



GEOTECNICA IDROGEOLOGIA
GEOLOGIA AMBIENTALE

Via G. Pajetta, 48
56030 Calcinaia (PI)
tel./fax: 0587-489181

af.geo@virgilio.it

COMUNE DI PISA
PROVINCIA DI PISA

PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA
PRIVATA PER NUOVO FABBRICATO
PER CIVILE ABITAZIONE
IN TIRRENIA, VIA DEI GELSI
ANGOLO VIA DEI SALICI.
RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

NOVEMBRE 2019

COMMITTENTE:
Turini Matteo

SOMMARIO

PREMESSA	1
I. INQUADRAMENTO DELL'AREA	1
II. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEI TERRENI	
D'IMPOSTA	13
III. VALUTAZIONE DELLA POTENZIALITA' DI LIQUEFAZIONE	16
IV. RAPPORTI CON LA FALDA	17
V. CONCLUSIONI	18

ALLEGATI

- Corografia generale, scala 1:25.000
- Corografia, scala 1:10.000
- Studio Geologico di supporto allo S.U.: estratto carta geologica, scala 1:5.000
- Carta geomorfologica, scala 1:5.000
- Studio Geologico di supporto allo S.U.: estratto carta della pericolosità, scala 1:5.000
- Piano Stralcio Autorità di Bacino del Fiume Arno (P.A.I.) – Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante, livello di sintesi, scala 1:5.000
- Autorità di Bacino del Fiume Arno: Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) – Stralcio carta della pericolosità idraulica per il dominio fluviale, scala 1:5.000
- Planimetria, scala 1:200
- Risultati indagine di riferimento: prova penetrometrica CPT
- Risultati indagine di riferimento: prova penetrometrica DPSH
- Sezione litostratigrafica e litotecnica interpretativa, scala 1:100
- Documentazione fotografica
- Verifiche liquefazione

- Carta della pericolosità geologica, scala 1:5.000
- Carta della pericolosità idraulica, scala 1:5.000
- Carta della fattibilità, scala 1:5.000

PREMESSA

Si riferisce dello studio geologico di fattibilità, redatto ai sensi del D.P.G.R. n. 53/R del 25/10/2011, per un Piano Attuativo di Iniziativa Privata, per un NUOVO FABBRICATO PER CIVILE ABITAZIONE in Comune di Pisa, Località Orentano, Via dei gelsi angolo Via dei Salici.

Lo studio si è articolato sulla caratterizzazione geologica, geomorfologica, idraulica e idrogeologica di un conveniente intorno dell'area, anche per riferimento alle cartografie tematiche esistenti (Studio Geologico di supporto allo S.U., ...).

La caratterizzazione dei terreni d'imposta é ricavata per riferimento ad apposita indagine geognostica puntuale (prova penetrometrica).

Sono definite le classi di pericolosità e fattibilità.

I. INQUADRAMENTO DELL'AREA

UBICAZIONE

L'area in oggetto è inquadrabile nella carta IGMI, al Foglio 272, Sezione II ("Migliarino"), e sulla Carta Tecnica Regionale alla Sezione 272 160. E' posta nella fascia di edificato sub-parallela alla linea di costa di Tirrenia, tra Viale del Tirreno a Ovest e Via dei Pioppi a Est.

GEOMORFOLOGIA

Il contesto geomorfologico a media scala è caratterizzato da un andamento sub-tabulare, con una debole pendenza.

Alla scala degli interventi l'assetto è praticamente pianeggiante; nel nostro caso la quota media del p.c. risulta a cavallo dei 2 – 3 m s.l.m..

La specifica morfologia permette di assumere una perfetta stabilità generale; non si hanno fenomeni o forme di modellamento, naturali (erosivi o gravitativi, sia attivi che quiescenti) o antropici in contrasto con quanto in progetto.

GEOLOGIA

La pianura di Pisa si è originata in seguito al progressivo sprofondamento (dell'ordine di migliaia di metri) del litorale pisano-versiliese causato dalla azione distensiva di faglie dirette. La subsidenza di quest'area, collegata al sollevamento generale dei rilievi montuosi formatisi durante le fasi parossistiche del corrugamento dell'Orogene Appenninico, è stata controbilanciata dalla sedimentazione marina e fluvio-lacustre a partire dal Miocene superiore.

Questa attività tettonica distensiva è ben documentata fino al Pleistocene medio, ma non è escluso che sia tuttora attiva, considerando l'attuale morfologia e le tendenze evolutive della pianura alluvionale di Pisa.

Sulla base dei dati disponibili, il sottosuolo della pianura di Pisa può essere schematicamente suddiviso in tre parti.

IL SUBSTRATO PROFONDO comprende le formazioni litoidi della Serie Toscana, le stesse che affiorano sui Monti Pisani a Nord di Pisa e che nella pianura sono state ribassate dall'azione delle faglie dirette. Tra le rocce della Serie Toscana sembrano essere predominanti le formazioni carbonatiche. Inoltre sono state raggiunte da un sondaggio profondo anche le formazioni del complesso filladico quarzítico del Verrucano (Ghelardoni et al., 1968).

A Ovest di Pisa fanno parte del substrato profondo anche le formazioni dell'"Alloctono ligure" che è stato individuato in vari sondaggi profondi. I materiali che costituiscono il substrato profondo sono stati individuati grazie anche a una risposta diversa alle indagini geofisiche rispetto ai substrati intermedio e superiore. La profondità del suo tetto varia da un minimo di 500 m ai piedi dei Monti Pisani fino a circa 2.000 m lungo la costa. Nella zona di Pisa le isobate del tetto di questi terreni si trovano alla profondità di circa 1.000 m.

IL SUBSTRATO INTERMEDIO è costituito da sedimenti “neoautoctoni” la cui deposizione ha un inizio variabile da zona a zona, ma non è mai anteriore al Miocene sup.. Si tratta di sedimenti depositi in presenza di una subsidenza di origine tettonica. La successione inizia alla base con sabbie e conglomerati a cui seguono argille lagunari sormontate da gessi variamente alternati a strati argillosi la cui deposizione viene fatta coincidere con la interruzione delle comunicazioni tra il Mediterraneo e l'Oceano Atlantico.

Al di sopra dei gessi si ritrovano sabbie, argille e conglomerati che rappresentano la sedimentazione di un bacino senza comunicazione con i mari aperti.

A questi è seguita la deposizione di argille azzurre di facies francamente marina che sono state invece deposte in un ambiente di mare più profondo cui seguono alternanze di argille azzurre e sabbie gialle che denotano l'alternarsi di ambienti marini più o meno profondi.

Al di sopra si ritrovano Sabbie e Argille contenenti al loro interno fossili di Arctica Islandica che ne attribuiscono l'età al Pleistocene a cui segue la sedimentazione delle Sabbie di Nugola Vecchia che rappresentano un episodio di sedimentazione di mare basso e indicano quindi un fenomeno di regressione marina avvenuto al termine del Pleistocene inferiore. E' da notare che questa successione può essere osservata in superficie sulle Colline Pisane dove questi terreni formano una monoclinale che si immerge al di sotto della pianura di Pisa (Fancelli et al., 1986).

IL SUBSTRATO SUPERIORE è formato da sedimenti posteriori al Pleistocene inferiore che si sono depositi in presenza di variazioni del livello del mare e di mutazioni del regime dei fiumi il cui trasporto solido cambiava, in seguito alle variazioni del clima, sia nella sua entità che nella granulometria più o meno fine dei clasti.

Al substrato superiore appartiene la Formazione dei Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina che sono presenti uniformemente nel sottosuolo Pisano e si trovano a circa 50 metri di profondità presso Cascina fino a raggiungere i 145 metri nella zona di Pisa. I conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina, il cui spessore varia tra 4 e 10 metri, sono costituiti da ciottoli delle formazioni affioranti sui Monti

Pisani e sono sede di un importante acquifero artesiano attualmente molto sfruttato. Si ritiene quindi che l'apporto dei clasti più grossolani di questi conglomerati siano dovuti al trasporto del Serchio che scorreva impetuoso a partire dai rilievi delle Alpi Apuane, mentre le acque dell'Arno avrebbero fornito un contributo clastico più fine in quanto dotate di minore energia.

Al di sopra della formazione precedentemente descritta si trova un livello di "Limi fluvio-palustri del sottosuolo" corrispondenti a una fase di più limitata attività fluviale come appare dalla diminuzione drastica delle dimensioni dei clasti rispetto a quelle della formazione sulla quale poggiano (Della Rocca et al., 1987). Questa diminuzione del trasporto è probabilmente legata a un cambiamento del clima in senso più arido al quale sarebbe poi dovuta la deposizione nel Pleistocene superiore delle dune delle sabbie dell'Isola di Coltano al di sopra dei "Limi fluvio-palustri del sottosuolo". La deposizione di queste sabbie indica un fenomeno di ingressione marina seguito da un sollevamento eustatico con formazione di dune di origine eolica. A tali sabbie segue la deposizione dei "Limi fluvio-palustri di superficie" che sono legati a fenomeni di esondazioni dell'Arno e dei corsi d'acqua minori che, provenendo dai monti Pisani, spesso si impaludavano nella pianura fino a epoche storiche.

Nel territorio comunale di Pisa, pressoché pianeggiante, affiorano terreni di età relativamente recente datati dal Pleistocene superiore all'Olocene che proseguono in profondità per circa 30 metri.

L'attuale situazione geologica e stratigrafica degli strati superficiali di terreno della pianura di Pisa è principalmente il risultato della attività di trasporto ed esondazione dell'Arno nonché delle variazioni del suo corso fluviale ed è legato agli effetti della presenza di vaste aree paludose in rapporto alle variazioni eustatiche del livello marino e dei variabili equilibri della dinamica costiera. Si tratta quindi sostanzialmente di sedimenti fluvio-palustri localizzati nella parte orientale del comune di Pisa, separati dal mare aperto da depositi eolico transizionali dei lidi e dune litoranee più a Ovest.

Con riferimento alla carta geologica dello Studio Geologico di supporto allo S.U. del Comune di Pisa, si distingue quanto segue.

SEDIMENTI DELLE SPIAGGE ATTUALI COSTITUITI DA SABBIE SCIOLTE - I sedimenti delle spiagge attuali sono costituiti in generale da sabbie fini, mentre i sedimenti di battigia sono leggermente più grossolani (sabbie medie). I sedimenti più distanti dalla linea di battigia sono da considerare di origine eolica vista le loro dimensioni e la loro elevata classazione. Per quanto riguarda invece la variazione granulometrica nel senso parallelo all'andamento della spiaggia, da studi sedimentologici recenti (Pranzini 1996) è stata verificata una evidente riduzione delle dimensioni dei clasti a partire dalla foce dell'Arno e procedendo verso Livorno. A Nord della foce dell'Arno le dimensioni dei granuli sembrano invece più grossolane. A questo proposito, un sondaggio effettuato nella spiaggia in prossimità della foce del F. Morto Nuovo, ha permesso di osservare, nei primi 10 m di terreno, delle sabbie addensate a grana grossa di colore nocciola. A sud della foce dell'Arno, i sedimenti sabbiosi delle spiagge attuali si trovano a partire da Calambrone fino all'abitato di Tirrenia mentre a nord di quest'ultima, la costa è soggetta a fenomeni erosivi ed è quindi protetta da opere di difesa trasversale o longitudinali in prossimità delle quali non è presente o è molto scarso un accumulo di sedimenti. A Nord della foce dell'Arno, le spiagge attuali aumentano la loro entità procedendo da Sud verso Nord in quanto i fenomeni erosivi raggiungono la massima intensità in prossimità del delta dell'Arno che è attualmente in fase di smantellamento. In tutto il litorale pisano i sedimenti di spiaggia attuali sono comunque alimentati prevalentemente da materiali trasportati dall'Arno.

SEDIMENTI LIMO-ARGILLOSI E SABBIOSI DELLE AREE GOLENALI (ATTUALE) - I sedimenti presenti nelle aree golenali sono depositi dai corsi d'acqua attuali negli alvei e nelle aree laterali raggiunte dalle piene ordinarie. Per quanto riguarda l'Arno si tratta di sedimenti a granulometria variabile da limo-argillosa a sabbiosa in corrispondenza dell'energia delle acque che li hanno depositi.

DEPOSITI SABBIOSI DEI LIDI E DUNE LITORANEE (OLOCENE) - I depositi sabbiosi si

trovano lungo una fascia della larghezza di circa 7 km posta in direzione Nord-Sud che separa la pianura alluvionale di Pisa dal mare. Tale disposizione spaziale rappresenta gli antichi andamenti del litorale che è andato espandendosi fino al secolo scorso. I lidi e le dune litoranee sono costituiti da depositi sabbiosi su cui prevalgono composizionalmente i granuli quarzosi. Tali sabbie si presentano sciolte in superficie e mediamente addensate in profondità. I lidi, chiamati localmente "Cotoni", non raggiungono quote molto elevate. Corrispondono a barre emerse per sovraccumulo di sedimenti trasportati dall'azione marina litoranea, scaricati sulle spiagge dalle onde e, in tempi successivi, stabilizzati dalla vegetazione (Mazzanti, 1994b). Le dune sabbiose, dette "Tomboli", si sono formate invece in seguito ad accumuli di origine eolica. Si presentano mediamente più elevate rispetto ai lidi e hanno una forma allungata prevalentemente nel senso del litorale. In generale la loro formazione è legata al prevalere di un vento costante e hanno per questo un profilo asimmetrico che rimane visibile dove non è stato alterato dall'azione antropica.

SEDIMENTI INTERDUNALI COSTITUITI DA LIMI E SABBIE LIMOSE TALVOLTA CON DEPOSITI SUPERFICIALI COSTITUITI DA ARGILLE ORGANICHE E TORBE (OLOCENE) – I sedimenti interdunali presentano un andamento parallelo ai lidi e sono stati deposti nelle depressioni comprese tra i lidi e le dune. Anche questi terreni, come quelli precedentemente descritti, si sono originati in prossimità di linee costiere dei secoli scorsi e di conseguenza sono costituiti da depositi sabbiosi in particolare arricchiti della frazione più fine. Nelle aree interdunali, in quanto morfologicamente depresse, si sono verificati ristagni d'acqua nei periodi di maggiore piovosità. Di conseguenza, in queste zone si è spesso notevolmente sviluppata una vegetazione igrofila, la cui alterazione ha dato origine a depositi organici e torbosi negli strati più superficiali di terreno.

DEPOSITI ALLUVIONALI PREVALENTEMENTE ARGILLOSI, TORBE PALUSTRI E DEPOSITI DI COLMATA (OLOCENE) – Questi terreni sono costituiti prevalentemente da argille (la cui consistenza può variare localmente), da argille organiche e torbe. Queste ultime sono caratterizzate dal colore grigio scuro o nero e dalle scadenti proprietà meccaniche. All'interno degli strati argillosi sono talvolta presenti sottili livelli costituiti da limi e

subordinatamente da sabbie. I depositi appartenenti a questo gruppo sono rappresentati da sedimenti molto fini e sono generalmente localizzati nelle zone più lontane dai fiumi sulle quali si sono verificati fenomeni di sovralluvionamento. Nelle zone ancora più depresse inoltre, soggette a impaludamento, si sono deposte anche argille organiche e torbe. La deposizione delle torbe è causata da un processo di degradazione anaerobica subito dalla vegetazione igrofila che si verifica in seguito alla permanenza del terreno allo stato palustre. Questi depositi si ritrovano infatti nelle zone che nel passato erano permanentemente paludose mentre attualmente lo diventano solo occasionalmente in concomitanza degli eventi meteorici più consistenti. Tali aree si trovano a Nord di Coltano, a Stagno, nella zona della Ballerina, del Gracitone e, più a Nord, nelle vicinanze di Campaldo.

DEPOSITI ALLUVIONALI PREVALENTEMENTE LIMOSI E SABBIOSI CON INTERCALAZIONI ARGILLOSE (OLOCENE) – Questi depositi hanno una granulometria mediamente più grossolana di quelle dei terreni sopra descritti. Si tratta infatti di depositi prevalentemente limosi e argillosi al cui interno sono più o meno frequenti intercalazioni sabbiose. Le ripetute esondazioni verificatesi nel passato nella pianura di Pisa, depositavano la frazione limosa meno fine prevalentemente nelle aree poste in prossimità del corso fluviale dell'Arno. I limi si ritrovano infatti nella zona di Barbaricina, della Vettola, di S. Giovanni al Gatano, e inoltre nelle zone di Pisa sud, di S. Giusto, di S. Ermete, e di Ospedaletto. Questi depositi si trovano anche in località Le Rene e rappresentano anche in questa località un sedimento di esondazione fluviale che potrebbe essere stato deposto da un antico corso del fiume oggi abbandonato. Le zone il cui substrato è costituito da questi terreni sono leggermente più rilevate rispetto alle ex aree palustri in cui si ritrovano sedimenti mediamente più fini.

DEPOSITI ALLUVIONALI PREVALENTEMENTE SABBIOSI (OLOCENE) – La distribuzione di questi terreni è stata cartografata in base ai risultati di indagini geognostiche. In queste aree i primi 5 metri di sottosuolo sono costituiti in prevalenza da sabbie con argille e limi in quantità subordinata. Si ritrovano nella zona di Ospedaletto e in alcune fasce adiacenti al corso attuale dell'Arno. L'ambiente di deposizione è analogo a quello dei

depositi sopra descritti. Nelle zone laterali al fiume possono essere interpretati come arenili formatesi nella parte interna di meandri in seguito al deposito dei materiali sabbiosi in sospensione nelle acque a causa del rallentamento della corrente.

CALCARENITI E SABBIE DELL'ISOLA DI COLTANO (PLEISTOCENE SUPERIORE) – Questi terreni sabbiosi di composizione prevalentemente quarzosa affiorano, oltre che a Coltano, anche più a Nord nella zona di Castagnolo e in un'area molto limitata nella zona di Montacchiello. Le aree in cui sono localizzati questi terreni hanno mantenuto una morfologia più elevata in quanto residui eolico-dunali raggiungendo dislivelli massimi fino a 8-9 metri. Si tratta di depositi relativi al Pleistocene superiore da considerare deposti durante il Wurm II in quanto sono stati trovati reperti Musteriani (Menchelli, 1984).

AREE PALUSTRI BONIFICATE – Le aree paludose ancora in tempi storici nel Comune di Pisa sono caratterizzate dalla presenza di argille plastiche e organiche superficiali, talvolta con frazioni limose con scadenti proprietà meccaniche. Nella zona Sud del comune di Pisa le ex aree palustri principali sono quelle di Stagno a Sud dell'Isola di Coltano e del Palude Maggiore a Nord, ancora localizzabili nelle carte del catasto Leopoldino del 1825 le quali sono state prosciugate in tempi molto recenti. Una diramazione del Palude Maggiore è rappresentata dal Palude della Ballerina in prossimità delle dune sabbiose di Castagnolo. A Nord e Ovest di Pisa esisteva una zona paludosa più antica che si estendeva dalla città fino alle dune di San Rossore, detta la Palude Pisana o anche Paludozzeri non ancora prosciugata agli inizi del 1300. Un'altra palude era localizzata verso il 1000 presso Cisanello. Queste zone acquitrinose costituivano i residui di una depressione occupata da acque stagnanti che in precedenza risultava di estensione molto maggiore.

ALVEI FLUVIALI ABBANDONATI – Sono stati distinti nella carta geologica gli alvei tagliati in epoca storica, dagli alvei abbandonati in tempi più antichi riconoscibili da foto aeree o da immagini da satellite. Tra i tagli avvenuti in epoca storica si ritrovano:

- i tagli di meandro avvenuti nel 1338, della Vettola e di Cascine Nuove.

Quest'ultimo è bene identificabile grazie anche alla forma con cui ha tagliato le dune sabbiose più antiche;

- il "Taglio Ferdinando" del 1606 che deviò la foce dell'Arno di circa 2 km più a Nord per evitare gli effetti del vento di Libeccio sull'insabbiamento della foce;
- il taglio effettuato tra il 1771-74 a Barbaricina.

Questi 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 verificatisi in seguito al taglio del meandro.

PALEOALVEI SEPOLTI RILEVATI CON IMMAGINI DA SATELLITE - Alcuni paleoalvei sono stati osservati grazie ad immagini da satellite anche al di sotto di spessori di sedimenti di natura diversa (esempio lacustre). Sono stati rilevati i due paleoalvei di Cisanello, del Fiume Morto, della Vettola e dell'Aeroporto.

ANTICHE LINEE DI COSTA E RELATIVE DATAZIONI - E' stato possibile ricostruire l'evoluzione della linea di costa dall'VIII-V secolo A.C. fino al 1830 per mezzo della localizzazione dei siti storici o archeologici in cui sono stati trovati manufatti per i quali è stato possibile effettuare una datazione (Mazzanti & Pasquinucci, 1983). La linea costiera nell'VIII-V secolo A.C. si trovava lungo il bordo occidentale del cordone sabbioso di San Guido-La Bigattiera sud dell'Arno (Ceccarelli Lemut et al., 1994) e lungo il bordo occidentale del Cotone delle Cascine a Nord dell'Arno. Nei secoli successivi, fino al 1830, è andata progressivamente accrescendosi come è osservabile nelle ricostruzioni riportate nella carta geologica.

In sostanza la pianura di Pisa è una importante depressione tettonica interessata, dal Miocene superiore a oggi, da successive fasi di trasgressione e regressione del mare, che hanno determinato la deposizione di centinaia di metri di depositi da marini (argille e sabbie) a continentali (alluvioni grossolane, ghiaie), con fasi transizionali (limi e depositi lacustri e palustri), che costituiscono la pianura costiera.

All'affioramento abbiamo depositi dell'Olocene, a prevalenza limo-argillosa.

Il tratto di pianura nell'area di Pisa è caratterizzato da depositi alluvionali del Quaternario recente, distinguibili principalmente in:

- DEPOSITI ALLUVIONALI PREVALENTEMENTE ARGILLOSI, TORBE PALUSTRI E DEPOSITI DI COLMATA. Dal punto di vista litotecnico sono classificati come "argille e limi": sono costituiti da limi e argille di colore bruno-giallastro, con componente limosa generalmente preponderante su quella argillosa; la resistenza alla punta del penetrometro statico varia in genere dai 9 ai 15 kg/cm², la coesione è compresa tra 0,4 e 0,7 kg/cm², e il coefficiente di compressibilità volumetrica ha valori medi intorno a 0,025 cm²/kg;
- DEPOSITI ALLUVIONALI PREVALENTEMENTE LIMOSI E SABBIOSI CON INTERCALAZIONI ARGILLOSE. Dal punto di vista litotecnico sono classificati come "terreni prevalentemente limosi": sono costituiti prevalentemente da limi di colore nocciola con intercalazioni argillose e talvolta sabbiose, e i parametri geotecnici sono variabili in relazione alla frazione di limo, argilla o sabbia; per quanto riguarda la frazione limo-argillosa, si hanno valori della resistenza alla punta del penetrometro statico compresi tra i 10 e i 20 kg/cm², la coesione varia in genere da 0,4 a 0,85 kg/cm², e il coefficiente di compressibilità volumetrica varia da 0,012 a 0,025 cm²/kg.

L'area in oggetto risulta cartograficamente impostata sui DEPOSITI SABBIOSI DEI LIDI E DELLE DUNE LITORANEE dell'Olocene, che in linea di massima ricoprono una fascia di larghezza media di oltre 5 km, che si estende in direzione Nord-Sud e che separa la pianura alluvionale di Pisa dal mare.

I depositi sabbiosi si presentano da sciolti (in superficie) a mediamente addensati e addensati (in profondità). La loro deposizione è avvenuta secondo due processi principali: per sovraccumulo di sedimenti trasportati dall'azione marina litoranea (lidi) e per accumuli di origine eolica.

IDROGRAFIA SUPERFICIALE

L'idrografia superficiale nel medio intorno non è in pratica rappresentata; anche il reticolo secondario risulta obliterato per il grado di urbanizzazione.

IDROGEOLOGIA

Nella pianura di Pisa sono presenti centinaia di metri di argille, limi, sabbie e, in subordine, ghiaie, appartenenti ad ambienti deposizionali molto diversi tra loro.

Sulla base delle stratigrafie di numerosi pozzi in questo tratto di pianura è possibile definire un quadro idrogeologico che vede, nei primi 100 m di profondità, essenzialmente un acquifero propriamente detto, continuo e importante, localizzato in un banco di sabbie, di spessore variabile da pochi metri ad alcune decine di metri, il cui tetto è localizzato a profondità comprese tra i 30 e i 50 m.

A profondità maggiori di 100 m è localizzato un acquifero più importante, in ghiaie e ciottoli.

Per quanto attiene profondità minori (primi 10 – 15 m), attinenti ai fini edilizi, si individuano livelli sabbiosi (possibili tratti di paleoalvei) e limo-sabbiosi intercalati ai litotipi più francamente limosi e argillosi, spesso sede di falde acquifere con scarsa continuità (per eteropia legata alle modalità stesse di deposizione dei terreni più grossolani), semifreatiche e scarsamente produttive (a cui localmente attingono pozzi di grande diametro ("a sterro"), che devono la loro funzionalità all'accumulo, per effetto "cisterna" delle acque drenate all'immediato intorno.

La fascia litorale è invece caratterizzata già dalla superficie da sedimenti sabbiosi, permeabili, sede di falda freatica.

Il livello piezometrico della falda freatica varia localmente, anche sensibilmente in relazione alla presenza o meno dei depositi di duna; in quest'ultimo caso si rilevano quote piezometriche anche oltre i 3 – 5 m di profondità; più frequentemente si hanno

livelli piezometrici entro i primi 2 m dal p.c. che, magari in particolari fasi stagionali (forti precipitazioni), possono arrivare a salire a quote più prossime alla superficie.

A questo si somma la possibile saturazione, dovuta all'infiltrazione delle acque meteoriche, dello strato più superficiale, meno addensato (è più permeabile), impostato su sabbie decisamente più addensate (e con permeabilità "ridotta").

PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ

Le cartografie di riferimento per la classificazione di pericolosità sono:

- ❖ Studio Geologico di supporto al P.S. del Comune di Pisa:
 - ➔ Carta della pericolosità.
- ❖ Autorità di Bacino del Fiume Arno:
 - ➔ Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.): Carta di perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante – livello di sintesi (scala 1:25.000);
 - ➔ Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.): Carta della pericolosità idraulica del dominio fluviale.

Nello Studio Geologico di supporto allo S.U. l'area ricade in classe media di pericolosità (SOTTOCLASSE 3A).

Nel Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ARNO, l'area non è classificata nella cartografia delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante – livello di sintesi.

Nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.) dell'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ARNO, l'area ricade in classe P1 (PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONE BASSA) nella carta della pericolosità idraulica del dominio fluviale, attribuita "... ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni ...".

II. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEI TERRENI D'IMPOSTA

Come accennato in premessa, per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni d'imposta è stata eseguita apposita indagine geognostica puntuale, mediante una prova penetrometrica.

La prova è stata eseguita dalla ditta PENETRATIO snc di San Miniato (PI); lo strumento impiegato è un penetrometro statico-dinamico PAGANI TG 63/200 semovente autoancorante attrezzato per la prova CPT con punta meccanica tipo Begemann (capacità di spinta massima 20 t), e per le prove DP con "sistema" dinamico dalle seguenti caratteristiche:

- peso maglio: 63,5 kg
- volata: 75 cm
- diam. aste: 20 mm
- apertura punta 60°

che classifica lo strumento come penetrometro DPSH; la resistenza alla punta, misurata ogni 20 cm, è rappresentata con N_{20} , corrispondente a $N_{SPT}/1,5$; dopo aver provato nella prima postazione a impiegare la metodica CPT (Cone Penetration Test), e aver verificato l'elevata resistenza alla penetrazione (che provocava la "rottura" degli ancoraggi), si è passati a impiegare l'assetto DP per le successive postazioni.

La prova è stata dapprima eseguita con l'assetto CPT (Cone Penetration Test); a 4,4 m di profondità l'elevata resistenza totale ha determinato il cedimento degli ancoraggi, e si è dunque provveduto a proseguire la prova con l'assetto DP (Dynamic Probing), fino a - 8,2 m dal p.c..

Oltre lo spessore superficiale di terreno vegetale e/o alterato/rimaneggiato, si ha un livello limo-argilloso-sabbioso fine scarsamente consistente, e più sotto uno strato

limo-sabbioso fine e argilloso di addensamento medio-basso.

A partire dai 2,2 m di profondità si rinvencono i litotipi più francamente sabbiosi, da mediamente a discretamente addensati.

Un controllo nel perforo della prova con sonda freaticometrica manuale, ne ha rilevato la chiusura a – 1,3 m dal p.c.; il perforo è risultato asciutto.

CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA

La normativa vigente impone la definizione dei parametri caratteristici del terreno (f_k) dai valori medi (f_m) ricavati dalle indagini geognostiche. Le istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici indicano che nelle valutazioni che il tecnico deve svolgere per pervenire ad una corretta scelta dei valori caratteristici appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (come nel caso di fondazioni superficiali) con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità tale a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Le stesse istruzioni indicano invece di fare riferimento ai valori minimi quando siano coinvolti modesti volumi di terreno (fondazioni su pali, verifica a scorrimento di un muro di sostegno) con concentrazione del volume significativo o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dagli strati meno resistenti a quelli più resistenti a causa dell'insufficiente rigidità della struttura.

Nel nostro caso si definiscono i seguenti litotipi:

- LITOTIPO 0: terreno vegetale, terreno alterato/rimaneggiato: risulta esteso fino a 0,4 m di profondità; non viene caratterizzato meccanicamente;
- LITOTIPO A: prevalenti limi e limi argilloso-sabbiosi fini di scarsa consistenza: si rinviene fino a 1,8 m dal p.c.; ha valore di $q_{c_{med}} = 7 \text{ kg/cm}^2$; è assimilato al caso coesivo;

- LITOTIPO B: prevalenti limi e limi sabbiosi fini e argillosi di addensamento medio-basso: al di sotto del litotipo A, si estende fino a – 2,2 m; ha valore di $q_{c_{med}} = 12 \text{ kg/cm}^2$; assimilato al caso incoerente.
- LITOTIPO C: prevalenti sabbie limose di medio addensamento: si rinviene al di sotto del litotipo B fino a 2,8 m di profondità; ha valore di $q_{c_{med}} = 33 \text{ kg/cm}^2$; assimilato al caso incoerente.
- LITOTIPO D: prevalenti sabbie di addensamento medio-discreto: si rinviene alla base del litotipo C; ha valore di $q_{c_{med}} = 70 \text{ kg/cm}^2$; assimilato al caso incoerente.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E PARAMETRI CARATTERISTICI

Si assume la seguente caratterizzazione geotecnica:

LITOTIPO A

$$\gamma = 1,8 \text{ g/cm}^3 \qquad c_u = 0,38 \text{ kg/cm}^2 \qquad E_{ed} = 28 \text{ kg/cm}^2$$

LITOTIPO B

$$\gamma = 1,90 \text{ g/cm}^3 \qquad \phi = 28^\circ \qquad E_{ed} = 65 \text{ kg/cm}^2$$

LITOTIPO C

$$\gamma = 2,0 \text{ g/cm}^3 \qquad \phi = 31^\circ \qquad E_{ed} = 149 \text{ kg/cm}^2$$

LITOTIPO D

$$\gamma = 2,0 \text{ g/cm}^3 \qquad \phi = 35^\circ \qquad E_{ed} = 297 \text{ kg/cm}^2$$

con:

γ = peso di volume del materiale caratterizzato;

c_u = coesione non drenata relativa alla assunzione di comportamento coesivo del materiale caratterizzato

ϕ = angolo di attrito interno relativo alla assunzione di comportamento incoerente del materiale caratterizzato

E_{ed} = modulo di compressibilità edometrica, ricavato come inverso del coefficiente di compressibilità m_v

III. VALUTAZIONE DELLA POTENZIALITA' DI LIQUEFAZIONE

Il potenziale di liquefazione prodotto per tensioni cicliche derivate da un evento tellurico nasce dall'istantaneo incremento di pressioni neutre (fluido interstiziale) sottoposte all'accelerazione sismica, che possono comportare il totale annullamento delle pressioni effettive intergranulari, determinando il completo decadimento della resistenza tangenziale di un terreno a comportamento esclusivamente granulare.

La liquefazione consiste quindi in una diminuzione della resistenza del terreno, a seguito del raggiungimento della condizione di fluidità. Una volta che il terremoto ha innescato il processo di liquefazione, la massa del suolo resta in movimento fino a che non raggiunge una nuova condizione di stabilità. Perché ciò possa accadere occorre che il sedimento non sia dotato di coesione e che il drenaggio non sia talmente rapido da avvenire istantaneamente.

I terreni "ideali" per la liquefazione sono i depositi sabbiosi fini monogranulari, saturi e non addensati; in realtà depositi soggetti a liquefazione sono in generale sabbie e limi la cui deposizione è avvenuta nell'Olocene (si tratta cioè di terreni generalmente non più antichi di 10.000 anni) a granulometria uniforme (ben classati) che si trovano in strati con spessori nell'ordine dei metri e in condizioni sature.

In allegato è riportata la verifica alla liquefazione effettuata, sulla base delle risultanze della prova CPT, tramite il foglio di calcolo LiquefCPT di Guido Galeotti, basato su Robertson & Fear (1990), Robertson (1990), Seed & Idriss (1971) e Iwasaki et al. (1978), assumendo cautelativamente una falda acquifera a - 1,5 m dal p.c..

Si ricava un Potenziale di Liquefazione secondo Iwasaki $PL = 0,8$, e conseguentemente un RISCHIO BASSO.

IV. RAPPORTI CON LA FALDA

Come accennato in precedenza, il contesto geologico è caratterizzato essenzialmente da terreni granulari, limo-sabbiosi in superficie, più francamente sabbiosi già a partire da pochi metri dal p.c.. Questo si riflette sulla permeabilità dei terreni.

La specifica localizzazione (zona litoranea) e la bassa quota sul livello del mare, determinano la presenza di una falda acquifera (per infiltrazione e accumulo delle acque meteoriche) relativamente superficiale, con una piezometria che varia localmente sensibilmente, in relazione alla posizione o meno su zone di duna.

Inoltre detta piezometria è soggetta a sensibili variazioni stagionali, in occasione di eventi meteorici di rilievo, proprio per la permeabilità dei terreni e per la presenza della falda a bassa profondità. Ecco che si passa da profondità di oltre 3 – 5 m a poco meno di 1 m dal p.c.).

Per quanto attiene il quadro conoscitivo, si hanno misure e rilievi in occasione di campagne geognostiche, che spesso hanno permesso di rilevare le quote piezometriche all'interno dei perfori (come peraltro è stato tentato anche in questo caso).

Nel nostro caso, con riferimento a quanto rilevato, al fattore stagionale e al riferimento ad alcune indagini geognostiche disponibili per la zona, si arriva a definire una quota piezometrica che, in periodo di magra (stagione estiva), al massimo potrebbe risultare intorno ai 2 – 2,5 m dal p.c..

Per quanto detto sopra, però, non si può escludere la possibilità che in particolari fasi stagionali (periodi particolarmente piovosi o comunque eventi meteorici anche isolati ma di particolare intensità), non si possano avere estemporanei sensibili innalzamenti delle quote piezometriche.

V. CONCLUSIONI

Sulla scorta del generale quadro conoscitivo si definiscono le classi di pericolosità per il piano attuativo in oggetto..

❖ ASPETTI GEOLOGICI:

- Classe G.2 (Pericolosità geomorfologica media): aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e glaciali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%.

❖ ASPETTI IDRAULICI:

- Classe I.2 (Pericolosità idraulica media): aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < TR < 500$ anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni:
 - a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
 - b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

❖ ASPETTI GEOLOGICI:

- Fattibilità con normali vincoli (F2): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

❖ ASPETTI IDRAULICI:

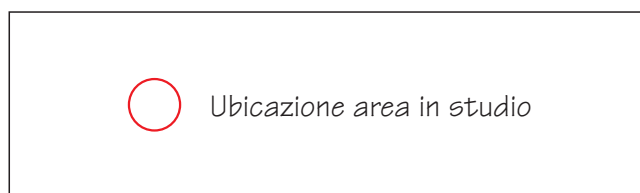
- Fattibilità con normali vincoli (F2): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

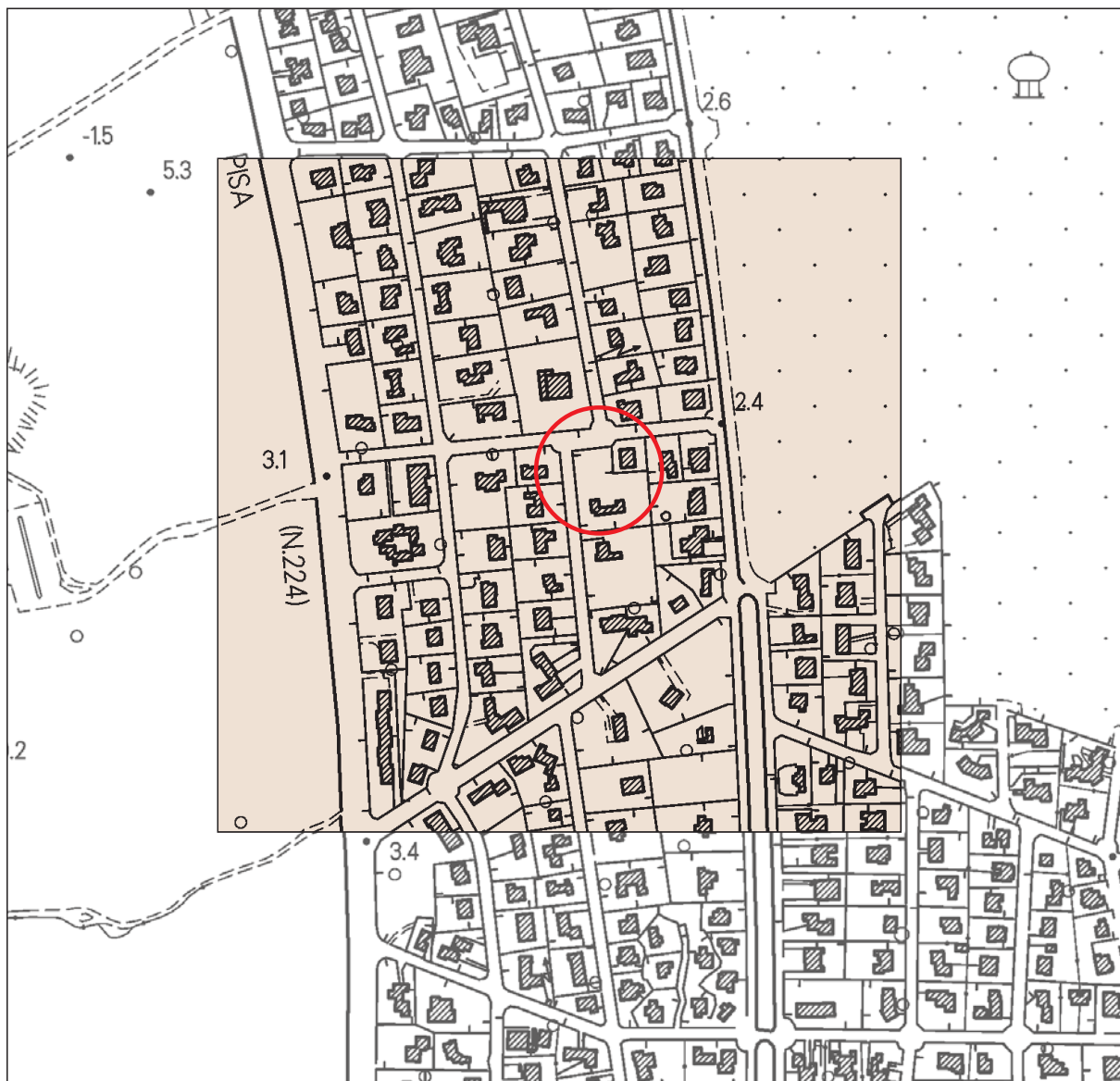
Calcinaia, Novembre 2019

Alessandro Fontanelli
Geologo



COROGRAFIA GENERALE - SCALA 1:25.000
(dalla carta IGMI - Foglio 272, Sez. II)





STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO ALLO S.U.:
ESTRATTO CARTA CARTA GEOLOGICA
SCALA 1:5.000

LEGENDA



Ubicazione area in studio



Olocene - Depositi sabbiosi dei lidi e delle dune litoranee



ESTRATTO CARTA GEOMORFOLOGICA
SCALA 1:5.000

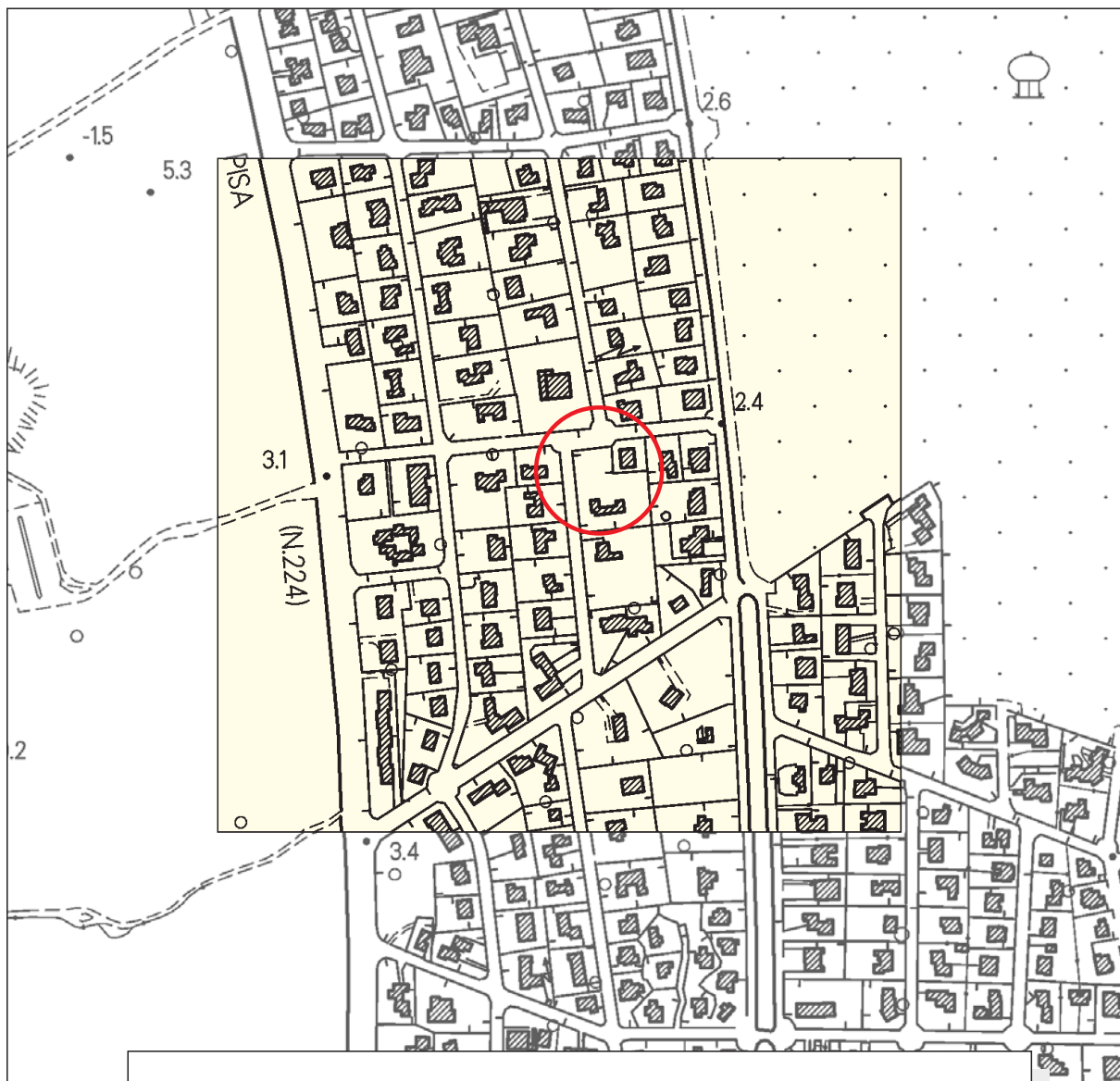
LEGENDA



Ubicazione area in studio



L'area rappresentata non è caratterizzata da
significativi fenomeni di modellamento



STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO ALLO S.U.:
ESTRATTO CARTA DELLA PERICOLOSITA'
SCALA 1:5.000

LEGENDA

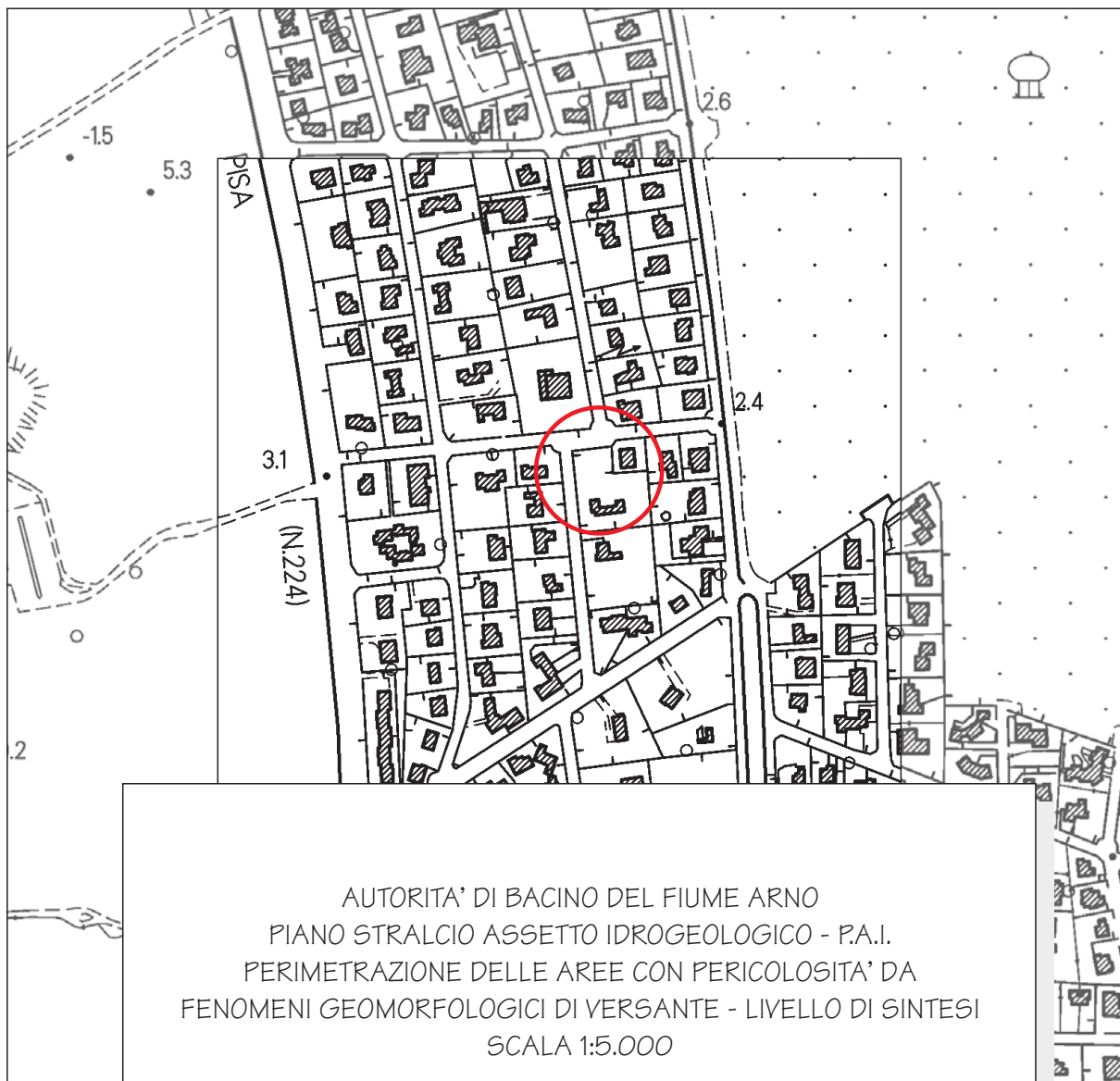


Ubicazione area in studio








CLASSE 3a - Pericolosità medio-bassa

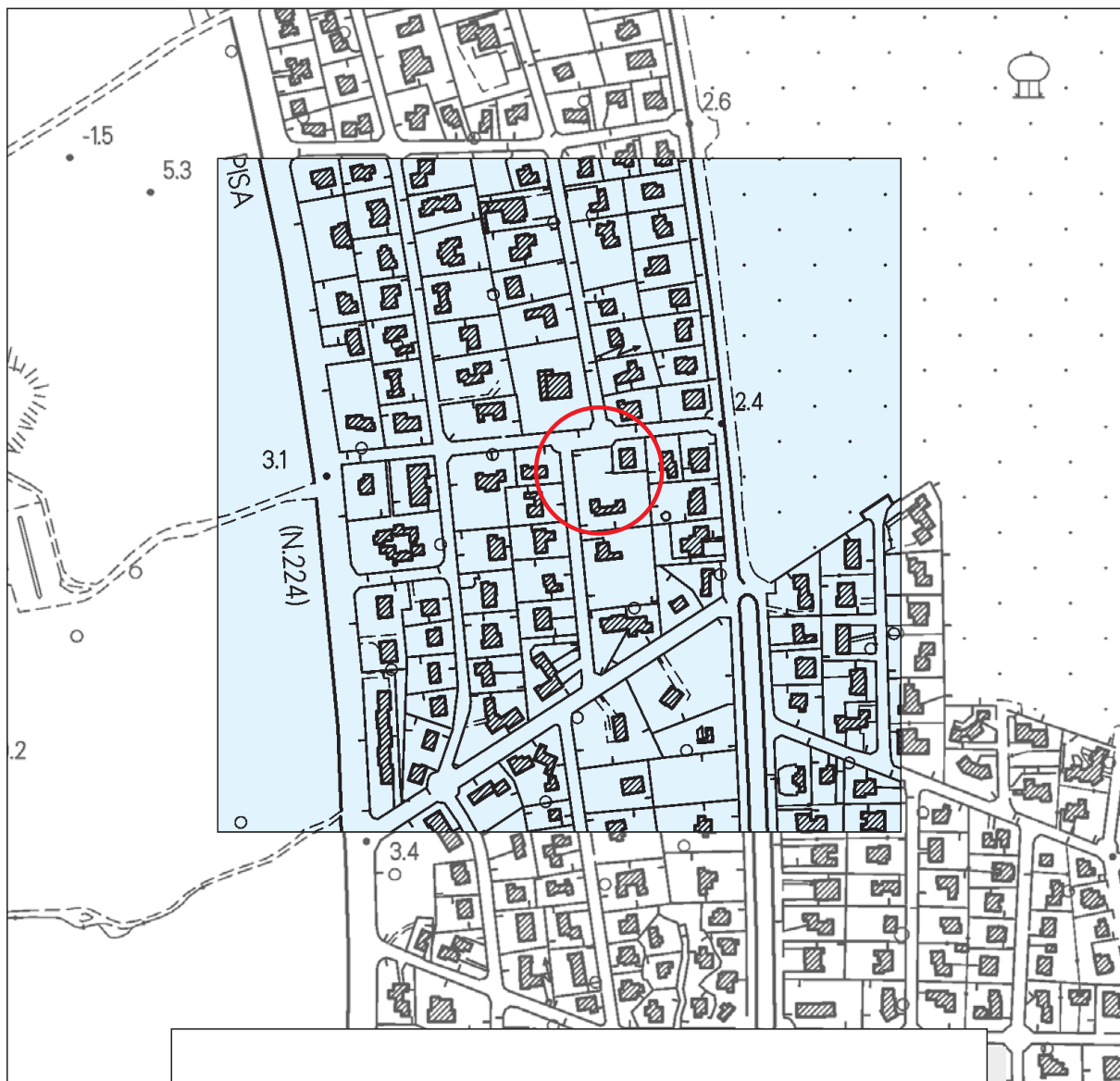
Zone in cui il tetto delle argille compressibili
è posto a profondità maggiori di 2 m dal p.c.



AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ARNO
PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO - P.A.I.
PERIMETRAZIONE DELLE AREE CON PERICOLOSITA' DA
FENOMENI GEOMORFOLOGICI DI VERSANTE - LIVELLO DI SINTESI
SCALA 1:5.000

LEGENDA

-  Ubicazione area in studio
-  P.F.1 - Pericolosità moderata
-  P.F.2 - Pericolosità media
-  P.F.3 - Pericolosità elevata
-  Pericolosità individuata su cartografia scala 1:10.000



AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ARNO
PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO
DI ALLUVIONI (PGRA)
PERICOLOSITA' IDRAULICA - DOMINIO FLUVIALE
SCALA 1:5.000

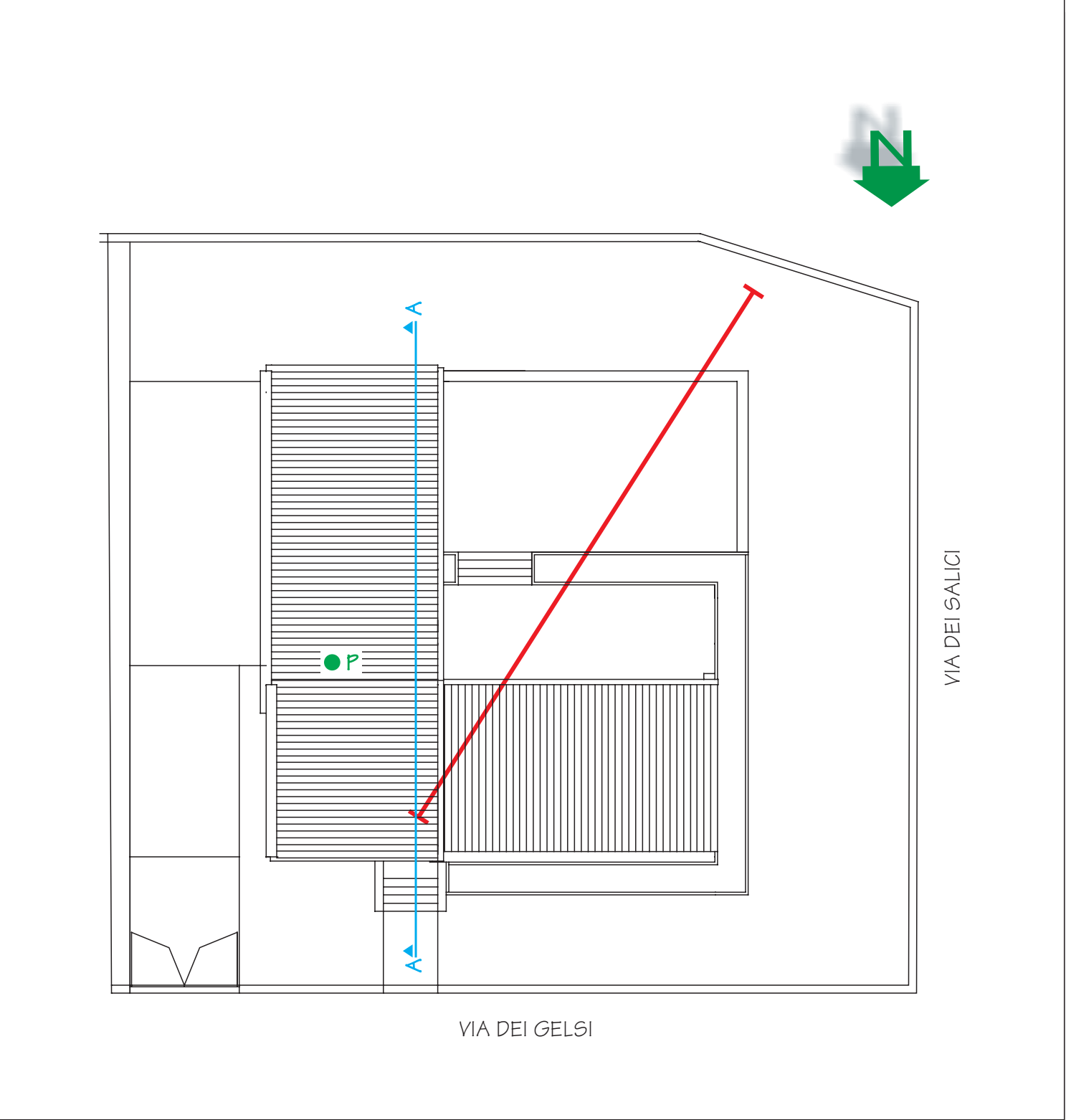
LEGENDA



Area in studio



P1 - Pericolosità da alluvione bassa



PLANIMETRIA - SCALA 1:200

LEGENDA

- P Ubicazione prova penetrometrica
- Traccia stendimento MASW
- A—A Traccia di sezione

PENETRATIO s.n.c.

di Lotti Giuseppe e Giani Paolo
Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)
tel.0571418116
PEC: penetratiosnc@lamiaptec.it

Rif.	15	2019
------	----	------

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 1

committente:	GEOLOGO FONTANELLI	data:	18/03/19
cantiere:	VIA DEI GELSI	profondità prova:	4,40
località:	PISA TIRRENIA	quota inizio:	p.c.
operatore:		profondità falda:	

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

Penetrometro: statico/dinamico PAGANI TG 63-200 da 20 ton, autoancorante

Sistema di ancoraggio: aste elicoidali di serie (mm) Ø100x750

Sistema di misura: cella di carico AEP con visualizzatore Pagani

Punta: conica meccanica Ø 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)

Manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (Ø 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm^2)

Velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)

Spinta massima rilevabile dalla cella di carico 200 kN

Passo di lettura 0,20 m



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

CPT 1

2.0105-157

- committente : GEOL. FONTANELLI ALESSANDRO
 - lavoro : VIA DEI GELSI
 - località : PISA-TIRRENIA
 - assist. cantiere :

- data : 18/03/2019
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : 0,00 da quota inizio

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	2,40	22,0	32,0	22,0	0,93	24,0
0,40	----	----	--	0,87	----	2,60	38,0	52,0	38,0	1,53	25,0
0,60	8,0	21,0	8,0	0,33	24,0	2,80	37,0	60,0	37,0	1,60	23,0
0,80	6,0	11,0	6,0	0,27	22,0	3,00	53,0	77,0	53,0	1,93	27,0
1,00	5,0	9,0	5,0	0,27	19,0	3,20	41,0	70,0	41,0	2,13	19,0
1,20	5,0	9,0	5,0	0,27	19,0	3,40	59,0	91,0	59,0	2,00	30,0
1,40	6,0	10,0	6,0	0,33	18,0	3,60	59,0	89,0	59,0	2,40	25,0
1,60	7,0	12,0	7,0	0,27	26,0	3,80	64,0	100,0	64,0	2,40	27,0
1,80	7,0	11,0	7,0	0,47	15,0	4,00	87,0	123,0	87,0	0,47	186,0
2,00	12,0	19,0	12,0	0,80	15,0	4,20	97,0	104,0	97,0	1,73	56,0
2,20	13,0	25,0	13,0	0,67	19,0	4,40	98,0	124,0	98,0	-----	----

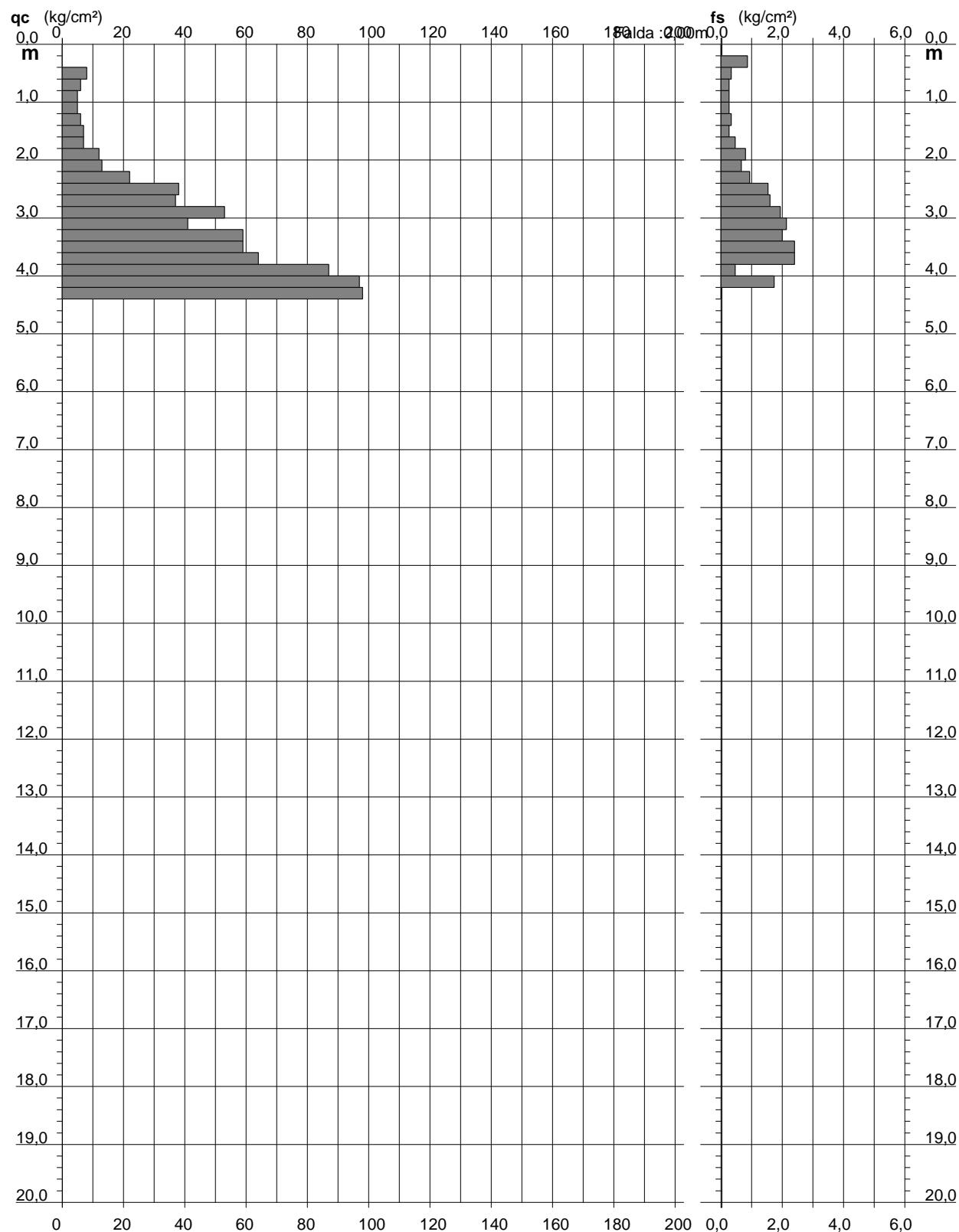
- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA****CPT 1**

2.0105-157

- committente : GEOL. FONTANELLI ALESSANDRO
- lavoro : VIA DEI GELSI
- località : PISA-TIRRENIA
- assist. cantiere :

- data : 18/03/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 0,00 da quota inizio



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

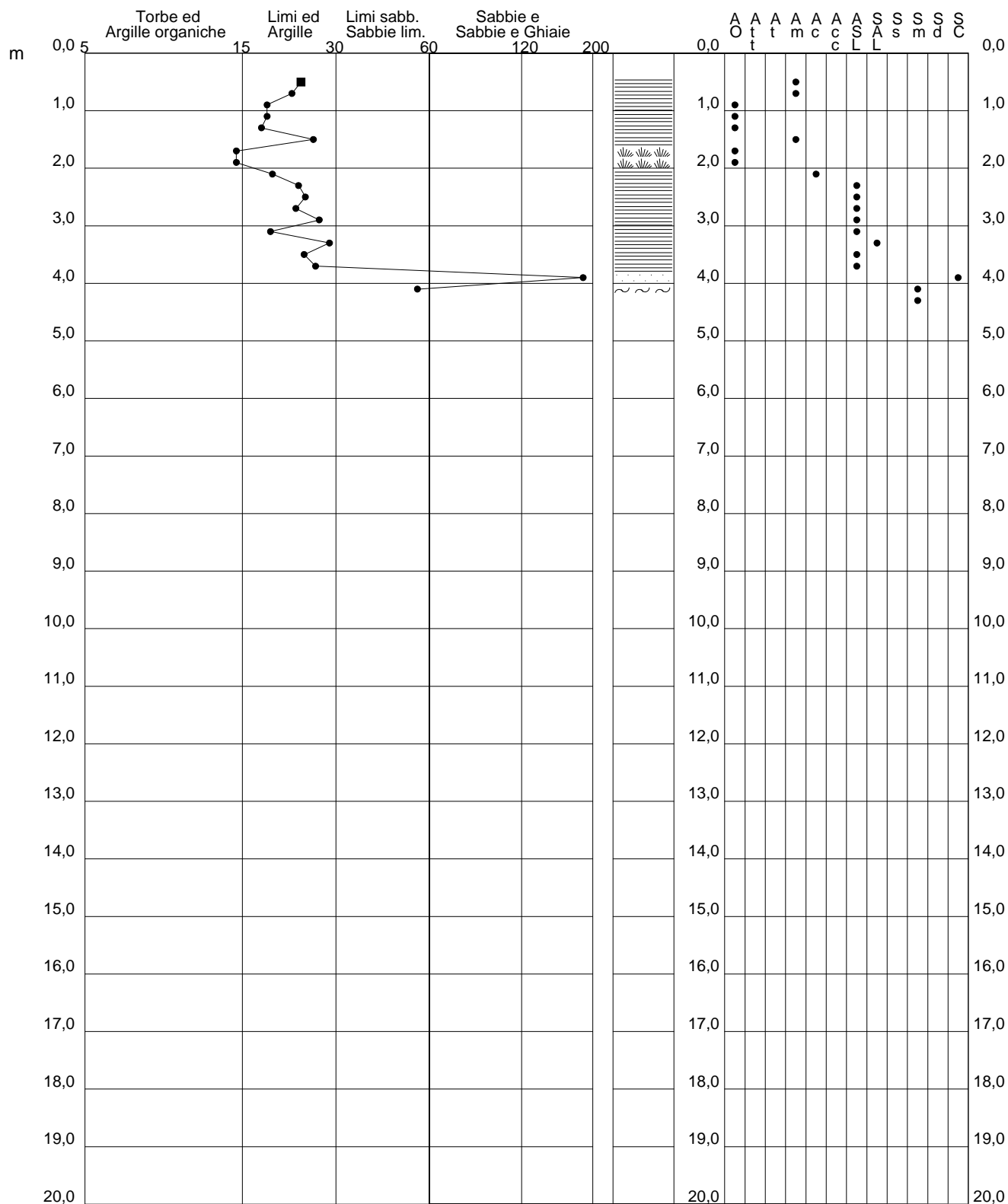
2.0105-157

- committente : GEOL. FONTANELLI ALESSANDRO
- lavoro : VIA DEI GELSI
- località : PISA-TIRRENIA
- assist. cantiere :

- data : 18/03/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 0,00 da quota inizio

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



PROVA PENETROMETRICA STATICA

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.0105-157

- committente : GEOL. FONTANELLI ALESSANDRO
 - lavoro : VIA DEI GELSI
 - località : PISA-TIRRENIA
 - assist. cantiere :

- data : 18/03/2019
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : 0,00 da quota inizio

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	qc kg/cm ²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	p'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo
0,20	--	--	???	0,85	0,02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	0,85	0,03	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	8	24	2////	0,86	0,05	0,40	82,0	68	102	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	6	22	2////	0,82	0,07	0,30	40,4	51	77	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	5	19	2////	0,80	0,08	0,25	24,7	43	64	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	5	19	2////	0,80	0,10	0,25	19,8	43	64	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	6	18	2////	0,82	0,12	0,30	20,6	51	77	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	7	26	2////	0,84	0,13	0,35	21,1	59	89	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	7	15	1***	0,46	0,14	0,35	19,4	14	21	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	12	15	2////	0,92	0,16	0,57	30,7	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	13	19	2////	0,93	0,18	0,60	28,8	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	22	24	4:/:	0,93	0,20	0,85	38,7	144	216	66	60	36	38	41	43	38	28	0,129	37	55	66
2,60	38	25	4:/:	0,99	0,22	1,27	56,8	215	323	114	76	39	40	42	44	40	30	0,177	63	95	114
2,80	37	23	4:/:	0,99	0,24	1,23	49,3	210	315	111	73	38	40	42	44	39	30	0,168	62	93	111
3,00	53	27	4:/:	1,01	0,26	1,77	69,7	300	451	159	83	40	41	43	45	40	31	0,201	88	133	159
3,20	41	19	4:/:	1,00	0,28	1,37	46,1	232	349	123	73	38	40	42	44	39	30	0,167	68	103	123
3,40	59	30	4:/:	1,02	0,30	1,97	66,5	334	502	177	83	40	41	43	45	40	32	0,201	98	148	177
3,60	59	25	4:/:	1,02	0,32	1,97	61,2	334	502	177	82	39	41	43	45	40	32	0,196	98	148	177
3,80	64	27	4:/:	1,02	0,34	2,13	62,7	363	544	192	83	40	41	43	45	40	32	0,200	107	160	192
4,00	87	186	3:::	0,98	0,36	--	--	--	--	--	92	41	42	44	45	41	33	0,231	145	218	261
4,20	97	56	3:::	1,00	0,38	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	41	34	0,239	162	243	291
4,40	98	--	3:::	1,00	0,40	--	--	--	--	--	94	41	43	44	46	41	34	0,236	163	245	294

PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)
Tel. 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D.P.S.H. n° 1

Riferimento: dpsh-13-1

Committente:	GEOL. FONTANELLI ALESSANDRO	Data:	18/03/19
Località:	VIA DEI GELSI	Prof.tà Prova:	8,20m
Comune:	PISA	Note:	

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL SISTEMA

PESO MASSA BATTENTE $M = 63,50 \text{ kg}$
ALTEZZA CADUTA LIBERA $H = 0,75 \text{ m}$
DIAMETRO PUNTA CONICA $D = 51,00 \text{ mm}$
AREA BASE PUNTA CONICA $A = 20 \text{ cm}^2$
ANGOLO APERTURA PUNTA $\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE $L_a = 1,00 \text{ m}$
AVANZAMENTO PUNTA $\delta = 0,20 \text{ m}$
NUMERO DI COLPI PUNTA $N = N(20) \Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI - NO

resistenza dinamica alla punta R_{pd} [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

R_{pd} = resistenza dinamica punta [area A] M = peso massa battente (altezza caduta H)
 e = infissione per colpo = δ / N P = peso totale aste e sistema battuta



PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)
tel/fax 0571.418116 - PEC: penetrationsnc@lamiappec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D.P.S.H. n° 1

Tabella valori di resistenza

Riferimento: dpsh-13-1

Committente:	GEOL. FONTANELLI ALESSANDRO	Data	18/03/2019
Località:	VIA DEI GELSI	Prof.tà Prova	0 m
Comune:	PISA	Note:	

Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste	Prof.(cm)	N colpi punta	Rpd	N colpi rivestimento	aste
da 0,00 a 0,20	-	-	-	1	da 8,60 a 8,80	-	-	-	9
da 0,20 a 0,40	-	-	-	1	da 8,80 a 9,00	-	-	-	9
da 0,40 a 0,60	-	-	-	1	da 9,00 a 9,20	-	-	-	10
da 0,60 a 0,80	-	-	-	1	da 9,20 a 9,40	-	-	-	10
da 0,80 a 1,00	-	-	-	1	da 9,40 a 9,60	-	-	-	10
da 1,00 a 1,20	-	-	-	2	da 9,60 a 9,80	-	-	-	10
da 1,20 a 1,40	-	-	-	2	da 9,80 a 10,00	-	-	-	10
da 1,40 a 1,60	-	-	-	2	da 10,00 a 10,20	-	-	-	11
da 1,60 a 1,80	-	-	-	2	da 10,20 a 10,40	-	-	-	11
da 1,80 a 2,00	-	-	-	2	da 10,40 a 10,60	-	-	-	11
da 2,00 a 2,20	-	-	-	3	da 10,60 a 10,80	-	-	-	11
da 2,20 a 2,40	-	-	-	3	da 10,80 a 11,00	-	-	-	11
da 2,40 a 2,60	-	-	-	3	da 11,00 a 11,20	-	-	-	12
da 2,60 a 2,80	-	-	-	3	da 11,20 a 11,40	-	-	-	12
da 2,80 a 3,00	-	-	-	3	da 11,40 a 11,60	-	-	-	12
da 3,00 a 3,20	-	-	-	4	da 11,60 a 11,80	-	-	-	12
da 3,20 a 3,40	-	-	-	4	da 11,80 a 12,00	-	-	-	12
da 3,40 a 3,60	-	-	-	4	da 12,00 a 12,20	-	-	-	13
da 3,60 a 3,80	-	-	-	4	da 12,20 a 12,40	-	-	-	13
da 3,80 a 4,00	-	-	-	4	da 12,40 a 12,60	-	-	-	13
da 4,00 a 4,20	-	-	-	5	da 12,60 a 12,80	-	-	-	13
da 4,20 a 4,40	-	-	-	5	da 12,80 a 13,00	-	-	-	13
da 4,40 a 4,60	10	79,54	-	5	da 13,00 a 13,20	-	-	-	14
da 4,60 a 4,80	11	87,50	-	5	da 13,20 a 13,40	-	-	-	14
da 4,80 a 5,00	13	103,40	-	5	da 13,40 a 13,60	-	-	-	14
da 5,00 a 5,20	13	96,97	-	6	da 13,60 a 13,80	-	-	-	14
da 5,20 a 5,40	8	59,67	-	6	da 13,80 a 14,00	-	-	-	14
da 5,40 a 5,60	9	67,13	-	6	da 14,00 a 14,20	-	-	-	15
da 5,60 a 5,80	11	82,05	-	6	da 14,20 a 14,40	-	-	-	15
da 5,80 a 6,00	8	59,67	-	6	da 14,40 a 14,60	-	-	-	15
da 6,00 a 6,20	10	70,22	-	7	da 14,60 a 14,80	-	-	-	15
da 6,20 a 6,40	11	77,24	-	7	da 14,80 a 15,00	-	-	-	15
da 6,40 a 6,60	11	77,24	-	7	da 15,00 a 15,20	-	-	-	16
da 6,60 a 6,80	11	77,24	-	7	da 15,20 a 15,40	-	-	-	16
da 6,80 a 7,00	11	77,24	-	7	da 15,40 a 15,60	-	-	-	16
da 7,00 a 7,20	9	59,70	-	8	da 15,60 a 15,80	-	-	-	16
da 7,20 a 7,40	10	66,33	-	8	da 15,80 a 16,00	-	-	-	16
da 7,40 a 7,60	11	72,96	-	8	da 16,00 a 16,20	-	-	-	17
da 7,60 a 7,80	12	79,60	-	8	da 16,20 a 16,40	-	-	-	17
da 7,80 a 8,00	10	66,33	-	8	da 16,40 a 16,60	-	-	-	17
da 8,00 a 8,20	13	81,71	-	9	da 16,60 a 16,80	-	-	-	17
da 8,20 a 8,40	-	-	-	9	da 16,80 a 17,00	-	-	-	17
da 8,40 a 8,60	-	-	-	9	da 17,00 a 17,20	-	-	-	18

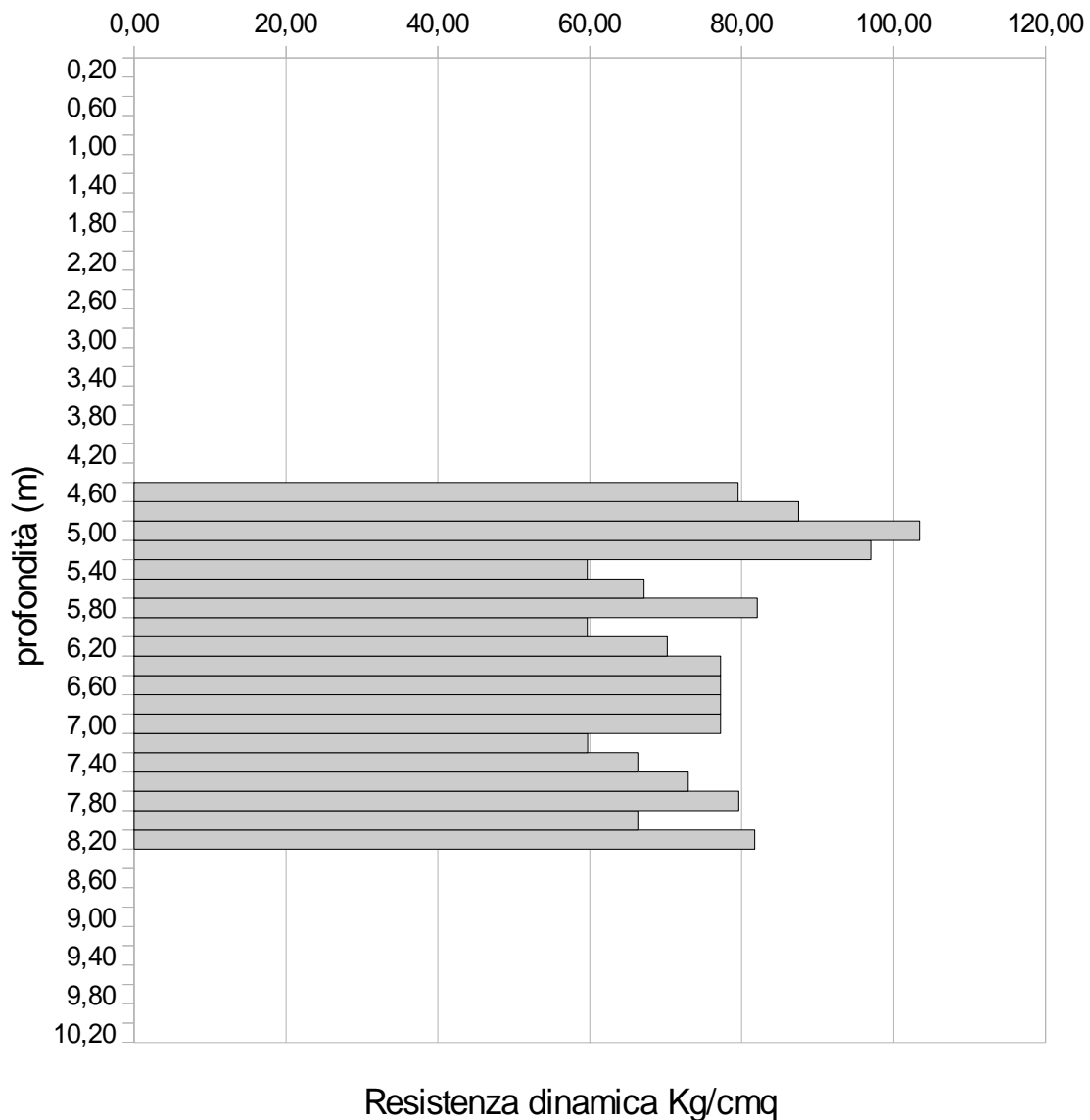
PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)
tel/fax 0571.418116 - PEC: penetrationsnc@lamiapiec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D.P.S.H. n° 1 Resistenza dinamica - profondità

Riferimento: dpsh-13-1

Committente:	GEOL. FONTANELLI ALESSANDRO	Data	18/03/2019
Località:	VIA DEI GELSI	Prof.tà Prova	0 m
Comune:	PISA	Note:	



PENETRATIO S.N.C.

Via Paolo Maioli 37, San Miniato 56027 (PI)

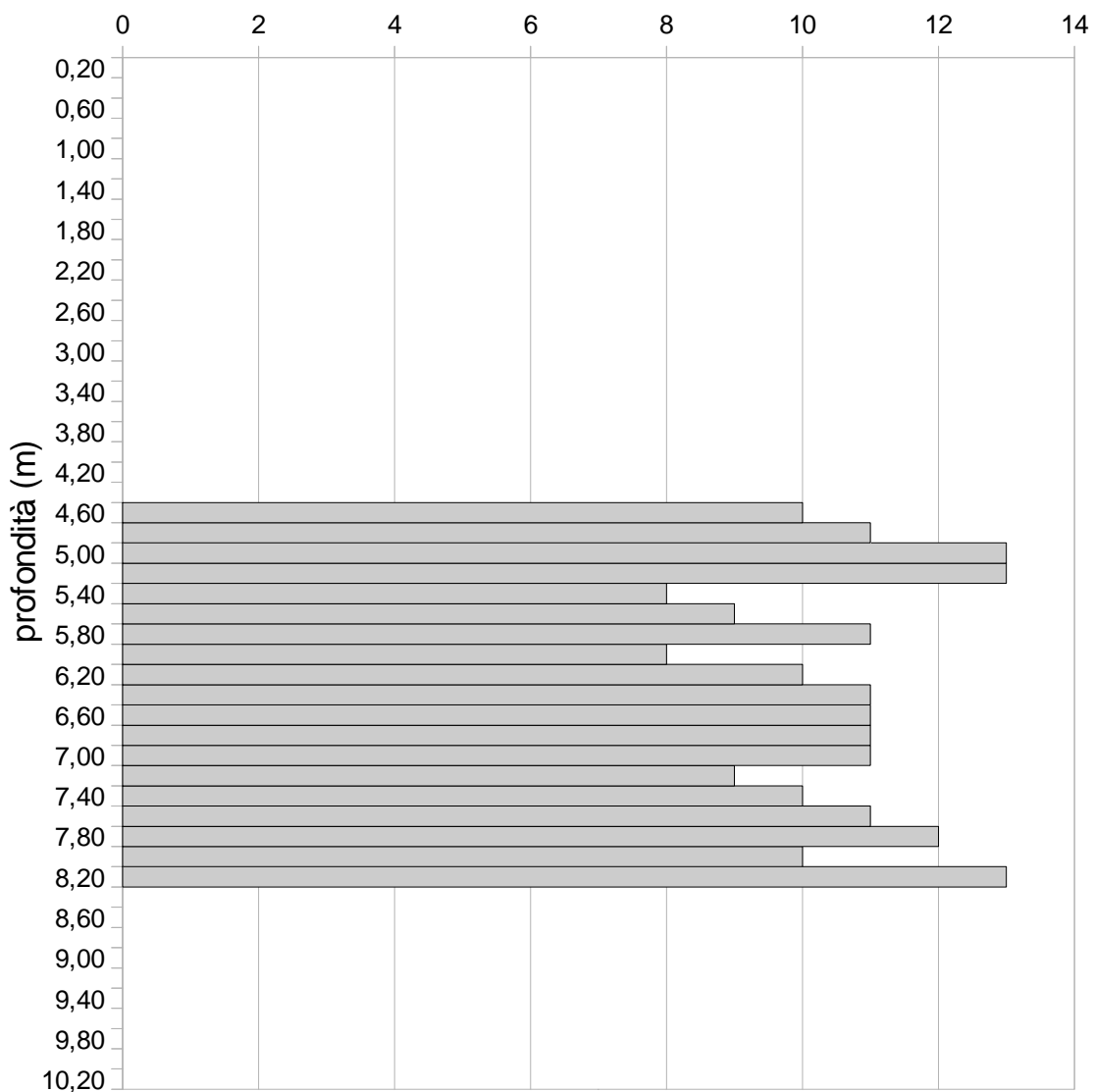
tel/fax 0571.418116 - PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D.P.S.H. n° 1

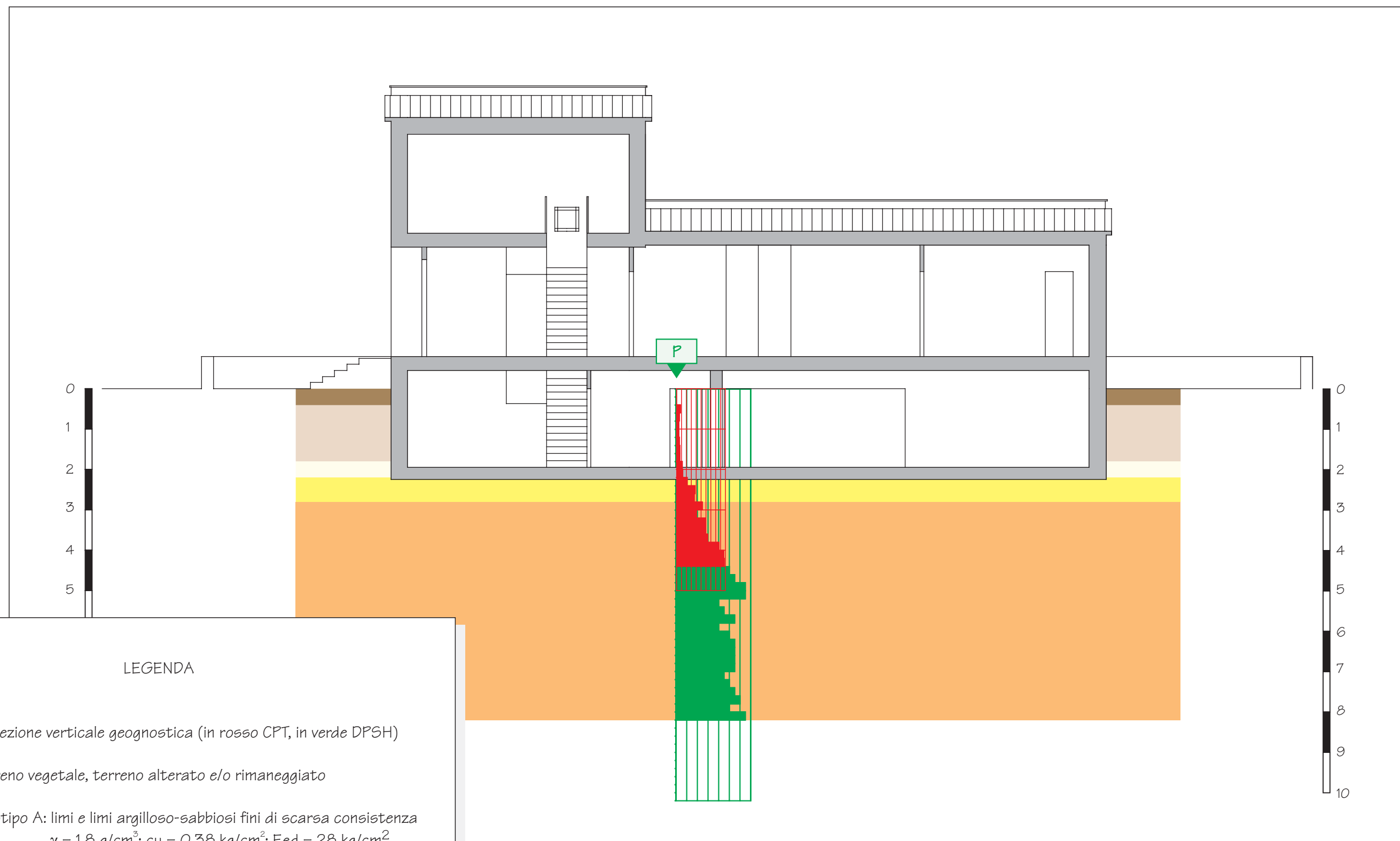
Grafico Ndp - profondità

Riferimento: dpsh-13-1







Committente:	GEOL. FONTANELLI ALESSANDRO	Data	18/03/2019
Località:	VIA DEI GELSI	Prof.tà Prova	0 m
Comune:	PISA	Note:	



N colpi x 20 cm d'infissione



LEGENDA

-  Proiezione verticale geognostica (in rosso CPT, in verde DPSH)
-  Terreno vegetale, terreno alterato e/o rimaneggiato
-  Litotipo A: limi e limi argilloso-sabbiosi fini di scarsa consistenza
 $\gamma = 1,8 \text{ g/cm}^3$; $c_u = 0,38 \text{ kg/cm}^2$; $E_{ed} = 28 \text{ kg/cm}^2$
-  Litotipo B: limi e limi sabbiosi fini e argillosi di addensamento medio-basso
 $\gamma = 1,85 \text{ g/cm}^3$; $\phi = 28^\circ$; $E_{ed} = 65 \text{ kg/cm}^2$
-  Litotipo C: sabbie limose di medio addensamento
 $\gamma = 2,0 \text{ g/cm}^3$; $\phi = 31^\circ$; $E_{ed} = 149 \text{ kg/cm}^2$
-  Litotipo D: sabbie di addensamento medio-discreto
 $\gamma = 2,0 \text{ g/cm}^3$; $\phi = 35^\circ$; $E_{ed} = 297 \text{ kg/cm}^2$

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA E LITOTECNICA
INTERPRETATIVA

SCALA 1:100



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVA PENETROMETRICA



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA INDAGINE SISMICA

Luogo: Tirrenia (PI)

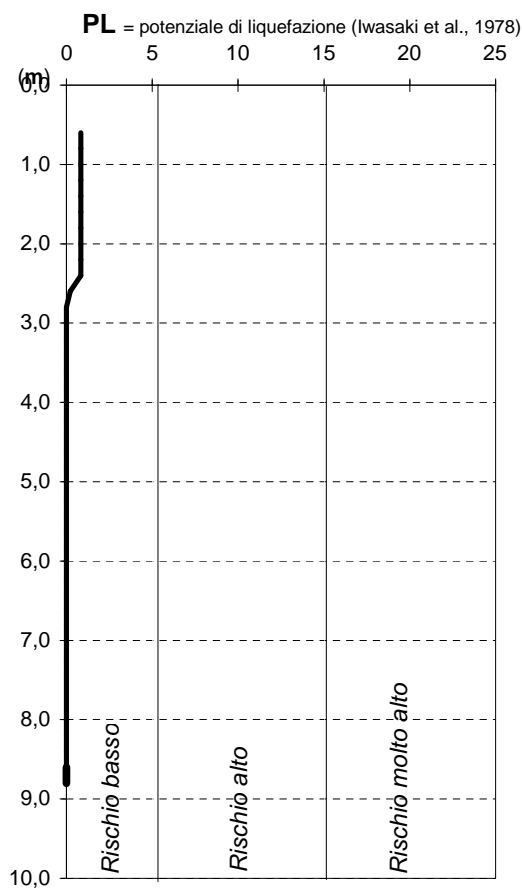
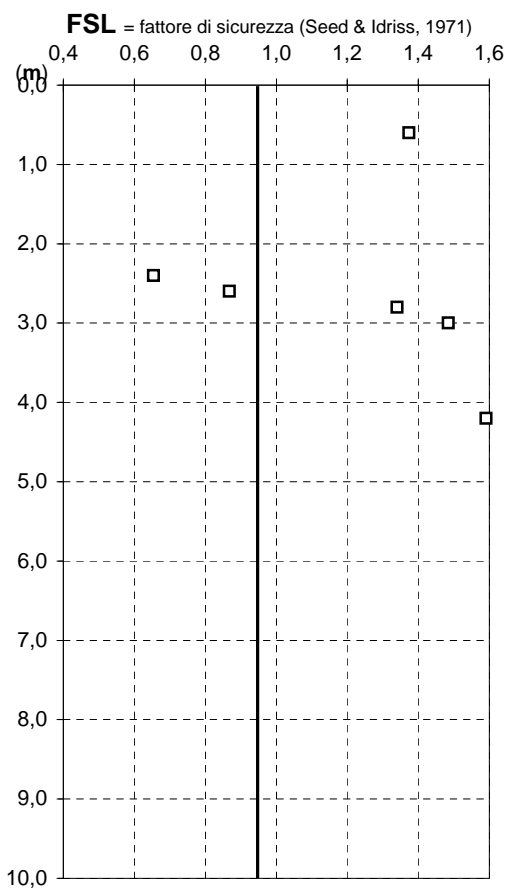
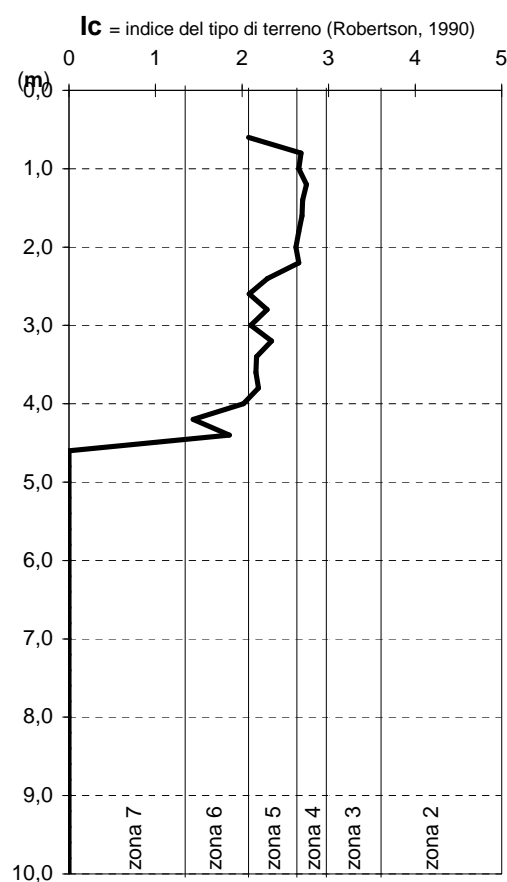
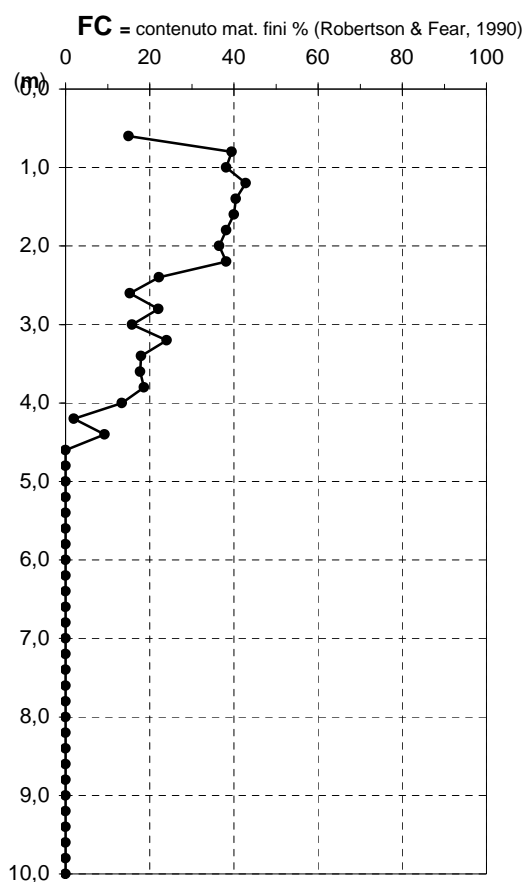
CPT n. n. 1

Magnitudo = 7,0

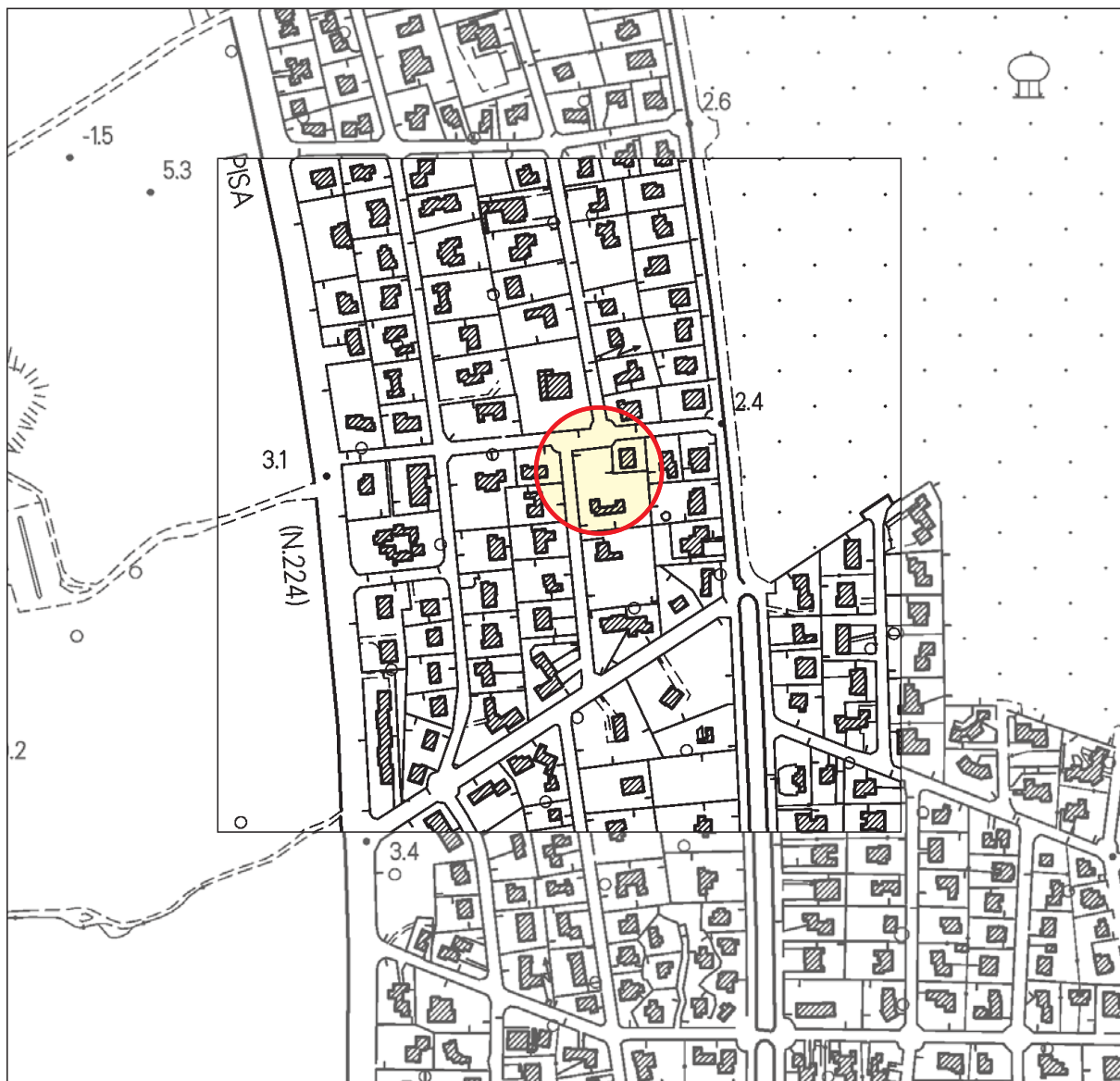
$a_{max} = 0,25$

MWF = 0,937

H_2O (m) = 1,5




Potenziale di liquefazione $PL = \sum F(z) w(z) \Delta(z) = 0,8$
(rischio basso)



CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA
AI SENSI DEL D.P.G.R. 53/R
SCALA 1:5.000

LEGENDA



 Ubicazione area in studio

 G.2 - Pericolosità geologica media



CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA
AI SENSI DEL D.P.G.R. 53/R
SCALA 1:5.000

LEGENDA

-  Ubicazione area in studio
-  I.2 - Pericolosità idraulica media