



comune di
PRATO

Codice Fiscale: 84006890481

Progetto:

Ampliamento cimitero di Iolo

Titolo:

Elaborato: C - RELAZIONE GEOLOGICA E VALUTAZIONE INTERFERENZE

Fase:

ESECUTIVO 1° FASE

Assessore ai lavori pubblici

Roberto Caverni

Area Tecnica

Servizio Mobilità, Strade, Centro Storico e Cimiteri

Dirigente

Ing. Rossano Rocchi

Responsabile U.O.C. Urbanizzazione Primaria

Geom. Gerarda Del Reno

Progettisti:

Ing. Antonio De Luca

Geom. Gerarda Del Reno

Geom. Derry Claramelli

Geom. Giuseppe Antenucci

Elaborato: C

Spazio riservato agli uffici:



COMUNE DI PRATO

AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
(1° lotto di lavori)
COMUNE DI PRATO

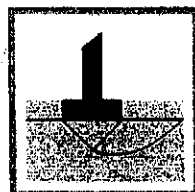
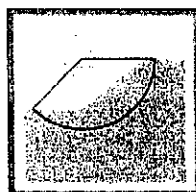
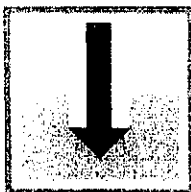
RELAZIONE GEOLOGICA E RELAZIONE SISMICA
(D.M. 14/01/2008)

F. Ceccarini



Franco Ceccarini

Data: 4 Aprile 2011



STUDIO GEOLOGICO DOTT. F. CECCARINI
Via J. Nardi, 9 - 59100 PRATO
Tel./Fax 0574 39888

INDICE

1.) PREMESSA	pag. 2
2.) INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	pag. 4
2.1.) Caratteristiche generali	pag. 4
2.2.) Caratteristiche dell'area desumibili dagli elaborati di P.S. e commenti	pag. 6
2.3.) Rischio idraulico - Cartografia dell'Autorità di Bacino del F. Arno	pag. 8
2.4.) Pericolosità dell'area e fattibilità dell'intervento	pag. 9
3.) CAMPAGNA GEOGNOSTICA	pag. 12
4.) MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	pag. 16
5.) RISPOSTA SISMICA LOCALE	pag. 21
5.1.) Amplificazione stratigrafica	pag. 21
5.2.) Amplificazione topografica	pag. 25
5.3.) Coefficiente di amplificazione e coefficienti sismici	pag. 26
5.4.) Liquefazione	pag. 27
5.) COMPORTEMENTO GEOTECNICO DEI TERRENI QUALI SUBSTRATO DI FONDAZIONE - PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI	pag. 34

IN APPENDICE:

- Elaborati grafici
- Elaborati prove penetrometriche statiche
C.P.T. e prove di laboratorio geotecnico
- Indagine geofisica

1.) PREMESSA

La presente relazione geologica e sismica, su incarico del Comune di Prato, esamina le caratteristiche geologico-tecniche dei terreni a confine del cimitero di Iolo su cui è previsto l'ampliamento del cimitero stesso. L'ubicazione della zona di intervento all'interno del territorio pratese può essere rilevata in Fig.1, "Corografia Generale" in scala 1 : 10.000. Con questa relazione si adeguano i documenti precedentemente redatti ai seguenti aspetti nel frattempo sopravvenuti:

- entrata in vigore del D.M. 14.01.2008 per quanto riguarda le costruzioni in zona sismica
- variazione della zona di ampliamento del cimitero dalla preliminare previsione di ampliamento sul lato ovest all'attuale previsione di ampliamento sul lato nord.

Avendo a disposizione tutti i dati stratigrafici e geotecnici rilevati nelle precedenti campagne di indagine, nella presente fase si sono condotti ulteriori accertamenti in modo da avere a disposizione dati che confermino l'uniformità stratigrafica e, conseguentemente, l'utilizzabilità dei precedenti dati anche con l'attuale posizione dell'ampliamento (peraltro assai prossima alla posizione precedente).

Ciò è stato ottenuto con l'esecuzione di ulteriori due prove penetrometriche statiche disposte, compatibilmente con l'attuale accessibilità ai luoghi così come indicato dal Comune di Prato, in modo da circondare, in unione con una precedente prova già condotta sul vertice nord-ovest dell'attuale cimitero, la zona del nuovo ampliamento.

Sempre tenendo conto della disponibilità di spazi è stato inoltre eseguito uno stendimento di sismica a rifrazione in onde P ed una prospezione geofisica di tipo MASW al fine di stabilire, tramite la definizione del parametro Vs30, la categoria di suolo di fondazione ed il coefficiente di amplificazione sismica dovuto alla stratigrafia.

I dati geognostici già disponibili dalle precedenti indagini sono costituiti da n. 5 prove penetrometriche statiche C.P.T. e dal prelievo di 4 campioni indisturbati di terreno su due verticali; su tali campioni sono disponibili analisi di laboratorio geotecnico.

Quanto sopra relativamente alla costruzione delle strutture (campo specifico di applicazione del D.M. 14.01.2008), restando immutato quanto riguarda il campo di inumazione, per cui vale quanto già trattato nelle precedenti relazioni salvo quanto qui sotto riportato in relazione alla domanda che ci è

stata formulata riguardo l'assetto altimetrico finale che risulta opportuno far assumere all'ampliamento in oggetto, ovvero se sia possibile realizzare un minor innalzamento rispetto a quello che era stato a suo tempo discusso e quindi previsto nella nostra precedente relazione geologico-tecnica. Ciò in seguito alla stesura del progetto definitivo, con lo scopo di garantire la piena accessibilità a tutti gli utenti ed eliminare le barriere architettoniche.

Si può allora notare quanto segue: nella precedente relazione, oltre al rialzamento della zona di ampliamento comunque necessario per arrivare alla quota del cimitero esistente (+50÷80 cm rispetto alla attuale quota dei terreni, in base ai rilievi ora condotti), si prevedeva un ulteriore maggior rialzamento di circa 90÷100 cm della zona destinata a campo di inumazione. Tale fatto non derivava dalla necessità di rispettare inderogabilmente quanto richiesto da normativa circa la distanza del fondo della fossa di inumazione dalla superficie di falda, in quanto anche senza l'ulteriore rialzamento sarebbe comunque stato rispettato con ampio margine il franco di 50 cm rispetto ai livelli massimi di falda misurati nei perfori di indagine allora eseguiti.

Il rialzamento avrebbe avuto la finalità di permettere che il fondo delle fosse si trovasse al di sopra dell'attuale piano di campagna, minimizzando il rischio di ristagno di acque percolate dall'alto nelle fosse stesse, rischio questo che può derivare dal contrasto di permeabilità tra i terreni naturali scarsamente permeabili ed i terreni di inumazione che devono essere modificati miscelandoli con sabbia allo scopo di dotarli di maggior porosità.

Si nota peraltro che era comunque prevista la creazione di un letto poroso al di sotto del piano di appoggio dei feretri, con lo scopo di ostacolare la risalita di umidità per capillarità e di realizzare un serbatoio di valida capienza che potesse ricevere le suddette acque eventualmente percolate ed impedire che ristagnassero intorno a feretri stessi.

L'ulteriore rialzamento del campo di inumazione non risulta quindi necessario per assolvimento normativo, né strettamente indispensabile per il buon andamento dei processi di mineralizzazione; in tal senso può allora, se incompatibile con altri aspetti progettuali quali l'eliminazione delle barriere architettoniche, anche essere evitato: si farà conseguentemente particolare affidamento sulla messa in posto del letto poroso al fine di evitare ristagni intorno ai feretri, curandone con attenzione lo spessore, l'estensione planimetrica e la messa in opera.

**2.) INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED
IDROGEOLOGICO**

2.1.) Caratteristiche generali

La zona in esame è ubicata in posizione centrale nella vasta pianura alluvionale di Firenze - Prato - Pistoia, pianura che deriva da un antico bacino lacustre di età villafranchiana instauratosi dopo la fase parossistica dell'orogenesi appenninica, quando iniziò una fase distensiva responsabile della creazione di depressioni longitudinali ("graben") ad andamento appenninico; in tali depressioni si impostarono vari bacini lacustri intermontani (Mugello, Casentino, ecc.), tra i quali appunto quello di Firenze - Prato - Pistoia.

Successivamente, alcune faglie trasversali provocarono il sollevamento della conca di Firenze rispetto al resto del bacino, con conseguente erosione della soglia alla Gonfolina (presso Signa) che provocò lo svuotamento di tale parte del lago, mentre continuava a colmarsi la parte del bacino di Prato e Pistoia fino al suo totale riempimento.

Per tale motivo nell'area in oggetto la serie sedimentaria lacustre risulta assai più profonda (alcune centinaia di metri) che non nel lato SE del bacino (area fiorentina).

I corsi d'acqua che si impostarono successivamente sulla neofornata superficie di origine lacustre la rimaneggiarono tramite l'alternarsi di cicli erosivi e deposizionali e la ricoprirono con una coltre di depositi fluviali.

Al paesaggio attuale ha concorso, come ultimo evento, anche il verificarsi di una serie di impaludamenti, che hanno interessato diverse aree della piana anche in epoche storiche. Notevole rilevanza possiede, nell'area pratese, la presenza del vasto corpo sedimentario ghiaioso di conoide dovuto al Fiume Bisenzio; esso, irradiandosi dallo sfocio nella pianura del fiume stesso (in zona S. Lucia), risulta nella zona in oggetto già ricoperto da una spessa coltre di materiali fini di copertura alluvionale; tuttavia, le stratificazioni ghiaiose, che iniziano in questa zona solitamente ad una profondità variabile tra -7 e -11 m dal p.c., posseggono una buona continuità laterale.

Le prove penetrometriche disponibili in prossimità dell'attuale cimitero confermano tale indicazione, mostrando che il tetto dei sedimenti sabbioso-ghiaiosi è posto a profondità compresa tra circa -6 e -8 m dal p.c..

Secondo dati desunti da bibliografia (studio su "La falda idrica della conoide di Prato" di Landini-Pranzini-Venturucci, 1990), la superficie freatica risulta in tale zona ubicata alla quota assoluta di circa 30 m s.l.m. (Maggio 1987); dato che i terreni del lotto allo stato attuale sono posti ad una quota di circa 41 m s.l.m., la profondità della falda rispetto al p.c. risulterebbe, in base al dato bibliografico sopra riportato, essere di circa -11 m dal p.c. .

Le misure freatiche condotte nei perfori d'indagine, attrezzati con tubo piezometrico, hanno sostanzialmente confermato tale dato, rivelando la presenza di acqua tra -8,70 e -11,30 m dal p.c.; si accenna tuttavia già da adesso che all'interno di una verticale di carotaggio a distruzione (S2), la falda è risultata anomalmente alta, essendo qui posta a circa -3,7 m dal p.c.; tale anomalia appare legata alla presenza di una falda superficiale minore (falda sospesa). Questa è stata rinvenuta solo nel sopra detto sondaggio S2, spinto fino a -4,5 m dal p.c. senza aver raggiunto i sedimenti ghiaiosi permeabili, e non nelle verticali d'indagine penetrometriche spinte a profondità superiori a 11,6 m dal p.c.; in queste ultime l'assenza della falda più superficiale può essere dovuta all'azione drenante esercitata dal perforo che ha raggiunto i sottostanti livelli ghiaiosi: si rileva in tal modo solo la profondità del livello di falda principale posto a circa -11 m dal p.c. .

Si nota qui che in altre zone più centrali dell'abitato di Iolo, come per esempio in Via A. Saffi, l'acqua nel sottosuolo assume anomalmente quote più elevate (circa -3,0 ÷ -3,5 m dal p.c.).

Dal punto di vista dell'idrografia di superficie, il corso idrico più prossimo è il Torrente di Iolo, che passa ad ovest, a circa 620 m di distanza dal lotto in oggetto.

Tale distanza fa ricadere l'ampliamento del cimitero al di fuori di ogni ambito vincolato collegato al corso idrico.

2.2) Caratteristiche dell'area desumibili dagli elaborati del Piano Strutturale del Comune di Prato e commenti

Riferendosi alla cartografia di Piano Strutturale vigente, dalla quale è possibile dedurre la caratterizzazione geologica dell'area, è possibile notare quanto segue:

- Sulla "Carta geolitologica", di cui un estratto è riportato in Fig. 2, il lotto in esame risulta essere interessato da terreni in affioramento di tipo limoso.
Poco più ad ovest dell'intervento in oggetto la carta geolitologica mostra la presenza di terreni argillosi; la suddivisione tra terreni argillosi e limosi, data la vastità dell'area e la facilità con cui si possono avere leggere variazioni sedimentologiche, deve essere intesa come di larga massima; è tuttavia confermata anche dalla campagna geognostica la presenza di terreni di origine alluvionale recente, a granulometria tendenzialmente fine e comportamento coesivo, fino a $-6 \div -8$ m dal p.c., profondità alle quale si incontrano sedimenti più grossolani di tipo sabbioso-ghiaiosi.
- Sulla "Carta Idrogeologica - Il livello massimo della falda" (estratto in Fig. 3), il lotto in esame risulta compreso tra le isopieze dei 25,0 e 27,5 m s.l.m.; dato che il lotto è posto alla quota di circa 40,8 m s.l.m., se ne dedurrebbe un livello della falda, durante il periodo di massima risalita, prossimo in media a circa -13 m dal p.c.; tale dato risulterebbe un poco più profondo di quello derivante dallo studio sulla falda pratese sopra citato; le misure freaticometriche condotte nei perfori eseguiti in prossimità del cimitero nel periodo 21 Dicembre 2005 - 24 gennaio 2006 indicarono, come già detto, presenza di falda continua in effetti più superficiale, a profondità compresa tra -10,35 e

-11,30 m dal p.c. (salvo quanto sopra indicato circa la presenza di piccole falde sospese).

Con la prova penetrometrica CPT6, condotta in questa ultima fase d'indagine all'interno dell'area comunale adibita a cinema all'aperto (posta circa 65 m più a nord-est dell'attuale cimitero), si è rilevato un livello freatico più superficiale, ovvero pari a -8,7 m dal p.c..

Questo nuovo dato conferma la direzione di flusso della falda, che risulta essere verso sud-est, ovvero verso la zona del primo Macrolotto industriale dove, causa una elevata concentrazione di pozzi, si ha una zona di minimo livello con conseguente richiamo centripeto dalle aree circostanti.

- In Fig. 4 è riportato uno stralcio della carta "Gli elementi della pericolosità"; essa non evidenzia alcun elemento di pericolosità insistente sull'area in esame.
- Sulla carta "La normativa vigente" (Fig.5) si nota come la zona si imponga all'esterno dell'Ambito B del Fosso di Iolo, ambito ad ogni modo attualmente non più definito nel PAI 2006-2010. Inoltre, sia l'attuale cimitero sia l'area su cui è in progetto il suo ampliamento ricadono nelle aree di rispetto collegate ad alcuni pozzi per uso idropotabile ai sensi del D.P.R. 236/88, modificato dal successivo D. Lgs. 152/1999.
- Sulla "Carta delle pericolosità idraulica e geologica" (Fig. 6), l'area è definita ricadere in Classe di Pericolosità 2, ovvero "pericolosità bassa". Non sono previste per la zona problematiche di rischio idraulico.

Per quanto riguarda il posizionamento del cimitero in zona di rispetto di pozzi, tale specifico aspetto è stato a suo tempo già preso in considerazione all'epoca dell'approvazione della Variante al regolamento urbanistico per ampliamenti di aree cimiteriali, in cui era contenuta una specifica relazione di fattibilità geologica (Ottobre 2003) redatta da altro Professionista; è presente inoltre parere favorevole dalla Azienda USL 4 Prato.

In ultimo, si è già osservato in fase di relazione a supporto della variante ai sensi del DPGR 26R, che l'attuale previsione di ampliamento, da condursi sul lato nord del cimitero esistente e non più sul lato ovest come in precedenza previsto, risulta un poco più favorevole; ciò in quanto l'ampliamento si allontana maggiormente dal pozzo più prossimo (posto ad ovest).

2.3.) Rischio Idraulico - Cartografia redatta dall' Autorità di Bacino del F. Arno

Si è sopra visto come la cartografia comunale escluda per la zona in oggetto condizioni di rischio idraulico.

Altre informazioni sul rischio idraulico possono essere desunte dalla cartografia appositamente redatta dall'Autorità di Bacino del F. Arno.

La cartografia del P.A.I. (Piano stralcio Assetto Idrogeologico), riportata in Fig. 7, mostra come il lotto in oggetto ricada in una zona classificata a pericolosità P.I.2 (livello di dettaglio, scala 1:10.000), ovvero "pericolosità media", per la quale si può avere rischio di inondazione con tempo di ritorno, Tr tale che $30 < Tr \leq 100$ anni e con battente $h < 30$ cm e arce inondabili da eventi con tempo $100 < Tr \leq 200$ anni.

In base a tale classificazione, e secondo le N.d.A. del P.A.I., non è necessaria alcuna considerazione sulla riduzione del rischio idraulico.

Si nota inoltre che i terreni su cui sarà realizzato l'ampliamento risultano rialzati di circa 80 ÷ 90 cm rispetto alla viabilità (Via Guazzalotri); i terreni dell'attuale cimitero, all'interno del muro di recinzione, sono tuttavia rialzati di ulteriori 90 cm circa, ed il progetto prevede ad oggi un uguale rialzamento anche per la zona di ampliamento.

Sulla Carta guida delle Aree Allagate la zona è indicata a rischio di inondazioni di tipo eccezionale (in contrapposizione a quelle di tipo ricorrente).

Oltre a rimandare a quanto sopra detto circa il rialzamento dell'area, si nota che, ai sensi dell'Art. 34 della Norme di Attuazione del PAI, secondo parere espresso al Comune di Prato dall'Autorità di Bacino, parere che viene qui di seguito allegato, è da ritenere che tale cartografia sia superata dalla nuova cartografia del PAI.

2.4.) Pericolosità dell'area e fattibilità dell'intervento

Per quanto riguarda la fattibilità dell'intervento, si riporta di seguito la sintesi di quanto concluso con una precedente relazione geologica, redatta ai sensi del DPGR 26/R del 27 aprile 2007 - Regolamento di attuazione in materia di indagini geologiche dell'art. 62 della L.R. n. 1 del 3 gennaio 2005, a supporto dell'apposita variante urbanistica riguardante l'area oggetto di studio.

Pericolosità idraulica

In base ad uno studio idraulico recentemente fatto eseguire dal Comune di Prato ("Studio idrogeologico-idraulico del reticolo fluviale per la stesura del Piano Strutturale del Comune di Prato", condotto dall'Ing. David Molossi), per la zona in oggetto si evince una pericolosità idraulica PI1 (moderata), che corrisponde a possibili allagamenti per Tr > 200 anni (si veda stralcio della carta ripreso dallo studio citato riportato in FIG. 8); da ciò, la pericolosità attribuibile ai sensi del DPGR 26/R risulta essere **pericolosità idraulica I.2.**

Pericolosità geomorfologica

Per quanto riguarda la classificazione di pericolosità geomorfologica, ai sensi del punto C.1. del DPGR 26/R, che tiene conto unicamente dei fenomeni franosi, essendo l'area ubicata in pianura, essa cade in **pericolosità geomorfologica G.1** (pericolosità bassa).

Pericolosità sismica

Infine, per quanto riguarda la pericolosità sismica locale, in base alla caratterizzazione della zona riportata nella Carta ZMPSL ed alla Del. G.R. n. 431 del 19 Giugno 2006, che classifica il territorio di Prato in zona sismica 3S, il lotto in oggetto ricade in **pericolosità sismica S.3** (pericolosità sismica locale elevata, come da DPGR 26/R).

Relativamente alla fattibilità dell'intervento, dai criteri generali di fattibilità riportati al punto 3 del DPGR 26/R, fu definito quanto segue:

- In relazione alla pericolosità geomorfologica G.1. (bassa) non fu necessario dettare condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere geomorfologico.
- In relazione alla pericolosità idraulica I.2. (media), non risultò necessario, per gli interventi, dettare condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico; ad ogni modo, il rialzamento previsto costituisce di per sé un intervento di messa in sicurezza.
- In relazione alla pericolosità sismica S.3., definita come sopra visto, ovvero in funzione della presenza, in Comune classificato in zona 3S, di depositi sedimentari con conseguente possibile amplificazione stratigrafica (voce 9 della legenda ZMPSL), "deve essere prescritta una campagna di indagini geofisica e geotecnica che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra alluvioni e bedrock sismico." (DPGR 26/R del 2007 - Punto 3.5 Criteri generali in relazione agli aspetti sismici).

Come accennato in premessa, al fine di stabilire la corretta categoria del suolo di fondazione, è stato condotto uno stendimento di sismica a rifrazione in onde P ed un'indagine geofisica di tipo MASW volti ad individuare il parametro VS30 (ai sensi del D.M. 14.01.2008).

Poiché dunque, in base ai criteri generali sopra indicati, risultò unicamente necessario indicare, dal punto di vista del comportamento sismico, la tipologia di indagini ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia, dati i contenuti del punto 3.1. del DPGR 26/R (condizioni di fattibilità) fu attribuita all'intervento **fattibilità con normali vincoli (F2)**, che "si riferisce alle previsioni urbanistiche e infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia".

3.) CAMPAGNA GEOGNOSTICA

Come accennato in premessa, per verificare la continuità stratigrafica tra i terreni in oggetto ed quelli oggetto di una precedente previsione di ampliamento cimiteriale (ubicati sul lato ovest dell'attuale cimitero), sono state condotte due nuove prove penetrometrica statiche CPT (CPT6 e CPT7), condotte su zone attualmente accessibili in modo da controllare la continuità stratigrafica fino a zone che comprendono anche l'attuale posizione dell'ampliamento.

La campagna geognostica condotta per la prima previsione è composta da n. 5 prove penetrometriche statiche C.P.T. spinte fino a profondità comprese tra -11,4 m e -12,6 m dal p.c., attrezzate con piezometro e dal prelievo di quattro campioni indisturbati mediante fustella Shelby; il prelievo di tali campioni è stato effettuato su due distinte verticali, interessando i terreni fino a -4,5 m dal p.c..

L'ubicazione dell'insieme delle verticali d'indagine è riportata in FIG. 9

Al fine di pervenire ad una corretta classificazione della categoria del suolo di fondazione, è stata inoltre realizzato uno stendimento di sismica a rifrazione in onde P, integrato con un'indagine geofisica di tipo MASW per la definizione della velocità delle onde di taglio Vs.

L'attrezzatura utilizzata per le prove penetrometriche è costituita da un penetrometro Pagani TG73-100 KN 6x6 semovente attrezzato per eseguire sia prove statiche che dinamiche pesanti.

La prova penetrometrica statica C.P.T., preferita in quanto consente un più dettagliato rilevamento nei terreni fini, consiste nella misura, in questo caso mediante cella di carico elettronica, della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard (punta Begemann), infissa a velocità costante con una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è collegata la punta stessa.

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

- angolo al vertice 60°
- diametro 36,7 mm
- sezione 10 cmq

mentre le dimensioni del manicotto sono:

- diametro 36,7 mm
- lunghezza 133 mm

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

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

I risultati delle prove effettuate hanno consentito di elaborare grafici della resistenza alla punta (Q_c) e laterale (F_s) così come misurati nel corso della prospezione eseguita. Tali grafici, associati a tabelle riportanti i dati di campagna ed i dati geotecnici derivati, sono riuniti in appendice alla presente relazione tecnica.

Con lo stesso macchinario di spinta penetrometrico, attrezzato tramite testa a rotazione, furono condotti i sondaggi a distruzione in cui si sono prelevati campioni indisturbati in fustella a pareti sottili (metodo Shelby).

Le profondità di prelievo di tali campioni sono state le seguenti:

S1C1 : 1,0 ÷ 1,5 m dal p.c.

S1C2 : 3,5 ÷ 4,0 m dal p.c.

S2C1 : 1,0 ÷ 1,5 m dal p.c.

S2C2 : 4,0 ÷ 4,5 m dal p.c.

Sui campioni prelevati, oltre alla determinazione del peso di volume e del contenuto di umidità, sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio geotecnico:

CAMPIONE	PROVE EFFETTUATE
S1/C1	Limiti - Granulometria - Permeabilità - ELL - Taglio CD - Prova edometrica
S1/C2	Limiti - Granulometria - Permeabilità - Taglio CD - Prova edometrica
S2/C1	Limiti - Granulometria - Permeabilità - ELL - Taglio CD
S2/C2	Limiti - CD

ELL: prova di compressione semplice con espansione laterale libera

Taglio CD: prova di taglio diretto consolidato drenato

Come si vede, per i campioni più superficiali che caratterizzano il terreno nel livello di inumazione (si ricorda che l'area dovrà essere rialzata di circa 90 cm) furono condotte analisi granulometriche e prove di permeabilità. Ciò vale anche per uno dei campioni più profondi, sottostante al livello di inumazione.

Per tutti i campioni furono poi condotte prove atte alla caratterizzazione geomeccanica dei terreni ai fini dello studio delle fondazioni delle strutture.

Le misure freaticometriche condotte nei perfori d'indagine (appositamente attrezzati con piezometro a tubo aperto) fornirono i seguenti responsi:

VERTICALE	21/12/2005	19/1/2006	24/1/2006
CPT1	-10,85 m dal p.c.	-10,50 m dal p.c.	-10,85 m dal p.c.
CPT2	-10,50 m dal p.c.	-10,35 m dal p.c.	-10,25 m dal p.c.
CPT3	assente	-11,30 m dal p.c.	assente
CPT4	-11,50 m dal p.c.	-11,00 m dal p.c.	-11,20 m dal p.c.
CPT5	assente	-10,35 m dal p.c.	-10,40 m dal p.c.
S1	assente	-2,45 m dal p.c.*	assente
S2	-3,65 m dal p.c.	-3,70 m dal p.c.	-3,70 m dal p.c.

* la misura, eseguita durante un forte evento piovoso, è da ritenersi dovuta a percolazione dall'alto di acque superficiali.

Nuovi dati freaticometrici

Nella verticale CPT6, ubicata circa 65 m più a nord-est dell'area in oggetto, è stato rilevato il seguente dato freaticometrico:

VERTICALE	19/08/2011
CPT6	-8,7 m dal p.c.

Questa misura di falda conferma la direzione generale della falda nella zona di Iolo, ovvero direzione Sud-Est.

4.) MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Le due nuove prove penetrometriche (CPT 6 e CPT7), confermano sostanzialmente il quadro stratigrafico ricostruito con l'indagine geognostica già eseguita nel 2006.

La prova CPT6 risulta simile alle precedenti verticali penetrometriche, ma con valori di resistenza generalmente più elevati nella zona tra -2,4 e -6,0 m dal p.c.; in essa, i sedimenti argillosi, che giungono fino a -7,4 m dal p.c., sono piuttosto omogenei, con valori di Q_c generalmente compresi tra 15 e 20 Kg/cm²; un leggero decremento di consistenza è rinvenuto in profondità, tra -6,6 e -7,4 m dal p.c., dove i valori di Q_c risultano mediamente prossimi a 10 Kg/cm².

La verticale CPT7, eseguita in un'aiuola posta lungo Via di Iolo sul lato opposto al cimitero, ha rilevato il tetto del primo livello ghiaioso a circa -6,0 m dal p.c., quindi ad una quota leggermente più superficiale rispetto a quanto rilevato con tutte le altre prove; inoltre, i terreni fini presenti sopra le ghiaie risultano molto più consistenti rispetto a quanto rinvenuto su tutte le altre verticali d'indagine; in particolare, tra -2,0 e -4,2 m dal p.c., sono stati rinvenuti valori di Q_c prossimi a circa 60 Kg/cm², dovuti con ogni probabilità ai fenomeni di essiccazione e consolidazione indotti dagli apparati radicali delle alberature di lato fusto presenti nella zona della prova.

In sintesi, le due nuove prove penetrometriche (CPT6 e CPT7) non mostrano aspetti di maggiore criticità geotecnica né variazioni stratigrafiche di rilievo rispetto a quanto rilevato con le precedenti indagini geognostiche; queste ultime forniscono casomai un quadro più cautelativo, in quanto i sedimenti fini superficiali sono risultati mediamente meno consistenti e presenti fino a profondità mediamente maggiore; risulta quindi possibile continuare ad utilizzare, a supporto dell'attuale progetto, i dati stratigrafici e geotecnici già a suo tempo rilevati.

Essi evidenziarono in zona la presenza di un primo orizzonte stratigrafico, che dal piano di campagna giunge a profondità comprese tra 7,0 e -8,0 m dal p.c., costituito da sedimenti fini.

All'interno di tale livello sono possibili tuttavia alcune suddivisioni, che saranno qui di seguito schematizzate.

I primi 3,8 m dal p.c. sono costituiti da sedimenti più consistenti dei sottostanti; la resistenza penetrometrica si mantiene solitamente su valori di resistenza alla punta Q_c prossimi a $12 \div 13 \text{ Kg/cm}^2$ o superiori. Nelle prove CPT2 e CPT5 si distingue un primo orizzonte presente fino a -2 m dal p.c. che risulta interessato da uno stato di consistenza maggiore, con valori di resistenza Q_c medi di $25 \div 30 \text{ Kg/cm}^2$, dovuti a fenomeni di essiccazione stagionale. I campioni prelevati in superficie (tra -1,0 e -1,5 m dal p.c.) appaiono confermare tale stato di maggior consistenza, con elevati valori di resistenza alla compressione semplice, da cui si deduce una resistenza al taglio rapido non drenato c_u pari a $1,5 \text{ Kg/cm}^2$ (confermata anche da prove scissometriche "Vane Test").

A lungo termine, tramite le prove di taglio consolidato-drenato eseguite, si sono determinati i seguenti parametri di resistenza a taglio:

$$c' = 0,13 \div 0,39 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi' = 28^\circ \div 30^\circ$$

Il campione S2C1, per cui si sono determinati $c' = 0,39 \text{ Kg/cm}^2$ e $\phi' = 30^\circ$, era particolarmente essiccato tanto da risultare friabile; ciò è messo in evidenza anche dal basso tenore di umidità naturale (15,7%), ben inferiore al limite di plasticità (22,5%); mediamente più attendibili appaiono pertanto i risultati dell'altro campione.

Per tali terreni superficiali, si determina una natura essenzialmente limo-argillosa, con la seguente composizione:

Argilla: $24,3\% \div 28,1\%$

Limo: $44,9\% \div 55,1\%$

Sabbia fine: $20,3\% \div 27\%$

Il peso di volume γ è risultato pari a

I limiti di Atterberg risultano essere:

$$W_l = 32,2\% \div 44,2\%$$

$$W_p = 22,5\% \div 24,5\%$$

Conseguentemente, l'indice di plasticità è:

$$I_p = 16,7 \div 19,8$$

I campioni cadono nel campo CL della carta di plasticità di Casagrande.

L'indice di compressibilità, rilevato tramite una prova edometrica, risulta essere:

$$C_c = 0,202$$

L'andamento della curva edometrica mostra un certo grado di sovraconsolidazione.

Le prove di permeabilità eseguite in laboratorio sui campioni prelevati hanno determinato su tali campioni superficiali valori assai simili di permeabilità, ovvero:

$$K = 1,3 \div 2,2 \times 10^{-9} \text{ m/sec}$$

Si rientra pertanto nel campo dei terreni a permeabilità molto bassa (si ricorda che solitamente, per valori di permeabilità nell'ordine di 10^{-10} m/sec, si parla di terreni "impermeabili").

Il contenuto di umidità naturale varia da 15,7% a 20,6%.

I dati sopra riportati valgono per i terreni più superficiali (entro -2 m dal p.c.); i residui terreni che costituiscono l'orizzonte fino a -3,8 m dal p.c. risultano senz'altro meno consistenti; tra -2,8 e -3,8 m dal p.c. risultano poi talora presenti, in base al rapporto di Begemann Q_c/F_s , terreni spostati verso un maggior contenuto sabbioso.

Al di sotto di -3,8 m dal p.c. e fino a circa 5,6 m dal p.c.:
 il responso penetrometrico evidenzia una chiara riduzione di resistenza, risultando i valori Q_c assai bassi e mediamente prossimi, su tutte le prove, a 5÷7 Kg/cm^q.

In questo livello sono stati prelevati i campioni S1C2 ed S2C2.

Il primo dei due, prelevato tra -3,5 e -4,0 m dal p.c. (e quindi potenzialmente a cavallo con l'orizzonte soprastante), ha una composizione nettamente più sabbiosa (ciò è in linea con le indicazioni fornite dal penetrometro, come sopra descritto); si ha infatti:

Argilla: 15,5%

Limo: 36,2%

Sabbia fine e media: 48,3%

La natura sabbiosa non ha permesso la definizione dei limiti di Atterberg, risultando il campione non plastico.

Con lo scissometro, è stata rilevata una resistenza al taglio rapido $c_u = 0,35$ Kg/cm^q.

La prova di taglio diretto CD ha determinato:

$c' = 0,005$ Kg/cm^q

$\phi' = 33\%$

I risultati delle prove di resistenza a taglio sono dunque in linea con la composizione prevalentemente sabbiosa: bassa coesione che si annulla nelle prove di taglio lento e più elevato angolo di attrito interno.

Anche la permeabilità risente del contenuto sabbioso; bisogna tuttavia tenere presente che essa è influenzata anche dalla frazione più fine del fuso granulometrico, la quale "intasa" i pori della frazione più permeabile; in tal modo, la permeabilità rilevata con prova a carico variabile è:

$K = 1,6 \times 10^{-8}$ m/sec

L'indice di compressibilità determinato con prova edometrica risulta essere $C_c = 0,222$; non si rileva stato di preconsolidazione.

Il campione S2C2, prelevato su altra verticale a profondità di $-4,0 \div -4,5$ m dal p.c., ha una composizione limo-argillosa di colore grigio scuro e presenza di inclusi torbosi.

La resistenza al taglio rapido non drenato determinata tramite prova scissometrica è $c_u = 0,5$ Kg/cmq, mentre da prova di taglio diretto CD si è ottenuto:

$$c' = 0,056 \text{ Kg/cmq}$$

$$\phi' = 24^\circ$$

Nel caso della prova PS2 i terreni più deboli generalmente presenti al di sotto di $-3,8$ m dal p.c. risultano presenti a partire già da $-2,4$ m dal p.c. : di tale possibilità che i terreni deboli inizino a profondità minore dovrà essere tenuto conto per quanto riguarda il comportamento delle strutture di fondazione.

Al di sotto di $-5,6$ m dal p.c. i terreni ritornano ad essere mediamente più consistenti, con resistenze penetrometriche comprese all'incirca tra 9 e 15 Kg/cmq; tali terreni si estendono, con consistenza generalmente crescente, fino al contatto con il livello ghiaioso, che inizia a profondità variabili tra $-6,6$ e $-8,0$ m dal p.c.; in tale livello ghiaioso permeabile, che mostra un discreto stato di addensamento tanto da poter essere in prima analisi ritenuto incompressibile, è presente la falda riscontrata uniformemente con tutte le verticali di indagine.

5.) RISPOSTA SISMICA LOCALE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, hanno influenza anche le particolari condizioni locali, ovvero le caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi, nonché le caratteristiche fisiche e meccaniche di detti materiali.

Con risposta sismica locale si intende allora la definizione delle modifiche che il segnale sismico definito rispetto ad un sito di riferimento rigido con superficie topografia orizzontale subisce per i sopra detti fattori.

5.1.) Amplificazione stratigrafica

Ai sensi del D.M. 14.01.2008, l'effetto del profilo stratigrafico può essere valutato tramite quanto indicato al punto 3.2.2., ovvero con riferimento alla definizione della categoria di sottosuolo come da sottostanti tabelle:

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo.*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediante addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei depositi di tipo C o D per spessore non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Tabella 3.2.III - *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{v,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Per la definizione della categoria del suolo di fondazione, in base al DPGR n. 36/R del 17 luglio 2009 è necessario definire la volumetria lorda generata dall'intervento al fine di attribuire la classe di indagine; nel caso in oggetto tale volumetria fa cadere l'intervento il classe di indagine 3, per la quale la categoria di suolo di fondazione e le geometrie sepolte si possono stimare mediante apposite indagini geofisiche condotte a supporto dell'intervento.

In questo caso è stata condotta un'apposita indagine sismica, di cui si allega in appendice la relazione illustrativa.

In base a tale indagine, il lotto ricade in **Categoria di Sottosuolo C.**

In funzione della categoria di sottosuolo, il coefficiente di amplificazione stratigrafica può essere calcolato secondo quanto definito nella tabella qui sotto riportata, ripresa dal D.M. 14.01.2008.

Tabella 3.2.V - *Espressioni di S_s e di C_e .*

Categoria sottosuolo	S_s	C_e
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot (a_g/g) \leq 1,20$	$1,10 \cdot (Tc)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot (a_g/g) \leq 1,50$	$1,05 \cdot (Tc)^{-0,33}$
D	$1,00 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot (a_g/g) \leq 1,80$	$1,25 \cdot (Tc)^{-0,50}$
E	$0,90 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot (a_g/g) \leq 1,60$	$1,15 \cdot (Tc)^{-0,40}$

Occorre dunque definire a_g/g ed F_o per il sito in oggetto.

Il Progettista ha riferito per la struttura in progetto una vita nominale di 50 anni, definita secondo le indicazioni della seguente Tabella:

Tabella 2.4.I - Vita Nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

La classe d'uso viene invece definita ai sensi delle indicazioni sotto riportate:

- Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Nel caso in oggetto la classe d'uso comunicata dal Progettista è la Classe II; si può allora definire il valore del coefficiente d'uso C_u :

Tab. 2.4.II - Valori del coefficiente d'uso C_u

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

Si ha quindi $C_u = 1$.

Si può a questo punto definire la vita di riferimento:

$$V_r = V_n \times C_u = 50 \times 1 = 50 \text{ anni}$$

Facendo riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), la probabilità di superamento P_{vr} si ottiene dalla seguente tabella:

Tabella 3.2.I - Probabilità di superamento P_{vr} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{vr} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_r
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per SLV si ha allora $P_{vr} = 10\%$.

Si può a questo punto stimare il periodo di ritorno T_r :

$$T_r = \frac{V_r}{\ln(1-P_{vr})} = 475 \text{ anni}$$

In base ad apposito software, inserendo le coordinate del sito è stato ottenuto, come da tabella sottostante, un valore di picco di ag pari a 0,141 ed $F_0 = 2,433$ (SLV, $T_r = 475$ anni).

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

Stato Limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_0	T_c [s]
Operatività (SLO)	30	0,050	2,528	0,249
Danno (SLD)	50	0,060	2,559	0,265
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,141	2,433	0,298
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,181	2,384	0,310

Si ha allora (SLV):

$$S_s = 1,7 - 0,6 F_0 (a_g/g) = 1,7 - 0,6 \times 0,141 \times 2,433 = 1,4941 = 1,494$$

5.2.) Amplificazione topografica

Per la definizione dello spettro di risposta elastico, oltre alla conformazione stratigrafica, occorre poi definire tramite apposita categoria le condizioni topografiche, come da tabella 3.2.IV che segue:

Tabella 3.2.IV - Categorie topografiche.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazioni media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Per quanto riguarda la topografia, l'intervento ricade in zona di pianura; deve quindi essere attribuita la **Categoria topografica T1**; il coefficiente di amplificazione topografica S_T risulta dunque uguale ad 1, come da Tabella 3.2.VI qui di seguito allegata.

Tabella 3.2.VI – Valori del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

5.3.) Coefficiente di amplificazione e coefficienti sismici

Valutati gli effetti stratigrafici e topografici, si ottiene il coefficiente di amplificazione S :

$$S = S_s \times S_T = 1,494 \times 1 = 1,494$$

Si ha quindi:

$$a_{\max} = a_g \times S = 0,141 \times 1,494 = 0,2106$$

Si possono a questo punto definire i coefficienti sismici orizzontale (K_h) e verticale (K_v), come indicato al punto 7.11.3.5.2. del D.M. 14.01.2008:

$$K_h = \beta_s a_{\max}/g$$

$$K_v = 0,5 K_h$$

Il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (β_s) viene ripreso dalla Tabella 7.11.1 del D.M. 14.01.2008, qui sotto riportata.

Tabella 7.11.1 – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B,C,D,E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Nel caso in oggetto, β_s è pari a 0,24, da cui:

$$K_n = 0,24 \times 0,2106 = 0,0505$$

$$K_v = \pm 0,02525$$

5.4.) Liquefazione

Il rischio di liquefazione nasce dall'istantaneo incremento di pressioni neutre che, sotto accelerazione sismica, può comportare il totale annullamento delle pressioni effettive intergranulari; in tali condizioni la resistenza tangenziale di un terreno dotato di solo attrito si annulla, ed il comportamento meccanico diviene quello di un liquido.

Ciò può avvenire in terreni incoerenti fini scarsamente addensati in falda; essendo la falda essenzialmente ubicata all'interno dei livelli ghiaiosi, tale fenomeno appare improbabile; sedimenti a maggior rischio in tal senso sono costituiti dai limi sabbiosi (talora sabbie fini limo-argillose) di bassa consistenza talora presenti alla profondità di circa 2,6 ÷ 4,0 m dal p.c., come evidenziato sia dalle analisi granulometriche condotte sul campione ... che dal rapporto Q_c/F_s delle prove penetrometriche, in particolare di CPT3.

Solitamente, la falda si imposta a maggior profondità, ma si terrà di seguito cautelativamente conto anche delle possibili falde superficiali sospese, come evidenziato dai rilievi freaticometrici condotti nel perforo di campionamento S1 (falda a -3,65 m dal p.c.; queste falde sospese possono essere in effetti collegate alla maggior permeabilità dei livelli maggiormente sabbiosi.

Si procederà pertanto di seguito ad una verifica tramite il metodo di *Robertson e Wride (1997)*, basato sull'analisi di prove penetrometriche statiche CPT; ciò viene fatto con riferimento alla verticale di prova CPT3, dove la presenza di un livello sabbioso appare particolarmente evidente e dove la resistenza di detto sedimento appare assai ridotta.

I dati di partenza per l'applicazione del metodo sono i valori misurati di q_c e di f_s (espressi in kg/cm^2), o equivalentemente il loro rapporto, espresso in percentuale, $FR = 100 f_s/q_c$, riportati con la profondità z (espressa in m) su un foglio di calcolo. Quindi si è proceduto nel modo di seguito indicato:

Calcolo della domanda di resistenza alla liquefazione (CSR):

Viene stimato il profilo del rapporto di tensione ciclica equivalente ad un terremoto di magnitudo 7.5, utilizzando la formula semi-empirica proposta da Seed e Idriss (1971):

$$\frac{\tau}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot r_d$$

dove:

- o a_{max} è il picco di accelerazione orizzontale massima prodotto in superficie dal terremoto di progetto;
- o g è l'accelerazione di gravità;
- o σ_{v0} e σ'_{v0} sono rispettivamente la tensione litostatica verticale totale ed efficace;
- o r_d un coefficiente di riduzione delle tensioni dipendente dalla profondità z e assunto pari a:

$R_d = 1 - 0.00765 z$	per $z \leq 9.15m$	(Liao and Whitman, 1986)
$R_d = 1.174 - 0.0267 z$	per $9.15 < z \leq 23m$	
$R_d = 0.774 - 0.008 z$	per $23 < z \leq 30m$	
$R_d = 0.5$	per $z > 30m$	

Sul foglio di calcolo sono stati determinati, alle profondità z in cui si dispone delle misure di q_c e di f_s , i valori della tensione litostatica verticale totale ed efficace, assumendo come:

- o livello di falda (z_w) il valore massimo rilevato in presenza di eventuali falde sospese (-3,65 m dal p.c.);

o peso per unità di volume γ , il valore medio definito per i vari strati dalle analisi di laboratorio.

Calcolo della resistenza alla punta normalizzata, q_{c1n} , e per sabbie pulite, $(q_{c1n})_{cs}$, e classificazione del terreno, I_c : vengono calcolati, per la classificazione del terreno, il rapporto d'attrito normalizzato adimensionale, F , e la resistenza alla punta normalizzata adimensionale, Q , pari a:

$$F = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}} \times 100 \quad \text{e} \quad Q = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

e un indice del tipo di terreno, pari a:

$$I_c = \sqrt{(\log F + 1.22)^2 + (\log q_{c1n} - 3.47)^2}$$

dove q_{c1n} è la resistenza alla punta, q_c , normalizzata e adimensionalizzata, secondo la seguente formula:

$$q_{c1n} = \left(\frac{q_c}{\sigma_{v0}^n} \right)$$

dove n è un'esponente che varia tra 0.5 e 1.

Il valore alla fine ottenuto dell'indice di terreno, I_c , e della resistenza alla punta normalizzata, q_{c1n} , consentono di classificare il terreno, in corrispondenza delle varie profondità, nelle classi di terreno riportate nella seguente tabella, e di determinare la resistenza equivalente per sabbie pulite (contenuto di fine $FC \leq 5\%$), così definita:

$$(q_{c1n})_{cs} = K_c q_{c1n}$$

dove K_c è un fattore di correzione che, se I_c risulta maggiore di 2.6, allora non viene calcolato, in quanto il terreno è sicuramente non liquefacibile; se minore di 1.64, allora si assume uguale ad 1, ed infine se I_c risulta compreso tra 1.64 e 2.6, allora si assume sempre uguale ad 1, qualora I_c sia

minore di 2.36 e $F < 0.5\%$, in caso contrario, risulta: $K_C = -0.403(I_C)^4 + 5.581(I_C)^3 - 21.63(I_C)^2 + 33.75(I_C) - 17.88$.

Classificazione dei terreni in base alla carta di Robertson (1990)

Indice del tipo di terreno, I_C	Zona	Classe di terreno
$I_C < 1.31$	7	Sabbia ghiaiosa
$1.31 < I_C < 2.05$	6	Sabbie: da pulite a limose
$2.05 < I_C < 2.60$	5	Miscele di sabbie: da sabbia limosa a limo sabbioso
$2.60 < I_C < 2.95$	4	Miscele di limi: da limo argilloso a argilla limosa
$2.95 < I_C < 3.60$	3	Argille
$I_C > 3.60$	2	Terreni organici: torbe

Calcolo della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR):

Per ogni passo di lettura penetrometrica, e quindi per ogni profondità, viene calcolata la capacità di resistenza alla liquefazione $CRR_{7.5}$, valida per un terremoto di magnitudo 7.5 e per sabbie pulite:

$$CRR = 0.833 \cdot \left(\frac{(q_{cln})_{cs}}{1000} \right)^{1.5} + 0.05 \quad \text{per } (q_{cln})_{cs} < 50$$

$$CRR = 93 \cdot \left(\frac{(q_{cln})_{cs}}{1000} \right)^3 + 0.08 \quad \text{per } 50 < (q_{cln})_{cs} < 160$$

Calcolo del fattore di sicurezza (FSL):

Si calcola il fattore di sicurezza FSL, per la verifica di resistenza alla liquefazione, come rapporto tra la capacità di resistenza alla liquefazione CRR, e la domanda di resistenza CSR:

$$FSL = \frac{CRR}{CSR}$$

Calcolo del potenziale di liquefazione (P_L):

Per i medesimi strati di cui ai punti precedenti, si calcola il potenziale di liquefazione così definito:

$$P_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz$$

in cui $F(z)$ è una funzione che per $FSL > 1$ assume il valore zero e per $FSL \leq 1$ ne è il complemento ad 1, e

$$w(z) = 10 - 10 \cdot \left(\frac{z}{z_{crit}} \right)$$

è una funzione linearmente decrescente della profondità, dove z_{crit} è la profondità oltre la quale sono da escludersi fenomeni di liquefazione, il cui valore è stato assunto pari a 20 m.

Si riporta infine la tabella riassuntiva relativa al rischio di liquefazione, Iwasaki et al. (1978):

Indice di liquefazione e livello associato di rischio

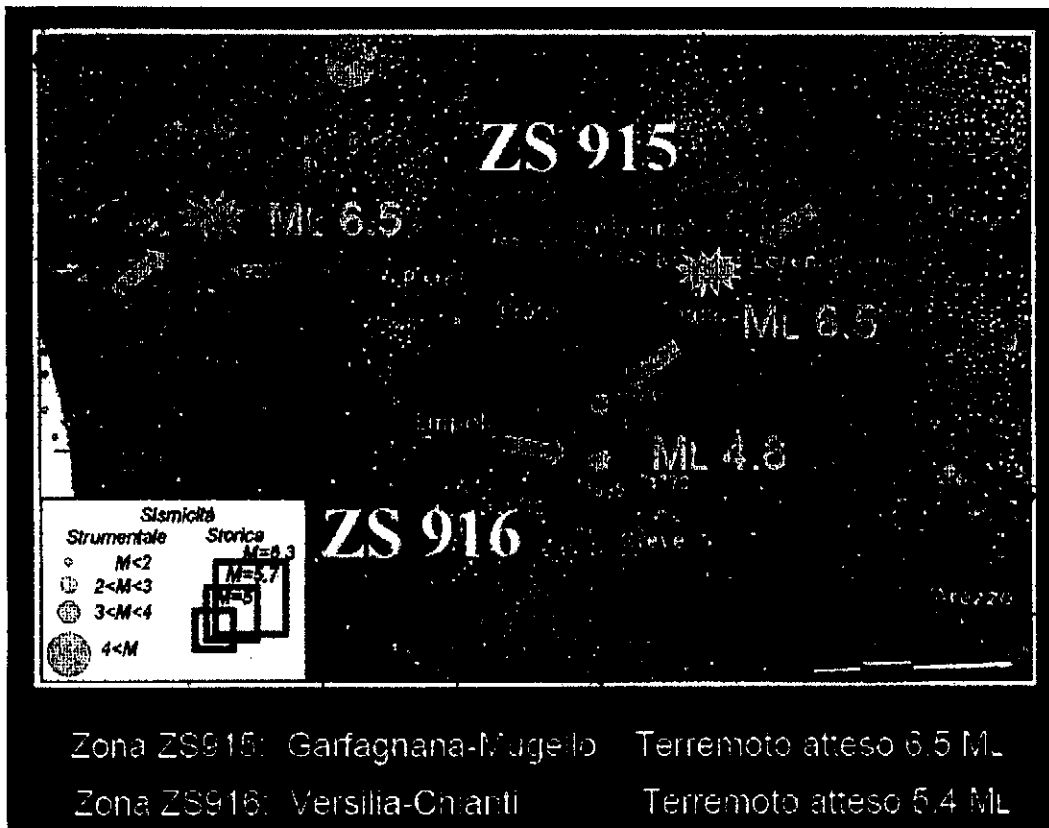
Valore di P_L	Rischio di liquefazione
$P_L = 0$	Molto basso
$0 < P_L \leq 5$	Basso
$5 < P_L \leq 15$	Alto
$P_L > 15$	Molto alto

Analisi dei risultati

L'elaborazione è stata condotta, come detto, sulla verticale di indagine CPT3, considerando tuttavia come profondità della

falda il livello massimo riscontrato nel solo perforo S1, pari a -3,65 m dal p.c.; si nota in particolare che, tenendo conto di tale anomalia, la falda occupa in parte anche il livello a maggior contenuto sabbioso con bassa resistenza penetrometrica, dove il rischio di liquefazione appare, già da un punto di vista qualitativo, massimo.

Per una accelerazione massima $a_{max} = 0,2106$ g (come in precedenza determinato) e per un terremoto atteso con $M_L = 5,4$, (Zona sismica ZS916 - Versilia-Chianti, si veda figura qui sotto allegata), si ottiene un indice di liquefazione $P_L = 0,0$, valore che indica rischio di liquefazione "molto basso", in pratica non influente.



STIMA RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DA PROVA CPT (ROBERTSON and WRIDE, 1997)

Cantiere: **Ampliamento cimitero di Iolo - Prato**Prova: **CPT 3**

Data elaborazione: 16/02/2011

Profondità falda (cm dal p.c.): 365

Accelerazione a max (amax/g): 0,2106

Magnitudo sisma M = 5,4

Correzione Magnitudo: 2,957

Prof.	γ	σ_0	σ_{10}	qc	fs	lc cor	qc1n	Kc	(qc1n)cs	R(CSR)	rd	T(CRR)	FSL	LIQ?	PL
0	1,80	0,018	0,018								0,999	0,046			
20	1,80	0,054	0,054		0,33						0,998	0,046			
40	1,90	0,091	0,091	15,0	0,73	2,606	30,00	3,35	100,43	0,174	0,996	0,046	3,777		
60	2,00	0,130	0,130	14,0	0,93	2,779	28,00	4,59	128,54	0,278	0,995	0,046	6,026		0,00
80	2,00	0,170	0,170	13,0	1,13	2,687	26,00	3,89	101,02	0,176	0,993	0,046	3,825		0,00
100	2,00	0,210	0,210	14,0	1,07	2,680	28,00	3,83	107,35	0,195	0,992	0,046	4,249		0,00
120	2,00	0,250	0,250	15,0	1,40	2,820	28,00	4,94	138,27	0,326	0,990	0,046	7,109		0,00
140	2,00	0,290	0,290	12,0	1,00	2,707	30,00	4,03	120,78	0,244	0,989	0,046	5,328		0,00
160	2,00	0,330	0,330	13,0	0,47	2,650	24,00	3,63	87,09	0,141	0,987	0,046	3,095		0,00
180	2,00	0,370	0,370	15,0	0,87	2,826	26,00	4,99	129,69	0,283	0,985	0,046	6,200		0,00
200	2,00	0,410	0,410	10,0	0,47	2,720	29,28	4,12	120,69	0,243	0,984	0,046	5,345		0,00
220	2,00	0,450	0,450	11,0	0,73	3,003	20,00	6,75	134,98	0,309	0,982	0,045	8,787		0,00
240	2,00	0,490	0,490	5,0	0,33	2,743	22,00	4,30	94,50	0,158	0,981	0,045	3,490		0,00
260	2,00	0,530	0,530	5,0	0,13	3,051	9,43	7,30	68,84	0,110	0,979	0,045	2,433		0,00
280	1,90	0,569	0,569	5,0	0,07	2,943	8,79	6,11	53,66	0,094	0,978	0,045	2,085		0,00
300	1,90	0,607	0,607	5,0	0,13	3,110	8,24	8,03	66,12	0,107	0,976	0,045	2,365		0,00
320	1,90	0,645	0,645	5,0	0,07	3,001	7,75	6,73	52,16	0,093	0,975	0,045	2,065		0,00
340	1,90	0,683	0,683	6,0	0,20	3,268	7,32	10,20	74,67	0,119	0,973	0,045	2,635		0,00
360	1,90	0,721	0,716	5,0	0,20	3,163	8,38	8,72	73,04	0,116	0,972	0,045	2,566		0,00
380	1,90	0,759	0,734	4,0	0,27	3,381	6,81	11,97	81,55	0,130	0,970	0,046	2,808		0,00
400	1,90	0,797	0,752	4,0	0,13	3,378	5,32	11,93	63,44	0,104	0,969	0,048	2,183		0,00
420	1,90	0,835	0,770	6,0	0,27	3,575	5,19	15,47	80,35	0,128	0,967	0,049	2,641		0,00
440	1,90	0,873	0,788	5,0	0,33	3,343	7,61	11,35	86,41	0,140	0,966	0,050	2,827		0,00
460	1,90	0,911	0,806	6,0	0,27	3,436	6,20	12,90	80,02	0,128	0,964	0,050	2,530		0,00
480	1,90	0,949	0,824	9,0	0,47	3,462	7,28	13,36	97,31	0,166	0,963	0,051	3,228		0,00
500	1,90	0,987	0,842	8,0	0,47	3,188	10,69	9,05	96,69	0,164	0,961	0,052	3,146		0,00
520	1,90	1,025	0,860	9,0	0,47	3,279	9,30	10,37	96,45	0,163	0,959	0,053	3,087		0,00
540	1,90	1,063	0,878	10,0	0,53	3,240	10,25	9,79	100,35	0,174	0,958	0,054	3,240		0,00
560	1,90	1,101	0,896	12,0	0,53	3,177	11,16	8,90	99,38	0,171	0,956	0,054	3,148		0,00
580	1,90	1,139	0,914	17,0	0,87	3,201	13,13	9,23	121,19	0,246	0,955	0,055	4,456		0,00
600	1,90	1,177	0,932	12,0	0,40	2,766	18,24	4,48	81,76	0,131	0,953	0,056	2,347		0,00
620	1,90	1,215	0,950	16,0	0,67	3,144	12,63	8,46	106,87	0,194	0,952	0,056	3,433		0,00
640	1,90	1,253	0,968	13,0	0,93	3,051	16,53	7,31	120,75	0,244	0,950	0,057	4,280		0,00
660	2,00	1,292	0,987	69,0	1,67	3,373	13,17	11,84	155,95	0,433	0,949	0,057	7,525		0,00
680	2,00	1,332	1,007	78,0	2,73	2,449	68,76	2,51	172,61	0,558	0,947	0,058	9,624		0,00
700	2,00	1,372	1,027	96,0	3,27	2,435	76,97	2,45	188,44	0,702	0,946	0,058	12,007		0,00
720	2,00	1,412	1,047	247,0	0,80	1,887	93,82	1,17	109,75	0,203	0,944	0,059	3,442		0,00
740	2,00	1,452	1,067	151,0	0,67	1,273	239,12	1,00	239,12	1,352	0,943	0,059	22,757		0,00
760	2,00	1,492	1,087	180,0	3,13	2,022	144,83	1,32	191,38	0,732	0,941	0,060	12,239		0,00
780	2,00	1,532	1,107	174,0	2,40	1,830	171,08	1,12	192,12	0,739	0,940	0,060	12,283		0,00
800	2,00	1,572	1,127	234,0	3,87	2,011	163,90	1,31	214,16	0,993	0,938	0,061	16,399		0,00
820	2,00	1,612	1,147	182,0	0,60	1,295	218,49	1,00	218,49	1,050	0,937	0,061	17,231		0,00
840	2,00	1,652	1,167	200,0	1,00	1,573	168,48	1,00	168,48	0,525	0,935	0,061	8,563		0,00
860	2,00	1,692	1,187	223,0	1,80	1,886	183,57	1,02	187,89	0,697	0,933	0,062	11,312		0,00
880	2,00	1,732	1,207	135,0	3,67	1,851	202,98	1,14	231,23	1,230	0,932	0,062	19,862		0,00
900	2,00	1,772	1,227	150,0	1,07	1,783	121,87	1,09	132,74	0,298	0,930	0,062	4,782		0,00
920	2,00	1,812	1,247	185,0	1,87	1,883	134,33	1,17	156,70	0,438	0,926	0,062	7,030		0,00
940	2,00	1,852	1,267	187,0	1,67	1,722	164,36	1,05	172,17	0,555	0,920	0,062	8,905		0,00
960	2,00	1,892	1,287	113,0	3,27	1,929	164,84	1,21	199,55	0,819	0,915	0,062	13,150		0,00
980	2,00	1,932	1,307	46,0	1,67	2,032	98,84	1,34	131,98	0,294	0,910	0,062	4,719		0,00
1000	2,00	1,972	1,327	83,0	1,33	2,526	39,93	2,89	115,37	0,223	0,904	0,062	3,581		0,00
1020	2,00	2,012	1,347	230,0	4,00	2,504	71,51	2,78	198,47	0,807	0,899	0,062	12,982		0,00
1040	2,00	2,052	1,367	189,0	0,67	1,363	196,72	1,00	196,72	0,788	0,894	0,062	12,687		0,00

STUDIO GEOLOGICO Dott. FRANCO CECCARINI - PRATO

1060	2,00	2,092	1,387	50,0	0,40	1,379	160,48	1,00	160,48	0,464	0,888	0,062	7,486	-	0,00
1080	2,00	2,132	1,407	8,0	0,53	2,237	42,15	1,75	73,78	0,117	0,883	0,062	1,894	-	0,00
1100	2,00	2,172	1,427	166,0	3,47	4,140	5,61	28,68	160,79	0,467	0,878	0,062	7,545	-	0,00
1120	2,00	2,212	1,447	168,0	3,53	2,045	138,00	1,36	187,00	0,688	0,872	0,062	11,146	-	0,00
1140	2,00	2,252	1,467	207,0	4,27	2,103	138,71	1,45	201,30	0,839	0,867	0,062	13,610	-	0,00
1160	2,00	2,292	1,487	232,0	2,07	1,743	169,75	1,06	180,21	0,624	0,862	0,061	10,153	-	0,00
1180	2,00	2,332	1,507	192,0	3,60	1,851	188,99	1,14	215,41	1,010	0,856	0,061	16,457	-	0,00
1200	2,00	2,372	1,527	180,0	3,00	1,910	155,38	1,19	185,16	0,670	0,851	0,061	10,954	-	0,00
1220	2,00	2,412	1,547	178,0	3,33	1,986	144,72	1,27	184,40	0,663	0,846	0,061	10,864	-	0,00
1240	2,00	2,452	1,567	180,0											

RISCHIO DI LIQUEFAZIONE: MOLTO BASSO (Iwasaki) PL: 0,00

TAB. 1

5.) COMPORTAMENTO GEOTECNICO DEI TERRENI QUALI SUBSTRATO DI FONDAZIONE - PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Si forniranno di seguito il parametri geotecnici caratteristici da attribuire ai vari livelli stratigrafici ai fini dell'esecuzione delle verifiche SLU ed SLE delle fondazioni, ai sensi del D.M. 14.01.2008.

In base alle indicazioni stratigrafiche e geotecniche sopra riportate, dal punto di vista delle fondazioni degli edifici i terreni possono essere schematizzati come di seguito descritto.

Per quanto riguarda le problematiche di capacità portante (SLU), si terrà conto delle condizioni più critiche determinate con le indagini svolte, mentre le condizioni estreme di differenzialità saranno tenute in conto per quanto riguarda la previsione dei possibili cedimenti (SLE).

Si ricorda qui che la zona dell'ampliamento dovrà essere rialzata di circa 80÷90 cm per raggiungere la quota del cimitero attuale, o comunque la quota necessaria in base a considerazioni circa le problematiche relative alla pratica di inumazione; chiaramente, le fondazioni delle strutture si dovranno impostare al di sotto di tali terreni di riporto; le profondità che verranno di seguito indicate sono riferite alla quota zero attuale, ovvero all'attuale piano di campagna.

Primo livello stratigrafico

Esso risulta più consistente dei terreni sottostanti; è quindi cautelativo considerare il suo spessore minimo, che risulta pari a -2,4 m dal p.c. attuale (prova PS3); ad esso possono essere attribuiti i seguenti parametri geotecnici in termini di tensioni efficaci:

$$c' = 0,13$$

$$\phi' = 28^\circ$$

Tali valori sono i minimi rilevati tramite le prove di taglio eseguite, ma prudenzialmente si potrà ritenere che a lungo termine la coesione si annulli completamente (come teoricamente avviene in un terreno argilloso normalconsolidato), ponendo $c' = 0$.

Pertanto, per le verifiche a lungo termine (tensioni efficaci), la resistenza a taglio del terreno sarà schematizzata con i seguenti parametri caratteristici:

$$c'_k = 0$$

$$\phi'_k = 28^\circ$$

Per quanto riguarda il comportamento a breve termine, esso può essere schematizzato con la resistenza a taglio rapido non drenato c_u ; tuttavia, i risultati ottenuti con le prove di compressione semplice ELL appaiono collegati a zone in cui i terreni superficiali risultano particolarmente essiccati; tali valori risultano pertanto troppo alti, sia perché i fenomeni di essiccazione potrebbero risultare assenti al termine del periodo piovoso invernale-primaverile, sia perché alcune delle prove penetrometriche eseguite hanno determinato una minor consistenza dei terreni.

Si nota qui che la resistenza c_u può essere stimata, su base statistica, da prova penetrometrica CPT tramite la relazione:

$$c_u = Q_c / N_{cp}$$

dove il valore N_{cp} può assumere valori variabili da 15 a 25. Nel caso in oggetto, alla profondità di 1,0 ÷ 1,5 m dal p.c, tramite prova ELL, è stato determinato $c_u = 1,5 \text{ Kg/cm}^2$; a tale profondità, il valore Q_c più elevato determinato con le prove penetrometriche è prossimo a $Q_c = 45 \text{ Kg/cm}^2$; si ha dunque:

$$1,5 = 40 / N_{cp}$$

da cui:

$$N_{cp} = 40 / 1,5 = 26$$

Risulta quindi appropriato attribuire al fattore di correlazione N_{cp} il valore massimo solitamente utilizzato, ovvero $N_{cp} = 25$.

Andando ora ad analizzare le prove che hanno fornito risultati più cauti (PS3 e PS4), si rileva per l'orizzonte superficiale un valore Q_c medio = 13 Kg/cm²; si ha allora:

$$c_u = 13/25 = 0,52 \text{ Kg/cm}^2$$

Questo è dunque il valore di resistenza al taglio rapido c_u che viene attribuito al terreno superficiale, stabilendo in definitiva come parametro caratteristico per le verifiche SLU a breve termine (tensioni totali):

$$c_{uk} = 0,52 \text{ Kg/cm}^2$$

Per quanto riguarda la compressibilità, la prova edometrica eseguita nel livello superficiale qui descritto evidenzia come esso risulti sovraconsolidato; infatti, nella Fig.10 di seguito allegata si nota come il prolungamento verso l'alto del tratto finale retto della curva edometrica incontri l'orizzontale passante per l'indice dei vuoti iniziale e_0 ben a destra del punto che per il campione rappresenta la tensione litostatica di confinamento alla profondità di prelievo (0,3 Kg/cm²).

Ciò riduce la compressibilità effettiva del campione rispetto a quella deducibile dall'indice di compressibilità $C_c = 0,212$, dato che tale indice rappresenta in pratica la pendenza della parte finale della curva, ovvero il comportamento a livelli di pressione superiore a quella di preconsolidazione.

In tale situazione, è corretto eseguire il calcolo di compressibilità tenendo conto della pendenza del tratto di curva per pressioni inferiori a quella di preconsolidazione, ovvero del tratto che rappresenta la ricomprensione.

La retta di ricomprensione è individuata Sulla Fig. 10 allegata: tracciando la retta che unisce i punti corrispondenti alle pressioni P'_0 (pressione litostatica

attuale) a $P'c$ (determinato con il metodo grafico di Casagrande), si ricostruisce tale retta di ricompressione, ovvero il percorso che attualmente il suolo può compiere sotto un carico che venga applicato su esso. Tale retta andrebbe sostituita con una curva a bassa curvatura, ma dato il livello delle tensioni che potranno essere indotte al suolo dalla fondazione, risulta più cauto valutare l'Indice di compressione C_c , espresso da $\Delta e / \Delta \log p$, sulla retta (risulterebbe altrimenti inferiore per l'intervallo di pressione da considerare); in tal modo si stima, per il primo livello, $C_c = 0,036$, valore assai più contenuto che non il C_c del tratto finale della curva.

Si nota peraltro che la curva di ricompressione ricostruita è quasi perfettamente parallela alla curva ottenuta con il ciclo di scarico della prova edometrica, il che conferma la validità della ricostruzione.

Secondo livello stratigrafico

Nell'ipotesi di fondazione a platea generale saranno chiamati a collaborare alla capacità portante non solo i terreni immediatamente sottostanti alla fondazione, ma anche i terreni più profondi.

Infatti, la profondità al di sotto del piano di posa entro la quale si possono sviluppare fenomeni di scorrimento e rottura per raggiungimento del carico limite ultimo è stimabile con:

$$H = 0,5 B (\tan 45^\circ + \phi/2)$$

dove B è la larghezza della fondazione.

Nel caso di terreno coesivo ($\phi = 0$) H risulta allora pari a $B/2$, mentre nel caso di terreno attritivo si può al massimo giungere, per un elevato ϕ , ad $H = B$.

In ogni modo, il valore di H è legato alla dimensione B , il che significa che per una platea concorrono alla capacità portante i terreni compresi in una profondità di diversi metri. Tale precisazione risulta nel caso in oggetto opportuna in quanto i terreni sottostanti al livello superficiale già sopra descritto risultano più scadenti.

Per tale secondo livello stratigrafico il comportamento più critico a lungo termine risulta definito dai seguenti parametri:

$$c' = 0,056 \text{ Kg/cmq}$$

$$\phi' = 24^\circ$$

Anche in questo caso il valore c' sarà considerato nullo.

Per le verifiche SLU a lungo termine (tensioni efficaci) si stabilisce pertanto:

$$c'_k = 0$$

$$\phi'_k = 24^\circ$$

A breve termine, nei terreni risultati più sabbiosi si è determinato tramite scissometro $c_u = 0,35$ (è qui in realtà possibile che una certa aliquota di attrito agisca anche a breve termine), mentre nei terreni più limosi si è trovato $c_u = 0,5$; si porrà allora cautelativamente:

$$c_{uk} = 0,4 \text{ Kg/cmq}$$

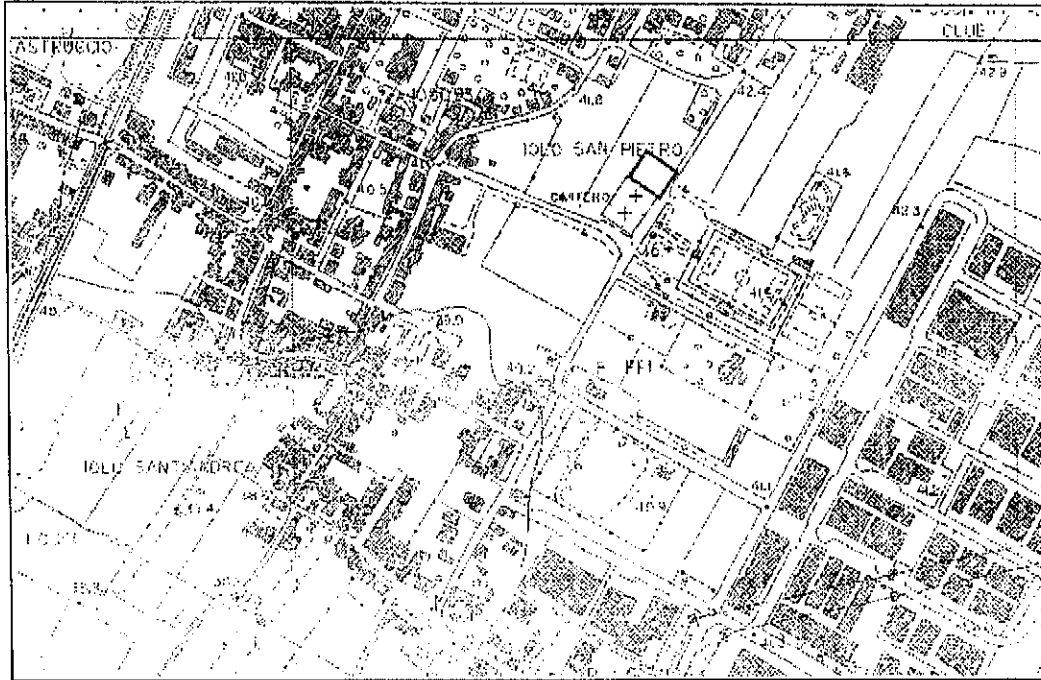
Per quanto riguarda la compressibilità, risultando i terreni normalmente consolidati si utilizzerà il coefficiente di compressibilità $C_c = 0,222$.

Ciò vale per il livello più debole in cui il campione è stato prelevato, mentre per i terreni sottostanti, ai fini del calcolo del cedimento, si potrà utilizzare un valore leggermente meno elevato.

Prato, 04.04.2011

COROGRAFIA GENERALE

Scala 1 : 10.000



Area in esame

FIG. 1

CARTA GEOLITOLÓGICA

Scala 1 : 10.000



(Estratto dalle indagini geologiche di corredo al Piano Strutturale del Comune di PRATO)



Area in esame



Limi



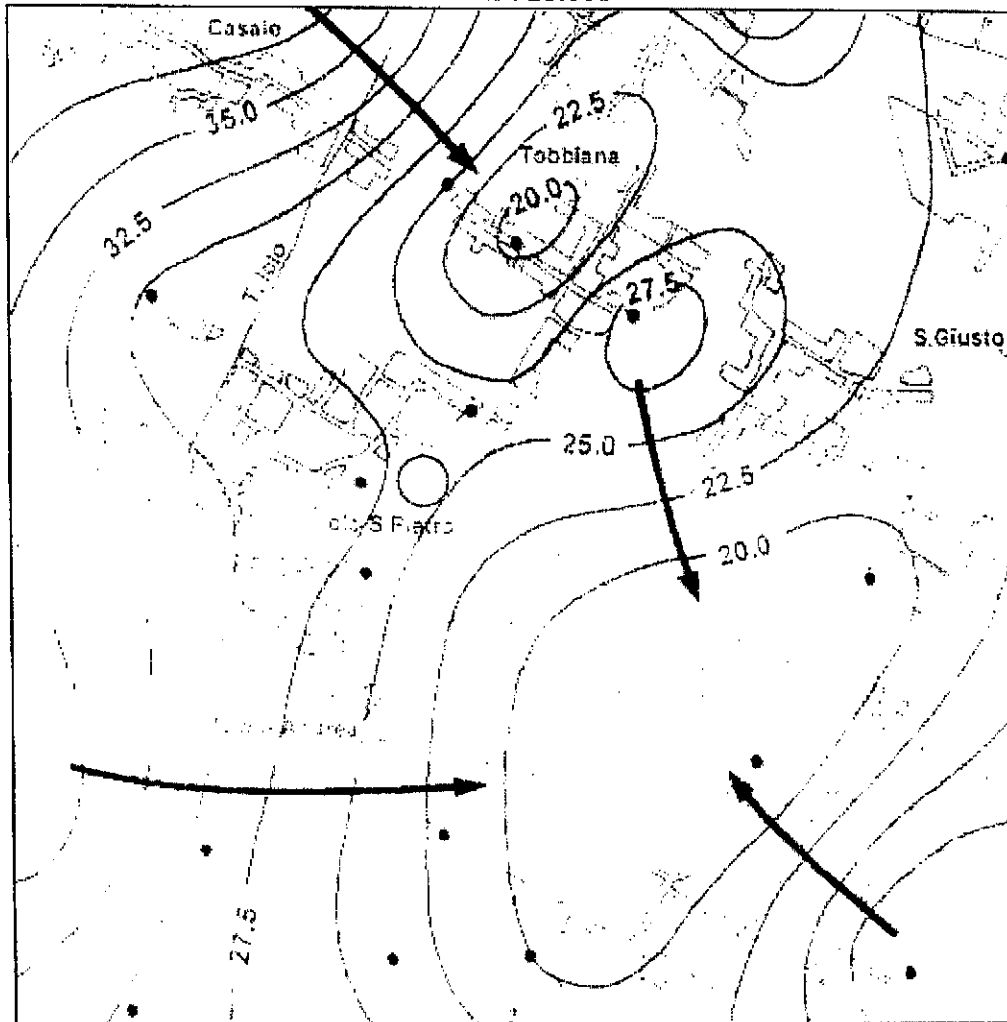
Argille

FIG. 2

CARTA IDROGEOLOGICA

(Il livello massimo della falda)

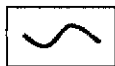
Scala 1 : 25.000



(Estratto dalle indagini geologiche di corredo al Piano Strutturale del Comune di PRATO)



Area in esame



ISOPIEZE MAGGIO 1994 (metri s.l.m.)



LINEA DI FLUSSO

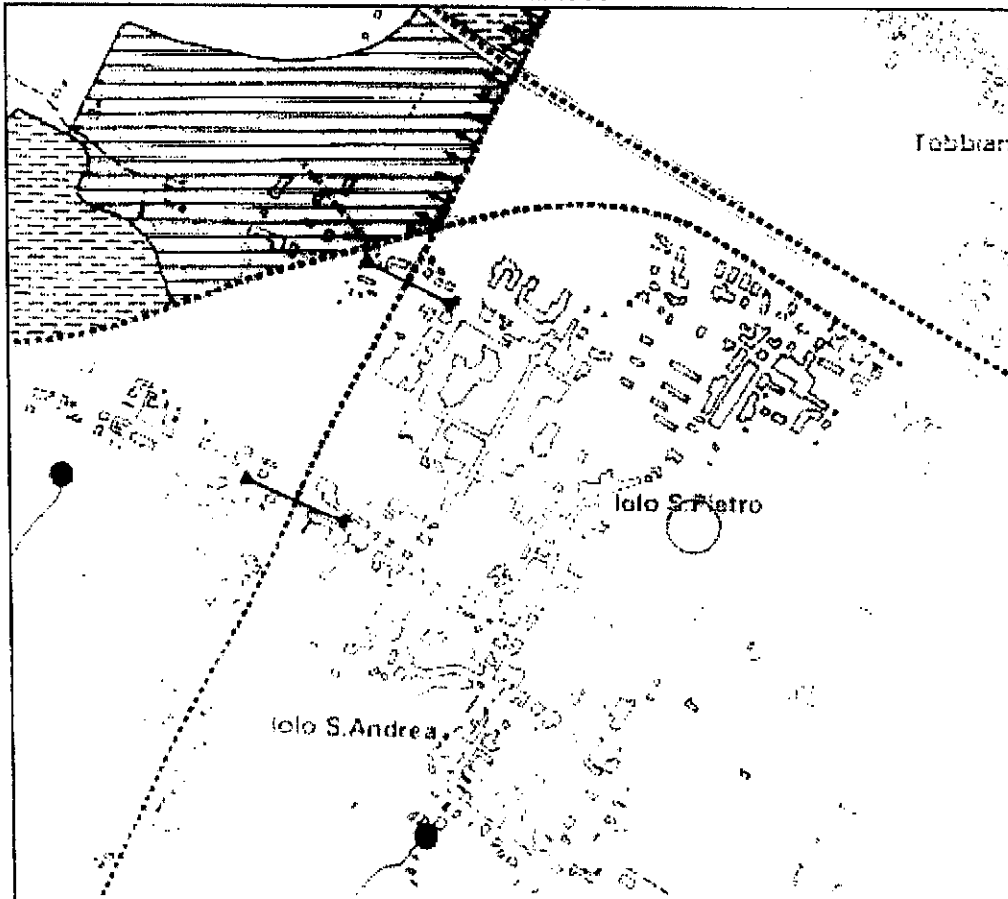


PUNTI DI MISURA

FIG. 3

GLI ELEMENTI DELLA PERICOLOSITA'

Scala 1 : 12.500



(Estratto dalle indagini geologiche di corredo al Piano Strutturale del Comune di PRATO)

LEGENDA
























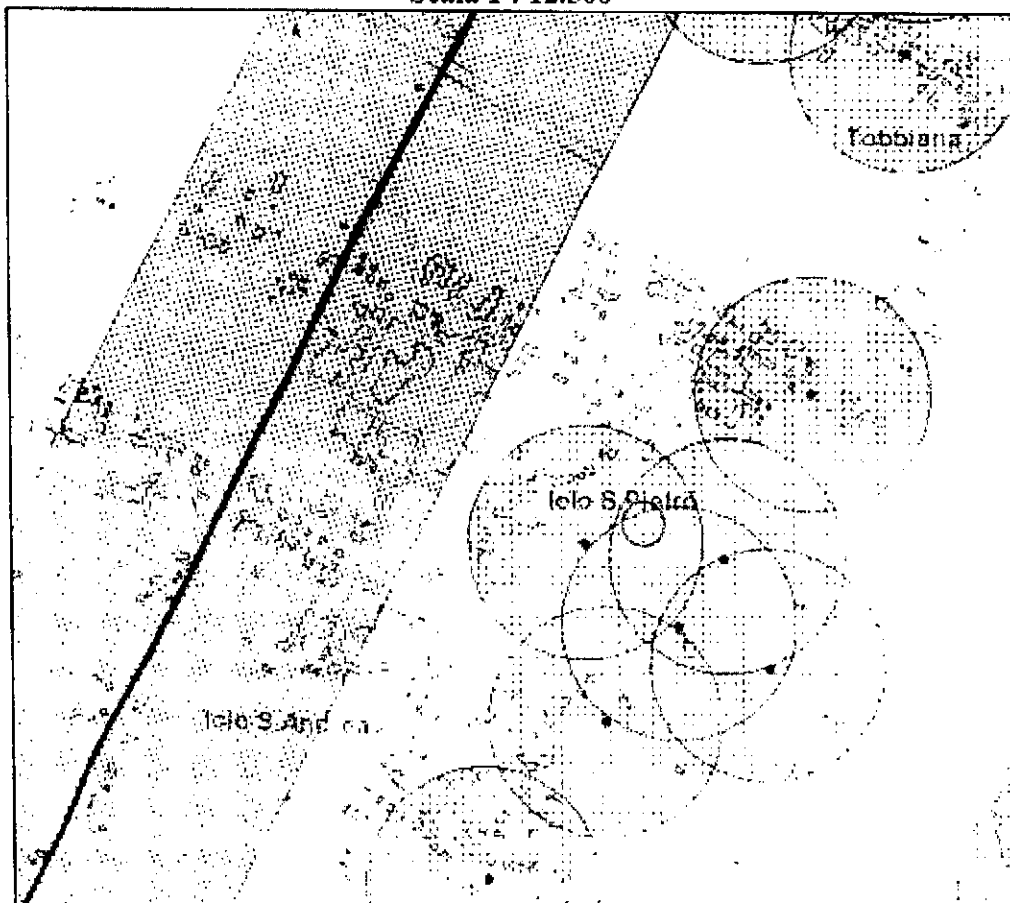
In coltura	In natura
 dissesto gravitativo in alto	 attraversamento di alveo entro il coronamento degli argini
 scivolo	 guado
 substrato litologico affiorante	 rilevato che ostacola il deflusso superficiale (argini e infrastrutture varie)
 copertura pedologica discontinua	 intubamento e sottopasso
 accumulo detritico	 estese impermeabilizzazioni che intercettano le acque meteoriche
 terrazzamento	 acque basse senza un recapito ben definito
 incisione di alveo	 scolmatore fognario
 intubamento e sottopasso	 pozzo abbandonato
 orlo di scarpata	 discarica
 pozzo abbandonato	 depuratore
	 tratto di argine soggetto a sormonto (Tr=200 anni)
	 aree di transito delle acque esondate
	 area di accumulo delle acque esondate

FIG. 4

LA NORMATIVA VIGENTE

Scala 1 : 12.500



(Estratto dalle indagini geologiche di corredo al Piano Strutturale del Comune di PRATO)

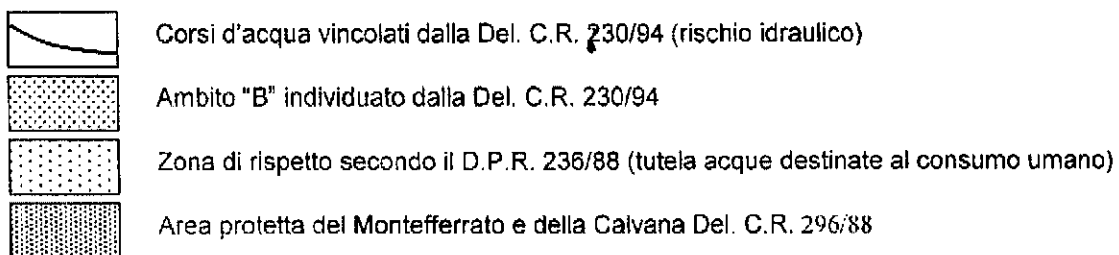
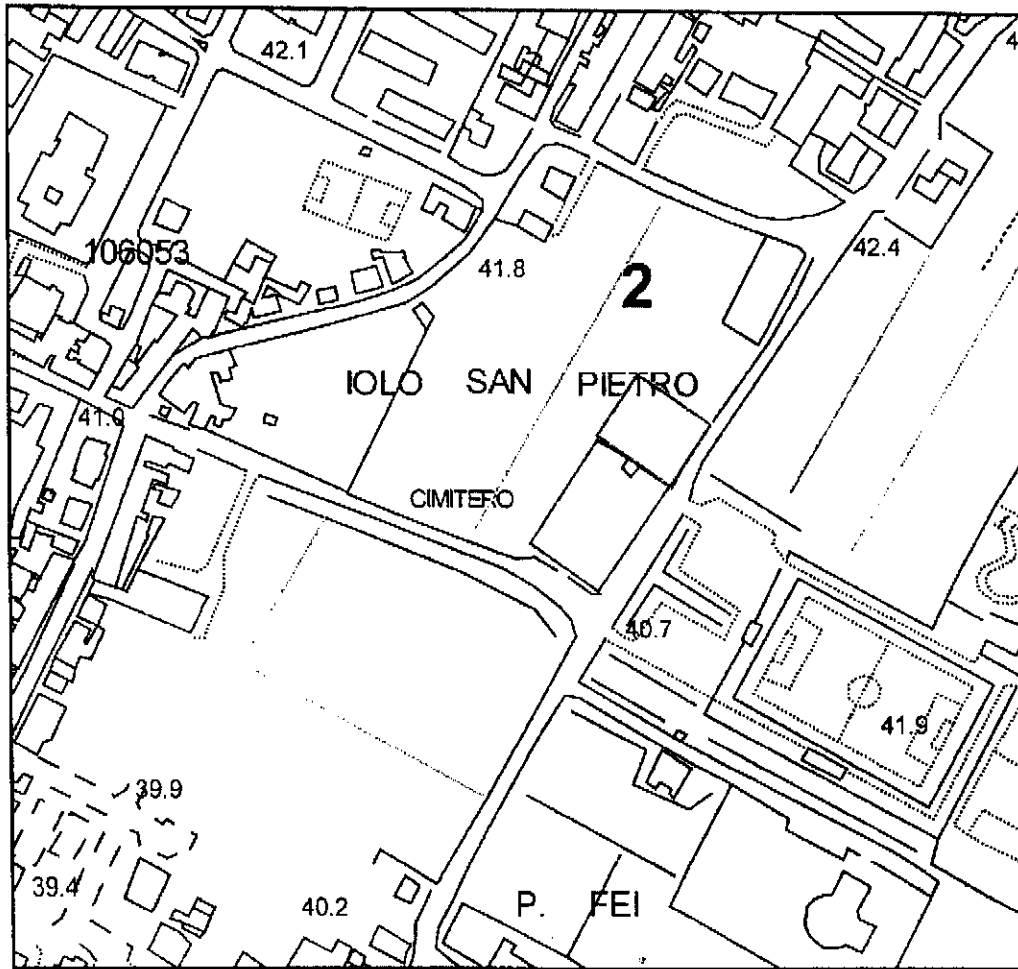


FIG. 5

CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA E GEOLOGICA

Scala 1 : 5.000



(Estratto dalle indagini geologiche di corredo al Piano Strutturale del Comune di PRATO)

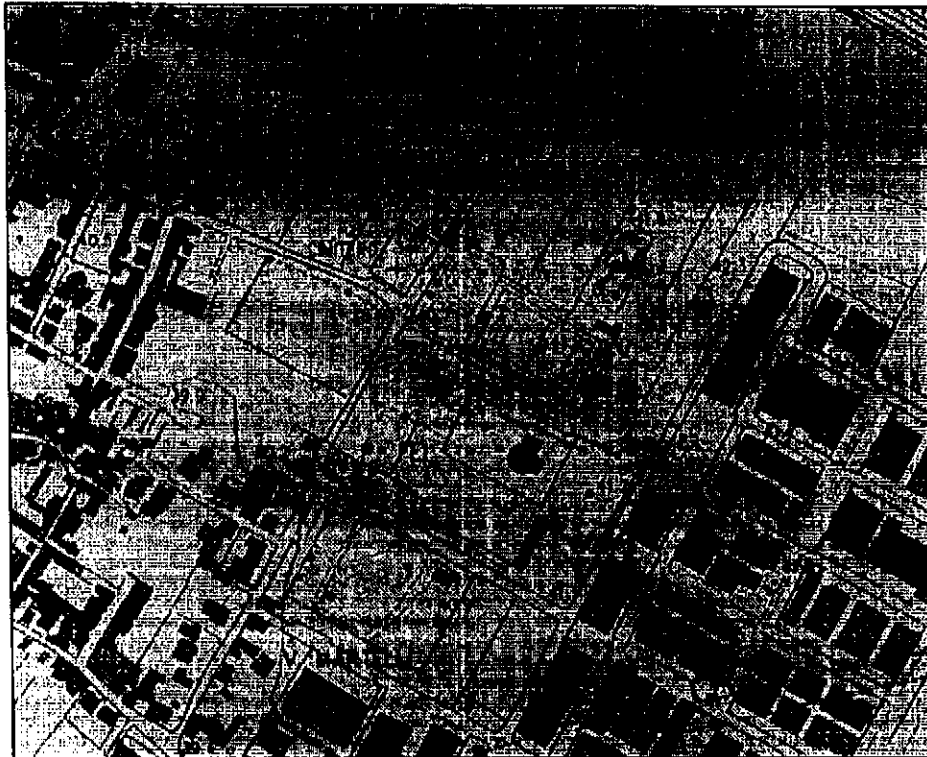
○ Area in esame

FIG. 6

P.A.I. - PERIMETRAZIONE DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA

(Livello di dettaglio)

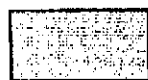
Scala 1 : 10.000



Area in esame



P.I. 4



P.I. 3



P.I. 2



P.I. 1

FIG. 7

PERICOLOSITA' IDRAULICA
STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO DEL RETICOLO FLUVIALE PER LA
STESURA DEL PIANO STRUTTURALE DEL COMUNE DI PRATO
(Ing. David Malossi)

Scala 1 : 10.000



Area in esame

PI 4 - PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA



PI 3 - PERICOLOSITA' ELEVATA



PI 2 - PERICOLOSITA' MEDIA

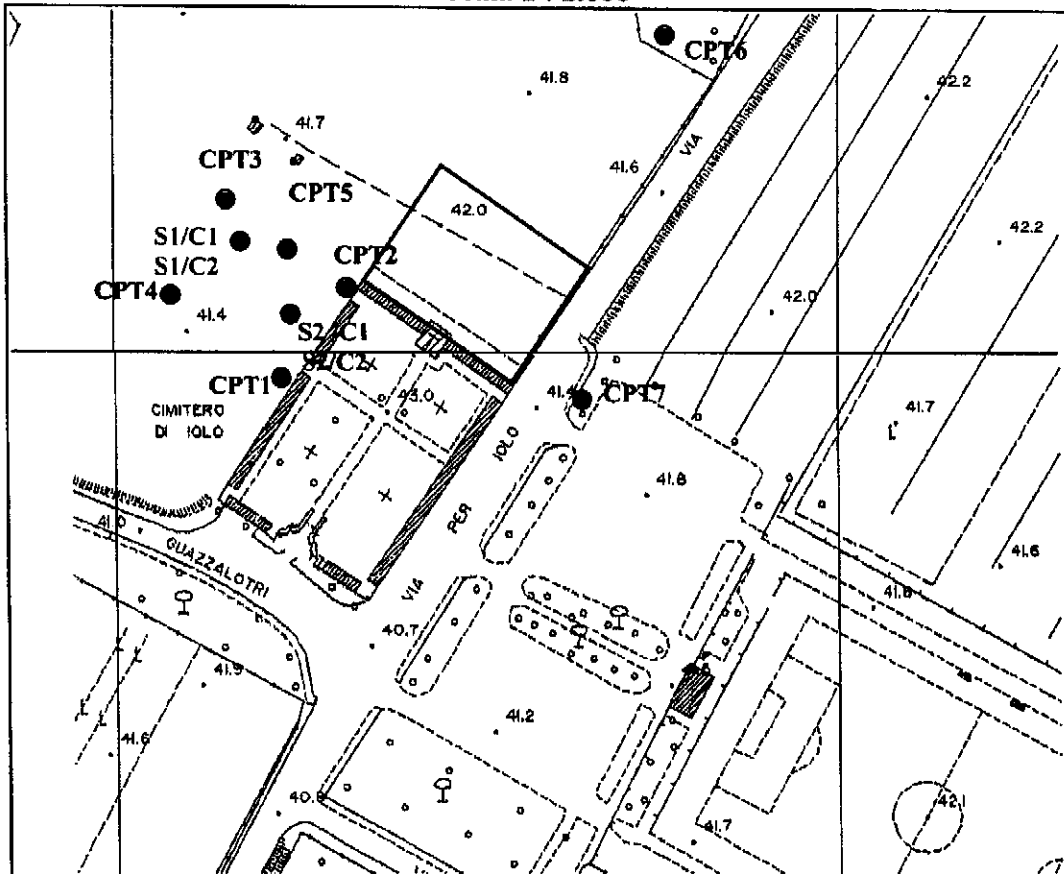


PI 1 - PERICOLOSITA' MODERATA

FIG. 8

UBICAZIONE DELLE VERTICALI D'INDAGINE

Scala 1 : 2.000



Area in esame

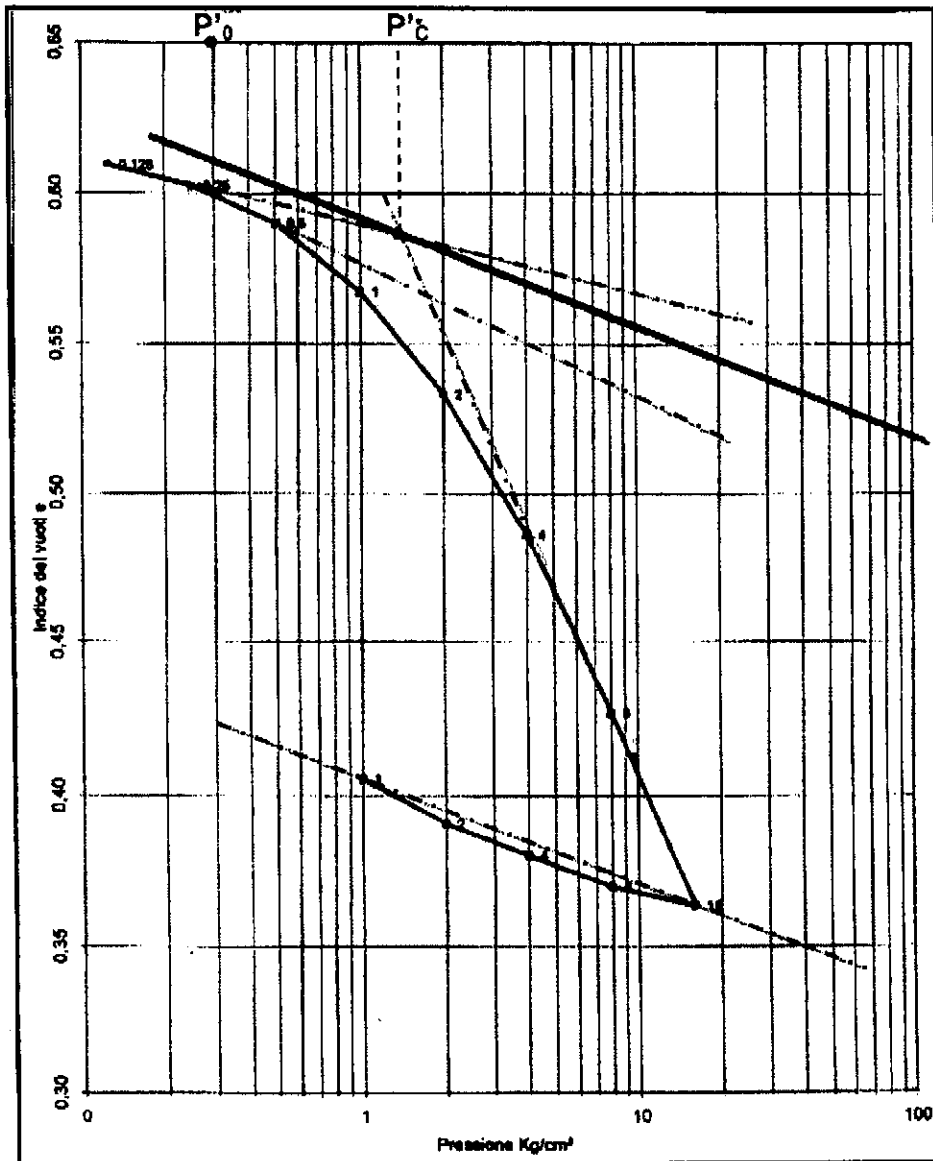
- CPT : prova penetrometrica statica C.P.T.
- Prelievo di campioni indisturbati mediante fustella Shelby

FIG. 9

Laborer s.n.c. - Laboratorio Qualificato A.L.G.I. n°89

PROVA DI COMPRESIONE EDOMETRICA

Committente.....	Dott. Geologo Franco Ceccarini		
Cantiere.....	Cimitero di Iolo - Prato		
Sond.... 1	Camp... 1	da....	1,0-1,5
Cart. n° : EDO	01	1-1	Pagina : 7



Direttore Laboratorio
Dott. Giuseppe Paolo Fagnola

FIG. 10



LABOTER s.n.c.
Laboratorio geotecnico
A.L.G.I. n. 89



Associazione
Laboratori
Geotecnici
Italiani

Via Nazario Sauro 440 - 51030 Pontelungo (PT) - Tel. 0573 570566 - Fax. 0573 910056 - e.mail : laboter@laboter.191.it
P. IVA : 00515880474 - C.C.I.A.A. 139089

ANALISI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Committente **Dott. Geologo Franco Ceccarini**

Cantiere : **Cimitero di Iolo - Prato**

Pistoia 18/01/2006

Certificato n° 3



LABOTER s.n.c.
Laboratorio geotecnico
A.L.G.I. n. 89



Via Nazario Sauro 440 - 51030 Pontelungo (PT) - Tel. 0573 570566 - Fax. 0573 910056 - e.mail : laboter@laboter.191.it
P. IVA : 00515880474 - C.C.I.A.A. 139089

Comm.te : Dott. Geologo Franco Ceccarini

Cantiere : Cimitero di Iolo - Prato

Data certificazione : 18/01/2006

CAMPIONI PERVENUTI : 4
CAMPIONE TIPO : INDISTURBATO

Analisi e prove eseguite :

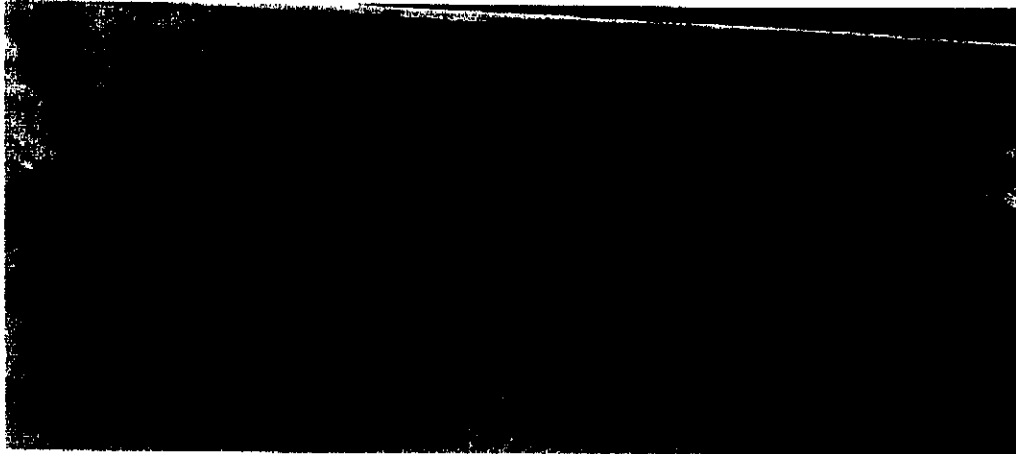
Apertura campioni (ASTM D2488-93)	X
Contenuto d'acqua (ASTM D2216-92)	X
Peso di volume (M.I. PT 09/03)	X
Analisi granulometrica (ASTM D422-63)	X
Limiti di Atterberg (ASTM D4318-84)	X
Peso specifico dei grani (ASTM D854-92)	
Prova di taglio diretto (ASTM D3080-72)	X
Prova di compressione ELL (ASTM D2166-85)	X
Prova edometrica IL (ASTM D2435-90)	X
Prova triassiale (ASTM D2850-87)	
Prove di permeabilità (ASTM D2434-68)	X
Classificazione U.S.C.S. (ASTM D2487-93)	X
Prova di compattazione (ASTM D2168-80)	

Certificato n° 3

Direttore Laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

CARATTERISTICHE FISICHE

Committente : Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere : Cimitero di Iolo - Prato
 Sond. : 1 Camp. : 1 da.....m.: 1,0-1,5
 Cert. n° : CF 3 1-1 Pagina : 1
 Tipo di campione : Indisturbato Lunghezza (cm.) = 48
 Descrizione campione :
 Limo argillo sabbioso marrone con tracce torbose, compatto

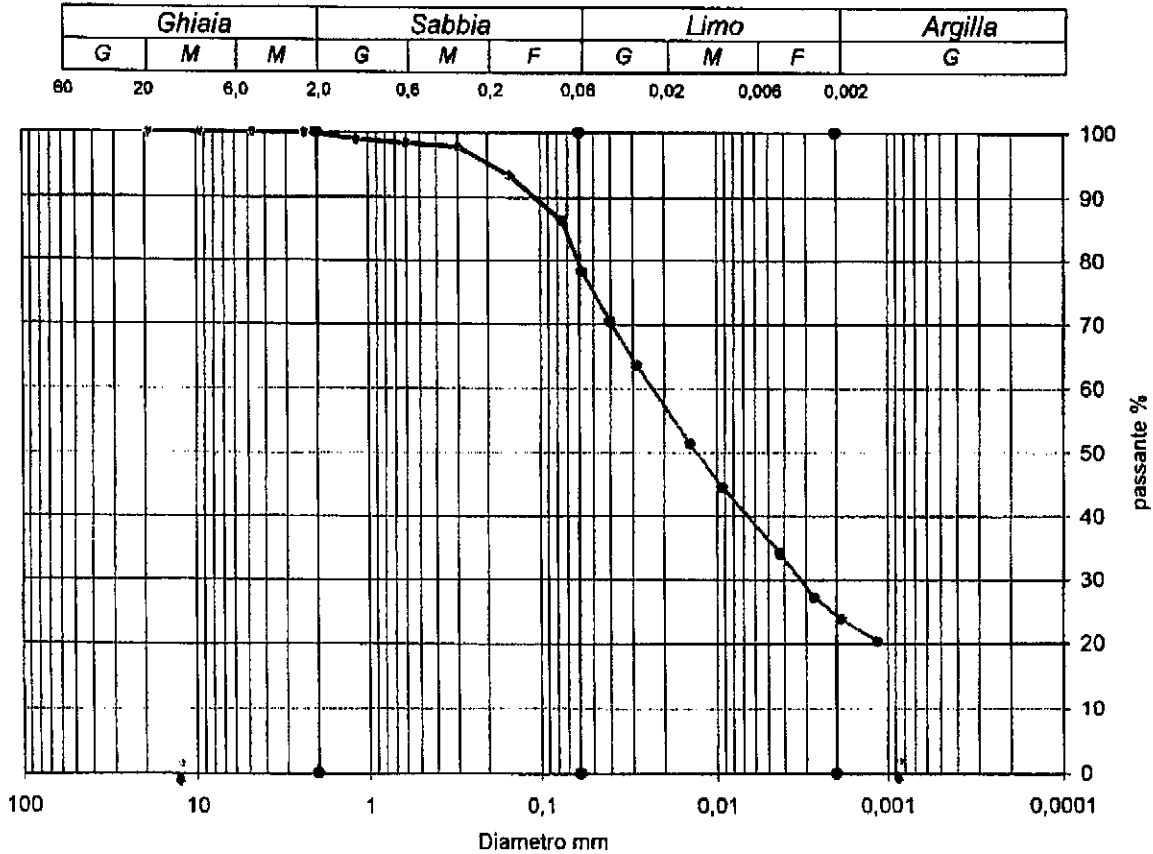


Pocket penetrometer (Kg/cm²) = 3,40
 Scissometro (Kg/cm²) = 1,53

<i>Caratteristiche fisiche del campione</i>					
Peso di volume g (gr/cm³) =	1,983				
Umidità naturale w (%) =	20,6				
Peso Specifico Gs (gr/cm³) =	2,650				
Densità secca Gd (gr/cm³) =	1,64				
Indice dei vuoti e =	0,612				
Saturazione (%) =	89				
Porosità n (%) =	38				
<i>Limiti di Atterberg</i>					
Class. Casagrande =	CL				
Limite Liquido WL % =	44,2				
Limite Plastico WP % =	24,5				
Indice di Plasticità IP =	19,8				
Indice di Consistenza Ic =	1,2				
Limite Ritiro WR % =					
<i>Analisi Granulometrica</i>					
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla		
0,3	20,3	55,1	24,3		
<i>Taglio Diretto</i>		<i>ELL</i>		<i>Taglio Diretto</i>	
φ' (°)	c' (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	φ' (°)	cu (kg/cm²)	Permeabilità k (m/sec)
28	0,130	1,51			2,2E-09
<i>Prova di compressione edometrica</i>					
Indice di compressibilità Cc =		0,212			
INTERVALLO		cv	k	E	α
		cm²/sec	cm/sec	kg/cm²	
0.25-0.5	kg/cm²	1,0E-03	3,2E-08	32	
0.5-1.0	kg/cm²	6,9E-04	1,9E-08	36	
1.0-2.0	kg/cm²	1,4E-03	3,0E-08	47	
2.0-4.0	kg/cm²	1,5E-03	2,2E-08	68	
4.0-8.0	kg/cm²	1,3E-03	1,2E-08	110	
8.0-16.0	kg/cm²	1,5E-03	7,2E-09	203	
16.0-32.0	kg/cm²				

ANALISI GRANULOMETRICA

Committente..... Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
 Sond.... 1 Camp.... 1 da..... 1,0-1,5
 Cert. n° : GRA 3 1-1 Pagina : 2



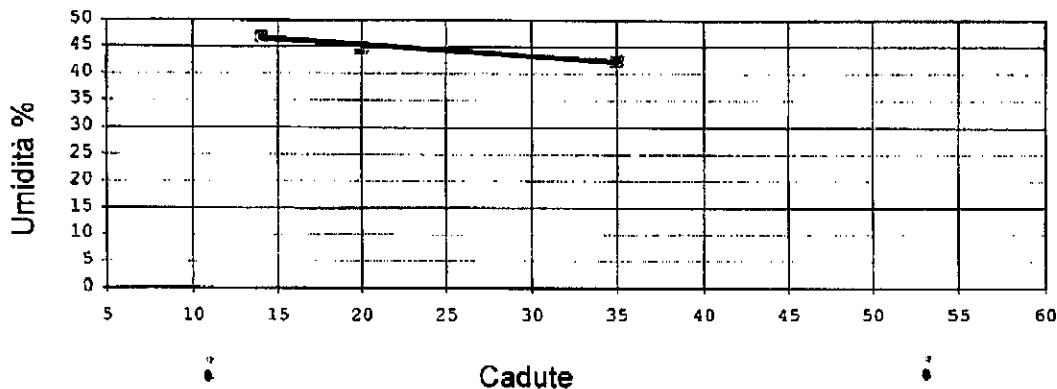
Coeff. d'uniformità Cu =				Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
Coeff. di curvatura Cc =				%	%	%	%
				0,3	20,3	55,1	24,3
Diametro	Passante %	Diametro	Passante %	Diametro	Passante %	D90 = 0,1154	
19	100,0	0,150	93,2	0,0043	34,1	D60 = 0,0245	
9,5	100,0	0,075	86,2	0,003	27,2	D50 = 0,013	
4,75	100,0	0,058	78,3	0,002	23,7	D30 = 0,003	
2,36	100,0	0,0404	70,4	0,001	20,2	D10 =	
1,18	98,9	0,0286	63,5				
0,600	98,3	0,0143	51,4				
0,300	97,8	0,0093	44,5				

SEDIMENTAZIONE	Taratura aerometro:		Temperatura (°C)	18,5
Correz.menisco	0,5	Correz. T°+disperdente	-3	Gs (gr/cm³)
Viscosità acqua	2E-05	passante ASTM n	200	Peso iniziale (gr)
				2,650
				40

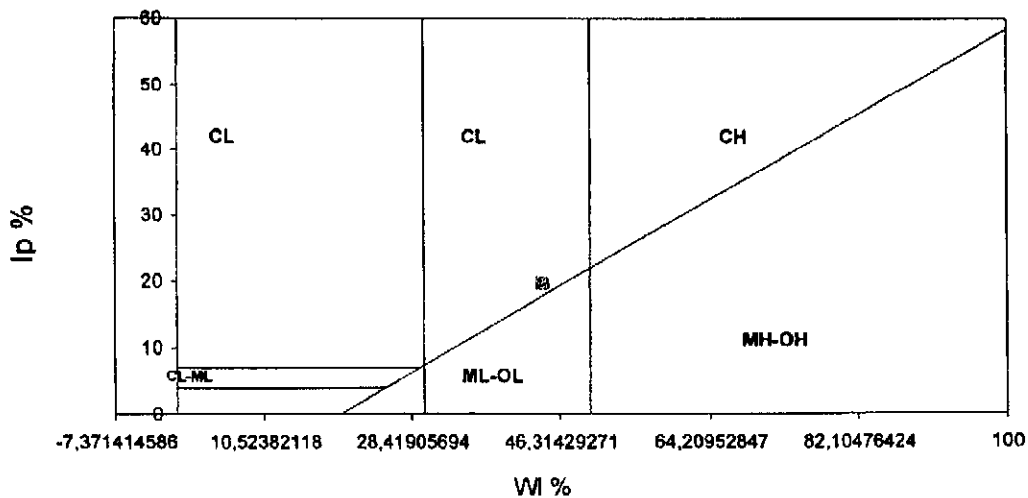
LIMITI DI ATTERBERG

Committente.... Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
 Sond.... 1 Camp.... 1 da..... 1,0-1,5
 Cert. n° : LIM 3 1-1 Pagina : 3

LIMITE DI PLASTICITA'					
Prova...	1	2	3	4	
Tara....	9,46	9,52			
R+TU....	12,59	13,25			
R+TS....	11,98	12,51			
w %	24,2	24,7			
LIMITE DI LIQUIDITA'					
Prova...	1	2	3		
Tara....	19,87	23,88	18,50	Class. Casagrande =	CL
R+TU....	32,65	35,65	29,49	WL....=	44,2
R+TS....	28,57	32,01	26,22	Wp....=	24,5
Cadute..	14	20	35	IP....=	19,8
w %	46,9	44,8	42,4	Ic....=	1,2

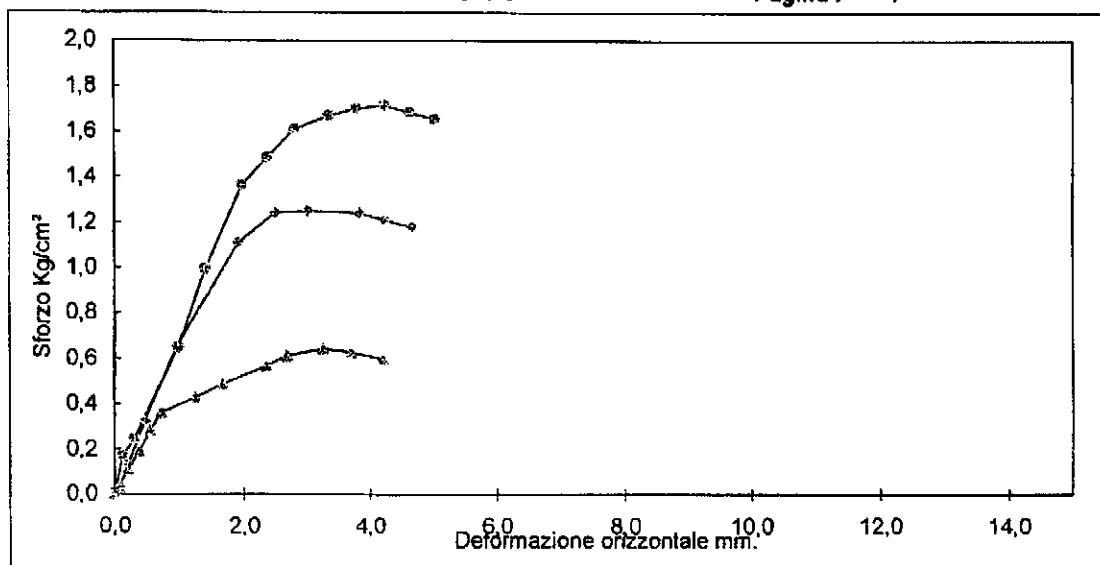


Carta di Plasticità di CASAGRANDE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO
Consolidato drenato CD

Committente..... Dott. Geologo Franco Ceccarini
Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
Sond.... 1 Camp... 1 da..... 1,0-1,5
Cert. n° : TAG 3 1-1 Pagina : 4



		PROVINO n. 1		PROVINO n. 2		PROVINO n. 3	
Velocità mm/min.	0,010	Iniziale	Finale	Iniziale	Finale	Iniziale	Finale
Altezza (mm)		20	19,19	20	18,90	20	18,44
Diametro (mm)		63		63		63	
Volume (cm³)		63,34	54,26	63,34	49,03	63,34	52,14
γ umido (g/cm³)		2,004	0,689	2,004	0,753	2,000	0,648
γ secco (g/cm³)		1,661	0,548	1,661	0,610	1,658	0,527
Umidità (%)		20,6	25,6	20,6	23,3	20,6	23,1

PARAMETRI A ROTTURA

		1		2		3
Pressione verticale Kg/cm².....						
Sforzo a rottura Kg/cm².....		0,644		1,249		1,716
Deform. verticale consolidazione mm.....		0,510		0,91		1,20
Deform. verticale mm....		0,810		1,100		1,560
Deformazione orizzontale mm....		3,250		3,020		4,250

Coesione intercetta c' Kg/cm² =.....		0,130
Angolo di resistenza al taglio ϕ° =.....		28
Coesione residua c_r Kg/cm² =.....		
Angolo di resistenza al taglio residuo ϕ° =.....		

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
 Sond.... 1 Camp... 1 da..... 1,0-1,5
 Cart. n° : EDO 01 1-1 Pagina : 6

Umidità iniziale %	20,6
γ gr/cm ³	1,983
Peso specifico gr/cm ³	2,650
Indice dei vuoti e	0,612

Caratteristiche provino edometrico

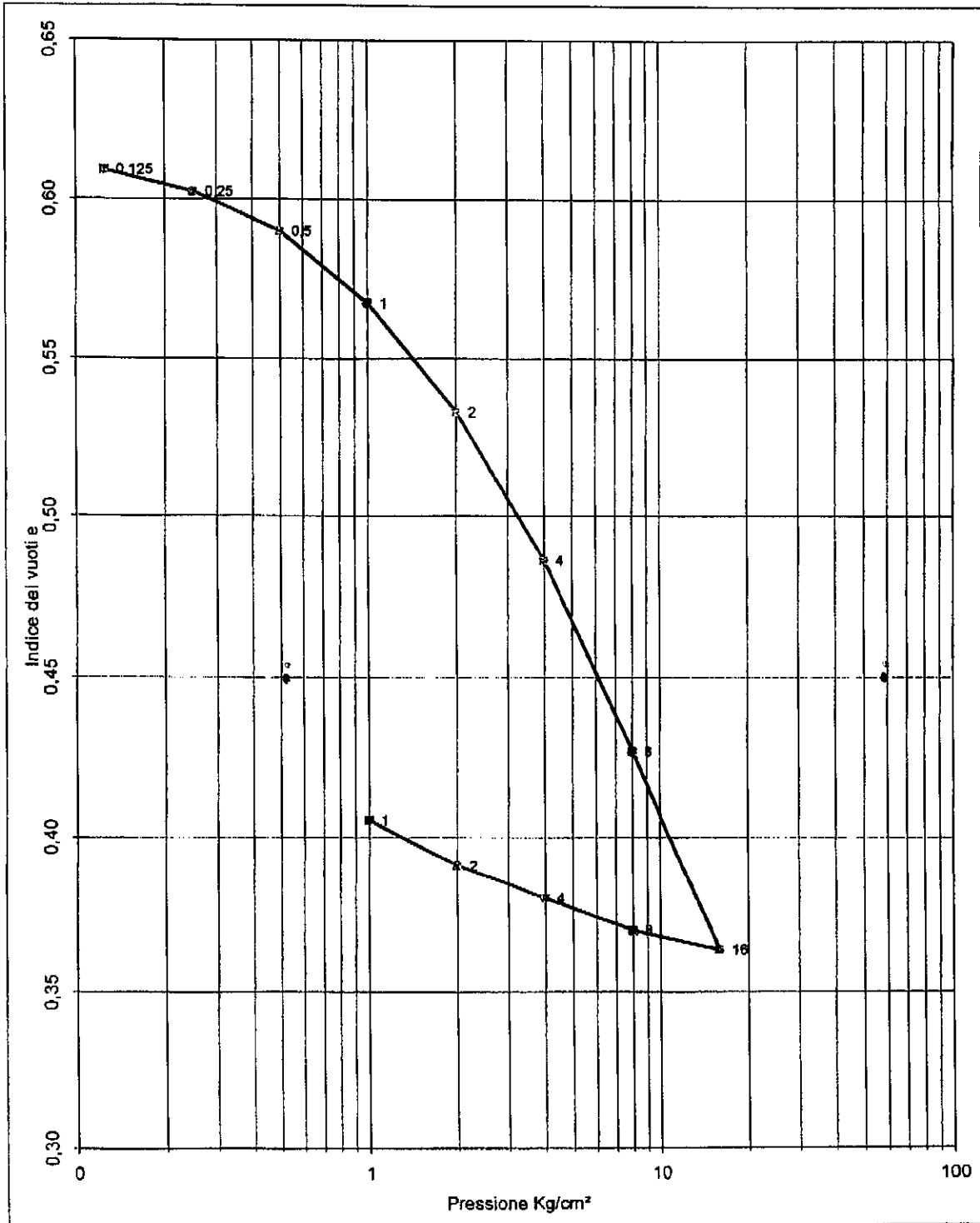
Altezza finale mm	22,43
Peso di volume iniziale gr/cm ³ .	1,938
Peso di volume finale gr/cm ³ ...	1,989
Umidità finale %	20,5
Peso di Volume secco gr/cm ³ ...	1,607
Intervalli di carico h =	24

Press.	e	H	A	Def.	Av	E
Kg/cm ²		mm.	mm.	%	Kg/cm ²	Kg/cm ²
0,125	0,609	0,05	24,95	0,20	0,000	
0,25	0,602	0,125	24,88	0,63	0,055	29
0,5	0,590	0,28	24,72	1,40	0,050	32
1	0,567	0,56	24,44	2,80	0,045	36
2	0,533	0,985	24,02	4,93	0,034	47
4	0,486	1,57	23,43	7,85	0,024	68
8	0,427	2,3	22,70	11,50	0,015	110
16	0,363	3,09	21,91	15,45	0,008	203
8	0,370	3,01	21,99	15,05	0,001	
4	0,380	2,88	22,12	14,40	0,003	
2	0,391	2,75	22,25	13,75	0,005	
1	0,405	2,57	22,43	12,85	0,015	

Indice di compressibilità Cc =	0,212
Indice di rigonfiamento Cs =	
Pressione di rigonfiamento kg/cm ² =	

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

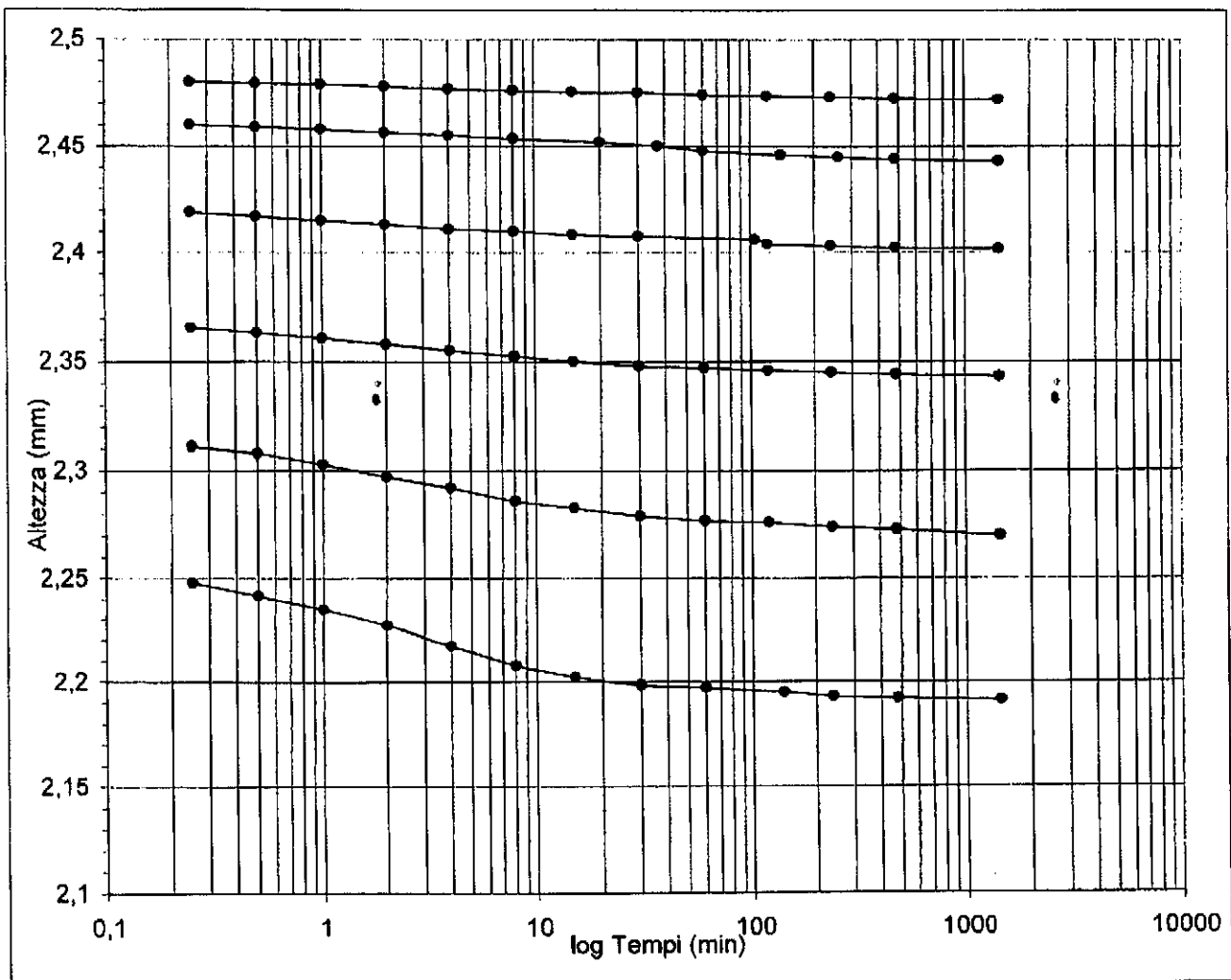
Committente..... Dott. Geologo Franco Ceccarini
Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
Sond.... 1 Camp... 1 da..... 1,0-1,5
Cert. n° : EDO 01 1-1 Pagina : 7



PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
 Sond.... 1 Camp... 1 da..... 1,0-1,5
 Cert. n° : EDO 01 1-1 Pagina : 8

INTERVALLO	cv	k	mv	Ca
	cm ² /sec	cm/sec	cm ² /Kg	
0.25-0.5	1,0E-03	3,2E-08	0,0310	
0.5-1.0	6,9E-04	1,9E-08	0,0280	
1.0-2.0	1,4E-03	3,0E-08	0,0213	
2.0-4.0	1,5E-03	2,2E-08	0,0146	
4.0-8.0	1,3E-03	1,2E-08	0,0091	
8.0-16.0	1,5E-03	7,2E-09	0,0049	
16,0-32,0				



PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE

Committente..... Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
 Sond... 1 Camp... 1 da.....m..... 1,0-1,5
 Cert. n° : CF PRV 3 1-1 Pagina : 10
 Campione..... Disturbato
 Preparazione campione..... umidità naturale

Fustella di prova
 L altezza cm. =..... 10,5
 A sezione cm² =..... 81,71

Caratteristiche permeametro
 a sezione buretta cm² =..... 0,283

Caratteristiche campione naturale
 umidità w % =..... 20,6
 Gs (gr/cm³) = 2,650
 Ind.vuoti = 0,612
 P.Vol. γ (gr/cm³) = 1,983

$$K = 2,3 \frac{(a \cdot L)}{(A \cdot dt)} \log \left(\frac{H_0}{H_1} \right) \cdot h \cdot 10^{-2}$$

H0 lettura iniziale del carico idraulico (cm.)

t tempo (min)

H1 altezza iesima del carico idraulico (cm.)

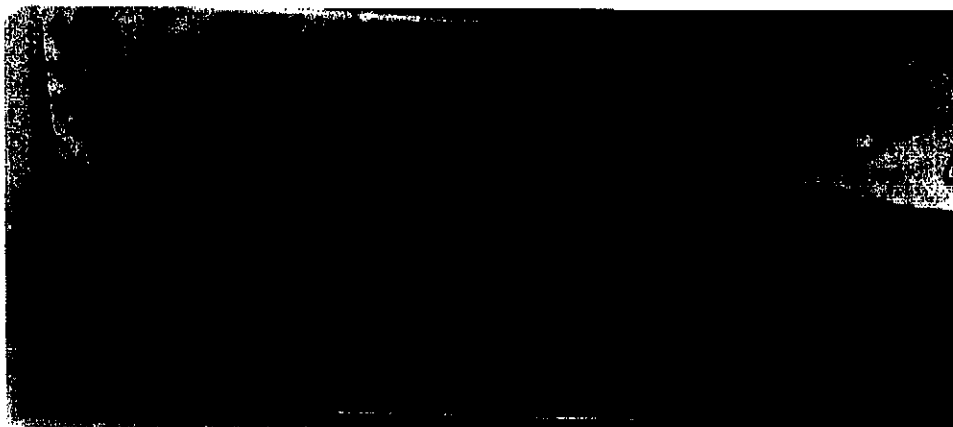
dt tempo corrispondente alla lettura iesima (sec)

t	dt	H0	H1	K
min	sec	cm	cm	m/sec
0	0	100		
120	7200	100	93	3,5E-09
240	14400	100	91	2,3E-09
1440	86400	100	85	6,6E-10

VALORE MEDIO della PERMEABILITA'

$$K = 2,2E-09 \text{ m/sec}$$

CARATTERISTICHE FISICHE
 Committente : Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere : Cimitero di Iolo - Prato
 Sond. : 1 Camp. : 2 da.....m.: 3,5-4,0
 Cert. n° : CF 3 1-2 Pagina : 1
 Tipo di campione : Indisturbato Lunghezza (cm.) = 55
 Descrizione campione : Sabbia con limo leggermente argillosa marrone verdastra poco addensata

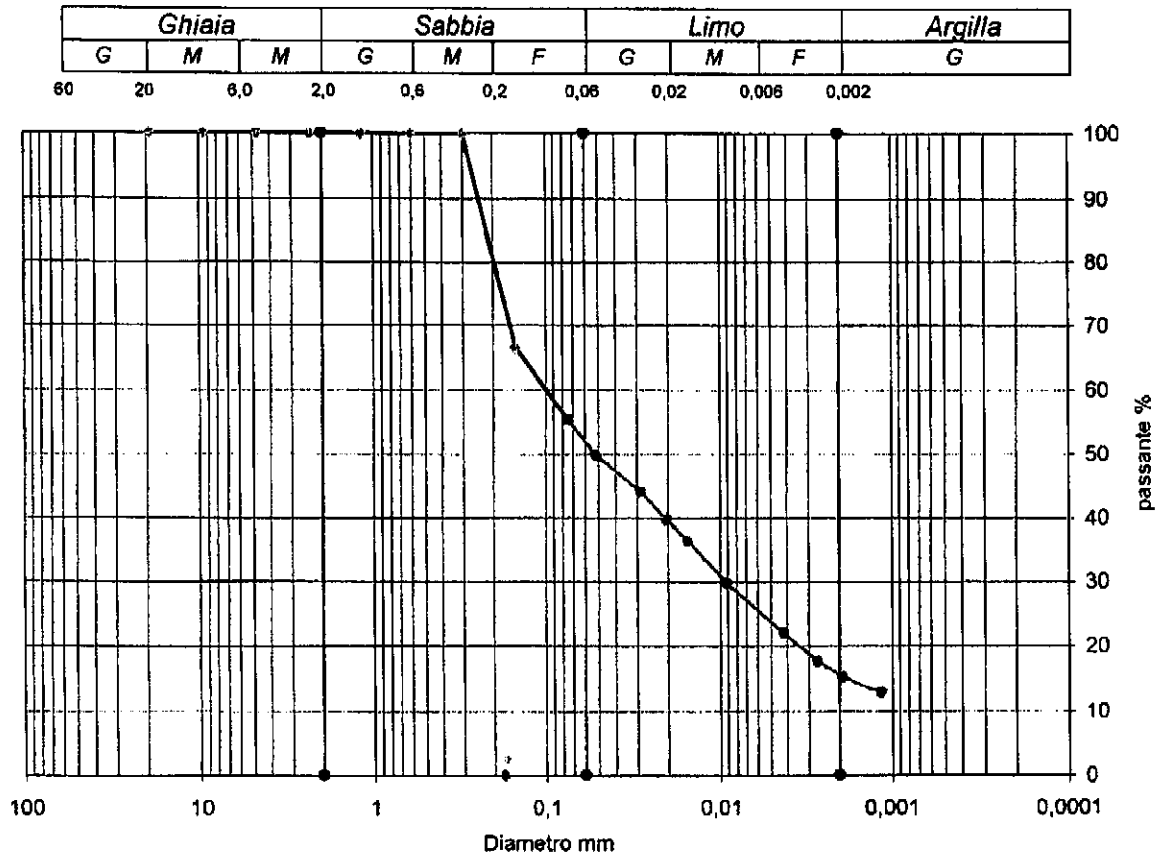


Pocket penetrometer (Kg/cm²) = 0,60
 Scissometro (Kg/cm²) = 0,35

<i>Caratteristiche fisiche del campione</i>					
Peso di volume g (gr/cm ³) =	1,908				
Umidità naturale w (%) =	21,6				
Peso Specifico Gs (gr/cm ³) =	2,650				
Densità secca Gd (gr/cm ³) =	1,57				
Indice dei vuoti e =	0,691				
Saturazione (%) =	83				
Porosità n (%) =	41				
<i>Limiti di Atterberg</i>					
Class. Casagrande =					
Limite Liquido WL % =					NL
Limite Plastico WP % =					NP
Indice di Plasticità IP =					
Indice di Consistenza Ic =					
Limite Ritiro WR % =					
<i>Analisi Granulometrica</i>					
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla		
0,0	48,3	36,2	15,5		
<i>Taglio Diretto</i>	<i>ELL</i>	<i>Taglio Diretto</i>	<i>Permeabilità</i>		
φ' (°)	c' (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	φ' (°)	cu (kg/cm ²)	k (m/sec)
33	0,005				1,6E-08
<i>Prova di compressione edometrica</i>					
Indice di compressibilità Co =		0,222			
INTERVALLO		cv	k	E	α
		cm ² /sec	cm/sec	kg/cm ²	
0.25-0.5	kg/cm ²	7,1E-04	2,7E-08	26	
0.5-1.0	kg/cm ²	5,1E-04	1,5E-08	33	
1.0-2.0	kg/cm ²	9,2E-04	1,9E-08	48	
2.0-4.0	kg/cm ²	6,1E-04	7,4E-09	82	
4.0-8.0	kg/cm ²	5,8E-04	4,2E-09	140	
8.0-16.0	kg/cm ²	9,2E-04	4,5E-09	203	
16.0-32.0	kg/cm ²				

ANALISI GRANULOMETRICA

Committente..... Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
 Sond..... 1 Camp.... 2 da..... 3,5-4,0
 Cert. n° : GRA 3 1-2 Pagina : 2

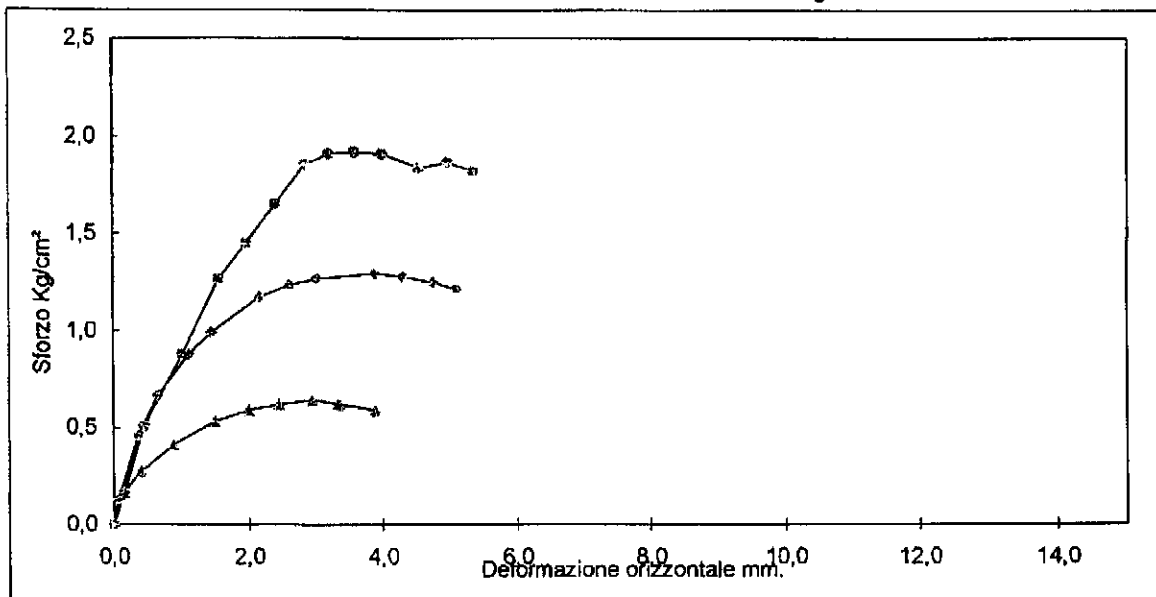


Coeff. d'uniformità Cu =				Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
Coeff. di curvatura Cc =				%	%	%	%
				0,0	48,3	36,2	15,5
Diametro	Passante %	Diametro	Passante %	Diametro	Passante %	D90 = 0,2555	
19	100,0	0,150	66,6	0,0042	21,9	D60 = 0,1061	
9,5	100,0	0,075	55,4	0,003	17,4	D50 = 0,053	
4,75	100,0	0,052	49,7	0,002	15,2	D30 = 0,009	
2,36	100,0	0,0289	44,1	0,001	13,0	D10 =	
1,18	100,0	0,0204	39,7				
0,600	99,9	0,0154	36,3				
0,300	99,9	0,0091	29,7				

SEDIMENTAZIONE	Taratura aerometro:	Temperatura (°C)	18,5
Correz.menisco	0,5	Correz. T*+disperdente	-3
Viscosità acqua	2E-05	passante ASTM n	200
		Gs (gr/cm³)	2,650
		Peso iniziale (gr)	40

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
Consolidato drenato CD

Committente..... Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
 Sond.... 1 Camp... 2 da..... 3,5-4,0
 Cert. n° : TAG 3 1-2 Pagina: 4



Velocità mm/min.	0,010	PROVINO n. 1		PROVINO n. 2		PROVINO n. 3	
		Iniziale	Finale	Iniziale	Finale	Iniziale	Finale
Altezza (mm)		20	18,86	20	18,05	20	17,25
Diametro (mm)		63		63		63	
Volume (cm³)		63,34		63,34		63,34	
γ umido (g/cm³)		1,907		1,891		1,906	
γ secco (g/cm³)		1,568		1,555		1,567	
Umidità (%)		21,6		21,6		21,6	

PARAMETRI A ROTTURA

Pressione verticale Kg/cm².....	1	2	3
Sforzo a rottura Kg/cm².....	0,639	1,293	1,917
Deform. verticale consolidazione mm.....	0,900	1,55	2,29
Deform. verticale mm....	1,140	1,95	2,75
Deformazione orizzontale mm....	2,950	3,890	3,600

Coesione intercetta c' Kg/cm² =.....		0,00
Angolo di resistenza al taglio φ° =.....		33
Coesione residua cr Kg/cm² =.....		
Angolo di resistenza al taglio residuo φ° =.....		

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
 Sond.... 1 Camp... 2 da..... 3,5-4,0
 Cert. n° : EDO 01 1-2 Pagina : 6

Umidità iniziale %	21,6
γ gr/cm ³	1,906
Peso specifico gr/cm ³	2,650
Indice dei vuoti e	0,691

Caratteristiche provino edometrico

Altezza finale mm	1,723
Peso di volume iniziale gr/cm ³ .	1,925
Peso di volume finale gr/cm ³ ...	1,975
Umidità finale %	24,0
Peso di Volume secco gr/cm ³ ...	1,583
Intervalli di carico h =	24

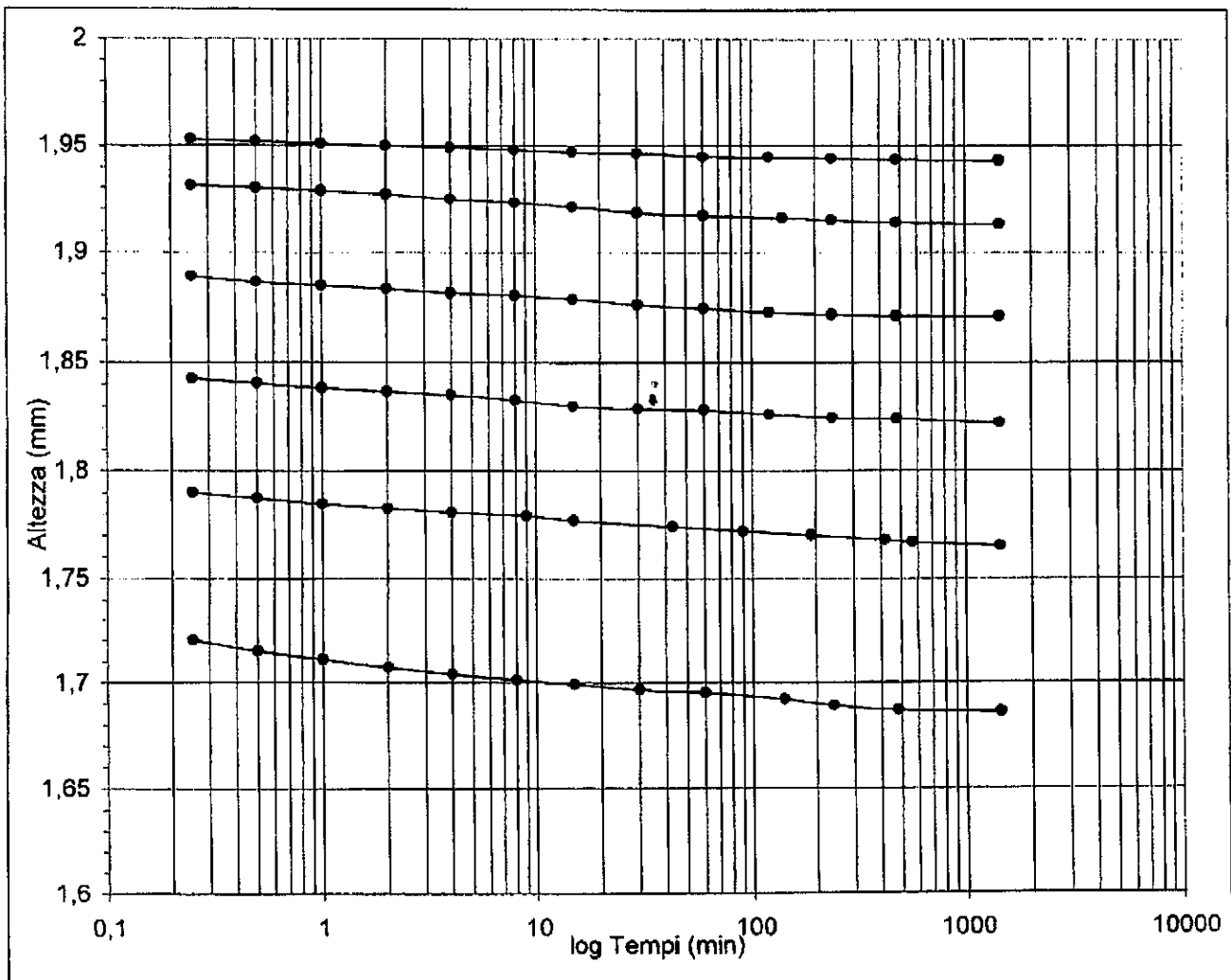
Press.	e	H	A	Def.	Av	E
Kg/cm ²		mm.	mm.	%	Kg/cm ²	Kg/cm ²
0,125	0,670	0,25	19,75	1,25	0,000	
0,25	0,659	0,38	19,62	1,90	0,088	19
0,5	0,643	0,57	19,43	2,85	0,064	26
1	0,617	0,87	19,13	4,35	0,051	33
2	0,582	1,29	18,71	6,45	0,036	48
4	0,540	1,78	18,22	8,90	0,021	82
8	0,492	2,35	17,65	11,75	0,012	140
16	0,425	3,14	16,86	15,70	0,008	203
8	0,433	3,05	16,95*	15,25	0,001	
4	0,441	2,96	17,04	14,80	0,002	
2	0,448	2,87	17,13	14,35	0,004	
1	0,457	2,77	17,23	13,85	0,008	

Indice di compressibilità Cc =	0,222
Indice di rigonfiamento Cs =	
Pressione di rigonfiamento kg/cm ² =	

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Committente..... Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
 Sond.... 1 Camp... 2 da..... 3,5-4,0
 Cert. n° : EDO 01 1-2 Pagina : 8

INTERVALLO	cv	k	mv	Ca
	cm ² /sec	cm/sec	cm ² /Kg	
0.25-0.5	7,1E-04	2,7E-08	0,0380	
0.5-1.0	5,1E-04	1,5E-08	0,0300	
1.0-2.0	9,2E-04	1,9E-08	0,0210	
2.0-4.0	6,1E-04	7,4E-09	0,0123	
4.0-8.0	5,8E-04	4,2E-09	0,0071	
8.0-16.0	9,2E-04	4,5E-09	0,0049	
16,0-32,0				



PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE

Committente..... Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
 Sond... 1 Camp... 2 da.....m..... 3,5-4,0
 Cert. n° : *CFPRV* 3 1-2 Pagina : 10
 Campione..... Disturbato
 Preparazione campione..... umidità naturale

Fustella di prova
 L altezza cm. =..... 10,5
 A sezione cm² =..... 81,71

Caratteristiche permeametro
 a sezione buretta cm² =..... 0,283

Caratteristiche campione naturale
 umidità w % =..... 21,6
 Gs (gr/cm³) = 2,650
 Ind.vuoti = 0,691
 P.Vol. γ (gr/cm³) = 1,906

$$K = 2,3 \cdot (a \cdot L) / (A \cdot dt) \cdot \log(H_0 / H_1) \cdot h \cdot 10^{-2}$$

H0 lettura iniziale del carico idraulico (cm.)

t tempo (min)

H1 altezza iesima del carico idraulico (cm.)

dt tempo corrispondente alla lettura iesima (sec)

t	dt	H0	H1	K
min	sec	cm	cm	m/sec
0	0	100		
60	3600	100	81	2,0E-08
120	7200	100	66	2,0E-08
480	28800	100	59	6,4E-09

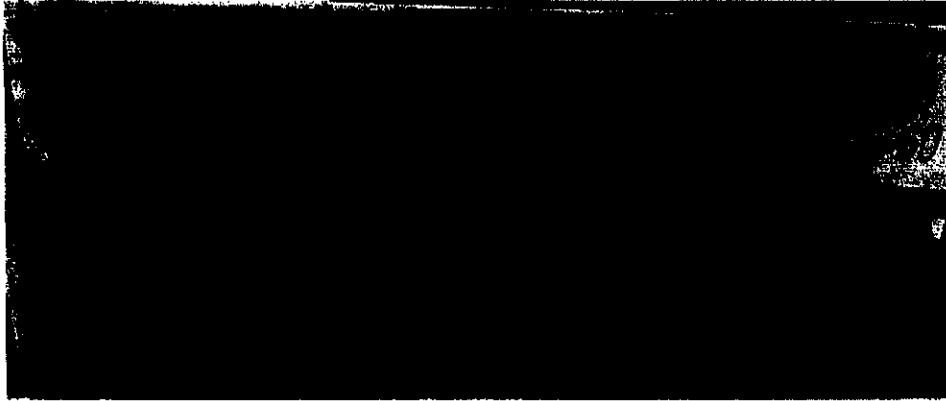
VALORE MEDIO della PERMEABILITA'

$$K = 1,6E-08 \text{ m/sec}$$

CARATTERISTICHE FISICHE

Committente : Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere : Cimitero di Iolo - Prato
 Sond. : 2 Camp. : 1 da.....m.: 1,0-1,5
 Cert. n° : CF 3 2-1 Pagina : 1
 Tipo di campione : Indisturbato Lunghezza (cm.) = 50
 Descrizione campione :

Limo argillo sabbioso molto compatto. Non è stato possibile eseguire la prova ELL perché il campione era molto frantumato.

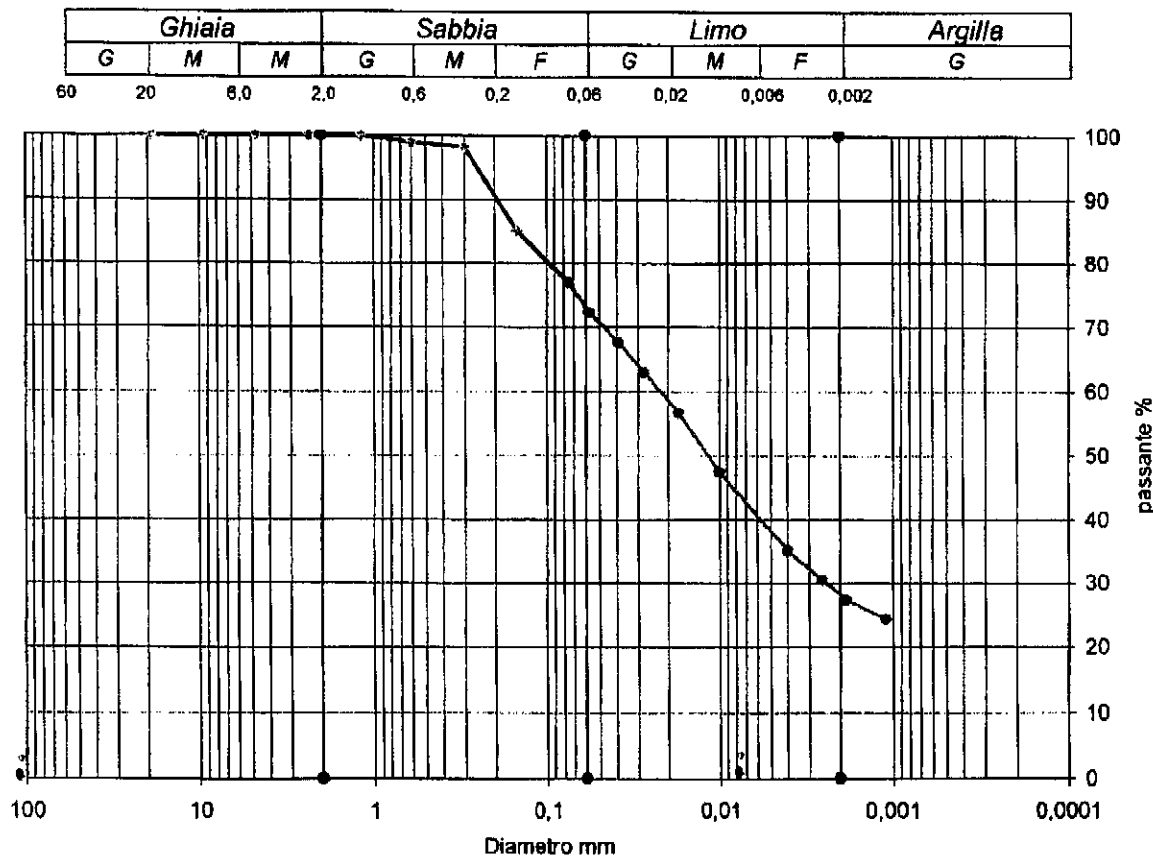


Pocket penetrometer (Kg/cm²) = 5,50
 Scissometro (Kg/cm²) = 2,48

<i>Caratteristiche fisiche del campione</i>					
Peso di volume ρ (gr/cm³) =		2,035			
Umidità naturale w (%) =		15,7			
Peso Specifico G_s (gr/cm³) =		2,650			
Densità secca G_d (gr/cm³) =		1,76			
Indice dei vuoti e =		0,506			
Saturazione (%) =		82			
Porosità n (%) =		34			
<i>Limiti di Atterberg</i>					
Class. Casagrande =		CL			
Limite Liquido WL % =		39,2			
Limite Plastico WP % =		22,5			
Indice di Plasticità IP =		16,7			
Indice di Consistenza I_c =		1,4			
Limite Ritiro WR % =					
<i>Analisi Granulometrica</i>					
% ghiaia		% sabbia		% limo % argilla	
0,0		27,0		44,9 28,1	
<i>Taglio Diretto</i>		<i>ELL</i>		<i>Taglio Diretto</i>	
ϕ' (°)	c' (kg/cm²)	c_u (kg/cm²)	ϕ (°)	c_u (kg/cm²)	<i>Pemeabilità</i>
30	0,393				k (m/sec)
					1,3E-09
<i>Prova di compressione edometrica</i>					
Indice di compressibilità C_c =					
INTERVALLO		c_v	k	E	α
		cm²/sec	cm/sec	kg/cm²	
0.25-0.5	kg/cm²				
0.5-1.0	kg/cm²				
1.0-2.0	kg/cm²				
2.0-4.0	kg/cm²				
4.0-8.0	kg/cm²				
8.0-16.0	kg/cm²				
16.0-32.0	kg/cm²				

ANALISI GRANULOMETRICA

Committente..... Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
 Sond..... 2 Camp..... 1 da..... 1,0-1,5
 Cert. n° : GRA 3 2-1 Pagina : 2



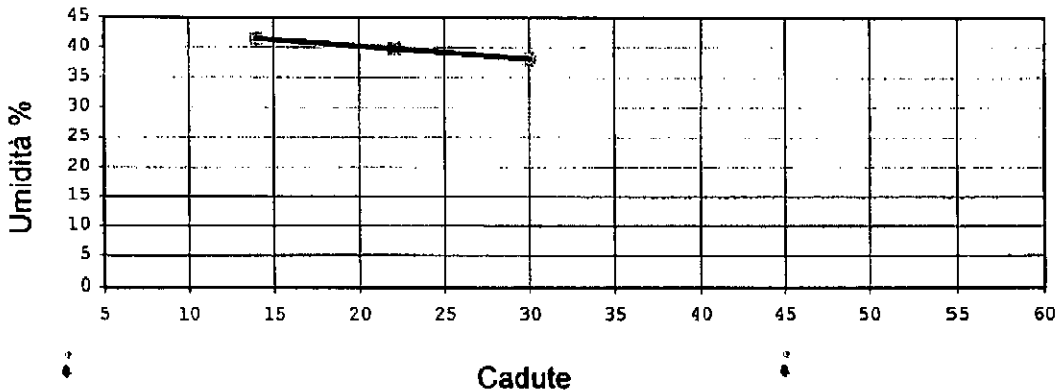
Coeff. d'uniformità Cu =				Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
Coeff. di curvatura Cc =				%	%	%	%
				0,0	27,0	44,9	28,1
Diametro	Passante %	Diametro	Passante %	Diametro	Passante %	D90 = 0,2059	
19	100,0	0,150	85,1	0,0040	35,0	D60 = 0,0230	
9,5	100,0	0,075	76,9	0,003	30,4	D50 = 0,012	
4,75	100,0	0,057	72,2	0,002	27,3	D30 = 0,002	
2,36	100,0	0,0391	67,5	0,001	24,2	D10 =	
1,18	100,0	0,0276	62,8				
0,600	99,0	0,0175	56,7				
0,300	98,3	0,0101	47,4				

SEDIMENTAZIONE	Taratura aerometro:		Temperatura (°C)	18,5
Correz.menisco	0,5	Correz. T*+dispendente	-3	Gs (gr/cm³)
Viscosità acqua	2E-05	passante ASTM n	200	Peso iniziale (gr)
				2,650
				40

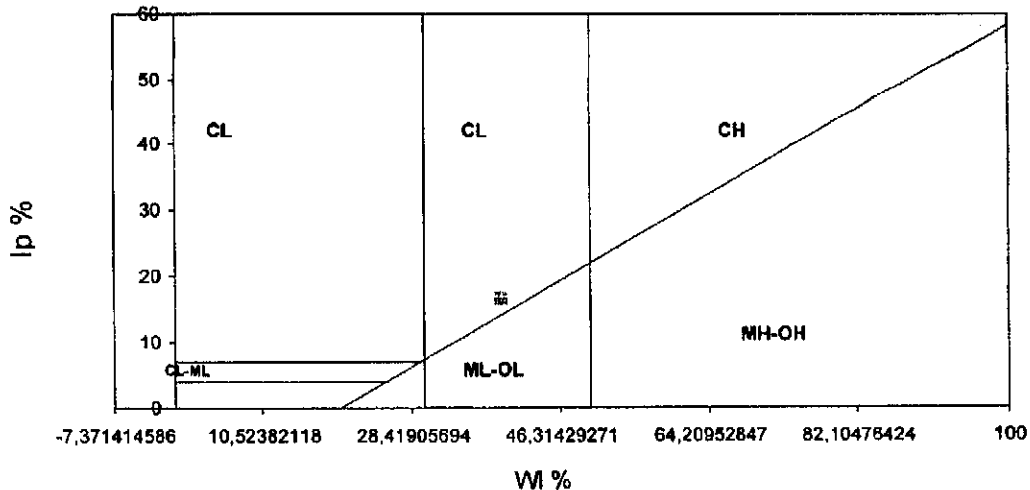
LIMITI DI ATTERBERG

Committente... Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
 Sond.... 2 Camp.... 1 da..... 1,0-1,5
 Cert. n° : LIM 3 2-1 Pagina : 3

LIMITE DI PLASTICITA'					
Prova...	1	2	3	4	
Tara....	9,45	12,19			
R+TU....	14,02	16,18			
R+TS....	13,19	15,44			
w %	22,2	22,8			
LIMITE DI LIQUIDITA'					
Prova...	1	2	3		
Tara....	18,11	17,80	18,35	Class. Casagrande =	CL
R+TU....	32,54	29,44	31,55	WL....=	39,2
R+TS....	28,31	26,12	27,91	Wp....=	22,5
Cadute..	14	22	30	IP....=	16,7
w %	41,5	39,9	38,1	Ic....=	1,4

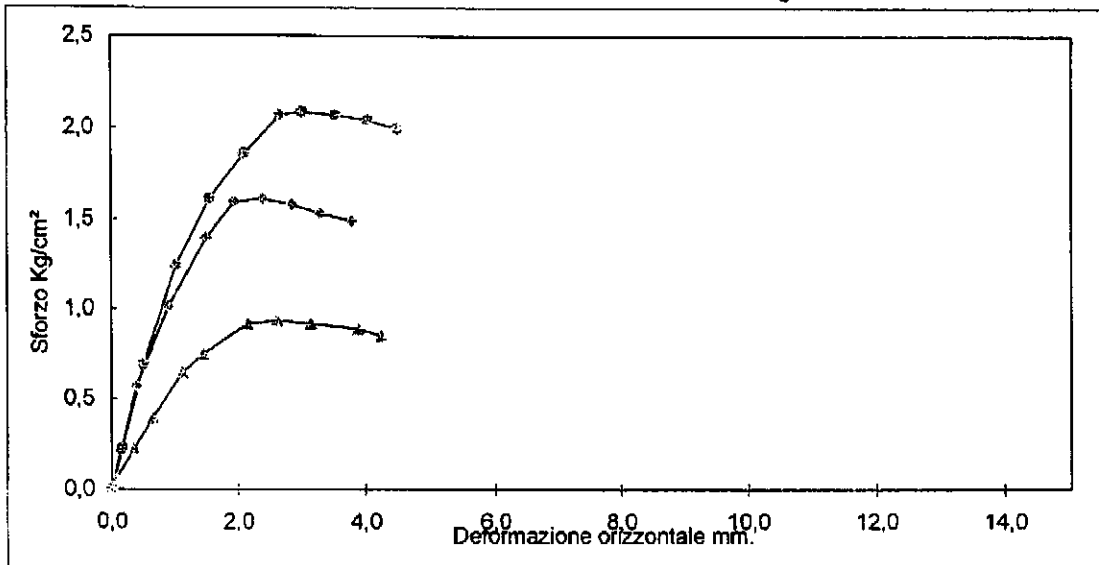


Carta di Plasticità di CASAGRANDE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO
Consolidato drenato CD

Committente..... Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
 Sond.... 2 Camp... 1 da..... 1,0-1,5
 Cert. n° : TAG 3 2-1 Pagina : 4



		PROVINO n. 1		PROVINO n. 2		PROVINO n. 3	
Velocità mm/min.	0,010	Iniziale	Finale	Iniziale	Finale	Iniziale	Finale
Altezza (mm)		20	19,41	20	19,29	20	19,03
Diametro (mm)		63		63		63	
Volume (cm³)		63,34	54,88	63,34	51,78	63,34	53,81
γ umido (g/cm³)		2,047	0,634	2,047	0,795	2,034	0,735
γ secco (g/cm³)		1,769	0,523	1,769	0,659	1,758	0,620
Umidità (%)		15,7	21,2	15,7	20,7	15,7	18,6

PARAMETRI A ROTTURA

Pressione verticale Kg/cm².....		1		2		3
Sforzo a rottura Kg/cm².....		0,935		1,609		2,084
Deform. verticale consolidazione mm.....		0,435		0,62		0,81
Deform. verticale mm....		0,590		0,715		0,970
Deformazione orizzontale mm....		2,620		2,400		3,020

Coesione intercetta c' Kg/cm² =		0,393
Angolo di resistenza al taglio ϕ° =		30
Coesione residua c_r Kg/cm² =		
Angolo di resistenza al taglio residuo ϕ_r° =		

PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE

Committente..... Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
 Sond... 2 Camp... 1 da.....m..... 1,0-1,5
 Cert. n° : CF PRV 3 2-1 Pagina : 6
 Campione..... Disturbato
 Preparazione campione..... umidità naturale

Fustella di prova
 L altezza cm. =..... 10,5
 A sezione cm² =..... 81,71

Caratteristiche permeametro
 a sezione buretta cm² =..... 0,283

Caratteristiche campione naturale
 umidità w % =..... 15,7
 Gs (gr/cm³) = 2,650
 Ind.vuoti = 0,506
 P.Vol. γ (gr/cm³) = 2,035

$$K = 2,3 \cdot (a \cdot L) / (A \cdot dt) \cdot \log(H_0/H_1) \cdot h \cdot 10^{-2}$$

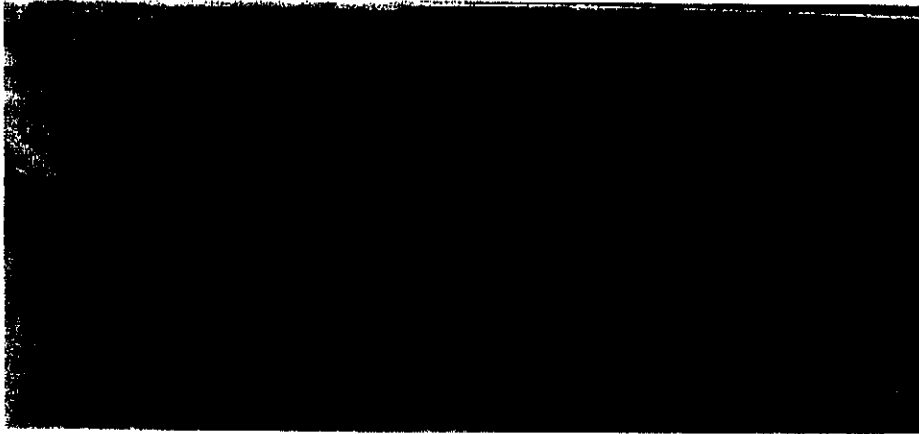
H0 lettura iniziale del carico idraulico (cm.)
 t tempo (min)
 H1 altezza iesima del carico idraulico (cm.)
 dt tempo corrispondente alla lettura iesima (sec)

t	dt	H0	H1	K
min	sec	cm	cm	m/sec
0	0	100		
120	7200	100	97	1,5E-09
240	14400	100	94	1,5E-09
1440	86400	100	81	8,5E-10

VALORE MEDIO della PERMEABILITA'
 K = 1,3E-09 m/sec

CARATTERISTICHE FISICHE

Committente : Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere : Cimitero di Iolo - Prato
 Sond. : 2 Camp. : 2 da.....m.: 4,0-4,5
 Cert. n° : CF 3 2-2 Pagina : 1
 Tipo di campione : Indisturbato Lunghezza (cm.) = 50
 Descrizione campione :
 Limo argilloso grigio scuro con torba di media consistenza



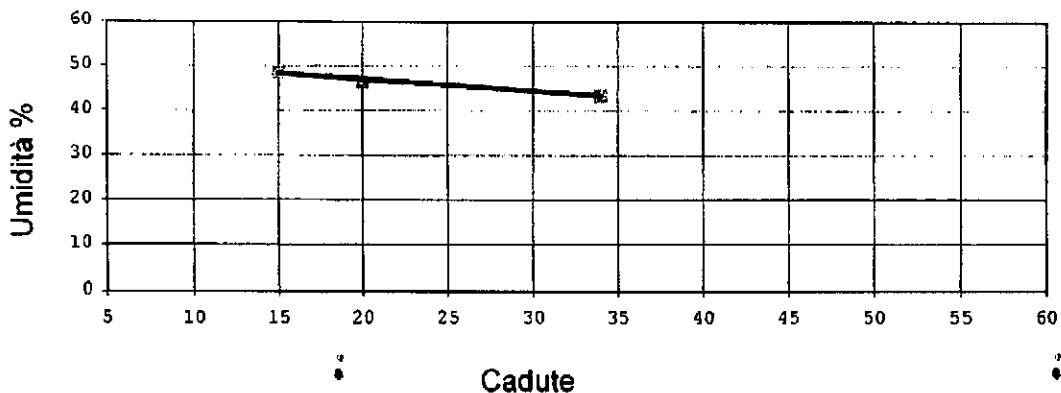
Pocket penetrometer (Kg/cm²) = 1,10
 Scissometro (Kg/cm²) = 0,50

<i>Caratteristiche fisiche del campione</i>					
Peso di volume g (gr/cm ³) =	1,997				
Umidità naturale w (%) =	29,1				
Peso Specifico Gs (gr/cm ³) =	2,650				
Densità secca Gd (gr/cm ³) =	1,55				
Indice dei vuoti e =	0,713				
Saturazione (%) =	108				
Porosità n (%) =	42				
<i>Limiti di Atterberg</i>					
Class. Casagrande =	CL				
Limite Liquido WL % =	45,7				
Limite Plastico WP % =	26,7				
Indice di Plasticità IP =	19				
Indice di Consistenza Ic =	0,9				
Limite Ritiro WR % =					
<i>Analisi Granulometrica</i>					
% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla		
0,3	20,9	54,7	24,1		
<i>Taglio Diretto</i>	<i>ELL</i>	<i>Taglio Diretto</i>	<i>Permeabilità</i>		
φ' (°)	c' (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	φ' (°)	cu (kg/cm ²)	k (m/sec)
24	0,058				
<i>Prova di compressione edometrica</i>					
Indice di compressibilità Cc =					
INTERVALLO	cv	k	E	α	
	cm ² /sec	cm/sec	kg/cm ²		
0,25-0,5	kg/cm ²				
0,5-1,0	kg/cm ²				
1,0-2,0	kg/cm ²				
2,0-4,0	kg/cm ²				
4,0-8,0	kg/cm ²				
8,0-16,0	kg/cm ²				
16,0-32,0	kg/cm ²				

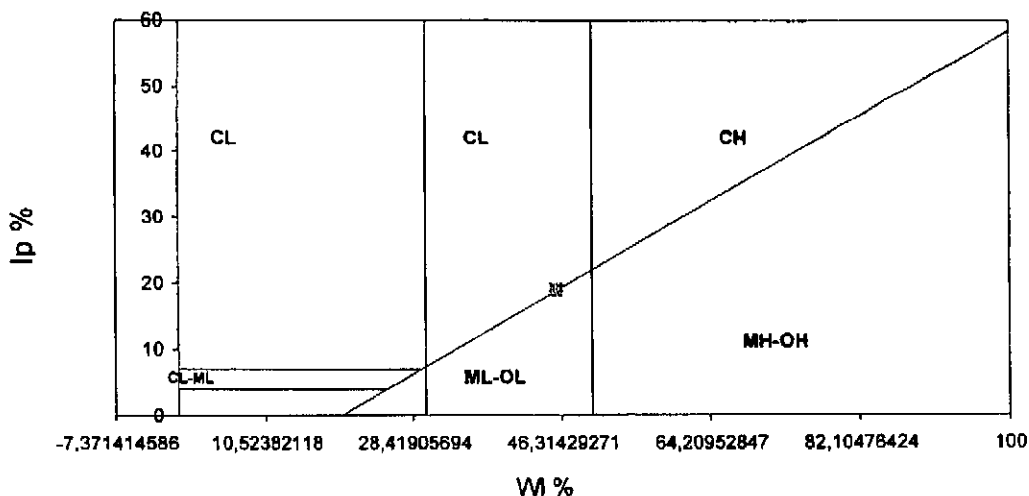
LIMITI DI ATTERBERG

Committente... Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
 Sond.... 2 Camp.... 2 da..... 4,0-4,5
 Cert. n° : LIM 3 2-2 Pagina : 2

LIMITE DI PLASTICITA'					
Prova...	1	2	3	4	
Tara....	9,40	9,18			
R+TU....	14,40	14,25			
R+TS....	13,35	13,18			
w %	26,6	26,8			
LIMITE DI LIQUIDITA'					
Prova...	1	2	3		
Tara....	17,84	18,32	18,21	Class. Casagrande =	CL
R+TU....	30,81	29,95	29,07	WL....=	45,7
R+TS....	26,56	26,26	25,78	Wp....=	26,7
Cadute..	15	20	34	IP....=	19,0
w %	48,7	46,5	43,5	Ic....=	0,9

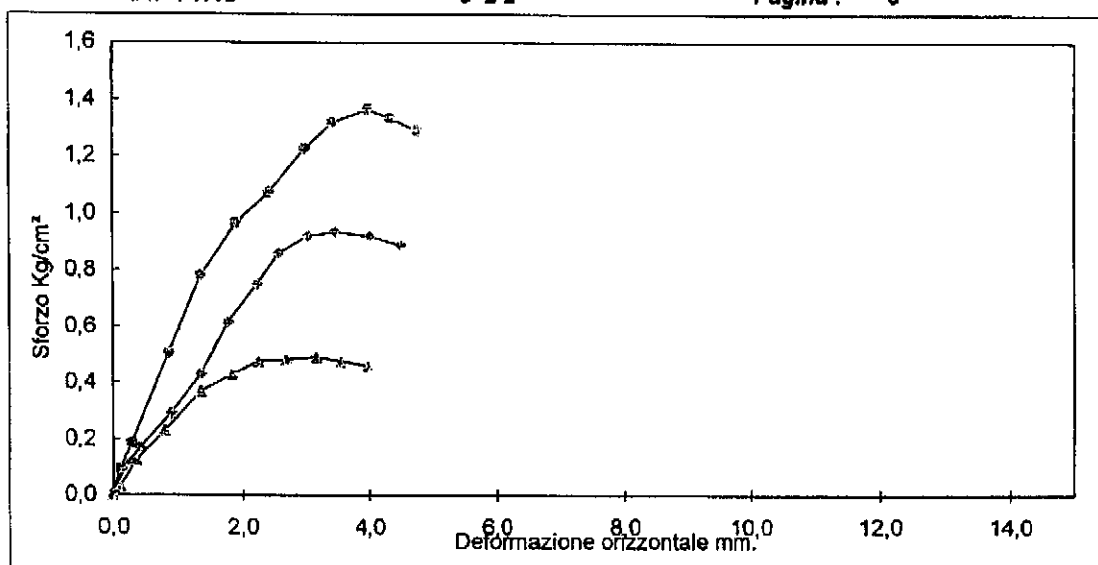


Carta di Plasticità di CASAGRANDE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO
Consolidato drenato CD

Committente..... Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
 Sond.... 2 Camp... 2 da..... 4,0-4,5
 Cert. n° : TAG 3 2-2 Pagina : 3



	PROVINO n. 1		PROVINO n. 2		PROVINO n. 3	
Velocità mm/min.	0,010		Iniziale	Finale	Iniziale	Finale
Altezza (mm)	20	19,03	20	18,32	20	17,99
Diametro (mm)	63		63		63	
Volume (cm³)	63,34	53,81	63,34	46,12	63,34	50,87
γ umido (g/cm³)	* 2,004	0,555	2,004	0,680	2,000	0,588
γ secco (g/cm³)	1,552	0,426	1,552	0,534	1,549	0,457
Umidità (%)	29,1	30,3	29,1	27,4	29,1	28,6

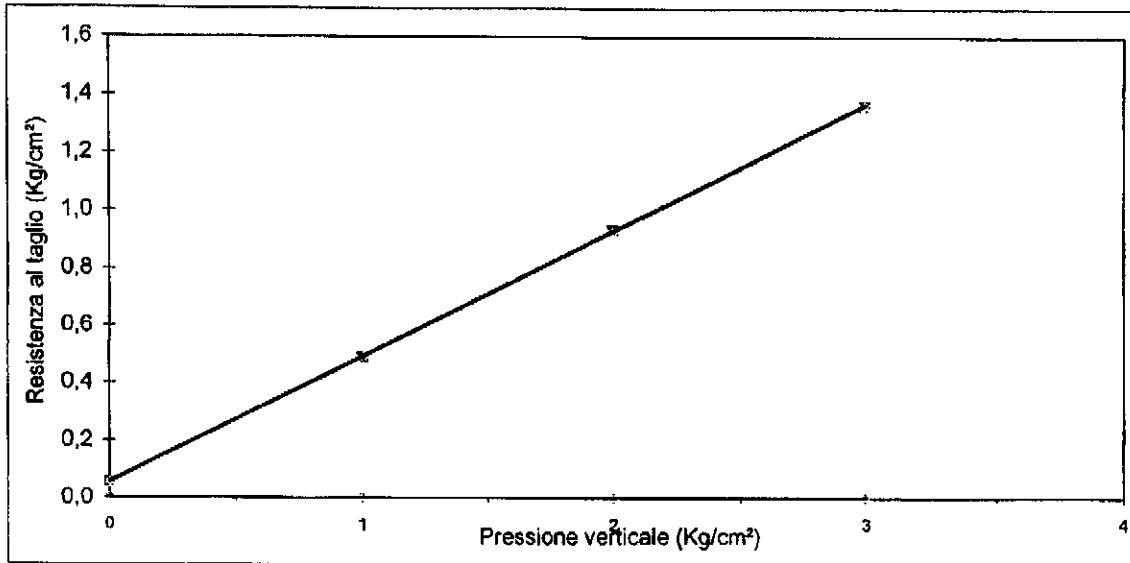
PARAMETRI A ROTTURA

Pressione verticale Kg/cm².....	1	2	3
Sforzo a rottura Kg/cm².....	0,490	0,935	1,364
Deform. verticale consolidazione mm.....	0,610	1,25	1,55
Deform. verticale mm....	0,970	1,680	2,010
Deformazione orizzontale mm....	3,150	3,450	3,980

Coesione intercetta c' Kg/cm² =	0,056
Angolo di resistenza al taglio ϕ° =	24
Coesione residua c_r Kg/cm² =	
Angolo di resistenza al taglio residuo ϕ° =	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
Consolidato drenato CD

Committente..... Dott. Geologo Franco Ceccarini
 Cantiere..... Cimitero di Iolo - Prato
 Sond.... 2 Camp... 2 da..... 4,0-4,5
 Cert.n° : TAG 3 2-2 Pagina : 4



Provino 1	Def. orizz.	Sforzo	Provino 2	Def. orizz.	Sforzo	Provino 3	Def. orizz.	Sforzo
	mm.	Kg/cm²		mm.	Kg/cm²		mm.	Kg/cm²
	0	0		0	0		0	0
	0,100	0,031		0,190	0,107		0,100	0,092
	0,350	0,123		0,410	0,169		0,280	0,184
	0,800	0,230		0,890	0,291		0,850	0,506
	1,350	0,368		1,350	0,429		1,350	0,781
	1,840	0,429		1,770	0,613		1,900	0,965
	2,240	0,475		2,220	0,751		2,410	1,073
	2,680	0,483		2,560	0,858		2,970	1,226
	3,150	0,490		3,020	0,919		3,420	1,318
	3,560	0,475		3,450	0,935		3,980	1,364
	3,980	0,460		4,020	0,919		4,350	1,333
				4,500	0,889		4,760	1,287

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2012CG05-081

- committente : COMUNE DI PRATO
- lavoro : AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
- località : IOLO - PRATO
- note :

- data : 20/12/2005
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -10,50 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	---	---	---	6,00	14,0	22,0	14,0	0,80	17,0
0,40	---	---	---	0,87	---	6,20	16,0	28,0	16,0	0,73	22,0
0,60	19,0	32,0	19,0	0,80	24,0	6,40	17,0	28,0	17,0	0,67	25,0
0,80	18,0	30,0	18,0	1,27	14,0	6,60	14,0	24,0	14,0	0,33	42,0
1,00	16,0	35,0	16,0	1,53	10,0	6,80	16,0	21,0	16,0	0,67	24,0
1,20	16,0	39,0	16,0	1,13	14,0	7,00	12,0	22,0	12,0	0,67	18,0
1,40	16,0	33,0	16,0	1,27	13,0	7,20	12,0	22,0	12,0	0,67	14,0
1,60	16,0	35,0	16,0	1,33	12,0	7,40	39,0	52,0	39,0	0,33	117,0
1,80	21,0	41,0	21,0	1,47	14,0	7,60	40,0	45,0	40,0	1,40	29,0
2,00	19,0	41,0	19,0	1,33	14,0	7,80	18,0	39,0	18,0	0,53	34,0
2,20	19,0	39,0	19,0	1,60	12,0	8,00	39,0	47,0	39,0	3,20	12,0
2,40	15,0	39,0	15,0	1,00	15,0	8,20	225,0	273,0	225,0	2,27	99,0
2,60	16,0	31,0	16,0	0,67	24,0	8,40	154,0	188,0	154,0	4,93	31,0
2,80	18,0	28,0	18,0	0,73	25,0	8,60	219,0	293,0	219,0	4,47	49,0
3,00	14,0	25,0	14,0	0,60	23,0	8,80	115,0	182,0	115,0	6,27	18,0
3,20	14,0	23,0	14,0	0,87	16,0	9,00	171,0	265,0	171,0	2,27	75,0
3,40	12,0	25,0	12,0	0,60	20,0	9,20	145,0	179,0	145,0	2,07	70,0
3,60	18,0	27,0	18,0	0,60	30,0	9,40	249,0	280,0	249,0	6,67	37,0
3,80	18,0	27,0	18,0	0,80	22,0	9,60	280,0	380,0	280,0	6,67	42,0
4,00	9,0	21,0	9,0	0,40	22,0	9,80	334,0	434,0	334,0	16,47	20,0
4,20	6,0	12,0	6,0	0,33	18,0	10,00	233,0	480,0	233,0	2,67	87,0
4,40	8,0	13,0	8,0	0,47	17,0	10,20	170,0	210,0	170,0	2,00	85,0
4,60	8,0	15,0	8,0	0,33	24,0	10,40	212,0	242,0	212,0	4,80	44,0
4,80	6,0	11,0	6,0	0,33	18,0	10,60	166,0	238,0	166,0	2,47	67,0
5,00	8,0	13,0	8,0	0,40	20,0	10,80	227,0	264,0	227,0	4,13	55,0
5,20	7,0	13,0	7,0	0,40	17,0	11,00	268,0	330,0	268,0	14,13	19,0
5,40	6,0	12,0	6,0	0,40	15,0	11,20	284,0	496,0	284,0	8,00	36,0
5,60	6,0	12,0	6,0	0,27	22,0	11,40	380,0	500,0	380,0	3,33	114,0
5,80	14,0	18,0	14,0	0,53	26,0	11,60	330,0	380,0	330,0	---	---

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

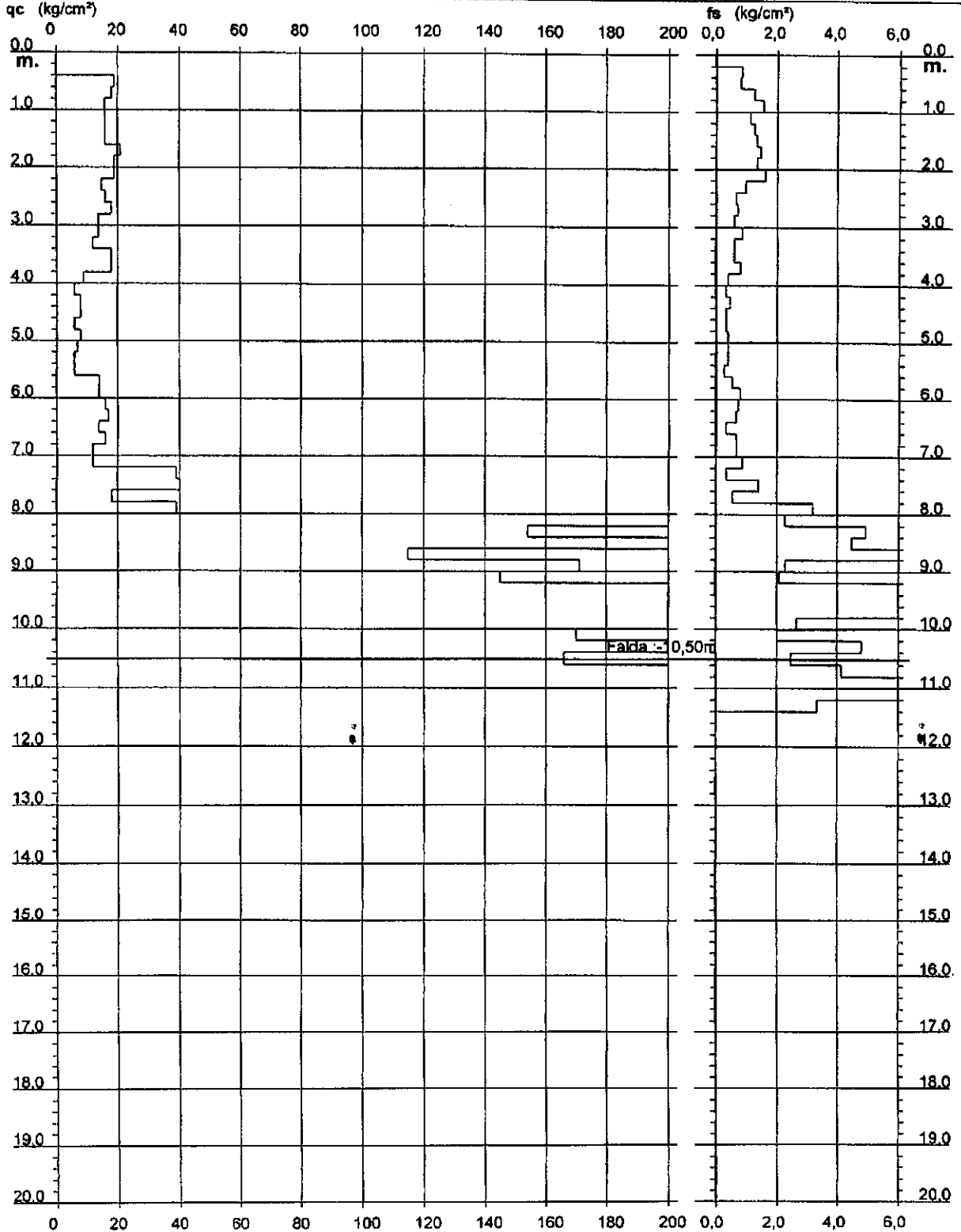
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2012PG05081

- committente : COMUNE DI PRATO
- lavoro : AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
- località : IOLO - PRATO

- data : 20/12/2005
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -10,50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



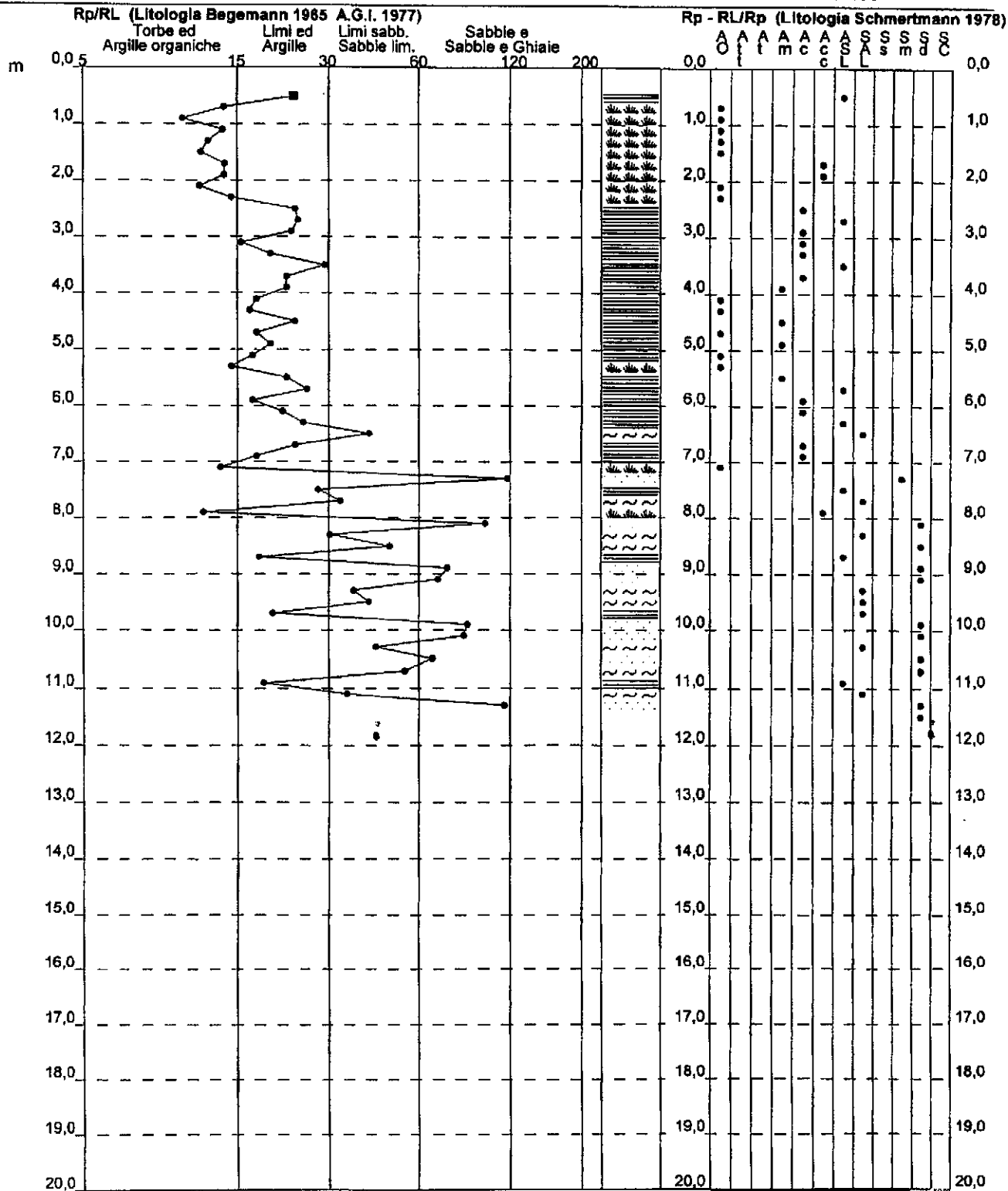
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 1

W201PG05081

- committente : COMUNE DI PRATO
 - lavoro : AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
 - localit  : IOLO - PRATO
 - note :

- data : 20/12/2005
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -10,50 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT 1

0201RG05-081

- committente : COMUNE DI PRATO
- lavoro : AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
- località : IOLO - PRATO
- note :

- data : 20/12/2005
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -10,50 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm²	qc/s (-)	Natura Litol.	Y Vm²	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	e1s (°)	e2s (°)	e3s (°)	e4s (°)	adm (°)	amy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²	
0,20	-	-	???	1,85	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40	-	-	???	1,85	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,60	19	24	2III	1,85	0,11	0,78	71,3	132	198	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,80	18	14	2III	1,85	0,15	0,75	47,8	128	191	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	16	10	2III	1,85	0,19	0,70	32,9	118	177	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,20	16	14	2III	1,85	0,22	0,70	26,2	118	177	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,40	16	13	2III	1,85	0,26	0,70	21,6	118	177	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,60	16	12	2III	1,85	0,30	0,70	18,3	118	177	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,80	21	14	4I/1	1,85	0,33	0,82	19,5	148	210	63	45	34	37	39	42	34	27	0,092	35	53	63	
2,00	19	14	2III	1,85	0,37	0,78	15,8	132	198	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,20	19	12	2III	1,85	0,41	0,78	14,1	132	198	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,40	15	15	2III	1,85	0,44	0,67	10,4	113	170	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,60	16	24	2III	1,85	0,48	0,70	10,0	118	177	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,80	18	25	2III	1,85	0,52	0,75	10,0	128	191	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,00	14	23	2III	1,85	0,55	0,64	7,4	136	204	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,20	14	16	2III	1,85	0,58	0,64	6,9	150	224	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,40	12	20	2III	1,85	0,63	0,57	5,6	170	255	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,60	18	30	4I/1	1,85	0,67	0,75	7,3	165	247	56	23	31	34	37	40	30	27	0,044	30	45	54	
3,80	18	22	2III	1,85	0,70	0,75	6,8	178	267	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,00	9	22	2III	1,85	0,74	0,45	3,4	208	312	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,20	6	18	2III	1,85	0,78	0,30	1,9	189	254	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,40	8	17	2III	1,85	0,81	0,40	2,6	210	315	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,60	8	24	2III	1,85	0,85	0,40	2,4	213	320	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,80	6	18	2III	1,85	0,89	0,30	1,8	174	260	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,00	6	20	2III	1,85	0,93	0,40	2,2	219	329	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,20	7	17	2III	1,85	0,98	0,35	1,8	200	300	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,40	6	15	1***	1,85	1,00	0,30	1,4	38	57	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,60	6	22	2III	1,85	1,04	0,30	1,3	177	265	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,80	14	26	2III	1,85	1,07	0,64	3,3	300	450	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,00	14	17	2III	1,85	1,11	0,64	3,1	307	461	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,20	16	22	2III	1,85	1,15	0,70	3,4	322	483	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,40	17	25	2III	1,85	1,18	0,72	3,4	333	499	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,60	14	42	4I/1	1,85	1,22	0,64	2,8	325	487	48	-	28	31	35	38	25	26	-	23	35	42	-
6,80	18	24	2III	1,85	1,26	0,70	3,0	344	515	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,00	12	19	2III	1,85	1,30	0,57	2,3	312	467	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,20	12	14	2III	1,85	1,33	0,57	2,2	314	471	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,40	38	117	3****	1,85	1,37	-	-	-	-	-	32	32	35	38	41	30	30	0,062	65	98	117	-
7,60	40	29	4I/1	1,85	1,41	1,33	5,9	374	562	120	32	33	35	38	41	30	30	0,062	67	100	120	-
7,80	18	34	4I/1	1,85	1,44	0,75	2,9	383	575	58	4	29	32	35	38	25	27	0,010	30	45	54	-
8,00	39	12	4I/1	1,85	1,48	1,30	5,3	404	606	117	30	32	35	38	40	30	30	0,058	85	98	117	-
8,20	225	99	3****	1,85	1,52	-	-	-	-	-	90	41	42	44	45	39	39	0,222	375	563	675	-
8,40	154	31	3****	1,85	1,55	-	-	-	-	-	76	39	40	42	44	37	36	0,178	257	385	462	-
8,60	219	49	3****	1,85	1,59	-	-	-	-	-	88	40	42	43	45	39	38	0,215	365	548	657	-
8,80	115	18	4I/1	1,85	1,63	3,83	18,3	652	978	345	65	37	39	41	43	35	35	0,144	192	288	345	-
9,00	171	75	3****	1,85	1,68	-	-	-	-	-	78	39	41	42	44	37	37	0,184	285	428	513	-
9,20	145	70	3****	1,85	1,70	-	-	-	-	-	72	38	40	42	44	36	36	0,164	242	363	435	-
9,40	249	37	3****	1,85	1,74	-	-	-	-	-	90	41	42	44	45	39	39	0,223	415	623	747	-
9,60	280	42	3****	1,85	1,78	-	-	-	-	-	93	41	42	44	45	39	40	0,235	467	700	840	-
9,80	334	20	4I/1	1,85	1,81	9,99	53,0	1698	2547	1002	99	42	43	44	46	40	40	0,254	557	835	1002	-
10,00	233	87	3****	1,85	1,85	-	-	-	-	-	86	40	42	43	45	38	36	0,210	386	583	699	-
10,20	170	85	3****	1,85	1,89	-	-	-	-	-	75	38	40	42	44	36	37	0,173	283	425	510	-
10,40	212	44	3****	1,85	1,92	-	-	-	-	-	82	39	41	43	45	38	38	0,196	353	530	636	-
10,60	166	67	3****	1,10	1,95	-	-	-	-	-	73	38	40	42	44	36	37	0,169	277	415	498	-
10,80	227	55	3****	1,15	1,97	-	-	-	-	-	84	40	41	43	45	38	39	0,202	378	568	681	-
11,00	268	19	4I/1	1,13	1,99	8,93	41,0	1519	2278	804	89	40	42	43	45	38	40	0,220	447	670	804	-
11,20	284	36	3****	1,15	2,01	-	-	-	-	-	91	41	42	44	45	39	40	0,228	473	710	852	-
11,40	380	114	3****	1,15	2,04	-	-	-	-	-	100	42	43	45	46	40	40	0,258	633	950	1140	-
11,60	330	-	3****	1,15	2,06	-	-	-	-	-	95	41	43	44	46	39	40	0,242	550	825	990	-

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

ZDIFR05081

- committente : COMUNE DI PRATO
- lavoro : AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
- località : IOLO - PRATO
- note :

- data : 20/12/2005
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -10,35 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	--	---	---	6,00	9,0	19,0	9,0	0,67	13,0
0,40	---	---	--	1,00	---	6,20	8,0	18,0	8,0	0,27	30,0
0,60	37,0	52,0	37,0	1,47	25,0	6,40	11,0	15,0	11,0	0,33	33,0
0,80	25,0	47,0	25,0	1,47	17,0	6,60	8,0	13,0	8,0	0,33	24,0
1,00	23,0	45,0	23,0	1,00	23,0	6,80	13,0	18,0	13,0	0,40	32,0
1,20	49,0	64,0	49,0	1,80	27,0	7,00	24,0	30,0	24,0	0,60	40,0
1,40	43,0	70,0	43,0	1,80	24,0	7,20	18,0	27,0	18,0	0,87	27,0
1,60	28,0	55,0	28,0	2,20	13,0	7,40	14,0	24,0	14,0	0,53	26,0
1,80	27,0	60,0	27,0	1,53	18,0	7,60	36,0	44,0	36,0	1,47	25,0
2,00	19,0	42,0	19,0	1,40	14,0	7,80	43,0	65,0	43,0	1,87	23,0
2,20	24,0	45,0	24,0	1,53	16,0	8,00	226,0	254,0	226,0	5,73	39,0
2,40	20,0	43,0	20,0	1,13	18,0	8,20	287,0	373,0	287,0	3,33	86,0
2,60	17,0	34,0	17,0	1,00	17,0	8,40	280,0	330,0	280,0	0,67	420,0
2,80	23,0	38,0	23,0	1,00	23,0	8,60	270,0	280,0	270,0	3,40	79,0
3,00	16,0	31,0	16,0	1,07	15,0	8,80	179,0	230,0	179,0	1,53	117,0
3,20	13,0	29,0	13,0	0,60	22,0	9,00	235,0	258,0	235,0	3,07	77,0
3,40	14,0	23,0	14,0	0,33	42,0	9,20	128,0	174,0	128,0	3,33	38,0
3,60	18,0	23,0	18,0	0,33	54,0	9,40	166,0	216,0	166,0	2,47	67,0
3,80	13,0	18,0	13,0	0,40	32,0	9,60	276,0	313,0	276,0	1,33	207,0
4,00	5,0	11,0	5,0	0,33	15,0	9,80	130,0	150,0	130,0	4,07	32,0
4,20	6,0	11,0	6,0	0,33	18,0	10,00	141,0	202,0	141,0	1,73	81,0
4,40	7,0	12,0	7,0	0,33	21,0	10,20	264,0	290,0	264,0	10,40	25,0
4,60	7,0	12,0	7,0	0,27	26,0	10,40	279,0	435,0	279,0	5,53	50,0
4,80	5,0	9,0	5,0	0,33	15,0	10,60	216,0	299,0	216,0	6,67	32,0
5,00	6,0	11,0	6,0	0,33	18,0	10,80	300,0	400,0	300,0	3,60	83,0
5,20	6,0	11,0	6,0	0,40	15,0	11,00	186,0	240,0	186,0	6,80	27,0
5,40	5,0	11,0	5,0	0,40	12,0	11,20	384,0	486,0	384,0	1,80	213,0
5,60	10,0	16,0	10,0	0,40	25,0	11,40	371,0	398,0	371,0	---	---
5,80	9,0	15,0	9,0	0,67	13,0						

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

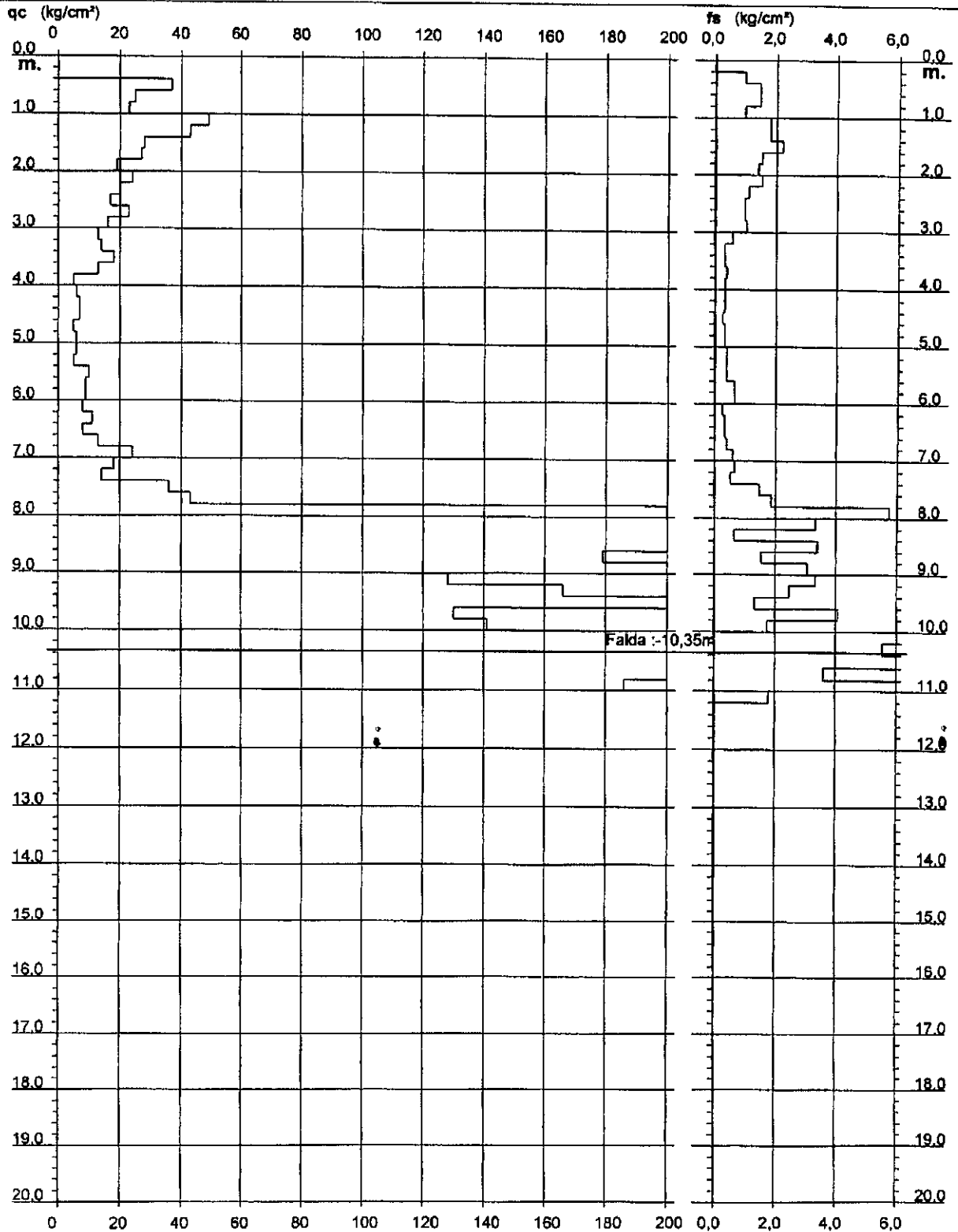
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2012PG05001

- committente : COMUNE DI PRATO
- lavoro : AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
- località : IOLO - PRATO

- data : 20/12/2005
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -10,35 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT 2

2011RG05081

- committente : COMUNE DI PRATO
- lavoro : AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
- località : IOLO - PRATO
- note :

- data : 20/12/2005
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -10,35 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	qc kg/cm²	qcfs (-)	Natura Litol.	Y Vm²	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	NATURA COESIVA				NATURA GRANULARE				Amaz/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²		
												#1s (°)	#2s (°)	#3s (°)	#4s (°)	edim (°)	emy (°)	#1s (°)	#2s (°)					#3s (°)	#4s (°)
0,20	-	-	???	1,85	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40	-	-	???	1,85	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,60	37	25	4F1	1,85	0,11	1,23	99,9	210	315	111	91	41	42	44	45	42	30	0,228	62	93	111	-	-	-	
0,80	25	17	4F1	1,85	0,15	0,91	60,7	155	232	75	71	38	40	42	44	39	28	0,182	42	63	75	-	-	-	
1,00	23	23	4F1	1,85	0,19	0,87	43,3	148	221	69	63	37	39	41	43	38	28	0,138	38	58	69	-	-	-	
1,20	49	27	4F1	1,85	0,22	1,63	78,1	278	417	147	84	40	41	43	45	41	31	0,204	62	123	147	-	-	-	
1,40	43	24	4F1	1,85	0,28	1,43	53,3	244	366	129	76	39	40	42	44	39	30	0,177	72	108	129	-	-	-	
1,60	28	13	4F1	1,85	0,30	0,97	27,5	164	248	84	58	36	38	40	43	37	28	0,125	47	70	84	-	-	-	
1,80	27	18	4F1	1,85	0,33	0,95	23,2	161	242	81	54	36	38	40	42	36	28	0,114	45	68	81	-	-	-	
2,00	19	14	2III	1,85	0,37	0,78	15,8	132	198	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,20	24	16	4F1	1,85	0,41	0,89	16,7	151	227	72	45	34	37	39	42	34	28	0,091	40	60	72	-	-	-	
2,40	20	18	4F1	1,85	0,44	0,80	13,1	136	204	60	36	33	36	38	41	33	27	0,072	33	50	60	-	-	-	
2,60	17	17	2III	1,85	0,48	0,72	10,5	123	184	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,80	23	23	4F1	1,85	0,52	0,87	12,0	148	221	69	38	33	36	38	41	32	28	0,074	38	58	69	-	-	-	
3,00	16	15	2III	1,85	0,55	0,70	8,3	132	198	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3,20	13	22	2III	1,85	0,59	0,60	6,4	153	230	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3,40	14	42	4F1	1,85	0,63	0,64	6,4	183	245	48	16	30	33	36	39	29	28	0,030	23	35	42	-	-	-	
3,60	18	54	4F1	1,85	0,67	0,75	7,3	165	247	56	23	31	34	37	40	30	27	0,044	30	45	54	-	-	-	
4,00	5	15	1---	1,85	0,74	0,25	1,8	183	289	47	10	29	33	36	39	28	26	0,021	22	33	39	-	-	-	
4,20	6	18	2III	1,85	0,78	0,30	1,8	166	254	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4,40	7	21	2III	1,85	0,81	0,35	2,2	192	289	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4,60	7	28	2III	1,85	0,85	0,35	2,1	195	292	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4,80	5	15	1---	1,85	0,89	0,25	1,3	32	48	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5,00	6	18	2III	1,85	0,93	0,30	1,5	175	282	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5,20	6	15	1---	1,85	0,96	0,30	1,5	38	57	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5,40	5	12	1---	1,85	1,00	0,25	1,1	32	49	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5,60	10	25	2III	1,85	1,04	0,50	2,5	284	396	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5,80	9	13	2III	1,85	1,07	0,45	2,1	249	374	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6,00	9	13	2III	1,85	1,11	0,45	2,0	251	377	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6,20	8	30	4F1	1,85	1,15	0,40	1,7	230	345	35	-	28	31	35	38	25	26	-	13	20	24	-	-	-	
6,40	11	33	4F1	1,85	1,18	0,54	2,3	290	435	42	-	28	31	35	38	25	26	-	18	28	33	-	-	-	
6,60	8	24	2III	1,85	1,22	0,40	1,5	232	349	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6,80	13	32	4F1	1,85	1,28	0,60	2,5	320	480	47	-	28	31	35	38	25	26	-	22	33	38	-	-	-	
7,00	24	40	3---	1,85	1,30	-	-	-	-	-	17	30	33	36	39	28	28	0,032	40	60	72	-	-	-	
7,20	18	27	2III	1,85	1,33	0,75	3,1	366	549	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7,40	14	26	2III	1,85	1,37	0,64	2,4	341	512	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7,60	36	25	4F1	1,85	1,41	1,20	5,2	386	576	108	29	32	35	37	40	29	30	0,055	60	90	108	-	-	-	
7,80	43	23	4F1	1,85	1,44	1,43	6,2	377	566	129	34	33	35	38	41	30	30	0,068	72	108	129	-	-	-	
8,00	226	39	3---	1,85	1,48	-	-	-	-	-	90	41	42	44	45	39	39	0,225	377	566	678	-	-	-	
8,20	287	86	3---	1,85	1,52	-	-	-	-	-	98	42	43	44	46	40	40	0,251	478	718	861	-	-	-	
8,40	280	420	3---	1,85	1,55	-	-	-	-	-	97	42	43	44	46	40	40	0,246	467	700	840	-	-	-	
8,60	270	79	3---	1,85	1,59	-	-	-	-	-	95	41	43	44	46	36	40	0,240	450	675	810	-	-	-	
8,80	179	117	3---	1,85	1,63	-	-	-	-	-	80	39	41	43	44	38	37	0,190	298	448	537	-	-	-	
9,00	235	77	3---	1,85	1,66	-	-	-	-	-	89	40	42	43	45	39	39	0,219	392	588	705	-	-	-	
9,20	128	38	3---	1,85	1,70	-	-	-	-	-	67	37	39	41	43	35	35	0,152	213	320	384	-	-	-	
9,40	166	67	3---	1,85	1,74	-	-	-	-	-	76	39	40	42	44	37	37	0,177	277	415	496	-	-	-	
9,60	276	207	3---	1,85	1,78	-	-	-	-	-	93	41	42	44	45	39	40	0,233	460	690	828	-	-	-	
9,80	130	32	3---	1,85	1,81	-	-	-	-	-	86	37	39	41	43	35	35	0,149	217	325	390	-	-	-	
10,00	141	81	3---	1,85	1,85	-	-	-	-	-	89	38	40	41	44	35	36	0,156	235	353	423	-	-	-	
10,20	264	25	4F1	1,85	1,89	8,80	43,0	1496	2244	792	90	41	42	44	45	39	40	0,223	440	660	792	-	-	-	
10,40	279	50	3---	1,15	1,91	-	-	-	-	-	91	41	42	44	45	39	40	0,228	465	698	837	-	-	-	
10,60	216	32	3---	1,15	1,93	-	-	-	-	-	82	40	41	43	45	38	38	0,198	360	540	648	-	-	-	
10,80	300	83	3---	1,15	1,96	-	-	-	-	-	93	41	42	44	45	39	40	0,235	500	750	900	-	-	-	
11,00	186	27	4F1	1,11	1,98	6,20	28,2	1054	1581	558	77	39	40	42	44	37	37	0,179	310	465	558	-	-	-	
11,20	384	213	3---	1,15	2,00	-	-	-	-	-	100	42	43	45	46	40	40	0,258	640	960	1152	-	-	-	
11,40	371	-	3---	1,15	2,02	-	-	-	-	-	100	42	43	45	46	40	40	0,258	618	928	1113	-	-	-	

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA****CPT 3**

PZ01PG05:081

- committente : COMUNE DI PRATO
 - lavoro : AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
 - località : IOLO - PRATO
 - note :

- data : 20/12/2005
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -11,30 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	--	---	---	6,60	13,0	23,0	13,0	0,93	14,0
0,40	---	---	--	0,33	---	6,80	69,0	83,0	69,0	1,67	41,0
0,60	15,0	20,0	15,0	0,73	20,0	7,00	78,0	103,0	78,0	2,73	29,0
0,80	14,0	25,0	14,0	0,93	15,0	7,20	96,0	137,0	96,0	3,27	29,0
1,00	13,0	27,0	13,0	1,13	11,0	7,40	247,0	296,0	247,0	0,80	309,0
1,20	14,0	31,0	14,0	1,07	13,0	7,60	151,0	163,0	151,0	0,87	226,0
1,40	15,0	31,0	15,0	1,40	11,0	7,80	180,0	190,0	180,0	3,13	57,0
1,60	12,0	33,0	12,0	1,00	12,0	8,00	174,0	221,0	174,0	2,40	72,0
1,80	13,0	28,0	13,0	0,47	28,0	8,20	234,0	270,0	234,0	3,87	61,0
2,00	15,0	22,0	15,0	0,87	17,0	8,40	182,0	240,0	182,0	0,60	303,0
2,20	10,0	23,0	10,0	0,47	21,0	8,60	200,0	209,0	200,0	1,00	200,0
2,40	11,0	18,0	11,0	0,73	15,0	8,80	223,0	238,0	223,0	1,80	124,0
2,60	5,0	16,0	5,0	0,33	15,0	9,00	135,0	162,0	135,0	3,67	37,0
2,80	5,0	10,0	5,0	0,13	37,0	9,20	150,0	205,0	150,0	1,07	141,0
3,00	5,0	7,0	5,0	0,07	75,0	9,40	185,0	201,0	185,0	1,87	99,0
3,20	5,0	6,0	5,0	0,13	37,0	9,60	187,0	215,0	187,0	1,67	112,0
3,40	5,0	7,0	5,0	0,07	75,0	9,80	113,0	138,0	113,0	3,27	35,0
3,60	6,0	7,0	6,0	0,20	30,0	10,00	46,0	95,0	46,0	1,67	28,0
3,80	5,0	8,0	5,0	0,20	25,0	10,20	83,0	108,0	83,0	1,33	62,0
4,00	4,0	7,0	4,0	0,27	15,0	10,40	230,0	250,0	230,0	4,00	58,0
4,20	4,0	8,0	4,0	0,13	30,0	10,60	189,0	249,0	189,0	0,67	283,0
4,40	6,0	8,0	6,0	0,27	22,0	10,80	50,0	60,0	50,0	0,40	125,0
4,60	5,0	9,0	5,0	0,33	15,0	11,00	8,0	14,0	8,0	0,53	15,0
4,80	6,0	11,0	6,0	0,27	22,0	11,20	166,0	174,0	166,0	3,47	48,0
5,00	9,0	13,0	9,0	0,47	19,0	11,40	168,0	220,0	168,0	3,53	48,0
5,20	8,0	15,0	8,0	0,47	17,0	11,60	207,0	260,0	207,0	4,27	49,0
5,40	9,0	16,0	9,0	0,47	19,0	11,80	232,0	296,0	232,0	2,07	112,0
5,60	10,0	17,0	10,0	0,53	19,0	12,00	192,0	223,0	192,0	3,60	53,0
5,80	12,0	20,0	12,0	0,53	22,0	12,20	180,0	234,0	180,0	3,00	60,0
6,00	17,0	25,0	17,0	0,87	20,0	12,40	178,0	223,0	178,0	3,33	53,0
6,20	12,0	25,0	12,0	0,40	30,0	12,60	180,0	230,0	180,0	---	---
6,40	16,0	22,0	16,0	0,67	24,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/201
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

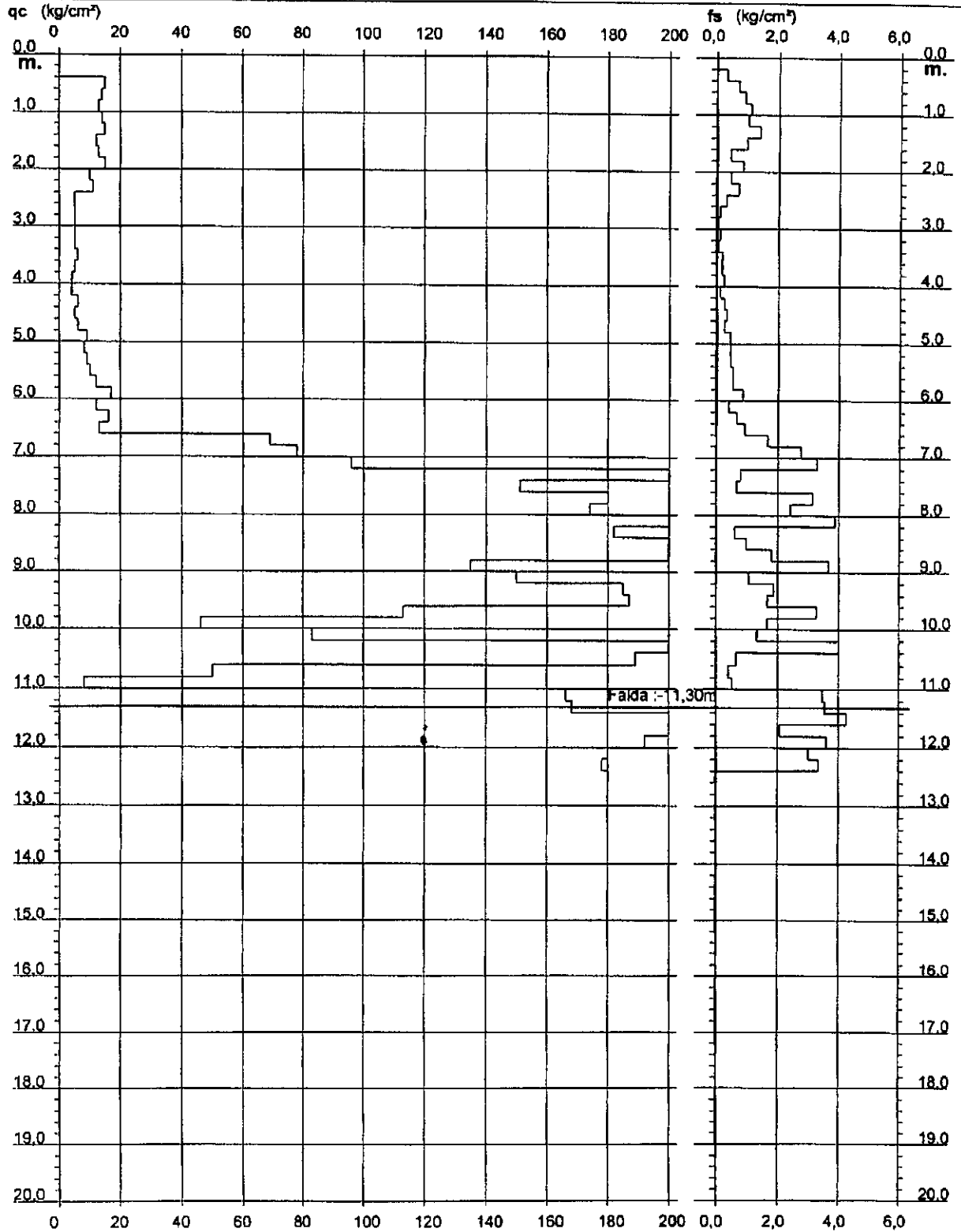
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

20/12/2005/081

- committente : COMUNE DI PRATO
- lavoro : AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
- località : IOLO - PRATO

- data : 20/12/2005
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -11,30 m da quota inizio
- scala vert. : 1 : 100



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT 3

2012PG05-081

- committente : COMUNE DI PRATO
- lavoro : AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
- località : IOLO - PRATO
- note :

- data : 20/12/2005
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -11,30 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE												
Prof. m	qc kg/cm²	qc/ta (-)	Natura Litol.	Y t/m²	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	e1s (%)	e2s (%)	e3s (%)	e4s (%)	edm (%)	emy (%)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²	
0,20	-	-	???	1,85	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40	-	-	???	1,85	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,60	15	20	2III	1,85	0,11	0,67	59,0	113	170	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,80	14	15	2III	1,85	0,15	0,64	36,9	108	182	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	13	11	2III	1,85	0,19	0,60	27,6	103	154	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,20	14	13	2III	1,85	0,22	0,64	23,4	106	182	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,40	15	11	2III	1,85	0,26	0,67	20,5	113	170	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,60	12	12	2III	1,85	0,30	0,57	14,3	97	146	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,80	13	28	2III	1,85	0,33	0,60	13,2	103	154	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,00	15	17	2III	1,85	0,37	0,67	13,1	113	170	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,20	10	21	2III	1,85	0,41	0,50	8,1	97	146	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,40	11	15	2III	1,85	0,44	0,54	8,0	107	160	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,60	5	5	1---	1,85	0,48	0,25	2,8	26	40	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,80	5	37	4I-F	1,85	0,52	0,26	2,6	132	198	25	28	31	35	38	26	25	25	8	8	13	15	
3,00	5	37	4I-F	1,85	0,55	0,26	2,3	135	203	25	26	31	35	38	25	25	25	8	8	13	15	
3,20	5	37	4I-F	1,85	0,59	0,26	2,1	138	207	25	26	31	35	38	25	25	25	8	8	13	15	
3,40	5	75	4I-F	1,85	0,53	0,26	2,0	140	210	25	26	31	35	38	25	25	25	8	8	13	15	
3,60	5	30	4I-F	1,85	0,67	0,30	2,3	183	244	29	26	31	35	38	25	26	26	10	15	15	18	
3,80	5	25	2III	1,85	0,70	0,25	1,7	143	215	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,00	4	15	1---	1,85	0,74	0,20	1,2	28	39	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,20	4	30	4I-F	1,85	0,78	0,20	1,2	119	179	20	28	31	35	38	25	25	25	7	10	12	12	
4,40	6	22	2III	1,85	0,81	0,30	1,6	171	256	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,60	5	15	1---	1,85	0,85	0,25	1,4	32	48	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,80	6	22	2III	1,85	0,89	0,30	1,6	174	260	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,00	9	19	2III	1,85	0,93	0,45	2,6	237	355	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,20	8	17	2III	1,85	0,96	0,40	2,1	222	333	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,40	9	19	2III	1,85	1,00	0,45	2,3	244	366	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,60	10	19	2III	1,85	1,04	0,50	2,5	264	396	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,80	12	22	2III	1,85	1,07	0,57	2,9	288	432	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,00	12	20	2III	1,85	1,11	0,72	3,7	313	470	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,20	12	30	4I-F	1,85	1,15	0,57	2,6	298	447	45	28	31	35	38	25	26	26	20	30	36	36	
6,40	16	24	2III	1,85	1,18	0,70	3,2	330	495	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,60	13	14	2III	1,85	1,22	0,60	2,6	316	474	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,80	69	41	3---	1,85	1,26	-	-	-	-	-	54	36	38	40	42	34	32	0,113	115	173	207	
7,00	78	29	4I-F	1,85	1,30	2,60	15,0	442	663	234	57	36	38	40	43	34	33	0,123	130	195	234	
7,20	96	29	4I-F	1,85	1,33	3,20	18,8	544	816	288	64	37	39	41	43	35	34	0,140	160	240	288	
7,40	247	309	3---	1,85	1,37	-	-	-	-	-	95	41	43	44	45	40	39	0,242	412	618	741	
7,60	151	226	3---	1,85	1,41	-	-	-	-	-	78	39	41	42	44	37	36	0,183	252	378	453	
7,80	180	57	3---	1,85	1,44	-	-	-	-	-	83	40	41	43	45	38	37	0,200	300	435	522	
8,00	174	72	3---	1,85	1,48	-	-	-	-	-	81	39	41	43	45	38	37	0,200	300	435	522	
8,20	234	61	3---	1,85	1,52	-	-	-	-	-	91	41	42	44	45	39	39	0,195	290	435	522	
8,40	182	303	3---	1,85	1,55	-	-	-	-	-	82	39	41	43	45	38	37	0,195	290	435	522	
8,60	200	200	3---	1,85	1,58	-	-	-	-	-	84	40	41	43	45	38	38	0,205	333	500	600	
8,80	223	124	3---	1,85	1,63	-	-	-	-	-	88	40	42	43	45	39	38	0,215	372	558	669	
9,00	135	37	3---	1,85	1,66	-	-	-	-	-	70	38	40	42	44	36	35	0,159	225	338	405	
9,20	150	141	3---	1,85	1,70	-	-	-	-	-	73	38	40	42	44	36	36	0,168	250	375	450	
9,40	185	99	3---	1,85	1,74	-	-	-	-	-	80	39	41	43	44	37	37	0,189	308	463	555	
9,60	187	112	3---	1,85	1,78	-	-	-	-	-	79	39	41	43	44	37	37	0,188	312	468	561	
9,80	113	35	3---	1,85	1,81	-	-	-	-	-	62	37	39	41	43	34	34	0,135	188	283	339	
10,00	46	28	4I-F	1,85	1,85	1,53	5,0	511	767	138	30	32	35	38	40	29	31	0,058	77	115	138	
10,20	83	62	3---	1,85	1,89	-	-	-	-	-	50	35	37	40	42	32	33	0,104	158	208	249	
10,40	230	58	3---	1,85	1,92	-	-	-	-	-	85	40	41	43	45	38	39	0,205	363	575	690	
10,60	189	283	3---	1,85	1,96	-	-	-	-	-	77	39	41	42	44	37	37	0,182	315	473	567	
10,80	59	125	3---	1,85	2,00	-	-	-	-	-	31	32	35	38	41	29	31	0,060	83	125	150	
11,00	8	15	2III	1,85	2,03	0,40	0,8	240	360	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,20	166	48	3---	1,85	2,07	-	-	-	-	-	72	38	40	42	44	36	37	0,164	277	415	498	
11,40	168	48	3---	1,10	2,09	-	-	-	-	-	72	38	40	42	44	36	37	0,164	280	420	504	
11,60	207	49	3---	1,15	2,12	-	-	-	-	-	79	39	41	42	44	37	38	0,186	345	518	621	
11,80	232	112	3---	1,15	2,14	-	-	-	-	-	82	40	41	43	45	37	39	0,198	387	580	696	
12,00	192	53	3---	1,14	2,16	-	-	-	-	-	76	39	40	42	44	36	37	0,176	320	480	576	
12,20	180	60	3---	1,12	2,19	-	-	-	-	-	73	38	40	42	44	36	37	0,188	300	450	540	
12,40	178	53	3---	1,12	2,21	-	-	-	-	-	72	38	40	42	44	36	37	0,187	297	445	534	
12,60	180	-	3---	1,12	2,23	-	-	-	-	-	73	38	40	42	44	36	37	0,167	300	450	540	

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA****CPT 4**

201RG05001

- committente : COMUNE DI PRATO
 - lavoro : AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
 - località : IOLO - PRATO
 - note :

- data : 20/12/2005
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -11,00 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	----	----	--	----	----	6,60	45,0	62,0	45,0	1,33	34,0
0,40	----	----	--	0,27	----	6,80	26,0	46,0	26,0	0,93	28,0
0,60	15,0	19,0	15,0	0,73	20,0	7,00	11,0	25,0	11,0	0,47	24,0
0,80	15,0	26,0	15,0	1,27	12,0	7,20	23,0	30,0	23,0	0,87	27,0
1,00	13,0	32,0	13,0	1,07	12,0	7,40	9,0	22,0	9,0	0,20	45,0
1,20	14,0	30,0	14,0	1,33	10,0	7,60	12,0	15,0	12,0	0,40	30,0
1,40	15,0	35,0	15,0	1,47	10,0	7,80	11,0	17,0	11,0	0,27	41,0
1,60	14,0	36,0	14,0	1,40	10,0	8,00	10,0	14,0	10,0	1,40	7,0
1,80	10,0	31,0	10,0	0,87	12,0	8,20	209,0	230,0	209,0	2,67	78,0
2,00	11,0	24,0	11,0	0,67	16,0	8,40	300,0	340,0	300,0	4,67	64,0
2,20	13,0	23,0	13,0	0,60	22,0	8,60	270,0	340,0	270,0	7,53	36,0
2,40	12,0	21,0	12,0	0,47	26,0	8,80	350,0	463,0	350,0	6,27	56,0
2,60	22,0	29,0	22,0	0,67	33,0	9,00	270,0	364,0	270,0	4,13	65,0
2,80	13,0	23,0	13,0	0,53	24,0	9,20	124,0	186,0	124,0	2,20	56,0
3,00	15,0	23,0	15,0	0,67	22,0	9,40	92,0	125,0	92,0	1,93	48,0
3,20	11,0	21,0	11,0	0,53	21,0	9,60	150,0	179,0	150,0	1,33	112,0
3,40	8,0	16,0	8,0	0,40	20,0	9,80	130,0	150,0	130,0	3,60	36,0
3,60	10,0	16,0	10,0	0,87	12,0	10,00	193,0	247,0	193,0	3,00	64,0
3,80	25,0	38,0	25,0	0,60	42,0	10,20	174,0	219,0	174,0	3,33	52,0
4,00	13,0	22,0	13,0	0,73	18,0	10,40	198,0	248,0	198,0	1,80	110,0
4,20	6,0	17,0	6,0	0,20	30,0	10,60	161,0	188,0	161,0	3,80	42,0
4,40	6,0	9,0	6,0	0,33	18,0	10,80	118,0	175,0	118,0	1,87	63,0
4,60	5,0	10,0	5,0	0,20	25,0	11,00	110,0	138,0	110,0	1,93	57,0
4,80	6,0	9,0	6,0	0,27	22,0	11,20	111,0	140,0	111,0	2,00	56,0
5,00	5,0	9,0	5,0	0,27	19,0	11,40	126,0	156,0	126,0	2,40	52,0
5,20	4,0	8,0	4,0	0,27	15,0	11,60	196,0	232,0	196,0	7,33	27,0
5,40	6,0	10,0	6,0	0,33	18,0	11,80	188,0	298,0	188,0	6,67	28,0
5,60	7,0	12,0	7,0	0,47	15,0	12,00	196,0	296,0	196,0	4,00	49,0
5,80	11,0	18,0	11,0	0,33	33,0	12,20	270,0	330,0	270,0	1,67	162,0
6,00	23,0	28,0	23,0	0,33	69,0	12,40	315,0	340,0	315,0	3,47	91,0
6,20	32,0	37,0	32,0	0,60	53,0	12,60	298,0	350,0	298,0	----	---
6,40	16,0	25,0	16,0	1,13	14,0						

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

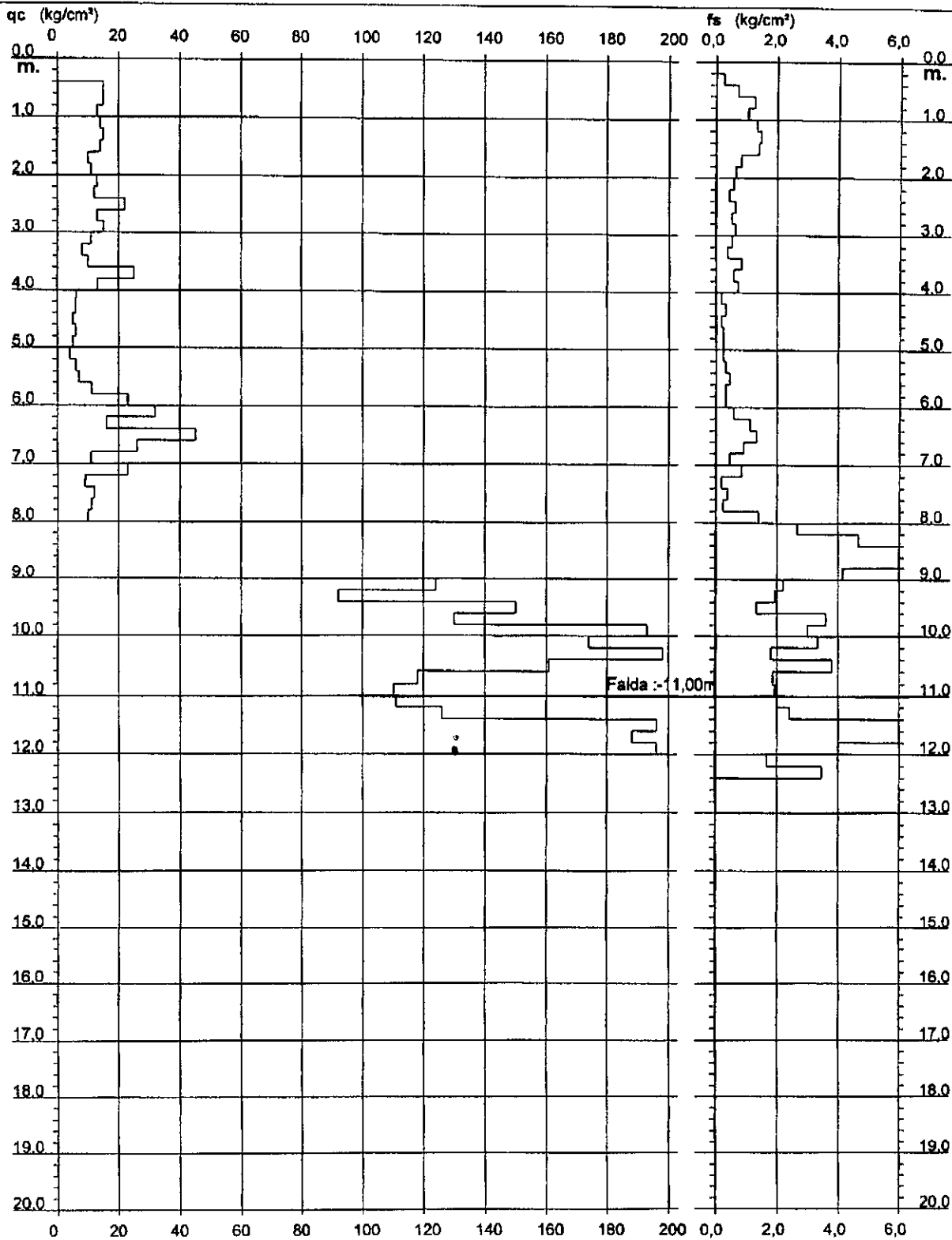
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 4

2101PG05081

- committente : COMUNE DI PRATO
 - lavoro : AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
 - località : IOLO - PRATO

- data : 20/12/2005
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -11,00 m da quota inizio
 - scala vert. : 1 : 100



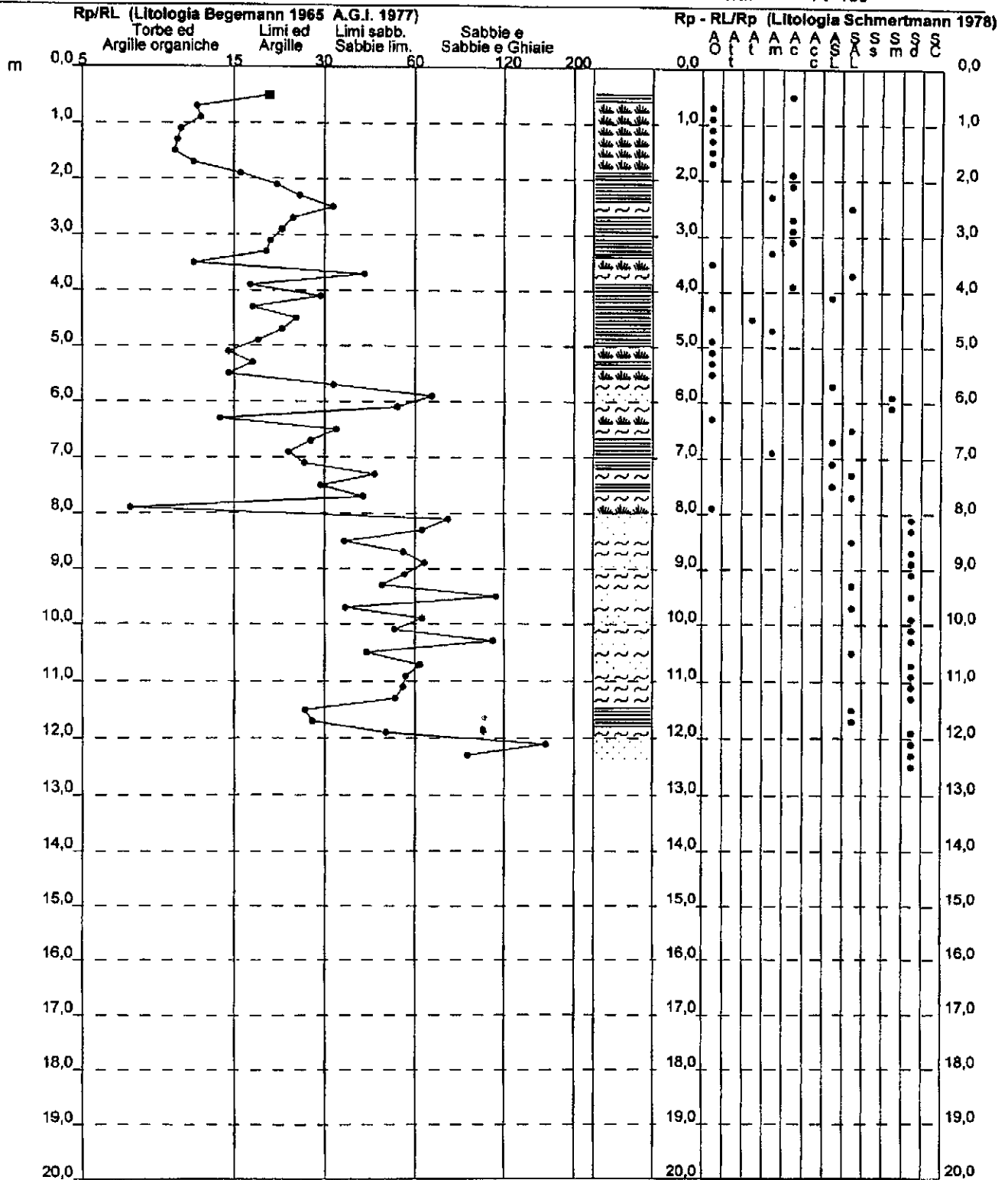
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 4

#201EG05081

- committente : COMUNE DI PRATO
 - lavoro : AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
 - località : IOLO - PRATO
 - note :

- data : 20/12/2005
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -11,00 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT 4

2201RG05-081

- committente : COMUNE DI PRATO
- lavoro : AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
- localita' : IOLO - PRATO
- note :

- data : 20/12/2005
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -11,00 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm²	qc/ks (-)	Natura Litcl.	Y V/m²	d'va kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	a1s (°)	a2s (°)	a3s (°)	a4s (°)	edm (°)	emy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²	
0,20	-	-	???	1,85	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40	-	-	???	1,85	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,60	15	20	2III	1,85	0,11	0,67	58,0	113	170	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,80	15	12	2III	1,85	0,15	0,67	41,2	113	170	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	13	12	2III	1,85	0,19	0,60	27,6	103	154	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,20	14	10	2III	1,85	0,22	0,64	23,4	106	162	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,40	15	10	2III	1,85	0,26	0,67	20,5	113	170	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,60	14	10	2III	1,85	0,30	0,64	15,3	106	162	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,80	10	12	2III	1,85	0,33	0,50	10,4	85	128	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,00	11	16	2III	1,85	0,37	0,54	10,0	91	137	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,20	13	22	2III	1,85	0,41	0,60	10,3	103	154	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,40	12	26	2III	1,85	0,44	0,57	8,6	106	156	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,60	22	33	3:III	1,85	0,48	-	-	-	-	-	38	33	36	38	41	33	28	0,075	37	55	66	-
2,80	13	24	2III	1,85	0,52	0,60	7,6	126	189	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,00	15	22	2III	1,85	0,55	0,67	7,9	134	201	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,20	11	21	2III	1,85	0,59	0,54	5,6	160	240	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,40	8	20	2III	1,85	0,63	0,40	3,6	178	266	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,60	10	12	2III	1,85	0,67	0,50	4,4	186	279	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,80	25	42	3:III	1,85	0,70	-	-	-	-	-	33	33	35	38	41	31	28	0,064	42	63	75	-
4,00	13	18	2III	1,85	0,74	0,60	4,9	205	307	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,20	6	30	4I:II	1,85	0,76	0,30	1,9	169	254	29	-	26	31	35	38	25	26	-	10	15	16	-
4,40	6	18	2III	1,85	0,81	0,30	1,8	171	256	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,60	6	25	2III	1,85	0,85	0,25	1,4	147	221	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,80	6	22	2III	1,85	0,89	0,30	1,6	174	260	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,00	5	19	2III	1,85	0,93	0,25	1,2	148	223	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,20	4	15	1:III	1,85	0,98	0,20	0,9	28	39	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,40	6	18	2III	1,85	1,00	0,30	1,4	178	264	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,60	7	15	1:III	1,85	1,04	0,35	1,6	44	66	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,80	11	33	4I:II	1,85	1,07	0,54	2,6	279	419	42	-	28	31	35	38	25	26	-	18	28	33	-
6,00	23	69	3:III	1,85	1,11	-	-	-	-	-	19	31	34	36	40	28	28	0,036	38	56	68	-
6,20	32	53	3:III	1,85	1,15	-	-	-	-	-	29	32	35	37	40	30	29	0,057	53	80	96	-
6,40	16	14	2III	1,85	1,18	0,70	3,2	330	495	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,60	45	34	3:III	1,85	1,22	-	-	-	-	-	40	34	36	39	41	31	31	0,079	75	113	135	-
6,80	26	26	4I:II	1,85	1,28	0,93	4,3	351	527	78	20	31	34	37	40	28	28	0,038	43	65	78	-
7,00	11	24	2III	1,85	1,30	0,54	2,1	298	447	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,20	23	27	4I:II	1,85	1,33	0,87	3,7	376	564	69	14	30	33	36	39	27	28	0,028	38	58	69	-
7,40	9	45	4I:II	1,85	1,37	0,45	1,6	261	392	30	-	28	31	35	38	25	26	-	15	23	27	-
7,60	12	30	4I:II	1,85	1,41	0,57	2,0	319	478	45	-	28	31	35	38	25	26	-	20	30	36	-
7,80	11	41	4I:II	1,85	1,44	0,54	1,8	305	458	42	-	28	31	35	38	25	26	-	18	28	33	-
8,00	10	7	2III	1,85	1,48	0,50	1,6	289	434	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,20	209	76	3:III	1,85	1,52	-	-	-	-	-	87	40	42	43	45	39	38	0,213	348	523	627	-
8,40	300	64	3:III	1,85	1,55	-	-	-	-	-	99	42	43	44	46	40	40	0,255	500	750	900	-
8,60	270	36	3:III	1,85	1,59	-	-	-	-	-	95	41	43	44	46	39	40	0,240	450	675	810	-
8,80	350	56	3:III	1,85	1,63	-	-	-	-	-	100	42	43	45	46	40	40	0,258	583	875	1050	-
9,00	270	65	3:III	1,85	1,66	-	-	-	-	-	94	41	42	44	45	39	40	0,236	450	675	810	-
9,20	124	56	3:III	1,85	1,70	-	-	-	-	-	66	37	39	41	43	35	35	0,149	207	310	372	-
9,40	92	48	3:III	1,85	1,74	-	-	-	-	-	56	36	38	40	42	33	33	0,119	153	230	276	-
9,60	150	112	3:III	1,85	1,78	-	-	-	-	-	72	38	40	42	44	36	36	0,165	250	375	450	-
9,80	130	36	3:III	1,85	1,81	-	-	-	-	-	66	37	39	41	43	35	35	0,149	217	325	390	-
10,00	193	64	3:III	1,85	1,85	-	-	-	-	-	80	39	41	43	44	37	38	0,189	322	483	579	-
10,20	174	52	3:III	1,85	1,89	-	-	-	-	-	76	39	40	42	44	37	37	0,176	290	435	522	-
10,40	198	110	3:III	1,85	1,92	-	-	-	-	-	79	38	41	43	44	37	38	0,188	330	495	594	-
10,60	161	42	3:III	1,85	1,96	-	-	-	-	-	72	38	40	42	44	36	36	0,165	268	403	483	-
10,80	118	63	3:III	1,85	2,00	-	-	-	-	-	61	37	39	41	43	34	35	0,133	197	295	354	-
11,00	110	57	3:III	1,85	2,02	-	-	-	-	-	58	36	38	40	43	34	34	0,125	183	275	330	-
11,20	111	56	3:III	1,85	2,04	-	-	-	-	-	58	36	38	40	43	34	34	0,125	185	278	333	-
11,40	126	52	3:III	1,85	2,06	-	-	-	-	-	52	37	39	41	43	34	35	0,137	210	315	378	-
11,60	196	27	4I:II	1,12	2,08	5,53	26,2	1111	1666	588	77	39	41	42	44	37	38	0,181	327	490	588	-
11,80	188	28	4I:II	1,12	2,10	6,27	24,6	1065	1598	564	77	39	40	42	44	36	37	0,176	313	470	564	-
12,00	198	49	3:III	1,14	2,13	-	-	-	-	-	77	39	40	42	44	37	38	0,180	327	490	588	-
12,20	270	162	3:III	1,15	2,15	-	-	-	-	-	87	40	42	43	45	38	40	0,214	450	675	810	-
12,40	315	91	3:III	1,15	2,17	-	-	-	-	-	92	41	42	44	45	39	40	0,232	525	788	945	-
12,60	298	-	3:III	1,15	2,20	-	-	-	-	-	90	41	42	44	45	39	40	0,224	497	745	894	-

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

CPT 5

~~2101PG05081~~

- committente : COMUNE DI PRATO
- lavoro : AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
- località : IOLO - PRATO
- note :

- data : 20/12/2005
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -10,35 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	---	---	---	---	---	6,20	15,0	24,0	15,0	0,60	25,0
0,40	---	---	---	0,87	---	6,40	16,0	25,0	16,0	0,40	40,0
0,80	26,0	39,0	26,0	1,13	23,0	6,60	16,0	22,0	16,0	0,87	18,0
0,80	16,0	33,0	16,0	1,53	10,0	6,80	15,0	28,0	15,0	0,33	45,0
1,00	32,0	55,0	32,0	0,87	37,0	7,00	42,0	47,0	42,0	4,87	9,0
1,20	54,0	67,0	54,0	3,13	17,0	7,20	165,0	238,0	165,0	4,07	41,0
1,40	39,0	86,0	39,0	3,53	11,0	7,40	228,0	289,0	228,0	2,00	114,0
1,60	40,0	93,0	40,0	3,53	11,0	7,60	350,0	380,0	350,0	6,40	55,0
1,80	30,0	83,0	30,0	3,13	10,0	7,80	208,0	304,0	208,0	5,27	39,0
2,00	23,0	70,0	23,0	2,40	10,0	8,00	221,0	300,0	221,0	2,60	85,0
2,20	14,0	50,0	14,0	1,73	8,0	8,20	223,0	262,0	223,0	2,27	98,0
2,40	14,0	40,0	14,0	1,20	12,0	8,40	118,0	152,0	118,0	0,33	354,0
2,60	15,0	33,0	15,0	1,00	15,0	8,60	28,0	33,0	28,0	1,20	23,0
2,80	13,0	28,0	13,0	0,53	24,0	8,80	88,0	106,0	88,0	4,07	22,0
3,00	20,0	28,0	20,0	0,40	50,0	9,00	196,0	257,0	196,0	4,87	40,0
3,20	16,0	22,0	16,0	1,20	13,0	9,20	261,0	334,0	261,0	5,80	45,0
3,40	11,0	29,0	11,0	0,67	16,0	9,40	206,0	293,0	206,0	3,33	62,0
3,60	20,0	30,0	20,0	0,73	27,0	9,60	200,0	250,0	200,0	4,20	48,0
3,80	18,0	29,0	18,0	0,73	25,0	9,80	120,0	183,0	120,0	7,00	17,0
4,00	8,0	19,0	8,0	0,40	20,0	10,00	182,0	287,0	182,0	6,33	29,0
4,20	7,0	13,0	7,0	0,33	21,0	10,20	155,0	250,0	155,0	3,80	41,0
4,40	7,0	12,0	7,0	0,33	21,0	10,40	340,0	397,0	340,0	1,33	255,0
4,60	7,0	12,0	7,0	0,20	35,0	10,60	370,0	390,0	370,0	3,33	111,0
4,80	7,0	10,0	7,0	0,40	17,0	10,80	300,0	350,0	300,0	3,13	96,0
5,00	9,0	15,0	9,0	0,40	22,0	11,00	243,0	290,0	243,0	1,47	166,0
5,20	10,0	16,0	10,0	0,40	25,0	11,20	215,0	237,0	215,0	2,20	98,0
5,40	13,0	19,0	13,0	0,47	28,0	11,40	283,0	316,0	283,0	1,13	250,0
5,60	14,0	21,0	14,0	0,73	19,0	11,60	241,0	258,0	241,0	1,33	181,0
5,80	12,0	23,0	12,0	0,60	20,0	11,80	201,0	221,0	201,0	1,33	151,0
6,00	11,0	20,0	11,0	0,80	18,0	12,00	230,0	250,0	230,0	---	---

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

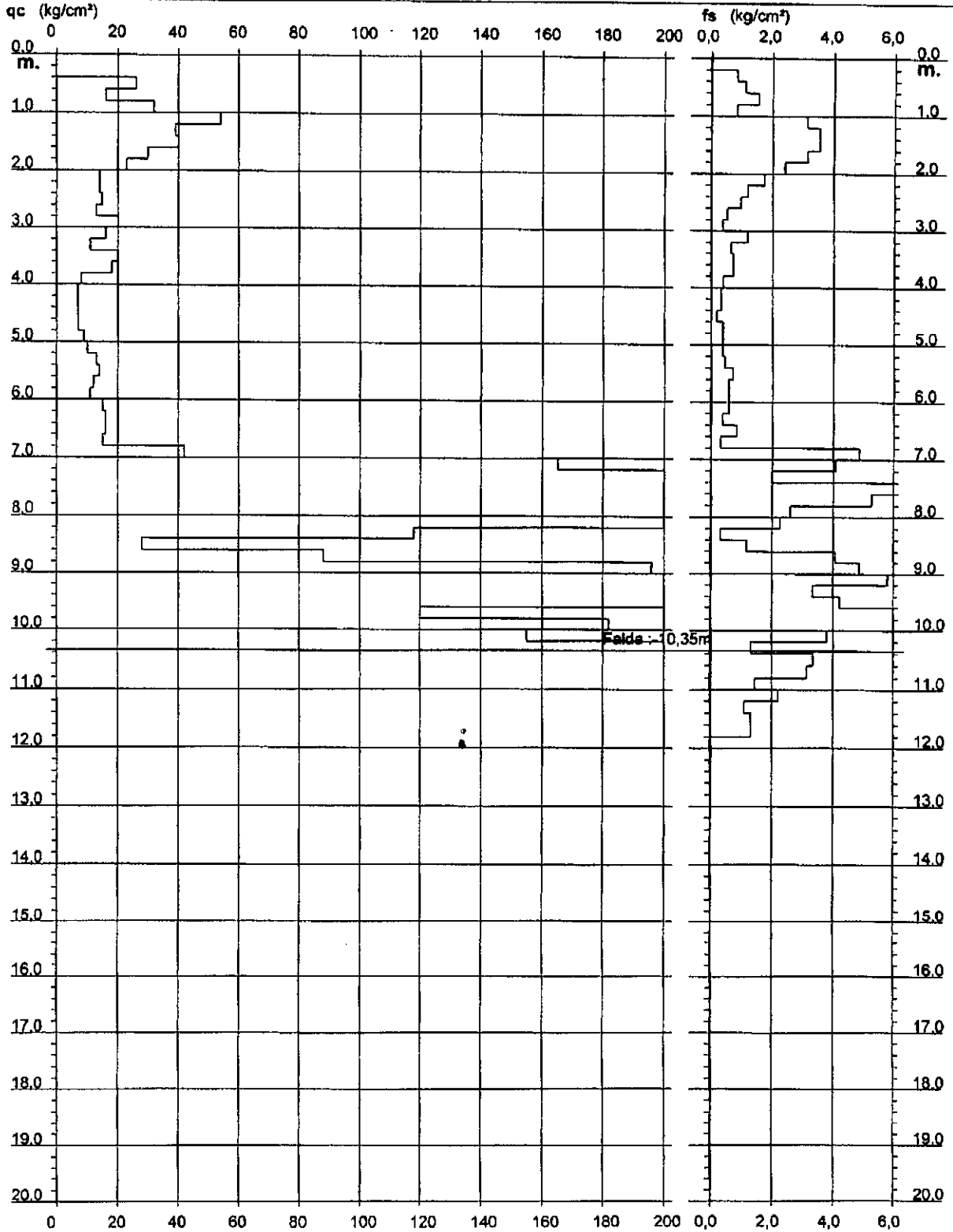
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 5

2101RG05081

- committente : COMUNE DI PRATO
- lavoro : AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
- localit  : IOLO - PRATO

- data : 20/12/2005
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -10,35 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



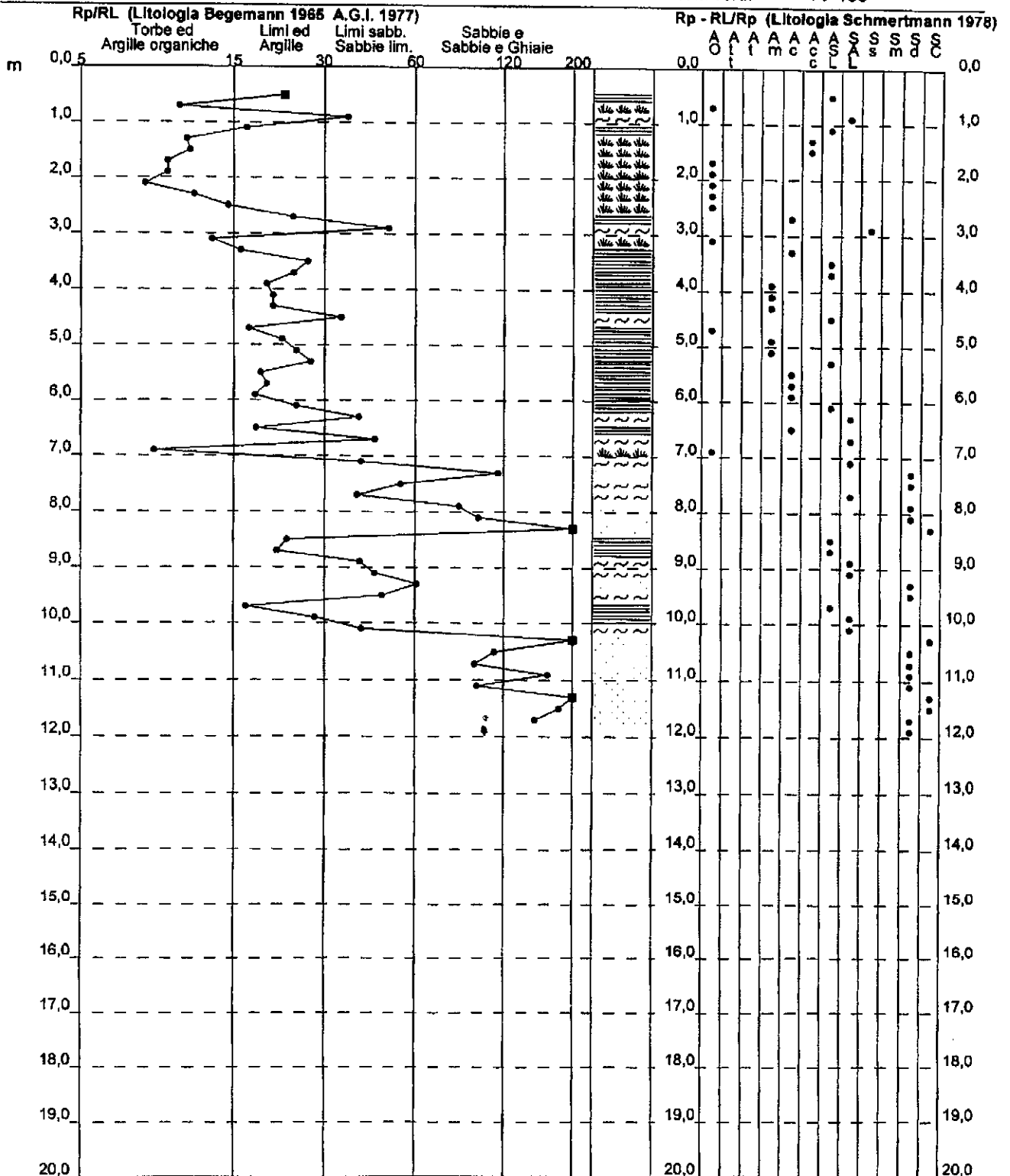
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 5

#201PG05081

- committente : COMUNE DI PRATO
 - lavoro : AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI IOLO
 - localit  : IOLO - PRATO
 - note :

- data : 20/12/2005
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -10,35 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**CPT 6**

2.01PG05-172

- committente : Comune di Prato
 - lavoro : Ampliamento Cimitero di Iolo
 - località : Iolo - PRATO
 - note :

- data : 19/01/2011
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -8,70 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²	kg/cm ²			punta	laterale	kg/cm ²	kg/cm ²	
0,20	---	---	---	---	---	5,80	18,0	35,0	18,0	0,47	39,0
0,40	---	---	---	0,40	---	6,00	15,0	22,0	15,0	1,07	14,0
0,60	29,0	35,0	29,0	1,27	23,0	6,20	15,0	31,0	15,0	1,00	15,0
0,80	11,0	30,0	11,0	0,73	15,0	6,40	15,0	30,0	15,0	1,07	14,0
1,00	11,0	22,0	11,0	0,73	15,0	6,60	10,0	26,0	10,0	1,13	9,0
1,20	14,0	25,0	14,0	0,73	19,0	6,80	10,0	27,0	10,0	0,67	15,0
1,40	20,0	31,0	20,0	1,13	18,0	7,00	10,0	20,0	10,0	0,53	19,0
1,60	20,0	37,0	20,0	0,53	37,0	7,20	11,0	19,0	11,0	0,87	13,0
1,80	18,0	26,0	18,0	1,67	11,0	7,40	15,0	28,0	15,0	2,47	6,0
2,00	11,0	36,0	11,0	1,73	6,0	7,60	160,0	197,0	160,0	1,20	133,0
2,20	15,0	41,0	15,0	1,20	12,0	7,80	273,0	291,0	273,0	1,20	227,0
2,40	16,0	34,0	16,0	1,13	14,0	8,00	309,0	327,0	309,0	0,93	331,0
2,60	17,0	34,0	17,0	0,93	18,0	8,20	294,0	308,0	294,0	2,27	130,0
2,80	17,0	31,0	17,0	1,33	13,0	8,40	254,0	288,0	254,0	3,40	75,0
3,00	22,0	42,0	22,0	1,40	16,0	8,60	332,0	383,0	332,0	5,40	61,0
3,20	17,0	38,0	17,0	1,13	15,0	8,80	279,0	360,0	279,0	1,33	209,0
3,40	12,0	29,0	12,0	0,80	15,0	9,00	369,0	389,0	369,0	4,93	75,0
3,60	16,0	28,0	16,0	0,60	27,0	9,20	336,0	410,0	336,0	6,60	51,0
3,80	21,0	30,0	21,0	1,53	14,0	9,40	243,0	342,0	243,0	5,53	44,0
4,00	14,0	37,0	14,0	1,13	12,0	9,60	222,0	305,0	222,0	9,40	24,0
4,20	12,0	29,0	12,0	0,67	18,0	9,80	242,0	383,0	242,0	6,33	38,0
4,40	16,0	26,0	16,0	0,93	17,0	10,00	203,0	298,0	203,0	4,93	41,0
4,60	16,0	30,0	16,0	0,73	22,0	10,20	226,0	300,0	226,0	6,33	36,0
4,80	11,0	22,0	11,0	0,73	15,0	10,40	221,0	316,0	221,0	1,40	158,0
5,00	15,0	26,0	15,0	1,13	13,0	10,60	240,0	261,0	240,0	1,67	144,0
5,20	12,0	29,0	12,0	0,93	13,0	10,80	290,0	315,0	290,0	1,80	161,0
5,40	14,0	28,0	14,0	0,93	15,0	11,00	316,0	343,0	316,0	---	---
5,60	18,0	32,0	18,0	1,13	16,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/201
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE $C_t = 10$ - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

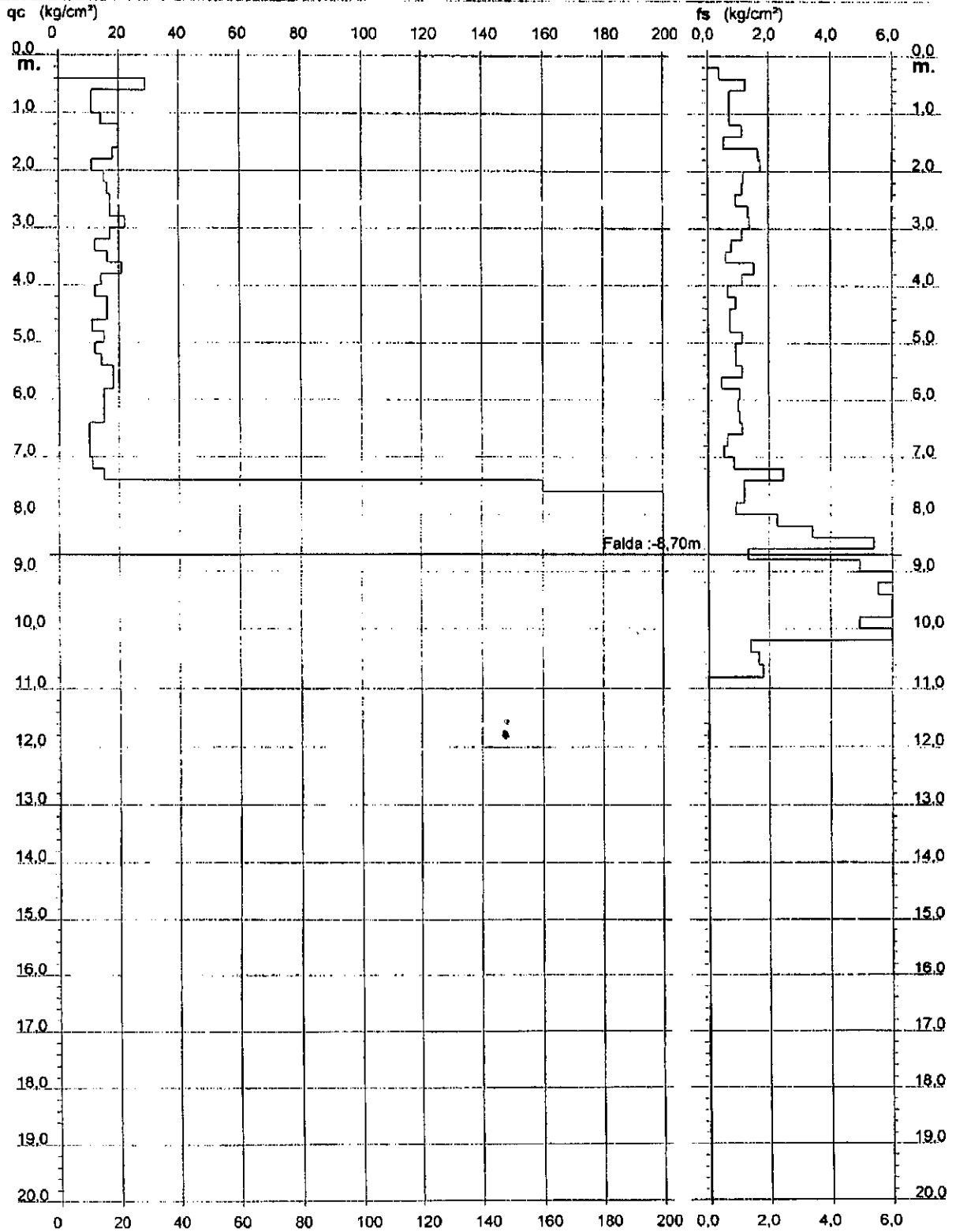
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 6

2.01PG05-172

- committente : Comune di Prato
- lavoro : Ampliamento Cimitero di Iolo
- località : Iolo - PRATO

- data : 19/01/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -8,70 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



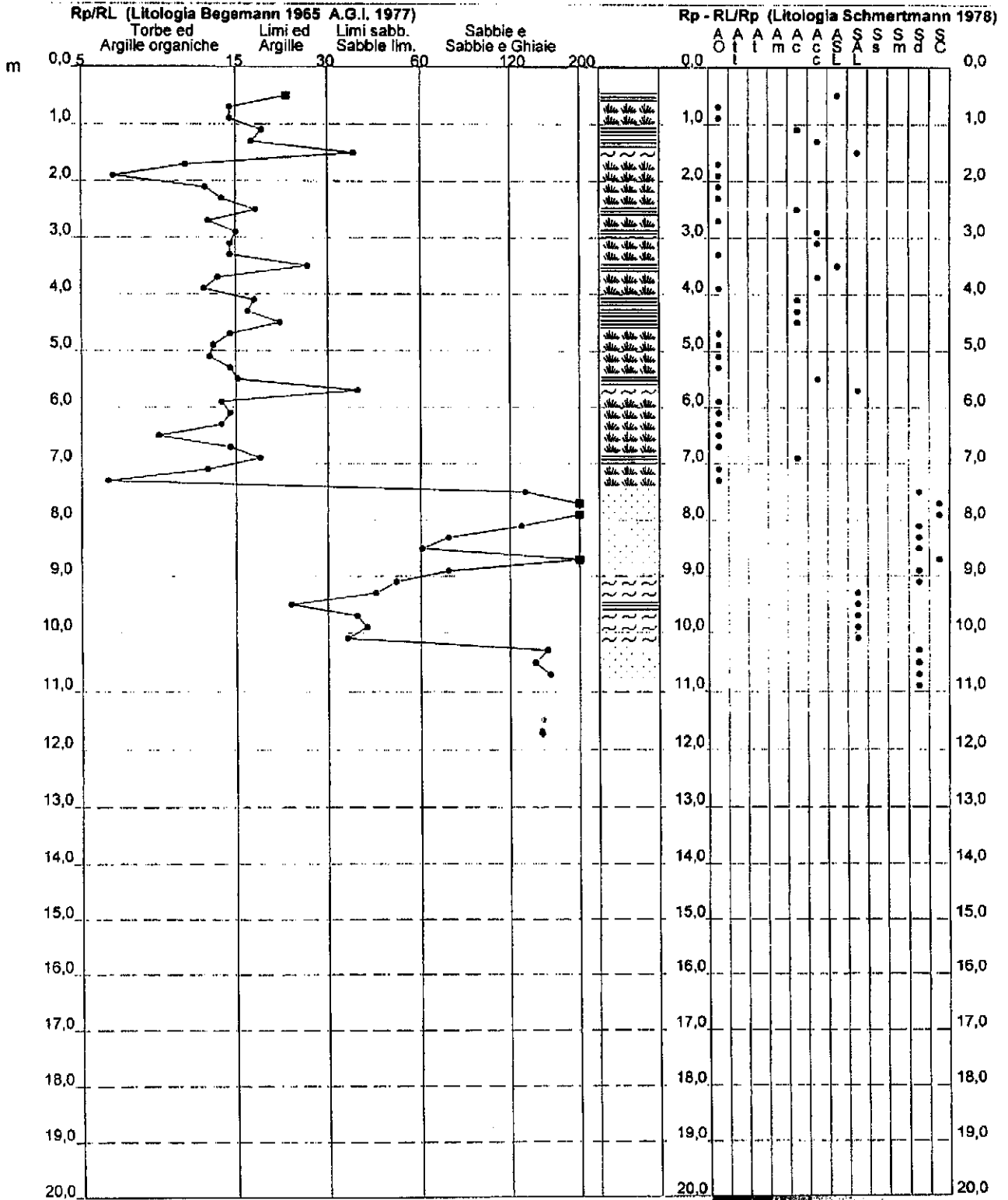
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 6

2.01PG05-172

- committente : Comune di Prato
 - lavoro : Ampliamento Cimitero di Iolo
 - località : Iolo - PRATO
 - note :

- data : 19/01/2011
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : -8,70 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA****CPT 7**

2.01PG05-172

- committente : Comune di Prato
 - lavoro : Ampliamento Cimitero di Iolo
 - località : Iolo - PRATO
 - note :

- data : 19/01/2011
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	----	----	--	-----	----	3,80	57,0	133,0	57,0	3,60	16,0
0,40	----	----	--	0,33	----	4,00	90,0	144,0	90,0	3,73	24,0
0,60	65,0	70,0	65,0	2,73	24,0	4,20	88,0	144,0	88,0	2,87	31,0
0,80	26,0	67,0	26,0	1,07	24,0	4,40	47,0	90,0	47,0	3,93	12,0
1,00	25,0	41,0	25,0	2,00	12,0	4,60	34,0	93,0	34,0	2,33	15,0
1,20	17,0	47,0	17,0	2,07	8,0	4,80	42,0	77,0	42,0	2,73	15,0
1,40	20,0	51,0	20,0	1,33	15,0	5,00	40,0	81,0	40,0	3,27	12,0
1,60	22,0	42,0	22,0	1,20	18,0	5,20	32,0	81,0	32,0	2,87	11,0
1,80	27,0	45,0	27,0	2,27	12,0	5,40	32,0	75,0	32,0	2,00	16,0
2,00	60,0	94,0	60,0	2,80	21,0	5,60	29,0	59,0	29,0	3,13	9,0
2,20	66,0	108,0	66,0	4,80	14,0	5,80	21,0	68,0	21,0	2,40	9,0
2,40	64,0	136,0	64,0	5,07	13,0	6,00	30,0	66,0	30,0	0,47	64,0
2,60	60,0	136,0	60,0	2,73	22,0	6,20	258,0	265,0	258,0	4,40	59,0
2,80	70,0	111,0	70,0	0,73	95,0	6,40	286,0	352,0	286,0	1,47	195,0
3,00	57,0	68,0	57,0	4,93	12,0	6,60	273,0	295,0	273,0	6,40	43,0
3,20	54,0	128,0	54,0	2,47	22,0	6,80	218,0	314,0	218,0	6,40	34,0
3,40	61,0	98,0	61,0	2,73	22,0	7,00	417,0	513,0	417,0	----	----
3,60	72,0	113,0	72,0	5,07	14,0						

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

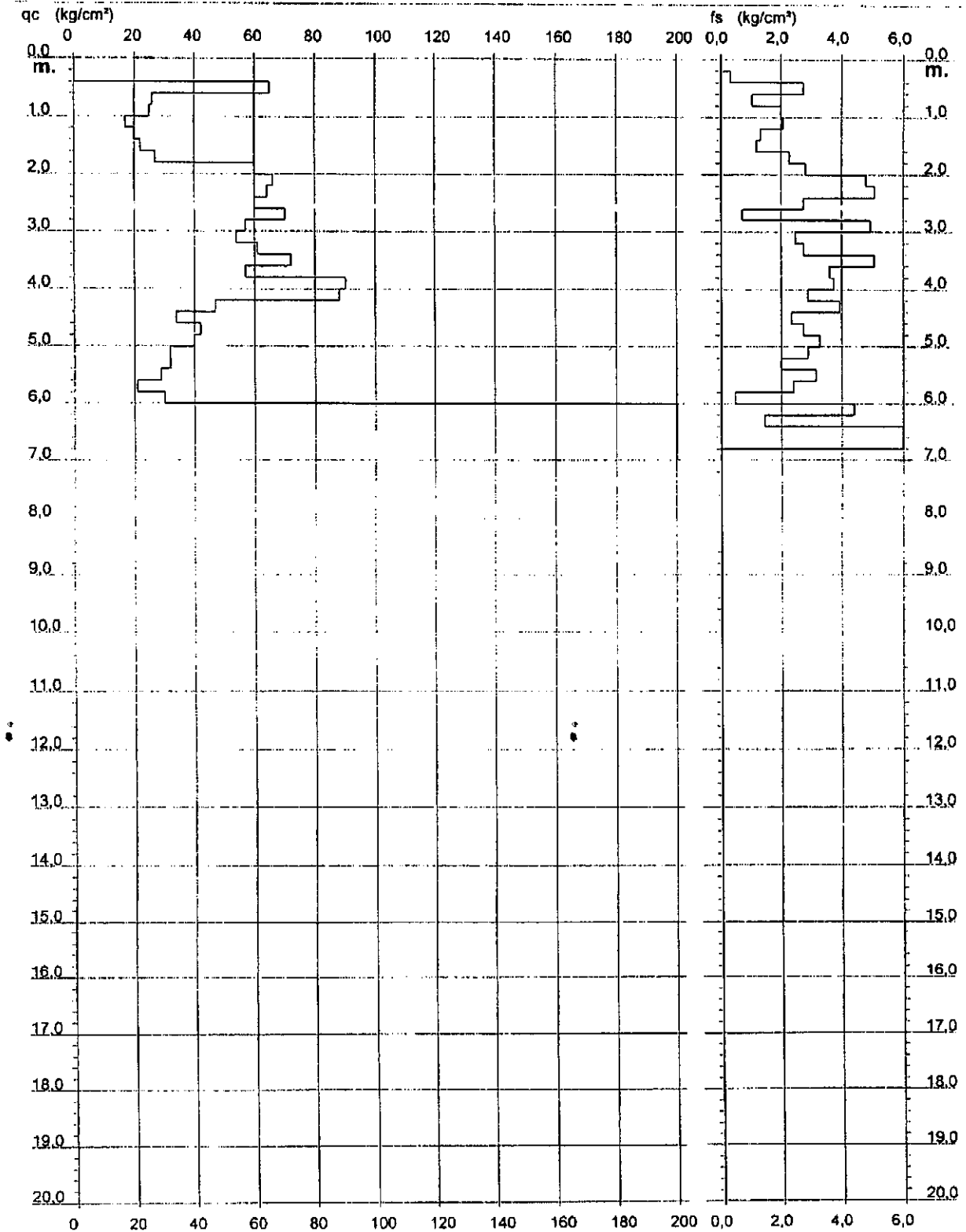
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 7

2.01PG05-172

- committente : Comune di Prato
- lavoro : Ampliamento Cimitero di Iolo
- località : Iolo - PRATO

- data : 19/01/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 100



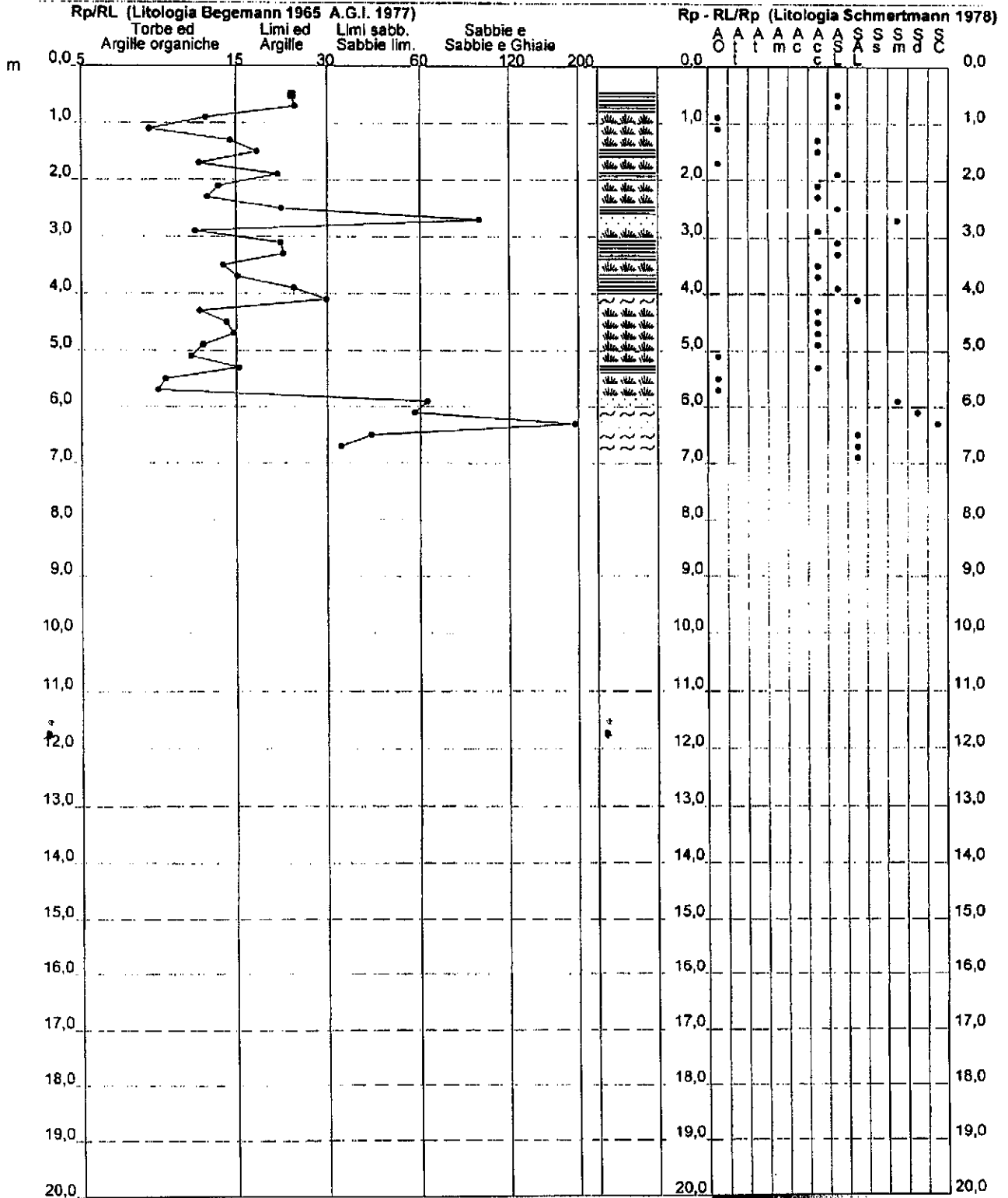
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 7

2.01PG05-172

- committente : Comune di Prato
- lavoro : Ampliamento Cimitero di Iolo
- localit  : Iolo - PRATO
- note :

- data : 19/01/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert. : 1 : 100



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT 7

2.01PG05-172

- committente : Comune di Prato
- lavoro : Ampliamento Cimitero di Iolo
- localita' : Iolo - PRATO
- note :

- data : 19/01/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

NATURA COESIVA															NATURA GRANULARE									
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	γ' t/m³	d'vo kg/cm³	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	e1s (%)	e2s (%)	e3s (%)	e4s (%)	adm (%)	emy (%)	Amax/g (-)	E50 kg/cm²	E25 kg/cm²	Mo kg/cm²			
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0,60	65	24	4/1	1,85	0,11	2,17	99,9	368	553	195	100	42	43	45	46	45	32	0,258	106	163	195			
0,80	26	24	4/1	1,85	0,15	0,93	62,3	158	237	78	72	38	40	42	44	40	28	0,166	43	65	78			
1,00	25	12	4/1	1,85	0,19	0,91	45,9	155	232	75	66	37	39	41	43	38	28	0,146	42	63	75			
1,20	17	8	2/III	1,85	0,22	0,72	27,5	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
1,40	20	15	4/1	1,85	0,26	0,80	25,7	138	204	60	50	35	37	40	42	36	27	0,103	33	50	60			
1,60	22	18	4/1	1,85	0,30	0,85	23,3	144	216	66	50	35	37	40	42	35	28	0,103	37	55	66			
1,80	27	12	4/1	1,85	0,33	0,95	23,2	161	242	81	54	36	38	40	42	38	28	0,114	45	68	81			
2,00	60	21	4/1	1,85	0,37	2,00	51,7	340	510	180	79	39	41	42	44	39	32	0,186	100	150	180			
2,20	66	14	4/1	1,85	0,41	2,20	51,7	374	561	198	80	39	41	43	44	39	32	0,189	110	165	198			
2,40	64	13	4/1	1,85	0,44	2,13	44,7	363	544	192	76	39	40	42	44	39	32	0,179	107	160	192			
2,60	60	22	4/1	1,85	0,48	2,00	37,3	340	510	180	72	38	40	42	44	38	32	0,166	100	150	180			
2,80	70	95	3:~	1,85	0,52	--	--	--	--	--	76	39	40	42	44	38	32	0,177	117	175	210			
3,00	57	12	4/1	1,85	0,55	1,90	29,2	323	485	171	67	37	39	41	43	37	31	0,150	95	143	171			
3,20	54	22	4/1	1,85	0,59	1,80	25,2	305	459	162	64	37	39	41	43	36	31	0,141	90	136	162			
3,40	61	22	4/1	1,85	0,63	2,03	27,2	346	519	183	66	37	39	41	43	37	32	0,148	102	153	183			
3,60	72	14	4/1	1,85	0,67	2,40	31,2	408	612	216	71	38	40	42	44	37	32	0,161	120	180	216			
3,80	57	16	4/1	1,85	0,70	1,90	21,8	323	485	171	61	37	39	41	43	36	31	0,134	95	143	171			
4,00	90	24	4/1	1,85	0,74	3,00	36,1	510	765	270	76	39	40	42	44	38	33	0,175	150	225	270			
4,20	88	31	3:~	1,85	0,78	--	--	--	--	--	74	38	40	42	44	38	33	0,170	147	220	264			
4,40	47	12	4/1	1,85	0,81	1,57	14,2	266	400	141	51	35	37	40	42	34	31	0,107	78	118	141			
4,60	34	15	4/1	1,85	0,85	1,13	9,0	202	303	102	39	33	36	38	41	32	29	0,077	57	85	102			
4,80	42	15	4/1	1,85	0,89	1,40	11,1	238	357	126	45	34	37	39	42	33	30	0,092	70	105	126			
5,00	40	12	4/1	1,85	0,93	1,33	9,9	227	340	120	42	34	36	39	41	32	30	0,085	67	100	120			
5,20	32	11	4/1	1,85	0,96	1,07	7,1	240	359	96	34	33	35	38	41	31	29	0,066	53	80	96			
5,40	32	16	4/1	1,85	1,00	1,07	6,0	253	380	96	33	33	35	38	41	31	29	0,064	53	80	96			
5,60	29	9	4/1	1,85	1,04	0,98	5,9	276	414	87	29	32	35	37	40	30	29	0,055	48	73	87			
5,80	21	9	4/1	1,85	1,07	0,82	4,5	299	449	63	17	30	33	36	38	28	27	0,032	35	53	63			
6,00	30	64	3:~	1,85	1,11	--	--	--	--	--	28	32	35	37	40	30	29	0,054	50	75	90			
6,20	258	59	3:~	1,85	1,15	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	39	0,258	430	645	774			
6,40	286	195	3:~	1,85	1,18	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	40	0,258	477	715	858			
6,60	273	43	3:~	1,85	1,22	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	40	0,258	455	683	819			
6,80	218	34	3:~	1,85	1,26	--	--	--	--	--	93	41	42	44	45	40	38	0,234	363	545	654			
7,00	417	--	3:~	1,85	1,30	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	40	0,258	695	1043	1251			

INDICE

1. PREMESSA	pag. 2
2. INTRODUZIONE	pag. 3
3. SISMICA A RIFRAZIONE	pag. 4
3.1 Acquisizione onde P	pag. 6
4. METODOLOGIA MASW	pag. 9
4.1 Acquisizione dati MASW	pag. 10
5. CONCLUSIONI	pag. 13

ALLEGATI

1 UBICAZIONE STENDIMENTO SISMICO

3 CALCOLO VS 30

File: RScimiteroiolo

1. PREMESSA

La presente relazione esamina i risultati di una campagna geofisica effettuata al fine di individuare la categoria di sottosuolo per la zona su cui sarà realizzato, in Comune di Prato, un ampliamento del cimitero di Iolo, posto in Via A. Guazzalotri (Allegato 1).

Il seguente lavoro è stato redatto ai sensi del D.M. 14/01/2008, decreto che stabilisce la stima degli effetti di sito mediante la restituzione di un profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) entro i primi trenta metri di profondità.

La velocità equivalente delle onde di taglio V_{s30} è stata definita mediante la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}.$$

in cui h_i e $V_{s,i}$ sono rispettivamente lo spessore e la velocità dell' i -esimo strato.

2. INTRODUZIONE

La presente relazione geofisica è relativa all'intervento di ampliamento del cimitero, che avverrà al lato nord del cimitero attuale; tale opera, ad ampliamento completato, apporterà una volumetria delle strutture aggiunte tale da far ricadere l'intervento in classe d'indagine n°3 secondo il DPGR 36/R/2009-

Nel caso in oggetto è stata effettuata un'apposita campagna geofisica composta da uno stendimento di sismica a rifrazione in onde P e da un'indagine geofisica di tipo MASW.

Per l'ubicazione degli stendimenti si è dovuto obbligatoriamente e secondo accordi con la Committenza, tener conto delle attuali condizioni di accessibilità dei luoghi, individuando come più vicino spazio disponibile e sufficientemente ampio il campo sportivo ubicato appena ad est del cimitero; tale ubicazione è visibile in Allegato 1.

3. SISMICA A RIFRAZIONE

Le traiettorie secondo cui un treno d'onda si propaga in un sottosuolo con presenza di discontinuità, rispondono a tre principi fondamentali della fisica:

Principio di Huygens: le onde sismiche si propagano secondo fronti d'onda sferici a cui le loro traiettorie sono perpendicolari. Il fronte d'onda è il luogo dei punti raggiunti nel medesimo tempo dalla stessa fase e ogni punto del fronte è sorgente a sua volta di un fronte d'onda sferico.

Legge di Snell: le onde, incontrata un'interfaccia, rispondono alle leggi dell'ottica subendo riflessione e rifrazione.

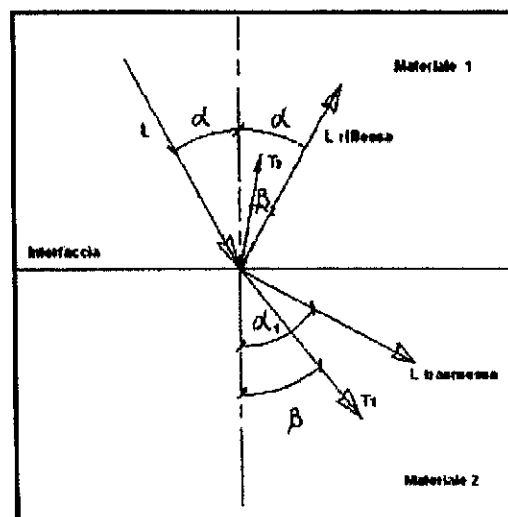
Principio di Fermat: l'onda segue il percorso temporalmente più breve.

Generata un'onda in superficie (sorgente) si producono:

- onde dirette, che corrono all'interfaccia piano campagna – aria;
- onde riflesse
- onde rifratte

La sismica a rifrazione considera le onde rifratte in condizioni di incidenza critica del raggio su di un rifrattore. La traiettoria di propagazione dell'onda segue la Legge di Snell, secondo cui la relazione tra gli angoli e le velocità delle onde rifratte è la seguente:

$$\sin \alpha / V_1 = \sin \alpha_1 / V_2$$



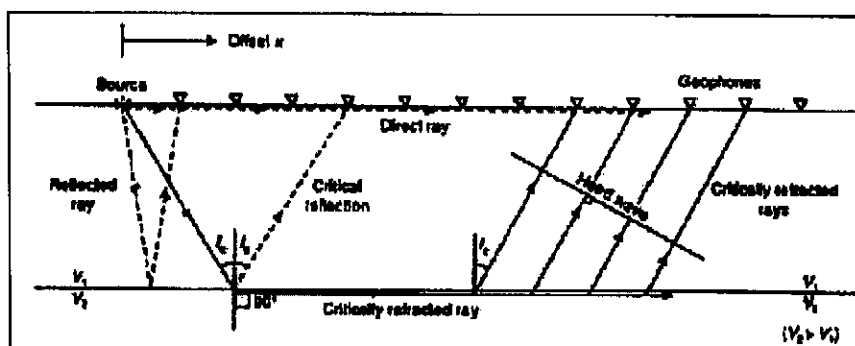
Quando:

$$\sin i_c / V_1 = \sin r / V_2 = 1 / V_2$$

allora:

$$\sin i_c = V_1/V_2$$

il raggio, rifratto criticamente, viaggia all'interfaccia fra i mezzi, ovvero forma con la verticale un angolo retto.



La sismica a rifrazione dà dei buoni risultati quando:

- la velocità dei mezzi aumenta con la profondità secondo bruschi passaggi;
- lo spessore degli strati è maggiore della lunghezza d'onda del segnale, e ogni strato è più potente di quello sovrastante;
- le discontinuità sono piane, omogenee e poco inclinate.

I contrasti di proprietà elastiche possono essere legati a cause stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche; il modello interpretativo del mezzo investigato è di tipo elastico, omogeneo, continuo ed isotropo, mentre la profondità totale di indagine è legata alla lunghezza dello stendimento di ricevitori.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde P è articolata nelle seguenti fasi fondamentali:

- Individuazione dei primi arrivi attraverso l'osservazione dei sismogrammi e l'operazione di picking, previa elaborazione dei segnali ed operazioni di filtraggio anche consecutivo con diverse tipologie di filtro digitale;
- Ricostruzione delle dromocrone;

- Linearizzazione delle dromocrone e calcolo delle velocità di propagazione delle onde elastiche analizzate e dei relativi tempi di intercetta;
- Ricostruzione del modello del sottosuolo con calcolo della profondità di ciascun strato.

3.1 Acquisizione e analisi onde P

L'indagine è consistita in uno stendimento singolo di sismica a rifrazione di lunghezza pari a 90 m, lungo il quale sono stati disposti e collegati in serie 16 geofoni a componente verticale con distanza intergeofonica di 6 m.

L'energizzazione è avvenuta mediante la battuta di una mazza da 10 kg su una piastra posata sul suolo; di seguito si riportano in modo sintetico la configurazione spaziale e temporale dell'acquisizione in onde P:

- n. geofoni: 16
- lunghezza stendimento ricevitori: 90,0 m
- distanza intergeofonica: 6,0 m
- n. punti di energizzazione (shots): 4
- 2 end-shots posti a 6 m dai geofoni esterni
- 2 intermedi posti rispettivamente sul 6° e sull'11° geofono.
- tempo acquisizione: 0,25 s
- frequenza di campionamento: 20.000 Hz

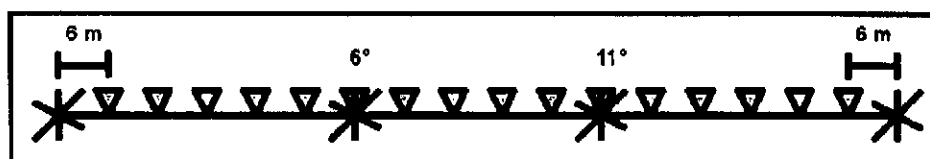


Figura 1 - Geometria dello stendimento di sismica a rifrazione in onde P.

Per le analisi interpretative è stato utilizzato il software SismaCon della ProgramGeo.

Attraverso l'osservazione dei sismogrammi si è proceduto all'operazione di picking, ovvero l'individuazione dei primi arrivi; in seguito si è proceduto alla ricostruzione delle dromocrone ed al calcolo delle velocità di propagazione delle onde elastiche analizzate e dei relativi tempi di intercetta:

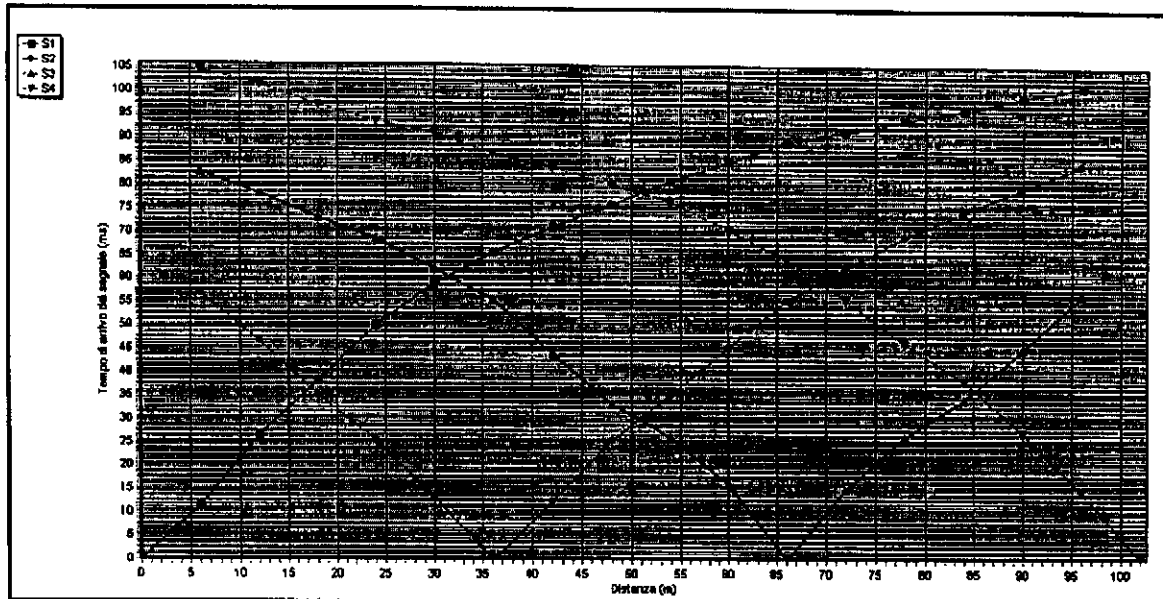


Figura 2 - Dromocrone relative allo stendimento di sismica a rifrazione in onde P

Le dromocrone evidenziano una stratigrafia investigata tipica dei fondovalle alluvionali, con la presenza di strati sedimentari dotati un basso contrasto di impedenza acustica; questa caratteristica è osservabile dall'andamento delle dromocrone, le quali non presentano variazioni di pendenza ben pronunciate, ma bensì mostrano coefficienti angolari progressivamente decrescenti.

Dallo studio delle dromocrone, attraverso il metodo di interpretazione "reciproco di Hawkins", è stata possibile la ricostruzione del modello di sottosuolo derivante dalle velocità riscontrate.

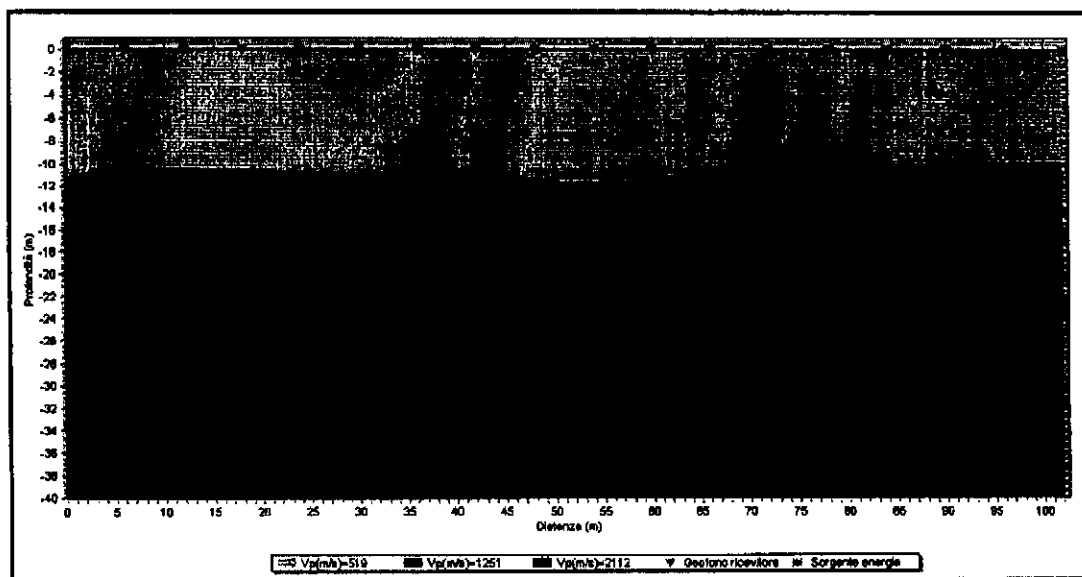


Figura 3 - Ricostruzione della stratigrafia basata sulle velocità riscontrate delle onde P.

Quanto suddetto per le dromocrone vale anche per la ricostruzione spaziale della velocità dei sismostrati, in quanto il passaggio tra un sismostrato ed il successivo non sarà brusco ma graduale. Anche i valori delle velocità interpretate mediante la figura 3 non saranno costanti all'interno di ciascuno strato, ma progressivi.

Attraverso il modello interpretativo è stato possibile schematizzare il terreno investigato in almeno tre sismostrati:

Primo sismostrato

Dal piano campagna si spinge fino ad una profondità media di -11 m dal p.c. ed ha una velocità media V_p pari a 519 m/s.

Secondo sismostrato

Tale livello arriva fino ad una profondità media di -26 m dal p.c., in particolare il limite inferiore è inclinato verso NO ed ha una profondità massima che varia tra -31 e -24 m dal p.c.; la velocità media V_p è pari a 1251 m/s.

Terzo sismostrato

Tale sismostrato è l'ultimo investigato ed ha una velocità media V_p pari a 2112 m/s

4. METODOLOGIA MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. And Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi.

Il metodo di indagine MASW utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente parallelamente all'array) e misurate da uno stendimento lineare di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5-100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30 m circa, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°, sia della superficie topografica sia delle diverse discontinuità elastiche; in tale lavoro lo stendimento è stato effettuato su una superficie piana e non è stata riscontrata la presenza di discontinuità con inclinazioni critiche.

La metodologia utilizzata consiste in quattro fasi:

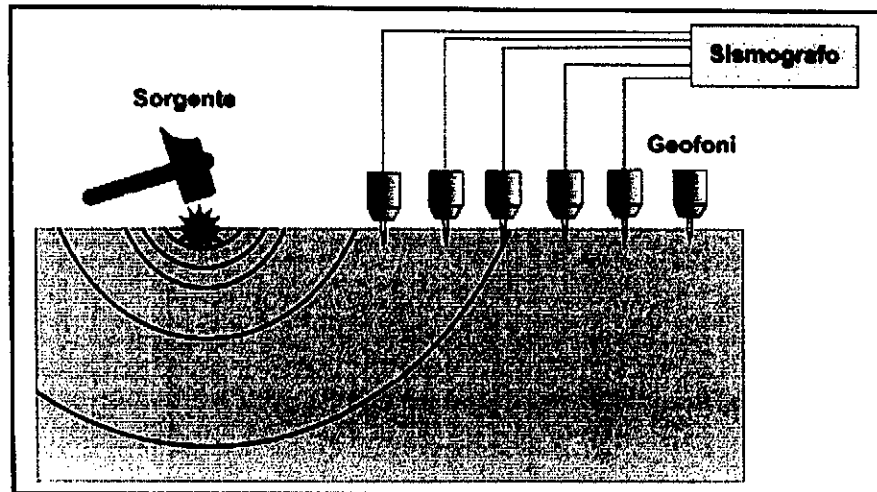
- calcolo della curva di dispersione sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spaziotempo lungo lo stendimento, energizzando alternativamente ai due estremi dello stendimento;
- calcolo della curva di dispersione apparente numerica;
- calcolo della curva di dispersione effettiva numerica;
- individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in alternativa il coefficiente di Poisson ν), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato; l'affidabilità del profilo di velocità V_s trovato durante il processo di inversione è valutata tramite la definizione dell'errore relativo tra le due curve.

4.1 Acquisizione e analisi prova MASW

L'acquisizione dei dati in modalità MASW è stata effettuata sul lotto in oggetto mediante il sismografo DoReMi della Sara Electronics Instruments a 16 canali.

L'energizzazione è avvenuta mediante la battuta di una mazza da 10 kg su di una piastra, di seguito si riportano in modo sintetico la configurazione spaziale e temporale dell'acquisizione in onde P:

- n. geofoni: 16
- lunghezza stendimento ricevitori: 45,0 m
- distanza intergeofonica: 3,0 m
- 2 end-shots posti a 6 e 9 m
- tempo acquisizione: 2,0 s
- frequenza: 5.000 Hz



L'analisi dei dati ottenuti con lo stendimento MASW è stata eseguita con il software Geospy e GeOMASW, con il fine di ricostruire un profilo stratigrafico mediante la velocità delle onde di taglio V_s .

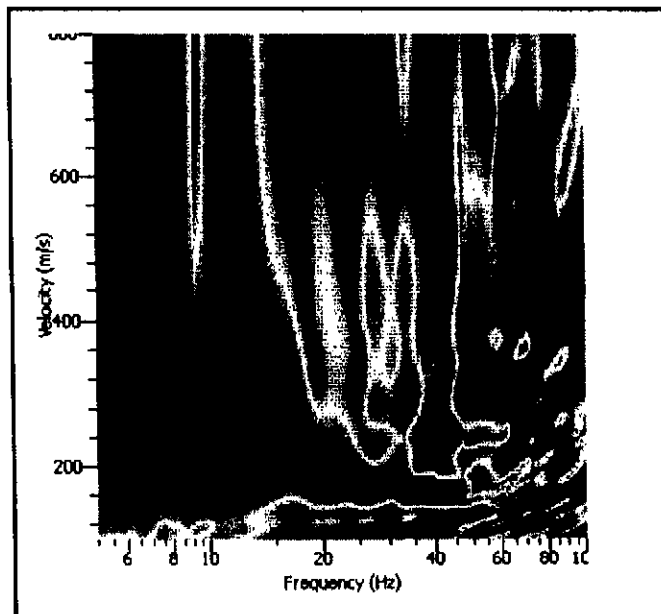


Figura 4 – Spettro di risposta F/V

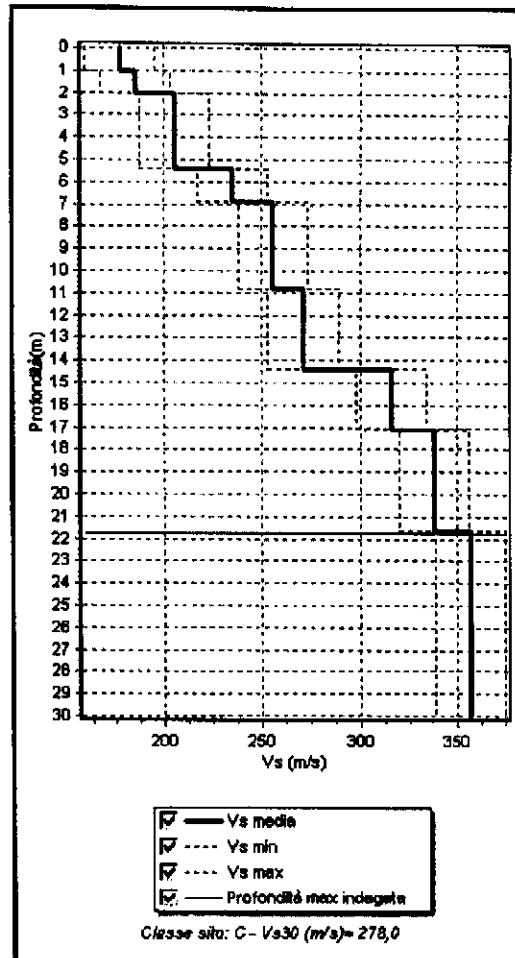


Figura 5 - Ricostruzione della stratigrafia basata sulle velocità riscontrate delle onde SH.

La ricostruzione delle velocità V_s mediante interpretazione della prova MASW evidenzia una stratigrafia che è tipica della piana pratese, con un aumento graduale delle velocità con l'aumentare della profondità. Tale stratigrafia è condizionata dall'assenza di sismostrati con caratteristiche sensibilmente differenti tra di loro; gli unici repentini cambiamenti di velocità si hanno a circa -6 m dal p.c., con velocità che passano da circa 200 m/s a circa 250 m/s, variazione dovuta al passaggio da sedimenti fini a livelli ghiaiosi, ed a -14 m dal p.c. dove le velocità passano da 260 m/s a 310 m/s.

5. CONCLUSIONI

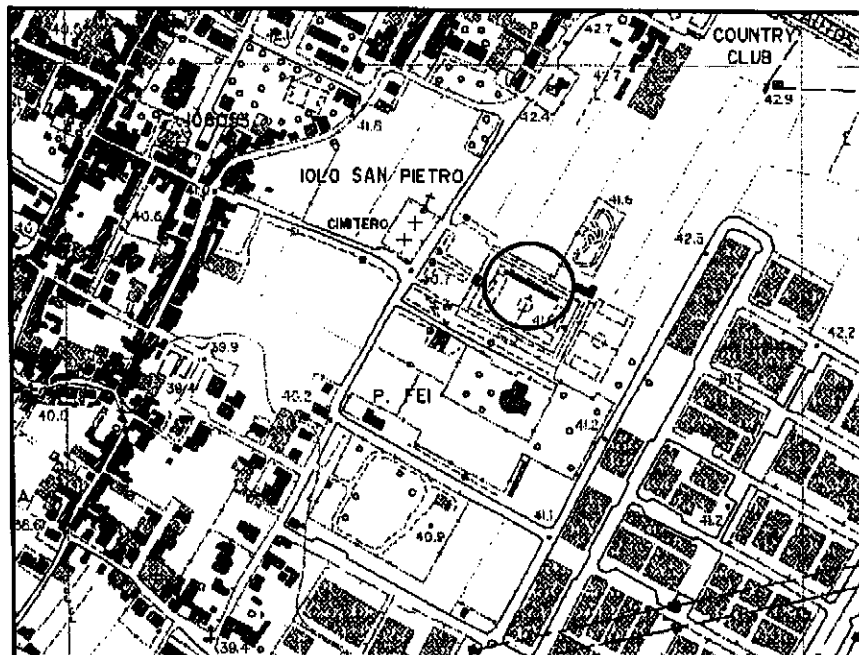
Il modello ricostruito mediante acquisizione MASW, ha consentito la ricostruzione di una stratigrafia verticale basata sul valore delle onde di volume (V_s) e di conseguenza la determinazione del valore $V_{s,30}$ che è risultato pari a 278 m/s. In riferimento al D.M. 14/01/2008 punto 3.2, il sito in oggetto ricade in **categoria di sottosuolo C** ovvero *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

Prato, 07 febbraio 2011

ALLEGATI

1. Ubicazione dell'area di studio
2. Calcolo della V_{s30}

1. Ubicazione dell'area di studio in scala 1:10.000



2. Calcolo delle Vs30

Profondità [m]	Hi [m]	Vsi [m/s]	Hi/Vsi
1	1	180	0,00556
2	1	190	0,00526
5,4	3,4	209	0,01627
6,9	1,5	235	0,00638
10,8	3,9	255	0,01529
14,4	3,6	270	0,01333
17,1	2,7	308	0,00877
21,6	4,5	331	0,01360
30	8,4	353	0,02380
Sommatoria	30		0,10825

Vs30	277,12	m/s
-------------	---------------	------------