



COMUNE DI PISA
Direzione Urbanistica

e-mail: urbanistica@comune.pisa.it
Tel: 050 910408
Fax: 050 910456
sito internet:
www.comune.pisa.it/pianificazione

~
Palazzo Pretorio - Vicolo del Moro, 2

orario di apertura:
martedì: 9.00 - 13.00
giovedì: 15.00 - 17.00

Titolo del progetto

Variante al Regolamento Urbanistico ai sensi della L.R. n.1 del gennaio 2005

PROGETTO DI VALORIZZAZIONE DEL POLO CULTURALE DEL COMPLESSO DI SAN MICHELE DEGLI SCALZI

Progettazione geologica

Dott. Geol. MARCO REDINI



RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICO-TECNICA

Pagina	Data	Identif.	Elaborato
1 di 80	052006	01_0004_112005	

Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto
alla variante al Regolamento Urbanistico, ai sensi
della L.R. n.1 del gennaio 2005, per il progetto di
valorizzazione del polo culturale del complesso di San
Michele degli Scalzi

INDICE

Premessa	7
1 RIFERIMENTI NORMATIVI	10
2 Vincoli e salvaguardie	11
2.1 Vincolo idrogeologico	11
2.2 Vincolo R.D. 25 luglio 1904, n. 523	11
3 Pericolosità e vulnerabilità.....	12
3.1 Pericolosità idraulica.....	12
3.2 Pericolosità geomorfologica	16
3.3 Vulnerabilità idrogeologica	16
4 Inquadramento geologico regionale ed evoluzione paleografica dell'area	17
5 Lineamenti geologici locali	19
6 Analisi degli studi geologico-tecnici di supporto al Piano Strutturale Comunale.....	21
7 Indagini svolte	26
8 Caratteristiche Idrogeologiche.....	27
9 Considerazioni sull'attività sismica	27
10 Fattibilità a livello di dettaglio.....	30
10.1 Considerazioni sulle verifiche idrauliche.....	32
11 Conclusioni.....	34
12 Allegati	35
12.1 Allegato 1 Parere Provincia di Pisa	37
12.2 Allegato 2 LOGS DI PERFORAZIONE	41

PREMESSA

La presente relazione di fattibilità geologico-tecnica è stata svolta su incarico della Direzione Edilizia Pubblica e Progetti Speciali del Comune di Pisa a supporto del “progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di San Michele degli Scalzi ad uso espositivo e per spettacoli all’aperto”, complesso situato in via Tibet adiacenze viale delle Piagge.

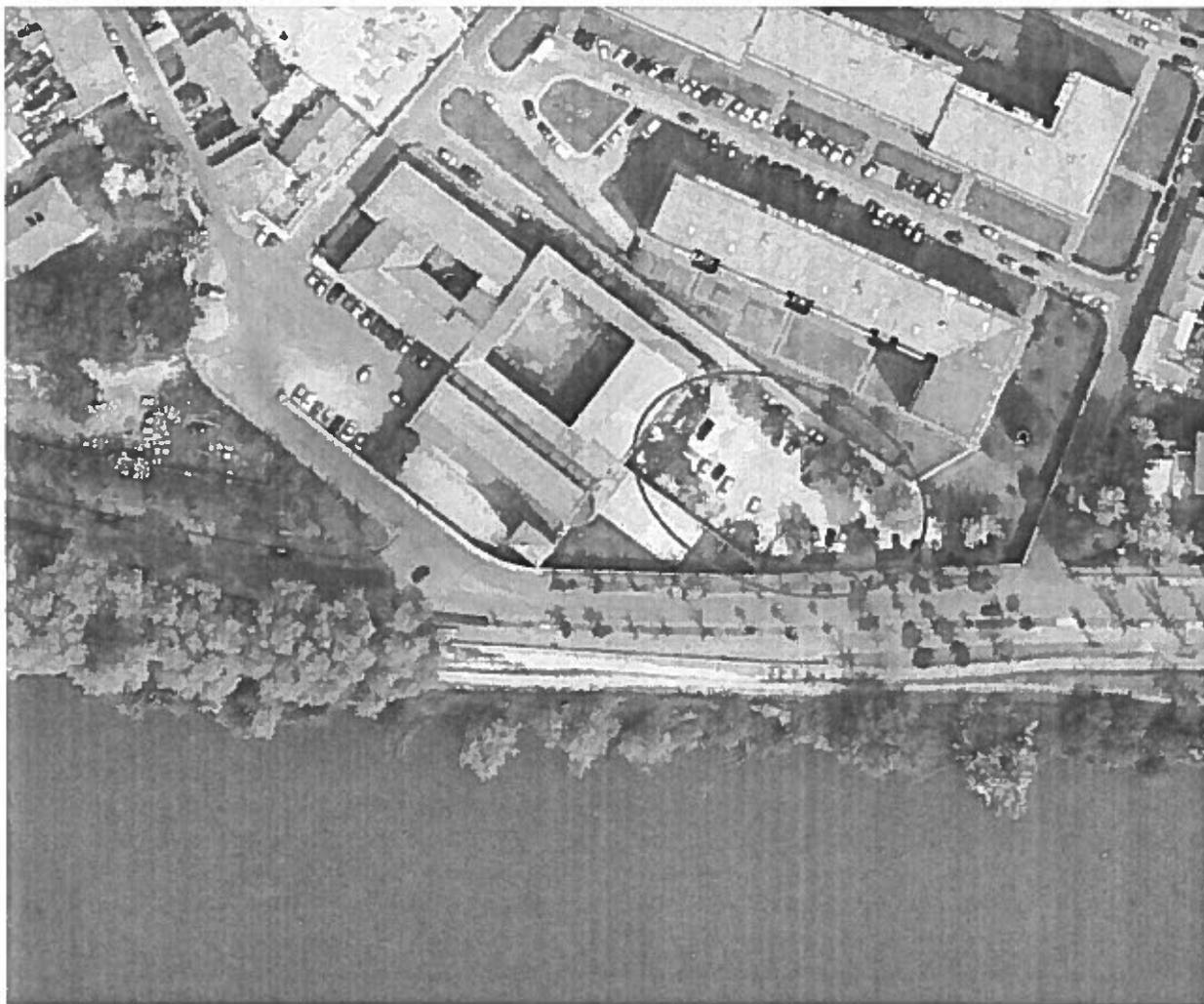


Fig. 1 Inquadramento area di studio

Su questa area è stato previsto oltre al recupero totale dell’edificio dell’ex Convento, da destinare a sede espositiva, attualmente in fase di completamento, anche una riqualificazione dell’area. Riqualificazione da effettuarsi attraverso la realizzazione di vari interventi che sono indicati in Fig. 2. Principalmente si prevede la realizzazione di uno spazio all’aperto per spettacoli, di un nuovo fabbricato e di una piazza con parcheggio sottostante.

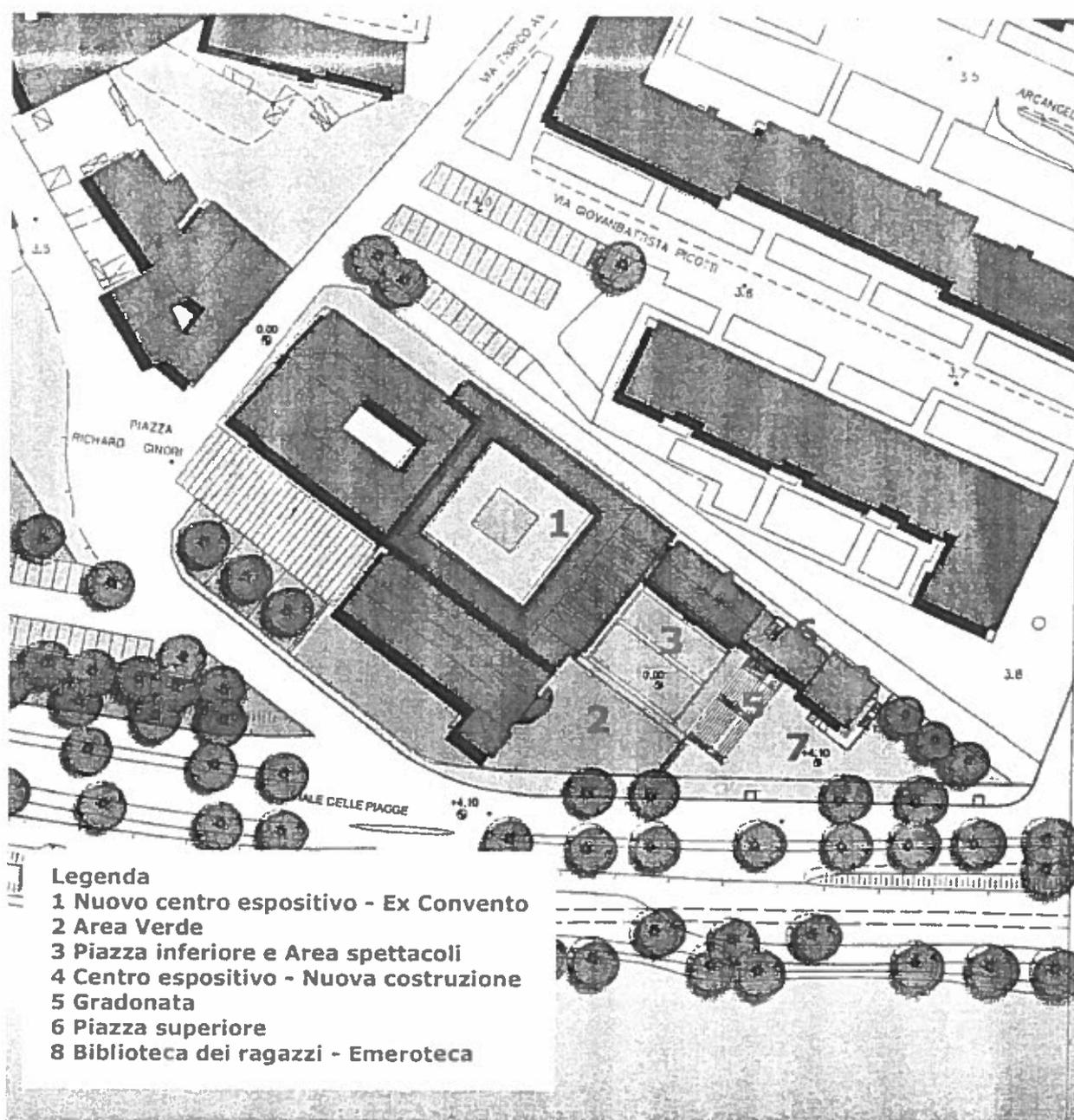


Fig. 2 Inquadramento interventi da effettuare sull'area

Attualmente l'area di intervento è classificata nel Regolamento Urbanistico come VA (Verde Attrezzato) e la nuova destinazione d'uso dovrà essere SQ2 (Insediamenti specialistici suscettibili di sviluppo).

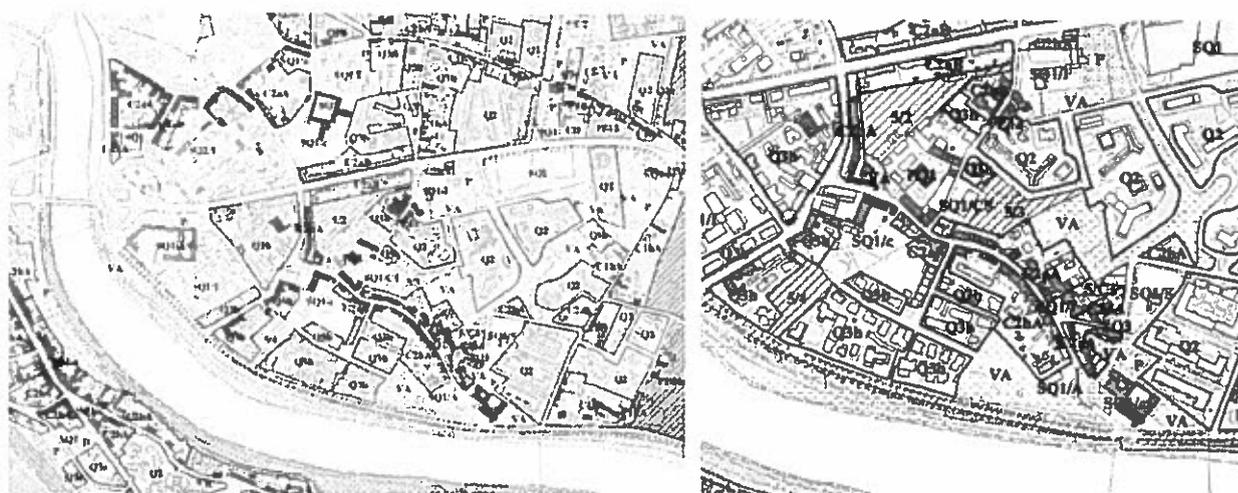


Fig. 3 RU – Classificazione dell’ambito di intervento ai sensi del RU

In un intorno significativo all’area di intervento sono state eseguite valutazioni geologiche, geotecniche ed idrauliche, la figura n. 1 “Inquadramento area di studio” mostra l’area indagata e dove verrà effettuato l’intervento.

In particolare i terreni di tutto il complesso della Chiesa ed ex Convento di S. Michele sono stati oggetto di un’esonazione in epoca storica, nel 1949, in cui il F. Arno ruppe l’argine, ed inoltre un fattore antropico, piuttosto recente, ha interessato la demolizione della fabbrica Richard Ginori (che in parte sorgeva in adiacenza al complesso) costituendo alcuni smaltimenti in sito delle macerie. Quest’ultima circostanza comporta che nella fascia superficiale frequentemente i livelli siano interessati da terreni non in giacitura naturale (riporti e/o riempimenti).

La presente relazione, che illustra le conclusioni raggiunte sulla fattibilità della variante, fa riferimento:

- alle indagini geologico-tecniche di supporto al Regolamento Urbanistico del Comune di Pisa, depositate presso l’Ufficio Regionale per la Tutela del Territorio (Regione Toscana);
- alla campagna geognostica preliminare per l’intervento di restauro conservativo e valorizzazione del complesso architettonico di San Michele degli Scalzi ad uso espositivo redatto dalla Dott.sa Geol. C. Mannocci e dal Dott. Geol. L. Pignatelli su incarico del Comune di Pisa in data settembre 2003;
- alla relazione geologica e geotecnica denominata “realizzazione nuovi edifici” a supporto dell’intervento di restauro conservativo e valorizzazione del complesso architettonico di San Michele degli Scalzi ad uso espositivo redatto dalla Dott.sa Geol. C. Mannocci su incarico del Comune di Pisa in data maggio 2005.

- alla campagna geofisica per la caratterizzazione delle litologie ai sensi della nuova normativa antisismica effettuata dallo Studio Associato di Geologia Geolog con sede a Lucca.

Nella presente relazione di fattibilità si fa esplicito riferimento a tali indagini geologico-tecniche. Poiché allo stato attuale il Comune di Pisa ha approvato il Regolamento Urbanistico, il presente atto costituirà variante allo strumento urbanistico vigente.

1 RIFERIMENTI NORMATIVI

Tali indagini sono conformi a quanto prescritto:

- dalla L.R. 17.4.1984 n. 21 “Norme per la formazione e l’adeguamento degli strumenti urbanistici ai fini della prevenzione dal rischio sismico”, in attuazione dell’art. 20 della L. 10.12.1981 n. 741,
- dalla D.C.R.T. 12.02.1985 n. 94 “Direttiva sulle indagini geologico tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica” in attuazione della L.R. 21/84,
- dalla Legge Regionale 3 gennaio 2005, n°1 “Norme per il Governo del Territorio” (art. 62 e art. 100),
- dalla L.R. 26 gennaio 2005, n°15,
- dalla Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (Ord. 20 marzo 2003, n. 3274) (G.U. n. 105 del 8 maggio 2003), modificata dall’Ord. N. 3316 del 2/10/03,
- dalla delibera Giunta Regionale n. 604 del 16/06/03 “Indirizzi generali e prime disposizioni sulla riclassificazione sismica della Regione Toscana in applicazione dell’Ord. PCM n. 3274 del 20/03/03.

e sono integrate per gli aspetti relativi alle classi di pericolosità, con riferimento al rischio idraulico:

- dalle misure di salvaguardia di cui al Titolo VII della D.C.R. n°12 del 25 gennaio 2000 “Piano di Indirizzo Territoriale”,
- dalle indicazioni del Piano Territoriale di Coordinamento (PTC) della Provincia di Pisa (approvato con Del. C.P. 394/88). Si precisa che il PTC è in corso di adeguamento al PIT, il nuovo PTC è stato adottato il 22.12.2005 con Del. C.P. n. 148, pubblicato sul B.U.R.T. 11/01/2006 ed in data 24.02.2006 sono scaduti i termini per presentare osservazioni. Le nuove norme prevedono che tutta la parte della disciplina del PTC riguardante le aree a differenti classi di pericolosità geomorfologica ed idraulica e la relativa cartografia sia sostituita dalle disposizioni del P.A.I.. Per quanto attiene la

vulnerabilità idrogeologia la disciplina approvata nel PTC del 1998 mantiene la sua validità, non essendo al momento oggetto di disciplina specifica da parte dei piani di assesto idrogeologico.

- dalla normativa di piano entrata in vigore con D.P.C.M. 5 novembre 1999. "Approvazione del Piano Stralcio relativo alla Riduzione del Rischio Idraulico del Bacino del fiume Arno". (GU n. 226 del 22-12-1999),

- dalla normativa di piano entrata in vigore con D.P.C.M. 6 maggio 2005 "Approvazione del piano di bacino del fiume Arno, stralcio Assetto Idrogeologico" (GU n. 230 del 3-10-2005)

Lo studio di fattibilità geologico-tecnica ha lo scopo di approfondire le conoscenze sui caratteri geologici, geomorfologici e idrogeologici ed idraulici, del territorio in cui è inserita l'area di progetto, mediante rilievi ed indagini di campagna, l'analisi delle fonti bibliografiche e cartografiche disponibili tra cui la Relazione geologica di supporto allo Strumento Urbanistico generale comunale Piano Strutturale e del Regolamento Urbanistico.

2 VINCOLI E SALVAGUARDIE

Di seguito vengono esaminati i principali vincoli territoriali che insistono nell'area in oggetto.

2.1 VINCOLO IDROGEOLOGICO

L'area di interesse non si trova in zona soggetta al vincolo idrogeologico ai sensi della Legge n°3267 del 30.12.1923 e degli artt. 21 e 22 del R.D.L. 1126/1926.

2.2 VINCOLO R.D. 25 LUGLIO 1904, N. 523

Gli interventi previsti nell'area oggetto di intervento, come è possibile vedere nella Fig. 4, rientrano per una piccola porzione tra le zona di rispetto ai sensi del R.D. 25 luglio 1904, n. 523 Art. 96 comma f), in quanto entro 10 metri dal piede dell'argine, in queste zone:

Sono lavori e atti vietati in modo assoluto sulle acque pubbliche, loro alvei, sponde e difese i seguenti:

.... (omissis) ...

f) le piantagioni di alberi o siepi, le fabbriche, gli scavi e lo movimento del terreno a distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra, minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline, a distanza minore di metri quattro per le piantagioni e lo smovimento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e gli scavi.

Per chiarire la fattibilità dell'intervento l'Amministrazione Comunale ha richiesto un parere preventivo all'Autorità idraulica competente (Provincia di Pisa) che si è espressa con un preventivo parere favorevole condizionato al rispetto di varie prescrizioni (cfr. allegato 1).

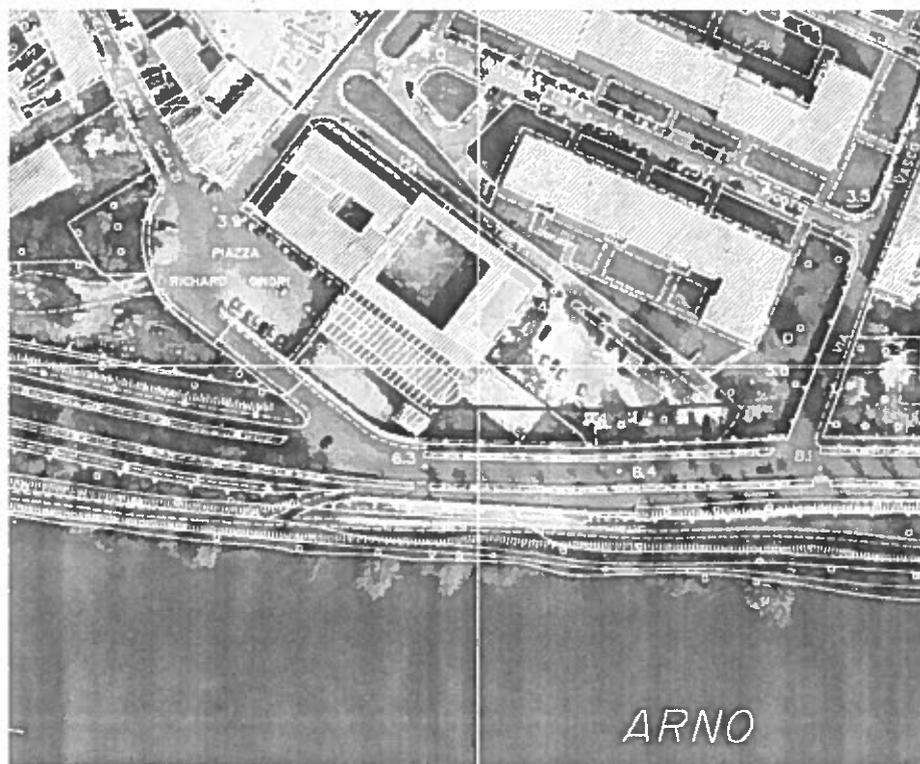


Fig. 4 In rosso limite zona di rispetto(10 m) ai sensi del Regio Decreto n. 523 del 1904

3 PERICOLOSITÀ E VULNERABILITÀ

Di seguito vengono descritti gli aspetti legati alla pericolosità e vulnerabilità dell'area oggetto dell'intervento.

3.1 PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Secondo le vigenti normative in materia di pericolosità e rischio idraulico, dettate dall'Autorità di Bacino del fiume Arno, dalla Regione Toscana e dalla Provincia di Pisa, l'area d'interesse risulta essere sottoposta a particolari vincoli e direttive.

Nel Piano Stralcio relativo alla Riduzione del Rischio Idraulico del Bacino del fiume Arno, approvato con D.P.C.M. 5 novembre 1999, l'area di interesse risulta:

- nella “Carta degli interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico nel bacino dell'Arno”. (Scala 1:25.000) non essere interessata da aree destinate a casse di espansione di tipo A o B,
- nella “Carta guida delle aree allagate redatte sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966 - 1999)” (Scala 1:25.000) essere tra quelle interessate da “alluvioni eccezionali” (Fig. 5 PRI- Carta guida delle aree allagate. In blu aree soggette ad alluvioni eccezionali)



Fig. 5 PRI- Carta guida delle aree allagate. In blu aree soggette ad alluvioni eccezionali

- nella “Carta delle aree di pertinenza fluviale dell'Arno e degli affluenti” (Scala 1:25.000), non essere interessata dalla norma n. 5.

Nel Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico adottato nella seduta di Comitato Istituzionale dell'11 novembre 2004 ed entrato in vigore con il D.P.C.M. 6 maggio 2005 "Approvazione del piano di bacino del fiume Arno, stralcio assetto idrogeologico" (GU n. 230 del 3-10-2005) l'area di interesse risulta:

- individuata nella Carta della “Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – livello di dettaglio” (scala 1:10.000), tra quelle “a pericolosità idraulica media” (P.I.2) (Fig. 6 PAI - Carta della “Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – livello di dettaglio”).

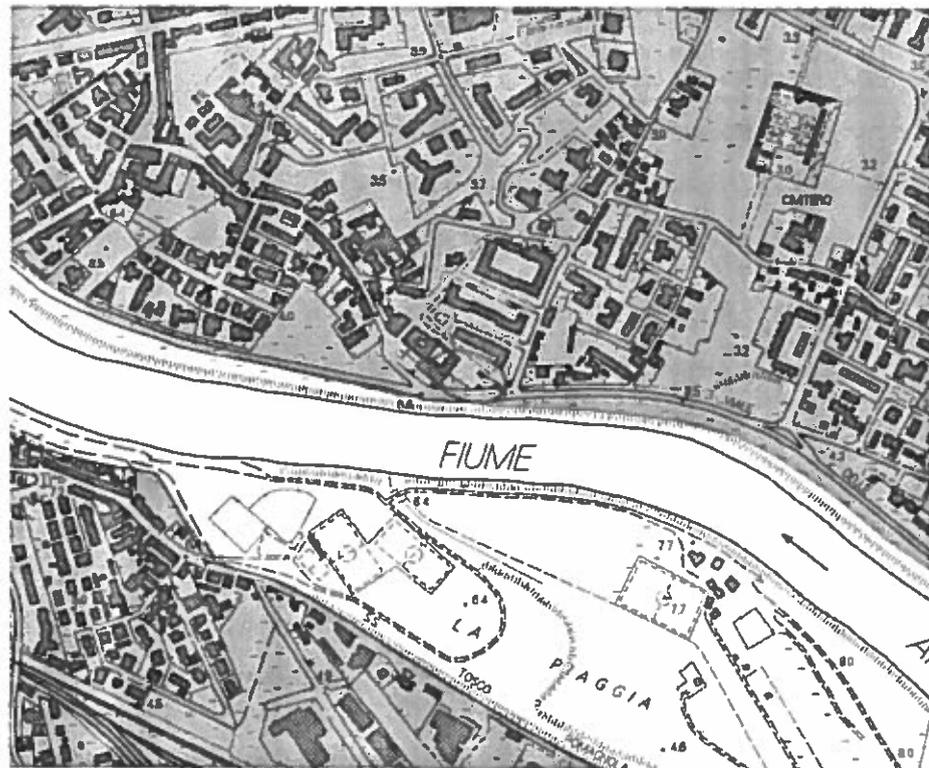


Fig. 6 PAI - Carta della "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica - livello di dettaglio"

Al Titolo II, Capo I, art. 5 delle Norme di Attuazione del Progetto di piano si legge che, al livello di dettaglio, le aree P.I.2 corrispondono alle:

*aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $30 < TR \leq 100$ anni e con battente $h < 30$ cm
e aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $100 < TR \leq 200$ anni ;*

Dall'analisi delle misure di salvaguardia, vigenti fino all'8 marzo 2005, di cui al Titolo VII della D.C.R. n°12 del 25 gennaio 2000 "Piano di Indirizzo Territoriale", emergeva che l'area oggetto di intervento era in ambito B.

Nel Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa approvato con Del. C.P. 394/88 l'area di interesse risulta:

individuata nella Carta della "Pericolosità idraulica - tavola 2", tra quelle a "pericolosità media (sottoclasse 3a)".

Al sensi della art. 7 l'intero territorio interessato dalla disciplina dettata dal presente piano viene suddiviso nelle seguenti classi e sottoclassi di pericolosità idraulica che integrano e specificano, in merito alle aree soggette a esondazione o sommersione e ristagno, superando quelle di cui all' art. 7 della D.C.R. 230/94, le classi della carta di pericolosità di cui al punto 3.1 della D.C.R. 94/85:

[...]

classe 3 - pericolosità media:

sottoclasse 3 a: riguarda le aree per le quali non si ha disponibilità di precise testimonianze storiche di episodi di esondazione o di sommersione, comunque limitrofe ad aree in passato conosciute come alluvionate o sommerse; si individuano su base geomorfologica o storica o con riferimento a modelli idrologico-idraulici, verificando nel caso la ricorrenza statistica di possibile esondazione o sommersione comunque superiore ai duecento anni; vi sono altresì comprese le aree coinvolte da eventi storici, difese da sostanziali interventi di difesa o bonifica idraulica, verificati cioè, per analogia, al deflusso od allo smaltimento di eventi di ricorrenza duecentennale;

[...]

Nel Piano Strutturale del Comune di Pisa approvato con Del. C.C. n. 103 il 2 ottobre 1998 l'area di interesse risulta:

individuata nella "Carta della Pericolosità B_2_10", inquadrata tra quelle a "Pericolosità geologica medio-bassa (3a)" con codice 6 (Fig. 7 PS - Carta della pericolosità da Piano Strutturale).

6 -(Classe 3a) - Zona morfologicamente in situazione sfavorevole dal punto di vista idraulico (quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a 2m sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, del ciglio di sponda); soggetta alle Direttive D.C.R. 230/94 perché inserita in ambito B. Non presenta particolari problematiche legate alle caratteristiche geotecniche dei terreni"

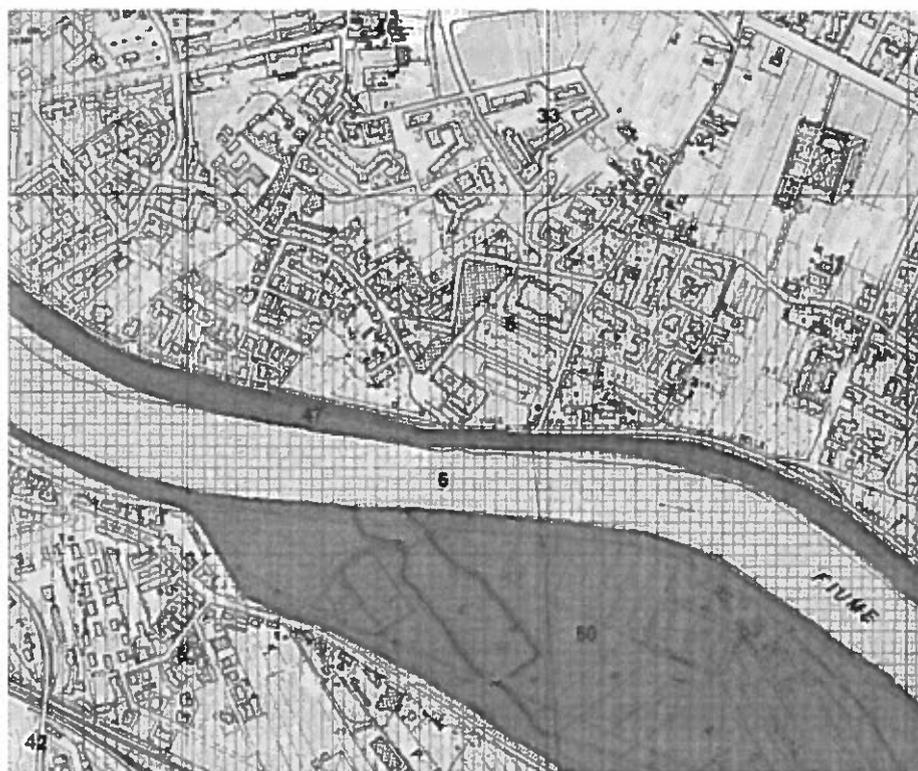


Fig. 7 PS - Carta della pericolosità da Piano Strutturale

3.2 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

Nel Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico adottato nella seduta di Comitato Istituzionale dell'11 novembre 2004 ed entrato in vigore con il D.P.C.M. 6 maggio 2005 "Approvazione del piano di bacino del fiume Arno, stralcio assetto idrogeologico" (GU n. 230 del 3-10-2005) l'area di interesse non risulta essere individuata nella Carta della "Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante - livello di sintesi.

Nel Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa approvato con Del. C.P. 394/88 l'area di interesse risulta:

individuata nella Carta della "Pericolosità geomorfologica – tavola 1", tra quelle a "pericolosità bassa (classe 2)".

Ai sensi della art. 5 l'intero territorio interessato dalla disciplina dettata dal presente piano viene suddiviso nelle seguenti classi e sottoclassi di pericolosità geomorfologica che integrano e specificano, in merito alla instabilità dei terreni, le classi della carta di pericolosità di cui al punto 3.1 della D.C.R. 94/85:

[...]

classe 2 - pericolosità bassa: corrisponde a situazioni geologico-tecniche e morfologiche apparentemente stabili sulle quali però permangono dubbi che possono essere chiariti a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione delle trasformazioni; in essa ricadono le aree di fondovalle o di altopiano con sottosuolo costituito prevalentemente da terreni di buone caratteristiche geotecniche, nonché le aree su versante con pendenze inferiori al 15 per cento, distanti da scarpate, nicchie ed accumuli di frana;

Nel Piano Strutturale del Comune di Pisa approvato con Del. C.C. n. 103 il 2 ottobre 1998 l'area di interesse risulta:

individuata nella "Carta della Pericolosità B_2_10", inquadrata tra quelle a "Pericolosità geologica medio-bassa (3a)" con codice 6.

Come è stato precisato nel capitolo precedente, il Piano Strutturale indica la pericolosità di quest'area come prevalentemente di tipo idraulico, mentre mostra che da un punto di vista geomorfologico non presenta particolari problematiche legate alle caratteristiche geotecniche dei terreni".

3.3 VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA

Nel Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa approvato con Del. C.P. 394/88 l'area di interesse risulta:

individuata nella Carta della “Vulnerabilità Idrogeologica – tavola 3”, tra quelle a “pericolosità elevata (sottoclasse 4a)”.

Ai sensi della art. 9 l'intero territorio interessato dalla disciplina dettata dal presente piano viene suddiviso nelle seguenti classi e sottoclassi di vulnerabilità idrogeologica:

[...]

sottoclasse 4a: corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione insufficiente; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra 1 e 7 giorni, quali quelle di ricarica di acquiferi confinati a media permeabilità, quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali molto permeabili con falda prossima al piano campagna, quelle consistenti in terrazzi alluvionali antichi costituiti da litologie molto permeabili e direttamente connessi all'acquifero principale, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone di affioramento di terreni litoidi altamente permeabili, le zone di affioramento di terreni sciolti a permeabilità elevata con sufficiente estensione e ricarica, le zone di infiltrazione in terreni a permeabilità medio-alta, le zone di alimentazione delle sorgenti di principale importanza emergenti da litologie mediamente permeabili;

[...]

Nel Piano Strutturale del Comune di Pisa approvato con Del. C.C. n. 103 il 2 ottobre 1998 la cartografia relativa alla vulnerabilità idrogeologica non era presente, in quanto a quella data non richiesto. Attualmente il Piano strutturale, approvato in data anteriore all'entrata in vigore del Piano di Indirizzo Territoriale e del Piano Territoriale di Coordinamento, risulta, per alcune sue parti, non conforme agli strumenti sovracomunali. Relativamente alla vulnerabilità idrogeologica, in data 21 luglio 2005 è stata presentata una variante parziale al P.S. che è stata accolta con delibera di C.C. n. 48 e tuttora in corso di approvazione. Da questa nuova cartografia l'area di interesse risulta inquadrata tra quelle a “Vulnerabilità media”.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE ED EVOLUZIONE PALEOGRAFICA DELL'AREA

L'area in oggetto è situata nella pianura di Pisa che rientra nel Bacino Pisano-Versiliese, *Graben* compreso fra le Alpi Apuane e il Monte Pisano ad Est e la Dorsale della Meloria-Maestra, sommersa dal mare, ad Ovest. Nell'apparente uniformità della zona possono essere in realtà distinte una fascia pedemontana in Versilia formata dalle conoidi alluvionali dei torrenti Apuani, una fascia interna leggermente depressa e una fascia costiera formata da accumuli di depositi sabbiosi in forma di dune e dalla spiaggia vera e propria.

Il Bacino Pisano-Versiliese ha avuto il massimo sviluppo nel Pliocene inf-medio; in seguito è entrato a far parte dell'ampia regione emersa che si stendeva verosimilmente fino alla Corsica ed alla Sardegna per poi subire un nuovo notevole sprofondamento nel Pleistocene inf. L'inizio di una notevole ed intensa attività fluviale, riferibile contemporaneamente all'Arno e al ramo del Serchio

passante ad Est del Monte Pisano, risale al tardo Pleistocene medio (Interglaciale Mindel-Riss). Al Würm II corrisponde una seconda fase fluviale attribuibile all'Arno e al corso del Serchio ad Est del Monte Pisano, ampiamente rintracciata intorno ai 40 - 60 m di profondità nel sottosuolo superiore della pianura.

Ancora nelle fasi tarde dei Würm II corrispondono i depositi in prevalenza eolici, pedogenizzati, che bordano l'orlo meridionale della pianura (Sabbie di Vicarello) e formano uno sbarramento trasversale (Sabbie dell'isola di Coltano) posto all'interno dei sedimenti litoranei Olocenici della trasgressione versiliana.

Al Würm I sembra corrispondere la prima tracimazione del Serchio verso il mare attraverso la gola di Ripafratta, avvenuta in senso inverso a quello dell'attuale scorrimento delle acque, addirittura prima del Miocene Sup., e che era rimasta inattiva con lo sprofondamento del Bacino Pisano-Versiliese.

Analizzando più in dettaglio l'evoluzione paleogeografica della area oggetto di questo studio vediamo che, nel Miocene Superiore questa è interessata da una prima trasgressione marina, testimoniata dai depositi presenti sulle colline omonime: ai conglomerati basali seguono le argille lagunari, quindi sedimenti evaporitici ed infine sabbie, argille e conglomerati. Nel Pliocene Inferiore si instaurano condizioni di generale subsidenza che determinano una seconda fase di trasgressione marina e, i depositi oltrepassano i limiti del precedente ciclo arrivando a poggiare direttamente sulle rocce del substrato pre-neogenico. Nel Pliocene medio si verifica una regressione che porta, nel Pliocene Superiore, alla completa emersione del Valdarno inferiore, dando origine ad un complesso reticolo di valli fluviali, che prefigurano il sistema idrografico Arno - Serchio.

Nel corso del Pleistocene assumono grande importanza le oscillazioni eustatiche del livello del mare, collegate con le vicende dei cicli glaciali: a questa fase appartengono i depositi salmastri e marini dei Pleistocene Inferiore affioranti sulle Colline Pisane.

Alla fine del Pleistocene inferiore il mare si ritira nuovamente scoprendo un vasta area pianeggiante che, successivamente sarà percorsa dal paleo-sistema idrografico, drenante i bacini dell'Arno e del Serchio; dall'apporto solido di questi corsi d'acqua inizia la costruzione della pianura alluvionale costiera (definito anche "substrato superiore"). Una prima importante fase di sedimentazione è rappresentata dai depositi alluvionali e fluvio-lacustri del Pleistocene medio-superiore affioranti, in forme terrazzate, sulle Cerbaie e sui margini delle Colline Pisane. In conclusione, in questa area, si sono succedute fasi in cui prevaleva una sedimentazione marina o lagunare-salmastra, con forti spessori di sabbie, limi ed argille, e fasi continentali nelle quali l'apporto di depositi più grossolani da parte dei corsi d'acqua era talvolta predominante. Nelle fasi più antiche di alluvionamento si sono

sviluppati i depositi ghiaioso-ciottolosi del Paleosistema idrografico Arno-Serchio, distribuiti prevalentemente in ampi alvei di tipo fiumara; nelle fasi più recenti, durante i quali l'Arno e il Serchio si sono resi indipendenti, il trasporto solido diviene prevalentemente sabbioso-limoso, da parte di corsi d'acqua meandrici, con granulometrie maggiori nei depositi di canale rispetto a quelli di esondazione. Alla progradazione e all'aggradazione della pianura hanno contribuito i depositi di spiaggia e quelli dei lidi e delle dune litoranei; gli spostamenti diacroni della linea di riva sono quindi segnati al di sotto delle coperture limo-argillose di origine alluvionale da allineamenti di depositi sabbiosi, collegati a quelli che affiorano attualmente lungo la costa e sul margine meridionale della pianura.

L'alimentazione dei depositi di spiaggia è data soprattutto dagli apporti detritici dell' Arno e del Serchio con un piccolo contributo da parte dei fiumi Apuani.

Nella Pianura Pisana affiorano dunque depositi del Pleistocene Superiore e dell'Olocene: i primi sono rappresentati dai depositi residui scampati all'erosione del Würm III, i secondi hanno uno spessore massimo di 30 metri e sono rappresentati da:

Lidi e dune sabbiose;

Sedimenti di esondazione fluviale depositi in vicinanza degli attuali corsi dell'Arno e del Serchio (sabbie argillose di Le Rene);

Limi e argille alluvionali che rappresentano la frazione fine dei depositi di esondazione fluviale;

Limi, argille, torbe palustri e depositi di colmate.

5 LINEAMENTI GEOLOGICI LOCALI

Per la rappresentazione geologica dell'area è stata presa a riferimento la "Carta degli elementi naturalistici e storici della Pianura di Pisa e dei Rilievi Contermini - scala 1: 50.000" (CNR - Centro di Studi per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino - Pisa - Mazzanti et alii) nella quale si evidenzia che l'area in esame insiste su "depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi o limosi" (olocene) (Fig. 8 Carta degli elementi naturalistici e storici della Pianura di Pisa e dei Rilievi Contermini).

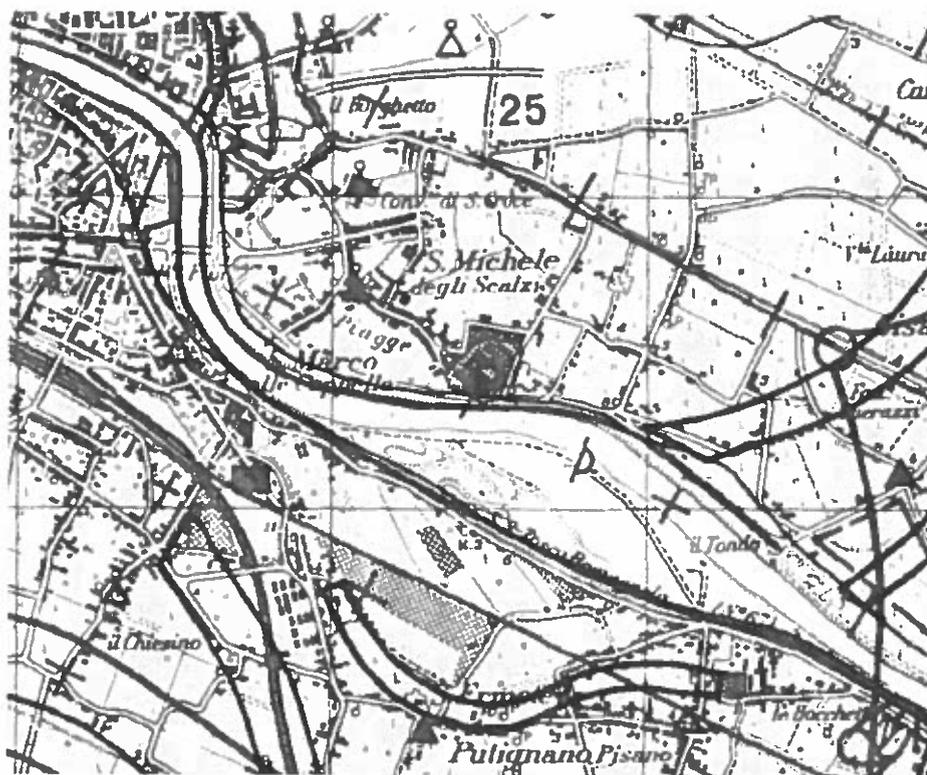


Fig. 8 Carta degli elementi naturalistici e storici della Pianura di Pisa e dei Rilievi Contermini

Inoltre è stata presa in esame la "Carta geologica" che accompagna il quadro conoscitivo di supporto alla predisposizione del Piano Strutturale dove sono cartografati e distinti i depositi affioranti in un ampio intorno della zona oggetto di studio per un ambito areale geologicamente significativo, ed in particolare è rappresentato il seguente litotipo:

- sa - depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi (Olocene) (Fig. 9 B_2_4CartaGeologicaPianoStrutturale1998).

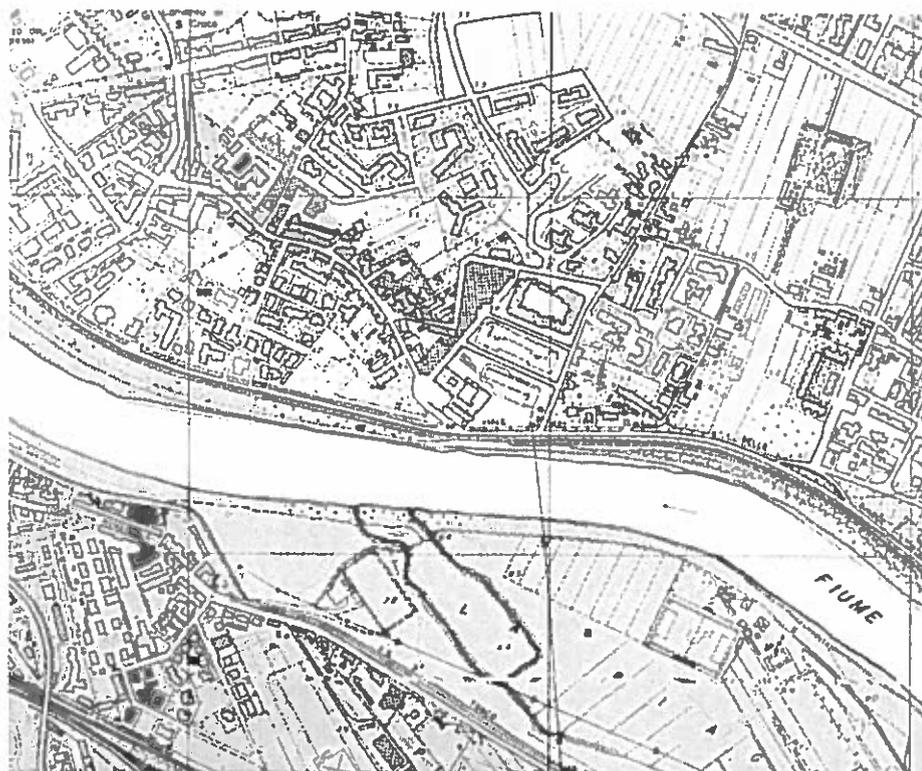


Fig. 9 B 2 4 Carta Geologica Piano Strutturale 1998

Il rilievo effettuato in campagna ha confermato quanto riportato nella carta geologica del Piano Strutturale. L'area è completamente pianeggiante con piano di campagna mediamente su 3,8 m s.l.m.. In particolare dal punto di vista geologico sono note alternanze litotipiche, dovute ad apporti solidi di tipo fluviale, con depositi riferibili a periodi di progressivi impaludamenti, talvolta generati da particolari situazioni topografiche e morfologiche: sostanzialmente la variabilità della dinamica fluviale ha causato la possibilità di passaggi altimetrici e planimetrici di orizzonti limosi e sabbiosi, anche in brevi tratti. Tale complesso interessa i primi 5/7 metri di sottosuolo, mentre al di sotto con notevole potenza è presente il complesso dei limi plastici di origine palustre.

6 ANALISI DEGLI STUDI GEOLOGICO-TECNICI DI SUPPORTO AL PIANO STRUTTURALE COMUNALE

Al fine di completare il quadro conoscitivo necessario alla predisposizione della presente relazione è stata presa visione di tutti gli studi geologico-tecnici di supporto al Piano Strutturale, di seguito si riporta la descrizione di quelli ritenuti più pertinenti:

Carta Idrogeologica: in zona si hanno sedimenti a permeabilità primaria generalmente media, il livello piezometrico della falda freatica si colloca sui +1,0 metri s.l.m. (Fig. 10 B_2_6CartaIdrogeologicaPianoStrutturale1998);

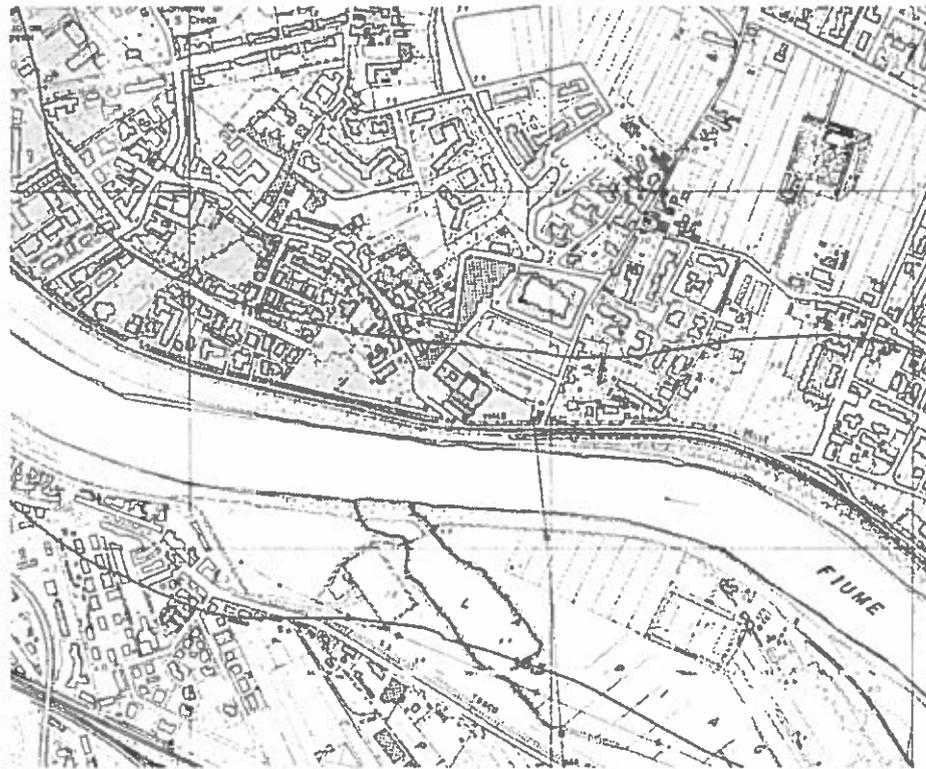


Fig. 10 B_2_6CartaIdrogeologicaPianoStrutturale1998

Carta dei dati di base: Alla data di predisposizione del PS nell'ambito dell'area in oggetto non risultavano presenti dati geognostici. I dati riportati in cartografia sono relativi ad indagini effettuate nel 2003;

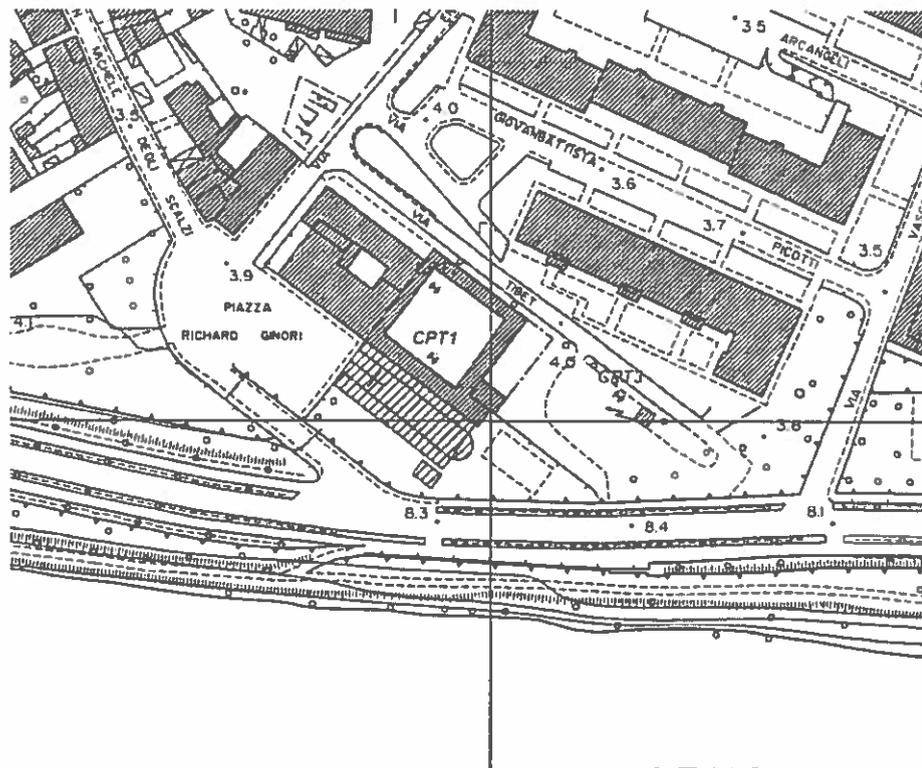


Fig. 11 B_2_7 Carta Dati di base Piano Strutturale 1998 – integrata

Carta dei sistemi idraulici: l'area è compresa nel sottobacino di bonifica a scolo naturale della bonifica del F. Morto;



Fig. 12 B_2_1 Carta Dei Sistemi Idraulici Piano Strutturale 1998

Carta delle aree allagabili: l'area in oggetto non risulta classificata tra quelle aree soggette a episodi di tracimazione dei canali di bonifica e difficoltoso drenaggio delle acque in caso di eventi piovosi intensi;

Carta del tetto delle argille compressibili: l'intervento previsto risulta compreso su un'area in cui lo strato delle argille compressibili si trova compreso tra i -7 ed i -8 metri.

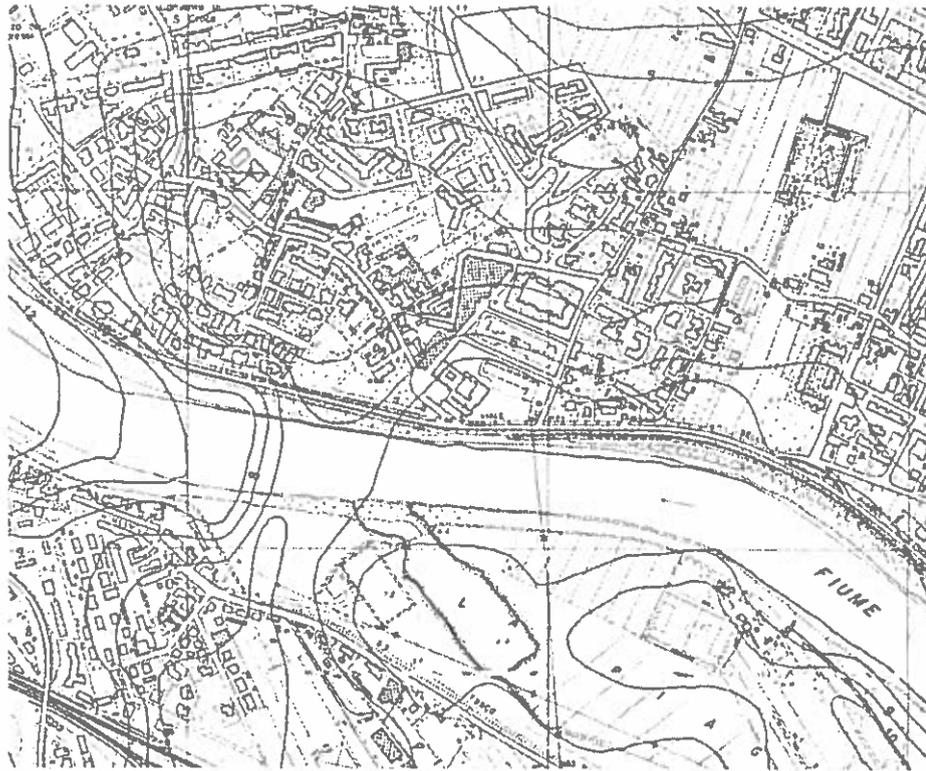


Fig. 13 B_2_2CartaDellaProfonditàDelTettoDelleArgilleCompressibiliPianoStrutturale1998

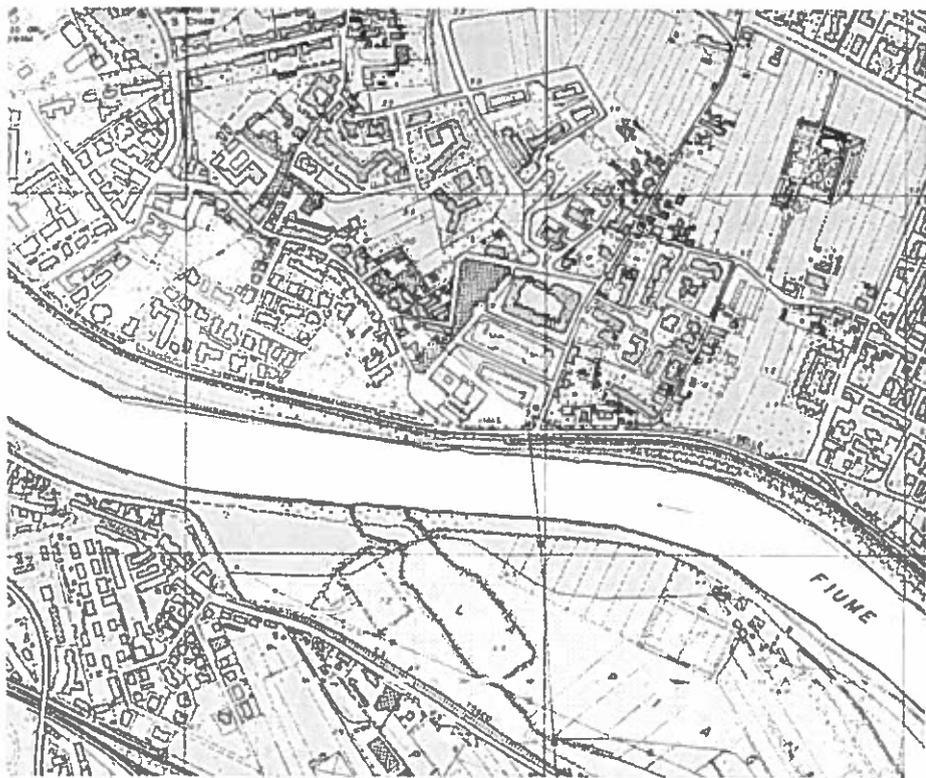


Fig. 14 B_2_5CartaLitotecnicaPianoStrutturale1998

Carta litotecnica: l'intervento previsto risulta classificato come sabbie fini limose (sl).

7 INDAGINI SVOLTE

Come precisato nella premessa, la presente relazione, che illustra le conclusioni raggiunte sulla fattibilità della variante, fa riferimento:

- alle indagini geologico-tecniche di supporto al Regolamento Urbanistico del Comune di Pisa, depositate presso l'Ufficio Regionale per la Tutela del Territorio (Regione Toscana);
- alla campagna geognostica preliminare per l'intervento di restauro conservativo e valorizzazione del complesso architettonico di San Michele degli Scalzi ad uso espositivo" redatto dalla Dott.sa Geol. C. Mannocci e dal Dott. Geol. L. Pignatelli su incarico del Comune di Pisa in data settembre 2003;
- alla relazione geologica e geotecnica denominata "realizzazione nuovi edifici" a supporto dell'intervento di restauro conservativo e valorizzazione del complesso architettonico di San Michele degli Scalzi ad uso espositivo" redatto dalla Dott.sa Geol. C. Mannocci su incarico del Comune di Pisa in data maggio 2005.
- alla campagna geofisica per la caratterizzazione delle litologie ai sensi della nuova normativa antisismica effettuata dallo Studio Associato di Geologia Geolog con sede a Lucca.

Per caratterizzare l'area sono state prese a riferimento le prove penetrometriche denominate CPT1 CPT2 e CPT3 effettuate nel settembre 2003 per la predisposizione della relazione geologico-tecnica redatta dalla Dott.sa Geol. Cecilia Mannocci, la ricostruzione della stratigrafia del sottosuolo è stata effettuata utilizzando i dati ricavati da una prova penetrometrica statica pesante da 100KN, realizzata con penetrometro statico Pagani, le profondità raggiunte sono state per la CPT1 -15m, per la CPT2 -21,40, per la CPT3 -17,00. Tali prove hanno consentito di ricostruire una sequenza stratigrafica media del sottosuolo, che può essere così riassunta (procedendo dall'alto verso il basso):

da	p.c. a -1,8m	terreno di riporto grossolano
da	-1,8 a -2,8	sabbia argillosa di med. Consistente
da	-2,8 a -6,0	argilla media con livelli plastici
da	-6,0 a -7,0	sabbia limosa
da	-7,0 a -16,0	argilla media a tratti limosi
da	-16,0 -21,4	argille compatte

La stratigrafia dei sondaggi eseguiti nonché i logs stratigrafici con le tabelle ed i grafici relativi all'elaborazione della prova penetrometrica sono riportati in Allegato 2 LOGS DI PERFORAZIONE.

8 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

In questa fase non si è provveduto alla ricostruzione del quadro piezometrico locale relativo alla falda freatica.

Si deve comunque ritenere che, durante la fase di scavo per la posa in opera delle strutture fondazionali, sia necessaria l'adozione di alcuni provvedimenti volti ad isolare lo scavo dalla falda acquifera circostante con la messa in opera di idonei interventi al fine di evitare di perturbare l'attuale equilibrio statico degli edifici circostanti.

Si precisa inoltre che le acque pluviali sono convogliate alla fognatura comunale, nelle zone adiacenti alla viabilità.

9 CONSIDERAZIONI SULL'ATTIVITÀ SISMICA

Con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (Ord. 20 marzo 2003, n. 3274) (G.U. n. 105 del 8 maggio 2003) sono stati approvati i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone" nonché le connesse "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici", "Norme tecniche per progetto sismico dei ponti", "Norme tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e sostegno dei terreni" facenti parte integrante e sostanziale dell'Ordinanza stessa. Contestualmente alla ordinanza è stata ridisegnata una nuova mappa sismica dei comuni italiani. Le Norme Tecniche indicano 4 valori di accelerazioni (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico e le norme progettuali e costruttive da applicare fissando quindi corrispondenti quattro zone sismiche attribuibili al territorio nazionale.

A tal proposito, in prima applicazione, fino alla predisposizione di una nuova mappa di riferimento a scala nazionale che soddisfi integralmente i nuovi criteri di zonazione sismica e relativo aggiornamento a livello regionale, nell'Allegato A della citata Ordinanza viene indicata la classificazione sismica dei comuni italiani; sulla base della suddetta classificazione il Comune di Pisa, è classificato in Zona 2 ($a_g/g = 0.25$).



Nuova classificazione sismica dei comuni della Toscana

Ordinanza Consiglio dei Ministri - aprile 2003



	Comuni classificati in zona 2 - istituti con D.M. 19.03.1982 confermati in 2ª cat. nel 1998	Totale n. 55
	Comuni classificati in zona 2 - istituti con D.M. 19.03.1982 e declassati nel 1998	Totale n. 127
	Comuni classificati in zona 2 - nuova classificazione 2003	Totale n. 4
	Comuni classificati in zona 3 - nuova classificazione 2003	Totale n. 77
	Comuni classificati in zona 4 - nuova classificazione 2003	Totale n. 24

Fig. 15 Nuova classificazione sismica dei Comuni della Toscana. Ordinanza Consiglio dei Ministri - aprile 2003

Con l'entrata in vigore in data 24 ottobre 2005 del D.M. 14 settembre 2005 "Norme Tecniche per le costruzioni" relativamente all'applicazione delle disposizioni di cui all'art. 104 del DPR 6 giugno 2001 n. 380, l'OPCM 3274/03, all'art. 2 comma 2, ha dato facoltà agli operatori di progettare e costruire con la classificazione sismica previgente, fino all'entrata in vigore delle nuove norme tecniche. Ne deriva, quindi, che le disposizioni di cui al citato art. 104 sono da applicarsi per le opere la cui esecuzione è successiva all'entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni, ovvero il 24 ottobre 2005.

Al fine di permettere di progettare e costruire con la nuova classificazione sismica è necessario effettuare la caratterizzazione del suolo di fondazione definendone il parametro V_{s30} che esprime la velocità media delle onde elastiche di taglio (onde S appunto) nei primi 30 metri di profondità al disotto del piano di fondazione ai sensi dell'art. 3.2.1 D.M. 14 settembre 2005 "Norme Tecniche per le costruzioni".

Ai fini della caratterizzazione sismica la velocità di propagazione delle Onde S può essere ottenuta per via indiretta, ovvero ricavandola da indagini geognostiche (ad esempio dal parametro N_{spt} ricavato da una prova penetrometrica standard) o per via diretta, impiegando indagini di tipo sismico (down-hole, sismica a rifrazione, MASW, cono sismico).

Ritenendo questi ultimi metodi senz'altro più validi e corretti e considerata la possibilità di inversioni nel profilo di velocità si è ritenuto indicato ricorrere al metodo MASW (Multi-channel analysis of surface waves). Si tratta di una tecnica di indagine piuttosto recente che sfrutta le onde di superficie di Rayleigh. Il MASW è una tecnica "multi-station" che rappresenta una evoluzione del metodo SASW e rispetto a quest'ultimo consente una determinazione senz'altro più affidabile delle proprietà del terreno. Il metodo mira ad una caratterizzazione sismica del sottosuolo basandosi sull'analisi della dispersione geometrica delle onde di superficie. Il risultato finale del processo di elaborazione è il profilo verticale delle velocità delle onde S. Secondo le indicazioni contenute nelle Istruzioni Tecniche (Volume 1) fornite dalla Regione Toscana nell'ambito del Programma V.E.L. (Valutazione effetti locali) in riferimento alle prove di caratterizzazione basate sulla propagazione di onde sismiche di superficie, "la prova si applica quando la profondità delle coperture da esplorare è compresa tra i 10 ed i 50 m presentando una maggiore attendibilità per profondità indagate inferiori ai 20 m".

I vantaggi della tecnica MASW possono essere così riassunti:

- particolarmente indicata per terreni attenuanti ed ambienti rumorosi;
- è in grado di evidenziare inversioni di velocità nel profilo di velocità;

- buona risoluzione;

Tali caratteristiche, unitamente alla relativa economicità della prova, ne hanno reso particolarmente indicato l'uso nel sito in oggetto, caratterizzato dalla presenza di terreni alluvionali in cui le inversioni di velocità sono possibili e situato in un'area urbanizzata e quindi tipicamente rumorosa.

Schematicamente il processo di analisi è il seguente:

1. Creazione dello spettro FK;
2. Ricerca del miglior fitting fra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica;
3. Profilo di velocità delle onde S.

L'indagine in oggetto ha evidenziato come i terreni indagati siano caratterizzati da valori del parametro Vs30 pari a circa 177 m/s, ovvero inferiori a 180 m/s che corrispondono ad un suolo di fondazione classificato come di seguito indicato:

CATEGORIA D

Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/sec (Nspt < 15, Cu < 70 Kpa)

Il valore di velocità media sopra riportato pone i terreni in oggetto al limite fra le Categorie C e D. Tale risultato è in accordo con la caratterizzazione geotecnica dato che il calcolo della coesione non drenata media Cu eseguito sulla prova penetrometrica CPT2 (che ha raggiunto le maggiori profondità fra le prove disponibili) conduce ad un valore pari a circa 70 Kpa.

10 FATTIBILITÀ A LIVELLO DI DETTAGLIO

Sulla base di quanto esposto in precedenza e considerate le caratteristiche dell'intervento, è stata redatta apposita cartografie di fattibilità alla scala 1:2.000 relativamente all'area in oggetto.

Analizzando la fattibilità dell'intervento risulta, dall'analisi delle normative vigenti, che l'intervento previsto, ai sensi:

- del Piano Stralcio relativo alla Riduzione del Rischio Idraulico del Bacino del fiume Arno, approvato con D.P.C.M. 5 novembre 1999, fattibile con prescrizioni, ricadendo in area soggetta alla norma n. 6 delle Norme di attuazione del Piano Stralcio Rischio Idraulico.

La Carta guida delle aree allagate, elaborata sulla base degli eventi alluvionali significativi, posteriori e comprendenti quello del novembre 1966 rappresenta una carta che fornisce indicazioni di pericolosità. [...] Le suddette carte costituiscono parte integrante del quadro conoscitivo del Piano Strutturale di cui alla Legge Regionale Toscana n. 5/1995. [...] Ai sensi della L.R. 5/1995, all'interno delle aree allagate, le Province ed i Comuni provvederanno [...] alla redazione di specifiche norme al fine di garantire il non aumento dell'esposizione al rischio per le persone e per le infrastrutture nonché la mitigazione del rischio stesso.

A seguito della realizzazione di interventi di mitigazione del rischio potranno aversi variazioni della delimitazione delle aree suddette, che dovranno essere sottoposte all'approvazione dell'Autorità di Bacino.

[...] le opere che comportano trasformazioni edilizie e urbanistiche, ricadenti nelle aree rappresentate nella Carta guida delle aree allagate, potranno essere realizzate a condizione che venga documentato dal proponente ed accertato dall'Autorità amministrativa competente al rilascio dell'autorizzazione il non incremento del rischio idraulico da esse determinabile o che siano individuati gli interventi necessari alle mitigazione di tale rischio, da realizzarsi contestualmente all'esecuzione delle opere richieste.

- del Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico adottato nella seduta di Comitato Istituzionale dell'11 novembre 2004 ed entrato in vigore con il D.P.C.M. 6 maggio 2005 "Approvazione del piano di bacino del fiume Arno, stralcio assetto idrogeologico" (GU n. 230 del 3-10-2005), fattibile, ricadendo in area soggetta al Titolo II, Capo I, artt. 6 e 8 delle Norme di Attuazione del progetto di piano.

L'art. 8 definisce gli interventi consentiti nelle aree a pericolosità idraulica media:

Art. 8 - Aree a pericolosità idraulica media e moderata (P.I.2 e P.I.1) e aree di ristagno

Nelle aree P.I.2 e P.I.1 e nelle aree di ristagno sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio.

[...]

- del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa approvato con Del. C.P. 394/88 risulta a "FATTIBILITA' CON NORMALI VINCOLI DA PRECISARE A LIVELLO DI PROGETTO" ricadendo in area soggetta all'art. 8. Attraverso quanto disposto dall'art.8 – "Livelli di rischio e relative disposizioni" e dalla tabella 2 "Pericolosità idraulica e relativi livelli di rischio" con cui l'intervento può essere classificato come "Interventi di nuova edificazione od equivalenti nei nuclei urbani storici ed assimilati (espansioni urbane consolidate, insediamenti di interesse storico non urbani, altre unità di spazio di interesse storico)", si può indicare il livello di rischio come "livello II"

livello II - rischio basso: la trasformazione o l'attività riferibile alla classe 2 - "FATTIBILITA' CON NORMALI VINCOLI DA PRECISARE A LIVELLO DI PROGETTO" di cui al

punto 3.2 della D.C.R. 94/85 è ammissibile, in relazione alle conoscenze disponibili, ma è richiesta verifica a livello locale;

del Regolamento Urbanistico del Comune di Pisa approvato con Del. C.C. n. 43 il 28 luglio 2001 l'area di interesse risulta inquadrata tra quelle a fattibilità II (con normali vincoli). Si precisa che ai sensi delle norme del Regolamento Urbanistico art. 3.15 – Disposizioni per la salvaguardia idraulica

- comma 1, negli ambiti B di salvaguardia idraulica [...] il rilascio di concessioni di concessioni o provvedimenti abilitativi equipollenti che determinano qualsivoglia incremento di superficie coperta è sospeso fino all'effettuazione delle richieste verifiche idrauliche e degli eventuali interventi di messa in sicurezza.

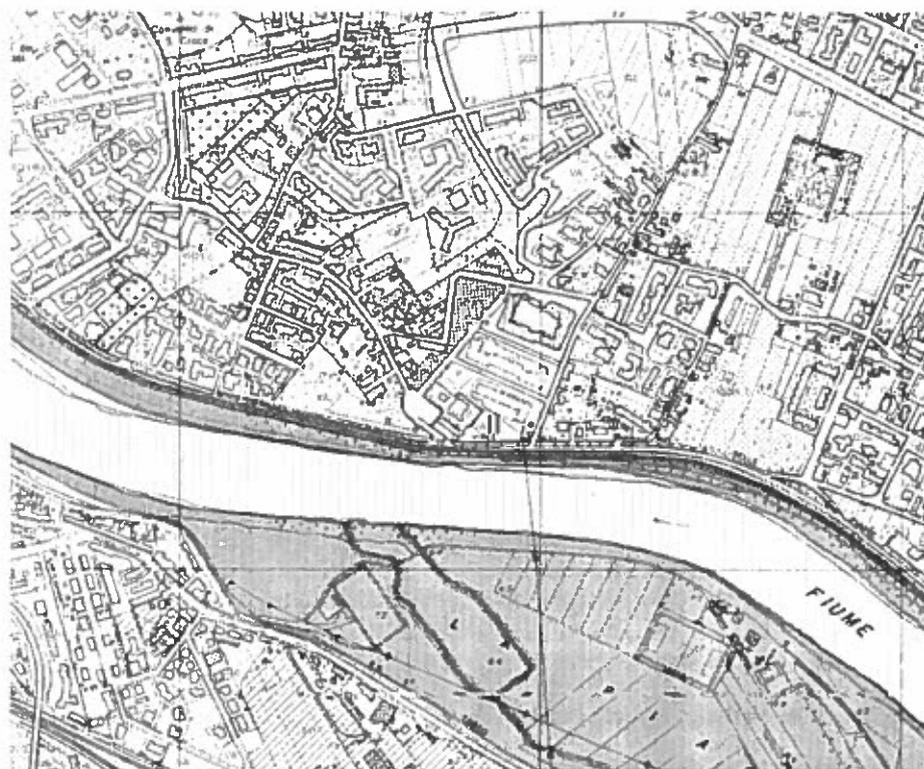


Fig. 16 RU- Fattibilità dell'area di intervento

10.1 CONSIDERAZIONI SULLE VERIFICHE IDRAULICHE

L'intervento di valorizzazione dell'area complesso di San Michele non introduce modifiche all'assetto idraulico della zona, e non produce incremento di rischio per le aree circostanti. Si precisa che dalle prescrizioni contenute nelle norme di applicazione del PAI, l'intervento risulta fattibile, e che le norme che accompagnano il suddetto piano stralcio costituiscono riferimento per la pericolosità idraulica derivata da eventi alluvionali provocati dal fiume Arno.

Riprendendo quanto detto in premessa si precisa che il PTC è in corso di adeguamento al PIT, il nuovo PTC è stato adottato il 22.12.2005 con Del. C.P. n. 148, pubblicato sul B.U.R.T. 11/01/2006

ed in data 24.02.2006 sono scaduti i termini per presentare osservazioni. Le nuove norme prevedono che tutta la parte della disciplina del PTC riguardante le aree a differenti classi di pericolosità geomorfologica ed idraulica e la relativa cartografia sia sostituita dalle disposizioni del PAI. Per quanto attiene la vulnerabilità idrogeologia la disciplina approvata nel PTC del 1998 mantiene la sua validità, non essendo al momento oggetto di disciplina specifica da parte dei piani di assesto idrogeologico.

Il Comune di Pisa sta provvedendo ad adeguare il proprio strumento urbanistico a seguito dell'approvazione del Piano di bacino del fiume Arno, stralcio Assetto Idrogeologico (PAI), e come previsto dall'art. 27 "Adeguamento degli strumenti di governo del territorio", ha proceduto ad effettuare la verifica di coerenza tra il PAI ed i propri strumenti di pianificazione territoriale e di governo del territorio. Le risultanze di tale verifica hanno messo in luce sostanziali differenze tra i due strumenti, per cui l'Amministrazione Comunale ha deciso, ai fini dell'adeguamento del proprio strumento urbanistico di procedere ad approfondire il quadro conoscitivo utilizzato per la predisposizione del PAI attenendosi a quanto previsto all'art. 32 "Procedura di integrazione e modifica del PAI. Comunque ai sensi dell'art. 17 comma 6 della ex 183/89, articolo ripreso nella sua totalità dal nuovo decreto legislativo in materia ambientale, è previsto che entro nove mesi dalla pubblicazione dell'approvazione del PAI vengano comunque adeguati gli Strumenti Urbanistici, per cui essendo la data di pubblicazione del PAI il 3 ottobre 2005 entro il 3 luglio 2006 lo strumento urbanistico comunale dovrebbe essere adeguato al PAI.

Le verifiche idrauliche finalizzate a valutare la presenza del rischio idraulico, necessarie ai sensi dall'art. 3.15 del R.U. che recepiva quanto disposto della ex 230/94, poiché l'intervento lascia inalterato l'assetto della zona e non implica un aumento del grado di rischio nei confronti dell'incolumità delle persone e dei beni, possono essere considerate effettuate dall'Autorità di Bacino. Autorità che per la predisposizione del PAI ha effettuato uno studio molto dettagliato sugli effetti delle esondazioni provocate dall'Arno, predisponendo le cartografie di pericolosità idraulica che a breve saranno recepite negli strumenti urbanistici del Comune di Pisa. La certezza che non vi sia un aumento del grado di rischio per le persone ed i beni è supportato dall'analisi dei battenti idrici, forniti dall'Autorità, presenti sull'area ($H_{30} = 3,0$ s.l.m., $H_{100} = 3,0$ s.l.m., $H_{200} = 3,0$ s.l.m., $H_{500} = 3,0$ s.l.m., quote riportate sulla CTR 1:10.000 per l'area di intervento 3,8 s.l.m. il piano terra degli edifici si troverebbe a 0,80 m sopra il battente della duecentennale).

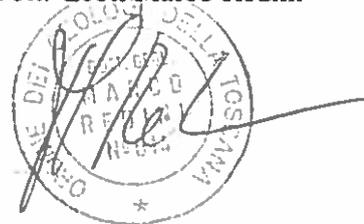
11 CONCLUSIONI

Sulla base dei dati disponibili, e delle caratteristiche dell'intervento si confermano le classi di pericolosità indicate nel P.S. (Fig. 7 PS - Carta della pericolosità da Piano Strutturale), e le classi di fattibilità contenute nel R.U. (Fig. 16 RU- Fattibilità dell'area di intervento)

Si deve comunque ritenere che, durante la fase di scavo per la posa in opera delle strutture fondazionali, sia necessaria l'adozione di provvedimenti volti ad isolare lo scavo dalla falda acquifera circostante al fine di evitare di perturbare l'attuale equilibrio statico degli edifici circostanti.

Pisa maggio 2006

Dott. Geol. Marco Redini



12 ALLEGATI

12.1 ALLEGATO 1 PARERE PROVINCIA DI PISA



PROVINCIA DI PISA
AREA GOVERNO DEL TERRITORIO
U.O. IDRAULICA
56125 PISA Via P. Nenni, 24
Tel. 050 929650 fax 050 929648

Prot. n. 1014 / 2005 Prot. n. 25011 2005

Al Comune di Pisa
Direzione 20
Edilizia Pubblica e progetti Speciali
Pisa

FAX 050/910400
c.a. Arch. Guerrazzi

OGGETTO: Valorizzazione del polo culturale di San Michele degli Scalzi ad uso espositivo e per spettacoli all'aperto.

In riferimento alla Vs. dell'08/09/05, prot. 30277 ed esaminati gli elaborati progettuali si esprime parere preventivo favorevole alla realizzazione delle opere di cui all'oggetto alle seguenti condizioni:

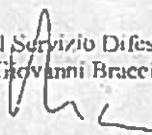
- 1) dovrà essere lasciata libera da ogni ostacolo o impedimento (compreso recinzioni e cancelli) una striscia di terreno della larghezza minima di mt. 4,00, per tutta la lunghezza del muro di contenimento del viale delle Piagge per l'ispezione e il pronto intervento all'Opera Idraulica (art. 96 - R. D. 523/1904);
- 2) su tale fascia di rispetto, da parte del soffitto del nuovo piazzale sovrastante, dovrà essere mantenuta un'altezza minima utile di mt. 3,50 per poter far transitare lungo il muro arginale dei mezzi meccanici per effettuare manutenzioni e interventi;
- 3) allo scopo di evitare sifonamenti o fontanazzi al piede della fondazione del muro del viale, dovrà essere effettuato un diaframma in get-grouting che dovrà raggiungere la profondità minima di mt. 12,00 ove la testata del medesimo, dovrà essere annegata con un cordolo di cls armato con la fondazione del muro di sostegno in modo da creare un unico corpo che sia stabile e che faccia da barriera ad eventuali infiltrazioni;
- 4) il diaframma in get-grouting posto lungo la fondazione dovrà partire lato monte all'altezza della rampa di via Viviani e terminare lato valle all'altezza del campanile della chiesa di S. Michele;
- 5) potrà essere gettata nel terreno sottostante una soletta armata dello spessore di mt. 0,35 che amalgama la fondazione del muro arginale, la testata del diaframma e la serie di plinti delle fondazioni dei pilastri del nuovo piazzale superiore;
- 6) dovrà essere eliminato l'attuale muro in mattoni trasversale attestante all'opera idraulica che impedisce il transito lungo il piede dell'arginatura;
- 7) potrà essere abbattuto lato campagna la spalletta in mattoni sovrastante il muro di contenimento in cls per la lunghezza pari al nuovo sovrastante piazzale;

25-DI-2005 N.º 15/55 TEL: 0039+050+910111 FAX: 0039+050+910140
NOME: COMUNE DI PISA EDILIZIA PUBB. P. 2

- 8) tutte le nuove strutture in muratura progettate nell'insediamento dovranno stare ad una distanza minima di mt. 10,00 dall'opera idraulica (art. 96 del R. D. 513/1904) ad eccezione dell'ultima parte della gradinata dell'area spettacoli che potrà partire da mt. 8,00 dalla quota del terreno sottostante (0,00) e salire trasversalmente alla quota superiore del nuovo piazzale (posto a mt. 4,10) ed attestarsi ad una distanza dalla sommità del muro arginale a mt. 6,00;
- 9) la trave pensile lato muro del nuovo piazzale non dovrà in nessun modo gravare sul muro di sostegno del viale delle Piagge, onde evitare tensioni aggiuntive non previste nella progettazione del muro;
- 10) per la sicurezza e l'integrità dell'opera arginale dovrà essere effettuata una verifica alla stabilità del muro di sostegno in cls del viale delle Piagge, onde evitare nuove forze di carico che potrebbero subentrare con l'aggiunta delle nuove strutture proposte sul progetto;
- 11) ulteriori ed eventuali accorgimenti idraulici potranno essere dati nel Nulla Osta Idraulico definitivo dopo aver esaminato il progetto esecutivo che codesta Amm.ne Comunale dovrà presentare in tempi utili allegando la verifica di stabilità dell'Opera Idraulica in parola.

Per quanto sopra dovrà essere inoltrata alla Provincia di Pisa, Servizio Difesa del Suolo, richiesta di autorizzazione ai suddetti lavori, ai sensi del RD 523/1904.

Il Dirigente del Servizio Difesa del Suolo
(Dott. Giovanni Bracci)



12.2 ALLEGATO 2 LOGS DI PERFORAZIONE

**PENETROMETRIA STATICA "CPT" RM
STANDARD ASTM 1979**

data prova di campagna 26/09/2003
committente
località San Michele degli Scalzi
comune Pisa (PI)

**PENETROMETRO STATICO
PAGANI TG 63/100 kN cingolato con motore 15 Hp**

tiro in estrazione	11000 kg
spinta di infissione	10000 kg
corsa utile cilindri	1.25 m
peso aste	8.00 kg
peso astine	1.38 kg
lunghezza aste	1.00 m
diametro aste	36.00 mm
diametro astine	15.00 mm
penetrazione standard	20.00 cm
punta (Begemann)	meccanica
angolo di apertura punta	60°
superficie punta	10.00 cm ²
superficie laterale manicotto	150.00 cm ²

**GEOINDAGINI
di L. FRANCESCHI & C. s.r.l.**

elaborazione

CPTXLS

Geindagini s.a.s. - via Machiavelli n. 38 - Viareggio tel/fax. 0584-44462

II

Nella prova *PENETROMETRICA STATICA STANDARD "CPT"* con punta di tipo meccanico (*Begemann*) si infiggono nel terreno la punta e la batteria d'aste ad una velocità costante di 2 ± 0.5 cm/sec, indipendentemente dalla resistenza incontrata durante l'infissione. Durante la prova ogni 20 cm di avanzamento con un sistema di acquisizione dati elettronico (errore fondo scala di $\pm 0.2\%$) si procede con le seguenti letture:

- resistenza alla punta
- resistenza alla punta più manicotto
- resistenza totale (punta più manicotto più la batteria d'aste)

La precisione delle letture è massima in depositi omogenei, media in terreni teneri, scarsa in depositi con stratificazioni inferiori a 20-30 cm (uguale o inferiore alla differenza di quota tra punta e manicotto). In terreni dove la resistenza totale (*Rt*) è molto elevata, per limitare gli attriti vengono utilizzate aste dotate di anello allargatore.

L'interpretazione dei dati, riportate nelle pagine seguenti, è stata eseguita utilizzando le seguenti esperienze:

- De Beer '67 (c_u)
- Searle '72 (*Dr*, stato di consistenza e ϕ)
- Ladd & Foot '77 (*O.C.R.*)
- Terzaghi & Peck '67 e Bowles '82 (γ)
- Mitchell & Gardner '75 (m_v)
- Schmertmann '69, Begemann '65 e A.G.I. '77 (*stratigrafia*)

Le informazioni ricavate sono di tipo:

- empirico (*stratigrafie*, c_u , stato di consistenza, ϕ , *Dr*, γ e m_v)
- semi empirico (*O.C.R.*)
- semi empirico/empirico (*capacità portante alla punta*)

Nella lettura dei risultati si ricorda che:

1. Nella valutazione di *Rp*, *RL* e *Rp/RL*, si è considerata la differenza di quota tra punta e manicotto (20 cm)
2. la stratigrafia proposta è ricavata da Searle '72 e modificata secondo Begemann '65. I tre campi del grafico indicano: terreni prevalentemente argillosi e torbosi ($Rp/RL < 27,5$); terreni prevalentemente limosi (Rp/RL compreso tra 27,5 e 60); terreni prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi ($Rp/RL > 60$)
3. per i valori di *RL* in terreni coesivi, Schmertmann '69 suggerisce una riduzione di 0.5-0.3
4. in terreni incoerenti solo parzialmente drenati (per effetto di percentuali non trascurabili di materiali fini) il valore di resistenza di punta (*Rp*) e dei parametri geotecnici ad esso correlati (ϕ , *Dr*, stato di consistenza e m_v) sono sottostimati ad eccezione del m_v (sovrastimato)
5. il valore dell'angolo di attrito interno in terreni coesivi e non drenati risulta sovrastimato
6. i valori di *Dr* sono maggiormente attendibili se relativi a depositi sabbiosi NC, non cementati, con granuli costituiti da quarzo feldspati e modeste frazioni di minerali micacei
7. il peso di volume, ricavato da esperienze di Terzaghi & Peck '67 - Bowles '82 è da ritenersi indicativo (correlazioni dirette su n. 50 campioni prelevati tra la piana di Lucca, la Versilia e la piana Pisana hanno rilevato variazioni superiori al 20%)
8. il rapporto di sovraconsolidazione (*O.C.R.*), ricavato ipotizzando la presenza di falda freatica, è da ritenersi indicativo

legenda		litologia interpretativa	
Rp (kg/cm ²)	resistenza statica alla punta	torba	v v v v v
RL (kg/cm ²)	resistenza laterale	argilla	-----
Rt (kg/cm ²)	resistenza totale	limo	-----
Rp/RL	rapporto di Begemann	sabbia	-----
100°Rp/RL	rapporto di Schmertmann	sabbia grossolana - ghiaietto	• • • • •
c_u (kg/cm ²)	coesione non drenata	ghiaia	o o o o o
O.C.R.	rapporto di sovraconsolidazione		
ϕ (°)	angolo di attrito interno		
<i>Dr</i> (%)	densità relativa		
γ (v/m ³)	peso di volume		
m_v (cm ² /kg)	coeff. di compressibilità volumetrica		

Geoindagini s.a.s. - via Machiavelli n. 38 - Viareggio tel/fax. 0584-44462

II

Nella prova **PENETROMETRICA STATICA STANDARD "CPT"** con punta di tipo meccanico (Begemann) si infiggono nel terreno la punta e la batteria d'aste ad una velocità costante di 2 ± 0.5 cm/sec, indipendentemente dalla resistenza incontrata durante l'infissione. Durante la prova ogni 20 cm di avanzamento con un sistema di acquisizione dati elettronico (errore fondo scala di $\pm 0.2\%$) si procede con le seguenti letture:

- resistenza alla punta
- resistenza alla punta più manicotto
- resistenza totale (punta più manicotto più la batteria d'aste)

La precisione delle letture è massima in depositi omogenei, media in terreni teneri, scarsa in depositi con stratificazioni inferiori a 20-30 cm (uguale o inferiore alla differenza di quota tra punta e manicotto). In terreni dove la resistenza totale (R_t) è molto elevata, per limitare gli attriti vengono utilizzate aste dotate di anello allargatore.

L'interpretazione dei dati, riportate nelle pagine seguenti, è stata eseguita utilizzando le seguenti esperienze:

- De Beer '67 (c_u)
- Searle '72 (D_r , stato di consistenza e ϕ)
- Ladd & Foot '77 (O.C.R.)
- Terzaghi & Peck '67 e Bowles '82 (γ)
- Mitchell & Gardner '75 (m_v)
- Schmertmann '69, Begemann '65 e A.G.I. '77 (stratigrafia)

Le informazioni ricavate sono di tipo:

- empirico (stratigrafie, c_u , stato di consistenza, ϕ , D_r , γ e m_v)
- semi empirico (O.C.R.)
- semi empirico/empirico (capacità portante alla punta)

Nella lettura dei risultati si ricorda che:

1. Nella valutazione di R_p , RL e R_p/RL , si è considerata la differenza di quota tra punta e manicotto (20 cm)
2. la stratigrafia proposta è ricavata da Searle '72 e modificata secondo Begemann '65. I tre campi del grafico indicano: terreni prevalentemente argillosi e torbosi ($R_p/RL < 27,5$); terreni prevalentemente limosi (R_p/RL compreso tra 27,5 e 60); terreni prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi ($R_p/RL > 60$)
3. per i valori di RL in terreni coesivi, Schmertmann '69 suggerisce una riduzione di 0.5-0.3
4. in terreni incoerenti solo parzialmente drenati (per effetto di percentuali non trascurabili di materiali fini) il valore di resistenza di punta (R_p) e dei parametri geotecnici ad esso correlati (ϕ , D_r , stato di consistenza e m_v) sono sottostimati ad eccezione del m_v (sovrastimato)
5. il valore dell'angolo di attrito interno in terreni coesivi e non drenati risulta sovrastimato
6. i valori di D_r sono maggiormente attendibili se relativi a depositi sabbiosi NC, non cementati, con granuli costituiti da quarzo feldspati e modeste frazioni di minerali micacei
7. il peso di volume, ricavato da esperienze di Terzaghi & Peck '67 - Bowles '82 è da ritenersi indicativo (correlazioni dirette su n. 50 campioni prelevati tra la piana di Lucca, la Versilia e la piana Pisana hanno rilevato variazioni superiori al 20%)
8. il rapporto di sovraconsolidazione (O.C.R.), ricavato ipotizzando la presenza di falda freatica, è da ritenersi indicativo

legenda		litologia interpretativa	
R_p (kg/cm^2)	resistenza statica alla punta	torba	vvvvvv
RL (kg/cm^2)	resistenza laterale	argilla	-----
R_t (kg/cm^2)	resistenza totale	limo	-----
R_p/RL	rapporto di Begemann	sabbia
$100 \cdot R_p/RL$	rapporto di Schmertmann	sabbia grossolana - ghiaietto
c_u (kg/cm^2)	coesione non drenata	ghiaia	ooooo
O.C.R.	rapporto di sovraconsolidazione		
ϕ (°)	angolo di attrito interno		
D_r (%)	densità relativa		
γ (Um^3)	peso di volume		
m_v (cm^3/kg)	coeff. di compressibilità volumetrica		

Geotecnica s.r.l. - via Machiavelli n. 38 - Viareggio tel./fax 0584-44462

Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico, ai sensi della L.R. n.1 del gennaio 2005, per il progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di San Michele degli Scalzi

Prova n : 1

riferimento:

09amichelli

letture di campagna				valori derivati				
profondità (m)	punta	punta più manicotto	totale	Rp kg/cm ²	RL kg/cm ²	Rt kg/cm ²	Rp/RL	(RL/Rp)*100
0,20								
0,40								
0,60								
0,80								
1,00								
1,20	9	12		9,26	0,27		34,30	2,92
1,40	11	15		11,26	0,20		56,30	1,78
1,60	20	23		20,26	0,73		27,75	3,60
1,80	7	18		7,26	0,40		18,15	5,51
2,00	5	11	23	5,26	0,27	230	19,48	5,13
2,20	6	10		6,39	0,27		23,67	4,23
2,40	5	9		5,39	0,20		26,95	3,71
2,60	17	20		17,39	0,60		28,98	3,45
2,80	8	17		8,39	0,33		25,42	3,93
3,00	6	11	30	6,39	0,33	300	19,36	5,16
3,20	6	11		6,52	0,20		32,60	3,07
3,40	8	11		8,52	0,27		31,56	3,17
3,60	5	9		5,52	0,27		20,44	4,89
3,80	6	10		6,52	0,33		19,76	5,06
4,00	5	10	32	5,52	0,40	320	13,80	7,25
4,20	17	23		17,65	0,40		44,13	2,27
4,40	12	18		12,65	0,53		23,87	4,19
4,60	11	19		11,65	0,47		24,79	4,03
4,80	12	19		12,65	0,53		23,87	4,19
5,00	16	24	54	16,65	0,40	540	41,63	2,40
5,20	12	18		12,78	0,33		38,73	2,58
5,40	26	31		26,78	0,33		81,15	1,23
5,60	10	15		10,78	0,40		26,95	3,71
5,80	10	16		10,78	0,33		32,67	3,06
6,00	16	21	60	16,78	0,33	600	50,85	1,97
6,20	9	14		9,91	0,67		14,79	6,76
6,40	10	20		10,91	0,40		27,28	3,67
6,60	16	22		16,91	0,60		28,18	3,53
6,80	29	38		29,91	0,60		49,85	2,01
7,00	19	28	101	19,91	0,27	1010	73,74	1,36
7,20	21	25		22,04	1,33		16,57	6,03
7,40	19	39		20,04	0,40		50,10	2,00
7,60	18	24		19,04	0,60		31,73	3,15
7,80	26	35		27,04	0,87		31,08	3,22
8,00	9	22	116	10,04	0,47	1160	21,36	4,68
8,20	19	17		11,17	0,53		21,08	4,74
8,40	12	20		13,17	0,73		18,04	5,54
8,60	10	21		11,17	0,60		18,62	5,37
8,80	11	20		12,17	0,60		20,28	4,93
9,00	8	17	120	9,17	0,47	1200	19,51	5,13
9,20	10	17		11,30	0,60		18,83	5,31
9,40	11	20		12,30	0,53		23,21	4,31
9,60	10	18		11,30	0,67		16,87	5,93
9,80	10	20		11,30	0,60		18,83	5,31
10,00	10	19	137	11,30	0,60	1370	18,83	5,31

q.ta inizio (m) : p.c.

quota falda d.p.c. (m) :

Gecindagini s a s - via Machiavelli n 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Geol. Marco Redini - Tel. Uff.: +39 050 910952 - e-mail: m.redini@comune.pisa.it
Comune di Pisa - via degli Uffizi, 1 56100 Pisa - centralino: 050 910111 - fax: 050 500242 - partita IVA 00341620508

Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico, ai sensi della L.R. n.1 del gennaio 2005, per il progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di San Michele degli Scazzi

Prova n. : 1

riferimento:

09smichell

letture di campagna				valori derivati				
profondità (m)	punta	punta più manicotto	totale	Rp kg/cm ²	RL kg/cm ²	Rt kg/cm ²	Rp/RL	(RL/Rp)*100
10,20	10	19		11,43	0,73		15,66	6,39
10,40	10	21		11,43	0,67		17,06	5,86
10,60	10	20		11,43	0,80		14,29	7,00
10,80	15	27		16,43	0,60		27,38	3,65
11,00	11	20	150	12,43	0,60	1500	20,72	4,83
11,20	10	19		11,56	0,47		24,60	4,07
11,40	10	17		11,56	0,53		21,81	4,58
11,60	10	18		11,56	0,53		21,81	4,58
11,80	10	18		11,56	0,53		21,81	4,58
12,00	10	18	164	11,56	0,60	1640	19,27	5,19
12,20	10	19		11,69	0,60		19,48	5,13
12,40	10	19		11,69	0,53		22,06	4,53
12,60	10	18		11,69	0,60		19,48	5,13
12,80	14	23		15,69	0,80		19,61	5,10
13,00	13	25	186	14,69	0,73	1860	20,12	4,97
13,20	12	23		13,82	0,73		18,93	5,28
13,40	11	22		12,82	0,60		21,37	4,68
13,60	11	20		12,82	0,53		24,19	4,13
13,80	11	19		12,82	0,67		19,13	5,23
14,00	11	21	196	12,82	0,60	1960	21,37	4,68
14,20	12	21		13,95	0,67		20,82	4,80
14,40	12	22		13,95	0,60		23,25	4,30
14,60	12	21		13,95				
14,80								
15,00								
15,20								
15,40								
15,60								
15,80								
16,00								
16,20								
16,40								
16,60								
16,80								
17,00								
17,20								
17,40								
17,60								
17,80								
18,00								
18,20								
18,40								
18,60								
18,80								
19,00								
19,20								
19,40								
19,60								
19,80								
20,00								

q.ta inizio (m) : p.c.

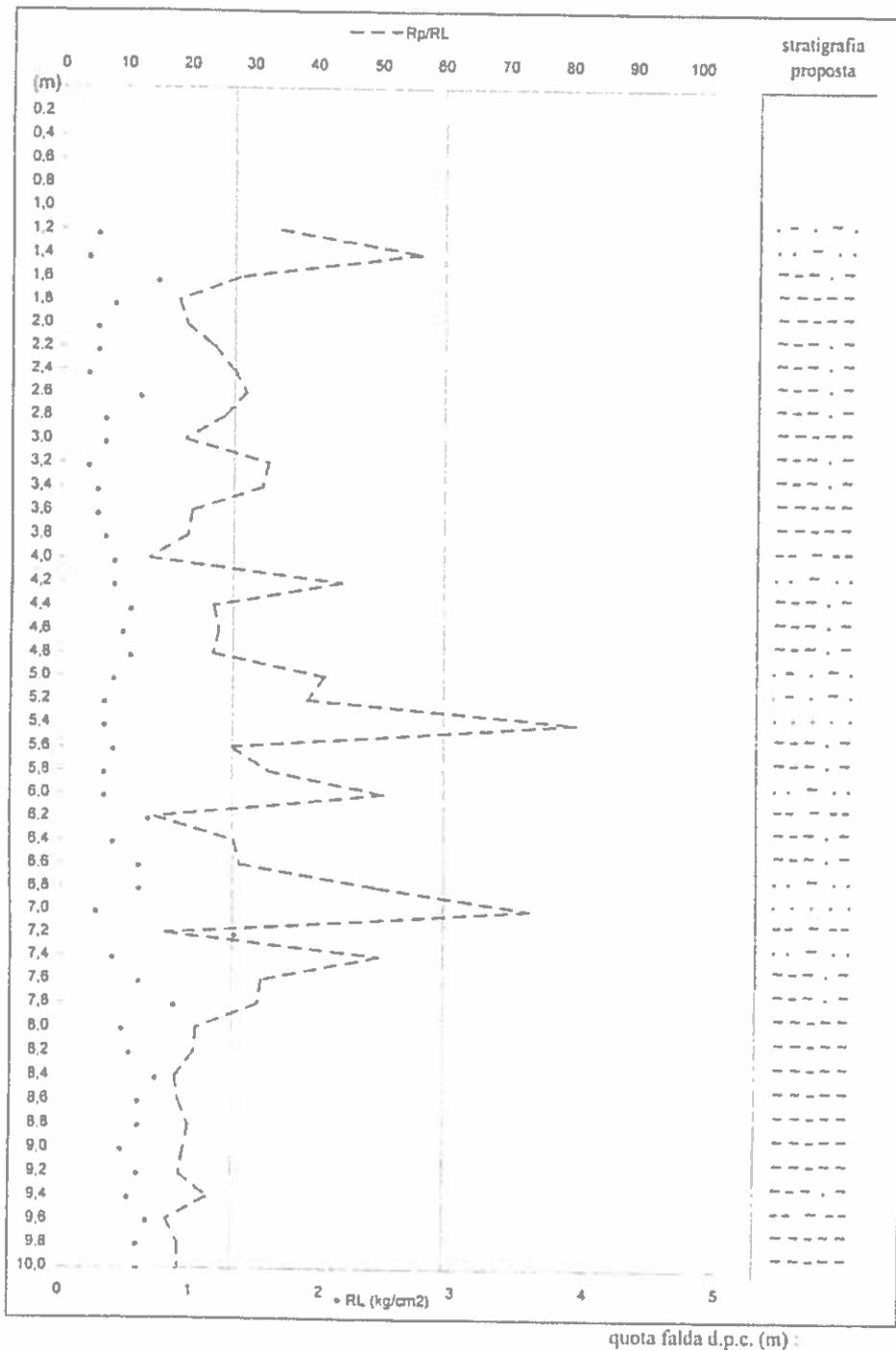
quota falda d.p.c. (m) :

Geotagini s a s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Geol. Marco Redini - Tel. Off.: +39 050 910952 - e-mail: m.redini@comune.pisa.it
 Comune di Pisa - via degli Uffizi, 1 56100 Pisa - centralino: 050 910111 - fax: 050 500242 - partita IVA 00341620508

Prova n. : I

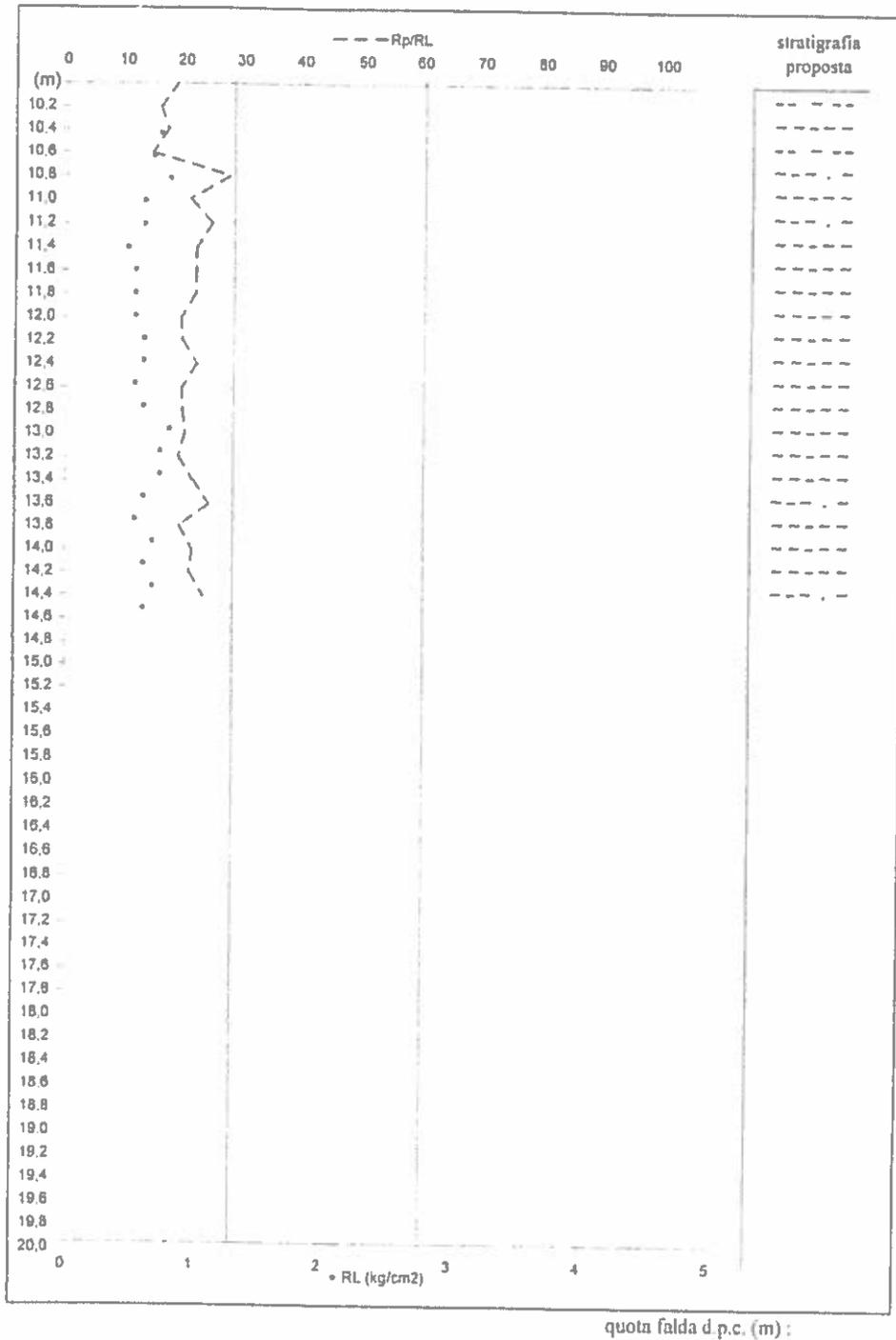
riferimento: 09smichelli



Geotecnici s.a.s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Prova n. : 1

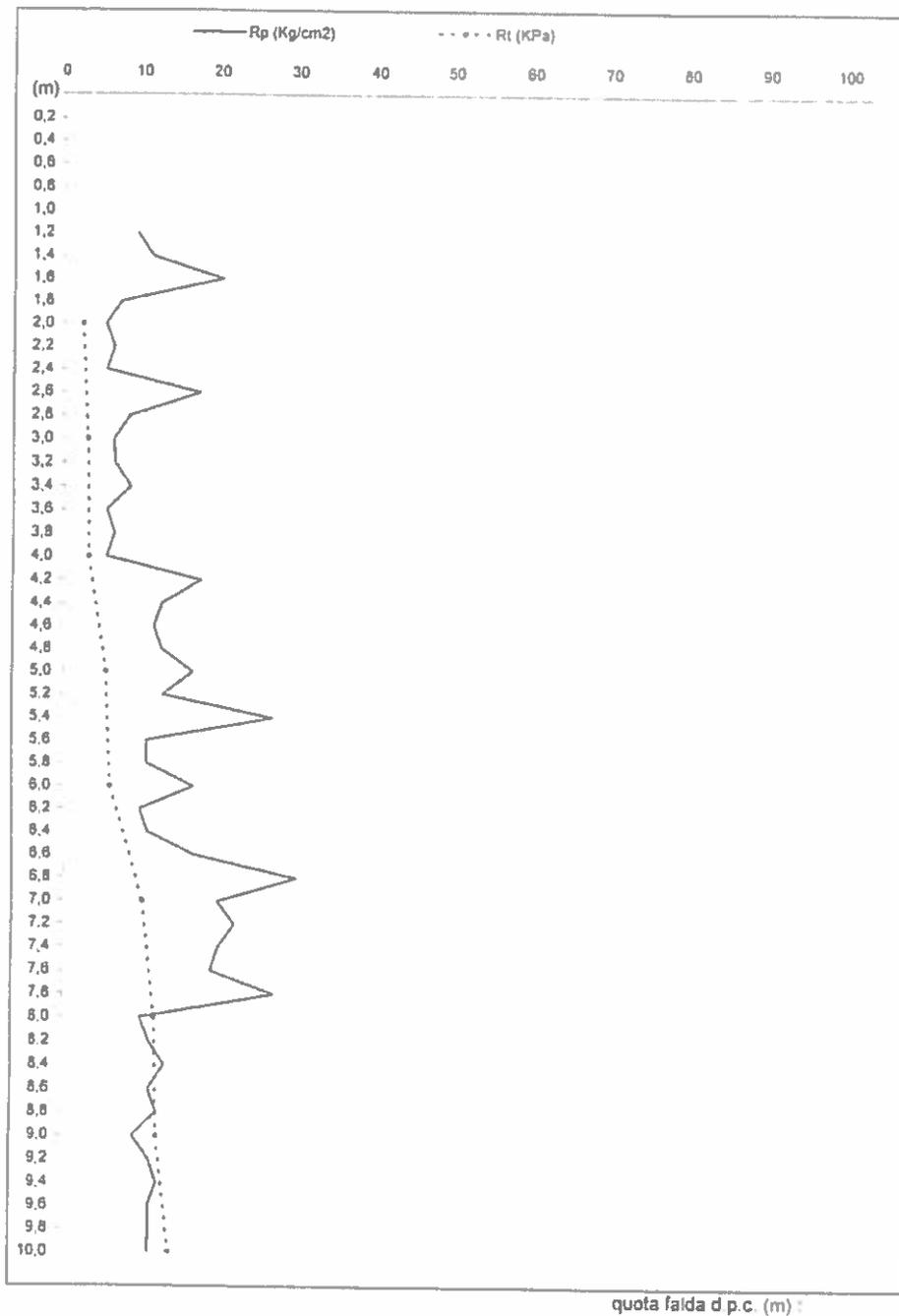
riferimento: 099micelli



Geoidagini s a s - via Machiaveili n. 38 Viareggio - tel/fax 0564-44462

Prova n. : I

riferimento: 09smichell

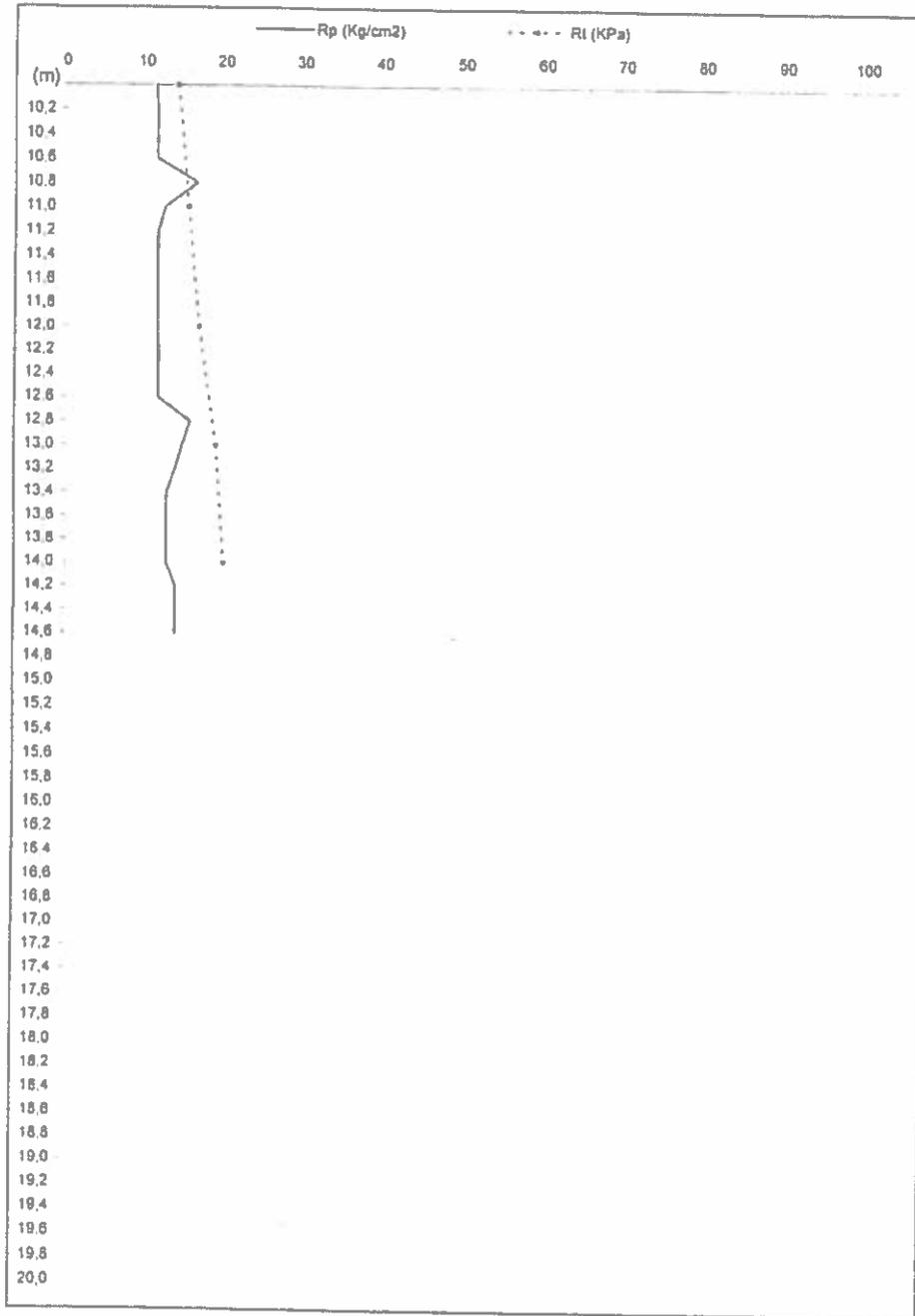


Geoindagini s.a.s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Prova n. : 1

riferimento:

09/michell



quota falda d p.c. (m) :

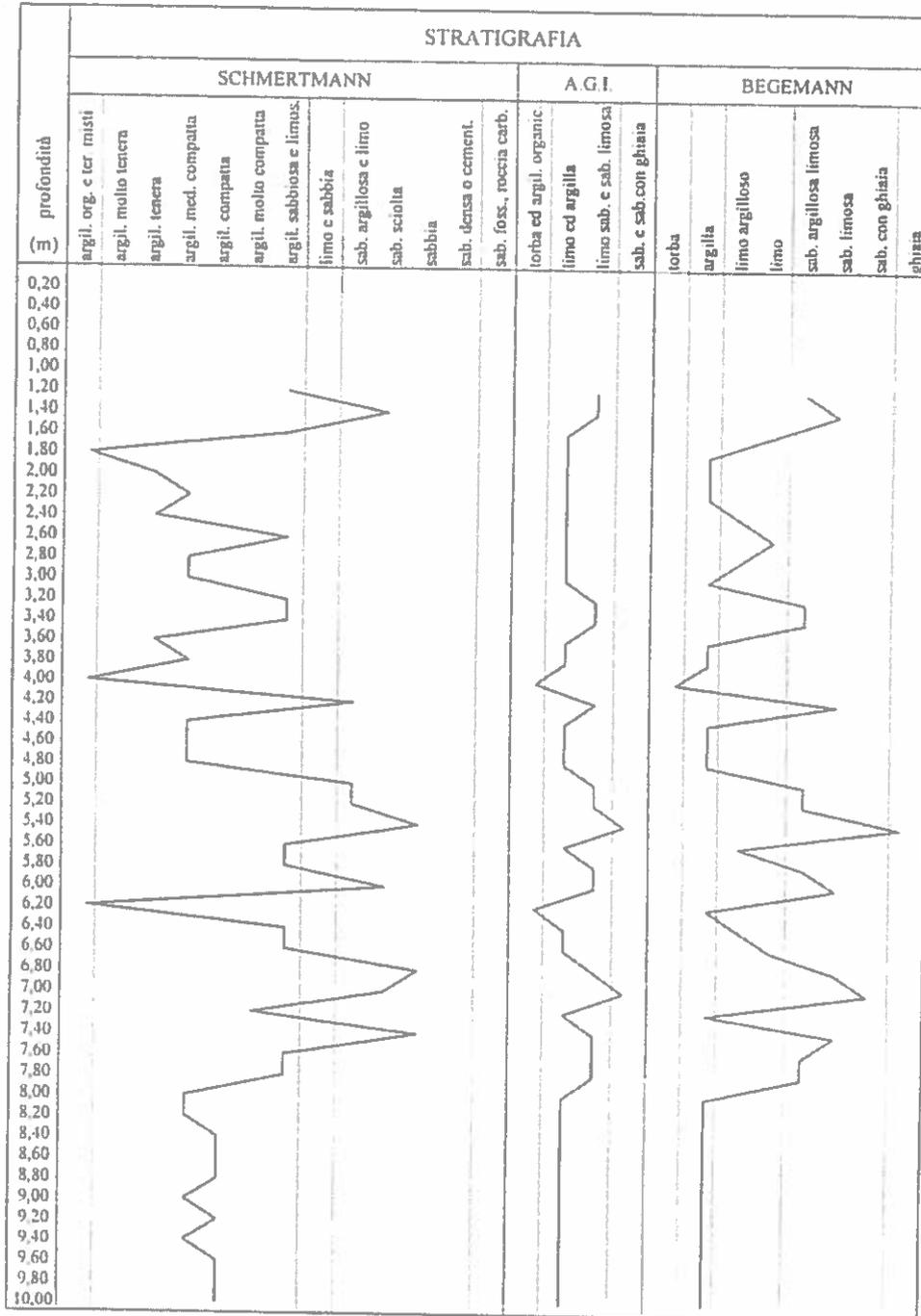
Geotecnica s a s - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44482

Prova n.:

1

riferimento:

09smichel1

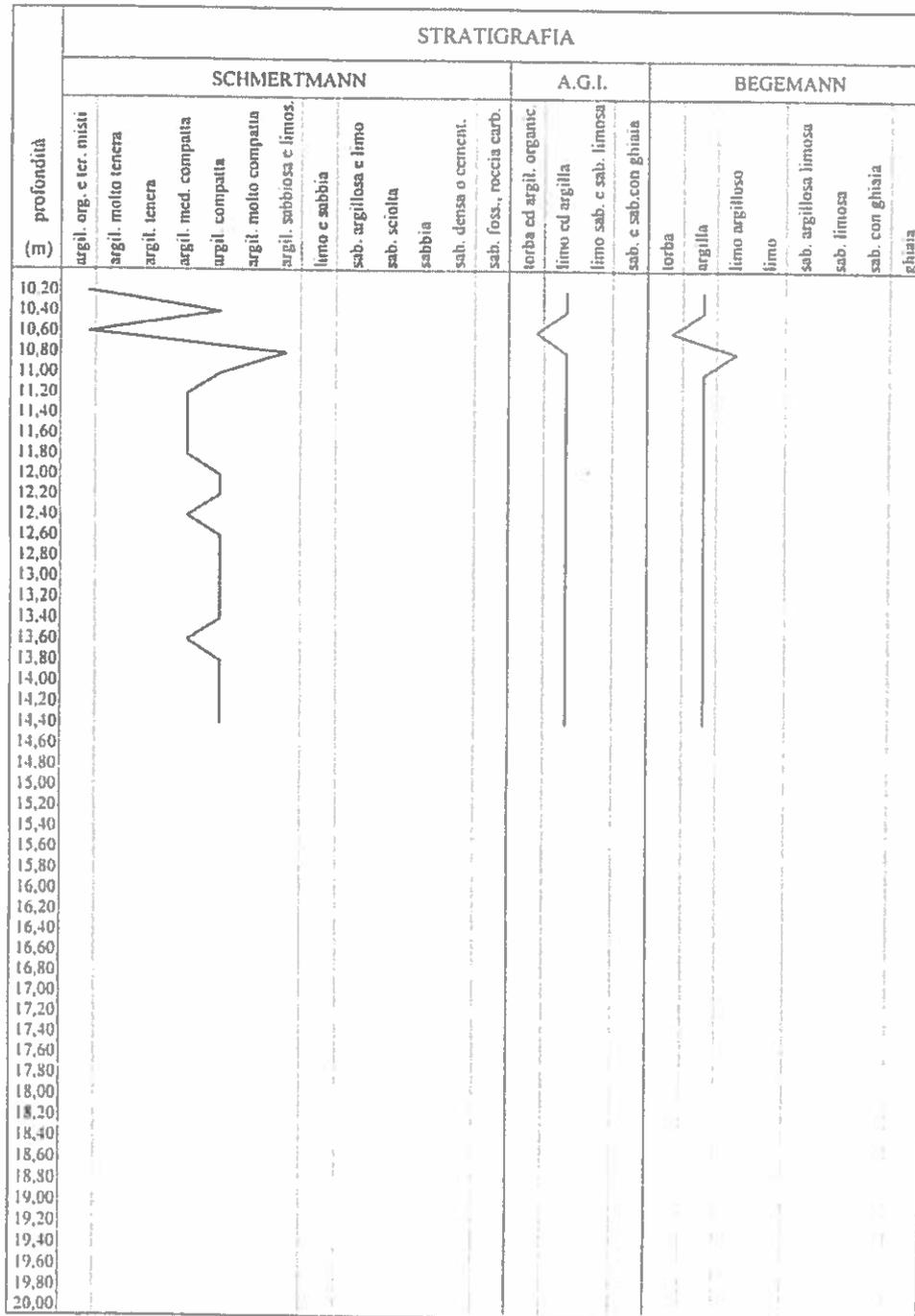


Geotecnici s.p.a. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Prova n. : 1

riferimento:

09smichell



Geoindagini s.a.s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico, ai sensi della L.R. n.1 del gennaio 2005, per il progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di San Michele degli Scalzi

Prova n.:

1

riferimento:

09michel1

m	natura coesiva			natura mista			natura granulare			γ (t/m ³)	m _v (cm ³ /Kg)
	c _u (Kg/cm ²)	stato di consisten	O.C.R.	c _u (Kg/cm ²)	φ (°)	Dr (%)	φ (°)	Dr (%)	stato di addens		
0,20											
0,40											
0,60											
0,80											
1,00											
1,20							28°	23	sciolta	1,75	0,031
1,40							30°	17	sciolta	1,75	0,044
1,60							27°	43	med add	1,80	0,025
1,80	0,44	plastica	0,4							1,80	0,039
2,00	0,32	molle	0,2							1,80	0,054
2,20				0,39	25°	23				1,75	0,045
2,40				0,33	26°	17				1,75	0,053
2,60							27°	39	med add	1,75	0,016
2,80				0,51	26°	27				1,75	0,034
3,00	0,39	molle	0,3							1,80	0,045
3,20							27°	17	sciolta	1,75	0,044
3,40							27°	23	sciolta	1,75	0,034
3,60	0,33	molle	0,3							1,80	0,052
3,80	0,40	molle	0,4							1,80	0,044
4,00	0,33	molle	0,4							1,80	0,072
4,20							30°	31	sciolta	1,75	0,028
4,40				0,77	26°	36				1,75	0,023
4,60				0,71	26°	34				1,75	0,025
4,80				0,77	26°	36				1,75	0,023
5,00							29°	31	sciolta	1,75	0,017
5,20							29°	27	sciolta	1,75	0,022
5,40							33°	27	sciolta	1,80	0,019
5,60				0,65	27°	31				1,75	0,027
5,80							28°	27	sciolta	1,75	0,027
6,00							30°	27	sciolta	1,75	0,030
6,20	0,60	plastica	5,5							1,80	0,040
6,40				0,66	27°	31				1,75	0,026
6,60							27°	39	med add	1,75	0,017
6,80							30°	39	med add	1,80	0,017
7,00							32°	23	sciolta	1,75	0,025
7,20	1,34	consist	12,5							2,00	0,023
7,40							30°	31	sciolta	1,80	0,025
7,60							28°	39	med add	1,75	0,015
7,80							28°	46	med add	1,80	0,018
8,00	0,61	plastica	4,1							1,95	0,028
8,20	0,68	plastica	4,5							1,95	0,026
8,40	0,80	consist	5,4							1,95	0,022
8,60	0,68	plastica	4,3							1,95	0,026
8,80	0,74	plastica	4,6							1,95	0,023
9,00	0,56	plastica	3,1							1,80	0,031
9,20	0,68	plastica	4,0							1,95	0,025
9,40				0,75	26°	36				1,75	0,023
9,60	0,68	plastica	3,8							1,95	0,029
9,80	0,68	plastica	3,7							1,95	0,025
10,00	0,68	plastica	3,6							1,95	0,025

Geomagini s a s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584 44462

Geol. Marco Redini - Tel. Uff.: +39 050 910952 - e-mail: m.redini@comune.pisa.it
Comune di Pisa - via degli Uffizi, 1 56100 Pisa - centralino: 050 910111 - fax: 050 500242 - partita IVA 00341620508

Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico, ai sensi della L.R. n.1 del gennaio 2005, per il progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di San Michele degli Scalzi

Prova n. : 1

riferimento: 09smichell

m	natura coesiva			natura mista			natura granulare			γ (t/m^3)	m_v (cm^3/kg)
	c_u (Kg/cm^2)	stato di consisten	O.C.R.	c_u (Kg/cm^2)	ϕ ($^\circ$)	Dr (%)	ϕ ($^\circ$)	Dr (%)	stato di addens.		
10,20	0,69	plastica	3,5							1,95	0,029
10,40	0,69	plastica	3,4							1,95	0,025
10,60	0,69	plastica	3,4							1,95	0,029
10,80				1,0	27°	39				1,75	0,017
11,00	0,75	consist.	3,6							1,95	0,023
11,20				0,7	26°	34				1,75	0,025
11,40	0,70	plastica	3,1							1,95	0,025
11,60	0,70	plastica	3,0							1,95	0,025
11,80	0,70	plastica	3,0							1,95	0,025
12,00	0,70	plastica	2,9							1,95	0,025
12,20	0,71	plastica	2,9							1,95	0,025
12,40	0,71	plastica	2,8							1,95	0,024
12,60	0,71	plastica	2,8							1,95	0,024
12,80	0,95	consist.	3,9							1,95	0,018
13,00	0,89	consist.	3,6							1,95	0,019
13,20	0,84	consist.	3,2							1,95	0,021
13,40	0,78	consist.	2,9							1,95	0,022
13,60				0,8	26°	36				1,75	0,022
13,80	0,78	consist.	2,8							1,95	0,022
14,00	0,78	consist.	2,7							1,95	0,022
14,20	0,85	consist.	3,0							1,95	0,020
14,40				0,8	26°	39				1,75	0,020
14,60											
14,80											
15,00											
15,20											
15,40											
15,60											
15,80											
16,00											
16,20											
16,40											
16,60											
16,80											
17,00											
17,20											
17,40											
17,60											
17,80											
18,00											
18,20											
18,40											
18,60											
18,80											
19,00											
19,20											
19,40											
19,60											
19,80											
20,00											

Geotecnici s.p.a. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico, ai sensi della L.R. n.1 del gennaio 2005, per il progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di San Michele degli Scalzi

Prova n. : 2

riferimento:

09smichel2

letture di campagna				valori derivati				
profondità (m)	punta	punta più manico	totale	Rp kg/cm ²	RL kg/cm ²	Rt kg/cm ²	Rp/RL	(RL/Rp)*100
0,20								
0,40								
0,60								
0,80	5	6		5,13	0,20		25,65	3,90
1,00	12	15	25	12,13	1,00	250	12,13	8,24
1,20	30	45		30,26	0,33		91,70	1,09
1,40	17	22		17,26	0,60		28,77	3,48
1,60	9	18		9,26	0,27		34,30	2,92
1,80	7	11		7,26	0,33		22,00	4,55
2,00	9	14	20	9,26	0,27	200	34,30	2,92
2,20	7	11		7,39	0,73		10,12	9,88
2,40	5	16		5,39	0,40		13,48	7,42
2,60	6	12		6,39	0,33		19,36	5,16
2,80	14	19		14,39	0,33		43,61	2,29
3,00	17	22	30	17,39	0,60	300	28,98	3,45
3,20	12	21		12,52	0,47		26,64	3,75
3,40	16	23		16,52	0,67		24,66	4,06
3,60	12	22		12,52	0,60		20,87	4,79
3,80	6	15		6,52	0,33		19,76	5,06
4,00	12	17	34	12,52	0,47	340	26,64	3,75
4,20	8	15		8,65	0,53		16,32	6,13
4,40	10	18		10,65	0,67		15,90	6,29
4,60	9	19		9,65	0,67		14,40	6,94
4,80	10	20		10,65	0,60		17,75	5,63
5,00	12	21	52	12,65	0,53	520	23,87	4,19
5,20	13	21		13,78	0,60		22,97	4,35
5,40	16	25		16,78	0,60		27,97	3,58
5,60	12	21		12,78	0,53		24,11	4,15
5,80	11	19		11,78	0,53		22,23	4,50
6,00	7	15	63	7,78	0,40	630	19,45	5,14
6,20	8	14		8,91	0,47		18,96	5,27
6,40	7	14		7,91	0,80		9,89	10,11
6,60	14	26		14,91	0,60		24,85	4,02
6,80	28	37		28,91	0,93		31,09	3,22
7,00	32	46	106	32,91	0,40	1060	82,28	1,22
7,20	19	25		20,04	0,60		33,40	2,99
7,40	11	20		12,04	0,60		20,07	4,98
7,60	8	17		9,04	0,47		19,23	5,20
7,80	7	14		8,04	0,27		29,78	3,36
8,00	18	22	108	19,04	0,93	1080	20,47	4,88
8,20	7	21		8,17	0,53		15,42	6,49
8,40	7	15		8,17	0,60		13,62	7,34
8,60	13	22		14,17	0,80		17,71	5,65
8,80	12	24		13,17	0,73		18,04	5,54
9,00	10	21	122	11,17	0,67	1220	16,67	6,00
9,20	7	17		8,30	0,60		13,83	7,23
9,40	7	16		8,30	0,60		13,83	7,23
9,60	8	17		9,30	0,60		15,50	6,45
9,80	9	18		10,30	0,67		15,37	6,50
10,00	12	22	140	13,30	0,80	1400	16,63	6,02

q.ta inizio (m) : p.c.

quota falda d.p.c. (m) :

Geondagini s.a.s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44482

Geol. Marco Redini - Tel. Uff.: +39 050 910952 - e-mail: m.redini@comune.pisa.it
Comune di Pisa - via degli Uffizi, 1 56100 Pisa - centralino: 050 910111 - fax: 050 500242 - partita IVA 00341620508

Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico, ai sensi della L.R. n.1 del gennaio 2005, per il progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di San Michele degli Scalzi

Prova n. : 2

riferimento:

09smichel2

letture di campagna				valori derivati				
profondità (m)	punta	punta più manicotto	totale	Rp kg/cm ³	RL kg/cm ²	Rt kg/cm ³	Rp/RL	(RL/Rp)*100
10,20	11	23		12,43	0,87		14,29	7,00
10,40	10	23		11,43	0,80		14,29	7,00
10,60	10	22		11,43	0,73		15,66	6,39
10,80	10	21		11,43	0,60		19,05	5,25
11,00	14	23	151	15,43	0,60	1510	25,72	3,89
11,20	11	20		12,56	0,60		20,93	4,78
11,40	9	18		10,56	0,53		19,92	5,02
11,60	8	16		9,56	0,53		18,04	5,54
11,80	9	17		10,56	0,60		17,60	5,68
12,00	8	17	171	9,56	0,60	1710	15,93	6,28
12,20	8	17		9,69	0,53		18,28	5,47
12,40	9	17		10,69	0,60		17,82	5,61
12,60	8	17		9,69	0,67		14,46	6,91
12,80	8	18		9,69	0,80		12,11	8,26
13,00	9	21	198	10,69	0,93	1980	11,49	8,70
13,20	9	23		10,82	1,13		9,58	10,44
13,40	9	26		10,82	1,00		10,82	9,24
13,60	9	24		10,82	0,93		11,63	8,60
13,80	9	23		10,82	0,80		13,53	7,39
14,00	9	21	213	10,82	0,93	2130	11,63	8,60
14,20	9	23		10,95	0,80		13,69	7,31
14,40	9	21		10,95	0,80		13,69	7,31
14,60	10	22		11,95	0,87		13,74	7,28
14,80	10	23		11,95	0,80		14,94	6,69
15,00	9	21	223	10,95	0,67	2230	16,34	6,12
15,20	9	19		11,08	0,73		15,18	6,59
15,40	9	20		11,08	0,80		13,85	7,22
15,60	10	22		12,08	0,73		16,55	6,04
15,80	9	20		11,08	0,60		18,47	5,42
16,00	10	19	232	12,08	0,80	2320	15,10	6,62
16,20	10	22		12,21	0,87		14,03	7,13
16,40	10	23		12,21	0,73		16,73	5,98
16,60	10	21		12,21	0,73		16,73	5,98
16,80	11	22		13,21	0,80		16,51	6,06
17,00	13	25	260	15,21	0,93	2600	16,35	6,11
17,20	11	25		13,34	0,93		14,34	6,97
17,40	12	26		14,34	0,87		16,48	6,07
17,60	12	25		14,34	0,73		19,64	5,09
17,80	11	22		13,34	0,73		18,27	5,47
18,00	11	22	280	13,34	0,87	2800	15,33	6,52
18,20	11	24		13,47	0,93		14,48	6,90
18,40	11	25		13,47	0,67		20,10	4,97
18,60	11	21		13,47	0,73		18,45	5,42
18,80	11	22	300	13,47	0,80	3000	16,84	5,94
19,00	12	24		14,47	0,67		21,60	4,63
19,20	11	21		13,60	0,93		14,62	6,84
19,40	12	26		14,60	0,87		16,78	5,96
19,60	12	25		14,60	0,80		18,25	5,48
19,80	12	24		14,60	0,80		18,25	5,48
20,00	12	24	308	14,60	0,80	3080	18,25	5,48

q.ta inizio (m) : p.c.

quota falda d.p.c. (m) :

Geoidagini s.a.s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Geol. Marco Redini - Tel. Uff.: +39 050 910952 - e-mail: m.redini@comune.pisa.it
Comune di Pisa - via degli Uffizi, 1 56100 Pisa - centralino: 050 910111 - fax: 050 500242 - partita IVA 00341620508

Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico, ai sensi della L.R. n. 1 del gennaio 2005, per il progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di San Michele degli Scalzi

Prova n. : 2

riferimento:

09smichel2

letture di campagna				valori derivati				
profondità (m)	punta	punta più manicotto	totale	Rp kg/cm ²	RL kg/cm ²	Rt kg/cm ²	Rp/RL	(RL/Rp)*100
20,20	12	24		14,73	0,87		16,93	5,91
20,40	12	25		14,73	0,67		21,99	4,55
20,60	12	22		14,73	0,87		16,93	5,91
20,80	12	25		14,73	0,53		27,79	3,60
21,00	20	28	321	22,73	0,87	3210	26,13	3,83
21,20	12	25		14,86	0,87		17,08	5,85
21,40	13	26		15,86	0,87		18,23	5,49
21,60	12	25		14,86				
21,80								
22,00								
22,20								
22,40								
22,60								
22,80								
23,00								
23,20								
23,40								
23,60								
23,80								
24,00								
24,20								
24,40								
24,60								
24,80								
25,00								
25,20								
25,40								
25,60								
25,80								
26,00								
26,20								
26,40								
26,60								
26,80								
27,00								
27,20								
27,40								
27,60								
27,80								
28,00								
28,20								
28,40								
28,60								
28,80								
29,00								
29,20								
29,40								
29,60								
29,80								
30,00								

q. la inizio (m) : p.c.

quota falda d.p.c. (m) :

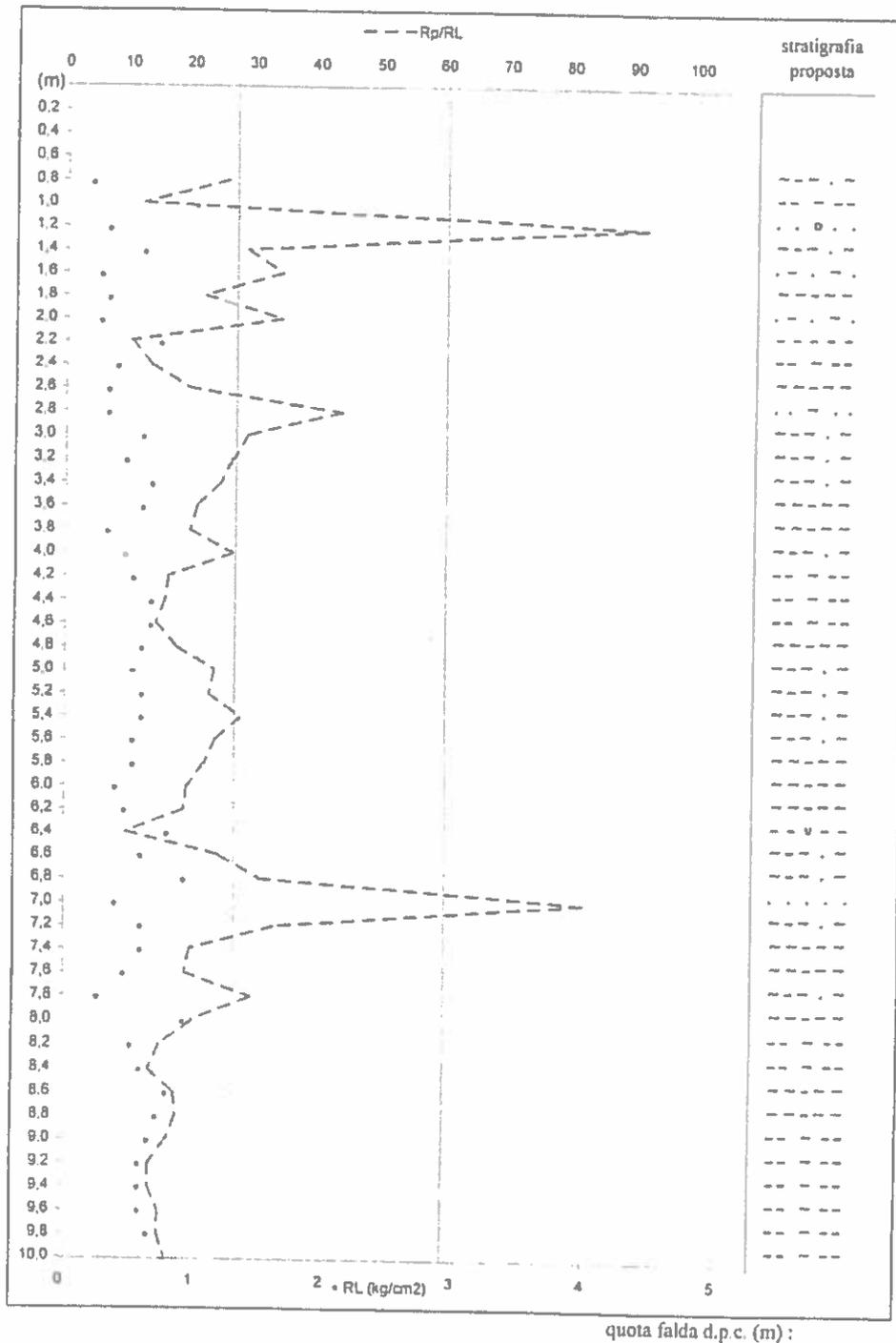
Geoindagini s.a.s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico, ai sensi della L.R. n.1 del gennaio 2005, per il progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di San Michele degli Scalzi

Prova n. : 2

riferimento:

09smichel2



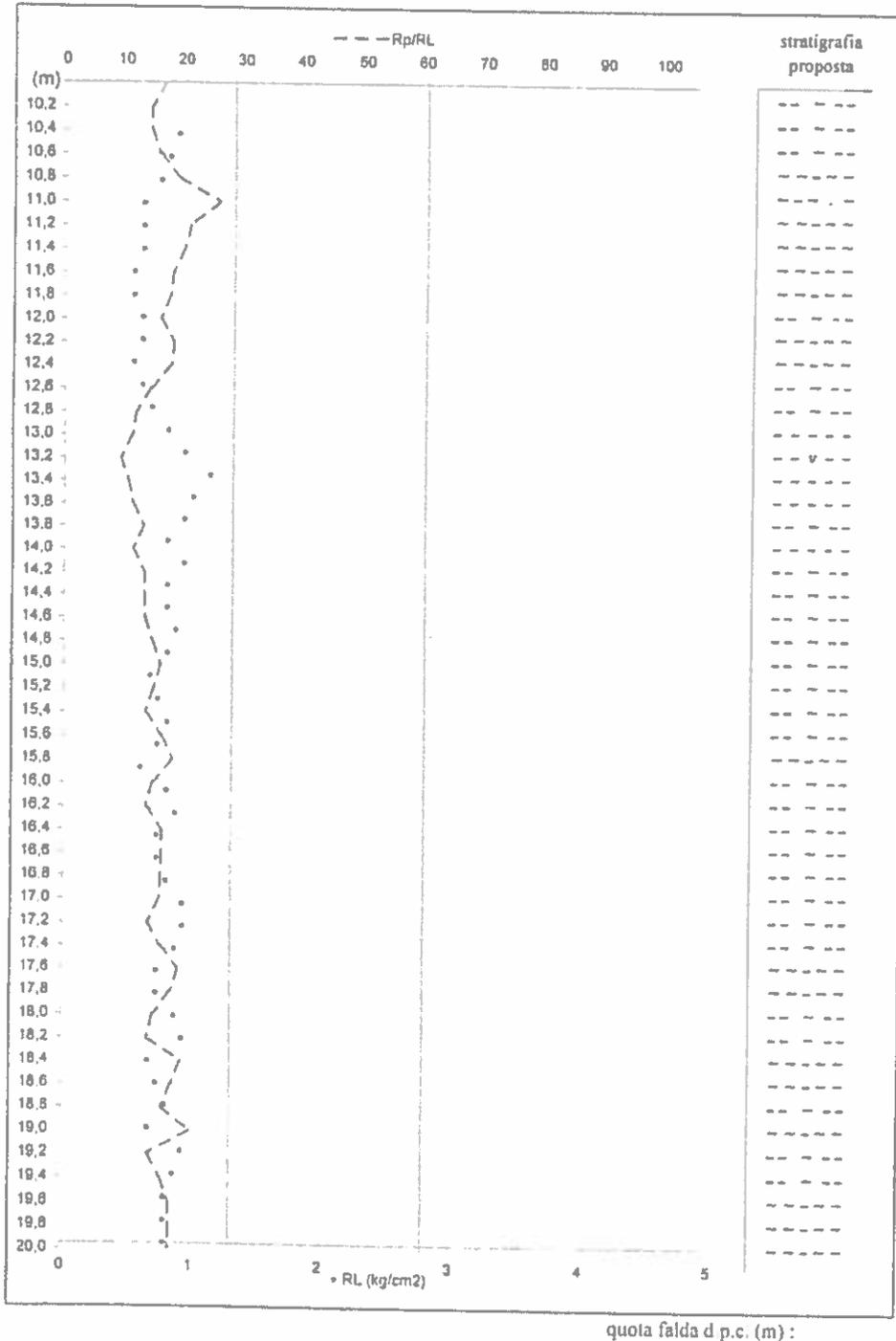
Geolindagini s.a.s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Geol. Marco Redini - Tel. Uff.: +39 050 910952 - e-mail: m.redini@comune.pisa.it
 Comune di Pisa - via degli Uffizi, 1 56100 Pisa - centralino: 050 910111 - fax: 050 500242 - partita IVA 00341620508

Prova n. : 2

riferimento:

09smichel2

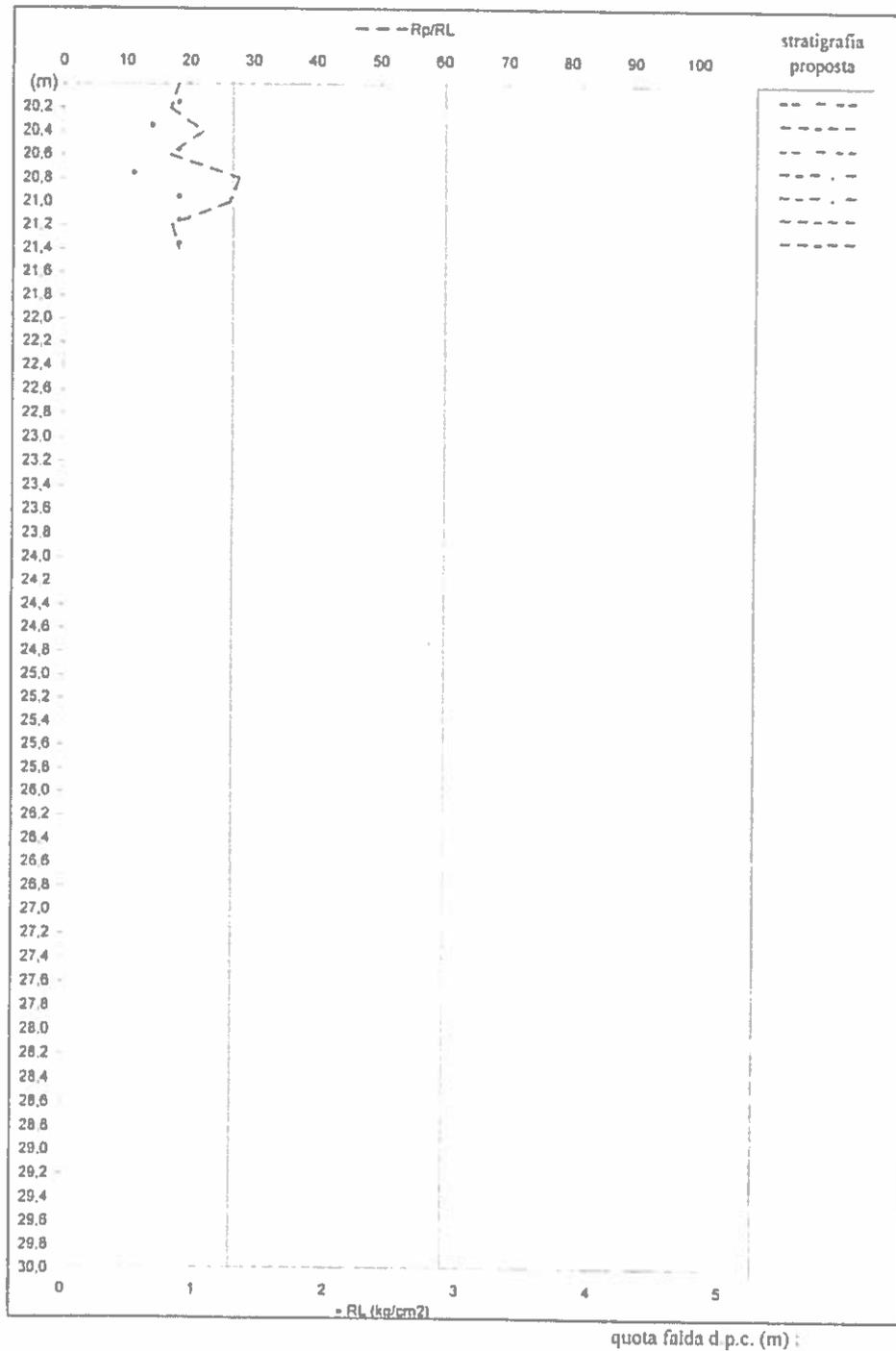


Geoindagini s a s - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44482

Prova n. : 2

riferimento:

09smichel2

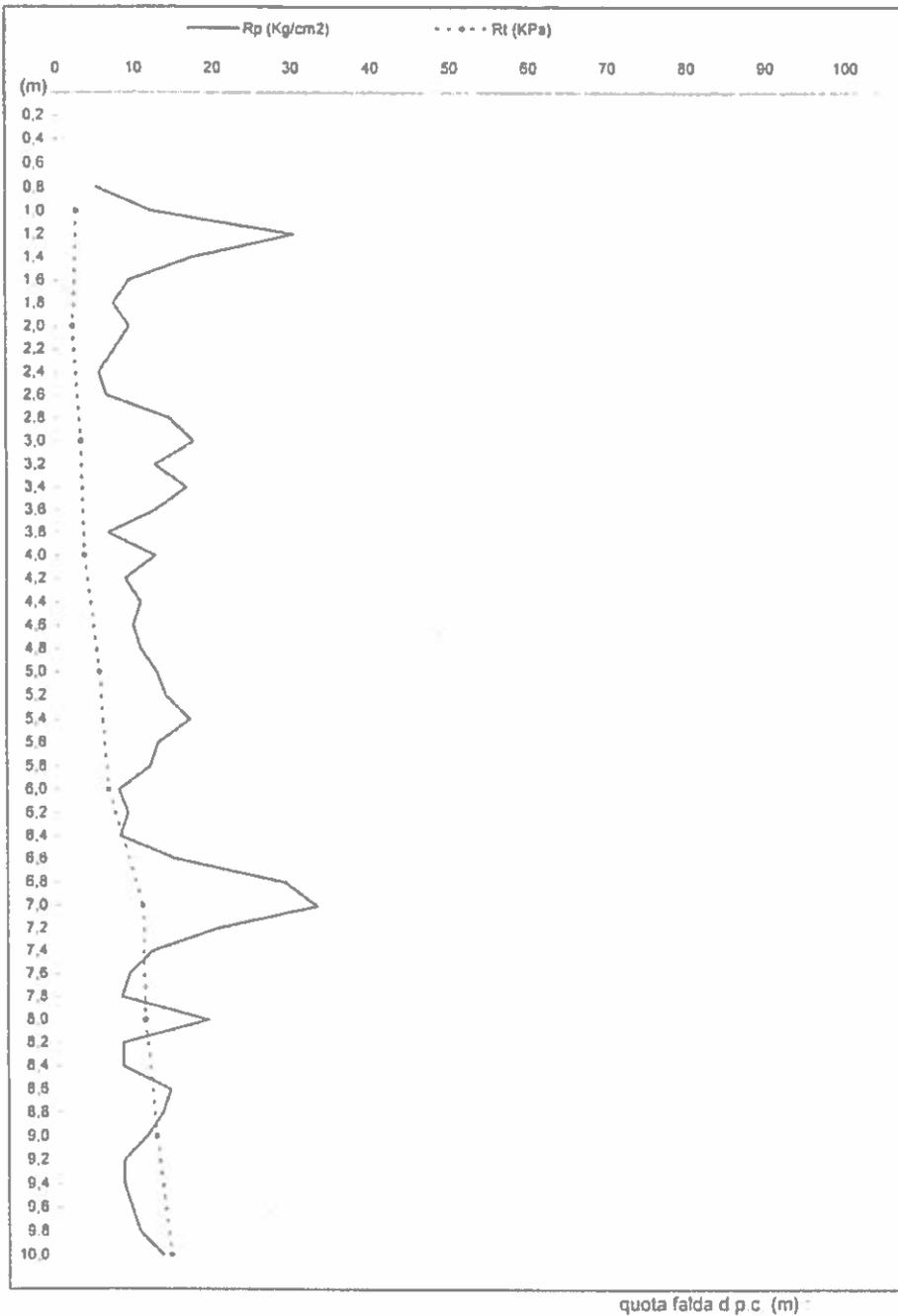


Geotecnici s a s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Prova n. : 2

riferimento:

091michel2

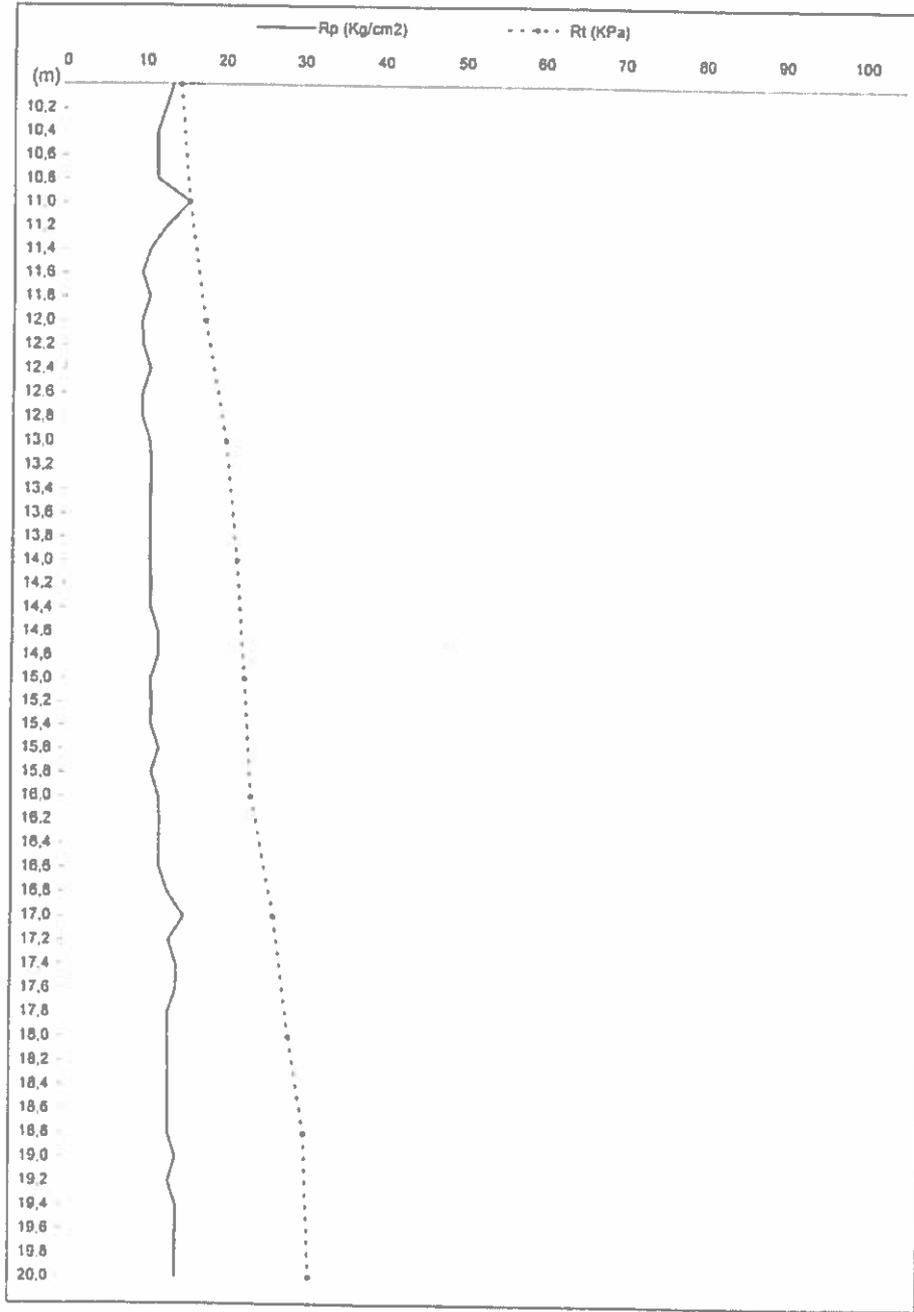


Geoindagini s.a.s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Prova n. : 2

riferimento:

09smichel2

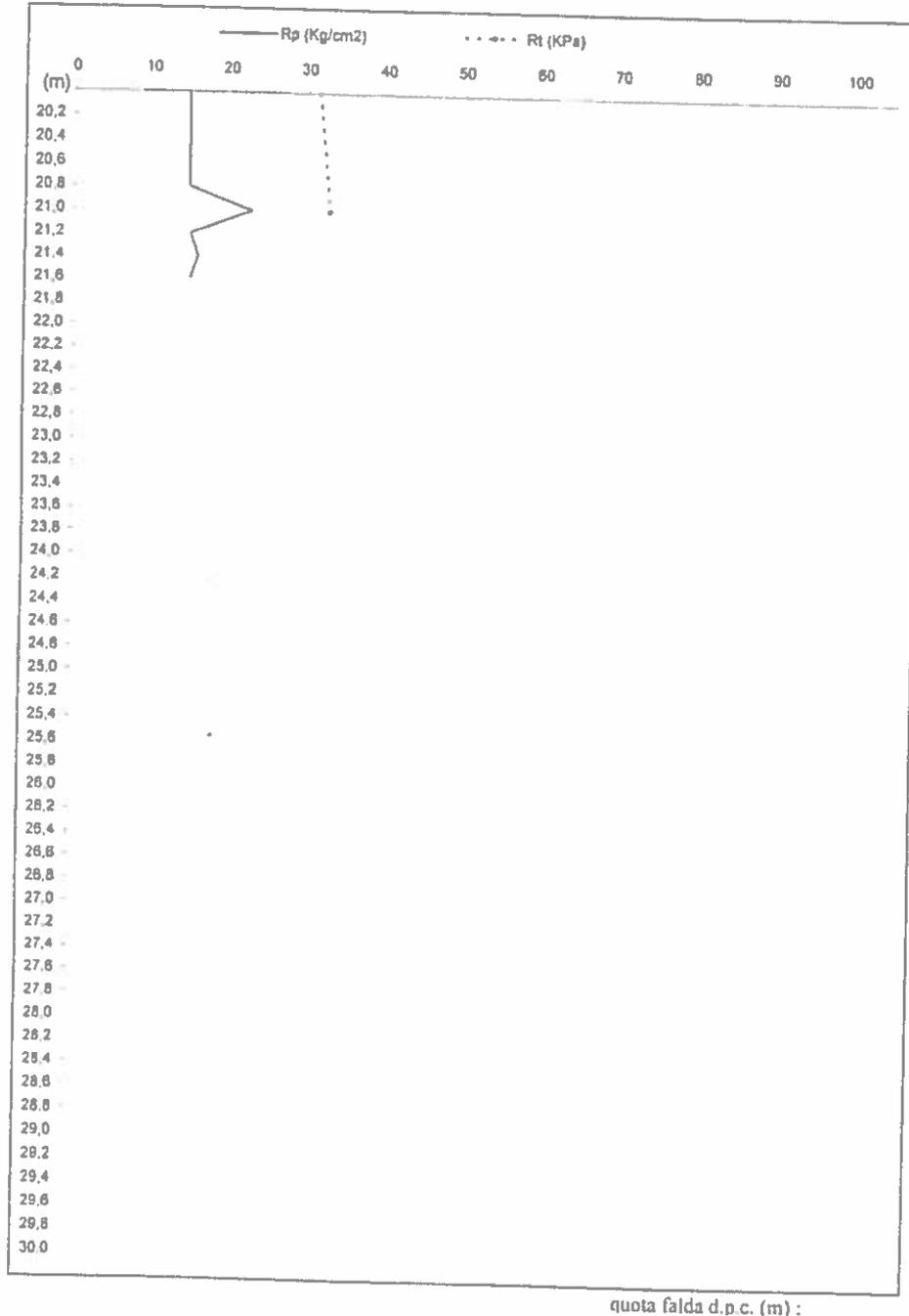


quota falda d.p.c. (m):

Geotecnici s.a.s. - via Macchiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Prova n. : 2

riferimento: 09smkhet2



quota falda d.p.c. (m) :

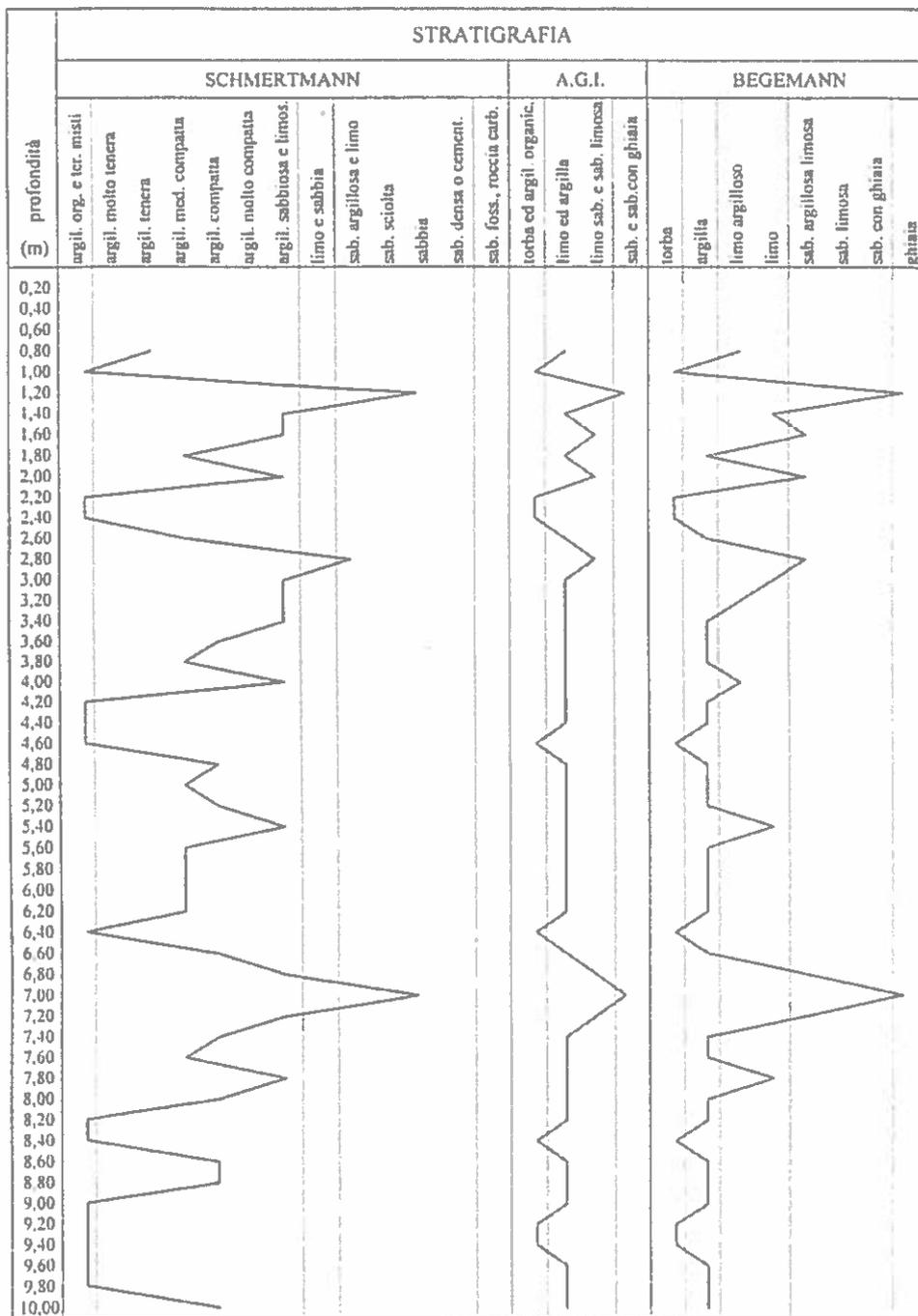
Geotecnici s.a.s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44482

Prova n. :

2

riferimento:

09smichel2

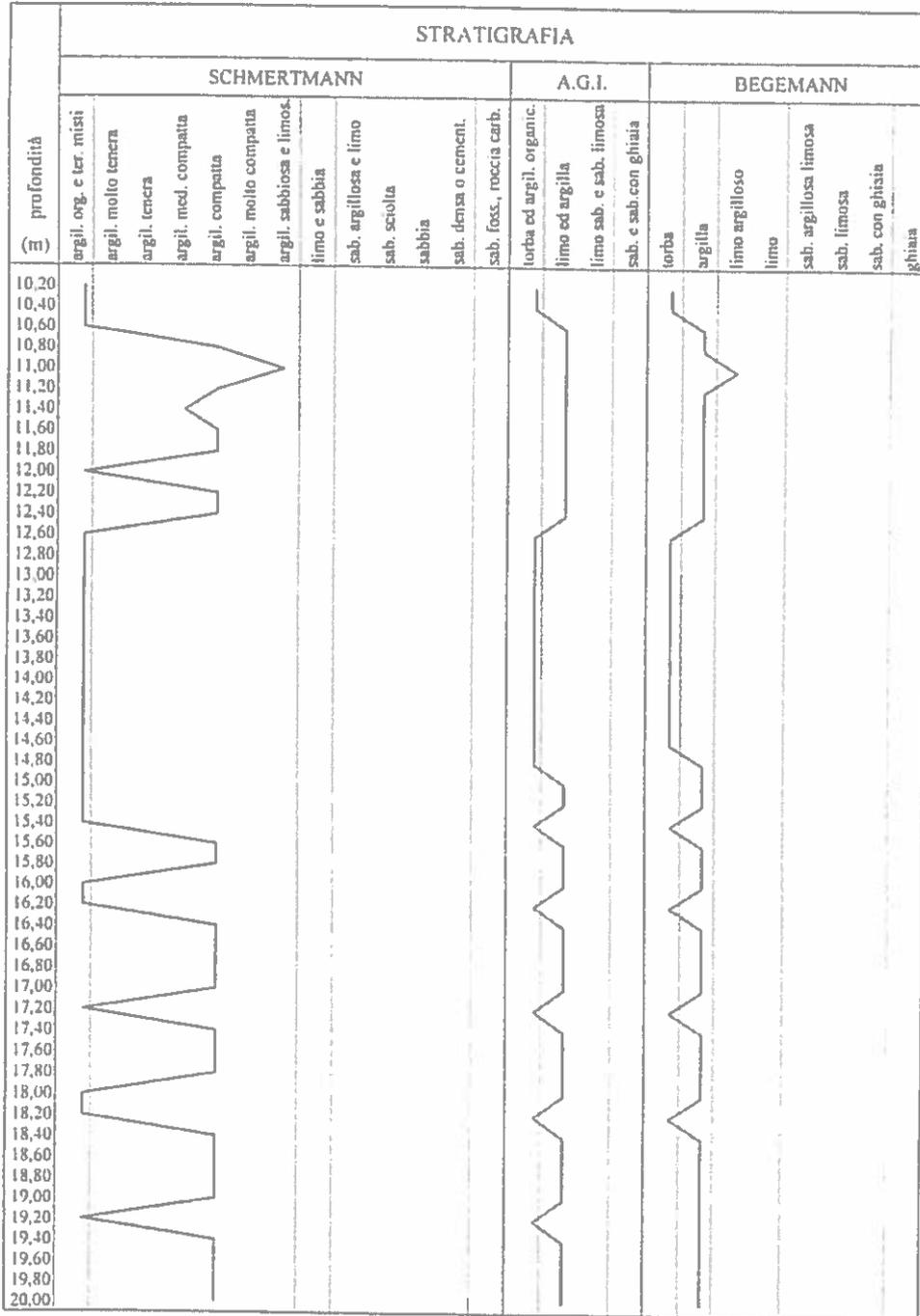


Geoindagini s a s - via Machlavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Prova n. : 2

referimento:

09smichel2



Geoindagini s.a.s. - via Machiavelli n 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Prova n. :

2

referimento:

09smichel2

profondità (m)	STRATIGRAFIA																										
	SCHMERTMANN					A.G.I.		BEGEMANN																			
	argil. org. e ter. misti	argil. molto tenera	argil. tenera	argil. med. compatta	argil. compatta	argil. molto compatta	argil. sabbiosa e limos.	limo e sabbia	sab. argillosa e limo	sab. sciolta	sabbia	sab. densa o cement.	sab. foss., roccia carb.	torba ed argil. organic.	limo ed argilla	limo sab. e sab. limosa	sab. e sab. con ghiaia	torba	argilla	limo argilloso	limo	sab. argillosa limosa	sab. limosa	sab. con ghiaia	ghiaia		
20,20																											
20,40																											
20,60																											
20,80																											
21,00																											
21,20																											
21,40																											
21,60																											
21,80																											
22,00																											
22,20																											
22,40																											
22,60																											
22,80																											
23,00																											
23,20																											
23,40																											
23,60																											
23,80																											
24,00																											
24,20																											
24,40																											
24,60																											
24,80																											
25,00																											
25,20																											
25,40																											
25,60																											
25,80																											
26,00																											
26,20																											
26,40																											
26,60																											
26,80																											
27,00																											
27,20																											
27,40																											
27,60																											
27,80																											
28,00																											
28,20																											
28,40																											
28,60																											
28,80																											
29,00																											
29,20																											
29,40																											
29,60																											
29,80																											
30,00																											

Geoindagini s a s - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico, ai sensi della L.R. n.1 del gennaio 2005, per il progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di San Michele degli Scalzi

Prova n. :

2

riferimento:

09smichel2

m	natura coesiva			natura mista			natura granulare			γ (t/m^3)	m_s (cm^3/kg)
	c_u (Kg/cm^2)	stato di consisten.	O.C.R.	c_u (Kg/cm^2)	ϕ ($^\circ$)	Dr (%)	ϕ ($^\circ$)	Dr (%)	stato di addens.		
0,20											
0,40											
0,60											
0,80											
1,00	0,74	plastica	1,4	0,31	26°	17				1,75	0,056
1,20										1,95	0,027
1,40							34°	27	sciolta	1,80	0,017
1,60							27°	39	med. add.	1,75	0,017
1,80	0,44	plastica	0,4				28°	23	sciolta	1,75	0,031
2,00										1,80	0,039
2,20	0,45	plastica	0,3				28°	23	sciolta	1,75	0,031
2,40	0,33	molle	0,2							1,80	0,054
2,60	0,39	molle	0,3							1,80	0,093
2,80										1,80	0,045
3,00							30°	27	sciolta	1,75	0,035
3,20							27°	39	med. add.	1,75	0,016
3,40				0,76	27°	34				1,75	0,023
3,60	0,76	consist.	0,8	1,00	26°	41				1,75	0,017
3,80	0,40	molle	0,4							1,95	0,023
4,00				0,76	27°	34				1,80	0,044
4,20	0,52	plastica	0,2							1,75	0,023
4,40	0,65	plastica	0,4							1,80	0,046
4,60	0,58	plastica	3,9							1,95	0,031
4,80	0,65	plastica	8,4							1,80	0,041
5,00				0,77	26°	36				1,95	0,027
5,20				0,84	26°	39				1,75	0,023
5,40										1,75	0,021
5,60				0,77	26°	36	27°	39	med. add.	1,75	0,017
5,80	0,71	plastica	7,5							1,75	0,022
6,00	0,47	plastica	4,3							1,95	0,024
6,20	0,54	plastica	4,9							1,80	0,037
6,40	0,48	plastica	4,0							1,80	0,032
6,60				0,90	26°	39				1,80	0,126
6,80										1,75	0,019
7,00							28°	47	med. add.	1,80	0,017
7,20							33°	31	sciolta	1,80	0,015
7,40	0,73	plastica	5,7				28°	39	med. add.	1,80	0,025
7,60	0,55	plastica	3,8							1,95	0,024
7,80										1,80	0,032
8,00	1,15	consist.	9,1				27°	23	sciolta	1,75	0,036
8,20	0,50	plastica	3,1							1,95	0,015
8,40	0,50	plastica	3,0							1,80	0,049
8,60	0,86	consist.	5,7							1,80	0,049
8,80	0,80	consist.	5,1							1,95	0,020
9,00	0,68	plastica	4,0							1,95	0,022
9,20	0,50	plastica	2,7							1,95	0,030
9,40	0,50	plastica	2,6							1,80	0,048
9,60	0,56	plastica	2,9							1,80	0,048
9,80	0,62	plastica	3,3							1,80	0,043
10,00	0,81	consist.	4,4							1,95	0,032
										1,95	0,025

Geolindagini s.a.s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Geol. Marco Redini - Tel. Uff.: +39 050 910952 - e-mail: m.redini@comune.pisa.it

Comune di Pisa - via degli Uffizi, 1 56100 Pisa - centralino: 050 910111 - fax: 050 500242 - partita IVA 00341620508

Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico, ai sensi della L.R. n.1 del gennaio 2005, per il progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di San Michele degli Scalzi

Prova n. :

2

riferimento:

09smichel2

m	natura coesiva			natura mista			natura granulare			γ (t/m ³)	m _w (cm ³ /kg)
	c _u (Kg/cm ²)	stato di consisten	O.C.R.	c _u (Kg/cm ²)	φ (°)	Dr (%)	φ (°)	Dr (%)	stato di addens.		
10,20	0,75	consist.	3,9							1,95	0,027
10,40	0,69	plastica	3,4							1,95	0,029
10,60	0,69	plastica	3,4							1,95	0,029
10,80	0,69	plastica	3,3							1,95	0,025
11,00				0,9	27°	39				1,75	0,019
11,20	0,76	consist.	3,5							1,95	0,023
11,40	0,64	plastica	2,8							1,95	0,027
11,60	0,58	plastica	2,4							1,80	0,030
11,80	0,64	plastica	2,7							1,95	0,027
12,00	0,58	plastica	2,3							1,80	0,042
12,20	0,59	plastica	2,3							1,80	0,029
12,40	0,65	plastica	2,5							1,95	0,027
12,60	0,59	plastica	2,2							1,80	0,041
12,80	0,59	plastica	2,2							1,80	0,041
13,00	0,65	plastica	2,4							1,95	0,031
13,20	0,66	plastica	2,4							1,95	0,092
13,40	0,66	plastica	2,3							1,95	0,031
13,60	0,66	plastica	2,3							1,95	0,031
13,80	0,66	plastica	2,3							1,95	0,031
14,00	0,66	plastica	2,2							1,95	0,031
14,20	0,66	plastica	2,2							1,95	0,030
14,40	0,66	plastica	2,2							1,95	0,030
14,60	0,72	plastica	2,4							1,95	0,028
14,80	0,72	plastica	2,3							1,95	0,028
15,00	0,66	plastica	2,1							1,95	0,030
15,20	0,67	plastica	2,1							1,95	0,030
15,40	0,67	plastica	2,0							1,95	0,030
15,60	0,73	plastica	2,2							1,95	0,028
15,80	0,67	plastica	2,0							1,95	0,026
16,00	0,73	plastica	2,1							1,95	0,028
16,20	0,74	plastica	2,1							1,95	0,027
16,40	0,74	plastica	2,1							1,95	0,027
16,60	0,74	plastica	2,1							1,95	0,027
16,80	0,80	consist.	2,3							1,95	0,025
17,00	0,92	consist.	2,7							1,95	0,022
17,20	0,81	consist.	2,2							1,95	0,025
17,40	0,87	consist.	2,4							1,95	0,023
17,60	0,87	consist.	2,4							1,95	0,020
17,80	0,81	consist.	2,1							1,95	0,021
18,00	0,81	consist.	2,1							1,95	0,025
18,20	0,82	consist.	2,1							1,95	0,025
18,40	0,82	consist.	2,1							1,95	0,021
18,60	0,82	consist.	2,0							1,95	0,021
18,80	0,82	consist.	2,0							1,95	0,025
19,00	0,88	consist.	2,2							1,95	0,020
19,20	0,82	consist.	2,0							1,95	0,025
19,40	0,88	consist.	2,1							1,95	0,023
19,60	0,88	consist.	2,1							1,95	0,020
19,80	0,88	consist.	2,1							1,95	0,020
20,00	0,88	consist.	2,1							1,95	0,020

Geodagini s.p.a. - via Machiavelli n. 33 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Geol. Marco Redini - Tel. Uff.: +39 050 910952 - e-mail: m.redini@comune.pisa.it
Comune di Pisa - via degli Uffizi, 1 56100 Pisa - centralino: 050 910111 - fax: 050 500242 - partita IVA 00341620508

Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico, ai sensi della L.R. n.1 del gennaio 2005, per il progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di San Michele degli Scalzi

Prova n.:

2

riferimento:

09smichel2

m	natura coesiva			natura mista			natura granulare			γ (t/m^3)	m_v (cm^3/Kg)
	c_u (Kg/cm^2)	stato di consisten.	O.C.R.	c_u (Kg/cm^2)	ϕ ($^\circ$)	Dr (%)	ϕ ($^\circ$)	Dr (%)	stato di addens.		
20,20	0,89	consist	2,1							1,95	0,023
20,40	0,89	consist.	2,0							1,95	0,019
20,60	0,89	consist.	2,0							1,95	0,023
20,80										1,75	0,019
21,00				0,9	27°	46	27°	36	med. add.	1,80	0,022
21,20	0,90	consist.	2,0							1,95	0,019
21,40	0,96	consist.	2,1							1,95	0,018
21,60											
21,80											
22,00											
22,20											
22,40											
22,60											
22,80											
23,00											
23,20											
23,40											
23,60											
23,80											
24,00											
24,20											
24,40											
24,60											
24,80											
25,00											
25,20											
25,40											
25,60											
25,80											
26,00											
26,20											
26,40											
26,60											
26,80											
27,00											
27,20											
27,40											
27,60											
27,80											
28,00											
28,20											
28,40											
28,60											
28,80											
29,00											
29,20											
29,40											
29,60											
29,80											
30,00											

Geoidagini s.a.s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Geol. Marco Redini - Tel. Uff.: +39 050 910952 - e-mail: m.redini@comune.pisa.it
Comune di Pisa - via degli Uffizi, 1 56100 Pisa - centralino: 050 910111 - fax: 050 500242 - partita IVA 00341620508

Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico, ai sensi della L.R. n.1 del gennaio 2005, per il progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di San Michele degli Scalzi

Prova n. : 3

riferimento:

09smiche3

letture di campagna				valori derivati				
profondità (m)	punta	punta più manico	totale	Rp kg/cm ²	RL kg/cm ²	Rl kg/cm ²	Rp/RL	(RL/Rp)*100
0,20								
0,40								
0,60								
0,80								
1,00								
1,20								
1,40								
1,60								
1,80								
2,00								
2,20	10	14		10,39	0,60		17,32	5,77
2,40	9	18		9,39	0,27		34,78	2,88
2,60	19	23		19,39	0,67		28,94	3,46
2,80	12	22		12,39	0,40		30,98	3,23
3,00	9	15	42	9,39	0,60	420	15,65	6,39
3,20	9	18		9,52	0,40		23,80	4,20
3,40	13	19		13,52	0,80		16,90	5,92
3,60	12	24		12,52	0,60		20,87	4,79
3,80	15	24		15,52	0,60		25,87	3,87
4,00	8	17	53	8,52	0,53	530	16,08	6,22
4,20	9	17		9,65	0,53		18,21	5,49
4,40	8	16		8,65	0,47		18,40	5,43
4,60	7	14		7,65	0,47		16,28	6,14
4,80	10	17		10,65	0,40		26,63	3,76
5,00	12	18	64	12,65	0,67	640	18,88	5,30
5,20	12	22		12,78	0,67		19,07	5,24
5,40	10	20		10,78	0,67		16,09	6,22
5,60	10	20		10,78	0,53		20,34	4,92
5,80	11	19		11,78	0,60		19,63	5,09
6,00	10	19	81	10,78	0,40	810	26,95	3,71
6,20	14	20		14,91	0,60		24,85	4,02
6,40	34	43		34,91	1,13		30,89	3,24
6,60	34	51		34,91	1,07		32,63	3,07
6,80	18	34		18,91	0,40		47,28	2,12
7,00	9	15	83	9,91	0,53	830	18,70	5,35
7,20	8	16		9,04	0,53		17,06	5,86
7,40	7	15		8,04	0,27		29,78	3,36
7,60	14	18		15,04	0,40		37,60	2,66
7,80	5	11		6,04	0,27		22,37	4,47
8,00	5	9	99	6,04	0,40	990	15,10	6,62
8,20	6	12		7,17	0,40		17,93	5,58
8,40	9	15		10,17	0,40		25,43	3,93
8,60	6	12		7,17	0,40		17,93	5,58
8,80	6	12		7,17	0,40		17,93	5,58
9,00	6	12	105	7,17	0,53	1050	13,53	7,39
9,20	8	16		9,30	0,47		19,79	5,05
9,40	9	16		10,30	0,60		17,17	5,83
9,60	9	18		10,30	0,60		17,17	5,83
9,80	8	17		9,30	0,60		15,50	6,45
10,00	8	17	129	9,30	0,80	1290	11,63	8,60

q.ta inizio (m) : p.c.

quota falda d.p.c. (m) :

GeolIndagini s.a.s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Geol. Marco Redini - Tel. Uff.: +39 050 910952 - e-mail: m.redini@comune.pisa.it
 Comune di Pisa - via degli Uffizi, 1 56100 Pisa - centralino: 050 910111 - fax: 050 500242 - partita IVA 00341620508

Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico, ai sensi della L.R. n.1 del gennaio 2005, per il progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di San Michele degli Scalzi

Prova n.: 3

riferimento:

09smichel3

letture di campagna				valori derivati				
profondità (m)	punta	punta più manico	totale	Rp kg/cm ²	RL kg/cm ³	Rt kg/cm ²	Rp/RL	(RL/Rp)*100
10,20	10	22		11,43	1,07			
10,40	10	26		11,43	0,80		10,68	9,36
10,60	8	20		9,43	0,60		14,29	7,00
10,80	19	28		20,43	1,20		15,72	6,36
11,00	45	63	160	46,43	1,13	1600	17,03	5,87
11,20	36	53		37,56	1,53		41,09	2,43
11,40	11	34		12,56	0,80		24,55	4,07
11,60	11	23		12,56	0,80		15,70	6,37
11,80	8	20		9,56	0,60		15,93	6,28
12,00	7	16	176	8,56	0,53	1760	16,15	6,19
12,20	7	15		8,69	0,33		26,33	3,80
12,40	8	13		9,69	0,33		29,36	3,41
12,60	8	13		9,69	0,40		24,23	4,13
12,80	7	13		8,69	0,47		18,49	5,41
13,00	7	14	180	8,69	0,67	1800	12,97	7,71
13,20	9	19		10,82	0,93		11,63	8,60
13,40	8	22		9,82	0,53		18,53	5,40
13,60	9	17		10,82	0,47		23,02	4,34
13,80	10	17		11,82	0,33		35,82	2,79
14,00	10	15	201	11,82	0,60	2010	19,70	5,08
14,20	9	18		10,95	0,53		20,66	4,84
14,40	6	14		7,95	0,80		9,94	10,06
14,60	9	21		10,95	0,60		18,25	5,48
14,80	9	18		10,95	0,67		16,34	6,12
15,00	9	19	208	10,95	0,60	2080	18,25	5,48
15,20	9	18		11,08	0,60		18,47	5,42
15,40	8	17		10,08	0,67		15,04	6,65
15,60	9	19		11,08	0,53		20,91	4,78
15,80	9	17		11,08	0,80		13,85	7,22
16,00	9	21	222	11,08	0,73	2220	15,18	6,59
16,20	11	22		13,21	0,60		22,02	4,54
16,40	12	21		14,21	0,67		21,21	4,71
16,60	8	18		10,21	0,67		15,24	6,56
16,80	11	21		13,21	0,60		22,02	4,54
17,00	9	18	250	11,21		2500		
17,20								
17,40								
17,60								
17,80								
18,00								
18,20								
18,40								
18,60								
18,80								
19,00								
19,20								
19,40								
19,60								
19,80								
20,00								

q.ta inizio (m) : p.c.

quota falda d.p.c. (m) :

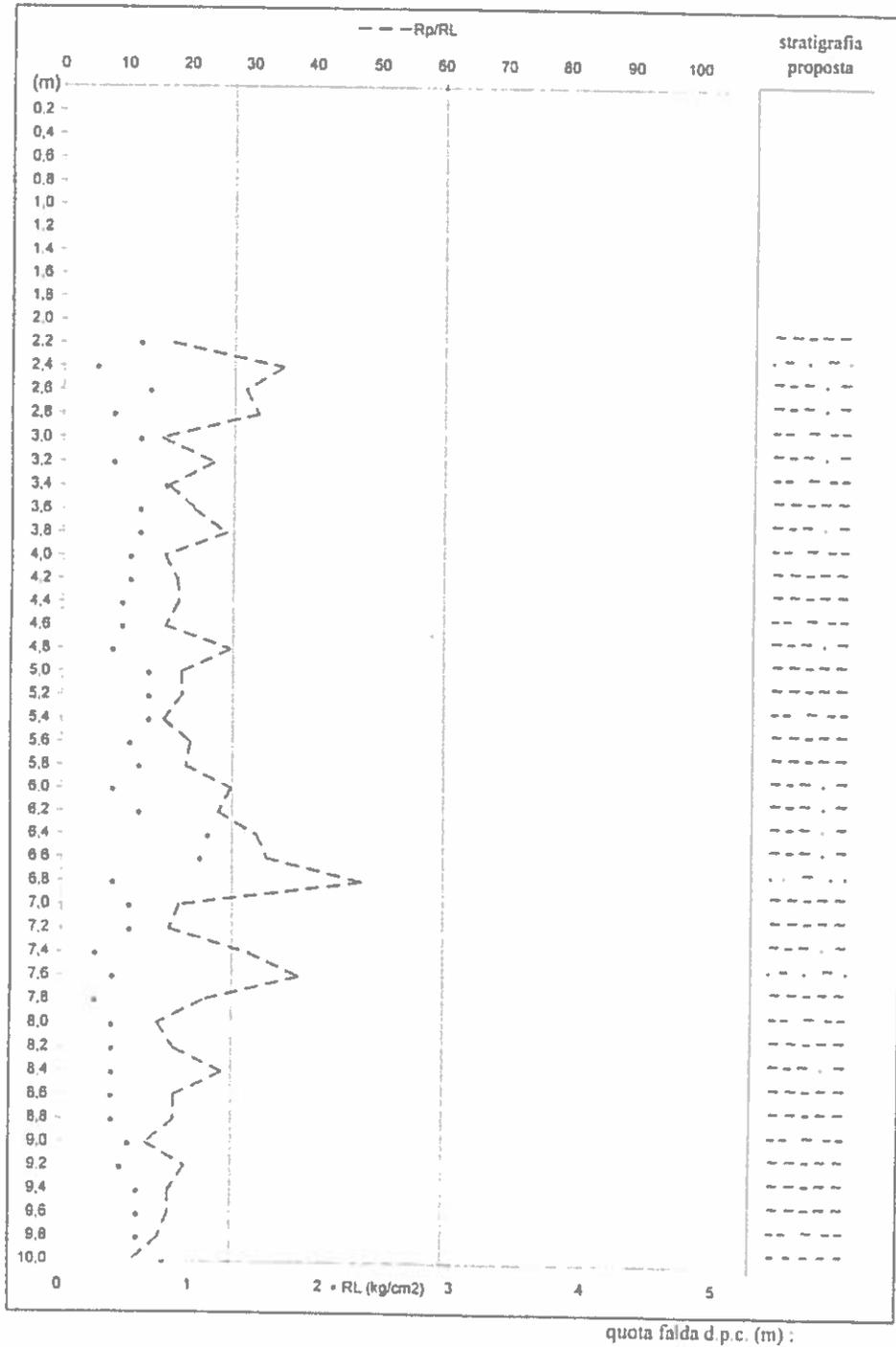
Geotecnici s.a.s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44482

Geol. Marco Redini - Tel. Uff.: +39 050 910952 - e-mail: m.redini@comune.pisa.it
Comune di Pisa - via degli Uffizi, 1 56100 Pisa - centralino: 050 910111 - fax: 050 500242 - partita IVA 00341620508

Prova n. : 3

riferimento:

09smichel3



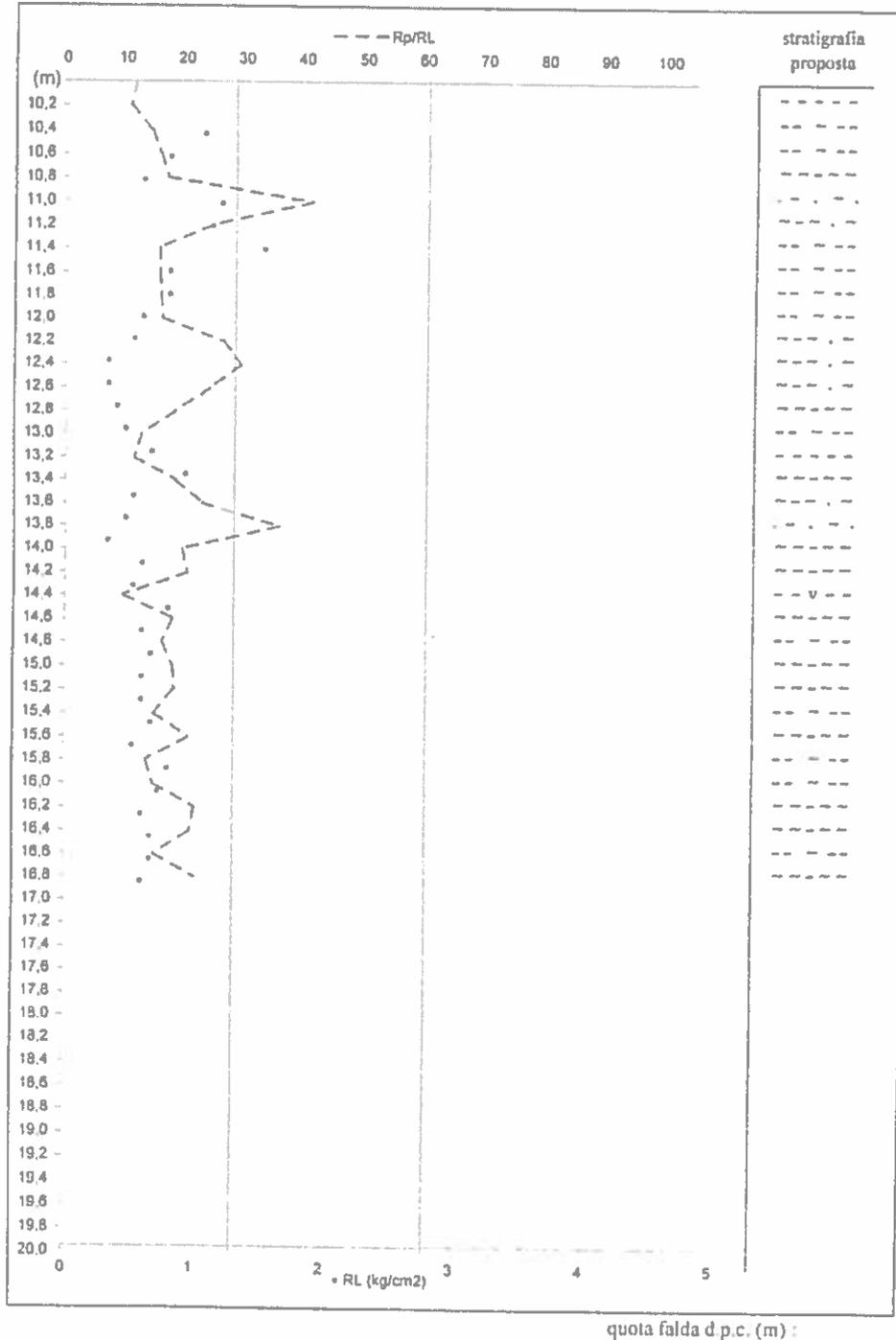
Geotecnici s.r.l. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico, ai sensi della L.R. n.1 del gennaio 2005, per il progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di San Michele degli Scalzi

Prova n. : 3

riferimento:

09smiche13



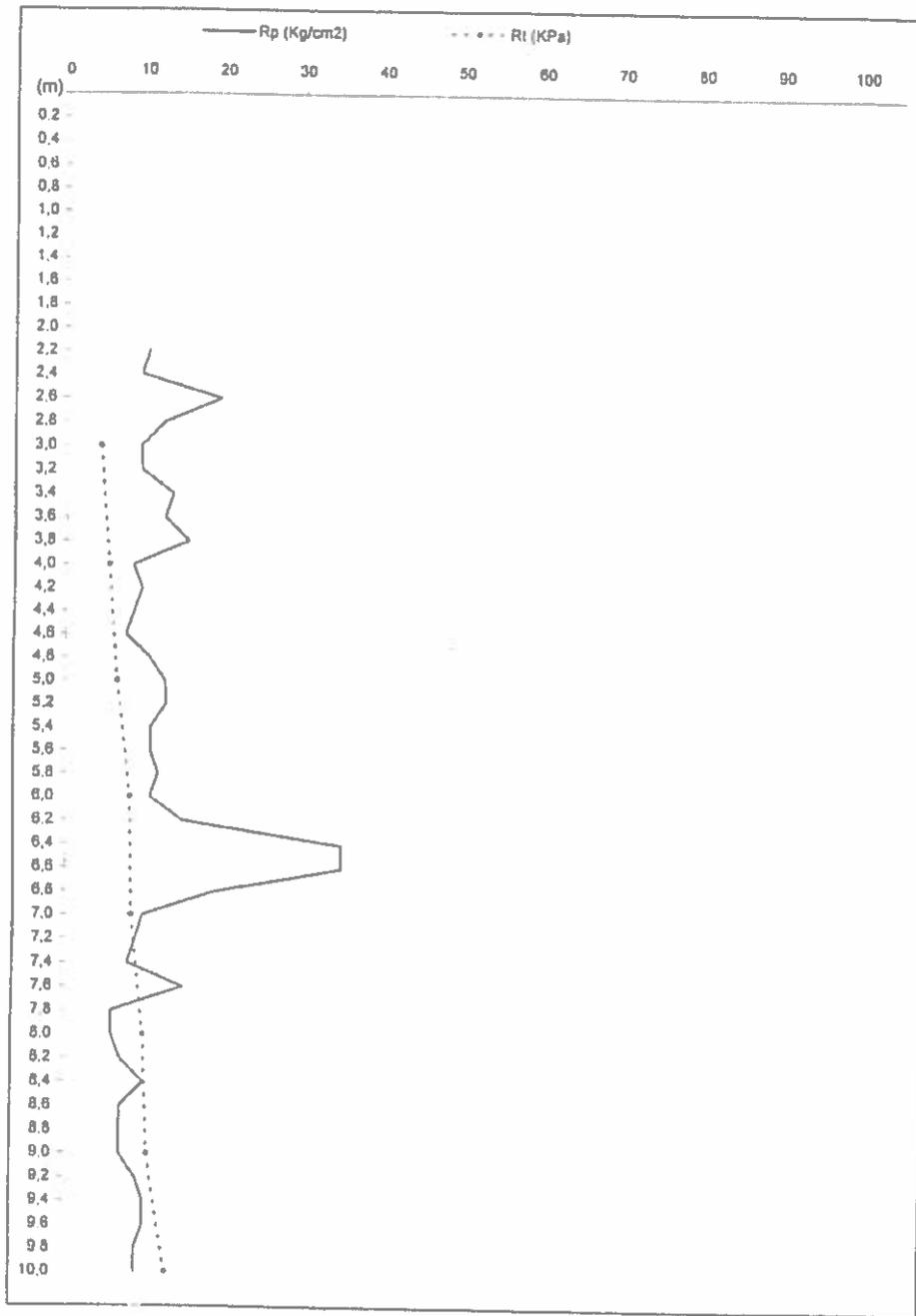
Geotecnici s.a.s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

GeoL. Marco Redini - Tel. Uff.: +39 050 910952 - e-mail: m.redini@comune.pisa.it
 Comune di Pisa - via degli Uffizi, 1 56100 Pisa - centralino: 050 910111 - fax: 050 500242 - partita IVA 00341620508

Prova n. : 3

riferimento:

09smicheL



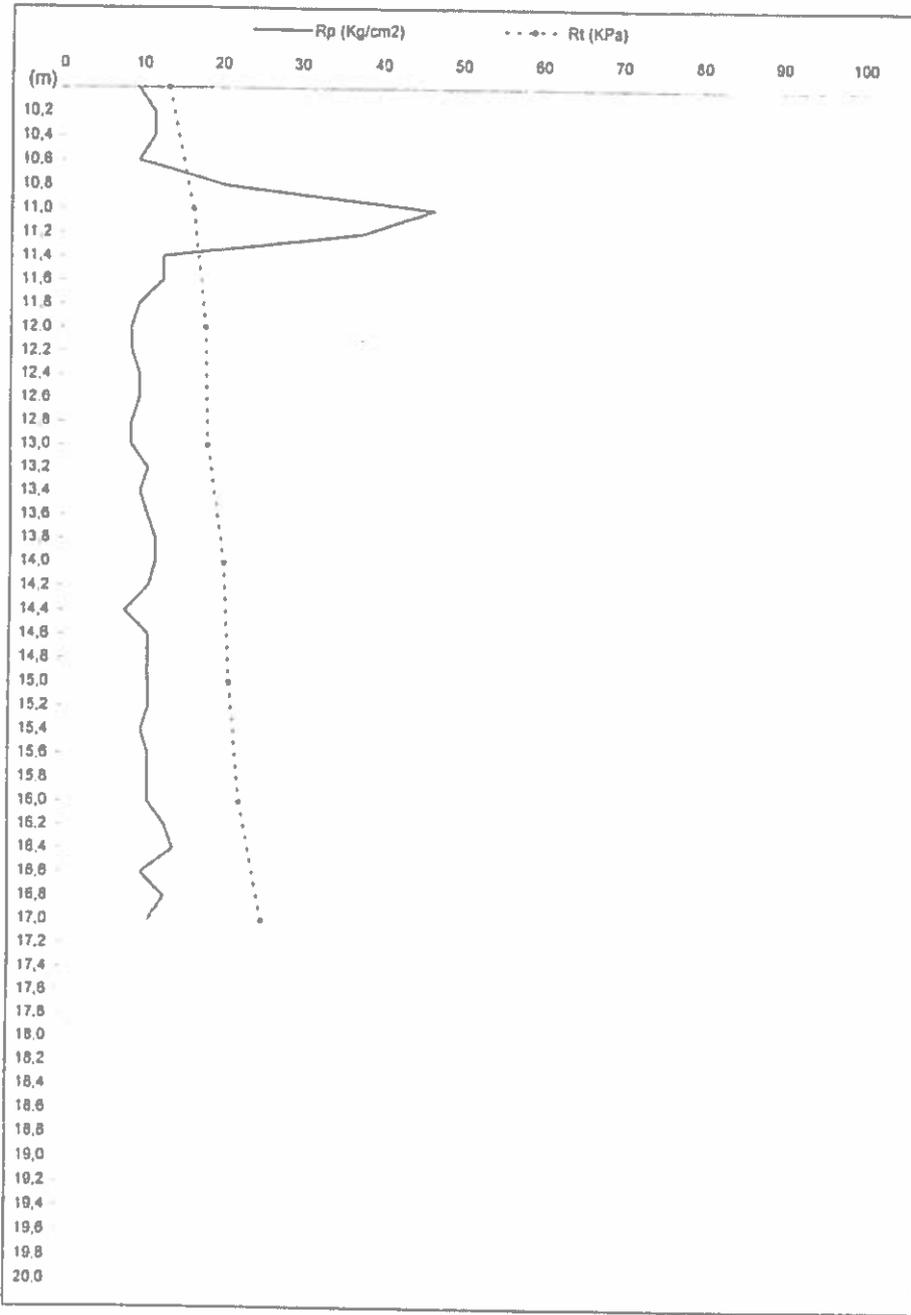
quota falda d.p.c. (m) :

Geoindagini s a s - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Prova n. : 3

riferimento:

09smiche13



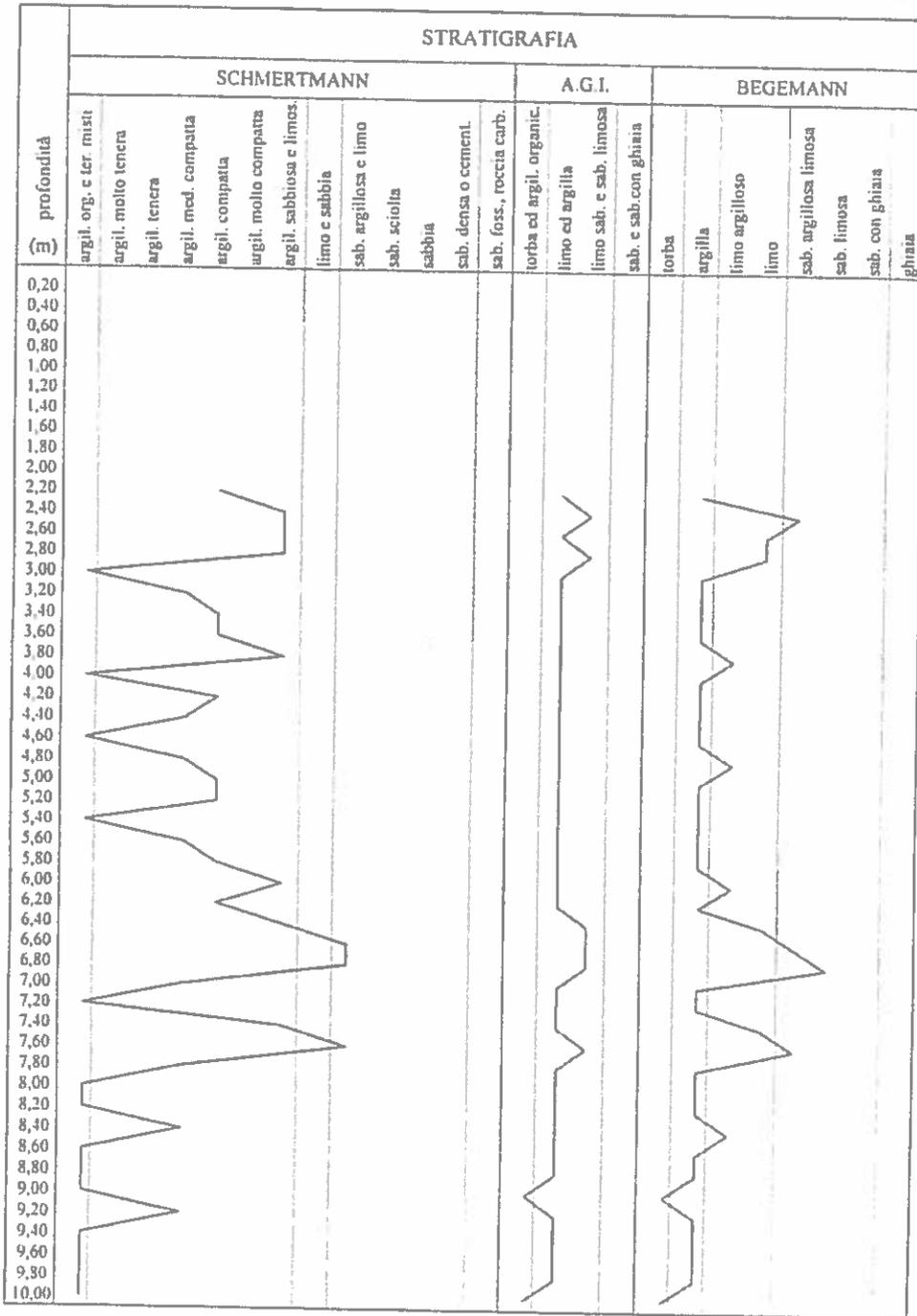
quota falda d.p.c. (m) :

Geoindagini s.a.s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Prova n. : 3

riferimento:

09smichelJ

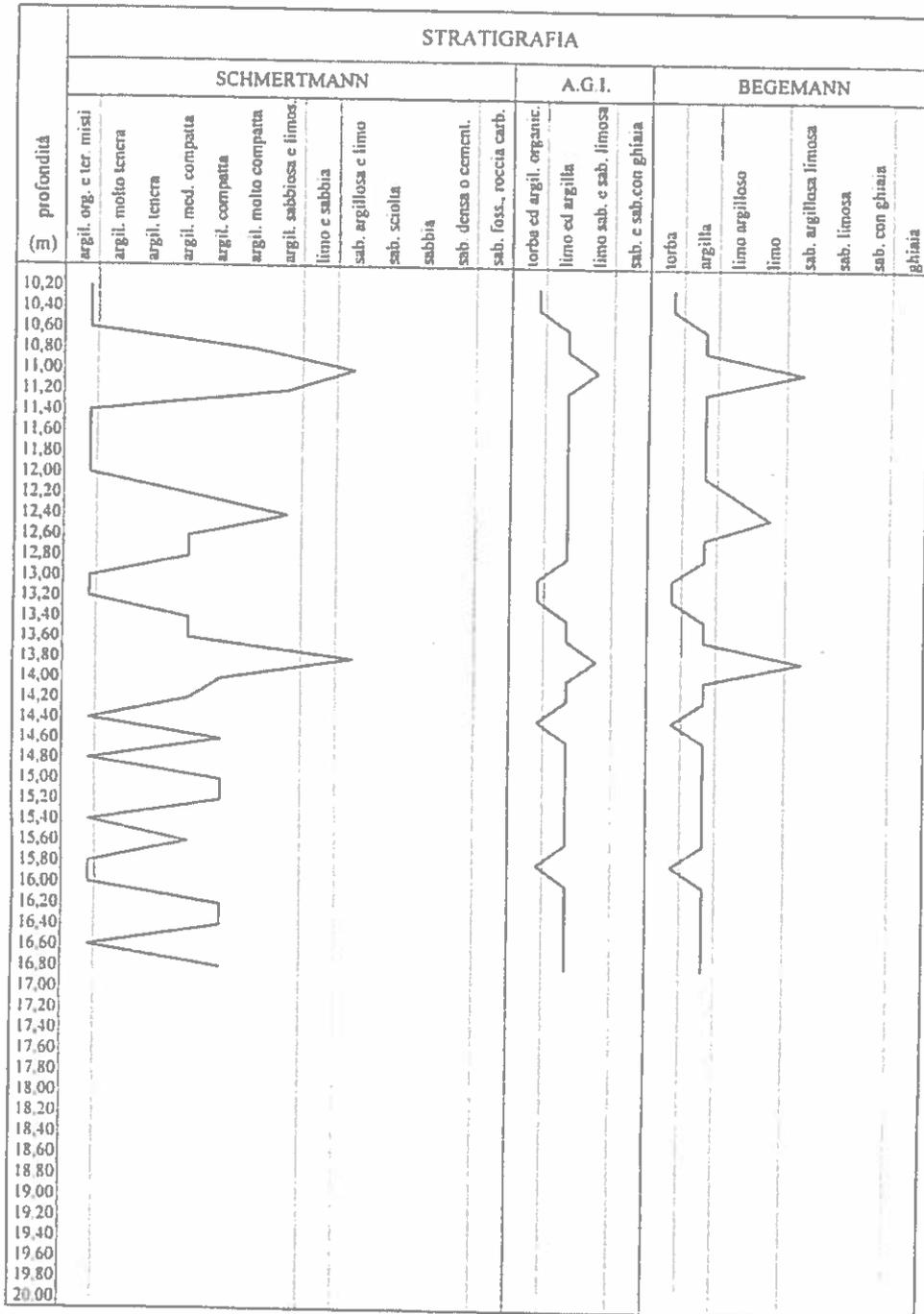


Geindagini s a s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Prova n. : 3

riferimento:

09smichel3



Geolindagini s a s - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico, ai sensi della L.R. n.1 del gennaio 2005, per il progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di San Michele degli Scalzi

Prova n.: 3

riferimento: 09smichel3

m	natura coesiva			natura mista			natura granulare			γ (t/m ³)	m _s (cm ³ /Kg)
	c _v (Kg/cm ³)	stato di consisten	O.C.R.	c _v (Kg/cm ³)	φ (°)	Dr (%)	φ (°)	Dr (%)	stato di addens		
0,20											
0,40											
0,60											
0,80											
1,00											
1,20											
1,40											
1,60											
1,80											
2,00											
2,20	0,63	plastica	0,5							1,95	0,027
2,40							28°	23	sciolta	1,75	0,030
2,60							27°	41	med. add	1,75	0,015
2,80							27°	31	sciolta	1,75	0,023
3,00	0,57	plastica	0,5							1,80	0,043
3,20				0,58	26°	31				1,75	0,030
3,40	0,82	consist.	0,8							1,95	0,025
3,60	0,76	consist.	0,8							1,95	0,023
3,80				0,94	27°	39				1,75	0,018
4,00	0,52	plastica	0,6							1,80	0,047
4,20	0,58	plastica	0,2							1,80	0,030
4,40	0,52	plastica	0,3							1,80	0,033
4,60	0,46	plastica	2,9							1,80	0,052
4,80				0,65	26°	31				1,75	0,027
5,00	0,77	consist.	9,9							1,95	0,023
5,20	0,77	consist.	9,5							1,95	0,022
5,40	0,65	plastica	7,3							1,95	0,031
5,60	0,65	plastica	7,0							1,95	0,027
5,80	0,71	plastica	7,5							1,95	0,024
6,00				0,65	27°	31				1,75	0,027
6,20				0,90	26°	39				1,75	0,019
6,40							29°	51	med add	1,80	0,014
6,60							29°	50	med add	1,80	0,014
6,80							30°	31	sciolta	1,75	0,026
7,00	0,60	plastica	4,8							1,80	0,029
7,20	0,55	plastica	4,1							1,80	0,032
7,40							27°	23	sciolta	1,75	0,036
7,60							29°	31	sciolta	1,75	0,019
7,80	0,37	molle	2,2							1,80	0,047
8,00	0,37	molle	2,2							1,80	0,066
8,20	0,43	plastica	2,6							1,80	0,040
8,40				0,62	26°	31				1,75	0,028
8,60	0,43	plastica	2,4							1,80	0,040
8,80	0,43	plastica	2,4							1,80	0,040
9,00	0,43	plastica	2,3							1,80	0,056
9,20	0,56	plastica	3,1							1,80	0,031
9,40	0,62	plastica	3,4							1,95	0,028
9,60	0,62	plastica	3,3							1,95	0,028
9,80	0,56	plastica	2,9							1,80	0,043
10,00	0,56	plastica	2,8							1,80	0,043

Geotecnica s.a.s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Geol. Marco Redini - Tel. Off.: +39 050 910952 - e-mail: m.redini@comune.pisa.it

Comune di Pisa - via degli Uffizi, 1 56100 Pisa - centralino: 050 910111 - fax: 050 500242 - partita IVA 00341620508

Relazione di fattibilità geologico-tecnica di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico, ai sensi della L.R. n.1 del gennaio 2005, per il progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di San Michele degli Scalzi

Prova n. : 3

riferimento: 09smichel3

m	natura coesiva			natura mista			natura granulare			γ (tn/m^3)	m_v (cm^3/kg)
	c_u (Kg/cm^2)	stato di consisten.	O.C.R.	c_u (Kg/cm^2)	ϕ ($^\circ$)	Dr (%)	ϕ ($^\circ$)	Dr (%)	stato di addens.		
10,20	0,69	plastica	3,5							1,95	0,029
10,40	0,69	plastica	3,4							1,95	0,029
10,60	0,57	plastica	2,6							1,80	0,042
10,80	1,24	consist.	6,8							2,00	0,024
11,00											
11,20				1,5	27°	57	30°	51	med add.	1,85	0,011
11,40	0,76	consist.	3,5							1,80	0,013
11,60	0,76	consist.	3,4							1,95	0,027
11,80	0,58	plastica	2,3							1,95	0,027
12,00	0,52	plastica	2,0							1,80	0,042
12,20										1,80	0,047
12,40				0,5	26°	27				1,75	0,033
12,60							27°	27	sciolta	1,75	0,029
12,80	0,53	plastica	1,9	0,6	26°	31				1,75	0,029
13,00	0,53	plastica	1,8							1,80	0,033
13,20	0,66	plastica	2,4							1,80	0,046
13,40	0,60	plastica	2,1							1,95	0,031
13,60										1,80	0,029
13,80				0,7	26°	34				1,75	0,026
14,00	0,72	plastica	2,5				28°	27	sciolta	1,75	0,024
14,20	0,66	plastica	2,2							1,95	0,024
14,40	0,48	plastica	1,5							1,95	0,026
14,60	0,66	plastica	2,1							1,80	0,126
14,80	0,66	plastica	2,1							1,95	0,026
15,00	0,66	plastica	2,1							1,95	0,030
15,20	0,67	plastica	2,1							1,95	0,026
15,40	0,61	plastica	1,8							1,95	0,026
15,60	0,67	plastica	2,0							1,95	0,033
15,80	0,67	plastica	2,0							1,95	0,026
16,00	0,67	plastica	1,9							1,95	0,030
16,20	0,80	consist.	2,4							1,95	0,030
16,40	0,86	consist.	2,5							1,95	0,022
16,60	0,62	plastica	1,7							1,95	0,020
16,80	0,80	consist.	2,3							1,95	0,033
17,00										1,95	0,022
17,20											
17,40											
17,60											
17,80											
18,00											
18,20											
18,40											
18,60											
18,80											
19,00											
19,20											
19,40											
19,60											
19,80											
20,00											

Geotecnica s.a.s. - via Machiavelli n. 38 Viareggio - tel/fax 0584-44462

Comune di Pisa

INDAGINI SISMICHE PER LA DETERMINAZIONE DEL
PARAMETRO V_{s30} DI TERRENI UBICATI IN ADIACENZA
AL COMPLESSO DI S. MICHELE DEGLI SCALZI

Committente

Comune di Pisa – Direzione Edilizia Pubblica e Progetti Speciali

Lucca, 9 Maggio 2006

Dott. Geol. **Alessandro Bianchi**



Sommario

- | | |
|--|----------|
| 1) Premessa | 3 |
| 2) Risultati dell'indagine MASW | 4 |

Allegato 1: Tavole

Allegato 2: Fotografie

1) Premessa

Dietro incarico della Direzione Edilizia Pubblica e Progetti Speciali del Comune di Pisa è stata eseguita una indagine sismica per la caratterizzazione dei terreni interessati dal “Progetto di valorizzazione del polo culturale del complesso di S. Michele Degli Scalzi ad uso espositivo e per spettacoli all’aperto”.

In particolare lo scopo dell’indagine è stato quello di fornire il parametro Vs30 ai sensi dell’OPCM 3274 del 20 marzo 2003. La caratterizzazione in oggetto è stata eseguita facendo ricorso alla tecnica denominata M.A.S.W. (Multi-channel analysis of surface waves), basata sullo studio della propagazione delle onde sismiche di superficie (Onde di Rayleigh).

Oggetto della presente relazione sono i risultati a cui si è pervenuti.

2) Risultati dell'indagine MASW

Ai sensi della nuova normativa antisismica nazionale (DPCM 3274/03) si è proceduto a determinare il parametro V_{s30} , che esprime la velocità media delle onde elastiche di taglio (onde S appunto) nei primi 30 metri di profondità al disotto del piano di fondazione. In particolare, per V_{s30} , si intende la media pesata della velocità delle onde S determinata come di seguito:

$$V_{s30} = 30 \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Una volta noto il valore della V_{s30} è possibile collocare il terreno interessato dall'intervento all'interno di una delle categorie di suolo previste dalla legge in oggetto e riportate di seguito.

Suolo di fondazione	V_{s30}	$N_{spt} - C_u$
A Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.	> 800 m/s	
B Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$, o coesione non drenata $C_u > 250$ kPa).	> 360 m/s < 800 m/s	$N_{spt} > 50$ $C_u > 250$ kPa
C Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi 180 m/s e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < C_u < 250$ kPa).	> 180 m/s < 360 m/s	$15 < N_{spt} < 50$ $70 < C_u < 250$ kPa
D Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt} < 15$, $C_u < 70$ kPa).	< 180 m/s	$N_{spt} < 15$ $C_u < 70$ kPa
E Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.	< 360 m/s	
S₁ Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($I_p > 40$) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s	< 100 m/s	
S₂ Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.		

Ai fini della caratterizzazione in oggetto la velocità di propagazione delle onde sismiche può essere ottenuta per via indiretta, ovvero ricavandola da indagini geognostiche (ad esempio dal parametro N_{spt} ricavato da una prova penetrometrica standard) o per via diretta, impiegando indagini di tipo sismico (down-hole, sismica a rifrazione, MASW, cono sismico).

Ritenendo questi ultimi metodi senz'altro più validi e corretti e considerata la possibilità di inversioni nel profilo di velocità si è ritenuto indicato ricorrere al metodo MASW (Multi-channel analysis of surface waves). Si tratta di una tecnica di indagine piuttosto recente che sfrutta le onde di superficie di Rayleigh. Il MASW è una tecnica "multi-station" che rappresenta una evoluzione del metodo SASW e rispetto a quest'ultimo consente una determinazione senz'altro più affidabile delle proprietà del terreno. Il metodo mira ad una caratterizzazione sismica del sottosuolo basandosi sull'analisi della dispersione geometrica delle onde di superficie. Il risultato finale del processo di elaborazione è il profilo verticale delle velocità delle onde S. Secondo le indicazioni contenute nelle Istruzioni Tecniche (Volume 1) fornite dalla Regione Toscana nell'ambito del Programma V.E.L. (Valutazione effetti locali) in riferimento alle prove di caratterizzazione basate sulla propagazione di onde sismiche di superficie, "la prova si applica quando la profondità delle coperture da esplorare è compresa tra i 10 ed i 50 m presentando una maggiore attendibilità per profondità indagate inferiori ai 20 m".

I vantaggi della tecnica MASW possono essere così riassunti:

- particolarmente indicata per terreni attenuanti ed ambienti rumorosi;
- è in grado di evidenziare inversioni di velocità nel profilo di velocità;
- buona risoluzione;

Tali caratteristiche ne hanno reso particolarmente indicato l'uso nel sito in oggetto, caratterizzato dalla presenza di terreni alluvionali in cui le inversioni di velocità sono possibili e situato in un'area urbanizzata e quindi tipicamente rumorosa.

Schematicamente il processo di analisi è il seguente:

- 1) Creazione dello spettro FK;
- 2) Ricerca del miglior fitting fra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica;
- 3) Profilo di velocità delle onde S;

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche è un SUMMIT™ Compact, uno strumento della DMT (Germania), a 24 canali e dinamica del convertitore analogico digitale a 24 Bit (Tecnologia Delta Sigma).

L'acquisizione del segnale è stata eseguita su uno stendimento di 24 geofoni aventi frequenza di 4 Hz equidistanziati di 3 metri. L'energizzazione è avvenuta utilizzando una mazza del peso di 8 Kg incidente su un piastra metallica. L'energia prodotta ed il contenuto in frequenza dell'energizzazione sono risultati adeguati per le finalità dello studio ed il sismogramma ottenuto è risultato di buona qualità.

In Tav.1 si riporta l'ubicazione dello stendimento, in Tav.2 è mostrato il sismogramma ed in Tav.3 sono presentati i risultati ottenuti mediante l'analisi dei segnali acquisiti.

Il profilo della variazione della velocità delle Onde S con la profondità riportato è un profilo semplificato a 4 strati. L'inversione di velocità osservabile in tale grafico in prossimità della superficie è probabilmente riconducibile alla presenza di riporto addensato.

A conclusione di quanto fin qui scritto, si evidenzia come le analisi eseguite conducano a valori di V_{s30} pari a circa 177 m/s ovvero inferiori a 180 m/s che corrispondono ad un suolo di fondazione classificato come di seguito indicato:

CATEGORIA D

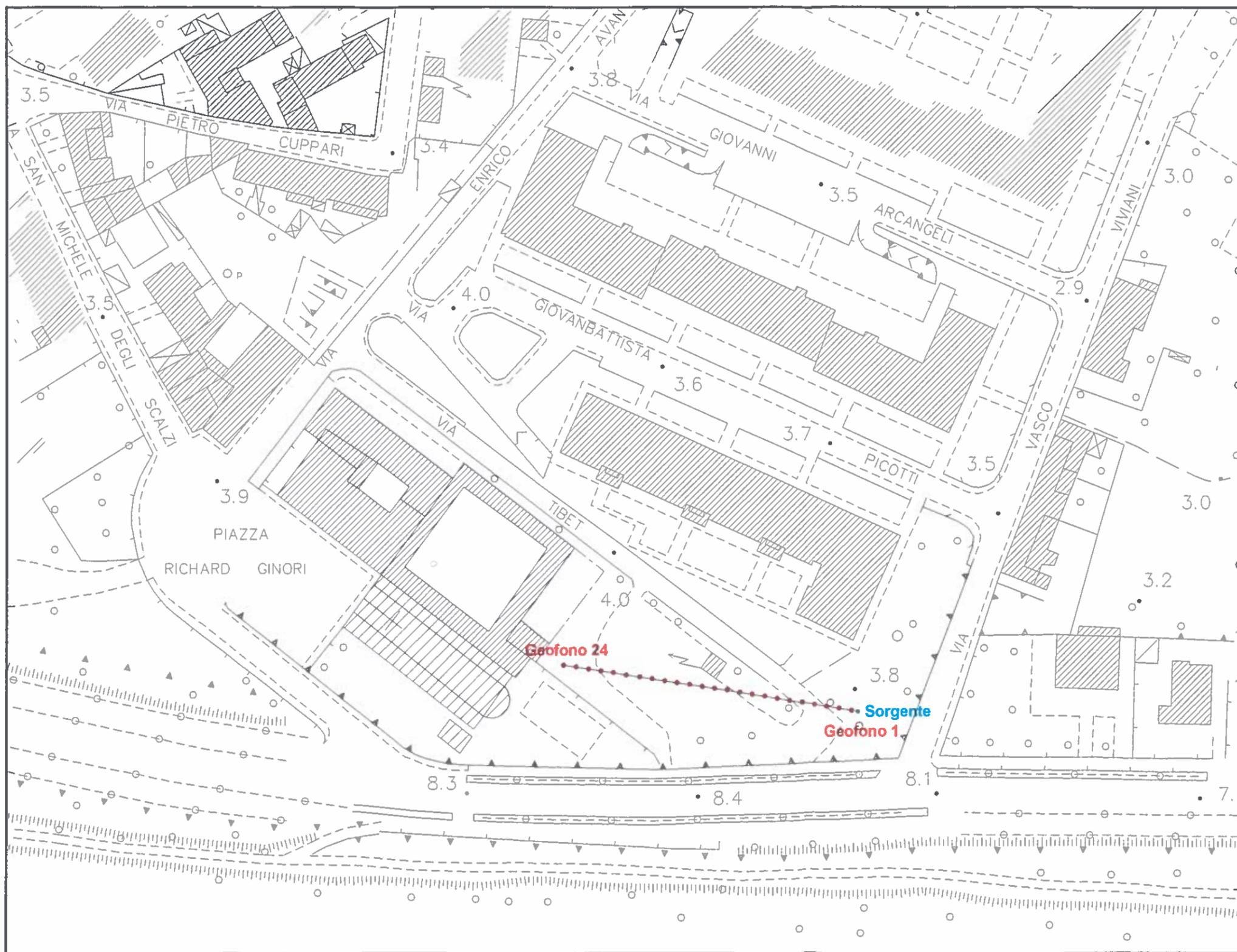
Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/sec ($N_{spt} < 15$, $C_u < 70$ Kpa)

Lucca, 9 maggio 2006

Dot. Geol. Alessandro Bianchi



ALLEGATO 1 - Tavole



Legenda

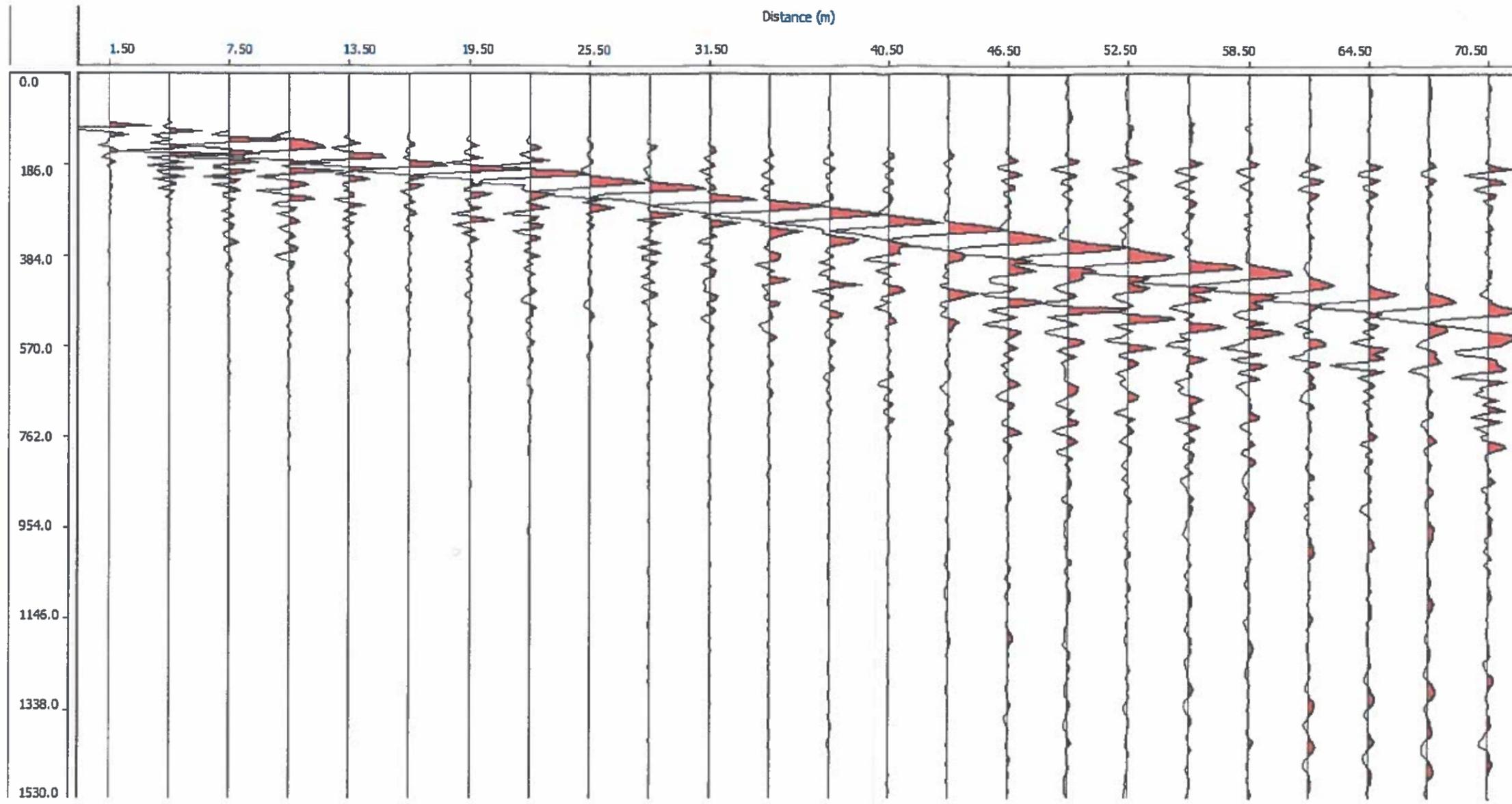
- Geofono
- Sorgente

Geo Log

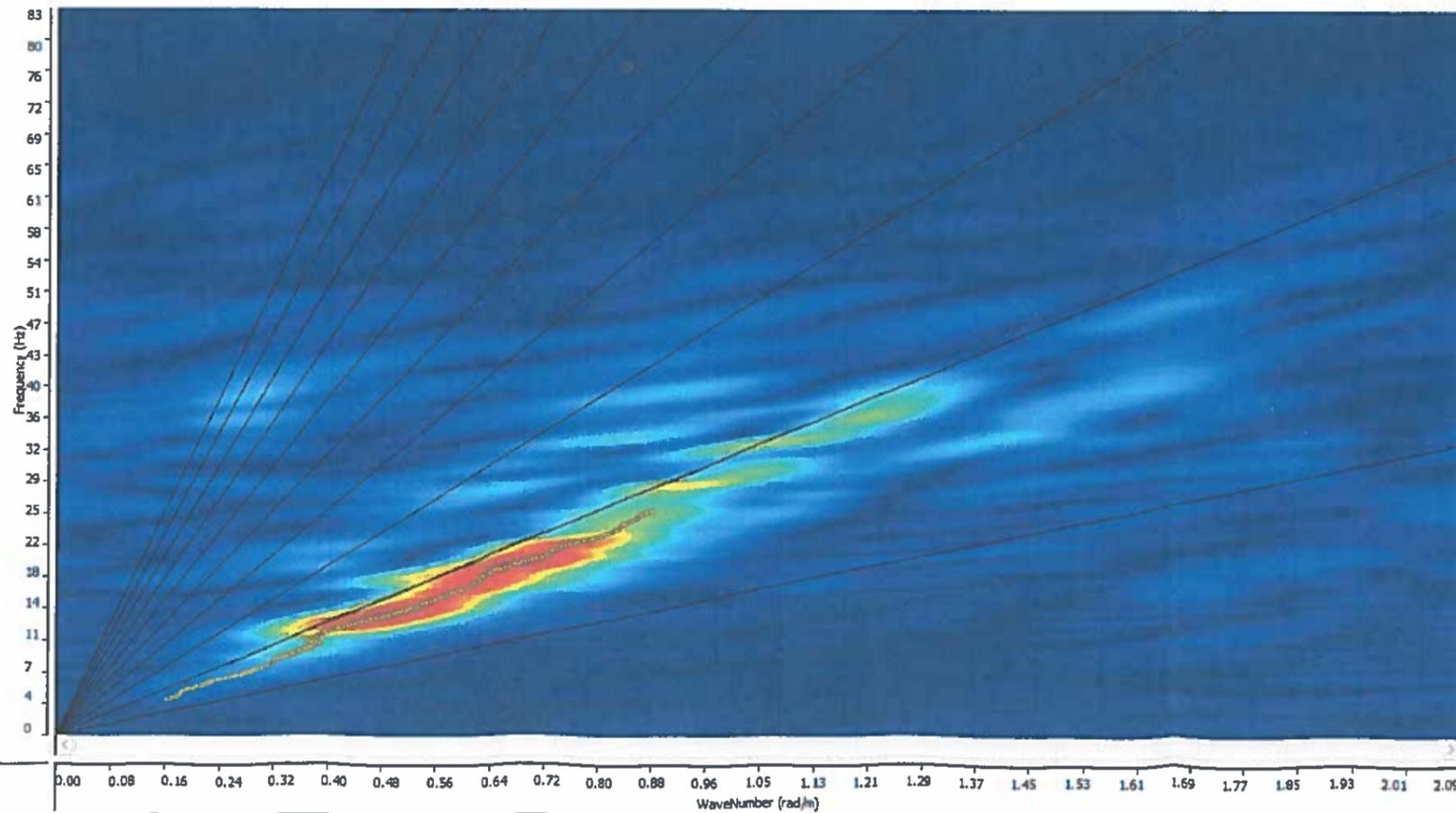
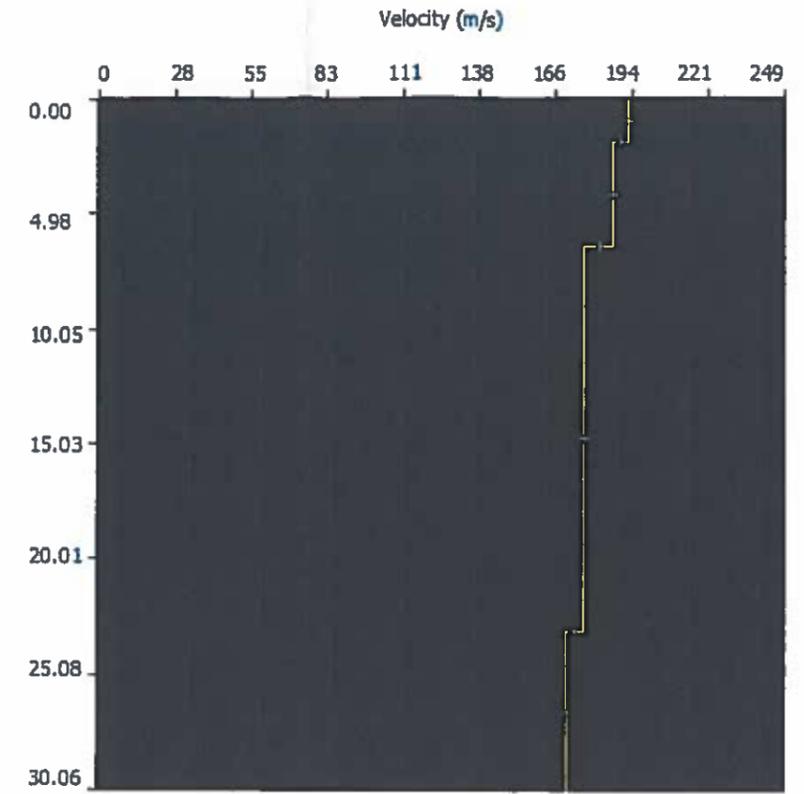
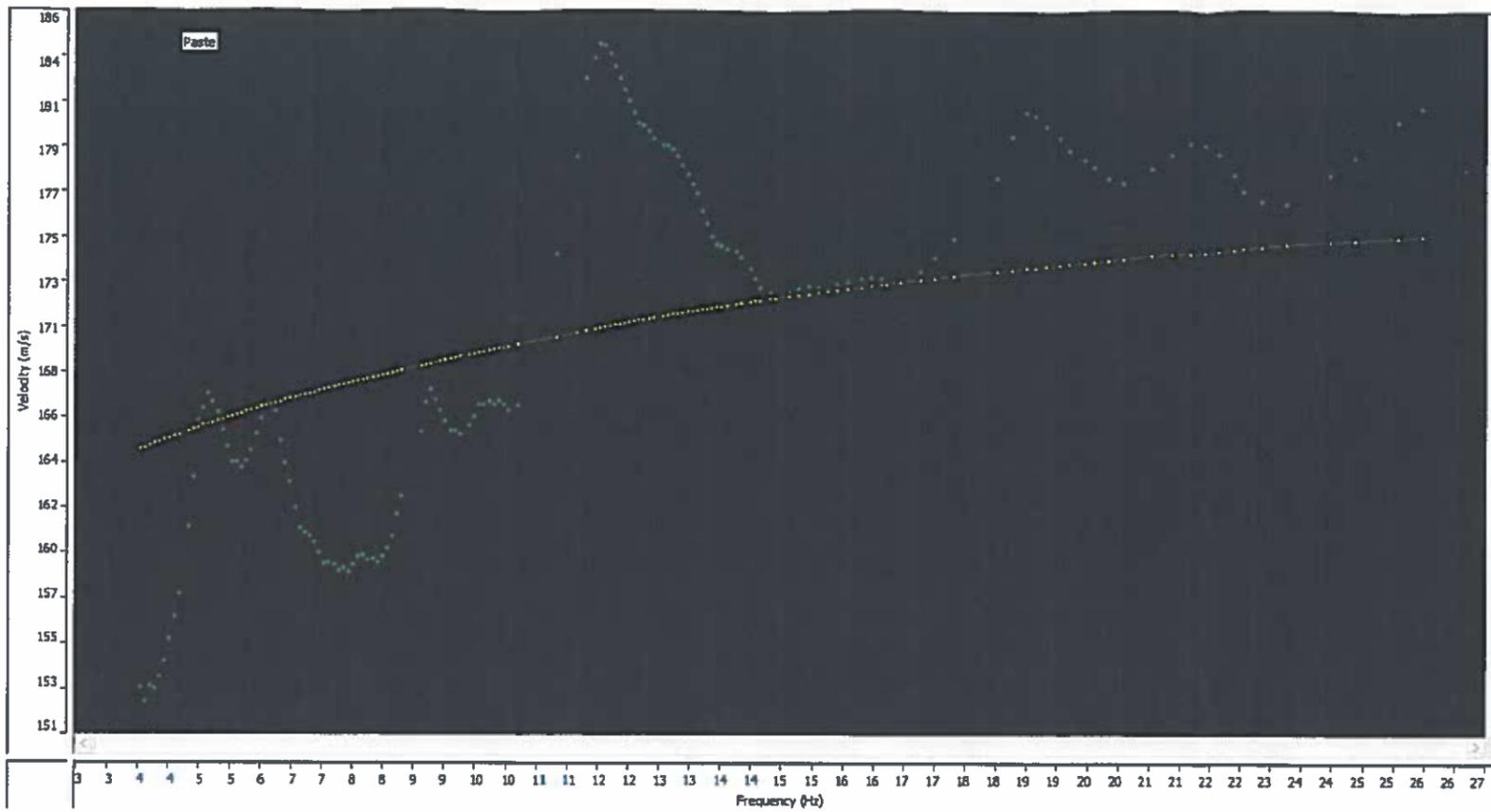
Dott. ri Geol. A. Bianchi - P. Ciuffi - S. Sartini

Oggetto: Corografia dell'area di indagine con ubicazione del profilo sismico

Comune: Pisa	Data: 09 Maggio 2006	TAV. 1
Formato: A3	Committente: Comune di Pisa	
Scala 1:1000	Nome Sito: San Michele degli Scalzi	



Geo Log	Dott. ri Geol. A. Bianchi - P. Ciuffi - S. Sartini	
	Oggetto: sismogramma	
Comune: Pisa	Data: 09 Maggio 2006	TAV. n° 2
Formato: A3	Committente: Comune di Pisa	
Scala	Nome Sito: San Michele degli Scalsi	



	Thickness	Depth	Vs
Layer 1	1,86	0	192
Layer 2	4,51	1,86	187
Layer 3	16,81	6,38	176
Layer 4		23,19	170
			Vs30 = 177 m/sec

Geo Log	Dott. ri Geol. A. Bianchi - P. Ciuffi - S. Sartini	
	Oggetto: spettro, curve di dispersione, grafico Vs-profondità	
Comune: Pisa	Data: 09 Maggio 2006	TAV. n° 3
Formato: A3	Committente: Comune di Pisa	
Scala	Nome Sito: San Michele degli Scalsi	

ALLEGATO 2 - Fotografico



Geo Log	Dott. ri Geol. A. Bianchi - P. Ciuffi - S. Sartini
	Oggetto: Allegato fotografico
Comune: Pisa	Data: 09 Maggio 2008
Formato: A3	Committente: Comune di Pisa
Non in scala	Nome Sito: San Michele degli Scalsi