



CITTA' DI TORINO



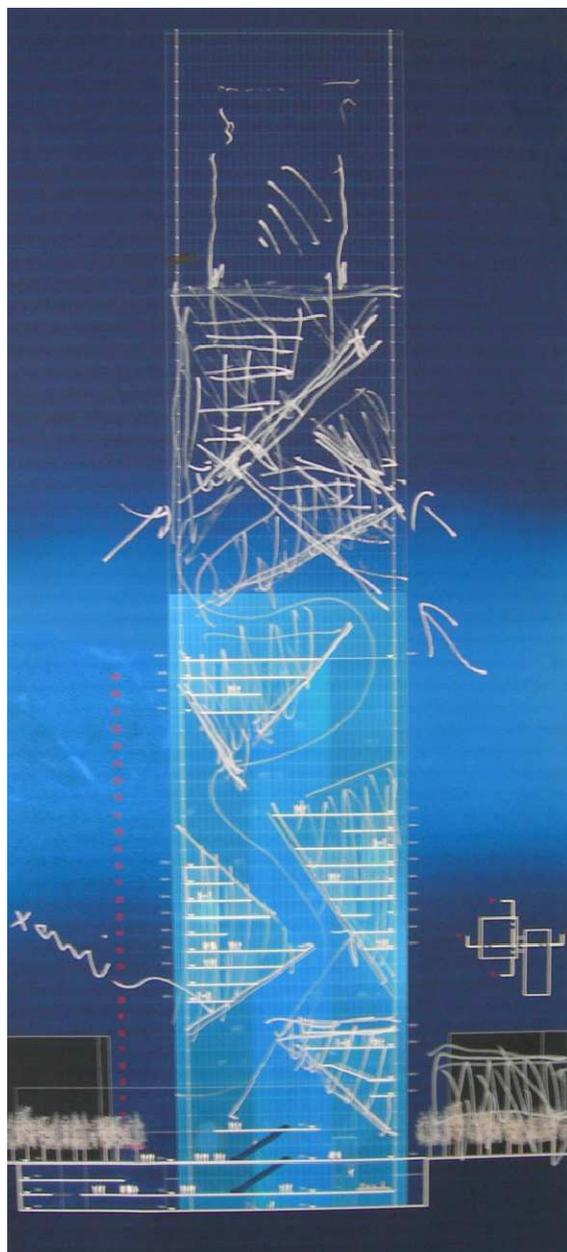
ACCORDO DI PROGRAMMA

FINALIZZATO ALL'ATTUAZIONE DI UN PROGRAMMA DI INTERVENTI CON VALENZA DI PIANO PARTICOLAREGGIATO, NELL'AMBITO DELLE AREE AVIO-OVAL, PER LA REALIZZAZIONE DEL PALAZZO DEGLI UFFICI REGIONALI, DEI NUOVI COMPARTI EDILIZI E DELLE OPERE INFRASTRUTTURALI CONNESSE

NUOVO PALAZZO PER UFFICI REGIONE PIEMONTE

PROGETTO DEFINITIVO

REVISIONE	DATA	DIS	CONTR	DESCRIZIONE
0	19/09/08	REn	LSo	Prima emissione



ELABORATI GENERALI

CODICE GENERALE ELABORATO

CODICE OPERA	LOTTO	LIVELLO PROGETTO	AREA PROGETTAZIONE	TIPO DOCUMENTO	NUMERO ELABORATO	VERSIONE
PR	3	D	S	G	05	0

NUMERO PROGETTO

425

DIS. NUMERO

5

TITOLO

RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

FILE

PR-3-D-S-G-05-0.dwg

SCALA

-

DATA

19 / 09 / 2008

RAGGRUPPAMENTO DI PROGETTO

MANDATARIO

M FUKSAS^D

Piazza del Monte di Pietà, 30
00186 Roma
Tel +39 06 6880 7871
Fax +39 06 6880 7872
office@fuksas.it

85, rue du Temple
F-75003 Paris
Tel +33 1 446 18389
Fax +33 1 446 18389
m.fuksas@fuksas.fr

Schleusenstrasse 17
D-60327 Frankfurt am
Tel +49 69 24005 0
Fax +49 69 24005 199
office-FFM@fuksas.de

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO REGIONE:

Dott.sa Maria Grazia FERRERI
Risorse Umane e Patrimonio

Co-responsabile del procedimento Regione:

Arch. Claudio FUMAGALLI
Politiche Territoriali

MANDANTI



AI Studio
Architettura, Ingegneria, Urbanistica
Via Lamarmora, 80 - 10128 Torino
E-mail posta@aiigroup.it



AI Engineering s.r.l.
Via Lamarmora, 80 - 10128 Torino
E-mail posta@aiigroup.it



Manens Intertecnica s.r.l.
Via Campofiore, 21 - 37129 Verona
E-mail manens@manens.com



Geodata S.p.A.
Corso Duca degli Abruzzi, 48/E - 10129 Torino
E-mail geodata@geodata.it

CONSULENTI SPECIALISTICI

Strutture

Studio Sarti
Via Circonvallazione Meridionale, 54 - 47900 Rimini
E-mail sarting@iper.net

Safety, Security, VVF e ASL

Proges s.r.l. - Ing. G. Amaro
Via Bligny, 15 - 10122 Torino
E-mail studioproges@gmail.com

Bonifiche ambientali e trattamento terre di scavo

Golder Associates
Via Antonio Bando, 43 - 10155 Torino
E-mail crampit@golder.it

Procedimento di verifica della procedura di V.I.A.

Studio Mondini - Prof. Arch. Giulio Mondini
Via Pietro Egidio, 6 - 10122 Torino
E-mail giulio.mondini@potito.it

Lighting Architects

Speirs and Major Associates
Well Court Hall, Dean Village, Edinburgh EH43BE
E-mail info@samassociates.com

REGIONE PIEMONTE

**NUOVO PALAZZO PER UFFICI REGIONE PIEMONTE
LOTTO 3**

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATI GENERALI

RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

INDICE

1	PREMESSA	1
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	4
3.1	Geologia e geomorfologia del territorio comunale di Torino	4
3.1.1	La cementazione dei depositi quaternari	5
3.1.2	Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani.....	5
3.1.3	Depositi lacustri e fluviolacustri del Villafranchiano Autoctono.....	6
3.1.4	Depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene	6
3.2	Inquadramento geologico dell'area di Progetto	6
3.2.1	Riperti antropici	7
3.2.2	Depositi fluvioglaciali e fluviali rissiani	7
3.2.3	Depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene	7
4	INDAGINI GEOGNOSTICHE	9
4.1	Dati pregressi	9
4.2	Indagini per il Progetto Definitivo	10
4.2.1	Sondaggio a carotaggio continuo	10
4.2.2	Prove geotecniche in foro.....	11
4.2.3	Prove idrogeologiche in foro.....	12
4.2.4	Monitoraggio del livello piezometrico.....	13
5	IDROGEOLOGIA	15
5.1	Complessi idrogeologici	15
5.2	Inquadramento idrogeologico generale	15
5.3	Parametri idrodinamici dei complessi idrogeologici	18
5.3.1	Analisi dei risultati delle prove Lefranc	21
5.3.2	Analisi dei risultati delle prove di pompaggio a regime costante	21
5.3.3	Analisi critica dei risultati e scelta dei parametri idrodinamici dell'acquifero superficiale.....	22
5.4	Modello idrogeologico di riferimento progettuale	24
5.5	Oscillazioni del livello della falda superficiale	26
5.5.1	Analisi delle variazioni storiche della falda di Torino	28
5.6	Interazione delle opere in progetto con l'assetto idrogeologico	29
5.6.1	Premessa.....	29
5.6.2	Area del modello	31

5.6.3 Opere interferenti	32
5.6.4 Codice utilizzato e condizioni al contorno	33
5.6.5 Ipotesi progettuali considerate.....	34
5.6.6 Scenari considerati.....	35
5.6.7 Risultati e considerazioni.....	35
6 SISMICITÀ DELL'AREA.....	37
7 RACCOMANDAZIONI	38
8 BIBLIOGRAFIA	39

ALLEGATI

Allegato 1:

- Tavola 1: Inquadramento geografico dell'area del Progetto Preliminare
- Tavola 2: Ubicazione delle indagini geognostiche pregresse reperite ed utilizzate ai fini dell'inquadramento geologico ed idrogeologico
- Tavola 3: Estratto della Carta Geologica al 100.000 foglio n.56 "Torino"

Allegato 2:

Risultati dei sondaggi geognostici realizzati nell'area ex-FIAT AVIO ed aree limitrofe

Allegato 3:

Dati e risultati delle prove di pompaggio a portata costante realizzate nell'area ex-FIAT AVIO

1 PREMESSA

La presente Relazione Geologica e Geotecnica è redatta nell'ambito del Progetto Definitivo del Nuovo Palazzo della Regione Piemonte, di cui è prevista la realizzazione nell'area industriale dismessa denominata "ex-Fiat Avio", sita nel Comune di Torino.

La presente relazione tratta le opere di pertinenza del Lotto 3, ovvero il Nuovo Palazzo per uffici della Regione Piemonte e la sede del Consiglio Regionale.



Figura 1.1: vista aerea dell'area oggetto degli interventi di trasformazione urbana- Lotto 3.

Nella relazione vengono sintetizzate le informazioni relative al contesto geologico ed idrogeologico e forniti gli indirizzi utili alle successive fasi di approfondimento in relazione alle opere da realizzare.

Sono stati quindi inquadrati il contesto litostratigrafico di riferimento per l'area del Progetto, le caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti, con particolare riferimento alla presenza del livello di falda e delle sue variazioni stagionali.

I riscontri sintetizzati in questa relazione sono stati ricavati oltre da dati bibliografici e di analoghi lavori realizzati nel contesto cittadino limitrofo e soprattutto da uno specifico "Piano delle Indagini Geognostiche in sito e prove di laboratorio", realizzato in fase di progettazione definitiva e finalizzato alla raccolta dei dati necessari per la caratterizzazione geologica, idrogeologica e geotecnica, così come previsto dal D.M. 11/03/1988 e successiva Circolare esplicativa.

I dati utilizzati nella presente fase progettuale provengono da ricerche bibliografiche, analisi e studi effettuati presso zone limitrofe all'area, dalla consultazione degli studi geologici e idrogeologici ai sensi della Circolare P.R.G. n. 7/LAP dell'8 maggio 1996, a corredo della Variante n. 100 del P.R.G. del Comune di Torino ed integrati dai risultati delle indagini in sito (cit. Piano delle Indagini Geognostiche) finalizzate alla caratterizzazione geologica, idrogeologica e geotecnica dei terreni interessati dal Progetto Definitivo.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La presente relazione è stata redatta in accordo ai criteri generali stabiliti dalle Normative vigenti fra cui in particolare:

- Legge 11.02.1994 n° 109, “Legge quadro in materia di lavori pubblici” e successive modificazioni.
- D.P.R. 21.12.1999 n°554, “Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11.2.1994 n°109 e successive modificazioni”.
- D.M. LL. PP. 11 marzo 1988 – “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Circ. Min. LL.PP. 24-9-1988 n. 30483 - Istruzioni relative alle “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- UNI 10006 (Giugno 2002): Costruzione e manutenzione delle strade. Tecniche di impiego delle terre.
- D.M.LL.PP. 14 febbraio 1997 - “Direttive tecniche per l’individuazione e la perimetrazione, da parte delle Regioni, delle aree a rischio idrogeologico”.
- D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 – “Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche”.
- Ordinanza Presidenza Consiglio dei Ministri 20/03/2003 n. 3274, “ Primi criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale di normativa tecnica per le costruzioni in zone sismiche”, e s.m.i.
- Eurocodice 7, “Geotechnical design” (EN 1997-1:2002).
- Eurocodice 8, “Design of structures for earthquake resistance” (EN 1998-1/6:2002-2003).

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

3.1 Geologia e geomorfologia del territorio comunale di Torino

Il territorio comunale di Torino si estende per gran parte su un'area semi-pianeggiante costituita dagli apporti successivi delle conoidi alluvionali poste allo sbocco delle valli alpine della Dora Riparia e della Stura di Lanzo; la restante parte del territorio è costituita dai rilievi collinari posti a est del fiume Po. L'area urbana presenta una debole pendenza procedendo da ovest verso est, passando da 260-270 m s.l.m. a circa 220 m s.l.m.

Le conoidi alluvionali sono costituite da depositi di origine fluvioglaciale, successivamente rimodellati, almeno nei livelli più superficiali, dai corsi d'acqua che attraversano il territorio comunale (Po, Stura di Lanzo, Dora Riparia e Sangone), (cfr. *Bonsignore, G., Bortolami, G., et al. 1969*).

I clasti costituenti i depositi fluvioglaciali sono derivati dai litotipi del bacino idrografico di alimentazione: il Massiccio Ultrabasico di Lanzo (serpentiniti, ultrabasiti) per la Stura di Lanzo ed il Complesso del Dora Maira (gneiss, quarziti), Calcescisti a Pietre Verdi, Serie dell'Ambin (micascisti, quarziti) per la Dora Riparia ed il Sangone.

Gli apporti di materiali a granulometria più fine (limi sabbiosi e/o argillosi), presenti in lenti all'interno delle ghiaie, sono attribuibili alle dinamiche deposizionali legate all'azione dei corsi d'acqua nei tratti caratterizzati da una limitata energia deposizionale.

L'assetto geologico generale ricostruito dalle numerose indagini svolte nel sottosuolo torinese, è suddiviso, per i primi 150 metri circa, in tre complessi litostratigrafici:

- depositi fluvioglaciali e fluviali continentali quaternari (periodo glaciale Riss): ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa, in genere sciolte, salvo che per la presenza di livelli discontinui di conglomerato;
- depositi lacustri e fluviolacustri del Villafranchiano (Sacco, 1886): limi argillosi e livelli sabbioso ghiaiosi, debolmente coesivi;
- depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene: limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie grigio azzurre con fossili, piuttosto coesivi.

I depositi fluviali e fluvioglaciali presentano, al loro interno, orizzonti e livelli ad andamento discontinuo ed a vario grado di cementazione o comunque di addensamento; i livelli a maggior cementazione (livelli conglomeratici) sono caratteristici del sottosuolo di Torino e sono noti in letteratura con il termine formazionale di "puddinghe".

Il limite inferiore dei depositi fluvioglaciali Rissiani è costituito da un contatto di tipo erosionale. La potenza del secondo complesso, desunta da informazioni bibliografiche, varia molto in relazione alla zona di riferimento, da un massimo di 140 metri (Piazza Marmolada) a

pochi metri nella zona nord di Torino, nelle vicinanze della Stura di Lanzo. Il contatto tra la base del complesso Villafranchiano ed i depositi Pliocenici è di eteropia di facies.

3.1.1 La cementazione dei depositi quaternari

Il sottosuolo di Torino, nella fascia superiore costituita dai depositi fluvioglaciali quaternari (ghiaia, ciottoli e sabbie in matrice limosa) all'interno della quale si svilupperà la totalità del progetto, da un punto di vista geologico generale può essere definito relativamente semplice ed omogeneo; tuttavia, ad una scala di osservazione più ridotta, questo terreno può talora presentare variazioni rilevanti, sia lateralmente, sia lungo la profondità, sia da un punto di vista granulometrico sia per quanto riguarda il grado di cementazione e/o addensamento.

La cementazione è dovuta alla precipitazione del carbonato di calcio e magnesio presente in soluzione sia nell'acqua di falda, sia nell'acqua di infiltrazione meteorica, per variazioni di temperatura e di pH. I carbonati presenti in soluzione provengono principalmente dalle acque della Dora Riparia, che alimenta la falda superficiale nei periodi di maggior portata. Le acque di precipitazione meteorica, infiltrandosi nel suolo, si arricchiscono di CO₂. Questa, combinandosi con l'acqua, produce acido carbonico (H₂CO₃) determinando una diminuzione del pH. Le acque, divenute quindi aggressive, riescono a portare in soluzione il carbonato di calcio e magnesio presente nei depositi. All'aumentare della profondità, il variare della temperatura rimodifica il pH e dà origine, di conseguenza, alla precipitazione dei carbonati in soluzione.

3.1.2 Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani

I depositi di origine fluvioglaciale e fluviale formano, come detto, lo strato superficiale di vasta parte del territorio comunale di Torino. Le ghiaie, che rappresentano la frazione avente la maggior rilevanza in termini percentuali, si accompagnano a ciottoli (anche di dimensioni pluridecimetriche), sabbie medio-grossolane e livelli lentiformi limoso-argillosi. I ciottoli risultano sostanzialmente composti da quarziti, gneiss, serpentiniti e metagabbri e raramente presentano un'alterazione tale da comprometterne la struttura. La forma varia da sub-arrotondata ad arrotondata, ma sono frequenti anche ciottoli discoidali: questa forma appiattita è anche assai frequente nella ghiaia e nel ghiaietto. Le dimensioni dei ciottoli sono molto variabili, potendo raggiungere, talvolta, carattere di veri e propri trovanti (osservati sia durante i lavori del Passante Ferroviario-1° Lotto, sia nella prima tratta della Linea 1 della metropolitana). Il diametro di 10-30cm è quello maggiormente rappresentato. Sono inoltre presenti livelli lenticolari di ciottoli e ghiaie discoidali privi di matrice sabbioso limosa fine.

La peculiarità di questi depositi è data dalla eventuale presenza di cementazione, che varia di grado sia in profondità. La presenza di concrezioni di calcite e cemento calcareo, prevalentemente sulla parte superiore dei ciottoli può avvalorare l'interpretazione che vede la cementazione legata al fenomeno della percolazione delle acque di infiltrazione (zona non satura). Nel caso specifico, le indagini disponibili hanno confermato l'esistenza di livelli a differente grado di cementazione ancorché una ricostruzione precisa della loro estensione areale risulti difficilmente fattibile.

3.1.3 Depositi lacustri e fluviolacustri del Villafranchiano Autoctono

Tali depositi, sottostanti ai precedenti depositi fluvioglaciali e fluviali, sono costituiti da alternanze di sedimenti di ambiente fluviale (ghiaie e sabbie) e di ambiente lacustre-palustre (limi e argille). Nei materiali più francamente grossolani e permeabili sono contenute varie falde idriche in pressione confinate dai livelli limoso argillosi, che funzionano da setti impermeabili.

I dati delle indagini eseguite lungo l'asse di via Nizza, per il progetto della linea 1 della metropolitana (tratta Porta Nuova-Lingotto) evidenziano che questi depositi sono presenti fino all'intersezione con corso Marconi; localmente risultano assenti come confermato dal fatto che, in corrispondenza dei sondaggi eseguiti in zona Piazza Carducci per la metropolitana, si è osservato il passaggio diretto tra i depositi fluvioglaciali ed i depositi d'ambiente marino.

3.1.4 Depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene

I litotipi che caratterizzano questo complesso vanno dalle sabbie alle argille, con predominanza dei depositi più fini in corrispondenza della pianura torinese. Le argille, tipicamente di colore azzurrognolo, risultano alquanto siltose nella parte più alta della formazione e contengono frequentemente resti fossiliferi. I depositi argillosi, come accennato al paragrafo precedente, sono stati ritrovati nei sondaggi profondi per la Linea 1 della metropolitana a partire dall'intersezione con Corso Marconi e procedendo verso sud (direzione Lingotto).

3.2 Inquadramento geologico dell'area di Progetto

L'analisi dei risultati delle indagini geognostiche realizzate nell'area di Progetto, integrate da quelle eseguite in tempi diversi per il progetto delle altre opere (Linea 1 della Metropolitana, bonifica dei terreni dell'area ex-FIAT AVIO) ha permesso di delineare il quadro geologico presente nell'area del Progetto.

Con riferimento ai primi 80m di profondità, si evidenzia il seguente assetto stratigrafico:

3.2.1 Riporti antropici

Si tratta di riporti antropici superficiali, costituiti prevalentemente da ghiaia e ciottoli con scarsa matrice, a luoghi maggiormente sabbiosi. Occasionalmente si rinvergono porzioni di solette in calcestruzzo da attribuirsi a fabbricati in luogo precedentemente demoliti.

La potenza dell'unità risulta variabile tra 0,5-4m.

3.2.2 Depositi fluvioglaciali e fluviali rissiani

E' costituita da ghiaie eterometriche (diametro massimo 8-10cm) in matrice sabbioso-limosa, con occasionali ciottoli. La porzione sommitale dell'unità, per i primi 15-18m da piano campagna, presenta al riconoscimento visivo diffusi fenomeni di debole cementazione

A luoghi si rinvergono livelletti conglomeratici competenti, di spessore inferiore ad 1m.

L'unità ingloba a luoghi lenti di sabbie di potenza metrica. Si tratta di sabbie medio-fini limose, occasionalmente passanti a luoghi a limi sabbiosi (specie per il livello più superficiale). La presenza di tali lenti è concentrata in due livelli prevalenti, presenti a 15m di profondità e nell'intervallo 25m-35m.

3.2.3 Depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene

Si tratta del substrato di riferimento, costituito da limi con sabbia fine, debolmente plastici e fortemente addensato; a luoghi si rinvergono livelli centimetrici organici. L'analisi delle carote dei sondaggi ha evidenziato la presenza di resti fossiliferi.

Il limite superiore del complesso è piuttosto netto, di natura erosionale.

La figura sotto riportata illustra l'assetto litostratigrafico di riferimento per i primi 80m di profondità.

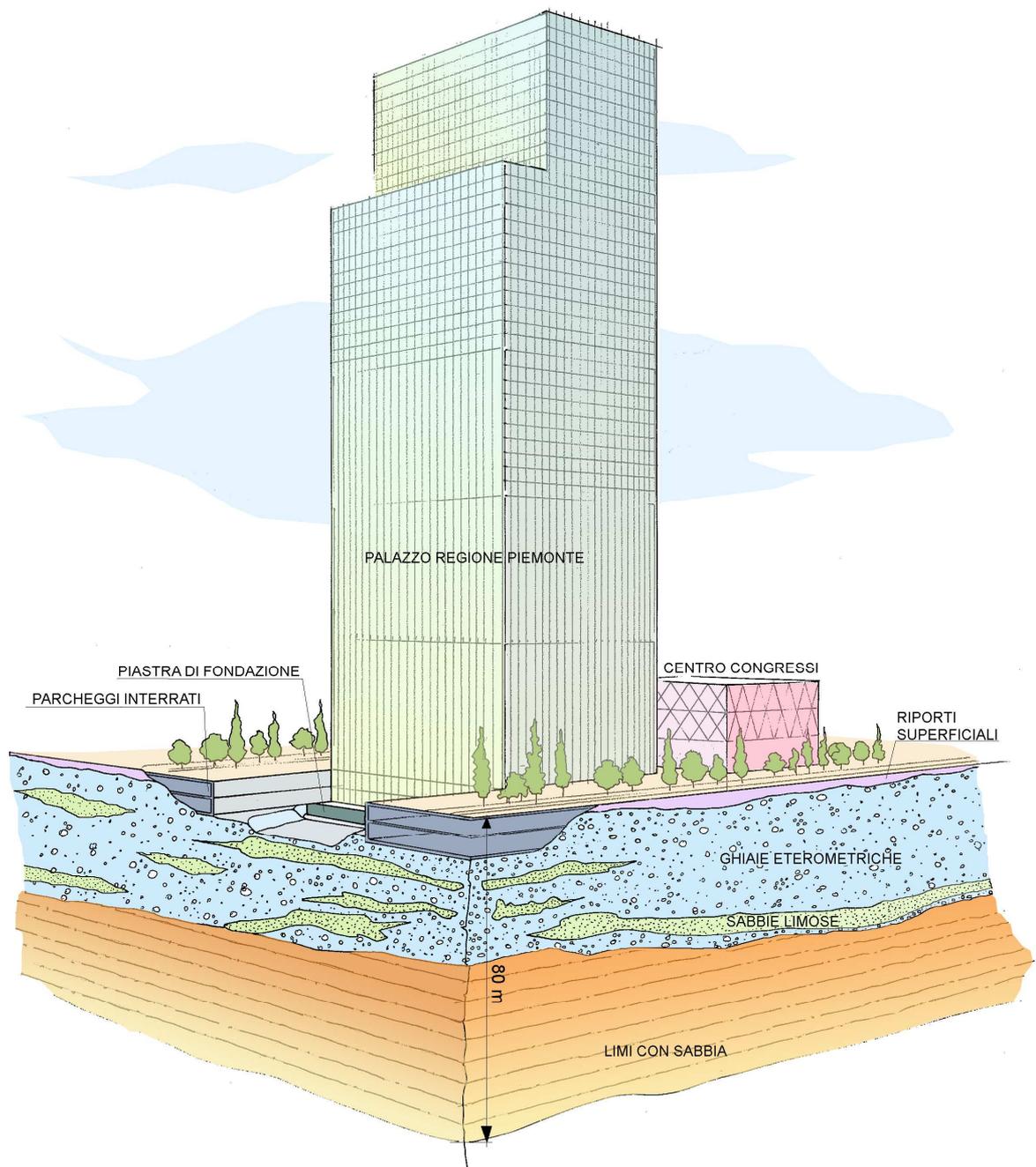


Figura 3.1: schema dell'area di intervento, con spaccato delle fondazioni e del sottosuolo.

4 INDAGINI GEOGNOSTICHE

4.1 Dati pregressi

Per la redazione della presente relazione sono state utilizzati, oltre agli elementi acquisiti dalla campagna indagini appositamente realizzata, dati provenienti da diverse fonti relativi sia a studi territoriali specifici (P.R.G. e varianti) sia a progetti di infrastrutture recentemente progettate ed in via di realizzazione nel territorio urbano torinese, oltre che documenti specificatamente realizzati nell'ambito del progetto degli interventi di bonifica dell'area di interesse. Tali fonti sono qui di seguito elencate:

- Progetto Definitivo dell'intervento di messa in sicurezza e bonifica dell'area denominata "ex-FIAT AVIO" in via Nizza, redatto dallo Studio Tedesi di Milano per il Gruppo Zunino RI Investimenti s.r.l., terminato nel marzo 2006;
- Progetto Definitivo ed Esecutivo della Linea 1 della Metropolitana, tratta Porta Nuova-Lingotto, redatto dal raggruppamento temporaneo di imprese Systra S.A., Geodata S.p.A., Metropolitana Milanese S.p.A. e Studio Quaranta per il Gruppo Torinese Trasporti (GTT) nel periodo 2004-2005;
- Progetto Definitivo della Linea 1 della Metropolitana, tratta Lingotto-Bengasi, redatto dal raggruppamento temporaneo di imprese Systra S.A., Geodata S.p.A. e Studio Quaranta per il Gruppo Torinese Trasporti (GTT) nel periodo 2007-2008;
- Stratigrafie relative ad indagini geognostiche a carotaggio continuo, eseguite in occasione del progetto e dell'esecuzione di diversi lavori nell'area immediatamente adiacente all'area oggetto della variante.

Le indagini per la progettazione della Linea 1 della metropolitana e le indagini eseguite in tempi diversi per la trasformazione dell'area Lingotto sono state utilizzate per la definizione del quadro geologico ed idrogeologico generale (Capitolo 4 e 5). I risultati delle indagini geognostiche eseguite all'interno dell'area del Progetto (Progetto Definitivo dell'intervento di bonifica dell'ex Fiat Avio), sono stati utilizzati per integrare e migliorare la definizione del quadro idrogeologico di riferimento progettuale (Capitolo 5).

Le stratigrafie e le indagini geognostiche eseguite in occasione del progetto e dell'esecuzione di diversi lavori nell'area immediatamente adiacente a quella di Progetto sono riportate nell'allegato 2.

4.2 Indagini per il Progetto Definitivo

4.2.1 Sondaggio a carotaggio continuo

Sono stati realizzati 27 sondaggi geognostici che hanno interessato l'intera area d'imposta del Palazzo della Regione, Centro Servizi, Consiglio Regionale e le aree destinate alla viabilità d'accesso.

Le perforazioni sono state realizzate a carotaggio continuo, con diametro di perforazione utile pari a 101mm o 131mm; la profondità è stata modulata sulla base delle opere previste, garantendo un'indagine del sottosuolo almeno pari alla profondità di rilevanza progettuale.

Le perforazioni di sondaggio hanno consentito non solo la ricostruzione del profilo stratigrafico, ma anche i test geotecnici ed il rilevamento idrogeologico; inoltre esse hanno permesso il prelievo di campioni rappresentativi per il riconoscimento dei terreni e campioni indisturbati per l'esecuzione di prove di laboratorio.

SONDAGGIO	TIPO PERFORAZIONE		PROFONDITA'	OPERA DI RIFERIMENTO	QUOTA P.C.
	(CODICE)	(TIPOLOGIA)			
Sp1	Carotaggio continuo	131/101	30	Consiglio Regionale	234,9
Sp2	Carotaggio continuo	131/101	30	Consiglio Regionale	235,6
Sp3	Carotaggio continuo	131/101	30	Consiglio Regionale	236,1
St1	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,8
St2	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,8
St3	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,8
St4	Carotaggio continuo	131/101	80	Palazzo Regione	234,0
St5	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,0
St6	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,7
St7	Carotaggio continuo	131/101	80	Palazzo Regione	234,7
St8	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,7
St9	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,0
St10	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,0
St11	Carotaggio continuo	131/101	80	Palazzo Regione	234,6
St12	Carotaggio continuo	131/101	80	Palazzo Regione	234,6
St13	Carotaggio continuo	131	80	Palazzo Regione	234,6
St14	Carotaggio continuo	131/101	40	Centro Congressi	234,9
St15	Carotaggio continuo	131/101	40	Centro Congressi	234,9
St16	Carotaggio continuo	131/101	40	Centro Congressi	234,9
Sv1	Carotaggio continuo	131/101	30	Viabilità d'accesso	234,6
Sv2	Carotaggio continuo	101	30	Viabilità d'accesso	234,8
Sv3	Carotaggio continuo	131/101	30	Viabilità d'accesso	234,9
Sv4	Carotaggio continuo	131/101	30	Viabilità d'accesso	235,1
Sv5	Carotaggio continuo	101	20	Viabilità d'accesso	235,0
Sv6	Carotaggio continuo	131/101	20	Viabilità d'accesso	241,9
Sv8	Carotaggio continuo	131/101	30	Viabilità d'accesso	236,3
Sv9	Carotaggio continuo	131/101	30	Viabilità d'accesso	234,7

Tabella 4-1: sondaggi a carotaggio continuo (PD).

4.2.2 Prove geotecniche in foro

Durante l'avanzamento delle perforazioni di sondaggio sono state condotte numerose prove geotecniche in foro (prove penetrometriche dinamiche SPT, Lefranc e prove pressiometriche MPM) e sono stati prelevati campioni indisturbati; inoltre sono stati installati piezometri a tubo aperto per il rilievo del regime delle acque sotterranee o tubi in PVC per l'esecuzione di prove geofisico del tipo "cross-hole".

Il prospetto delle prove eseguite, i risultati e l'interpretazione degli stessi è fornita nella Relazione Geotecnica (cod. elab. PR-3-D-S-G-06-0).

La tabella seguente sintetizza le prove eseguite nelle verticali di indagine.

SONDAGGIO	INSTALLAZIONE PIEZOMETRO	INSTALLAZIONE TUBO PVC (CROSS-HOLE)	PROVE SPT	PROVE LEFRANC	PROVE PRESS.	PRELIEVO CAMPIONI	
						Indist.	Rim.
(CODICE)	(m)	(m)	(quantità)	(quantità)	(quantità)	(quantità)	(quantità)
Sp1			4	2			2
Sp2			5	2			2
Sp3			6	2			2
St1			6	1	1	1	3
St2		X	5	1	1	1	4
St3		X	8		1	1	5
St4	X		5	1	1	1	1
St5		X	8			1	1
St6		X	5	1	1		2
St7	X		6	1	1	1	3
St8		X	8		1	1	2
St9		X	8		1	1	3
St10		X	7		1	1	3
St11		X	8		1		3
St12		X	7		2		2
St13		X	8				
St14			5	2			4
St15			3	2			3
St16			6	2			2
Sv1			4	2			2
Sv2	X		4	2			2
Sv3			5	2			2
Sv4			6	2			2
Sv5			5	1			2
Sv6			5	1			2
Sv8			5				2
Sv9			5	2			2

Tabella 4-2 - Dettaglio delle prove geotecniche eseguite in foro (PD)

4.2.3 Prove idrogeologiche in foro

Durante l'avanzamento delle perforazioni dei sondaggi sono state condotte sistematiche prove di permeabilità in foro, tipo Lefranc, a carico variabile. Tutte le prove hanno interessato il complesso idrogeologico ghiaioso-sabbioso, sede dell'acquifero superficiale.

Il prospetto riepilogativo delle varie prove, con il relativo coefficiente di permeabilità determinato, è riportato in tabella seguente.

SONDAGGIO	NUMERO PROVA	OPERA	PROFONDITA'	PERMEABILITA' k
(CODICE)	(CODICE)	(DESCRIZIONE)	(m)	(m/s)
Sv1	1	Viabilità accesso	16.50	3.52E-06
Sv1	2	Viabilità accesso	20.25	1.30E-06
Sv2	1	Viabilità accesso	10.75	1.30E-05
Sv2	2	Viabilità accesso	24.50	1.39E-06
Sv3	1	Viabilità accesso	14.50	2.57E-06
Sv3	2	Viabilità accesso	20.50	2.13E-06
Sv4	1	Viabilità accesso	11.50	1.16E-05
Sv4	2	Viabilità accesso	20.50	4.59E-06
Sv5	1	Viabilità accesso	14.35	5.07E-06
Sv6	1	Viabilità accesso	14.40	1.11E-05
Sv9	1	Viabilità accesso	7.75	2.38E-06
Sv9	2	Viabilità accesso	21.90	8.84E-06
Sp1	1	Consiglio Regionale	12.50	3.81E-06
Sp1	2	Consiglio Regionale	22.75	2.53E-06
Sp2	1	Consiglio Regionale	11.75	6.14E-06
Sp2	2	Consiglio Regionale	25.75	1.18E-06
Sp3	1	Consiglio Regionale	11.10	3.08E-06
Sp3	2	Consiglio Regionale	24.75	1.94E-06
St1	1	Palazzo Regione	10.25	2.91E-05
St2	1	Palazzo Regione	17.60	9.99E-06
St4	1	Palazzo Regione	14.00	8.01E-06
St6	1	Palazzo Regione	17.75	1.27E-05
St7	1	Palazzo Regione	10.05	7.46E-06
St14	1	Palazzo Regione	12.95	1.62E-06
St14	2	Palazzo Regione	24.95	5.18E-06
St15	1	Palazzo Regione	14.10	2.02E-06
St15	2	Palazzo Regione	20.90	1.10E-05
St16	1	Palazzo Regione	12.85	5.11E-06
St16	2	Palazzo Regione	24.95	5.31E-06

Tabella 4-3: dettaglio delle prove Lefranc effettuate (PD).

4.2.4 Monitoraggio del livello piezometrico

Tre sondaggi (St4, St7 e Sv2) sono stati attrezzati con piezometri a tubo aperto (fenestrato nella metà inferiore al fine di evitare commistione con eventuali circolazioni superficiali nel suolo e/o riporti). Per i restanti sondaggi, il livello piezometrico è stato misurato al termine della perforazione.

SOND.	PROFONDITA' SONDAGGIO	TIPO PIEZOMETRO	QUOTA P.C.	SOGGIACENZA*	QUOTA PIEZOMETRICA
(CODICE)	(m)	(DESCRIZIONE)	(m s.l.m.)	(m da p.c.)	(m s.l.m.)
Sp1	30	Non installato	234,9	14,3	220,6
Sp2	30	Non installato	235,6	15,2	220,4
Sp3	30	Non installato	236,1	15,3	220,8
St1	80	Non installato	234,8	15,7	219,1
St2	80	Non installato	234,8	16,0	218,8
St3	80	Non installato	234,8	15,3	219,5
St4	80	Tubo aperto 2"	234,0	15,7	218,3
St5	80	Non installato	234,0	15,0	219,0
St6	80	Non installato	234,7	15,6	219,1
St7	80	Tubo aperto 2"	234,7	15,2	219,5
St8	80	Non installato	234,7	14,8	219,9
St9	80	Non installato	234,0	15,0	219,0
St10	80	Non installato	234,0	14,9	219,1
St11	80	Non installato	234,6	15,0	219,6
St12	80	Non installato	234,6	15,0	219,6
St14	40	Non installato	234,9	16,0	218,9
St15	40	Non installato	234,9	15,2	219,7
St16	40	Non installato	234,9	15,2	219,7
Sv1	30	Non installato	234,6	14,0	220,6
Sv2	30	Tubo aperto 2" in PVC	234,8	13,5	221,3
Sv3	30	Non installato	234,9	14,5	220,4
Sv4	30	Non installato	235,1	13,6	221,5
Sv5	20	Non installato	235,0	15,4	219,6
Sv6	20	Non installato	241,9	13,5	228,4
Sv8	30	Non installato	236,3	15,5	220,8
Sv9	30	Non installato	234,7	15,8	218,9

Tabella 4-4: dettaglio dei livelli piezometrici misurati (PD).

* Quando non installato il piezometro, la lettura si riferisce a fine perforazione.

5 IDROGEOLOGIA

5.1 Complessi idrogeologici

Con riferimento al quadro geologico dell'area di Progetto (par 3.2), si schematizza il seguente assetto idrogeologico:

- Complesso ghiaioso-sabbioso, sede dell'acquifero libero principale, è costituito da depositi grossolani riferibili al Quaternario (ciottoli, ghiaie e sabbie in matrice sabbioso-limosa) potenti circa 38-40m. La soggiacenza dell'acquifero nell'area di progetto (periodo autunno-inverno 2007), si attesta da -14 a -15m;
- Complesso limoso-argilloso-sabbioso, individuato nei depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene, costituisce un complesso a scarsa circolazione idrica e non è sede di acquiferi di rilevanza. E' situato indicativamente a partire da 38-40 m dal p.c. ed il tetto di tale complesso è costituito da depositi limoso-argillosi, spesso compatti, potenti 20÷30 m, che di fatto costituiscono la base dell'acquifero freatico soprastante.

Considerando la profondità alla quale saranno realizzate le fondazioni dei manufatti e le opere accessorie, ci sarà una interazione tra le opere in progetto ed il quadro idrogeologico limitato esclusivamente con l'acquifero superficiale del complesso ghiaioso-sabbioso.

5.2 Inquadramento idrogeologico generale

La definizione del quadro idrogeologico generale, nel quale il Progetto delle opere del Lotto 3 sono inserite, è stata basata sull'integrazione dei risultati della campagna geognostica eseguita nel Lotto 3 con i dati delle indagini e degli studi geologici ed idrogeologici eseguiti dalla Geodata S.p.A (anche in associazione con altre imprese), per la progettazione delle seguenti infrastrutture:

- Progetto Definitivo ed Esecutivo della Linea 1 della Metropolitana di Torino, tratta Collegno Porta-Nuova (2000-2002);
- Progetto Definitivo ed Esecutivo della Linea 1 della Metropolitana di Torino, tratta stazione Porta Nuova – stazione Lingotto (2001-2004);
- Progetto Definitivo della Linea 1 della Metropolitana di Torino, tratta stazione Lingotto – stazione Bengasi (2007-2008).

I dati raccolti sull'area vasta hanno permesso una ricostruzione della geometria di flusso a scala generale, basata sul censimento di circa 100 punti (pozzi e piezometri) effettuato nel periodo febbraio-marzo 2000 e successivamente integrato con i dati acquisiti durante le fasi progettuali della Metropolitana fino alla stazione Bengasi. Questa ricostruzione è stata confrontata con i risultati delle indagini del Lotto 3.

La ricostruzione a scala generale (figura seguente), sebbene prenda in considerazione misurazioni eseguite in anni e periodi stagionali diversi è valida allo scopo di verificare l'andamento medio delle direttrici di deflusso sotterraneo.

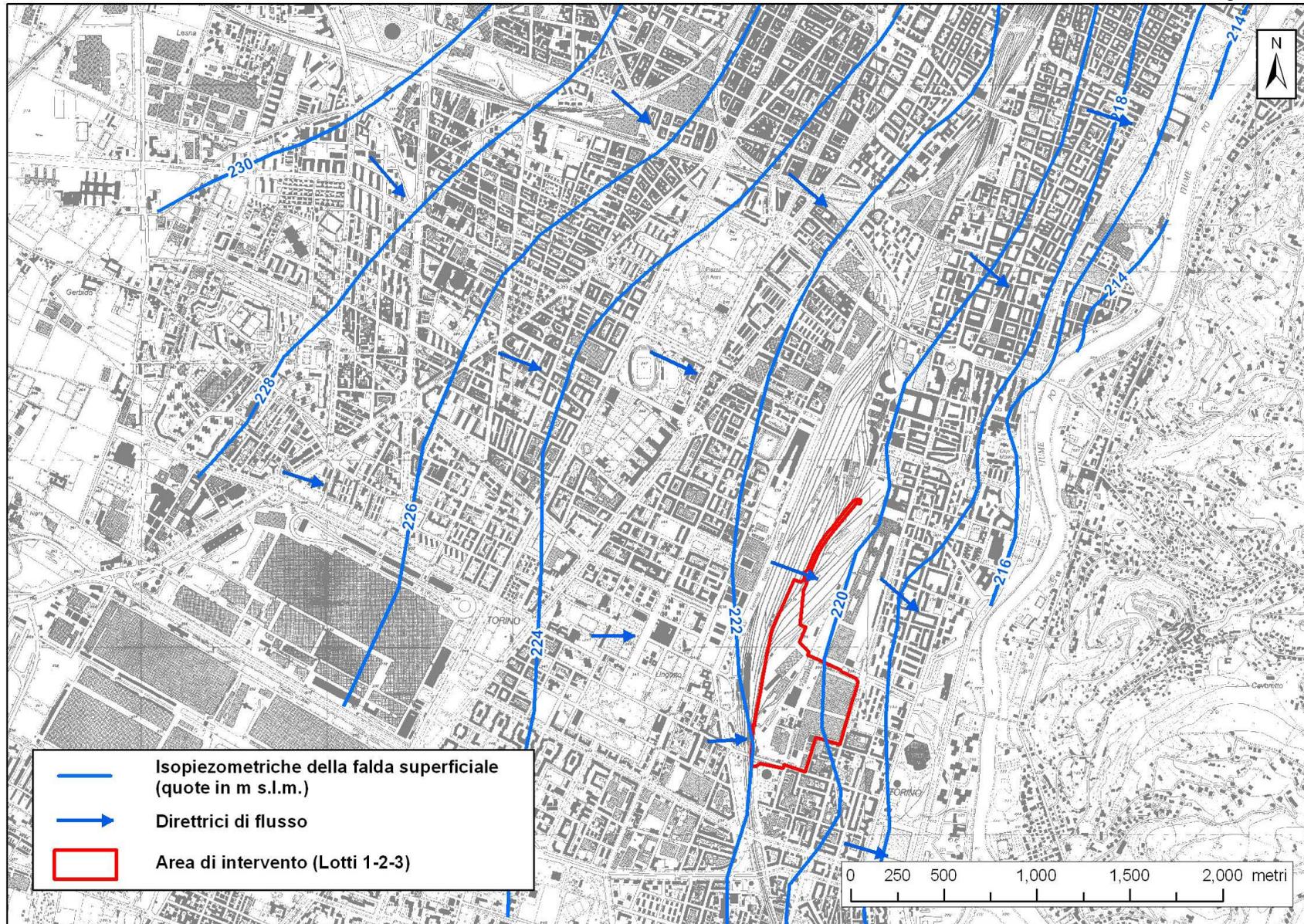


Figura 5-1: pannello piezometrico della falda superficiale nel territorio urbano di Torino.

L'acquifero superficiale è alimentato principalmente dagli apporti provenienti da ovest, considerando che l'infiltrazione diretta delle precipitazioni, sul territorio urbano di Torino è perlopiù intercettata dalla rete di drenaggio superficiale. Gli studi eseguiti da Bortolami, De Luca e Filippini (1990) definiscono biunivoci i rapporti tra la falda superficiale e i corsi d'acqua del torrente Sangone e della Dora Riparia, in quanto dipendenti dalle vicende stagionali. Il fiume Po rappresenta il livello di base locale dell'acquifero e, per il tratto di scorrimento nel territorio di Torino, funge da recettore delle acque della falda superficiale. La condizione drenante del Po nel tratto urbano è sostanzialmente confermata dall'andamento delle isopiezometriche e dalle quote del fiume. La brusca rottura di pendio che si osserva in prossimità dell'alveo del Po è responsabile del drenaggio delle acque sotterranee.

La direzione di flusso media è ESE (120°N) e localmente varia secondo il grado di permeabilità dei depositi, assumendo direzione più francamente orientale e creando zone di convergenza (o divergenza) delle direttrici di flusso. Il gradiente idraulico della falda superficiale varia da 0.25% (valore medio nella zona centrale di Torino) a 0.7%-0.8% in prossimità del fiume Po.

5.3 Parametri idrodinamici dei complessi idrogeologici

I risultati delle indagini geognostiche eseguite sia nell'area del Lotto 3 che lungo il tracciato della Metropolitana tratta Marconi-Bengasi hanno evidenziato una sostanziale omogeneità dei depositi quaternari sede dell'acquifero superficiale; in questo contesto l'analisi delle numerose prove di caratterizzazione idrogeologica eseguite per le varie opere permette una reale definizione del campo di variabilità dei parametri idrodinamici.

La definizione dei parametri idrodinamici del complesso sede dell'acquifero superficiale (complesso ghiaioso-sabbioso) è stata basata sull'analisi delle prove idrauliche realizzate:

- all'interno dell'area di Progetto:
 - n. 29 prove Lefranc eseguite nei sondaggi geognostici per la fase di progettazione definitiva (2007);
 - n. 2 prove di pompaggio a portata costante realizzate (2004-2006) nella fase di progettazione degli interventi di bonifica dei terreni e delle acque dell'area ex-FIAT AVIO nella quale il Lotto 3 è inserito;
- in aree adiacenti all'area di Progetto, lungo l'asse viario di via Nizza:
 - n. 77 prove Lefranc eseguite nei sondaggi geognostici per la fase di PD e PE della Linea 1 della Metropolitana, tratta Marconi-Bengasi (2001-2008);

- n. 3 prove di pompaggio a portata costante realizzate per la fase di PD e PE della Linea 1 della Metropolitana in C.so Marconi, P.za Bozzolo e P.za Bengasi (2004-2008);

La figura qui di seguito riporta l'ubicazione delle varie prove eseguite ed analizzate per la definizione dei parametri idrodinamici dell'acquifero superficiale.

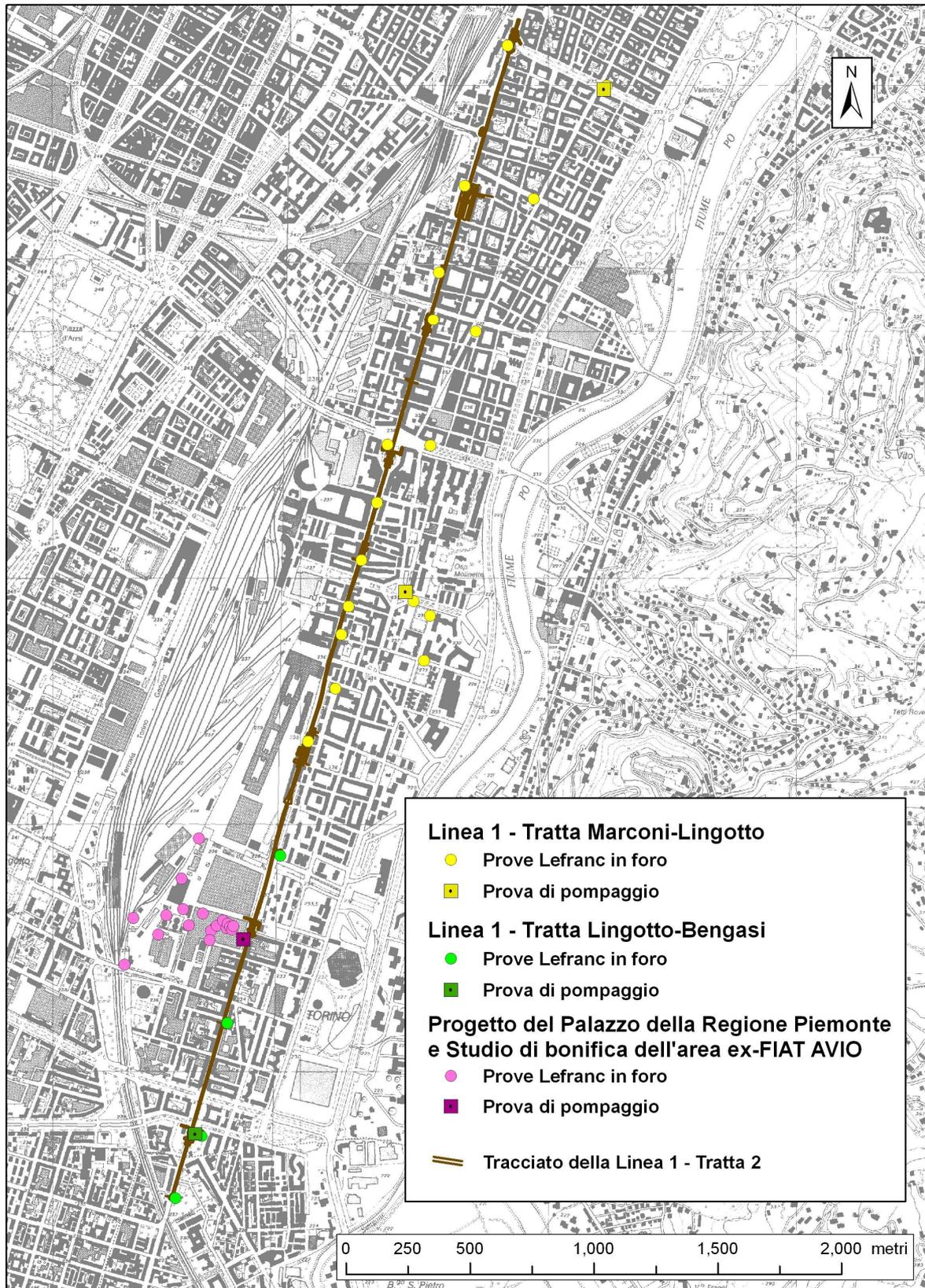


Figura 5-2: ubicazione delle prove di permeabilità (prove Lefranc e prove di pompaggio) eseguite nell'area urbana di Torino ed utilizzate per la caratterizzazione dell'acquifero superficiale.

5.3.1 Analisi dei risultati delle prove Lefranc

I risultati delle prove Lefranc eseguite per il Progetto Definitivo delle opere del Lotto 3 sono riassunti nella tabella seguente

Opere in progetto	N. prove eseguite	Valore minimo (m/s)	Valore medio (m/s)	Valore massimo (m/s)
Viabilità di accesso	12			
Palazzo del Consiglio Regionale	6			
Palazzo della Regione	11			
TOTALE	29	1E-06	6E-06	3E-05

Tabella 5-3: quadro riassuntivo delle prove di permeabilità Lefranc, eseguite per la progettazione delle varie opere nell'area del Palazzo della Regione.

I risultati delle prove Lefranc eseguite nelle diverse campagne per il Progetto Definitivo ed Esecutivo della Linea 1 della Metropolitana, tratta Marconi-Lingotto e Lingotto-Bengasi, sono riassunti nelle tabelle seguenti.

Campagne geognostiche	N. prove eseguite	Valore minimo (m/s)	Valore medio (m/s)	Valore massimo (m/s)
2001	34			
2003	15			
2004	15			
TOTALE	64	8E-06	2E-05	9E-04

Tabella 5-4: quadro riassuntivo delle prove di permeabilità Lefranc, eseguite nelle varie campagne di indagine per la progettazione definitiva ed esecutiva della Metropolitana, tratta Marconi-Lingotto.

Campagne geognostiche	N. prove eseguite	Valore minimo (m/s)	Valore medio (m/s)	Valore massimo (m/s)
2008	13	5E-07	2E-06	5E-06

Tabella 5-5: quadro riassuntivo delle prove di permeabilità Lefranc, eseguite nelle campagna di indagine per la progettazione definitiva della Metropolitana, tratta Lingotto-Bengasi.

5.3.2 Analisi dei risultati delle prove di pompaggio a regime costante

Precedente alla fase di indagine di PD, l'area del progetto del Lotto 3 è stata studiata per la valutazione e progettazione della bonifica dei terreni e delle acque. Nel corso dello studio, eseguito per la società IPI S.p.A. e successivamente per il Gruppo Zunino RI Investimenti s.r.l., sono state eseguite n.2 prove di pompaggio. Sebbene i tempi di emungimento di queste due prove siano state inferiori alle canoniche 24h, i dati hanno evidenziato una

stabilizzazione dei livelli misurati nei piezometri, per cui si ritiene che i dati elaborati permettano una valutazione attendibile del grado di permeabilità. I dati della risalita del livello di falda, una volta arrestato il pompaggio, sono stati inoltre elaborati per verificare l'attendibilità dell'elaborazione dei dati della fase di pompaggio. I dati sono riportati nell'Allegato 3.

I dati ed i risultati delle due prove sono riassunti nella tabella seguente.

Ditta esecutrice (anno)	Durata (h)	Portata emunta (l/s)	Range permeabilità (m/s)	Porosità efficace (%)
TRS Servizi Ambiente (2004)	7	36	1E-03÷2E-03	28
Studio Idrogeotecnico Applicato s.a.s. per conto Studio Tedesi (2006)	5	19	5E-03÷6E-03	-

Tabella 5-6: quadro riassuntivo delle prove di pompaggio a regime costante, eseguite nell'area dell'ex-FIAT AVIO .

Nell'ambito della fase di PD e PE della Metropolitana sono state eseguite n.3 prove di pompaggio a lunga durata lungo l'asse di via Nizza. La tabella seguente riassume dati e risultati delle prove.

Ubicazione (anno)	Durata (h)	Portata emunta (l/s)	Permeabilità (m/s)	Porosità efficace (%)
C.so Marconi (2003)	15	68	3E-03	20
C.so Spezia/P.za Bozzolo (2003)	24	56	1E-03	15
P.za Bengasi	48	78	4E-03	-

Tabella 5-7: quadro riassuntivo delle prove di pompaggio a regime costante, eseguite per il Progetto della Metropolitana, lungo via Nizza.

5.3.3 Analisi critica dei risultati e scelta dei parametri idrodinamici dell'acquifero superficiale

Il confronto tra i risultati delle prove Lefranc e le prove di pompaggio sopra riportate evidenzia, in maniera piuttosto netta, una differenza tra i risultati delle prove Lefranc, caratterizzate da una permeabilità più bassa e le prove di pompaggio a permeabilità più elevata. La differenza, considerando i valori medi, è di circa 2.5 ordini di grandezza.

In merito alle differenze tra le due prove di caratterizzazione idrogeologica si deve osservare che:

- le prove di pompaggio, per le modalità di esecuzione, danno un risultato che è riferibile all'insieme dell'acquifero testato e sono dunque molto meno influenzabili da possibili livelli fini presenti nei depositi quaternari;
- le prove Lefranc si riferiscono alla profondità della posizione della "tasca" di prova e dunque sono più facilmente influenzabili dalla presenza locale di materiale limoso meno permeabile;
- le prove Lefranc risentono in maniera decisamente maggiore del disturbo arrecato dalla perforazione.

L'analisi di una notevole mole di dati, relativi a indagini eseguite da diverse ditte di indagini, ma seguendo sempre la stessa modalità esecutiva (sia per le prove Lefranc che per le prove di pompaggio) sembra indicare che la presenza di livelli più fini nella tasca di prova delle prove Lefranc non può essere la sola causa della differenza dei risultati.

La causa delle differenze è probabilmente attribuibile alle modalità di preparazione della tasca di prova, la quale è creata tramite l'approfondimento della perforazione (per rotazione della corona) per circa 0.5m oltre il limite inferiore del rivestimento. Tale rotazione facilita la creazione di uno strato poco permeabile creato dalla compattazione della matrice limoso-sabbiosa presente nei depositi quaternari. Le modalità della prova Lefranc, nella quale si valuta il grado di infiltrazione di una quantità d'acqua sottoposta ad un carico idraulico (legato alla profondità della tasca di prova ed alla posizione del livello di falda) non permettono la rimozione dello strato compattato all'intorno della tasca di prova dunque possono influenzare il risultato della prova.

La prova di pompaggio, realizzata in pozzo appositamente sviluppato con tubazione di rivestimento filtrante sottoposto successivamente alle operazioni di spurgo, non risente di questa locale alterazione della permeabilità e permette di valutare in maniera più attendibile il grado di permeabilità dei terreni.

Nella prove di pompaggio sono state ritenute più attendibili nella definizione dei parametri idrodinamici dei depositi quaternari, sede dell'acquifero superficiale.

Per le considerazioni espresse, la tabella sottostante riporta i parametri idrogeologici stimati caratteristici dei depositi quaternari del complesso idrogeologico ghiaioso-sabbioso presenti nel Lotto 3.

Permeabilità K	Porosità efficace
(m/s)	%
8E-04÷3E-03	15-20

Tabella 5-8: parametri idrodinamici del complesso idrogeologico ghiaioso-sabbioso sede dell'acquifero superficiale.

In merito ai parametri del complesso limoso-argilloso-sabbioso, non testato dalle prove di permeabilità, si valuta, sulla base della composizione granulometrica, un valore di permeabilità medio $< a 1E-07$ m/s.

5.4 Modello idrogeologico di riferimento progettuale

La tabella riportata nel paragrafo 4.2.4. illustra i dati relativi al livello di falda misurata nelle verticali di indagine eseguite nell'area del Lotto 3. Queste misure si riferiscono quindi al periodo autunno-inverno 2007-2008. Tali letture, sebbene evidenzino una superficie di falda sostanzialmente stabile e livellata con l'andamento della falda, noto dagli studi di carattere generale, presentano alcune lievi anomalie, sostanzialmente riconducibili a due fatti:

- l'attività di pompaggio della falda tramite una batteria di pozzi ubicati lungo il bordo orientale (via Nizza) dell'area di progetto. Tale attività ha lo scopo di costruire una barriera idraulica attiva per impedire il propagarsi del "plume" di inquinanti presenti in falda. La portata totale del pompaggio, dai dati raccolti presso il Settore Ambiente e Territorio del Comune di Torino che segue l'attività, è di circa 60 l/s ed ha carattere costante. L'acqua emunta viene scaricata nella rete fognaria e quindi il pompaggio induce una variazione del livello di falda nelle aree adiacenti;
- la maggior parte dei dati acquisiti sono relativi a letture eseguite a fine carotaggio (solo 3 sono i piezometri installati) e dunque il livello potrebbe non essere ancora perfettamente stabilizzato.

Le anomalie riscontrate sono riconducibili a valori decimetrici, quindi, al fine di ricostruire il pannello piezometrico relativo al periodo invernale 2007-2008, sono stati mediati i valori misurati. Il risultato, per quanto riguarda la geometria di flusso, è stato confrontato con le superfici piezometriche elaborate nell'area, nel corso degli studi di caratterizzazione idrogeologica per il progetto di bonifica da diversi enti priva e pubblici.

La figura sottostante riporta il pannello piezometrico dell'area del Lotto 3 relativo al periodo invernale 2007-2008.

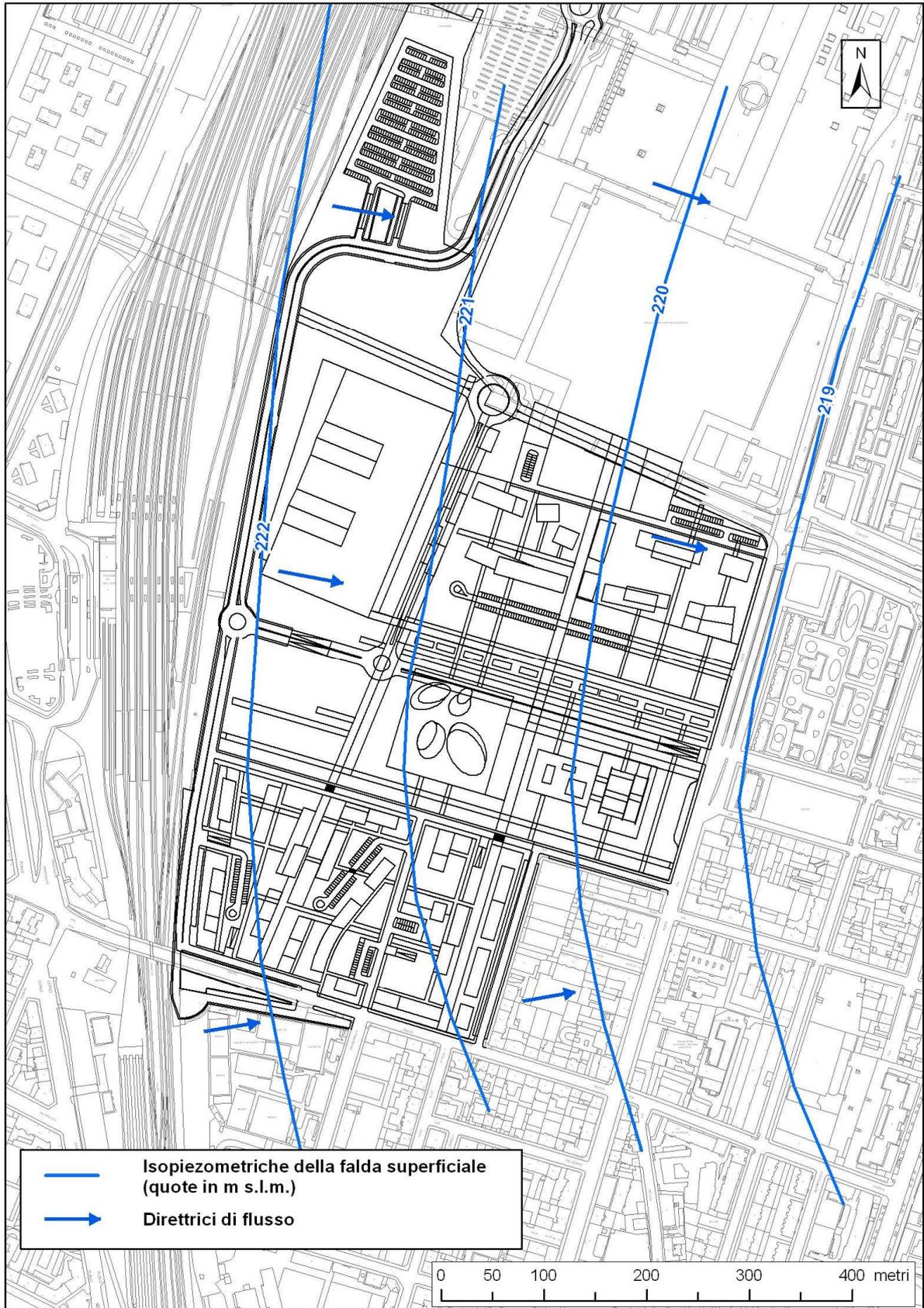


Figura 5-9: panneggio piezometrico della falda superficiale, periodo inverno 2007-2008.

5.5 Oscillazioni del livello della falda superficiale

Al fine di valutare la potenziale escursione del livello di falda sono stati esaminati i dati relativi al monitoraggio dei piezometri ubicati sia nell'area del Progetto, sia dei piezometri installati per il Progetto della Metropolitana, ubicati lungo l'asse di via Nizza.

Una prima analisi ha compreso il piezometro S38, ubicato dentro la stazione Lingotto della Metropolitana (in costruzione) e i dati relativi alle letture eseguite in diversi periodi su due piezometri installati nell'area ex-FIAT AVIO, PM5 e PM4. La figura sottostante riporta il grafico dei valori di soggiacenza.

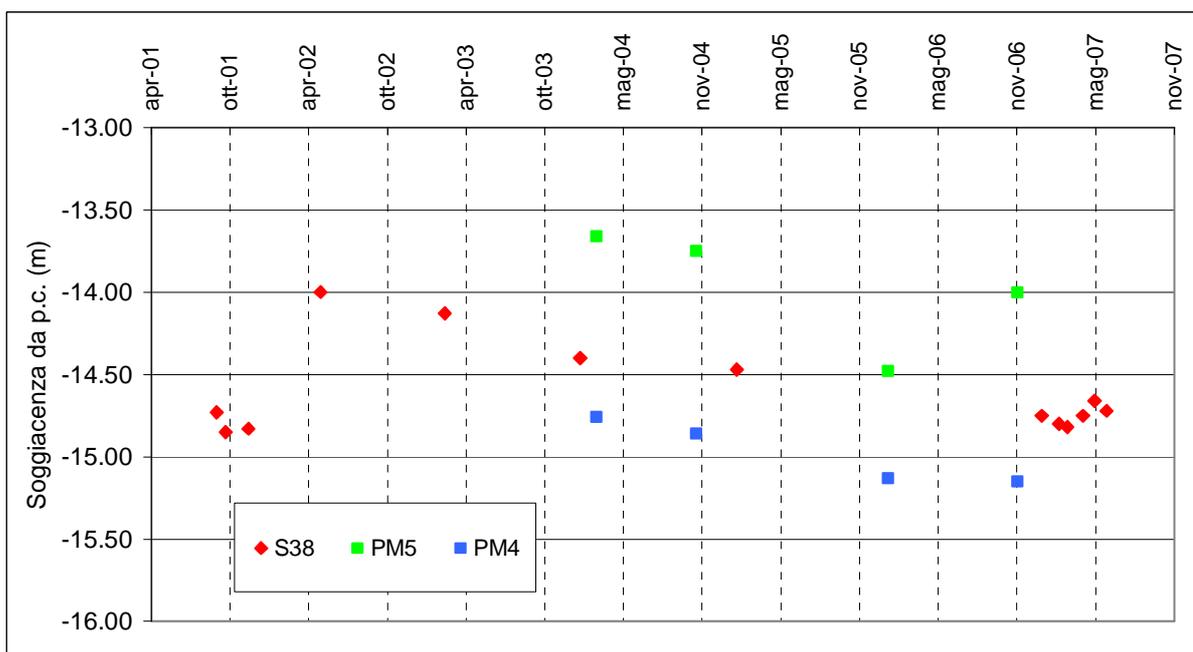


Figura 5-10: grafico dei valori di soggiacenza per i piezometri ubicati nell'area Lingotto-Lotto 3

Il grafico evidenzia che:

- l'andamento generale è simile per tutti e tre i piezometri, confermando che la falda superficiale reagisce agli input di ricarica in modo uniforme;
- a partire dalla primavera 2002, il livello di falda è sceso, in tutti i piezometri;
- l'entità totale delle oscillazioni dal 2002 al 2007 è sempre inferiore al metro.

I dati mostrati nel grafico, essendo misure puntuali non permettono di valutare se, da una misura all'altra (a volte distanziate di alcuni mesi), il livello possa registrare picchi di entità superiore al metro.

Per valutare meglio il comportamento della falda in risposta agli input di ricarica, sono stati esaminati i dati di due piezometri ubicati in piazza Carducci, dove sono disponibili un

piezometro manuale (SN4) monitorato dal marzo 2003 e i dati registrati in continuo (ogni 12h) del piezometro 07C02 (da luglio 2007), installato per la fase costruttiva della stazione della Metropolitana.

Il grafico incrocia gli andamenti piezometrici (valore della soggiacenza della falda) con i valori di precipitazione mensile (stazione Buon Pastore e via della Consolata) registrati dal 2001 al 2007.

L'andamento del piezometro S38 è aggiunto per un raffronto diretto con la situazione analizzata nel grafico precedente.

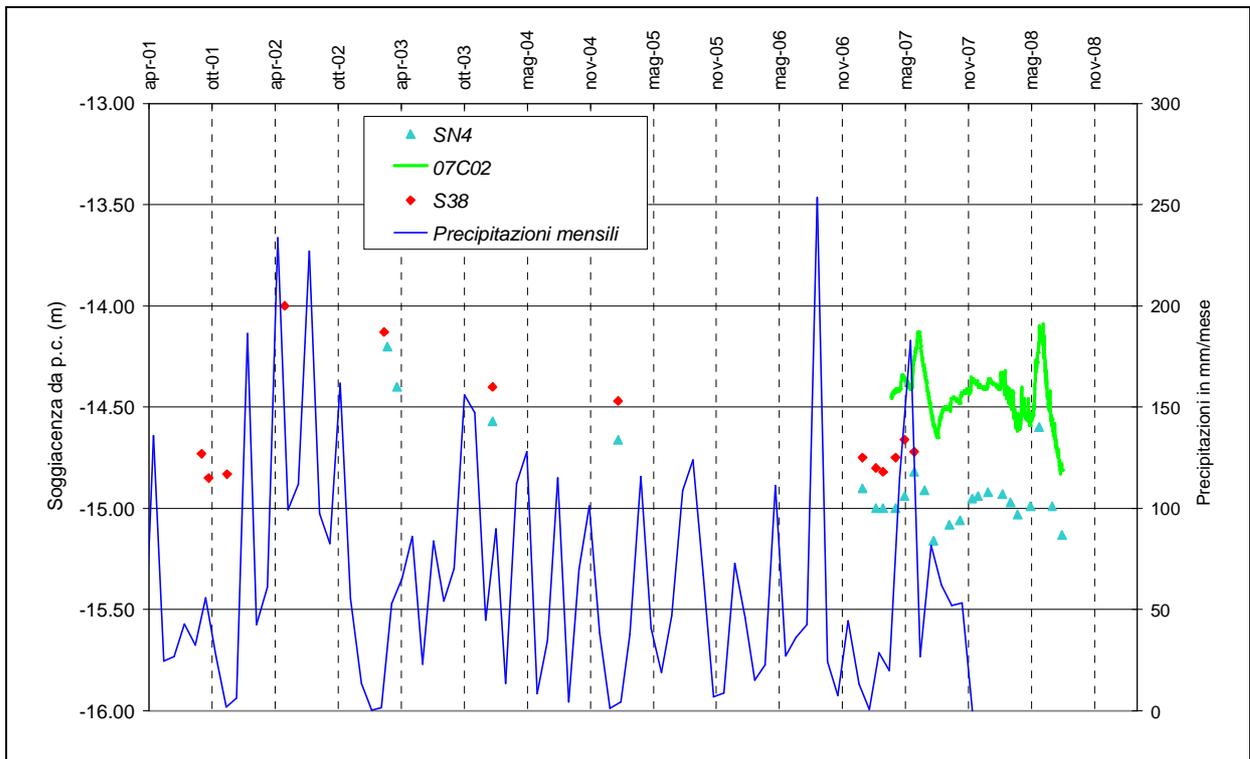


Figura 5-11: grafico dei valori di soggiacenza e relativi valori di precipitazioni meteoriche per i piezometri ubicati nell'area Lingotto-P.za Carducci

L'analisi dei dati sul grafico evidenzia che:

- l'andamento generale è simile per tutti i piezometri, confermando, in un'area di maggior estensione (Lingotto-P.za Carducci) che la falda superficiale reagisce in modo uniforme;
- si conferma a partire dalla primavera 2002, una discesa del livello di falda in tutti i piezometri. Tale discesa si stabilizza sui valori registrati nell'inverno 2007;
- i dati pluviometrici mensili evidenziano un trend decrescente a partire dalla primavera 2002. Tale andamento è interrotto nel settembre 2006 (253mm) e a giugno 2007 (182mm);

- tutti i dati esaminati, sia relativi a monitoraggi discreti che continui, evidenziano che l'oscillazione del livello di falda, considerando un periodo di circa 7 anni (2001-2008), è inferiore al metro.

I dati provenienti dal monitoraggio automatico mostrano come la falda reagisca in ritardo rispetto agli input di ricarica della precipitazione. Tale ritardo, causato dall'estensiva impermeabilizzazione del territorio urbano, si può quantificare in ca. 1÷1.5 mesi. Qualitativamente si può affermare che il livello di falda risente in misura maggiore dell'apporto causato da un prolungato periodo di precipitazioni rispetto a un singolo evento, pur d'elevata entità.

In riferimento all'area di progetto, le analisi sopra riportate permettono di avanzare le seguenti conclusioni:

- il livello di falda riportato nella figura 5.9, relativo al periodo invernale 2007-2008, è riferibile ad un periodo di magra;
- il livello massimo si dovrebbe attestare su un valore differenziale di +1.0 ÷ +1.5m da quello di magra.

5.5.1 Analisi delle variazioni storiche della falda di Torino

Le tendenze evolutive a medio-breve termine sono sostanzialmente influenzate dalla distribuzione delle precipitazioni durante l'anno e dal succedersi di anni a piovosità superiore alla media (la media per Torino è valutabile in 830-840 mm/h totali). Un trend di crescita pluriennale è stato osservato negli anni 1996-1997, al contrario gli anni 1987-1988 avevano un livello di falda inferiore alla media (Civita e Pizzo, 2001). In ogni caso, tale trend pluriennale di crescita comporta un incremento di +1.2÷ +1.5 m rispetto al livello di partenza. Tali valutazioni sono state eseguite in zone di Torino diverse da quelle dove si sviluppa il Progetto e gli incrementi indicati non sono necessariamente validi anche per l'area del Progetto, in quanto tali incrementi possono essere parzialmente anche dovuti a condizioni locali di vicinanza a corpi idrici (cfr. Dora Riparia).

Per quanto riguarda le tendenze evolutive della falda superficiale a lungo termine i dati storici indicano che:

- alcuni dati di pozzi ritrovati nella zona di Porta Susa consentono di ipotizzare il livello della falda storica posto ad una quota di 4-5 metri superiore a quella misurata attualmente nella stessa zona;

- la differenza di quota è stata calcolata nella zona di Porta Susa; mancando indicazioni sul resto del territorio urbano; data tale assenza di dati, si dovrebbe ipotizzare che le condizioni generali di deflusso non siano variate nel corso delle epoche storiche e che dunque il valore differenziale di +4-5 metri possa applicarsi alla superficie di falda identificata in tempi recenti, cosa che è difficile da ipotizzare in quanto le condizioni di infiltrazione del territorio di Torino siano sostanzialmente variate rispetto all'epoca storica di riferimento dei pozzi osservati (fine 1700). L'urbanizzazione del territorio ha praticamente azzerato la ricarica diretta e attualmente, la gran parte dell'acqua che cade sul territorio urbano è intercettata dalla rete di drenaggio delle acque bianche e convogliata nel fiume Po, non contribuendo alla ricarica della falda;
- il progressivo decentramento delle attività produttive dal territorio urbano e la conseguente chiusura dei pozzi usati a scopo industriale fino agli inizi degli anni '80 ha determinato un innalzamento della falda. I dati recenti (a partire dalla fine degli anni '80) mostrano che l'effetto di innalzamento indotto dalla dismissione dei pozzi collegati alle attività produttive si è sostanzialmente ridotto, se non annullato. Attualmente, il livello della falda dipende in maniera diretta dalle precipitazioni meteoriche che cadono sui bacini idrogeologici della Dora Riparia e della Stura di Lanzo, che contribuiscono all'alimentazione della falda superficiale di Torino.

5.6 Interazione delle opere in progetto con l'assetto idrogeologico

5.6.1 Premessa

Le opere previste nel Progetto Definitivo del Lotto 3 riguardano manufatti (Palazzo della Regione e del Consiglio Regionale) le cui opere di fondazione, data l'elevazione (circa 200m per il Palazzo della Regione), saranno necessariamente spinte in profondità nel sottosuolo. Sono inoltre previsti altre opere interrato di due e tre piani fino a una profondità massima di circa -9m dal piano campagna.

Gli impianti per il condizionamento/riscaldamento delle opere in progetto richiedono prelievi dell'acqua di falda che in ragione della stagione possono raggiungere portate considerevoli (circa 100 l/s).

A questo scenario progettuale si aggiunge la presenza della Linea 1 della metropolitana, con la presenza della stazione Italia 61, le cui opere di fondazione sono spinte in profondità ben al di sotto della superficie di falda.

Con particolare riferimento alla stazione della metropolitana, l'orientazione della direzione di flusso sotterraneo è circa ortogonale alla direzione di massimo allungamento della struttura,

fattore predisponente alla massima interferenza tra le opere in progetto e il flusso idrico sotterraneo.

In linea generale una struttura di fondazione rappresenta un ostacolo al flusso idrogeologico della falda freatica che può causare un innalzamento a monte (rispetto alla direzione di fusso) ed un simmetrico abbassamento a valle. L'entità dell'interferenza è in funzione dei seguenti fattori:

- permeabilità modificata dalla fondazione;
- larghezza della zona di interferenza;
- altezza della sezione idraulica residua.

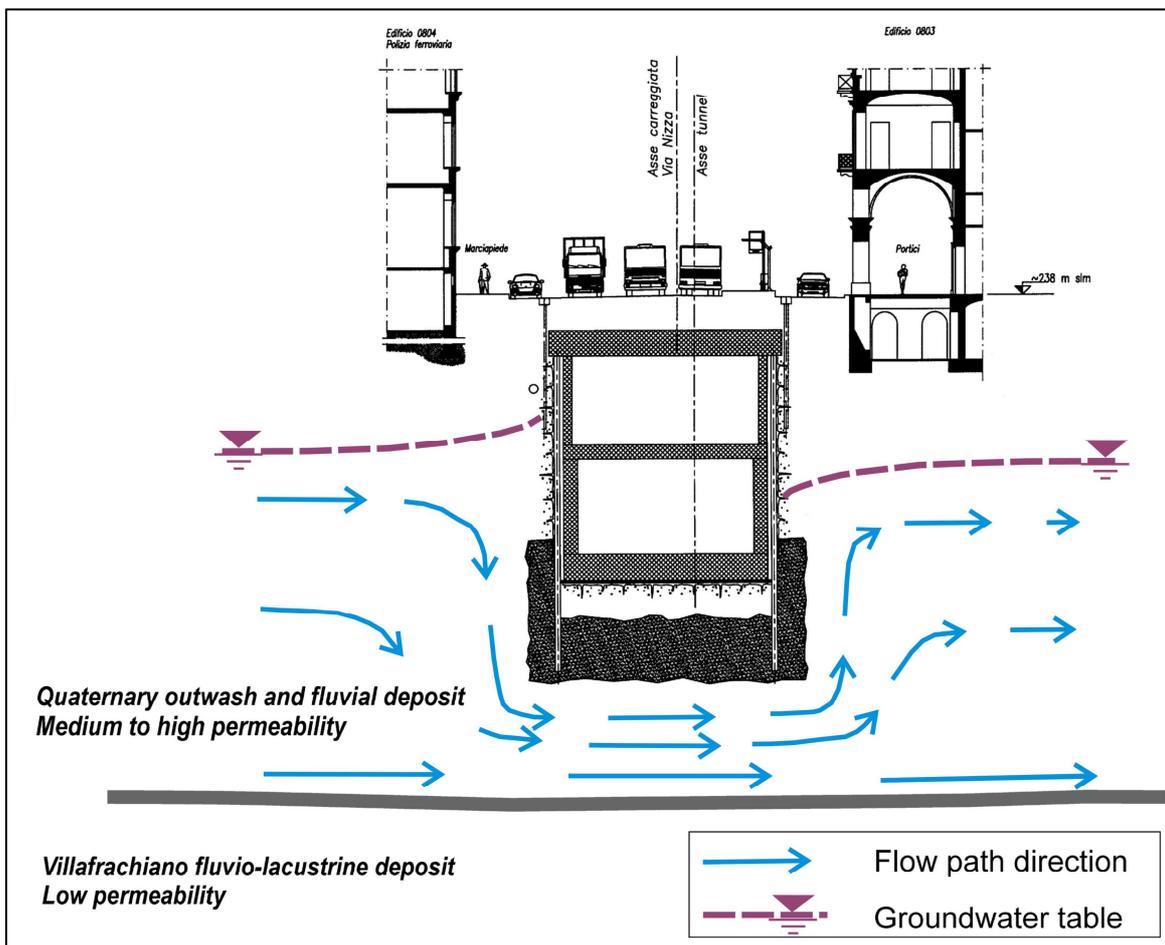


Figura 5-12: schematizzazione concettuale delle potenziali variazioni di flusso indotto (in profilo) dalla presenza di manufatti interferenti con la falda superficiale.

Inoltre il campo pozzi previsto a monte per il prelievo delle acque di falda crea una zona di depressione la cui ampiezza ed estensione è funzione di:

- portata emunta;
- permeabilità del mezzo.

Si prefigura quindi un'interferenza sul regime di scorrimento della falda causata sia dalle opere di fondazione degli edifici sia dai prelievi per i fabbisogni idrici degli impianti. Tale interferenza deve essere valutata e quantificata, in modo da verificare che gli effetti delle condizioni "alterate" di flusso siano adeguatamente considerate negli ambiti progettuali delle singole opere. A tal fine è stato implementato un modello numerico di flusso tridimensionale, in grado di valutare complessivamente l'interferenza causata dalle singole opere sul regime di scorrimento della falda al fine di evidenziare e valutare le ricadute in termini progettuali e di verifiche strutturali.

5.6.2 Area del modello

L'estensione dell'area del modello è stata determinata secondo due esigenze:

- contenere le opere in progetto interferenti con la falda superficiale;
- estensione sufficiente perché le condizioni imposte (al contorno) non potessero influenzare i risultati.

La figura sottostante riporta l'estensione e la discretizzazione del dominio di calcolo in celle e il particolare degli elementi di interferenza con la falda superficiale considerati nel modello numerico.



Figura 5-13: area del modello e discretizzazione del dominio di calcolo.

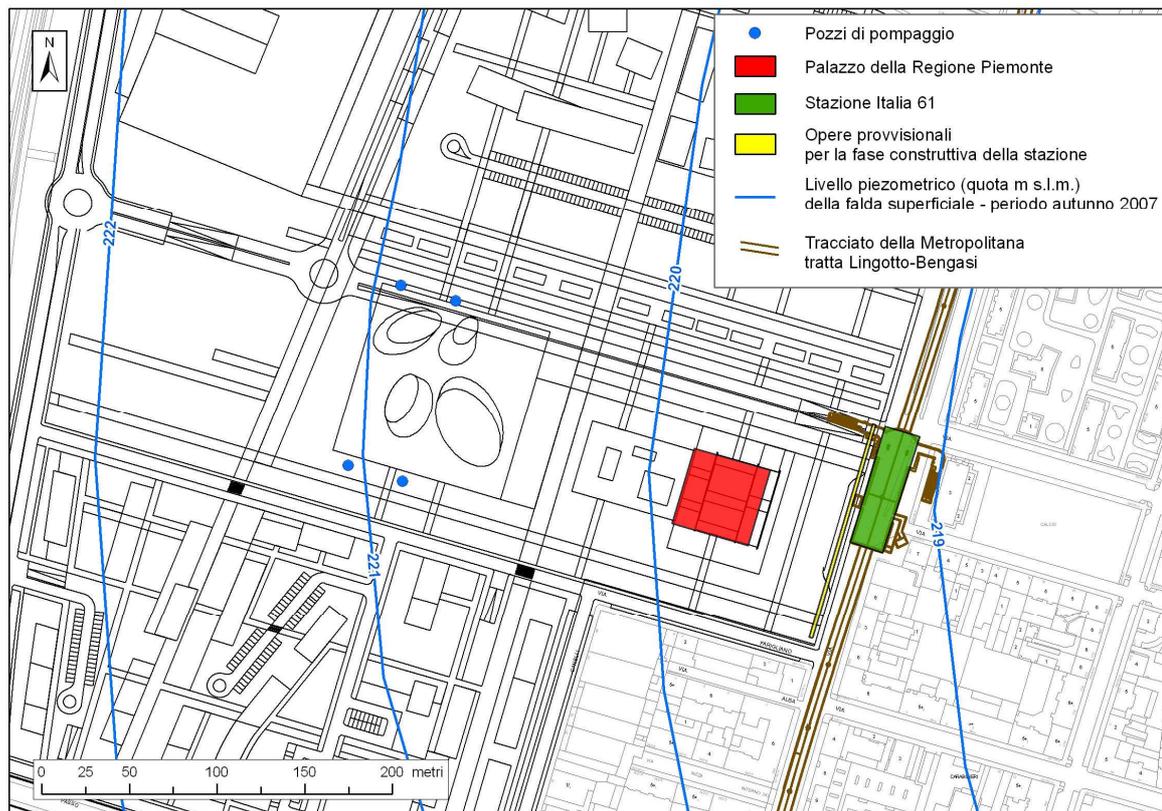


Figura 5-14: particolare degli elementi considerati nel modello numerico di flusso presenti nel Lotto 3.

5.6.3 Opere interferenti

In linea generale, le opere a monte della stazione Italia 61 (rispetto allo scorrimento della falda) possono causare un'alterazione del regime di scorrimento delle acque che verrà ulteriormente modificato dalla presenza della stazione.

Al fine di valutare l'effetto di interferenza dei manufatti considerati dal modello, è stata fatta una prima analisi delle loro opere di fondazione per determinare il ruolo e la conseguente interferenza che potrebbero causare.

Palazzo della Regione: allo stato attuale di aggiornamento del progetto è previsto un trattamento di consolidamento dei terreni quaternari posti al di sotto della piastra di fondazione, collocata ad una profondità di ca. 12.5m (sopra il livello di falda). Tale trattamento, esteso per circa 10m al di sotto della piastra determina una riduzione del grado di permeabilità dei terreni superficiali e conseguentemente una riduzione del moto di scorrimento delle acque di falda.

Stazione Italia 61: le paratie della stazione (realizzate tramite idrofresa) determinano una riduzione della sezione di flusso al di sotto dell'opera. La profondità delle paratie è stata considerata fino a quota 204.5m s.l.m. E' stata inoltre considerata nel modello la presenza di

opere provvisorie per la fase costruttiva, realizzate tra la Stazione ed il Palazzo della Regione.

Sistema di prelievo delle acque per le pompe di calore: il sistema prevede la presenza di n.4 pozzi di prelievo, posti a monte del Palazzo della Regione. La restituzione delle quantità d'acqua captate avverrà tramite rete idrica e dunque non contribuirà in alcun modo ad alterare il regime di flusso delle acque di falda. L'impianto necessita di quantità d'acqua variabile, secondo la stagione considerata e l'ora del giorno. Una valutazione previsionale fornita dal progettista dell'impianto, indica che la quantità d'acqua necessaria variabile da ca. 10 l/s a poco meno di 100 l/s. Tale prelievo massimo si realizza solamente per poche ore al giorno (5h) nei mesi estivi.

5.6.4 Codice utilizzato e condizioni al contorno

Il codice di calcolo alle differenze finite utilizzato è MODFLOW (McDonald e Harbaugh, USGS 1988, 1996) nella versione implementata in un apposito software dedicato alla modellizzazione dei sistemi acquiferi (GMS 3.1 Groundwater Modeling System, Boss International, 2001), in grado di sviluppare analisi geostatistiche utilizzando diversi metodi di interpolazione.

Al fine di riprodurre il campo di moto osservato, sono state imposte le seguenti condizioni al contorno:

- condizioni di carico imposto (“condizione di Dirichlet”);
- condizioni di flusso variabile;
- condizioni di non flusso.

Le condizioni di carico idraulico imposto sono state applicate sul bordo ovest ed est del modello al fine di simulare le condizioni di alimentazione della falda superficiale (ricarica laterale prevalente) con riferimento alla geometria di flusso ricostruita dalle letture piezometriche (cfr. par. 5.4. fig. 5.9).

Le condizioni di “non flusso” sono state applicate ai bordi del modello dove la direzione di flusso è perpendicolare agli stessi.

Il modello numerico ha uno spessore totale di 55m, prendendo in considerazione i due complessi idrogeologici di interesse progettuale.

Le simulazioni sono state condotte in regime stazionario, considerando l'unico elemento interferente variabile con il tempo (l'attività di pompaggio) come permanente. Tale condizione, ipotizzando gli scenari più gravosi (per quanto riguarda il protrarsi dell'attività di pompaggio dell'acqua di falda), determina una quantificazione cautelativa (massima) dell'interferenza prodotta.

5.6.5 Ipotesi progettuali considerate

Dalla valutazione delle prove di caratterizzazione del grado di permeabilità sono state adottati i seguenti valori di permeabilità:

- complesso ghiaioso-sabbioso variabile da $8E-04$ m/s a $2E-03$ m/s, $kh/kz=2$
- substrato pliocenico $5E-08$ m/s, $kh/kz=1$
- livello sabbioso-fine potente 2.5m e posto sopra i sedimenti limosi-argillosi pliocenici (evidenziato dallo scavo della staz. Lingotto, indagini PD prolungamento metro e PD Palazzo Regione) $1E-06$ m/s, $kh/kz=1$

La profondità del substrato pliocenico è stata interpolata sulla base dei risultati dei sondaggi eseguiti nell'area.

Il livello di falda è stato considerato +0.5m rispetto a quello del periodo di magra.

Le condizioni imposte al modello per simulare la presenza delle fondazioni dei vari manufatti ed il sistema di estrazione/restituzione delle acque sono:

Palazzo della Regione: l'effetto del trattamento di consolidamento jet-grouting (colonne 1.5m dia) è stato simulato ponendo la permeabilità dei terreni sotto il palazzo = $5E-08$ m/s fino alla quota 211m s.l.m.

Stazione Italia 61: simulata tramite funziona HFB (Horizontal Flow Barrier) che simula la presenza di una barriera idraulica ($k=5E-08$ m/s) costituita dalle paratie infisse fino a quota 204.5m s.l.m. su tutta l'estensione della stazione. E' stata inoltre simulata la presenza dell'opera provvisoria tramite l'imposizione di una barriera idraulica estesa in verticale fino alla quota 207m s.l.m. e posta alla distanza di 4m dalla stazione in direzione del Palazzo della Regione per un'estensione planimetrica di circa 130m.

Pozzi di estrazione: simulati tramite apposita routine presente nel codice di calcolo (funzione "well"). La portata è stata posta pari a 100 l/s: dagli scenari forniti dal progettista degli impianti si rileva che questa è una condizione molto più gravosa del normale utilizzo durante i tre mesi estivi (massimo prelievo ipotizzato), considerando che:

- per 9 mesi si estraggono max 60 l/s con un valore medio di circa 50 l/s;
- nei 3 mesi estivi il fabbisogno sale a 70 l/s per 6h e poi a 97 l/s per altre 6h, poi scende a 50 l/s.

5.6.6 Scenari considerati

Sono stati considerati due diversi scenari, attivando singolarmente o insieme tutti gli elementi interferenti con la falda superficiale per valutare sia il grado di interferenza prodotto a lungo termine (opere entrambe costruite) sia la situazione che potenzialmente potrebbe verificarsi nel caso che una di queste due opere fosse completata prima.

Gli scenari ipotizzati ai fini progettuali sono:

1. costruzione del Palazzo della Regione e degli impianti di emungimento;
2. costruzione del Palazzo della Regione, degli impianti di emungimento e della stazione Italia 61 con relative opere provvisorie per la fase costruttiva.;

5.6.7 Risultati e considerazioni

I risultati ottenuti dalle simulazioni evidenziano chiaramente che l'elemento di maggior interferenza è relativo alla presenza dei 4 pozzi di emungimento. L'attività di pompaggio di 100 l/s crea una depressione della superficie di falda i cui effetti si propagano, data l'elevata permeabilità del complesso ghiaioso-sabbioso, fino alle opere poste a valle dei pozzi; il Palazzo della Regione e la stazione Italia 61.

L'entità di tale depressione è massima (circa -1.4m) all'interno del campo pozzi ed è valutabile in circa -0.7÷-1.0m sul Palazzo della Regione e poco meno sulla stazione della Metropolitana.

Ne consegue che i potenziali effetti di rigurgito causati dalla parziale riduzione della sezione idrica di flusso sotto i manufatti (in particolare sotto la stazione Italia 61, le cui paratie sono l'elemento più profondo) sono totalmente obliterati dalla depressione indotta dal pompaggio.

In questo scenario la quantificazione degli scenari 1 e 2 ipotizzati nel paragrafo precedente sono praticamente coincidenti.

Una valutazione eseguita senza considerare la depressione indotta dal pompaggio, quantifica in massimo +0.5m l'innalzamento prodotto per "effetto diga" dalle paratie. L'interferenza prodotta dal trattamento di consolidamento del terreno, non causando una totale ostruzione del flusso (la sezione "libera" residua è di circa 15m) ed essendo estesa per solo 50m nella direzione ortogonale al flusso, non determina interferenze rilevanti sulla falda superficiale.

La figura sotto riportata illustra lo scenario dell'interferenza causata dalla contemporanea presenza di tutti gli elementi considerati.

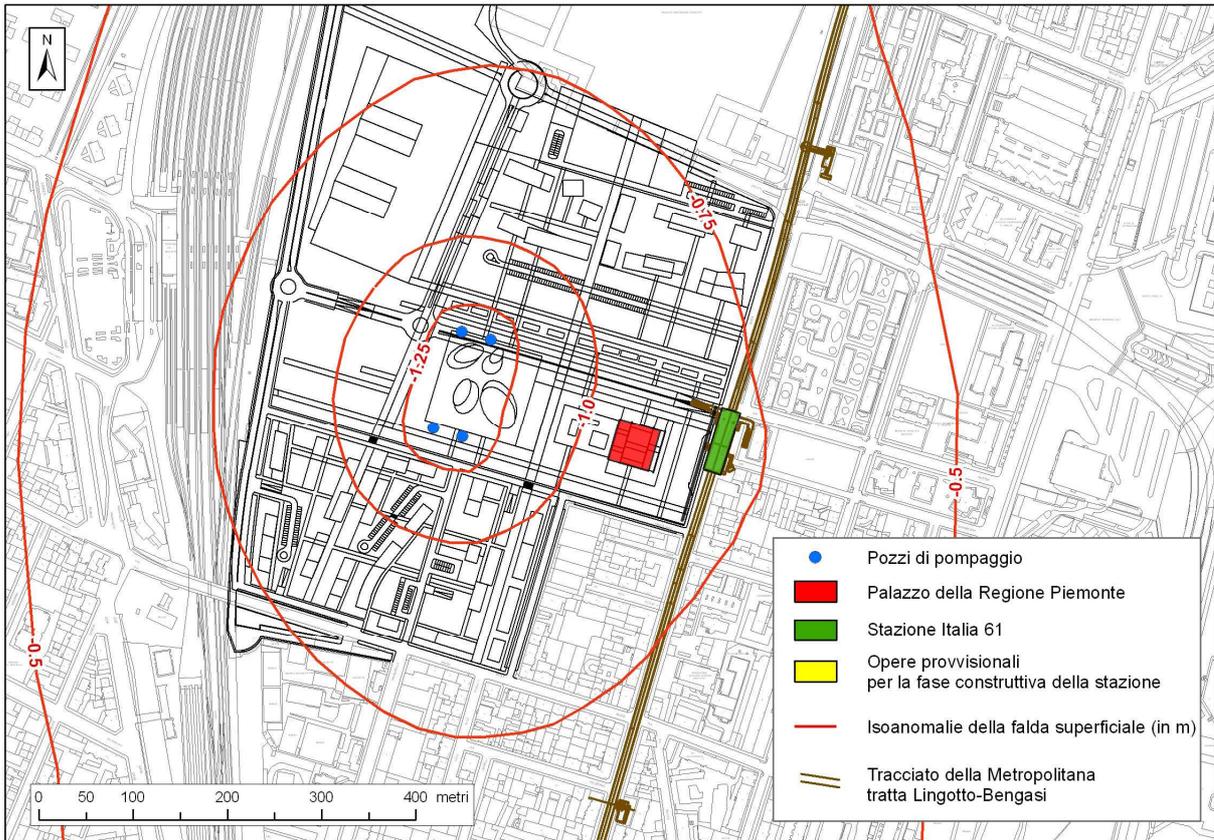


Figura 5-15: area del modello discretizzazione del dominio di calcolo(sopra) e particolare degli elementi considerati nel modello numerico di flusso presenti nel Lotto 3 (sotto).

A commento del risultato occorre ricordare che la simulazione modellistica ha adottato, per criteri cautelativi, un regime d'emungimento pari al massimo ipotizzato e le simulazioni sono state svolte in regime stazionario. Da un punto di vista pratico, le due ipotesi sono sostanzialmente legate tra loro in quanto se, per ragioni impiantistiche, ci fosse l'esigenza di estendere il pompaggio della falda al massimo ipotizzato per un periodo prolungato, (indicativamente > 12h, data la medio-alta permeabilità dei depositi) si otterrebbe una situazione prossima al regime stazionario e dunque, un risultato simile a quello sopra evidenziato.

In ogni caso, l'interferenza sulla falda valutata (cautelativamente) secondo la presenza di tutti gli elementi considerati, essendo sostanzialmente dello stesso ordine di grandezza della naturale oscillazione pluriennale della falda, non crea ripercussioni di natura geotecnica sugli edifici adiacenti né altera in maniera rilevante il regime naturale di scorrimento della falda superficiale.

6 SISMICITÀ DELL'AREA

Dal punto di vista sismico, il territorio comunale della città di Torino non è inserito nell'elenco delle località sismiche di prima e seconda categoria (elenco allegato alla legge 25/11/1962 n. 1684) dunque non è sottoposto a particolari provvedimenti o restrizioni riguardanti la costruzione di opere o manufatti. Secondo quanto, inoltre, riportato dall'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 12/06/1998 n. 2788 "Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale", il comune di Torino risulta come non classificato e dunque non soggetto a particolari vincoli progettuali.

La vigente O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 introduce la nuova classificazione sismica del territorio italiano, secondo quanto elaborato dal Consiglio Sismico Nazionale (GdL 23/04/1997, con l'introduzione della zona 4 (ex comuni non classificati). Relativamente a tale zona, l'O.P.C.M. da facoltà alle Regioni di imporre o meno l'obbligo di progettazione antisismica. Il comune di Torino risulta classificato per l'appunto in zona 4.

La Deliberazione Regionale D.G.R. N. 61 - 11017 del 17/11/2003 "Deliberazione della Giunta della Regione Piemonte in merito alla riclassificazione a rischio sismico del territorio regionale", indica "di non introdurre, per la zona 4, l'obbligo della progettazione antisismica, ad esclusione di alcuni tipi di edifici e di costruzioni rientranti tra quelli di interesse strategico di nuova costruzione che verranno individuati con successivo atto deliberativo, come previsto dall'articolo 2, comma 4 dell'O.P.C.M. n. 3274".

Ai sensi della Deliberazione Regionale D.G.R. N.64-11402 del 23/12/2003 (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n.3274 -"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" - Disposizioni attuative dell'articolo 2), si evince che l'opera non ricade nell'elenco delle tipologie di costruzioni di nuova edificazione ritenute d'interesse strategico per le quali, benché in zona 4, è introdotto il rispetto della progettazione antisismica prevista dall'O.P.C.M. n.3274 (Allegato B alla deliberazione), e pertanto l'intervento è svincolato da tale tipo di verifiche.

7 RACCOMANDAZIONI

Sulla scorta dei risultati evidenziati nei precedenti paragrafi, si evidenziano alcune raccomandazioni sostanzialmente legati al contesto idrogeologico, in quanto l'analisi delle caratteristiche geologiche e stratigrafiche dei terreni sono state debitamente approfondite e valutate nella Relazione Geotecnica (cod. elab. PR-3-D-S-G-06-0).

L'analisi dei dati di monitoraggio ha evidenziato che l'attuale livello di falda (riportata dalla figura 5.9 e relativa al periodo invernale 2008) è riconducibile ad un livello di magra, rispetto al livello potenzialmente raggiungibile in seguito a cicli pluriennali di maggior piovosità. L'incremento potenziale del livello di falda è valutato in +1m ÷ +1.5m rispetto a quello attuale. Si raccomanda dunque di adottare un valore cautelativo, in termini di quote assolute, da utilizzarsi per le verifiche strutturali delle opere civili.

E' stata segnalata dalla Regione Piemonte nelle "Osservazioni della Direzione regionale Ambiente" in seguito alla fase di verifica della procedura VIA inerente il Progetto, la presenza nell'area di Progetto di n.5 pozzi (già di proprietà FIAT AVIO) di cui almeno 2 sembrano interessare il "sistema acquifero profondo". La Regione Piemonte chiede la verifica dello stato dei pozzi anche ai sensi del Regolamento Regionale 10/R del 2003, nei termini previsti dalla Provincia, al fine di non creare condizioni di contaminazione tra l'acquifero superficiale e eventuali sistemi profondi.

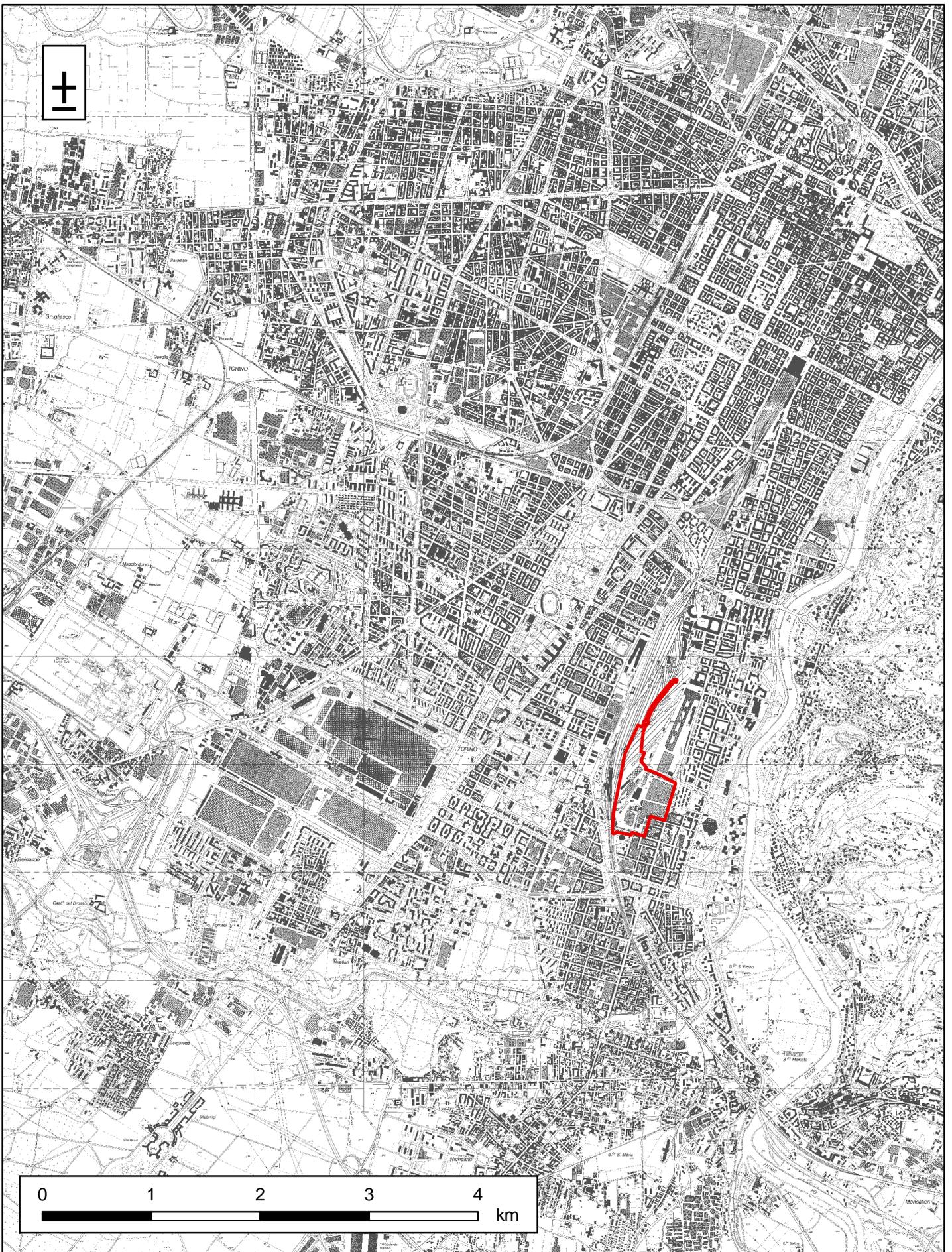
In relazione a questa segnalazione e tenendo conto delle esigenze del sistema di emungimento degli impianti, si raccomanda di eseguire ex-novo il campo pozzi (n. 4 pozzi) per il prelievo delle acque di falda, senza utilizzare quelli preesistenti, segnalati dalla Regione Piemonte. Questi ultimi andranno chiusi seguendo le procedure del Regolamento Regionale della normativa sopra citata.

8 BIBLIOGRAFIA

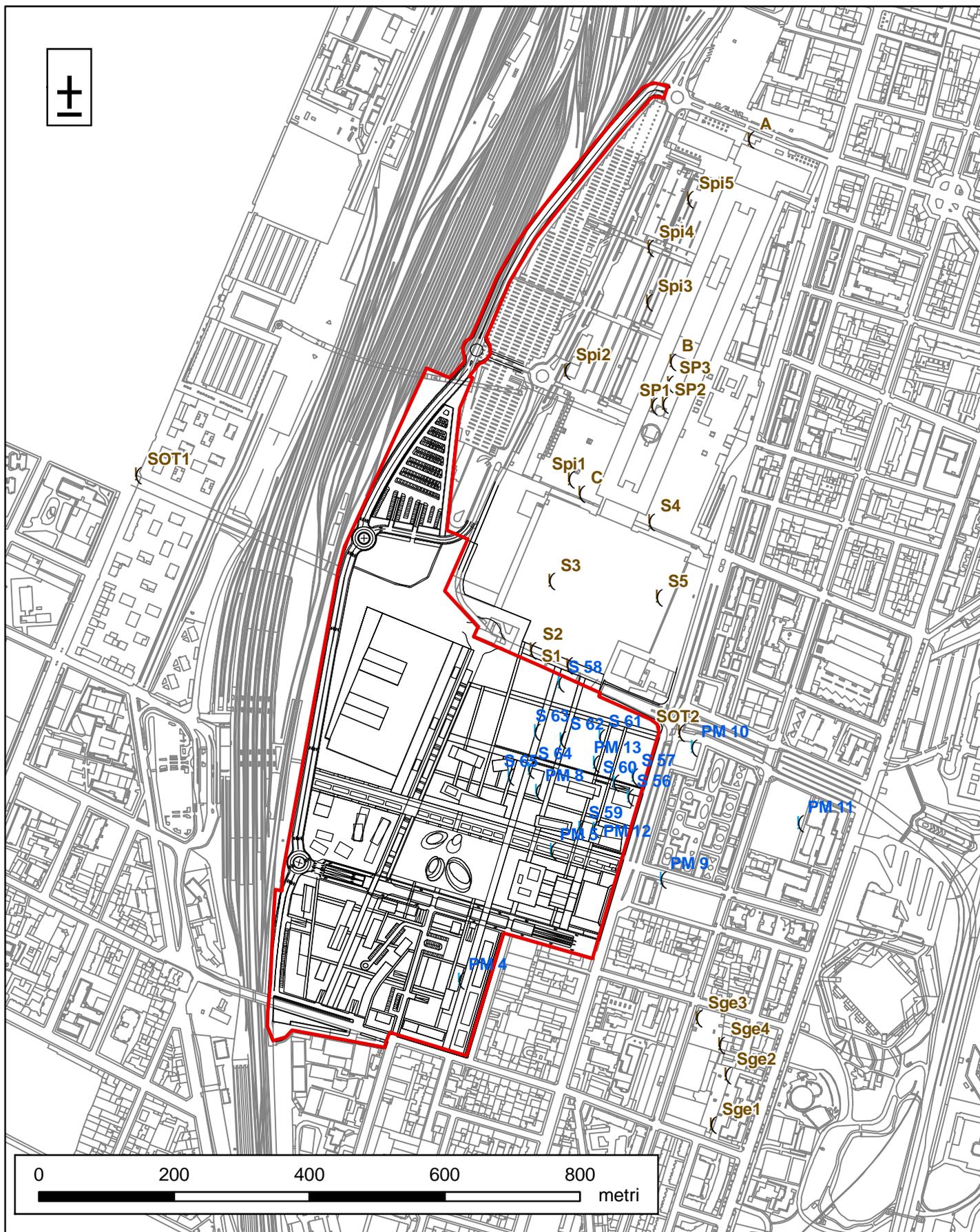
- BONSIGNORE, G., BORTOLAMI, G., ELTER, G., MONTRASIO, A., PETRUCCI, F., RAGNI, U., SACCHI, R., STURANI, C. ZANELLA, E. 1969. "Carta geologica d'Italia" e "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia" fogli 56 e 57 (Torino e Vercelli). Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- BORTOLAMI, G., DE LUCA, D., FILIPPINI, G. 1990. "Le acque sotterranee della pianura di Torino. Aspetti e problemi". Provincia di Torino, Assessorato Ecologia.
- CARRIERI, G., CROVA, R., GRASSO, P.G., GUGLIELMETTI, V. 2004, Torino Metro Line 1, The tunnel excavation of the first section.
- CIVITA, M., PIZZO, S. 2001. "L'evoluzione spazio-temporale del livello piezometrico dell'acquifero libero nel sottosuolo di Torino", GEAM n°4 dicembre.
- FRANCERI, E., BORTOLAMI, G., RICCI, B. 1980. "Lineamenti geoidrologici della provincia di Torino con riferimento allo stato idrogeochimico delle falde del sottosuolo dell'area ecologica torinese". Provincia di Torino – Assessorato Ecologia.
- RICCI, G., ENRIONE, R., EUSEBIO, A., CROVA, R. 2007. "Numerical modelling of the interference between underground structures and aquifers in urban environment. The Turin subway – Line 1". Underground Space – the 4th Dimension of Metropolises.

ALLEGATO 1

- Tavola 1: Inquadramento geografico dell'area del Progetto Preliminare
- Tavola 2: Ubicazione delle indagini geognostiche reperite ed utilizzate ai fini dell'inquadramento geologico ed idrogeologico
- Tavola 3: Estratto della Carta Geologica al 100.000 foglio n.56 "Torino"



Inquadramento geografico dell'area del Progetto Definitivo (Lotti 1-2-3 area in rosso)



Ubicazione dei sondaggi geognostici reperiti ed utilizzati per la caratterizzazione del quadro geologico, geotecnico ed idrogeologico

(Progetto Definitivo dell'intervento di messa in sicurezza e bonifica dell'area "ex-FIAT AVIO"

(Progetto ed esecuzione di diversi lavori nella zona adiacente all'area oggetto del Progetto Preliminare

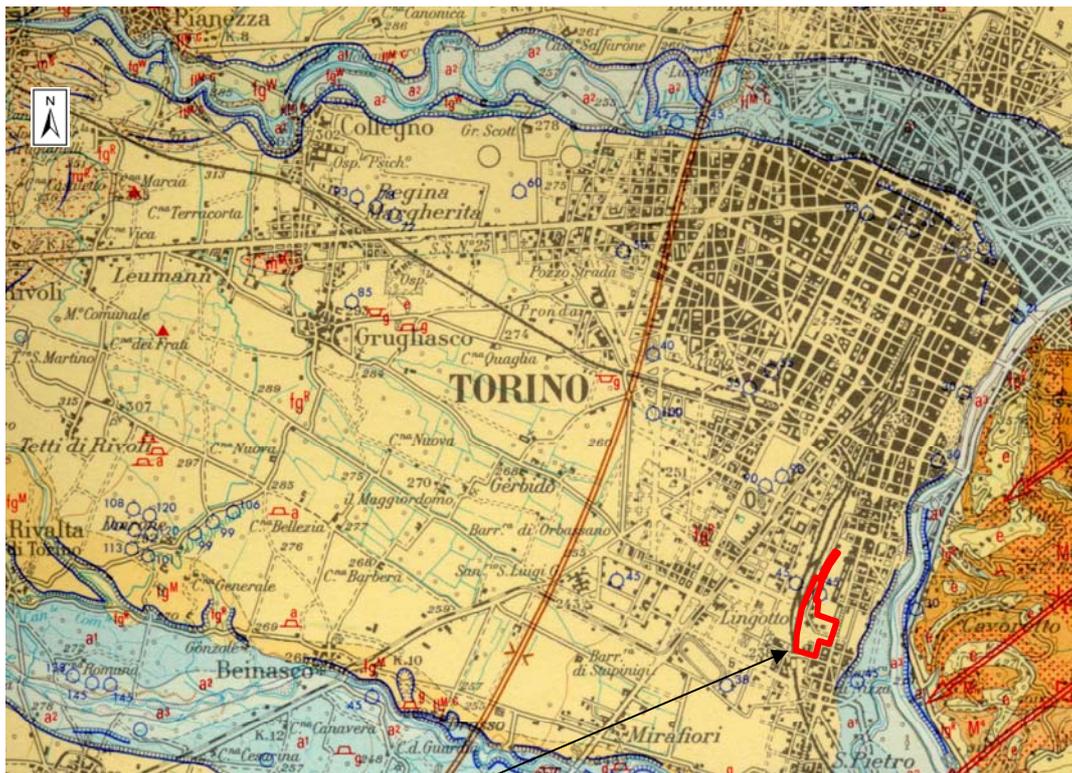


Area del Progetto Definitivo



Elementi dell'azonamento superficiale

Estratto dalla Carta Geologica d'Italia, foglio n.56 "Torino" alla scala 1:100.000



Area del Progetto Definitivo

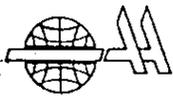


Estratto dalla Legenda, foglio n.56 "Torino"

a ² 	Depositi ghiaiosi con lenti sabbioso-argillose, fiancheggianti i principali corsi d'acqua, talora debolmente terrazzati, anche attualmente inondabili (ALLUVIONI MEDIO-RECENTI).
a ¹ 	Alluvioni sabbioso-ghiaiose postglaciali, ricoperti in parte i precedenti depositi del fluviale-fluvioglaciale würmiano (ALLUVIONI ANTICHE).
fg ^{R2-R1} fg ^R ff ^R 	fg ^R Depositi ghiaioso-sabbiosi con paleosuolo rosso-arancio, perlopiù terrazzati, corrispondenti al livello fondamentale dell'alta pianura, raccordantisi con le cerchie moreniche rissiane (FLUVIOGLACIALE e FLUVIALE RISS).
fg ^{M-fM} AP ff ^{M-G} 	Depositi fluvioglaciali dell'alto terrazzo ondulato, a paleosuolo argilloso rosso-bruno completamente decalcificato ("tipico ferretto") per uno spessore di oltre 5 m, con scarsi ciottoli silicatici alterati e silicei, raccordato coi cordoni mindeliani dell'anfiteatro di Rivoli; depositi fluviali costituenti i lembi relitti delle antiche conoidi della Dora Riparia e della Stura di Lanzo (fg ^{M-fM}) (FLUVIOGLACIALE e FLUVIALE MINDEL). Nella pianura a SE di Chieri, terreni eluviali di età postvillafrafranchiana con copertura loessica rissiana (AP).
	Conglomerato poligenico stratificato ad elementi minuti, fortemente cementato, sottostante al Mindel ed affiorante con ripide scarpate lungo il Sangone e la Dora Riparia (INTERGLACIALE MINDEL-GÜNZ).

ALLEGATO 2

Risultati dei sondaggi geognostici realizzati nell'area ex-FIAT AVIO ed aree limitrofe



ABRATE s.p.a.
OPERE SPECIALIZZATE

Sede Tecnico Amministr.: 10022 CARMAGNOLA (TO)
Via G. Agnelli, 71 - Tel. 011/971.23.95 - 977.12.92

Committente _____
Cantiere _____ - **VIA GENOVA**
Località **TORINO** Provincia _____
Perforazione iniziata il **23/10/1991** terminata il **24/10/1991**
Deposito cassette **c/o CANTIERE** Scala **1:100**

QUOTA s.l.m. _____
N. 1 N. _____

FORMAZIONI ATTRAVERSATE

PROFONDITÀ DAL p.c.	POTENZA DELO STRATO	SEZIONE STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO	LIVELLO STABILIZ DELLE FALDE		METODO E Ø DI PERFORAZIONE	POSA	RIVESTIMENTI E LORO Ø	PERCENTUALE DI CAROTTAGGIO	R.Q.D.	PIEZOMETRO		INCLINOMETRO	S.P.T. IN FORO Prof. (m.) N. Colpi	POKET PENETR. Kg/cm ²	VANE TEST Kg/cm ²	Campioni		PROVE DI PERMEABILITÀ Prof. (m.) K = cm/sec	NOTE
				1	2						1	2					PROFONDITÀ PRELIEVO	CAMPIONATORE		
0.00							127													SGE 1
0.40	0.40		Conglomerato cementizio.																	
1.50	1.10		Terreno di riporto con mattoni abbondanti.																	
2.40	0.90		Ghiaia sabbiosa con ciottoli e subordina- to limo in matrice colore nocciola.																	
3.40	1.00		Ghiaia sabbiosa con limo e ciottoli subor- dinati, rari livelletti cementati, col. bruno.																	
5.00	2.60		Ghiaia con ciottoli (Ø max 10 cm) con fra- zione limoso-sabbiosa, presenza di livelli centimetrici debolmente cementati, colore nocciola-bruno.																	
7.10	1.10		Sabbia limosa con ghiaia fine e rari ciot- toli serpentinosi, colore da bruno a grigio.																	
9.90	2.80		Ghiaia sabbiosa con limo subordinato e ra- ri ciottoli, frequenti livelli centimetri- ci da mediamente a molto cementati, colo- re nocciola-grigio.																	
11.50	1.60		Limo sabbioso con ghiaia e ciottoli da debolmente a mediamente consolidato, colo- re bruno.																	
12.00	0.50		Limo sabbioso fine, tenero, col. bruno verdastro.																	

ROTAZIONE CON CAROTTAGGIO CONTINUO Ø 101 + 131 mm

70 + 90%

RAYMOND

OPERE DI...
 Sede Tecnica Amministrativa: 10022 CARMAGNOLA (TO)
 Via B. Agostini, 71 - Tel. 011/871121 - 871122

Località: ...
 Perforazione iniziata il 29/10/1991 terminata il 31/10/1991
 Deposito cassette: c/o CANTIERE Scala 1:100

QUOTA s.l.m. ...

AZIONI ATTRAVERSATE		DESCRIZIONE LITOLOGICA DEL TERRENO	LIVELLO STABILIZ. DELLE FAUCHE	METODO E Q. DI PERFORAZIONE	INVESTIMENTI E LORO Ø	PERCENTUALE DI CAROTTAGGIO	R.O.D.	PREZOMETRO TIPO	INCLINOMETRO	SPT. IN FORO	POCKET PENETR. Kg/cm²	VALVE TEST Kg/cm²	PROFONDITÀ PRELIEVO	CAMPIONATORE	PROVE DI PERMEABILITÀ	NOTE
1	2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	0.15	Cemento e ferro.														SGE 4
	0.85	Vuoto.														
	0.50	Materiale di riporto.														
	1.50	Limo debolmente plastico, colore bruno rossiccio.														
3.00	1.50	Limo sabbioso, colore nocciola-brunastro.														
4.10	1.10	Limo sabbioso-ghiaioso, col. nocciola scuro.														
4.50	0.40	Sabbia fine, colore nocciola.														
4.80	0.30	Sabbia e ghiaia con livelli cementati e limo subordinato in matrice, colore nocciola.								6.00						
		Sabbia media ghiaiosa, colore bruno.								8-8-5						
		Sabbia grossolana con livelli cementati e limo subordinato in matrice, colore nocciola.								8.00						
		Sabbia e ghiaia con ciottoli colorati alterati e/o sfatti, con varia percentuale limosa in matrice, colore bruno.								10-7-6						
11.00	2.50	Ghiaia e sabbia con limo subordinato e ciottoli centimetrici cementati, presenza di limo subordinato in matrice, colore bruno.								12.00						
		Ghiaia sabbiosa con limo subordinato e ciottoli (Ø 6+8 cm, raramente più grandi) poligenici, color nocciola-grigiastro.								18-21-24						
14.80		Sabbia e limo, colore bruno.								14.80						
15.00	2.50	Limo debolmente plastico, da tenero a mediamente consistente, con livelli centimetrici sabbioso fini, colore nocciola, presenza di inclusi rossicci (resti vegetali).								20-19-28						
15.20	0.20															
16.50	1.30	Limo debolmente sabbioso fine, piuttosto consistente, colore nocciola presenza di una passata centimetrica di sabbia debolmente limosa a -18.40 m e di un livello decimetrico molto plastico a -18.80 m.								17.50						
										8-25-50						
20.00	3.50															

GEO DATA
 DATA: 24 DIC 1992
 COMMESSA: N. ORDINE: NOTE
 DESTINATARIO: PER CONOSCENZA: MPA
 SNO



**RADAELLI
CASTELLOTTI S.R.L.**
20060 Lisate (Mi) via G. di Vittorio, 2
tel. 02/95350100 (4 linee r.a.)
telex 312605 ERRECI I - telefax 02/95350316

COMMITTENTE **LINGOTTO S.p.A.**

LOCALITA' **TORINO**

POSIZIONE **Centro Fiere**

QUOTA D'INIZIO **p.c.**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 152/130**

DATA: dal **06/08/90**

al **09/08/90**

S 1

Profondità (m)	Camp. tipo	Stratigrafia	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero	R.Q.D. %	Profondità manovra
0.10						
0.60			riporto: breccia grossolana (Ø max 12 cm) in deb. matrice sabbioso limosa grigia			
1.00			riporto: resti lateritici e breccia fine			
3.10			riporto: breccia medio fine e resti lateritici in matrice sabbiosa fine deb. limosa bruno grigiastrea			
4.50						
4.90			riporto: breccie eterogenee resti ferrosi e lateritici grossolani in abb. matrice limosa sabbiosa bruna sciolta			
5.60			riporto: conglomerato cementizio			
7.70			restis a struttura lateritica			
8.05						
9.50	A		cordolo di fondazione (conglomerato cementizio)			
9.70			conglomerato ben cementato ad elementi (Ø max 15 cm) e cementazione carbonatica. Pres. livel. di microconglomerato			
10.00			sabbia bruna con ghiaia e ghiaietto			
10.50	B		sabbia fine limosa grigiastrea loc. ingi. ghiaietto			
12.00			ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 12 cm) con tracce di cementazione ad elementi di conglomerato in matrice sabbioso limosa bruna loc. abbondante			
12.30	C		ghiaia medio grossolana e ciottoli (Ø max 10 cm) in deb. matrice sabbiosa bruno grigiastrea deb. cementata. Pres. interlivelli di conglomerato			
12.80			conglomerato poligenico ad elementi (Ø max 10 cm) e cemento arenaceo grigio. Pres. interlivelli di microconglomerato			
14.10						
15.30	D		sabbia medio fine limosa bruna con ghiaia e ghiaietto. Pres. interlivellotti di conglomerato			
18.50						
18.70			ghiaia ghiaietto ciottoli (Ø max 12 cm) e trovanti (pot. max 18 cm) in matrice sabbioso limosa bruna			
20.00						
20						
25						
30						

1, 2, 3 = camp. indisturbati
s = Shelby d = Denison
m = Mazier o = Osterberg
p = percussione
A, B, C = campioni rimaneggiati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
V.T. = vane test (Kg/cm²) - max/residuo
R.Q.D. = rock quality designation

data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
09/08/90			-17.03				

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba			

ALLEGATI: 1



SEZIONE INDAGINI GEOTECNICHE
TORINO - VIA BARLETTA 180
TEL. 399 972 - 362.456

COMMITTENTE CITTÀ DI TORINO

CANTIERE Via Pio VII

SONDAGGIO n. 1

Iniziato il ultimato il

SOT 1

Quote s.l.m.	Profond. in mt.	Spessore degli strati in mt.	Campioni	Descrizione della natura del terreno	Colonne strati- grafica	Sistema e Ø del foro	Falde freatiche	PP o VB taoca- bile Kg/cm²	V B in situ Kg/cm²	S.P.T. colpi/ 15 cm
	0.00									
	-2.00	2.00		Sabbia bruno scuro, ghiaia, ciottoli con terreno di ri- porto						
	-7.50	5.50		Ghiaia con sabbia fine gri- gia						
	-15.00	7.50		Ghiaia cementata da sabbia fine (conglomerato polige- nico).						
	-16.80	1.80		Sabbia bruna con ghiaia						
	-18.20	1.60		Ghiaia e sabbia debolmente cementata						
	-20.50	2.30		Ghiaia di varia natura e sabbia bruna debolmente limoso-argillosa-						

ROTAZIONE ϕ 90°/m

SICOS

SEZIONE INDAGINI GEOTECNICHE
TORINO - VIA BARLETTA 180
TEL. 399.872 - 362.456

COMMITTENTE CITTA' DI TORINO

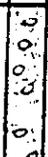
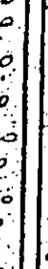
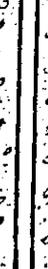
CANTIERE Piazza Fabio Filzi

SONDAGGIO n. 2

SOT 2

Iniziato il _____

ultimato il _____

Quote s.l.m.	Profond. in mt.	Spessore degli strati in mt.	Campioni	Descrizione della natura del terreno	Colonna strati- grafica	Sistema e di del foro	Falde freatiche	P.P. o V.B. taccabi- le Kg/cm ³	V.B. in situ Kg/cm ³	S.P.T. colpi/ 15 cm
	0.00									
	-1.80	1.80		Terreno di riporto bruno ghiaioso sabbioso-argilloso						
	-4.00	2.20		Ghiaia di varia natura e sabbia sciolta						
	-5.50	1.50		Ghiaia con poca sabbia e ciottoli						
	-7.50	2.00		Ciottoli, ghiaia con sabbia						
	-1.000	2.50		Piccoli trovanti, ciottoli, ghiaia con sabbia						
	-1.200	2.00		Sabbia bruna con ghiaia e ghiaietto						
	-1.600	4.00		Sabbia, ghiaia con zone par- zialmente cementate						
	-2.000	4.00		Ghiaia parzialmente cementa- ta da sabbia bruna						

ROTAZIONE $\phi 90$ m

11.

SICOS

SEZIONE INDAGINI GEOTECNICHE
TORINO - VIA BARLETTA 180
TEL. 399.872 - 382.456

COMMITTENTE CITTÀ DI TORINO

CANTIERE Corso Caduti sul lavoro angolo Via Ventimiglia

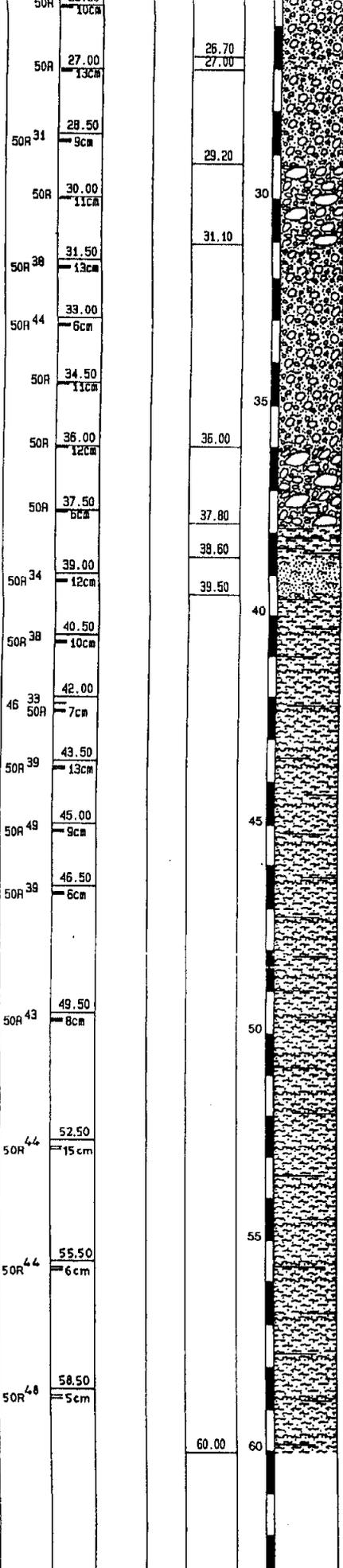
SONDAGGIO n. SOT 3

Iniziato il

ultimato il

Quote s.l.m.	Profond. in mt.	Spessore degli strati in mt.	Campioni	Descrizione della natura del terreno	Colonna strati- grafica	Sistema e Ø del foro	Falde freatiche	P.P. o V.S. tasce- bile Kg/cm ²	V.S. In situ Kg/cm ²	S.P.T. colpi/ 15 cm
	0.00									
	-1.20	1.20		Ghiaia con sabbia fine gri- gia, livelli ghiaiosi sabbiosi cementati						
	-2.00	0.80		Ghiaia e sabbia fine cementa- ta con ciottoli e sabbia sciolta						
	-4.00	2.00		Ghiaia cementata da sabbia fine grigia						
	-5.30	1.30		ciottoli, ghiaia di varia na- tura, sabbia color bruno e grigio, in parte debolmente li- mosa; ghiaia e sabbia cementata compatta; piccolo trovante (20 cm)						
	-8.50	0.20		piccolo trovante						
	-7.50	2.00		Ciottoli (5-20 cm.), ghiaia, sabbia sciolta, livelli e zone ghiaiose-sabbiose cementa- te.						
	-10.00	2.50		Ciottoli, ghiaia, sabbia, pic- coli trovanti (20 cm.)						
	-11.50	1.50		Sabbia fine bruna, con poco ghiaietto, in parte compatta						
	-13.00	1.50		Ghiaia, sabbia sciolta bruna con ciottoli						
	-14.50	1.50		Sabbia bruna fine compatta con poco ghiaietto color rug- gine						
	-15.00	0.50		Ghiaia sciolta						
	-18.00	3.00		Sabbia cementata limo sabbio- so debolmente argilloso con poco ghiaietto						
	-20.00	2.00		Sabbia molto fine, ghiaietto, ciottoli con livelli di sabbia bruna debolmente limosa						

ROTAZIONE + 90°



sabbia fine limosa nocciola

sabbia medio fine deb. limosa nocciola grigiastrea con ghiaia (ϕ max 5 cm) e ghiaietto loc. alterati

ghiaia medio grossolana ghiaietto e ciottoli (ϕ max 10 cm) in abb. matrice sabbiosa deb. limosa nocciola grigiastrea

sabbia media deb. limosa nocciola grigiastrea con ghiaia medio fine e ghiaietto loc. alterati

ghiaia (ϕ max 6 cm) ghiaietto e ciottoli (ϕ max 9 cm) loc. alterati in matrice sabbiosa medio fine limosa nocciola grigiastrea

limo sabbioso a leg. argilloso nocciola

sabbia fine limosa micacea grigia

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

1, 2, 3 ... : camp. indisturbati
 s : Shelby d : Denison
 m : Mazier o : Osterberg
 p : percussione
 A, B, C ... : campioni rimaneggiati

S.P.T. : standard penetration test N x 15 cm
 V.T. : vane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.O.D. : rock quality designation

data	prof.fara	prof.rivest.	livello acqua	data	prof.fara	prof.rivest.	livello acqua

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba				

ALLEGATI:



RADAELLI CASTELLOTTI S.R.L.
 20080 Liscaia (MI) - via G. di Vittorio, 2
 tel. 02/96330100 (4 linee r.a.)
 telex 312606 ERAECI I - telefax 02/96330316

COMMITTENTE **LINGOTTO S.R.L.**

SP 2

LOCALITA' **TORINO - LINGOTTO**

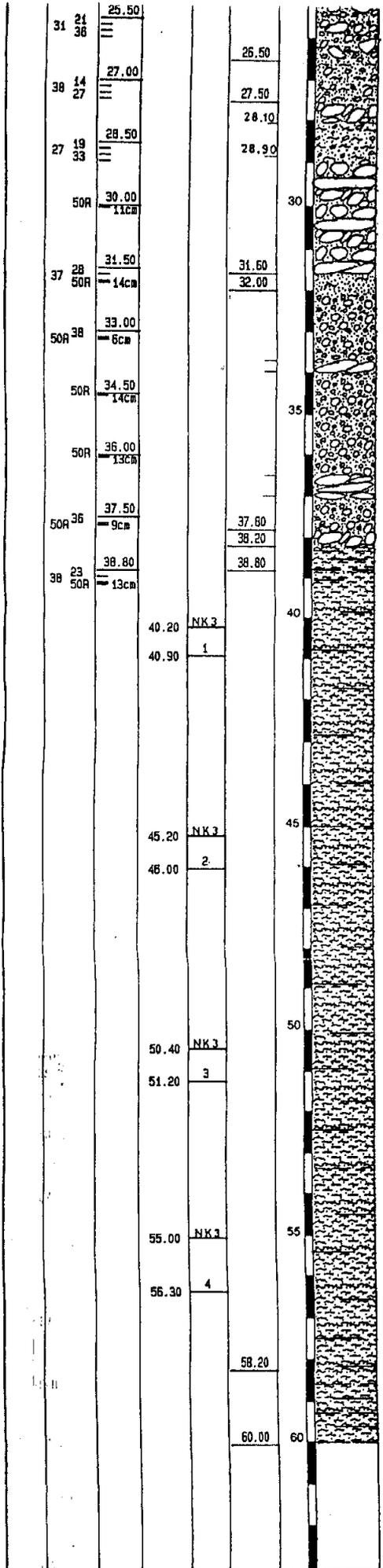
POSIZIONE **Centro Congressi - Cortile Interno**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 127/101**

QUOTA D'INIZIO **D.C.**

DATA: dal **21/03/91** al **25/03/91**

Risultati prove in situ	prova S.P.T V.T.	Profond. (ml)	Camp. tipo	Profond. strati	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometer (kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero			R.Q.D. %			USO DIAMANTE
									20	40	60	80	20	40	
				0.70				battuto in cemento							
2 2 4	1.50			2.30				riporto : limo sabbioso deb. argilloso nocciola . Pres. interlivelli di breccia medio fine in matrice sabbiosa							
20 10 30	3.00			4.00				riporto : breccia varia pezzatura (φ max 7 cm) in matrice sabbiosa fine limosa grigia							
34 29 45	4.50			6.00				ciottoli (φ max 12 cm) ghiaia medio grossolana e ghiaietto in matrice sabbiosa fine limosa nocciola molto addensata loc. cementata							
37 27 43	6.00			6.60				sabbia fine limosa nocciola ingl. ghiaietto							
50R 35	7.50	8cm		7.40				ciottoli ghiaia e ghiaietto in matrice sabbiosa nocciola loc. cementata							
46 38 48	9.00			10.40				sabbia medio fine limosa bruno nocciola loc. cementata con ghiaia medio fine e ghiaietto							
37 19 49	10.50			11.20				conglomerato poligenico ad elementi grossolani deb. cementato							
46 34 50	12.00			13.60				ghiaia medio grossolana ghiaietto e ciottoli (φ max 12 cm) in matrice sabbiosa fine limosa bruno nocciola . Pres. interlivelli di conglomerato poligenico							
25 22 50	13.50			14.00				sabbia fine limosa bruno nocciola ingl. ghiaia e ghiaietto							
50R 29	15.00	13cm		20.00				ghiaia medio grossolana ghiaietto ciottoli (φ max 12 cm) e trovanti (pot. max 20 cm) in matrice sabbiosa fine limosa bruno nocciola loc. cementata . Pres. interlivelli di conglomerato poligenico ben cementato e di sabbia fine limosa bruno nocciola							16.80 17.00
50R 38	15.50	9cm		21.80				ghiaia (φ max 4 cm) e ghiaietto in abb. matrice sabbioso limosa grigio nocciola							18.00 18.20
50R 38	18.00	10cm		24.40				ciottoli (φ max 12 cm) ghiaia trovanti (pot. max 25 cm) ed interlivelli di conglomerato in matrice sabbioso limosa grigio nocciola . Pres. tracce di alterazione							19.60 20.00
50R 34	19.50	12cm		25.50				sabbia medio fine deb. limosa grigio nocciola con ghiaia medio gross. e ciottoli (φ max 7 cm) loc. alterati							22.10 22.70
50R 42	21.00	9cm		26.50				sabbia medio fine limosa grigio nocciola o biancastra per alterazione ingl. ghiaia e ghiaietto							24.00 24.20
36 28 50R	22.70	3cm		27.50				ghiaia medio grossolana ciottoli (φ max 10 cm) e trovanti (pot. max 16 cm) in matrice sabbiosa medio fine deb. limosa grigio nocciola . Pres. interlivello di sabbia fine limosa ingl. ghiaietto							
43 31 50R	24.20	10cm		28.10				sabbia media deb. limosa bruno nocciola							
31 21 36	25.50			28.90											
38 14 27	27.00			30.00											
27 19 33	28.50			31.60											
50R	30.00	11cm		32.00											
37 28 50R	31.50	14cm													
50R 38	33.00	6cm													



sabbia medio fine limosa grigio nocciola con ghiaia medio grossolana e ciottoli (Ø max 10 cm) loc. alterati

sabbia medio fine limosa grigio nocciola o biancastra per alterazione ingl. ghiaia e ghiaietto

ghiaia medio grossolana ciottoli (Ø max 10 cm) e trovanti (pot. max 18 cm) in matrice sabbiosa medio fine deb. limosa grigio nocciola. Pres. interlivello di sabbia fine limosa ingl. ghiaietto

sabbia media deb. limosa bruno nocciola

sabbia medio fine deb. limosa nocciola grigiastra con ghiaia (Ø max 4 cm) e ghiaietto loc. alterati. Loc. pres. ciottoli (Ø max 15 cm) e trovanti (pot. max 20 cm)

ghiaia e ciottoli alterati in matrice sabbiosa nocciola
limo sabbioso a leg. argilloso nocciola

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

limo sabbioso a deb. leg. argilloso micaceo grigio

1, 2, 3 : camp. indisturbati	S.P.T. : standard penetration test N x 15 cm						
s : Shelby	d : Denison						
m : Mazier	o : Osterberg						
p : percussione							
A, B, C : campioni rimaneggiati	V.T. : vane test (Kg/cm ²) - max/residuo						
	R.Q.D. : rock quality designation						
data	prof.faro	prof.rivest.	livello acqua	data	prof.faro	prof.rivest.	livello acqua
22/03/91	24.00	24.00	- 12.10				
23/03/91	24.00	24.00	- 17.80				

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba			

ALLEGATI:



**RADAELLI
CASTELLOTTI S.R.L.**
20060 Licale (MI) - via G. di Vittorio, 2
tel. 02/96350100 (4 linee r.a.)
telex 312605 ERAECI I - telefax 02/96350316

COMMITTENTE **LINGOTTO S.R.L.**

SP 3

LOCALITA' **TORINO - LINGOTTO**

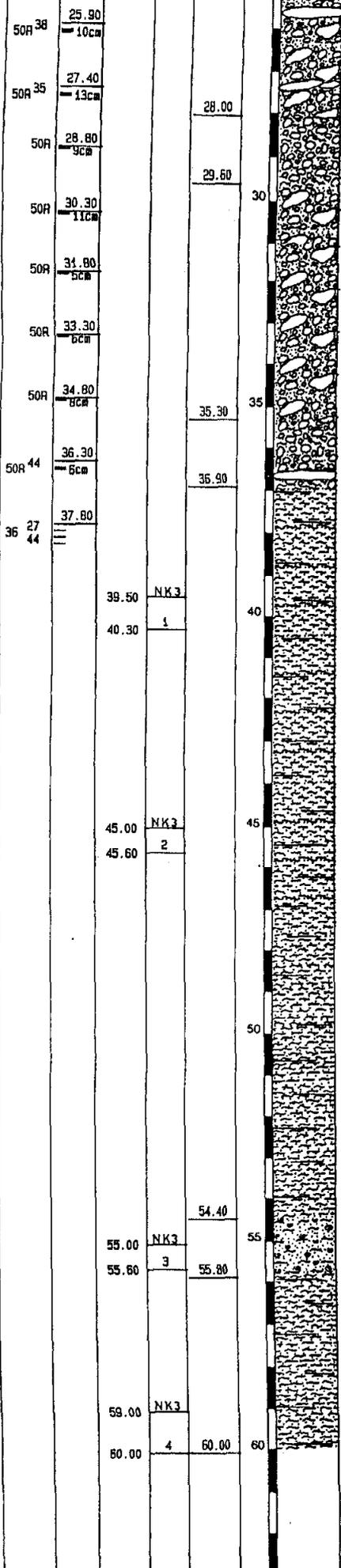
POSIZIONE **Centro Congressi - Cortile Interna**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 127/101**

QUOTA D'INIZIO **P.C.**

DATA: dal **25/03/91** al **28/03/91**

Risultati prove in situ	prove S.P.T V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strati	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometro (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero			R.O.D. %			USO DIAMANTE
									20	40	60	80	20	40	
				0.80				conglomerato bituminoso							
31	13 50R	1.50 5cm		2.40				riporto: breccia medio grossolana in matrice sabbiosa nocciola							
21	17 33	3.00													
33	22 49	4.50			5			ciottoli (Ø max 12 cm) ghiaia medio grossolana e ghiaietto in matrice sabbiosa limosa nocciola molto addensata loc. cementata. Pres. interlivelli di sabbia limosa ingl. ghiaietto ed un trovante							5.00
37	23 50R	6.00 13cm		6.50											5.50
37	24 44	7.50						sabbia media deb. limosa bruno nocciola loc. cementata con ghiaia (Ø max 4 cm) e ghiaietto. Pres. trovante (pot. 20 cm)							6.00
39	26 50	9.00		9.50											6.50
				9.90				conglomerato poligenico a matrice arenacea							8.20
35	29 50R	10.50 7cm		10.80	10			ghiaia (Ø max 4 cm) e ghiaietto loc. alterati in matrice sabbiosa deb. limosa nocciola							8.40
								conglomerato poligenico ad elementi medio grossolani e matrice arenacea							9.50
50R	37	12.00 6cm		12.00											9.90
50R	34	13.50 8cm						ghiaia medio grossolana ghiaietto ciottoli (Ø max 12 cm) e trovanti (pot. max 20 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa bruno nocciola loc. cementata. Pres. interlivello di sabbie fine limosa bruno nocciola ingl. ghiaietto							10.80
50R		15.00 13cm			15										11.00
50R		16.50 8cm						idem c.s.							11.30
50R		18.00 12cm		17.80											12.00
50R		19.50 8cm		19.20											14.00
50R	25	21.00 4cm		21.50	20			ghiaia medio grossolana ghiaietto ciottoli (Ø max 12 cm) e trovanti (pot. max 20 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa bruno nocciola loc. cementata. Pres. interlivello di sabbie fine limosa bruno nocciola ingl. ghiaietto							14.50
50R		22.50 8cm		23.20				ciottoli (Ø max 15 cm) trovanti (pot. max 20 cm) e ghiaia grossolana loc. cementati in matrice sabbiosa bruno nocciola							22.90
50R	43	24.00 6cm													23.20
50R	38	25.90 10cm			25			sabbia medio fine deb. limosa bruno grigiastro con ghiaia medio grossolana ghiaietto ciottoli (Ø max 14 cm) e rari trovanti loc. alterati							25.30
50R	35	27.40 13cm		28.00											25.90
50R		28.80 9cm		29.60				ghiaia (Ø max 4 cm) e ghiaietto loc. alterati in matrice sabbiosa limosa nocciola brunastro							
50R		30.30 11cm			30										
50R		31.80 5cm						sabbia medio fine deb. limosa nocciola grigiastro con ghiaia medio grossolana ghiaietto e ciottoli (Ø max 12 cm) loc. alterati							
50R		33.30													



sabbia medio fine deb. limosa bruno grigiastrea con ghiaia medio grossolana ghiaietto ciottoli (Ø max 14 cm) e rari trovanti loc. alterati

ghiaia (Ø max 4 cm) e ghiaietto loc. alterati in matrice sabbioso limosa nocciola brunastrea

sabbia medio fine deb. limosa nocciola grigiastrea con ghiaia medio grossolana ghiaietto e ciottoli (Ø max 12 cm) loc. alterati

ghiaia (Ø max 3 cm) e ghiaietto loc. alterati in matrice sabbioso limosa nocciola grigiastrea. Pres. tracce di sostanze organiche ed un trovante

limo sabbioso a deb. leg. argilloso grigio micaceo

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso grigio micaceo

idem c.s.

limo sabbioso a deb. leg. argilloso grigio micaceo

sabbia medio fine limosa grigio chiara con abb. resti fossili

limo sabbioso a deb. leg. argilloso grigio micaceo

25.30
25.90

1, 2, 3 = camp. indisturbati
 s = Shelby d = Danison
 m = Mazier o = Osterberg
 p = percussione
 A, B, C = campioni rimanegegiati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
 V.T. = vane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.Q.D. = rock quality designation

data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
26/03/91	30.00	30.00	p.e.	26/03/91	50.80	50.00	- 13.00
27/03/91	30.00	30.00	- 15.00				

Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia Ghiaietto	Torba			

ALLEGATI:



RADAELLI CASTELLOTTI S.R.L.
 20060 Torrate (Mi) - via G. Vittoria 2
 tel. 02 95350100 (4 linee r.a.)
 telex 312605 ERRECI I - telefax 02 95350116

COMMITTENTE **LINGOTTO S.P.A.**

Spi 2

LOCALITA' **TORINO**

POSIZIONE **Area parcheggio interrato**

METODO DI PERFORAZIONE **rot. 127/101**

QUOTA D'INIZIO **p.c.**

DATA: dal **03/07/91**

al **04/07/91**

Risultati prove in situ	prove S.P.T. V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strat.	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometry (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero				R.Q.D. %				Profondità manovra perforaz.
									20	40	60	80	20	40	60	80	
				0.90				riporto: breccie medio fine elementi cementizi e resti plastici in matrice sabbiosa deb. limosa bruna									
				1.40				sabbia medio fine limosa marrone ingl. rara ghiaia e ghiaietto									
				2.20				sabbia media deb. limosa marrone loc. addensata con ghiaia (Ø max 6 cm) e ghiaietto									
24	25 50R	3.00 12cm															
30	30 34	4.50	A		5			sabbia media da deb. limosa e limosa marrone grigiastro con ghiaia ghiaietto e rari ciottoli (Ø max 10 cm). Pres. interlivelli di limo sabbioso grigiastro									
21	15 21	6.00															
35	24 40	7.50															
50R	9.00 10cm			8.40				sabbia limosa marrone con ghiaia (Ø max 4 cm) e ghiaietto									
50R	12.00 12cm		B		10			sabbia deb. limosa marrone con ghiaia (Ø max 6 cm) ghiaietto e rari ciottoli (Ø max 10 cm). Pres. interlivelli molto addensati o deb. cementati e localm. ghiaia alterata									
50R	15.00 5cm			14.70				ghiaietto e ghiaia (Ø max 6 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigiastro. Presenza interlivelli di sabbia media marrone									
50R	18.00 5cm		C		15			sabbia limosa marrone grigiastro con ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 12 cm)									
				17.70													
				18.00													
				20.00													
					20												
					25												
					30												

1, 2, 3 ... = camp. indisturbati
 s = Shelby d = Denison
 m = Mazier o = Osterberg
 p = percussione
 A, B, C ... = campioni rimaneggiati

S.P.T. = standard penetration test N x 15 cm
 V.T. = svane test (Kg/cm²) - max/residuo
 R.Q.D. = rock quality designation



data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua

ALLEGATI:



**RADAELLI
CASTELLOTTI S.R.L.**
20060 Linate (Mi) - Via C. Di Vittorio, 2
Tel. 02/95350100 (4 linee) - Telex 310495 LITEL I.T. - Telex 029535010

COMMITTENTE **LINGOTTO S.R.L.**

Spi 4

LOCALITÀ: **TORINO**
SITUAZIONE: **Area parcheggio interrato**

METODO DI PERFORAZIONE **pot. 127/101**

QUOTA D'INIZIO: **D.C.**

DATA: dal **01/07/91**

al **02/07/91**

Risultati prove in situ	prove S.P.T. V.T.	Profond. (m)	Camp. tipo	Profond. strati	Scala riferimento	Stratigrafia	Pocket penetrometro (Kg/cm ²)	DESCRIZIONE	Carotaggio totale % recupero	R.Q.D. %	Profondità manovra perforaz.
									20 40 60 80	20 40 60 80	Ø perforaz.
		0.20		0.20				CONGLOMERATO OLCIUMOSO			
		-1.70		-1.70				riporto: breccia media in matrice sabbiosa deb. limosa marrone grigiastra. Pres. elementi bituminosi e resti di mattoni			
50R 38	3.00 6cm	3.40	A	3.40				ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 8 cm) in matrice sabbiosa deb. limosa da marrone a marrone grigiastra. Pres. tracce di cementazione			
25 15 40	4.50	4.00		4.00	5			sabbia media deb. limosa marrone chiaro con ghiaia loc. alterata ghiaietto e ciottoli (Ø max 11 cm). Pres. trovante (pot. 20 cm)			
16 34 9	6.00	7.00	B	6.00				ghiaia e ghiaietto in matrice sabbiosa limosa marrone rossastra			
4 5 4	7.50	8.30		8.30				sabbia media deb. limosa marrone chiaro con ghiaia ghiaietto e ciottoli (Ø max 13 cm)			
50R	9.00 7cm	10.90 11.20		10.90 11.20	10			CONGLOMERATO ad elementi medio grossolani a matrice arenacea deb. cementata			
50R	12.00 13cm	14.20	C	14.20				sabbia da deb. limosa a limosa marrone con ghiaia e ghiaietto loc. alterati. Pres. ciottoli (Ø max 12 cm) e localm. ghiaia alterata e degradata in sabbia grossolana bianca e verdastria			
50R	15.00 13cm	16.50		16.50	15			CONGLOMERATO ad elementi medio grossolani a matrice arenacea deb. cementata			
50R	18.00 7cm	18.00 19.30	D	18.00 19.30				sabbia medio grossolana limosa marrone brunastra con ghiaia e ghiaietto loc. alterati. Pres. rari ciottoli (Ø max 11 cm)			
		20.50		20.50	20			ghiaia e ghiaietto in matrice sabbiosa marrone brunastra			
		25			25						
		30			30						

2, 3 : camp. indisturbate
Shelby d : Denison
Mazier o : Osterberg
percussione
B, C : campioni rimaneggiati

S.P.T. : standard penetration test N x 15 cm
V.T. : s vane test (Kg/cm²) : max/residuo
R.Q.D. : rock quality designation



data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua	data	prof. foro	prof. rivest.	livello acqua
07.91	7.50	7.50	assente				

ALLEGATI: 1

STRATIGRAFIA POZZO A

A

- 0 ÷ 0.40 metri battuto calcestruzzo (5 cm) e sottofondo ghiaioso - sabbioso
- 0.40 ÷ 1.35 metri suolo bruno sabbioso - argilloso (Campione 1).
- 1.35 ÷ 2.40 metri ghiaia con ciottoli (\emptyset max 15 cm) leggermente alterati con scarsa matrice sabbiosa - limosa bruna. I ciottoli, a spigoli arrotondati, sono rappresentativi di varie litologie (principalmente gneiss, micascisti, pietre verdi) (Campione 2).
- 2.40 ÷ 3.10 metri ghiaia e ciottoli (\emptyset max 25 cm) in matrice sabbiosa grigia (Campione 3).
- 3.10 ÷ 3.80 metri sabbia e ghiaia grigia con rari ciottoli (\emptyset max 15 cm) (Campione 4; centro finestra -3,35 metri da piano campagna).
- 3.80 ÷ 4.50 metri sabbia grossolana grigia con ghiaia e ciottoli (\emptyset max 15 cm) (Campione 5).
- 4.50 ÷ 8.50 metri sabbia grigia e ghiaia con ciottoli (\emptyset max 25 cm) con locali livelli decimetrici di sola ghiaia (Campione 6-7-8-9-10; finestre -5,22 metri e -8,23 metri).
- 8.50 ÷ 14.30 metri sabbia grossolana bruna con ghiaia sciolta molto addensata; ad una profondità di circa 11 metri è presente una lente di potenza decimetrica di conglomerato con estensione areale estremamente limitata (Campioni 11-12-13-14-15; finestre -11,10 metri e -13,02 metri).

STRATIGRAFIA POZZO B

B

- 0 ÷ 1.10 metri terreno di riporto (ciottoli Ø max 15 cm e ma cerie di laterizi con matrice limosa bruna).
- 1.10 ÷ 1.50 metri suolo argilloso bruno - rossastro limoso.
- 1.50 ÷ 2.10 metri ghiaia con abbondante sabbia grossolana bru na e rari ciottoli arrotondati con Ø max 10 cm. Gli elementi lapidei, leggermente alterati, sono rappresentativi di varie litologie (prin- cipalmente gneiss, micascisti, pietre verdi) (Campione 1).
- 2.10 ÷ 4.20 metri ghiaia con frequenti ciottoli Ø max 10 cm immersi in matrice sabbiosa grossolana grigia (Campioni 2-3; centro finestra -2,96 metri da piano campagna).
- 4.20 ÷ 6.70 metri idem precedente con ciottoli Ø max 25 cm (Campioni 4-5-6; finestra -4,86 metri).
- 6.70 ÷ 7.00 metri livelli cementati di ghiaia e sabbia grigia gros solana con ciottoli Ø max 10 cm alternati a li- velli di ghiaia e sabbia sciolta. I livelli cemen- tati sono molto discontinui lateralmente (Campioni 7-8).
- 7.00 ÷ 7.80 metri sabbia sciolta con ghiaia (Campione 9; fine- stra -7,36 metri).
- 7.80 ÷ 9.00 metri conglomerato fluviale poligenico fortemente ce mentato con ciottoli con diametro massimo 10 cm e rare lenti di ghiaia e sabbia sciolte; è estremamente resistente allo scavo (Campione 10).
- 9.00 ÷ 12.0 metri idem livello precedente ma non sono presenti lenti di materiali sciolti (Campione 11-12-13; finestre -9,58 metri e -11,95 metri).
- 12.0 ÷ 12.50 metri sabbia grossolana bruna sciolta fortemente ad densata con subordinata ghiaia (Campione 14).
- 12.50 ÷ 13.0 metri sabbia, ghiaia e ciottoli (diametro massimo 25 cm sciolte fortemente addensate (Campione 15).

13.0 + 14.15 metri conglomerato fluviale poligenico inizialmente poco cementato poi in profondità molto cementato e resistente allo scavo (Campione 16).

STRATIGRAFIA POZZO C

C

- 0 ÷ 1.00 metri terreno di riporto (ciottoli e macerie di laterizi in matrice limosa bruna).
- 1.00 ÷ 1.70 metri ghiaia con sabbia grossolana bruna e ciottoli Ø max 10 cm arrotondati leggermente alterati rappresentativi di varie litologie (principalmente gneiss, micascisti e pietre verdi) (Campione 1).
- 1.70 ÷ 3.80 metri ghiaia con ciottoli Ø max 10 cm in matrice sabbiosa grossolana grigia (Campione 2; centro finestra -3,33 metri da piano campagna).
- 3.80 ÷ 5.00 metri idem precedente con ciottoli Ø max 25 cm; a circa -4,80 m sono presenti rari ciottoli Ø 40 cm (Campioni 3-4).
- 5.00 ÷ 6.80 metri ghiaia con sabbia grossolana grigia con frequenti ciottoli Ø max 10 cm (Campioni 5-6; finestra -5,36 metri).
- 6.80 ÷ 9.00 metri conglomerato fluviale poligenico con ciottoli con diametro massimo 15 cm. Si tratta di un'alternanza molto regolare fra livelli potenti 20 ÷ 30 cm di depositi debolmente cementati e depositi fortemente cementati. Nel complesso il materiale è poco resistente allo scavo (Campioni 7-8-9-10-11, finestra -7,40 metri).
- 9.00 ÷ 11.00 metri alternanza come precedente, ma con presenza di una matrice sabbiosa fine marrone chiaro; i ciottoli si presentano di frequente intensamente alterati. Il materiale è poco resistente allo scavo (Campioni 12-13; finestre -9,44 metri e -11,53 metri).
- 11.0 ÷ 12.50 metri sabbia grossolana bruna e ghiaia sciolta (Campione 14).
- 12.50 ÷ 15.50 metri limo nocciola leggermente plastico con rari

ciottoli molto alterati con diametro 1 ÷ 2
cm (Campioni 15-16-17; finestra -12,86
metri).

15.50 ÷ 16.10 metri sabbia limosa bruna. Il passaggio fra
questo deposito ed il limo soprastante non
è netto ma avviene gradualmente. (Campio
ne 18).

Livello statico in data 25/09/89: - 15,70 da P.C.

ALLEGATO 3

Risultati delle prove di pompaggio a regime costante eseguite nell'area ex-FIAT AVIO

corrispondenza del piano campagna, sono state adottate tutte le opportune precauzioni per assicurare che nella fase di prelievo fossero minimizzate le alterazioni del campione.

Sui 15 campioni prelevati (PM1-PM11, P1, P7, P9, 10) sono stati ricercati i parametri riportati in Tabella 2.1; nella stessa tabella vengono anche indicate le metodiche analitiche utilizzate.

Tabella 2.1 *Determinazioni analitiche sui campioni di acqua di falda prelevati: parametri ricercati e metodiche*

PARAMETRO	METODICA ANALITICA
Metalli (As, Cr tot, Ni, Sn)	EPA6020A/98
Cr VI	EPA7199/96
Idrocarburi totali	EPA8440/96
Composti organo alogenati	EPA8260B/94

I risultati sono stati confrontati con i limiti di accettabilità previsti dal D.M. 471/99 – All.1, Tab.2, per le acque di falda.

2.2 Prova di pompaggio a lunga durata e misura della risalita nel pozzo di emungimento

Il giorno 09.12.04 è stata realizzata una prova di pompaggio a portata costante del tipo pozzo – piezometro finalizzata alla determinazione dei principali parametri caratteristici dell’acquifero presente, in particolare la trasmissività idraulica.

Al fine di effettuare la prova in condizioni indisturbate dal sistema di pompaggio attualmente in funzione per la messa in sicurezza d’emergenza, l’emungimento è stato interrotto il giorno 07.12.04, in modo tale da garantire il ripristino delle condizioni di deflusso stazionarie.

La prova è stata eseguita secondo le seguenti fasi:

- rilievo del livello piezometrico statico in corrispondenza del pozzo P7 e dei piezometri di osservazione PM7 e PM5;
- installazione di una pompa sommersa in grado di fornire una portata di emungimento pari a ca. 30 l/s in corrispondenza del pozzo P7 e verifica del ripristino del livello statico prima dell’inizio della prova;
- installazione in corrispondenza del piezometro di osservazione PM7 di data logger automatico impostato per una frequenza di misura pari a 30 s;

- attivazione del sistema di pompaggio a portata costante con continuo monitoraggio delle portate per tutta la durata della prova attraverso apposito contatore; le acque emunte sono state convogliate attraverso apposita tubazione di scarico verso la rete di raccolta presente nello stabilimento in modo tale da assicurare che non si verificassero infiltrazioni nell'intorno dell'area di prova;
- misura manuale degli abbassamenti in corrispondenza del pozzo P7 e del piezometro PM5, e verifica dei livelli in corrispondenza del piezometro PM7. La prova è stata considerata conclusa dopo un periodo di pompaggio pari a 7 h e 20 min, quando, in corrispondenza del piezometro PM7 erano stati rilevati abbassamenti inferiori al cm per un periodo superiore a 2 h, criterio comunemente utilizzato per individuare il raggiungimento di condizioni stazionarie. In particolare in corrispondenza del pozzo di emungimento P7 è stato raggiunto un livello stabilizzato dopo un periodo di pompaggio pari a ca. 3 h, mentre in corrispondenza del piezometro PM7 è stato rilevato un abbassamento pari 0.5 cm nel periodo compreso tra 4 e 7 h di emungimento;
- prima di interrompere l'emungimento, è stato spostato il data logger all'interno del pozzo P7, reimpostando la misurazione ad un intervallo pari a 4 s, in modo tale da misurare la risalita all'interno del pozzo;
- interruzione del pompaggio e misura della risalita sia mediante il data logger che manualmente al fine di verificare il raggiungimento delle condizioni stazionarie; le misure sono terminate dopo ca. 1 h, quando era stato raggiunto nuovamente il livello statico all'interno del pozzo;
- smontaggio dell'attrezzatura e reinstallazione del sistema di messa in sicurezza d'emergenza.

Al termine della prova sono state messe nuovamente in funzione delle tre pompe dell'impianto di messa in sicurezza di emergenza.

Qui di seguito sono riportate le caratteristiche del pozzo di emungimento e dei piezometri di osservazione utilizzati, nonché la configurazione di pompaggio, la posizione dei punti di osservazione e una planimetria con indicazione della posizione dei tre punti.

La portata di emungimento è stata definita in considerazione del fatto che nel pozzo P7, durante il periodo di attività dell'impianto, era installata una pompa in grado di emungere portate variabili tra 27 e 200 m³/h; esso pertanto era in grado di sostenere una portata pari a ca. 130 m³/h e nel contempo garantire la possibilità di osservare abbassamenti almeno nel piezometro PM7, posto a ca. 35 m di distanza.

Tabella 2.2 *Caratteristiche del pozzo di emungimento e dei piezometri di osservazione utilizzati durante la prova di pompaggio effettuata il giorno 09.12.04.*

	POZZO P7	PIEZOMETRO PM7	PIEZOMETRO PM5
Profondità	44 m da p.c.	28 m	27 m
Diametro	0,4 m	4''	4''
Fenestratura	completa	12 – 28 m	11 – 27 m

Tabella 2.3 *Caratteristiche principali di configurazione della prova di pompaggio effettuata il giorno 09.12.04*

Distanza P7 – PM7	37 m
Distanza P7 – PM5	127 m
Portata di emungimento	130 m ³ /h
Spessore saturo	20 m

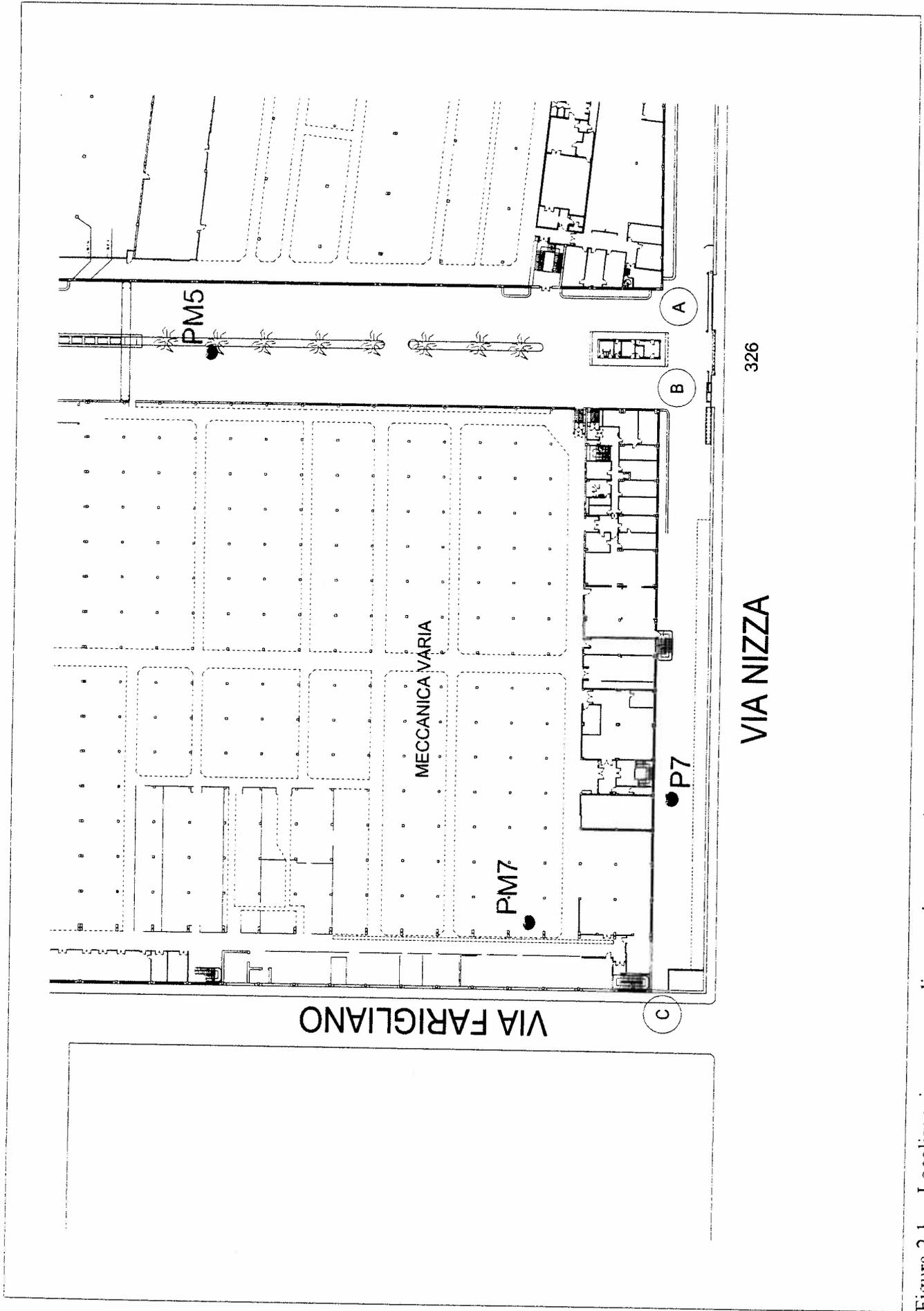


Figura 2.1 Localizzazione pozzo di emungimento e piezometri di monitoraggio prova di falda eseguita il 09.12 (scala 1:1.000)

3.2 Interpretazione della prova di pompaggio e risalita

3.2.1 Prova di pompaggio a portata costante

La corretta interpretazione di una prova di pompaggio a portata costante pozzo – piezometro prevede la seguente procedura:

- diagramma diagnostico dei dati acquisiti
- identificazione della tipologia idraulica
- individuazione del metodo di interpretazione idoneo
- determinazione dei parametri idrodinamici

Qui di seguito sono riportati i dati rilevati manualmente in corrispondenza dei piezometri di osservazione e del pozzo di emungimento, mentre i dati acquisiti mediante data logger sono riportati in Allegato 2.

Tabella 3.2 *Dati rilevati manualmente in corrispondenza del punto di emungimento e dei piezometri di osservazione durante la prova di pompaggio a lunga durata eseguita il giorno 09.12.04. Ora di inizio emungimento 9.23.*

P7		PM7		PM5	
ora	sogg. [m]	ora	sogg. [m]	ora	sogg. [m]
9.10	11.24	9.14	14.93	9.17	13.91
9.31	11.71	9.29	15.09	9.45	13.93
10.00	11.71	9.55	15.10	10.20	13.94
10.20	11.71	10.08	15.10	10.50	13.94
10.55	11.715	10.45	15.105	11.45	13.94
12.00	11.725	11.40	15.11	13.40	13.945
13.30	11.725	13.35	15.12	14.40	13.95
14.30	11.725	14.35	15.12	15.40	13.95
15.30	11.73	15.35	15.125		
16.10	11.73	16.15	15.125		

Come si può osservare gli abbassamenti massimi raggiunti sono pari a circa 50 cm in P7, 20 cm in PM7 e 4 cm in PM5. I dati relativi a PM5, come presumibile data la sua posizione rispetto al punto di

emungimento, non sono da considerarsi significativi al fine dell'interpretazione della prova, tuttavia, evidenziano che l'effetto del pompaggio è osservabile anche a quella distanza.

In Figura 3.1 è riportato il diagramma diagnostico relativo agli abbassamenti rilevati dal data logger in corrispondenza del piezometro PM7.

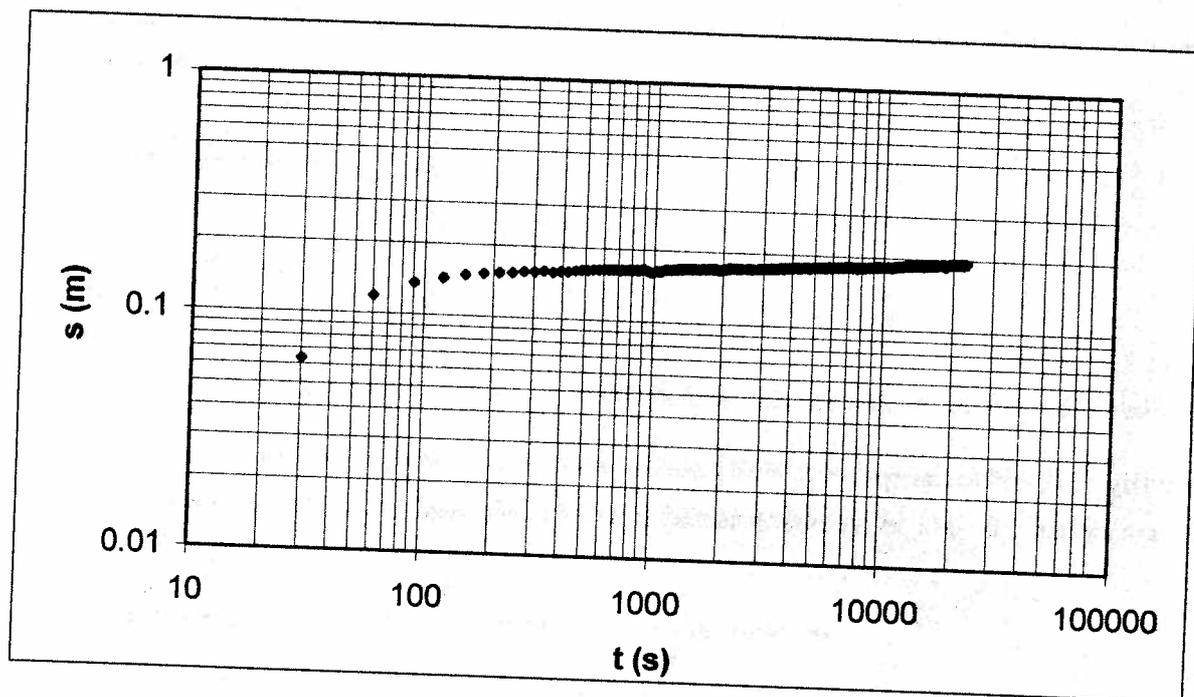


Figura 3.1 Diagramma diagnostico relativo ai dati rilevati in corrispondenza del piezometro PM7 durante la prova di pompaggio effettuata il giorno 09.12.04.

In considerazione della tipologia di acquifero presente, non confinato, i due metodi di interpretazione più utilizzati prevedono la linearizzazione della curva semilogaritmica abbassamento vs tempo (metodo di Jacob), oppure la sovrapposizione con una curva campione (metodo di Neuman). Nel caso in esame si è utilizzato questo secondo metodo, applicato mediante un software dedicato (AQTESOLVE 3.1) che permette di seguire la procedura di seguito descritta.

Il procedimento più comunemente utilizzato per l'interpretazione delle prove di lunga durata è il metodo della sovrapposizione con una o più curve campione (Type curve matching). La metodologia si sviluppa a partire dall'equazione di diffusività dell'acquifero è qui sotto esposta:

$$s(r, t) = \frac{Q}{4 * \pi * T} * s_d(u) \quad (1)$$

dove

$$u = \frac{S * r^2}{4 * T * t} \quad (2)$$

e s_d è la generica funzione adimensionale soluzione dell'equazione di diffusività, che riproduce il comportamento idrodinamico della tipologia di acquifero considerato. Per gli acquiferi non confinati, s_d assume l'espressione $S_d = W(u_A, u_B, \beta)$

Applicando gli operatori logaritmici ad entrambi i membri dell'equazione di diffusività (1) e del parametro u (2), si ottengono le seguenti equazioni:

$$\log t = \log \frac{S * r^2}{4 * T} + \log \frac{1}{u}$$

$$\log s = \log \frac{Q}{4 * \pi * T} + \log s_d$$

Dal momento che i due gruppi $\frac{Q}{4\pi}$ e $\frac{Sr^2}{4T}$ rappresentano due costanti, le ultime due equazioni indicano, in un diagramma logaritmico dello stesso modulo, che la curva sperimentale s vs t registrata durante la prova di falda, è equiparabile alla curva adimensionale s_d vs $1/u$, che rappresenta la tipologia di acquifero che meglio riproduce il comportamento reale del sistema in esame.

Sulla base di tale teoria si procede alla seguente metodologia operativa:

1. i dati della prova vengono diagrammati in scala bilogaritmica (Neuman);
2. si sceglie il set di curve teoriche adimensionali relative alla tipologia di acquifero individuata;
3. si sovrappongono i diagrammi citati ai punti 1 e 2;
4. si trasla la curva sperimentale su quelle adimensionali fino alla sovrapposizione della prima su una delle seconde; tale azione permette l'identificazione del modello teorico di riferimento;
5. si calcolano i valori dei parametri idrodinamici attraverso l'applicazione dell'equazione di diffusività in un punto di riferimento (match point).

In Figura 3.2 è riportata la sovrapposizione della curva ottenuta con la curva campione utilizzata per l'interpretazione della prova. I parametri caratteristici dell'acquifero ottenuti sono:

trasmissività	T	0.042 m ² /s
porosità efficace	n _e	0.28

Da cui si ottiene, considerando uno spessore medio dell'acquifero pari a ca. 20 m, una **conducibilità idraulica pari a 2,1·10⁻³ m/s.**

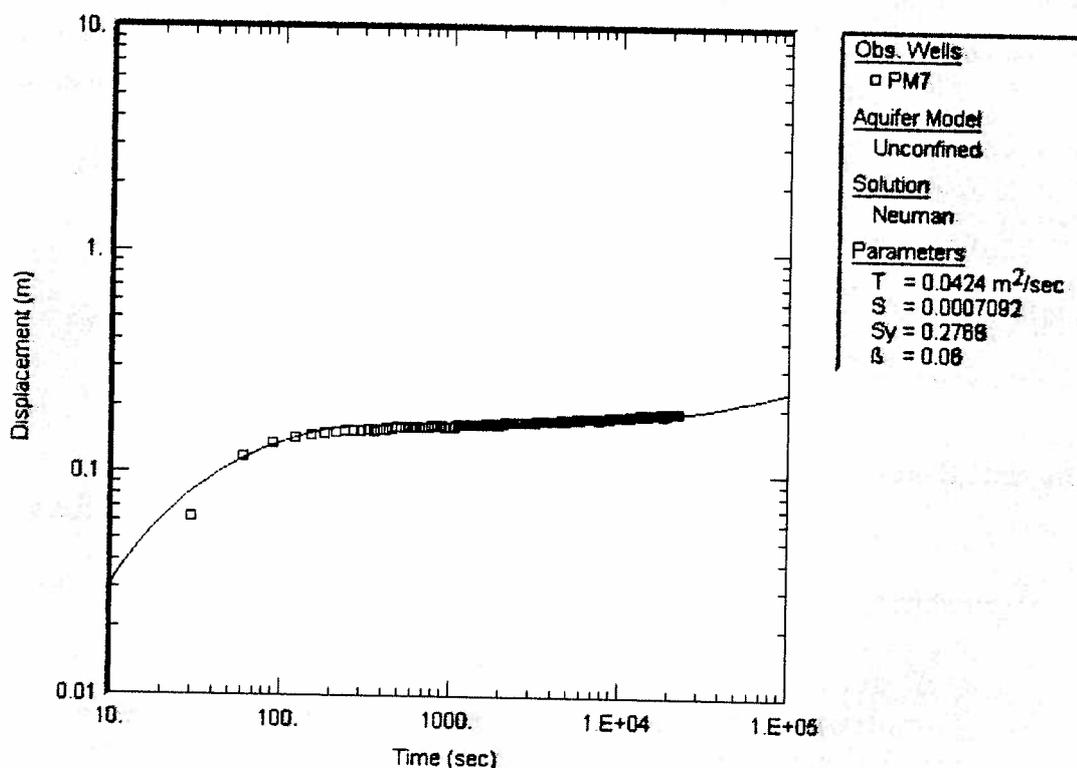


Figura 3.2 Grafico relativo alla sovrapposizione del diagramma bilogarithmico abbassamenti vs tempo utilizzato per l'interpretazione della prova di pompaggio mediante il metodo di Neuman.

Si osserva che, come noto, le condizioni operative non rispettavano totalmente le ipotesi alla base della teoria utilizzata, in particolare per quanto concerne le caratteristiche del pozzo di emungimento (raggio e volume non infinitesimi). Tali condizioni sono, tuttavia, da ritenersi trascurabili, in quanto sono rispettate sia le condizioni di durata che di posizione del punto di osservazione necessarie.

3.2.2 Prova di risalita

La prova di risalita in corrispondenza del pozzo di emungimento è utilizzata in questo principalmente come verifica dei risultati ottenuti mediante la prova pozzo – piezometro; l'interpretazione è basata essenzialmente sulla linearizzazione del diagramma semilogarithmico abbassamenti vs tempo applicando il metodo di Jacob (approssimazione logarithmica dell'equazione di Theis riportata qui di seguito).

I dati relativi alla prova di risalita effettuata nel pozzo P7 sono riportati in allegato 2, mentre in Figura 3.3 è riportato l'andamento su diagramma semilogaritmico con indicazione della retta approssimazione lineare e la variazione del livello piezometrico utilizzata per la determinazione della trasmissività secondo l'espressione:

$$T = 0.183 \frac{Q}{\Delta s} = 0.022 \text{ m}^2 / \text{s}$$

in cui

$$Q = 0,0363 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta s = 0,3 \text{ m}$$

Considerando uno spessore medio dell'acquifero pari a ca. 20 m si ricava una **conducibilità idraulica pari a $1,1 \cdot 10^{-3}$ m/s.**

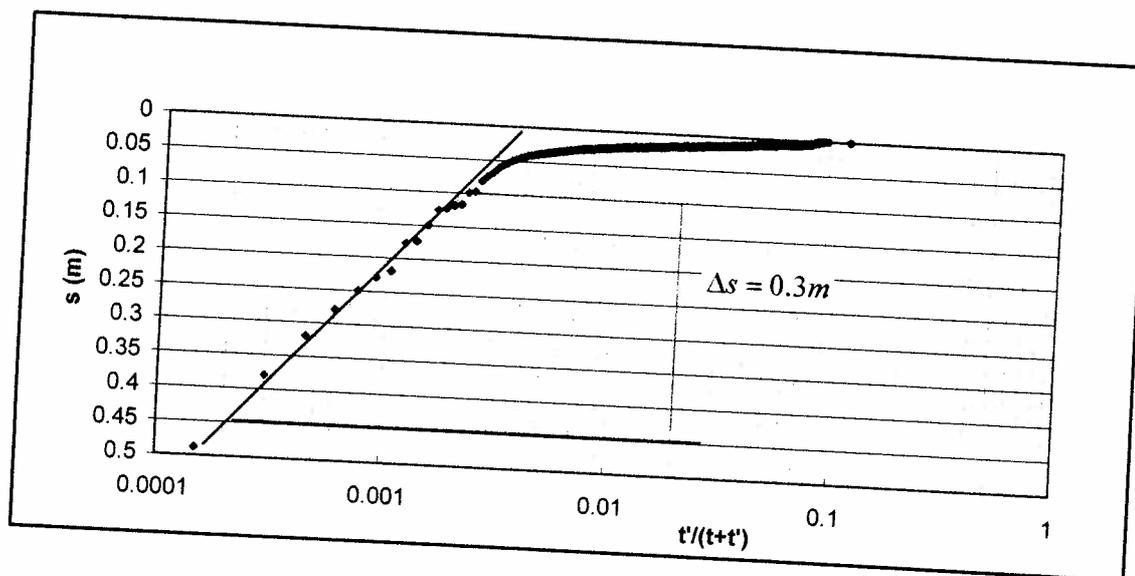


Figura 3.3 Diagramma dei dati rilevati durante la prova di risalita in corrispondenza del pozzo P7 e sovrapposizione rette di interpretazione.

3.3 Rilievo piezometrico

Il giorno 15.12.04 è stato effettuato un rilievo piezometrico, misurando la soggiacenza della falda in corrispondenza di 10 degli 11 piezometri esistenti e nel pozzo P7.

In Figura 3.4 viene riportata la piezometria dell'area indagata, ricavata dal rilievo planaltimetrico (12.10.04) e da quello piezometrico (15.10.04), mentre in Tabella 3.3 sono riportate le soggiacenze misurate a partire da testa tubo ed i relativi livelli piezometrici. I livelli piezometrici riportati sono stati



Studio Idrogeotecnico Applicato S.a.s.
 Viale F. Crispi 17 - 20121 Milano
 e-mail: stid@fastwebnet.it
 tel. 02/6597857 fax. 026551040

Pumping Test Analysis Report

Project: Fiat Avio Torino

Number: TO2669

Client: STUDIO TEDESI

Location: Torino

Pumping Test: PROVA A PORTATA COSTANTE

Pumping well: PE2

Test conducted by: BREVIGLIERI

Test date: 08/11/2006

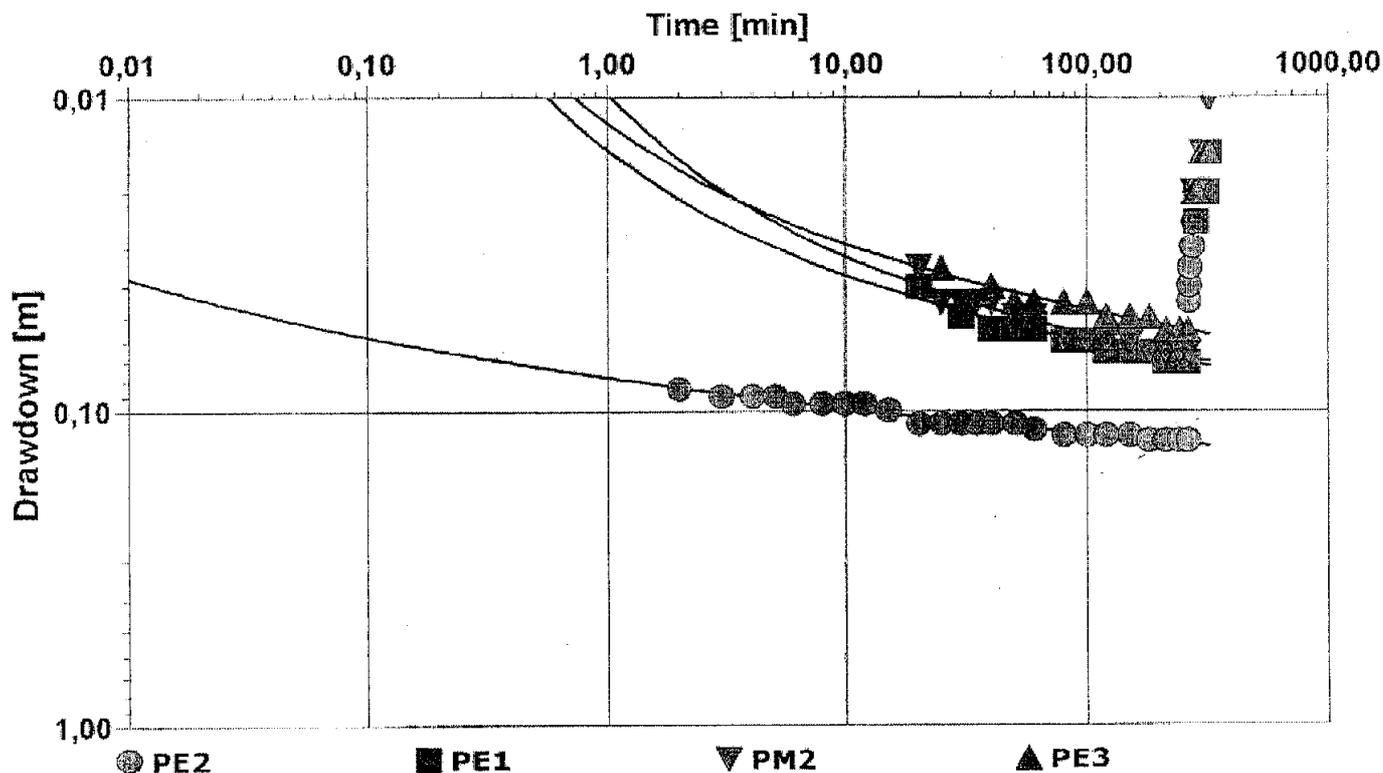
Analysis performed by: Breviglieri

PLDPE2DOWN

Date: 08/11/2006

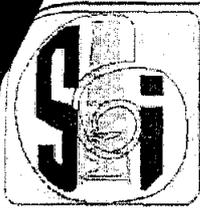
Aquifer Thickness: 30,00 m

Discharge rate: 19,23 [l/s]



Calculation after Theis

Observation well	Transmissivity [m ² /s]	K [m/s]	Storage coefficient	Radial distance to PW [m]
PE2	$1,74 \times 10^{-1}$	$5,81 \times 10^{-3}$	$2,62 \times 10^{-2}$	0,35
PE1	$1,50 \times 10^{-1}$	$5,00 \times 10^{-3}$	$3,12 \times 10^{-3}$	42,05
PM2	$1,39 \times 10^{-1}$	$4,65 \times 10^{-3}$	$5,31 \times 10^{-2}$	13,97
PE3	$1,93 \times 10^{-1}$	$6,44 \times 10^{-3}$	$3,89 \times 10^{-3}$	40,82
Average	$1,64 \times 10^{-1}$	$5,47 \times 10^{-3}$	$2,16 \times 10^{-2}$	



Studio Idrogeotecnico Applicato S.a.s.
 Viale F.Crispi 17 - 20121 Milano
 e-mail: stid@fastwebnet.it
 tel. 02/6597857 fax. 026551040

Pumping Test Analysis Report

Project: Fiat Avio Torino

Number: TO2669

Client: STUDIO TEDESÌ

Location: Torino

Pumping Test: PROVA A PORTATA COSTANTE

Pumping well: PE2

Test conducted by: BREVIGLIERI

Test date: 08/11/2006

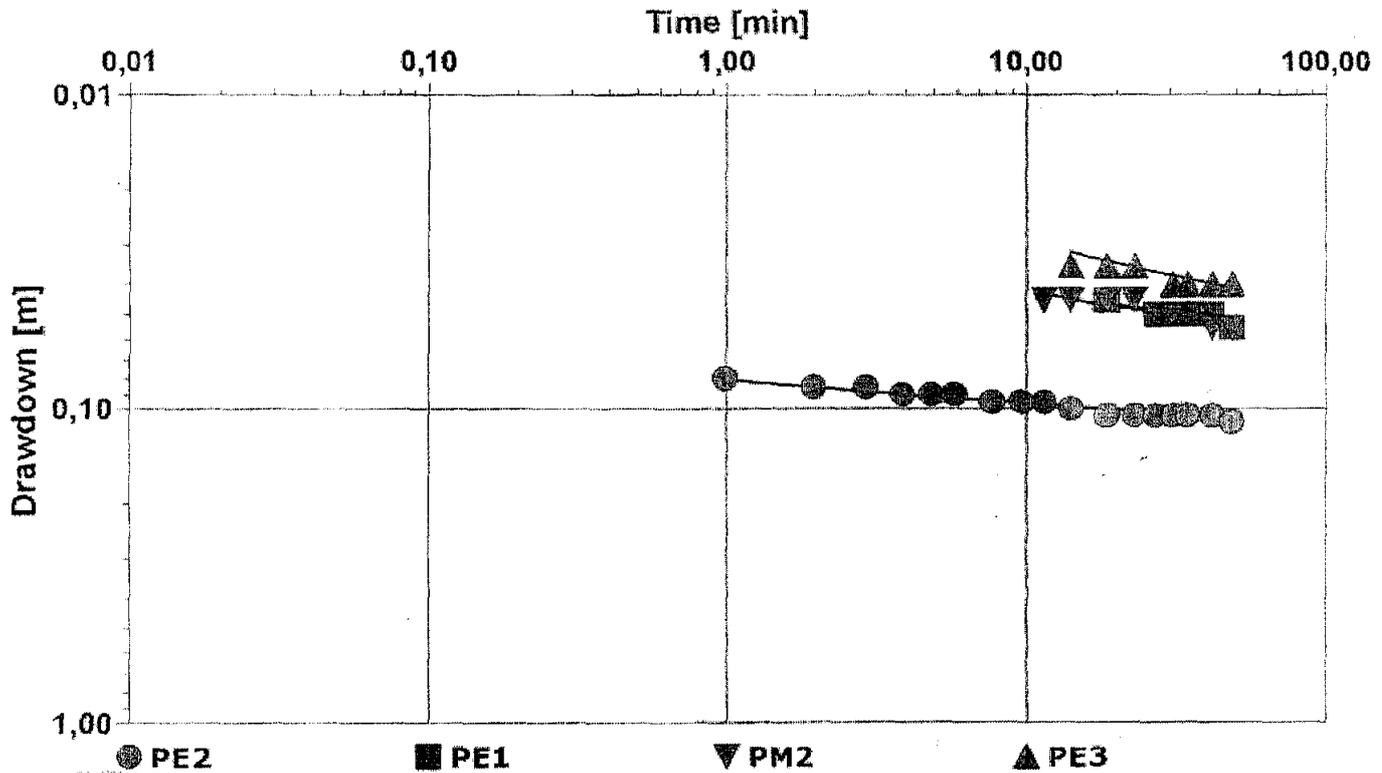
Analysis performed by: BREVIGLIERI

PLDPE2UP

Date: 08/11/2006

Aquifer Thickness: 30,00 m

Discharge rate: 19,23 [l/s]



Calculation after AGARWAL + Theis

Observation well	Transmissivity [m ² /s]	K [m/s]	Storage coefficient	Radial distance to PW [m]
PE2	$2,34 \times 10^{-1}$	$7,80 \times 10^{-3}$	$1,13 \times 10^{-3}$	0,35
PE1	$1,85 \times 10^{-1}$	$6,17 \times 10^{-3}$	$1,07 \times 10^{-3}$	42,05
PM2	$1,91 \times 10^{-1}$	$6,37 \times 10^{-3}$	$7,31 \times 10^{-3}$	13,97
PE3	$1,95 \times 10^{-1}$	$6,50 \times 10^{-3}$	$4,00 \times 10^{-3}$	40,82
Average	$2,01 \times 10^{-1}$	$6,71 \times 10^{-3}$	$3,38 \times 10^{-3}$	