



COMUNE DI PISA

Provincia di Pisa



PROGETTI DEPURATIVI DEL LITORALE PISANO FOGNATURA NERA DI TIRRENIA COMPLETAMENTO ZONA NORD-EST I LOTTO FUNZIONALE - STRALCIORETE

Elaborato VII	RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Data : Maggio 2014
-------------------------	---------------------------------------------	-----------------------

<i>Committente:</i> Ing. Roberto CECCHINI	<i>Progettisti:</i> Ing. Giovanni SIMONELLI Ing. Simone FRANCHINI
<i>Responsabile dei Lavori:</i> Geom. Romano MARAGLIULO	<i>Collaboratori tecnici :</i> Ing. Monica D'ONOFRIO

Indice rev.	Data	Oggetto	Controllato	Approvato
0		Prima emissione	Franchini	Simonelli

INDICE

PREMESSA.....	3
1 - DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	3
2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO DELL'AREA.....	3
3 - L'AREA NEL PIANO STRUTTURALE DI PISA	5
3.1. - CARTA GEOLOGICA	5
3.2. - CARTA LITOLOGICA.....	5
3.3 - CARTA DELLA PERMEABILITÀ	5
3.4. - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ.....	6
4 - L'AREA NEL P.T.C.	6
4.1.- CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA.....	6
4.2. – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA	7
4.3. – CARTA DELLA VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA.....	7
5 - L'AREA NEL P.A.I. ARNO.....	7
6 – “VARIANTE PARZIALE AL REGOLAMENTO URBANISTICO FINALIZZATO ALLO SVILUPPO TERRITORIALE E AL CONSOLIDAMENTO E RIORGANIZZAZIONE FUNZIONALE DELLE U.T.O.E. N. 17, 36,39,40.”, FATTIBILITÀ DA RU E PRESCRIZIONI PER OPERE SOTTO IL PIANO DI CAMPAGNA.....	8
7 – INDAGINI IN SITO	9
7.1 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)	9
7.2 CAROTAGGI CONTINUI CON COSTRUZIONE DI PIEZOMETRO	10
7.3 INDAGINE GEOELETRICA IN SITU.....	11
8 – ASPETTI GEOTECNICI	11
8.1 CAPACITÀ PORTANTE DEI TERRENI	11
8.2 VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI	12
8.3 VALUTAZIONE DELLE SOTTO SPINTE IDRAULICHE	13
8.4 VALUTAZIONE DELLO SCAVO PER LA COSTRUZIONE DELLE CENTRALINA DI SOLLEVAMENTO	13
9 – VALUTAZIONE DI PERICOLOSITÀ	14
9.1 AREE A PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA	14
9.2 AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	14
9.3 AREE A PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE.....	14
10 – MODALITÀ DI REALIZZAZIONE DEGLI SCAVI ED INTERAZIONI CON LA FALDA FREATICA	17
10.1 BLINDO SCAVI	18
10.2 WELL-POINTS	18
10.3 “NORME PER LA TUTELA DELLE ACQUE DALL’INQUINAMENTO DPGRT DEL 08/09/2008” REGOLAMENTO DI ATTUAZIONE DELLA LEGGE REGIONALE N.20 DEL 31 MAGGIO 2006	21
10.2 MISURE IN SITO DELLA CONDUCIBILITÀ ELETTRICA DELL’ACQUA DI FALDA	22
10.4 VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO UTOE 39	23
11 – GESTIONE TERRE DA SCAVO IN FASE DI CANTIERE.	23
12 – PRESCRIZIONI PER LA FATTIBILITÀ DEGLI INTERVENTI PREVISTI	25

13 – CONSIDERAZIONI FINALI 26

TAVOLE

Tav. 1 Inquadramento geografico e
Tav. 2a Carta geologica (Estratta dal PTC della Provincia di Pisa)
Tav. 2b Carta geologica (Estratta da Piano Strutturale Comune di Pisa)
Tav. 3a Carta geomorfologica (Estratta dal PTC della Provincia di Pisa)
Tav. 3b Carta geomorfologica (Estratta da Piano Strutturale Comune di Pisa)
Tav. 4 Carta della vulnerabilità (Estratta dal PTC della Provincia di Pisa)
Tav. 5 Carta delle pericolosità (Estratto da Variante Piano Strutturale Comune di Pisa)
Tav. 6 Carta delle pericolosità geomorfologica (Estratto da P.T.C. Provincia di Pisa)
Tav. 7 Carta delle pericolosità idraulica (Estratto da P.T.C. Provincia di Pisa)
Tav. 8 Carta della Vulnerabilità Idrogeologica (Estratto da P.T.C. Provincia di Pisa)
Tav. 9 Carta del rischio idraulico (Estratto da P.A.I. Autorità di Bacino del Fiume Arno)
Sezioni sondaggi e piezometri
Sezioni geologiche lungo il tracciato, Via delle Abetelle, Via dei Castagni, Via degli Alberi e Vione Pisorno

ALLEGATI

Certificati delle analisi e prove geotecniche di laboratorio
Certificati delle prove penetrometriche statiche
Sondaggi elettrici

Premessa

Il presente elaborato costituisce RELAZIONE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA contenete gli esiti degli approfondimenti d'indagine relativi al Progetto riorganizzazione fognaria di Tirrenia Zona Nord-Est Lotto I.

La presente relazione è condotta in conformità alla LR 27 Aprile 2007, n.26/R *"Regolamento di attuazione della legge regionale 3 gennaio 2005, n1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche"*.

La riorganizzazione fognaria riguarda un'area residenziale nella zona est di Tirrenia limitata a nord da Via dei Castagni, ad est e sud da Vione Pisorno e a ovest da Via delle Abetelle estesa circa 170.000 mq, a circa 700 m dalla linea di costa.

1 - Descrizione degli interventi

L'intervento di riqualificazione dell'area prevede la realizzazione nel primo lotto di un sistema fognario principale lungo le quattro vie principali, Via dei Castagni, Via degli Alberi, Vione Pisorno e via delle Abetelle.

Lungo Via dei Castagni Via degli Alberi e parte di Vione Pisorno verranno messe in opera delle condotte fognarie che convoglieranno nella stazione di sollevamento in progetto prevista davanti all'ingresso della ex Cosmopolitan. Da qui partirà una condotta in pressione lungo il Vione Pisorno che andrà a collegarsi con il sistema fognario già presente a Tirrenia in Via dell'Edera, che è collegato al Depuratore posto a Sud dell'abitato di Tirrenia.

Lungo Via delle Abetelle e la parte sud-ovest di Vione Pisorno verrà costruita una rete fognaria a gravità che andrà anch'essa a convogliare direttamente, senza la costruzione di stazioni di sollevamento, nel sistema fognario di Via dell'Edera.

2 - Inquadramento geografico, geomorfologico e geologico dell'area

L'area di nostro interesse si colloca lungo la costa tirrenica, nel settore compreso tra la foce del fiume Arno e lo sbocco a mare del Canale Scolmatore; più precisamente a circa 5,5 km dalla riva sinistra dell'Arno e 5,2 km dalla riva destra del canale scolmatore, a circa 750 m dalla linea di

costa (Tavola1).

Da un punto di vista geomorfologico, l'area è principalmente pianeggiante, con quote comprese tra 0,6 e 1,2 m s.l.m.

Si tratta di un'area impostata sui cordoni dunali che orlano la costa tirrenica nel settore compreso tra il lago di Massaciuccoli ed il canale scolmatore, a Nord di Livorno.

Da un punto di vista geologico, l'area si colloca al limite meridionale dell'ampio bacino di sprofondamento tettonico che costituisce la Pianura di Pisa; tale bacino, o "graben" delimitato a Est – Nordest dalle faglie dirette che bordano il massiccio apuano ed il Monte Pisano, e ad Ovest dal sistema di faglie sommerse della Meloria-Maestra.

L'interazione tra la subsidenza d'origine tettonica, gli apporti terrigeni dei Fiumi Arno e Serchio e le oscillazioni glacioeustatiche del livello medio marino, hanno determinato l'attuale assetto stratigrafico di questa area.

I depositi costituenti la Pianura di Pisa, possono essere così suddivisi (Fancelli et al., 1986):

- *Substrato profondo*: comprende tutte le formazioni che stanno sotto i primi sedimenti del complesso neoautoctono, per il quale l'inizio della sedimentazione varia da zona a zona, ma non è mai anteriore al Miocene superiore.
- *Substrato intermedio*: comprende i sedimenti neoautoctoni deposti, fino al Pliocene inferiore, sotto il controllo della subsidenza di origine tettonica.
- *Substrato superiore*: formato dai sedimenti posteriori al Pliocene inferiore, la cui deposizione è stata controllata principalmente dalle variazioni eustatiche del livello del mare, dagli apporti fluviali conseguenti alle suddette variazioni ed alle modifiche climatiche.

Questi sedimenti poggiano su di un substrato profondo costituito da rocce carbonatiche ed arenacee appartenenti alle formazioni della "Successione Toscana" e delle "Successioni Liguri".

Lo spessore dei sedimenti al di sopra del substrato risulta aumentare dai 600 -700 m rilevati in corrispondenza del margine orientale della pianura, presso i Monti Pisani, sino a circa 2000 m a Nord di Livorno.

La natura dei sedimenti e la morfologia della zona oggetto del presente studio risentono, per la loro posizione, delle vicissitudini legate alle variazioni quaternarie del livello marino e tale area risulta attualmente caratterizzata dalla presenza di un'alternanza di cordoni dunari asciutti, (localmente chiamati "cotoni") allungati parallelamente alla linea di costa, intervallati da zone depresse e paludose dette "lame".

Nelle aree antropizzate (Marina di Pisa, Tirrenia e Calambrone) la morfologia dunale, costituita da tomboli e lame paralleli alla costa, è stata in parte obliterata dalla realizzazione dei centri abitati e in parte dalle operazioni di "brillamento" delle bombe inesplose residue dal secondo conflitto mondiale.

All'affioramento sono presenti, quindi, terreni prevalentemente sabbiosi, in corrispondenza delle dune e limo-torbosi in corrispondenza delle lame.

3 - L'area nel Piano Strutturale di Pisa

Per l'area d'intervento sono stati prodotti gli estratti cartografici dal Piano Strutturale del Comune di Pisa di cui si riporta una breve descrizione.

3.1. - *Carta Geologica*

Dal punto di vista geologico le formazioni che affiorano nell'area di studio sono *depositi sabbiosi dei lidi e dune litoranee* (d) (Tavola 2).

Questi depositi ritrovano lungo una fascia larga 7km, posta in direzione N-S, che separa la pianura alluvionale di Pisa dal mare e rappresentano gli antichi andamenti del litorale.

I lidi, chiamati localmente "Cotoni", non raggiungono quote molto elevate e corrispondono a barre emerse per sovraccumulo di sedimenti trasportati dall'azione marina litoranea, scaricati sulle spiagge dalle onde e, in tempi successivi, stabilizzati dalla vegetazione (Mazzanti, 1994b).

Le dune sabbiose, dette "Tomboli", si sono formate invece in seguito ad accumuli di origine eolica. Hanno quote mediamente più elevate rispetto ai lidi ed una forma allungata prevalentemente nel senso del litorale. In generale la loro formazione è legata al prevalere di un vento costante ed hanno per questo un profilo asimmetrico che rimane visibile dove non è stato alterato dall'azione antropica.

3.2. - *Carta Litologica*

L'estratto della carta litologica (Tavola 3) ,mostra che nell'area d'interesse affiorano le sabbie (s) a composizione principalmente quarzosa; talvolta sono presenti al loro interno delle intercalazioni di sabbie limose con Lamellibranchi.

In questa categoria litotecnica sono comprese anche le sabbie superficialmente sciolte delle spiagge attuali. Queste ultime sono caratterizzate da una granulometria da media a medio fine e dal fatto che le dimensioni dei granuli aumentano procedendo verso la linea di battigia e verso le zone di spiaggia alta di accumulo eolico. Questi sedimenti mostrano inoltre una classazione in senso verticale, sono notevolmente sciolti in superficie mentre in profondità si presentano mediamente addensati.

Nella zona limitrofa ad est nella carta litologica affiorano le sabbie limose (sl). Si tratta di sabbie fini spesso limose con intercalazioni limose argillose.

3.3 - *Carta della Permeabilità*

Nell'area di studio, come illustrato nelle tavole precedentemente descritte, affiorano litotipi sabbiosi; il loro comportamento idrogeologico (tipo e grado di permeabilità relativa) è rappresentato nella Carta della

permeabilità (Tavola 4) dove vengono classificate a permeabilità primaria media.

3.4. - Carta della Pericolosità

L'area, come risulta dalla cartografia di supporto alla Variante Parziale al Piano Strutturale vigente (di cui alla D.G.C. n. 1399 del 20.12.99) a seguito dell'entrata in vigore della L.R. 3 gennaio 2005 n.1, R. 3 GENNAIO 2005 N. 1., è classificata (Tavola 5):

- Pericolosità geomorfologica-geologica

Classe 2 - pericolosità bassa

Corrisponde a situazioni geologico-tecniche apparentemente stabili sulle quali però permangono dubbi che comunque potranno essere chiariti a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione esecutiva.

- Pericolosità idraulica

Classe 2 - pericolosità bassa

Aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni: a) non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni; b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a ml 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

- Pericolosità idrogeologica – vulnerabilità degli acquiferi

Classe 4a - vulnerabilità elevata

Aree caratterizzate da litotipi ad elevata permeabilità in cui la falda freatica è presente e prossima al piano campagna. Tale classe include le dune costiere, i depositi sabbiosi e le zone di paleoalveo. Il livello di protezione dei terreni è insufficiente ad impedire all'inquinante di raggiungere la risorsa.

4 - L'area nel P.T.C.

La carta geologica del Piano di Coordinamento Territoriale conferma la presenza di sabbie dei cordoni di dune e la carta geomorfologica indica che l'area d'intervento si sviluppa su due porzioni cordone litoraneo sormontato da dune (tombolo) inframmezzate da una lama di tipo paludoso in cui affiorano argille e torbe. Il territorio è completamente antropizzato.

4.1.- Carta della pericolosità geologica

L'area d'intervento ricade in pericolosità geologica bassa, che corrisponde a *"situazioni geologico-tecniche e morfologiche apparentemente stabili sulle*

quali però permangono dubbi che possono essere chiariti a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione delle trasformazioni; in essa ricadono le aree di fondovalle o di altopiano con sottosuolo costituito prevalentemente da terreni di buone caratteristiche geotecniche, nonché le aree su versante con pendenze inferiori al 15 per cento, distanti da scarpate, nicchie ed accumuli di frana" (Tavola 5b).

4.2. – Carta della pericolosità idraulica

La pericolosità idraulica, nell'area di studio, è classificata a pericolosità media (sottoclasse 3a) che indica *"aree per le quali non si ha disponibilità di precise testimonianze storiche di episodi di esondazione o di sommersione, comunque limitrofe ad aree in passato conosciute come alluvionate o sommerse; si individuano su base geomorfologica o storica o con riferimento a modelli idrologico-idraulici, verificando nel caso la ricorrenza statistica di possibile esondazione o sommersione comunque superiore ai duecento anni; vi sono altresì comprese le aree coinvolte da eventi storici, difese da sostanziali interventi di difesa o bonifica idraulica, verificati cioè, per analogia, al deflusso od allo smaltimento di eventi di ricorrenza duecentennale"*(Tavola 6).

4.3. – Carta della vulnerabilità idrogeologica

L'area d'intervento è classificata a vulnerabilità idrogeologica media (sottoclasse 3b) che corrisponde *"a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione mediocre; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 7 ed i 15 giorni, quali quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali mediamente permeabili con livelli piezometrici prossimi al piano campagna, quelle di ricarica di acquiferi confinati a bassa permeabilità, quelle consistenti in terrazzi alluvionali antichi costituiti da litologie poco permeabili e direttamente connessi all'acquifero principale, quelle a permeabilità medio-alta ma con superficie freatica depressa per cause naturali, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone di affioramento di terreni litoidi a media permeabilità, le zone morfologicamente pianeggianti con affioramento di terreni sciolti di media permeabilità con sufficiente estensione e ricarica, le zone di alimentazione delle sorgenti di principale importanza emergenti da litologie poco permeabili"* (Tavola 7).

5 - L'area nel P.A.I. Arno

L'Autorità di Bacino del Fiume Arno assegna per le aree più depresse presenti fra i cordoni eolici un grado di pericolosità idraulica all'area di classe 1, pericolosità moderata.

6 – “Variante parziale al Regolamento Urbanistico finalizzato allo sviluppo territoriale e al consolidamento e riorganizzazione funzionale delle U.T.O.E. n. 17, 36,39,40.”, Fattibilità da RU e prescrizioni per opere sotto il piano di campagna.

L’area d’intervento ricade nell’U.T.O.E.39 del Regolamento Urbanistico del Comune di Pisa ed è normata dalla *“Variante parziale al Regolamento Urbanistico finalizzato allo sviluppo territoriale e al consolidamento e riorganizzazione funzionale delle U.T.O.E. n. 17, 36,39,40.”* (Pag.42-43).

Tale variante prevede:

- indagini idrogeologiche di dettaglio
 - Per la verifica delle conseguenze prodotte dalle trasformazioni sul sistema acquifero locale;
 - Relative alle depurazione delle acque reflue e a nuovi emungimenti dal sottosuolo;
 - Integrate a indagini geofisiche al fine di ricostruire la profondità e la forma dell’interfaccia acqua dolce-acqua salata.
- Indagini geognostiche
 - Finalizzate alla caratterizzazione stratigrafica.

Inoltre, al fine di evitare l’insalinamento dell’acquifero costiero durante i lavori vieta le tecniche di intercettazione per il drenaggio o il pompaggio se non precedute da una specifica indagine idrogeologica.

In corso d’opera prescrive di effettuare un monitoraggio sull’efficacia degli interventi previsti che dovranno essere illustrati in una relazione e con la relazione idrogeologica consegnati al Comune di Pisa.

La variante prevede indicazioni sulla valutazione dell’ingressione del cuneo salino tramite la realizzazione di un “sistema di monitoraggio dell’intrusione marina” tramite piezometri corredati di sonda autoregistrante in grado di registrare in continuo temperatura, profondità e conducibilità.

La variante al R.U. conferma l’U.T.O.E. 39 in **fattibilità 3** in considerazione del fatto che la realizzazione delle trasformazioni è subordinata alla preventiva o contestuale realizzazione del sistema di monitoraggio dell’intrusione salina.

L’intervento prevede la realizzazione di opere (condotte fognarie a gravità e pressione) al di sotto del piano di campagna, per la loro realizzazione è necessario attenersi all’articolo 1.0.1.2. del Regolamento Urbanistico “Particolari disposizioni relative alle opere sotto piano campagna”.

Per ogni trasformazione devono essere effettuati:

- Studio idrogeologico inerente la falda freatica, ricostruzione delle sue caratteristiche, geometria, escursioni stagionali;
- Studio idrologico-idraulico riferito al bacino sotteso alla previsione di trasformazione ed alla porzione di rete idraulica superficiale corrispondente e comprende l'analisi della rete fognaria.

7 – Indagini in sito

A supporto del progetto di riorganizzazione del sistema fognario di Tirrenia nord est sono state raccolte una serie di indagini già eseguite nell'area in oggetto in tempi recenti e raccolti nella banca dati della Provincia di Pisa. A supporto del progetto e ad integrazione dei dati raccolti è stata eseguita un'indagine penetrometrica statica spinte fino alla profondità di circa 15 m (Tavola 9)

7.1 Prove penetrometriche statiche (CPT)

La prova penetrometrica statica C.P.T. è una tecnica di indagine geognostica che consiste nella misurazione, mediante cella di carico digitale, della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard (punta Begemann), infissa a velocità costante nel sottosuolo con una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è collegata la punta stessa.

Le caratteristiche tecniche della punta conica, la quale dispone di un manicotto per la misurazione della resistenza per attrito laterale, sono le seguenti:

- angolo al vertice 60°
- diametro 35,7 mm
- sezione 10 cm²

le dimensioni del manicotto sono:

- diametro 35,7 mm
- lunghezza 133 mm

Agendo separatamente sulla punta, sulla punta più il manicotto e sull'insieme di aste, è così possibile misurare ogni 20 cm di approfondimento i seguenti valori:

- la resistenza all'avanzamento della sola punta Q_c ;
- la resistenza all'avanzamento della punta più la resistenza per attrito laterale sul manicotto $Q_c + F_s$.

I risultati delle prove effettuate hanno consentito di elaborare grafici della resistenza statica alla punta (Q_c) e laterale (F_s) misurate nel corso delle prospezioni eseguite.

Tali grafici, associati a tabelle rappresentanti i valori derivati con appositi programmi computerizzati quali il rapporto Begemann (Q_c/F_s), i parametri geomeccanici (coesione non drenata, angolo di attrito, densità relativa, ecc...), oltre che la definizione del tipo di sedimenti costituenti il sottosuolo, sono riportati in allegato alla presente Relazione.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata ottenuta mediante di quattro prove penetrometriche statiche (CPT1, CPT2, CPT3, CPT4) ciascuna realizzata all'interno dell'area denominata "Centro Servizi Calambrone" (vedi Tavola 1).

Le prove si è spinta fino a 15m profondità dal p.c., incontrando la falda freatica a circa -1,0m da piano campagna e evidenziando la seguente successione litostratigrafica:

Prova penetrometrica CPT1

Da 0.00 a -1.00 m	Terreno superficiale di riporto
Da -1.00 a -3.00 m	Sabbie addensate ($\Phi=34^\circ$, $c_u=0.55$ Kg/cm ² ; $E_d=70$ Kg/cm ²)
Da -3.00 a -5.60m	Sabbie limose dense ($\Phi=30^\circ$; $c_u=0.7$ Kg/cm ² ; $E_d=55$ Kg/cm ²)
Da -5.60 a -11.20m	Sabbie addensate ($\Phi=33^\circ$; $E_d=130$ Kg/cm ²)
Da -11.20 a -14.20m	Argille da inorganiche a organiche ($c_u=0.30$ Kg/cm ² , $E_d=25$ Kg/cm ²)
Da -14.20 a -15.00m	Limi sabbiosi ($\Phi=32^\circ$; $E_d=170$ Kg/cm ²)

L'esame delle penetrometrie ha permesso la ricostruzione dettagliata delle caratteristiche dei terreni che sono costituiti da una successione di terreni costituiti da un primo orizzonte di sabbie presenti dal p.c. sino a circa 8,0 m di profondità passanti ad uno strato di limi sabbiosi continui fino alla profondità di 10.60 - 11.20 m e da un sottostante orizzonte argilloso presente fino alla massima profondità indagata.

Sono state elaborate cinque sezioni geologiche (Tavole 8-9-10) in cui è visibile la successione dei terreni e la loro giacitura pressoché orizzontale.

7.2 Carotaggi continui con costruzione di piezometro

Al fine di completare la conoscenza del sottosuolo sono stati eseguiti 3 carotaggi continui con recupero del materiale fino alla profondità di 18 m nel carotaggio 1 e di 15 m nei successivi due.

Le stratigrafie risultano essere concordanti tra di loro e non presentano discontinuità. Siamo in presenza di una sedimentazione prettamente planare che se presenza discordanze risultano essere di tipo locale e con areale ridotto.

I piezometri sono stati costruiti con una batteria di tubi in PVC pesante diametro 4", spessore 4.2 mm, fessurati a macchina slot 0.25 mm, filettati sullo spessore, comprensivi di tappo di testa e di fondo, e sono in grado di alloggiare una sonda multi parametrica del diametro esterno di 1,75 Per maggiori dettagli sulle stratigrafie e le tecniche di costruzione dei piezometri si rimanda agli allegati.

7.3 Indagine geoelettrica in situ

Al fine di accertare la presenza di acqua salata nel sottosuolo dell'area d'intervento e per eseguire la ricostruzione del modello della profondità e dell'interfaccia acqua dolce acqua salata è stata eseguita un'indagine geoelettrica lungo due direttrici principali, est – ovest per tutta la lunghezza di Via degli Alberi e nord – sud per tutta la lunghezza di Via dei Ginepri. (vedere planimetria allegata)

Le prospezioni geoelettriche sono indagini di tipo indiretto che permettono di ricostruire in modo bidimensionale un profilo. Le differenze di variabilità elettriche possono essere correlate alle variazioni litologiche, di porosità e di alterazione e saturazione presenti.

Lo strumento utilizzato per queste indagini è un georesistivimetro SYSCAL R1 – IRIS instruments.

I profili sono stati realizzati con interdistanza elettrodo di 5 m in modo da ottenere una buona profondità d'indagine.

L'interpretazione dei dati acquisiti durante la prospezione ha permesso di ricostruire le variazioni elettriche fino ad una profondità media di 25 m da p.c..

L'andamento dei due profili eseguiti risulta essere quasi regolare e le anomalie puntuali individuate nell'elaborazione possono essere riferite a variazioni litologiche locali, come evidenziato nei paragrafi precedenti, o a rimaneggiamenti antropici superficiali.

L'interfaccia acqua dolce acqua salata risulta essere individuata a circa 10-12 m da p.c.

Per maggiori dettagli si rimanda all'allegato dove è riportato il "*Rapporto Tecnico d'indagine eseguito dallo Studio di Geologia e Geofisica di Siena*".

8 – Aspetti geotecnici

In base alle caratteristiche geotecniche dei terreni risultanti dalle prove penetrometriche effettuate si è proceduto alla valutazione preliminare dei carichi ammissibili e dei relativi cedimenti.

8.1 Capacità portante dei terreni

Prima di procedere alla determinazione della capacità portante si è proceduto alla valutazione del meccanismo di rottura che si verifica nel terreno sabbioso di fondazione.

Il meccanismo di rottura si determina sulla base della densità relativa ($D_R = 0.45$) e dell'approfondimento relativo ($D/B = 0.19$) che, come risulta dal grafico a fianco (*meccanismi di rottura delle fondazioni superficiali su sabbie, Vesic 1963*), nel caso in esame è di tipo locale ovvero la compressibilità del terreno al di sotto della fondazione

ha un'importanza rilevante, ma contemporaneamente si verifica anche la formazione di superfici di scorrimento che determinano all'interno della

massa di terreno, senza raggiungere la superficie esterna.

L'importanza di distinguere i tre diversi meccanismi di rottura risiede nel fatto che le soluzioni disponibili per il calcolo della pressione limite sono basate sull'assunzione di un comportamento rigido-plastico del terreno e sono perciò a stretto rigore, applicabili solo al caso di rottura generale.

Allo stato attuale delle conoscenze un'indicazione di tipo quantitativo può aversi utilizzando le soluzioni di capacità portante elaborate da Vesic (1973), che mettono in conto la compressibilità del terreno.

Per tale motivo la determinazione della capacità portante dei terreni (q_r) è stata effettuata ipotizzando una fondazione superficiale a platea, per la centrale di sollevamento, ed applicando la formula di Terzaghi:

Terzaghi

$$q_d = c N_c + \gamma D N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma \quad (\text{carico di rottura})$$

dove:

c = coesione utile

D = profondità del piano di posa = 460 cm

B = larghezza della fondazione = 250 cm

γ = peso di volume = 0,0018 kg/cm³

ϕ = angolo di resistenza al taglio = 30°

N_c, N_q, N_γ = costanti numeriche dipendenti da ϕ

Considerando $\phi = 0^\circ$, si ottengono $N_c = 5,14$ $N_q = 1,00$, $N_\gamma = 0$

I risultati ottenuti sono stati riassunti nella tabella seguente. Il massimo carico ammissibile (q_a), per entrambi i metodi di calcolo utilizzati, è stato ricavato dividendo il valore di q_r per il coefficiente di sicurezza $K=3$.

Fondazione a platea	B (m)	L (m)	D (m)	q_a (Kg/cm ²) Terzaghi
	2,20	2,70	4,40	3.0

I valori così calcolati dovranno essere convenientemente ridotti, nell'ambito della progettazione definitiva, al fine di individuare i cedimenti ammissibili relativi alle caratteristiche strutturali e alla tipologia e dimensioni delle fondazioni dell'edificio in progetto.

8.2 Valutazione dei cedimenti

Il carico che verrà applicato sarà di gran lunga inferiore al carico ammissibile. I cedimenti saranno praticamente nulli.

Il Volume rimosso sarà circa pari a 55 tonnellate, mentre il volume che

viene ricaricato sarà di circa 35 tonnellate, questo innescherà il problema delle sotto spinte idrauliche che viene affrontato nel paragrafo successivo.

La stazione di sollevamento presenterà due quote diverse di appoggio delle fondazioni, e quindi potrebbe innescarsi un problema di eventuale cedimento della struttura più superficiale, camera per le manovre a causa del materiale di riempimento che verrà posto a riempimento.

8.3 Valutazione delle sotto spinte idrauliche

Una volta definito il carico della vasca più profonda si è proceduto alla verifica di sicurezza alle sottospinte idrauliche in fase di svuotamento della vasca.

Nel caso che si consideri la falda a p.c. abbiamo un fattore di sicurezza pari a 1,16, e se la falda scende a 1 m dal p.c abbiamo un fattore di sicurezza pari a 3.

Queste verifiche sono state ottenute considerando gli spessori e i volumi dei disegni strutturali allegati al progetto.

Le verifiche valgono solo per la centralina completamente costruita, nella fase di costruzione, dovranno essere utilizzate tutte le cautele del caso e mantenuto il livello di falda ad una quota di non interferenza con la struttura in costruzione.

8.4 Valutazione dello scavo per la costruzione delle centralina di sollevamento

Lo scavo dovrà prevedere opere di sostegno delle pareti a causa della profondità e della vicinanza con strade ed edifici.

La prima soluzione presa in esame è la messa in opera delle palancole infisse fino alla profondità di circa 15 m che permetterebbero di isolare completamente lo scavo e quindi procedere allo scavo e alla messa in opera delle vasche. Questo sistema comporta comunque un'infissione in centro abitato, con tutte le conseguenze del caso e possibili disturbi alle strutture esistenti difficilmente quantificabili.

La seconda soluzione prevede la messa in opera dei well point all'esterno del perimetro di scavo e delle opere provvisorie di sostegno necessarie a sostenere i fronti di scavo.

Considerando un perimetro esterno di installazione dei well point di circa 27,0 m (8,5 m per 6,0 m) applicando la seguente formula per una batteria di pozzi posti lungo il lati di un rettangolo:

$$h_c^2 = H^2 - \frac{n (H^2 - h_0^2) \ln(\frac{R}{\rho})}{\ln(\frac{R^n}{nr_0 \rho} n^{-1})}$$

h_c = altezza della falda al centro dello scavo

H = altezza falda

h_0 = altezza della falda alla base del well point

n = numero di well point

R = raggio d'influenza

r_0 = raggio del pozzo

ρ è dato dalla formula seguente:

$$\rho = \left(\frac{4}{\pi}\right)\sqrt{b_1 - b_2}$$

b_1 = lunghezza lato lungo divisa a metà

b_2 = lunghezza lato corto divisa a metà

Applicando queste formule considerando un numero di well point pari a 27 (interasse di 1 m) infissioni si ottiene un abbassamento al centro dello scavo pari a circa 5,3 m.

9 – Valutazione di pericolosità

9.1 Aree a pericolosità geomorfologica

In base alle considerazioni sopra esposte ed alla classificazione di pericolosità geomorfologica dell'area da Piano strutturale è possibile assegnare all'area di intervento la seguente classe di pericolosità (Tavola 12):

Pericolosità geomorfologica bassa (**G.1**): aree in cui sono presenti aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.

9.2 Aree a pericolosità idraulica

Dal punto di vista della pericolosità idraulica è possibile, in base alle indagini svolte, inserire l'area di P.A. nella seguente classe:

Pericolosità idraulica media (**I.2**): aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < Tr < 500$ anni.

Fuori dalle unità territoriali organiche elementari (UTOE) potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni:

a) non vi sono notizie storiche di inondazioni

b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

9.3 Aree a pericolosità sismica locale

Il territorio comunale di Pisa è stato classificato dal D.M. 19/03/82 "zona sismica di 2a Categoria", cui corrisponde un grado di sismicità $S = 9$ ed un coefficiente di intensità sismica $C = (S-2)/100 = 0.07$

In seguito, la Regione Toscana con D.R. 94/85, ha distinto i comuni classificati sismici di 2a Categoria in tre Classi, differenziate in base al valore convenzionale della massima accelerazione del terreno, da assumere come riferimento nella valutazione delle condizioni che possono comportare fenomeni di amplificazione sismica.

La Classe 1 è caratterizzata da $a_{\max} = 0.35g$ (a_{\max} accelerazione convenzionale massima e g accelerazione di gravità); la Classe 2 da $a_{\max} = 0.20g$ mentre la Classe 3 da $a_{\max} < 0.20g$. La divisione in classi costituiscono esclusivamente una suddivisione all'interno della 2a Categoria per definire il livello di approfondimento delle indagini geologico-tecniche e morfologiche di supporto alla pianificazione urbanistica. Il Comune di Pisa è stato inserito in "classe 3", cioè tra i comuni per i quali è attesa una $a_{\max} < 0.20g$.

Con l'entrata in vigore dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20/03/03 (Ordinanza n.3274) e delle Delibere della Giunta Regionale Toscana n. 431 del 19 giugno 2006 e n. 841 del 26 novembre 2007 il Comune di Pisa risulta in classe sismica 3s.

Tale area, come riportato nella tabella seguente, è contrassegnata da un' accelerazione orizzontale $a_g = 0.25 g$.

Zona	Valore di a_g
1	0.35 g
2 -3s	0.25 g
3	0.15 g
4	0.05 g

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, nell'Ordinanza n.3274, vengono definite le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione riassunte nella tabella seguente:

Tipo	Descrizione	V_{s30} (m/s)	Altro
"A"	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi	>800	comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m
"B"	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzate da un graduale miglioramento delle proprietà	360-800	$N_{SPT} > 50$ $c_u > 250$ kPa

	<i>meccaniche con la profondità</i>		
"C"	<i>Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine di metri fino a centinaia di metri</i>	180-360	$15 < N_{SPT} < 50$ $70 < c_u < 250 \text{ kPa}$
"D"	<i>Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti</i>	< 180	$N_{SPT} < 15$ $c_u < 70 \text{ kPa}$
"E"	<i>Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali</i>	Simile a quella dei tipi C o D	Spessore compreso tra 5 e 20 m, giacente su di un substrato di materiale più rigido con $V_{S30} > 800 \text{ m/s}$
"S1"	<i>Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua</i>	< 100	$10 < c_u < 20 \text{ kPa}$
"S2"	<i>Depositi di terreni soggetti a liquefazione, argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificato nei tipi precedenti</i>		

Ai sensi del D.P.G.R. n.26/R del 27.04.07 viene di seguito effettuata la valutazione degli effetti locali.

In presenza di un sottosuolo costituito da terreni incoerenti saturi va considerata la suscettibilità di tali terreni al fenomeno della liquefazione durante eventi sismici. Al verificarsi di tale fenomeno corrisponde una parziale o totale diminuzione del carico limite di fondazione e conseguentemente del coefficiente di sicurezza nei confronti del carico verticale, che da luogo a cedimenti inammissibili. Perché sussista il rischio di liquefazione occorre che siano verificate le seguenti condizioni:

- * granulometria uniforme nel campo delle sabbie medio-fini;
- * terreni immersi in falda e quindi saturi;
- * pressione litostatica relativamente ridotta;
- * scossa sismica di notevole intensità.

Nel caso in esame è necessario verificare la suscettibilità alla liquefazione dello strato sabbioso immediatamente sotto i terreni di riporto in quanto sotto falda ed a granulometria medio fine.

Il fattore di resistenza alla liquefazione è ricavato dall'espressione:

$$F = (\tau / \sigma_v')_{\text{lim}} / 0.65 (a_{\text{max}} / g) r_d (\sigma_v / \sigma_v')$$

dove

τ = sforzo di taglio;

σ_v' = tensione litostatica effettiva;

σ_v = tensione litostatica totale;

a_{max} = accelerazione orizzontale al piano di campagna dell'evento sismico di progetto;

g = accelerazione di gravità;

$r_d = 1 - 0.015 z$ (z = profondità dal p.c.).

Nel caso in esame è verificata la condizione $F > 1.3$ per cui il terreno risulta liquefacibile.

Come già riportato nell'elenco soprastante è necessario affinché si verifichi liquefazione la presenza di una scossa sismica di notevole entità. Dall'analisi dei dati storici l'area in esame non risulta interessata da eventi sismici di grande intensità come risulta anche dalla banca dati dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) relativa a periodo 475 a.C al 1997 d.C.

I principali eventi hanno raggiunto intensità (I_s) compresa tra il VI e VIII grado della scala Mercalli corrispondente a 6.5 scala Richter (Me).

Considerando un sisma di intensità massima di magnitudo 6.5 e considerando le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame tramite il metodo Metodo di Iwasaki et al. (1978) modificato (1984) risulta non sussistere il rischio di liquefazione.

Per quanto sopra esposto l'area può essere classificata come:

Pericolosità sismica locale bassa (**S.1**): aree caratterizzate dalla presenza di formazioni litoidi e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.

10 – Modalità di realizzazione degli scavi ed interazioni con la falda freatica

Per la costruzione della condotta è previsto nel progetto la realizzazione di uno scavo lineare, con larghezza di circa 1,5 m e profondità da 3,9-2,5m dall'attuale piano di campagna.

Come tecnica di scavo è previsto l'utilizzo di blindo scavi con integrato un sistema di well-points.

I terreni da rimuovere sono costituiti da sabbie limose e sabbie interessate dalla falda freatica.

Di seguito si analizzano le tecniche di scavo come evidenziate dal progetto ed eventuali tecniche alternative, anche alla luce della modifica apportata al P.R.G.

10.1 Blindo scavi

Per la stabilità dei fronti di scavo è stata prevista la realizzazione di una struttura di sostegno spinta fino alla profondità di scavo ed ancorata per circa 20 centimetri al terreno.

La stabilità della paratia, in blindo scavo autoaffondante, dipende dall'equilibrio tra le spinte esercitate dal terreno:

prima dello scavo sull'opera di sostegno agisce su ambo le parti la spinta del terreno a riposo.

Lo sbancamento del terreno a ridosso del blindo scavo non modifica lo stato pensionale preesistente perché a causa dei puntoni di contrafforte presenti il sistema risulta estremamente rigido.

10.2 Well-points

La tecnica dei blindo scavi risolve il problema della stabilità dei fronti di scavo, ma purtroppo non risolve il problema della presenza di acqua di falda, quindi c'è la necessità di un sistema di abbattimento e controllo della falda che considerata la natura sabbiosa del sottosuolo permette di utilizzare il sistema well-points.

Questa tecnica di abbassamento della falda richiede di portare il livello dinamico della falda ad almeno un metro al di sotto del piano di posa previsto della tubazione.

Per interventi in cui si richiedono forti avanzamenti giornalieri (acquedotti, gasdotti, etc.) si ricorre al "wellpoint orizzontale". Il pompaggio dell'acqua di falda avviene, in questo caso, attraverso una tubazione in pvc stesa da una posadreni fino alla profondità di 5 - 6 m dal piano di transito del cingolato. Il limite d'impiego di tale sistema è rappresentato, come per il wellpoint tradizionale, principalmente da terreni ghiaiosi, o comunque a granulometria elevata. Il limite di questo sistema nella nostra area di progetto è che di solito viene applicato in situazioni di aperta campagna, nel nostro caso non sarebbe assolutamente applicabile essendo presente lungo tutte le sezioni di scavo i sottoservizi interrati di luce, telefono, acqua e gas ed i relativi allacciamenti alle abitazioni presenti.

Allo stato attuale si presume che i lavori verranno eseguite per tratti di limitata lunghezza, si presume allo stato attuale che verranno scavati al massimo 20 m al giorno, ma che più realisticamente si raggiungeranno i 12 m, non essendo possibile pensare di distruggere tutti gli allacci presenti.

Questo comporta la messa in opera di un impianto well point lineare laterale a rotazione. Questa tecnica prevede il posizionamento del collettore lateralmente allo scavo con parziale rotazione in avanti senza interruzione del pompaggio. (indicato per scavi di fognatura e acquedotti).

Nella sua forma schematica, l'impianto wellpoint è costituito da una serie di

micro pozzi di diametro variabile (generalmente da 1^{1/2} o 2') e lunghezza adeguata alle specifiche esigenze, connessi ad una pompa centrifuga autoadescante mediante una serie di collettori, raccordi giunti di collegamento.

Nel calcolo teorico delle portate da estrarre dal terreno con un impianto well point, per ottenere un determinato abbassamento del livello di falda è conveniente assimilare l'allineamento dei wellpoints ad una trincea drenante.

Questo parallelismo, in grado di semplificare notevolmente il calcolo è giustificato dal fatto che la rete di flusso relativa ad una batteria di pozzi allineati è analoga, ad una certa distanza dalla fila dei pozzi a quella di una trincea drenante. Gli aghi dovranno essere posti su due file parallele a bordo strada e considerando la falda illimitata di tipo freatico si ottiene applicando la formula seguente la portata e l'abbassamento in corrispondenza della sezione di scavo.

$$Q = \left[\left(0,73 + 0,27 \frac{(H - h_0)}{H} \right) \right] \frac{Ky}{L} (H^2 - h_0^2)$$

$$h_p = h_0 \left[\frac{C_1 C_2}{L} (H - h_0) + 1 \right]$$

Che con la costruzione del sistema well point su due linee e distanza tra le linee di 6 metri si può ottenere un abbattimento della falda di circa 4 m dal p.c. lungo la linea di scavo prevista in progetto, abbattimento necessario per poter lavorare tranquillamente a -3,0 m dal p.c.

Per il calcolo sono stati raccolti una serie di dati relativi alla permeabilità dei terreni in situ e sulle granulometrie dei terreni che saranno interessati dall'abbattimento della falda.

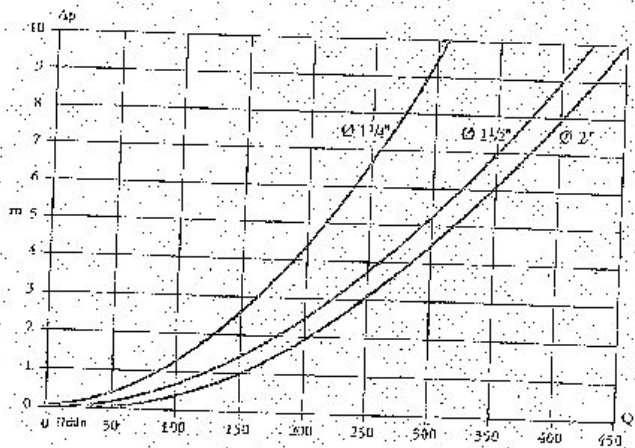
Sono disponibili una serie di Nomogrammi che permettono di tarare il sistema di well point in base alla granulometria, al diametro del well point, della conducibilità idraulica del terreno.

Da questi nomogrammi allegati di seguito risulta che:

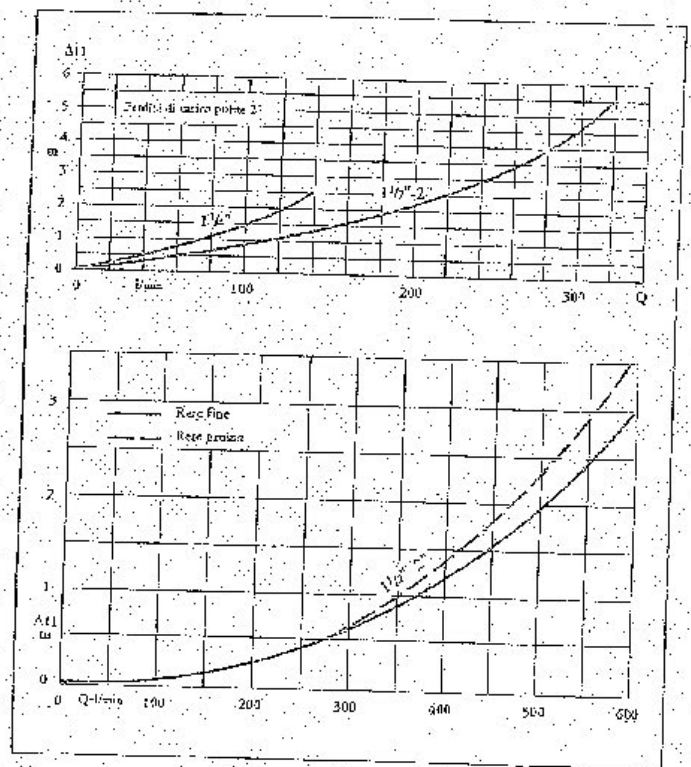
- si deve prevedere un interasse tra i wellpoint di circa 1,8 m per un abbassamento di circa 5 m da p.c. lungo la linea di wellpoint
- i wellpoint in un terreno con granulometria fine prossima alla sabbia media, qualsiasi sia il diametro del wellpoint potrà avere una portata massima di 30 l/min
- Il conoide di depressione in funzione della conducibilità idraulica del terreno indica un raggio d'influenza del pompaggio pari a circa 25 m,

nelle condizioni rilevate durante le prove. Chiaramente la maggiore influenza viene rilevata nei primi 10 metri interessati dal raggio d'influenza

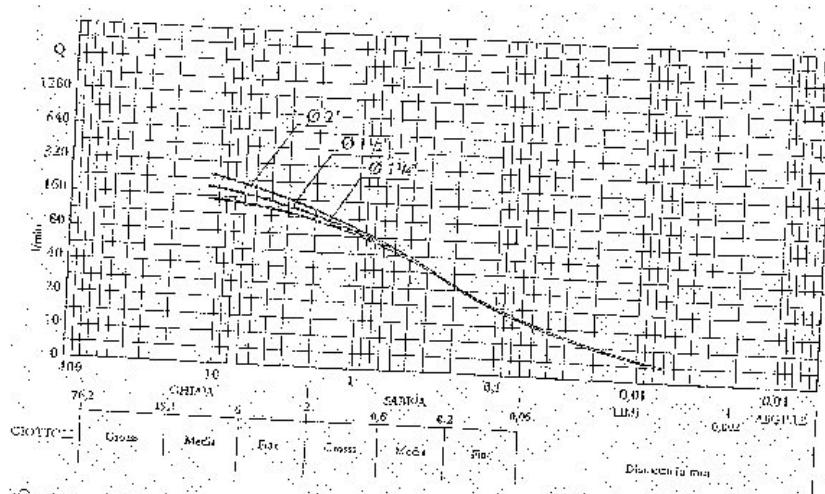
$$Q = 400 \text{ litri / min}$$



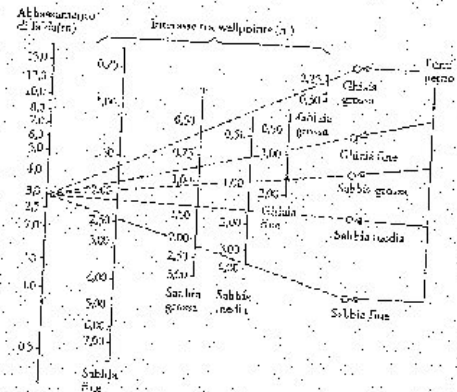
Andamento della portata di wellpoint di differente diametro, in funzione della depressione.



Perdite di carico in corrispondenza al filtro, in funzione della depressione e del diverso tipo di rete montata sul filtro.



Portata dei wellpoint nei diversi tipi di terreno.



Nomogramma per la determinazione dell'interasse tra i wellpoint, rispetto all'abbassamento di falda e ai diversi tipi di terreno.

Considerando che il sistema di abbattimento sarà composto da circa 24 well point con passo 1,8 m di distanza si avranno delle portate puntuali pari a

$$Q = 0,28 \text{ litri/sec}$$

Dall'esperienza si ricava che è consigliabile installare l'impianto wellpoint ad una distanza di sicurezza, rispetto all'unghia inferiore dello scavo, pari alla profondità di scavo secondo lo schema. Naturalmente, anche in questo caso, l'applicazione non può essere rigida in quanto nei cantieri edili non sempre è possibile reperire gli spazi necessari ad un corretta applicazione dello schema visto, per questioni di confini, di esproprio, etc. È fondamentale comunque evidenziare che più ci si avvicina con l'installazione dell'impianto alla scarpata, più aumenta la probabilità statistica di incontrare inconvenienti durante le operazioni di scavo

10.3 "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento DPGRT del 08/09/2008" Regolamento di attuazione della legge regionale n.20 del 31 maggio 2006

Per quanto riguarda l'allontanamento delle acque prelevate dalla falda dai well point, la stessa verrà convogliata nella fognatura acque chiare presente lungo le vie interessate dal progetto che si raccordano nei pressi del Vione Pisorno nella zona a est dell'area d'intervento per poi immettersi poco più a est nel Canale Lamone.

Questo permette di rispettare l'art. 52 e art. 53 della suddetta normativa

che indicano (art. 52 comma 2) *“Le acque sotterranee naturali intercettate durante l'esecuzione delle perforazioni e non miscelate con le acque di cui al comma 1 (acque utilizzate nei processi di perforazione) o altre acque sono considerate acque di restituzione e devono essere in via principale ricondotte al reticolo idrico di provenienza, salvo diverso uso assentito in base alla normativa vigente”*. Per restituirle al bacino idrico di provenienza si utilizza l'art. 53 comma 1 .” *Sono considerati corpi idrici superficiali tutti gli elementi del reticolo idrografico rappresentati sulla carta tecnica regionale alla scala di maggior dettaglio disponibile in loco che appaiono collegati ad un reticolo di flusso idrico il quale adduce ad un corpo idrico chiaramente identificato. La carta tecnica cui fare riferimento è quella consultabile presso gli enti locali e/o sul sito internet della Regione Toscana”*.

10.2 Misure in sito della conducibilità elettrica dell'acqua di falda

Le indagini sono state integrate anche da misure in sito della conducibilità elettrica dell'acqua di falda freatica, relativamente ai primi metri di profondità al fine di valutare il grado di salinità e quindi trovare una corrispondenza con i valori di resistività derivati dai profili elettrostratigrafici.

La conducibilità elettrica rappresenta la totalità degli ioni presenti nelle acque e fa parte integrante delle caratteristiche chimico-fisiche di un'acqua. I prelievi sono stati fatti nel piezometro ubicato all'incrocio tra via degli Alberi e via dei Ginepri in due tempi diversi. Una prima misura è stata effettuata con falda a riposo prelevando il campione di acqua attraverso un tubo di plastica atossico calato per un paio di metri al disotto del livello statico. Una seconda misura è riferita al campione di acqua ottenuto successivamente ad un emungimento si oltre 90 minuti ad una portata di 0,9 l/s e livello dinamico stabilizzato di 1,99 m da p.c.. La misurazione è avvenuta attraverso una sonda multiparametrica portatile.

I risultati di queste misure sono riportati nella tabella seguente:

PUNTO DI PRELIEVO	LIVELLO DI FALDA (m dal p.c.)	CONDUCIBILITA' ELETTRICA ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Piezometro via Alberi/via Ginepri	1,07	1031
Piezometro via Alberi/via Ginepri	1,99	1303

I valori di conducibilità sono normalizzati alla temperatura standard di 25°C; la temperatura dell'acqua al prelievo era di 14,8°C.

I valori risultati sono rappresentativi di un'acqua dolce di mediocre qualità e medio bassa salinità, e confermano le resistività ottenute dalle indagini geoelettriche in questo tratto di profondità.

Per confronto facciamo notare che la conducibilità dell'acqua del Mar

Mediterraneo, normalizzata alla temperatura di 18°C è superiore ai 40.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ai sensi della classificazione delle acque per uso irriguo dell'US Department of Agriculture, quest'acqua apparterrebbe alla Classe 2, caratterizzata da valori della conducibilità elettrica compresa tra 500,00 e 3.000,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, definita come: acqua da buona a dannosa, pericolosa per alcune colture sotto certe condizioni.

10.4 Variante Al Regolamento Urbanistico UTOE 39

Alla luce delle prescrizioni contenute nella "Variante parziale al regolamento urbanistico delle UTOE n. 17, 36, 39, 40", l'intervento di maggiore problematicità risulta la realizzazione degli scavi destinati ad ospitare le condotte fognarie a gravità a profondità di circa 3,0-2,5m dall'attuale piano di campagna.

La difficoltà consiste nel realizzare gli scavi senza perturbare l'equilibrio dell'interfaccia acqua dolce/acqua salata o, in altre parole, senza indurre una significativa intrusione di acqua salmastra in concomitanza con l'alleggerimento del carico idraulico dell'acqua dolce.

A tal fine è stata condotta una indagine geoelettrica (vedere allegato) che ha evidenziato come l'interfaccia acqua dolce acqua salata risulti individuabile a circa 12 m dal p.c. attuale.

Inoltre sono stati costruiti 3 piezometri di monitoraggio della falda che si inseriscono nel sistema di monitoraggio predisposto dal Comune di Pisa e che a breve saranno dotati di sonde multiparametriche che permetteranno di monitorare in continuo gli spostamenti dell'interfaccia acqua dolce acqua salata.

Il dewatering dovrà essere attuato realizzando un sistema di abbattimento della falda con più fori attrezzati per la captazione all'esterno del perimetro da scavare (delimitato dai blindo scavi). I volumi d'acqua estratti dovranno, se possibile, essere reimmessi direttamente nel sottosuolo tramite un sistema di ricarica di dimensioni adeguate o con pozzi di ricarica.

Attuando questo sistema di dewatering l'acqua di falda non subisce contaminazione passando direttamente dall'area di scavo alla vasca di reimmissione o ai pozzi.

11 – Gestione terre da scavo in fase di cantiere.

A seguito della normativa vigente DLeg 03.03.2006 n.152 & Allegati "Norme in materia di Ambiente" Pubblicato su supplemento 96/L alla Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006 Decreti attuativi, DLeg 8

novembre 2006, n.284 Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale. (GU n. 274 del 24-11-2006), DLeg 16 gennaio 2008, n.4 Ulteriori disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale.

Durante le indagini geotecniche sono stati prelevati campioni indisturbati di terreno alle quote di circa -1,00 m da p.c. e a circa 2,00 m da p.c. i quali sono stati aperti in laboratorio geotecnica e poi consegnati ai laboratori chimici per le analisi (vd. Certificati allegati), di seguito sono sintetizzati i risultati ottenuti e confrontati con i range individuati dagli allegati al DLeg 03.03.2006 n.152 & Allegati

Per quanto riguarda i terreni di risulta degli scavi essi saranno adeguatamente ridistribuiti in loco, dopo opportuna compattazione, per non creare pericolosi avvallamenti del piano campagna che comunque dopo le operazioni di posa in opera della tubazione tornerà ad essere ricoperto da bitume e transitato dai mezzi, sia per evitare che si creino vie preferenziali di drenaggio delle acque superficiali. La creazione di queste vie potrebbe creare problemi in fase di esercizio futuro della condotta.

Lo stoccaggio temporaneo e definitivo e/o lo smaltimento del materiale di risulta degli scavi sarà gestito nel rispetto della normativa vigente.

Tabella riassuntiva (vedere Appendice 4)

PARAMETRO	RISULTATO				Unità di Misura	CONCENTRAZIONE SOGLIA DI CONTAMINAZIONE
	S1(1m)	S1(3m)	S2(1m)	S2(3m)		
Ph	7,8	7,6	7,5	6,8		-
Sostanza secca a 105° C	75,4	80,2	76,8	78,1	%	-
Ceneri a 600°C	92,4	98,0	95,5	96,8	%	-
Cromo totale	125	70	93	97	mg/kg s.s.	150
Rame	52	27	47	44	mg/kg s.s.	120
Nichel	171	88	171	159	mg/kg s.s.	120
Cadmio	<2	<2	<2	<2	mg/kg s.s.	2
Piombo	37	19	34	40	mg/kg s.s.	100

Zinco	145	77	139	118	mg/kg s.s.	150
Idrocarburi (C>12 e C<40)	10	-	9	-	mg/kg s.s.	50
Alaclor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	mg/kg	<0,01
Al drin	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	mg/kg	<0,01
Atrazina	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	mg/kg	<0,01
esacloroesano	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	mg/kg	<0,01
esacloroesano	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	mg/kg	<0,01
Esacloresano (lindano)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	mg/kg	<0,01
Clordano	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	mg/kg	<0,01
DDD,	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	mg/kg	<0,01
DDT	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	mg/kg	
DDE	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	mg/kg	
Dieldrin	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	mg/kg	<0,01
Endrin	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	mg/kg	<0,01

12 – Prescrizioni per la fattibilità degli interventi previsti

Si riporta di seguito la fattibilità geologica per ogni intervento previsto dal Piano attuativo e le eventuali prescrizioni:

Nuove condotte a gravità e a pressione con sviluppo completamente interrato:

Per tali interventi si attribuisce la seguente fattibilità:

Fattibilità con normali vincoli (F2): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativi all'attività edilizia.

Vincoli e condizioni ambientali:

L'intero territorio oggetto dell'intervento ricade nella zona di rispetto per la protezione degli acquiferi.

E' stato predisposto un sistema di monitoraggio permanente della/e falda/e mediante una rete piezometrica, collegata direttamente con il sistema del Comune di Pisa esistente.

Il sistema di monitoraggio è dotato di sonde multiparametriche che misurano i dati in continuo dei livelli isofreatici e del chimismo delle acque per valutare le dinamiche di ingressione del cuneo salino nelle falde acquifere.

Il Comune di Pisa indicherà le soglie di allarme da rispettare al fine di evitare le dinamiche di ingressione del cuneo salino.

Al momento del raggiungimento delle soglie di allarme i lavori di scavo e di abbattimento della falda dovranno essere sospesi sino al ripristino delle condizioni ambientali minime indicate dal Comune di Pisa.

13 – Considerazioni finali

Alla luce di quanto sopra esposto l'intervento risulta abbastanza delicato da un punto di vista ambientale, visto il rischio di aumentare l'ingressione di acqua salmastra nell'entro terra sicuramente i lavori verranno eseguiti in un periodo invernale, per evitare la concomitanza con la stagione turistica, ove avvengono prelievi sconsiderati da parte dei privati per irrigare le proprietà private.

Si consiglia di eseguire una mappatura degli edifici prima dell'inizio dei lavori al fine di evitare contestazioni al termine degli stessi da parte dei frontisti lungo le viabilità di scavo.

L'intervento risulta complicato per quanto riguarda la gestione di cantiere poiché le strade risultano di limitata larghezza e con diversi sottoservizi ed allacciamenti.

Per quanto riguarda la stabilità degli scavi dovranno essere applicate le tecniche previste in progetto e le tecniche di abbattimento della falda previste.

Dal punto di vista geologico e geotecnico l'intervento risulta fattibile applicando scrupolosamente le cautele per uno scavo sotto il livello della falda freatica e con utilizzo di sistema well point.

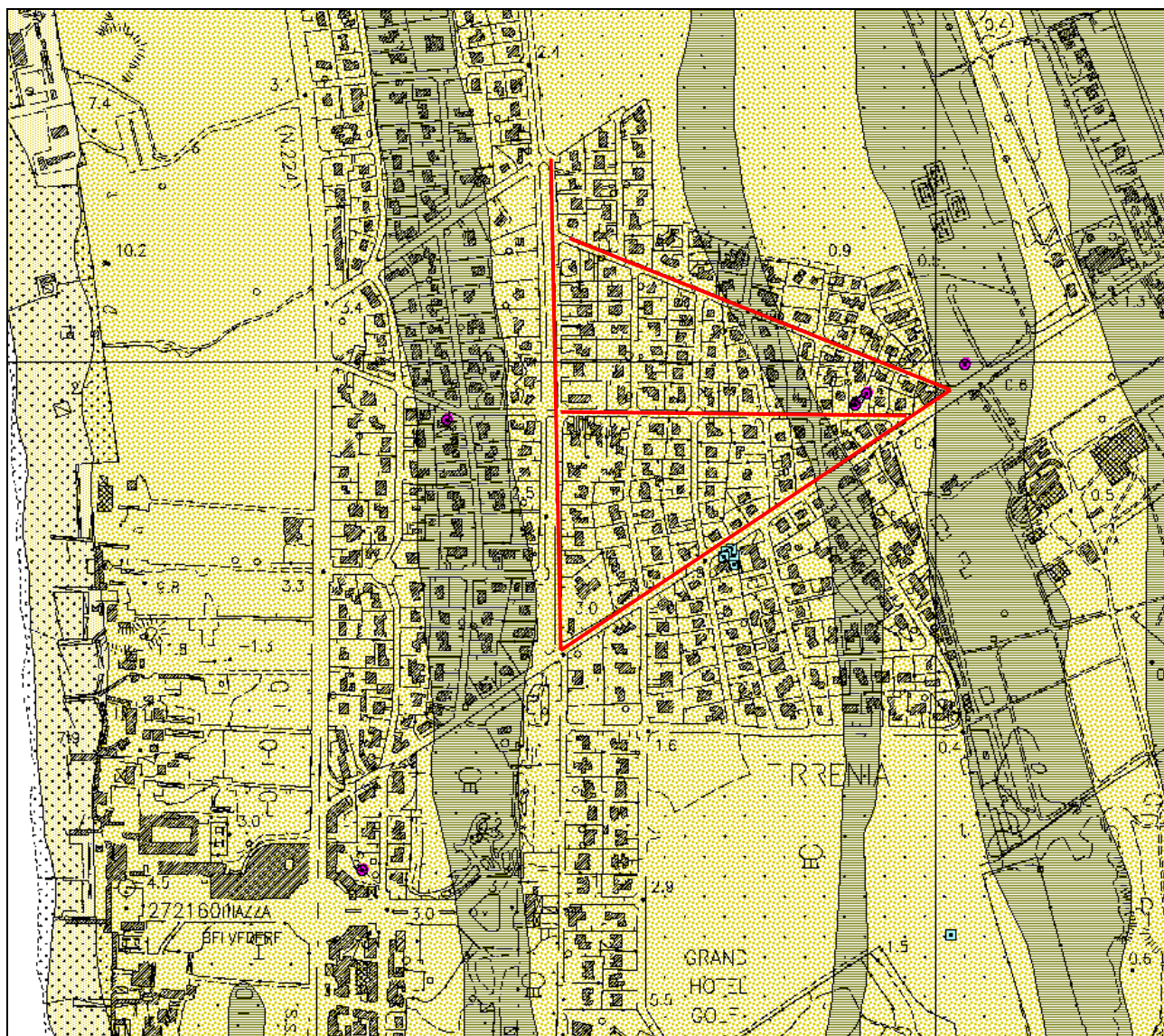
Il Responsabile Geologia
Dott. Geol. Nicola Cempini

TAVOLE

Tavola 1
(Inquadramento geografico)



Tavola 2a – Geologia
 (stralcio di "La geologia della Provincia di Pisa cartografia, geositi e banche dati)



LEGENDA:

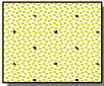
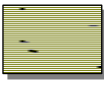
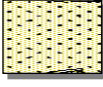
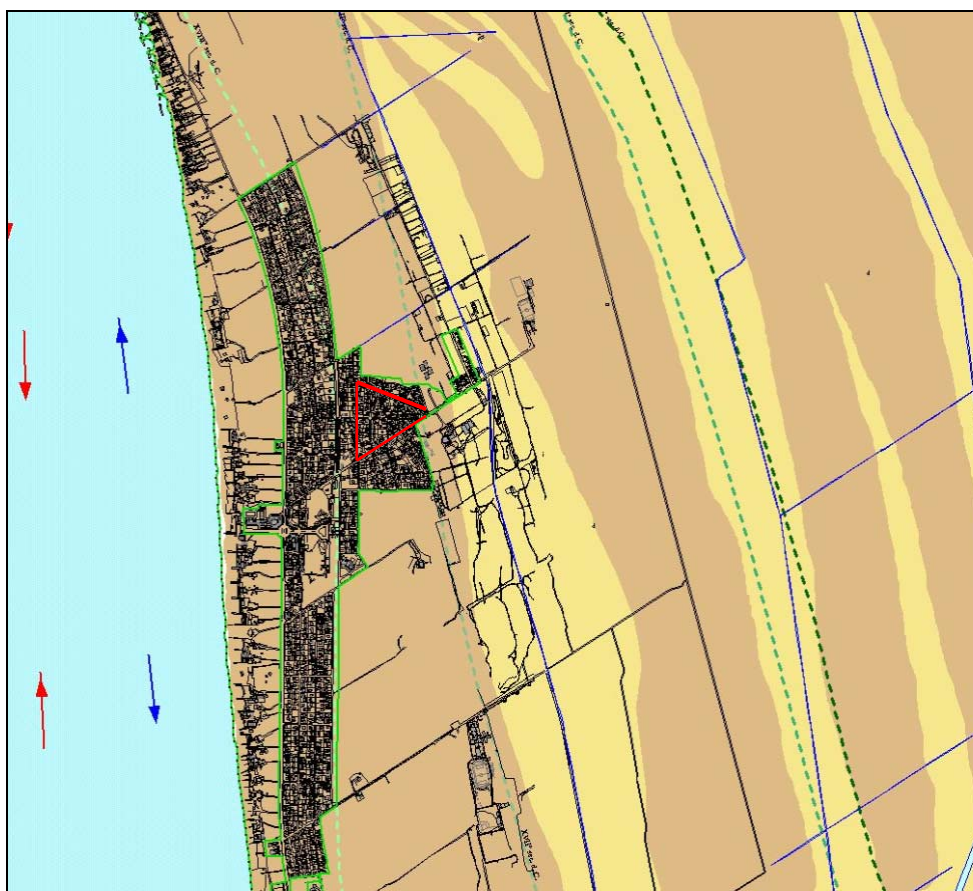


-  Depositi Eolici
(sabbie delle dune costiere che si sviluppano parallelamente all'interno litorale)
-  Depositi alluvionali attuali
(Limi e argille)
-  Depositi di spiaggia
(Le sabbie di spiaggia affioranti lungo il litorale)

Tavola 2b – Geologia (estratto Piano Strutturale Comune di Pisa)



Legenda

 Confine comunale

 Perimetro Parco Naturale











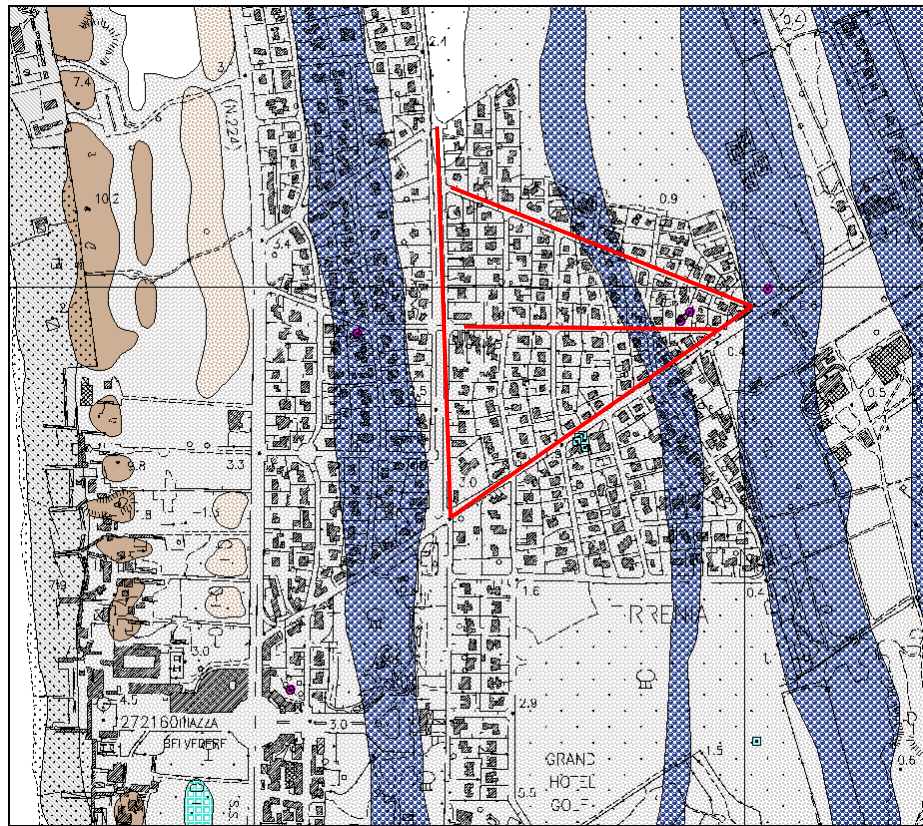
-  a Sedimenti limo-argillosi delle aree golenali (attuale)
-  d Depositi sabbiosi dei lidi e dune litoranee (Olocene)
-  i Sedimenti interdunali costituiti da limi e sabbie limose talvolta con depositi superficiali costituiti da argille organiche e torbe (Olocene)
-  at Depositi alluvionali prevalentemente argillosi, torbe palustri e depositi di colmata (Olocene)
-  la Depositi alluvionali prevalentemente limosi e sabbiosi con intercalazioni argillose (Olocene)
-  sa Depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi (Olocene)
-  c Calcareniti e sabbie di Coltano (Pleistocene superiore)
-  Aree palustri bonificate
-  Alvei fluviali abbandonati
-  Paleoalvei sepolti rilevati con immagini da satellite

Tavola 3a – Geomorfologia
(stralcio di "La geologia della Provincia di Pisa cartografia, geositi e banche dati)



LEGENDA:



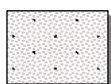
Depositi di sabbie attuali



Cordone dunale antropizzato in erosione



Cordone dunale allo stato naturale
(Anche se vegetato) non in erosione

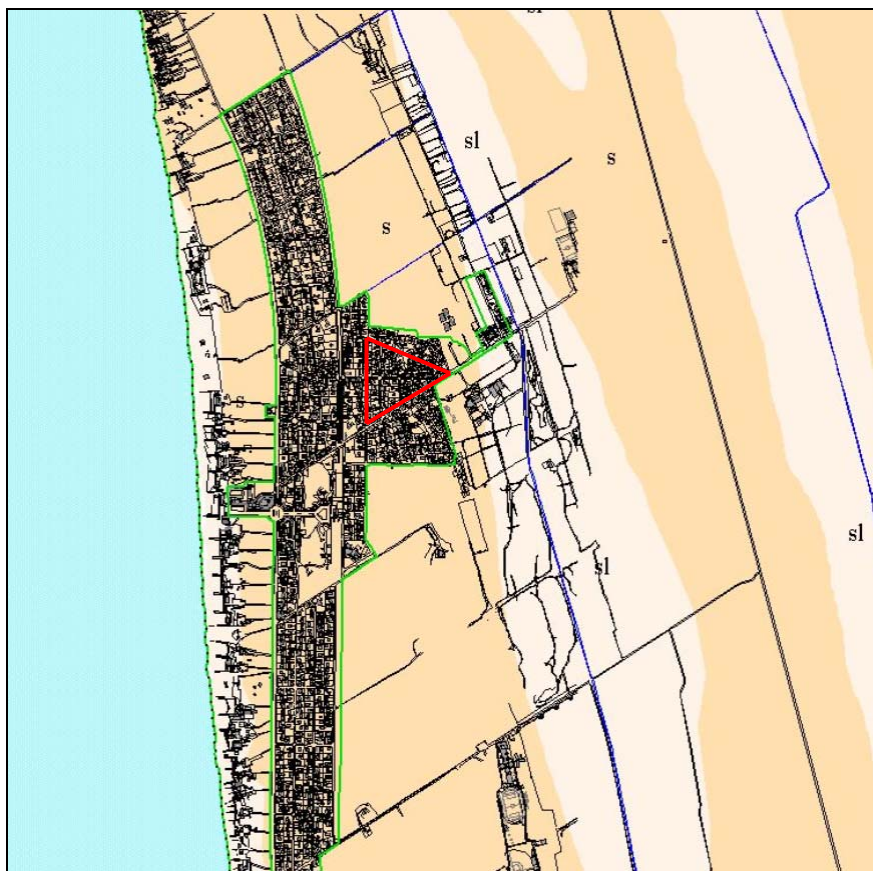


Porzione apicale di cordone litoraneo (lido) e/o cordone litoraneo sormontato da dune (tombolo) allo stato naturale



Depositi alluvionali, palustri e di colmata prevalentemente argillosi

Tavola 3b – Geomorfologia
(estratto Piano Strutturale Comune di Pisa)



LEGENDA:

s

SABBIE

Questi terreni sono costituiti prevalentemente da sabbie con intercalazioni di sabbie limose talvolta con Lamellibranchi. L'angolo di attrito interno delle sabbie da dati di prove penetrometriche statiche è risultato variabile tra un minimo di 29° ed un massimo di 43°.

Nei primi 10 metri di profondità la resistenza alla punta (R_p) del penetrometro statico è generalmente maggiore di 45 kg/cmq con punte massime intorno a 170 kg/cmq. La coesione degli strati sabbiosi è da considerarsi nulla. Il peso di volume varia tra minimi intorno 1,80 kg/dmc per le sabbie con contenuto limoso, fino a 2,08 kg/dmc per le sabbie pure più addensate. La densità relativa (D_r) varia tra minimi intorno al 52% e massimi che in rari casi possono raggiungere il 100%. Il colore di queste sabbie si presenta marrone chiaro-nocciola negli strati più superficiali e grigio in quelli più profondi.

sl

SABBIE FINI E LIMOSE

Si tratta di sabbie fini spesso limose con intercalazioni limose o argillose. Per quanto riguarda le sabbie, l'angolo di attrito interno varia generalmente tra 25° e 33°, mentre la coesione c' è nulla. La densità relativa D_r è compresa tra 10 e 50% e il coefficiente di compressibilità volumetrica m_v varia tra circa 0,013 e 0,040 kg/cmq.

Tavola 4 – Vulnerabilità Idrogeologica (estratto Piano Strutturale Comune di Pisa)



Legenda









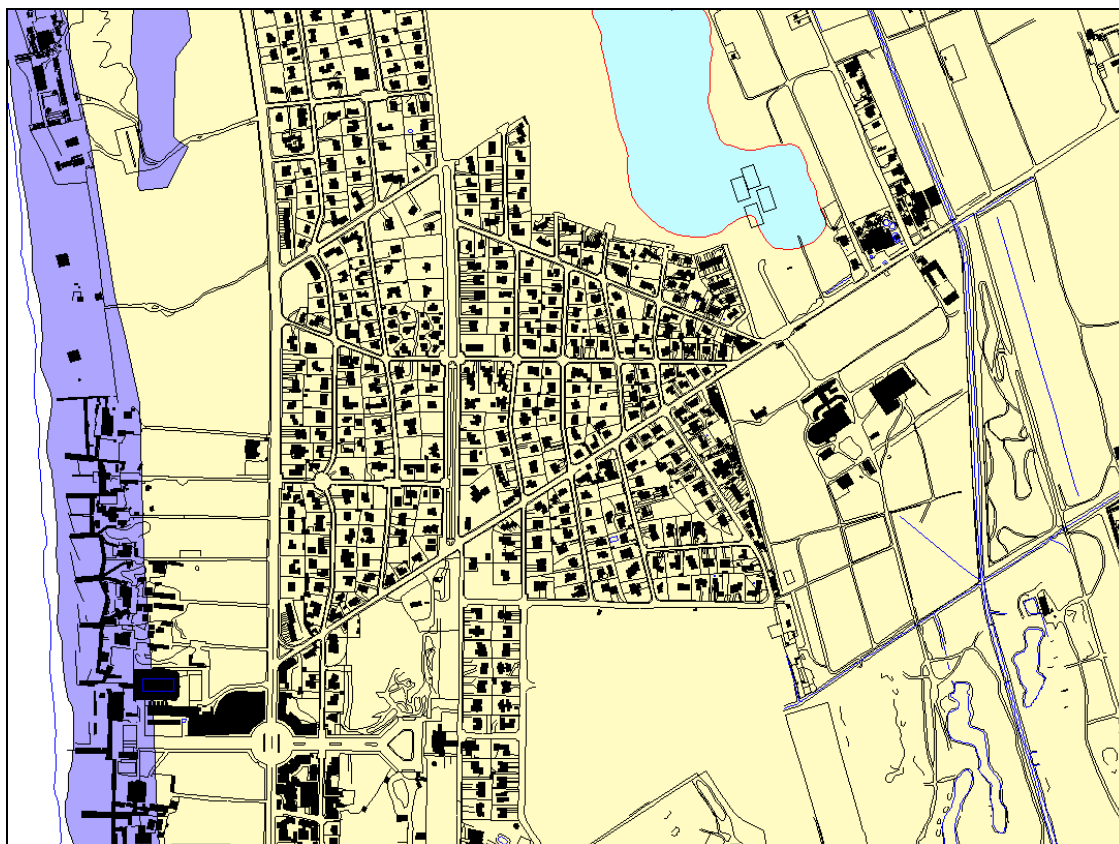
-  Confine comunale
-  Perimetro Parco Naturale
-  Isofreatiche estive. Valori riferiti al livello del mare
-  Sedimenti a permeabilità primaria medio elevata
-  Sedimenti a permeabilità primaria generalmente medio-bassa, sono presenti livelli più o meno continui a permeabilità leggermente maggiore in corrispondenza delle intercalazioni sabbiose
-  Sedimenti a permeabilità primaria media
-  Sedimenti a permeabilità primaria molto bassa, contengono livelli praticamente impermeabili in corrispondenza delle intercalazioni torbose
-  Depositi praticamente impermeabili

Tavola 5 – Pericolosità geologica
(estratto Piano Strutturale Comune di Pisa)



LEGENDA:

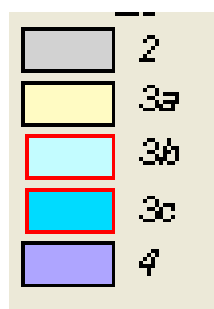


Tavola 6 – Pericolosità Geologica
 (estratto Piano Coordinamento Territoriale Provincia di Pisa)

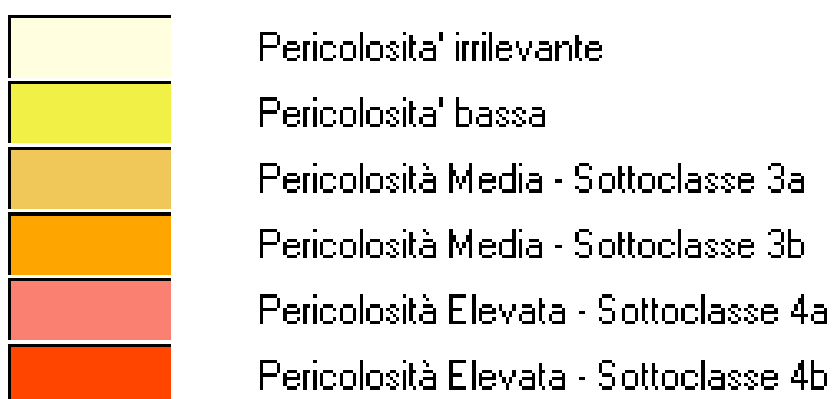
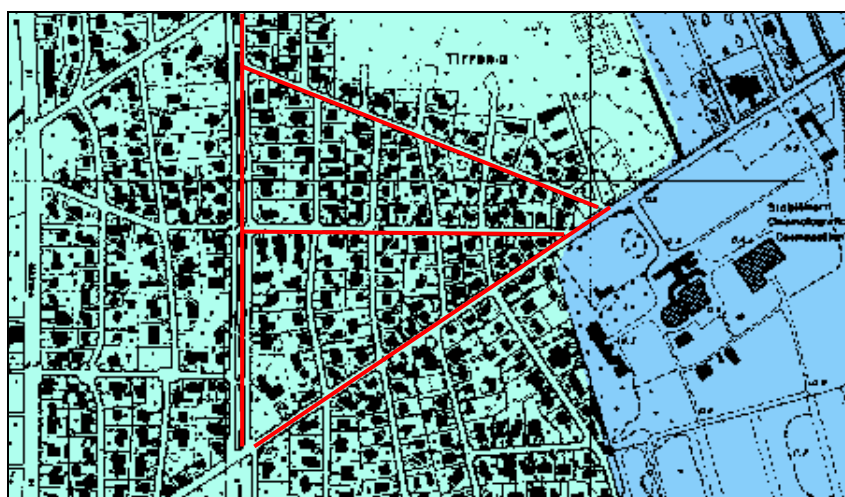
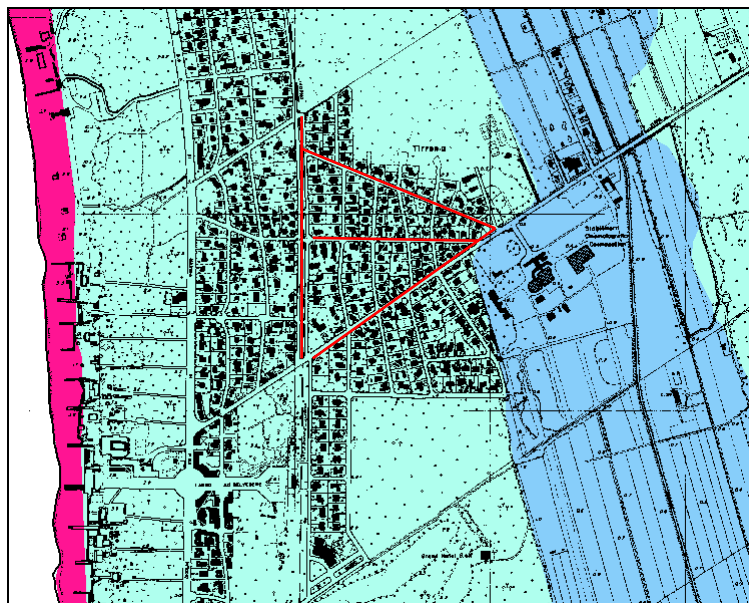


Tavola 7 – Pericolosità Idraulica
(estratto Piano Coordinamento Territoriale Provincia di Pisa)



Aree urbanizzate

Pericolosità idraulica

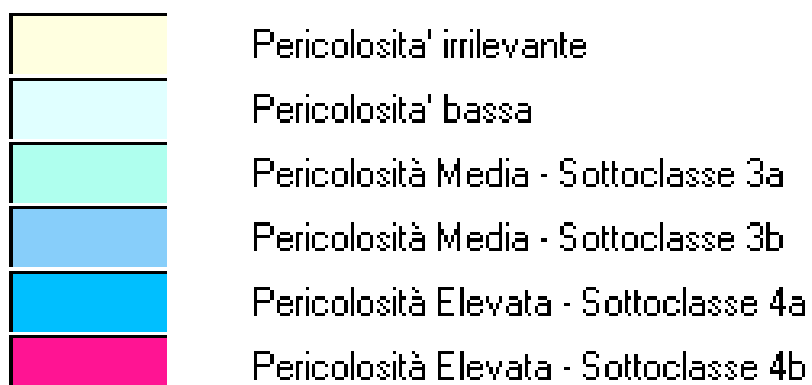


Tavola 8 – Vulnerabilità Idrogeologica
 (estratto Piano Coordinamento Territoriale Provincia di Pisa)

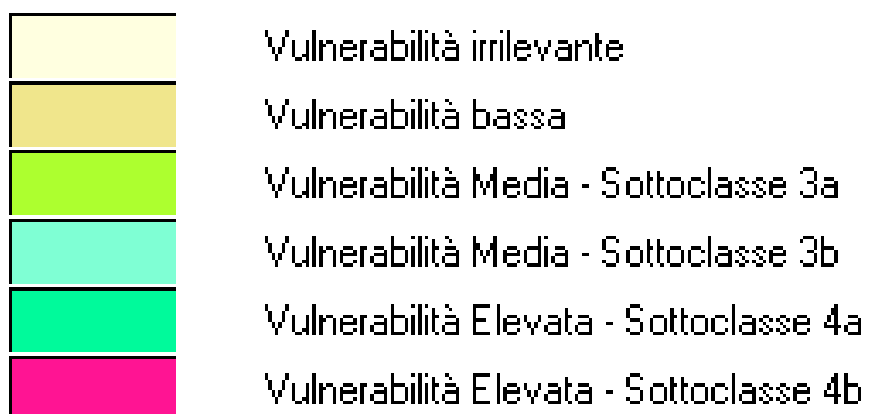
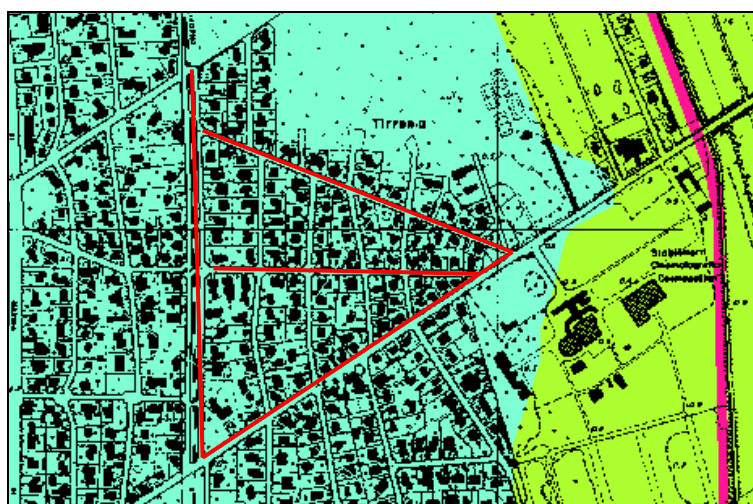
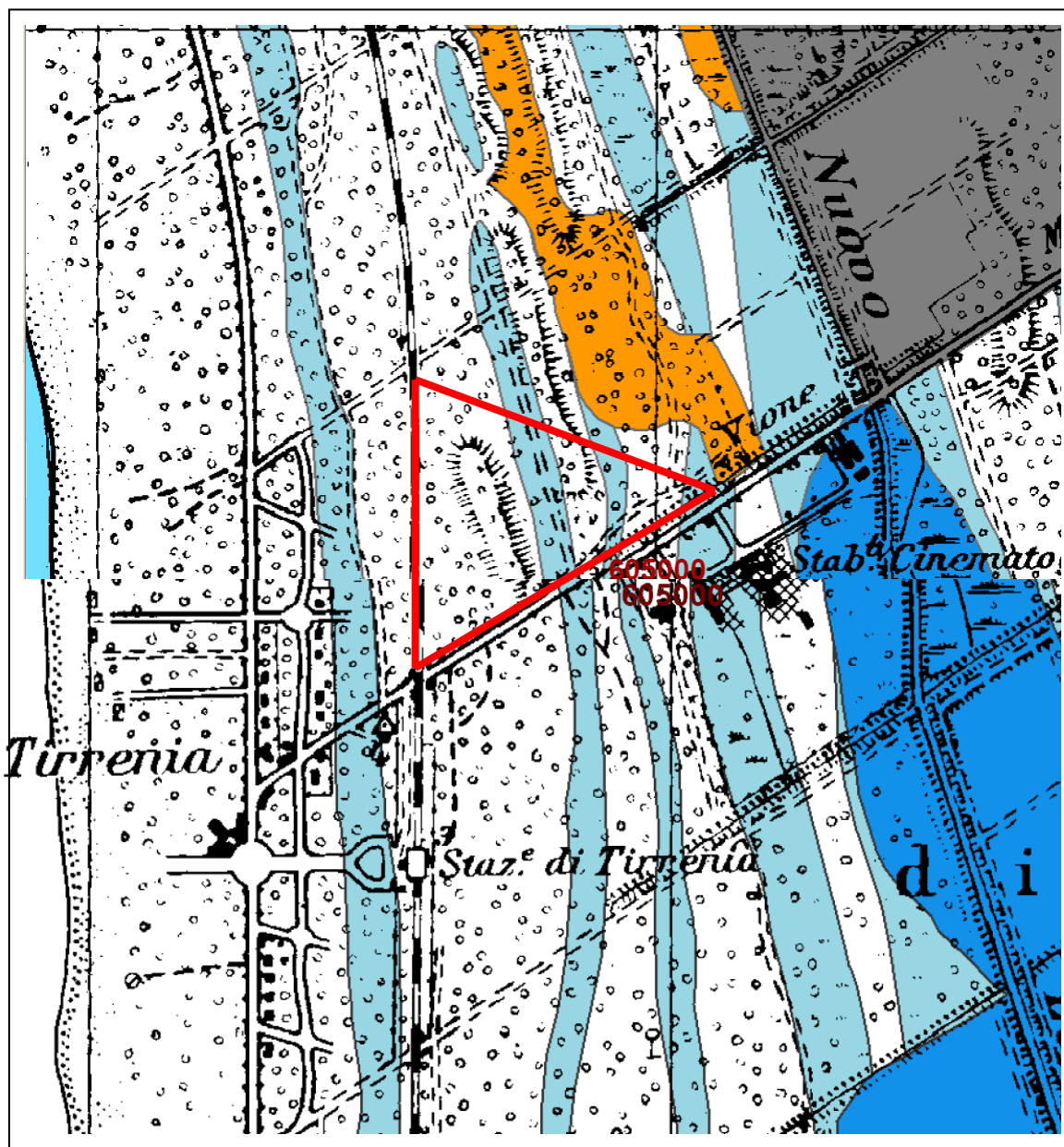


Tavola 9 – Rischio Idraulico P.A.I.
 (estratto Piano assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino dell'Arno)

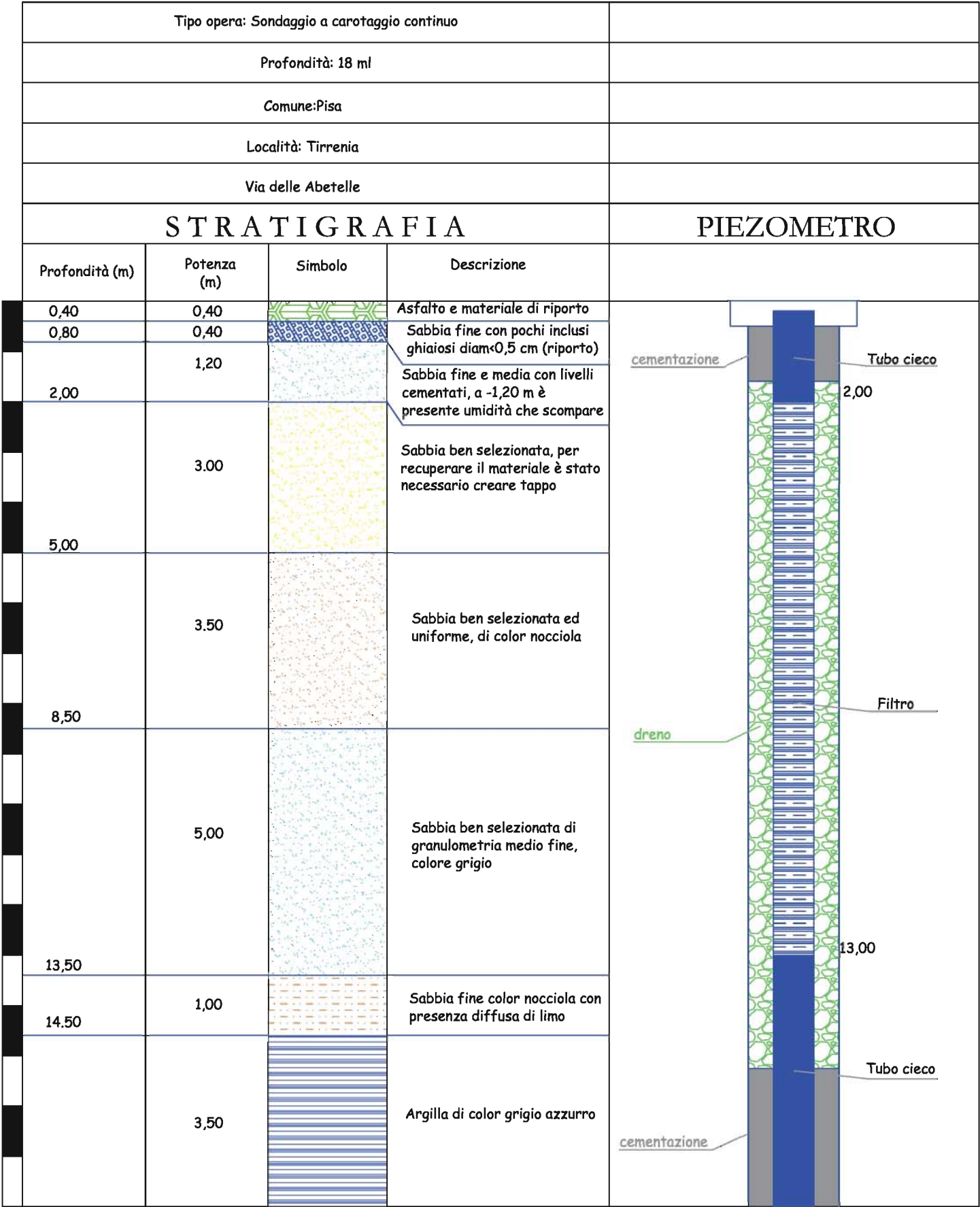


LEGENDA


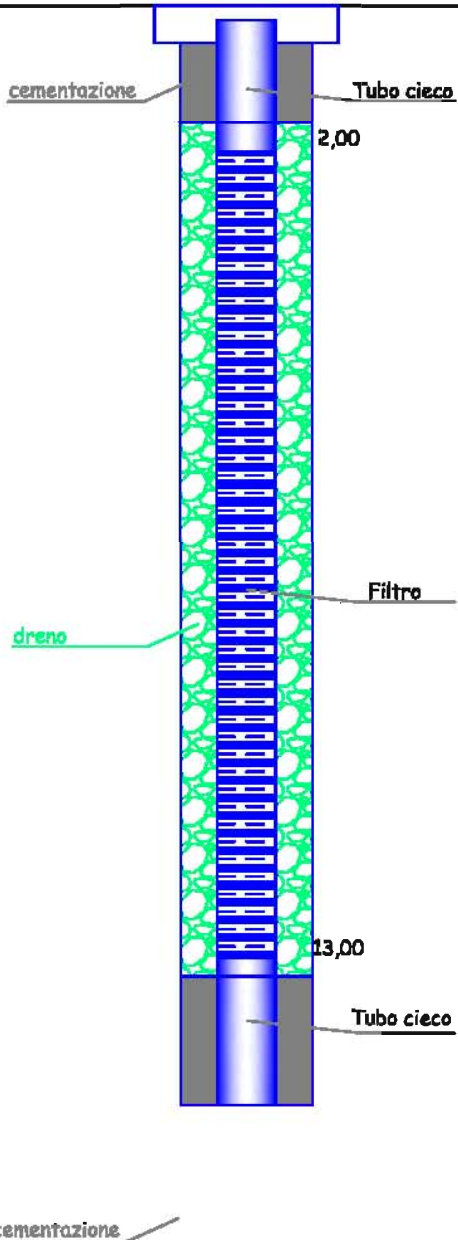
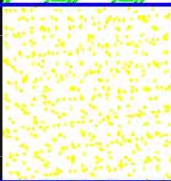

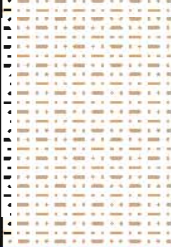


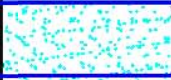




- P.I.4 Aree a pericolosità molto elevata
- P.I.3 Aree a pericolosità elevata
- P.I.2 Aree a pericolosità media
- P.I.1 Aree a pericolosità moderata

SEZIONI SONDAGGI E PIEZOMETRI


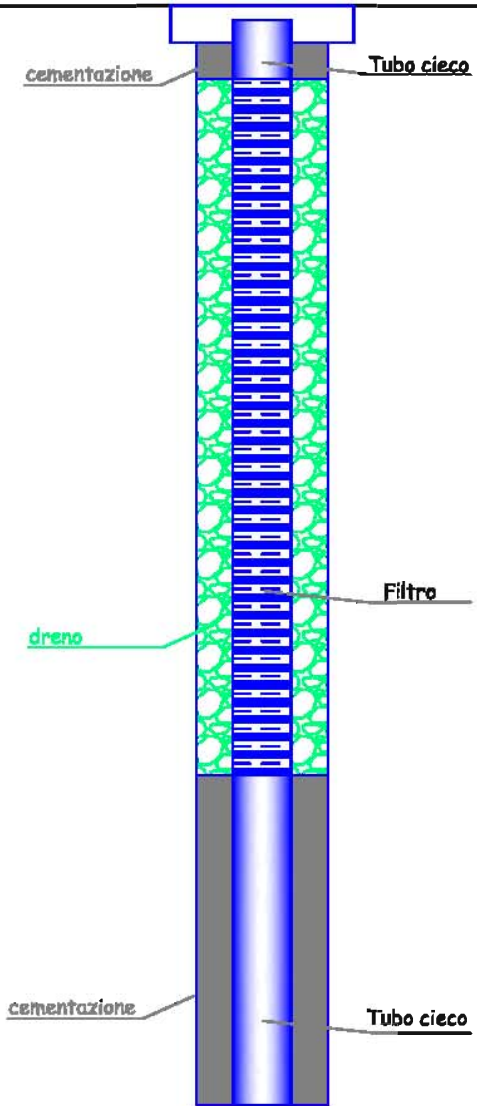


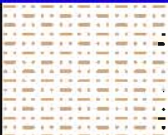

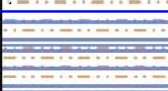



Stratigrafia Sondaggio 1



Stratigrafia Sondaggio 2

Tipo opera: Sondaggio a carotaggio continuo				
Profondità: 15 ml				
Comune: Pisa				
Località: Tirrenia				
Via dei castagni/ via dei Ginepri				
STRATIGRAFIA				PIEZOMETRO
Profondità (m)	Potenza (m)	Simbolo	Descrizione	
0,60	0,60		Asfalto e materiale di riporto	 <p>cementazione</p> <p>Tubo cieco</p> <p>2,00</p> <p>Filtro</p> <p>13,00</p> <p>Tubo cieco</p> <p>dreno</p> <p>cementazione</p>
3,00	2,40		Sabbia di color nocciola ben classata da media a grossolna	
4,00	1,00		Sabbia grigio azzurra con presenza di limo e bassa consistenza	
7,50	3,50		Sabbia ben selezionata ed uniforme, di color nocciola	
8,00	0,50		Sabbia grigio azzurra con limo	
9,00	1,00		Argilla grigio azzurra compatta	
10,00	1,00		Sabbia con presenza di limo in aumento verso il basso	
10,50	0,50		Sabbia ben selezionata di colore grigio	
12,00	1,50		Limo color nocciola con presenza di sabbia	
13,00	1,00		Limo color nocciola con presenza di sabbia, alla base	
15,00	2,00		Argilla di color grigio azzurro	

Stratigrafia Sondaggio 3

Tipo opera: Sondaggio a carotaggio continuo				
Profondità: 15 ml				
Comune: Pisa				
Località: Tirrenia				
Via delle Abetelle				
S T R A T I G R A F I A				PIEZOMETRO
Profondità (m)	Potenza (m)	Simbolo	Descrizione	
0,60	0,40		Asfalto e materiale di riporto	
2,50	2,40		Sabbia ben classata da media a grossolana asciutta	
5,00	2,50		Sabbia nocciola ben selezionata	
7,50	2,50		Sabbia ben selezionata di color nocciola	
8,50	0,50		Sabbia di color nocciola con limo	
10,00	1,00		Sabbia di color nocciola con limo, che aumenta con la profondità	
10,50	0,50		Sabbia e limo	
12,00	1,50		Sabbia con almeno il 50% di limo di color grigio azzurro	
15,00	2,00		Argilla di color grigio azzurro	

SEZIONI GEOLOGICHE

LOTTO TIRRENIA CENTRO
sezione Stratigrafica
Vione Pisorno

scala:
distanze 1: 1.000
altezze 1: 50



TERRENO
SUPERFICIALE



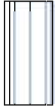
SABBIA DA FINE A
MEDIA



SABBIA BEN SELEZIONATA DI
COLORE GIALLO



SABBIA BEN SELEZIONATA DI
COLORE GRIGIO



ARGILLA DI COLORE
GRIGIO AZZURRO



LIVELLO FALDA

CERTIFICATI ANALISI GRANULOMETRICHE



Ichnogeo SAS

56028 San Miniato Basso

tel 0571/43213 fax 0571/403063

P.IVA 01266480506

www.ichnogeo.it

Ministero delle Infrastrutture e Trasporti

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Laboratorio autorizzato - settori A e C

decreto n° 54814 del 28/04/2006



Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani

Laboratorio ALGI n° 37

ANALISI GRANULOMETRICA

norma di riferimento: Raccomandazioni AGI 1994

deviazioni dalla norma: nessuna

verbale di accettazione n° **08A063** del **21/11/2008**
certificato di prova n° **1038/08** del **05/12/2008**

Comm.te: **Acque SpA**

Località: **Tirrenia**

campione: **S1 C1** prof. (m): **1.0**

data di prelievo: **17/11/2008**

tipologia: **rimaneggiato**

data di arrivo: **17/11/2008**

descrizione del campione: **sabbia gialla debolmente limosa**

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 04/12/2008

temperatura di prova (°C): 15

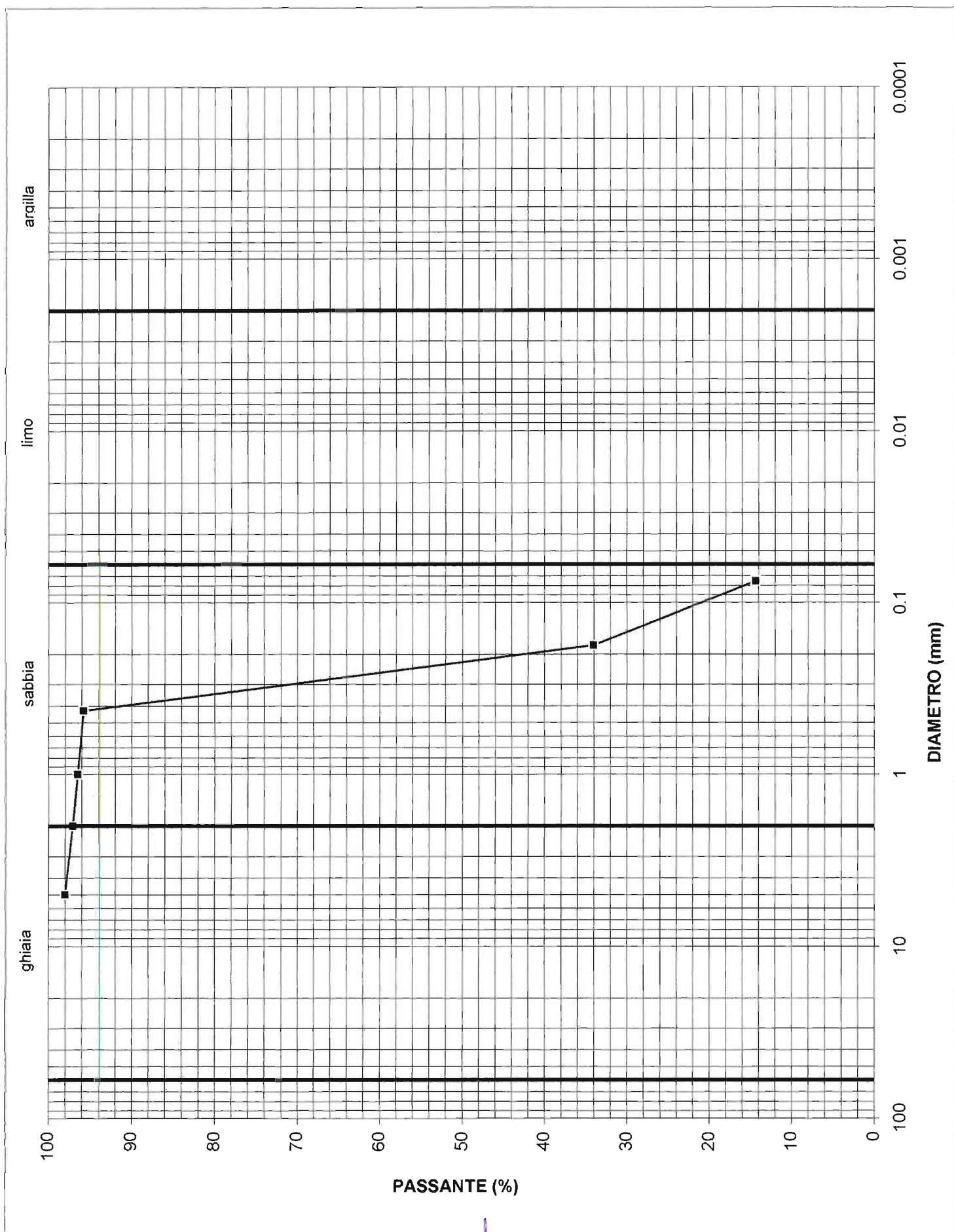
setacciatura: per via umida

massa terreno setacciato (g): 100.00

ϕ (mm)	passante (%)	passante (N)	trattenuto (N)	
15				setacciatura
10				
5	97.99	0.96095	0.01972	
2	97.08	0.95202	0.02865	
1	96.47	0.94604	0.03463	
0.425	95.82	0.93966	0.04101	
0.177	34.05	0.33389	0.64677	
0.075	14.31	0.14034	0.84032	
				sedimentazione

composizione granulometrica

% ghiaia	2.9
% sabbia	87.9
% limo+argilla	9.2
Totale	100.00





Ichnogeo sas

56028 San Miniato Basso
tel 0571/43213 fax 0571/403063
P.IVA 01266480506
www.ichnogeo.it

Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Laboratorio autorizzato - settori A e C
decreto n° 54814 del 28/04/2006



Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani
Laboratorio ALGI n° 37

ANALISI GRANULOMETRICA

norme di riferimento: Raccomandazioni AGI 1994 - ASTM D422
deviazioni dalle norme: nessuna

verbale di accettazione n° **08A063** del **21/11/2008**
certificato di prova n° **1039/08** del **05/12/2008**

Comm.te: **Acque SpA**

Località: **Tirrenia**

campione: **S1 C2** prof. (m): **2.0**
data di prelievo: **08/11/2008**

tipologia: **rimaneggiato**
data di arrivo: **08/11/2008**

descrizione del campione: **sabbia gialla con limo**

DATI DI PROVA

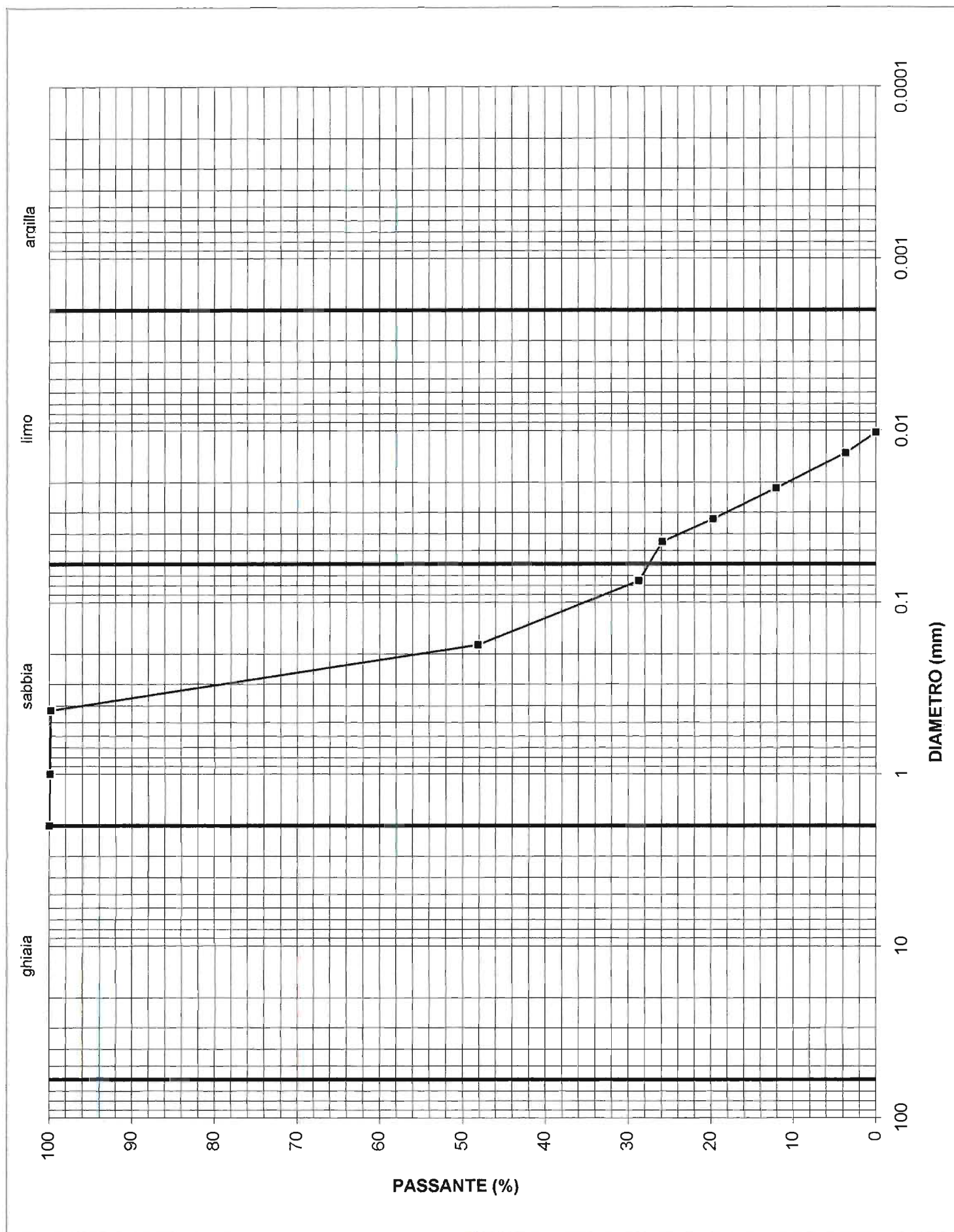
data di esecuzione: 4-5/12/2008
temperatura di prova (°C): 16
densimetro utilizzato: ASTM 152 H

setacciatura: per via umida
massa terreno setacciato (g): 100.00
massa terreno alla sedimentazione (g): 40.00

ϕ (mm)	passante (%)	passante (N)	trattenuto (N)	
15				setacciatura
10				
5				
2	99.94	0.98008	0.00059	
1	99.89	0.97959	0.00108	
0.425	99.77	0.97841	0.00226	
0.177	48.11	0.47182	0.50884	
0.075	28.72	0.28160	0.69906	
0.044	25.85			sedimentazione
0.033	19.72			
0.022	12.08			
0.014	3.63			
0.010	0.00			

composizione granulometrica

% ghiaia	0.1
% sabbia	72.4
% limo	27.5
% argilla	0.0
Totale	100.00





Ichnogeo SAS

56028 San Miniato Basso

tel 0571/43213 fax 0571/403063

P.IVA 01266480506

www.ichnogeo.it

Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Laboratorio autorizzato - settori A e C
decreto n° 54814 del 28/04/2006



Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani

Laboratorio ALGI n° 37

ANALISI GRANULOMETRICA

norma di riferimento: Raccomandazioni AGI 1994

deviazioni dalla norma: nessuna

verbale di accettazione n° **08A063** del **21/11/2008**
certificato di prova n° **1040/08** del **05/12/2008**

Comm.te: **Acque SpA**

Località: **Tirrenia**

campione: **S2 C1** prof. (m): **1.0**

tipologia: **rimaneggiato**

data di prelievo: **21/11/2008**

data di arrivo: **21/11/2008**

descrizione del campione: **sabbia gialla debolmente limosa**

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 04/12/2008

temperatura di prova (°C): 15

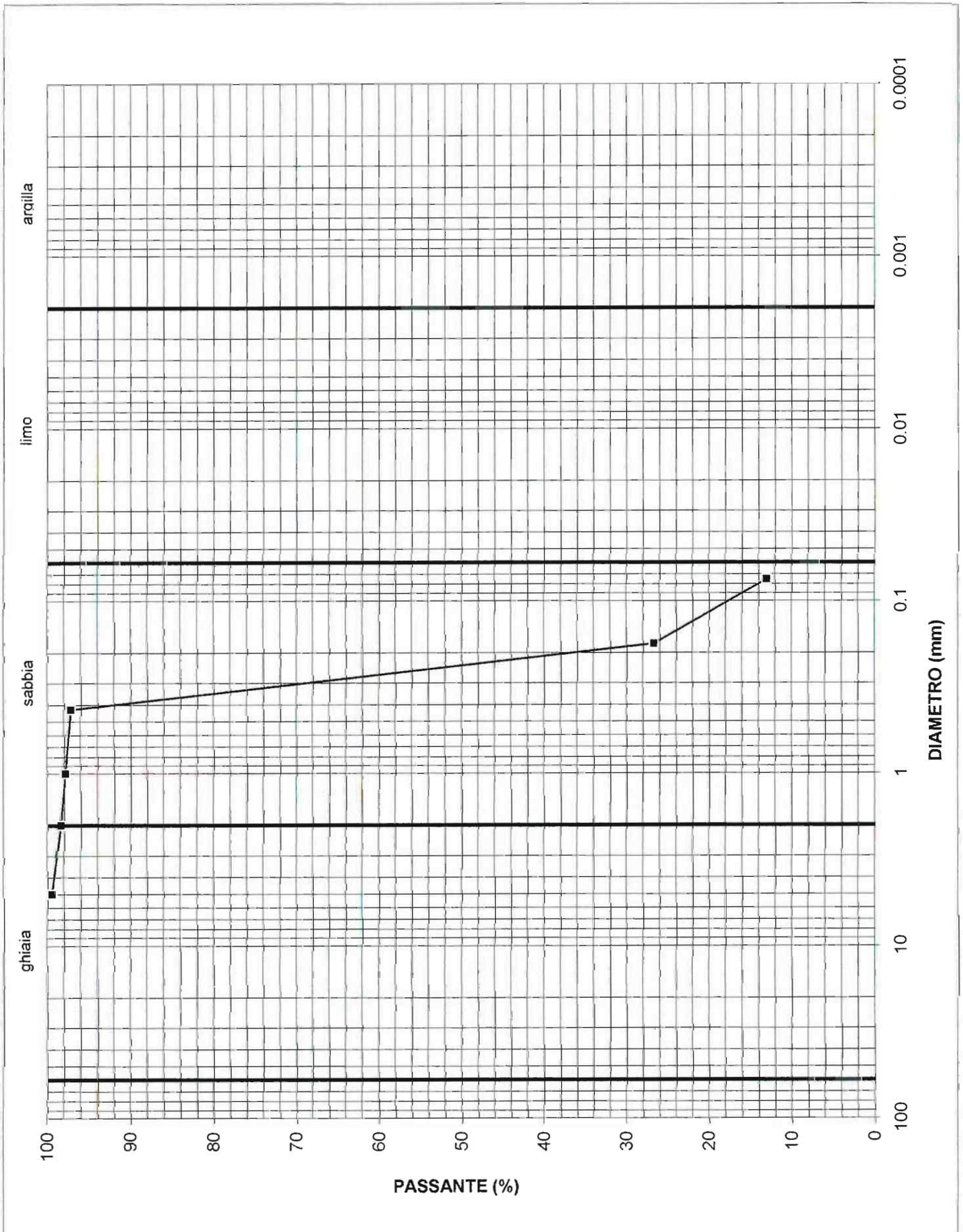
setacciatura: per via umida

massa terreno setacciato (g): 100.00

ϕ (mm)	passante (%)	passante (N)	trattenuto (N)	
15				setacciatura
10				
5	99.50	0.97576	0.00491	
2	98.44	0.96536	0.01530	
1	97.89	0.95997	0.02070	
0.425	97.26	0.95379	0.02688	
0.177	26.74	0.26228	0.71839	
0.075	13.05	0.12798	0.85269	
				sedimentazione

composizione granulometrica

% ghiaia	1.6
% sabbia	88.9
% limo+argilla	9.5
Totale	100.00





Ichnogeo sas

56028 San Miniato Basso
tel 0571/43213 fax 0571/403063
P.IVA 01266480506
www.ichngeo.it

Ministero delle Infrastrutture e Trasporti
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Laboratorio autorizzato - settori A e C
decreto n° 54814 del 28/04/2006



Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani

Laboratorio ALGI n° 37

ANALISI GRANULOMETRICA

norma di riferimento: Raccomandazioni AGI 1994
deviazioni dalla norma: nessuna

verbale di accettazione n° **08A063** del **21/11/2008**
certificato di prova n° **1041/08** del **05/12/2008**

Comm.te: **Acque SpA**

Località: **Tirrenia**

campione: **S2 C2** prof. (m): **2.0**

tipologia: **rimaneggiato**

data di prelievo: **21/11/2008**

data di arrivo: **21/11/2008**

descrizione del campione: **sabbia gialla limosa**

DATI DI PROVA

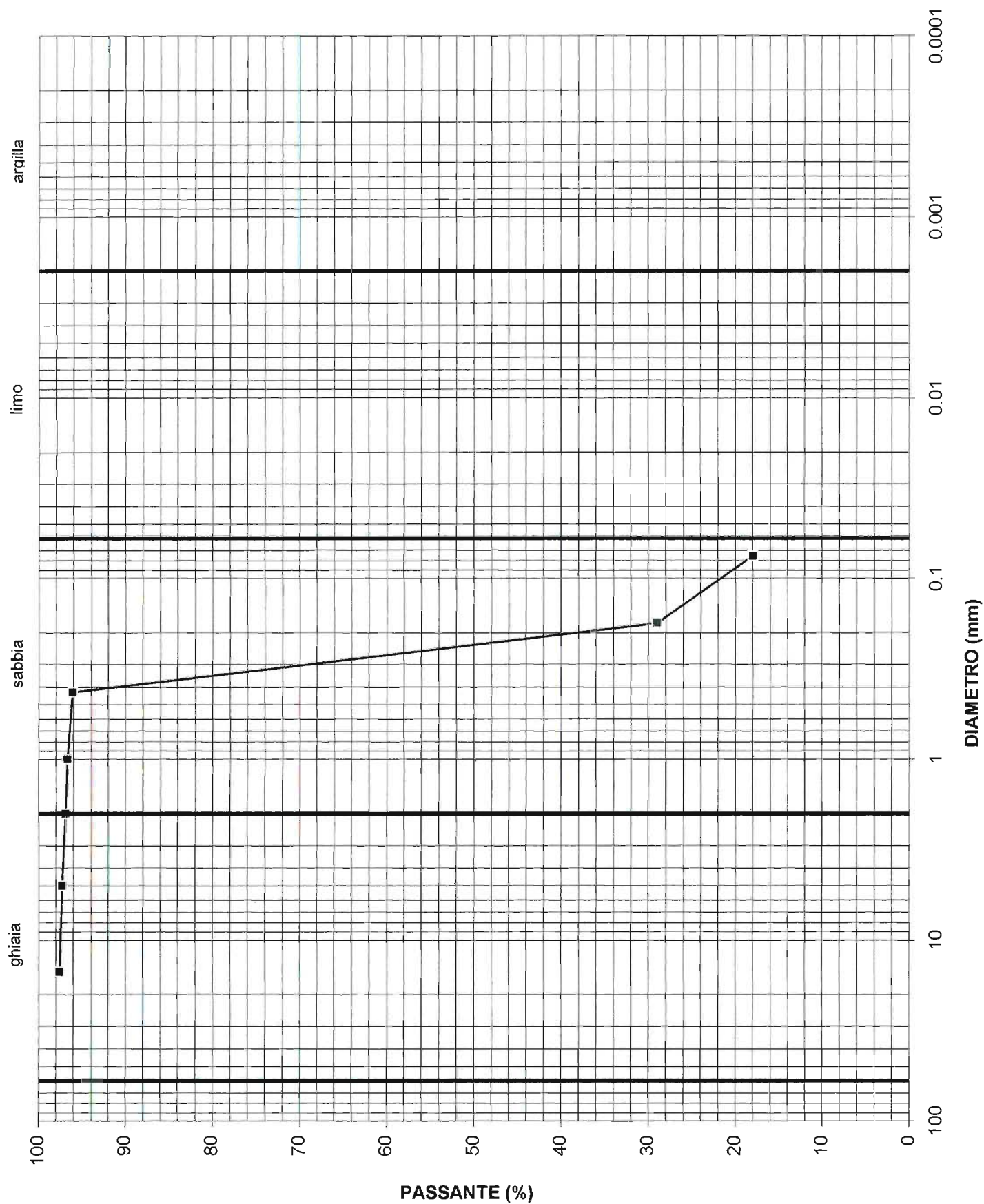
data di esecuzione: 04/12/2008
temperatura di prova (°C): 15

setacciatura: per via umida
massa terreno setacciato (g): 150.00

ϕ (mm)	passante (%)	passante (N)	trattenuto (N)	
25				setacciatura
15	97.57	1.43519	0.03581	
5	97.29	1.43117	0.03983	
2	96.92	1.42568	0.04532	
1	96.71	1.42263	0.04836	
0.425	96.11	1.41371	0.05729	
0.177	29.04	0.42712	1.04388	
0.075	17.99	0.26466	1.20634	
				sedimentazione

composizione granulometrica

% ghiaia	3.1
% sabbia	81.8
% limo+argilla	15.1
Totale	100.00





Ichnogeo sas

56028 San Miniato Basso

tel 0571/43213 fax 0571/403063

P.IVA 01266480506

www.ichngeo.it

Ministero delle Infrastrutture e Trasporti

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Laboratorio autorizzato - settori A e C

decreto n° 54814 del 28/04/2006



Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani

Laboratorio ALGI n° 37

ANALISI GRANULOMETRICA

norma di riferimento: Raccomandazioni AGI 1994

deviazioni dalla norma: nessuna

verbale di accettazione n° **08A063** del **21/11/2008**
certificato di prova n° **1042/08** del **05/12/2008**

Comm.te: **Acque SpA**

Località: **Tirrenia**

campione: **S3 C1** prof. (m): **1.0**

tipologia: **rimaneggiato**

data di prelievo: **21/11/2008**

data di arrivo: **21/11/2008**

descrizione del campione: **sabbia giallo-bruna debolmente limosa**

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 04/12/2008

temperatura di prova (°C): 15

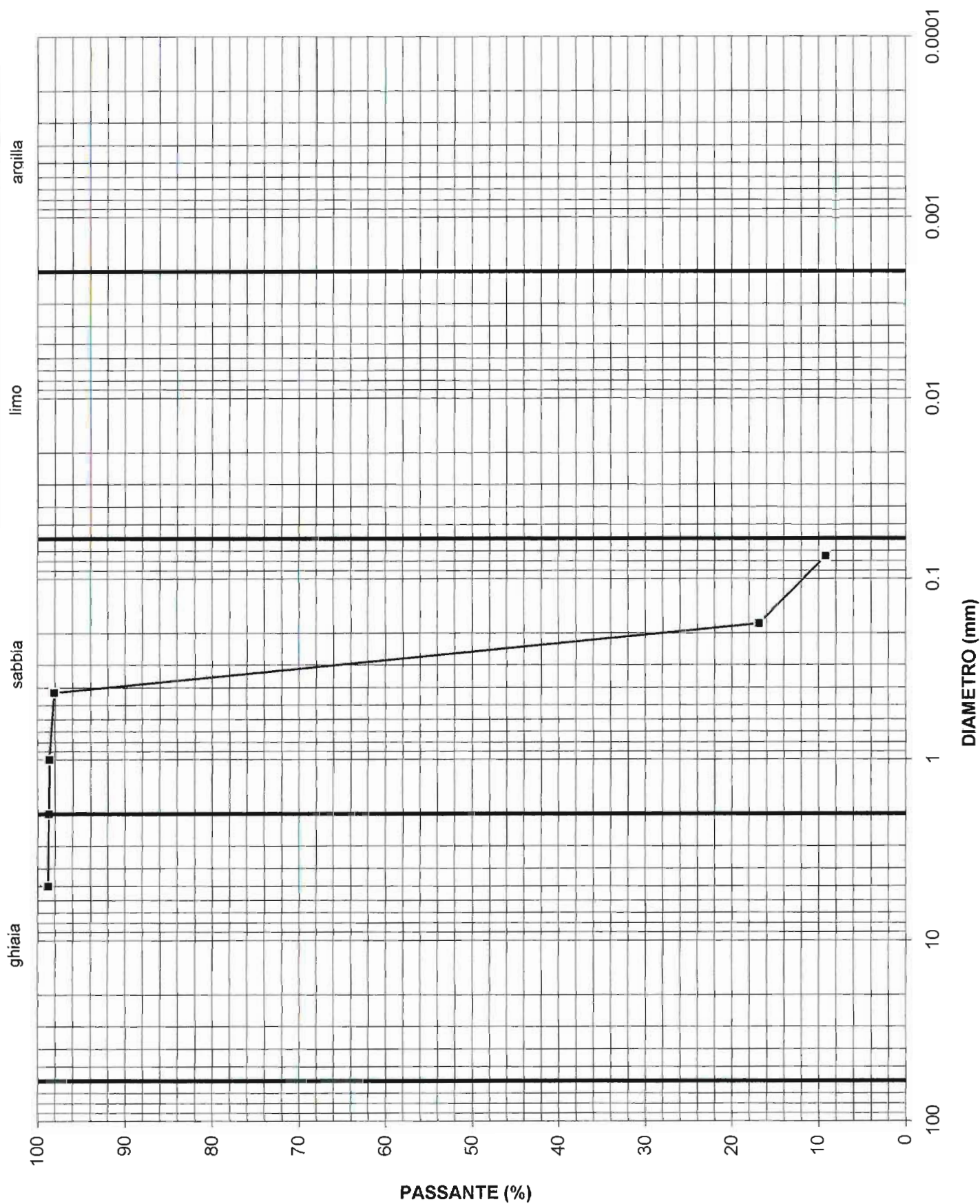
setacciatura: per via umida

massa terreno setacciato (g): 100.00

ϕ (mm)	passante (%)	passante (N)	trattenuto (N)	
15				setacciatura
10				
5	98.82	0.96909	0.01158	
2	98.72	0.96811	0.01256	
1	98.69	0.96781	0.01285	
0.425	98.14	0.96242	0.01825	
0.177	16.89	0.16565	0.81501	
0.075	9.21	0.09031	0.89036	
				sedimentazione

composizione granulometrica

% ghiaia	1.3
% sabbia	91.5
% limo+argilla	7.2
Totale	100.00





Ichnogeo sas

56028 San Miniato Basso

tel 0571/43213 fax 0571/403063

P.IVA 01266480506

www.ichnogeo.it

Ministero delle Infrastrutture e Trasporti

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Laboratorio autorizzato - settori A e C

decreto n° 54814 del 28/04/2006



Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani

Laboratorio ALGI n° 37

ANALISI GRANULOMETRICA

norma di riferimento: Raccomandazioni AGI 1994

deviazioni dalla norma: nessuna

verbale di accettazione n° **08A063** del **21/11/2008**
certificato di prova n° **1043/08** del **05/12/2008**

Comm.te: **Acque SpA**

Località: **Tirrenia**

campione: **S3 C2** prof. (m): **2.0**

tipologia: **rimaneggiato**

data di prelievo: **21/11/2008**

data di arrivo: **21/11/2008**

descrizione del campione: **sabbia giallo-bruna debolmente limosa**

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 04/12/2008

temperatura di prova (°C): 15

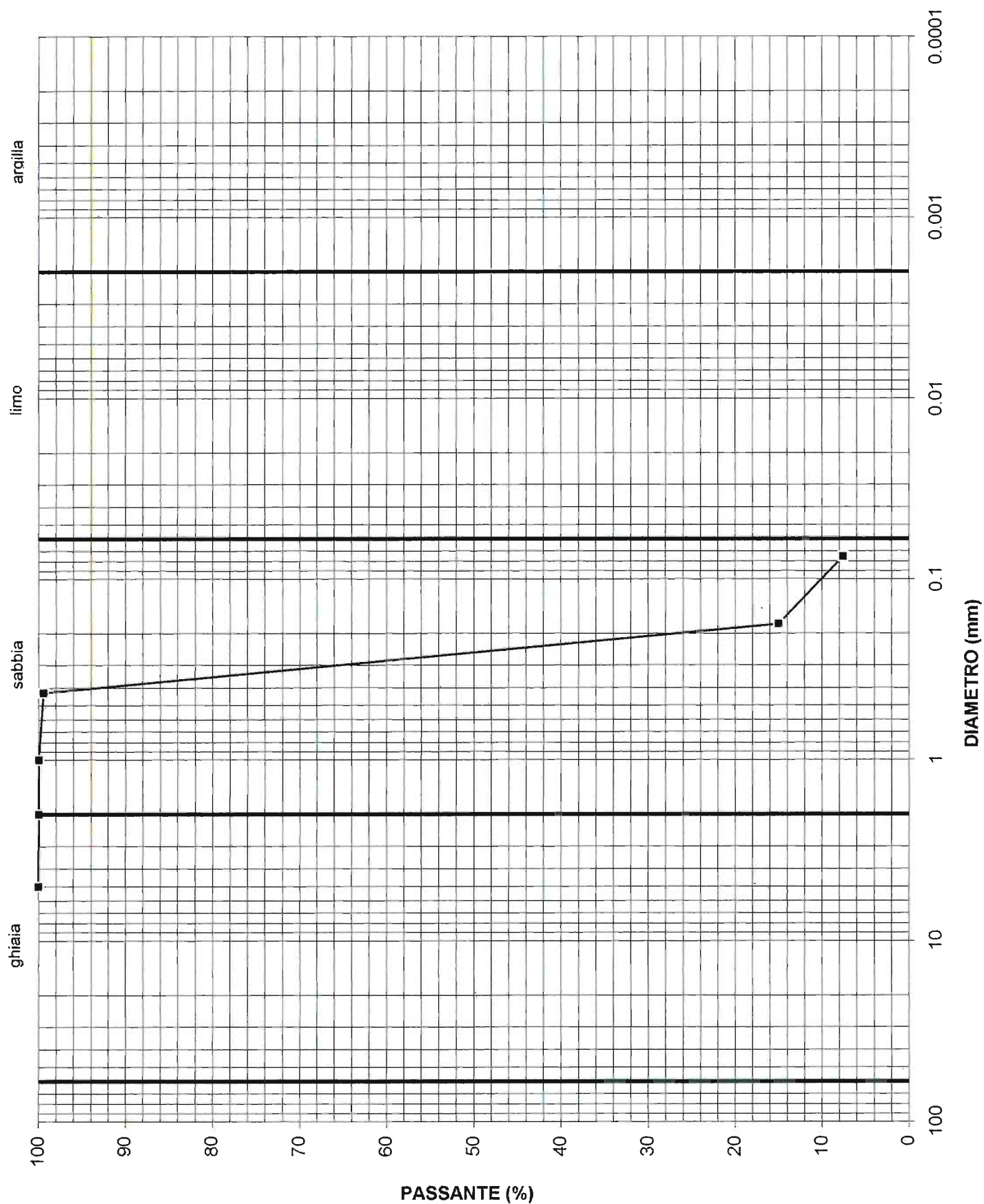
setacciatura: per via umida

massa terreno setacciato (g): 100.00

ϕ (mm)	passante (%)	passante (N)	trattenuto (N)	
15				setacciatura
10				
5				
2	99.97	0.98037	0.00029	
1	99.96	0.98027	0.00039	
0.425	99.40	0.97478	0.00589	
0.177	14.95	0.14662	0.83405	
0.075	7.59	0.07442	0.90625	
				sedimentazione

composizione granulometrica

% ghiaia	0.0
% sabbia	94.3
% limo+argilla	5.7
Totale	100.00



CERTIFICATI ANALISI CHIMICHE

S. Miniato, 09 Dicembre 2008

Rapporto di Prova Prot. n° 458.08 del 09.12.2008

Richiedente: Acque Ingegneria S.r.l.

Campione di: Terreno S1 m. 1

Prelevato da: Ichnogeo s.a.s.

Luogo prelievo: Tirrenia (Pi)

Data prelievo: 17.11.2008

RISULTATI ANALITICI

I risultati ottenuti si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova

Parametro	Metodo	Risultato	Unità di misura
Cadmio	G.U.248/99 Met. N. XI	< 0,2	mg/Kg s.s.
Cromo totale	G.U.248/99 Met. N. XI	27	mg/Kg s.s.
Nichel	G.U.248/99 Met. n. XI	28	mg/Kg s.s.
Piombo	G.U.248/99 Met. n. XI	5,0	mg/Kg s.s.
Rame	G.U.248/99 Met. n. XI	10	mg/Kg s.s.
Zinco	G.U.248/99 Met. n. XI	26	mg/Kg s.s.

Dr. Andrea Freschi
Ordine dei Chimici della Toscana n° 786



S. Miniato, 09 Dicembre 2008

Rapporto di Prova Prot. n° 459.08 del 09.12.2008

Richiedente: Acque Ingegneria S.r.l.

Campione di: Terreno S1 m. 2

Prelevato da: Ichnogeo s.a.s.

Luogo prelievo: Tirrenia (Pi)

Data prelievo: 17.11.2008

RISULTATI ANALITICI

I risultati ottenuti si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova

Parametro	Metodo	Risultato	Unità di misura
Cadmio	G.U.248/99 Met. N. XI	< 0,2	mg/Kg s.s.
Cromo totale	G.U.248/99 Met. N. XI	28	mg/Kg s.s.
Nichel	G.U.248/99 Met. n. XI	29	mg/Kg s.s.
Piombo	G.U.248/99 Met. n. XI	8,0	mg/Kg s.s.
Rame	G.U.248/99 Met. n. XI	14	mg/Kg s.s.
Zinco	G.U.248/99 Met. n. XI	24	mg/Kg s.s.

Dr. Andrea Freschi
Ordine dei Chimici della Toscana n° 786



S. Miniato, 09 Dicembre 2008

Rapporto di Prova Prot. n° 460.08 del 09.12.2008

Richiedente: Acque Ingegneria S.r.l.

Campione di: Terreno S2 m. 1

Prelevato da: Ichnogeo s.a.s.

Luogo prelievo: Tirrenia (Pi)

Data prelievo: 21.11.2008

RISULTATI ANALITICI

I risultati ottenuti si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova

Parametro	Metodo	Risultato	Unità di misura
Cadmio	G.U.248/99 Met. N. XI	< 0,2	mg/Kg s.s.
Cromo totale	G.U.248/99 Met. N. XI	23	mg/Kg s.s.
Nichel	G.U.248/99 Met. n. XI	28	mg/Kg s.s.
Piombo	G.U.248/99 Met. n. XI	5,0	mg/Kg s.s.
Rame	G.U.248/99 Met. n. XI	15	mg/Kg s.s.
Zinco	G.U.248/99 Met. n. XI	21	mg/Kg s.s.

Dr. Andrea Freschi
Ordine dei Chimici della Toscana n° 786



S. Miniato, 09 Dicembre 2008

Rapporto di Prova Prot. n° 461.08 del 09.12.2008

Richiedente: Acque Ingegneria S.r.l.

Campione di: Terreno S2 m. 2

Prelevato da: Ichnogeo s.a.s.

Luogo prelievo: Tirrenia (Pi)

Data prelievo: 21.11.2008

RISULTATI ANALITICI

I risultati ottenuti si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova

Parametro	Metodo	Risultato	Unità di misura
Cadmio	G.U.248/99 Met. N. XI	< 0,2	mg/Kg s.s.
Cromo totale	G.U.248/99 Met. N. XI	27	mg/Kg s.s.
Nichel	G.U.248/99 Met. n. XI	26	mg/Kg s.s.
Piombo	G.U.248/99 Met. n. XI	11	mg/Kg s.s.
Rame	G.U.248/99 Met. n. XI	16	mg/Kg s.s.
Zinco	G.U.248/99 Met. n. XI	19	mg/Kg s.s.

Dr. Andrea Freschi
Ordine dei Chimici della Toscana n° 786





LABORATORIO ANALISI CHIMICHE

56028 San Miniato Basso (Pisa) - Via Ilaria Alpi, 18/20

Tel 0571/43213 - Fax 0571/403063

S. Miniato, 09 Dicembre 2008

Rapporto di Prova Prot. n° 462.08 del 09.12.2008

Richiedente: Acque Ingegneria S.r.l.

Campione di: Terreno S3 m. 1

Prelevato da: Ichnogeo s.a.s.

Luogo prelievo: Tirrenia (Pi)

Data prelievo: 21.11.2008

RISULTATI ANALITICI

I risultati ottenuti si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova

Parametro	Metodo	Risultato	Unità di misura
Cadmio	G.U.248/99 Met. N. XI	< 0,2	mg/Kg s.s.
Cromo totale	G.U.248/99 Met. N. XI	28	mg/Kg s.s.
Nichel	G.U.248/99 Met. n. XI	33	mg/Kg s.s.
Piombo	G.U.248/99 Met. n. XI	11	mg/Kg s.s.
Rame	G.U.248/99 Met. n. XI	18	mg/Kg s.s.
Zinco	G.U.248/99 Met. n. XI	20	mg/Kg s.s.

Dr. Andrea Freschi
Ordine dei Chimici della Toscana n° 786



S. Miniato, 09 Dicembre 2008

Rapporto di Prova Prot. n° 463.08 del 09.12.2008

Richiedente: Acque Ingegneria S.r.l.

Campione di: Terreno S3 m. 2

Prelevato da: Ichnogeo s.a.s.

Luogo prelievo: Tirrenia (Pi)

Data prelievo: 21.11.2008

RISULTATI ANALITICI

I risultati ottenuti si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova

Parametro	Metodo	Risultato	Unità di misura
Cadmio	G.U.248/99 Met. N. XI	< 0,2	mg/Kg s.s.
Cromo totale	G.U.248/99 Met. N. XI	35	mg/Kg s.s.
Nichel	G.U.248/99 Met. n. XI	29	mg/Kg s.s.
Piombo	G.U.248/99 Met. n. XI	13	mg/Kg s.s.
Rame	G.U.248/99 Met. n. XI	18	mg/Kg s.s.
Zinco	G.U.248/99 Met. n. XI	26	mg/Kg s.s.

Dr. Andrea Freschi
Ordine dei Chimici della Toscana n° 786



CERTIFICATI PROVE PENETROMETRICHE



GEOPROSPEZIONI s.n.c.

via Cardinale Maffi, 5

56127 - Pisa

tel/fax 050.552430

P IVA n° 01745030500

REA n° 151287

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

**PENETROMETRO STATICO
DEEP DRILL SP50-2C
SPINTA 50 KN**

Data prova di campagna: *26/05/2008*

Committente: *ACQUE INGEGNERIA s.r.l.*

Località: *via Pisorno, Tirrenia*

Comune: Pisa

Prova: *CPT1*

PROFONDITA' RAGGIUNTA

CPT1: 15,00 m da p.c.

ALLEGATI:

Legenda valori di resistenza

Legenda valutazioni litologiche

Legenda parametri geotecnici

CPT1: letture di campagna-valori di resistenza

CPT1: diagrammi di resistenza

CPT1: valutazioni litologiche

CPT1: tabella parametri geotecnica

Si declina ogni responsabilità sull'uso dei dati allegati senza adeguate verifiche dirette (sondaggi e prove di laboratorio).

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO tipo:

Caratteristiche:

- punta conica meccanica $\varnothing 35.7$ mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing 35.7$ mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm^2)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett. \Rightarrow Spinta) $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta $R_p \text{ (Kg / cm}^2 \text{)} = (\text{L. punta}) C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale $R_L \text{ (Kg / cm}^2 \text{)} = [(\text{L. laterale}) - (\text{L. punta})] C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale $R_t \text{ (Kg)} = (\text{L. totale}) C_t$

$R_p / R_L = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione C_t .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale R_L viene computata 20 cm sopra la punta.

CONVERSIONI

$1 \text{ kN (kiloNewton)} = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t} - 1 \text{ MN (megaNewton)} = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} \approx 100 \text{ t}$

$1 \text{ kPa (kiloPascal)} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa} \approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$

$1 \text{ MPa (MegaPascal)} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t / m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$

$\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ Mpa}$

$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: **$F = (R_p / R_L)$**

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = R_p / R_L$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 15$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 < F \leq 30$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 < F \leq 60$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di R_p e di $FR = (R_L / R_p) \% :$

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

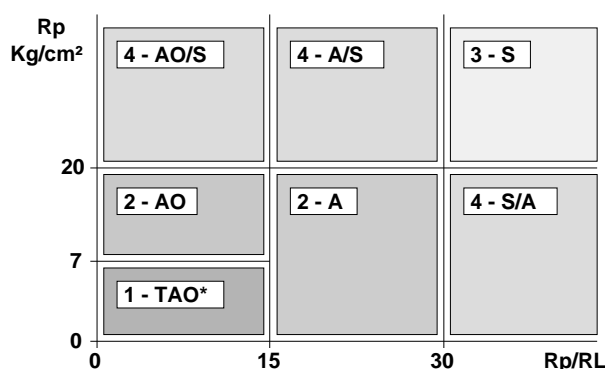
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto R_p / R_L (Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$R_p \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(R_p / R_L) > 30$

$R_p \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(R_p / R_L) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - R_p - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - R_p]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
 E_{u50} - E_{u25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - R_p]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - R_p - natura]
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : D_r - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - D_r - R_p - σ'_{vo}]
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata
 ϕ'_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
 ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- A_{max} = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - D_r]

PROVA PENETROMETRICA STATICA**CPT 1****LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

3.010496-142

- committente:	ACQUE INGEGNERIA s.r.l.	- data prova :	26/05/2008
- lavoro:		- quota inizio :	Piano Campagna
- località:	via Pisorno, Tirrenia - Pisa	- prof. falda :	Falda non rilevata
- resp. cantiere:		- data emiss. :	26/05/2008
- assist. cantiere:			
- note:	foro chiuso a -1.10 m da p.c.		

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	9,0	----	18,0	-----	----	7,80	22,0	27,5	44,0	0,33	132,0
0,40	9,0	----	18,0	0,33	54,0	8,00	27,5	30,0	55,0	0,73	75,0
0,60	11,0	13,5	22,0	0,80	27,0	8,20	21,5	27,0	43,0	0,93	46,0
0,80	10,0	16,0	20,0	0,13	150,0	8,40	16,0	23,0	32,0	0,80	40,0
1,00	13,0	14,0	26,0	0,53	49,0	8,60	16,0	22,0	32,0	0,67	48,0
1,20	7,0	11,0	14,0	0,47	30,0	8,80	16,0	21,0	32,0	0,80	40,0
1,40	5,5	9,0	11,0	0,13	82,0	9,00	16,5	22,5	33,0	0,80	41,0
1,60	6,5	7,5	13,0	0,33	39,0	9,20	21,0	27,0	42,0	0,93	45,0
1,80	11,5	14,0	23,0	0,27	86,0	9,40	27,0	34,0	54,0	1,07	51,0
2,00	15,0	17,0	30,0	0,40	75,0	9,60	26,0	34,0	52,0	0,87	60,0
2,20	19,0	22,0	38,0	0,60	63,0	9,80	25,5	32,0	51,0	1,00	51,0
2,40	12,0	16,5	24,0	0,67	36,0	10,00	15,5	23,0	31,0	0,73	42,0
2,60	14,0	19,0	28,0	0,47	60,0	10,20	19,0	24,5	38,0	1,07	36,0
2,80	14,0	17,5	28,0	0,47	60,0	10,40	20,0	28,0	40,0	1,00	40,0
3,00	14,0	17,5	28,0	0,53	52,0	10,60	26,5	34,0	53,0	0,93	57,0
3,20	8,0	12,0	16,0	0,33	48,0	10,80	28,0	35,0	56,0	0,53	105,0
3,40	9,5	12,0	19,0	0,13	142,0	11,00	34,0	38,0	68,0	1,33	51,0
3,60	11,5	12,5	23,0	0,60	38,0	11,20	30,0	40,0	60,0	1,07	56,0
3,80	8,5	13,0	17,0	0,53	32,0	11,40	32,0	40,0	64,0	1,47	44,0
4,00	12,0	16,0	24,0	0,33	72,0	11,60	5,5	16,5	11,0	0,60	18,0
4,20	13,5	16,0	27,0	0,13	202,0	11,80	4,5	9,0	9,0	0,13	67,0
4,40	17,0	18,0	34,0	0,60	57,0	12,00	30,0	31,0	60,0	0,67	90,0
4,60	8,0	12,5	16,0	0,13	120,0	12,20	10,0	15,0	20,0	0,87	23,0
4,80	15,0	16,0	30,0	0,67	45,0	12,40	2,5	9,0	5,0	0,20	25,0
5,00	12,0	17,0	24,0	0,07	360,0	12,60	2,5	4,0	5,0	0,20	25,0
5,20	8,5	9,0	17,0	0,80	21,0	12,80	2,5	4,0	5,0	0,20	25,0
5,40	17,5	23,5	35,0	0,13	262,0	13,00	3,0	4,5	6,0	0,20	30,0
5,60	12,0	13,0	24,0	0,93	26,0	13,20	4,0	5,5	8,0	0,40	20,0
5,80	15,0	22,0	30,0	0,13	225,0	13,40	3,0	6,0	6,0	1,07	6,0
6,00	20,0	21,0	40,0	0,53	75,0	13,60	32,0	40,0	64,0	0,67	96,0
6,20	22,0	26,0	44,0	0,67	66,0	13,80	38,0	43,0	76,0	1,07	71,0
6,40	21,5	26,5	43,0	0,93	46,0	14,00	12,0	20,0	24,0	1,53	16,0
6,60	17,0	24,0	34,0	1,00	34,0	14,20	5,5	17,0	11,0	0,93	12,0
6,80	15,0	22,5	30,0	0,93	32,0	14,40	23,0	30,0	46,0	0,67	69,0
7,00	23,0	30,0	46,0	0,87	53,0	14,60	28,0	33,0	56,0	1,60	35,0
7,20	23,5	30,0	47,0	0,80	59,0	14,80	32,0	44,0	64,0	1,60	40,0
7,40	24,0	30,0	48,0	1,12	43,0	15,00	40,0	52,0	80,0	-----	----
7,60	19,0	27,4	38,0	0,73	52,0						

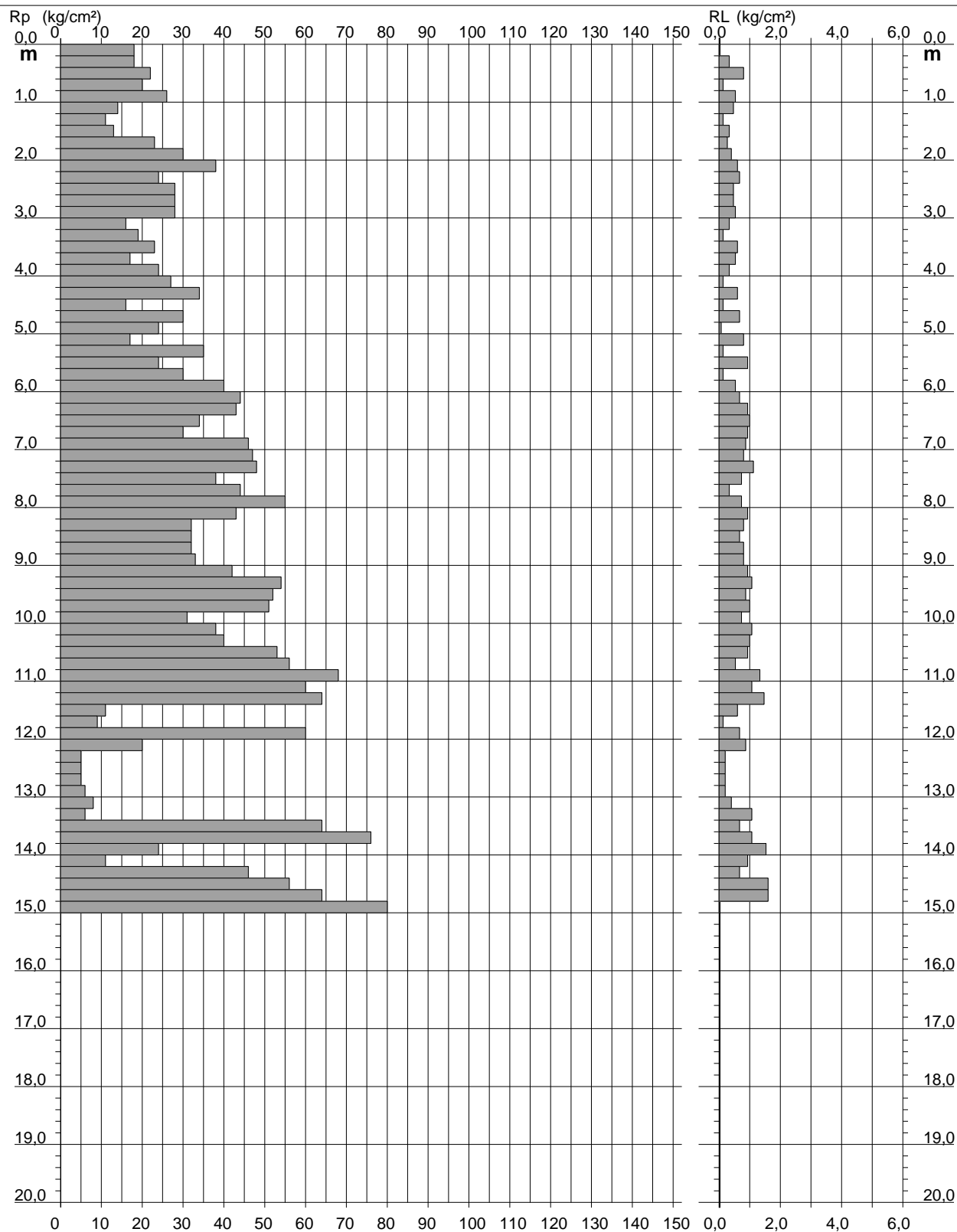
- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA****CPT 1**

3.010496-142

- committente: ACQUE INGEGNERIA s.r.l.
- lavoro:
- località: via Pisorno, Tirrenia - Pisa
- resp. cantiere:
- assist. cantiere:
- note: foro chiuso a -1.10 m da p.c.

- data prova : 26/05/2008
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 100
- data emiss. : 26/05/2008

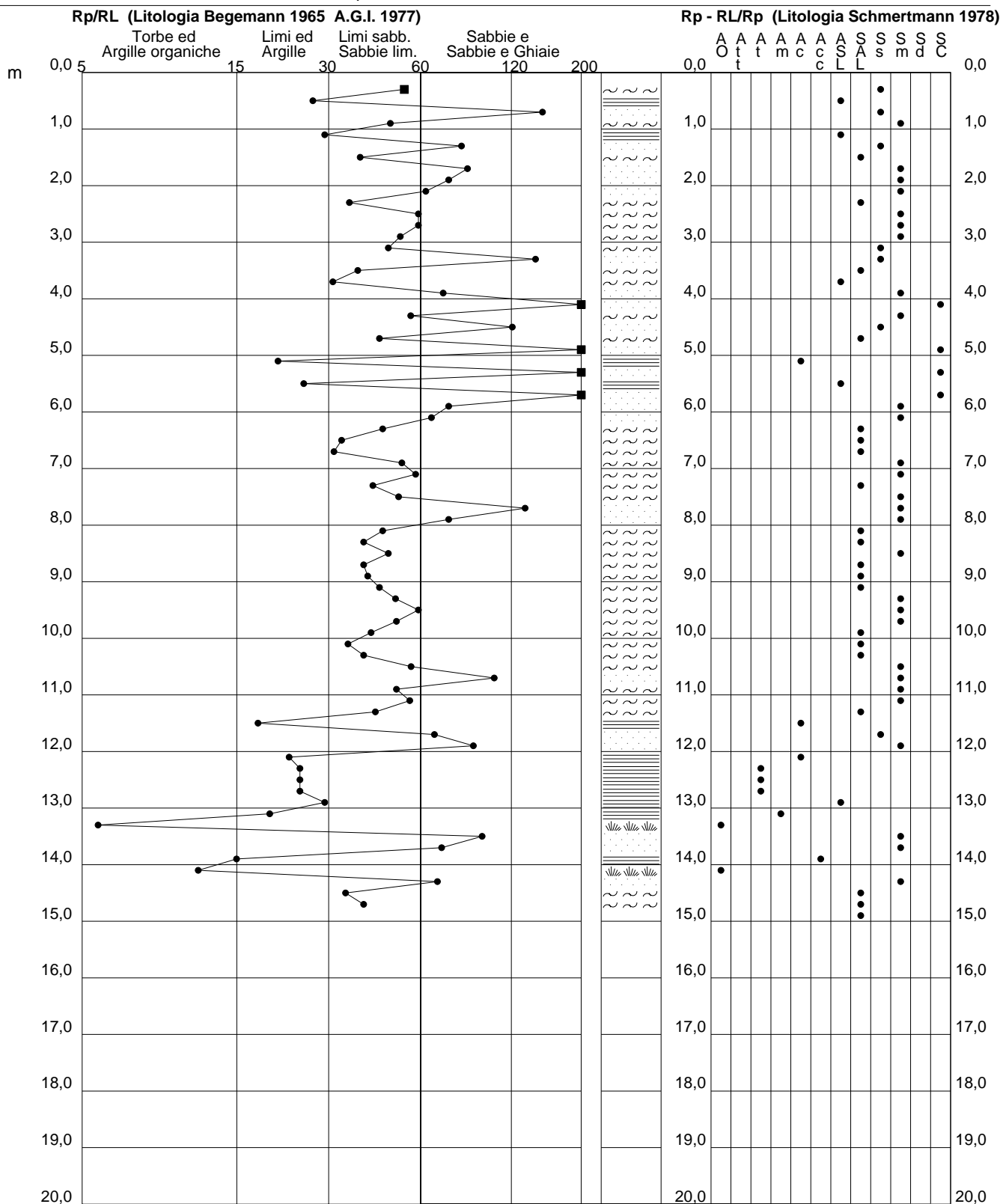


**PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE****CPT 1**

3.010496-142

- committente: ACQUE INGEGNERIA s.r.l.
- lavoro:
- località: via Pisorno, Tirrenia - Pisa
- resp. cantiere:
- assist. cantiere:
- note: foro chiuso a -1.10 m da p.c.

- data prova : 26/05/2008
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 100
- data emiss. : 26/05/2008



CPT 1

3.010496-142

- data prova : 26/05/2008
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

- data emiss. : 26/05/2008



NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	18	--	4/4/	1,85	0,04	0,75	99,9	128	191	56	93	41	42	44	45	44	27	0,235	30	45	54
0,40	18	54	4/4/	1,85	0,07	0,75	99,9	128	191	56	77	39	40	42	44	41	27	0,179	30	45	54
0,60	22	27	4/4/	1,85	0,11	0,85	79,5	144	216	66	74	38	40	42	44	40	28	0,170	37	55	66
0,80	20	150	4/4/	1,85	0,15	0,80	51,7	136	204	60	63	37	39	41	43	38	27	0,140	33	50	60
1,00	26	49	3:::	1,85	0,19	--	--	--	--	--	67	37	39	41	43	39	28	0,150	43	65	78
1,20	14	30	4/4/	1,85	0,22	0,64	23,4	108	162	48	41	34	36	39	41	34	26	0,082	23	35	42
1,40	11	82	4/4/	1,85	0,26	0,54	15,6	91	137	42	29	32	35	37	40	32	26	0,056	18	28	33
1,60	13	39	4/4/	1,85	0,30	0,60	15,3	103	154	47	32	32	35	38	41	32	26	0,061	22	33	39
1,80	23	86	3:::	1,85	0,33	--	--	--	--	--	48	35	37	39	42	35	28	0,100	38	58	69
2,00	30	75	3:::	1,85	0,37	--	--	--	--	--	55	35	38	40	42	36	29	0,117	50	75	90
2,20	38	63	3:::	1,85	0,41	--	--	--	--	--	61	36	39	41	43	37	30	0,132	53	95	114
2,40	24	36	3:::	1,85	0,44	--	--	--	--	--	43	34	36	39	41	34	28	0,086	40	60	72
2,60	28	60	3:::	1,85	0,48	--	--	--	--	--	46	34	37	39	42	34	28	0,094	47	70	84
2,80	28	60	3:::	1,85	0,52	--	--	--	--	--	44	34	37	39	42	34	28	0,090	47	70	84
3,00	28	52	3:::	1,85	0,55	--	--	--	--	--	43	34	36	39	41	33	28	0,086	47	70	84
3,20	16	48	4/4/	1,85	0,59	0,70	7,7	144	216	52	22	31	34	37	40	30	27	0,041	27	40	48
3,40	19	142	4/4/	1,85	0,63	0,78	8,2	150	225	58	26	32	34	37	40	30	27	0,050	32	48	57
3,60	23	38	3:::	1,85	0,67	--	--	--	--	--	31	32	35	38	41	31	28	0,061	38	58	69
3,80	17	32	4/4/	1,85	0,70	0,72	6,5	181	272	54	20	31	34	36	40	29	27	0,037	28	43	51
4,00	24	72	3:::	1,85	0,74	--	--	--	--	--	30	32	35	38	40	31	28	0,058	40	60	72
4,20	27	202	3:::	1,85	0,78	--	--	--	--	--	33	33	35	38	41	31	28	0,064	45	68	81
4,40	34	57	3:::	1,85	0,81	--	--	--	--	--	40	34	36	39	41	32	29	0,080	57	85	102
4,60	16	120	4/4/	1,85	0,85	0,70	4,9	236	353	52	13	30	33	36	39	28	27	0,025	27	40	48

Cantiere: via Pisorno, Tirrenia- Pisa
Data: 26/05/2008

The map shows a topographic view of an urban area. A red dot labeled 'CPT1' is located near a road labeled 'VIA DEL GLADIOL'. The map includes various buildings, some with hatched patterns, and elevation contours. The area is divided into sections by dashed lines, and there are numerous small circles scattered throughout, possibly representing trees or other ground features. The map also shows a road labeled 'VIA DEL' at the bottom left.

SONDAGGI ELETTRICI

AGG.	DESCRIZIONE AGGIORNAMENTO	DATA	FIRMA

COMMITTENTE : ACQUE INGEGNERIA S.r.l.				N. Arch. 3533/08
				N. Commessa P 262
LOCALITA': Tirrenia – Comune di Pisa (PI)				
INDAGINE: Progetti depurativi del litorale pisano – Fognatura nera di Tirrenia Completamento zona Nord-Est “stralcio 1° lotto funzionale”				
OGGETTO: INDAGINE GEOFISICA RAPPORTO TECNICO		N. Copie 4	N. Pagine 11	FORMATO A4 <input type="checkbox"/> A3 <input type="checkbox"/>
I Tecnici Dr. Geol. CLAUDIO ROSSI Dr. Geol. FILIPPO GIORGI				
		STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA S.r.l. STRADA MASSETANA ROMANA , 56 – SIENA – ITALY – Tel. 0577 49276 – Fax 0577 287254 – e.mail: sggsrl@tin.it		DATA
				CONTROLLO



INDICE

1	- INTRODUZIONE	pag.	3
2	- INDAGINI SVOLTE	pag.	4
3	- STRUMENTAZIONE, PERSONALE IMPIEGATO E QUALITÀ	pag.	5
4	- ESECUZIONE DEI RILIEVI	pag.	7
5	- METODOLOGIA INTERPRETATIVA	pag.	9
6	- ANALISI DEI RISULTATI	pag.	10

ALLEGATI:

Planimetria ubicativa	TAV. 1	scala	1:2.000
Sezioni elettrotomografiche	TAV. 2	scala	1:500



1 - INTRODUZIONE

Nel presente rapporto vengono illustrati i risultati di un'indagine geofisica, eseguita per conto della società ACQUE INGEGNERIA S.r.l., nell'ambito dei Progetti depurativi del litorale pisano – Fognatura nera di Tirrenia: Completamento zona Nord-Est “stralcio 1° lotto funzionale” per l'individuazione del cuneo salino nella zona descritta nell'allegata Tavola 1, nel Comune di Tirrenia (PI).

Scopo della prospezione geofisica è stato quello di fornire una caratterizzazione geofisica del sottosuolo, al fine di determinare la zona di interfaccia fra acqua dolce ed acqua salata.

Nella presente relazione vengono riportati in dettaglio le indagini geofisiche svolte ed i risultati della prospezione elettrica.



2 - INDAGINI SVOLTE

In accordo con la Committenza, la campagna d'indagine si è svolta attraverso l'esecuzione di due profili elettrici tomografici, il giorno 8 ottobre 2008.

L'ubicazione dei profili è stata concordata con la Committenza al fine di caratterizzare adeguatamente l'intera area oggetto di studio. L'ubicazione dettagliata delle indagini svolte è riportata nella Tavola 1.

Di seguito si riporta il dettaglio metrico delle indagini eseguite:

profilo n°	metodologia di acquisizione	interdistanza elettrodica (m)	lunghezza m
1	SCHLUMBERGER	5	420
2	SCHLUMBERGER	5	320

Complessivamente sono stati eseguiti 740 metri lineari di tomografia elettrica con metodologia d'acquisizione Schlumberger.

I profili sono stati eseguiti secondo le specifiche concordate con la Committenza.



3 – STRUMENTAZIONE, PERSONALE IMPIEGATO E QUALITA'

Per l'esecuzione della prospezione geoelettrica sono state utilizzate le seguenti **strumentazioni ed attrezzature**:

STRUMENTAZIONE GEOELETTRICA	CODICE IDENTIFICATIVO
Georesistivimetro SYSCAL R1 – IRIS instruments	SGG-SI-58
n° 2 cavi con 24 prese intervallate di 5 m	SGG-SI-36 g/l
Set di elettrodi	
Cavi di raccordo	
PC portatile ASUS	

Il tutto è stato trasportato su di un Fiat Ducato (CW 184 PM).

Tutti gli strumenti di misura impiegati, in riferimento con il “calendario di taratura” relativo al “sistema di qualità” in uso presso questo studio, sono periodicamente tarati presso il LABORATORIO CETACE di Prato, afferente alla CESVIT S.p.A., ed accreditato SIT (Servizio di Taratura in Italia).



RISORSE COINVOLTE

Per l'esecuzione della prospezione di campagna e della relativa interpretazione in ufficio, sono state coinvolte le seguenti risorse:

Responsabile dell'incarico	C. ROSSI
Responsabile della prospezione	F. GIORGI
Prospettore geofisico	F. GIORGI
Interpretazione	F. GIORGI
Editing	F. GIORGI

Tutte le risorse umane coinvolte sono state utilizzate nel rispetto della certificazione SA8000 in materia di responsabilità sociale.

QUALITÀ

La prospezione geofisica è stata eseguita in riferimento alle specifiche interne SP0302; in conformità all'istruzione ISO9001.

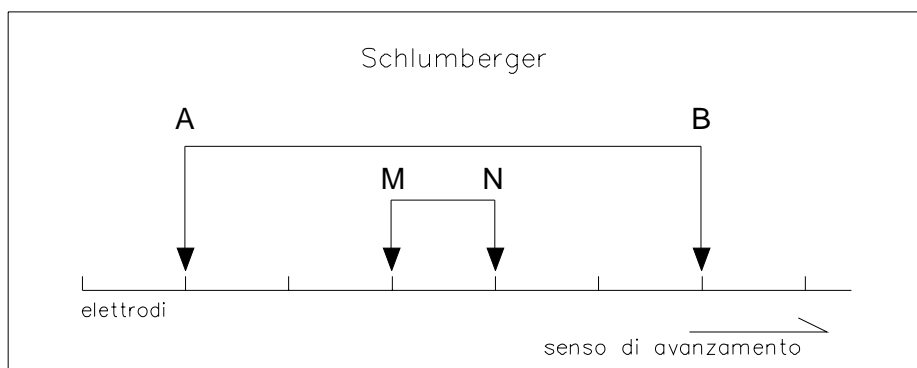
Per la registrazione delle varie attività sono stati utilizzati i moduli del sistema qualità in uso presso questo studio.

4 – ESECUZIONE DEI RILIEVI

I profili elettrici tomografici sono stati eseguiti adottando, come metodologia d'indagine, la configurazione elettrodica SCHLUMBERGER. I profili sono stati realizzati con interdistanza elettrodica pari a 5 metri, in modo da ottenere una buona profondità d'indagine per caratterizzare adeguatamente il sottosuolo dell'area oggetto di studio.

Orientativamente, la configurazione elettrodica prescelta consente di misurare la resistività apparente del terreno nella posizione centrale del quadripolo composto dagli elettrodi di tensione (MN) e quelli di corrente (AB), ad una profondità orientativa dal piano campagna pari a $1/3 - 1/4$ della distanza tra gli elettrodi di corrente (AB).

Di seguito si riporta lo schema esemplificativo della configurazione adottata.



La programmazione della sequenza delle misure viene eseguita mediante un software (ELECTREll) proprio dello strumento, che permette di impostare tutti i quadripoli che costituiscono il profilo.

Con tale operazione si riesce a definire il tipo di configurazione ottimale per l'esecuzione del rilievo, determinando così i livelli di misura desiderati al fine di raggiungere la profondità voluta e l'adeguata copertura per ottenere un buon dettaglio. Una volta definito lo schema del profilo, le misure dell'intensità



di corrente e della differenza di potenziale vengono eseguite in successione, automaticamente, secondo lo schema prefissato.

La misura della resistività apparente deriva da una serie di letture eseguite attraverso l'inversione di polarità della corrente che, nel presente rilievo, è stata fissata fra tre e sei cicli d'inversione; la validità della misura finale è data dal valore della deviazione standard registrata per ogni quadripolo.



5 – METODOLOGIA INTERPRETATIVA

Le misure sperimentali sono in prima analisi consultate e trattate mediante uno specifico programma (PROSYS) che permette di esaminare i parametri di ogni misura per ogni singolo quadripolo; in particolare si evidenziano:

- gli elettrodi che formano il quadripolo;
- l'intensità di corrente;
- la differenza di potenziale;
- la resistività apparente;
- la deviazione standard.

Tale programma permette di effettuare dei filtraggi sui dati ottenuti e di avere quindi un controllo sistematico dei valori sperimentali che così trattati vengono successivamente elaborati mediante uno specifico programma di interpretazione tomografica RES2DINV VER. 3.52 Z.

Il programma d'interpretazione tomografica RES2DINV elabora un modello bidimensionale della resistività del sottosuolo che soddisfi i valori sperimentali acquisiti.

L'elaborazione tomografica consiste, com'è noto, nella suddivisione dello spazio bidimensionale della sezione in celle secondo uno schema definito in riferimento alla distribuzione e alla dispersione dei dati. Per ognuna delle celle viene determinata la resistività e la caricabilità che soddisfi il complesso delle misure.



6 – ANALISI DEI RISULTATI

L'interpretazione dei dati acquisiti durante la prospezione ha consentito di ricostruire le variazioni elettriche presenti nel sottosuolo fino ad una profondità media di circa 26 metri da piano campagna.

Per la rappresentazione delle due sezioni elettrotomografiche è stata utilizzata un'opportuna scala colorimetrica logaritmica, al fine di esaltare le differenze esistenti fra la porzione di suolo che si trova al di sopra della falda di acqua salata e la corrispondente interfaccia rappresentante il tetto del cuneo salino oggetto di indagine.

L'andamento dei due profili elettrici eseguiti risulta essere sostanzialmente regolare, in particolare appare evidente un primo livello che presenta valori maggiori di $20 \Omega\text{m}$ e che rappresenta i terreni non saturi. L'andamento di tale livello è sostanzialmente orizzontale anche se non mancano lievi variazioni di spessore, tra le quali la più evidente è quella posta alla progressiva 90 m del profilo 2; inoltre, all'interno di questo, le resistività non sempre risultano totalmente omogenee come in corrispondenza della progressiva 175 m nel profilo 1, dove è presente un livello più conduttivo, così come alla progressiva 175-180 m del profilo 2. Tali variazioni di resistività si ritiene che possano essere legate principalmente a variazioni litologiche ed a rimaneggiamenti antropici superficiali.

Inferiormente si evidenzia un costante abbassamento della resistività elettrica sino a raggiungere valori inferiori a $5 \Omega\text{m}$, tale limite può rappresentare l'interfaccia tra acqua dolce ed acqua salata; che quindi si troverebbe ad una profondità, da piano campagna, di circa 10-12 metri.

Anche l'andamento dei sedimenti saturi in acqua salmastra, pur essendo sostanzialmente orizzontale, presenta lievi variazioni di spessore .

Come ultima annotazione si precisa di ritenere ininfluenza la presenza di

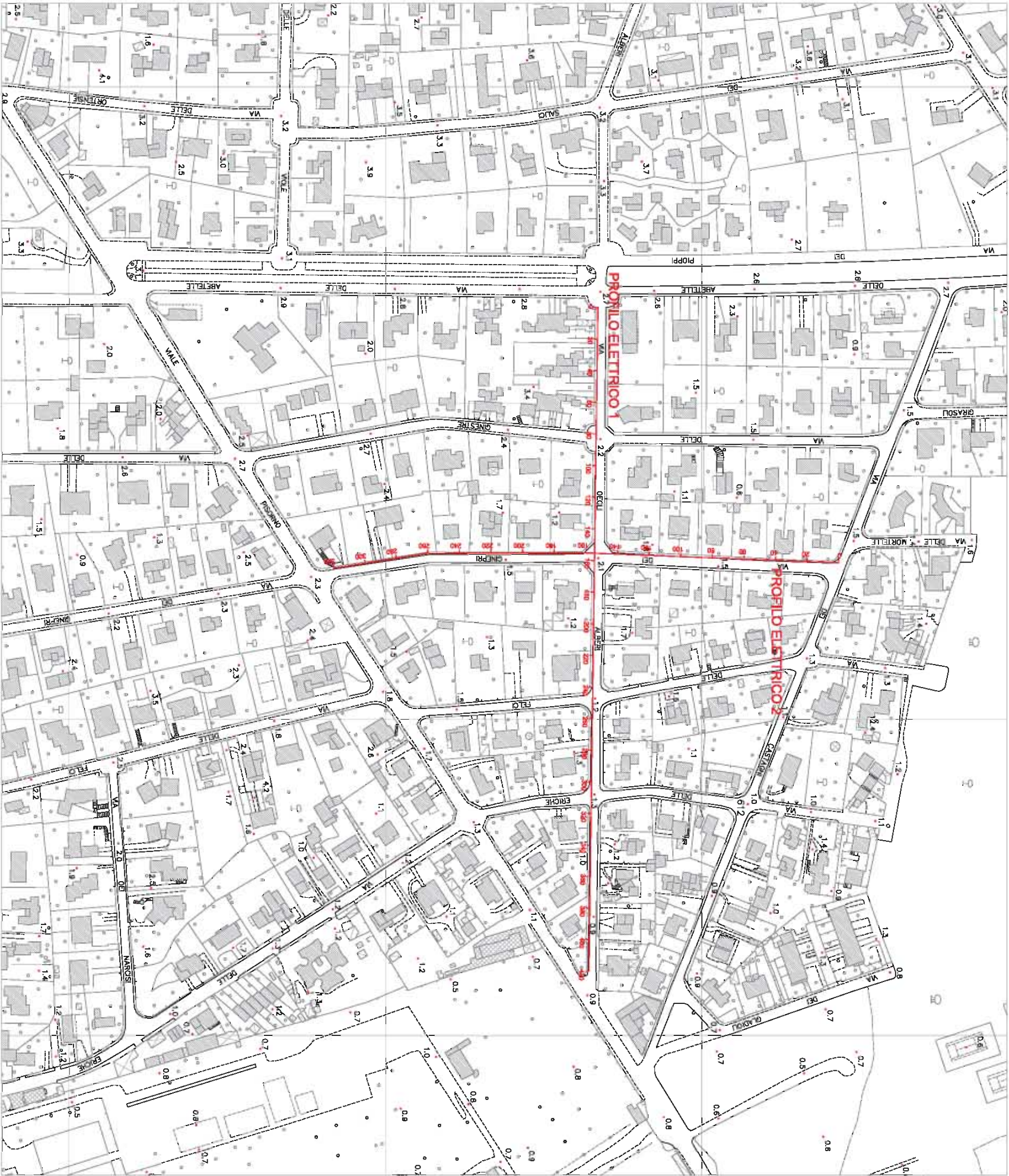


alcuni valori compresi tra 5 e 9 Ωm in due porzioni profonde del profilo 2. Tali zone, oltretutto al limite dell'investigazione, probabilmente sono state accentuate nell'interpretazione dal programma di inversione, e per questo non sono da considerare in una valutazione globale dell'andamento del sottosuolo.

Siena, Ottobre 2008

Dr. Geol. Claudio Rossi

Dr. Geol. Filippo Giorgi



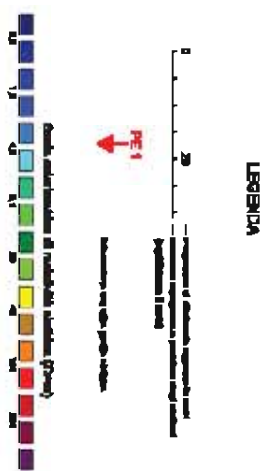
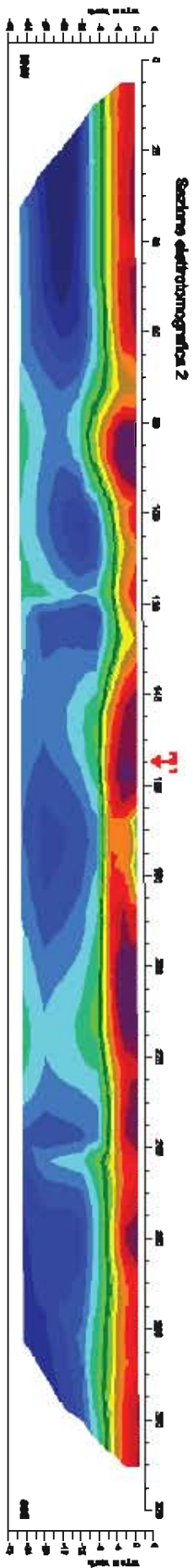
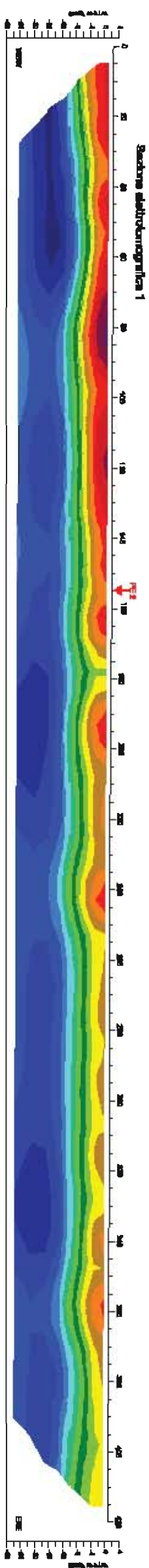
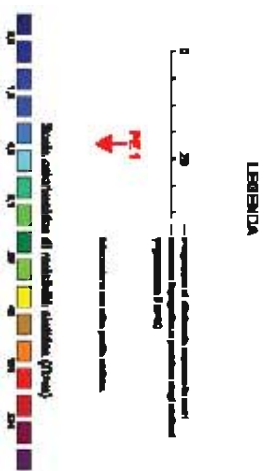
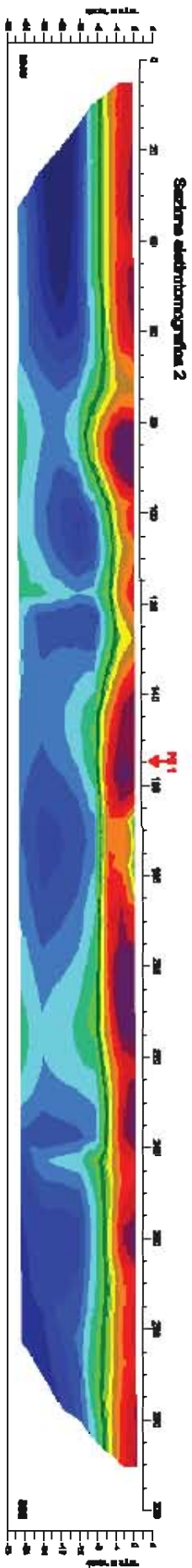
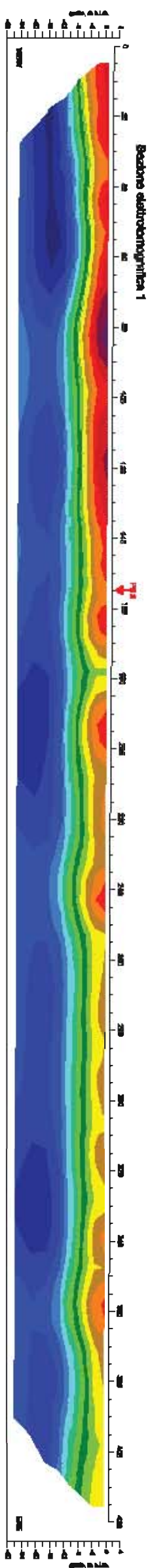
LEGENDA:

Profilo elettrico topografico e progressive di riferimento



Tutti i diritti sono riservati.
La riproduzione e la divulgazione o terzi e' vietata.

ASS.		DESCRIZIONE AGGIORNAMENTO		DATA		FIRMA	
PRECISIONE:		COMMITTENTE:		N. Arch.		3533/08	
Distanza:		ACQUE INGEGNERIA S.r.l.		N. Commessa		P262	
Quota:		LOCALITA': TIRRENA - Comune di Pisa (PI)					
Profondita':		INDAGINE: Progetti separativi del libere piano - Fogliatura nera di Tirrenia Completamento della zona Nord-Est Strada 1° lotto funzionale					
UNITA': m		SCALA:					
1:2.000		DISEGNO:					
TAVOLA:		Indagine geofisica					
PLANIMETRIA UBICATIVA DELLE INDAGINI		H. Tavole		2		FORMATO	
		TAV.		1		A2	
				0			
TECNICI: Dr. Geol. CLAUDIO ROSSI		Dr. Geol. FILIPPO GIORGI		DATA		CONTROLLATO	
STUDIO DI GEOLOGIA E GEOTECNICA S.r.l.		STRADA MASSETANA ROMANA, 56 - SIENA - ITALY		DATA		CONTROLLATO	
Tel. 0577 49278 - Fax 0577 287254 - e-mail: info@sgg.it							

[illegible][illegible]