


# REALIZZAZIONE DI FOGNATURA E ACQUEDOTTO PRESSO SAN PIERO A GRADO E LA VETTOLA LOTTO II



Allegato <b>3</b>	Titolo: <b>Relazione geologica</b>		SCALA	
			DATA    Marzo 2016	
 <p>Sede Firenze    Via De Sanctis,49/51 - 50136 - Cod.Fisc. e P.I.V.A. 06111950488</p> <p>Organizzazione con Sistema di Gestione Integrato Certificato in conformità alle normative ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000</p>				
PROGETTISTI :		COLLABORATORI :		
Ing. Giovanni SIMONELLI		Ing. Leonardo Duranti		
Ing. Simone FRANCHINI				
CONSULENTI TECNICI:		COMMESSA IT: I15A0504 - I15F0344		
		CODICE COMMESSA COMMITTENTE: I08F807		
COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:		RESPONSABILE COMMESSA I.T.: Ing.GIOVANNI SIMONELLI		
Ing. Simone FRANCHINI		RESPONSABILE COMMESSA ACQUE: Geom. Patrizio LIPPI		
DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANE :		COMMITTENTE :		
Ing. ANNACLAUDIA BONIFAZI		ING. ROBERTO CECCHINI		
REV.	Data	DESCRIZIONE/MOTIVO DELLA REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO / APPROVATO
00	Mar. 2016	EMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO	FRANCHINI	BONIFAZI

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
1.1 UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO GENERALI .....	2
1.2 QUADRO NORMATIVO .....	2
<b>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE.....</b>	<b>2</b>
2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOLITOLOGICO .....	4
2.3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	4
2.4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO .....	4
2.5. INQUADRAMENTO PGRA DISTRETTO APPENNINO SETTENTRIONALE .....	5
<b>3. SOLLEVAMENTO .....</b>	<b>6</b>
3.1 UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO .....	6
3.2 INDAGINE ESEGUITE .....	6
3.3 VALUTAZIONI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE .....	6
<b>4. PROBLEMATICHE DI SCAVO.....</b>	<b>9</b>
<b>5. ATTRAVERSAMENTO NO DIG A12 .....</b>	<b>10</b>
5.1 FASI DEL DIRECTIONAL DRILLING .....	11
5.2 SISTEMA DI GUIDA CON DISPOSITIVO WIRELINE .....	13
5.3 FANGHI DI PERFORAZIONE.....	13
<b>6 CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI .....</b>	<b>17</b>

**allegati**

**Tavole**

**Certificati prove penetrometriche**

## **1. PREMESSA**

### ***1.1 Ubicazione e caratteristiche dell'intervento generali***

La presente relazione è stata redatta su incarico di Acque S.p.A. ed è volta ad una caratterizzazione e modellazione geologica dei terreni interessati dal progetto di realizzazione del secondo lotto di lavori della riorganizzazione fognaria di San Piero a Grado (PI).

La condotta fognaria in progetto permetterà di collettare i reflui urbani dall'agglomerato di San Piero a Grado verso il depuratore di Pisa Sud.

### ***1.2 Quadro normativo***

Le indagini geologiche ottemperano a quanto previsto dal: D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519 del 28/04/06; D.M. 11/03/88, D.P.G.R. 26/r 2007, D.C.R.T. n.12/00, D.P.C.M. 06/05/2005 (PAI), D.P.C.M. 226 del 05/11/99, ex L. 1497/39 e art. 142 del Dlgs. 42/04, Regio Decreto n° 3267 del 30/12/1923, strumenti di pianificazione vigenti dell'Autorità di Bacino dell'Arno, Strumenti Urbanistici del Comune di Pisa e Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa.

## **2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE**

L'area di nostro interesse si colloca nella pianura pisana, nel settore compreso tra la foce del fiume Arno e il centro abitato di Pisa; più precisamente a circa 0,5 km dalla riva sinistra dell'Arno, a 6,0 km dalla linea di costa e a 4,5 Km dal centro di Pisa.

Da un punto di vista geomorfologico, l'area è pianeggiante, con quote comprese tra 1,5 e 3,0 m s.l.m.

Si tratta di un'area abitativa insediatasi nei pressi di uno scalo fluviale attualmente scomparso dell'antico Porto Pisano.

Da un punto di vista geologico, l'area si colloca al limite occidentale 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 depositi alluvionali con granulometria variabile da argilla a limo..

Nelle aree antropizzate (San Piero a Grado, La Vettola) la morfologia 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 argillosi, in corrispondenza dei paleo alvei del Fiume Arno o di canali di bonifica abbandonati sono presenti depositi sabbiosi.

## ***2.2. Inquadramento geologico e geolitologico***

Dal punto di vista geologico le formazioni che affiorano nell'area di studio sono depositi alluvionali argillosi, prevalentemente torbe palustri e depositi di colmata (at).

Questi depositi si ritrovano diffusamente nella pianura di Pisa e caratterizzano il territorio di San Piero a Grado che confina a sud ed ovest con i primi sedimenti di depositi sabbiosi dei lidi e dune litoranee (d).

Tra il nucleo storico abitativo tra San Piero a Grado e la Vettola, lungo via Livornese, si rinvencono sedimenti di natura diversa e diretta conseguenza delle esondazioni del fiume Arno depositi alluvionali prevalentemente limosi e sabbiosi con intercalazioni argillose (la).

La zona compresa tra Pisa e il mare era una zona prevalentemente paludosa che poi in seguito alle varie bonifiche ed antropizzazioni ha subito cambiamenti di utilizzo in tempi storici. I sedimenti presenti sono una diretta conseguenza di un ambiente sedimentario di retro spiaggia con prevalenza di ambiente paludoso.

L'estratto della carta litologica (Tavola 3), mostra che nell'area d'interesse affiorano le argille e limi (al) e i terreni prevalentemente limosi (li).

Queste sono caratterizzate da una granulometria da fine a medio fine e dal fatto che le dimensioni dei granuli aumentano procedendo verso la linea di scorrimento del Fiume Arno.

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

## ***2.3. Inquadramento geomorfologico***

La morfologia del territorio deve i suoi lineamenti fondamentali agli intensi antropici e alle regolamentazioni idrauliche esistenti nella pianura a ovest della città di Pisa.

## ***2.4. Inquadramento idrologico e idrogeologico***

L'area, come risulta dalla cartografia di supporto al Piano Strutturale vigente riconosce alcuni corsi d'acqua principali. Il reticolo idrografico si sviluppa dalle zone prossime al Fiume Arno ed hanno una direzione nordovest – sudest fino a

convogliare nel Vecchio canale dei Navicelli che poi prosegue in direzione sud per reimmettersi nel Canale dei Navicelli navigabile per mezzo del sollevamento dell'idrovora esistente. Il reticolo risulta in parte a scolo naturale e in parte a scolo meccanico.

I corsi d'acqua principale con i quali si incrocerà la condotta in progetto risultano essere:

Fosso di Sanguinetto (reticolo naturale)

Fosso di San Piero sud e nord parallelo è intubato (reticolo naturale)

Antifosso di sanguinetto (reticolo artificiale)

Fosso Santa Maria degli Angeli (reticolo artificiale)

Esiste un sistema di reticolo idraulico secondario estremamente ramificato e diffuso all'interno di tutto il territorio, non si può escludere che esistano diversi fossi incubati sotto Via Livornese in collegamento con il fosso di San Piero

### ***2.5. Inquadramento PGRA Distretto Appennino Settentrionale***

Rispetto alla stesura del progetto definitivo in questo settore è stata modificata la normativa di riferimento essendo stato redatto il Piano Gestione Rischio Alluvioni che ha accorpato le aree a pericolosità idraulica del Pai dell'Autorità di bacino del Fiume Arno.

La pericolosità idraulica non è aumentata, ma è stata predisposta una carta dei rischi che ha chiaramente indicato l'abitato di San Piero in Rischio 3 a causa della densità abitativa.

### **3. SOLLEVAMENTO**

#### **3.1 Ubicazione e caratteristiche dell'intervento**

La stazione di sollevamento è ubicata in corrispondenza del margine sud dell'abitato di San Piero a Grado al margine del parcheggio pubblico esistente, questa posizione è stata individuata in modo tale da essere in uno dei punti più bassi morfologicamente dell'area di San Piero.

#### **3.2 Indagine eseguite**

In corrispondenza dell'opera in oggetto è stata eseguita una prova penetrometrica CPTU che ha raggiunto la profondità di 10 m da p.c..

La prova ha evidenziato la presenza di materiale incoerente di tipo sabbioso con alternanza di limo o sabbia più grossolana, e la presenza di una lente di argilla plastica tra 5 e 6 m da p.c., un ulteriore livello plastico è stato individuato tra i 9 e i 10 m da p.c..

Di seguito si riportano le tabelle che sintetizzano le caratteristiche geotecniche individuate dalle prove penetrometriche:

CPT1

<i>Profondità m</i>	<i>Peso unità di volume t/m3</i>	<i>Coesione non drenata kg/cm2</i>	<i>Angolo d'attrito gradi</i>	<i>Mod.edometrico Kg/cm2</i>	<i>litologia</i>
0,00-1,00	1,80		45	332	Mat di riporto
1,00-3,20	1,90		39	287	Sabbie limose grossolane
3,20-4,70	1,90		40	336	Sabbie grossolane
4,70-6.25	1,70	0,24		26	Argille plastiche
6,25-8,80	1,90		37	268	sabbie
8,80-10,40	1,85	0,60	24	45	Argille limose
10,40 – 10,80	1,80		31	172	sabbie

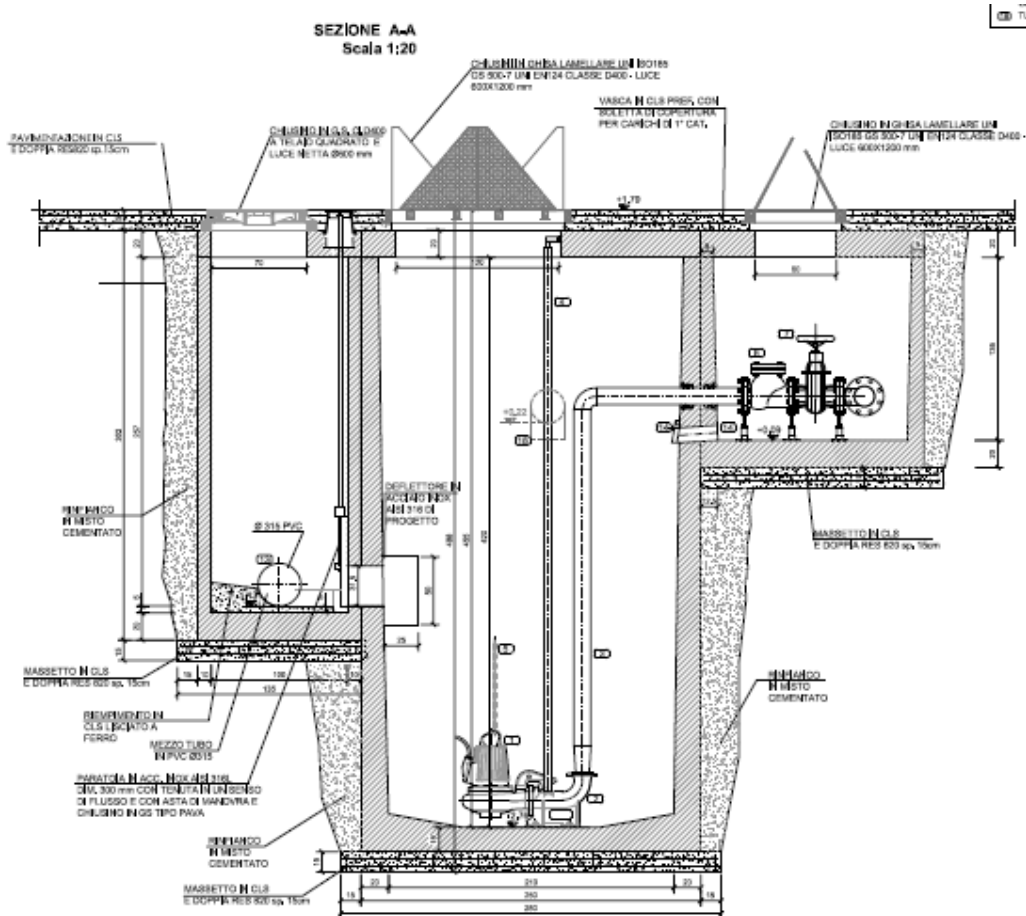
#### **3.3 Valutazioni geologiche e geotecniche**

La stazione di sollevamento di cui si riporta una sezione estratta dalla tav. 09 di progetto, raggiungerà una quota di posa pari a 4,90 m da p.c..

Dalla stratigrafia sopra riportata si nota come siamo precisamente all'interno delle argille plastiche che caratterizzano la pianura di Pisa, e che hanno un comportamento di rifluimento liquido, quindi il terreno al di sotto della stazione

della fondazione deve essere bonificato per circa 1 m di profondità, fino a raggiungere la quota di 6,2 m da p.c.. questo intervento permetterà di evitare cedimenti differenziali dell'opera o che la stessa in fase di posa venga in parte inglobata dalle argille.

Per fare questo rimossa l'argilla dovrà essere posta in opera una massicciata con la precedente posa di tessuto non tessuto che impedisca il rifluire successivo delle argille nel sottofondo, oppure considerato il livello di falda potrebbe essere eseguita una gettata di magrone con ferri di richiamo da collegare alla fondazione dell'opera in oggetto e quindi utilizzarla per opporsi alle sotto spinte idrauliche.



Per quanto riguarda la capacità portante la bonifica del sottofondo e considerando l'alleggerimento con l'asportazione del materiale permette di non aver problemi in relazione alla capacità del sottosuolo.

Il problema maggiore risulta essere la situazione di scavo in cui dovranno essere usate palancole, considerata la profondità del sollevamento, si consiglia



di procedere con un prescavo di circa 1 m e poi procedere all'infissione di palancole di almeno 10 m di lunghezza e di considerare un infissione effettiva di 9,5 m da piano cantiere.

Chiaramente le palancole dovranno essere legate in testa in modo rigido e a seconda dello spessore usato dovrà essere valutato e giustificato dal fornitore la necessità di una ulteriore cerchiatura.

Considerata la presenza di falda si consiglia l'utilizzo di palancole Larsen legate tra loro già in infissione.

Per quanto riguarda l'abbattimento della falda si dovranno utilizzare well points da porre con filtro a circa -7 m da p.c., lunghezza massima raggiungibile dagli aghi partendo da -1 da piano cantiere

#### **4. PROBLEMATICHE DI SCAVO**

Le problematiche maggiori sono dovute alle profondità di scavo che per lunghi tratti superano i 2 m di profondità attestandosi spesso a 3 m di profondità.

Nel ramo di fognatura a gravità B1 – B2 lungo via Emilio Scauro si superano regolarmente i due metri di profondità e quindi sarà necessario predisporre un sistema di well points che permetta di controllare il livello di falda, i well points avranno presumibilmente un passo di circa 2 m tra ognuno e permetteranno di abbassare il livello di falda ben al di sotto della sezione di scavo previsto.

Nel progetto è previsto un altro tratto con scavi prossimi ai 3 m di profondità ma il piano stradale è ubicato almeno 1 m più in lato rispetto a Via Emilio Scauro e quindi sarà da gestire solo la presenza di acqua sul fondo scavo con l'utilizzo di un sottofondo in graniglia che permetta di convogliare le acque in punti precisi e poi allontanarle dall'area di scavo.

Tutte queste valutazioni dovranno essere verificate all'apertura del cantiere eseguendo dei piezometri con trivelle al fine di valutare le condizioni idrogeologiche al momento dell'esecuzione dei lavori.

Per quanto riguarda la restituzione completa delle acque prelevate per l'abbattimento della falda si utilizzerà il reticolo idrografico presente nei pressi del sollevamento che è collegato al fosso dei navicelli (2).

## **5. ATTRAVERSAMENTO NO DIG A12**

Al fine di collegare il sistema in oggetto con la rete fognaria esistente presente in via Livornese dalla parte opposta dell'Autostrada A12 e del raccordo autostradale di uscita si deve procedere con l'esecuzione di uno scavo con tecnologia no dig.

Il progetto prevede la posa in opera di una nuova condotta attraverso la tecnica del DIRECTIONAL DRILLING.

La nuova condotta in Pead De 225 PN 16 PE 100 tipo EGEPLAST SLA è di tipo corazzato per proteggere l'acqua dei pozzi da possibili infiltrazioni di sostanze inquinanti e di idrocarburi provenienti dalla vicina stazione di servizio.

La condotta di progetto presenta una benda adesiva in alluminio avvolta tra la tubazione in PE100 RC e la corazza coestrusa che fornisce una garanzia affidabile nel tempo (50 anni ca) al passaggio di sostanze inquinanti.

La nuova condotta, di lunghezza pari a 228 metri ca., sarà collegata alle tubazioni già esistenti in ghisa sferoidale DN 200 attraverso opportuni raccordi idraulici.

La posa della tubazione sarà eseguita con la tecnica del Directional Drilling (DD), detta anche Perforazione Orizzontale Controllata, realizzata impiegando speciali impianti di perforazione in cui attraverso l'uso combinato di un sistema di guida e utensili fondo foro direzionali è possibile realizzare fori nel sottosuolo guidando la perforazione secondo percorsi prestabiliti contenenti anche curve plano-altimetriche.

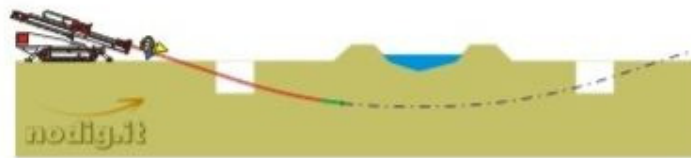
L'impianto per la realizzazione del directional drilling dovrà essere costituito da una macchina di perforazione (detta anche Rig) su carro cingolato con forza di tiro non inferiore alle 20 ton circa e coppia di rotazione non inferiore a 15 kN/m.

Il gruppo pompante dovrà avere una portata di fanghi non inferiore ai 300 lt/min.

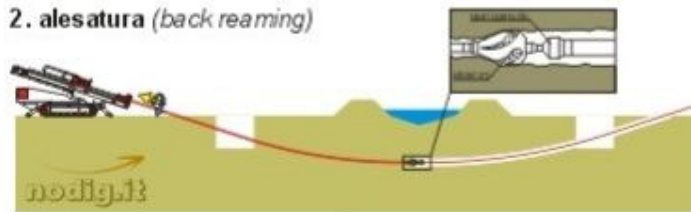
Il diametro e la lunghezza delle aste, movimentate tramite apposita gru posizionata nell'area di lavoro del Rig, dovrà essere concordato con la ditta appaltatrice dei lavori.

I fanghi di ritorno dal foro di perforazione dovranno essere convogliati in una vasca di raccolta di volume pari ad 8 mc ca. ottenuta realizzando uno scavo, opportunamente impermeabilizzato, nel terreno.

**1. foro pilota (pilot bore)**



**2. alesatura (back reaming)**



**3. tiro (pullback)**



**4. assetto finale della tubazione**



**Fasi di installazione della tubazione con la tecnica del DD**

L'installazione della tubazione avverrà secondo uno schema esecutivo generale che prevederà tre fasi fondamentali:

- Perforazione pilota (pilot bore);
- Alesatura (backreaming);
- Tiro (pull back).

**5.1 Fasi del directional drilling**

In questa prima fase si procederà, nel rispetto delle traiettorie stabilite in sede di progettazione esecutiva, con l'esecuzione del foro pilota di diametro variabile da 100 a 125 mm ca..

La punta di perforazione, detta jet-head, verrà inserita nel terreno nel punto indicato da progetto come "punto iniziale" del profilo di perforazione, orientando la perforazione sia in altimetria che in planimetria.

Dopo aver intestato la perforazione nel punto iniziale, si procederà seguendo il tracciato indicato da progetto, operando laddove necessario le dovute manovre di deviazione.

Durante le fasi di avanzamento della testa, particolare attenzione bisognerà prestare alle pressioni utilizzate che dovranno essere sufficientemente basse (normalmente al di sotto di 10 bar) così da impedire il fenomeno del frac-out ossia la fuoriuscita superficiale dei fanghi di perforazione per rottura del suolo.

In ogni modo, anche in presenza di frac-out, l'unico problema sarà la pulizia superficiale dei fanghi di perforazione.

In questo caso la bentonite fuoriuscita dovrà essere ripulita dalla superficie e smaltita in discarica.

Il foro pilota non dovrà, in nessun caso, andare ad interferire con ciò che già esiste nel sottosuolo (sottoservizi, strutture, ipogei ecc. ecc.), per tale motivo tra le pareti esterne della tubazione in corso di installazione e quelle preesistenti dei sottoservizi e delle strutture dovrà essere garantito **un franco minimo di sicurezza pari a quattro metri.**

Ugualmente al di sotto del piano stradale dovrà essere garantita **una profondità non inferiore a 4 metri** utilizzando un sistema di guida wireline per l'intero percorso di perforazione.

Al termine della perforazione pilota, in corrispondenza del punto di uscita, gli utensili di perforazione ed il sistema di guida verranno smontati ed al loro posto verrà montato un alesatore per aumentare il diametro del foro.

La dimensione dell'alesatore dovrà essere funzione del diametro finale della tubazione di progetto da installare.

Si procederà quindi a ritroso tirando e ruotando l'alesatore in modo da allargare il foro pilota sino al raggiungimento della dimensione desiderata che dovrà essere compresa tra i 300 e i 350 mm asseconda del tipo di terreno nel quale si andrà a scavare durante la fase di perforazione pilota.

Al termine della fase di alesatura si procederà al tiro della condotta da installare entro il perforo opportunamente allargato.

L'intercapedine tra il foro alesato e la tubazione posata dovrà essere colmato dal fango bentonitico che solidificando creerà una "corazza" pseudolitoide ed impermeabile continua tra il terreno circostante e le pareti della tubazione.

### ***5.2 Sistema di guida con dispositivo wireline***

Il sistema di guida da utilizzare in questo caso dovrà essere necessariamente di tipo wireline.

Questo sistema è costituito da una sonda in testa di perforazione che permette la ricezione dei parametri di foro secondo due sistemi indipendenti: via onde magnetiche rilevabili da un dispositivo ricevitore operante in superficie sulla verticale della testa di perforazione (sistema walkover); via cavo.

Un filo unipolare di sezione 6 mm passando all'interno delle aste stesse di perforazione collega direttamente la sonda con un interfaccia posizionato alla macchina permettendo di conoscere continuamente l'inclinazione del foro e consentendo di fare precise correzioni di traiettoria.

L'utilizzo del sistema wireline è richiesto dal fatto che permette la conoscenza puntuale e continua dell'inclinazione della sonda, essenziale per il rispetto del tracciato e dei franchi di profondità imposti in questa lavorazione, oltretutto permette di avere informazioni precise a qualsiasi profondità anche nelle situazioni in cui non ci sia possibilità di accesso diretto in superficie lungo l'asse del tracciato di posa.

### ***5.3 Fanghi di perforazione***

In tutte le fasi di lavoro, foro pilota, alesature e tiro verranno adoperati dei fanghi bentonitici.

L'effettiva composizione di tali fanghi verrà definita soltanto in fase di perforazione dopo una attenta analisi dei parametri di perforazione e grazie alle analisi sui fanghi di ritorno eseguita direttamente in situ; in ogni modo saranno a base di bentonite naturale (argilla sodica di origine vulcanica) e l'eventuale aggiunta di polimeri stabilizzanti sarà di tipo certificato a totale biodegradabilità e atossicità.

I fanghi bentonitici svolgono molteplici funzioni:

- trasmettono la forza di taglio idraulico poiché agiscono sul terreno e lo disgregano sfruttando l'energia cinetica in fase di foro pilota;
- in ragione della loro tixotropicità mantengono in sospensione i materiali più fini e ne rendono possibile la loro eduazione mentre i materiali più grossolani vengono dislocati sulle pareti del foro;

- saturano le porosità delle pareti del foro (rivestite da uno strato di fango il cui spessore può variare da alcuni millimetri fino a 2/3 cm) garantendo una maggior stabilità ed una riduzione della rugosità naturale e quindi dell'attrito; la formazione del pannello di fango sulle pareti del foro avviene per pressofiltrazione dell'acqua libera eccedente attraverso il terreno che funziona da filtro naturale trattenendo le particelle;
- contribuiscono alla stabilizzazione del foro combinando una modesta azione di spinta idrostatica sulle pareti generata dal ridotto battente idraulico con la funzione legante che possono apportare penetrando nel terreno stesso e miscelandosi con esso;
- mantengono la temperatura dell'utensile di perforazione entro valori compatibili con le esigenze dello strumento di guida in essa alloggiato;
- garantiscono la completa saturazione ed impermeabilizzazione dell'aureola teorica causata dalla differenza di diametro foro-tubo, evitando problematiche di sifonamento e destabilizzazione del terreno soprastante.

Il posizionamento della perforatrice sarà concordato con la DL solo dopo che la Ditta Affidataria avrà determinato con i sistemi d'indagine georadar l'esatta posizione del tubo Finsider, dei sottoservizi e delle strutture esistenti.

Il lancio dovrà garantire tra le pareti esterne della tubazione in corso di installazione e quelle preesistenti dei sottoservizi e delle strutture un **franco minimo di sicurezza pari a due metri.**

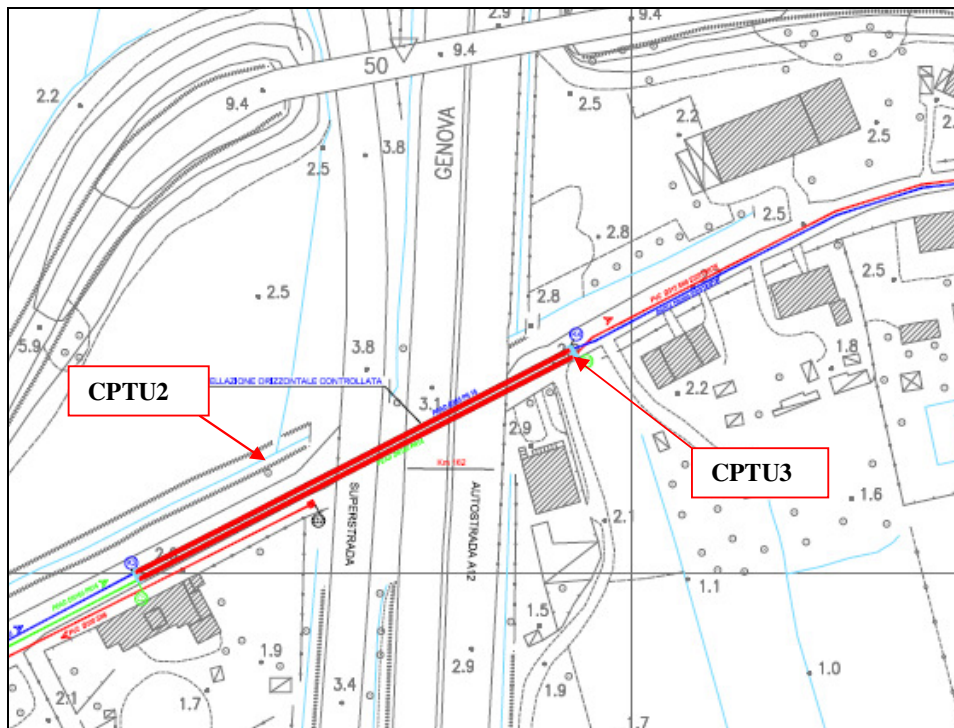
Le estremità della nuova condotta saranno collegate alle tubazioni esistenti attraverso raccordi idraulici in ghisa sferoidale Dn 200.

In ogni caso, tutti i ripristini a cielo aperto dovranno rispettare le prescrizioni del disciplinare tecnico dell'Ente competente gestore della strada e la nuova tubazione potrà essere messa in esercizio solo dopo aver superato positivamente il collaudo.

Tuttavia, per una migliore e completa comprensione delle opere da realizzare si rimanda, unitamente alla lettura della presente relazione alla visione degli elaborati grafici di progetto allegati.

Al fine di avere informazioni due tipo di terreno che verrà attraversato dalla trivellazione, sono state eseguite due prove CPTU lungo il tracciato in progetto.

Progetto ESECUTIVO  
Realizzazione di Fognatura e acquedotto presso San Piero a Grado e La vettola – Lotto II  
Relazione Geologica



Di seguito si riportano le tabelle che sintetizzano le caratteristiche geotecniche individuate dalle prove penetrometriche:

**CPTU2**

Profondità m	Peso unità di volume t/m3	Coesione non drenata kg/cm2	Angolo d'attrito gradi	Mod.edometrico Kg/cm2	litologia
0,00-1,00	1,80		41	77	Mat di riporto
1,00-2,70	1,96	0.9		43	Limo con sabbie grossolane
2,70-5,00	1,90		38	140	Sabbie grossolane
5,00-6.40	1,68	0,17		24	Argille plastiche
6,40-8,60	2,02	1,27		54	Argille
8,60-9,50	2,22	4,23	36	177	Argille limose consolidate

**CPTU3**

Profondità m	Peso unità di volume t/m3	Coesione non drenata kg/cm2	Angolo d'attrito gradi	Mod.edometrico Kg/cm2	litologia
0,00-1,00	1,80		41	77	Mat di riporto
1,00-3,00	1,89	0.86		47	Argilla
3,00-5,00	1,64	0,21		19	Argille plastiche
5,00-5.60	1,90		37	63	Sabbia
5,60-8,90	2.02	1,59		53	Argille
8,90-9,80	1,80		41	91	Sabbia



In relazione alle prove sopra descritte è stata predisposta una sezione geologica che permette di individuare una litologia prevalente argillosa, ma che per brevi tratti può intersecare lenti sabbiose, che quindi potrebbero avere la necessità di un fango bentonitico di maggior peso.

## **6 CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI**

Allo stato attuale delle conoscenze geologiche l'intervento è compatibile con la situazione rilevata.

Per ridurre i rischi sia in costruzione che in esercizio devono essere predisposti sistemi di abbattimento della falda che permettano di eseguire i lavori regolarmente e in corrispondenza della quota di fondazione della centralina sia eseguita una valutazione visiva del materiale ed eventualmente procedere alla bonifica geotecnica del sottosuolo.

Dott. Geol. Nicola Cempini

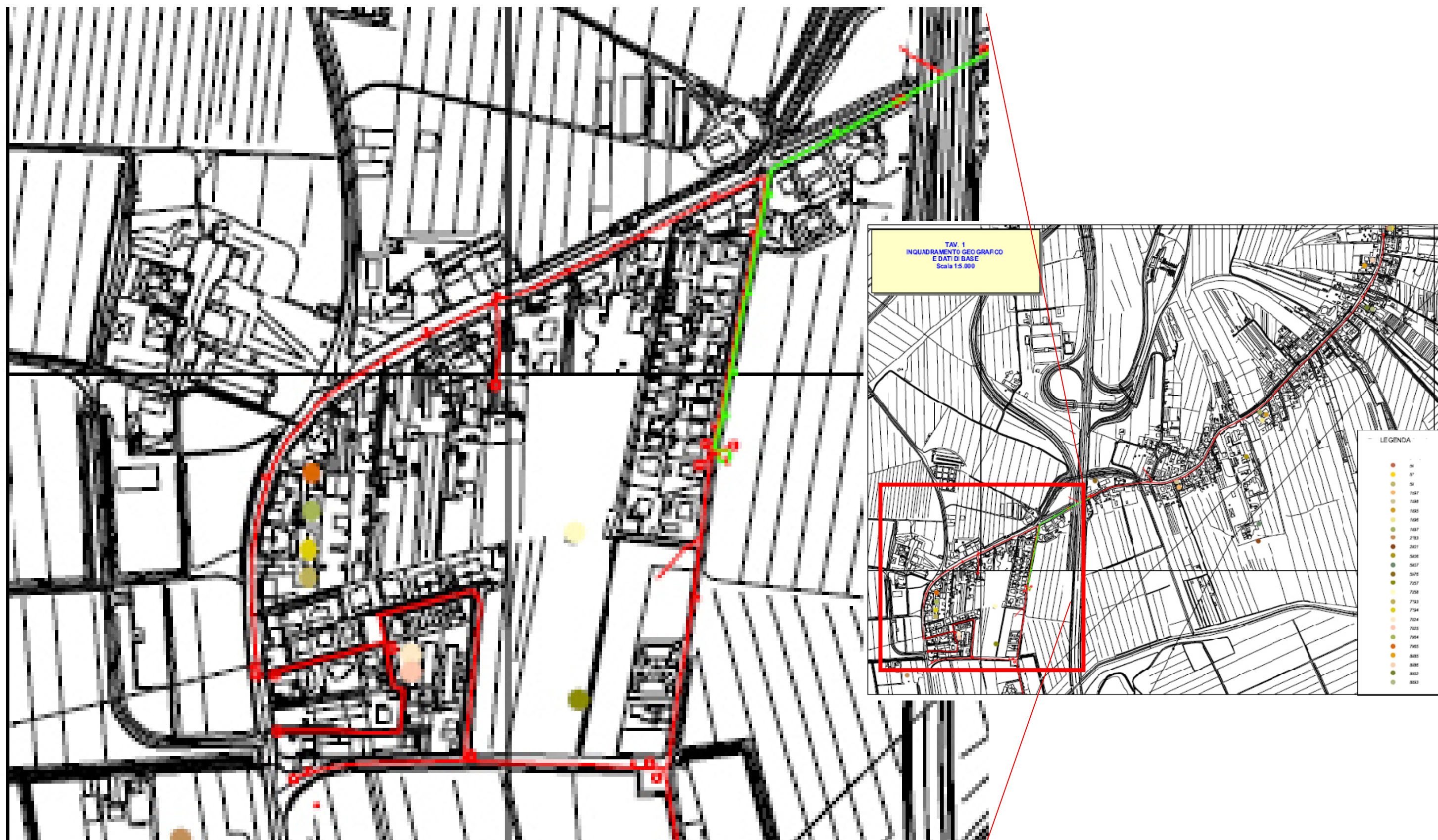
## TAVOLE

## PROVE PENETROMETRICHE

INDAGINE SISMICA  
S7

## VERIFICHE DI STABILITA' S7

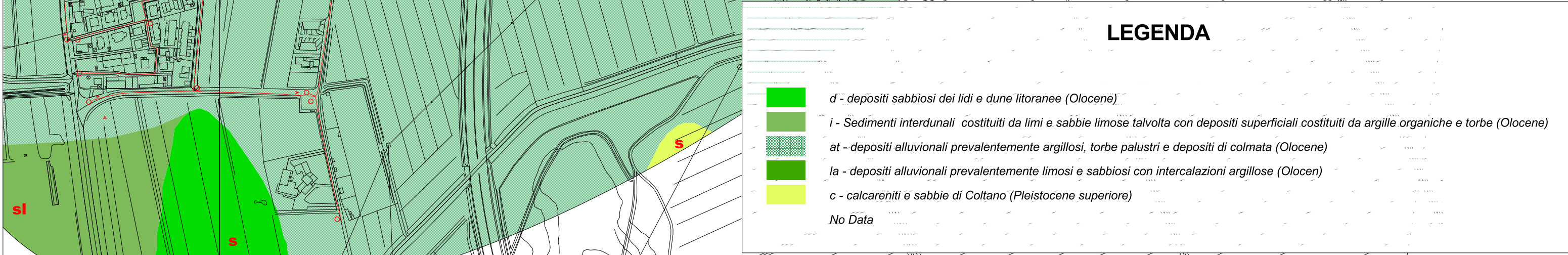
FIGURA 1  
inquadramento geografico





TAV. 2 - GEOLOGIA  
Scala 1:5.000

Estratto da Piano Strutturale del Comune di Pisa





TAV. 3 - LITOLOGIA  
Scala 1:5.000

Estratto da Piano Strutturale del Comune di Pisa

LEGENDA

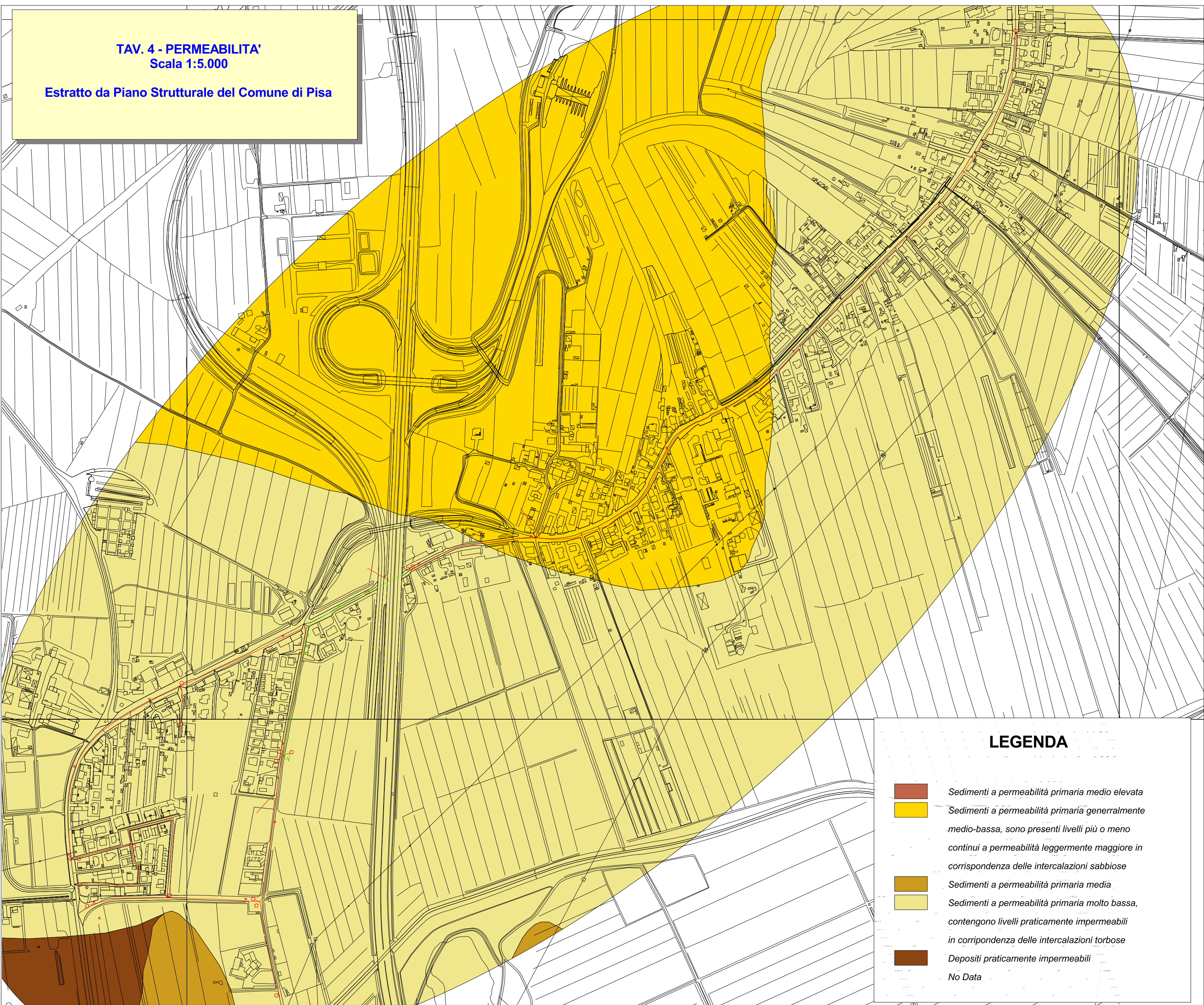
al	al
li	li
s	s
sl	sl




TAV. 4 - PERMEABILITA'

Scala 1:5.000

Estratto da Piano Strutturale del Comune di Pisa

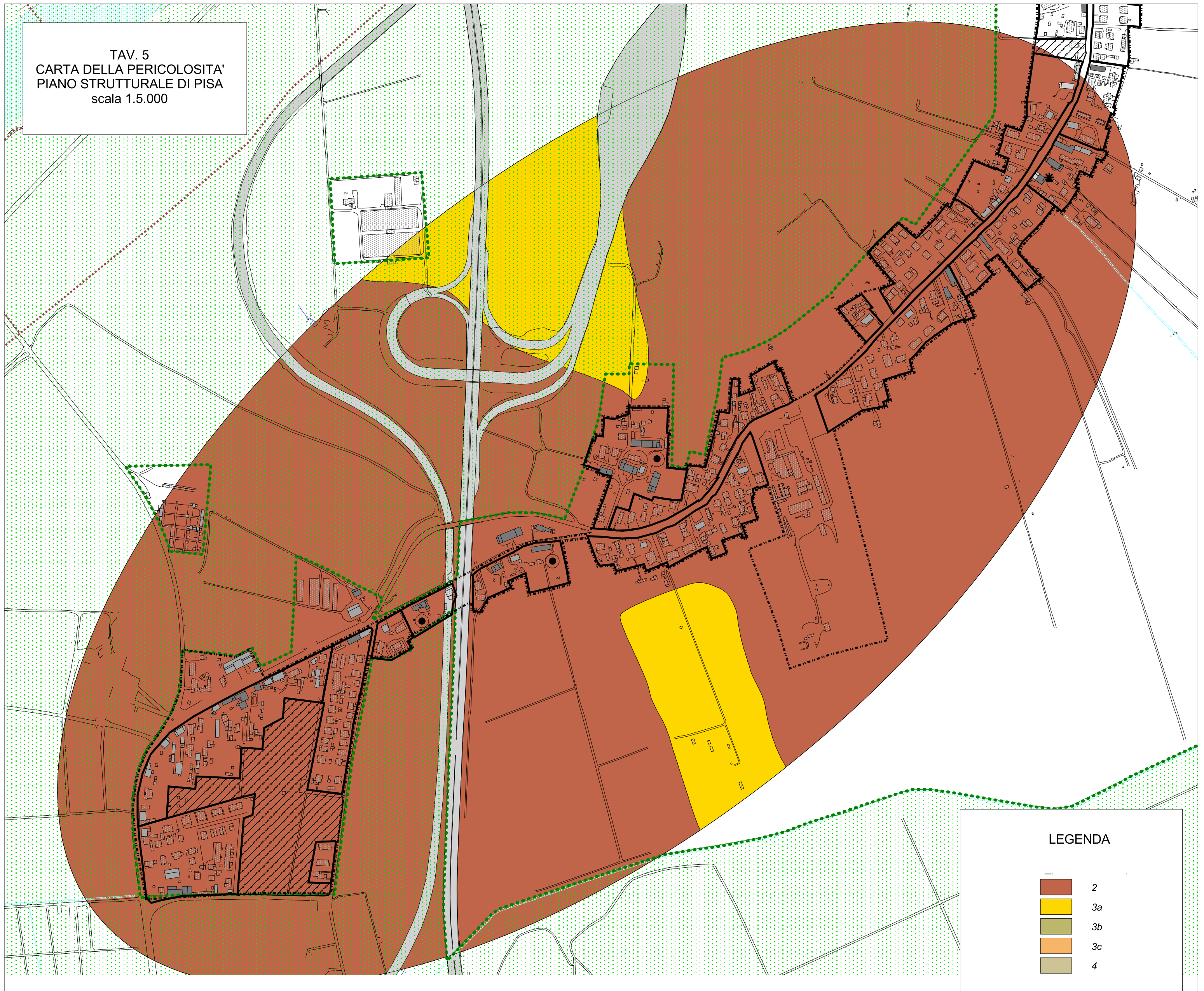


LEGENDA

-  Sedimenti a permeabilità primaria medio elevata
-  Sedimenti a permeabilità primaria generralmente 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 corripонденza delle intercalazioni torbose
-  Depositi praticamente impermeabili
-  No Data



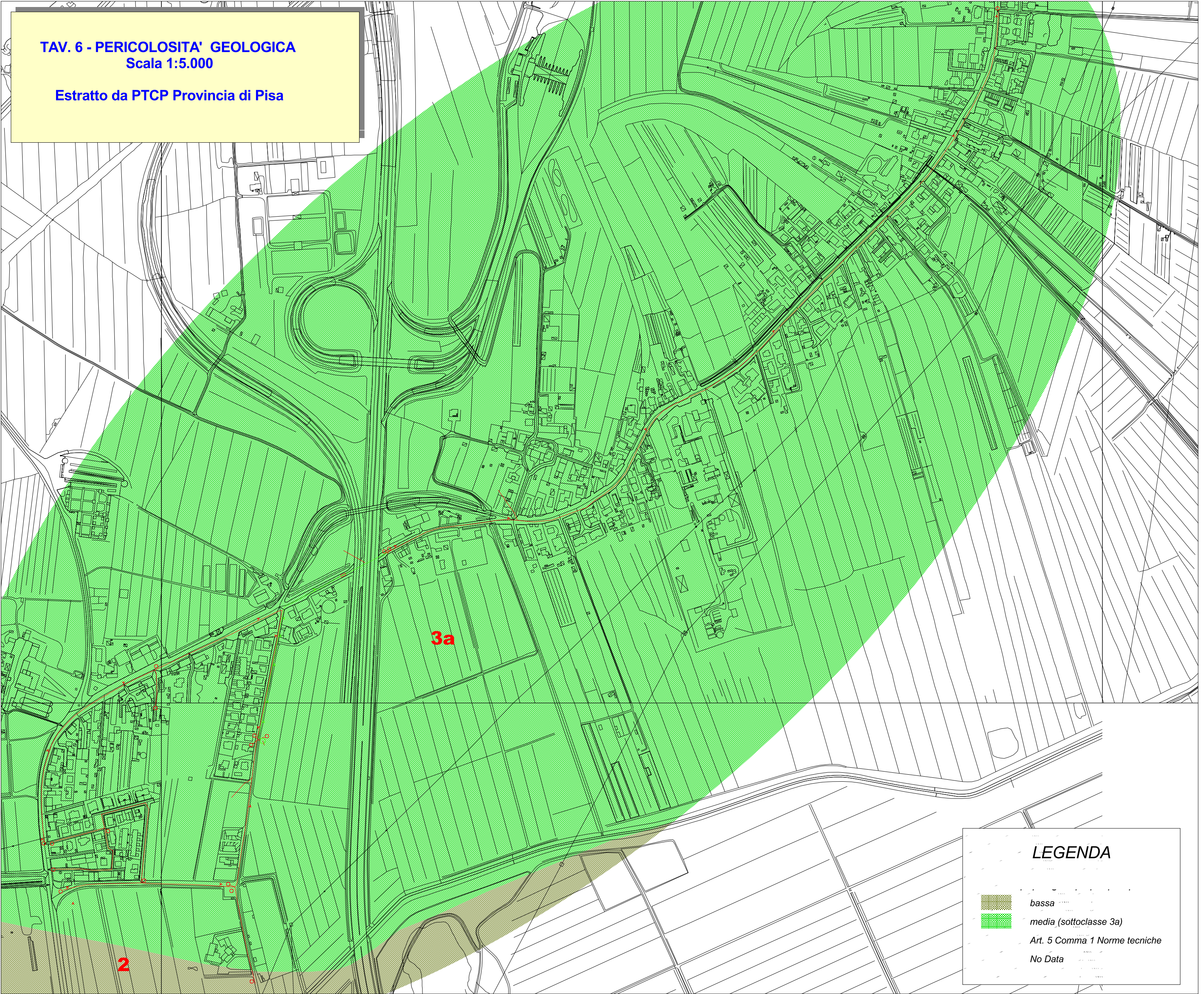
TAV. 5  
CARTA DELLA PERICOLOSITA'  
PIANO STRUTTURALE DI PISA  
scala 1.5.000





TAV. 6 - PERICOLOSITA' GEOLOGICA  
Scala 1:5.000

Estratto da PTCP Provincia di Pisa



LEGENDA



bassa



media (sottoclasse 3a)

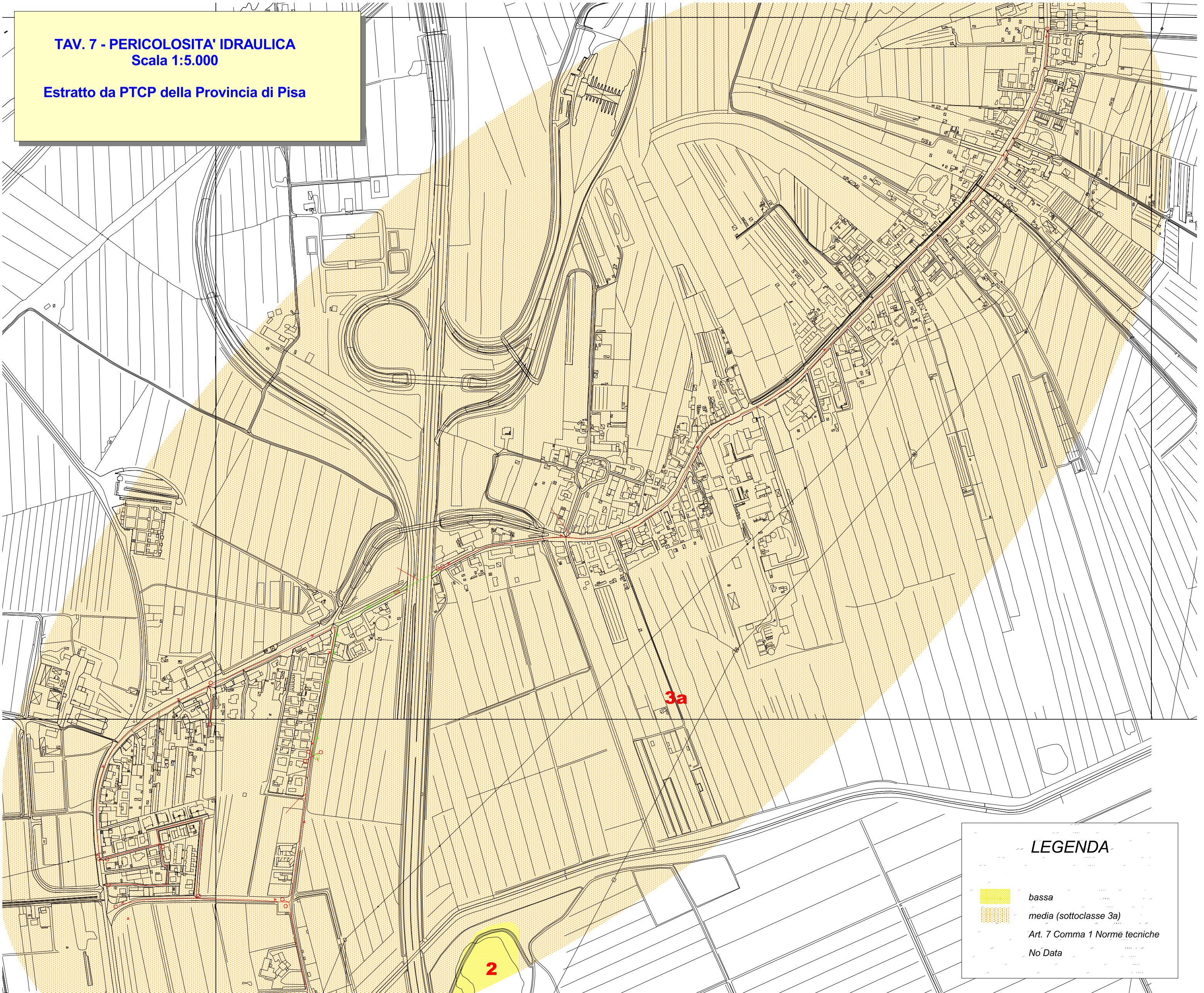
Art. 5 Comma 1 Norme tecniche

No Data





**TAV. 7 - PERICOLOSITA' IDRAULICA**  
**Scala 1:5.000**

**Estratto da PTCP della Provincia di Pisa**

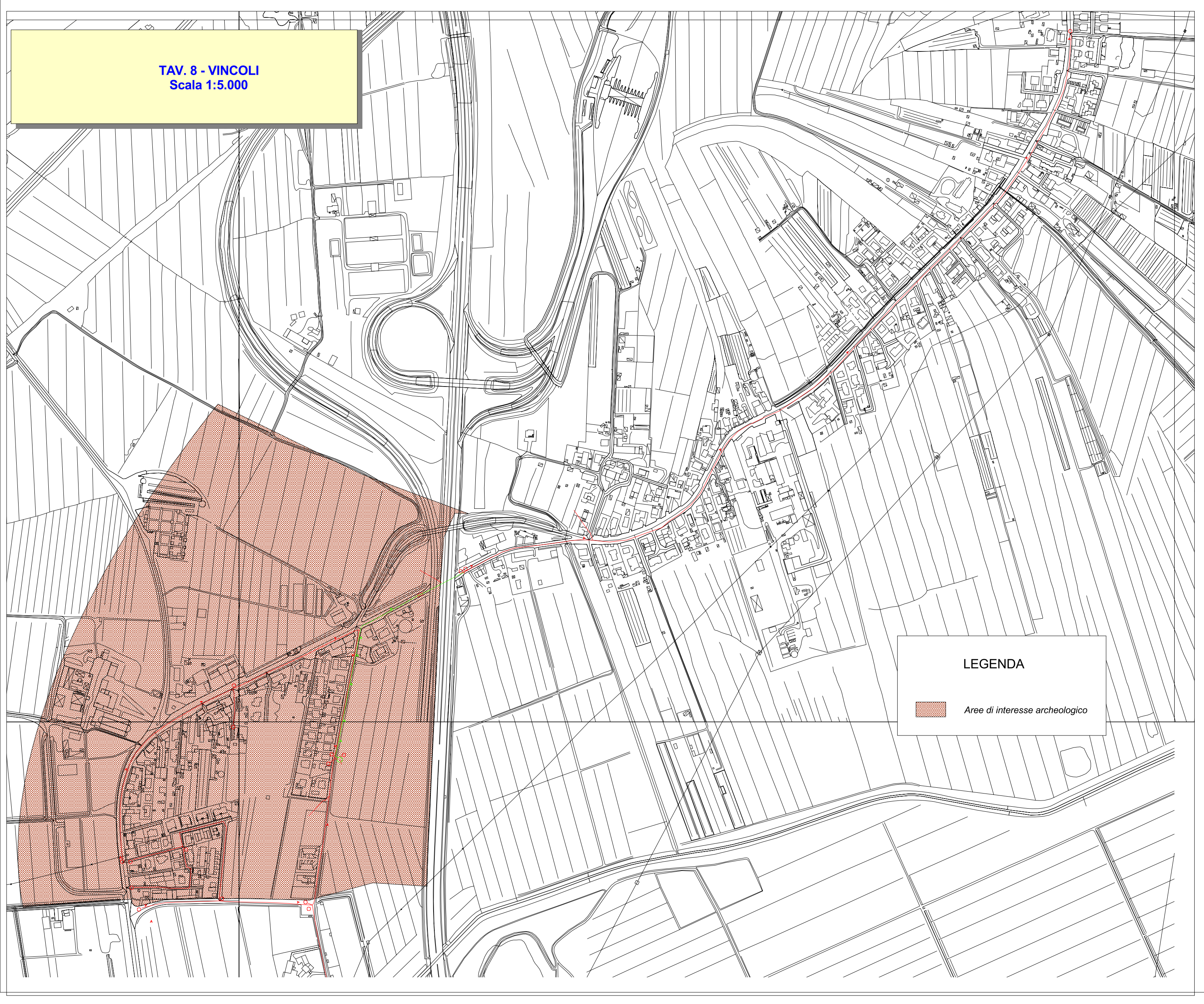


**LEGENDA**

-  *bassa*
-  *media (sottoclasse 3a)*
- Art. 7 Comma 1 Norme tecniche*
- No Data*



TAV. 8 - VINCOLI  
Scala 1:5.000



LEGENDA



Aree di interesse archeologico



TAV. 9 - VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA  
Scala 1:5.000

Estratto da PTCP della Provincia di Pisa

2

3a

4a

4a

3b

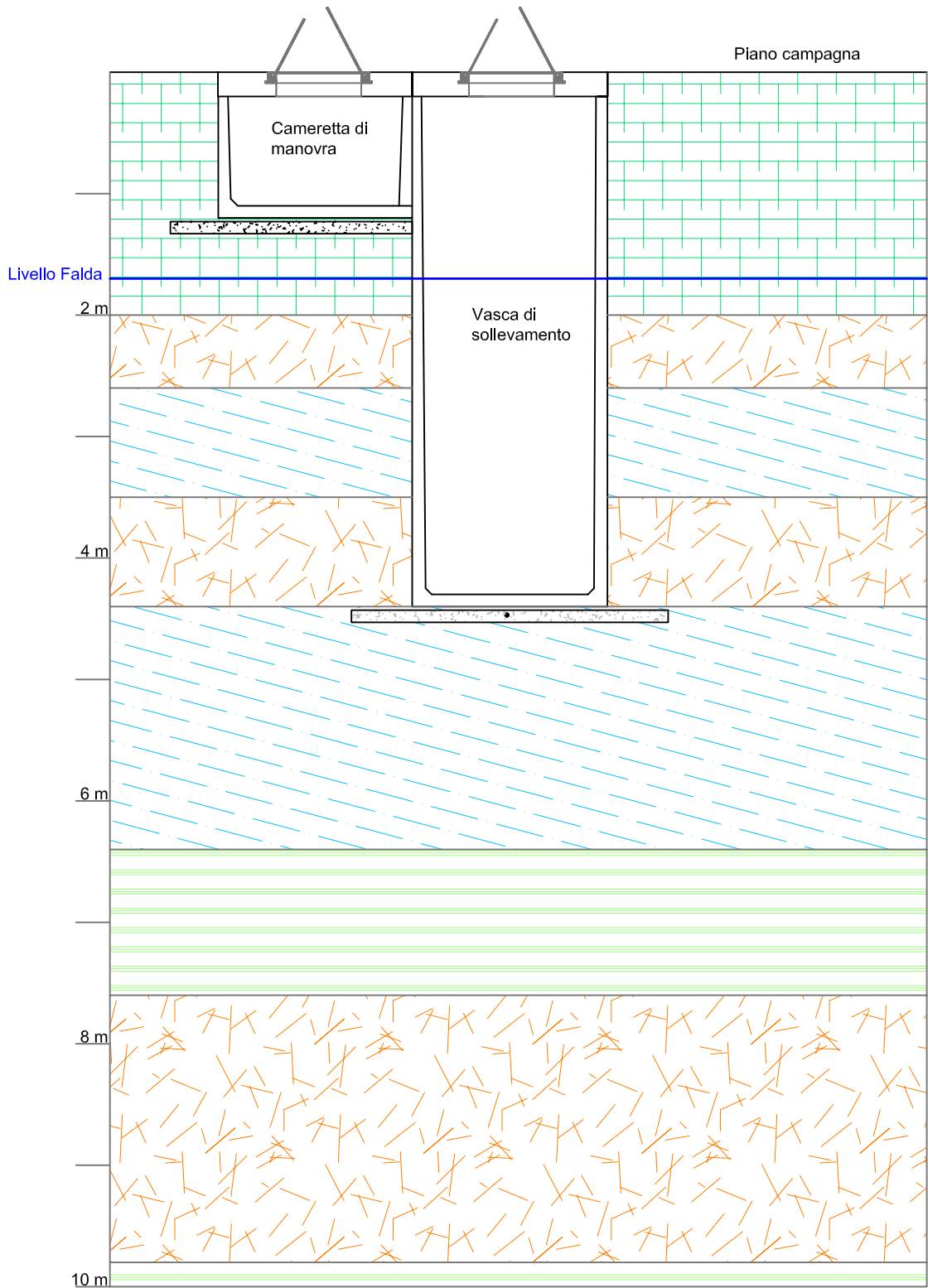
3a

LEGENDA

- bassa (2)
- media (sottoclasse 3a)
- media (sottoclasse 3b)
- elevata (sottoclasse 4a)
- Art. 9 Comma 1 Norme tecniche
- No Data



SEZIONE LITOTECNICA  
STAZIONE DI SOLLEVAMENTO

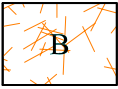


LEGENDA



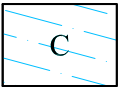
A

Limi sabbiosi che risentono dei cicli stagionali, con  $R_p$  superiori a 50 Kg/cmq



B

Sabbie limose con  $R_p$  variabile da 70 a 105 Kg/cmq  
con valori di  $\phi$  da 29° a 34°



C

Argille limose, con valori medi di  $R_p$  variabili tra 6 e 20 Kg/cmq  
Le caratteristiche meccaniche risultano essere circa pari a  
 $C_u$  da 0,35 a 0,70 Kg/cmq.



D

Argille a media consistenza, con valori medi di  $R_p$  variabili tra 15 e 60  
medi di  $R_p$  variabili tra 13 e 14 Kg/cmq. e  $C_u$  pari a 0,50



Indagini geognostiche a mezzo prova penetrometrica statica  
(CONE PENETRATION TEST) C.P.T.U. in loc. San Piero a Grado (PI)

Comm.te: INGEGNERIE TOSCANE

OTTOBRE 2015

A partial map of Italy is visible in the bottom right corner of the page, showing the southern part of the country and the surrounding sea.

**Mappo Geognostica Srl**

Loc. Biagioni, 60

55010 Spianate (LU)

Tel. 0583.20799 Fax 0572.930069

P.IVA 02019570460

[www.mappogeognostica.it](http://www.mappogeognostica.it)

## PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: Ingegnerie Toscane

Cantiere: Fognatura

Località: S. Piero a Grado - Pisa

### Caratteristiche Strumentali PAGANI 200 kN (CPTU)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	1
Costante di trasformazione Ct	10

OPERATORE  
RESPONSABILE

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE  
(CONE PENETRATION TEST)  
CPT

**PROVE CPT : METODOLOGIA DELL' INDAGINE**

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ( $v = 2 \text{ cm/sec} \pm 0,5 \text{ cm/sec}$ ).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica.

La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale : punta / manicotto tipo "**Begemann**".

Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente :

- diametro Punta Conica meccanica	$\varnothing$	= 35,7 mm
- area di punta	$A_p$	= $10 \text{ cm}^2$
- angolo di apertura del cono	$\alpha$	= $60^\circ$
- superficie laterale del manicotto	$A_m$	= $150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione.

**REGISTRAZIONE DATI.**

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna.

Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. L'operatore deve solamente controllare i movimenti di spinta per l'infissione delle aste.

I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico (qualora presente) o sui manometri.

Per mezzo di un software (in alcuni strumenti) è possibile sia durante l'acquisizione, che in un secondo momento a prove ultimate trasferire i dati ad un PC.

Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in  $\text{Kg/cm}^2$ ) durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta **LP** = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta
- Lettura laterale **LT** = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto
- Lettura totale **LLTT** = terza lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( tale lettura non sempre viene rilevata in quanto non è influente metodologicamente ai fini interpretativi).

## METODOLOGIA DI ELABORAZIONE

I dati rilevati della prova sono quindi una coppia di valori per ogni intervallo di lettura costituiti da LP (Lettura alla punta) e LT (Lettura della punta + manicotto), le relative resistenze vengono quindi desunte per differenza, inoltre la resistenza laterale viene conteggiata 20 cm sotto (alla quota della prima lettura della punta).

Trasferiti i dati ad un PC vengono elaborati da un programma di calcolo “**STATIC PROBING**” della GeoStru

La resistenze specifiche **Qc** (Resistenza alla punta **RP**) e **Ql** (Resistenza Laterale **RL** o **fs** attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) vengono desunte tramite opportune costanti e sulla base dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione laterale tenendo in debito conto che:

$$A_p = \text{l'area punta (base del cono punta tipo "Begemann")} = 10 \text{ cm}^2$$

$$A_m = \text{area del manicotto di frizione} = 150 \text{ cm}^2$$

$$C_t = \text{costante di trasformazione} = 10$$

Il programma Static Probing permette inoltre l'archiviazione, la gestione e l'elaborazione delle Prove Penetrometriche Statiche.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno. L'utilizzo dei dati dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

I dati di uscita principali sono RP (Resistenza alla punta) e RL (Resistenza laterale o fs, attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) che il programma calcola automaticamente; inoltre viene calcolato il Rapporto RP/RL (Rapporto Begemann 1965) e il Rapporto RL/RP (Rapporto Schmertmann 1978 – FR %-).

I valori sono calcolati con queste formule:

$$Q_c (RP) = (LP \times C_t) / 10 \text{ cm}^2.$$

**Resistenza alla punta**

$$Q_l (RL) (fs) = [(LT - LP) \times C_t] / 150 \text{ cm}^2.$$

**Resistenza laterale**

$$Q_c (RP) = \text{Lettura alla punta } LP \times \text{Costante di Trasformazione } C_t / \text{Superficie Punta } A_p$$

$$Q_l (RL) (fs) = \text{Lettura laterale } LT - \text{Lettura alla punta } LP \times \text{Costante di Trasformazione } C_t / A_m \text{ area del manicotto di frizione}$$

N.B.

$$- A_p = 10 \text{ cm}^2 \quad \text{e} \quad A_m = 150 \text{ cm}^2$$

- la resistenza laterale viene conteggiata **20 cm sotto** (alla quota della prima lettura della punta)

## VALUTAZIONI STATISTICHE

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Static Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

<b>Medio</b>	Media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.
<b>Media minima</b>	Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.
<b>Massimo</b>	Valore massimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.
<b>Minimo</b>	Valore minimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.
<b>Media + s</b>	Media + scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

**Media – s** Media - scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

## **CORRELAZIONI**

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica (consigliata o meno a seconda del tipo di penetrometro utilizzato) si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati. Il programma esegue inoltre il grafico (per i vari autori) Profondità/Valutazioni litologiche, per visualizzare in maniera diretta l'andamento delle litologie presenti lungo la verticale indagata.

## **INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE ( Autori di riferimento)**

- Searle 1979
- Douglas Olsen 1981 ( consigliato per CPTE)
- A.G.I. 1977 ( consigliato per CPT)
- Schmertmann 1978 (consigliato per CPT)
- Robertson 1983-1986 ( consigliato per CPTE)
- Begemann 1965 ( consigliato per CPT)

## **Suddivisione delle metodologie di indagine con i Penetrometri statici**

CPT (Cone Penetration Test – punta Meccanica tipo Begemann)

CPTE (Cone Penetration Test Electric – punta elettrica)

CPTU (Piezocono)

Per quanto riguarda la PUNTA ELETTRICA generalmente tale strumento permette di ottenere dati in continuo con un passo molto ravvicinato (anche 2 cm.) rispetto al PUNTA MECCANICA (20 cm.).

Per il PIEZOCONO i dati di inserimento oltre a quelli di LP e LT sono invece la pressione neutrale misurata ed il tempo di dissipazione (tempo intercorrente misurato tra la misura della sovrappressione neutrale e la pressione neutrale o pressione della colonna d'acqua). Tale misurazione si effettua generalmente misurando la sovrappressione ottenuta in fase di spinta e la pressione neutrale (dissipazione nel tempo) misurata in fase di alleggerimento di spinta (arresto penetrazione). Il programma usato per le elaborazioni permette di immettere  $U1 - U2 - U3$  cioè la sovrappressione neutrale misurata rispettivamente con filtro poroso posizionato nel cono, attorno al cono, o attorno al manicotto a seconda del tipo di piezocono utilizzato. Tale sovrappressione (che è data dalla somma della pressione idrostatica preesistente la penetrazione e dalle pressioni dei pori prodotte dalla compressione) può essere positiva o negativa e generalmente varia da (-1 a max. + 10-20 kg/cmq) ed è prodotta dalla compressione o dilatazione del terreno a seguito della penetrazione. Per il calcolo oltre ai dati strumentali generali si deve immettere per una correzione dei valori immessi :

**Area punta del cono** (area esterna punta)

**Area interna punta del cono** (area del restringimento in prossimità del setto poroso – interna cono-manicotto). Generalmente il rapporto tra le aree varia da (0,70 – 1,00).

**Il Passo del penetrometro** (l'intervallo entro cui effettua la lettura, generalmente per penetrometri normali è 20 cm., per le punte elettriche-piezoconi può essere di 2 cm).

Il programma elabora quindi i dati di resistenza alla punta e laterale fs con le opportune correzioni dovute alla normalizzazione (con la tensione litostatica e con la pressione dei pori). Robertson definisce infine il valore caratteristico del  $I_c$  (Indice di tipo dello strato) e Contenuto in materiale fine FC % (cioè la percentuale di contenuto argilloso < 2 micron).

## **CORRELAZIONI GEOTECNICHE**

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati.

Ad ogni strato mediato il programma calcola la  $Q_c$  media, la  $f_s$  media, il peso di volume naturale medio, il comportamento geotecnico (coesivo, incoerente o coesivo-incoerente), ed applica una texture.

L'utilizzo dei dati dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

## **TERRENI INCOERENTI**

### ***Angolo di Attrito***

Angolo di Attrito (Durgunoglu-Mitchell 1973-1975) – per sabbie N.C. e S.C. non cementate

Angolo di Attrito (Meyerhof 1951) – per sabbie N.C. e S.C.

Angolo di Attrito Herminier

Angolo di Attrito (Caquot) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (Koppejan) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (De Beer 1965-1967) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (Robertson & Campanella 1983) - per sabbie non cementare quarzose

Angolo di Attrito (Schmertmann 1977-1982) – per varie litologie (correlazione che generalmente sovrastima il valore)

### ***Densità relativa (%)***

Densità Relativa (Baldi ed altri 1978-1983 - Schmertmann 1976) - per sabbie NC non cementate

Densità Relativa (Schmertmann)

Densità Relativa (Harman 1976)

Densità Relativa (Lancellotta 1983)

Densità Relativa (Jamiołkowski 1985)

Densità Relativa (Larsson 1995) - per sabbie omogenee non gradate

### ***Modulo di Young***

Modulo di Young (Schmertmann 1970-1978)  $E_y(25)$  –  $E_y(50)$  - modulo secante riferito rispettivamente al 25 % e 50 % del valore di rottura – prima fase della curva carico/deformazione

Modulo di Young secante drenato (Robertson & Campanella 1983)  $E_y(25)$  –  $E_y(50)$ - per sabbie NC quarzose

Modulo di Young (ISOPT-1 1988)  $E_y(50)$  - per sabbie OC sovraconsolidate e SC

### ***Modulo Edometrico***

Modulo Edometrico (Robertson & Campanella) da Schmertmann

Modulo Edometrico (Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997) - valido per sabbie NC

Modulo Edometrico (Kulhawy-Mayne 1990)

Modulo Edometrico (Mitchell & Gardner 1975) – valido per sabbie

Modulo Edometrico (Buisman - Sanglerat) – valido per sabbie argillose

### ***Peso di Volume Gamma***

Peso di Volume Gamma (Meyerhof) -

Peso di Volume Gamma saturo (Meyerhof) -

### ***Modulo di deformazione di taglio***

Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per **sabbie** e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

### ***Potenziale di Liquefazione***

Verifica alla liquefazione dei suoli incoerenti (Metodo di Robertson e Wride 1997 – C.N.R. – GNDT) – coefficiente di sicurezza relativo alle varie zone sismiche I-I-III-IV cat. – N.B. la liquefazione è assente per  $F_s \geq 1,25$ , possibile per  $F_s=1,0-1,25$  e molto probabile per  $F_s < 1$

### ***Fattori di compressibilità***

Ramo di carico C ( autori vari)

Ramo di carico medio  $C_{rm}$  (autori vari)

**OCR** - Grado di Sovraconsolidazione

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (metodo Stress-History)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (Ladd e Foot - Ladd ed altri 1977)

**MODULO DI REAZIONE  $K_o$**  (Kulhawy Maine, 1990).

CORRELAZIONE NSPT

Meardi – Meigh 1972

Meyerhof

## **TERRENI COESIVI**

### ***Coesione Non Drenata***

Coesione non drenata (Lunne & Eide)

Coesione non drenata (Rolf Larsson SGI 1995) - suoli fini granulari

Coesione non drenata (Baligh ed altri 1976-1980) in tale elaborazione occorre inserire il valore di  $N_k$  (generalmente variabile da 11 a 25)

Coesione non drenata (Marsland 1974-Marsland e Powell 1979)

Coesione non drenata Sunda (relazione sperimentale)

Coesione non drenata (Lunne T.-Kleven A. 1981)

Coesione non drenata (Kjekstad. 1978 )

Coesione non drenata (Lunne, Robertson and Powell 1977)

Coesione non drenata (Terzaghi - valore minimo)

Coesione non drenata (Begemann)

Coesione non drenata (De Beer) - valida per debole coesione.

### ***Indice Di Compressione $C$***

Indice di Compressione Vergine  $C_c$  (Schmertmann)

Indice di Compressione Vergine  $C_c$  (Schmertmann 1978)

Fattore di compressibilità ramo di carico C (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Fattore di compressibilità medio ramo di carico  $C_{rm}$  (Piacentini-Righi Inacos 1978).

### ***Modulo Edometrico-Confinato***

Mitchell - Gardnerr (1975)  $M_o$  (Eed) (Kg/cmq) per limi e argille.

Metodo generale del modulo edometrico.

Buisman correlazione valida per limi e argille di media plasticità – Alluvioni attuali argille plastiche – suoli organici (W 90-130)

Buisman e Sanglerat valida per litotipi argille compatte

Valore medio degli autori su suoli coesivi

***Modulo di deformazione non drenato***

Modulo di deformazione non drenato Eu (Cancelli ed altri 1980)

Modulo di deformazione non drenato Eu (Ladd ed altri 1977) – (Inserire valore  $n$   $30 < n < 1500$  sulla base di esperienze acquisite e del tipo litologico)

***Peso di Volume Gamma***

Peso di Volume terreni coesivi (t/mq) (Meyerhof)

Peso di Volume saturo terreni coesivi (t/mq) (Meyerhof)

***Modulo di deformazione di taglio***

Imai & Tonouchi (1982)

***OCR***

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (metodo Stress-History)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (P.W. Mayne 1991) - per argille ed argille sovraconsolidate

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Grado di Sovraconsolidazione Jamiolkowski et altri 1979 – valida per argilla di Taranto

Grado di Sovraconsolidazione Schmertmann 1978

***Coefficiente Di Consolidazione Verticale***

Coefficiente di Consolidazione Cv (Piacentini-Righi, 1988)

***Permeabilità***

Coefficiente di Permeabilità K (Piacentini-Righi, 1988).



		Commissioner: Ingegnerie Toscane	
Site: Nuova fognatura	Test Location: CPTU 1		Abs. quota [cm]: 0
Locality: S. Piero a Grado - Pisa	Date: 21/10/2015		Prehole [cm]: 0
			Hydrostatic Line [cm]: 200

Page 1/4

Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	Rf [%]	U2 [kPa]	Tilt [°]	Speed [cm/sec]	U0 [kPa]	U2-U0 [kPa]
5	0,957	15,93	1,66	61,86	0,8	1,7		
10	2,074	18,14	0,87	49,28	0,9	1,8		
15	2,053	29,00	1,41	34,97	1,3	1,9		
20	1,854	54,04	2,91	42,43	1,3	1,8		
25	1,979	69,93	3,53	70,10	1,7	1,8		
30	2,594	76,68	2,96	52,76	1,1	1,8		
35	4,322	51,75	1,20	31,47	1,0	1,9		
40	2,902	69,20	2,38	15,16	1,0	1,8		
45	4,582	94,39	2,06	43,91	1,0	1,7		
50	11,689	124,86	1,07	15,76	1,0	1,8		
55	17,943	177,78	0,99	25,72	1,1	1,8		
60	18,540	223,87	1,21	20,60	1,2	1,8		
65	16,899	282,18	1,67	16,11	1,1	1,8		
70	14,976	315,20	2,10	20,00	1,1	1,8		
75	14,383	300,24	2,09	24,33	1,1	1,8		
80	13,447	269,27	2,00	26,47	1,1	1,8		
85	12,070	231,35	1,92	26,60	1,1	1,8		
90	10,052	216,74	2,16	26,63	1,3	1,7		
95	10,286	160,02	1,56	38,73	1,2	1,8		
100	9,658	152,12	1,58	36,24	1,2	1,8		
105	8,848	151,50	1,71	34,97	1,2	1,7		
110	8,216	151,96	1,85	34,91	1,2	1,8		
115	7,705	148,20	1,92	36,39	1,2	1,9		
120	7,527	143,05	1,90	37,37	1,2	1,8		
125	7,388	136,53	1,85	38,61	1,2	1,8		
130	7,272	126,84	1,74	38,70	1,2	1,7		
135	7,194	113,66	1,58	40,03	1,2	2,0		
140	7,202	105,13	1,46	40,75	1,2	2,0		
145	7,072	99,74	1,41	36,52	1,2	1,9		
150	6,938	99,98	1,44	35,10	1,3	2,1		
155	6,843	99,20	1,45	35,35	1,3	2,0		
160	6,752	97,15	1,44	35,51	1,2	2,0		
165	6,544	95,52	1,46	34,88	1,3	2,0		
170	6,505	94,90	1,46	34,72	1,3	2,0		
175	6,696	92,11	1,38	35,48	1,3	2,1		
180	6,877	90,05	1,31	35,26	1,3	2,0		
185	7,020	91,29	1,30	34,47	1,3	2,0		
190	7,029	98,23	1,40	34,66	1,3	0,3		
195	6,955	79,31	1,14	24,36	1,3	2,0		
200	7,272	86,76	1,19	25,08	1,5	2,1		
205	7,696	90,01	1,17	24,61	1,3	2,0	0,49	24,12
210	7,570	95,21	1,26	23,88	1,3	1,9	0,98	22,90
215	7,835	100,13	1,28	24,17	1,3	2,0	1,47	22,70
220	8,597	100,52	1,17	27,20	1,3	2,2	1,96	25,24
225	9,407	101,88	1,08	29,38	1,5	1,8	2,45	26,93
230	10,320	109,51	1,06	32,35	1,5	1,9	2,94	29,41
235	11,317	118,24	1,04	34,06	1,4	2,1	3,43	30,63
240	11,966	133,24	1,11	37,56	1,4	2,0	3,92	33,64
245	14,175	144,52	1,02	42,74	1,4	1,9	4,41	38,33
250	16,275	149,09	0,92	48,68	1,4	2,0	4,91	43,77
255	17,557	164,68	0,94	50,93	1,4	2,0	5,40	45,53
260	17,835	192,24	1,08	50,45	1,4	2,0	5,89	44,56
265	18,142	217,67	1,20	49,76	1,4	2,0	6,38	43,38
270	17,934	233,91	1,30	48,81	1,4	1,9	6,87	41,94
275	18,411	243,72	1,32	49,09	1,4	2,0	7,36	41,73
280	19,173	244,73	1,28	50,01	1,4	2,0	7,85	42,16
285	19,519	246,20	1,26	50,33	1,4	1,9	8,34	41,99
290	19,887	256,86	1,29	48,34	1,4	2,1	8,83	39,51
295	19,506	215,58	1,11	50,71	1,4	1,9	9,32	41,39
300	19,948	239,15	1,20	46,31	1,3	2,0	9,81	36,50
305	18,766	263,03	1,40	41,99	1,4	2,0	10,30	31,69
310	18,792	277,87	1,48	42,78	1,4	1,7	10,79	31,99
315	19,688	263,53	1,34	45,49	1,3	1,9	11,28	34,21
320	19,056	250,04	1,31	44,58	1,4	2,1	11,77	32,81
325	17,869	251,16	1,41	44,01	1,4	1,7	12,26	31,75

		Commissioner: Ingegnerie Toscane	
Site: Nuova fognatura	Test Location: CPTU 1		Abs. quota [cm]: 0
Locality: S. Piero a Grado - Pisa	Date: 21/10/2015		Prehole [cm]: 0
			Hydrostatic Line [cm]: 200

Page 2/4

Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	Rf [%]	U2 [kPa]	Tilt [°]	Speed [cm/sec]	U0 [kPa]	U2-U0 [kPa]
330	17,471	181,27	1,04	26,70	1,4	1,4	12,75	13,95
335	17,982	216,97	1,21	25,43	1,4	1,8	13,24	12,19
340	17,523	237,09	1,35	24,96	1,4	1,9	13,73	11,23
345	16,973	239,03	1,41	25,56	1,4	1,9	14,22	11,34
350	16,605	235,81	1,42	26,89	1,2	1,9	14,72	12,17
355	16,232	229,30	1,41	28,40	1,4	1,8	15,21	13,19
360	16,674	223,37	1,34	32,29	1,4	1,8	15,70	16,59
365	17,371	214,76	1,24	36,84	1,4	1,9	16,19	20,65
370	18,185	215,54	1,19	40,82	1,4	1,9	16,68	24,14
375	20,606	214,14	1,04	48,18	1,4	1,7	17,17	31,01
380	19,446	166,03	0,85	33,68	1,2	1,4	17,66	16,02
385	18,796	210,38	1,12	31,56	1,2	1,7	18,15	13,41
390	18,220	233,99	1,28	34,69	1,2	1,7	18,64	16,05
395	18,536	232,71	1,26	38,10	1,2	1,6	19,13	18,97
400	18,839	219,65	1,17	41,48	1,2	1,6	19,62	21,86
405	18,042	214,96	1,19	44,58	1,1	1,6	20,11	24,47
410	17,627	223,33	1,27	48,43	1,2	1,7	20,60	27,83
415	17,852	220,54	1,24	52,19	1,1	1,7	21,09	31,10
420	17,350	211,00	1,22	55,51	1,1	1,6	21,58	33,93
425	15,665	212,67	1,36	56,05	1,1	1,7	22,07	33,98
430	14,799	214,14	1,45	58,67	1,1	1,7	22,56	36,11
435	14,517	199,26	1,37	62,43	1,1	1,6	23,05	39,38
440	14,006	179,99	1,29	63,06	1,1	1,7	23,54	39,52
445	13,382	171,93	1,28	63,53	1,1	1,6	24,03	39,50
450	12,027	165,80	1,38	62,24	1,1	1,8	24,53	37,71
455	10,195	162,08	1,59	58,60	1,1	1,9	25,02	33,58
460	7,527	154,68	2,06	52,60	1,1	1,9	25,51	27,09
465	4,426	143,20	3,24	43,82	1,1	2,0	26,00	17,82
470	1,815	126,84	6,99	38,38	1,1	2,0	26,49	11,89
475	1,026	113,39	11,05	29,60	1,1	1,9	26,98	2,62
480	0,780	83,66	10,73	32,26	1,1	3,4	27,47	4,79
485	0,741	40,63	5,48	184,82	1,1	1,9	27,96	156,86
490	0,546	14,85	2,72	242,79	1,1	2,1	28,45	214,34
495	0,528	18,96	3,59	240,23	1,1	1,9	28,94	211,29
500	0,442	18,61	4,21	241,90	1,2	2,0	29,43	212,47
505	0,433	14,54	3,36	234,89	1,1	2,0	29,92	204,97
510	0,420	15,08	3,59	223,68	1,2	1,9	30,41	193,27
515	0,407	14,46	3,55	213,82	1,2	1,9	30,90	182,92
520	0,403	13,96	3,46	203,11	1,1	1,9	31,39	171,72
525	0,416	13,06	3,14	196,51	1,1	2,0	31,88	164,63
530	0,394	13,10	3,32	188,92	1,2	2,1	32,37	156,55
535	0,394	12,37	3,14	184,75	1,1	1,9	32,86	151,89
540	0,390	12,72	3,26	181,59	1,1	2,0	33,35	148,24
545	0,394	12,09	3,07	178,09	1,1	2,1	33,84	144,25
550	0,394	12,25	3,11	261,37	1,1	2,0	34,34	227,03
555	0,390	12,02	3,08	223,45	1,1	2,0	34,83	188,62
560	0,381	12,06	3,17	211,07	1,1	2,0	35,32	175,75
565	0,381	11,90	3,12	209,62	1,1	2,0	35,81	173,81
570	0,390	11,59	2,97	204,91	1,1	2,0	36,30	168,61
575	0,381	11,59	3,04	201,78	1,1	2,0	36,79	164,99
580	0,411	11,71	2,85	200,23	1,1	1,9	37,28	162,95
585	0,416	12,87	3,09	193,66	1,0	2,0	37,77	155,89
590	0,407	11,67	2,87	173,95	1,0	2,1	38,26	135,69
595	0,333	10,20	3,06	192,75	1,0	1,9	38,75	154,00
600	0,355	9,50	2,68	208,10	1,0	2,0	39,24	168,86
605	0,390	9,50	2,44	216,35	1,0	2,1	39,73	176,62
610	0,429	10,78	2,51	220,39	1,0	2,0	40,22	180,17
615	0,598	13,53	2,26	257,86	1,0	2,0	40,71	217,15
620	0,632	16,55	2,62	276,97	1,0	2,0	41,20	235,77
625	0,940	22,79	2,42	328,22	1,0	2,0	41,69	286,53
630	4,872	31,17	0,64	56,20	0,9	2,0	42,18	14,02
635	7,068	38,49	0,54	42,71	1,0	1,9	42,67	0,04
640	8,398	55,43	0,66	46,66	1,0	1,9	43,16	3,50
645	9,207	74,24	0,81	49,51	0,9	2,0	43,65	5,86
650	10,130	87,88	0,87	55,67	0,9	1,9	44,15	11,52

		Commissioner: Ingegnerie Toscane	
Site: Nuova fognatura	Test Location: CPTU 1		Abs. quota [cm]: 0
Locality: S. Piero a Grado - Pisa	Date: 21/10/2015		Prehole [cm]: 0
			Hydrostatic Line [cm]: 200

Page 3/4

Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	Rf [%]	U2 [kPa]	Tilt [°]	Speed [cm/sec]	U0 [kPa]	U2-U0 [kPa]
655	10,979	96,84	0,88	61,70	0,8	2,0	44,64	17,06
660	11,403	108,51	0,95	62,46	0,9	1,9	45,13	17,33
665	11,728	120,60	1,03	63,94	0,8	2,0	45,62	18,32
670	12,040	128,62	1,07	67,42	0,8	2,0	46,11	21,31
675	12,178	133,94	1,10	72,95	0,8	1,9	46,60	26,35
680	12,915	134,90	1,04	71,94	0,9	2,0	47,09	24,85
685	13,374	112,27	0,84	68,71	0,8	2,0	47,58	21,13
690	13,227	131,45	0,99	45,08	0,8	2,1	48,07	-2,99
695	13,863	146,92	1,06	45,34	0,8	1,9	48,56	-3,22
700	15,691	147,39	0,94	50,17	0,8	1,9	49,05	1,12
705	17,921	143,24	0,80	46,16	0,8	1,9	49,54	-3,38
710	19,857	157,58	0,79	45,34	0,8	1,9	50,03	-4,69
715	20,398	182,43	0,89	46,79	0,8	1,9	50,52	-3,73
720	20,606	206,97	1,00	50,90	0,8	1,9	51,01	-0,11
725	20,810	218,72	1,05	53,99	0,8	1,9	51,50	2,49
730	19,264	228,95	1,19	52,66	0,8	2,0	51,99	0,67
735	17,388	234,84	1,35	55,41	0,8	1,9	52,48	2,93
740	17,263	227,40	1,32	60,91	0,8	1,9	52,97	7,94
745	16,661	207,44	1,25	65,24	0,8	1,8	53,46	11,78
750	16,449	192,43	1,17	69,12	0,8	2,0	53,96	15,16
755	16,349	187,74	1,15	72,47	0,8	1,9	54,45	18,02
760	16,366	186,39	1,14	75,29	0,8	1,9	54,94	20,35
765	16,475	190,77	1,16	76,99	0,8	2,0	55,43	21,56
770	17,120	194,22	1,13	81,26	0,9	2,0	55,92	25,34
775	17,025	195,38	1,15	81,03	0,7	1,8	56,41	24,62
780	16,410	200,81	1,22	78,44	0,7	1,9	56,90	21,54
785	15,570	166,50	1,07	58,64	0,9	1,9	57,39	1,25
790	14,673	179,37	1,22	54,97	0,9	2,0	57,88	-2,91
795	13,690	178,28	1,30	51,81	0,7	1,8	58,37	-6,56
800	12,824	171,07	1,33	49,60	0,9	1,8	58,86	-9,26
805	11,988	158,20	1,32	47,99	0,9	1,9	59,35	-11,36
810	11,602	154,40	1,33	47,58	0,9	2,1	59,84	-12,26
815	11,182	150,68	1,35	47,17	0,9	1,9	60,33	-13,16
820	10,745	142,23	1,32	46,73	0,9	1,9	60,82	-14,09
825	10,385	135,45	1,30	46,03	0,9	2,0	61,31	-15,28
830	10,017	129,28	1,29	45,71	0,9	2,0	61,80	-16,09
835	9,801	123,97	1,26	45,21	0,9	1,9	62,29	-17,08
840	9,645	118,86	1,23	45,27	0,9	1,9	62,78	-17,51
845	9,290	113,97	1,23	44,17	0,9	1,9	63,27	-19,10
850	8,831	111,34	1,26	42,37	0,9	2,0	63,77	-21,40
855	8,146	105,40	1,29	41,29	0,9	1,9	64,26	-22,97
860	7,406	99,94	1,35	39,55	0,9	1,9	64,75	-25,20
865	6,427	92,18	1,43	37,82	0,9	2,0	65,24	-27,42
870	5,184	84,74	1,63	34,56	0,9	2,0	65,73	-31,17
875	3,564	74,35	2,09	32,95	0,9	1,9	66,22	-33,27
880	1,767	80,32	4,55	30,23	0,9	2,0	66,71	-36,48
885	1,000	76,95	7,70	38,29	0,9	2,1	67,20	-28,91
890	0,645	59,89	9,29	145,23	0,9	2,0	67,69	77,54
895	0,563	26,40	4,69	191,92	0,9	1,9	68,18	123,74
900	0,485	14,11	2,91	179,19	0,9	2,0	68,67	110,52
905	0,481	8,61	1,79	167,69	0,9	2,0	69,16	98,53
910	0,697	10,35	1,48	188,13	0,9	2,2	69,65	118,48
915	1,161	14,85	1,28	190,63	0,9	1,9	70,14	120,49
920	1,317	16,59	1,26	142,23	0,9	1,9	70,63	71,60
925	1,910	17,17	0,90	154,33	0,9	2,0	71,12	83,21
930	3,166	19,42	0,61	138,25	0,7	2,0	71,61	66,64
935	4,504	27,21	0,60	92,06	0,7	1,9	72,10	19,96
940	3,413	30,43	0,89	79,77	0,9	2,0	72,59	7,18
945	1,719	48,65	2,83	76,01	0,7	2,0	73,08	2,93
950	0,974	57,84	5,94	94,56	0,7	2,1	73,58	20,98
955	0,602	51,56	8,56	211,32	0,7	2,0	74,07	137,25
960	0,481	30,97	6,44	247,78	0,7	2,0	74,56	173,22
965	0,424	14,46	3,41	254,38	0,7	2,0	75,05	179,33
970	0,403	7,99	1,98	276,47	0,7	2,1	75,54	200,93
975	0,407	7,52	1,85	285,12	0,7	2,0	76,03	209,09

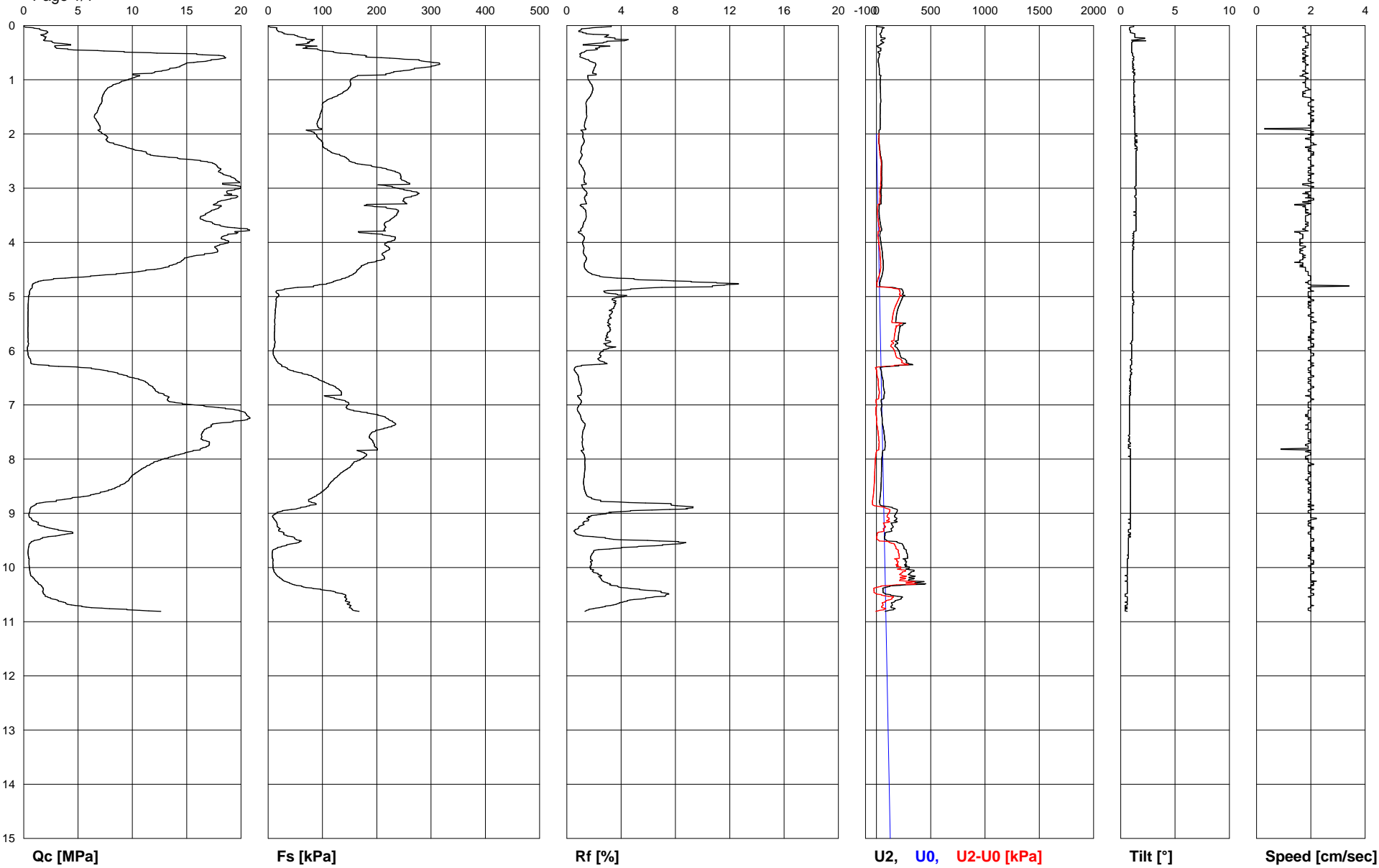
		Commissioner: Ingegnerie Toscane	
Site: Nuova fognatura	Test Location: CPTU 1		Abs. quota [cm]: 0
Locality: S. Piero a Grado - Pisa	Date: 21/10/2015		Prehole [cm]: 0
			Hydrostatic Line [cm]: 200

Page 4/4

Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	Rf [%]	U2 [kPa]	Tilt [°]	Speed [cm/sec]	U0 [kPa]	U2-U0 [kPa]
980	0,437	7,60	1,74	287,18	0,7	2,0	76,52	210,66
985	0,502	8,80	1,75	257,76	0,6	2,0	77,01	180,75
990	0,489	8,49	1,74	277,60	0,6	2,1	77,50	200,10
995	0,485	8,80	1,81	258,17	0,6	2,0	77,99	180,18
1000	0,520	8,80	1,69	304,52	0,6	2,0	78,48	226,04
1005	0,537	10,58	1,97	346,73	0,6	2,0	78,97	267,76
1010	0,602	12,83	2,13	313,02	0,6	2,1	79,46	233,56
1015	0,637	16,40	2,57	319,18	0,4	2,0	79,95	239,23
1020	0,944	23,53	2,49	349,64	0,6	2,0	80,44	269,20
1025	1,113	29,66	2,66	353,62	0,4	2,2	80,93	272,69
1030	1,347	42,84	3,18	454,71	0,6	2,1	81,42	373,29
1035	1,650	61,83	3,75	124,10	0,6	2,0	81,91	42,19
1040	1,806	96,88	5,36	61,38	0,6	2,1	82,40	-21,02
1045	1,784	123,97	6,95	61,26	0,6	2,0	82,89	-21,63
1050	1,949	142,23	7,30	130,64	0,4	2,1	83,39	47,25
1055	2,243	141,38	6,30	239,76	0,6	2,0	83,88	155,88
1060	3,075	143,16	4,66	198,31	0,6	2,0	84,37	113,94
1065	3,863	149,48	3,87	137,93	0,6	2,0	84,86	53,07
1070	4,742	152,81	3,22	146,31	0,4	2,1	85,35	60,96
1075	7,185	152,70	2,13	162,10	0,4	1,9	85,84	76,26
1080	11,507	161,46	1,40	99,55	0,4	2,0	86,33	13,22

		Commissioner: Ingegnerie Toscane		
Site: Nuova fognatura		Test Location: CPTU 1		Abs. quota [cm]: 0
Locality: S. Piero a Grado - Pisa		Date: 21/10/2015		Prehole [cm]: 0
				Hydrostatic Line [cm]: 200

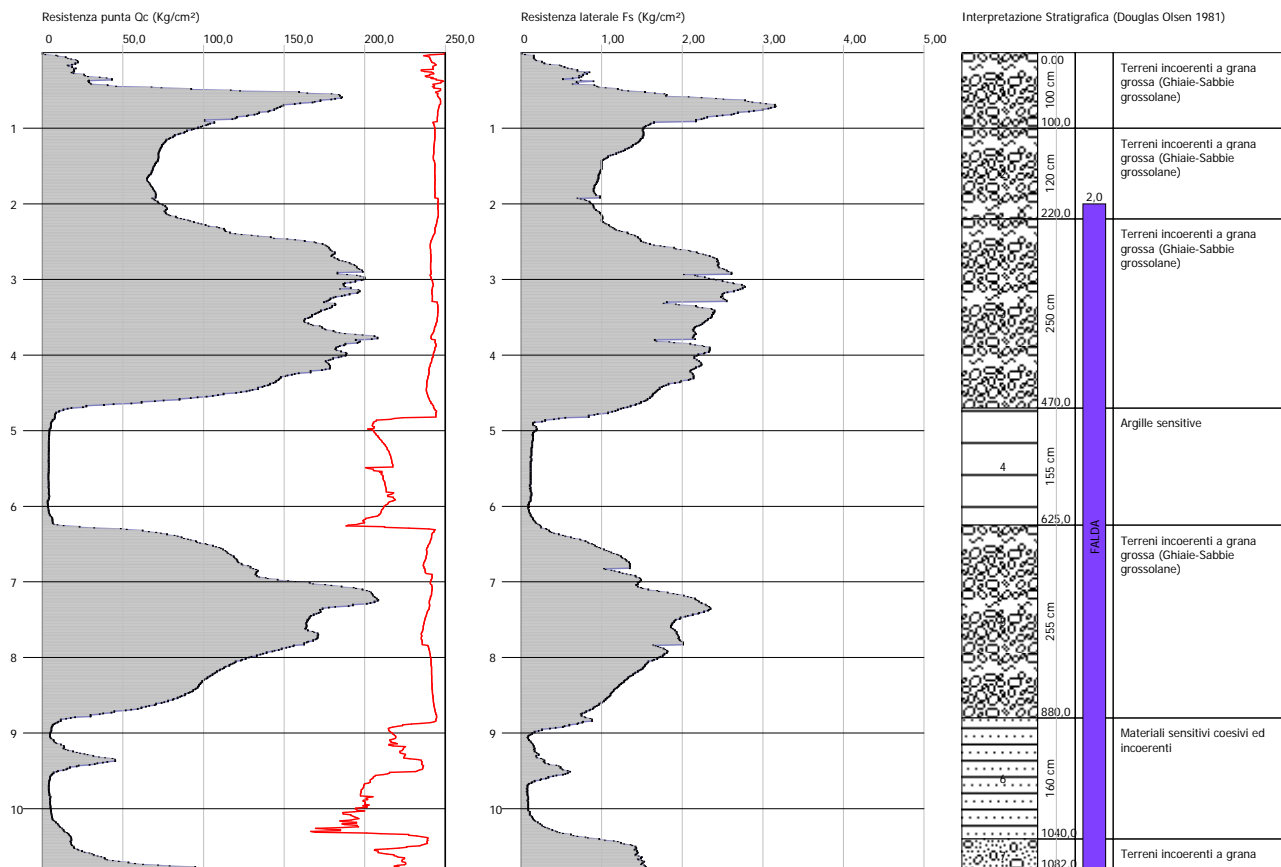
Page 1/1



Committente : Ingegnerie Toscane  
Cantiere : Fognatura  
Località : S. Piero a Grado - Pisa

Data :21/10/2015

Pag. 1 Scala 1:100



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPTU1****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.-Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 4	6,25	4,84	0,21	0,19	0,29	0,24	0,22	0,19	0,24
Strato 6	10,40	11,06	0,27	0,47	0,66	0,60	0,53	0,47	0,55

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo general del modulo edometrico	Buismann	Buismann Sanglerat
Strato 4	6,25	4,84	0,21	38,72	26,71	72,60	14,52
Strato 6	10,40	11,06	0,27	55,30	45,52	66,36	33,18

**Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 4	6,25	4,84	0,21	150,25	7,20
Strato 6	10,40	11,06	0,27	366,64	16,50

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 4	6,25	4,84	0,21	Imai & Tomauch	73,38
Strato 6	10,40	11,06	0,27	Imai & Tomauch	121,59

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress-History
Strato 4	6,25	4,84	0,21	<0.5
Strato 6	10,40	11,06	0,27	<0.5

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 4	6,25	4,84	0,21	Meyerhof	1,70
Strato 6	10,40	11,06	0,27	Meyerhof	1,85

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 4	6,25	4,84	0,21	Meyerhof	1,78
Strato 6	10,40	11,06	0,27	Meyerhof	1,93

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa (%)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	Schmertmann	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowski 1985
Strato 1	1,00	84,76	1,45	93,22	100	100	94,28	100
Strato 2	2,20	73,30	1,08	72,31	88,24	87,14	73,19	89,13
Strato 3	4,70	161,55	2,04	86,4	100	100	87,4	88,84
Strato 5	8,80	126,62	1,42	71,86	77,99	78,87	72,74	60,47
Strato 6	10,40	11,06	0,27	< 5	< 5	5	5	5
Strato 7	10,82	43,90	1,43	38,02	32,15	36,14	38,61	20,68

**Angolo di resistenza al taglio (°)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Durgunou glu-Mitche ll 1973	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmertm ann	Robertson & Campanella 1983	Herminier	Meyerhof 1951
Strato 1	1,00	84,76	1,45	45	43	40,67	37,76	42	45	39,22	45
Strato 2	2,20	73,30	1,08	39,84	36,42	33,76	31,45	40,35	44,5	34,09	45
Strato 3	4,70	161,55	2,04	40,98	37,42	34,81	32,41	42	45	36,25	45
Strato 5	8,80	126,62	1,42	37,4	33,55	30,75	28,7	38,92	41,67	29,11	45
Strato 6	10,40	11,06	0,27	24,81	20,48	17,02	16,15	28,7	23,82	21,62	21,97
Strato 7	10,82	43,90	1,43	31,14	27	23,86	22,4	32,5	34,13	23,33	36,71

**Modulo di Young (Kg/cm²)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	1,00	84,76	1,45	211,90	169,52	339,04
Strato 2	2,20	73,30	1,08	183,25	146,60	396,64
Strato 3	4,70	161,55	2,04	403,88	323,10	646,20
Strato 5	8,80	126,62	1,42	316,55	253,24	840,91
Strato 6	10,40	11,06	0,27	27,65	22,12	170,32
Strato 7	10,82	43,90	1,43	109,75	87,80	533,03

**Modulo Edometrico (Kg/cm²)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Robertson & Campanella d Schmertmann	Lunne-Christo ffersen 1983 - Robertson an Powell 1997	Kulhawy-May ne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	1,00	84,76	1,45	82,77	332,48	690,15	144,09	127,14
Strato 2	2,20	73,30	1,08	75,91	287,53	593,65	124,61	109,95
Strato 3	4,70	161,55	2,04	91,06	336,85	1316,31	242,33	242,33
Strato 5	8,80	126,62	1,42	77,73	268,34	1018,79	189,93	189,93
Strato 6	10,40	11,06	0,27	19,29	43,38	61,25	22,12	55,30
Strato 7	10,82	43,90	1,43	42,75	172,20	330,33	87,80	131,70

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	1,00	84,76	1,45	Imai & Tomauch	421,97
Strato 2	2,20	73,30	1,08	Imai & Tomauch	386,13
Strato 3	4,70	161,55	2,04	Imai & Tomauch	625,80
Strato 5	8,80	126,62	1,42	Imai & Tomauch	539,25
Strato 6	10,40	11,06	0,27	Imai & Tomauch	121,59
Strato 7	10,82	43,90	1,43	Imai & Tomauch	282,30

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	1,00	84,76	1,45	>9	>9	<0,5	>9
Strato 2	2,20	73,30	1,08	4,98	>9	0,78	>9
Strato 3	4,70	161,55	2,04	6,09	>9	0,67	>9
Strato 5	8,80	126,62	1,42	2,8	>9	1,15	>9
Strato 6	10,40	11,06	0,27	<0,5	1,97	<0,5	0,86
Strato 7	10,82	43,90	1,43	0,75	>9	<0,5	4,84



**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1,00	84,76	1,45	Meyerhof	1,80
Strato 2	2,20	73,30	1,08	Meyerhof	1,90
Strato 3	4,70	161,55	2,04	Meyerhof	1,90
Strato 5	8,80	126,62	1,42	Meyerhof	1,90
Strato 6	10,40	11,06	0,27	Meyerhof	1,80
Strato 7	10,82	43,90	1,43	Meyerhof	1,80

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1,00	84,76	1,45	Meyerhof	2,10
Strato 2	2,20	73,30	1,08	Meyerhof	2,20
Strato 3	4,70	161,55	2,04	Meyerhof	2,20
Strato 5	8,80	126,62	1,42	Meyerhof	2,20
Strato 6	10,40	11,06	0,27	Meyerhof	2,10
Strato 7	10,82	43,90	1,43	Meyerhof	2,10

		Commissioner: Ingegnerie Toscane	
Site: Nuova fognatura	Test Location: CPTU 2		Abs. quota [cm]: 0
Locality: S. Piero a Grado - Pisa	Date: 21/10/2015		Prehole [cm]: 0
			Hydrostatic Line [cm]: 200

Page 1/3

Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	Rf [%]	U2 [kPa]	Tilt [°]	Speed [cm/sec]	U0 [kPa]	U2-U0 [kPa]
5	0,000	0,00	0,00	-1,93	0,6	2,1		
10	0,043	2,36	5,49	-19,02	0,9	1,9		
15	0,100	26,90	26,90	-3,35	1,0	2,0		
20	2,534	40,63	1,60	23,98	1,0	2,0		
25	2,135	61,17	2,87	1,61	1,5	2,0		
30	1,936	80,67	4,17	1,20	1,5	2,0		
35	1,719	80,17	4,66	-1,45	1,4	2,0		
40	1,992	72,45	3,64	-3,73	1,3	2,0		
45	4,400	90,48	2,06	2,53	1,2	2,0		
50	5,487	97,65	1,78	18,58	1,2	2,0		
55	4,578	121,72	2,66	13,46	1,2	1,9		
60	4,123	138,39	3,36	-0,38	1,2	2,1		
65	4,110	158,86	3,87	0,22	1,2	2,0		
70	4,825	175,03	3,63	2,84	1,2	2,0		
75	9,073	158,40	1,75	-12,70	1,2	2,0		
80	9,870	186,93	1,89	-16,30	1,2	1,9		
85	8,151	279,66	3,43	-15,64	1,2	2,0		
90	6,081	345,13	5,68	-11,09	1,2	2,0		
95	4,989	333,07	6,68	-10,55	1,2	2,0		
100	3,525	232,01	6,58	-7,33	1,2	2,1		
105	2,603	201,89	7,76	-8,34	1,2	2,2		
110	2,261	177,35	7,84	-11,18	1,2	1,9		
115	2,187	171,54	7,84	-5,28	1,2	1,9		
120	1,750	153,01	8,74	-0,47	1,3	2,1		
125	1,286	137,27	10,67	-0,57	1,3	2,1		
130	1,576	115,79	7,35	5,97	1,2	2,0		
135	3,084	90,36	2,93	2,46	1,3	2,0		
140	3,854	73,69	1,91	0,25	1,3	2,0		
145	3,058	74,66	2,44	-0,09	1,2	2,0		
150	2,612	76,41	2,93	-0,22	1,2	2,0		
155	2,044	86,80	4,25	-1,48	1,2	2,0		
160	1,854	110,09	5,94	3,29	1,3	2,1		
165	2,187	112,69	5,15	0,95	1,3	2,0		
170	2,425	101,80	4,20	-7,46	1,2	2,0		
175	2,408	83,73	3,48	-22,34	1,2	2,1		
180	1,932	71,02	3,68	-23,63	1,2	2,0		
185	1,563	68,58	4,39	-28,46	1,2	2,2		
190	1,537	65,01	4,23	-33,58	1,2	2,0		
195	1,230	64,51	5,24	-31,81	1,2	2,0		
200	1,174	65,44	5,57	-2,65	1,3	2,0		
205	1,165	73,03	6,27	53,74	1,3	2,1	0,49	53,25
210	1,351	77,73	5,75	63,50	1,3	2,0	0,98	62,52
215	1,278	77,14	6,04	43,98	1,3	2,0	1,47	42,51
220	1,360	99,78	7,34	27,90	1,3	2,0	1,96	25,94
225	1,468	115,13	7,84	32,38	1,3	2,1	2,45	29,93
230	1,360	120,13	8,83	28,37	1,3	2,1	2,94	25,43
235	1,269	118,00	9,30	29,44	1,3	1,9	3,43	26,01
240	1,325	113,58	8,57	27,99	1,3	2,0	3,92	24,07
245	1,832	100,48	5,48	61,76	1,3	2,1	4,41	57,35
250	3,010	93,70	3,11	55,03	1,5	2,0	4,91	50,12
255	2,642	118,08	4,47	-17,25	1,5	2,0	5,40	-22,65
260	2,036	133,16	6,54	-19,30	1,5	2,1	5,89	-25,19
265	1,295	137,31	10,60	-23,95	1,5	2,0	6,38	-30,33
270	1,005	109,09	10,85	-24,61	1,5	2,0	6,87	-31,48
275	1,767	92,30	5,22	-13,65	1,5	2,1	7,36	-21,01
280	3,287	72,10	2,19	-15,67	1,5	2,0	7,85	-23,52
285	4,556	47,57	1,04	-14,53	1,5	2,1	8,34	-22,87
290	5,175	45,01	0,87	-13,46	1,5	2,0	8,83	-22,29
295	5,708	55,28	0,97	-12,45	1,5	2,0	9,32	-21,77
300	5,972	67,61	1,13	-11,94	1,5	2,0	9,81	-21,75
305	6,319	72,57	1,15	-10,36	1,5	2,0	10,30	-20,66
310	6,726	82,76	1,23	-9,86	1,5	2,0	10,79	-20,65
315	7,142	90,79	1,27	-8,56	1,5	2,0	11,28	-19,84
320	7,770	97,34	1,25	-7,23	1,5	2,0	11,77	-19,00
325	8,324	101,33	1,22	-5,75	1,5	2,0	12,26	-18,01

		Commissioner: Ingegnerie Toscane	
Site: Nuova fognatura	Test Location: CPTU 2		Abs. quota [cm]: 0
Locality: S. Piero a Grado - Pisa	Date: 21/10/2015		Prehole [cm]: 0
			Hydrostatic Line [cm]: 200

Page 2/3

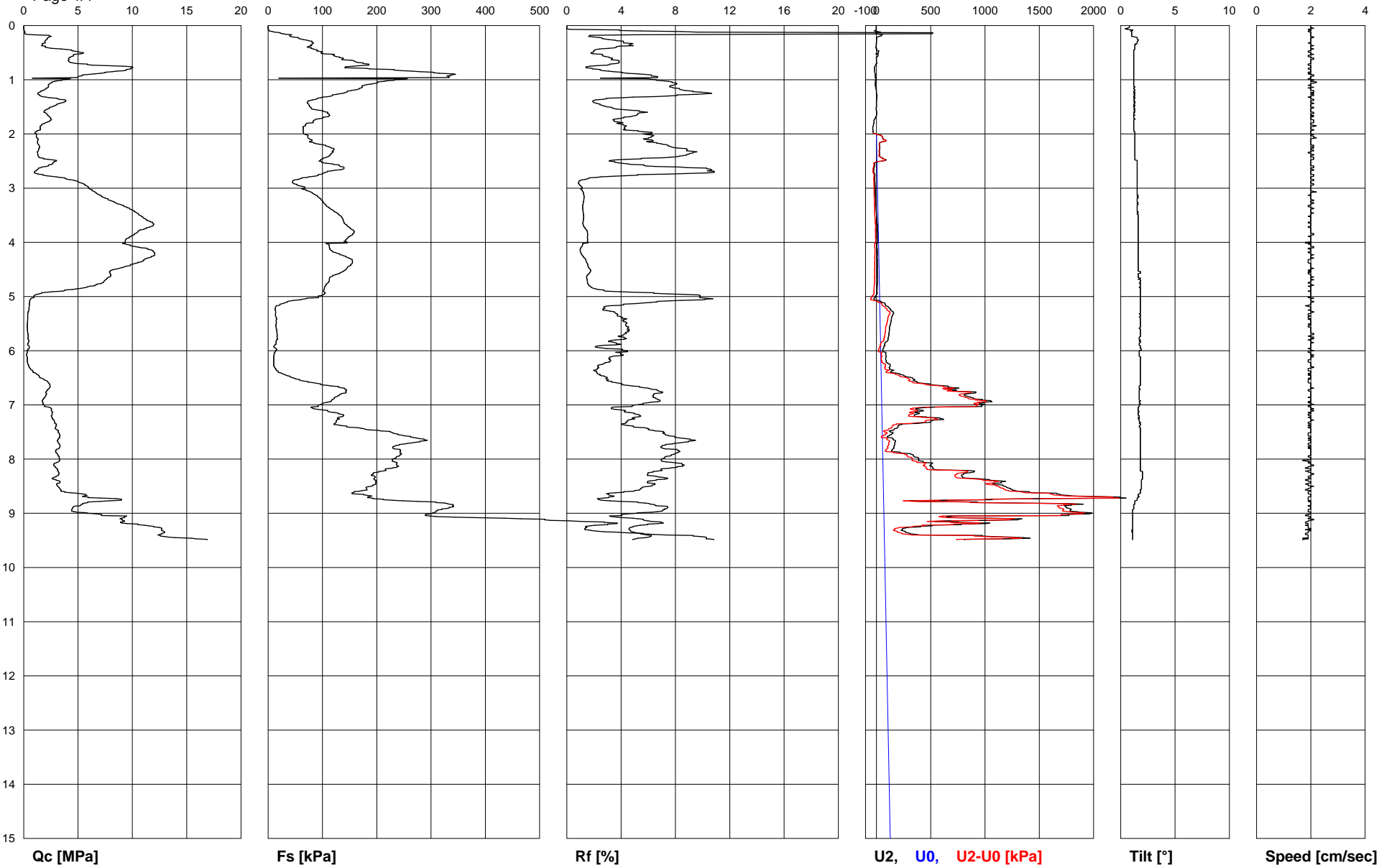
Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	Rf [%]	U2 [kPa]	Tilt [°]	Speed [cm/sec]	U0 [kPa]	U2-U0 [kPa]
330	8,887	105,13	1,18	-4,55	1,6	2,0	12,75	-17,30
335	9,454	110,99	1,17	-2,87	1,5	2,0	13,24	-16,11
340	9,961	117,96	1,18	-1,74	1,5	2,0	13,73	-15,47
345	10,351	125,56	1,21	-0,57	1,5	2,0	14,22	-14,79
350	10,667	131,14	1,23	0,73	1,6	2,0	14,72	-13,99
355	11,022	136,26	1,24	2,31	1,6	2,0	15,21	-12,90
360	11,399	137,97	1,21	3,98	1,6	2,0	15,70	-11,72
365	11,919	140,37	1,18	6,54	1,6	2,0	16,19	-9,65
370	11,849	145,49	1,23	10,05	1,6	2,0	16,68	-6,63
375	11,122	152,39	1,37	9,54	1,6	2,0	17,17	-7,63
380	10,537	158,36	1,50	9,86	1,6	2,0	17,66	-7,80
385	10,204	155,76	1,53	10,71	1,6	2,1	18,15	-7,44
390	9,727	147,70	1,52	10,77	1,6	2,0	18,64	-7,87
395	9,368	142,89	1,53	12,32	1,6	2,0	19,13	-6,81
400	9,337	145,06	1,55	12,54	1,6	1,8	19,62	-7,08
405	9,805	112,50	1,15	5,09	1,6	2,0	20,11	-15,02
410	10,827	112,61	1,04	6,22	1,6	2,1	20,60	-14,38
415	11,823	116,10	0,98	7,74	1,6	2,0	21,09	-13,35
420	12,053	125,95	1,04	8,50	1,6	2,0	21,58	-13,08
425	11,953	139,71	1,17	8,56	1,6	2,0	22,07	-13,51
430	11,234	151,34	1,35	8,47	1,6	2,0	22,56	-14,09
435	10,892	154,99	1,42	8,47	1,6	1,9	23,05	-14,58
440	10,095	154,02	1,53	9,04	1,6	2,0	23,54	-14,50
445	9,264	147,04	1,59	9,60	1,6	2,0	24,03	-14,43
450	8,259	143,08	1,73	8,06	1,6	2,0	24,53	-16,47
455	7,891	135,56	1,72	9,26	1,8	2,0	25,02	-15,76
460	8,008	124,01	1,55	9,83	1,6	2,0	25,51	-15,68
465	7,778	113,31	1,46	8,75	1,6	2,0	26,00	-17,25
470	7,466	112,96	1,51	10,80	1,8	2,0	26,49	-15,69
475	7,185	109,32	1,52	10,93	1,7	1,9	26,98	-16,05
480	6,540	106,18	1,62	7,83	1,8	2,0	27,47	-19,64
485	5,266	103,54	1,97	6,92	1,8	2,0	27,96	-21,04
490	3,556	101,80	2,86	5,72	1,8	1,9	28,45	-22,73
495	1,386	103,62	7,48	5,62	1,8	2,0	28,94	-23,32
500	0,944	92,46	9,79	-10,93	1,8	2,0	29,43	-40,36
505	0,619	63,30	10,23	-20,85	1,8	2,0	29,92	-50,77
510	0,541	35,94	6,64	43,66	1,8	2,1	30,41	13,25
515	0,520	21,75	4,18	81,86	1,8	2,0	30,90	50,96
520	0,494	13,41	2,71	111,24	1,8	2,0	31,39	79,85
525	0,485	12,95	2,67	129,85	1,8	1,9	31,88	97,97
530	0,390	13,80	3,54	158,12	1,8	2,0	32,37	125,75
535	0,368	13,65	3,71	148,39	1,8	1,9	32,86	115,53
540	0,372	15,20	4,09	138,63	1,8	1,9	33,35	105,28
545	0,355	14,92	4,20	135,78	1,8	2,0	33,84	101,94
550	0,338	14,85	4,39	130,95	1,8	2,0	34,34	96,61
555	0,325	14,23	4,38	123,91	1,8	1,9	34,83	89,08
560	0,338	15,43	4,57	121,13	1,8	2,0	35,32	85,81
565	0,355	16,05	4,52	118,66	1,8	2,0	35,81	82,85
570	0,390	16,44	4,22	114,78	1,8	2,1	36,30	78,48
575	0,398	16,75	4,21	109,75	1,7	2,1	36,79	72,96
580	0,442	15,86	3,59	107,16	1,8	1,9	37,28	69,88
585	0,416	14,61	3,51	82,65	1,8	2,1	37,77	44,88
590	0,433	11,51	2,66	78,73	1,7	2,0	38,26	40,47
595	0,515	13,80	2,68	66,09	1,8	2,0	38,75	27,34
600	0,307	13,72	4,47	57,91	1,7	2,1	39,24	18,67
605	0,286	11,44	4,00	86,22	1,7	2,0	39,73	46,49
610	0,294	10,00	3,40	90,35	1,7	2,0	40,22	50,13
615	0,333	10,58	3,18	85,84	1,8	2,0	40,71	45,13
620	0,325	10,20	3,14	90,99	1,8	1,9	41,20	49,79
625	0,394	10,31	2,62	126,53	1,8	2,0	41,69	84,84
630	0,498	11,32	2,27	122,39	1,8	2,1	42,18	80,21
635	0,658	14,38	2,19	138,00	1,8	1,9	42,67	95,33
640	0,853	18,72	2,19	134,27	1,8	2,0	43,16	91,11
645	1,343	32,60	2,43	249,61	1,8	1,9	43,65	205,96
650	1,529	45,55	2,98	331,85	1,8	2,0	44,15	287,70

		<b>Commissioner: Ingegnerie Toscane</b>	
Site: Nuova fognatura	Test Location: CPTU 2		Abs. quota [cm]: 0
Locality: S. Piero a Grado - Pisa	Date: 21/10/2015		Prehole [cm]: 0
			Hydrostatic Line [cm]: 200

Page 3/3

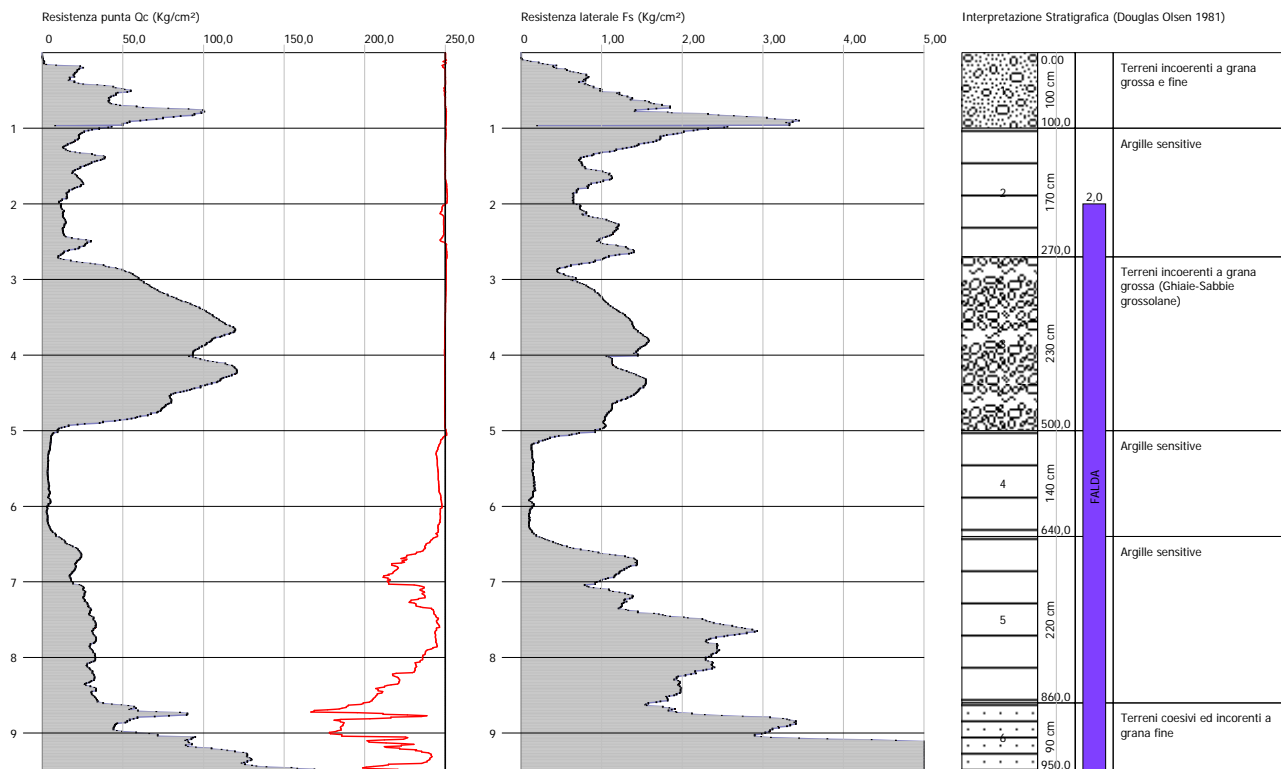
Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	Rf [%]	U2 [kPa]	Tilt [°]	Speed [cm/sec]	U0 [kPa]	U2-U0 [kPa]
655	2,074	60,82	2,93	339,15	1,8	1,9	44,64	294,51
660	2,304	88,73	3,85	426,41	1,8	2,0	45,13	381,28
665	2,417	117,11	4,85	659,21	1,7	2,0	45,62	613,59
670	2,317	141,26	6,10	658,07	1,7	2,0	46,11	611,96
675	2,096	142,39	6,79	757,31	1,7	2,0	46,60	710,71
680	2,096	133,82	6,38	821,15	1,7	2,0	47,09	774,06
685	1,962	124,63	6,35	858,72	1,7	2,0	47,58	811,14
690	1,767	118,12	6,68	976,50	1,7	2,0	48,07	928,43
695	1,763	108,47	6,15	981,49	1,7	2,0	48,56	932,93
700	1,841	93,54	5,08	985,66	1,7	2,0	49,05	936,61
705	2,412	79,39	3,29	443,59	1,6	2,0	49,54	394,05
710	2,542	109,36	4,30	431,46	1,6	2,1	50,03	381,43
715	2,612	129,09	4,94	394,40	1,6	2,0	50,52	343,88
720	2,542	138,35	5,44	348,53	1,7	2,0	51,01	297,52
725	2,650	127,62	4,82	584,78	1,7	2,0	51,50	533,28
730	2,806	125,25	4,46	504,41	1,7	2,0	51,99	452,42
735	2,993	121,14	4,05	235,87	1,8	2,0	52,48	183,39
740	2,954	144,87	4,90	198,21	1,7	2,0	52,97	145,24
745	2,984	178,67	5,99	163,33	1,8	2,0	53,46	109,87
750	3,166	224,88	7,10	126,53	1,8	2,0	53,96	72,57
755	3,300	239,07	7,24	136,32	1,8	1,9	54,45	81,87
760	3,322	267,29	8,05	99,74	1,8	2,0	54,94	44,80
765	3,092	293,11	9,48	170,16	1,8	1,9	55,43	114,73
770	3,183	264,96	8,32	169,27	1,8	2,0	55,92	113,35
775	3,343	235,46	7,04	164,34	1,8	2,0	56,41	107,93
780	3,252	230,15	7,08	162,42	1,8	1,9	56,90	105,52
785	2,936	242,91	8,27	139,13	1,8	2,0	57,39	81,74
790	3,084	245,85	7,97	308,91	1,8	2,0	57,88	251,03
795	3,257	237,79	7,30	346,89	1,8	1,9	58,37	288,52
800	3,287	228,91	6,96	392,66	1,8	2,0	58,86	333,80
805	3,188	232,36	7,29	432,57	1,8	2,0	59,35	373,22
810	2,772	236,20	8,52	499,95	1,8	2,0	59,84	440,11
815	2,923	237,05	8,11	515,94	1,8	1,9	60,33	455,61
820	3,114	216,27	6,95	565,00	1,8	2,0	60,82	504,18
825	3,239	194,57	6,01	864,63	2,0	2,0	61,31	803,32
830	3,201	189,91	5,93	784,89	2,0	2,0	61,80	723,09
835	2,646	195,81	7,40	815,63	2,0	2,0	62,29	753,34
840	3,231	199,06	6,16	1124,19	1,9	1,9	62,78	1061,41
845	3,075	198,40	6,45	1070,83	1,9	1,9	63,27	1007,56
850	3,118	190,15	6,10	1179,07	1,9	2,1	63,77	1115,30
855	3,339	181,77	5,44	1233,15	1,9	1,9	64,26	1168,89
860	3,772	158,28	4,20	1405,11	1,8	1,9	64,75	1340,36
865	5,699	176,27	3,09	1691,78	1,6	2,0	65,24	1626,54
870	5,938	183,21	3,09	2240,86	1,6	1,9	65,73	2175,13
875	9,004	212,05	2,36	1064,04	1,5	1,9	66,22	997,82
880	5,899	308,96	5,24	929,20	1,3	2,0	66,71	862,49
885	5,262	340,91	6,48	1795,79	1,2	2,0	67,20	1728,59
890	4,508	333,50	7,40	1750,54	1,2	2,0	67,69	1682,85
895	4,409	311,64	7,07	1784,70	1,1	1,9	68,18	1716,52
900	5,825	303,03	5,20	1982,21	1,1	2,0	68,67	1913,54
905	9,480	298,19	3,15	684,14	1,1	1,9	69,16	614,98
910	8,865	464,99	5,25	1338,67	1,1	1,9	69,65	1269,02
915	9,277	575,94	6,21	537,20	1,1	1,9	70,14	467,06
920	10,502	625,41	5,96	781,92	1,1	1,9	70,63	711,29
925	11,945	584,66	4,89	406,12	1,1	1,9	71,12	335,00
930	12,711	583,23	4,59	239,72	1,1	1,8	71,61	168,11
935	12,988	645,49	4,97	267,24	1,1	1,9	72,10	195,14
940	12,356	733,25	5,93	401,54	1,1	1,9	72,59	328,95
945	13,911	807,33	5,80	1351,59	1,1	1,9	73,08	1278,51
950	17,384	827,65	4,76	622,50	1,1	1,9	73,58	548,92

Commissioner: Ingegnerie Toscane		
Site: Nuova fognatura	Test Location: CPTU 2	Abs. quota [cm]: 0
Locality: S. Piero a Grado - Pisa	Date: 21/10/2015	Prehole [cm]: 0
		Hydrostatic Line [cm]: 200



Committente : Ingegnerie Toscane  
Cantiere : Fognatura  
Località : S. Piero a Grado - Pisa

Data :21/10/2015



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPTU2****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.-Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 2	2,70	19,35	1,07	0,92	1,27	1,27	1,12	1,00	0,97
Strato 4	6,40	4,33	0,18	0,17	0,25	0,21	0,19	0,17	0,22
Strato 5	8,60	27,16	1,70	1,27	1,60	1,71	1,51	1,35	1,36
Strato 6	9,50	88,58	4,48	4,23	3,43	5,78	5,10	4,57	4,43

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo general del modulo edometrico	Buisman	Buisman Sanglerat
Strato 2	2,70	19,35	1,07	96,75	43,45	116,10	58,05
Strato 4	6,40	4,33	0,18	34,64	24,39	64,95	12,99
Strato 5	8,60	27,16	1,70	67,90	54,32	81,48	81,48
Strato 6	9,50	88,58	4,48	221,45	177,16	265,74	132,87

**Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 2	2,70	19,35	1,07	712,12	29,10
Strato 4	6,40	4,33	0,18	132,94	6,60
Strato 5	8,60	27,16	1,70	983,10	40,80
Strato 6	9,50	88,58	4,48	3280,20	132,90

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	2,70	19,35	1,07	Imai & Tomauch	171,13
Strato 4	6,40	4,33	0,18	Imai & Tomauch	68,56
Strato 5	8,60	27,16	1,70	Imai & Tomauch	210,52
Strato 6	9,50	88,58	4,48	Imai & Tomauch	433,49

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress-History
Strato 2	2,70	19,35	1,07	1,25
Strato 4	6,40	4,33	0,18	<0.5
Strato 5	8,60	27,16	1,70	0,67
Strato 6	9,50	88,58	4,48	1,86

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	2,70	19,35	1,07	Meyerhof	1,96
Strato 4	6,40	4,33	0,18	Meyerhof	1,68
Strato 5	8,60	27,16	1,70	Meyerhof	2,02
Strato 6	9,50	88,58	4,48	Meyerhof	2,22

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	2,70	19,35	1,07	Meyerhof	2,04
Strato 4	6,40	4,33	0,18	Meyerhof	1,76
Strato 5	8,60	27,16	1,70	Meyerhof	2,10
Strato 6	9,50	88,58	4,48	Meyerhof	2,30

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa (%)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	Schmertmann	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowski 1985
Strato 1	1,00	38,61	1,27	72,29	99,24	95,92	73,18	100
Strato 3	5,00	82,60	1,16	67,76	77,58	77,8	68,61	68,81
Strato 6	9,50	88,58	4,48	60,99	63,55	65,37	61,77	46,75

**Angolo di resistenza al taglio (°)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Durgunogl u-Mitchel l 1973	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmertm ann	Robertson & Campanella 1983	Herminier	Meyerhof 1951
Strato 1	1,00	38,61	1,27	42,53	39,6	37,1	34,5	41,89	45	40,62	34,34
Strato 3	5,00	82,60	1,16	37,9	34,24	31,48	29,36	38,86	42,37	30,12	45
Strato 6	9,50	88,58	4,48	35,46	31,53	28,63	26,76	36,9	39,5	26,59	45

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	1,00	38,61	1,27	96,53	77,22	157,96
Strato 3	5,00	82,60	1,16	206,50	165,20	552,63
Strato 6	9,50	88,58	4,48	221,45	177,16	741,77

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Robertson & Campanella d Schmertmann	Lunne-Christo ffersen 1983 - Robertson an Powell 1997	Kulhawy-May ne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	1,00	38,61	1,27	80,67	151,45	309,50	77,22	115,83
Strato 3	5,00	82,60	1,16	70,76	324,01	664,19	140,42	123,90
Strato 6	9,50	88,58	4,48	65,83	347,47	702,33	150,59	132,87

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1,00	38,61	1,27	Imai & Tomauch	260,99
Strato 3	5,00	82,60	1,16	Imai & Tomauch	415,37
Strato 6	9,50	88,58	4,48	Imai & Tomauch	433,49

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	1,00	38,61	1,27	>9	>9	<0.5	>9
Strato 3	5,00	82,60	1,16	3,21	>9	1,06	>9
Strato 6	9,50	88,58	4,48	1,86	>9	1,53	>9

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1,00	38,61	1,27	Meyerhof	1,80
Strato 3	5,00	82,60	1,16	Meyerhof	1,90
Strato 6	9,50	88,58	4,48	Meyerhof	1,80

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1,00	38,61	1,27	Meyerhof	2,10
Strato 3	5,00	82,60	1,16	Meyerhof	2,20
Strato 6	9,50	88,58	4,48	Meyerhof	2,10



		Commissioner: Ingegnerie Toscane	
Site: Nuova fognatura	Test Location: CPTU 3		Abs. quota [cm]: 0
Locality: S. Piero a Grado - Pisa	Date: 21/10/2015		Prehole [cm]: 0
			Hydrostatic Line [cm]: 200

Page 1/4

Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	Rf [%]	U2 [kPa]	Tilt [°]	Speed [cm/sec]	U0 [kPa]	U2-U0 [kPa]
5	0,433	12,99	3,00	74,81	0,7	1,8		
10	0,554	14,89	2,69	66,69	0,5	1,8		
15	0,585	24,54	4,19	-23,73	0,6	1,8		
20	0,312	34,58	11,08	80,91	0,7	1,8		
25	0,576	32,21	5,59	79,20	0,6	1,8		
30	0,572	35,16	6,15	49,16	0,7	1,8		
35	0,598	38,18	6,38	49,63	0,7	2,0		
40	0,888	47,72	5,37	52,60	0,7	1,9		
45	1,174	53,46	4,55	52,41	0,7	1,9		
50	1,269	58,85	4,64	65,87	0,7	2,0		
55	1,234	67,30	5,45	72,13	0,7	2,1		
60	1,278	72,92	5,71	101,22	0,7	1,9		
65	1,442	76,68	5,32	163,11	0,7	1,9		
70	1,122	84,59	7,54	85,68	0,7	1,9		
75	0,840	90,83	10,81	49,28	0,7	2,0		
80	0,593	91,76	15,47	58,35	0,7	1,9		
85	0,489	67,49	13,80	70,74	0,9	1,9		
90	0,338	53,30	15,77	64,29	0,7	1,9		
95	0,481	41,67	8,66	105,14	0,7	2,0		
100	0,476	39,81	8,36	141,63	0,7	1,9		
105	0,533	35,78	6,71	151,74	0,7	1,9		
110	0,550	33,73	6,13	151,27	0,7	1,9		
115	0,650	35,39	5,44	154,74	0,9	2,0		
120	0,849	37,80	4,45	142,80	0,9	1,9		
125	0,901	41,63	4,62	84,38	0,9	1,9		
130	0,896	48,30	5,39	104,22	0,9	1,9		
135	0,983	52,10	5,30	129,85	0,9	2,0		
140	1,243	52,33	4,21	162,67	0,9	1,8		
145	2,867	64,27	2,24	204,34	0,7	1,9		
150	4,106	86,68	2,11	57,31	0,7	1,9		
155	4,223	148,67	3,52	28,56	0,7	2,0		
160	3,304	192,24	5,82	17,57	0,9	1,9		
165	2,326	212,86	9,15	21,04	0,9	1,9		
170	1,615	192,01	11,89	26,25	0,9	1,9		
175	1,347	156,73	11,64	132,40	0,9	2,0		
180	1,126	116,26	10,33	209,30	0,9	1,9		
185	1,386	88,73	6,40	265,47	0,9	1,9		
190	1,780	77,61	4,36	294,76	0,9	1,8		
195	2,317	128,93	5,56	17,38	0,9	2,1		
200	2,222	144,91	6,52	25,24	0,9	1,9		
205	2,113	162,47	7,69	31,81	0,7	2,0	0,49	31,32
210	1,897	155,14	8,18	42,74	0,9	1,8	0,98	41,76
215	1,771	152,93	8,64	69,19	0,9	1,9	1,47	67,72
220	1,589	147,35	9,27	61,26	0,9	2,0	1,96	59,30
225	1,533	145,91	9,52	126,94	0,9	1,9	2,45	124,49
230	1,520	142,58	9,38	70,14	0,9	1,9	2,94	67,20
235	1,178	138,47	11,75	68,24	0,9	1,9	3,43	64,81
240	1,148	122,42	10,66	95,41	0,9	1,9	3,92	91,49
245	1,213	104,71	8,63	108,58	0,9	2,0	4,41	104,17
250	1,044	96,68	9,26	100,78	0,9	1,9	4,91	95,87
255	1,005	109,86	10,93	101,29	0,9	2,0	5,40	95,89
260	1,044	108,82	10,42	103,31	0,9	2,0	5,89	97,42
265	0,957	106,02	11,08	100,91	0,9	1,8	6,38	94,53
270	0,883	93,74	10,62	100,34	0,9	1,9	6,87	93,47
275	0,788	94,08	11,94	98,70	0,9	2,0	7,36	91,34
280	0,771	81,91	10,62	97,27	0,9	1,9	7,85	89,42
285	0,728	71,02	9,76	89,82	0,9	1,9	8,34	81,48
290	0,684	67,03	9,80	92,16	0,9	1,9	8,83	83,33
295	0,580	58,07	10,01	117,94	0,9	2,0	9,32	108,62
300	0,576	51,95	9,02	113,48	0,9	1,9	9,81	103,67
305	0,585	46,98	8,03	117,11	0,9	1,9	10,30	106,81
310	0,546	44,15	8,09	101,60	0,9	2,0	10,79	90,81
315	0,468	50,32	10,75	101,19	0,9	2,0	11,28	89,91
320	0,494	46,25	9,36	110,70	0,9	1,9	11,77	98,93
325	0,407	41,36	10,16	99,67	0,9	1,9	12,26	87,41

		Commissioner: Ingegnerie Toscane	
Site: Nuova fognatura	Test Location: CPTU 3		Abs. quota [cm]: 0
Locality: S. Piero a Grado - Pisa	Date: 21/10/2015		Prehole [cm]: 0
			Hydrostatic Line [cm]: 200

Page 2/4

Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	Rf [%]	U2 [kPa]	Tilt [°]	Speed [cm/sec]	U0 [kPa]	U2-U0 [kPa]
330	0,381	36,90	9,69	103,37	0,9	1,9	12,75	90,62
335	0,411	35,47	8,63	102,39	1,1	2,1	13,24	89,15
340	0,541	33,34	6,16	112,53	1,1	1,9	13,73	98,80
345	0,550	39,97	7,27	115,98	1,1	1,9	14,22	101,76
350	0,511	49,27	9,64	114,33	1,0	2,0	14,72	99,61
355	0,489	54,62	11,17	113,39	1,0	2,0	15,21	98,18
360	0,455	54,00	11,87	111,58	1,0	1,9	15,70	95,88
365	0,403	48,73	12,09	111,02	1,1	1,9	16,19	94,83
370	0,364	46,05	12,65	109,06	1,0	1,9	16,68	92,38
375	0,355	42,22	11,89	108,02	1,0	2,1	17,17	90,85
380	0,316	37,56	11,89	105,39	1,0	1,9	17,66	87,73
385	0,312	31,25	10,02	102,87	1,0	1,9	18,15	84,72
390	0,290	27,95	9,64	109,85	1,0	1,9	18,64	91,21
395	0,273	26,63	9,75	114,27	1,0	2,0	19,13	95,14
400	0,260	26,48	10,18	114,87	1,0	1,9	19,62	95,25
405	0,282	25,35	8,99	118,79	1,0	1,9	20,11	98,68
410	0,264	26,79	10,15	118,41	1,0	2,0	20,60	97,81
415	0,264	26,17	9,91	117,33	1,0	2,0	21,09	96,24
420	0,282	26,36	9,35	115,85	1,0	1,9	21,58	94,27
425	0,251	23,69	9,44	115,57	1,0	1,9	22,07	93,50
430	0,247	22,17	8,98	113,80	1,0	1,9	22,56	91,24
435	0,260	21,63	8,32	115,94	1,0	2,1	23,05	92,89
440	0,247	20,55	8,32	119,04	1,0	1,9	23,54	95,50
445	0,225	18,37	8,16	117,30	1,0	1,9	24,03	93,27
450	0,238	17,68	7,43	122,04	1,0	2,0	24,53	97,51
455	0,238	17,87	7,51	123,50	1,0	2,0	25,02	98,48
460	0,221	19,00	8,60	121,13	1,0	1,9	25,51	95,62
465	0,238	19,19	8,06	123,18	1,2	1,9	26,00	97,18
470	0,234	18,10	7,74	121,60	1,2	1,8	26,49	95,11
475	0,208	16,40	7,88	118,63	1,2	2,0	26,98	91,65
480	0,260	16,24	6,25	128,55	1,2	2,0	27,47	101,08
485	0,234	15,74	6,73	130,54	1,2	1,9	27,96	102,58
490	0,273	16,75	6,14	175,62	1,2	1,9	28,45	147,17
495	0,251	17,79	7,09	195,40	1,2	2,1	28,94	166,46
500	0,273	18,30	6,70	205,67	1,2	2,0	29,43	176,24
505	0,632	19,77	3,13	252,74	1,2	1,9	29,92	222,82
510	7,059	28,45	0,40	83,34	1,2	2,0	30,41	52,93
515	9,316	41,17	0,44	95,95	1,2	2,0	30,90	65,05
520	10,827	65,86	0,61	98,03	1,2	1,9	31,39	66,64
525	11,477	90,09	0,78	98,73	1,2	2,0	31,88	66,85
530	11,304	108,93	0,96	99,83	1,2	1,9	32,37	67,46
535	10,204	115,02	1,13	95,69	1,2	2,1	32,86	62,83
540	8,125	116,99	1,44	91,24	1,2	2,0	33,35	57,89
545	5,600	110,44	1,97	84,86	1,2	1,9	33,84	51,02
550	3,426	101,95	2,98	79,99	1,2	2,0	34,34	45,65
555	1,429	96,29	6,74	72,66	1,2	2,0	34,83	37,83
560	0,580	90,48	15,60	33,49	1,2	1,9	35,32	-1,83
565	0,550	65,94	11,99	91,05	1,2	2,0	35,81	55,24
570	0,489	37,25	7,62	182,38	1,3	2,0	36,30	146,08
575	0,411	19,15	4,66	273,34	1,3	2,0	36,79	236,55
580	0,342	17,75	5,19	319,91	1,3	2,0	37,28	282,63
585	0,303	17,17	5,67	293,94	1,3	1,8	37,77	256,17
590	0,294	17,25	5,87	297,10	1,3	1,8	38,26	258,84
595	0,294	17,29	5,88	269,48	1,3	2,0	38,75	230,73
600	0,355	18,96	5,34	258,17	1,3	1,9	39,24	218,93
605	0,680	19,19	2,82	213,69	1,3	1,9	39,73	173,96
610	0,706	31,36	4,44	285,72	1,5	2,1	40,22	245,50
615	0,853	39,42	4,62	323,29	1,5	2,0	40,71	282,58
620	1,061	49,89	4,70	411,75	1,5	1,9	41,20	370,55
625	0,922	56,13	6,09	374,94	1,5	2,0	41,69	333,25
630	0,909	64,12	7,05	465,77	1,5	1,9	42,18	423,59
635	0,948	59,78	6,31	499,70	1,5	2,1	42,67	457,03
640	1,035	52,14	5,04	516,73	1,5	1,9	43,16	473,57
645	1,039	52,68	5,07	520,65	1,5	1,9	43,65	477,00
650	0,905	50,82	5,62	492,34	1,6	2,0	44,15	448,19

		<b>Commissioner: Ingegnerie Toscane</b>	
Site: Nuova fognatura	Test Location: CPTU 3		Abs. quota [cm]: 0
Locality: S. Piero a Grado - Pisa	Date: 21/10/2015		Prehole [cm]: 0
			Hydrostatic Line [cm]: 200

Page 3/4

Depth [cm]	Qc [MPa]	Fs [kPa]	Rf [%]	U2 [kPa]	Tilt [°]	Speed [cm/sec]	U0 [kPa]	U2-U0 [kPa]
655	1,065	53,81	5,05	586,52	1,5	2,0	44,64	541,88
660	1,706	49,93	2,93	721,29	1,6	1,9	45,13	676,16
665	2,191	77,92	3,56	474,74	1,6	2,0	45,62	429,12
670	2,027	94,74	4,67	664,80	1,7	1,9	46,11	618,69
675	2,793	109,78	3,93	210,88	1,7	2,0	46,60	164,28
680	1,589	129,24	8,13	439,96	1,7	2,0	47,09	392,87
685	1,702	107,26	6,30	673,87	1,7	2,0	47,58	626,29
690	2,083	109,28	5,25	387,29	1,6	1,9	48,07	339,22
695	2,551	127,35	4,99	551,13	1,6	2,0	48,56	502,57
700	2,542	178,75	7,03	352,38	1,6	1,9	49,05	303,33
705	2,715	195,92	7,22	438,44	1,6	1,9	49,54	388,90
710	2,811	205,23	7,30	326,70	1,6	2,0	50,03	276,67
715	2,663	207,55	7,79	350,80	1,6	2,0	50,52	300,28
720	2,265	227,55	10,05	524,66	1,6	1,9	51,01	473,65
725	2,373	197,28	8,31	810,22	1,6	2,0	51,50	758,72
730	2,469	173,09	7,01	814,74	1,6	1,9	51,99	762,75
735	2,122	165,03	7,78	915,96	1,6	2,0	52,48	863,48
740	1,966	165,18	8,40	1054,28	1,7	1,9	52,97	1001,31
745	2,122	145,26	6,85	1236,38	1,7	1,9	53,46	1182,92
750	2,269	133,47	5,88	1306,29	1,7	2,0	53,96	1252,33
755	2,343	122,77	5,24	1333,24	1,7	2,0	54,45	1278,79
760	2,746	111,96	4,08	1353,21	1,6	1,9	54,94	1298,27
765	2,997	116,10	3,87	1214,20	1,6	1,9	55,43	1158,77
770	3,010	130,25	4,33	1412,50	1,6	1,9	55,92	1356,58
775	2,949	146,30	4,96	1251,38	1,6	2,0	56,41	1194,97
780	2,568	140,87	5,49	1330,27	1,6	1,9	56,90	1273,37
785	2,612	116,72	4,47	1622,60	1,6	1,9	57,39	1565,21
790	3,270	104,55	3,20	902,16	1,6	1,8	57,88	844,28
795	3,738	147,19	3,94	713,36	1,6	1,9	58,37	654,99
800	3,971	209,26	5,27	818,15	1,6	1,9	58,86	759,29
805	4,010	249,38	6,22	987,52	1,7	1,9	59,35	928,17
810	4,309	259,65	6,03	1215,02	1,7	2,0	59,84	1155,18
815	4,166	264,23	6,34	969,10	1,7	1,9	60,33	908,77
820	3,958	274,62	6,94	1025,40	1,7	2,0	60,82	964,58
825	4,114	279,04	6,78	1226,61	1,7	1,9	61,31	1165,30
830	4,521	279,97	6,19	931,48	1,7	1,9	61,80	869,68
835	4,257	282,99	6,65	820,81	1,7	2,0	62,29	758,52
840	5,297	303,85	5,74	1219,51	1,7	1,8	62,78	1156,73
845	6,401	311,60	4,87	820,21	1,7	1,9	63,27	756,94
850	5,067	308,73	6,09	1212,71	1,7	1,9	63,77	1148,94
855	7,358	299,70	4,07	1879,00	1,6	1,9	64,26	1814,74
860	9,610	340,87	3,55	705,46	1,6	1,9	64,75	640,71
865	7,770	409,75	5,27	332,67	1,5	1,9	65,24	267,43
870	6,128	463,64	7,57	462,42	1,5	1,9	65,73	396,69
875	5,132	450,65	8,78	382,59	1,4	2,0	66,22	316,37
880	3,768	391,46	10,39	455,03	1,4	1,9	66,71	388,32
885	3,742	337,34	9,01	892,52	1,5	1,9	67,20	825,32
890	3,876	311,56	8,04	947,37	1,5	1,7	67,69	879,68
895	4,742	315,63	6,66	913,59	1,5	1,9	68,18	845,41
900	6,592	342,96	5,20	1025,02	1,7	1,8	68,67	956,35
905	8,515	383,82	4,51	1226,77	1,7	2,0	69,16	1157,61
910	9,164	412,89	4,51	1036,08	1,7	1,7	69,65	966,43
915	13,967	496,12	3,55	277,45	1,7	1,8	70,14	207,31
920	15,162	595,09	3,92	273,24	1,9	1,9	70,63	202,61
925	16,180	736,82	4,55	423,09	1,9	1,7	71,12	351,97
930	19,190	804,74	4,19	99,83	1,9	1,7	71,61	28,22
935	21,563	838,54	3,89	10,27	2,0	1,8	72,10	-61,83
940	22,893	863,62	3,77	16,97	2,0	1,7	72,59	-55,62
945	25,613	898,51	3,51	23,13	2,0	1,8	73,08	-49,95
950	26,635	885,68	3,33	6,60	2,0	1,7	73,58	-66,98
955	27,523	860,75	3,13	8,25	2,0	1,8	74,07	-65,82
960	28,073	833,31	2,97	5,50	2,0	1,8	74,56	-69,06
965	28,649	818,38	2,86	1,39	2,0	1,7	75,05	-73,66
970	29,017	790,16	2,72	-1,55	2,0	1,7	75,54	-77,09
975	28,844	759,07	2,63	-3,44	2,0	1,8	76,03	-79,47

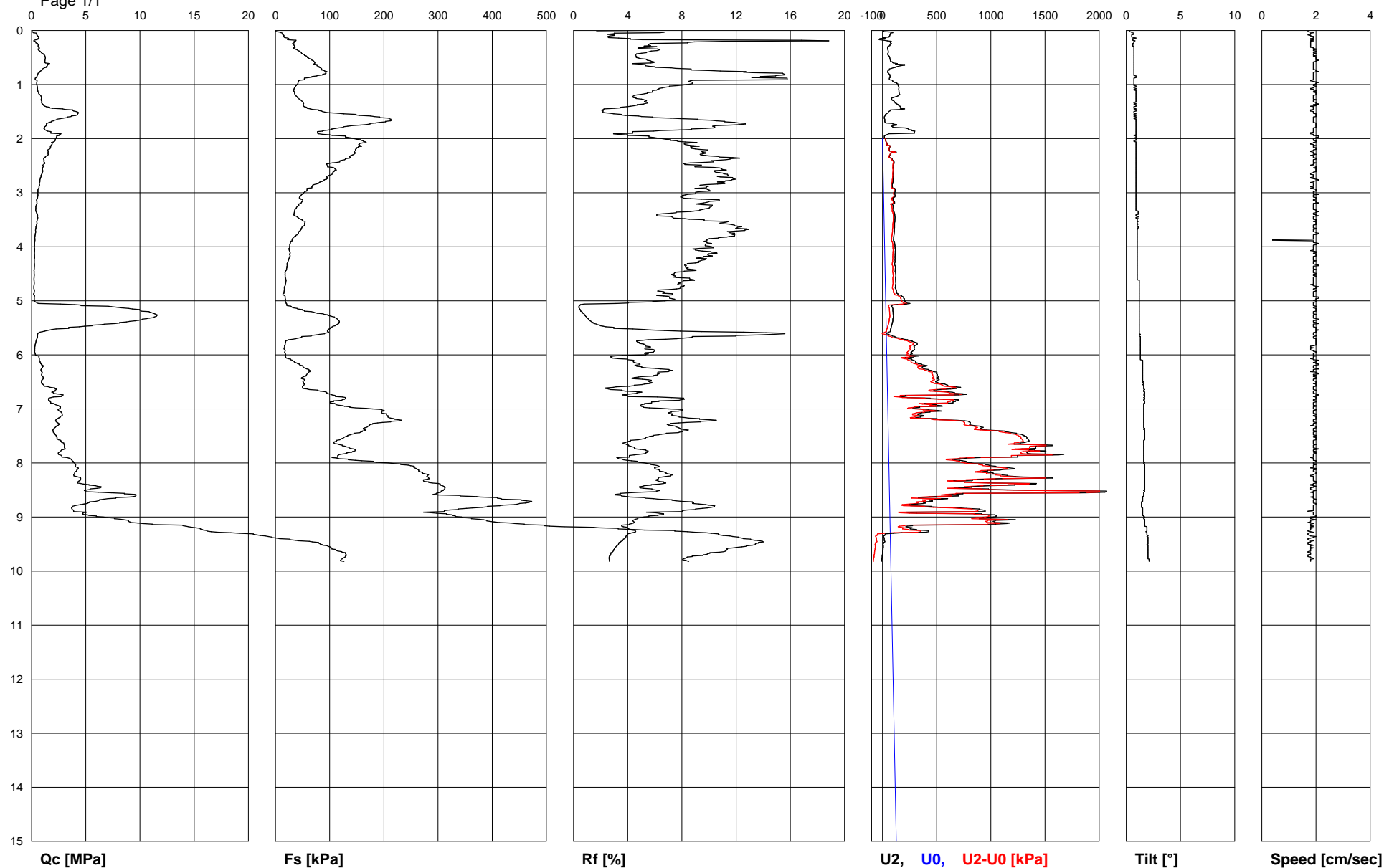
		<b>Commissioner: Ingegnerie Toscane</b>	
Site: Nuova fognatura	Test Location: CPTU 3		Abs. quota [cm]: 0
Locality: S. Piero a Grado - Pisa	Date: 21/10/2015		Prehole [cm]: 0
			Hydrostatic Line [cm]: 200

Page 4/4

<b>Depth</b> <b>[cm]</b>	<b>Qc</b> <b>[MPa]</b>	<b>Fs</b> <b>[kPa]</b>	<b>Rf</b> <b>[%]</b>	<b>U2</b> <b>[kPa]</b>	<b>Tilt</b> <b>[°]</b>	<b>Speed</b> <b>[cm/sec]</b>	<b>U0</b> <b>[kPa]</b>	<b>U2-U0</b> <b>[kPa]</b>
980	28,489	757,48	2,66	-8,66	2,1	1,8	76,52	-85,18
985	0,502	8,80	1,75	257,76	0,6	2,0	77,01	180,75

Commissioner: Ingegnerie Toscane		
Site: Nuova fognatura	Test Location: CPTU 3	Abs. quota [cm]: 0
Locality: S. Piero a Grado - Pisa	Date: 21/10/2015	Prehole [cm]: 0
		Hydrostatic Line [cm]: 200

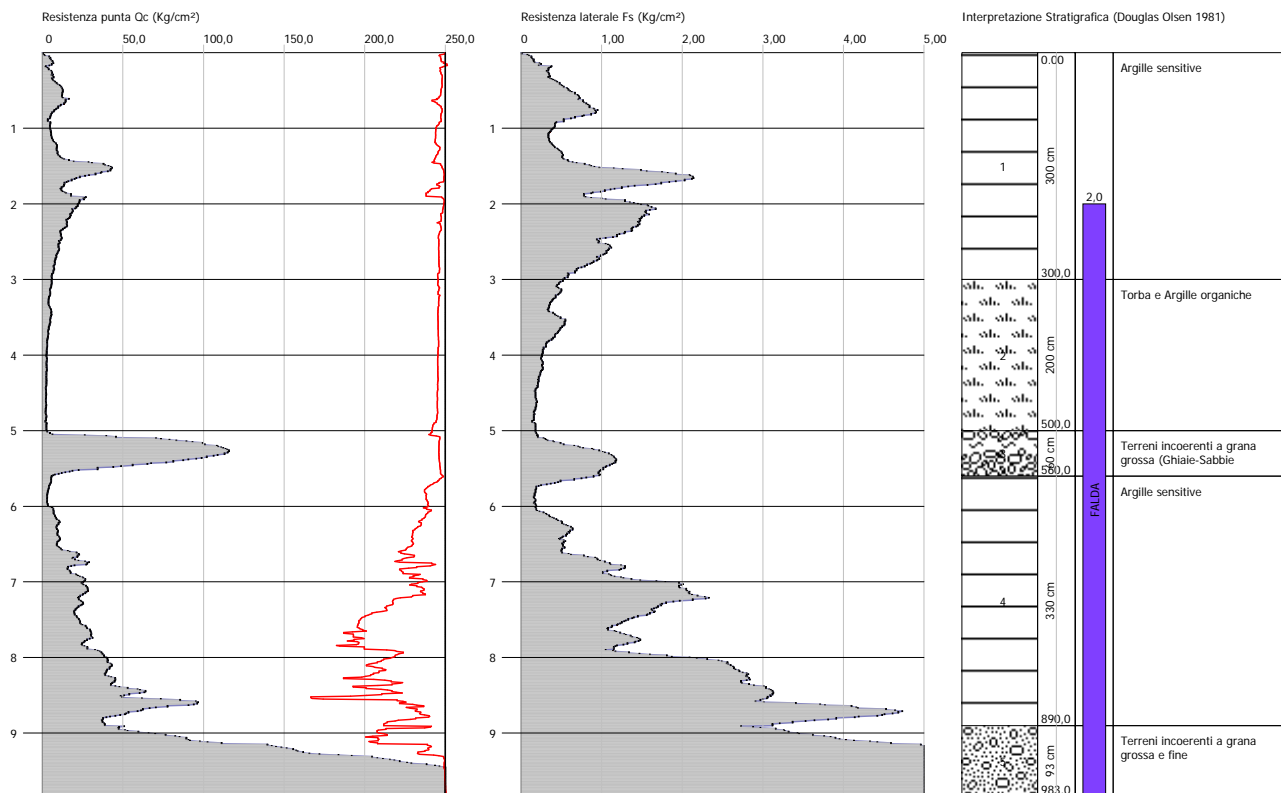
Page 1/1



Committente : Ingegnerie Toscane  
Cantiere : Fognatura  
Località : S. Piero a Grado - Pisa

Data :21/10/2015

Pag. 1 Scala 1:100



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPTU3****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.-Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	3,00	12,25	0,86	0,58	0,86	0,80	0,70	0,63	0,61
Strato 2	5,00	3,36	0,31	0,14	0,21	0,18	0,15	0,14	0,17
Strato 4	8,90	26,90	1,61	1,26	1,59	1,70	1,50	1,34	1,34

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo general del modulo edometrico	Buisman	Buisman Sanglerat
Strato 1	3,00	12,25	0,86	61,25	47,12	73,50	36,75
Strato 2	5,00	3,36	0,31	26,88	19,66	50,40	10,08
Strato 4	8,90	26,90	1,61	67,25	53,80	80,70	80,70

**Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	3,00	12,25	0,86	448,69	18,30
Strato 2	5,00	3,36	0,31	106,12	5,10
Strato 4	8,90	26,90	1,61	977,96	40,20

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	3,00	12,25	0,86	Imai & Tomauch	129,42
Strato 2	5,00	3,36	0,31	Imai & Tomauch	58,72
Strato 4	8,90	26,90	1,61	Imai & Tomauch	209,28

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress-History
Strato 1	3,00	12,25	0,86	1
Strato 2	5,00	3,36	0,31	<0.5
Strato 4	8,90	26,90	1,61	0,76

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	3,00	12,25	0,86	Meyerhof	1,89
Strato 2	5,00	3,36	0,31	Meyerhof	1,64
Strato 4	8,90	26,90	1,61	Meyerhof	2,02

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	3,00	12,25	0,86	Meyerhof	1,97
Strato 2	5,00	3,36	0,31	Meyerhof	1,72
Strato 4	8,90	26,90	1,61	Meyerhof	2,10

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa (%)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	Schmertmann	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowski 1985
Strato 3	5,60	66,88	0,80	61,18	68,76	69,56	61,97	57,13
Strato 5	9,83	197,63	6,78	84,61	94,46	94,32	85,6	70,23

**Angolo di resistenza al taglio (°)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Durgunou glu-Mitche Il 1973	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmertm ann	Robertson & Campanella 1983	Herminier	Meyerhof 1951
Strato 3	5,60	66,88	0,80	36,7	32,99	30,16	28,16	37,63	41,08	28,27	45
Strato 5	9,83	197,63	6,78	39,57	35,8	33,11	30,85	41,22	43,9	32,9	45

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 3	5,60	66,88	0,80	167,20	133,76	518,24
Strato 5	9,83	197,63	6,78	494,08	395,26	921,90

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Robertson & Campanella d Schmertmann	Lunne-Christ ffersen 1983 - Robertson an Powell 1997	Kulhawy-May ne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 3	5,60	66,88	0,80	63,62	262,35	531,28	113,70	100,32
Strato 5	9,83	197,63	6,78	92,80	407,62	1601,68	296,45	296,45

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 3	5,60	66,88	0,80	Imai & Tomauch	365,10
Strato 5	9,83	197,63	6,78	Imai & Tomauch	707,82

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 3	5,60	66,88	0,80	2,5	>9	1,25	>9
Strato 5	9,83	197,63	6,78	4,39	>9	0,85	>9

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 3	5,60	66,88	0,80	Meyerhof	1,90
Strato 5	9,83	197,63	6,78	Meyerhof	1,80

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 3	5,60	66,88	0,80	Meyerhof	2,20
Strato 5	9,83	197,63	6,78	Meyerhof	2,10



Committente : Ingegnerie Toscane  
Cantiere : Fognatura  
Località : S. Piero a Grado - Pisa

Data :21/10/2015

Pag. 1 Scala 1:100

