



COMUNI DI FRABOSA SOTTANA E VILLANOVA MONDOVI'
APPROVVIGIONAMENTO IDRICO ACQUEDOTTO A SERVIZIO
DEI COMUNI DI MONDOVI' E VILLANOVA MONDOVI'
OPERE DI CAPTAZIONE SORGENTE SAN MATTEO E
CONDOTTA DI COLLEGAMENTO ALLA RETE ADDUTTRICE

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

ALLEGATO

1.2

RELAZIONE IDRAULICA
E STUDI IDROGEOLOGICI

Il tecnico Incaricato:

Studio Tecnico Dott. Ing. Alberto Fazio

Viale Vittorio Veneto, 33 - 12084 Mondovì (CN)

Tel. 0174/552328

e-mail: alberto@studiofazio.it

Codice:

1265

Scheda:

354

Responsabile Unità Progettazione: Ing. Alberto Fazio

Responsabile dell'attività: Ing. Alberto Fazio

Unità di Progettazione:

File: 1265_Rel_Idraulica

Data:

Maggio 2023

INDICE

1. PREMESSE	pag. 1
2. DIMENSIONAMENTO CONDOTTA DI DISTRIBUZIONE ED ELETTOPOMPE DI SOLLEVAMENTO.....	pag. 2
ALL. 01 Studio idrogeologico della Sorgente di San Matteo (Frabosa Sottana – Cuneo) - Settembre 2018, a firma del Prof. Bartolomeo Vigna;.....	pag. 6
ALL. 02 Studio idrogeologico per la captazione delle Sorgenti di San Matteo (Comune di Frabosa Sottana) - Novembre 2022, a firma dei Prof. Adriano Fiorucci e Bartolomeo Vigna	pag. 34
ALL. 03 Studio idrogeologico per la captazione delle Sorgenti di San Matteo (Comune di Frabosa Sottana): profondità e dimensionamento dei pozzi da realizzare - Febbraio 2023, a firma dei Prof. Adriano Fiorucci e Bartolomeo Vigna.....	pag. 48

1) **PREMESSE**

Da molti anni il Politecnico di Torino monitora la sorgente San Matteo.

Si richiamano i documenti redatti per Mondo Acqua S.p.A., allegati in calce:

- 1) **Studio idrogeologico della Sorgente di San Matteo (Frabosa Sottana – Cuneo)**, con misure di portata ed analisi chimico-fisico delle acque, del Settembre 2020, a firma del Prof. Bartolomeo Vigna;
- 2) **Studio idrogeologico per la captazione delle Sorgenti di San Matteo (Comune di Frabosa Sottana)** a seguito della realizzazione del pozzo esplorativo e delle prove di pompaggio eseguite, del Novembre 2022, a firma dei Prof. Adriano Fiorucci e Bartolomeo Vigna;
- 3) **Studio idrogeologico per la captazione delle Sorgenti di San Matteo (Comune di Frabosa Sottana): profondità e dimensionamento dei pozzi da realizzare**, a seguito di indagini geofisiche eseguite da Techgea s.r.l., del Febbraio 2023, a firma dei Prof. Adriano Fiorucci e Bartolomeo Vigna.

Tali studi ed indagini forniscono le seguenti disposizioni progettuali in merito alla portata emungibile ed alle caratteristiche costruttive e dimensionali dei pozzi da realizzare :

portata complessiva emungibile:	120	l/sec
n° pozzi:	3	
portata di esercizio di ogni pozzo:	40	l/sec
posizionamento pozzi:	come da planimetria in fig. 1 dello studio n. 3, con orientamento SO-NE	
distanza tra i pozzi:	20	m
profondità di terebrazione:	20	m
tecnica di perforazione:	a percussione o roto-percussione	
dimensione del tubo camicia:	273 o 323	mm
lunghezza filtro "a ponte":	10	m

2) DIMENSIONAMENTO CONDOTTA DI DISTRIBUZIONE ED ELETTOPOMPE DI SOLLEVAMENTO

Secondo i dati forniti da Mondo Acqua S.p.a., la pressione di esercizio della rete acquedottistica a valle del Nodo A (a quota assoluta circa 519,0 m.s.l.m) nel quale è prevista l'interconnessione, varia da circa 7,0 a 8,4 atm.

Al fine di mantenere le attuali condizioni idrodinamiche in rete, senza creare squilibri, il sistema deve quindi garantire una quota piezometrica nel nodo A variabile da circa 589,0 m.s.l.m. a circa 603,0 m.s.l.m.

Il sistema deve quindi essere in grado di sollevare la portata di progetto, con prevalenza idonea al superamento del dislivello geodetico, della soggiacenza di falda e delle perdite di carico in condotta.

Sulla base delle suddette indicazioni, viene sviluppato il dimensionamento della stazione di pompaggio e della condotta di collegamento alla rete adduttrice dell'acquedotto.

Le indagini definiscono in circa 40 litri/sec la portata emungibile a regime da ognuno dei tre pozzi, per un totale di circa 120 litri/sec.

Non sono fornite indicazioni in merito alla soggiacenza della falda dal piano campagna nel sito di terebrazione dei pozzi, presso il nodo N (a quota assoluta circa 513,1 m.s.l.m), alla portata di esercizio-regime.

Sulla base delle prove di pompaggio allegate alla relazione del Novembre 2022, che indicano la soggiacenza della falda indisturbata a circa 55 cm dal piano campagna e registrano abbassamenti di falda nel pozzo esplorativo di circa 1,0 m alla portata emunta di 45 l/sec, si adotta quale parametro progettuale una soggiacenza della falda in esercizio pari a circa 8,0 m.

Condotta in pressione tratta N-M-L-I-H-G-F-E-D-C-B-A

La pressione massima in condotta in condizioni statiche (con carico dal serbatoio in loc. Dho a quota circa 620 m.s.l.m.) si calcola pari a pari a circa 11,2 atm nel tratto in attraversamento al Torrente Ellero presso il nodo G (a quota assoluta circa 508,00 m.s.l.m).

Per il dimensionamento della tubazione si assumono i seguenti parametri di riferimento:

- ✓ velocità minima in condotta non inferiore a 0,4 m/s;
- ✓ velocità massima non superiore a 2,0 m/s.

Per la determinazione dei parametri di deflusso nella condotta premente si utilizza la formula di Chezy

per tubazioni in pressione:

Si prevede l'utilizzo di tubazioni in ACCIAIO con rivestimento interno in resine epossidiche, di diametro interno DN 300 mm, che soddisfa le seguenti verifiche:

alla portata minima con n. 1 elettropompa in funzione – Q = 40 l/sec

Materiale	ACCIAIO
DN	300 mm
Di	300 mm
coeff. scabrezza	105 m ^{1/3} /sec
L	750 m
Q	40,0 l/sec
i	0,9 m/km
DH	0,7 m
v	0,57 m/sec

alla portata media con n. 2 elettropompe in funzione – Q = 80 l/sec

Materiale	ACCIAIO
DN	300 mm
Di	300 mm
coeff. scabrezza	105 m ^{1/3} /sec
L	750 m
Q	80,0 l/sec
i	3,7 m/km
DH	2,7 m
v	1,13 m/sec

alla portata massima con n. 3 elettropompe in funzione – Q = 120 l/sec

Materiale	ACCIAIO
DN	300 mm
Di	300 mm
coeff. scabrezza	105 m ^{1/3} /sec
L	750 m
Q	120,0 l/sec
i	8,2 m/km
DH	6,2 m
v	1,70 m/sec

Elettropompe

**Per garantire la piezometrica minima nel nodo A pari a circa 589,0 m.s.l.m.
alla portata massima con n. 3 elettropompe in funzione – Q = 120 l/sec**

Quota terreno presso pozzi:	513 m.s.l.m.
Quota piezometrica minima presso il nodo A	589 m.s.l.m.
<u>Dislivello geodetico:</u>	<u>76 m</u>
<u>Soggiacenza di falda:</u>	<u>8 m</u>
<u>Perdite di carico in condotta:</u>	<u>6 m</u>

<u>Prevalenza minima elettropompe sommerse:</u>	<u>90 m</u>

**Per garantire la piezometrica massima nel nodo A pari a circa 603,0 m.s.l.m.
alla portata massima con n. 3 elettropompe in funzione – Q = 120 l/sec**

Quota terreno presso pozzi:	513 m.s.l.m.
Quota piezometrica massima presso il nodo A	603 m.s.l.m.
<u>Dislivello geodetico:</u>	<u>90 m</u>
<u>Soggiacenza di falda:</u>	<u>8 m</u>
<u>Perdite di carico in condotta:</u>	<u>6 m</u>

<u>Prevalenza minima elettropompe sommerse:</u>	<u>104 m</u>

Considerato che le pressioni di esercizio minime in rete si hanno in concomitanza alle portate fluenti massime, per il mantenimento delle attuali condizioni idrodinamiche in rete, senza creare squilibri, si ritiene congrua l'adozione di elettropompe di portata 40 l/sec e prevalenza 100 m.

Si prevede l'installazione di elettropompe sommergibili Grundfos SP 160-5-A o equivalenti (concordata con l'Ufficio tecnico di Mondo Acqua S.p.A.) aventi le seguenti caratteristiche di targa:

- ✓ portata 40 l/sec;
- ✓ prevalenza 100 m;
- ✓ potenza 55 kW.

L'impianto, con n. 3 elettropompe in funzione, sarà pertanto in grado di addurre alla rete acquedottistica una portata totale pari a circa 120 l/sec.

La fornitura, installazione e messa in esercizio degli impianti di disinfezione, elettrici ed elettronici accessori necessari all'allestimento funzionale del pozzo:

- ✓ *disinfezione (impianto di produzione ipoclorito, pompe dosatrici, ecc.),*
- ✓ *trasformazione MT/BT,*
- ✓ *forza motrice,*
- ✓ *illuminazione,*
- ✓ *messa a terra,*
- ✓ *quadri elettrici,*
- ✓ *dispositivi di avviamento-spegnimento controllati con inverter,*
- ✓ *telecontrollo e automazioni,*
- ✓ *videosorveglianza,*
- ✓ *gruppo elettrogeno di emergenza,*
- ✓ *pressostati nella cabina di manovra e nel nodo B,*
- ✓ *cavi per energia e segnali, di collegamento tra cabina di manovra, pozzi e nodo B,*
- ✓ *progetti e certificati di collaudo degli impianti,*
- ✓ *analisi delle acque,*
- ✓ *indagini idrogeologiche e studi per definizione aree di salvaguardia,*
- ✓ *pratiche autorizzative al prelievo.*

saranno affidati direttamente da Mondo Acqua S.p.A. a ditte specializzate, attingendo dalle somme a disposizione del quadro economico, ed esulano pertanto dai lavori in appalto.

ALL. 01 Studio idrogeologico della Sorgente di San Matteo (Frabosa Sottana – Cuneo) - Settembre 2018, a firma del Prof. Bartolomeo Vigna



POLITECNICO DI TORINO

Studio idrogeologico della Sorgente di San Matteo (Frabosa Sottana – Cuneo)

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

La Sorgente di San Matteo è ubicata nel territorio comunale di Frabosa Sottana, presso la frazione Gosi, ad una quota di 516 m s.l.m., con coordinate geografiche 44°20'02.43"N e 7°46'00.00"E (Fig. 1 e 2). Con il termine di Sorgente di San Matteo si intende descrivere una serie di emergenze ubicate in una zona di pianura del fondovalle del Torrente Ellero (Fig.3) che confluiscono in un unico bacino idrico di una ridotta profondità (circa 0,50-0,70 m) confinato a valle da un muretto di contenimento delle acque sotterranee di circa 0,80 m di altezza (Fig. 4).

Tale opera presenta in destra idrografica una saracinesca collegata con un canale irriguo secondario (Fig. 5), mentre verso valle, attraverso due bocche di larghezza complessiva di 3 metri (Fig. 6) le acque confluiscono in un canale principale, in cemento di 1,20 m di larghezza, che si dirige in direzione Est, verso il Torrente Ellero (Fig. 7). Una terza paratia è ubicata in sinistra idrografica, ad una quota leggermente più bassa rispetto alle altre, probabilmente realizzata per svuotare il piccolo bacino idrico. Queste acque sono utilizzate a scopo irriguo: in parte alimentano due canali secondari, in parte confluiscono nel Torrente Ellero e vengono successivamente captate mediante una traversa fluviale da un consorzio irriguo.

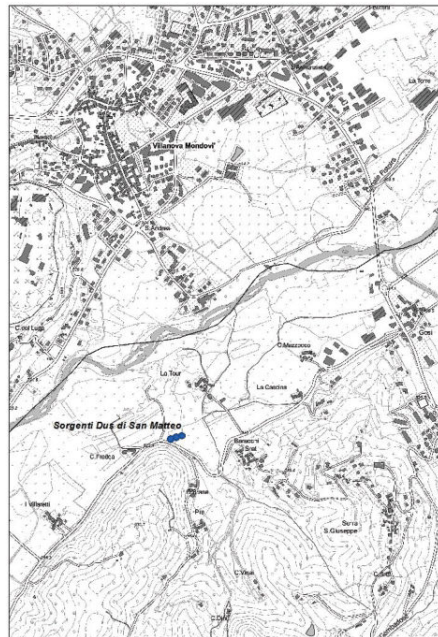


Fig. 1 - Ubicazione su carta CTR della Sorgente di San Matteo

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture



Fig.2 - Ubicazione su immagine di Google Earth della Sorgente di San Matteo



Fig. 3 La principale venuta del fronte sorgivo di San Matteo



Fig. 4 - Il piccolo bacino idrico che raccoglie le acque del fronte sorgivo di San Matteo

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture



Fig. 5 - La paratia sul bacino idrico di un canale secondario



Fig. 6 - Le due bocche a stramazzo che dal bacino idrico convogliano le acque sorgive verso il canale principale



Fig. 7 - Il canale principale che raccoglie la quasi totalità delle acque sorgive

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Inquadramento geologico-strutturale dell'area

L'area in esame ricade, dal punto di vista strutturale, in corrispondenza di tre principali unità tettoniche: le *Unità Brianzonesi*, le *Unità Piemontesi* e le *Unità Terziarie* (da *Guide Geologiche Regionali: Alpi Liguri 1994*, a cura della Società Geologica Italiana). Tali unità affiorano in corrispondenza del settore montuoso dell'area in esame mentre sono ricoperte da una sottile coltre di depositi alluvionali quaternari in corrispondenza del ampio fondovalle del Torrente Ellero.

Le *Unità Brianzonesi* sono costituite principalmente dalle coperture mesozoiche compreso il Verrucano (nell'area in esame sono costituite da quarziti e metaconglomerati). Tali litotipi affiorano nel settore meridionale dell'area in studio.

Le *Unità Piemontesi* presenti nell'area sono essenzialmente due: l'*Unità di Montaldo* costituita principalmente da scisti calcarei e calcari quarzoso-micacei metamorfici noti in letteratura con il termine di *Calcescisti* e l'*Unità di Villanova* formata da dolomie e calcari meso-triassici. La successione calcareo-dolomitica ospita l'acquifero che alimenta la Sorgente di San Matteo.

Le *Unità terziarie* affiorano nella porzione settentrionale dell'area in esame e sono costituite in prevalenza da ghiaie molto grossolane con ciottoli arrotondati immersi in una matrice limoso-sabbiosa.

I depositi alluvionali quaternari sono costituiti in prevalenza da ghiaie grossolane con prevalenza di ciottoli quarzificati ed una matrice sabbiosa. Lo spessore di tali sedimenti è molto variabile, in genere inferiore a 20 metri.

Situazione idrogeologica dell'area

Nell'area in esame si riconoscono dal punto di vista idrogeologico cinque complessi idrogeologici (Fig. 8), individuati attraverso la realizzazione di un dettagliato rilevamento geologico eseguito per tale studio e che ha interessato l'intero settore circostante la sorgente in esame con una estensione di oltre 7 km²:

- *Complesso basale* costituito da metaconglomerati e quarziti permo-triassiche spesso molto laminate e fratturate, appartenenti alle Unità Brianzonesi, caratterizzato da una permeabilità piuttosto ridotta. Affiora nel settore meridionale della zona in studio e viene a contatto con il Complesso calcareo-scistoso. Alimenta alcune sorgenti con una portata molto ridotta ma costante nel tempo (Sorgente di San Maurizio).
- *Complesso dolomitico* costituito da dolomie triassiche, appartenente alle Unità Piemontesi (Unità di Villanova) e caratterizzato da una fratturazione molto fitta e minuta (Fig. 9). Localmente le dolomie presentano anche un certo grado di carsificazione (vedi cavità carsiche di S. Lucia e dei Dossi ubicate sul M. Calvario, a pochi chilometri dall'area in esame). Il grado di permeabilità varia quindi da medio ad elevato. Questo complesso sembra ospitare l'acquifero che alimenta la sorgente di San Matteo. Affiora unicamente su un blando rilievo montuoso a monte della zona sorgiva, presso case Brane ed in una ristretta area sul fondovalle del Torrente Ellero in corrispondenza del ponte che dalla statale Villanova-Roccaforte raggiunge la frazione Viè. Le rocce dolomitiche costituiscono poi l'intero rilievo del Monte Calvario, in sinistra idrografica del T. Ellero. Tale complesso risulta essere coperto dai depositi alluvionali quaternari in corrispondenza del fondovalle principale.
- *Complesso calcareo-scistoso* costituito da calcescisti prevalenti (Fig.10), filladi ed orizzonti di livelli calcarei, appartenenti all'Unità di Montaldo. La permeabilità è quindi

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

piuttosto variabile da media a ridotta. Nel settore meridionale dell'area viene a contatto con il Complesso dolomitico e sembra avere il ruolo di limite di permeabilità che condiziona la circolazione profonda delle acque sotterranee dell'acquifero principale. In tale complesso sono presenti una serie di piccoli circuiti idrici che alimentano una serie di sorgenti con portate relativamente ridotte ma piuttosto costanti (Sorgenti Canale).

- *Complesso ghiaioso-argilloso* costituito da ghiaie molto grossolane immerse in una matrice fine appartenenti alle Unità terziarie e caratterizzate da un grado di permeabilità piuttosto ridotto. Affiora in corrispondenza del rilievo montuoso tra Cascine Baraccini e Serra S. Giuseppe mentre risulta essere coperto dai depositi alluvionali in corrispondenza del fondovalle principale. Tale complesso presenta un ruolo idrogeologico di soglia di permeabilità rispetto al complesso dolomitico favorendo la fuoriuscita delle acque sotterranee in corrispondenza della zona sorgiva di San Matteo.
- *Complesso alluvionale* costituito da ghiaie grossolane con matrice sabbiosa appartenenti ai depositi alluvionali del Quaternario. Affiora in corrispondenza del fondovalle principale del Torrente Ellero, lateralmente confinato dai rilievi montuosi del Monte Calvario (in sinistra idrografica) e di Punta Tamerla (in destra idrografica). La larghezza del fondovalle varia, nell'area in esame, tra 1.000 e 700 m, mentre lo spessore è molto variabile e, sulla base dell'unico dato stratigrafico ricavato dallo scavo di un pozzo, sembra raggiungere uno spessore massimo di circa 25 m. L'alveo attuale del Torrente Ellero è impostato in tali depositi ma in prossimità del ponte per la frazione Viè raggiunge il substrato roccioso costituito dalle dolomie triassiche. Il Complesso alluvionale presenta una permeabilità elevata ed ospita un acquifero libero direttamente alimentato dal principale corso d'acqua. Il livello di falda grossomodo coincide quindi con la quota del Torrente Ellero. Nel periodo estivo in genere le portate dell'Ellero e del suo principale affluente, il Torrente Lurisia, sono ridotte a causa della scarsità delle precipitazioni e dei prelievi ad uso irriguo. In tale stagione l'alveo del corso d'acqua principale è del tutto asciutto a partire alcune decine di metri a valle di una presa a scopo irriguo ubicata subito a valle della confluenza tra i torrenti Lurisia ed Ellero. In tale settore è possibile quindi osservare come le acque superficiali siano del tutto assorbite dalle alluvioni quaternarie e dal substrato dolomitico.

Sulla base dell'assetto geologico-strutturale ed idrogeologico risulta che la sorgente di San Matteo sia alimentata da un acquifero carbonatico impostato in un ammasso roccioso costituito da rocce prevalentemente dolomitiche. Tali rocce, appartengono alla successione basale del Trias dell'Unità di Villanova. La struttura idrogeologica alimentante la sorgente è quindi caratterizzata da una sottile fascia di rocce dolomitiche lateralmente confinata verso sud dai calcescisti appartenenti all'Unità di Montaldo e verso nord da ghiaie in matrice limoso-sabbiosa delle Unità Terziarie, caratterizzate da valori di permeabilità piuttosto ridotta. Questo assetto geologico-strutturale è ben riconoscibile in corrispondenza dei rilievi montuosi presenti in destra idrografica del fondovalle principale del Torrente Ellero, mentre in corrispondenza del fondovalle principale, tale struttura idrogeologica è coperta dalla coltre di depositi alluvionali.

L'alimentazione dell'acquifero carbonatico, in base ad una serie di dati e rilevamenti descritti nei successivi capitoli, risulta essere prevalentemente legata alle perdite in subalveo del Torrente Ellero e dal suo principale affluente, il Torrente Lurisia. Secondaria è, invece, la ricarica legata agli apporti diretti (precipitazioni e fusione nivale) interessanti la porzione affiorante e sepolta dell'acquifero carbonatico.

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

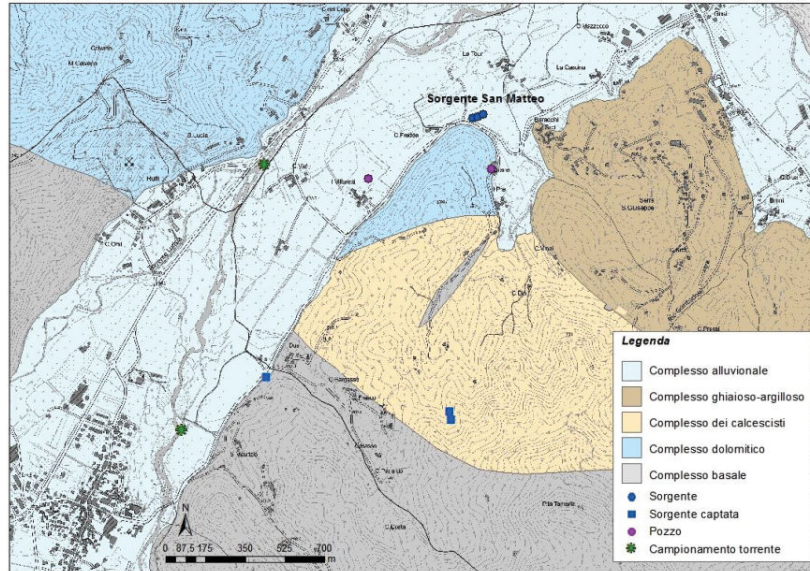


Fig. 8 - Carta dei principali complessi idrogeologici



Fig. 9 - Affioramento delle dolomie triassiche subito a monte del fronte sorgivo

La sorgente può essere classificata come sorgente per **affioramento della superficie piezometrica** di un acquifero carbonatico in pressione essendo ubicata nel complesso alluvionale alimentato dal complesso dolomitico affiorante ad una decina di metri dal fronte sorgivo. La venuta a giorno delle acque sotterranee sembra essere condizionata anche dalla presenza di una soglia di permeabilità legata al contatto tra l'acquifero carbonatico ed il

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Complesso ghiaioso-argilloso caratterizzato da una permeabilità ridotta. Tale situazione non è osservabile in superficie essendo la sorgente sepolta sotto una coltre di depositi alluvionali.

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture



Fig. 10 - Calcescisti intensamente laminati che confinano con il complesso dolomitico

Per caratterizzare il regime idrologico della sorgente sono state eseguite una serie di misure di portata con il mulinello idraulico. Non è stato possibile installare alcuna strumentazione per il monitoraggio in continuo del flusso idrico sia per la mancanza di sezioni di misura adeguate sia per il rischio di furti o danneggiamenti dell'attrezzatura.

Stima degli apporti meteorici

Per valutare l'andamento degli apporti meteorici che interessano l'area in esame sono stati presi in considerazione i dati di temperatura e di precipitazione relativi alla Stazione di Roccaforte Mondovì, dell'ARPA Piemonte (Fig. 11). Essendo la sorgente alimentata prevalentemente dalle perdite del Torrente Ellero, sono stati anche raccolti i dati relativi alla portata di tale corso d'acqua rilevati alla stazione idrologica di Rastello, sempre dell'ARPA Piemonte (Fig. 12). Tale stazione è ubicata alcuni chilometri a monte rispetto alla zona dove sono state individuate le perdite principali, a valle della confluenza tra i torrenti Ellero e Lurisia. In ogni caso l'andamento di questi valori di portata può essere utile per esaminare i rapporti esistenti tra i flussi idrici superficiale e la portata sorgiva. Occorre evidenziare inoltre che il bacino idrografico del Torrente Lurisia si trova ad una quota altimetrica media decisamente più bassa rispetto a quella del Torrente Ellero: gli incrementi di portata del periodo primaverile, prevalentemente condizionate dai processi di fusione nivale, si verificano di conseguenza in anticipo rispetto a quelli del corso d'acqua principale. Sono stati presi in esame i dati di precipitazione e temperatura aria relativi al periodo compreso tra gennaio 2016 e giugno 2018 e delle portate fluviali nell'intervallo di tempo tra gennaio 2016 e dicembre 2017. Le misure della portata sorgiva riguardano invece un periodo più breve compreso tra febbraio 2017 e aprile 2018.

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Come risulta dal grafico di Fig. 11 l'andamento meteorologico annuale è caratterizzato da inverni con precipitazioni prevalentemente nevose, condizionate da temperature sotto lo zero termico nei mesi di dicembre e gennaio, da primavere con precipitazioni liquide piuttosto abbondanti e da periodi estivo-autunnali caratterizzati da precipitazioni molto variabili da un anno all'altro.

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

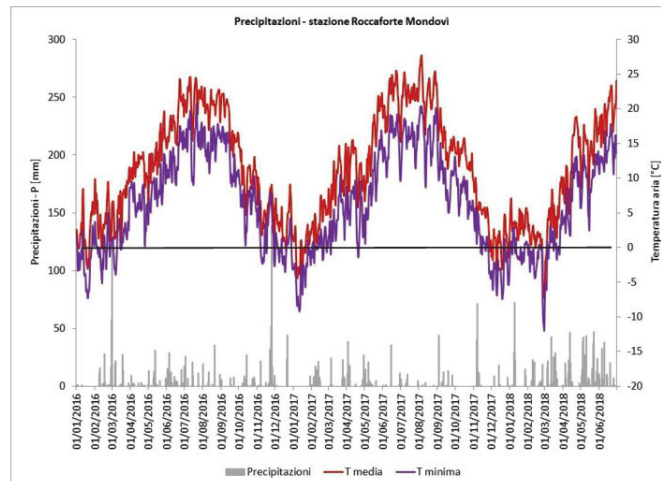


Fig. 11 – Andamento delle temperature medie e minime dell'aria e delle precipitazioni rilevate alla Stazione di Roccaforte Mondovì tra gennaio 2016 e giugno 2018

Nel novembre 2016, per esempio, si sono verificate piogge molto abbondanti con dissesti ed esondazioni in tutta la zona del Piemonte meridionale, mentre nel periodo autunnale del 2017 le precipitazioni sono state molto scarse e quindi con una ricarica dell'acquifero molto ridotta. La stagione invernale 2016-2017 è stata piuttosto asciutta con nevicate solo nei mesi di dicembre e di febbraio. Anche nella successiva stagione primaverile le precipitazioni sono state piuttosto scarse e, nei seguenti mesi estivi ed autunnali, ancora più ridotte. Il 2017, in cui sono state eseguite le misure della portata sorgiva, è stato quindi un anno caratterizzato da apporti decisamente modesti. Soltanto a novembre si sono verificate precipitazioni significative così come nei mesi invernali 2017-2018 caratterizzata da nevicate piuttosto abbondanti. I successivi processi di fusione nivale a partire dal mese di marzo 2018 hanno fornito una ricarica piuttosto importante all'acquifero in esame.

La portata del Torrente Ellero (Fig. 12) è caratterizzata magre invernali piuttosto pronunciate con valori compresi tra $0.16 \text{ m}^3/\text{s}$ del gennaio 2016 e $0.56 \text{ m}^3/\text{s}$ dell'inverno successivo. Verso la fine del mese di febbraio, a causa dell'innalzamento termico e conseguenti fenomeni di fusione nivale, la portata idrica inizia a salire raggiungendo valori dell'ordine dei $5 \text{ m}^3/\text{s}$, con una serie di picchi legati a precipitazioni liquide in genere che si verificano nei mesi di aprile o inizio maggio. Progressivamente il flusso idrico decresce, influenzato ancora dalla presenza di nevai in quota, e in genere raggiunge i valori minimi verso i mesi di settembre ($0.35 \text{ m}^3/\text{s}$ nel 2016) o di fine ottobre ($0.19 \text{ m}^3/\text{s}$ nel 2017). Le piene autunnali sono strettamente legate alla presenza o meno di importanti eventi meteorici come quello di fine novembre del 2016 quando è stato raggiunto

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

un picco di piena di 22 m³/s. Nell'autunno del 2017 il valore massimo registrato è stato di soli 3.02 m³/s verificatosi verso metà dicembre.

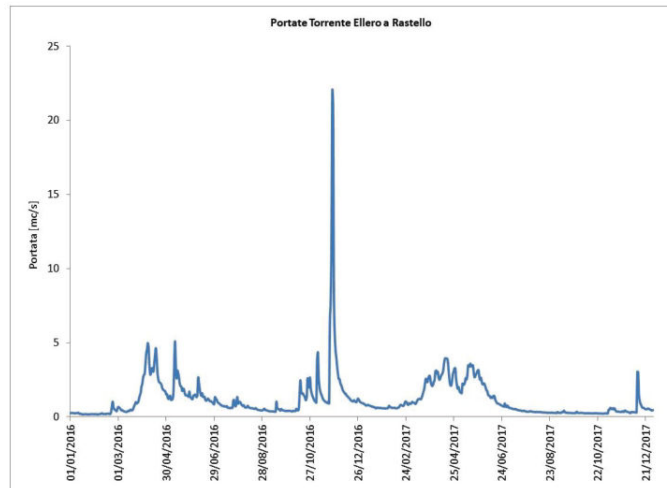


Fig. 12 – Andamento delle portate del Torrente Ellero rilevate alla Stazione Rastello negli anni 2016-2017

Regime idrologico della sorgente e variazioni chimico-fisiche delle acque

Poche decine di metri a valle del bacino di raccolta delle acque delle diverse venute di San Matteo, in una sezione di flusso adeguata del canale principale (Fig. 13), sono state eseguite dieci misure di portata a partire dalla fine del mese di febbraio 2017 fino al mese di aprile 2018. I dati ottenuti sono riportati in Tab. 1.

Tabella 1 – Portate, temperature e conducibilità elettrica della Sorgente di San Matteo

Data misura	Portata [l/s]	Temperatura [°C]	Conducibilità Elettrica a 25°C [µS/cm]
23.02.17	123.65	8.90	221
04.04.17	146.36	9.32	229
12.05.17	125.34	9.65	226
09.06.17	111.10	10.58	227
14.07.17	84.32	11.67	278
29.07.17	73.15	12.46	288
30.08.17	60.49	13.10	316
03.10.17	51.30	13.10	327
14.11.17	72.4	12.29	278
24.04.18	174.78	9.30	204

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture



Fig. 13 - Il canale principale dove sono state eseguite le misure della portata idrica di San Matteo

La portata rilevata nel mese di febbraio 2017 si attesta intorno a 124 l/s ed è ulteriormente aumentata fino a raggiungere 146 l/s nei primi giorni del mese di aprile, raggiungendo il valore massimo misurato nel 2017. Questo incremento è legato all'alimentazione proveniente dai processi di fusione nivale e alle precipitazioni primaverili che hanno interessato il bacino idrografico del torrente principale. I valori di portata del Torrente Ellero evidenziano infatti a partire dalla fine del mese di febbraio un progressivo incremento di portata che raggiunge il valore massimo annuale il 17 aprile (3.9 m³/s). Anche questo dato evidenzia una alimentazione dell'acquifero proveniente da un'area ubicata ad una quota altimetrica decisamente più elevata rispetto a quella della zona sorgiva. Nell'area prossima alla sorgente la temperatura dell'aria è passata sopra lo zero già alla fine del mese di febbraio condizionando la fusione locale dell'ammasso nevoso. Nel mese di maggio la portata sorgiva presenta ancora valori elevati (125 l/s), in accordo con l'andamento del flusso del T. Ellero che a metà mese raggiunge un secondo picco intorno a 2.7 m³/s. A partire dal 15 di maggio la portata inizia progressivamente a scendere raggiungendo, ad inizio ottobre, il valore minimo annuale (51 l/s) legato ad un periodo primaverile-estivo particolarmente asciutto. Tale andamento è sempre in accordo con il deflusso del principale corso d'acqua che in tale periodo raggiunge i valori minimi dell'anno in corso corrispondenti a circa 0.22 m³/s. Nonostante la scarsità degli apporti registrati in tali mesi, la portata sorgiva, pur subendo un decremento di oltre il 50%, si è mantenuta intorno a 50 l/s evidenziando una alimentazione ancora significativa proveniente dalle perdite in subalveo del Torrente Ellero. Un blando incremento della portata sorgiva (72 l/s) e di quella fluviale (0.38 m³/s) viene raggiunta a metà del mese di novembre, in seguito alle piogge di inizio del medesimo mese. Nel periodo primaverile successivo (24 aprile 2018) è stata misurata la portata massima rilevata nel corso dell'intero studio, pari a 174.8 l/s, condizionata dalle elevate portate del corso d'acqua principale legate ai processi di fusione nivale ed alle precipitazioni del periodo primaverile. Purtroppo non sono più a disposizione i dati della portata fluviale.

In occasione del rilevamento delle portate sorgive sono state eseguite, in prossimità della venuta principale, altrettante misure della temperatura e conducibilità elettrica specifica delle acque, oltre i campionamenti e le successive analisi chimiche.

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Nel periodo di osservazione di oltre un anno, la temperatura delle acque sorgive è passata da un valore minimo di 8.90°C, rilevato a febbraio 2017, ad un valore massimo registrato nei mesi estivi (fine agosto ed inizio ottobre) pari a 13.10°C, evidenziando un incremento di ben 4.2°C. Tale variazione decisamente elevata per un acquifero sotterraneo sembra essere legata alla modalità dell'alimentazione condizionata da apporti prevalenti di acque superficiali e soggette alle notevoli variazioni stagionali della temperatura dell'aria.

I valori minimi della conducibilità elettrica specifica, compresi tra 204 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 229 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sono stati misurati nei mesi con le portate idriche maggiori (comprese tra i mesi di febbraio e giugno), mentre in seguito alla riduzione del flusso idrico la conducibilità elettrica ha raggiunto un valore massimo di 327 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (inizio ottobre del 2017) quando è stato rilevato il dato minimo della portata sorgiva. Anche le variazioni nel tempo dei valori della mineralizzazione delle acque, piuttosto elevate (superiori a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$), suggeriscono la presenza di un circuito idrico sotterraneo con velocità di flusso piuttosto elevate.

Altri punti di controllo delle acque sotterranee

Per approfondire le conoscenze della situazione idrogeologica dell'intera area e comprendere meglio le modalità di alimentazione della sorgente di San Matteo, sono stati individuati altri punti d'acqua (sorgenti e pozzi) debitamente esaminati e campionati (Fig. 14).

Nell'area di pianura del fondovalle principale è stato preso in esame un pozzo realizzato ad uso irrigazione denominato "Pozzo Villaretti", ubicato una cinquantina di metri a valle della frazione Villaretti, a quota 533 m s.l.m.. Gli unici dati reperiti di tale pozzo (Fig. 15) riportano la presenza dei depositi alluvionali quaternari fino a 26 metri di profondità dove si incontra il substrato roccioso. Il pozzo è stato spinto fino a 36 m e il documento riporta a 25.90 la presenza di una prima falda acquifera con portata molto ridotta ed un secondo livello acquifero intercettato tra 30 e 30.70 metri di profondità. In tale pozzo sono state eseguite due misure del livello idrico e relativi campionamenti d'acqua. La soggiacenza si attestava a 15.50 m a novembre 2017 (pozzo non utilizzato) e a 15.25 a fine agosto 2018 (pozzo utilizzato nei giorni precedenti), con una quota di livellamento della falda intorno a 518 m s.l.m..

Nella frazione Brane, ubicata circa 200 m di distanza verso monte dalla Sorgente di San Matteo è stato individuato un pozzo (denominato Pozzo Brane), a quota 548 m s.l.m. e scavato ad inizio del 1900, nell'ammasso dolomitico. La soggiacenza a novembre 2017 era intorno ai 7 m di profondità, quindi con una quota dei livelli idrici a 541 m s.l.m..

Proseguendo la strada che porta a questa frazione si raggiungono, dopo 1,5 km, due emergenze captate ad uso idropotabile e denominate Sorgenti Canale, ubicate a quota 670 m s.l.m.. Tali venute idriche sono alimentate da un acquifero impostato in corrispondenza di un orizzonte maggiormente carbonatico del Complesso dei calcescisti. Presentano una portata ridotta, dell'ordine di alcuni l/s.

In prossimità del fondovalle, a quota 560 m s.l.m. presso la frazione Il Dus, è presente la Sorgente San Maurizio, captata ad uso mescita sul posto dal comune di Roccaforte Mondovì. Questa sorgente, con una portata inferiore ad 1 l/s ed un regime molto costante, viene alimentata dal Complesso basale costituito da quarziti micacee molto laminate e fratturate.

Sono stati eseguiti anche due campionamenti delle acque del Torrente Ellero: il primo campionamento (C1) è stato effettuato nel mese di novembre 2017 alcune centinaia di metri a valle del centro abitato di Roccaforte Mondovì ad una quota di 560 m s.l.m., il secondo (C2), a fine agosto 2018, subito dopo la confluenza tra i torrenti Ellero e Lurisia a quota 530 m s.l.m..

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

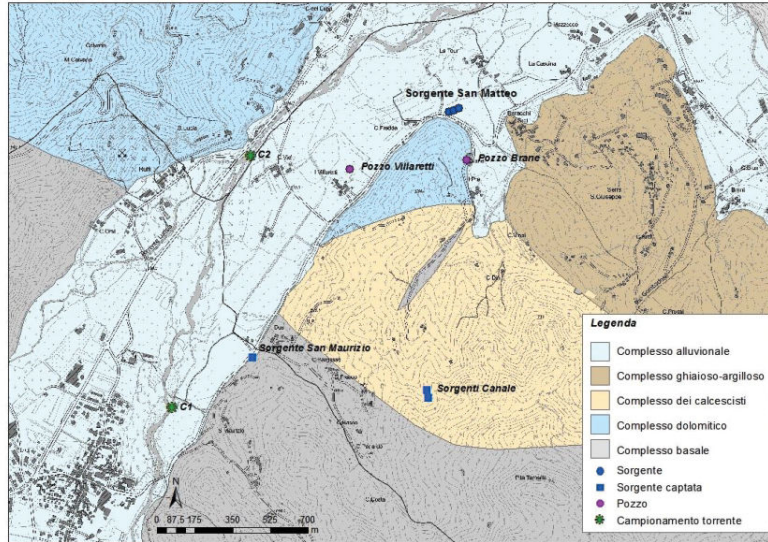


Fig. 14 - Ubicazione dei punti d'acqua presi in esame

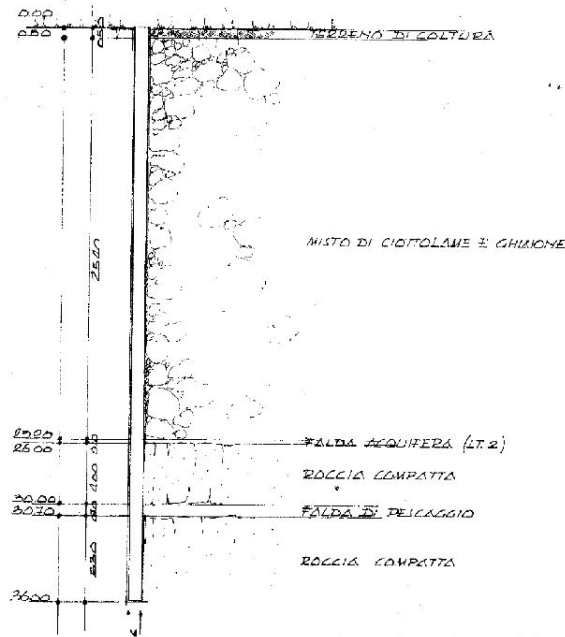


Fig. 15 - Ricostruzione della situazione stratigrafica e idrogeologica del Pozzo Villaretti

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
 Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
 Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
 tel: +39 011 0907616
 e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Caratteristiche geo-morfologiche dell'area sorgiva

Per approfondire le conoscenze nel settore dell'area sorgiva, dove dovrebbe essere realizzata l'opera di captazione, è stato effettuato un rilevamento di dettaglio a scala 1:2.000 (Fig. 16) ed una indagine geofisica attraverso la realizzazione di due profili elettrici.

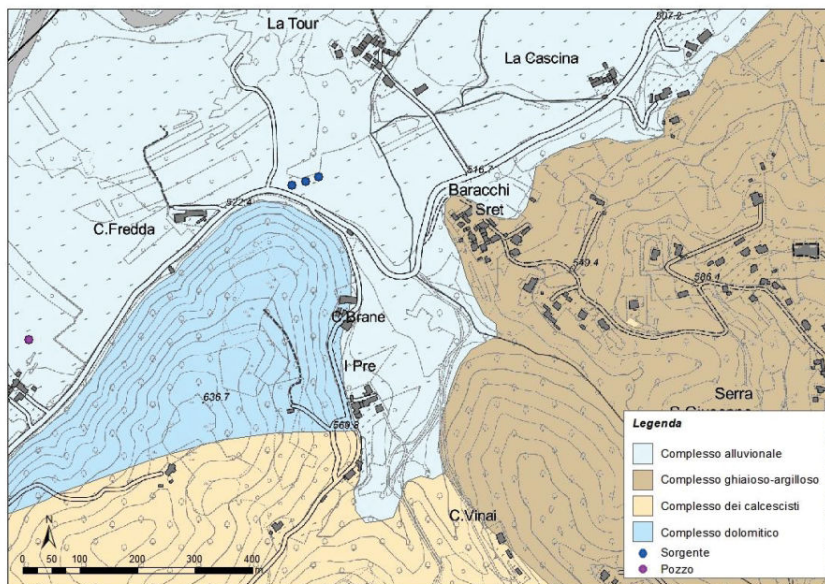


Fig. 16 - Cartografia idrogeologica dell'area prossima alla Sorgente di San Matteo

Rapporto sulle misure di tomografia elettrica effettuate nell'area sorgiva di San Matteo

Acquisizione dati

Le tomografie sono state effettuate in direzione WE (Line 1) e SN (Line2) come riportato in Figura 17. Più in dettaglio, le coordinate di 8 elettrodi per ogni linea sono riportate in Tabella 2.

Le due linee sono state riportate sul DTM a 5 m della Regione Piemonte (Fig. 18) per ricavare una stima dell'altimetria dei vari elettrodi da usare nell'inversione tomografica dei profili (Fig. 19).

Entrambe le tomografie sono state effettuate con stendimenti da 48 elettrodi e distanza interelettrodi di 2 m. Lo strumento utilizzato è stato un georesistivimetro Syscal della IRIS in grado di gestire fino a 72 elettrodi. La sequenza usata è stata una mista Schlumberger-Wenner da 871 misure. La qualità delle misure è stata buona: per entrambe le tomografie oltre il 95% dei dati sono stati ottenuti con una deviazione standard inferiore al 5%.

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

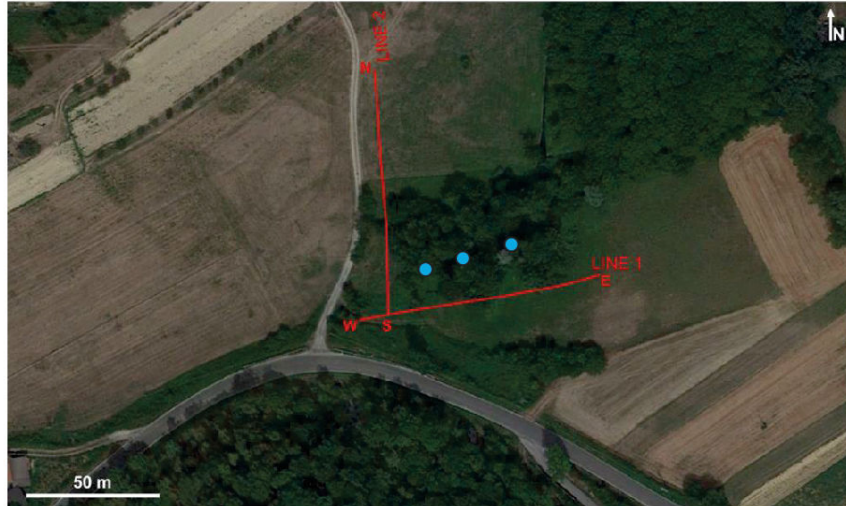


Fig. 17 - Tracce delle due linee di tomografia elettrica (base Google Earth). Con i pallini azzurri sono indicate le principali emergenze della Sorgente di San Matteo

Tabella 2: coordinate dei principali elettrodi utilizzati per i profili geoelettrici

Line 1		Line 2	
Longitudine	Latitudine	Longitudine	Latitudine
7.76640007195706	44.33392041263773	7.766536714100781	44.33393736389652
7.766612328931997	44.33394890396082	7.766536449641405	44.33398400312652
7.766838096627115	44.33397470028749	7.766535584859639	44.33403727562732
7.767090334963534	44.33400260852245	7.76653270777089	44.33410037007333
7.767281219403488	44.33402778473565	7.766527813414832	44.33424932506605
7.767396008503173	44.33404412477888	7.766500204936109	44.3344679010313
7.767556041589137	44.33407649125611	7.766483762175975	44.33466040812293
7.76640007195706	44.33392041263773	7.766469034235028	44.33478226514277

Elaborazione ed inversione

Dopo l'eliminazione dei dati con deviazione standard più alta, i rimanenti sono stati invertiti con 2 diversi software: RES2DINV e Profiler. I risultati delle inversioni sono riportati nelle figure 20 e 21.

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
 Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
 Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
 tel: +39 011 0907616
 e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

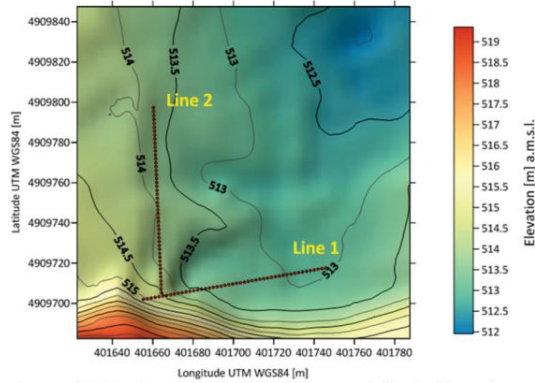


Fig. 18 - Collocazione sul DTM a 5 m della Regione Piemonte delle due linee di tomografia elettrica.

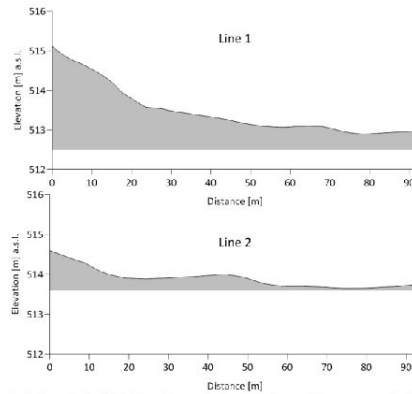


Fig. 19 - Profili altimetrici dedotti dal DTM a 5 m della Regione Piemonte delle due linee tomografiche.

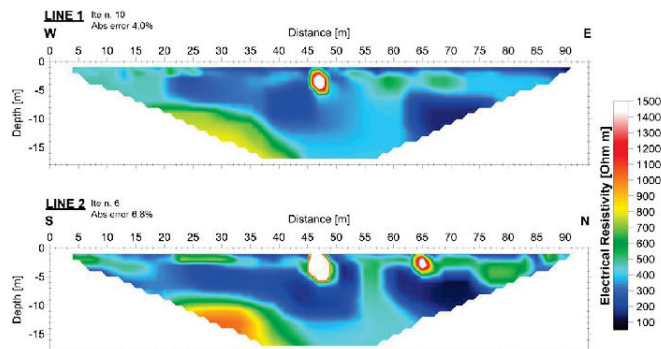


Fig. 20 - Proiezione, su una sezione verticale sotto la linea degli elettrodi, delle resistività risultanti dalla tomografia lungo la linea 1 (alto) e lungo la linea 2 (basso). Risultati ottenuti con il software RES2DINV.

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
 Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
 Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
 tel: +39 011 0907616
 e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

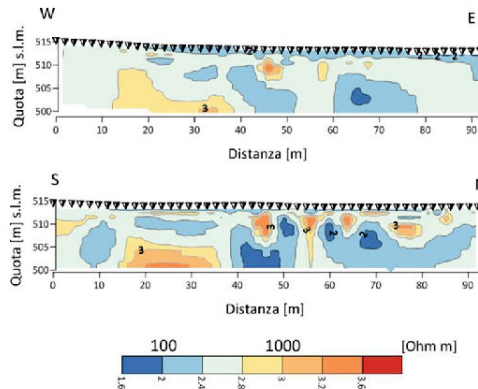


Fig. 21 - Proiezione, su una sezione verticale sotto la linea degli elettrodi, delle resistività risultanti dalla tomografia lungo la linea 1 (alto) e lungo la linea 2 (basso). Risultati ottenuti con il software Profiler. Scala colori rappresentante il Log10 della resistività.

Commenti ai risultati

Con entrambi i software di inversione dei dati si ottengono sostanzialmente le stesse informazioni. Più in particolare:

1. La discrepanza del dato sperimentale rispetto a quello calcolato con il modello interpretativo è, per entrambi i software, di pochi punti percentuali.
2. In profondità, nella prima metà della sezione WE si nota un aumento di resistività più attribuibile ad un effetto laterale (la dolomia non intercetta la sezione verticale sotto lo stendimento elettrodo ma la sua presenza altera comunque il campo elettrico generato).
3. Al centro della sezione WE si vede chiaramente l'anomalia resistiva causata dalle tubazioni che portano alle polle di emersione delle sorgenti.
4. Gran parte della sezione WE presenta valori di resistività inferiori ai 600 Ohm m, incompatibili con un materiale roccioso consistente, ma indicatori, nell'intervallo più alto dei valori (> di 300 ohm m) di granulometrie grossolane.
5. La sezione 2 presenta una maggior quantità di anomalie con resistività comprese tra i 500 ed i 1000 Ohm m. Tuttavia, solo quella in profondità, fino alla progressiva di circa 35 m da Sud, si può attribuire al basamento dolomitico. Le altre, più superficiali sono di difficile spiegazione, tranne quella a circa 65 m da Sud che potrebbe essere dovuta alla fondazione di un palo della luce.

In nessuna delle sezioni si ritiene possa esserci la presenza del basamento dolomitico a profondità inferiori a 5 m.

Le indagini geofisiche evidenziano quindi come in corrispondenza dell'area sorgiva prevalgano i depositi alluvionali con spessori che si riducono verso Sud, dove ad una distanza inferiore ad una ventina di metri affiorano le rocce dolomitiche.

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

Processi geomorfologici

La zona sorgiva è localizzata ad una notevole distanza dal corso d'acqua principale, il T. Ellero e da correvi secondari che possono causare eventuali fenomeni di erosione o di esondazione interessando quindi l'opera di presa (Fig. 16). A monte della sorgente il versante principale è costituito da versanti piuttosto acclivi, ma non interessati da nessun fenomeno di dissesto.

Caratterizzazione chimico-fisica delle acque sorgive e Stato Chimico

Sono stati eseguiti 11 campionamenti delle acque sorgive e relative misure in situ di temperatura e conducibilità elettrica durante la campagna di rilevamento delle portate idriche. I campioni sono poi stati analizzati presso il laboratorio di ricerche idrogeologiche del DIATI, Politecnico di Torino. I risultati delle analisi sono riportati in allegato alla presente relazione.

I parametri analizzati riguardano gli ioni principali (calcio, magnesio, sodio, potassio, cloruri, solfati, bicarbonati e nitrati) utili per la caratterizzazione idrogeochimica delle acque e i metalli pesanti.

Le acque presentano una facies idrogeochimica *bicarbonato-calcico-magnesiaca* tipica di acquiferi impostati in rocce dolomitiche. La conducibilità elettrica specifica a 25°C oscilla tra 226 e 327 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mostrando un progressivo incremento nel tempo correlato alla diminuzione della portata idrica. La durezza totale è compresa tra 10.8 e 14.3 °f (gradi francesi) con un andamento del tutto correlabile alla diminuzione del flusso idrico.

La temperatura dell'acqua alla sorgente varia da 8.90 a 13.10°C con incremento dei valori condizionato dalle portate mostrando una variazione dalla stagione fredda a quella calda di circa 4.2 °C mostrando quindi una non trascurabile variazione nel tempo.

Le acque studiate risultano quindi essere "poco dure" e "mediamente mineralizzate" in base ai dati della durezza totale e della conducibilità elettrica specifica.

I risultati delle analisi sono stati riportati nel Diagramma di Schoeller (Fig. 22) dal quale si nota che la facies idrogeochimica non cambia nel tempo mentre i contenuti di ioni alcalini e cloruri mostrano variazioni nel tempo particolarmente marcate con i primi sempre decisamente maggiori dei secondi.

Degno di attenzione è il tenore dello ione nitrato che è stato rilevato in un range compreso tra 2.30 ÷ 14.78 mg/l, anche se la maggior parte delle misure rientra in un range più contenuto (4.20 ÷ 8.71 mg/l). I valori medi si attestano sui 7.14±3.40 mg/l considerando il range più esteso oppure sui 6.79±1.73 mg/l riferendosi al range più ristretto. Tali valori, benché decisamente al di sotto del limite di potabilità prescritto dal D.Lgs. 31/01 (50 mg/l), testimoniano la presenza di un impatto antropico sebbene contenuto e sostenibile. Gli altri composti azotati, ione ammonio e nitriti, risultano essere sempre inferiori al limite di rilevabilità strumentale.

I dati chimici raccolti delineano una risorsa idrica sotterranea con uno stato chimico in Classe 2 ovvero con "impatto antropico ridotto e sostenibile sul lungo periodo e con buone caratteristiche idrochimiche" (D. Lgs 152/99 – All. 1 – Tabb. 20 e 21). Il grafico riportato nella Fig. 23 evidenzia molto bene che il contenuto di metalli (ferro e manganese per quanto riguarda i parametri di base ma lo stesso si può dire per gli altri metalli e sostanze della Tab 21 del D.Lgs 152/99) è molto ridotto così come quello dello ione ammonio. Osservando il grafico della Fig. 23 si nota che la risorsa idrica in esame ricade nella Classe 2 esclusivamente per il tenore dei nitrati.

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

È stata eseguita un'analisi presso un Laboratorio esterno certificato (Floramo corp. S.r.l. – riportata in allegato) secondo il protocollo desunto dal D.Lgs 31/01 riguardante la potabilità della risorsa idrica in studio. Dai risultati non emerge alcuna criticità riguardo i composti inorganici (metalli pesanti e anioni accessori) e neanche per quelli organici (antiparassitari, composti alogenati, idrocarburi, ecc.) mentre risulta essere compromessa la componente microbiologica essendo presenti: *Coliformi Totali* (40 UFC/100ml), *Enterobatteri* (7 UFC/100ml), *Escherichia Coli* (6 UFC/100ml), *Enterococchi* (4 UFC/100ml), *Numero di Colonie su Agar a 22°C* (>100 UCF/ml) e *Numero di Colonie su Agar a 36°C* (>100 UCF/ml).

Alla luce dei dati ottenuti, le acque della Sorgente San Matteo, pur possedendo uno stato chimico evidenziante buone caratteristiche idrochimiche di base, risultano essere NON potabili a causa del contenuto microbiologico.

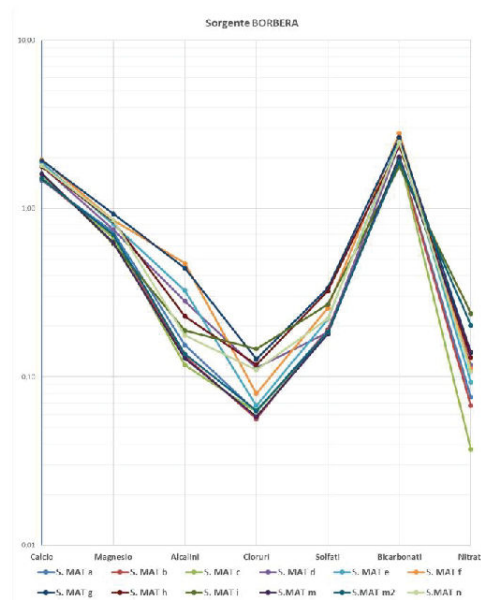


Fig. 22 – Diagramma di Schoeller relativo alle acque della Sorgente San Matteo

Modello concettuale della circolazione idrica sotterranea

Sulla base dei rilevamenti geologici, dei dati meteorologici, delle misure di portata della sorgente e del corso d'acqua principale e delle analisi chimiche delle acque risulta che la circolazione idrica sotterranea è impostata in un acquifero carbonatico caratterizzato da una elevata fratturazione tipica delle dolomie triassiche e con velocità del flusso piuttosto elevata.

I valori di portata della Sorgente San Matteo decisamente elevati, mediamente intorno ai 100 l/s, le marcate variazioni chimico-fisiche delle acque sorgive, i confronti tra il chimismo delle acque dell'Ellero, del pozzo Villaretti che intercetta il substrato roccioso e della sorgente in esame (caratterizzati da facies chimiche molto simili tra loro) suggeriscono un apporto

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

prevalente legato alle perdite del principale corso d'acqua (Fig. 24). Come già descritto nelle pagine precedenti, tale situazione è particolarmente evidente nella stagione estiva quando le portate dei torrenti sono molto ridotte e l'intero flusso idrico superficiale diventa nullo pochi metri a valle della confluenza dei due corsi d'acqua a causa delle perdite in subalveo. In questa zona è inoltre possibile osservare un esiguo affioramento del substrato roccioso carbonatico che sembra assorbire in parte o totalmente le acque del deflusso superficiale.

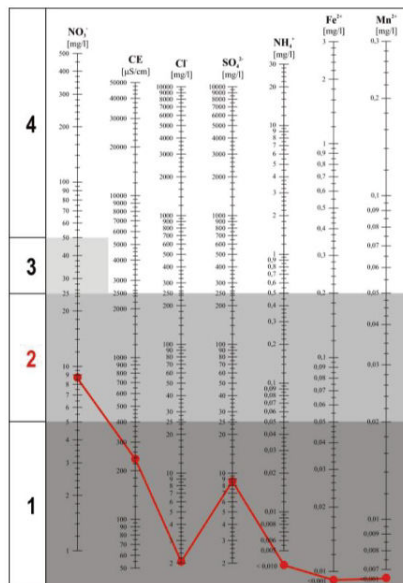


Fig. 23 – Diagramma per la valutazione dello Stato Chimico dei corpi idrici sotterranei (D.Lgs. 152/99)

Sulla base dei rilevamenti topografici effettuati, risulta che la zona dove sono localizzate le principali perdite del Torrente Ellero si trovi ad una quota di circa 530 m s.l.m.. Nel pozzo Villaretto dove è stato intercettato il principale livello acquifero impostato nell'ammasso roccioso, la quota di livellamento idrico è intorno a 518 m s.l.m., mentre la quota della Sorgente di San Matteo è intorno a 516 m s.l.m.. Tali quote sembrano confermare la direzione principale dei flussi idrici sotterranei che, dalla zona delle perdite del corso d'acqua principale, si dirigono verso la sorgente.

Per comprendere meglio le modalità di alimentazione della Sorgente San Matteo sono state campionate e analizzate le acque del Torrente Ellero, dei pozzi Brane e Villaretti e delle Sorgenti Canale e San Maurizio.

In occasione della campagna di misure del 24.04.18 la Sorgente San Matteo è stata campionata in due punti: un primo (S.MAT m) è ubicato nel settore più verso monte del fronte sorgivo (è quello interessato da tutti i prelievi eseguiti), un secondo (S.MAT m2) è costituito da una polla individuata nell'area più a valle, verso l'asse del fondovalle. I risultati delle analisi chimiche eseguite sui due campioni evidenziano una sostanziale uguaglianza delle acque emergenti dai

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

due punti a eccezione del contenuto di nitrati che risulta essere leggermente superiore in S.MAT m2 (Fig. 25)

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

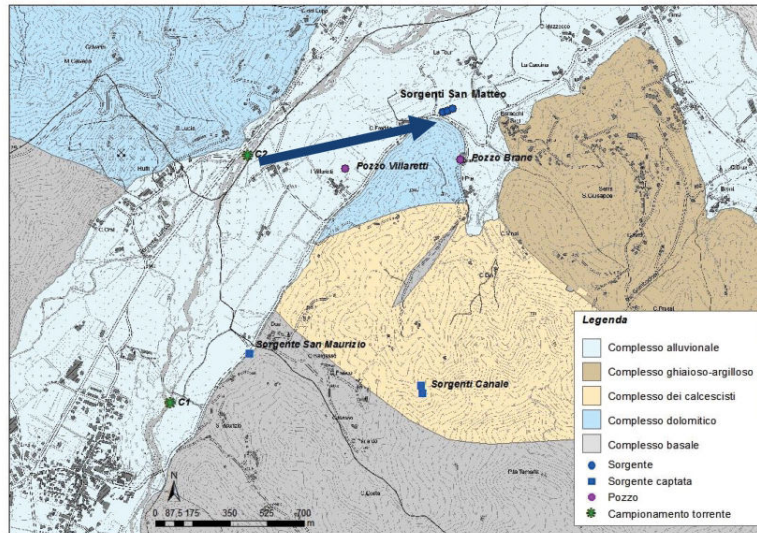


Fig. 24 - Schema della situazione idrogeologica dell'area in studio. La freccia evidenzia il collegamento tra le zone di perdita del Torrente Ellero e la Sorgente di San Matteo

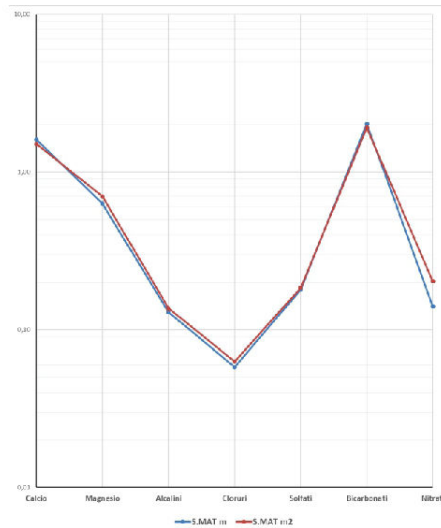


Fig. 25 - Diagramma di Schoeller relativo alla Sorgente S. Matteo campionata in due punti

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
 Politecnico di Torino - Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
 Corso Duca degli Abruzzi, 24 - 10129 Torino Italia
 tel: +39 011 0907616
 e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

Il confronto tra la Sorgente San Matteo, la Sorgente San Maurizio e il Pozzo Brane (Fig. 26) mostra evidenti differenze tra le acque scaturenti da tre diversi complessi idrogeologici. In particolare si può notare che la Sorgente San Maurizio (S.MAU g) presenta una facies idrogeochimica *bicarbonato-calcica* a fronte di quella *bicarbonato-calcico-magnesiaca* di San Matteo e una mineralizzazione decisamente più bassa, così come nettamente più bassi sono i nitrati. Nette disuguaglianze si osservano tra le acque del Pozzo Brane (PZ Brane) e quelle della Sorgente San Matteo. In questo caso le facies idrogeochimiche dominanti sono in entrambi i casi *bicarbonato-calcico-magnesiache* ma nel Pozzo Brane si osserva una facies secondaria *cloruro-alcalina* che, pur essendo di probabile origine antropica, non trova riscontro nelle acque della Sorgente di San Matteo, queste ultime risultano essere, inoltre, decisamente meno mineralizzate.

Anche le acque della Sorgente Canale (S.CANALE), *bicarbonato-calciche* sono molto diverse da quelle di San Matteo (Fig. 27), mentre del tutto identiche sono le acque del Pozzo Villaretti (PZ Villaretti) e quelle della Sorgente San Matteo, queste ultime blandamente meno mineralizzate ma leggermente più ricche di nitrati.

Particolarmente interessanti sono i risultati relativi alle analisi chimiche eseguite sulle acque del Fiume Ellero (ELLERO – Fig. 27). La facies idrogeochimica riscontrata è *bicarbonato-calcica* e la mineralizzazione è decisamente più bassa rispetto a quella riscontrata nella Sorgente di San Matteo, tuttavia il rapporto Bicarbonati/Solfati tra le due acque resta pressoché identico mentre varia quello tra Calcio e Magnesio, decisamente più a favore del Magnesio in San Matteo rispetto che per l'Ellero.

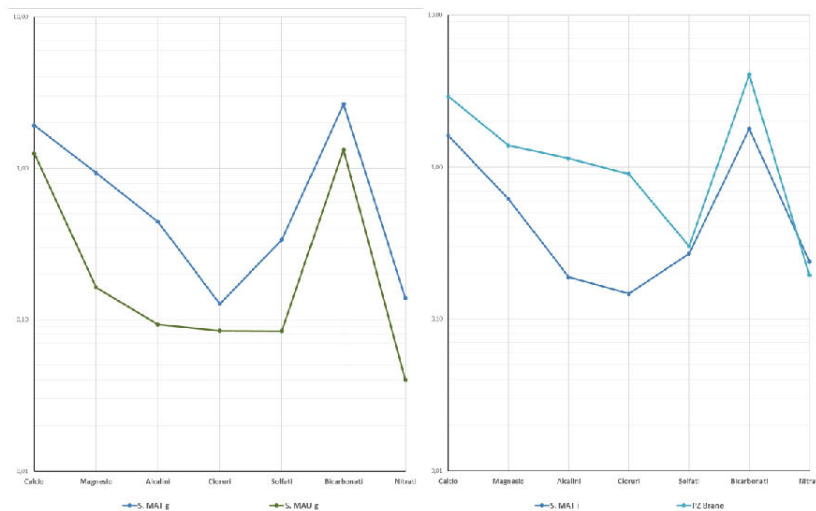


Fig. 26 – Diagramma di Schoeller relativo alla Sorgente S. Matteo, Sorgente S. Maurizio e Pozzo Brane

Da questi dati chimici è possibile ipotizzare un'alimentazione proveniente dalle perdite dell'Ellero verso la Sorgente di San Matteo, considerando una circolazione nell'ammasso dolomitico che potrebbe cedere il magnesio necessario (oltre agli altri ioni) per modificare la

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

facies bicarbonato-calcica delle acque superficiali in quella bicarbonato-calcio-magnesiaca della sorgente.

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

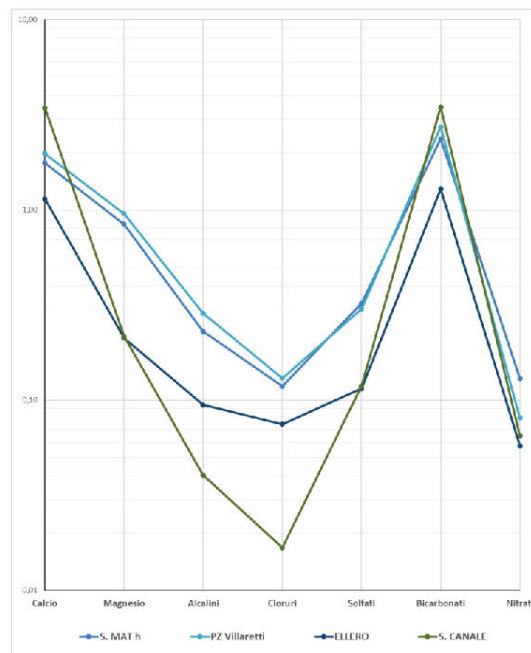


Fig. 27 – Diagramma di Schoeller relativo alla Sorg. S. Matteo, Sorg. Canale, Pozzo Villaretti e Fiume Ellero (campionamento del 14.11.17)

Il campionamento delle acque del Torrente Ellero, del Pozzo Villaretti e della Sorgente San Matteo è stato ripetuto in data 03.09.18. In questo caso, però, le acque del corpo idrico superficiale sono state prelevate subito a valle della confluenza del Torrente Lurisia dove il Torrente Ellero scorre su rocce carbonatiche ed evidenzia cospicue perdite in sub-alveo. Il confronto tra le tre analisi (Fig. 28) mostra una netta correlazione positiva tra le acque superficiali, quelle captate presso il pozzo Villaretti e quelle emergenti alla Sorgente San Matteo. In particolare risulta evidente come le acque meno mineralizzate del Torrente Ellero, infiltrandosi in un ammasso carbonatico, si arricchiscano progressivamente di calcio, magnesio e bicarbonato lungo il percorso sotterraneo che dalla zona delle perdite in alveo, passa per Pozzo Villaretti, e raggiunge infine la Sorgente di San Matteo.

La facies idrogeochimica riscontrata è *bicarbonato-calcico-magnesiaca* identica per i tre punti campionati. Se nel campionamento del 14.11.17 i risultati delle analisi chimiche ottenuti consentivano di ipotizzare un'alimentazione della Sorgente San Matteo da parte di perdite in sub-alveo del Torrente Ellero, i dati relativi al campionamento del 03.09.18 evidenziano nettamente che l'origine delle acque scaturenti dalla Sorgente San Matteo è da attribuirsi essenzialmente ad apporti provenienti dal Torrente Ellero.

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

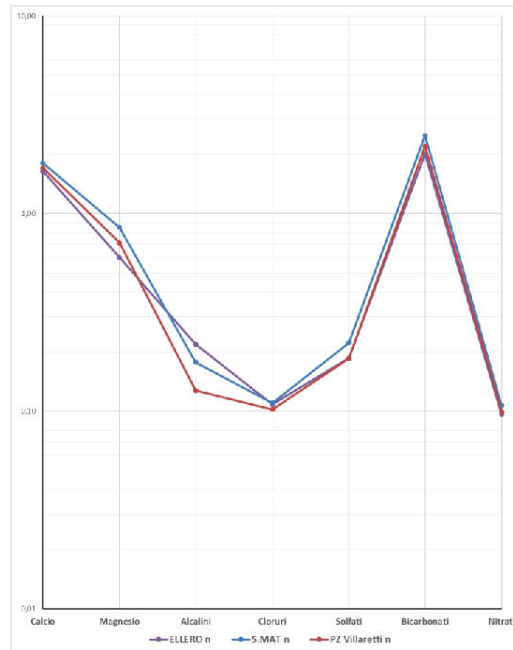


Fig. 28 – Diagramma di Schoeller relativo alla Sorg. S. Matteo, Pozzo Villaretti e Fiume Ellero (campionamento del 03.09.18)

Conclusioni

Lo studio idrogeologico relativo alla Sorgente di San Matteo ha evidenziato l'esistenza di un circuito idrico sotterraneo impostato nelle dolomie triassiche e legato alle perdite in subalveo del Torrente Ellero nel settore prossimo alla confluenza tra questo corso d'acqua ed il Torrente Lurisia (Fig.29 e 30). Tale circuito idrico sembra essere caratterizzato da velocità del flusso sotterraneo abbastanza elevate evidenziate da variazione dei valori della temperatura e del chimismo degli ioni principali delle acque sotterranee piuttosto marcate.

Sulla base dei dati acquisiti risulta che la portata sorgiva presenta, in seguito a lunghi periodi siccitosi, valori dell'ordine di 50 l/s mentre la portata ordinaria supera gli 80 l/s.

I dati chimici raccolti delineano una risorsa idrica sotterranea con uno stato chimico in Classe 2 ovvero con "impatto antropico ridotto e sostenibile sul lungo periodo e con buone caratteristiche idrochimiche".

Dai risultati chimici non emerge alcuna criticità riguardo i composti inorganici (metalli pesanti e anioni accessori) e neanche per quelli organici (antiparassitari, composti alogenati, idrocarburi, ecc.) mentre risulta essere decisamente compromessa la componente microbiologica.

Alla luce dei dati ottenuti, le acque della Sorgente San Matteo, pur possedendo uno stato chimico con buone caratteristiche di base, risultano essere NON potabili a causa del contenuto microbiologico.

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

La realizzazione di una adeguata opera di presa permetterebbe di captare anche in situazioni di magra, un quantitativo superiore ai 50 l/s ma queste acque dovrebbero essere adeguatamente trattate.

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture



Fig. 29 - Il torrente Ellero in situazione di magra prima della confluenza con il T. Lurisia (appena visibile in basso a destra)



Fig. 30 - L'alveo del Torrente Ellero del tutto asciutto a valle della zona di perdita in subalveo

Sulla base del modello idrogeologico ricostruito che evidenzia l'esistenza di circuiti idrici sotterranei piuttosto rapidi occorrerà eseguire ulteriori campionamenti ed analisi chimiche per verificare lo stato chimico delle acque sorgive in differenti condizioni idrodinamiche.

Un eventuale test con traccianti artificiali potrebbe accertare l'esistenza di un collegamento tra le acque superficiali e quelle sorgive e calcolare le velocità del flusso sotterraneo.

Torino, 13 settembre 2018

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

ALLEGATO 1 – Analisi Chimiche

Nome	Data	T [°C]	CE a 25°C [µS/cm]	TH [°f]	TDS [mg/l]
S. MAT a	4-apr-17	8,90	229	10,96	179,21
S. MAT b	12-mag-17	9,32	226	10,85	177,89
S. MAT c	9-giu-17	9,65	227	11,02	179,29
S. MAT d	14-lug-17	10,58	278	12,70	219,16
S. MAT e	29-lug-17	11,67	293	13,38	232,12
S. MAT f	30-ago-17	12,46	321	14,02	254,47
S. MAT g	3-ott-17	13,10	327	14,30	252,69
S. MAT h	14-nov-17	13,10	278	13,04	223,60
S. MAT i	24-gen-18	12,29	249	11,16	186,54
S.MAT m	24-apr-18	9,30	236	11,18	186,17
S.MAT m2	24-apr-18		234	11,02	182,68
S.MAT n	3-set-18		283	13,26	223,54
PZ Villaretti	14-nov-17	10,90	317	14,67	249,63
PZ Villaretti n	3-set-18		253	12,07	198,84
PZ Brane	24-gen-18		562	21,52	413,37
ELLERO	14-nov-17		146	6,77	118,36
ELLERO n	3-set-18		280	11,90	186,20
S. MAU g	3-ott-17		151	7,12	120,05
S. CANALE	1-dic-17	12,30	358	18,32	295,42

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

ALLEGATO 1 – Analisi Chimiche

Nome	Sodio [mg/l]	Potassio [mg/l]	Calcio [mg/l]	Magnesio [mg/l]	Cloruri [mg/l]	Solfati [mg/l]	Bicarbonati [mg/l]	Nitrati [mg/l]
S. MAT a	2,74	1,38	29,36	8,83	2,20	9,10	120,84	4,70
S. MAT b	2,37	1,15	29,89	8,22	2,00	9,20	120,81	4,20
S. MAT c	2,15	0,94	30,75	8,13	2,20	8,80	123,97	2,30
S. MAT d	5,70	1,34	35,81	9,14	4,01	8,82	147,01	7,29
S. MAT e	6,58	1,54	37,39	9,83	2,39	10,55	158,01	5,78
S. MAT f	9,89	1,67	39,09	10,36	2,83	12,31	171,32	6,94
S. MAT g	9,14	1,79	38,59	11,33	4,52	16,16	162,15	8,62
S. MAT h	4,31	1,66	35,37	10,22	4,18	15,50	144,24	8,06
S. MAT i	3,47	1,48	32,31	7,50	5,20	12,91	108,82	14,78
S.MAT m	2,34	1,08	32,15	7,66	2,06	8,63	123,50	8,71
S.MAT m2	2,51	1,07	30,12	8,49	2,23	8,84	116,78	12,59
S.MAT n	3,31	1,28	36,03	10,36	3,90	10,65	223,54	5,99
PZ Villaretti	5,56	1,73	39,61	11,62	4,62	14,52	166,94	4,99
PZ Villaretti n	2,04	1,51	34,06	8,66	3,63	8,88	133,85	6,16
PZ Brane	17,75	14,28	58,47	16,82	31,98	14,43	247,29	12,05
ELLERO	1,56	1,03	22,87	2,58	2,65	5,52	78,53	3,57
ELLERO n	4,36	1,09	32,78	7,29	3,84	8,91	121,87	5,99
S. MAU g	1,99	0,25	25,22	1,99	3,00	4,04	80,92	2,48
S. CANALE	0,74	0,32	69,02	2,63	0,59	5,69	212,40	4,02

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it



POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

ALLEGATO 1 – Analisi Chimiche

Nome	Ammonio [mg/l]	Fluoruri [mg/l]	Bromati [mg/l]	Cloriti [mg/l]	Nitriti [mg/l]	Bromuri [mg/l]	Fosfati [mg/l]
S. MAT a	< d.l.	0,06	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
S. MAT b	< d.l.	0,05	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
S. MAT c	< d.l.	0,05	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
S. MAT d	< d.l.	0,06	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
S. MAT e	< d.l.	0,05	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
S. MAT f	< d.l.	0,05	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
S. MAT g	< d.l.	0,06	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
S. MAT h	< d.l.	0,06	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
S. MAT i	< d.l.	0,06	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
S.MAT m	< d.l.	0,03	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
S.MAT m2	< d.l.	0,05	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
S.MAT n	< d.l.	0,07	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
PZ Villaretti	< d.l.	0,05	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
PZ Villaretti n	< d.l.	0,07	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
PZ Brane	< d.l.	0,12	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
ELLERO	< d.l.	0,05	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
ELLERO n	< d.l.	0,07	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
S. MAU g	< d.l.	0,04	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.
S. CANALE	< d.l.	0,00	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.	< d.l.

Prof. Dott. Bartolomeo Vigna
Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia
tel: +39 011 0907616
e-mail: bartolomeo.vigna@polito.it

**ALL. 02 Studio idrogeologico per la captazione delle
Sorgenti di San Matteo (Comune di Frabosa
Sottana) - Novembre 2022, a firma dei Prof.
Adriano Fiorucci e Bartolomeo Vigna**



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

ADRIANO FIORUCCI
Professore Associato

Studio idrogeologico per la captazione delle sorgenti di San Matteo (Comune di Frabosa Sottana)



Torino, 11 Novembre 2022

Prof. Adriano Fiorucci & Prof. Bartolomeo Vigna



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

ADRIANO FIORUCCI
Professore Associato

Studio idrogeologico per la captazione delle sorgenti di San Matteo (Comune di Frabosa Sottana)

Premessa

Nell'ambito del contratto di ricerca tra la Società Mondo Acqua ed il Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture del Politecnico di Torino, finalizzata allo "Studio della Sorgente di San Matteo per la realizzazione di un'opera di captazione" sono state eseguite una serie di indagini e prove i cui risultati sono riportati nei paragrafi che seguono.

Individuazione delle indagini da eseguire e del sito dove realizzare un pozzo esplorativo

La prima fase dello studio ha riguardato l'individuazione del sito dove realizzare un pozzo esplorativo finalizzato alla raccolta dati relativi all'assetto stratigrafico dell'area ed alle caratteristiche idrogeologiche dei depositi presenti presso la zona sorgiva. È stata così realizzato un primo sopralluogo del sito in località San Matteo con i tecnici della ditta Ocelli, incaricata della realizzazione del pozzo esplorativo, individuando un'area che si poteva raggiungere facilmente con l'attrezzatura di scavo in una zona prossima al fronte sorgivo (Foto 1). La scelta di tale area è ricaduta in un punto ad una distanza di soli due metri dal piccolo bacino di raccolta delle acque sorgive (Foto 2), in quanto si voleva esaminare una porzione non eccessivamente lontana dalle tre bocche sorgive. Purtroppo in questo settore non sono mai stati realizzate indagini approfondite ad eccezione di due tomografie elettriche eseguite nell'ambito di una precedente convenzione finalizzata allo "Studio idrogeologico delle Sorgenti di San Matteo". I risultati di queste indagini non avevano fornito valide informazioni per comprendere la situazione idrogeologica che ha condizionato la presenza di questo importante fronte sorgivo. Si è inoltre deciso di realizzare un pozzo esplorativo e non un piezometro (come impone il regolamento provinciale prima della realizzazione di un pozzo per la captazione di acque sotterranee) che forniva unicamente un dato relativo alla altezza della falda idrica che ovviamente si doveva livellare alla medesima altezza dell'acqua presente nel vicino bacino idrico. Per la progettazione di un adeguato e sicuro sistema di captazione delle acque sotterranee in una zona con una morfologia molto piatta come quella dell'area sorgiva di San Matteo, dove la realizzazione di bottini di presa o di trincee drenanti non è assolutamente consigliata e di difficile realizzazione, occorreva raccogliere informazioni utili riguardanti l'assetto idrogeologico in profondità con particolare riferimento alla produttività dell'acquifero sottostante. Di conseguenza il sistema di captazione più indicato per questa particolare situazione idrogeologica ricade sulla realizzazione di una serie di pozzi. Per la progettazione di tali opere che devono spingersi in profondità occorre avere a disposizione una serie di dati che si possono ricavare unicamente attraverso la realizzazione di un pozzo esplorativo.



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

ADRIANO FIORUCCI
Professore Associato



Foto 1: il piccolo bacino alimentato dalle sorgenti



Foto 2: la zona scelta per la realizzazione del pozzo

Esecuzione del pozzo esplorativo

Il giorno 26 ottobre sono quindi iniziate le operazioni di scavo del pozzo esplorativo (Foto 3) utilizzando la tecnica della roto-percussione con il sistema “martello fondo foro” che si traina una tubazione forellata di diametro 273 mm (Foto 4). Tale tecnica ha il vantaggio di utilizzare l'aria compressa per la risalita del cutting e non il sistema con la circolazione ad acqua (perforazioni a rotazione con circolazione diretta o inversa) che non consente di raccogliere informazioni utili relative alla individuazione di orizzonti acquiferi durante la perforazione. Esaminando il cuttings (Foto 5 e 6) è stato possibile ricostruire anche la situazione stratigrafica illustrata in Figura 1.



Foto 3: il macchinario per lo scavo del pozzo



Foto 4: particolare del “martello fondo foro”



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

ADRIANO FIORUCCI
Professore Associato



Foto 5: i depositi argillosi saturi nei primi metri di scavo Foto 6: le ghiaie grossolane intercettate in profondità

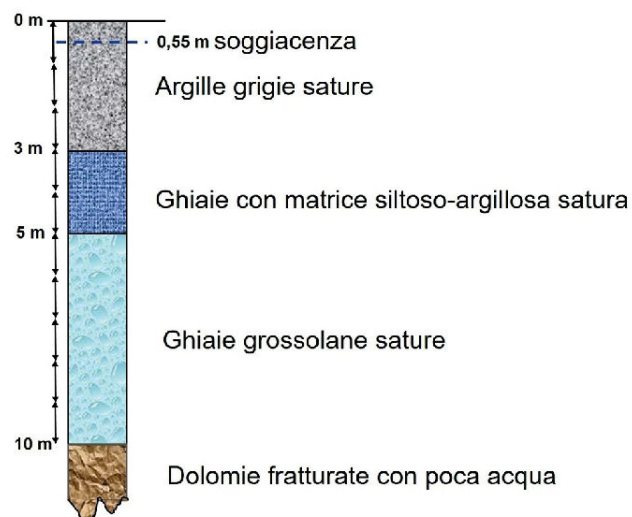


Fig. 1: Stratigrafia del pozzo esplorativo di San Matteo ottenuta dalla osservazione del cuttings

Dopo i primi metri di scavo che hanno intercettato depositi fini totalmente saturi d'acqua è stato individuato, a partire da 3 metri di profondità, un primo orizzonte acquifero poco produttivo con ghiaie e abbondante matrice fine (Foto 7). A partire da 5 m dal piano campagna si è incontrato un livello di ghiaie con abbondante presenza d'acqua (foto 8 e 9) che si spinge fino a 10 metri di profondità dove è stato intercettato il basamento carbonatico costituito da dolomie molto fratturate con poca presenza d'acqua. Alla profondità di 11 metri è stato deciso quindi di



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

ADRIANO FIORUCCI
Professore Associato

interrompere lo scavo. Si è proceduto poi allo spurgo del pozzo con aria in pressione fino a quando l'acqua uscente presentava un ridotto trasporto solido (Foto 10). A completamento del pozzo l'altezza del livello idrico si trovava a 55 cm dal piano campagna.



Foto 7: Intercettazione delle prime zone acquifere



Foto 8: Intercettazione delle ghiaie acquifere



Foto 9: Abbondante presenza d'acqua a 8 m dal p.c.



Foto 10: Lo spurgo con aria in pressione

Le prove di pompaggio

Il giorno 2 novembre è stata installata nel pozzo una pompa in grado di erogare una portata massima dell'ordine di 60 l/s, sistemato una tubazione per scaricare l'acqua in un fosso a valle e posizionato un contenitore con un volume di 1.000 litri per eseguire il valore della portata erogata con il metodo della misura volumetrica (Foto 11). Nel bacino di raccolta delle acque sorgive è stata piazzata una stadia per misurare gli abbassamenti dei livelli idrici (Foto 12) che potevano verificarsi in seguito al pompaggio delle acque sotterranee.

Il 3 novembre sono state eseguite una serie di prove di pozzo di breve durata con diverse portate per raccogliere una serie di informazioni relative alla permeabilità ed alla produttività dell'acquifero intercettato (Foto 13).

Attraverso un sondino piezometrico sono stati raccolti i dati degli abbassamenti nel tempo durante le diverse fasi di pompaggio ed in seguito alla chiusura della pompa nel corso delle quattro prove eseguite.



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

ADRIANO FIORUCCI
Professore Associato

Nel bacino idrico che raccoglie le acque sorgive sono state osservati abbassamenti fino a 3 cm in seguito alle prove di pompaggio con i valori più elevati, superiori alla portata di 50 l/s (Foto 14). terminate le prove di pompaggio si è provveduto a sigillare il pozzo installando una chiusura fornita di una apertura di 2 pollici per consentire ulteriori misure dei livelli idrici (Foto 15). Tale pozzo esplorativo potrà essere utilizzato anche come piezometro per eseguire delle più valide prove di pozzo dopo la realizzazione dei pozzi per la captazione delle acque sotterranee del fronte sorgivo di San Matteo.



Foto 11: Il contenitore per le misure di portata



Foto 12: L'asta per misurare i livelli idrici nel bacino



Foto 13: Scarico durante una prova di pompaggio



Foto 14: Abbassamento dei livelli durante il pompaggio



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

ADRIANO FIORUCCI
Professore Associato



Foto 15: La testa del pozzo sigillata con una chiusura fornita di un foro per le misure dei livelli idrici

Risultati della prova di pompaggio

La prova di pompaggio ha fornito risultati che evidenziano una buona permeabilità dell'acquifero interessato. Tale caratteristica si evince essenzialmente dai rapidi tempi di recupero del livello statico dopo l'interruzione del pompaggio per tutte le portate utilizzate nella prova.

Le prove sono state eseguite con portate di: 38 l/s, 45 l/s, 52 l/s e 58 l/s. Gli abbassamenti registrati sono riportati nella Tabella 1

Tabella 1 – Abbassamenti registrati durante le prove

Portata Q [l/s]	Abbassamento s [m]
38	0,53
45	1,01
52	1,04 (0,86)
58	1,1 (0,86)

Nelle prove con portata di 38 e 45 l/s, si ha un consueto aumento dell'abbassamento con la portata, in particolare si nota che l'abbassamento quasi raddoppia a fronte di un incremento di portata di circa il 15%.

Nella prova con portata di 38 l/s (Fig. 2) il livello dinamico costante si raggiunge in 1 min e, dal fermo pompa, sono stati necessari 2 min per recuperare la quasi totalità (99%) dell'abbassamento.

Nella prova con portata di 45 l/s (Fig. 3) si registra il raggiungimento di un primo livello dinamico costante con un abbassamento di 0,94 m che, tra il 5° e 13° minuto di pompaggio si porta a 1,00 m per stabilizzarsi a 1,01 m. Questa diminuzione brusca del livello dinamico può essere dovuta a un minimo aumento, non apprezzabile, della portata della pompa utilizzata nella prova. Tuttavia il comportamento del sistema acquifero rilevato nella prova a 45 l/s, è del tutto congruo con quello osservato nella prova a 38 l/s.



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

ADRIANO FIORUCCI
Professore Associato

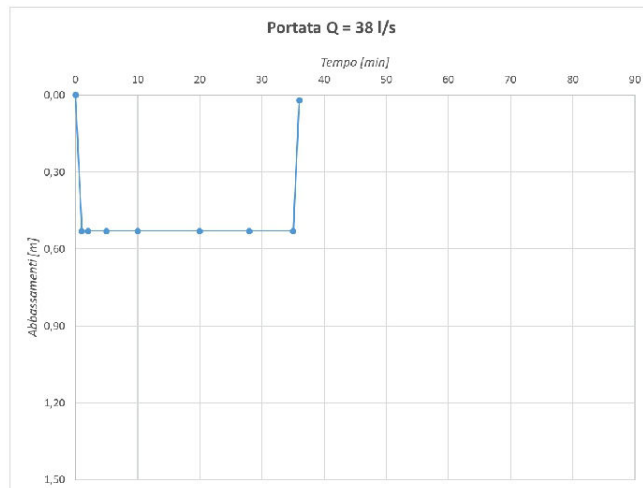


Fig. 2 – Grafico Tempo/Abbassamenti per la prova a portata Q = 38 l/s

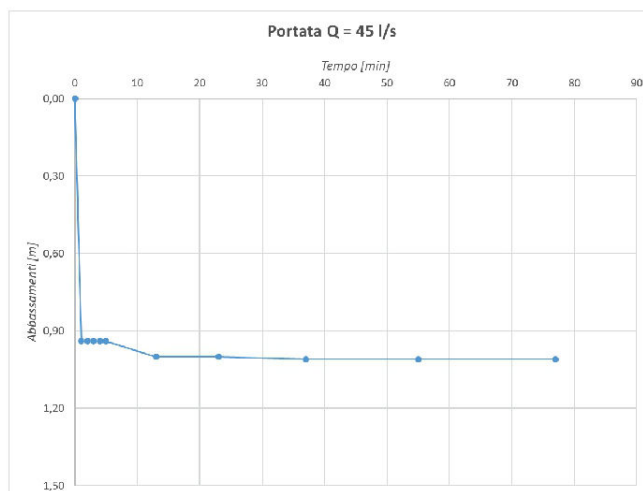


Fig. 3 – Grafico Tempo/Abbassamenti per la prova a portata Q = 45 l/s



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

ADRIANO FIORUCCI
Professore Associato

Nelle prove eseguite a 52 e 58 l/s (Figg. 4 e 5) si osservano le anomale risalite del livello dinamico (diminuzioni degli abbassamenti). In entrambe le prove i livelli dinamici sembrano stabilizzarsi con un abbassamento di 0,86 m che è maggiore per la prova a 38 l/s e minore per quella a 45 l/s.

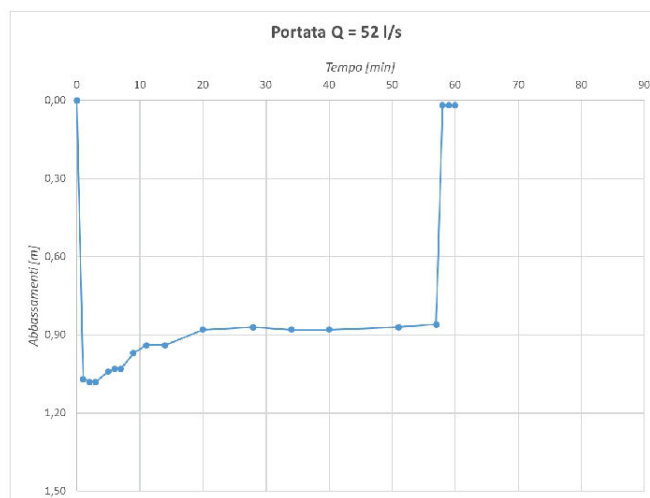


Fig. 4 – Grafico Tempo/Abbassamenti per la prova a portata Q = 52 l/s

Nella prova a 52 l/s l'anomalo aumento del livello dinamico si registra tra il 3° e 4° minuto mentre nella prova a 58 l/s l'anomalia si registra dalla fine del primo minuto di pompaggio.

L'andamento dell'aumento del livello dinamico durante la prova con portata di 52 l/s è interrotto da brevissimi tratti a livello costante mentre nell'ultima prova l'incremento dei livelli dinamici è praticamente ininterrotto fino alla quasi stabilizzazione.

L'anomalia riscontrata durante le prove con portate di 52 e 58 l/s può essere dovuta all'intercettazione, da parte del cono di depressione indotto dal pompaggio, di settori a permeabilità più elevata o corpi idrici superficiali, ipotesi più probabile vista la presenza del bacino di raccolta delle acque sorgive a poca distanza dall'ubicazione del pozzo che ha mostrato abbassamenti dei livelli idrici durante le prove a portate maggiori.

L'interazione con acque superficiali durante l'esercizio del pozzo aumenta la vulnerabilità della risorsa idrica estratta e rende più onerosa la gestione delle aree di tutela e protezione dell'opera di captazione.

Dai dati ottenuti si può quindi ragionevolmente considerare come portata di esercizio dei singoli pozzi un valore di 40 l/s evitando con accortezza di superare i 45 l/s.



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

ADRIANO FIORUCCI
Professore Associato

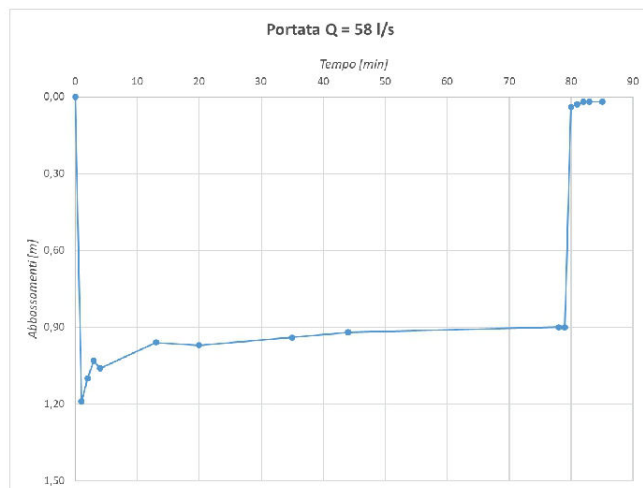


Fig. 5 – Grafico Tempo/Abbassamenti per la prova a portata $Q = 58 \text{ l/s}$

Conclusioni

Sulla base dei dati stratigrafici ed idrogeologici raccolti durante lo scavo del pozzo esplorativo e delle prove di emungimento di breve durata eseguite, è possibile progettare in via di massima la disposizione e la profondità dei pozzi da realizzare presso la Sorgente di San Matteo per il prelievo delle acque sorgive. L'area dove dovrebbero essere realizzati i pozzi viene indicata ad una distanza di circa 35-40 m dal bacino che raccoglie le acque delle tre emergenze principali (Fig.6). La posizione dei pozzi dovrebbe seguire la medesima direzione del bacino idrico, quindi seguendo una direzione SO-NE. Dovrebbero essere realizzati 3 pozzi che raggiungono una profondità dell'ordine dei 20-25 metri fino ad intercettare le rocce del basamento carbonatico. Sulla base dei dati idrogeologici raccolti in questo studio sembra che in prossimità del basamento si incontrano ghiaie acquifere con una permeabilità decisamente elevata. Sulla base dei risultati stratigrafici ed idrogeologici raccolti durante la realizzazione del primo pozzo si potrà indicare con una maggiore precisione le profondità degli altri pozzi. Anche la distanza tra le 3 opere da realizzare, dell'ordine di una ventina di metri tra pozzo-pozzo, verrà indicata con maggiore precisione dopo l'esecuzione di prove di emungimento che dovranno essere realizzate dopo lo scavo del primo pozzo. Durante l'esecuzione di queste prove, che dovranno raggiungere una durata di almeno 24 ore, si utilizzerà il pozzo pilota come piezometro di riferimento per calcolare il raggio di influenza del cono di depressione. I pozzi dovranno essere dotati di "filtro a ponte" di diametro 323 o 273 mm con adeguato prefiltro posizionato negli ultimi 10 metri dello scavo in corrispondenza dei livelli ghiaiosi più permeabili. Al di sopra del prefiltro



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

ADRIANO FIORUCCI
Professore Associato

verrà posizionato un metro di bentonite e poi fino in superficie una adeguata cementazione. I pozzi potranno essere realizzati con differenti tecniche, "a percussione" o con la "roto-percussione". La portata di esercizio di ogni singolo pozzo dovrebbe aggirarsi intorno ai 40 l/s quindi con una portata massima complessiva dell'ordine di 120 l/s. Tale portata sarà condizionata dalla situazione meteorologica annuale e dal regime sorgivo che, come evidenziato nel precedente studio eseguito (Studio idrogeologico della Sorgente di San Matteo (Frabosa Sottana – Cuneo)), non supera i 50 l/s durante i principali periodi di magra. Le aree di salvaguardia delle captazioni dovranno essere dimensionate sulla base delle prove di pompaggio e sui dati relativi alle direzioni del flusso sotterraneo individuate attraverso le misure di livello rilevate nei 3 pozzi e nel pozzo esplorativo. In ogni caso la Zona di Tutela Assoluta (ZTA) dovrà estendersi anche a monte delle 3 principali polle delle Sorgenti di San Matteo interessando l'area prossima alla scarpata stradale (vedi sempre figura 6). Ogni singolo pozzo dovrà essere ospitato in una struttura di adeguate dimensioni per il posizionamento dei quadri elettrici, tubazioni ed attrezzature di controllo. Nella realizzazione di tali strutture occorrerà rivolgere particolare attenzione alle fondazioni essendo presenti in superficie depositi fini (argille e limi) con caratteristiche geomeccaniche decisamente scadenti.

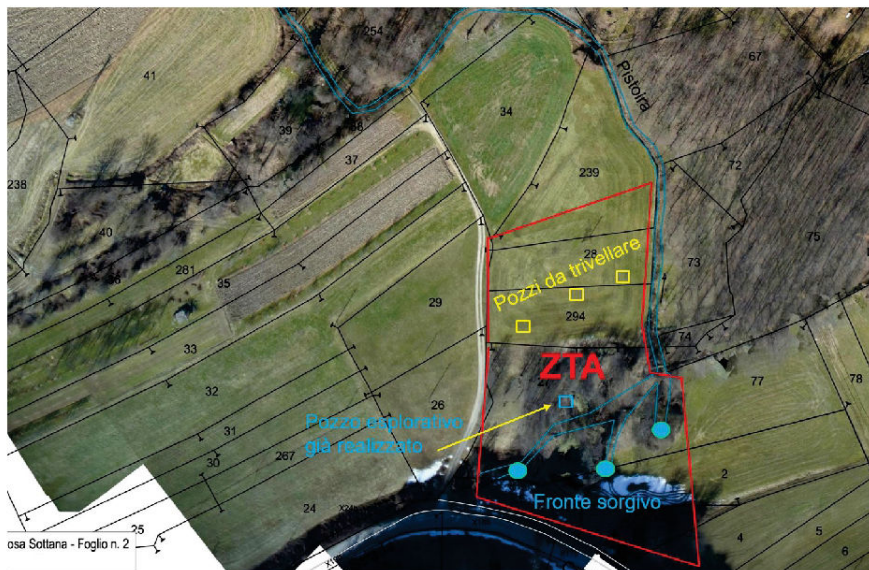


Fig. 6: Ubicazione dei 3 pozzi da realizzare, del pozzo esplorativo già presente ed una indicazione di massima della Zona di Tutela Assoluta



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

ADRIANO FIORUCCI
Professore Associato

Torino, 11 novembre 2022

Prof. Bartolomeo Vigna

Prof. Adriano Fiorucci

ALL. 03 Studio idrogeologico per la captazione delle Sorgenti di San Matteo (Comune di Frabosa Sottana): profondità e dimensionamento dei pozzi da realizzare - Febbraio 2023, a firma dei Prof. Adriano Fiorucci e Bartolomeo Vigna



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

ADRIANO FIORUCCI
Professore Associato

Studio idrogeologico per la captazione delle sorgenti di San Matteo (Comune di Frabosa Sottana): profondità e dimensionamento dei pozzi da realizzare



Torino, 15 febbraio 2023

Prof. Adriano Fiorucci & Prof. Bartolomeo Vigna

Politecnico di Torino – Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 - Torino, Italia
Tel. 011 090 7713 - 3667878408
adriano.fiorucci@polito.it - www.polito.it



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

ADRIANO FIORUCCI
Professore Associato

Studio idrogeologico per la captazione delle sorgenti di San Matteo (Comune di Frabosa Sottana): profondità e dimensionamento dei pozzi da realizzare

Premessa

Nell'ambito del contratto di ricerca tra la Società Mondo Acqua ed il Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture del Politecnico di Torino, finalizzata allo "Studio della Sorgente di San Matteo per la realizzazione di un'opera di captazione" sono stati utilizzati i risultati delle indagini geofisiche eseguite nell'area della futura realizzazione del campo pozzi presso le sorgenti di San Matteo per ubicare e dimensionare le future opere di captazione.

Profondità e dimensionamento dei pozzi da realizzare

Sulla base dei dati delle indagini geofisiche realizzate nell'area a valle del fronte sorgivo di San Matteo e dei risultati ottenuti, esposti nella precedente relazione, è stato possibile progettare, in via di massima, la disposizione e la profondità delle future opere da realizzare. L'area dove dovrebbero essere terebrati i pozzi si trova ad una distanza di circa 35-40 m dal bacino che raccoglie le acque delle tre emergenze principali (Fig. 1). I pozzi dovrebbero essere disposti seguendo la medesima direzione del bacino idrico, quindi lungo una direzione SO-NE. Tali opere dovrebbero raggiungere una profondità dell'ordine dei 20 metri fino ad intercettare le rocce del basamento carbonatico, caratterizzate da una resistività superiore ai 800 – 1000 Ω/m . Sulla base delle indagini geofisiche e dei dati idrogeologici raccolti nello studio precedente, risulta che in prossimità del basamento carbonatico sia presente un livello di ghiaie acquifere caratterizzate da una resistività dell'ordine di 300 – 350 Ω/m ed alimentate dal fronte sorgivo di San Matteo (Fig. 2 e 3). Il primo pozzo (**Pozzo 1**) dovrebbe essere realizzato nella posizione intermedia rispetto al fronte sorgivo (Fig. 1 e 2) e, sulla base dei risultati stratigrafici ed idrogeologici raccolti durante la sua realizzazione, si potrà indicare con una maggiore precisione le profondità degli altri pozzi. Anche la distanza con le altre due perforazioni da realizzare, (**Pozzo 2** e **Pozzo 3** che dovrebbero essere ubicati a circa 20 m dal Pozzo 1), verrà indicata con maggiore precisione dopo l'esecuzione delle prove di emungimento che dovranno essere realizzate in seguito allo scavo e al condizionamento del primo pozzo. Durante l'esecuzione di queste prove, che dovranno durare almeno 24 ore, si utilizzerà il pozzo esplorativo come piezometro di riferimento per calcolare il raggio di influenza del cono di depressione. I pozzi dovranno essere dotati di "filtro a ponte" di diametro 323 o 273 mm con adeguato pre-filtro posizionato negli ultimi 10 metri dello scavo in corrispondenza dei livelli ghiaiosi più permeabili. Al di sopra del prefiltro verrà posizionato un metro di bentonite e poi fino in superficie una adeguata cementazione. I pozzi potranno essere realizzati con differenti tecniche, "a percussione" o con la "roto-percussione". La portata di esercizio di ogni singolo pozzo dovrebbe aggirarsi intorno ai 40 l/s con una portata massima complessiva dei tre pozzi dell'ordine di 120 l/s. Tale portata sarà



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

ADRIANO FIORUCCI
Professore Associato

condizionata dalla situazione meteorologica annuale e dal regime sorgivo che, come evidenziato nel precedente studio eseguito (*Studio idrogeologico della Sorgente di San Matteo (Frabosa Sottana – Cuneo)*), non supera i 50 l/s durante i principali periodi di magra. In tali periodi si dovrà ricorrere in parte all'utilizzo della risorsa proveniente dalle captazioni delle acque emunte in zona Dò di Roccaforte Mondovì. Le aree di salvaguardia delle captazioni dovranno essere dimensionate sulla base delle prove di pompaggio e sui dati relativi alle direzioni del flusso sotterraneo individuate attraverso le misure di livello rilevate nei 3 pozzi e nel pozzo esplorativo. In ogni caso la Zona di Tutela Assoluta (ZTA) dovrà estendersi anche a monte delle 3 principali polle sorgive di San Matteo interessando l'area prossima alla scarpata stradale (Fig. 1). Ogni singolo pozzo dovrà essere ospitato in una struttura di adeguate dimensioni per il posizionamento dei quadri elettrici, tubazioni ed attrezzature di controllo. Nella realizzazione di tali strutture occorrerà rivolgere particolare attenzione alle fondazioni essendo presenti in superficie depositi fini (argille e limi) con caratteristiche geomeccaniche decisamente scadenti.

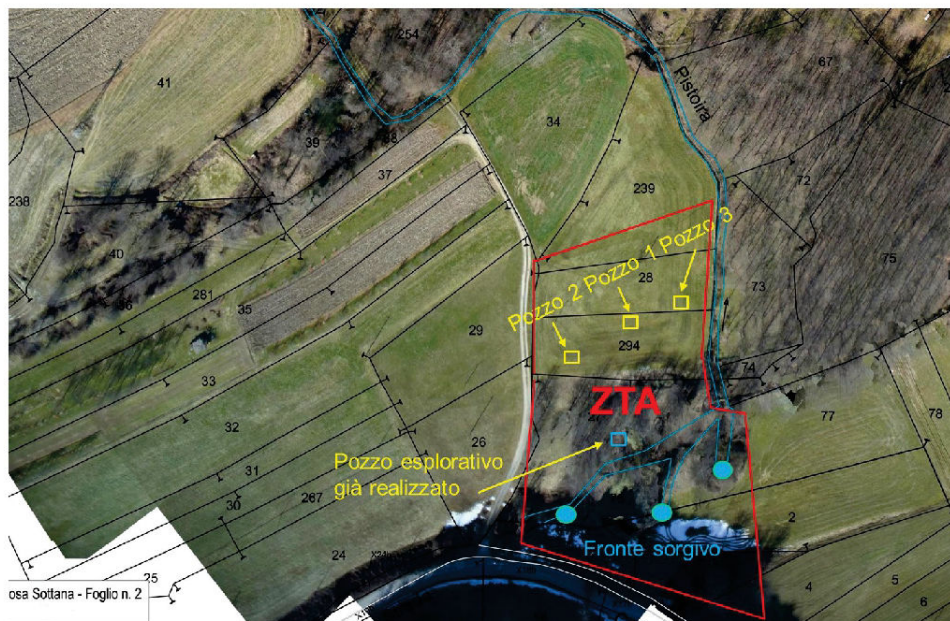


Fig. 1: Ubicazione dei 3 pozzi da realizzare, del pozzo esplorativo già presente ed una indicazione di massima della Zona di Tutela Assoluta



Politecnico di Torino

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

ADRIANO FIORUCCI
 Professore Associato

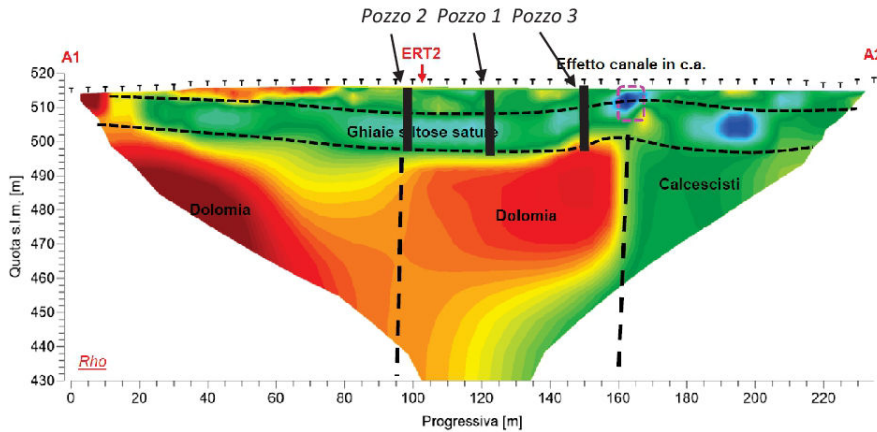


Fig. 2: Ubicazione e profondità dei pozzi da realizzare lungo l'asse SO-NE

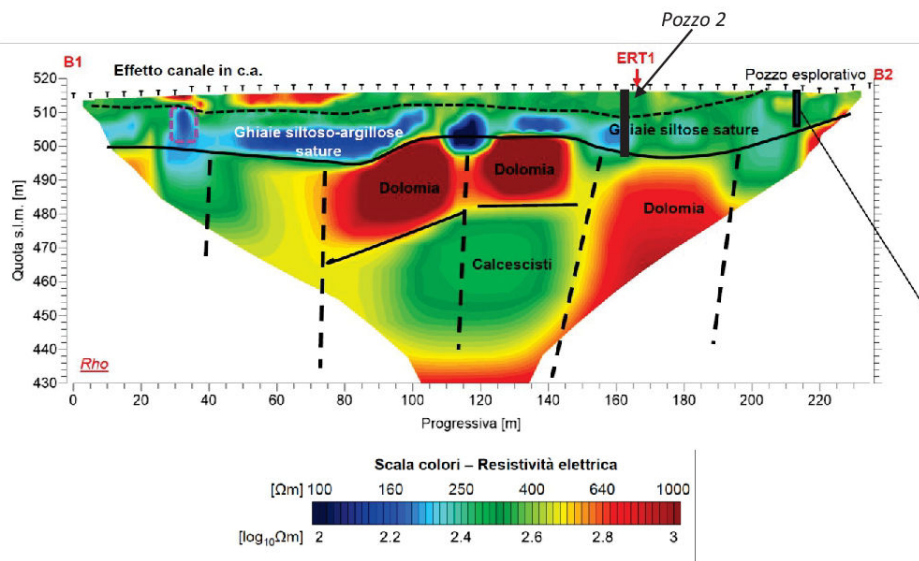


Fig. 3: Ubicazione e profondità del Pozzo 2 lungo l'asse N-S



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture

ADRIANO FIORUCCI
Professore Associato

Torino, 15 febbraio 2023

Prof. Bartolomeo Vigna

Prof. Adriano Fiorucci