

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

INDICE

1.	INTRODUZIONE	4
1.1.	Normativa di riferimento	4
1.2.	Documentazione di riferimento.....	4
1.3.	Limitazioni dello studio	5
2.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
3.	INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLOGICO	5
3.1.	Inquadramento morfologico e idrografico.....	5
3.1.1.	Pericolosità geomorfologia dell'area	6
3.2.	Inquadramento geologico	6
4.	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO	7
4.1.	Pozzi per acqua.....	7
4.2.	Sondaggi geotecnici realizzati in Sito	8
4.3.	Sondaggi attrezzati a pozzo di monitoraggio realizzati in Sito	8
4.4.	Assetto litostratigrafico locale.....	9
5.	IDROGEOLOGIA	10
5.1.	Inquadramento idrogeologico regionale	10
5.1.1.	Complesso arenaceo-marnoso	11
5.1.2.	Complesso delle alternanze,	11
5.1.3.	Complesso ghiaioso - sabbioso.....	11
5.2.	Assetto idrogeologico locale	12
6.	CARATTERIZZAZIONE IDRODINAMICA DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE	13
6.1.	Prove di pompaggio.....	13
6.1.1.	Prova a gradini di portata.....	14
6.1.2.	Prova a lunga durata a portata costante.....	14
6.2.	Modalità operative delle prove	16
6.3.	Esecuzione e risultati delle prove.....	16
6.3.1.	Prova a gradini di portata.....	16
6.3.2.	Prova a lunga durata a portata costante.....	18
6.3.3.	Prova di risalita.....	20
7.	CONCLUSIONI.....	21

TABELLE

Tabella 1	Misure di soggiacenza e quota della falda superficiale (aprile 2007 e giugno 2007)	<i>nel corpo del testo</i>
Tabella 2	Dati della prova a gradini	<i>nel corpo del testo</i>

GRAFICI

Grafico 1	Curva caratteristica del pozzo	<i>nel corpo del testo</i>
Grafico 2	Determinazione della portata critica	<i>nel corpo del testo</i>
Grafico 3	Curva di interpretazione della prova di lunga durata	<i>nel corpo del testo</i>
Grafico 4	Interpretazione della prova di risalita in PZ	<i>nel corpo del testo</i>
Grafico 5	Interpretazione della prova di risalita in P1	<i>nel corpo del testo</i>

FIGURE

Figura 1	Corografia
Figura 2	Planimetria dell'area con ubicazione dei pozzi per acqua e traccia della sezione geologica
Figura 3	Sezione geologica
Figura 4	Planimetria del Sito con ubicazione dei sondaggi e traccia della sezione litostratigrafica
Figura 5	Sezione litostratigrafica
Figura 6	Andamento della superficie della falda superficiale (aprile 2007)
Figura 7	Andamento della superficie della falda superficiale (giugno 2007)

APPENDICI

Appendice 1	Stratigrafie dei pozzi per acqua nell'intorno del Sito
Appendice 2	Stratigrafie dei pozzi di monitoraggio e dei sondaggi presenti in Sito

ALLEGATI

Allegato 1	Campo di moto dell'acquifero superficiale (da Piano di Tutela delle Acque - Regione Piemonte)
Allegato 2	Campo di moto dell'acquifero superficiale (da Civita e Pizzo, 2001)

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito del progetto per la realizzazione del Nuovo Centro Direzionale del Gruppo Intesa Sanpaolo di Torino ("Centro Direzionale"), lo studio Manens Intertecnica ("Manens") ha incaricato la Golder Associates S.r.l. di Torino ("Golder") di valutare la fattibilità tecnica e progettare un sistema di derivazione di acqua di falda mediante pozzi di prelievo e di successiva restituzione in falda.

Presso il Centro Direzionale è infatti previsto l'uso di una pompa di calore con scambio termico ad acqua di falda, prelevata attraverso pozzi di emungimento la cui realizzazione è soggetta alla procedura di richiesta di nuova concessione per derivazione di acque sotterranee, secondo quanto stabilito dal Regolamento vigente (DPGR 29.07.2003 n.10/R della L.R. n. 61 del 29.12.2000).

Il presente documento illustra i risultati dello studio idrogeologico dell'area ("Sito") dove è previsto il Centro Direzionale redatto a supporto del progetto della nuova derivazione/restituzione di acqua sotterranea e costituisce parte integrante degli allegati tecnici alla domanda autorizzativa.

1.1. Normativa di riferimento

La presente relazione è redatta nel rispetto delle prescrizioni contenute nella normativa vigente:

- **Legge Regione Piemonte 30/4/1996 n° 22** "*Ricerca, uso e tutela delle acque sotterranee*";
- **Decreto Presidente Giunta Regionale 29/7/03, n. 10/R** "*Regolamento regionale recante Disciplina dei procedimenti di concessione di derivazione di acqua pubblica (Legge regionale 29 dicembre 2000, n. 61)*".

1.2. Documentazione di riferimento

Nella presente relazione è fatto riferimento alla seguente documentazione, che viene richiamata nel testo indicando la relativa numerazione :

- [1] "*Città di Torino Variante al P.R.G.C. Studio idrogeomorfologico di supporto - Relazione Conclusiva*", ing. V. Anselmo, dott. geologo F. Carraro, dott. geologo E. Zanella (Dicembre 2001);
- [2] "*L'evoluzione spazio-temporale del livello piezometrico dell'acquifero libero nel sottosuolo di Torino*", Prof. M. Civita, dott. geologo S. Pizzo; GEAM n°104 (Dicembre 2001);
- [3] "*Le acque sotterranee della pianura di Torino - Carta della base dell'acquifero superficiale - Note Illustrative*" Provincia di Torino (Ottobre 2002);

- [4] "*Regione Piemonte Piano di Tutela delle Acque*", Direzione Pianificazione delle Risorse Idriche, Regione Piemonte (Luglio 2004);
- [5] "*Applicativo di consultazione del catasto delle derivazioni (acque superficiali, pozzi e sorgenti) e scarichi di acque reflue della Provincia di Torino*" disponibile sul sito web della Provincia di Torino sezione Risorse idriche;
- [6] stratigrafie sondaggi e pozzi di monitoraggio in Sito (ditta esecutrice RCT);
- [7] stratigrafia pozzo ubicato in Via Serrano 25;
- [8] stratigrafia pozzo ubicato in Via della Cittadella (ditta esecutrice Ghiberti);
- [9] stratigrafia pozzo ubicato nei pressi di Via Cernaia (ditta esecutrice ARISCHIAPPA).

1.3. Limitazioni dello studio

La Golder ha redatto il presente studio basandosi su informazioni raccolte in sito, di conoscenze note nella letteratura tecnico – scientifica, dei risultati di indagini svolte da terzi e di informazioni ricevute da terzi, la cui attendibilità è stata valutata dove possibile.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Sito è ubicato nel territorio del comune di Torino, nel tratto di Corso Inghilterra compreso tra Corso Vittorio Emanuele II e Via Carlo Cavalli (**Figura 1**).

Il nuovo edificio verrà realizzato su un'area di circa 7000 m², con uno sviluppo in altezza di circa 166 m e con strutture interratoe attestato sino a circa 20 m sotto l'attuale quota di piano di campagna ("p.c.").

Il Sito è compreso nella sezione 155120 della Carta Tecnica Regionale della Regione Piemonte alla scala 1:10.000 e nella Tavola 210 della Carta Tecnica della Città di Torino alla scala 1:1.000.

3. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLOGICO

3.1. Inquadramento morfologico e idrografico

L'area di indagine è collocata mediamente a 247 m di quota s.l.m. ed è compresa all'interno dell'estesa superficie subpianeggiante che ospita parte della città di Torino. Tale superficie, debolmente inclinata verso est-sudest, si sviluppa tra circa 270 m s.l.m., al confine occidentale del territorio comunale, e circa 220 m s.l.m. in prossimità del corso del fiume Po.

La superficie è incisa tra gli altri dai corsi del fiume Po, che drena in direzione nord-nord-est a circa 2,5 km a est del Sito, del fiume Dora Riparia, che drena in direzione est a circa 2 km a nord del Sito.

L'assetto morfologico naturale della superficie è stato modificato dall'intervento antropico; in particolare in vicinanza al Sito, circa 35 m a est, è presente la trincea ferroviaria avente una profondità di circa 8 m ad andamento circa nord-est-sud-ovest.

3.1.1. Pericolosità geomorfologia dell'area

Sulla base di quanto riportato negli elaborati cartografici degli studi geologi a supporto della Variante Strutturale n. 100 al P.R.G.C. ("Variante") [1] ed in particolare nella "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica", l'area di intervento ricade all'interno della Classe I. Tale Classe comprende zone del territorio comunale non soggette a pericolo di inondazione né di allagamento, per le quali non vi sono prescrizioni e limitazioni urbanistiche.

3.2. Inquadramento geologico

A scala regionale, il sottosuolo dell'area torinese risulta caratterizzato dalla presenza di una successione di depositi di età quaternaria (Pleistocene medio - Olocene), poggianti sui depositi di età pliocenico-pleistocenica, noti con il termine di Villafranchiano [1].

I depositi di età quaternaria costituiscono un conoide geneticamente legato all'evoluzione dei corsi d'acqua afferenti prevalentemente al bacino della Dora Riparia durante le fasi glaciali e interglaciali del ghiacciaio della Valle di Susa, e subordinatamente ai bacini del Fiume Po, della Stura di Lanzo e del torrente Sangone. Sulla base delle conoscenze ad oggi disponibili, il conoide ha spessore variabile da 10 m a 70 m circa e progressivamente minore da ovest verso est. La città di Torino si sviluppa prevalentemente nel settore distale di tale conoide.

Il conoide, delimitato a ovest dall'apparato morenico di Rivoli - Avigliana e a est dai rilievi della Collina di Torino, è costituito da una successione di depositi fluvio-glaciali formati da prevalente ghiaia e sabbia con ciottoli in presenza di una matrice fine limosa in tenore variabile. All'interno della successione sono localmente presenti subordinati livelli di limo-sabbioso e di limo-argilloso; inoltre nell'area torinese è nota la presenza di orizzonti di conglomerato aventi spessore metrico.

Recenti studi [1] hanno distinto i depositi di conoide riferibili al bacino della Dora Riparia in una serie di unità informali, localmente riconoscibili in affioramento nel territorio comunale. Tali unità sono distinte in base al bacino idrografico di pertinenza dei depositi e in base al grado di evoluzione dei suoli che si sviluppano sopra di queste.

La successione dei depositi quaternari sopra richiamata poggia sulla successione dei depositi del Villafranchiano (Pliocene medio - Pleistocene inferiore) da cui è separata da una

superficie d'erosione. La successione del Vollafranchiano è costituita da depositi di ambiente continentale e di transizione formati da argille lacustri in alternanza a depositi costituiti da sabbia e ghiaia di origine fluviale.

Limitatamente ai margini orientale e meridionale del conoide, i depositi quaternari poggiano in parte su depositi di origine marina di età pliocenica ("Sabbie di Asti" e "Argille del Piacenziano") e in parte sul substrato roccioso di età pre-pliocenica costituito da prevalenti marne, siltiti e arenarie.

4. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

La ricostruzione dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza e nell'intorno del Sito è stata fatta attraverso i seguenti dati:

- stratigrafie di pozzi per acqua presenti nella città di Torino (riportate in **Appendice 1**);
- stratigrafie di sondaggi geotecnici realizzati in Sito, messe a disposizione da Manens (riportate in **Appendice 2**);
- stratigrafie dei sondaggi ambientali allestiti a pozzo di monitoraggio realizzati in Sito, sotto la supervisione della Golder (riportate in **Appendice 2**).

4.1. Pozzi per acqua

È stata consultata una serie di stratigrafie di pozzi presenti nell'intorno del Sito, in parte rese disponibili dalla Società Metropolitana Acque Torino S.p.A. di Torino ("SMAT") e in parte reperibili attraverso l'applicativo di consultazione del catasto delle derivazioni della Provincia di Torino [5].

Si tratta di stratigrafie realizzate tra gli anni Sessanta e Ottanta (quando datate) a corredo della progettazione di pozzi privati e pubblici per il prelievo di acqua. In generale la descrizione della successione litostratigrafica dei terreni risulta speditiva e di poco dettaglio, ma comunque utile a definire il quadro generale della successione e delle principali caratteristiche granulometriche dei depositi.

Ad eccezione del pozzo di proprietà della SMAT denominato "1 bis" e perforato presso il Parco Ruffini, tutte le stratigrafie consultate sono relative a perforazioni di profondità compresa tra 29 m e 64 m (mediamente di circa 45 m) da p.c.. Tali perforazioni attraversano prevalentemente alternanze di depositi sabbioso-ghiaiosi con livelli di conglomerato e orizzonti limoso-argillosi; le perforazioni sono attestate generalmente entro depositi argillosi o argilloso-sabbiosi, al cui interno sono localmente presenti livelli ghiaiosi e sabbioso-ghiaiosi.

Il pozzo SMAT "1bis", perforato circa 2,5 km a sud-ovest del Sito, ha profondità di 220 m da p.c.. In questo pozzo, al di sotto della successione di depositi sabbioso-ghiaiosi presenti sino a circa 30 m da p.c. (e riferibile al conoide), è presente un livello di circa 6 m di spessore di argilla, seguito da un livello di circa 8 m di ghiaia con sabbia e ciottoli in corrispondenza al quale è stato

posato il tratto filtrante della tubazione. Al di sotto seguono alternanze di livelli di argilla e livelli di sabbia (ascrivibili alla successione del Villafranchiano).

Parte delle stratigrafie consultate e relative a pozzi ubicati a distanze comprese tra 600 m e 2 km circa (**Figura 2**) [7][8][9] (**Appendice 1**), sono state utilizzate per realizzare la sezione geologica riportata in **Figura 3**.

4.2. Sondaggi geotecnici realizzati in Sito

Nel periodo tra febbraio e marzo 2007 sono stati realizzati n. 5 sondaggi denominati BH1, BH1bis, BH1ter, BH2 e BH2bis e due sondaggi per la realizzazione di prove di tipo SPT denominati SPT1 e SPT2.

Il sondaggio BH1 è stato realizzato interamente a carotaggio continuo sino alla profondità di 80 m da p.c.. I restanti sondaggi sono stati realizzati a carotaggio continuo limitatamente ai primi 4 m – 6 m da p.c. (per il solo sondaggio BH1bis l'avanzamento a carotaggio continuo è stato utilizzato anche tra 40,6 m e 46,5 m da p.c.), mentre la restante parte è stata realizzata con avanzamento a distruzione di nucleo sino a 80 m di profondità da p.c..

I sondaggi sono stati realizzati dalla ditta specializzata RCT S.r.l. di Liscate (MI).

4.3. Sondaggi attrezzati a pozzo di monitoraggio realizzati in Sito

Nel periodo tra febbraio e marzo 2007 sono stati realizzati n. 7 sondaggi spinti sino alla profondità di 40 m da p.c. e successivamente attrezzati a pozzo di monitoraggio, denominati PZ, P1÷P6.

I pozzi di monitoraggio P1÷P6 sono stati attrezzati con piezometro a tubo aperto in PVC con diametro di 4. Il pozzo di monitoraggio denominato PZ è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto in PVC con diametro di 6.

I pozzi di monitoraggio sono stati allestiti con un tratto di tubazione microfessurata compreso tra 15 m da p.c. e 39 m e con un tratto di tubazione cieca nei rimanenti tratti (da p.c. sino a 15 m e da 39 m sino a 40 m). All'interno dell'intercapedine tra perforo e tubo, in corrispondenza al tratto fenestrato e per 1 m al di sopra e al di sotto di questo, è stato posato il prefiltro costituito da dreno in "ghiaietto" subarrotondato. Al di sopra del dreno è stato creato un tappo di sigillatura impermeabile mediante la posa di bentonite in *pellets* (con spessore di 2 m), seguito sino a bocca-foro da cementazione.

Inoltre il sondaggio SPT2, realizzato per la prova di tipo SPT, è stato allestito a pozzo di monitoraggio mediante posa di un piezometro a tubo aperto in PVC di diametro pari a 2. Il pozzo è stato allestito con un tratto di tubazione microfessurata compreso tra 17 m da p.c. e 29 m e con un tratto di tubazione cieca nei rimanenti tratti (da p.c. sino a 17 m e da 29 m sino a 30 m). All'interno dell'intercapedine tra perforo e tubo, in corrispondenza al tratto fenestrato e per 1 m al di sopra e al di sotto di questo, è stato posato il prefiltro costituito da dreno in "ghiaietto"

subarrotondato. Al di sopra del dreno è stato creato un tappo di sigillatura impermeabile mediante la posa di bentonite in *pellets* (con spessore di 2 m), seguito sino a bocca-foro da cementazione.

L'esecuzione dei sondaggi PZ, P1÷P6 e il relativo allestimento a pozzi di monitoraggio sono stati realizzati dalla ditta specializzata RCT S.r.l. di Liscate (MI).

Le stratigrafie dei sondaggi sono riportate in **Appendice 2**.

4.4. Assetto litostratigrafico locale

In corrispondenza del Sito (**Figura 4**) l'assetto litostratigrafico è caratterizzato dalla seguente successione di depositi (le profondità sono espresse in metri, sono riferite al p.c. e sono relative a quanto riscontrato nel sondaggio BH1):

p.c. - 1,6	terreno di riporto (sabbia medio - fine con ghiaia, inglobante resti di laterizi);
1,6 - 15,0	alternanze di livelli di sabbia medio-fine limosa con ghiaia e rari ciottoli e livelli di ghiaia con sabbia localmente debolmente limosa (è presente un livello di sabbia medio-fine debolmente limosa tra 10,25 m e 11,30 m);
15,0 - 36,4	livelli di conglomerato a elementi eterometrici e poligenici da cementati a poco cementati, in alternanza a ghiaia sabbiosa localmente limosa;
36,4 - 40,2	ghiaia e ciottoli con sabbia medio-grossa;
40,2 - 43,0	argilla di colore nocciola con screziature ocre, molto consistente (localmente debolmente ghiaiosa);
43,0 - 50,3	sabbia medio-fine (livello decimetrico di sabbia con ghiaia a 46 m);
50,3 - 58,7	sabbia da fine a grossa da debolmente ghiaiosa a ghiaiosa (locali livelli con rari ciottoli);
58,7 - 69,1	sabbia prevalentemente medio-fine limosa (livello di argilla decimetrico a 67,6 m);
69,1 - 71,5	limo argilloso molto consistente;
71,5 - 75,5	argilla grigio a tratti debolmente limosa;
75,5 - 78,95	limo argilloso sabbioso molto consistente;
78,95 - 80,0	sabbia medio-fine debolmente limosa
69,1 - 71.5	limo argilloso molto consistente.

Sulla base delle informazioni desunte a seguito delle perforazioni realizzate in Sito, è possibile schematizzare come segue l'assetto litostratigrafico locale in sua corrispondenza:

- terreno naturale rimaneggiato e di riporto costituito da sabbia con ghiaia e ciottoli e con frammenti di laterizi di potenza compresa fra qualche decimetro fino a circa 4 m circa da p.c.;
- sabbia e ghiaia con ciottoli di colore grigio bruno, passante lateralmente a ghiaia debolmente sabbiosa con ciottoli. Depositi presenti sino a profondità comprese tra 13 m e 23 m da p.c.;
- livelli di conglomerato a elementi eterometrici e poligenici da cementati a poco cementati, in alternanza a ghiaia sabbiosa localmente limosa;
- alternanze di livelli di argilla, argilla limosa e limo argilloso sabbioso, presenti sino a circa 43,5 m da p.c.;
- sabbia prevalentemente media di colore da grigio a marrone bruno con locali orizzonti debolmente ghiaiosi, presente sino ad almeno 80 m circa da p.c.. All'interno dei depositi, tra 67 m e 79 m da p.c., è presente un livello discontinuo costituito da prevalente limo argilloso sabbioso di colore grigio azzurro molto consistente e con intercalati livelli di argilla debolmente limosa di colore grigio scuro.

L'assetto litostratigrafico, in corrispondenza al Sito, è schematizzato nella sezione riportata in **Figura 5**.

5. IDROGEOLOGIA

5.1. Inquadramento idrogeologico regionale

A scala regionale, l'idrogeologia dell'area torinese, compresa tra l'Anfiteatro di Rivoli-Avigliana a ovest e i rilievi della Collina di Torino a est, risulta condizionata dal sistema idrografico superficiale del fiume Po e dei suoi tributari Stura di Lanzo, Dora Riparia, Sangone e Chisola.

Secondo quanto riportato negli studi geologici a corredo della Variante [1], e in accordo con gli studi effettuati di Civita e Pizzo [2], nel sottosuolo è possibile distinguere i seguenti tre complessi idrogeologici (dal più antico al più recente):

- Complesso arenaceo-marnoso
- Complesso delle alternanze
- Complesso ghiaioso – sabbioso

5.1.1. Complesso arenaceo-marnoso

Corrisponde all'unità stratigrafico-strutturale più antica, formata da marne, arenarie e conglomerati della sequenza molassica del Bacino Terziario Ligure-Piemontese. Affiorante nella struttura collinare, nel settore di pianura risulta ricoperto dalla coltre di depositi pliocenico - quaternari. La permeabilità primaria per porosità o per fessurazione degli orizzonti meno cementati è bassa o medio-bassa per cui questo complesso assume un ruolo di basamento poco permeabile.

5.1.2. Complesso delle alternanze,

Riconducibile ai depositi del Pliocene, è presente a profondità variabile da 10 m a 20 m dal p.c. a sud di Torino e nel settore nord-orientale della pianura, fino ad un massimo di una settantina di metri nel settore occidentale della pianura torinese.

In base all'età relativa ed alle caratteristiche sedimentologiche dei depositi, il complesso può essere suddiviso in due subcomplessi:

- Subcomplesso sabbioso-argilloso: riferito alle unità plioceniche in facies marino-marginale ("Argille del Piancenziano" e "Sabbie di Asti"); il subcomplesso è costituito da una potente successione di sabbie eterogenee, spesso fossilifere, intervallate a livelli di argille e siltiti di potenza decametrica. La permeabilità relativa degli orizzonti sabbiosi è media o bassa per la presenza di matrice siltosa e di un debole grado di cementazione;
- Subcomplesso argilloso-ghiaioso: ascrivibile ai depositi del Villafranchiano (Pliocene superiore-Pleistocene inferiore), è costituito da prevalenti argille lacustri con orizzonti ghiaiosi o ghiaioso-sabbiosi di origine fluviale. Il subcomplesso si estende al di sotto della coltre alluvionale quaternaria a partire dal margine alpino fino a qualche km dal Po, risultando asportato per erosione nella fascia di territorio presente lungo il margine occidentale della Collina di Torino. Il grado di permeabilità degli orizzonti ghiaioso-sabbiosi è in genere medio-alto.

Gli orizzonti ghiaiosi e sabbiosi della sequenza in facies transizionale Villafranchiana così come i livelli sabbiosi della sottostante serie marina pliocenica danno origine nel loro insieme, in ragione delle loro condizioni di permeabilità da discrete a buone, ad un importante acquifero profondo multifalda in pressione, sfruttato per scopo idropotabile.

L'acquifero profondo è alimentato prevalentemente dall'apporto per fenomeni di drenanza verticale dall'acquifero superficiale o, nei settori in corrispondenza ai rilievi alpini, per apporti da acquiferi laterali.

5.1.3. Complesso ghiaioso - sabbioso

Costituisce il complesso di età più recente (dal Pleistocene fino all'attuale) e si estende con continuità su tutta l'area torinese con potenza massima verso oriente di circa 70 m. È

caratterizzato da alternanze di sedimenti più grossolani (ghiaie sabbiose, ghiaie sabbioso-limose e conglomerati) con orizzonti più fini (sabbie e limi debolmente argillosi).

Il Complesso ghiaioso-sabbioso costituisce l'acquifero superficiale ed è sede della falda superficiale di tipo libero. La presenza a diverse profondità di orizzonti argilloso-limosi o di livelli cementati anche di spessore plurimetrico intercalati ai materiali più grossolani può determinare un effetto di confinamento della falda ad esclusivo carattere episodico e locale.

Il grado di permeabilità dell'acquifero è medio-alto e la conducibilità media è dell'ordine di 1×10^{-4} m/s, pur essendo influenzata dalla presenza di orizzonti a granulometria più fine [2]. La portata specifica dei pozzi che captano la falda superficiale è generalmente superiore a 10 l/sec x m [4].

Il campo di moto della falda è condizionato sia dall'andamento della superficie di appoggio basale dei depositi che costituiscono il Complesso ghiaioso-sabbioso sia dalla presenza dei corsi d'acqua che incidono il settore della pianura torinese. In generale il flusso di falda è diretto verso sud-sudest in direzione dell'asta fluviale del Po, che costituisce il livello di base dell'acquifero. Il gradiente medio della falda è pari a circa il 3‰.

L'alimentazione dell'acquifero superficiale avviene prevalentemente per infiltrazione efficace delle precipitazioni e per fenomeni di alimentazione da parte dei corsi d'acqua e subordinatamente per fenomeni di alimentazione laterale da complessi idrogeologici che si trovano localmente in relazione di giustapposizione con l'acquifero stesso.

In **Allegato 1** è riportato l'andamento del campo di moto della falda superficiale nel tratto di pianura torinese così come indicato nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Piemonte [4], mentre in **Allegato 2** è riportato l'andamento a scala regionale proposto da Civita e Pizzo [2].

5.2. Assetto idrogeologico locale

Sulla base dei dati stratigrafici ottenuti a seguito della perforazione dei sondaggi e dal confronto tra questi e le conoscenze note in letteratura, in corrispondenza al Sito, l'acquifero superficiale si estende sino a circa 40 m da p.c.. A tali profondità infatti è presente un orizzonte costituito da alternanze di livelli di argilla, argilla limosa e di limo argilloso sabbioso, avente spessore di circa 3,5 m.

Si ritiene che tale orizzonte costituisca il livello di confinamento basale dell'acquifero superficiale in corrispondenza al Sito.

A seguito delle indagini eseguite in Sito, sono state effettuate alcune campagne di misure piezometriche nei pozzi di monitoraggio installati (P1÷P6, PZ e SPT2). In **Tabella 1** sono riportate le misure piezometriche effettuate nel mese di aprile 2007 e giugno 2007.

Tabella 1: Misure di soggiacenza e quota della falda superficiale (aprile 2007 e giugno 2007)

Pozzo di monitoraggio	Quota p.c. (m s.l.m.)	aprile 2007		giugno 2007	
		Soggiacenza (m da p.c.)	Quota falda (m s.l.m.)	Soggiacenza (m da p.c.)	Quota falda (m s.l.m.)
P1	247,5	21,25	226,25	21,73	226,07
P3	246,93	20,91	226,02	20,95	225,87
P4	248,19	21,89	226,3	21,79	226,12
P5	247,16	20,92	226,24	21,02	225,98
P6	247,07	21,01	226,06	21,00	225,87
PZ	247,51	21,2	226,31	21,93	226,05
SPT2	247,46	21,08	226,38	21,32	226,18

La soggiacenza media da p.c. è pari a 21,2 m cui corrisponde la quota media di 226,2 m s.l.m.. Tale dato risulta in accordo con i dati di letteratura disponibili.

E' stato quindi possibile ricostruire l'andamento della superficie di falda dell'area a scala locale, relativamente alle misure realizzate nel mese di aprile 2007. Come si osserva in **Figura 6** e **Figura 7**, la componente di flusso prevalente delle acque sotterranee, in accordo con quella regionale, è diretta da nordovest verso sudest, con un gradiente idraulico medio pari a 3,3‰.

6. CARATTERIZZAZIONE IDRODINAMICA DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE

Per la caratterizzazione idrodinamica dell'acquifero superficiale sono state eseguite in Sito le seguenti prove:

- prova a gradini di portata nel pozzo PZ per la determinazione della portata critica e della conseguente portata da adottare nella successiva prova a lunga durata;
- prova di pompaggio a lunga durata a portata costante nel pozzo PZ, utilizzando i pozzi P1 e SPT2 come pozzi di osservazione.

Le prove di pompaggio sono comunemente utilizzate per determinare le caratteristiche dell'acquifero, per determinare l'influsso dei prelievi sulla superficie della falda e per controllare l'efficienza delle captazioni. Nel presente capitolo vengono dati alcuni brevi cenni teorici su questo tipo di indagini in sito, vengono descritte le modalità operative adottate e vengono illustrati i risultati dell'interpretazione dei risultati.

6.1. Prove di pompaggio

Le prove di pompaggio eseguite sono di due tipi:

- prova a gradini di portata: questa prova consente di determinare la capacità produttiva e l'efficienza idraulica del pozzo in pompaggio tramite l'individuazione della portata critica e della portata di esercizio;
- prova di lunga durata a portata costante: questo tipo di prova permette di ottenere la caratterizzazione idrodinamica dell'acquifero (definizione della tipologia idraulica e dei parametri idrodinamici e condizioni al contorno) e una valutazione preliminare degli effetti dell'emungimento sull'acquifero stesso (raggio di influenza).

Questa caratterizzazione è inoltre propedeutica al dimensionamento di sistemi di emungimento installati per diversi scopi.

6.1.1. Prova a gradini di portata

La prova di pompaggio a gradini di portata è stata eseguita con lo scopo principale di valutare le caratteristiche idrauliche del pozzo PZ e stimare la sua portata ottimale di emungimento (portata di esercizio). Tale pozzo è stato successivamente utilizzato per la prova a lunga durata.

La prova coinvolge solo il pozzo attivo e consiste nel mettere in pompaggio il pozzo aumentandone la portata per incrementi successivi (gradini di portata). Durante la prova viene misurato il livello di falda all'interno del pozzo e in particolare il livello raggiunto al termine di ciascun gradino quando le condizioni di regime di flusso sono stazionarie (o pseudostazionarie). In questo modo si ottiene la *curva caratteristica del pozzo*, definita come la rappresentazione del rapporto esistente tra portate e abbassamenti. Da questa elaborazione si può ricavare la portata critica Q_c del pozzo che indica il passaggio da condizioni di flusso di tipo laminare a condizioni di flusso di tipo turbolento; in base a questo valore si stabilisce la portata ottimale di funzionamento del pozzo che verrà adottata come portata di.

Per la determinazione della portata critica si utilizza un metodo grafico costruendo un diagramma $Q^2/s-s$; questo tipo di grafico rappresenta un andamento di tipo gaussiano, il cui punto di massimo rappresenta appunto la portata ottimale.

6.1.2. Prova a lunga durata a portata costante

La prova di pompaggio a lunga durata e a portata costante rappresenta una delle metodologie più affidabili per la caratterizzazione di un acquifero, poiché, grazie ad essa è possibile determinarne la tipologia idraulica e i parametri idrodinamici che ne descrivono il comportamento. I parametri fondamentali che si possono determinare tramite questo tipo di prova sono:

- la trasmissività T : quantifica il volume d'acqua che attraversa una sezione dell'acquifero di base unitaria e altezza uguale a quella dell'acquifero stesso nell'unità di tempo quando il gradiente idraulico è unitario. Da questo parametro si calcola la conducibilità idraulica K

definita come il volume d'acqua che attraversa una sezione unitaria dell'acquifero nell'unità di tempo e sotto un carico idraulico unitario (ha le dimensioni di una velocità $[LT^{-1}]$);

- la potenzialità specifica S_y : quantifica la quantità di acqua gravifica, cioè non legata alla matrice solida e quindi libera di muoversi, contenuta in un acquifero di tipo non confinato o freatico;
- coefficiente di immagazzinamento S : quantifica la quantità di acqua gravifica, cioè non legata alla matrice solida e quindi libera di muoversi, contenuta in un acquifero di tipo confinato.

Questo tipo di prova è una prova cosiddetta multipozzo, poiché per una sua corretta esecuzione sono necessari, oltre ad un pozzo in pompaggio uno o più pozzi di monitoraggio per la verifica degli abbassamenti indotti. La portata da utilizzare dovrà essere inferiore alla portata critica definita in precedenza ed ottenuta con la prova a gradini.

Nel caso di prove condotte in un acquifero non confinato o libero, la configurazione della curva abbassamenti – tempo è complessa ed è costituita da tre tratti caratteristici: inizialmente la curva è di tipo crescente; segue un periodo in cui l'incremento nel tempo degli abbassamenti si riduce sensibilmente, per poi riprendere a crescere nella terza parte.

Nella prima fase l'acqua estratta deriva dall'immagazzinamento elastico dell'acquifero, secondo un meccanismo di espansione del tutto analogo a quello di un acquifero confinato. Il livello piezometrico declina rapidamente per effetto del sistema di pompaggio, ma l'abbassamento è troppo rapido perché la forza di gravità possa mobilizzare in maniera significativa l'acqua gravifica contenuta nella porzione di acquifero che resta al di sopra del cono di depressione. Questa porzione di acquifero continua pertanto a restare pressoché satura, nonostante il livello piezometrico sia inferiore. Gli abbassamenti evolvono in questa prima fase secondo una configurazione del tutto analoga a quello di un acquifero confinato, sulla base del coefficiente di immagazzinamento elastico S .

All'aumentare del tempo di erogazione, l'acqua che rimane al di sopra del cono di depressione appena formatosi tende a scendere per effetto gravitazionale, controbilanciando gli abbassamenti indotti. Questo drenaggio ha un effetto di ricarica verticale dell'acquifero e ciò è segnalato dal rallentamento dell'evoluzione del cono di depressione. Questo meccanismo, proprio perché si attiva con ritardo rispetto all'inizio del pompaggio, è chiamato "drenaggio gravitazionale ritardato" e corrisponde al tratto intermedio della curva degli abbassamenti.

Poiché all'aumentare del tempo di erogazione il volume interessato dal cono di depressione aumenta progressivamente, mentre la portata estratta si mantiene costante, l'incremento di abbassamento al generico raggio diminuisce progressivamente e il drenaggio gravitazionale raggiunge il cono di depressione. Da questo momento cessa il drenaggio ritardato e

l'erogazione avviene sulla base del valore di potenzialità specifica S_y , con un'evoluzione della curva degli abbassamenti che torna ad essere monotona crescente.

Una volta individuata la tipologia idraulica del sistema acquifero dalla curva di declino piezometrico, si tratta di selezionare uno o più metodi per l'interpretazione della prova di falda, allo scopo di determinare i parametri idrodinamici, il cui valore dipende dal modello fisico adottato.

I metodi di interpretazione si basano sul confronto della curva diagnostica ottenuta durante la prova di pompaggio con le curve fornite dai vari autori per descrivere il comportamento delle tipologie degli acquiferi. Da questo confronto è possibile risalire ai valori dei parametri idrodinamici.

A seguito dello spegnimento della pompa vengono quindi misurata la risalita del livello nel pozzo di pompaggio e in quelli di monitoraggio. Questo procedimento costituisce la cosiddetta prova di risalita o recupero, una particolare prova durante la quale si misura la risalita del livello idrico in un pozzo per effetto della cessazione del pompaggio dopo un periodo di erogazione t a portata costante.

6.2. Modalità operative delle prove

La strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle prove è la seguente:

- pompa elettrosommersa con possibilità di regolare la portata erogata mediante saraccinesca lungo la tubazione. La pompa è dotata di valvola di fondo per evitare il rientro nel pozzo dell'acqua contenuta nella tubazione all'atto dello spegnimento;
- generatore elettrico;
- contaltri per la misura della portata erogata;
- sensori di livello ad alta precisione con *datalogger* incorporato per la misura degli abbassamenti nel pozzo in pompaggio e in quelli di monitoraggio e la registrazione dei dati;
- sonda piezometrica elettrica per la misura del livello statico prima della prova.

Il livello statico è stato misurato prima di iniziare ogni prova.

Nel corso della prova gli abbassamenti indotti sono stati misurati ad intervalli di tempo prestabiliti insieme alla misura della portata.

6.3. Esecuzione e risultati delle prove

6.3.1. Prova a gradini di portata

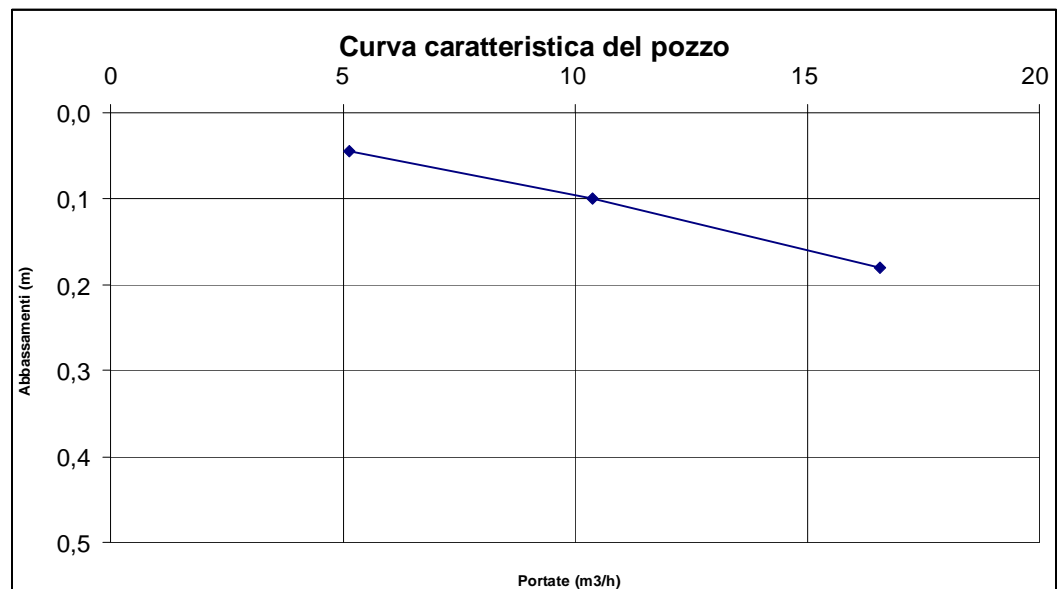
La prova a gradini è consistita in tre gradini con portate crescenti (1,5 l/s, 2,9 l/s e 4,6 l/s) con la misura degli abbassamenti nel pozzo PZ tramite sensore di livello automatico con

datalogger incorporato. Nella **Tabella 2** sono illustrati i dati della prova (portate e abbassamenti al termine del gradino), mentre nel **Grafico 1** è riportata la curva caratteristica del pozzo.

Tabella 2: Dati della prova a gradini

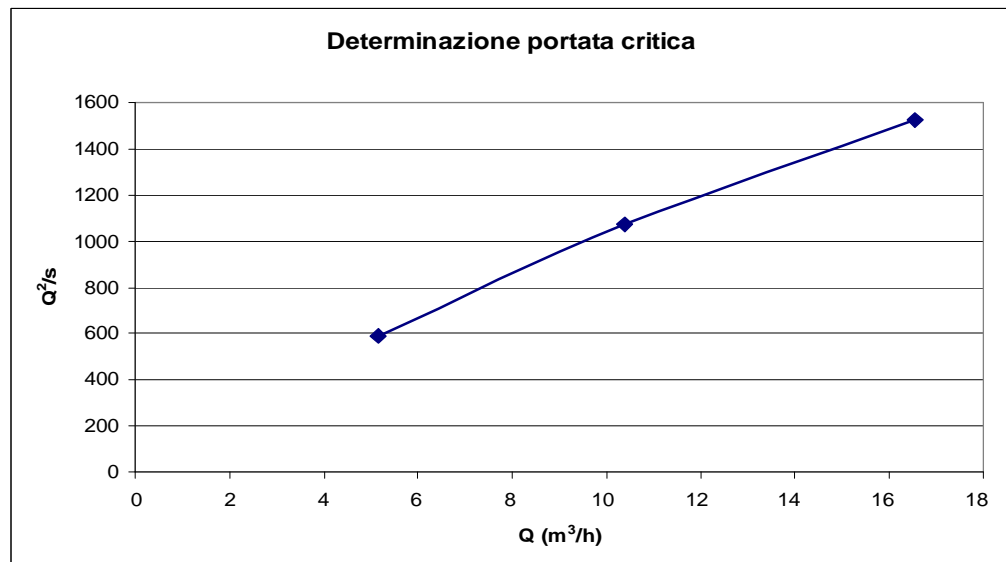
Gradino	Q (l/s)	Q (m ³ /h)	s (m)
1	1,43	5,148	0,045
2	2,9	10,368	0,1
3	4,6	16,56	0,18

Grafico 1: Curva caratteristica del pozzo



Per la determinazione del valore di portata critica è stato ricostruito il diagramma $Q^2/s-Q$ riportato in **Grafico 2** per la determinazione grafica della portata critica del pozzo. Dal **Grafico 2** si nota che la curva non raggiunge un punto di massimo, non individuando pertanto la portata critica; con la pompa a disposizione non è stato possibile adottare portate superiori e per questo motivo si è deciso di adottare per la prova a lunga durata una portata pari a 4,6 l/s.

Grafico 2: Determinazione della portata critica



6.3.2. Prova a lunga durata a portata costante

La prova di pompaggio di lunga durata è stata eseguita in PZ per una durata di circa 70 ore e con portata costante pari a 4,6 l/s. I pozzi P1 (posto ad una distanza di circa 4 m) e SPT2 (posto ad una distanza di circa 7 m) sono stati utilizzati come pozzi di monitoraggio per la misura degli abbassamenti indotti dal pompaggio. Allo spegnimento della pompa e per circa 12 ore è stata inoltre misurata la risalita del livello di falda in tutti e tre i pozzi.

Per l'interpretazione della prova sono stati utilizzati i dati registrati nei pozzi PZ e P1. I dati registrati nel pozzo SPT2 non sono stati utilizzati per l'interpretazione in quanto il sensore in esso posizionato ha subito accidentali spostamenti dovuti all'attività di cantiere.

Il metodo d'interpretazione scelto per la determinazione dei parametri idrodinamici nella fase di pompaggio nel pozzo P1 è quello proposto da Neuman per acquiferi a superficie libera. Tale metodo d'interpretazione si basa sul confronto dei dati con famiglie di curve campione che riproducono l'andamento degli abbassamenti in funzione del tempo rilevati in pozzi parzialmente completati e fenestrati in acquiferi liberi. Il metodo tiene anche in conto il fenomeno di drenaggio ritardato tipico degli acquiferi liberi sensibilmente eterogenei ed anisotropi (Neuman S.P.: *Analysis of pumping test data from anisotropic unconfined aquifers considering delayed gravity response*, Wat. Res. Research, 11, 1975).

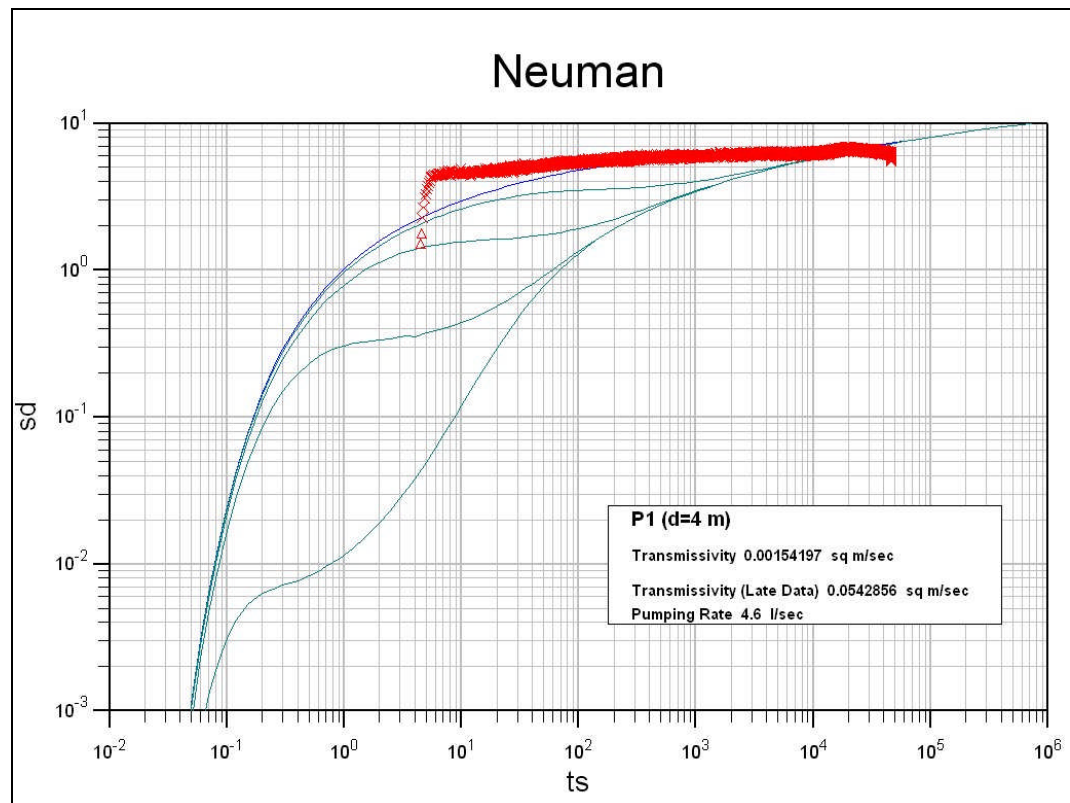
L'analisi con il metodo di Neuman segue la procedura di identificazione che consiste nella sovrapposizione della curva dei dati ottenuti dalla prova con la famiglia di curve campione, cercando la miglior corrispondenza possibile tra la curva sperimentale e una di quelle campione e rilevando le coordinate di un punto di riferimento (*match point*). Successivamente si procede al calcolo utilizzando le seguenti relazioni:

$$T = \frac{Q}{4\pi s} W(u_A, u_B, \beta)$$
$$\beta = \frac{r^2 K_v}{b^2 K_h}$$

dove: T è la trasmissività dell'acquifero, Q la portata di emungimento in prova, W è la funzione di pozzo, u_A e u_B le coordinate del punto di riferimento, s l'abbassamento, r la distanza del piezometro dal pozzo di emungimento e b lo spessore dell'acquifero, K_v e K_h rispettivamente la conducibilità idraulica verticale e orizzontale dell'acquifero.

Per l'applicazione di questa procedura è stato utilizzato il software AquiferWin 3.2. Di seguito viene riportato il grafico di interpretazione (**Grafico 3**).

Grafico 3: Curva di interpretazione della prova di lunga durata



Il valore di trasmissività medio T ottenuto dalla curva del pozzo P1 durante la fase di pompaggio è pari a $2,78 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Considerando uno spessore di acquifero saturo pari a circa 20 m, si ottiene una conducibilità idraulica K pari a $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$, valore in accordo con i dati di letteratura relativi al primo acquifero di Torino.

6.3.3. Prova di risalita

Il metodo di interpretazione della prova di risalita è basato sulla linearizzazione in diagramma semilogaritmico dei dati misurati durante la fase di risalita. La prova è stata interpretata con il metodo dell'approssimazione logaritmica della funzione di Theis data da Jacob (1935). Le relazioni utilizzate sono le seguenti:

$$s' = \frac{2,3Q}{4\pi T} \log \frac{t}{t'}$$

$$T = \frac{2,3Q}{4\pi \Delta s'}$$

dove s' è la depressione residua e t' è il tempo calcolato a partire dallo spegnimento della pompa.

Dalle prove di risalita si ottiene un valore medio di trasmissività T pari a $1,1 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$. Considerando sempre uno spessore di acquifero saturo pari a circa 20 m, la K media che si ottiene da questo tipo di prova è pari a $5,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$, superiore a quella ricavata precedentemente. In **Grafico 4** e **Grafico 5** sono riportate le curve delle interpretazione delle prove di risalita in PZ e P1.

Grafico 4: Interpretazione della prova di risalita in PZ

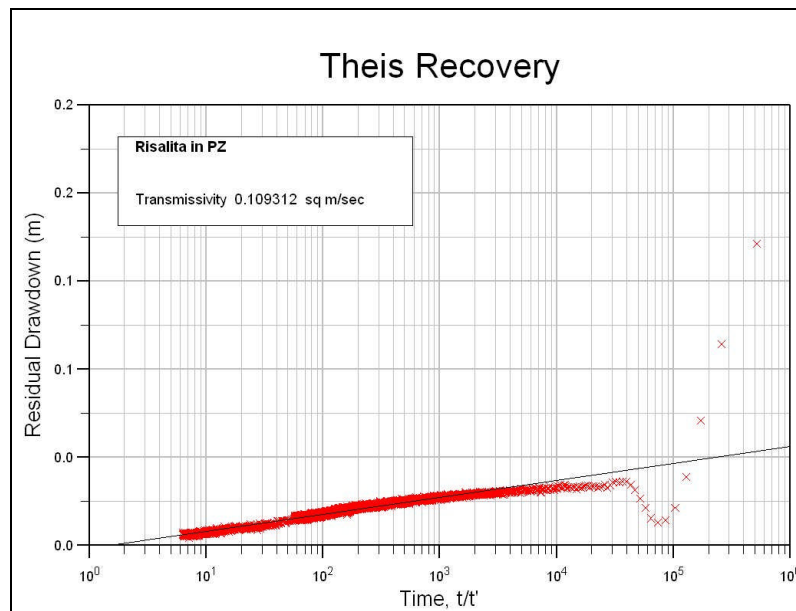
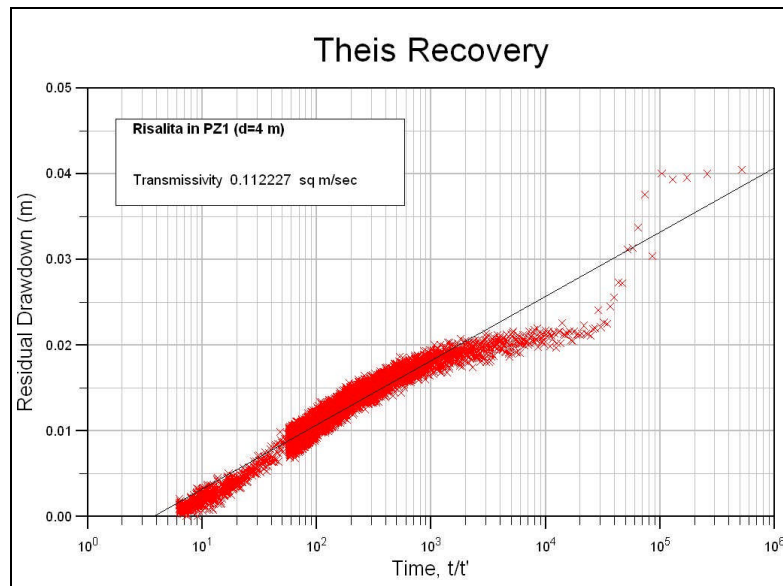


Grafico 5: Interpretazione della prova di risalita in P1



I risultati delle prove di pompaggio eseguite mostrano che l'acquifero indagato ha conducibilità idraulica K compresa nell'intervallo compreso tra $1,4 \cdot 10^{-3}$ m/s e $5,5 \cdot 10^{-3}$ m/s.

I risultati della caratterizzazione idrogeologica eseguita in Sito sono dunque in accordo con i dati di letteratura relativi al primo acquifero dell'area di Torino.

7. CONCLUSIONI

Nel presente documento sono stati presentati i risultati dello studio idrogeologico relativo all'area dove è in progetto la realizzazione del Nuovo Centro Direzionale Intesa Sanpaolo di Torino. Il progetto include la realizzazione di un sistema di emungimento e successiva reimmissione delle acque di falda per alimentare il sistema con pompa di calore e scambio termico dell'impianto termico dell'edificio.

Lo studio idrogeologico costituisce parte integrante degli allegati tecnici da presentarsi nell'ambito della procedura di richiesta di nuova concessione per derivazione di acque sotterranee, secondo quanto stabilito dal Regolamento vigente (DPGR 29.07.2003 n.10/R della L.R. n. 61 del 29.12.2000).

L'area in esame, dove verrà realizzata l'opera di presa, si sviluppa mediamente a 247 m di quota s.l.m. lungo la superficie del conoide di origine fluvioglaciale che ospita la città di Torino.

Tale conoide, avente spessore variabile 10 m a 70 m circa, è costituito depositi di età quaternaria (Pleistocene medio - Olocene), formati da prevalente ghiaia e sabbia con ciottoli, in presenza di una matrice fine limosa in tenore variabile. Al loro interno sono localmente presenti subordinati livelli di limo-sabbioso e di limo-argilloso e orizzonti di conglomerato aventi spessore

metrico. Lo studio ha permesso di definire l'assetto geomorfologico e idrogeologico. Nel dettaglio è stata definita la struttura idrogeologica del sottosuolo definendo un modello concettuale della circolazione idrica sotterranea, limitatamente all'acquifero superficiale che si intende sfruttare.

I depositi di età quaternaria costituiscono il "complesso idrogeologico ghiaioso-sabbioso" che è sede della falda superficiale di tipo libero.

In corrispondenza all'area in esame, si ritiene che l'orizzonte costituito da alternanze di livelli di argilla, argilla limosa e di limo argilloso sabbioso riscontrato a circa 40 m da p.c. durante la perforazione dei sondaggi geognostici realizzati in Sito costituisca il livello di confinamento basale dell'acquifero superficiale, che si intende sfruttare.

La soggiacenza media della falda superficiale rilevata in Sito è pari a 21,2 m (corrispondente a 226,2 m s.l.m. di quota). La componente di flusso prevalente delle acque sotterranee, in accordo con quella regionale, è diretta da nordovest verso sudest, con un gradiente medio pari a 3,3‰. Tali dati risultano in accordo con i dati di letteratura disponibili.

La prova di pompaggio a lunga durata ha permesso di stimare la trasmissività T dell'acquifero superficiale variabile da $1,1 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ a $2,78 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. A questi valori, considerando uno spessore di acquifero saturo pari a circa 20 m, corrisponde un *range* di valori di conducibilità idraulica K compreso tra $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ e $5,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$.

RELAZIONE PROGETTAZIONE POZZI DI EMUNGIMENTO

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
1.1	Normativa di riferimento	3
1.2	Documentazione di riferimento.....	3
1.3	Limitazioni dello studio.....	3
2.	REALIZZAZIONE DEL CAMPO POZZI	3
2.1	Preparazione dell'area.....	4
2.2	Perforazione e completamento del pozzo	4
2.3	Posa delle pompe e degli impianti idraulici.....	5
2.4	Costruzione delle cabine interrate.....	5
2.5	Impianto elettrico.....	5
2.6	Posa delle condotte di collegamento e scarico	6
3.	ANALISI TECNICA DELL'UTILIZZO DELL'ACQUA DI FALDA	6
4.	RELAZIONE GEOTECNICA.....	7

FIGURE

Figura 1 **Planimetria generale del sito con campo pozzi**

TAVOLE

Tavola 1 **Particolari costruttivi degli avanpozzi (disegno di progetto codice: MAN-TFL-ISP-E-10-001)**

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito del progetto per la realizzazione del Nuovo Centro Direzionale del Gruppo Intesa Sanpaolo di Torino ("Centro Direzionale") lo studio Manens Intertecnica ("Manens") ha incaricato la Golder Associates S.r.l. di Torino ("Golder") di predisporre il progetto per la realizzazione di un campo pozzi superficiali per il prelievo di acqua industriale ad uso tecnico.

La presente relazione riporta l'ubicazione dei nuovi pozzi e ne descrive le scelte tipologiche.

In particolare il progetto prevede la trivellazione di una batteria di nove pozzi superficiali collegati agli impianti di condizionamento del Centro Direzionale.

1.1 Normativa di riferimento

Il progetto è redatto secondo quanto previsto dal D.P.G.R. 29.07.03 n° 10/R "Regolamento Regionale recante: Disciplina dei procedimenti di concessione di derivazione di acqua pubblica (L.R. 29.12.2000 n° 61)".

1.2 Documentazione di riferimento

Il progetto è redatto facendo riferimento allo studio idrogeologico riportato nella relazione Golder 07508420141/7428.

1.3 Limitazioni dello studio

La Golder ha redatto il presente studio basandosi su

- informazioni raccolte in sito;
- conoscenze note nella letteratura tecnico – scientifica;
- risultati di indagini svolte da terzi;
- informazioni ricevute da terzi, la cui attendibilità è stata valutata dove possibile.

2. REALIZZAZIONE DEL CAMPO POZZI

Nel rispetto delle distanze previste dalla normativa vigente i pozzi del campo saranno ubicati nell'area di pertinenza del parcheggio interrato comunale (di competenza del Palazzo di Giustizia), lungo la via Falcone, la via Cavalli e corso Vittorio Emanuele II, come risulta in **Figura 1**.

Tutti i pozzi in progetto saranno collegati alla centrale dell'impianto di condizionamento del Centro Direzionale con una doppia tubazione (acquedotto), con un cavidotto contenente il

cavo per l'alimentazione elettrica delle pompe, con un cavidotto per i cavi delle sonde di controllo e di comando delle pompe.

Le operazioni di costruzione dei nuovi pozzi dovranno svilupparsi in linea di massima secondo la sequenza descritta nei successivi paragrafi, con le modalità e le misure riportate in questa descrizione e illustrate nella **Tavola 1**.

2.1 Preparazione dell'area

L'area sarà preparata tenendo conto della presenza dei riporti strutturali per la realizzazione del parcheggio e delle strutture dello stesso parcheggio. Particolare cura sarà dedicata alla preservazione dei sottoservizi eventualmente presenti nel sottosuolo interessato dai lavori. A quota campagna sarà preparato un piano in grado di raccogliere il cantiere per la perforazione dei pozzi.

2.2 Perforazione e completamento del pozzo

Le operazioni di perforazione dei nuovi pozzi prevedono il trasporto sul sito della macchina di perforazione, delle attrezzature e dei materiali e la preparazione del cantiere.

I pozzi saranno realizzati mediante il sistema a percussione con diametro di perforazione iniziale di 1.000 mm, per una profondità variabile ma dell'ordine di 45 m dal piano di lavoro.

Nella fase di perforazione l'Impresa appaltatrice dovrà avere cura di raccogliere con continuità la campionatura del terreno attraversato e annotare tutte le caratteristiche del sottosuolo utili alla sua ricostruzione stratigrafica.

Al termine della perforazione e sulla base della stratigrafia rilevata il Direttore dei Lavori definirà la quota cui posizionare i filtri nonché le caratteristiche definitive del materiale drenante.

I filtri saranno di tipo a spirale in acciaio (tipo Johnson) idonei al drenaggio in terreni a fine granulometria.

Le operazioni continueranno quindi con la posa in opera della colonna chiusa diametro 350 mm e dei tratti finestrati aventi le caratteristiche descritte nel progetto ma, per quanto concerne le quote, come ridefinite dalla D.L. secondo quanto detto al paragrafo precedente.

Alla posa della colonna e dei filtri seguirà la posa del materiale drenante, costituito da ghiaietto preferibilmente siliceo selezionato nei diametri 3- 5 mm e la posa dell'argilla d'impermeabilizzazione, sempre secondo le indicazioni della D.L.

Seguiranno le operazioni di spurgo e sviluppo del pozzo in occasione delle quali la D.L. predisporrà uno specifico programma di prove di portata per definire le caratteristiche del pozzo e del terreno sede della falde acquifere, prove dalle quali risulteranno anche le caratteristiche definitive delle pompe da installare.

2.3 Posa delle pompe e degli impianti idraulici

Terminata la costruzione dei pozzi e in contemporanea con la costruzione delle cabine interrate sarà posata l'attrezzatura idraulica necessaria all'emungimento dell'acqua dal sottosuolo.

In ogni pozzo sarà messa in opera un'elettropompa sommersa avente le caratteristiche descritte dal progetto o quelle che la D.L. riterrà opportuna in funzione delle caratteristiche del pozzo ricavate dalle prove di portata.

L'ipotesi preventiva è di mettere in opera pompe elettrosommerse a portata variabile aventi di massima le seguenti caratteristiche:

- Portata 35 l/s;
- Prevalenza 35 m;
- Motore 18 kW.

La pompa sarà calata nel pozzo mediante la posa di tubazione di acciaio, flangiata, di diametro DN150 cavi elettrici di alimentazione, sonde di protezione contro la marcia a secco, tubetto piezometrico.

A bocca pozzo sarà messa in opera una testata stagna, curve, tronchetti, valvole, saracinesche e gli altri impianti per trasferire l'acqua alla condotta di collegamento che si diparte dalla cabina.

Sulla tubazione in uscita sarà installato un contatore elettronico per la misura delle portate, collegato alla centrale di controllo.

2.4 Costruzione delle cabine interrate

Le cabine saranno realizzate in calcestruzzo armato, con soletta carrabile su cui sono inseriti due tombini per l'accesso alla cabina e per lo sfilamento delle tubazioni della pompa, il tutto secondo le forme e le dimensioni descritte nella **Tavola 1** allegata.

Le cabine saranno coperte, rispetto all'esistente piano campagna, da un metro di terreno di riporto.

2.5 Impianto elettrico

Nelle singole cabine di avanpozzo interrate saranno

- installati i quadri elettrici (in costruzione stagna) di alimentazione e comando delle pompe elettrosommerse;
- realizzati gli impianti elettrici di cabina (illuminazione, prese di servizio, ecc.).

Alle cabine arriveranno poi a due morsettiere stagne, posta in posizione elevata, il cavo di alimentazione delle pompe e i cavi di monitoraggio (sonde) e di comando del quadro elettrico.

Dalla morsettiera scenderanno nel pozzo gli stessi cavi con le caratteristiche opportune per lavorare sommersi.

Tutte le cabine saranno dotate di un impianto di messa a terra, realizzato secondo le norme di sicurezza vigenti.

2.6 Posa delle condotte di collegamento e scarico

Le cabine interrate dei singoli pozzi saranno collegate tra loro con una condotta di acciaio DN350 ed all'impianto di condizionamento, posto nel Centro Direzionale, con due condotte in polietilene (PEAD) diametro DE400.

Le condotte, come risulta dalla planimetria di progetto, saranno interrate ad una quota di circa 1.0 – 1,50 metri ai margini del parcheggio comunale e lungo le direttrici di via Cavalli e corso Vittorio Emanuele II.

Nello stesso scavo e sopra la condotta saranno posati due cavidotti che contengono i cavi di alimentazione e i cavi di comando e controllo delle pompe, il tutto protetto da un nastro di segnalazione della presenza di condotte e cavidotti.

3. ANALISI TECNICA DELL'UTILIZZO DELL'ACQUA DI FALDA

La produzione di acqua calda di riscaldamento ed acqua calda sanitaria è effettuata con un impianto che consente alternativamente l'utilizzo di due sistemi: un sistema a gruppi frigoriferi ad acqua di falda ad alta efficienza ed un sistema che utilizza il teleriscaldamento cittadino.

La produzione dell'acqua refrigerata viene effettuata con gli stessi gruppi frigoriferi ad acqua di falda con un'efficienza più elevata rispetto ad un sistema tradizionale con macchine frigorifere raffreddate ad aria.

A partire dal campo pozzi l'acqua emunta dalla falda viene stoccata in vasche di accumulo che consentono principalmente di modulare le portate emunte in concomitanza dei picchi di richiesta dell'impianto.

L'acqua accumulata viene poi pompata in scambiatori in acciaio inox di disgiunzione tra l'acqua di falda stessa e l'impiantistica dell'edificio. L'acqua di falda non circherà mai attraverso le apparecchiature e tubazioni dell'impiantistica dell'edificio.

Il travaso di energia all'edificio avviene quindi mediante i suddetti scambiatori i quali travaseranno energia termica dalla falda all'edificio nel periodo invernale (raffreddando l'acqua di falda) ed energia frigorifera dalla falda all'edificio nel periodo estivo (riscaldando l'acqua di falda).

Nei periodi tipici medio stagionali di fabbisogno simultaneo di energia termica e frigorifera dell'edificio, l'impiantistica prevista consente il funzionamento delle macchine frigorifere come macchine polivalenti, ovvero in grado di soddisfare entrambe le esigenze con efficienza globale molto elevata limitando al minimo l'energia trasferita allo scambiatore con l'acqua di falda, limitandone quindi l'impiego.

Al fine di limitare l'impiego dell'acqua di falda saranno inoltre previste sonde di temperatura tra ingresso ed uscita dagli scambiatori che consentiranno di regolare la portata d'acqua di falda, massimizzando il salto termico, comunque entro i valori di temperatura consentiti.

Successivamente l'acqua verrà stoccata in altre vasche di accumulo e quindi, attraverso una rete idraulica distinta, restituita in falda.

4. RELAZIONE GEOTECNICA

Si sono esaminate le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dalla costruzione dei nuovi pozzi secondo quanto previsto dalla normativa vigente (in particolare D.M. 11.3.88).

I pozzi si troveranno al bordo dell'area del parcheggio comunale interrato, in particolare lungo il perimetro che coincide con la via Falcone ed un tratto del corso Vittorio Emanuele II e di via Cavalli.

I pozzi superficiali attraverseranno un primo strato di terreni di riporto per la sistemazione dell'area, a seguito della costruzione del parcheggio interrato. A seguire la stratigrafia del sito è costituita da alternanze di livelli di sabbie a varia granulometria, conglomerati, per addentrarsi poi nel livello produttivo costituito da sabbia medio grossa e ghiaia con sabbia. I pozzi termineranno con una canna cieca per il deposito dei sedimenti attraversando un terreno costituito da argilla e/o limo argilloso.

Per quanto concerne le strutture superficiali, la cabina di avanpozzo interrata sarà fondata su una piastra gettata sul terreno di riporto strutturale predisposto per chiudere la costruzione del parcheggio sotterraneo.

Questi riporti strutturali possiedono discrete caratteristiche geotecniche che possono essere valutate con i seguenti parametri:

- peso di volume 1,7 t/mc
- angolo di attrito interno 30°
- coesione 0 t/mq.

Il carico ammissibile per fondazioni dirette, tenuto conto del coefficiente di sicurezza previsto dalla legge, può essere assunto pari a 1,0 kg/cmq.

I cedimenti cui potrà essere soggetta la struttura della cabina interrata, adottando tali parametri, saranno del tutto trascurabili escludendo altresì cedimenti differenziali.

RELAZIONE PROGETTAZIONE POZZI DI RESTITUZIONE

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
1.1	Normativa di riferimento	3
1.2	Documentazione di riferimento.....	3
1.2	Limitazioni dello studio.....	3
2.	REALIZZAZIONE DEL CAMPO POZZI	3
2.1	Preparazione dell'area.....	4
2.2	Perforazione e completamento del pozzo	4

FIGURE

Figura 1 **Planimetria del piano B2 con pozzi di resa**

Figura 2 **Sezione tipo – pozzi di re immissione in falda**

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito del progetto per la realizzazione del Nuovo Centro Direzionale del Gruppo Intesa Sanpaolo di Torino ("Centro Direzionale") lo studio Manens Intertecnica ("Manens") ha incaricato la Golder Associates S.r.l. ("Golder") di predisporre il progetto per la realizzazione di una serie di pozzi per la restituzione in falda di acqua industriale sfruttata a uso tecnico per il condizionamento dell'edificio.

La presente relazione riporta l'ubicazione dei nuovi pozzi e ne descrive le scelte tipologiche.

In particolare il progetto prevede la trivellazione di una batteria di nove pozzi superficiali collegati a valle degli impianti di condizionamento del Centro Direzionale.

1.1 Normativa di riferimento

Il progetto è redatto secondo quanto previsto dal D.P.G.R. 29.07.03 n° 10/R "Regolamento Regionale recante: Disciplina dei procedimenti di concessione di derivazione di acqua pubblica (L.R. 29.12.2000 n° 61)".

1.2 Documentazione di riferimento

Il progetto è redatto facendo riferimento allo studio idrogeologico riportato nella relazione Golder 07508420141/7428.

1.2 Limitazioni dello studio

La Golder ha redatto il presente studio basandosi su

- informazioni raccolte in sito;
- conoscenze note nella letteratura tecnico – scientifica;
- risultati di indagini svolte da terzi;
- informazioni ricevute da terzi, la cui attendibilità è stata valutata dove possibile.

2. REALIZZAZIONE DEL CAMPO POZZI

I pozzi di restituzione in falda saranno trivellati a partire dal 2° piano interrato del Centro Direzionale per interessare i terreni ubicati sotto corso Inghilterra (**Figura 1**).

Saranno realizzati mediante una perforazione inclinata (vedi sezione del progetto tipo in **Figura 2**).

Tutti i pozzi in progetto saranno collegati allo scarico dell'impianto di condizionamento con una unica condotta.

Le operazioni di costruzione dei nuovi pozzi dovranno svilupparsi in linea di massima secondo la sequenza descritta nei successivi paragrafi, con le modalità e le misure riportate in questa descrizione e illustrate in **Figura 2**.

2.1 Preparazione dell'area

L'area da cui saranno effettuate le operazioni di trivellazione, nella fase di costruzione del Centro Direzionale, sarà quella del secondo solaio interrato.

2.2 Perforazione e completamento del pozzo

Le operazioni di perforazione dei nuovi pozzi prevedono il trasporto sul secondo solaio interrato della macchina di perforazione, delle attrezzature e dei materiali e la preparazione del cantiere.

I pozzi verranno realizzati mediante il sistema di perforazione ad aria utilizzando un martello perforatore a fondo foro con scalpello eccentrico.

Con tale metodologia ed attrezzatura si realizza la posa del rivestimento del pozzo (canna cieca e filtro) già in fase di perforazione.

La metodologia permette di trivellare pozzi verticali oppure variamente inclinati ed anche orizzontali.

Il diametro di perforazione potrebbe essere scelto tra le dimensioni di 350 – 400 mm in grado di lasciare in sito una canna in parte cieca e in parte finestrata di identico diametro esteriore.

Come risulta dalla ipotesi progettuale illustrata nella tavola, l'inclinazione della perforazione potrebbe essere dell'ordine di 32° rispetto alla verticale e la profondità da raggiungere, partendo dal secondo piano interrato, dell'ordine di una quarantina di metri.

Nella fase di perforazione l'Impresa appaltatrice dovrà avere cura di raccogliere con continuità la campionatura del terreno attraversato ed annotare tutte le caratteristiche del sottosuolo utili alla sua ricostruzione stratigrafica.

Il completamento del pozzo dovrebbe essere così realizzato, partendo dall'alto:

1. un primo tratto di canna cieca di circa 35 metri;
2. un secondo tratto finestrato di circa 20 metri;
3. un terzo tratto di canna cieca di circa 6 metri per il deposito di eventuali solidi in sospensione.

La canna cieca e finestrata saranno in acciaio bitumato di opportuno spessore (6 – 8 mm), tenuto conto della inclinazione del pozzo.

Il filtro sarà a fessure semplici disposte ortogonalmente all'asse del pozzo per aumentare la resistenza meccanica della canna filtrante.

Alla posa della colonna e dei filtri non sarà necessaria (né sarebbe possibile) la posa del materiale drenante, mentre saranno eseguite leggere operazioni di spurgo e sviluppo del pozzo onde facilitarne la capacità drenante.

A bocca pozzo verrà messa in opera una testata stagna chiusa da un fondello.

Sull'asse della tubazione, a seguire la testa pozzo, verrà realizzata una derivazione, accessoriata con una saracinesca, per il collegamento alla condotta generale di scarico che deriva dall'impianto.