridder N.A.	1989	Analysis and evaluation of pumping test data (ILRI n. 47)	ILRI
Todd David Keith	1980	Groundwater hydrology	J. Wiley and Sons

Link di Geologia ed Idrogeologia

www.geologia.com

(italiano)

www.gsd.com

(elenco software commerciali e non)

www.geogr.uni-jena.de/software

(software USGS uso pubblico)

www.water-resources.de

(software USGS uso pubblico)

www.lifewater.ca/ndexdril.htm

(manuale di perforazione, in inglese)

www.thehydrogeologist.com

www.water.usgs.gov/software/ground_water.html

Utilità degli studi idrogeologici e fabbisogni idrici

**Riepilogo di alcune nozioni fondamentali
distribuzione e movimento dell'acqua nel sottosuolo
(zona di saturazione ed aerazione)
porosità, permeabilità, velocità, gradiente, portata**

**Trasporto e deposizione dei sedimenti
(formazione degli acquiferi)**

Acquiferi porosi e fratturati

Terminologia base

La conoscenza della geologia è propedeutica e fondamentale per qualunque tipo di intervento sul territorio.

Non vi è niente di più utile di una carta geologica ed una sezione per l'esame preliminare di un problema.

La geologia di base deve venire per prima e se essa è frammentaria, inesatta o mancante tutto quello che ne deriva è errato ed inutile

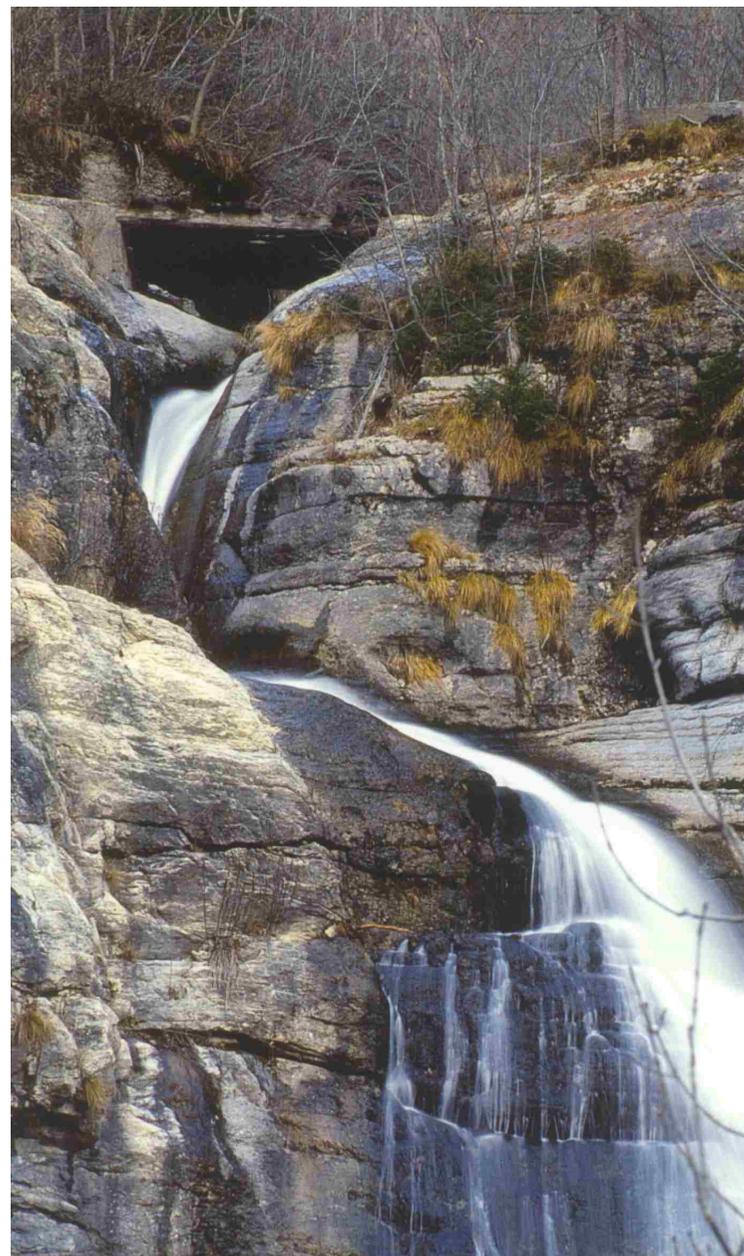
(Wallace, 1975)

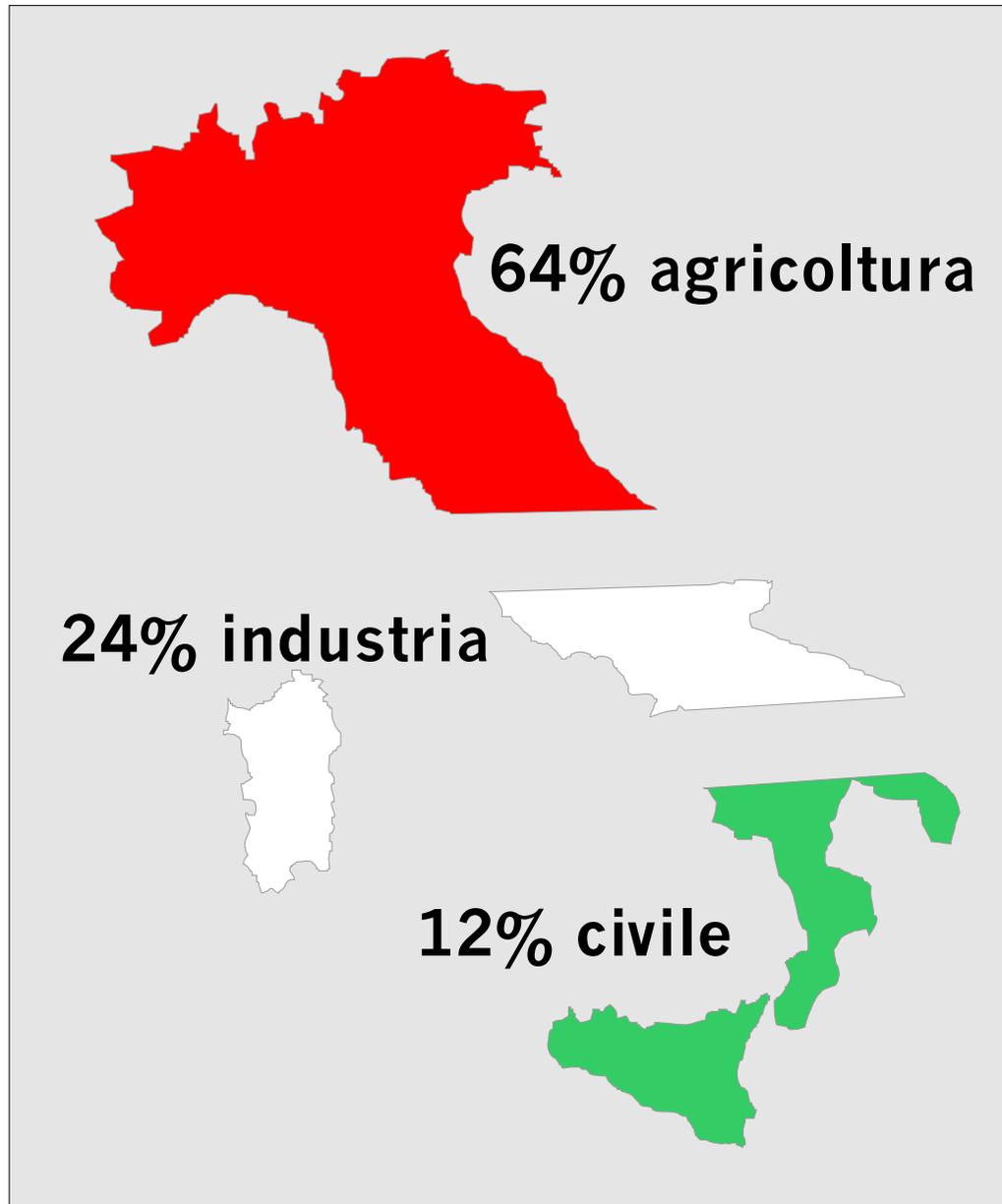
Utilità degli studi idrogeologici e fabbisogni idrici

2,4 %	di tutte le acque del pianeta sono dolci
69%	delle acque dolci sono contenute nei ghiacciai
30%	sono contenute nel sottosuolo, il resto in fiumi e laghi
80%	delle acque potabili proviene dal sottosuolo

(fonte UNESCO 1999)

(valle di S. Lucano, BL)





**Consumi idrici
in Italia:
65 miliardi di
mc/anno**

L'acqua sotterranea ha un ruolo molto importante per tutte le attività umane.

In molte aree essa costituisce la fonte principale e più pulita dell'acqua utilizzata per bere, irrigare od a scopi industriali. Nelle zone aride essa determina la presenza o meno degli insediamenti umani, fin da tempi remoti.

Mentre le acque superficiali compiono il loro ciclo geologico attraverso l'erosione ed il trasporto dei sedimenti, quelle sotterranee agiscono sulle rocce, principalmente dal punto di vista chimico.

L'idrogeologia è essenziale per comprendere alcuni processi geologici, lo sviluppo di particolari morfologie, la ricerca e l'utilizzo oculato delle risorse idriche.

Una delle prime considerazioni da fare all'inizio di una ricerca idrica è la quantità d'acqua necessaria. Per la sopravvivenza sono sufficienti all'uomo circa 5 lt/g, compresi quelli per cucinare, anche se normalmente nelle aree più depresse del pianeta se ne consumano 20-30 lt/g. Nelle nazioni occidentali i volumi crescono a 150-200 lt/g per la presenza di lavatrici, lavastoviglie, sistemi di irrigazione dei giardini, ecc. Questi valori non tengono in considerazione l'acqua per l'agricoltura o per l'industria, molto superiori.



FABBISOGNI IDRICI MEDI PER USI DOMESTICI, AGRICOLI

(fonte: Todd, Carta di Saragozza 2008)

Uso domestico	Consumi d'acqua medi
Potabile	2 – 3 lt a testa al giorno
lavaggio piatti	2 – 4 lt /giorno
Toilette	12 – 20 lt / giorno
Bagno	130 – 170 lt
Doccia	20 lt/min
Lavatrice	130 lt
Irrigazione del giardino	1300 lt/ora
Animali (consumi giornalieri)	
mucche da latte	150 lt
mucche	50 lt
cavalli	50 lt
maiali	15 lt
pecore	7 – 8 lt
pollame (per 100 esemplari)	25 lt

FABBISOGNI IDRICI MEDI PER USI VARI, AGRICOLI, INDUSTRIALI

(fonte: Todd, Carta di Saragozza 2008)

Agricoltura ed usi vari	Consumi d'acqua medi
1 tonnellata di grano	1000 mc
1 tonnellata di riso	4500 mc
1 tonnellata di zucchero	1000 mc
1 tonnellata di patate	550 mc
1 hamburger	2,5 mc
1 kg aglio	0.5 mc
1 kg pistacchi	10 mc
1 kg vaniglia pura	96 mc
1 T-shirt	2.4 mc
Processi industriali	
1 tonnellata di birra	6 -10 mc
1 tonnellata di mattoni	1 – 2 mc
1 tonnellata d'acciaio	250 mc
1 tonnellata d'alluminio	1500 mc
1 tonnellata di fertilizzante	600 mc
1 tonnellata di gomma sintetica	3000 mc

ALCUNI DATI RELATIVI ALLE PROBLEMATICHE LEGATE AI CONSUMI IDRICI NEL MONDO

(fonte: Carta di Saragozza 2008)

1,4 miliardi	sono le persone che non dispongono di sufficiente acqua potabile
287 l/testa	Sono i consumi idrici medi attuali, per abitante a Parigi
191 l/testa	Sono i consumi idrici medi attuali, per abitante a Milano
550 l/testa	Erano i consumi medi per abitante negli USA nel 1948

LE GUERRE DELL'ACQUA

(fonte: *l'Europeo* nov. 2008)

Diga dello Yangtze (Cina)	1 300 000 persone evacuate per far posto ad un bacino artificiale di 600 km di lunghezza e 175 m di profondità
Privatizzazione degli acquedotti in Bolivia	L'operazione dovrebbe portare ad un aumento delle tariffe domestiche del 300 per cento, pari a circa 1/3 del salario medio degli abitanti
Utilizzo del Giordano	Il bacino è diviso tra 5 stati: Israele, Giordania, Territori Occupati, Siria, Libano; il 60% delle acque del fiume sono sfruttate da Israele
Guerra nel Darfur	Da anni la minoranza araba cerca di espellere dai territori ricchi di petrolio del Darfur e Kordofan le popolazioni nere (pastori ed agricoltori) tramite il controllo armato dei pozzi d'acqua
Gestione dei bacini del Tigri ed Eufrate	Da anni la Turchia, nel cui territorio nascono i due fiumi, regola con grandi bacini il flusso delle acque che scorrono per la maggior parte in Siria ed Iraq
Lago Aral	Tra Uzbekistan e Kazakistan, era il 4° più grande della Terra; tra il 1960 e 2004 si è ridotto del 70% per un progetto di coltivazione intensiva di cotone con deviazione degli affluenti

PROCEDURE GENERALI NELLO STUDIO DEGLI ACQUIFERI

Ricostruire sempre la:

Geometria dell'acquifero

Mediante uno o più dei seguenti metodi:

ricerca bibliografica, rilevamento di campagna, fotogeologia, sondaggi, geofisica, geochimica

definendo i limiti idraulici reali o fittizi e gli:

Elementi del flusso

mediante:

ricerca bibliografica, censimento punti d'acqua

elencando

tutte le entrate ed uscite artificiali e naturali, superficiali e sepolte

quindi

programmare e condurre le prove in sito per ricavare i parametri caratteristici

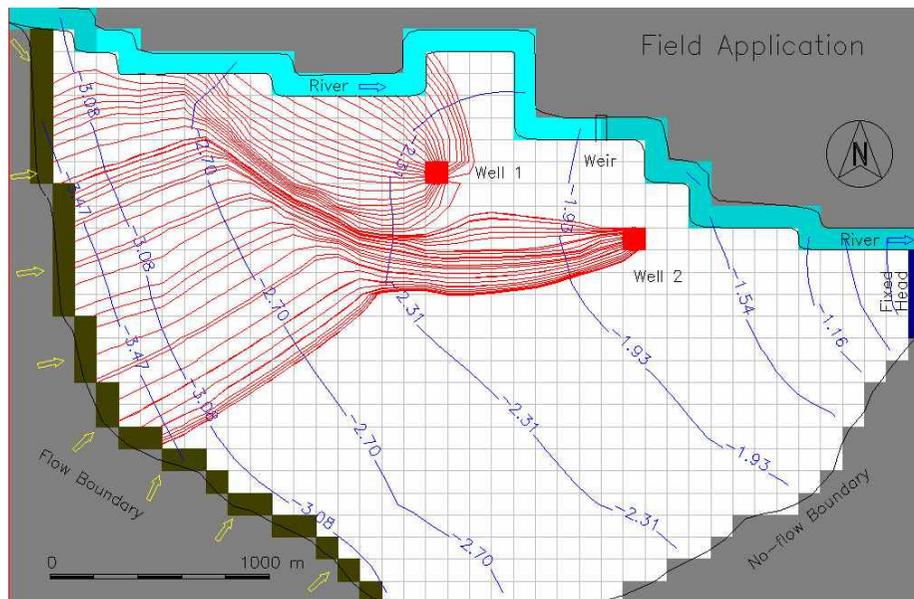
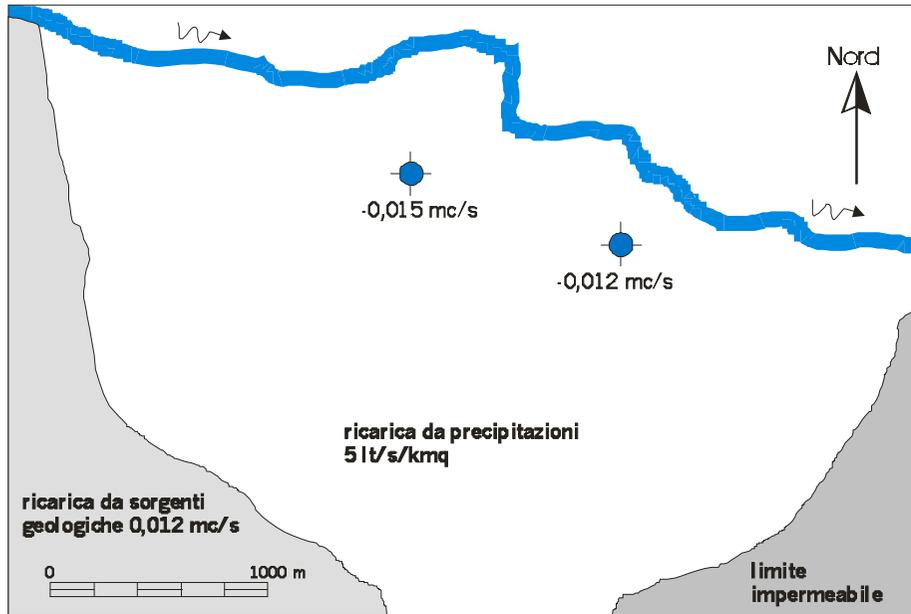
Elaborare i dati

Costruire un modello idrogeologico

Impostare ed implementare il modello numerico

Applicazione di un modello numerico ad un acquifero

Le figure mostrano una situazione in pianta di un acquifero freatico alluvionale, attraversato da un fiume. Due pozzi pompano acqua, lungo la riva destra. L'acquifero è in contatto idraulico con il fiume che forma il suo limite nord. Dalle montagne a SW esiste un flusso sotterraneo, mentre a SE vi sono delle formazioni argillose impermeabili. La conducibilità idraulica varia da $10E-4$ a $810E-3$ m/s, la porosità efficace è 0,1. Il problema è simulato (in basso) con una griglia di 42 colonne e 27 file, le celle sono quadrate con 100m di lato. Il modello calcola, in regime permanente, il flusso idrico sotterraneo (linee rosse) e l'area di richiamo dei pozzi, oltre che le linee isofreatiche naturali e dinamiche (blu in figura). Si può vedere che circa il 70% dell'acqua sotterranea, prelevata dal pozzo 1, proviene dal fiume, mentre il n. 2 è alimentato dal limite SW e dall'acquifero. (ASM, Chiang, Kinzelbach, Rausch)

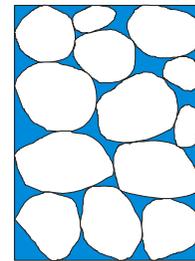
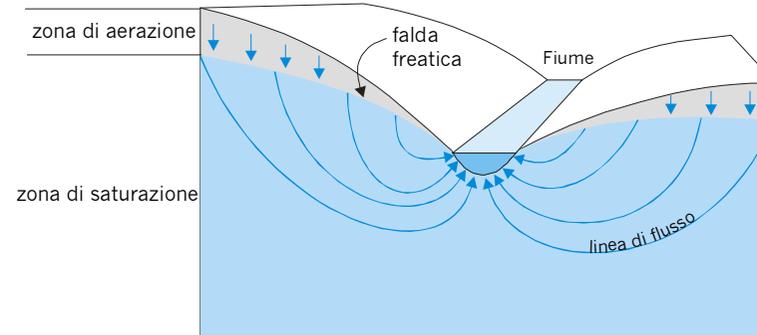


**Riepilogo di alcune nozioni fondamentali,
distribuzione e movimento dell'acqua
nel sottosuolo
(zona di saturazione ed aerazione)
porosità, permeabilità, velocità,
gradiente, portata**

Distribuzione e movimento dell'acqua sotterranea

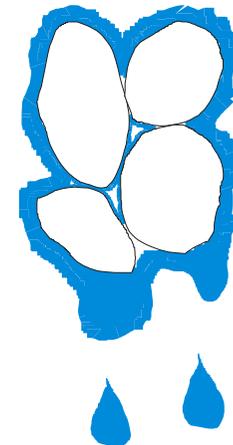
L'acqua proveniente dalle precipitazioni o dai bacini superficiali, si accumula nei pori e fessure del terreno e costituisce la falda freatica. Nella falda tutti i pori sono riempiti di acqua (zona di saturazione), al di sopra essi sono solo in parte saturi (zona di aerazione). Nelle zone umide la profondità della falda dalla superficie è di pochi metri, in quelle aride anche decine. In genere l'andamento della parte superiore della falda (tavola d'acqua) segue, addolcendole, le variazioni di pendenza della superficie topografica. Le acque connate sono situate ad elevata profondità, hanno alto contenuto in sali e derivano solo in parte da acque meteoriche. Un terreno permeabile e contenente acqua costituisce un acquifero. I più comuni e produttivi sono all'interno di formazioni in sabbia, ghiaia, arenaria, calcare e dolomia.

Spostamento dell'acqua nei terreni granulari



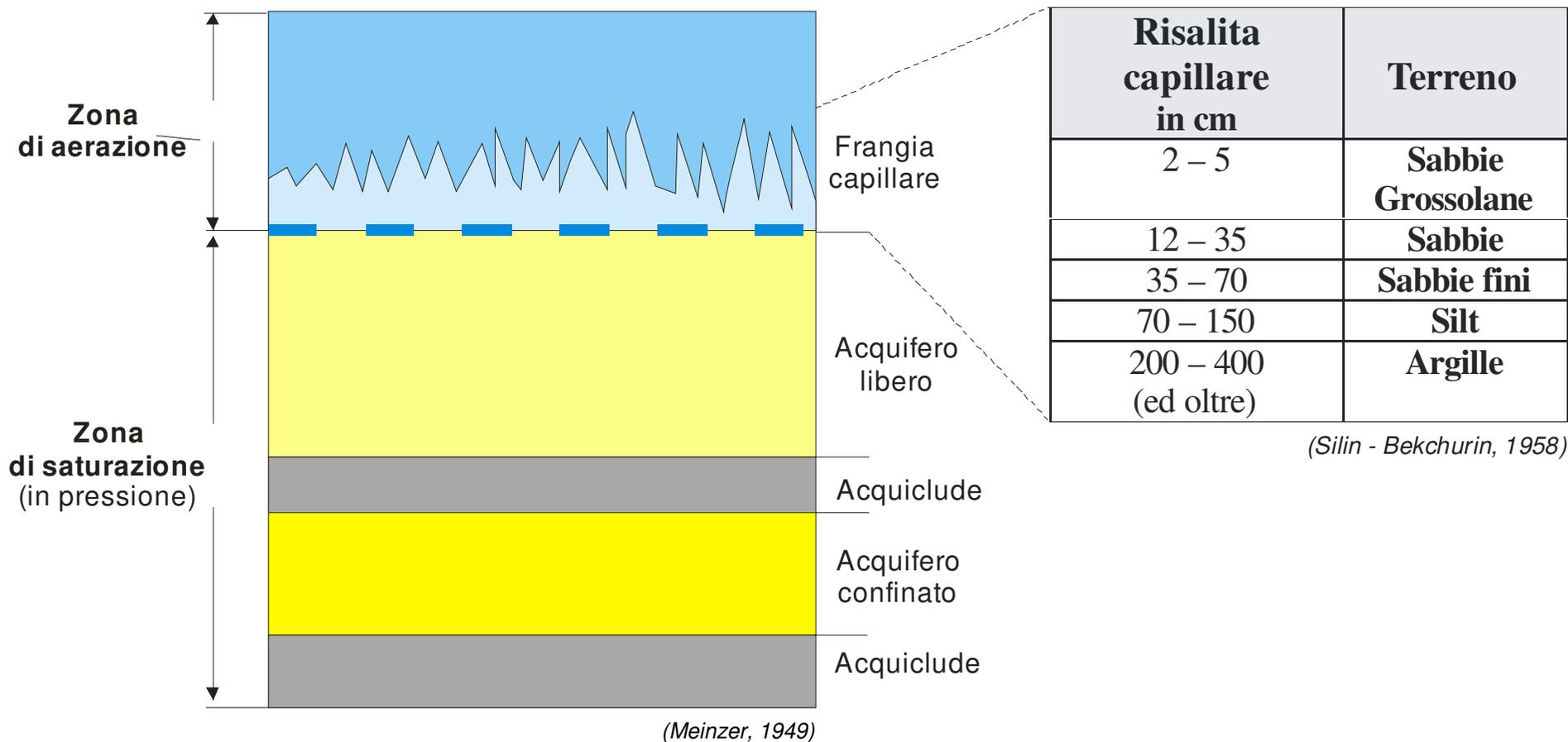
se gli elementi costitutivi del terreno sono molto piccoli, tutta l'acqua rimane attorno ai granuli per attrazione molecolare e non partecipa al flusso idrico

se i grani hanno diametro maggiore, l'acqua si sposta nelle zone dove i pori sono più larghi, anche se una parte ne rimane sempre attorno alla loro superficie



L'altezza media della frangia capillare si ricava mediante la seguente formula empirica, dove r è il diametro medio dei canali tra i granuli:
 $H = 0,15/r$ (H, r in cm, *Todd*)

Zonizzazione dell'acqua sotterranea



Alcuni parametri tipici delle acque sotterranee

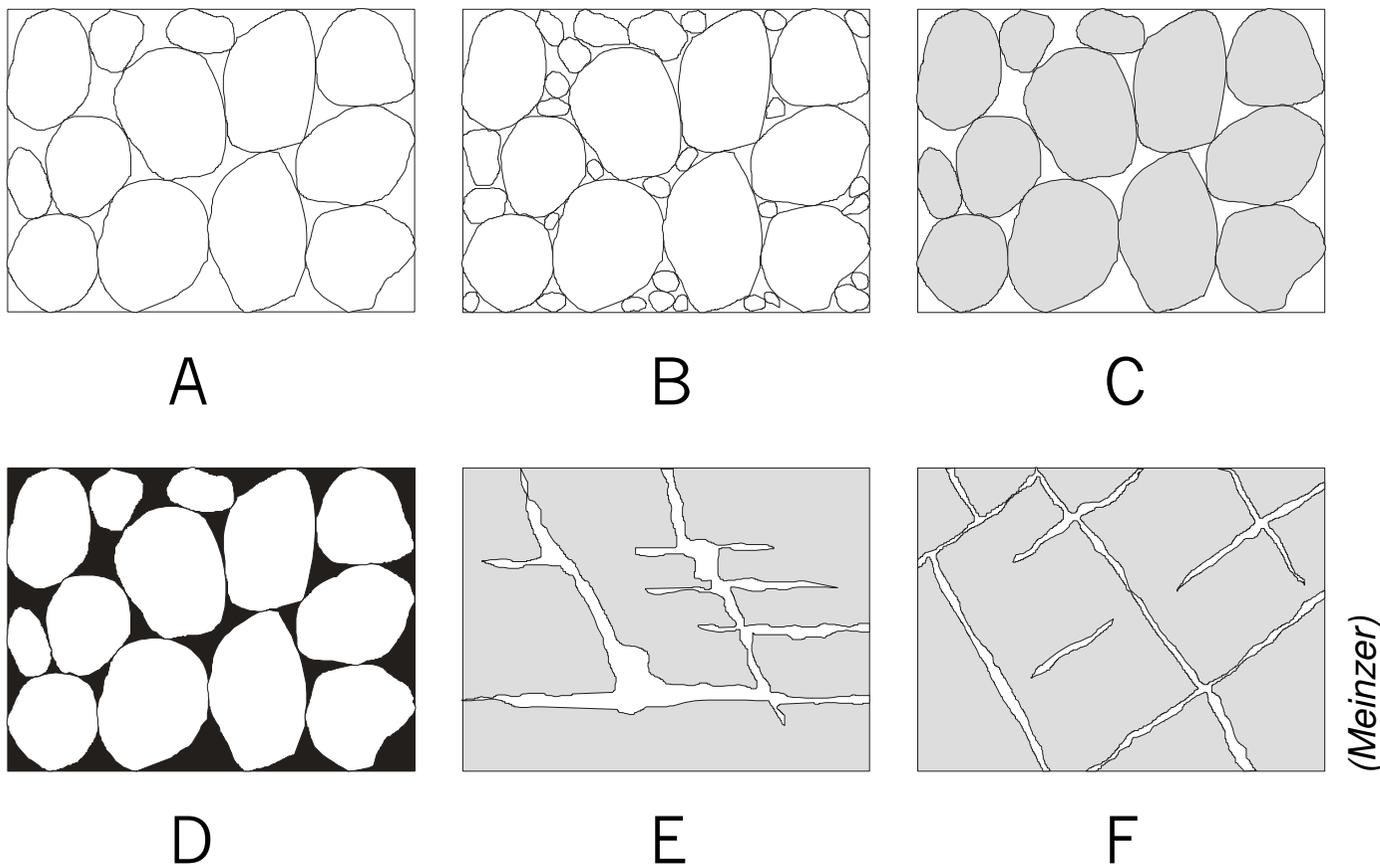
La quantità di spazi intergranulari, la loro ampiezza ed il loro livello di intercomunicazione sono caratteristiche importanti per classificare i diversi acquiferi.

La porosità influenza la quantità d'acqua che un terreno può contenere, ma è la permeabilità che regola il movimento del flusso idrico.

Solo se i pori sono in comunicazione tra loro ed hanno un'ampiezza in genere superiore a 0,05 mm vi può essere un movimento apprezzabile nella falda idrica. Se la superficie della falda è inclinata, essa è in movimento, dai punti a carico piezometrico maggiore a quelli a carico inferiore e la sua velocità dipende dal gradiente e dalla permeabilità del mezzo poroso.

La gamma dei valori di spostamento è molto varia, da 10 m/g a 1-2 m/a.

La portata di una falda dipende invece dall'area della sezione verticale in cui si sposta e dalla sua velocità.



Relazioni tra granulometria e porosità dei terreni

A: granuli ben assortiti con alta porosità generale; B: granuli poco assortiti con bassa porosità; C: granuli ben assortiti costituiti da elementi porosi (es.: arenacei); D: granuli ben assortiti la cui porosità è ridotta a causa del cemento; E: roccia porosa per dissoluzione carsica; F: roccia porosa per fratturazione

Porosità delle rocce

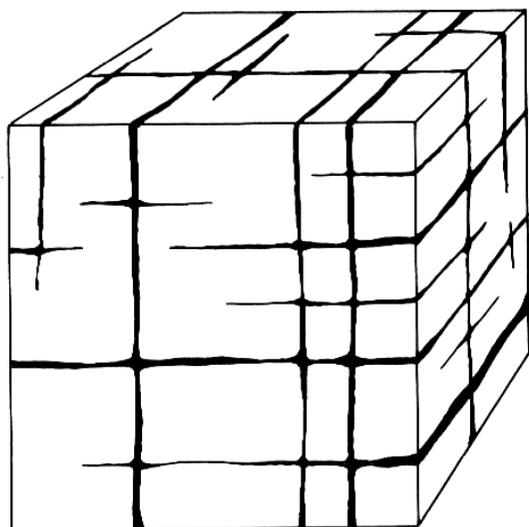
Con i materiali rocciosi si ricorre spesso ad una distinzione tra porosità primaria, al momento della formazione, e secondaria, che si sviluppa più tardi a seguito di dissoluzione o fratturazione.

A: blocco roccioso fratturato (porosità singola)

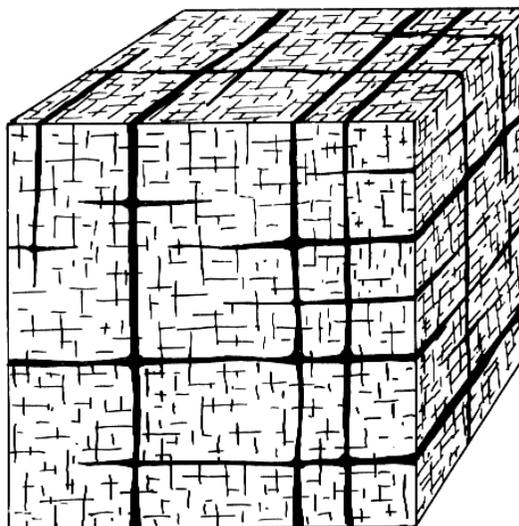
B: blocco roccioso con due sistemi di fratturazione, in grande ed in piccolo (microfessure)

C: blocco roccioso fratturato e poroso (doppia porosità)

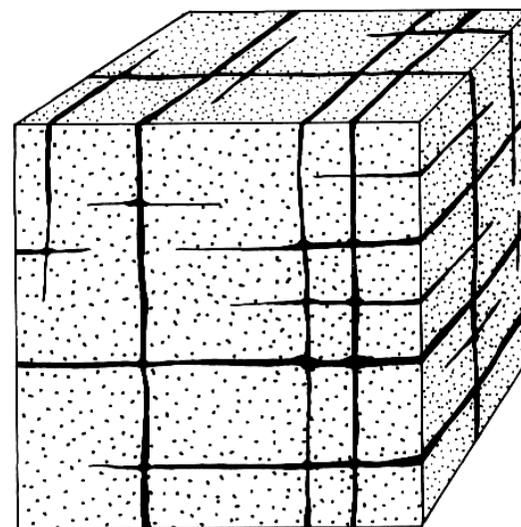
A



B



C



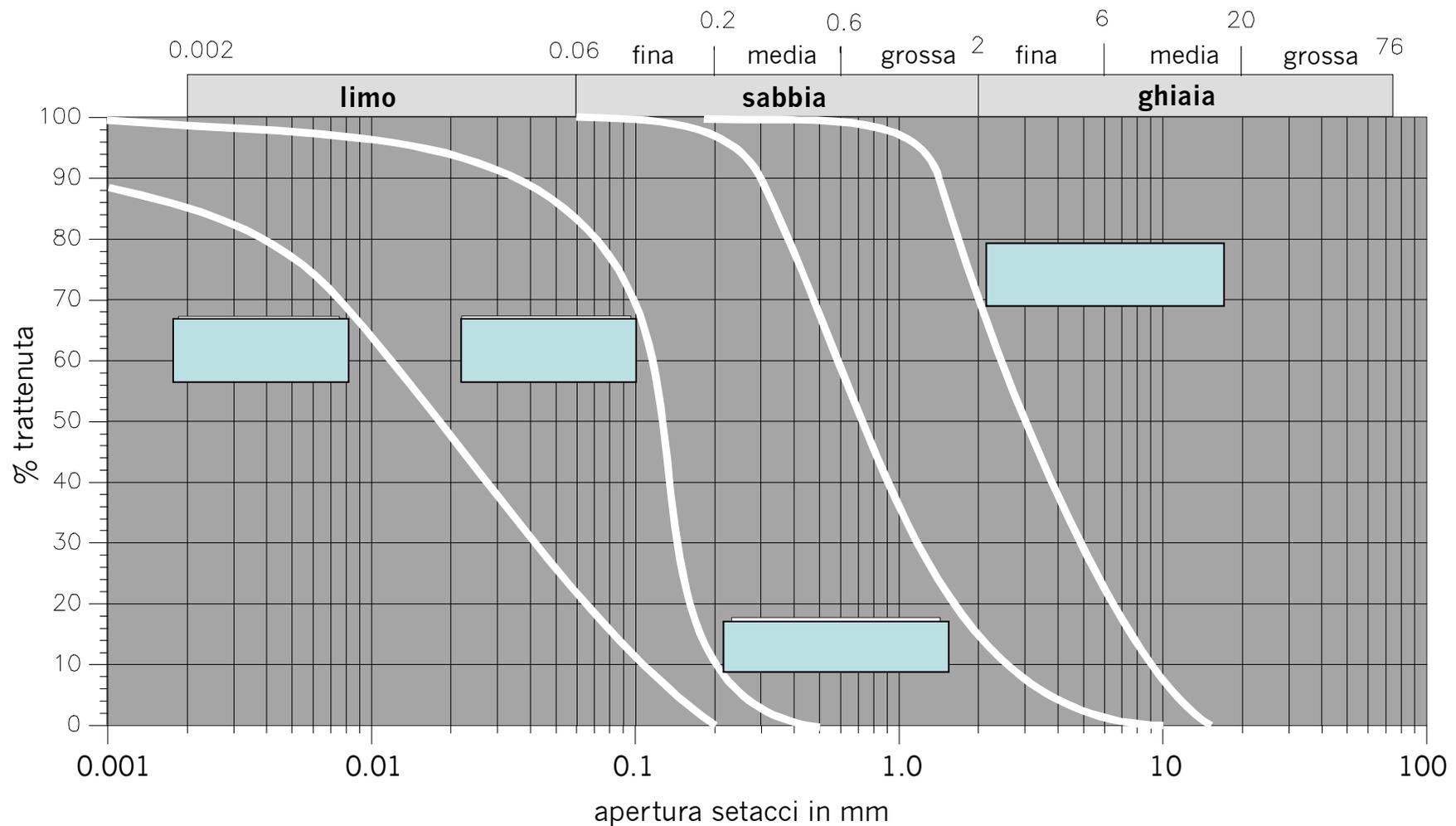
Suddivisione qualitativa degli acquiferi in base alla struttura e capacità di contenere acqua utilizzabile

Grandi risorse idriche		Risorse da medie a moderate		Materiale da considerare quasi impermeabile	
Sedimento	Roccia	Sedimento	Roccia	Sedimento	Roccia
Ghiaia (p)	Conglomerato (p, f)	Till (p)	Granito (f)	Argilla	Shale
Sabbia (p)	Arenaria (p, f)	Silt (p)	Gneiss (f)	Marna	
Breccia (p)	Calcare (p,f,s)	Coquina (p)	Quarzite (f,p)		
	Dolomia (p,f,s)	Siltite (p)	Scisto (f)		
	Basalto (p,f)		Marmo (f)		

P = vuoti per porosità; f = vuoti per frattura s = vuoti per dissoluzione

(da M. Kasenow 2001)

Relazione tra curve granulometriche e sedimenti

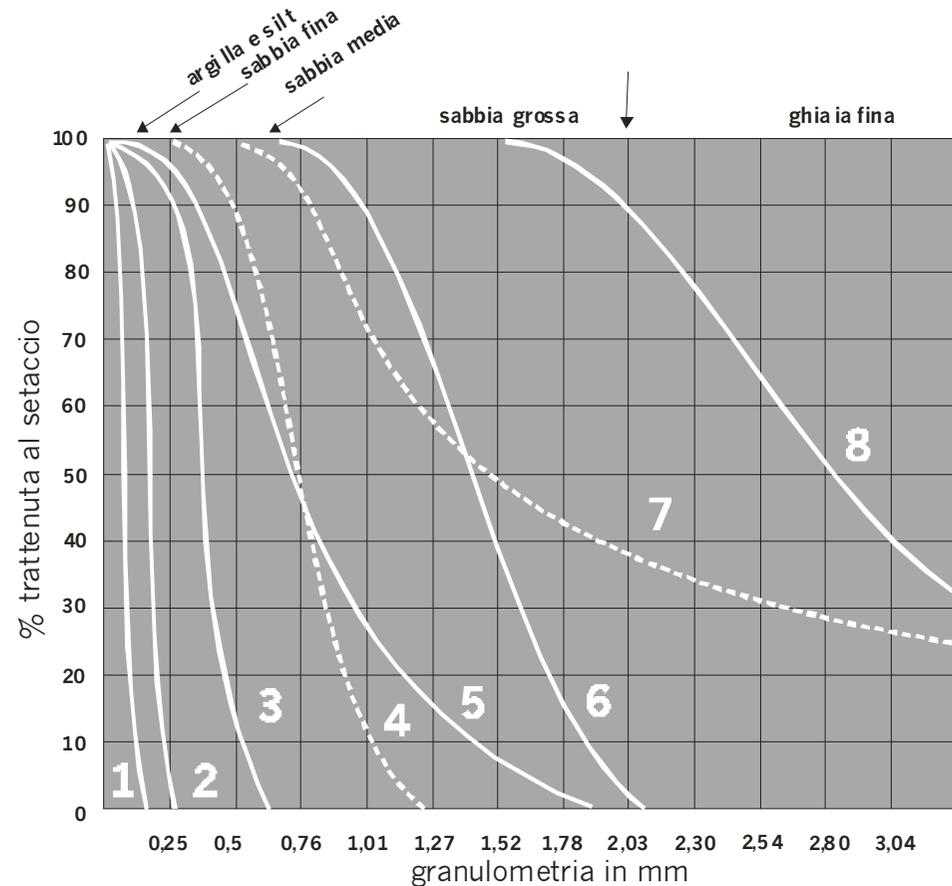


Cercate di definire il tipo di materiale corrispondente a ciascuna curva granulometrica
(*click sul rettangolo azzurro per la risposta*)

Relazioni empiriche tra granulometria e permeabilità

Il grafico a destra è stato ottenuto integrando i dati di numerose analisi. Notare come esista una relazione tra la permeabilità, la dimensione dei grani e la gamma di diametri presenti nel campione (*uniformità*). Altre caratteristiche che influenzano la permeabilità sono la forma degli elementi, il loro grado di compattazione, il volume dei vuoti comunicanti (*porosità efficace*).

La permeabilità del campione 4 è maggiore, uguale od inferiore a quella del 7?



valori medi di permeabilità in m/giorno							
1	2	3	4	5	6	7	8

da Walton
26

Trasporto e deposizione dei sedimenti (formazione degli acquiferi)

Acquiferi porosi e fratturati

Classificazione degli acquiferi

Negli studi idrogeologici l'aspetto principale da considerare riguarda la forma del territorio e quindi il tipo di sedimenti, la storia geologica e l'idrologia superficiale.

Per un corretto approccio è quindi importante prestare attenzione a:

- tipo di roccia madre
- variazioni topografiche
- evoluzione tettonica e sua intensità
- agenti di trasporto dei sedimenti
- ambiente di deposizione
- clima e sua evoluzione

I bacini idrogeologici sono definiti come “unità idrogeologiche contenenti un grande acquifero o diversi più piccoli e tra loro interconnessi” (*Todd, 1980*)

La conoscenza fisica dei luoghi e quella ottenuta tramite un dettagliato esame bibliografico e/o con indagini programmate, costituisce una tappa fondamentale di ogni studio idrogeologico.

Acquifero

strato o formazione geologica che permette la circolazione idrica al suo interno, attraverso pori o fessure, costituisce la formazione produttiva

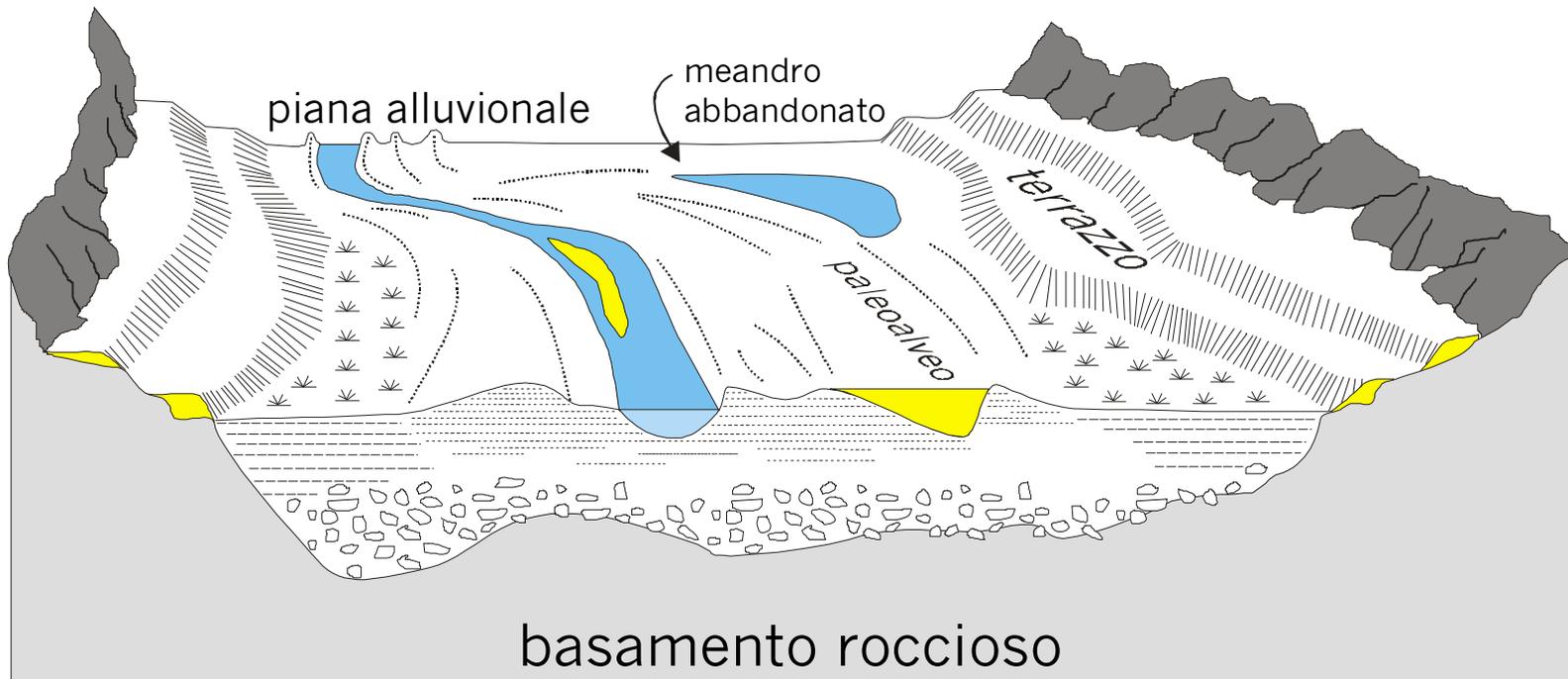
Acquicludo

strato o formazione geologica che contiene acqua al suo interno che non è in grado di scorrere (non interessante dal punto di vista dell'utilizzazione)

Acquitardo

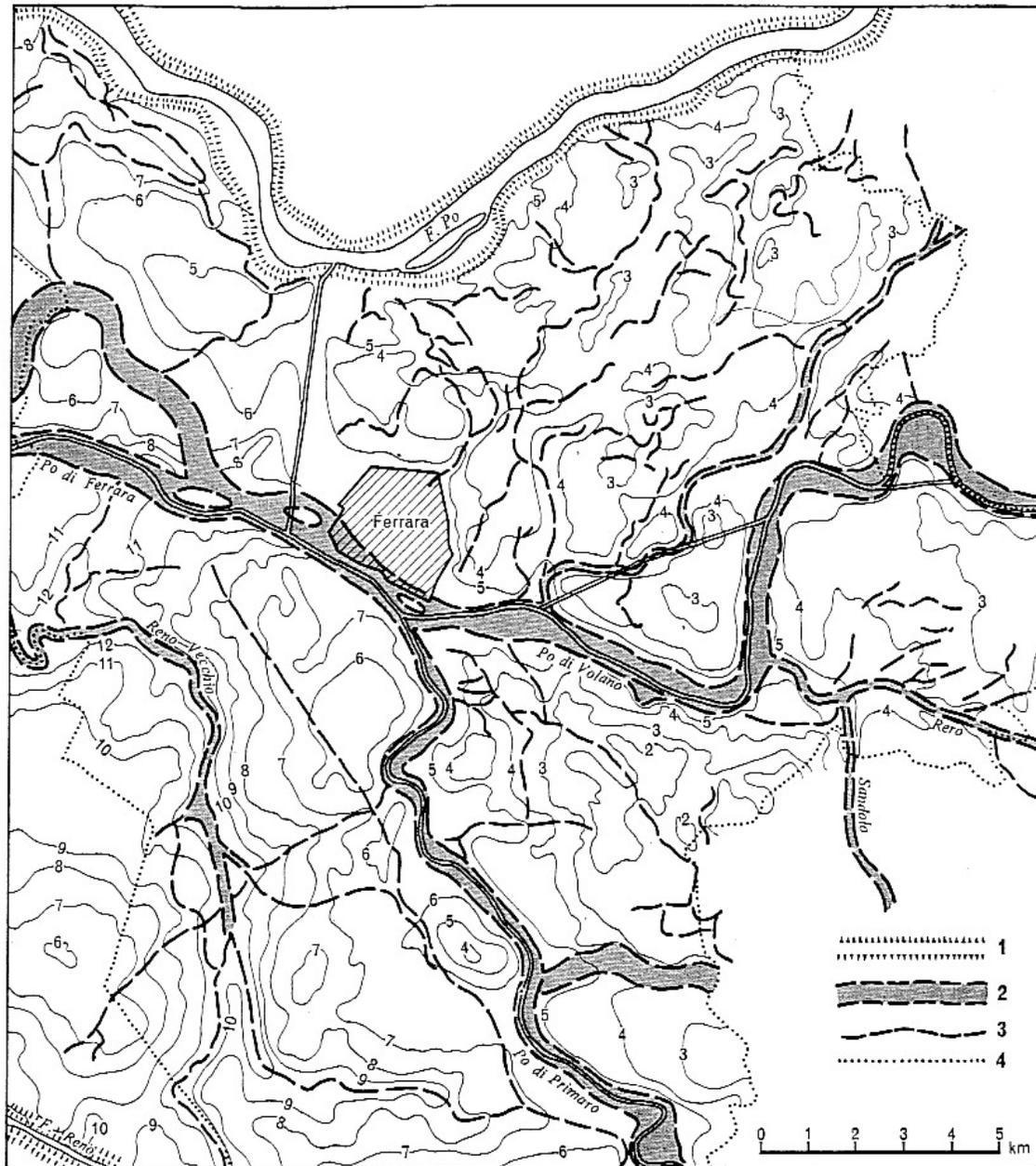
strato o formazione geologica che pur contenendo notevoli quantità d'acqua ha una bassa permeabilità che non ne permette l'utilizzo, ma che in certe situazioni consente la ricarica di altri acquiferi

Morfologia tipica e sedimenti di una piana alluvionale



(Boonstra, de Ridder)

La conoscenza della struttura geologica e morfologica di un'area aiuta a comprendere lo scorrimento delle acque sotterranee. Di solito si ha a che fare con zone rilevate (aree di ricarica, a flusso divergente) e zone depresse (aree di accumulo, a flusso convergente) Nella figura le zone di ricarica possono essere i versanti montani, i terrazzi, l'alveo del fiume od il meandro abbandonato, mentre quelle di accumulo l'area paludosa ed il paleoalveo.



Carta geomorfologica della pianura ferrarese

(Bondesan, 1975)

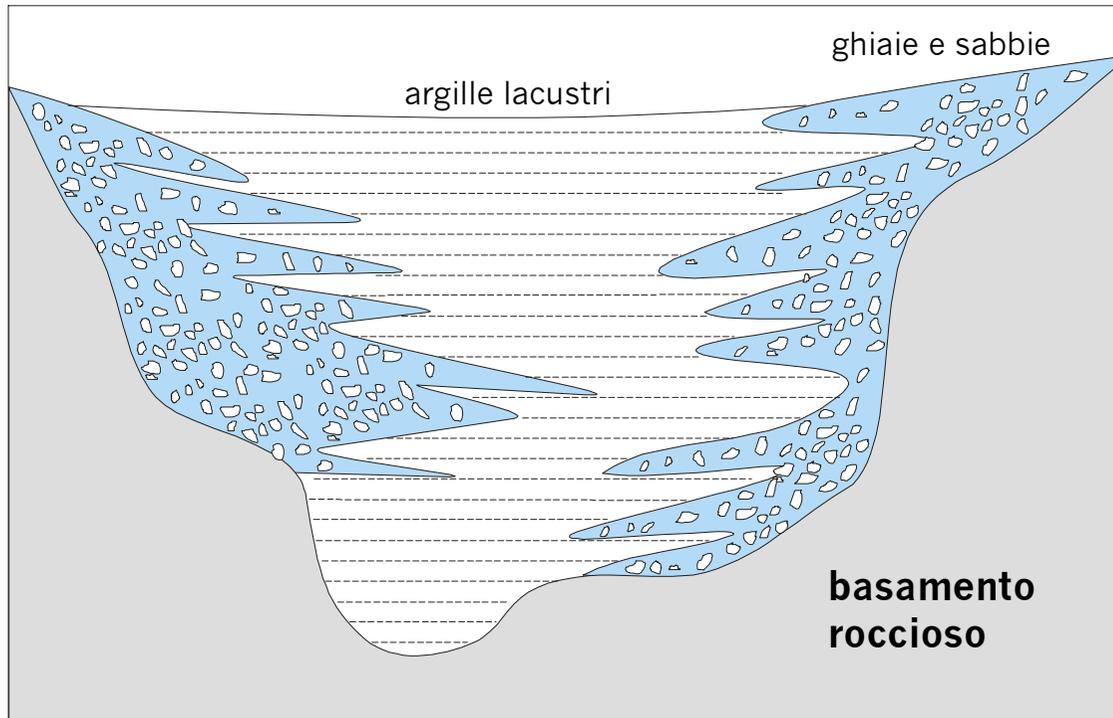
Individuare le zone e la tipologia degli acquiferi

- 1: argini artificiali
- 2: vecchi rami fluviali
- 3: alvei minori (tracce)
- 4: confine comunale



Particolare ripreso dall'aereo, della carta a sinistra

Sezione geologica attraverso una valle occupata da depositi lacustri



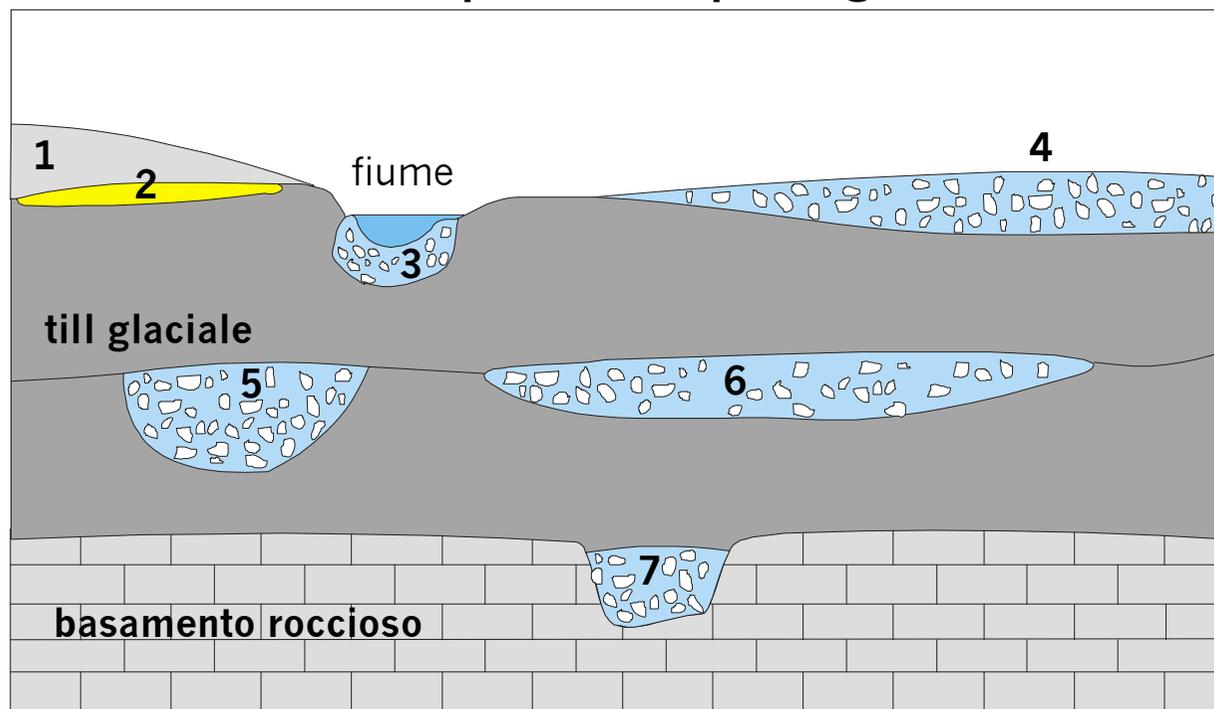
(Boonstra, de Ridder)

Sezione attraverso una valle occupata in precedenza da un lago.

I depositi fini sono situati nella parte centrale dove l'acqua era più profonda, mentre quelli grossolani sono ai bordi del bacino. Ai piedi dei versanti la granulometria aumenta e si mescola alle alluvioni dei torrenti laterali.

Un corretta ricostruzione della geometria dell'acquifero prevede perforazioni ed indagini geofisiche.

Sezione schematica dei diversi acquiferi in aree coperte da depositi glaciali

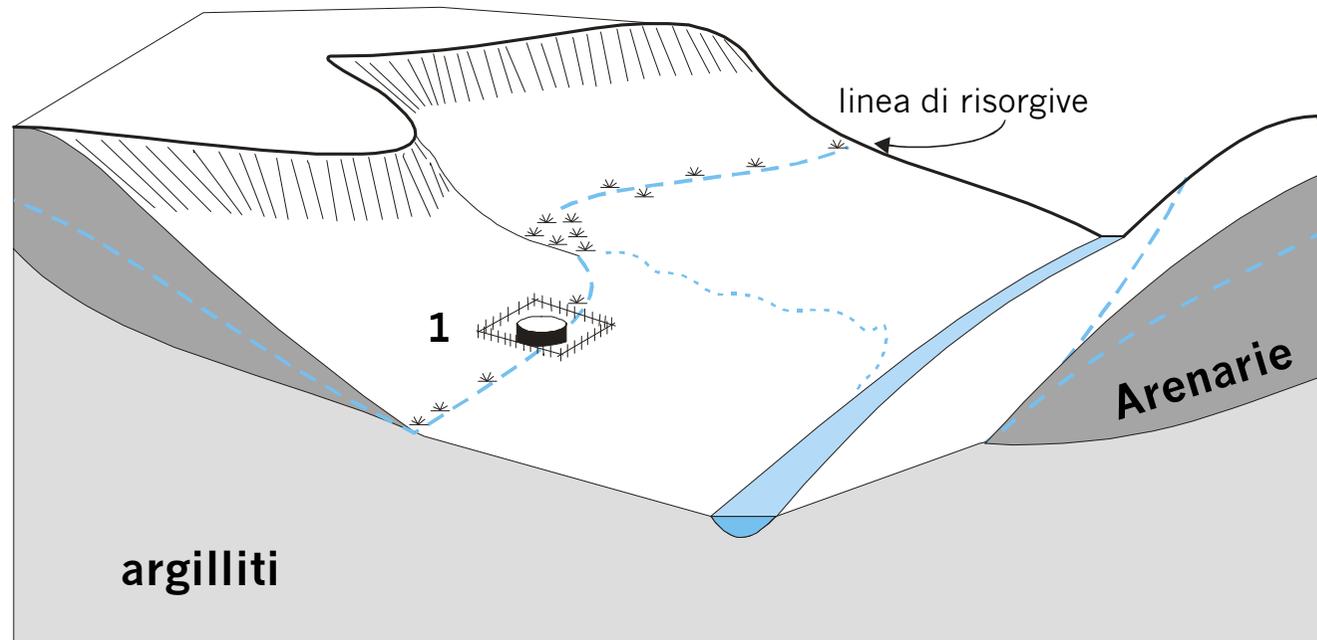


(Freeze, Cherry)

Nelle pianure coperte dai depositi dei ghiacciai in ritiro, molti acquiferi sono costituiti da sabbie fluvioglaciali e ghiaie, confinate tra livelli di till ed argille lacustri. Si presentano con geometria lenticolare od allungata, sia in superficie sia sepolti sotto altri sedimenti. Nei solchi di erosione sepolti questi acquiferi possono essere lunghi decine di chilometri, ma poco estesi lateralmente, mentre la copertura impermeabile può raggiungere i decine di metri di spessore.

1: argilla lacustre; 2: sabbia lacustre; 3-4: acquifero freatico superficiale; 5: acquifero in pressione di paleoalveo; 6: acquifero in pressione lenticolare; 7: acquifero in pressione di fondo (da Freeze)

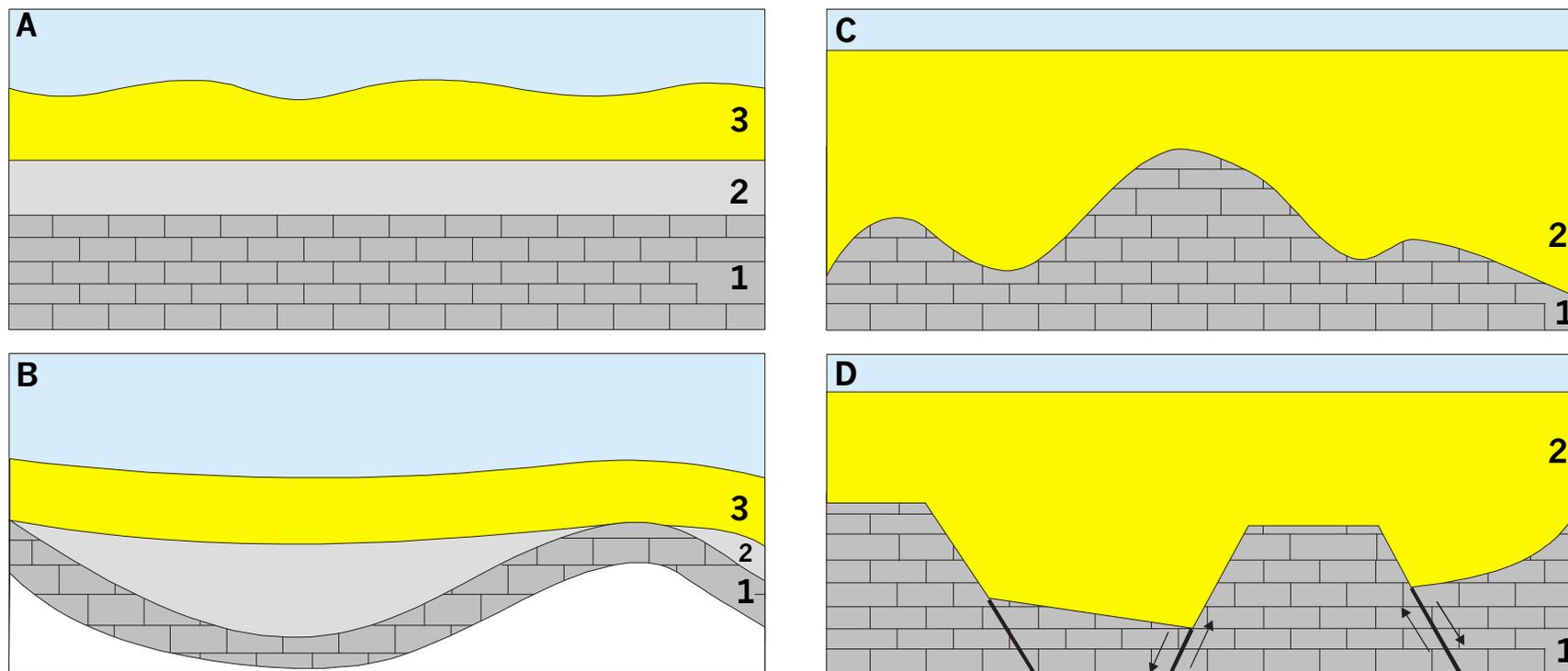
Sorgenti di contatto



(Brassington)

La linea delle risorgive segue il contatto tra uno strato permeabile di arenarie poco cementate ed uno di argilliti. In superficie questo è evidenziato da una vegetazione idrofila (in genere di colore verde più scuro), l'inizio di un piccolo corso d'acqua ed, a volte, da alcune semplici opere di presa (1).

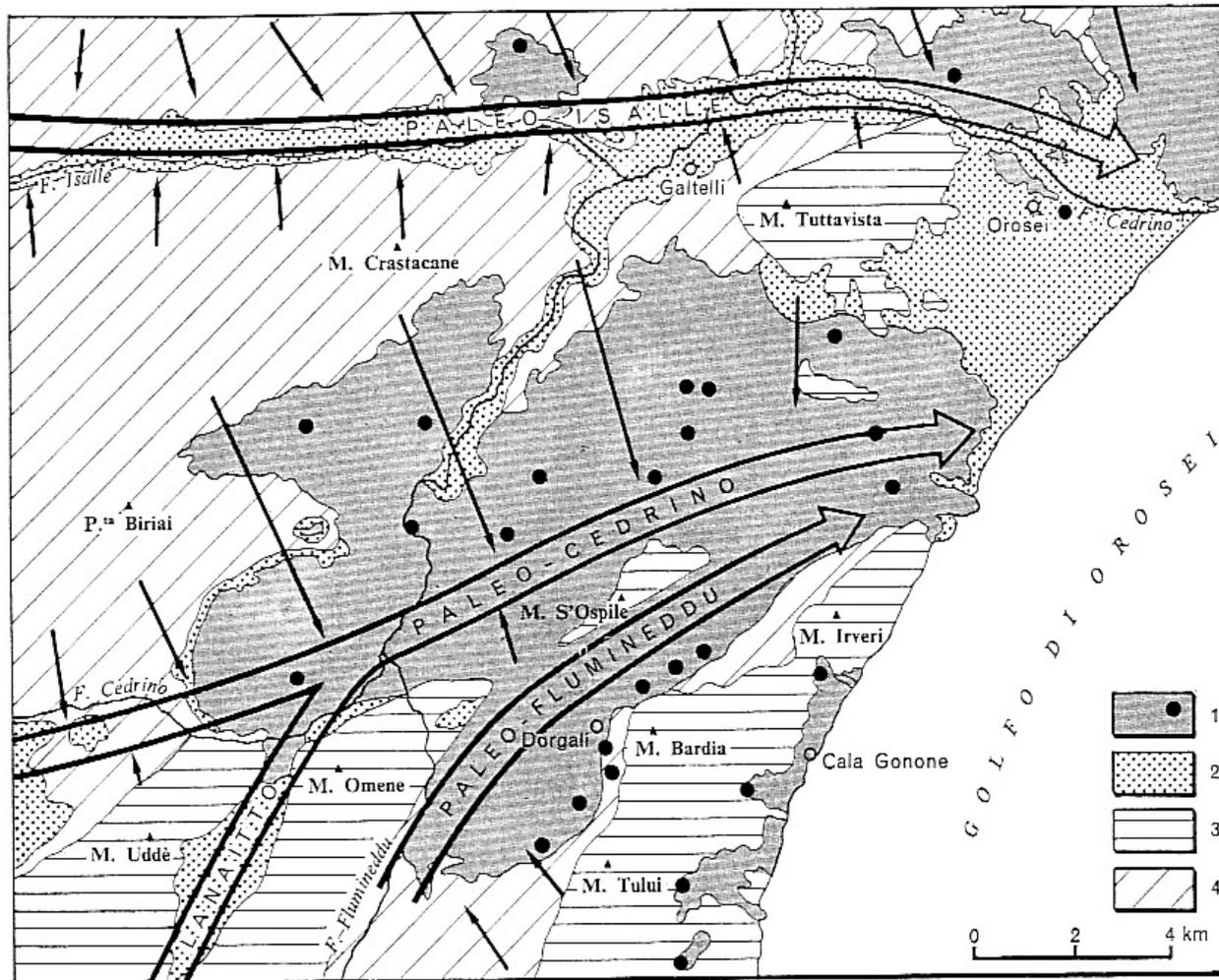
Sezioni geologiche per evidenziare l'influenza d'erosione e fenomeni tettonici



(Boonstra, de Ridder)

A: le variazioni di spessore irregolari del livello 3 indicano erosione seguita al deposito dei sedimenti; B: lo strato 1 ha potenza costante ed è stato piegato durante o prima della deposizione del livello 2; C: lo strato 2 è stato deposto dopo l'erosione del livello 1; D: lo strato 2 è stato deposto durante e dopo le dislocazioni del livello 1

Distretto vulcanico Orosei-Dorgali (Massari, Dieni 1973)

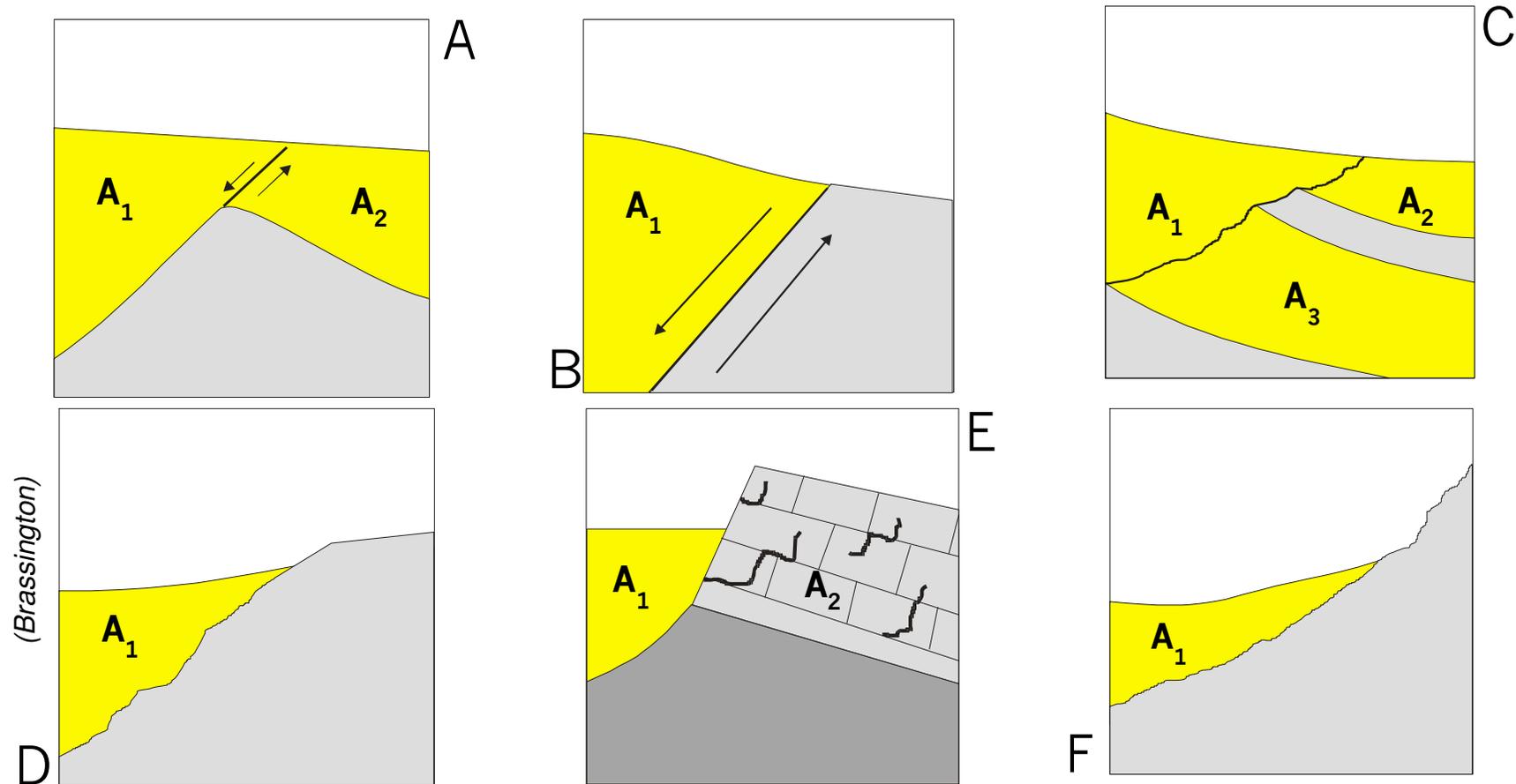


- 1: coperture basaltiche e centri eruttivi (Pleistocene)
- 2: depositi quaternari e terziari sciolti
- 3: calcari-dolomie mesozoiche
- 4: basamento cristallino

Frecce grandi: corsi d'acqua alla fine del Pliocene

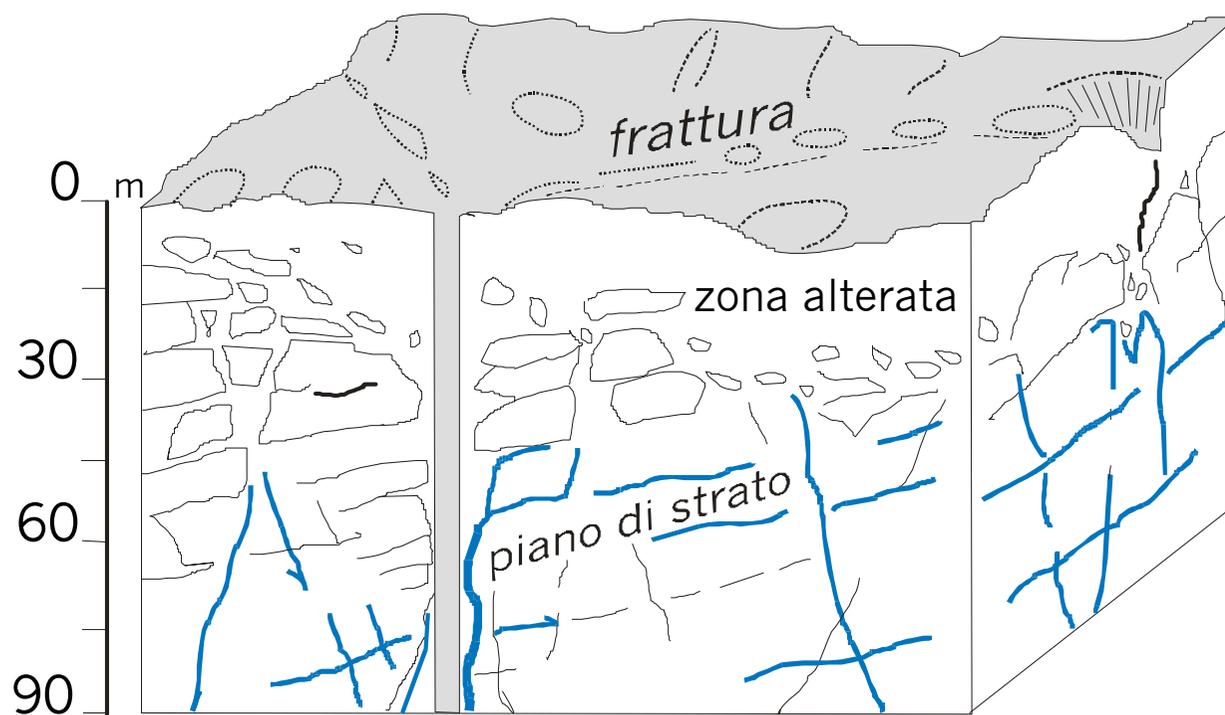
Frecce piccole: inclinazione del pediment alla fine del Pliocene

Individuare zone e tipologia degli acquiferi



Nelle figure sono rappresentati vari contatti tra acquiferi. A: il limite di contatto può essere permeabile e permettere il flusso tra i due acquiferi se vi è stata una fratturazione del materiale, ma potrebbe anche essere impermeabile. Questo si può verificare evidenziando variazioni idrochimiche della falda o con prove di portata. B: Il limite è impermeabile essendovi un contatto con un acquicluda. C: l'acquifero A₁ si è depositato su di una superficie erosa e ne ricopre altri due più antichi, la situazione è simile al caso A tranne che la composizione chimica delle acque può essere diversa in tutti e tre. D: la situazione è simile al caso B, ma la superficie di contatto è di erosione e non di faglia, manca pertanto una zona di probabile fratturazione a maggiore permeabilità. E: un acquifero alluvionale (es.: terrazzo fluviale) ne ricopre in parte uno roccioso. L'acqua può fluire tra i due ed a causa della quota diversa è più facile che questo avvenga tra A₂ ed A₁. Le sorgenti possono essere situate anche al di sotto della superficie topografica di A₁. F: un acquifero ghiaioso ricopre una roccia impermeabile; non vi è flusso tra la sottostante formazione ed A₁, ma le infiltrazioni dai versanti montani, in genere più piovosi, ricaricano l'acquifero freatico.

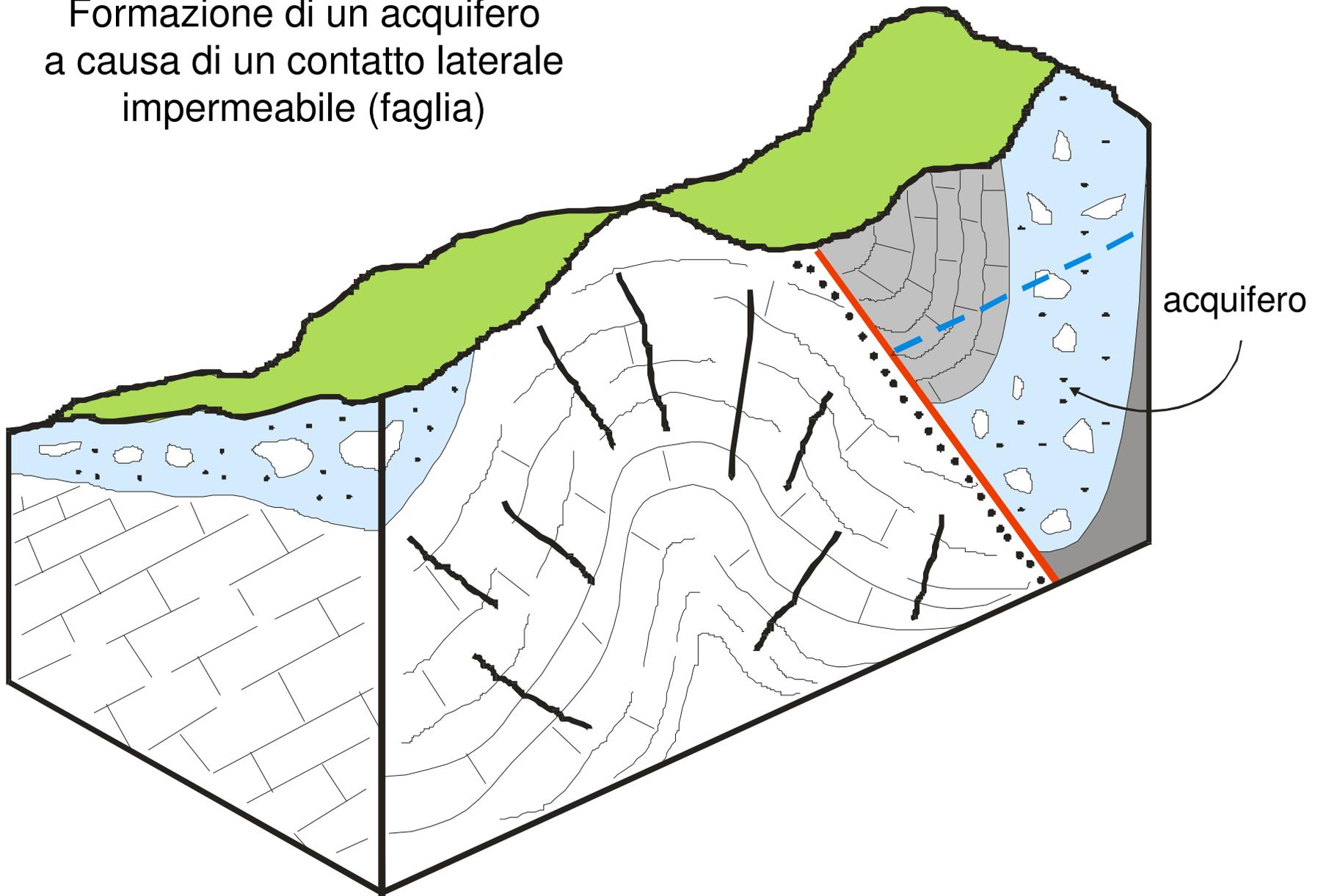
Aree a diversa permeabilità nelle rocce calcaree fratturate



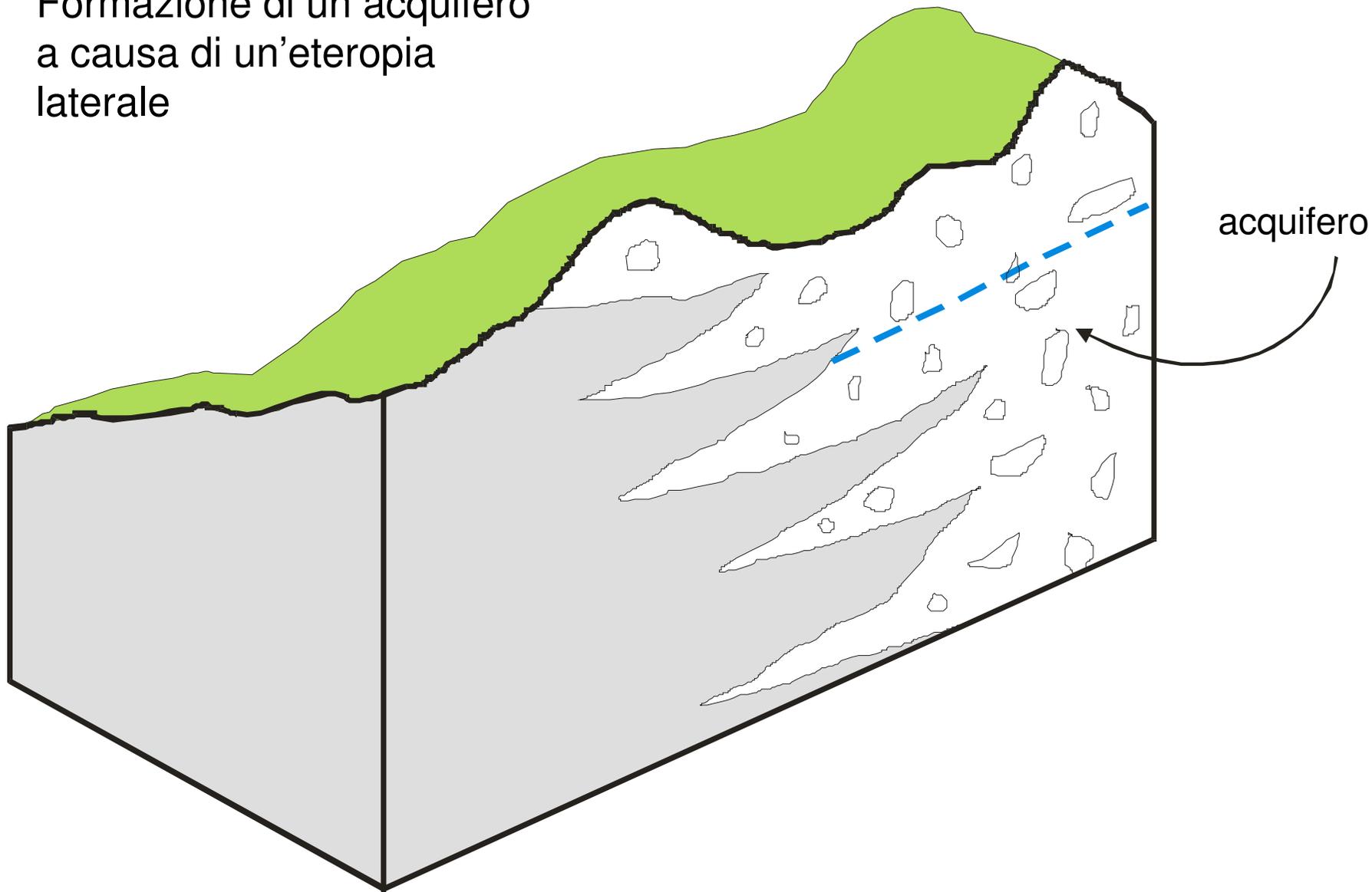
(Freeze, Cherry)

Le zone più fratturate sono quelle a maggiore permeabilità ed accumulo idrico

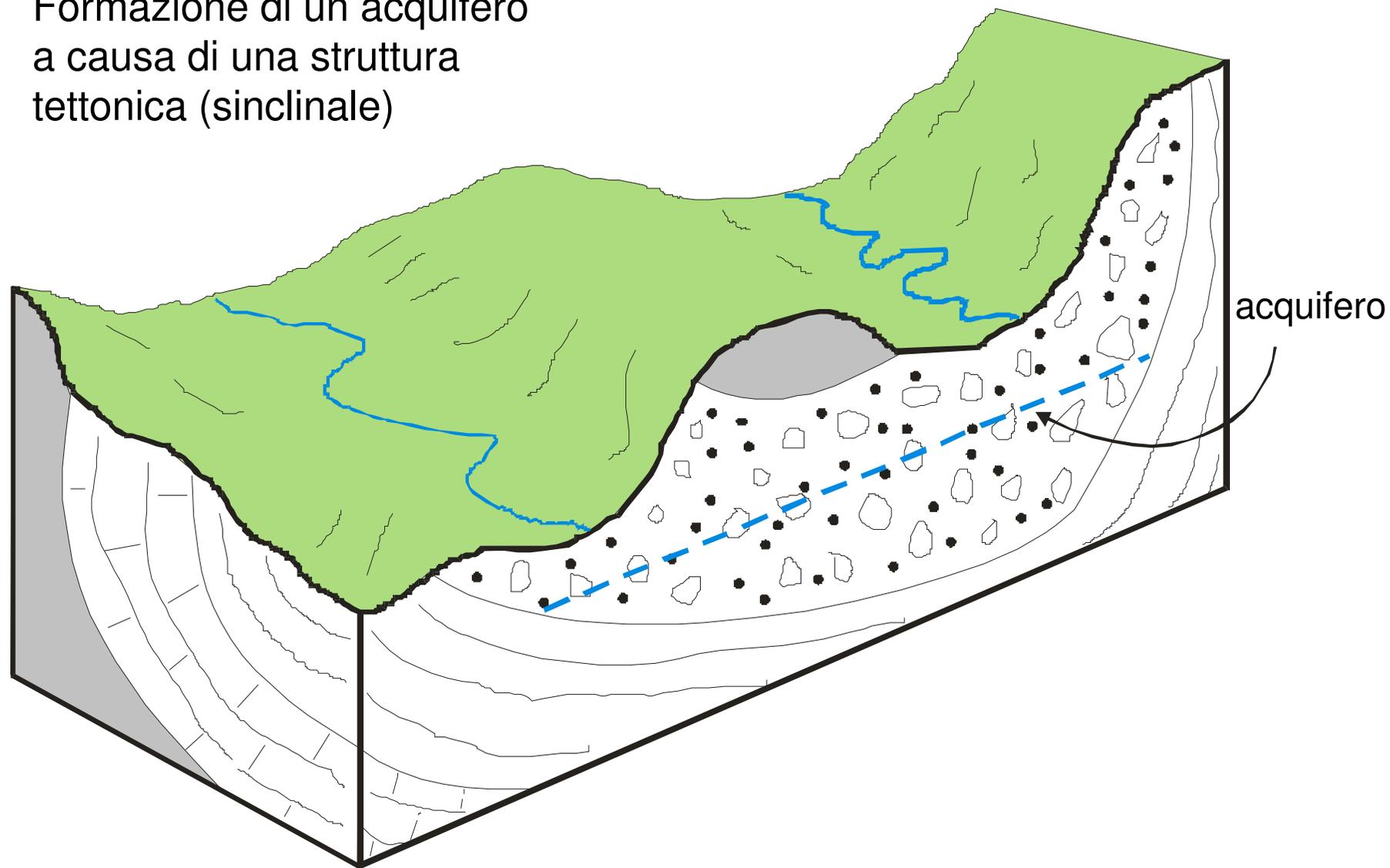
Formazione di un acquifero
a causa di un contatto laterale
impermeabile (faglia)

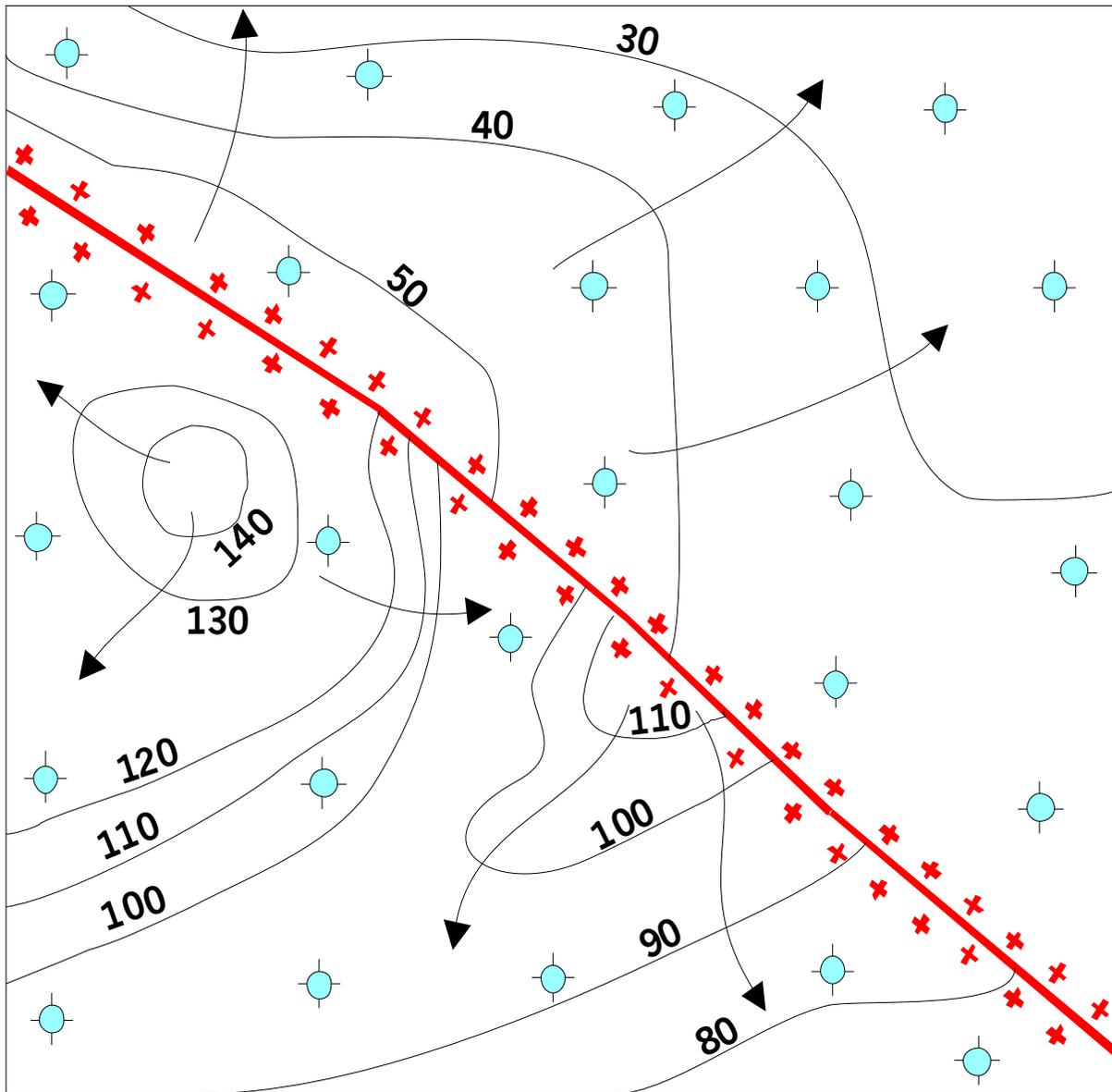


Formazione di un acquifero
a causa di un'eteropia
laterale



Formazione di un acquifero
a causa di una struttura
tettonica (sinclinale)



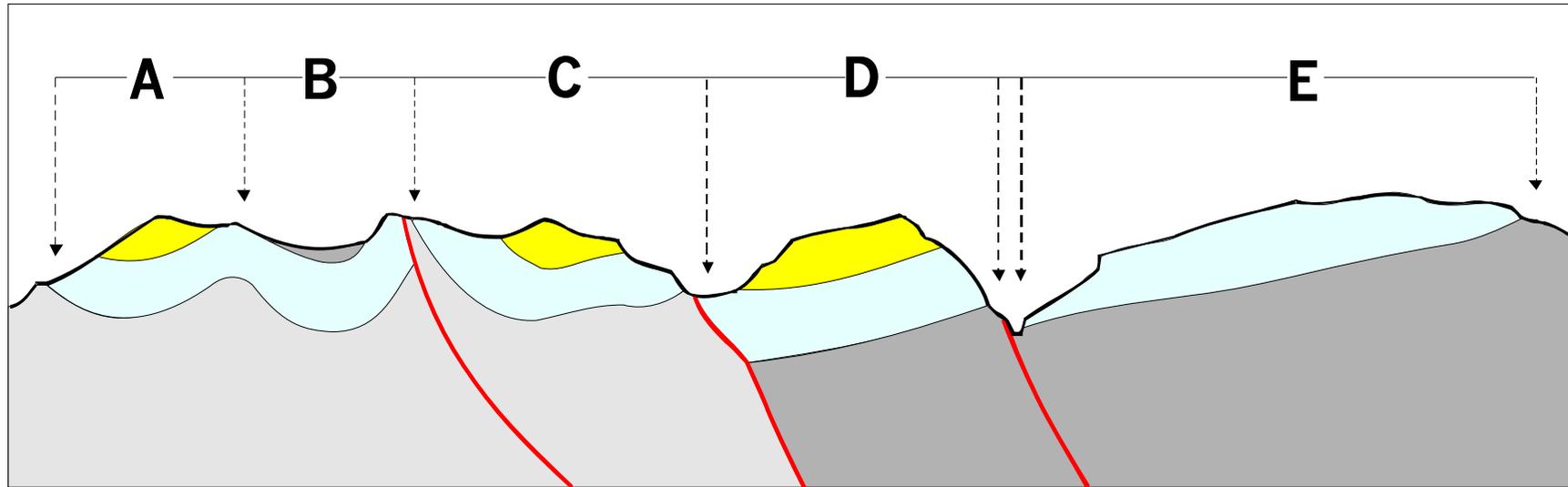


La figura mostra il caso di un'alimentazione proveniente da un circuito profondo, risalente lungo una zona di roccia fratturata e messa in evidenza dalla piezometria.

La costruzione delle linee isopieze deve tenere conto della particolare struttura geologica, prima di essere disegnata.

Quale parametro idrogeologico può far supporre una situazione di questo tipo ?

Limiti di alcuni bacini idrogeologici in diverse strutture



Notare la diversità tra i bacini idrogeologici A, B, C, D, E e quelli idrografici. Il bacino idrogeologico rappresenta quindi il territorio le cui acque sotterranee affluiscono alla falda; la sua delimitazione è molto più incerta di quella di un bacino idrografico e ad essa si arriva esaminando gli elementi che determinano una separazione delle acque sotterranee in corpi idrici distinti. Ripensando alle figure precedenti possiamo sintetizzare una serie di elementi raggruppati in diverse categorie di limiti geologici e geomorfologici

ELEMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI	LIMITE DEL BACINO
<p>Livelli impermeabili che impediscono l'intercomunicazione tra acque di aree limitrofe</p> <p>Faglie, fratture con materiale impermeabile, filoni</p> <p>Elementi morfologici che interrompono la continuità di un acquifero obbligando ad esempio le acque ad emergere (fianchi vallivi, pareti rocciose)</p> <p>Discontinuità dell'acquifero (ad es. lenti impermeabili)</p>	<p>LIMITI IMPERMEABILI <i>(no flow boundary)</i></p>
<p>Corpi idrici superficiali che ricevono le acque di falda (mari, fiumi, laghi, cave)</p> <p>Orizzonti sorgentizi o sorgenti isolate</p>	<p>LIMITI DI SBOCCO O RECAPITO <i>(sink term)</i></p>
<p>Corsi d'acqua o laghi che determinano l'alimentazione delle falde (ghiacciai o nevai con le stesse funzioni)</p> <p>Aree di buona permeabilità che facilitano l'infiltrazione dalla superficie</p> <p>Per le falde profonde, comunicazioni con la superficie o falde superficiali o con acquiferi inferiori (es. acque fossili)</p>	<p>LIMITI DI ALIMENTAZIONE <i>(source term)</i></p>
<p>Limiti idraulici, cioè spartiacque determinati dalla quota piezometrica in un determinato periodo e che sono soggetti pertanto a spostamenti durante l'anno (possono impedire o favorire lo scambio di acqua)</p> <p>Esistenza di un substrato roccioso non impermeabile che separa due bacini idrogeologici e che solo temporaneamente può permettere uno scambio tra due bacini vicini</p>	<p>LIMITI DI SCAMBIO</p>

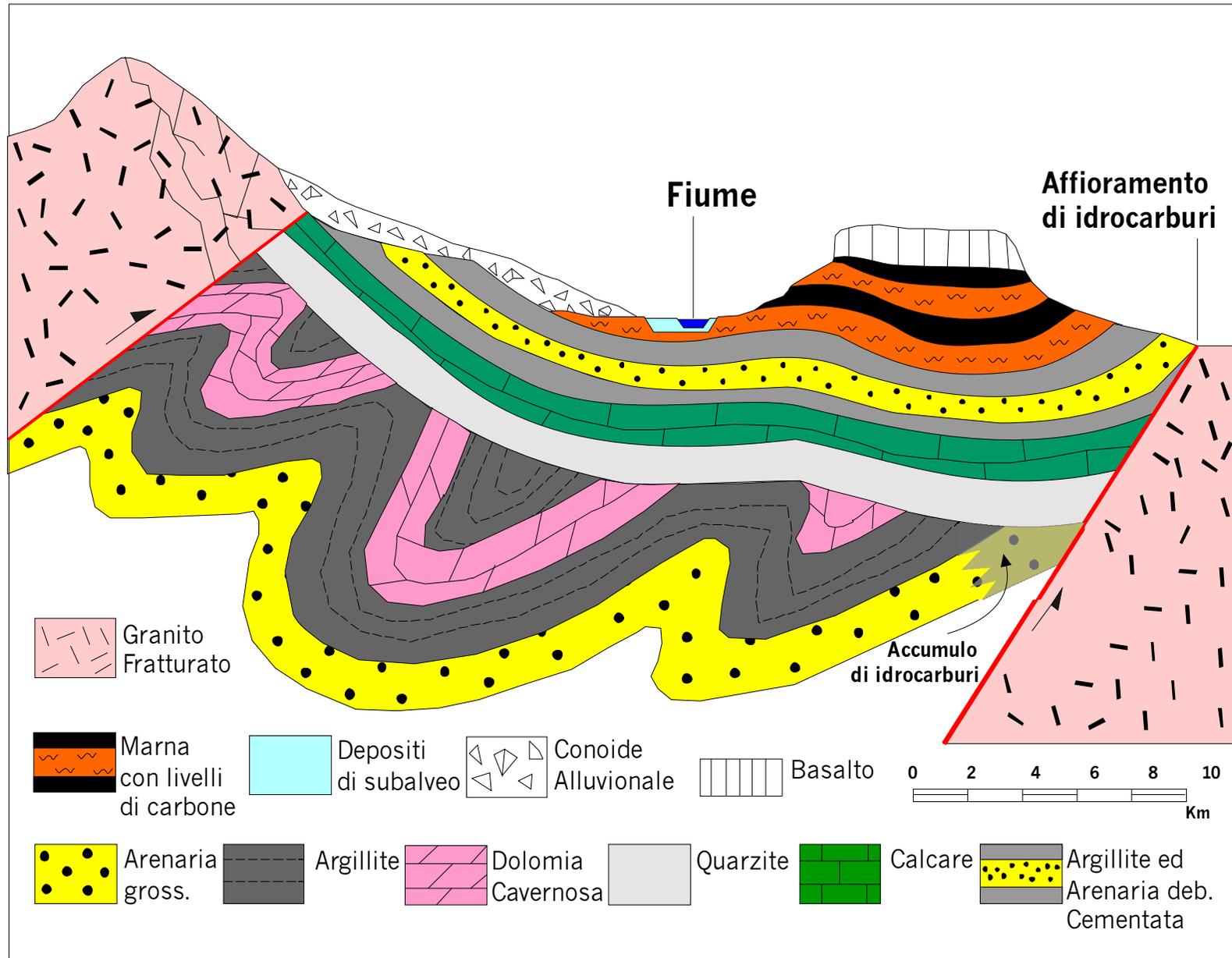
Caratteristiche dei bacini idrogeologici in relazione ai limiti

Importante !

**Un calcolo del bilancio
per essere attendibile si
deve basare su una
buona ricostruzione della
geometria del bacino
idrogeologico**

*Idrogeologia:
Parte introduttiva
e fenomeni di
deposizione*

Interpretazione idrogeologica di un profilo

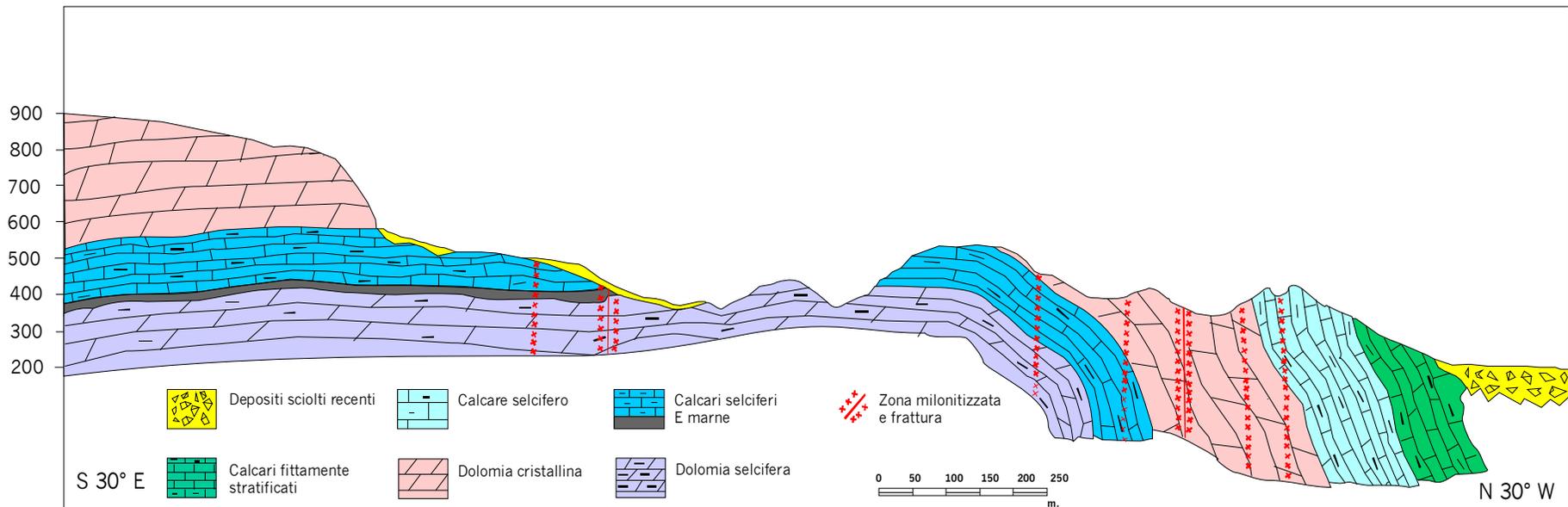


Lettura ed interpretazione di profili a fini idrogeologici

La figura precedente rappresenta una sezione geologica ipotetica, di un'area a clima caldo e semiarido.

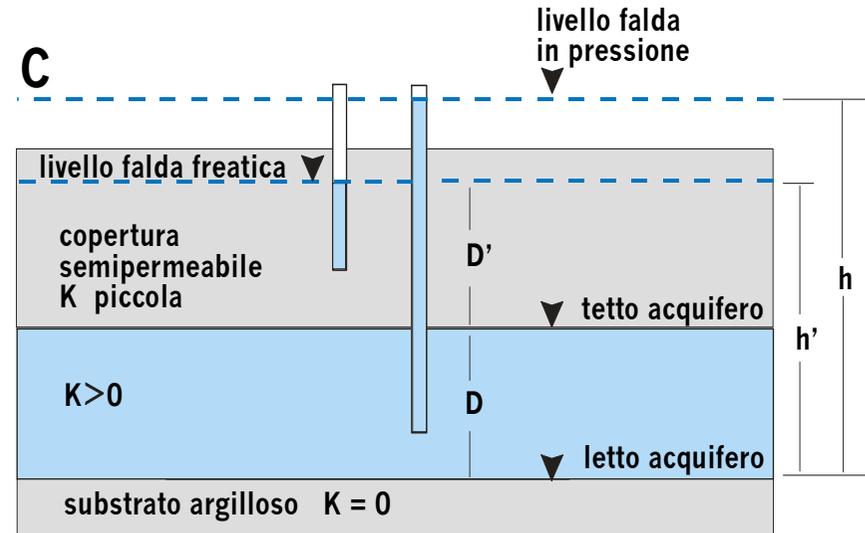
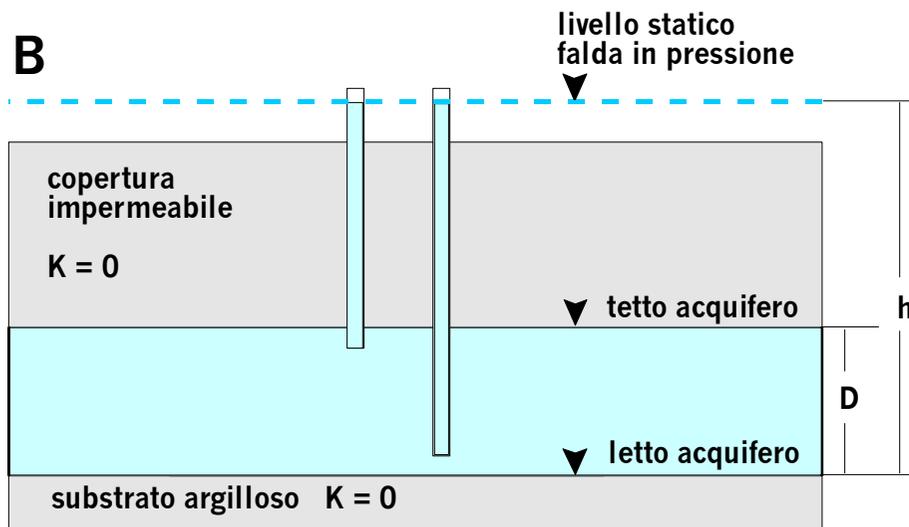
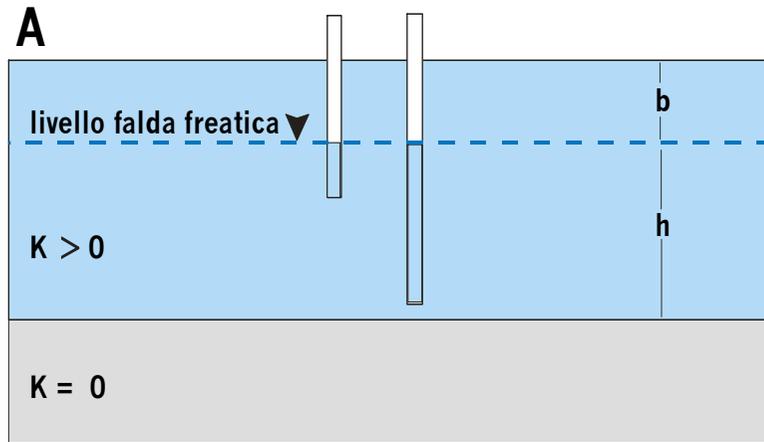
- Elencare le formazioni rocciose che potrebbero essere sede di un acquifero d'acqua dolce
 - Quale degli acquiferi è artesiano?, segnare con una freccia la sua direzione di flusso
 - Localizzare con matite colorate una serie di pozzi di diverso tipo (A,B,C,D) che si potrebbero perforare; se vi sono due o più in una stessa area marcarli con A', B', C'
 - A pozzo freatico in acqua dolce
 - B pozzo fluente in acqua dolce
 - C pozzo artesiano (non fluente)
 - D pozzo in pompaggio in acqua salata
-
- Indicare anche due punti (E – E') in cui si potrebbero trovare sorgenti d'acqua dolce; supponiate di dover pompare acqua salata da utilizzare per il suo contenuto in iodio; come evitare la diluizione d'acqua salata con quella dolce nel pozzo?
 - Nella regione la piovosità media è di circa 500 mm/a e la copertura vegetale scarsa; in questo caso l'evaporazione è elevata rispetto a quella delle nostre latitudini (45° nord), e sicuramente dell'ordine di 2500 mm/a; fornire alcune ipotesi per spiegare l'esistenza e l'eventuale ricarica attuale degli acquiferi

Interpretazione idrogeologica di un profilo



Descrivere le diverse litologie, dal punto di vista idrogeologico, valutare tipologia e zone più idonee ai fini di una captazione

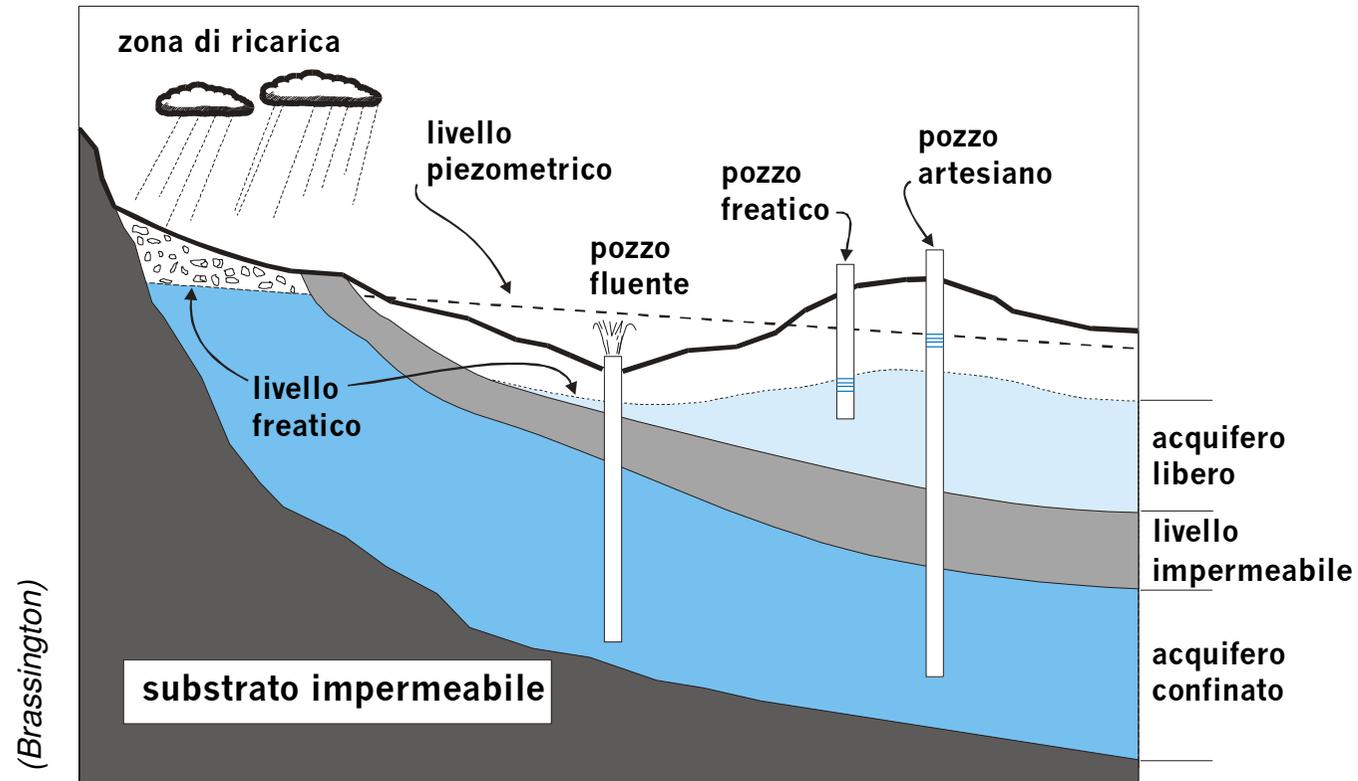
Terminologia di base



A: acquifero freatico; B: acquifero confinato; C: acquifero semiconfinito

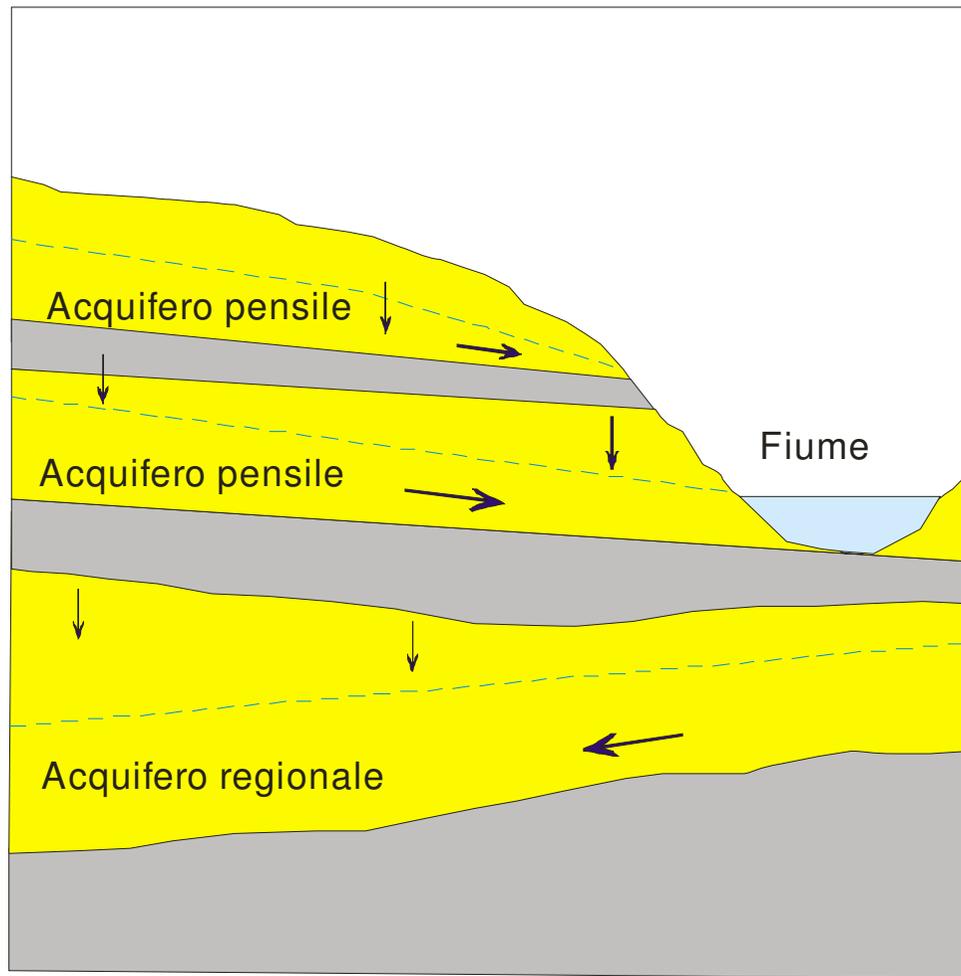
Dagli esempi fin qui mostrati possiamo quindi definire gli acquiferi come costituiti da una parte, un gruppo od una sola formazione di terreno sciolto o roccioso, saturo e permeabile ed in grado di fornire una quantità d'acqua sufficiente per un pozzo od una sorgente. I più produttivi e costanti come portata sono in materiale sciolto, permeabili per porosità, seguono quindi quelli carsici, permeabili per fratturazione e carsismo e quelli fratturati in generale

Sezione schematica illustrante gli acquiferi freatici ed artesiani



Gli acquiferi freatici sono in equilibrio con la pressione atmosferica, mentre nei confinati l'acqua è costretta all'interno di due livelli impermeabili e ad una pressione superiore a quella atmosferica. Il livello piezometrico è regolato dalle zone di ricarica e di accumulo, da quelle di prelievo, e dalla permeabilità del terreno

Esempio di acquifero pensile e regionale



— Livello piezometrico
■ Acquifero ■ Acquitrardo

Quali sono i limiti di:

Ricarica,

Recapito,

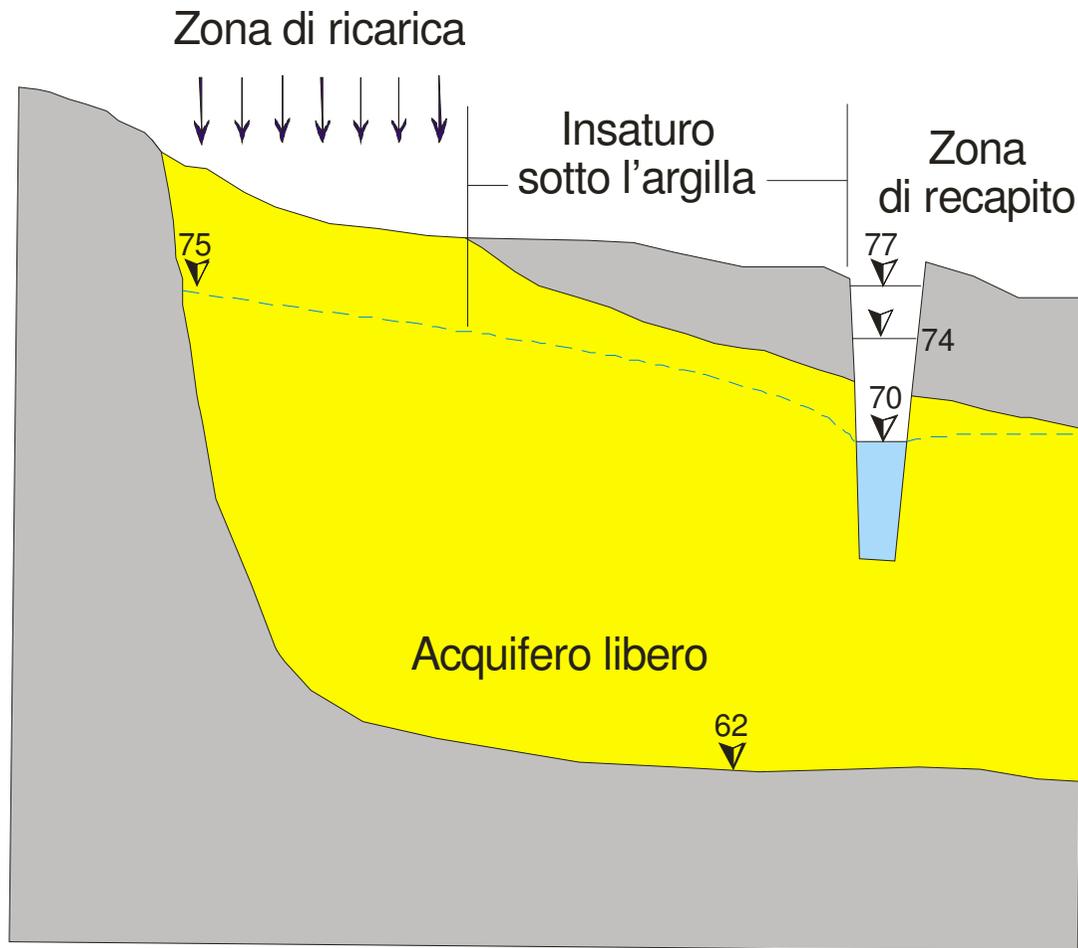
Impermeabili

?

Ubicare una (o più) sorgenti



Un livello impermeabile sopra un acquifero non necessariamente lo rende confinato



Acquifero freatico al di sotto di un livello argilloso

Come si modificano i rapporti Idrogeologici e la struttura, se il livello del fiume sale a quota 74 m ?
 e se sale a quota 77 m ?
 (ipotizzare fissa a 75 m, la quota di alimentazione)

(modificato da Vukovic-Soro, 1997)