

ELABORATO **ADOTTATO**
CON DELIBERAZIONE
 Giunta Comunale
 Consiglio Comunale
n° 114 ..del.. 27 MAR. 2001

ALLEGATO

18

COMUNE DI PISA



RELAZIONE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA
INDAGINI GEOLOGICO -TECNICHE RELATIVE ALLA PREVISIONE
DEL PIANO ATTUATIVO "PORTA A MARE"
(SCHEDA NORMA N. 23.2 PARCO DI PORTA A MARE)
(L.R. 17 Aprile 1984, n.21)


Lorenza Bianchi
Dr. Geol. Lorenza Bianchi


Marcello Ghigliotti
Dr. Geol. Marcello Ghigliotti

INDICE GENERALE

1. Caratteristiche dell'intervento	pag. 1
2. Assetto geologico e geomorfologico	pag. 12
3. Caratterizzazione geotecnica dei terreni	pag. 13
3.1. Prove geotecniche in situ	pag. 14
3.2. Sezioni del substrato.....	pag. 17
3.3. Calcolo della capacità portante e dei cedimenti	pag. 19
4. Assetto idrogeologico dell'area	pag. 21
4.1. Le caratteristiche dell'acquifero freatico.....	pag. 21
4.2. Cenni sugli acquiferi confinati profondi	pag. 22
4.3. Interpretazione idrogeologica dell'area	pag. 23
5. Inquadramento sui sistemi idraulici	pag. 24
6. Considerazioni conclusive	pag. 26

INDICE DELLE FIGURE E TAVOLE

Figura 1	Corografia	scala 1:25.000
Tavola 1	Carta geologica e geomorfologica	scala 1:5.000
Tavola 2	Carta della pericolosità geologica	Scala 1:10.000
Tavola 3	Ubicazione delle prove geognostiche e tracce delle sezioni	scala 1:10.000
Tavola 4 a	Sezione geomeccanica A-A' (N-S)	scala orizz. 1:2500 vert. 1:100
Tavola 4 b	Sezione geomeccanica B-B' (NNW-SSE)	scala orizz. 1:2500 vert. 1:100

1 – Caratteristiche dell'intervento

La Relazione di Fattibilità geologica illustra i risultati delle indagini geologiche svolte a supporto della previsione di Piano Attuativo "Parco di Porta a Mare".

L'intervento, la cui ubicazione e' desumibile dalla Fig 1. (Corografia, scala 1:25.000) ricomprende le previsioni contenute nella scheda norma 23.2 Parco di Porta a Mare e come

Di seguito si riporta un estratto delle prescrizioni contenute nella scheda norma citata.

SCHEDA NORMA 23.2 PARCO DI PORTA A MARE

L'area oggetto della previsione a parco urbano del R.U. è un ampio territorio posto a sud del fiume Arno ed ad ovest del canale dei Navicelli delle dimensioni complessive di ha 96 circa. Tale territorio si distingue in due zone distinte: una destinata dal Piano Strutturale propriamente a Parco, l'altra a fascia boscata.

La prima zona, di ha 64 circa, rimane racchiusa tra l'abitato di via Livornese, il canale stesso dei Navicelli ed il tratto terminale della superstrada realizzata all'inizio degli anni novanta. Tale viabilità ha separato, interrompendone la continuità, l'area in oggetto, dal territorio agricolo che si espande verso sud tra la Vettola e il vecchio percorso del canale dei Navicelli.

La configurazione attuale dell'area, nei suoi caratteri essenziali, si è formata nel periodo altomedioevale a seguito dell'intervento di raddrizzamento del fiume Arno. Segni dell'antico percorso, l'alveo del fiume, si possono ancora leggere sulla base dell'orditura dei campi e del suo margine chiaramente indicato dal fosso della Mezzanina (Tav. 1).

I principali connotati di questa area sono di tipo prevalentemente agricolo e non presentano aspetti naturali e paesaggistici di particolare pregio da salvaguardare.

L'unico elemento di un qualche interesse è la zona paludosa (piccoli laghetti) che si è formata a seguito di una depressione nata con le cave per l'escavazione dell'argilla.

Questi laghetti sono divenuti nel tempo un luogo frequentato dagli appassionati della pesca sportiva.

I segni principali presenti in questa parte del territorio sono alcuni percorsi poderali che seguono l'andamento originario dei campi e in particolare il tracciato della ex tramvia che taglia in senso longitudinale, da est ad ovest, tutta l'area.

Nella zona intorno alla vecchia stazioncina del "trammino" e lungo la via Livornese, troviamo una serie di manufatti, prevalentemente di tipo residenziale, tra questi si distinguono e sono da tutelare alcuni edifici rurali e la stessa vecchia stazioncina del trammino antecedenti al 1940 (vincolo di salvaguardia del P.S.).

La presenza dell'edificato lungo la via Livornese, trasversale all'andamento del territorio del parco, che segnava l'antico percorso del fiume, ne interrompe la continuità e fa da barriera.

La seconda zona è invece una fascia di territorio che si estende per circa 32 ettari verso sud tra il canale dei Navicelli e il vecchio fosso dei Navicelli, lambendo tutta la zona agricola della Vettola fino al confine con il Parco Naturale.

Questa area è totalmente priva di insediamenti e di manufatti; nella sua parte centrale, in prossimità del canale, conseguentemente agli interventi di manutenzione del canale stesso, si sono formati dei laghetti artificiali dove è sorta una vegetazione spontanea, "cannelle d'acqua" ... , tipica delle zone palustri (Tav 1).

Favorito dalla buona qualità dei terreni, il territorio interessato dalla previsione del parco è sempre stato destinato all'attività agricola. Pertanto i caratteri identificativi del Parco Urbano di P.ta a Mare saranno principalmente quelli di una zona a prevalenza agricola integrata da spazi e percorsi verdi aperti.

Nell'ambito del sistema del verde urbano che il R.U. intende realizzare, la previsione del Parco Urbano a P.ta a Mare rappresenta uno degli elementi di maggiore interesse perché mira a conservare e a valorizzare i segni storici e naturali di un'area strettamente legata e definita dai principali corsi d'acqua, fiume Arno e canale dei Navicelli.

La previsione, inoltre, consente di dotare la zona sud-ovest della città di spazi di verde di cui è carente e permette che il canale dei Navicelli possa acquisire anche una funzione legata alle attività del tempo libero (pesca, diporto).

Fra gli obiettivi vi è anche il completamento della pista ciclabile (tratto Pisa – Litorale) lungo il tracciato della ex tramvia che attraversa tutta l'area e che consentirà al parco urbano di essere collegato con la rete dei percorsi presenti su tutto il territorio comunale.

Un approfondimento particolare poi dovrà essere rivolto allo studio delle potenzialità ambientali della zona dei laghetti lungo il canale dei Navicelli, per la creazione di un'oasi naturale per uccelli d'acqua e migratori, dotandola anche degli opportuni punti di osservazione.

INDICAZIONI PROGETTUALI DEL PARCO URBANO DI PORTA A MARE

Il P.A. deve prevedere l'inserimento di elementi fruibili, percorsi pedonali e ciclabili, aree pubbliche attrezzate, accessi, parcheggi nella misura in cui non alterano e non compromettono questo suo specifico carattere prevalente. Conseguentemente nel P.A. non sono ammesse previsioni quantitative e di uso che ne possano pregiudicare tale

attività. Vi possono essere solo spazi e attrezzature che si integrano con l'uso agricolo o meglio lo valorizzano.

Fra gli elementi di invariante troviamo il recupero e il ripristino dei segni territoriali originari, canali e percorsi poderali, percorsi d'acqua e piste pedonali e ciclabili, le quali dovranno essere collegati al più vasto sistema della rete comunale dei percorsi pedonali e ciclabili.

Dietro uno specifico studio di settore il piano deve prevedere l'inserimento di elementi paesaggistici come filari di alberi lungo i percorsi pedonali o lungo le suddivisioni delle proprietà e dei campi, o la eventuale creazione di zone boscate là dove non sono presenti attività agricole, o ancora prevedere dei movimenti di terra, il tutto in modo da favorire una migliore configurazione e immagine del paesaggio.

Le aree pubbliche e/o di fruizione pubblica del nuovo Parco Urbano sono le zone dei laghetti e la fascia lungo il canale non interessata all'attività agricola. Queste zone oltre alla eventuale oasi naturale, possono essere modestamente attrezzate per lo svago e il tempo libero (panchine, tavoli, barbeque, percorsi ginnici) compatibilmente con la tutela degli aspetti ambientali e naturalistici.

I punti di accesso al Parco Urbano che il P.A. sono indicativamente individuati nella zona di via di Viaccia (lungo il canale) e dalla via che conduce alla vecchia stazioncina della tramvia, dalla via Livornese (zona Siticem).

La viabilità carrabile all'interno del parco dovrà essere strettamente limitata all'accesso alle zone individuate dal PA come centri di servizio e per le strutture ricreative

Le aree di sosta, salvo quelle strettamente necessarie ai centri di servizio e ricreativi devono essere al margine del parco stesso e prossime ai punti di accesso: lungo la via di Viaccia, zona ex stazioncina, via Livornese zona Siticem.

Il parco urbano si distingue in diverse zone a seconda delle loro caratteristiche specifiche e delle possibilità di intervento

Comparto 1 - tra la via Livornese e il fosso delle Mezzanina (ha 47 circa):

Comparto 2 - tra la via Livornese e il v.le D'Annunzio (ha 7 circa):

Comparto 3 - tra il fosso della Mezzanina e la Superstrada (ha 10 circa):

Comparto 4 - tra il canale dei Navicelli e il fosso dei Navicelli (ha 32 circa):

Nei comparti 1 e 4 sono ricomprese le aree destinate a verde sportivo e a verde boscato della scheda norma 23.1 in quanto parti integranti del perimetro del parco urbano stesso ma normate tramite il P.A. previsto dalla scheda 23.1.

Verde attrezzato nell'area ex discarica inerti di via Livornese (ha 5 circa)

L'area limitrofa alla Siticem, lungo la via Livornese, esterna al Parco viene destinata a verde attrezzato sportivo dal R.U., in essa si possono prevedere attività ricreative (anche private) e un adeguato parcheggio anche per gli utenti del Parco.

Verde attrezzato di via Minore (ha 0,6 circa)

Destinata a verde attrezzato dal P.A. della ex Fondac, ma che essendo posta sulla via Livornese al termine di uno dei percorsi poderali del Parco Urbano il R.U. la destina, almeno in parte a parcheggio.

Alcune indicazioni su dimensionamenti, Vincoli e prescrizioni del PA

Dimensionamento:

- superficie complessiva ha 96 circa;
- superficie max destinata ad aree pubbliche o di uso pubblico (non agricolo) 20% del totale.

- *Centri del parco per le strutture di servizio:*
- 1) zona sportiva adiacente alla via di Viaccia (cfr. scheda 23.1)
- 2) zona dei laghetti fosso della Mezzanina per la pesca sportiva ed altre attività del tempo libero;
- 3) zona dei laghetti canale dei Navicelli come oasi naturale ed altre attività del tempo libero.

Edificato esistente:

- conservazione dell'edificato di interesse storico secondo le indicazioni della normativa specifica del R.U., per gli altri edifici presenti nel parco, escluso quelli lungo Via Livornese sono consentiti, oltre alla ordinaria e straordinaria manutenzione, interventi sino al D3 a condizione che migliorino la permeabilità e continuità del parco stesso e che non incrementino il carico insediativo;
- la vecchia stazioncina può essere destinata a servizi vari per il parco;
- l'edificato lungo la via Livornese, facente parte del Parco, può essere oggetto di uno specifico P.R. che favorisca un riordino ed una migliore relazione e permeabilità dell'area del Parco. In assenza di tale strumento su detto edificato esistente si applica la normativa del R.U. relativa agli ambiti classificati come "Q3c".

Canali e percorsi poderali:

- canali fruibili percorribili solo come modeste imbarcazioni a remi;
- percorsi indicati sulla cartografia solo pedonali e ciclabili;
- pista ciclabile lungo la tramvia.

Destinazioni d'uso ammesse:

- nelle zone agricole è anche ammessa l'attività di agriturismo
- nelle altre aree le destinazioni d'uso ammesse sono solo quelle indicate dai P.R. previsti su specifiche porzioni del Parco. Tali destinazioni dovranno essere compatibili e non potranno pregiudicare il sistema agricolo presente.

Parametri ammessi per la zona 1 (si riportano quelli della scheda 23.1)

Slu massima consentita mq 800;

area fondiaria: alla slu deve corrispondere una superficie fondiaria che ha per indice lfs = 0.02 (mq 40.000 con la slu massima);

altezza massima ml 4.50m

Parametri ammessi per la zona 2

Slu massima consentita mq 600;

area fondiaria: alla slu deve corrispondere una superficie fondiaria che ha per indice lfs = 0.02 (mq 30.000 con la slu massima);

altezza massima ml 4.50m

Parametri ammessi per la zona 3

Slu massima consentita mq 400;

area fondiaria: alla slu deve corrispondere una superficie fondiaria che ha per indice lfs = 0.02 (mq 20.000 con la slu massima);

altezza massima ml 4.50m

Parametri ammessi al netto dei manufatti esistenti per le aree non comprese nel P.A. e che non fanno parte dell'edificato residenziale lungo Via Livornese.

Superficie coperta max mq/ha 3;

volume massimo mc/ha 13;

altezza massima ml 3.50.

viabilità carrabile ed aree di sosta auto:

non è consentito asfaltare o pavimentare le aree di sosta delle auto ed i percorsi carrabili interni al parco. I P.A. previsti dalla presente scheda relativi alle 3 aree (zona 1 -2-3) possono ammettere eccezioni a tale prescrizione a condizione che non siano alterate le

caratteristiche naturali dei luoghi, che la viabilità e le aree di sosta siano alberate, che la pavimentazione si limiti al percorso di accesso al centro ricreativo e alle zone di sosta per le auto.

Nelle zone ricomprese all'interno dell'Ambito B del F.Arno (ai sensi ex DCR 230/94) l'incremento di superficie coperta non deve superare 500 mq.

STRUTTURA DELL'INDAGINE

Il P.A. definisce le tipologie e le dimensioni, di massima, dei fabbricati e manufatti previsti, le caratteristiche della rete viaria/parcheggi, delle linee idrauliche senza entrare nel contesto specifico della progettazione esecutiva che viene rimandata ai successivi progetti diretti.

Di conseguenza la relazione geologica a supporto del P.A. descrive i risultati generali dell'indagine con particolare riferimento alla verifica del quadro geologico-morfologico, geotecnico, idrogeologico ed idraulico, il tutto nel rispetto delle prescrizioni generali indicate nella Relazione di fattibilità geologica a supporto del Piano Strutturale e del R.U. del Comune di Pisa (Tav 1 e 2) .

Nel capitolo 3 vengono presentate possibili scelte progettuali, in materia di fondazioni superficiali, in funzione delle caratteristiche del terreno, che meglio potranno orientare i progettisti nell'elaborazione degli esecutivi.

INDICAZIONI SULLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA DELL'AREA (E SULLA FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE OPERE PREVISTE).

Di seguito vengono riportate, per estratto, le prescrizioni a carattere geologico ed idraulico inerenti la Pericolosità geologica intrinseca dell'area e la Fattibilità geologica delle opere illustrate, relative alla Scheda norma 23.2 e contenute, rispettivamente, nel P.S. e nel R.U. del Comune di Pisa (Tav 2).

Scheda 23.2 PARCO URBANO DI PORTA A MARE

CLASSE DI PERICOLOSITÀ (Tav 2).

La parte settentrionale dell'area è inserita in classe di pericolosità 3a - pericolosità medio-bassa mentre la parte meridionale della zona è invece in classe di pericolosità 3c - pericolosità medio-elevata. All'interno della zona sono inoltre presenti alcune isole inserite in classe di pericolosità 4 – pericolosità elevata

CLASSE DI FATTIBILITA'

Nelle aree a pericolosità 3a gli eventuali interventi edilizi, solo con piani fuori terra, sono attuabili senza particolari condizioni ferma restando la applicazione della normativa vigente (**classe di fattibilità 2**). Nelle aree a pericolosità 3c gli interventi saranno invece a fattibilità condizionata (classe di fattibilità 3). Per le aree (limitate) inserite in classe di pericolosità 4 elevata gli interventi edilizi non sono fattibili (classe di fattibilità 4).

Tutti gli interventi edilizi previsti dal P.A. saranno ubicati all'interno delle aree a classe di pericolosità 3a (e a corrispondente fattibilità 2).

Non sono previsti interventi all'interno delle altre classi (3c e 4) per i quali sarebbe stata prescritta rispettivamente una fattibilità condizionata (**classe di fattibilità 3**) o non fattibile (classe 4).

Inoltre non sono previste opere in interrato e/o poste al di sotto dal piano di campagna

A livello generale il Piano Attuativo dovrà verificare i seguenti punti:

1. interventi finalizzati al ripristino dell'efficienza del sistema di bonifica idraulica, attraverso uno studio che identifichi i possibili fenomeni di ristagno/allagamento ipotizzati nell'area di studio e dal quale dovranno derivare le conseguenti soluzioni progettuali tese ad eliminare/contenere i possibili danni alle cose e/o alle persone;

I ridotti interventi urbanistici previsti dal P.A. non comportano variazioni all'assetto idraulico attuale della zona che risulta essere congruo e adeguatamente dimensionato per la bonifica di questo tratto di pianura pisana a bassa densità di urbanizzazione.

In corrispondenza dei nuovi edificati previsti dal P.A. sono presenti numerosi cavi artificiali, canali navigabili ed altre zone depresse, in grado di ricevere e smaltire, senza particolari problema le eventuali aliquote di acqua piovana che potranno derivare dalla maggiore impermeabilizzazione dei terreni prodotte dal nuovo edificato. In ogni caso non sono attese ripercussioni negative, a carattere idraulico, a valle dei nuovi insediamenti previsti.

2. tecniche fondazionali idonee ad attenuare il non trascurabile fenomeno dei cedimenti del terreno in corrispondenza del sedime di fondazione delle strutture in riferimento alle caratteristiche geotecniche dei terreni.

In considerazione del contenuto carico di esercizio che produrranno i nuovi edificati previsti dal P.A. non sono ipotizzabili particolari problemi a carattere geotecnico, di stabilità complessiva delle opere e cedimenti assoluti e/o differenziali di ampiezza significativa.

In ogni caso si rimanda al capitolo 3 nel quale vengono descritte le caratteristiche geotecniche dei terreni (e loro parametri geotecnici) ed indicate le soluzioni fondazionali piu' idonee.

3. opere finalizzate alla bonifica dei dissesti attualmente censiti sulle sponde del canale dei Navicelli in corrispondenza dell'area in esame.

Non sono attesi dissesti spondali lungo il Canale Navicelli in corrispondenza delle aree edificabili di cui al P.A. Detto canale, nel tratto corrispondente, e' totalmente arginato e banchinato (con strutture in cemento) ed e' privo di zone di debolezza/cedimenti.

4. accertata l'eventualita' che si possano verificare locali episodi di ristagno in caso di precipitazioni particolarmente intense, e nel caso in cui la situazione plano-altimetrica dell'area dovesse permanere nelle attuali condizioni (sfavorevoli) rispetto ai limitrofi rilevati stradali ed il canale Navicelli, è fortemente sconsigliata qualsiasi opera al di sotto del p.c. attuale (quali parcheggi sotterranei, cantine e locali tecnici, ecc).

Come indicato nel paragrafo precedente il P.A. non prevede opere sotto il piano di campagna. Tutti gli interventi edificatori saranno realizzati in aree a pericolosità geologica 3a medio-bassa (e corrispondente fattibilità 2),

Cenni sul quadro normativo del Piano Attuativo "Parco urbano di Porta a Mare".

L'indagine geologica a supporto del Piano Attuativo ottempera a quanto prescritto dalla L.R. 17.4.84 n.21 "Norme per la formazione e l'adeguamento degli strumenti urbanistici ai fini della prevenzione del rischio sismico" e dalla Deliberazione del C.R. 12.2.85 n.94 "Direttiva sulle indagini geologico-tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica, in attuazione della LR 21/84", integrata, per gli aspetti relativi al rischio idraulico, dalla Deliberazione del C.R. 21.6.94 n.230 "Prescrizioni e vincoli e direttive sul rischio idraulico".

Il Piano Strutturale del Comune di Pisa in cui l'intervento P.A. si inquadra, e' corredato delle indagini geologico-tecniche di supporto come richieste dalla legge.

Verifica idraulica sul Fiume Arno per una piena con tempo di ritorno centennale Q[100], in applicazione della D.C.R. 230/94 (ai sensi dell'art.79 comma 6 punto c del P.I.T. approvato con DCR n.12/2000)

La verifica idraulica sul fiume Arno e' omessa in quanto la previsioni urbanistiche del P.A, sono esterne all'ambito "B" della DCR 230/94. In ogni caso e' prescritto che eventuali interventi minori, ricadenti nell'ambito B del Fiume Arno comporteranno un incremento di superficie coperta non superiore ai 500 mq, in deroga alla Verifica idraulica di cui alla DCR 230/94.

Verifica idraulica sul Canale dei Navicelli per una piena con tempo di ritorno centennale Q[100], in applicazione della D.C.R. 230/94 (ai sensi dell'art.79 comma 6 punto c del P.I.T. approvato con DCR n.12/2000)

Il Piano Attuativo in oggetto ricade, ai sensi della D.C.R. 230/94, all'interno della fascia di Ambito "B" (Art.5 della D.C.R. 230/94) del canale navigabile dei Navicelli.

La previsione urbanistica deve essere quindi corredata di un'indagine idraulica per il tratto di canale Navicelli in corrispondenza dell'area di intervento e per una piena con tempo di ritorno centennale [Q100].

Per il Canale Navigabile dei Navicelli lo studio di verifica idraulica, realizzato ai sensi dell'art.79 comma 6 punto c del P.I.T. approvato con DCR n.12/2000, risulta essere già depositato al Genio Civile di Pisa ed e' denominato:

"Studio idrologico ed idraulico ai sensi della D.C.R.T. n° 230/94 finalizzato alla valutazione delle condizioni di rischio idraulico dell'area soggetta a Previsione di Variante Urbanistica al P.R.G. per l'area cantieristica lungo il Nuovo Canale Navigabile dei Navicelli" (Ottobre 98), a cura degli Ing. Silvia Lucia e Stefano Scorrano.

Lo stesso e' stato corredata di ulteriore relazione integrativa per la parte in destra del Canale dei Navicelli:

"Verifica idraulica del tratto iniziale del Canale dei Navicelli dall'Incile all'Idrovora dell'Aeroporto" (Luglio 2000) a cura degli Ing. Silvia Lucia e Stefano Scorrano, e depositato al Genio Civile di Pisa insieme agli atti del Regolamento Urbanistico comunale.

Tali studi hanno permesso di accertare che le sezioni idrauliche del Canale Navicelli in corrispondenza dell'area di studio, sono in grado di contenere eventi di piena con tempo di ritorno duecentennale, Q[200].

Le sezioni idrauliche del Canale Navicelli, verificate per la piena di ritorno duecentennale Q[200] sono implicitamente in grado di contenere la piena di ritorno centennale, Q[100], di portata sensibilmente minore.

La relazione geologica, a supporto del Piano Attuativo Parco urbano di Porta a Mare, viene depositata presso l'Ufficio del Genio Civile di Pisa per i controlli di legge

[Del. 11/3/96 n.304, in attuazione delle disposizioni di cui all'Art 32 della LR 5/95].

2. Assetto geologico e geomorfologico

La zona sostanzialmente subpianeggiante è ubicata nella pianura alluvionale dell'Arno, ad ovest del centro urbano di Pisa, a quote variabili e comprese tra circa 0 e +2,6 m sul livello del mare. Nell'area si osservano i seguenti elementi fisiografici di rilievo:

- alcune zone depresse, occupate permanentemente da acqua di falda e/o superficiale, di norma poste a quote inferiori al livello del mare, ed inserite nella classe 4 della carta di Pericolosità geologica,
- modesti rilevati artificiali derivati da accumuli recenti di detriti e materiale di risulta e da demolizioni, più frequenti nel settore orientale (in fregio al Canale Navicelli) ed in corrispondenza dei tramite carrabili esistenti.
- Altri elementi geomorfologici di rilievo quali il Canale Navigabile ed il reticolo idraulico della bonifica.

Da un punto di vista geologico nell'area affiorano litotipi riconducibili alla formazione geologica dominante **at, e corrispondente a:**

at - Depositi alluvionali prevalentemente argillosi, torbe palustri e depositi di colmata (Olocene)

Questi terreni sono costituiti da sedimenti molto fini localizzati, in genere, nelle zone soggette a passati fenomeni di sovralluvionamento.

Si tratta prevalentemente di argille, argille organiche, talvolta con torbe. Talora, all'interno degli strati argillosi sono intercalati sottili livelli limosi e, subordinatamente, da sabbioso-limosi.

Dall'esame della Carta geologica, riportata in estratto in Tav.1, in un intorno significativo della zona di intervento, sono presenti anche i seguenti litotipi:

a - Sedimenti limo-argillosi e sabbiosi delle aree golenali (Attuale)

I sedimenti presenti nelle aree golenali sono depositi dall'Arno nel suo alveo attuale e sue zone contermini, raggiungibili dalle piene ordinarie del fiume con tempi di ritorno generalmente inferiori a due anni. Si tratta di sedimenti a granulometria variabile da limo-argillosa a sabbiosa in funzione del regime dinamico (energia) delle piene che li hanno depositi.

la - Depositi alluvionali prevalentemente limosi e con intercalazioni sabbiose ed argillose (Olocene)

Questi depositi presentano una granulometria mediamente più grossolana. Si tratta infatti di depositi prevalentemente limosi e argillosi con intercalazioni sabbiose più o meno frequenti.

Le zone il cui substrato è costituito da questi litotipi risultano morfologicamente più rilevate rispetto alle ex-aree palustri in cui si sono depositati litotipi mediamente più fini.

Altri elementi morfologici rilevanti: i tracciati di paleoalvei

Nella carta geomorfologica di Tav. 1 sono distinti alcuni tracciati di alvei tagliati in epoca storica, oltre a tracce di alvei abbandonati (paleoalvei) più antichi desumibili dall'esame di foto aeree o di immagini da satellite.

I paleoalvei sono generalmente caratterizzati da terreni più sabbiosi ad andamento lenticolare alternati a sedimenti più fini limo-argillosi. In superficie possono essere presenti depositi più fini talvolta organici dovuti a locali impaludamenti verificatesi in seguito al taglio del meandro. In genere tali paleoalvi sono disposti con direzione dominante est/ovest e subparalleli.

Di rilevanza specifica è il tracciato di due paleoalvi sepolti che attraversano la zona centrale dell'area di studio, da est ad ovest, in corrispondenza degli attuali cavi.

Anche i sondaggi PS1 e PS 3 hanno incontrato lenti sabbiose riconducibili a tali paleoalvei sepolti.

3. Caratterizzazione geotecnica dei terreni

La caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata ricostruita attraverso l'esecuzione di tre prove penetrometriche statiche C.P.T. (PS1, PS2, PS3). I risultati di queste prove vengono integrati (e confermati) da altre 5 prove CPT e da un sondaggio meccanico a carotaggio continuo (S1) effettuati, in precedenza, su terreni in adiacenza a quello in esame ('Area cantieristica Navicelli', in sinistra del Canale Navicelli).

Delle prove per l'Area cantieristica Navicelli si allega la prova PS-4 e si rimanda all'indagine citata (depositata presso il Genio Civile) per maggiori approfondimenti. L'inserimento della CPT profonda PS 4 permette di ricostruire la geometria dei litotipi più profondi (livello sabbioso) non intercettati dalle prove PS-1,2,3 più superficiali (-10m dal pdc) e di ottenere una migliore caratterizzazione del quadro geologico-litotecnico dell'area.

Le prove (PS1,2,3) sono state distribuite secondo due direttrici principali (Tav.3): una subparallela all'asse del Canale Navigabile, sul margine orientale dell'area di studio; l'altra circa trasversale, di direzione NW-SE.

Le prove PS1, PS2, PS3, spinte alla profondità di -10 m. dal p.c, sono state effettuate in corrispondenza delle aree su cui sono stati previsti i nuovi fabbricati .

Le prove eseguite forniscono una eccellente caratterizzazione geotecnica dei terreni superficiali.

3.1. Prove geotecniche in situ

Le prove penetrometriche statiche C.P.T. sono state effettuate dalla Ditta Geoindagini s.a.s. in data 15/01/2001. Lo strumento utilizzato è un penetrometro statico modello IG 63/100 kN Pagani, con punta meccanica tipo Begemann.

Le prove penetrometriche statiche hanno fornito i valori di resistenza alla punta ("Rp" in kg/cmq), resistenza laterale locale ("Rf" in kg/cmq) e spinta totale ("Rt" in kg) ogni 20 cm di profondità e hanno permesso una stima puntuale dei parametri geotecnici del terreno.

Tra le informazioni fornite dalla prova C.P.T., assume notevole rilevanza l'analisi dell'andamento della resistenza alla punta con la profondità i cui valori permettono di definire con buona approssimazione le caratteristiche distintive dei terreni.

Di seguito vengono analizzati i risultati delle penetrometrie relative al presente studio

Prova penetrometrica statica PS-1

Da 0,00 a - 1,00 m	Terreno agricolo vegetale
Da -1,00 a -2,60 m	Argille e limi dalle proprietà meccaniche migliori rispetto alle argille sottostanti. La resistenza alla punta Rp assume un valore medio di 11,4 kg/cmq. La coesione c_u ha un valore medio $c_u = 0,67$ kg/cmq, mentre il coefficiente di compressibilità volumetrica mv ha un valore medio pari a 0,030 cmq/kg. Il peso di volume γ corrisponde mediamente a 1,8 kg/dmc. All'interno delle argille e limi sono presenti sottili intercalazioni sabbiose
Da -2,60 a -4,60 m	Argille molli e plastiche. Dalla osservazione del log penetrometrico, riportato in appendice, si può osservare che la Rp di questi terreni si mantiene intorno a valori molto bassi il cui valore medio corrisponde a 5,9 kg/cmq. La coesione c_u assume un valore medio di 0,36 kg/cmq. Il coefficiente mv è più alto rispetto ai terreni sovrastanti e vale mediamente 0,094 cmq/kg. Il peso di volume γ corrisponde mediamente

- a 1,8 kg/dmc.
- Da -4,60 a -5,20 m **Sabbie.** Questo sottile strato di terreno è caratterizzato da una resistenza alla punta R_p che corrisponde mediamente a 32,7 kg/cmq. L'angolo di attrito interno ϕ vale 30°, mentre il coefficiente di compressibilità volumetrica medio m_v corrisponde a 0,015 cmq/kg. Il peso di volume γ corrisponde mediamente a 1,8 kg/dmc.
- Da -5,20 a -10,00 m **Argille molli e plastiche.** La R_p di questi terreni si mantiene intorno a valori molto bassi il cui valore medio corrisponde a 4,8 kg/cmq. La coesione c_u assume un valore medio di 0,29 kg/cmq. Il coefficiente m_v è vale mediamente 0,112 cmq/kg, mentre il peso di volume γ corrisponde mediamente a 1,8 kg/dmc.

Prova penetrometrica statica PS-2

- Da 0,00 m a - 2,00 m **Terreno di riporto**
- Da -2,00m a -3,80 m **Argille** caratterizzate da proprietà meccaniche migliori rispetto alle argille sottostanti. La resistenza alla punta media vale 16,8 kg/cmq. La coesione c_u media corrisponde a 0,97 kg/cmq, mentre il coefficiente di compressibilità volumetrica medio m_v corrisponde a 0,022 cmq/kg. Il peso di volume γ dello strato corrisponde mediamente a 1,9 kg/dmc. Il peso di volume γ corrisponde mediamente a 1,9 kg/dmc.
- Da -3,80m a -5,00 m **Sabbie e limi.** Le sabbie sono caratterizzate da una resistenza alla punta media R_p corrispondente a 11,1 kg/cmq. L'angolo di attrito interno ϕ di questi terreni varia tra 26° e 28°. Il coefficiente di compressibilità volumetrica m_v indica una scarsa compressibilità mantenendosi intorno a valori generalmente bassi corrispondendo mediamente a 0,027 cmq/kg. Il peso di volume γ dello strato corrisponde mediamente a 1,8 kg/dmc.
- Da -5,00 a - 10,00 m **Argille molli.** R_p di questi terreni assume valori molto bassi e corrisponde mediamente a 4,8 kg/cmq. La coesione media c_u vale 0,29 kg/cmq. Il coefficiente medio m_v è più alto rispetto ai terreni sovrastanti, essendo questi terreni più suscettibili ai cedimenti, e corrisponde a 0,119 cmq/kg. Il peso di volume γ corrisponde mediamente a 1,8 kg/dmc.

Prova penetrometrica statica PS-3

- Da 0,00 a - 1,50 m **Terreno di riporto**
- Da -1,50 a -3,20 m **Argille** dalle proprietà meccaniche migliori rispetto alle argille sottostanti. La resistenza alla punta R_p media assume un valore di 16,1 kg/cmq. La coesione media c_u vale 0,99 kg/cmq, mentre il coefficiente di compressibilità volumetrica m_v medio assume un valore di 0,020 cmq/kg. Il peso di volume γ corrisponde mediamente a 1,9 kg/dmc.
- Da -3,20 a -7,60 m **Alternanze di argille plastiche, limi e sabbie.** La R_p media di tutto lo strato corrisponde a 13,2 kg/cmq mentre m_v medio dello strato vale 0,036 cmq/kg. Per quanto riguarda i livelli argillosi la coesione corrisponde a 0,61 kg/cmq. I limi sono caratterizzati da una coesione c_u di 0,78 kg/cmq e da un angolo di attrito interno $\phi=26^\circ$, mentre le sabbie hanno una coesione nulla ed un angolo di attrito interno ϕ corrispondente a circa 30° . Il peso di volume γ medio di tutto lo strato corrisponde mediamente a 1,8 kg/dmc.
- Da -7,60 fa -10,00 m **Argille molli.** Si tratta di terreni compressibili la cui R_p media corrisponde a 4,4 kg/cmq. La coesione media c_u vale 0,26 kg/cmq, mentre il coefficiente di compressibilità volumetrica medio m_v corrisponde a 0,115 cmq/kg.
- Il peso di volume γ di questo strato corrisponde mediamente a 1,8 kg/dmc.

Prova penetrometrica statica PS-4 (dall'indagine geologica a supporto della Variante Area Cantieristica Navicelli)

- Da 0,00 a - 1,00 m **Terreno agricolo vegetale**
- Da -1,00 a -2,40 m **Argille** dalle proprietà meccaniche migliori rispetto alle argille sottostanti. La resistenza alla punta R_p si mantiene intorno a valori compresi tra 11,1 e 16,1 kg/cmq. La coesione c_u varia tra 0,86 e 0,68 kg/cmq (valore medio $c_u= 0,75$ kg/cmq), mentre il coefficiente di compressibilità volumetrica m_v varia tra un minimo di 0,021 cmq/kg ed un massimo di 0,025 cmq/kg
- Da -2,40 a -3,80 m **Argille ed argille limose** la cui R_p è bassa variando tra 6,52 e 9,39 kg/cmq. La coesione c_u è compresa tra 0,40 e 0,57 kg/cmq (valore

medio $c_u = 0,42$ kg/cmq) ed il coefficiente di compressibilità volumetrica m_v varia tra 0,021 cmq/kg ed un massimo di 0,061 cmq/kg.

Da -3,80 a -11,60 m **Argille plastiche compressibili** con intercalazioni di strati torbosi. Dalla osservazione del log penetrometrico, riportato in appendice, si può osservare che la R_p di questi terreni si mantiene intorno a valori molto bassi oscillanti tra 3,8 e 5,6 kg/cmq. La coesione c_u varia tra 0,23 e 0,34 kg/cmq (valore medio $c_u = 0,29$ kg/cmq). Il coefficiente m_v è più alto rispetto ai terreni sovrastanti ed è compreso tra 0,071 cmq/kg e 0,102 cmq/kg. All'interno di questo livello argilloso si trovano due lenti costituite da limo argilloso a partire dalla profondità di -7,60 m dal p.c. (spessore 80 cm) e dalla profondità di -9,60 m dal p.c. (spessore 40 cm).

Da -11,60 a -15,00 m **Sabbie sciolte con sottili intercalazioni limose**. Questi terreni sono caratterizzati da una resistenza alla punta R_p bassa come i terreni sovrastanti compresa tra 5,6 e 8,9 kg/cmq. L'angolo di attrito interno ϕ della frazione limo-sabbiosa varia tra 25 e 26° (valore medio di $\phi = 25^\circ$). Il coefficiente di compressibilità volumetrica m_v varia tra un minimo di 0,059 cmq/kg ed un massimo di 0,090 cmq/kg.

3.2. Sezioni del substrato

Dall'analisi delle caratteristiche geotecniche dei terreni indagati dalle prove sopra descritte, si ricava che il sottosuolo dell'area in esame presenta un'alternanza di strati dalle proprietà meccaniche molto simili. La situazione litostratigrafica osservata in corrispondenza delle prove si presenta quindi abbastanza omogenea e ben correlabile.

Sono state elaborate due sezioni geomeccaniche del substrato dell'area di studio, le cui tracce sono osservabili in Tav.3:

- la sezione A-A', di direzione circa N-S, correla le prove PS3 e PS2;
- la sezione B-B', di direzione circa NW-SE, correla le prove PS1 e PS2 e PS4.

La ricostruzione litostratigrafica, rappresentata in Tav. 4a (sezione A-A') e Tav. 4b (sezione B-B'), è la seguente:

Sezione A-A'

1. Superficialmente è presente uno strato di terreno vegetale e di riporto dello spessore variabile tra 1,5 e 2,0 m in corrispondenza delle prove PS2 e PS3. Nella fascia orientale, parallela al Canale dei Navicelli, lo strato di terreno vegetale e' localmente sostituito da un'estesa copertura (metrica) di riporto che forma anche deboli rilevati morfologici. La coltre di riporto risulta costituita da macerie e materiale limoso e argilloso scarto della ex fornace adiacente alla sponda destra del Canale in una zona immediatamente esterna all'area di intervento oltre che da materiale di risulta e di accumulo proveniente da numerosi cantieri cittadini.
2. Al di sotto, è presente uno strato costituito prevalentemente da argille la cui base, nelle due prove, varia tra 2,60 e -3,80 m dal p.c. Questo terreno è caratterizzato da proprietà meccaniche migliori rispetto ai livelli sottostanti in quanto dotato, ad esempio, da minore compressibilità e da coesione relativamente elevata.
3. Al di sotto, si riscontra la presenza di alternanze di argille, sabbie e limi in proporzioni e spessori variabili nei vari punti indagati. La base di questi terreno, nelle due prove, varia tra -7,60 e -5,00 m dal p.c.
4. Inferiormente si trova un livello costituito da argille limose plastiche compressibili.

I parametri geotecnici dei terreni sopra descritti sono riportati nella Tav 4a allegata (sezione geomeccanica). In questa sezione, per i terreni argillosi, l'angolo di attrito interno viene cautelativamente assunto uguale a zero.

SEZIONE A-A'

	<i>Profondità (m dal p.c.)</i>	<i>Descrizione stratigrafica</i>
strato n.1	1,50 – 2,00	Terreno di riporto
strato n.2	1,50/2,00 – 3,20/3,80	Argille consistenti
strato n.3	3,20/3,80 – 7,60/5,00	Alternanze di argille plastiche, limi e sabbie
strato n.4	7,60/5,00 – 10,00	Argille plastiche compressibili

Sezione B-B'

1. Superficialmente è presente uno strato di terreno vegetale e di riporto dello spessore variabile tra 1,5 e 2,0 m.
2. Al di sotto, è presente uno strato costituito prevalentemente da argille la cui base, nelle tre prove considerate, varia tra 2,60 e -3,80 m dal p.c. Questo terreno è caratterizzato

da proprietà meccaniche migliori rispetto ai livelli sottostanti in quanto dotato, ad esempio, da minore compressibilità e da coesione relativamente più elevata.

3. Al di sotto, è stata riscontrata la presenza di argille plastiche compressibili nella cui parte alta si trovano sottili intercalazioni di sabbie o limi. La base di questi terreni si trova presumibilmente alla profondità di -15 /-20 m dal p.c. come testimoniato dalle prove geotecniche effettuate in precedenza nella zona in sinistra del Canale dei Navicelli (per la variante area cantieristica Navicelli, citata).
4. Inferiormente si trova un livello costituito da sabbie e sabbie sciolte.

I parametri geotecnici dei terreni sopra descritti sono riportati nella Tav 4b allegata (sezione geomeccanica). In questa sezione, per i terreni argillosi, l'angolo di attrito interno viene cautelativamente assunto uguale a zero.

SEZIONE B-B'

	<i>Profondità (m dal p.c.)</i>	<i>Descrizione stratigrafica</i>
strato n.1	1,00 – 2,00	Terreno di riporto
strato n.2	1,00/2,00 – 2,60/3,80	Argille consistenti
strato n.3	2,60/3,80 – 10,00	Argille plastiche con intercalazioni di limi e sabbie in prossimità del tetto

3.3. Calcolo della capacità portante e dei cedimenti per fondazioni superficiali

Per i fabbricati previsti dal Piano Attuativo, potranno essere adottate fondazioni dirette superficiali a trave continua.

A titolo di esempio, per fornire una verifica della capacità portante del terreno è stata presa in esame una fondazione su trave rovescia in c.a. di larghezza pari a B = 80 cm con piano di imposta alla profondità D = 100 cm dal p.c.

Per il calcolo della pressione limite di rottura viene utilizzata la seguente formula di Terzaghi:

$$q_r = c \cdot N_c + \gamma' \cdot D \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

in cui:

c = coesione del terreno (kg/cmq)

γ' = peso di volume del terreno al di sopra del piano di fondazione (kg/cm³)

γ = peso di volume del terreno al di sotto del piano di fondazione (kg/cm³)

D = profondità del piano di imposta della fondazione (cm)

“B” = larghezza della fondazione (cm)

N_c - N_q - N_γ = fattori di capacità portante del terreno (adim.)

Per quanto riguarda i parametri geotecnici del terreno sono stati presi in esame i dati relativi alla prova PS1 riassunti come segue:

Coesione c_u (Kg/cmq)	Angolo d'attrito ϕ	Peso di volume γ (t/mc)
0,67	0°	1,90

Tab. b – Calcolo della capacità portante del terreno di fondazione in prossimità della prova PS1

Angolo di attrito interno	ϕ (gradi)	0
Angolo di attrito interno	ϕ (rad.)	0,00
Coesione	c (kg/cmq)	0,67
Peso di volume del terreno	γ (kg/dmc)	1,9
Peso di volume sotto il p.d.f.	γ' (kg/dmc)	0,9
Profondità del piano di posa	D (cm)	100
Larghezza della trave rovescia	B (cm)	80
Fattori di capacità portante	N_c (adim.)	5,14
	N_q (adim.)	1,00
	N_γ (adim.)	0,00
Profondità falda	(cm)	100
Carico di rottura	q_r (kg/cmq)	3,60
Carico ammissibile	q_a (kg/cmq)	1,20

In base ai criteri sopra specificati, il carico di rottura del terreno è $q_r = 3,60$ kg/cmq mentre il carico ammissibile, calcolato considerando un coefficiente di sicurezza $K=3$ risulta essere:

$$q_a = 1,20 \text{ kg/cmq.}$$

4. Assetto idrogeologico dell'area

4. 1 Le caratteristiche dell'acquifero freatico

L'acquifero freatico della piana di Pisa, pur essendo limitatamente sfruttato per scopi idropotabili assume una certa rilevanza nelle valutazioni geotecniche.

La caratterizzazione dell'acquifero freatico risulta essere alquanto complessa per l'estrema variabilità granulometrica e tessiturale dei litotipi più superficiali.

Ad ovest della zona di studio (fascia compresa tra linea di costa ed il limite orientale delle dune costiere affioranti) l'acquifero freatico è residente nei depositi sabbiosi dotati di buona permeabilità. Gli spessori di queste sabbie nel tratto a Sud dell'Arno sono variabili e stimabili in 20 m. Spostandosi verso est, nella parte più interna della pianura, l'acquifero freatico è scarsamente produttivo ed il suo spessore raramente supera i 10m.

La permeabilità può localmente aumentare in corrispondenza di tracciati di paleoalvei o meandri sabbiosi abbandonati.

Per ricostruire la geometria dell'acquifero freatico vengono indicate le quote delle superfici piezometriche relative ai periodi di massima e di minima ricarica dell'acquifero freatico superficiale. Tali dati, desunti da studi specifici redatti a supporto del P.S., descrivono la situazione primaverile e estiva, e rispettivamente la situazione misurata a maggio e ad agosto 1994 (da Vieri 1995).

La zona in esame presenta le seguenti caratteristiche generali:

- nel periodo estivo il livello freatico raggiunge i valori minimi; il tetto della falda si attesta a valori oscillanti intorno a -1,0 m s.l.m nella zona meridionale e valori di 0.5 nell'area settentrionale dell'area;
- nel periodo invernale, durante il quale il livello freatico raggiunge i valori massimi, la profondità del tetto della falda acquifera superficiale raggiunge valori variabili tra 0,0 m s.l.m nella zona meridionale, e +1,5 m s.l.m. nella zona settentrionale dell'area in esame.

Le deboli direzioni di flusso della falda freatica sembrano indicare direzioni dominanti da NE verso SW e da NW verso SE.

Il reticolo superficiale non influenza in maniera rilevante l'andamento delle linee di flusso della prima falda. La falda possiede un gradiente modestissimo ed è ospitata all'interno di successioni limose a moderata/bassa permeabilità. Gli unici movimenti degni di nota sono

verticali e corrispondono alle escursioni osservate in concomitanza dei periodi di ricarica e di evaporazione.

L'escursione minima e massima della falda acquifera può essere stimata in circa 75 e 150 cm a seconda dei punti in esame.

La qualità delle acque freatiche è genere scadente, con presenza di maggiori quantità di sostanze inquinanti in prossimità dei centri urbani, zone industriali e per fertilizzanti prodotti dall'agricoltura

Misura diretta del livello della falda freatica in corrispondenza dell'area di studio

Il perforo della prova PS1 è stato attrezzato con un piezometro aperto in PVC. In data 15/01/01 è stata misurata la falda libera alla profondità, osservata a -1.10 m dal pdc. Si sottolinea che la quota misurata corrisponde, a grande linee, alla quota a cui si trova l'acqua dei cavi, non distanti dalla prova PS1.

La misura eseguita è stata preceduta da un periodo di intense precipitazioni.

Il dato di profondità della falda osservato risulta inoltre in accordo con quanto riportato in letteratura; il livello massimo della falda acquifera superficiale si trova a circa +1 m s.l.m., e ossia a circa -1 m di profondità dal pdc. (la quota assoluta del piano di campagna è stimabile a circa +2 m s.l.m).

4.2 Cenni sugli acquiferi profondi

Poco a nord/ nordest dell'area di studio, in corrispondenza della zona industriale di Porta a Mare, sono stati perforati pozzi profondi per acqua a supporto degli stabilimenti Piaggio e Saint Gobain.

I pozzi realizzati negli anni '50 risultano incompleti (successione stratigrafica e schemi di completamento). I pozzi più recenti dispongono invece di un corredo tecnico sufficiente. Per la caratterizzazione idrogeologica del substrato profondo è stato utilizzato il pozzo 1001 di via del Nugolaio, trivellato dalla Ditta Landi Franco per conto della PIAGGIO SPA nell'ottobre 1980 (*banca dati: studi di base a supporto del Piano Strutturale del Comune di Pisa*).

Caratteristiche costruttive del pozzo 1001

Il pozzo, a circolazione inversa, raggiunge la profondita' massima di 223,00 m dal pdc., con un diametro nominale di perforazione di 600 mm. Il diametro della colonna di rivestimento e' invece 323 mm.

Un filtro inox punzonato di ml 6,00 e diametro di 323mm e' stato posizionato tra 203,17 e 209,17 m dal pdc in corrispondenza di un livello permeabile di ghiaie. La portata di acqua erogata dal pozzo ed emunta da questo livello e' di circa 2000 l/min

Il Log litostratigrafico del pozzo 1001 (ed indicazioni sulla permeabilita'):

pdc- 26.00m: alternanze di livelli limosi ed argillosi (*permeabilita' ridotta*)

26.00-35.50m livello sabbioso (*permeabilita' media/buona*)

35,50-41.00m alternanze di limi sabbiosi e limi (*permeabilita' media/bassa*)

41.00-55.00m livello sabbioso (*permeabilita' media/buona*)

55.00-138.00m alternanza di livelli argillosi con locali passate di limi sabbiosi (*impermeabile*)

138.00-143.90m livello ghiaioso (*permeabilita' elevata*)

143.90-177.20m successione di livelli sabbiosi dominanti (*permeabilita' media*)

177.20-199.30m strati argillosi con locali intercalazioni limose (*impermeabile*)

199.30-210.00m livello ghiaioso e sabbioso (*permeabilita' elevata*)

210.00-223.00m (f.p.) alternanza di sabbie dominanti e limi argillosi (*permeabilita' media*).

4.3 Interpretazione idrogeologica

Considerata la ridotta distanza esistente tra il pozzo 1001 (nella zona industriale di Porta a Mare, a nord) e la zona di studio, a ovest, il quadro idrogeologico non subisce variazioni di rilievo. Pertanto si puo' concludere quanto segue:

1. L'acquifero freatico, osservato nei terreni piu' superficiali ed in equilibrio con i livelli idrici dei vari cavi artificiali presenti, e' privo di importanza per possibili utilizzi idropotabili. Deve essere assolutamente salvaguardato da possibili contaminazioni con il Canale Navicelli (acqua marina e salmastra)
2. sono presenti tre acquiferi confinati profondi.

Primo acquifero confinato in sabbie e primo/secondo acquifero confinati in ghiaie

Il primo acquifero confinato (in un orizzonte sabbioso) si trova a partire da circa 25 m dal pdc, ed in particolare nell'intervallo 40-50 m dal pdc.

In questo tratto della pianura la sua zona di ricarica principale e' ad ovest (nella zona delle dune sabbiose costiere dove esiste un collegamento idraulico verticale diretto tra questo acquifero e quello superiore freatico).

Sicuramente piu' produttivo e' il primo acquifero confinato nelle ghiaie presente a 135-145m dal pdc. Si tratta di un acquifero esteso e noto, ampiamente sfruttato per scopi idropotabili.

Questo acquifero ha uno spessore che raramente supera i 10 m. La geometria del tetto delle ghiaie ha un aspetto accidentato, con dossi e valli, lineamenti ereditati dalla antica paleogeografia del Wurm II.

Al di sotto di questo si trova il secondo acquifero confinato nelle ghiaie (a -200 m dal pdc, sfruttato dal pozzo 1001), anch'esso ampiamente sfruttato da numerosi pozzi della pianura di Pisa.

5. Inquadramento sui sistemi idraulici

Le acque di precipitazione meteorica, condizionano, in parte, l'idrologia della zona. Le stesse afferiscono alla rete di bonifica idraulica della piana di Pisa. Tale rete si articola in due sistemi distinti, quello dei canali a scolo naturale e quello a scolo meccanico.

Il fiume Arno, completamente arginato nel tratto pisano, costituisce un sistema idraulico isolato ed indipendente dalla rete di deflusso locale.

Il sistema a "scolo naturale" (o "acque alte") smaltisce le acque meteoriche provenienti dalle zone morfologicamente più alte. Viceversa il sistema a "scolo meccanico" (o "acque basse") smaltisce invece, attraverso un prosciugamento per esaurimento meccanico e sollevamento all'impianto idrovoro, le acque meteoriche che altrimenti tenderebbero a ristagnare, senza deflusso, nelle parti del territorio morfologicamente più depresse.

Alla rete delle "acque basse" in genere tendono ad allacciarsi i fossi in uscita da Pisa che, per alcuni quartieri cittadini rivestono ancora il ruolo improprio di collettori fognari.

I canali ricettori del sistema a scolo naturale e di quello meccanico sono detti delle "acque medie".

Il reticolo idraulico, progettato per prosciugare la bassa piana pisana dagli apporti di pioggia, riceve quindi anche aliquote "alloctone" consistenti derivanti dalle aree urbane, talora reflui non trattati. In molti tratti puo' risultare sottodimensionato.

Per quanto concerne l'inquadramento sui sistemi idraulici, la zona in esame a sud di via Livornese è ricompresa nella Bonifica della Vettola.

In tale area le acque superficiali vengono scolate meccanicamente e convogliate, nel "Canale Nuovo dei Navicelli" in sponda sinistra, attraverso la linea idraulica che corrisponde al tracciato settentrionale del vecchio "Fosso dei Navicelli".

Piu' in dettaglio la porzione dell'area in esame ad est della via Livornese, morfologicamente più elevata, risulta drenata mediante scolo naturale (Bonifica del Sanguinetto) sempre nel "Canale Nuovo dei Navicelli" sulla sponda destra.

6. Considerazioni conclusive

La Relazione di fattibilità geologica (e contestuale verifica idraulica per la piena centennale) supporta il Piano Attuativo ed ottempera alla normativa vigente in materia di relazioni geologiche a supporto di strumenti urbanistici.

L'intervento Piano Attuativo *Parco urbano di Porta a Mare* e' un intervento esteso ma non particolarmente complesso in termini di nuove edificazioni. L'obiettivo generale e specifico della previsione urbanistica e' infatti quello di realizzare un parco urbano che valorizzi appieno le potenzialita' ambientali, agricole e naturali di un'area di cornice posta tra il Parco Regionale s.s. (a ovest dell'area) e l'abitato di Pisa (ad est).

I principali, e per altro contenuti, interventi edificatori verranno concentrati in altrettante aree in corrispondenza delle quali sono stati eseguite 3 prove penetrometriche per la caratterizzazione geotecnica preliminare dei terreni.

La previsione urbanistica del P.A. esclude qualsivoglia intervento edificatorio al di sotto del piano di campagna, cosi' come limita nuovi fabbricati ad aree a pericolosita' geologica medio bassa 3 A (ed a fattibilita' 2).

Il P. A. e' corredato della relazione di verifica idraulica (e sua integrazione) depositate presso il Genio Civile, ed a cura degli Ing. S. Lucia e S. Scorrano.

Per quanto riguarda la verifica idraulica, ai sensi della D.C.R. 230/94, e seguenti, lo studio ha accertato il basso livello di rischio idraulico a cui e' esposta l'area in esame ed ha dimostrato che la piena con ricorrenza duecentennale Q[200] (ed implicitamente la centennale Q[100]) e' contenuta dal Canale dei Navicelli nel tratto corrispondente, con un franco di sicurezza sufficiente ad impedirne la tracimazione dagli argini attuali.

Il progetto urbanistico predisposto per il P.A. definisce le tipologie generali e le dimensioni di massima dei fabbricati e manufatti previsti, le caratteristiche della rete viaria/parcheggi, senza entrare nello specifico della loro progettazione esecutiva.

L'indagine approfondisce il livello conoscitivo geologico-litotecnico dell'area attraverso 3 prove CPT (spinte a -10m dal pdc) integrate da ulteriori 5 prove (di cui 2 a -25m dal pdc) realizzate dagli scirventi in terreni contigui (per la variante "Area cantieristica Navicelli").

Il quadro geotecnico locale e' stato arricchito da indicazioni sulla profondità, geometria, spessore e caratteristiche geotecniche dello strato sabbioso inferiore.

Nel capitolo 3 sono state evidenziate alcune possibili scelte progettuali, in materia di fondazioni ed in funzione delle caratteristiche del terreno, e che potranno meglio orientare i progettisti al momento degli esecutivi.

La scelta fondazionale piu' adatta per gli edifici previsti puo' essere del tipo diretto, superficiale a plinti, a trave rovescia o a platea.

I terreni superficiali sono caratterizzati da una capacità portante $q_a = 1,20 \text{ kg/cmq}$.

Il capitolo 4 descrive il quadro idrogeologico della zona con riferimento alla geometria (e sue escursioni) della prima falda (freatica) e delle falde confinate sottostanti (in sabbie ed in ghiaie). In corrispondenza delle prove la falda freatica e' stata misurata a circa -1,10 m dal p.c.

L'indagine ha inoltre accertato che l'intervento previsto non produrrà modifiche (ed impatti) sostanziali agli assi idraulici esistenti e che quindi la situazione complessiva inerente lo smaltimento delle acque pluviali non subirà cambiamenti degni di nota.

E' necessario mantenere e preservare l'assoluta separazione tra acque dolci dei cavi esistenti e le acque del Canale Navigabile dei Navicelli che, oltre ad essere inquinate per gli apporti fognari di Pisa Sud, risultano essere anche salate-salmastre (in virtu' dell'esistente collegamento tra Canale Navicelli e Mar Tirreno).

La qualita' dell'acqua di falda presente nei cavi e' complessivamente buona. La zona presenta una vulnerabilità idrogeologica altissima, con superficie freatica intercettata dalla superficie topografica e quindi direttamente esposta a possibili inquinanti.

Ulteriore precauzione dovr'a essere quindi adottata per evitare indesiderati collegamenti tra i cavi citati e la rete di bonifica minore circostante che, come noto, esplica sovente la funzione, impropria, di collettore fognario

Pisa, gennaio 2001

Dr. Geol. Lorenza Bianchi

Dr. Geol. Marcello Ghigliotti

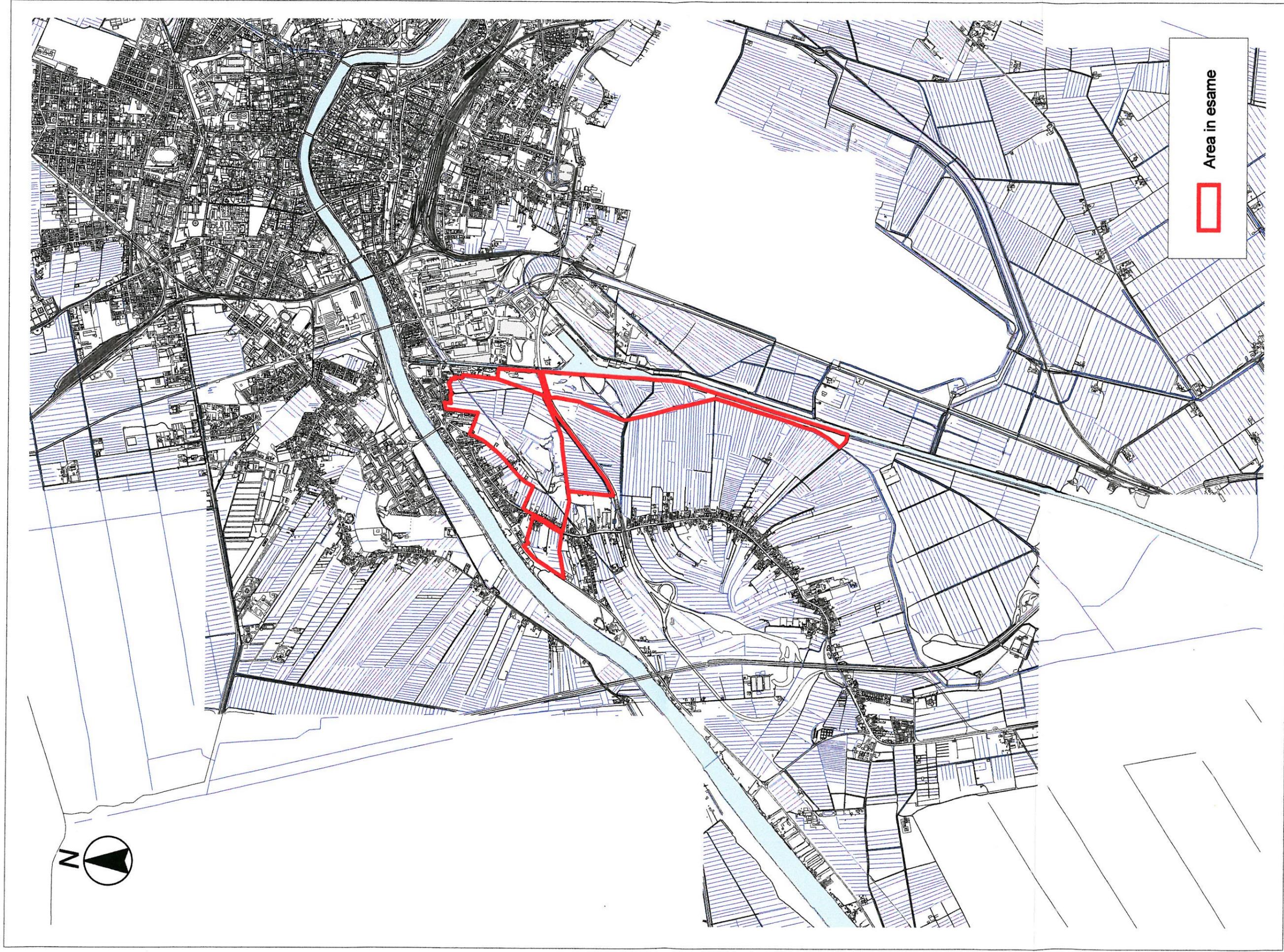


Fig.1 - Corografia (Scala 1:25.000)

PENETROMETRIA STATICA "CPT"^{RM}
STANDARD ASTM 1979

data prova di campagna 15/01/2001
committente
località Pisa
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

elaborazione

CPTXLS

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 ± 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 (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 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 , 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	
R_p (kg/cm^2)	resistenza statica alla punta	torba	v v v v v
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	o o o o o
O.C.R.	rapporto di sovraconsolidazione		
ϕ ($^\circ$)	angolo di attrito interno		
Dr (%)	densità relativa		
γ (t/m^3)	peso di volume		
m_v (cm^2/kg)	coeff. di compressibilità volumetrica		

Prova n. : 1

riferimento:

01pisa1

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	14	22		14,13	0,87		16,24	6,16
0,60	10	23		10,13	0,80		12,66	7,90
0,80	10	22		10,13	0,53		19,11	5,23
1,00	10	18	83	10,13	0,73	830	13,88	7,21
1,20	12	23		12,26	0,73		16,79	5,95
1,40	11	22		11,26	0,67		16,81	5,95
1,60	12	22		12,26	0,73		16,79	5,95
1,80	15	26		15,26	0,53		28,79	3,47
2,00	10	18	97	10,26	0,40	970	25,65	3,90
2,20	9	15		9,39	0,40		23,48	4,26
2,40	9	15		9,39	0,20		46,95	2,13
2,60	11	14		11,39	0,47		24,23	4,13
2,80	8	15		8,39	0,40		20,98	4,77
3,00	8	14	119	8,39	0,47	1190	17,85	5,60
3,20	7	14		7,52	0,40		18,80	5,32
3,40	5	11		5,52	0,33		16,73	5,98
3,60	4	9		4,52	0,27		16,74	5,97
3,80	4	8		4,52	0,27		16,74	5,97
4,00	4	8	131	4,52	0,33	1310	13,70	7,30
4,20	4	9		4,65	0,27		17,22	5,81
4,40	4	8		4,65	0,33		14,09	7,10
4,60	6	11		6,65	0,33		20,15	4,96
4,80	33	38		33,65	0,93		36,18	2,76
5,00	31	45	186	31,65	0,60	1860	52,75	1,90
5,20	32	41		32,78	1,00		32,78	3,05
5,40	11	26		11,78	0,80		14,73	6,79
5,60	4	16		4,78	0,27		17,70	5,65
5,80	4	8		4,78	0,20		23,90	4,18
6,00	3	6	158	3,78	0,27	1580	14,00	7,14
6,20	3	7		3,91	0,20		19,55	5,12
6,40	4	7		4,91	0,27		18,19	5,50
6,60	4	8		4,91	0,27		18,19	5,50
6,80	4	8		4,91	0,27		18,19	5,50
7,00	4	8	149	4,91	0,27	1490	18,19	5,50
7,20	4	8		5,04	0,27		18,67	5,36
7,40	4	8		5,04	0,27		18,67	5,36
7,60	3	7		4,04	0,27		14,96	6,68
7,80	4	8		5,04	0,27		18,67	5,36
8,00	3	7	134	4,04	0,27	1340	14,96	6,68
8,20	3	7		4,17	0,27		15,44	6,47
8,40	3	7		4,17	0,27		15,44	6,47
8,60	3	7		4,17	0,20		20,85	4,80
8,80	3	6		4,17	0,27		15,44	6,47
9,00	3	7	128	4,17	0,27	1280	15,44	6,47
9,20	3	7		4,30	0,33		13,03	7,67
9,40	3	8		4,30	0,20		21,50	4,65
9,60	4	7		5,30	0,27		19,63	5,09
9,80	3	7		4,30	0,27		15,93	6,28
10,00	3	7	113	4,30	0,27	1130	15,93	6,28

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

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

Prova n. :

1

riferimento:

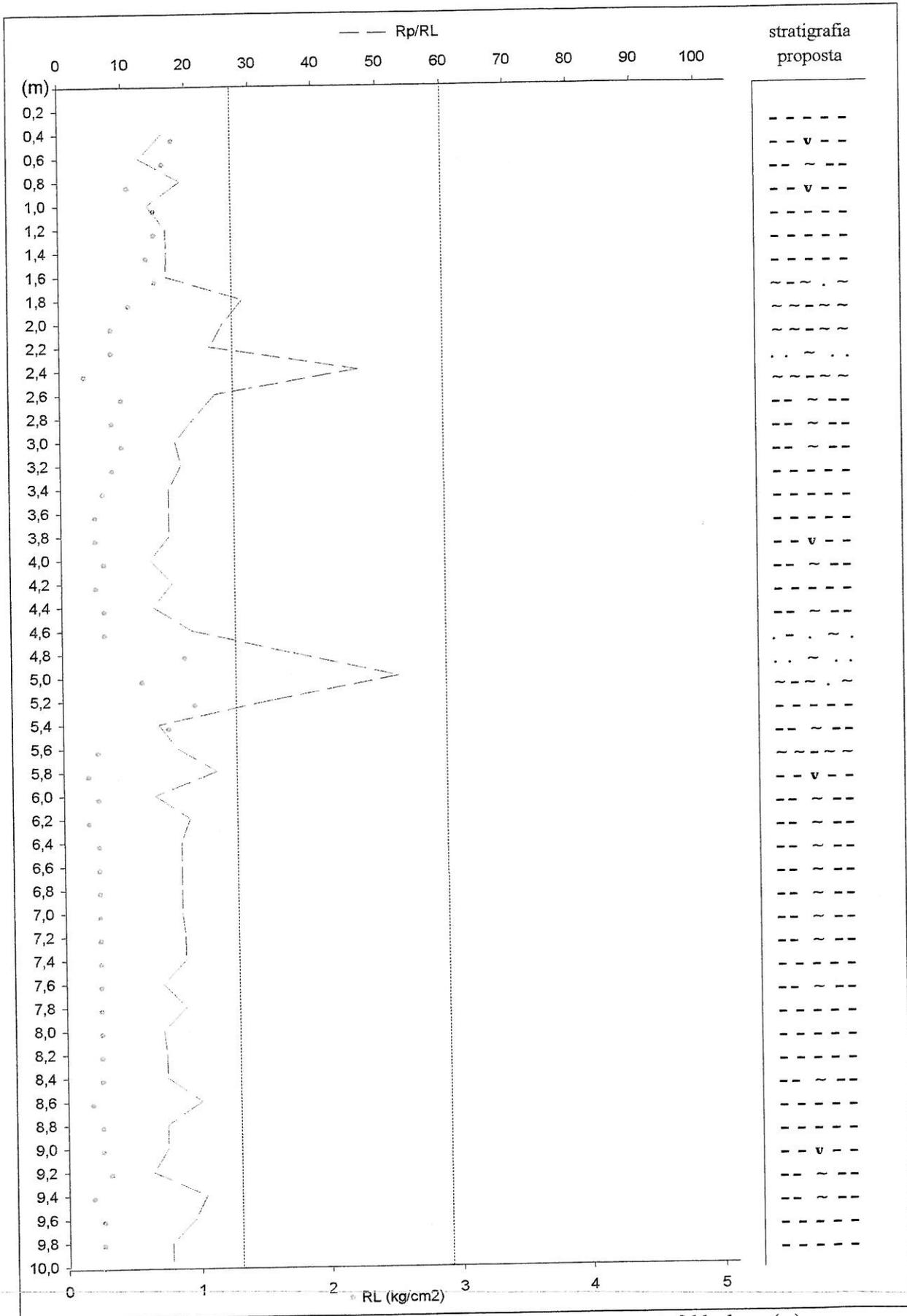
01pisa1

m	natura coesiva			natura mista			natura granulare			γ (t/m ³)	m_v (cm ² /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										1,95	0,024
0,40	0,86	consist.	6,1							1,95	0,099
0,60	0,61	plastica	2,2							1,95	0,033
0,80	0,61	plastica	1,5							1,95	0,099
1,00	0,61	plastica	1,1							1,95	0,027
1,20	0,74	plastica	1,0							1,95	0,030
1,40	0,68	plastica	0,8							1,95	0,027
1,60	0,74	plastica	0,8							1,95	0,019
1,80							27°	36	med. add.	1,75	0,028
2,00				0,62	26°	31				1,75	0,030
2,20				0,57	26°	31				1,75	0,053
2,40							29°	17	sciolta	1,75	0,025
2,60				0,69	26°	34				1,75	0,048
2,80	0,51	plastica	0,4							1,80	0,048
3,00	0,51	plastica	0,4							1,80	0,053
3,20	0,46	plastica	0,4							1,80	0,072
3,40	0,33	molle	0,3							1,80	0,111
3,60	0,27	molle	0,2							1,80	0,111
3,80	0,27	molle	0,2							1,80	0,221
4,00	0,27	molle	0,3							1,80	0,108
4,20	0,28	molle	0,1							1,80	0,108
4,40	0,28	molle	0,1							1,80	0,060
4,60	0,40	plastica	2,4							1,80	0,015
4,80							29°	47	med. add.	1,80	0,016
5,00							31°	39	med. add.	1,80	0,015
5,20							29°	49	med. add.	1,80	0,028
5,40	0,71	plastica	8,2							1,95	0,105
5,60	0,29	molle	2,5							1,80	0,060
5,80				0,29	25°	17				1,75	0,132
6,00	0,23	molle	1,7							1,80	0,128
6,20	0,24	molle	1,7							1,80	0,102
6,40	0,30	molle	2,2							1,80	0,102
6,60	0,30	molle	2,1							1,80	0,102
6,80	0,30	molle	2,1							1,80	0,102
7,00	0,30	molle	2,0							1,80	0,099
7,20	0,31	molle	2,0							1,80	0,099
7,40	0,31	molle	1,9							1,80	0,124
7,60	0,24	molle	1,4							1,80	0,099
7,80	0,31	molle	1,8							1,80	0,124
8,00	0,24	molle	1,3							1,80	0,120
8,20	0,25	molle	1,3							1,80	0,120
8,40	0,25	molle	1,3							1,80	0,120
8,60	0,25	molle	1,2							1,80	0,120
8,80	0,25	molle	1,2							1,80	0,120
9,00	0,25	molle	1,2							1,80	0,233
9,20	0,26	molle	1,2							1,80	0,116
9,40	0,26	molle	1,2							1,80	0,094
9,60	0,32	molle	1,5							1,80	0,116
9,80	0,26	molle	1,1							1,80	0,116
10,00	0,26	molle	1,1							1,80	0,116

Prova n. : 1

riferimento:

01pisa1

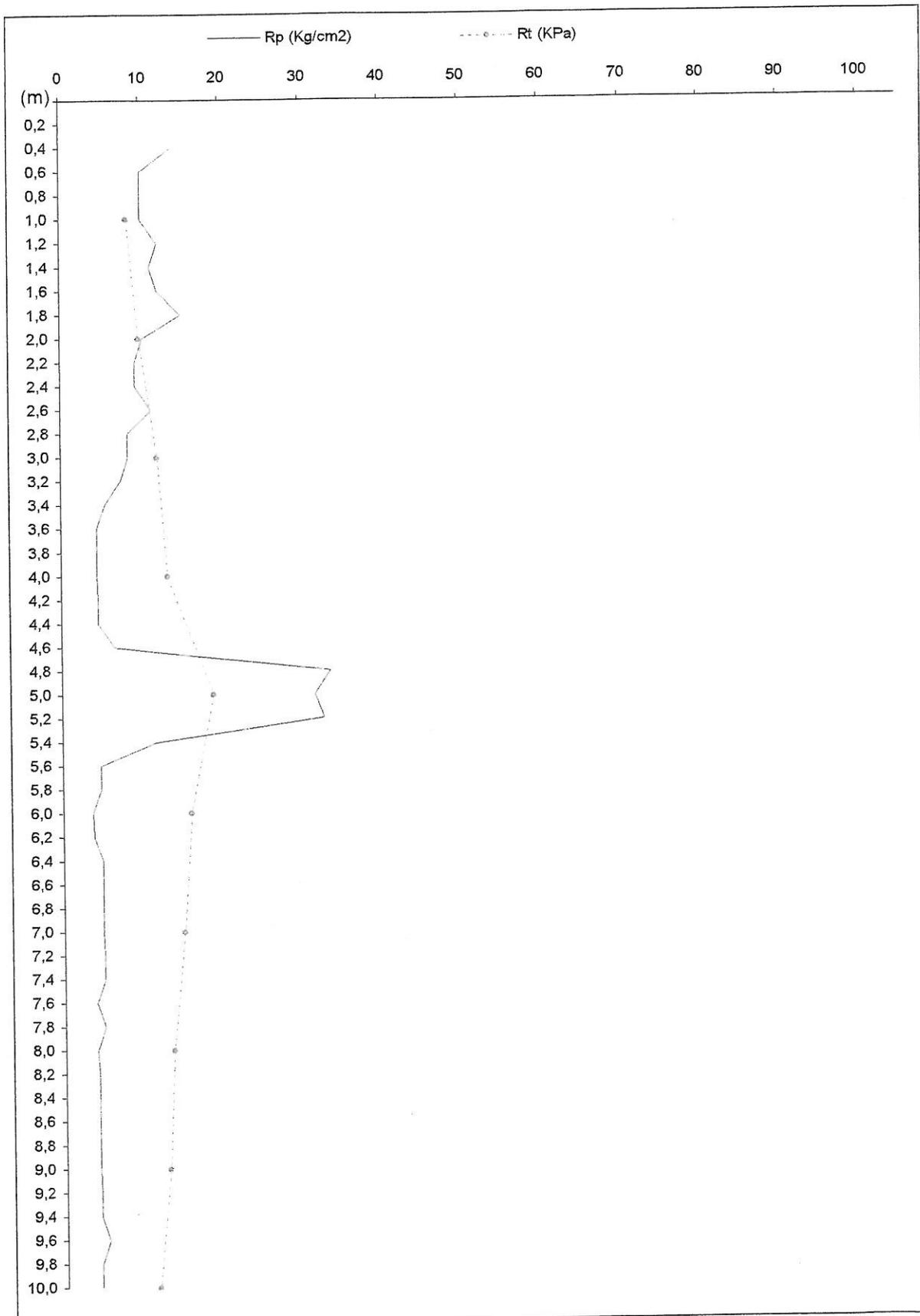


quota falda d.p.c. (m) :

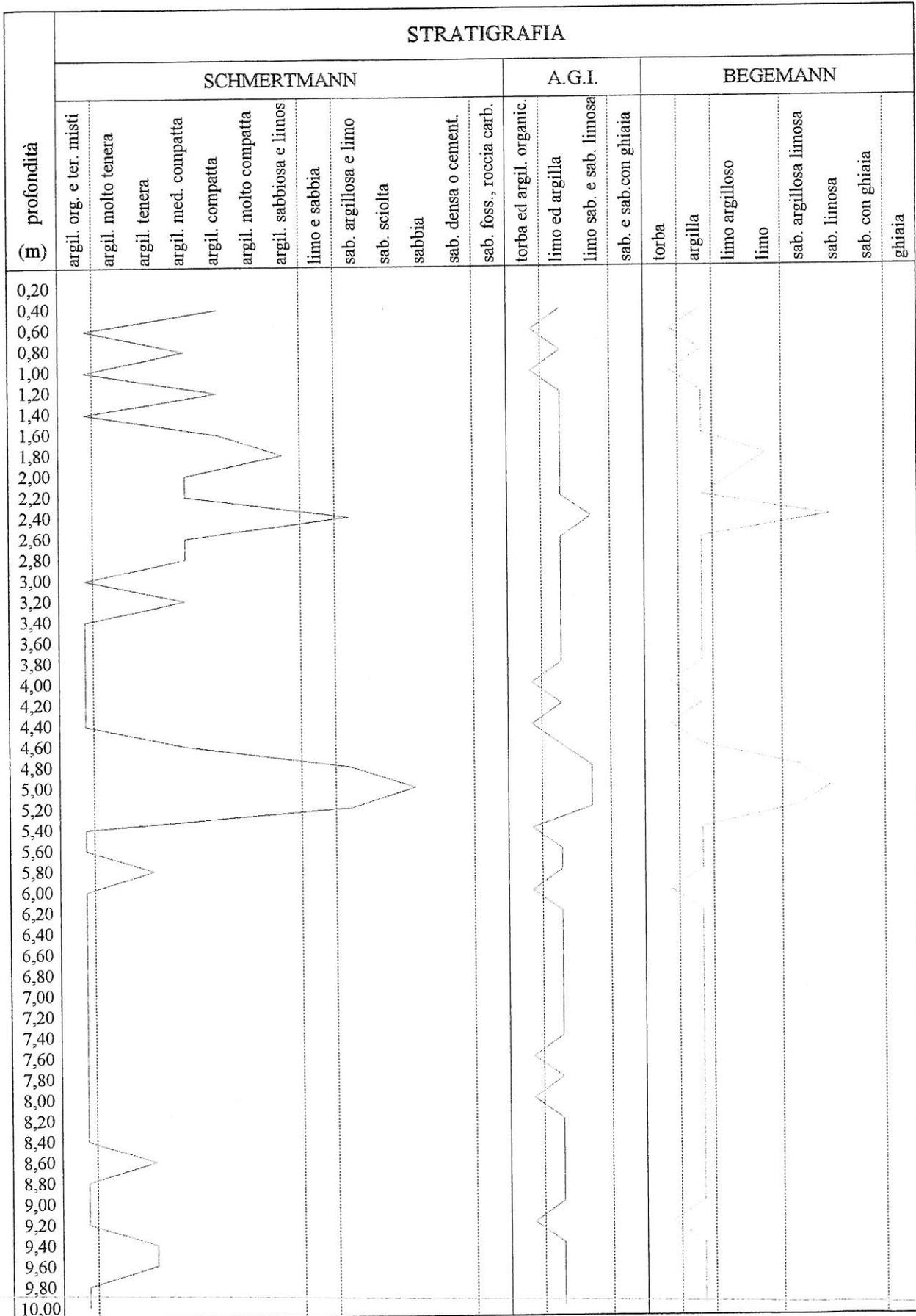
Prova n. : 1

riferimento:

01pisa1



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



Prova n. : 2

riferimento:

01pisa2

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	8	19		8,13	0,47		17,30	5,78
0,60	7	14		7,13	0,27		26,41	3,79
0,80	12	16		12,13	0,93		13,04	7,67
1,00	24	38	41	24,13	0,60	410	40,22	2,49
1,20	26	35		26,26	1,73		15,18	6,59
1,40	20	46		20,26	0,87		23,29	4,29
1,60	16	29		16,26	0,93		17,48	5,72
1,80	20	34		20,26	0,73		27,75	3,60
2,00	25	36	151	25,26	1,40	1510	18,04	5,54
2,20	22	43		22,39	1,27		17,63	5,67
2,40	15	34		15,39	0,73		21,08	4,74
2,60	15	26		15,39	0,73		21,08	4,74
2,80	20	31		20,39	0,87		23,44	4,27
3,00	18	31	256	18,39	0,87	2560	21,14	4,73
3,20	18	31		18,52	0,73		25,37	3,94
3,40	15	26		15,52	0,80		19,40	5,15
3,60	14	26		14,52	0,93		15,61	6,40
3,80	10	24		10,52	0,60		17,53	5,70
4,00	13	22	292	13,52	0,40	2920	33,80	2,96
4,20	12	18		12,65	0,40		31,63	3,16
4,40	13	19		13,65	0,40		34,13	2,93
4,60	10	16		10,65	0,40		26,63	3,76
4,80	8	14		8,65	0,33		26,21	3,82
5,00	7	12	308	7,65	0,33	3080	23,18	4,31
5,20	5	10		5,78	0,33		17,52	5,71
5,40	5	10		5,78	0,33		17,52	5,71
5,60	5	10		5,78	0,33		17,52	5,71
5,80	5	10		5,78	0,40		14,45	6,92
6,00	6	12	317	6,78	0,40	3170	16,95	5,90
6,20	5	11		5,91	0,40		14,78	6,77
6,40	5	11		5,91	0,33		17,91	5,58
6,60	4	9		4,91	0,53		9,26	10,79
6,80	4	12		4,91	0,53		9,26	10,79
7,00	4	12	318	4,91	0,27	3180	18,19	5,50
7,20	3	7		4,04	0,20		20,20	4,95
7,40	3	6		4,04	0,33		12,24	8,17
7,60	3	8		4,04	0,20		20,20	4,95
7,80	3	6		4,04	0,27		14,96	6,68
8,00	3	7	293	4,04	0,27	2930	14,96	6,68
8,20	3	7		4,17	0,27		15,44	6,47
8,40	4	8		5,17	0,27		19,15	5,22
8,60	4	8		5,17	0,27		19,15	5,22
8,80	3	7		4,17	0,27		15,44	6,47
9,00	3	7	277	4,17	0,27	2770	15,44	6,47
9,20	3	7		4,30	0,27		15,93	6,28
9,40	3	7		4,30	0,27		15,93	6,28
9,60	3	7		4,30	0,27		15,93	6,28
9,80	3	7		4,30	0,33		13,03	7,67
10,00	3	8	265	4,30	0,20	2650	21,50	4,65

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

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

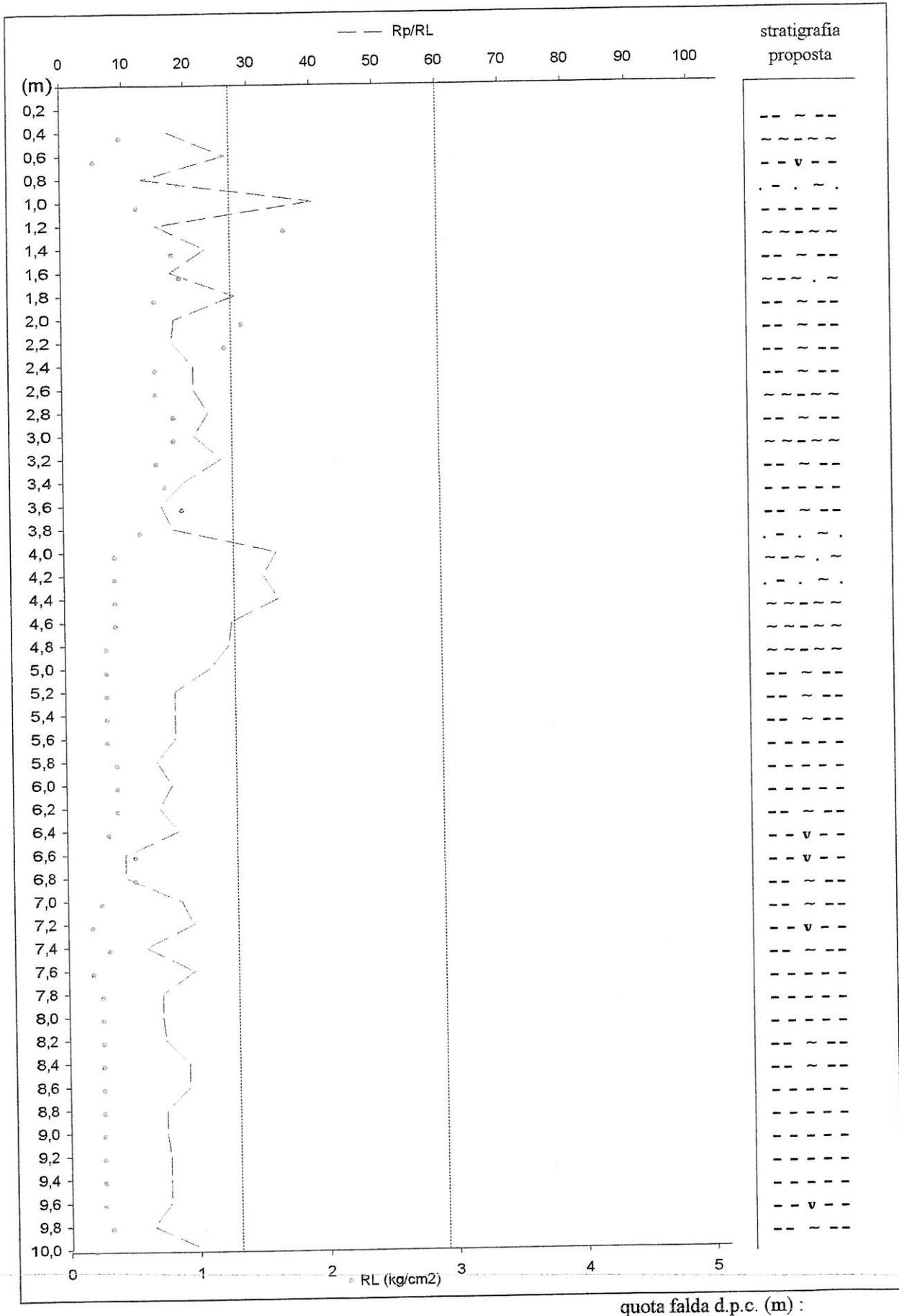
Prova n. :

2

riferimento:

01pisa2

m	natura coesiva			natura mista			natura granulare			γ (t/m^3)	m_v (cm^2/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										1,80	0,049
0,40	0,49	plastica	3,1							1,75	0,040
0,60				0,43	26°	23				1,95	0,082
0,80	0,74	plastica	1,9				30°	39	med. add.	1,80	0,021
1,00										2,00	0,019
1,20	1,07	consist.	1,6							1,80	0,025
1,40				1,23	26°	46				1,95	0,021
1,60	0,99	consist.	1,1				27°	43	med. add.	1,80	0,025
1,80										2,00	0,020
2,00	1,03	consist.	1,0							2,00	0,022
2,20	1,36	consist.	1,4							1,95	0,022
2,40	0,93	consist.	0,8							1,95	0,022
2,60	0,93	consist.	0,8							1,80	0,025
2,80				1,24	26°	46				1,95	0,018
3,00	1,11	consist.	1,1							1,75	0,015
3,20				1,12	27°	43				1,95	0,021
3,40	0,94	consist.	0,9							1,95	0,023
3,60	0,88	consist.	0,9							1,95	0,032
3,80	0,64	plastica	0,7							1,75	0,021
4,00							28°	31	sciolta	1,75	0,023
4,20							28°	31	sciolta	1,75	0,021
4,40							28°	31	sciolta	1,75	0,027
4,60				0,65	26°	31				1,75	0,033
4,80				0,52	26°	27				1,75	0,037
5,00				0,46	25°	27				1,80	0,069
5,20	0,35	molle	3,5							1,80	0,069
5,40	0,35	molle	3,4							1,80	0,069
5,60	0,35	molle	3,2							1,80	0,069
5,80	0,35	molle	3,1							1,80	0,059
6,00	0,41	plastica	3,6							1,80	0,068
6,20	0,36	molle	2,9							1,80	0,068
6,40	0,36	molle	2,8							1,80	0,204
6,60	0,30	molle	2,1							1,80	0,204
6,80	0,30	molle	2,1							1,80	0,102
7,00	0,30	molle	2,0							1,80	0,124
7,20	0,24	molle	1,5							1,80	0,248
7,40	0,24	molle	1,4							1,80	0,124
7,60	0,24	molle	1,4							1,80	0,124
7,80	0,24	molle	1,4							1,80	0,124
8,00	0,24	molle	1,3							1,80	0,120
8,20	0,25	molle	1,3							1,80	0,097
8,40	0,31	molle	1,7							1,80	0,097
8,60	0,31	molle	1,6							1,80	0,120
8,80	0,25	molle	1,2							1,80	0,120
9,00	0,25	molle	1,2							1,80	0,116
9,20	0,26	molle	1,2							1,80	0,116
9,40	0,26	molle	1,2							1,80	0,116
9,60	0,26	molle	1,1							1,80	0,233
9,80	0,26	molle	1,1							1,80	0,116
10,00	0,26	molle	1,1							1,80	0,116

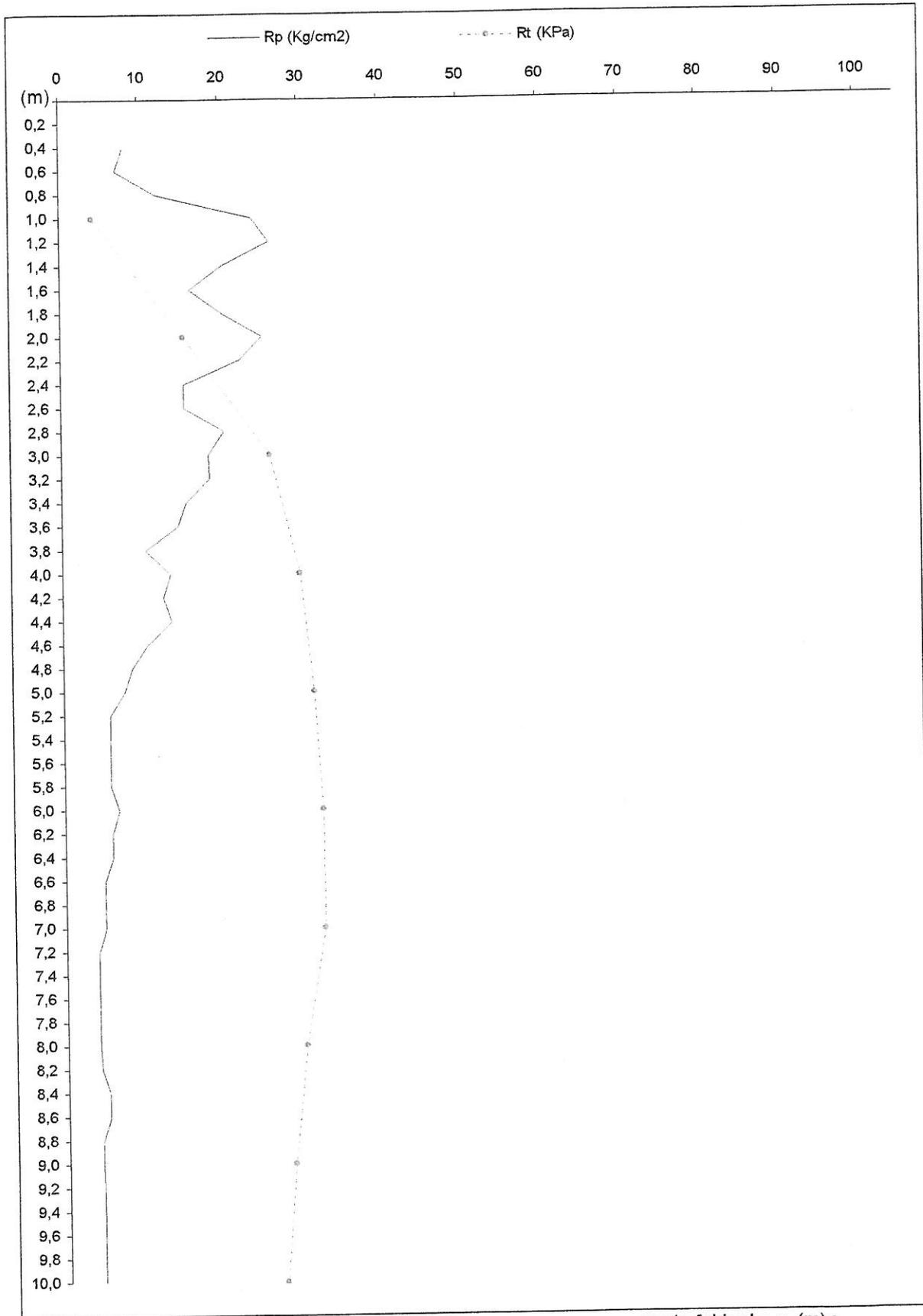


quota falda d.p.c. (m) :

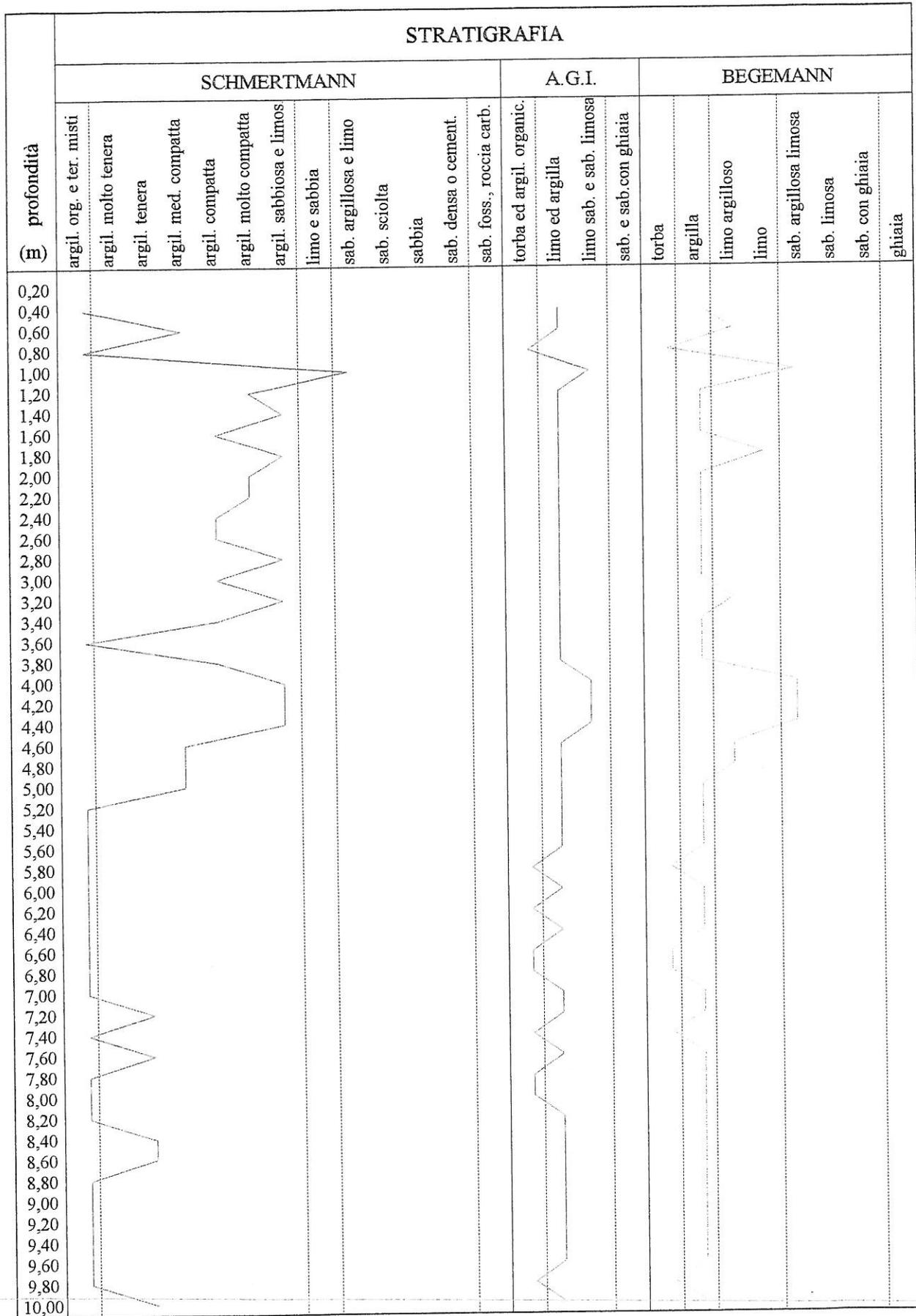
Prova n. : 2

riferimento:

01 pisa2



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

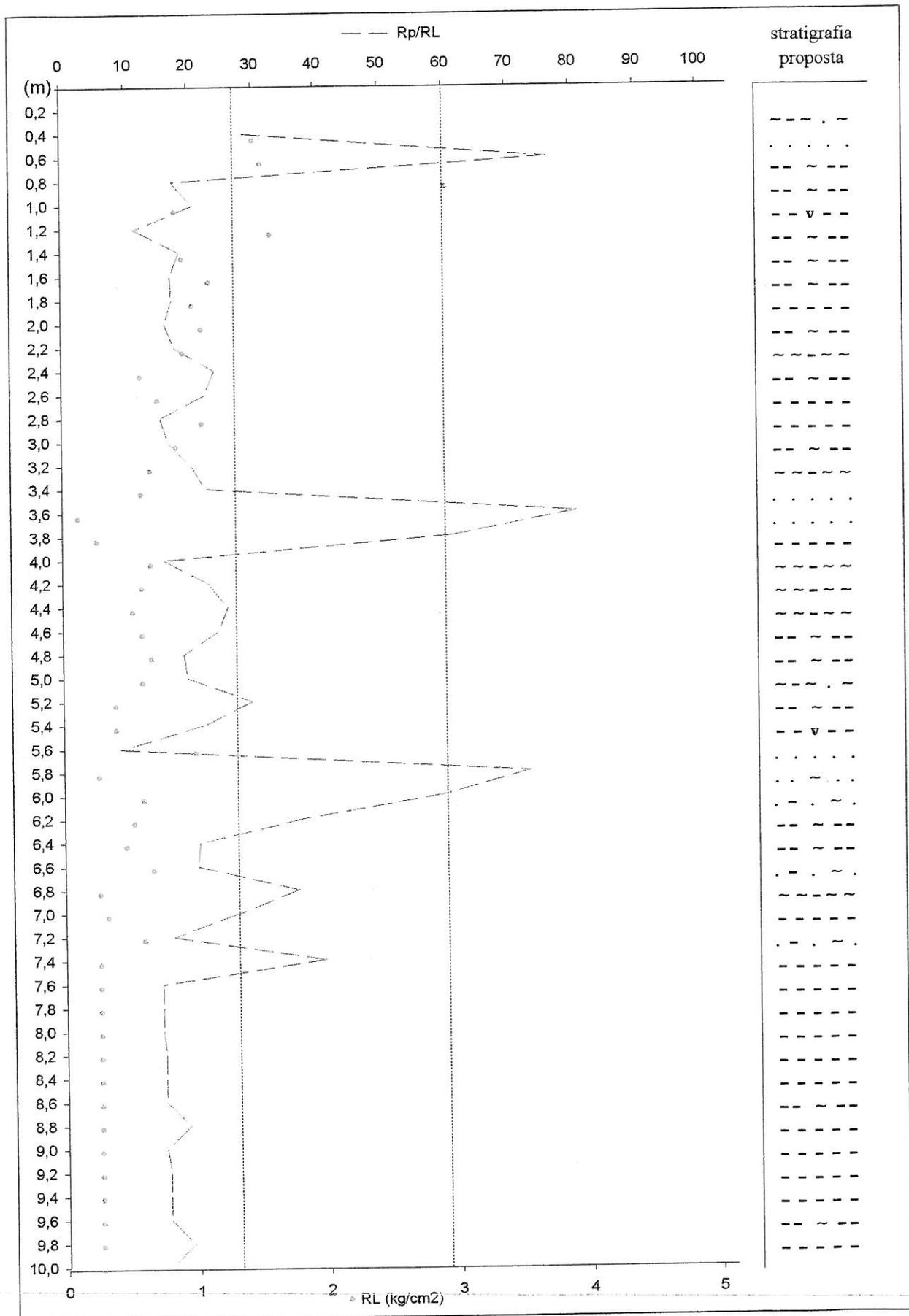


letture di campagna				valori derivati				
profondità (m)	punta	punta più manicotto	totale	Rp kg/cm ²	RL kg/cm ²	Rt kg/cm ²	Rp/RL	(RL/Rp)*100
0,20				42,13	1,47		28,66	3,49
0,40	42	83		117,13	1,53		76,56	1,31
0,60	117	139		51,13	2,93		17,45	5,73
0,80	51	74		18,13	0,87	1260	20,84	4,80
1,00	18	62	126	18,26	1,60		11,41	8,76
1,20	18	31		17,26	0,93		18,56	5,39
1,40	17	41		19,26	1,13		17,04	5,87
1,60	19	33		17,26	1,00		17,26	5,79
1,80	17	34		17,26	1,07	1780	16,13	6,20
2,00	17	32	178	16,39	0,93		17,62	5,67
2,20	16	32		14,39	0,60		23,98	4,17
2,40	14	28		16,39	0,73		22,45	4,45
2,60	16	25		16,39	1,07		15,32	6,53
2,80	16	27		14,39	0,87	1790	16,54	6,05
3,00	14	30	179	13,52	0,67		20,18	4,96
3,20	13	26		13,52	0,60		22,53	4,44
3,40	13	23		10,52	0,13		80,92	1,24
3,60	10	19		16,52	0,27		61,19	1,63
3,80	16	18		10,52	0,67	1900	15,70	6,37
4,00	10	14	190	13,65	0,60		22,75	4,40
4,20	13	23		13,65	0,53		25,75	3,88
4,40	13	22		14,65	0,60		24,42	4,10
4,60	14	22		12,65	0,67		18,88	5,30
4,80	12	21		11,65	0,60	2080	19,42	5,15
5,00	11	21	208	11,78	0,40		29,45	3,40
5,20	11	20		8,78	0,40		21,95	4,56
5,40	8	14		8,78	1,00		8,78	11,39
5,60	8	14		19,78	0,27		73,26	1,37
5,80	19	34		35,78	0,60	2100	59,63	1,68
6,00	35	39	210	19,91	0,53		37,57	2,66
6,20	19	28		9,91	0,47		21,09	4,74
6,40	9	17		13,91	0,67		20,76	4,82
6,60	13	20		9,91	0,27		36,70	2,72
6,80	9	19		8,91	0,33	2090	27,00	3,70
7,00	8	12	209	10,04	0,60		16,73	5,98
7,20	9	14		11,04	0,27		40,89	2,45
7,40	10	19		4,04	0,27		14,96	6,68
7,60	3	7		4,04	0,27		14,96	6,68
7,80	3	7		4,04	0,27	1930	14,96	6,68
8,00	3	7	193	4,17	0,27		15,44	6,47
8,20	3	7		4,17	0,27		15,44	6,47
8,40	3	7		4,17	0,27		15,44	6,47
8,60	3	7		5,17	0,27		19,15	5,22
8,80	4	8		4,17	0,27	1940	15,44	6,47
9,00	3	7	194	4,30	0,27		15,93	6,28
9,20	3	7		4,30	0,27		15,93	6,28
9,40	3	7		4,30	0,27		15,93	6,28
9,60	3	7		5,30	0,27		19,63	5,09
9,80	4	8		4,30	0,27	1910	15,93	6,28
10,00	3	7	191					

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

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

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.		
0,20											
0,40							28°	56	med. add.	1,85	0,012
0,60							35°	57	med. add.	1,95	0,006
0,80	2,09	m. cons.	7,0							2,10	0,010
1,00	1,10	consist.	2,4							1,95	0,018
1,20	1,11	consist.	1,6							1,95	0,055
1,40	1,05	consist.	1,3							1,95	0,019
1,60	1,17	consist.	1,3							1,95	0,017
1,80	1,05	consist.	1,1							1,95	0,019
2,00	1,05	consist.	1,0							1,95	0,019
2,20	0,99	consist.	0,9							1,95	0,020
2,40				0,87	26°	39				1,75	0,020
2,60	0,99	consist.	0,9							1,95	0,020
2,80	0,99	consist.	0,9							1,95	0,020
3,00	0,87	consist.	0,8							1,95	0,023
3,20	0,82	consist.	0,8							1,95	0,025
3,40				0,82	26°	39				1,75	0,021
3,60							31°	9	m. sciol.	1,75	0,048
3,80							31°	23	sciolta	1,75	0,030
4,00	0,64	plastica	0,8							1,95	0,032
4,20				0,83	26°	39				1,75	0,021
4,40				0,83	26°	36				1,75	0,021
4,60				0,89	26°	39				1,75	0,020
4,80	0,77	consist.	10,4							1,95	0,026
5,00	0,71	plastica	8,9							1,95	0,029
5,20							27°	31	sciolta	1,75	0,024
5,40	0,53	plastica	5,7							1,80	0,046
5,60	0,53	plastica	5,4							1,80	0,114
5,80							32°	23	sciolta	1,75	0,025
6,00							32°	39	med. add.	1,80	0,014
6,20							29°	36	med. add.	1,75	0,014
6,40	0,60	plastica	5,3							1,80	0,040
6,60	0,84	consist.	7,8							1,95	0,024
6,80							28°	23	sciolta	1,75	0,029
7,00				0,54	26°	27				1,75	0,032
7,20	0,61	plastica	4,7							1,95	0,033
7,40							29°	23	sciolta	1,75	0,026
7,60	0,24	molle	1,4							1,80	0,124
7,80	0,24	molle	1,4							1,80	0,124
8,00	0,24	molle	1,3							1,80	0,124
8,20	0,25	molle	1,3							1,80	0,120
8,40	0,25	molle	1,3							1,80	0,120
8,60	0,25	molle	1,2							1,80	0,120
8,80	0,31	molle	1,6							1,80	0,097
9,00	0,25	molle	1,2							1,80	0,120
9,20	0,26	molle	1,2							1,80	0,116
9,40	0,26	molle	1,2							1,80	0,116
9,60	0,26	molle	1,1							1,80	0,116
9,80	0,32	molle	1,4							1,80	0,094
10,00	0,26	molle	1,1							1,80	0,116

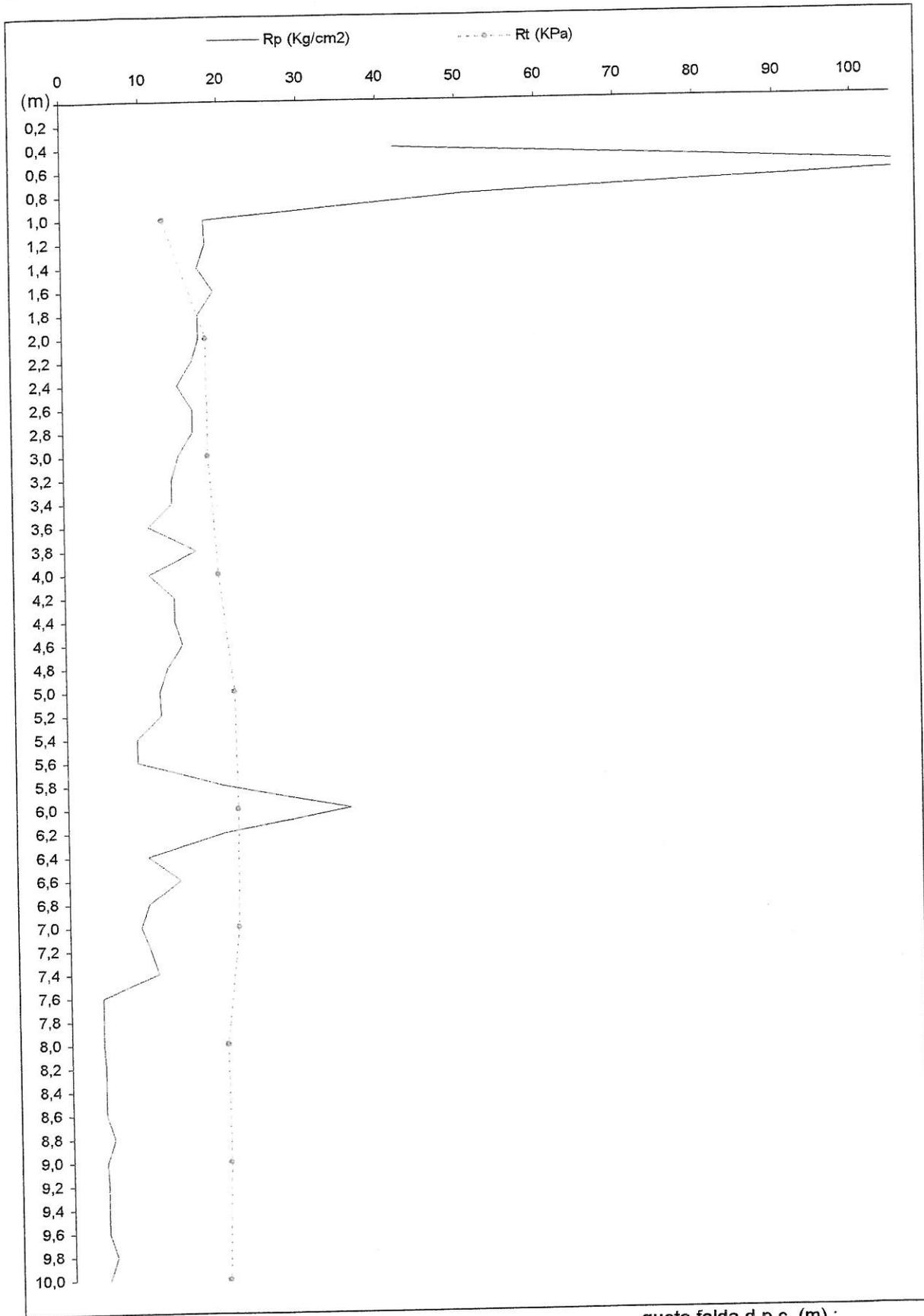


quota falda d.p.c. (m) :

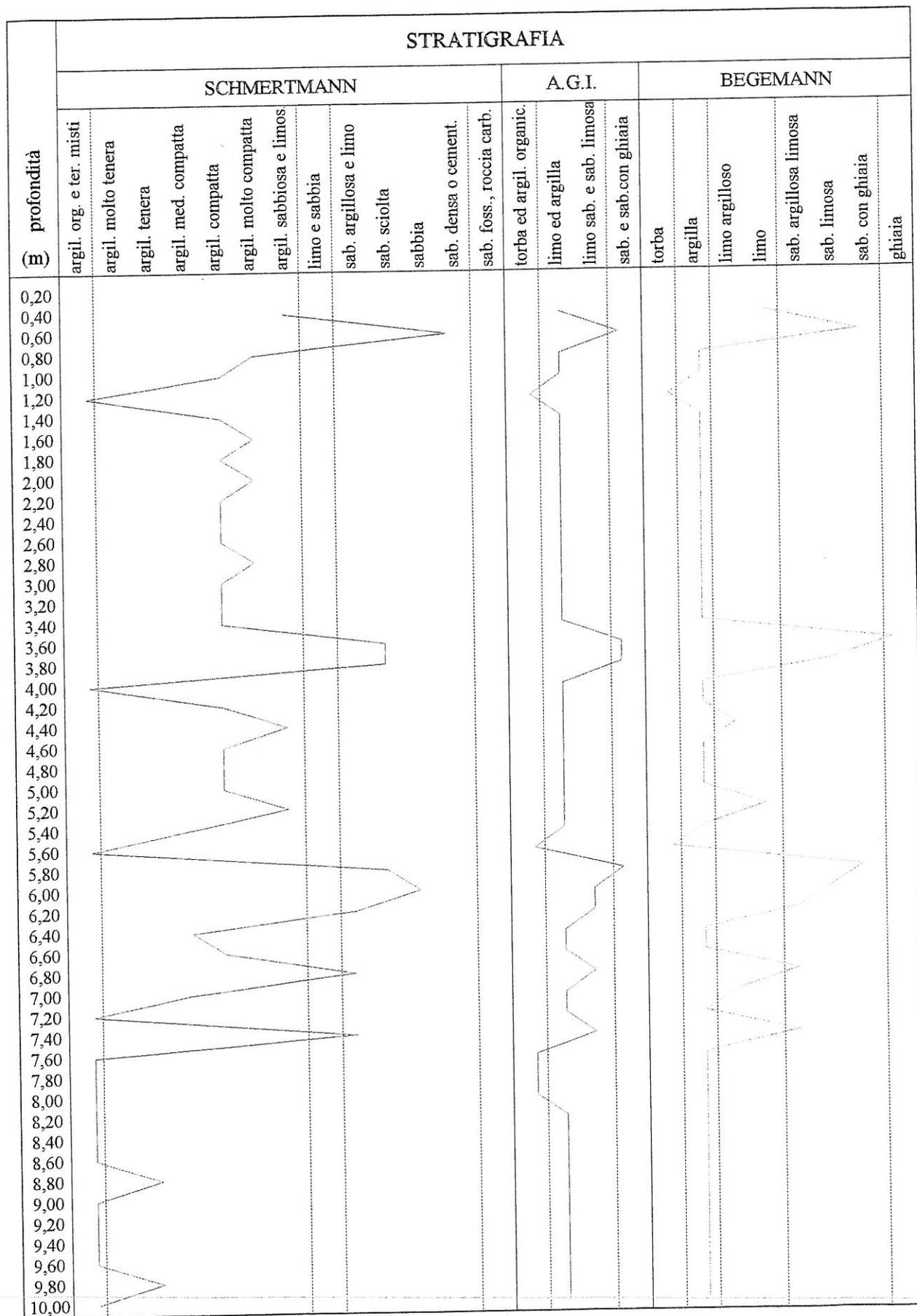
Prova n. : 3

riferimento:

01pisa3



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



RILIEVI DI CAMPAGNA				V A L O R I D E R I V A T I							
Prof (m)	L E T T U R E			Rp	Rt	Rf	Rp/Rf	Φ	Dr	cu	mv
	P.TA	LAT.	TOT.								
0.2	0	0	0	0.13	0	0.00	0.00	0	0	0.01	7.692
0.4	0	0	0	0.13	0	0.00	0.00	0	0	0.01	7.692
0.6	13	21	0	13.13	0	0.53	0.24	0	0	0.80	0.076
0.8	11	25	0	11.13	0	0.93	14.07	0	0	0.67	0.026
1.0	16	29	47	16.13	470	0.87	12.84	0	0	0.98	0.018
1.2	14	28	0	14.26	0	0.93	17.28	0	0	0.86	0.020
1.4	12	25	0	12.26	0	0.87	16.45	0	0	0.74	0.023
1.6	11	24	0	11.26	0	0.87	14.15	0	0	0.68	0.025
1.8	11	23	0	11.26	0	0.80	14.07	0	0	0.68	0.025
2.0	12	22	92	12.26	920	0.67	16.89	0	0	0.74	0.023
2.2	12	23	0	12.39	0	0.73	16.72	0	0	0.75	0.023
2.4	13	26	0	13.39	0	0.87	14.30	0	0	0.81	0.021
2.6	9	22	0	9.39	0	0.87	15.45	0	0	0.57	0.043
2.8	8	18	0	8.39	0	0.67	14.08	0	0	0.51	0.048
3.0	9	18	128	9.39	1280	0.60	13.98	0	0	0.57	0.043
3.2	8	19	0	8.52	0	0.73	12.80	0	0	0.52	0.047
3.4	8	19	0	8.52	0	0.73	11.62	0	0	0.52	0.047
3.6	6	15	0	6.52	0	0.60	14.20	0	0	0.40	0.061
3.8	5	13	0	5.52	0	0.53	12.22	0	0	0.33	0.072
4.0	4	9	127	4.52	1270	0.33	16.56	0	0	0.27	0.088
4.2	4	10	0	4.65	0	0.40	11.30	0	0	0.28	0.086
4.4	4	9	0	4.65	0	0.33	13.95	0	0	0.28	0.086
4.6	5	10	0	5.65	0	0.33	13.95	0	0	0.34	0.071
4.8	5	10	0	5.65	0	0.33	16.95	0	0	0.34	0.071
5.0	5	10	124	5.65	1240	0.33	16.95	0	0	0.34	0.071
5.2	4	9	0	4.78	0	0.33	16.95	0	0	0.29	0.084
5.4	4	8	0	4.78	0	0.27	17.92	0	0	0.29	0.084
5.6	3	7	0	3.78	0	0.27	17.92	0	0	0.23	0.106
5.8	4	7	0	4.78	0	0.20	18.90	0	0	0.29	0.084
6.0	4	8	120	4.78	1200	0.27	17.92	0	0	0.29	0.084
6.2	3	7	0	3.91	0	0.27	17.92	0	0	0.24	0.102
6.4	4	8	0	4.91	0	0.27	14.66	0	0	0.30	0.081
6.6	4	8	0	4.91	0	0.27	18.41	0	0	0.30	0.081
6.8	4	8	0	4.91	0	0.27	18.41	0	0	0.30	0.081
7.0	3	7	119	3.91	1190	0.27	18.41	0	0	0.24	0.102
7.2	4	7	0	5.04	0	0.20	19.55	0	0	0.31	0.079
7.4	4	8	0	5.04	0	0.27	18.90	0	0	0.31	0.079
7.6	4	7	0	5.04	0	0.20	25.20	25	19	0.31	0.099
7.8	4	7	0	5.04	0	0.20	25.20	25	19	0.31	0.099
8.0	4	7	114	5.04	1140	0.20	25.20	25	19	0.31	0.099
8.2	4	7	0	5.17	0	0.20	25.20	25	19	0.31	0.097
8.4	3	7	0	4.17	0	0.27	19.39	0	0	0.25	0.096
8.6	3	7	0	4.17	0	0.27	15.64	0	0	0.25	0.096
8.8	3	7	0	4.17	0	0.27	15.64	0	0	0.25	0.096
9.0	3	7	119	4.17	1190	0.27	15.64	0	0	0.25	0.096
9.2	3	7	0	4.30	0	0.27	15.64	0	0	0.26	0.093
9.4	4	7	0	5.30	0	0.20	21.50	0	0	0.32	0.075
9.6	4	7	0	5.30	0	0.20	26.50	25	19	0.32	0.094
9.8	4	7	0	5.30	0	0.20	26.50	25	19	0.32	0.094
10.0	3	7	118	4.30	1180	0.27	19.88	0	0	0.26	0.093

Quota : m d.p.c.
 Elab. NEOGEO

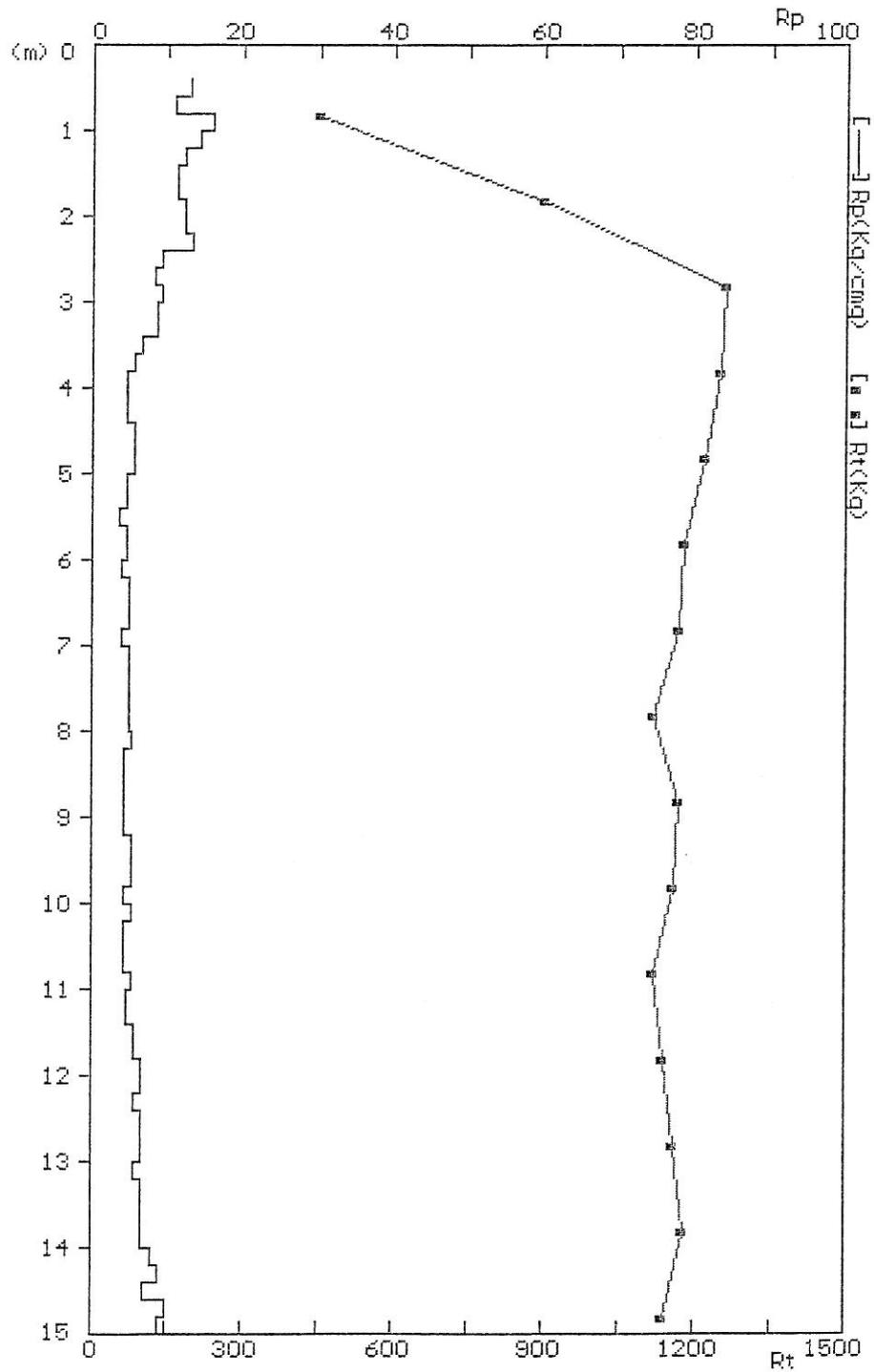
Livello Falda : -m d.p.c.

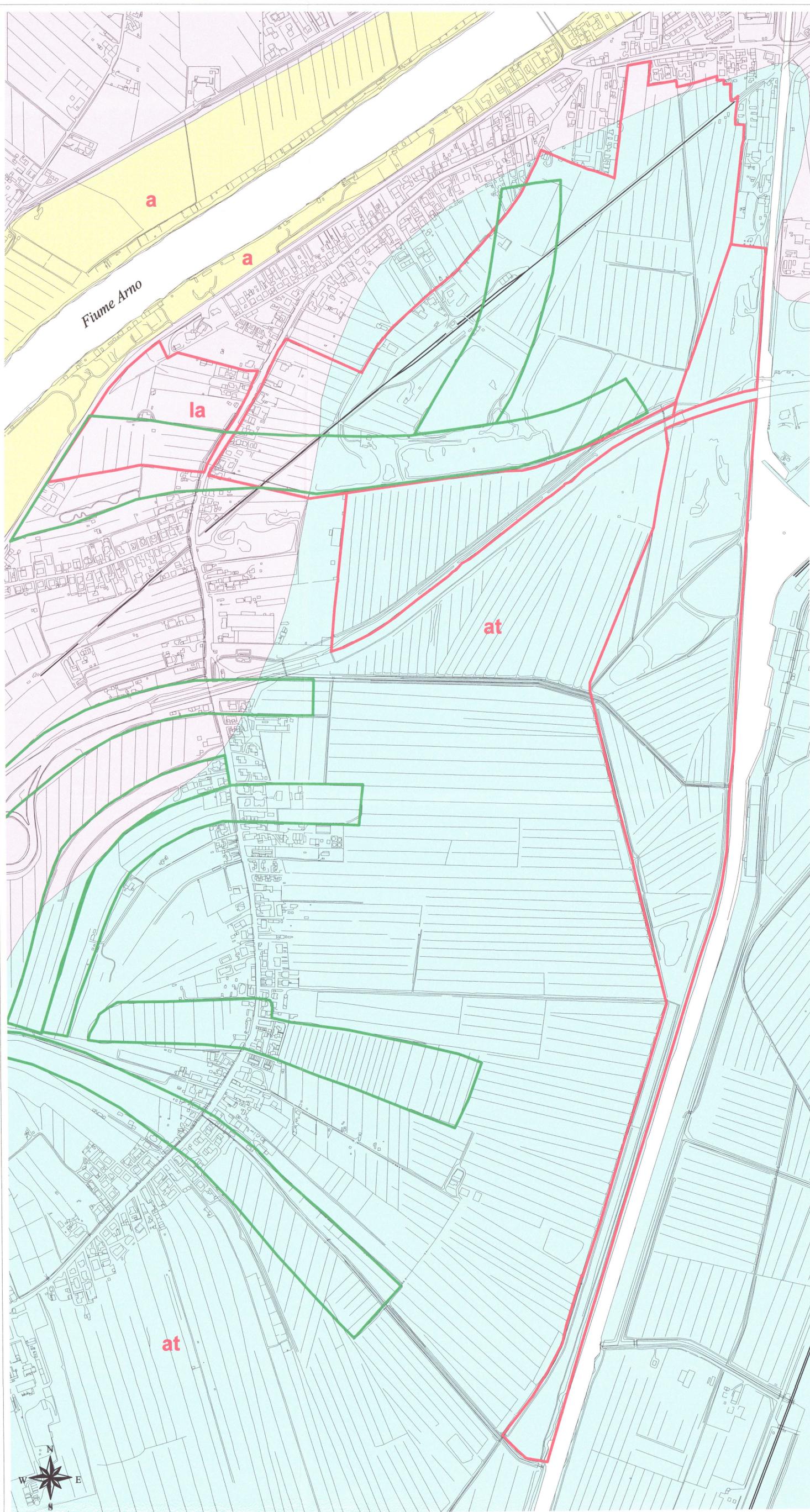
RILIEVI DI CAMPAGNA				V A L O R I D E R I V A T I							
Prof (m)	L E T T U R E			Rp	Rt	Rf	Rp/Rf	Φ	Dr	cu	mv
	P.TA	LAT.	TOT.								
10.2	4	7	0	5.43	0	0.20	21.50	0	0	0.33	0.074
10.4	3	7	0	4.43	0	0.27	20.36	0	0	0.27	0.090
10.6	3	7	0	4.43	0	0.27	16.61	0	0	0.27	0.090
10.8	3	7	0	4.43	0	0.27	16.61	0	0	0.27	0.090
11.0	4	7	114	5.43	1140	0.20	22.15	0	0	0.33	0.074
11.2	3	7	0	4.56	0	0.27	20.36	0	0	0.28	0.088
11.4	3	7	0	4.56	0	0.27	17.10	0	0	0.28	0.088
11.6	4	7	0	5.56	0	0.20	22.80	0	0	0.34	0.072
11.8	4	7	0	5.56	0	0.20	27.80	25	19	0.00	0.090
12.0	5	8	116	6.56	1160	0.20	27.80	25	22	0.00	0.076
12.2	5	8	0	6.69	0	0.20	32.80	26	19	0.00	0.075
12.4	4	8	0	5.69	0	0.27	25.09	25	21	0.34	0.088
12.6	5	8	0	6.69	0	0.20	28.45	25	22	0.00	0.075
12.8	5	8	0	6.69	0	0.20	33.45	26	19	0.00	0.075
13.0	5	8	118	6.69	1180	0.20	33.45	26	19	0.00	0.075
13.2	4	8	0	5.82	0	0.27	25.09	25	22	0.35	0.086
13.4	5	8	0	6.82	0	0.20	29.10	26	22	0.00	0.073
13.6	5	9	0	6.82	0	0.27	25.57	25	24	0.41	0.073
13.8	5	9	0	6.82	0	0.27	25.57	25	24	0.41	0.073
14.0	5	10	120	6.82	1200	0.33	20.46	0	0	0.41	0.059
14.2	6	10	0	7.95	0	0.27	25.57	25	27	0.48	0.063
14.4	7	12	0	8.95	0	0.33	23.85	0	0	0.54	0.045
14.6	5	9	0	6.95	0	0.27	33.56	26	19	0.00	0.072
14.8	8	13	0	9.95	0	0.33	20.85	0	0	0.60	0.040
15.0	7	14	116	8.95	1160	0.47	21.32	0	0	0.54	0.045

Quota : m d.p.c.
Elab. NEOGEO

Livello Falda : -m d.p.c.

PENETROMETRIA STATICA n. 154
località : Navicelli





LEGENDA

- a** Sedimenti limo-argillosi e sabbiosi delle aree golenali (Attuale)
- at** Depositi alluvionali prevalentemente argillosi, torbe palustri e depositi di colmata (Olocene)
- la** Depositi alluvionali prevalentemente limosi e sabbiosi con intercalazioni argillose (Olocene)
- Paleovalvei
- Ubicazione dell'area in esame

Comune di Pisa

INDAGINI GEOLOGICO - TECNICHE RELATIVE
 ALLA PREVISIONE DEL PIANO ATTUATIVO
 "PORTA A MARE" (SCHEDA NORMA del R.U.
 N. 23.2 - PARCO DI PORTA A MARE)
 (L.R. 17 Aprile 1984, n.21)

Carta geologica e geomorfologica
 Scala 1:5.000

Tav. n.

1

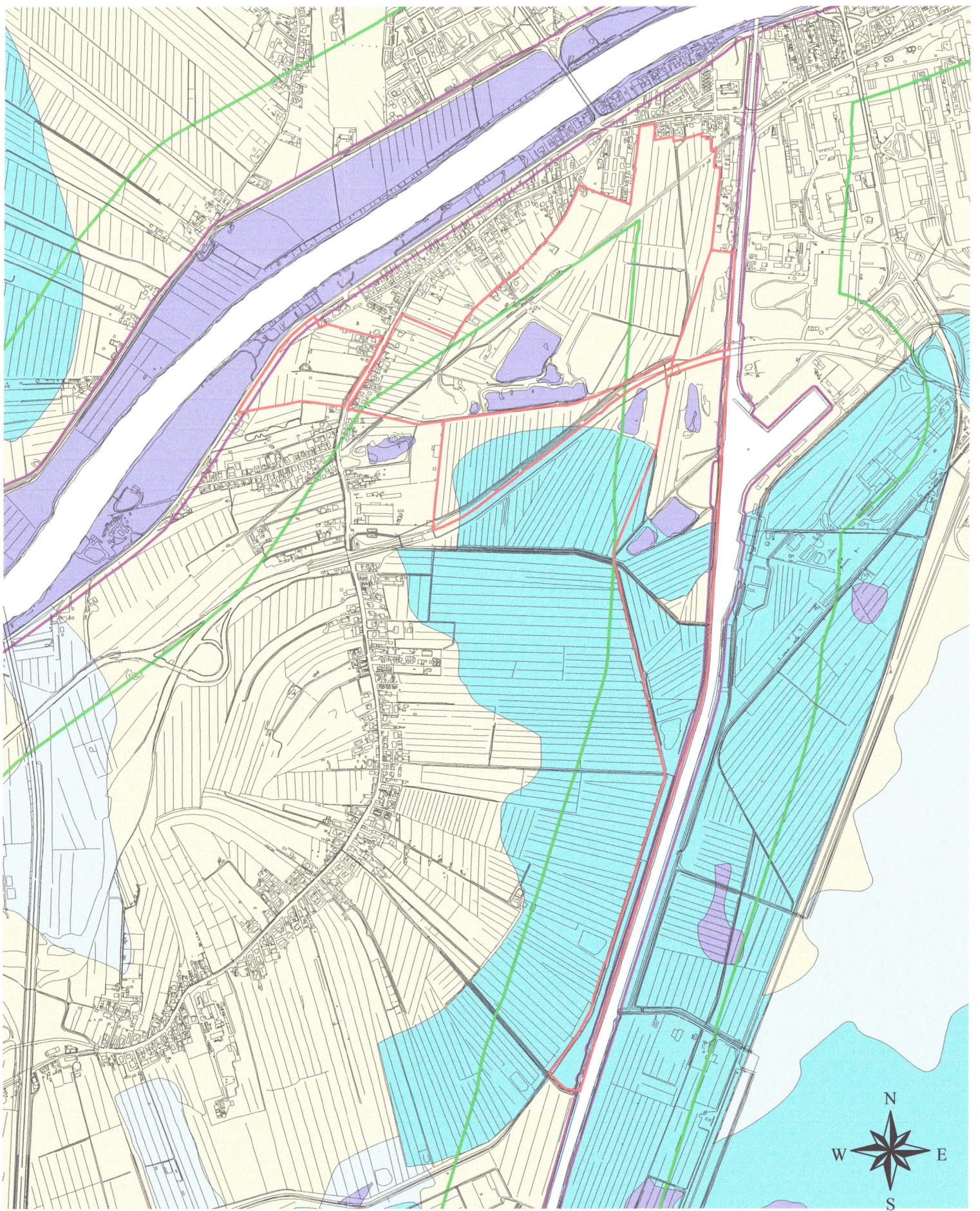


Dr. Geol. Marcello Ghigliotti

Lorenza Bianchi
 Dr. Geol. Lorenza Bianchi



Gennaio 2001



LEGENDA

Classe 3 pericolosità media

Comprende zone in cui sono assenti fenomeni attivi, poste a quote inferiori a 2 metri misurate dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda del corso d'acqua corrispondente e ricadente nel sistema della bonifica, oppure zone notizie storiche di esondazioni; si articolano in tre sottoclassi:

- 
Sottoclasse 3a - pericolosità medio-bassa
 Comprende zone in cui il tetto delle argille compressibili è posto a profondità superiori a 2 metri dal piano campagna
- 
Sottoclasse 3b - pericolosità media
 Comprende zone in cui il tetto delle argille compressibili è posto a profondità compresa tra 1 e 2 m dal piano campagna, ovvero zone soggette ad allagamenti per difficoltà di drenaggio in caso di eventi piovosi intensi
- 
Sottoclasse 3c - pericolosità medio/elevata
 Comprende zone soggette ad allagamenti per frequenti esondazioni e tracimazioni dei canali di bonifica, ovvero zone nelle quali le argille compressibili sono poste a profondità minori di 1 m dal piano campagna


Classe 4 - pericolosità elevata
 Comprende la fascia costiera interessata da fenomeni di erosione o sedimentazione, zone poste a quote inferiori al livello del mare (quote inferiori a 0 sul livello del mare), zone per le quali sussistono notizie storiche di inondazioni, non protette da opere idrauliche, situate a quote altimetriche inferiori a 2 metri rispetto al ciglio di sponda, zone depresse permanentemente allagate

-  Perimetrazione dell'ambito "A1" (D.C.R. 230/94 e art.75 del P.I.T.)
-  Perimetrazione dell'ambito "B" (D.C.R. 230/94 e art.77 del P.I.T.)
-  Area oggetto del Piano Attuativo

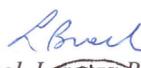
(Carta tratta da P.S. del Comune di Pisa)

Comune di Pisa

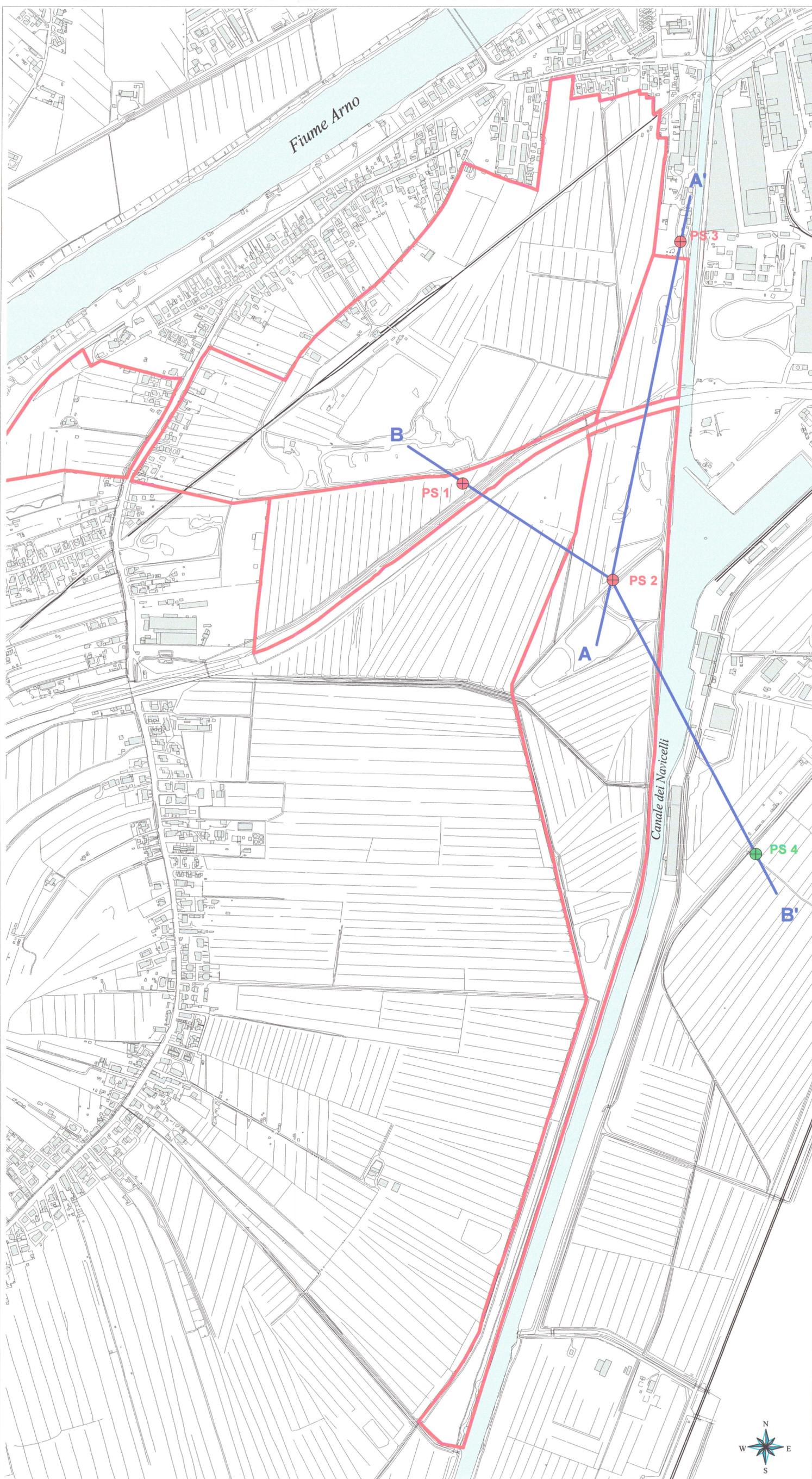
INDAGINI GEOLOGICO -TECNICHE RELATIVE
 ALLA PREVISIONE DEL PIANO ATTUATIVO
 "PORTA A MARE" (SCHEDA NORMA del R.U.
 N. 23.2 - PARCO DI PORTA A MARE)
 (L.R. 17 Aprile 1984, n.21)

Carta della Pericolosità geologica Scala 1:10.000	Tav. n. 2
--	---------------------


 Dr. Geol. Marcello Ghiotti


 Dr. Geol. Lorenza Bianchi


Gennaio 2001



LEGENDA

- PS4 Ubicazione prova penetrometrica statica CPT effettuata in studi precedenti
- PS4 Ubicazione prove penetrometriche statiche CPT effettuata nell'ambito del presente studio
- Tracce delle sezioni
- Ubicazione dell'area in esame

Comune di Pisa

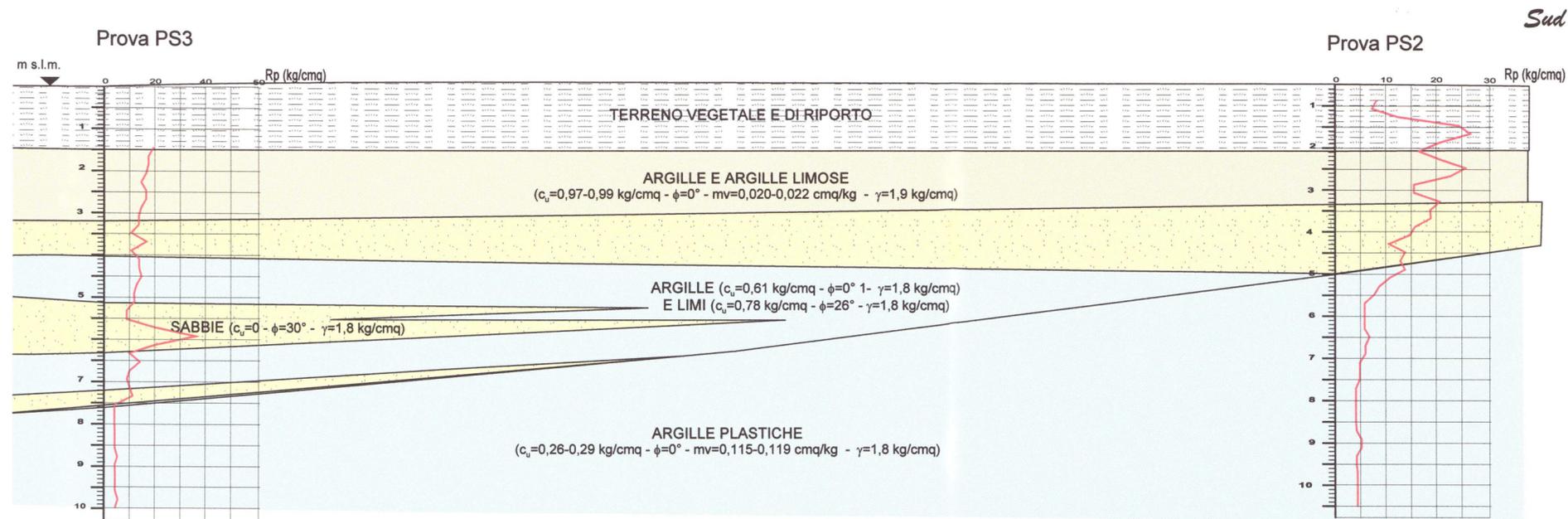
**INDAGINI GEOLOGICO -TECNICHE RELATIVE
 ALLA PREVISIONE DEL PIANO ATTUATIVO
 "PORTA A MARE" (SCHEDE NORMA del R.U.
 N. 23.2 - PARCO DI PORTA A MARE)
 (L.R. 17 Aprile 1984, n.21)**

Ubicazione delle prove geognostiche e tracce delle sezioni Scala 1:5.000	Tav. n. 3
--	--

Dott. Geol. *Marcello Ghiotti*

Dr. Geol. *Lorenza Bianchi*

Nord



Sezione geomeccanica A-A' - SCALA ORIZZ. 1:2500 - VERT. 1:100

Comune di Pisa

INDAGINI GEOLOGICO -TECNICHE RELATIVE
ALLA PREVISIONE DEL PIANO ATTUATIVO
"PORTA A MARE" (SCHEDE NORMA del R.U.
N. 23.2 - PARCO DI PORTA A MARE)
(L.R. 17 Aprile 1984, n.21)

Sezione A-A'
(scala orizz. 1:2.500 vert. 1:100)

Tav. n.

4a

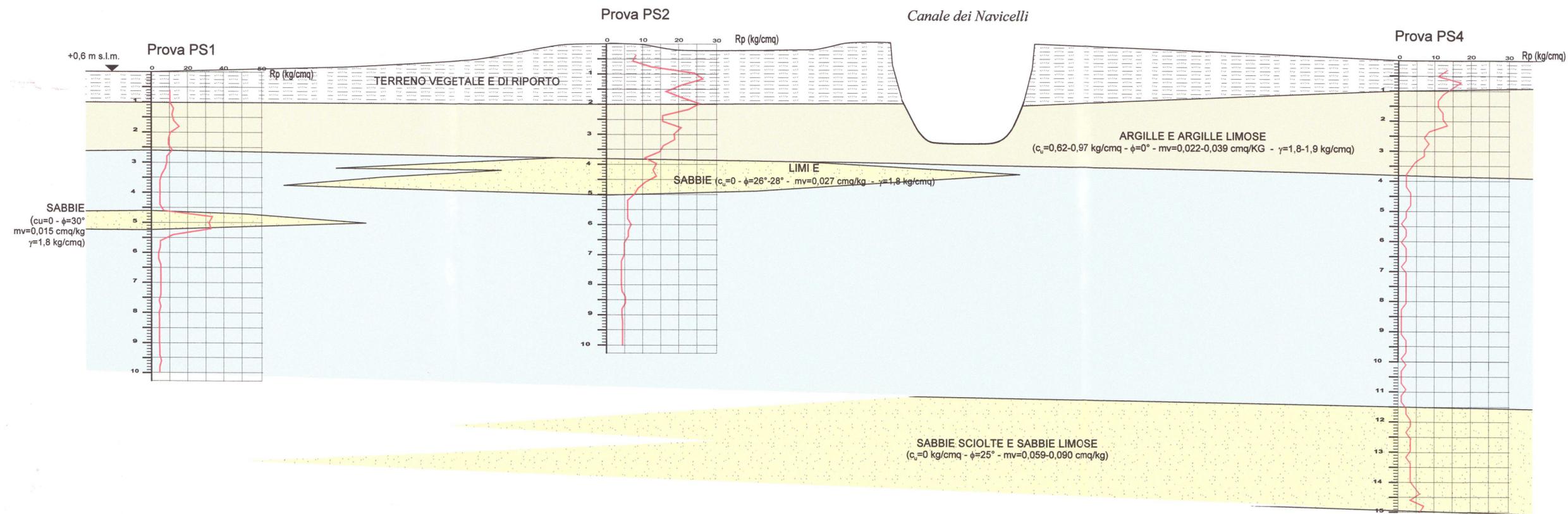

Dr. geol. Marcello Ghigliotti


Dr. geol. Lorenza Bianchi

Gennaio 2001

Nord-Ovest

Sud-Est



Sezione geomeccanica B-B' - SCALA ORIZZ. 1:2500 - VERT. 1:100

Comune di Pisa

INDAGINI GEOLOGICO -TECNICHE RELATIVE
 ALLA PREVISIONE DEL PIANO ATTUATIVO
 "PORTA A MARE" (SCHEDA NORMA del R.U.
 N. 23.2 - PARCO DI PORTA A MARE)
 (L.R. 17 Aprile 1984, n.21)

Sezione B-B'
 (scala orizz. 1:2.500 vert. 1:100)

Tav. n.

4b


 Dr. geol. Marcello Ghigliotti


 Dr. geol. Lorenza Bianchi

Gennaio 2001