



TELENERGIA
ALESSANDRIA  TELERISCALDAMENTO

PROVINCIA DI
ALESSANDRIA
COMUNE DI
ALESSANDRIA

COMPLETAMENTO DEL SISTEMA DI TELERISCALDAMENTO DELLA CITTÀ DI ALESSANDRIA

PROGETTO DELLE OPERE *CENTRALE SUD*

Elaborato GEO V009

POZZI RESTITUZIONE-SCARICO RELAZIONE TECNICA

Codifica elaborato: B1 GEO V009
Versione: A – Emissione: Febbraio 2020
File: B1_GEO_V009.A.PDF



Michele Actis Giorgetto

POZZI RESTITUZIONE-SCARICO RELAZIONE TECNICA

INDICE

1	PREMESSA.....	5
1.1	ASSENZA DI ALTERNATIVE DI RIUTILIZZO O DI SCARICO TECNICAMENTE ED ECONOMICAMENTE REALIZZABILI, ANCHE IN RAPPORTO AI BENEFICI AMBIENTALI CONSEGUIBILI, RISPETTO ALLA REIMMISSIONE NELLA STESSA FALDA	5
1.2	CARTOGRAFIA IN CUI VENGA EVIDENZIATA L'UBICAZIONE DELL'OPERA DI PRELIEVO E DI RESTITUZIONE EVIDENZIANDO CHE ENTRAMBE NON RICADANO ALL'INTERNO DI AREA DI SALVAGUARDIA DI PUNTI DI APPROVVIGIONAMENTO IDROPOTABILE.....	10
1.3	PLANIMETRIA IN SCALA IDONEA NELLA QUALE SIA RIPORTATO L'EDIFICIO OGGETTO DELL'INTERVENTO ED EVIDENZIATA LA CANALIZZAZIONE CHE DAL PRELIEVO PORTA ALL'UTILIZZO E QUELLA CHE DALL'UTILIZZO RIPORTA IN FALDA.....	12
1.4	IPOTESI DI POSIZIONAMENTO DI ALMENO UN PIEZOMETRO DI MONITORAGGIO A VALLE DELLO SCARICO.....	12
	1.4.1 elaborato grafico dell'area interessata in scala opportuna contenente l'ubicazione con relativa sigla identificativa	12
	1.4.2 diametro del rivestimento e descrizione del materiale del rivestimento	13
	1.4.3 posizione della colonna finestrata dalla testa pozzo	13
	1.4.4 profondità di sigillatura dello spazio anulare dalla testa pozzo	13
	1.4.5 quota assoluta s.l.m. del bordo superiore della protezione esterna in posizione aperta 13	
	1.4.6 ricostruzione della piezometria dell'area, eventualmente basata anche sui dati ricavati dalla realizzazione delle opere di monitoraggio, di cui sopra	13
	1.4.7 colonna stratigrafica, profondità della perforazione dalla testa pozzo e relativo diametro 15	
	1.4.8 distanza tra i pozzi di restituzione e il piezometro di monitoraggio	16
	1.4.9 profondità di installazione della sonda multiparametrica. Eventuale collaudo finale dell'opera.....	16
1.5	LA RICOSTRUZIONE DELLA SOGGIACENZA, DELLA PIEZOMETRIA E DEL GRADIENTE IDRAULICO DELLA FALDA OGGETTO DEL PRELIEVO E DELLA REIMMISSIONE NELL'AREA CIRCOSTANTE L'INTERVENTO FINALIZZATA A RICOSTRUIRE IL SISTEMA DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA INDOTTA DAL PRELIEVO E DALLA RESTITUZIONE; DISTRIBUZIONE AREALE DEL PARAMETRO TEMPERATURA MEDIA DELLE ACQUE NELL'ACQUIFERO UTILIZZATO COMPRESIVA DI GRAFICI DELLE VARIAZIONE STAGIONALI	17

1.6	LA RICOSTRUZIONE DELLA STRUTTURA IDROGEOLOGICA INTERESSATA DALLE OPERE IN UN INTORNO SIGNIFICATIVO DELL'AREA DI INTERVENTO, INDICAZIONI RELATIVE ALLA GEOLOGIA SUPERFICIALE, CON SEZIONI IDROGEOLOGICHE SCHEMATICHE ATTE A DEFINIRE, CON BUONA PRECISIONE, LO SPESSORE E LA GEOMETRIA DEL CORPO IDRICO SOTTERRANEO INTERESSATO E INDICAZIONI SUI VALORI DEI PARAMETRI IDRODINAMICI DELLO STESSO ACQUIFERO (GRADIENTE IDRAULICO (I), CONDUCIBILITÀ IDRAULICA (K), TRASMISSIVITÀ (T), COEFFICIENTE DI IMMAGAZZINAMENTO (S), POROSITÀ EFFICACE (NE), TIPOLOGIA IDRAULICA: LIBERO, SEMICONFINATO, CONFINATO); I DATI DI PORTATA SPECIFICA DELLA FALDA UTILIZZATA (LITRI PER METRO DI ABBASSAMENTO)	19
1.7	CENSIMENTO DI POZZI IN UN INTORNO SIGNIFICATIVO A PARTIRE DAL CENTRO DELL'OPERA DESTINATA ALLA RESTITUZIONE IN FALDA CON PARTICOLARE RIFERIMENTO AI POZZI PER APPROVVIGIONAMENTO IDROPOTABILE E AD USO GEOTERMICO.....	24
1.8	CARATTERIZZAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE PRELEVATE ATTRAVERSO ANALISI CHIMICO-FISICA E BATTERIOLOGICA DELLE STESSE E VALUTAZIONE AREALE DEI PRINCIPALI PARAMETRI IDROCHIMICI E DI EVENTUALI CONTAMINANTI PRESENTI IN MANIERA DIFFUSA NELL'INTORNO DELL'INTERVENTO	25
1.9	LA GEOMETRIA E LE CARATTERISTICHE IDRODINAMICHE DEL CORPO RECETTORE	28
1.10	DIMOSTRAZIONE CHE LA LOCALIZZAZIONE DEI PUNTI DI PRELIEVO E DI RESTITUZIONE È TALE DA MINIMIZZARE IL RICICLO DELLE ACQUE, LA FORMAZIONE DI STAGNAZIONE, L'ALTERAZIONE SIGNIFICATIVA DEL PARAMETRO TEMPERATURA CON PRECIPITAZIONE E MESSA IN SOLUZIONE DI SOSTANZE INQUINANTI. A TAL PROPOSITO SI SEGNALE CHE DOVRÀ ESSERE PRIVILEGIATO IL POSIZIONAMENTO DEI POZZI CHE PREVEDA LA DISSIPAZIONE DEGLI EFFETTI IDRODINAMICI E TERMICI DELL'IMPIANTO PREVALENTEMENTE ALL'INTERNO DELL'AREA DI PROPRIETÀ	28
1.11	DESCRIZIONE DELL'EFFETTO DI SOVRAPPPOSIZIONE DEGLI IMPATTI DI EVENTUALI ALTRE AUTORIZZAZIONI DELLA MEDESIMA TIPOLOGIA SUL CORPO IDRICO SOTTERRANEO RICETTORE	28
1.12	VALUTAZIONI E SCHEMATIZZAZIONE DELLE IPOTESI DI MODIFICAZIONI INDOTTE DALLO SCARICO OGGETTO DELL'ISTANZA SULLA MORFOLOGIA DELLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA E SUL CHIMISMO DELLA FALDA INTERESSATA ED EVENTUALI POSSIBILI RICHIAMI DI CONTAMINANTI DA MONTE E LATERALI IN UN INTORNO SIGNIFICATIVO DELL'AREA DI INTERVENTO, TENENDO IN CONSIDERAZIONE LA DISSIPAZIONE DEGLI EFFETTI IDRODINAMICI E TERMICI DELLA REIMMISSIONE	28
1.13	INDICAZIONE DELLA TEMPERATURA MASSIMA DI PROGETTO DELL'ACQUA REFLUA (SCARICO). INOLTRE, IN BASE AL CICLO DI FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE E DELLE CONDIZIONI A CONTOURNO, DOVRANNO ESSERE IPOTIZZATE LE ORE DI FUNZIONAMENTO GIORNALIERE E MENSILI, LE MEDIE GIORNALIERE E MENSILI DELLA TEMPERATURA E DELLA PORTATA DELL'ACQUA REFLUA SCARICATA	31
2	SIMULAZIONE PRELIMINARE DI FLUSSO E PROPAGAZIONE DI CALORE CON PRELIEVO E SCARICO IN FALDA (MODELLIZZAZIONE ALLE DIFFERENZE FINITE)	33
2.1	INTRODUZIONE: MODELLO DI FLUSSO E TRASPORTO	33
2.2	DESCRIZIONE DEL MODELLO UTILIZZATO: IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO DI FLUSSO E TRASPORTO	34
2.3	SVILUPPO DEL MODELLO DI FLUSSO E TRASPORTO SITO SPECIFICO	35
2.3.1	PROPRIETÀ FISICHE - IDROGEOLOGICHE	35
2.3.2	CONDIZIONI AL CONTOURNO (<i>BOUNDARY CONDITIONS</i>)	36
2.3.3	PUNTI DI MONITORAGGIO	38

2.3.4	Tempi di simulazione e tempistiche di esercizio del pompaggio.....	39
2.4	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	39
2.5	DIMOSTRAZIONE DELL'ASSENZA DI INTERFERENZE TRA LA REIMMISSIONE E LE STRUTTURE EDILIZIE LIMITROFE, LE EVENTUALI RIPERCUSSIONI, SOPRATTUTTO A LUNGO TERMINE, SUL MOTO DELLA FALDA E VALUTI LE POSSIBILI INFLUENZE E/O VARIAZIONI SULLA PORTANZA DEI TERRENI PARTENDO DAI VALORI DI MASSIMA ESCURSIONE DELLA FALDA	44
2.6	DISCIPLINARE GESTIONALE CHE PREVEDA, NEL CASO IN CUI VENISSE RILEVATO ALLO SCARICO UN SUPERAMENTO DEL LIMITE DI PROGETTO DELLA TEMPERATURA DELL'ACQUA REFLUA DI SCARICO, AZIONI VOLTE ALLA DIMINUZIONE/AUMENTO DELLA TEMPERATURA DELLO SCARICO ANCHE ATTRAVERSO LA RIDUZIONE O SOSPENSIONE DELL'ATTIVITÀ IMPIANTISTICA SINO AL RIPRISTINO DELLE CONDIZIONI DI NORMALITÀ (A TAL PROPOSITO SI SUGGERISCE DI STABILIRE ALLARMI A PREFISSATE SOGLIE DI ATTENZIONE AL FINE DI PREVENIRE EVENTUALI SUPERAMENTI).....	50
2.7	RELAZIONE E SCHEMA GRAFICO DEL CIRCUITO IMPIANTISTICO DAL PRELIEVO ALL'IMPIANTO DI SCAMBIO GEOTERMICO FINO ALLA REIMMISSIONE IN FALDA CON INDICAZIONI IN MERITO AL VOLUME TOTALE DEL FABBRICATO DA CLIMATIZZARE, IL FABBISOGNO TERMICO DI PROGETTO PER IL RISCALDAMENTO, PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA E PER IL RAFFRESCAMENTO SODDISFATTO DALLA POMPA DI CALORE. SCHEDA TECNICA CON LE CARATTERISTICHE DELLA MACCHINA DA INSTALLARE, LE SUE PRESTAZIONI NOMINALI, LA SUA POTENZA ELETTRICA, TERMICA E FRIGORIFERA, LA TEMPERATURA DI PROGETTO DEL FLUIDO TERMOVETTORE	51
3	ALLEGATO 1 - CAROTAGGIO STRATIGRAFICO E PROVE DI PERMEABILITA' DEL TERRENO PRESSO IL SITO DI VIA SAN GIOVANNI BOSCO - ESTRATTO; TABULATI PROVE PENETROMETRICHE	52
4	ALLEGATO 2 - ANALISI CHIMICHE ACQUE PIEZOMETRO S1	93
5	ALLEGATO 3 – EXPORT SOFTWARE GEOSTRU	97
6	ALLEGATO 4 – SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA DI DETTAGLIO	109

1 PREMESSA

La presente Relazione Tecnica riporta i contenuti richiesti nella scheda tecnica di cui all'Allegato 2 all'Istanza di Autorizzazione allo scarico in acque superficiali, sul suolo e negli strati superficiali del sottosuolo.

Normalmente la restituzione avviene in due modalità possibili:

- Senza restituzione in falda: a valle dell'utilizzo, l'acqua è immessa in canali, fiumi o utilizzata per altri scopi;
- Con restituzione in falda, tramite pozzo o trincea.

Per non depauperare l'acquifero, la re-iniezione è una scelta quasi obbligata; nel presente caso si procederà a realizzare dei pozzi di reiniezione posti a valle dei pozzi di prelievo, nella medesima falda di emungimento (acquifero superficiale), in deroga al divieto di scarico in falda, come previsto dal comma 2, art. 104 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

L'area che ospiterà la centrale termica in progetto presenta una dimensione molto contenuta; per tale motivo e per evitare (e/o contenere al massimo) l'effetto di corto-circuitazione termica, si sono utilizzate per l'ubicazione delle opere di prelievo e di restituzione delle aree di proprietà di Telenergia e delle aree di proprietà comunale esterne all'area di edificazione.

L'ubicazione delle opere di prelievo e scarico in esame è basata sull'implementazione di un modello numerico per la simulazione della circolazione idrica sotterranea mediante il quale è stato possibile definire:

- l'effetto del pompaggio e della reimmissione;
- lo studio della propagazione del calore (anche nel caso di immissione di acque più fredde di quelle emunte) in falda.

Per la taratura del modello sarà necessario effettuare delle prove di pompaggio pozzo-piezometro. Per tale motivo è in allestimento un campo prova presso il sito della centrale di teleriscaldamento in progetto.

Per comodità si sono impostati i paragrafi successivi in base ai punti richiesti nell'ambito dell'Allegato 2 all'istanza.

1.1 ASSENZA DI ALTERNATIVE DI RIUTILIZZO O DI SCARICO TECNICAMENTE ED ECONOMICAMENTE REALIZZABILI, ANCHE IN RAPPORTO AI BENEFICI AMBIENTALI CONSEGUIBILI, RISPETTO ALLA REIMMISSIONE NELLA STESSA FALDA

Lo scarico in falda risulta essere una scelta corretta dal punto di vista ambientale in quanto permette di contrastare il depauperamento dell'acquifero superficiale; inoltre le acque non entrano in un processo industriale, non vengono a contatto con potenziali fonti di inquinamento e vengono restituite solamente con una temperatura di circa 7/8 °C.

Si è valutata l'ipotesi di realizzare uno scarico negli strati superficiali del sottosuolo: di seguito si riporta il dimensionamento di una trincea drenante basato sui test di determinazione del coefficiente di permeabilità a diverse profondità.

Una trincea drenante risulta idonea a smaltire la portata di prelievo (circa 80 l/s) soltanto se lunga almeno 188 m (cfr. Fig. 1.1-2) e con una base di larghezza pari a 3 m (area unitaria d'influenza: 4,5 m ca., cfr. fig. 1.1-1).

La realizzazione di tale trincea drenante comporterebbe quindi ingenti operazioni di scavo di un ingente volume di terreno: la profondità minima per una corretta realizzazione tecnica di circa 4 m, comportando quindi un volume di scavo di $(188 \times 4 \times 3) \text{ m} = 2'256 \text{ mc}$. Tale materiale, dovendo essere la trincea disperdente realizzata con del materiale drenante (ghiaia/ciottoli), dovrebbe quindi essere riutilizzato e in parte smaltito in discarica, comportando un evidente aggravio da un punto di vista ambientale.

Inoltre vi è la problematica dell'ubicazione di tale opera: l'area individuata per la realizzazione della centrale risulta infatti troppo vicina all'ubicazione proposta per i pozzi di estrazione in progetto (interferenza da un punto di vista termico con i pozzi di estrazione con conseguente sensibile diminuzione dell'efficienza dell'impianto a pompa di calore. L'acquisizione di nuovi terreni ad hoc, oltre alla problematica ambientale relativa ai materiali di scavo prodotti di cui sopra, comporterebbe altre due problematiche: innanzitutto il consumo di suolo nelle aree agricole poste a nord e nord-est della centrale in progetto, e parallelamente la necessita di acquisizione (o esproprio) di tali terreni.

Di seguito si riporta in sintesi il dimensionamento della trincea disperdente.

La valutazione della capacità d'infiltrazione dei sistemi adottati, viene determinata con riferimento alla legge di Darcy:

$$Q = K \cdot J \cdot A$$

in cui:

Q = portata dispersa, mc/s;

K coefficiente di permeabilità, m/s;

J cadente piezometrica o gradiente piezometrico,

A superficie netta d'infiltrazione, mq.

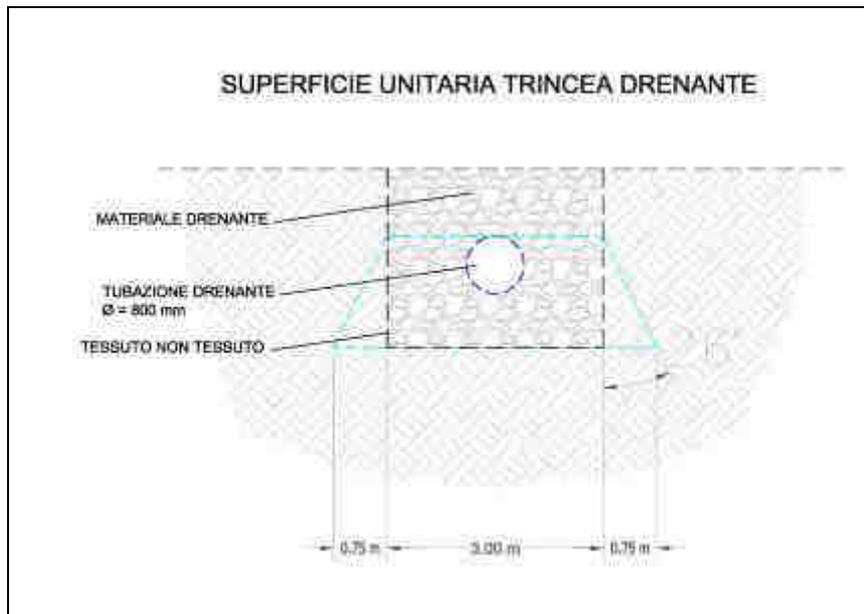
La cadente piezometrica viene posta pari a 1 poiché il livello piezometrico della falda freatica si trova al di sotto del fondo disperdente.

Per valutare la velocità di infiltrazione bisogna fare riferimento anche alla porosità efficace, infatti $V \text{ infiltrazione} = K \cdot i / n$ dove n è la porosità efficace.

Tabella 1.1-1 valori di porosità efficace tratti dallo Studio idrogeologico finalizzato alla caratterizzazione dell'acquifero superficiale nel territorio di pianura della Regione Piemonte (DST, Università di Torino 2004)

LITOLOGIA	Porosità efficace (%)	Conducibilità idraulica K (m/s)
G1: Ghiaie e ghiaie sabbiose	0.25	$5 \cdot 10^{-3}$
G2: Ghiaie e sabbie siltose, ghiaie e sabbie argillose	0.15	$5 \cdot 10^{-3}$
S1: Sabbie pulite, sabbie e ghiaie	0.3	$5 \cdot 10^{-3}$
S2: Limi sabbiosi, argille sabbiose	0.1	$5 \cdot 10^{-6}$
L: Limi, limi argillosi	0.05	$5 \cdot 10^{-8}$
A: Argille, argille limose	0.01	$5 \cdot 10^{-9}$
AC: Arenarie e conglomerati non fessurati	0.05	$5 \cdot 10^{-6}$
M: Marne	0.02	$5 \cdot 10^{-8}$

Figura 1.1-1 Schema trincea disperdente



Per valutare la lunghezza di progetto della trincea disperdente sono state ipotizzate, nella tabella 1.1-3 sottostante, diverse portate e lunghezze della trincea mantenendo costanti la superficie unitaria, la K e la porosità efficace.

Per il valore del coefficiente di permeabilità K si hanno a disposizione le prove a carico variabile effettuate durante la realizzazione del piezometro S1 (cfr allegato 2, a cura del dott. Geol. Cavalli A.).

Tabella 1.1-2 sintesi dei valori di K prove a carico variabile piezometro S1

K m/s	profondità m
8.92E-07	2.60
6.05E-06	6.00
9.50E-06	9.00
4.75E-06	13.00
1.42E-06	17.00
1.23E-06	20.00

Il valore di K stimato nelle prove di permeabilità in foro appare notevolmente più basso del valore stimato con la prova di pompaggio sul piezometro S1 (cfr paragrafo 5.1 studio idrogeologico) dove $T = 1.8 \text{ m}^2/\text{s}$ e $K = T/24 \text{ m}$ (spessore del filtro nel piezometro S1) = $7.50 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$.

E' noto, infatti, che le prove di immissione di acqua forniscono valori inferiori a quelle effettive poiché la pressione dell'acqua immessa tende a stabilizzare le particelle più fini tra i vuoti della parte grossolana, mentre le prove di emungimento forniscono valori maggiori in quanto l'acqua che defluisce verso l'esterno tende a trascinare via la matrice più fine rendendo il terreno più permeabile.

In Tabella 1.1-3 si riporta un dimensionamento di massima della trincea disperdente considerando la K media ottenuta mediando tutti i dati a disposizione: $K = 1.41 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$.

Tabella 1.1-3 Schema trincea disperdente con L lunghezza trincea, Q portata, A area totale trincea, k coeff. di permeabilità (valore medio), e porosità efficace, area unitaria da fig. 1.1-1

L (m)	QL/S	q mc/s	A mq	ke m/s	k m/s	e	area unitaria mq
11.80335	5	0.005	53.11507	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
23.6067	10	0.01	106.2301	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
47.2134	20	0.02	212.4603	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
70.8201	30	0.03	318.6904	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
94.4268	40	0.04	424.9206	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
118.0335	50	0.05	531.1507	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
141.6402	60	0.06	637.3809	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
165.2469	70	0.07	743.611	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
188.8536	80	0.08	849.8412	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
212.4603	90	0.09	956.0713	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
236.067	100	0.1	1062.301	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
259.6737	110	0.11	1168.532	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
283.2804	120	0.12	1274.762	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
306.8871	130	0.13	1380.992	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
330.4938	140	0.14	1487.222	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
354.1005	150	0.15	1593.452	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
377.7072	160	0.16	1699.682	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
401.3139	170	0.17	1805.912	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
424.9206	180	0.18	1912.143	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
448.5273	190	0.19	2018.373	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
472.134	200	0.2	2124.603	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
590.1675	250	0.25	2655.754	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
613.7742	260	0.26	2761.984	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
660.9876	280	0.28	2974.444	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5

Il posizionamento della trincea in corrispondenza dei pozzi di immissione in falda è da scartare in quanto comporterebbe uno scavo di dimensione ragguardevoli in area urbanizzata; inoltre la lunghezza dell'area disponibile è al massimo di 170 m.

Si è poi valutata l'ipotesi di realizzare uno scarico in acque superficiali. Lo scarico in corso d'acqua (T. Bormida) è teoricamente fattibile, ma presenta una serie di problematiche di non poco conto.

La prima problematica è di tipo cantieristico - realizzativo: il T. Bormida infatti dista dall'area di ubicazione della centrale in progetto, in linea d'aria, circa 1'050 m, mentre tecnicamente sarebbe necessario realizzare una tubazione di lunghezza minima di circa 1'200 m, seguendo la carrozzabile che dall'area dell'impianto in progetto conduce verso C. Cluozetto e da lì verso il T. Bormida; tale carrozzabile, oltre ad essere per la maggior parte una strada privata, comporta l'attraversamento della S.P. 30, che costituisce l'asse viabile principale presente. I terreni interessati dalla eventuale realizzazione di una ipotetica tubazione di scarico dovrebbero, inoltre, essere sottoposti a procedura di acquisizione o esproprio.

La seconda problematica è di natura ambientale, ed è quella che maggiormente implica ragioni ostative alla realizzazione di uno scarico in acque superficiali: il depauperamento della risorsa idrica captata (falda superficiale) con portate di esercizio di 80 l/s complessivi

che verrebbero sottratti alle acque sotterranee e convogliati nel reticolo idrografico di superficie.

Per valutare l'entità del prelievo/reimmissione da falda superficiale si è eseguita una simulazione di flusso, utilizzando un modello numerico alle differenze finite (cfr. cap. 2 per la descrizione del modello), con rappresentazione delle pathlines a 182 giorni (durata della stagione termica, in cui si ha un pompaggio/immissione medio di 7,3 l/s per ogni pozzo) che rappresentano il fronte di alimentazione dei pozzi in oggetto. Si rimanda al cap. 2 la descrizione dei parametri idrogeologici considerati.

Figura 1.1-2 Rappresentazione pathlines a 365 giorni del fronte di alimentazione dei pozzi in progetto (pathlines convergenti nei pozzi di emungimento e divergenti nei pozzi di restituzione) scala 1:20.000



In fig. 1.1-2 si riporta la rappresentazione delle pathlines a 182 giorni, rappresentanti il fronte di alimentazione dei pozzi in emungimento (pathlines convergenti, dimensioni di circa 380 m x 540 m) e il fronte di alimentazione dell'acquifero da parte dei pozzi (pathlines divergenti, dimensioni di circa 300 m x 560 m).

Appare quindi evidente come l'impianto in progetto, che prevede prelievo e contestuale reimmissione in falda della medesima quantità di acqua estratta non comporti un depauperamento della risorsa idrica, ma soltanto una perturbazione; le valutazioni relative all'entità di tale "disturbo" sono riportate al cap. 2, al quale si rimanda.

Lo scarico in fognatura è da escludere viste le portate in gioco.

1.2 CARTOGRAFIA IN CUI VENGA EVIDENZIATA L'UBICAZIONE DELL'OPERA DI PRELIEVO E DI RESTITUZIONE EVIDENZIANDO CHE ENTRAMBE NON RICADANO ALL'INTERNO DI AREA DI SALVAGUARDIA DI PUNTI DI APPROVVIGIONAMENTO IDROPOTABILE

In fig. 1.2-1 si riporta l'ubicazione dei pozzi in progetto su una cartografia tratta dalla cartografia "Planimetria dell'area di salvaguardia dei pozzi: Via Palermo, De Gasperi 1, De Gasperi 2, Don Bosco, Via Tonso, a corredo dello "Studi idrogeologici per la determinazione delle aree di salvaguardia delle captazioni idropotabili in conformità alla normativa regionale vigente - Regolamento 15/R dell'11/12/2006 e s.m.i.", ad opera del dott. geol. N. Quaranta, e commissionato dall'AMAG, in cui si evidenzia come nessuno dei pozzi in progetto ricada all'interno delle aree di salvaguardia dei pozzi idropotabili.

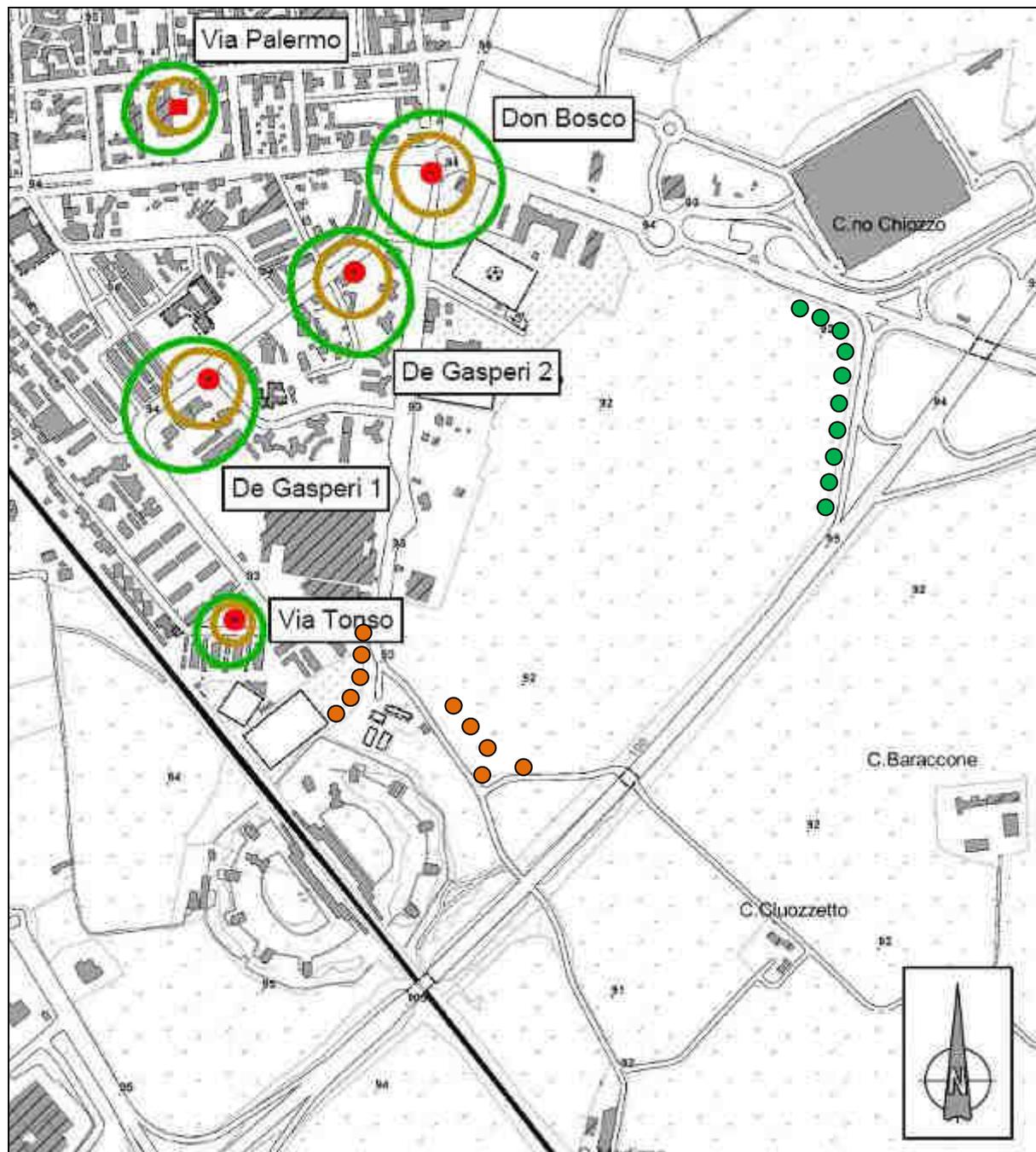
Inoltre, si sottolinea che, da un punto di vista idrogeologico non c'è interferenza tra i pozzi potabili rappresentati, i quali captano le acque dell'acquifero profondo, e i pozzi geotermici in oggetto, che captano acque dell'acquifero superficiale e le restituiscono nel medesimo acquifero.

Tali aree di salvaguardia ai sensi del Reg. Reg. 15/R 2006, non sono ancora, allo stato attuale, state approvate dalla Regione Piemonte.

Di conseguenza, ai sensi del D.Lgs. 152/2006 sono in vigore le fasce di rispetto con raggio di 200 m dalle captazioni ad uso idropotabile.

Tutti i pozzi in progetto (captazione e restituzione) sono esterni alle fasce di rispetto di 200 m dalle captazioni idropotabili.

Figura 1.2-1 Individuazione cartografica d'insieme dei pozzi in progetto in relazione all'ubicazione delle aree di salvaguardia dei pozzi idropotabili (pozzi di estrazione rappresentati con pallini arancioni, pozzi di restituzione rappresentati con pallini verdi) scala 1:7.500



1.3 PLANIMETRIA IN SCALA IDONEA NELLA QUALE SIA RIPORTATO L'EDIFICIO OGGETTO DELL'INTERVENTO ED EVIDENZIATA LA CANALIZZAZIONE CHE DAL PRELIEVO PORTA ALL'UTILIZZO E QUELLA CHE DALL'UTILIZZO RIPORTA IN FALDA

Si faccia riferimento alla tavola allegata Elaborato B1 GEO008.

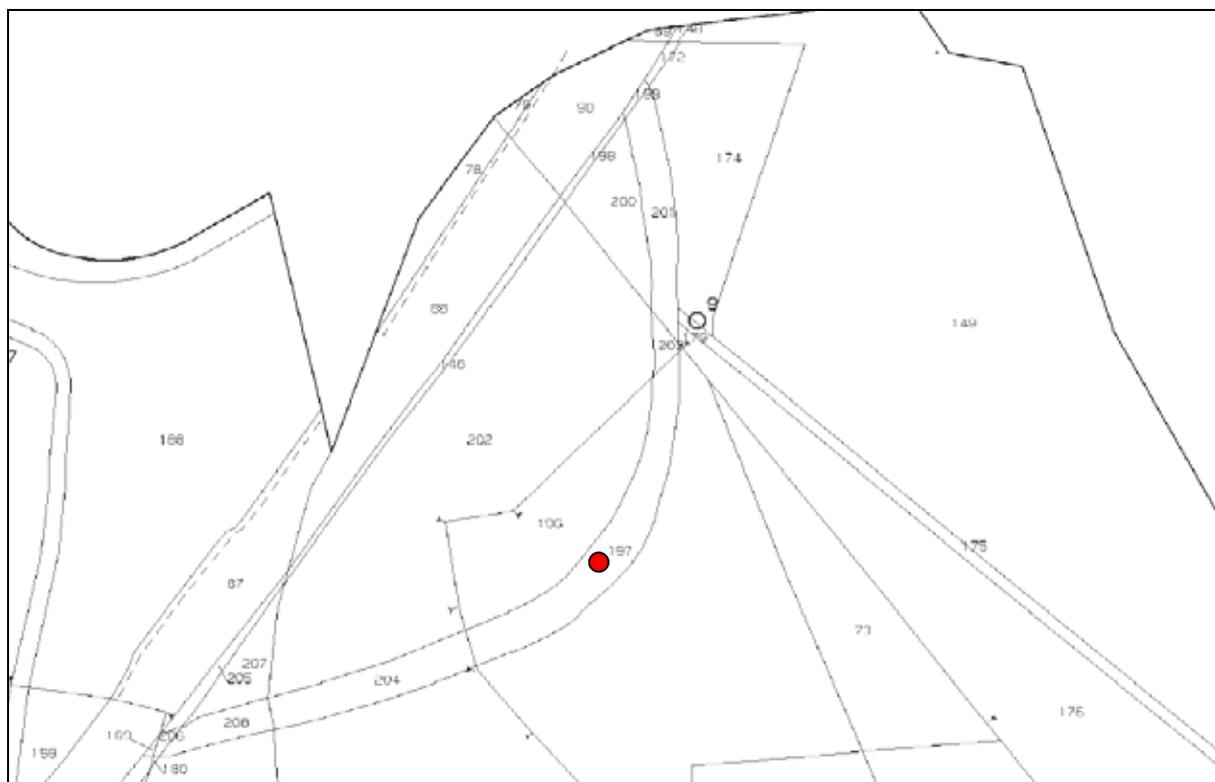
1.4 IPOTESI DI POSIZIONAMENTO DI ALMENO UN PIEZOMETRO DI MONITORAGGIO A VALLE DELLO SCARICO

1.4.1 ELABORATO GRAFICO DELL'AREA INTERESSATA IN SCALA OPPORTUNA CONTENENTE L'UBICAZIONE CON RELATIVA SIGLA IDENTIFICATIVA

In fig. 1.4.1 viene riportata, su Carta Catastale alla scala 1:2'000, l'ubicazione del piezometro di monitoraggio a valle dello scarico, che sarà denominato "S2"; con la sigla "S1" è identificato invece un piezometro già esistente, ubicato al margine NE dell'area della centrale in progetto.

Il piezometro S2 verrà realizzato sul Fg. 126, mappale 197.

Figura 1.4.1-1 Individuazione cartografica dell'ubicazione del piezometro di monitoraggio S2, su Carta Catastale alla scala 1 : 2'000, Fg. 126)



1.4.2 DIAMETRO DEL RIVESTIMENTO E DESCRIZIONE DEL MATERIALE DEL RIVESTIMENTO

La colonna del piezometro in progetto avrà diametro di 140 mm (diametro interno 4" ovvero 125 mm) e sarà in PVC

1.4.3 POSIZIONE DELLA COLONNA FINESTRATA DALLA TESTA POZZO

Il tratto finestrato sarà posto tra 6 m e 30 m da p.c.

1.4.4 PROFONDITÀ DI SIGILLATURA DELLO SPAZIO ANULARE DALLA TESTA POZZO

Nell'intercapedine tra la colonna in PVC del piezometro e la parete del perforo sarà posto materiale sigillante, costituito da boiaccia di cemento-bentonite, oppure bentonite/compactonite in pellets o cilindretti, tra il p.c. e 1 m di profondità da p.c.

1.4.5 QUOTA ASSOLUTA S.I.M. DEL BORDO SUPERIORE DELLA PROTEZIONE ESTERNA IN POSIZIONE APERTA

91,5 m s.l.m. per S2.

1.4.6 RICOSTRUZIONE DELLA PIEZOMETRIA DELL'AREA, EVENTUALMENTE BASATA ANCHE SUI DATI RICAVATI DALLA REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI MONITORAGGIO, DI CUI SOPRA

In Fig. 1.4.6-1 si riporta uno stralcio della carta piezometrica relativa alla Falda Superficiale relativa alla pubblicazione del DST dell'Università di Torino, (2004); si osserva come, nell'area di studio la falda superficiale si trovi ad una quota di circa 83 m s.l.m. con una soggiacenza media, quindi, di circa 10-11 m.

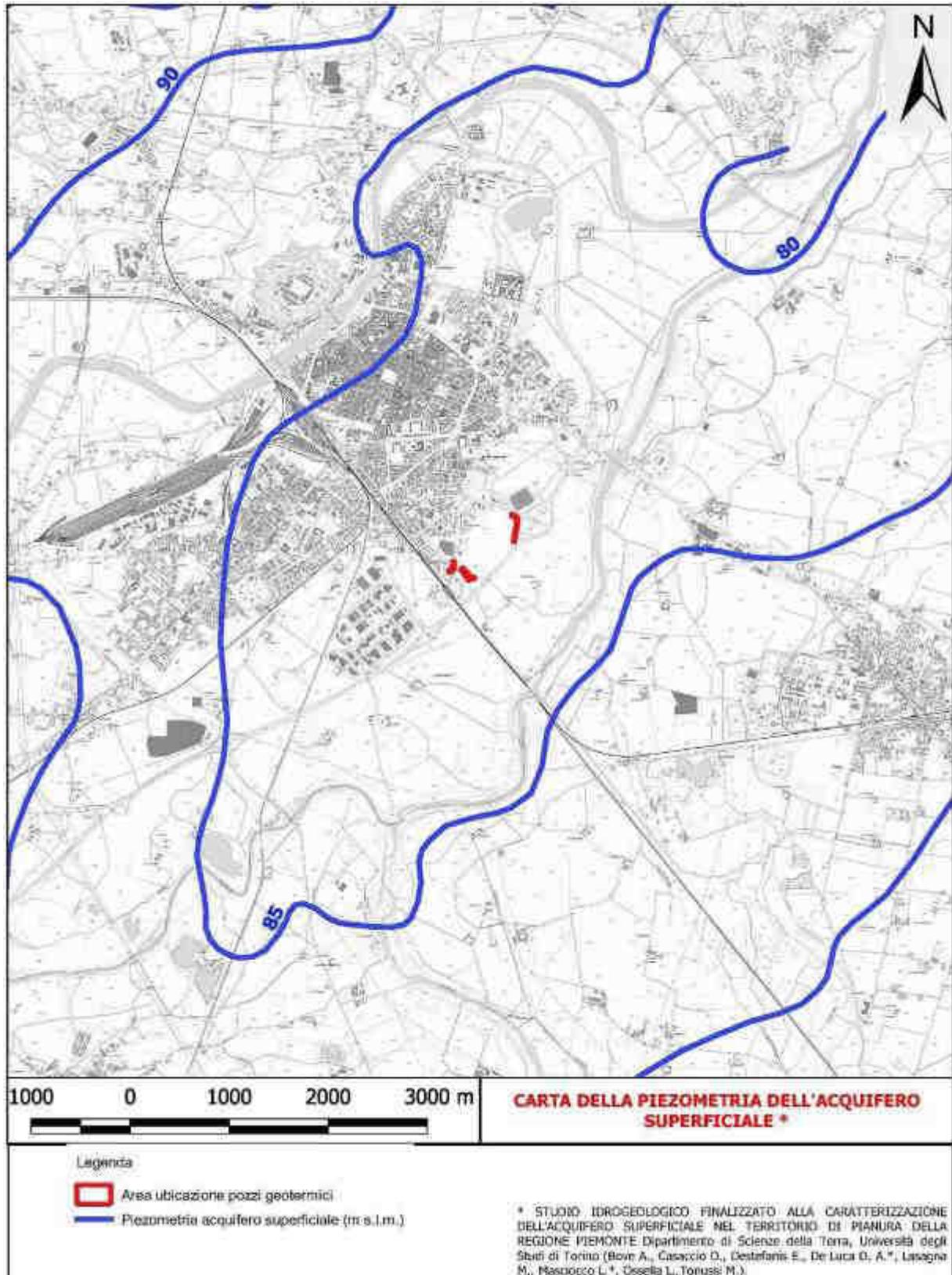
La morfologia della superficie piezometrica è significativamente condizionata dalla topografia, in particolare dall'incisione del T. Bormida; localmente il gradiente idraulico medio è pari a 0,005 con una direzione di deflusso orientata localmente verso ENE.

Le Falde Profonde sono ospitate all'interno dei depositi grossolani contenuti all'interno dei depositi villafranchiani e dei sottostanti depositi marini pliocenici. La produttività di tali depositi è sensibilmente maggiore se paragonata a quella dell'acquifero ospitante la Falda Superficiale.

Si tratta di falde in "pressione" secondo la definizione della L.R. 22/96 (art. 2 comma 5 e 6); per le disposizioni di tale legge, queste falde sono destinate all'uso potabile e sono concesse in deroga all'art. 4 ad altri usi solamente se non esistono fonti di approvvigionamento alternative.

Non si hanno dati relativi alla piezometria delle falde profonde, in quanto, nel contesto idrogeologico di riferimento caratterizzato da un complesso sistema acquifero multifalda, sono potenzialmente presenti livelli acquiferi con vari gradi di confinamento.

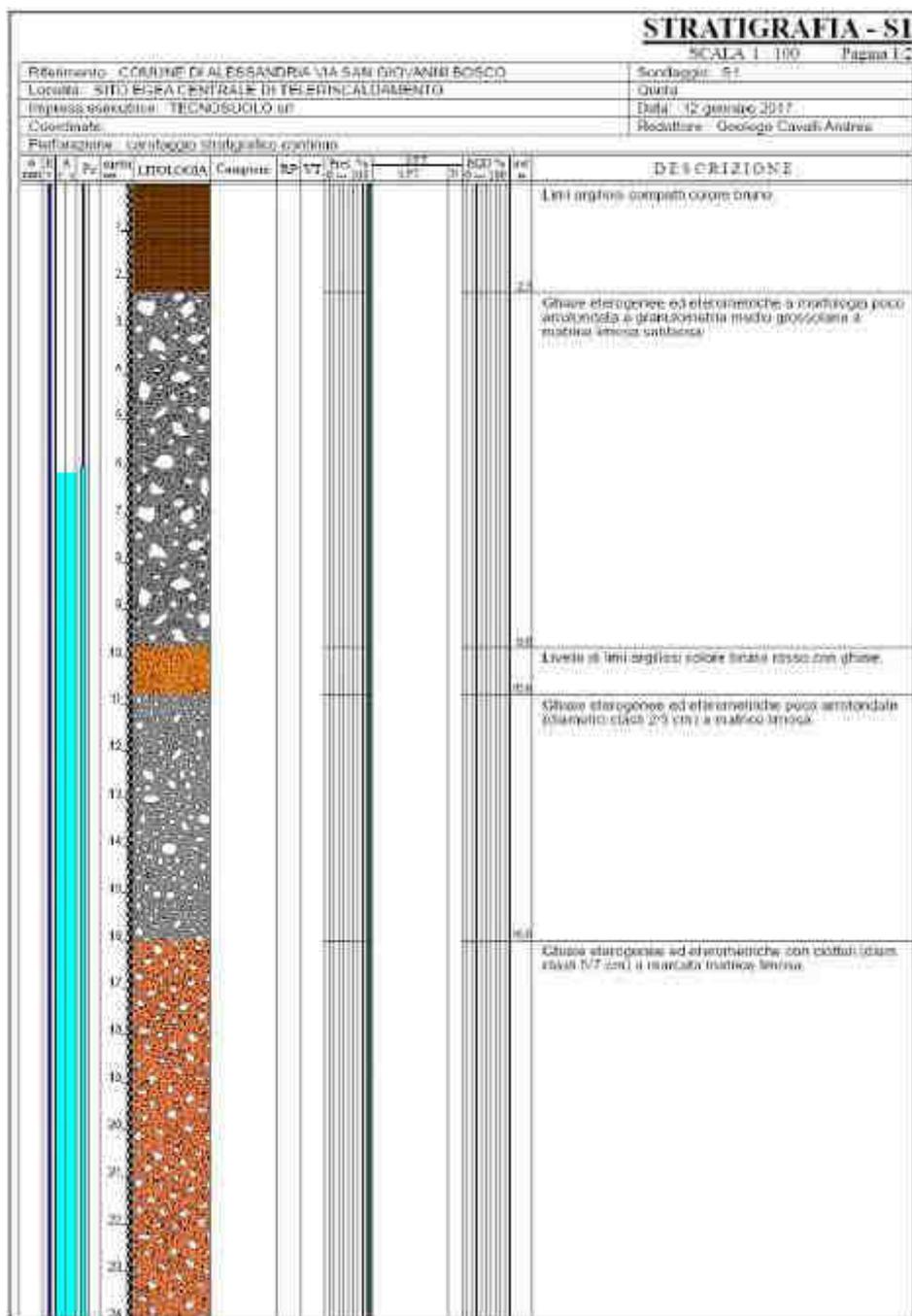
Figura 1.4.6-1 Carta delle linee isopiezometriche

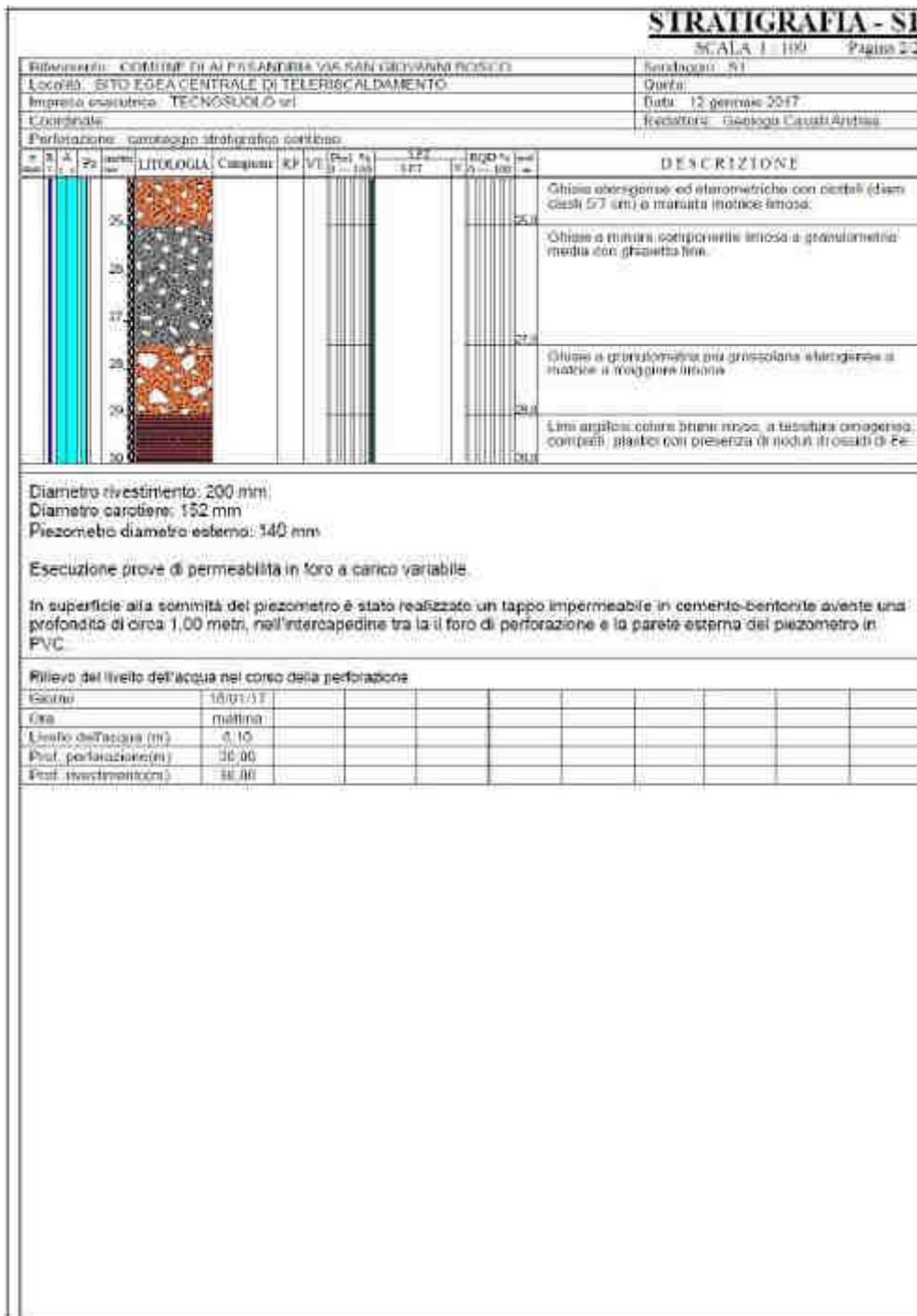


1.4.7 COLONNA STRATIGRAFICA, PROFONDITÀ DELLA PERFORAZIONE DALLA TESTA POZZO E RELATIVO DIAMETRO

In figura 1.4.7-1 si riporta la stratigrafia del piezometro, S1, ubicato al margine NE dell'area della centrale in progetto (a valle dei pozzi di estrazione in progetto). Il piezometro S2 verrà realizzato a valle dei pozzi di restituzione, e presenterà le medesime caratteristiche costruttive, e presumibilmente le medesime caratteristiche stratigrafiche, del piezometro S1. La profondità della perforazione del piezometro S2 sarà 30 m da p.c. Il diametro della perforazione sarà 200/152 mm.

Figura 1.4.7-1 Stratigrafia e schema di completamento Piezometro S1 (pagg. 1 e 2)





1.4.8 DISTANZA TRA I POZZI DI RESTITUZIONE E IL PIEZOMETRO DI MONITORAGGIO

Circa 320 m a Est del pozzo di restituzione PR4.

1.4.9 PROFONDITÀ DI INSTALLAZIONE DELLA SONDA MULTIPARAMETRICA. EVENTUALE COLLAUDO FINALE DELL'OPERA

15/18 m.

1.5 LA RICOSTRUZIONE DELLA SOGGIACENZA, DELLA PIEZOMETRIA E DEL GRADIENTE IDRAULICO DELLA FALDA OGGETTO DEL PRELIEVO E DELLA REIMMISSIONE NELL'AREA CIRCOSTANTE L'INTERVENTO FINALIZZATA A RICOSTRUIRE IL SISTEMA DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA INDOTTA DAL PRELIEVO E DALLA RESTITUZIONE; DISTRIBUZIONE AREALE DEL PARAMETRO TEMPERATURA MEDIA DELLE ACQUE NELL'ACQUIFERO UTILIZZATO COMPRESIVA DI GRAFICI DELLE VARIAZIONE STAGIONALI

I dati di riferimento sono: la piezometria del DST (2004) ed i dati della rete di monitoraggio regionale. Per la carta della piezometria dell'acquifero superficiale si faccia riferimento alla figura 1.4.6-1.

Per quanto riguarda la soggiacenza della falda superficiale i dati bibliografici disponibili DST 2004 indicano una soggiacenza compresa tra i 5 ed i 10 m. Secondo il monitoraggio eseguito in continuo dalla Regione Piemonte sul piezometro T25, la massima escursione del livello piezometrico si attesta intorno ai 2 m. I picchi (figura 1.5-1) che rappresentano i valori di soggiacenza minori, si collocano frequentemente agli inizi di aprile. Per tale motivo si può considerare la soggiacenza di 6 m come profondità di riferimento per la progettazione delle opere di dispersione.

Per quanto riguarda il gradiente piezometrico dalla figura 1.4.6-1 si ricava un gradiente piezometrico di circa 0,001.

Si noti, infine, nel grafico della figura 1.5-1 come la temperatura dell'acqua oscilli (tranne alcuni valori che si suppone siano degli errori) la temperatura dell'acqua varia da 14,5 a 15,0 °C.

Figura 1.5-1 Misure di soggiacenza (e temperatura) piezometro T25 ubicato ad Alessandria (Rete di Monitoraggio in continuo della Regione Piemonte)

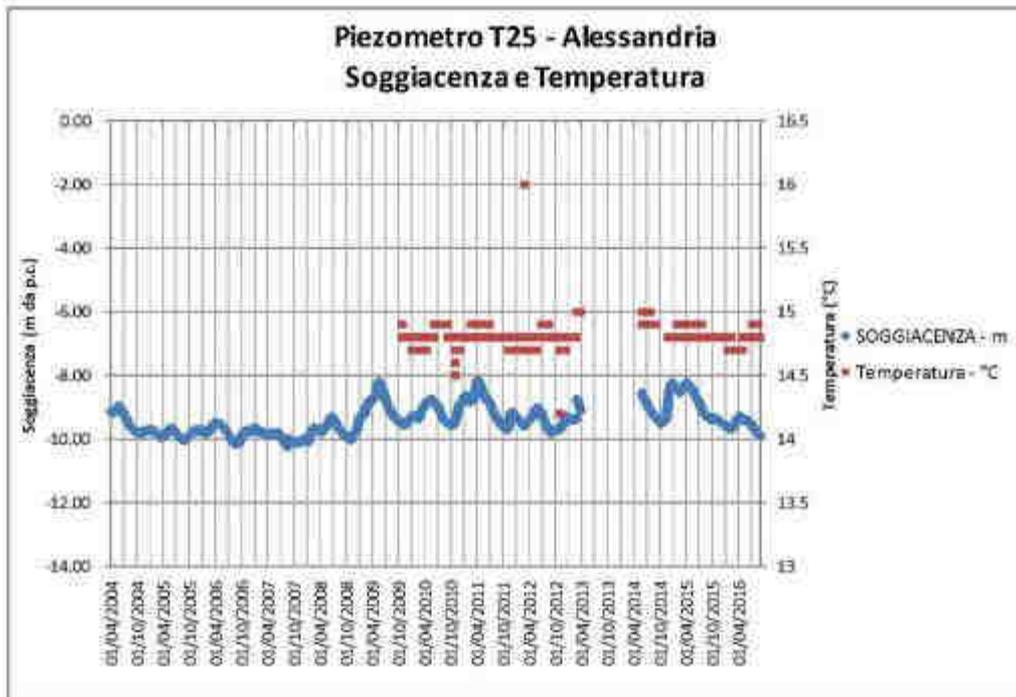
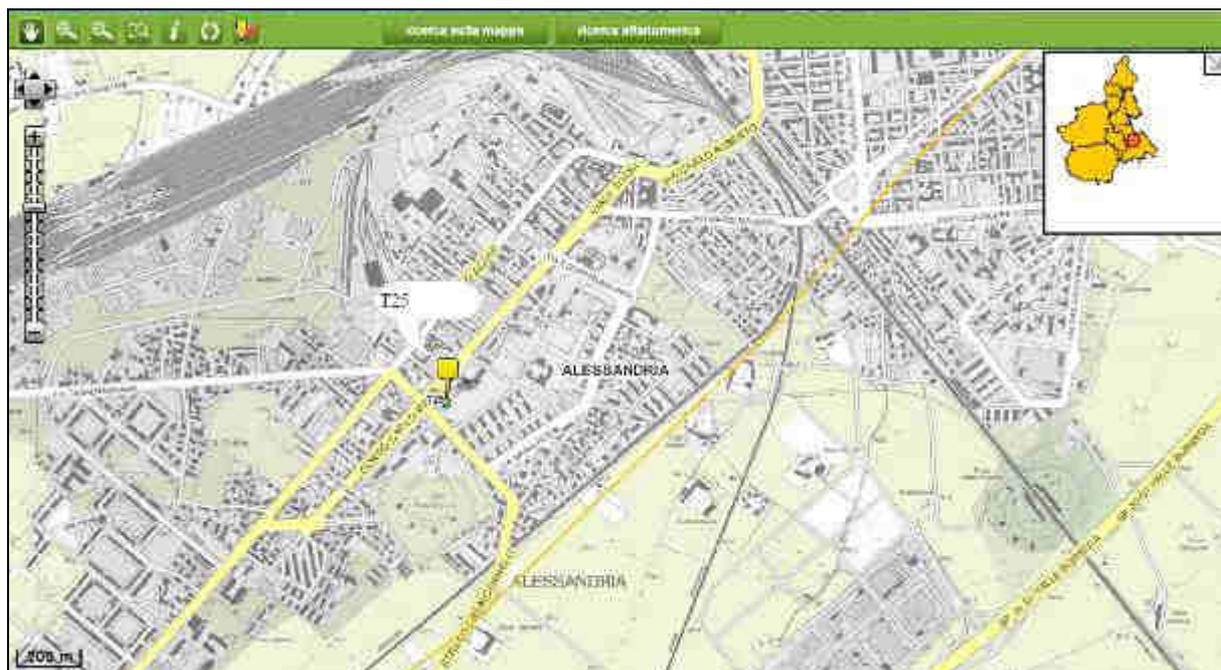


Figura 1.5-2 Ubicazione del piezometro T25 ubicato ad Alessandria (immagine tratta dal geoportale GREASE della Rete di Monitoraggio in continuo della Regione Piemonte)



1.6 LA RICOSTRUZIONE DELLA STRUTTURA IDROGEOLOGICA INTERESSATA DALLE OPERE IN UN INTORNO SIGNIFICATIVO DELL'AREA DI INTERVENTO, INDICAZIONI RELATIVE ALLA GEOLOGIA SUPERFICIALE, CON SEZIONI IDROGEOLOGICHE SCHEMATICHE ATTE A DEFINIRE, CON BUONA PRECISIONE, LO SPESSORE E LA GEOMETRIA DEL CORPO IDRICO SOTTERRANEO INTERESSATO E INDICAZIONI SUI VALORI DEI PARAMETRI IDRODINAMICI DELLO STESSO ACQUIFERO (GRADIENTE IDRAULICO (I), CONDUCIBILITÀ IDRAULICA (K), TRASMISSIVITÀ (T), COEFFICIENTE DI IMMAGAZZINAMENTO (S), POROSITÀ EFFICACE (NE), TIPOLOGIA IDRAULICA: LIBERO, SEMICONFINATO, CONFINATO); I DATI DI PORTATA SPECIFICA DELLA FALDA UTILIZZATA (LITRI PER METRO DI ABBASSAMENTO

Le opere in progetto andranno a captare le acque contenute nei livelli trasmissivi ospitati all'interno del Complesso dei Depositi Alluvionali del Quaternario. Dal punto di vista litostratigrafico, si può ragionevolmente ipotizzare che si tratti di acquiferi di tipo libero (falda freatica);

La figura 1.6-1 è tratta dallo studio di De Luca et al (¹) [2004]; come evidenziato in precedenza, l'opera in esame andrà ad interessare i depositi quaternari (3).

Lo studio di dettaglio dell'assetto litostratigrafico locale è stato supportato dall'analisi di dati stratigrafici reperiti nelle vicinanze del pozzo in oggetto; a partire da questi dati è stata elaborata una sezione litostratigrafia – idrogeologica.

Da un punto di vista idrogeologico la Pianura alessandrina si può suddividere in due porzioni: la pianura alessandrina s.s. e la pianura tortonese, divise dalla dorsale sepolta Tortona-Montecastello.

Analizzando la pianura alessandrina s.s. si può osservare una netta separazione tra i livelli più permeabili verso est-sudest e quelli meno permeabili verso ovest-nordovest a contatto con i rilievi del Monferrato.

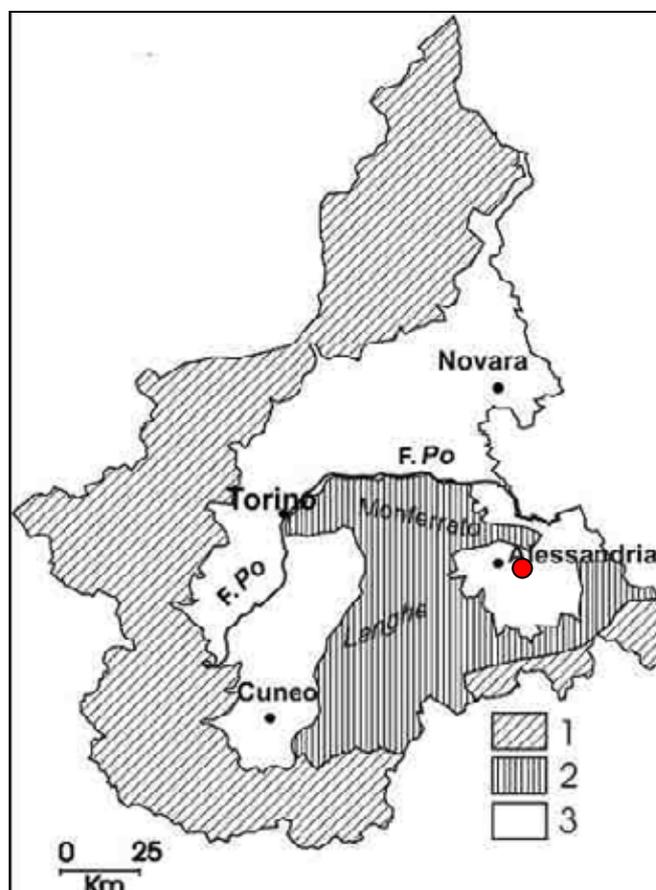
Il settore in cui i litotipi sono più permeabili è compreso tra i comuni di Alessandria, Sale, Castelnuovo Scrivia, Serravalle Scrivia e Tortona; tale area è caratterizzata da depositi fluviali recenti con basso grado di alterazione.

Nella porzione più meridionale sono presenti litotipi a permeabilità sempre più bassa spostandosi verso i comuni di Cassano Spinola, Novi Ligure, Villavernia, dove i sedimenti in superficie sono composti dai termini più antichi della Serie dei depositi fluviali di natura prevalentemente ghiaioso-argillosa fortemente alterati.

Più a ovest la situazione varia gradatamente raggiungendo percentuali minime di litotipi permeabili presso il F. Tanaro e l'area che borda i rilievi del Monferrato. In queste zone i sedimenti fluviali recenti si interdigitano a basse profondità con sedimenti più fini del F. Tanaro.

¹ STUDIO IDROGEOLOGICO FINALIZZATO ALLA CARATTERIZZAZIONE DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE NEL TERRITORIO DI PIANURA DELLA REGIONE PIEMONTE *Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Torino* (Bove A., Casaccio D., Destefanis E., De Luca D. A.*, Lasagna M., Masciocco L.*, Ossella L., Tonussi M.).

Figura 1.6-1 Schema idrogeologico della Regione Piemonte: 1) rocce cristalline impermeabili o poco permeabili per fessurazione; 2) sedimenti marini del Terziario, essenzialmente impermeabili ad eccezione delle sabbie del Pliocene; 3) depositi del Quaternario, permeabili per porosità



A est della dorsale Tortona-Montecastello i litotipi più permeabili si attestano presso lo sbocco della pianura alessandrina nella Pianura Padana, mentre le percentuali di materiale permeabile va diminuendo verso sud approssimandosi alla fascia che borda l'Appennino tortonese.

Lo studio di dettaglio dell'assetto litostratigrafico locale è stato supportato dall'analisi della stratigrafia del pozzo e su dati stratigrafici reperiti nelle vicinanze del pozzo in oggetto.

In Figura 1.6-2 si riporta uno stralcio della sezione litostratigrafica-idrogeologica PRISMAS 27.

In Figura 1.6-3 si riporta l'ubicazione della traccia della sezione litostratigrafica-idrogeologica PRISMAS 27.

In allegato 2 si riporta una sezione litostratigrafica di dettaglio realizzata utilizzando il pozzo acquadotti stico ALP04633 e il sondaggio realizzato dal committente in corrispondenza del sito in oggetto.

In questo settore della pianura (Pianura Alessandrina) le alluvioni quaternarie risultano essere sovrapposte alle ghiaie villafranchiane alternate ad orizzonti a bassa permeabilità (argillosi-limosi): in tali situazioni l'acquifero libero sembra estendersi fino ad incontrare i livelli limoso-argillosi arealmente estesi e continui (cfr. sezioni litostratigrafiche in allegato); per l'area in esame ciò si verifica a circa 30-35 m di profondità dal p.c., con lenti argillose poco potenti e discontinue incontrate a profondità minori.

PROGETTO DELLE OPERE

Figura 1.6-2 Stralcio sezione PRISMAS n°27 con ubicazione dell'area in oggetto (Sezione con orientazione N-S)

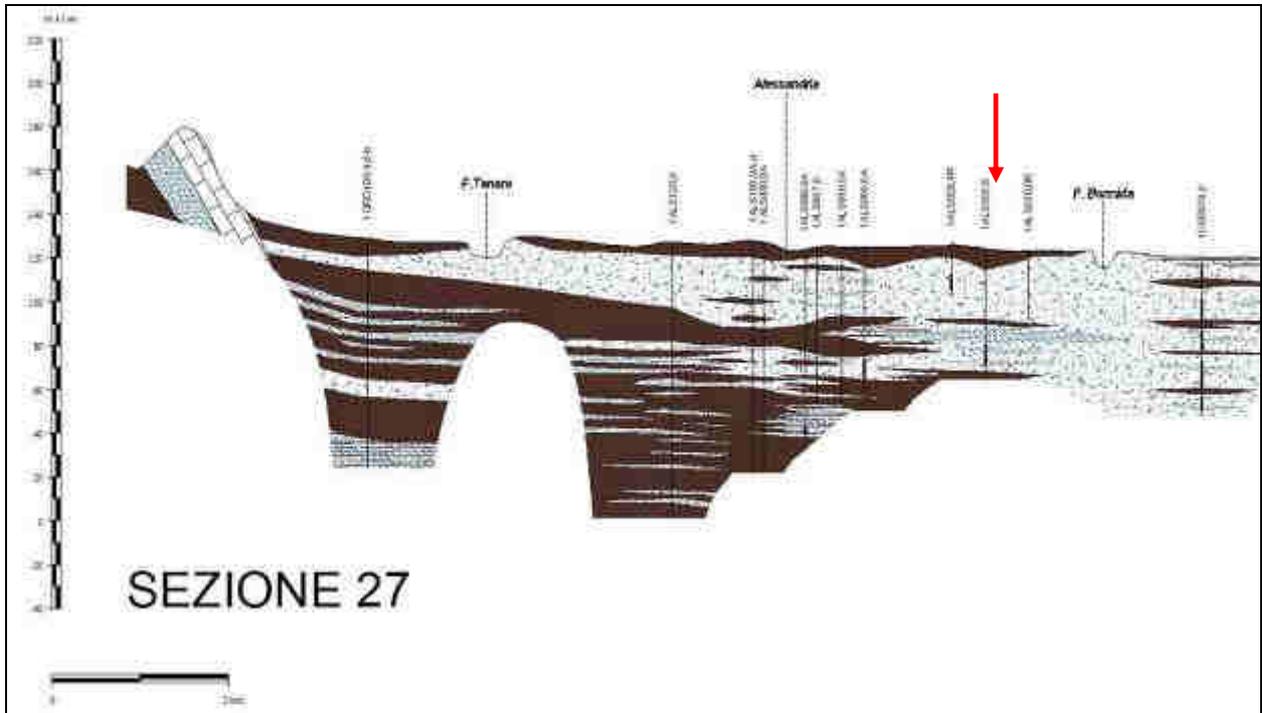
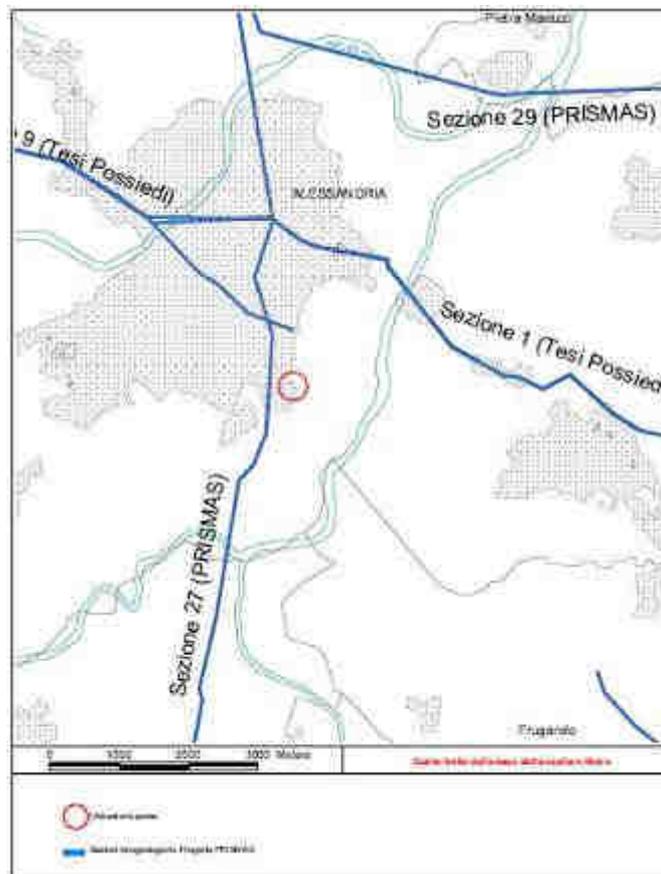


Figura 1.6-3 Traccia sezioni



Per il valore del coefficiente di permeabilità k si hanno a disposizione le prove a carico variabile effettuate durante la realizzazione del piezometro S1 (a cura del dott. Geol. Cavalli A.).

Tabella 1.6-1 sintesi dei valori di k prove a carico variabile piezometro S1

k m/s	profondità m
8.92E-07	2.60
6.05E-06	6.00
9.50E-06	9.00
4.75E-06	13.00
1.42E-06	17.00
1.23E-06	20.00

Al fine di valutare le caratteristiche del pozzo (portata critica, l'efficienza idraulica e la curva caratteristica) si è eseguita una prova di pozzo a portata variabile.

La prova a gradini di portata crescente è atta a verificare l'efficienza dell'opera di captazione e può costituire il collaudo del pozzo stesso. Di seguito sono illustrati i risultati della prova a gradini. I risultati illustrati possono subire significative variazioni stagionali vista l'esiguità dell'acquifero superficiale.

Prova eseguita sul Piezometro S1, sito Centrale Sud Teleriscaldamento Alessandria

Esecutore prova: dott. geol. M. Actis-Giorgetto

Data prova: 30/03/2017; ora inizio: 10:06

Soggiacenza iniziale: 6,23 m da t.p. (franco +0,20 m da p.c.)

Tabella 1.6-1 sintesi dei risultati della prova di pompaggio eseguita sul piezometro S1 in data 30/03/2017.

N° gradino	Portata	Tempo (min)	Soggiacenza (m)	Abbassamento (m)
1	1,7 l/s	40	7,37 m da t.p.	1,14 m da t.p.
2	3,7 l/s	30	13,56 m da t.p.	7,33 m da t.p.
3	6,2 l/s	35	20,90 m da t.p.	14,67 m da t.p.

Il piezometro su cui è stata eseguita la prova non era stato oggetto di spurgo e la prova è stata caratterizzata da oscillazioni continue del livello piezometrico, che non hanno permesso di costruire la curva a gradini, la curva caratteristica e le altre elaborazioni che di norma possono essere fatte per una prova di pompaggio.

In base a questi dati è possibile ricavare valori approssimati della Trasmissività dell'acquifero captato dai tratti filtrati del piezometro S1, mediante la correlazione empirica di Di Molfetta $T = 1.2 Q/s_w$ (valida per acquifero libero), in cui Q/s_w è la portata specifica.

In base alla prova di pompaggio di cui sopra, i valori ricavati per i tre gradini sono:

- 1) $T = 1.2 * 0.0017 / 1.14 = 0.0018 \text{ m}^2/\text{s}$
- 2) $T = 1.2 * 0.0037 / 7.33 = 0.00061 \text{ m}^2/\text{s}$
- 3) $T = 1.2 * 0.0062 / 14.67 = 0.00051 \text{ m}^2/\text{s}$

Le relative portate specifiche così ricavate sono quindi, rispettivamente: 1) $0.0015 \text{ m}^2/\text{s} = 1,5 \text{ l/s}$ per metro di abbassamento; 2) $0.0005 \text{ m}^2/\text{s} = 0,5 \text{ l/s}$ per metro di abbassamento 3) $0.00042 \text{ m}^2/\text{s} = 0,42 \text{ l/s}$ per metro di abbassamento.

Lo spessore dell'acquifero captato, in corrispondenza dell'area di studio, confrontando il dato litostratigrafico (sondaggio S1) e il dato della profondità della Base dell'Acquifero Superficiale, è di circa 30 m in corrispondenza dell'area di studio; considerando una soggiacenza di circa 6 m da p.c., si ottiene che lo spessore saturo dell'acquifero è di circa 24 m.

Dato che per definizione la Trasmissività è pari a $T = k \cdot b$, dove k è la conducibilità idraulica e b è lo spessore saturo dell'acquifero, i valori di conducibilità idraulica stimati, ricavati in base alle risultanze dei tre gradini della prova di pompaggio ($k = T / b$), sono i seguenti

- 1) $k = 0.0018 / 24 = 7.1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- 2) $k = 0.00061 / 24 = 2.5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- 3) $k = 0.00051 / 24 = 2.1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

Tali valori, come si può evincere, sono di un ordine di grandezza superiori rispetto ai valori ricavati dalle prove di permeabilità in foro di cui sopra.

Per quanto riguarda i valori di porosità efficace, è possibile stimare il valore in base al confronto tra il dato litostratigrafico relativo al piezometro S1 e la tabella sottostante; la colonna stratigrafica di riferimento (cfr. fig.1.4.2-1) presenta prevalentemente ghiaie e sabbie, spesso con abbondante matrice limosa, che sono assimilabili al tipo G2 della tabella sottostante, con una porosità efficace stimata pari a circa 0,15-0,30.

Tabella 1.6-2 valori di porosità efficace tratta da Studio idrogeologico finalizzato alla caratterizzazione dell'acquifero superficiale nel territorio di pianura della Regione Piemonte (DST 2004)

LITOLOGIA	Porosità efficace (%)	Conducibilità idraulica K (m/s)
G1: Ghiaie e ghiaie sabbiose	0.25	$5 \cdot 10^{-3}$
G2: Ghiaie e sabbie siltose, ghiaie e sabbie argillose	0.15	$5 \cdot 10^{-2}$
S1: Sabbie pulite, sabbie e ghiaie	0.3	$5 \cdot 10^{-3}$
S2: Limi sabbiosi, argille sabbiose	0.1	$5 \cdot 10^{-6}$
L: Limi, limi argillosi	0.05	$5 \cdot 10^{-8}$
A: Argille, argille limose	0.01	$5 \cdot 10^{-9}$
AC: Arenarie e conglomerati non fessurati	0.05	$5 \cdot 10^{-6}$
M: Marne	0.02	$5 \cdot 10^{-8}$

Trattandosi di un acquifero di tipo libero (falda superficiale, freatica) il Coefficiente d'immagazzinamento prende la denominazione di Rendimento specifico (Specific Yield, Sy) e risulta pari alla porosità efficace.

Con i dati a disposizione la tipologia idraulica dell'acquifero non può essere definita con precisione (è possibile solo mediante la realizzazione di una prova di pompaggio a portata costante di lunga durata); i dati litostratigrafici e la definizione della base dell'acquifero superficiale (DCR 117-10731 del 13/03/2007 e DGR 34-11524 del 03/06/2009, aggiornamenti D.D. 4 agosto 2011, n. 267, e D.D. 3 dicembre 2012, n. 900) indicano che l'acquifero in oggetto è un acquifero superficiale, in diretta connessione con il reticolo idrografico superficiale, e presumibilmente si tratta di un acquifero non confinato, libero, freatico.

1.7 CENSIMENTO DI POZZI IN UN INTORNO SIGNIFICATIVO A PARTIRE DAL CENTRO DELL'OPERA DESTINATA ALLA RESTITUZIONE IN FALDA CON PARTICOLARE RIFERIMENTO AI POZZI PER APPROVVIGIONAMENTO IDROPOTABILE E AD USO GEOTERMICO

Per individuare la presenza di pozzi nell'area in esame si è consultato il Sistema Informativo Risorse Idriche della Regione Piemonte.

In fig. 1.7-1 si riporta una cartografia con ubicazione dei pozzi in acquifero superficiale e in acquifero profondo limitrofi, tratti dal S.I.R.I. Regione Piemonte, oltre ai pozzi di estrazione e di restituzione in progetto. In figura 1.7-2 sono rappresentate le captazioni potabili presenti nell'area con le relative aree di salvaguardia delimitate ai sensi del R.R. 15/R 2006.

Figura 1.7-1 Cartografia pozzi limitrofi

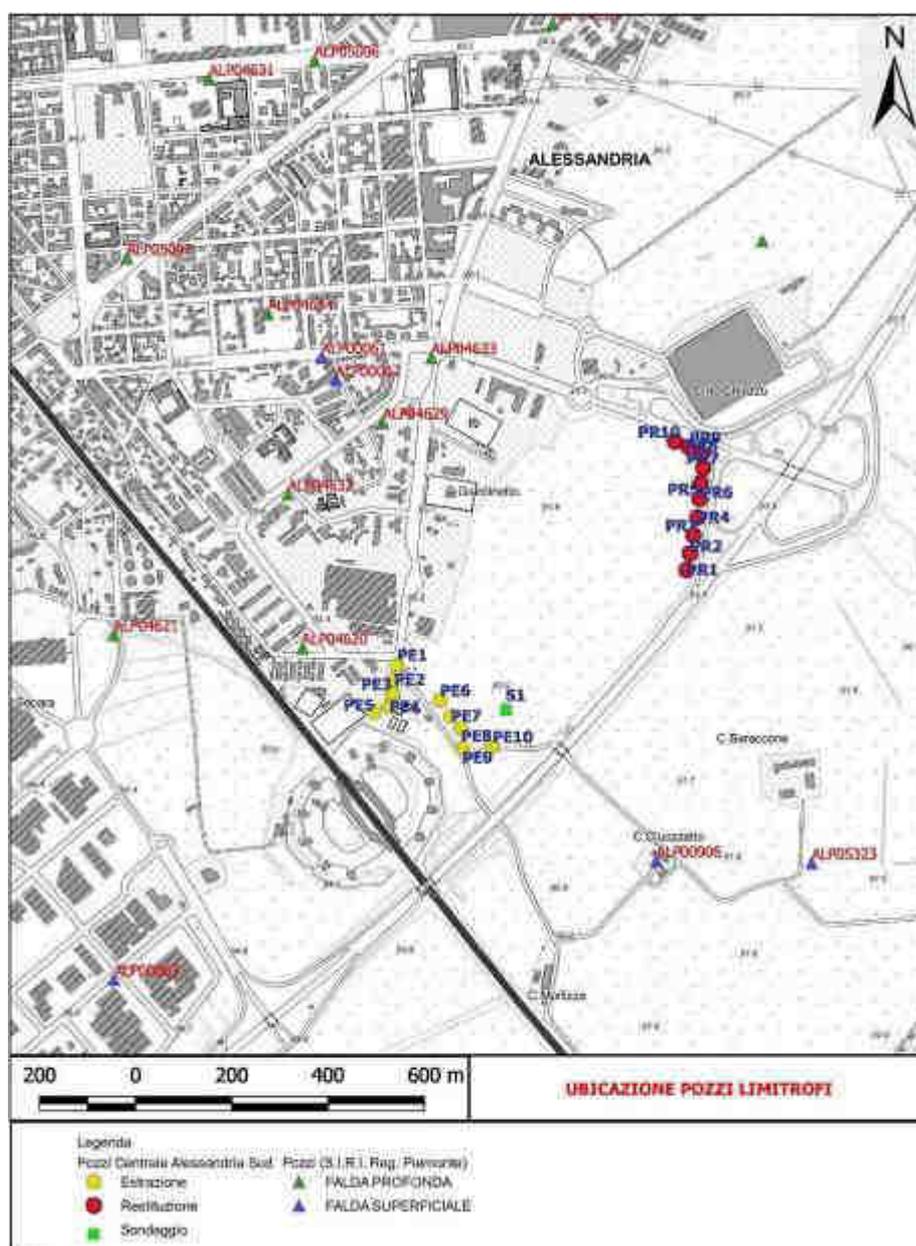
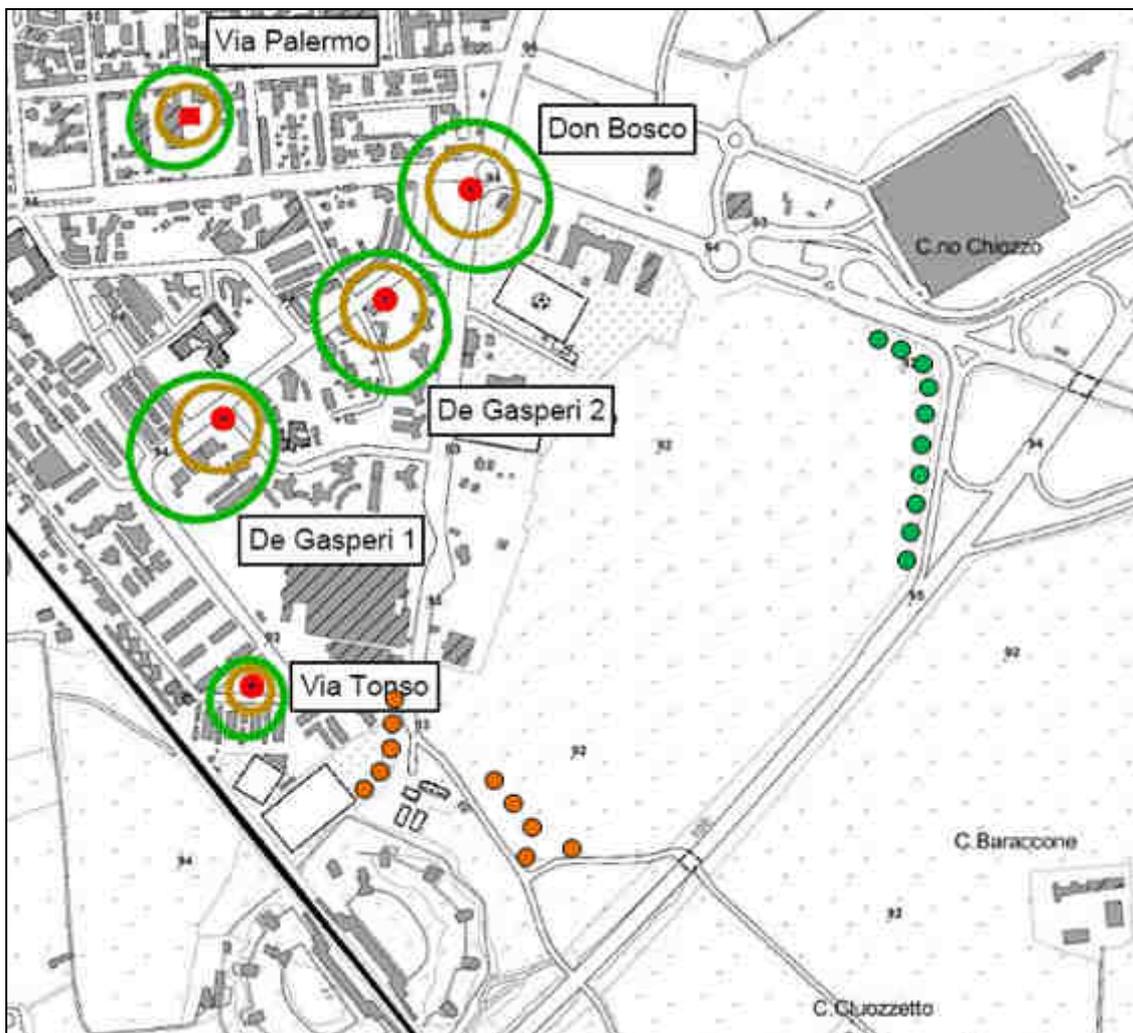


Figura 1.7-2 Cartografia pozzi idropotabili (fonte AMAG, scala 1:10.000)



1.8 CARATTERIZZAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE PRELEVATE ATTRAVERSO ANALISI CHIMICO-FISICA E BATTERIOLOGICA DELLE STESSE E VALUTAZIONE AREALE DEI PRINCIPALI PARAMETRI IDROCHIMICI E DI EVENTUALI CONTAMINANTI PRESENTI IN MANIERA DIFFUSA NELL'INTORNO DELL'INTERVENTO

In Allegato si riportano i risultati della analisi chimiche eseguite dalla Tecnoedil SpA (gruppo EGEA) sulle acque campionate dal piezometro in data 30/3/2017. Dall'osservazione di tali dati si rilevano un paio di criticità: una riguarda il Manganese, che presenta un valore di parametro di 113,26 µg/l a fronte di un limite tabellare di 50 µg/l (riferimento: d.lgs. 152/2006 - limiti CSC per le acque sotterranee), e il Selenio, che presenta un valore di parametro di 9,87 µg/l a fronte di un limite tabellare di 10 µg/l.

Il Selenio rientra, seppur di poco, all'interno dei limiti tabellari, e inoltre non è tra i parametri rilevati dalla Rete di Monitoraggio regionale.

Per quanto riguarda il Manganese, si riportano di seguito l'ubicazione e le analisi chimiche relative al Manganese in due punti di monitoraggio manuale delle acque sotterranee: il

piezometro "Area verde loc. "Il Cristo" (cod. 00600310001) e il piezometro "Via Case Sparse" (cod. 00600300021).

Tabella 1.8-1 analisi chimiche relative al Manganese, piezometro 00600310001 - Comune di Alessandria (fonte dati: GREASE - Rete di Monitoraggio Regione Piemonte)

00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	09-03-2006	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	30-08-2006	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	29-03-2007	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	06-09-2007	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	09-04-2008	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	10-10-2008	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	23-03-2009	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	03-09-2009	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	06-04-2010	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	21-10-2010	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	02-03-2011	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	22-09-2011	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	29-02-2012	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	09-10-2012	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	27-03-2013	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	18-09-2013	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	28-05-2014	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	23-10-2014	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	22-04-2015	MANGANESE	ug/l	6.00
00600310001	ALESSANDRIA	Area verde Loc. "Il Cristo",	FALDA SUPERFICIALE	09-09-2015	MANGANESE	ug/l	12.00

Tabella 1.8-2 analisi chimiche relative al Manganese, piezometro 00600300021 - Comune di Alessandria (fonte dati: GREASE - Rete di Monitoraggio Regione Piemonte)

00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	09-03-2006	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	17-10-2006	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	20-03-2007	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	27-09-2007	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	08-04-2008	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	02-09-2008	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	19-05-2009	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	17-09-2009	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	20-04-2010	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	15-09-2010	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	23-03-2011	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	27-09-2011	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	17-04-2012	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	04-10-2012	MANGANESE	ug/l	25.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	10-04-2013	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	11-10-2013	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	03-04-2014	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	02-10-2014	MANGANESE	ug/l	< 5.00
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	16-04-2015	MANGANESE	ug/l	5.20
00600300021	ALESSANDRIA	Via Case Sparse	FALDA SUPERFICIALE	01-10-2015	MANGANESE	ug/l	< 5.00

Figura 1.8-1 ubicazione piezometri della Rete di Monitoraggio in oggetto (immagine tratta dal Geoportale GREASE - Reg. Piemonte); (N.B. non si è considerato il piezometro 00600300001 poiché riguarda la falda profonda). In rosso area Centrale Sud all'interno della quale è ubicato il piezometro S1



Come si può evincere dalla disamina di tali dati, il Manganese viene rilevato in modo sporadico, e con valori inferiori, almeno nel periodo considerato - dal 2006 al 2016 - al limite tabellare di 50 µg/l.

Un altro parametro chimico che può presentare criticità sono i Nitrati. I dati della Rete di monitoraggio regionale indicano, per il piezometro di Via Case Sparse, un valore medio tra quelli misurati (periodo 2000-2015) di 40,3 mg/l, con n° 2 superamenti del limite tabellare di 50 mg/l tra il 2013 e il 2015; per il piezometro di loc. "Il Cristo" si ha un valore misurato medio di 28,9 mg/l (periodo 2006-2015). Tale parametro è in genere indice di pressioni antropiche dovute ad attività agrosilvicolture intensive (concimazione e allevamento) oltre a scarichi civili - domestici.

In fase esecutiva si provvederà ad eseguire nuovamente analisi chimiche, considerando tra i parametri, oltre ai metalli, i nitrati e i parametri batteriologici, non considerati in fase preliminare.

Si sottolinea, peraltro, che nell'ambito di un impianto geotermico a ciclo aperto (pozzi di prelievo e pozzi di restituzione delle acque nella medesima falda) le acque emunte non vengono utilizzate nell'impianto produttivo, ma se ne utilizzano soltanto le proprietà termiche nell'impianto della pompa di calore; le acque vengono restituite in falda senza subire trattamenti, ma soltanto un disturbo termico: a fronte di una temperatura di estrazione di circa 14 - 14,5 °C, vengono restituite a circa 7-8 °C di temperatura. Le acque rimangono in contatto, per tutta la durata del processo, con tubazioni in PEAD o in acciaio INOX.

1.9 LA GEOMETRIA E LE CARATTERISTICHE IDRODINAMICHE DEL CORPO RECETTORE

Si faccia riferimento ai paragrafi precedenti: il corpo recettore è l'acquifero superficiale sopra caratterizzato.

1.10 DIMOSTRAZIONE CHE LA LOCALIZZAZIONE DEI PUNTI DI PRELIEVO E DI RESTITUZIONE È TALE DA MINIMIZZARE IL RICICLO DELLE ACQUE, LA FORMAZIONE DI STAGNAZIONE, L'ALTERAZIONE SIGNIFICATIVA DEL PARAMETRO TEMPERATURA CON PRECIPITAZIONE E MESSA IN SOLUZIONE DI SOSTANZE INQUINANTI. A TAL PROPOSITO SI SEGNALE CHE DOVRÀ ESSERE PRIVILEGIATO IL POSIZIONAMENTO DEI POZZI CHE PREVEDA LA DISSIPAZIONE DEGLI EFFETTI IDRODINAMICI E TERMICI DELL'IMPIANTO PREVALENTEMENTE ALL'INTERNO DELL'AREA DI PROPRIETÀ

Nelle Tavole allegate fuori testo (cfr. elaborati GEO006, GEO007 e GEO008) è riportata l'ubicazione dei pozzi in oggetto; poiché l'area individuata per l'ubicazione della centrale in progetto risulta avere dimensioni troppo ridotte, per minimizzare gli effetti di alterazione idrodinamica e termica, si è optato per il posizionamento dei pozzi di estrazione in corrispondenza di aree di proprietà comunale lungo via del Chiozzetto, in prossimità della cittadella fortificata e della ferrovia; avendo cura di massimizzare, all'interno dell'area disponibile, la distanza tra i singoli pozzi e la distanza dalle strutture in muratura presenti.

Per quanto concerne i pozzi di restituzione, in fase preliminare si sono valutate varie possibili disposizioni, in base ai terreni disponibili (aree di proprietà della committenza o aree di proprietà comunale) e in base alle risultanze delle simulazioni effettuate, si è scelto di posizionare i pozzi di restituzione in corrispondenza di una via pedonale - ciclabile posta in prossimità del raccordo SP 30 - via S. Giovanni Bosco.

1.11 DESCRIZIONE DELL'EFFETTO DI SOVRAPPOSIZIONE DEGLI IMPATTI DI EVENTUALI ALTRE AUTORIZZAZIONI DELLA MEDESIMA TIPOLOGIA SUL CORPO IDRICO SOTTERRANEO RICETTORE

Non si sono rilevati altri pozzi geotermici nell'area in esame (fonte SIRI e archivio Provincia di Alessandria) tra quelli censiti in un intorno significativo dell'area in esame.

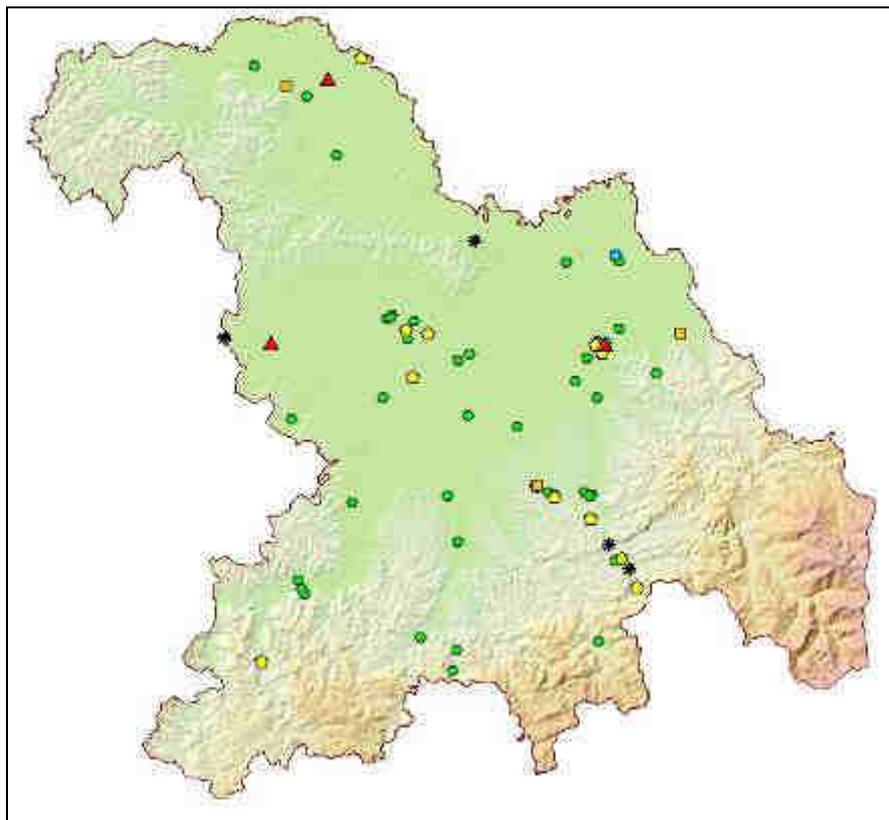
1.12 VALUTAZIONI E SCHEMATIZZAZIONE DELLE IPOTESI DI MODIFICAZIONI INDOTTE DALLO SCARICO OGGETTO DELL'ISTANZA SULLA MORFOLOGIA DELLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA E SUL CHIMISMO DELLA FALDA INTERESSATA ED EVENTUALI POSSIBILI RICHIAMI DI CONTAMINANTI DA MONTE E LATERALI IN UN INTORNO SIGNIFICATIVO DELL'AREA DI INTERVENTO, TENENDO IN

CONSIDERAZIONE LA DISSIPAZIONE DEGLI EFFETTI IDRODINAMICI E TERMICI DELLA REIMMISSIONE

Lo scarico in oggetto è costituito da n°10 pozzi, tutti con le medesime caratteristiche (cfr. elaborati B1 GEO004 - B1 GEO007). Il numero di pozzi e la loro disposizione spaziale, analogamente per quel che riguarda i pozzi di emungimento, è stata stabilita in modo da minimizzare gli effetti idrodinamici e termici sulla falda superficiale in un intorno significativo. Particolare attenzione è stata inoltre riservata alla valutazione dei possibili effetti di cortocircuitazione termica (effetto di richiamo del disturbo termico dai pozzi di restituzione verso i pozzi di estrazione) che viene minimizzata disponendo i pozzi di restituzione a valle e lateralmente rispetto ai pozzi di estrazione, in base al flusso naturale della falda.

In figura 1.12-1 si riporta uno stralcio della cartografia tratta dall'Anagrafe Regionale Siti contaminati disponibile sul sito internet della Regione Piemonte - Ambiente - Bonifiche. Di seguito si riporta inoltre l'elenco dei siti contaminati della provincia di Alessandria. Si è in attesa di una cartografia dei siti contaminati di maggiore dettaglio da parte del Comune di Alessandria.

Figura 1.12-2 Cartografia Anagrafe dei Siti Contaminati della Provincia di Alessandria

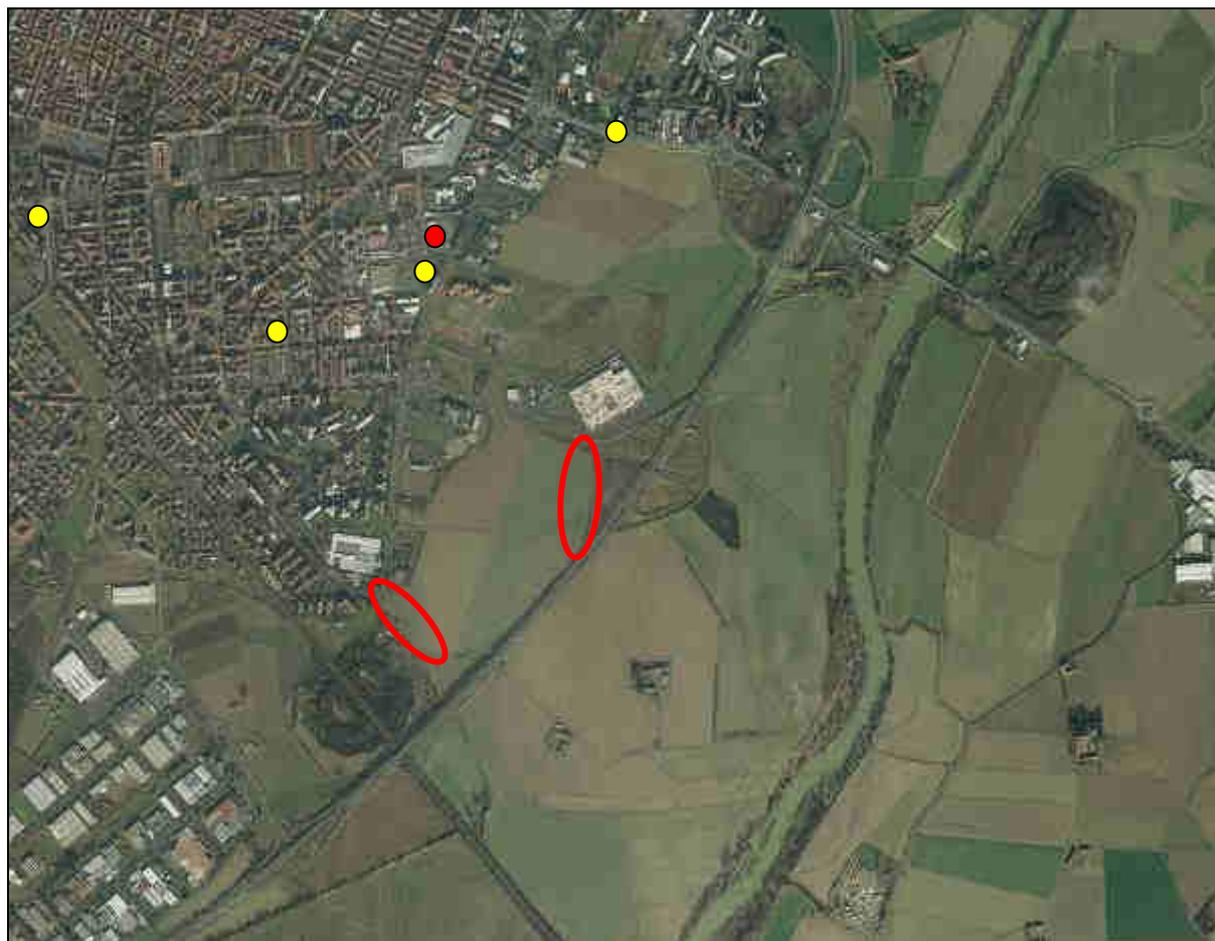


**Figura 1.12-2 Cartografia Anagrafe dei Siti Contaminati della Provincia di Alessandria:
legenda**

Simbolo	Tipologia d'intervento
●	Bonifica e ripristino ambientale
●	Bonifica e ripristino ambientale con misure di sicurezza
●	Intervento concluso con la messa in sicurezza d'emergenza
●	Intervento non necessario a seguito analisi di rischio
●	Messa in sicurezza operativa
■	Messa in sicurezza permanente
*	Interventi diversi sullo stesso sito
▲	Verifica in corso

Data aggiornamento del servizio: 09/12/2016

**Figura 1.12-3 Cartografia dei Siti Contaminati in un intorno dell'area di studio;
Legenda**



LEGENDA:

- Area di studio
- Siti contaminati: matrice suolo e sottosuolo
- Siti contaminati: matrice suolo/sottosuolo + acque sotterranee - falda superficiale

Figura 1.12-4 Elenco Anagrafe dei Siti Contaminati della Provincia di Alessandria

ALESSANDRIA	01 - 00721	AL - 00025	ACQUE SOTTERRANEE	Alifatici clorurati, inquinanti inorganici e metalli	Eventi accidentali. Presenza di sostanze inquinanti dovuta a cattiva gestione di impianti o strutture	VERIFICA IN CORSO
			SOTTOSUOLO	Idrocarburi, Composti inorganici e metalli		
ALESSANDRIA	01 - 00724	AL - 00026	ACQUE SOTTERRANEE	Alifatici clorurati, inquinanti inorganici e metalli	Eventi accidentali. Presenza di sostanze inquinanti dovuta a cattiva gestione di impianti o strutture	BONIFICA E RIPRISTINO AMBIENTALE
			SOTTOSUOLO	Idrocarburi, Composti inorganici e metalli		
ALESSANDRIA	01 - 00747	AL - 00031	ACQUE SOTTERRANEE	Alifatici clorurati, inquinanti inorganici e metalli	Eventi accidentali. Presenza di sostanze inquinanti dovuta a cattiva gestione di impianti o strutture	VERIFICA IN CORSO
			SOTTOSUOLO	Idrocarburi, Composti inorganici e metalli		
ALESSANDRIA	01 - 00840	AL - 00046	SOTTOSUOLO	Idrocarburi, Aromatici	Presenza di sostanze inquinanti dovuta a cattiva gestione di impianti o strutture	BONIFICA E RIPRISTINO AMBIENTALE CON MISURE DI SICUREZZA
			ACQUE SOTTERRANEE	Composti organici aromatici, Idrocarburi		
ALESSANDRIA	01 - 01029	AL - 00051	ACQUE SOTTERRANEE	Composti organici aromatici, Idrocarburi	Incidenti a pipe line	BONIFICA E RIPRISTINO AMBIENTALE
			SOTTOSUOLO	Idrocarburi, Aromatici		
ALESSANDRIA	01 - 01206	AL - 00062	SOTTOSUOLO	Idrocarburi, Aromatici	Presenza di sostanze inquinanti dovuta a cattiva gestione di impianti o strutture	BONIFICA E RIPRISTINO AMBIENTALE
ALESSANDRIA	01 - 01246	AL - 00064	SOTTOSUOLO	Aromatici policiclici, Idrocarburi	Presenza di sostanze inquinanti dovuta a cattiva gestione di impianti o strutture	BONIFICA E RIPRISTINO AMBIENTALE CON MISURE DI SICUREZZA
			ACQUE SOTTERRANEE	Idrocarburi, inquinanti inorganici e metalli, Policiclici aromatici		
			SUOLO	Idrocarburi		
ALESSANDRIA	01 - 01321	AL - 00081	SOTTOSUOLO	Idrocarburi, Aromatici, Composti inorganici e metalli	Presenza di sostanze inquinanti dovuta a cattiva gestione di impianti o strutture	BONIFICA E RIPRISTINO AMBIENTALE
			ACQUE SOTTERRANEE	Composti organici aromatici, Idrocarburi		
ALESSANDRIA	01 - 01388	AL - 00087	SUOLO	Idrocarburi, Composti inorganici e metalli	Presenza di sostanze inquinanti dovuta a cattiva gestione di impianti o strutture	BONIFICA E RIPRISTINO AMBIENTALE
ALESSANDRIA	01 - 01497	AL - 00093	SOTTOSUOLO	Idrocarburi	Incidenti a pipe line	BONIFICA E RIPRISTINO AMBIENTALE
			SUOLO			
ALESSANDRIA	01 - 01823	AL - 00135	ACQUE SOTTERRANEE	Composti organici aromatici, Idrocarburi	Presenza di sostanze inquinanti dovuta a cattiva gestione di impianti o strutture	BONIFICA E RIPRISTINO AMBIENTALE

Per quanto concerne i possibili richiami di contaminazioni, si può vedere come i siti contaminati in un intorno significativo siano ubicati prevalentemente a valle o lateralmente rispetto al campo pozzi (cfr. fig. 1.12-3), e la distanza del più prossimo di tali siti contaminati dai pozzi di estrazione (gli unici che potrebbero esercitare un richiamo di acque potenzialmente contaminate) è di circa 1 km.

Si rimanda ai paragrafi successivi, in cui si svilupperà la descrizione del modello di flusso e trasporto di calore e dei risultati preliminari ottenuti, l'esposizione di ulteriori dettagli per quanto concerne le perturbazioni idrodinamiche e termiche indotte sulla falda superficiale nell'area considerata.

1.13 INDICAZIONE DELLA TEMPERATURA MASSIMA DI PROGETTO DELL'ACQUA REFLUA (SCARICO). INOLTRE, IN BASE AL CICLO DI FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE E DELLE CONDIZIONI A CONTORNO, DOVRANNO ESSERE IPOTIZZATE LE ORE DI FUNZIONAMENTO GIORNALIERE E MENSILI, LE MEDIE GIORNALIERE E MENSILI DELLA TEMPERATURA E DELLA PORTATA DELL'ACQUA REFLUA SCARICATA

La temperatura di progetto di reimmissione delle acque è di 7°C. L'impianto in oggetto ha funzione di teleriscaldamento, e non prevede un utilizzo delle acque di falda per climatizzazione nei mesi estivi. La temperatura di scarico rientra quindi nel *range* consentito

ai sensi della Scheda Tecnica - Allegato 2 - disponibile sul sito internet della Provincia di Alessandria.

Come riportato al par. 1.5, la temperatura media delle acque della falda superficiale nel settore di pianura considerato è compresa tra 14,5 °C e 15,0 °C (fonte dati: Rete di monitoraggio acque sotterranee Reg. Piemonte).

In base a questi dati, il progettista dell'impianto ha fornito la seguente tabella in cui sono riportati gli utilizzi mensili in ore dell'impianto di emungimento e restituzione (tratto dall'elaborato progettuale B1 MECC003, non allegato):.

Tabella 1.12-2 schema dell'utilizzo mensile (in ore) dell'impianto a pieno regime (80 l/s complessivi)

PROD. TERMICA	Gen.	Feb.	Mar.	Apr. 1-15	Apr. 16-30	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott. 1-15	Ott. 16-31	Nov.	Dic.	TOT.
Ore mensili	739	575	735	256	107	53	13	169	39	33	133	310	701	695	4556

Le ore di funzionamento dell'impianto di cui alla tabella precedente sono da intendersi equamente suddivise per i singoli giorni di ciascun intervallo. L'utilizzo dell'impianto è da intendersi sempre a pieno regime e le ore giornaliere di utilizzo sono conseguenza diretta dei volumi richiesti.

Semplificando, si ottiene una portata media, per ciascuno dei n°10 pozzi di estrazione e dei n°10 pozzi di reimmissione, "invernale" (per sei mesi) di 7,3 l/s ed una portata media "estiva" di 1,0 l/s (per sei mesi).

2 SIMULAZIONE PRELIMINARE DI FLUSSO E PROPAGAZIONE DI CALORE CON PRELIEVO E SCARICO IN FALDA (MODELLIZZAZIONE ALLE DIFFERENZE FINITE)

Nei paragrafi successivi sono illustrati i seguenti contenuti (come da indicazioni della Scheda Tecnica all'Allegato 2 all'Istanza di Autorizzazione allo scarico in acque superficiali, sul suolo e negli strati superficiali del sottosuolo):

“Previsioni di dettaglio dell'evoluzione nel tempo della diffusione del caldo/freddo nella falda, simulando l'ampiezza, la durata e la modalità di propagazione attraverso l'utilizzo di uno strumento capace di eseguire simulazioni in regime transitorio al fine di effettuare una simulazione numerica dell'evoluzione del plume termico (anche detto “bolla termica” o “bolla di calore”) conseguente alla reimmissione. Tali simulazioni dovranno essere relative almeno al primo e terzo anno di funzionamento dell'impianto e tenere conto dei seguenti fattori:

- costruzione del modello idrogeologico della falda nelle sue condizioni “naturali”;
- definizione dei parametri dell'impianto geotermico a bassa entalpia e dei regimi di funzionamento;
- costruzione dei modelli idrogeologici per stabilire le aree di influenza del pozzo di presa e del pozzo di scarico durante le stagioni invernale ed estiva ed alle diverse portate;
- calcolo dell'eventuale zona di riciclaggio tra pozzo di presa e pozzo di scarico;
- temperatura e portata media mensile o giornaliera dello scarico (tali medie dovranno tener conto delle ore di funzionamento giornaliero dell'impianto e delle altre condizioni al contorno).

Dimostrazione dell'assenza di interferenze tra la reimmissione e le strutture edilizie limitrofe, le eventuali ripercussioni, soprattutto a lungo termine, sul moto della falda e valuti le possibili influenze e/o variazioni sulla portanza dei terreni partendo dai valori di massima escursione della falda. Inoltre le valutazioni (profilo superficie piezometrica a pozzi funzionati, massima escursione della falda, etc.) e i dati di input (pozzo di presa e restituzione, distanze dai fabbricati più prossimi, altezza dei piani interrati del fabbricato e dei fabbricati più prossimi, posizionamento del piezometro di monitoraggio, etc.), dovranno essere evidenziati in una sezione quotata in scala idonea.”

2.1 INTRODUZIONE: MODELLO DI FLUSSO E TRASPORTO

Si riporta di seguito e nei paragrafi successivi l'illustrazione dei risultati della modellazione alle differenze finite, utilizzando il codice di calcolo MODFLOW (McDonald & Harbaugh - USGS, 1988), relativa alla progettazione di un campo pozzi, finalizzato all'alimentazione di un impianto in pompa di calore a ciclo aperto (pozzi di estrazione e pozzi di reimmissione in falda) per la centrale di teleriscaldamento “Sud” del Comune di Alessandria.

In sede esecutiva potranno essere eseguiti in necessari tests su un campo pozzi sperimentale che permetteranno di tarare il modello numerico in base alla piezometria riscontrata nel corso di apposite campagne piezometriche, e di rilevare con maggiore precisione i parametri fisici dell'acquifero (Trasmissività, Conducibilità idraulica, Coefficiente d'immagazzinamento), operazione possibile soltanto mediante l'esecuzione di prove di pompaggio pozzo - piezometro.

In seguito all'acquisizione di questi dati sarà possibile effettuare la calibrazione del modello di flusso e trasporto di calore; in assenza di tali dati si è costruito un modello basato su dati bibliografici e sulla prova di pompaggio eseguita dallo scrivente sul piezometro S1 in data 30/03/2017.

Per l'implementazione del modello si è quindi proceduto a:

- consultare i dati del DTM (*Digital Terrain Model*) disponibili sul GeoPortale della Regione Piemonte;
- consultare la Carta della Base dell'Acquifero superficiale (DCR 117-10731 del 13/03/2007 e DGR 34-11524 del 03/06/2009, agg. D.D. 4/8/2011, n. 267, agg. D.D. 3/12/2012, n°900);
- consultare dati stratigrafici disponibili nell'archivio dello scrivente e presso la Banca Dati Geotecnica di ARPA Piemonte;
- consultare la piezometria dell'acquifero superficiale realizzate nell'ambito dei progetti "Valtanaro" e "Studi idrogeologici finalizzati all'integrazione delle conoscenze già disponibili relative alla caratterizzazione dei principali complessi idrogeologici" DST - Univ. di Torino - Reg. Piemonte, 2004;
- consultare i dati litostratigrafici derivanti dalla realizzazione di un sondaggio a carotaggio continuo effettuati, per la committenza, dalla ditta Tecnosuolo srl ed elaborati dal dott. geol. A. Cavalli.

2.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO UTILIZZATO: IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO DI FLUSSO E TRASPORTO

Per simulare il comportamento idrodinamico dell'acquifero superficiale si è impostato, utilizzando il codice MODFLOW-2000, un modello tridimensionale costituito da un solo *layer*, il cui *top* è costituito dal piano di campagna (in assenza di un rilievo topografico di dettaglio si è realizzata una interpolazione a partire dai punti quotati del DTM della Regione Piemonte (da GeoPortale Regione Piemonte: Modelli digitali del terreno da CTR 1:10.000 (passo 10 m) – Modello altezze filtrato); per il *bottom* si è invece considerata la Base dell'Acquifero Superficiale (DGR 34-11524 del 03/06/2009 e s.m.i.).

In pianta il modello ha dimensioni di 3654 x 3623 m e copre un'area significativa di Pianura Alessandrina nell'intorno d'impianto in progetto; l'influenza del pompaggio dei pozzi in progetto non raggiunge i limiti del modello.

La base teorica del modello è costituita dall'equazione differenziale di flusso (cfr. (2) (3) per la descrizione delle equazioni di flusso, dei metodi di modellazione numerica e dei parametri utilizzati) che descrive il moto di un fluido (in questo caso la falda freatica) attraverso un mezzo solido poroso e permeabile (acquifero superficiale).

Poiché la soluzione analitica di tale equazione è possibile solo in alcuni elementari e limitati casi, sono stati formulati vari metodi in grado di restituire, per via numerica, una soluzione approssimata dell'equazione di flusso: il metodo alle differenze finite è uno di questi, e in base ad esso il sistema continuo (l'acquifero) viene discretizzato in un set finito, nel tempo e nello spazio, di celle "discrete", in cui è possibile sostituire le derivate parziali con valori finiti calcolati in base alla differenza di carico piezometrico tra celle adiacenti, e di computarne l'andamento nel tempo attraverso l'utilizzo di scalini temporali ("*time steps*") in cui la derivata del tempo è sostituita da un valore finito, e per ogni *time step* il codice esegue la computazione numerica dell'intero dominio.

Ogni cella è caratterizzata quindi da un "nodo", posto nel suo baricentro, a cui vengono attribuite le proprietà inserite nel modello (permeabilità, coeff. d'immagazzinamento, carico idraulico, portata); tali valori vengono utilizzati nell'applicazione dell'equazione di continuità

² Anderson M., Woessner W. (1991) *Applied groundwater modeling*, Elsevier inc.

³ Di Molfetta A. (2002), *Ingegneria degli acquiferi*, Politeko Edizioni, Torino.

del sistema acquifero: la somma del flusso totale netto, in e out, deve essere pari alla variazione d'immagazzinamento d'acqua all'interno delle celle. Il modello, accoppiando tale relazione con la legge di Darcy risolve matematicamente il problema, consentendo il calcolo dei valori di carico idraulico per ciascun nodo della maglia del dominio considerato.

Per la simulazione del trasporto di calore si è fatto ricorso al codice di calcolo MT3D-MS (Zheng C., (1990); Papadopoulos & Associates, (1996-1998) per *U.S. Army Corps of Engineers*); tale codice permette di simulare i fenomeni di trasporto di massa con notevole versatilità e con diversi metodi di calcolo, tanto che è stato possibile adattare il metodo anche per il trasporto di calore, sfruttando l'analogia tra l'equazione di trasporto di massa (cfr. (2) pagg. 232-237) e l'equazione del trasporto di calore, per simulare l'interferenza termica dovuta all'immissione di acqua con temperatura differente da quella naturale della falda (per la descrizione dei metodi cfr. Ma & Zheng (2010); Langevin et al. (2010); Piccinini et al. (2012)).

Dal confronto tra l'equazione di trasporto di calore e di trasporto di massa risultano analoghi i seguenti termini:

Tabella 2.2-1 comparazione / analogia tra i termini presenti nell'equazione del trasporto di massa e nell'equazione del trasporto di calore

Trasporto di massa	Trasporto di calore
Fattore di ritardo - R	Ritardo Termico - R_T
Avvezione	Convezione termica
Diffusione molecolare - D_0	Diffusività termica - Λ_0
Dispersione cinematica - $D_{i,j}$	Dispersione termica - $\Lambda_{i,j}$
Concentrazione - C	Temperatura - T

2.3 SVILUPPO DEL MODELLO DI FLUSSO E TRASPORTO SITO SPECIFICO

Per l'implementazione del modello, in base ai dati disponibili, si sono quindi utilizzati i seguenti parametri, le seguenti condizioni al contorno, oltre ai dati di progetto, per cui si indica il metodo o la fonte con cui si sono ricavati:

2.3.1 PROPRIETA' FISICHE - IDROGEOLOGICHE

Conducibilità idraulica (m/s): $k_x = k_y = 0.0002$; $k_z = K_x/10$

Ricavata da: prova di pompaggio del 30/03/2017 ($k = T/b$, con b = spessore acquifero)

Porosità, porosità efficace, rendimento specifico (adim): $n = n_e = S_y = 0.3$

Ricavate da: dati bibliografici

Bulk density (peso di volume delle particelle solide dell'acquifero) (kg/m^3): 2'100

Ricavata da: dati bibliografici

Coefficiente di ritardo termico (adim): $R_T = 2.32$

Ricavato da: calcolato da densità, calore specifico e conducibilità termica dell'acqua e del terreno (da dati bibliografici)

Coefficiente di distribuzione solido-liquido (dm^3/mg): $1,9 \cdot 10^{-7}$

Ricavato da: calcolata da R_T , *bulk density* e n_e

Diffusività termica (m^2/day): $\Lambda_0 = 0,2$

Ricavato da: calcolato da conducibilità termica del terreno e dell'acqua, calore specifico dell'acqua, densità dell'acqua e porosità

Dispersività longitudinale, trasversale e verticale (m): $DI = 7$; $Dt = 0.1 \cdot DI$; $Dv = 0.01 \cdot DI$

Ricavato da: formula di Xu & Eckstein (1995)

2.3.2 CONDIZIONI AL CONTORNO (*BOUNDARY CONDITIONS*)

In assenza di una campagna piezometrica si sono impostati i limiti relativi al carico idraulico impostando nel modello le seguenti condizioni al contorno, ricavate dai dati bibliografici disponibili, in particolare dalla Carta piezometrica pubblicata dal DST - Università di Torino (2004) per il alto di monte (sinistra del modello) e si è impostato un *river boundary* (F. Bormida) per il lato di valle (destra del modello), considerando le quote medie dell'alveo ricavate dalla cartografia regionale.

L'unico dato di soggiacenza disponibile è relativo al piezometro S1, ed è pari a -6,0 m da p.c. (30/03/2017).

Carico costante: sul lato sinistro del modello (WSW) si è impostato un carico costante pari a 89 m s.l.m. (ca. 6 m da p.c.)

River: sul lato destro del modello si è impostato il F. Bormida a quote comprese tra 86,5 m (monte, a sud nel modello) e 84 m s.l.m. (valle, a nord nel modello).

Per quanto concerne i pozzi, si sono inseriti nel modello i seguenti pozzi (fonte: S.I.R.I. Regione Piemonte); nel modello non si sono inseriti pozzi profondi, ma solo pozzi captanti l'acquifero superficiale. Per tali pozzi è stata inserita nel modello una portata di estrazione pari alla portata media annua da concessione provinciale.

Tabella 2.3.2-1 pozzi esistenti inseriti nel modello (fonte: S.I.R.I. Reg. Piemonte)

OBJECTID	CODICE_ROCC_RILIEVO	PROVINCIA	COMUNE	C_IDRICO	PERQ_MAX	Q_MEDIA	U	UTM_X_ED50	UTM_Y_ED50
PW1	ALP00906	AL01567PZZ001	ALESSANDRIA	ALESSANDRIA	FALDA SUPERFICIALE	0.0000	1.0000	470976	4971305
PW3	ALP00063	AL01219PZZ001	ALESSANDRIA	ALESSANDRIA	FALDA SUPERFICIALE	1.0000	0.0079	469849	4971056
PW4	ALP00055	AL01203PZZ001	ALESSANDRIA	ALESSANDRIA	FALDA SUPERFICIALE	10.0000	2.5000	469890	4972103
PW5	ALP00057	AL01203PZZ003	ALESSANDRIA	ALESSANDRIA	FALDA SUPERFICIALE	10.0000	2.5000	470350	4971905
PW6	ALP00061	AL01168PZZ001	ALESSANDRIA	ALESSANDRIA	FALDA SUPERFICIALE	2.2000	0.0350	470281	4972361
PW7	ALP00062	AL01168PZZ002	ALESSANDRIA	ALESSANDRIA	FALDA SUPERFICIALE	2.2000	0.0450	470310	4972315
PW8	ALP01218	AL00600PZZ001	ALESSANDRIA	ALESSANDRIA	FALDA SUPERFICIALE	22.0000	4.7000	471222	4970640
PW10	ALP01130	AL02230PZZ001	ALESSANDRIA	ALESSANDRIA	FALDA SUPERFICIALE	3.4000	0.5000	469276	4970675
PW11	ALP04960	AL02608PZZ001	ALESSANDRIA	ALESSANDRIA	FALDA SUPERFICIALE	27.0000	5.0000	471763	4972343
PW12	ALP05106	AL02705PZZ001	ALESSANDRIA	ALESSANDRIA	FALDA SUPERFICIALE	3.3300	0.0120	469456	4971100
PW13	ALP05161	AL03129PZZ001	ALESSANDRIA	ALESSANDRIA	FALDA SUPERFICIALE	DAI 3.0000	2.1300	469624	4971643

Inoltre si sono inseriti i pozzi in progetto, suddivisi in un campo pozzi di estrazione e un campo pozzi di restituzione; si è inoltre inserito il piezometro S1 (*observation well* non in pompaggio):

Tabella 2.3.2-2 ubicazione con coordinate nel sistema di riferimento ED50 dei pozzi geotermici in progetto e del piezometro esistente (S1)

ID	TPO	TPOLOGIA	utm_x	utm_y
1	0 PE1	Estrazione	470435	4971607
2	0 PE2	Estrazione	470434	4971604
3	0 PE3	Estrazione	470436	4971605
4	0 PE4	Estrazione	470424	4971628
5	0 PE5	Estrazione	470392	4971616
6	0 PE6	Estrazione	470528	4971641
7	0 PE7	Estrazione	470551	4971608
8	0 PE8	Estrazione	470573	4971581
9	0 PE9	Estrazione	470573	4971540
10	0 PE10	Estrazione	470657	4971544
11	0 PR1	Restituzione	471011	4971814
12	0 PR2	Restituzione	471048	4971949
13	0 PR3	Restituzione	471056	4971967
14	0 PR4	Restituzione	471054	4972025
15	0 PR5	Restituzione	471058	4972064
16	0 PR6	Restituzione	471071	4972097
17	0 PR7	Restituzione	471026	4972120
18	0 PR8	Restituzione	471673	4972157
19	0 PR9	Restituzione	471147	4972172
20	0 PR10	Restituzione	471018	4972184
21	0 S1	Sondaggio	470665	4971632

Per tali pozzi si è provveduto, inizialmente, ad impostare le portate come segue: trattandosi di una simulazione di lunga durata non si sono considerati i cicli giornalieri di attacco/stacco dei pozzi, si è preferito inserire la portata media relativa ai periodi di pompaggio invernale ed estivo: in base alle indicazioni della committenza, che ha fornito lo schema di funzionamento suddiviso per numero di ore mensili a piena portata (48 mc/h in estrazione e altrettanti in restituzione complessivi, per 4'500 ore circa l'anno, di cui 4000 nella stagione invernale). Ne è risultata una portata media (inserita come dato di ingresso nel modello) di -7,3 l/s per ognuno dei sei pozzi di estrazione e di +7,3 l/s per ognuno dei sei pozzi di restituzione nella stagione termica (6 mesi freddi) e di -1,0 l/s per ognuno dei sei pozzi di estrazione e di +1,0 l/s per ognuno dei sei pozzi di restituzione nella stagione estiva.

Per quanto riguarda il modello di propagazione termica, si sono inseriti tre tipi di condizioni al contorno:

Initial concentration: si è inserita, per tutto il dominio del modello, una temperatura iniziale, mediante la *boundary condition* "initial concentration", di 14,5 °C, pari alla temperatura media rilevata dal piezometro della Rete di Monitoraggio Regionale di ARPA Piemonte (Piezometro T25 - Alessandria, cfr. elaborato B1 GEO 006).

Constant concentration: sul lato idrogeologicamente a monte si è impostata una condizione al contorno di temperatura costante pari a 14,5 °C

Point source: in corrispondenza dei pozzi di restituzione si è impostato un limite di flusso tipo "point source", che associa una condizione di trasporto alla cella in cui è impostato un limite di flusso (ad esempio, e nella fattispecie, un pozzo), con una temperatura fissa pari alla temperatura di uscita dell'acqua dell'impianto in progetto, e cioè $T = 7^{\circ}\text{C}$.

2.3.3 PUNTI DI MONITORAGGIO

Per una migliore visualizzazione dei risultati della simulazione si sono inseriti all'interno del modello una serie di punti di monitoraggio.

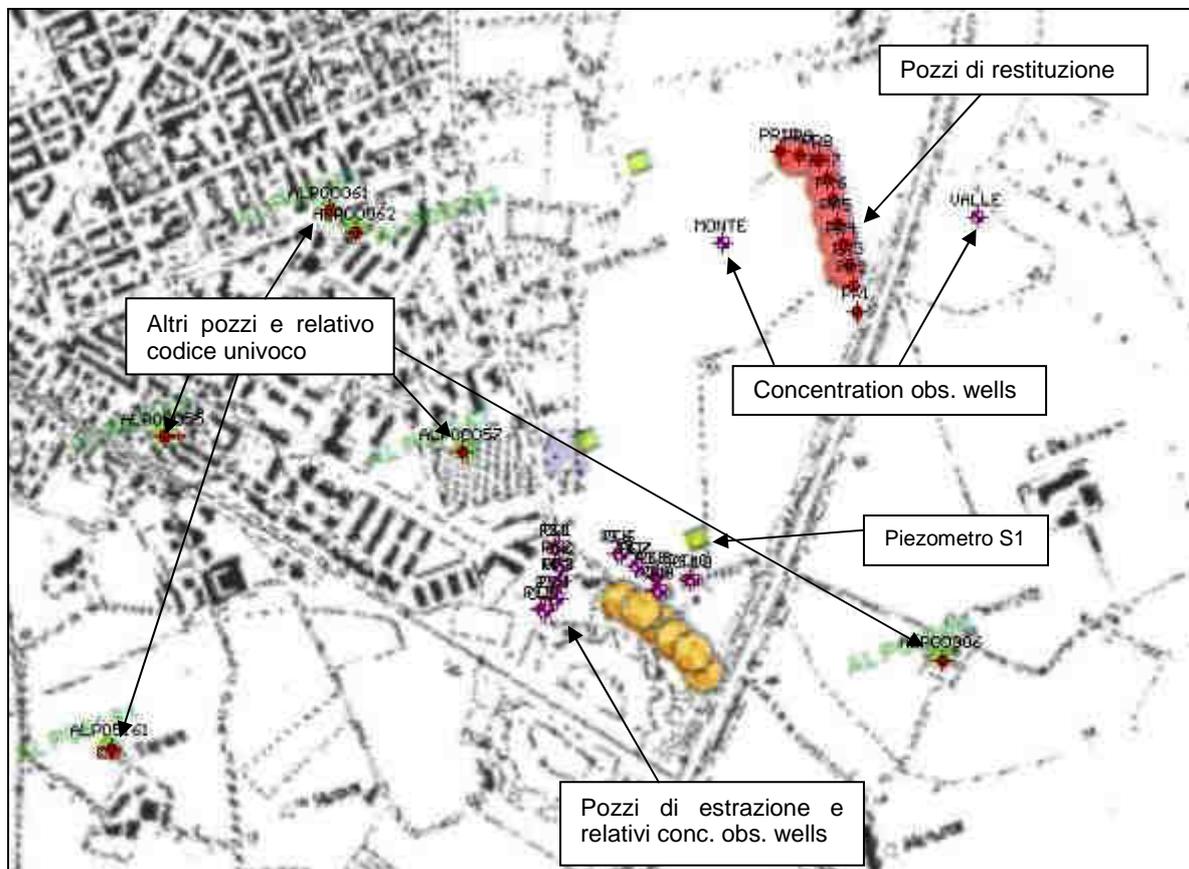
In un modello numerico possono essere presenti, in genere, due tipi di punti di monitoraggio (*observation wells*): *head observation wells* e *concentration observation wells*; i primi sono dedicati al confronto dei dati di piezometria misurati nella realtà con quelli calcolati dal modello, e per l'eventuale taratura del modello di flusso (operazione che, come anticipato, non è stato possibile eseguire in questa fase); i secondi possono essere utilizzati per monitorare l'andamento nel tempo del parametro di trasporto (in questo caso la temperatura) in determinati punti di osservazione.

Nel modello in questione si sono inseriti n°12 *concentration observation wells*: n°10 sono ubicati in corrispondenza dei pozzi di estrazione, per monitorare eventuali variazioni di temperatura indotte in corrispondenza dei pozzi di emungimento a causa dell'immissione nei pozzi di restituzione di acqua con temperatura perturbata.

Questa circostanza non si dovrebbe verificare o dovrebbe essere, sul lungo periodo, trascurabile, poiché va ad inficiare l'efficienza del sistema geotermico a pompa di calore (la temperatura estratta dai pozzi di emungimento deve essere il più possibile imperturbata).

Nella figura seguente è rappresentata l'ubicazione dei pozzi dell'impianto in progetto inseriti nel modello, dei pozzi di osservazione e degli altri pozzi più prossimi.

Figura 2.3.3-2 dettaglio del campo pozzi in progetto, con in evidenza i campi pozzi di estrazione e di restituzione; in corrispondenza dei pozzi di estrazione ci sono punti di monitoraggio della temperatura (OW1÷OW6); sono presenti inoltre punti di monitoraggio del carico idraulico (S1) e gli altri pozzi più prossimi



2.3.4 TEMPI DI SIMULAZIONE E TEMPISTICHE DI ESERCIZIO DEL POMPAGGIO

Si è impostato come “giorno 0” il 16 ottobre, cioè il giorno di inizio della stagione termica invernale. La simulazione è stata impostata in regime transitorio e ha, cautelativamente, la durata di 5 anni.

L'utilizzo giornaliero dell'impianto e quindi l'orario giornaliero di pompaggio è variabile, come illustrato al par. 1.13, nel corso dell'anno, in funzione delle necessità dell'impianto.

Poiché non è possibile nel modello inserire gli orari di funzionamento giornaliero delle pompe, e dato che il regime di esercizio dell'emungimento (e contestualmente della restituzione) può essere suddiviso in due distinti periodi annuali, si è scelto, con buona approssimazione nell'ottica di una simulazione sul lungo periodo, di impostare il regime di pompaggio in base al semplice schema seguente, considerando quindi l'alternanza di una stagione invernale (“stagione termica”) in cui si ha una portata media per ogni pozzo, di $\pm 7,3$ l/s, e di una stagione estiva in cui si ha una portata media, per ogni pozzo, di $\pm 1,0$ l/s (il modello considera positive le portate immesse dai pozzi e negative le portate estratte dai pozzi):

Giorni di simulazione		Portata (l/s)
0	182	-7.3
182	365	-1.0
365	547	-7.3
547	730	-1.0
730	912	-7.3
912	1095	-1.0
1095	1277	-7.3
1277	1460	-1.0
1460	1642	-7.3
1642	1825	-1.0

2.4 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Le simulazioni sono state condotte in regime transitorio per una durata di 3 - 5 anni di esercizio, sufficienti a comprendere il trend di sviluppo e l'estensione nel periodo di tempo considerato della perturbazione termica (la cosiddetta “bolla di calore”).

La bolla di calore può essere distinta in “nucleo”, cioè la porzione in cui l'acquifero è sottoposto ad una variazione di temperatura $\Delta T > 4-5$ °C, e in “fronte termico”, in cui si hanno variazioni di temperatura > 1 °C.

Si sottolinea che il modello in oggetto ha solo valore predittivo e non esaustivo: non essendo stato possibile eseguire la taratura del modello (cfr. par. 2.1) le indicazioni che si possono trarre sono suscettibili di variazioni dovute alla non perfetta conoscenza delle caratteristiche dell'acquifero, e in particolare delle loro variazioni spaziali, essendo l'acquifero un mezzo poroso NON OMOGENEO, in cui i parametri di porosità, immagazzinamento e permeabilità variano in modo irregolare nello spazio tridimensionale occupato dal mezzo poroso.

In figura 2.4-1 si riporta il risultato della simulazione preliminare dello stato attuale del settore modellizzato, realizzata in presenza dei pozzi presenti nel database del S.I.R.I. Regione Piemonte, e in assenza dei pozzi in progetto, dopo una simulazione in regime transitorio della durata di cinque anni.

In figura 2.4-2 si riporta il risultato della simulazione preliminare dello stato attuale del settore modellizzato, realizzata in presenza sia dei pozzi presenti nel database del S.I.R.I. Regione

Piemonte, sia dei pozzi di emungimento e restituzione in progetto, dopo una simulazione in regime transitorio della durata di 6 mesi, considerando come condizione iniziale la simulazione di cui alla fig. 2.4-1.

Come si può evincere, l'influenza dei pozzi geotermici genera due coni, uno di depressione in corrispondenza dei pozzi di estrazione e uno di ricarica in corrispondenza dei pozzi di restituzione. Si sottolinea che l'estensione del raggio d'influenza e il gradiente indotto dai pozzi geotermici sono fortemente dipendenti dalla trasmissività dell'acquifero (e di pari passo dalla permeabilità), parametro la cui determinazione dovrà essere approfondita in fase esecutiva mediante l'esecuzione di una prova di pompaggio pozzo-piezometro.

Un ulteriore elemento che influenza la forma del cono di depressione e che in questa fase è affetto da incertezza è il gradiente idraulico: le piezometrie tratte da bibliografia hanno equidistanza di 5 m e, alla scala del sito, il grado di precisione è decisamente basso, non consentendo di ricostruire la piezometria di dettaglio; d'altronde, non è stato possibile tarare il modello data l'assenza di punti di monitoraggio (ad eccezione del piezometro S1).

Si è quindi proceduto ad eseguire una simulazione accoppiata considerando il modello di flusso e di trasporto.

Figura 2.4-1 rappresentazione in pianta della piezometria calcolata dopo una simulazione in transitorio della durata di 5 anni (sufficienti a raggiungere una condizione di equilibrio) in assenza dei pozzi in progetto.

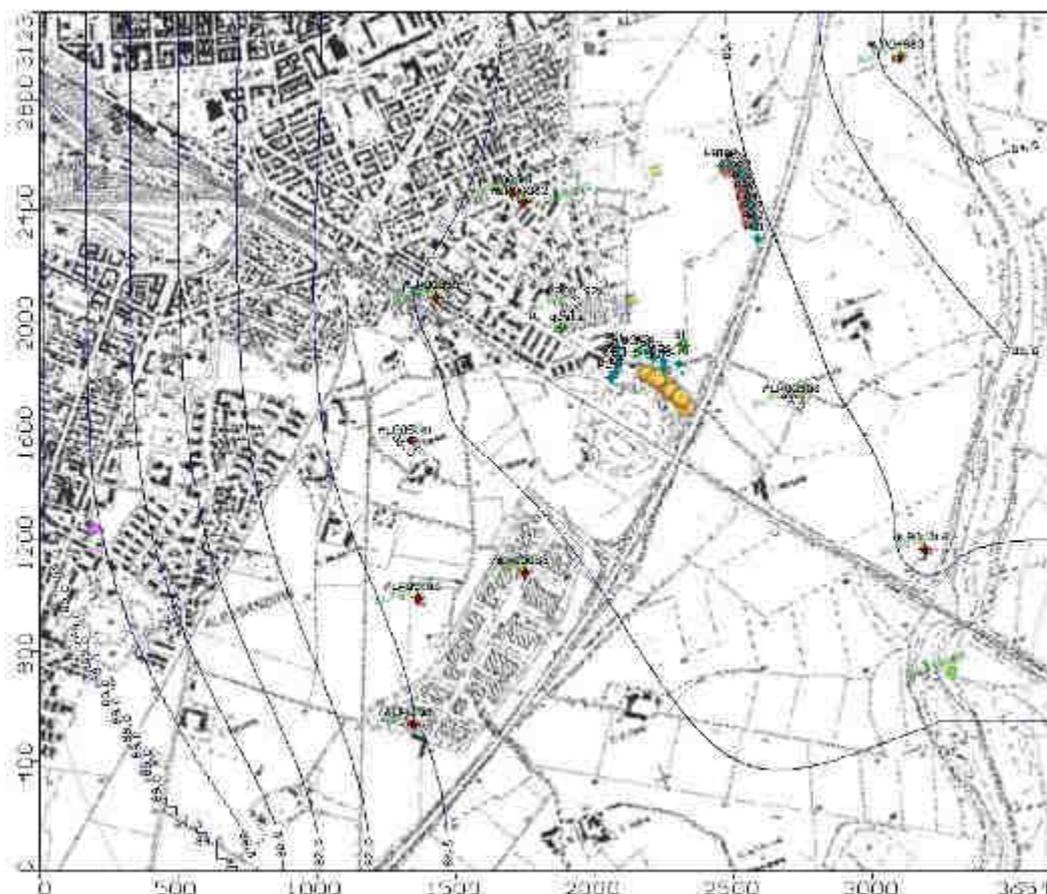


Figura 2.4-2 rappresentazione in pianta della piezometria calcolata dopo una simulazione in transitorio della durata di 6 mesi (una stagione termica) in presenza dei pozzi in progetto.



Nello scenario ipotizzato in questa sede si è quindi valutata l'ipotesi di utilizzare le portate di progetto (7,3 l/s medi per ogni pozzo nella stagione termica e 1,0 l/s medi per ogni pozzo nella stagione estiva), considerando però il posizionamento dei pozzi come da fig. 2.3.3-1: pozzi di emungimento ubicati presso via del Chiozzetto e pozzi di restituzione ubicati presso il raccordo tra la SP 30 e via S. Giovanni Bosco. Si è considerata la k di progetto, approssimata con $k = 2 \cdot 10^{-4}$ m/s.

È stata quindi sviluppata una simulazione in transitorio per un periodo di 3 anni.

Nelle figure 2.4-3, 2.4-4, 2.4-5 e 2.4-6 è rappresentata l'estensione in pianta della bolla di calore rispettivamente a 6 mesi (al termine di n°1 stagione termica), a 1 anno (dopo n°1 ciclo stagione termica / stagione estiva), a 2 anni e mezzo (dopo n°3 stagioni termiche e n°2 stagioni estive, e a 3 anni (dopo n°3 ciclo stagione termica / stagione estiva).

In figura 2.4-7 il grafico dell'andamento delle temperature nel tempo in corrispondenza dei punti di monitoraggio della "concentrazione" (in questo caso il parametro è la Temperatura delle acque di falda) tratto dall'output del modello di trasporto.

Si può notare come anche in questa configurazione, con le portate di progetto (7,3 l/s nella stagione termica, e di 1,0 l/s nella stagione estiva, e delle stesse portate di immissione per i pozzi di restituzione), il fronte termico non raggiunga i pozzi di immissione (OW1 ÷ OW10) nel periodo di simulazione considerato, e non raggiunge neppure il piezometro "S1".

Il fronte termico raggiunge soltanto i punti di monitoraggio denominati "MONTE" e "VALLE", ubicati circa 300 m a monte e a valle dei pozzi di reimmissione, dopo circa 2,5 anni.

Figura 2.4-3 estensione della bolla di calore a 6 mesi; temperatura espressa in °C, considerando le portate di progetto, e ipotizzando una $k = 2 \cdot 10^4$ m/s.

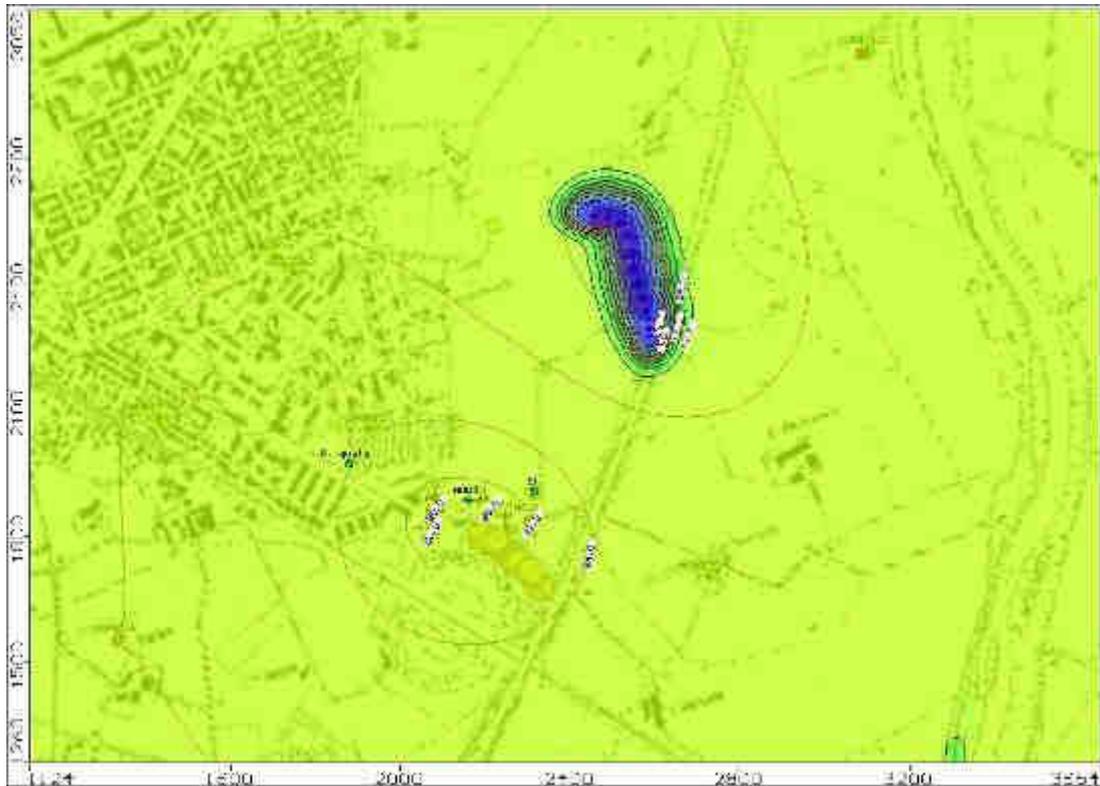


Figura 2.4-4 estensione della bolla di calore a 12 mesi; temperatura espressa in °C, considerando le portate di progetto, e ipotizzando una $k = 2 \cdot 10^4$ m/s.

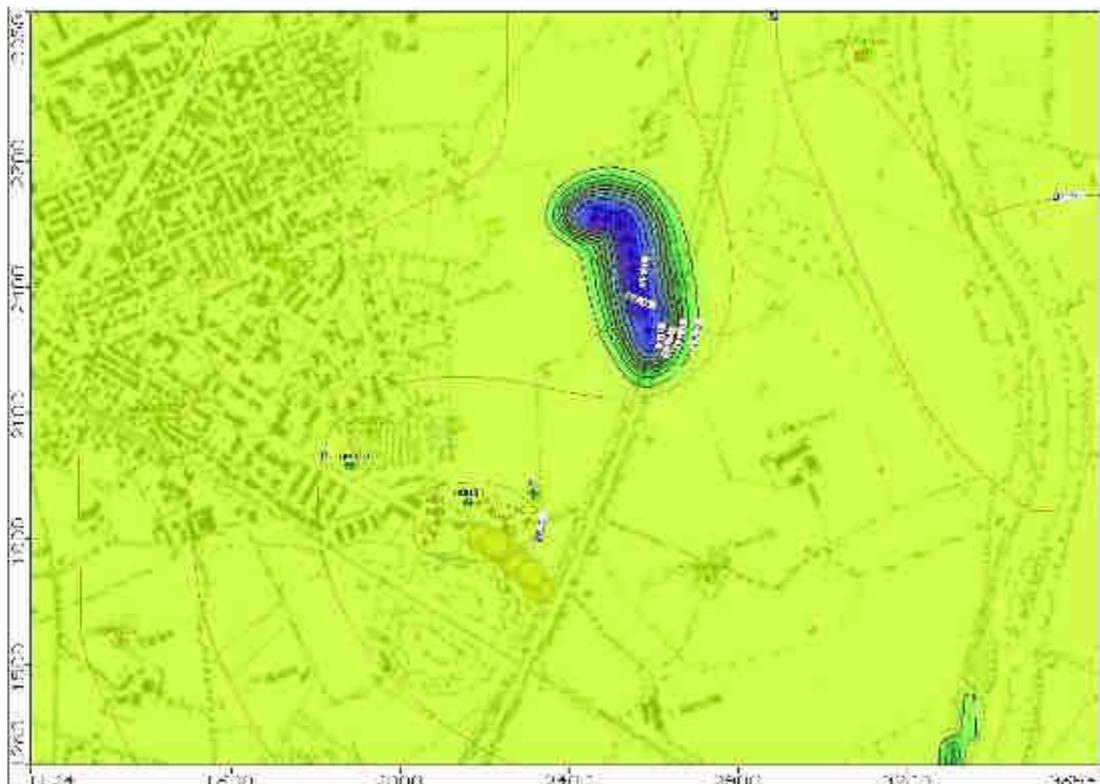


Figura 2.4-5 estensione della bolla di calore a 30 mesi; temperatura espressa in °C, considerando le portate di progetto, e ipotizzando una $k = 2 \cdot 10^4$ m/s.

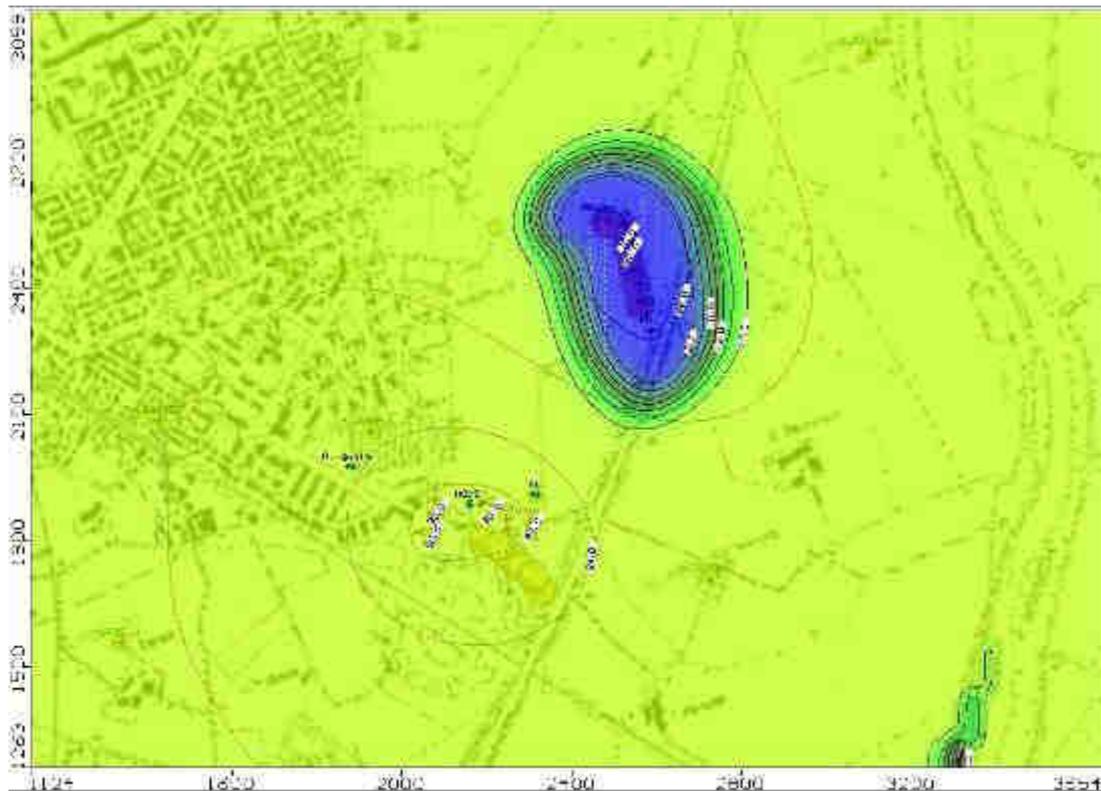


Figura 2.4-6 estensione della bolla di calore a 36 mesi; temperatura espressa in °C, considerando le portate di progetto, e ipotizzando una $k = 2 \cdot 10^4$ m/s.

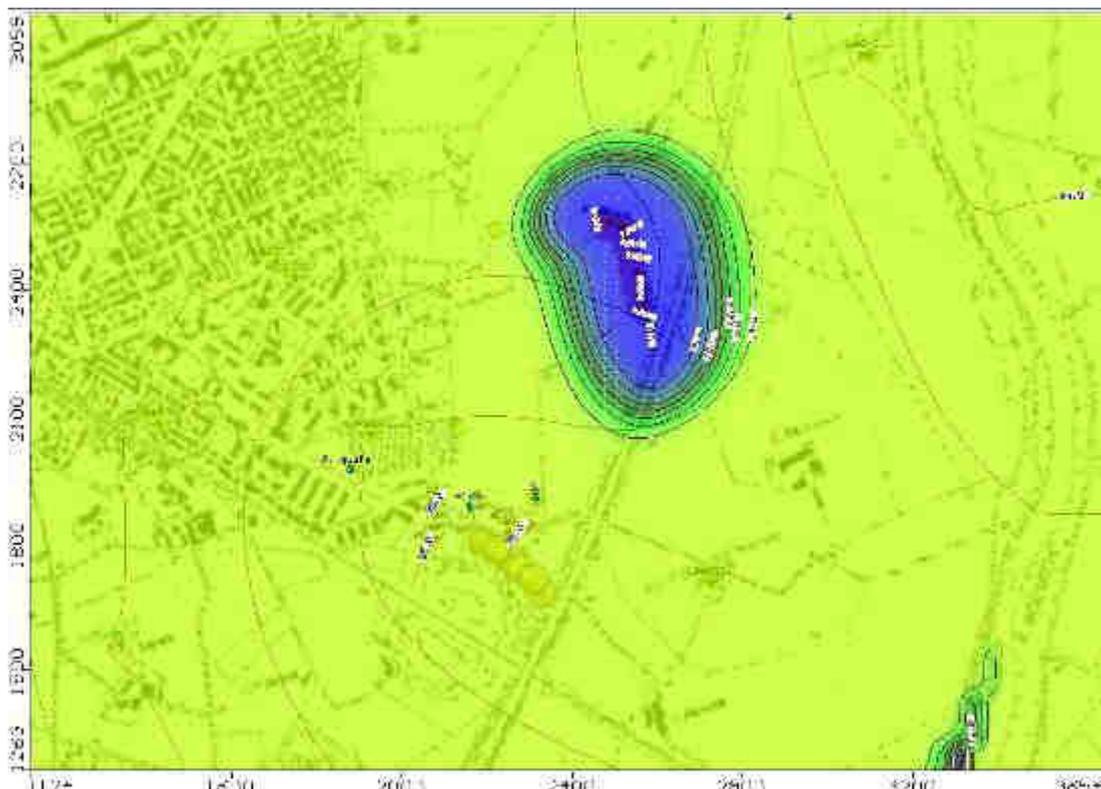
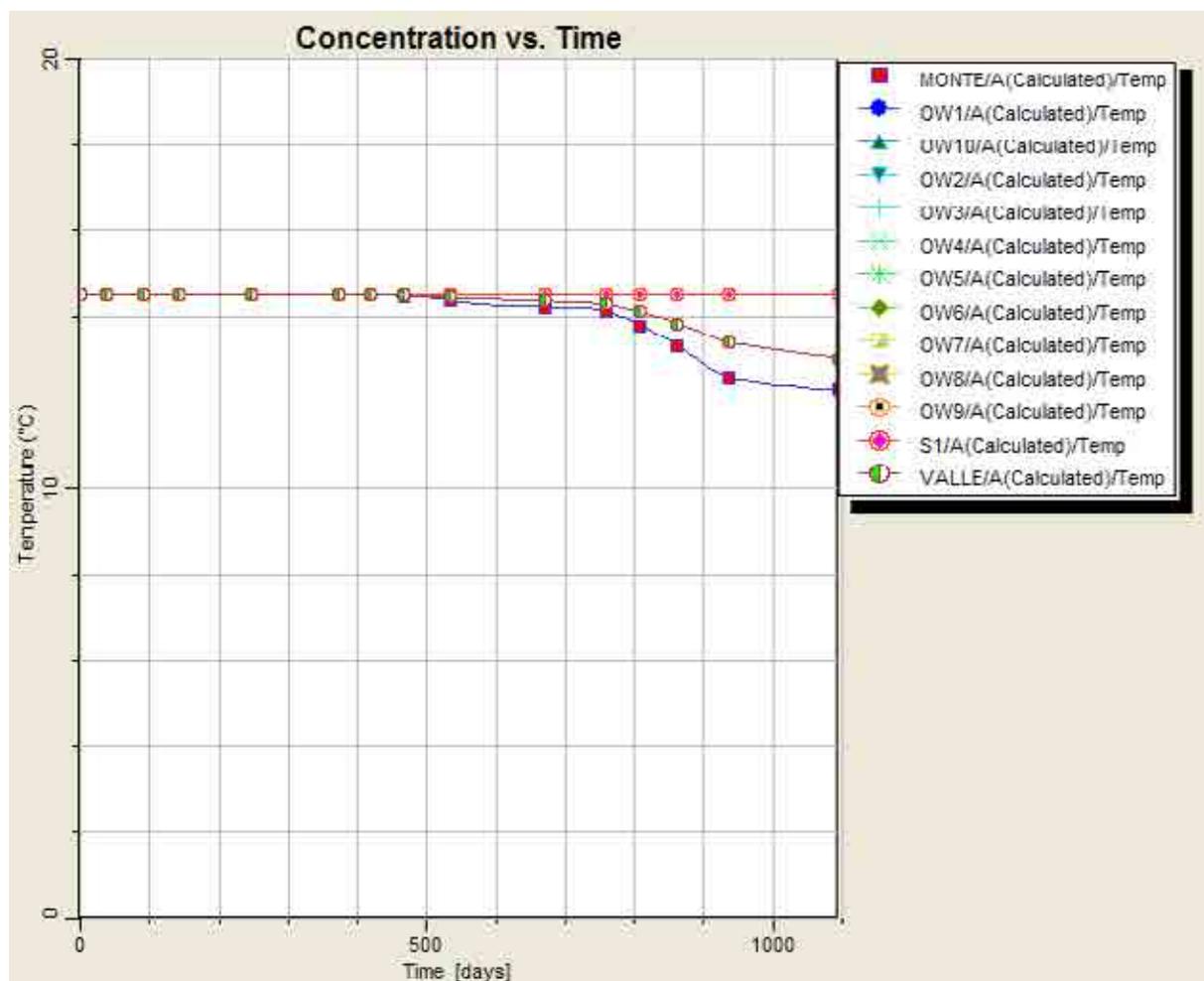


Figura 2.4-5 grafico Temperatura - tempo nei punti di osservazione posti in corrispondenza dei pozzi di estrazione, considerando le portate di progetto, ipotizzando una $k = 2 \cdot 10^{-4}$ m/s.



2.5 DIMOSTRAZIONE DELL'ASSENZA DI INTERFERENZE TRA LA REIMMISSIONE E LE STRUTTURE EDILIZIE LIMITROFE, LE EVENTUALI RIPERCUSSIONI, SOPRATTUTTO A LUNGO TERMINE, SUL MOTO DELLA FALDA E VALUTI LE POSSIBILI INFLUENZE E/O VARIAZIONI SULLA PORTANZA DEI TERRENI PARTENDO DAI VALORI DI MASSIMA ESCURSIONE DELLA FALDA

In fig. 2.5-1 e 2.5-2 si riportano n° 2 piezometrie di dettaglio dell'area interessata dai pozzi geotermici, rispettivamente dopo 30 mesi - 2,5 anni (massima escursione termica in fase di esercizio, al termine della stagione invernale), e dopo 36 mesi - 3 anni (minima escursione termica in fase di esercizio, al termine della stagione estiva); in fig. 2.5-3 si riporta una sezione tratta dall'output del modello, ubicata in corrispondenza reimmissione, in cui si

evidenzia la massima escursione della falda in fase di esercizio (N.B. per una migliore visualizzazione, scala delle altezze esagerata 10x).

Figura 2.5-1 *piezometria di dettaglio in corrispondenza dei pozzi di reimmissione, dopo 30 mesi di simulazione (al termine della stagione termica del terzo anno di esercizio)*

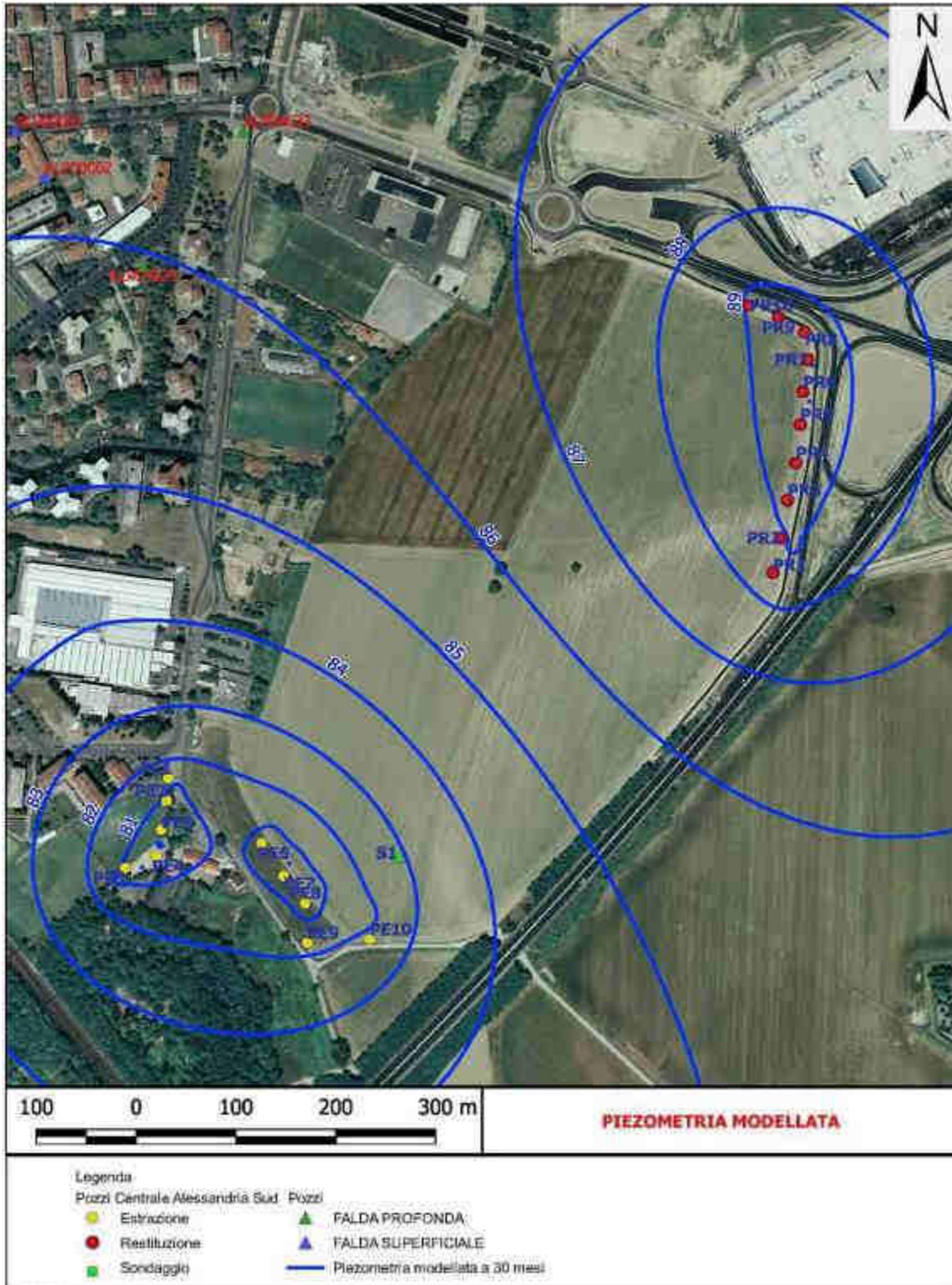


Figura 2.5-2 *piezometria di dettaglio in corrispondenza dei pozzi di reimmissione, dopo 36 mesi di simulazione (al termine del terzo anno di esercizio)*

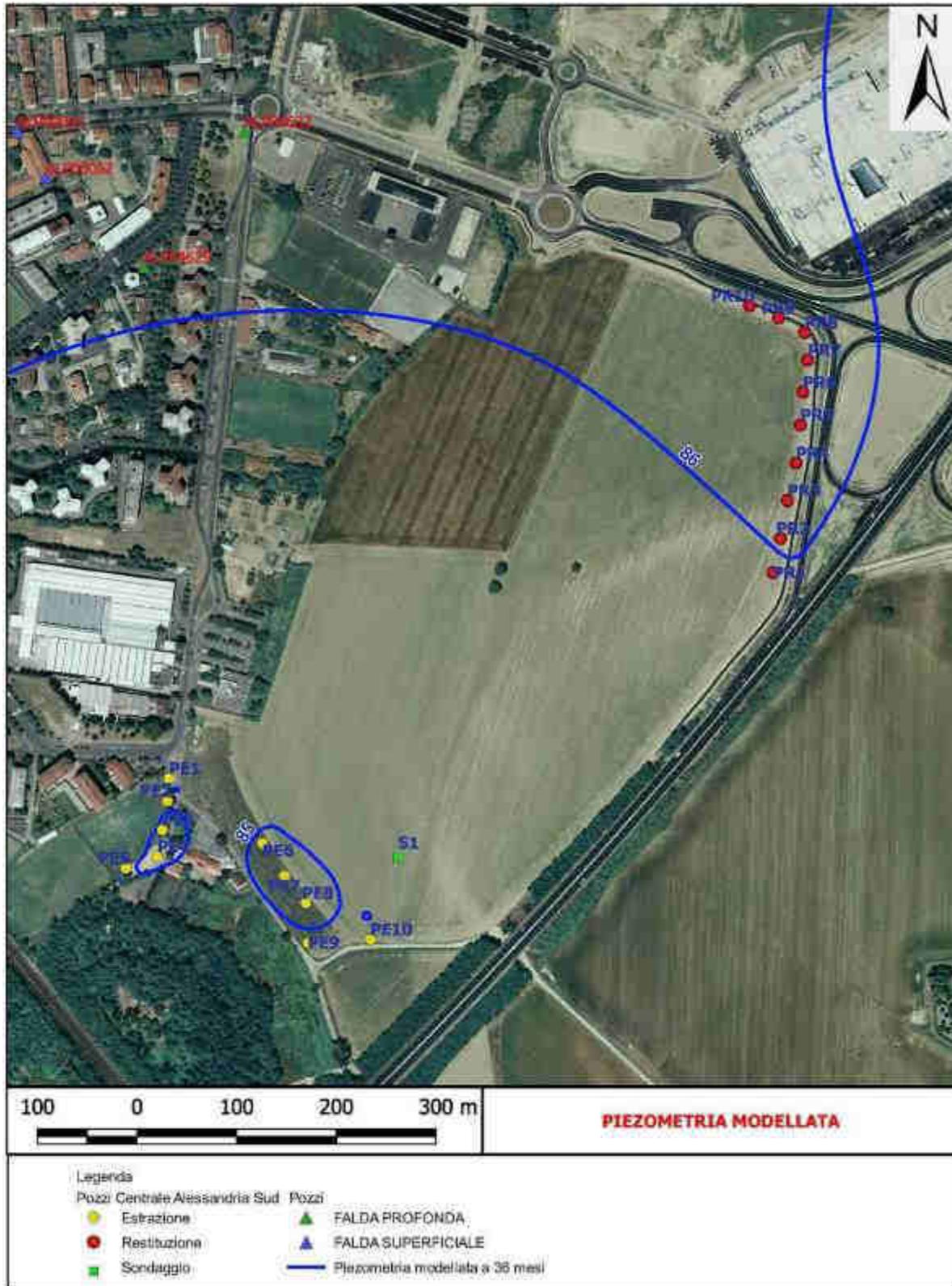
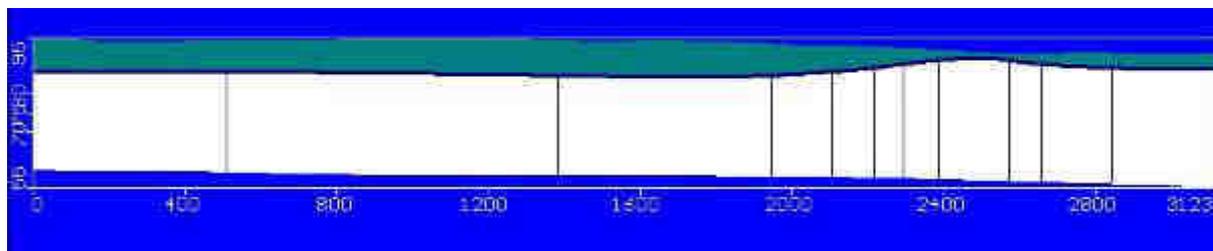
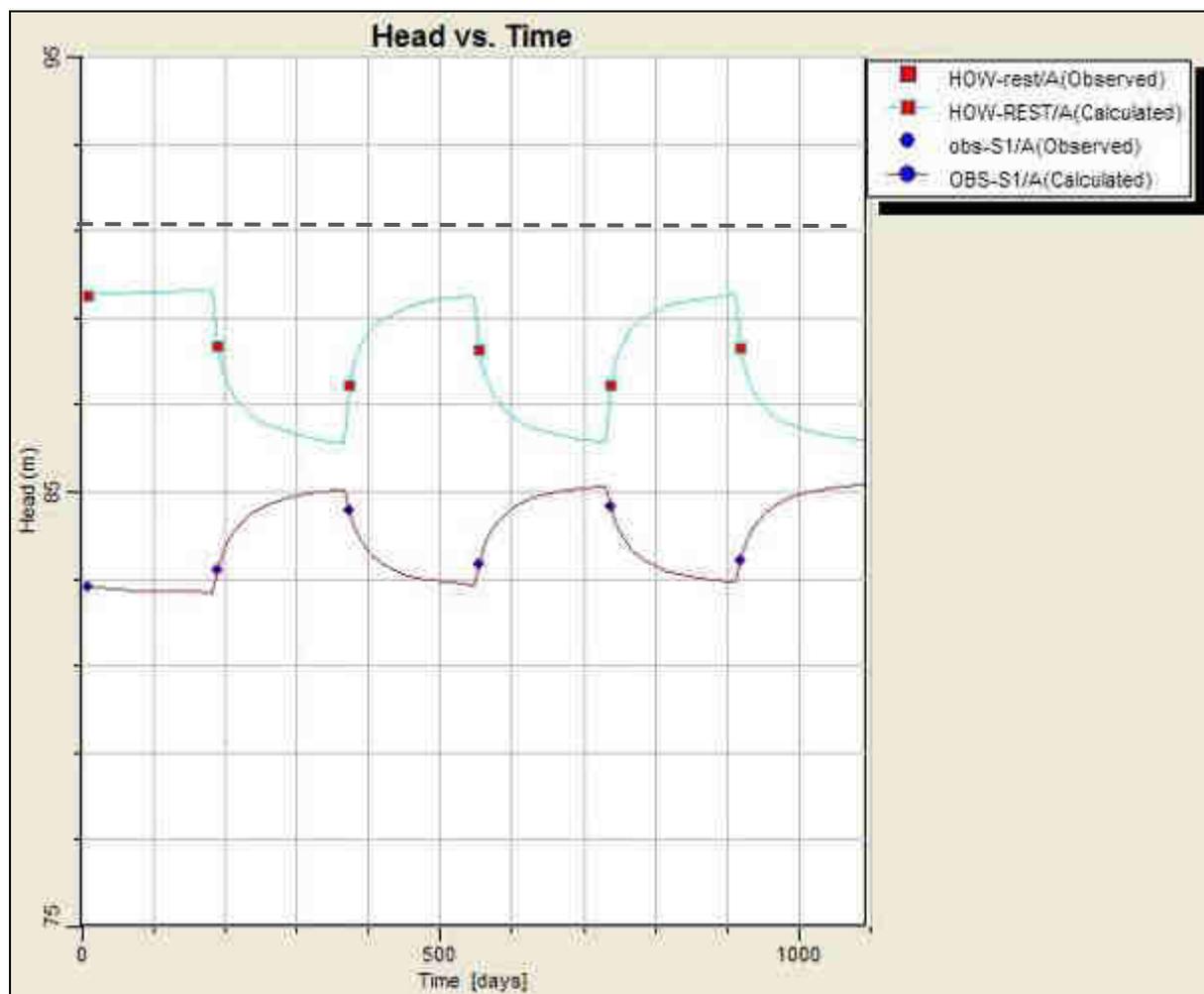


Figura 2.5-3 rappresentazione in sezione (N-S) della tavola d'acqua in corrispondenza dei pozzi di immissione a 30 mesi (scala delle altezze esagerata 10x)



In corrispondenza dei pozzi di immissione il piano di campagna è ubicato (da C.T.R.) a quota di circa 91 m s.l.m. Con i parametri di progetto illustrati in precedenza, in fase di descrizione del modello, l'escursione massima della falda raggiunge valori di carico idraulico di circa 89 m s.l.m., vale a dire circa 2 m al di sotto del p.c. (cfr. fig. 2.5-4).

Figura 2.5-4 grafico che riporta la variazione di carico idraulico calcolato in corrispondenza dei pozzi di restituzione e del piezometro S1 dal modello nel corso del periodo modellizzato (3 anni); N.B.: linea tratteggiata = quota p.c. da interpolazione DTM



In questa configurazione, e in base ai dati di export del modello, emerge che anche nelle condizioni di massimo piezometrico (al termine della stagione termica - invernale), la quota della piezometria decresce abbastanza rapidamente allontanandosi dai pozzi di immissione. L'edificio più prossimo è il centro commerciale ubicato a nord dei pozzi di immissione, presumibilmente dotato di fondazioni superficiali di tipo a platea o a graticcio di travi.

In base al modello implementato non vi è interferenza diretta tra la superficie piezometrica e le fondazioni degli edifici.

Si è quindi proceduto a valutare l'influenza sulla capacità portante dei terreni delle oscillazioni della falda indotte dai pozzi di restituzione, considerando i valori estremi illustrati in fig. 2.5-4.

I dati utilizzati per la ricostruzione del modello geotecnico sono costituiti dall'indagine geognostica ad opera del dott. geol. A. Cavalli (cfr. allegato1).

Per le elaborazioni dei dati si è utilizzato il software Loadcap[®] della Geostru di Cosenza.

Il modello geotecnico utilizzato può essere così schematizzato:

Strato 1: limi sabbiosi e argillosi molto sciolti / sciolti

Da p.c. a 3 m circa di profondità

Nspt medio $\approx N20 \cdot 1.5 < 6$

Angolo d'attiro di picco = 26° - 27°

Angolo d'attrito a volume costante = 24° - 25°

Coesione non drenata ≈ 0.3 - 0.4 kg/cmq

Coesione efficace ≈ 0 kg/cmq

Strato 2: sabbie e ghiaie fini a matrice limoso-argillosa con intercalazioni, limose mediamente addensate

Da 3 m a 12-13 m circa di profondità

Nspt medio $\approx N20 \cdot 1.5 = 10$ - 35

Angolo d'attiro di picco = 29° - 32°

Angolo d'attrito a volume costante = 26° - 29°

Coesione non drenata ≈ 0.6 - 0.8 kg/cmq

Coesione efficace $\approx 0,01$ - $0,05$ kg/cmq

Strato 3: ghiaie e sabbie a matrice limoso-argillosa da mediamente addensate ad addensate

Da 11-12 m a 14 m e oltre di profondità

Nspt medio $\approx N20 \cdot 1.5 > 30$

Angolo d'attiro di picco = 30° - 34°

Angolo d'attrito a volume costante = 27° - 31°

Coesione non drenata ≈ 0.6 - 0.7 kg/cmq

Coesione efficace $\approx 0,01$ - $0,05$ kg/cmq

In base alle indagini sismiche (MASW) riportate nella relazione geotecnica da opera del dott. geol. A. Cavalli, il sito in oggetto si trova su sottosuolo di categoria B. La categoria topografica è la T1 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $< 15^\circ$ ".

I calcoli di capacità portante sono stati sviluppati in riferimento ai disposti del D.M. 14/01/2008 nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) e di esercizio (SLE).

Le verifiche in condizioni di sollecitazione sismica, riferite allo stato limite di vita (SLV) sono state sviluppate a partire dalla pericolosità sismica di base del sito così come definita in precedenza ovvero sito posto su sottosuolo di categoria B con categoria topografica T1 ottenendo:

- a_g = accelerazione orizzontale massima attesa sul sito di rif.to rigido = 0,061
- S_s = amplificazione stratigrafica = 1,20
- S_t = amplificazione topografica = 1,00
- a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito = 0,716 m/s²
- β_s = 0,200
- Kh = 0,015
- Kv = 0,007

I calcoli sono stati sviluppati mediante l'ausilio del software LOADCAP® della Geostru di Cosenza che stima il carico limite secondo il metodo di Brinch-Hansen (1970), anche facendo riferimento alle correzioni delle azioni sismiche.

La verifica risulta soddisfatta (ovvero la fondazione pone resistenza alla rottura generale del terreno in relazione al carico di progetto con un sufficiente fattore di sicurezza) quando per ogni combinazione di carico relativa allo SLU risulta che:

$$V_d \leq R_d$$

Con V_d che rappresenta il carico di progetto allo SLU normale alla fondazione e R_d il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali ed in considerazione dell'eventuale presenza di carichi inclinati e/o eccentrici.

Le verifiche sono state effettuate con il Metodo di **Brinch-Hansen (1970)** e fornite in allegato 3 hanno fornito i seguenti valori approssimativi e medi in relazione alle verifiche allo stato limite ultimo (SLU), anche in condizioni sismiche:

Sintesi dei risultati delle verifiche relative alla capacità portante dei terreni di fondazione dell'edificio commerciale individuato in via S. Giovanni Bosco: tale edificio ha una forma rettangolare, con dimensioni in pianta circa 100 m x 150 m. Nella verifica si è considerata, come approssimazione, una platea con lato minore 10 m, lato maggiore 100 m, piano di posa posto a -1,5 m da p.c., considerando un sovraccarico di ~2 kg/cmq, impostati sul p.c.:

Tipologia fondazione	Piano di posa (m da p.c.)	Profondità falda (m da p.c.)	Rd (kg/cmq)	Rd sisma (kg/cmq)
Platea 100 m x 10 m	-1.5	-7 m	4.30	3.60
Platea 100 m x 10 m	-1,5	-2 m	3.31	2.84

Sintesi dei risultati delle verifiche relative alla capacità portante dei terreni considerando il sovraccarico apportato da un rilevato stradale: per ipotesi si è considerata una larghezza del piano di posa di 10 m e un sovraccarico di ~1.5 kg/cmq, impostati sul p.c.:

Tipologia fondazione	Piano di posa	Profondità falda (m da p.c.)	Rd (kg/cmq)	Rd sisma (kg/cmq)
Rilevato B = 10 m	p.c.	-7 m	2.92	2.40
Rilevato B = 10 m	p.c.	-1 m	2.17	1.77

L'effetto dell'escursione della falda nei due siti di interesse riduce in modo apprezzabile il carico limite di progetto, ma mantenendo dei valori, che, in prima analisi, paiono molto più elevati di quelli di esercizio.

2.6 DISCIPLINARE GESTIONALE CHE PREVEDA, NEL CASO IN CUI VENISSE RILEVATO ALLO SCARICO UN SUPERAMENTO DEL LIMITE DI PROGETTO DELLA TEMPERATURA DELL'ACQUA REFLUA DI SCARICO, AZIONI VOLTE ALLA DIMINUZIONE/AUMENTO DELLA TEMPERATURA DELLO SCARICO ANCHE ATTRAVERSO LA RIDUZIONE O SOSPENSIONE DELL'ATTIVITÀ IMPIANTISTICA SINO AL RIPRISTINO DELLE CONDIZIONI DI NORMALITÀ (A TAL PROPOSITO SI SUGGERISCE DI STABILIRE ALLARMI A PREFISSATE SOGLIE DI ATTENZIONE AL FINE DI PREVENIRE EVENTUALI SUPERAMENTI).

La temperatura delle acque reimmesse in falda verrà monitorata in continuo mediante sensori automatici, e contestualmente verrà monitorata anche la soggiacenza.

Su tutti i pozzi sarà installato un contatore di portata; su alcuni pozzi (cfr tabella sottostante) verrà previsto un monitoraggio in continuo della soggiacenza e della temperatura.

Codice pozzo	Monitoraggio portata	Monitoraggio piezometrico	Monitoraggio temperatura
PE1	x	x	x
PE2	x		
PE3	x		
PE4	x		
PE5	x		
PE6	x		
PE7	x		
PE8	x		
PE9	x		
PE10	x	x	x
PR1	x	x	x
PR2	x		
PR3	x		
PR4	x		
PR5	x		
PR6	x		

PROGETTO DELLE OPERE

PR7	x		
PR8	x		
PR9	x		
PR10	x	x	x

La temperatura di progetto di immissione in falda delle acque di scarico è di 7°C durante tutto l'anno (impianto di teleriscaldamento senza funzioni di raffrescamento / climatizzazione. Nel caso in cui si rilevassero temperature inferiori a 7°C l'impianto di pompaggio - reimmissione verrà arrestato e la produzione di calore proseguirà senza l'ausilio dell'impianto geotermico fino al ristabilirsi delle temperature di progetto.

Si individua una temperatura di 6,8 °C come temperatura di presoglia di disattivazione, mentre si indica 6,5 °C come soglia di disattivazione.

La Centrale Sud di teleriscaldamento in progetto presenta una potenza di circa 100 Megawatt, mentre la potenza erogata mediante pompa di calore alimentata tramite i pozzi geotermici a bassa entalpia è di circa 3 Megawatt; questo significa che l'interruzione del pompaggio dovrebbe avere conseguenze pienamente gestibili.

2.7 RELAZIONE E SCHEMA GRAFICO DEL CIRCUITO IMPIANTISTICO DAL PRELIEVO ALL'IMPIANTO DI SCAMBIO GEOTERMICO FINO ALLA REIMMISSIONE IN FALDA CON INDICAZIONI IN MERITO AL VOLUME TOTALE DEL FABBRICATO DA CLIMATIZZARE, IL FABBISOGNO TERMICO DI PROGETTO PER IL RISCALDAMENTO, PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA E PER IL RAFFRESCAMENTO SODDISFATTO DALLA POMPA DI CALORE. SCHEDA TECNICA CON LE CARATTERISTICHE DELLA MACCHINA DA INSTALLARE, LE SUE PRESTAZIONI NOMINALI, LA SUA POTENZA ELETTRICA, TERMICA E FRIGORIFERA, LA TEMPERATURA DI PROGETTO DEL FLUIDO TERMOVETTORE

Si faccia riferimento alla relazione B1_RT_001.A ed alle tavola B1_MECC_003.A.

3 ALLEGATO 1 - CAROTAGGIO STRATIGRAFICO E PROVE DI PERMEABILITA' DEL TERRENO PRESSO IL SITO DI VIA SAN GIOVANNI BOSCO - ESTRATTO; TABULATI PROVE PENETROMETRICHE



Sonda carotatrice sondaggio stratigrafico Via San Giovanni Bosco (gennaio 2017)



7



Piezometri (diam. 5") installati nel foro di carotaggio

8

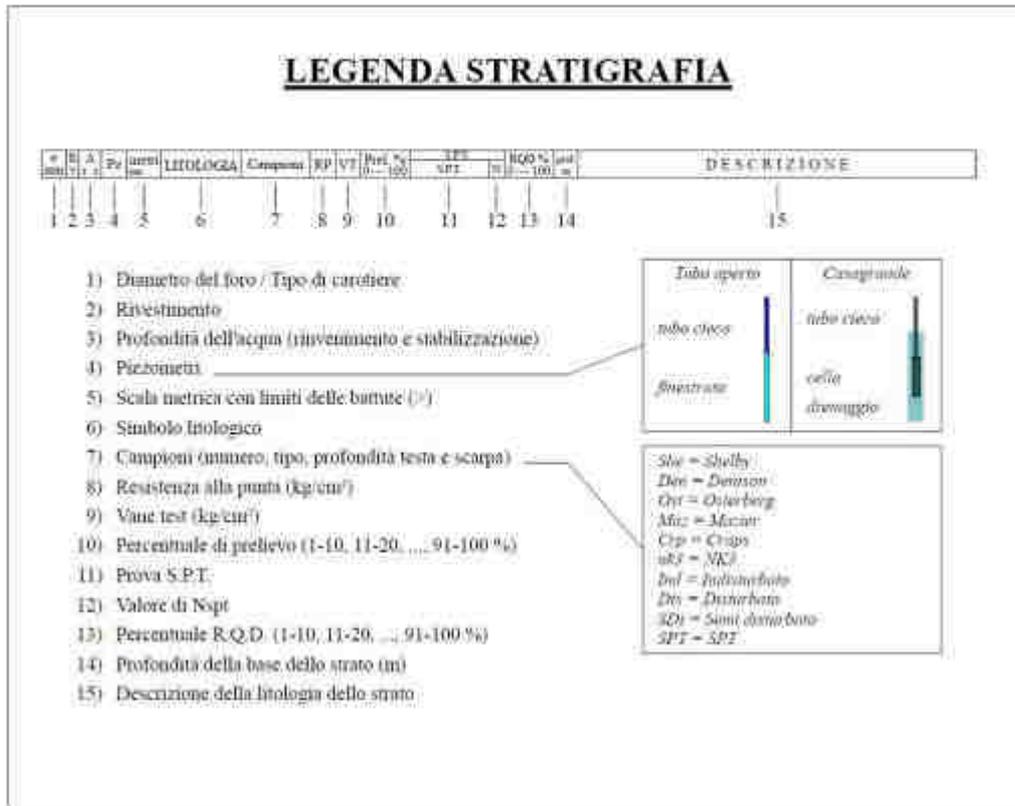


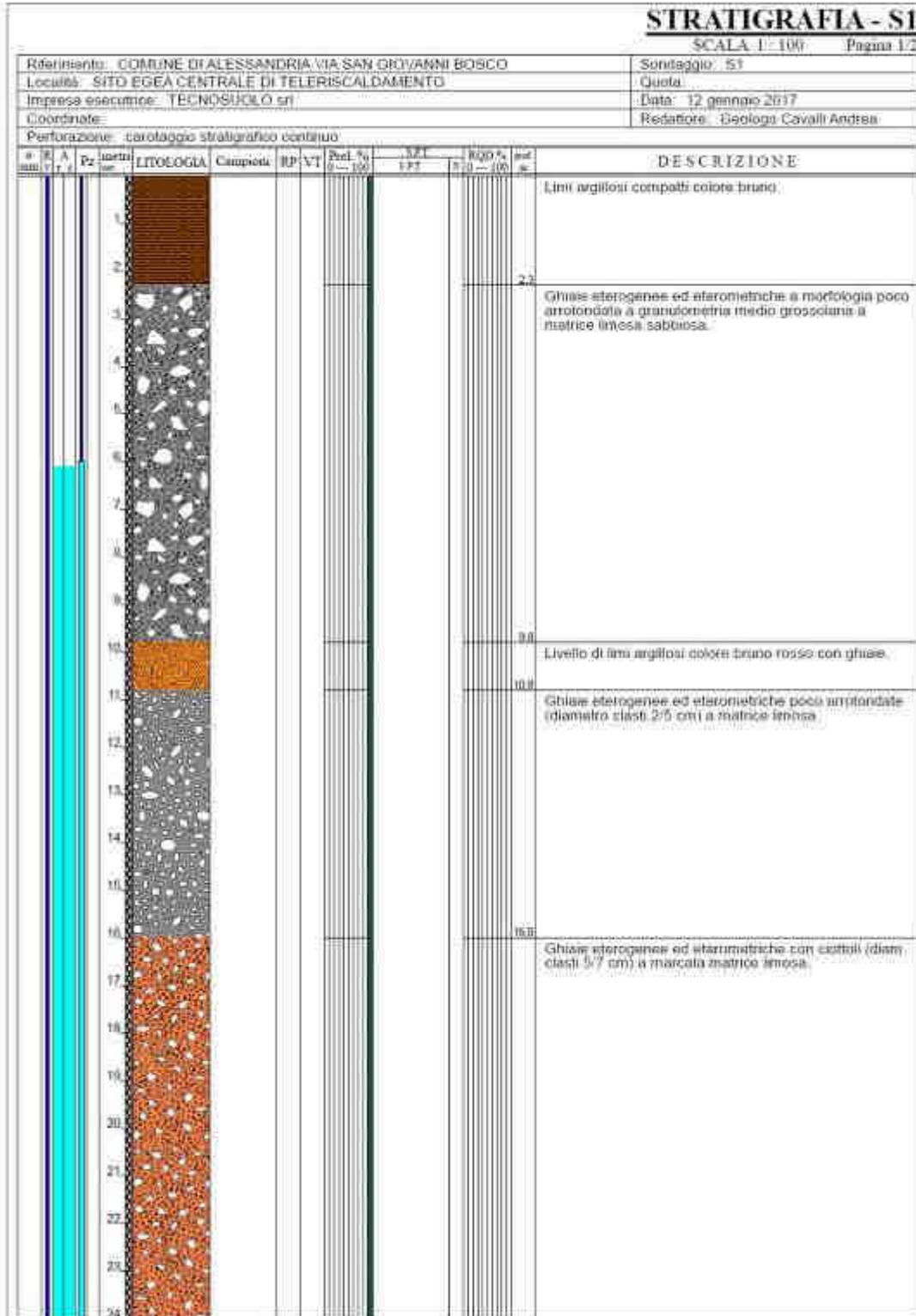
Chiusino piezometro (misura freaticometrica livella falda piezometro)

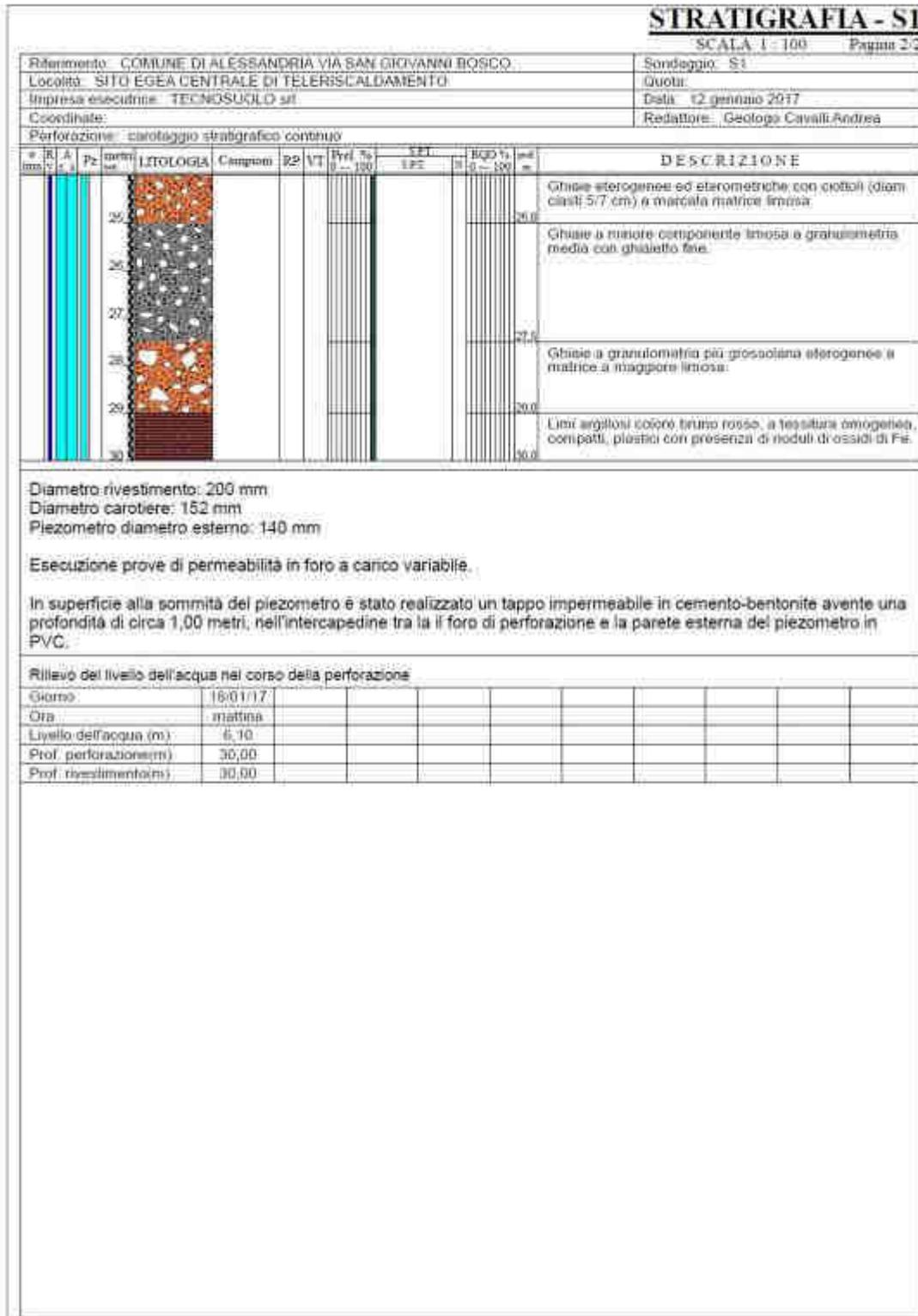
9



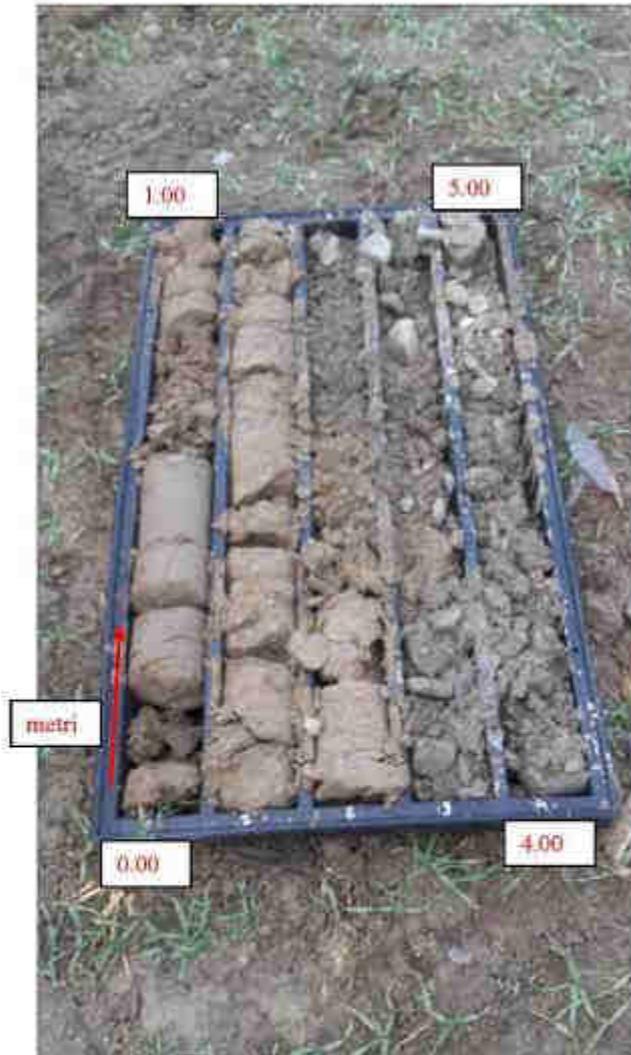
Chiusino piezometro





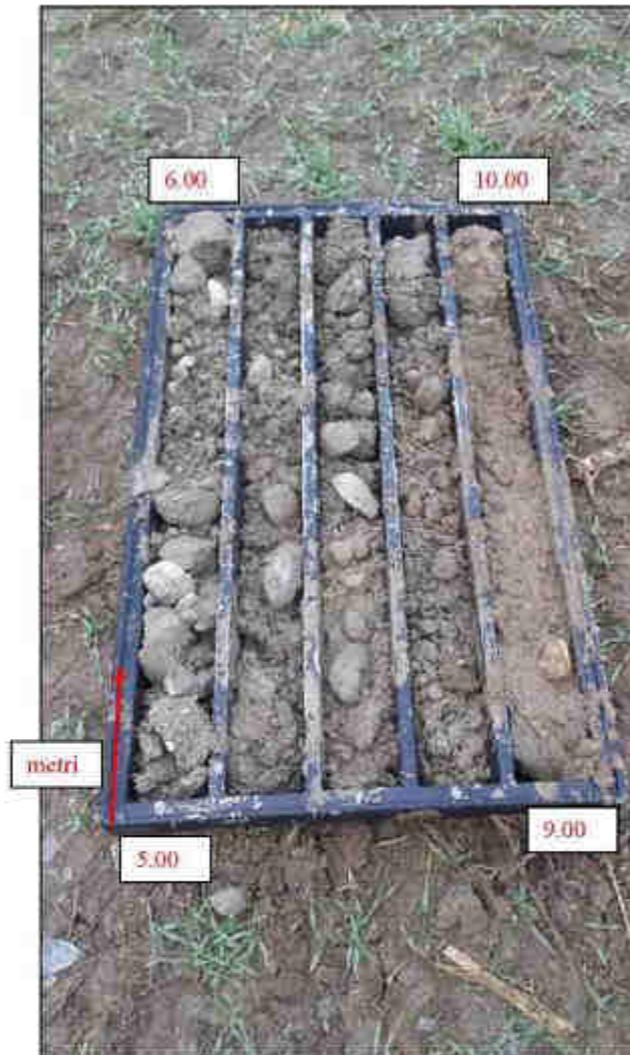


13



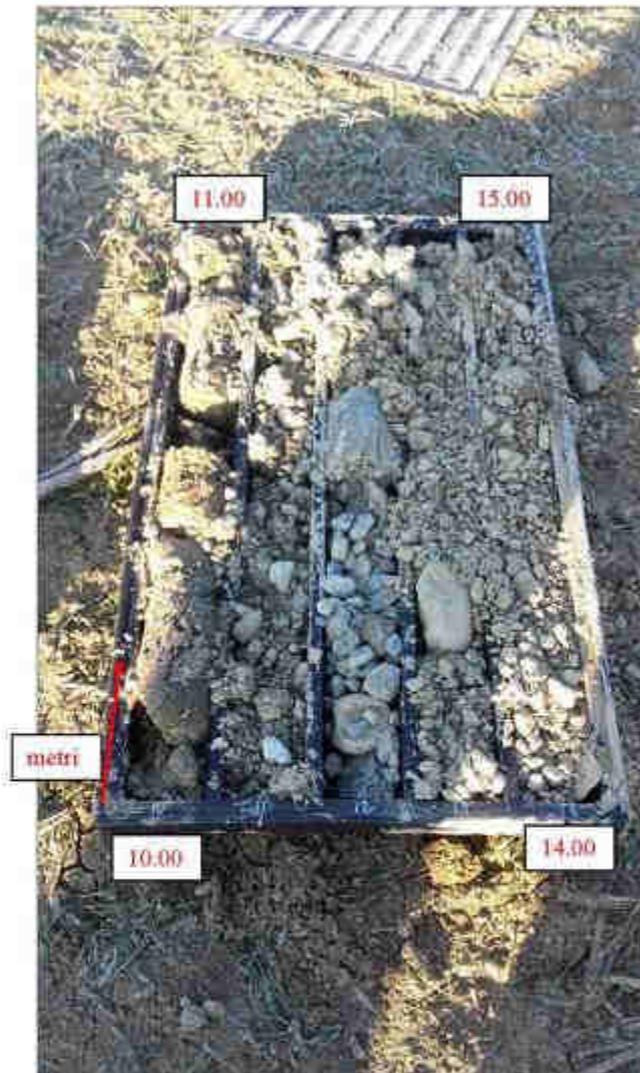
Carotaggio Via San Giovanni Bosco – cassetta catalogatrice da 0,00 a 5,00 metri

14



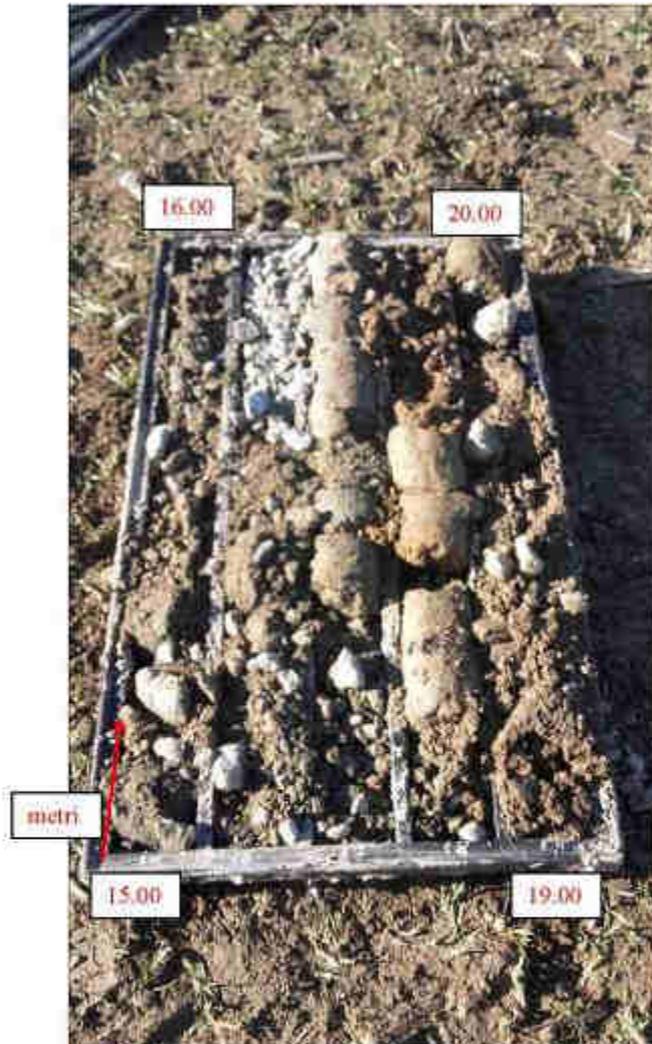
Carotaggio Via San Giovanni Bosco – cassetta catalogatrice da 5,00 a 10,00 metri

15



Carotaggio Via San Giovanni Bosco – cassetta catalogatrice da 10,00 a 15,00 metri

16



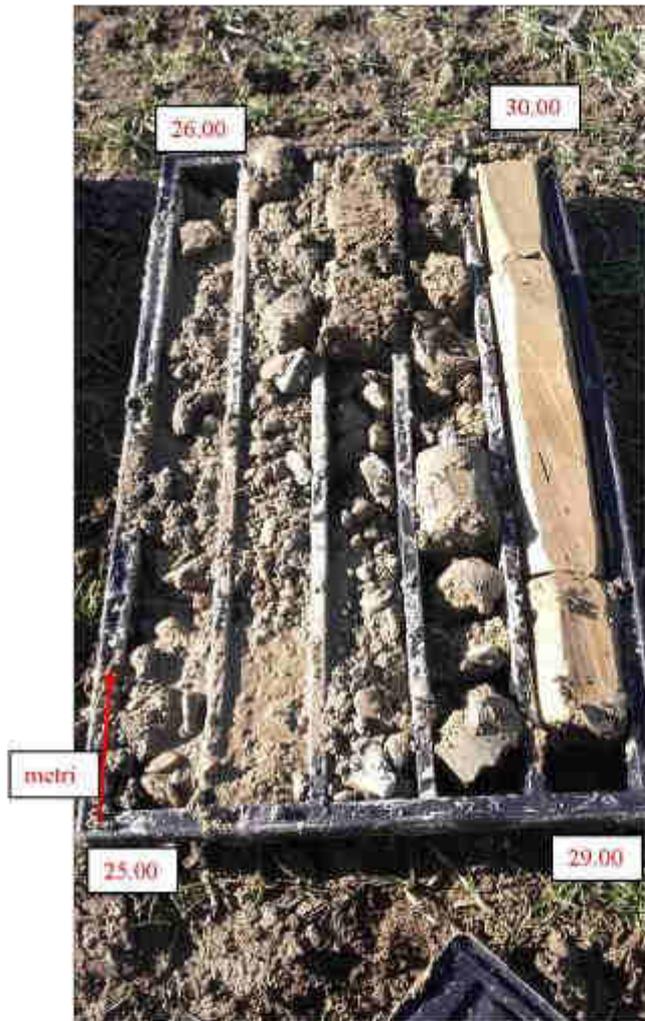
Carotaggio Via San Giovanni Bosco – cassetta catalogatrice da 15,00 a 20,00 metri

17



Carotaggio Via San Giovanni Bosco – cassetta catalogatrice da 20,00 a 25,00 metri

18



Carotaggio Via San Giovanni Bosco – cassetta catalogatrice da 25,00 a 30,00 metri

19

PROVE DI PERMEABILITA' IN FORO DI CAROTAGGIO

Il metodo per la valutazione del coefficiente di permeabilità fa riferimento alla metodologia consigliata dalla Associazione Ciclotecnica Italiana (ACI 1977) e utilizza la seguente relazione di calcolo:

$$K = \frac{A}{Cl} \times (i_2 - i_1) \times \ln \left(\frac{t_1 + t_2}{t_1 \cdot t_2} \right)$$

Dove:

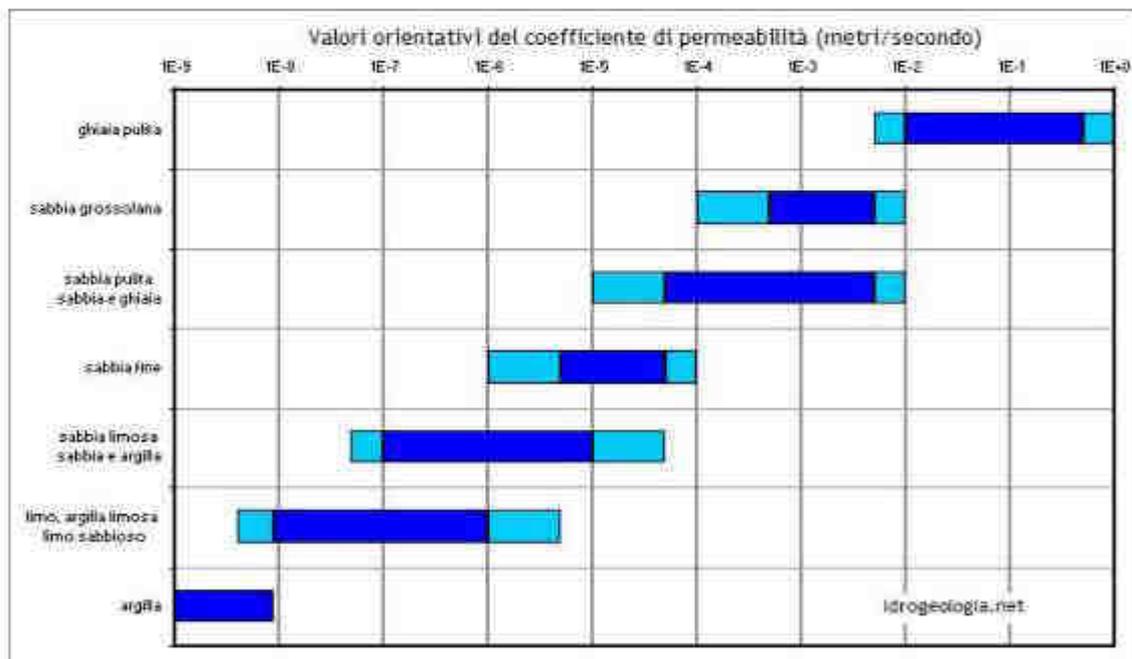
K = coefficiente di permeabilità (m/sec);

A = area di base del foro di sondaggio (0,0314 m²);

H1 - H2 = altezza dei livelli di acqua nel foro rispetto al fondo del foro;

t1 - t2 = tempi nei quali si misurano H1 e H2;

Cl = costante di calcolo;



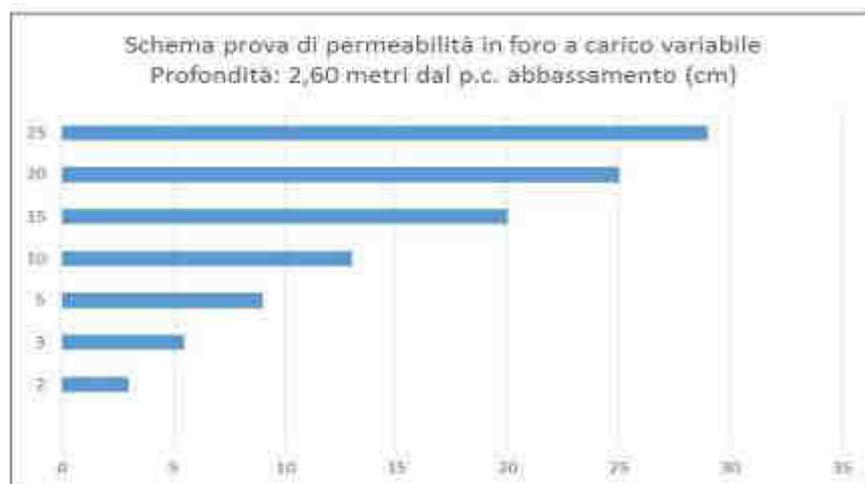
Valore medio di permeabilità misurato:

$$K = 9,9855 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$$

20

Prova 1

Schema prova di permeabilità in foro a carico variabile:	
Profondità: 2,60 metri dal p.c.	
tempi (min)	abbassamento (cm)
2	3
3	5,5
5	9
10	13
15	20
20	25
25	29



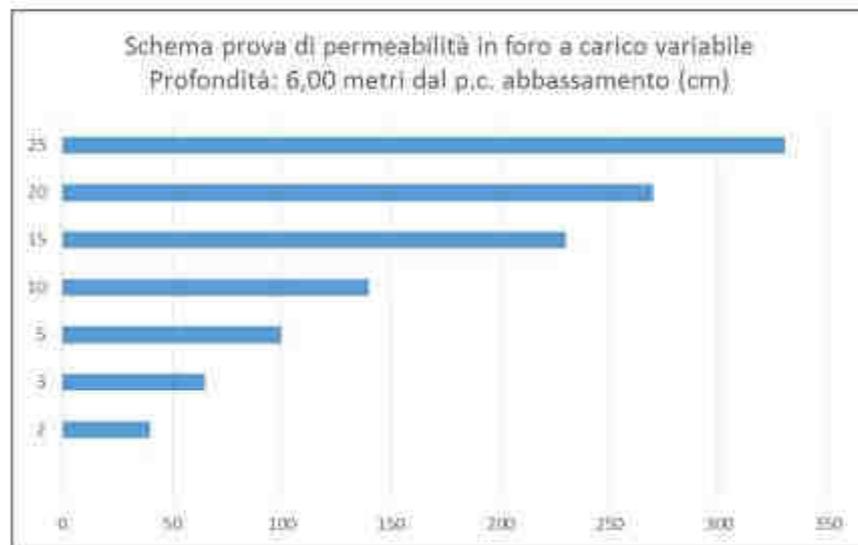
Nell'arco di tempo (t1-t2) da 3 a 25 min, il livello idrico nel foro di sondaggio si è abbassato di 23,50 cm.

$$K = 8,92 \times 10^{-7} \text{ m/sec}$$

21

Prova 2

Schema prova di permeabilità in foro a carico variabile	
Profondità: 6,00 metri dal p.c.	
tempi (min)	abbassamento (cm)
2	40
3	65
5	100
10	140
15	230
20	270
25	330



Nell'arco di tempo (t1-t2) da 2 a 25 min, il livello idrico nel foro di sondaggio si è abbassato di 290 cm.

$$K = 6,05 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$$

22

Prova 3

Schema prova di permeabilità in foro a carico variabile	
Profondità: 9,00 metri dal p.c.	
tempi (min)	abbassamento (cm)
2	60
3	90
5	130
10	180
15	250
20	320
25	420



Nell'arco di tempo (t1-t2) da 2 a 25 min, il livello idrico nel foro di sondaggio si è abbassato di 360 cm.

$$K = 9,5071 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$$

23

Prova 4

Schema prova di permeabilità in foro a carico variabile	
Profondità: 13,00 metri dal p.c.	
tempi (min)	abbassamento (cm)
2	100
3	140
5	170
10	220
15	300
20	410
25	570



Nell'arco di tempo (t1-t2) da 2 a 25 min, il livello idrico nel foro di sondaggio si è abbassato di 470 cm.

$K = 4,75 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$

24

Prova 5

Schema prova di permeabilità in foro a carico variabile	
Profondità: 17,00 metri dal p.c.	
tempi (min)	abbassamento (cm)
2	80
3	110
5	130
10	150
15	180
20	220
25	300



Nell'arco di tempo (t1-t2) da 2 a 25 min, il livello idrico nel foro di sondaggio si è abbassato di 220 cm.

$K = 1,42 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$

25

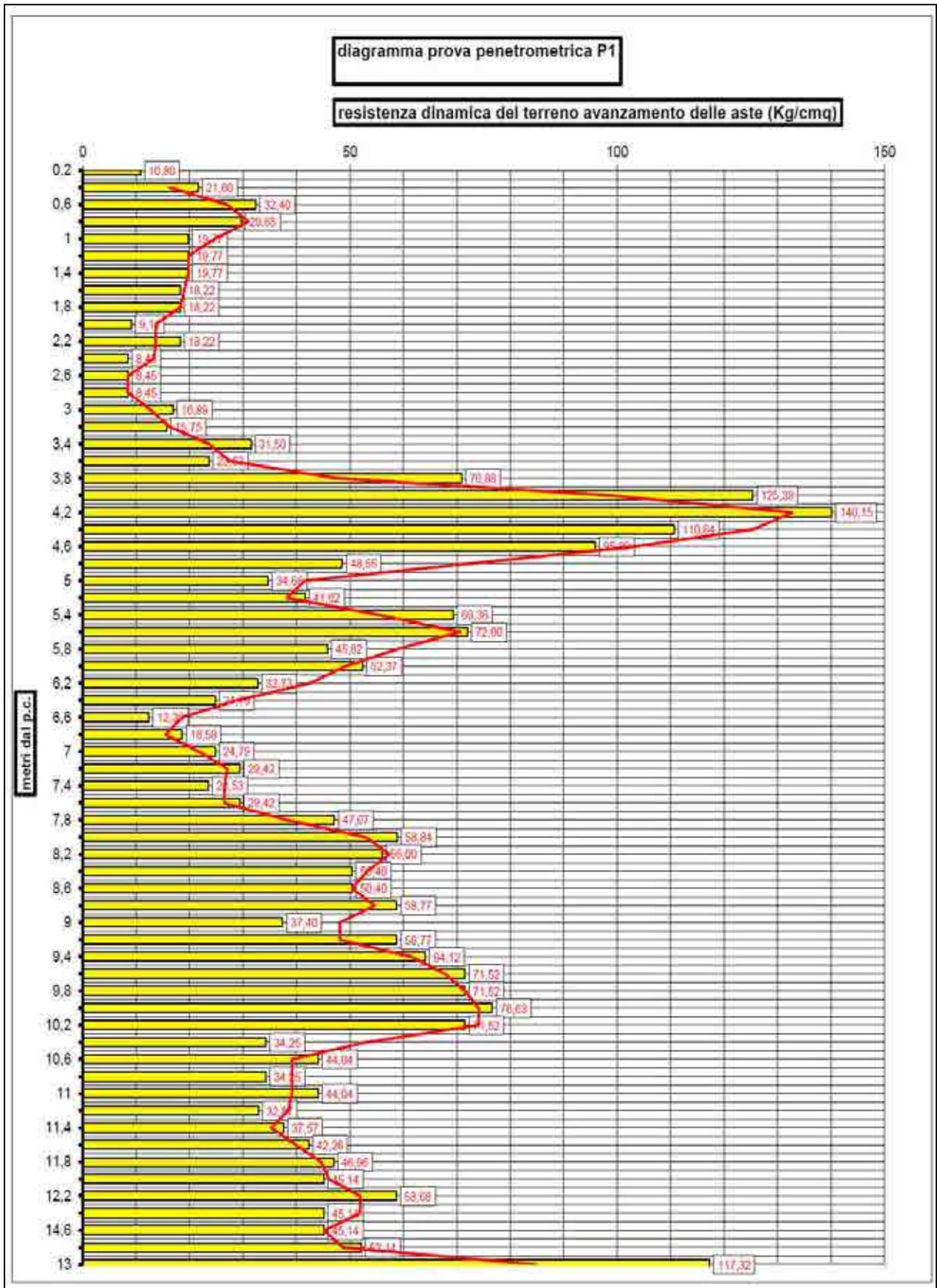
Prova 6

Schema prova di permeabilità in foro a carico variabile	
Profondità: 20,00 metri dal p.c.	
tempi (min)	abbassamento (cm)
2	50
3	80
5	110
10	140
15	180
20	230
25	280



Nell'arco di tempo (t1-t2) da 2 a 25 min, il livello idrico nel foro di sondaggio si è abbassato di 230 cm.

$$K = 1,23 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$$

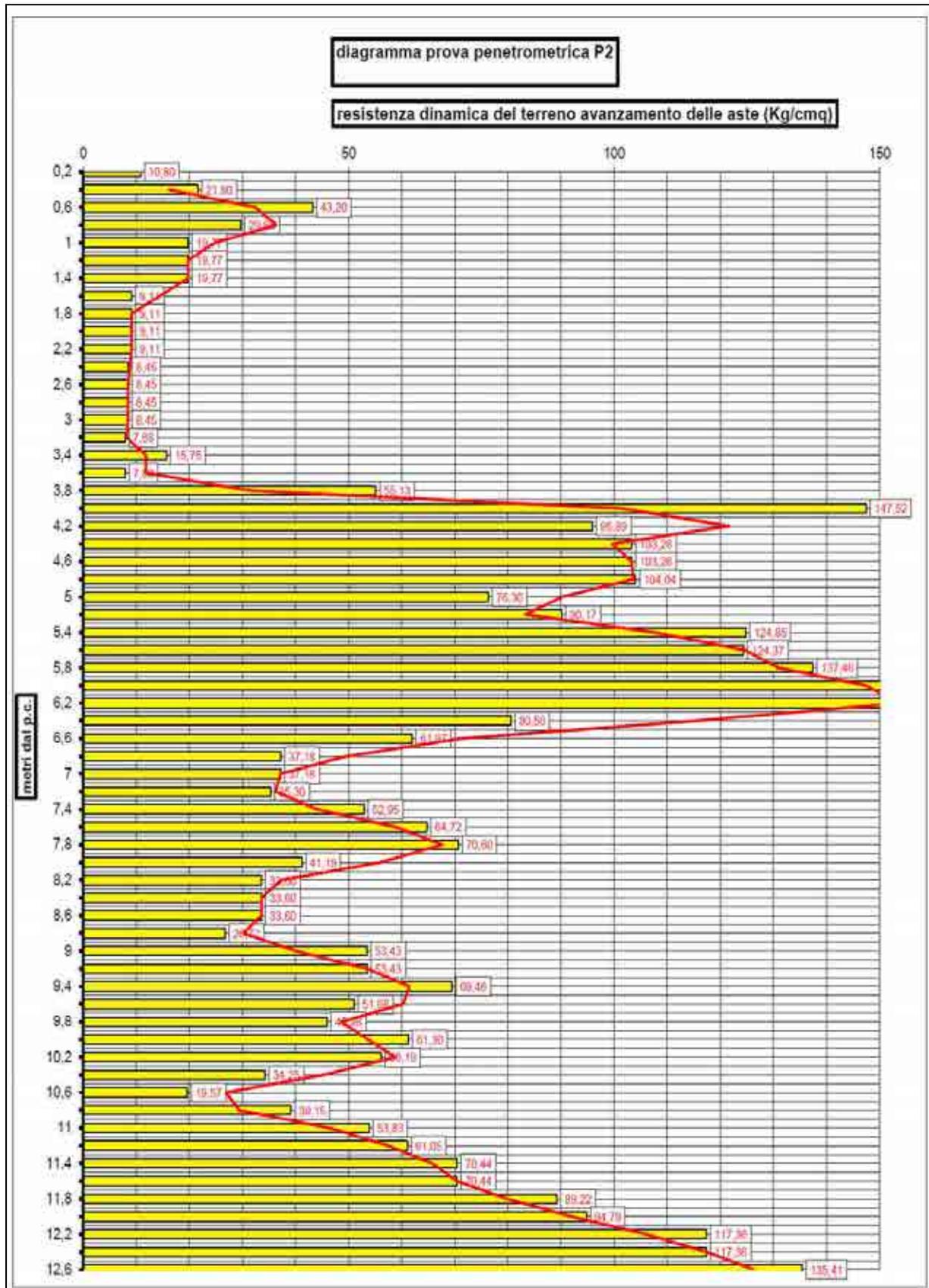


**COMUNE DI ALESSANDRIA VIA S. G. BOSCO - AREA CENTRALE Teleriscaldamento IN PROGETTO
STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1 - Data 11 novembre 2015**

prof	strati	tipologia	γ	γ'	Σ	Cu	Mv	Dr	ϕ	K orizz	K perm	K Winkler
METRI	0,00	piano campagna	Kg/mc	Kg/mc	Kg/cm ^q	Kg/cm ^q	cm ^q /Kg	%	°	Kg/cm ^q	cm/sec	Kg/cm ^q
0,80		Suolo e coltre superficiale										
		Limi sabbiosi ed argillosi poco compatti	1671	1871	0,60	0,43	0,022721		26	0,579	1,13E-02	0,89
3,60		Sabbie e ghiaie fini costipate, con intercalazioni di limi meno resistenti	1800	1800	1,07		0,017438	33	32	1,912	4,26E-02	2,00
6,20		Limi sabbiosi ed argillosi poco compatti	1775	1775	1,32	0,51	0,014524		27	0,771	1,12E-02	1,00
7,60												
superficie libera della falda freatica misurata nel foro penetrometrico alla quota di -9,00 metri dal p.c. alla data del 11 novembre 2015												
		Successione di sabbie a matrice limoso argillosa e ghiaie con rifinito all'avanzamento delle aste del penetrometro	1800	800	1,75		0,015504	28	30	2,15	5,61E-02	3,00
12,60												

legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetrometriche

γ = peso di volume	Korizz = moulo reaz. orizz.											
γ' = peso di volume	Φ = angolo attrito											
Σ = pressione litostatica	Mv = coefficiente di compressibilità di volume											
Cu = coesione non drenata	K Winkler (formula di Bowles capacità portante)											
Dr = densità relativa (%)												

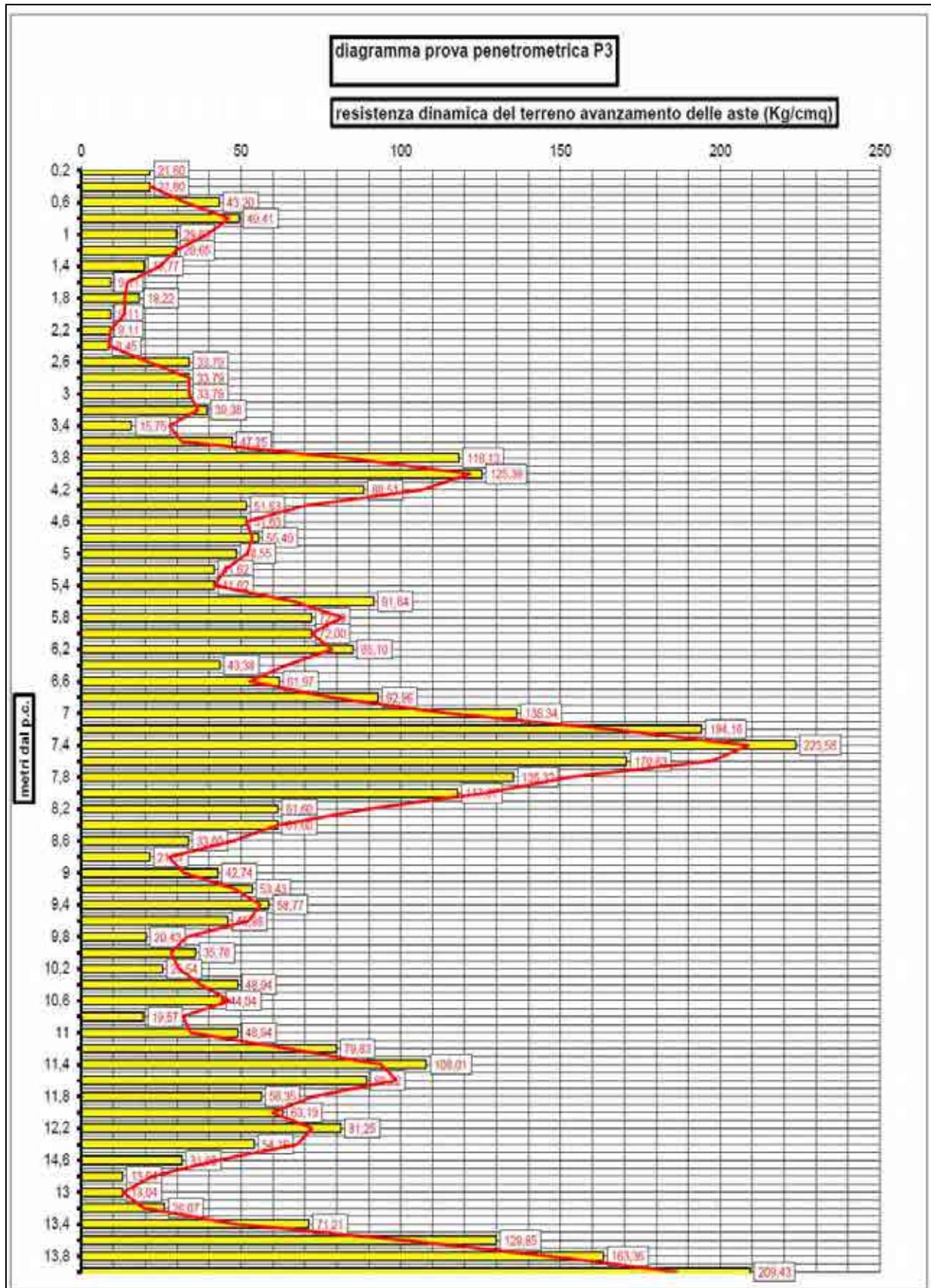


**COMUNE DI ALESSANDRIA VIA S. G. BOSCO - AREA CENTRALE Teleriscaldamento IN PROGETTO
STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2 - Data 10 novembre 2015**

prof	strati	tipologia	γ	γ'	Σ	C_u	M_v	D_r	ϕ	K orizz	K perm	K Winkler
METRI	0,00	piano campagna	Kg/mc	Kg/mc	Kg/cm ^q	Kg/cm ^q	cm ^q /Kg	%	°	Kg/cm ^q	cm/sec	Kg/cm ^c
0,80		Stuolo e coltre superficiale										
		Limi sabbiosi ed argillosi poco compatti	1611	1611	0,59	0,23	0,030247	28		0,386	1,14E-02	0,46
3,60		Sabbie e ghiaie resistenti e costipate, con intercalazioni di limi meno resistenti	1800	1800	1,06		0,01022	52	34	3,262	5,75E-02	4,8
6,60		Limi sabbiosi ed argillosi poco compatti	1500	1500	1,45		0,02	16	29	1,867	3,03E-02	2,2
8,80	superficie libera della falda freatica misurata nel foro penetrometrico alla quota di -9,00 metri dal p.c. alla data del 10 novembre 2015											
		Successione di sabbie a matrice limoso argillosa e ghiaie con rifiuto all'avanzamento delle aste del penetrometro	1800	800	1,75		0,011938	37	31	2,792	5,28E-02	4,3
12,60												

legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetrometriche

γ = peso di volume	Korizz = moulo reaz. orizz.				
γ' = peso di volume	Φ = angolo attrito				
Σ = pressione litostatica	M_v = coefficiente di compressibilità di volume				
C_u = coesione non drenata	K Winkler (formula di Bowles capacità portante)				
D_r = densità relativa (%)					



COMUNE DI ALESSANDRIA VIA S. G. BOSCO - AREA CENTRALE TELERISCALDAMENTO IN PROGETTO
STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P3 - Data 10 novembre 2015

prof METRI	strati	tipologia	γ Kg/mc	γ' Kg/mc	Σ Kg/cmq	Cu Kg/cmqa	Mv cmq/Kg	Dr %	ϕ °	K orizz Kg/cmqa	K perm cm/sec	K Winkler Kg/cmca
0,00		piano campagna										
0,80		Suolo e coltre superficiale										
3,60		Limi sabbiosi ed argillosi poco compatti	1725	1725	0,62	0,62	0,016972		26	0,554	1,12E-02	1,28
6,40		Sabbie e ghiaie fini a matrice limosa ed argillosa mediamente addensate	1800	1800	1,13		0,018088	30	31	1,843	3,67E-02	3,10
8,40		Ghiaie e sabbie resistenti	1800	1800	1,49		0,008251	53	33	4,04	5,74E-02	6,50
8,40	superficie libera della falda freatica misurata nel foro penetrometrico alla quota di -9,00 metri dal p.c. alla data del 10 novembre 2015											
14,00		Successione di sabbie a matrice limoso argillosa e ghiaie con rifiuto all'avanzamento delle aste del penetrometro	1800	800	1,94		0,013192	31	30	2,527	4,73E-02	4,00

legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetrometriche

γ = peso di volume	Korizz = moulo reaz. orizz.
γ' = peso di volume	Φ = angolo attrito
Σ = pressione litostatica	Mv = coefficiente di compressibilità di volume
Cu = coesione non drenata	K Winkler (formula di Bowles capacità portante)
Dr = densità relativa (%)	

Comune di Alessandria Via S. Giovanni Bosco
Area centrale teleriscaldamento in progetto (EGEA)

Data: 10 novembre 2015

Dati campagna prova penetrometrica statica P4

Falda idrica: non riscontrata

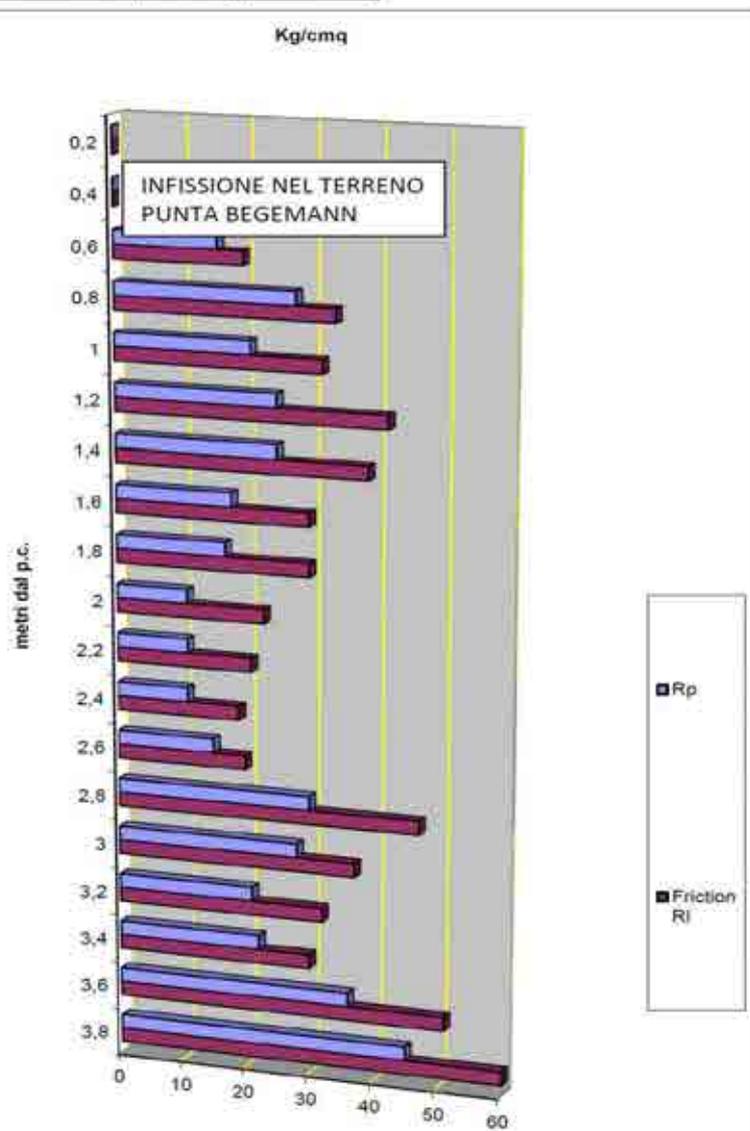
penetrometro dinamico statico Pagani da 100 KN
punta meccanica Begemann
spinta in infissione 10.000 kg
spinta in estrazione 11.000 Kg
sezione punta 10,00 cmq

Piano di posa del penetrometro: piano campagna

Rp e Friction Ri (Kg/cm²)

Profondità	Rp	Friction Ri
0,2	0	0
0,4	0	0
0,6	16	20
0,8	28	34
1	21	32
1,2	25	42
1,4	25	39
1,6	18	30
1,8	17	30
2	11	23
2,2	11	21
2,4	11	19
2,6	15	20
2,8	30	47
3	28	37
3,2	21	32
3,4	22	30
3,6	36	51
3,8	45	63

infissione punta Begemann
infissione punta Begemann



rifiuto avanzamento delle aste del penetrometro:
(inizio terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi)

RP = RESISTENZA ALLA PUNTA
Friction Ri = RESISTENZA LATERALE
Rp e Friction Ri (Kg/cm²)

**COMUNE DI ALESSANDRIA VIA S. G. BOSCO - AREA CENTRALE TELERISCALDAMENTO IN PROGETTO
STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA STATICA P4 - Data 10 novembre 2015**

prof	strati	tipologia	γ	γ'	Σ	C_u	M_v	D_r	ϕ	K orizz	K perm	K Winkler
METRI	0,00	piano campagna	Kg/mc	Kg/mc	Kg/cmq	Kg/cmq	cmq/Kg	%	°	Kg/cmq	cm/sec	Kg/cm
		Suolo e coltre superficiale										
0,80		Limi sabbiosi ed argillosi poco compatti	1829	1829	0,47	0,50	0,015385		28	1,444	4,75E-04	1,00
2,60		Sabbie e ghiaie con rifiuto avanzamento delle aste statiche del penetrometro	1500	1500	0,65		0,016484	34	34	2,022	8,63E-03	2,00
3,80												

legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetrometriche

γ = peso di volume	Korizz = moulo reaz. orizz.				
γ' = peso di volume	Φ = angolo attrito				
Σ = pressione litostatica	M_v = coefficiente di compressibilità di volume				
C_u = coesione non drenata	K Winkler (formula di Bowles capacità portante)				
D_r = densità relativa (%)					

Comune di Alessandria Via S. Giovanni Bosco
Area centrale teleriscaldamento in progetto (EGEA)

Data: 10 novembre 2015

Dati campagna prova penetrometrica statica P5

Falda idrica: non riscontrata

penetrometro dinamico statico Pagani da 100 KN
punta meccanica Begemann
spinta in infissione 10.000 kg
spinta in estrazione 11.000 Kg
sezione punta 10,00 cmq

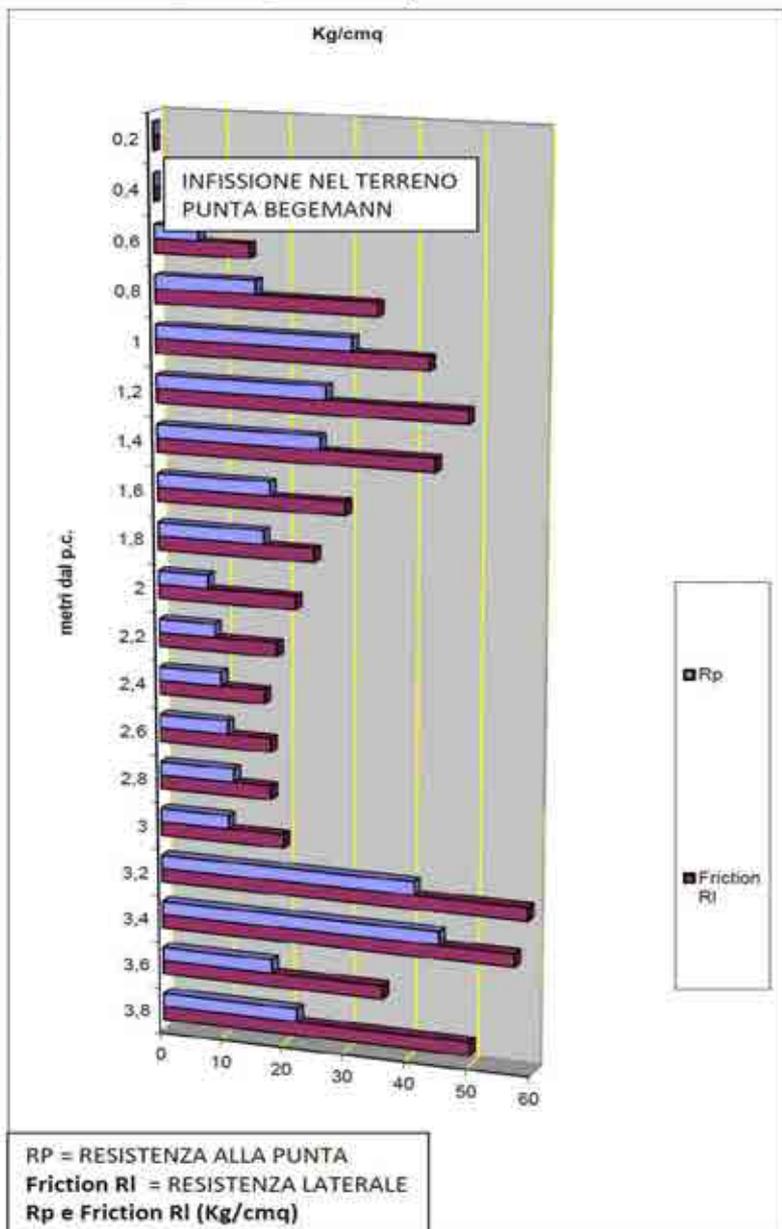
Piano di posa del penetrometro: piano campagna

Rp e Friction RI (Kg/cmq)

Profondità	Rp	Friction RI
0,2	0	0
0,4	0	0
0,6	7	15
0,8	16	35
1	31	43
1,2	27	49
1,4	26	44
1,6	18	30
1,8	17	25
2	8	22
2,2	9	19
2,4	10	17
2,6	11	18
2,8	12	18
3	11	20
3,2	41	59
3,4	45	57
3,6	18	36
3,8	22	50

rifiuto avanzamento delle aste del penetrometro
(inizio terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi)

Infissione punta Begemann
Infissione punta Begemann



COMUNE DI ALESSANDRIA VIA S. G. BOSCO - AREA CENTRALE Teleriscaldamento IN PROGETTO												
STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA STATICA P5 - Data 10 novembre 2015												
prof	strati	tipologia	γ	γ'	Σ	Cu	Mv	Dr	ϕ	K orizz	K perm	K Winkler
METRI	0,00	piano campagna	Kg/mc	Kg/mc	Kg/cmq	Kg/cmq	cmq/Kg	%	°	Kg/cmq	cm/sec	Kg/cm
0,80		Suolo e coltre superficiale										
		Limi sabbiosi ed argillosi poco compatti	1827	1827	0,54	0,50	0,026889		31	1,636	2,87E-04	1,00
3,00		Sabbie e ghiaie con rifiuto avanzamento delle aste statiche del penetrometro	1924	1924	0,69	0,84	0,006349		29	2,10	9,46E-04	1,70
3,80												

legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetrometriche												
γ = peso di volume	Korizz = moulo reaz. orizz.											
γ' = peso di volume	Φ = angolo attrito											
Σ = pressione litostatica	Mv = coefficiente di compressibilità di volume											
Cu = coesione non drenata	K Winkler (formula di Bowles capacità portante)											
Dr = densità relativa (%)												

**COMUNE DI ALESSANDRIA VIA S. G. BOSCO - AREA CENTRALE TELERISCALDAMENTO IN PROGETTO
STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P6 - Data 11 novembre 2015**

prof	strati	tipologia	γ	γ'	Σ	Cu	Mv	Dr	ϕ	K orizz	K perm	K Winkler
METRI	0,00	piano campagna	Kg/mc	Kg/mc	Kg/cm ²	Kg/cm ²	cm ² /Kg	%	°	Kg/cm ²	cm/sec	Kg/cm ²
0,80		Suolo e coltre superficiale										
2,80		Limi sabbiosi ed argillosi poco compatti	1591	1591	0,46	0,20	0,033622		26	0,338	1,14E-02	0,4
7,20		Sabbie e ghiaie a matrice limosa addensate e costipate	1800	1800	1,25		0,01306	40	32	2,552	5,64E-02	3,95
		Sabbie poco addensate con intercalazioni di limi argillosi poco compatti	1800	800	1,68		0,019007	21	29	1,754	4,88E-02	2,82
superficie libera della falda freatica misurata nel foro penetrometrico alla quota di -9,00 metri dal p.c. alla data del 11 novembre 2015												
12,60		Ghiaie e sabbie con rifiuto all'avanzamento delle aste del penetrometro	1800	800	1,75		0,008547	48	33	3,90	5,74E-02	5,90
13,40												
legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetriche												
γ = peso di volume			Korizz = moulo reaz. orizz.									
γ' = peso di volume			Φ = angolo attrito									
Σ = pressione litostatica			Mv = coefficiente di compressibilità di volume									
Cu = coesione non drenata			K Winkler (formula di Bowles capacità portante)									
Dr = densità relativa (%)												

Comune di Alessandria Via S. Giovanni Bosco
Area centrale teleriscaldamento in progetto (EGEA)
Data: 10 novembre 2015

Dati campagna prova penetrometrica statica P7

Falda idrica: non riscontrata

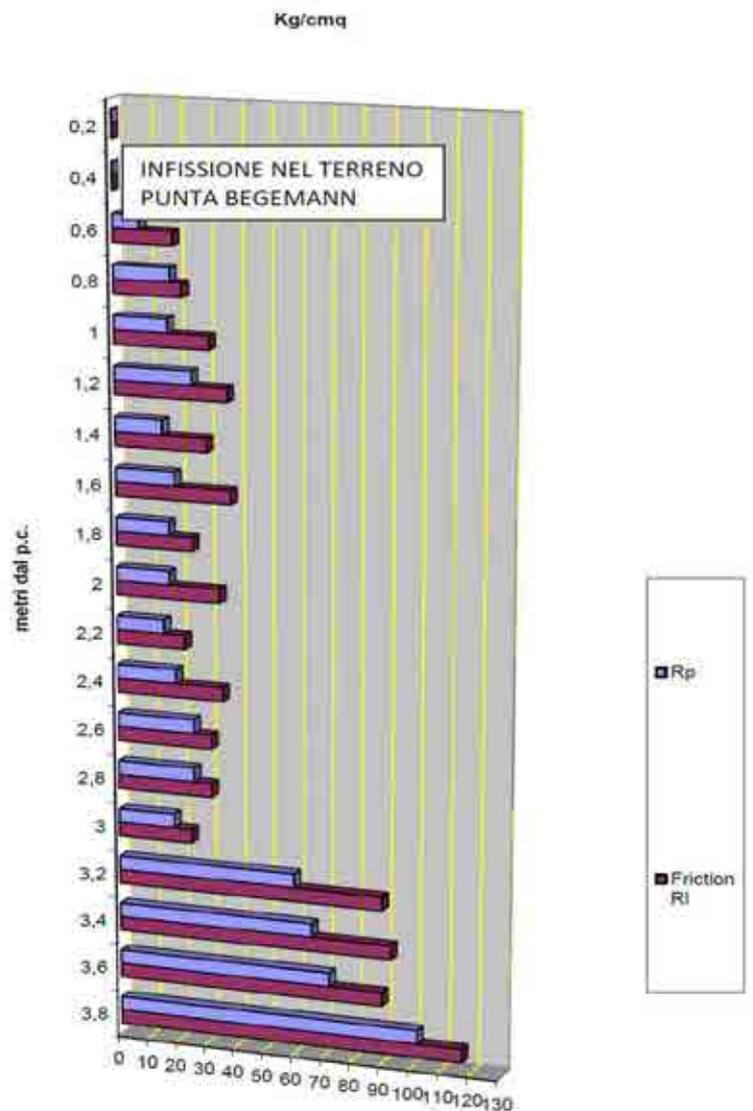
penetrometro dinamico statico Pagani da 100 KN
punta meccanica Begemann
spinta in infissione 10.000 kg
spinta in estrazione 11.000 Kg
sezione punta 10,00 cmq

Piano di posa del penetrometro: piano campagna
Rp e Friction Ri (Kg/cm²)

Profondità	Rp	Friction Ri
0,2	0	0
0,4	0	0
0,6	9	20
0,8	19	23
1	18	32
1,2	26	38
1,4	16	31
1,6	20	39
1,8	18	26
2	18	35
2,2	16	23
2,4	20	36
2,6	26	32
2,8	26	32
3	19	25
3,2	60	90
3,4	66	93
3,6	72	90
3,8	102	117

infissione punta Begemann
infissione punta Begemann

rifuto avanzamento delle aste del
penetrometro
(inizio terreni incoerenti sabbiosi
e ghiaiosi)



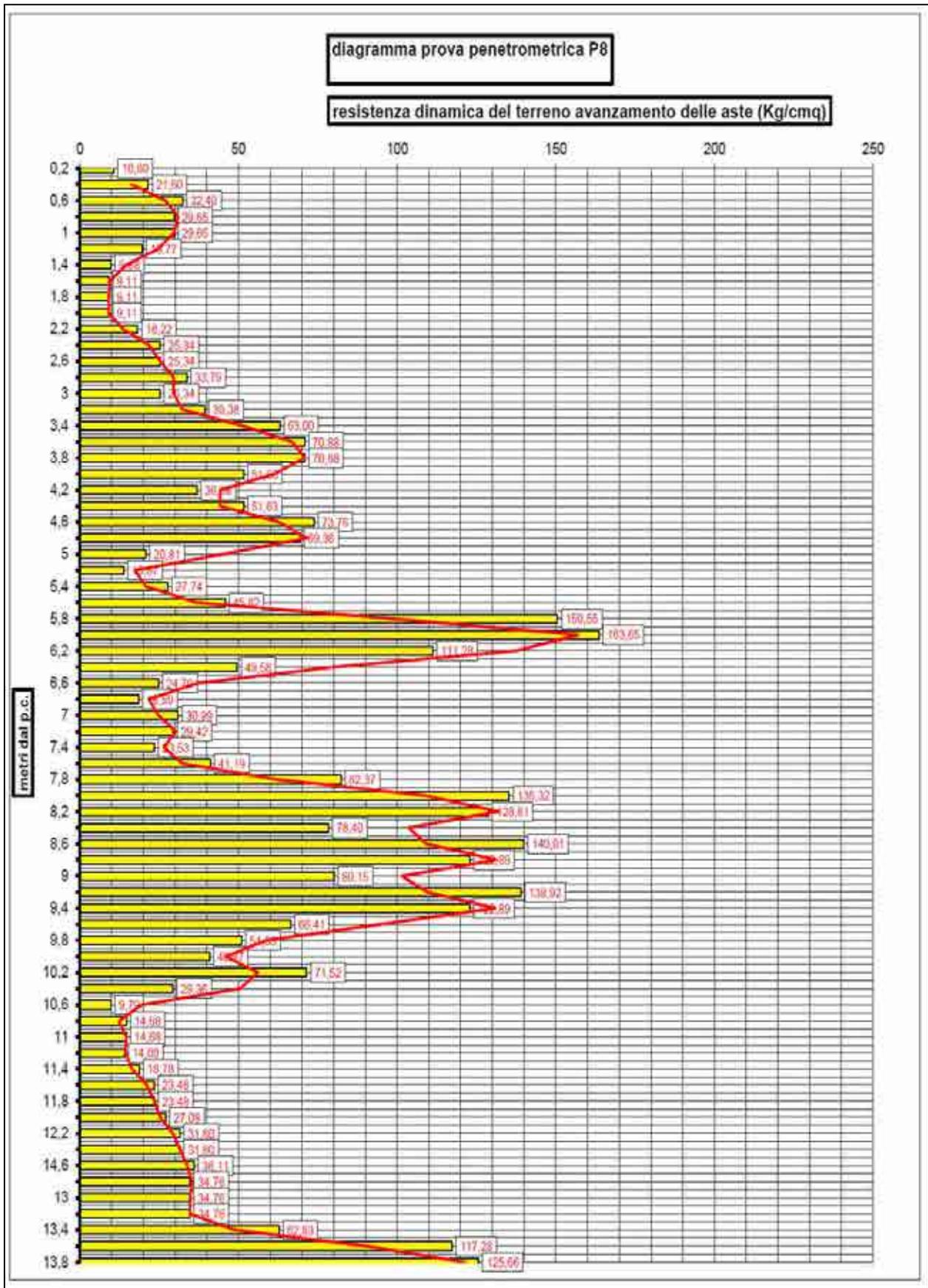
RP = RESISTENZA ALLA PUNTA
Friction Ri = RESISTENZA LATERALE
Rp e Friction Ri (Kg/cm²)

COMUNE DI ALESSANDRIA VIA S. G. BOSCO - AREA CENTRALE TELERISCALDAMENTO IN PROGETTO
STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA STATICA P7 - Data 10 novembre 2015

prof	strati	tipologia	γ	γ'	Σ	Cu	Mv	Dr	ϕ	K orizz	K perm	K Winkler
METRI	0,00	piano campagna	Kg/mc	Kg/mc	Kg/cmq	Kg/cmq	cmq/Kg	%	°	Kg/cmq	cm/sec	Kg/cm
0,80		Suolo e coltre superficiale										
		Limi sabbiosi ed argillosi poco compatti	1858	1858	0,55	0,50	0,009917		28	2,017	2,36E-03	1,00
3,00		Sabbie e ghiaie con rifiuto avanzamento delle aste statiche del penetrometro	1800	1800	0,69		0,008889	84	37	3,75	3,61E-02	5,00
3,80												

legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetriche

γ = peso di volume	Korizz = moulo reaz. orizz.				
γ' = peso di volume:	Φ = angolo attrito				
Σ = pressione litostatica	Mv = coefficiente di compressibilità di volume				
Cu = coesione non drenata	K Winkler (formula di Bowles capacità portante)				
Dr = densità relativa (%)					

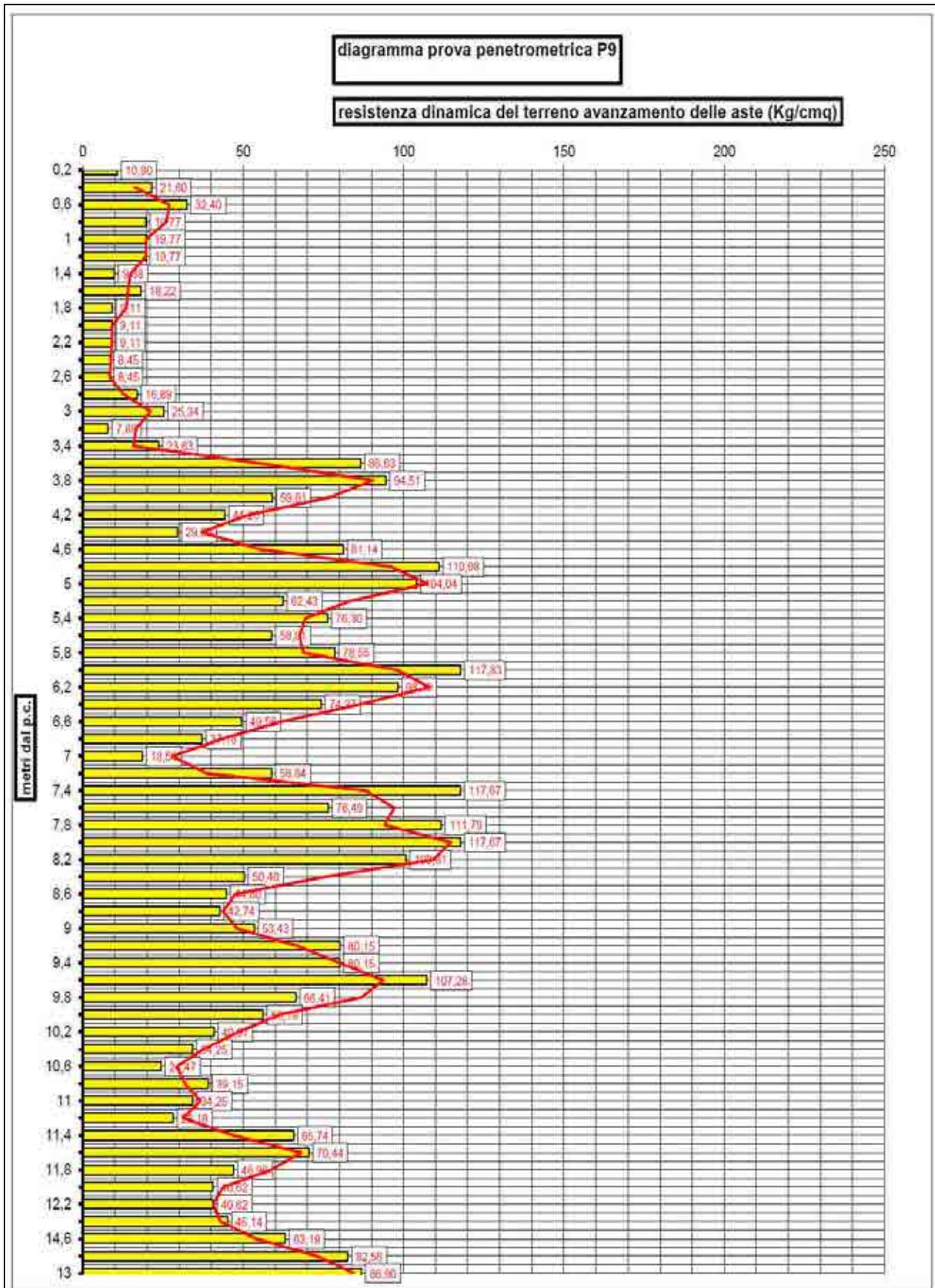


**COMUNE DI ALESSANDRIA VIA S. G. BOSCO - AREA CENTRALE TELERISCALDAMENTO IN PROGETTO
STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P8- Data 11 novembre 2015**

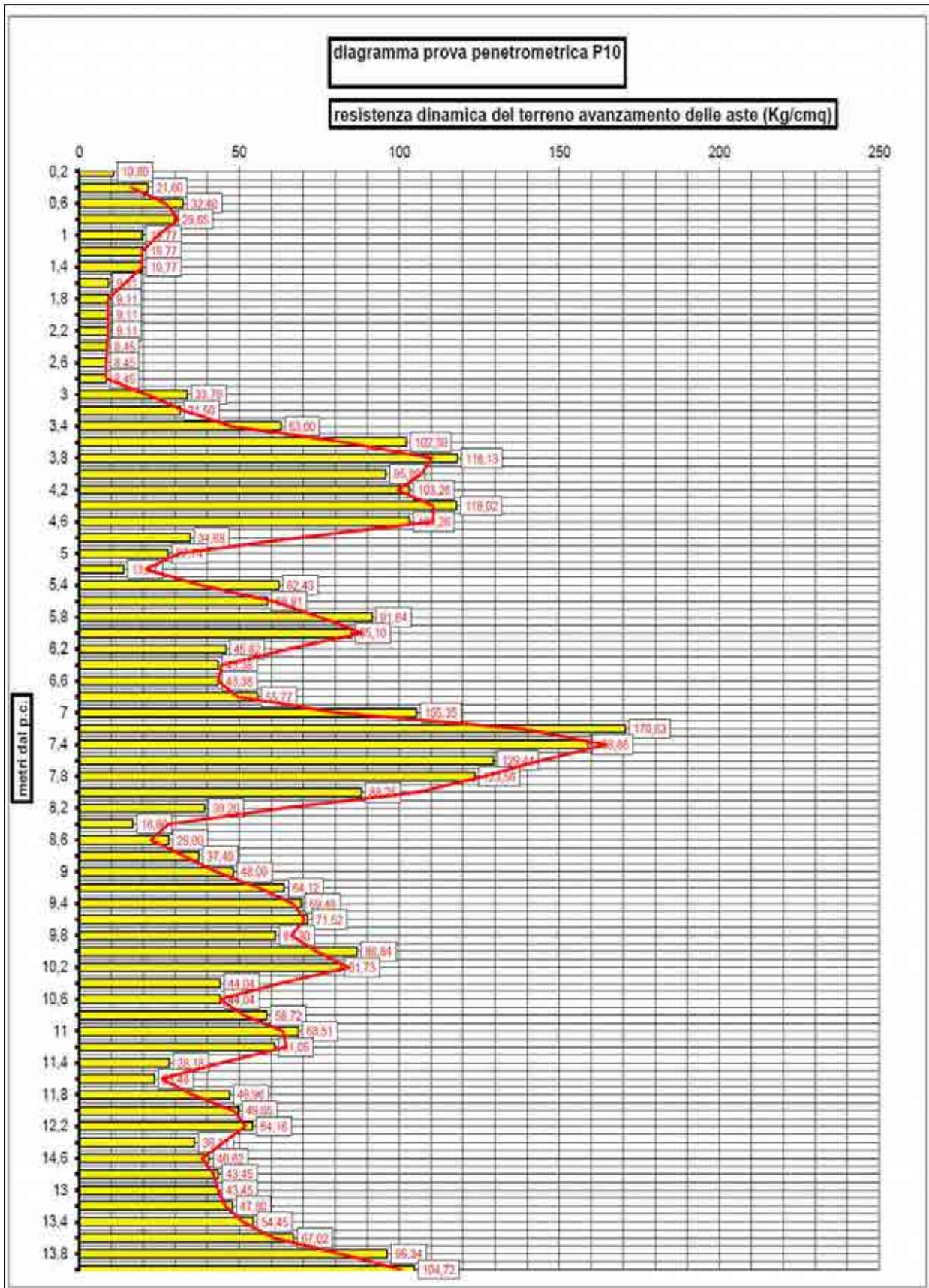
prof METRI	strati	tipologia	γ Kg/mc	γ' Kg/mc	Σ Kg/cm ^q	Cu Kg/cm ^q	Mv cm ^q /Kg	Dr %	ϕ °	K orizz Kg/cm ^q	K perm cm/sec	K Winkler Kg/cm ^c
0,00		piano campagna										
0,80		Suolo e coltre superficiale										
3,00		Limi sabbiosi ed argillosi poco compatti	1684	1684	0,51	0,34	0,021596		26	0,63	1,13E-02	0,69
7,60		Sabbie e ghiaie a matrice limosa poco addensate e costipate	1500	1500	1,20		0,017037	21	30	1,957	3,31E-02	2,50
10,20		Ghiaie e sabbie addensate costipate e resistenti	1800	800	1,41		0,00938	49	33	3,554	5,75E-02	4,86
superficie libera della falda freatica misurata nel foro penetrometrico alla quota di -9,00 metri dal p.c. alla data del 11 novembre 2015												
13,80		Sabbie limose poco addensate e ghiaie con rifinto all'avanzamento delle aste del penetrometro	1800	800	1,69		0,020942	18	29	1,59	3,75E-02	2,67

legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetrometriche

γ = peso di volume	Korizz = moulo reaz. orizz.											
γ' = peso di volume	Φ = angolo attrito											
Σ = pressione litostatica	Mv = coefficiente di compressibilità di volume											
Cu = coesione non drenata	K Winkler (formula di Bowles-capacità portante)											
Dr = densità relativa (%)												



COMUNE DI ALESSANDRIA VIA S. G. BOSCO - AREA CENTRALE Teleriscaldamento IN PROGETTO												
STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P9- Data 12 novembre 2015												
prof	strati	tipologia	γ	γ'	Σ	Cu	Mv	Dr	ϕ	K orizz	K perm	K Winkler
METRI	0,00	piano campagna	Kg/mc	Kg/mc	Kg/cmq	Kg/cmq	cmq/Kg	%	°	Kg/cmq	cm/sec	Kg/cm
0,80		Suolo e coltre superficiale										
3,40		Limi sabbiosi ed argillosi poco compatti	1645	1645	0,56	0,26	0,025548		26	0,485	1,13E-02	0,5
		Successione di sabbie e ghiaie a matrice limosa mediamente addensate e costipate	1500	500	0,90		0,011636	40	33	2,865	3,42E-02	3,24
superficie libera della falda freatica misurata nel foro penetrometrico alla quota di -9,00 metri dal p.c. alla data del 12 novembre 2015												
10,20		Limi sabbiosi poco compatti	1867	867	0,99	1,02	0,015576		29	1,427	1,83E-02	2,00
11,20		Sabbie e ghiaie con rifiuto all'avanzamento delle aste del penetrometro	1800	800	1,13		0,0125	43	33	2,67	5,76E-02	4,00
13,00												
legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetrometriche												
γ = peso di volume			Korizz = moulo reaz. orizz.									
γ' = peso di volume			Φ = angolo attrito									
Σ = pressione litostatica			Mv = coefficiente di compressibilità di volume									
Cu = coesione non drenata			K Winkler (formula di Bowles capacità portante)									
Dr = densità relativa (%)												



COMUNE DI ALESSANDRIA VIA S. G. BOSCO - AREA CENTRALE Teleriscaldamento IN PROGETTO
STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P10- Data 11 novembre 2015

prof	strati	tipologia	γ	γ'	Σ	Cu	Mv	Dr	ϕ	K orizz	K perm	K Winkler
METRI	0,00	piano campagna	Kg/mc	Kg/mc	Kg/cm ^q	Kg/cm ^q	cm ^q /Kg	%	°	Kg/cm ^q	cm/sec	Kg/cm ^c
0,80		Suolo e coltre superficiale										
2,80		Limi sabbiosi ed argillosi poco compatti	1613	1613	0,46	0,32	0,02999		26	0,39	1,14E-02	0,67
6,80		Sabbie e ghiaie fini a matrice limosa, poco addensate e costipate	1800	1800	1,18		0,018832	28	31	1,77	4,39E-02	2,80
11,60		Sabbie e ghiaie a matrice limoso argillosa mediamente addensate	1800	800	1,56		0,013083	36	31	2,548	5,05E-02	3,90
superficie libera della falda freatica misurata nel foro penetrometrico alla quota di -9,00 metri dal p.c. alla data del 11 novembre 2015												
14,00		Sabbie e ghiaie con rifiuto all'avanzamento delle aste del penetrometro	1800	800	1,75		0,012658	35	31	2,63	5,77E-02	4,00

legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetrometriche

γ = peso di volume	Korizz = moulo reaz. orizz.				
γ' = peso di volume	Φ = angolo attrito				
Σ = pressione litostatica	Mv = coefficiente di compressibilità di volume				
Cu = coesione non drenata	K Winkler (formula di Bowles capacità portante)				
Dr = densità relativa (%)					

4 ALLEGATO 2 - ANALISI CHIMICHE ACQUE PIEZOMETRO S1



Alba, 14/04/2017

Rapporto di prova N. 1104 2017 del 14/04/2017
 Richiedenti: E.G.E.A. S.p.A.
 Via Miano 2
 12051 ALBA (CN)
 Matrice: ACQUE POTABILI
 Riferimento: ALESSANDRIA POZZO
 Consegnato da: CLIENTE
 Modalità di prelievo: ISTANTANEO
 Data e ora inizio prelievo: 30/03/2017 12:00

Risultato delle Analisi

Campione n° 1777 / 1097

Parametro	Unità di misura	Valore misurato	Valore di parametro
INDICATORI			
Solfati	mg/l SO4	78,1	250
CHIMICI			
Cianuri totali	µg/l	<5,00	50
Fluoruri	mg/l F	0,028	1,5
Nitriti	mg/l NO2	0,010	0,5

Data inizio analisi: 30/03/2017 16:00:00

Data fine analisi: 14/04/2017

Legge di riferimento: D.Lgs. 152/06 TUBO 4L5 P IV

Il Responsabile del Laboratorio
 Dott. Stefano Bartorelli





Rapporto di prova N. 1104/2017 del 14/04/2017

Abc. 1409/2017

Richiedente: F.G.E.A. S.p.A.
via Vivante
12081 ALSA (CN)
Materia: ACQUA POTABILE
Riferimento: ALESSANDRIA-POZZO
Consegnato da: COBENE
Mod. S.lla di (protocollo): INSTANTANEO
Data e ora (ora locale): 06/03/2017 12:00

Risultato delle Analisi

Carbatteria n° 0775 / 1387

Parametro	Unità di misura	Valore misurato	Valore di parametro
CHIMICI			
Bicarbonati	mg/l	0,137	1
Cloruri	mg/l	0,141	50
Silice	mg/l	<0,100	25
Torroni	mg/l	0,109	15
però silice	mg/l	<0,100	10
Ciolo di nallene	mg/l	<0,100	15
Uoformio	mg/l	0,129	0,15
1,2-dicloroetano	mg/l	<0,100	3
1,1 - Dicloroetano	mg/l	<0,010	0,05
Tricloroetano	mg/l	<0,100	10
Tetracloroetano	mg/l	0,128	1,1
Tricloroetilene	mg/l	0,120	10
1,1-tetracloroetano	mg/l	<0,100	0,10
1,2 - Dicloroetano	mg/l	<0,100	50
1,1 - Dicloroetano	mg/l	<0,100	0,15
1,1,2-tricloroetano	mg/l	<0,100	3,2
1,1,2,2-tetracloroetano	mg/l	<0,010	0,05
Diclorodifenilene	mg/l	<0,100	0,10
Bromodifenilene	mg/l	<0,100	0,10

Nota: I risultati sono riferiti esclusivamente ai campi di sottotitolo ad analitici. Il rapporto di prova non può essere spedito per via aerea.
Laboratorio n° 0775 / 1387 - Abc. 1409/2017 - F.G.E.A. S.p.A. - Via Vivante, 1 - 12081 ALSA (CN) - Tel. 0173/210100 - Fax 0173/210110

Pagina 14 di 20





Rapporto di prova N. 1104/2017 del 14/04/2017

Abc. 1409/2017

Richiedente: F.G.E.A. S.p.A.
via Mivarca
12081 ALBA (CN)
Materia: ACQUA POTABILE
Riferimento: ALESSANDRIA-POZZO
Consegnato da: CLIENTE
Mod. S. B. di (protocollo): INSTANTANEO
Data e ora (ora locale): 06/03/2017 12:00

Risultato delle Analisi

Caratteristiche: 1106 / 1087

Parametro	Unità di misura	Valore misurato	Valore di parametro
INDICATORI			
Alluminio totale	µg/l Al	95	300
Ferro	µg/l Fe	123,90	300
Manganese	µg/l Mn	115,26	50
Parametro			
CHIMICI			
Antimonio	µg/l Sb	<1,25	5
Argento	µg/l Ag	0,24	30
Arsenico	µg/l As	<1,000	10
Bario	µg/l Ba	0,199	4
Cadmio	µg/l Cd	00,50	5
Cobalto	µg/l Co	<5	50
Cromo totale	µg/l Cr	7,66	50
Cromo VI	µg/l Cr	<1	10
Mercurio	µg/l Hg	0,41	1
Nitrito	µg/l N	13,14	50
Nitrate	µg/l N	0,68	10
Rame	mg/l Cu	0,0003	1
Selenio	µg/l Se	9,87	10
Talio	µg/l Tl	40,50	2
Zinco	mg/l Zn	0,017	3
Boro	mg/l B	0,030	1

Nota: I risultati sono riferiti esclusivamente ai campi di testati ed anche se il rapporto di prova non può essere spedito per via aerea, l'elaborazione finale del rapporto viene inviata al cliente via PEC (indirizzo: 0173/2017015@pec.it) il 06/04/2017.

Pagina 24 di 27



5 ALLEGATO 3 – EXPORT SOFTWARE GEOSTRU

Platea, sovraccarico 2 kg/cmq, falda a 7 m di profondità

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	10.0 m
Lunghezza fondazione	100.0 m
Profondità piano di posa	1.5 m
Altezza di incastro	0.8 m
Profondità falda	7.0

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.073
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)
Fattore di struttura [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0.25
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0.0147
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0.07

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.19	2.53	0.16
S.L.D.	50.0	0.25	2.53	0.2
S.L.V.	475.0	0.6	2.55	0.28
S.L.C.	975.0	0.77	2.54	0.28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.228	0.2	0.0047	0.0023
S.L.D.	0.3	0.2	0.0061	0.0031
S.L.V.	0.72	0.2	0.0147	0.0073
S.L.C.	0.924	0.2	0.0188	0.0094

STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [Kg/m ³]	Gams [Kg/m ³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [Kg/cm ²]	c Corr. [Kg/cm ²]	cu [Kg/cm ²]	Ey [Kg/cm ²]	Ed [Kg/cm ²]	Ni	Cv [cmq/s]	Cs
3.0	1700.0	2000.0	24.0	24	0.02	0.02	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9.0	1750.0	2050.0	27.0	27	0.05	0.05	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.0	1800.0	2100.0	31.0	31	0.05	0.05	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm ²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult] 8.28 Kg/cm²
 Resistenza di progetto [Rd] 3.6 Kg/cm²
 Tensione [Ed] 2.0 Kg/cm²
 Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 4.14
 Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 3.31 Kg/cm³

A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq] 12.39
 Fattore [Nc] 22.94
 Fattore [Ng] 8.49
 Fattore forma [Sc] 1.05
 Fattore profondità [Dc] 1.06
 Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0

PROGETTO DELLE OPERE

Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.04
Fattore profondità [Dq]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.97
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	9.9 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	4.3 Kg/cm ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Sisma

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	12.39
Fattore [Nc]	22.94
Fattore [Ng]	8.49
Fattore forma [Sc]	1.05
Fattore profondità [Dc]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.04
Fattore profondità [Dq]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.97
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.77
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	8.28 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	3.6 Kg/cm ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Indice

4

Platea, sovraccarico 2 kg/cmq, falda a 1 m di profondità

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	10.0 m
Lunghezza fondazione	100.0 m
Profondità piano di posa	1.5 m
Altezza di incastro	0.8 m
Profondità falda	2.0

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.073
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)
Fattore di struttura [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0.25
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0.0147
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0.07

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.19	2.53	0.16
S.L.D.	50.0	0.25	2.53	0.2
S.L.V.	475.0	0.6	2.55	0.28
S.L.C.	975.0	0.77	2.54	0.28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.228	0.2	0.0047	0.0023
S.L.D.	0.3	0.2	0.0061	0.0031
S.L.V.	0.72	0.2	0.0147	0.0073
S.L.C.	0.924	0.2	0.0188	0.0094

STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [Kg/m ³]	Gams [Kg/m ³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [Kg/cm ²]	c Corr. [Kg/cm ²]	cu [Kg/cm ²]	Ey [Kg/cm ²]	Ed [Kg/cm ²]	Ni	Cv [cmq/s]	Cs
3.0	1700.0	2000.0	24.0	24	0.02	0.02	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9.0	1750.0	2050.0	27.0	27	0.05	0.05	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.0	1800.0	2100.0	31.0	31	0.05	0.05	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm ²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult] 6.53 Kg/cm²
 Resistenza di progetto [Rd] 2.84 Kg/cm²
 Tensione [Ed] 2.0 Kg/cm²
 Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 3.27
 Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 2.61 Kg/cm³

A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq] 12.39
 Fattore [Nc] 22.94
 Fattore [Ng] 8.49
 Fattore forma [Sc] 1.05
 Fattore profondità [Dc] 1.06
 Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0

PROGETTO DELLE OPERE

Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.04
Fattore profondità [Dq]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.97
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	7.61 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	3.31 Kg/cm ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Sisma

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	12.39
Fattore [Nc]	22.94
Fattore [Ng]	8.49
Fattore forma [Sc]	1.05
Fattore profondità [Dc]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.04
Fattore profondità [Dq]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.97
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.77
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	6.53 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	2.84 Kg/cm ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Rilevato stradale, sovraccarico 1.5 kg/cmq, falda a 7 m di profondità

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2018
Larghezza fondazione	10.0 m
Lunghezza fondazione	20.0 m
Profondità piano di posa	0.0 m
Profondità falda	7.0

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.073
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)
Fattore di struttura [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0.25
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0.0147
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0.07

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.19	2.53	0.16
S.L.D.	50.0	0.25	2.53	0.2
S.L.V.	475.0	0.6	2.55	0.28
S.L.C.	975.0	0.77	2.54	0.28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.228	0.2	0.0047	0.0023
S.L.D.	0.3	0.2	0.0061	0.0031
S.L.V.	0.72	0.2	0.0147	0.0073
S.L.C.	0.924	0.2	0.0188	0.0094

STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [Kg/m ³]	Gams [Kg/m ³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [Kg/cm ²]	c Corr. [Kg/cm ²]	cu [Kg/cm ²]	Ey [Kg/cm ²]	Ed [Kg/cm ²]	Ni	Cv [cmq/s]	Cs
3.0	1700.0	2000.0	24.0	24	0.02	0.02	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9.0	1750.0	2050.0	27.0	27	0.05	0.05	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.0	1800.0	2100.0	31.0	31	0.05	0.05	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm ²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. C capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult] 5.39 Kg/cm²
 Resistenza di progetto [Rd] 2.34 Kg/cm²
 Tensione [Ed] 1.5 Kg/cm²
 Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 3.59
 Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 2.16 Kg/cm³

A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq] 11.64
 Fattore [Nc] 21.98
 Fattore [Ng] 7.73
 Fattore forma [Sc] 1.24
 Fattore profondità [Dc] 1.0
 Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0

PROGETTO DELLE OPERE

Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.22
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.85
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	6.71 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	2.92 Kg/cm ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Sisma

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	11.64
Fattore [Nc]	21.98
Fattore [Ng]	7.73
Fattore forma [Sc]	1.24
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.22
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.85
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.77
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	5.39 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	2.34 Kg/cm ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Rilevato stradale, sovraccarico 1.5 kg/cmq, falda a 1 m di profondità

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2018
Larghezza fondazione	10.0 m
Lunghezza fondazione	20.0 m
Profondità piano di posa	0.0 m
Profondità falda	1.0

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.073
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)
Fattore di struttura [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0.25
Coefficiente intensità sismico terreno [K _{hk}]	0.0147
Coefficiente intensità sismico struttura [K _{hi}]	0.07

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.19	2.53	0.16
S.L.D.	50.0	0.25	2.53	0.2
S.L.V.	475.0	0.6	2.55	0.28
S.L.C.	975.0	0.77	2.54	0.28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.228	0.2	0.0047	0.0023
S.L.D.	0.3	0.2	0.0061	0.0031
S.L.V.	0.72	0.2	0.0147	0.0073
S.L.C.	0.924	0.2	0.0188	0.0094

STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [Kg/m ³]	Gams [Kg/m ³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [Kg/cm ²]	c Corr. [Kg/cm ²]	cu [Kg/cm ²]	Ey [Kg/cm ²]	Ed [Kg/cm ²]	Ni	Cv [cmq/s]	Cs
3.0	1700.0	2000.0	24.0	24	0.02	0.02	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9.0	1750.0	2050.0	27.0	27	0.05	0.05	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.0	1800.0	2100.0	31.0	31	0.05	0.05	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm ²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. C capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult] 4.07 Kg/cm²
 Resistenza di progetto [Rd] 1.77 Kg/cm²
 Tensione [Ed] 1.5 Kg/cm²
 Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 2.71
 Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 1.63 Kg/cm³

A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq] 11.64
 Fattore [Nc] 21.98
 Fattore [Ng] 7.73
 Fattore forma [Sc] 1.24
 Fattore profondità [Dc] 1.0
 Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0

PROGETTO DELLE OPERE

Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.22
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.85
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	4.99 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	2.17 Kg/cm ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Sisma

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	11.64
Fattore [Nc]	21.98
Fattore [Ng]	7.73
Fattore forma [Sc]	1.24
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.22
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.85
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.77
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	4.07 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	1.77 Kg/cm ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

6 ALLEGATO 4 – SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA DI DETTAGLIO

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

