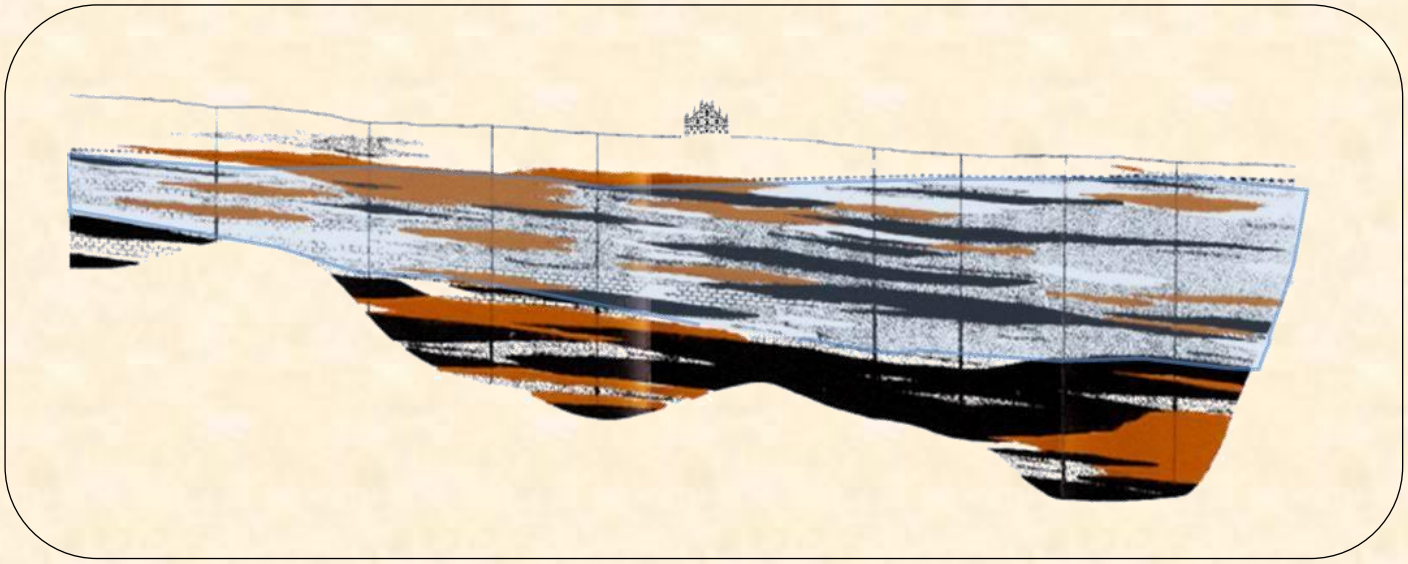
LE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE DELLA "*CITTA' D'ACQUE*"

Brevi appunti sulle caratteristiche idrogeologiche delle falde milanesi



Guido Rosti

Milano, Settembre 2009

Con queste brevi note si vuole dare una estrema sintesi a carattere divulgativo delle caratteristiche morfologiche, idrogeologiche e strutturali delle falde acquifere su cui poggia la città di Milano e che con grande abbondanza d'acque sono state in passato e sono tuttora, una delle principali risorse di ricchezza e benessere dei milanesi ma che tuttavia spesso, soprattutto in passato, sono state pesantemente compromesse da azioni e da trascuratezza non certo ambientalmente sostenibili.

Quanto segue non vuole infatti assolutamente costituire una lettura esaustiva sulle falde milanesi ma semplicemente offrire una carrellata di larga massima, delle sue caratteristiche, anche a chi non conosce approfonditamente tale materia, rimandando il lettore più interessato ed esigente ai testi più approfonditi ed esaustivi relativi a tale tematica che si possono trovare o nella bibliografia specifica qui di seguito riportata o nella bibliografia generale presente nel sito.

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

La principale fonte bibliografica riguarda un importante lavoro realizzato dalla Provincia di Milano nel 1995 che tutt'oggi riunisce molti dei principali studi di carattere idrogeologico disponibili:

Le risorse idriche sotterranee nella Provincia di Milano.
Vol I: lineamenti idrogeologici. Provincia di Milano 1995.

Altra bibliografia di riferimento è riportata di seguito in ordine cronologico:

CAP (1972), (Consorzio per l'Acqua potabile ai Comuni dell provincia di Milano) Depauperamento delle risorse idriche sotterranee nel comprensorio della Brianza a Nord del Canale Villoresi

AA.VV. (1975) - "Indagine sulle zone umide in provincia di Milano", Vol. 2-I fontanili Provincia di Milano.

AIROLDI R., CASATI P., VIGANÒ P. (1976) - "La distribuzione e le variazioni della durezza delle acque nel sottosuolo di Milano". Geologia Tecnica, N. I.

Oggioni,G. Rosti, R. Venturelli , M. Bogani (1984).- Aspetti idrobiologici ed idrogeologici della valle del Ticino - Provincia di Milano -

AA.VV. (1985) - "Il Canale Scolmatore delle piene a Nord-Ovest di Milano nel sistema drenante e irriguo della provincia di Milano". Provincia di Milano.

G. Oggioni, G. Rosti, A. Zacchetti (1985) - Aspetti idrogeologici dell'Est Milanese e tutela dell'Idroscalo- Provincia di Milano -

AA.VV. (1989) - "Indagine sulla qualità delle acque nella provincia di Milano". AIROLDI R., CASATI P.,(1989) Le falde idriche del sottosuolo di Milano. Comune di Milano Assessorato all'Ecologia-Provincia di Milano.

AA.VV. (1989) "Nitrati in falda 1988". Provincia di Milano.

AA.VV. (1990) - "Indagine sulla qualità delle acque nella provincia di Milano-aggiornamento al 1989." Assessorato all'Ambiente-Provincia di Milano.

AA.VV. (1992) "Oscillazioni piezometriche registrate nei pozzi della rete di rilevamento regionale negli anni 1987-1991" S.I.F. - Provincia di Milano.

AA.VV. (1992) - "Rete di rilevamento regionale dei corpi idrici sotterranei-1991 ". S.I.F. Provincia di Milano.

AA.VV. (1992) - "Indagini sulla presenza di composti organo-alogenati nelle acque di falda della Provincia di Milano". S.I.F. - Provincia di Milano.

AA.VV. (1993) - "Catasto pozzi privati 1992-Prima Bozza" Provincia di Milano. AA.VV. (1992) - "Catasto pozzi pubblici 1991". S.I.F. - Provincia di Milano.

AA.VV. (1995) Le risorse idriche sotterranee nella Provincia di Milano Vol.I. Provincia di Milano. Dicembre

AA.VV – (1999) - Indagine sulla qualità delle acque superficiali nella Provincia di Milano-Provincia di Milano

……Dentro la città non vi sono cisterne nè condutture di acque che vengano da lontano, ma acque vive, naturali, mirabilmente adatte ad essere bevute dall'uomo, Limpide, salubri, a portata di mano, mai scarseggianti anche se il tempo è asciutto, e tanto abbondanti che in ogni casa appena decorosa vi è quasi sempre una fonte di acqua viva, che viene chiamata pozzo.

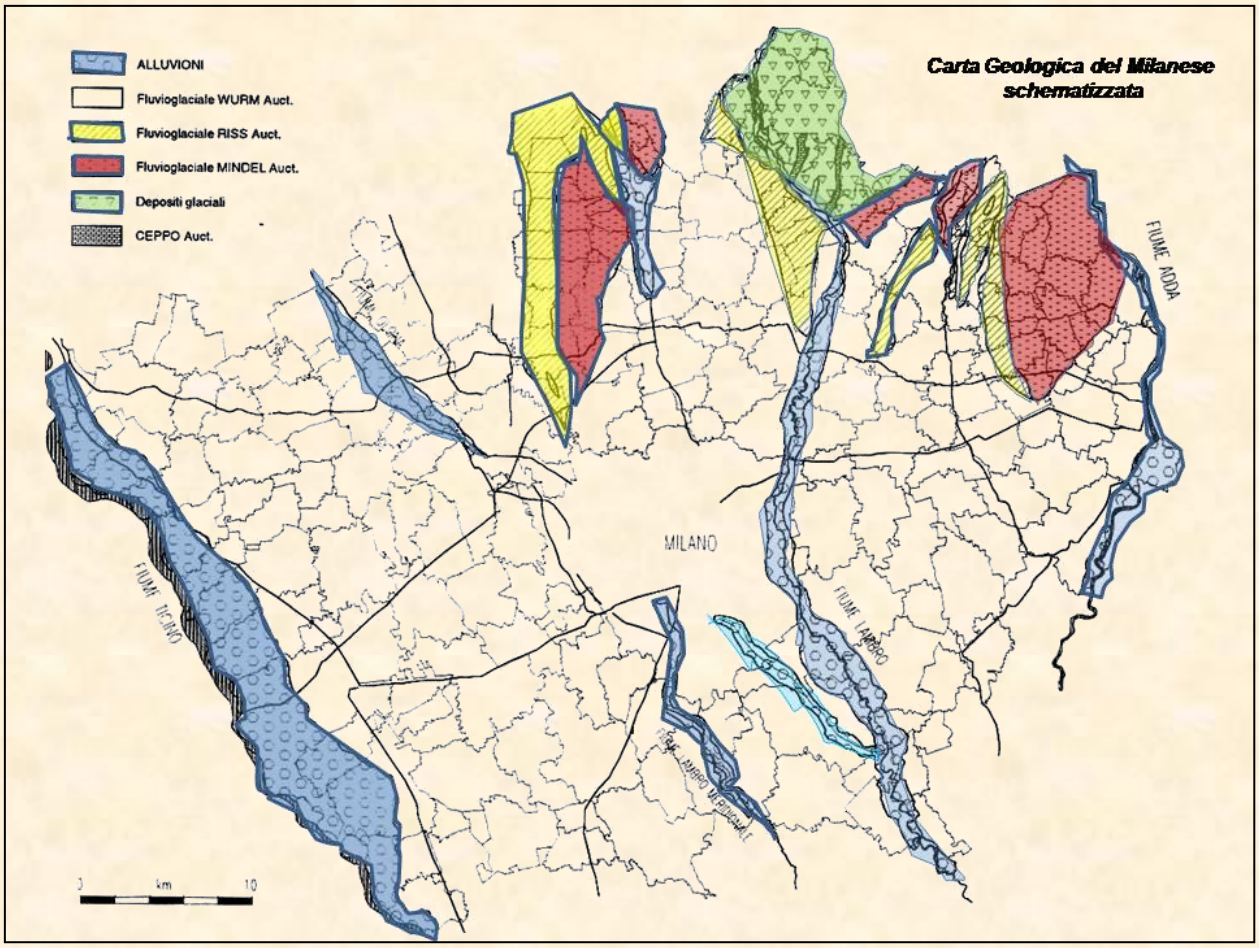
Da una indagine diligente, anche se non del tutto esauriente, ho potuto accertare che più di seimila fonti vive assicurano ogni giorno ai cittadini acqua viva.

……

Nessun'altra città del mondo si sa o si pensa abbia tale ricchezza ed abbondanza di simili fonti…….

Bonvesin De La Riva
"De Magnalibus Urbis Mediolani"
A.D. 1288

GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA



La geologia di quest'area presenta unità prevalentemente legate all'ambiente di deposizione glaciale, fluvioglaciale e localmente lacustre. In pratica ci si trova di fronte ad un potente strato di ghiaie, sabbie ed argille di uno spessore di centinaia di metri che da un lato protegge l'area da fenomeni sismici, ammortizzandone gli effetti e dall'altro crea una condizione estremamente fortunata per la creazione di falde idriche a varia profondità con quantitativi d'acque estremamente rilevanti.
Sono state rilevate diverse unità, correlabili in funzione dei litotipi e delle caratteristiche sedimentologiche, alle vecchie unità del Villafranchiano, del Mindel, del Riss e del Wúrm (le tre glaciazioni più recenti verificatesi nel Quaternario).
L'unico periodo ufficialmente datato è l'ultimo, il Wúrm, che ha avuto inizio tra 15.000 e 14.000 anni fa e collocato quindi nel Pleistocene superiore; arealmente costituisce il deposito più esteso sul territorio in studio.
L'area inoltre è stata caratterizzata da una elevata urbanizzazione nel corso dell'ultimo ventennio, che ha modificato profondamente la morfologia dei luoghi.
Di seguito si propone una descrizione delle diverse unità che compaiono nell'area di studio e della loro distribuzione sul territorio (vedi carta allegata).

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Le caratteristiche geomorfologiche del territorio di Milano e nella sua Provincia risentono degli avvenimenti geologici succedutisi dal tardo Miocene fino a tutto il Quaternario e di cui le esplorazioni profonde a scopo di ricerca di idrocarburi (ad esempio da parte dell'AGIP) hanno fornito una idonea ricostruzione.
Nel Miocene superiore si produsse una forte fase erosiva su tutto l'arco prealpino con la conseguente formazione di canyons in corrispondenza degli attuali laghi prealpini, di avanzamenti e regressioni marine.
A partire dal Pliocene superiore-Pleistocene inferiore si assiste ad una fase di ritiro del mare e alla sedimentazione di depositi continentali fluvio-lacustri, deltizi e di piana costiera caratterizzati in prevalenza da granulometrie non grossolane (sabbie fini, limi, argille) per il predominare delle condizioni di acque tranquille e lagunari.
Questa unità sedimentaria, attribuita dagli AA. al Villafranchiano, è stata sottoposta ad un sollevamento dopo la sua deposizione e quindi la sua parte superiore è erosa e profondamente incisa.
Contemporaneamente alla fase di sollevamento, si sono succedute ciclicamente diverse fasi di avanzamento marino, i cui depositi hanno riempito tali incisioni e sono stati a loro volta, successivamente erosi più o meno parzialmente. Nei solchi vallivi così creati si deposero ghiaie e sabbie anche in grandi spessori, che col tempo hanno subito fenomeni di cementazione.
Con il Pleistocene l'area viene interessata da episodi glaciali, convenzionalmente raggruppati nelle tre fasi Mindel, Riss e Wúrm, che diedero luogo alla deposizione di una vasta coltre di sedimenti glaciali nelle aree pedemontane e alluvionali ("fluvioglaciali") nella media e bassa pianura.
Alla deposizione dei sedimenti, nei periodi interglaciali fece seguito la loro erosione e questo ciclo di sedimentazione ed erosione degli episodi glaciali, ha creato un sistema di terrazzi, che attualmente occupa la porzione più alta della pianura ai piedi degli anfiteatri morenici e la media pianura.
Dal Pleistocene superiore all'Olocene si è avuto il lento innalzamento dell'alta pianura testimoniato dall'affioramento in superficie dei depositi più antichi, movimento questo continuato anche in tempi più recenti.
In modo schematico il territorio si può suddividere da un punto di vista morfologico nelle seguenti zone:

A. zona delle cerchie moreniche

E' costituita dalle propaggini degli anfiteatri morenici dell'Adda e del Ticino ed occupa i territori più settentrionali ed altimetricamente più elevati. E' tipica la morfologia delle morene frontali mindeliane (sottoposte successivamente a processi d'erosione da parte delle fiumane collegate al ghiacciaio rissiano), caratterizzata da lievi ondulazioni che si intervallano ad ampie spianate.
Questi ripiani rappresentano le zone in cui si avevano ristagni d'acqua di fusione dei ghiacciai o di piccoli laghi intramorenici.

B. zona dei terrazzi ferrettizzati.

L'alta pianura terrazzata rappresenta invece una seconda zona morfologica molto estesa territorialmente, dalle pendici degli archi morenici fino all'incirca all'altezza del

canale Villoresi (alta e bassa Brianza). Il limite settentrionale è irregolare, adattandosi alla forma dei contorni delle morene più esterne, mentre il limite meridionale coincide grosso modo con la scomparsa dei terrazzi fluvioglaciali antichi e medi, legati all'azione delle grandi masse d'acqua delle glaciazioni mindeliane e rissiane, al di sotto dei depositi fluvioglaciali recenti.

C. zona della media e bassa pianura diluviale e alluvionale.

Legata prevalentemente alla glaciazione Würmiana, costituisce la pianura lombarda vera e propria con pendenza regolare da nord-ovest verso sud-est ed inclinazione pressoché costante di circa il 3 per mille.

UNITA' GEOLOGICHE

Le unità geologiche che interessano l'area secondo la tradizionale descrizione adottata nella letteratura geologica (dalle più antiche a quelle più recenti) sono le seguenti:

Substrato roccioso pre-Pliocenico

E' costituito da varie formazioni sedimentarie con età variabili che fungono da substrato su cui poggiano i terreni quaternari più recenti. E' presente raramente in affioramento e a profondità ridotte (40-60 m) solo nella parte settentrionale, dove è stato rilevato in alcuni pozzi, mentre, spostandosi verso sud, si approfondisce notevolmente. Risulta tuttavia che tali litotipi siano poco permeabili.

Unità Villafranchiana

Quelle che sono definite *"Argille sotto il Ceppo"* costituiscono la parte sommitale di un imponente accumulo di sedimenti di oltre 1000 m di spessore, formato in prevalenza da sedimenti a granulometria fine (argille-limi e sabbie-torbe spesso fossilifere). A partire da profondità variabili dai 90 ai 150 m si colloca l'Unità Villafranchiana, formata da argille e limi intercalate a lenti di sabbia di ambiente deposizionale deltizio-lagunare ed anche di piccoli bacini lacustri intermorenici. Affiorante lungo le valli del F.Lambro e del F.Adda, nel sottosuolo questa unità è rappresentata da potenti spessori di sedimenti argillosi passanti verso l'alto a sabbioso-argillosi che aumentano di spessore spostandosi verso Sud. In corrispondenza di Milano rappresentano il passaggio da un ambiente marino ad uno di transizione e continentale.
Lo spessore di questa unità può essere anche superiore ai 100 m; l'erosione della sua parte superiore ad opera di fiumane più recenti, impedisce generalmente di valutarne la potenza originaria. Dal punto di vista idrogeologico questa unità presenta permeabilità generalmente ridotta.

Ceppo

Sinonimi di questa unità sono *"Ceppo dell'Adda" o "Ceppo Lombardo".*
Si tratta di arenane e conglomerati, in genere molto cementati (soprattutto a Est del fiume Severo e in parte nella valle del fiume Olona), sovente passanti a ghiaie e sabbie dalle quali si sono originati. Testimonierebbero un ambiente fluviale. Hanno uno spessore variabile: nella parte meridionale della provincia il Ceppo è ridotto a pochi banchi e lenti; a Milano questi livelli si trovano a profondità compresa fra gli 80 e i 100 m. Anche questa unità come la precedente mostra chiare tracce di sollevamento dopo la sua deposizione, è infatti modellata dall'erosione ed è in molti affioramenti fortemente

inclinata, in particolare nella parte settentrionale dell'area di studio. Gli affioramenti sono abbondanti nella parte alta della pianura, soprattutto in corrispondenza dei corsi d'acqua (Olona, Adda,Molgora e Lambro) che hanno inciso i terreni sovrastanti, permettendo così a questa unità di affiorare. In passato tale materiale è stato utilizzato in edilizia per la sua resistenza ed aspetto variegato.

Morenico Mindel

E' rappresentato da un deposito costituito da limo inglobante materiali ciottolosi, sabbiosi e argillosi, ricoperti da un potente strato si alterazione simile a quello dei ripiani terrazzati coevi. Formano, morfologicamente, i rilievi più esterni della cerchia morenica situata ai piedi delle Prealpi lombarde. Si tratta di forme fortemente modellate dall'erosione che ne ha notevolmente ridotto le altezze e le asperità.

Fluvio-glaciale Mindel

E' stato generato dallo smantellamento, quasi contemporaneo alla sua deposizione, del materiale morenico mindeliano; le fiumane degli scaricatori glaciali deposero, dopo averlo eroso, parte del materiale costituente gli anfiteatri morenici.
Si sono così generati i sedimenti che contraddistinguono alcuni dei terrazzi maggiori (Groane. Albiate-Sovico-Macherio, Gerno-Camparada-Velate, Olgiate Molgora, Bernareggio. Pademo-Verderio-Mezzago-Gessate) separati da profonde incisioni ed ampie depressioni in cui si sono in seguito deposti i materiali fluvioglaciali rissiani e Würmiani. Si tratta di depositi costituiti da ciottoli arrotondati con un alto grado di selezione, deposti in letti sub orizzontali ed immersi in una matrice sabbiosa argillosa con colorazione giallastra-rossiccia.
Gli affioramenti sono facilmente riconoscibili per il caratteristico strato di alterazione che ne ricopre la superficie, denominato "Ferretto", spesso oltre 3-4 m, caratterizzato da un colore rossastro e da una elevata compattazione che lo rende poco permeabile alle acque di infiltrazione. Il fluvio-glaciale mindeliano affiora nel settore settentrionale dell'area, ad esempio presso Garbagnate Milanese e Musate.

Morenico Riss

Successivo alla glaciazione Mindel, è caratterizzato da depositi caotici, ghiaiosi e sabbiosi con abbondante matrice argillosa in cui sono frequentemente inglobati blocchi di cospicue dimensioni provenienti dall'arco alpino e prealpino. La morfologia è caratterizzata da colline disposte in cordoni morenici pressoché paralleli, interni alla cerchia mindeliana, che formano le cerchie degli apparati del Lario, del Lambro e dell'Adda.

Fluvio-glaciale Riss

Si tratta di depositi costituiti da ciottoli grossolani arrotondati con ghiaie mi matrice sabbiosa giallo-ocracea, con locale presenza .di lenti conglomeratiche. Sono comunque difficilmente distinguibili da fluvio-glaciali mindeliani e sono soggetti ad alterazione superficiale con caratteristiche analoghe a quelle del *"Ferretto";* localmente i depositi di alterazione sono ricoperti da loess. I terrazzi formati da questi depositi rissiani si trovano ad una quota intermedia tra quelli più elevati mindeliani e la pianura circostante. Essi sono presenti nell'area a Nord, presso Garbagnate Milanese, Monza, Vimercate, Bellinzago Lombardo.

Morenico Würm
Sono depositi connessi con l'ultima fase glaciale quaternaria, che formano morene laterali, frontali e di fondo della cerchia più interna al passaggio con le Prealpi più a nord. Sono costituiti da ghiaie, ciottoli e limi prevalenti con tessitura caotica spesso inglobanti massi erratici anche di notevoli dimensioni con debole strato di alterazione.

Fluvio-glaciale Würm
I depositi sono caratterizzati da ghiaie e sabbie 'in matrice limosa con locali lenti d'argilla. Costituiscono, come visto, il cosiddetto *"livello fondamentale della pianura",* in essi è rilevabile una variazione dai termini più fini passando dal settore settentrionale a quello meridionale: questa variazione è da collegare alla riduzione, verso Sud, dell'energia dell'agente di trasporto e di deposizione provocando una conseguente cassazione meccanica. Tali depositi si estendono su gran parte dell'area interessata, soprattutto nelle aree della media e della bassa pianura.
I depositi Wurmiani, al contrario di quelli rissiani e mindeliani, presentano superiormente un livello di natura sabbioso-argillosa che convoglia grosse quantità d'acqua verso gli orizzonti sottostanti che, per l'elevata porosità, costituiscono un ottimo serbatoio per l'acqua di falda.

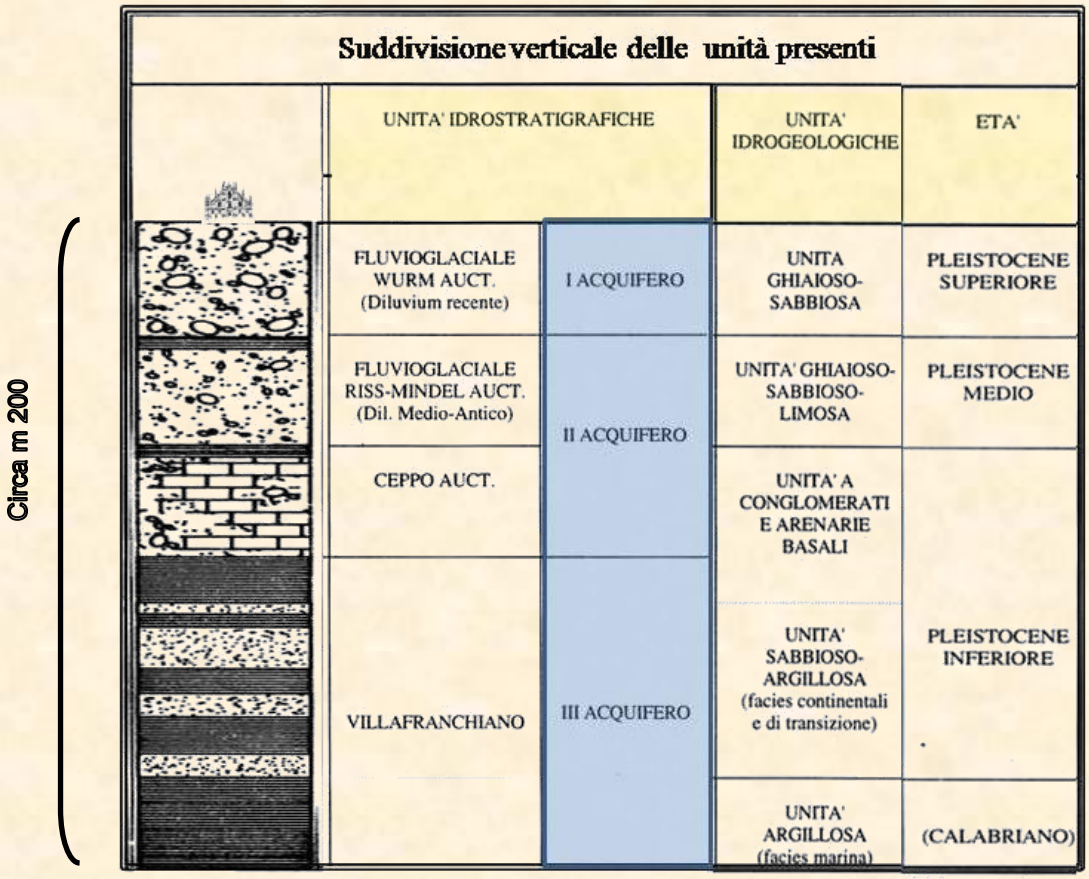
Depositi lacustri
Sono depositi che caratterizzano la parte interna degli apparati morenici (ad esempio nell'anfiteatro del Lambro e nell'anfiteatro dell'Adda). Litologicamente sono costituiti da sabbie fini limose ed argille varvate ricche di resti vegetali e con strutture suborizzontali.

Alluvioni antiche
Si sono deposte in una fase immediatamente successiva alla glaciazione Würmiana. Sono costituite da ghiaie ciottolose passanti a ghiaie sabbiose verso Sud, intercalate a livelli sabbioso-limosi legati alle fasi di esondazione. Si estendono in corrispondenza dei corsi d'acqua principali a una quota più bassa rispetto al *"livello fondamentale della pianura".*

Alluvioni recenti
Si tratta di depositi ghiaiosi e sabbiosi con lenti d'argilla e limo più o meno estese, testimoniano le passate esondazioni dei fiumi dal loro alveo.

STRUTTURA IDROGEOLOGICA[1]

La ricostruzione della struttura idrogeologica vuole individuare la geometria e la litologia del cosiddetto acquifero tradizionale, cioè di quei sedimenti che ospitano al loro interno le falde da tempo captate a varia profondità nella pianura milanese. L'acquifero è sottoposto ad un intenso sfruttamento e ad un forte degrado qualitativo, per lo meno in passato. Per lo studio delle caratteristiche idrogeologiche dell'area di studio si è dovuto innanzitutto scegliere un criterio di classificazione delle unità individuabili dalla interpretazione dei dati del sottosuolo.



I criteri considerati per tale suddivisione, derivati dagli studi sulle falde profonde, conducono alla suddivisione di seguito riportata e qui schematizzata.
In estrema sintesi la struttura degli acquiferi milanesi può essere sintetizzata come un vero e proprio sandwich costituito come segue segue:

[1] *Si riportano di seguito alcune definizioni di carattere idrogeologico:*
- *acquifero: sedimenti di elevata permeabilità (ghiaie e sabbie, conglomerati e arenarie fessurati)*
- *aquitard: sedimenti di medio-bassa permeabilità (sabbie fini, limi-sabbiosi, sabbie e limi, limi e ciottoli)*
- *aquiclude: sedimenti di bassa permeabilità (argille, limi, argille e limi).*

UNITA' GHIAIOSO-SABBIOSA

Questa unità è costituita da depositi alluvionali recenti e antichi, dai fluvioglaciali wúrnuani, in cui le frazioni limose e argillose risultano particolarmente scarse. Rappresentano arealmente la porzione più estesa del territorio della Provincia di Milano, costituito da una estesa superficie pianeggiante, incisa solamente dagli alvei attuali dei fiumi Ticino, Olona, Lambro e Adda; sono definiti infatti *"livello fondamentale della pianura".*Spessi fino a qualche decina di metri, questi sedimenti costituiscono la parte superiore dell'acquifero tradizionale, dalla superficie topografica fino ad una variazione della granulometria in quanto si assiste alla presenza di una matrice di materiali più fini.
L'elevata permeabilità consente la ricarica dell'acquifero da parte delle acque meteoriche e di quelle di infiltrazione da corsi d'acqua o canali artificiali. In linea generale la trasmissività è superiore a 10^{-2} m^2/s. La falda contenuta in questi depositi non è confinata ed oscilla liberamente.

UNITA GHIAIOSO-SABBIOSO-LIMOSA E CONGLOMERATICA

Fanno parte di questa unità i depositi glaciali e fluvioglaciali antichi (Mindel e Riss Auct.) che si ritrovano in affioramento nell'alta pianura.
Dal punto di vista litologico si tratta di ciottoli, ghiaie e sabbie immerse in una matrice limoso-argillosa; nel sottosuolo si possono ritrovare anche livelli pedogenizzati. Anche per questa unità lo spessore è variabile e può arrivare a 40-50 m. In profondità sono presenti conglomerati e arenarie che, spostandosi verso Sud, sfumano nelle ghiaie e sabbie sciolte dalle quali si sono originati.
Non è comunque sempre certo che i livelli arenaceo-conglomeratici rinvenuti soprattutto nella zona di Milano al tetto della litozona sabbioso-argillosa, siano attribuibili o correlabili al "Ceppo dell'Adda", in quanto potrebbero anche fare parte dei termini fluvioglaciali Mindel e Riss Auct..
La frazione fine riduce le caratteristiche di permeabilità e quindi di trasmissività di questa unità. Per quanto riguarda la trasmissività i valori sono generalmente compresi tra 10^{-2}-10^{-3} m^2/s. Per quanto attiene ai conglomerati, molto più frequenti verso il settore orientale e settentrionale dell'area di studio, si hanno caratteristiche idrauliche molto variabili in relazione al grado di cementazione e fratturazione dei litotipi; si possono avere comunque discrete portate specifiche dei pozzi.
La falda contenuta in questa unità si presenta libera o semiconfinata e generalmente in collegamento con quella soprastante.
Si può osservare comunque una differenza di livello piezometrico, registrandosi quote inferiori di qualche metro rispetto alla falda soprastante.

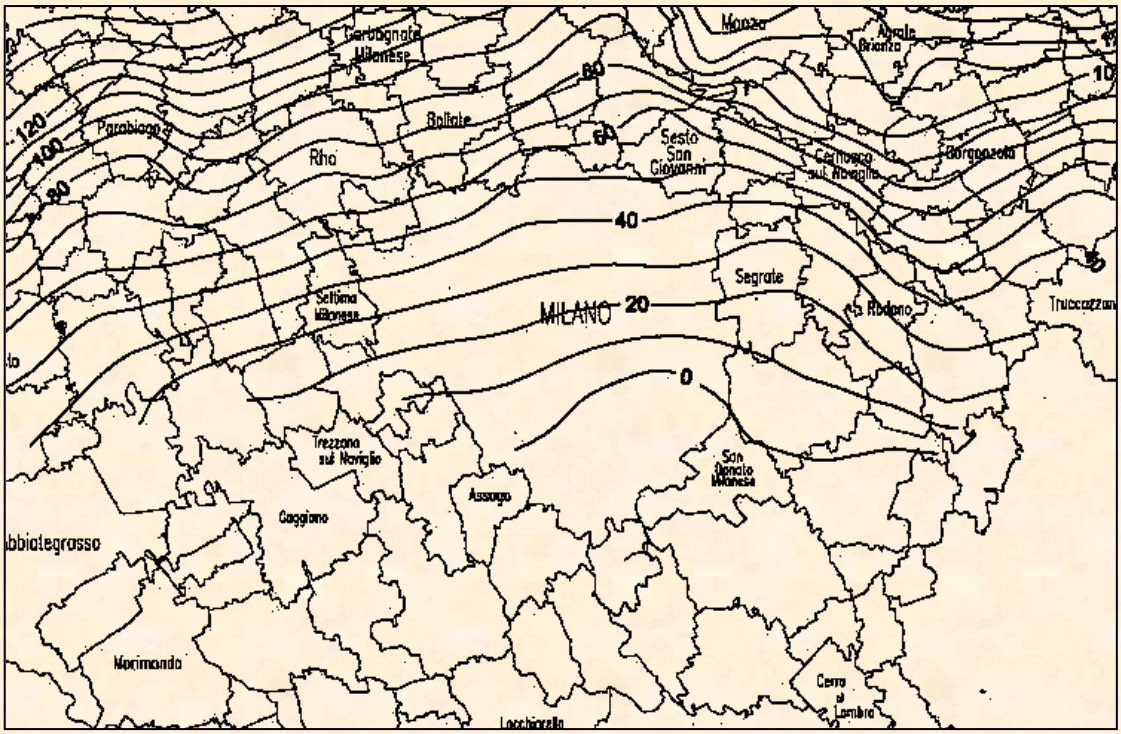
UNITA' SABBIOSO-ARGILLOSA

I litotipi che fanno parte di questa unità sono soprattutto argille e argille-limose tipicamente marine e depositi argillosi litorali, lagunari e paludosi insieme a torbe. In letteratura questa unità è spesso definita come *"Argille sotto il Ceppo" e "Argille*

Villafranchiane", mentre le falde in essa contenute sono denominate *"falde profonde".*
Gli spessori di questa unità non sono sempre definibili con certezza, anche per i fenomeni tettonici che hanno interessato il settore Nord-Est dell'area di studio e che hanno portato, per conseguenza, ad una marcata erosione sin e postdeposizionale.
In generale si osserva un aumento degli spessori andando verso Sud e si passa da poco più di 100 m nella zona pedemontana, agli oltre 1000-1200 m al di sotto della bassa pianura. A prescindere da elementi tettonici locali, si individua una tendenza all'approfondimento andando da Nord verso Sud, con un'inclinazione media dello 0.5%.
Trattandosi di litotipi a granulometria estremamente fine, i valori di conducibilità idraulica sono piuttosto bassi e dell'ordine di 10^{-5}-10^{-6} m/s nei livelli più produttivi; anche la trasmissività risulta mediocre ed in genere inferiore a 10^{-3} m^2/s.
Per quanto riguarda le acque sotterranee, questa unità rappresenta il substrato dell'acquifero tradizionale, dato il contrasto di permeabilità.
L'acqua è contenuta in livelli sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi; si tratta principalmente di falde confinate e quindi a differente pressione con presenza talora di sostanze tipiche di ambiente riducente (idrogeno solforato, ferro e manganese) che rendono difficilmente utilizzabile la risorsa idrica per gli usi civili ed industriali (si ricorda a tale proposito il pozzo di *"Acque marce"* presente presso l'Arena civica.

BASE DELL'ACQUIFERO TRADIZIONALE

In letteratura è stata cartografata la base dell'acquifero tradizionale che costituisce quindi il limite inferiore delle falde maggiormente sfruttate della pianura milanese.



Carta della profondità della base dell'acquifero tradizionale milanese (m s.l.m.)

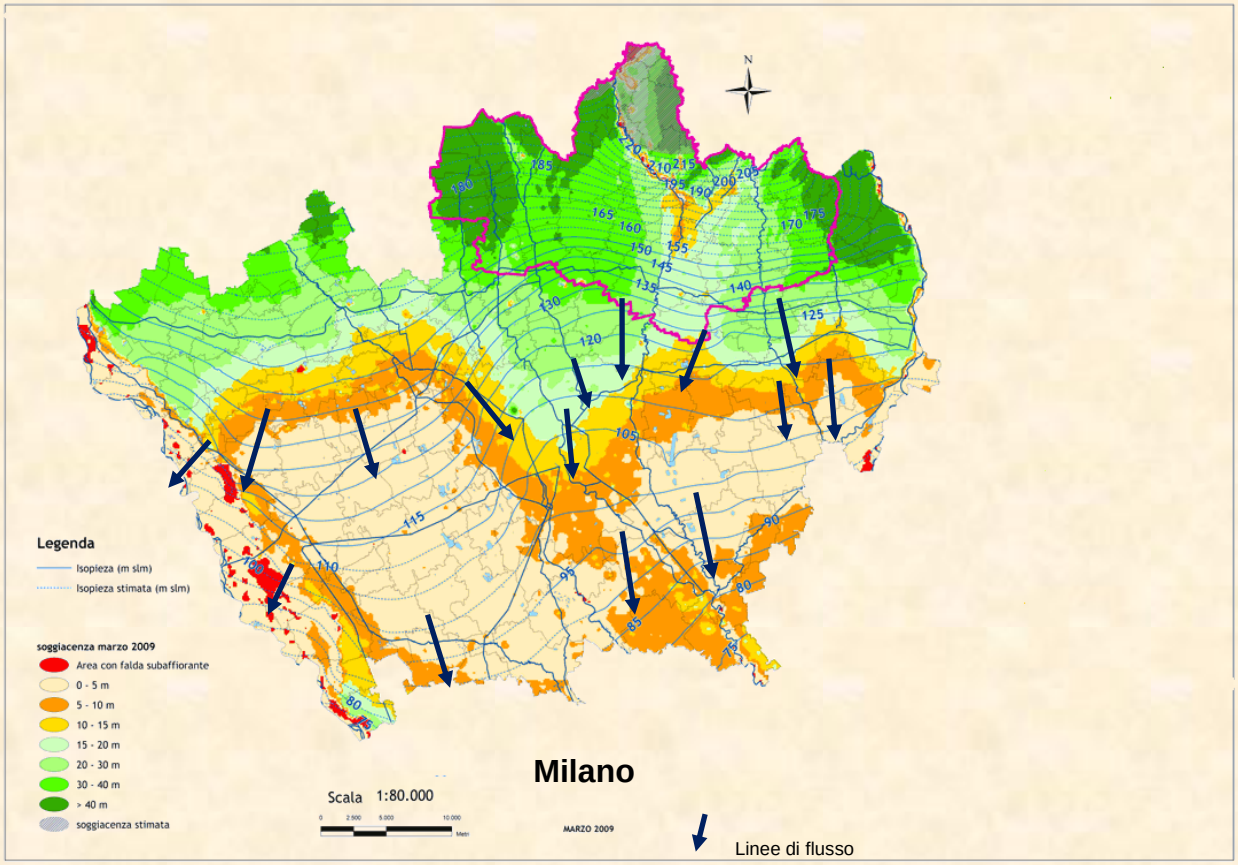
Il suo andamento che nella figura è riferito a quote sul livello del mare, è abbastanza regolare con valori che decrescono in generale da Nord verso Sud. Inoltre, poiché l'inclinazione generale della superficie della base dell'acquifero è superiore a quella topografica, procedendo verso Sud si assiste ad un incremento dello spessore dei depositi fluvioglaciali. A livello locale si registrano anomalie in corrispondenza sia dei fenomeni di sollevamento tettonico, già evidenziati, sia a fenomeni di tipo erosionale. Il territorio si può suddividere in tre aree principali all'incirca omogenee: il settore nord-occidentale, il settore nord-orientale ed infine il settore centrale.
A partire dalla parte meridionale di Milano la base dell'acquifero si incontra a quote inferiori all'attuale livello del mare.

FLUSSO IDRICO SOTTERRANEO

Il territorio è interessato da rilevazioni del livello della falda che si prolungano per diversi decenni, risalendo in qualche caso agli inizi del secolo. Dagli anni ottanta la Provincia di Milano ha istituito il Sistema Inforrmativo Falda (SIF) che dagli anni ’80 raccoglie, cataloga e organizza tutti i dati piezometrici, producendo cartografia a differente dettaglio.

CARTA DELLE ISOPIEZOMETRICHE

la carta delle isopiezometriche nella figura allegata [2] si riferisce al marzo 2009. Sono



[2] *Fonte Provincia di Milano*

stati utilizzati i pozzi appartenenti alla rete di monitoraggio delle acque sotterranee con livelli captati all'interno dell'acquifero tradizionale. Una prima osservazione che va fatta riguardo l'andamento generale del livello medio della falda tradizionale evidenzia la nota morfologia con linee di flusso prevalenti con andamento NNO-SSE; i valori di soggiacenza media sono piuttosto elevati a Nord (30-40 m) e diminuiscono verso Sud anche a seguito di una costante diminuzione di permeabilità, annullandosi in pratica lungo la linea dei fontanili a sud della città. La parte centrale, occupata in prevalenza dall'abitato di Milano (vedi carta) e dalla sua zona periferica, risente della forte richiesta d'acqua del capoluogo lombardo (circa 13 m^3/s) e questo provoca l'ampia depressione piezometrica che influenza notevolmente la morfologia delle isolinee per un settore esteso oltre 30 km. Le zone laterali sono invece influenzate dall'azione drenante dei corsi d'acqua, favorita anche in alcuni settori da una importante risalita della base dell'acquifero. Questo effetto "trincea" dei Fiumi Adda e Ticino, si esercita in maniera via via decrescente verso il centro dell'area di studio, tanto da portare l'andamento delle isolinee che descrivono la superficie piezometrica, da radiale convergente nella zona centrale a radiale divergente alle due estremità laterali
In particolare questo fenomeno è più marcato nel settore occidentale (Ticino) che in quello orientale (Adda). Al di fuori delle aree nelle quali l'andamento delle isolinee è controllato dagli elementi sopra descritti, le linee di flusso assumono una direzione prevalente Nord-ovest Sud-est, influenzata sia dall'andamento generale della base dell'acquifero che dalla posizione della zona di recapito delle acque sotterranee costituita dal F. Po. Le quote piezometriche variano da oltre 220 m a Nord (Besana Brianza) a circa 75 m a Cerro al Lambro. La depressione posta in corrispondenza dell'abitato di Milano si attesta su valori di circa 100 m s.l.m., stabili nel tempo.
Anche il valore del gradiente idraulico è molto variabile, passando da valori minimi di poco superiori allo 0.1 o nelle zona meridionale (Paullo-Lacchiarella), a valori di circa 0.3% nella zona occidentale tra Legnano e Gaggiano, fino a giungere e a superare il valore di 1 % nell'area a Nord di Monza fino ai confini settentrionali della provincia. Ulteriori incrementi del gradiente rispetto al quadro generale delineato si registrano in corrispondenza del richiamo operato dal prelievo idrico di Milano nell'area di Rho e dall'azione drenante del Ticino, soprattutto per quanto concerne i comuni a Nord di Magenta.

CARTA DELLA SOGGIACENZA

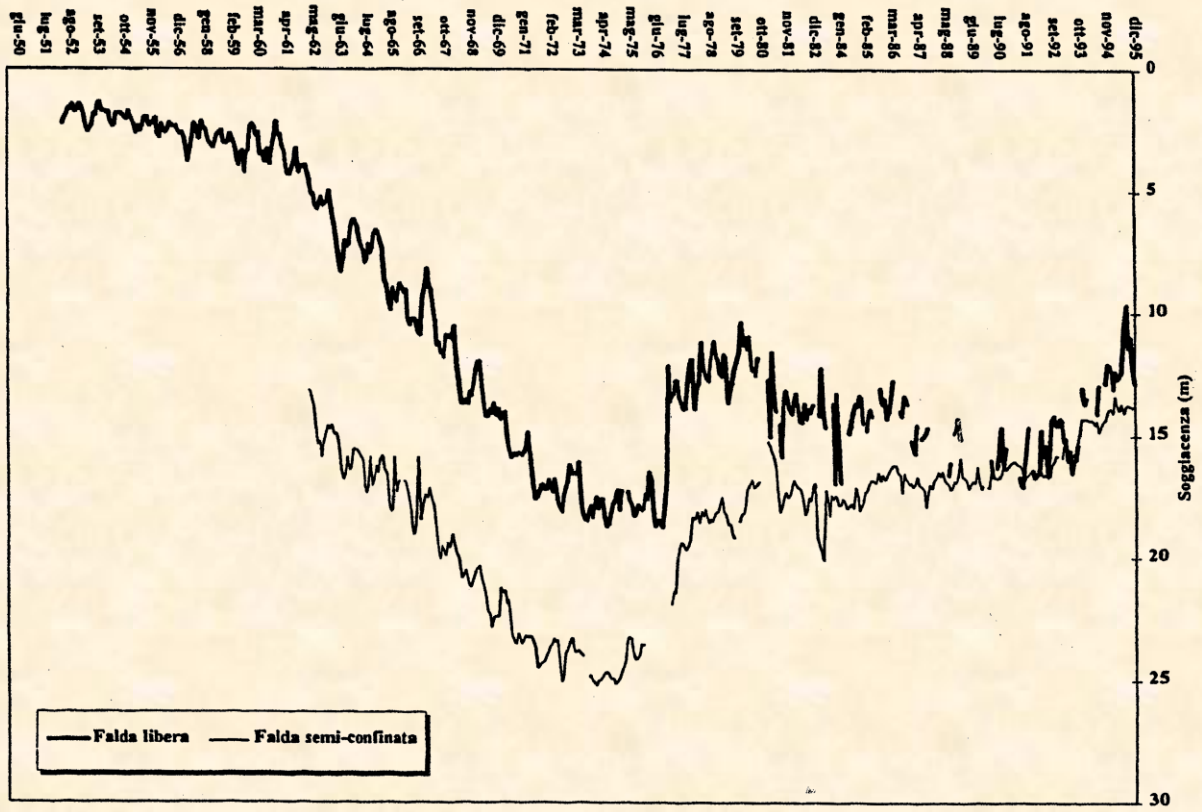
A differenza della carta delle isopiezometriche che viene riferita al livello del mare la carta della soggiacenza viene riferita alle rispettive profondità areali dal piano campagna fornendo un’informazione visivamente immediata dell’andamento della tavola d’acqua al di sotto della superficie del suolo.
Tale carta è ovviamente riferita ad uno specifico momento sia in una serie annuale che in una situazione stagionale e si riporta qui di seguito una elaborazione che mostra unicamente a titolo d’esempio come si configura mediamente negli ultimi anni una simile cartografia.

Da essa possiamo in pratica comprendere con immediatezza che scendendo verso sud la tavola d'acqua si avvicina progressivamente al piano campagna intersecandolo sotto Milano ed andando così a creare, come già accennato in precedenza, quel fenomeno noto come *"Linea dei Fontanili"* (area azzurra nella figura) lungo la quale per l'appunto è facilitata l'emersione di acque freatiche favorita dalla realizzazione di teste di fontanili.
Altra caratteristica immediatamente percepibile è l'incurvatura delle linee di uguale profondità in corrispondenza della città di Milano dovuta, come visto in precedenza dalla quantità di prelievi concentrati all'interno della città di Milano. Senza tale disturbo le curve presenterebbero un andamento sostanzialmente rettilineo.

OSCILLAZIONI DELLA FALDA

L'andamento delle oscillazioni piezometriche dipende sostanzialmente da fattori di ricarica ed apporti agli acquiferi (precipitazioni nelle aree a monte, esondazioni, aree di disperdi mento, etc.) e da fattori di perdita (prelievi, trincee drenanti, canali perdenti, etc.).
La misura delle oscillazioni del livello piezometrico viene mensilmente effettuata su di una rete di rilevamento elaborata ed affinata nel corso degli anni e realizzata ad hoc per evidenziare l'andamento dei vari livelli monitorati. Le oscillazioni stagionali assumono valori che sull'areale si differenziano di oltre un ordine di grandezza. Si passa infatti dai circa 30 m di Briosco, ai 10 m di Lissone, ai 3-4 m nelle zone centrali della provincia fino a oscillazioni contenute all'interno del metro nelle zone meridionali a sud della città.

Oltre a questo allineamento Nord-Sud, le oscillazioni si attenuano anche procedendo dal centro dell'area verso i corsi d'acqua laterali. Gli elementi principali che determinano questo comportamento sono costituiti sia dai corsi d'acqua Adda e Ticino che, in particolare, dal F. Po a Sud. Questi fiumi infatti determinano una forte azione regolatrice e stabilizzatrice dei livelli della falda, creando un effetto volano mentre nelle aree non interessate da tali presenze le oscillazioni assumono caratteristiche molto più marcate.
Oltre al valore dell'escursione dei livelli è di interesse anche la posizione all'interno dell'anno del periodo di massima e di minima soggiacenza della falda. Infatti a livello areale si possono distinguere due zone a comportamento ben differenziato. Il limite di transizione di queste aree omogenee è costituito dal Canale Villoresi che costituisce quindi un netto crinale di spartizione.
In particolare a Nord del canale (*pianura asciutta*) le oscillazioni sono influenzate principalmente dall'andamento delle infiltrazioni efficaci e dei quantitativi di acque sotterranee emunte; a Sud invece le oscillazioni risentono in forte misura dell'andamento del periodo irriguo e d'altro canto delle asciutte (*pianura irrigua*).
Così ad esempio a Rho i massimi livelli della falda (minima soggiacenza) si hanno nei mesi di agosto-settembre, mentre i minimi (massima soggiacenza) sono raggiunti tra marzo e aprile.
Nella figura che segue è riportato l'andamento della piezometria milanese durante circa 50 anni, che mostra la grande caduta degli anni '60/'70 la crisi petrolifera del 1976 e la successiva risalita degli anni '90.



½ secolo di oscillazione piezometrica

PRELIEVI DA FALDA

Storicamente oltre che per i consumi umani la falda milanese è stata utilizzata e spesso in passato sovrautilizzata per uso industriale (acque di processo, raffreddamento, etc.) e per pratiche irrigue soprattutto laddove scarseggiavano acque superficiali.
Va tuttavia considerato che dai primi anni '90 la progressiva rapida chiusura di enormi poli industriali dell'hinterland milanese (Rho, Pioltello, Sesto S.Giovanni, etc.) ha pesantemente diminuito i consumi d'acqua di falda provocando un forte innalzamento dei livelli freatici, fenomeno questo che in taluni casi, come ad esempio nel nord Milano, ha superato anche la decina di metri con immaginabili conseguenze di vario tipo che vanno, per citarne solo le principali, dall'allagamento di strutture sotterranee (metropolitane, garages, etc.), al dilavamento di strati superficiali di terreni contaminati da fenomeni di inquinamento locale.

Ecco di seguito alcuni dati relativi ai prelievi da falda operati nel Comune di Milano e gestiti dall'*Ato* Città di Milano tramite Metropolitana Milanese:

- *L'acquedotto di Milano, strutturato ad anello è costituito da 31 centrali di cui 21 necessitano di impianti di trattamento;*

- *Ogni centrale dispone di una vasca di raccolta delle acque per la sedimentazione dei materiali fini (sabbie e limi)*

- *Il N° totale di pozzi attivi dell'acquedotto è oggi di 330*

- *I prelievi totali annui da falda per scopi potabili corrispondono a 250 milioni mc/a*

- *I prelievi medi giornalieri (negli ultimi 7 anni) corrispondono a 877.242 mc/giorno corrispondenti pertanto a circa 600 l/persona/giorno[3]..*

- *La punta massima di prelievi giornalieri si è verificata nella rovente estate del 2003 (giugno) con ben 946.730 mc/giorno molto vicina alla capacità operativa del sistema che offre una disponibilità massima giornaliera di ben 950.000 mc/giorno*

- *Gli altri prelievi annui non potabili (industria, pompe di calore, etc. esclusi gli sbarramenti idraulici per disinquinamento ed ovviamente il prelievo abusivo non dichiarato) ammonta a 28 milioni mc/anno*

- *I prelievi da pozzi di prima falda finalizzati a contrastare l'innalzamento della falda realizzati negli anni '90 sono stati 36 milioni di mc nell'anno 2006 quantitativi questi immessi nel sistema idrico superficiale ed utilizzati dall'agricoltura (ad esempio nella roggia Vettabbia).*

[3] *la media italiana per il consumo di acqua potabile è di 250 litri al giorno per persona*

- *In sintesi si stima che i prelievi complessivi effettuati a Milano dalla falda ammontino ad oltre 300 milioni di mc/annui e quindi ad un consumo equivalente pro capite di circa 250 mc/abitante/anno*

Nel valutare questi numeri va tuttavia sottolineato che l'acqua non è una fonte inesauribile ed in particolare la ricchezza costituita dall'acqua di falda va tutelata e protetta sia sotto il profilo quantitativo che sotto quello qualitativo. Per un indispensabile mutamento culturale risulta così prioritario realizzare azioni di tutela per l'acqua mirate soprattutto al risparmio della risorsa, ad un suo utilizzo senza sprechi ed a una sua tutela qualitativa, nel rispetto di un bene che non è inesauribile e che pur disponendo di una eccezionale capacità auto depurativa richiede tempi lunghissimi per ritornare ad una qualità ottimale.
E' necessaria una concreta politica di tutela idrica che metta in atto strategie da attuarsi a medio e lungo termine. Alcune di tali azioni possono essere così sintetizzate:

1. Utilizzo da subito della prima falda per usi non potabili quali:
   tutti gli usi industriali (raffeddamento, processo, usi non "nobili", pompe di calore, etc)
   Lavaggio Strade
   Lavaggio automezzi (ferrovie, AMSA, ATM, privati, etc)
   Innaffiamento parchi e giardini
2. Valutare mediante l'uso del modello idrogeologico e dimensionare l'impatto delle nuove tecnologie relative alle pompe di calore
3. Predisporre l'avvio di un processo di realizzazione di una rete di distribuzione di acque di qualità inferiore per usi meno nobili la cui capillarità potrà essere incrementata nel tempo (seconda rete);
4. Promuovere campagne di sensibilizzazione all'adozione di *"buone pratiche"*
5. Incrementare tutte le azioni tecniche e giuridiche per identificare i responsabili di contaminazioni;
6. Promuovere la bonifica di tutti i siti contaminati conosciuti utilizzando anche leve di incentivazioni a carattere fiscale;

Puramente a titolo d'esempio si espongono di seguito alcune interessanti riflessioni relative appunto alla diffusione di *"buone pratiche":*

- Da un rubinetto aperto escono 12 litri di acqua al minuto e quindi con un rubinetto che perde si possono sprecare dai 30 ai 100 litri di acqua al giorno con una stima di duemila litri in un anno!

- Per una doccia di 5 minuti occorrono 60 litri (possono essere ridotti pesantemente interrompendo il flusso durante l'insaponatura)

- Per fare un bel bagno occorrono oltre 100 litri e quindi è sicuramente più consigliato l'uso della doccia

- Per lavarsi i denti o per radersi (qualora non si abbia l’accortezza di chiudere l’acqua) servono almeno 30 litri di acqua

- Lo sciacquone consuma circa 10 litri, si possono trovare sistemi efficaci per il suo risparmio

- Una lavatrice o una lavastoviglie consumano 80-120 litri ad ogni lavaggio

- lavare l'auto impiega ben 100 litri di acqua

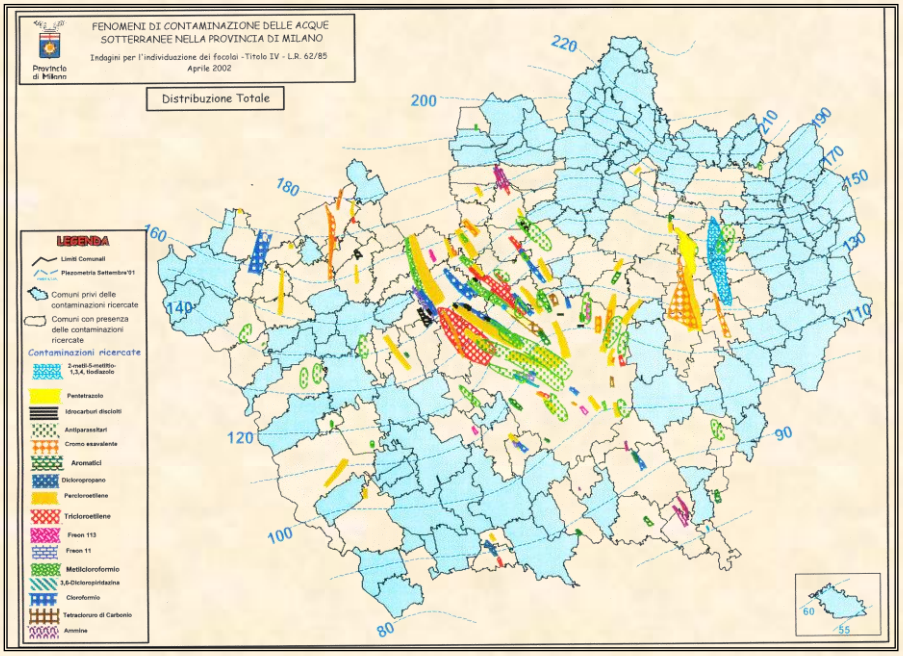
- Innaffiando il giardino di giorno si crea una perdita enorme di acqua per avaporazione

- La caldaia per il riscaldamento dell'acqua deve essere in prossimità degli impianti di erogazione (due minuti di attesa = 25 litri d’acqua persi)

Esistono inoltre oggi delle tecnologiche che permettono di ottenere un risparmio consistente nell'uso dell'acqua; esse sono utilizzate in apparecchiature molto semplici che dimezzano i consumi di acqua corrente e che quindi portano a risparmiare non solo acqua potabile ma anche il combustibile che serve per riscaldarla.
Tali apparecchiature sono definite acceleratori di flusso e consentono di "accelerare" l'acqua sfruttando il principio di Venturi, arricchendo inoltre l’acqua di aria. Sostituiscono gli erogatori delle docce ed i frangigetto dei rubinetti. Evitano i depositi di calcare, riducono i costi di manutenzione, migliorano la pressione degli impianti idrosanitari e non necessitano di interventi tecnici particolari per la loro installazione.
Laddove possibile si potrebbero trovare fondi per una distribuzione gratuita od almeno convenzionata di tali accessori.

PRESENZA DI AGENTI CONTAMINANTI

Anche se in estrema sintesi non si può non fare un brevissimo cenno alla contaminazione delle acque di falda.
Tale fenomeno ha incominciato ad essere evidenziato nei primi anni ’70 e mostrava una distribuzione da parte di numerosissimi agenti inquinanti di tipo chimico ed organico provenienti da un lato dalle pratiche industriali mal condotte in assenza di specifiche norme di tutela e spesso con colpevole superficialità e dalla carenza negli anni passati di impianti di depurazione che spingevano molte amministrazioni a pratiche di spagliamento dei liquami sul terreno.
Tali condizioni hanno prodotto focolai d’inquinamento che col passare del tempo ahanno rilasciato in falda sostanze contaminanti pericolose per la salute che hanno costretto alla chiusura di campi pozzi ed a un ricorrente fenomeno di emergenze idriche in tutto il territorio Milanese.
In particolare proprio la città di Milano che strutturalmente vede il confluire di tutti i flussi inquinanti è divenuta il principale ricettacolo di tali flussi costringendo i responsabili dell’igiene cittadina a scavare pozzi sempre più profondi e a realizzare impianti di potabilizzazione sempre più numerosi ed adatti a rimuovere tutti i contaminati presenti.
Non si vuole qui effettuare un’approfondita analisi di tali fenomeni ma ritengo opportuno inserire un quadro della situazione riferito al 2002 e realizzato dalla Provincia di Milano[4].
Da tale quadro si può ricavare da un lato la molteplicità dei principali contaminanti rilevati e dall’altro le direzioni, la distribuzione e la morfologia dei “plume” d’inquinamento così detti per la somiglianza con la forma di una piuma, struttura questa prodotta dall’andamento del flusso idrico sotterraneo.



[4] *Provincia di Milano (2002) Fenomeni di contaminazione delle acque sotterranee nella Provincia di Milano*

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Da quanto sopra esposto risulta confermata la notevole produttività idrica dell'area nella quale si inserisce Milano.
L'acquifero tradizionale si configura sostanzialmente come un monostrato nel quale è possibile individuare distintamente tre falde in tutto il settore che comprende Milano e la parte meridionale della Provincia.
L'acquifero tradizionale ha inoltre le seguenti caratteristiche:

- è costituito da unità idrogeologiche diverse, con variazioni consistenti di permeabilità nell'ambito della pianura;
- presenta un rilevante spessore, che può superare i 70-80 m;
- ha una buona disponibilità di acque sotterranee che si traduce in portate specifiche dei pozzi anche superiori a 10-20 l/s-m;
- si osserva l'intercomunicazione con gli acquiferi più profondi nelle zone dell'alta pianura, soprattutto in corrispondenza dei corsi d'acqua maggiori.
- Per quanto e' stato rilevato come una limitata captazione di falde più profonde sia possibile solo in alcuni settori della pianura milanese e con volumi contenuti; inoltre queste falde profonde presentano caratteristiche qualitative scadenti per la presenza di sensibili quantità di sostanze quali ferro, manganese, ammoniaca e idrogeno solforato (acque marce). In base a tale constatazione si osserva come tali falde profonde possano costituire una fonte integrativa ma non sostitutiva di quelle più superficiali, che confermano quindi il loro interesse strategico.

Per quanto concerne il grado di separazione tra le falde e la permeabilità della base dell'acquifero tradizionale , dal punto di vista della qualità delle acque e della tutela della risorsa, si sono riconosciute zone dove si osservano i seguenti elementi:

- la riduzione dello spessore dell'orizzonte poco permeabile di separazione tra le falde dell'acquifero tradizionale che consente la migrazione in profondità degli inquinanti fino alla posizione della maggior parte dei filtri dei pozzi;
- lo scarso spessore o una permeabilità locale più elevata della base dell'acquifero tradizionale, condizionando in tal modo anche il passaggio alle falde più profonde di eventuali inquinanti, come ad esempio i composti organo alogenati, compromettendone a breve-medio termine l'uso.

La stragrande maggioranza dell'approvvigionamento idrico dovrà quindi provenire ancora dall'acquifero tradizionale, che risulta quindi la riserva sulla quale è necessario accentrare la massima attenzione.
La distribuzione delle risorse idriche nell'acquifero tradizionale ha subito negli ultimi anni una variazione, evidenziata dalla comparazione dei dati climatici con le oscillazioni piezometriche .

Si è infatti osservata la seguente tendenza:
- una consistente diminuzione dei livelli nella prima parte degli anni settanta;
- un aumento dei livelli nella seconda parte degli anni settanta;

- una diminuzione dei livelli negli anni ottanta, con due episodi intermedi e di segno diverso (parziale innalzamento nel 1985 e forte abbassamento durante la siccità degli anni 1988-1989);
- un recupero dei livelli, molto evidente negli ultimi due anni (1994-1995).

Tale tendenza pluriennale è quindi governata dagli eventi pluviometrici, mentre la tendenza nell'ambito del ciclo annuale risulta determinata soprattutto dagli apporti irrigui, che mettono in circolazione volumi di acque mediamente superiori di 3-4 volte rispetto a quelli degli afflussi meteorici.
All'andamento generale non è comunque estranea anche la variazione dei prelievi di acque, in quanto negli ultimi anni si sono registrate variazioni nella densità abitativa (con una marcata tendenza alla diminuzione della popolazione di Milano) e delle attività produttive, che in parte hanno provveduto anche a riciclare le acque di processo.
Va sottolineato come il motivo di preoccupazione fondamentale sia costituito dal chimismo delle acque sotterranee, in quanto la rilevata estensione dei composti organo alogenati e dei nitrati comporta la sottrazione di importanti risorse al possibile utilizzo.
Appare pertanto evidente la necessità di attuare un programma di intervento su questi due composti, soprattutto in riferimento ad idonei interventi per il miglioramento del sistema di collettamento e depurazione dei reflui.
Per quanto attiene alle conoscenze sul sistema idrogeologico considerato, che è alla base di ogni scelta pianificatoria nel settore, è risultata la necessità di:

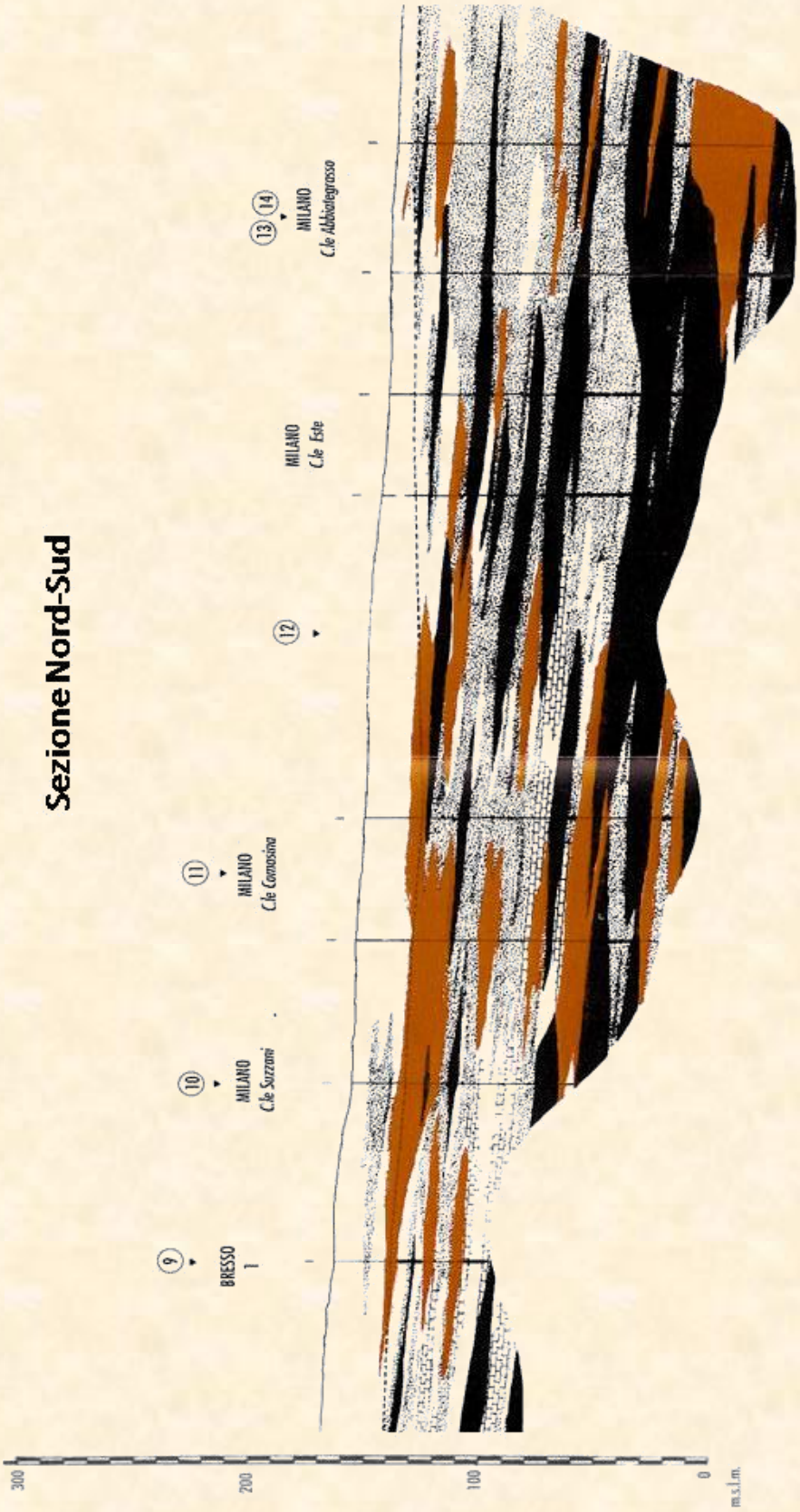
- migliorare il monitoraggio quali-quantitativo delle acque sotterranee (revisione della rete e sua ottimizzazione);
- integrare le informazioni disponibili sul ciclo delle acque;
- aggiornare i dati relativi all'uso delle risorse.

Risulta infine indispensabile mettere in campo strategie ed azioni di tutela a medio-lungo termine per passare da un uso incontrollato e scoordinato della risorsa idrica ad un processo di sviluppo sostenibile che consegni ai milanesi di domani quel bene che per i milanesi di ieri è stato fonte di grandissimo benessere e ricchezza.

APPENDICE

PRINCIPALI SEZIONI GEOLOGICHE CHE ATTRAVERSANO LA CITTÀ DI MILANO NORD-SUD ED EST-OVEST

Sezione Nord-Sud



Sezione Est-Ovest