

CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA

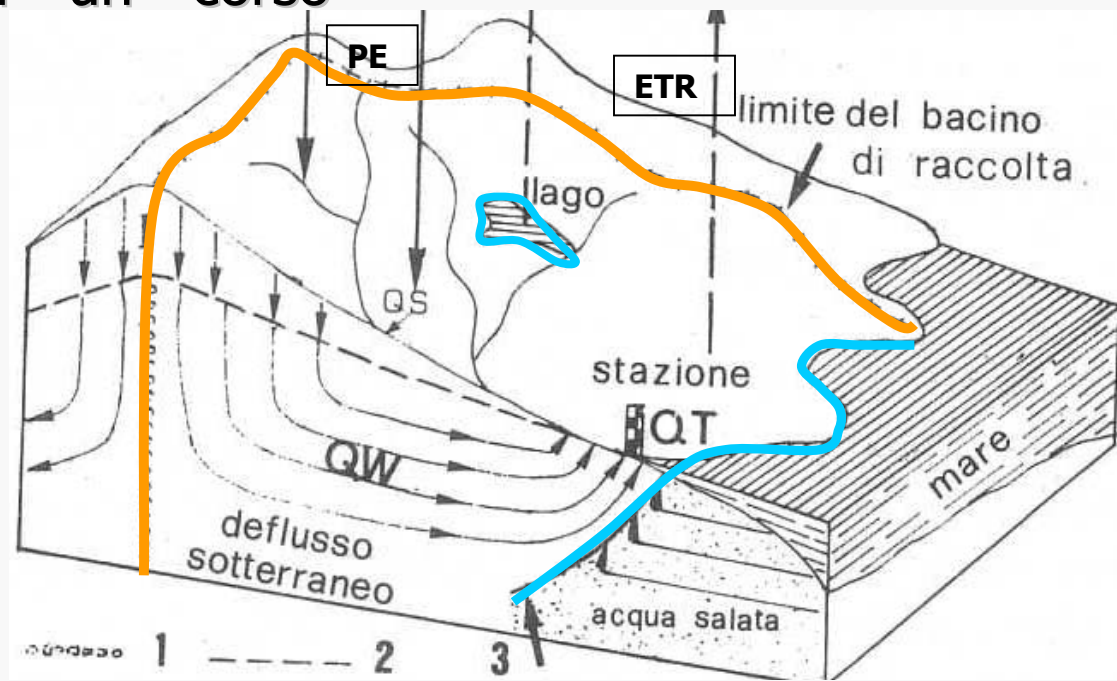
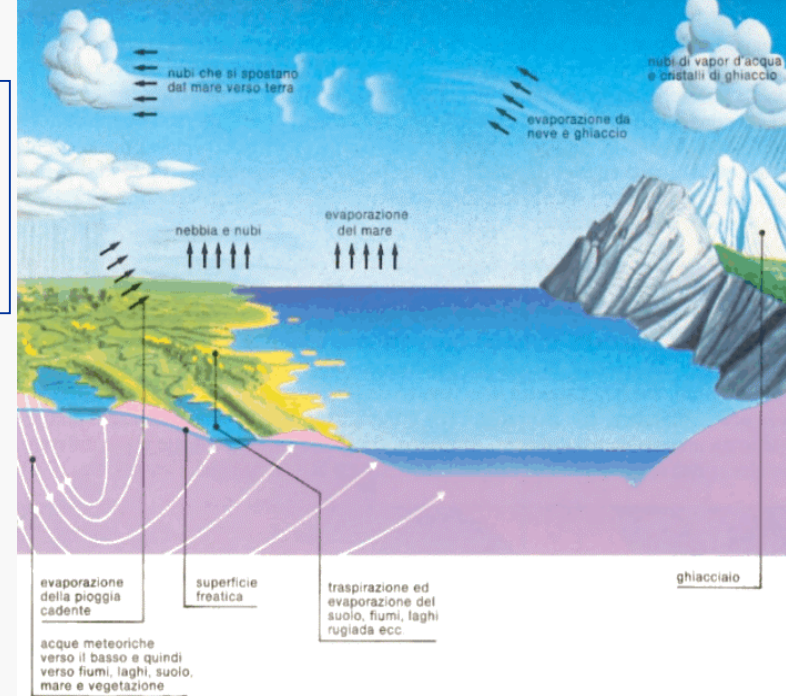
P. Trefiletti

SISTEMA IDROLOGICO

Un sistema idrologico è un sistema dinamico che rappresenta una frazione del ciclo globale dell'acqua

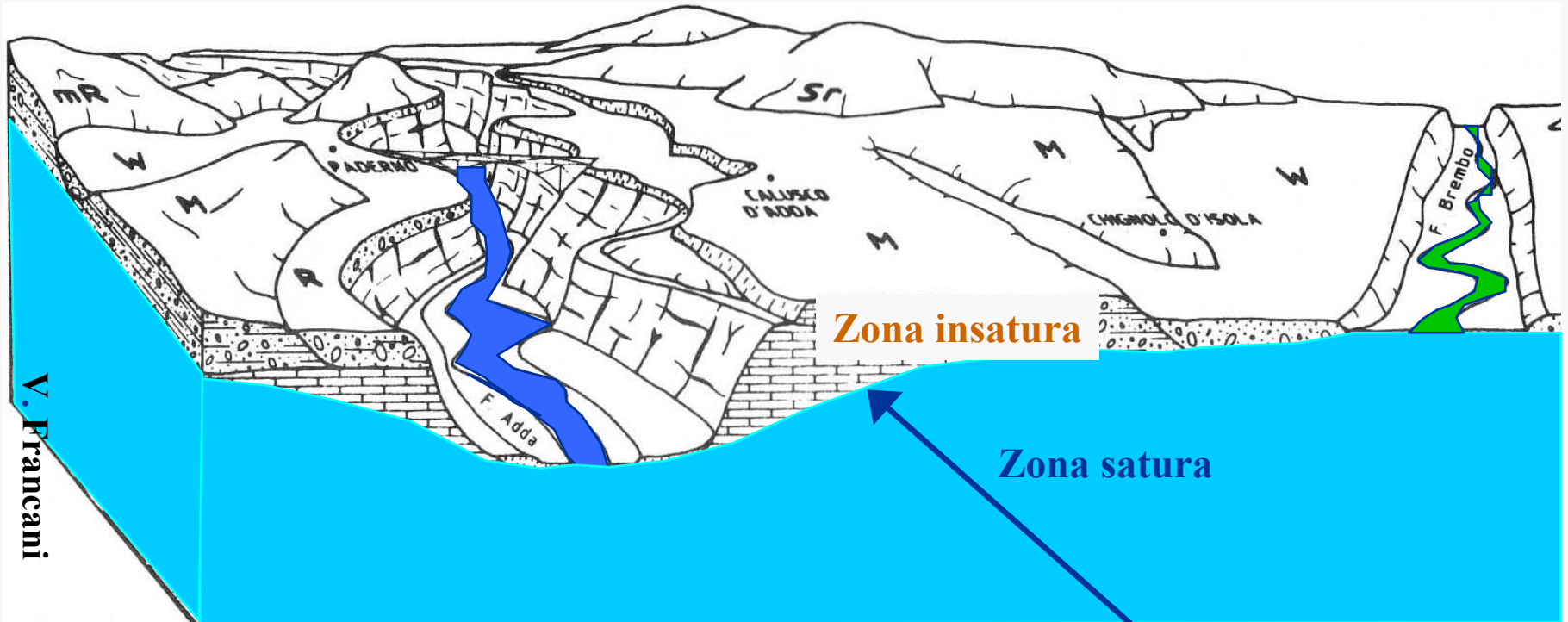
Sue caratteristiche principali sono:

- Si tratta in genere di una vasta area (dal centinaio al migliaio di Km²) circoscritta da limiti fisici quali le creste dei rilievi (spartiacque) che delimitano il bacino di raccolta (o collettore) di un corso d'acqua e dei suoi affluenti;
- in superficie corrisponde dunque al bacino idrografico.



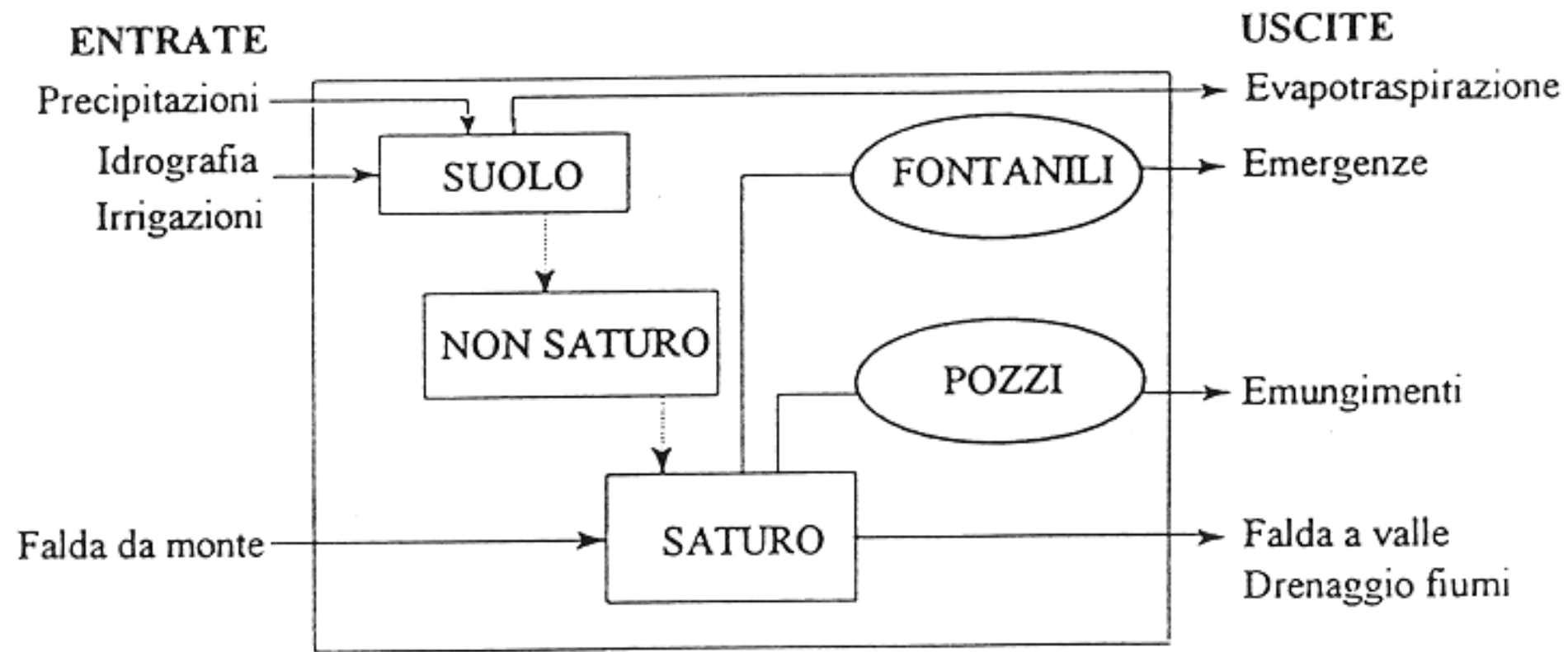
BACINO IDROGEOLOGICO

Il bacino idrogeologico rappresenta la porzione del bacino idrologico situata sotto la superficie del suolo ed è il dominio delle acque sotterranee



SUPERFICIE FREATICA
(WATER TABLE)

IL SISTEMA IDROGEOLOGICO



ELEMENTI FONDAMENTALI DEL BILANCIO IDRICO

<u>Elementi che costituiscono la Ricarica</u>	<u>Elementi che costituiscono le uscite</u>
P = precipitazioni sul bacino idrogeologico	D_f = uscite
P_e = piogge efficaci	F_n = uscite da fontanili
I_r = infiltrazione da irrigazione	D_r = drenaggio da fiumi e altri corpi idrici
A_r = afflusso da corsi d'acqua	D_p = prelievi
F = infiltrazioni provenienti da ricariche artificiali	E_t = evaporazione del bacino idrogeologico
D = drenanza da acquiferi profondi	E_c = evaporazione da specchi d'acqua naturali o artificiali

AQUIFERI

Il bacino idrogeologico è costituito da uno o più ACQUIFERI che costituiscono le unità idrogeologiche maggiormente permeabili entro cui le acque sotterranee fluiscono.

Le acque sotterranee si organizzano in corpi idrici aventi caratteristiche differenti a seconda della natura dei terreni entro cui scorrono.

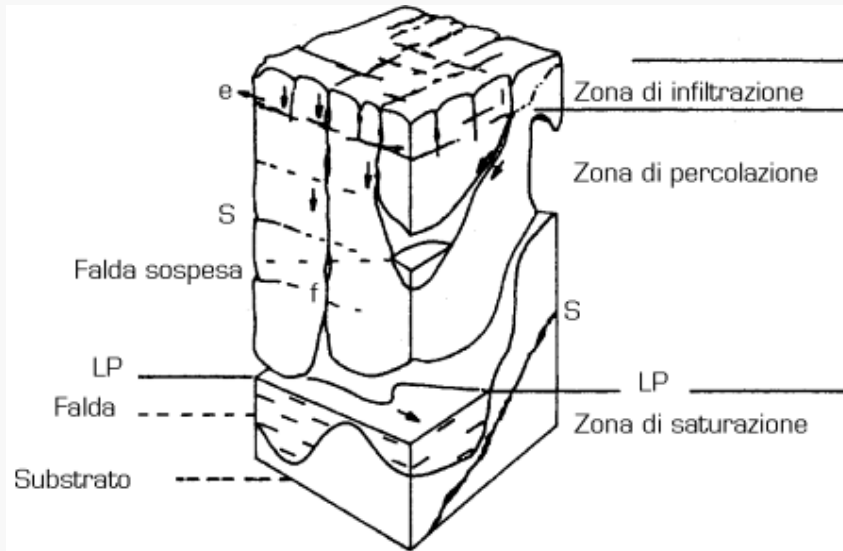
- Rocce cristalline o sedimentarie (non soggette a fenomeni carsici): le acque circolano prevalentemente lungo fratture e discontinuità.
- Rocce sedimentarie interessate da dissoluzione carsica: le acque scorrono non solo lungo le fratture ma anche all'interno di cavità e condotti.
- Terre sciolte: le acque vanno a riempire i vuoti presenti tra un granulo e l'altro.

I terreni saturi d'acqua all'interno dei quali avviene il deflusso sotterraneo vengono denominati ACQUIFERI, mentre il termine FALDE viene riservato alle acque che vi circolano.

Tipi di acque nel sottosuolo

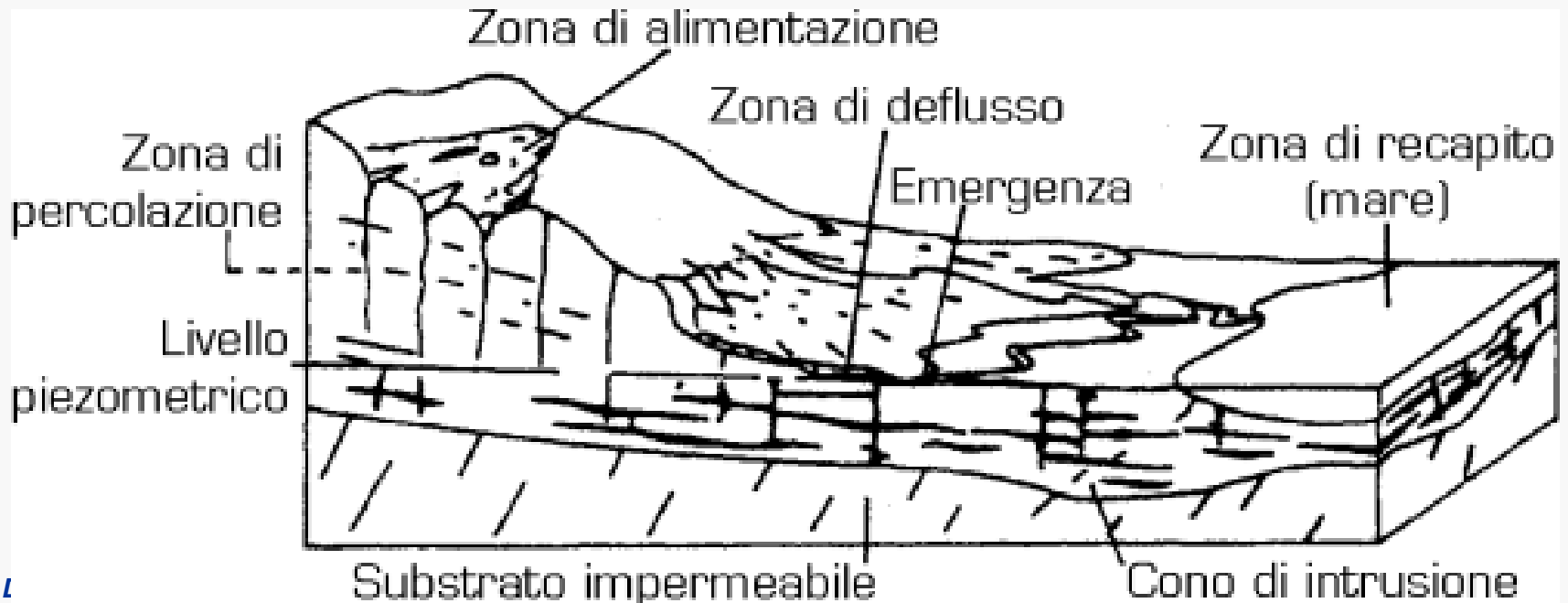
Denominazione	Caratteristiche generali	Giacitura
<p>1) H₂O di ritenzione</p> <p>a) igroscopica b) pellicolare c) capillare</p>	<p>a) può essere eliminata solo per completa evaporazione</p> <p>b) Eliminata solo per centrifugaz. e evaporazione</p> <p>c) se isolata occupa canalicoli e non si sposta per azione della gravità: elim. per centrifug.</p>	<p>a) aderisce ai granuli o in gocce o in pellicole</p> <p>b) pellicole sottili intorno ai granuli</p> <p>c) canalicoli isolati</p>
<p>2) H₂O gravitativa (libera in senso stretto)</p>	<p>se continua può spostarsi per azione della gravità; elim. per gravità (sgocciolamento);</p>	<p>occupa gli spazi intergranulari liberi da altri fluidi e dalle a. di ritenzione sotto il livello piezometrico</p>

ACQUIFERI

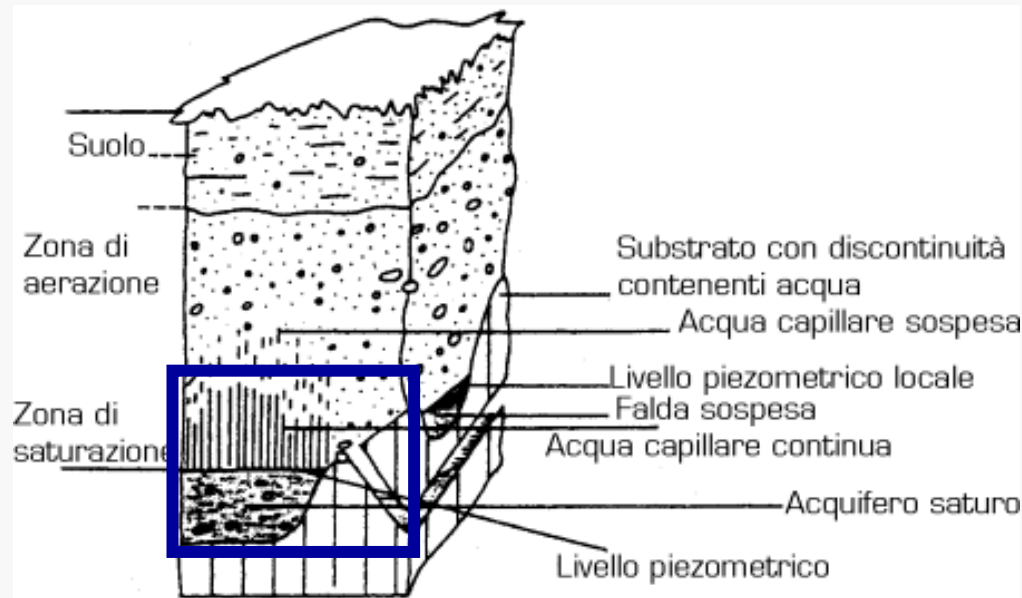


e = emergenza; f = frattura; S = giunto di stratificazione

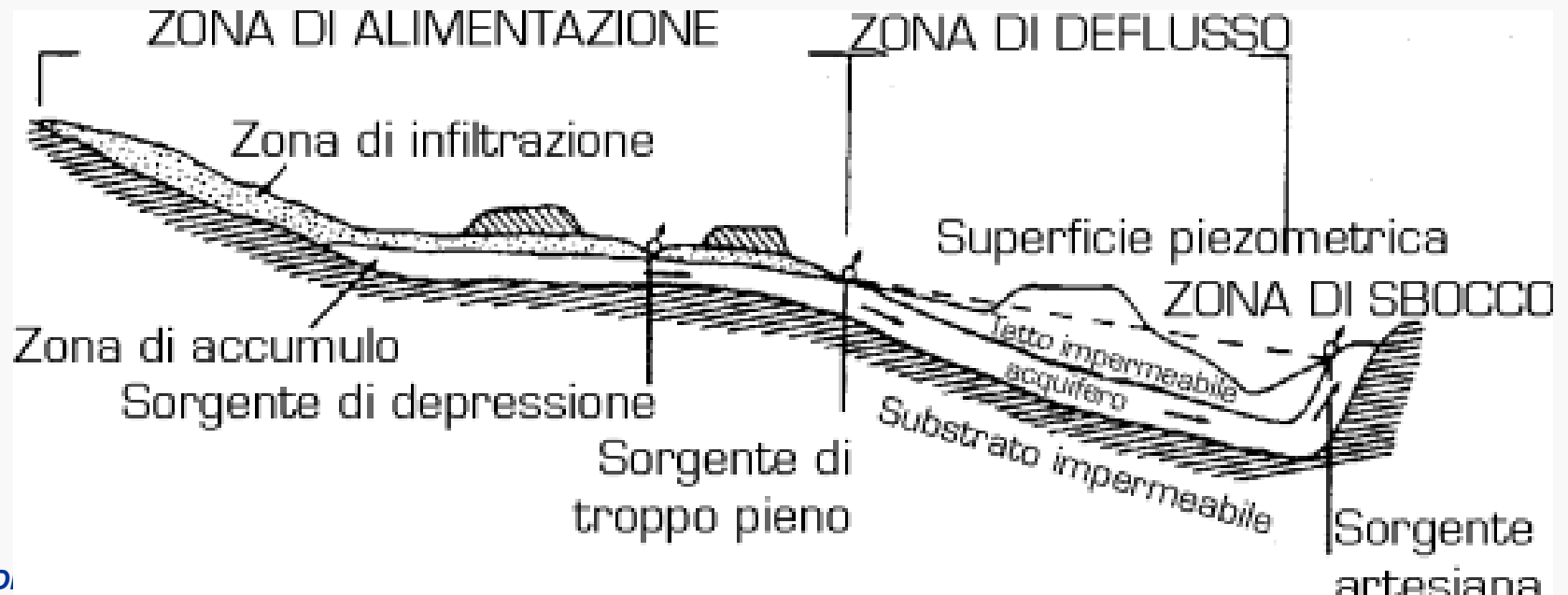
IN ROCCIA



ACQUIFERI



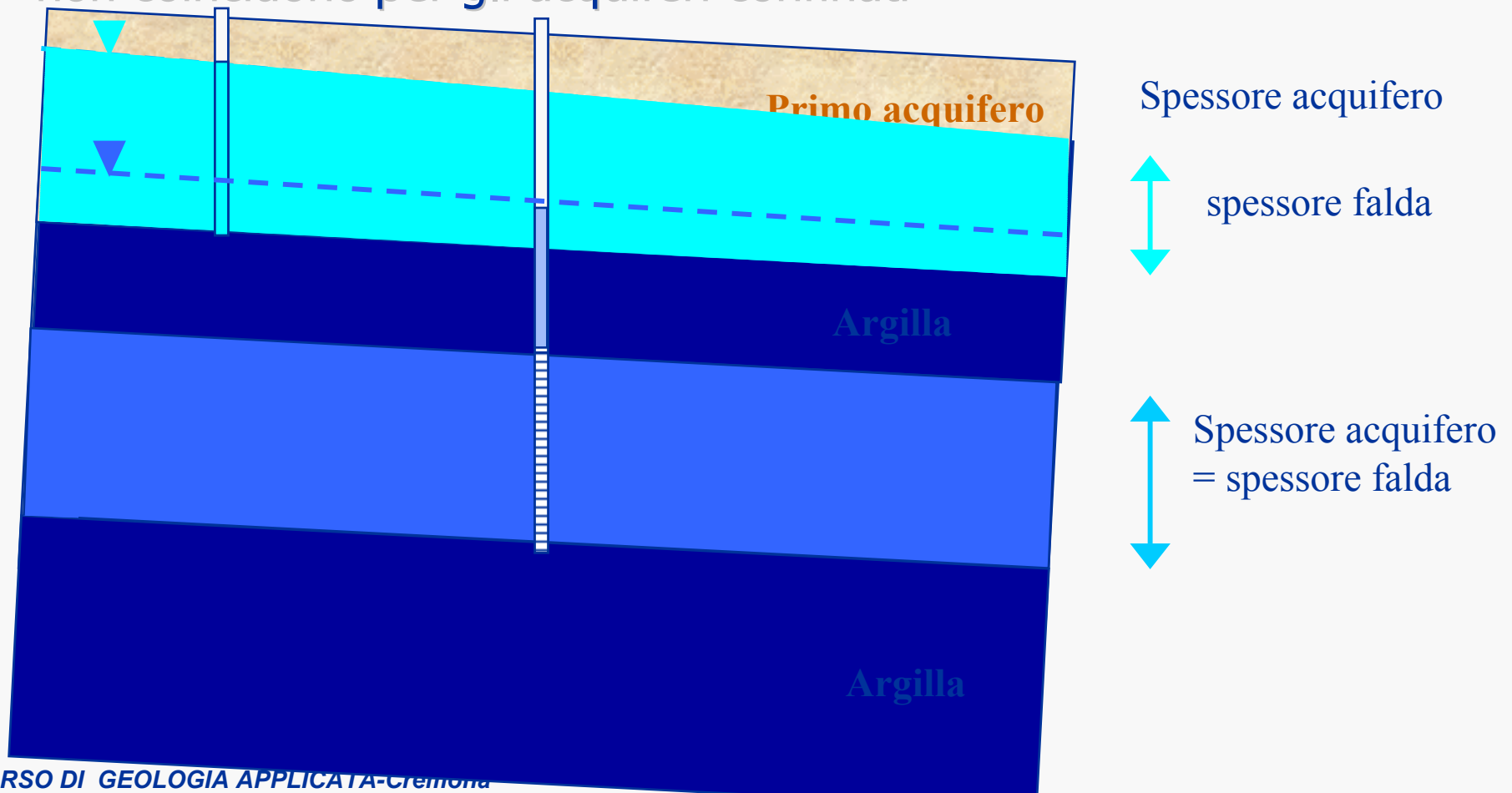
IN TERRENO SCIOLTO



AQUIFERI

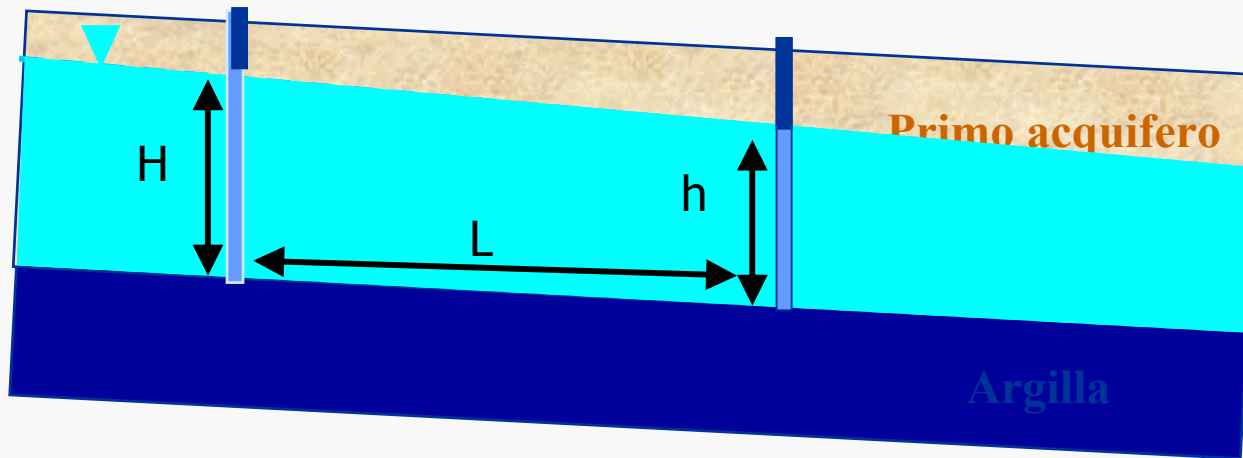
Acquifero e falda non sono sinonimi e possono avere spessori diversi

La porzione di terreno saturo e il **livello piezometrico** solitamente non coincidono per gli acquiferi confinati



PARAMETRI IDROGEOLOGICI

- **Livello piezometrico (h):** il carico idraulico in un punto P dell'acquifero è definito come il livello a cui si porta l'acqua in un piezometro, rispetto ad un livello di riferimento posto uguale a zero [m]
- **Gradiente idraulico:** è la caduta di pressione (perdita di carico idraulico) per unità di lunghezza. "Pendenza" della falda
$$i = (H - h) / L \quad [\%]$$

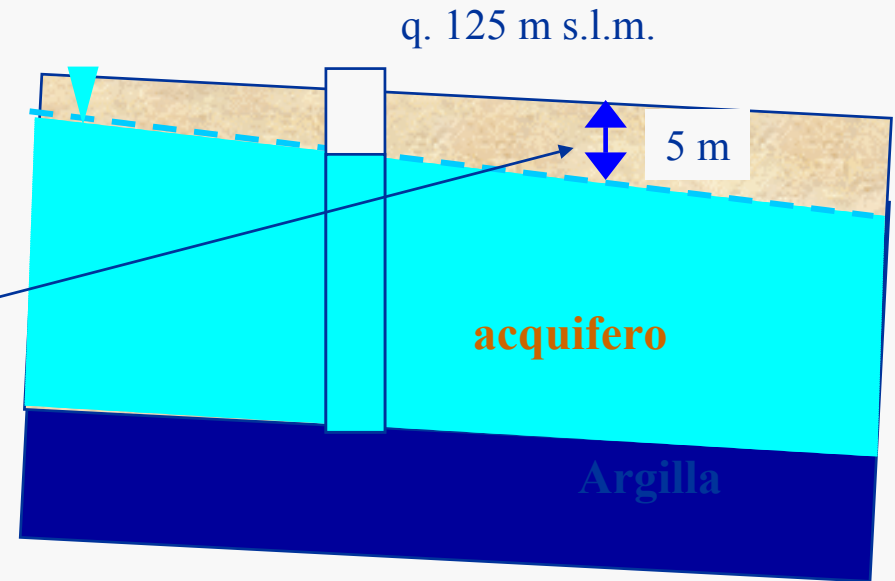


LA SUPERFICIE PIEZOMETRICA

La superficie piezometrica rappresenta la distribuzione dei carichi idraulici di una falda in una determinata regione

Il livello piezometrico (H) viene misurato tramite tubi immessi in perforazioni del terreno (pozzi o piezometri) che raggiungono la zona satura

Tramite strumentazione (es. freatimetro) viene misurata la distanza tra la superficie topografica e la superficie piezometrica (**SOGGIACENZA**)

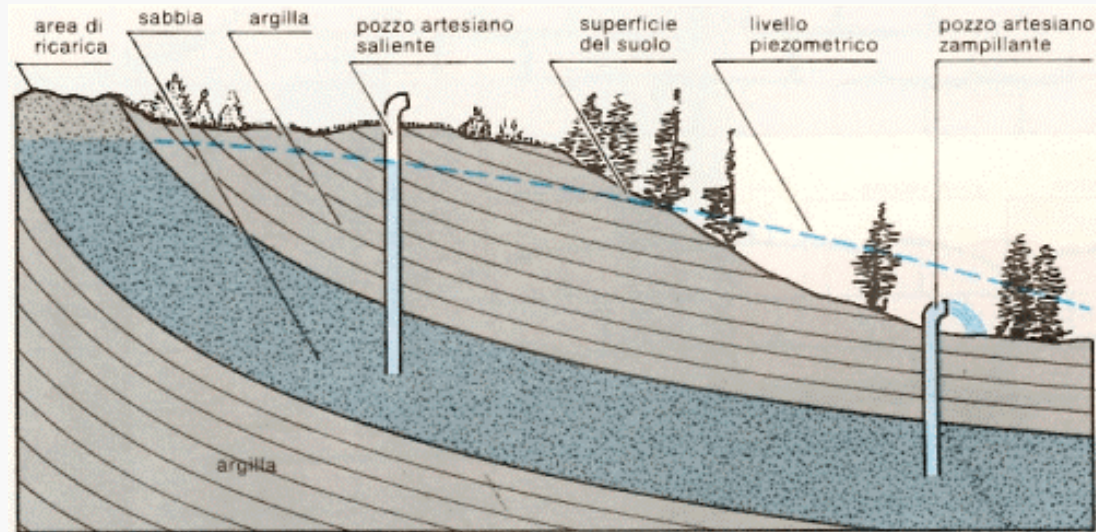


QUOTA PIEZOMETRICA

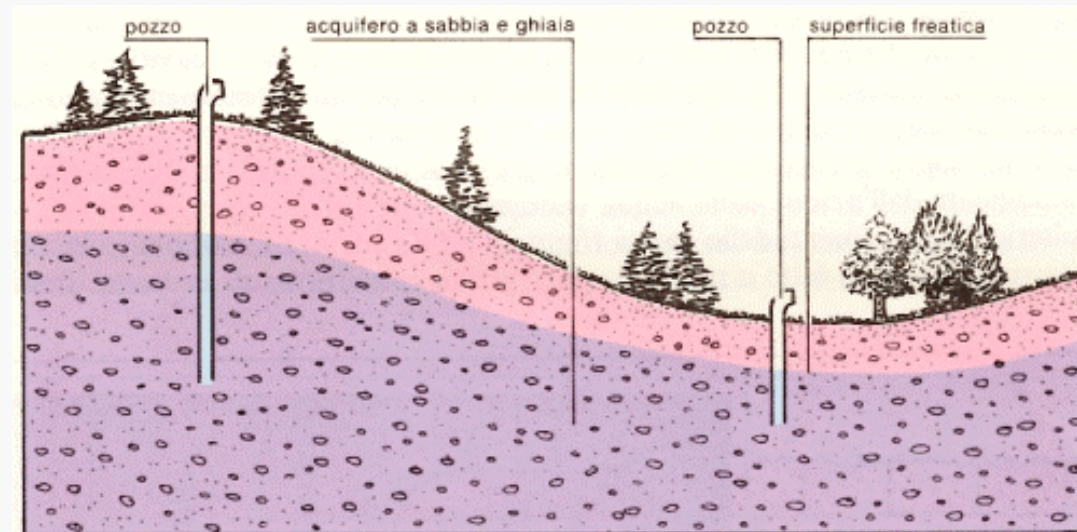
$$125 \text{ m (quota topografica m s.l.m.)} - 5 \text{ (soggiacenza) m} = 120 \text{ m s.l.m.}$$

TIPI DI ACQUIFERO-FALDA

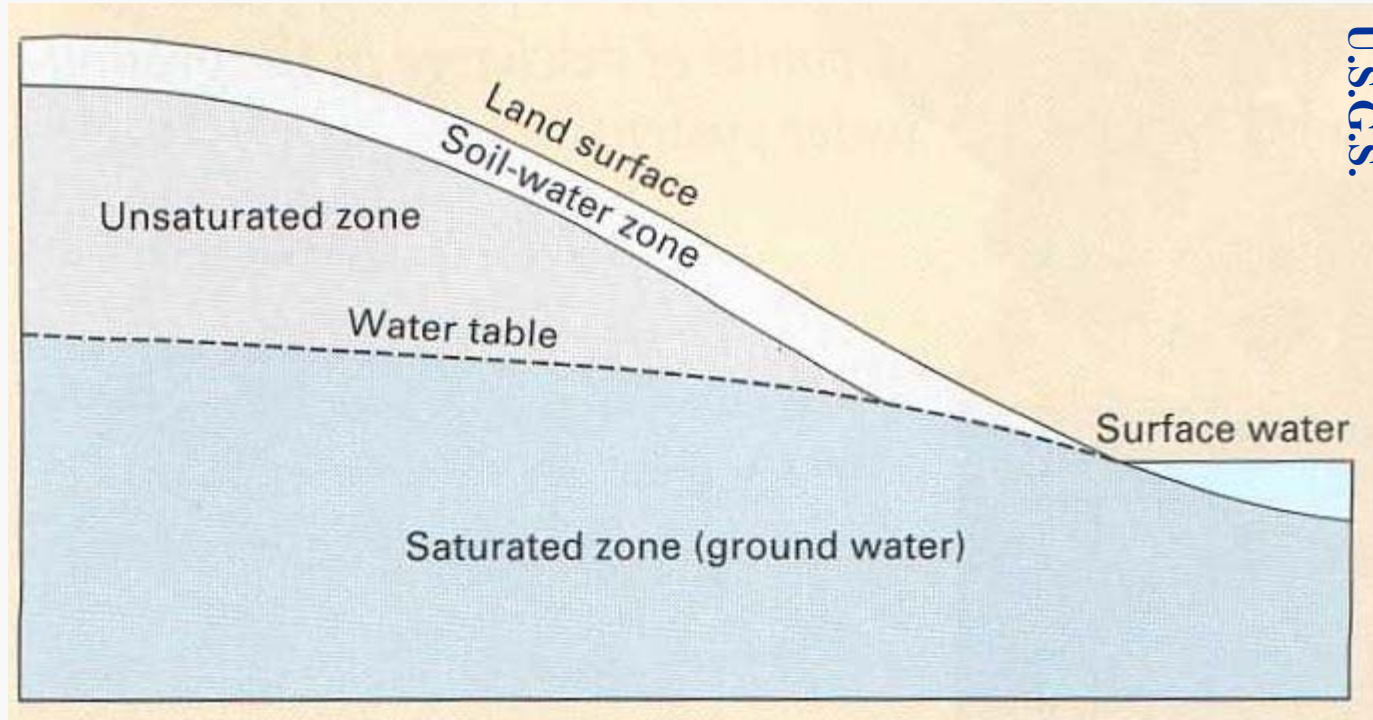
- **Acquifero (falda) in pressione** = è limitato superiormente e inferiormente da setti a bassa permeabilità continui attraverso i quali non avviene filtrazione d'acqua



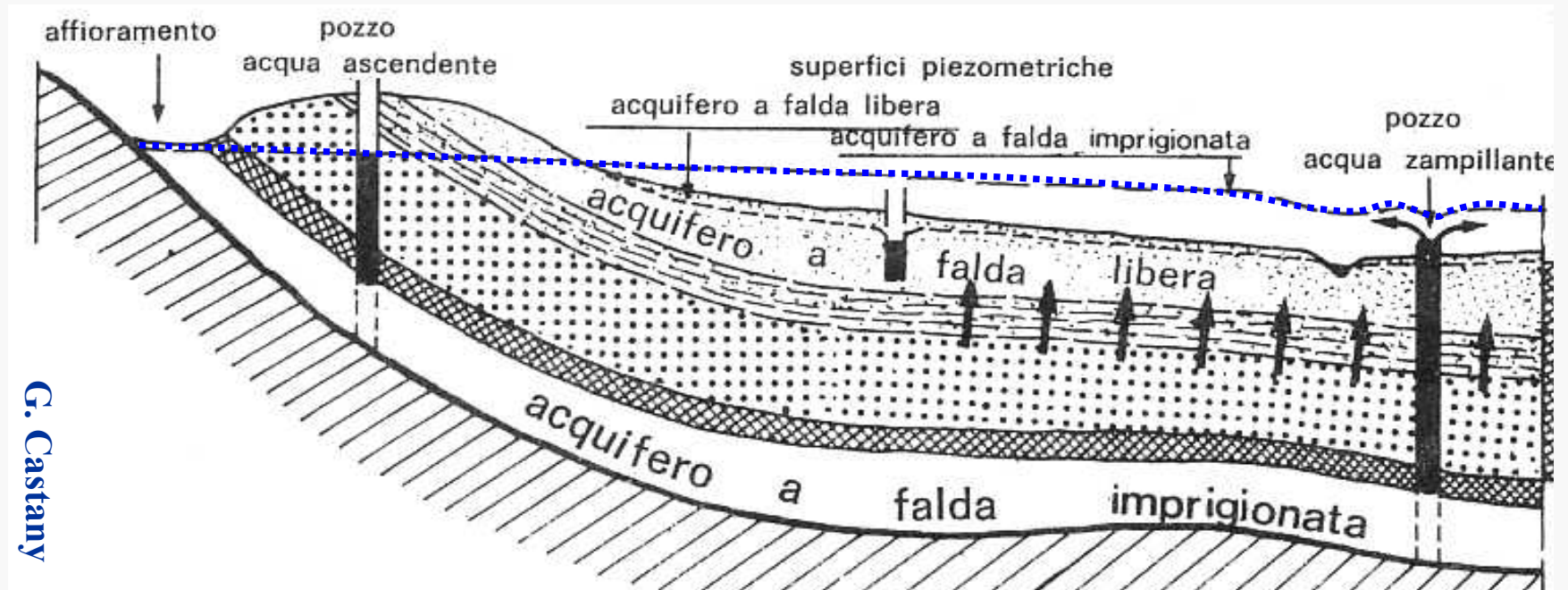
- **Acquifero (falda) libero** = è limitato solo inferiormente da un substrato e la falda può liberamente sollevarsi nel corso dell'anno a seconda delle condizioni di alimentazione



Falde libere: in questo caso la superficie piezometrica coincide con la superficie superiore della zona satura del sottosuolo

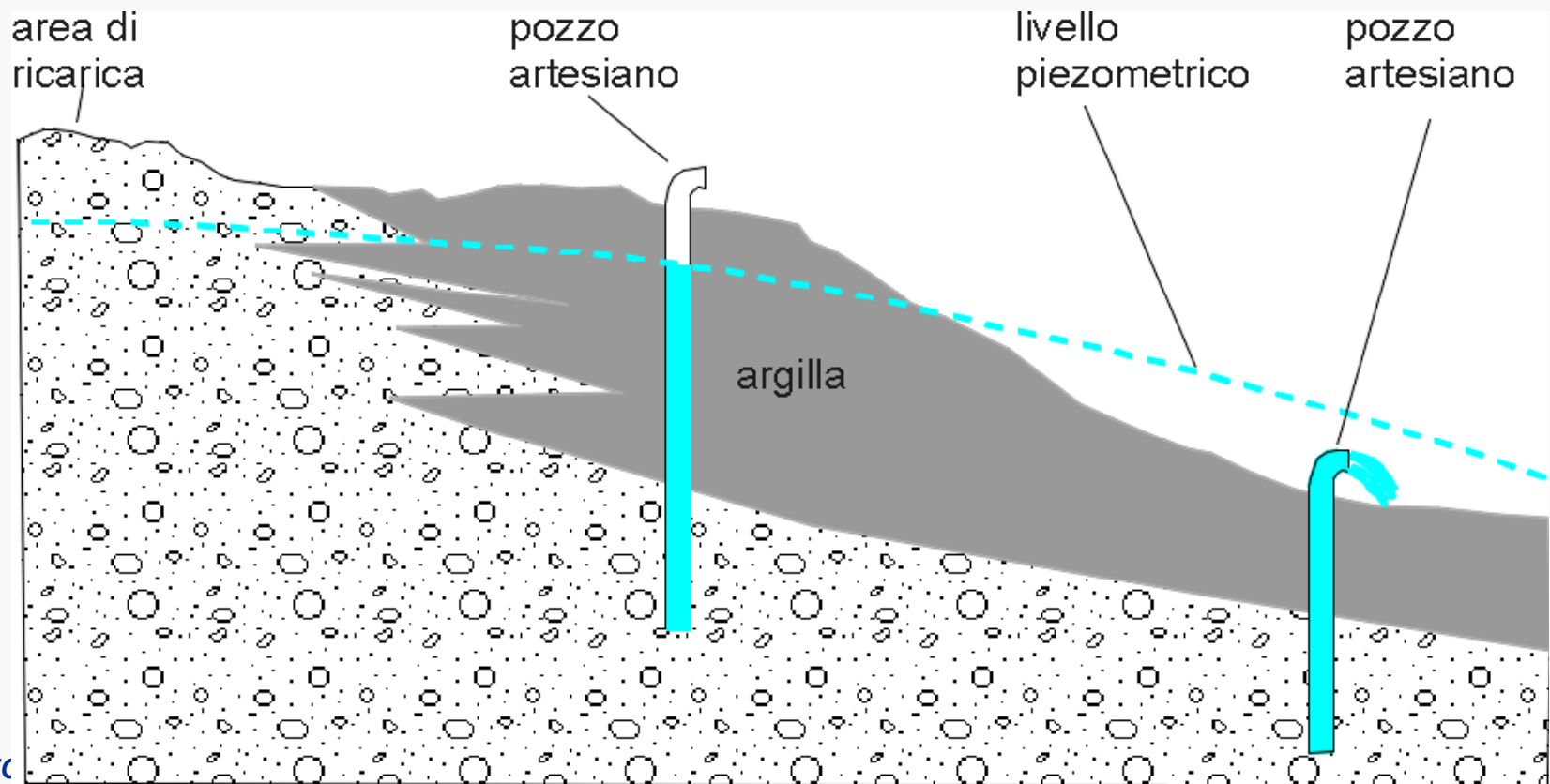


Falde in pressione: di norma la superficie piezometrica non coincide con la superficie superiore della zona satura, ma ha una quota superiore al tetto impermeabile che confina superiormente l'acquifero confinato



l'acquifero, compreso tra un tetto (impermeabile o semipermeabile) e un letto impermeabile, subisce una pressione (geostatica) dall'alto verso il basso pari alla colonna di terreno sovrastante. Tale pressione è equilibrata all'interno dell'acquifero dalla pressione dei pori (l'acqua è in pressione).

Falde in pressione: quando si realizza una perforazione che capta una falda confinata, venendo a mancare in quel punto la pressione geostatica, il livello dell'acqua nel foro potrà stabilizzarsi alla quota di equilibrio che indica il livello piezometrico. In alcuni casi il livello piezometrico può essere superiore alla superficie topografica (falda artesianiana). Se invece il livello risale sopra il tetto dello strato confinante ma non arriva in superficie si parla di "falda saliente" o "semiartesianiana"



Grado di separazione di due acquiferi

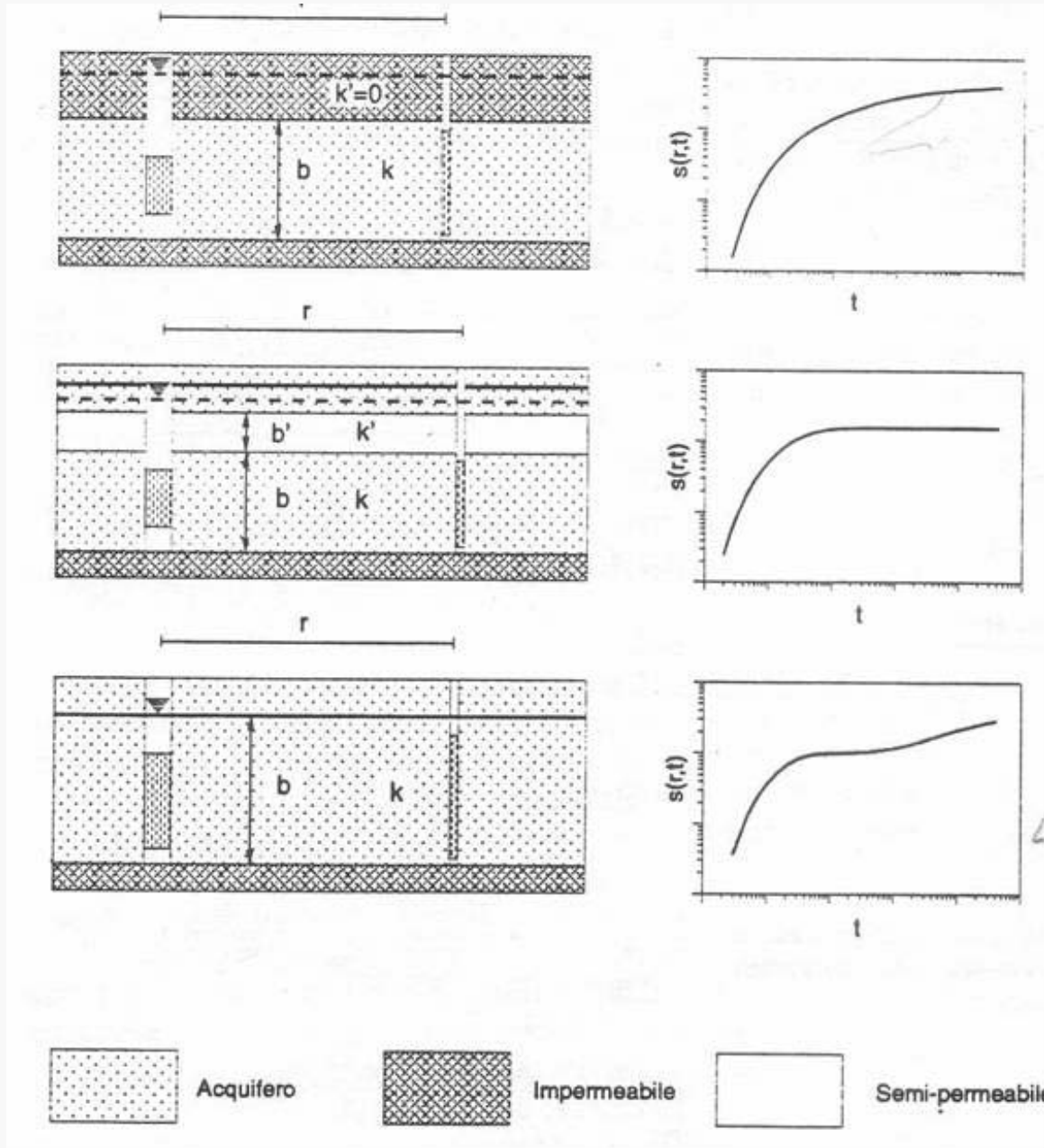
Un acquifero in pressione può essere CONFINATO O SEMICONFINATO.

per acquifero confinato si intende quello limitato superiormente da una formazione a bassa permeabilità tale da rendere la filtrazione verso lo stesso poco significativa ma non nulla....la definizione di permeabilità è funzione della granulometria del sedimento.....ma dipende anche dalle caratteristiche dei fluidi che li attraversano...gli orizzonti geologici sedimentari non sono mai da considerarsi perfettamente impermeabili.”

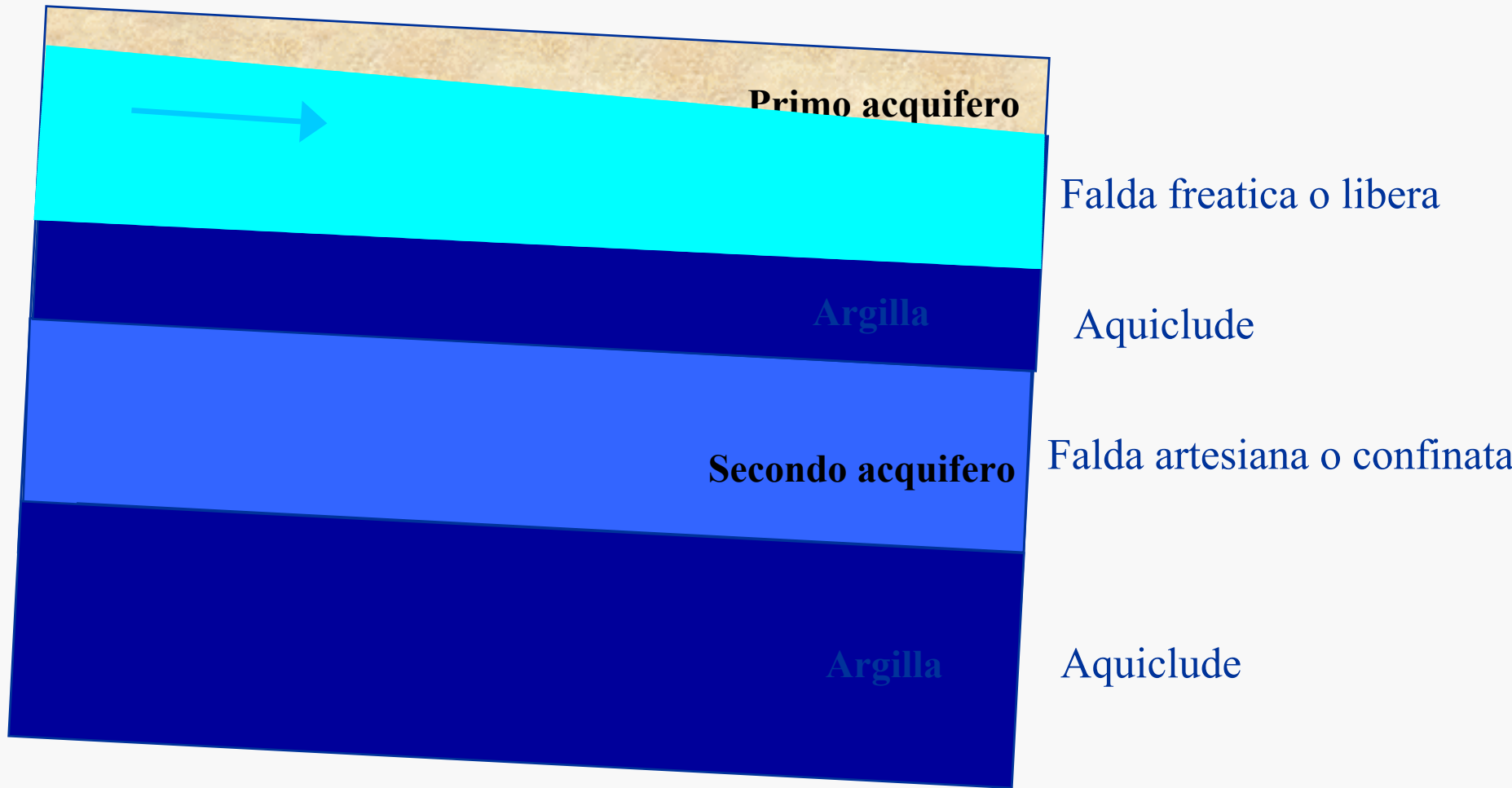
FATTORI indicativi del grado di separazione di due acquiferi:

- le differenze di carico idraulico registrate in piezometri vicini ma pescanti in acquiferi differenti (superficiale freatico e profondo)
- le risposte di un acquifero a sollecitazioni naturali o artificiali applicate all'altro: (es. se l'acquifero superficiale risente di azioni di drenaggio o alimentazione da parte di corpi idrici superficiali ma non altrettanto quello profondo; la risposta ad un pompaggio)
- la dimensione dei coni di depressione indotti dal pompaggio, molto più ampi in quelli confinati
- le curve diagnostiche ottenute dall'interpretazione delle prove di falda eseguite a portata costante.

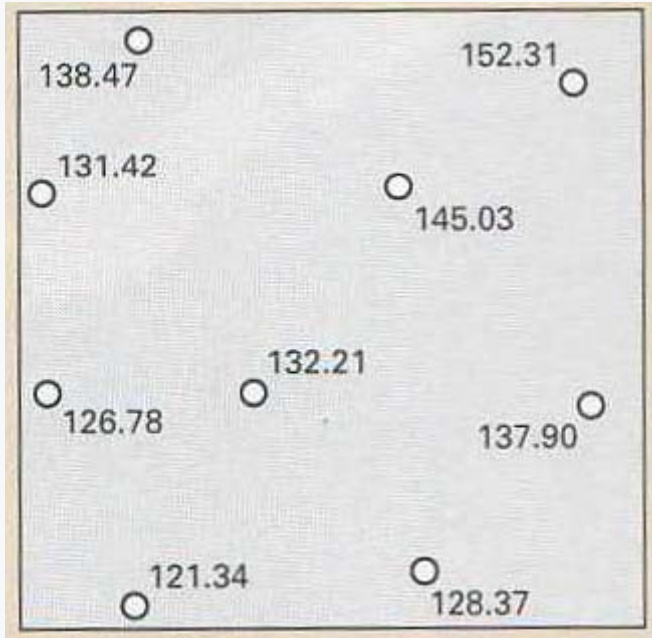
Grado di separazione di due acquiferi



AQUIFERI

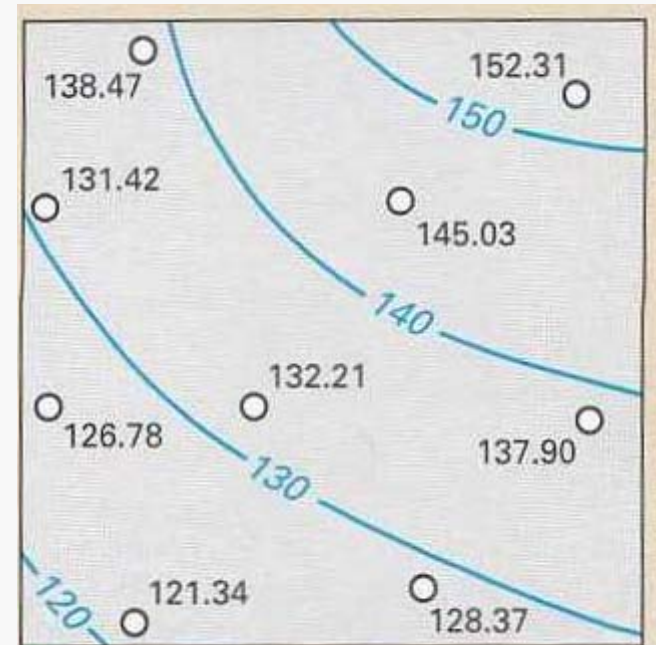


RICOSTRUZIONE DELLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA



conoscendo la quota topografica del punto di misura si ricava la quota della superficie piezometrica rispetto al livello medio del mare

le misure così effettuate in una determinata area possono quindi essere interpolate per ottenere una carta piezometrica rappresentante la forma della sua superficie (tipo carta topografica) attraverso **linee ad uguale quota piezometrica: ISOPIEZE**



LA SUPERFICIE PIEZOMETRICA

il più semplice metodo d'interpolazione è quello della triangolazione:

distanza A-B= 2000 m

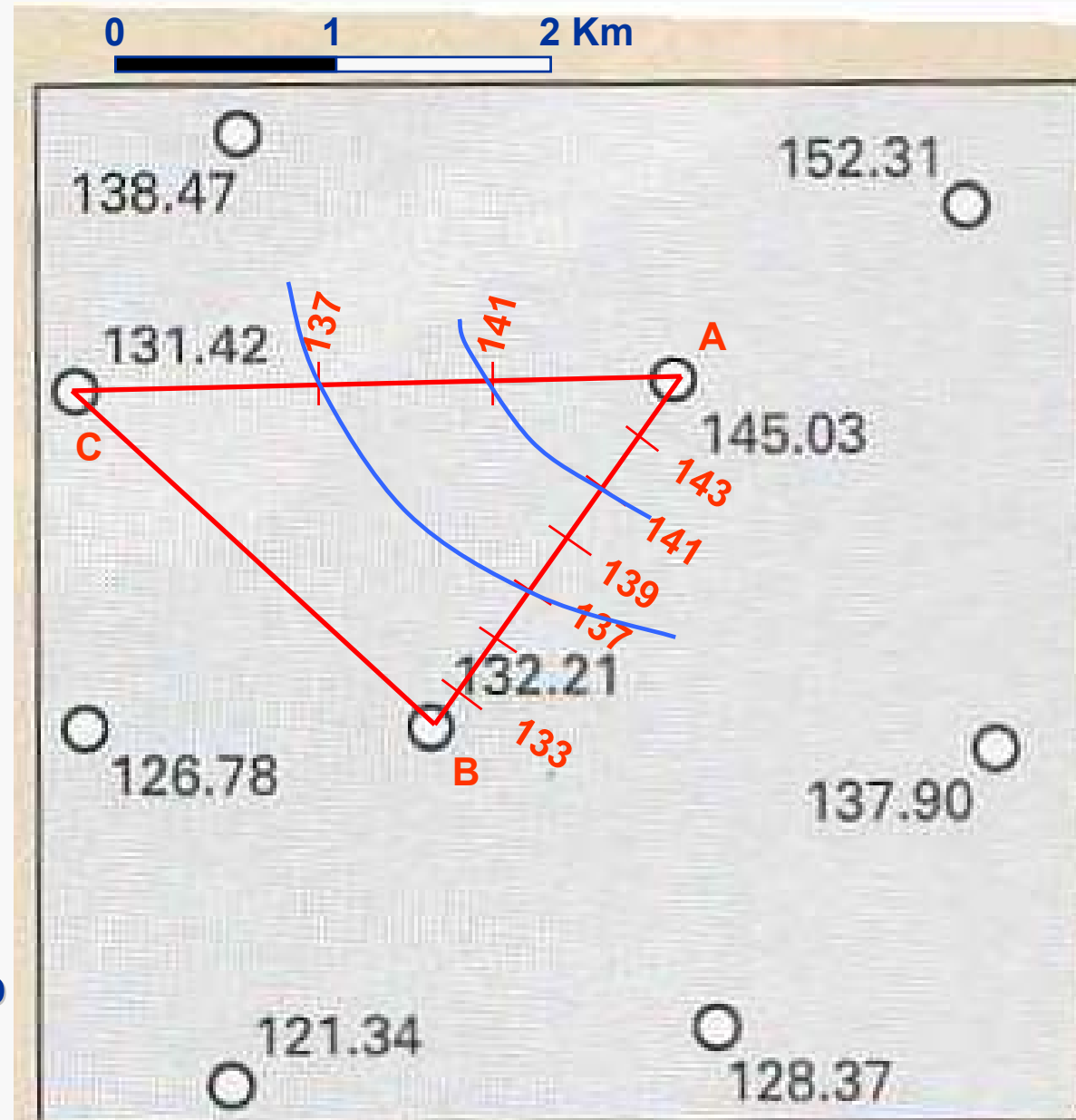
$H_A - H_B = 12.82$ m

$2000 / 12.82 = 156$ m

ogni 156 m ho 1 m di differenza di carico

ripeto l'operazione per le coppie di punti A-C e C-B

traccio le linee isopiezometriche collegando i punti ad ugual carico idraulico

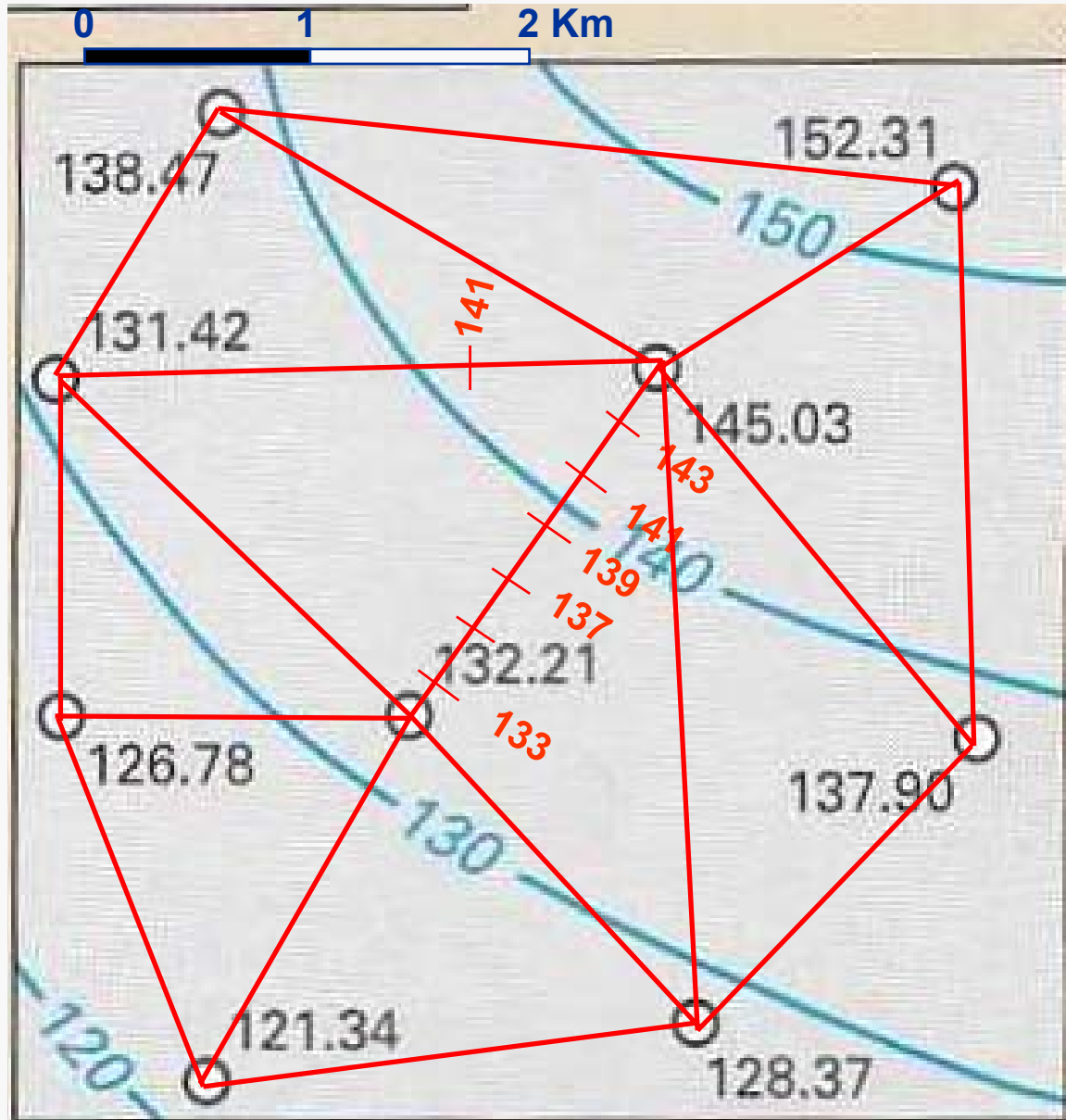


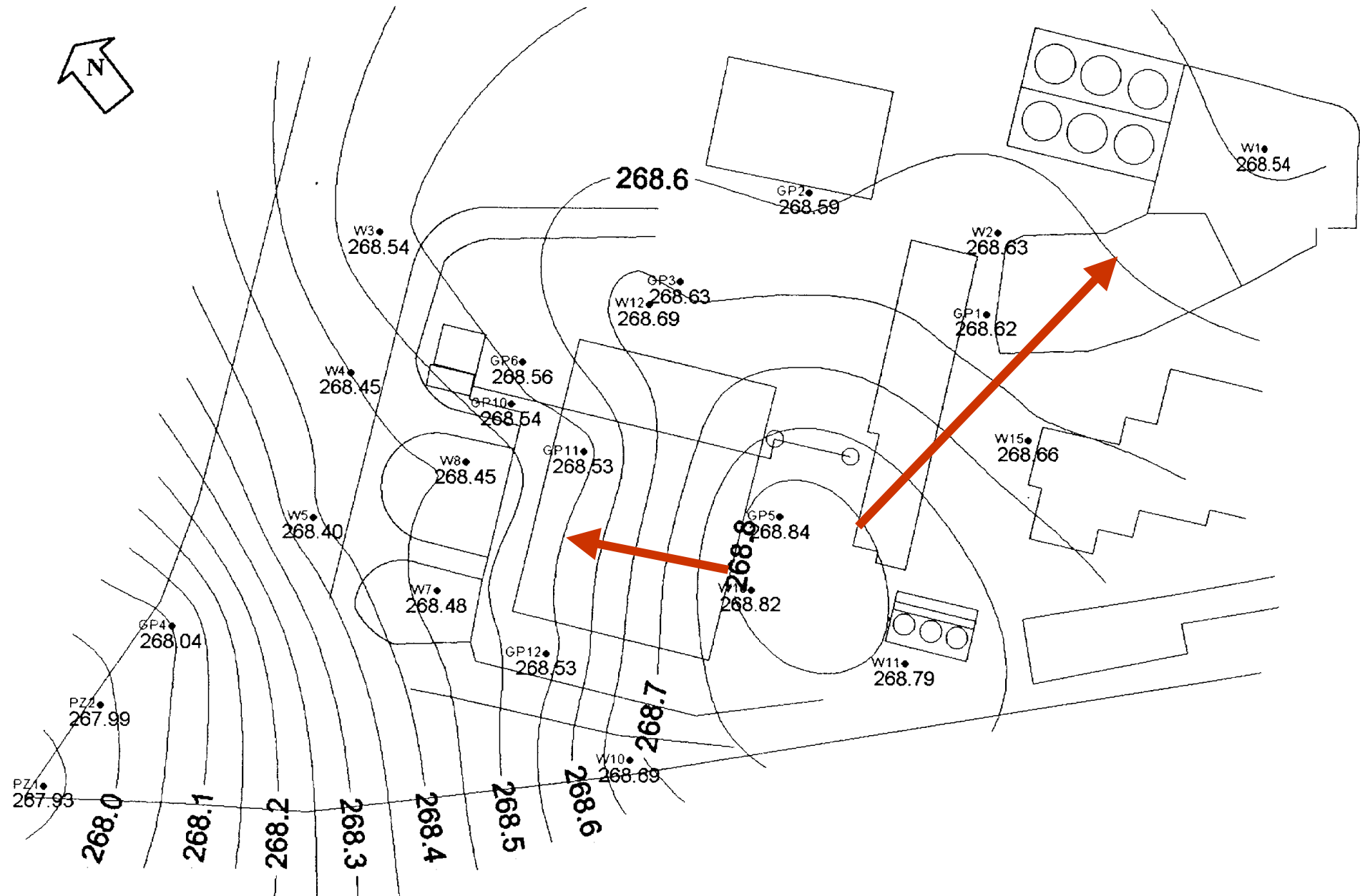
LA SUPERFICIE PIEZOMETRICA

Compiendo la triangolazione per tutti i punti di misura disponibili potrò tracciare tutte le isopieze e quindi ottenere la rappresentazione della superficie piezometrica

il metodo d'interpolazione della triangolazione è semplicistico

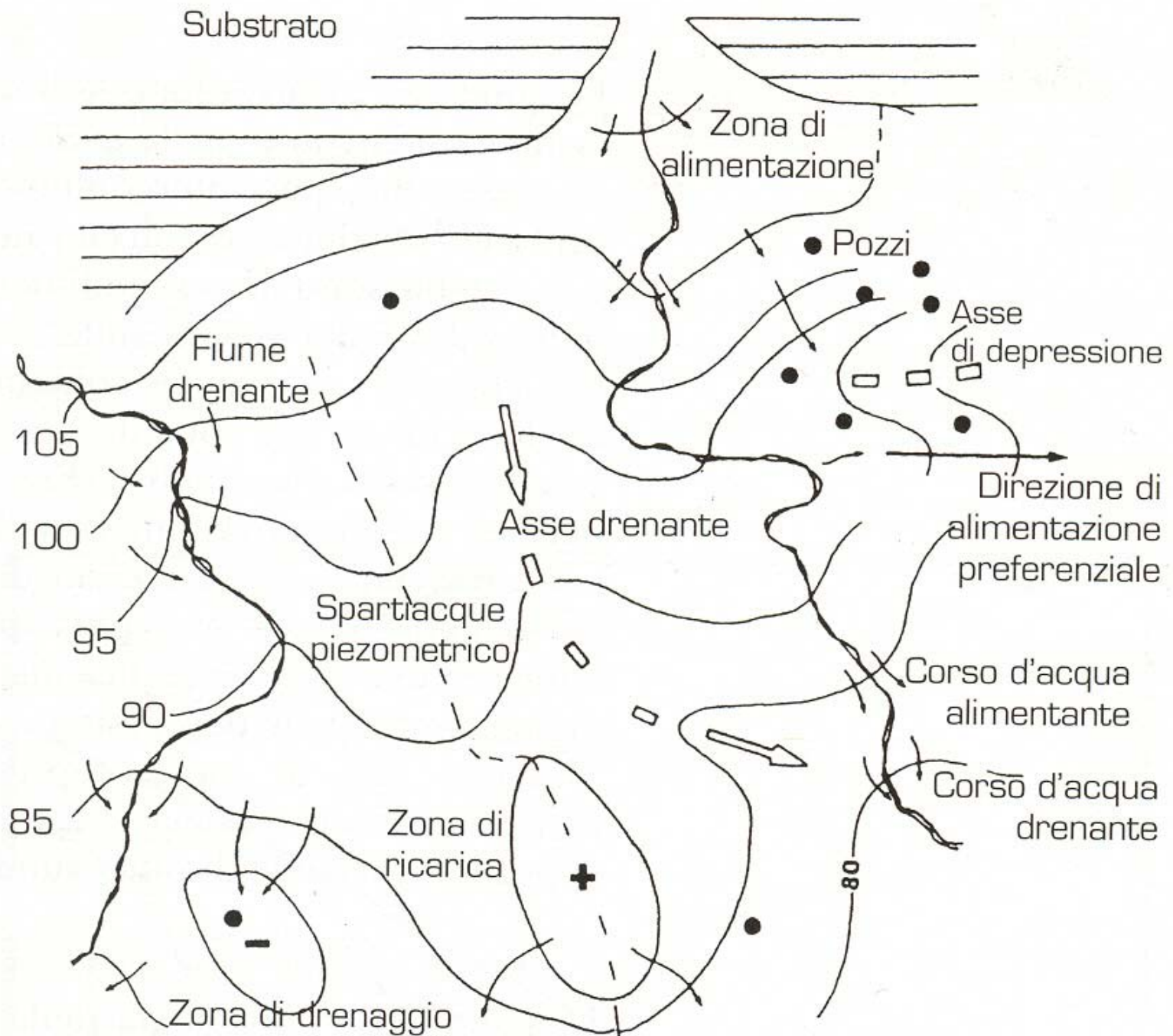
Attualmente esistono in commercio numerosi software (es. Winsurfer) d'interpolazione che usano diversi metodi geostatistici tra i quali il più diffuso è il kriging





Analisi della morfologia della superficie piezometrica

- **direzione di flusso** (ricavabile dalla linea di flusso)
- **cadente piezometrica** (calcolabile lungo una linea di flusso che congiunge due successive isopieze, come differenza di quota piezometrica divisa per la lunghezza della linea di flusso fra queste due quote);
- **assi drenanti**, rappresentati dagli assi delle depressioni della superficie piezometrica; essi sono determinati da particolari condizioni naturali, che facilitano la convergenza delle acque verso questi settori, in genere caratterizzati da maggiore trasmissività;
- **depressioni piezometriche artificiali**, prodotte dai prelievi di batterie di pozzi o da singole captazioni
- **assi di depressione**;
- **spartiacque piezometrici**, individuati dal divergere delle linee di flusso;
- **corsi d'acqua drenanti o alimentanti la falda**;
- **depressioni o innalzamenti della superficie piezometrica** dovuti a intercomunicazioni con altre falde o al passaggio di acque verso il substrato o provenienti da esso.



Fattori determinanti del livello piezometrico nel tempo

FATTORI NATURALI

- oscillazioni della portata e del livello della fonte di alimentazione della falda;
- precipitazioni;
- temperature dell'aria e della sua umidità relativa e assoluta;
- pressione atmosferica;
- variazioni di livello del recapito della falda.

FATTORI ANTROPICI

- prelievi da pozzi;
- locali aumenti della pressione sul terreno per sovraccarichi temporanei (per esempio per il passaggio di automezzi pesanti);
- irrigazioni o bonifiche agenti per un arco di tempo relativamente limitato, per esempio stagionale;
- forme di drenaggio o di convogliamento delle acque agenti per periodi limitati (per esempio durante forti piogge).

CAMPAGNA PIEZOMETRICA

Per effettuare una campagna piezometrica occorre:

- compiere una ricerca bibliografica
- individuare lo scopo della campagna piez. (campagna regionale, locale, bonifica..)
- individuare i pozzi/piezometri che possono essere misurati

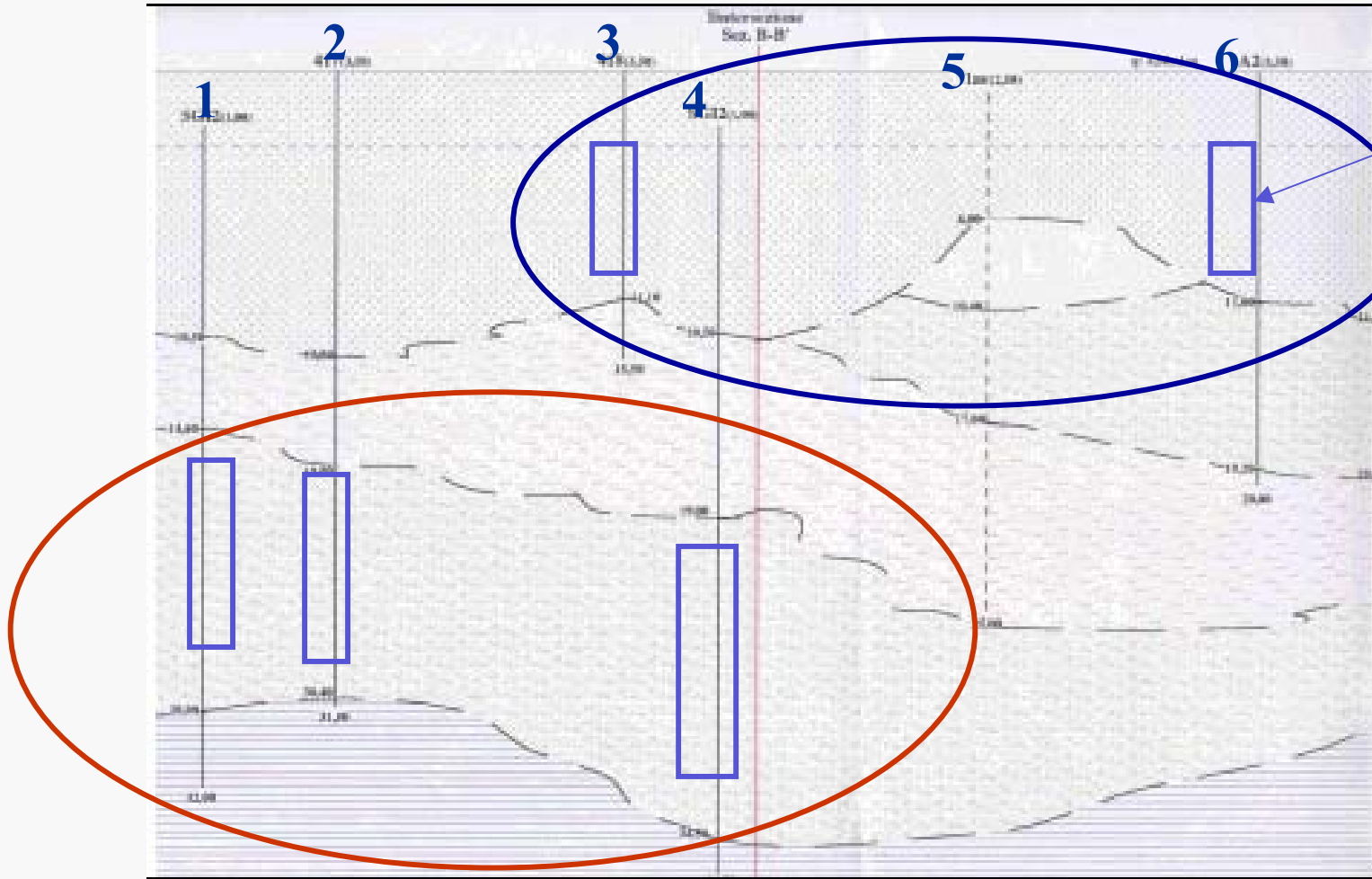


● attraverso le stratigrafie distinguere i pozzi/piez. che captano in falde diverse

- scegliere i pozzi/piezometri in modo da ottenere per una data falda una distribuzione omogenea dei punti di misura ed eventualmente più densa nell'area di maggiore interesse
- ricerca delle quote topografiche della bocca pozzo (CTR, stratigr., quotatura)
- nel caso di misure di una falda freatica valutare l'opportunità di misurare i livelli idrici dei corsi d'acqua superficiali
- prima di effettuare la misura spegnere il pozzo per almeno 15 min. per ottenere il livello statico

N.B: la campagna deve essere condotta nel più breve tempo possibile (dati coevi)

Correlabilità dei dati piezometrici

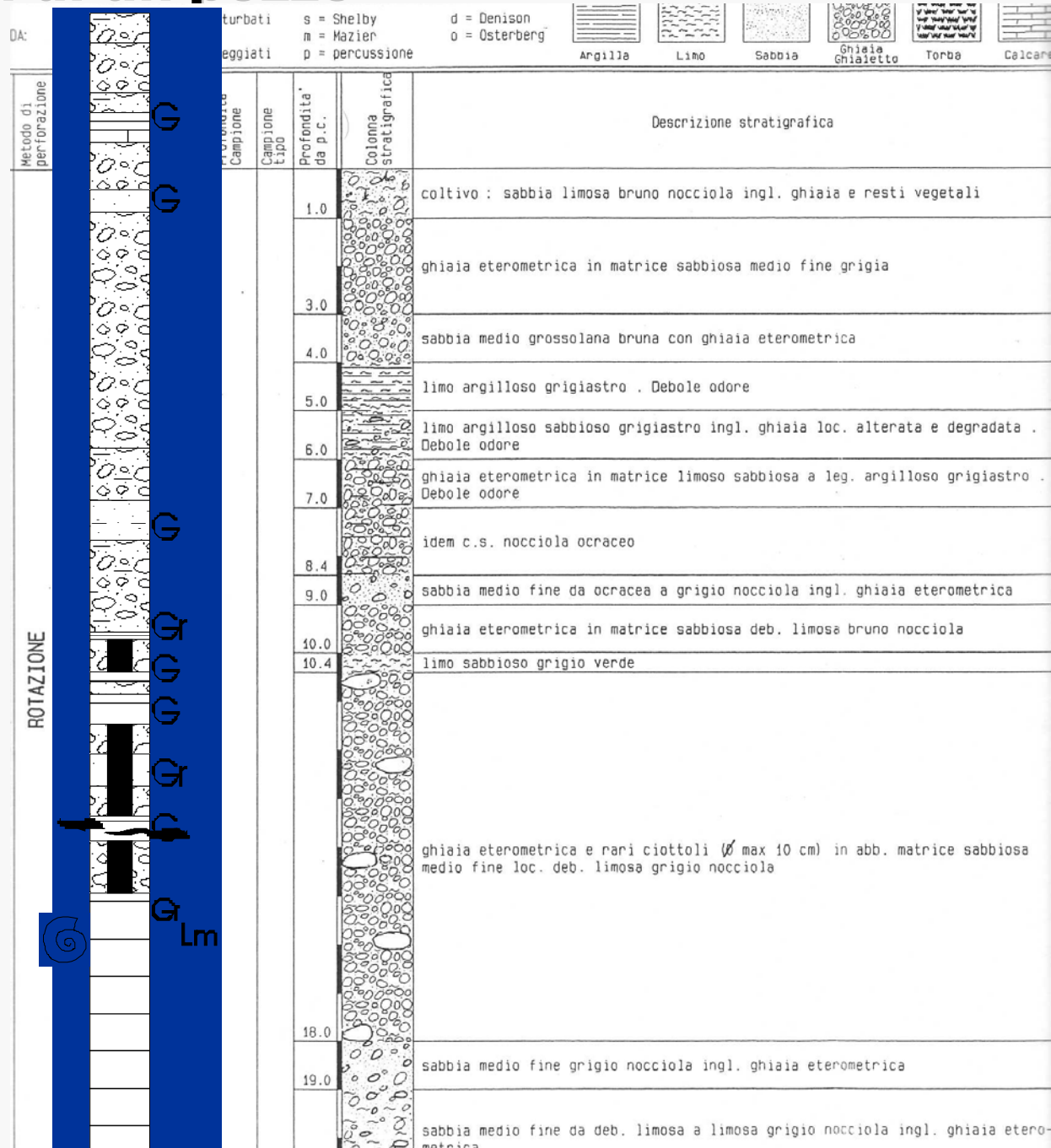


filtri

SEZIONI IDROGEOLOGICHE

Stratigrafia di un pozzo

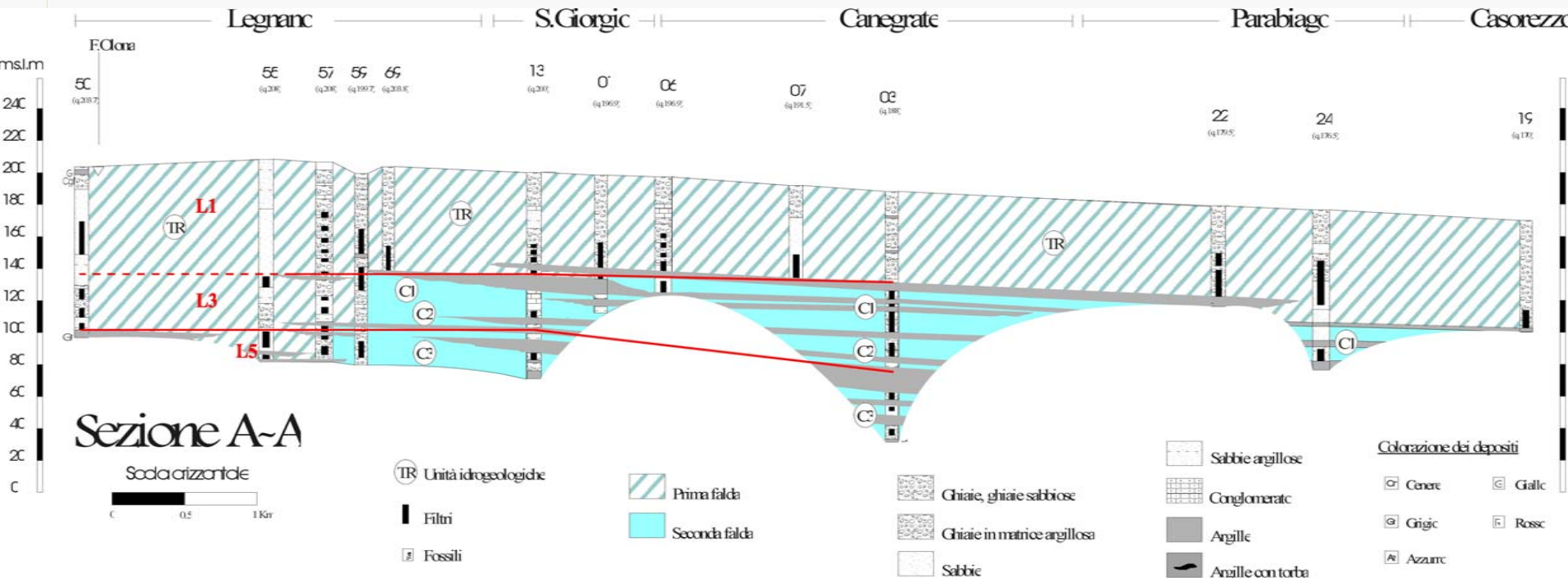
Il grado di dettaglio della rappresentazione è funzione dello scopo dell'indagine



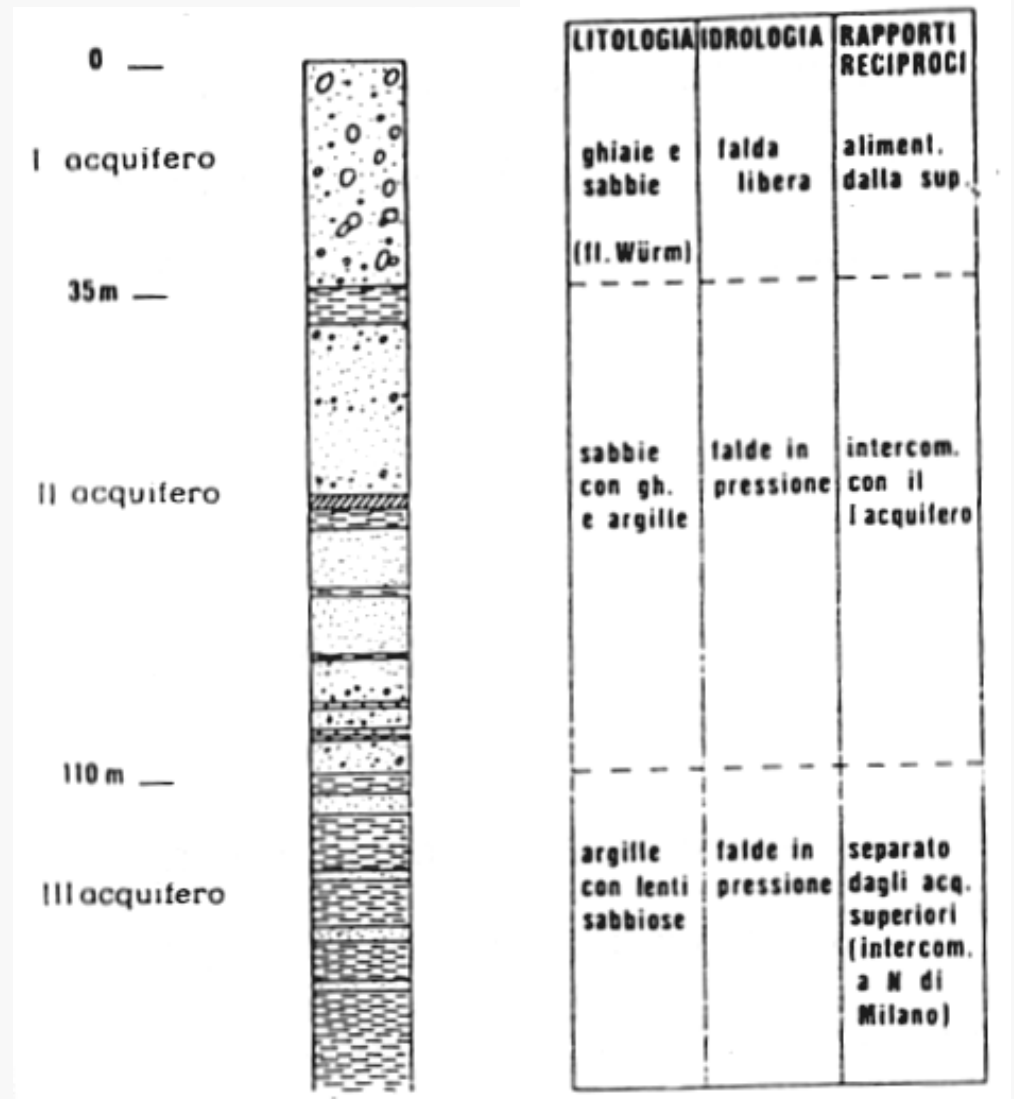
SEZIONI IDROGEOLOGICHE

Permettono di ricostruire la struttura idrogeologica dei depositi fluvio-glaciali:

- distinzione degli acquiferi
- individuazione di aquitard e aquiclude
- individuazione degli scambi idrici tra acquiferi diversi
- individuazione delle zone di alimentazione
- individuazione dei rapporti con i corpi idrici superficiali

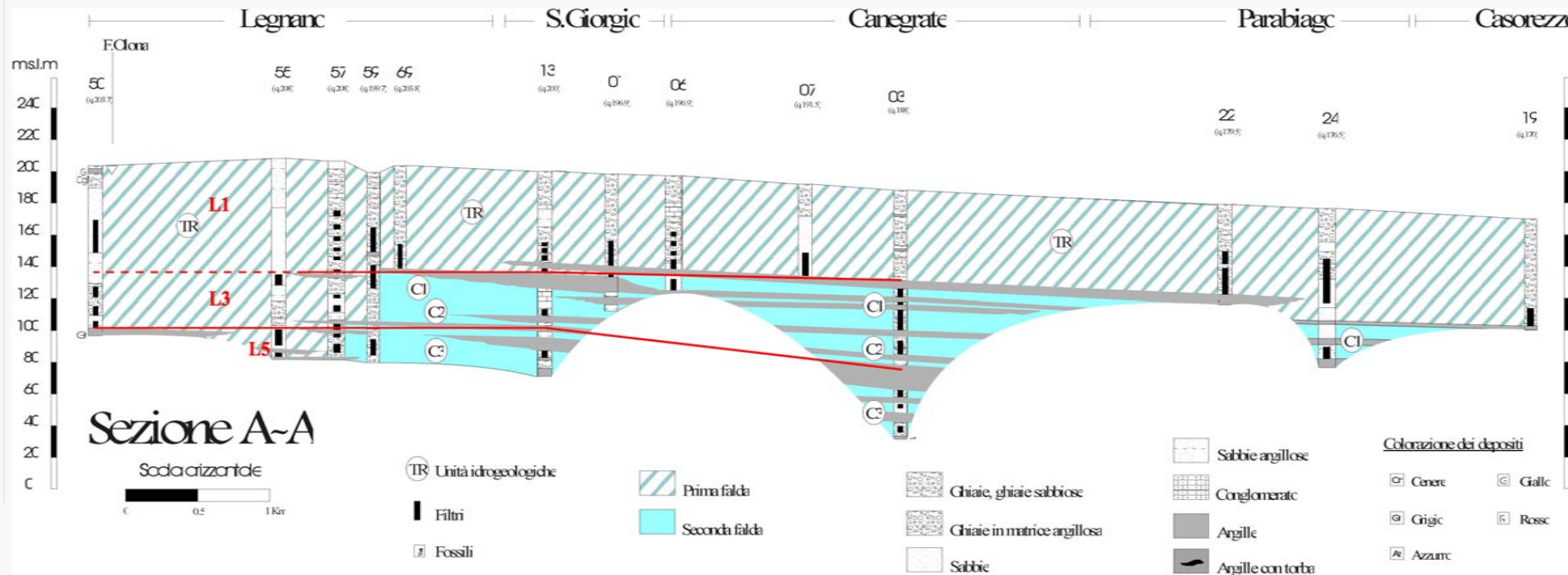


- distinzione degli acquiferi
- individuazione di aquitard e aquiclude
- individuazione degli scambi idrici tra acquiferi diversi



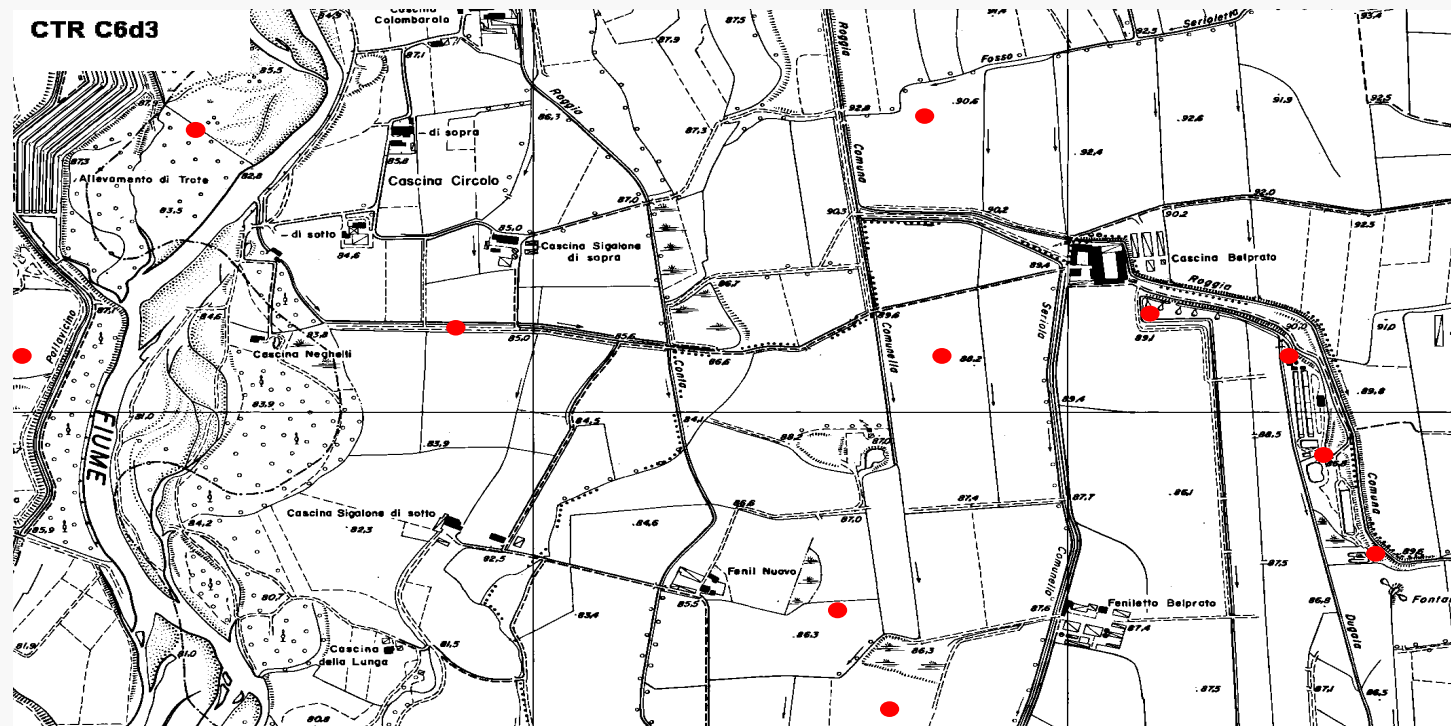
Campi di utilizzo:

- ubicazione e protezione delle opere di captazione
- gestione qualitativa delle risorse idriche sotterranee
- gestione quantitativa delle risorse idriche sotterranee
- indagini di siti contaminati

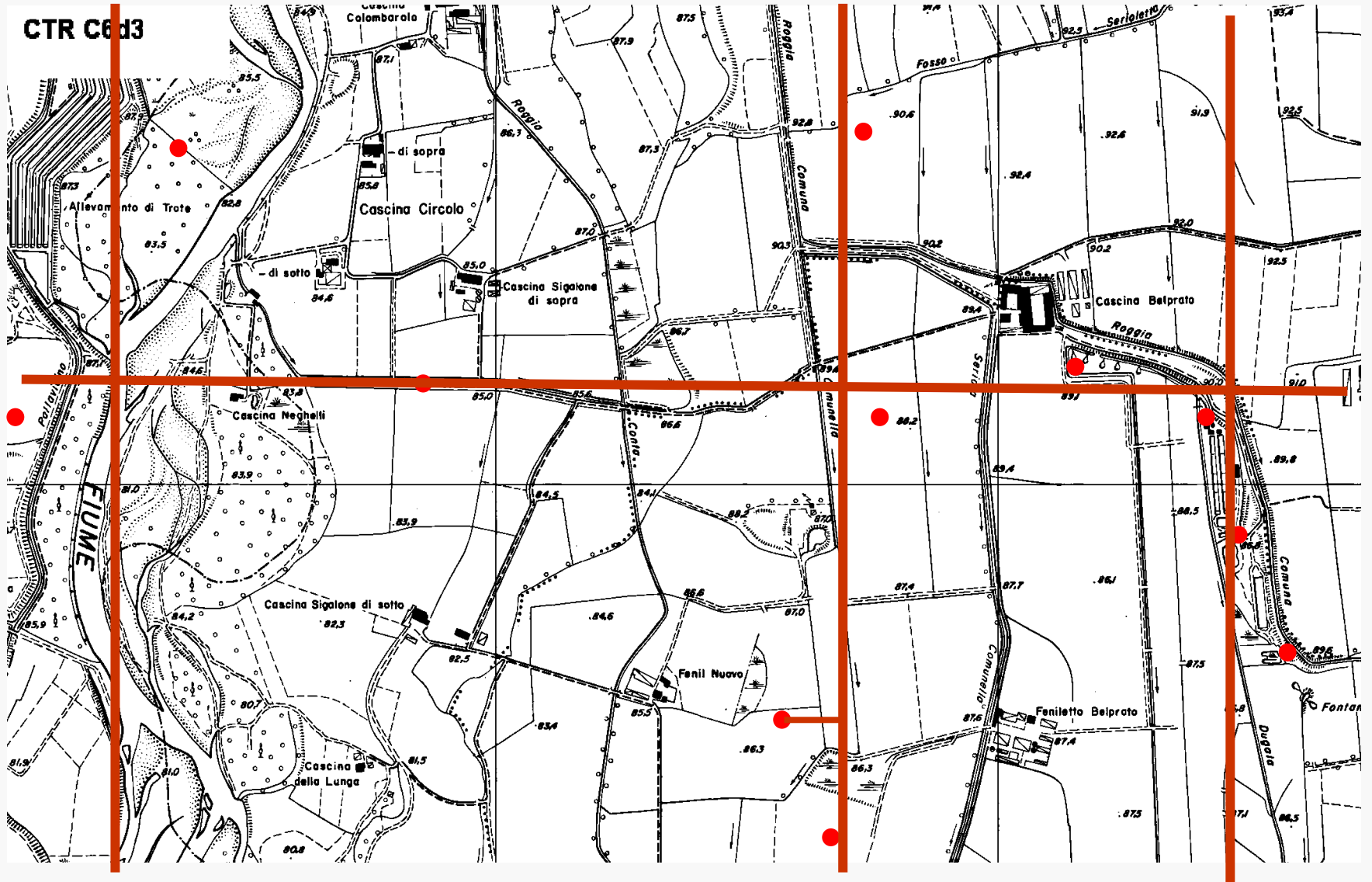


Fasi di costruzione delle sezioni

- Ubicazione dei pozzi su cartografia tecnica
- inquadramento del sito rispetto alla carta geologica
- reperimento di dati bibliografici
- tracciamento delle linee delle sezioni
- scelta dei pozzi da utilizzare
- scelta della scala orizzontale e verticale della sezione in funzione dello scopo dell'indagine

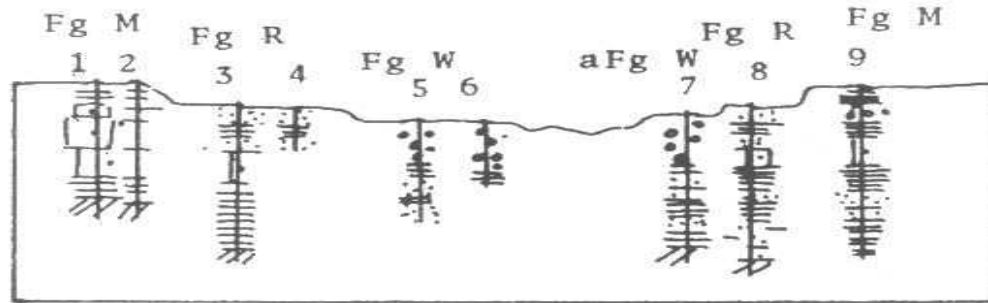


Fasi di costruzione delle sezioni



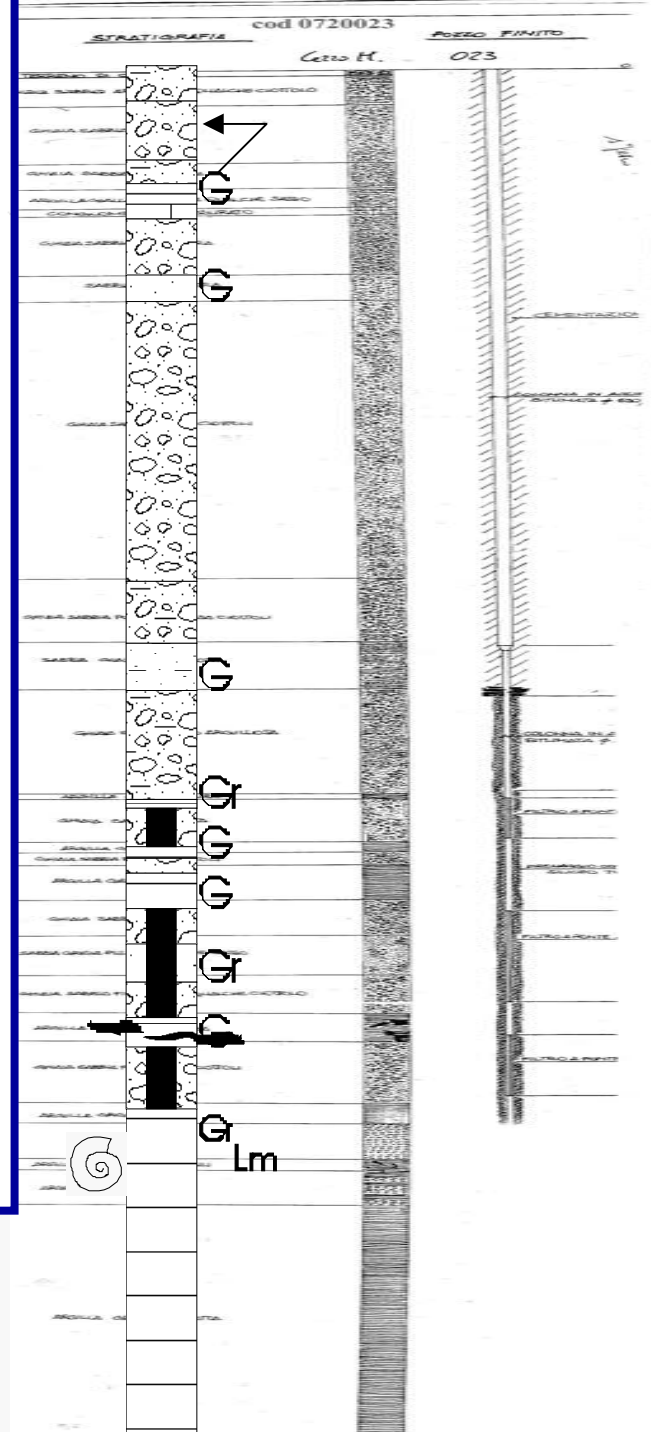
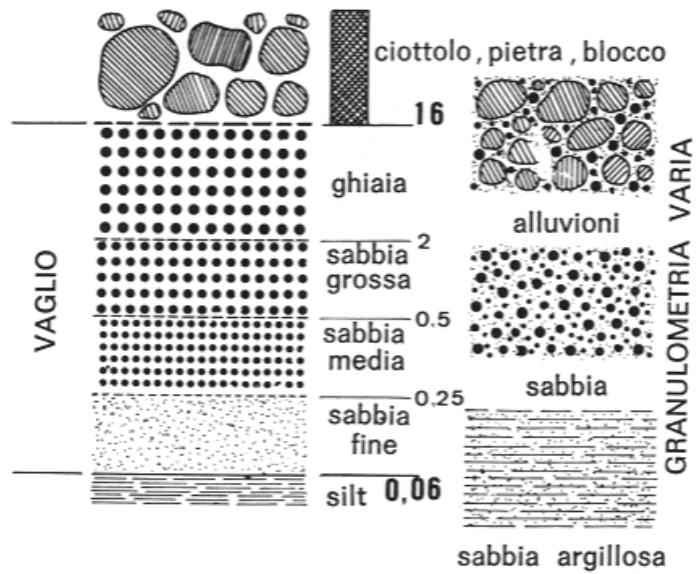
Fasi di costruzione delle sezioni

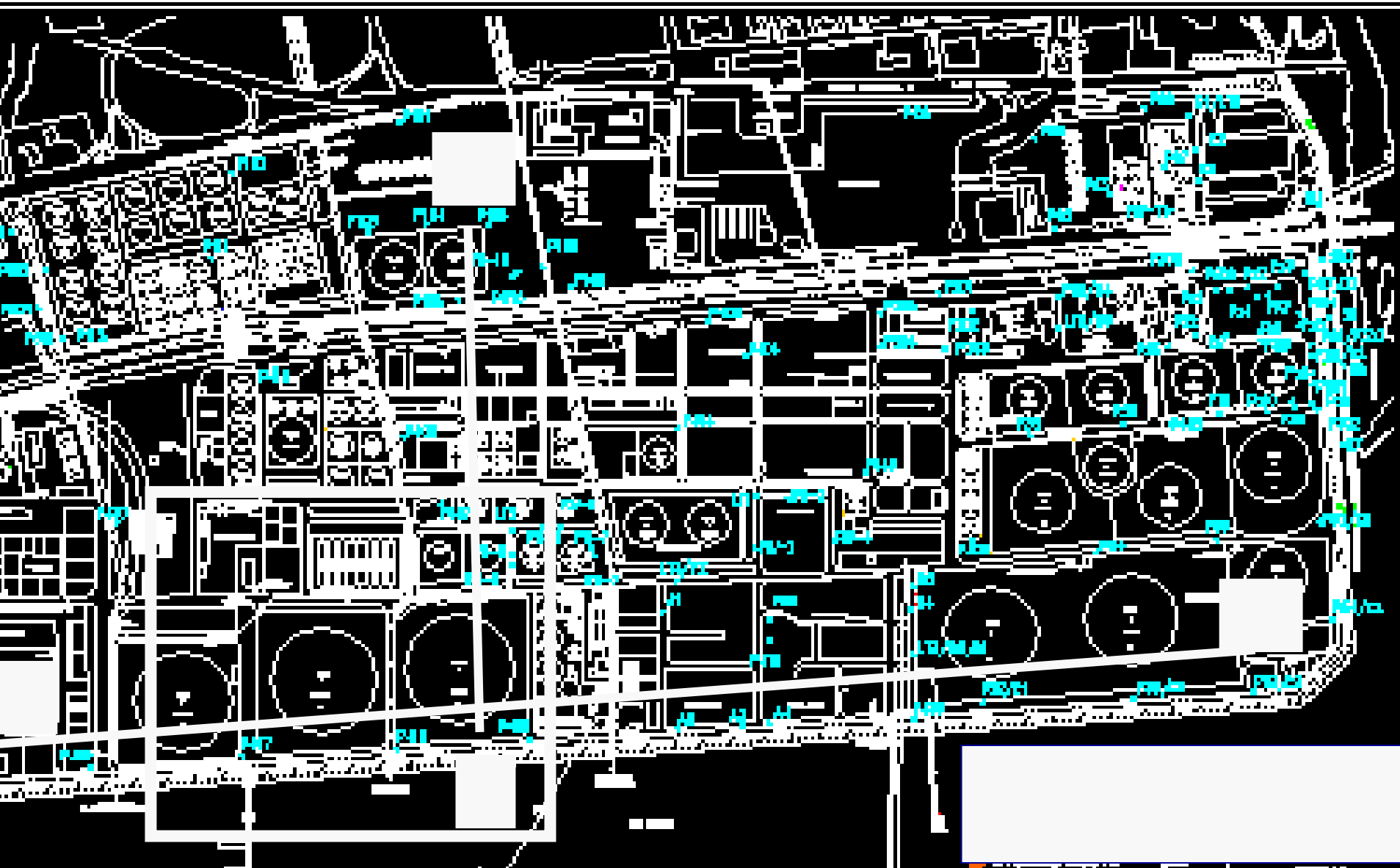
- profilo altimetrico
- analisi delle stratigrafie e loro rappresentazione sul profilo



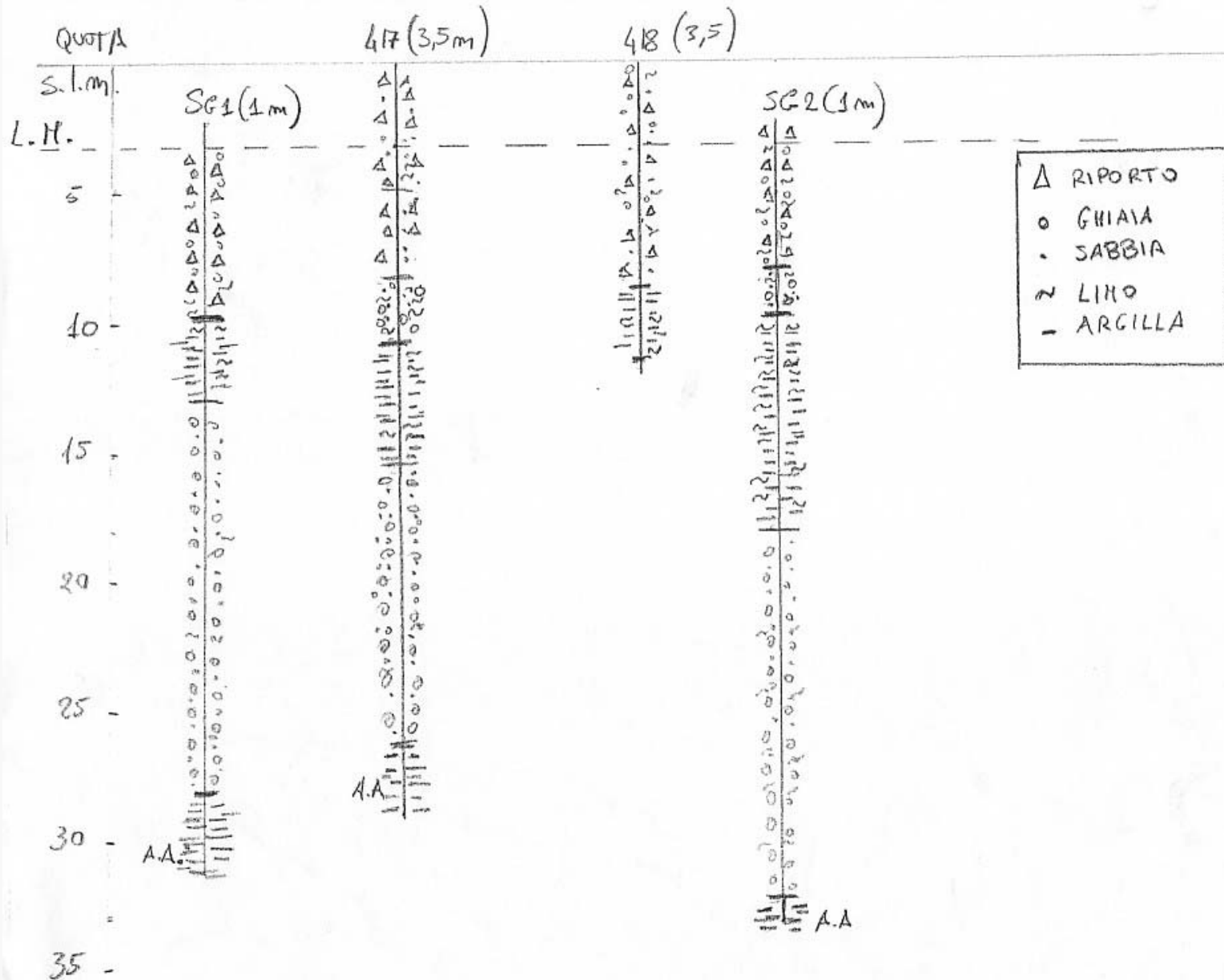
- prima identificazione delle principali unità idrogeologiche sulla base di:
 - caratteri litologici grossolani
 - permeabilità
 - spessori dei materiali
 - disposizione geometrica dei materiali
- correlazione fra le stratigrafie sulla base
 - immersione dei depositi
 - loro alternanza
 - affioramenti dei terrazzi
 - caratteristiche litologiche di dettaglio
- identificazione degli acquiferi

Denominazioni		Diametri dei grani mm	
Ciottolo, pietra, blocco		superiore a 16	
Vaglio	<u>Ghiaia</u> , ghiaietta	<u>16 a 2</u>	
		grossa	<u>2 a 0,5</u>
	<u>Sabbia</u>	media	0,5 a 0,25
		fine	0,25 a <u>0,06</u>
<u>Silt</u>		0,06 a <u>0,002</u>	
<u>Argilla</u>		<u>più piccola di 0,002</u>	



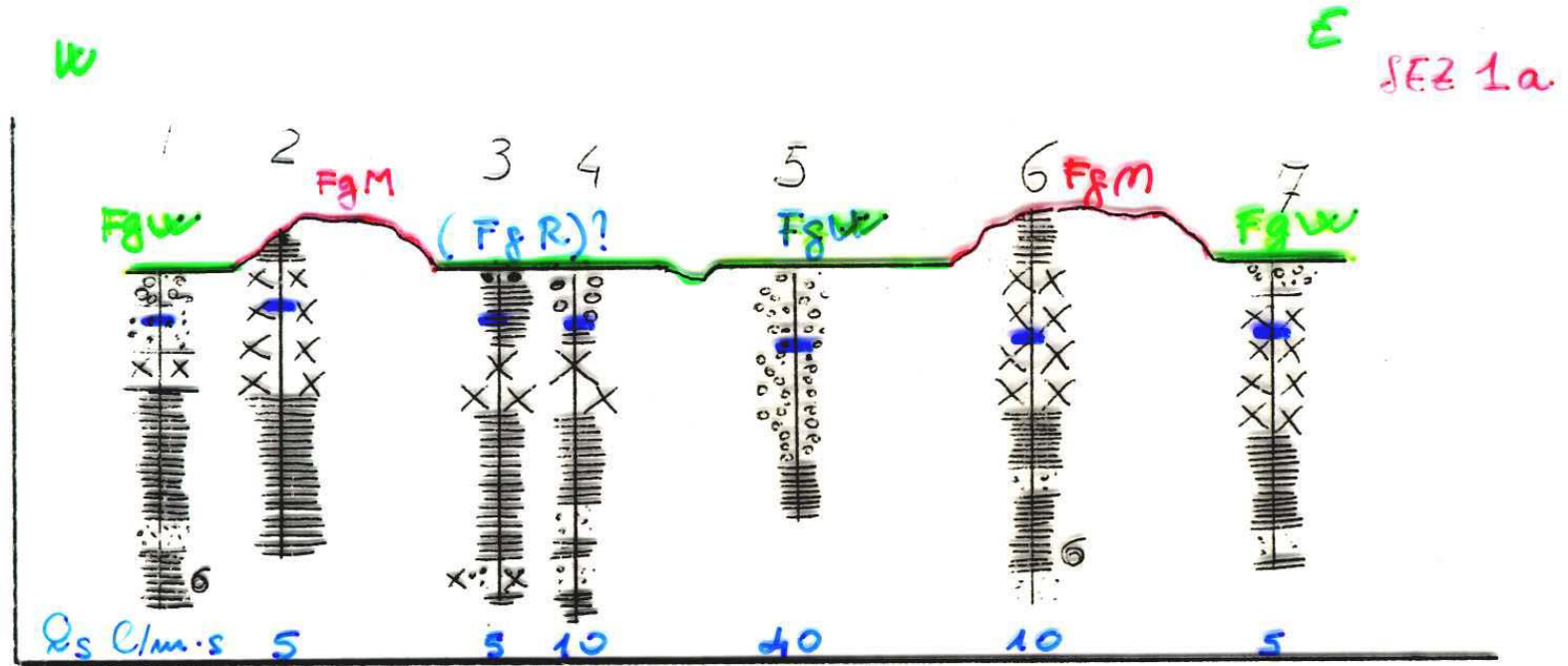


Sezioni idrogeologiche



Scala orizz: 1cm = 10m

Esercizio 1



Esercizio 2

