



**autostrade //** per l'italia

Tronco

**A52 - TANGENZIALE NORD**

Oggetto

**Strada di collegamento urbana in affiancamento alla A52  
(ex SP46) in comune di Novate Milanese**

CUP: D61B16000030005

Fase progettuale

**PROGETTO PRELIMINARE per verifica ASSOGGETTABILITA'**

LA CONCEDENTE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE  
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

LE CONCESSIONARIE



**autostrade //** per l'italia

IL DIRETTORE TECNICO  
Dott. Ing. Giuseppe Colombo

Progettista / Progettazioni specialistiche / Validazione



AREA PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE NUOVE OPERE  
Il Responsabile  
Roberto D'Avossa

AREA PROGETTAZIONE E  
REALIZZAZIONE NUOVE OPERE  
Il Progettista  
Ing. Matteo Maraschi

Descrizione Elaborato

**GEOLOGIA E GEOTECNICA  
GEOLOGIA**

*Relazione geologica - idrogeologica e geomorfologica*

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	Marzo 2016	Emissione	PRNO	PRNO	DT
B	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-

Scala

Codifica Elaborato

5	0	2	2	P	G	E	O	0	0	4	R	0	X	X	X	X	X	X	A
Codice				Fase	Ambito			Progressivo		Tipo	Lotto	Zona		Opera			Tratto	Rev.	

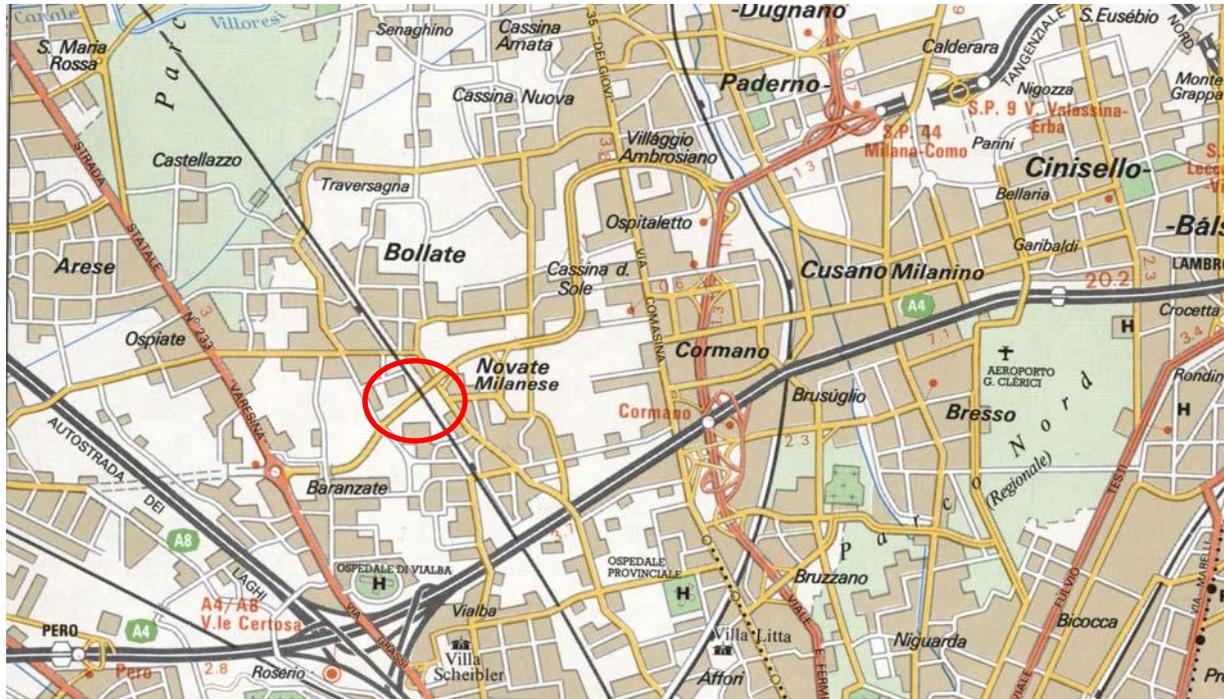
## Sommario

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE DELL'AREA IN ESAME.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO.....</b>	<b>7</b>
3.1	CORSI D'ACQUA NATURALI E CANALI ARTIFICIALI .....	8
3.2	FONTANILI.....	9
<b>4</b>	<b>IDROGEOLOGIA .....</b>	<b>14</b>
4.1	CARATTERISTICHE PIEZOMETRICHE .....	16
4.2	STUDIO DELLE INFLUENZE DELLE OPERE SUL DEFLUSSO DELLA FALDA .....	27
	FALDA DI RIFERIMENTO .....	31
<b>5</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE.....</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>REDAZIONE DELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA.....</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....</b>	<b>37</b>
<b>8</b>	<b>ALLEGATO 1: CONCESSIONI PER DERIVAZIONE CENSITE.....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione è stata redatta a supporto del progetto per la Strada di collegamento urbana in affiancamento alla A52 (ex SP 46 RHO - MONZA) in comune di Novate Milanese.

La fascia di territorio interessata dal progetto è ubicata a NW del capoluogo lombardo, nel settore centrale della media pianura e ricade interamente nella provincia di Milano.



Lo scopo della presente relazione consiste nell'illustrare gli elementi utili ad individuare i principali aspetti progettuali riconducibili alla natura ed alle caratteristiche dei terreni attraversati dal tracciato, pertanto si intende definire quanto segue:

- unità geologiche presenti, sulla base di una caratterizzazione litologica delle singole formazioni, che nel contempo tenga conto delle classificazioni litostratigrafiche e cronostatigrafiche convenzionali;
- assetto geomorfologico del territorio;
- schema idrogeologico generale finalizzato ad evidenziare le caratteristiche degli acquiferi e delle falde in essi contenute.

La morfologia pianeggiante (con quote topografiche digradanti verso sud, legate a deposizione fluvioglaciale e glaciale quaternarie), che contraddistingue l'intera area di studio, impone l'adozione di una metodologia per la ricostruzione dell'assetto geologico - stratigrafico differente da quella normalmente impiegata per zone collinari o montane. Il rilevamento di superficie, infatti, non è stato in grado di fornire elementi significativi a causa della sostanziale assenza di affioramenti (incisioni fluviali, cave, sbancamenti per opere edili, etc.), pertanto assumono grande rilevanza le verticali di indagine eseguite in sito (sondaggi geognostici e pozzi per acqua ecc.), che consentono una interpretazione dei depositi del sottosuolo al di sotto del terreno di coltivo o di riporto.

I dati utilizzati per la redazione della carta geologica a scala 1:5000 e del profilo geologico longitudinale all'asse di progetto sono stati ricavati essenzialmente dall'analisi critica dei dati bibliografici e dalla verifica in sito di alcuni punti di particolare interesse geologico/geomorfologico/idrogeologico.

Ai fini dell'elaborazione e dell'approfondimento del Modello Geologico di Riferimento è stata realizzata una campagna integrativa di indagine finalizzata al rilievo di informazioni di maggior dettaglio sulle caratteristiche litologiche e geotecniche dei materiali alluvionali presenti all'interno del volume significativo, nonché delle caratteristiche idrogeologiche dell'area, con particolare riferimento all'esigenza di individuare e caratterizzare le eventuali falde sospese presenti.

A tale scopo, la campagna di indagine ha previsto il posizionamento di piezometri tipo Casagrande in corrispondenza dei livelli acquiferi superficiali, individuati sulla base delle stratigrafie dei carotaggi descritti nell'ambito del PE relativo al progetto della riqualifica della Rho-Monza. Tali stratigrafie evidenziavano che all'interno di consistenti spessori di materiali incoerenti, in cui le ghiaie e le sabbie risultavano dominanti, fossero diffusamente presenti sottili strati di limi sabbiosi e sabbie limose talvolta concentrati in fasce (di spessore non superiore al metro) che, in funzione della loro continuità ed estensione planimetrica, potevano rappresentare acquitardi in grado di sostenere falde più o meno permanenti.

Sulla base pertanto dei dati acquisiti nel corso della campagna di indagine (luglio – settembre 2013) è stato effettuato l'aggiornamento del quadro conoscitivo di base, integrando le conoscenze disponibili all'interno di uno specifico Modello Geologico di Riferimento esteso all'intera infrastruttura in progetto, dettagliando, all'interno del volume significativo, le caratteristiche litostratigrafiche e idrogeologiche, con specifico riferimento anche alla necessità di verificare la presenza, la natura e le caratteristiche delle falde sospese.



arido (loess): attualmente i sistemi di terrazzi occupano la porzione media e alta della pianura, ai piedi degli anfiteatri morenici.

Le cerchie moreniche del Mindel sono le più sviluppate ed estese, mentre quelle del Riss e del Würm sono più interne e meno estese, inoltre i terreni più recenti si trovano a quota più bassa rispetto a quelli più antichi.

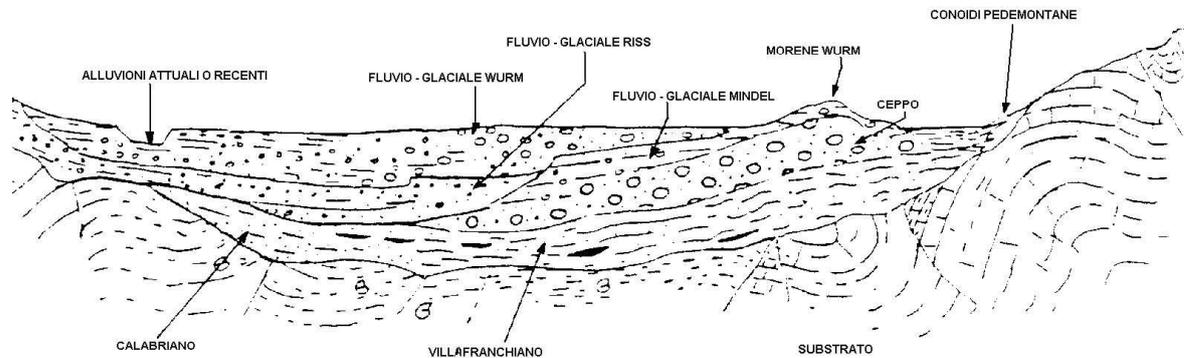


Figura - Schema stratigrafico di sintesi riferibile alla Pianura Padana

Dal Pleistocene superiore all'Olocene, con il lento innalzamento dell'alta pianura, nei settori settentrionali vengono messe a giorno le unità più antiche: il conseguente smantellamento della catena porta alla deposizione di alluvioni.

La successione stratigrafica può essere così schematizzata, procedendo dal basso verso l'alto:

Substrato roccioso (pre-Pliocenico): costituito da Formazioni di varie età, non è mai affiorante nell'area in esame.

Argille sotto il Ceppo (Unità Villafranchiana): sono costituite in prevalenza da materiali fini – argille varvate, argille e sabbie fossilifere, sabbie con strutture incrociate, depositi lacustri e torbe - e sono la testimonianza della regressione marina del Villafranchiano. Gli strati più profondi sono costituiti da argille di origine marina a cui si sovrappongono sedimenti sabbioso - argillosi di facies transizionale e continentale, costituiti da argille con lenti di sabbia. Questa Unità si rinviene nell'area studiata a partire da profondità dell'ordine dei 80-100 m da p.c.

Ceppo: si tratta di arenarie e conglomerati sovente passanti a ghiaie e sabbie per diminuzione del grado di cementazione che si trovano a profondità dell'ordine dei 60 -80 m da p.c.

Fluvioglaciale Mindel: si tratta di depositi costituiti da ciottoli ben arrotondati immersi in una matrice sabbioso argillosa con colore giallo – rossiccio, caratterizzati da un'alterazione superficiale di colore rosso nota come "Ferretto" e spessa fino a 2÷3 m. Affiorano limitatamente a nord nord-ovest dell'area d'interesse in due lingue distinte.

Fluvioglaciale Riss: si tratta di depositi costituiti da ciottoli ben arrotondati con ghiaie, immersi in una matrice sabbiosa giallo - ocra. Hanno anch'essi un'alterazione superficiale di colore rossiccio simile al "Ferretto" localmente coperta da loess. Affiorano a nord-ovest dell'area d'interesse.

Fluvioglaciale Würm: sono i depositi connessi al fluvio - glaciale dell'ultima glaciazione quaternaria. Sono formati da ghiaie e sabbie prevalenti con scarsi livelli argillosi e costituiscono il cosiddetto "livello principale della Pianura Padana" o "Diluvium recente". La granulometria di questa unità diminuisce da nord a sud, passando da termini più grossolani (ghiaie prevalenti) a termini più fini (sabbie prevalenti) con passaggio per lo più graduale. Nelle zone a ghiaie prevalenti la stratificazione è determinata da lenti e livelli a granulometria diversa, ma uniforme per ciascuno di essi; sono presenti, inoltre, frequenti straterelli sabbiosi che si alternano con ghiaie più o meno grossolane (ghiaie sabbiose). L'argilla è talora presente negli orizzonti superficiali, trasportata nel sottosuolo dalle acque di dilavamento e di irrigazione, e spesso si mescola con la ghiaia e la sabbia fino a modesta profondità. Tali depositi si rinvergono su quasi la totalità dell'area oggetto di studio. Ai fini del presente lavoro, particolare rilevanza assumono le caratteristiche granulometriche della matrice dei depositi ghiaiosi, dal momento che la presenza anche in piccola percentuale di una componente limosa/argillosa è in grado di determinare una consistente riduzione della permeabilità dei depositi.

La descrizione delle caratteristiche geologiche dell'area, confluita nella tav. P00GEOGE00CG01B – Carta geologica - è stata eseguita alla scala 1:5.000, utilizzando i criteri stratigrafici per il Quaternario continentale e i termini formazionali definiti dal Gruppo Quaternario - Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano (Bini, 1987). Sono stati inoltre utilizzati i dati del Progetto CARG della Regione Lombardia, sia a livello cartografico che di descrizione litologica e nomenclatura.

L'unica unità stratigrafica riconoscibile nell'area di intervento è rappresentata dal cosiddetto "Allogruppo di Besnate - Unità di Bollate" databile al Pleistocene medio – superiore la quale corrisponde al Riss-Würm della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.

I dati di letteratura indicano che nell'ambito dell'Allogruppo di Besnate possono distinguersi unità differenti sia per età che per composizione litologica, riferibili a diversi eventi deposizionali.

L'unità di Bollate è formata da depositi fluvio-glaciali costituiti da ghiaie poligeniche a supporto clastico e di matrice sabbiosa, con coperture e/o intercalazioni limose; il colore della matrice rientra nella pagina 10YR delle Munsell Soil Color Charts ed il profilo di alterazione risulta poco evoluto.

Sulla base delle indagini geotecniche di documentazione l'unità risulta localmente caratterizzata dalla presenza in superficie di depositi fini coesivi (spessori massimi di 7 m) aventi discreta continuità areale. La presenza di tali livelli può essere riferita a origini differenti: naturale deposizione nelle zone più distali dell'apparato glaciale (limi), marcata alterazione superficiale dei clasti con produzione di orizzonti pedogenizzati o, come si ritiene più probabile, essa rappresenta una copertura di *loess* ovvero di limi di origine eolica.

La copertura di limi affiora con buona continuità e con uno spessore medio di 3 metri nella porzione più occidentale del tracciato dell'infrastruttura in progetto, ma non risulta possibile definire con esattezza la reale estensione planimetrica a causa dell'assenza di affioramenti all'interno del territorio fortemente antropizzato. La cartografia geologica allegata rappresenta pertanto unicamente la presenza di tale tipologia di depositi nella fascia occupata dall'infrastruttura, in corrispondenza della quale sono stati eseguiti i sondaggi geognostici.

### 3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO

Le caratteristiche morfologiche generali dell'area considerata sono il risultato di diversi processi:

- 1) fasi glaciali recenti
- 2) dinamica dei corsi d'acqua
- 3) intensa attività di rielaborazione del territorio ad opera dell'uomo

L'assetto morfologico del territorio è costituito da estese piane fluvio-glaciali separate dalla presenza nella zona nord-occidentale dell'estremo lembo del terrazzo delle Groane e della piana alluvionale dei Torrenti Nirone, Pudiga, Garbogera e Seveso.

Il terrazzo delle Groane, di forma triangolare e allungato verso sud, rappresenta l'area altimetricamente più rilevata, assumendo un dislivello massimo di 10 m rispetto alle aree circostanti ed è costituito dai depositi più antichi presenti nella zona.

La morfologia della zona risente enormemente delle ultime discese glaciali che hanno portato alla formazione di una fascia territoriale essenzialmente piatta e terrazzata.

Tuttavia, a piccola scala, risultano estremamente importanti i processi legati all'azione delle acque di deflusso superficiali e soprattutto all'azione dell'uomo (l'area è caratterizzata, infatti, da un'elevata urbanizzazione che ne condiziona l'assetto attuale). Tali processi comportano, in molti casi, una profonda modificazione del paesaggio ed evidenziano un'evoluzione morfologica in atto nell'ambito di un ambiente caratterizzato da una morfologia essenzialmente giovane.

Si evidenzia in particolare la presenza di alcuni orli di scarpata artificiale, come ad esempio un tratto della S.P. 46 ricadente nel Comune di Baranzate, e di vecchie aree di cava o zone depresse, alcune parzialmente antropizzate.

Nella carta geologica e geomorfologica allegata sono inoltre riportati i corsi d'acqua naturali, i canali artificiali e irrigui principali e vengono rappresentati i fontanili desunti sia dalla carta della Provincia di Milano (vd. figure di seguito riportate) sia dalla cartografia dell' I.G.M. (primo impianto riferito all'anno 1888) con l'indicazione dei tracciati dei canali emissari.

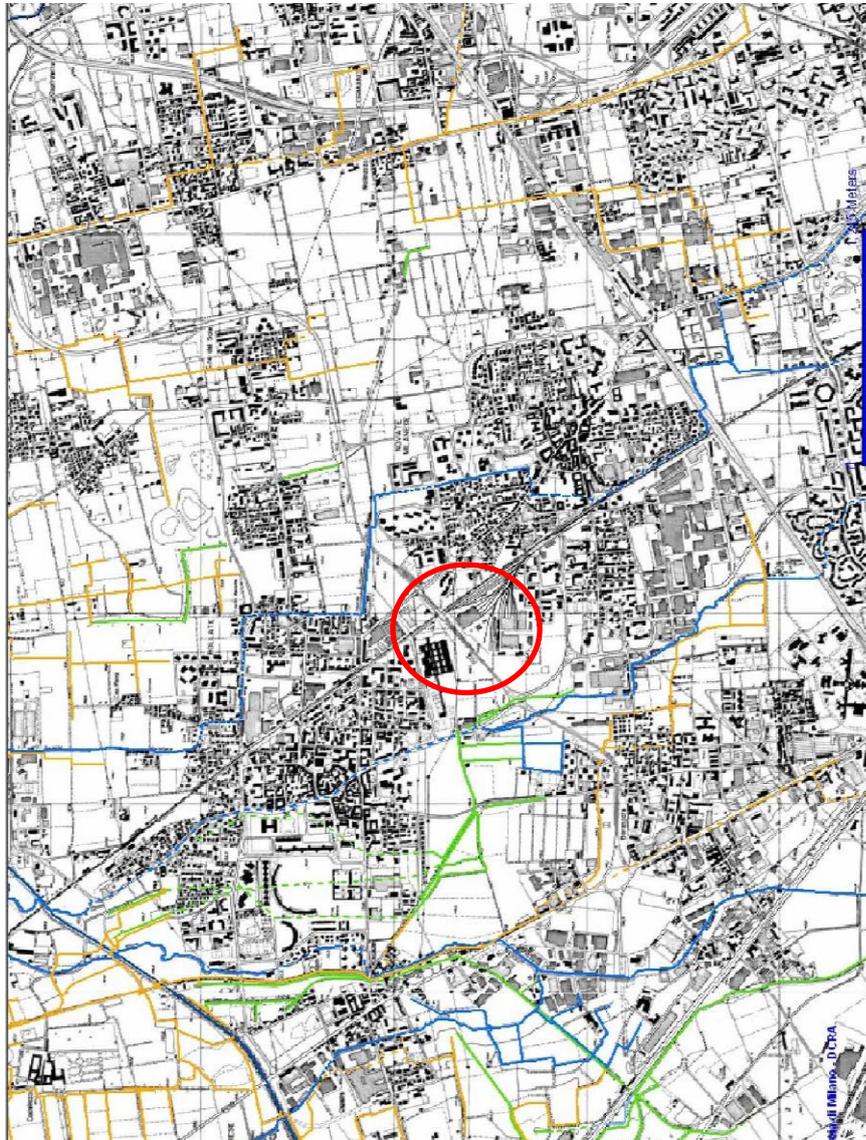


Figura - Stralcio della carta del reticolo idrico settore sud occidentale del tracciato (Provincia di Milano)

### 3.1 CORSI D'ACQUA NATURALI E CANALI ARTIFICIALI

La zona è caratterizzata da un reticolo idrografico naturale (spesso tombinato) e da una rete di canali artificiali molto sviluppata ed articolata (molto spesso tombinato parzialmente/totalmente) e suddivisa, in funzione dell'utilizzo e della portata, in rogge, canali irrigui e canali scolmatori.

La zona è caratterizzata da una serie di canali artificiali e di corsi d'acqua: i primi appaiono generalmente asciutti, mentre i corsi d'acqua (torrenti) hanno una buona portata. Le portate transistanti nel canale secondario Villorresi risultano variabili nei vari tratti in funzione della regolazione operata ai fini dell'irrigazione.

Il progetto della Strada di collegamento urbana in affiancamento alla A52 (ex SP 46 RHO - MONZA) in comune di Novate Milanese, **non è interessato** dalla rete dei canali artificiali e di corsi d'acqua.

A Nord dell'area sono inoltre presenti il "Canale Villorresi", che svolge un ruolo importante nell'approvvigionamento idrico a scopo irriguo e industriale ed è caratterizzato da una discreta regolarità di

funzionamento e da una portata che raggiunge i 70 m<sup>3</sup>/s, e il “Canale scolmatore delle piene Nord-Ovest Milano”.

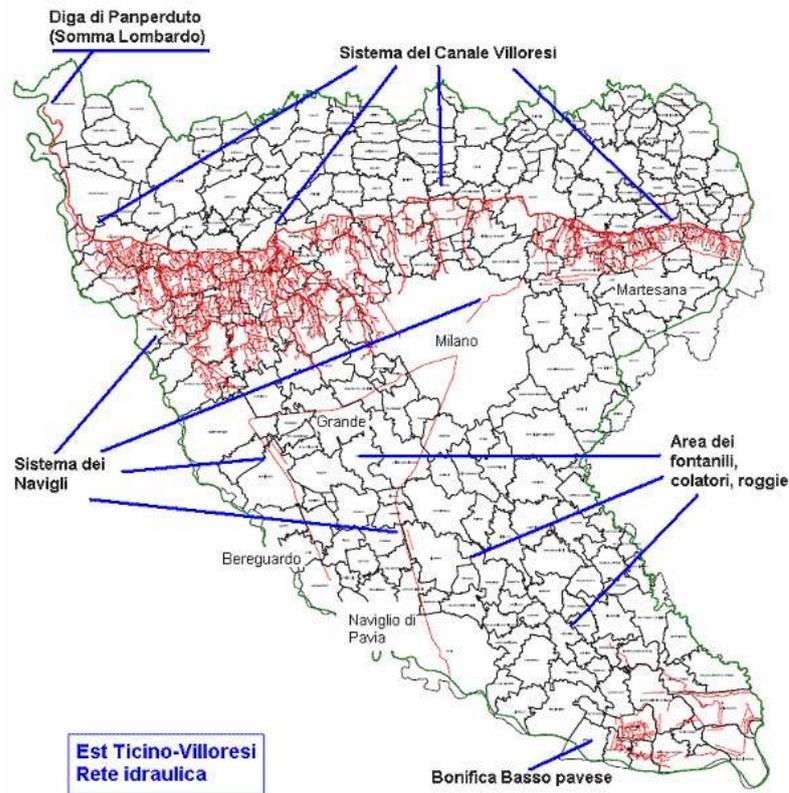


Figura - Stralcio della carta del reticolo idrico settore nord orientale del tracciato (Provincia di Milano)

I corsi d'acqua naturali scorrono da Nord a Sud (Guisa, torrente Nirone, torrente Pudiga, torrente Garbogera, torrente Seveso) in accordo con la morfologia della media pianura lombarda che ha una superficie debolmente inclinata (0.3%) verso Sud; i canali artificiali, invece, hanno uno sviluppo dipendente dal loro utilizzo (es. irriguo) e dal contesto urbano in cui sono inseriti.

Data l'intensa urbanizzazione dell'area anche per i corsi d'acqua minori è difficile parlare di regime naturale ma piuttosto di regime regolato.

### 3.2 FONTANILI

I “fontanili” sono caratteristiche emergenze spontanee o artificiali della falda, legate principalmente alla variazione di porosità dei terreni che si realizza nel settore di transizione tra l'alta pianura ghiaiosa e la bassa pianura prevalentemente sabbiosa, e che porta alla formazione di un'ampia zona umida denominata "Fascia dei Fontanili" o delle "Risorgive" con flora e fauna tipiche di ambienti paludosi. Le acque affioranti sono limpide e hanno una temperatura costante che oscilla tra i 10°C e i 13°C.

I fontanili si sviluppano principalmente lungo una striscia continua larga circa 15 Km che si sviluppa a partire dalla Dora Baltea, fino all'Adige e dai Colli Euganei fino al Golfo di Trieste, secondo la direzione E-W e formando un reticolo molto complesso di canali.

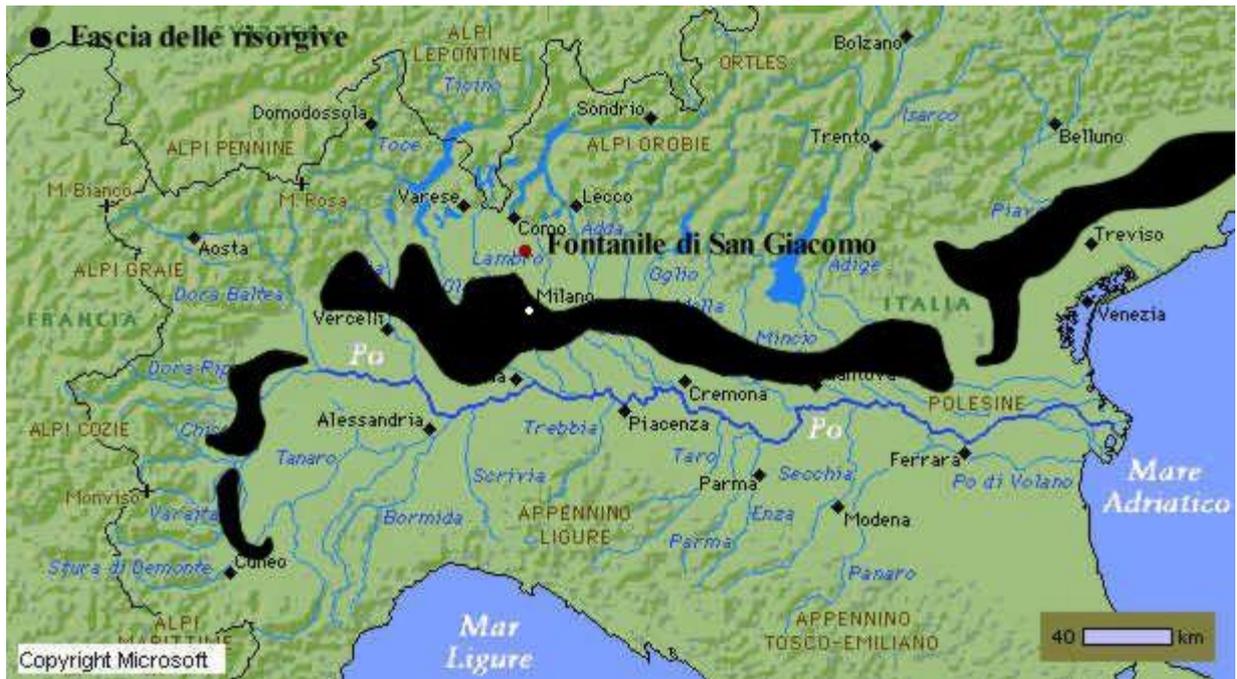


Figura - Area di distribuzione dei fontanili

Nel milanese la zona dei fontanili è costituita da una fascia pressoché continua di emergenze (“linea o fascia dei fontanili”) che si sviluppa in direzione circa est -ovest, limitata ad occidente dal F. Ticino e ad oriente dal F. Adda; la loro importanza è legata sia alla grande abbondanza d’acqua disponibile per l’irrigazione sia per la costante temperatura media annua (10-14 °C).

L’attività dei fontanili è determinata da vari fattori come il variare della litologia del sottosuolo con conseguente ostacolo allo scorrimento sotterraneo delle acque di infiltrazione che causa l’innalzamento della superficie piezometrica.



Figura - Area di distribuzione dei fontanili nel milanese

Rispetto alla zona di media bassa pianura in cui l'emergenza delle acque di falda avviene di norma per diretta interferenza tra superficie freatica e piano campagna, nella zona di interesse ai fini del presente progetto infrastrutturale, la ricerca e lo sfruttamento dell'acqua sotterranea a fini irrigui è stata operata in epoca preindustriale attraverso la realizzazione di interventi di scavo, di profondità anche superiori ai 10 metri, finalizzati ad intercettare le acque di falda ed a condurle per gravità verso la superficie, sfruttando il buon gradiente topografico.

Tali interventi, che hanno condotto alla definizione dei cosiddetti fontanili hanno comportato essenzialmente la realizzazione di scavi (effettuati a mano) con funzione drenante e sono composti da una testa, di forma semicircolare di profondità variabile, in genere tra i 2 e 10 m a seconda della soggiacenza della falda e da una "asta". A partire dalla testa del fontanile, attraverso l'asta, l'acqua poteva pertanto essere fatta defluire nel canale irrigatore e da questo sulla superficie agricola.

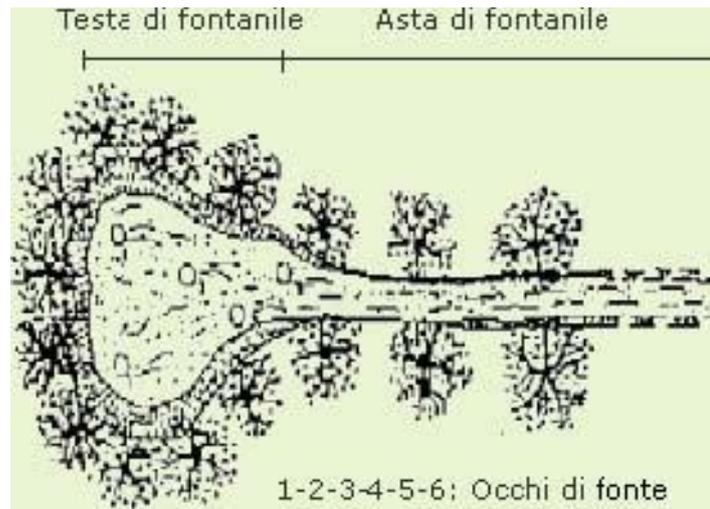


Figura - Struttura di un fontanile (da Cerabolini-Zucchi, 1975)

I fontanili dell'area oggetto del presente studio si presentano come aree dalla caratteristica forma "a goccia" di profondità intorno ai 7-10 m generalmente circondate dall'accumulo dei materiali scavati e con aste profondamente incise.

La cartografia tecnica regionale riporta solo i fontanili principali e l'andamento dei canali emissari risulta non sempre evidente in quanto spesso alterato da fattori antropici in continua evoluzione (ritombamenti, costruzioni edili, attività agricole).

Allo scopo di verificare la distribuzione dei fontanili e per ricostruire a livello cartografico l'area in cui essi sono presenti, è stata analizzata la cartografia topografica dell'I.G.M. ed in particolare la prima levata risalente all'anno 1888. In quel periodo, infatti, l'area di interesse ed il milanese in generale, presentavano caratteristiche di urbanizzazione estremamente limitate e l'utilizzo agricolo del suolo (quello per cui i fontanili erano stati realizzati), risultava dominante.

La seguente figura rappresenta il risultato dell'analisi e descrive l'ubicazione dei fontanili "storici"; l'inviluppo planimetrico dei punti ha permesso inoltre l'individuazione della cosiddetta "zona dei fontanili", utile a rappresentare la parte di territorio in cui, in funzione delle caratteristiche stratigrafiche e idrogeologiche del sottosuolo, si è storicamente manifestata la presenza di acque di falda a profondità prossime al piano campagna.

Distribuzione dei fontanili (rilievo effettuato su base cartografica I.G.M. alla scala 1:25.000 - 1<sup>a</sup> levata anno 1888)



Tutti i fontanili presenti nell'area studiata risultano attualmente privi d'acqua ed il censimento effettuato dalla Provincia di Milano evidenzia come essi risultino tutti inattivi ed in larga parte interrati.

Nella tabella seguente è riportata la distribuzione ed attività dei fontanili censiti ricadenti nei comuni direttamente interessati e in quelli limitrofi all'area in oggetto (estratto dal Sistema Informativo Acque Superficiali della Provincia di Milano):

Distribuzione dei fontanili in Provincia di Milano (Situazione al settembre 2004)

COMUNE	Totali	Attivi	Semiattivi	Non attivi	Interrati
ARESE	5	0	0	3	2
BOLLATE	15	0	0	14	1
NOVATE MILANESE	2	0	0	0	2
PERO	8	0	0	4	4
RHO	12	2	1	4	5

Le principali cause che, a partire dagli anni 1950-60, hanno portato alla progressiva ma drastica riduzione del numero di fontanili attivi è addebitabile a vari fattori tra cui rivestono una particolare importanza:

- l'enorme prelievo di acque sotterranee per alimentare la crescente industrializzazione ed urbanizzazione con conseguente abbassamento dei livelli freatici;
- l'impermeabilizzazione dei suoli che ha notevolmente ridotto l'apporto delle acque meteoriche alla falda freatica;
- l'abbandono dei tradizionali metodi di coltura e soprattutto delle marcite.

Tema di approfondimento, in considerazione delle caratteristiche strutturali dell'opera infrastrutturale in progetto, risulta pertanto la possibilità che, in ragione della tendenza all'innalzamento della falda registrato nell'ultimo ventennio (cfr. capitoli successivi) possano tornare a manifestarsi le condizioni per la costituzione di falde sospese in grado di interferire con il tratto in trincea dell'infrastruttura.

Le valutazioni effettuate hanno quindi riguardato essenzialmente i due elementi in grado di determinare la riattivazione dei fontanili o comunque la definizione di falde sospese a carattere più o meno permanente, ovvero:

- le caratteristiche freatimetriche attuali e la loro tendenza evolutiva,
- le caratteristiche stratigrafiche ed in particolare la presenza di strati di terreno in grado di costituire acquitardi (ovvero barriere di permeabilità) e pertanto capaci di sostenere falde più o meno consistenti.

Dal momento che, come meglio precisato nei paragrafi successivi, le tendenze evolutive della falda freatica di base (all'interno dell'acquifero "tradizionale") pur manifestando una forte tendenza alla risalita non arriveranno anche nel lungo termine ad interferire con il tratto in trincea dell'infrastruttura, l'attenzione è stata spostata sulla ricerca di eventuali acquitardi all'interno del substrato.

La campagna di indagini svolte nel periodo luglio – settembre 2013 ha pertanto avuto lo scopo di approfondire la conoscenza della stratigrafia dei terreni lungo lo sviluppo dell'infrastruttura, di analizzare l'assetto della superficie freatica e di verificare l'eventuale presenza di falde sospese. Le campagne di indagine precedenti, soprattutto in corrispondenza della zona dei fontanili, non risultavano sufficienti a descrivere in dettaglio tali caratteristiche.

I risultati, integralmente riportati nell'elaborato (raccolta indagini geognostiche) hanno permesso di ricostruire l'assetto stratigrafico e idrogeologico lungo il profilo di progetto rappresentati nell'elaborato (Carta Idrogeologica). In esso, all'interno del volume significativo, sono state indicate, attraverso la correlazione delle informazioni puntuali rilevate lungo le verticali di sondaggio, le principali differenziazioni di natura litologica.

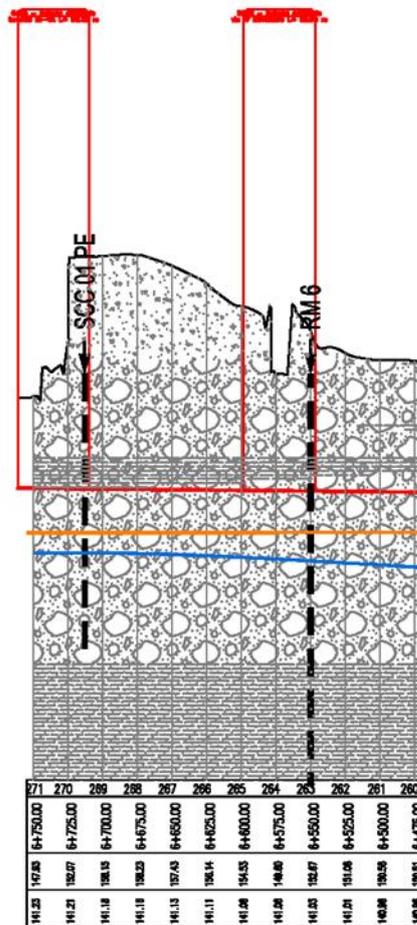
La seguente figura rappresenta uno stralcio del profilo stratigrafico in corrispondenza del tratto in trincea (compreso tra le progressive 4 + 900.00 e 6 + 750.00), a sua volta ricadente in parte all'interno della zona dei fontanili. In essa risultano abbastanza evidenti alcuni livelli in cui la composizione granulometrica dei terreni (comunque dominata dalla ghiaie e dalle sabbie) comprende anche granulometrie più fini in grado di determinare una consistente riduzione del coefficiente di permeabilità. Queste granulometrie, appartenenti essenzialmente alla classe dei limi, si presentano prevalentemente all'interno della matrice di terreni essenzialmente incoerenti (miscele di sabbie e ghiaie), ma anche, seppure in misura minore, sotto forma di sottili intercalazioni. Solo in profondità (a circa 20 metri dalla superficie), in corrispondenza del tratto terminale dell'infrastruttura, è presente un consistente livello di sabbie limose con ghiaie sparse. All'interno del tratto, solo nelle due zone, tra le progressive 5 + 100.00 e 5 + 600.00 e tra la progressiva 6 + 300.00 ed il termine dell'opera, sono state individuati livelli potenzialmente in grado di costituire acquitardi.

Il potenziale acquitardo di monte, situato ad una profondità di circa 10 m dal p.c. caratterizza un tratto di infrastruttura in trincea in cui la livelletta risulta situata a profondità comprese tra i 5 ed i 6 metri, e presenta uno spessore consistente.

I potenziali acquitardi individuati in corrispondenza del tratto terminale dell'opera presentano invece caratteristiche differenti in quanto manifestano spessori molto contenuti ed estensioni planimetriche più limitate. A differenza del tratto descritto in precedenza risultano però situati a profondità minori dal piano campagna ed interferiscono con il volume del tratto oggetto di scavo.

Solo questi ultimi acquitardi risultano però ricompresi all'interno della zona dei fontanili, a dimostrazione del fatto che la captazione delle acque sotterranee attraverso lo scavo dei fontanili ha riguardato solo le falde sospese presenti entro i 6 – 7 metri di profondità.

Per la verifica dell'eventuale presenza di falde sospese al di sopra degli acquitardi, nel corso della campagna di indagine 2013, sono state appositamente installate celle piezometriche tipo Casagrande a profondità corrispondenti all'estradosso degli stessi. All'interno delle celle installate non è stata individuata la presenza di acqua (settembre 2013).



Stralcio del profilo stratigrafico in corrispondenza del sotto attraversamento delle FNM

## 4 IDROGEOLOGIA

Come già ricordato, i sedimenti che caratterizzano il territorio oggetto di indagine sono prevalentemente di origine fluvio-glaciale con prevalenza di litotipi ghiaioso-sabbiosi che passano, spostandosi da Nord verso Sud, a materiali con granulometrie più fini.

La struttura idrogeologica generale dell'area, quindi, è caratterizzata dalla presenza, procedendo dall'alto verso il basso, di falde libere o, dove si riscontra la presenza di intercalazioni argillose (anche a quote variabili), di falde semiconfinate o localmente confinate, che si sviluppano all'interno dei litotipi permeabili: tali caratteristiche individuano il cosiddetto "Acquifero tradizionale".

Secondo la Suddivisione in Unità idrogeologiche, proposta dallo studio sulle falde profonde della Provincia di Milano (Avanzini M., Beretta G.P., Francani V. et Al. 1995), che mette in relazione le caratteristiche litologico -stratigrafiche con le modalità di circolazione idrica, l'area di studio rientra nella denominazione di "Unità ghiaioso - sabbiosa" databile al Pleistocene superiore- Olocene.

In base a studi più recenti, mirati e approfonditi, a tale suddivisione in unità litologiche viene fatta corrispondere una suddivisione in unità idrostratigrafiche ("Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia" redatta da Regione Lombardia ed Agip - 2002") che individuano, all'interno dell'Acquifero Tradizionale, un gruppo acquifero A ed un gruppo acquifero B (vedi successiva Tabella 1)

*Tabella 1: Unità idrogeologiche presenti nel sottosuolo Milanese secondo le denominazioni dei diversi autori (tratto da "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia" redatta da Regione Lombardia ed Agip - 2002")*

UNITA' LITOLOGICHE (MARTINIS B. & MAZZARELLA S. , 1971)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE (FRANCANI & POZZI, 1981),	UNITA' STRATIGRAFICHE (PIERI & GROPPPI, 1981)	UNITA' IDROGEOLOGICHE (AVANZINI ,BERETTA, FRANCANI et Al., 1995)	GRUPPI ACQUIFERI (REGIONE LOM- BARDIA & AGIP, 2002)
LITAZONA GHIAIOSO - SABBIOSA	FLUVIOGLACIALE WURM AUCT. (Dil. Recente)	ALLUVIONE	UNITA' GHIAIOSO - SABBIOSA	A
	FLUVIOGLACIALE RISS - MINDEL AUCT. (Dil. Medio - Antico)		UNITA' SABBIOSO - GHIAIOSA	B
	CEPPO AUCT		UNITA' A CONGLOMERATI E ARENARIE BASALI	
LITAZONA SABBIOSO - ARGILLOSA	VILLAFRANCIANO	SABBIE DI ASTI	UNITA' SABBIOSO - ARGILLOSA (facies continentali e di transizione)	C
LITAZONA ARGILLOSA			UNITA' ARGILLOSA (facies marine)	D

La suddivisione è basata, oltre che su dati di pozzi e di appositi sondaggi geognostici anche profondi, su una notevole mole di dati sismici.

Tale suddivisione di dettaglio, in realtà, riprende quella di Francani e Pozzi del 1981, che riconosce il primo acquifero all'interno dei depositi superiori dell'acquifero tradizionale (Fluvioglaciale Wurm autoctono – diluvium recente), mentre nella porzione inferiore (Fluvioglaciale Riss-Mindel- Wurm – diluvium medio antico) sarebbe situato il secondo acquifero.

La differenziazione tra gruppi acquiferi A e B e la suddivisione tra I° acquifero e II° acquifero è di tipo essenzialmente cronologico.

Seguono, a profondità maggiori, le unità idrostratigrafiche C e D della citata pubblicazione della Regione Lombardia - Agip, che corrispondono al III° acquifero di Francani e Pozzi del 1981 e all'unità stratigrafica denominata litozona sabbioso-argillosa di Martinis e Mazzarella, 1971.

Per quanto riguarda le profondità e gli spessori dei due gruppi acquiferi A e B si fa sempre riferimento alla cartografia della pubblicazione Regione Lombardia - Eni.

In specifico, e a scala locale, sembra di poter affermare che, nell'ambito territoriale di interesse, il gruppo acquifero A presenta uno spessore cumulativo dei depositi incoerenti permeabili di poco superiore ai 40 m ed il suo limite basale si porrebbe alla quota che non risulta molto inferiore ai 100 m s.l.m.

Per quanto riguarda invece il gruppo acquifero B, immediatamente sottostante il gruppo A, lo spessore cumulativo dei suoi depositi porosi permeabili è poco meno di 20 m, ed il limite basale si trova indicativamente intorno ai 75-80 m s.l.m.

La permeabilità dei depositi quaternari viene descritta in funzione delle caratteristiche granulometriche (Francani, 1987):

Ghiaie e sabbie: si tratta di depositi di origine fluviale (Olocene) e fluvioglaciale (Fluvioglaciale Würm Autoctono). Le ghiaie e le sabbie contengono anche lenti limose ed occupano in genere i fondovalle pedemontani (dove possono essere misti a depositi glaciali, detritici, lacustri e di frana) e la zona di pianura (dove la granulometria dei sedimenti da nord verso sud passa da ghiaie ai limi ed alle argille). Questi terreni contengono importanti acquiferi distinguibili in falde libere, artesiane e semiartesiane utilizzate a scopo potabile, agricolo e industriale. La trasmissività raggiunge anche valori di  $10^{-1} \div 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s. Il coefficiente di permeabilità K risulta superiore a  $10^{-4} \div 10^{-3}$  m/s.

Sabbie e ghiaie con limi: si trovano nel settore dell'alta pianura a contatto con gli anfiteatri morenici. Elemento caratteristico è la presenza in superficie di un suolo argilloso - limoso rossastro (Ferretto) che può raggiungere oltre 10 m di spessore (Fluvioglaciale Mindel Autoctono) o rosso-giallastro (Loess) di spessore 2÷5 m (Fluvioglaciale Riss Autoctono). I livelli ghiaiosi e sabbiosi possono contenere piccole falde sospese di ridotta potenzialità.

Limi e argille con sabbie, ciottoli e massi: si tratta di depositi glaciali riferibili al Morenico Würm, Riss e Mindel Autoctono. La caratteristica litologica di questa unità è la mancanza di selezione del materiale che la costituisce, in rapporto alle dimensioni, per cui si possono trovare massi e ciottoli immersi in una matrice sabbioso-limosa e/o argillosa. I suoli che ricoprono questi depositi sono assimilabili a quelli dei depositi fluvioglaciali. Gli acquiferi sono pertanto modesti, con trasmissività inferiore a  $10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s e le falde in essi contenute sono poco importanti. Indicativamente il coefficiente di permeabilità K varia tra  $10^{-6}$  e  $10^{-4}$  m/s .

I depositi del primo acquifero ricevono direttamente l'alimentazione dalle piogge, dai corsi d'acqua e dalle irrigazioni, e, a loro volta, alimentano parzialmente alcune delle falde semiconfinatate .

Le importanti variazioni di livello subite dalla falda freatica nella città di Milano e nel suo hinterland, sono in parte collegabili all'andamento del regime pluviometrico, ma in prevalenza all'evoluzione che il prelievo idrico di acque sotterranee ha subito negli anni.

Infatti, mentre fino agli anni '70 del secolo scorso si assisteva a un progressivo e sensibile abbassamento della superficie piezometrica, a seguito dei sempre maggiori prelievi ad uso industriale, in questi ultimi anni si è verificato un progressivo re-innalzamento della superficie piezometrica, determinato sia dalla forte riduzione dell'emungimento, conseguente a una drastica riduzione delle attività industriali, sia dal contributo non indifferente dell'incremento di irrigazione.

#### 4.1 CARATTERISTICHE PIEZOMETRICHE

I livelli di falda nel milanese e più in generale in Lombardia hanno subito un decremento consistente e continuo tra il 1955 ed i primi anni '70, periodo in cui sono stati raggiunti i valori minimi (Fig. 11 e 12). Successivamente si è osservata una nuova tendenza all'aumento stabilizzatasi, salvo oscillazioni stagionali, tra il 1980 e il 1990. A partire dal 1990 una nuova ripresa dell'innalzamento del livello in falda ha raggiunto i valori massimi negli anni più recenti.

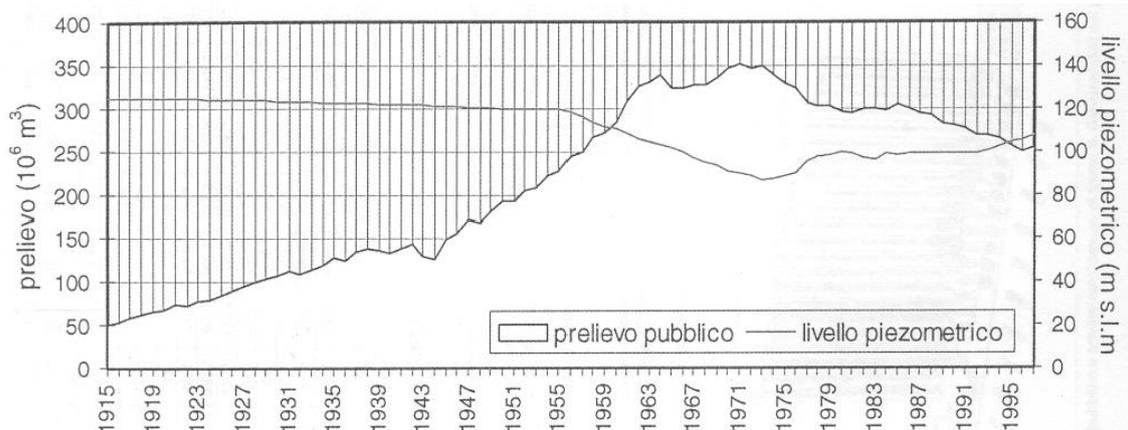


Figura 1 - Andamento storico del livello piezometrico nella città di Milano (Beretta, 1998)

La zona a Nord Nord-ovest di Milano è caratterizzata da una estrema eterogeneità dei depositi di origine fluvioglaciale, che rendono complessa la struttura idrogeologica dell'area.

La rete idrica superficiale alimenta in maniera variabile la falda ed in particolare in funzione della diversa permeabilità dei depositi superficiali e dalla diversa morfologia dei terrazzi. La diffusa presenza di depositi a granulometria fine in superficie, infatti, non permette un'omogenea infiltrazione delle acque, con la conseguente presenza di acquiferi anche sospesi di varia dimensione.

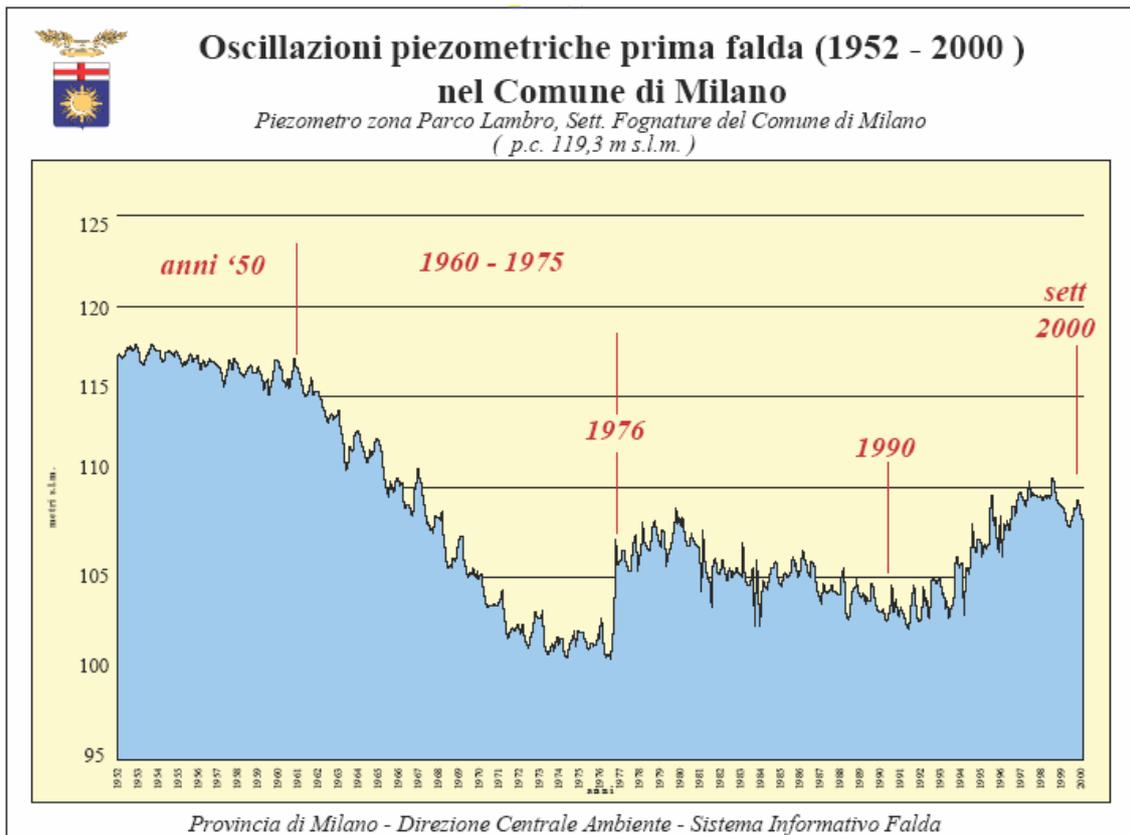


Figura - Andamento storico del livello piezometrico nella città di Milano (Provincia di Milano, Direzione Centrale Ambiente, Servizio Acque Sotterranee e Banca Dati Idriche, SIF)

A livello regionale la soggiacenza della falda diminuisce da nord verso sud ed è influenzata sia dalle variazioni stagionali, che producono oscillazioni anche di alcuni metri, sia dalle più consistenti variazioni a periodo medio - lungo.

A livello locale si ha invece una diminuzione della soggiacenza più marcatamente verso sud e in misura minore in direzione sud-est.

Le soggiacenze massime sono generalmente registrabili nei mesi invernali (novembre-dicembregennaio), mentre le soggiacenze minime sono generalmente registrate nei mesi tardo estivi (agosto e settembre), a conferma della forte influenza dei canali irrigui sui livelli piezometrici.

La Provincia di Milano, nell'ambito dell'attività di monitoraggio quantitativo delle acque sotterranee esegue la misurazione in continuo dei livelli freaticometrici nell'ambito di una serie di piezometri ubicati sull'intero territorio provinciale, pubblica periodicamente l'elaborazione dei dati ed in particolare la cartografia della piezometria e della soggiacenza della falda freatica. Nelle seguenti figure sono riportate le cartografie più recenti pubblicate alla data di rilascio della presente relazione e descrivono l'assetto freaticometrico della falda milanese a marzo e a settembre del 2011 (situazioni rispettivamente di minimo e di massimo annuo piezometrico). Tali informazioni, di difficile lettura alla scala di rappresentazione, sono state riportate sulla carta idrogeologica allegata, consentendo di individuare le caratteristiche locali della falda ed i rapporti con l'infrastruttura in progetto.

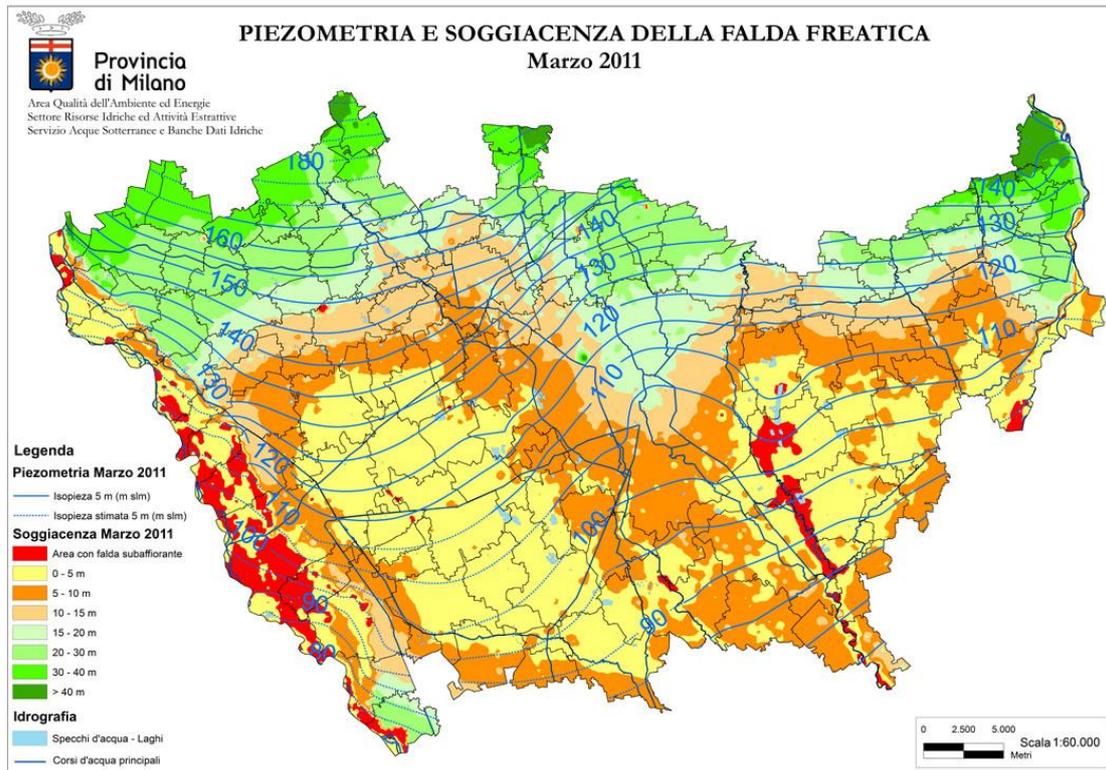


Figura - Piezometria e soggiacenza Marzo 2011 (Provincia di Milano, Servizio Acque Sotterranee e Banca Dati Idriche, SIF)



Figura - Piezometria e soggiacenza Settembre 2011 (Provincia di Milano, Servizio Acque Sotterranee e Banca Dati Idriche, SIF)

Facendo invece riferimento alle misure mensili eseguite nell'ambito dell'attività di monitoraggio dei livelli effettuata dalla Provincia di Milano in corrispondenza dei pozzi e dei piezometri disponibili nei pressi

dell'opera, si evidenziano caratteristiche abbastanza omogenee e coerenti con l'andamento generale sopra descritto.

La seguente tabella riporta le codifiche e l'ubicazione dei pozzi della rete di monitoraggio le cui serie storiche sono state analizzate ai fini del presente lavoro.

Codice pozzo	Comune	Indirizzo	Tipo di utilizzo
150270003	BOLLATE	C.NA NUOVA VIA CARACCIOLO	Pubblico
150270001	BOLLATE	VIA A. DA BOLLATE EX SERBATOIO	Pubblico
151660003	PADERNO DUGNANO	VIA S. MICHELE DEL CARSO	Pubblico
151570002	NOVATE MILANESE	VIA MANZONI II	Pubblico
150860002	CORMANO	VIA SOMALIA	Pubblico
150980004	CUSANO MILANINO	VIA ITALIA II	Pubblico
150980028	CUSANO MILANINO	VIALE PEDRETTI	Pubblico

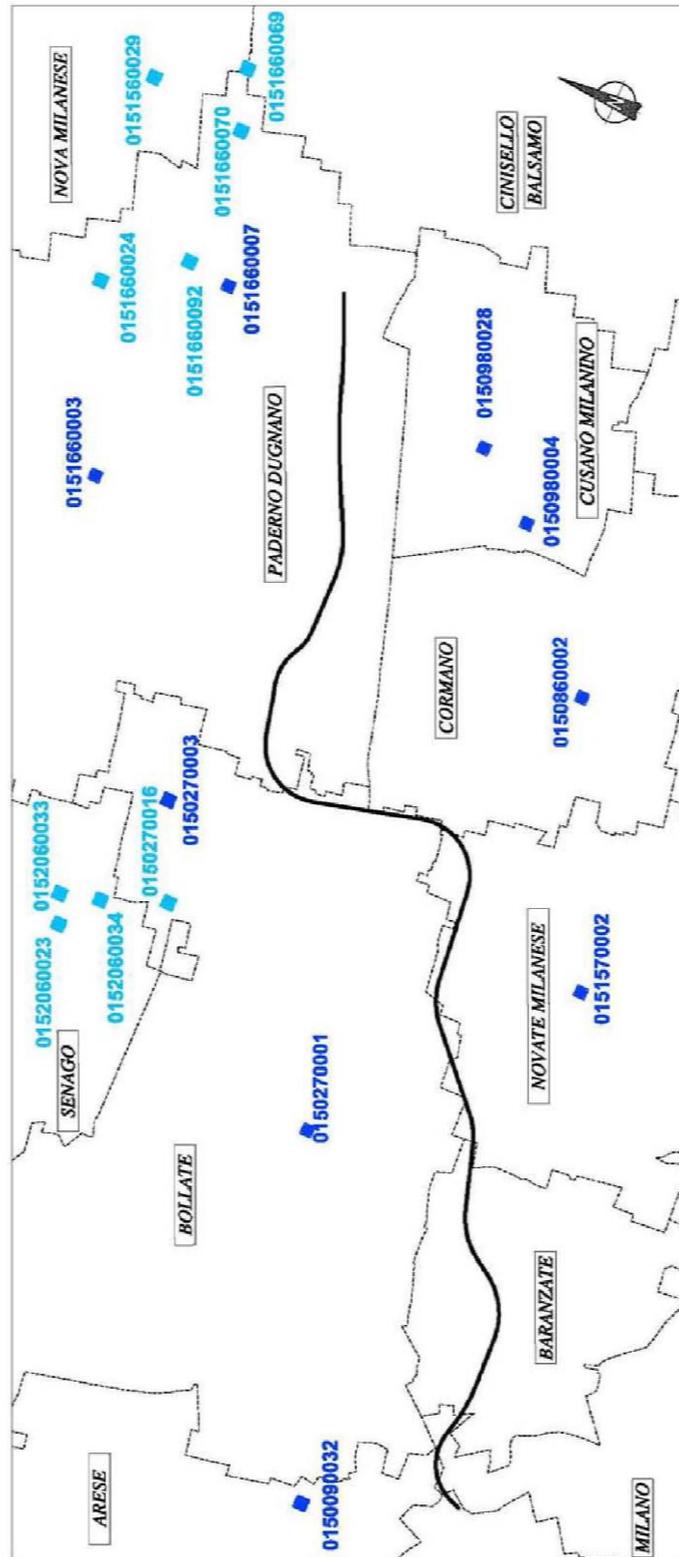
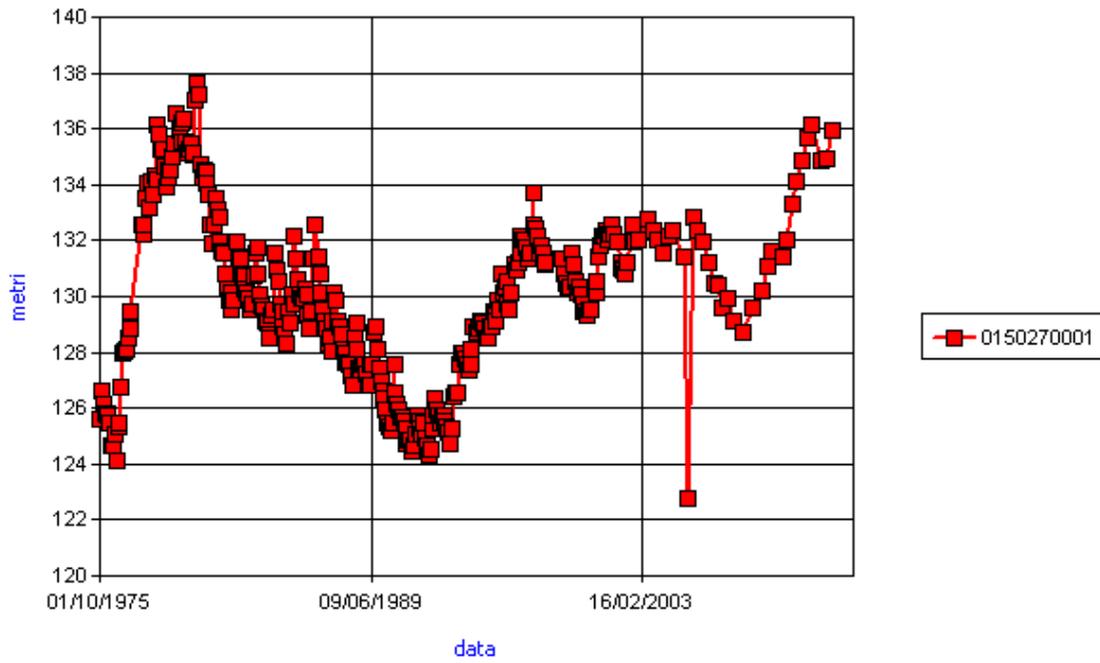
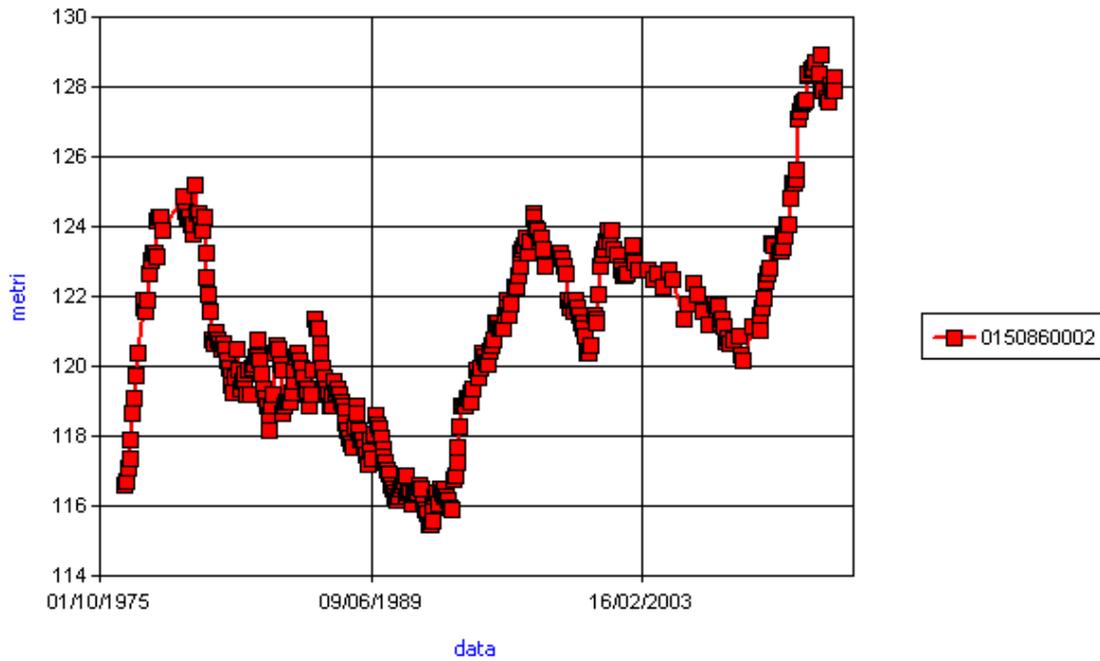


Figura - Ubicazione piezometri (azzurro) e pozzi (blu) appartenenti alla rete di monitoraggio della Provincia di Milano, rispetto all'asse del tracciato

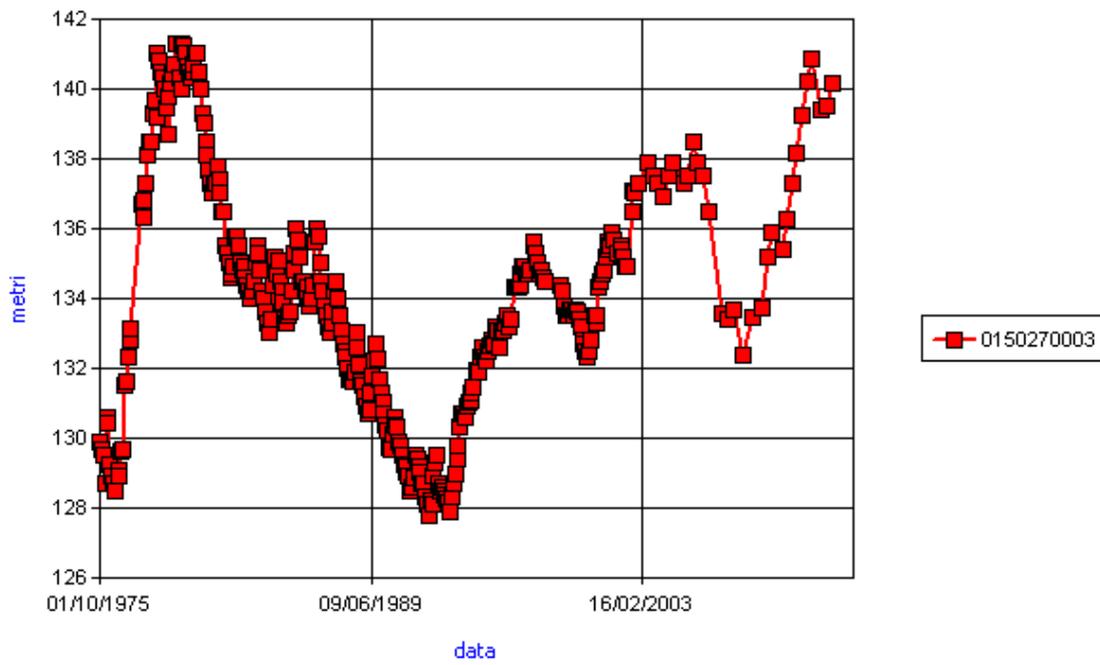
Piezometria



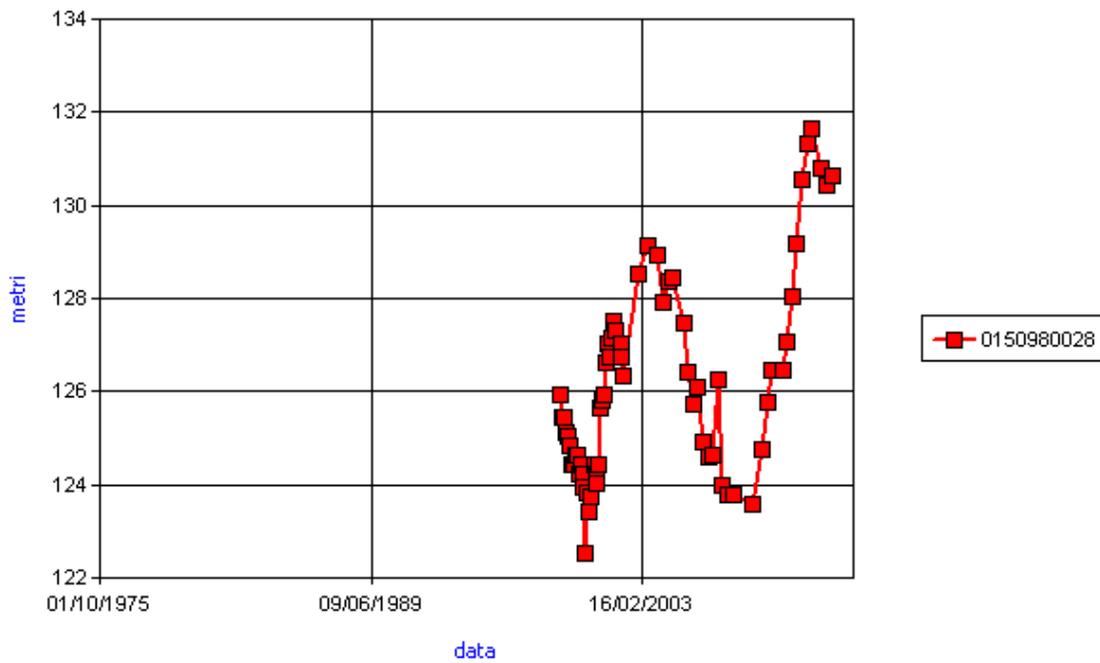
Piezometria



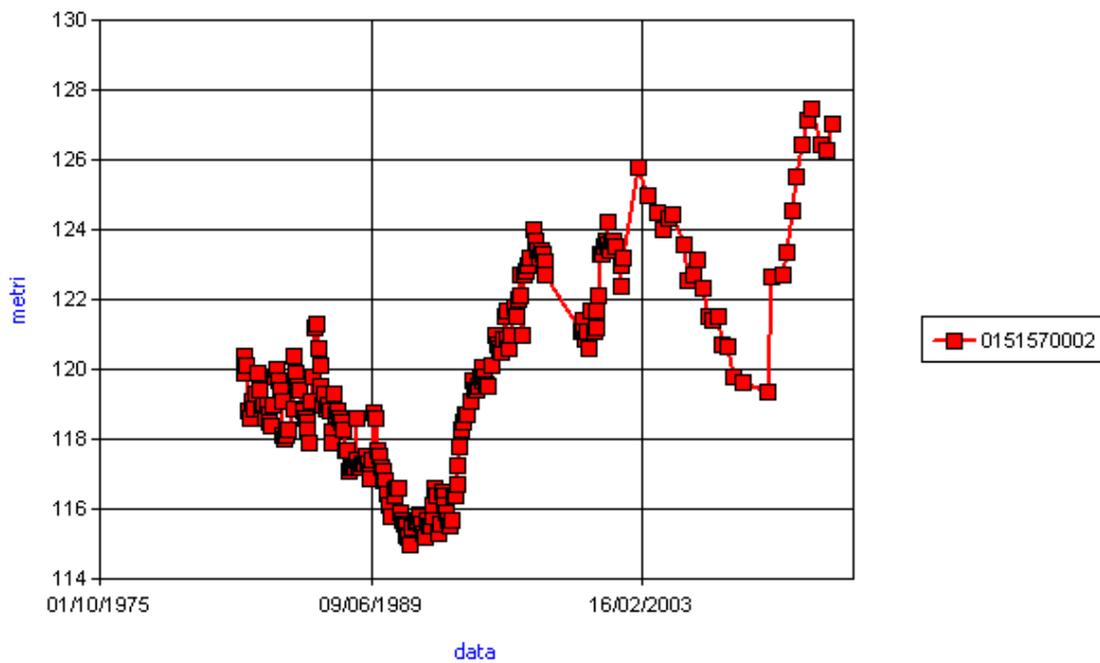
Piezometria



Piezometria



Piezometria



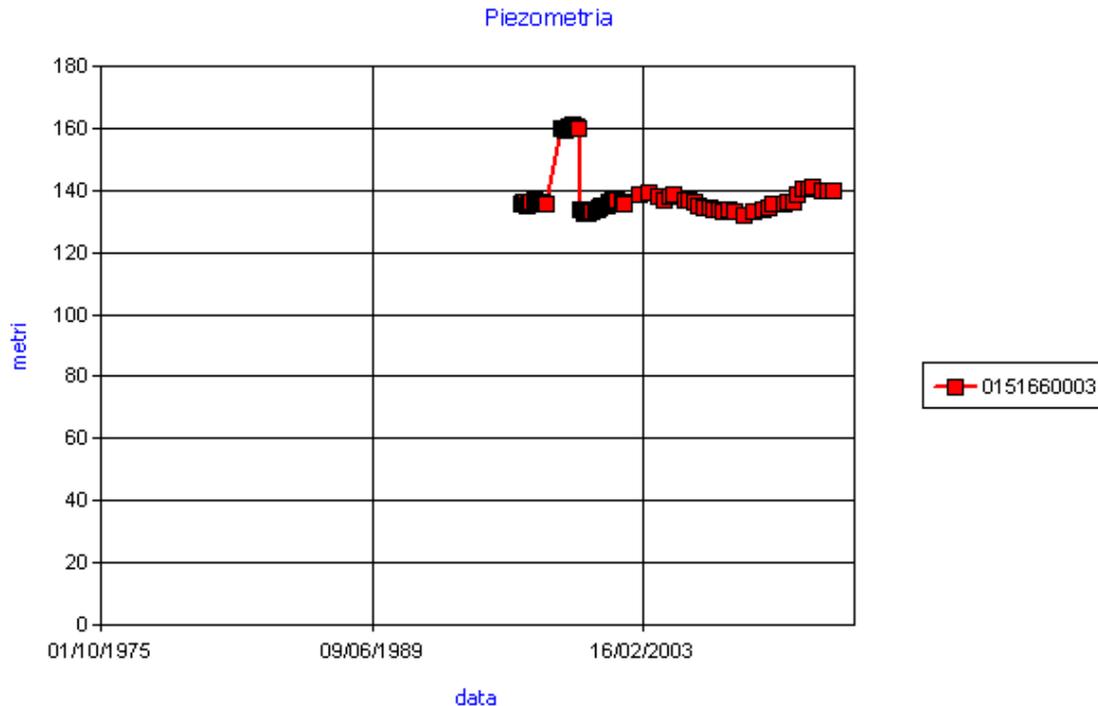


Figura - Dati Monitoraggio serie storiche (Provincia di Milano, Servizio Acque Sotterranee e Banca Dati Idriche, SIF)

Tutti i grafici sopra riportati evidenziano infatti come il picco massimo dei livelli nell'ambito della serie registrata sia in corrispondenza del 2011 (se si eccettua il picco della metà degli anni '70) e come pertanto il periodo attuale possa essere considerato un periodo di "alto" per quanto riguarda l'assetto della superficie freatica.

Al fine di aggiornare l'informazione e per verificare le potenziali interferenze dell'opera in progetto con le acque sotterranee, nell'ambito della campagna di indagine geognostica integrativa effettuata nel periodo luglio – settembre 2013 sono state installate alcune celle piezometriche in corrispondenza dei fori di sondaggio per consentire la misurazione dei livelli.

La seguente tabella rappresenta i risultati dell'attività di monitoraggio dei livelli eseguita all'interno dei piezometri (la cui posizione è riscontrabile nella allegata Carta Idrogeologica) ed i cui dati sono stati utilizzati per la redazione della carta delle isofreatiche riferita al settembre 2013.

Piezometro	quota p.c.	quota assoluta					
		08/08/2013	29/08/2013	04/09/2013	05/09/2013	12/09/2013	16/09/2013
SCC01_PE	150.40	135.40					136.55
SCC02_PE	148.46		135.19		135.09		135.05
SCC03_PE	149.41	149.41		136.13	135.96		134.62
SCC04_PE	149.70	134.20					134.45
SCC05_PE	150.20	136.20			135.48		134.30
SCC06_PE	150.99						134.30
SCC07_PE	157.35					138.73	138.73
SCC08_PE	156.55			135.81			135.47
SCC10_PE	157.72						135.19

Attraverso l'interpolazione delle misure effettuate nei piezometri installati è stata costruita la carta idrogeologica riportata nell'elaborato ed in particolare le curve isopiezometriche con equidistanza di 1 m.

La sovrapposizione delle isofreatiche relative al settembre 2011 sulla Carta Idrogeologica allegata permette quindi di osservare da un lato che i livelli appaiono coerenti solo nel settore orientale del territorio interessato dall'infrastruttura in progetto, mentre in corrispondenza dell'estremo occidentale emergono differenze consistenti sia per quanto riguarda la quota piezometrica sia per quanto riguarda l'orientazione delle linee di deflusso. I livelli in particolare, risultano attualmente superiori anche di 3 – 4 metri, mentre la direzione di deflusso appare attualmente orientata con maggiore decisione verso il quadrante sud orientale rispetto ad una orientazione più meridionale evidenziata dalla carta della provincia.

L'analisi di dettaglio effettuata ha permesso di pertanto di rilevare un'anomalia locale del deflusso idrico sotterraneo, non rilevabile dalla maglia di misura costituente la rete di monitoraggio provinciale.

L'assetto attuale, rappresentativo di una situazione di alto del livello freaticometrico rispetto ad una serie di misurazioni almeno trentennale, è stato confrontato, ai fini della definizione delle sue tendenze evolutive sia con la serie storica riportata nella figura soprariportata, sia con la carta delle isofreatiche del territorio milanese riferita al 1954 realizzata dalla provincia e riportata nella seguente figura. La serie storica dei livelli, infatti non poteva essere utilizzata per definire il livello in corrispondenza dell'area di studio, in quanto essa risulta rilevati in corrispondenza del centro storico della città di Milano, a quote sensibilmente inferiori. Viceversa la serie stessa fornisce un quadro affidabile della tendenza alla variazione dei livelli in corrispondenza dell'intero territorio provinciale e valido pertanto anche per l'area in esame.

La lettura critica dell'andamento dei livelli, conferma quanto riportato dalla letteratura ovvero che fino alla metà degli anni 50 del secolo scorso i prelievi acquedottistici ed industriali determinavano una sostanziale stabilità dei livelli; la forte accelerazione industriale avviata nel dopoguerra ha determinato nel successivo periodo compreso tra il 1960 ed il 1975 un drastico abbassamento dei livelli (circa 15 metri nel centro storico di Milano e probabilmente superiore nell'area di studio). Fino a quel periodo infatti, si era assistito ad un costante aumento della produzione industriale nel suo complesso ed in particolare siderurgica (particolarmente idroesigente) che ha però subito un brusco arresto in conseguenza delle crisi petrolifere di quegli anni. A conferma di quanto affermato può essere riportato quanto affermato nell'ambito del "Working Paper" presentato in occasione dell'audizione pubblica tenuta al Parlamento Europeo di Bruxelles avente per oggetto la Ristrutturazione industriale organizzata dal Comitato per l'Occupazione e gli Affari Sociali e dalla Fondazione Europea per il miglioramento delle condizioni di vita e di lavoro, il 17 Giugno 2003. In esso viene affermato che :

*⇒ le due crisi petrolifere del '74 e del '78, innescano un calo della domanda mondiale che ha come conseguenza il rallentamento della produzione dei settori tradizionalmente utilizzatori di acciaio e quindi del consumo di tale materiale;*

*⇒ si inseriscono nel mercato siderurgico nuovi produttori rappresentati dai PVS (Brasile, Egitto, Corea, Cina, Taiwan, etc.) che, aumentando ulteriormente la produzione eccedentaria di acciaio, contribuiscono al rallentamento dei prezzi di tali prodotti;*

*⇒ a seguito di questi due fenomeni la Commissione Europea - prevedendo una forte eccedenza di capacità produttiva nel settore siderurgico - interviene per ben due volte (nel 1978 con il Piano Davignon e nel 1993 con il Piano Van Miert), istituendo un complesso di regole e di aiuti economici volti ad abbattere tale capacità (30 milioni di tonnellate), favorendo la chiusura degli impianti e la soppressione di circa 50mila posti di lavoro.*

Tale situazione ha comportato una brusca riduzione dell'utilizzo di acque sotterranee industriali che ha innescato un repentino innalzamento dei livelli. Nel ventennio successivo il livello ha continuato a mantenersi sostanzialmente costante (anche se è osservabile un leggero abbassamento complessivo); dalla metà degli anni '90, in conseguenza della progressiva deindustrializzazione e della razionalizzazione degli usi idropotabili il livello ha iniziato nuovamente a risalire e questa tendenza appare confermata anche dai dati più recenti.

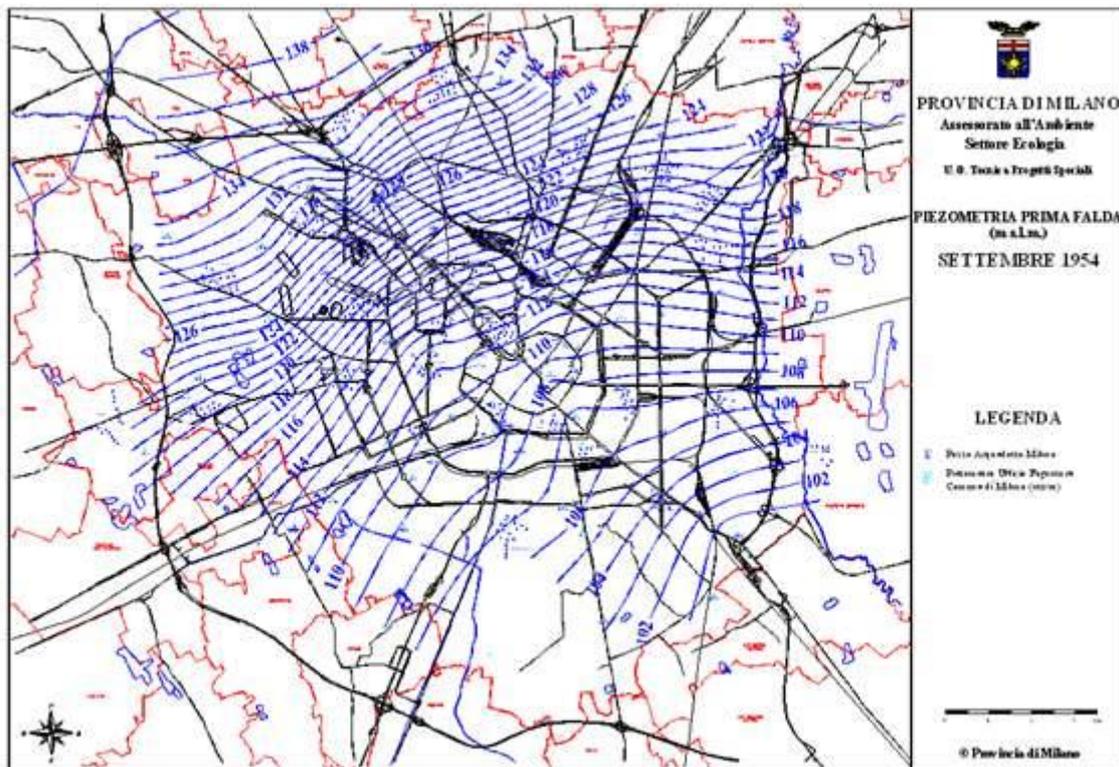


Figura - Piezometria prima falda anno 1954 (Provincia di Milano, Servizio Acque Sotterranee e Banca Dati Idriche, SIF)

La proiezione nel futuro di questa tendenza, ai fini della definizione di un livello di progetto della falda, pone alcune problematiche legate principalmente alle disponibilità di informazioni di dettaglio su serie storiche sufficientemente lunghe.

Per ovviare alla carenza di dati si è pertanto ipotizzato di considerare come livello di progetto quello riportato nella zona di interesse dalla cartografia rappresentata nella precedente figura, definendo rispetto alla posizione dell'infrastruttura di progetto, l'andamento ed il valore delle curve isofreatiche. L'operazione di trasposizione cartografica è stata effettuata nella Carta Idrogeologica allegata e nel profilo in essa contenuto. Pur risultando limitato alla porzione occidentale dell'infrastruttura, il dato riportato consente di definire una quota freaticometrica di riferimento valida per l'anno 1954.

Confrontando tale valore con i corrispondenti rilevabili attualmente (settembre 2013) è stato possibile osservare una differenza positiva di circa 3,5 metri (ovvero nel 1954 il livello di falda era superiore di circa 3,5 metri rispetto all'attuale).

Ipotizzando pertanto che l'assetto freaticometrico riferito al 1954 possa essere considerato come valore di riferimento rappresentativo delle tendenze evolutive della falda, ai fini della definizione del profilo complessivo della falda di progetto lungo l'intero sviluppo dell'infrastruttura ed allo scopo di considerare in termini cautelativi le approssimazioni insite nelle elaborazioni delle curve di livello e nelle trasposizioni cartografiche delle stesse è stato ipotizzato di considerare per il lungo termine una escursione positiva del livello di 5 metri rispetto all'attuale.

Per quanto concerne infine l'esistenza di locali falde sospese, sostenute da lenti di materiali a bassa permeabilità ed alimentate dalle infiltrazioni provenienti dalla superficie (piogge, pratiche irrigue, ecc.) deve essere confermato che, come già riferito nei precedenti paragrafi, le condizioni stratigrafiche risultano localmente favorevoli al loro sviluppo che risulta comunque subordinato alla disponibilità di acque di infiltrazione. La integrale disattivazione dei fontanili nell'area di studio testimonia come lo sviluppo di questo fenomeno risulti attualmente improbabile, soprattutto in conseguenza della radicale ed irreversibile mutazione dell'uso del suolo, passato da agricolo ad urbano.

Non potendo in ogni caso escludere a priori la possibilità che nel futuro le attuali condizioni possano subire modificazioni anche sostanziali, si ritiene comunque che la presenza delle falde sospese in

corrispondenza del tratto in trincea dell'infrastruttura debba essere attentamente considerata ai fini del progetto, provvedendo in particolare a definire ed a dimensionare gli interventi funzionali al drenaggio e a valutare le caratteristiche dei fronti di scavo ai fini del mantenimento nel tempo della loro stabilità.

## 4.2 Studio delle influenze delle opere sul deflusso della falda

Per completezza di trattazione, si riportano di seguito le risultanze dello studio delle influenze sul deflusso della falda determinate dalla realizzazione delle opere autostradali adiacenti all'opera in progetto, rilevando altresì che gli interventi relativi alle nuove opere in argomento non alterano tale quadro di analisi.

Lo studio delle influenze sul deflusso della falda determinate dalla realizzazione delle opere, è stato effettuato implementando un modello numerico di simulazione basato sul codice di calcolo MODFLOW (utilizzando l'interfaccia freeware "Processing Modflow 5.3.3").

Le condizioni al contorno della simulazione possono essere sintetizzate come segue:

- modello del terreno derivato dalla CTR Regione Lombardia 1:10.000;
- acquifero monostrato con coeff. di permeabilità pari a  $3 \cdot 10^{-5}$  m/s;
- base dell'acquifero a 110 m s.m. in corrispondenza dell'acquitrando argilloso;
- superficie piezometrica di progetto (piezometria sett. 2013 + 5 metri).

Ai fini della simulazione degli effetti delle opere di fondazione profonde, è stato inserita, in corrispondenza dell'asse dell'infrastruttura una barriera impermeabile (ipotizzando che i pali di fondazione affiancati determinino una assoluta impermeabilità) tra le progressive 6+175 e 6+700 (525 m) del Lotto 2 della riqualifica della SP46, comprendendo anche il tratto tra le progressive 0+000 e 0+100 (100 m) del Lotto 3 della riqualifica della SP46.

Sono state inoltre considerate le seguenti caratteristiche di dettaglio:

- primo tratto della lunghezza di 100 metri con infissione fino a quota 123.5 m s.m. (Lotto 3 della riqualifica della SP46)
- finestra di ampiezza 50 metri in corrispondenza del monolite ferroviario (a confine tra Lotto 2 e Lotto 3 della riqualifica della SP46);
- secondo tratto verso est (Lotto 2 della riqualifica della SP46) di lunghezza pari a 525 m con infissione a quota 131.5.

I risultati delle simulazioni, riportati nelle seguenti figure 18, 19 e 20, evidenziano che l'effetto della barriera costituita dall'insieme delle opere e delle strutture profonde di fondazione determinano un limitato effetto sulle condizioni di deflusso, in termini di deformazione delle linee equipotenziali e di variazione assoluta dei livelli di falda.

In corrispondenza della barriera di permeabilità rappresentata dalle opere del lotto 2, a est del monolite ferroviario, si osserva in particolare un innalzamento dei livelli di 0,18 metri, ed un conseguente abbassamento a valle di 0,16 metri.

Un effetto del tutto analogo si osserva in corrispondenza del tratto di barriera presente all'inizio del lotto 3 della riqualifica della SP46, immediatamente ad ovest del monolite ferroviario, dove il valore di innalzamento (sempre nell'ordine dei 0,18 metri) equivale esattamente all'innalzamento a valle.

L'estensione complessiva degli effetti, sia a monte che a valle della barriera di permeabilità si esaurisce ad una distanza di circa 500 metri sia a monte che a valle delle opere, riducendosi al 10% circa del valore massimo (circa 2 cm). A tale scopo deve essere inoltre precisato che dal momento che l'entità della variazione complessiva dei livelli è molto limitata in termini assoluti, la ricostruzione effettuata attraverso il modello mantiene un valore sostanzialmente teorico e gli effetti reali sul deflusso della falda potranno essere verificati solo nelle immediate vicinanze delle opere. A distanze maggiori, infatti, risulteranno prevalenti gli effetti locali legati alla variazione delle condizioni di permeabilità, alla profondità del substrato impermeabile nonché alla presenza di pozzi di prelievo ecc.

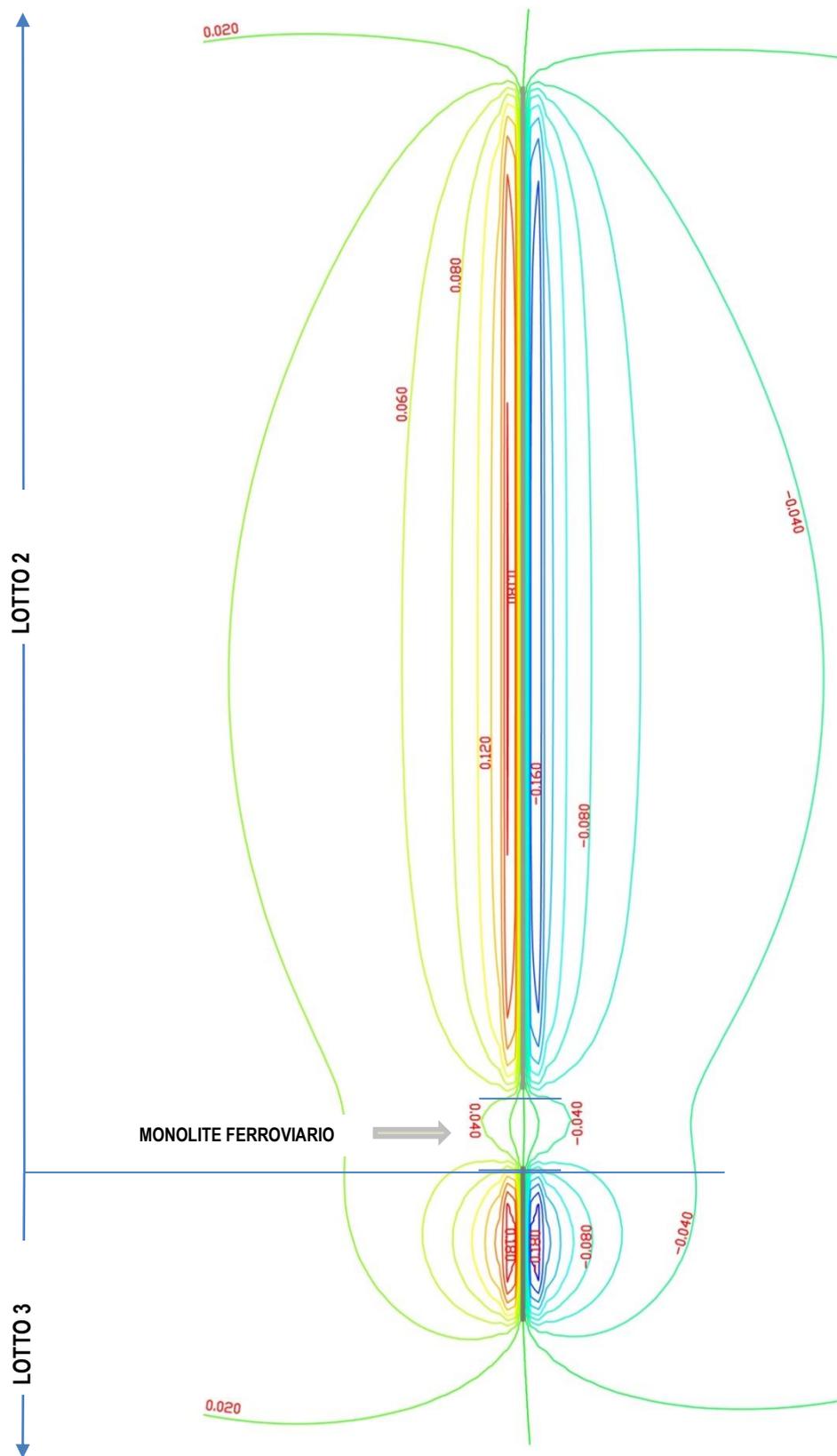


Figura 2 - Planimetria schematica di rappresentazione dei risultati dell'applicazione del modello di simulazione (variazione isofreatiche con equidistanza 2 cm)

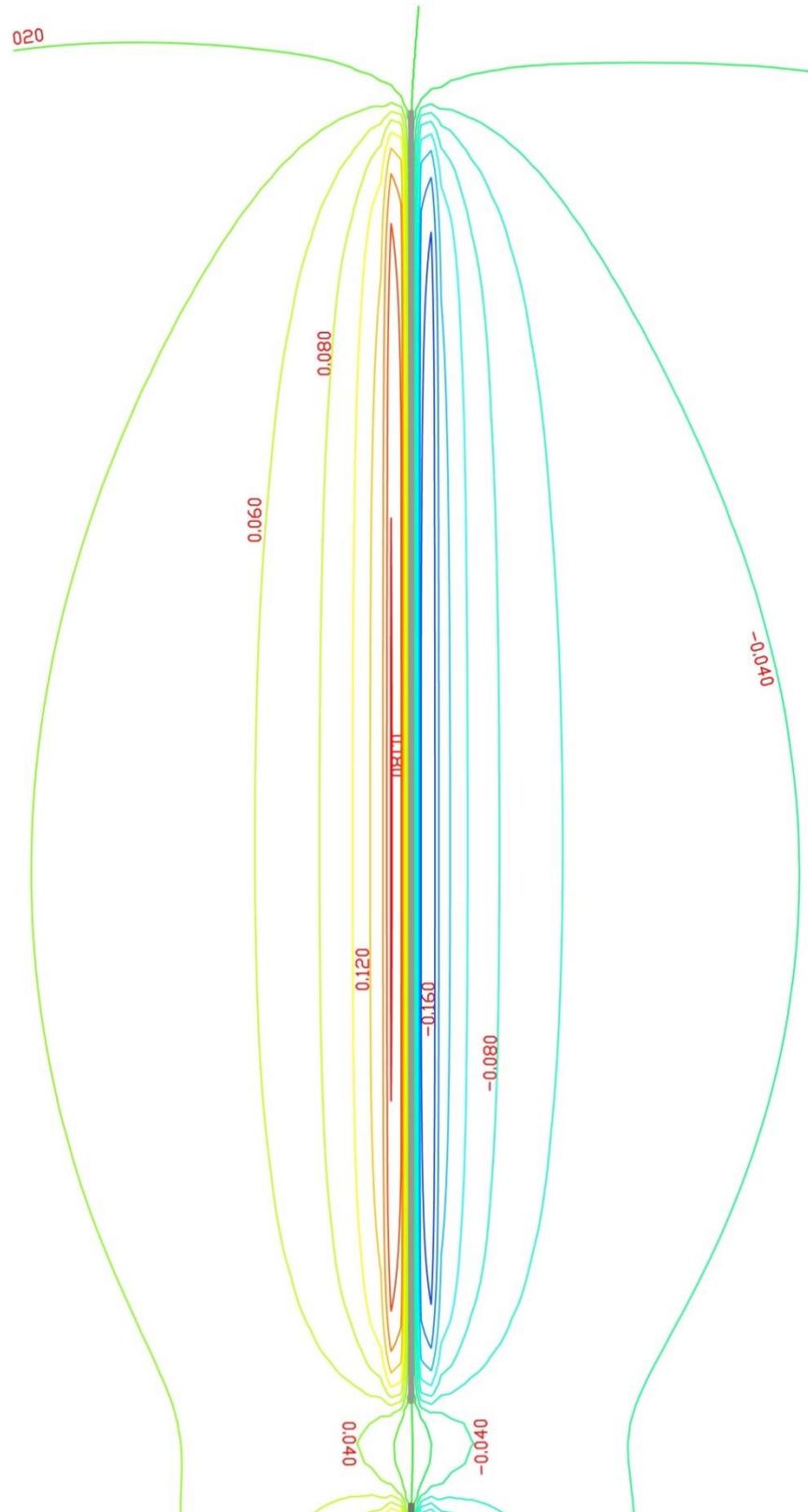


Figura 3 - Dettaglio planimetrico dei risultati dell'applicazione del modello di simulazione in corrispondenza del Lotto 2 a est del monolite ferroviario (variazione isofreatiche con equidistanza 2 cm)

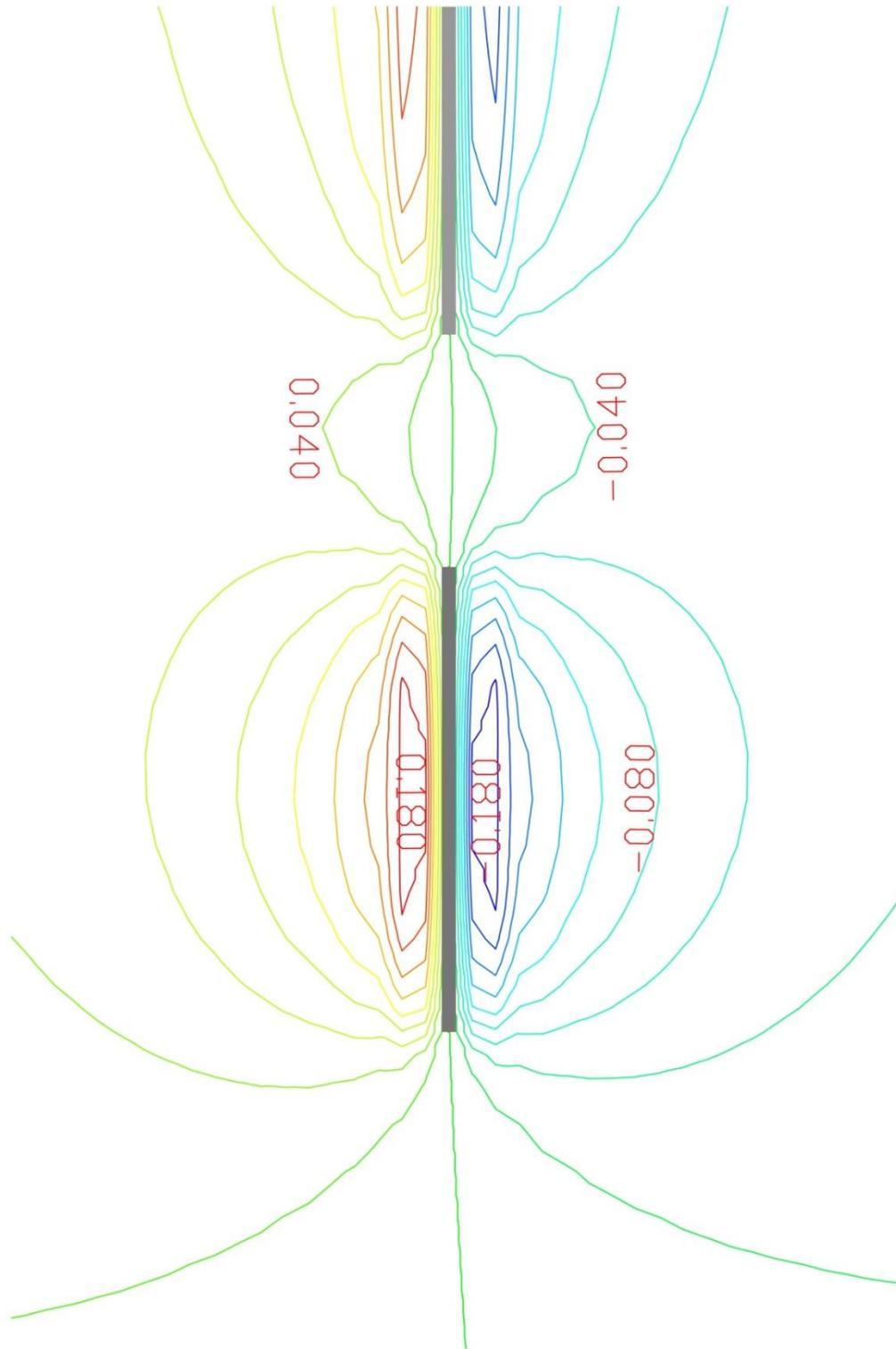


Figura 4 - Dettaglio planimetrico dei risultati dell'applicazione del modello di simulazione in corrispondenza del Lotto 3, a ovest della finestra del monolite ferroviario (variazione isofreatiche con equidistanza 2 cm)

### 4.3 Falda di riferimento

Allo scopo di verificare la corrispondenza del livello della falda di riferimento nel tratto di raccordo tra il Lotto 2 ed il Lotto 3 della riqualifica della SP46, sono stati posti a confronto i risultati degli studi idrogeologici contenuti nei rispettivi progetti.

Per quanto riguarda, in particolare, la rappresentazione della freaticimetria attuale (novembre 2013) si nota una sostanziale conformità delle descrizioni effettuate, sia in termini di livelli assoluti, sia in termini di morfologia della superficie della falda.

I modelli matematici implementati a supporto delle analisi freaticimetriche descrivono domini di calcolo differenti: il modello matematico relativo al Lotto 3 copre il tratto tra la progr. km 0+247,32 (L3) e la progr. km 2+152,32 (L3), mentre il modello matematico della falda implementato per il Lotto 2 è esteso tra lo svincolo di Bollate (progr. km 4+500 del Lotto 2) e circa lo svincolo di Baranzate (progr. km 0+900 del Lotto 3). Nonostante i domini differenti, la taratura dei due modelli sui valori piezometrici misurati conduce a risultati del tutto congruenti.

In relazione alla definizione del livello della falda di riferimento si è invece osservata una difformità nella metodologia adottata la quale, tuttavia, non ha determinato differenze sostanziali nei risultati conseguiti.

Occorre pertanto fare alcune considerazioni riguardanti la falda nel tratto di confine tra il Lotto 3 ed il Lotto 2.

Durante l'ultima campagna piezometrica (Novembre 2013) oltre alle misure all'interno dell'RM8 e dell'RM10 è stato rilevato anche il livello piezometrico all'interno del sondaggio SCC01 posto al confine tra il Lotto 3 di competenza ASPI ed il Lotto 2 di competenza MILANO SERRAVALLE. Il livello piezometrico misurato è pari a 135,22 m s.l.m. La ricostruzione della falda attuale mediante i modelli matematici restituisce in prossimità della zona di confine con il Lotto 2 (contorno est del modello) un valore del carico piezometrico pari a 135,26 m s.l.m., praticamente coincidente con quanto effettivamente misurato.

Relativamente all'approccio del lotto ASPI, la ricostruzione della falda 2011 (falda di base assunta nella progettazione del Lotto 3) restituisce invece nel tratto di confine un livello piezometrico pari a 137,00 m s.l.m. Sebbene non sia possibile valutare l'attinenza di tale valore, vista l'assenza di una misura nel 2011 all'interno del foro SCC01 (campagna piezometrica iniziata solo ad Agosto 2013), si ritiene tale valore del tutto plausibile in quanto superiore al massimo livello registrato (Settembre 2013 - 136,55 m s.l.m.), così come sono maggiori i livelli del 2011 rispetto al 2013 nei piezometri RM8 e RM10. Assumendo un franco di progetto di +3 metri rispetto al 2011 (valore di franco definito dall'analisi del trend di crescita degli ultimi anni), il valore della falda a lungo termine per il Lotto 3 (falda considerata per valutare l'effetto delle opere a regime) in corrispondenza del tratto di confine è di 140,00 m s.l.m.

Relativamente al Lotto 2 di competenza MILANO SERRAVALLE, in base alla verifica dell'andamento dei livelli della falda in corrispondenza dei piezometri appartenenti alla rete di monitoraggio della Provincia di Milano e dal confronto tra questi e la freaticimetria rilevata nel mese di settembre 2013, si è verificato come essa rappresenti, localmente nel Lotto 2, il massimo registrato nell'ultimo ventennio. La piezometria del settembre 2013 è stata pertanto assunta come riferimento, determinando, rispetto ad essa, un franco di sicurezza sulla base delle serie storiche disponibili. Esse evidenziano che il dato storico di maggior rilievo ai fini dell'analisi della variazione dei livelli nel territorio milanese è rappresentato dalla serie storica del piezometro situato nel Parco Lambro (monitoraggio attivo dal 1950) e dalle elaborazioni pubblicate dal Servizio Informativo della falda SIF – della Provincia di Milano estese anche all'area di intervento. Esse individuano la freaticimetria dell'anno 1954 come rappresentativa del massimo storico raggiunto. Il confronto tra la freaticimetria attuale e quella del 1954 ha permesso di individuare, tenendo conto di un margine rappresentativo delle imprecisioni cartografiche e di trasposizione delle informazioni, un livello di riferimento superiore di 5 metri rispetto all'attuale che è stato pertanto assunto come livello di progetto a lungo termine, comprendente anche gli effetti di innalzamento determinati dalla realizzazione delle opere di fondazione profonde, la cui influenza, secondo le modellazioni condotte, è pari a circa 20-30 cm.

In conclusione, fermo restando che i modelli implementati per i due lotti sono perfettamente concordi e danno risultati praticamente coincidenti nella ricostruzione della falda attuale, l'approccio differente per la valutazione del franco porta ad una differenza della falda a lungo termine di circa 1,20 metri. Si è quindi deciso di adottare per la scelta delle tipologie, il dimensionamento e le verifiche strutturali e geotecniche delle opere, un profilo della falda comune per i due lotti, definito come falda di riferimento, che raccordi nell'intorno del punto di allaccio dei due lotti le diverse assunzioni fatte nei due progetti, e che tenga conto anche del disturbo indotto dalle opere in esercizio.

Il profilo della falda di riferimento rappresentato nella tavola relativa al profilo di progetto stradale è allegata al progetto.

## 5 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di ricostruire la stratigrafia e le caratteristiche del materiale presente nel sottosuolo della zona di progetto, viste le tipologie dei depositi è risultato indispensabile utilizzare dati provenienti da sondaggi geognostici.

A tal fine è stata effettuata una ricerca presso gli Enti pubblici che si occupano della raccolta di stratigrafie (Provincia, Comuni) e sono state in tal modo recuperate le stratigrafie di 57 pozzi, tra pubblici e privati, e 15 sondaggi geognostici relativi alle aree limitrofe a quella d'interesse. In particolare per la redazione della planimetria e del profilo geologico sono state utilizzate le risultanze (allegate alla presente relazione) di n° 3 sondaggi geognostici realizzati per la progettazione del nuovo svincolo della A8 Rho-Fiera (estremo ovest della viabilità in progetto) e di n° 4 sondaggi geognostici eseguiti per la progettazione dell'interconnessione con la tangenziale Nord (estremo est della viabilità in progetto).

La documentazione bibliografica consiste spesso in stratigrafie di difficile interpretazione in quanto derivate da pozzi molto vecchi scavati per lo più a distruzione (la ricostruzione granulometrica deriva da analisi di cutting e/o fanghi) e le descrizioni del materiale sono risultate sommarie, in particolar modo per gli strati più superficiali e significativi ai fini della progettazione risultano prive di quegli elementi indispensabili per effettuare una inequivocabile attribuzione alle unità geologiche (fuso granulometrico, colore ed alterazione dei granuli); frequentemente non risultano corredate di prove geotecniche (esempio SPT).

Tali stratigrafie si sono comunque rivelate utili per ricostruire verosimilmente l'assetto del sottosuolo, in quanto è stato comunque possibile riconoscere depositi prevalentemente ghiaioso - sabbiosi e limoso - argillosi, individuando altresì orizzonti conglomeratici profondi.

Per l'illustrazione delle campagne geognostiche utilizzate ai fini del progetto si rimanda alla Relazione Geotecnica e all'elaborato "Indagini geotecniche e prove di laboratorio" con relativi allegati (Allegato A: indagini geognostiche pregresse ovvero: indagini geognostiche di prima fase - Agosto 2008; indagini geognostiche di seconda fase - Settembre 2008; indagini geognostiche integrative alla seconda fase - 2010; indagini geognostiche integrative per la fase di gara - 2011; indagini geognostiche integrative - 2013).

## 6 REDAZIONE DELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA

Sulla base dei dati bibliografici e dei sopralluoghi è stato possibile ricostruire una carta geologica e geomorfologica alla scala 1:5000, con relativo profilo longitudinale tale da definire le unità presenti lungo il tracciato; il tutto in analogia alle suddivisioni adottate nell'ambito della carta geologica nazionale alla scala

1:100.000 (Foglio Milano). La distinzione utilizzata dagli autori per distinguere le differenti unità non tiene conto di criteri puramente litologici, infatti i depositi sono riconducibili ad eventi deposizionali geneticamente assimilabili, ma differiti nel tempo e quindi tutte le unità presentano caratteristiche granulometriche simili e si differenziano fra loro in base a criteri prevalentemente geometrici (sovrapposizione reciproca). Analogamente non è applicabile un criterio di tipo paleontologico a causa della scarsità di fossili ed al loro rimaneggiamento. Viceversa la distinzione dei corpi geologici è stata affidata a fattori bili in sito quali la morfologia (terrazzi, salti e ribassi morfologici, ecc.) ed il grado d'alterazione (colore), quest'ultima evidenza è ancora riscontrabile osservando spaccati antropici di una vecchia cava posta all'estremo nord est dell'area di interesse (Parco delle Groane).

I più recenti studi geologico - geomorfologici (progetto CARG della Regione Lombardia) stanno cercando di superare le vecchie suddivisioni in Mindel – Riss – Wurm (nate per zone Oltralpe) per adottare un differente metodo di classificazione; i nuovi criteri di suddivisione sono basati su alloformazioni.

Il North American Stratigraphic Code definisce un'unità allostratigrafica come un corpo di rocce cartografabile, che differiscono dalle unità sottostanti e soprastanti semplicemente per il fatto di essere separate da esse mediante superfici di discontinuità; l'alloformazione comprende i sedimenti appartenenti ad un determinato evento deposizionale. La gerarchizzazione di queste unità è la seguente: allogruppo, alloformazione e allomembro.

In una unità allostratigrafica le caratteristiche interne (litologiche, tessiturali, fisiche, chimiche, paleontologiche, ecc.) possono variare sia lateralmente, sia verticalmente e pertanto non appare un criterio particolarmente utile a risolvere questioni di carattere tecnico - ingegneristico.

I limiti delle unità allostratigrafiche sono costituiti da superfici di discontinuità cartografabili, ivi compresa l'attuale superficie topografica. I limiti delle alloformazioni sono rappresentati da superfici di discontinuità corrispondenti a lacune stratigrafiche (per erosione o mancata sedimentazione) di estensione cronologica ed areale significativa.

L'interpretazione genetica, la storia geologica e l'età sono criteri che non possono essere utilizzati per definire un'unità allostratigrafica, ma possono però influenzare l'identificazione dei limiti. Suoli e paleosuoli non entrano direttamente nella definizione di unità allostratigrafiche, ma i caratteri dell'alterazione, i suoli e i paleosuoli possono concorrere a identificare le superfici che delimitano l'unità.

Dato che un'unità allostratigrafica è un corpo reale di sedimenti, essa è svincolata dai concetti di tempo abitualmente in uso in ambito geologico. Infatti le superfici limite delle unità non sono mai isocrone ossia non si sono formate nello stesso istante, ma sono più giovani, in genere a monte del bacino, e più vecchie a valle. Per questi motivi un'unità allostratigrafica non può essere attribuita ad un intervallo tempo definito.

Considerando che studi CARG relativi alla zona in esame sono tuttora in corso e che, fermo restando il loro significato scientifico, il valore aggiunto dei criteri da esso adottati appare modesto in riferimento alle tematiche squisitamente applicative, si è deciso di continuare con le suddivisioni tradizionali. In particolare nel profilo geologico sono stati distinti, all'interno delle Unità principali, terreni prevalentemente ghiaioso - sabbiosi da terreni con limi e argille prevalenti, introducendo così una discriminante di maggiore rilevanza geotecnica.

Sono state quindi distinte e cartografate le seguenti Unità stratigrafiche: Depositi fluvio – glaciali del ciclo wurmiano si tratta di terreni ghiaioso - sabbiosi o sabbioso – limosi ricoperti da suoli prevalentemente argillosi brunastri; sono costituiti da ghiaie con sabbie, sabbie con ghiaie, sabbie limose talora debolmente ghiaiose con sporadici livelli di limo. Questa unità risulta cartografata nella maggior parte dell'area di studio.

Depositi fluvio – glaciali del ciclo rissiano, sono contraddistinti dalla presenza di coperture costituite da suoli di alterazione e/o da depositi loessici, e con clasti spesso alterati ed arenitizzati; possono essere classificati come ghiaie e sabbie con frazione fine scarsa o assente, tipici delle piane alluvionali. Si rinvencono a nord-ovest dell'area d'interesse.

Depositi fluvio – glaciali del ciclo Mindelliano: si tratta di depositi costituiti da ciottoli ben arrotondati immersi in una matrice sabbioso argillosa con colore giallo – rossiccio, caratterizzati da un'alterazione superficiale di colore rosso nota come "Ferretto" e spesso fino a 2÷3 m. Affiorano limitatamente a nord nord-ovest dell'area d'interesse in due distinte lingue; la prima risulta ubicata in corrispondenza dell'abitato di Arese e la seconda interessa la zona meridionale del Parco delle Groane e la zona di Ospiate.

I limiti tra le differenti unità sono stati definiti sulla base di salti morfologici (la cui continuità laterale risulta limitata vista l'elevata antropizzazione dell'area) e degli esigui affioramenti rinvenuti nello spaccato di cava presente nel Parco delle Groane.

Le geometrie proposte per il limite Mindel - Riss e Riss -Wurm rappresentano il frutto di estrapolazioni spesso guidate da semplici dislivelli tra i diversi terrazzi fluvio-glaciali, i quali tendono a diminuire di spessore spostandosi verso sud, riducendosi a blandi salti morfologici al passaggio con la piana wurmiana.

La legenda comprende anche alcuni elementi geomorfologici ed è stata concepita in maniera tale da distinguere i seguenti elementi:

Reticolo idrografico: sono stati riportati i canali naturali, i canali artificiali e i fontanili, desunti dalla cartografia della Provincia e verificati in sito nei settori più prossimi all'opera in progetto; inoltre è stata applicata una suddivisione delle forme fluviali fra elementi superficiali (a giorno) ed elementi tombinati.

Orlo di terrazzo: sono stati rappresentati gli orli dei terrazzi connessi alle morfologie fluvio-glaciali ancora riconoscibili.

Cave: in comune di Bollate nella carta geologica allegata è stata evidenziata una zona di cava inattiva; a Paderno Dugnano a nord del limite d'intervento è stata segnalata la cava Vallette codificata ATEg14 mentre, al confine tra Bollate e Senago circa a nord tracciato è stata segnalata la cava Cassina Nuova ATEg16.

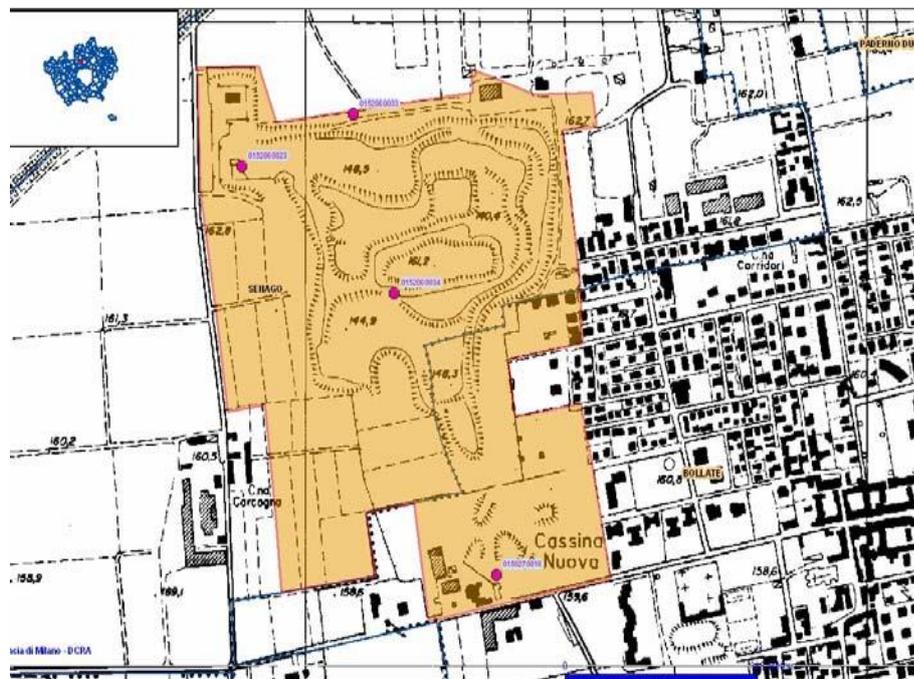


Figura 5 - Cava Cassina Nuova ATEg16

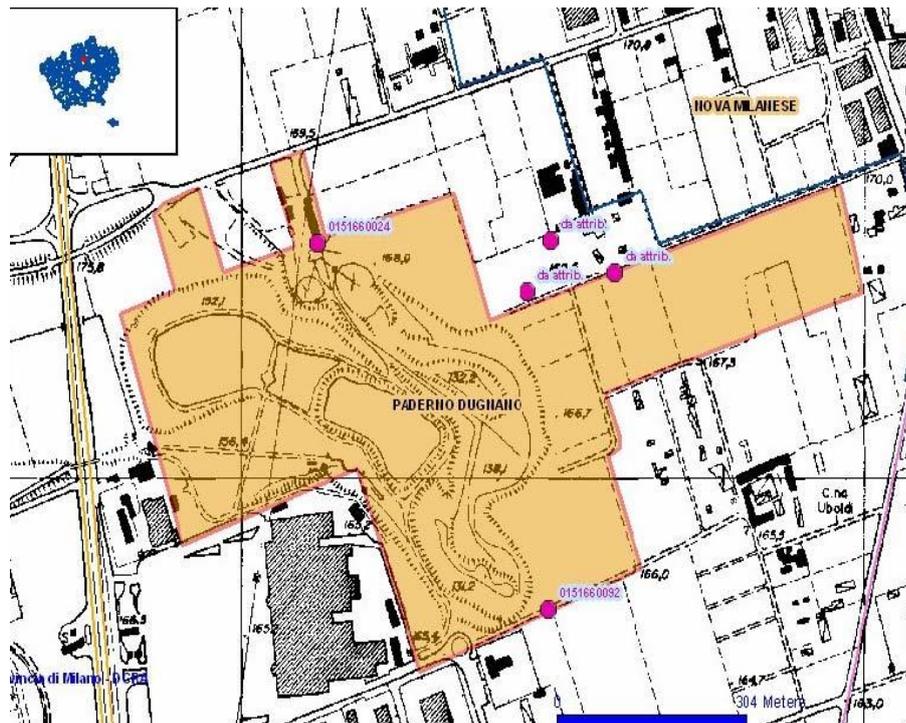


Figura 6 - Cava Vallette ATEg14

Aree di riporto antropico. Sono state distinte in questa classe le forme di origine antropica dovute ad accumulo e riporto di materiali per esigenze stradali. Esse comprendono principalmente i rilevati stradali delle rampe di scavalco della autostrada A8 per il nuovo svincolo di Rho-Fiera ed anche i rilevati presenti in corrispondenza del sovrappasso ferroviario.

Orlo di scarpata antropica. Indica la presenza di rotture di pendio connesse ai coronamenti delle aree interessate da attività estrattiva, a movimenti di terra connessi ad opere di urbanizzazione o vie di comunicazione, nonché connesse alla realizzazione di fontanili.

Nella planimetria geologica allegata sono riportati alcuni elementi a tema idrogeologico quali le linee piezometriche con equidistanza di 5 m e relativo valore in metri da p.c. riferibile a marzo 2008 ed a ottobre 2002; tali andamenti, sono stati forniti dalla Provincia di Milano e dallo studio geologico annesso al Piano Regolatore Comune di Bollate datato ottobre 2003 e concernente il settore di territorio posto più a d ovest. In particolare la piezometria tende a diminuire da nord-ovest a sud-est con valori compresi tra 130 e 120 m (marzo 2008).

Per completezza si citano alcune fonti bibliografiche connesse alla definizione del rischio idrogeologico:

Lo “studio di previsione e prevenzione dei rischi” eseguito a novembre 2002 dalla Provincia di Milano in collaborazione con la Protezione Civile ha definito fasce a diverso rischio idrogeologico quali:

aree di esondazione fluviale documentate a livello comunale dal PCTP;

aree caratterizzate da scarso dislivello tra quota dell'alveo e quota delle piene;

classi di territorio differenziate per numero di esondazioni registrate dal 1850 al 2000.

La cartografia in riferimento all'area afferente al progetto segnala un numero di esondazioni compreso fra 1 e 3 (registrati fra il 1850 ed il 2000).

Inoltre la protezione civile ha redatto una serie di schede monografiche che definiscono situazioni di criticità nei diversi territori comunali del Milanese in caso di esondazioni da parte dei corsi d'acqua naturali (torrenti), elencando i principali danni subiti durante eventi passati e gli elementi vulnerabili (ferrovie, strade, scuole, ospedali, aziende, etc.). In particolare nella fascia territoriale Bollate – Arese, ove sono presenti i Torrenti Guisa, Nirone, Pudiga e Garbogera, soprattutto il Torrente Guisa appare predisposto a

generare criticità, in quanto in passato è esondato nei Comuni limitrofi di Cesate e Garbagnate Milanese; le situazioni critiche sono pertanto da ricercarsi nei restringimenti della sezione fluviale in corrispondenza di ponti, nelle deviazioni dell'alveo ed in corrispondenza dei tombamenti. Lo scarso dislivello degli insediamenti residenziali/industriali rispetto alle quote d'argine rappresenta un ulteriore fattore di rischio.

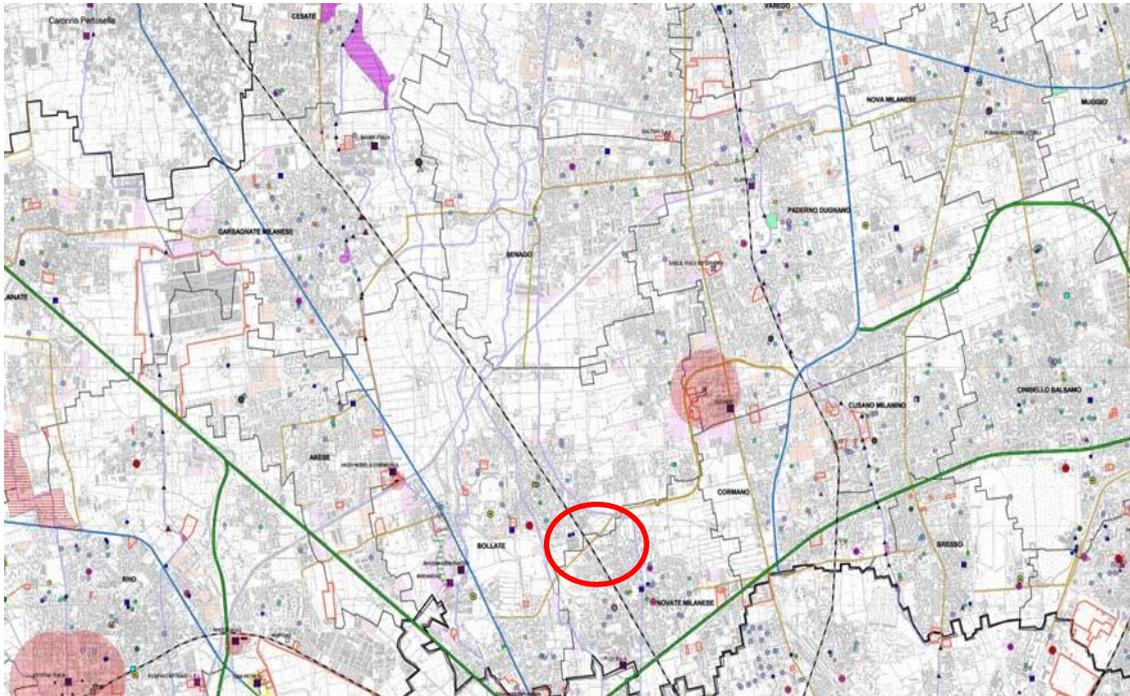
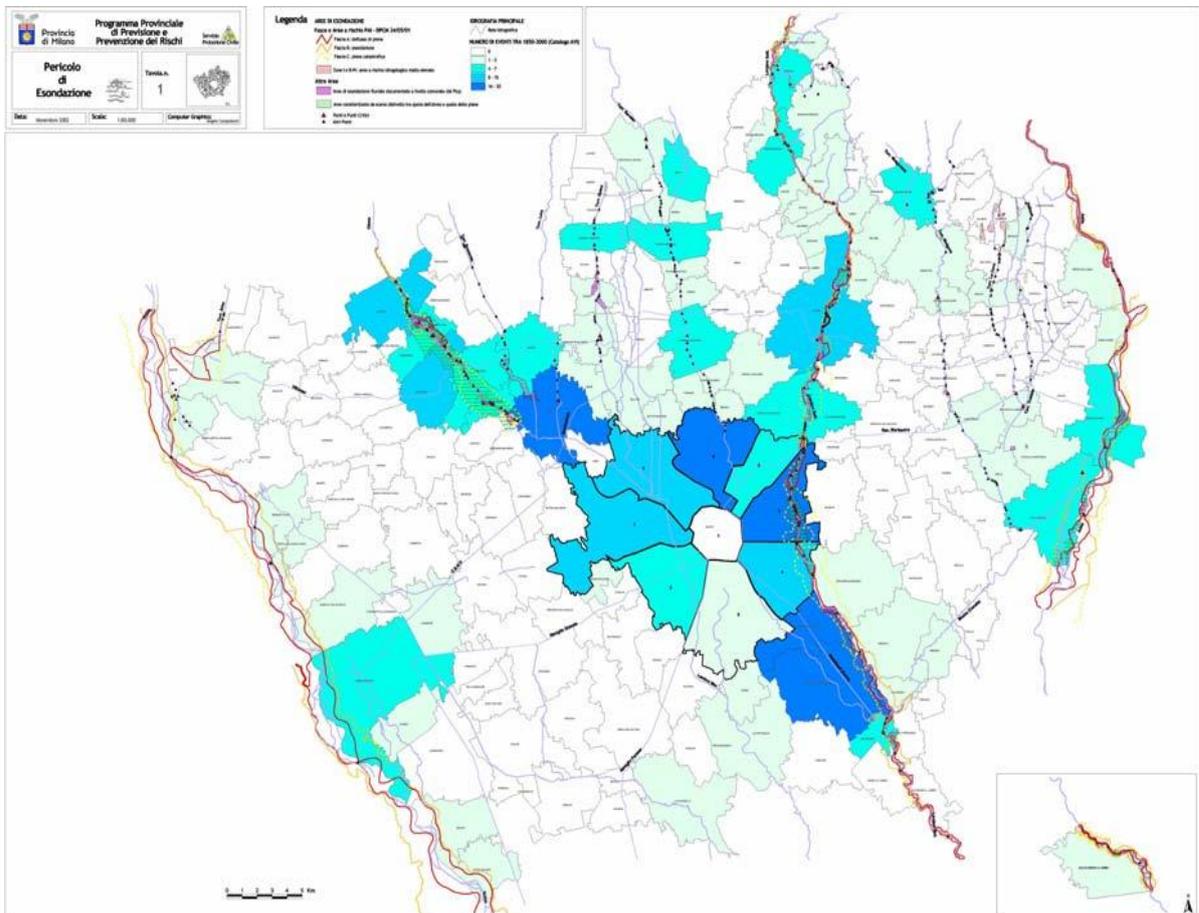


Figura 7 - Mappa delle criticità a scala di dettaglio redatta dalla Protezione Civile



*Figura 8 - Mappa delle criticità a pericolo di esondazione redatta dalla Protezione Civile*

## 7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio delle caratteristiche geologiche del tracciato stradale in progetto ha riguardato in particolare gli aspetti stratigrafici ed idrogeologici, ed ha avuto come principale scopo l'individuazione di eventuali elementi in grado di influire sulle scelte progettuali e più in generale sulla efficienza, sicurezza e durabilità dell'infrastruttura.

Dal punto di vista stratigrafico l'analisi della considerevole mole di informazioni rilevate nel corso delle successive campagne di indagine geognostica eseguite ai fini del progetto della riqualifica della SP46 ha permesso di definire con un buon livello di approfondimento le caratteristiche dell'intero tracciato ed in particolare del volume significativo dei terreni presenti al di sotto ed al contorno di esso.

Sia i terreni di fondazione che quelli oggetto di scavo per la realizzazione dei tratti in trincea sono di natura alluvionale, a giacitura orizzontale e sono caratterizzati in generale da granulometrie grossolane, (classi delle ghiaie e delle sabbie). Uniche modeste anomalie all'interno del quadro delineato, appaiono essere costituite da alcuni livelli, distribuiti a differenti profondità a seconda delle zone, caratterizzati da un significativo contenuto di granulometrie fini (prevalentemente appartenenti alla classe dei limi). Tale caratteristica, se da un lato risulta poco influente dal punto di vista geotecnico complessivo, manifesta una discreta importanza ai fini della individuazione e caratterizzazione di eventuali falde freatiche sospese. Tuttavia nella zona prossima al progetto del nuovo collegamento urbano, sono riconoscibili le tracce di alcuni fontanili, in corrispondenza dei quali, nel passato, venivano captate le acque sotterranee ospitate all'interno delle falde sospese. La potenzialità di sviluppo di tali falde (collegate alla presenza di livelli impermeabili in grado di sostenerle) appare tuttavia non interessare la zona oggetto d'intervento. Tutti i potenziali acquiferi sospesi risultano attualmente privi di acqua ma la loro presenza dovrà essere attentamente considerata nella progettazione delle opere, sia per quanto concerne le esigenze di drenaggio ed allontanamento delle acque, sia dal punto di vista della stabilità dei fronti di scavo.

Particolare rilevanza ai fini della gestione delle terre e rocce da scavo, rivestono sia la presenza di estese coperture di materiali di riporto (soprattutto in corrispondenza dei rilevati stradali esistenti), sia la presenza di coperture di materiali limosi in corrispondenza del tratto in trincea. Tali materiali, così come gli altri terreni di natura coesiva, se utilizzati per la costruzione di rilevati stradali, dovranno essere opportunamente trattati allo scopo di raggiungere le caratteristiche di resistenza richieste per tali usi.

Per quanto riguarda, inoltre, le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero principale, ed in particolare della falda freatica "regionale", si è provveduto sia all'analisi dell'assetto attuale, sia alla valutazione delle sue caratteristiche evolutive. Particolare rilevanza, a tale scopo, hanno avuto sia l'attività di misura dei livelli freatici in corrispondenza dei punti di controllo appositamente installati (piezometri nei fori di sondaggio geognostico) sia l'analisi delle serie storiche dei dati di livello pubblicate dall'Amministrazione Provinciale di Milano. Sulla base di tali informazioni è stato possibile evidenziare come l'assetto attuale sia rappresentativo di un massimo rispetto all'andamento dell'ultimo trentennio e come esso risulti assai prossimo ai massimi rilevati a partire dal 1950 circa. Tale livello, in ragione dell'attuale panorama di utilizzo delle risorse idriche sotterranee e del territorio in generale, si ritiene possa costituire un affidabile riferimento per la definizione del livello freatico raggiungibile a lungo termine e pertanto corrispondente al livello di riferimento per le scelte progettuali (falda di progetto). Allo scopo pertanto di individuare un livello di progetto valido per l'intero tratto di infrastruttura che tenga conto in termini cautelativi sia delle peculiarità idrogeologiche locali, sia delle inevitabili approssimazioni che caratterizzano i dati utilizzati, si è optato per innalzare il profilo piezometrico ricavato dai dati attuali (massimo anno 2013) di 5 metri definendo in tale modo il profilo piezometrico di progetto.

I profili indicati negli elaborati cartografici allegati evidenziano che l'intero tracciato dell'infrastruttura risulta posizionato al di sopra del livello freatico di progetto e che pertanto non si prevede anche nel lungo termine la possibilità che essi possano arrivare ad interferire in modo significativo.

## **8 ALLEGATO 1: CONCESSIONI PER DERIVAZIONE CENSITE**

POZZO	COMUNE	COORD_LAT	COORD_LONG	QUOTA_P.C.	UTILIZZO	DESTINAZIONE	STRATIGRAFIA	FILTRI	NOTE
0150090032	ARESE	5042595	1506861	152	Publicco	Acquedotto	si	38-39; 61,5-70,5	fuori carta - monitoraggio
0152500001	BARANZATE	5041323	1509396	143	Publicco	Acquedotto	si	-	fuori carta (fascia di rispetto visibile in carta)
0152500003	BARANZATE	5043351	1511109	152	Privato	Agricolo/Zootecnico	si	22-30	
0152500004	BARANZATE	5041782	1509571	145	Privato	n/a	si	64-69,4	
0152500005	BARANZATE	5041688	1508756	144	Privato	n/a	si	37,5-42, 64-73	
0152500006	BARANZATE	5041132	1508826	142	Privato	Industriale	no	-	
0152500007	BARANZATE	5041132	1508826	142	Privato	n/a	no	-	
0152500008	BARANZATE	5041519	1508817	144	Privato	n/a	no	-	
0152500009	BARANZATE	5041441	1508412	143	Privato	Industriale	si	11-17; 66,65-66,63	
0152500010	BARANZATE	5041177	1508374	143	Privato	n/a	no	-	
0152500011	BARANZATE	5041338	1508771	143	Privato	n/a	si	63-69	
0152500012	BARANZATE	5041352	1508689	143	Privato	Industriale	si	29,4-33,6; 34,8-48	
0152500014	BARANZATE	5041660	1507879	147	Privato	Industriale	si	6-16; 24-30; 33-37; 50-54	
0152500015	BARANZATE	5041706	1507711	147	Privato	Industriale	si	31-35; 64-76; 84-88	
0152500016	BARANZATE	5041541	1507913	147	Privato	Industriale	no	-	
0152500017	BARANZATE	5041652	1507783	146	Privato	Industriale	si	31-39; 62-66; 70-74	
0152500020	BARANZATE	5041253	1509088	142	Privato	n/a	si	24-47	
0152500024	BARANZATE	5041612	1508309	143	Privato	n/a	si	20-36	
0152500026	BARANZATE	5041323	1509477	143	Publicco	Acquedotto	si	-	fuori carta (fascia di rispetto visibile in carta)
0150270001	BOLLATE	5043610	1509285	152	Publicco	Acquedotto	si	46,05-60,05; 54,75-66,25	fuori carta - monitoraggio
0150270002	BOLLATE	5043487	1509217	152	Publicco	Acquedotto	si	49-66	fuori carta (fascia di rispetto visibile in carta)
0150270003	BOLLATE	5045428	1510988	161	Publicco	Acquedotto	si	38,35-59,95	monitorato
0150270010	BOLLATE	5045409	1511058	161	Publicco	Acquedotto	si	51-65; 80-90; 112,5-114; 120,5-122	
0150270011	BOLLATE	5045633	1511613	161	Privato	n/a	si	33-36; 40-44	
0150270012	BOLLATE	5045586	1511631	161	Privato	Industriale	si	34,2-57,6; 65-69; 84,95-95,34; 2-57,6	
0150270013	BOLLATE	5045621	1511504	161	Privato	Industriale	si	47-65	
0150270016	BOLLATE	5045713	1511371	162	Privato	n/a	si	26-36	monitorato
0150270017	BOLLATE	5045141	1510339	158	Piezometro	-	no	-	
0150270037	BOLLATE	5042941	1508529	149	Privato	n/a	si	23-31; 37-39	
0150270038	BOLLATE	5042913	1508591	149	Privato	Industriale	si	52,5-69,5	
0150270039	BOLLATE	5043071	1508633	150	Privato	Industriale	si	52-58; 65-69	
0150270044	BOLLATE	5042401	1508221	147	Privato	Industriale	si	51,75-64,08; 68,57-72,65; 76,5-82,85; 85,5-89,30	
0150270045	BOLLATE	5042493	1508117	148	Privato	Industriale	si	10-14; 22-31	
0150270046	BOLLATE	5042282	1508002	150	Privato	n/a	si	21-33	
0150270050	BOLLATE	5041969	1509453	146	Privato	Industriale	si	29,3-31; 49,5-51; 56-62; 64,5-68	
0150270080	BOLLATE	5042979	1509562	149	Privato	n/a	no	-	
0150270082	BOLLATE	5044001	1510581	154	Privato	n/a	si	25-29; 32-38; 44-48; 52-64; 81-84	
0150270089	BOLLATE	5043128	1509889	150	Privato	n/a	si	57,50-62,5	
0150270090	BOLLATE	5042899	1509928	150	Privato	n/a	si	61-63; 65-67; 68-72	
0150270091	BOLLATE	5043101	1509829	150	Privato	n/a	si	27,50-44,5; 60,5-69	
0150270092	BOLLATE	5043063	1509869	150	Privato	n/a	si	28-31; 33-42	
0150270103	BOLLATE	5043260	1508748	151	Publicco	Acquedotto	si	45,5-62,5; 65,5-68,5	fuori carta (fascia di rispetto visibile in carta)
0150860001	CORMANO	5042953	1512718	149	Publicco	Acquedotto	si	34,2-49; 50-68	fuori carta (fascia di rispetto visibile in carta)
0150860002	CORMANO	5043086	1512805	149	Publicco	Acquedotto	si	34,15-38,15; 52,2-57,2; 61,2-64,2; 64,2-76,2	fuori carta (fascia di rispetto visibile in carta)
0150860003	CORMANO	5042957	1512760	149	Publicco	Acquedotto	si	54,95-69,06; 71,06-72,09	fuori carta - monitoraggio
0150860026	CORMANO	5044295	1512430	155	Privato	Industriale	si	43,03-52,88; 56,02-66,15; 106,07-112,69; 121,95-126,95	fuori carta (fascia di rispetto visibile in carta)
0150860036	CORMANO	5044241	1512757	154	Publicco	Acquedotto	si	49-45; 50-54; 62-65; 70-75; 4; 93,4-97	
0150860037	CORMANO	5044241	1512757	154	Publicco	Acquedotto	si	54-68,5; 93,5-99,5	
0150860049	CORMANO	5044414	1512316	155	Privato	n/a	no	-	
0150860050	CORMANO	5044317	1512344	155	Privato	n/a	no	-	

POZZO	COMUNE	COORD LAT	COORD LONG	QUOTA P.C.	UTILIZZO	DESTINAZIONE	STRATIGRAFIA	FILTRI	NOTE
0150980004	CUSANO MILANINO	5043930	1513764	150	Pubblico	Acquedotto	no	-	fuori carta - monitorato
0150980015	CUSANO MILANINO	5044890	1514180	157	Privato	n/a	no	-	
0150980027	CUSANO MILANINO	5044410	1514138	155	Pubblico	Acquedotto	si	55-57, 63-76	
0150980028	CUSANO MILANINO	5044416	1514126	152	Pubblico	Acquedotto	si	55-57,5, 67,5-79,5	fuori carta - monitorato
0151462766	MILANO	5045240	1510508	-	Privato	Industriale	no	-	
0151560029	NOVA MILANESE	5047561	1515573	-	Piezometro	-	no	-	fuori carta - monitorato
0151570001	NOVATE MILANESE	5041876	1510280	145	Pubblico	Acquedotto	si	54-64	
0151570002	NOVATE MILANESE	5042261	1510917	146	Pubblico	Acquedotto	si	64-88, 70,14,72,14,74,14,76,14, 88,66-94,66	monitorato
0151570003	NOVATE MILANESE	5041846	1510284	145	Pubblico	Acquedotto	si	31-33, 35-40, 58-68,5	
0151570004	NOVATE MILANESE	5041724	1510233	144	Pubblico	Acquedotto	si	50,50-55, 63-75	fuori carta (fascia di rispetto visibile in carta)
0151570012	NOVATE MILANESE	5042251	1510028	147	Privato	n/a	no	-	
0151570017	NOVATE MILANESE	5041861	1509747	145	Privato	n/a	no	-	
0151570026	NOVATE MILANESE	5042989	1511049	149	Privato	n/a	no	-	
0151570028	NOVATE MILANESE	5042142	1511440	146	Pubblico	Acquedotto	si	90,80-91,8, 95-97, 105,5-108	fuori carta (fascia di rispetto visibile in carta)
0151570071	NOVATE MILANESE	5042774	1511355	148	Privato	Agricolo/Zootecnico	si	35-45	
0151880003	PADERNO DUGNANO	5046810	1512959	168	Pubblico	Acquedotto	no	-	fuori carta - monitorato
0151660007	PADERNO DUGNANO	5046505	1514454	164	Pubblico	Acquedotto	si	41,6-80	monitorato
0151660009	PADERNO DUGNANO	5046466	1514482	163	Pubblico	Acquedotto	si	50-60, 65-78	
0151660012	PADERNO DUGNANO	5045558	1512347	160	Privato	n/a	no	-	
0151660015	PADERNO DUGNANO	5045401	1512007	161	Privato	n/a	no	-	fuori carta - monitorato
0151660024	PADERNO DUGNANO	5047328	1514123	-	Piezometro	-	no	-	
0151660030	PADERNO DUGNANO	5044662	1511928	-	Privato	n/a	si	-	
0151660031	PADERNO DUGNANO	5044744	1511800	158	Privato	Industriale	si	42,6,1-63,63	
0151660032	PADERNO DUGNANO	5044740	1511964	158	Privato	Industriale	si	29,6-37,1,46,1,49,1,56,3-57,69-67,72	
0151660050	PADERNO DUGNANO	5044365	1512234	-	Privato	n/a	no	-	
0151660051	PADERNO DUGNANO	5046188	1514453	162	Privato	n/a	no	-	
0151660052	PADERNO DUGNANO	5044676	1511874	158	Privato	Industriale	si	30-35, 40-60	
0151660055	PADERNO DUGNANO	5045410	1512089	161	Privato	n/a	no	-	
0151660069	PADERNO DUGNANO	5046892	1515890	-	Piezometro	-	no	-	fuori carta - monitorato
0151660070	PADERNO DUGNANO	5046857	1515474	-	Piezometro	-	no	-	fuori carta - monitorato
0151660080	PADERNO DUGNANO	5044814	1511420	158	Privato	n/a	si	41-49, 53-59, 68-70, 84-88, 95-99	
0151660081	PADERNO DUGNANO	5044554	1511616	156	Privato	n/a	si	42,7-46,49-51,72,5-75,78,8-80	
0151660092	PADERNO DUGNANO	5046815	1514492	-	Piezometro	-	no	-	monitorato
0151820113	RHO	5041298	1507352	148	Privato	n/a	no	-	
0151820118	RHO	5041457	1507121	150	Privato	n/a	no	-	
0151820722	RHO	5041203	1507285	147	Privato	n/a	no	-	
0151820723	RHO	5041203	1507285	147	Privato	n/a	no	-	
0151820724	RHO	5041104	1507252	147	Privato	n/a	no	-	
0151820725	RHO	5041104	1507252	147	Privato	n/a	no	-	
0151820741	RHO	5041027	1507398	147	Privato	n/a	si	21,5-24,5,	
0151820742	RHO	5041027	1507398	147	Privato	n/a	si	32-44,68-574,5	
0152060023	SENAGO	5009886	1509886	-	Piezometro	-	no	-	fuori carta - monitorato
0152060033	SENAGO	5045856	1510084	-	Piezometro	-	no	-	fuori carta - monitorato
0152060034	SENAGO	5045578	1510158	-	Piezometro	-	no	-	fuori carta - monitorato