

Corso di Idrogeologia Applicata
Dr Alessio Fileccia

Ciclo idrogeologico e bilancio

Ricarica e recapito delle acque sotterranee

Riserve e risorse sfruttabili

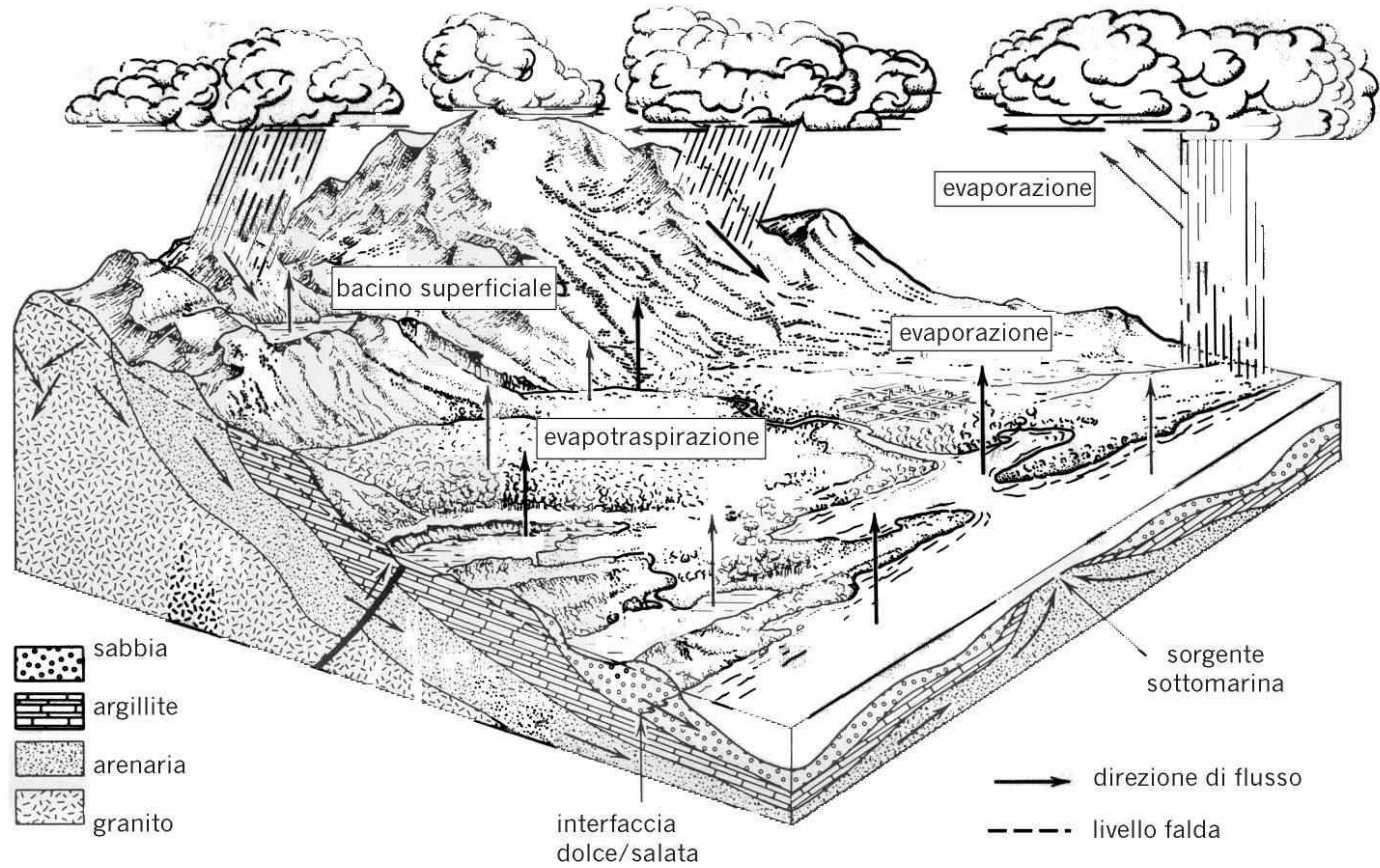
Le immagini ed i testi rappresentano una sintesi, non esaustiva, dell'intero corso di Idrogeologia tenuto presso il Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università di Trieste. Il programma completo prevede, oltre agli argomenti in elenco e per ogni capitolo, una serie di esercizi 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 una versione definitiva, 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

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

Schema del ciclo idrologico

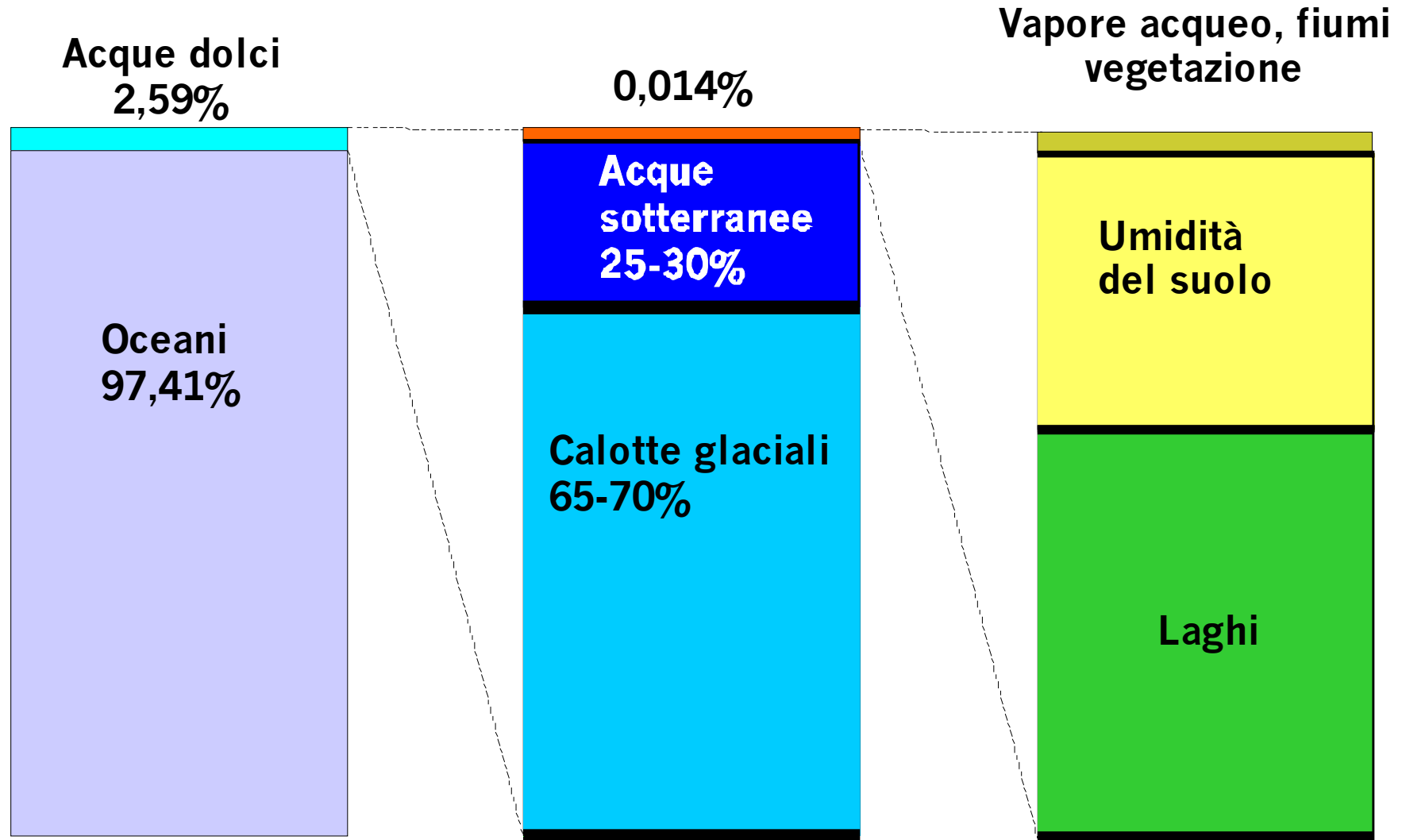


(Todd)

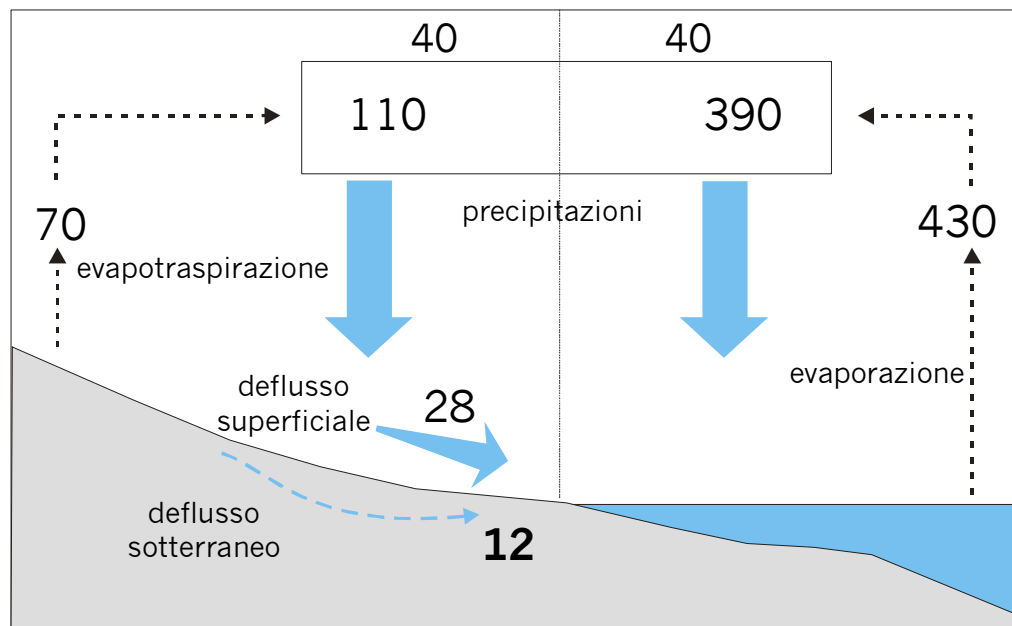
(Idrogeologia: ciclo idrogeologico, ricarica e riserve)

Distribuzione dell'acqua nell'idrosfera

(Lvovitch 1967, Nace 1969)



(Idrogeologia: ciclo idrogeologico, ricarica e riserve)



(valori in migliaia di kmc/anno, da Celico)

Ciclo globale del bilancio idrico e calcolo dei vari parametri

Equazione del bilancio idrico

Litologia	c.i.p. %	Litologia	c.i.p. %
Calcari	90 – 100	Lave	90 – 100
Calcari dolomitici	70 – 90	Depositi piroclastici	50 – 70
Dolomie	50 – 70	Piroclastiti e lave	70 – 90
Calcari marnosi	30 – 50	Rocce intrusive	15 – 35
Detriti grossolani	80 – 90	Rocce metamorfiche	5 – 20
Depositi alluvionali	80 – 100	Sabbie	80 – 90
Depositi argillosi	5 – 25	Sabbie argillose	30 – 50

(Civita)

$$P = E + R + I$$

$$E = \text{Evapotraspirazione} = P / \sqrt{0,9 + P^2/L^2}$$

$$L = 300 + 25 T + 0,05 T^3$$

T = temperatura media annua del luogo

P = precipitazione

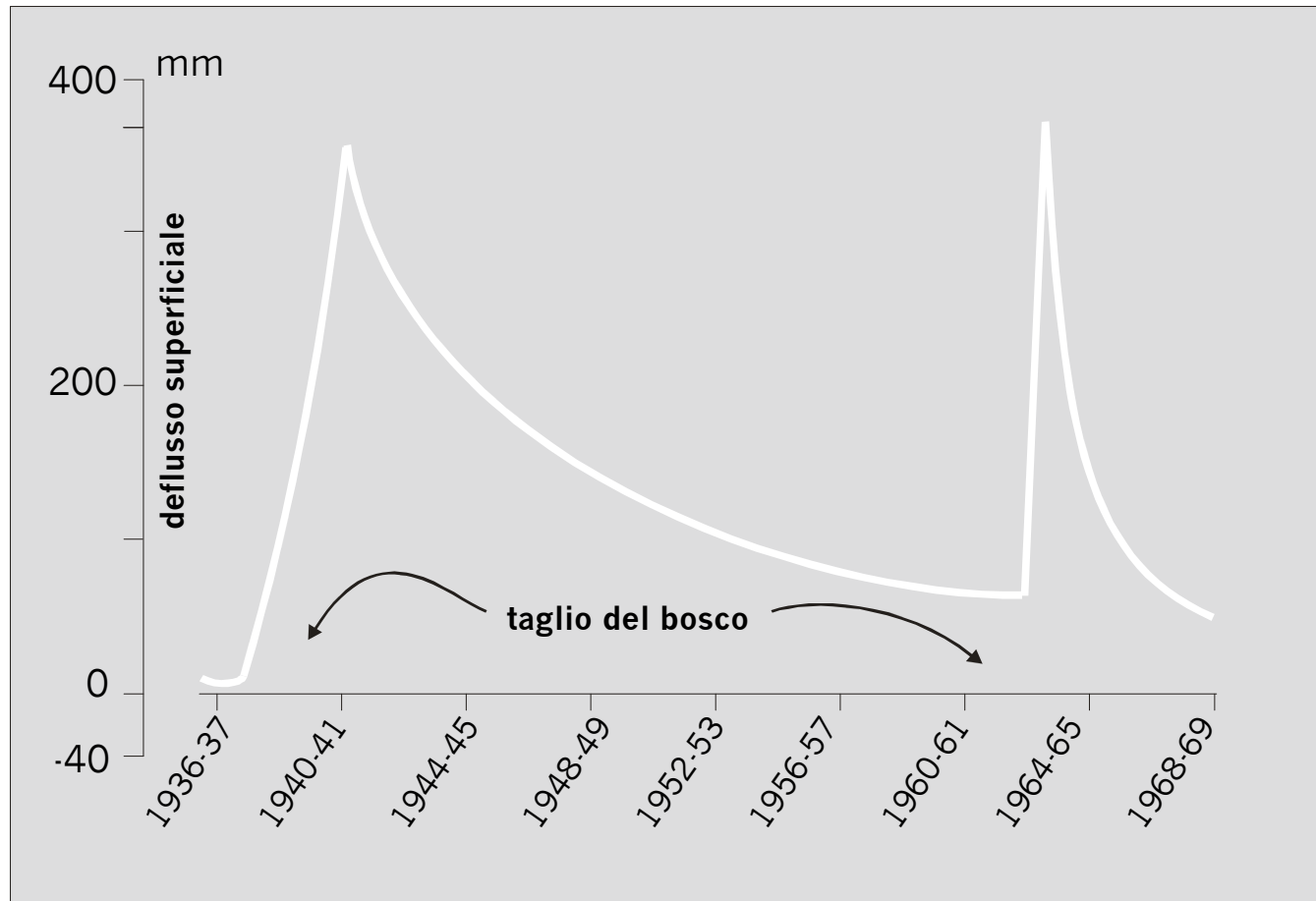
R = Ruscellamento superficiale

I = Infiltrazione

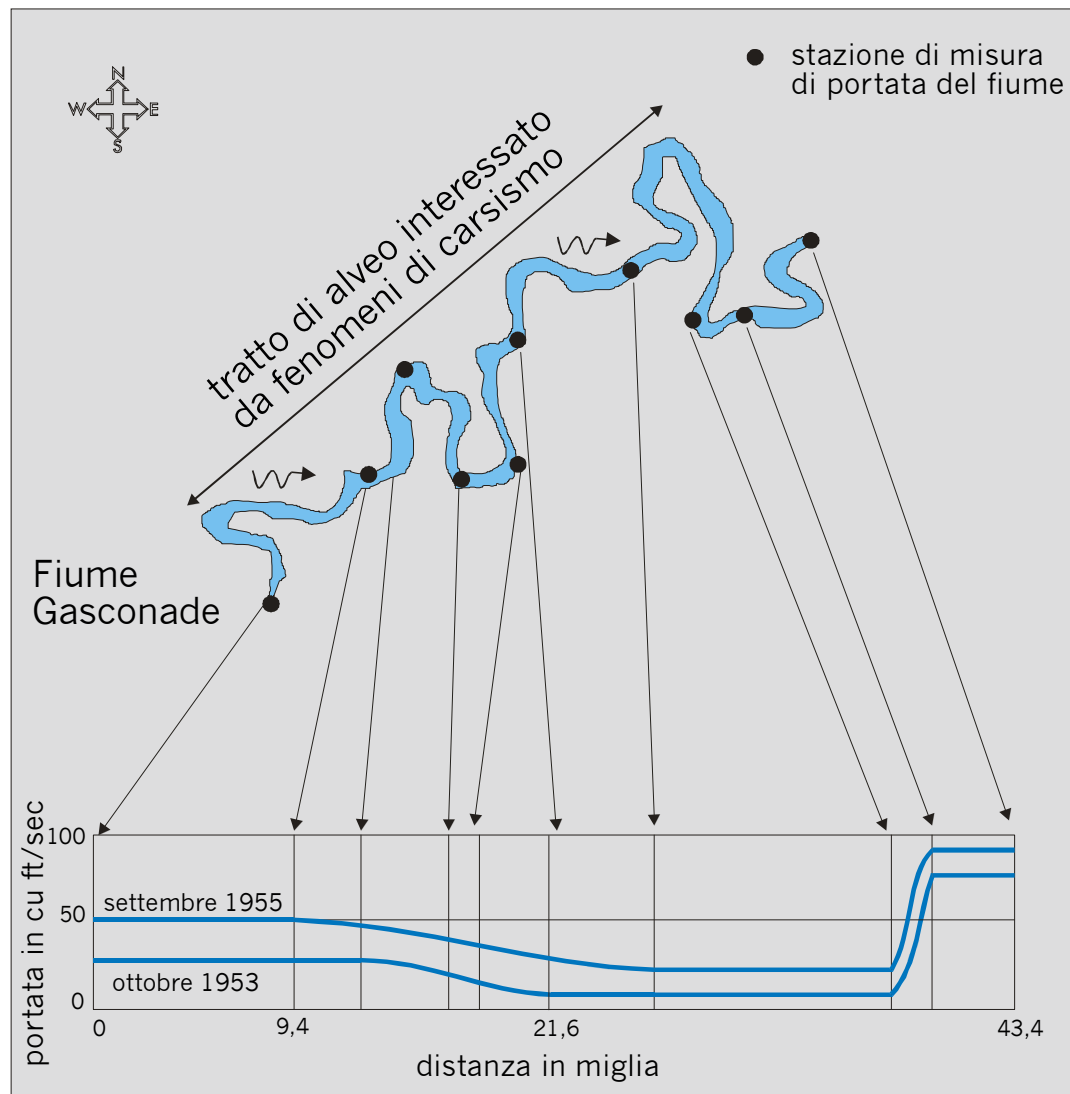
D = Deflusso idrico = P – E

c.i.p. = (coefficiente d'infiltrazione potenziale, vedi tabella)

$I_e = I \times \text{c.i.p.} = \text{Infiltrazione efficace}$



Relazione tra copertura boschiva e ruscellamento superficiale. Il taglio degli alberi d'alto fusto (1936-37) innesca il dilavamento dei versanti ed un aumento della portata dei fiumi al fondovalle. Il fenomeno si riduce nel tempo fino al seguente disboscamento nel periodo 1963-64. (*Swank_Helvey*)

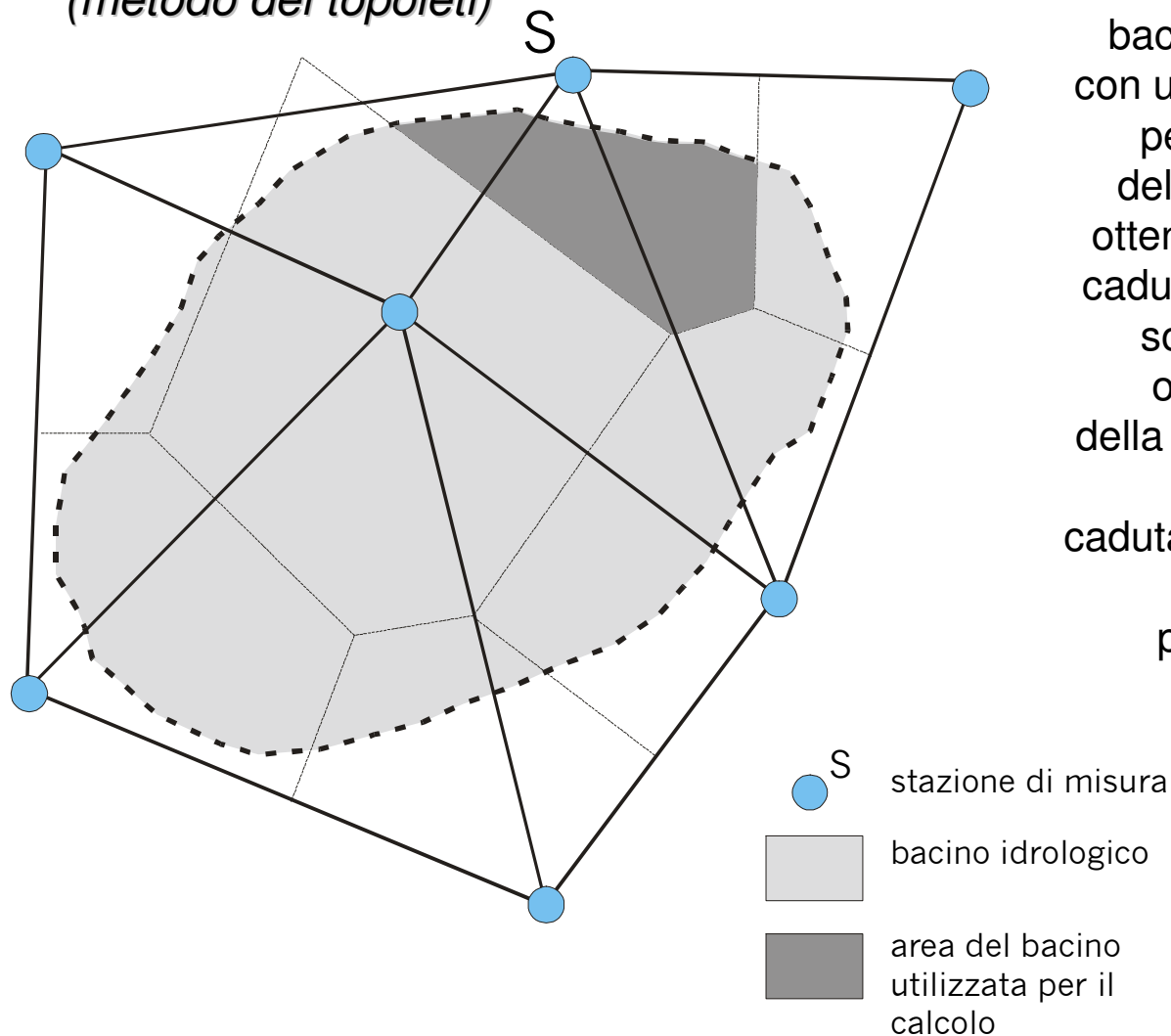


Alimentazione di una falda carsica per infiltrazione da un alveo fluviale

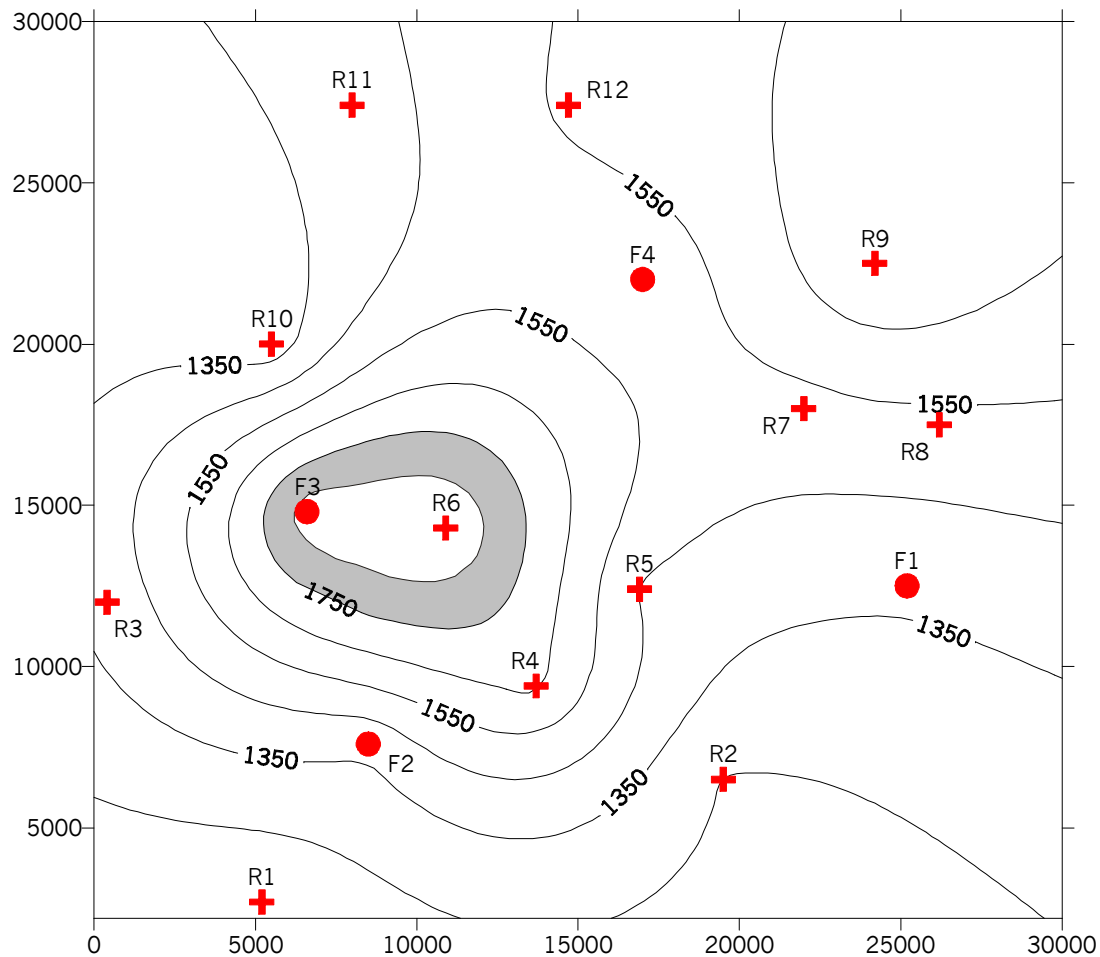
La misura della portata del fiume, a monte ed a valle della zona di assorbimento (area carsica), indica il valore della ricarica della falda. Nelle varie stazioni la portata del fiume si riduce considerevolmente da ovest verso est, La perdita di acqua per infiltrazione, determinata infittendo le sezioni di misura, fornisce anche un'indicazione dell'intensità del carsismo.

(Skelton)

Calcolo della piovosità media per un bacino idrografico (metodo dei topoieti)



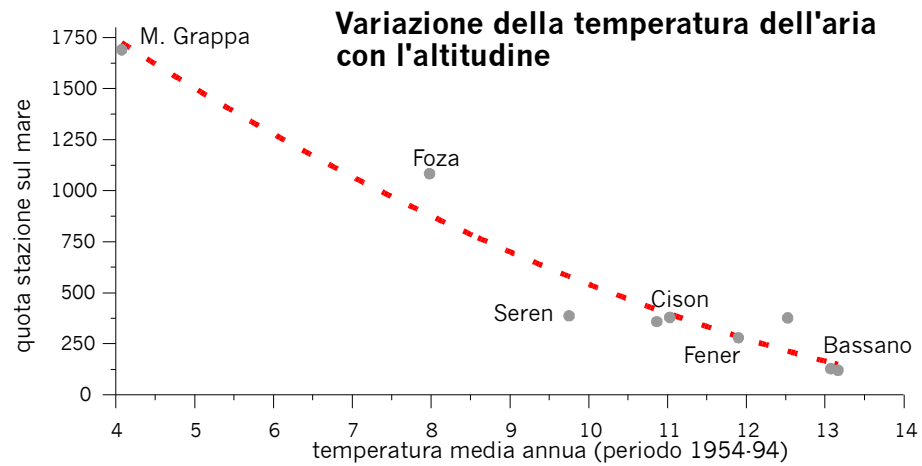
Per calcolare la piovosità media di un bacino, unire le stazioni idrologiche con una rete triangolare. Tracciare la perpendicolare in corrispondenza della metà di ogni lato della maglia ottenendo così dei poligoni. L'acqua caduta sull'intero bacino è data dalla somma di quella dei vari poligoni, ognuna considerata pari a quella della stazione più vicina od al centro. Ad esempio il volume di acqua caduta nell'area in grigio scuro è dato dal prodotto della superficie del poligono e dell'altezza di pioggia misurata in S.



Isoiete medie per il massiccio del M. Grappa (1921-50)

R = stazione reale;
F = stazione fittizia, calcolata in base alla variazione della piovosità con l'altitudine. Il volume delle precipitazioni si calcola moltiplicando l'area tra due isoiete (in grigio) per la media della piovosità, indicata dalle due curve. Il calcolo va effettuato all'interno del bacino idrologico definito.

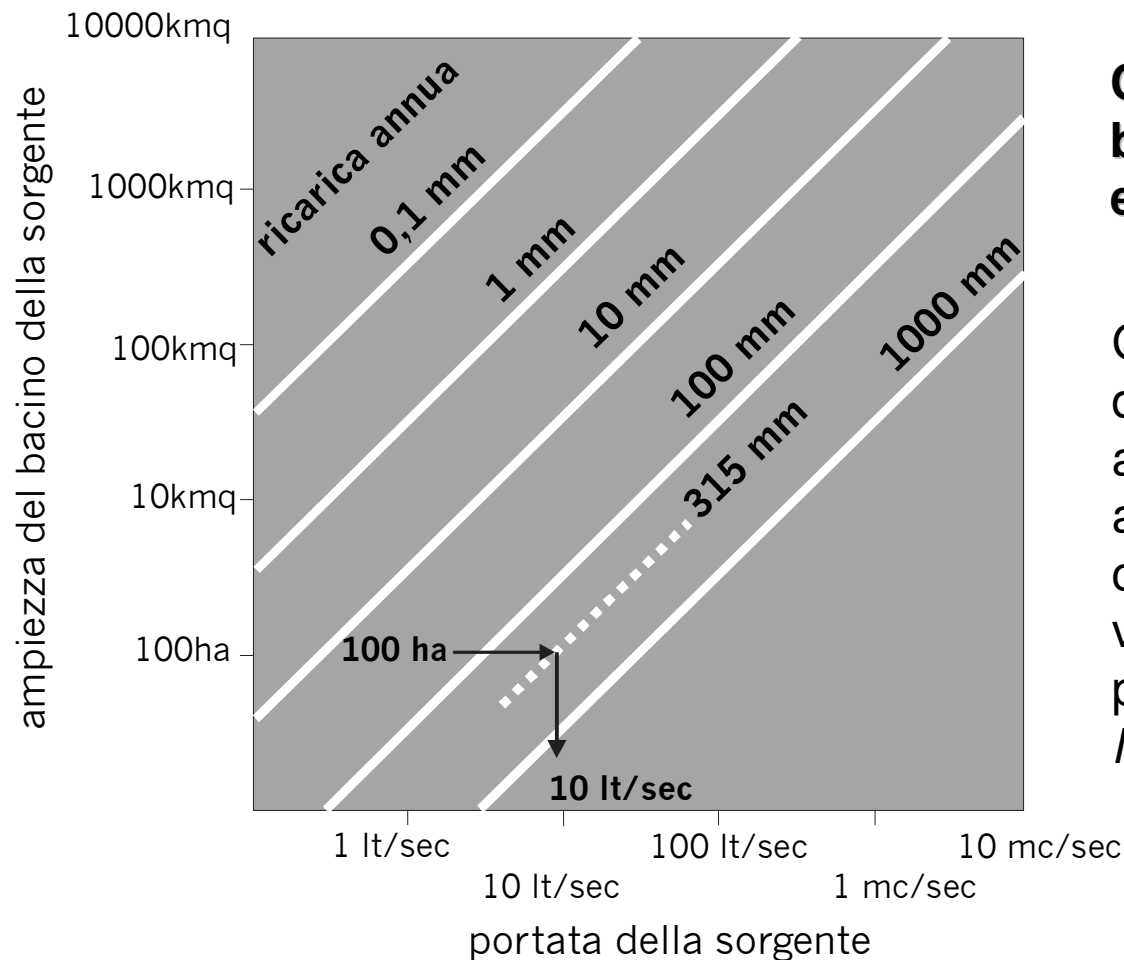
(Bacino idrogeologico della sorg. Tigorzo)



(Bacino idrogeologico della sorg. Tegerzo)



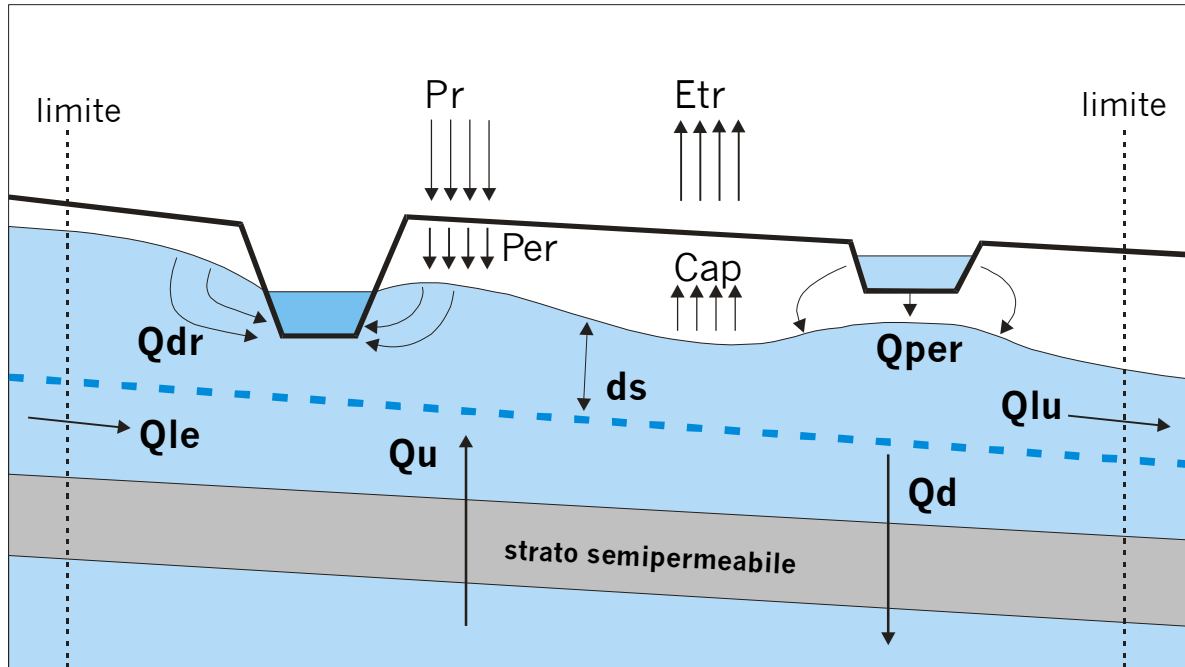
(Idrogeologia: ciclo idrogeologico, ricarica e riserve)



Correlazione tra area del bacino portata delle sorgenti e ricarica della falda

Grafico di correlazione tra area del bacino e ricarica annuale alla falda. In ascissa la portata annua delle sorgenti. Non è considerato il peso dovuto alla vegetazione, litologia e pendenza dei versanti (da *Meinzer*)

Calcolo del bilancio idrico sotterraneo



$$(Q_{le} + Q_u + Per + Q_{per}) - (Etr + Q_d + Q_{dr} + Q_{lu}) = ds$$

(Boonstra, de Ridder)

Componenti del flusso necessari per il calcolo del bilancio:
 Pr = acqua di precipitazione
 Per = è la precipitazione efficace, pari all'acqua che ricarica la falda attraverso l'insaturo
 Etr = evapotraspirazione da zone con falda subaffiorante (Cap), paludose, e coperte da vegetazione
 Qper = acqua di percolazione attraverso l'alveo di un corso d'acqua pensile
 Qup = flusso in salita proveniente da un acquifero semi confinato
 Qd = flusso in discesa dall'acquifero superiore a quello sottostante, attraverso un livello semipermeabile
 Qle = portata laterale in entrata
 Qlu = portata laterale in uscita
 Qdr = flusso di falda verso i corsi d'acqua superficiali
 ds = variazione immagazzinamento

Fasi	Elementi e parametri considerati	Valori
1	Piovosità media annua (P)	987 mm
2	Evapotraspirazione media annua (E)	450 mm
3	Ricarica (P-E)	537 mm
4	c.i.p. copertura permeabile	0.8
5	Infiltrazione efficace	429.6
6	Superficie dell'acquifero	
A	Affioramenti	15.7 kmq
B	Copertura argillosa	36.3 kmq
C	Affioramenti in zona urbana	2.5 kmq
D	Copertura argillosa in zona urbana	3.2 kmq
7	Calcolo della ricarica	
A	Da affioramento 15 700 000 x 0.430	6751 x 10 ³
B	Da copertura argillosa 36 300 000 x 0.537 x 0.3	5848 x 10 ³
C	Area confinata assente	0
D	Area urbana 2. 500 000 x 0.537 x 0,5	671 x 10 ³
E	Area urbana con copertura argillosa 3 200 000 x 0.537 x 0,3 x 0,5	257 x 10 ³
T O T A L E		13527 x 10³ m³/anno

Esempio di calcolo preliminare della ricarica di un acquifero alluvionale molto permeabile con ruscellamento superficiale $R = 0$ e c.i.p. = 0,8 (*Brassington*)

Ricarica e recapito

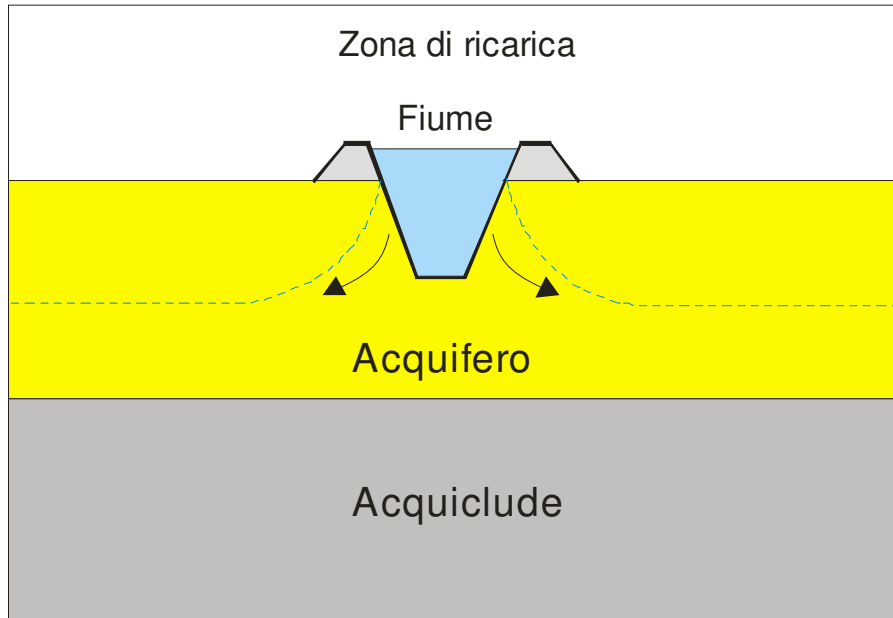
La funzione di un acquifero è quella di immagazzinare e trasmettere l'acqua. L'immagazzinamento (S) è possibile nella parte porosa della roccia; lo spostamento avviene se esistono punti a diverso carico piezometrico, da quello maggiore (area di ricarica, *recharge area*) a quello inferiore (area di recapito, *discharge area*)
La variazione di immagazzinamento in un acquifero è data da:

$$\Delta S = \text{ricarica} - \text{recapito} = \text{entrata} - \text{uscita}$$

In condizioni naturali, all'equilibrio $\Delta S = 0$ (si verifica ad esempio se consideriamo un anno idrogeologico)

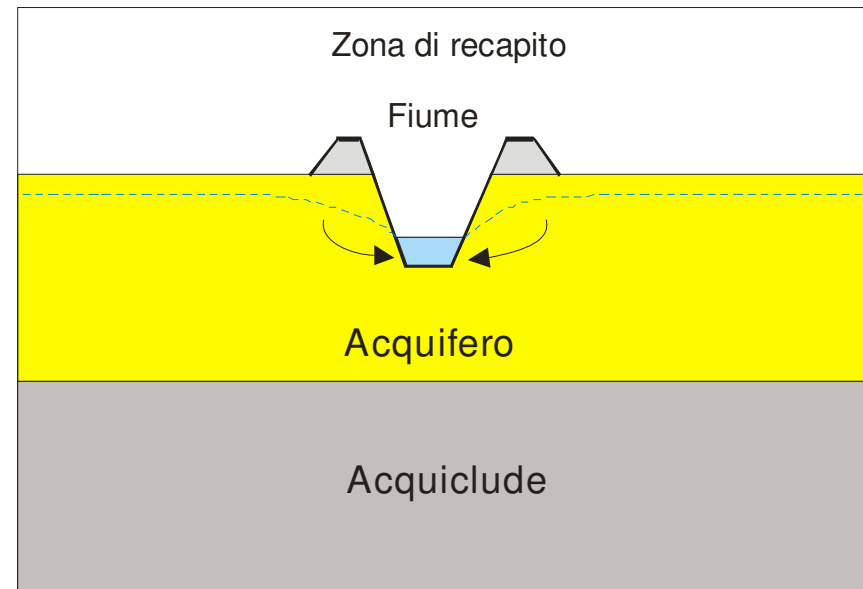
La ricarica si verifica dove c'è un serbatoio idrico (una fonte di acqua) che è in contatto con l'acquifero e lo rifornisce (ad esempio: percolazione verticale da piogge, perdite laterali o dall'alveo dei fiumi, da laghi, zone umide, o da acquiferi laterali). Spesso queste zone sono topograficamente elevate, la falda è profonda, il contenuto di sali basso ma in aumento con la profondità.

Il recapito si verifica dove l'acqua abbandona l'acquifero per ritornare alla superficie (ad esempio: lungo i fiumi, laghi, zone umide, sorgenti, aree verdi). Spesso queste zone sono topograficamente depresse, con falda subaffiorante ed acque mineralizzate.



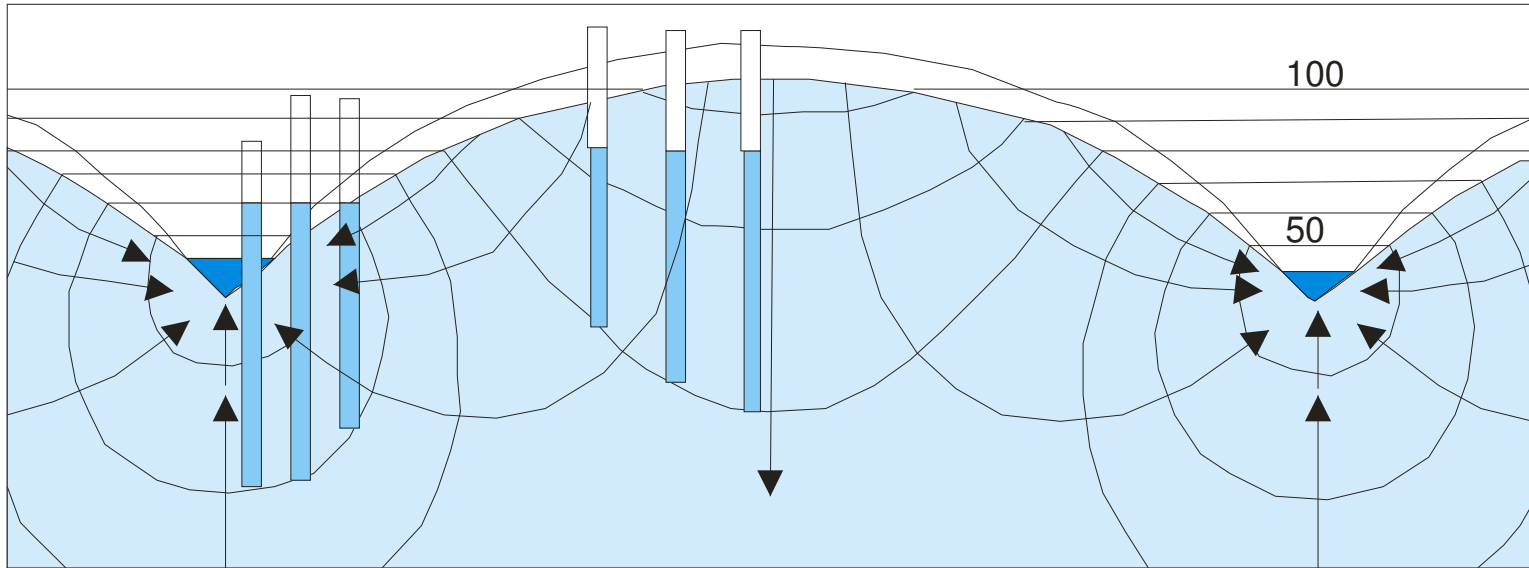
La zona di ricarica presenta un limite a carico fisso

La zona di recapito presenta un limite a carico fisso



Linee di flusso convergenti
nelle zone di recapito

Linee di flusso divergenti
nelle zone di ricarica



Il potenziale aumenta
verso il basso

Il potenziale diminuisce
verso il basso

(Hubbert, modificato)

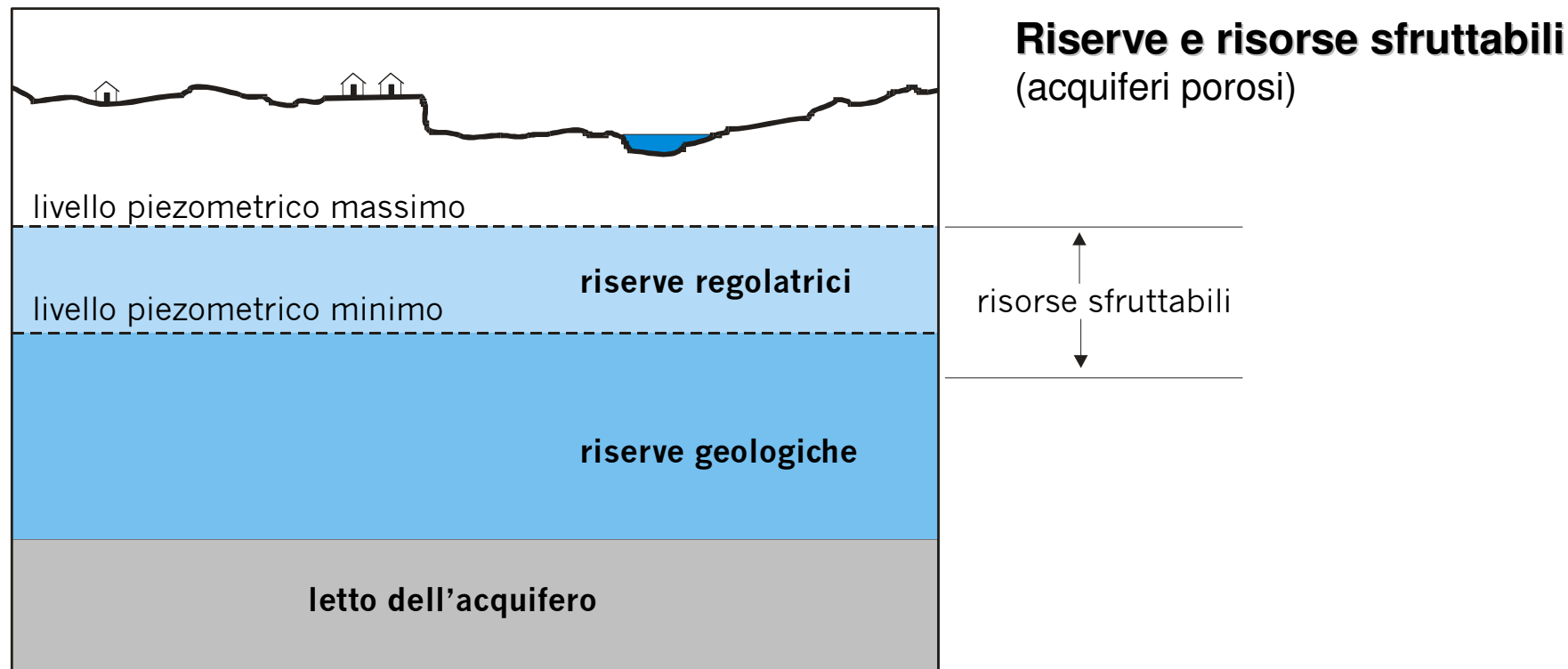
Flusso verso le zone
a carico piezometrico minore

FONTI DI RICARICA DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Fonte	Descrizione
Percolazione da acque meteoriche	E' una delle cause principali di alimentazione; l'entità è regolata dall'esposizione topografica, vegetazione, natura del suolo, litologia, intensità e frequenza delle piogge
Infiltrazione da laghi e fiumi	Nelle zone umide dove i livelli freatici sono alti, l'infiltrazione è localizzata e stagionale; in alcune zone interi tratti di corsi fluviali possono scomparire per alimentare la falda
Comunicazione con acquifero laterale	Un acquifero può essere ricaricato se comunica attraverso una zona permeabile, con un altro confinante lateralmente; l'entità della ricarica dipende come sempre dalla differenza di carico idraulico, dal tipo di collegamento e dai parametri idrogeologici
Ricarica artificiale	Può essere attuata tramite bacini artificiali poco profondi ma estesi, e pozzi di infiltrazione; l'irrigazione, le fosse biologiche o le reti fognarie possono essere considerati sistemi di ricarica (e/o inquinamento) artificiali ma non intenzionali

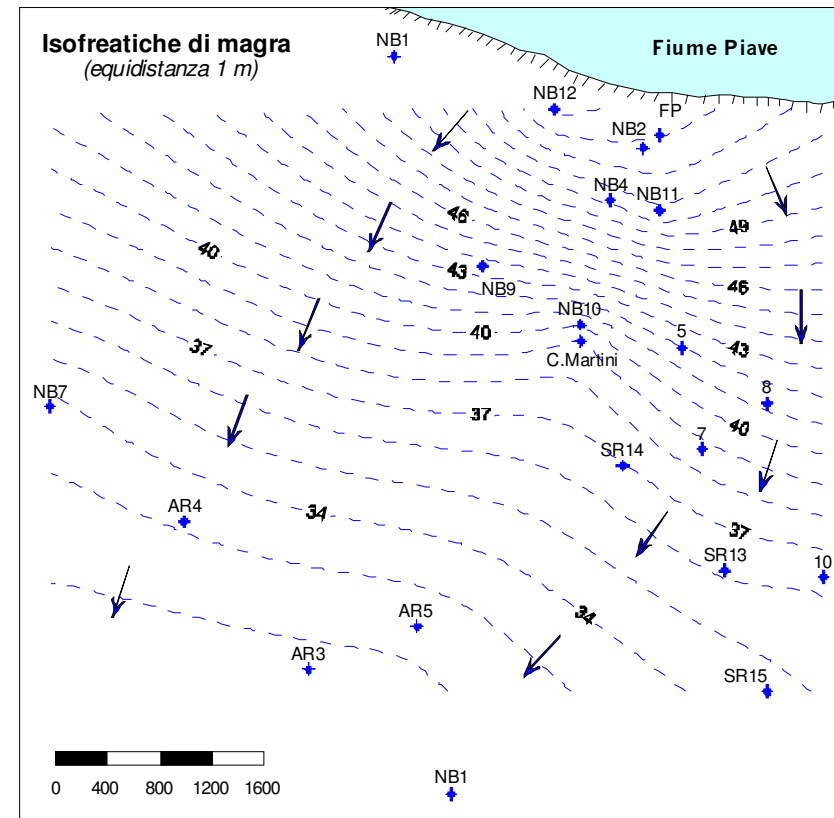
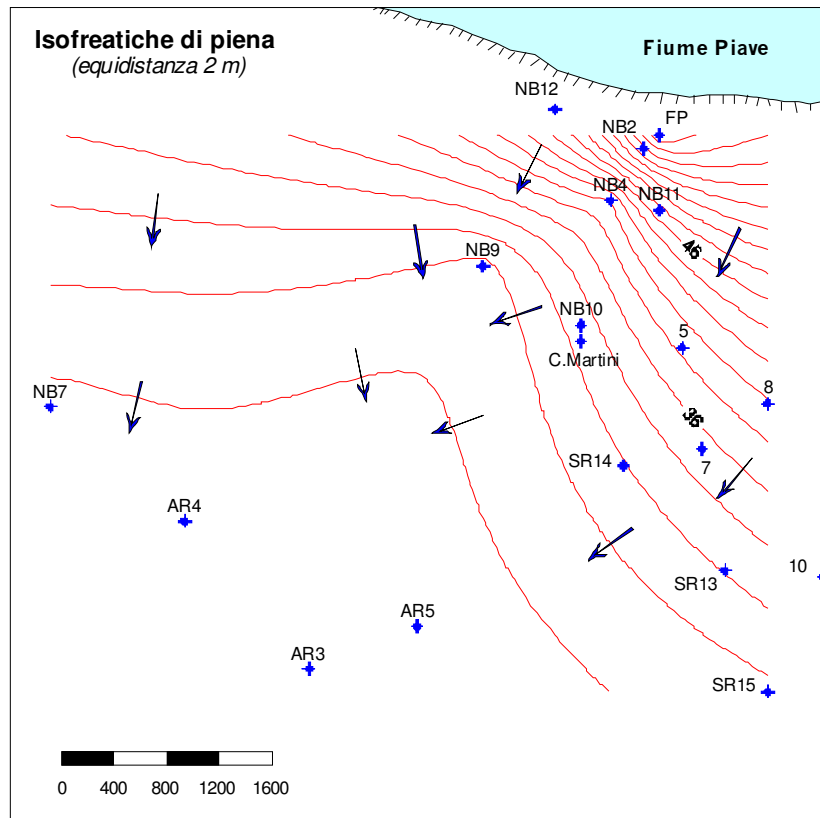
FONTI DI RECAPITO DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Fonte	Descrizione
Infiltrazione verso fiumi	Lungo alcuni tratti di alveo (e durante certi periodi dell'anno) l'acqua sotterranea può alimentare i fiumi e mantenerne il corso
Flusso da sorgenti e zone d'infiltrazione	Sorgenti, fontanili e zone umide sono localizzate dove la falda interseca la superficie del terreno
Evaporazione e traspirazione	Un acquifero può perdere acqua per evaporazione, quando la falda è prossima alla superficie (tramite la frangia capillare); lo stesso si verifica tramite le radici delle piante quando c'è una grande copertura vegetale
Estrazione artificiale	Pozzi e dreni sono i principali responsabili dell'abbassamento delle falde

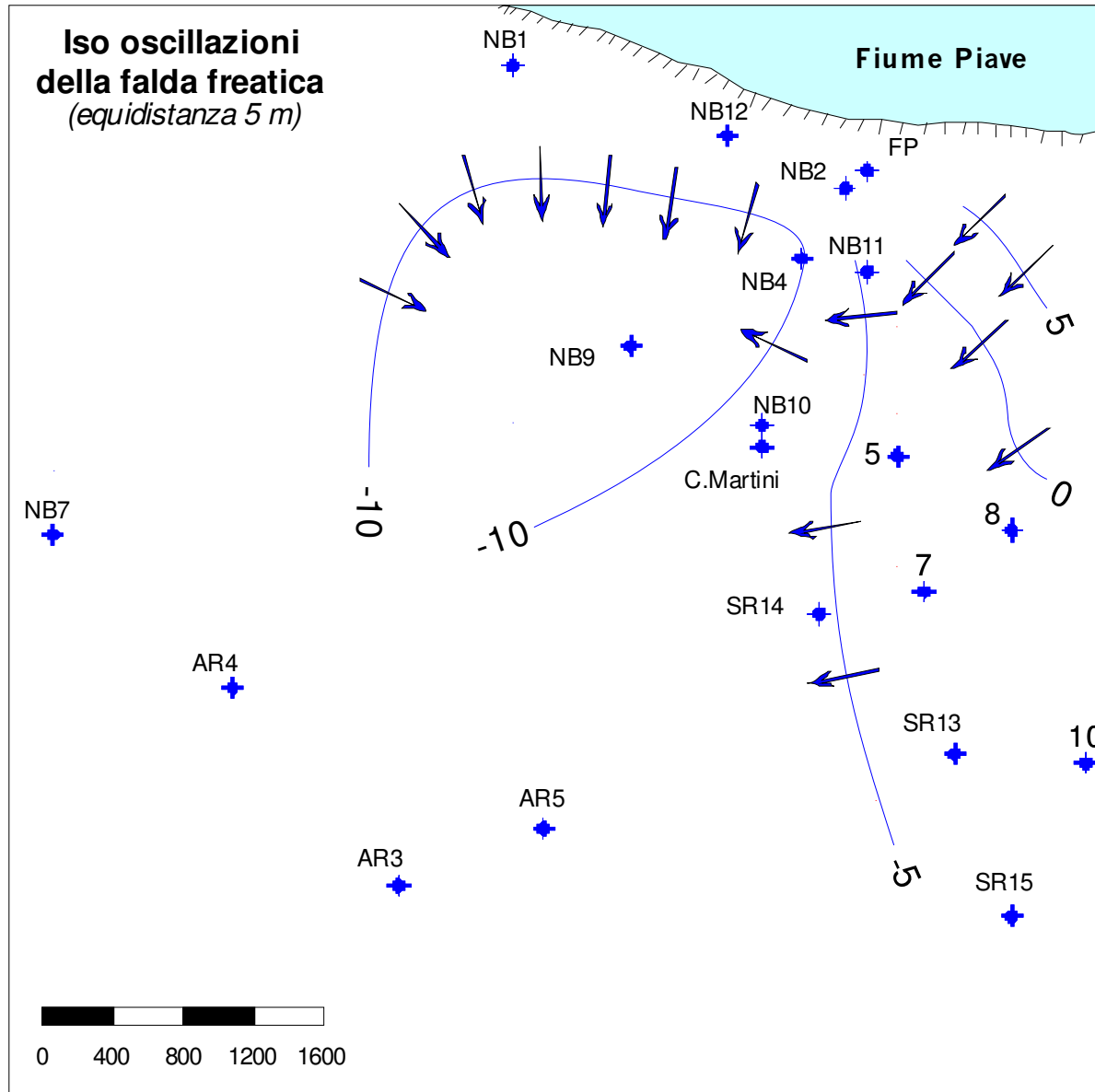


La gestione e l'utilizzo delle risorse prevede conoscenze geologiche, sui bisogni idrici, e sulle variazioni piezometriche nel tempo, sia artificiali sia naturali. Per il calcolo delle riserve è importante conoscere la porosità efficace e l'immagazzinamento delle falde.

Valutazione della ricarica per un acquifero alluvionale



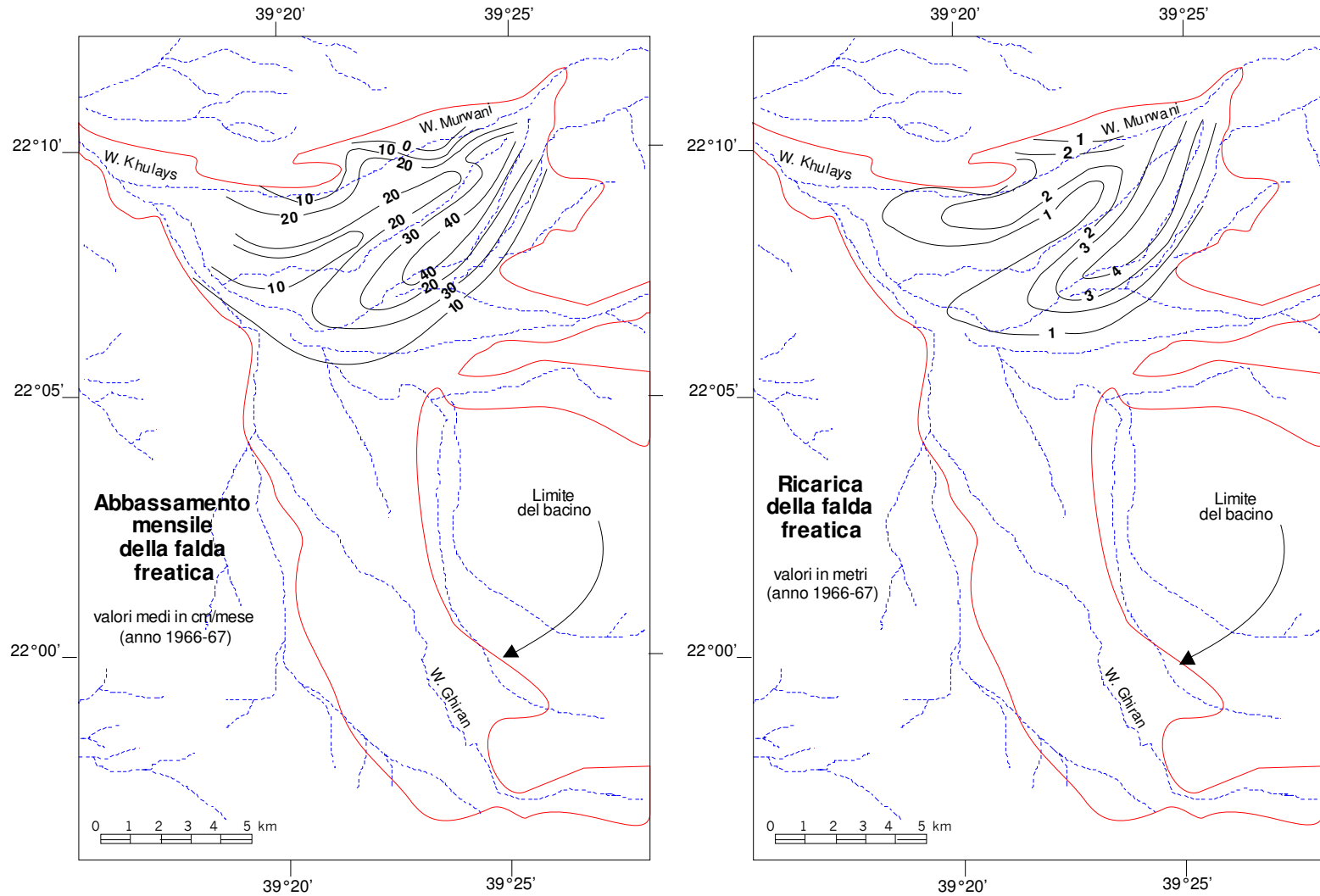
la redazione della carta piezometrica di piena e di magra, permette di ricavare lo spessore che annualmente si rinnova; conoscendo l'ampiezza dell'acquifero e la sua porosità efficace si può calcolare il volume delle riserve regolatrici e quindi quelle sfruttabili



Zone di ricarica

Sovrapponendo la carte piezometrica di piena a quella di magra, si ricava su ogni punto di intersezione delle isolinee il valore di oscillazione, utilizzato poi per la carta a sinistra. La carta permette di riconoscere le zone di maggiore oscillazione (ricarica) situate nei vicinanza del fiume.

Zone di ricarica e riserve regolatrici



(Idrogeologia: ciclo idrogeologico, ricarica e riserve)

Nei due periodi in figura sono stati misurate le variazioni di livello statico della falda freatica; in alto durante la stagione secca sono riportate le linee di uguale abbassamento medio mensile in cm, dovuto al pompaggio dei pozzi; in basso sono state ricavate le linee di uguale ricarica della falda durante la stagione piovosa; si nota come le aree con oscillazioni più elevate (zone di ricarica) sono situate vicino al corso degli wadi e poco oltre il loro sbocco dalle valli. (L. Zoppis; Congresso AIH, Palermo 1970, semplificato)