

Considerazioni idrogeologiche sulle cause delle oscillazioni piezometriche della provincia di Monza Brianza

A cura di V. Francani e C. Rampolla

vincenzo.francani@polimi.it

Premessa

Nel recente passato la provincia di Monza ha dovuto affrontare problemi legati alla qualità e all'entità dei prelievi, descritti in una qualificata letteratura tecnica, pur essendo dotata di acquiferi di buona resa.

Infatti sin dagli anni '70 dello scorso secolo quest'area ha subito un rapidissimo e inconsueto abbassamento dei livelli di falda, tanto da essere oggetto di specifica attenzione da parte di molti studiosi che in quel periodo hanno analizzato il problema con grande dettaglio, sotto la guida del CAP di Milano, sotto l'aspetto idrogeologico. Il principale ostacolo per gli interventi è insito nella struttura idrogeologica del Monzese, che si distingue rispetto alle aree adiacenti (valle del Seveso e dell'Olona) per l'elevata soggiacenza della falda, prossima ai 20 m, e per il ridotto spessore degli acquiferi. Negli anni '70 si venne a proporre una soluzione innovativa che, approfittando del buono stato qualitativo e dell'abbondanza di acque irrigue e della rilevante permeabilità dei terreni superficiali, consisteva nella creazione di bacini di ricarica nel territorio a N-O di Monza.

Dal 1965 (quindi dai primi anni dell'intenso sviluppo industriale postbellico) a causa dello squilibrio fra alimentazione delle riserve e prelievi, si era creata una depressione piezometrica consistente che si saldava con quella di Milano. L'ampliamento e approfondimento di questa struttura continuò senza ostacoli fino all'estate del 1975, producendo il parziale isterilimento degli acquiferi superficiali e generando una serie di problemi anche qualitativi. Con l'appesantirsi delle condizioni economiche e industriali della fine degli anni '70 l'evoluzione piezometrica è stata in un periodo di instabilità caratterizzato da periodi di diversi anni con livelli alti seguiti da lunghe depressioni, e da escursioni di livello anche superiori ai 10 m in pochi anni. Risulta evidente che tale combinazione espone gli acquiferi a radicali peggioramenti qualitativi e oggi rende complessa la soluzione dei problemi posti dalla non breve sosta delle attività produttive idro-esigenti legata all'emergenza sanitaria del 2020.

In questo quadro, oltre alle necessità di assicurare qualità ed entità l'approvvigionamento idrico, si viene a inserire il fatto che l'urbanizzazione progressiva dell'area implica l'incremento dei progetti di edifici e infrastrutture che prevedono l'utilizzo del sottosuolo anche fino a 20-25 m di profondità.

Si ritiene quindi utile un aggiornamento dei lineamenti idrogeologici tracciati dallo studio del CAP nel 1973, anche alla luce della pregevole letteratura tecnica da allora prodotta, del quale vengono di seguito esposti i risultati in forma sintetica.

Gli studi precedenti

Si dispone, dato l'interesse e la centralità dell'area monzese, di una rilevante letteratura idrogeologica, della quale nel presente lavoro si riportano solo alcuni documenti essenziali. Per esempio lo studio del CAP di Milano condotto nel 1973, con l'apporto di numerose studiosi e tecnici, e da quello dei P. Casati del 1986

sulle acque superficiali e sotterranee del territorio Monzese, dai quali si possono trarre le informazioni fondamentali. A questi studi hanno fatto seguito quelli della Regione sulle aree critiche della Lombardia (2000), finalizzato alla gestione delle acque sotterranee. Di interesse rilevante è risultato il Piano Cave del 2017 della Città Metropolitana, che ha sintetizzato con grande chiarezza l'evoluzione della piezometria nell'ampia area.

Questi studi mettono in evidenza che la depressione piezometrica milanese si salda con quella di Monza e dei comuni briantei nel determinare un bacino delimitato da uno spartiacque piezometrico variabile per forma e dimensione nel tempo. La via più semplice per analizzarne il comportamento idrogeologico e prevedere l'evoluzione della piezometria nel monzese è quindi quella di esaminare in modo unitario le aree che sono incluse in questa ampia depressione del livello di falda.

Le nuove conoscenze sulla geologia briantea

Per le finalità dello studio, che necessita di un inquadramento della distribuzione della produttività degli acquiferi notoriamente legata essenzialmente ai fattori che condizionano la circolazione idrica nell'acquifero, è indispensabile suddividere i terreni in base ai parametri che condizionano la circolazione idrica.

Si deve quindi fare riferimento a unità distinte soprattutto tenendo presenti permeabilità, porosità e spessore degli acquiferi, conosciute in letteratura come "unità idrostratigrafiche". Nell'area i depositi si distinguono in tre unità idrostratigrafiche, denominate A, B e C dalla più recente alla più antica (secondo la classificazione di ENI e Regione Lombardia, figura 1 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

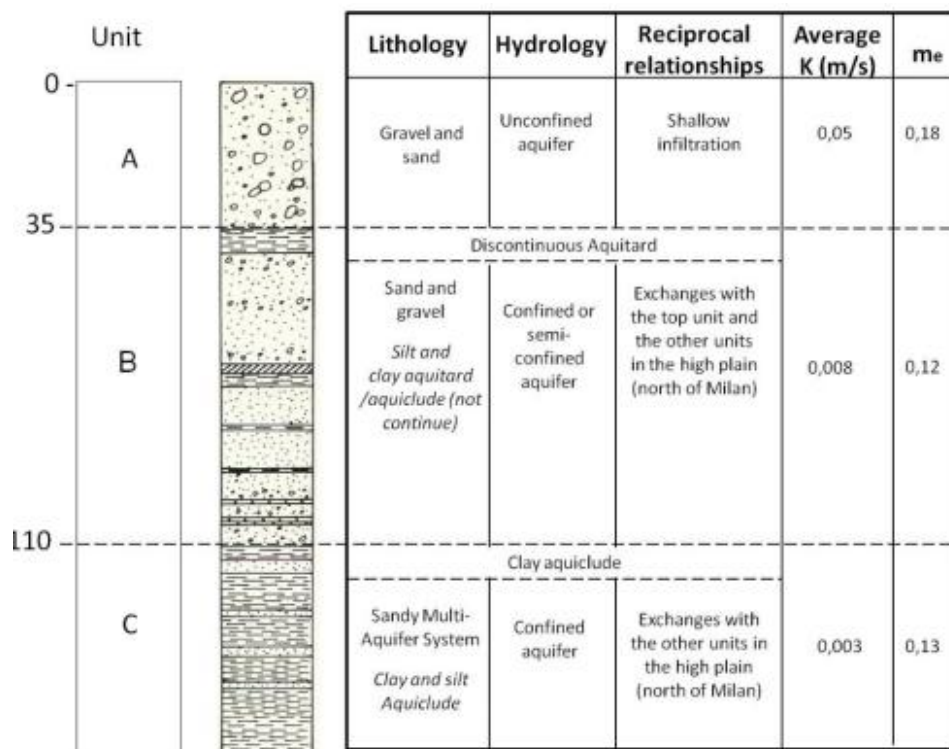


Figura 1 - Unità idrostratigrafiche dell'area milanese, secondo la classificazione ENI-Regione Lombardia, e loro parametri distintivi. Nello schema, che riporta i valori medi di questo parametri, vengono riportati anche informazioni sui possibili scambi idrici tra le unità (da V. Francani e al.)

Unità A

Posta fra il piano campagna e – 60 m circa, è costituita da depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi con ciottoli in frazione limoso-argillosa. Si riscontra la presenza di lenti costituite da materiale più grossolani privi di frazione fine limoso-argillosa. In superficie prevalgono le granulometrie ghiaioso-sabbiose con lenti di limi, sature d'acqua fin dai primi metri.

Unità B

Alla profondità di circa 30 m si riscontra una variazione della granulometria, che diviene più francamente sabbiosa, ed è caratterizzata dalla comparsa di lenti di argilla di spessore sempre maggiore.

Alla profondità di 60 - 65 m è presente un livello argilloso sempre riconoscibile per il colore ocra molto marcato, che ha uno spessore consistente, variabile fra 5.0 m e 10.0 m. Al di sotto di tale profondità si osserva una alternanza di depositi sabbioso-ghiaiosi, con spessore fino a 10 m e depositi argillosi o argilloso-sabbiosi di spessore equivalente. Sono presenti anche rare lenti di conglomerati.

Unità C

È costituita da bancate spesse e continue di argilla limosa, azzurra o varicolori, talora torbosa, di potenza compresa anche fra 7.0 m e 10.0 m, alternate a livelli acquiferi ghiaiosi e sabbiosi, che si spinge fino a oltre 150 m di profondità.

Contributi dell'analisi dei sedimenti alla ricostruzione idrostratigrafica

Dall'esame compiuto dagli Autori del Foglio Seregno emergono importanti strutture, delle quali la principale è rappresentata dalla discontinuità di estensione regionale costituita da una superficie di erosione al tetto dei depositi argillosi che gli studiosi che hanno operato le prime suddivisioni basate su criteri geologici hanno denominato "Villafranchiano" o "Argille con torbe e fossili", oggi riportate nella classificazione del Foglio Seregno come alloformazioni di Lazzate e Castel di Sotto-

Dal punto di vista idrostratigrafico, questi depositi si possono includere nell'Unità C e formano il substrato poco permeabile degli acquiferi contenuti nelle unità idrostratigrafiche A e B.

Alle unità idrostratigrafiche A e B più recenti (Pleistocene medio e superiore) il cui livello piezometrico è molto simile, e viene rappresentato nella figura 1, si possono collegare i depositi fluvioglaciali dell'unità di Besnate (BE) interessano buona parte della pianura fino a Carate, Monza e Milano, che fanno passaggio verso Nord a quelli glaciali delle morene frontali del bacino del Paleo Adda di Como, mentre gli analoghi depositi provenienti da quello del Lambro ricoprono prevalentemente il settore che si colloca più a Est, con quote anche di 15 m inferiori, come ad esempio avviene per il terrazzo pleistocenico di Albiate.

Si nota che i conglomerati, pur essendo presenti dal piano campagna fino al contatto con l'unità C, sono prevalentemente concentrati in profondità, nella parte basale dell'unità B. Le unità allo stratigrafiche corrispondenti, sono: Il Ceppo del Portichetto (PHE), che rappresenta il deposito prevalentemente pleistocenico inferiore del bacino del Paleo Adda-Seveso, mentre il Ceppo di Inverigo (LBI), ad esso contemporaneo, appartiene ai depositi del Lambro (o Paleo-Adda di Lecco). Il passaggio laterale fra queste due unità allostratigrafiche corrisponde all'attuale valle del F. Seveso, poco a Ovest di Carate.

I depositi del Paleo-Adda di Como sono costituiti per la maggior parte dal Ceppo di Portichetto (PHE), ma nell'area di contatto con le alluvioni del F. Lambro, come la sezione illustrativa riportata nel foglio Seregno indica, questa unità è sostituita da una potente successione di depositi attribuiti nel foglio Seregno al supersistema di Vimercate (VM), nella quale i conglomerati sono più rari.

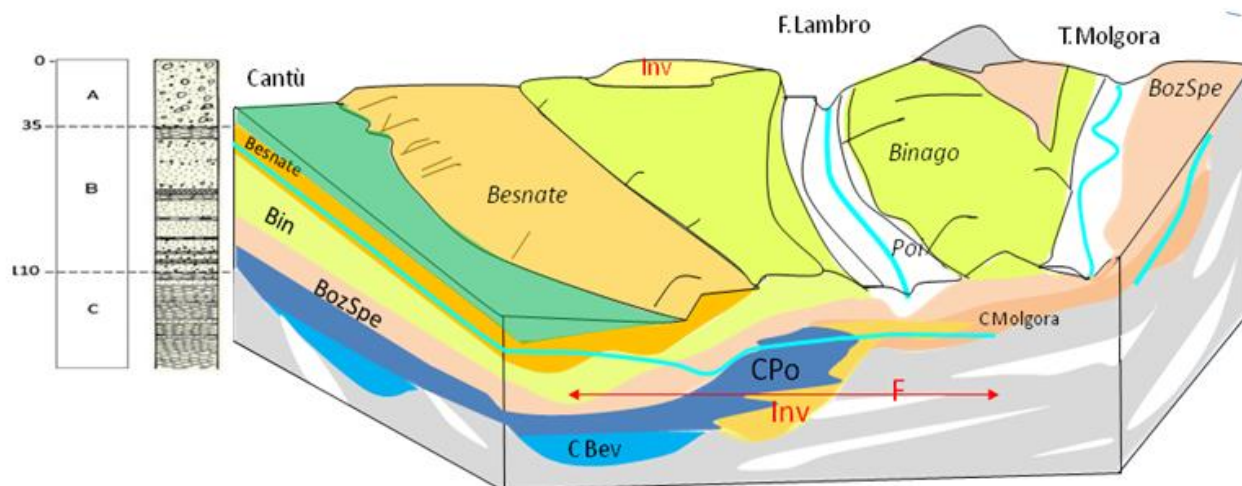


Figura 2: Lo schema evidenzia il fatto che nel Monzese, in prossimità del F. Lambro, l'acquifero è contenuto nelle unità ricche di conglomerati. In azzurro è rappresentato l'andamento del livello piezometrico e la morfologia piezometrica della depressione milanese (tratto F). E' indicato anche il possibile rapporto fra le unità idrostratigrafiche e quelle allostratigrafiche cartografate sul Foglio Seregno a scala 1/50.000., fra le attuali valli del F. Seveso e del t. Molgora. Con le sigle sono riportate le denominazioni delle diverse unità. Nella porzione occidentale dello schema si è ricordato l'avvallamento del substrato alla base dei conglomerati (porzione inferiore dell'unità B, figura 2) e la complessa morfologia del limite Binago-Besnate. In grigio è indicato il substrato costituito dalle alloformazioni Castel di Sotto e Lazzate, corrispondenti al Villafranchiano Auct. e all'unità idrostratigrafica C.

Idrostratigrafia

Data la sua semplicità, il raggruppamento in unità idrostratigrafiche consente un agevole approccio alla ricostruzione del modello concettuale dell'area, e, confrontandolo con quello compiuto sulla base della litologia e delle modalità di deposizione tramite il rilevamento delle allo formazioni, se ne può ottenere un esaustivo inquadramento delle caratteristiche degli acquiferi. Nella figura 2 sono state quindi riportate non in scala le unità descritte in precedenza, ed è stata esposta un'ipotesi sul presumibile legame fra quelle idrostratigrafiche e le allo formazioni. Si nota che i conglomerati risultano costituire la parte più antica dell'unità B, dalla quale sono spesso separati tramite livelli ghiaioso-sabbiosi noti come "Acquifero sotto il Ceppo" nella letteratura idrogeologica.

Da questa analisi risulta che la discontinuità principale (tetto dell'unità C) presenta a profondità media di 45 m, due profondi avvallamenti i cui assi sono vicini a quelli delle attuali valli del F. Olona e del F. Seveso; a Est una depressione di minore estensione, fra Vedano e Cinisello, si congiunge con quella del Seveso poco a valle di Monza, e per la sua posizione può forse essere ricondotta al Paleo-Adda di Lecco.

Tale morfologia, caratterizzata da un marcato sollevamento del lembo orientale della conca del substrato, deriva dal fatto che l'alto bacino del F. Lambro è stato quello più interessato dall'innalzamento pleistocenico del basamento calcareo in corrispondenza del M. Barro, che fra Como e il bacino del t. Molgora (come indicato nella figura 2) ha coinvolto l'unità C, che prima è stata sollevata e deformata, poi erosa anche profondamente dalla nuova rete idrografica e riempita da decine di metri di sedimenti dell'unità B. Sostanzialmente la zona di alimentazione delle acque sotterranee fra Monza e Sovico è contenuta in questa depressione del substrato impermeabile che ospita la parte basa dell'unità B, costituita in prevalenza da conglomerati.

L'andamento del tetto dell'unità C determina quindi la forma dello spartiacque del bacino idrogeologico in cui sono contenute le acque che defluiscono verso Monza e Milano. Il tetto dell'unità C è stato quindi ricostruito nella figura 3, sulla quale sono stati riportati anche i limiti dell'attuale depressione piezometrica milanese, e indica l'area in cui avviene l'alimentazione delle acque sotterranee che alimentano da Nord il Monzese.

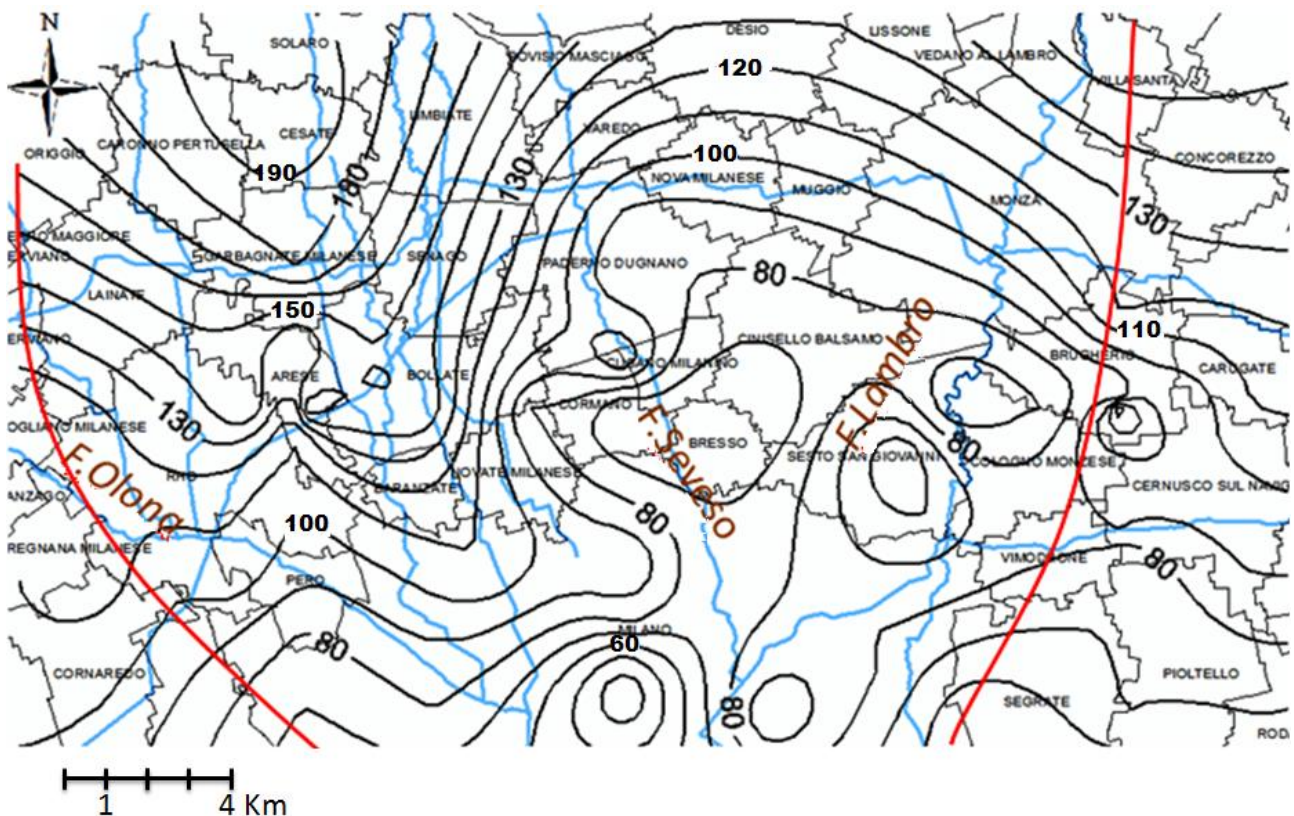


Figura 3: linee di livello del tetto del substrato (unità C) nell'area di studio. Si nota l'avvallamento approssimativamente coincidente con la valle attuale del f. Seveso fra Cesano Maderno, Desio, Monza, Sesto SG, colmato in prevalenza dai conglomerati della base dell'unità B. Al limite Ovest della figura appare un tratto dell'avvallamento del substrato coincidente con la valle del F. Olona privo di conglomerati e con acquiferi di rilevante spessore. Sono indicati i limiti della depressione piezometrica che attualmente insiste su Milano, Sesto e Monza, che vengono a saldarsi poco a valle del centro storico di Milano.

La struttura idrogeologica che alimenta Monza

L'esame delle modalità di alimentazione di Monza contribuisce a chiarire i motivi della vulnerabilità della città ai periodi di eccessivi prelievi. L'afflusso di acque a Monza deriva, secondo quanto indicato dalla figura 3, dagli apporti idrici provenienti dalle valli del Seveso e del Lambro, che raccolgono il contributo di

precipitazioni, infiltrazione da corsi d'acqua e bacini lacustri di una vasta zona compresa fra la porzione orientale dell'apparato glaciale del Seveso e la porzione occidentale di quello del Lambro, quindi da Cantù fino ad Albiate e Triuggio.

L'alimentazione della depressione piezometrica milanese proviene da un ampio settore, compreso fra le valli del Seveso (Solaro, Cesate, Limbiate) e quella del Lambro (Triuggio) caratterizzate da trasmissività nettamente inferiore alla media del Monzese. L'acquifero è infatti contenuto nelle unità del Bozzente, con frequenti limi e conglomerati, nel settore Ovest, e in conglomerati di Inverigo nel settore Est. Tali afflussi si concentrano verso Paina e Carate Brianza fino a Triuggio; poco a Sud interessano la direttrice Seregno-Albiate- Sovico -Macherio.

Le sezioni geologiche condotte lungo questi allineamenti (figura 4) mostrano che a Carate prende forma la profonda depressione del substrato descritta dalla figura 3, che si attenua gradualmente fino a scomparire all'altezza del Lambro. Essa risulta uniformemente colmata da depositi in parte consistente cementati, salvo il tratto più occidentale in corrispondenza di Carate, dove la depressione ospita per 40 m circa, fra 60 e 80 m dal piano-campagna un acquifero prevalentemente ghiaioso, lateralmente esteso per circa 3 km, ricoperto da conglomerati.

Gli afflussi totali verso l'area di interesse sono quindi molto limitati, soprattutto nel tratto centrale e orientale. Lo spessore dell'acquifero è infatti di soli 10- 15 m, posti alla base dell'unità B, e i livelli cementati lasciano spazio a quelli ghiaiosi solamente fra Albiate e Sovico. Più a Sud, si nota come lo spessore dell'acquifero ghiaioso aumenti (figura 5): fra Albiate e Macherio raggiunge anche 30 m circa, di cui oltre il 70% poco cementato.

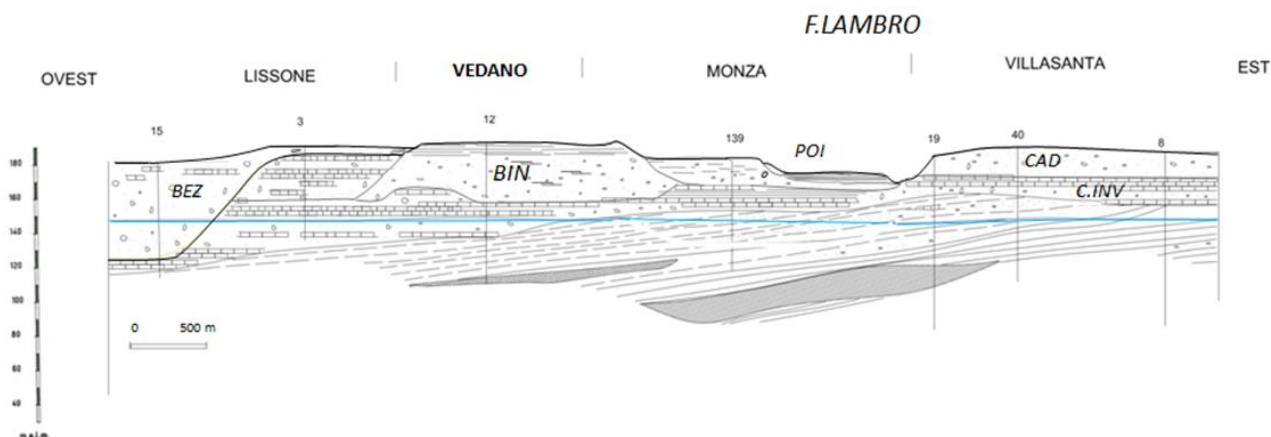


Figura 4: La sezione O-E fra Lissone e il Parco di Monza, poco a S della precedente, mostra la depressione del substrato colmata dai depositi del Paleo-Adda. Si nota la riduzione dello spessore complessivo dei conglomerati rispetto alla sezione passante O-E per Macherio (figura 4) che si trova a soli 2 km più a N e si ha conferma dello spessore complessivo dei conglomerati a Lissone. L'acquifero saturo è contenuto nei livelli cementati o nei livelli più superficiali dell'unità C.

Fra Lissone e Vedano, circa 1 km a valle, si assiste a un deciso aumento della frazione ghiaioso-sabbiosa non cementata e dello spessore dell'acquifero, che raggiunge localmente i 30 m nel settore occidentale di Lissone; nella porzione orientale del Comune, a contatto con Vedano, si nota la presenza di depositi probabilmente più antichi e più ricchi di conglomerati, come indicato nella figura 4.

Nella figura 5 sono evidenziate con la sigla DEC le porzioni di terreni ghiaiosi che appaiono, secondo l'interpretazione proposta, essere coeve dei conglomerati.

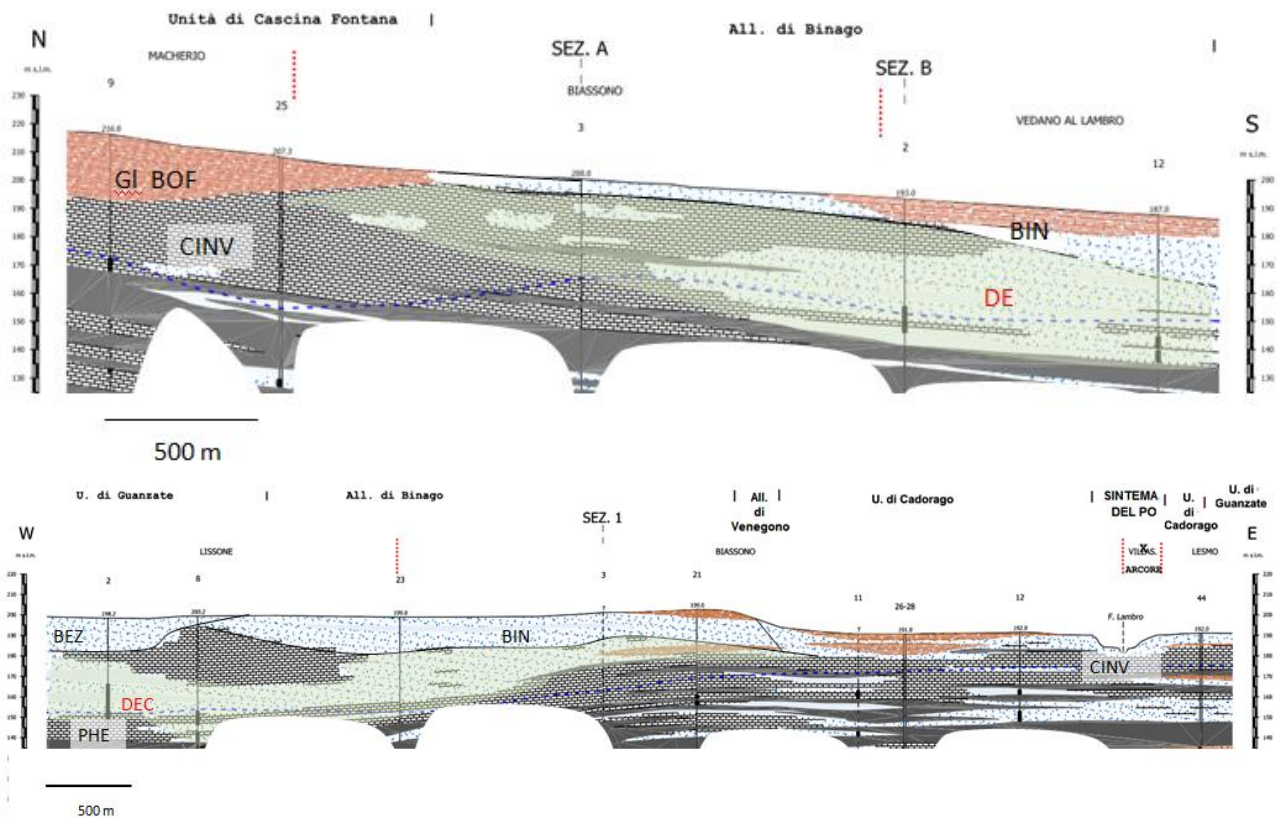


Figura 5: In alto rappresentazione del passaggio fra conglomerati e ghiaie alterate fra Macherio e Monza, tratta dai rilievi e dalle interessanti elaborazioni dello studio associato Boninsegni e Laveni sui Comuni della zona, fra i quali Biassono e Monza, che pone in luce la forte riduzione dello spessore totale del conglomerato fra Macherio e Vedano. La sigla DEC indica i terreni probabilmente soggetti a decementazione. In basso la sezione condotta al limite N del confine con Monza, evidenzia la riduzione dello spessore dei conglomerati procedendo verso Ovest. Il livello piezometrico si mantiene a profondità notevoli (decine di metri) dal piano campagna e l'acquifero saturo è costituito quasi esclusivamente da conglomerati.

Modalità di alimentazione della depressione piezometrica fra Sesto e Milano

La frazione cementata scendendo verso Sud va riducendosi fino a scomparire, e lo spessore dell'acquifero ghiaioso acquista valori molto elevati, fra 30 e 35 m, già dall'allineamento Nova Milanese (a Ovest) e il centro dell'abitato di Monza (a Est).

La ricostruzione geologica mette in evidenza che l'ampio avvallamento nel tetto dell'unità C, allargandosi considerevolmente verso Sud fra Carate e Milano, favorisce l'afflusso verso la parte meridionale dell'area considerata, da Cinisello e Sesto fino a Milano incluso anche di apporti idrici provenienti dal più ricco bacino del F. Olona, in quanto è stato colmato di sedimenti discretamente permeabili di decine di metri spessore che ne provengono.

Si può in effetti verificare che i piezometri di Monza e dei comuni vicini fra Vedano, Carate e Albiate, hanno un andamento simile tra loro; questa convergenza persiste nel tempo anche al variare delle condizioni idrometeorologiche, fatto che consente di definire il Monzese come area a comportamento piezometrico omogeneo.

In sostanza, dall'esame delle modalità di alimentazione di Monza e Milano deriva che la depressione piezometrica milanese si compone di due parti:

- a) una settentrionale fra Lambro e Seveso, che riceve afflussi limitati da una sezione di flusso di spessore ridotto a poco più di 10 – 15 m e in larga misura cementato
- b) una meridionale che si estende dal centro storico dell'abitato di Monza fino a Milano compresa, dotata di una ampia sezione di flusso con spessore totale dell'acquifero gradualmente in aumento, povera di conglomerati, arricchita dai contributi sia della rete irrigua del canale Villoresi che attraversa Monza, sia da quelli provenienti dal bacino dell'Olona.

La distribuzione della trasmissività ricavata dalle prove di pompaggio esistenti, oggetto di accurate analisi dal 1993 in poi (si cita ad esempio lo studio di Alberti e Masetti (2000) riportato in bibliografia) è descritta dalla figura 6, che permette di verificare che alla parte occidentale e meridionale dell'area considerata competono i valori maggiori della disponibilità idrica, mentre il settore centro orientale risulta sfavorito, soprattutto in periodi di alti prelievi industriali.

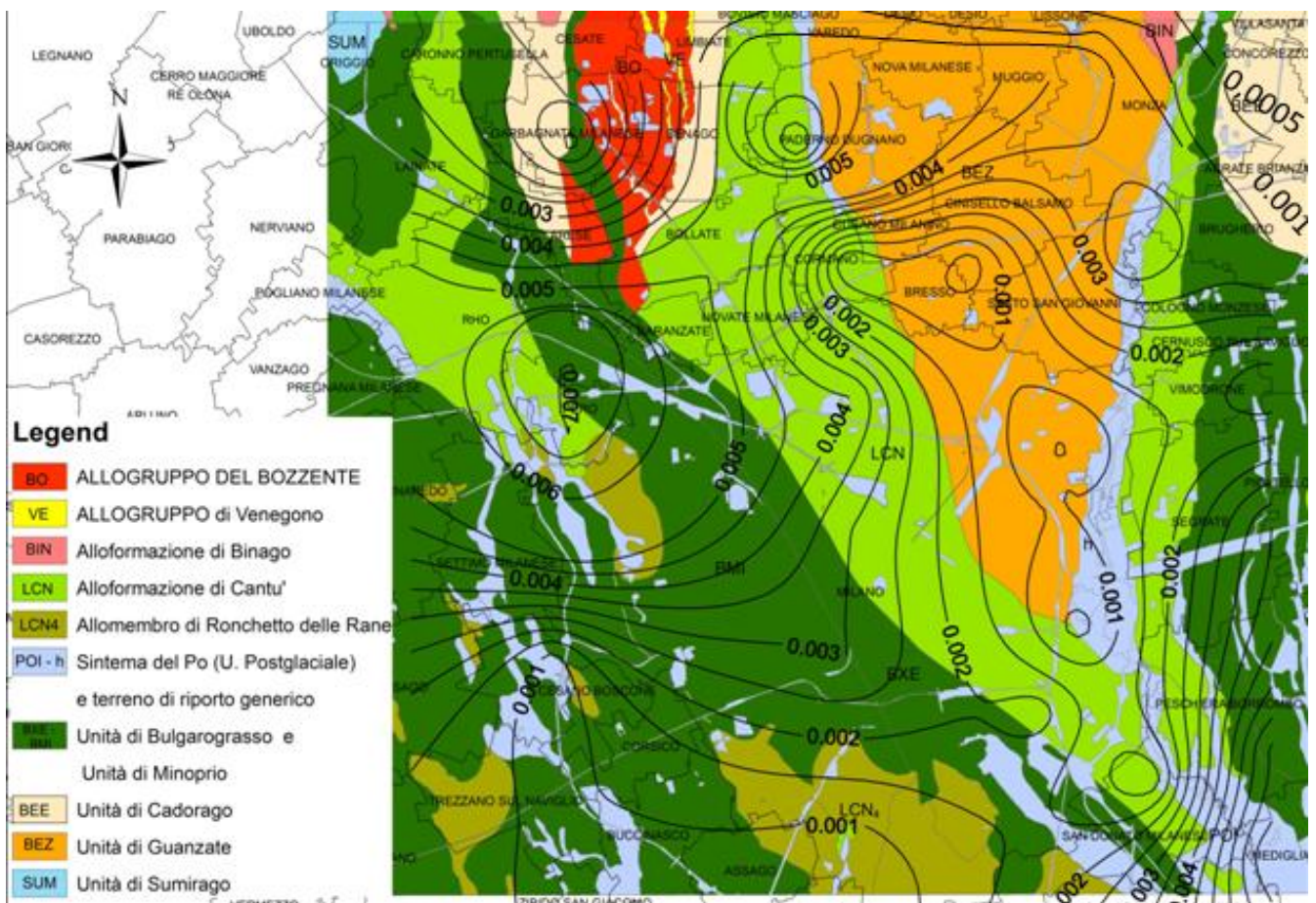


Figura 6 : distribuzione della trasmissività (m²/s): si nota che a N questo parametro ha valori inferiori a 0,001 m²/s nella valle del Seveso a Solaro, Cesate, Limbiate in corrispondenza dell'alloformazione Bozzente e fra Seveso e Lambro nella parte fra Biassono e Vedano, mentre a Milano assume un valore medio di $2,5 \cdot 10^{-3}$, e a Monza centro $3,5 \cdot 10^{-3}$

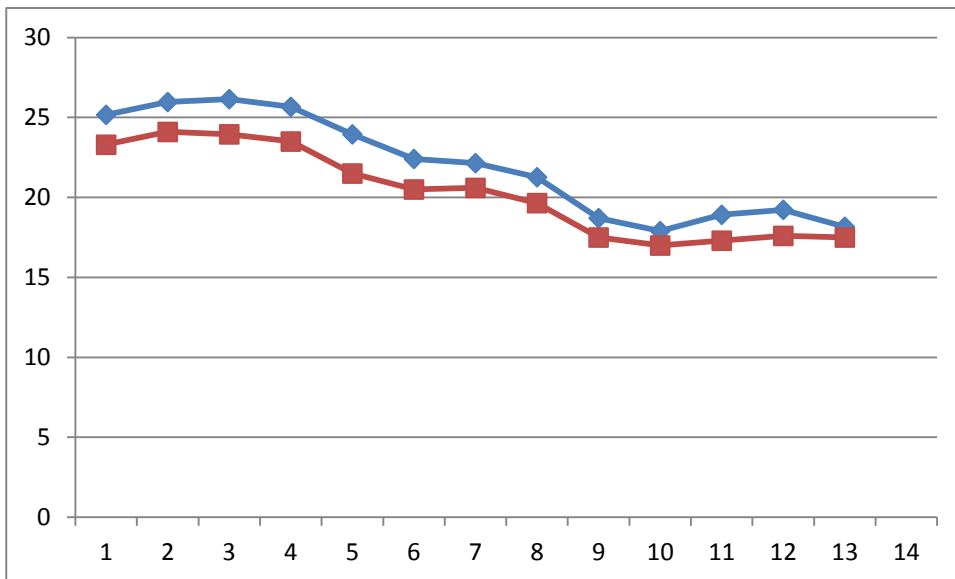


Figura 7 Confronto della soggiacenza dei piezometri di via Mann a Milano (FOG 1bis, in rosso) e Monza (MM 141, in blu) fra il marzo 2007 e il settembre 2013

Si rileva inoltre dai dati esistenti anche su serie temporali più che decennali, che risulta comprovata la correlabilità dei livelli piezometrici di Monza e Milano. A una prima analisi si può concludere infatti che in molti casi i profili temporali della piezometria nei punti di monitoraggio di ARPA situati a Monza e in quelli di MM nel Nord del comune di Milano (via T.Mann) sono simili, come indicano gli esempi di figura 7, che comprende piezometri ARPA di Bresso, Cinisello, Sesto e Monza.

Questa omogeneità di comportamento rafforza l'opinione espressa da diversi Autori, secondo la quale quando fra due bacini idrogeologici avviene un ampio interscambio dei flussi, la piezometria dei due bacini viene sostanzialmente a coincidere con quella della struttura più ampia, trasmissiva e ben alimentata, che nel caso specifico è quella di Milano. Quando uno dei due bacini è poco alimentato e ha trasmissività mediamente inferiore, come nel caso di quello di Monza, la dipendenza della piezometria da quella del bacino milanese risulta particolarmente accentuata.

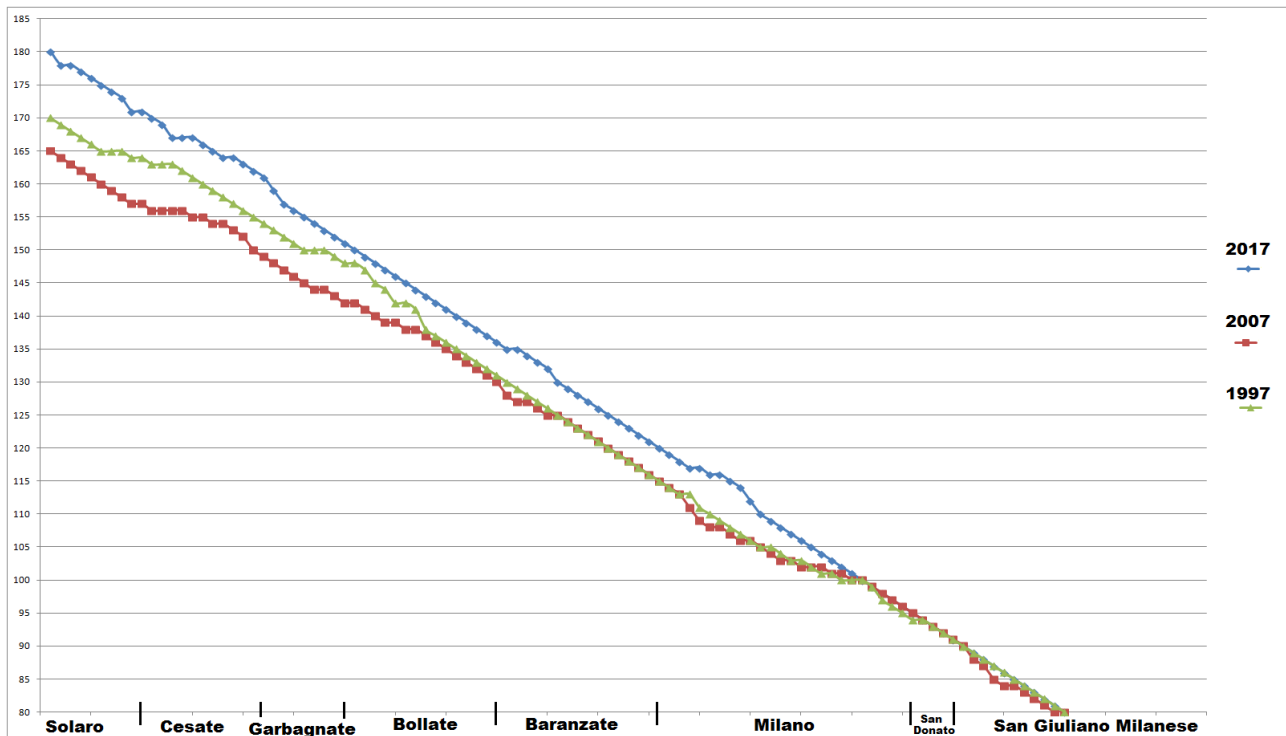
Una verifica più attenta evidenzia tuttavia che, allontanandosi dai piezometri di riferimento e spostandosi verso Nord anche oltre Monza, l'ampiezza delle oscillazioni piezometriche tende ad aumentare, probabilmente per effetto del progressivo ridursi della trasmissività procedendo in quella direzione.

Tale comportamento sottolinea la maggiore esposizione del settore a Nord di Monza ai cambiamenti nel bilancio idrico, e la ridotta capacità di far fronte a squilibri accentuati.

Un elemento che certifica chiaramente tale comportamento è il fatto che il profilo longitudinale della depressione piezometrica che si ottiene congiungendo i punti in cui i livelli di falda sono minori, passa per settori in cui la trasmissività è tendenzialmente inferiore alla media, quindi da Solaro, Cesate, Baranzate, Bollate a San Donato Milanese.



Figura 8: confronto fra i livelli di falda nel periodo 2008-2017 assunti da un piezometro del N Milano in falda freatica e alcuni piezometri di Monza, Sesto e Cinisello. Gli scostamenti da questo andamento sono rari e occasionali, fatto che porta a ritenere molto probabile l'interdipendenza nella piezometria della falda in questi comuni.



Tale comportamento sottolinea la maggiore esposizione del settore a Nord di Monza ai cambiamenti nel bilancio idrico, e la ridotta capacità di far fronte a squilibri accentuati.

Un elemento che certifica chiaramente tale comportamento è il fatto che il profilo longitudinale della depressione piezometrica che si ottiene congiungendo i punti in cui i livelli di falda sono minori, passa per settori in cui la trasmissività è tendenzialmente inferiore alla media, quindi da Solaro, Cesate, Baranzate, Bollate a San Giuliano Milanese. Al fine di evidenziare l'entità della esposizione della riserva idrica alla riduzione in caso di accentuati squilibri del bilancio, sono state ricostruite in base ai dati piezometrici nel tempo i profili di depressione condotti lungo l'allineamento Solaro-San Giuliano riportati nella figura 9. I profili riproducono l'evoluzione della morfologia della falda lungo questa particolare direttrice in 20 anni, e mostrano scostamenti quasi nulli nella parte meridionale di Milano e nei comuni di S. Donato e San Giuliano, di soli 5 m nei comuni poco a N di Milano, e di ben 15 m nei comuni a N di Monza. Tenendo conto dello scarso spessore dell'acquifero della porzione più settentrionale dell'area esaminata, di poco superiore alla decina di m in alcuni comuni, risulta evidente la necessità di una gestione dei prelievi idrici che possa evitare tali inconvenienti. Al momento questa necessità appare lontana dal concretarsi, in quanto la figura 9 mostra che la depressione milanese tende a colmarsi nei prossimi anni, anche in conseguenza della riduzione dei prelievi industriali che si accompagna all'attuale emergenza sanitaria. Si nota tuttavia come la variabilità dei prelievi sia una caratteristica ormai dominante, e si ritiene che le indicazioni fornite da questa sintesi possano evidenziare l'opportunità di individuare efficaci sistemi di prevenzione dell'insorgere di problemi di disponibilità idrica nelle zone più vulnerabili.

Conclusioni

I problemi posti dalla vulnerabilità delle risorse idriche del territorio di Monza sono legati alla loro esposizione a rapidi cambiamenti di livello, dei quali si sono volute esporre le cause individuate con la ricostruzione della geologia e delle modalità di alimentazione. Si è potuto concludere che l'afflusso proveniente da monte dalla zona di alimentazione, che si estende dal bacino del Seveso a quello del

Lambro è complessivamente modesto, e viene ostacolato dalla vicinanza alla superficie del tetto della poco permeabile unità C, e dal fatto che l'acquifero è poco spesso e consiste di ghiaie molto cementate su quasi tutta la sezione di flusso affluente verso Monza.

Solo all'altezza del centro storico di Monza l'acquifero acquista uno spessore superiore ai 20 m, ma l'afflusso verso valle rimane pur sempre debole e comunque di secondaria importanza rispetto a quello milanese, che riceve alimentazione da NO dal più produttivo bacino dell'Olonza e a NE da quello del Lambro, distinguendosi per l'elevata trasmissività della sua porzione settentrionale. Ne consegue che le oscillazioni piezometriche del Monzese dipendono dall'entità dello sfruttamento industriale di Milano e dalle sue elevate variazioni nel tempo. Risulta in sostanza comprovato che la regolarizzazione dei livelli piezometrici del Monzese può essere risolta prevalentemente con una razionale gestione complessiva della depressione piezometrica di Milano, con interventi che tengano conto anche dell'interdipendenza del comportamento dell'acquifero nelle due aree.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV (2018) – Piano Cave della Città Metropolitana di Milano 2019-2029 relazione geologico-mineraria. A cura della Città Metropolitana di Milano.

ALBERTI L.,FRANCANI V.,MASETTI M.,PARRI A. (2000) – Valutazione del livello massimo raggiungibile dalla falda nel Comune di Milano. Quaderni di Tecniche di Prot.Ambientale, Pitagora ed.,Bologna

AVANZINI M., BERETTA G.P., FRANCANI V. & NESPOLI M. (1995) - Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde nella Provincia di Milano. C.A.P. Milano

BERETTA G.P. (1984) - Studio idrogeologico del territorio canturino. COSTRUZIONI, ANNO XXXIII, 344, AGOSTO, MILANO

BERETTA G.P., CAVALLIN A., FRANCANI V., MAZZARELLA S. & PAGOTTO A. (1985) - Primo bilancio idrogeologico della Pianura Milanese. Acque sotterranee, n. 2- 3-4; giugno-settembre-dicembre, Milano.

BERETTA G.P., DENTI E., FRANCANI V. & SALA P. (1984) - Lineamenti idrogeologici del settore sublacuale della provincia di Como. ACQUE SOTTERRANEE, 4, DICEMBRE, MILANO.

BERSEZIO R., BINI A. & GIUDICI M. (1999) – Effects of sedimentary heterogeneity on groundwater flow in a Quaternary pro-glacial delta environment: joining facies analysis and numerical modelling. Sedim. Geol. 129:327-344

BINI A. (1997) – Problems and methodologies in the study of quaternary deposits of the southern side of the Alps. Southern Alps Quaternary Geology, IGCP 378 Meeting, Lugano ottobre 1995. Geologia Insubrica 2(2): 11-20.

BINI A., BREVIGLIERI P., FELBER M., FERLIGA C., GHEZZI E., TABACCO I. & UGGERI A. (1994) - Il problema dell'origine delle valli. I depositi Plio-Quaternari e l'evoluzione del territorio varesino. Guida alle escursioni Riunione autunnale Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia CNR, Varese, 100 – 149.

BINI A., CITA M.B. & GAETANI M. (1978) - Southern Alpine Lakes -Hypothesis of an erosional origin related to the Messinian entrenchment. *Marine Geology* 27: 271- 288.

BINI A., COUTERAND S., BUONCRISTIANI J., ELLWANGER D., FELBER M., FLORINETH BINI A., BOSI C., CARRARO F. & CASTIGLIONI G.B. (1992) – Cartografia geologica del Quaternario continentale. In: CNR, Commissione per la cartografia geologica e geomorfologica. *Carta Geologica d'Italia – 1:50.000 Guida al rilevamento. Quaderni del Servizio Geologico Nazionale, serie III, 1: 67-86.*

CASATI P. (1986)- *L'acqua nel territorio di Monza :passato, presente e futuro. Tip. Borghi, Monza*

COLOMBO L, P GATTINONI, L SCESI (2017)-Influence of underground structures and infrastructures on the groundwater level in the urban area of Milan, Italy. *International Journal of Sustainable Development and Planning* 12 (1), 176-184

COMIZZOLI G., GELATI R. & PASSERI, L.D. (1969) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - F. 45 Milano e F.46 Treviglio. Poligrafica & Cartevalori, Ercolano (NA), 53 pp.

DELLA ROSSA C.,FRANCANI V.,GATTINONI P.(2003)- Studio idrogeologico del territorio monzese: individuazione e caratterizzazione delle zone a bassa resistenza. *Quaderni di Geologia Applicata*,n.10–2, pp.103-120. Pitagora Ed.Bologna.

FRANCANI V., BERETTA G.P. & SCESI L. (1981) - Caratteri idrogeologici della parte meridionale della provincia di Como. *Le Strade*, anno LXXXIII, n. 1199, novembre-dicembre, Milano.

GATTINONI P., L SCESI (2017) -The groundwater rise in the urban area of Milan (Italy) and its interactions with underground structures and infrastructures *Tunnelling and Underground Space Technology* 62, 103-114

NANGERONI G. (1940) – Considerazioni sul Quaternario dell'alta pianura lombarda. *Boll. Com. Glac. Ital.* 20: 63-72, Torino.

NANGERONI G. (1954) – Il glaciale quaternario nell'anfiteatro Verbano e lungo i rami del Lario. *Rend. Ist. Lomb. Sc. Lett.* 87.

OBERTO G., ALBERTI L. SONCINI-SESSA R., COLOMBO L. (2018)- Coupled irrigation-system/groundwater flow modelling for groundwater resource assessment in agricultural areas: A case study in northern Italy .*RENDICONTI ONLINE DELLA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA*,vol.46.

PENCK A. & BRÜCKNER E. (1909) – *Die Alpen im Eiszeitalter. Bd 3: 772-789, Leipzig*

PROVINCIA DI MILANO (1995) - Le risorse idriche sotterranee della Provincia di Milano. Vol. 1: lineamenti idrogeologici. Assessorato all'ambiente e Politecnico di Milano, D.S.T.M.-Geologia applicata, Milano.

REGIONE LOMBARDIA (2001)- *Acque sotterranee in Lombardia, gestione sostenibile di una risorsa energetica, a cura di Autori Vari.*

STRINI A. (2001) – Gli “Occhi Pollini” nella Brianza Orientale: genesi ed evoluzione nel quadro geologico regionale. Tesi di dottorato di ricerca, Università degli Studi di Milano: 1-550

STRINI A. (2004) – Il fenomeno “occhi pollini” della Brianza (Lombardia, Italia). *Caratteristiche e genesi di cavità in depositi quaternari. Quaderni di geologia applicata, 11 – 1:83-99.*

TOMASI F. (2001) – I depositi Plio-quadernari tra la Valle del Torrente Lura e la Valle del Torrente Seveso (CO). Tesi di laurea, inedita, Università degli Studi di Milano, a.a. 2000-2001.

UGGERI A., CHIERA A., BINI A. & CRIPPA F. (1994) – I conglomerati del Ceppo di Varese. I depositi Plio-Quadernari e l'evoluzione del territorio varesino. Guida alle escursioni Riunione autunnale Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia CNR, Varese: 94-98.

UGOLINI F. & OROMBELLI G. (1968) – Notizie preliminari sulle caratteristiche pedologiche dei depositi glaciali e fluvioglaciali fra l'Adda e l'Olona in Lombardia. Rend. Ist. Lomb. Sc. Lett. A 102.

ZUCCOLI L. (1997) – Geologia dell'Alta Pianura lombarda tra i pianalti di Castelseprio e Tradate-Appiano Gentile. Tesi di D