PIANO ATTUATIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO COMPLESSO AD USO RESIDENZIALE IN VIA MARIE CURIE, 6 COMUNE DI PRATO

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DI FATTIBILITA'

(Ai sensi DPGR 26/R del 27/4/2007)

Committente: *Impresa Edile Franco Sabbi & C. (S.A.S.)*

Progettista: *Geom. ALBERTO MAZZONI*

Data: 28 Settembre 2009

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. pag. 6
2.3.) Riferimento al P.T.C. della Provincia di Prato pag. 8
2.4.) Rischio idraulico – Autorità di Bacino del F. Arno pag. 11
2.5.) Richiamo allo studio idraulico condotto a supporto dell'intervento pag. 13

3.) APPROFONDIMENTI DEL QUADRO CONOSCITIVO-DATI GEO-GNOSTICI E CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DELL'AREA pag. 14
3.1.) Campagna geognostica pag. 14
3.2.) Caratterizzazione stratigrafica e geo-tecnica del sottosuolo pag. 16

4.) CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE SULL'INTERVENTO pag. 19
4.1.) Considerazioni generali pag. 19
4.2.) Considerazioni preliminari sulla capacità portante della fondazione pag. 20
4.3.) Cedimenti pag. 21
4.4.) Scavi pag. 30

5.) RISPOSTA SISMICA LOCALE pag. 32
5.1.) Amplificazione per effetti morfologici o topografici pag. 32
5.2.) Amplificazione per effetti litologici o stratigrafici pag. 32
5.3.) Liquefazione pag. 33
5.4.) Carta delle zone a maggior pericolosità sismica locale (ZMPSL) pag. 38

6.) CONCLUSIONI CIRCA LA PERICOLOSITA' DELL'AREA E LA FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO pag. 39

IN ALLEGATO:- Elaborati grafici
- Tabulati Prove Penetrometriche

File: Pdrcurie

1.) PREMESSA

La presente relazione, su incarico dell'Impresa Edile Franco Sabbi & C. Sas, esamina le caratteristiche geologiche e geotecniche di un lotto di terreno posto in Via Marie Curie 6 - Comune di Prato, dove è in corso la redazione di un Piano Attuativo per la realizzazione di un nuovo complesso a destinazione residenziale.
Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo edificio plurifamiliare disposto su 3 piani fuori terra e piano interrato per autorimessa, previa demolizione di un vecchio edificio esistente, posto in aderenza ad altro edificio di altra proprietà.

L'ubicazione dell'edificio di cui si progetta il recupero è riportata in FIG. 1 : "Corografia Generale" in scala 1 : 10.000.

L'intervento, come detto, si configura come Piano Attuativo; la normativa regionale vigente (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) fornisce anche, al punto 4 dell'allegato A, le direttive per la formazione dei Piani complessi di intervento e dei Piani attuativi; in tali direttive si richiama la necessità di corredare il piano con una relazione di fattibilità predisposta nel rispetto delle condizioni di fattibilità contenute nello strumento di piano; la relazione di fattibilità deve contenere *"gli esiti degli approfondimenti di indagine, laddove siano stati indicati necessari dal regolamento urbanistico in relazione alle condizioni di fattibilità, ovvero indicazioni sulla tipologia delle indagini da eseguire e/o sui criteri e sugli accorgimenti tecnico-costruttivi da*

adottare, ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia."

Nella presente relazione si analizzeranno pertanto per prima cosa i contenuti dello studio geologico a supporto del Piano Strutturale e le classificazioni e condizioni di fattibilità contenute nel Regolamento Urbanistico; si analizzeranno inoltre anche i contenuti del PTC provinciale e del PAI dell'Autorità di Bacino del F. Arno; quindi, valutato se siano o meno intervenute modifiche rispetto al quadro conoscitivo di riferimento (assetto geomorfologico, idraulico, idrogeologico e sismico), sarà comunque affrontato un approfondimento delle caratteristiche geologiche e geotecniche dell'area, pervenendo ad una valutazione di pericolosità della stessa e di fattibilità dell'intervento ai sensi del DPGR 26/R.

Per tale approfondimento, saranno qui utilizzati, oltre a dati generali sull'area, anche i risultati di una indagine geognostica, composta da tre prove penetrometriche, appositamente eseguita sul sito oggetto di intervento.

2.) INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

2.1.) Caratteristiche generali

Il lotto in esame è ubicato in posizione marginale della 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 la 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 fluviale 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 neoformata 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, ma non la zona in oggetto che si trova nella parte altimetricamente più elevata della pianura.

Notevole rilevanza possiede, nell'area pratese, la presenza del vasto corpo sedimentario ghiaioso di conoide dovuto al Fiume Bisenzio; la zona in oggetto è tuttavia più direttamente correlata alle deposizioni alluvionali del T. Bardena, dato che risulta ubicata allo sbocco in pianura della valle di detto corso idrico.
È pertanto da ritenere che i depositi alluvionali che costituiscono il substrato nella zona in oggetto siano costituiti dalla sedimentazione del T. Bardena.

Per quanto riguarda l'idrogeologia dell'area, si riscontra solitamente in zona una falda assai superficiale, favorita dalla discreta permeabilità delle stratificazioni sabbioso-ghiaiose che costituiscono i sopra detti depositi alluvionali.

Secondo dati desunti dalla bibliografia ("*La falda idrica della conoide di Prato*" di Landini-Pranzini-Venturucci, 1990), la quota della superficie freatica in zona risulta prossima (leggermente inferiore) ai 70 m s.l.m. (dati risalenti a Ottobre 1987); poiché la superficie topografica possiede in questa zona una quota media di circa 70,5 m s.l.m., ne conseguirebbe la presenza di una falda molto superficiale, praticamente subaffiorante.
Due dei perfori di prova penetrometrica ora eseguiti, attrezzati con un tubo piezometrico, hanno permesso di rilevare, nei primi giorni di giugno 2009, falda a –2,3 m dal p.c. (CPT1) e a –2,2 m dal p.c. (CPT2).
E' dunque certo che vi possa essere interferenza diretta tra la falda ed il piano interrato del fabbricato, il cui piano di calpestio si ubicherà a circa -2,85 m rispetto alla quota zero di progetto.

Ciò richiederà una attenta impermeabilizzazione dell'interrato stesso, oltre a comportare alcuni aspetti relativi alle fasi di cantiere.

2.2.) Caratteristiche dell'area desumibili dagli elaborati del Piano Strutturale

Riferendosi alla cartografia geologica allegata al Piano Strutturale vigente, è possibile notare quanto segue:

- Sulla "Carta geolitologica" (estratto riportato in FIG.2), l'area indagata ricade in zona in cui i depositi superficiali sono costituiti da "limi"; va tuttavia detto che, come rivelato dalle prove penetrometriche eseguite in sito, questa copertura superficiale di materiali fini giunge fino a –3,0 ÷ -4,8 m dal p.c., mentre al di sotto di essa sono presenti i sedimenti ghiaioso-sabbiosi riferibili con ogni probabilità alla conoide del T. Bardena.

- Sulla "Carta Idrogeologica - Il livello massimo della falda" (estratto riportato in FIG.3), è confermato il dato relativo ad una quota assai superficiale della falda, ricadendo la zona in prossimità dalla linea isopieza con quota 70 m s.l.m.; come detto, dato che il piano di campagna dell'area di intervento risulta essere posto mediamente a circa 70,5 m s.l.m., se ne deduce presenza di falda molto superficiale, fatto che è in particolare da riferire ai periodi di morbida.

- Sulla carta "Carta della Pericolosità" (FIG. 4), l'area è definita ricadere in Classe di Pericolosità 2f ovvero

pericolosità bassa ma con presenza di falda entro i primi 4 m di profondità dal p.c.; la presenza di acqua a quote superficiali è stata verificata, anche nel mese di giugno, direttamente nei perfori di prova penetrometrica eseguiti in situ; ciò, come già detto, richiederà necessariamente un'adeguata impermeabilizzazione dei locali interrati, oltre a dover essere tenuto in conto nelle fasi di scavo e di cantiere e nei calcoli geotecnici per le fondazioni. Tale classificazione corrisponde, ai sensi della Del. C.R. 94/85 secondo cui la classificazione stessa è stata redatta, a situazioni geologico–tecniche apparentemente stabili sulle quali però permangono dubbi che comunque potranno essere chiariti a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione esecutiva.

Su tale carta non sono indicate problematiche di tipo idraulico; in tal senso si riporta in FIG. 4b una più recente cartografia ripresa dall'Allegato idraulico al PS del Comune di Prato così come contenuta nello studio idraulico prodotto per l'intervento in oggetto dall'Ing. David Molossi. In tale cartografia l'area risulta inondabile con tempo di ritorno Tr = 200 anni.

Per quanto riguarda la fattibilità attribuita all'intervento in oggetto dallo studio geologico di supporto al P.R.G., essa può essere dedotta dalla griglia sotto riportata, ripresa dall'Art. 121 del R.U. del Comune di Prato.

	PERICOLOSITA'														
	2	2f	3	3r	3v	3d	3s	3e	4fr	4acc	4tr	4i	4a	4r	4all
Manutenzione ordinaria	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Manutenzione straordinaria	2	2	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3
Risanamento conservativo	2	2	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3
Restauro	2	2	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3
Ristrutturazione	2	2	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3
Ampliamento	2	2	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3
Demolizione / ricostruzione	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
Demolizione	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ristr. Urb./recupero ambient.	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
Nuova edific. e nuovo impianto	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4

In base alla classificazione di pericolosità 2f sopra vista (FIG. 4), per un intervento di demolizione e ricostruzione o di nuova costruzione dovrebbe essere attribuita **Classe di fattibilità 2,** ovvero, dall'Art. 121 del R.U. "situazioni che non determinano particolari condizioni di attuazione". Tuttavia, la pericolosità dell'area e la fattibilità dell'intervento saranno di seguito controllate sulla base di altre più recenti cartografie (Fig. 4b) e normative, al fine di pervenire ad una definitiva classificazione di pericolosità dell'area e fattibilità del piano attuativo in oggetto ai sensi della normativa attualmente in vigore (DPGR 26/R).

2.3.) Riferimento al PTC della Provincia di Prato.

Si analizzano di seguito i dati contenuti della recente Variante di adeguamento del PTC della Provincia di Prato alla L.R. 1/2005, con particolare riferimento alle misure di salvaguardia di cui al Capo III delle NTA della variante stessa.

- La Tav. QC_GEO_07 - Carta delle Emergenze Geoambientali, di cui si riporta uno stralcio in FIG. 5, mostra che il Piano di Recupero in oggetto non insiste su aree di prelievo di materiali lapidei; non risulta inoltre essere interessato dalla presenza di fonti o sorgenti, né tanto meno, da forme prodotte dall'azione delle acque superficiali, da carsismo o da fronti di cava.

- In FIG. 6 si riporta uno stralcio della Tav. QC_PCR_02 (sensibilità al rischio); su essa l'area in oggetto, attualmente occupata da un edificio, non risulta essere definita quale area di emergenza destinata all'ammassamento soccorritori, o ad "area attrezzata multifunzionale di interesse generale" per utilizzo pubblico in condizioni di "non emergenza".

- Per quanto riguarda la Tav. QC_PCR_03 – Definizione rischio idraulico -(FIG. 7), l'area d'intervento appare classificata a **Rischio Elevato**. Essa cade infatti esattamente sul margine interno di una zona così classificata.

Si riporta di seguito, per completezza, il commento di altre carte di corredo alla Variante al PTC (2008), delle quali non si allega alcun stralcio in relazione perché ritenute non determinanti ai fini dell'intervento in oggetto.

- Sulla Tav. IDR 01 – Piano rischio idraulico Autorità di Bacino del Fiume Arno, l'area in esame ricade all'interno delle aree alluvionabili (alluvioni ricorrenti od eccezionali) così come definite dal DPCM 5/11/1999 e risulta anche essere stata interessata dalle

inondazioni durante gli eventi alluvionali del periodo 1991-1992-1993.
Il lotto non risulta invece interessato da interventi strutturali di tipo A e tipo B.

- La TAV. IDR 02 – Piani Assetto Idrogeologico, riporta la classificazione di pericolosità idraulica attribuita ai territori di pianura dall'Autorità di Bacino dell'Arno e del Reno, senza aggiungere niente alla cartografia del PAI, che di seguito sarà riportata e commentata.
  Si nota che su questa carta vengono accorpate le zonizzazioni di pericolosità del PAI in scala 1:25.000 (livello di sintesi) ed in scala 1:10.000 (livello di dettaglio), senza tenere conto delle differenti definizioni (vedi art. 5 delle NtA del PAI); sulla legenda allegata, infatti, vengono riportate solamente le definizioni delle classi di pericolosità che l'Autorità di bacino ha definito per il livello di dettaglio (scala 1 : 10.000).

- La TAV. IDR 03 – Opere Idrauliche Classificate, indica che l'area in oggetto non è interessata dalla previsione di realizzazione di casse di espansione; non introducendo quindi limiti in questo senso per l'intervento in progetto.

- Infine, la TAV. PCR 01 – Aree Idrogeologicamente Omogenee, che suddivide il territorio provinciale in vari sottobacini idrogeologici (solitamente coincidenti con i vari territori comunali), indica che l'area in esame ricade ovviamente nell'area di Prato (area B3).

Per quanto riguarda il rischio idraulico, nel PTC sono quindi riprese le definizioni del PAI; l'art. 25 delle NtA

del PTC 2008, al punto 6 definisce testualmente che alle carte di Integrità idraulica (QC_IDR_01 e QC_IDR_02) sono associate le Norme Tecniche di Attuazione contenute negli stessi Piani di settore delle Autorità di Bacino.
Anche ai sensi delle salvaguardie poste dal PTC diviene dunque determinante l'analisi del PAI.

All'art. 25 del PTC, si danno inoltre disposizioni per il contenimento dell'impermeabilizzazione del suolo; si può nel caso in oggetto notare che l'intervento ricade in zona già edificata ed impermeabilizzata (piano attuativo su area occupata da un edificio esistente), e che non vi sarà pertanto una "consistente ricaduta sull'assetto idrogeologico e sulla capacità di permeabilità del suolo", che potrebbe altrimenti portare alla previsione di opportune opere di compensazione anche mediante la realizzazione di opere di raccolta temporanea delle acque.
Per quanto riguarda il contenuto dell'ultimo capoverso dell'art. 25, si nota che nel caso in oggetto, con la sostituzione dell'edificio esistente con altro edificio per civile abitazione, anche tenuto conto del più vasto piano interrato, non si concretizza un aumento di superficie coperta uguale o superiore a 500 mq; anche in questo caso dunque cade la necessità di impianti di accumulo per l'immagazzinamento ed il riutilizzo delle acque meteoriche.

2.4.) Rischio idraulico - Autorità di Bacino del F. Arno

Sul PAI - Piano Stralcio Assetto Idrogeologico- (stralcio riportato in FIG. 8), la zona in oggetto è indicata ricadere in area a pericolosità idraulica P.I.3. Per la

zona in oggetto tale classificazione è su cartografia redatta a “livello di sintesi” (scala 1:25.000), e non a “livello di dettaglio” (scala 1:10.000); ciò, nella definizione data nell’Art. 5 delle norme di attuazione del PAI, non corrisponde ad uno specifico battente idraulico legato ad eventi con un certo tempo di ritorno, ma corrisponde unicamente a quelle aree che nel Piano straordinario approvato con delibera n° 137/1999 del Comitato istituzionale dell’Autorità di Bacino erano classificate come aree B.I.; andando a vedere la del. 137/99 e la cartografia collegata, il significato delle aree B.I. è il seguente:

“Aree alle quali è esteso quanto previsto dalla delibera del Consiglio Regionale Toscano n. 230/94 per l’ambito definito “B” della stessa”.

Tale ambito B poneva le direttive per le nuove previsioni ricadenti al suo interno (ovvero per le previsioni che comunque comportano aumenti di superficie coperta superiore a 500 mq).

Tali direttive erano riprese anche dal PIT 2000-2005; esse richiedevano che venisse eseguita sul corso d’acqua interessato una indagine idrologico-idraulica al fine di individuare l’eventuale presenza del rischio idraulico sulla base della piena con tempo di ritorno duecentennale; in presenza di rischio idraulico così definito dovevano essere individuati gli interventi di regimazione idraulica dimensionati sulla base di detto evento di piena, nonché le aree da destinare alla localizzazione degli stessi per preservare le nuove previsioni ed i centri abitati vicini. Detti interventi non devono aggravare le condizioni di rischio a valle.

Quanto sopra tuttavia valeva per le previsioni che comportassero un incremento di superficie coperta che nel

caso in oggetto non si realizza; inoltre, nel PIT 2006–2010 la definizione di ambito B è stata totalmente stralciata.

Ad ogni modo, è all'art. 36 delle N.t.A. del PAI che vengono definite le condizioni per l'attuazione di interventi che ricadono in pericolosità P.I.3:

Art.36 – Norma transitoria per l'attuazione degli strumenti urbanistici vigenti alla data di entrata in vigore del PAI negli ambiti a pericolosità idraulica molto elevata (P.I.4) e elevata (P.I.3)

> *"Negli ambiti a pericolosità idraulica molto elevata (P.I.4) e elevata (P.I.3) del tessuto insediativo, ferma restando la necessità della sua messa in sicurezza, sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici vigenti alla data di entrata in vigore del PAI, purchè sia dimostrato che tali interventi non determinano un aumento della pericolosità del contesto territoriale circostante e sia dimostrata, inoltre, l'assenza e/o l'eliminazione di pericoli per le persone ed i beni, anche tramite la messa a punto di interventi di carattere non strutturale. .omissis..."*

2.5.) Richiamo allo studio idraulico condotto a supporto dell'intervento.

In funzione delle classificazioni di rischio idraulico sopra descritte è stato appositamente redatto, dall'Ing. David Molossi, uno studio idraulico per l'area in oggetto. In tale studio si definisce per la zona, soggetta a transito delle acque esondate dal T. Bardena-Iolo, un battente idraulico di 11 cm per eventi con tempo di ritorno Tr = 200 anni.
Viene inoltre definito un intervento a compensazione del volume sottratto dall'intervento alle acque esondate, dando in tal modo risposta a quanto necessario in funzione dell'Art. 36 del PAI sopra riportato.

3.) APPROFONDIMENTI DEL QUADRO CONOSCITIVO - DATI GEOGNOSTICI E CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DELL'AREA

3.1.) Campagna geognostica

Per ottenere dati sulle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni interessati dall'intervento è stata una campagna geognostica composta da 2 prove penetrometriche statiche CPT e da una prova penetrometrica dinamica S.C.P.T., spinte fino a profondità comprese tra –9,9 e –12,2 m dal p.c.; tale profondità, date anche le caratteristiche geotecniche dei terreni incontrati, è stata ritenuta in questa fase sufficiente per indagare i terreni al di sotto del piano di posa delle fondazioni dell'edificio in progetto.

In Fig. 9, *Ubicazione delle verticali d'indagine geognostica* (scala 1 : 2.000), è riportata la posizione delle prove eseguite rispetto all'impronta del fabbricato in progetto.

L'attrezzatura utilizzata per l’esecuzione di dette prove è costituita da un penetrometro Pagani 73-100 KN, semovente su sei ruote motrici, attrezzato per eseguire sia prove penetrometriche statiche che dinamiche.
La prova penetrometrica statica CPT 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 gradi
- 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 Qc;
- la resistenza all'avanzamento della punta più la resistenza per attrito laterale sul manicotto Qc+Fs.

L’altro tipo di prova condotto (prova penetrometrica dinamica) consiste nell'infissione di una punta conica tramite battitura, operata mediante un maglio di peso e altezza di caduta standardizzati; il risultato viene espresso per mezzo della registrazione del numero di colpi N per ogni 30 cm di infissione.
Il penetrometro dinamico utilizzato è del tipo superpesante (DPSH) Meardi - AGI, con le seguenti caratteristiche:

- peso del maglio: 73 Kg
- altezza di caduta: 75 cm

- punta conica con angolo al vertice: 60°
- diametro cono: 51 mm

I risultati delle prove effettuate hanno consentito di elaborare grafici dei valori misurati nel corso della prospezione.
Tali grafici sono riuniti in appendice alla presente Relazione Tecnica.

Nei perfori di prospezione CPT1 e CPT2, attrezzati con tubo freatimetrico fessurato, è stato eseguito un rilevamento freatimetrico, tramite il quale all'inizio del mese di giugno si è riscontrata la presenza di acqua, a –2,2 ÷ -2,3 m dal p.c., con possibilità di ulteriore risalita in periodo di morbida.

3.2.) Caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del sottosuolo

L'insieme delle verticali d'indagine condotte ha rilevato la presenza di terreni fini, di natura coesiva, fino a profondità comprese tra –3,0 e –4,8 m dal p.c., profondità dalla quale sono poi presenti sedimenti ghiaiosi e sabbioso-ghiaiosi che si estendono fino alla massima profondità indagata, intercalati unicamente da sottili livelli con prevalenza di matrice fine.

Mentre il rapporto Qc/Fs relativo alle verticali di prova indica la presenza di sedimenti prevalentemente argillosi, con talora leggero spostamento verso composizioni più limose in CPT2.

Sulla base delle tre prove penetrometriche è possibile sintetizzare la seguente successione stratigrafica:

livello A0 (da 0,0 fino a -1,0 ÷ -1,2 m di profondità dal p.c.): terreni superficiali pedogenizzato, con valori di resistenza alla punta Qc compresi tra 10 e 17 Kg/cmq, ovvero più bassi che non nei terreni sottostanti; la prova penetrometrica dinamica, condotta sul fronte dell'edificio dove è presente il piazzale di ingresso, rileva uno spessore di circa 50 ÷ 60 cm di terreni di riporto costipati, coi seguono i terreni superficiali con resistenza dinamica N'30 = 3.

livello A1 (da -1,0 ÷ -1,2 fino a –3,0 ÷ -4,8 m di profondità dal p.c.): argillosi e argille limose mediamente consistenti, con valori Qc compresi, nella maggior parte dei casi, tra 25 e 35 Kg/cmq.
La verticale d'indagine PD3, in cui il livello descritto assume la minima profondità (fino a –3 m dal p.c.) ha rilevato un valore medio di N'30 prossimo a 5 colpi.

livello B (da –3,0 ÷ -4,8 fino –7,4 ÷ -9,0 m di profondità dal p.c.): ghiaie e ghiaie sabbiose discretamente addensate, con valori di resistenza Qc mediamente prossimi a 150 Kg/cmq, con picchi di maggior resistenza; la resistenza penetrometrica dinamica rileva valori di N'30 compresi tra 10 e 20 colpi, con i valori maggiori in profondità; sempre la verticale PD1 ha rilevato la presenza di un sottolivello più debole tra –4,8 ÷ -5,1 m dal p.c., dove si ha N'30 medio = 6.
Occorre anche ricordare che la verticale PD3 è quella in cui è stata rinvenuto a quote più superficiali il tetto delle ghiaie (-3,0 m dal p.c., contro profondità comprese tra –3,2 ÷ -4,8 m dal p.c. rilevate con le altre due

verticali d'indagine CPT1 e CPT2), è quindi probabile la presenza su l'intero lotto di una fascia di graduale passaggio da sedimenti fini a sedimenti grossolani alle profondità comprese tra –3,0 e –4,8 m dal p.c. .

livello C (da –7,4 ÷ -9,0 fino –9,2 ÷ -10,6 m di profondità dal p.c.): livello in cui si ha un netto incremento di matrice limo-argillosa, con ghiaia sparsa; i valori di resistenza Qc risultano assai variabili a seconda del contenuto in ghiaia, passando da 15-30 Kg/cmq dove è presente solo la matrice fine, a 60 Kg/cmq ed oltre dove prevalgono le ghiaie.
In corrispondenza della verticale PD1, questo livello risulta sensibilmente più sottile (circa 60 cm), con un valore medio di N'30 = 4,5 colpi.

livello D (da –8,1 ÷ -10,6 fino alla massima profondità indagata (pari a –12,4 m dal p.c. – CPT2)): ghiaie e sabbie addensate con valori di Qc spesso superiori a 200 Kg/cmq e N'30 medio = 13 colpi.

L'orizzonte superficiale (livello A0 e livello A1) è caratterizzabile con un comportamento geotecnico sostanzialmente coesivo, regolato quindi a breve termine dalla resistenza al taglio rapido non drenato (cu), mentre a lungo termine, quando la coesione tende ad annullarsi e si desta l'attrito intergranulare in seguito alla dissipazione delle pressioni interstiziali, la coesione tende a decadere e la resistenza a taglio viene fornita dall'angolo d'attrito interno ϕ.
Ai livelli B e D è possibile invece attribuire un comportamento geomeccanici di tipo incoerente, con resistenza a taglio, sia a breve sia a lungo termine, fornita dall'angolo d'attrito interno ϕ.

4.) CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE SULL'INTERVENTO

4.1.) Considerazioni generali

Il progetto prevede la realizzazione, previa demolizione dell'edificio esistente sprovvisto di piano interrato, di un nuovo edificio disposto su 3 piani fuori terra e dotato di piano interrato con calpestio posto a –2,85 m rispetto alla quota 0,0 di progetto.
Gli aspetti più critici che potranno condizionare la fattibilità dell'intervento risultano essere:

- La conduzione dello scavo, per ricavare il piano interratto, in aderenza all'edificio di altra proprietà disposto in aderenza sul confine nord-ovest, che risulta in precedenza ristrutturato a appare privo di piano interrato.

- La presenza di falda molto superficiale (-2,2 m dal p.c. all'inizio di giugno 2009); essa richiede una attenta impermeabilizzazione del nuovo piano interrato, ma pone anche il problema delle fasi di cantiere, sia per il rischio connesso ai cedimenti indotti nei terreni argillosi da un eventuale prolungato abbattimento del livello idrico per pompaggio nello scavo, sia per il rischio di una eventuale spinta di galleggiamento sulla struttura. La presenza di flusso idrico rende inoltre più critica la stabilità dello scavo. Sia i problemi di cedimento che di stabilità devono essere tenuti in conto in relazione alla presenza dell'edificio a confine.

- La variazione stratigrafica laterale con inizio delle ghiaie a –3,0 m dal p.c. in PD1 ed a –4,2 ÷ -4,8 m dal p.c. rispettivamente in CPT1 e CPT2, comporta una differenzialità dei terreni di appoggio del nuovo edificio, il cui piano di posa cadrà a circa –3,4 m dal p.c.

Sia la necessità di impermeabilizzazione del fondo, sia l'opportunità di ridurre la profondità di scavo, sia infine la minimizzazione del rischio di cedimento differenziale per la variazione stratigrafica sopra detta, consigliano il ricorso ad una fondazione del tipo a platea generale.
Considerando la presenza del piano interrato, il cui piano di calpestio, come deducibile dai progetti forniti, sarà posizionato ad una quota di -2,85 m dalla quota zero di progetto, si può supporre che il piano di posa di tale fondazione cadrà a circa –3,5 m dal p.c., compreso uno strato di magrone di pulizia.

4.2.) Considerazioni preliminari sulla capacità portante della fondazione

La soluzione a platea generale comporterà il vantaggio di una ridotta pressione trasmessa al suolo dall'edificio in oggetto; per contro, la platea generale permette un buon sviluppo di capacità portante; ciò è particolarmente vero su terreni attritivo o in termini di tensioni efficaci su terreni fini (quando la resistenza a taglio è comunque fornita dall'attrito), in quanto nei termini dell'espressione di calcolo del carico limite in cui compare il valore dell'attrito sono presenti anche, quali fattori moltiplicativi, le dimensioni geometriche D e B della fondazione; è allora evidente come per la platea il

termine B (larghezza) sia molto elevato, ma anche la profondità di incastro al suolo D, in presenza di piano interrato, risulta più elevata rispetto ad una trave rovescia, in quanto per la platea è costituito dalla differenza tra piano di posa e paino di campagna, piuttosto che non alla profondità del solo scavo a sezione obbligata per il getto delle travi rovesce.

Nel caso più critico, costituito dall'appoggio sui terreni argillosi, si deve rilevare come tali terreni, a –3,4 m dal p.c., posseggano discreta consistenza, come evidenziato dalla resistenza penetrometrica Qc determinata a tale profondità; ciò favorisce il calcolo in termini di sfori totali, quando deve essere considerata la resistenza al taglio rapido non drenato c_u.
In base ad una resistenza Qc pari ad almeno 30 Kg/cmq, si può infatti stimare la seguente resistenza al taglio rapido non drenato:

c_u = Qc/25 = 1,2 Kg/cmq

Ciò, in prima analisi, permette di ritenere che potrà essere facilmente verificata, per la fondazione in oggetto, la verifica allo stato limite ultimo (SLU) per raggiungimento del collasso del terreno di fondazione.

4.3.) Cedimenti

Salvo le più dettagliate considerazioni che dovranno essere condotte in fase di progettazione esecutiva anche nei termini della verifica allo stato limite di esercizio (SLE), si procederà di seguito ad una prima valutazione del

possibile cedimento delle nuova struttura in conseguenza all'applicazione del carico strutturale al suolo.
Come già accennato, per una fondazione a platea si può prevedere una profondità del piano di posa pari a circa -3,4 m dal p.c.; a tale profondità, come già accennato, è stata rinvenuta una differenziazione stratigrafica, dato che la verticale PD3 (lato anteriore dell'edifico) segnala presenza di ghiaie al livello del piano di posa, mentre sulle verticali d'indagine CPT1 e CPT2 (lato posteriore dell'edifico), il tetto del primo livello ghiaioso è posto a profondità maggiori, comprese tra –4,2 ÷ -4,8 m dal p.c..
Si procederà pertanto di seguito al calcolo del cedimento nelle due ipotesi stratigrafiche estreme, al fine di mettere in evidenza un eventuale comportamento differenziale.

Le dimensioni della platea, sulla base degli elaborati progettuali forniti dal progettista, sono pari a circa 22 x 26 m.

I sedimenti ghiaiosi potranno dar luogo a cedimento di tipo immediato, mentre nei terreni fini scarsamente permeabili si avrà cedimento per consolidazione.

Per quanto riguarda la pressione media trasmessa al suolo, considerando la presenza di 5 livelli strutturali, si ipotizzerà che essa sia pari a 1 Kg/cmq.

Cedimento per consolidazione

Per quanto riguarda la compressibilità dei terreni fini, essa sarà in questa fase valutata sulla base dei risultati delle prove penetrometriche CPT1 e CPT2; secondo Sanglerat

o Mitchell e Gardner, si il modulo di compressibilità E può essere valutato con :

$E = \alpha\ qc$

dove il fattore di correlazione α assume valori leggermente diversi in funzione delle caratteristiche del sedimento (granulometria e plasticità) e secondo lo stato di consistenza messo in luce dalla prova penetrometrica stessa.
Una interpretazione cauta dei coefficienti di correlazione proposti dagli Autori risulta essere:

$\alpha = 2,5$

Il cedimento per consolidazione in materiali fini è valutabile tramite la formula:

$$S = Is * qp * mv * H$$

in cui:

S = cedimento totale
Is = fattore di influenza del sovraccarico in profondità
qp = incremento della pressione esercitata sul terreno
mv = coefficiente di compressibilità volumetrica (mv = 1/E)
H = spessore del singolo strato considerato cedevole.

Occorre notare che il termine qp è costituito dall'incremento di pressione sul terreno in seguito all'intervento edificativo, e che tale incremento è il

risultato della somma algebrica dei carichi trasmessi dalla fondazione e dello sgravio di carico dovuto all'asportazione di terreno, calcolata in termini di pressioni efficaci.
Nel caso in oggetto, essendo l'edificio dotato di piano interrato, tale compensazione sarà assai influente sul risultato finale.
Poiché la consolidazione avviene con espulsione di acqua interstiziale, nel caso di terreni scarsamente permeabili essa è provocata solo dai carichi permanenti, ipotizzati solitamente essere pari all'90% dei carichi totali; data la presenza di un livello ghiaioso a scarsa profondità che può favorire il drenaggio del materiale limo-argilloso, si ipotizzerà tuttavia che anche i carichi accidentali di più prolungata applicazione possano indurre consolidazione, considerando in definitiva attivo in tal senso il 90% dei carichi totali.

L'incremento di pressione permanente sarà pertanto (tenuto conto della presenza di acqua a –1,5 m dal p.c. che riduce il peso, in termini di pressioni efficaci, del terreno asportato)

$$\Delta qp = 1{,}0 \times 0{,}9 - (150 \times 1{,}9 + 190 \times 0{,}9) \times 0{,}001 =$$
$$= 0{,}9 - 0{,}456 = 0{,}444 \text{ Kg/cmq}$$

Il cedimento è stato calcolato valutando la diffusione delle pressioni al di sotto del vertice di un'area caricata di forma rettangolare (Steinbrenner); suddividendo la fondazione in quattro parti rettangolari, il cedimento può in tal modo essere ottenuto come sovrapposizione degli effetti dei quattro vertici concorrenti; tale metodo può essere applicato in un qualunque punto, interno od esterno all'area caricata; ciò permette di valutare l'effetto della

rigidità della struttura che trasmette il carico; tale rigidità uniforma il cedimento al centro e sui bordi, essendo il risultato finale inferiore a quello calcolato al centro di un'area flessibile.
In una superficie di carico flessibile esiste comunque un punto in cui il cedimento è pari a quello proprio di una superficie di carico rigida; tale punto, secondo gli studi di Voitius Van Hamme, è detto punto caratteristico. Valutando dunque la scomposizione della fondazione in rettangoli concorrenti in tale punto è possibile ottenere il cedimento di un'area di carico rigida, come in effetti risulta essere, almeno in parte, nella realtà.

In TABB. 1 e 2 si riporta il calcolo del cedimento per consolidazione in entrambe le verticali; poiché la platea, data la sua grande impronta, può spingere il carico in profondità, nel calcolo sono stati immessi anche i livelli a maggior contenuto di matrice presenti intorno a –8 ÷ –9 m di profondità.
In tal modo, il cedimento per consolidazione calcolato risulta pari a circa 1,1 ÷ 1,2 cm, senza significative differenze sulle due verticali di prova statica.

Cedimento immediato (livelli ghiaiosi)

Il cedimento immediato nei terreni incoerenti, partendo dai risultati di prove penetrometriche statiche CPT, può essere valutato tramite il metodo di Schmertmann, che si basa sulla formula:

$$W = C1 \times C2 \times dq' \times \frac{Iz \times dz}{E'}$$

in cui:

C1 = coefficiente che considera l'approfondimento relativo della fondazione;
C2 = coefficiente che tiene conto del cedimento secondario (o secolare);
dq'= pressione efficace netta, pari al carico totale compensato dal peso del terreno asportato;
Iz = coefficiente di influenza dello sforzo verticale;
dz = spessore dello strato considerato;
E' = modulo di deformazione, calcolato sulla base della resistenza penetrometrica alla punta Qc;

Tale calcolo viene condotto per entrambe le verticali di prova disponibili; le elaborazioni sono riportate nelle allegate TABB. 3 – 4. Il risultato ottenuto, che va ad aggiungersi al cedimento per consolidazione sopra calcolato sulle verticali CPT1 e CPT2, è pari a circa 2 mm.
Si deve peraltro notare, come si nota dai grafici riportati sulle tabelle di calcolo, che la diffusione del carico della platea giunge a profondità maggiore di quella su cui è stato condotto il calcolo; appare pertanto prudenziale incrementare il valore del cedimento calcolato a circa 0,5 cm.

Nel caso della verticale di prova PD3 (prova penetrometrica dinamica) le ghiaie sono presenti già a livello del piano di posa.
Per valutare il cedimento partendo dai risultati di prove di tipo dinamico, si può utilizzare il metodo di *Burland e Burbidge*, definito sull'analisi statistica di oltre 200 casi reali comprendenti fondazioni di dimensioni variabili. Esso si esprime attraverso la seguente formula:

$$W = fs*fh*ft * [p'o * B0,7 * Ic/3 + (q'-p'o) * B0,7 * Ic]$$

dove:

q' = pressione efficace lorda, espressa in Kpa;
p'o= tensione verticale efficace agente alla quota di imposta della fondazione (Kpa);
B = larghezza della fondazione, in metri;
Ic = indice di compressibilità
fs = fattore correttivo per la forma della fondazione;
fh = fattore correttivo per lo spessore dello strato compressibile;
ft = fattore correttivo per la componente viscosa del cedimento.

Il cedimento risultante dal calcolo è espresso in mm.

All'interno della parentesi quadra figurano due termini: il primo si riferisce alla ricompressione del deposito fino al raggiungimento della pressione litostatica efficace agente alla quota di imposta della fondazione (in pratica si fa l'ipotesi che l'asportazione di terreno e quindi di carico provochi un ritorno elastico pari ad 1/3 della deformazione dovuta al carico litostatico).
Il secondo termine è invece dovuto all'effetto del carico eccedente la ricompressione fino a p'o.
I risultati di prova S.P.T. vengono utilizzati nella determinazione dell'indice di compressibilità; occorre notare che i valori misurati in situ devono essere corretti, nel caso di depositi sabbioso-ghiaiosi, nel modo seguente:

$$Nc = 1,25 * Nspt$$

Il valore N da introdurre nel calcolo risulta essere quello medio compreso in un certo livello al di sotto delle fondazioni (Nav): lo spessore di tale livello varia in funzione della larghezza della fondazione e diviene al massimo pari a 2B nel caso che i valori di resistenza del terreno siano in riduzione con la profondità.
L'indice di compressibilità può allora essere ottenuto con la formula:

$$Ic = \frac{1,706}{Nav \cdot 1,4}$$

Per quanto riguarda i coefficienti correttivi fs, fh, ft è possibile notare quanto segue:

- il coefficiente fh viene posto = 1 se si considera compressibile l'intero spessore interessato dal procedimento di calcolo (avrebbe invece senso introdurre un fattore riduttivo qualora a breve profondità si trovassero terreni non deformabili).
- Il coefficiente di forma fs risulta prossimo ad 1.
- Il fattore tempo ft è stato valutato in base ad un periodo di 30 anni.

L'effetto del fattore tempo, ovvero del cedimento viscoso su base trentennale, è valutato sia sotto l'azione di carichi statici che di carichi pulsanti. Quest'ultimo caso potrebbe in qualche modo simulare l'effetto di ripetute sollecitazioni dinamiche di tipo sismico.

Per ottenere il valore Nspt dal valore N’30 a nostra disposizione, può essere utilizzata la correlazione fornita dal costruttore del macchinario penetrometrico

(corrispondenti anche a quanto riportato da studi condotti da Tissoni et Al.), che è:

Nspt = 1,74 N’30

Data la dimensione di fondazione, deve essere utilizzato un valore di Nspt mediato su un ampio tratto al di sotto del piano di posa, ovvero in pratica sull’intera profondità della prova; si ottiene in tal modo, come valore di Nspt medio da immettere nel calcolo:

Nspt = 12,66 x 1,74 = 22

Il risultato del calcolo del cedimento è riportato in TAB. 5 e risulta pari a 8,5 mm; divine circa 13 mm dopo 30 anni; nel caso di carichi pulsanti si raggiungono 21 mm.

Resterebbe, sulla verticale PD3, da valutare il possibile cedimento per consolidazione nel livello a maggior contenuto di matrice fine presente tra 7-,5 e –8,0 dal p.c. circa; per analogia con le prove statiche già sopra elaborate, si può ritenere che tale cedimento aggiuntivo sia di alcuni mm (3 –4 mm circa).

Conclusioni sul calcolo del cedimento

Si espongono di seguito sotto forma di tabella riassuntiva i risultati (in cm) dei calcoli di cedimento condotti:

Verticale	Cedimento per consolidazione	Cedimento immediato	Cedimento totale
CPT1	1,11	0,4	1,51 cm
CPT2	1,17	0,4	1,57 cm
PD3	0,4	0,85	1,25 cm

Come si può vedere, il cedimento su ogni verticale risulta contenuto entro il valore massimo ritenuto solitamente accettabile per normali strutture (2,5 cm); ciò è dovuto anche all'effetto compensativo del carico conseguente alla presenza di piano interrato e alla contenuta pressione di contatto trasmessa al suolo da una fondazione a platea.

Su può poi notare che la differenza di cedimento calcolata sulle varie verticali risulta abbastanza contenuta, tale da non far ritenere possibili particolari problematiche conseguenti a cedimenti differenziali.

4.4.) Scavi

La presenza del piano interrato risulta favorevole, come visto, ai fini del contenimento dell'incremento di pressioni trasmesso al suolo.
Lo scavo deve però essere valutato anche in funzione delle problematiche di stabilità, dato che non ovunque esso potrà essere dotato di idonea inclinazione a favore di stabilità; ciò avverrà in particolare sul lato nord dell'intervento, dove l'autorimessa interrata giunge fino a confine, e sul lato ovest, dove lo scavo dovrà essere condotto in aderenza ad altro edificio esistente privo di interrato.
La situazione più critica è senz'altro questa ultima, dato che l'edificio in aderenza può rimanere coinvolto in problematiche di destabilizzazione e dato che esso stesso rappresenta un sovraccarico spingente posizionato sul ciglio di scavo. A ciò appare opportuno aggiungere ulteriore cautela in funzione della vetustà delle strutture e della conseguente incertezza circa la natura delle

fondazioni, che potrebbero senz'altro essere dotate di scarse risorse strutturali.
A favore della stabilità nelle fasi di cantiere risulta essere la natura coesiva dei terreni da assoggettare ad escavazione, mentre la presenza di acqua è sfavorevole sia per l'effetto di rammollimento dei terreni che per la spinta dovuta al flusso verso lo scavo.

Altro aspetto collegato alla presenza di falda superficiale è quello relativo alla necessità di procedere al pompaggio delle acque nello scavo; tale intervento dovrà tenere conto del fatto che un prolungato abbattimento del livello idrico, che si può estendere anche negli immediati dintorni dello scavo, può comportare indesiderati fenomeni di subsidenza dei terreni conseguenti al decremento delle pressioni neutre con incremento delle pressioni litostatiche efficaci, o anche variazioni di volume dovute alla riduzione del contenuto di umidità in terreni argillosi. Tale fenomeno, data la limitata profondità di scavo, non potrà estendersi a distanza, ma anche in questo caso l'elemento a rischio è costituito dall'edificio in aderenza; le operazioni dovranno pertanto procedere con rapidità e preferibilmente in stagione di minimo livello di falda.
Nelle future fasi di progettazione dovranno pertanto essere definite idonee procedure al fine di prevenire i rischi sopra descritti.

5.) RISPOSTA SISMICA LOCALE

La discussione sui possibili effetti sismici locali viene qui affrontata eseguendo preliminarmente una disamina dei possibili effetti di amplificazione sismica od instabilità dinamica locale.

5.1.) Amplificazione per effetti morfologici o topografici

Tale rischio risulta assente, essendo l'area totalmente pianeggiante.

5.2.) Amplificazione per effetti litologici o stratigrafici

La pianura alluvionale è costituita da uno spessore variabile di depositi alluvionali (fino ad alcune centinaia di metri), cui seguono le formazioni costituenti il fondo dell’antico bacino.
Il DPGR 26/R del 2007 indica, per la redazione della Carta delle zone a maggior pericolosità sismica locale (ZMPSL), la tipologia 9 definita come *“Zona con presenza di depositi granulari e/o sciolti. Amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica”.*

5.3.) 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.
Con riferimento alla verticale di prova CPT2 condotta sul lotto, è stato applicato per il calcolo del potenziale di liquefazione il metodo di *Robertson e Wride (1997)*.

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;

- ***g*** è l'accelerazione di gravità;
- σ_{v0} e σ'_{v0} sono rispettivamente la tensione litostatica verticale totale ed efficace;
- r_d un coefficiente di riduzione delle tensioni dipendente dalla profondità z e assunto pari a:

r_d = 1-0.00765 z	per z≤9.15m	*(Liao and Whitman, 1986)*
r_d = 1.174-0.0267 z	per 9.15<z≤ 23m	
r_d = 0.774-0.008 z	per 23<z≤ 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:

- livello di falda (z_W) il valore corrispondente alle misurazioni effettuate;
- peso per unità di volume (γ = 1,95 t/mc), il valore medio attendibile per i terreni in oggetto.

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:

$$q_{c1N} = \left(\frac{q_c}{\sigma'^{\,n}_{v0}} \right)$$

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 ≤ 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):

Limitatamente ai soli strati considerabili liquefacibili dal punto di vista litologico e del livello di falda, cioè al di sotto del livello di falda e con un indice I_c minore di 2.6, e da un punto di vista meccanico (con resistenza alla punta normalizzata per sabbie pulite, $(q_{c1n})_{cs}$, minore di 160) viene calcolata la capacità di resistenza alla liquefazione $CRR_{7.5}$, con la profondità (curva di resistenza alla liquefazione), valida per un terremoto di magnitudo 7.5 e per sabbie pulite:

$$CRR = 0.833 \cdot \left(\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right) + 0.05 \qquad \text{per } (q_{c1n})_{cs} < 50$$

$$CRR = 93 \cdot \left(\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right)^3 + 0.08 \qquad \text{per } 50 < (q_{c1n})_{cs} < 160$$

Calcolo del fattore di sicurezza (FSL):

Per gli strati considerati liquefacibili al precedente punto, viene calcolato 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, 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≤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, 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 sulla verticale di indagine CPT2; si veda la Tab.6 allegata.

Per una accelerazione massima amax = 0,2 g si ottiene un indice di liquefazione Pl = 1,16, valore che indica un basso rischio di liquefazione, assai prossimo al rischio “molto basso”.

Tale risultato è stato ottenuto conservando in input una magnitudo del sisma M = 7,5; con il valore di magnitudo proprio della zona in oggetto (Zona sismica ZS916 – Versilia-Chianti, terremoto atteso Ml = 5,4), si otterrebbe Pl = 0.

5.4.) Carta delle zone a maggior pericolosità sismica locale (ZMPSL)

A conclusione delle note sulla sismicità, è possibile redigere la carta ZMPSL (Fig. 10) richiesta dal DPGR 26/R; per la zona in oggetto, è unicamente presente la situazione 9 sopra indicata al punto 6.2., ovvero un possibile effetto di amplificazione dovuto alla stratigrafia (presenza di depositi alluvionali – Differenza di risposta sismica tra substrato e copertura).

Ai sensi della nuova normativa per le costruzioni in zona sismica, ciò in pratica richiede che in fase esecutiva venga definito il coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss sulla base della categoria del suolo di fondazione; è infatti fin d’ora escluso che si tratti della categoria A (roccia), che è l’unica categoria in cui non è prevista amplificazione stratigrafica.

6.) CONCLUSIONI CIRCA LA PERICOLOSITA' DELL'AREA E LA FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO

La presente relazione, fornita ai sensi della normativa vigente per la redazione delle indagini geologico-tecniche di supporto alla redazione di piani urbanistici o loro varianti (L.R. n. 1/2005 art. 62 e DPGR n. 26/R del 27.05.2007), ha esaminato le caratteristiche di un lotto di terreno posto in Prato, Via Curie 6, dove viene redatto un Piano Attuativo per la realizzazione di un nuovo complesso a destinazione residenziale.
In base all’analisi degli elaborati geologici di Piano Strutturale, del PTC, della cartografia del PAI e dei dati geognostici disponibili, si è accertato quanto segue:

- Sulla cartografia del PAI (Autorità di Bacino del F. Arno) la zona ricade in pericolosità PI3 sulla cartografia in scala 1 : 25.000 (livello di sintesi), pericolosità elevata.
- Anche la cartografia di corredo al PTC pone il lotto in area a rischio idraulico elevato.
- L’allegato idraulico al PS del Comune di Prato, di recente realizzazione, definisce l’area come soggetta ad inondazioni per tempo di ritorno Tr = 200 anni.
- Essendo l'area ubicata in pianura, essa risulta gravitativamente stabile.
- Dal punto di vista della natura geotecnica dei terreni, non si rende necessario il ricorso a soluzioni fondazionali particolari; si è invece richiamata la necessità di cautela per l’esecuzione degli scavi in aderenza all’edificio a confine.
- Non si individua un concreto rischio di fenomeni di liquefazione in caso di sisma.

- Tra gli effetti di amplificazione sismica, sulla base delle indicazioni del DPGR 26/R sulla carta ZMPSL è stato indicato il rischio di fenomeni di amplificazione stratigrafica (9).

Si ricorda che l'attuale cartografia di pericolosità comunale assegna all'area la pericolosità 2f (pericolosità bassa) per effetti geomorfologici, mentre evidenzia il rischio di presenza di falda superficiale, pur non mostrando classificazione di pericolosità idraulica dovute ad esondazione dei corsi d'acqua più prossimi al lotto in esame.
Ai sensi del punto C.2. del Decreto 26/R, la definizione sopra vista di area inondabile per tempo di ritorno Tr = 200 anni comporta una classificazione di **pericolosità idraulica I.3.** (pericolosità elevata, aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra 30 < Tr ≤ 200 anni).
Ciò peraltro corrisponde alla pericolosità definita dal PAI.

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

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, occorre assegnare alla zona **pericolosità sismica S.3** (pericolosità sismica locale elevata, come da DPGR 26/R).
Si veda a tale proposito la griglia sotto riportata, ripresa dal DPGR 26/R, che attribuisce il grado di

pericolosità sismica in funzione dei fenomeni sismici locali e della classificazione sismica del Comune.

Le classificazioni di pericolosità sopra descritte sono

	Zone sismiche di riferimento*		
	Zona 2	Zona 3S	Zona 3
Movimenti franosi attivi (1)	S4	S4	S4
Movimenti franosi quiescenti (2A)	S3	S3	S3
Zone potenzialmente franose (2B)	S3	S3	S3
Movimenti franosi inattivi (3)	S2	S2	S2
Cedimenti diffusi in terreni particolarmente scadenti (4)	S3	S3	S3
Terreni suscettibili a liquefazione (5)	S4	S3	--
Amplificazione per effetti topografici (6, 7)	S2	S2	--
Amplificazione per morfologie sepolte (8)	S3	S3	S3
Amplificazione per effetti stratigrafici (9,10, 11)	S3	S3	S2
Contatti tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse (12)	S3	S3	S3
Faglie e/o strutture tettoniche (13)	S3	S3	S3

** Del GRT. 431 del 19/06/2006*

riportate nella Carta di pericolosità allegata (FIG. 11).

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

- In relazione alla pericolosità geomorfologica G.1. (bassa) non occorre dettare condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere geomorfologico; si sono da ogni modo nel testo riportate indicazioni circa alcuni aspetti particolari del progetto, cioè riguardo agli scavi da eseguire in aderenza ad edifici preesistenti.
- In relazione alla pericolosità idraulica I.3. (elevata), risulta necessaria, per gli interventi, la messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno 200 anni, che può essere ottenuta anche con adeguati interventi di autosicurezza che eliminino i rischi per le persone ed

i beni e non determinino aumento della pericolosità in altre aree. Tali interventi, conseguenti alla definizione di un battente idraulico (di transito) di 11 cm per eventi con Tr = 200 anni, sono contenuti nella relazione idraulica appositamente redatta.

- 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).
  Nel caso in oggetto appare dunque necessaria la definizione, in fase esecutiva tramite un'opportuna indagine geofisica, della rigidità sismica, ovvero del valore di VS30 e quindi della categoria di suolo di fondazione ai sensi del D.M. 14.01.2008.

Poiché dunque, in base ai criteri generali sopra indicati è risultato necessario indicare specifiche prescrizioni dal punto di vista del rischio idraulico e, dal punto di vista del comportamento sismico, indicare 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) può essere 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".
La classificazione di fattibilità sopra descritta è riportata in Fig. 12 (Carta della Fattibilità).

Prato, 28.09.2009

CALCOLO CEDIMENTO PER CONSOLIDAZIONE

CANTIERE: *Via Curie - Prato*
PROGETTISTA: *Geom. Alberto Mazzoni - Arch. Monia Simonetti*
COMMITTENTE: *Impresa Edile SABBI*

Dati: prova penetrometrica statica C.P.T.
Verticale d'indagine: **CPT1**

Fondazione: **Platea**

Peso di volume del terreno (densità apparente)	1,9	g/cmc
Profondità piano di posa	340	cm
Profondità della falda dal p.c.	150	cm
Larghezza della fondazione	2050	cm
Lunghezza della fondazione	2800	cm
Pressione totale al contatto	1,00	Kg/cmq
Incremento di pressione permanente al contatto	0,444	Kg/cmq
Fattore di correlazione alfa (mv = 1/(alfa x Qc)) :	2,50	

Scomposizione punto caratteristico		
1616	x	2208
434	x	2208
1616	x	592
434	x	592

Prof. da	a	Z	Is	Dq	σo	Qc	mv	S
340	360	10	1,000	0,444	0,465	40,00	0,010	0,09
360	380	30	1,000	0,444	0,483	31,00	0,013	0,11
380	400	50	1,000	0,444	0,501	39,00	0,010	0,09
740	780	420	0,875	0,388	0,834	37,00	0,011	0,17
780	820	460	0,852	0,378	0,870	13,50	0,030	0,45
820	860	500	0,829	0,368	0,906	30,00	0,013	0,20

CEDIMENTO TOTALE **cm** **1,11**

LEGENDA

D = profondità del piano di posa
B = Larghezza della fondazione
Z = Profondità media dello strato considerato dal piano di posa
Is = Coefficiente di influenza dello sforzo verticale
Dq = Incremento di carico permanente in mezzeria dello strato cedevole
Qc = Resistenza penetrometrica statica alla punta (media sul tratto considerato)
mv = Coefficiente di compressibilità volumetrica (cmq/Kg)
S = Cedimento dello strato considerato (cm)

TAB. 1

CALCOLO CEDIMENTO PER CONSOLIDAZIONE

CANTIERE: *Via Curie - Prato*
PROGETTISTA: *Geom. Alberto Mazzoni - Arch. Monia Simonetti*
COMMITTENTE: *Impresa Edile SABBI*

Dati: prova penetrometrica statica C.P.T.
Verticale d'indagine: CPT2

Fondazione: Platea

Peso di volume del terreno (densità apparente)	1,9	g/cmc
Profondità piano di posa	340	cm
Profondità della falda dal p.c.	150	cm
Larghezza della fondazione	2050	cm
Lunghezza della fondazione	2800	cm
Pressione totale al contatto	1,00	Kg/cmq
Incremento di pressione permanente al contatto	0,444	Kg/cmq
Fattore di correlazione alfa (mv = 1/(alfa x Qc)) :	2,50	

Scomposizione punto caratteristico		
1616	x	2208
434	x	2208
1616	x	592
434	x	592

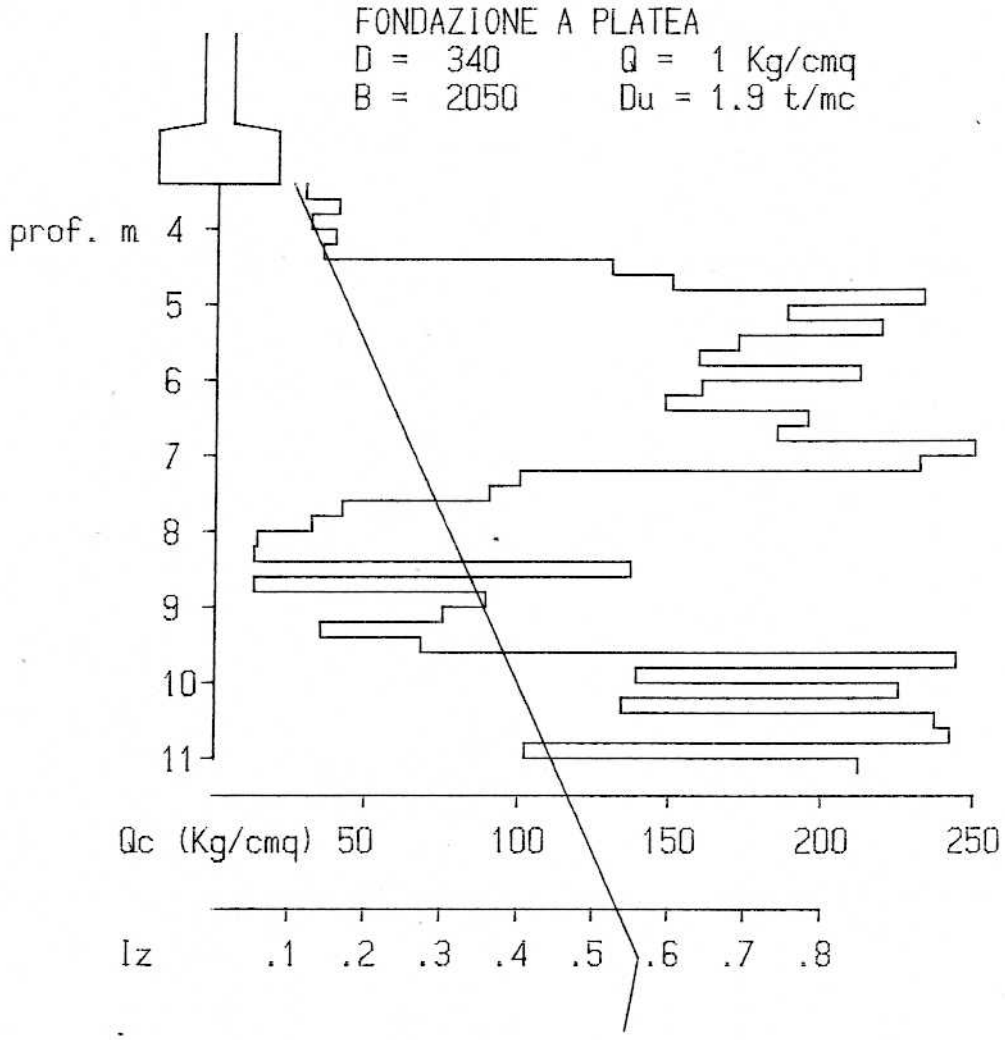
Prof. da	a	Z	Is	Dq	σo	Qc	mv	S
340	360	10	1,000	0,444	0,465	34,00	0,012	0,10
360	380	30	1,000	0,444	0,483	50,00	0,008	0,07
380	440	70	0,999	0,443	0,519	36,66	0,011	0,29
440	480	120	0,994	0,442	0,564	37,00	0,011	0,19
540	580	220	0,971	0,431	0,654	45,00	0,009	0,15
900	920	570	0,789	0,350	0,969	29,00	0,014	0,10
1000	1040	680	0,728	0,323	1,068	32,50	0,012	0,16
1040	1080	720	0,708	0,314	1,104	49,50	0,008	0,10

CEDIMENTO TOTALE **cm** **1,17**

LEGENDA

D = profondità del piano di posa
B = Larghezza della fondazione
Z = Profondità media dello strato considerato dal piano di posa
Is = Coefficiente di influenza dello sforzo verticale
Dq = Incremento di carico permanente in mezzeria dello strato cedevole
Qc = Resistenza penetrometrica statica alla punta (media sul tratto considerato)
mv = Coefficiente di compressibilità volumetrica (cmq/Kg)
S = Cedimento dello strato considerato (cm)

TAB. 2



STUDIO GEOLOGICO DOTT. FRANCO CECCARINI - PRATO

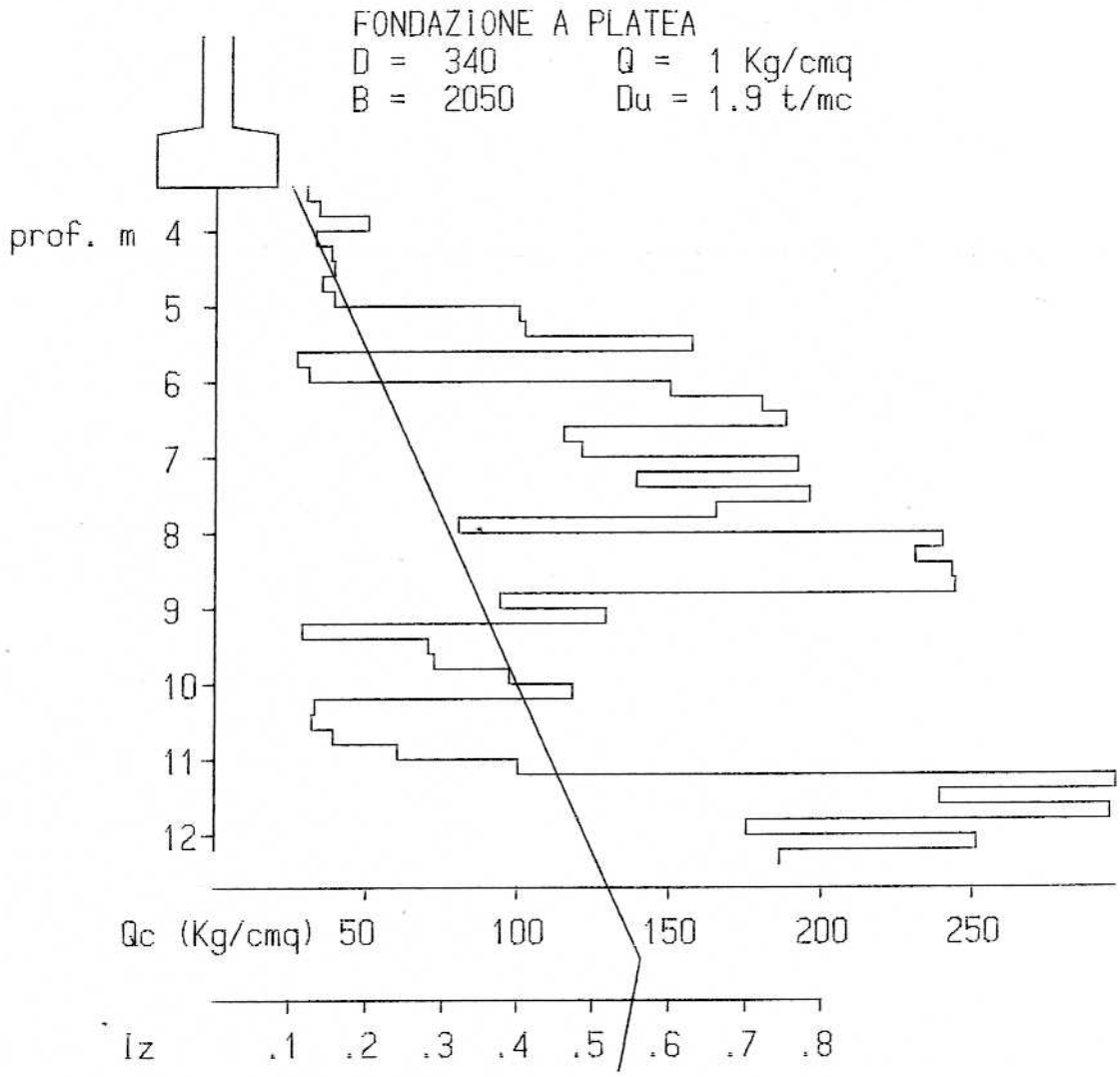
CALCOLO CEDIMENTO IMMEDIATO IN TERRENI INCOERENTI
METODO DI SCHMERTMANN BASATO SU PROVA C.P.T.

Cantiere: Via Curie - PRATO
Committente: Impresa Edile SABBI
Prova C.P.T. n. 1

Profondita`	Qc (Kg/cmq)	E (Kg/cmq)	Iz	W
420	35	88	0.14	0.010
440	130	325	0.15	0.003
460	150	375	0.15	0.003
480	233	583	0.16	0.002
500	188	470	0.17	0.002
520	219	548	0.18	0.002
540	172	430	0.19	0.003
560	159	398	0.20	0.003
580	212	530	0.21	0.002
600	160	400	0.22	0.003
620	148	370	0.23	0.004
640	195	488	0.24	0.003
660	185	463	0.24	0.003
680	250	625	0.25	0.003
700	232	580	0.26	0.003
720	100	250	0.27	0.007
860	13	33	0.33	0.065
880	89	223	0.34	0.010
900	75	188	0.35	0.012
920	35	88	0.36	0.026
940	68	170	0.37	0.014
960	244	610	0.38	0.004
980	139	348	0.39	0.007
1000	225	563	0.40	0.004
1020	134	335	0.41	0.008
1040	237	593	0.42	0.004

CEDIMENTO TOTALE cm. .21

TAB. 3



STUDIO GEOLOGICO DOTT. FRANCO CECCARINI - PRATO

CALCOLO CEDIMENTO IMMEDIATO IN TERRENI INCOERENTI
METODO DI SCHMERTMANN BASATO SU PROVA C.P.T.

Cantiere: Via Curie - PRATO
Committente: Impresa Edile SABBI
Prova C.P.T. n. 2

Profondita`	Qc (Kg/cmq)	E (Kg/cmq)	Iz	W
480	39	98	0.16	0.011
500	100	250	0.17	0.004
520	102	255	0.18	0.004
580	31	78	0.21	0.017
600	150	375	0.22	0.004
620	180	450	0.23	0.003
640	188	470	0.24	0.003
660	115	288	0.24	0.005
680	121	303	0.25	0.005
700	192	480	0.26	0.003
720	139	348	0.27	0.005
740	196	490	0.28	0.004
760	165	413	0.29	0.004
780	80	200	0.30	0.009
800	240	600	0.31	0.003
820	231	578	0.32	0.003
840	243	608	0.33	0.003
860	244	610	0.33	0.003
880	94	235	0.34	0.009
900	129	323	0.35	0.007
920	29	73	0.36	0.032
940	70	175	0.37	0.013
960	72	180	0.38	0.013
980	97	243	0.39	0.010
1080	60	150	0.43	0.018
1100	100	250	0.44	0.011
1120	297	743	0.45	0.004
1140	239	598	0.46	0.005
1160	295	738	0.47	0.004
1180	175	438	0.48	0.007

CEDIMENTO TOTALE cm. .23

TAB. 4

CEDIMENTO IMMEDIATO DA PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
Metodo di Burland e Burbidge (1984)

CANTIERE: *Via Curie - Prato*
PROGETTISTA: *Geom. Alberto Mazzoni - Arch. Monia Simonetti*
COMMITTENTE: *Impresa Edile SABBI*

DATI: Prove penetrometrica dinamica PD3

Fondazione a platea

Pressione lorda al contatto [Kg/cmq]:	1,00	98,06 [Kpa]
Profondità piano di posa [m]:	3,4	
Dimensione maggiore fondazione [m]:	28	
Peso medio del terreno asportato [t/mc]:	1,9	

B	Fs	Nspt	Nc	Ic	P'o	W1	W2	Wtot
20,50	1,12	22,00	27,50	0,02	63,35	3,22	5,29	8,51

Cedimento viscoso secolare **Tempo = 30,00 anni**

B	Carichi statici	Carichi pulsanti
20,50	12,76	21,27

LEGENDA
B = larghezza della fondazione in metri
Fs = fattore di forma
Nspt = valore S.P.T. misurato
Nc = valore S.P.T. corretto
Ic = indice di compressibilità
P'o = tensione verticale efficace alla quota di imposta della fondazione
W1 = aliquota di cedimento dovuto alla ricompressione fino a P'o (mm)
W2 = cedimento dovuto all'incremento di pressione eccedente P'o (mm)
Wtot = cedimento totale tenuto conto del fattore di forma (mm)

TAB. 5

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

Cantiere: **Piano Attuativo Via Curie - Prato**

Prova: **CPT2**
Data elaborazione: 21/09/2009

Profondità falda (cm dal p.c.): 150
Accelerazione a max (amax/g): 0,2
Magnitudo sisma M = 7,5

Correzione Magnitudo: 1

Prof.	γ	σo	σ1o	qc	fs	Ic cor	qc1n	Kc	(qc1n)cs	R	rd	T	R/T	LIQ?	PL
0	1,95	0,020	0,020								0,999	0,130			
20	1,95	0,059	0,059		0,93						0,998	0,130			
40	1,95	0,098	0,098	24,0	2,07	2,677	48,00	3,81	182,92	0,649	0,996	0,130	5,013	-	
60	1,95	0,137	0,137	10,0	0,93	2,722	20,00	4,14	82,83	0,133	0,995	0,129	1,027	-	0,00
80	1,95	0,176	0,176	13,0	1,20	2,717	26,00	4,10	106,60	0,193	0,993	0,129	1,492	-	0,00
100	1,95	0,215	0,215	36,0	2,07	2,535	72,00	2,93	211,17	0,956	0,992	0,129	7,415	-	0,00
120	1,95	0,254	0,254	17,0	1,13	2,360	71,50	2,14	153,17	0,414	0,990	0,129	3,218	-	0,00
140	1,95	0,293	0,293	29,0	1,80	2,830	34,00	5,02	170,72	0,543	0,989	0,129	4,224	-	0,00
160	1,95	0,332	0,312	80,0	3,00	2,699	58,00	3,97	230,20	1,215	0,987	0,137	8,895	-	0,00
180	1,95	0,371	0,331	26,0	2,20	2,126	139,16	1,49	207,92	0,916	0,985	0,144	6,378	-	0,00
200	1,95	0,410	0,350	25,0	2,20	2,687	52,00	3,88	201,81	0,844	0,984	0,150	5,634	-	0,00
220	1,95	0,449	0,369	28,0	2,20	2,726	50,00	4,17	208,35	0,921	0,982	0,155	5,926	-	0,00
240	1,95	0,488	0,388	28,0	2,53	2,718	56,00	4,11	230,16	1,214	0,981	0,160	7,567	-	0,00
260	1,95	0,527	0,407	27,0	2,27	2,694	56,00	3,93	220,23	1,073	0,979	0,165	6,509	-	0,00
280	1,95	0,566	0,426	25,0	1,93	2,674	54,00	3,79	204,87	0,880	0,978	0,169	5,207	-	0,00
300	1,95	0,605	0,445	30,0	2,07	2,759	50,00	4,42	221,23	1,087	0,976	0,173	6,297	-	0,00
320	1,95	0,644	0,464	30,0	2,13	2,667	60,00	3,74	224,58	1,133	0,975	0,176	6,443	-	0,00
340	1,95	0,683	0,483	34,0	2,00	2,658	60,00	3,68	220,73	1,080	0,973	0,179	6,035	-	0,00
360	1,95	0,722	0,502	50,0	4,20	2,847	67,80	5,17	350,64	4,089	0,972	0,182	22,502	-	0,00
380	1,95	0,761	0,521	33,0	2,20	2,480	69,30	2,66	184,03	0,660	0,970	0,184	3,580	-	0,00
400	1,95	0,800	0,540	38,0	2,93	2,760	61,17	4,43	271,22	1,935	0,969	0,187	10,371	-	0,00
420	1,95	0,839	0,559	39,0	2,80	2,666	68,04	3,74	254,45	1,612	0,967	0,189	8,541	-	0,00
440	1,95	0,878	0,578	35,0	3,07	2,691	67,53	3,91	264,33	1,798	0,966	0,191	9,425	-	0,00
460	1,95	0,917	0,597	39,0	4,27	2,882	58,68	5,50	322,85	3,210	0,964	0,193	16,669	-	0,00
480	1,95	0,956	0,616	100,0	3,67	2,771	63,36	4,52	286,48	2,267	0,963	0,194	11,669	-	0,00
500	1,95	0,995	0,635	102,0	2,33	2,101	125,54	1,45	181,67	0,638	0,961	0,196	3,256	-	0,00
520	1,95	1,034	0,654	157,0	0,47	1,632	126,18	1,00	126,18	0,267	0,959	0,197	1,353	-	0,00
540	1,95	1,073	0,673	27,0	1,67	1,724	191,45	1,05	200,85	0,834	0,958	0,199	4,197	-	0,00
560	1,95	1,112	0,692	31,0	3,87	3,055	39,05	7,35	286,82	2,274	0,956	0,200	11,380	-	0,00
580	1,95	1,151	0,711	150,0	0,67	2,469	36,78	2,60	95,65	0,161	0,955	0,201	0,803	LIQ.	0,28
600	1,95	1,190	0,730	180,0	0,80	1,551	175,62	1,00	175,62	0,584	0,953	0,202	2,889	-	0,00
620	1,95	1,229	0,749	188,0	1,20	1,556	208,05	1,00	208,05	0,918	0,952	0,203	4,518	-	0,00
640	1,95	1,268	0,768	115,0	5,53	2,039	214,59	1,35	288,79	2,320	0,950	0,204	11,372	-	0,00
660	1,95	1,307	0,787	121,0	1,20	1,841	129,67	1,13	146,70	0,374	0,949	0,205	1,824	-	0,00
680	1,95	1,346	0,806	192,0	0,80	1,700	134,82	1,03	139,22	0,331	0,947	0,206	1,609	-	0,00
700	1,95	1,385	0,825	139,0	0,87	1,444	211,45	1,00	211,45	0,959	0,946	0,206	4,647	-	0,00
720	1,95	1,424	0,844	196,0	2,20	1,921	151,35	1,20	182,00	0,641	0,944	0,207	3,093	-	0,00
740	1,95	1,463	0,862	165,0	2,93	1,807	211,05	1,11	233,45	1,263	0,943	0,208	6,079	-	0,00
760	1,95	1,502	0,881	80,0	1,67	1,735	175,74	1,06	185,67	0,675	0,941	0,208	3,241	-	0,00
780	1,95	1,541	0,900	240,0	0,87	1,996	84,30	1,29	108,50	0,199	0,940	0,209	0,951	LIQ.	0,06
800	1,95	1,580	0,919	231,0	3,33	1,735	250,29	1,06	264,43	1,799	0,938	0,209	8,591	-	0,00
820	1,95	1,619	0,938	243,0	1,07	1,408	238,45	1,00	238,45	1,341	0,937	0,210	6,386	-	0,00
840	1,95	1,658	0,957	244,0	4,67	1,851	248,33	1,14	282,96	2,187	0,935	0,210	10,394	-	0,00
860	1,95	1,697	0,976	94,0	1,53	1,484	246,92	1,00	246,92	1,480	0,933	0,211	7,020	-	0,00
880	1,95	1,736	0,995	129,0	3,13	2,303	94,21	1,94	183,23	0,652	0,932	0,211	3,088	-	0,00
900	1,95	1,775	1,015	29,0	1,67	1,910	128,07	1,19	152,56	0,410	0,930	0,212	1,939	-	0,00
920	1,95	1,814	1,034	70,0	2,80	3,031	28,06	7,07	198,37	0,806	0,926	0,211	3,817	-	0,00
940	1,95	1,853	1,053	72,0	1,00	2,145	68,23	1,53	104,50	0,186	0,920	0,211	0,884	LIQ.	0,12
960	1,95	1,892	1,072	97,0	0,93	2,110	69,56	1,46	101,82	0,178	0,915	0,210	0,848	LIQ.	0,16
980	1,95	1,931	1,091	118,0	4,80	2,440	92,89	2,47	229,41	1,203	0,910	0,209	5,745	-	0,00
1000	1,95	1,970	1,110	33,0	2,47	2,101	112,03	1,45	162,17	0,477	0,904	0,209	2,284	-	0,00
1020	1,95	2,009	1,129	32,0	1,33	2,749	29,24	4,35	127,14	0,271	0,899	0,208	1,304	-	0,00

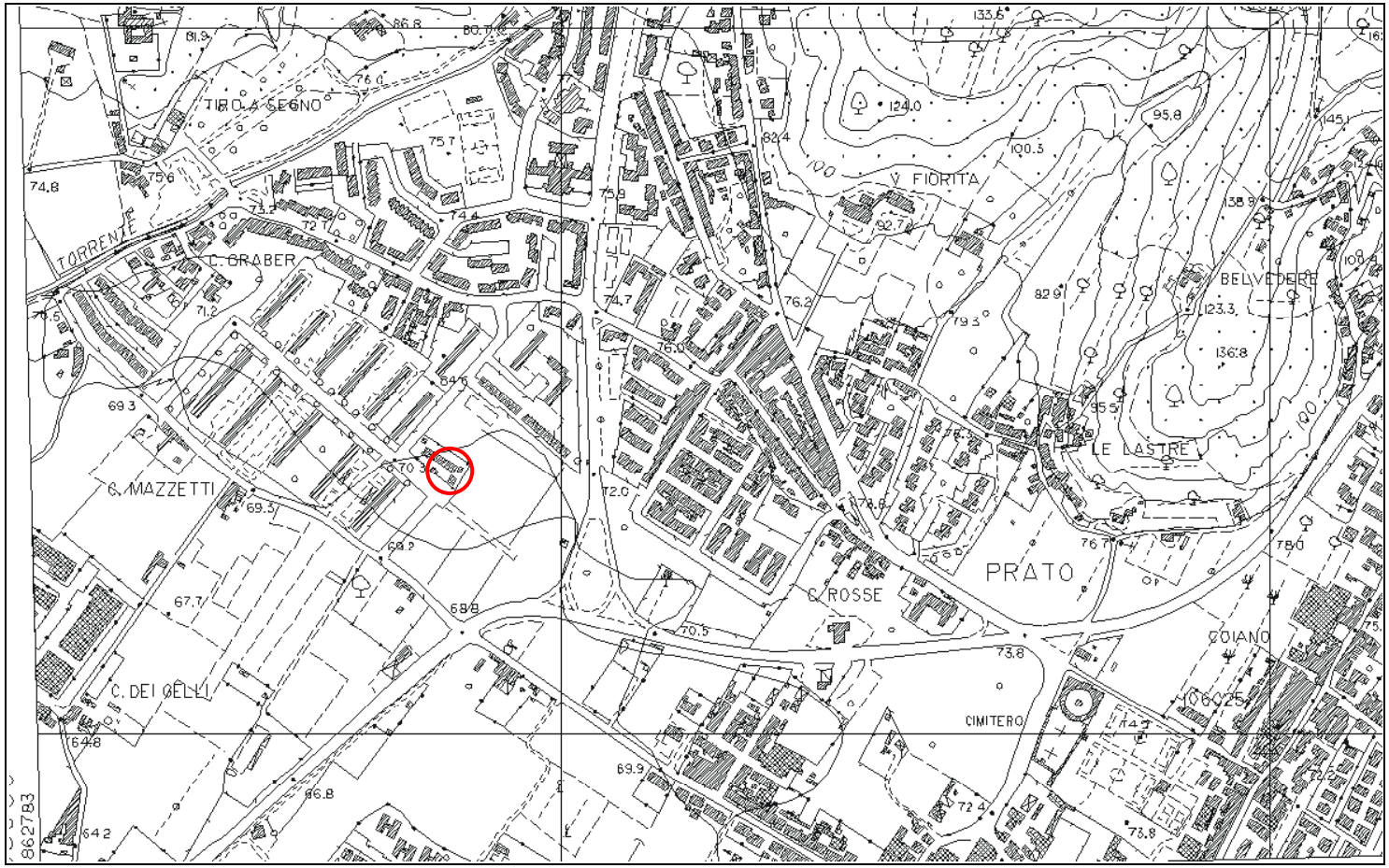
1040	1,95	2,048	1,148	39,0	3,33	3,058	27,89	7,38	205,90	0,892	0,894	0,207	4,302	-	0,00
1060	1,95	2,087	1,167	60,0	1,27	2,639	33,43	3,56	118,93	0,236	0,888	0,207	1,145	-	0,00
1080	1,95	2,126	1,186	100,0	0,53	2,094	55,11	1,44	79,08	0,126	0,883	0,206	0,612	LIQ.	0,35
1100	1,95	2,165	1,205	297,0	0,40	1,724	91,12	1,05	95,58	0,161	0,878	0,205	0,786	LIQ.	0,19
1120	1,95	2,204	1,224	239,0	1,33	1,359	268,51	1,00	268,51	1,880	0,872	0,204	9,207	-	0,00
1140	1,95	2,243	1,243	295,0	3,67	1,813	214,41	1,11	238,01	1,334	0,867	0,203	6,558	-	0,00
1160	1,95	2,282	1,262	175,0	1,47	1,397	262,65	1,00	262,65	1,765	0,862	0,203	8,713	-	0,00
1180	1,95	2,321	1,281	251,0	0,93	1,595	154,65	1,00	154,65	0,424	0,856	0,202	2,102	-	0,00
1200	1,95	2,360	1,300	186,0	1,33	1,473	220,18	1,00	220,18	1,073	0,851	0,201	5,341	-	0,00
1220	1,95	2,399	1,319	80,0											

RISCHIO DI LIQUEFAZIONE: BASSO **(Iwasaki)** **PL: 1,16**

TAB. 6

COROGRAFIA GENERALE

Scala 1 : 10.000

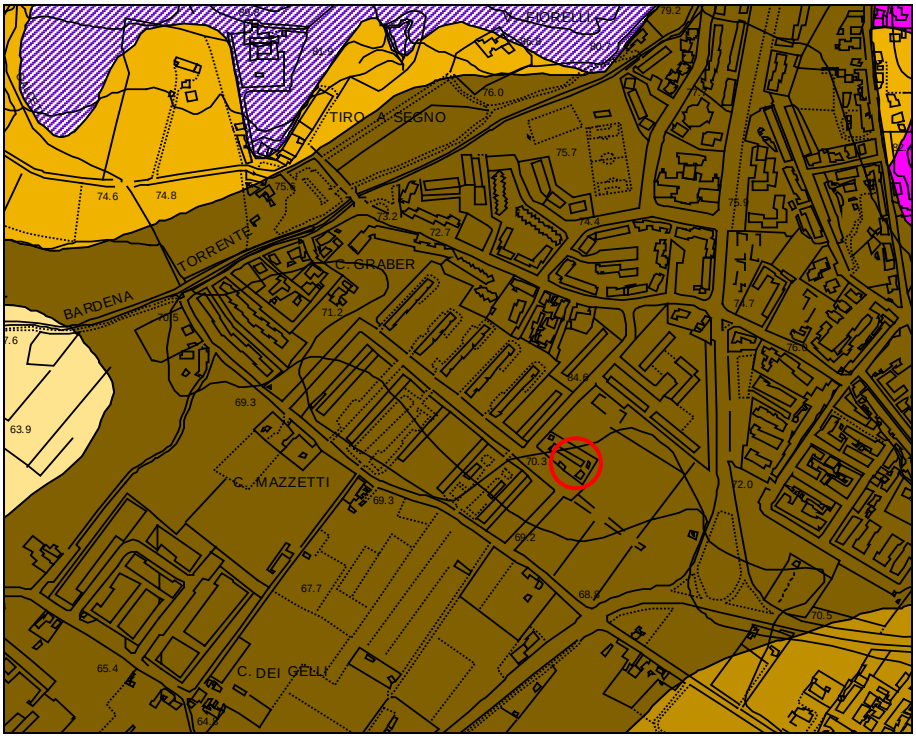


Area in esame

FIG. 1

CARTA GEOLITOLOGICA

Scala 1 : 10.000



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

Area in esame

Limi

Colluvium

Sabbie limose

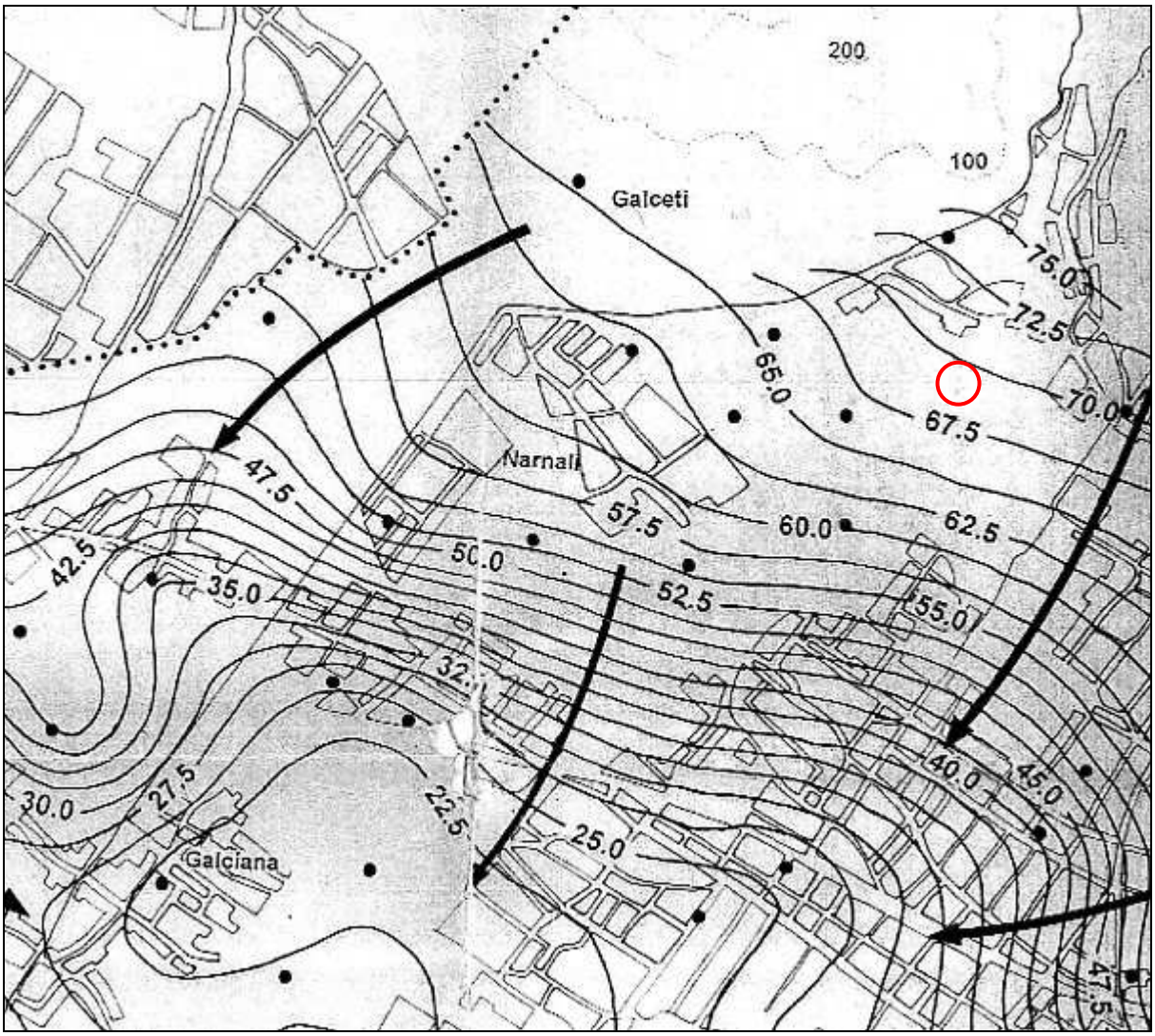
Serpentiniti

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.)

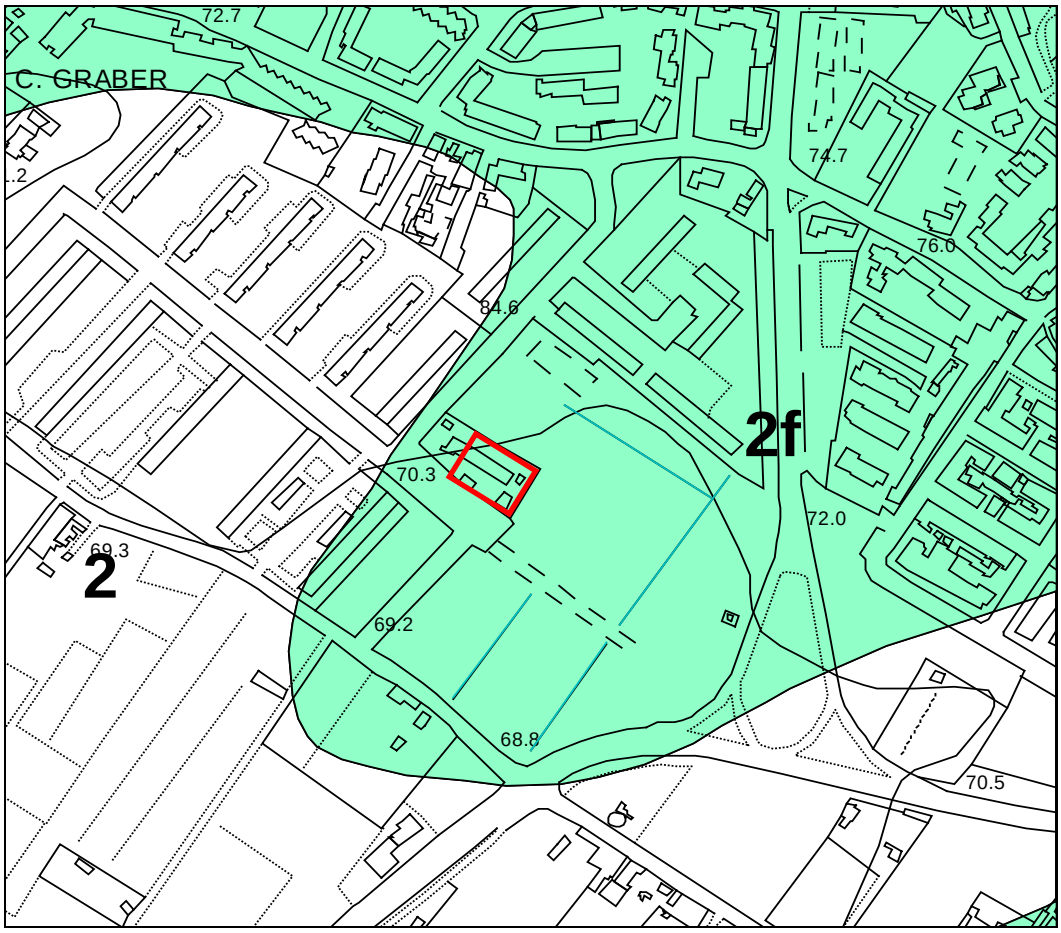
LINEA DI FLUSSO

PUNTI DI MISURA

FIG. 3

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. 4

ALLEGATO IDRAULICO AL PS DEL COMUNE DI PRATO

(Estratto dal Piano Strutturale del Comune di PRATO)

Area in esame

AREE ALLAGABILI TR30

AREE ALLAGABILI TR100

AREE ALLAGABILI TR200

AREE ALLAGABILI TR500

FIG. 4bis

TAV. QC GEO 07 – EMERGENZE GEOAMBIENTALI

Scala 1 : 25.000 (restituita in scala 1 . 10.000)

(Tratto da: Provincia di Prato, PTC 2008, variante di adeguamento alla L.R. 1/2005)

Fonti e Sorgenti
- sorgente
- fonte
- deposito d'acqua

Forme prodotte dall'azione delle acque superficiali
- marmitta
- forra
- cascata

Forme del carsismo
- grotta
- dolina

Forme prodotte dall'attività antropica
- fronti di cava

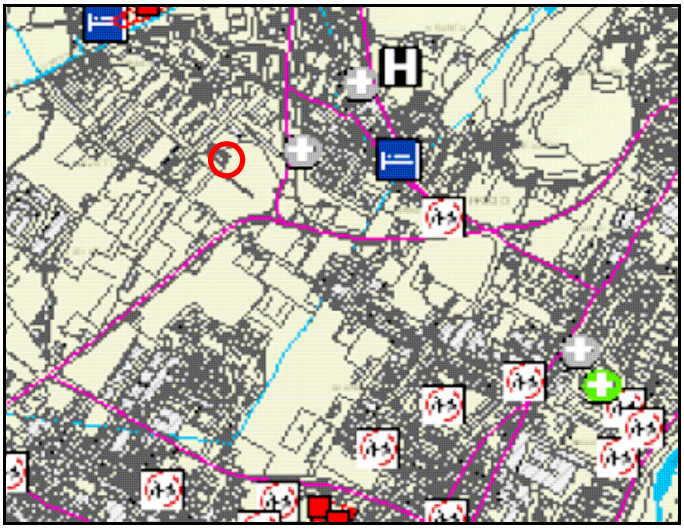
Aree di prelievo
- arenarie
- calcari e calcari silicizzati
- calcari e marne
- materiali sciolti
- serpentiniti
- cave di basalti e brecce
- cave di arenarie
- cave di materiali sciolti
- cave di gabbri
- cave di serpentiniti
- cave di calcari
- cave di calcari silicizzati e argilliti
- cave di diaspri
- miniere di rame, altri metalli, serpentiniti
- miniere di marne da cemento, calcari

Affioramenti di particolare pregio
- biancane
- pietraforte
- geositi proposti dal CAI
- geositi proposti dalla Fondazione Prato Ricerche
- picchi
- creste
- percorsi carrabili
- percorsi non carrabili

FIG. 5

TAV. QC_PCR_02 – SENSIBILITA' AL RISCHIO

Scala 1 : 25.000



(Tratto da: Provincia di Prato, PTC 2008, variante di adeguamento alla L.R. 1/2005)

Area in esame

Centri operativi
- Centro Operativo Comunale
- Centri di Protezione Civile

Forze dell'Ordine
- Carabinieri
- Corpo forestale dello Stato
- Polizia di Stato
- Vigili del Fuoco
- Prefettura di Prato

Aree di emergenza
- Aree ammassamento soccorritori e risorse
- (delimitazione area)
- Aree di ricovero per la popolazione
- (delimitazione area)

Associazioni di volontariato
- Sanitaria
- Telecomunicazioni
- Risorse e mezzi

Strutture sanitarie
- Ospedale
- Punto primo soccorso
- Presidio distrettuale
- Altre strutture sanitarie

Ulteriori strutture sensibili
- Edifici scolastici
- Strutture ricettive
- Canile

Reti di collegamento
- Stazioni ferroviarie
- Linee ferroviarie
- Autostrada
- Superstrada FI-PI-LI
- Strade Regionali
- Strade Provinciali
- Viabilità principale comunale

FIG. 6

TAV. QC PCR 03 – DEFINIZIONE RISCHIO IDRAULICO

Scala 1 : 25.000 (qui restituita in scala 1 : 10.000)

(Tratto da: Provincia di Prato, PTC 2008, variante di adeguamento alla L.R. 1/2005)

Area in esame

Classificazione rischio idraulico

Rischio basso — Rischio medio — Rischio elevato

Opere per la mitigazione del rischio idraulico

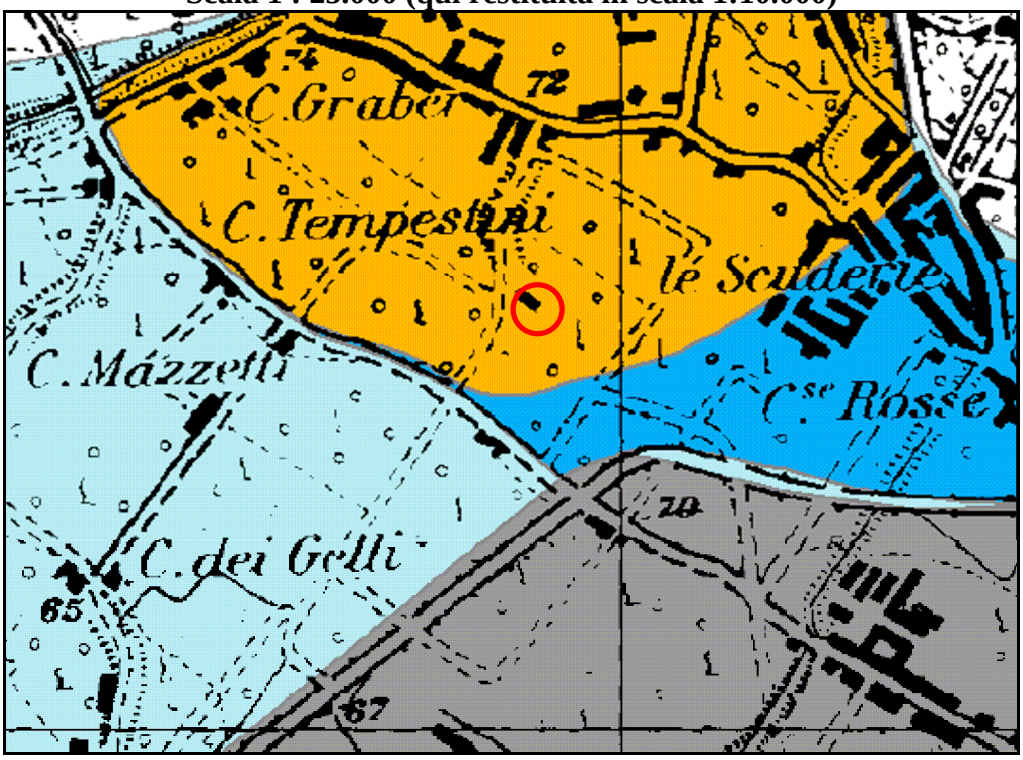
Casse di espansione realizzate — Casse di espansione in fase di progettazione

FIG. 7

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

(Livello di sintesi)

Scala 1 : 25.000 (qui restituita in scala 1:10.000)



Area in esame

P.I. 4

P.I. 3

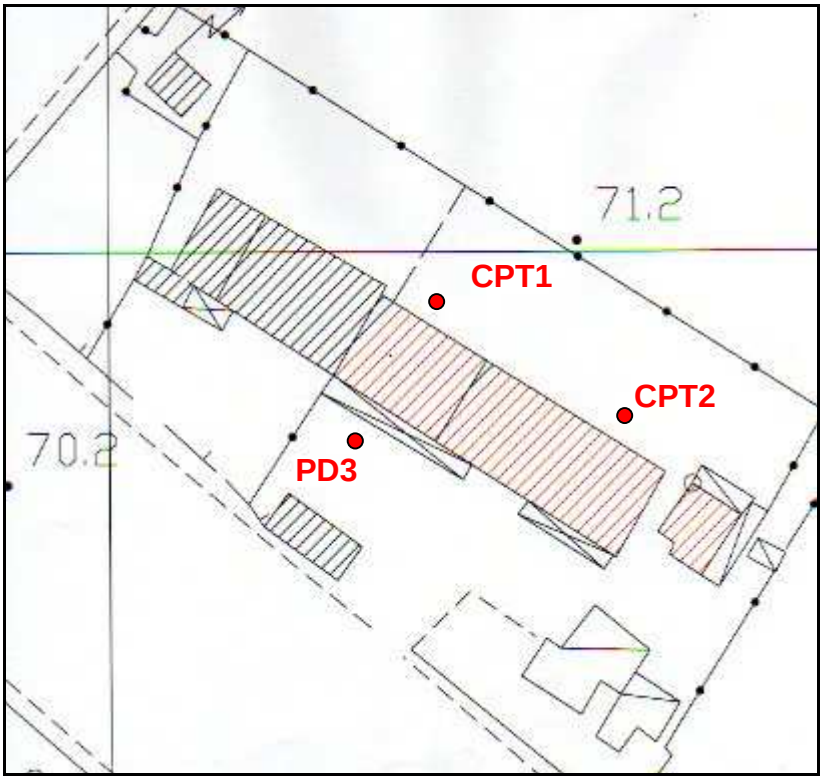
P.I. 2

P.I. 1

FIG. 8

UBICAZIONE DELLE VERTICALI DI INDAGINE

Scala 1 : 400



CPT: Prova penetrometrica statica CPT

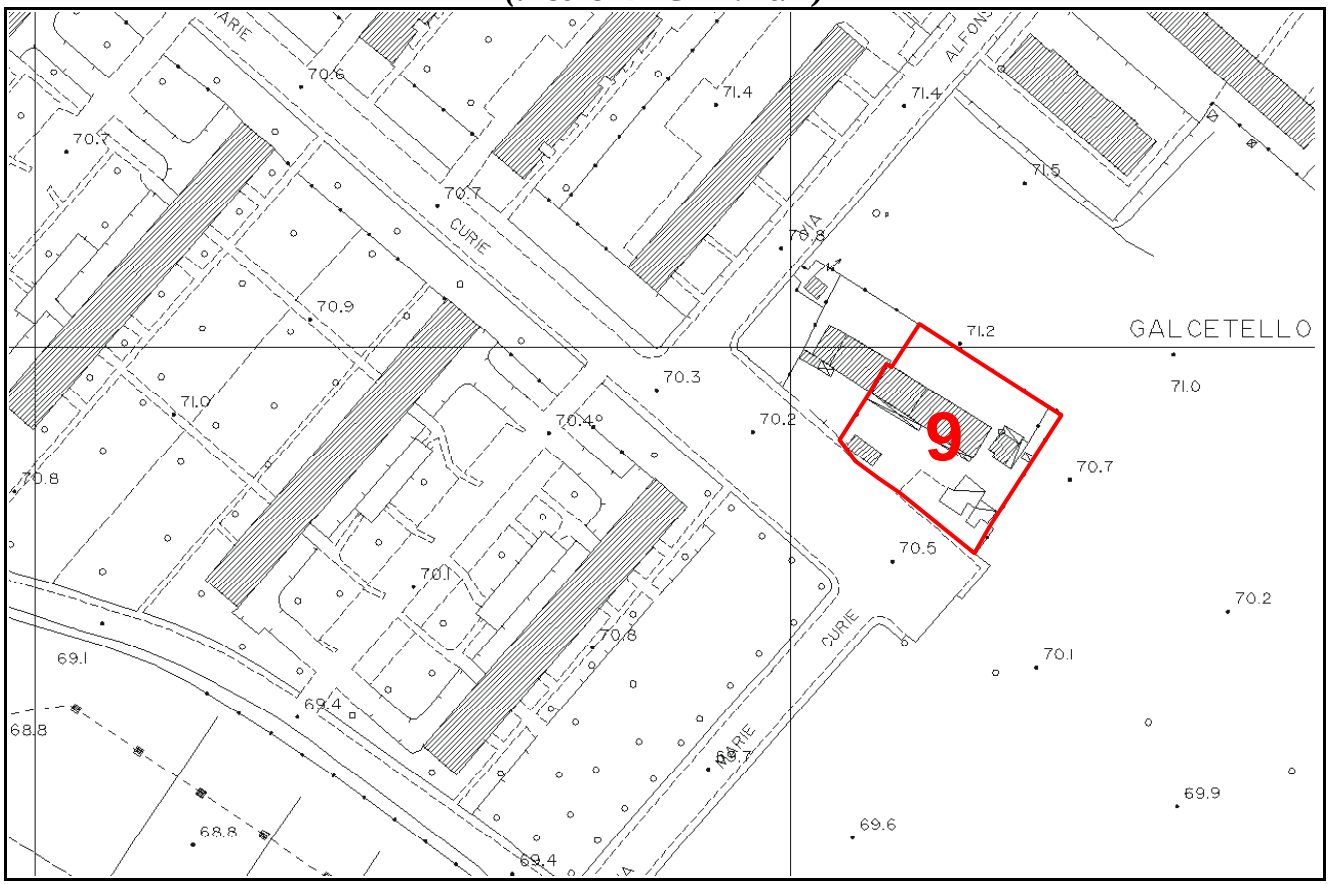
PD: Prova penetrometrica dinamica SCPT

FIG. 9

CARTA DELLE ZONE A MAGGIORE PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (ZMPSL)

Scala 1 : 2.000

(ai sensi DPGR n. 26/R)



9: Zona con presenza di depositi alluvionali granulari e/o sciolti

Possibili effetti

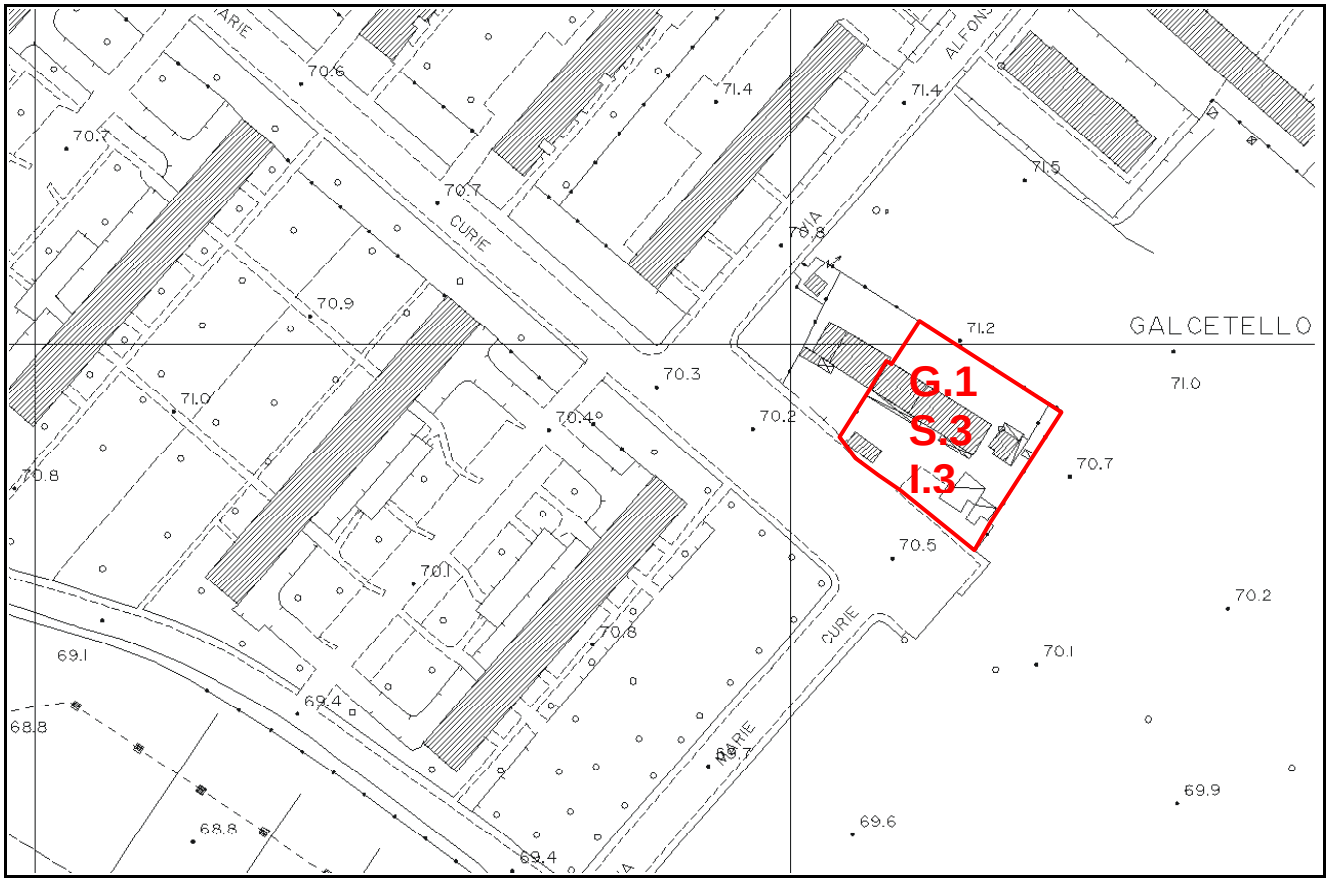
Amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica

FIG. 10

CARTA DELLA PERICOLOSITA'

(ai sensi DPGR n. 26/R)

Scala 1 : 2.000



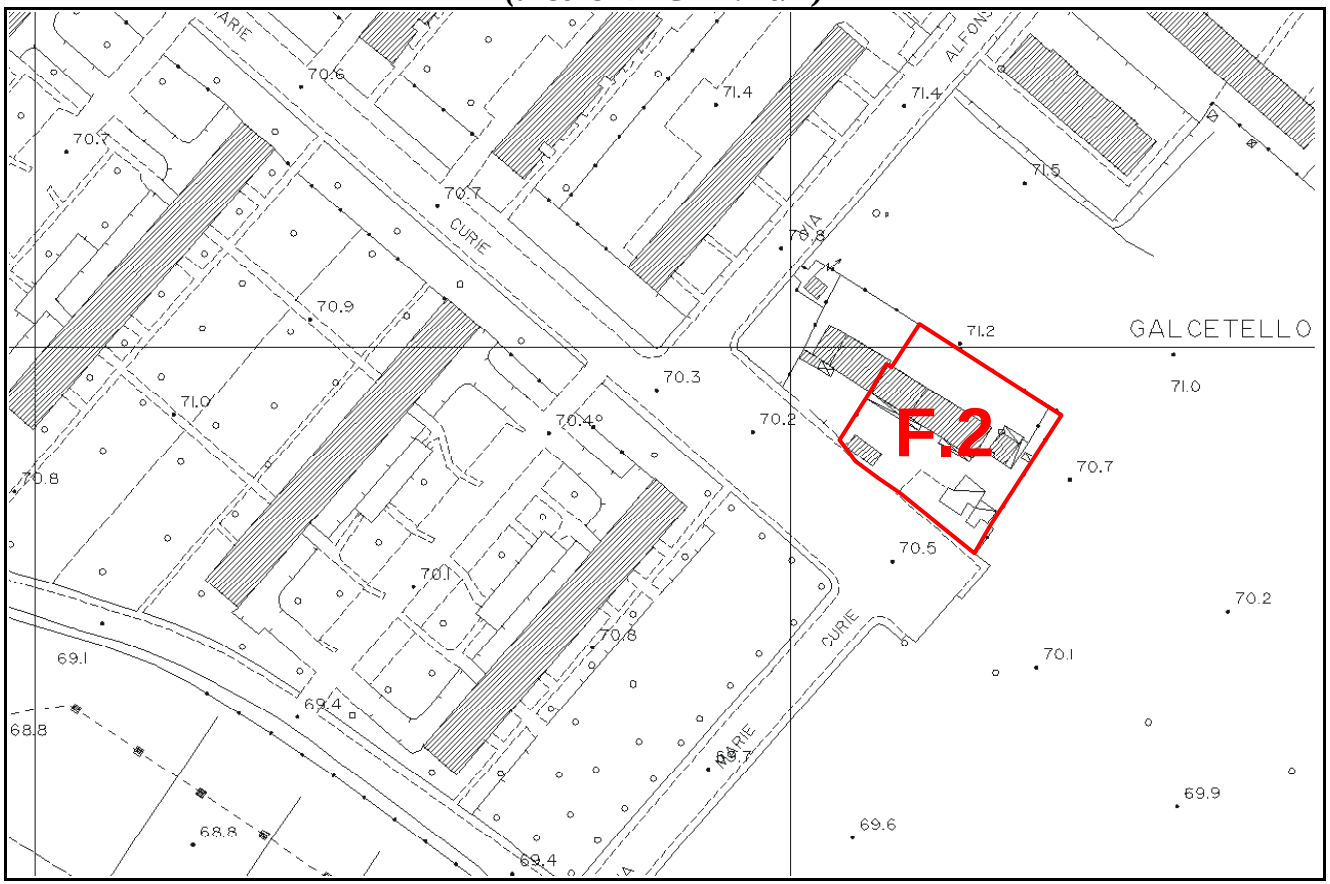
G.1 : Pericolosità geomorfologica bassa
S.3 : Pericolosità sismica locale elevata
I.3 : Pericolosità idraulica elevata

FIG. 11

CARTA DELLA FATTIBILITA’

Scala 1 : 2.000

(ai sensi DPGR n. 26/R)



CLASSE 2: fattibilità con normali vincoli

FIG. 12

CERFAM S.r.l. - Geo & Idro
Via Jacopo Nardi, 9
59100 Prato (Po)

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

2.01PG05-172

- committente : Impresa Sabbi
- lavoro : Piano di Recupero
- località : Via Marie Curie - PRATO
- note :

- data : 26/05/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -2,30 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna punta	laterale	qc kg/cm²	fs	qc/fs
0,20	----	----	--	------	----
0,40	----	----	--	1,20	----
0,60	25,0	43,0	25,0	2,93	9,0
0,80	17,0	61,0	17,0	2,40	7,0
1,00	15,0	51,0	15,0	2,07	7,0
1,20	18,0	49,0	18,0	1,40	13,0
1,40	29,0	50,0	29,0	3,07	9,0
1,60	27,0	73,0	27,0	2,27	12,0
1,80	31,0	65,0	31,0	2,60	12,0
2,00	33,0	72,0	33,0	2,87	12,0
2,20	31,0	74,0	31,0	2,93	11,0
2,40	28,0	72,0	28,0	2,60	11,0
2,60	41,0	80,0	41,0	3,07	13,0
2,80	26,0	72,0	26,0	2,47	11,0
3,00	32,0	69,0	32,0	2,40	13,0
3,20	39,0	75,0	39,0	2,47	16,0
3,40	29,0	66,0	29,0	2,40	12,0
3,60	40,0	76,0	40,0	3,13	13,0
3,80	31,0	78,0	31,0	2,87	11,0
4,00	39,0	82,0	39,0	2,93	13,0
4,20	35,0	79,0	35,0	4,27	8,0
4,40	130,0	194,0	130,0	3,07	42,0
4,60	150,0	196,0	150,0	1,27	118,0
4,80	233,0	252,0	233,0	0,40	582,0
5,00	188,0	194,0	188,0	0,87	217,0
5,20	219,0	232,0	219,0	1,27	173,0
5,40	172,0	191,0	172,0	2,13	81,0
5,60	159,0	191,0	159,0	2,13	75,0
5,80	212,0	244,0	212,0	1,20	177,0
6,00	160,0	178,0	160,0	0,33	480,0
6,20	148,0	153,0	148,0	0,60	247,0
6,40	195,0	204,0	195,0	1,27	154,0
6,60	185,0	204,0	185,0	3,00	62,0
6,80	250,0	295,0	250,0	0,53	469,0
7,00	232,0	240,0	232,0	3,80	61,0
7,20	100,0	157,0	100,0	4,87	21,0
7,40	90,0	163,0	90,0	3,67	25,0
7,60	42,0	97,0	42,0	1,73	24,0
7,80	32,0	58,0	32,0	1,33	24,0
8,00	14,0	34,0	14,0	0,67	21,0
8,20	13,0	23,0	13,0	1,07	12,0
8,40	137,0	153,0	137,0	2,67	51,0
8,60	13,0	53,0	13,0	1,47	9,0
8,80	89,0	111,0	89,0	4,47	20,0
9,00	75,0	142,0	75,0	1,93	39,0
9,20	35,0	64,0	35,0	4,47	8,0
9,40	68,0	135,0	68,0	1,47	46,0
9,60	244,0	266,0	244,0	0,20	1220,0
9,80	139,0	142,0	139,0	1,20	116,0
10,00	225,0	243,0	225,0	1,73	130,0
10,20	134,0	160,0	134,0	0,47	287,0
10,40	237,0	244,0	237,0	3,47	68,0
10,60	242,0	294,0	242,0	1,73	140,0
10,80	102,0	128,0	102,0	0,27	382,0
11,00	212,0	216,0	212,0	-----	----

- 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)

CERFAM S.r.l. - Geo & Idro
Via Jacopo Nardi, 9
59100 Prato (Po)

Rifer. 78-1

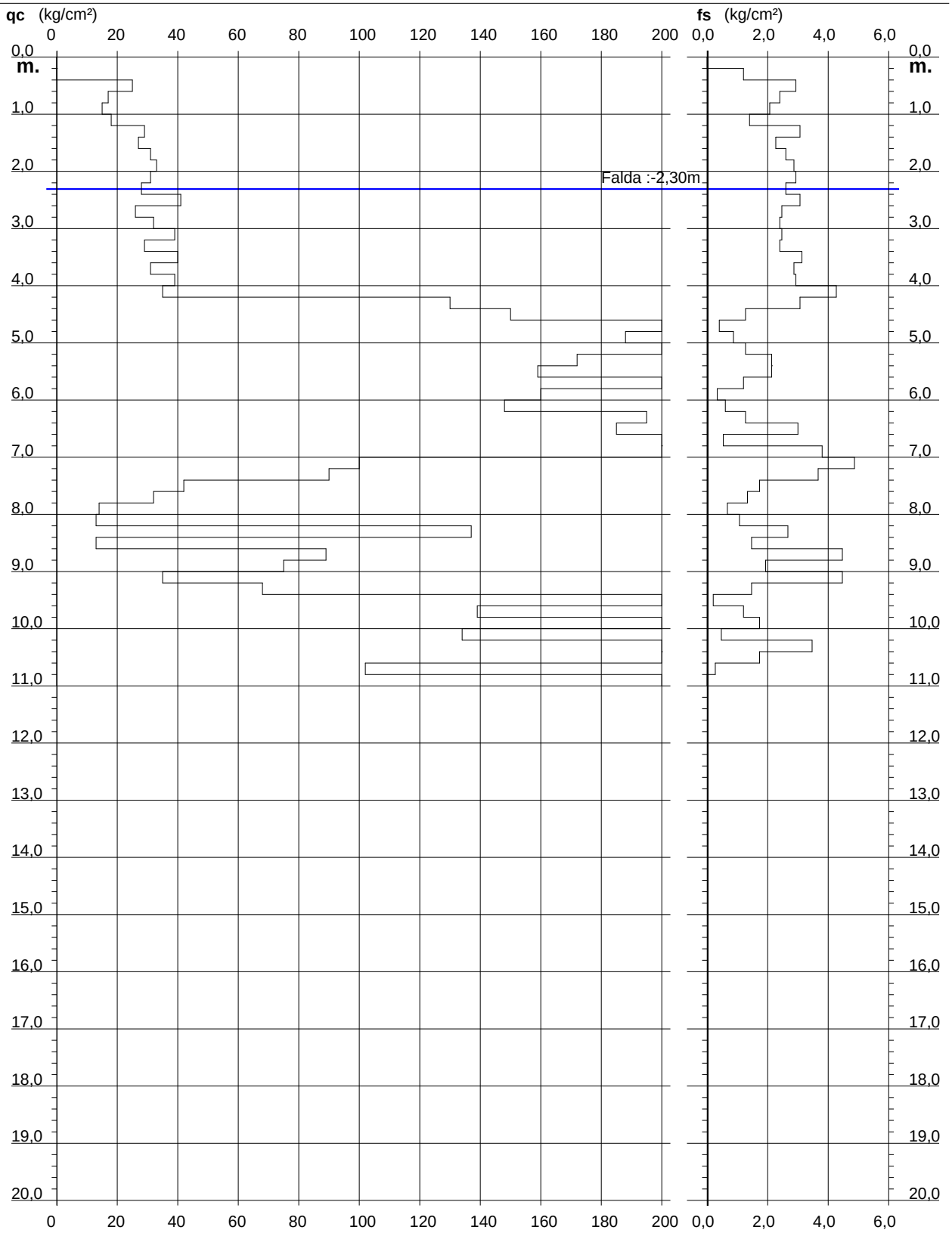
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-172

- committente : Impresa Sabbi
- lavoro : Piano di Recupero
- località : Via Marie Curie - PRATO

- data : 26/05/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -2,30 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



CERFAM S.r.l. - Geo & Idro
Via Jacopo Nardi, 9
59100 Prato (Po)

Rifer. 78-1

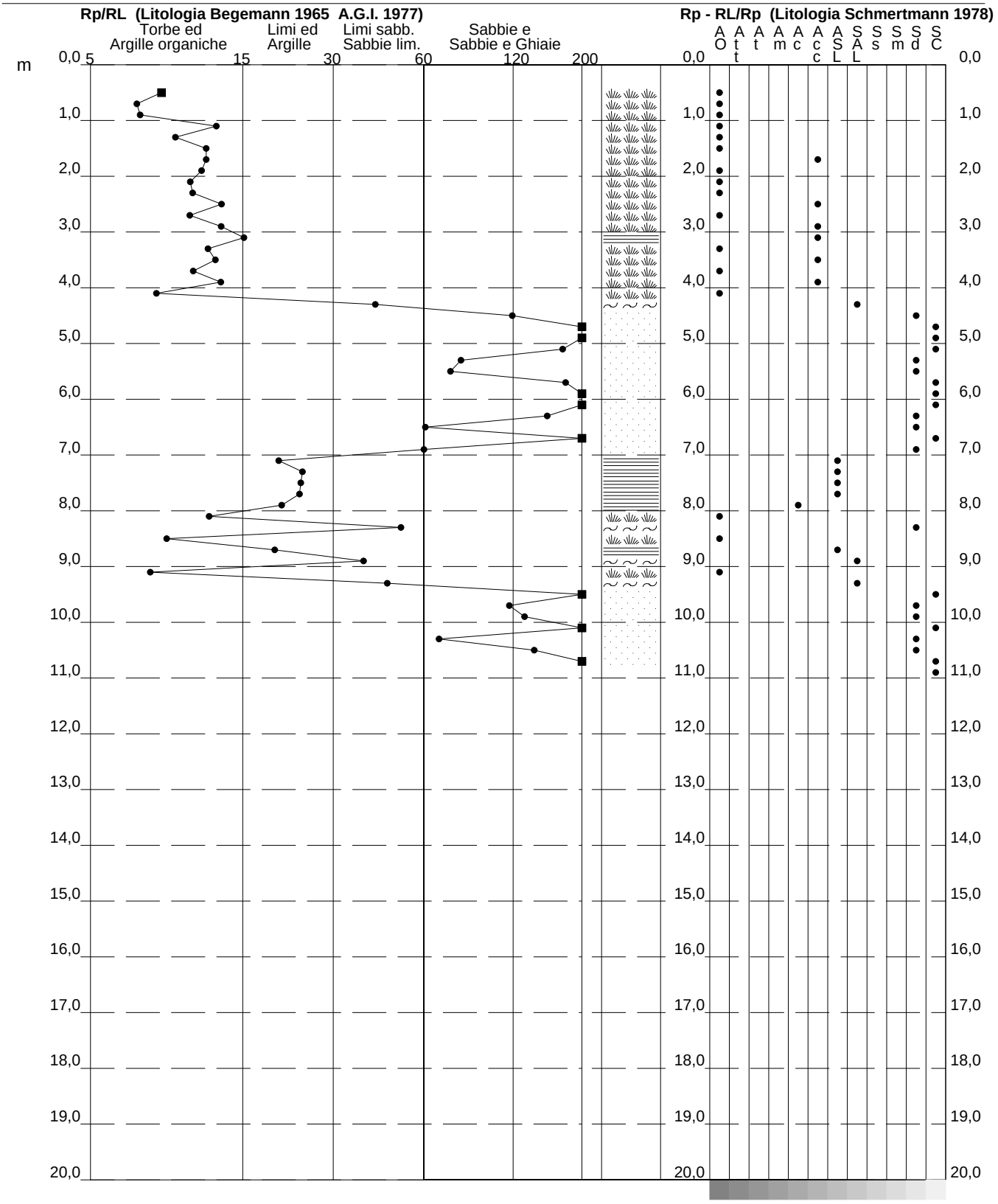
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.01PG05-172

- committente : Impresa Sabbi
- lavoro : Piano di Recupero
- località : Via Marie Curie - PRATO
- note :

- data : 26/05/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -2,30 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



CERFAM S.r.l. - Geo & Idro
Via Jacopo Nardi, 9
59100 Prato (Po)

PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.01PG05-172

- committente : Impresa Sabbi
- lavoro : Piano di Recupero
- località : Via Marie Curie - PRATO
- note :

- data : 26/05/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -2,30 m da quota inizio
- pagina : 1

											NATURA COESIVA								NATURA GRANULARE		
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	25	9	4/:/:	1,85	0,11	0,91	87,0	155	232	75	78	39	41	42	44	41	28	0,184	42	63	75
0,80	17	7	2////	1,85	0,15	0,72	45,6	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	15	7	2////	1,85	0,19	0,67	31,2	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	18	13	2////	1,85	0,22	0,75	28,8	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	29	9	4/:/:	1,85	0,26	0,98	33,3	167	251	87	62	37	39	41	43	38	29	0,137	48	73	87
1,60	27	12	4/:/:	1,85	0,30	0,95	26,9	161	242	81	57	36	38	40	43	36	28	0,121	45	68	81
1,80	31	12	4/:/:	1,85	0,33	1,03	25,9	176	264	93	59	36	38	40	43	37	29	0,127	52	78	93
2,00	33	12	4/:/:	1,85	0,37	1,10	24,5	187	281	99	58	36	38	40	43	36	29	0,125	55	83	99
2,20	31	11	4/:/:	1,85	0,41	1,03	20,1	176	264	93	54	36	38	40	42	35	29	0,113	52	78	93
2,40	28	11	4/:/:	0,96	0,43	0,97	17,5	164	246	84	49	35	37	39	42	35	28	0,102	47	70	84
2,60	41	13	4/:/:	1,00	0,45	1,37	25,4	232	349	123	61	37	39	41	43	37	30	0,133	68	103	123
2,80	26	11	4/:/:	0,95	0,47	0,93	14,9	158	237	78	44	34	37	39	42	34	28	0,090	43	65	78
3,00	32	13	4/:/:	0,97	0,48	1,07	16,8	181	272	96	51	35	37	40	42	35	29	0,105	53	80	96
3,20	39	16	4/:/:	1,00	0,50	1,30	20,5	221	332	117	56	36	38	40	43	36	30	0,120	65	98	117
3,40	29	12	4/:/:	0,96	0,52	0,98	13,8	167	251	87	45	34	37	39	42	34	29	0,092	48	73	87
3,60	40	13	4/:/:	1,00	0,54	1,33	19,3	227	340	120	55	36	38	40	42	35	30	0,118	67	100	120
3,80	31	11	4/:/:	0,97	0,56	1,03	13,4	176	264	93	46	34	37	39	42	34	29	0,093	52	78	93
4,00	39	13	4/:/:	1,00	0,58	1,30	17,1	221	332	117	53	35	38	40	42	35	30	0,111	65	98	117
4,20	35	8	4/:/:	0,98	0,60	1,17	14,3	198	298	105	48	35	37	39	42	34	29	0,100	58	88	105
4,40	130	42	3::::	1,05	0,62	--	--	--	--	--	93	41	42	44	45	40	35	0,232	217	325	390
4,60	150	118	3::::	1,08	0,64	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	41	36	0,246	250	375	450
4,80	233	582	3::::	1,15	0,67	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	39	0,258	388	583	699
5,00	188	217	3::::	1,13	0,69	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	37	0,258	313	470	564
5,20	219	173	3::::	1,15	0,71	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	38	0,258	365	548	657
5,40	172	81	3::::	1,11	0,74	--	--	--	--	--	98	42	43	44	46	41	37	0,252	287	430	516
5,60	159	75	3::::	1,09	0,76	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	40	36	0,239	265	398	477
5,80	212	177	3::::	1,15	0,78	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	38	0,258	353	530	636
6,00	160	480	3::::	1,09	0,80	--	--	--	--	--	94	41	42	44	45	40	36	0,235	267	400	480
6,20	148	247	3::::	1,07	0,82	--	--	--	--	--	90	41	42	44	45	40	36	0,224	247	370	444
6,40	195	154	3::::	1,14	0,85	--	--	--	--	--	99	42	43	44	46	41	38	0,255	325	488	585
6,60	185	62	3::::	1,13	0,87	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	40	37	0,246	308	463	555
6,80	250	469	3::::	1,15	0,89	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	39	0,258	417	625	750
7,00	232	61	3::::	1,15	0,92	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	39	0,258	387	580	696
7,20	100	21	4/:/:	1,05	0,94	3,33	30,7	567	850	300	74	38	40	42	44	37	34	0,170	167	250	300
7,40	90	25	4/:/:	1,04	0,96	3,00	26,2	510	765	270	69	38	40	42	44	37	33	0,157	150	225	270
7,60	42	24	4/:/:	1,00	0,98	1,40	9,8	239	358	126	43	34	36	39	41	32	30	0,086	70	105	126
7,80	32	24	4/:/:	0,97	1,00	1,07	6,8	252	378	96	33	33	35	38	41	31	29	0,064	53	80	96
8,00	14	21	2////	0,94	1,02	0,64	3,5	286	429	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	13	12	2////	0,93	1,03	0,60	3,2	288	432	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	137	51	3::::	1,06	1,05	--	--	--	--	--	82	39	41	43	45	38	35	0,195	228	343	411
8,60	13	9	2////	0,93	1,07	0,60	3,1	295	443	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	89	20	4/:/:	1,04	1,09	2,97	21,8	504	757	267	66	37	39	41	43	36	33	0,147	148	223	267
9,00	75	39	3::::	0,96	1,11	--	--	--	--	--	59	36	38	41	43	35	32	0,129	125	188	225
9,20	35	8	4/:/:	0,98	1,13	1,17	6,5	292	438	105	33	33	35	38	41	30	29	0,064	58	88	105
9,40	68	46	3::::	0,95	1,15	--	--	--	--	--	55	36	38	40	42	34	32	0,118	113	170	204
9,60	244	1220	3::::	1,15	1,17	--	--	--	--	--	99	42	43	44	46	40	39	0,254	407	610	732
9,80	139	116	3::::	1,06	1,20	--	--	--	--	--	79	39	41	42	44	38	36	0,187	232	348	417
10,00	225	130	3::::	1,15	1,22	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	40	39	0,241	375	563	675
10,20	134	287	3::::	1,05	1,24	--	--	--	--	--	77	39	40	42	44	37	35	0,180	223	335	402
10,40	237	68	3::::	1,15	1,26	--	--	--	--	--	96	41	43	44	46	40	39	0,244	395	593	711
10,60	242	140	3::::	1,15	1,29	--	--	--	--	--	96	41	43	44	46	40	39	0,245	403	605	726
10,80	102	382	3::::	1,00	1,31	--	--	--	--	--	66	37	39	41	43	36	34	0,148	170	255	306
11,00	212	--	3::::	1,15	1,33	--	--	--	--	--	91	41	42	44	45	39	38	0,226	353	530	636

CERFAM S.r.l. - Geo & Idro
Via Jacopo Nardi, 9
59100 Prato (Po)

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 2
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

2.01PG05-172

- committente : Impresa Sabbi
- lavoro : Piano di Recupero
- località : Via Marie Curie - PRATO
- note :

- data : 26/05/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -2,30 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna punta	laterale	qc kg/cm²	fs	qc/fs
0,20	----	----	--	------	----
0,40	----	----	--	0,93	----
0,60	24,0	38,0	24,0	2,07	12,0
0,80	10,0	41,0	10,0	0,93	11,0
1,00	13,0	27,0	13,0	1,20	11,0
1,20	36,0	54,0	36,0	2,07	17,0
1,40	17,0	48,0	17,0	1,13	15,0
1,60	29,0	46,0	29,0	1,80	16,0
1,80	80,0	107,0	80,0	3,00	27,0
2,00	26,0	71,0	26,0	2,20	12,0
2,20	25,0	58,0	25,0	2,20	11,0
2,40	28,0	61,0	28,0	2,20	13,0
2,60	28,0	61,0	28,0	2,53	11,0
2,80	27,0	65,0	27,0	2,27	12,0
3,00	25,0	59,0	25,0	1,93	13,0
3,20	30,0	59,0	30,0	2,07	15,0
3,40	30,0	61,0	30,0	2,13	14,0
3,60	34,0	66,0	34,0	2,00	17,0
3,80	50,0	80,0	50,0	4,20	12,0
4,00	33,0	96,0	33,0	2,20	15,0
4,20	38,0	71,0	38,0	2,93	13,0
4,40	39,0	83,0	39,0	2,80	14,0
4,60	35,0	77,0	35,0	3,07	11,0
4,80	39,0	85,0	39,0	4,27	9,0
5,00	100,0	164,0	100,0	3,67	27,0
5,20	102,0	157,0	102,0	2,33	44,0
5,40	157,0	192,0	157,0	0,47	336,0
5,60	27,0	34,0	27,0	1,67	16,0
5,80	31,0	56,0	31,0	3,87	8,0
6,00	150,0	208,0	150,0	0,67	225,0
6,20	180,0	190,0	180,0	0,80	225,0
6,40	188,0	200,0	188,0	1,20	157,0
6,60	115,0	133,0	115,0	5,53	21,0
6,80	121,0	204,0	121,0	1,20	101,0
7,00	192,0	210,0	192,0	0,80	240,0
7,20	139,0	151,0	139,0	0,87	160,0
7,40	196,0	209,0	196,0	2,20	89,0
7,60	165,0	198,0	165,0	2,93	56,0
7,80	80,0	124,0	80,0	1,67	48,0
8,00	240,0	265,0	240,0	0,87	277,0
8,20	231,0	244,0	231,0	3,33	69,0
8,40	243,0	293,0	243,0	1,07	228,0
8,60	244,0	260,0	244,0	4,67	52,0
8,80	94,0	164,0	94,0	1,53	61,0
9,00	129,0	152,0	129,0	3,13	41,0
9,20	29,0	76,0	29,0	1,67	17,0
9,40	70,0	95,0	70,0	2,80	25,0
9,60	72,0	114,0	72,0	1,00	72,0
9,80	97,0	112,0	97,0	0,93	104,0
10,00	118,0	132,0	118,0	4,80	25,0
10,20	33,0	105,0	33,0	2,47	13,0
10,40	32,0	69,0	32,0	1,33	24,0
10,60	39,0	59,0	39,0	3,33	12,0
10,80	60,0	110,0	60,0	1,27	47,0
11,00	100,0	119,0	100,0	0,53	187,0
11,20	297,0	305,0	297,0	0,40	742,0
11,40	239,0	245,0	239,0	1,33	179,0
11,60	295,0	315,0	295,0	3,67	80,0
11,80	175,0	230,0	175,0	1,47	119,0
12,00	251,0	273,0	251,0	0,93	269,0
12,20	186,0	200,0	186,0	1,33	139,0
12,40	80,0	100,0	80,0	-----	----

- 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)

CERFAM S.r.l. - Geo & Idro
Via Jacopo Nardi, 9
59100 Prato (Po)

Rifer. 78-2

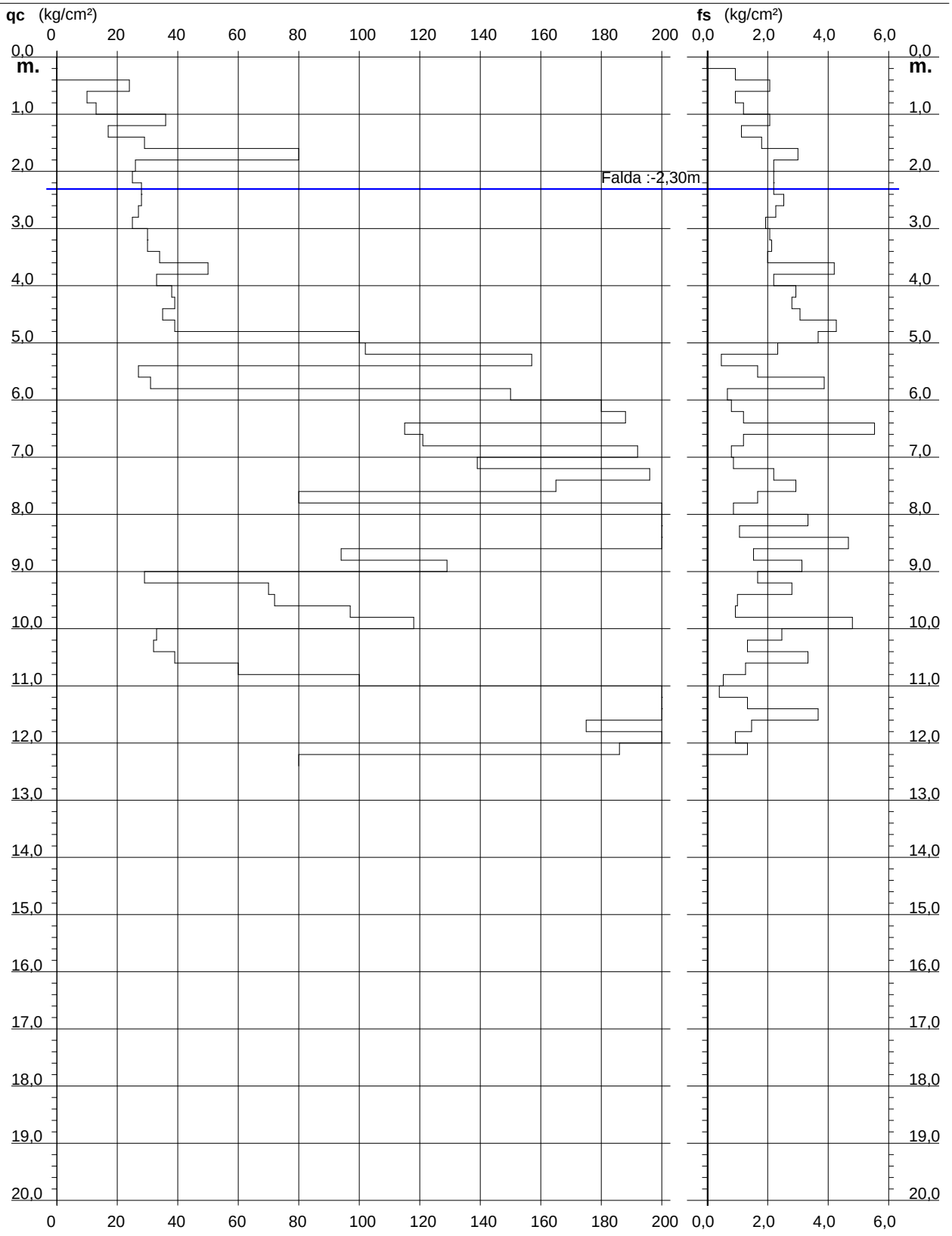
PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.01PG05-172

- committente : Impresa Sabbi
- lavoro : Piano di Recupero
- località : Via Marie Curie - PRATO

- data : 26/05/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -2,30 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



CERFAM S.r.l. - Geo & Idro
Via Jacopo Nardi, 9
59100 Prato (Po)

Rifer. 78-2

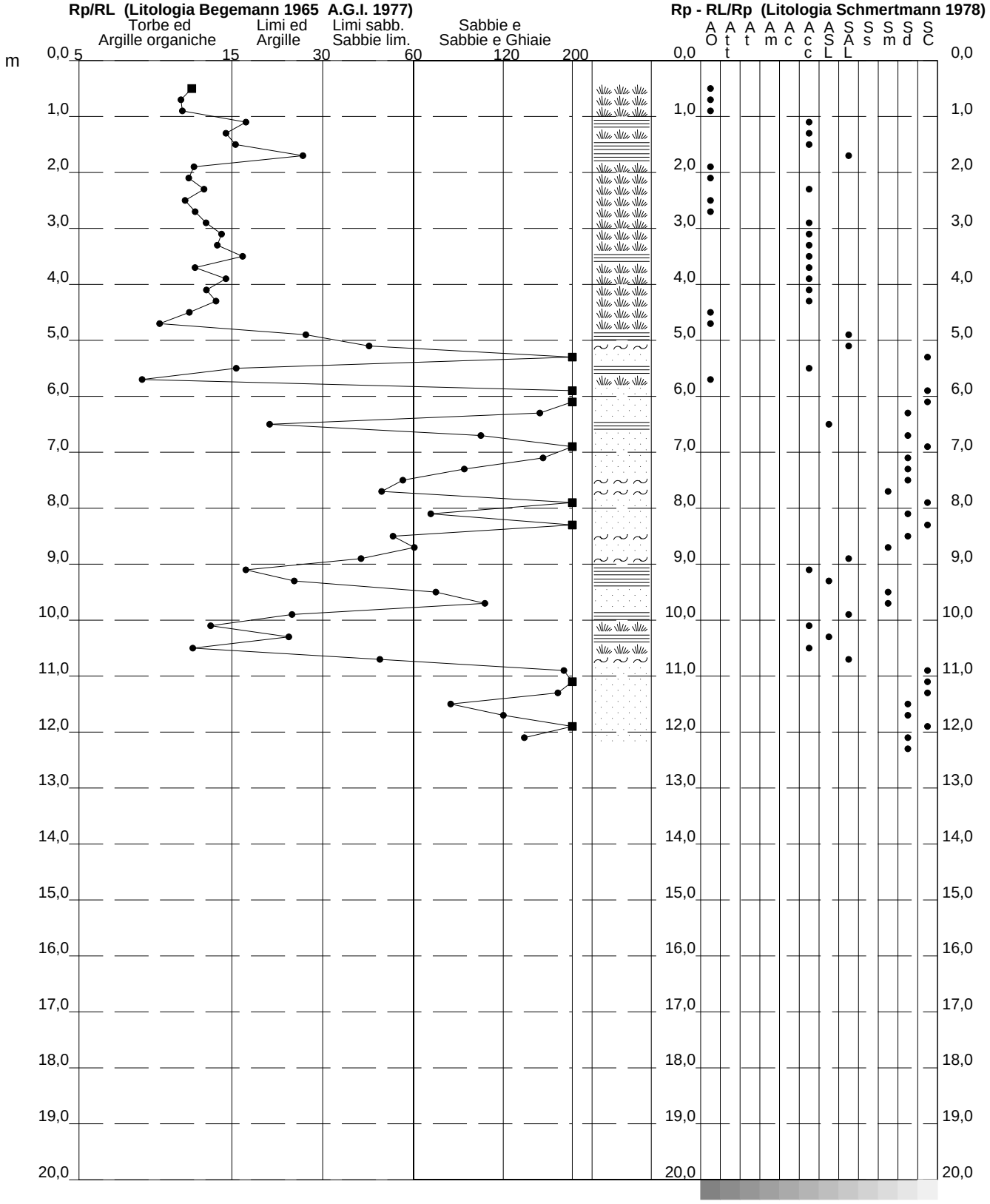
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.01PG05-172

- committente : Impresa Sabbi
- lavoro : Piano di Recupero
- località : Via Marie Curie - PRATO
- note :

- data : 26/05/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -2,30 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



CERFAM S.r.l. - Geo & Idro
Via Jacopo Nardi, 9
59100 Prato (Po)

Rifer. 78-2

PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 2

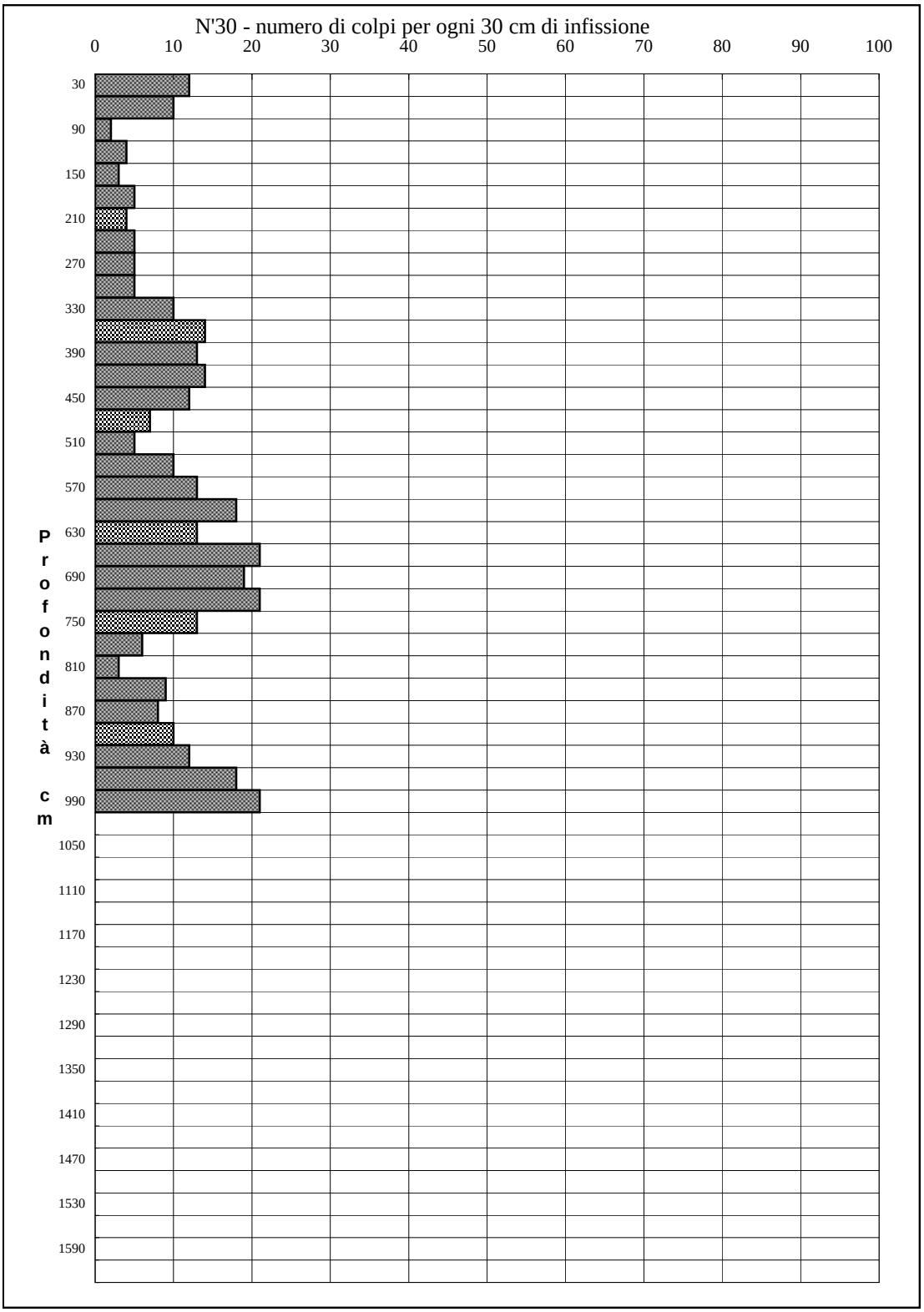
2.01PG05-172

- committente : Impresa Sabbi
- lavoro : Piano di Recupero
- località : Via Marie Curie - PRATO
- note :

- data : 26/05/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : -2,30 m da quota inizio
- pagina : 1

											NATURA COESIVA								NATURA GRANULARE		
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	24	12	4/:/:	1,85	0,11	0,89	84,6	151	227	72	77	39	40	42	44	40	28	0,179	40	60	72
0,80	10	11	2////	1,85	0,15	0,50	28,8	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	13	11	2////	1,85	0,19	0,60	27,6	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	36	17	4/:/:	1,85	0,22	1,20	51,7	204	306	108	74	38	40	42	44	39	30	0,170	60	90	108
1,40	17	15	2////	1,85	0,26	0,72	22,7	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	29	16	4/:/:	1,85	0,30	0,98	28,1	167	251	87	59	36	38	40	43	37	29	0,128	48	73	87
1,80	80	27	4/:/:	1,85	0,33	2,67	84,6	453	680	240	91	41	42	44	45	41	33	0,227	133	200	240
2,00	26	12	4/:/:	1,85	0,37	0,93	19,8	158	237	78	50	35	37	40	42	35	28	0,104	43	65	78
2,20	25	11	4/:/:	1,85	0,41	0,91	17,1	155	232	75	46	34	37	39	42	34	28	0,095	42	63	75
2,40	28	13	4/:/:	0,96	0,43	0,97	17,5	164	246	84	49	35	37	39	42	35	28	0,102	47	70	84
2,60	28	11	4/:/:	0,96	0,45	0,97	16,5	164	246	84	48	35	37	39	42	34	28	0,099	47	70	84
2,80	27	12	4/:/:	0,95	0,46	0,95	15,3	161	242	81	46	34	37	39	42	34	28	0,093	45	68	81
3,00	25	13	4/:/:	0,94	0,48	0,91	13,8	155	232	75	42	34	36	39	41	33	28	0,085	42	63	75
3,20	30	15	4/:/:	0,96	0,50	1,00	14,8	170	255	90	47	35	37	39	42	34	29	0,098	50	75	90
3,40	30	14	4/:/:	0,96	0,52	1,00	14,2	170	255	90	46	35	37	39	42	34	29	0,095	50	75	90
3,60	34	17	4/:/:	0,98	0,54	1,13	15,8	193	289	102	50	35	37	40	42	34	29	0,104	57	85	102
3,80	50	12	4/:/:	1,01	0,56	1,67	24,5	283	425	150	62	37	39	41	43	36	31	0,137	83	125	150
4,00	33	15	4/:/:	0,97	0,58	1,10	13,9	187	281	99	47	35	37	39	42	34	29	0,097	55	83	99
4,20	38	13	4/:/:	0,99	0,60	1,27	16,0	215	323	114	51	35	37	40	42	34	30	0,107	63	95	114
4,40	39	14	4/:/:	1,00	0,62	1,30	15,8	221	332	117	51	35	37	40	42	34	30	0,107	65	98	117
4,60	35	11	4/:/:	0,98	0,64	1,17	13,3	198	298	105	47	35	37	39	42	34	29	0,096	58	88	105
4,80	39	9	4/:/:	1,00	0,66	1,30	14,6	221	332	117	50	35	37	40	42	34	30	0,103	65	98	117
5,00	100	27	4/:/:	1,05	0,68	3,33	45,7	567	850	300	81	39	41	43	45	39	34	0,194	167	250	300
5,20	102	44	3::::	1,00	0,70	--	--	--	--	--	81	39	41	43	45	39	34	0,194	170	255	306
5,40	157	336	3::::	1,09	0,72	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	40	36	0,242	262	393	471
5,60	27	16	4/:/:	0,95	0,74	0,95	8,5	176	264	81	34	33	35	38	41	31	28	0,067	45	68	81
5,80	31	8	4/:/:	0,97	0,76	1,03	9,2	181	272	93	38	33	36	38	41	32	29	0,076	52	78	93
6,00	150	225	3::::	1,08	0,78	--	--	--	--	--	92	41	42	44	45	40	36	0,230	250	375	450
6,20	180	225	3::::	1,12	0,81	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	41	37	0,249	300	450	540
6,40	188	157	3::::	1,13	0,83	--	--	--	--	--	98	42	43	44	46	41	37	0,252	313	470	564
6,60	115	21	4/:/:	1,06	0,85	3,83	41,3	652	978	345	81	39	41	43	44	39	35	0,193	192	288	345
6,80	121	101	3::::	1,03	0,87	--	--	--	--	--	82	39	41	43	45	39	35	0,196	202	303	363
7,00	192	240	3::::	1,14	0,89	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	40	37	0,248	320	480	576
7,20	139	160	3::::	1,06	0,91	--	--	--	--	--	86	40	42	43	45	39	36	0,208	232	348	417
7,40	196	89	3::::	1,14	0,94	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	40	38	0,247	327	490	588
7,60	165	56	3::::	1,10	0,96	--	--	--	--	--	90	41	42	44	45	39	37	0,224	275	413	495
7,80	80	48	3::::	0,97	0,98	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	36	33	0,144	133	200	240
8,00	240	277	3::::	1,15	1,00	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	39	0,258	400	600	720
8,20	231	69	3::::	1,15	1,02	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	39	0,258	385	578	693
8,40	243	228	3::::	1,15	1,05	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	39	0,258	405	608	729
8,60	244	52	3::::	1,15	1,07	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	39	0,258	407	610	732
8,80	94	61	3::::	0,99	1,09	--	--	--	--	--	68	37	39	41	43	36	34	0,153	157	235	282
9,00	129	41	3::::	1,04	1,11	--	--	--	--	--	78	39	41	42	44	38	35	0,184	215	323	387
9,20	29	17	4/:/:	0,96	1,13	0,98	5,3	309	463	87	26	32	34	37	40	29	29	0,051	48	73	87
9,40	70	25	4/:/:	1,03	1,15	2,33	15,2	397	595	210	56	36	38	40	43	34	32	0,120	117	175	210
9,60	72	72	3::::	0,95	1,17	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	34	32	0,122	120	180	216
9,80	97	104	3::::	1,00	1,19	--	--	--	--	--	67	37	39	41	43	36	34	0,149	162	243	291
10,00	118	25	4/:/:	1,06	1,21	3,93	27,4	669	1003	354	73	38	40	42	44	37	35	0,168	197	295	354
10,20	33	13	4/:/:	0,97	1,23	1,10	5,5	334	501	99	29	32	35	37	40	30	29	0,055	55	83	99
10,40	32	24	4/:/:	0,97	1,25	1,07	5,2	343	515	96	27	32	35	37	40	29	29	0,052	53	80	96
10,60	39	12	4/:/:	1,00	1,27	1,30	6,5	328	491	117	34	33	35	38	41	30	30	0,066	65	98	117
10,80	60	47	3::::	0,93	1,29	--	--	--	--	--	48	35	37	39	42	33	32	0,100	100	150	180
11,00	100	187	3::::	1,00	1,31	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	35	34	0,146	167	250	300
11,20	297	742	3::::	1,15	1,33	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	40	0,258	495	743	891
11,40	239	179	3::::	1,15	1,35	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	40	39	0,239	398	598	717
11,60	295	80	3::::	1,15	1,38	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	40	40	0,258	492	738	885
11,80	175	119	3::::	1,11	1,40	--	--	--	--	--	83	40	41	43	45	38	37	0,200	292	438	525
12,00	251	269	3::::	1,15	1,42	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	40	39	0,241	418	628	753
12,20	186	139	3::::	1,13	1,44	--	--	--	--	--	84	40	41	43	45	38	37	0,204	310	465	558
12,40	80	--	3::::	0,97	1,46	--	--	--	--	--	55	36	38	40	42	34	33	0,117	133	200	240

cerfam s.r.l. geo & idro Via Nardi, 9 - Prato - Tel. 0574/39888		**Prova Penetrometrica** **Dinamica (S.C.P.T.) N°** **3** **ns.rif. :** **078D1**	
Cantiere:	Via M. Curiè - PRATO	**Profondità prova m:**	9,90
Committente:	Impresa SABBI	**Profondità tubo piez. m:**	======
Data di esecuzione:	26/05/2009	**Profondità falda m:**	======



Penetrometro dinamico superpesante tipo Meardi - AGI

Maglio 73 Kg - Volata 75 cm

PROF.		N'30		Nspt
0		12		21,1
30		10		17,5
60		2		3,5
90		4		7,0
120		3		5,3
150		5		8,8
180		4		7,0
210		5		8,8
240		5		8,8
270		5		8,8
300		10		17,5
330		14		24,6
360		13		22,8
390		14		24,6
420		12		21,1
450		7		12,3
480		5		8,8
510		10		17,5
540		13		22,8
570		18		31,6
600		13		22,8
630		21		36,8
660		19		33,3
690		21		36,8
720		13		22,8
750		6		10,5
780		3		5,3
810		9		15,8
840		8		14,0
870		10		17,5
900		12		21,1
930		18		31,6
960		21		36,8
990		0		0,0
1020		0		0,0
1050		0		0,0
1080		0		0,0
1110		0		0,0
1140		0		0,0
1170		0		0,0
1200		0		0,0
1230		0		0,0
1260		0		0,0
1290		0		0,0
1320		0		0,0
1350		0		0,0
1380		0		0,0
1410		0		0,0
1440		0		0,0
1470		0		0,0
1500		0		0,0
1530		0		0,0
1560		0		0,0
1590		0		0,0

Prova eseguita con penetrometro Pagani TG 73 - 100 KN 6 x 6