

VASCA DI LAMINAZIONE SUL FIUME SEVESO

Comune di Senago (MI)

PROGETTO PRELIMINARE

MI-E-789

APRILE 2013



	NOME	FIRMA	DATA
REDAZIONE	G. M. Orlandi		
VERIFICA	S. Bianchi		
APPROVAZIONE	M. Spada		

PROFESSIONISTI INCARICATI:

Dott. Ing. GIOVANNI BATTISTA PEDUZZI

Prof. Ing. ALESSANDRO PAOLETTI
Dott. Ing. STEFANO CROCI
Dott. Ing. FILIPPO MALINGEGNO
Dott. Ing. CRISTINA PASSONI

Dott. Geol. MARIO SPADA
Dott. Geol. GIAN MARCO ORLANDI
Dott. Geol. SUSANNA BIANCHI

ETATEC S.R.L.
SOCIETA' DI INGEGNERIA

Via Bassini 23 20133 Milano | tel: +39 02 26681264 - fax +39 02 26681553
etatec@etatec.it - etatec@pec.etatec.it - www.etatec.it

STUDIO PAOLETTI
INGEGNERI ASSOCIATI

Via Bassini 23 20133 Milano | tel: +39 02 26681264 - fax: +39 02 26681553
Studiopaoletti@etatec.it - Studiopaoletti@pec.etatec.it

Studio Associato di Geologia Spada

Via Donizetti 17 24020 Ranica (BG)
tel: +39 035 516090 - +39 035 513738



Sistema Certificato
UNI EN ISO 9001
SC 06-647/EA 3



CONSULENZE SPECIALISTICHE:

ASPETTI PAESAGGISTICI E AMBIENTALI:

Arch. ANDREAS KIPAR
Dott. Agr. GIOVANNI SALA
Arch. LUISA BELLINI
Arch. SHIRLY MANTIN

QUALITA' DELLE ACQUE:

Prof. Dott. VALERIA MEZZANOTTE

LAND Milano Srl

Via Varese 16 20121 Milano
tel: +39 02 806911.1 - fax: +39 02 806911.30 www.landmilano.com
GRUPPO LAND Milano Roma Cagliari Duisburg

Piazzale Aquileia 6 20144 Milano | tel: +39 02 4814701



Landscape
Architecture
Nature
Development

TITOLO

RELAZIONE GEOLOGICA-IDROGEOLOGICA

SCALA

—

Revisioni	1		
	2		
Numero elaborato	TIPOLOGIA PP	COMMESSA 250-21	DOCUMENTO RT
			NUMERO A.4.3

INDICE

1.0 PREMESSE	2
1.1 DOCUMENTAZIONE UTILIZZATA	3
1.2 PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE	4
2.0 ASSETTO GEOMORFOLOGICO	7
3.0 ASSETTO GEOLOGICO	11
3.1 QUADRO GEOLOGICO COMPLESSIVO	11
3.2 SONDAGGI GEOGNOSTICI	14
3.3 ASSETTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO	21
4.0 ASSETTO IDROGEOLOGICO	24
4.1 QUADRO IDROGEOLOGICO COMPLESSIVO	24
4.2 STRUTTURA IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO	27
4.3 PIEZOMETRIA E VARIAZIONI DEI LIVELLI DI FALDA	31
4.4 PERMEABILITA' DEL I ACQUIFERO	36
4.5 POZZI AD USO POTABILE E QUALITA' DELLE ACQUE SOTTERRANEE	38
6.0 CARATTERISTICHE DEI TERRENI DI SCAVO	43
6.1 ANALISI GRANULOMETRICHE E CLASSIFICAZIONE	43
6.2 ANALISI CHIMICHE	46
7.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	49

1.0 PREMESSE

La presente relazione ha lo scopo di illustrare e dettagliare le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del territorio interessato dalla realizzazione della vasca di laminazione del fiume Seveso in Comune di Senago (MI).

La stessa è parte integrante del progetto preliminare, predisposto dallo Scrivente Gruppo di Lavoro, nell'ambito dell'incarico conferito da AIPo relativo a *“Progetto preliminare, studio di pre-fattibilità ambientale e progetto definitivo I lotto funzionale dei lavori di realizzazione della vasca di laminazione sul fiume Seveso in Comune di Senago (MI) – MI-E-789”*.

Tale progetto prevede la realizzazione in Comune di Senago delle opere per la laminazione delle piene del fiume Seveso per un volume di circa 1Mm^3 , laminazione da realizzarsi con delle vasche in scavo rispetto al piano campagna.

Stante la volumetria di acqua da laminare, le vasche hanno dimensioni importanti, sia arealmente che in profondità.

Le caratteristiche geologiche, litologiche ed idrogeologiche delle aree dei lavori hanno grande importanza e possono condizionare in maniera significativa la progettazione e la realizzazione dell'intervento.

Le analisi seguenti fanno riferimento sia alla documentazione disponibile nella letteratura scientifica e presso gli Enti territoriali, sia al programma di indagini geologiche realizzato appositamente per il presente intervento, di seguito dettagliato.

La presente relazione si concentra sugli aspetti geologici, litologici ed idrogeologici; le analisi e le valutazioni a carattere geologico-tecnico e geotecnico sono contenute nella relazione specifica.

1.1 DOCUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per la stesura della presente relazione si è fatto riferimento alla seguente documentazione di carattere tecnico e scientifico disponibile:

1. *“Carta geologica d’Italia alla scala 1:50.000 – foglio 118 MILANO: note illustrative – tavola 1 – tavola 2 – database dei dati di sottosuolo”* – ISPRA Servizio Geologico d’Italia – a cura di Francani, Piccin et al. (bozza di lavoro SAL III al giugno 2010 disponibile sul sito internet della Regione Lombardia);
2. *“Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia”* – Regione Lombardia – ENI Divisione AGIP – a cura di: Carcano e Piccin - 2002
3. *“Progetto Carta Pedologica: I suoli della Pianura Milanese Settentrionale”* – ERSAL – 1999;
4. *“Influenza delle vasche di laminazione delle piene sugli acquiferi superficiali: problemi di infiltrazione, trasmissività, inquinamento”* – IRER – Rapporto Finale – aprile 2009;
5. *“Influenza delle vasche di laminazione delle piene sugli acquiferi superficiali nell’area EXPO 2015: Fase 2 – indicazioni per la progettazione, la manutenzione e la gestione delle vasche”* – IRER – Rapporto Finale – febbraio 2010;
6. *“Progetto Qualfalda II - Lo stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei in Provincia di Milano: Rapporto Finale”* – IRSA – CNR – anno 2007;
7. *“Provincia di Milano – sistema informativo falda (SIF) e sistema informativo ambiente (SIA): elaborazioni livelli di falda – banca dati acque sotterranee (catasto pozzi – livelli di falda)”* (dati disponibili sul SIF: elaborazioni fino al settembre 2011 – dati grezzi fino a tutto il dicembre 2012);

8. *“Comune di Senago – Valutazione Ambientale Strategica del Piano di Governo del Territorio – Rapporto Ambientale + allegati + tavole grafiche”* – a cura di dr. arch. Cozzolino (SETIN s.r.l. – aggiornamento del dicembre 2012);
9. *“Comune di Bollate – Componente geologica, idrogeologica e sismica del PTG ai sensi della L.R. 12/05 e secondo i criteri della D.G.R. n° 8/7374: relazione – tavole grafiche”* – a cura di dr. geol. E. Ghezzi – novembre 2010;
10. *“Progetto di gestione produttiva dell’Ambito Territoriale Estrattivo ATEg16 della cava sita in loc. Cassina Nuova nei Comuni di Bollate e Senago: relazione – allegati – tavole grafiche”* – Consorzio di Senago – a cura di dr. geol. E. Dolci – ottobre 2011 (documentazione disponibile sul sito SILVIA della Regione Lombardia).

1.2 PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE

Al fine di acquisire dati diretti delle caratteristiche del sottosuolo delle aree interessate dalle opere e di un loro significativo intorno è stato predisposto e realizzato un programma di indagini geologiche.

Lo stesso è stato progettato dagli Scriventi ed appaltato da AIPO alla soc. Eurogeo s.r.l. di Paderno Dugnano, specializzata nel settore, che lo ha completato nel mese di marzo 2013.




Il programma di lavoro ha compreso le seguenti attività specialistiche:

- n° 5 sondaggi a carotaggio continuo, ad una profondità variabile tra 10 e 35 m dal p.c.;

- allestimento di n° 1 piezometro, nel sondaggio S2 fino alla profondità di 35 m. da p.c., per la verifica dei livelli di falda;
- n° 33 prove penetrometriche SPT nei fori di sondaggio in avanzamento;
- n° 9 prove di permeabilità in foro in avanzamento di tipo Lefranc;
- n° 13 prove penetrometriche dinamiche fino alla profondità massima di 14,4 m. da p.c. ;
- n° 10 saggi con escavatore fino alla profondità di 4 metri dal p.c. per la verifica dei terreni del primo sottosuolo;
- 1221 ml di tomografia elettrica di superficie, divisa in 4 stendimenti a coprire le aree di intervento;
- n° 1 MASW;
- n° 18 analisi di laboratorio per la caratterizzazione granulometrica e merceologica dei terreni in sito;
- n° 8 analisi chimiche per la valutazione delle caratteristiche dei materiali in relazione al D.M. 161/12;
- rilievo topografico con GPS dei punti di sondaggio, dei saggi e delle indagini geofisiche.

Di seguito si procede all'analisi dei dati finalizzati alla caratterizzazione geologica, litologica ed idrogeologica; l'analisi e la valutazione degli aspetti geologico-tecnici e geotecnici è contenuta nella relazione specifica allegata al presente progetto.

I risultati complessivi delle indagini sono contenuti nello specifico documento, redatto a cura della Eurogeo s.r.l., cui si rimanda per tutti i dettagli.

	A.T.P.: 	<i>Studio Associato di Geologia Spada</i>		Consulenti: <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>
---	--	---	--	---

I principali elementi emersi dalle indagini sono evidenziati nelle tavole dalla 2.4 alla 2.8 del presente progetto.

2.0 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Le opere di progetto sono localizzate nella porzione sud-ovest del Comune di Senago, nelle vicinanze del confine con il Comune di Bollate.

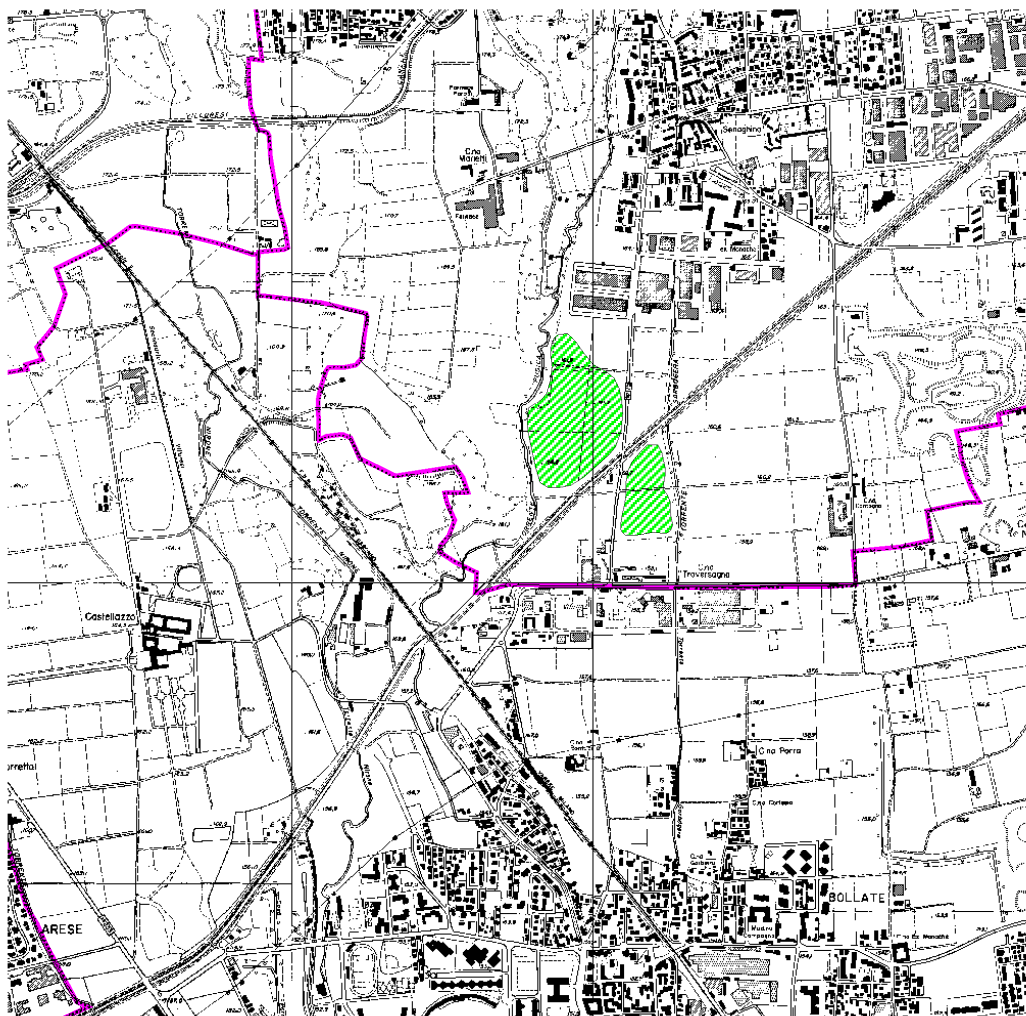


Fig. 1: Localizzazione delle vasche di progetto (in verde) sulla CTR. In viola è rappresentato il confine Comunale che separa Senago (a nord) da Bollate (a sud e sud-ovest)

In ampio la zona di intervento è localizzata nella parte centrale dell'alta pianura a nord di Milano, tra i rilievi morenici a nord e la pianura s.s. a sud ed è caratterizzata da una morfologia subpianeggiante, con quote digradanti da nord verso sud.

Tale morfologia è direttamente correlata alla natura geologica ed alla genesi di tali aree, genesi legata alla deposizione esercitata dagli scaricatori fluvioglaciali e fluviali di età quaternaria.

L'elemento morfologico che caratterizza maggiormente l'area è il terrazzo rialzato delle Groane, localizzate verso il margine orientale dei territori, in sponda idrografica destra del torrente Pudiga.

Tale terrazzo ha una forma allungata in senso nord-sud ed un dislivello, rispetto al Livello Fondamentale della Pianura, che va da alcuni metri fino a circa 10 metri; lo stesso è costituito dai depositi più antichi presenti nella zona oggetto delle presenti analisi.

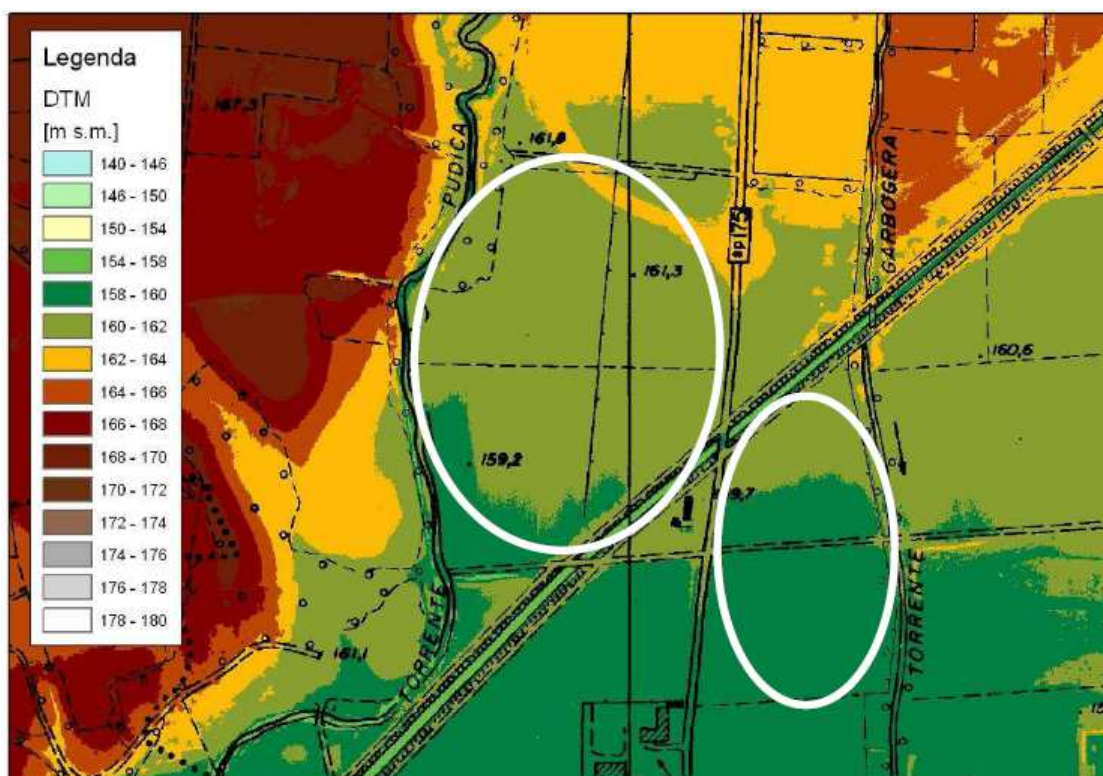


Fig. 2: Modello digitale del terreno nella zona di intervento. L'immagine evidenzia in maniera netta il terrazzo rialzato in sponda destra del torrente Pudiga.

La zona di intervento è compresa tra i torrenti Pudiga ad ovest e Garbogera ad est ed è attraversata trasversalmente dal CSNO.

Questa localizzazione consente di attribuire una funzione di laminazione plurima alle vasche: oltre al fiume Seveso, per il tramite del CSNO, possono essere laminati anche i torrenti Pudiga e Garbogera.



Fig. 3: Ubicazione delle vasche su ortofoto, con localizzazione dei torrenti Pudiga (ad ovest) e Garbogera (ad est)

Le quote dell'area di intervento variano tra 162 m s.m. e 158 m s.m. circa e la pendenza media della pianura circostante è dell'ordine dello 0,5-0,6%: in questo contesto le modifiche più significative sono causate dall'intervento antropico (per es. la cava localizzata ad est in figura 3) e/o dall'incisione delle acque superficiali.

La tavola 2.1 riassume le analisi di cui sopra, mettendo in evidenza i principali elementi geomorfologici e di uso del suolo.

Tutta la porzione est della carta è caratterizzata dalla superficie tipica rappresentativa dell'alta pianura ghiaiosa, subpianeggiante (le aree bianche sono quelle urbanizzate e/o con forti modifiche morfologiche, come per es. le cave).

La porzione ad ovest è caratterizzata, invece, dalle superfici meglio conservate del planalto, che è delimitato verso est dal torrente Pudiga.

Il planalto è inciso, lungo la direttrice centrale, dal torrente Nirone, con un'ampia fascia sulla due sponde di terrazzi fluviali stabili.

La zona di raccordo tra il planalto e la parte tipica dell'alta pianura ghiaiosa, dove verranno realizzate le vasche, è caratterizzata da un'unità di raccordo, di età intermedia tra le due, subpianeggiante e priva di elementi morfologici significativi ma caratterizzata da materiali più fini, in prevalenza sabbiosi, depositi che sono legati alle condizioni di energia del sistema fluviale e fluvioglaciale di deposizione.

In carta sono inoltre evidenziati una serie di possibili paleoalvei interessanti sia il planato superiore che la fascia di raccordo.

La carta è tagliata integralmente in due, in senso nord-est / sud-ovest dal canale scolmatore del fiume Seveso.

3.0 ASSETTO GEOLOGICO

L'area, in ampio, è costituita interamente da depositi sedimentari di origine fluvioglaciale e fluviale, depositati durante il Quaternario, caratterizzato da periodi glaciali ed interglaciali, con le differenti dinamiche di erosione, smantellamento, trasporto e deposizione.

3.1 QUADRO GEOLOGICO COMPLESSIVO

Nelle distinzioni geologiche classiche la maggior parte dell'area di studio, che coincide con tutta la porzione di territorio in sinistra idrografica del torrente Pudiga, è stata attribuita al Livello Fondamentale della Pianura: si tratta i depositi messi in posto prevalentemente da scaricatori fluvioglaciali del Wurm o localmente più antichi (Riss).

I terrazzi rialzati in sponda destra sono più antichi: gli stessi sono stati attribuiti al Mindel e sono caratterizzati da una superficie superiore fortemente alterata e pedogenizzata (Ferretto).

I nuovi rilievi effettuati nell'ambito del progetto CARG hanno rivisto questa metodologia di rilevamento e distinzione dei corpi geologici, adottando il nuovo criterio (prescritto dal Servizio Geologico Nazionale) che utilizza sia le classiche unità litostratigrafiche sia, ove possibile, le unità a limiti in conformi (UBSU).

I dati dei nuovi rilievi e delle nuove distinzioni adottate sono riassunti nella "Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – foglio 118 Milano", a cura di Francani et al., attualmente disponibile nella versione in bozza del SAL III.

La carta propone anche un sovrasimbolo per caratterizzare la litologia dominante sulla base dei dati di sottosuolo disponibili. Nel presente lavoro si è quindi ritenuto di utilizzare le medesime distinzioni per l'assetto geologico dell'area di intervento.

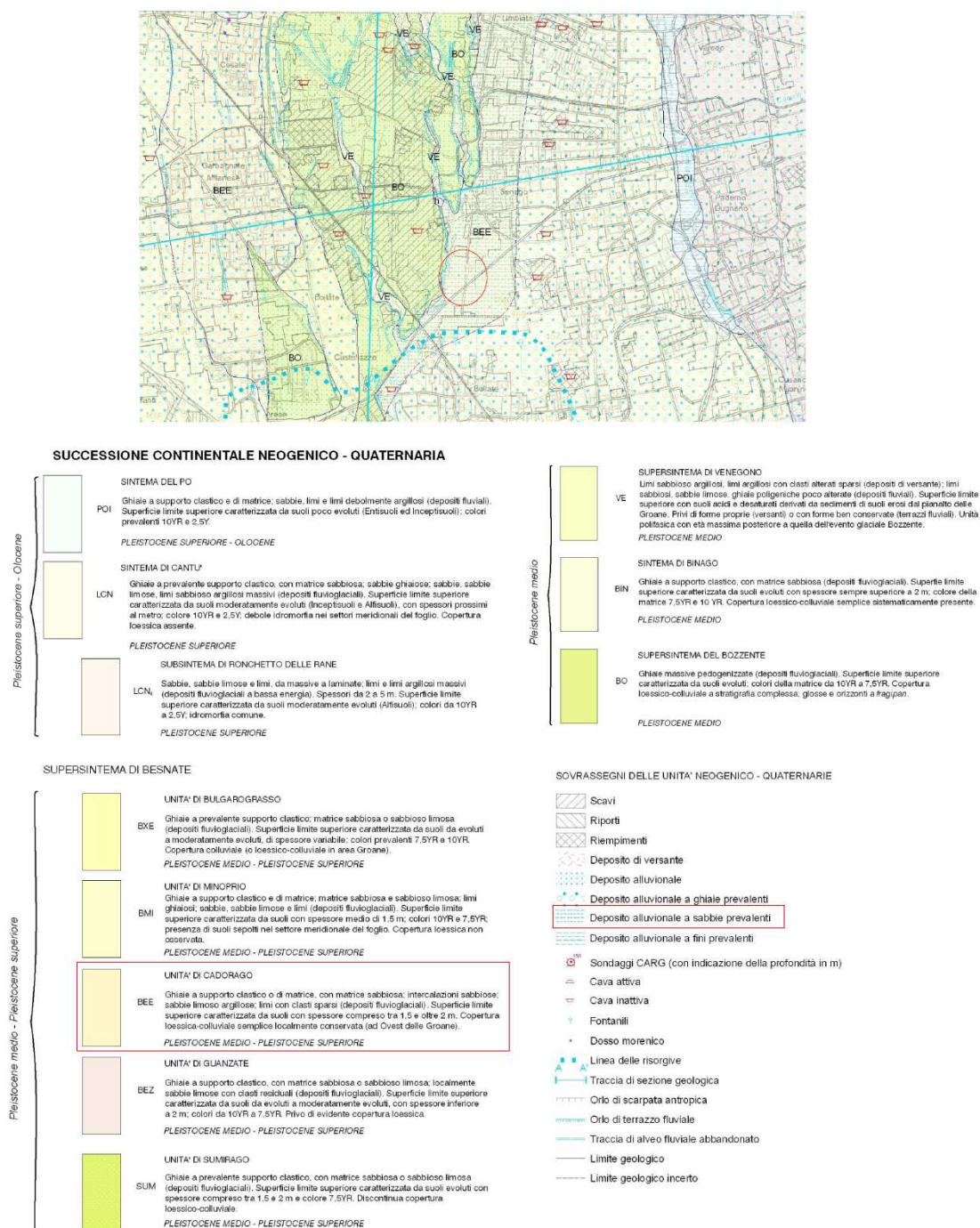


Fig. 4: Estratto della bozza di "Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – foglio 118 Milano". Il contorno rosso individua l'area in oggetto, appartenente al Sistema di Cadorago (codice BEE)

L'area di intervento, in cui verranno realizzate le vasche, rientra nel Supersintema di Besnate – Unità di Cadorago (cod. BEE) (Pliocene medio-superiore).

Tale unità è caratterizzata da ghiaia a supporto clastico o di matrice, con matrice sabbiosa; intercalazioni sabbiose; sabbie limoso argillose; limi con clasti sparsi.

Si tratta di depositi fluvioglaciali che in precedenza era stati attribuiti al Riss ed in parte al Wurm (fluvioglaciale e fluviale Riss e Wurm).

L'Unità affiora in una stretta fascia allungata in senso nord-sud, che borda il terrazzo antico e presenta una superficie superiore con suoli mediamente evoluti, caratterizzati, però, da percentuali di sabbia quasi doppie e percentuali di limo inferiori del 10-30% rispetto alle coperture delle unità più antiche, poste a ovest delle Groane.

Dal punto di vista litologico prevalgono le sabbie, quindi un ambiente ad energia più limitata, rispetto alle piane alluvionali ad alta energia che caratterizzano le aree poste ad est.

Il terrazzo rialzato delle Groane, in sponda destra del torrente Pudiga è attribuito al Supersintema del Bozzente (Pliocene medio).

L'unità, più antica della precedente, coincide con il classico Fluvioglaciale del Mindel ed è caratterizzata da ghiaie massive, poligeniche, con matrice limoso sabbiosa, fortemente pedogenizzate (Ferretto).

Tali aree, per la significativa presenza di argilla nella porzione superiore, per alcuni metri (mediamente 2-3, ma localmente anche oltre 5 metri), sono state oggetto, in passato di estensiva attività di escavazione per la produzione di laterizi.

La porzione occidentale del territorio, fino al fiume Seveso, è caratterizzata dai depositi del Sintema di Cantù (LCN) – (Pleistocene sup. – Olocene), sistema che corrisponde al Wurm aut.

Si tratta di ghiaie a prevalente supporto clastico, con matrice sabbiosa, sabbie ghiaiose, sabbie limose e localmente limi sabbioso argillosi.

I suoli sono da moderatamente a poco evoluti, con spessori prossimi al metro.

Nella zona specifica la litologia è marcatamente ghiaiosa.

Il limite verso ovest, con l'unità di Cadorago è caratterizzato ad un elevato limite di incertezza, stante l'assenza di elementi morfologici certi nella zona.




3.2 SONDAGGI GEOGNOSTICI

Al fine di definire in maniera puntuale le caratteristiche del sottosuolo, la variabilità verticale ed orizzontale e la continuità dei differenti livelli, si sono utilizzati tutti i dati di sottosuolo disponibili (vedi par. 1.1) e le stratigrafie dei sondaggi a carotaggio effettuati per il presente lavoro.

I dati sono sintetizzati nelle sezioni geologiche di dettaglio nella tavola 2.2, mentre le stratigrafie dei sondaggi, con la relativa localizzazione sono visualizzate nella tavola 2.5.

I sondaggi geognostici sono concentrati nell'area di intervento, con la sola eccezione del sondaggio S5 ubicato sui terreni rialzati in destra Pudiga, in un contesto geologico differente.

I quattro sondaggi nella zona interessata dalle vasche (Unità di Cadorago) evidenziano caratteristiche sufficientemente omogenee per cui, di seguito, si procede all'analisi

	A.T.P.: 	<i>Studio Associato di Geologia Spada</i>		Consulenti: <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>
---	--	---	--	---

puntuale di S2, che ha raggiunto la massima profondità (35 m. da p.c.) e che è stato attrezzato con un piezometro per la misura dei livelli di falda ed a quella di S5, che è stato ubicato in un contesto geologico differente (Supersintema del Bozzente).

Fig. 5: Stratigrafia del sondaggio S2

metri bott.	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE	PzA	Standard Penetration Test			Campioni
					m	S.P.T.	N	
1			Sabbia limosa marrone inglobante ghiaia fine subarrotondata (\varnothing max 2 cm)					
2		1,7	Ghiaia e ciottoli subarrotondati (\varnothing max 10 cm), alterati, con sabbia debolmente limosa grigia		2,0	5-17-18	35	
3		3,0	Sabbia debolmente limosa grigia con ghiaia eterometrica subarrotondata (\varnothing max 5 cm)		4,0	7-10-12	22	
4		4,0	Sabbia limosa debolmente argillosa ocra inglobante rara ghiaia eterometrica subarrotondata (\varnothing max 6 cm)		6,0	10-14-19	33	
5		5,0	Sabbia limosa nocciola con ghiaia eterometrica da subspigolosa ad arrotondata e rari ciottoli (\varnothing max 8 cm). Molti clasti alterati		8,0	11-25-50/11cm	Rif	A) Dis < 7,00 7,50
6								
7								
8								
9								
10		9,7	Sabbia debolmente limosa grigia		10,0	14-22-37	59	
11		10,5	Sabbia debolmente limosa grigia con ghiaia subarrotondata prevalentemente medio-fine (\varnothing max 6 cm)		12,0	50/13cm	Rif	
12		12,3	Sabbia limosa grigia con ghiaia eterometrica e ciottoli subarrotondati (\varnothing max 10 cm). Alcuni clasti alterati		14,0	27-31-20/3cm	Rif	B) Dis < 13,50 14,00
13								
14								
15								
16		16,0	Sabbia debolmente limosa grigia inglobante ghiaia medio-fine subarrotondata (\varnothing max 3 cm)		16,0	50/6cm	Rif	C) Dis < 16,50 17,00
17								
18		18,0	Sabbia limosa nocciola con ghiaia eterometrica subarrotondata (\varnothing max 6 cm). Alcuni clasti alterati		18,0	33-50/8cm	Rif	
19		18,5						
20		19,0	Sabbia debolmente limosa grigia inglobante rara ghiaia eterometrica subarrotondata (\varnothing max 6 cm)		20,0	27-50/13cm	Rif	
21		20,5	Sabbia grigia con ghiaia eterometrica subarrotondata e ciottoli (\varnothing max 11 cm)					
22		21,0	Sabbia fine limosa nocciola					
23			Sabbia grigia con ghiaia eterometrica subarrotondata inglobante rari ciottoli (\varnothing max 7 cm). Locali livelli di sola sabbia.					D) Dis < 22,00 22,50
24								
25								
26								
27								E) Dis < 27,00 27,50
28								
29								
30								
31								
32		31,4	Sabbia nocciola con intercalazioni centimetriche limoso-argillose, inglobante rarissima ghiaia medio-fine (\varnothing max 4 cm)					F) Dis < 32,00 32,50
33		32,0	Sabbia limosa laminata nocciola. Tra 33,70 e 33,90 m livelli di limo argilloso duro					
34		34,2	Argilla limosa grigia con screziature marroni					
35		34,6	Sabbia fine e limo grigio					
		35,0						

Il sondaggio è caratterizzato per quasi tutto il suo sviluppo da livelli di sabbia, debolmente limosa, di colore prevalente grigio, inglobante al suo interno ghiaia e ciottoli di natura poligenica.



Fig. 6: S2 (prof. 15-20 m. da p.c.) – cassa 4: facies tipica con sabbie limose grigie, con ghiaia e ciottoli

Nella porzione terminale, oltre i 30 metri di profondità, sono presenti intercalazioni limoso argillose, livelli di limo argilloso duro ed un livello di argilla limosa grigia con screziature di colore marrone.



Fig. 7: S2 – cassa 7 (prof. 30-35 m. da p.c.): livelli di limi argillosi ed argilla

Il sondaggio S1 è analogo (anch'esso fino a 35 metri dal p.c.), con dominanza di sabbie e sabbie limose con ghiaia e presenza di livelli limoso-argillosi oltre i 30 metri.

Il sondaggio S5, in differente contesto geologico, presenta alcune differenze.

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE	PzA	Standard Penetration Test			Campioni
					m	S.P.T.	N	
1		1.0	Limo argilloso sabbioso marrone					
			Limo argilloso debolmente sabbioso nocciola con screziature marroni					
2		1.8	Limo argilloso marrone con sabbia					A) Dis < 2.00 2.50
3		3.0	Sabbia e limo e argilla marrone con ghiaia eterometrica subarrotondata e ciottoli (Ømax 8 cm), clasti molto alterati	3.0	7-10-13	23		
4		4.0	Sabbia limoso-argillosa nocciola e ghiaia eterometrica subarrotondata inglobanti rari ciottoli (Ømax 13 cm). Alcuni clasti alterati					
5								
6				6.0	7-17-48	65		B) Dis < 6.50 7.00
7								
8		8.0	Sabbia limosa nocciola con ghiaia eterometrica subarrotondata e rari ciottoli (Ømax 12 cm)					
9				9.0	11-10-11	21		
10								C) Dis < 10.00 10.50
11								
12				12.0	50/14cm			
13								
14								
15		15.0						

Fig. 8: Stratigrafia del sondaggio S5

La porzione superiore presenta una dominanza di limi argillosi di colore marrone, fino alla profondità di 3 metri dal p.c.: si tratta dei suoli fortemente pedogenizzati caratteristici del terrazzo delle Groane (Supersintema del Bozzente).



Fig. 9: S5 – cassa 1 (prof. 0-5 m. da p.c.): porzione superiore pedogenizzata con limi argillosi fino a 3 metri da p.c.

Negli altri sondaggi e nei saggi con escavatore la porzione di alterazione superficiale è risultata sempre molto limitata, con spessori medi variabili tra 40 cm ed 1 metro, come ipotizzabile stante l'età più recente dei depositi investigati.



Fig. 10: Stratigrafia del saggio con escavatore Sa2

Per la restante parte del sondaggio S5, fino alla massima profondità investigata (15 metri), i terreni sono in prevalenza sabbie limose con ghiaie, in analogia con gli altri sondaggi; l'unica differenza significativa è rappresentata dal colore marrone della matrice e della presenza di segni di alterazione in alcuni clasti e ciottoli.

3.3 ASSETTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO

I dati dei sondaggi eseguiti, integrati dalle stratigrafie dei pozzi e dei piezometri disponibili, hanno consentito di tracciare due sezioni geologiche di dettaglio attraverso l'area di intervento (vedi tavola 2.2).

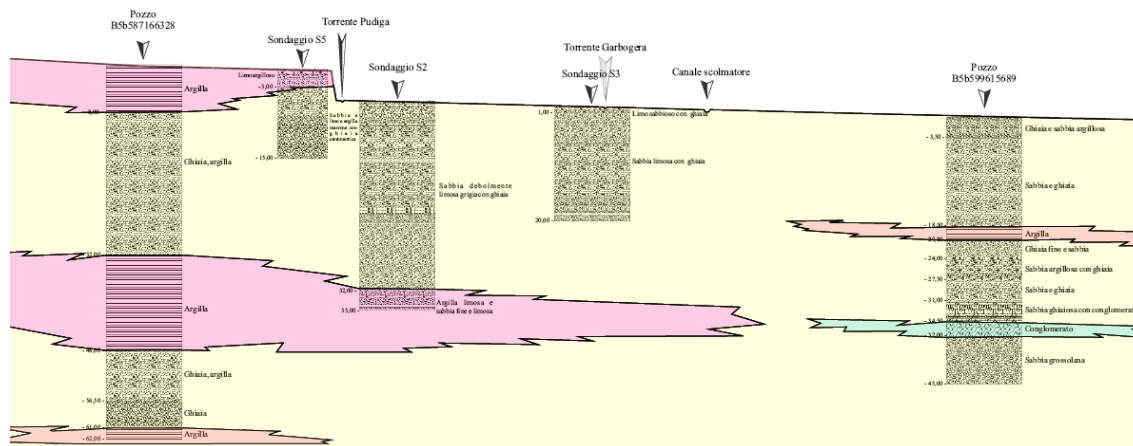


Fig. 11: Stralcio della sezione geologica di tavola 2.2. In giallo i depositi di sabbie e ghiaie; in viola ed arancione i livelli con prevalente componente argillosa

Tali sezioni evidenziano una serie di elementi geologici interessanti e precisamente:

- il terrazzo delle Groane presenta depositi superficiali limoso argillosi di spessore variabile da 3 ad 8 metri. Tali depositi sono completamente assenti ad est del torrente Pudiga e si limitano ad un suolo di spessore variabile tra 0,4 ed 1 metro;
- i depositi sono in prevalenza costituiti da miscele di sabbia e ghiaia, con subordinate quantità di materiale fine;
- alla profondità di circa 30 metri da p.c., lungo tutta la porzione orientale delle due sezioni, è presente un livello limoso-argilloso di spessore variabile da pochi metri fino ad oltre 14-15 metri di spessore. Questo livello, in base ai dati disponibili, riduce significativamente il suo spessore verso est, fino a risultare assente presso le terminazioni della sezione;
- al di sotto del livello argilloso sono presenti ulteriori depositi sabbiosi e ghiaiosi fino alla profondità di circa 60-65 metri da p.c.;

- oltre la profondità di 60-65 da p.c. i livelli argillosi divengono prevalenti e sono costituiti in prevalenza da argille gialle, con intercalati subordinati livelli di sabbie fini.

Tale suddivisione geologica rappresenta, come verrà meglio dettagliato di seguito, la base fondamentale per la caratterizzazione idrogeologica del sottosuolo e per la suddivisione dei vari acquiferi presenti.

4.0 ASSETTO IDROGEOLOGICO

In relazione alle peculiarità dell'area in esame ed alla tipologia delle opere di progetto, che comportano importanti scavi nel suolo fino all'altezza della prima falda, per la realizzazione delle vasche di laminazione, la caratterizzazione idrogeologica è fondamentale.

4.1 QUADRO IDROGEOLOGICO COMPLESSIVO

Nel territorio del Milanese, in ampio, sono storicamente e tradizionalmente conosciute e riconosciute le seguenti strutture idrogeologiche fondamentali:

- acquifero "tradizionale" che ospita falde da libere a semiconfinare procedendo da nord verso sud. Tale acquifero è normalmente captato dai pozzi. E' alimentato da piogge, irrigazioni, dalla ricarica da monte o da infiltrazioni dall'alto. Al suo interno vengono distinte due unità idrogeologiche: I e II acquifero.
- Acquifero profondo, multistrato e separato dai soprastanti, con falde in pressione. Lo stesso è alimentato dalle zone di ricarica verso monte o in zone di interruzione degli strati impermeabili (denominato anche III acquifero).

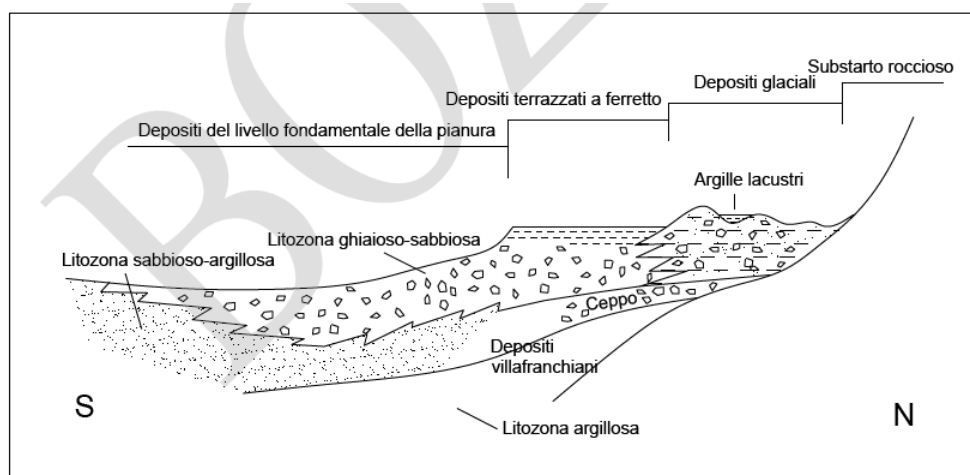


Fig. 12: Schema delle principali unità idrogeologiche (tratto da "CARG – note illustrative al foglio 118")

Tale suddivisione classica è stata rivista nel 2002 a seguito dello studio congiunto Regione Lombardia – Eni – Agip, sulla base di una maggiore e migliore conoscenza litostratigrafia del sottosuolo. Sono state distinti i seguenti gruppi:

- *Gruppo acquifero A:* corrisponde alla porzione più superficiale dell'acquifero tradizionale, libero, fortemente sfruttato e quasi sempre inquinato. Prevalgono al suo interno le granulometria più grossolane. Coincide, circa, con il I acquifero.
- *Gruppo acquifero B:* è presente al di sotto dell'acquifero A e corrisponde alla porzione più profonda dell'acquifero tradizionale, più protetta, localmente semi-confinato. Prevalgono i sedimenti grossolani. La sua base coincide, con buona approssimazione, con quella del II acquifero.
- *Gruppo acquifero C:* è costituito in prevalenza da argille limose e sabbie, sede di falde multistrato, protette e generalmente in pressione. E' correlabile alla porzione superiore dell'acquifero profondo.

La suddivisione ricalca il seguente schema complessivo:

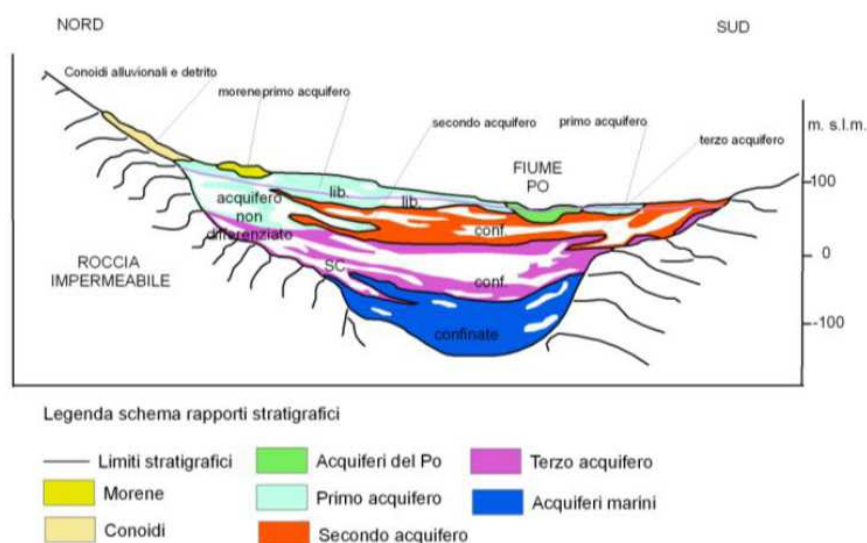


Fig. 13: Schema idrogeologico della Pianura Padana (tratto da " CARG – note illustrative al foglio 118")

Per quanto riguarda l'andamento complessivo della superficie della falda freatica, è possibile fare riferimento alle analisi ed ai dati della Provincia di Milano.

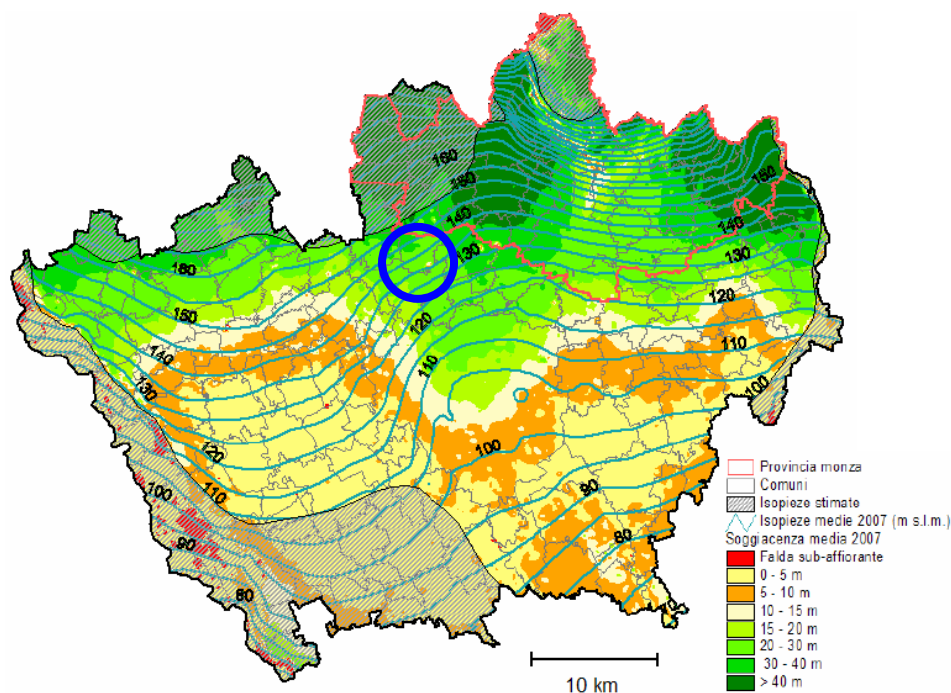


Fig. 14: Carta delle piezometrie e delle soggiacenze medie per l'anno 2007 (tratto da "IRSA-CNR: Progetto Qualfalda II)

L'andamento complessivo generale nord-sud risente di una serie di variazioni legate alla struttura geologica del sottosuolo nonché all'entità dei prelievi (forte depressione in corrispondenza di Milano).

La struttura complessiva, radiale convergente, si attenua nettamente a sud di Milano.

Nella zona di studio l'andamento è indicativamente nord-ovest / sud-est, con una quota media nel comune di circa 140 m s.m. ed una soggiacenza di 15-20 metri.

Il gradiente idraulico varia complessivamente da 0,5 a 0,3 %.

4.2 STRUTTURA IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO

Sulla base della distinzione introdotta dallo studio Regione Lombardia – ENI - AGIP, utilizzando tutti i dati di sottosuolo disponibili, è possibile individuare nel territorio di studio i seguenti acquiferi (vedi tav. 2.4).

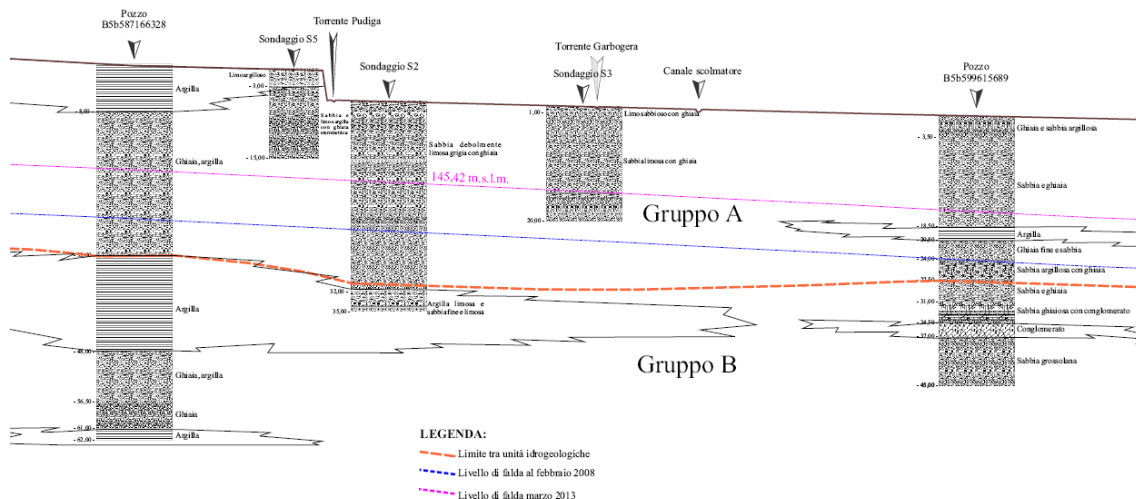


Fig. 15: Stralcio della sezione idrogeologica di tavola 2.4 che evidenzia la struttura a livello locale

Gruppo acquifero A: è presente in tutto il territorio esaminato e costituisce la porzione più superficiale del sottosuolo, caratterizzata da depositi fluvioglaciali, depositi in un ambiente di tipo braided.

E' composto da ghiaie e sabbie, con subordinati livelli argillosi, argilloso limosi e/o di ghiaie cementate.

Lo spessore varia, in ampio, tra 28-30 e 40 metri e nella zona di studio è circa di 30-35 metri.

La base è posta in corrispondenza dei livelli limoso-argillosi presenti nell'area in modo continuo e tendenti a ridursi di spessore e continuità verso est.

Questi dati sono pienamente coerenti con le analisi contenute negli studi per il foglio Milano del progetto CARG.

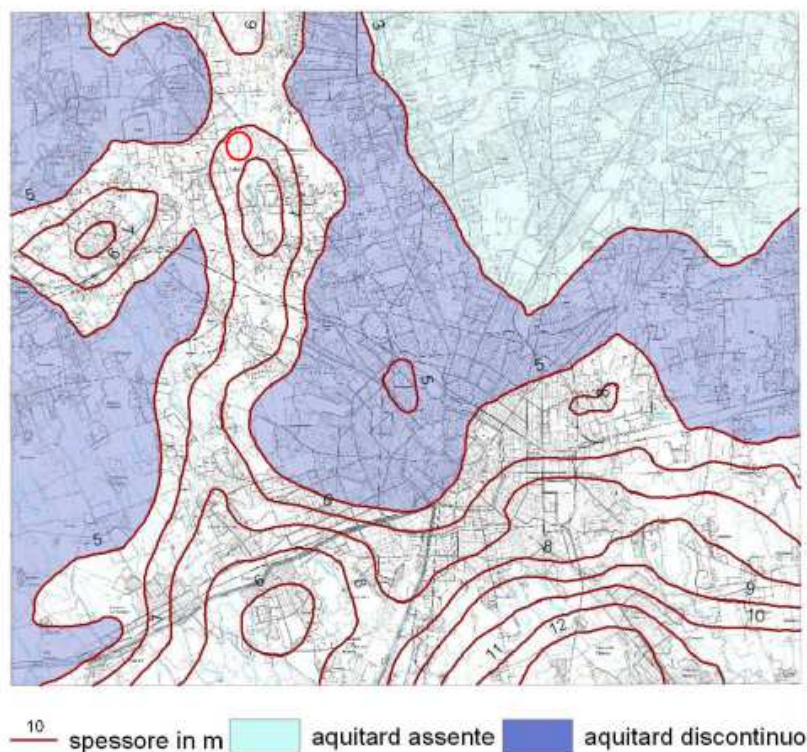


Fig. 16: Carta dello spessore dell'aquitard tra I e II acquifero (estratto della tavola 2 – progetto CARG – foglio 118)

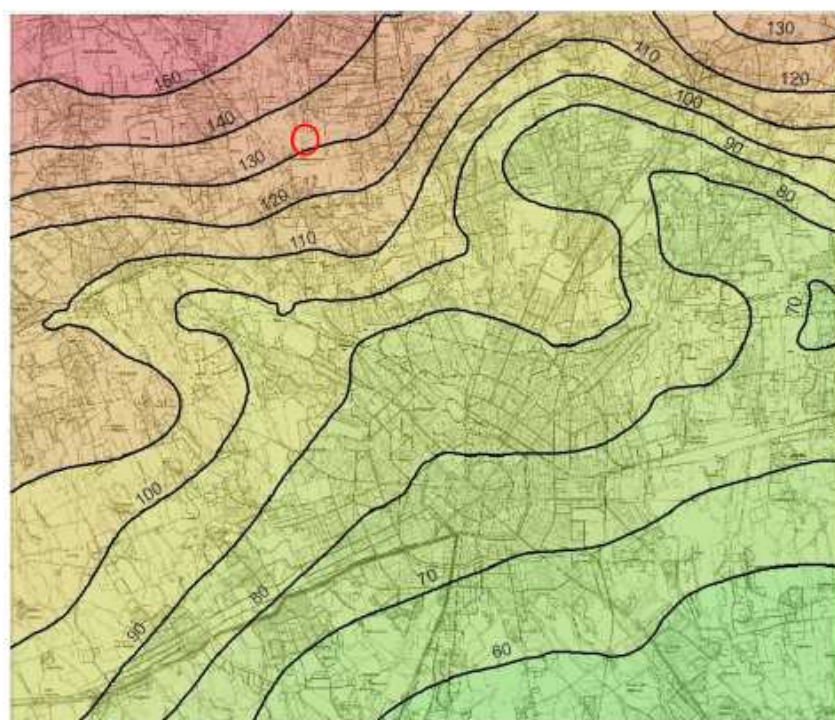


Fig. 17: Carta della base del I acquifero (estratto della tavola 2 – progetto CARG – foglio 118)

La carta di cui sopra individua nell'area di studio (in rosso) la base del I acquifero, circa coincidente con il Gruppo acquifero A, circa a quota 130 m s.m., quindi a 30 metri dal p.c.

Questo gruppo acquifero, insieme al seguente Gruppo acquifero B, è sede dell'acquifero principale libero e/o semiconfinato, con soggiacenza nella zona di studio di circa 15 metri da p.c.; questa falda è in genere captata dai pozzi privati nonché dai pozzi potabili di vecchia realizzazione.

Gruppo acquifero B: costituisce la porzione di sottosuolo immediatamente sottostante al Gruppo A, anch'essa caratterizzata dalla presenza di depositi fluvioglaciali, depositi in un ambiente di tipo braided.

La granulometria è generalmente ghiaioso sabbiosa e tende a diminuire in profondità, dove aumenta la frequenza di livelli argillosi e/o conglomeratici.

Lo spessore di questo gruppo è di circa 30-40 metri e la sua base è posta in corrispondenza dei primi livelli di argille compatte giallastre.

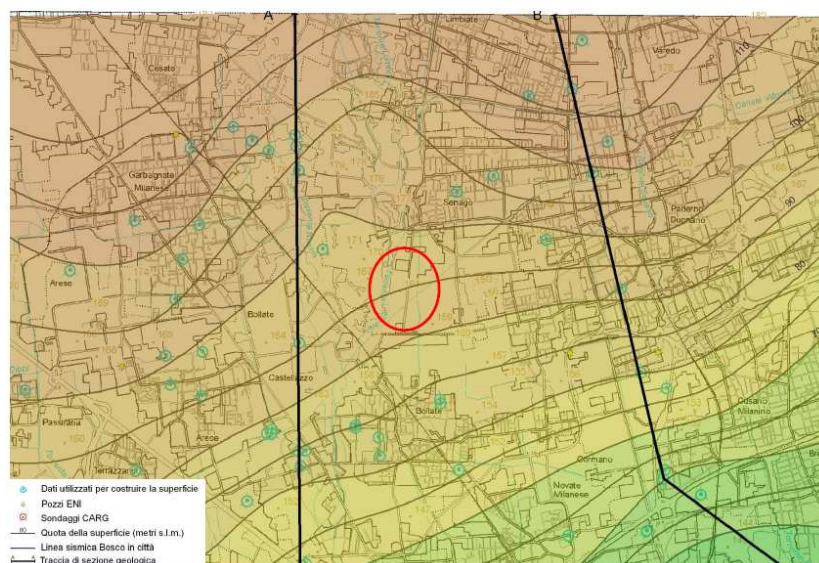


Fig. 18: Carta della base dell'acquifero tradizionale (base del Gruppo acquifero B) - (estratto della tavola 2 – progetto CARG – foglio 118)

Gruppo acquifero C: è presente nel territorio esaminato al di sotto del Gruppo B e fino alla massima profondità interessata dai pozzi potabili.

E' costituito da depositi sabbiosi, alternati ad argille ed argille limose, indice di un ambiente di deposizione continentale / transizionale deltizio.

La profondità della base non è conosciuta nella zona di indagine, in quanto non è mai intercettata dalle perforazioni disponibili.

Questa unità è sede degli acquiferi confinati, protetti, captati dai pozzi più profondi.

La stratigrafia seguente, di un pozzo esistente poco a sud della zona di intervento, evidenzia, chiaramente quanto descritto.

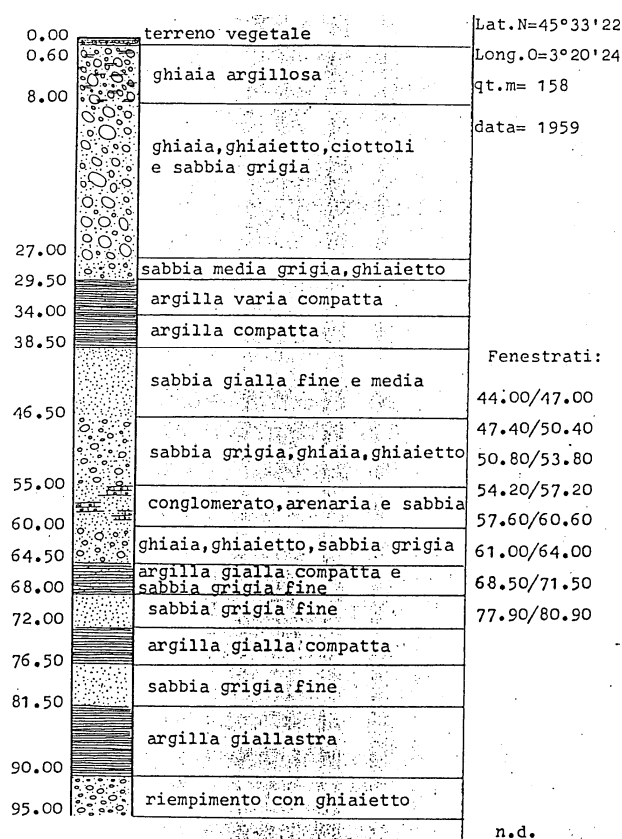


Fig. 19: Stralcio della stratigrafia del pozzo cod. 0150270017

Da p.c. fino a – 29,50 sono presenti di depositi grossolani del Gruppo acquifero A.

Il livello argilloso tra 29,50 e 38,50 costituisce l'acquitaro di separazione tra I e II acquifero.

Il Gruppo acquifero B si sviluppa fino a circa - 64,5 m. da p.c., quota da cui iniziano le intercalazioni argillose e sabbiose del Gruppo acquifero C.

Le fenestrate interessano gli acquiferi B e C.

4.3 PIEZOMETRIA E VARIAZIONI DEI LIVELLI DI FALDA

L'immagine seguente, tratta dal SIF della Provincia di Milano, visualizza la piezometria della I falda nella zona di studio in ampio, nel settembre 2011 (vedi tavole 2.3-2.4).

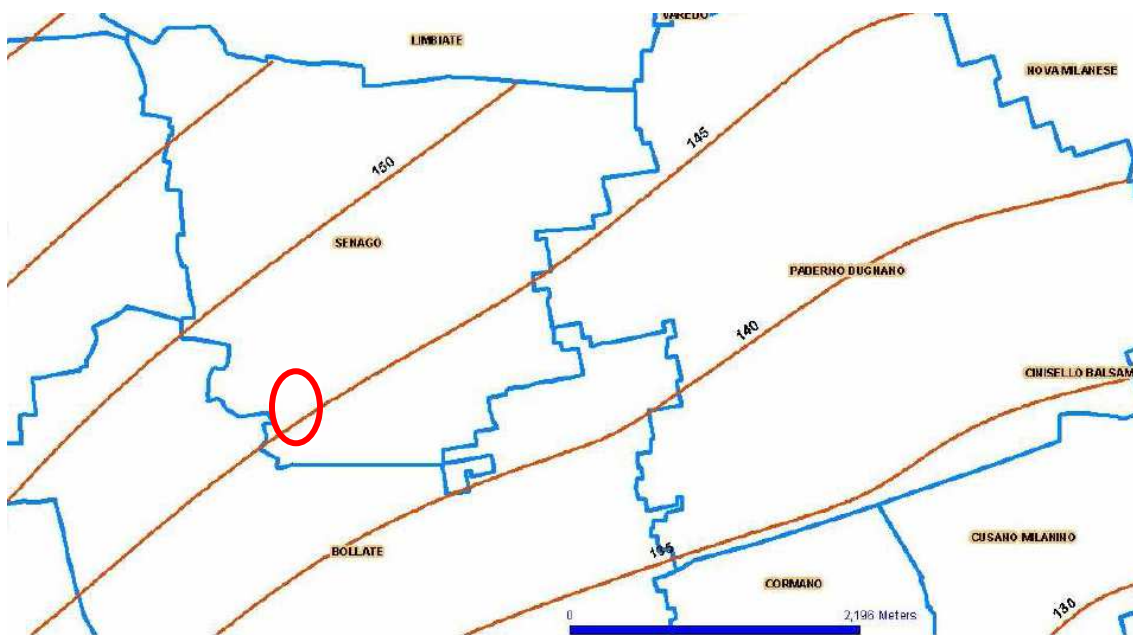


Fig. 20: Piezometria dalla I falda – sett. 2011 (fonte: SIF Provincia di Milano)

L'andamento generale è da nord-ovest verso sud-est, con un gradiente medio dello 0,3-0,4 %.

La quota media della I falda nell'area di intervento è di circa 145 m s.m., con una soggiacenza media, considerando una quota del p.c. di circa 160 m s.m., di 15 metri.

Nelle indagini eseguite per il presente lavoro, stante l'importanza dell'aspetto idrogeologico, si è deciso di attrezzare con una tubazione piezometrica il sondaggio S2.

Tale sondaggio ha le seguenti caratteristiche:

- la perforazione ha interessato interamente il I acquifero e si è intestata nei depositi limoso-argillosi di separazione con il II acquifero tra 30 e 35 m. da p.c.;
- la posizione è al limite della zona di intervento, in modo che lo stesso possa restare operativo anche durante ed al termine dei lavori, per verificare le variazioni del livello di falda.

Il piezometro è stato autorizzato dalla Provincia di Milano ed inserito nel SIF con il codice 0152060046.

La quota piezometria è risultata, nella misura effettuata il 04/04, pari a 145,416 m s.m., quindi leggermente superiore (di circa 40 cm), rispetto al valore della piezometria della I falda del settembre 2011 del SIF.

La quota di minima soggiacenza della falda nella zona di intervento è un elemento di grande importanza, perché condiziona la quota zero di inizio dell'invaso di laminazione, nonché le eventuali opere in falda.

A tal fine si è ritenuto di procedere ad una serie di valutazioni ed analisi relativamente all'aspetto specifico.

Nello studio di fattibilità del 2011 erano stati utilizzati come riferimento per la valutazione della massima quota della falda i dati del piezometro cod. 0152060023, ubicato presso la cava attiva posta a circa 600 metri ad est della zona di intervento.

I dati disponibili avevano indicato i seguenti elementi:

- massimo livello della falda quota 144 m s.m. (minima soggiacenza)
- minimo livello di falda quota 135 m s.m. (massima soggiacenza)

Il livello attuale della falda, misurato nel piezometro, è risultato superiore (145,41 m s.m.) e quindi si è approfondita l'analisi, avendo anche una superiore disponibilità di dati.

L'immagine seguente mostra il confronto diretto tra la piezometria della I falda al settembre 2007 ed al settembre 2011 nella zona.

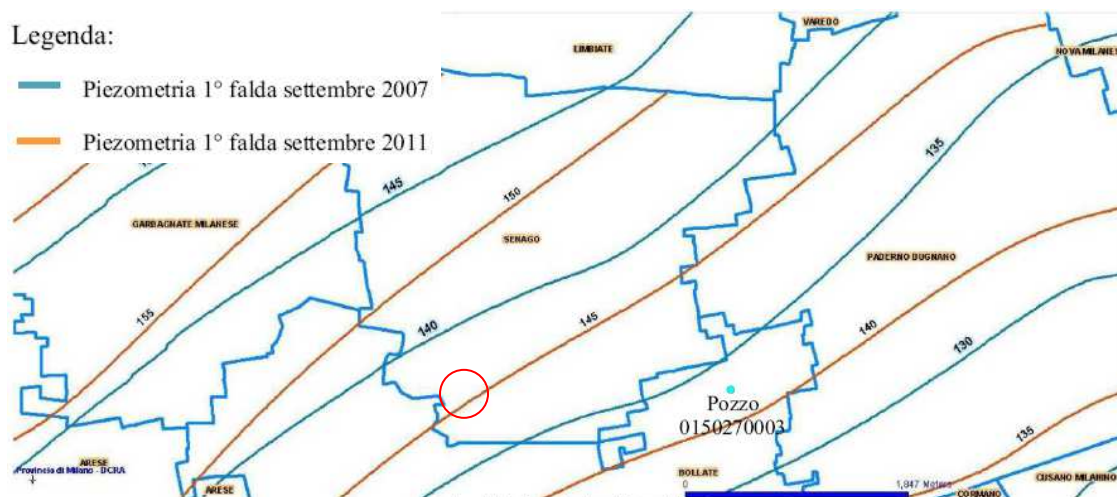


Fig. 21: Confronto tra la piezometria dalla I falda al sett. 2007 ed al sett. 2011 (fonte: SIF Provincia di Milano)

La carta evidenzia un netto innalzamento della quota di falda dal 2007 al 2011: la superficie piezometrica passa nella zona interessata dalle opere da una quota di circa 137-138 m s.m. ad una quota di 145 m s.m., con un innalzamento di circa 7-8 metri.

Al fine di ampliare la massimo il periodo di verifica dei livelli di falda, si è effettuata la ricerca sul SIF Provinciale, dei pozzi e dei piezometri con il periodo di controllo più esteso temporalmente.

A tal fine sono stati individuati n° 2 pozzi del Comune di Bollate ed 1 pozzo del Comune di Senago. I dati della soggiacenza della falda sono di seguito visualizzati:

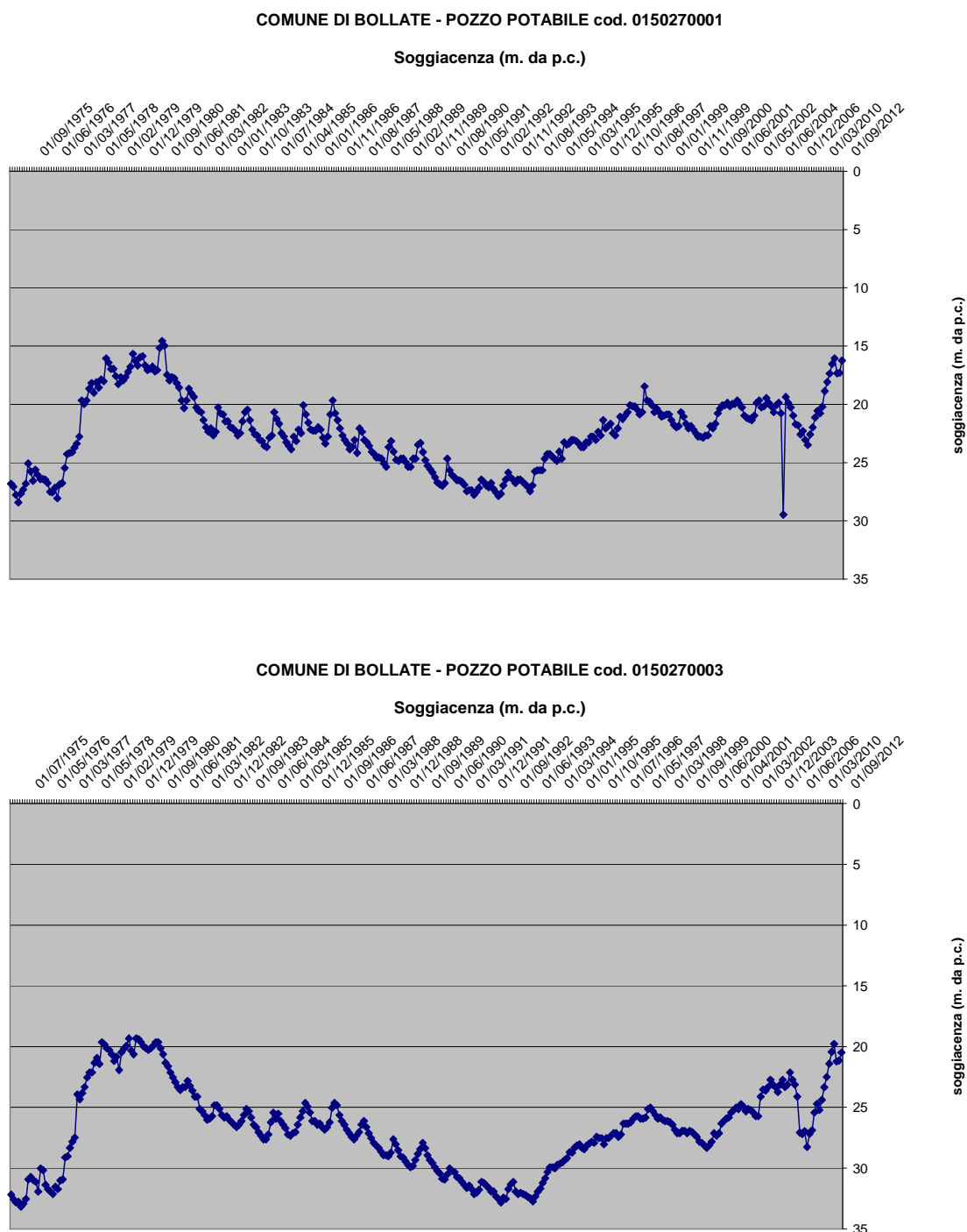


Fig. 22: Andamento della soggiacenza dal 01/01/1975 al 01/09/2012 per i pozzi potabili del Comune di Bollate cod. 0150270001 - 0150270003

Per il Comune di Senago il periodo di misura è nettamente inferiore ai precedenti.

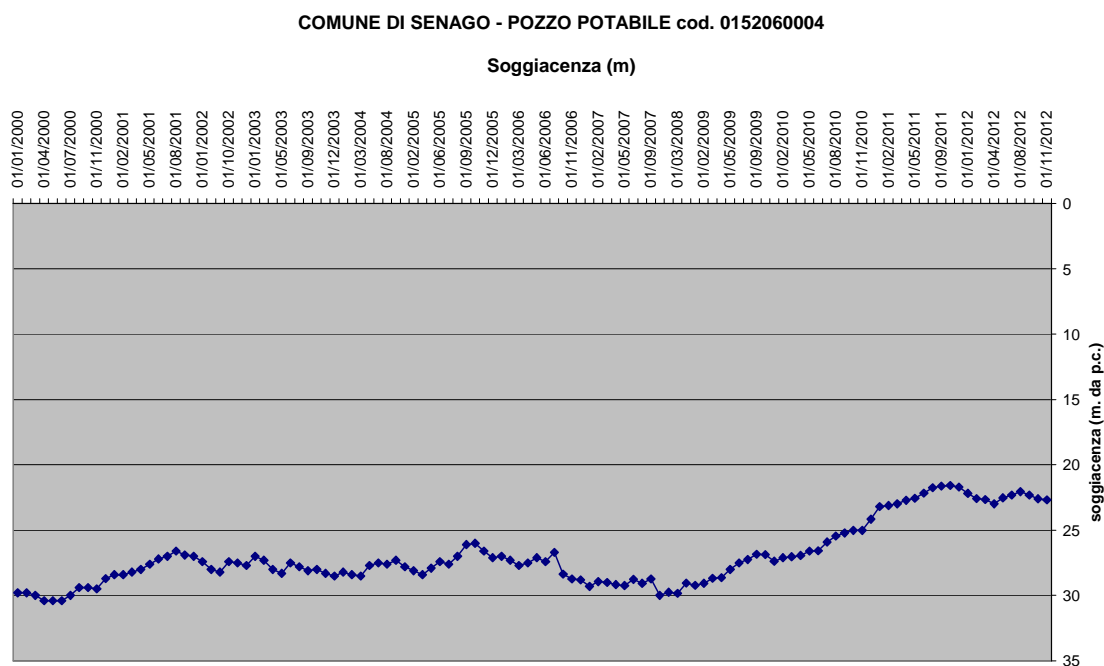


Fig. 23: Andamento della soggiacenza dal 01/01/2000 al 01/11/2012 per il pozzo potabile del Comune di Senago cod. 0152060004

La superficie piezometrica evidenzia variazioni sia a carattere stagionale che con trend di lungo periodo.

Per quanto riguarda le variazioni stagionali, che possono raggiungere anche alcuni metri di escursione, sono generalmente caratterizzate da massimi nel periodo irriguo e da minimi invernali.

Le variazioni di lungo periodo sono connesse prevalentemente alle condizioni meteorologiche, ma anche all'entità dei prelievi per lo sfruttamento della falda.

Le curve dei pozzi di Bollate evidenziano un periodo di minima soggiacenza della falda tra il 1978 ed il 1980, connesso alle abbondanti precipitazioni del periodo 1976-1977.

Tra la parte finale del 2010 ed il 2012 la falda ha subito un nuovo brusco innalzamento e si è riportata su valori analoghi ai massimi periodo 78-80.

La quota piezometria attuale nel piezometro, di 145,41 m s.m., si attesta quindi verso il limite superiore delle oscillazioni subite dalla falda a partire dal 1975.

Alla luce di queste considerazioni si è ritenuto, allo stato attuale, di alzare la quota di zero dell'invaso da 144 m s.m., nello studio di fattibilità, agli attuali 146 m s.m., quindi con un franco di circa 50-60 cm. sull'altezza attuale di falda.

E' inoltre stata prevista la realizzazione di un sistema che consente l'afflusso dell'acqua di falda nella vasca per gravità, in caso di innalzamento della stessa, onde evitare problemi di sottospinte sulle opere di impermeabilizzazione.

4.4 PERMEABILITA' DEL I ACQUIFERO

Nei fori di sondaggio sono state effettuate delle prove di permeabilità in avanzamento di tipo Lefranc, sia a carico costante che a carico variabile.

Il riepilogo dei valori di permeabilità ottenuti è il seguente:

Sondaggio	Profondità	Tipo	Permeabilità (cm/sec)	note
S1	10,5	costante	1,50E-02	
S1	15	costante	2,30E-02	in falda
S1	21	costante	6,30E-03	in falda
S2	10,5	variabile	4,10E-03	
S2	15	variabile	5,40E-03	in falda
S2	20	variabile	2,50E-03	in falda
S3	6	costante	9,10E-03	
S3	10,5	costante	9,70E-03	
S3	16	costante	4,70E-03	
MEDIA TOTALE (permeabilità cm/sec)			8,87E-03	
MEDIA IN FALDA (permeabilità cm/sec)			9,30E-03	

I valori di permeabilità sono compresi tra $2,5 \cdot 10^{-3} - 2,3 \cdot 10^{-2}$ cm/sec.

Un ulteriore riferimento in termini di permeabilità è contenuto nella tavola del CARG, in cui è riportata una carta della permeabilità del I acquifero.

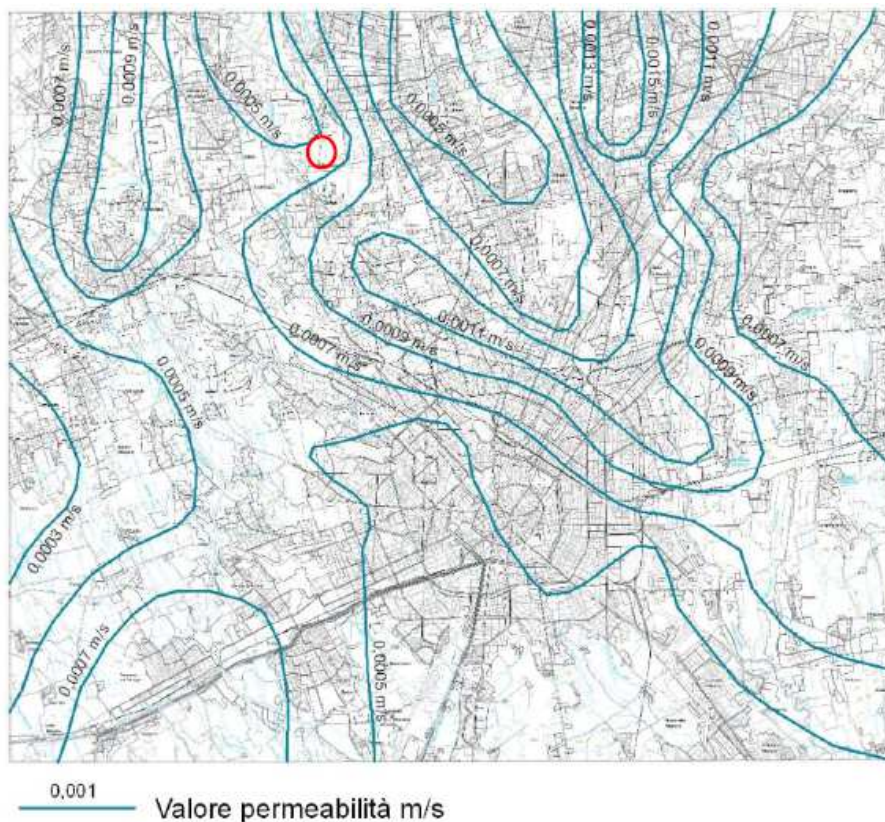


Fig. 24: Carta della permeabilità del I acquifero - (estratto della tavola 2 – progetto CARG – foglio 118)

Nella zona di studio i valori indicati sono di circa $5 \cdot 10^{-4}$ m/sec.

Tali valori sono del medesimo ordine di grandezza, ma superiori, rispetto ai massimi rinvenuti con le prove in foro.

Tale variazione è fisiologica per la differenza del volume interessato dalle prove, la maggiore influenza del fine alla scala del sondaggio, nonché per la locale presenza di terreni con significativa componente fine (sabbie fini e limi).

4.5 POZZI AD USO POTABILE E QUALITA' DELLE ACQUE SOTTERRANEE

La tavola 2.3 visualizza la distribuzione dei pozzi ad uso potabile dei Comuni di Senago e Bollate, in relazione alla localizzazione delle vasche ed alla direzione di flusso della falda.

Le fonti utilizzate sono le n° 7-8-9 di cui al par. 2.1.

La cartografia evidenzia chiaramente i seguenti elementi:

- la zona di intervento è esterna alle fasce di rispetto dei pozzi utilizzati a scopo idropotabile (fascia di rispetto disegnata con criterio geometrico e con raggio di 200 metri);
- i pozzi del Comune di Senago sono tutti localizzati a monte dell'area di intervento rispetto alla direzione di deflusso della falda;
- i pozzi utilizzati a scopo potabile più vicini alla zona di intervento sono i pozzi cod. 12 e 13 del Comune di Bollate, che risultano localizzati ad oltre 1 km dall'area di intervento, verso sud.

La tabella seguente, tratta dai documenti di cui sopra, evidenzia, per i diversi pozzi lo stato di attività, gli impianti di trattamento, la profondità massima e la quota dei filtri.

In particolare questo ultimo parametro consente di valutare l'acquifero in cui avviene l'attingimento, in relazione al modello descritto ai par. 4.1 e 4.2.

COMUNE DI BOLLATE						
n.	Codice SIF	Località	Anno	Prof. (m)	Filtri (prof. m)	Note
1	0150270001	Via A. da Bollate Municipio	1942	68.25	da 48.00 a 60.00	In esercizio, trattamento carboni attivi
2	0150270002	Via A. da Bollate Scuole	1942	67.80	da 49.00 a 66.00	In esercizio, trattamento carboni attivi
3	0150270003	Via Caracciolo C.na Nuova I	1959	60.50	da 38.35 a 60.00	In esercizio, trattamento carboni attivi
4	0150270004	Via Ferraris	1961	64.80	da 41.50 a 64.80	In esercizio, trattamento carboni attivi

5	0150270005	Via Trento Ospiate I	1963	68.60	da 46.00 a 67.00	In esercizio, trattamento carboni attivi
6	0150270006	Via Trento Ospiate II	1963	67.00	da 46.00 a 63.00	In esercizio, trattamento carboni attivi
7	0150270007	Via Verdi C. sportivo I	1966	75.00	da 49.55 a 75.00	In esercizio, trattamento carboni attivi
8	0150270008	Via Verdi C. sportivo II	1966	77.50	da 49.00 a 75.00	In esercizio, trattamento carboni attivi
10	0150270010	Via Caracciolo C.na Nuova II	1969	130.00	da 51.00 a 122.0	In esercizio, trattamento carboni attivi
12	0150270101	Via Garbiera I	1974	100.00	da 55.00 a 94.00	In esercizio, trattamento carboni attivi
13	0150270102	Via Garbiera II	1974	100.00	da 50.00 a 91.00	In esercizio, trattamento carboni attivi
14	0150270103	Via Repubblica I	1982	100.00	da 45.50 a 88.50	In esercizio, trattamento carboni attivi
15/1	0150270159	Via Attimo colonna 1	1998	200.00	da 47.00 a 87.50	In esercizio, trattamento carboni attivi
15/2	0150270160	Via Attimo colonna 2	1998	200.00	da 111.3 a 161.5	In esercizio
COMUNE DI SENAGO						
1	0152060001	Via Piave	1951	60.00	da 38.23 a 42.28 da 47.70 a 53.70 da 56.00 a 58.00	Pozzo fermo
2	0152060002	Via Verdi	1959	68.00	da 30.00 a 34.00 da 41.00 a 43.00 da 44.00 a 57.00 da 58.00 a 66.00	In rete, impianto trattamento carboni attivi
3	0152060003	Via Repubblica	1964	80.00	da 50.10 a 67.50	In rete, impianto trattamento carboni attivi
4	0152060004	Via Adda	1971	104.00	da 41.29 a 42.28 da 54.92 a 64.11	In rete, impianto trattamento carboni attivi
6	0152060006	Via 25 Aprile – P.za Moro	1981	103.20	da 52.50 a 57.60 da 61.00 a 64.00 da 78.85 a 81.87 da 82.70 a 87.26 da 88.09 a 92.65 da 93.48 a 95.00	In rete, impianto trattamento carboni attivi
8/1	0152060036	Via Benedetto croce	1999	190.00	da 123.7 a 129.7	In rete
8/2	0152060037	Via Benedetto Croce	1999	190.00	da 155.0 a 155.6 da 173.2 a 177.7	In rete

I pozzi che risultano maggiormente protetti sono il 15/2 di Bollate ed 8/1 – 8/2 di Senago, che captano solamente dal gruppo acquifero n° 3; tali pozzi sono anche gli unici a non necessitare degli impianti di trattamento a carboni attivi.

Gli altri pozzi captano le acque ad una quota minima 30 metri da p.c (pozzo 2 di Senago) e, in generale, ad almeno 40 m. dal p.c. stesso.

Tale quota li porta ad attingere nel Gruppo acquifero B.

Alcuni pozzi captano solamente tale acquifero, mentre altri pozzi captano sia l'acquifero B che il C.

Il Gruppo acquifero B è caratterizzato ad una falda libera e/o semiconfinata ed un livello di protezione idrogeologica che dipende essenzialmente dallo spessore e dalla continuità dei livelli argillosi di separazione con il soprastante Gruppo A.

La classificazione dello stato delle acque sotterranee può essere valutata in base alla seguente tabella (D. Lgs. 156/02):

Classe 1	Impatto antropico nullo o trascurabile, con pregiate caratteristiche idrochimiche
Classe 2	Impatto antropico ridotto e sostenibile sul lungo periodo, con buone caratteristiche idrochimiche
Classe 3	Impatto antropico significativo, con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con alcuni segnali di compromissione
Classe 4	Impatto antropico rilevante, con caratteristiche idrochimiche scadenti

L'eventuale presenza di inquinanti organici o inorganici con concentrazioni superiori ai limiti di legge determina una classificazione automatica in classe 4

Le acque dell'acquifero superiore (Gruppo acquifero B) presentano le seguenti caratteristiche:

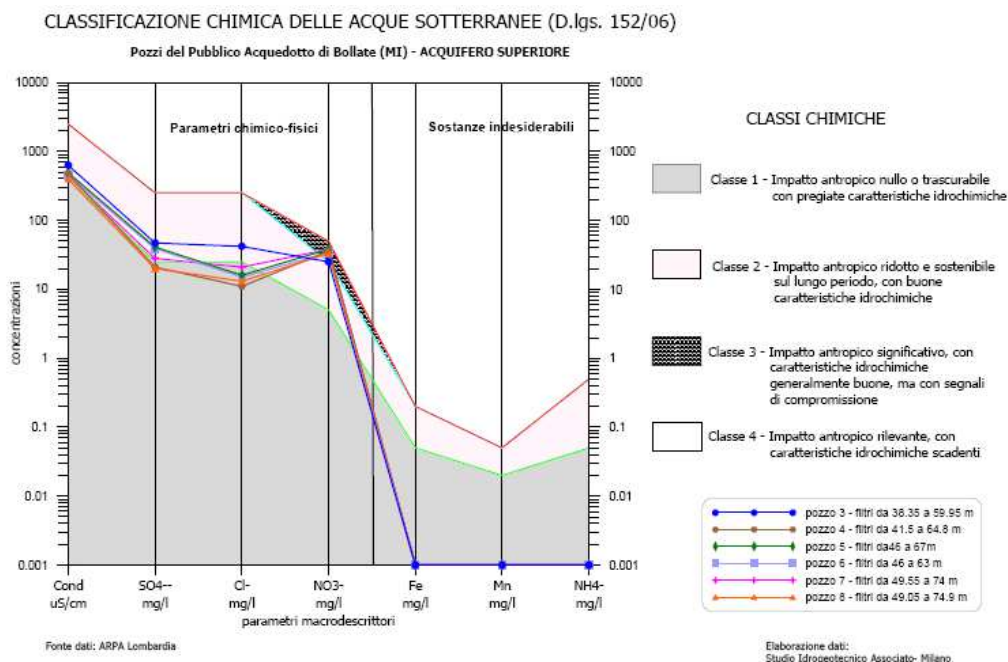


Fig. 25: Classificazione chimica delle acque sotterranee (D. Lsg. 152/06) dei pozzi potabili di Bollate in acquifero superiore (fonte: Componente geologica del PGT – dr. Efrem Ghezzi)

Lo stato chimico delle acque di questi pozzi ricade in classe 3 – *impatto antropico significativo, con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con segnali di compromissione*.

I parametri che condizionano tale classificazione sono i nitrati presenti.

Anche le acque prelevate nei pozzi che interessano sia l'acquifero superiore che profondo, quando sono miscelate mostrano le medesime caratteristiche.

I pozzi del Comune di Senago in acquifero B presentano una situazione equiparabile.

Questo acquifero presenta, a partire dalle analisi del 1977-78, una grave compromissione per elevate concentrazioni di solventi organo alogenati. Tale inquinamento ha reso necessario il trattamento a carboni attivi per la potabilità.

Le acque dell'acquifero profondo (Gruppo acquifero C) presentano le seguenti caratteristiche:

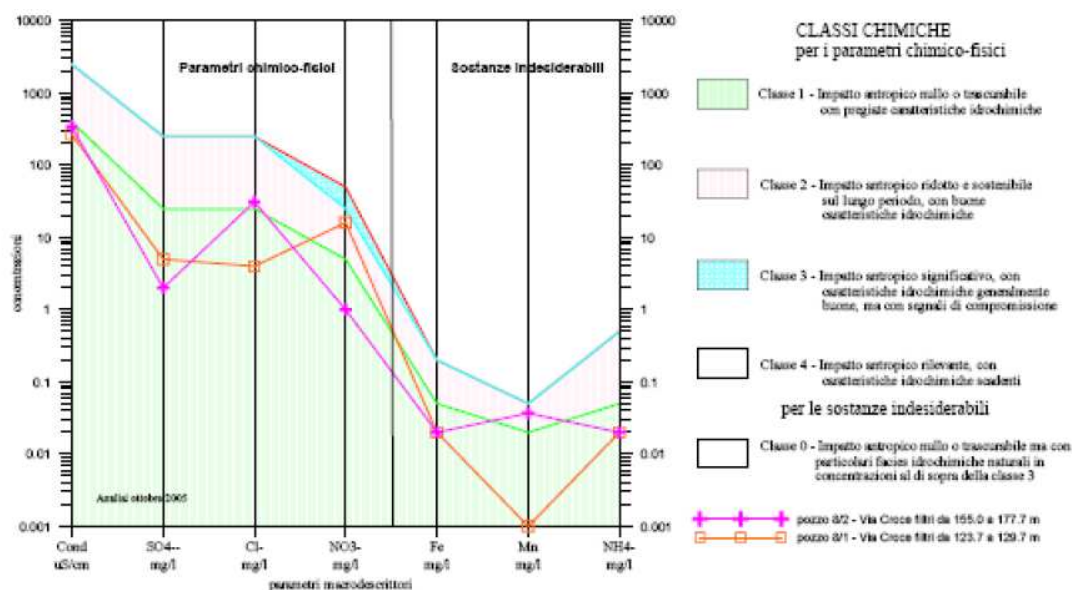


Fig. 26: Classificazione chimica delle acque sotterranee (D. Lsg. 152/06) dei pozzi potabili di Senago in acquifero superiore (fonte: VAS del PGT – Studio geologico di Senago)

Tali acque risultano con un livello qualitativo superiore (classe 1 e 2), con ridotto impatto antropico e buone caratteristiche idrochimiche.

In relazione alla qualità delle acque, le vasche di laminazione, stante l'esigua distanza dalla falda stessa e la permeabilità dei terreni interessati, saranno integralmente impermeabilizzate con un telo di bentonite per tutto il loro sviluppo.

Non sono quindi prevedibili interazioni negative sullo stato delle falde.

6.0 CARATTERISTICHE DEI TERRENI DI SCAVO

In considerazione dei notevoli volumi di terreni da movimentare per la realizzazione delle vasche si è ritenuto di effettuare una serie di analisi e di valutazioni sulle caratteristiche granulometriche e merceologiche dei terreni stessi.

6.1 ANALISI GRANULOMETRICHE E CLASSIFICAZIONE

Nei fori di sondaggio sono stati prelevati dei campioni a differenti profondità rappresentativi delle varie litologie rinvenute.

Tali campioni sono stati inviati al laboratorio Altair per le seguenti prove:

- analisi granulometria per via secca
- analisi granulometria per via umida;
- limite liquido, limite plastico ed indice di plasticità;
- classificazione in base agli standard ASTM ed AASHTO.

Le seguenti tabelle riepilogano i principali valori emersi dalle analisi (per il dettaglio sulle singole prove è necessario fare riferimento all'apposito documento allegato al presente progetto):

Campione	S1-5.0	S1-12.0	S1-17.5	S1-23.0	S1-27.0	S2-7.0	S2-13.5
ghiaia g	18,81	1,81	13,25	13,27	9,70	11,67	6,46
ghiaia f	35,33	4,19	15,05	9,27	22,55	12,63	11,99
sabbia g	7,62	3,82	5,32	6,28	0,93	6,25	6,80
sabbia m	11,68	36,37	14,66	22,67	16,67	15,99	18,31
sabbia f	11,93	29,41	20,87	32,03	19,94	23,32	23,13
limo	10,01	15,55	19,18	13,41	20,67	18,56	21,63
argilla	4,62	8,85	11,67	3,07	9,54	11,58	11,68
LL	38,00	30,00	24,00	33,00	28,00	30,00	27,00
LP	22,00	23,00	18,00	25,00	22,00	20,00	21,00
IP	16,00	7,00	6,00	8,00	6,00	10,00	6,00
Cumulate							
ghiaia	54,14	6,00	28,30	22,54	32,25	24,30	18,45
sabbia	31,23	69,60	40,85	60,98	37,54	45,56	48,24
limo+argilla	14,63	24,40	30,85	16,48	30,21	30,14	33,31
totale	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
ASTM	GC	SC	SC SM	SM	SC SM	SC	SC SM
AASHTO	A2 6	A2 4	A2 4	A2 4	A2 4	A2 4	A2 4

Campione	S2-16.5	S2-22.0	S2-27.0	S2-32.0	S3-10.0	S3-17.0	S4-2.0	S4-6.0
ghiaia g	0,97	0,76	10,85	0,00	15,49	17,97	33,64	10,53
ghiaia f	3,99	23,62	12,50	0,05	22,42	13,02	13,91	24,44
sabbia g	4,02	9,65	5,23	0,27	8,69	7,66	6,74	8,98
sabbia m	38,55	27,32	28,90	5,46	19,36	18,58	14,53	20,01
sabbia f	27,09	17,55	27,98	71,43	16,86	20,51	11,55	14,33
limo	18,18	14,07	10,27	16,31	11,73	15,20	12,00	13,10
argilla	7,21	7,03	4,27	6,48	5,45	7,06	7,63	8,61
LL	30,00	32,00	32,00	36,00	32,00	29,00	37,00	36,00
LP	21,00	22,00	23,00	26,00	22,00	23,00	27,00	25,00
IP	9,00	10,00	9,00	10,00	10,00	6,00	10,00	11,00
Cumulate								
ghiaia	4,96	24,38	23,35	0,05	37,91	30,99	47,55	34,97
sabbia	69,66	54,52	62,11	77,16	44,91	46,75	32,82	43,32
limo+argilla	25,38	21,10	14,54	22,79	17,18	22,26	19,63	21,71
totale	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
ASTM	SC	SC	SC	SM	SC	SM	GM	SM
AASHTO	A2 4	A2 4	A2 4	A2 4	A2 4	A1b	A2 4	A2 6

Il seguente grafico mostra l'andamento delle principali componenti granulometriche nei differenti campioni analizzati:

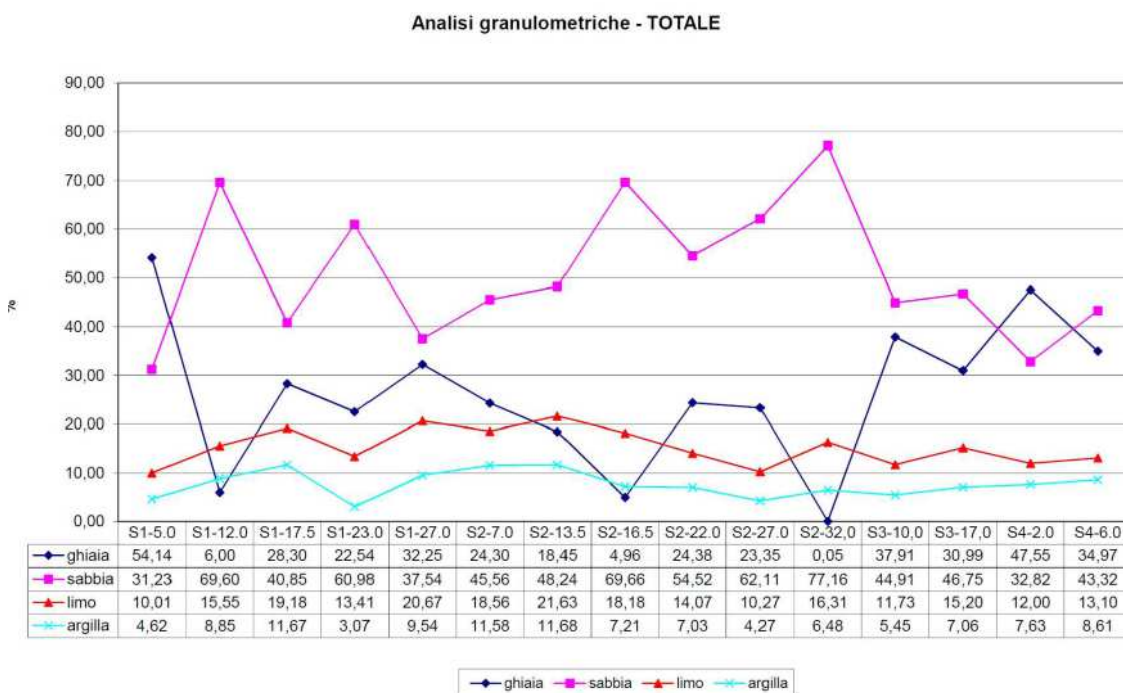


Fig. 27: Analisi granulometriche dei campioni analizzati

Le analisi evidenziano:

- una dominanza della componente sabbiosa, (tra il 30% e 80%, con valori medi tra 40-50%);
- subordinate ghiaie con valori medi tra 20-30% ma con elevata variabilità (da 0 ad oltre il 50%);
- limi con percentuali tra il 10 ed il 20%, abbastanza regolari;
- percentuali di argilla generalmente inferiori al 10%;
- la classe AASHTO dominante è A2-4;
- la classificazione ASTM è mediamente SC - SM

I valori sono poi stati analizzati selezionando solamente i campioni rientranti all'interno delle profondità di scavo, distinti per le due vasche.

Il grafico riportato sulla sinistra rappresenta l'analisi media complessiva dei campioni nella vasca, con le relative classificazioni AGI- ASTM ed AASHTO. Sulla destra è riportata un'analisi granulometria a campione, ritenuta rappresentativa del contesto specifico.

Sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa
classificazione ASTM: SC - SM
classificazione AASHTO: A2-4

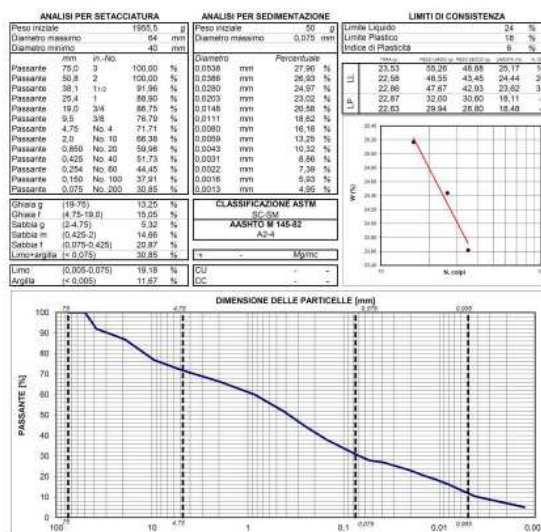
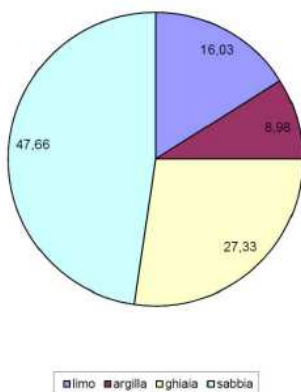


Fig. 28: Analisi granulometriche dei campioni entro la profondità di scavo del secondo settore della'invase

Sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa
classificazione ASTM: SC - SM
classificazione AASHTO: A2-4 - A1b

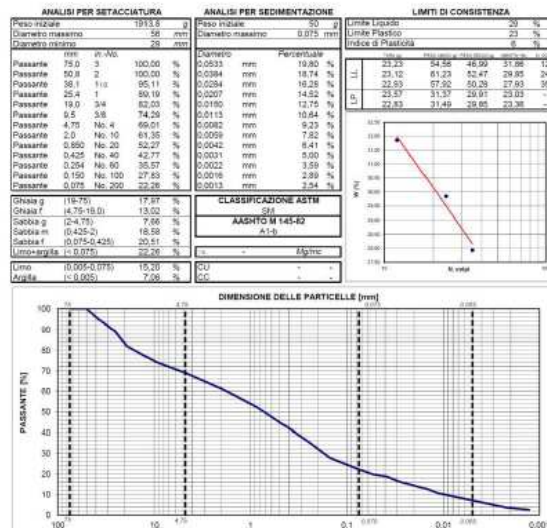
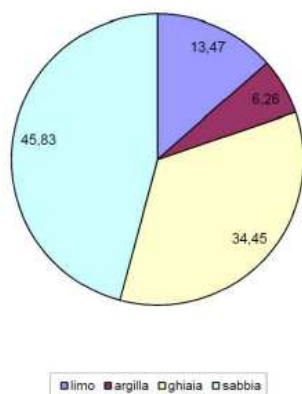


Fig. 28: Analisi granulometriche dei campioni entro la profondità di scavo del terzo settore della'invaso

I valori sono comparabili ed in entrambi i casi i terreni hanno la seguente composizione: sabbie con ghiaie limose debolmente argillose.

6.2 ANALISI CHIMICHE

In relazione alle quantità di materiale da movimentare in cantiere e scavare (oltre 1 Mmc) si è deciso di effettuare, fin da questa fase di progetto preliminare, una verifica delle caratteristiche chimiche dello stesso, in relazione a quanto previsto dal D.M. 161/2012.

La presente verifica non ha la pretesa di rappresentare un piano di utilizzo, ma solamente di valutare l'eventuale presenza di anomalie, dal punto di vista chimico-fisico nei terreni.

Durante tutte le indagini effettuate (sondaggi, saggi con escavatore, indagini geofisiche, ecc.) non sono state evidenziate situazioni anomale di sorta ed i terreni in posto sono sempre risultati nello stato naturale.

Anche le informazioni disponibili sull'area non hanno messo in luce utilizzi pregressi potenzialmente critici ai fini della contaminazione delle aree, il cui utilizzo attuale è agricolo.

Le analisi sono state effettuate su n° 8 campioni di materiale prelevati ad una profondità media di 3-4 metri nei saggi effettuati con l'escavatore e distribuiti lungo le zone di intervento.

Le analisi sono state effettuate dal Laboratorio EVR Ambiente s.r.l. di Giussago (PV), per conto della Ditta Eurogeo, incaricata, per conto di AIPo delle indagini geologiche e geofisiche.

Il protocollo di analisi ha previsto la verifica di tutti i parametri previsti dalla norma, e precisamente:

- metalli (arsenico, cadmio, cobalto, nichel, piombo, rame, zinco, mercurio, cromo totale, cromo VI, amianto)
- idrocarburi C > 12
- BTEX
- IPA

Il riepilogo delle analisi effettuate è di seguito riportato (per la verifica dei singoli referti si rimanda alla documentazione specifica, contenente le indagini geologiche, allegata al presente progetto):

Parametri	U.M. sul secco	Tab. 1A residenziale	Tab. 1A industriale	Ns. Rif. CAMPIONE	1158 SA 1	1159 SA 2	1160 SA 4	1161 SA 5	1162 SA 6	1163 SA 7	1164 SA 8	1165 SA 10
Residuo secco	%				83,5	81,7	82,5	81,2	79,3	83,5	80,9	92,5
Frazione < 2 mm	%				50	61	66	58	59	59	48	49
Frazione > 2 mm	%				50	39	34	42	41	41	52	51
AMIANTO	mg/kg s.s.	1000	1000		<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000
zinco	mg/kg s.s.	150	1500		26,0	23,4	25,8	27,7	26,9	23,5	22,3	19,9
cadmio	mg/kg s.s.	2	15		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	< 0,5
piombo	mg/kg s.s.	100	1000		6,7	5,2	5,5	5,6	5,9	5,6	4,2	5,2
nicel	mg/kg s.s.	120	500		34,1	25,9	31,7	31,8	29,5	29,6	26,3	17,1
cromo totale	mg/kg s.s.	150	800		21,7	23,0	36,9	26,2	28,9	29,2	20,5	25,3
rame	mg/kg s.s.	120	600		9,4	7,8	9,7	8,9	9,3	8,1	7,5	6,0
arsenico	mg/kg s.s.	20	50		6,6	4,3	6,2	6,9	5,5	5,0	5,7	4,8
mercurio	mg/kg s.s.	1	5		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
cromo esavalente	mg/kg s.s.	2	15		< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
cobalto	mg/kg s.s.	20	250		4,5	4,1	4,8	5,0	5,1	4,0	4,1	5,0
benzene	mg/kg s.s.	0,1	2		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
toluene	mg/kg s.s.	0,5	50		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
etilbenzene	mg/kg s.s.	0,5	50		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
xilene	mg/kg s.s.	0,5	50		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
stirene	mg/kg s.s.	0,5	50		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
naftalene	mg/kg s.s.				<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
acenaftilene	mg/kg s.s.				<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
acenaftene	mg/kg s.s.				<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
fluorene	mg/kg s.s.				<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
fenantrene	mg/kg s.s.				<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04
antracene	mg/kg s.s.				<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
fluorantene	mg/kg s.s.				<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
pirene	mg/kg s.s.	5	50		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
benzo(a)antracene	mg/kg s.s.	0,5	10		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
crisene	mg/kg s.s.	5	50		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
benzo(b)fluorantene	mg/kg s.s.	0,5	10		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
benzo(k)fluorantene	mg/kg s.s.	0,5	10		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
benzo (a)pirene	mg/kg s.s.	0,1	10		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
indeno(1,2,3 c,d)pirene	mg/kg s.s.	0,1	5		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
dibenzo(a,h)antracene	mg/kg s.s.	0,1	10		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
benzo(g,h,i)perilene	mg/kg s.s.	0,1	10		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
dibenzo(a,l)pirene	mg/kg s.s.	0,1	10		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
dibenzo(a,e)pirene	mg/kg s.s.	0,1	10		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
dibenzo(a,h)pirene	mg/kg s.s.	0,1	10		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
dibenzo(a,i)pirene	mg/kg s.s.	0,1	10		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sommatorio IPA	mg/kg s.s.	10	100		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kg s.s.	50	750		<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Idrocarburi leggeri C<12	mg/kg s.s.	10	250		<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5

Le analisi non evidenziano anomalie di sorta.

Tutti i campioni rientrano ampiamente nei limiti di legge di Tab. 1A.

7.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente nota tecnica fa parte del progetto preliminare, predisposto dallo Scrivente Gruppo di Lavoro, nell'ambito dell'incarico conferito da AIPo, per la realizzazione delle vasche di laminazione in Comune di Senago.

La stessa si concentra sugli aspetti geologici, litologici ed idrogeologici; le analisi e le valutazioni a carattere geologico-tecnico sono contenute nella relazione specifica.

Di seguito si procede ad una sintesi dei principali elementi emersi dalle analisi e dalle valutazioni effettuate nei precedenti paragrafi.

Geomorfologia e struttura geologica

Le opere di progetto (vasche di laminazione per un volume di 1Mmc) sono localizzate nella porzione sud-ovest del Comune di Senago, nelle vicinanze del confine con il Comune di Bollate, nell'ambito dell'alta pianura milanese.

La zona di intervento è subpianeggiante, leggermente digradante da nord verso sud, è compresa tra i torrenti Pudiga ad ovest e Garbogera ad est ed è attraversata trasversalmente dal CSNO. Questa localizzazione consente di attribuire una funzione di laminazione plurima alle vasche: oltre al fiume Seveso, per il tramite del CSNO, anche dei torrenti Pudiga e Garbogera.

L'area in cui verranno realizzate le vasche, rientra, dal punto di vista geologico, nel Supersintema di Besnate – Unità di Cadorago (cod. BEE) (Pliocene medio-superiore).

Si tratta depositi fluvioglaciali (classicamente stati attribuiti al Riss ed in parte al Wurm) costituiti in genere da ghiaia a supporto clastico o di matrice, con matrice sabbiosa; intercalazioni sabbiose; sabbie limoso argillose; limi con clasti sparsi.

Questa unità comprende tutta la zona operativa ed affiora in una stretta fascia allungata in senso nord-sud, che borda il terrazzo antico.

Sulla base dei dati di sottosuolo e delle indagini condotte per il presente lavoro è stato possibile mettere in luce i seguenti elementi di dettaglio:

- i depositi sono in prevalenza costituiti di miscele di sabbia e ghiaia, con subordinate quantità di materiale fine;
- alla profondità di circa 30 metri da p.c., lungo tutta la porzione orientale, è presente un livello limoso-argilloso di spessore variabile da pochi metri fino ad oltre 14-15 metri di spessore. Questo livello, in base ai dati disponibili, riduce significativamente il suo spessore verso est, fino a risultare assente presso le terminazioni della sezione;
- al di sotto del livello argilloso sono presenti ulteriori depositi sabbiosi e ghiaiosi fino alla profondità di circa 60-65 metri da p.c. Oltre tale profondità i livelli argillosi divengono prevalenti, con intercalati subordinati livelli di sabbie fini.

Assetto idrogeologico dell'area ed impatto delle opere

Questo assetto geologico condiziona la struttura idrogeologica dell'area, in cui è possibile distinguere i seguenti elementi:

Gruppo acquifero A: costituisce la porzione più superficiale del sottosuolo.

E' composto da ghiaie e sabbie, con subordinati livelli argillosi, argilloso limosi e/o di ghiaie cementate. Lo spessore nella zona di studio è circa di 30-35 metri.

La base è posta in corrispondenza dei livelli limoso-argillosi.

Questo gruppo acquifero, insieme al seguente Gruppo acquifero B, è sede dell'acquifero principale libero e/o semiconfinato, con soggiacenza nella zona di studio di circa 15

metri da p.c.; questa falda è in genere captata dai pozzi privati nonché dai pozzi potabili di vecchia realizzazione.

Gruppo acquifero B: costituisce la porzione di sottosuolo immediatamente sottostante al Gruppo A.

La granulometria è generalmente ghiaioso sabbiosa e tende a diminuire in profondità, dove aumenta la frequenza di livelli argillosi e/o conglomeratici.

Lo spessore di questo gruppo è di circa 30-40 metri e la sua base è posta in corrispondenza dei primi livelli di argille compatte giallastre.

Gruppo acquifero C: è presente nel territorio esaminato al di sotto del Gruppo B e fino alla massima profondità interessata dai pozzi potabili.

E' costituito da depositi sabbiosi, alternati ad argille ed argille limose, indice di un ambiente di deposizione continentale / transizionale deltizio.

Questa unità è sede degli acquiferi confinati, protetti, captati dai pozzi più profondi.

L'andamento generale della I falda è da nord-ovest verso sud-est, con un gradiente medio delle 0,3-0,4 %.

La quota media della I falda nell'area di intervento, in base ai dati del SIF del sett. 2011, è di circa 145 m s.m., con una soggiacenza media, considerando una quota del p.c. di circa 160 m s.m., di 15 metri.

Per il presente progetto è stato realizzato un piezometro nella zona di intervento e la quota piezometria è risultata, nella misura effettuata il 04/04, pari a 145,416 m s.m., quindi leggermente superiore (di circa 40 cm), rispetto al valore della piezometria della I falda del settembre 2011 del SIF.

La quota di minima soggiacenza della falda nella zona di intervento è un elemento di grande importanza, perché condiziona la quota zero di inizio dell'invaso di laminazione, nonché le eventuali opere in falda, quindi sono state effettuate delle verifiche.

I dati delle piezometrie elaborate dalla Provincia di Milano evidenziano nell'area un netto innalzamento della quota di falda dal 2007 al 2011: la superficie piezometrica passa nella zona interessata dalle opere da una quota di circa 137-138 m s.m. ad una quota di 145 m s.m., con un innalzamento di circa 7-8 metri.

L'analisi dei dati piezometrici di dettaglio disponibili evidenziano che la superficie piezometrica mostra variazioni sia a carattere stagionale che con trend di lungo periodo.

Per quanto riguarda le variazioni stagionali, che possono raggiungere anche alcuni metri di escursione, sono generalmente caratterizzate da massimi nel periodo irriguo e da minimi invernali.

Le variazioni di lungo periodo sono connesse prevalentemente alle condizioni meteorologiche, ma anche all'entità dei prelievi per lo sfruttamento della falda.

Le curve dei pozzi di Bollate (monitorati dal 1975 a tutto il 2012) evidenziamo un periodo di minima soggiacenza della falda tra il 1978 ed il 1980, connesso alle abbondanti precipitazioni del periodo 1976-1977.

Tra la parte finale del 2010 ed il 2012 la falda ha subito un nuovo brusco innalzamento e si è riportata su valori analoghi ai massimi del periodo 78-80.

La quota piezometria attuale nel piezometro, di 145,41 m s.m., si attesta quindi verso il limite superiore delle oscillazioni subite dalla falda a partire dal 1975.

Alla luce di queste considerazioni si è ritenuto, allo stato attuale, di alzare la quota di zero dell'invaso da 144 m s.m., nello studio di fattibilità, agli attuali 146 m s.m., quindi con un franco di circa 50-60 cm. sull'altezza attuale di falda.

E' inoltre stata prevista la realizzazione di un sistema che consente l'afflusso dell'acqua di falda nella vasca per gravità, in caso di innalzamento della stessa, onde evitare problemi di sottospinte sulle opere di impermeabilizzazione.

I principali elementi di vulnerabilità idrogeologica sono i pozzi ad uso potabile, in relazione ai quali è stato evidenziato che:

- la zona di intervento è esterna alle fasce di rispetto dei pozzi utilizzati a scopo idropotabile (fascia di rispetto disegnata con criterio geometrico e con raggio di 200 metri);
- i pozzi del Comune di Senago sono tutti localizzati a monte dell'area di intervento rispetto alla direzione di deflusso della falda;
- i pozzi utilizzati a scopo potabile più vicini alla zona di intervento sono i pozzi cod. 12 e 13 del Comune di Bollate, che risultano localizzati ad oltre 1 km dall'area di intervento, verso sud.

La maggior parte dei pozzi captano le acque ad una quota minima 30 metri da p.c (pozzo 2 di Senago) e, in generale, ad almeno 40 m. dal p.c. stesso.

Tale quota li porta ad attingere nel Gruppo acquifero B.

Solo alcuni pozzi captano la falda più profonda e protetta del Gruppo acquifero C.

Lo stato chimico delle acque del Gruppo acquifero B ricade in classe 3 – *impatto antropico significativo, con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con segnali di compromissione.*

I parametri che condizionano tale classificazione sono i nitrati presenti.

Questo acquifero presenta inoltre, a partire dalle analisi del 1977-78, una grave compromissione per elevate concentrazioni di solventi organo alogenati. Tale inquinamento ha reso necessario il trattamento a carboni attivi per la potabilità.

Stante questa situazione in essere non è prevedibile alcun impatto particolare delle opere sui pozzi potabili.




Comunque, come massima tutela nei confronti dell'acquifero in relazione alla qualità delle acque, le vasche di laminazione, stante l'esigua distanza dalla falda stessa e la permeabilità dei terreni interessati, saranno integralmente impermeabilizzate con un telo di bentonite per tutto il loro sviluppo al fine di ridurre al minimo qualunque possibile interferenza.

Caratteristiche dei terreni di scavo

In considerazione dei notevoli volumi di terreni da movimentare per la realizzazione delle vasche si è ritenuto di effettuare una serie di analisi e di valutazioni sulle caratteristiche granulometriche e merceologiche dei terreni stessi.

Le analisi evidenziano le seguenti caratteristiche:

- una dominanza della componente sabbiosa, (con valori medi tra 40-50%);
- subordinate ghiaie con valori medi tra 20-30% ma con elevata variabilità;
- percentuali di limo tra il 10 ed il 20% e di argilla inferiori al 10%;
- la classe AASHTO dominante è A2-4;
- la classificazione ASTM è mediamente SC – SM;
- la classificazione AGI è: *sabbie con ghiaie limose debolmente argillose.*

	A.T.P.: 	<i>Studio Associato di Geologia Spada</i>		Consulenti: <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>
---	--	---	--	---

Si è anche provveduto ad una verifica, seppur preliminare, delle caratteristiche chimiche dei terreni, in relazione a quanto previsto dal D.M. 161/2012.

Tutte le verifiche e le analisi effettuate non hanno evidenziato anomalie di sorta.

Tutti i campioni rientrano ampiamente nei limiti di legge di Tab. 1A.

Milano, aprile 2013

I PROFESSIONISTI INCARICATI:

ETATEC s.r.l.

Dott. Ing. Giovanni Battista Peduzzi

STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI

Prof. Ing. Alessandro Paoletti

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA

Dott. Geol. Mario Spada