



GEOPIU' Studio di Geologia  
Tel/Fax 050 576698  
geopiu@inwind.it  
www.spazioweb.inwind.it/geopiu/

**ALLEGATO 10**

**COMUNE DI PISA**  
(Provincia di Pisa)



RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA DI FATTIBILITA'  
RELATIVA A PDR DI AREA UBICATA IN VIA  
SARAGAT ANGOLO VIA PILLA  
NEL COMUNE DI PISA

Maggio 2007

ELABORATO **ADOTTATO**  
CON DELIBERAZIONE

Giunta Comunale  
 Consiglio Comunale

n° 22 ..del. 21 FEB. 2008

GEOPIU' Studio Associato di Geologia

Dott. Geol. Lorenzo Mannella



## 1. PREMESSA

La presente relazione geologico geotecnica è di supporto alla fattibilità di un piano di recupero da eseguire su terreno ubicato in Via Saragat angolo via Pilla nel comune di Pisa. L'ubicazione dell'area è riportata in Fig. - 1

L'intervento prevede la demolizione degli edifici esistenti e la realizzazione di due edifici di tre piani fuori terra aventi impronta di base indicativa di circa 270 mq per ciascun edificio.

Lo studio in oggetto è stato redatto in conformità alla Legge Regionale 21/84, "Norme per la formazione e l'adeguamento degli strumenti urbanistici ai fini della prevenzione del rischio sismico, Deliberazione n° 94/85 - Direttiva "Indagini geologico-tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica", alla Del. C.R.T. 230/94, alla L.R. 1/05, al D.L. 180/98, alla L. 267/98, al D.L. 132/99, alla L. 226/99, al PIT (DCR 12/2000), al D.L. 279/2000 e alla L. 365/2000.

Il Piano Territoriale della Provincia di Pisa definisce per l'area una pericolosità geomorfologica media (classe 3a), pericolosità idraulica media (classe 3a) ed una vulnerabilità idrogeologica medio-alta (classe 3b). Il PTC, in relazione al tipo di intervento in oggetto, definisce una fattibilità 3 condizionata, con livello di rischio basso (classe II) legato alla pericolosità geomorfologica, livello di rischio basso (classe II) legato alla pericolosità idraulica e livello di rischio medio-alto (classe III) legato alla vulnerabilità idrogeologica.

Il piano Strutturale del Comune di Pisa definisce per l'area oggetto di indagine una pericolosità 3a. Lo stesso Strumento definisce una fattibilità 2 con normali vincoli da precisare a livello di progetto. Il progetto in questione non prevede la realizzazione di piani seminterrati o interrati.

Al fine di accertare e valutare la fattibilità degli interventi previsti nell'area, l'indagine si è articolata nell'analisi geologica, idrogeologica, idraulica e geomorfologica di dettaglio del sito. La caratterizzazione geotecnica preliminare è stata eseguita in analogie a prove e indagini realizzati nelle aree limitrofe. In fase esecutiva saranno approfonditi gli studi mediante la realizzazione di prove locali.

Sono stati eseguiti sopralluoghi su tutta la proprietà e le aree limitrofe, inquadrando ed integrando le osservazioni di dettaglio con precedenti ed aggiornate indagini litologiche, stratigrafiche e tettoniche della zona.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

La vasta pianura del territorio comunale pisano, si è originata in seguito al progressivo sprofondamento (dell'ordine di migliaia di metri) del litorale pisano-versiliese, causato dall'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.

L'attuale situazione geologica e stratigrafica degli strati superficiali di terreno della pianura di Pisa, è il risultato dell'attività di trasporto ed esondazione del Fiume

Arno, nonché delle variazioni del suo corso fluviale, ed è legata 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 separati dal mare aperto da depositi eolico transizionali dei lidi e dune litoranee più ad Ovest.

Si hanno così variazioni laterali della litologia che può presentare caratteristiche differenti in funzione del prevalere di sedimenti di natura coesiva o granulare.

L'area oggetto della presente indagine è ubicata nel quartiere S. Marco nelle vicinanze del cavalcavia di Sant'Ermete.

Sotto il profilo geologico, nell'area indagata sono presenti i seguenti termini litologici (fig. 2):

*“Depositi alluvionali prevalentemente limosi e sabbiosi con intercalazioni argillose (Olocene)”*: questi terreni sono costituiti prevalentemente da limi di colore nocciola con intercalazioni sabbiose e argillose. I depositi appartenenti a questo gruppo sono rappresentati da sedimenti fini, generalmente localizzati nelle zone più lontane dai fiumi, sulle quali si sono verificati fenomeni di sovralluvionamento.

Nelle zone più depresse, soggette ad 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 nelle zone che nel passato erano permanentemente paludose, mentre attualmente lo diventano solo occasionalmente in concomitanza con gli eventi meteorici più consistenti.

Dall'esame della carta geologica si può notare come nei pressi dell'area si noti la presenza di paleoalvei sepolti rilevati con immagini da satellite. Generalmente i paleoalvei sono caratterizzati da una quantità maggiore in frazione sabbiosa.

La carta litotecnica del Piano Strutturale del Comune di Pisa indica che l'area di intervento è posta su terreni costituiti in prevalenza da limi color nocciola con intercalazioni argillose e talvolta sabbiose. Di conseguenza i parametri geotecnici di questi terreni sono variabili in relazione al tenore di limo, argille o sabbie. In via indicativa per quanto riguarda la frazione limo – argillosa si è riscontrato che la  $R_p$  del penetrometro varia generalmente intorno a valori compresi tra 11 e 20 Kg/cm<sup>2</sup>. La coesione varia tra 0.40 e 0.85 Kg/cm<sup>2</sup> ed i valori di compressibilità volumetrica variano tra 12 e 25 cm<sup>2</sup>/t; gli angoli di attrito risultano generalmente piuttosto bassi.

### 3. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDRAULICHE

L'evoluzione geomorfologica più recente della Pianura Pisana e la sua configurazione sono state condizionate, prevalentemente dalle vicende naturali che, dal tardo Pleistocene, accompagnarono il trend della “trasgressione versiliana”, legata alla risalita del livello marino dalle quote raggiunte durante la fase di massima espansione della glaciazione wurmiana (più basse di quelle attuali di almeno 100 m), alla quale corrispose quella di massimo eustatismo negativo e della massima regressione marina.

La risalita del livello marino a partire da circa 18.000 anni fa fino a 5.000 anni fa modificò fortemente la paleogeografia e la sedimentazione di quest'area costiera, che venne in gran parte sommersa dal mare.

Riflessi molto importanti accaddero anche nelle zone più interne, condizionandone la sedimentazione e i percorsi degli attuali fiumi principali Arno e Serchio.

Il territorio comunale si estende in un'area di pianura limitata a Nord dal Fiume Morto e dal Fiume Morto Vecchio, a Est da una serie di canali che comprendono il Canale Demaniale di Ripafratta, il Fosso dei Sei Comuni, il Nugolaio di Ceria, la zona compresa fra il Fosso e Antifosso del Torale, il Fosso Caligi, a Sud dall'allineamento Fossa Chiara-Scolmatore, ad Ovest dalla linea di costa del mare.

Esso si colloca, per la maggior parte della sua estensione, nella porzione terminale del bacino idrografico del Fiume Arno, mentre una piccola parte del territorio, posta al margine settentrionale del Comune compresa fra il Fiume Morto Vecchio a Nord, il Fiume Morto a Sud e la linea di costa a Ovest, fa parte del bacino idrografico del Fiume Serchio.

Il principale corso d'acqua che interessa il territorio comunale, il Fiume Arno, lo attraversa trasversalmente da Est verso Ovest, per una lunghezza di circa 16 Km.

L'Arno entra nel territorio comunale all'altezza del meandro di Cisanello e, dopo avere attraversato la zona golenale della Cella (circa 2.5 Km), passa nel tratto urbano di Pisa, proseguendo verso la foce con un andamento rettilineo secondo la direzione NE-SW, fino a girare e disporsi E-W circa 3.5 Km prima dello sbocco in mare.

L'asta dell'Arno corre, per tutto il territorio del Comune di Pisa, all'interno della fascia golenale di prima pertinenza fluviale, situata internamente agli argini. Questa fascia, che ha la massima larghezza in corrispondenza della golena di "La Cella" nei pressi di Putignano in sinistra del fiume (circa 350 m nel tratto più largo della golena), si restringe bruscamente fino a diventare totalmente assente nel tratto che attraversa la città di Pisa. In corrispondenza dell'ingresso dell'Arno nel tratto urbano (poco prima del Ponte della Vittoria), l'asta fluviale presenta, inoltre, una curva molto accentuata. Dopo il Ponte dell'Aurelia, oltrepassata la città, riprende la fascia golenale, la quale continua fino allo sbocco in mare (in realtà, essa si interrompe circa 2.5 Km prima della foce sul lato destro del fiume).

L'unico apporto di acque che riceve l'Arno nell'ambito del territorio comunale è rappresentato da quelle del "Canale Demaniale di Ripafratta", il quale deriva quelle del Serchio e le fa confluire nell'Arno subito a monte del Ponte della Fortezza.

L'area oggetto del presente studio, è posta ad una quota altimetrica di circa 4.9 metri sul livello del mare ed è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali, costituiti da sedimenti di natura prevalentemente limosa con intercalazioni sabbiose e argillose. Si inserisce in un contesto intensamente urbanizzato con presenza di edifici a più piani.

Morfologicamente la zona d'intervento mostra i lineamenti tipici della pianura alluvionale, con andamento sub - orizzontale.

Il graduale incremento urbanistico dell'area, sta obliterando gran parte dell'originario assetto morfologico, per cui oltre ai tratti tipici della pianura alluvionale, poco evidenti, sono visibili i motivi di origine antropica, quali edifici, capannoni industriali, strade, linee ferroviarie e ponti.

Questi elementi rappresentano talvolta fattori condizionanti per il regolare deflusso delle acque superficiali, in un'area pressoché pianeggiante.

Tutto il territorio comunale posto a Sud dell'Arno, convoglia le sue acque (meteoriche, reflue trattate e non) nel canale di bonifica a scolo naturale detto "Scolo di Pisa".

Dall'osservazione della tavola della pericolosità geomorfologica del PTC l'area in esame risulta inserita nella sottoclasse 3a, a pericolosità media.

#### **4. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE**

La particolare situazione litostratigrafica, complicata dall'alternanza di sedimenti d'ambiente continentale e marino, di forma spesso lenticolare, ha permesso la formazione di un sistema acquifero multistrato.

Tale assetto stratigrafico è il risultato dell'alternanza degli effetti delle trasgressioni e regressioni che si sono succedute nel tempo. Questi fenomeni, causati dalla subsidenza tettonica (legata a movimenti a scala molto ampia) e/o da variazioni eustatiche del livello marino (effetto delle glaciazioni), hanno controllato lo sviluppo del reticolo idrografico e provocato i movimenti della linea di costa.

Nel sottosuolo del territorio comunale pisano sono presenti, dall'alto verso il basso i seguenti acquiferi:

un sistema acquifero di tipo freatico, presente in modo più o meno continuo, che ha sede nei sedimenti limoso-sabbiosi,

un orizzonte acquifero, contenuto in sedimenti prevalentemente sabbiosi, esteso per gran parte del territorio comunale e

un orizzonte acquifero costituito da depositi di origine alluvionale composti da livelli ciottolosi e ghiaiosi separati da strati a composizione prevalentemente sabbiosa.

Tra i vari livelli acquiferi descritti esistono eteropie e discontinuità verticali che in alcune zone permettono i collegamenti idraulici, specialmente tra i due principali acquiferi artesiani, il primo orizzonte sabbioso ed il primo orizzonte ghiaioso, che comunque ospitano le principali falde della pianura.

Nell'area d'intervento è presente una circolazione idrica abbastanza superficiale, sottoposta ad oscillazioni stagionali, collegate all'andamento del regime pluviometrico. Notizie e dati per la zona attestano il livello della prima falda a circa 2,30-2,50 m dal p.c.

Dal punto di vista della permeabilità, nell'area in esame, affiorano depositi alluvionali prevalentemente limosi con intercalazioni sabbiose e argillose. Questi depositi sono caratterizzati da permeabilità primaria medio-bassa; le intercalazioni sabbiose presenti, talvolta continue, possono però localmente far variare tali valori.

Dall'osservazione della tavola della vulnerabilità idrogeologica del PTC l'area in esame risulta inserita nella sottoclasse 3b, di vulnerabilità media.

In base ai dati su esposti non si prevedono interazioni tra la falda e l'opera in progetto.

#### **5. CONSIDERAZIONI AI FINI DEL RISCHIO IDRAULICO**

L'area d'intervento ai sensi del PIT (DCR 12/2000), rientra nell'ambito B del Fiume Arno, unico corso d'acqua presente nell'intorno ed inserito nell'elenco della succitata delibera con il codice PI707.

Nella zona in oggetto non si hanno notizie di fenomeni di ristagno. Una conferma di quanto appena detto viene dalla carta delle aree allagabili e dalla relazione del Piano Stralcio del Comune di Pisa; in tale carta sono state distinte e cartografate le aree soggette a frequenti esondazioni (golene dell'Arno), le aree soggette a episodi di tracimazione dei canali di bonifica e difficoltoso drenaggio delle acque in caso di eventi piovosi intensi, e le aree soggette a ristagno. La zona d'intervento, in questa carta è posta al di fuori di tali aree.

Il Piano Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Arno, che fa parte del Piano di Bacino del Fiume Arno, inserisce la zona d'intervento nella "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica, derivata dai risultati di specifici studi in funzione del tempo di ritorno e del potenziale battente – livello di dettaglio". In dette cartografie la pericolosità viene suddivisa in:

- P.I.4: pericolosità idraulica molto elevata;
- P.I.3: pericolosità idraulica elevata;
- P.I.2: pericolosità idraulica media;
- P.I.1: pericolosità idraulica moderata.

La zona d'intervento risulta inserita nella "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica", allegata al Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico dell'Arno ed è classificata all'interno della Pericolosità idraulica media (P.I.2): "*Aree storicamente inondate dall'evento del 1966 come da Carta guida delle aree inondate di cui al Piano di bacino, stralcio relativo alla riduzione del Rischio Idraulico*". In questa classe sono comprese "*...aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $30 < TR < 100$  anni e con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $100 < TR < 200$  anni*".

A seguito di richiesta di battente eseguita dallo scrivente, l'Autorità di Bacino del Fiume Arno ha indicato che la zona non risulta inondata per eventi con tempo di ritorno monosecolari mentre non è identificabile un battente per eventi con tempo di ritorno duecentennali essendo la zona classificabile come area di transito.

Nell'area interessata dalle opere in progetto, il sistema di deflusso delle acque superficiali, pur essendo condizionato dal livello idrico dei canali circostanti, non evidenzia carenze di drenaggio tali da provocare allagamenti o ristagni prolungati.

Alla luce di quanto esposto si ritiene che il rischio idraulico nell'area in questione sia legato essenzialmente ad episodi di piogge di notevole intensità e breve durata che possono creare locali e temporanei ristagni resi possibili dalle basse pendenze del terreno o da possibili intasamenti delle fognature.

Il progetto prevede il rialzamento del piano campagna del comparto di circa 10 cm rispetto all'attuale al fine di porsi ad una quota circa intermedia tra le quote di via Pilla e via Saragat.

Gli edifici che verranno realizzati, aventi impronta di base uguale o lievemente minore a quella degli edifici attualmente presenti, presenteranno una quota del primo piano di calpestio sopraelevata rispetto al nuovo p.c. di circa 20 cm. Di fatto il primo piano di calpestio avrà una quota di circa 30 cm superiore al p.c. attuale.

Si ritiene che tale sopraelevazione sia sufficiente a garantire la sicurezza idraulica.

Sarà comunque necessario predisporre opportune pendenze dei terreni a partire dai fabbricati in modo da drenare e convogliare le acque verso i recapiti finali.

Inoltre, in fase di progettazione delle opere di urbanizzazione primaria, si consiglia di dimensionare adeguatamente gli smaltimenti delle acque pluviali e di scarico, in maniera tale da evitare, durante eventi piovosi particolarmente intensi e di

breve durata, fenomeni di allagamento o intasamento del sistema di allontanamento delle acque.

## 6. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA

L'area in studio ricade nelle zone classificate sismiche, ai sensi del D.M. 19/03/1982 "Aggiornamento delle zone sismiche della Regione Toscana", per le quali bisogna considerare gli effetti indotti nel terreno durante un evento sismico.

Il sisma, può trasmettere sollecitazioni dinamiche con fenomeni di amplificazione locale oppure può dare luogo a fenomeni di instabilità dinamica con cedimenti e liquefazione.

Dal punto di vista sismico quello che interessa in questa fase è la stima del coefficiente d'intensità sismica C, che esprime l'accelerazione massima orizzontale in superficie, che si sviluppa durante un evento sismico.

Tale parametro si calcola, attraverso il D.M. 24/01/1986, nel seguente modo:

$$C = \frac{S - 2}{100}$$

dove S rappresenta il grado di sismicità della zona. La classificazione delle zone sismiche è basata su tre classi:

- Classe I con grado di sismicità S = 12;
- Classe II con grado di sismicità S = 9;
- Classe III con grado di sismicità S = 6.

Per queste classi si hanno quindi i seguenti valori del coefficiente di sismicità C:

S	C
12	0.10
9	0.07
6	0.04

Tali valori non tengono conto però degli effetti legati alle condizioni geologiche e geomorfologiche locali; per tali ragioni la proposta del Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti G.N.D.T. (1985), prevede per il coefficiente d'intensità sismica i seguenti valori:

S	C
12	0.35
9	0.25
6	0.15

Il territorio comunale di Pisa è classificato con grado di sismicità S = 9 e quindi rientra nella Classe II, con un valore del coefficiente d'intensità sismica o accelerazione massima convenzionale = 0.25 g.

L'Ordinanza n. 2788 del 12/06/1998, sull'INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE AD ELEVATO RISCHIO SISMICO DEL TERRITORIO NAZIONALE, riporta l'elenco dei Comuni ubicati nelle zone ad elevato rischio sismico, individuati secondo l'indice di rischio, che tiene conto di due coefficienti:

- pc = popolazione coinvolta in crolli e
- pd = percentuale del patrimonio danneggiato.

I Comuni a più elevato rischio sono stati identificati come quelli che hanno indice di rischio superiore al valore medio nazionale, calcolato pesando ciascun Comune con la sua popolazione. Tale media è risultata pari a 0.0455.

Il Comune di Pisa ha un indice di rischio di 0.0043, con intensità massima osservata (MCS) di 7.

La nuova normativa sismica nazionale adottata con Ord. P.C.M. 3274 del 20/03/2003, ha definito la nuova classificazione sismica del territorio nazionale e le nuove norme tecniche per le costruzioni in zona sismica. L'intero territorio nazionale viene suddiviso in quattro zone sismiche (ex categorie), in relazione ai valori di accelerazione di picco.

Le "Norme tecniche" indicano 4 valori di accelerazioni ( $a_g/g$ ) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico e le norme progettuali e costruttive da applicare. Pertanto il numero delle zone è fissato in 4.

Ciascuna zona sarà individuata secondo valori di accelerazione massima del suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo lo schema seguente:

ZONA	$a_g$
1	0.35g
2	0.25g
3	0.15g
4	0.05g

Ai sensi della suddetta normativa e della Del.19/06/2006 n. 431 "Riclassificazione Sismica del territorio regionale-Attuazione del D.M. 14/09/2005 e O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006 pubblicata su G.U. dell'11/05/2006", l'area oggetto del presente studio risulta inserita nelle zone sismiche 3S, cui corrispondono valori del coefficiente d'intensità sismica o accelerazione massima convenzionale al suolo  $a_g$  di 0.25 g.

## 7. COEFFICIENTE DI FONDAZIONE

Il D.M. 16/01/1996 "Norme tecniche per costruzioni in zone sismiche", al punto C.6.1.1. (Azioni orizzontali) per il coefficiente di fondazione  $\epsilon$  espressamente cita: "Si assume di regola  $\epsilon = 1$ . In presenza di stratigrafie caratterizzate da depositi alluvionali di spessore variabile da 5 a 20 metri, soprastanti terreni coesivi o litoidi con caratteristiche meccaniche significativamente superiori, si assumerà per il coefficiente  $\epsilon$  il valore di 1.3".

Nel caso in oggetto, considerando che lo spessore dei sedimenti è sicuramente superiore ai 20 metri, si può assumere un valore di  $\epsilon = 1.0$ .

## 8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E STRATIGRAFICA DEI TERRENI

Al fine di fornire i parametri geotecnici necessari ad una valutazione dei terreni investigati, sono state analizzate prove penetrometriche ed indagini, ubicate nei pressi dell'area interessata dal progetto in esame. L'ubicazione delle penetrometrie e dei saggi è illustrata in fig. 1.

### 8.1. Penetrometrie

Sono state analizzate prove penetrometriche statiche realizzate mediante un penetrometro statico/dinamico; l'ubicazione è riportata in fig. 1.

Tali prove consentono il rilievo continuo in profondità, su tratti di 20 cm di avanzamento, di resistenza alla punta ( $R_p$ ), laterale ( $R_l$ ) e totale ( $R_t$ ).

Tra le informazioni fornite dalle prove assume notevole importanza l'analisi dell'andamento della  $R_p$  (resistenza alla punta) con la profondità i cui valori permettono di definire con buona approssimazione le caratteristiche distintive dei terreni, e la resistenza al carico di punta.

Integrando i dati ottenuti dalle prove, comparati con analisi e dati di precedenti studi eseguiti nei dintorni dell'area di intervento, si è potuto ricostruire la successione lito-stratigrafica e ottenere una caratterizzazione geotecnica dei terreni costituenti il substrato.

Di seguito si riportano la stratigrafia e le caratteristiche geotecniche attribuite alle litologie presenti al di sotto del piano di intervento (le profondità sono espresse in metri rispetto al piano campagna):

*da 0.00 a 0.40 metri dal p.d.c.* è presente terreno vegetale o riporto;

*da 0.40 a 2.00 metri dal p.d.c.* si hanno argille o argille organiche; l' $R_p$  varia da 8.1 a 28.3 kg/cmq, il peso di volume  $\gamma$  si attesta su valori compresi tra 1.51 e 1.94 Kg/dmc, l' $m_v$  si attesta su valori compresi tra 14.1 e 41.8 cmq/tonn e  $c_u$  compresa tra 0.32 e 1.12 Kg/cmq;

*da 2.00 a 8.40 metri dal p.d.c.* si hanno argille limose con intercalazioni torbose e raramente sabbiose, caratterizzate da valori di  $R_p$  variabili da 5.8 kg/cmq a 37.8 kg/cmq, la coesione  $c_u$  varia da 0.19 kg/cmq dove prevalgono le intercalazioni organiche a 1.19 kg/cmq, il peso di volume  $\gamma$  si attesta su valori compresi tra 1.49 e 1.93 Kg/dmc, l' $m_v$  si attesta su valori compresi tra 8.8 cmq/tonn delle intercalazioni sabbiose a 53.3 cmq/tonn delle intercalazioni organiche;

*da 8.40 a 10.00 metri dal p.d.c.* si hanno argille organiche, caratterizzate da valori di  $R_p$  variabili da 8.3 kg/cmq a 15.2 kg/cmq, la coesione  $c_u$  varia da 0.26 kg/cmq a 0.54 kg/cmq, il peso di volume  $\gamma$  si attesta su valori compresi tra 1.55 e 1.77 Kg/dmc, l' $m_v$  si attesta su valori compresi tra 24.4 cmq/tonn e 41.2 cmq/tonn .

I risultati sono rappresentati in appendice.

## 9. ANALISI DELLA CAPACITA' PORTANTE DELLE FONDAZIONI

Nel presente paragrafo vengono presi in esame gli aspetti relativi al calcolo della capacità portante del terreno di fondazione al fine di offrire al progettista una serie di dati su cui poi effettuare le opportune valutazioni per il dimensionamento delle future strutture.

In via preliminare, per l'edificio in progetto è stata analizzata una fondazione continua poste a profondità di 1.0 m da p.c., di larghezza  $B = 120$  cm.

Le caratteristiche geotecniche del terreno, per il calcolo della capacità portante della fondazione sono state ottenute dall'analisi delle prove penetrometriche e dai saggi analizzati.

### 9.1. Fondazione a trave rovescia

Per il calcolo del carico di rottura del terreno, per la tipologia fondazionale summenzionata è stata presa in considerazione la seguente formula di Terzaghi valida per fondazioni superficiali a trave rovescia:

$$q_r = c N_c + \gamma D N_q$$

in cui:

$q_r$  = carico di rottura del terreno (Kg/cmq)

$\gamma$  = peso di volume del terreno (Kg/cm<sup>3</sup>)

$c$  = coesione (Kg/cm<sup>2</sup>)

$D$  = profondità del piano di posa della fondazione (cm)

$N_c - N_q$  = fattori di capacità portante del terreno

Agendo a favore della sicurezza si è ipotizzato un terreno dotato di sola coesione posta pari a  $c = 0.40$  Kg/cmq. Il valore del peso di volume del terreno è stato imposto pari a  $\gamma = 1.70$  Kg/dmc. Tali dati sono derivati dall'elaborazione di quanto riscontrato nelle penetrometrie e nei saggi analizzati.

Il carico di rottura ottenuto per mezzo della sopra descritta relazione è risultato pari a:

$$q_r = 2.1 \text{ Kg/cmq}$$

il valore del carico ammissibile, ottenuto applicando un coefficiente di sicurezza  $K = 3$  al valore del carico di rottura risulta pertanto:

$$q_a = 0.7 \text{ Kg/cmq}$$

## 10. STIMA DEI CEDIMENTI

Il cedimento complessivo è stato stimato come somma dei cedimenti parziali relativi agli strati posti al di sotto del piano fondale.

Per quanto riguarda i pesi di volume degli intervalli compressibili, si è fatto riferimento ai valori forniti dalle prove penetrometriche analizzate.

Le variazioni di spessore degli strati compressibili per effetto dell'incremento di carico dovuto alla costruzione, sono stati calcolati per mezzo della seguente formula

$$S = H m_v \Delta\sigma$$

dove:

$S$  = variazione di spessore dello strato compressibile (cm);

$H$  = spessore iniziale dello strato (cm);

$\Delta\sigma$  = incremento di carico dovuto alla costruzione (Kg/cmq).

$m_v$  = coefficiente di compressibilità volumetrico (cmq/Kg).

Per l'edificio in progetto, in via preliminare è stata analizzata una fondazione continua poste ad una profondità di 1.2 m da p.c., di larghezza  $B = 120$  cm.

Il cedimento complessivo è stato ottenuto come somma dei cedimenti parziali degli strati, calcolati utilizzando i coefficienti di compressibilità registrati ogni 20 cm ottenuti dalle prove penetrometriche analizzate.

I carichi di esercizio sono stati imposti pari ai carichi ammissibili precedentemente stimati. Ai fini del calcolo del cedimento si è tenuto conto della riduzione di pressione al piano di posa delle fondazioni per effetto dello sbancamento, tenendo in considerazione anche la posizione delle falde rinvenute.

Il carico incidente  $q_i$  è definito dalla differenza tra il carico di esercizio e la pressione litostatica preesistente alla quota di imposta della fondazione:

$$q_i = q_e - \gamma * H$$

dove:

$q_e$  = carico di esercizio (Kg/cmq);

$\gamma$  = peso di volume del terreno sopra la fondazione (Kg/dmc);

$H$  = spessore terreno sopra la fondazione (cm).

I carichi di esercizio, quelli incidenti ed i relativi cedimenti subiti dagli strati di terreno compressibili, per le tipologie fondazionali considerate sono riportati nella seguente tabella:

Fondazione	Dimensioni	Profondità di posa	Carico di esercizio	Carico incidente	Cedimento
Trave rovescia	B = 1,2	1,0	0,7	0,53	3,0

Tali valutazioni preliminari verranno approfondite in fase di progetto esecutivo dopo verifica dei terreni esistenti mediante prove locali.

L'area risulta già in parte edificata pertanto i terreni esistenti risultano in parte già consolidati.

## 11. PTC (PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO) DELLA PROVINCIA DI PISA E P.S. COMUNE DI PISA

Dall'osservazione delle tavole della Pericolosità Geomorfologica, della Pericolosità Idraulica e della Vulnerabilità Idrogeologica, redatte nell'ambito del Piano Territoriale di Coordinamento (PTC) della Provincia di Pisa, l'area in oggetto risulta inserita rispettivamente in:

- classe 3 - pericolosità geomorfologica media :

sottoclasse 3a: in essa ricadono le aree acclivi con caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e litotecniche favorevoli alla stabilità, per cui i fenomeni franosi, pur possibili, coinvolgono porzioni di territorio di ampiezza limitata, e altresì le aree della pianura alluvionale con sottosuolo eterogeneo;

- classe 3 - pericolosità idraulica media:

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

- classe 3 - vulnerabilità idrogeologica media

sottoclasse 3b: : corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione mediocre; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 7 ed i 15 giorni, quali quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali mediamente permeabili con livelli piezometrici prossimi al piano campagna, quelle di ricarica di acquiferi confinati a bassa permeabilità, quelle consistenti in terrazzi alluvionali antichi costituiti da litologie poco permeabili e direttamente connessi all'acquifero principale, quelle a permeabilità medio-alta ma con superficie freatica depressa per cause naturali, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone di affioramento di terreni litoidi a media permeabilità, le zone morfologicamente pianeggianti con affioramento di terreni sciolti di media permeabilità con sufficiente estensione e ricarica, le zone di alimentazione delle sorgenti di principale importanza emergenti da litologie poco permeabili

In relazione al tipo di intervento, nuova edificazione espansioni periferiche, il PTC definisce una fattibilità 3 condizionata:

- livello II - rischio basso legato alla pericolosità geomorfologica: *la trasformazione o l'attività riferibile alla classe 2 - "FATTIBILITA' CON NORMALI VINCOLI DA PRECISARE A LIVELLO DI PROGETTO" di cui al punto 3.2 della D.C.R. 94/85 è ammissibile, in relazione alle conoscenze disponibili, ma è richiesta verifica a livello locale;*
- livello II - rischio basso legato alla pericolosità idraulica: *la trasformazione o l'attività riferibile alla classe 2 - "FATTIBILITA' CON NORMALI VINCOLI DA PRECISARE A LIVELLO DI PROGETTO" di cui al punto 3.2 della D.C.R. 94/85 è ammissibile, in relazione alle conoscenze disponibili, ma è richiesta verifica a livello locale;*

- livello III - rischio medio-alto: *la trasformazione o l'attività è subordinata alle condizioni poste da una valutazione puntuale della vulnerabilità idrogeologica, al minimo conforme a quanto disposto ai commi, e quindi da un progetto sulla mitigazione dello stato di rischio accertato, tenuto conto anche delle caratteristiche della trasformazione o attività.*

Dall'osservazione delle tavole della Pericolosità redatte nell'ambito del Piano Strutturale del Comune di Pisa, la pericolosità della zona in oggetto, viene definita per fattori idraulici e per fattori geomorfologici e geolitologici. L'area interessata dal progetto risulta inserita nell'ambito B del F. Arno a margine di aree di classe 3a di pericolosità medio-bassa.

Lo stesso Strumento indica per l'area una classe di fattibilità 2, con normali vincoli da precisare a livello di progetto. Il progetto non prevede la realizzazione di piani seminterrati o interrati.

## 12. CONCLUSIONI

Le prove penetrometriche statiche e le indagini analizzate, opportunamente integrati dai dati e notizie bibliografiche esistenti per la zona, hanno consentito di identificare i caratteri geotecnici preliminari dei terreni interessati dalle opere in progetto, nonché di valutare le modifiche che le litologie stesse, subiranno, una volta sottoposte alle sollecitazioni indotte dai carichi trasmessi.

Le stratigrafie dedotte hanno evidenziato come nei 10.0 metri di spessore investigati, al di sotto di una copertura di terreno vegetale o di riporto, spesso circa 0.6 metri, si è rilevata la presenza di litologie di natura prevalentemente argillosa talvolta limose con intercalazioni metriche di litotipi di natura argilloso-organica.

In base a quanto osservato si sono fatte valutazioni dei carichi ammissibili e dei cedimenti per le fondazioni dell'edificio di progetto e della adiacente terrazza.

Per ciò che concerne il rischio idraulico, si riassume brevemente quanto descritto più dettagliatamente nel precedente paragrafo 5:

- l'area d'intervento ricade all'interno dell'ambito B del F. Arno presente nell'allegato 5 della D.C.R. 12/2000;
- il Piano Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Arno inserisce la zona investigata nella classe P.I.2.;
- l'Autorità di Bacino del Fiume Arno ha indicato che la zona non risulta inondata per eventi con tempo di ritorno monosecolari mentre non è identificabile un battente per eventi con tempo di ritorno duecentennali essendo la zona classificabile come area di transito;
- nella zona in oggetto non si hanno notizie di fenomeni di ristagno come osservabile nella carta delle aree allagabili e dalla relazione del Piano Strutturale del Comune di Pisa.

Alla luce di quanto esposto si ritiene che il rischio idraulico nell'area in questione sia legato essenzialmente ad episodi di piogge di notevole intensità e breve durata che possono creare locali e temporanei ristagni resi possibili dalle basse pendenze del terreno o da possibili intasamenti delle fognature.

Il progetto prevede il rialzamento del piano campagna del comparto di circa 10 cm rispetto all'attuale al fine di porsi ad una quota circa intermedia tra le quote di via Pilla e via Saragat.

Gli edifici che verranno realizzati, aventi impronta di base uguale o lievemente minore a quella degli edifici attualmente presenti, presenteranno una quota del primo piano di calpestio sopraelevata rispetto al nuovo p.c. di circa 20 cm. Di fatto il primo piano di calpestio avrà una quota di circa 30 cm superiore al p.c. attuale.

Si ritiene che tale sopraelevazione sia sufficiente a garantire la sicurezza idraulica.

Sarà comunque necessario predisporre opportune pendenze dei terreni a partire dai fabbricati in modo da drenare e convogliare le acque verso i recapiti finali. In fase di progettazione delle opere di urbanizzazione primaria, si consiglia di dimensionare adeguatamente gli smaltimenti delle acque pluviali e di scarico, in maniera tale da evitare, durante eventi piovosi particolarmente intensi e di breve durata, fenomeni di allagamento o intasamento del sistema di allontanamento delle acque.

In base ai dati della profondità della falda nella zona, posta a circa -2,3-2,5 m da p.c., non si prevedono interazioni tra la falda e l'opera in progetto.

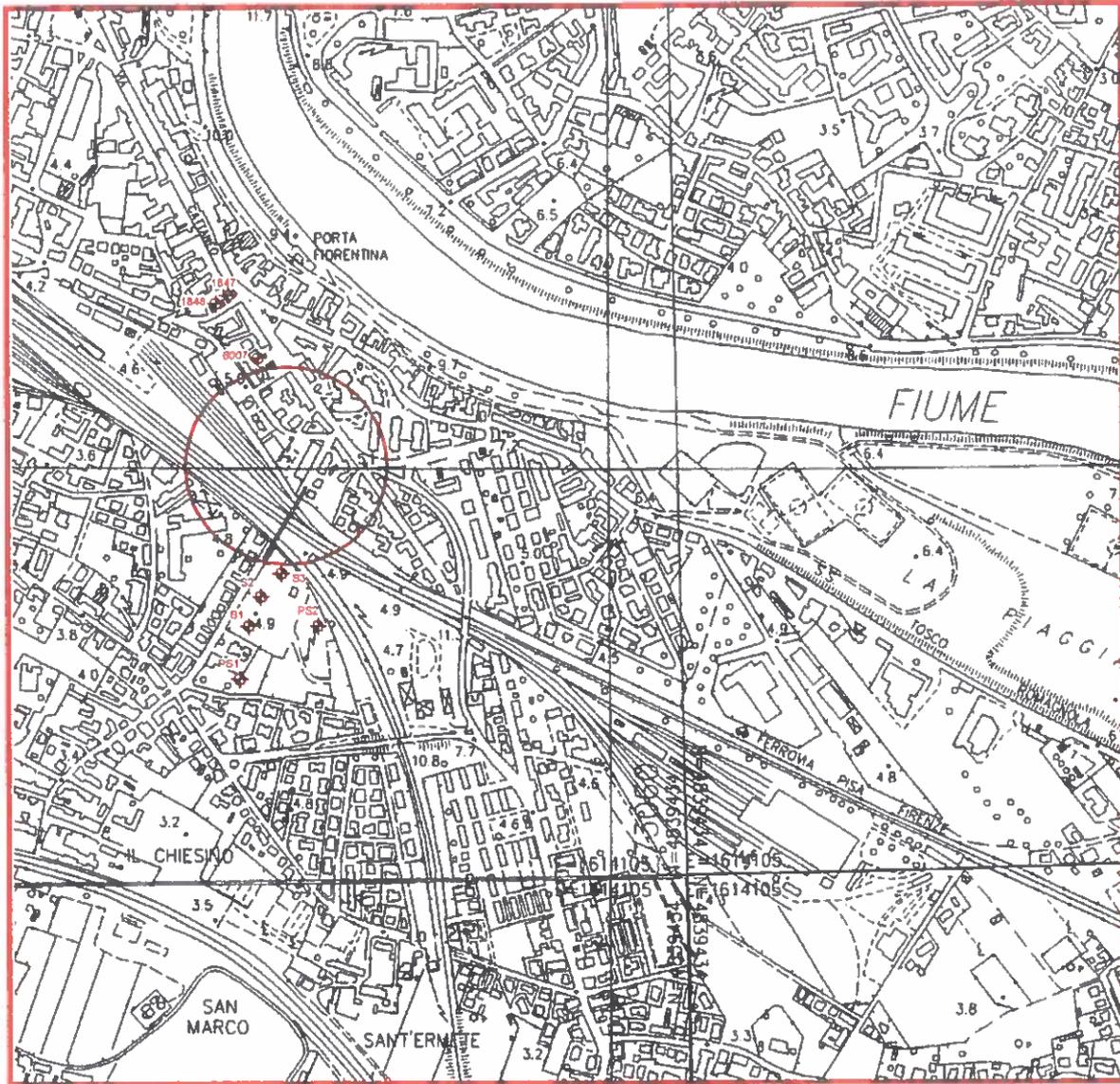
Dall'osservazione delle tavole della Pericolosità redatte nell'ambito del Piano Strutturale del Comune di Pisa, la pericolosità della zona in oggetto, viene definita per fattori idraulici e per fattori geomorfologici e geolitologici. L'area interessata dal progetto risulta inserita nell'ambito B del F. Arno a margine di aree di classe 3a di pericolosità medio-bassa.

Lo stesso Strumento indica per l'area una classe di fattibilità 2, con normali vincoli da precisare a livello di progetto. Il progetto non prevede la realizzazione di piani seminterrati o interrati.

Alla luce di quanto esposto si ritiene adeguato mantenere tali classi di pericolosità e di fattibilità.

In fase di progetto esecutivo verranno eseguite prove locali di approfondimento al fine di caratterizzare in maniera puntuale i terreni oggetto di intervento.

## **13. ALLEGATI**



Scala 1: 10.000

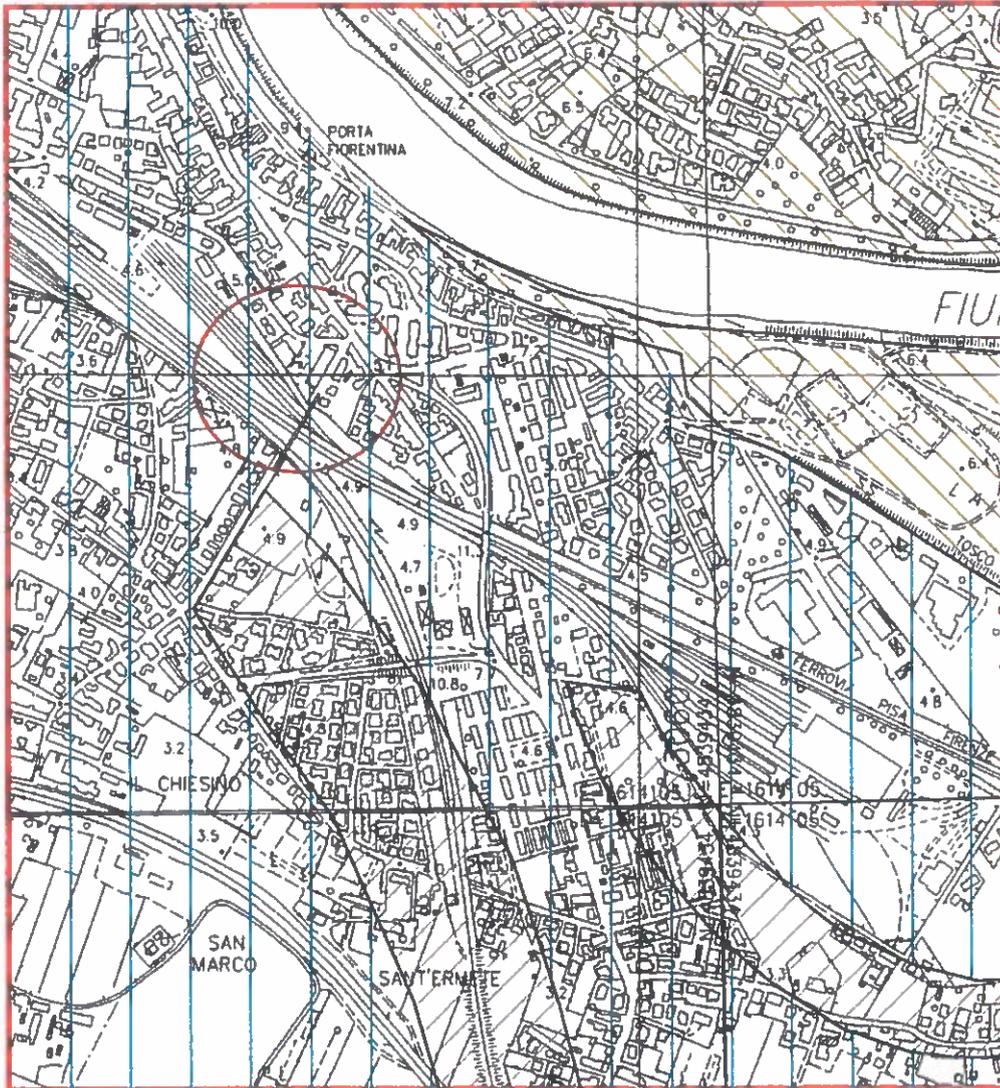


Area oggetto di indagine



Ubicazione prove penetrometriche ed indagini analizzate

Figura 1: Inquadramento area oggetto di indagine

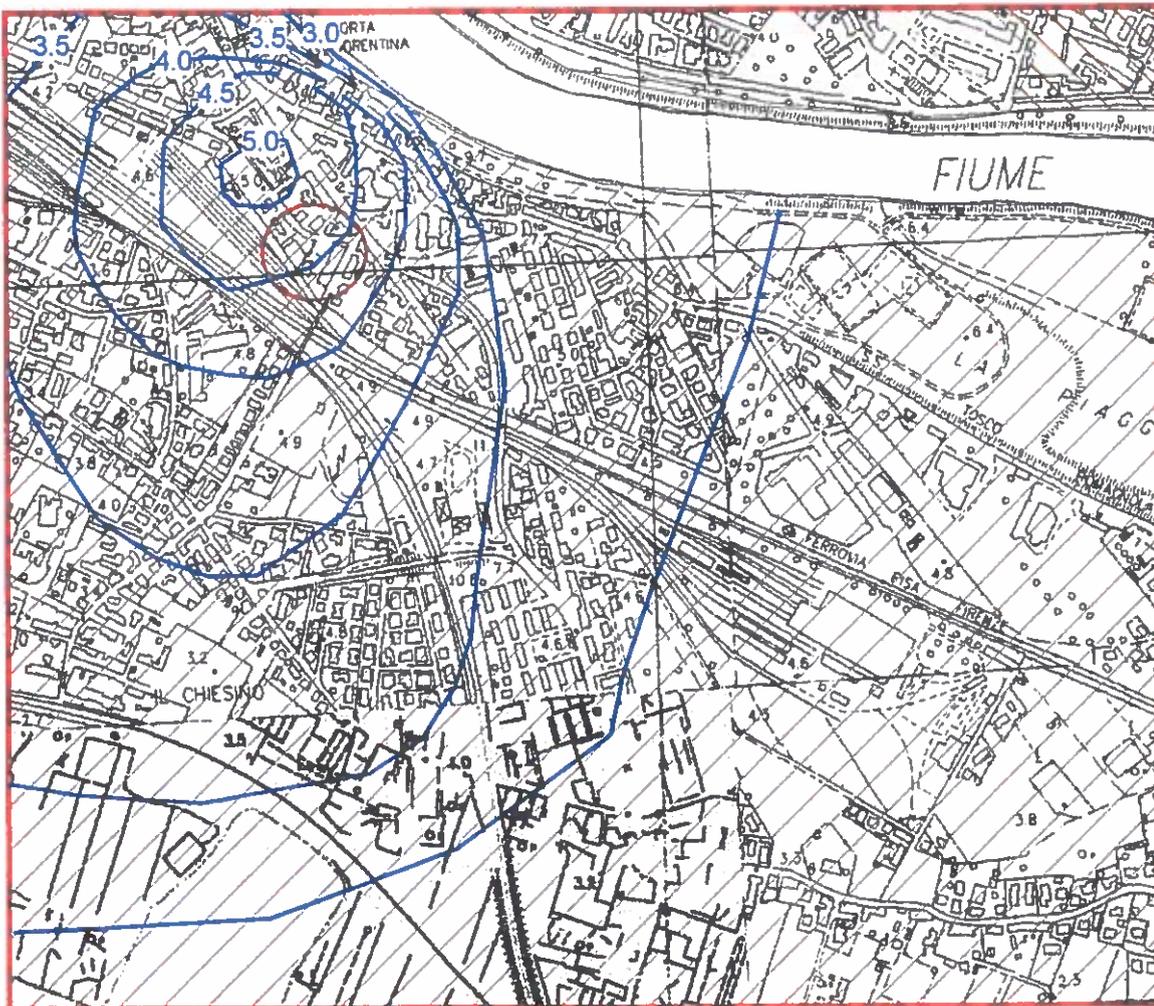


Scala 1: 10.000

### Legenda

- |  |  |
|--|--|
|  Depositi alluvionali prevalentemente argillosi, torbe palustri e depositi di colmata |  Sedimenti limo argillosi delle aree golenali |
|  Paleoalveo Fiume Arno  |  Area oggetto di indagine                     |

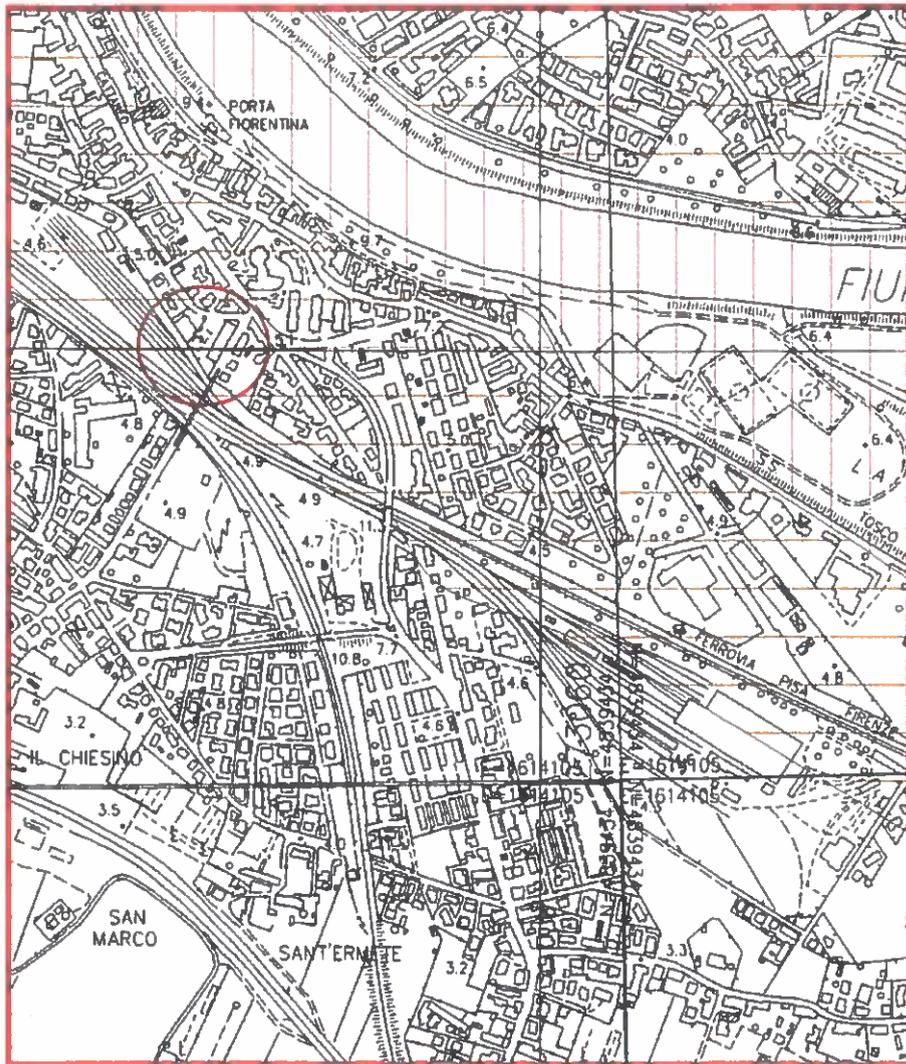
Figura 2: Carta geologica dell'area di intervento



Scala 1: 10.000

-  Area oggetto di indagine
-  Isofreatiche
-  Sedimenti a permeabilita' primaria generalmente medio - bassa
-  Sedimenti a permeabilita' primaria media
-  Sedimenti a permeabilita' primaria molto bassa

Figura 3: Carta idrogeologica dell'area oggetto di indagine



Scala 1: 10.000

Legenda



Ambito A



Pericolosità 3a

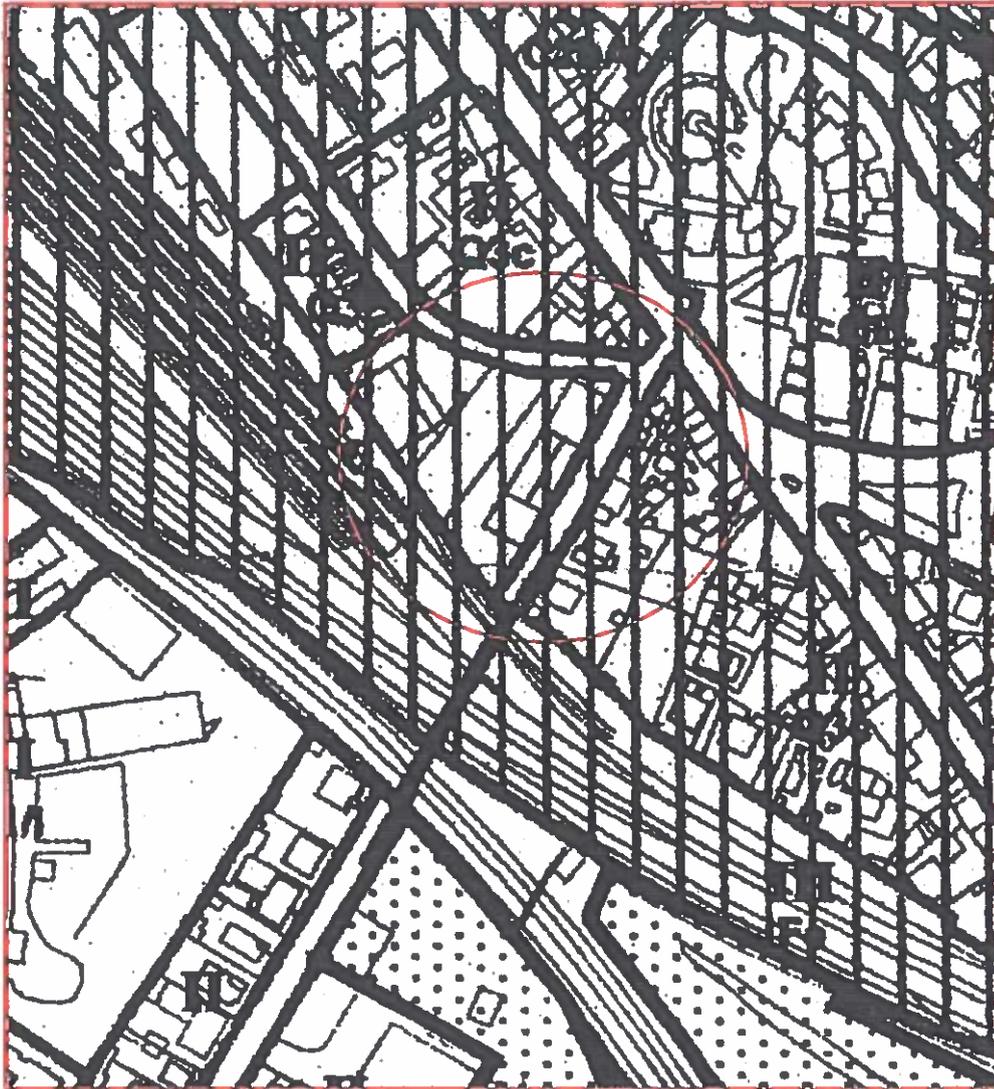


Ambito B



Area oggetto di indagine

Figura 4: Carta della Pericolosità dell'area di intervento



Legenda



Ambito B Fiume Arno

II

Fattibilità area di intervento classe 2 "con normali vincoli da precisare a livello di progetto"



Area oggetto di indagine

Figura 5: Carta fattibilità area di intervento

Prova numero: 2

Data:

Committente:

Località: Pisa

Cantiere: S. Marco

Profondità massima: m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: m dal p.c.

## parametri geotecnici stimati

Prof. [metri]	Rp [Kg/cmq]	Rl [Kg/cmq]	Rp/Rl	Rt [Kgf]	$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cmq]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	mv [cmq/t]	Colonna stratig	lito_ logia
0,2	3,1	0,1	47		1,62	0,03	-	-	0,12	57,8		
0,4	54,1	11,9	5		2,00	0,07	-	-	2,16	6,8		
0,6	8,1	8,7	1		1,51	0,10	-	-	0,32	41,8		
0,8	12,3	0,7	18		1,91	0,14	-	-	0,48	21,0		
1	17,3	2,2	8		1,60	0,17	-	-	0,68	21,5		
1,2	17,3	1,1	16		1,92	0,21	-	-	0,68	19,4		
1,4	28,3	2,5	11		1,94	0,25	-	-	1,12	14,2		
1,6	26,3	2,9	9		1,94	0,29	-	-	1,04	14,1		
1,8	19,4	2,3	8		1,62	0,32	-	-	0,76	19,1		
2	13,4	1,5	9		1,56	0,35	-	-	0,52	27,7		
2,2	15,4	0,8	19		1,91	0,39	-	-	0,60	19,6		
2,4	20,4	1,3	16		1,92	0,43	-	-	0,80	19,6		
2,6	22,4	1,0	22		1,93	0,47	-	-	0,88	17,9		
2,8	21,5	0,7	32		1,71	0,50	27	-	-	15,5		
3	19,5	0,8	24		1,92	0,54	-	-	0,76	19,8		
3,2	13,5	0,9	14		1,91	0,58	-	-	0,52	20,3		
3,4	23,5	0,9	25		1,93	0,62	-	-	0,92	17,0		
3,6	30,5	1,1	29		1,95	0,66	-	-	1,19	13,1		
3,8	26,7	0,9	29		1,94	0,69	-	-	1,04	15,0		
4	21,7	1,1	20		1,93	0,73	-	-	0,84	18,5		
4,2	21,7	0,7	32		1,71	0,77	27	-	-	15,4		
4,4	21,7	0,8	27		1,93	0,81	-	-	0,83	18,5		
4,6	23,7	1,7	14		1,93	0,84	-	-	0,91	16,9		
4,8	37,8	1,2	31		1,79	0,88	30	-	-	8,8		
5	20,8	0,9	22		1,92	0,92	-	-	0,79	19,2		
5,2	5,8	1,0	6		1,49	0,95	-	-	0,19	53,3		
5,4	17,8	0,7	27		1,92	0,99	-	-	0,67	19,4		
5,6	30,8	1,1	27		1,95	1,03	-	-	1,19	13,0		
5,8	27,9	0,4	70		1,74	1,06	29	23	-	11,9		
6	7,9	1,3	6		1,51	1,09	-	-	0,27	42,5		
6,2	6,9	0,4	17		1,75	1,13	-	-	0,23	30,0		
6,4	5,9	0,3	18		1,70	1,16	-	-	0,19	33,8		
6,6	5,9	0,5	11		1,49	1,19	-	-	0,19	52,4		
6,8	15,0	0,2	75		1,68	1,22	28	2	-	22,2		
7	18,0	0,7	27		1,92	1,26	-	-	0,67	19,5		
7,2	12,0	1,0	12		1,55	1,29	-	-	0,43	30,8		
7,4	20,0	1,1	18		1,92	1,33	-	-	0,75	20,0		
7,6	21,0	1,1	19		1,92	1,37	-	-	0,79	19,0		
7,8	21,2	2,3	9		1,92	1,41	-	-	0,79	17,5		
8	21,2	2,1	10		1,92	1,45	-	-	0,79	17,5		
8,2	23,2	1,1	20		1,93	1,48	-	-	0,87	17,3		
8,4	18,2	0,7	25		1,92	1,52	-	-	0,67	19,5		
8,6	15,2	1,7	9		1,58	1,55	-	-	0,54	24,4		
8,8	11,3	1,1	10		1,54	1,59	-	-	0,39	32,8		
9	10,3	0,9	11		1,53	1,62	-	-	0,35	36,0		
9,2	9,3	0,8	12		1,52	1,65	-	-	0,31	38,5		
9,4	8,3	2,2	4		1,51	1,68	-	-	0,26	41,2		
9,6	8,3	2,1	4		1,51	1,71	-	-	0,26	41,2		
9,8	8,4	2,3	4		1,51	1,74	-	-	0,27	40,8		
10	12,4	1,9	7		1,55	1,77	-	-	0,43	29,8		

Prova numero: 2

Data:

Committente:

Località: Pisa

Cantiere: S. Marco

Profondità massima: m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: m dal p. c.

## parametri geotecnici stimati

Prof. [metri]	Rp [Kg/cmq]	RI [Kg/cmq]	Rp/RI	Rt [Kgf]	$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cmq]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cmq]	m <sub>v</sub> [cmq/t]	Colonna stratig	lito_ logia
0,2	3,1	0,1	47		1,62	0,03	-	-	0,12	57,8		
0,4	54,1	11,9	5		2,00	0,07	-	-	2,16	6,8		
0,6	8,1	8,7	1		1,51	0,10	-	-	0,32	41,8		
0,8	12,3	0,7	18		1,91	0,14	-	-	0,48	21,0		
1	17,3	2,2	8		1,60	0,17	-	-	0,68	21,5		
1,2	17,3	1,1	16		1,92	0,21	-	-	0,68	19,4		
1,4	28,3	2,5	11		1,94	0,25	-	-	1,12	14,2		
1,6	26,3	2,9	9		1,94	0,29	-	-	1,04	14,1		
1,8	19,4	2,3	8		1,62	0,32	-	-	0,76	19,1		
2	13,4	1,5	9		1,56	0,35	-	-	0,52	27,7		
2,2	15,4	0,8	19		1,91	0,39	-	-	0,60	19,6		
2,4	20,4	1,3	16		1,92	0,43	-	-	0,80	19,6		
2,6	22,4	1,0	22		1,93	0,47	-	-	0,88	17,9		
2,8	21,5	0,7	32		1,71	0,50	27	-	-	15,5		
3	19,5	0,8	24		1,92	0,54	-	-	0,76	19,8		
3,2	13,5	0,9	14		1,91	0,58	-	-	0,52	20,3		
3,4	23,5	0,9	25		1,93	0,62	-	-	0,92	17,0		
3,6	30,5	1,1	29		1,95	0,66	-	-	1,19	13,1		
3,8	26,7	0,9	29		1,94	0,69	-	-	1,04	15,0		
4	21,7	1,1	20		1,93	0,73	-	-	0,84	18,5		
4,2	21,7	0,7	32		1,71	0,77	27	-	-	15,4		
4,4	21,7	0,8	27		1,93	0,81	-	-	0,83	18,5		
4,6	23,7	1,7	14		1,93	0,84	-	-	0,91	16,9		
4,8	37,8	1,2	31		1,79	0,88	30	-	-	8,8		
5	20,8	0,9	22		1,92	0,92	-	-	0,79	19,2		
5,2	5,8	1,0	6		1,49	0,95	-	-	0,19	53,3		
5,4	17,8	0,7	27		1,92	0,99	-	-	0,67	19,4		
5,6	30,8	1,1	27		1,95	1,03	-	-	1,19	13,0		
5,8	27,9	0,4	70		1,74	1,06	29	23	-	11,9		
6	7,9	1,3	6		1,51	1,09	-	-	0,27	42,5		
6,2	6,9	0,4	17		1,75	1,13	-	-	0,23	30,0		
6,4	5,9	0,3	18		1,70	1,16	-	-	0,19	33,8		
6,6	5,9	0,5	11		1,49	1,19	-	-	0,19	52,4		
6,8	15,0	0,2	75		1,68	1,22	28	2	-	22,2		
7	18,0	0,7	27		1,92	1,26	-	-	0,67	19,5		
7,2	12,0	1,0	12		1,55	1,29	-	-	0,43	30,8		
7,4	20,0	1,1	18		1,92	1,33	-	-	0,75	20,0		
7,6	21,0	1,1	19		1,92	1,37	-	-	0,79	19,0		
7,8	21,2	2,3	9		1,92	1,41	-	-	0,79	17,5		
8	21,2	2,1	10		1,92	1,45	-	-	0,79	17,5		
8,2	23,2	1,1	20		1,93	1,48	-	-	0,87	17,3		
8,4	18,2	0,7	25		1,92	1,52	-	-	0,67	19,5		
8,6	15,2	1,7	9		1,58	1,55	-	-	0,54	24,4		
8,8	11,3	1,1	10		1,54	1,59	-	-	0,39	32,8		
9	10,3	0,9	11		1,53	1,62	-	-	0,35	36,0		
9,2	9,3	0,8	12		1,52	1,65	-	-	0,31	38,5		
9,4	8,3	2,2	4		1,51	1,68	-	-	0,26	41,2		
9,6	8,3	2,1	4		1,51	1,71	-	-	0,26	41,2		
9,8	8,4	2,3	4		1,51	1,74	-	-	0,27	40,8		
10	12,4	1,9	7		1,55	1,77	-	-	0,43	29,8		

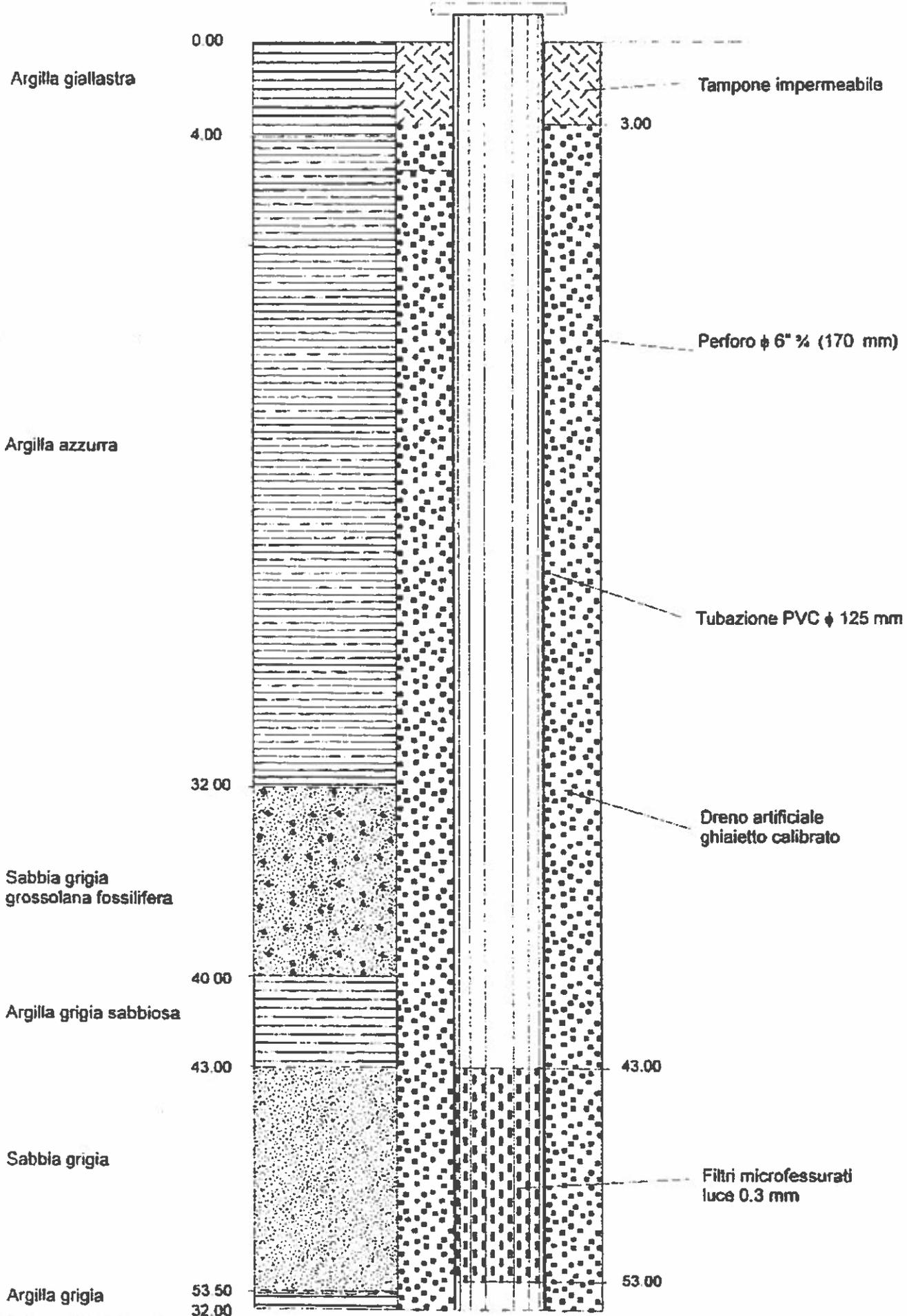
parametri geotecnici stimati

PROFONDITA' [metri]	Qc [Kg/cmq]	Pa [Kg/cmq]	Qc/Pa	Qt [Kgf]	δ [Kg/dmc]	σ <sub>v</sub> [Kg/cmq]	θ [gradi]	D <sub>r</sub> [%]	c <sub>u</sub> [Kg/cmq]	m <sub>v</sub> [cmq/t]	Colonna Stratig.
0.2					1,80	,04	-	-	-	-	
0.4					1,80	,07	-	-	-	-	
0.6	2,1	,1	16	71	1,45	,10	-	-	,00	127,8	~
0.8	5,3	,2	27	93	1,67	,11	-	-	,21	36,9	~
1.0	6,3	,1	47	193	1,63	,13	-	-	,25	31,4	~
1.2	14,3	,2	72	363	1,67	,14	37	46	-	16,7	~
1.4	29,3	,5	55	393	1,75	,16	40	68	-	11,4	~
1.6	20,3	,5	38	313	1,70	,17	-	-	,81	16,4	~
1.8	24,4	,8	31	424	1,72	,18	-	-	,97	13,7	~
2.0	19,4	,7	26	574	1,92	,20	-	-	,77	19,8	~
2.2	24,4	,5	46	594	1,72	,22	-	-	,97	13,7	~
2.4	15,4	,6	26	784	1,91	,23	-	-	,61	19,6	~
2.6	34,4	,6	57	734	1,77	,25	39	63	-	9,7	~
2.8	23,5	,7	35	875	1,72	,26	-	-	,93	14,2	~
3.0	18,5	,7	43	935	1,74	,28	28	-	-	11,7	~
3.2	18,5	,3	69	1245	1,69	,29	35	38	-	16,7	~
3.4	66,5	1,1	59	1235	1,93	,31	41	81	-	5,0	~
3.6	26,5	,9	31	1125	1,73	,33	28	-	-	12,6	~
3.8	25,0	,7	38	996	1,73	,34	28	-	-	13,0	~
4.0	15,6	1,3	12	1096	1,59	,35	-	-	,61	23,7	~
4.2	12,6	,5	27	1166	1,91	,37	-	-	,49	28,0	~
4.4	16,6	,7	23	1236	1,91	,39	-	-	,65	19,4	~
4.6	16,6	,7	23	1466	1,91	,41	-	-	,65	19,4	~
4.8	30,7	,9	35	1617	1,75	,42	29	-	-	10,9	~
5.0	23,7	,5	55	1717	1,73	,44	34	40	-	13,0	~
5.2	26,7	,9	29	1717	1,94	,46	-	-	1,05	15,0	~
5.4	14,7	,8	18	1937	1,91	,47	-	-	,57	19,8	~
5.6	34,7	,6	58	1897	1,77	,49	35	48	-	9,6	~
5.8	37,9	,9	41	1899	1,79	,51	30	-	-	8,8	~
6.0	30,9	,8	39	1939	1,75	,52	29	-	-	10,8	~
6.2	24,9	,8	31	2069	1,72	,54	-	-	,97	13,4	~
6.4	34,9	,5	65	2079	1,77	,55	35	46	-	9,6	~
6.6	28,9	,6	48	2129	1,74	,57	33	39	-	11,5	~
6.8	33	,7	50	2270	1,77	,58	34	43	-	10,1	~
7.0	55	,6	92	2380	1,88	,60	37	60	-	6,1	~
7.2	45	,7	68	2340	1,83	,61	35	52	-	7,4	~
7.4	30	,8	38	2560	1,75	,63	29	-	-	11,1	~
7.6	54	,9	62	2510	1,87	,65	36	57	-	6,2	~
7.8	37,2	,7	51	2622	1,79	,66	34	44	-	9,0	~
8.0	40,2	,7	66	2592	1,84	,68	35	52	-	6,9	~
8.2	50,2	,8	63	2712	1,85	,70	35	53	-	6,6	~
8.4	56,2	,9	60	2642	1,88	,71	36	56	-	5,9	~
8.6	21,2	,8	27	2372	1,92	,73	-	-	,82	18,9	~
8.8	6,2	,5	13	2132	1,49	,74	-	-	,22	50,5	~
9.0	7,2	,3	22	2232	1,76	,76	-	-	,26	29,1	~
9.2	8,2	,4	21	2252	1,81	,77	-	-	,30	26,5	~
9.4	8,2	,4	21	2272	1,81	,79	-	-	,30	26,5	~
9.6	7,2	,3	22	2282	1,76	,81	-	-	,26	29,1	~
9.8	8,2	,5	15	2302	1,51	,82	-	-	,30	41,6	~
10.0	8,2	,4	21	2372	1,81	,83	-	-	,29	26,1	~

parametri geotecnici stimati

PROFONDITA' (metri)	Qc (Kg/cmq)	Ps (Kg/cmq)	Qc/Ps	Qt (Kgf)	$\delta$ (Kg/dmc)	$\sigma_{av}$ (Kg/cmq)	$\theta$ (gradi)	D <sub>z</sub> (%)	c <sub>n</sub> (Kg/cmq)	u <sub>v</sub> (cmq/t)	Colonna Stratig.
0.2					1,80	,04	-	-	-	-	
0.4					1,80	,07	-	-	-	-	
0.6	9,1	,3	27	131	1,86	,11	-	-	,36	24,8	████████
0.8	7,3	,2	37	153	1,64	,14	-	-	,29	27,9	████████
1.0	8,3	,3	31	153	1,82	,10	-	-	,32	26,3	████████
1.2	7,3	,4	18	163	1,77	,21	-	-	,28	28,8	████████
1.4	6,3	,3	24	223	1,72	,23	-	-	,24	32,2	████████
1.6	15,3	,1	115	173	1,68	,24	35	36	-	16,7	████████
1.8	7,4	,3	28	194	1,77	,26	-	-	,29	28,5	████████
2.0	10,4	,2	52	194	1,65	,27	32	20	-	16,7	████████
2.2	6,4	,2	32	224	1,72	,28	-	-	,24	31,8	████████
2.4	6,4	,3	24	274	1,72	,30	-	-	,24	31,8	████████
2.6	10,4	,2	52	374	1,65	,31	31	17	-	16,7	████████
2.8	16,5	,4	41	445	1,68	,33	-	-	,65	17,2	████████
3.0	15,5	1,1	14	535	1,59	,34	-	-	,61	23,9	████████
3.2	11,5	,5	22	605	1,90	,35	-	-	,45	21,7	████████
3.4	12,5	,7	19	625	1,91	,37	-	-	,49	20,9	████████
3.6	8,5	,9	10	695	1,52	,38	-	-	,32	40,6	████████
3.8	9,6	,6	16	766	1,88	,40	-	-	,37	24,0	████████
4.0	11,6	,5	25	836	1,90	,42	-	-	,45	21,6	████████
4.2	10,6	,4	27	946	1,90	,44	-	-	,41	22,6	████████
4.4	19,6	,4	49	956	1,78	,45	32	38	-	16,7	████████
4.6	11,0	,1	87	1036	1,66	,46	29	12	-	16,7	████████
4.8	16,7	,5	31	1177	1,91	,48	-	-	,65	19,4	████████
5.0	21,7	,5	41	1277	1,71	,50	-	-	,85	15,4	████████
5.2	19,7	,3	74	1327	1,70	,51	32	28	-	16,7	████████
5.4	23,7	,7	32	1367	1,72	,52	-	-	,93	14,1	████████
5.6	44,7	,9	48	1627	1,82	,54	30	-	-	7,5	████████
5.8	36,9	,9	43	1799	1,78	,56	30	-	-	9,0	████████
6.0	40,9	,9	44	1819	1,80	,57	30	-	-	8,1	████████
6.2	30,9	,9	36	1839	1,75	,59	29	-	-	10,8	████████
6.4	27,9	,9	30	1779	1,74	,60	28	-	-	11,9	████████
6.6	27,9	,9	30	1829	1,74	,62	28	-	-	11,9	████████
6.8	33	,7	45	1920	1,77	,63	29	-	-	10,1	████████
7.0	41	,6	68	1930	1,81	,65	35	48	-	8,1	████████
7.2	34	,8	43	2070	1,77	,66	29	-	-	9,8	████████
7.4	40	,7	55	2200	1,80	,68	34	46	-	8,3	████████
7.6	52	1,2	43	2380	1,86	,70	31	-	-	6,4	████████
7.8	50,2	,5	94	2322	1,85	,71	35	52	-	6,6	████████
8.0	37,2	,9	40	2302	1,79	,73	30	-	-	9,0	████████
8.2	35,2	,7	53	2392	1,78	,75	33	39	-	9,5	████████
8.4	42,2	,6	70	2172	1,81	,76	34	45	-	7,9	████████
8.6	14,2	,8	18	2122	1,91	,78	-	-	,54	19,9	████████
8.8	11,2	,6	19	2062	1,90	,80	-	-	,42	22,0	████████
9.0	10,2	,4	26	2042	1,90	,82	-	-	,38	23,1	████████
9.2	10,2	,4	26	2072	1,90	,83	-	-	,37	23,1	████████
9.4	9,2	,5	17	2112	1,86	,85	-	-	,33	24,6	████████
9.6	9,2	,4	23	2152	1,86	,87	-	-	,33	24,6	████████
9.8	9,2	,5	17	2202	1,86	,89	-	-	,33	24,6	████████
10.0	9,2	,5	20	2232	1,86	,90	-	-	,33	24,6	████████

# Schema pozzo e stratigrafia





GEOPIU' Studio di Geologia  
Tel/Fax 050 576698  
geopiu@inwind.it  
www.spazioweb.inwind.it/geopiu/

**COMUNE DI PISA**

(Provincia di Pisa)

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA DI FATTIBILITA'**

**RELATIVA A PDR DI AREA UBICATA IN VIA**

**SARAGAT ANGOLO VIA PILLA**

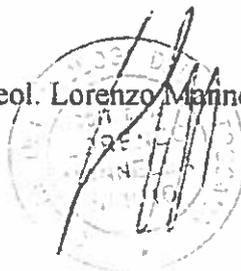
**NEL COMUNE DI PISA**

*-INTEGRAZIONE AI SENSI DEL D.P.G.R. del 27 aprile 2007, n. 26/R -*

Gennaio 2008

GEOPIU' Studio Associato di Geologia

Dott. Geol. Lorenzo Mannella



## 1. PREMESSA

La presente integrazione si riferisce alla precedente relazione geologico geotecnica di supporto alla fattibilità del piano di recupero da eseguire su terreno ubicato in Via Saragat angolo via Pilla nel comune di Pisa ed affronterà solo gli aspetti collegati al "DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA GIUNTA REGIONALE 27 aprile 2007, n. 26/R. Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche". Per quanto non affrontato nella presente si rimanda alla precedente relazione redatta nel maggio 2007.

## 2. PERICOLOSITÀ SISMICA

In base alle caratteristiche morfologiche e litologiche esistenti nell'area ed ai sensi del suddetto Decreto la zona è stata classificata come "Zona con presenza di depositi alluvionali granulari e/o sciolti come da Legenda per carta delle zone a maggiore pericolosità sismica locale (ZMPSL)".

La nuova normativa sismica nazionale adottata con Ord. P.C.M. 3274 del 20/03/2003 e la Del.19/06/2006 n. 431 "Riclassificazione Sismica del territorio regionale-Attuazione del D.M. 14/09/2005 e O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006 pubblicata su G.U. dell'11/05/2006", inserisce l'area oggetto del presente studio nelle zone sismiche 3S, cui corrispondono valori del coefficiente d'intensità sismica o accelerazione massima convenzionale al suolo  $a_g$  di 0,25 g.

Dall'incrocio delle classificazioni su indicate ne deriva una "Pericolosità Sismica Locale" S3, elevata (amplificazione per effetti stratigrafici).

## 3. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

Il piano Strutturale del Comune di Pisa definisce per l'area oggetto di indagine una pericolosità 3a media.

La pericolosità geomorfologica dell'area, seguendo quanto indicato dal D.P.G.R. n. 26/R, è stata definita media (G.2) "*aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturati dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto*".

## 4. PERICOLOSITÀ IDRAULICA

L'area d'intervento ai sensi del PIT (DCR 12/2000), rientra nell'ambito B del Fiume Arno, unico corso d'acqua presente nell'intorno ed inserito nell'elenco della succitata delibera con il codice PI707.

Nella zona in oggetto non si hanno notizie di fenomeni di ristagno. Una conferma di quanto appena detto viene dalla cartografia delle aree allagabili e dalla relazione

del Piano Strutturale del Comune di Pisa; in tale carta sono state distinte e cartografate le aree soggette a frequenti esondazioni (golene dell'Arno), le aree soggette a episodi di tracimazione dei canali di bonifica e difficoltoso drenaggio delle acque in caso di eventi piovosi intensi, e le aree soggette a ristagno. La zona d'intervento, in questa carta è posta al di fuori di tali aree.

Il Piano Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Arno, che fa parte del Piano di Bacino del Fiume Arno, inserisce la zona d'intervento nella classe di pericolosità idraulica media (P.I.2): "*Aree storicamente inondate dall'evento del 1966 come da Carta guida delle aree inondate di cui al Piano di bacino, stralcio relativo alla riduzione del Rischio Idraulico*". In questa classe sono comprese "*...aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $30 < TR < 100$  anni e con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $100 < TR < 200$  anni*".

A seguito di richiesta di battente eseguita dallo scrivente, l'Autorità di Bacino del Fiume Arno ha indicato che la zona non risulta inondata per eventi con tempo di ritorno monosecolari mentre non è identificabile un battente per eventi con tempo di ritorno duecentennali essendo la zona classificabile come area di transito.

Alla luce di ciò, la pericolosità idraulica dell'area, seguendo quanto indicato dal D.P.G.R. n. 26/R, è stata definita elevata (I.3) "*interessata da allagamenti per eventi compresi tra  $30 < Tr < 200$  anni. Fuori dalle unità territoriali organiche elementari (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 idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:*

- a) vi sono notizie storiche di inondazioni
- b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda".

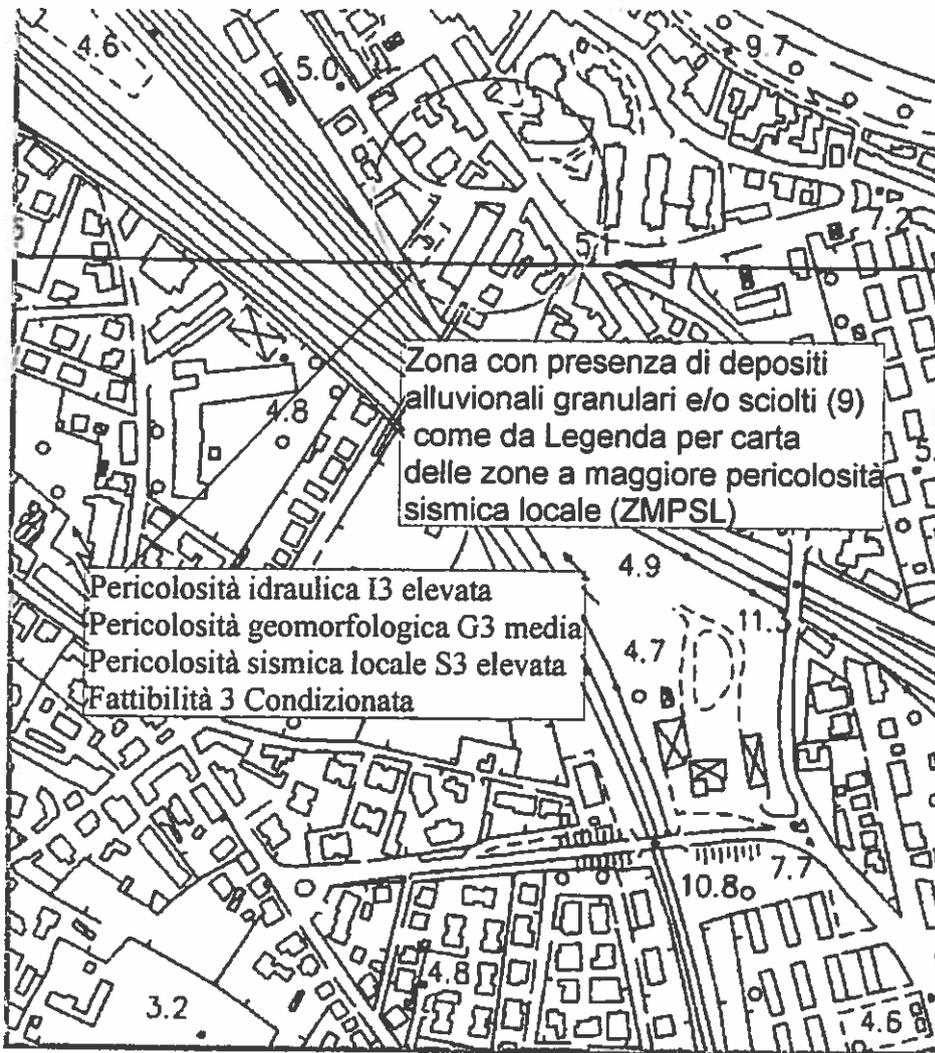
## 5. CLASSE DI FATTIBILITÀ

Il Piano Strutturale del Comune di Pisa definisce una fattibilità 2 con normali vincoli da precisare a livello di progetto.

Da quanto esposto in precedenza la fattibilità dell'area, seguendo quanto indicato dal D.P.G.R. n. 26/R, è stata definita condizionata (F.3) "*si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi*".

Per tali motivi, in fase di progetto esecutivo verranno eseguite prove locali di approfondimento al fine di caratterizzare in maniera puntuale ed adeguata i terreni oggetto di intervento.

La allegato è riportata la cartografia delle pericolosità e della fattibilità dell'area.



Scala 1: 5.000



Area oggetto di indagine

Carta della pericolosità e fattibilità (ai sensi del D.P.G.R. 27 aprile 2007, n. 26/R)