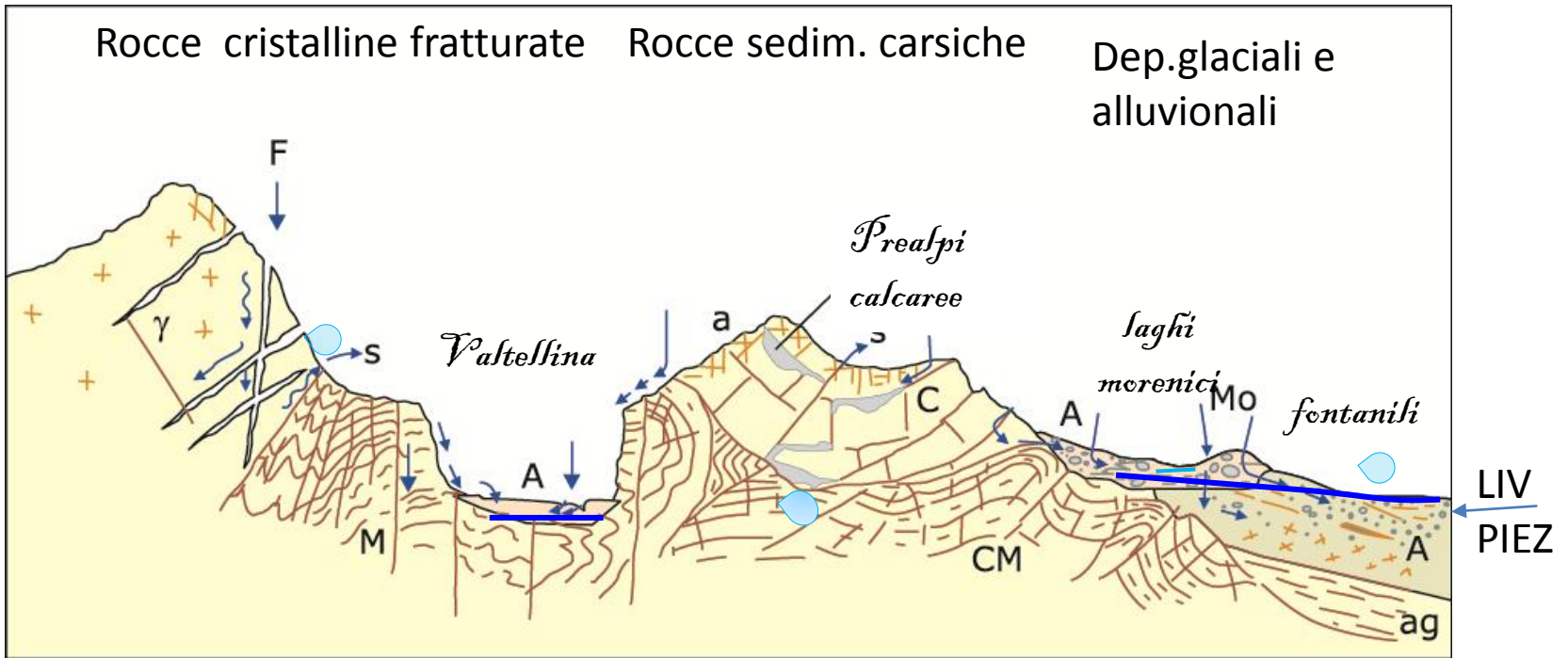




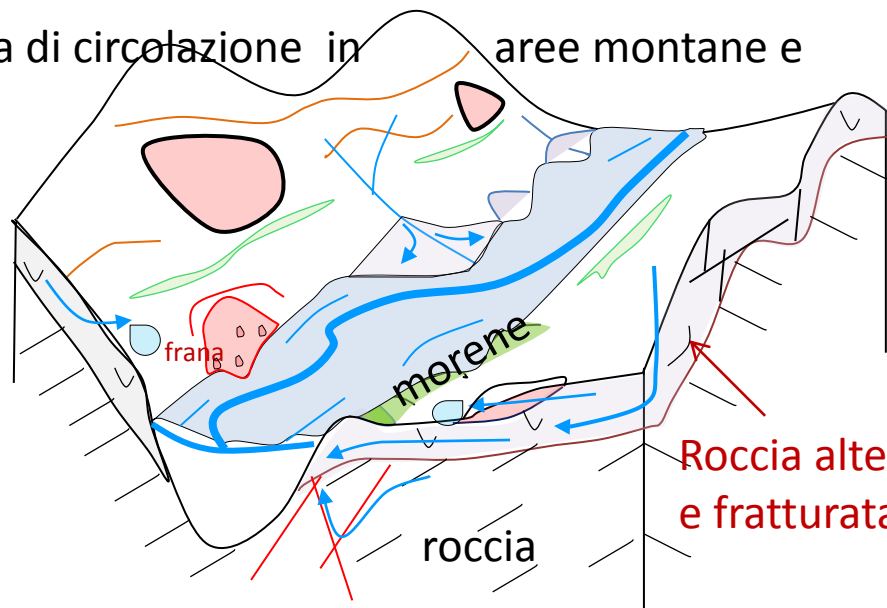
Vincenzo Francani

Acqua e terreni nella pianura e nella
montagna lombarda. Le falde e altro



Schema idrogeologico fra le Alpi e Milano

Schema di circolazione in aree montane e vallive



Sorgente Dorgali



Sorgente Nossana ,Bergamo



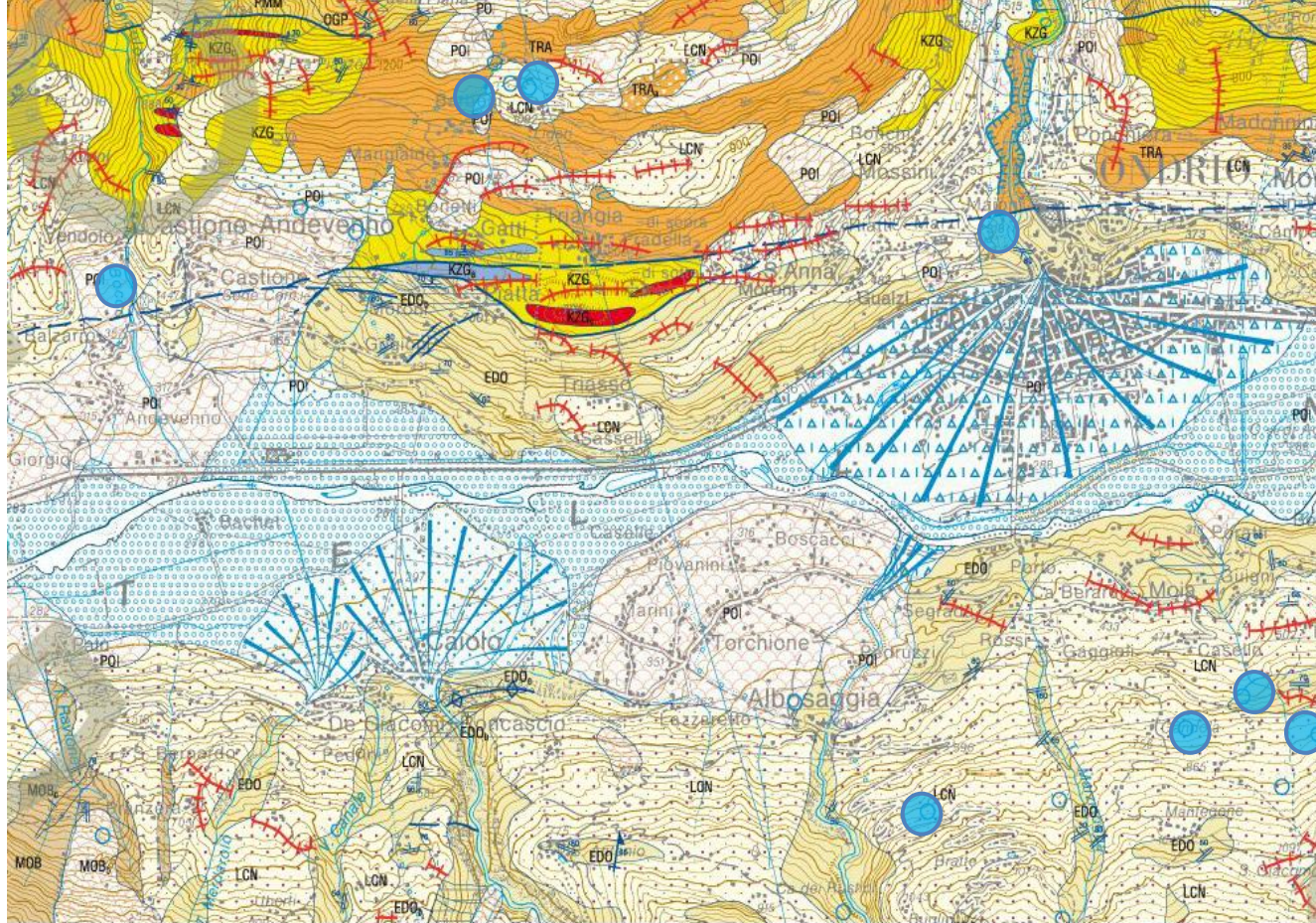
Mescon



Su Gologone

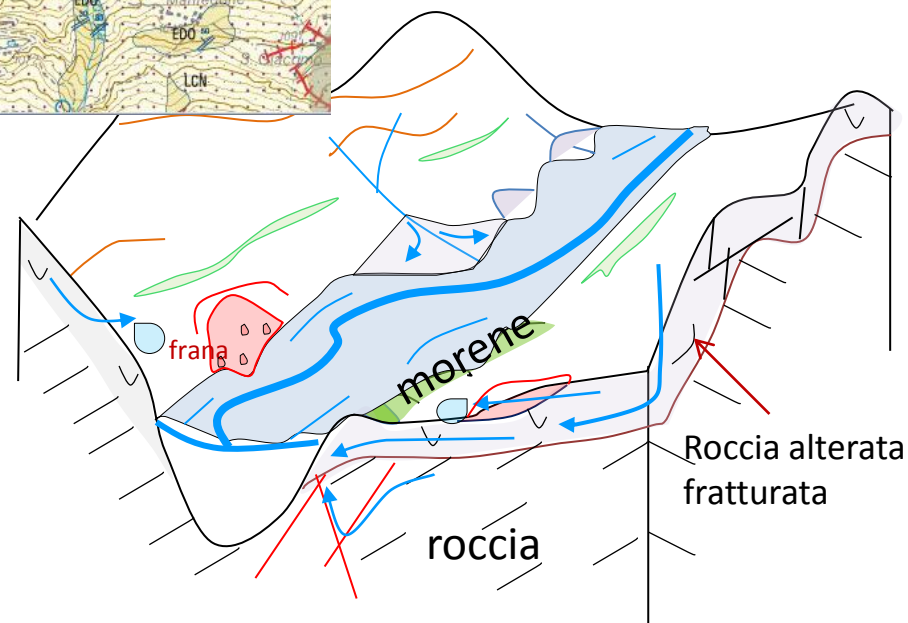


Timavo



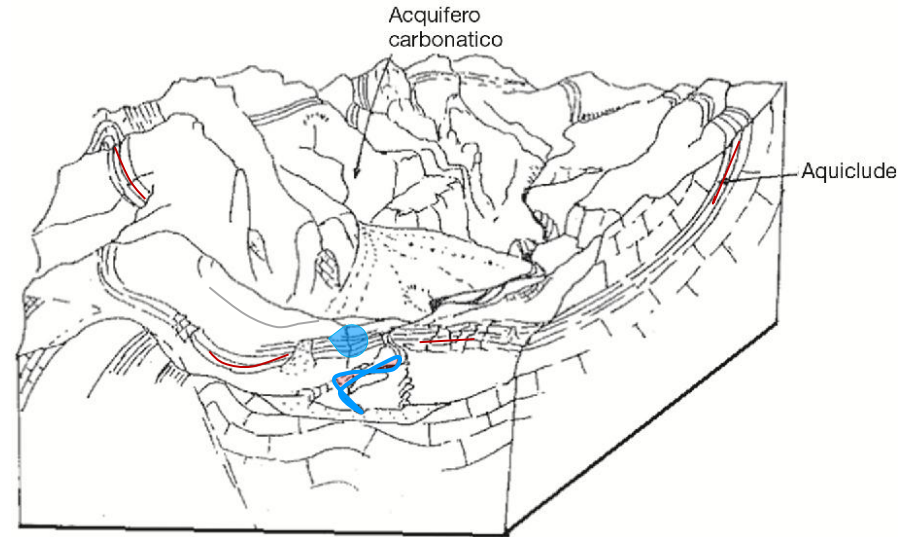
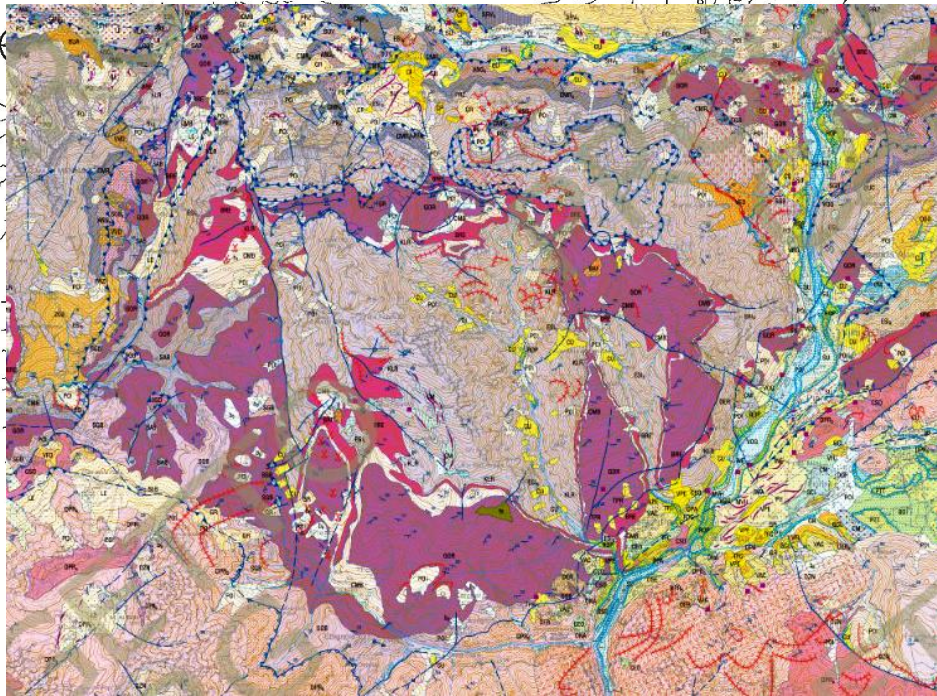
L'esame della **carta geologica** è la prima fase di studio delle risorse idriche delle aree montane per risalire all'origine delle sorgenti, e la carta piezometrica è la base per la ricostruzione dell'idrogeologia degli acquiferi di fondovalle

Foglio Geologico Sondrio



Sorgente di Ponte Nossa ,BG

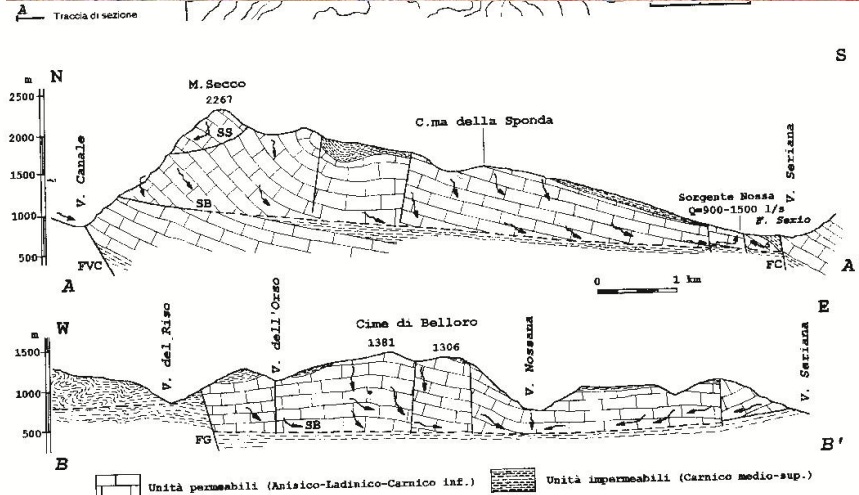
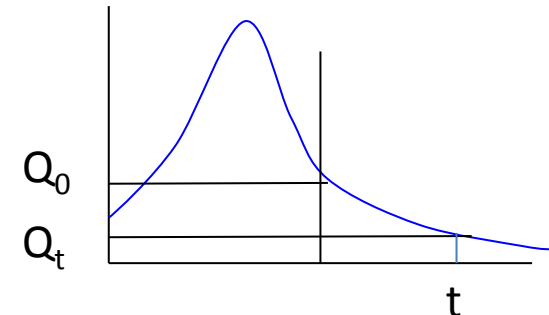
Q 900-1150 l/s



La sorgente di contatto si trova alla chiusura di un bacino calcareo che poggia su marne impermeabili

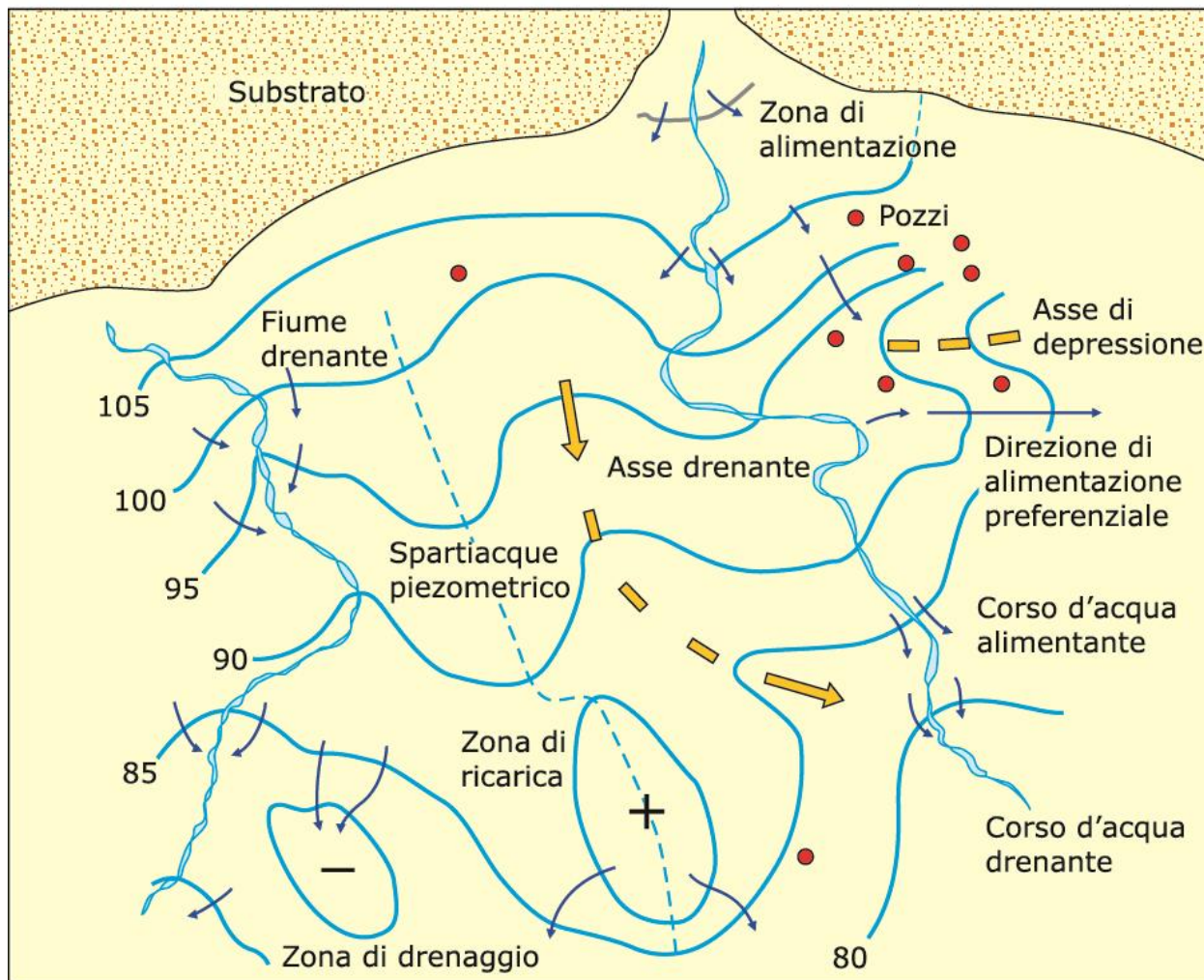
Le portate in fase di esaurimento possono essere previste in base al calcolo del coefficiente α tipico del bacino ricavato dagli idrogrammi esistenti

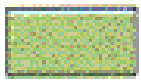
$$Q_t = Q_0 \exp(-\alpha t)$$



Le falde delle valli prealpine , ad esempio quelle dei F.Olona, Lambro, Molgora , Brembo e Serio, passano alla pianura, come mostrano le carte piezometriche .

La lettura e interpretazione della carta consente di evidenziare le depressioni naturali e artificiali , il senso di flusso della falda, i gradienti orizzontali e di comprendere quali siano le aree con ruolo alimentante e quelle con funzione drenante.

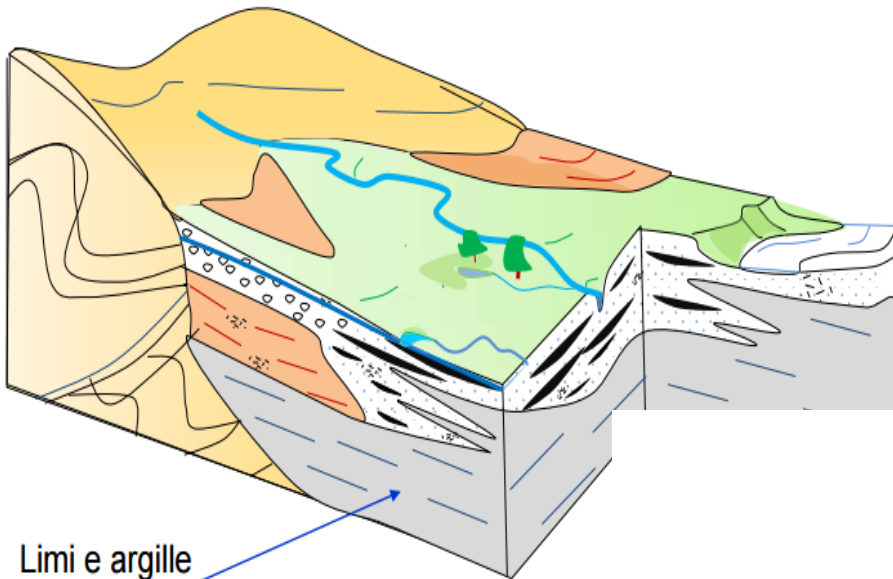




aree dei fontanili



Ipotesi di ricostruzione della Chiesa di Santa Maria di Loreto a Milano



Limi e argille impermeabili

Da V. Francani

Temperatura annua fra 10° e 14°
Oltre 950 attivi, con Q tot circa 30 mc/s

Infiltrazione da piogge
Afflussi da corsi d'acqua
Infiltrazione da irrigazioni

Evaporazione
Deflusso superficiale a laghi e corsi d'acqua

Q in **Afflusso da monte** calcolato da
 $Q = Jkbw$
gradiente piezometrico J
permeabilità k , spessore acquifero b , larghezza sezione di flusso w

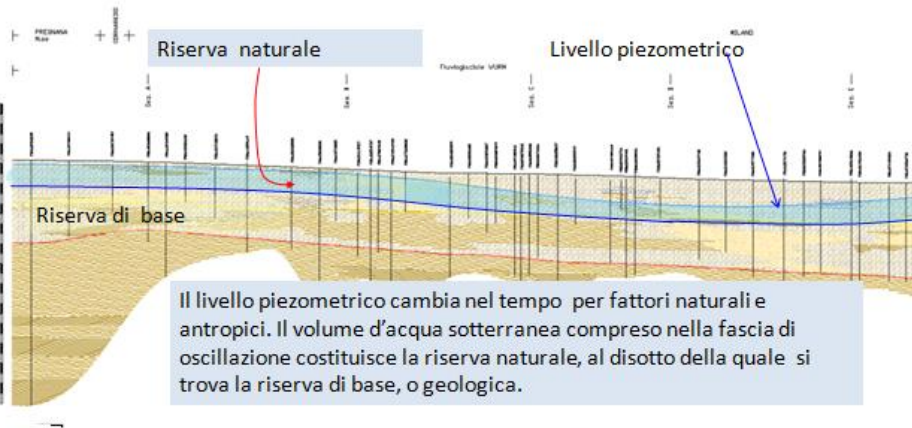
Precipitazioni

Riserve naturali

Q_{ex} **Prelievi, Deflusso a valle e a fiumi**

Scambi con la riserva di base

Variazione della riserva



Ripartizione dei fattori del bilancio di un sistema idrogeologico

Esempio di analisi dello stato quantitativo di una valle alpina : portate delle sorgenti e bilancio delle alluvioni di fondovalle

Valcamonica

bilancio fondovalle

Sorgenti

	Residenti totali	Sorgenti sfruttate	Totale di acqua estratta(l/ s)	Dotazione idrica media (l/ab/d)	Pozzi con Q note	Totale di acqua estratta(l/ s)
ANGOLO TERME	2570	6	46	320		
BORNO	2771(1200)	7	28	1029		
BRENO	5545	5	15,5	119		
CIVIDATE CAMUNO	2551	2	8	247		
ARTOGNE	2897	20	32,1	142		
BERZO INFERIORE	1912	1	37	130		
BIENNO	3578	2	4,5	153		
COSTA VOLPINO		7	44		3	87
DARFO BOARIO TERME	13192	5	81	277	2(pubbl)	10
ESINE	4250	4	15	239		
GIANICO	1700	9	26	296		
LOSINE	588	1	3,1	256		
MALEGNO	2256	1	8	176		
OSSIMO	1365	4	8,2	195		
PIANCAMUNO	3430	24	34,5	482		
PIANCOGNO	3735	4	19	352		

Afflusso di falda da monte (m³/s)

trasmissività media : 2.51 · 10⁻² m²/s

oscillazione del livello piezometrico m s.l.m. : dato non disponibile

prelievo medio areale: 0.59 l/s km²

Elementi del bilancio idrico:

Entrate:

afflusso della falda da monte 0.77 m³/s
 infiltrazione (piogge efficaci + irrigazioni e perdite canali) 0.28 m³/s

totale 1,05 m³/s

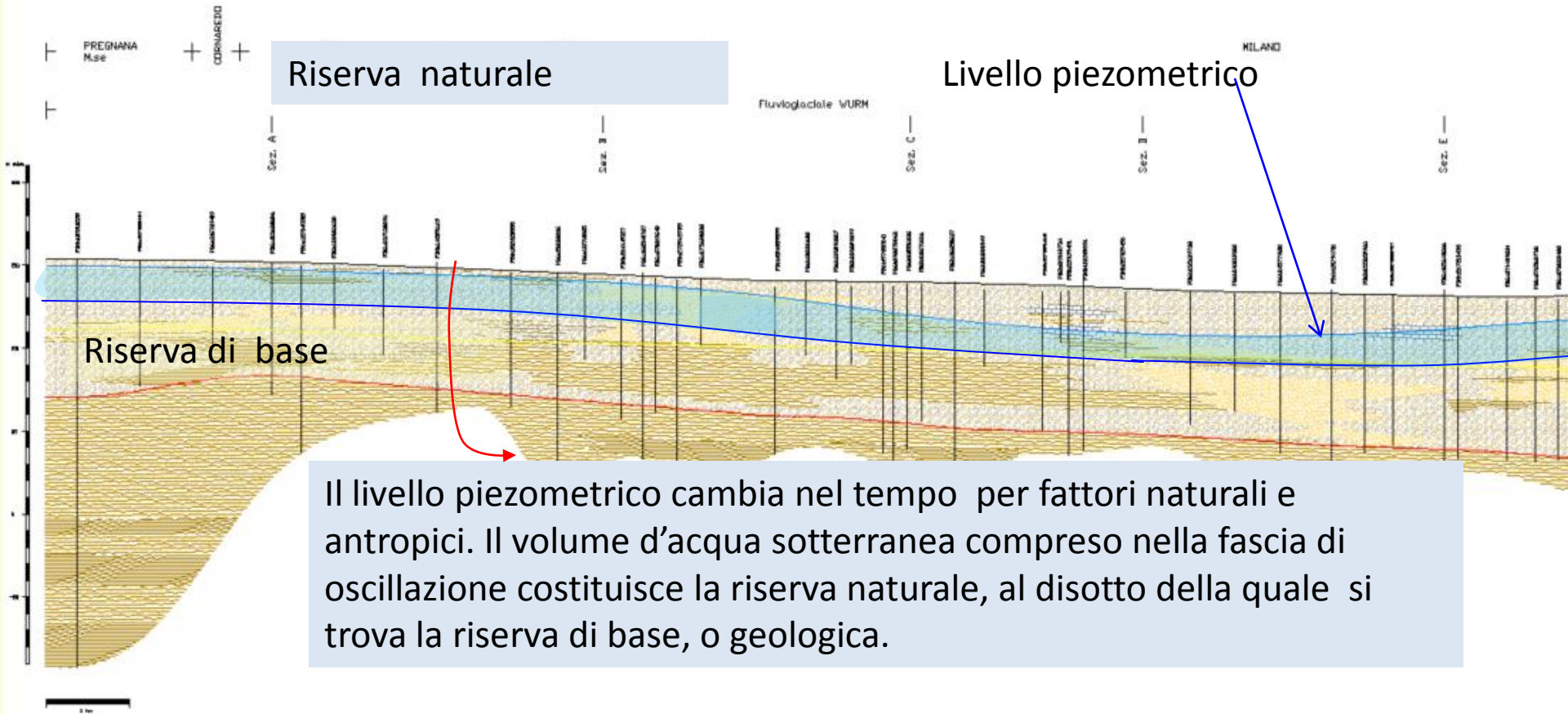
Uscite:

deflusso falda verso valle 0.83 m³/s
 prelievi pozzi 0.22 m³/s

totale 1.05 m³/s

classe quantitativa: **B**
 (prelievi/ricarica = 0,8)

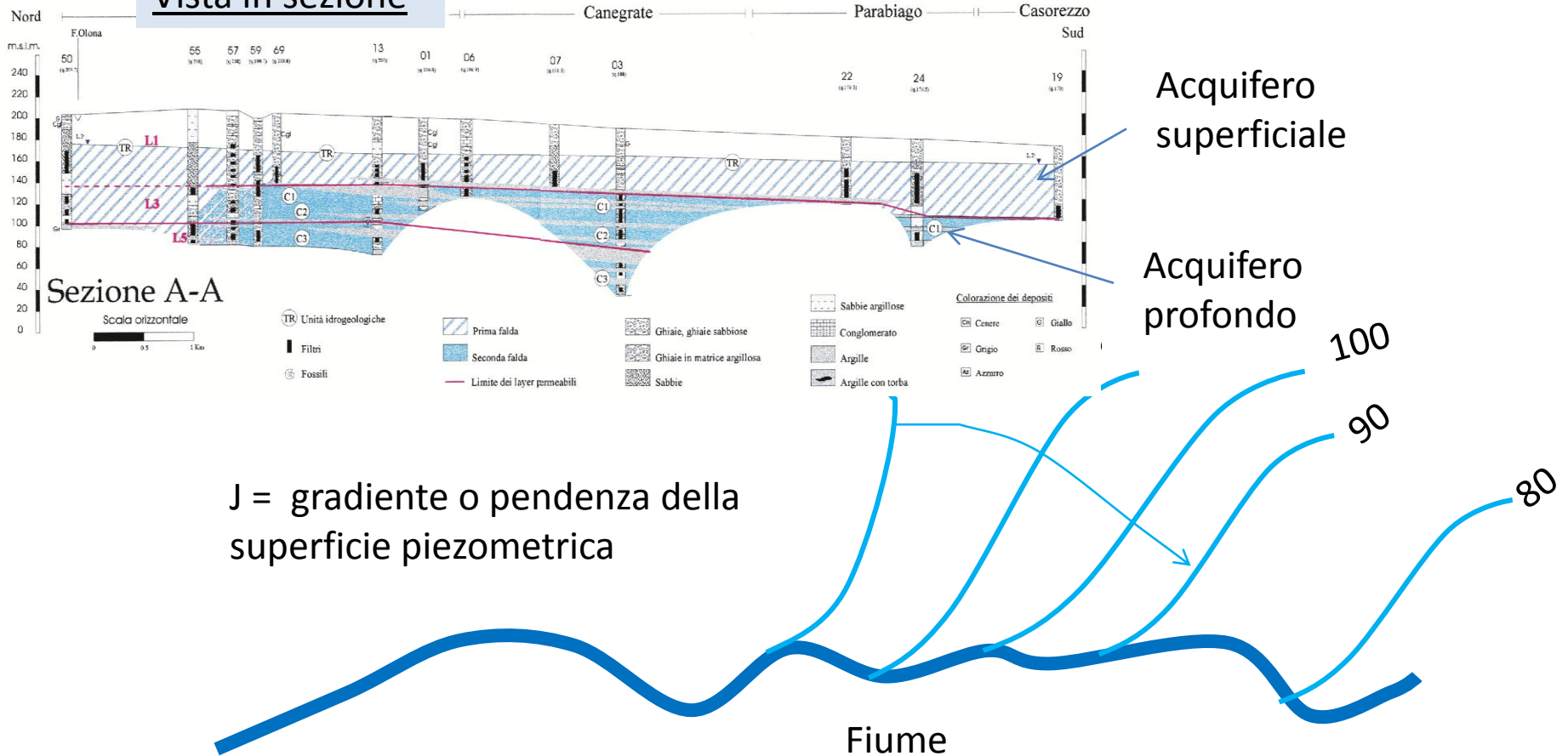
consistente equilibrio tra disponibilità ed uso della risorsa



Rappresentazione della falda con sezioni idrogeologiche e carte piezometriche

Le isopiezometriche sono linee quotate in m s.l.m. che congiungono i punti di uguale livello dell'acqua nei pozzi. Le linee ad esse perpendicolari sono quelle di massima pendenza della superficie piezometrica e rappresentano i percorsi delle particelle d'acqua. Sono **le linee di flusso**

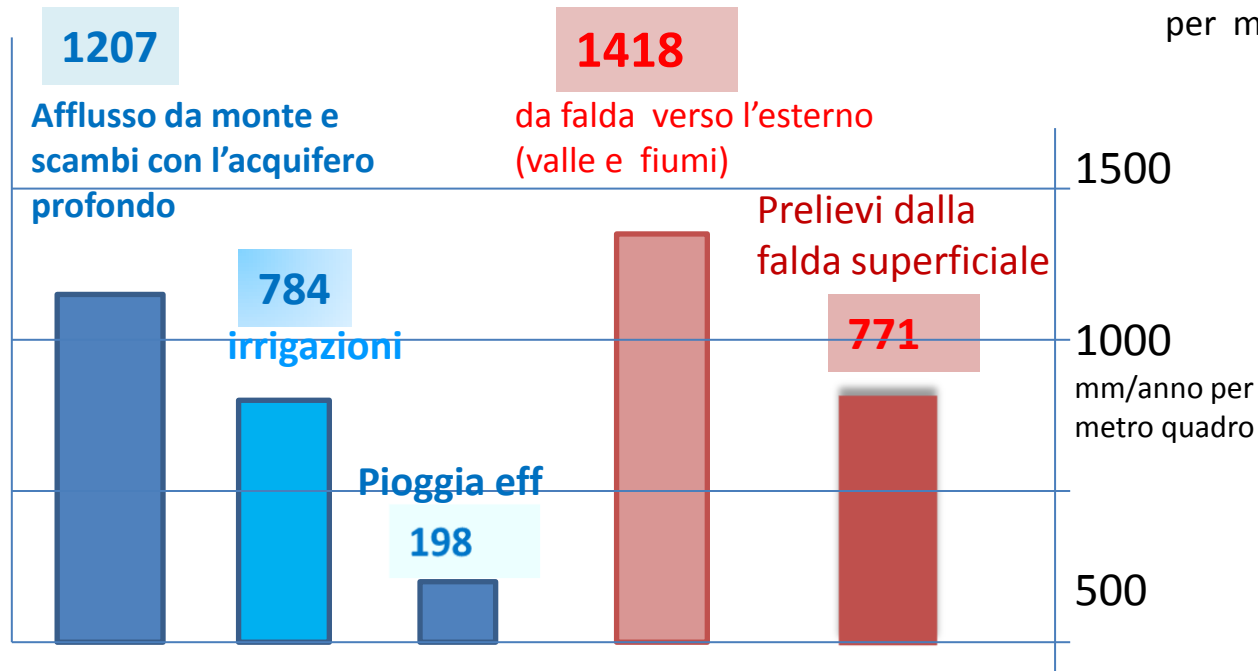
Vista in sezione



Afflussi al bacino

Deflussi dal bacino

Bilancio idrico medio annuo del **primo acquifero** della C.M. di Milano negli anni 1982-1985. Il bilancio viene espresso in litri per metro quadro all'anno



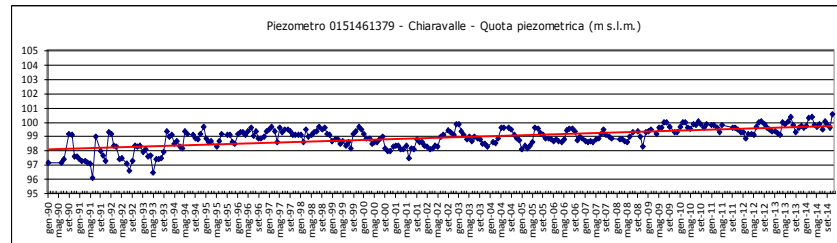
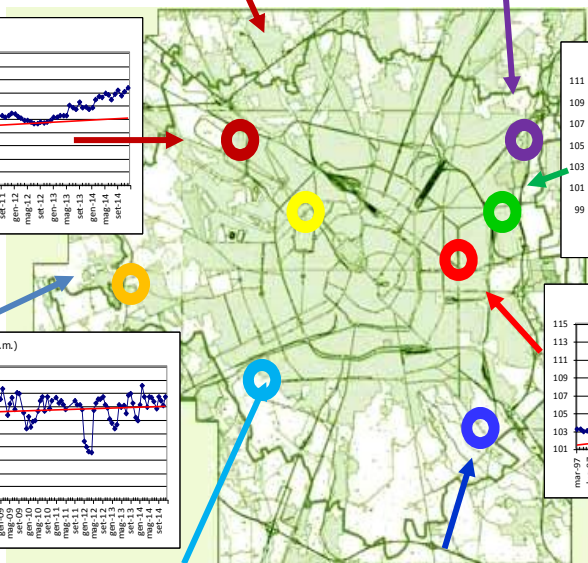
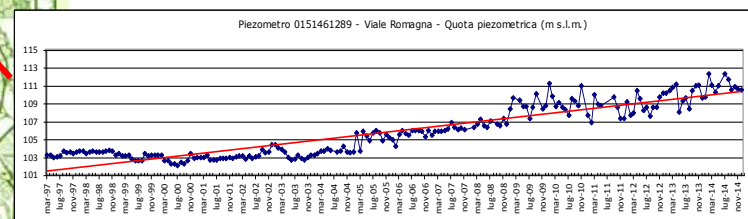
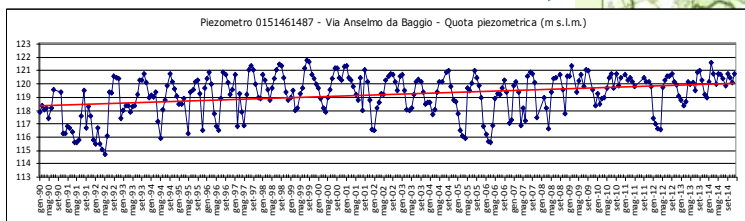
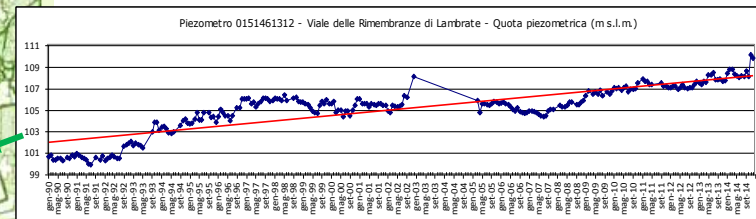
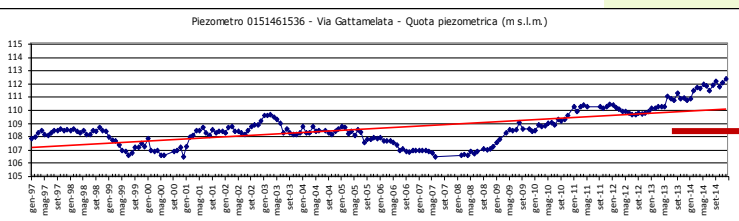
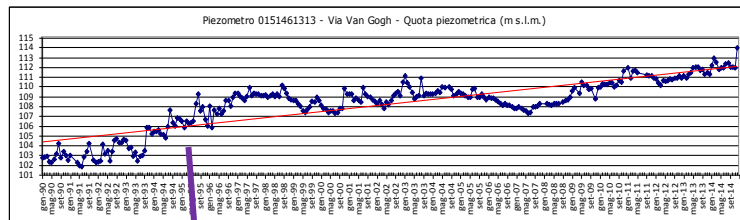
La realizzazione del bilancio è un calcolo complesso che deve passare dalla **modellazione matematica**. Negli anni '80 gli afflussi compensavano i deflussi, e si nota che le **irrigazioni** pareggiavano i **prelievi**.

Il risultato pratico è che in quegli anni, dopo una costante discesa dei livelli della falda nel corso della fase di industrializzazione e una prima risalita fra il 1975 e il 1980, i livelli piezometrici rimasero sostanzialmente stabili.

Dal 1985 è iniziato un **aumento medio annuo di 20-30 cm** dei livelli piezometrici , conseguente alla riduzione dei prelievi da falda per il **trasferimento all'estero** delle industrie idroesigenti. Un sollevamento di 0,2 m/anno comporta un **bilancio a favore della ricarica** dato dal prodotto della variazione piezometrica per l'immagazzinamento : $Dh \cdot S = 0,2m \cdot 0,15 = 30L/m^2$ all'anno (**500 mila mc/anno su tutto il Comune, circa 5 milioni di metri cubi/anno su tutta la Provincia**)

Escursioni massime:

Musocco: 7,65 – Gattamelata: 5,90 – Baggio: 7,10 – Barona: 7,85 - Van Gogh: 12,20 – Lambrate: 10,20 – Romagna: 10,30 – Chiaravalle: 4,45



COMPORTAMENTO DELLE CONTAMINAZIONI IN FALDA

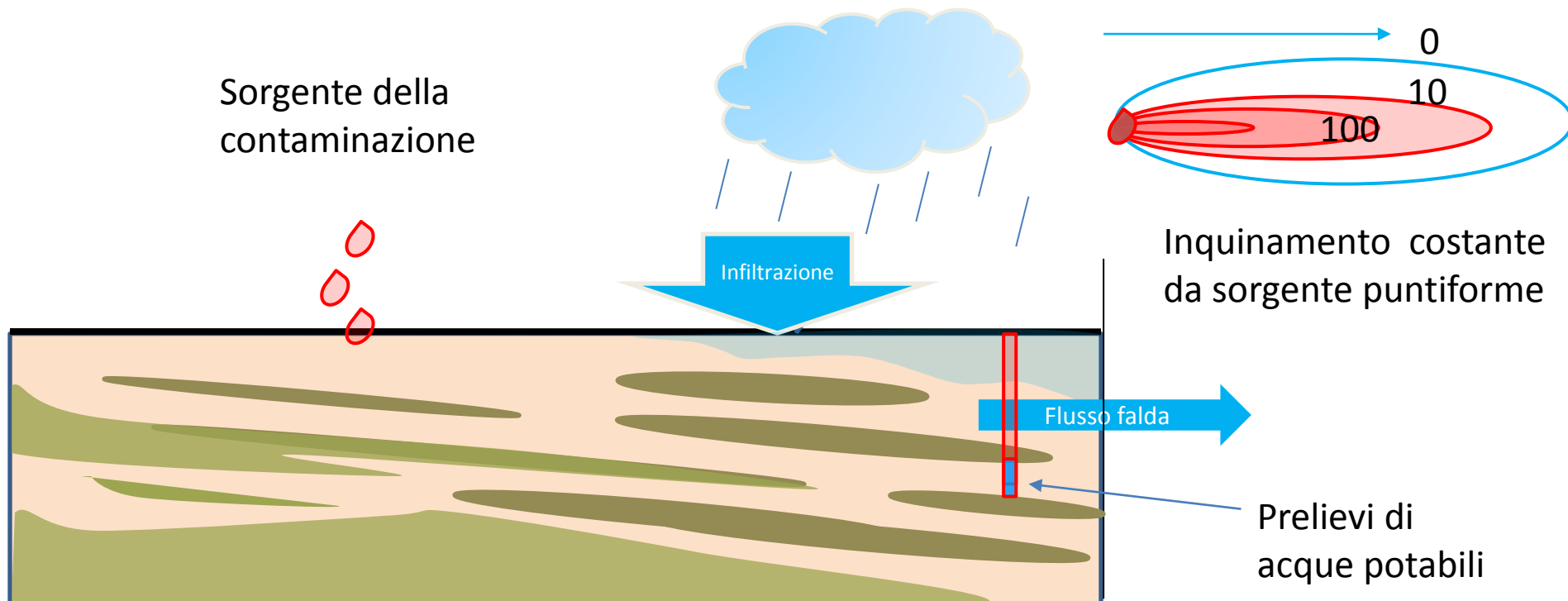
14

Gli inquinamenti costituiscono quindi un tema di ricerca attentamente seguito a livello internazionale sia dall'Ingegneria ambientale, sia dall'Idrogeologia e dalla Geochimica, ma presenta notevoli difficoltà tanto nel monitorarli quanto nello studiarne correttamente il flusso, date le complessità geologiche dell'acquifero padano.

Si nota che essi si **sviluppano entro i livelli più permeabili**, e che sono **sospinti verso il basso dall'infiltrazione** delle acque di superficie (piogge, fusione neve, irrigazioni).

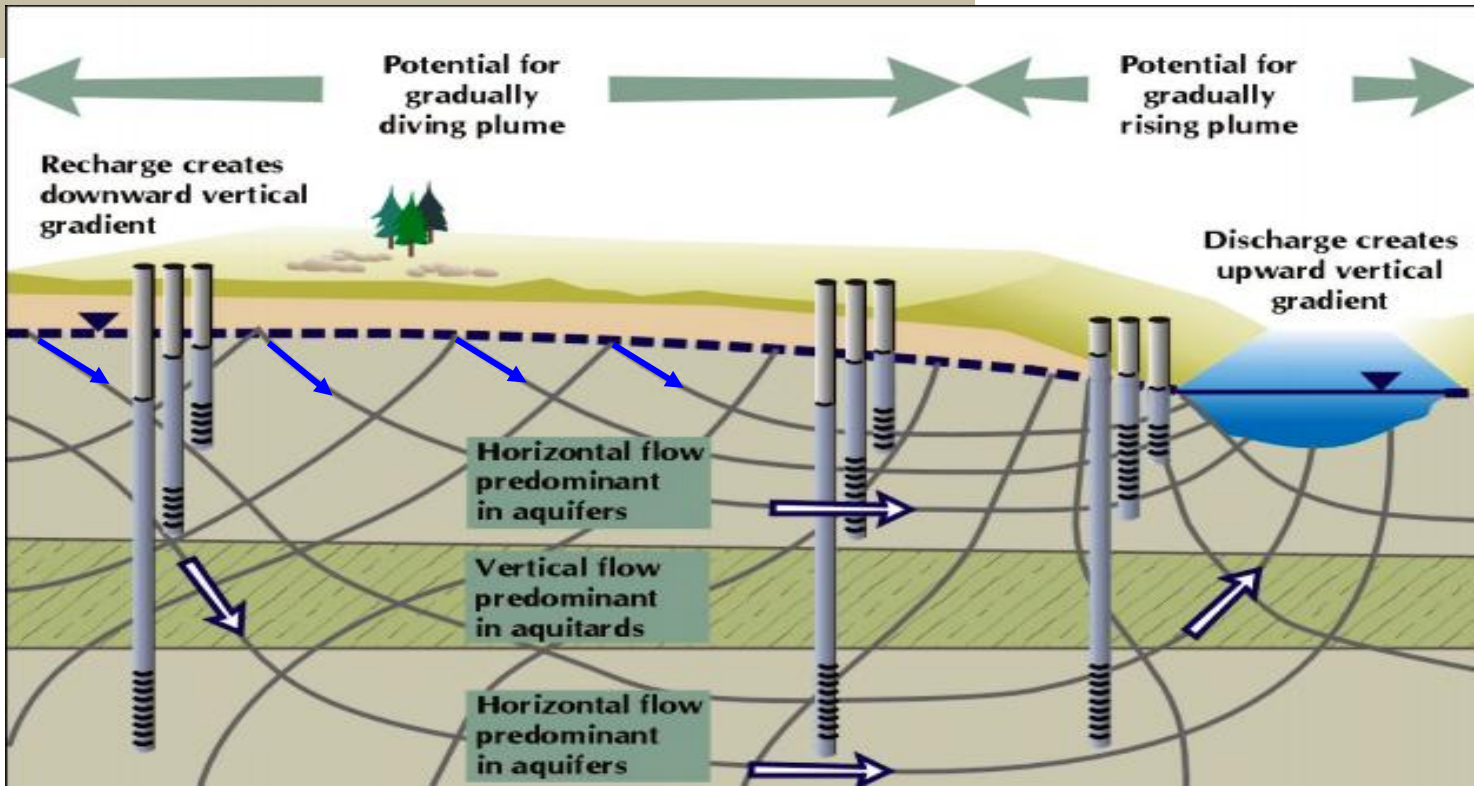
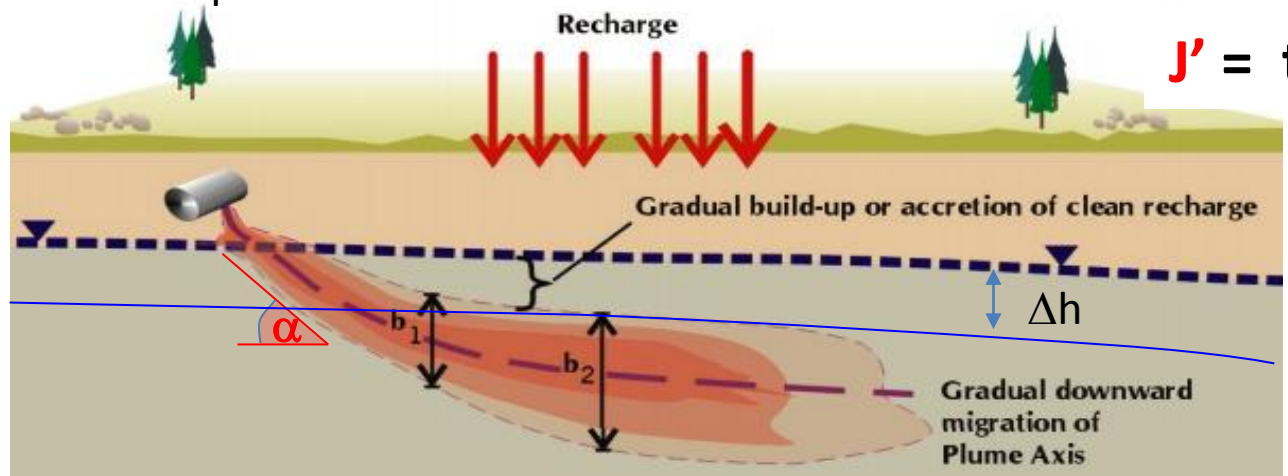
Complessivamente, circa un terzo della risorsa idrica lombarda risulta colpita da inquinamento o degrado sensibili.

E' da evitare l'estensione dell'inquinamento alle **riserve di base**, cioè alle **acque potabili**.



L'approfondimento di queste contaminazioni è favorito dalla ricarica della falda che le spinge verso il basso con una pendenza J' e dal richiamo dei pozzi che prelevano acqua potabile in profondità

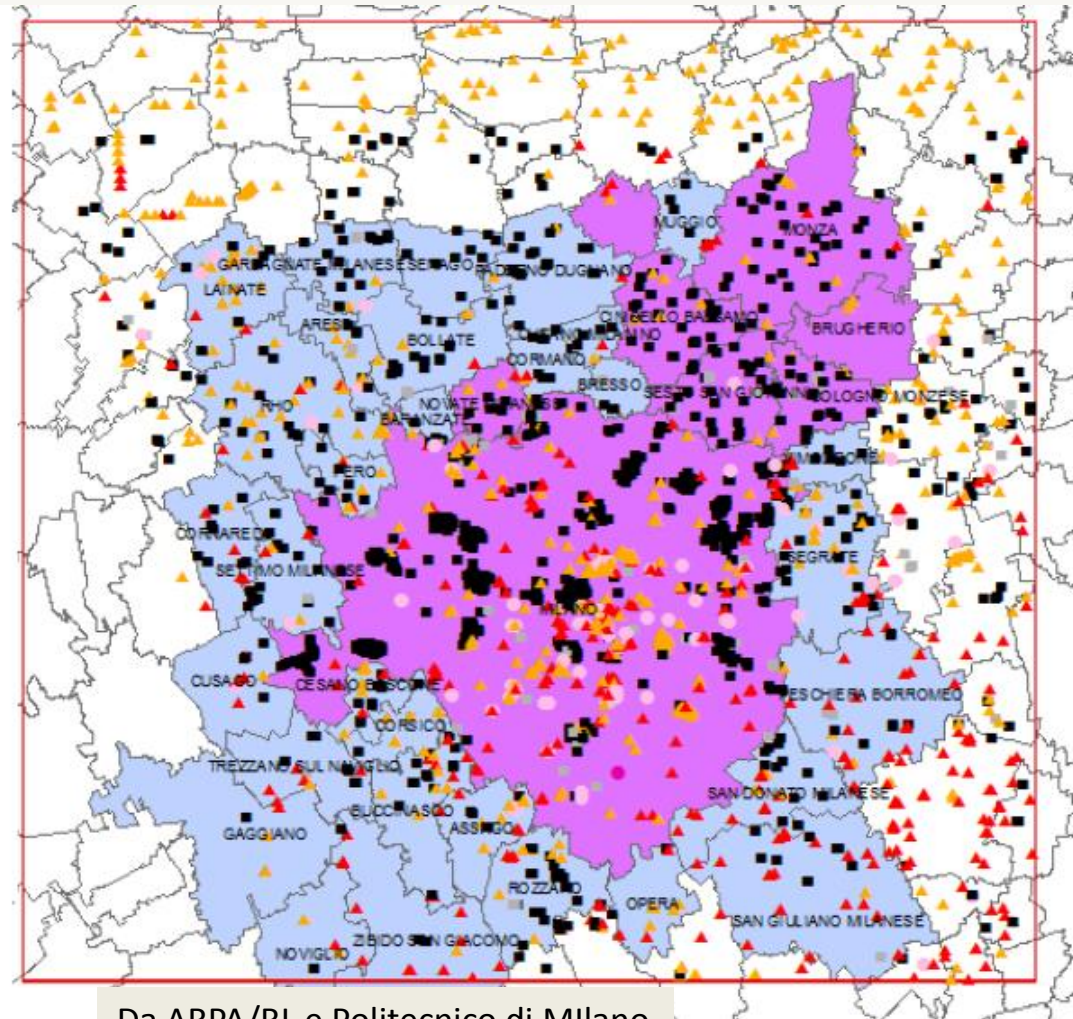
$$J' = \text{tg } \alpha = \Delta h / v = \text{Inf} / k$$



A causa degli inquinamenti profondi ,circa un terzo delle contaminazioni della Città Metropolitana insiste sul corpo idrico sottostante a quello più superficiale. Si verifica quindi una progressiva compromissione della disponibilità di acque potabili che vengono estratte prevalentemente dai pozzi perforati in questi acquiferi (punti più scuri della figura)

Legenda

- # Layer 1 (406)
- | Layer 1-2 (94)
- # Layer 1-3 (637)
- | Layer 2 (1)
- " Layer 2-3 (76)
- " Layer 3 (981)
- Dominio_Modello
- Area_Allargata



Da ARPA/RL e Politecnico di Milano

Identificazione della tendenza evolutiva e di possibili fonti localizzate

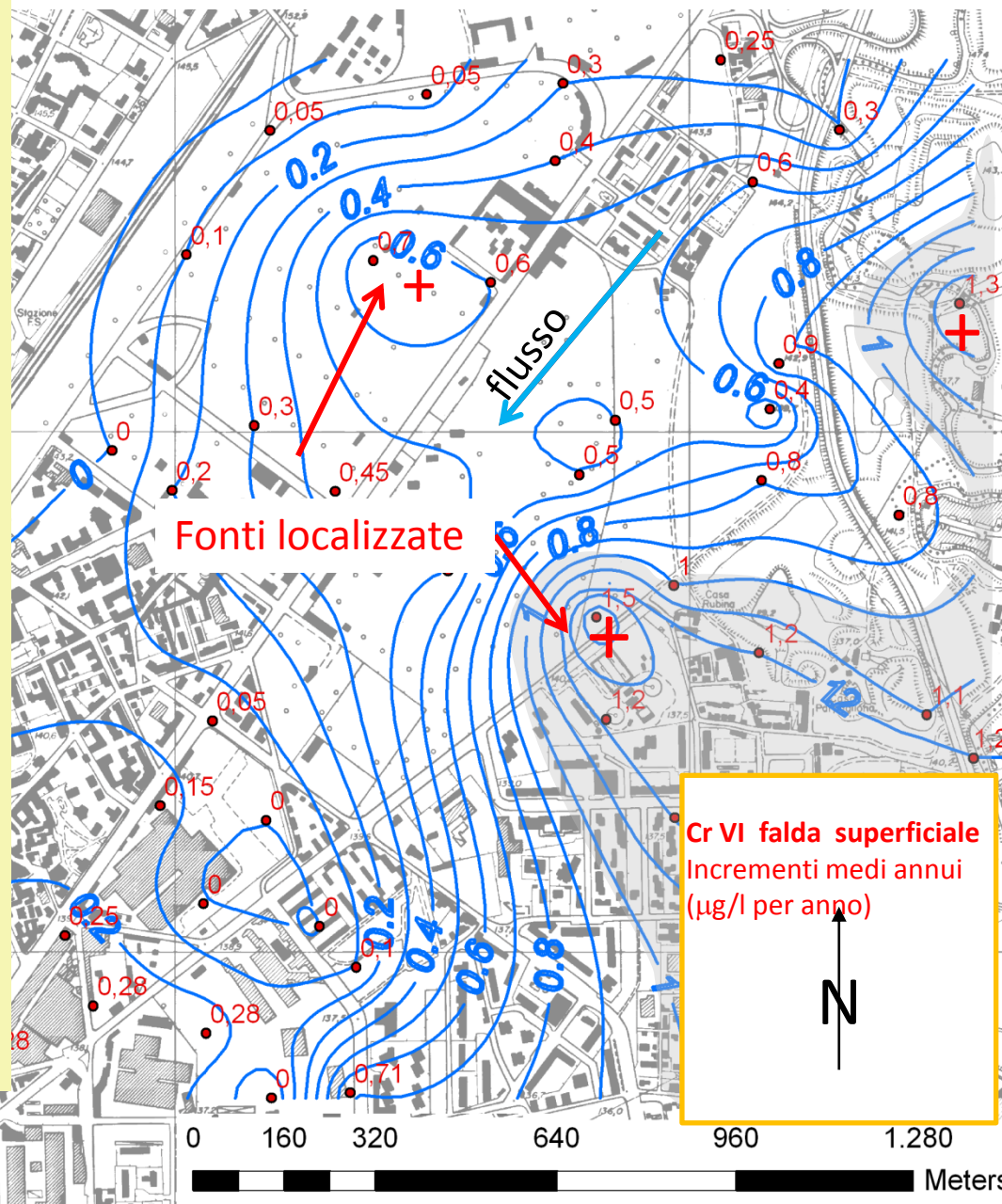
Il gradiente di concentrazione K , definito come la **differenza media delle concentrazioni** C_1, C_2, \dots, C_n rilevate in n anni successivi, è dato dalla relazione :

$$K = (C_n - C_1)/n$$

K è **nullo** nelle contaminazioni **stabili**, **positivo** per quelle in fase **di espansione**. Il gradiente negativo indica che l'inquinamento è in stato di regressione .

Quindi ,**calcolando J per ogni punto dell'area di studio e costruendo le linee di uguale gradiente si mette in evidenza la tendenza evolutiva dei diversi settori dell'area esaminata.**

Le aree isolate con segno positivo rappresentano le possibili sorgenti di contaminazione.

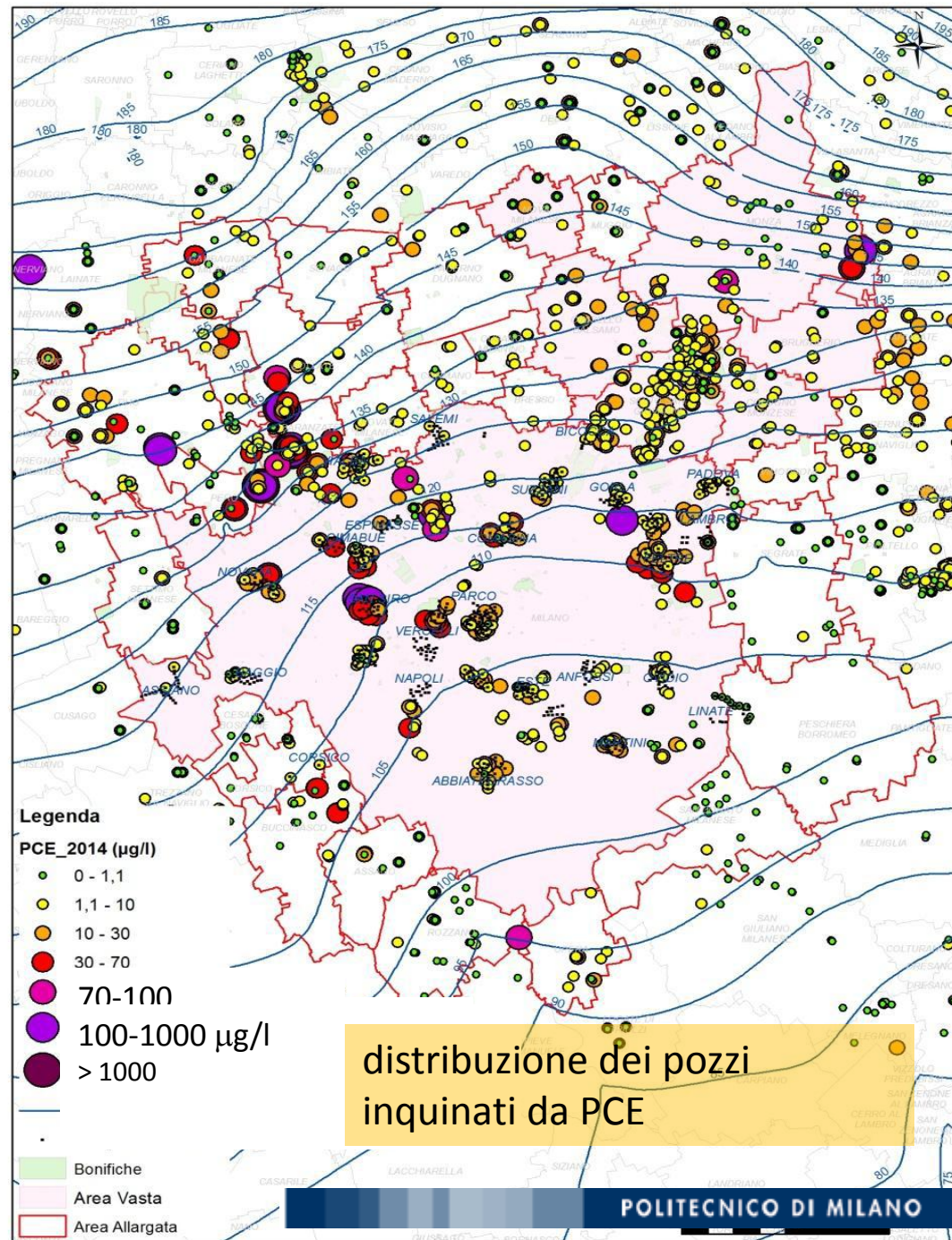


Identificazione di plumes e inquinamenti diffusi

Lo studio di ARPA /RL e del Politecnico ha permesso di identificare e censire sia gli inquinamenti organizzati in plumes (**inquinamenti concentrati**), sia quelli **diffusi**.

Lo studio è iniziato con il censimento delle contaminazioni rilevate in tutti i pozzi dell'area in esame

L'Analisi multivariata ha messo in evidenza profili di contaminazione comuni. I dati disponibili sono stati analizzati con l'analisi delle **componenti principali**, **l'analisi fattoriale** (per rimuovere l'informazione non necessaria) e quella dei **cluster** (per identificare profili di contaminazione comuni).”



Conclusioni

Si è quindi in grado di formulare ragionevoli previsioni sui provvedimenti da adottare per mantenere stabile la risorse idrica, utilizzando metodi idrogeologici ormai consolidati , quali i calcoli del **bilancio idrico annuale** per comprendere lo stato delle riserve idriche e di agire di conseguenza.

Il problema dell'**inquinamento**, è complesso tecnicamente e richiede l'acquisizione di molti dati da reti di monitoraggio formate da molti pozzi e piezometri. Aumento delle contaminazioni significa dover destinare agli usi potabili risorse altrimenti destinate a industria e agricoltura.

E'importante identificare e proteggere le aree esposte all'approfondimento delle contaminazioni, che sono quelle con:

- 1. Squilibri nel bilancio:** forti afflussi verso gli acquiferi inferiori, anche per un **elevato gradiente verticale** , rilevabile anche con misure dirette (flowmeter) e con il confronto fra le piezometrie degli acquiferi sovrapposti per infiltrazione, richiamo da pozzi profondi ecc.
- 2. Strutture geologiche** (es. incanalamento della contaminazione fra due aquicludes inclinati, inclinazione verso valle del substrato del sistema acquifero e aumento della sua profondità