

IL TEMA DELLA FALDA ACQUIFERA E DELLE ACQUE SUPERFICIALI NELLA ZONA DEL SUD MILANO.

Laura Scesi
Politecnico di Milano
laura.scesi@polimi.it

Premessa

Gli aspetti idrogeologici hanno oggi acquistato un rilevante interesse, in quanto l'aumento progressivo delle aree antropizzate ha comportato una riduzione di quelle sottoposte a processi evolutivi naturali. Pertanto è necessario conoscere, in maniera approfondita, l'assetto geologico ed idrogeologico del territorio al fine di: pervenire ad un uso sostenibile delle riserve idriche, scongiurare situazioni di pericolo (quali a d esempio le esondazioni), evitare di condizionare fortemente l'esecuzione di opere di ingegneria, salvaguardare il costruito.

Ricostruzione geologica generale

Per comprendere le problematiche idrogeologiche del territorio milanese è necessario partire dalla ricostruzione dell'assetto geologico generale della pianura lombarda, la cui evoluzione nel tempo può essere così sintetizzata (Figura 1):

- Fase di ritiro del mare e di sedimentazione dei depositi continentali fluvio-lacustri, deltizi e di pianura costiera (Pliocene sup. – Pleistocene inf.): si tratta di depositi prevalentemente fini (limi e argille), contenenti lenti sabbiose anche grossolane, tradizionalmente noti in letteratura come Villafranchiano;
- Fase di glaciazione pleistocenica, comprendente i depositi delle glaciazioni (es. morene, fluvioglaciali);
- Fase post-glaciale olocenica di sedimentazione alluvionale e di erosione, che ha coinvolto depositi principalmente ghiaioso-sabbiosi.

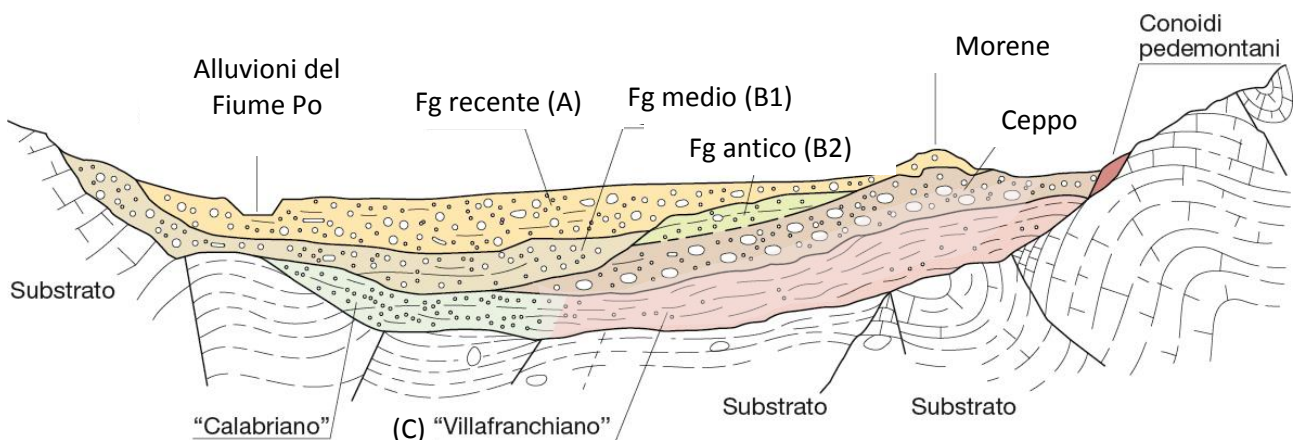


Figura 1: Sezione geologica schematica della pianura lombarda (da V. Francani modificata).

Il Sud Milano e l'Abbazia di Chiaravalle:
una grande risorsa di storia, di agricoltura e di fede

La continua alternanza di fasi deposizionali e fasi erosive ha però notevolmente modificato la conformazione iniziale della pianura, portando alla creazione di colline (morene), ripiani disposti su diversi livelli (detti terrazzi) e incisioni (Figure 2 e 3).

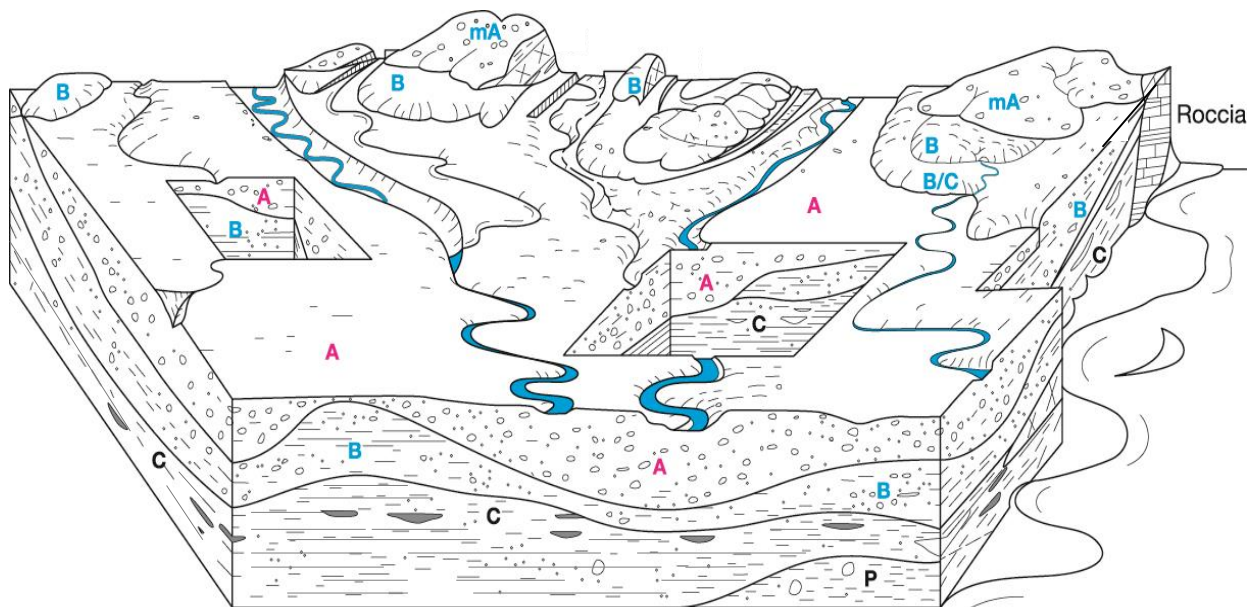


Figura 2: schema della struttura geologica del milanese (da V. Francani).

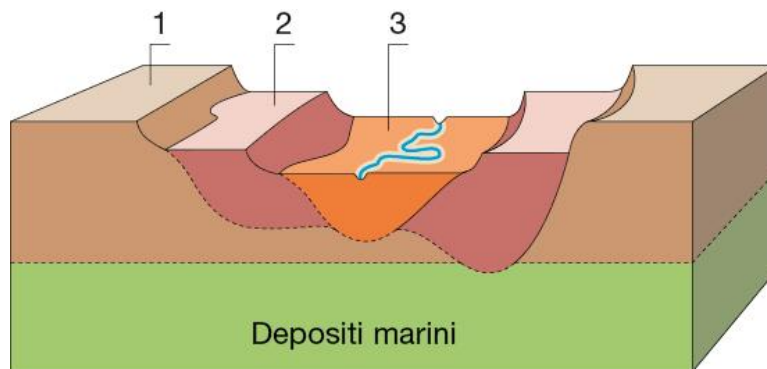


Figura 3: visione schematica dei terrazzi della pianura milanese: 1= alluvioni antiche; 2=alluvioni medie; 3= alluvioni recenti (da V. Francani).

Analizzando poi in dettaglio la litologia dei sedimenti, si osservano notevoli differenze procedendo da Nord a Sud, infatti nella parte dell'alta pianura prevalgono i sedimenti grossolani ghiaioso-sabbiosi, mentre man mano che ci si sposta verso Sud diventano più frequenti le lenti limoso argillose e le sabbie prevalgono sulle ghiaie (Figura 4). In corrispondenza della transizione tra i sedimenti sabbiosi e quelli limoso-argillosi si rinviene una fascia detta "fascia dei Fontanili" (Figure 5 e 6). In tale zona si può verificare, localmente, l'emergenza della falda acquifera (risorgive).

Quando le risorgive sono di origine antropica, allora si preferisce usare il termine "fontanile". I fontanili sono formati da una testa, che consiste in un'escavazione di forma tondeggiante più o meno allungata da cui sgorgano le polle di acqua sorgiva dette "occhi" o "scaturigini", e da un canale di deflusso detto "collo", "asta" o "cavo" del fontanile (Figura 7). L'utilizzo dei fontanili padani risale ai secoli XI e XII e in particolare si collegano alle opere di bonifica per il prosciugamento di zone paludose ideate dai monaci cistercensi nella zona a Sud di Milano (Abbazia di Chiaravalle).

Il Sud Milano e l'Abbazia di Chiaravalle:
una grande risorsa di storia, di agricoltura e di fede

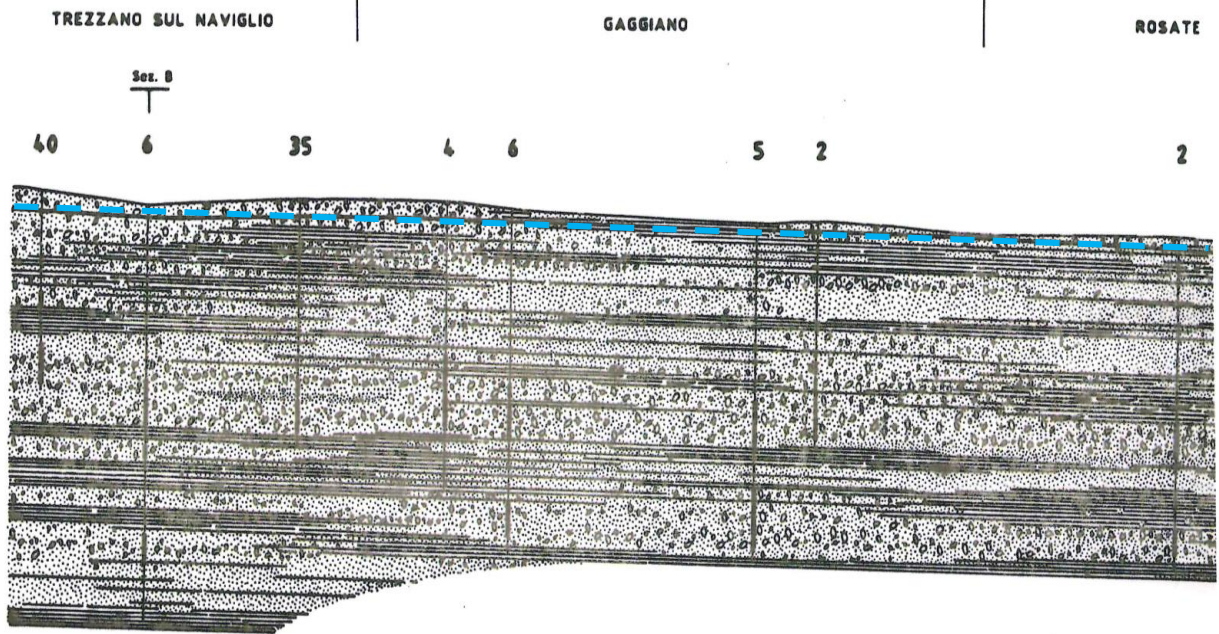


Figura 4: Incremento dei sedimenti fini (limoso-argillosi) da monte a valle

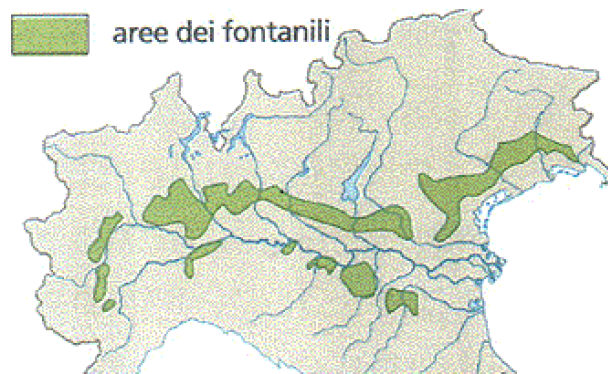


Figura 5: Distribuzione della fascia dei fontanili nell'Italia settentrionale

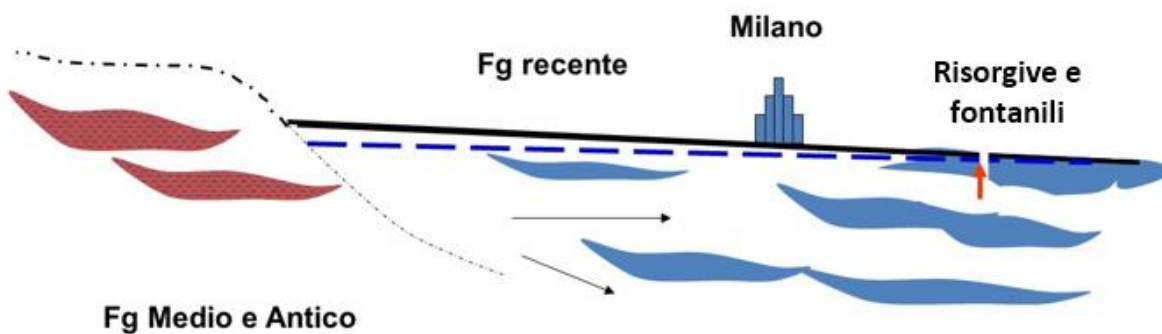


Figura 6: andamento della falda acquifera nella zona della media e bassa pianura lombarda (da V. Francani).

Il Sud Milano e l'Abbazia di Chiaravalle:
una grande risorsa di storia, di agricoltura e di fede

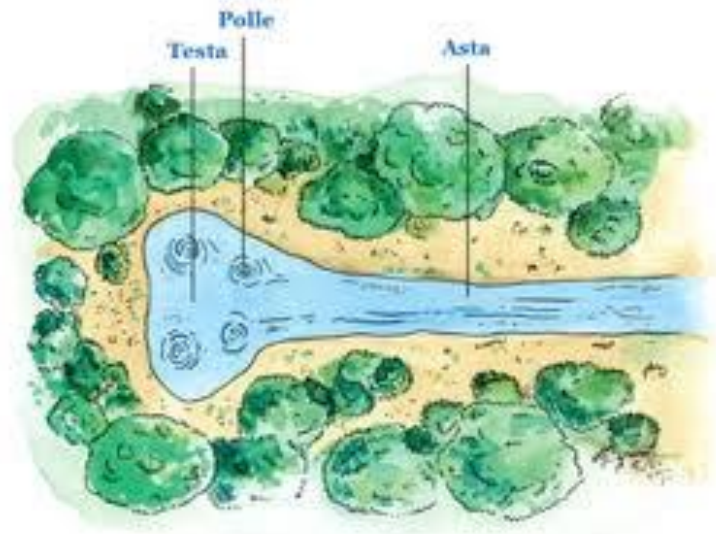


Figura 7: Rappresentazione schematica di un fontanile.

Ricostruzione idrogeologica generale

Per comprendere il ruolo che le acque sotterranee hanno nel contesto territoriale in esame, viene qui di seguito illustrato l'assetto idrogeologico di questa porzione di Pianura Padana.

La spessa coltre alluvionale che, come visto in precedenza, costituisce la pianura lombarda, è nel complesso molto permeabile e favorisce l'infiltrazione delle acque provenienti dalle precipitazioni atmosferiche, dalla fusione del manto nevoso, dalle perdite dei corsi d'acqua superficiali e dall'irrigazione.

Le acque di infiltrazione si organizzano, all'interno dei terreni, in corpi idrici a cui viene dato il nome di "**falda**"; tali acque formano veri e propri fiumi sotterranei che viaggiano a velocità molto ridotta (mediamente uno-due metri/giorno) e defluiscono dai versanti montuosi alle zone di recapito.

I terreni saturi d'acqua all'interno dei quali avviene il deflusso sotterraneo viene dato il nome di "**acquifero**".

Gli acquiferi possono essere classificati in: acquiferi liberi e acquiferi in pressione e il medesimo nome viene attribuito alle falde in essi contenute.

L'acquifero libero (Figura 8) è limitato inferiormente da un substrato e la falda, in esso contenuta, può liberamente oscillare in funzione delle condizioni di alimentazione.

Il livello di falda viene denominato "**livello piezometrico**".

L'acquifero in pressione (Figura 9) è limitato sia inferiormente che superiormente da setti impermeabili continui; perforando con un pozzo un acquifero in pressione, l'acqua risale al di sopra della base del setto superiore che impedisce il libero innalzamento della falda.

Il Sud Milano e l'Abbazia di Chiaravalle:
una grande risorsa di storia, di agricoltura e di fede

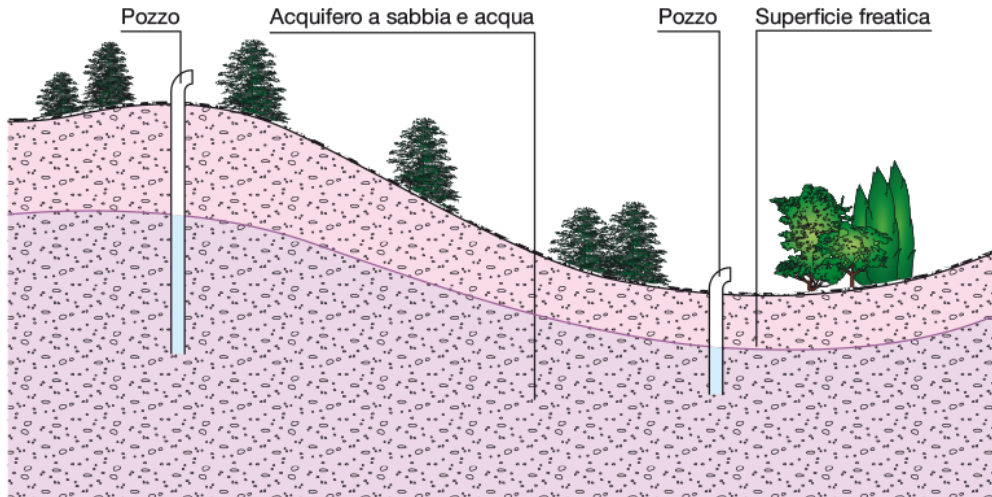


Figura 8: schema di un acquifero libero. La linea continua blu indica il Livello Piezometrico della falda libera.

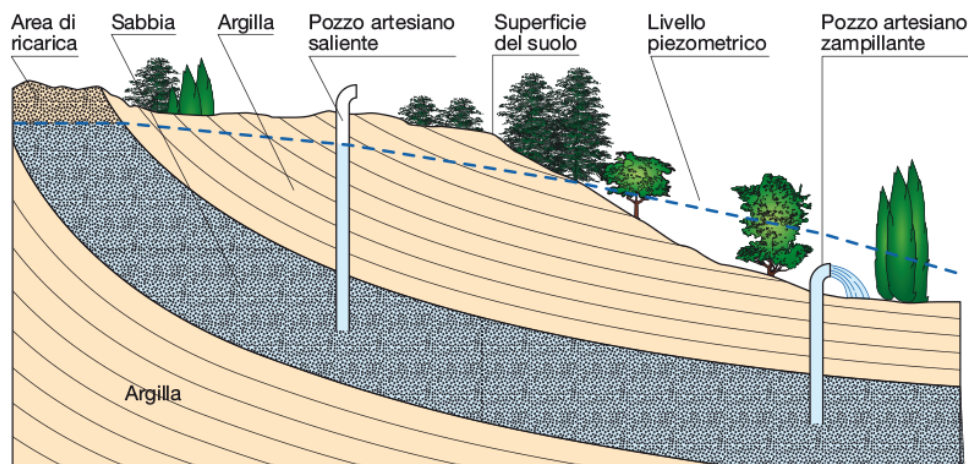


Figura 9: schema di un acquifero in pressione. La linea tratteggiata azzurra indica il Livello piezometrico fittizio della falda in pressione.

Nella Pianura Lombarda, in particolare, sono stati riconosciuti i seguenti acquiferi principali (Figura 2 e Figura 10):

- **Acquifero A:** costituito da una successione di ghiaie e sabbie di origine fluvio-glaciale relativamente recente (litozona ghiaioso-sabbiosa), corrispondente al livello acquifero più superficiale nella media e bassa pianura, mentre nella zona dell'alta pianura è limitato ai fondovalle. Le risorse idriche sono spesso compromesse da un punto di vista qualitativo e sono quindi per lo più utilizzabili unicamente a scopo agricolo e industriale;
- **Acquifero B:** costituito da una successione di ghiaie e sabbie, talora intercalati con livelli limosi e argillosi, di origine fluvio-glaciale più antica (litozona sabbioso-ghiaiosa e conglomeratica); i depositi sono talora cementati nella zona di base, a formare un conglomerato (es. Ceppo Lombardo o Ceppo dell'Adda). Nella zona dell'alta pianura e delle colline moreniche è il primo acquifero presente, mentre nella media e bassa pianura si presenta generalmente confinato o semiconfinato;
- **Acquifero C:** principalmente costituito da argille grigie di origine continentale, conosciute

Il Sud Milano e l'Abbazia di Chiaravalle:
una grande risorsa di storia, di agricoltura e di fede

anche come “Villafranchiano”, contenenti lenti sabbiose (litozona sabbioso-argillosa); a Milano tale unità si riscontra intorno a 100 m di profondità, ma risale in quota verso i bordi prealpini e procedendo verso il Piemonte. Il suo interesse pratico è rilevante, non tanto per le non elevate riserve idriche in esso contenute, quanto per la qualità delle acque sotterranee che raramente presentano fenomeni di contaminazione industriale o agricola, per la frequenza e lo spessore delle bancate limoso-argillose che diventano sempre più frequenti.

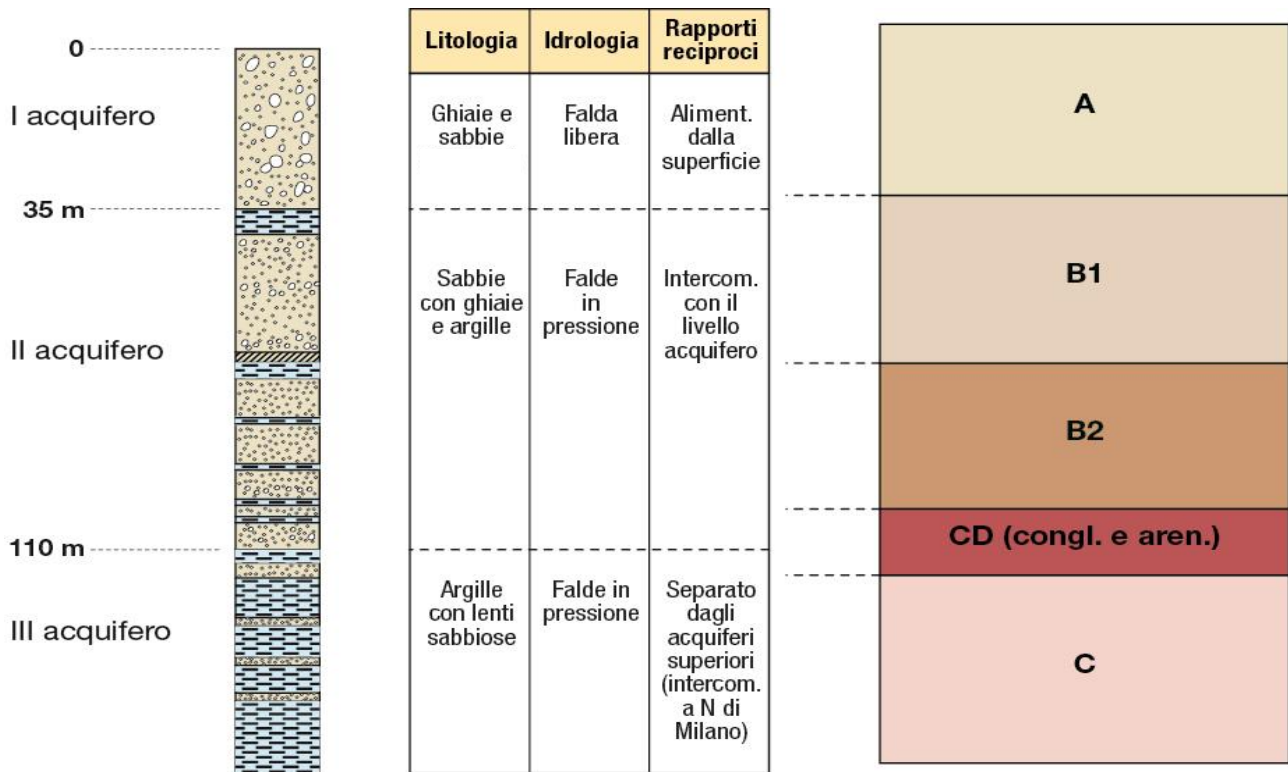


Figura 10: Serie idrogeologica della pianura milanese (da V. Francani).

Rappresentazione delle falde acquifere

Determinando il livello al quale l'acqua di una falda si stabilizza nei pozzi e misurandone la quota (riferita al piano campagna), si può identificare l'ideale superficie che collega tutti questi livelli, a cui viene dato il nome di “superficie piezometrica”. Essa rappresenta la superficie reale della falda nel mezzo acquifero non in pressione, mentre descrive la piezometria quando essa è saliente.

Le carte a isopieze (o carte piezometriche) rappresentano, tramite curve di livello, l'andamento della superficie piezometrica. Il livello piezometrico di ciascuna di queste curve rappresenta la quota sul livello del mare alla quale si stabilizza la falda nei pozzi.

La carta piezometrica deve rappresentare solamente una falda o un gruppo di falde omogenee con caratteristiche piezometriche identiche.

Una volta ricostruito l'andamento della piezometria si possono rappresentare le linee di flusso della falda che, sempre ortogonali alle isopiezometriche, indicano la direzione del flusso idrico (Figura 11).

Il Sud Milano e l'Abbazia di Chiaravalle:
una grande risorsa di storia, di agricoltura e di fede

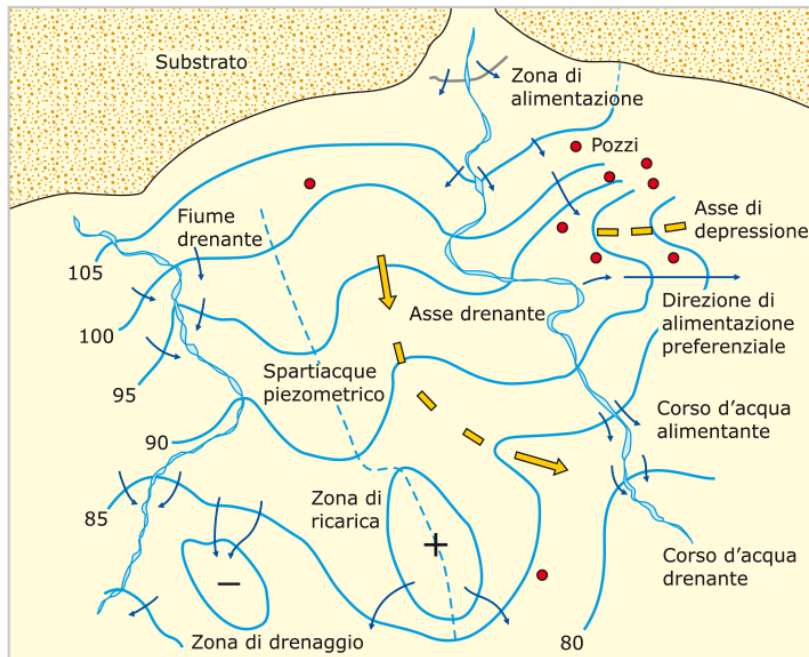


Figura 11: esempio di carta piezometrica e dei suoi tipici elementi morfologici

Rappresentazione della falda contenuta nell'acquifero A nel milanese

Osservando la carta piezometrica relativa alla falda più superficiale contenuta nell'acquifero A nella zona del milanese, si nota che la direzione di flusso è mediamente NNO-SSE e N-S e che la soggiacenza della falda varia dai 30-40 metri nelle zone dell'alta pianura a ridosso delle aree prealpine a valori inferiori ai 5 metri nelle zone poste a Sud di Milano (Figure 12).

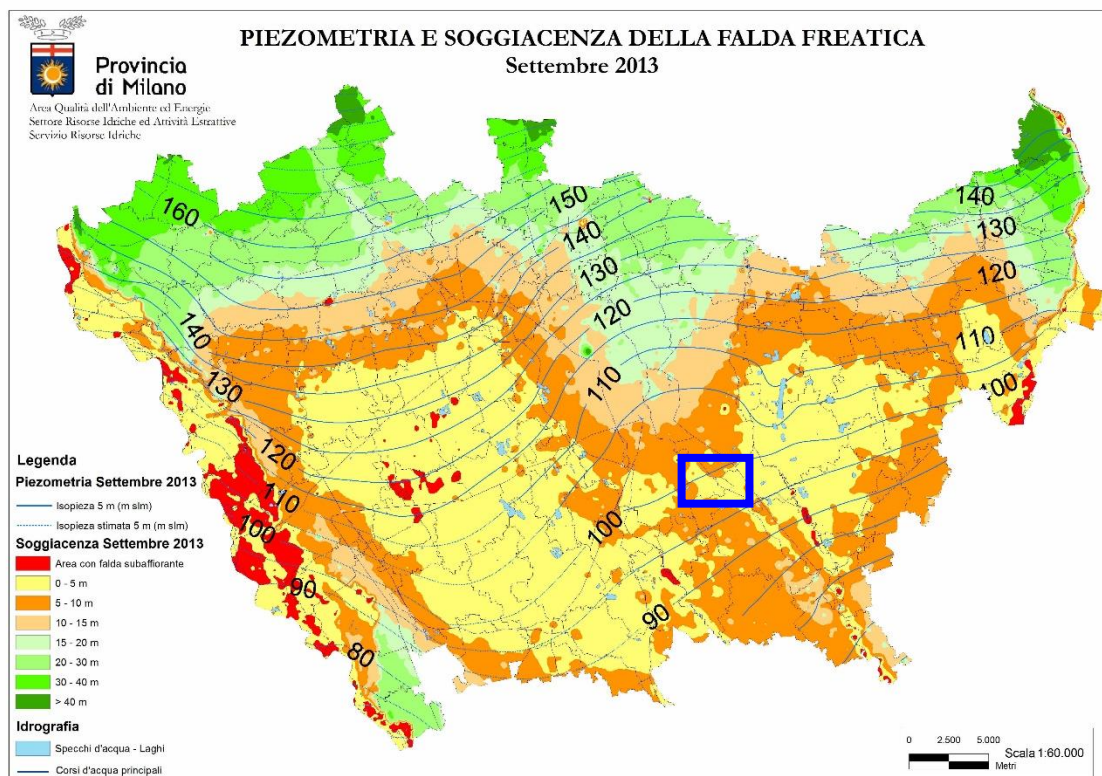


Figura 12: rappresentazione della piezometria nel territorio milanese (all'interno del rettangolo blu è ubicata la zona di Chiaravalle). Periodo di riferimento: settembre 2013.

Il Sud Milano e l'Abbazia di Chiaravalle:
una grande risorsa di storia, di agricoltura e di fede

Modifiche della superficie piezometrica

La superficie piezometrica, soprattutto quella relativa alla falda superficiale libera, non è immutabile nel tempo, ma soggetta a continue modifiche dovute a fattori sia naturali (es. precipitazioni atmosferiche) che antropici (es. prelievo da pozzi o ricariche artificiali). Le captazioni, ad esempio, determinano un abbassamento della superficie piezometrica tanto più marcata quanto più numerosi sono i pozzi in funzione (Figura 13).

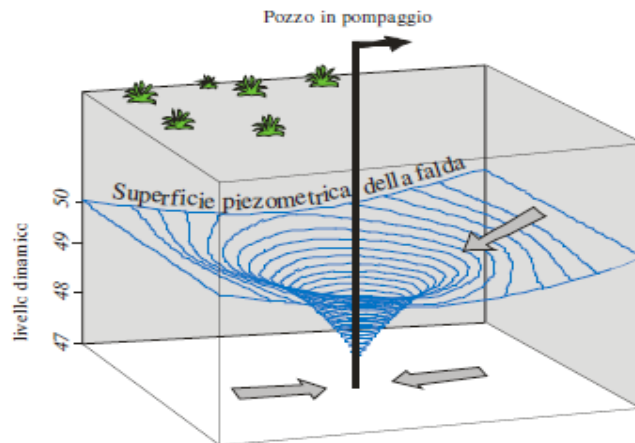


Figura 13: la presenza di un pozzo che preleva acqua provoca un abbassamento della superficie piezometrica

A partire dagli anni sessanta, la presenza di grandi fabbriche ubicate soprattutto nella fascia Nord di Milano, pompando ingenti quantitativi d'acqua (fino a 140.000 m³/giorno), determinarono un abbassamento piezometrico significativo (Figura 14). In seguito alla progressiva deindustrializzazione del territorio milanese, a partire dagli anni novanta, la falda acquifera si è nuovamente alzata portandosi ai livelli degli anni cinquanta (Figure 15 e 16). Ciò ha provocato ingenti danni alle strutture sotterranee (box, metropolitane, scantinati, fondazioni, ecc.), costringendo l'utilizzo di impianti di pompaggio.

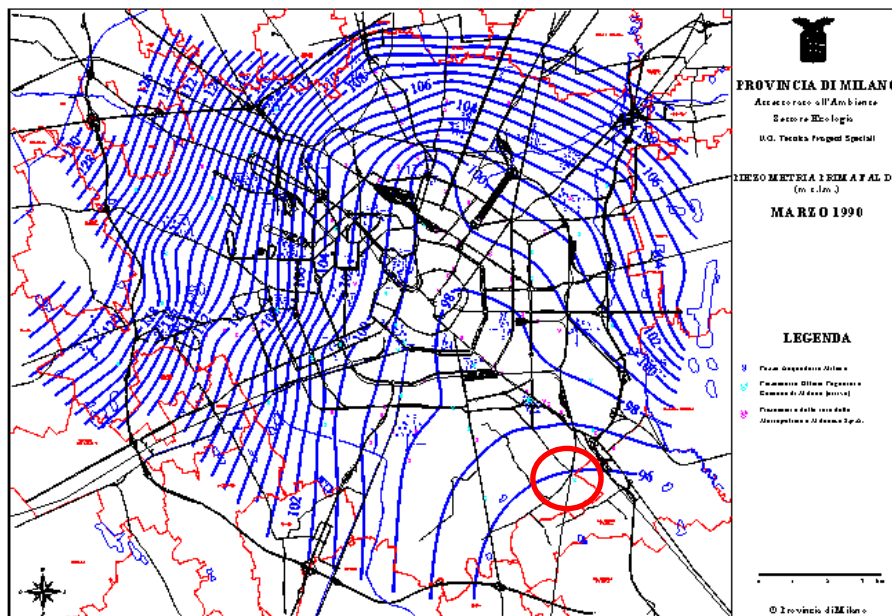


Figura 14: andamento della superficie piezometrica riferita al marzo 1990. L'area di Chiaravalle è ubicata all'interno del cerchio rosso.

Il Sud Milano e l'Abbazia di Chiaravalle:
una grande risorsa di storia, di agricoltura e di fede

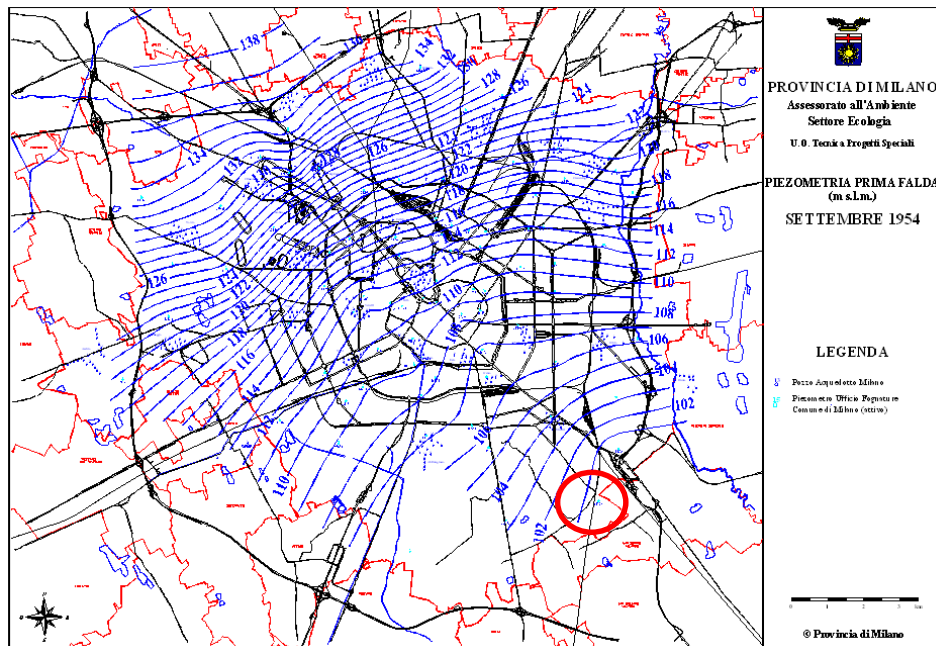


Figura 15: andamento della superficie piezometrica riferita al settembre 1954. L'area di Chiaravalle è ubicata all'interno del circoletto rosso.

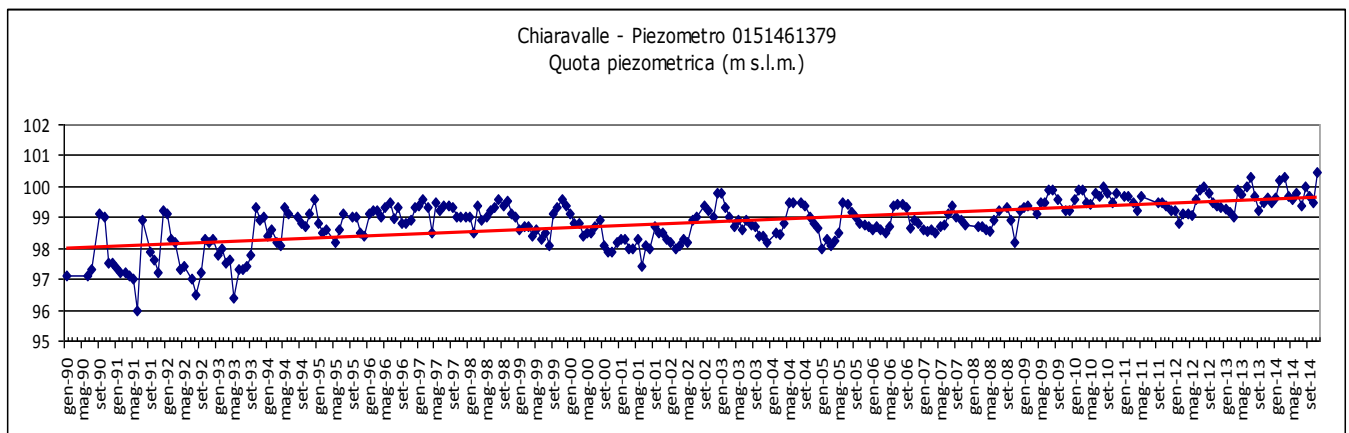


Figura 16: andamento del livello piezometrico del piezometro ubicato a Chiaravalle dal 1990 al 2014. L'innalzamento della falda è di circa 4 metri.

Reticolo idrografico naturale e artificiale del milanese

Come visto in precedenza, la particolare conformazione geologica e idrogeologica del territorio lombardo fa sì che Milano, pur non essendo percorsa da un grande fiume, sia ricchissima di acque: sia sotterranee, già descritte, che superficiali; queste ultime formano una intricata rete di canali. A tutto ciò si aggiunge una rete altrettanto fitta di canali artificiali, quali ad esempio il Canale Villoresi, i Navigli Grande e Pavese, la Martesana ecc. (Figura 17). Osservando in dettaglio, la pianura milanese essa risulta suddivisa in due fasce distinte una detta “pianura asciutta” e una detta “pianura irrigua”. A tal proposito si veda la carta che risale ai primi dell’ottocento redatta dall’Ing. Giuseppe Bruschetti, sulla quale si osservano i canali irrigui e le innumerevoli teste di fontanili (Figura 18) e lo stralcio della cartografia attuale dell’area di Chiaravalle (Figura 19).

Il Sud Milano e l'Abbazia di Chiaravalle:
una grande risorsa di storia, di agricoltura e di fede

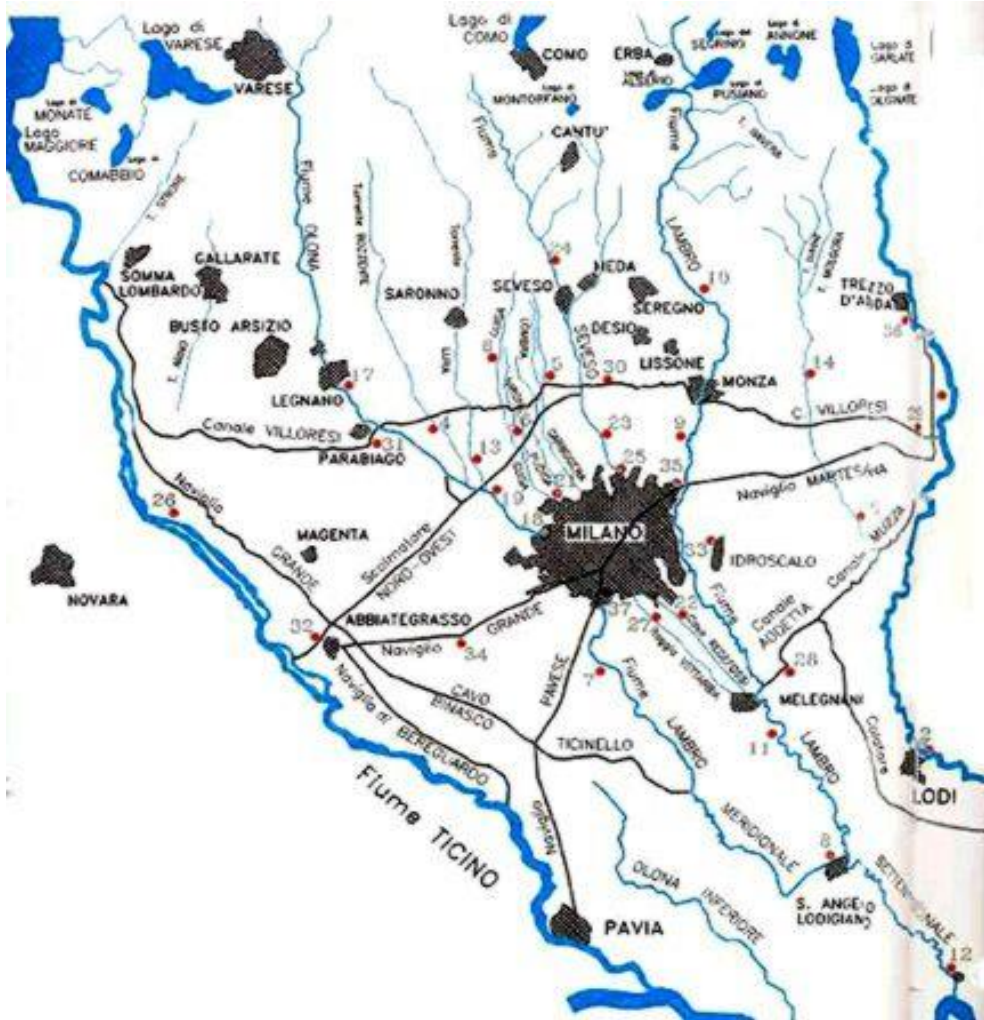


Figura 17: rete idrografica di superficie, naturale e artificiale, dell'area compresa tra Adda e Ticino.

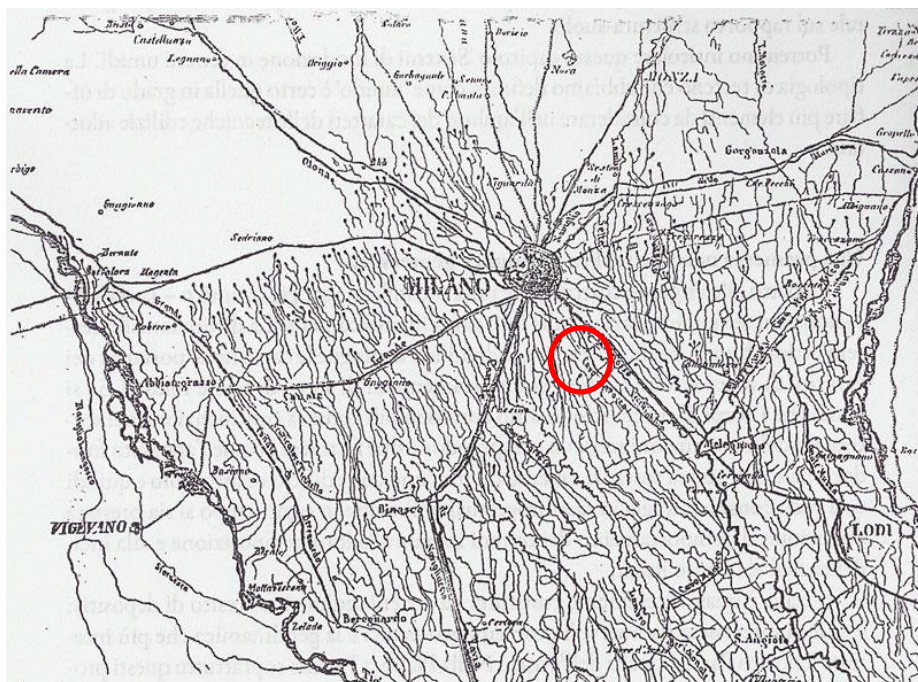


Figura 18: Carta dell'irrigazione del Milanese (G. Bruschetti 1836)

Il Sud Milano e l'Abbazia di Chiaravalle:
una grande risorsa di storia, di agricoltura e di fede

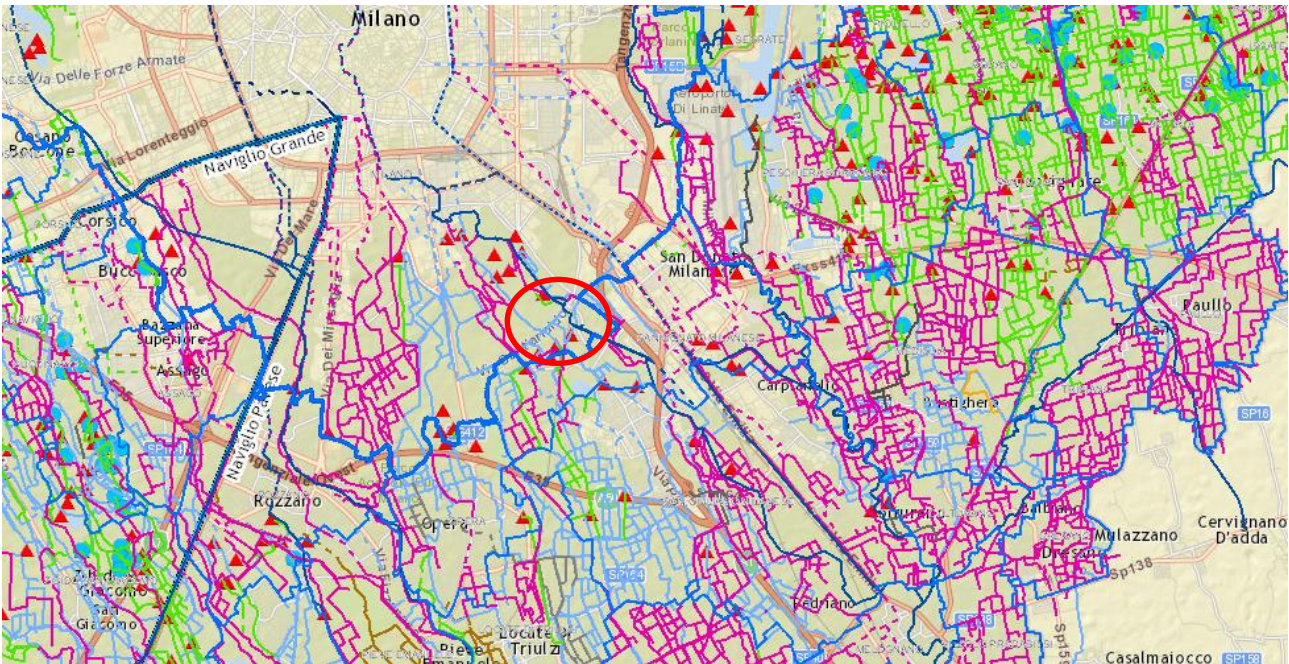


Figura 19: Reticolo principale e minore della Provincia di Milano con fontanili attivi (cerchi azzurri) e teste di fontanili (triangolo rosso) – Dati da Regione Lombardia

Conclusioni

Sulla base di quanto detto in precedenza risulta quindi che Milano è una “città d’acque” e che, soprattutto nella fascia meridionale, la falda acquifera è a pochi metri dal piano campagna e la rete irrigua è particolarmente fitta. Sorge quindi spontanea una domanda: perché questa abbondanza di acqua, peraltro sempre esistita, è diventato un problema? La risposta a questo quesito non è univoca perché diversi sono i fattori che contribuiscono a creare le criticità: l’estensione del tessuto urbano, l’abbandono e la dismissione di rogge e fontanili che creavano drenaggio della falda, l’abbandono e la chiusura delle cerchie dei Navigli che servivano a mantenere in equilibrio il complesso sistema delle acque superficiali e sotterranee e la mancata manutenzione dei numerosi canali che intersecano Milano che, riempiti di rifiuti di ogni genere, vedono ridursi sempre più la loro sezione di flusso. In base a quanto detto, è evidente che è necessario ripensare ad una gestione più corretta delle risorse idriche sia sotterranee che superficiali.

Acque sotterranee: una possibile soluzione potrebbe essere quella di individuare un livello piezometrico di riferimento al di sotto del quale la riserva deve essere integrata e al di sopra del quale deve essere ridotta. Un livello cioè che sia abbastanza elevato da permettere uno sfruttamento delle riserve adeguato alle necessità dello sviluppo economico e sociale, senza comprometterne la consistenza e, nello stesso tempo, sia sufficientemente profondo da permettere lo sviluppo dell’uso del suolo e preservare le infrastrutture.

Acque superficiali: le possibili soluzioni sono molteplici, le principali potrebbero essere le seguenti:

- abbassamento dei livelli di falda tramite il riassetto della rete irrigua esistente (es. costruzione di un canale che porti le acque dal SO Milano al F. Lambro a valle del depuratore di Nosedo, ripristino dei fontanili, ecc.);
- apertura di ampi bacini in falda da destinare a ricreazione;
- interventi selettivi con dreni destinati a convogliare verso la rete idrica superficiale (es. F.Lambro) le acque che superano il livello massimo di falda prescelto.

Il Sud Milano e l'Abbazia di Chiaravalle:
una grande risorsa di storia, di agricoltura e di fede

Bibliografia

- [1] V. Francani, *Idrogeologia Ambientale*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano 2014.
- [2] L. Scesi, M. Papini, P. Gattinoni, *Principi di Geologia Applicata*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano 2014.
- [3] P. Canuti, U. Crescenti, V. Francani, *Geologia applicata all'ambiente*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano 2008.



Abbazia di Chiaravalle

30 Gennaio 2015

 POLITECNICO DI MILANO



Il tema della falda acquifera e delle acque superficiali nella zona del Sud Milano.

Relatore: Prof. Laura Scesi



Rilevante interesse
per gli aspetti
idrogeologici



aumento delle aree
antropizzate che
interferiscono con i
processi evolutivi naturali



Conoscere l'assetto
geologico ed
idrogeologico del
territorio



- Pervenire ad un uso sostenibile delle riserve idriche;
- Evitare situazioni di pericolo (es. esondazioni);
- Evitare di condizionare l'esecuzione di opere di ingegneria;
- Salvaguardare il costruito.



Per comprendere le problematiche idrogeologiche



Ricostruzione geologica generale



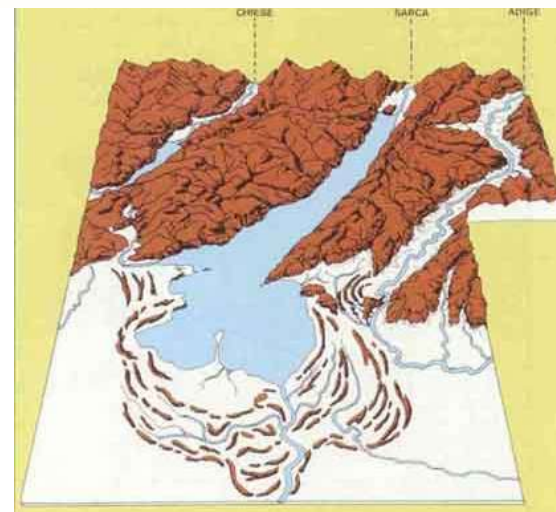
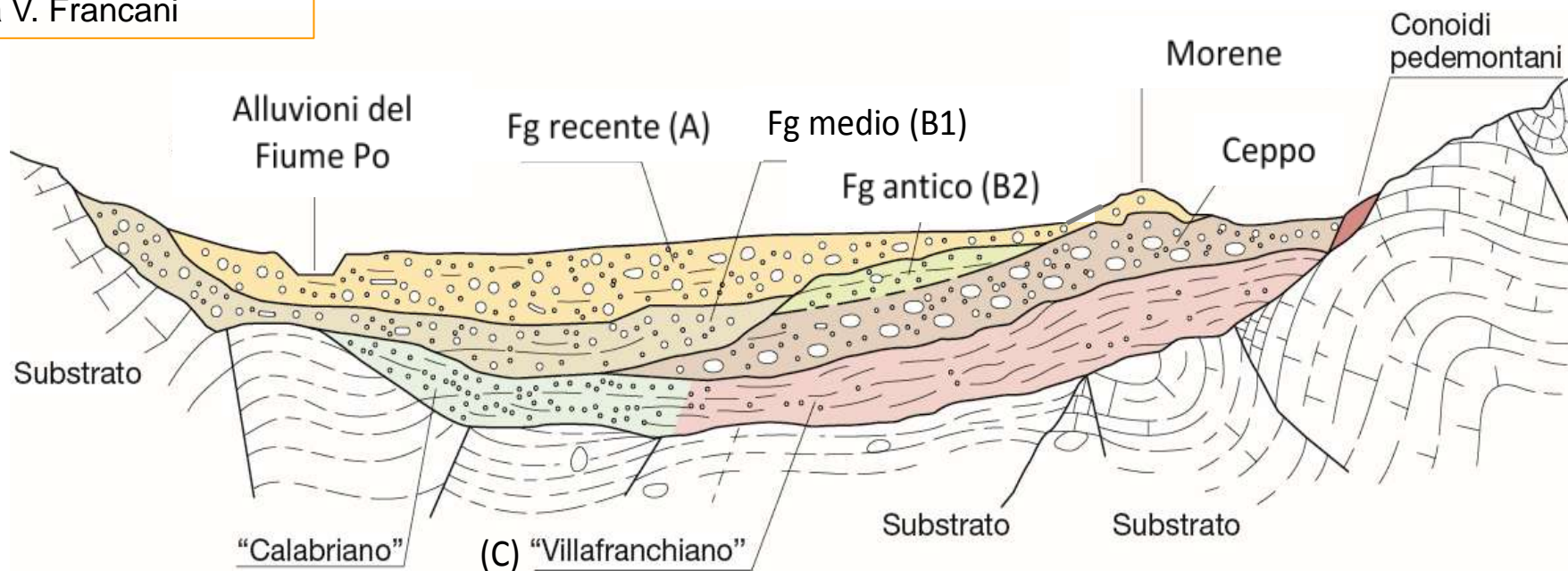
Pianura Padana

1. **Fase di ritiro del mare** e di **sedimentazione dei depositi continentali** fluvio-lacustri, deltizi e di pianura costiera (Pliocene sup. – Pleistocene inf.): si tratta di depositi prevalentemente fini (limi e argille), contenenti lenti sabbiose anche grossolane, noti in letteratura come Villafranchiano;
2. **Fase di glaciazione** pleistocenica, comprendente i depositi delle glaciazioni (morene e sedimenti fluvioglaciali);
3. **Fase post-glaciale** olocenica di sedimentazione alluvionale e di erosione.



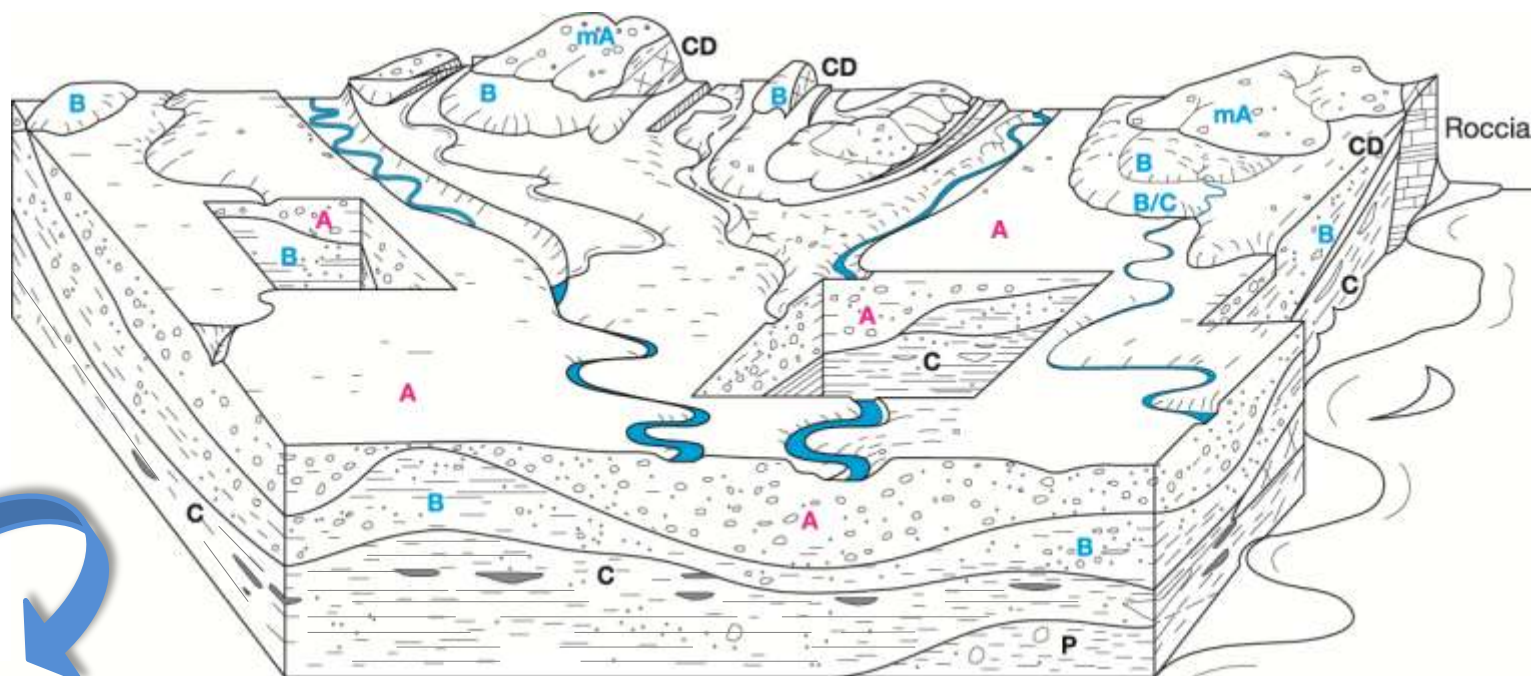
Ricostruzione geologica generale

Da V. Francani

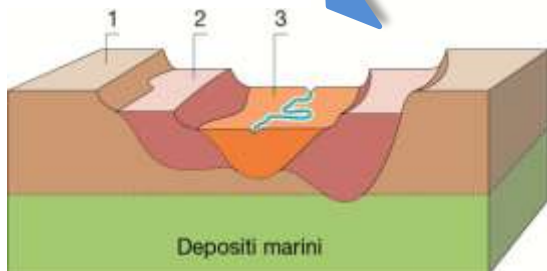




La continua alternanza di fasi deposizionali e fasi erosive ha modificato la conformazione iniziale della pianura, portando alla creazione di colline (morene), ripiani disposti su diversi livelli (detti terrazzi) e incisioni.



Terrazzi

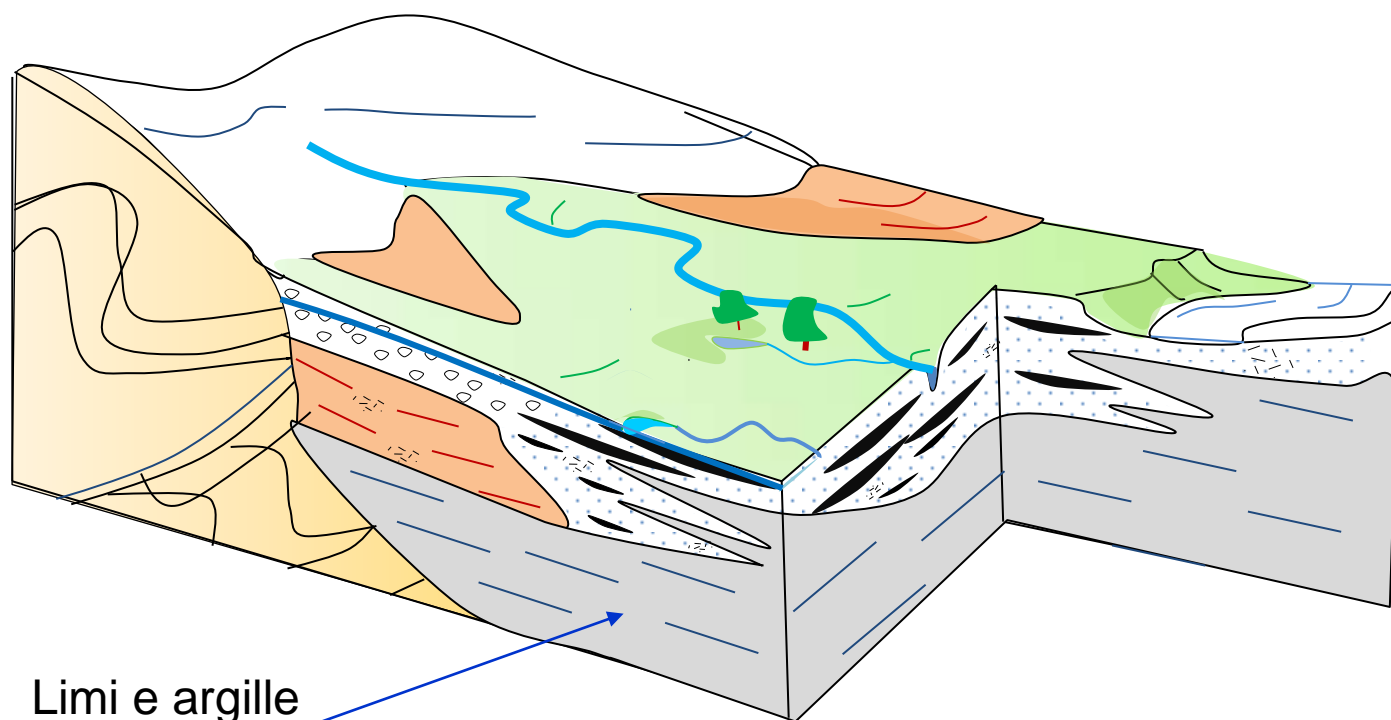


- 1= alluvioni antiche;
- 2=alluvioni medie;
- 3= alluvioni recenti

Da V. Francani



Analizzando la litologia dei sedimenti, si osservano notevoli differenze procedendo da Nord a Sud, infatti nella parte dell'alta pianura prevalgono i sedimenti grossolani ghiaioso-sabbiosi, mentre man mano che ci si sposta verso Sud diventano più frequenti le lenti limoso argillose e le sabbie prevalgono sulle ghiaie



Limi e argille
impermeabili

Da V. Francani



GAGGIANO

ROSATE

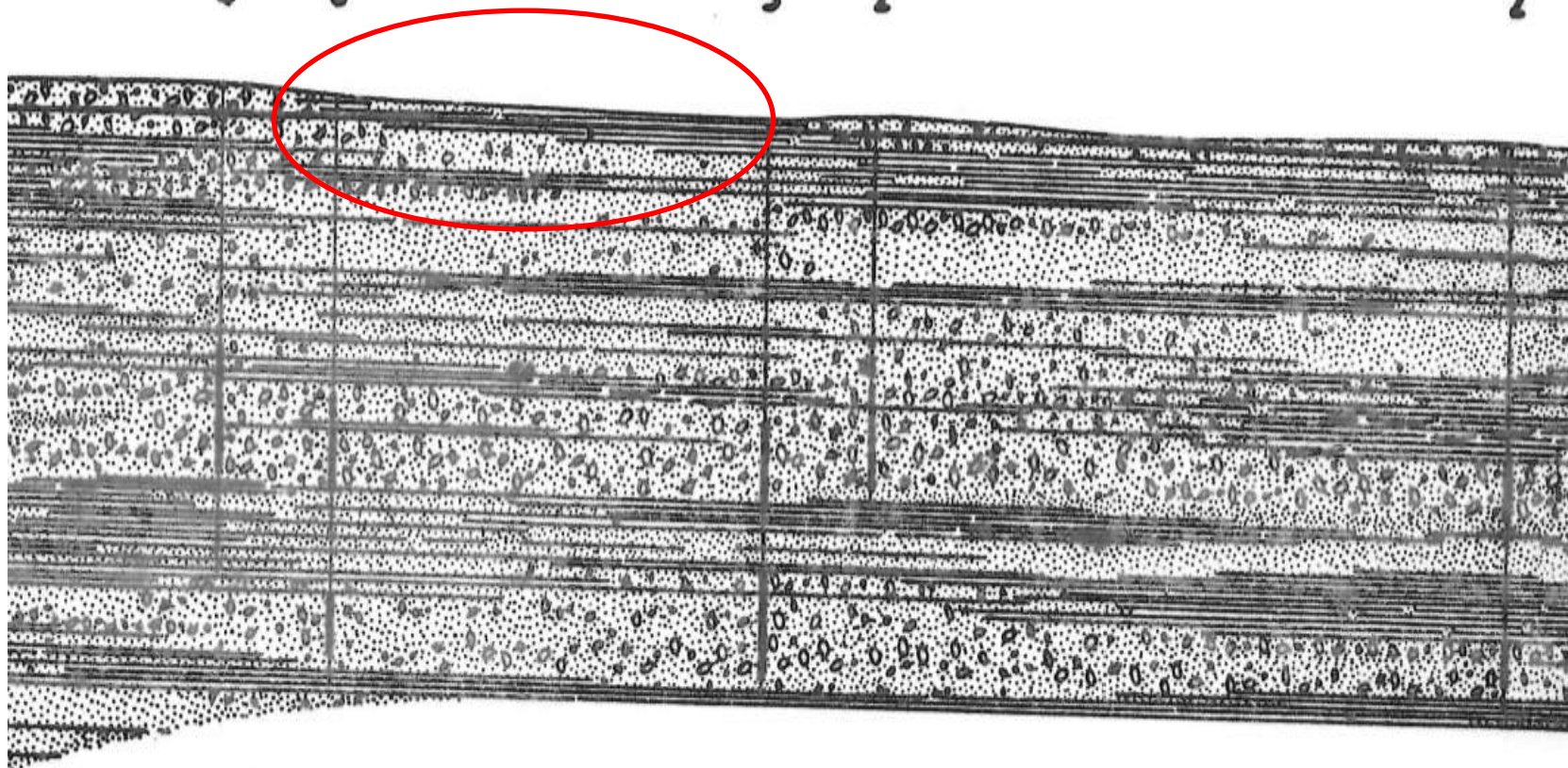
6

6

5

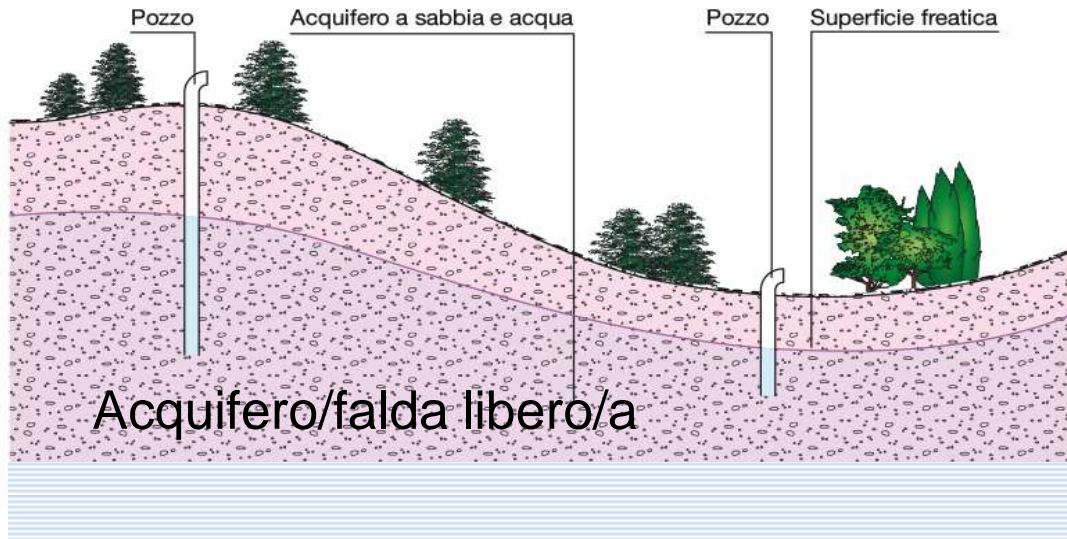
2

2



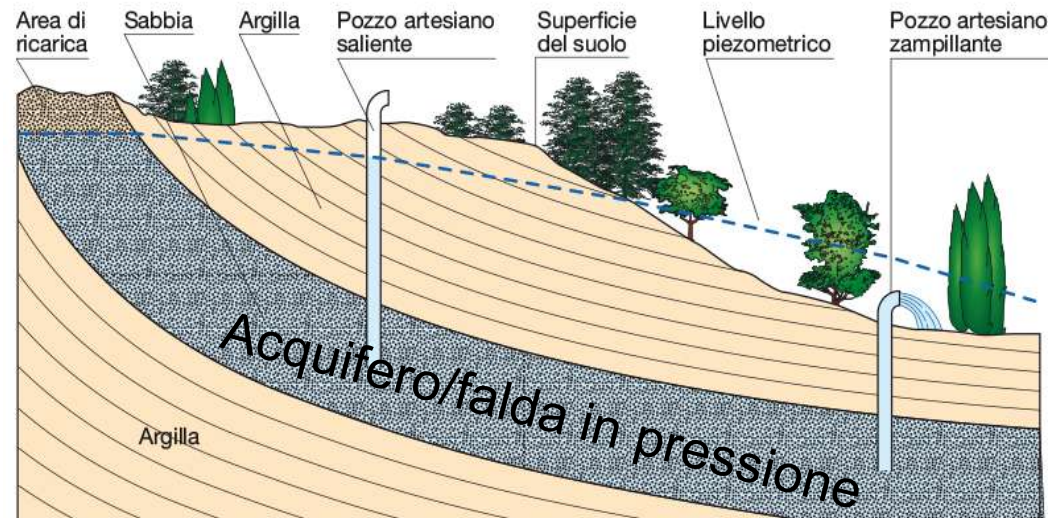


Ricostruzione idrogeologica generale



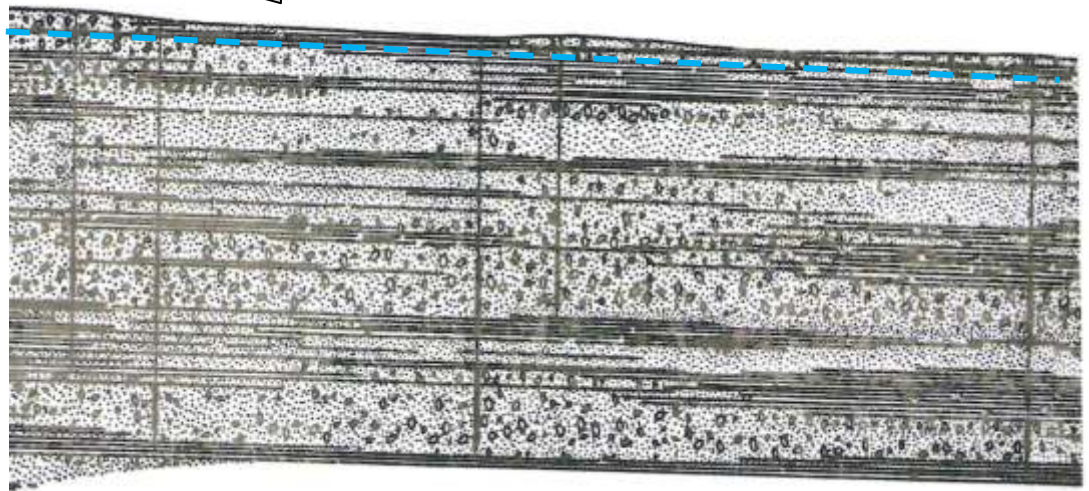
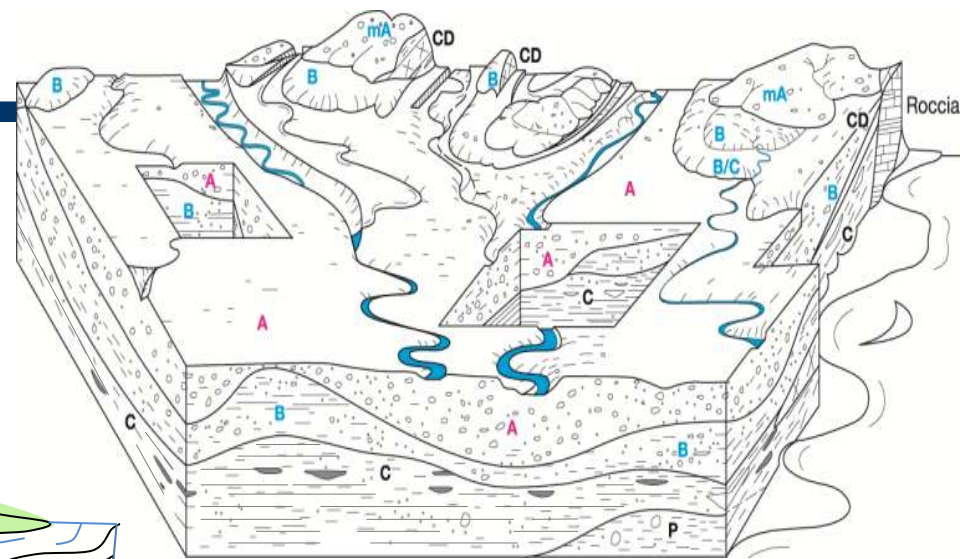
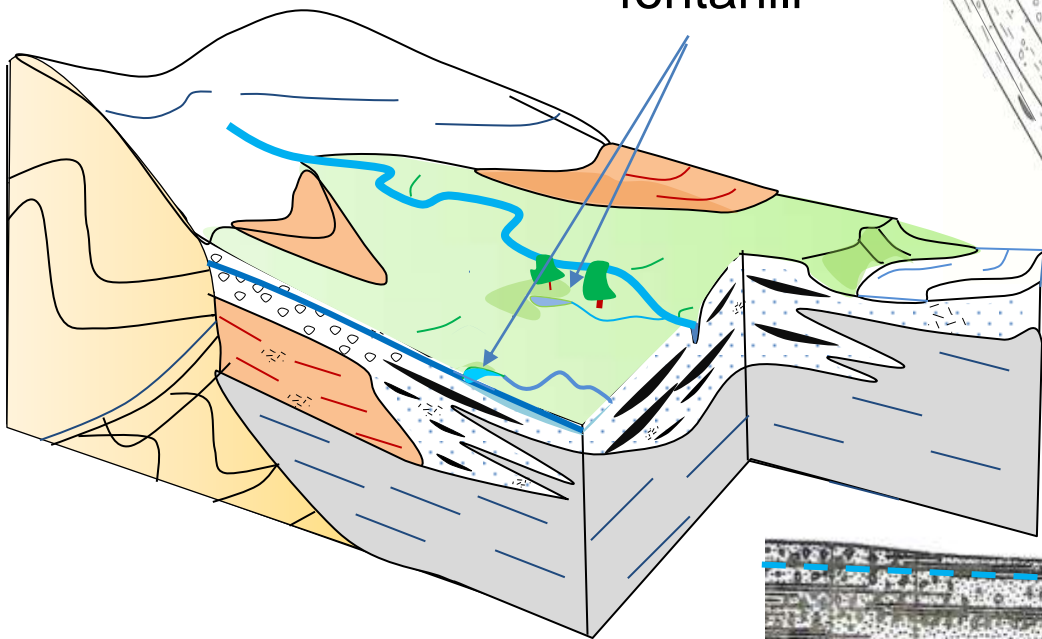
Le acque di infiltrazione si organizzano, all'interno dei terreni, in corpi idrici a cui viene dato il nome di **"falda"**

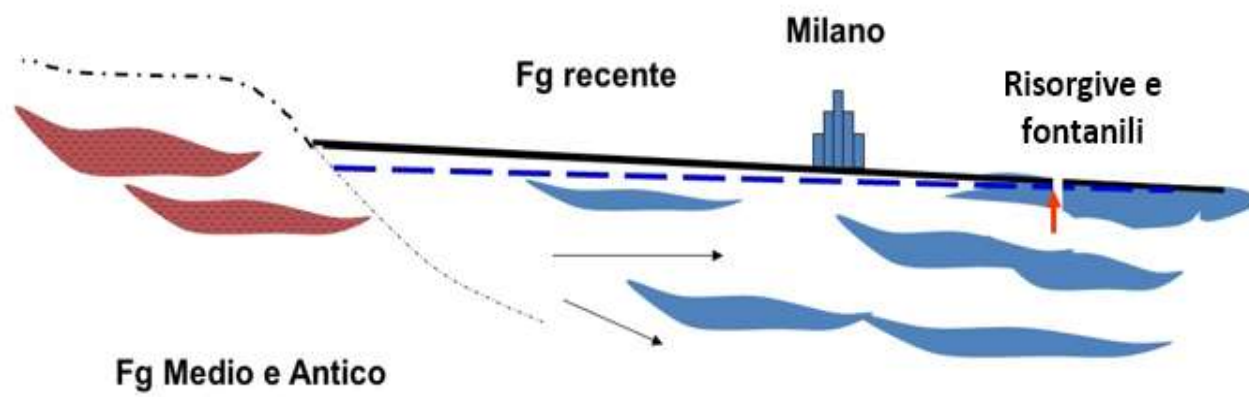
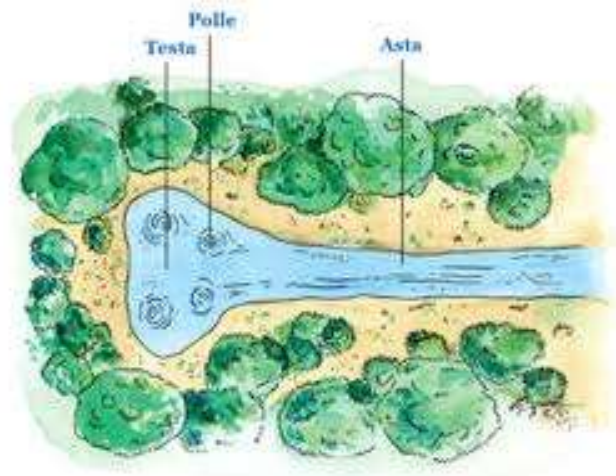
I terreni saturi d'acqua all'interno dei quali avviene il deflusso sotterraneo viene dato il nome di **"acquifero"**





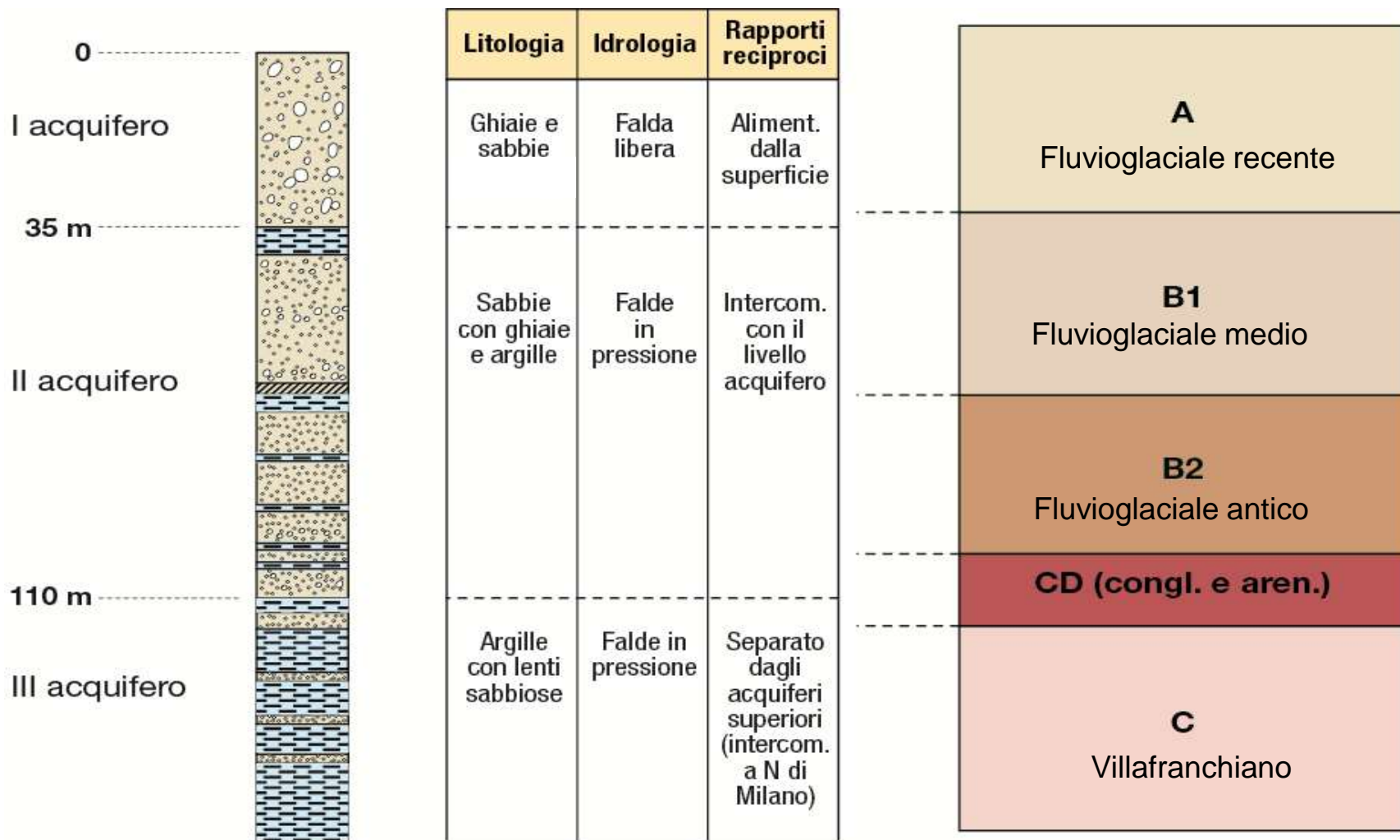
Risorgive e fontanili







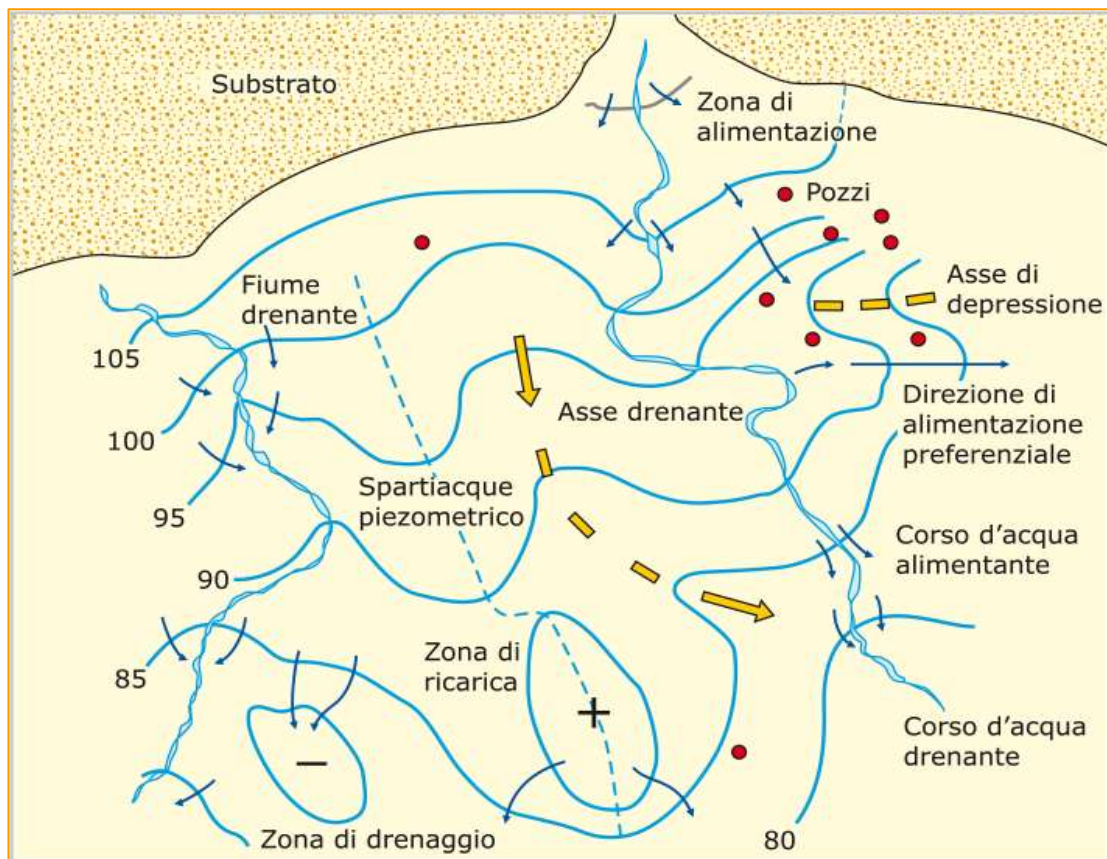
Gruppi acquiferi





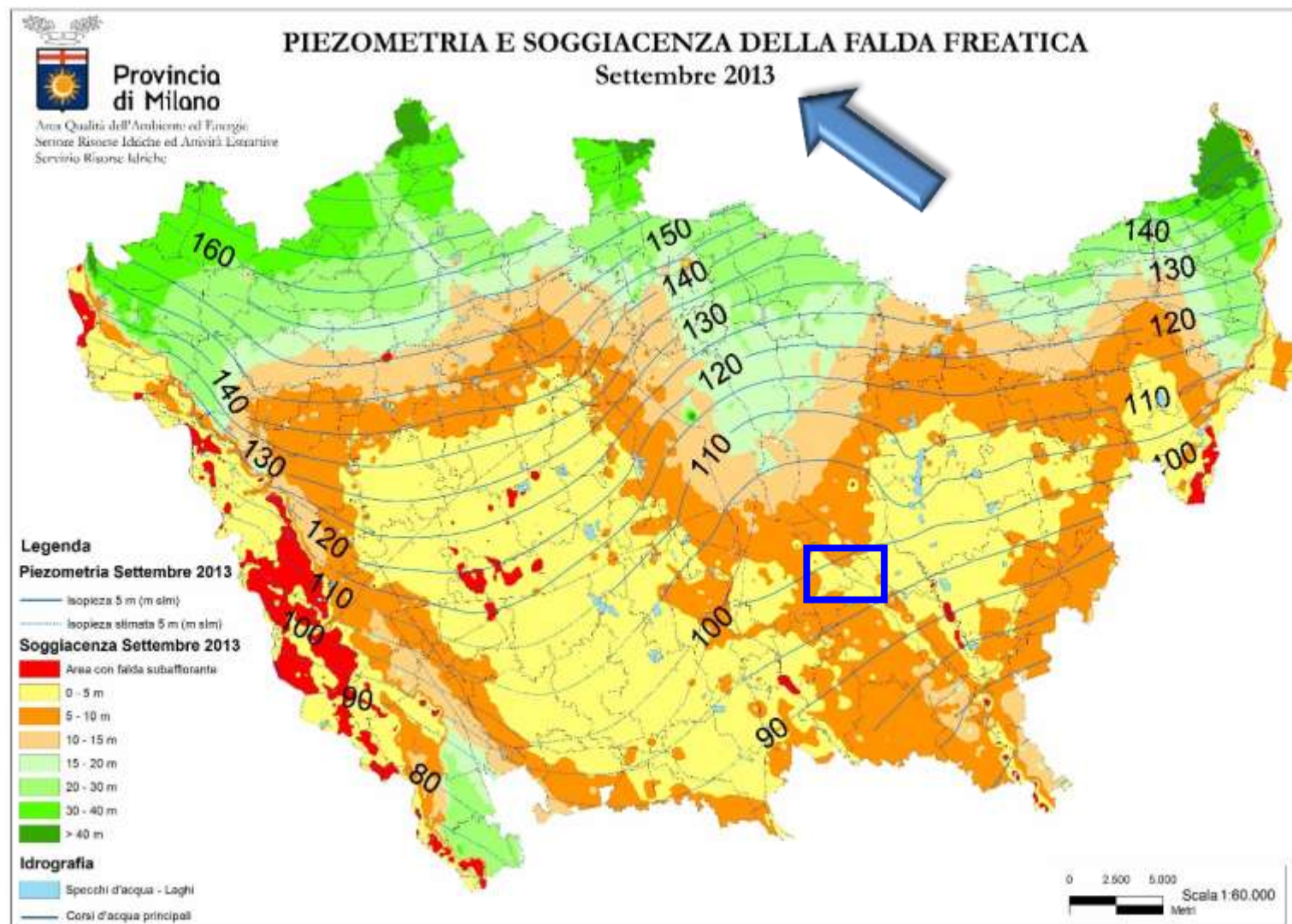
Rappresentazione delle falde acquifere

Le carte a isopieze (o carte piezometriche) rappresentano, tramite curve di livello, l'andamento della superficie piezometrica. Il livello piezometrico di ciascuna di queste curve rappresenta la quota sul livello del mare alla quale si stabilizza la falda nei pozzi.



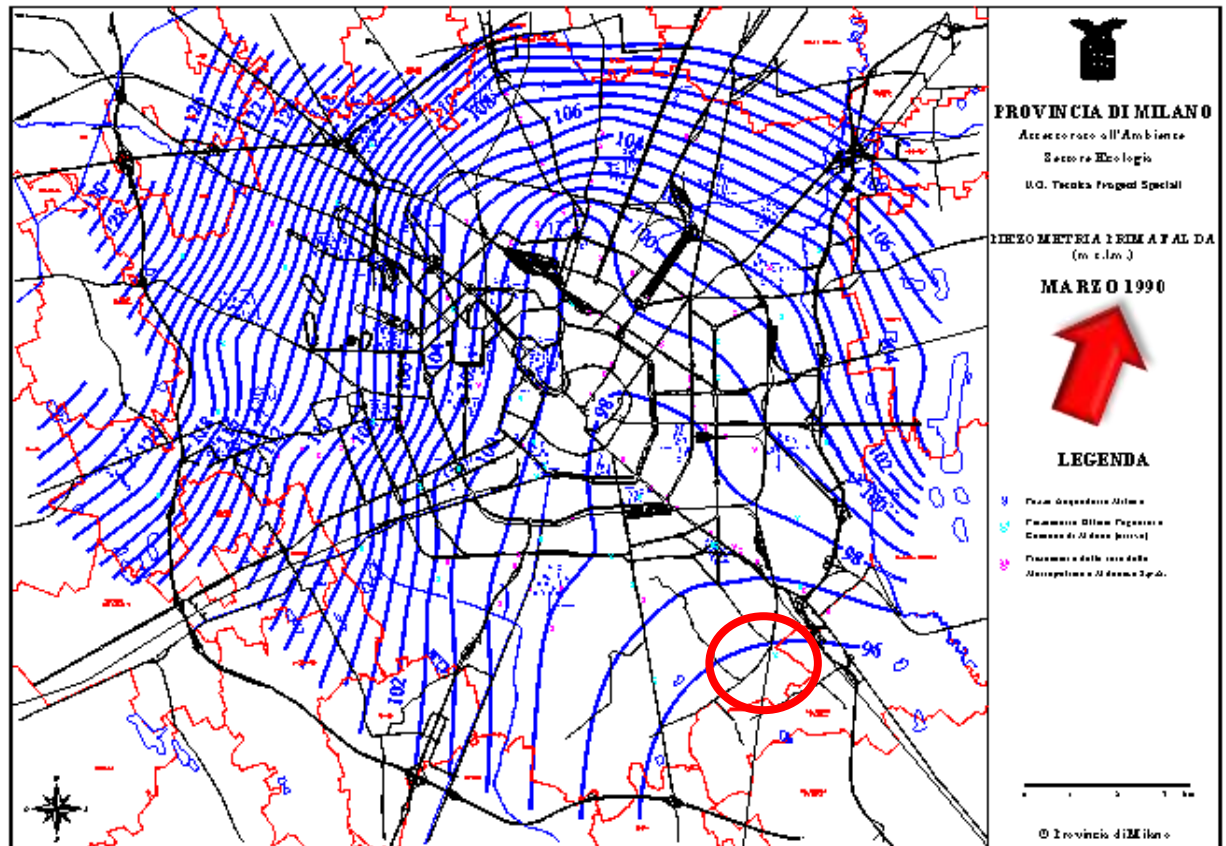
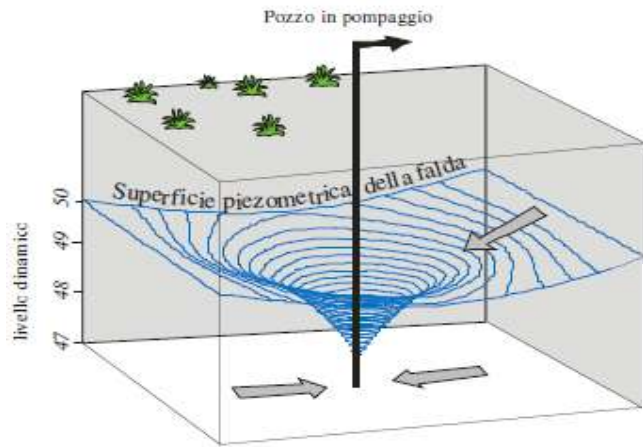


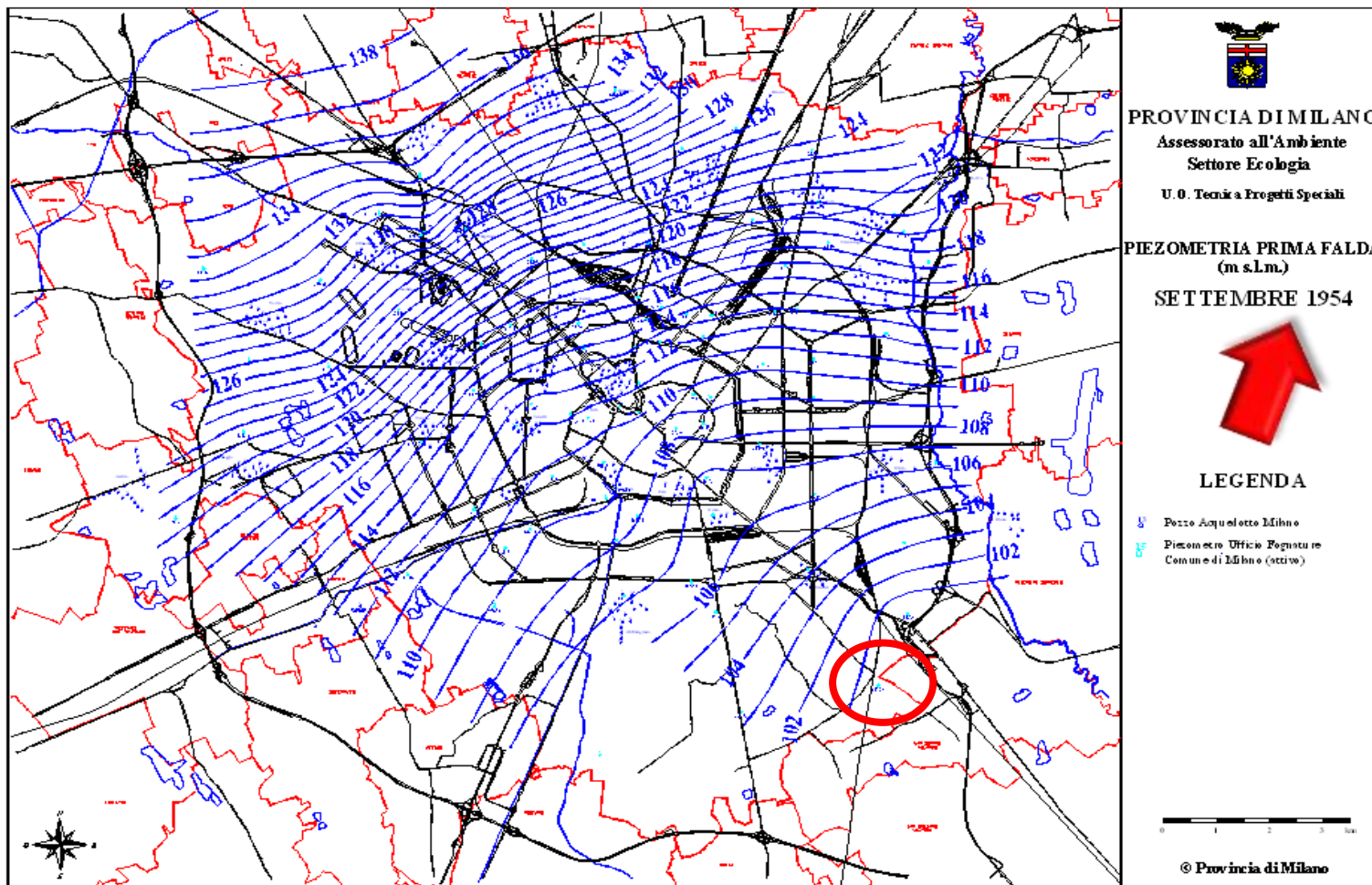
Rappresentazione della falda contenuta nell'acquifero A





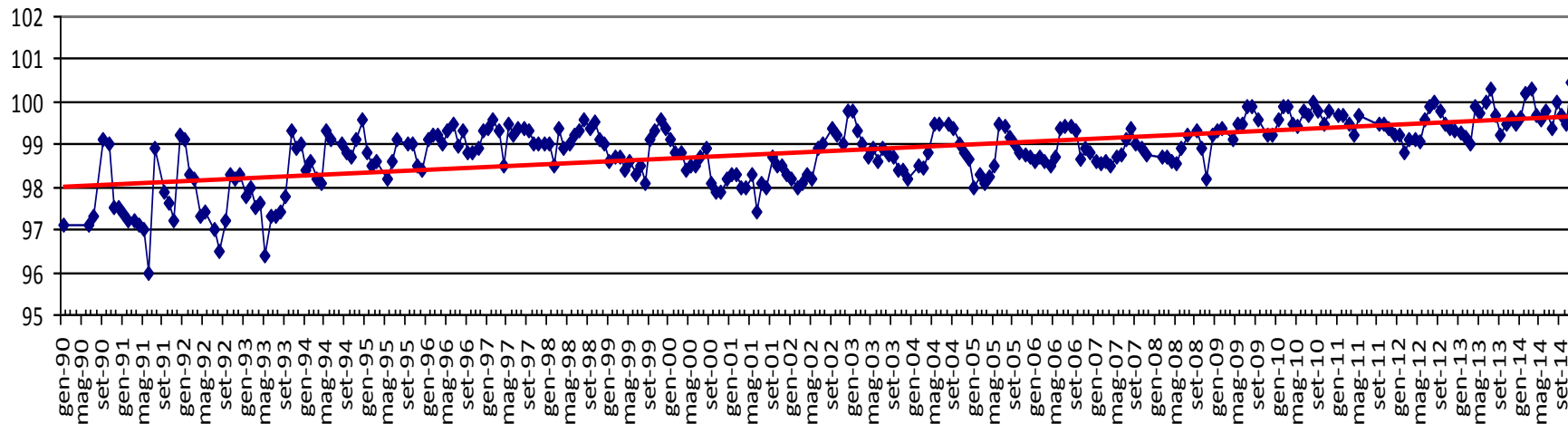
Modifiche della superficie piezometrica



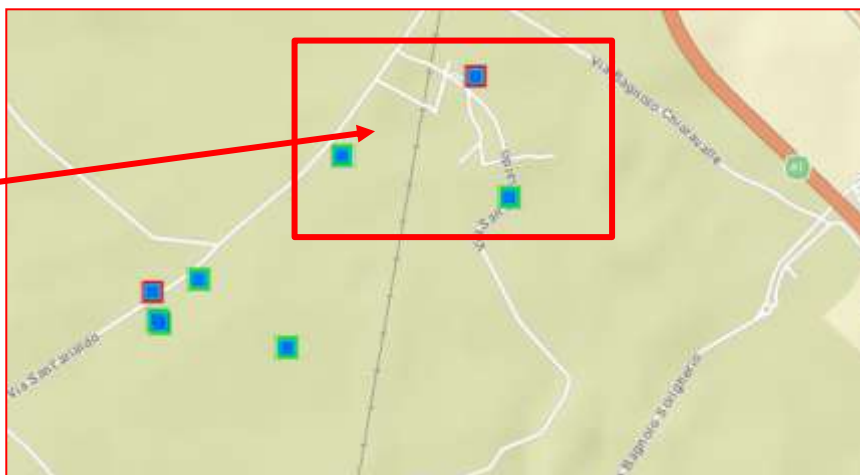




Chiaravalle - Piezometro 0151461379
Quota piezometrica (m s.l.m.)

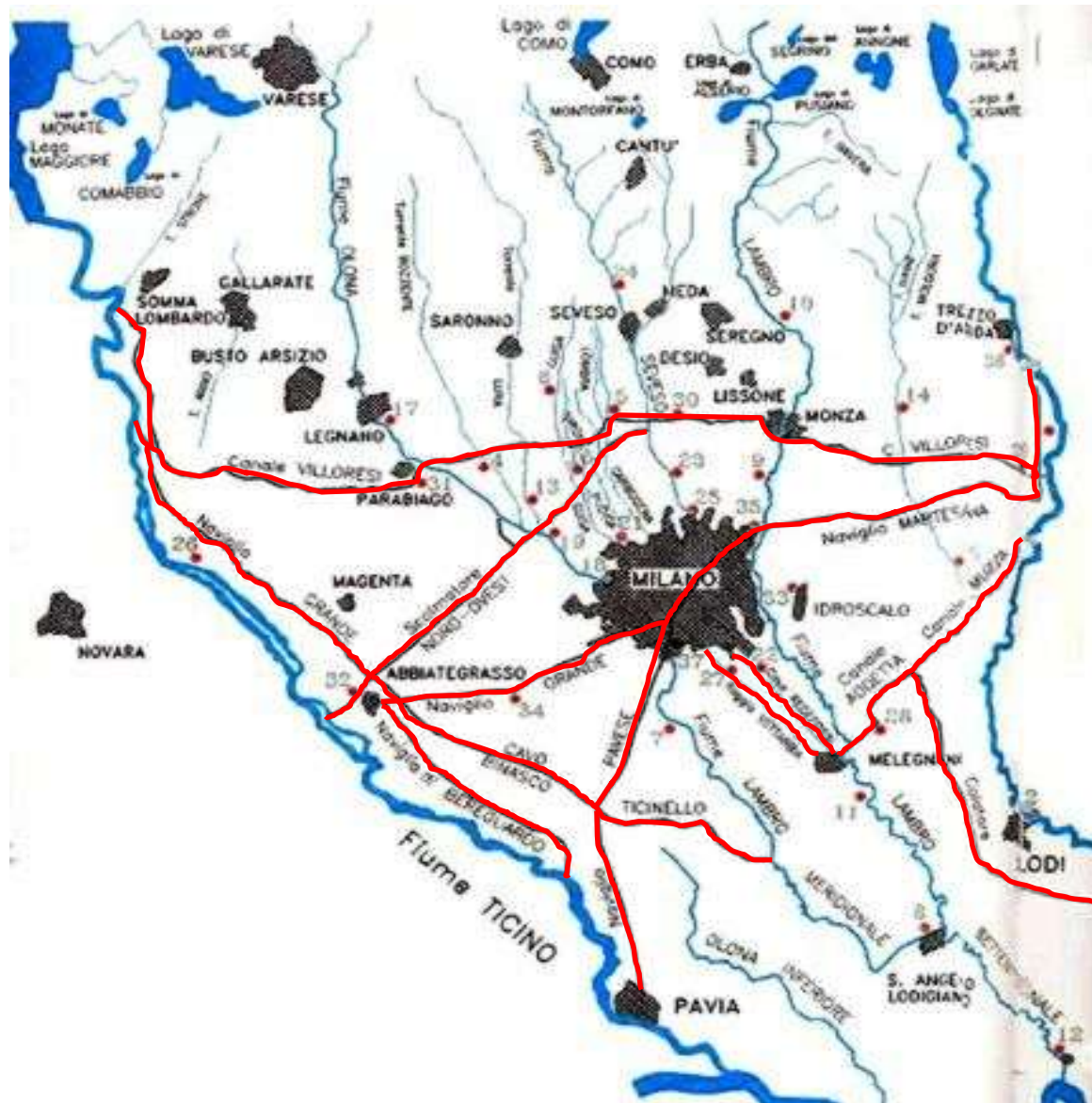


Chiaravalle



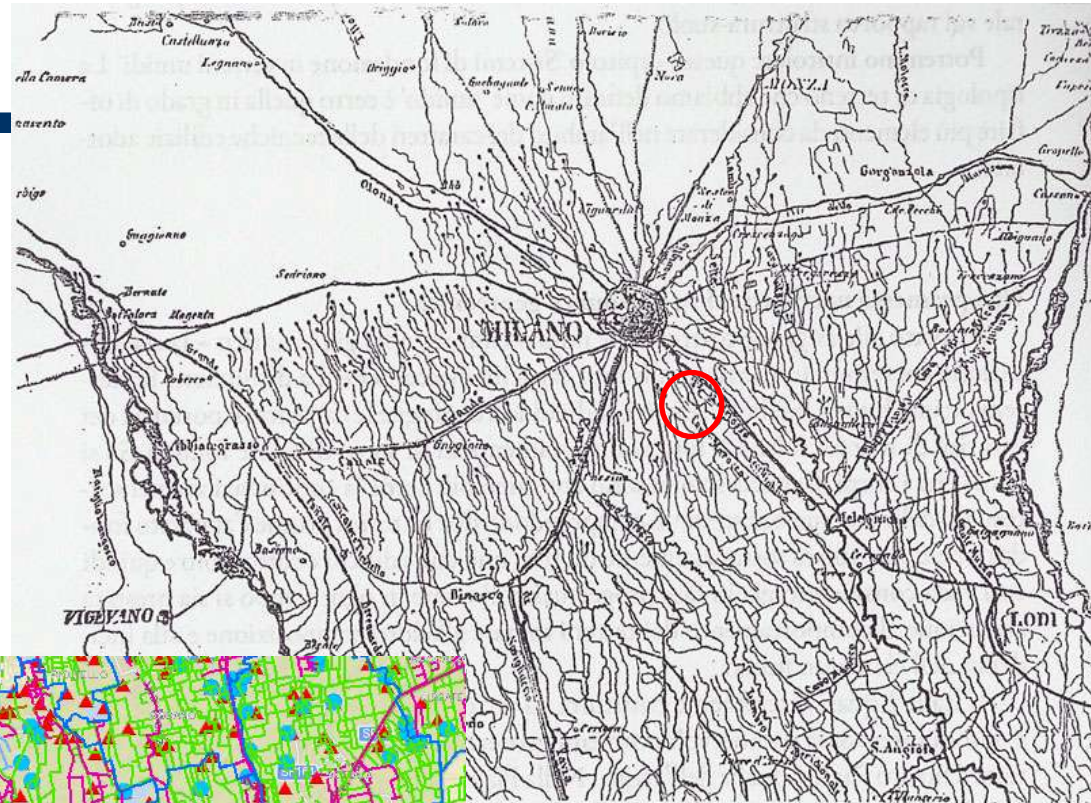


Reticolo idrografico naturale e artificiale

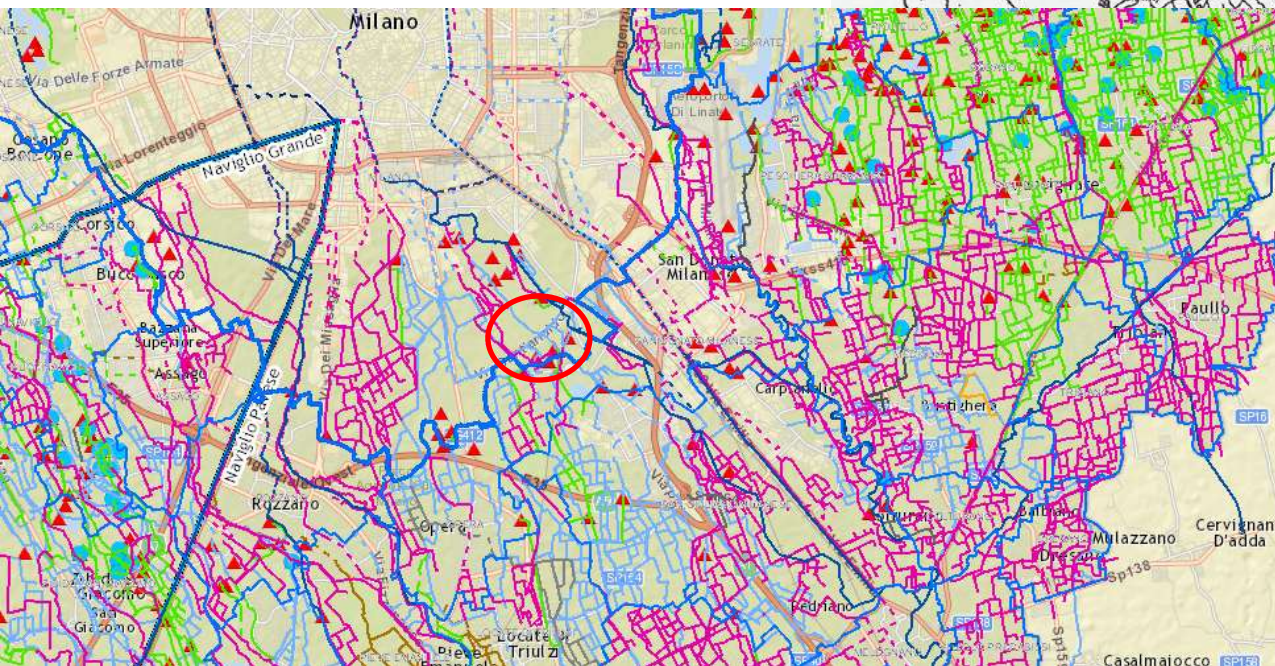


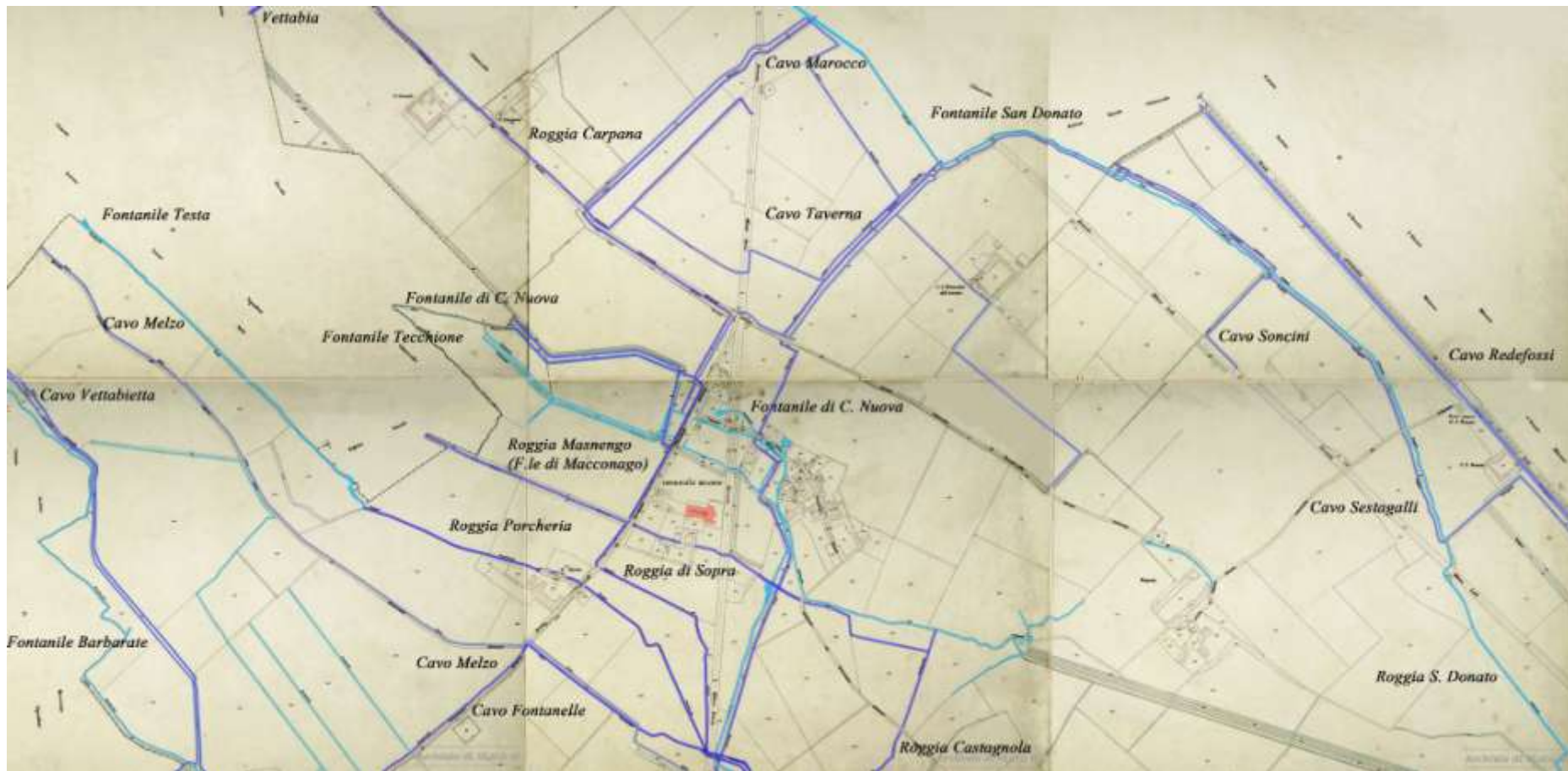


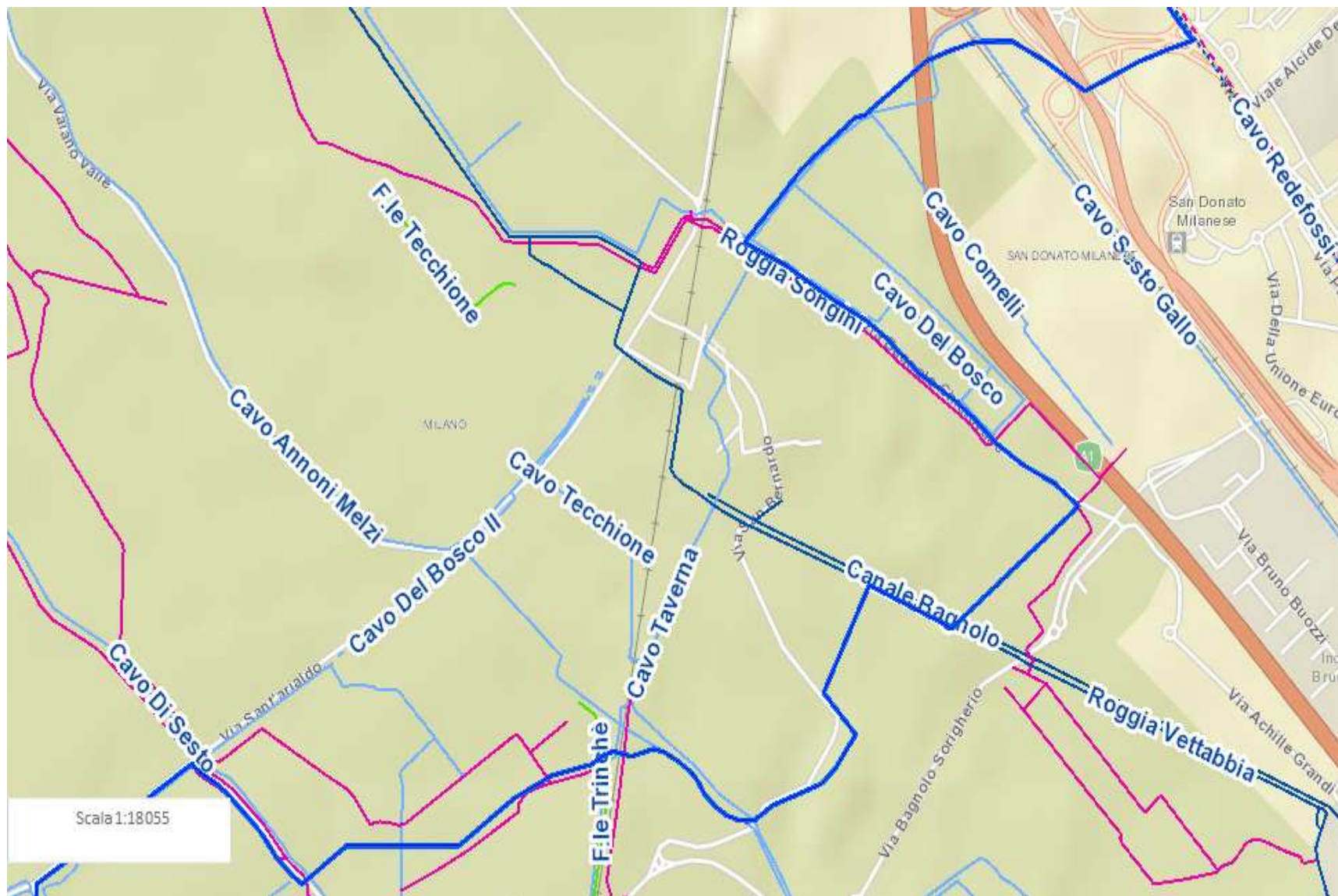
la pianura milanese risulta suddivisa in due fasce distinte: una detta “**pianura asciutta**” e una detta “**pianura irrigua**”.



G. Bruschetti 1836









Milano è una “città d’acque”. Perché questa abbondanza di acqua è diventato un problema?

estensione del tessuto urbano

abbandono e dismissione di rogge e fontanili che creavano il drenaggio della falda

abbandono e chiusura delle cerchie dei Navigli che servivano a mantenere in equilibrio il complesso sistema delle acque superficiali e sotterranee

mancata manutenzione dei numerosi canali che intersecano Milano che, riempiti di rifiuti, vedono ridursi la sezione di flusso



Necessario ripensare ad una gestione più corretta delle risorse idriche sia superficiali che sotterranee

Acque superficiali

abbassamento livelli di falda tramite riassetto della rete irrigua esistente (es. costruzione di nuovi canali, ripristino dei fontanili, ecc.)

apertura di ampi bacini per abbassare la superficie piezometrica

interventi selettivi con dreni per convogliare verso la rete idrica superficiale le acque che superano il livello massimo di falda prescelto

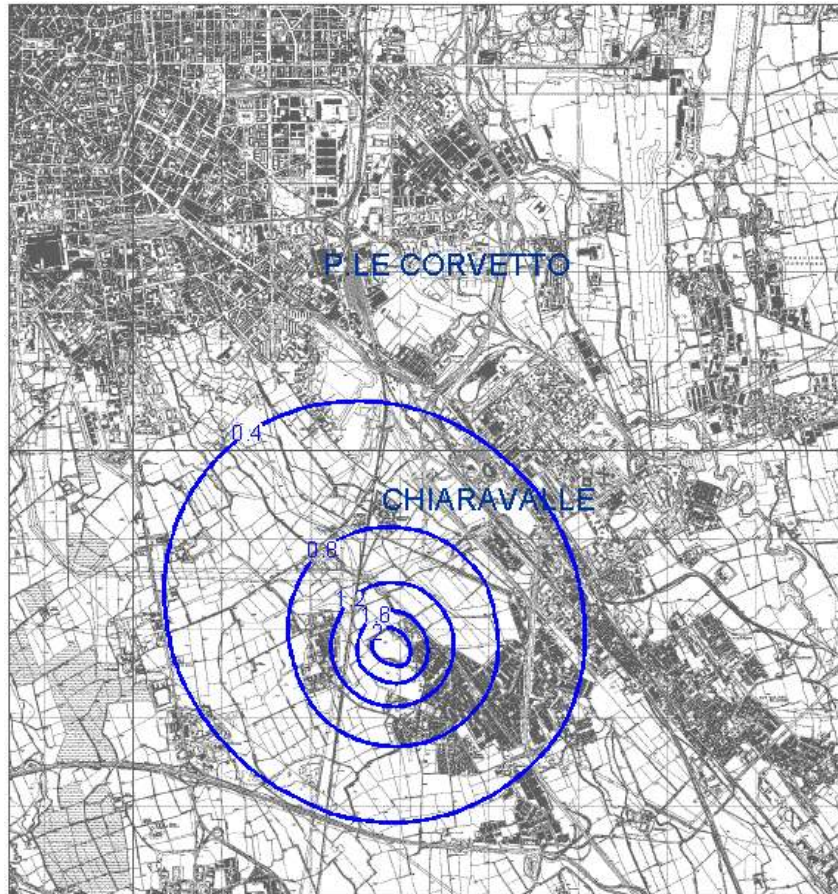




Il progetto di realizzazione del Parco Vettabbia prevede la realizzazione di aree a bosco connesse tra loro, di un frutteto con specie botaniche in via di estinzione, di un piccolo stagno e di 55.513 metri quadri di bosco umido con funzione di ecosistema-filtro. Saranno ripristinati, inoltre, i filari lungo i percorsi d'acqua, ricostruita la marcita di fronte all'Abbazia di Chiaravalle (55.539 metri quadri), potenziato il reticolo idrico e ripristinati i Fontanili che consentiranno la riattivazione del mulino di Chiaravalle, la rinaturalizzazione di corsi d'acqua e il mantenimento dell'attività agricola.

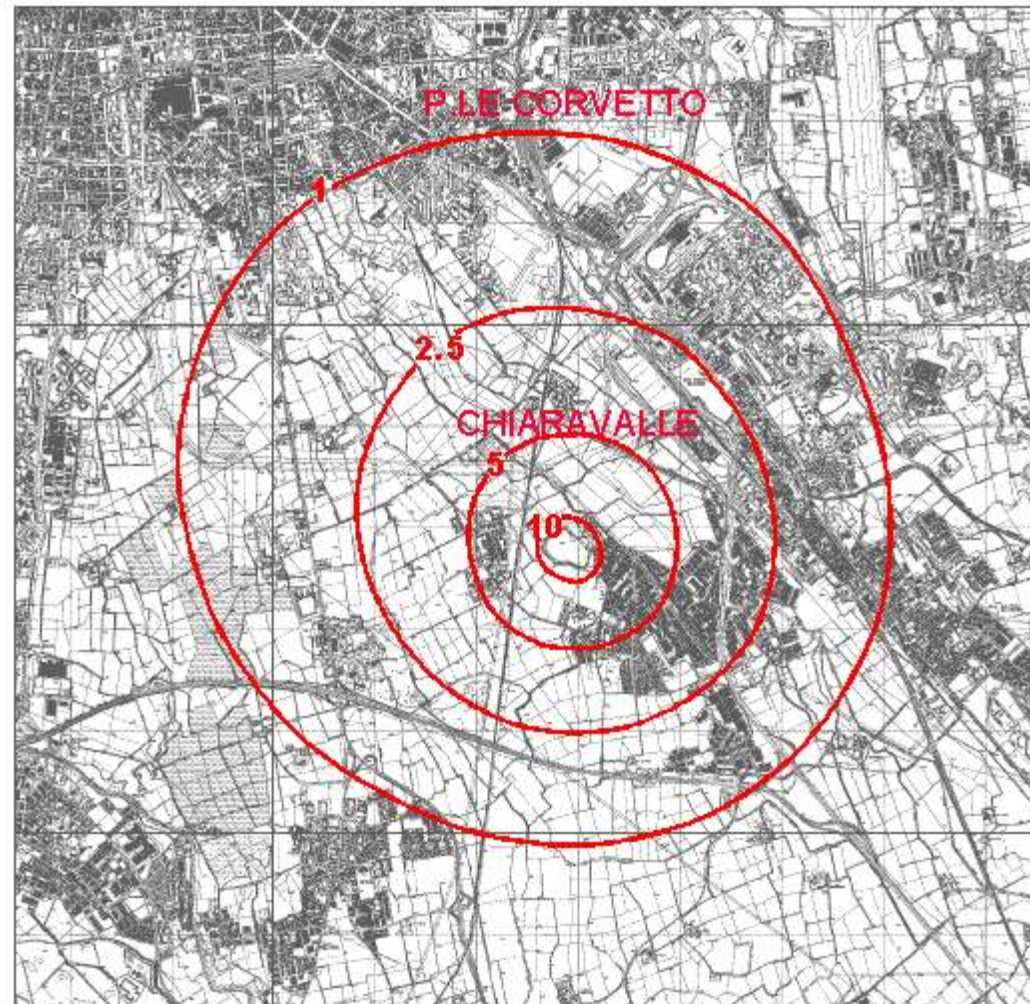






SIMULAZIONE DRENAGGIO CAVA
pompaggio 450 l/s - durata 90 giorni

Provincia di Milano (Rosti G., Francani V.,
Beretta G.P., Pagotto A., Avanzini M.)



SIMULAZIONE DRENAGGIO CAVA
pompaggio 2000 l/s - durata 90 giorni



Acque sotterranee

Individuare un livello piezometrico di riferimento al di sotto del quale la riserva deve essere integrata e al di sopra del quale deve essere ridotta

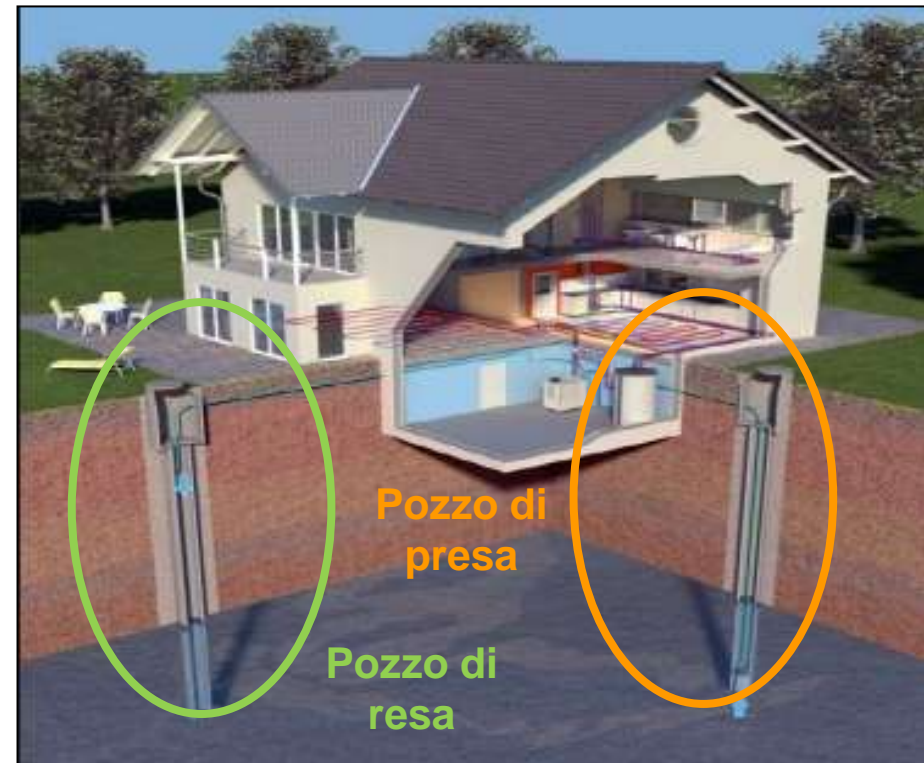
Sistemi geotermici a pompe di calore per riscaldamento e raffrescamento (es. Basilica Palladiana a Vicenza)



Principio di funzionamento

Impianto geotermico a circuito aperto (open loop), con acqua di falda freatica e con emungimento (a monte) e reimmissione (a valle) mediante pozzi.

Utilizzato per climatizzare ambienti (**riscaldamento/raffrescamento**) attraverso pompe di calore elettriche. Gli impianti geotermici a circuito aperto prelevano l'acqua dai pozzi; essa viene avviata alla pompa di calore e, in seguito, restituita all'acquifero mediante uno o più pozzi a valle della direzione di falda o a corpi idrici siti nelle vicinanze.





Progetto simile a quello
realizzato per il
riscaldamento/raffrescamento
della **Basilica Palladiana** a
Vicenza



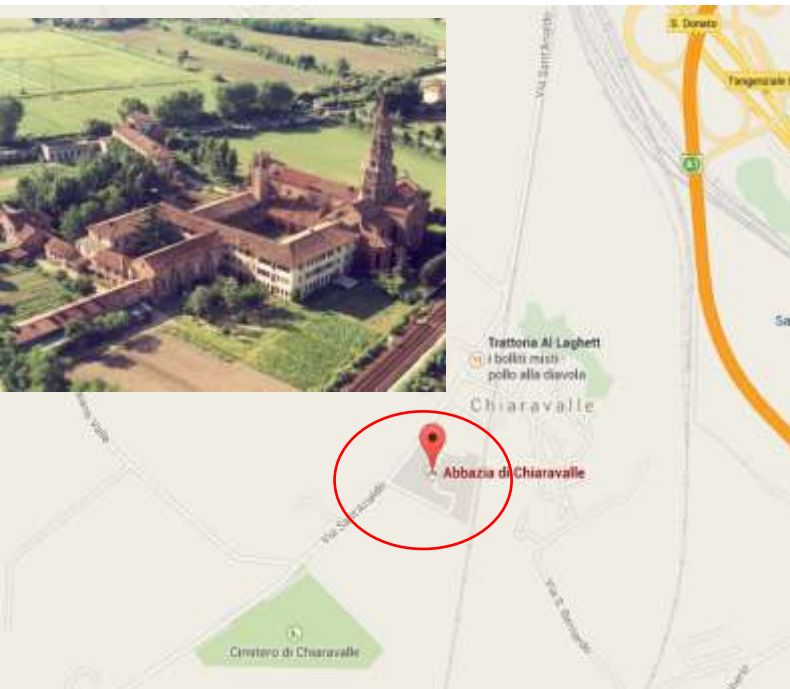
Fabbisogno energetico pari a
 $7.29 \cdot 10^6$ kcal/h

Pompa di calore deve
generare 8.5 MW termici

Portata estratta da un singolo
pozzo: 16.2 l/s

Pompa di calore genera 424
kW termici

Necessari 20 pozzi per
produrre: 8.5 MW termici



Da M. Antelmi



Conclusioni

Il problema dell'abbassamento della falda può quindi essere realizzato tramite un complesso di interventi tra loro compatibili e ben armonizzati in modo tale da poter estrarre quantitativi di acqua rilevanti con bassi costi e dai quali non derivino modifiche permanenti del territorio.