

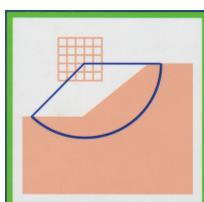
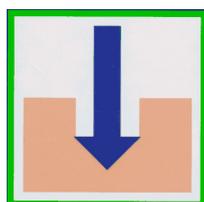
**VARIANTE AL PIANO DI RECUPERO PdR 245
DENOMINATO "VIA CURIE" ISTANZA P.G. 120824
del 01.10.2009**

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DI FATTIBILITA'
ai sensi DPGR 53/R/2010

Committente: IMPRESA EDILE SABBI

Progetto: Geom. ALBERTO MAZZONI

Data: 24 Ottobre 2016



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.	5
2.1.)	Caratteristiche generali	pag.	5
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.	11
2.4.)	Cartografia dell'Autorità di Bacino del F. Arno	pag.	15
2.5.)	Richiamo allo studio idraulico condotto a supporto dell'intervento	pag.	15
3.)	APPROFONDIMENTI DEL QUADRO CONOSCITIVO-DATI GEO- GNOSTICI E CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DELL'AREA	pag.	16
3.1.)	Campagna geognostica	pag.	16
3.2.)	Caratterizzazione stratigrafica e geo- tecnica del sottosuolo	pag.	18
4.)	CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE SULL'INTERVENTO	pag.	20
4.1.)	Considerazioni generali	pag.	20
4.2.)	Considerazioni preliminari sulla capacità portante della fondazione	pag.	21
4.3.)	Cedimenti	pag.	22
4.4.)	Scavi	pag.	29
5.)	APPROFONDIMENTI DEL QUADRO CONOSCITIVO- RISPOSTA SISMICA LOCALE	pag.	31
5.1.)	Amplificazione stratigrafica	pag.	31
5.2.)	Amplificazione topografica	pag.	35
5.3.)	Coefficiente di amplificazione e coefficienti sismici	pag.	35
5.3.)	Liquefazione	pag.	36
6.)	CONCLUSIONI SULLA PERICOLOSITA' DELL'AREA E LA FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO	pag.	43

IN ALLEGATO:- Elaborati grafici

- Tabulati Prove Penetrometriche
- Indagine geofisica

File: Pdrcurie2016

1.) **PREMESSA**

La presente relazione, su incarico dell'Impresa Edile Sabbi, esamina le caratteristiche geologiche, geotecniche e di risposta sismica locale di un lotto di terreno posto in Via Marie Curie 6 - Comune di Prato, dove è in corso la redazione di un Piano di Recupero 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 di Recupero; per detto piano, è stata già a suo tempo redatta (2009) una apposita relazione geologica.

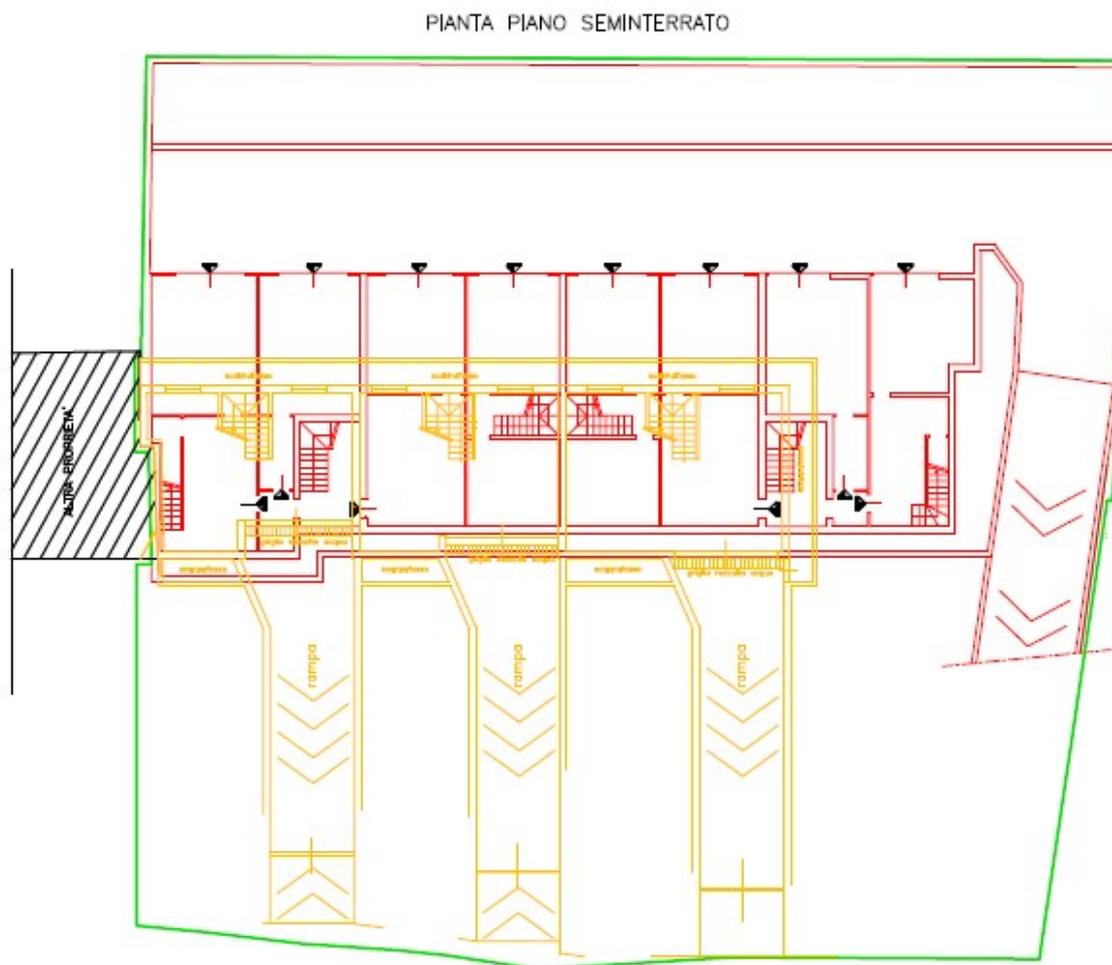
La presente relazione si rende ora necessaria a supporto della presentazione di una variante al Piano di Recupero 245/2009, nonché in conseguenza delle variazioni normative nel frattempo occorse, con particolare riferimento al DPGR 53/R/2010, che ha sostituito la precedente normativa regionale in materia di indagini geologiche di supporto alle previsioni urbanistiche (DPGR 26/R del 27 aprile 2007).

Sono inoltre variate, in adeguamento al DPGR 53/R, le cartografie e le classificazioni di pericolosità contenute nello studio geologico di supporto al Piano Strutturale/Regolamento Urbanistico comunale.

Infine, sono mutate le classificazioni di rischio idraulico dell'Autorità di Bacino del F; Arno, in seguito ai nuovi PGRA (Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni).

Per quanto riguarda la variante, essa comporta rispetto al PdR 245/2009 mai attuato un consistente incremento di superficie coperta e di volume dell'edificio in progetto, derivante da un procedimento di perequazione urbanistica che ha ricevuto positivo Parere Urbanistico di Massima (PARU 13/2014).

Si riporta di seguito lo stato sovrapposto che evidenzia le variazioni planimetriche rispetto al precedente progetto.



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 PGRA dell'Autorità di Bacino del F. Arno; quindi, 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 53/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, e di un'indagine geofisica appositamente condotte, negli anni scorsi, a supporto dell'intervento edificativo.

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'in-terrato stesso, oltre a comportare alcuni accorgimenti durante le 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 sui depositi alluvionali recenti, che formano l'intera pianura pratese. Si rileva inoltre una campitura rigata che definisce la presenza di depositi di conoide. Le prove penetrometriche eseguite rilevano la presenza di depositi ghiaioso-sabbiosi (riferibili con ogni

probabilità alla conoide del T. Bardena) a partire da -3,0 ÷ -4,8 m dal p.c. .

- In FIG. 3 - Carta Litotecnica, si rileva unicamente il posizionamento sui depositi alluvionali; essi sono riportati, dal punto di vista litotecnico, nella categoria "terreni sciolti".
- In FIG. 4 - Carta Geomorfologica, è riportata unicamente la presenza della conoide alluvionale, come forma di accumulo dovuta alla dinamica delle acque superficiali.
- Sulla "Carta Idrogeologica - (estratto riportato in FIG. 5), il lotto in oggetto cade in prossimità della curva isopiezometrica dei 65 m s.l.m. (rilevamento luglio 2007); è confermata pertanto la presenza di falda superficiale, ma non così tanto quanto su altre e precedenti cartografie. Si ricorda qui nuovamente che con le letture freatiche condotte nei perfori di prova penetrometrica la falda fu rilevata a partire dalla quota di -2,2 m dal p.c..
La carta indica inoltre la presenza di sedimenti con permeabilità primaria (per porosità) elevata, da mettersi in relazione con i depositi di conoide.
- In FIG. 6 è riportato uno stralcio della "Carta della Subsidenza"; la subsidenza è un fenomeno causato dalla consolidazione del sottosuolo che si manifesta con abbassamento della superficie topografica.
Questo fenomeno può avere origine sia per cause naturali sia artificiali; il fenomeno della subsidenza per cause antropiche è soprattutto legato allo sfruttamento industriale delle risorse minerarie, ovvero, nella pianura pratese, agli emungimenti idrici legati all'industria tessile. L'abbattimento del livello piezometrico comporta un incremento delle pressioni effettive, con conseguente ripresa di cedimento degli strati più compressibili.
La misura di questo fenomeno viene eseguita tramite misure satellitari che hanno mostrato quante le aree a maggiore subsidenza siano legate alle zone interessate dai maggiori volumi di acqua emunti sia per attività industriali sia per l'alimentazione dell'acquedotto pubblico.

Altro parametro che influenza la subsidenza è lo spessore del livello acquifero presente in una certa area, dato che maggiore è il suo spessore, maggiore potrà essere l'importo della subsidenza.

La zona in esame ricade al di fuori della aree a maggiore tasso di subsidenza, che giungono, secondo la carta ricostruita, a valori di $-10,0 \div -30,0$ mm/anno; essa ricade invece in un'area caratterizzata da un tasso di subsidenza nullo, anzi negativo, in quanto è indicato uno spostamento tra $0,0$ e $+3,5$ mm/anno, ovvero in innalzamento.

Come si vedrà sulla Carta della pericolosità geomorfologica, quanto sopra non dà luogo ad un incremento della classificazione di pericolosità dell'area.

Come ulteriore commento, si nota che non è da attendersi subsidenza per abbassamento di falda in una zona in cui la falda risulta assai superficiale, tanto più che negli ultimi anni la falda pratese ha avuto un consistente rialzamento conseguente alla riduzione degli attingimenti da parte di pozzi acquedottistici ed industriali.

- In FIG. 6 è riportato uno stralcio della "Carta delle problematiche idrogeologiche"; su essa, oltre ad essere riportate le curve isopiezometriche già osservate sulla Carta Idrogeologica, si rilevano altre informazioni:
 - o il lotto cade al di fuori delle zone di protezione di pozzi per uso potabile, che si estendono con raggio di 200 m intorno al pozzo (ai sensi del D.Lgs n°152/2006);
 - o la vulnerabilità delle acque sotterranee passa, all'interno del lotto, da alta a media (procedendo verso sud); il grado di vulnerabilità tendenzialmente elevato è da mettere in relazione con la già constatata natura permeabile dei sedimenti.
 - o il lotto non ricade in zone D4 o D3 definite dal progetto di Piano Stralcio "Bilancio Idrico", ovvero in zone a disponibilità della risorsa idrica inferiore o molto inferiore alla capacità di ricarica.

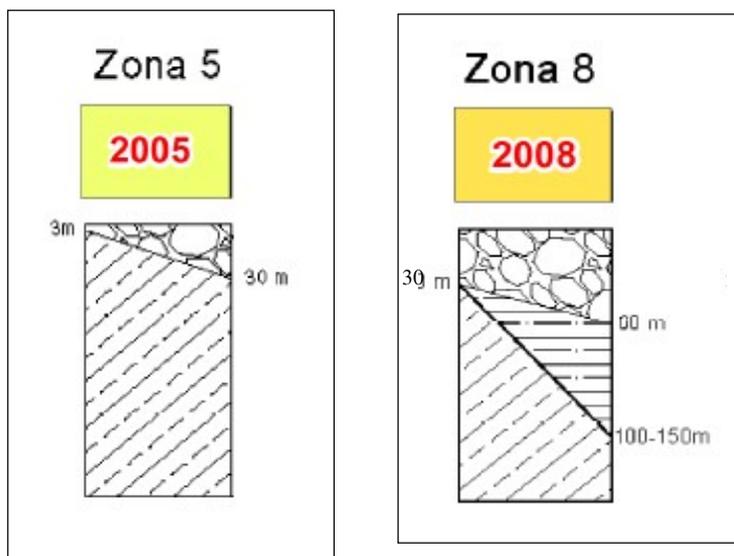
- Sulla "Carta delle pericolosità geomorfologica" (FIG. 7), il lotto in oggetto ricade in area a pericolosità geomorfologica bassa G.1; ciò, come si è visto, è dovuto all'assenza di problematiche di subsidenza.

- In FIG. 8 si riporta uno stralcio della "Carta delle problematiche idrogeologiche", in cui si indica nuovamente un livello di falda prossimo ai 65 m slm ed una vulnerabilità delle acque sotterranee "alta", dovuta alla presenza di terreni sciolti ad elevata permeabilità; ciò consegue alla presenza di depositi di conoide.
- In FIG. 9 si riporta uno stralcio della "Carta della pericolosità idraulica"; su essa il lotto ricade in area a Pericolosità Idraulica elevata (I.3), attribuita ad aree interessate da allagamenti con eventi con tempo di ritorno tr compreso tra 30 e 200 anni. E' questa una delle particolarità che possono condizionare, dal punto di vista pratico e normativo, la fattibilità dell'intervento; per tale motivo, il Piano di Recupero è supportato da un apposito e dettagliato studio idraulico condotto da altro Professionista (Ing. Molossi). A tale studio si rimanda per ogni dettaglio.
- In FIG. 10 si riporta uno stralcio della "Carta delle pericolosità sismica locale (ZMPSL)"; su essa il lotto ricade in zona a pericolosità sismica elevata S.3, classificazione dovuta alla presenza di terreni granulari poco addensati saturi d'acqua con falda superficiale nei primi 5 m dal p.c., nonché alla definizione di "area costituita da conoidi alluvionali". In base a tale classificazione, si cercherà in seguito di dare risposta sia al rischio di instabilità per liquefazione dovuto ai terreni granulari non addensati in falda, sia alle problematiche di risposta sismica locale.

Sempre dal punto di vista della risposta sismica locale, è stato recentemente redatto lo studio di microzonazione sismica di 1° livello del Comune di Prato; esso può risultare non necessario a livello di Piano Attuativo ai sensi DPGR 53/R, ma si vuole qui accennare a quanto in esso contenuto per la zona in oggetto. In FIG. 10bis si riporta allora uno stralcio della Carta delle isobate, in cui si indica la profondità del substrato da considerarsi bedrock sismico rispetto al piano di campagna; si vede in tal modo che esattamente sulla zona in oggetto la isobata con valore 30 m.

Quindi il contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato avviene entro poche decine di metri, il che fa confermare la pericolosità sismica elevata anche ai sensi DPGR 53R.

In FIG. 10ter si riporta poi la carta MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica); si vede in tal modo che la zona in oggetto cade esattamente a cavallo tra la zona 5 (2005) e la zona 8 (2008); ciò consegue dal fatto che l'isobata con valore 30 m passa esattamente sul lotto, dato che la zona 8 si identifica con un una stratigrafia costituita da uno spessore fino a 30 m di terreni tipo ghiaie (GP) soprastanti il substrato lapideo stratificato, mentre per la zona 8 il litotipo del materiale di copertura resta lo stesso ma il suo spessore varia da 30 a 60 m, con possibilità, via via che il substrato si approfondisce che i terreni sedimentari varino in profondità dal litotipo ghiaioso ad uno limoso (ML). Si riportano qui di seguito, maggiormente ingrandite, le colonne stratigrafiche riferite alle due zone:



Terminato l'exkursus dei dati di base e delle classificazioni di pericolosità contenute nel Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico, si può valutare la fattibilità attribuita all'intervento in oggetto; essa potrebbe essere dedotta dalla griglia qui di seguito riportata, ripresa dall'Art. 121 del R.U. del Comune di Prato.

Le classificazioni di pericolosità riportate sulla griglia non corrispondono tuttavia alle attuali classificazioni di pericolosità sopra viste.

In base alle attuali classificazioni, è tuttavia possibile, considerando un intervento di nuova edificazione, ritenere che sia attribuita all'intervento la seguente fattibilità in funzione delle nuove classi di pericolosità:

Fattibilità geologica Fg. 1

Fattibilità idraulica Fi. 3

Fattibilità sismica Fs. 3

	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

Ad ogni modo, la pericolosità dell'area e la fattibilità dell'intervento saranno di seguito controllate approfondendo l'analisi degli aspetti di rischio, al fine di pervenire ad una definitiva classificazione di fattibilità del Piano Attuativo in oggetto ai sensi della normativa attualmente in vigore (DPGR 53/R).

2.3.) Riferimento al PTC della Provincia di Prato.

Si analizzano di seguito i dati contenuti della del PTC della Provincia di Prato, 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. 11, 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. 12 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. 13), l'area d'intervento appare classificata a **Rischio Elevato**. Essa cade infatti esattamente sul margine interno di una zona così classificata. Tale tipo di rischio era comunque già contenuto nelle classificazioni di pericolosità idraulica già sopra viste.

Si riporta di seguito, per completezza, il commento di altre carte contenute nella 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; la carta appare superata dal fatto che la pericolosità idraulica del PAI è stata superata dalla nuova cartografia dell'Autorità di Bacino (PGRA - Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni), che sarà quindi di seguito riportata.

- 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 nell'area B3 (bacino del F. Ombrone Pistoiese).

Per quanto riguarda il rischio idraulico, nel PTC sono quindi riprese le definizioni del PAI che è però ora per tale aspetto superato dal nuovo PGRA; 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.

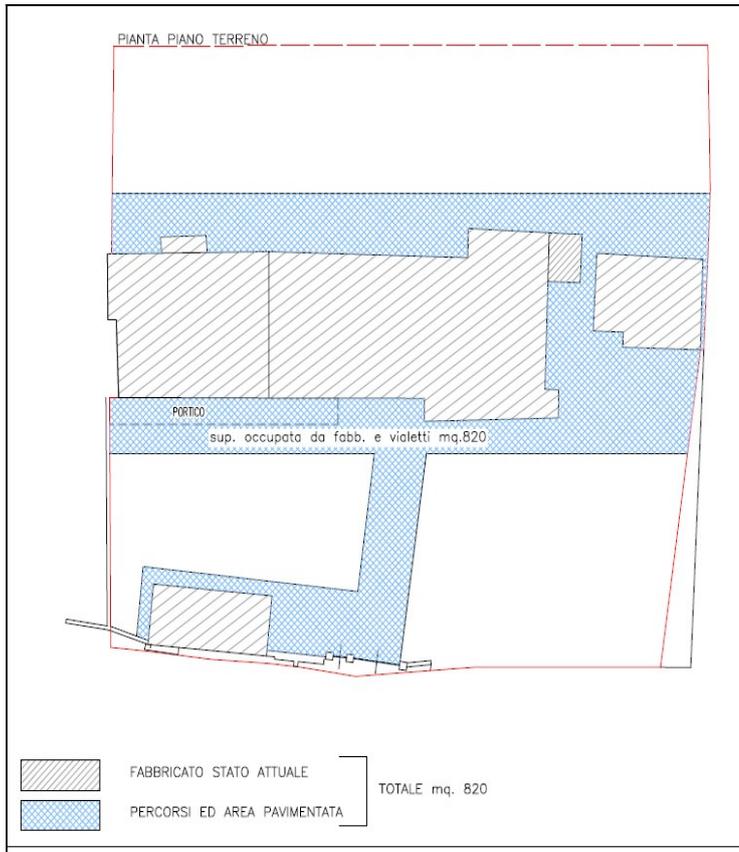
Anche ai sensi delle salvaguardie poste dal PTC diviene dunque determinante l'analisi della cartografia dell'Autorità di Bacino.

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, non si concretizza un aumento di superficie coperta uguale o superiore a 500 mq; il Progettista ha infatti predisposto le planimetrie che seguono a pag. 14

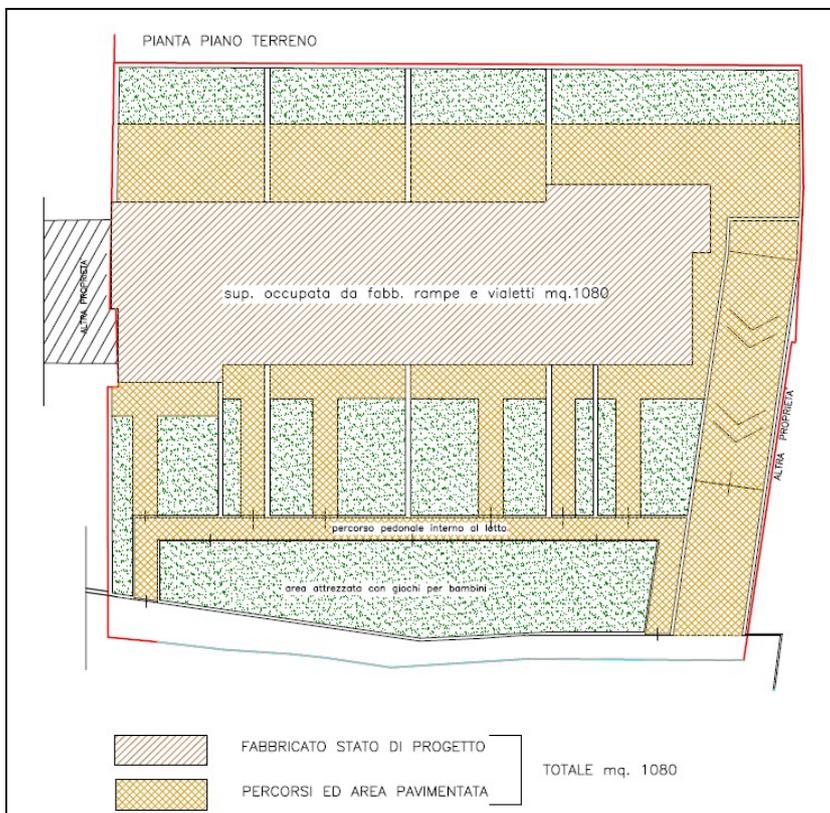
Dal raffronto con il calcolo delle aree impermeabilizzate allo stato attuale ed allo stato di progetto, l'incremento di superficie impermeabile risulta essere di 260 mq.

L'incremento di superficie impermeabilizzata è pertanto ben inferiore a 500 mq: cade pertanto la necessità di impianti di accumulo per l'immagazzinamento ed il riutilizzo delle acque meteoriche.

Stato Attuale



Stato di progetto



2.4.) Cartografia dell'Autorità di Bacino del F. Arno

Il PRGA (Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni) attribuisce all'area pericolosità da alluvione P.3 - elevata (stralcio riportato in FIG. 14), corrispondente ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore o uguale a 30 anni; il tempo di ritorno risulta pertanto inferiore a quello previsto dallo studio idraulico di supporto al Piano strutturale, in cui alla classificazione di pericolosità idraulica elevata I.3 corrisponde un tempo di ritorno T_r compreso tra 30 e 300 anni.

Il tempo di ritorno $T_r \leq 30$ anni dà luogo, ai sensi del DPGR53/R, alla pericolosità idraulica I.4.

Sempre nel PGRA, sulla Carta del rischio di Alluvione (FIG. 15), è attribuito rischio R4 (molto elevato), in funzione della pericolosità e di quanto presente sul territorio (vita umana, beni ed attività economiche).

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 Malossi, ai sensi DPGR 53/R e PGRA dell'Autorità di Bacino del F. Arno, un apposito studio idraulico per l'area in oggetto. Ad esso, ed ai provvedimenti in esso contenuti, si rimanda integralmente.

- 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 freaticometrico fessurato, è stato eseguito un rilevamento freaticometrico, 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.

Per quanto riguarda l'indagine geofisica, si rimanda alla apposita relazione allegata in appendice. Si accenna qui al

fatto che essa conferma il passaggio stratigrafico tra i terreni fini superficiali e le sottostanti ghiaie a circa 4 m di profondità.

3.2.) Caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del sottosuolo

L'insieme delle indagini 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.

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 pedogenizzati, con valori di resistenza alla punta Q_c compresi tra 10 e 17 Kg/cm², 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, cui seguono i terreni naturali 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.): limi argillosi e argille limose di media o medio-alta consistenza, con valori Q_c compresi, nella maggior parte dei casi, tra 25 e 35 Kg/cm².

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 Q_c mediamente prossimi a 150 Kg/cm² e 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; in tutte le prove risultano

presenti, all'interno delle ghiaie, sottili livelli più deboli, a maggior contenuto di matrice fine.

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 -4,2 ÷ -4,8 m dal p.c. rilevate con le altre due verticali d'indagine CPT1 e CPT2).

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 Q_c risultano assai variabili in base al contenuto in ghiaia, passando da 15-30 Kg/cm² dove è presente solo la matrice fine, a 60 Kg/cm² 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 -9,2 ÷ -10,6 fino alla massima profondità indagata (pari a -12,4 m dal p.c. in CPT2)): ghiaie e sabbie addensate con valori di Q_c spesso superiori a 200 Kg/cm² e N'_{30} medio = 13 colpi.

Lo strato superficiale (livello A1) è caratterizzabile con un comportamento geotecnico sostanzialmente coesivo, regolato quindi a breve termine dalla resistenza al taglio rapido non drenato (c_u), 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 geomeccanico di tipo incoerente, con resistenza a taglio fornita dall'angolo d'attrito interno in termini di sforzi efficaci ϕ' . sia a breve che a lungo termine.

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, corrispondente al piano di campagna attuale.

Gli aspetti più critici che potranno condizionare la fattibilità dell'intervento risultano essere:

- La conduzione dello scavo per ricavare il piano interrato giungerà in aderenza all'edificio di altra proprietà disposto in aderenza sul confine nord-ovest, che risulta già ristrutturato e appare privo di piano interrato.
- E' presente falda idrica molto superficiale (-2,2 m dal p.c. all'inizio di giugno 2009); essa richiederà una attenta impermeabilizzazione del nuovo piano interrato, ma pone anche il problema delle fasi di cantiere, sia per il rischio connesso ai possibili cedimenti indotti nelle strutture presenti al contorno da un eventuale prolungato abbattimento del livello idrico per pompaggio nello scavo, sia per il rischio di una eventuale spinta di galleggiamento sulla nuova struttura in progetto durante le fasi di cantiere. La presenza di flusso idrico richiamato dal pompaggio 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, può comportare una differenzialità dei terreni di appoggio del nuovo edificio.

La necessità di impermeabilizzazione del fondo, ma anche l'opportunità di ridurre la profondità di scavo a vantaggio della sua stabilità e di minimizzare il 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 -3,4 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, permettendo al contempo un buon sviluppo di capacità portante; ciò è particolarmente vero su terreno attritivo o su terreni fini in termini di tensioni efficaci (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 essa è costituita dalla differenza tra piano di posa e piano di campagna, mentre per le travi rovesce essa è costituita dalla profondità del solo scavo a sezione obbligata per il getto delle travi stesse.

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 Q_c determinata a tale profondità; ciò favorisce il risultato del calcolo in termini di sforzi totali, quando i terreni reagiscono con la resistenza al taglio rapido non drenato c_u .

In base ad una resistenza Q_c pari ad almeno 30 Kg/cmq, si può infatti stimare la seguente resistenza al taglio rapido non drenato:

$$c_u = Q_c/25 = 1,2 \text{ Kg/cmq}$$

Quanto sopra, 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 della nuova struttura in conseguenza all'applicazione del carico da essa trasmesso 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'edificio) segnala presenza di ghiaie al livello del piano di posa, mentre sulle verticali d'indagine CPT1 e CPT2 (lato posteriore dell'edificio), 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.

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 cautelativamente 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, il modulo di compressibilità E può essere valutato con:

$$E = \alpha q_c$$

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:

$$S = I_s * q_p * m_v * H$$

in cui:

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

Occorre notare che il termine q_p 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'80% 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):

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

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 Voitijs 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 prudentiale 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:

$$W = fs*fh*ft * [p'o * B^{0,7} * I_c/3 + (q'-p'o) * B^{0,7} * I_c]$$

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;

I_c = 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 ricomprensione 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 ricomprensione 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:

$$N_c = 1,25 * N_{spt}$$

Il valore N da introdurre nel calcolo risulta essere quello medio compreso in un certo livello al di sotto delle fondazioni (N_{av}): 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:

$$I_c = \frac{1,706}{N_{av} \cdot 1,4}$$

Per quanto riguarda i coefficienti correttivi f_s , f_h , f_t è possibile notare quanto segue:

- il coefficiente f_h 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 f_s risulta prossimo ad 1.
- Il fattore tempo f_t 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 N_{spt} 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:

$$N_{spt} = 1,74 \text{ N}'30$$

Data la dimensione di fondazione, deve essere utilizzato un valore di N_{spt} 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 N_{spt} medio da immettere nel calcolo:

$$N_{spt} = 12,66 \times 1,74 = 22$$

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

Si 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 nonostante le variazioni stratigrafiche precedentemente messe in evidenza.

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 della stabilità stessa; 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 quest'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 possono 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.) APPROFONDIMENTI DEL QUADRO CONOSCITIVO - RISPOSTA SISMICA LOCALE

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

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

5.1.) Amplificazione stratigrafica

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

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo.*

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

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

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

Si dispone nel caso in oggetto di un'indagine geofisica di superficie costituita da uno stendimento di sismica a rifrazione in onde P (con tecnica tomografica) e da uno con metodo MASW. Nel caso in oggetto, come rilevabile dai risultati di tale indagine allegati in appendice alla presente relazione, tramite la prova di tipo MASW è stata definita la categoria di sottosuolo B ($V_{s30} = 450$ m/s). In realtà, tale risultato è calcolato come velocità V_s equivalente nei primi 30 m dal piano di campagna; più correttamente, esso dovrebbe essere calcolato per 30 m al di sotto del piano di posa: ciò comporterebbe l'uscita dalla sommatoria degli strati più superficiali in cui il valore di V_s è inferiore, e l'ingresso in profondità di un ulteriore spessore a maggior impedenza sismica (ghiaie). Il valore di V_{s30} calcolato in tal modo risulterebbe allora ancora leggermente più elevato, confermandosi ad ogni modo la categoria di sottosuolo B.

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

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \square 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot (a_g/g) \square 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \square 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot (a_g/g) \square 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$1,00 \square 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot (a_g/g) \square 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$0,90 \square 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot (a_g/g) \square 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Occorre dunque definire A_g ed F_0 per il sito in oggetto.

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

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

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

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

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

Nel caso in oggetto la classe d'uso da attribuire è la II.
Si può allora definire il valore del coefficiente d'uso C_u :

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

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

Si ha quindi $C_u = 1$.

Si può a questo punto definire la vita di riferimento:

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

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

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

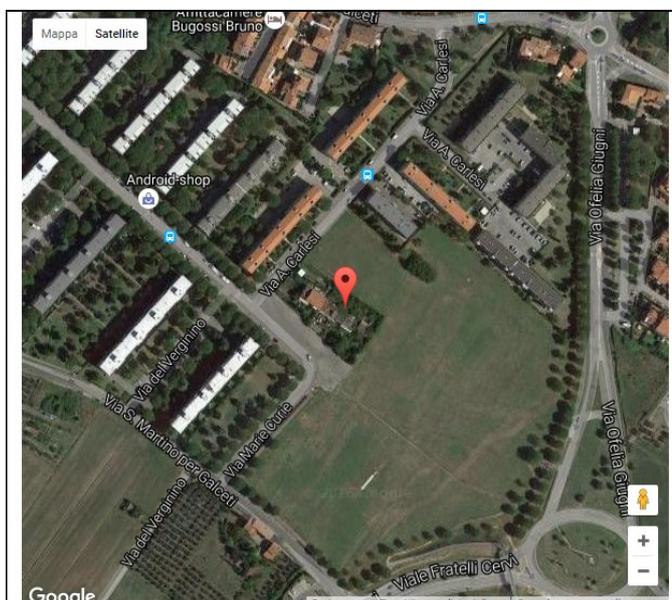
Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

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

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

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

In base ad apposito software, inserendo le coordinate del sito è stato ottenuto, come da immagine sopra riportata (dati rete sismica nazionale), un valore di picco di ag pari a 0,146 g, $F_0 = 2,415$ e $T'_c = 0,298$ (SLV, $T_r = 475$ anni).



Stato Limite	T_r [anni]	a_g [g]	F_0	T'_c [s]
Operatività (SLO)	30	0,051	2,519	0,250
Danno (SLD)	50	0,062	2,541	0,266
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,146	2,415	0,298
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,186	2,392	0,310
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Si ottiene pertanto:

$$S_s = 1,4 - 0,4 \times 0,146 \times 2,415 = 1,259$$

In base alla Tabella 3.2.V si pone quindi:

$$S_s = 1,2$$

5.2.) Amplificazione topografica

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

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche.

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

Per quanto riguarda la topografia, l'intervento ricade in area di pianura; può quindi essere attribuita la **Categoria topografica T1**; il valore di S_T si rileva dalla tabella sotto riportata.

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

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

Si ha quindi $S_T = 1$

5.3.) Coefficiente di amplificazione e coefficienti sismici

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

$$S = S_s \times S_T = 1,2 \times 1 = 1,2$$

Si ha quindi:

$$a_{\max} = a_g \times S = 0,146 \times 1,2 = 0,1752$$

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

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

$$K_v = \pm 0,5 K_h$$

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

Tabella 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

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

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

$$K_h = 0,24 \times 0,1752 = 0,04205$$

$$K_v = \pm 0,02102$$

5.4.) Liquefazione

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

Ciò può avvenire in terreni incoerenti finì 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):

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

dove:

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

$r_d = 1 - 0.00765 z$	per $z \leq 9.15\text{m}$	<i>(Liao and Whitman, 1986)</i>
$r_d = 1.174 - 0.0267 z$	per $9.15 < z \leq 23\text{m}$	
$r_d = 0.774 - 0.008 z$	per $23 < z \leq 30\text{m}$	
$r_d = 0.5$	per $z > 30\text{m}$	

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

- o livello di falda (z_w) il valore corrispondente alle misurazioni effettuate;
- o peso per unità di volume ($\gamma = 1,95 \text{ t/mc}$), 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:

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

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

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

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

dove K_c è un fattore di correzione che, se I_c risulta maggiore di 2.6, allora non viene calcolato, in quanto il terreno è sicuramente non liquefacibile; se minore di 1.64, allora si assume uguale ad 1, ed infine se I_c risulta compreso tra 1.64 e 2.6, allora si assume sempre uguale ad 1, qualora I_c sia minore di 2.36 e $F < 0.5\%$, in caso contrario, risulta: $K_c = -0.403(I_c)^4 + 5.581(I_c)^3 - 21.63(I_c)^2 + 33.75(I_c) - 17.88$.

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

Indice del tipo di terreno, I_c	Zona	Classe di terreno
$I_c < 1.31$	7	Sabbia ghiaiosa
$1.31 < I_c < 2.05$	6	Sabbie: da pulite a limose

$2.05 < I_c < 2.60$	5	Miscele di sabbie: da sabbia limosa a limo sabbioso
$2.60 < I_c < 2.95$	4	Miscele di limi: da limo argilloso a argilla limosa
$2.95 < I_c < 3.60$	3	Argille
$I_c > 3.60$	2	Terreni organici: torbe

Calcolo della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR):

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 CRR7.5, con la profondità (curva di resistenza alla liquefazione), valida per un terremoto di magnitudo 7.5 e per sabbie pulite:

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

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

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

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

per $FSL \leq 1$ ne è il complemento ad 1, e $w(z)$ 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)*:

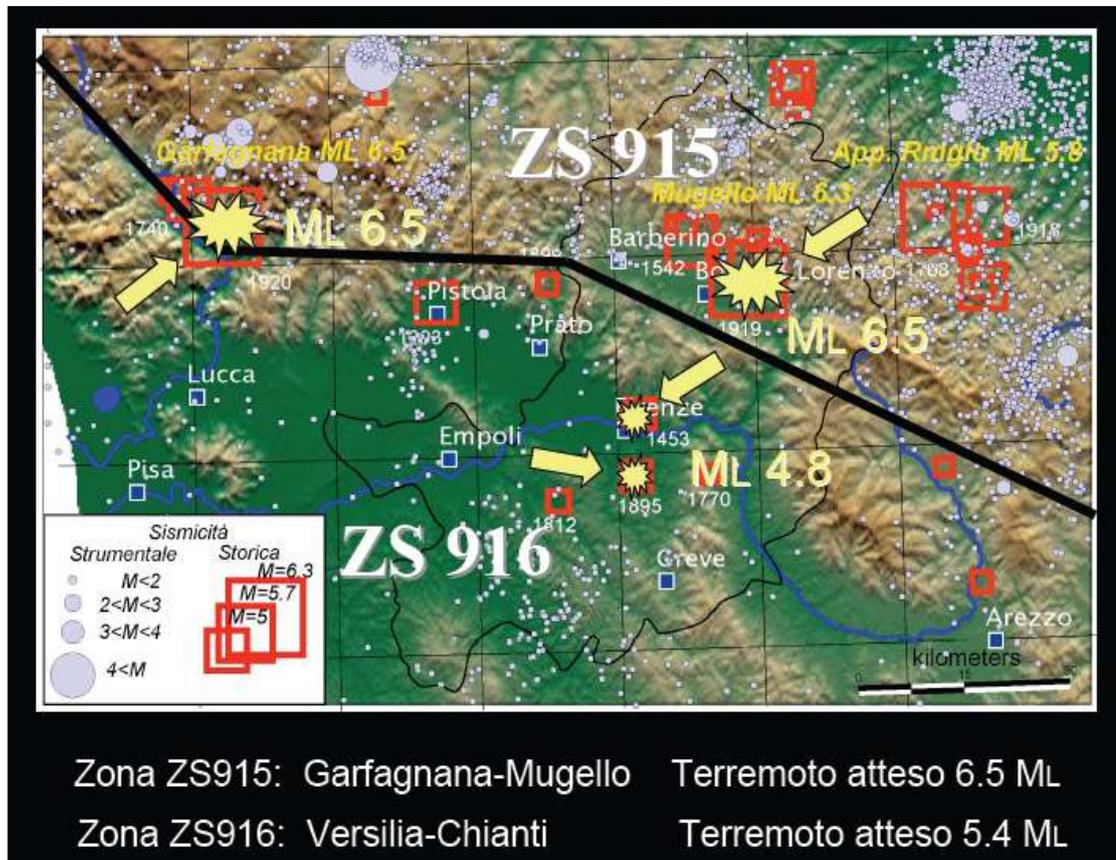
Indice di liquefazione e livello associato di rischio

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; il calcolo è riportato nella tabella qui di seguito allegata.

Per l'accelerazione massima precedentemente determinata ($a_{max} = 0,175 \text{ g}$) e per una magnitudo attesa del sisma pari a 5,4 ((Zona sismica ZS916 - Versilia-Chianti), si ottiene un indice di liquefazione $Pl = 0$, valore che indica un rischio di liquefazione "molto basso", in pratica non influente.



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): 0,175

Magnitudo sisma M = 5,4

Correzione Magnitudo: 2,957

Prof.	γ	σ_0	σ_{10}	qc	fs	lc cor	qc1n	Kc	(qc1n)cs	R	rd	T	R/T	LIQ?	PL
0	2,00	0,020	0,020								0,999	0,038			
20	2,00	0,060	0,060		0,93						0,998	0,038			
40	2,00	0,100	0,100	24,0	2,07	2,680	48,00	3,83	184,03	0,660	0,996	0,038	17,190	-	
60	2,00	0,140	0,140	10,0	0,93	2,729	20,00	4,19	83,85	0,135	0,995	0,038	3,519	-	0,00
80	2,00	0,180	0,180	13,0	1,20	2,724	26,00	4,15	107,91	0,197	0,993	0,038	5,147	-	0,00
100	2,00	0,220	0,220	36,0	2,07	2,538	72,00	2,95	212,53	0,973	0,992	0,038	25,471	-	0,00
120	2,00	0,260	0,260	17,0	1,13	2,364	70,60	2,16	152,25	0,408	0,990	0,038	10,705	-	0,00
140	2,00	0,300	0,300	29,0	1,80	2,837	34,00	5,08	172,82	0,560	0,989	0,038	14,710	-	0,00
160	2,00	0,340	0,320	80,0	3,00	2,706	58,00	4,02	233,04	1,257	0,987	0,040	31,121	-	0,00
180	2,00	0,380	0,340	26,0	2,20	2,130	137,20	1,50	206,04	0,893	0,985	0,042	21,062	-	0,00
200	2,00	0,420	0,360	25,0	2,20	2,695	52,00	3,94	204,77	0,878	0,984	0,044	19,868	-	0,00
220	2,00	0,460	0,380	28,0	2,20	2,734	50,00	4,23	211,53	0,960	0,982	0,046	20,964	-	0,00
240	2,00	0,500	0,400	28,0	2,53	2,727	56,00	4,17	233,75	1,268	0,981	0,047	26,845	-	0,00
260	2,00	0,540	0,420	27,0	2,27	2,703	56,00	4,00	223,86	1,123	0,979	0,048	23,162	-	0,00
280	2,00	0,580	0,440	25,0	1,93	2,684	54,00	3,86	208,46	0,922	0,978	0,050	18,581	-	0,00
300	2,00	0,620	0,460	30,0	2,07	2,769	50,00	4,50	225,14	1,141	0,976	0,051	22,519	-	0,00
320	2,00	0,660	0,480	30,0	2,13	2,677	60,00	3,81	228,68	1,192	0,975	0,052	23,094	-	0,00
340	2,00	0,700	0,500	34,0	2,00	2,668	60,00	3,75	224,90	1,138	0,973	0,052	21,684	-	0,00
360	2,00	0,740	0,520	50,0	4,20	2,856	65,38	5,26	343,83	3,860	0,972	0,053	72,476	-	0,00
380	2,00	0,780	0,540	33,0	2,20	2,486	68,04	2,68	182,46	0,645	0,970	0,054	11,948	-	0,00
400	2,00	0,820	0,560	38,0	2,93	2,770	58,93	4,52	266,20	1,834	0,969	0,055	33,577	-	0,00
420	2,00	0,860	0,580	39,0	2,80	2,677	65,52	3,81	249,79	1,529	0,967	0,055	27,691	-	0,00
440	2,00	0,900	0,600	35,0	3,07	2,702	65,00	3,99	259,38	1,703	0,966	0,056	30,524	-	0,00
460	2,00	0,940	0,620	39,0	4,27	2,893	56,45	5,60	316,27	3,022	0,964	0,056	53,680	-	0,00
480	2,00	0,980	0,640	100,0	3,67	2,782	60,94	4,61	280,85	2,140	0,963	0,057	37,699	-	0,00
500	2,00	1,020	0,660	102,0	2,33	2,107	123,09	1,46	179,40	0,617	0,961	0,057	10,785	-	0,00
520	2,00	1,060	0,680	157,0	0,47	1,639	123,69	1,00	123,69	0,256	0,959	0,058	4,444	-	0,00
540	2,00	1,100	0,700	27,0	1,67	1,730	187,65	1,05	197,62	0,798	0,958	0,058	13,759	-	0,00
560	2,00	1,140	0,720	31,0	3,87	3,066	37,50	7,48	280,66	2,136	0,956	0,058	36,621	-	0,00
580	2,00	1,180	0,740	150,0	0,67	2,476	36,04	2,63	94,94	0,160	0,955	0,059	2,721	-	0,00
600	2,00	1,220	0,760	180,0	0,80	1,558	172,06	1,00	172,06	0,554	0,953	0,059	9,394	-	0,00
620	2,00	1,260	0,780	188,0	1,20	1,563	203,81	1,00	203,81	0,867	0,952	0,059	14,646	-	0,00
640	2,00	1,300	0,800	115,0	5,53	2,044	210,19	1,35	284,46	2,221	0,950	0,059	37,337	-	0,00
660	2,00	1,340	0,820	121,0	1,20	1,847	127,00	1,14	144,36	0,360	0,949	0,060	6,025	-	0,00
680	2,00	1,380	0,840	192,0	0,80	1,707	132,02	1,04	136,97	0,319	0,947	0,060	5,322	-	0,00
700	2,00	1,420	0,860	139,0	0,87	1,451	207,04	1,00	207,04	0,905	0,946	0,060	15,053	-	0,00
720	2,00	1,460	0,880	196,0	2,20	1,928	148,17	1,21	179,12	0,614	0,944	0,060	10,185	-	0,00
740	2,00	1,500	0,900	165,0	2,93	1,813	206,60	1,11	229,43	1,203	0,943	0,061	19,883	-	0,00
760	2,00	1,540	0,920	80,0	1,67	1,742	172,02	1,06	182,51	0,645	0,941	0,061	10,637	-	0,00
780	2,00	1,580	0,940	240,0	0,87	2,003	82,51	1,30	106,98	0,194	0,940	0,061	3,187	-	0,00
800	2,00	1,620	0,960	231,0	3,33	1,741	244,95	1,06	259,75	1,710	0,938	0,061	28,043	-	0,00
820	2,00	1,660	0,980	243,0	1,07	1,416	233,35	1,00	233,35	1,262	0,937	0,061	20,649	-	0,00
840	2,00	1,700	1,000	244,0	4,67	1,856	243,00	1,14	277,98	2,078	0,935	0,061	33,938	-	0,00
860	2,00	1,740	1,020	94,0	1,53	1,491	241,60	1,00	241,60	1,391	0,933	0,061	22,687	-	0,00
880	2,00	1,780	1,040	129,0	3,13	2,309	92,17	1,97	181,16	0,633	0,932	0,061	10,303	-	0,00
900	2,00	1,820	1,060	29,0	1,67	1,917	125,30	1,20	150,09	0,394	0,930	0,062	6,411	-	0,00
920	2,00	1,860	1,080	70,0	2,80	3,045	26,85	7,23	194,20	0,761	0,926	0,061	12,395	-	0,00
940	2,00	1,900	1,100	72,0	1,00	2,152	66,74	1,55	103,26	0,182	0,920	0,061	2,979	-	0,00
960	2,00	1,940	1,120	97,0	0,93	2,118	68,03	1,48	100,56	0,175	0,915	0,061	2,860	-	0,00
980	2,00	1,980	1,140	118,0	4,80	2,446	90,85	2,50	226,86	1,166	0,910	0,061	19,158	-	0,00
1000	2,00	2,020	1,160	33,0	2,47	2,108	109,56	1,46	159,94	0,461	0,904	0,061	7,592	-	0,00
1020	2,00	2,060	1,180	32,0	1,33	2,765	27,97	4,47	125,01	0,262	0,899	0,060	4,329	-	0,00
1040	2,00	2,100	1,200	39,0	3,33	3,072	26,67	7,55	201,42	0,840	0,894	0,060	13,945	-	0,00
1060	2,00	2,140	1,220	60,0	1,27	2,655	31,97	3,66	116,99	0,229	0,888	0,060	3,814	-	0,00
1080	2,00	2,180	1,240	100,0	0,53	2,102	53,88	1,45	78,12	0,124	0,883	0,060	2,080	-	0,00
1100	2,00	2,220	1,260	297,0	0,40	1,733	89,09	1,05	93,97	0,157	0,878	0,060	2,639	-	0,00
1120	2,00	2,260	1,280	239,0	1,33	1,367	262,51	1,00	262,51	1,762	0,872	0,059	29,710	-	0,00
1140	2,00	2,300	1,300	295,0	3,67	1,819	209,62	1,11	233,66	1,266	0,867	0,059	21,437	-	0,00
1160	2,00	2,340	1,320	175,0	1,47	1,405	256,76	1,00	256,76	1,654	0,862	0,059	28,120	-	0,00
1180	2,00	2,380	1,340	251,0	0,93	1,603	151,18	1,00	151,18	0,401	0,856	0,059	6,851	-	0,00
1200	2,00	2,420	1,360	186,0	1,33	1,481	215,23	1,00	215,23	1,007	0,851	0,058	17,271	-	0,00
1220	2,00	2,460	1,380	80,0											

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

6.) CONCLUSIONI SULLA 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 (DPGR 53/R/2010), ha esaminato le caratteristiche di un lotto di terreno posto in Prato, Via Curie 6, dove viene redatto un Piano di recupero per la realizzazione di un nuovo edificio a destinazione residenziale, previa demolizione dell'edificio esistente.

In base all'analisi degli elaborati geologici di Piano Strutturale, del PTC, della cartografia del PGRA (autorità di Bacino del F. Arno) e dei dati geognostici ad oggi rilevati in situ, si è accertato quanto segue:

- Dal punto di vista della pericolosità idraulica, sulla cartografia del PGRA (Autorità di Bacino del F. Arno) la zona ricade in pericolosità da alluvione elevata P3 (allagamenti per eventi con tempo di ritorno T_r minore di 30 anni). La carta delle pericolosità idraulica allegata al Piano Strutturale del Comune di Prato attribuisce all'area pericolosità idraulica elevata I.3, dove tale definizione significa che essa è interessata da allagamenti con eventi con T_r compreso tra 30 e 200 anni.
Essendo comunque la pericolosità elevata e l'area non in sicurezza per tempo di ritorno = 200 anni, ciò ha dato luogo alla necessità, a livello di piano attuativo, dello studio idraulico condotto, a sostegno dell'intervento, dall'Ing. David Molossi, a cui si rimanda integralmente.
- Dal punto di vista sismico, tra gli effetti di amplificazione sismica, sulla base delle indicazioni del DPGR 26/R, sulla carta ZMPSL allegata al Piano Strutturale è stato indicato il rischio di fenomeni di amplificazione stratigrafica, con attribuzione di pericolosità sismica elevata S.3.; ai sensi del successivo DPGR 53/R/2010, le zone suscettibili di amplificazione locale per effetti stratigrafici richiedono l'attribuzione della pericolosità elevata S.3 qualora il contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido avvenga entro alcune decine di metri dal piano di campagna, altrimenti può essere attribuita pericolosità

sismica media S.2. Nel caso in oggetto, data la posizione della zona in relativa vicinanza al margine nord della pianura ed all'affioramento delle formazioni incassanti, non può essere escluso che il contrasto di impedenza sismica avvenga "entro alcune decine di metri" dal p.c., come del resto indicato dal recente studio di microzonazione sismica redatto per il comune di Prato. Si conferma pertanto la pericolosità sismica S.3.

L'indagine geofisica ad oggi condotta (indagine di superficie con rifrazione in onde P e Masw) definisce gli effetti di amplificazione stratigrafica facendo attribuire alla zona una categoria di sottosuolo B e definendo quindi il coefficiente di amplificazione stratigrafica, che non risulta particolarmente elevato.

La ZMPSL indica anche i rischi connessi alla presenza di terreni granulari poco addensati saturi d'acqua, quale fattore di rischio di instabilità dinamica per liquefazione. Gli approfondimenti di indagine geotecnica condotti e le conseguenti verifiche del potenziale di liquefazione portano ad oggi ad escludere tale rischio.

- 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). Tale classificazione può essere confermata anche ai sensi del DPGR 53/R. Si sono tuttavia evidenziate le cautele necessarie per altri aspetti non contemplati in normativa, quali l'esecuzione dello scavo per la realizzazione del piano interrato in aderenza alle fondazioni dell'edificio esistente in aderenza a confine ovest, privo di piano interrato.

Le classificazioni di pericolosità sopra descritte sono riportate nella Carta di pericolosità allegata (FIG. 17).

Relativamente alla fattibilità dell'intervento, dai criteri generali di fattibilità riportati al punto 3.1 del DPGR 53/R, si deduce quanto segue:

- In relazione alla pericolosità geomorfologica G.1. (bassa) non occorrerebbe dettare condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere geomorfologico; tuttavia, in base alla volumetria di intervento ai sensi del DPGR 36R (circa 3400 mc), per la fase edilizia dell'intervento dovrà essere eseguita un'indagine geognostica basata su sondaggi a carotaggio continuo; in tale fase sarà pertanto opportuno indirizzare lo studio dando particolare rilievo alla problematica dello scavo da eseguire in aderenza ad un edificio esistente privo di interrato. Essendo in tal modo fornita un'indicazione per la tipologia di indagine da eseguire ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia, ne consegue l'attribuzione della fattibilità Fg.2;
- In relazione alla pericolosità idraulica I.3. (sia ai sensi studio idraulico SU che da PGRA dell'Autorità di Bacino dell'Arno), è risultato necessaria fin da questa fase di Piano attuativo, l'esecuzione di un apposito studio idraulico, con la definizione dei necessari interventi di autosicurezza. Tale studio è stato redatto dall'Ing. David Molossi e ad esso si rimanda integralmente. Non è quindi necessaria, in fase di predisposizione di progetto edilizio, alcun altro approfondimento di indagine; deve essere tuttavia prescritta l'osservanza degli interventi di autosicurezza indicati nello studio idraulico appositamente condotto. Ciò porta all'attribuzione in questa sede della Fattibilità idraulica Fi.2.
- In relazione alla pericolosità sismica S.3., essendo la pericolosità sismica determinata come sopra visto, ovvero in funzione della definizione di "zona stabile suscettibile di amplificazione locale caratterizzata da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri", deve essere realizzata "una campagna di indagini geofisica (ad esempio profili sismici a riflessione o rifrazione, prove sismiche in foro, MASW) che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica tra coperture e bedrock sismico". Nel caso in oggetto, lo studio è già stato condotto, come

prescritto, in questa fase di Piano Attuativo; esso ha portato alla definizione del fattore di amplificazione. Altro aspetto evidenziato in sede di attribuzione della pericolosità sismica S.3 è la necessità di valutare il rischio di liquefazione. Anche in tal caso, si è in questa sede analizzata la problematica giungendo ad escludere una effettiva incidenza di tale rischio.

Tuttavia, come già notato relativamente alla definizione della fattibilità geologica, in base al DPGR 36/R in fase edilizia dovranno essere condotte comunque ulteriori indagini, costituite da sondaggi geognostici. Pertanto, in tale sede si potrà pervenire ad una migliore definizione del rischio di liquefazione, con la prescrizione di determinare la granulometria del sedimento ed eseguire prove SPT nel corso del sondaggio.

Pertanto, essendo anche in questo caso indicata la tipologia di indagini ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia, viene qui attribuita, relativamente agli aspetti sismici, la Fattibilità Fs.2

La classificazione di fattibilità sopra descritta è riportata in Fig. 18 (Carta della Fattibilità).

Prato, 24.10.2016

CALCOLO CEDIMENTO PER CONSOLIDAZIONE

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

Dati: prova penetrometrica statica C.P.T.

Verticale d'indagine: CPT1

Fondazione: Platea

Peso di volume del terreno (densità apparente)	1,9	g/cm ³			
Profondità piano di posa	340	cm			
Profondità della falda dal p.c.	150	cm			
Larghezza della fondazione	2050	cm	1616	x	2208
Lunghezza della fondazione	2800	cm	434	x	2208
Pressione totale al contatto	1,00	Kg/cm ²	1616	x	592
Incremento di pressione permanente al contatto	0,444	Kg/cm ²	434	x	592
Fattore di correlazione alfa ($mv = 1/(\alpha \times Qc)$) :	2,50				

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

Prof. da	a	Z	Is	Dq	σ_0	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 (cm³/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 SABBÌ

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

Fondazione: Platea

Peso di volume del terreno (densità apparente)	1,9	g/cm ³	
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/cm ²	
Incremento di pressione permanente al contatto	0,444	Kg/cm ²	
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	σ_0	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 mezzera dello strato cedevole

Qc = Resistenza penetrometrica statica alla punta (media sul tratto considerato)

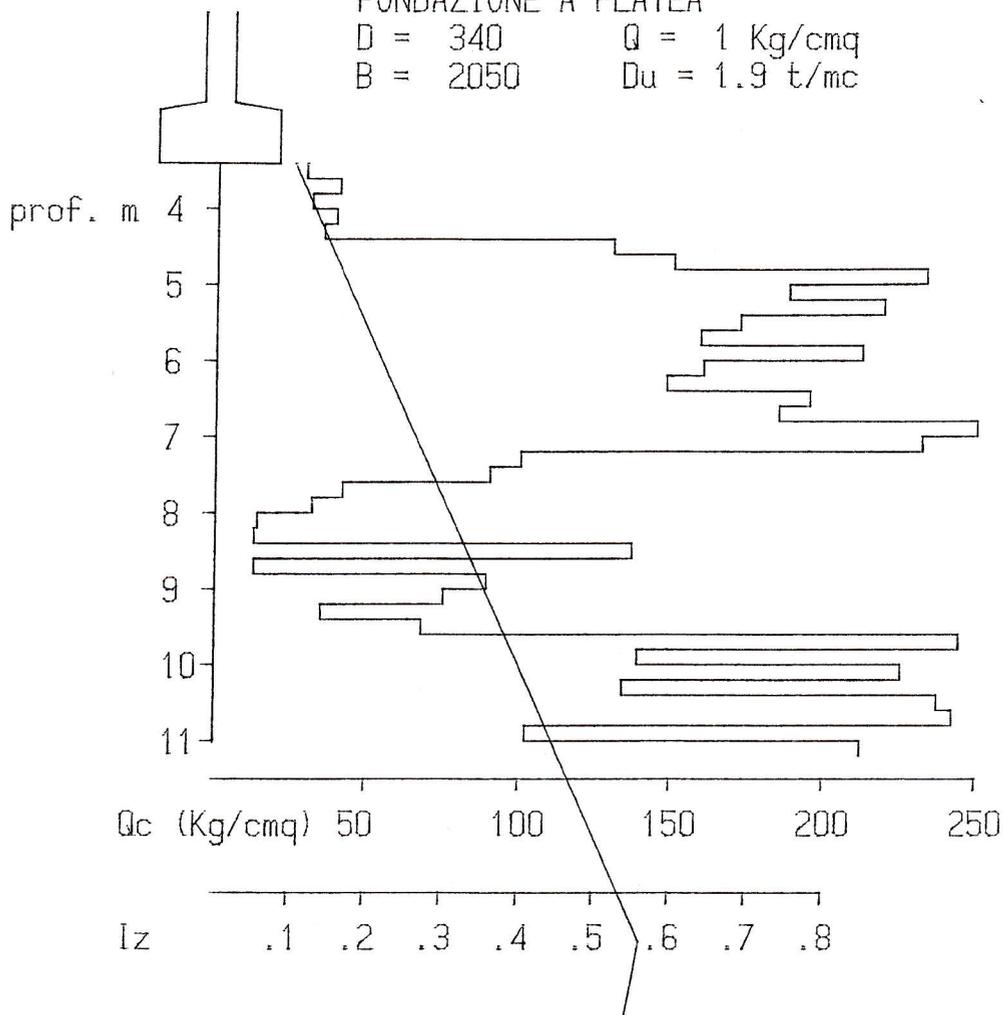
mv = Coefficiente di compressibilità volumetrica (cm³/Kg)

S = Cedimento dello strato considerato (cm)

TAB. 2

FONDAZIONE A PLATEA

D = 340 Q = 1 Kg/cmq
 B = 2050 Du = 1.9 t/mc



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

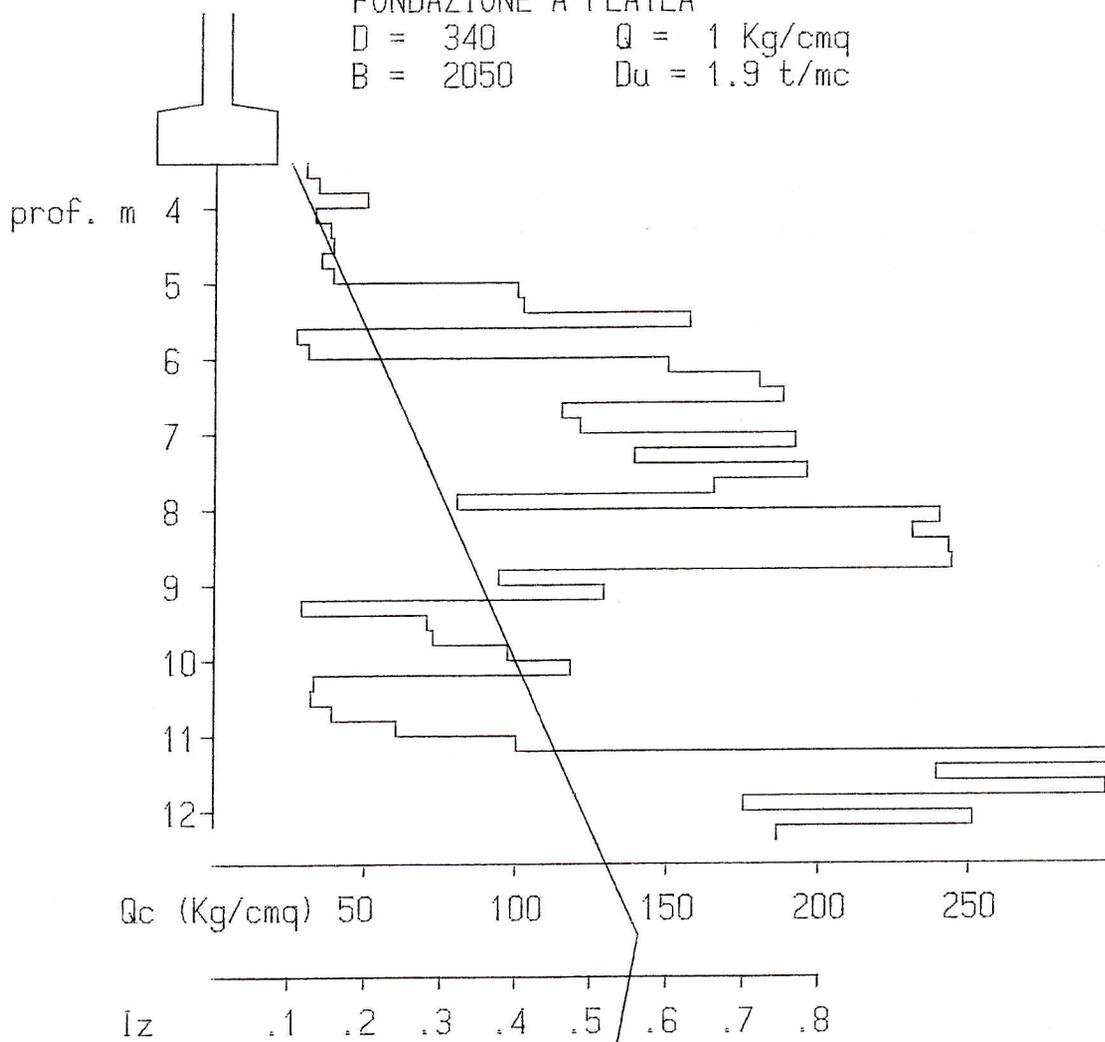
Profondita`	Qc (Kg/cmq)	E (Kg/cmq)	Iz	W
420	35	88	0.14	0.010
440	130	325	0.15	0.003
460	150	375	0.15	0.003
480	233	583	0.16	0.002
500	188	470	0.17	0.002
520	219	548	0.18	0.002
540	172	430	0.19	0.003
560	159	398	0.20	0.003
580	212	530	0.21	0.002
600	160	400	0.22	0.003
620	148	370	0.23	0.004
640	195	488	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

FONDAZIONE A PLATEA

D = 340 Q = 1 Kg/cmq
 B = 2050 Du = 1.9 t/mc



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 SABBÌ
 Prova C.P.T. n. 2

Profondità	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	0.004
740	196	490	0.28	0.004
760	165	413	0.29	0.009
780	80	200	0.30	0.003
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

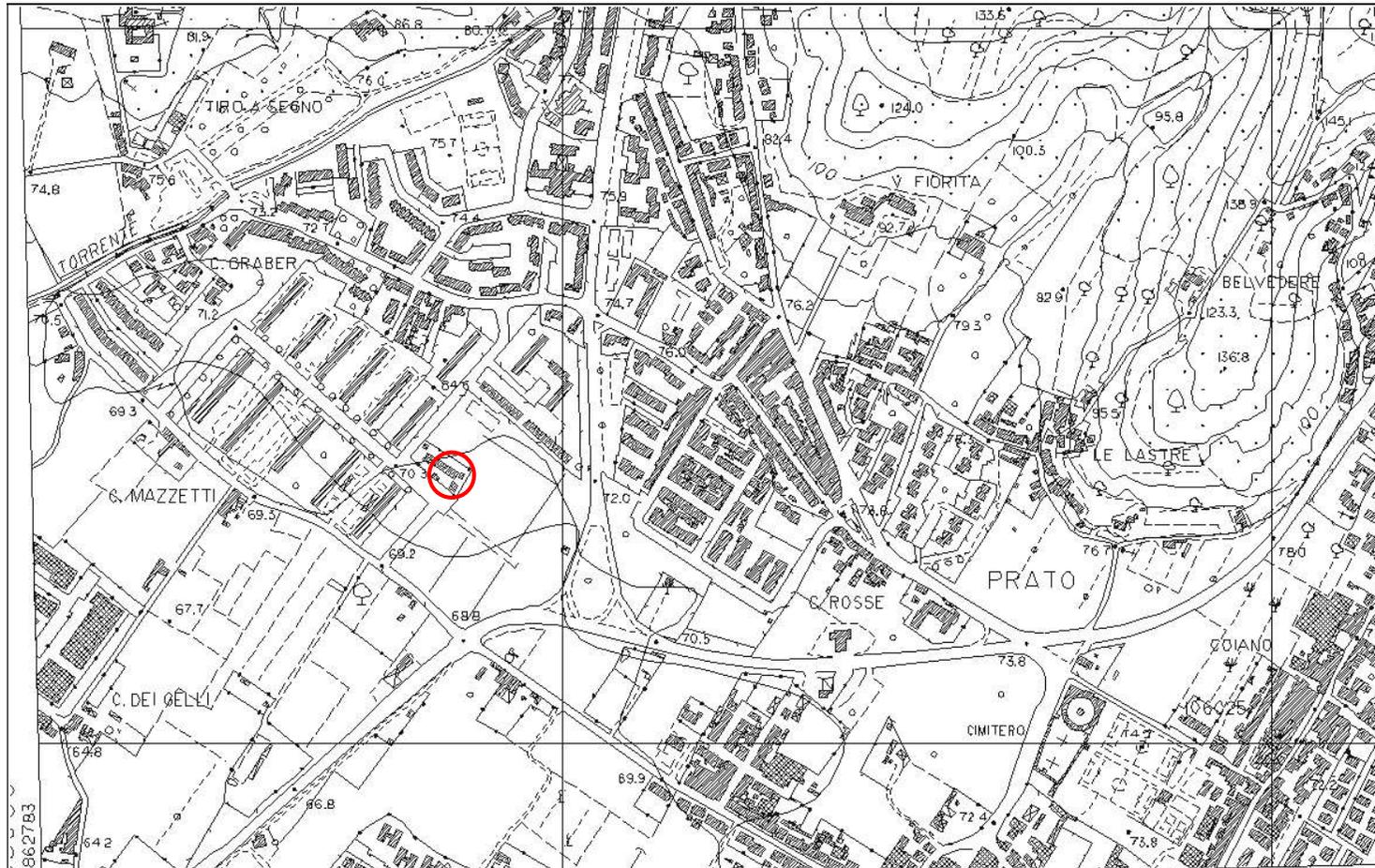
1080	60	150	0.43	0.018
1100	100	250	0.44	0.011
1120	297	743	0.45	0.004
1140	239	598	0.46	0.005
1160	295	738	0.47	0.004
1180	175	438	0.48	0.007

CEDIMENTO TOTALE cm. .23

TAB. 4

COROGRAFIA GENERALE

Scala 1 : 10.000



Area in esame

FIG. 1

CARTA GEOLOGICA

Scala 1 : 10.000 restituita in scala 1:5.000



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



Area in esame

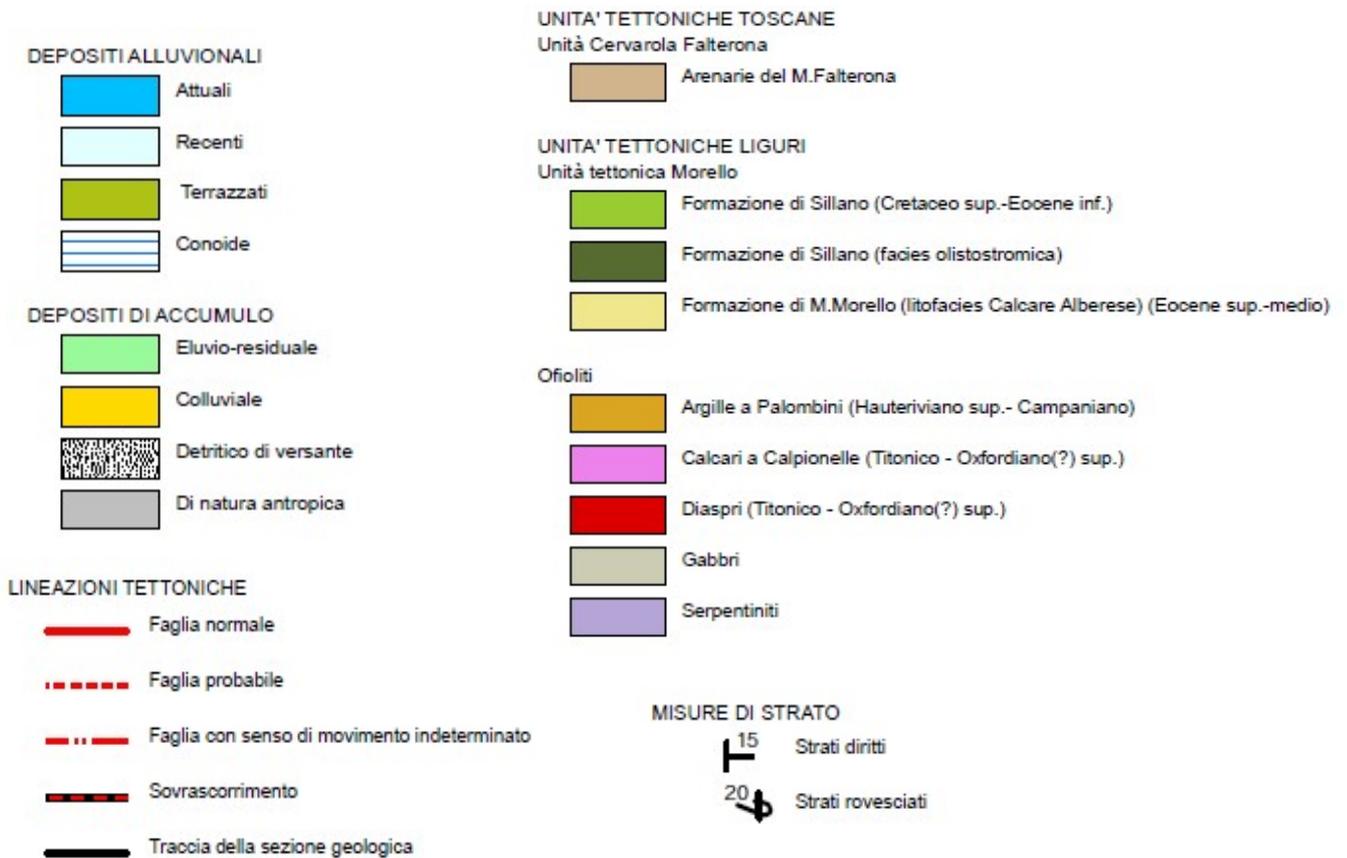
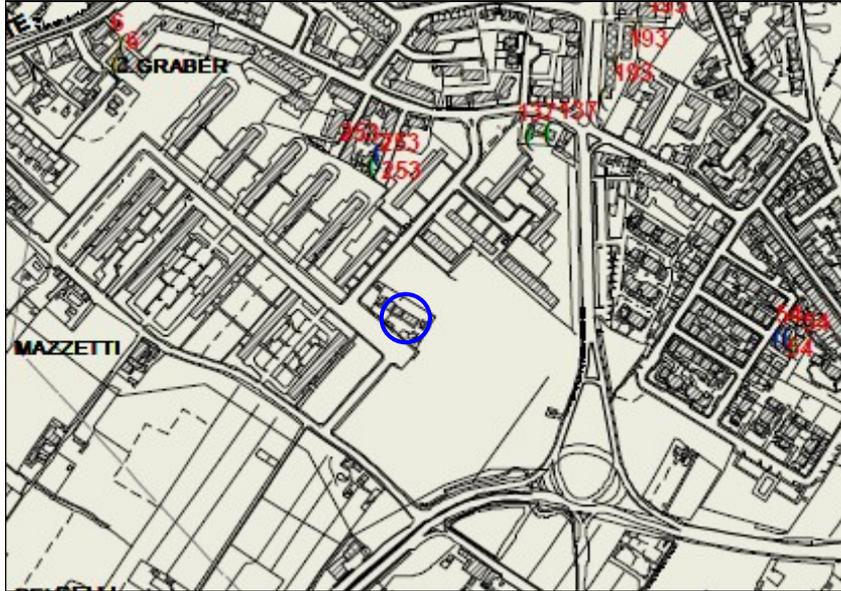


FIG. 2

CARTA LITOTECNICA E DEI DATI DI BASE

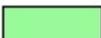
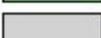
Scala 1 : 10.000



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

 Area in esame

TERRENI SCIOLTI

	Depositi alluvionali della pianura
	Detrito eluvio-residuale
	Detrito di versante
	Terreno di riporto

INDAGINI GEOGNOSTICHE

	20 Prova penetrometrica statica
	18 Prova penetrometrica dinamica
	11 Sondaggio geognostico
	3 Trincea
	16 Rilevamento sismico

TERRENI LAPIDEI

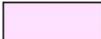
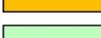
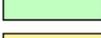
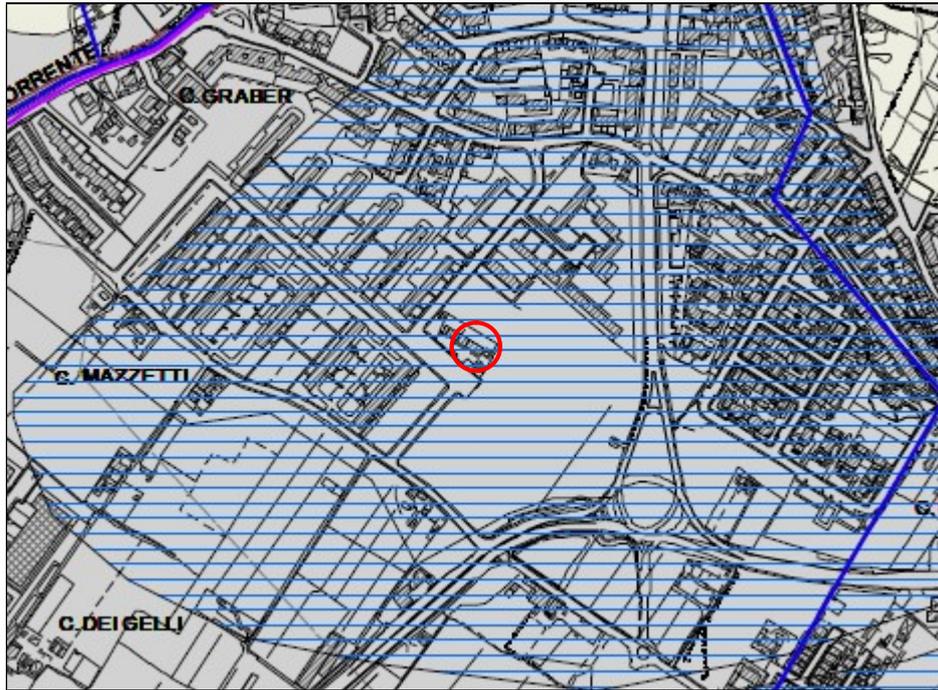
	Rocce a struttura massiva
	Rocce stratificate
	Rocce stratificate a componente mista
	Rocce a prevalente composizione argillitica
	Rocce ad elevato grado di fratturazione

FIG. 3

CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1 : 10.000



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

 Area in esame

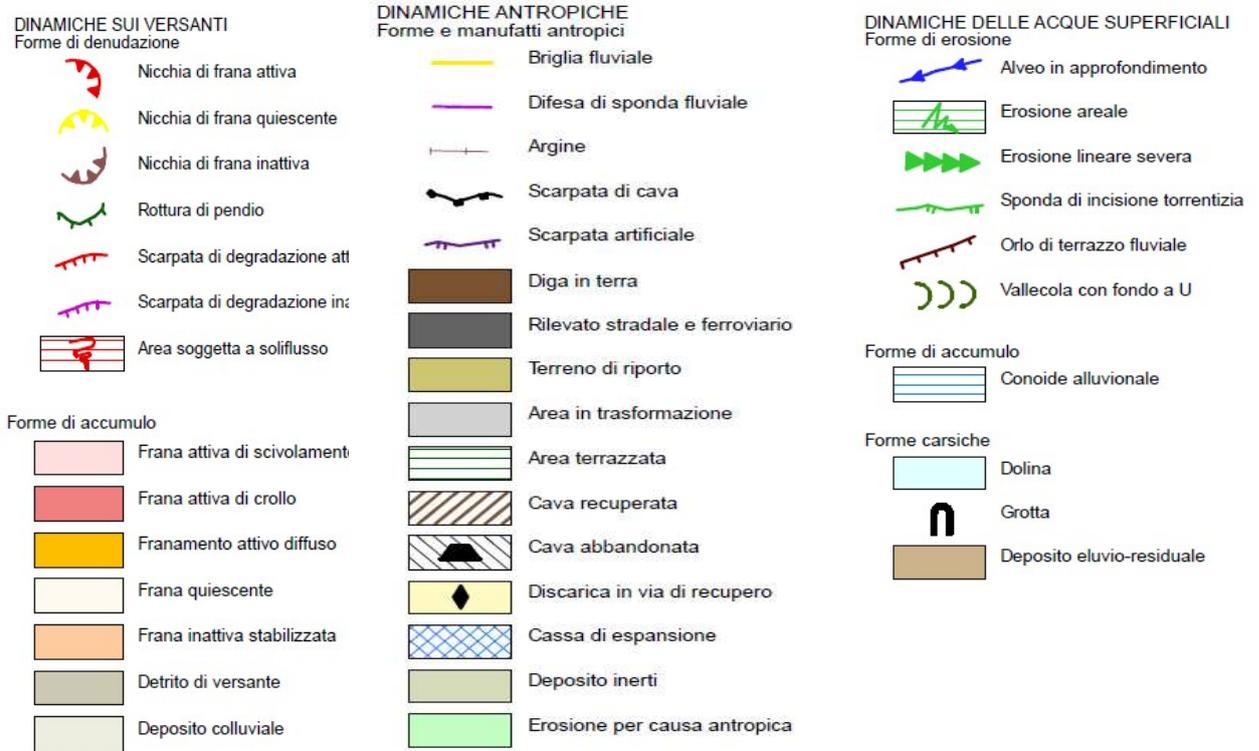
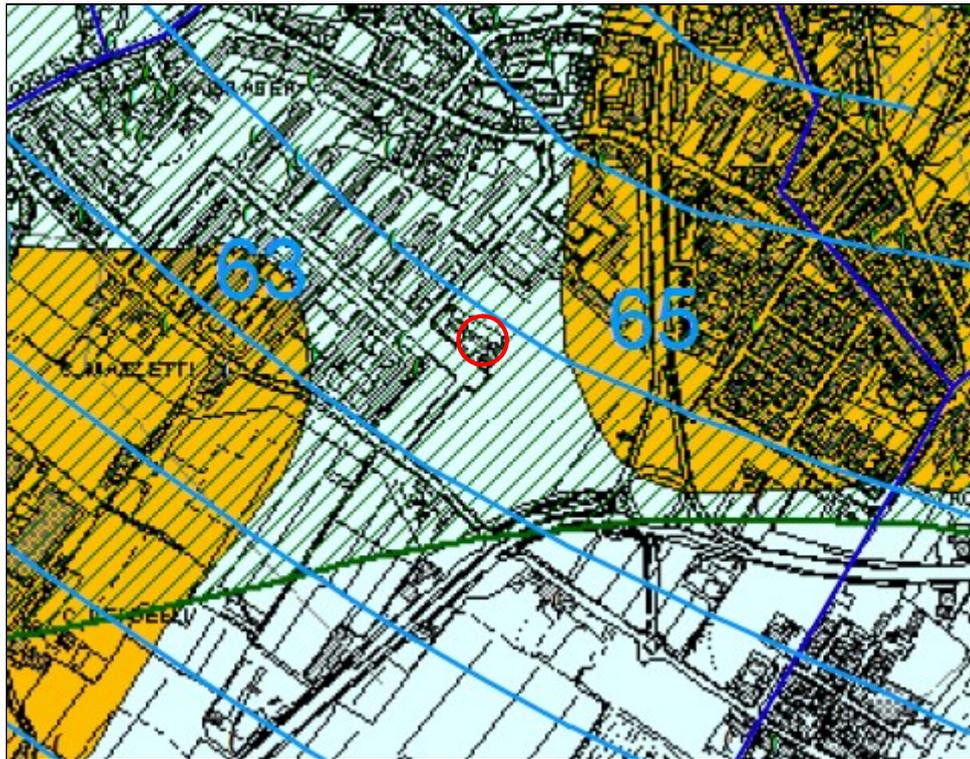


FIG. 4

CARTA IDROGEOLOGICA

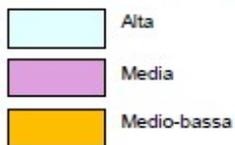
Scala 1 : 10.000



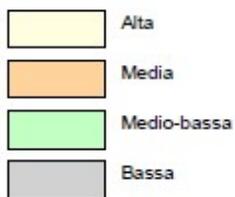
(Estratto dalle indagini geologiche di supporto al Piano Strutturale del Comune di PRATO)

 **Area in esame**

Permeabilità primaria (per porosità)



Permeabilità secondaria (per fratturazione)



 Area con falda superficiale (profondità <5 m)

 Lago

 Area umida

 Corso d'acqua

 Spartiacque locale

 Curva isopiezometrica dell'acquifero profondo (in metri sul livello del mare)
rilievo relativo a Luglio 2007

Pozzi privati di vario utilizzo



Approvvigionamento idrico dell'acquedotto

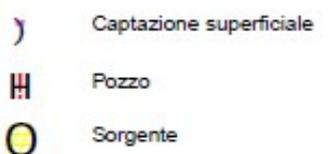
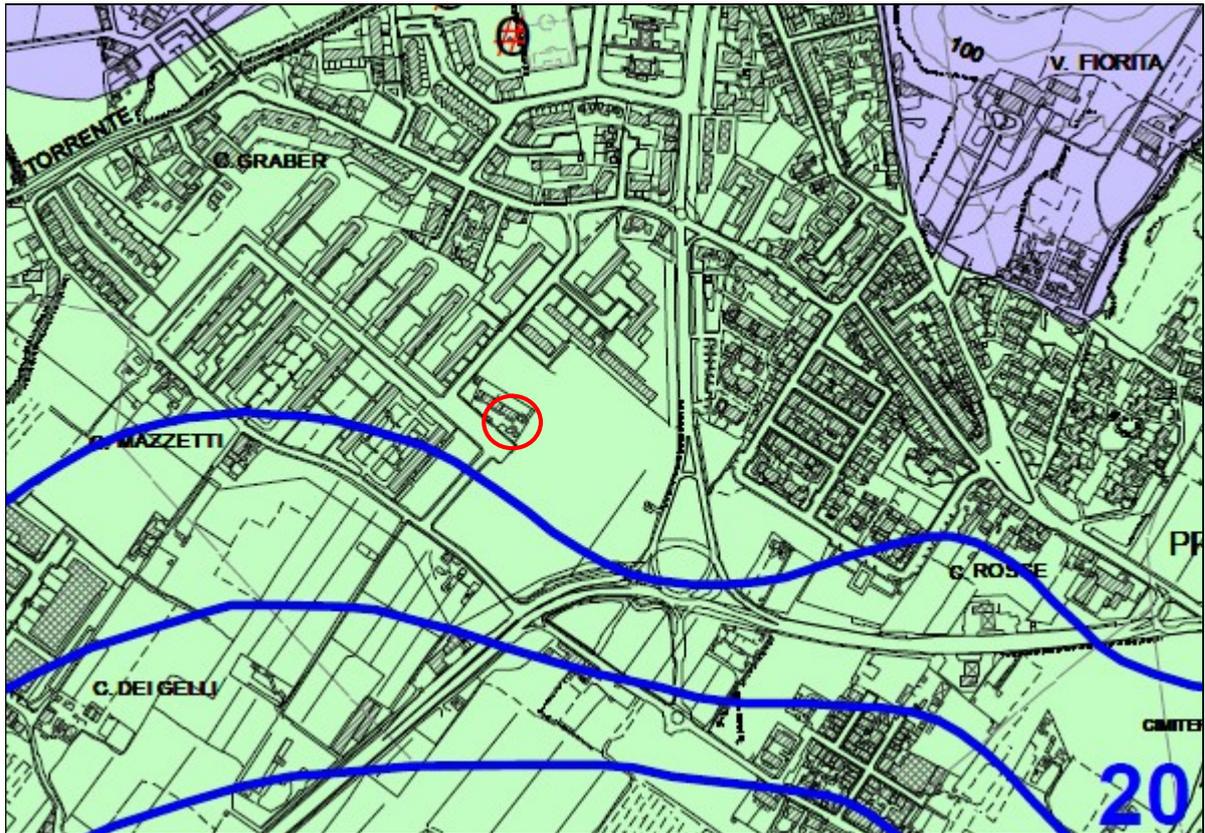


FIG. 5

CARTA DELLA SUBSIDENZA

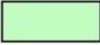
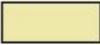
Scala 1 : 10.000

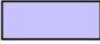


(Estratto dalle indagini geologiche di supporto al Piano Strutturale del Comune di PRATO)

 Area in esame

Classificazione delle zone interessate dal fenomeno della subsidenza in funzione della velocità relativa media di spostamento (1992-2002)

-  da 0 a +3,5 mm/anno
-  da 0 a -5,0 mm/anno
-  da -5,0 a -10,0 mm/anno
-  da -10,0 a -30,0 mm/anno

 Area di ricarica della falda

 Isopache in metri dei livelli di ghiaie acquifere entro i primi 55 metri dal piano campagna

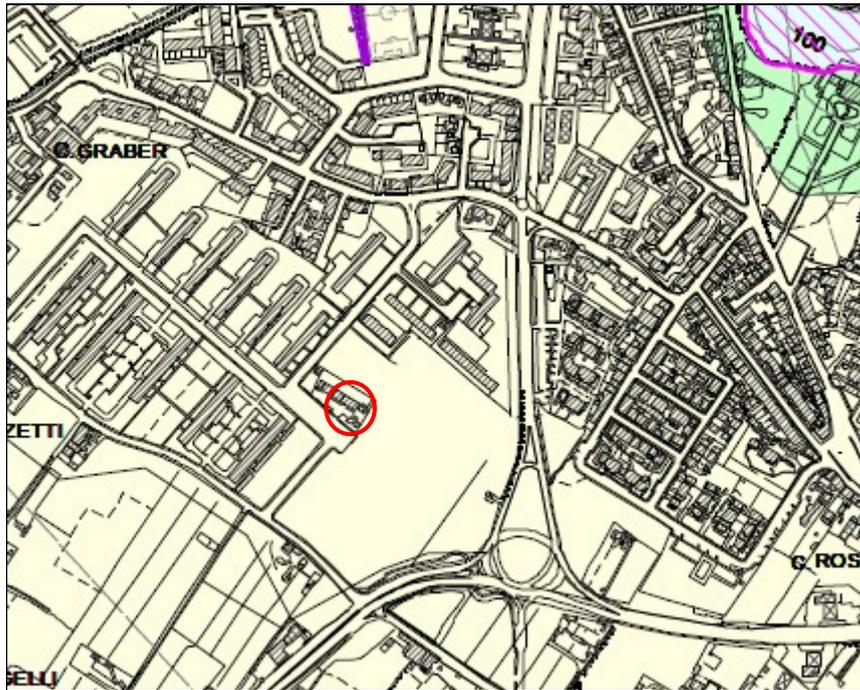
 Pozzo per l'approvvigionamento idrico dell'acquedotto

 Pozzo privato per utilizzo industriale

FIG. 6

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

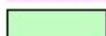
Scala 1 : 10.000 restituita in scala 1:5.000



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

 **Area in esame**

Pericolosità geomorfologica elevata (G.3)

-  Frana quiescente
-  Area potenzialmente instabile in base alla giacitura delle formazioni litoidi
-  Area di potenziale instabilità dovuta alla pendenza del versante:
terreni argillosi con pendenze >10%
terreni sabbiosi con pendenze >20%
terreni litoidi molto fratturati con pendenze >35%
terreni litoidi non/poco fratturati e di buona qualità con pendenze >50%
-  Area interessata da fenomeni di erosione profonda
-  Area interessata da rilevanti manomissioni antropiche
-  Corpo d'acqua e relativi paramenti
-  Scarpata di erosione non attiva o quiescente
-  Area soggetta ad uso intensivo della falda tale da determinare fenomeni di subsidenza

Pericolosità geomorfologica media (G.2)

-  Area interessata da frane non attive
-  Area di potenziale instabilità dovuta alla pendenza del versante:
terreni argillosi con pendenze <10%
terreni sabbiosi con pendenze <20%
terreni litoidi molto fratturati con pendenze <35%
terreni litoidi non/poco fratturati e di buona qualità con pendenze <50%

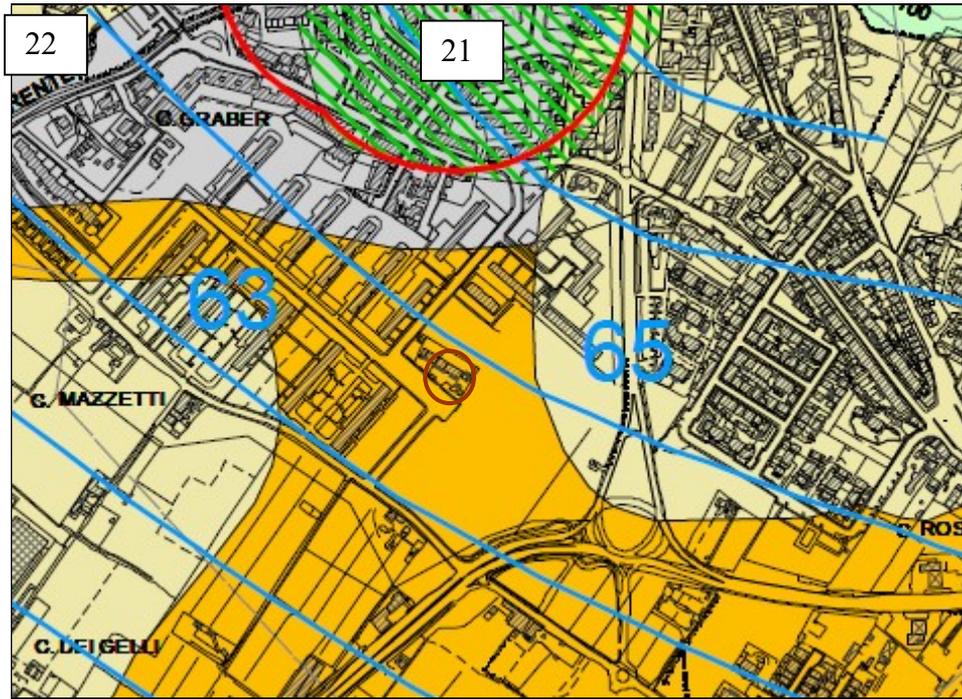
Pericolosità geomorfologica bassa (G.1)

-  Area in cui non sussistono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa:
terreni argillosi con pendenze <5%
terreni sabbiosi con pendenze <10%

FIG. 7

CARTA DELLA PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE

Scala 1 : 10.000



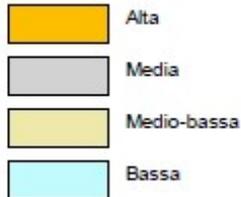
(Estratto dalle indagini geologiche di supporto al Piano Strutturale del Comune di PRATO)

 **Area in esame**

21

VULNERABILITA' DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Terreni sciolti



Formazioni litoidi



 Curva isopiezometrica dell'aquifero profondo (in metri sul livello del mare) rilievo relativo a Luglio 2007

 Area di rispetto dei pozzi e delle sorgenti (D.Lgs. n°152/06)

 Area di ricarica delle sorgenti

 Area di ricarica della falda (art.24 del P.T.C.)

DISPONIBILITA' DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Progetto di Piano di Bacino Stralcio "Bilancio Idrico" (Del.C.I. n.24 del 28 Febbraio 2008)

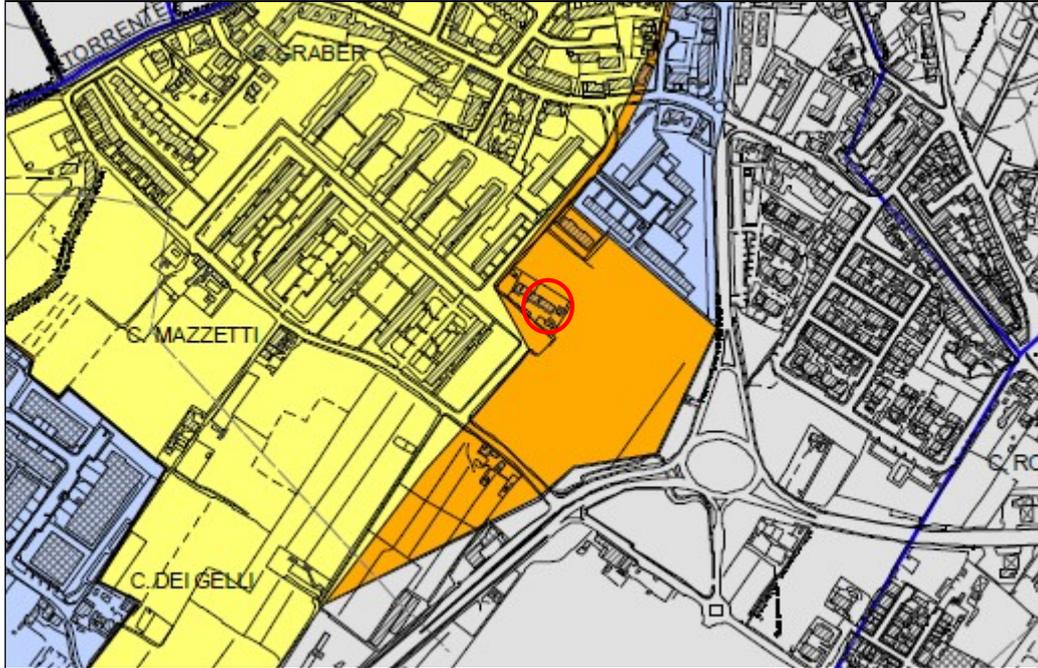
 D4 - area a disponibilità molto inferiore alla capacità di ricarica (art.9): in cui il disavanzo relativo tra la ricarica media della falda per unità di superficie ed i prelievi risulta molto elevato (superiore a 10.000 mc/ha)

 D3 - area a disponibilità inferiore alla capacità di ricarica (art.10): in cui il disavanzo relativo tra la ricarica media della falda per unità di superficie ed i prelievi risulta elevato (compreso tra 10.000 e 1.000 mc/ha)

FIG. 8

CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

Scala 1 : 10.000

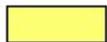


(Estratto dalle indagini geologiche di supporto al Piano Strutturale del Comune di PRATO)



Area in esame

(I.4) Pericolosità idraulica molto elevata (Tr=tempo di ritorno)



Aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr < 30$ anni

(I.3) Pericolosità idraulica elevata



Aree interessate da allagamenti per eventi con Tr compreso tra 30 e 200 anni

(I.2) Pericolosità idraulica media



Aree interessate da allagamenti per eventi con Tr compreso tra 200 e 500 anni

(I.1) Pericolosità idraulica bassa



Aree morfologicamente rilevate

Interventi strutturali di cui al Piano Stralcio Rischio Idraulico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno



Interventi di tipo "A" (norma 2 de DPCM 5/11/99)



Interventi di tipo "B" (norma 3 de DPCM 5/11/99)



Cassa di espansione realizzata

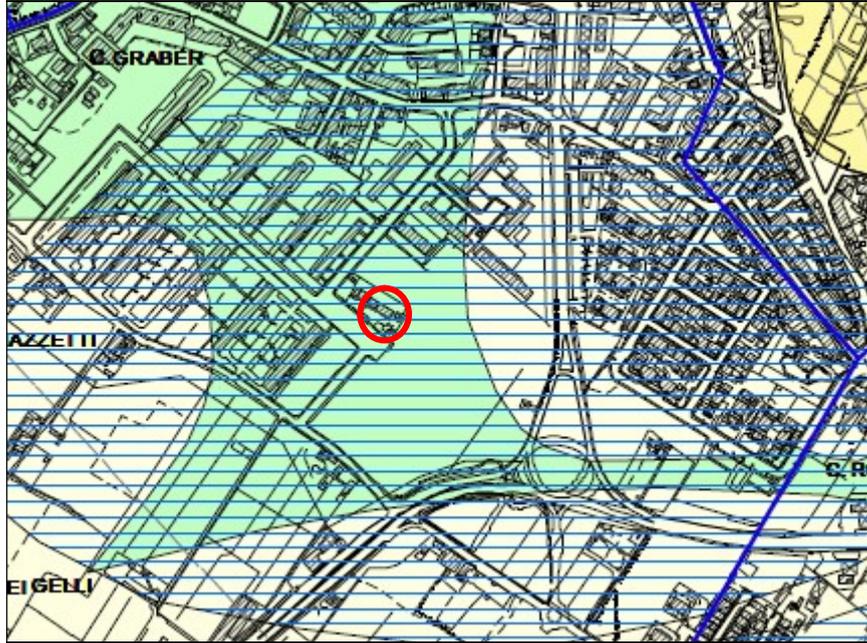


Reticolo idrografico delle acque pubbliche

FIG. 9

CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (ZMPSL)

Scala 1 : 10.000



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

 **Area in esame**

(S.3) Pericolosità sismica locale elevata

-  Zona caratterizzata da fenomeni franosi quiescenti
-  Zona potenzialmente franosa
-  Zona con terreni granulari poco addensati saturi d'acqua con falda superficiale nei primi 5 m dal p.d.c.
-  Zone di bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante
-  Zone con presenza di depositi alluvionali granulari e/o sciolti
-  Zona con presenza di coperture colluviali
-  Aree costituite da conoidi alluvionali e/o con detritici
-  Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse
-  Contatti tettonici, faglie, sovrascorrimenti e sistemi di fratturazione

(S.2) Pericolosità sismica locale media

-  Zona caratterizzata da movimenti franosi inattivi
-  Zona di ciglio con H > 10 m, costituita da scarpata con parete sub-verticale

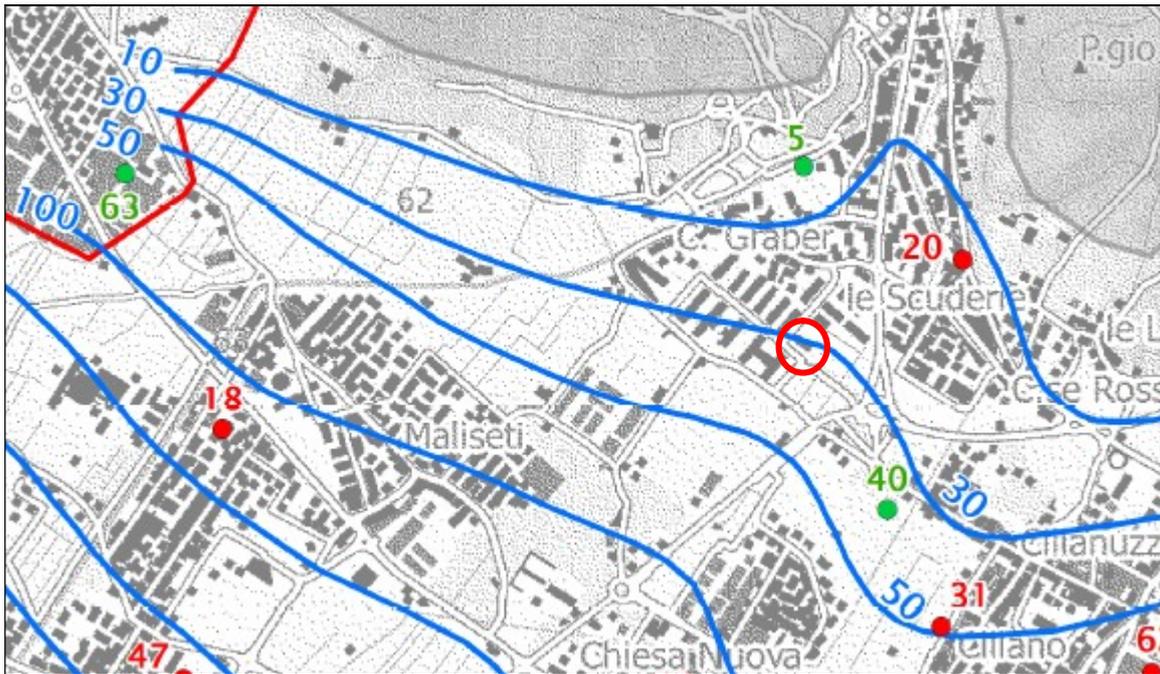
(S.1) Pericolosità sismica locale bassa

-  Area dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalle sollecitazioni sismiche

FIG. 10

CARTA DELLE ISOBATE

Scala 1 : 25.000



Estratto dalle Microzonazione sismica del Comune di Prato (Cartografia realizzata ottobre 2015)

 **Area in esame**

Legenda

50  50

Curve di ugual profondità del substrato
Il numero indica la profondità in m dal p.c.

 54

Sondaggio che non ha raggiunto il substrato geologico
Il numero indica la profondità del sondaggio

 16

Sondaggio che ha raggiunto il substrato geologico
Il numero indica la profondità del substrato



Aree del comune non interessate dallo
Studio di Microzonazione Sismica

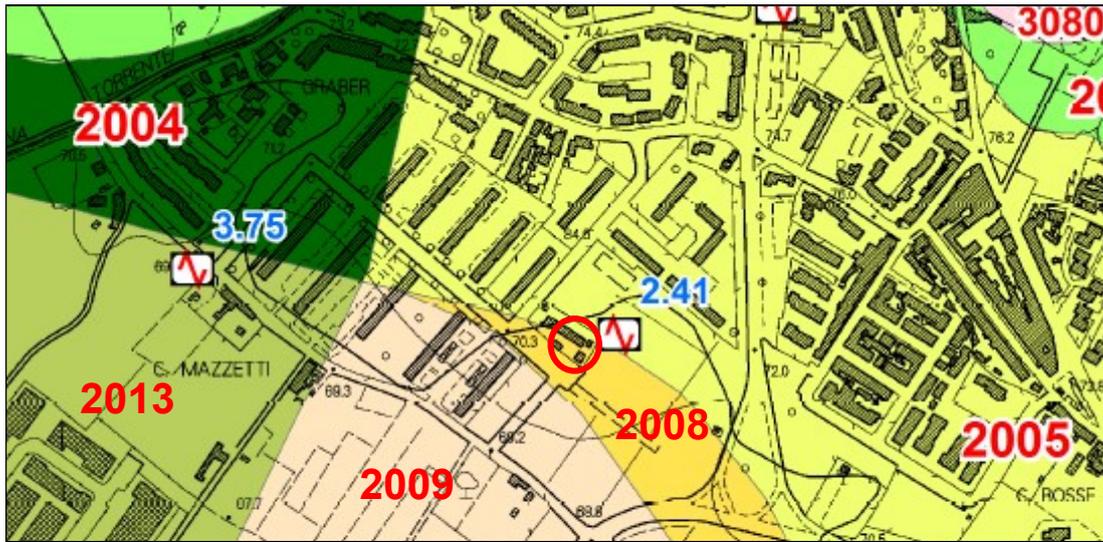


Limite di comune

FIG. 10bis

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

Scala 1 : 10.000



Estratto dalle Microzonazione sismica del Comune di Prato (Cartografia realizzata ottobre 2015)

 Area in esame

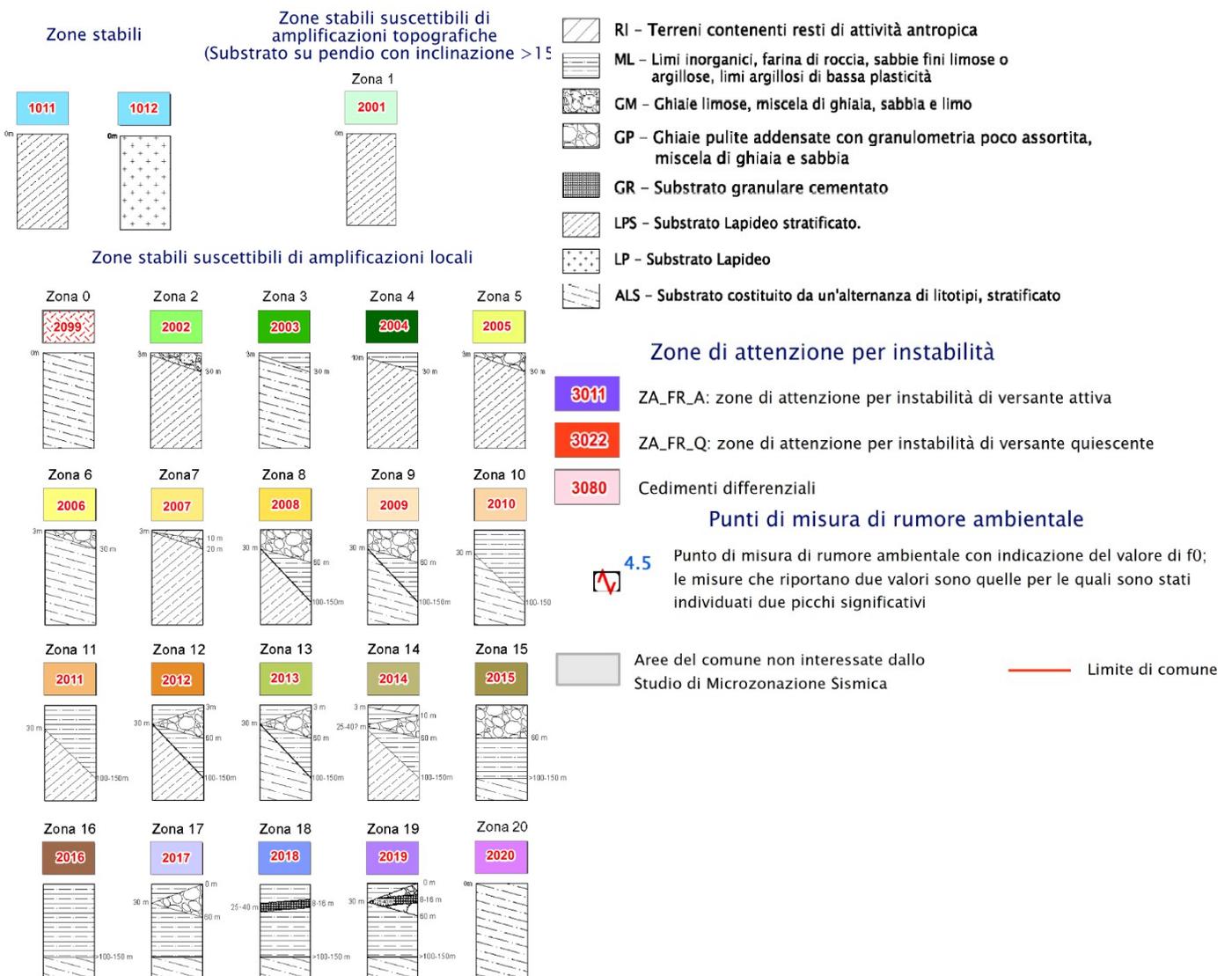


FIG. 10ter

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

-  mammita
-  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 breccie
-  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

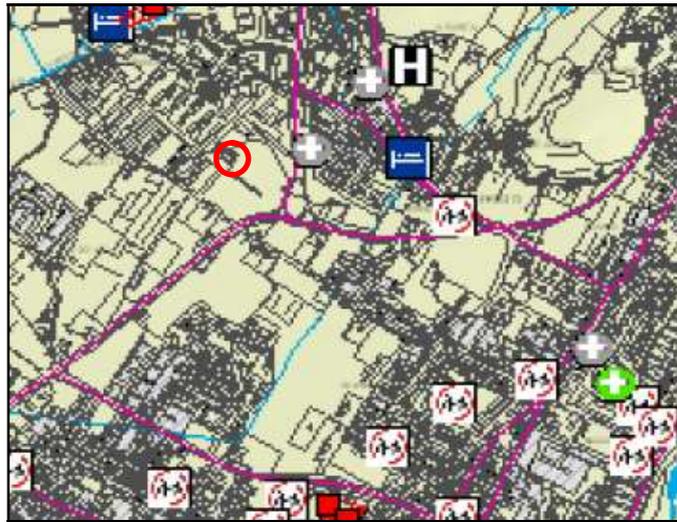
Affioramenti di particolare pregio

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

FIG. 11

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. 12

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. 13

PGRA - Piano di Gestione Rischio di Alluvioni
MAPPA DELLE AREE CON PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE
Scala 1 : 10.000



Area in esame



P1



P2



P3

FIG. 14

PGRA - Piano di Gestione Rischio di Alluvioni
MAPPA DEL RISCHIO DI ALLUVIONE
Scala 1 : 10.000



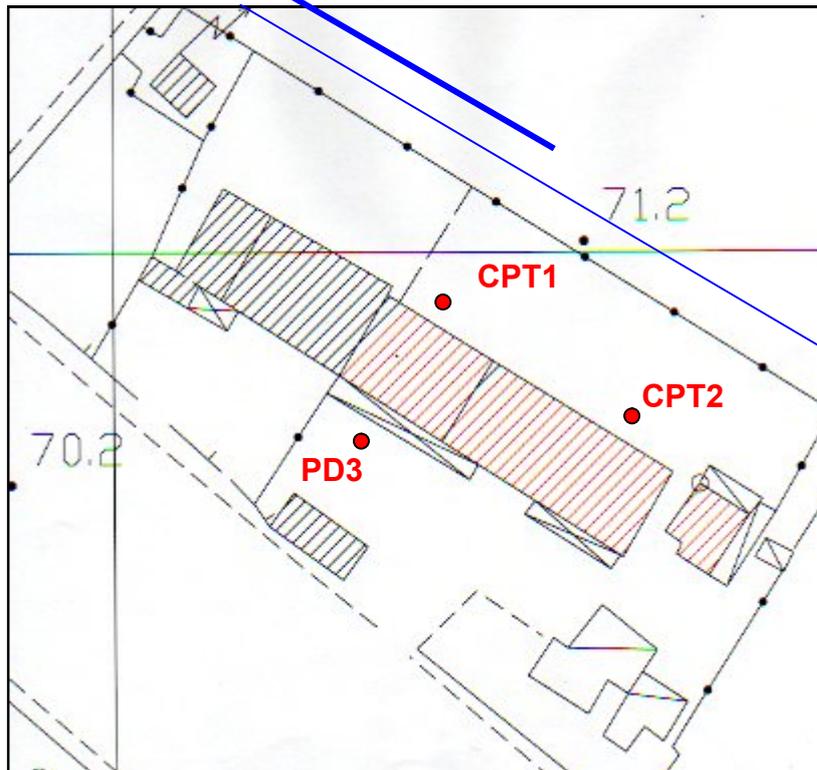
Area in esame

R1 R2 R3 R4

FIG. 15

UBICAZIONE DELLE VERTICALI DI INDAGINE

Scala 1 : 400



CPT: Prova penetrometrica statica CPT

PD: Prova penetrometrica dinamica SCPT

Stendimento geofisica a rifrazione onde P

Stendimento geofisica MASW

FIG. 16

CARTA DELLA PERICOLOSITA'

(ai sensi DPGR n. 53/R/2011)

Scala 1 : 2.000

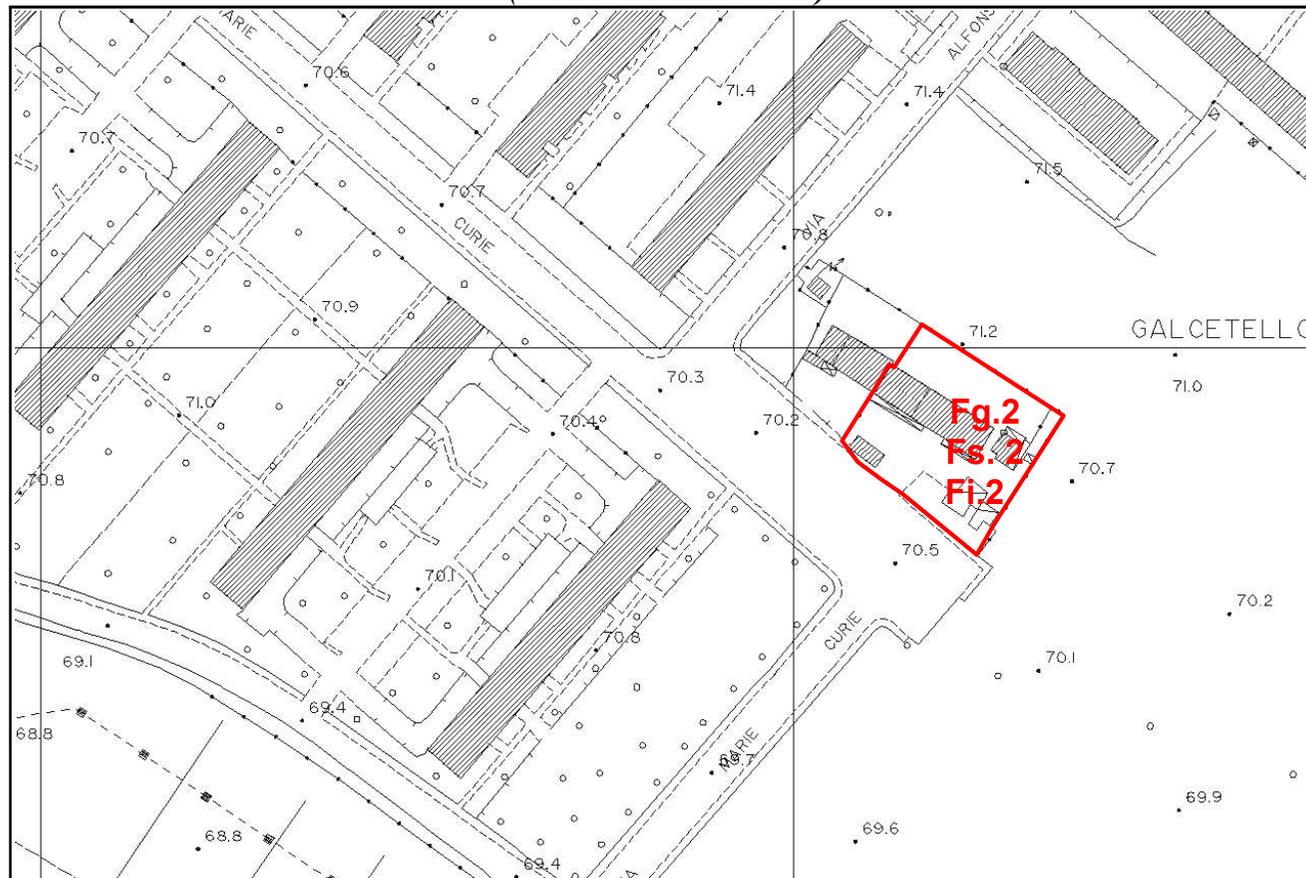


- G.1** : Pericolosità geomorfologica bassa
- S.3** : Pericolosità sismica locale elevata
- I.3** : Pericolosità idraulica elevata

FIG. 17

CARTA DELLA FATTIBILITA'

Scala 1 : 2.000
(ai sensi DPGR n. 53/R)



Fg.2: fattibilità geologica con normali vincoli
Fs.2: fattibilità sismica con normali vincoli
Fi.2: fattibilità idraulica con normali vincoli

FIG. 18

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

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

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

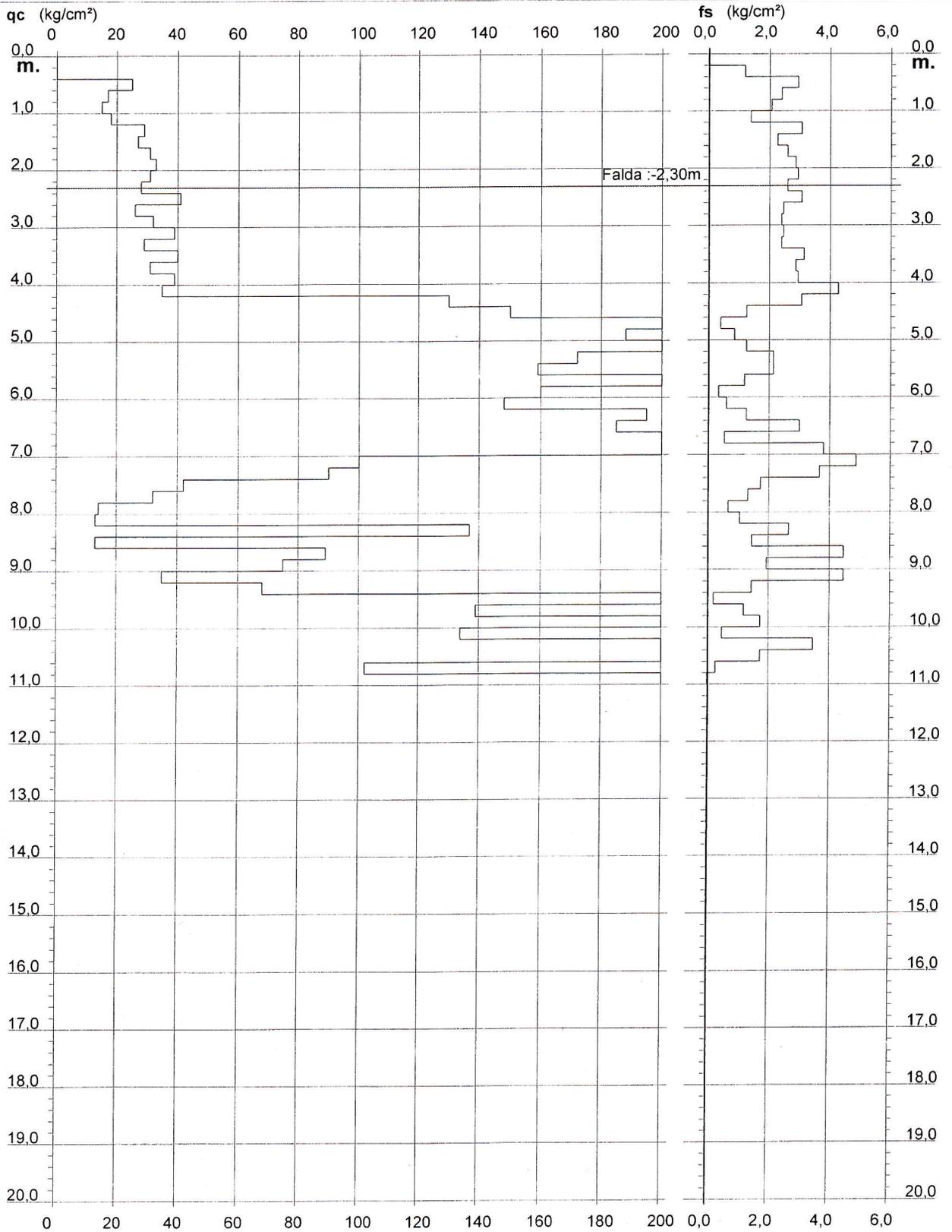
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

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



**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/m²	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	25	9	4/II	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/III	1,85	0,15	0,72	45,6	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	15	7	2/III	1,85	0,19	0,67	31,2	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	18	13	2/III	1,85	0,22	0,75	28,8	129	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	29	9	4/II	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/II	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/II	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/II	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/II	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/II	1,85	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/II	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/II	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/II	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/II	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/II	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/II	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/II	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/II	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/II	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/III	1,05	0,62	--	--	--	--	--	93	41	42	44	45	40	35	0,232	217	325	390	
4,60	150	118	3/III	1,08	0,64	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	41	36	0,246	250	375	450	
4,80	233	582	3/III	1,15	0,67	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	39	0,258	388	583	699	
5,00	188	217	3/III	1,13	0,69	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	37	0,258	313	470	564	
5,20	219	173	3/III	1,15	0,71	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	38	0,258	365	548	657	
5,40	172	81	3/III	1,11	0,74	--	--	--	--	--	98	42	43	44	46	41	37	0,252	287	430	516	
5,60	159	75	3/III	1,09	0,76	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	40	36	0,239	265	398	477	
5,80	212	177	3/III	1,15	0,78	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	38	0,258	353	530	636	
6,00	160	480	3/III	1,09	0,80	--	--	--	--	--	94	41	42	44	45	40	36	0,235	267	400	480	
6,20	148	247	3/III	1,07	0,82	--	--	--	--	--	90	41	42	44	45	40	36	0,224	247	370	444	
6,40	195	154	3/III	1,14	0,85	--	--	--	--	--	99	42	43	44	46	41	38	0,255	325	488	585	
6,60	185	62	3/III	1,13	0,87	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	40	37	0,246	308	463	555	
6,80	250	469	3/III	1,15	0,89	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	39	0,258	417	625	750	
7,00	232	61	3/III	1,15	0,92	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	39	0,258	387	580	696	
7,20	100	21	4/II	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/II	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/II	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/II	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/III	0,94	1,02	0,64	3,5	286	429	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,20	13	12	2/III	0,93	1,03	0,60	3,2	288	432	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,40	137	51	3/III	1,06	1,05	--	--	--	--	--	82	39	41	43	45	38	35	0,195	228	343	411	
8,60	13	9	2/III	0,93	1,07	0,60	3,1	295	443	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,80	89	20	4/II	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/III	0,96	1,11	--	--	--	--	--	59	36	38	41	43	35	32	0,129	125	188	225	
9,20	35	8	4/II	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/III	0,95	1,15	--	--	--	--	--	55	36	38	40	42	34	32	0,118	113	170	204	
9,60	244	1220	3/III	1,15	1,17	--	--	--	--	--	79	39	41	42	44	46	40	0,254	407	610	732	
9,80	139	116	3/III	1,06	1,20	--	--	--	--	--	99	42	43	44	46	40	39	0,241	375	563	675	
10,00	225	130	3/III	1,15	1,22	--	--	--	--	--	77	39	40	42	44	37	35	0,180	223	335	402	
10,20	134	287	3/III	1,05	1,24	--	--	--	--	--	96	41	43	44	46	40	39	0,244	395	593	711	
10,40	237	68	3/III	1,15	1,26	--	--	--	--	--	96	41	43	44	46	40	39	0,245	403	605	726	
10,60	242	140	3/III	1,15	1,29	--	--	--	--	--	66	37	39	41	43	36	34	0,148	170	255	306	
10,80	102	382	3/III	1,00	1,31	--	--	--	--	--	66	37	39	41	43	36	34	0,148	170	255	306	
11,00	212	--	3/III	1,15	1,33	--	--	--	--	--	91	41	42	44	45	39	38	0,226	353	530	636	

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

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	----	----	--	-----	----	6,40	188,0	200,0	188,0	1,20	157,0
0,40	----	----	--	0,93	----	6,60	115,0	133,0	115,0	5,53	21,0
0,60	24,0	38,0	24,0	2,07	12,0	6,80	121,0	204,0	121,0	1,20	101,0
0,80	10,0	41,0	10,0	0,93	11,0	7,00	192,0	210,0	192,0	0,80	240,0
1,00	13,0	27,0	13,0	1,20	11,0	7,20	139,0	151,0	139,0	0,87	160,0
1,20	36,0	54,0	36,0	2,07	17,0	7,40	196,0	209,0	196,0	2,20	89,0
1,40	17,0	48,0	17,0	1,13	15,0	7,60	165,0	198,0	165,0	2,93	56,0
1,60	29,0	46,0	29,0	1,80	16,0	7,80	80,0	124,0	80,0	1,67	48,0
1,80	80,0	107,0	80,0	3,00	27,0	8,00	240,0	265,0	240,0	0,87	277,0
2,00	26,0	71,0	26,0	2,20	12,0	8,20	231,0	244,0	231,0	3,33	69,0
2,20	25,0	58,0	25,0	2,20	11,0	8,40	243,0	293,0	243,0	1,07	228,0
2,40	28,0	61,0	28,0	2,20	13,0	8,60	244,0	260,0	244,0	4,67	52,0
2,60	28,0	61,0	28,0	2,53	11,0	8,80	94,0	164,0	94,0	1,53	61,0
2,80	27,0	65,0	27,0	2,27	12,0	9,00	129,0	152,0	129,0	3,13	41,0
3,00	25,0	59,0	25,0	1,93	13,0	9,20	29,0	76,0	29,0	1,67	17,0
3,20	30,0	59,0	30,0	2,07	15,0	9,40	70,0	95,0	70,0	2,80	25,0
3,40	30,0	61,0	30,0	2,13	14,0	9,60	72,0	114,0	72,0	1,00	72,0
3,60	34,0	66,0	34,0	2,00	17,0	9,80	97,0	112,0	97,0	0,93	104,0
3,80	50,0	80,0	50,0	4,20	12,0	10,00	118,0	132,0	118,0	4,80	25,0
4,00	33,0	96,0	33,0	2,20	15,0	10,20	33,0	105,0	33,0	2,47	13,0
4,20	38,0	71,0	38,0	2,93	13,0	10,40	32,0	69,0	32,0	1,33	24,0
4,40	39,0	83,0	39,0	2,80	14,0	10,60	39,0	59,0	39,0	3,33	12,0
4,60	35,0	77,0	35,0	3,07	11,0	10,80	60,0	110,0	60,0	1,27	47,0
4,80	39,0	85,0	39,0	4,27	9,0	11,00	100,0	119,0	100,0	0,53	187,0
5,00	100,0	164,0	100,0	3,67	27,0	11,20	297,0	305,0	297,0	0,40	742,0
5,20	102,0	157,0	102,0	2,33	44,0	11,40	239,0	245,0	239,0	1,33	179,0
5,40	157,0	192,0	157,0	0,47	336,0	11,60	295,0	315,0	295,0	3,67	80,0
5,60	27,0	34,0	27,0	1,67	16,0	11,80	175,0	230,0	175,0	1,47	119,0
5,80	31,0	56,0	31,0	3,87	8,0	12,00	251,0	273,0	251,0	0,93	269,0
6,00	150,0	208,0	150,0	0,67	225,0	12,20	186,0	200,0	186,0	1,33	139,0
6,20	180,0	190,0	180,0	0,80	225,0	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 $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

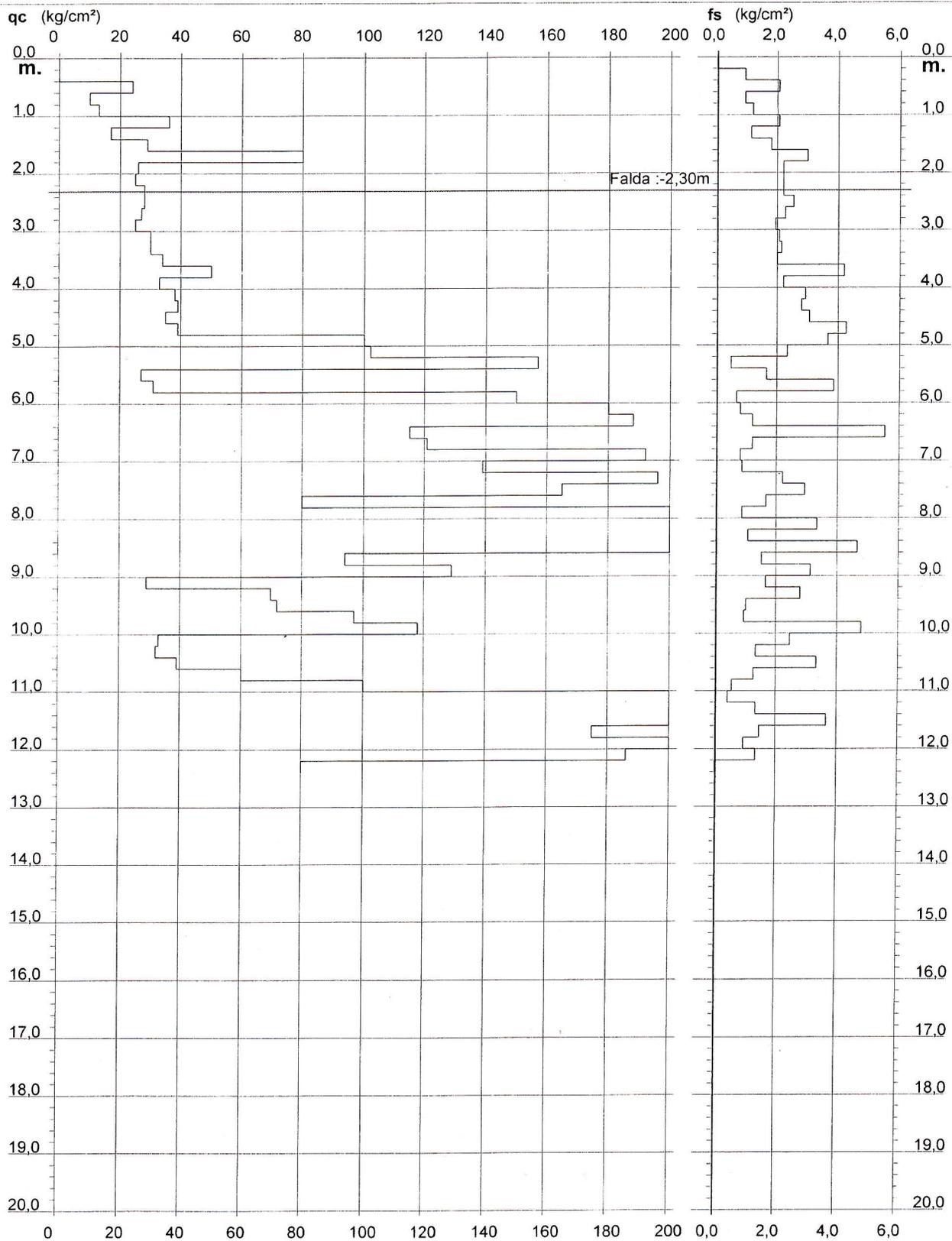
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

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



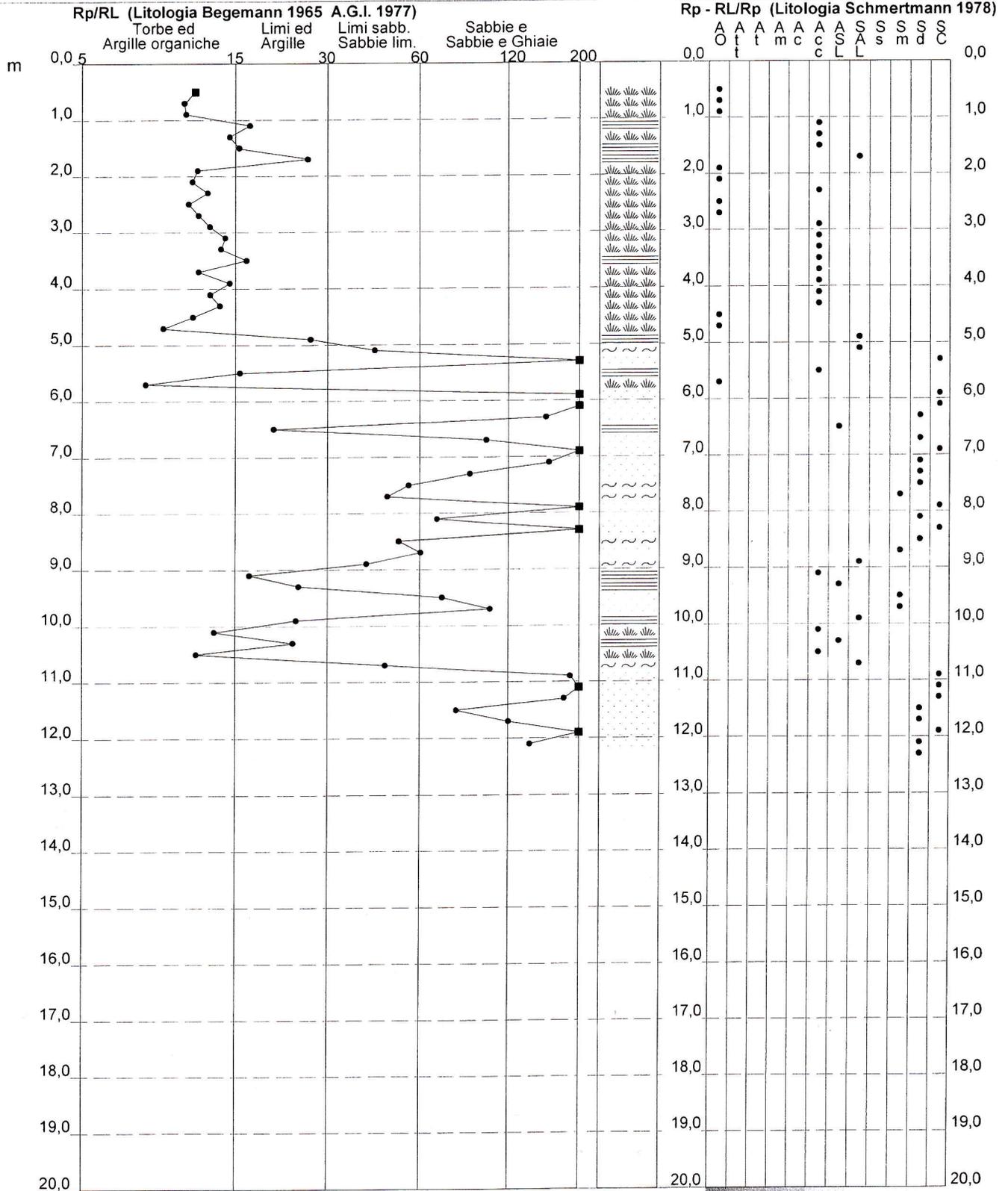
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

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



PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 2

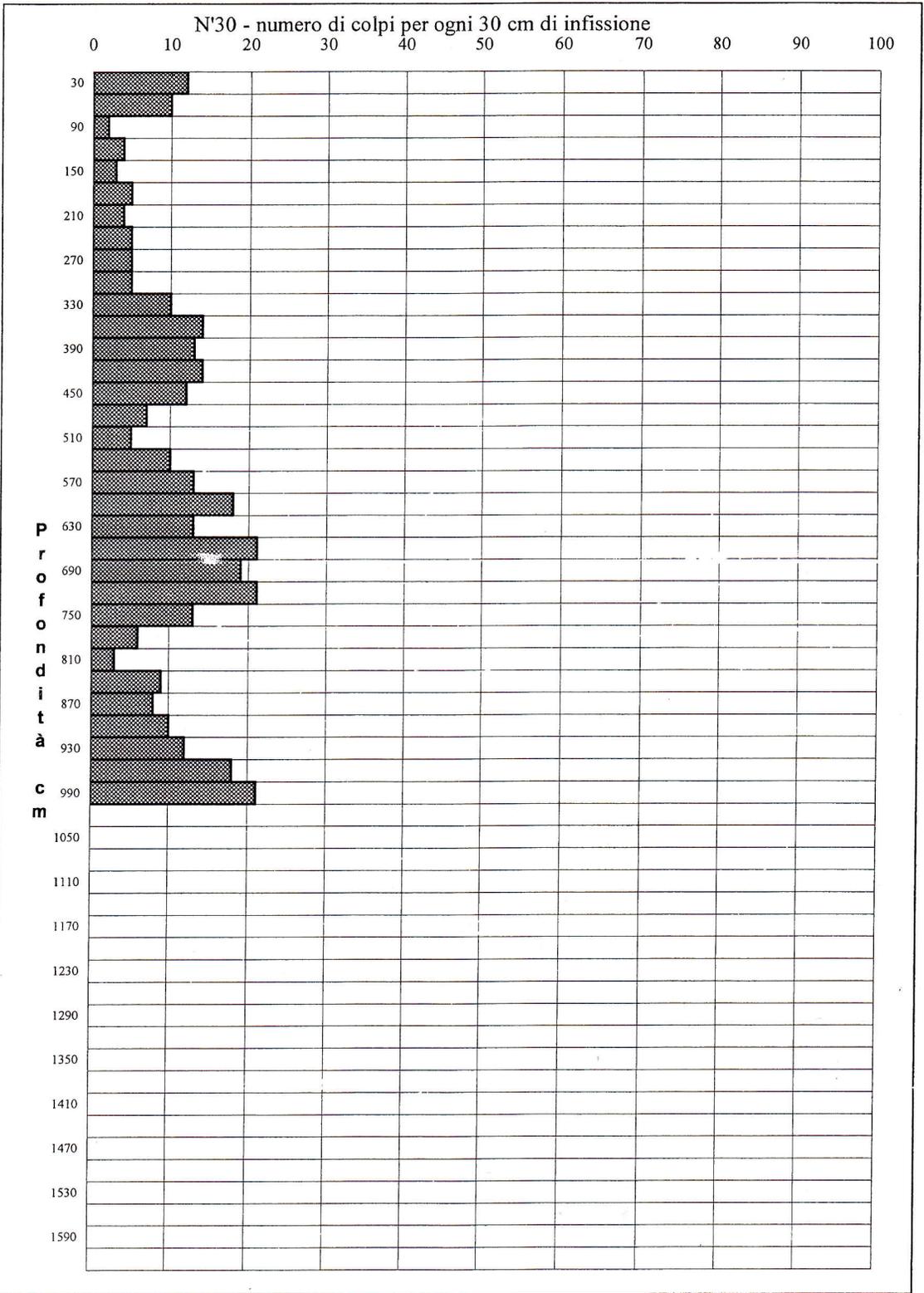
2.01PG05-172

- committente : **Impresa Sabbi**
- lavoro : **Piano di Recupero**
- localit  : **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	qc kg/cm ²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	d'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	NATURA COESIVA				NATURA GRANULARE				E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²		
												�1s (�)	�2s (�)	�3s (�)	�4s (�)	�dm (�)	�my (�)	Amax/g (-)						
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	24	12	4/1	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/III	1,85	0,15	0,50	28,8	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	13	11	2/III	1,85	0,19	0,60	27,6	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	36	17	4/1	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/III	1,85	0,26	0,72	22,7	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	29	16	4/1	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	1,85	0,33	2,67	84,6	453	680	240	50	35	37	40	42	35	28	0,104	43	65	78	--	--	
2,00	26	12	4/1	1,85	0,37	0,93	19,8	158	237	78	46	34	37	39	42	34	28	0,095	42	63	75	--	--	
2,20	25	11	4/1	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	4/1	0,96	0,43	0,97	17,5	164	246	84	48	35	37	39	42	34	28	0,099	47	70	84	--	--	
2,60	28	11	4/1	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	4/1	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	4/1	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	4/1	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	4/1	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	4/1	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	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	4/1	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	4/1	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	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	4/1	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	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	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/III	1,00	0,70	--	--	--	--	--	81	39	41	43	45	39	34	0,194	170	255	306	--	--	
5,40	157	336	3/III	1,09	0,72	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	40	36	0,242	262	393	471	--	--	
5,60	27	16	4/1	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	4/1	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/III	1,08	0,78	--	--	--	--	--	92	41	42	44	45	40	36	0,230	250	375	450	--	--	
6,20	180	225	3/III	1,12	0,81	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	41	37	0,249	300	450	540	--	--	
6,40	188	157	3/III	1,13	0,83	--	--	--	--	--	98	42	43	44	46	41	37	0,252	313	470	564	--	--	
6,60	115	21	4/1	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/III	1,03	0,87	--	--	--	--	--	82	39	41	43	45	39	35	0,196	202	303	363	--	--	
7,00	192	240	3/III	1,14	0,89	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	40	37	0,248	320	480	576	--	--	
7,20	139	160	3/III	1,06	0,91	--	--	--	--	--	86	40	42	43	45	39	36	0,208	232	348	417	--	--	
7,40	196	89	3/III	1,14	0,94	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	40	38	0,247	327	490	588	--	--	
7,60	165	56	3/III	1,10	0,96	--	--	--	--	--	90	41	42	44	45	39	37	0,224	275	413	495	--	--	
7,80	80	48	3/III	0,97	0,98	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	36	33	0,144	133	200	240	--	--	
8,00	240	277	3/III	1,15	1,00	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	39	0,258	400	600	720	--	--	
8,20	231	69	3/III	1,15	1,02	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	39	0,258	385	578	693	--	--	
8,40	243	228	3/III	1,15	1,05	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	39	0,258	405	608	729	--	--	
8,60	244	52	3/III	1,15	1,07	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	39	0,258	407	610	732	--	--	
8,80	94	61	3/III	0,99	1,09	--	--	--	--	--	68	37	39	41	43	36	34	0,153	157	235	282	--	--	
9,00	129	41	3/III	1,04	1,11	--	--	--	--	--	78	39	41	42	44	38	35	0,184	215	323	387	--	--	
9,20	29	17	4/1	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	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/III	0,95	1,17	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	34	32	0,122	120	180	216	--	--	
9,80	97	104	3/III	1,00	1,19	--	--	--	--	--	67	37	39	41	43	36	34	0,149	162	243	291	--	--	
10,00	118	25	4/1	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	4/1	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	4/1	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	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/III	0,93	1,29	--	--	--	--	--	48	35	37	39	42	33	32	0,100	100	150	180	--	--	
11,00	100	187	3/III	1,00	1,31	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	35	34	0,146	167	250	300	--	--	
11,20	297	742	3/III	1,15	1,33	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	40	0,258	495	743	891	--	--	
11,40	239	179	3/III	1,15	1,35	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	40	39	0,239	398	598	717	--	--	
11,60	295	80	3/III	1,15	1,38	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	40	40	0,258	492	738	885	--	--	
11,80	175	119	3/III	1,11	1,40	--	--	--	--	--	83	40	41	43	45	38	37	0,200	292	438	525	--	--	
12,00	251	269	3/III	1,15	1,42	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	40	39	0,241	418	628	753	--	--	
12,20	186	139	3/III	1,13	1,44	--	--	--	--	--	84	40	41	43	45	38	37	0,204	310	465	558	--	--	
12,40	80	--	3/III	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. : O78D1	
Cantiere: Via M. Curiè - PRATO Committente: Impesa SABBI Data di esecuzione: 26/05/2009	Profondità prova m: -9,90 Profondità tubo piez. m: ===== Profondità falda m: =====		



Prova penetrometrica dinamica (S.C.P.T.) N° 3

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	17,5
630	21	21,1
660	19	31,6
690	21	22,8
720	13	36,8
750	6	33,3
780	3	36,8
810	9	22,8
840	8	10,5
870	10	5,3
900	12	15,8
930	18	14,0
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

INDICE

1. PREMESSA	pag. 2
2. INTRODUZIONE	pag. 3
3. PROPAGAZIONE DELLE ONDE NEL SOTTOSUOLO	pag. 4
4. SISMICA A RIFRAZIONE	pag. 4
4.1 Acquisizione ed analisi onde P	pag. 6
5. METODOLOGIA MASW	pag. 8
5.1 Acquisizione ed analisi prova MASW	pag. 9
6. CONCLUSIONI	pag. 12

ALLEGATI

1 UBICAZIONE STENDIMENTO SISMICO
3 CALCOLO VS 30

File: RSviacurie

1. PREMESSA

La presente relazione esamina i risultati di una campagna geofisica finalizzata all'individuazione della categoria di sottosuolo per il lotto di terreno posto in Via Marie Curie, Comune di Prato, dove è in corso la realizzazione di un nuovo complesso abitativo, previo Piano di Recupero di un edificio esistente.

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

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ è stata definita mediante la seguente espressione:

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

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

2. INTRODUZIONE

La presente relazione geofisica è stata redatta in accompagnamento al progetto di costruzione di un edificio plurifamiliare disposto su tre piani fuori terra e piano interrato, previa demolizione di un edificio esistente; l'intervento in oggetto avrà una volumetria lorda di circa 2800 mc, tale da far ricadere l'intervento in classe d'indagine n°3 secondo il DPGR 36/R/2009.

E' stata effettuata un'apposita campagna geofisica composta da uno stendimento di sismica a rifrazione in onde P di lunghezza pari a 90 m e da un'indagine geofisica di tipo MASW per una lunghezza di 45 m; la scelta di queste due tipologie di indagini è stata dettata dalla presenza di terreni da investigare di natura alluvionale e quindi con la possibilità di avere delle inversioni di velocità, rilevabili solo con la metodologia MASW. Gli stendimenti nell'area verde adiacente in aderenza al lotto in oggetto.

L'ubicazione degli stendimenti è visibile in Allegato 1.

3. PROPAGAZIONE DELLE ONDE NEL SOTTOSUOLO

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

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

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

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

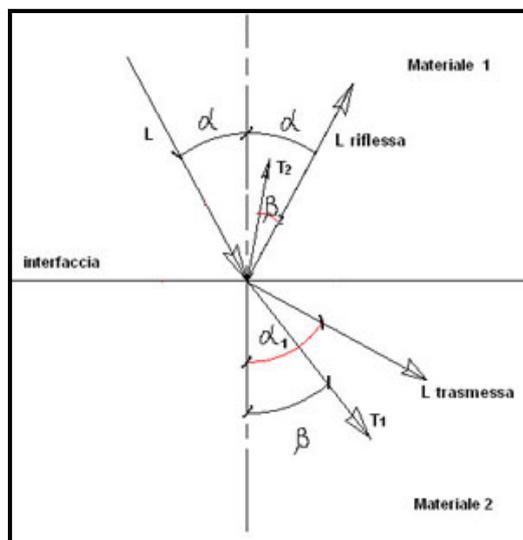
Generata un'onda in superficie (sorgente) si producono:

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

4. SISMICA A RIFRAZIONE

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

$$\sin a / V_1 = \sin a_1 / V_2$$



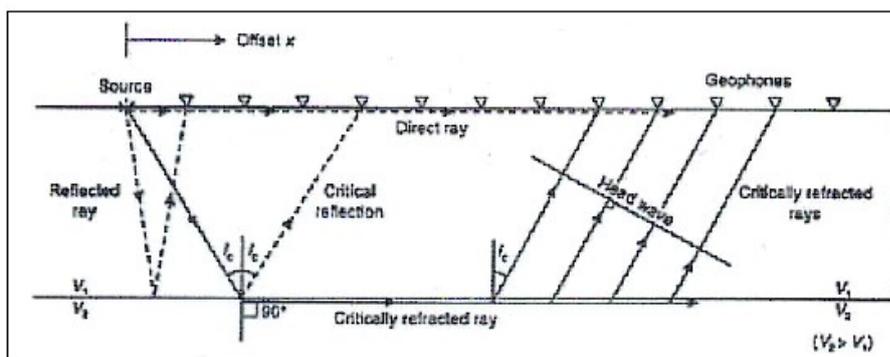
Quando:

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

allora:

$$\sin i_c = V_1/V_2$$

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



La sismica a rifrazione dà dei buoni risultati quando:

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

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

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

- Individuazione dei primi arrivi attraverso l'osservazione dei sismogrammi e l'operazione di picking, previa elaborazione dei segnali ed operazioni di filtraggio anche consecutivo con diverse tipologie di filtro digitale;
- Ricostruzione delle dromocrone;
- Linearizzazione delle dromocrone e calcolo delle velocità di propagazione delle onde elastiche analizzate e dei relativi tempi di intercetta;
- Ricostruzione del modello del sottosuolo con calcolo della profondità di ciascun strato.

4.1 Acquisizione e analisi onde P

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

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

- n. geofoni: 16
- lunghezza stendimento ricevitori: 90,0 m
- distanza intergeofonica: 6,0 m
- n. punti di energizzazione (shots): 3
- 2 end-shots posti a 10 m dai geofoni esterni
- 1 intermedio posto tra l'8° e il 9° geofono.
- tempo acquisizione: 0,25 s
- frequenza di campionamento: 10.000 Hz

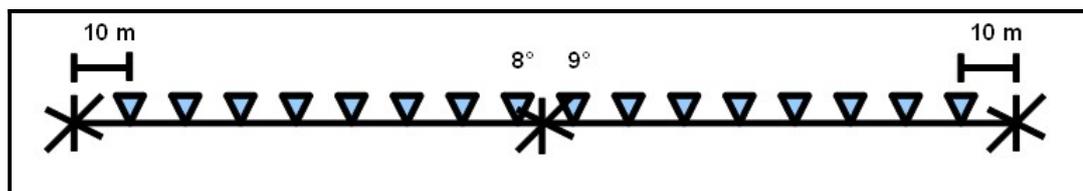


Figura 1 - Geometria dello stendimento di sismica a rifrazione in onde P.

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

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

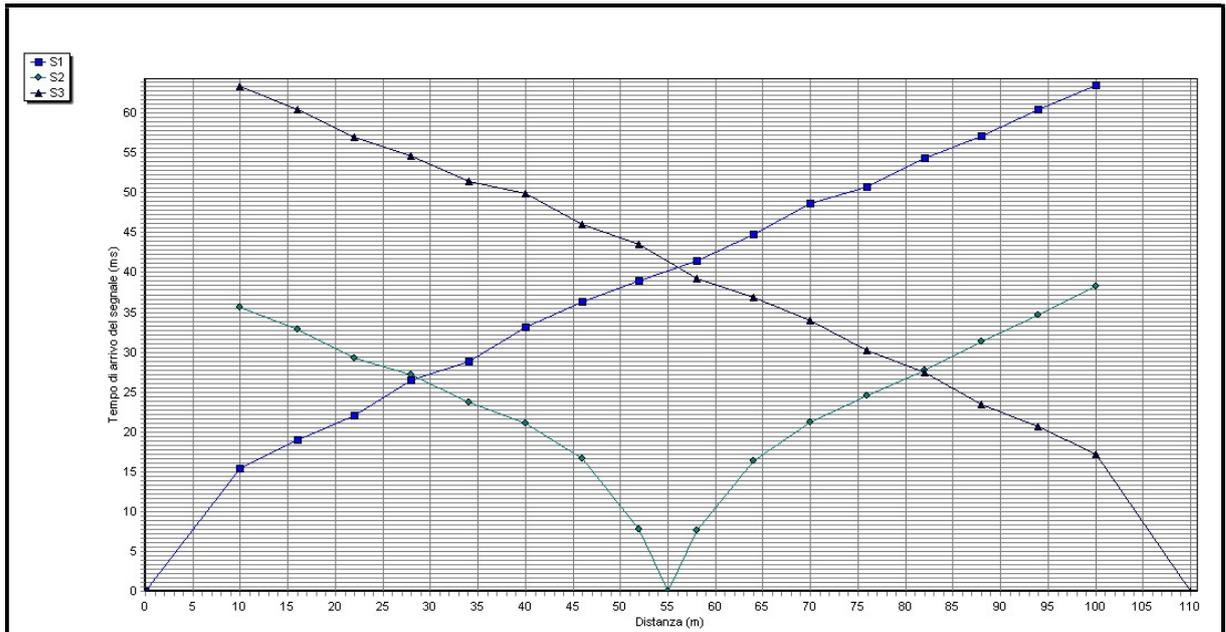


Figura 2 - Dromocrone relative allo stendimento di sismica a rifrazione in onde P

Dalle dromocrone è possibile osservare come siano presenti e ben netti due tratti a pendenza differente l'uno dall'altro; tale indicazione implica la presenza di due strati a velocità differente con forte impedenza acustica.

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

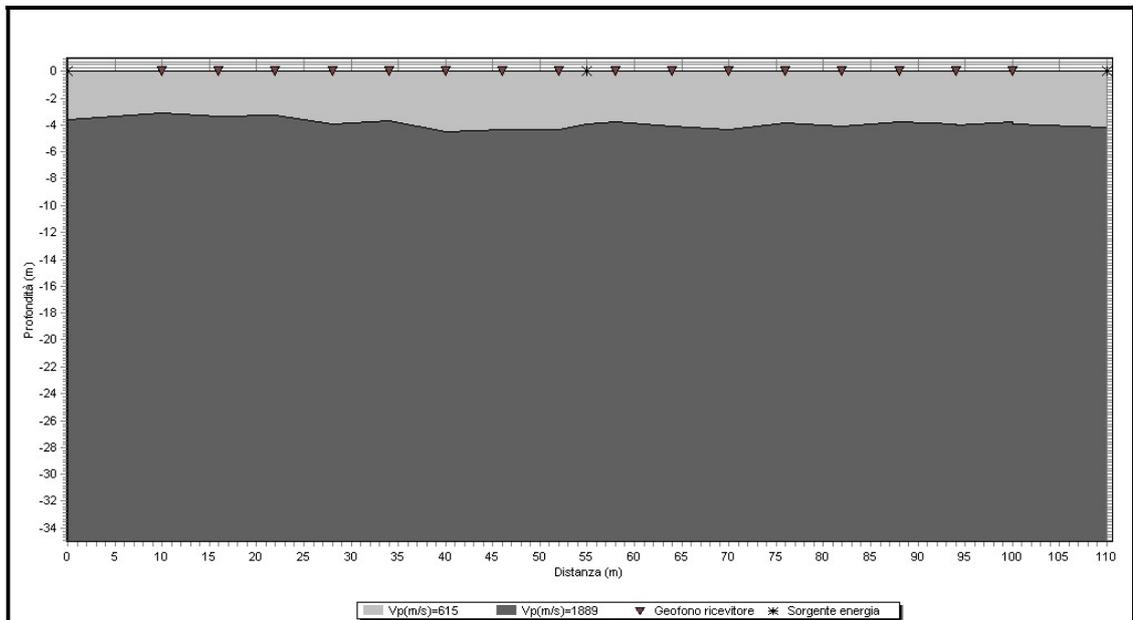


Figura 3 - Ricostruzione della stratigrafia basata sulle velocità riscontrate delle onde P.

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

Primo sismostrato

Dal piano campagna si spinge fino ad una profondità di circa -4 m dal p.c. ed ha una velocità media V_p pari a 515 m/s.

Secondo sismostrato

Tale livello è l'ultimo riscontrato fino alla profondità di circa -35 m dal p.c.; la velocità media V_p è pari a 1890 m/s.

5. METODOLOGIA MASW

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

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

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°, sia della superficie topografica sia delle

diverse discontinuità elastiche; in tale lavoro lo stendimento è stato effettuato su una superficie piana e non è stata riscontrata la presenza di discontinuità con inclinazioni critiche.

La metodologia utilizzata consiste in quattro fasi:

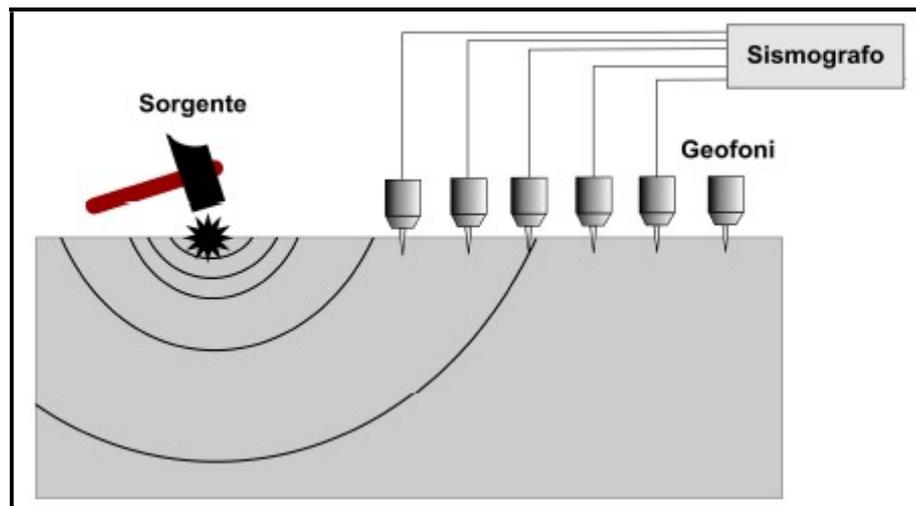
- calcolo della curva di dispersione sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spaziotempo lungo lo stendimento, energizzando alternativamente ai due estremi dello stendimento;
- calcolo della curva di dispersione apparente numerica;
- calcolo della curva di dispersione effettiva numerica;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

5.1. Acquisizione e analisi prova MASW

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

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

- n. geofoni: 16
- lunghezza stendimento ricevitori: 45,0 m
- distanza intergeofonica: 3,0 m
- 2 end-shots posti a 6 e 7,5 m
- tempo acquisizione: 2,0 s
- frequenza: 5.000 Hz



Essendo le due energizzazioni state effettuate ad una distanza reciproca di $dx/2$, con dx = distanza intergeofonica, è stato possibile “interlacciare” i segnali delle due distinte tracce e formare un unico file che riproduce uno stendimento “virtuale” con le seguenti caratteristiche:

distanza intergeofonica : 1,5 m

numero geofoni : 32

lunghezza stendimento : 46,5 ml

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

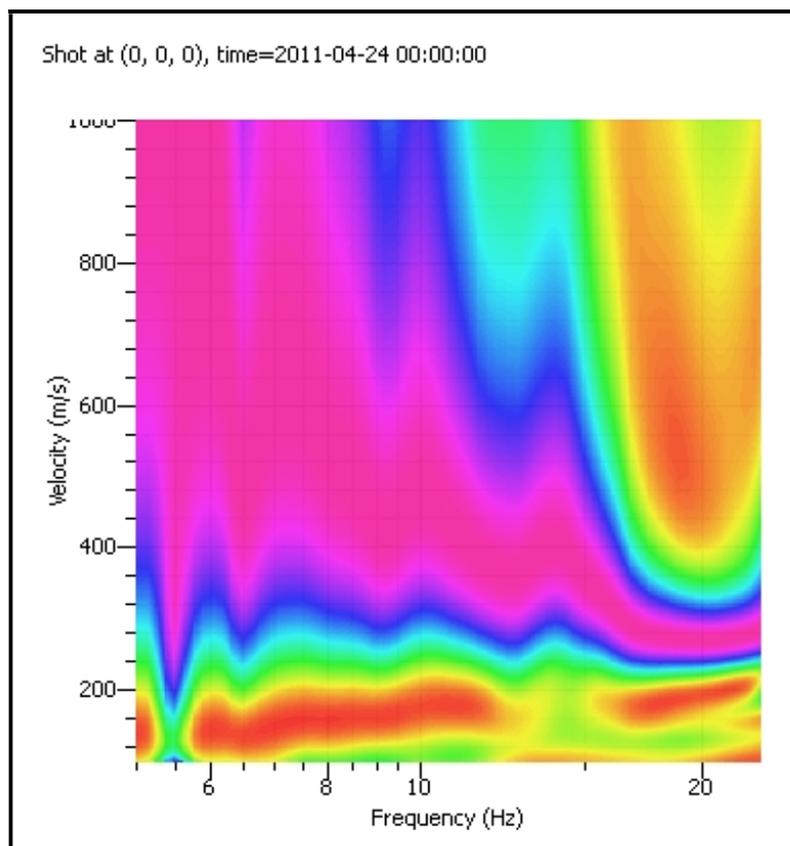


Figura 4 – Spettro di risposta F/V

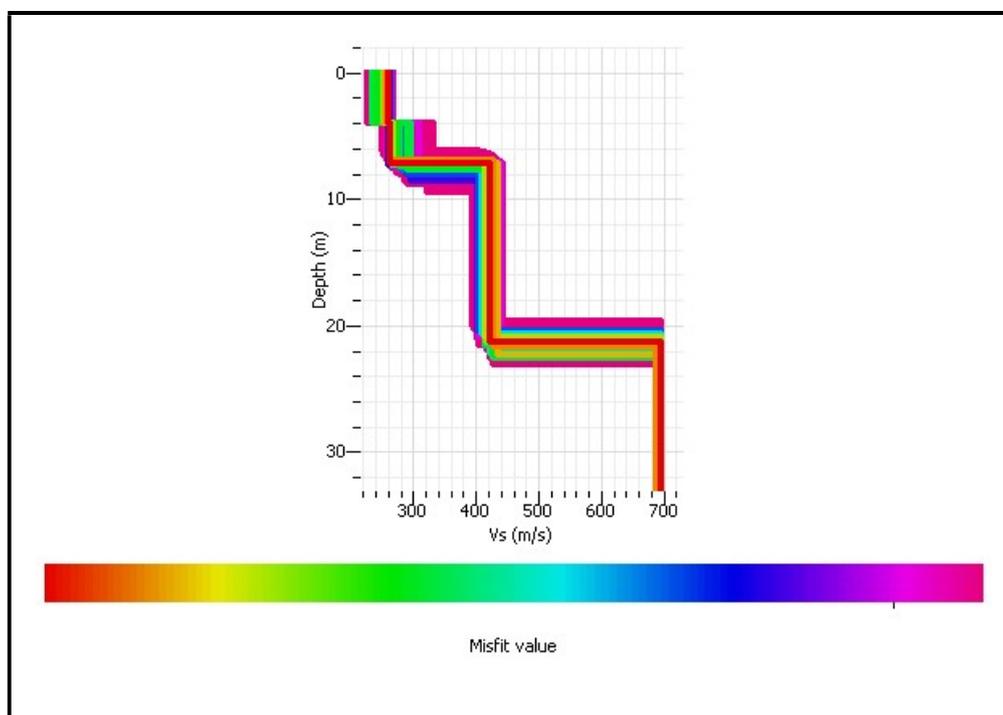


Figura 5 - Ricostruzione della stratigrafia
basata sulle velocità riscontrate delle onde SH.

La ricostruzione delle velocità V_s del sottosuolo mediante l'interpretazione della prova MASW evidenzia una stratigrafia maggiormente ricca di dati rispetto alla prova di sismica a rifrazione. Dalla figura 5 emergono quattro strati a velocità V_s crescente con l'aumentare della profondità:

Sismostrato 1

Da 0 a -4 m dal p.c. con una velocità di 252 m/s;

Sismostrato 2

Da -4 a -7,30 m dal p.c. con una velocità di 265 m/s;

Sismostrato 3

Da -7,30 a -21,80 m dal p.c. con una velocità di 427 m/s;

Sismostrato 4

Da -21,80 a -34 m dal p.c. con una velocità di 692 m/s.

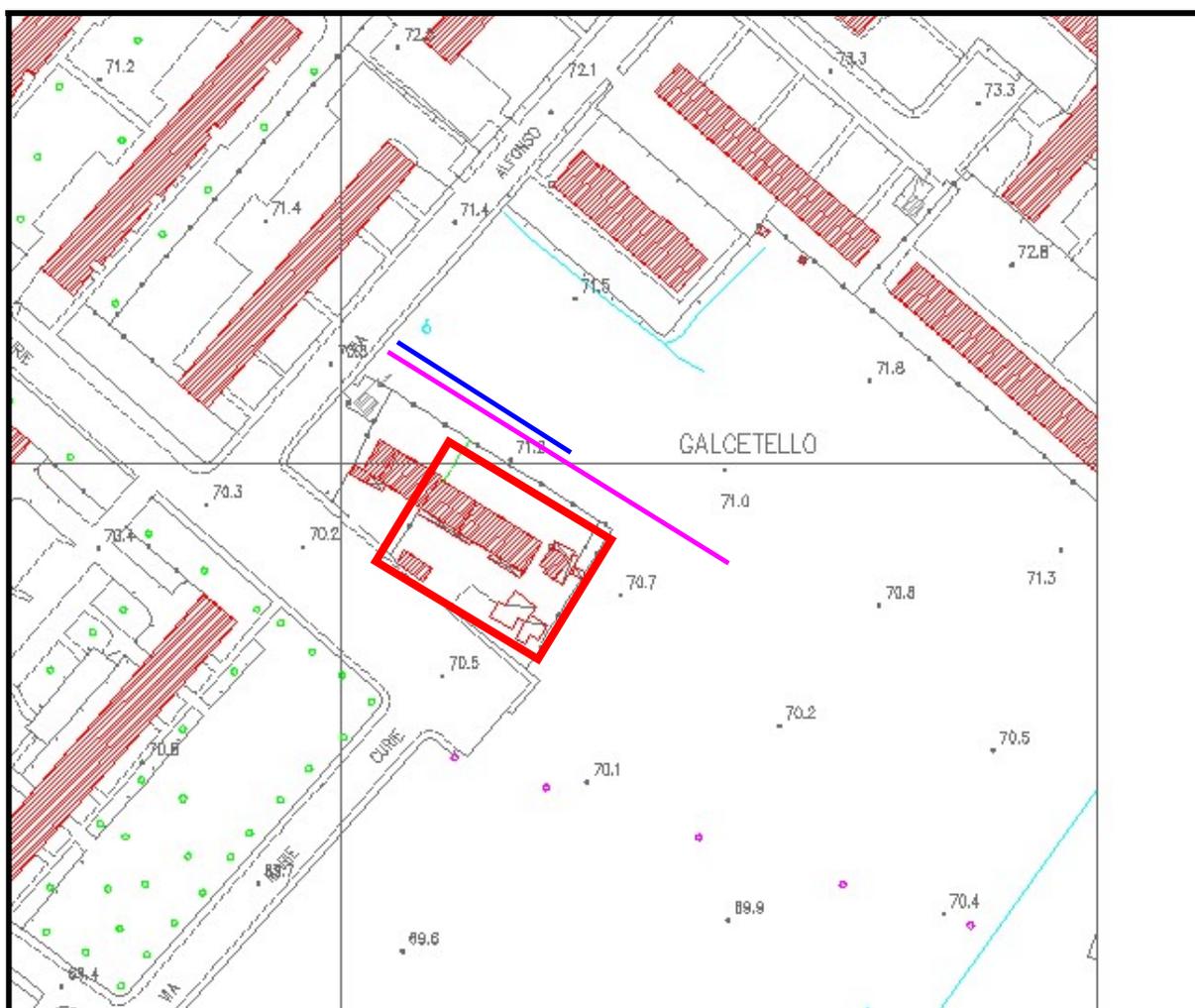
6. CONCLUSIONI

Il modello ricostruito mediante acquisizione MASW, ha consentito la ricostruzione di una stratigrafia verticale basata sul valore delle onde di volume (V_s) e di conseguenza la determinazione del valore V_{s30} che è risultato pari a 450 m/s. In riferimento al D.M. 14/01/2008 punto 3.2, il sito in oggetto ricade in **categoria di sottosuolo B** ovvero *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Prato, 06 aprile 2011

ALLEGATI

1. Ubicazione dell'area di studio
2. Calcolo della Vs30

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

In rosso l'area di studio, in viola lo stendimento di sismica a rifrazione ed in blu lo stendimento MASW

2. Calcolo Vs30

Hi [m]	Vsi [m/s]	Hi/Vsi
1	250	0,00400
3,3	265	0,01245
14,5	427	0,03396
11,2	692	0,01618

Sommatoria	30	0,06660
------------	----	---------

Vs30	450,48	m/s
-------------	---------------	------------