

**SATTI**  
**S.p.A. TORINESE TRASPORTI INTERCOMUNALI TORINO**

**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO**  
**LINEA 1**  
**TRATTA FUNZIONALE COLLEGNO – TORINO PORTA NUOVA**

**TRATTA ACAJA – PORTA NUOVA**  
**PROGETTO ESECUTIVO**

**STUDI E INDAGINI**

**GEOLOGIA IDROGEOLOGIA E GEOTECNICA**

**RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA**

REV.	REDAZIONE		VERIFICA		APPROVAZIONE		
	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	NOME	FIRMA	DATA
0	Dott. G.Ricci		Dott. A.Eusebio		Ing. P. Grasso		15/05/2001
a							
b							
c							

## INDICE

1. INTRODUZIONE .....	1
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE.....	2
2.1 Inquadramento geologico-geomorfologico .....	2
2.1.1 La cementazione dei depositi quaternari.....	3
2.2 Inquadramento idrogeologico.....	4
3. LOTTO 5 .....	5
3.1 Quadro di riferimento progettuale.....	5
3.2 Geologia e Geomorfologia .....	5
3.3 Idrogeologia.....	6
3.4 Idrogeochimica.....	7
4. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO.....	8
5. BIBLIOGRAFIA .....	9

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra il contesto geologico ed idrogeologico del lotto 5 della linea 1 della Metropolitana Automatica di Torino.

La prima tratta funzionale della linea 1 della Metropolitana di Torino si sviluppa per circa 9,6km da Collegno (area Deposito-Officina) fin poco oltre la Stazione di Porta Nuova (asta di manovra), e si articola in 5 lotti di opere civili al rustico:

- lotto 1 Deposito
- lotto 2 Tratta Deposito - Fermi
- lotto 3 Tratta Fermi - Pozzo Strada
- lotto 4 Tratta Pozzo Strada – Principi d’Acaja
- lotto 5 Tratta Principi d’Acaja - Porta Nuova

Lungo la linea saranno realizzate 15 stazioni di cui 13 poste in corrispondenza dei principali incroci (Fermi, Paradiso, Marche, Massaua, Pozzo Strada, Monte Grappa, Rivoli, Racconigi, Bernini, Principi d’Acaja, XVIII dicembre, Vinzaglio, Re Umberto) e 2 di interscambio con linee delle Ferrovie dello Stato: le stazioni di Porta Susa e di Porta Nuova.

La galleria di linea verrà realizzata con una macchina di scavo a piena sezione (TBM: Tunnel Boring Machine) e avrà diametro interno finito pari a 6.80m.

Il tracciato, muovendosi da ovest verso est con progressive crescenti, percorre inizialmente Via De Amicis, nel Comune di Collegno, quindi, entrando nel comune di Torino, si sviluppa in asse a corso Francia, fino all’intersezione con corso Inghilterra; da qui, in curva ampia, sottopassa il Passante Ferroviario e si porta in piazza XVIII dicembre, di fronte all’attuale stazione di Porta Susa, per proseguire poi lungo corso Bolzano fino alla seconda curva, prevista per permettere l’imbocco di corso Vittorio Emanuele II. Il corso, uno dei più importanti di Torino, viene percorso fin poco oltre la stazione di Porta Nuova.

Il tracciato, da un punto di vista costruttivo, risulta così suddiviso:

1. tratta eseguita a cielo aperto, che si sviluppa nel Comune di Collegno, lungo Via Fratelli Cervi e via De Amicis, tra il Deposito/Officina e la Stazione Fermi;
2. tratta eseguita a foro cieco, dalla stazione Fermi fino alla stazione di Porta Nuova di cui il lotto 5 costituisce il tratto compreso fra la Stazione Principi D’Acaja (esclusa) e la Stazione Porta Nuova, fino al Pozzo Terminale (incluse).

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE

### 2.1 Inquadramento geologico-geomorfologico

Il territorio comunale di Torino si estende per circa l'80% 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). I termini litologici dei depositi fluvioglaciali sono legati ai litotipi del bacino idrografico di alimentazione; il Massiccio Ultrabasico di Lanzo (serpentiniti, ultrabasiti) per la Stura di Lanzo e il Complesso Dora Maira (gneiss, quarziti), Calcescisti e Pietre Verdi, Serie d'Ambin (micascisti, quarziti) per la Dora Riparia.

L'assetto geologico generale è suddiviso, per i primi 150 metri di spessore circa, in tre complessi litostratigrafici:

- depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani (Quaternario), principalmente composti da ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice sabbioso-limosa (figura 2.1);
- depositi lacustri e fluviolacustri riferibili al Villafranchiano Autoctono (Pleistocene Inferiore-Pliocene Superiore) composti da limi argillosi e livelli sabbioso ghiaiosi;
- depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene composti da limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie grigio azzurre con fossili.

Lo spessore del primo complesso ghiaioso lungo il tracciato è variabile da un minimo di 25 metri (zona a nord di Torino) ad un massimo di circa 45 metri (zona Piazza d'Armi). Questi depositi presentano, al loro interno, orizzonti e livelli ad andamento discontinuo e a vario grado di cementazione; 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, ricavata dalla bibliografia, 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 e i sottostanti depositi Pliocenici è di eteropia di facies.

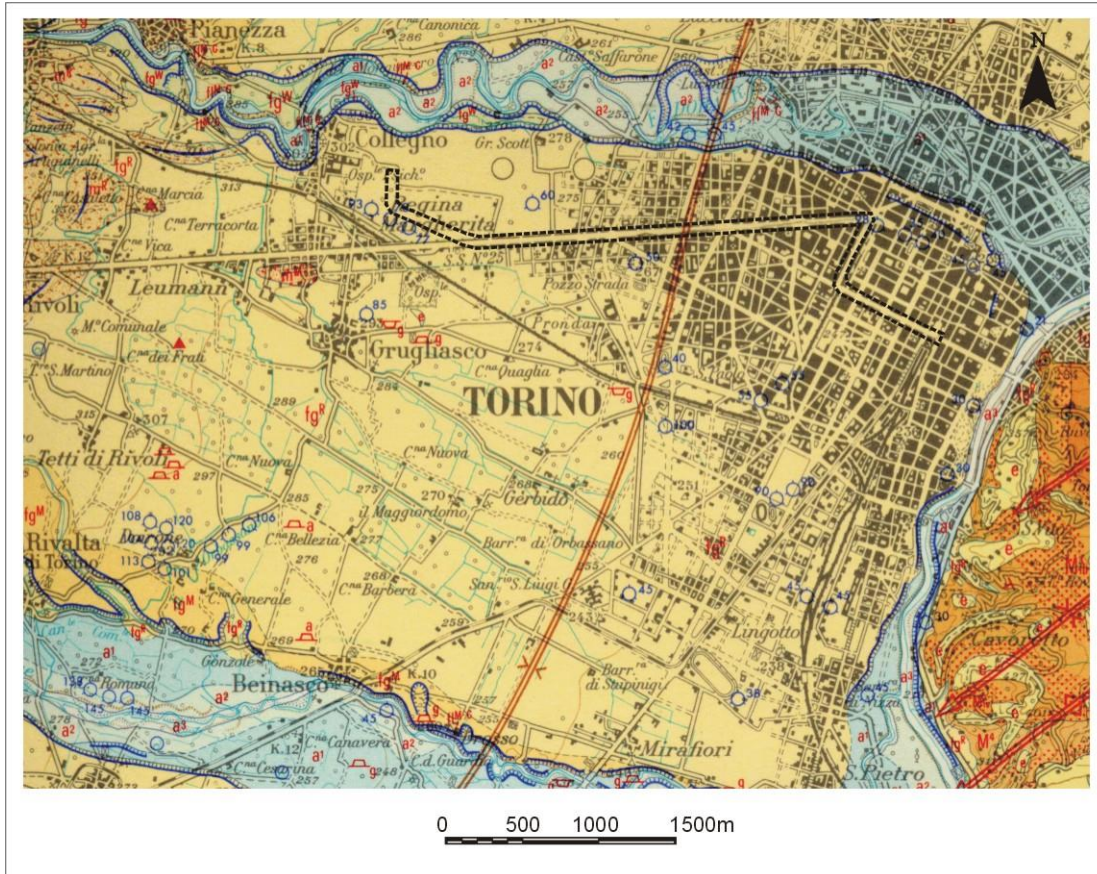


Figura 2.1: Estratto dal foglio n. 56 della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000; con la sigla fg<sup>R</sup> sono identificati i depositi fluvio-glaciali e fluviali Rissiani. Lo sviluppo dell'opera è evidenziato in tratteggiato.

### 2.1.1 La cementazione dei depositi quaternari

Il sottosuolo di Torino, se da un punto di vista geologico può essere definito relativamente semplice, presenta delle rilevanti variazioni sia lateralmente, sia lungo la profondità relativamente alla cementazione dei depositi fluvio-glaciali (ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa).

La natura della 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 dei parametri chimico-fisici (temperatura e pH).

La precipitazione avviene secondo due meccanismi; nel primo i carbonati presenti in soluzione nelle acque della falda superficiale provengono principalmente dalle acque della Dora Riparia (350-400 mg/l CaCO<sub>3</sub> disciolto), che alimenta la falda nei periodi di maggior portata. Quando le acque della falda superficiale, cariche di carbonati, si mischiano con acque provenienti da altri bacini di alimentazione, la variazione di temperatura (diminuzione) o di pH (innalzamento del valore) provoca la precipitazione dei carbonati disciolti in soluzione.

Il secondo meccanismo è legato alle acque di precipitazione meteorica che infiltrandosi nel suolo, si arricchiscono di CO<sub>2</sub>. Questa combinandosi con l'acqua produce acido carbonico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) e determina, dunque, una diminuzione del pH. Le acque così divenute aggressive riescono a portare in soluzione il carbonato di calcio e magnesio presente nei depositi.

All'aumentare della profondità, il variare della temperatura (la temperatura delle acque di infiltrazione non è più influenzata dalla temperatura dell'aria, generalmente si verifica un abbassamento della temperatura) modifica l'equilibrio chimico delle specie carbonatiche disciolte, provocandone la precipitazione.

I due meccanismi sopracitati spiegano la formazione di lenti e livelli di materiale cementato sia nella zona non satura, sia al di sotto del livello di oscillazione della falda superficiale.

## 2.2 Inquadramento idrogeologico

Con riferimento all'assetto litostratigrafico per i primi 150-200m, il sottosuolo di Torino è sede di un sistema di falde sovrapposte. Dalle informazioni ricavate dalla letteratura e dai dati riassunti nelle schede dei pozzi, risulta evidente il seguente assetto idrogeologico:

- acquifero superficiale a falda libera costituito da depositi grossolani riferibili al Quaternario (ciottoli, ghiaie e sabbie in matrice sabbioso-limosa), con uno spessore della zona satura variabile tra 15 e 30 m e limitato alla base da uno strato di argille con spessore pari a circa 30 m, presente in quasi tutte le stratigrafie dei pozzi analizzati. La superficie dell'acquifero a falda libera si trova a una profondità variabile dai 40 ai 15 metri di profondità dal piano campagna.
- acquifero profondo, verosimilmente confinato e del tipo multifalda, è situato indicativamente tra 70 e 200 m dal p.c., come desunto dalle informazioni provenienti da diversi pozzi profondi presenti nell'area oggetto di studio. Tale acquifero è costituito da alternanze di depositi medio grossolani e fini (argille limose con livelli di ghiaie e sabbie), appartenenti a depositi fluviolacustri; la sua base è rappresentata da uno strato di argille presente, a seconda delle zone, a circa 150-200 m dal piano campagna.

Nella carta idrogeologica (elaborato MTL1T1A5 EGEOGN3S002) allegata alla scala 1:5.000 sono riportate le seguenti informazioni:

- isopiezometrica della falda superficiale (campagna misure febbraio-marzo 2000)
- isopiezometrica della falda superficiale (campagna misure giugno 1995)
- direzione di deflusso idrico sotterraneo
- isobate della base dell'acquifero superficiale (tetto dei depositi argillosi) come ricostruito dall'analisi delle stratigrafie dei pozzi censiti
- pozzi censiti (divisi tramite simbologia in misurabili, con stratigrafia, irreperibili, attivi, dismessi)

Sono allegate le schede relative al censimento pozzi e piezometri effettuato nel periodo febbraio-marzo 2000.

La carta delle curve isopiezometriche riferite alle misure del periodo febbraio-marzo 2000 mostra un andamento della superficie piezometrica piuttosto regolare, con gradiente medio pari a circa 0,4-0,5%, e direzione di flusso orientata da nord-ovest verso sud-est; lo stesso gradiente aumenta nel settore orientale, in vicinanza del Po, e mostra valori pari a circa 0,8-1%. Appare comunque evidente come il Po risulti essere il livello di base locale dell'acquifero a falda libera, mentre la Dora Riparia agisca, a seconda delle zone, come dreno o come alimentatore della falda stessa.

### 3. LOTTO 5

#### 3.1 Quadro di riferimento progettuale

Il lotto 5 si sviluppa in galleria naturale fra la Stazione Principi D'Acaja, esclusa, (progr.6+717, quota progetto 232m slm, quota terreno 249m slm) e la Stazione Porta Nuova (progr. 9+616, quota progetto 223m slm, quota terreno 238m slm), fino al Pozzo Terminale (incluso), per complessivi 2899m di tratta.

Nel lotto in esame, è prevista la realizzazione di cinque stazioni: XVIII Dicembre, Porta Susa, Vinzaglio, Re Umberto, Porta Nuova e di sei pozzi di intertratta, ubicati tra le stazioni: P10 (Beaumont), P11 (Grandis), P12 (Bolzano), P13 (Ferraris), P14 (Arsenale) e P15 (Sant'Anselmo).

Il lotto ha inizio in corso Francia, all'altezza di via Principi d'Acaja; il tracciato si dispone centralmente rispetto al corso principale e, percorsi circa duecento metri, in prossimità di via Drovetti, con un'ampia curva si porta in piazza XVIII Dicembre di fronte all'attuale stazione ferroviaria di Porta Susa, prosegue quindi lungo corso Bolzano fino ad una seconda curva che permette l'imbocco di corso Vittorio Emanuele II che viene percorso fino alla stazione di Porta Nuova.

Il lotto 5 è quello che maggiormente si avvicina, in sotterraneo, a strutture pre-esistenti: nella prima metà del tracciato, da corso Francia, fino all'imbocco in corso Vittorio Emanuele II vengono sottopassate, con franchi variabili, le seguenti strutture:

- edifici di civile abitazione in corso Francia angolo corso Inghilterra;
- Passante Ferroviario, Lotto 2, attualmente in fase di realizzazione;
- edifici di via Juvarra angolo via Santarosa;
- parcheggio sotterraneo di corso Bolzano;
- edifici di corso Bolzano angolo corso Vittorio Emanuele;
- gallerie del sistema difensivo della Cittadella.

#### 3.2 Geologia e Geomorfologia

La ricostruzione dell'andamento dei principali livelli litologici riconosciuti è stata realizzata utilizzando informazioni derivanti dalle indagini eseguite appositamente per il progetto e da altre indagini reperite in archivi pubblici e privati.

Sostanzialmente la galleria e le stazioni si svilupperanno attraverso depositi fluvio-glaciali e fluviali Rissiani costituiti da ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa. Localmente sono presenti livelli di ciottoli o sabbie privi di matrice fine e blocchi. La continuità laterale di questi livelli è altamente discontinua e variabile.

Più dettagliatamente l'opera si troverà ad attraversare depositi ghiaiosi con ciottoli e sabbie in matrice limosa, caratterizzati da livelli con cementazione variabile da assente ad elevata.

I ciottoli campionati durante l'esecuzione dei sondaggi 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, le dimensioni sono variabili da un minimo di 40-50cm di diametro fino ad 1.2m (zona Passante Ferroviario). Sono inoltre presenti livelli di ciottoli ben addensati e privi di matrice sabbioso limosa fine.

La presenza di concrezioni di calcite e cemento calcareo prevalentemente sulla parte superiore dei ciottoli avvalorà l'interpretazione che vede la cementazione legata al fenomeno della percolazione delle acque di infiltrazione (zona non satura).

### 3.3 Idrogeologia

La situazione idrogeologica relativa al Lotto 5 mostra la profondità della falda superficiale variabile da 22m (Stazione Acaja) a 15.5m (Stazione Porta Nuova) dal piano campagna (situazione relativa al livello massimo registrato nel periodo di monitoraggio febbraio 2000-aprile 2001). La direzione di deflusso sotterraneo, come evidenziato dalla carta delle isopiezometriche relativa alla campagna di misure febbraio-marzo 2000, è orientata da NO a SE (N100E) e mostra un gradiente (calcolato lungo lo sviluppo del tracciato) variabile tra 0.15% e 0.35%. Dai dati acquisiti durante la campagna geognostica (prove Lefranc a carico costante) e dall'analisi dei dati bibliografici si può attribuire la classe di permeabilità K3-K4, (AFTES, 1992) ai terreni interessati dallo sviluppo del lotto.

Le classi di permeabilità secondo AFTES sono così definite:

K1 <  $10^{-8}$  m/s

K2 da  $10^{-8}$  a  $10^{-6}$  m/s

K3 da  $10^{-6}$  a  $10^{-4}$  m/s

K4 >  $10^{-4}$  m/s

Per quanto riguarda i depositi del Villafranchiano (alternanza di depositi limoso argillosi e livelli di ghiaia e sabbie), si indica come valore di riferimento per i depositi limosi la classe K2 (limite inferiore) con possibile variazione nella classe K1. Dalle prove edometriche realizzate nei pressi della Stazione Porta Nuova, il valore di permeabilità ottenuto è di  $10^{-9}$  m/s.

Data la profondità dell'opera e la quota della falda superficiale, si evidenziano problemi di interferenza tra lo scavo del lotto in esame e il deflusso sotterraneo della falda per tutto lo sviluppo del lotto

La quota di progetto, nel tratto tra la Stazione Acaja e la Stazione Vinzaglio ed, in particolare, tra le progressive 6+880 e 7+610 e tra le progressive 7+845 e 8+135, si mantiene generalmente al di sotto della quota della falda piezometrica rilevata nel periodo di monitoraggio febbraio 2000-febbraio 2001 e anche relativamente al livello misurato nel giugno 1995. Nel tratto compreso tra Stazione Vinzaglio e Stazione Porta Nuova il livello della falda si mantiene alla quota del piano rotabile della galleria.

Un monitoraggio del livello della falda superficiale è stato condotto sui piezometri installati lungo il Lotto 5 con cadenza mensile dal febbraio 2000 fino a aprile 2001. In linea generale si è osservato un innalzamento del livello piezometrico, particolarmente marcato come conseguenza dell'evento pluviometrico eccezionale di inizio ottobre 2000. I dati di oscillazione del livello piezometrico registrati sono stati utilizzati per definire il livello di falda di riferimento per la fase costruttiva (breve termine) e il livello di riferimento progettuale (lungo termine) dell'opera.

La Relazione Geotecnica del Lotto 5 (elaborato MTL1T1A5EGEOGENR002) illustra nel dettaglio i risultati del monitoraggio e i parametri di carico idraulico di riferimento adottati per il dimensionamento dell'opera.



### 3.4 Idrogeochimica

Per quanto riguarda le caratteristiche chimiche dell'acqua della falda, le analisi di laboratorio condotte su due campioni d'acqua prelevati dai piezometri D20 (piazza XVIII Dicembre) e D31 (corso Vittorio Emanuele II angolo piazza Carlo Felice) hanno permesso di determinarne la facies idrogeochimica. L'acqua esaminata è risultata essere bicarbonato-calcica. Il valore di durezza determinato è 30°F (acqua mediamente dura) e il pH assume valori di 7.6.

La conducibilità elettrica misurata nei due campioni porta a classificare l'acqua come medio-minerale (valori di conducibilità attorno a 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) mentre il tenore in cloruri di circa 17 mg/l indica un'acque dolce.

Nella tabella 3.1 sono riportati i risultati delle analisi e, comparativamente, vengono indicate le classi di aggressività nei confronti del calcestruzzo di alcuni parametri chimici.

Tabella 3.1 – Risultati delle analisi in rapporto alle classi di aggressività nei confronti del calcestruzzo

<i>Parametro chimico</i>	<i>Campione</i>		<i>Norma di rif.</i>	<i>Classe di aggressività</i>		
	D20	D31		debole	media	elevata
Ione solfato (mg/l)	105.74	100.65	EN 196-2	200-600	600-3000	3000-6000
PH	7.61	7.67	DIN 4030-2	5.5-6.5	4.5-5.5	4.0-4.5
Ione ammonio (mg/l)	< 50.0	< 50.0	ISO 7150-1/2	15-30	30-60	60-100
Ione magnesio (mg/l)	22.68	23.95	ISO 7980	300-1000	1000-3000	>3000

I risultati completi delle analisi chimiche prelevati nei piezometri D20 e D31 sono forniti in allegato.

Per quanto riguarda la classificazione chimica del corpo idrico sotterraneo, secondo le indicazioni presenti nel decreto legge 11/05/99 n.152, tabella 3 “Definizioni dello stato ambientale per le acque sotterranee” le acque ricadono nella classe “scadente” (impatto antropico rilevante sulla qualità e/o quantità della risorsa). Tale classificazione è dovuta all'elevato valore riscontrato per la concentrazione dei composti organici-alogenati totali (pari a 13,5  $\mu\text{g}/\text{l}$ ).

#### **4. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO**

- D.M. 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" e successive istruzioni;
- Circolare ANAS, relativa al D.M. 11/3/1988;
- Legge Quadro sui Lavori Pubblici n. 109 (Legge Merloni);
- Decreto Legge 11/05/99 n.152 "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento"

## 5. BIBLIOGRAFIA

AFTES: Association Française Travaux en Souterrain, 1992, Working Group n°1.

BONSIGNORE G., BORTOLAMI G., ELTER G., MONTRASIO A., PETRUCCI F., RAGNI U., SACCHI R., STURANI C. E ZANELLA E.: *“Note illustrative della Carta Geologica d’Italia”* fogli 56 e 57 (TorinoVercelli). Servizio Geologico d’Italia, Roma, 1969.

BOTTINO G., CIVITA M.: *“Engineering geological features and mapping of subsurface in the metropolitan area of Turin, North Italy”*. 5<sup>th</sup> International IAEG Congress, Buenos Aires, 1986, pp. 17411753

BORTOLAMI G., DE LUCA D., FILIPPINI G.: *“Le acque sotterranee della pianura di Torino. Aspetti e problemi”*. Provincia di Torino, Assessorato Ecologia, 1990.

FRANCERI E., BORTOLAMI G., RICCI B.: *“Lineamenti geoidrologici della provincia di Torino con riferimento allo stato idrogeochimico delle falde del sottosuolo dell’area ecologico torinese”*. Provincia di Torino – Assessorato Ecologia. Marzo 1980.

**ALLEGATO 1**  
**RISULTATI ANALISI DELLE ACQUE E SCHEDE CENSIMENTO POZZI**