

### SCHEDA PER IL DEPOSITO

delle indagini geologiche presso la struttura regionale competente, ai sensi del regolamento approvato con D.P.G.R. 25-10-2011, n. 53/R (Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 in materia di indagini geologiche).

SPAZIO RISERVATO ALLA STRUTTURA  
REGIONALE COMPETENTE PER  
L'ATTRIBUZIONE DELLA DATA  
E DEL NUMERO DI DEPOSITO

Il/La sottoscritt....., responsabile del procedimento  
del comune di ....., Provincia di .....,  
relativo allo strumento della pianificazione territoriale o all'atto di governo del territorio  
denominato.....  
.....il quale risulta a:

Controllo Obbligatorio  
Controllo a Campione

compila la presente scheda per deposito in data....., dichiarando quanto segue:

**1) TIPO DI ATTO DA ADOTTARE:**

- Piano strutturale;
- Variante al piano strutturale;
- Regolamento urbanistico;
- Variante al regolamento urbanistico;
- Variante al piano regolatore generale;
- Piano complesso di intervento;
- Variante al piano complesso di intervento;
- Piano attuativo;
- Variante al piano attuativo.

Firma e timbro del responsabile  
del procedimento del comune

Data

**2) ELENCO ELABORATI CHE VENGONO PRESENTATI AI FINI DEL DEPOSITO**

1) scheda per il deposito, compilata in ogni sua parte, datata, firmata e timbrata in originale dal responsabile del procedimento del comune e, ad esclusione dei casi in cui non si producono nuove indagini, dal tecnico/i incaricato/i delle stesse;

2) attestazione della compatibilità degli elaborati progettuali dello strumento della pianificazione territoriale o dell'atto di governo del territorio alle indagini geologiche effettuate ai sensi dell'articolo 62, commi 1 e 2, della legge regionale 1/2005 (Norme per il governo del territorio), datata, firmata e timbrata in originale dal progettista/i incaricato/i dello stesso strumento o atto;

3) certificazione, dell'adeguatezza delle indagini geologiche effettuate alle direttive tecniche di cui all'allegato A del regolamento di attuazione dell'articolo 62 della l.r. 1/2005, approvato con D.P.G.R. 25-10-2011, n. 53/R, datata, firmata e timbrata in originale dal tecnico/i incaricato/i all'effettuazione delle stesse;

4) indagini geologiche, comprensive degli approfondimenti idrologico-idraulici, geologico-tecnici e sismici di cui all'allegato A del D.P.G.R. 53/R/2011, datate, firmate e timbrate dal tecnico/i incaricato/i delle stesse;

5) ove previsto dal piano di bacino oppure dal piano di assetto idrogeologico, il parere dell'Autorità di bacino, oppure il verbale della conferenza dei servizi di cui all'articolo 13 comma 2 del D.P.G.R. 53/R/2011;

6) elaborati dello strumento della pianificazione territoriale o dell'atto di governo del territorio da adottare, a cui si riferiscono le indagini geologiche, con evidenziati gli ambiti territoriali interessati dalle nuove previsioni in caso di varianti, datati, firmati e timbrati dal progettista/i incaricato/i e recanti il timbro del comune e la firma del responsabile del procedimento.

Eventuali ulteriori elaborati presentati:.....  
.....

certificazione della esenzione dalla effettuazione di nuove indagini geologiche, ai sensi dell'articolo 5, comma 2, del D.P.G.R. 53/R/2011, datata, firmata e timbrata dal responsabile del procedimento del comune, con indicazione degli estremi del precedente deposito in relazione all'ambito interessato.

altro: .....

**Firma e timbro del responsabile  
del procedimento del comune**

**Data**

### 3) TIPOLOGIA DELLE INDAGINI GEOLOGICHE IN RELAZIONE AI CONTROLLI DA EFFETTUARE

**Punto 1 - Le indagini geologiche che vengono depositate sono soggette al controllo obbligatorio** da parte della struttura regionale competente in quanto si riferiscono a uno o più dei seguenti tipi di atti che il comune intende adottare:

**1A:** Piani strutturali o regolamenti urbanistici;

**1B:** Varianti ai piani strutturali, ai regolamenti urbanistici, ai piani regolatori generali vigenti, nonché piani complessi d'intervento e loro varianti, ove riguardanti aree classificate dal punto di vista sismico o dal punto di vista idraulico o geomorfologico in "pericolosità elevata" o "molto elevata", secondo le classificazioni di cui all'allegato A del D.P.G.R. 53/R/2011, qualora:

- 1) prevedano nuove infrastrutture a rete o puntuali, ad eccezione dei parcheggi a raso e dei tratti viari di collegamento tra viabilità esistenti non superiori a duecento metri lineari;
- 2) prevedano la realizzazione di nuovi edifici o l'ampliamento di edifici esistenti per superfici coperte complessive superiori a cinquanta metri quadrati;
- 3) prevedano il mutamento della destinazione d'uso a fini abitativi di edifici aventi diversa destinazione;
- 4) siano relative a previsioni alle quali, in attuazione di quanto previsto dalle direttive di cui all'allegato A del D.P.G.R. 53/R/2011, è attribuita "fattibilità limitata" dalle indagini geologiche allegata alla variante, ove previste, o dalle indagini geologiche già elaborate e depositate;

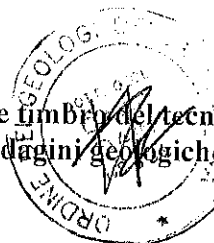
**1C:** Piani attuativi o loro varianti ove riguardanti aree classificate dal punto di vista sismico o dal punto di vista idraulico o geomorfologico in "pericolosità elevata" o "molto elevata", secondo la classificazione di cui all'allegato A del D.P.G.R. 53/R/2011;

**1D:** Varianti ai piani strutturali, ai regolamenti urbanistici, ai piani regolatori vigenti, piani complessi d'intervento o piani attuativi, che comportino una riduzione dalle classi di pericolosità elevata o molto elevata a classi inferiori rispetto a quelle attribuite negli strumenti urbanistici già approvati.

**Punto 2 - Le indagini geologiche che vengono depositate sono soggette a controllo a campione** da parte della struttura regionale competente in quanto non rientrano in alcuno dei tipi di atti elencati al precedente punto 1.

Firma e timbro del responsabile  
del procedimento del comune

Firma e timbro del tecnico/i incaricato/i  
delle indagini geologiche



<sup>1</sup> Firma e timbro non necessari nel caso in cui sia depositato il modulo n. 4

### CERTIFICAZIONE DELL'ADEGUATEZZA

Il/la sottoscritt/a DAVID DAIKI iscritt.o. all'Ordine  
Professionale dei GEOLOGI della TOSCANA  
.....(oppure non iscritt... all'Ordine Professionale in quanto esercita la  
propria attività professionale alle dipendenze di.....  
.....) avendo conseguito l'abilitazione professionale all'attività  
di GEOLOGO, avente il proprio studio o ufficio in  
Via/Piazza G. BYRON, n. 20 del comune  
di PISA Codice Fiscale n. DAADYD654267126D in  
seguito a incarico ricevuto da CASCE ROVA ITALIANA - COMITATO DI PISA.....

ai sensi dell'articolo 62, comma 3, della legge regionale 1/2005 (Norme per il governo del territorio)

### CERTIFICA

che le indagini geologiche previste dall'art. 62, commi 1 e 2, della l.r. 1/2005 effettuate e relative allo strumento della pianificazione territoriale o all'atto di governo del territorio del comune di PISA

(Provincia di PISA),  
denominato PRIMO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA  
RELATIVO AL COMPLESSO IMMOBILIARE SITO FRA V. DEUCCI E V. CASTALDI (OSPEDIALENO)

**SONO ADEGUATE ALLE DIRETTIVE TECNICHE DI CUI ALL'ALLEGATO A AL  
REGOLAMENTO DI ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 62 DELLA L.R. 1/2005,  
APPROVATO CON D.P.G.R. 25-10-2011, n. 53/R.**

Tali indagini sono costituite dai seguenti elaborati:

- 1) RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'
- 2) CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA
- 3) CARTA IDROGEOLOGICA
- 4) CARTA LITO TECNICA
- 5) CARTA DELLA PERICOLOSITA' E FATTIBILITA' COMUNE DI PISA
- 6) CARTA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE DA PIRA ARNO
- 7) CARTA PERICOLOSITA' AI SENSI DEL D.P.G.R. 53/R 2011
- 8) CARTA FATTIBILITA'

Firma e timbro del tecnico/i  
incaricato/i delle indagini geologiche,  
ognuno per le proprie competenze



Data

11-01-2018

### ATTESTAZIONE DELLA COMPATIBILITA'

Il/La sottoscritt.A.....ILARIA BARSACCHI.....iscritt.A...all'Ordine  
Professionale deGLI ARCHITETTI.....della...PROVINCIA DI PISA.....  
.....(oppure non iscritt....all'Ordine Professionale in quanto esercita la  
propria attività professionale alle dipendenze di.....  
.....) avendo conseguito l'abilitazione professionale all'attività  
di...ARCHITETTO....., avente il proprio studio o ufficio in  
Via/Piazza...VIA TOCCO RONAGNOLA.....  
n...1684...del comune di...CASCINA.....  
Codice Fiscale n...BRSLR181H51G702W.....  
.....  
in seguito a incarico ricevuto da...CROCE ROSSA ITALIANA - COMITATO DI PISA.....

ai sensi dell'articolo 62, comma 3, della legge regionale 1/2005 (Norme per il governo del territorio)

### ATTESTA

che gli elaborati progettuali dello strumento della pianificazione territoriale o dell'atto di governo del territorio del comune di...PISA.....  
(Provincia di...PISA.....)  
denominato...PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA RELATIVO A L.....  
.....COMPLESSO IMMOBILIARE SITO FRA V. PEUCCI E V. CASTALDI (OSPEDALETTO).....

**SONO COMPATIBILI ALLE INDAGINI GEOLOGICHE DI CUI ALL'ARTICOLO 62, COMMI 1 E 2 DELLA L.R. 1/2005**

Firma e timbro del progettista/i  
incaricato dello strumento della pianificazione  
territoriale o atto di governo del territorio

Data

11-01-2018



*Ilaria Barsacchi*



GEOPIÙ Studio Associato di Geologia  
Via G. Byron, 20 - 56127 PISA  
Tel/Fax 050-576 698  
geopiu@inwind.it  
<http://spazioweb.inwind.it/geopiu/>  
P.IVA: 01566420509

---

## COMUNE DI PISA

## PROVINCIA DI PISA

PIANO ATTUATIVO RELATIVO AL COMPLESSO IMMOBILIARE  
SITO FRA VIA MEUCCI E VIA CASTALDI  
FRAZIONE OSPEDALETTO  
*Proprietà: Croce Rossa Italiana Comitato di Pisa*

### RELAZIONE GEOLOGICA

Settembre 2017

Dott. Geol. David Daini



## INDICE

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	2
2. PREMESSA.....	2
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E URBANISTICO DEL COMPLESSO EDILIZIO E OBIETTIVI DI PROGETTO.....	3
4. CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI.....	4
5. CARATTERI IDROGEOLOGICI.....	4
6. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA.....	5
7. L'AREA DI INTERVENTO NELLO STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE.....	14
7.1 Carta geologica - geomorfologica.....	14
7.2 Carta idrogeologica.....	14
7.3 Carta litotecnica.....	14
7.4 Carta della Pericolosità .....	15
7.5 Carta del tetto delle argille compressibili.....	15
7.6 Carta delle aree allagabili.....	15
7.7 Carta dei Vincoli Sovraordinati.....	15
7.8 Carta della fattibilità geologica.....	16
8. L'AREA DI INTERVENTO NEL PGRA DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE.....	16
9. L'AREA DI INTERVENTO NEL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO DELLA PROVINCIA DI PISA.....	17
10. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO DEL SOTTOSUOLO LOCALE.....	18
11. VALUTAZIONE DEL RETICOLO IDRAULICO.....	18
12. PERICOLOSITA' E FATTIBILITA' DELL'AREA SOGGETTA A PIANO ATTUATIVO, AI SENSI DEL D.P.G.R. N. 53/R DEL 25/10/2011 .....	19
13. FIGURE E ALLEGATI.....	21

## 1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

**Decreto ministeriale 14.01.2008:** Ministero delle Infrastrutture. Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni - Testo Unico delle Costruzioni.

**Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:** Istruzione per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

**Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:** Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007.

**Eurocodice 8 (1998): Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture -** Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003).

**Eurocodice 7.1 (1997):** Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali – UNI.

**Eurocodice 7.2 (2002):** Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

**Eurocodice 7.3 (2002):** Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI

**L.R. 65/2014 Norme per il governo del territorio.**

**D.P.G.R. n. 53/R (2011):** "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".

**D.P.G.R. n. 36/R (2009):** Regolamento di attuazione dell'art.117, commi 1 e 2 della L.R. 03/01/2005 n.1 (Norme per il governo del territorio).

**Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale DPCM 27 ottobre 2016** approvazione Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale.

## 2. PREMESSA

Il presente documento è stato eseguito su incarico dell'Arch. M. Andruetto, su richiesta della Croce Rossa Italiana Comitato Provinciale di Pisa, ed è di supporto al *Piano Attuativo relativo al complesso immobiliare sito fra Via Meucci e Via Castaldi*, in frazione Ospedaletto, nel Comune di Pisa (fig. 1). In questa sede si è proceduto all'analisi degli aspetti geologici, idraulici e sismici finalizzati a determinare la fattibilità dell'area in esame.

Limitatamente all'area in studio (figg. 1), si è proceduto alla stesura del presente elaborato, ai sensi della normativa vigente, facendo riferimento, a livello di quadro conoscitivo disponibile, agli studi geologici eseguiti a supporto di Piano Strutturale, Regolamento Urbanistico e successive Varianti al R.U. del Comune di Pisa e agli studi effettuati per la realizzazione del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa e del Piano di Gestione Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale.

Nello specifico lo studio è stato realizzato ai sensi del Decreto del Presidente della Giunta Regionale n.53/R del 25 Ottobre 2011 "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", del Piano di Gestione Rischio Alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, approvato con il D.P.C.M. 27 ottobre 2016, della D.C.R.T. n.37 del 27 marzo 2015 di approvazione del nuovo Piano di Indirizzo Territoriale (P.I.T.) della Regione Toscana e della D.C.P. n.100 del 27/07/06 di approvazione del nuovo Piano Territoriale di Coordinamento (P.T.C.) della Provincia di Pisa.

In ottemperanza a quanto disposto dalla normativa vigente, sono state verificate le condizioni di pericolosità del sito sulla base delle indicazioni fornite dalla pianificazione comunale e sovraordinata, infine sono stati accertati i requisiti di fattibilità della trasformazione.



In fase esecutiva dovrà essere prevista una campagna di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche conformi alla normativa vigente in materia di interventi edilizi in zone sismiche (D.M. 14/01/2008 e D.P.G.R. 36/R del 09/07/2009), atte ad individuare le caratteristiche geologiche, geotecniche e geofisiche del comparto in oggetto al fine di permettere allo strutturista di poter effettuare le scelte progettuali più idonee.

### 3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E URBANISTICO DEL COMPLESSO EDILIZIO E OBIETTIVI DI PROGETTO

I terreni interessati dalla proposta di Variante al Regolamento Urbanistico ricadono in zona classificata, dal vigente R.U., *PQ2 Insediamenti produttivi: produzione di beni e di servizi*, disciplinati dagli articoli 1.2.2.6 e 1.2.2.7 delle vigenti Norme Tecniche di Attuazione.

L'area in oggetto è situata nell'estremità Sud-orientale del territorio del Comune di Pisa nella zona industriale/artigianale della frazione di Ospedaletto. L'immobile in oggetto di proprietà della "Croce Rossa Italiana Comitato Provinciale di Pisa" con sede in Pisa, risulta compreso tra Via Meucci e Via Castaldi.

Inoltre si può accedere al sito di interesse anche da Via Righi attraverso un diritto di passo con qualsiasi mezzo su resede di altra proprietà.

L'immobile è costituito da due distinte strutture ubicate all'interno di lotti confinanti delle quali la seconda struttura versa in uno stato di forte degrado.

Dal punto di vista morfologico, il terreno interessato dalla proposta di Variante al R.U. risulta ubicato in zona pianeggiante, alla quota altimetrica di circa 2.2 m s.l.m. (fonte Regione Toscana – SITA: Cartoteca).

Il reticolo idraulico minore nell'area in oggetto è costituito dal Fosso Vecchio che defluisce a Nord a distanza di circa 450 m, dal Fosso di Oratoio che scorre 280 m a Est, dal Fosso Caligi che defluisce 480 m a Ovest e dal Fosso lungo la Via Emilia che scorre 240 m a Sud-Ovest.

La situazione appena descritta è rappresentata nella Carta dei Sistemi Idraulici, redatta a supporto del P.S. del Comune di Pisa.

Il complesso edilizio risulta identificato al Catasto Fabbricati del Comune di Pisa, a giusto conto, nel foglio 82 dalla particella 328 subalterni 2 e 3 e nel foglio 83 dalle particelle 39 subalterni 17 e 22 e 40 subalterni 3, 4 e 7.

Il progetto previsto si propone come primo obiettivo quello di riqualificare una struttura che, allo stato attuale, è destinata ad un progressivo degrado. L'intervento attuativo comporterà l'accorpamento con l'adiacente complesso immobiliare già di proprietà della Croce Rossa Italiana.

Il secondo obiettivo è la realizzazione di un Polo Direzionale e di Servizio, strettamente connesso all'attività sociale svolta dal Comitato nel territorio, destinato sia a poliambulatori e strutture sanitarie per le prestazioni assistenziali e di intervento diagnostico, curativo e riabilitativo, che allo svolgimento di servizi sociali, di Protezione Civile e di formazione.

Il servizio di formazione rivolto ai cittadini ed al personale della Croce Rossa, presente sull'intero territorio provinciale ed extra-provinciale, è indirizzato sia al campo sociale sanitario e di soccorso che di supporto alla Protezione Civile.

L'intervento in progetto è riconducibile all'art. 1.2.2.9 – ambiti degli insediamenti specialistici delle vigenti Norme Tecniche di Attuazione.

Le dimensioni in termini di superficie coperta e le altezze non verranno modificate rispetto a quelle attuali. Per quanto riguarda i parcheggi, l'intervento rispetterà i parametri indicati dall'art. 0.4.12 – lettera B delle suddette NTA.

## 4. CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

La superficie oggetto della presente indagine è ubicata nella zona industriale/artigianale della frazione di Ospedaletto, nell'estremità Sud-orientale del territorio comunale di Pisa, compresa tra il Fosso Vecchio a Nord, il Fosso di Oratoio a Est, il Fosso Caligi a Ovest e il Fosso lungo la Via Emilia a Sud, alla quota altimetrica di circa 2.2 m s.l.m. (fonte Regione Toscana – SITA: Cartoteca), a distanza di circa 2.100 m dal Fiume Arno che defluisce a Nord con andamento meandriforme.

La Carta geologica del P.S. (raffigurata in fig. 2), riporta i seguenti litotipi, a loro volta ripresi dal lavoro di Carratori et alii "*Carta degli elementi naturalistici e storici della Pianura di Pisa e dei Rilievi contermini*":

*LA Depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi e limosi (Olocene):*

Questi depositi distribuiti nella maggior parte della Pianura di Pisa e nelle valli che vi confluiscono sono costituiti da sabbie e limi accumulatisi durante le frequenti esondazioni del passato. Risalgono verosimilmente all'Olocene essendo collegati al sovralluvionamento che si è sviluppato nella pianura man mano che il livello del mare risaliva durante la de-glaciazione post-wurmiana ed aumentava lo sbarramento a mare ad opera del sistema dei lidi del delta dell'Arno.

Come può essere osservato dalla fig. 2, la totalità dell'area d'intervento risulta localizzata in questo tipo di depositi.

*AT Depositi alluvionali prevalentemente argillosi, torbe palustri e depositi di colmata (Olocene):* Questi terreni sono costituiti da sedimenti molto fini localizzati, in genere, nelle zone soggette a passati fenomeni di sovralluvionamento.

Si tratta prevalentemente di argille, argille organiche, a tratti con torba; talvolta, all'interno degli strati argillosi sono intercalati sottili livelli limosi e, subordinatamente, sabbioso-limosi.

## 5. CARATTERI IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista idrogeologico il substrato geologico più superficiale della pianura a Sud dell'Arno si caratterizza per la presenza all'interno dei depositi argillosi di lenti limoso-sabbiose che potrebbero ospitare il primo acquifero freatico (fig. 3 carta idrogeologica).

In particolare nell'area in esame sono presenti depositi a permeabilità primaria generalmente medio-bassa, con presenza di intercalazioni sabbiose discontinue a permeabilità leggermente maggiore.

A Nord e a Est sono segnalati sedimenti a permeabilità primaria molto bassa, che includono intercalazioni torbose praticamente impermeabili.

Il primo orizzonte acquifero freatico sede di una circolazione idrica superficiale dovuta all'infiltrazione diretta delle acque meteoriche ed alla ricarica di sub-alveo di fossi, canali e dell'Arno, è costituito dai livelli limo-sabbiosi permeabili presenti nei primi metri dal p.c..

La permeabilità di questo acquifero è estremamente variabile per le caratteristiche granulometriche dei vari livelli che formano il complesso dei limi superficiali (riconducibili ad episodi esondativi dell'Arno).

In genere questo acquifero quando presente viene sfruttato da pozzi di grande diametro (pozzi a sterro) profondi al massimo una decina di metri.

L'assetto idrogeologico profondo è stato ricostruito mediante i dati di pozzi per acqua presenti nei dintorni dell'area di intervento.

L'acquifero confinato profondo è costituito da una prima falda confinata presente in orizzonti acquiferi a profondità variabili fra 40.0 e 125.0 m dal p.c.

Un livello argilloso-limoso spesso circa 15.0 m dotato di continuità laterale separa la prima falda confinata dalle falde confinate più profonde.

Il complesso degli orizzonti acquiferi profondi può essere ricondotto ad un'unica falda acquifera, falda multistrato, costituita da orizzonti sabbioso-ghiaiosi presenti fino ad una profondità di 250.0-260.0 m dal p.c., interessati da estese continuità idrauliche laterali e verticali.

Da prove di portata eseguite su questo acquifero sono stati ricavati i parametri idrodinamici medi dell'acquifero, in particolare il coefficiente di permeabilità ( $k = 1.35 \times 10^{-4}$  m/sec) e di trasmissività ( $T = 5 \times 10^{-3}$  mq/sec).

Un potente orizzonte argilloso-limoso praticamente impermeabile, spesso circa 40.0 m, costituisce l'aquiclude superiore dell'acquifero profondo che è quindi adeguatamente isolato dal complesso dei limi superiori dell'Arno (che ospitano la prima falda acquifera freatica).

I limi e le argille dell'aquiclude sono caratterizzati da un grado di permeabilità variabile da basso a bassissimo con coefficiente di permeabilità  $k$  inferiore a  $10^{-6} - 10^{-7}$  m/sec.

## 6. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA

L'area in studio rientrava nelle zone classificate sismiche, ai sensi del D.M. 19/03/1982 "Aggiornamento delle zone sismiche della Regione Toscana", per le quali bisognava 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 interessava era la stima del coefficiente d'intensità sismica  $C$ , che esprimeva l'accelerazione massima orizzontale in superficie, che si sviluppava durante un evento sismico.

Tale parametro veniva calcolato, 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 era 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 avevano i seguenti valori del coefficiente di sismicità  $C$ :

<b>S</b>	<b>C</b>
12	0.10
9	0.07
6	0.04

Tali valori non tenevano 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), prevedeva per il coefficiente d'intensità sismica i seguenti valori:

<b>S</b>	<b>C</b>
12	0.35
9	0.25
6	0.15

Il territorio comunale di Pisa era classificato con grado di sismicità  $S = 9$  e quindi rientrava 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, riportava l'elenco dei Comuni ubicati nelle zone ad elevato rischio sismico, individuati secondo l'indice di rischio, che teneva conto di due coefficienti:

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

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

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

Con l'Ordinanza n. 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 (G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003) sono stati approvati i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone". Nell'Allegato A della citata Ordinanza viene indicata la classificazione sismica dei comuni italiani.

A livello di mappatura macrosismica, l'intero territorio nazionale viene considerato sismico e suddiviso in 4 zone, sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco  $a_g$  su terreno a comportamento litoide (espressa come frazione dell'accelerazione di gravità), derivante da studi macrosismici e sismotettonici a carattere nazionale:

<b>Zona</b>	<b>Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (<math>a_g/g</math>)</b>	<b>Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (<math>a_g/g</math>)</b>
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Ai sensi della suddetta normativa, il Comune di Pisa risulta inserito nella zona sismica 2.

Con l'Ordinanza n. 3519 del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006 (G.U. n. 108 dell'11 maggio 2006) sono stati approvati i "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

Al punto a) dell'Allegato 1 dell'O.P.C.M. 3519/06 vengono definiti meglio i valori di accelerazione di ancoraggio rispetto a quanto proposto nell'O.P.C.M. 3274/03:

<b>Zona</b>	<b>Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (<math>a_g/g</math>)</b>	<b>Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (<math>a_g/g</math>)</b>
1	$0.25 < a_g \leq 0.35$	0.35
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$	0.25
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$	0.15
4	$\leq 0.15$	0.05

A partire dalla nuova Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale, allegata all'Ordinanza n. 3519 del 28 aprile 2006 del Presidente del Consiglio dei Ministri "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli

elenchi delle medesime zone", le Regioni sono tenute a riformulare la classificazione sismica dei territori di loro competenza. Come risulta evidente l'impostazione alla base dei criteri individuati dall'Ord. PCM 3519/06, consente un'ampia possibilità di elaborazione di mappe di pericolosità a livello regionale; in altri termini la ri-classificazione potrà tenere conto anche di situazioni accertate o valutabili della vulnerabilità del patrimonio edilizio del sistema insediativo.

Con la deliberazione della Giunta Regionale Toscana n. 431 del 19 giugno 2006 viene approvata la ri-classificazione sismica del territorio regionale.

Ai sensi della suddetta deliberazione il Comune di Pisa è passato dalla classificazione sismica in zona 2 a quella in zona 3s.

L'aggiornamento della classificazione sismica della Toscana, a sei anni di distanza dall'entrata in vigore della precedente classificazione, è stata approvata con Del. GRT n° 878 del 8/10/2012 (pubblicata su BURT Parte Seconda n. 43 del 24.10.2012 Supplemento n. 136).

L'aggiornamento, redatto ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/2006, si è reso necessario al fine di recepire le novità introdotte dall'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008) e di rendere la classificazione sismica (riferimento per la disciplina dei controlli sui progetti depositati presso gli Uffici tecnici regionali preposti), maggiormente aderente all'approccio "sito-dipendente" introdotto dalle vigenti Norme.

Così dal 24 dicembre 2012 il Comune di Pisa è passato dalla zona sismica 3s alla zona sismica 3.

L'ultimo aggiornamento della classificazione sismica della Regione Toscana è stato approvato con Deliberazione GRT n.421 del 26/05/2014. Tale aggiornamento dell'elenco di classificazione sismica è divenuto necessario a seguito della fusione di 14 comuni toscani, con conseguente istituzione dal 1 gennaio 2014 di 7 nuove amministrazioni comunali. I sette nuovi Comuni (**Fabbriche di Vergemoli** in provincia di Lucca, **Crespina Lorenzana** e **Casciana Terme Lari** in provincia di Pisa, **Figline e Incisa Valdarno** e **Scarperia e San Piero** in provincia di Firenze, **Castelfranco Piandiscò** e **Pratovecchio Stia** in provincia di Arezzo) si sono originati da fusione di comuni omogenei sotto il profilo della pericolosità sismica di base e della classificazione sismica, per cui l'aggiornamento ha previsto semplicemente la conferma della classificazione sismica dei comuni originari.

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Sulla base dei risultati di indagini geognostiche e geofisiche eseguite nei pressi della zona in esame, a supporto del progetto caserme del Comune di Pisa, in zona Ospedaletto, è stato attribuito al sito in oggetto la categoria di sottosuolo D, come da report allegati.

**Tabella 3.2.II** – Categoria di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 metri.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi fra 360 m/sec e 800m/sec (ovvero N <sub>spt30</sub> > 50 nei terreni a grana grossa e cu > 250 kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec (ovvero 15 < N <sub>spt30</sub> < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu <sub>30</sub> < 250 kPa nei terreni a grana fina).
D	<b>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/sec (ovvero N<sub>spt30</sub> &lt; 15 nei terreni a grana grossa e cu &lt; 70 kPa nei terreni a grana fina).</b>
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti nel substrato di riferimento (con Vs > 800 m/sec).

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

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

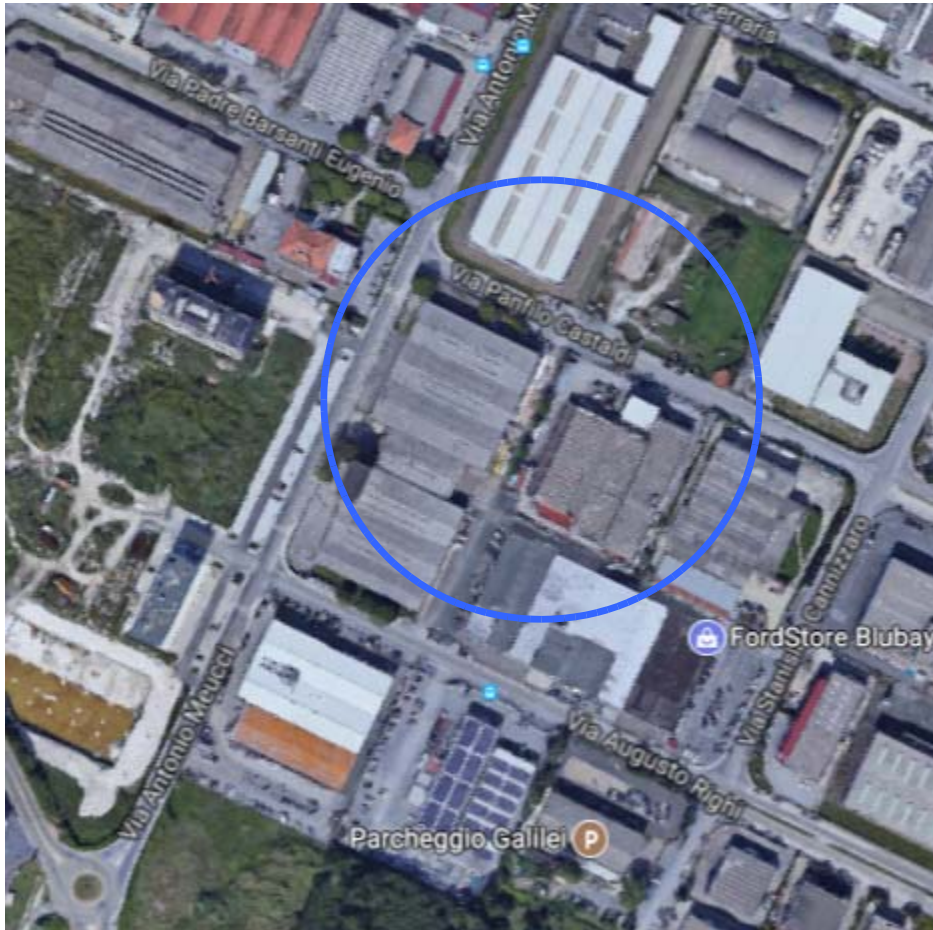
**Tabella 3.2.IV** – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S<sub>T</sub>*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S <sub>T</sub>
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

**Tabella 3.2.V** – *Espressioni di S<sub>s</sub> e di C<sub>c</sub>*

Categoria sottosuolo	S <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>
A	1,00	1,00
B	1,00 ≤ 1,40 – 0,40 F <sub>0</sub> ag/g ≤ 1,20	1,10 (T <sub>c</sub> <sup>0</sup> ) <sup>-0,20</sup>
C	1,00 ≤ 1,70 – 0,60 F <sub>0</sub> ag/g ≤ 1,50	1,05 (T <sub>c</sub> <sup>0</sup> ) <sup>-0,33</sup>
D	0,90 ≤ 2,40 – 1,50 F <sub>0</sub> ag/g ≤ 1,80	1,25 (T <sub>c</sub> <sup>0</sup> ) <sup>-0,50</sup>
E	1,00 ≤ 2,00 – 1,10 F <sub>0</sub> ag/g ≤ 1,60	1,15 (T <sub>c</sub> <sup>0</sup> ) <sup>-0,40</sup>

## Ubicazione area d'intervento



La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (v. tabella 1 nell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

Le forme spettrali vengono definite, per ciascuna delle probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , partendo dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.





Parametri sismici

Tipo di elaborazione: stabilità dei pendii – fondazioni

Sito in esame

Latitudine: 43,677125

Longitudine: 10,433542

Classe d'uso: III

Vita nominale: 50

Categoria di sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 75 anni

Coefficiente cu: 1.5 (coefficiente d'uso).

Per quanto riguarda la verifica di suscettibilità alla liquefazione (cap.7.11.3.4.2 delle N.T.C. 2008), secondo la mappa interattiva di pericolosità sismica consultabile dal sito dell'INGV e del relativo grafico di disaggregazione del valore di  $a(g)$ , con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, nella zona di interesse sono attesi eventi sismici di Magnitudo M compresi tra 4,5 e 5,0 per una distanza dal nodo (Coordinate del nodo lat: 43.6954, lon: 10.4474, ID: 20269) inferiore a 10 Km (l'opera in oggetto si ubica in prossimità del nodo).

Come mostrato dalla successiva tabella, la probabilità di superamento della magnitudo 5 è solo del 8.08% ed il valore medio di magnitudo per una distanza inferiore a 11 Km dal nodo risulta di 4.78. Il valore della magnitudo inferiore a 5 esclude, come da normativa vigente, la necessità di verifica alla liquefazione.

Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.6954, lon: 10.4474, ID: 20269)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	21.300	26.400	8.080	0.521	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.780	11.000	1.010

## 7. L'AREA DI INTERVENTO NELLO STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE

Il Piano Regolatore Generale del Comune di Pisa, costituito da Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico, è supportato dalle indagini geologico-tecniche.

Tali indagini sono state realizzate in sede di formazione del Piano Strutturale (1998), in ottemperanza a quanto prescritto dalla Legge Regionale n°21 del 10/04/1984, dalle Direttive approvate con la D.C.R. n° 94 del 12/02/1985 (al punto 3) e dall'Art. 7 della D.C.R. 230/1994; le indagini sono state condotte attraverso l'esame delle problematiche geologiche, litotecniche, idrogeologiche ed idrauliche che concorrono alla valutazione del grado di pericolosità del territorio comunale. I risultati di tali indagini contribuiscono alla definizione delle componenti del quadro conoscitivo di cui all'Art. 24, comma 2°, della L.R. 5/95 e costituiscono il presupposto necessario per verificare la sostenibilità delle azioni di trasformazione del territorio.

Nel 2001 è stato realizzato il Regolamento Urbanistico del Comune di Pisa.

L'analisi del quadro conoscitivo disponibile, costituito da P.T.C. della Provincia di Pisa, dal PGRA del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale e dal P.R.G. del Comune di Pisa, rappresenta il punto di partenza per lo studio condotto in questa sede.

### 7.1 Carta geologica - geomorfologica

Come evidenziato dalla carta geologica (fig. 2), redatta nell'ambito dello studio geologico-tecnico di supporto alla pianificazione urbanistica, nella zona in esame sono cartografati esclusivamente *Depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi e limosi (Olocene)*.

Questi depositi distribuiti nella maggior parte della Pianura di Pisa e nelle valli che vi confluiscono sono costituiti da sabbie e limi accumulatisi durante le frequenti esondazioni del passato. Risalgono verosimilmente all'Olocene essendo collegati al sovralluvionamento che si è sviluppato nella pianura man mano che il livello del mare risaliva durante la de-glaciazione post-wurmiana ed aumentava lo sbarramento a mare ad opera del sistema dei lidi del delta dell'Arno.

### 7.2 Carta idrogeologica

La carta idrogeologica elaborata a supporto del P.S. del Comune di Pisa mostra come il sito di indagine rientra nelle aree in cui sono presenti depositi a permeabilità primaria generalmente medio-bassa, con presenza di intercalazioni sabbiose discontinue a permeabilità leggermente maggiore (fig. 3).

### 7.3 Carta litotecnica

Dall'osservazione della carta litotecnica (fig. 4) è possibile notare come l'area d'intervento risulti impostata sui terreni prevalentemente limosi. Sono terreni a preponderante componente limosa, di colore nocciola, con intercalazioni argillose e talvolta sabbiose. Di conseguenza i parametri geotecnici di questi terreni sono variabili in relazione al tenore di limo, argilla o sabbia.

Dai dati bibliografici, in via indicativa, per quanto riguarda la frazione limo-argillosa, è stato riscontrato che la  $R_p$  del penetrometro statico varia generalmente intorno a valori compresi tra 9 e 18 kg/cmq, la coesione è compresa tra 0.3 e 0.7 kg/cmq, mentre il coefficiente di compressibilità volumetrica  $m_v$  è compreso tra 20 e 35 cmq/tonn. L'angolo di attrito interno si mantiene attorno a valori generalmente bassi.

A Nord e a Est del sito in oggetto è presente l'unità litotecnica delle argille e limi. Tali litotipi affiorano in vaste aree della pianura alluvionale, sia a Nord che a Sud della città di Pisa. Sono presenti nelle zone di Campaldo, delle Lenze, di Cisanello, dell'Aeroporto, di Montacchiello e a Est di Ospedaletto.

Hanno colore bruno – giallastro, e la componente argillosa è generalmente preponderante su quella limosa. La bibliografia disponibile, sostiene che la  $R_p$  del penetrometro statico varia

generalmente tra 5.0 e 10.0 kg/cmq. La coesione è compresa tra 0.2 e 0.4 kg/cmq, mentre il coefficiente di compressibilità volumetrica  $m_v$  assume valori che oscillano tra 20 e 70 cmq/tonn con valori medi intorno a 30 - 40 cmq/tonn. In base a prove edometriche effettuate su campioni indisturbati prelevati negli orizzonti argillosi e limo-argillosi, è risultato che gli strati superficiali di questi terreni sono generalmente pre-consolidati. Presentano inoltre valori generalmente elevati dell'indice di consistenza e valori del peso di volume compresi tra 1.5 e 1.9 kg/dmc.

#### *7.4 Carta della Pericolosità*

Nell'ambito delle indagini geologico-tecniche di supporto al P.S. del Comune di Pisa è stata realizzata la carta della pericolosità; essa rappresenta il lavoro di sintesi di tutti gli studi geologici, litotecnici e idrogeologici realizzati per la redazione del Piano Strutturale. E' stata redatta sulla base di quanto disposto dall'art. 3 della D.C.R. n. 94 del 12/02/1985, integrata per gli aspetti relativi al rischio idraulico, da quanto indicato nell'art. 7 della D.C.R. n. 230 del 21/06/94 e tiene anche conto del lavoro effettuato dalla Provincia di Pisa per la redazione del PTC.

Per la valutazione delle classi di pericolosità sono stati presi in considerazione essenzialmente due parametri principali: il rischio di inondazione e di ristagno delle acque e la profondità, rispetto alla superficie, del tetto delle argille plastiche compressibili, che rappresentano la causa di possibili fenomeni di cedimento e cedimento differenziale. La pericolosità della zona in oggetto viene definita dalla tavola della pericolosità contenuta nel P.S. del Comune di Pisa e redatta sulla base di quanto disposto dall'art. 3 della DCR 94/85, integrata per gli aspetti relativi al rischio idraulico da quanto indicato nell'art. 7 della DCR 230/94.

Dal suo esame l'area interessata dall'intervento in progetto risulta inserita nella classe 3 a pericolosità media, comprendente:

*-aree in cui sono assenti fenomeni attivi;*

*-sono protette da opere idrauliche;*

*-esistono notizie storiche di esondazioni dell'Arno;*

*-sono poste a quote inferiori a 2 ml., misurate dal piede esterno dell'argine del corso d'acqua corrispondente;*

*-questa classe viene a sua volta suddivisa in 3 sottoclassi; in particolare l'area in oggetto rientra nella:*

*-sottoclasse 3a a pericolosità medio-bassa: zone in cui il tetto delle argille compressibili è posto a profondità maggiori di 2 m dal p.c (fig. 5).*

#### *7.5 Carta del tetto delle argille compressibili*

La carta della profondità del tetto delle argille compressibili (fig. 6) evidenzia come l'area di interesse sia attraversata dalla isopaca 5 dei terreni argilloso-limosi superficiali pre-consolidati con intercalazioni di lenti sabbiose. Al di sotto di tale spessore vengono segnalate le argille grigio-azzurre plastiche. La distinzione fra i terreni prevalentemente argilloso-limosi e le argille grigio-azzurre, oltre che dal colore, è segnata dall'improvvisa diminuzione dei valori di resistenza alla punta, della coesione e dall'aumento rilevante dei coefficienti di compressibilità volumetrica, forniti sia dai dati delle prove penetrometriche statiche che dalle prove di laboratorio su campioni indisturbati.

#### *7.6 Carta delle aree allagabili*

La zona oggetto del presente studio non rientra in nessuna delle aree soggette a frequenti esondazioni, episodi di tracimazione o ristagno per difficoltoso drenaggio.

#### *7.7 Carta dei Vincoli Sovraordinati*

La carta dei Vincoli Sovraordinati del Comune di Pisa, mostra come il complesso immobiliare oggetto del presente studio non sia interessato da alcun vincolo.

### 7.8 Carta della fattibilità geologica

Dall'esame della carta della fattibilità geologica è possibile notare come l'area in oggetto rientri nella classe di fattibilità 2 (fattibilità geologica massima attribuita all'intervento di maggior rilievo) fattibilità con normali vincoli da precisare in sede di progetto (fig. 7): equivale a livelli di rischio *basso*. Non sono richieste indagini di dettaglio a livello di area complessiva. Il progetto deve basarsi su di un apposita indagine geotecnica-idraulica mirata alla soluzione dei problemi evidenziati dal Piano Strutturale del Comune di Pisa. La relazione geologica e la relazione geotecnica-idraulica possono formare un unico elaborato nel quale la ricostruzione geologica del sito e la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo debbono essere reciprocamente coerenti: la relazione geotecnica-idraulica deve fare esplicito riferimento alla relazione geologica e viceversa.

## 8. L'AREA DI INTERVENTO NEL PGRA DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE

Ai sensi del P.I.T., approvato con D.C.R. n.37 del 27 marzo 2015 l'area d'intervento non risulta soggetta a misure di salvaguardia.

Il sito di interesse rientra sotto la competenza del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale, pertanto è soggetto alla Disciplina di Piano del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni.

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni è stato approvato con il D.P.C.M. 27 ottobre 2016.

Dalla visione della mappa di pericolosità idraulica redatta all'interno del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Appennino Settentrionale, si evince come l'area in oggetto risulti interna alla classe di pericolosità P.1 a pericolosità da alluvioni fluviali bassa (fig. 8), regolata dall'art.11 della Disciplina di Piano *Aree a pericolosità da alluvione bassa (P.1) – Indirizzi per gli strumenti di governo del territorio*, riportato qui di seguito:

*1. Nelle aree P.1 sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici garantendo il rispetto delle condizioni di mitigazione e gestione del rischio idraulico.*

*2. La Regione disciplina le condizioni di gestione del rischio idraulico per la realizzazione degli interventi nelle aree P.1.*

Nella mappa del rischio idraulico, che fa parte anch'essa del PGRA del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale, viene assegnato alla zona di interesse la classe di rischio R2 a rischio idraulico medio.

Inoltre sempre dall'esame della mappa di pericolosità idraulica è possibile notare come l'area in oggetto rientri nella classe di pericolosità da flashflood P4 a pericolosità molto elevata.

La carta guida delle aree allagate redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966-1999), evidenzia come la zona in esame sia interna alle aree interessate in passato da inondazioni eccezionali.

Sempre in riferimento alla cartografia allegata al D.P.C.M. 226 del 5.11.99, l'intervento risulta esterno alle zone A e B, di cui alle norme 2 e 3, individuate per la realizzazione degli interventi strutturali di messa in sicurezza del F. Arno e al di fuori delle aree di pertinenza fluviale dell'Arno e dei suoi affluenti.

## 9. L'AREA DI INTERVENTO NEL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO DELLA PROVINCIA DI PISA

Di seguito vengono descritte le condizioni di pericolosità presenti negli studi geologici di supporto al P.T.C.

### Carta della pericolosità geomorfologica

L'area di intervento ricade in pericolosità geomorfologica media, sottoclasse 3b: *in essa ricadono le aree acclivi con caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e litotecniche sfavorevoli alla stabilità, per cui i fenomeni franosi si manifestano coinvolgendo ampie porzioni di territorio e di sottosuolo, e altresì le aree della pianura alluvionale con prevalenza di terreni compressibili a bassa resistenza penetrometrica statica;*

### Carta della pericolosità idraulica

La pericolosità idraulica nella zona in esame è media, sottoclasse 3a e *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;*

### Carta della vulnerabilità idrogeologica

Parte dell'area in oggetto è classificata a vulnerabilità idrogeologica media, sottoclasse 3a, e *corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un certo grado di protezione, insufficiente tuttavia a garantirne la salvaguardia; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 15 ed i 30 giorni, quali quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali scarsamente permeabili con falda prossima al piano campagna, da falde idriche in materiali a medio-bassa permeabilità con piezometria depressa per cause naturali, da falde idriche spesso sospese attestate in terrazzi alluvionali non direttamente connessi con gli acquiferi principali ovvero in estesi corpi detritici pedecollinari, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone in cui affiorano terreni a bassa permeabilità e le zone interessate da falde freatiche attestate in complessi detritici sufficientemente estesi o con evidenze di circolazione idrica; mentre la maggior parte dell'area di indagine rientra nelle aree classificate a vulnerabilità idrogeologica bassa, classe 2, e corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata è apparentemente non vulnerabile, in base a considerazioni riguardanti la natura degli eventuali acquiferi e quella dei terreni di copertura, ma per cui permangono margini di incertezza dovuti a diversi fattori, quali la scarsa disponibilità di dati, la non precisa definibilità delle connessioni idrogeologiche e simili; corrisponde altresì alle situazioni in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda superiori a trenta giorni; in essa ricadono corpi idrici multifalda caratterizzati dalla presenza di alternanze tra litotipi a diversa ma comunque bassa permeabilità non completamente definiti su base idrogeologica, terreni a bassa permeabilità sciolti o litoidi con pendenze superiori al 20% o con piezometria media profonda, terreni alluvionali in vallette secondarie in cui non si rilevano indizi certi di circolazione idrica e con bacino di alimentazione caratterizzato in affioramento da litologie argilloso-sabbiose.*

In relazione al tipo di intervento (interventi su manufatti esistenti nelle espansioni periferiche), il PTC definisce una fattibilità 3 condizionata, che scaturisce dai livelli di rischio di seguito illustrati:

Pericolosità geomorfologica 3b media  $\Rightarrow$  livello di rischio III – medio/alto: *la trasformazione o l'attività riferibile alla classe 3 - "FATTIBILITA' CONDIZIONATA" di cui al punto 3.2 della D.C.R. 94/85 è subordinata alle condizioni poste da una valutazione puntuale della pericolosità geomorfologica, al minimo conforme a quanto disposto ai commi 3 e 4, e quindi da un progetto sulla mitigazione dello stato di rischio accertato, tenuto conto anche delle caratteristiche della trasformazione o attività;*

Pericolosità idraulica 3a media  $\Rightarrow$  livello di rischio II - basso: *la trasformazione o l'attività riferibile alla classe 2 - "FATTIBILITA' CON NORMALI VINCOLI DA PRECISARE A LIVELLO DI PROGETTO" di cui al punto 3.2 della D.C.R. 94/85 è ammissibile, in relazione alle conoscenze disponibili, ma è richiesta verifica a livello locale;*

Vulnerabilità idrogeologica 3a media e 2 bassa  $\Rightarrow$  livello di rischio II – basso: *la trasformazione o l'attività è ammissibile, in relazione alle conoscenze disponibili, ma è richiesta verifica a livello locale.*

## 10. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO DEL SOTTOSUOLO LOCALE

L'esame delle indagini geognostiche realizzate in precedenza nelle vicinanze del comparto in esame (fig. 1), ha permesso di ipotizzare le caratteristiche litostratigrafiche dei terreni locali, che sono sinteticamente rappresentati a partire dall'alto, da uno spessore variabile di riporto antropico, cui segue uno strato di sedimenti argillosi di colore marrone/beige moderatamente consistenti, al di sotto del quale sono ancora presenti depositi argillosi però di colore grigio, compressibili, talvolta con intercalazioni di natura sabbioso/limosa.

Dall'esame delle stratigrafie considerate è possibile notare come il cambio di litologia cui si assiste, sempre a partire dall'alto, da argille di colore beige/marrone ad argille di colore grigio, corrisponda all'incirca, nei rapporti di prova delle penetrometrie statiche analizzate, alla sensibile diminuzione nei valori dei parametri geotecnici stimati.

La variabilità litologica verticale degli strati può essere riconducibile alla passata attività esondativa del F.Arno ed alla sua storia evolutiva, come pure alla morfologia preesistente dell'ambiente di deposizione.

## 11. VALUTAZIONE DEL RETICOLO IDRAULICO

Dalla relazione *condizioni geologiche e idrauliche del territorio*, realizzata a corredo delle indagini geologico-tecniche di supporto al P.S. del Comune di Pisa, si riporta quanto segue:

Il territorio di Pisa, sotto il profilo idraulico è distinto in due grandi zone:

- la zona di Pisa a Nord dell'Arno, che recapita le proprie acque nel Fiume Morto;
- la zona di Pisa a Sud dell'Arno che recapita le proprie acque nel Canale dei Navicelli.

Nel dettaglio l'area di interesse rientra nel Bacino di Bonifica dell'Arnaccio

Bacino di Bonifica dell'Arnaccio

Il comprensorio si estende oltre il territorio comunale e comprende la zona a Est dell'allineamento Strada Putignano – Le Rene – Fosso Caligi. Il limite Sud è la Fossa Chiara, il limite Nord è la golena sinistra dell'Arno, il limite Ovest è la bonifica di Coltano e di San Giusto e il limite Est è la Fossa Chiara.

Si distinguono due sottobacini:

-sottobacino di bonifica a scolo meccanico limitato a Nord dall'allineamento circa Est-Ovest Fosso Vecchio di Oratoio – Fosso Vecchio di Titignano, a Nord-Ovest dal Fosso Vecchio di Oratoio e dalla Via Emilia, a Ovest dal Fosso Caligi e a Sud dalla Fossa Chiara. I vari antifossi convogliano le proprie acque a Sud all'idrovora dell'Arnaccio, la quale a sua volta le immette nella Fossa Chiara.

Un piccolo sottobacino a scolo meccanico, nella porzione occidentale del comprensorio di bonifica, convoglia le acque attraverso l'impianto idrovoro di Padulello nel Fosso Caligi;

-sottobacino di bonifica a scolo naturale: scola le acque che provengono dal territorio a Sud dell'Arno, limitato a Sud dal sottobacino di bonifica a scolo meccanico dell'Arnaccio, a Ovest dalla Bonifica di San Giusto e di Coltano, attraverso una serie di linee idrauliche principali che sono:

- Fosso Caligi,
- Fosso di Oratoio e
- Fosso di Titignano,

che confluiscono nella Fossa Chiara. La zona di Riglione-Oratoio è in piccola parte allacciata al depuratore de La Fontina, il resto scarica nel Fosso di Oratoio.

La zona industriale di Ospedaletto, essendo a fognatura mista, scarica le acque nel Fosso Caligi. In quest'area i problemi di allagamento sono causati dalle acque alte, perché il Fosso Caligi e il Fosso di Titignano hanno problemi di tracimazione dalle sponde per insufficiente sezione idraulica in caso di eventi piovosi intensi.

Inoltre a titolo informativo, si fa presente che a seguito di stoccaggio abusivo di rifiuti nell'alveo del Fosso Oratoio, da parte del vicino campo rom abusivo, nell'ottobre 2011 è stata sfiorata l'esondazione del medesimo fosso.

Infine il Fiume Arno, corso d'acqua principale presente all'interno del territorio comunale, defluisce con andamento meandriforme 2100 m a Nord della zona in oggetto.

Gli studi idraulici disponibili hanno evidenziato che il sito in esame non risulta esposto a particolari situazioni di rischio idraulico legati ad eventi alluvionali dell'Arno.

Lo scrivente ha richiesto all'Amministrazione Comunale di Pisa, nella persona del Dott. Iannucci, l'altezza dell'eventuale battente idrico duecentennale nella zona di interesse. La risposta verbale fornita dallo stesso Dott. Iannucci è stata che nell'area oggetto del presente studio il battente idraulico non è presente.

## 12. PERICOLOSITA' E FATTIBILITA' DELL'AREA SOGGETTA A PIANO ATTUATIVO, AI SENSI DEL D.P.G.R. N. 53/R DEL 25/10/2011

In questa sede si è proceduto a riformulare le valutazioni di pericolosità ai sensi del D.P.G.R. 53R/2011 (fig. 9), sulla base dell'esame degli elementi geologici e delle indagini esaminate, eseguite nelle vicinanze dell'area in studio.

Per quanto riguarda la pericolosità, si ha:

-pericolosità geologica: a seguito della visione delle indagini geognostiche già eseguite nei pressi della zona di interesse, che hanno individuato depositi alluvionali, costituiti prevalentemente da sedimenti di natura coesiva, per lo più argillosi talvolta con intercalazioni di natura granulare, da

moderatamente compressibili a compressibili, con variabilità litologica verticale, si definisce una pericolosità geologica elevata (**G3**);

-pericolosità idraulica: gli studi idraulici disponibili, PGRA del Distretto Appennino Settentrionale, il precedente PAI dell'Autorità di Bacino dell'Arno e altri ancora, hanno evidenziato che il sito in esame non risulta esposto a particolari situazioni di rischio idraulico legati ad eventi alluvionali dell'Arno.

Lo scrivente ha richiesto all'Amministrazione Comunale di Pisa, nella persona del Dott. Iannucci, l'altezza dell'eventuale battente idrico duecentennale nella zona di interesse. La risposta verbale fornita dallo stesso Dott. Iannucci è stata che nell'area oggetto del presente studio il battente idraulico non è presente.

In riferimento a quanto sopra riportato, si definisce una pericolosità idraulica media (**I2**).

Tuttavia gli aspetti da prendere in considerazione per quanto concerne le problematiche di carattere idraulico sono quelli che derivano dall'inadeguatezza della rete fognaria acque bianche e del reticolo idraulico minore che impediscono un efficace deflusso delle acque in caso di fenomeni atmosferici particolarmente violenti.

In considerazione della possibilità di eventuali allagamenti causati da deficit temporanei del reticolo idraulico locale o della rete fognaria, dovranno essere previsti rialzamenti del solaio di calpestio del piano terra di almeno 30 cm rispetto alla quota del piano terra attuale (o in alternativa un altro piano di riferimento a quota più elevata individuato dal rilievo topografico), nonché la dotazione di adeguati impianti di sollevamento.

Inoltre al fine di ridurre il carico idraulico in fognatura, potrà essere prevista la raccolta delle acque piovane in cisterne di dimensioni adeguate.

-pericolosità sismica locale: si tratta di un'ulteriore valutazione di pericolosità introdotta dal D.P.G.R. 26/R/07 ed individua qualitativamente gli elementi in grado di generare i fenomeni di amplificazione locale ed instabilità dinamica.

Sulla base di quanto sopra esposto, della normativa vigente e dall'analisi e valutazione delle conoscenze relative agli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e litotecnici desunti dal quadro conoscitivo, nonché dalle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nelle vicinanze della zona di interesse, per l'area soggetta a *Piano Attuativo relativo al complesso immobiliare sito fra Via Meucci e Via Castaldi*, si ottiene una pericolosità sismica locale elevata (**S3**).

Le condizioni di fattibilità delle trasformazioni sono state quindi ridefinite in funzione degli elementi di pericolosità e di criticità emerse nell'applicazione del D.P.G.R. 53R/2011.

E' stata redatta infine un'unica cartografia (fig. 10) in cui sono riassunte le classi di fattibilità per l'area in oggetto:

-fattibilità in relazione agli aspetti geologici: in riferimento alle indagini geognostiche e geofisiche esaminate, che hanno mostrato una variabilità litologica verticale dei depositi alluvionali presenti nei primi metri, l'intervento edilizio programmato assume una fattibilità (**FG3**). La fase di progettazione esecutiva deve essere corredata da una campagna di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche conformi alla normativa vigente in materia di interventi edilizi in zone sismiche (D.M. 14/01/2008 e D.P.G.R. 36/R del 09/07/2009), atte ad individuare le caratteristiche geologiche, geotecniche e geofisiche del comparto in oggetto al fine di permettere allo strutturista di effettuare le scelte progettuali più idonee;

-fattibilità in relazione agli aspetti idraulici: gli studi idraulici disponibili, PGRA del Distretto Appennino Settentrionale, il precedente PAI dell'Autorità di Bacino dell'Arno e altri ancora, hanno evidenziato che il sito in esame non risulta esposto a particolari situazioni di rischio idraulico legati ad eventi alluvionali dell'Arno.

Inoltre per l'area in oggetto non è presente alcun battente idrico duecentennale (fonte Dott. Iannucci Comune di Pisa).

Alla luce di ciò, limitatamente al comparto di interesse viene assegnata una fattibilità (**F12**).

Tuttavia, in considerazione della possibilità di eventuali allagamenti causati da deficit temporanei del reticolo idraulico locale o della rete fognaria, dovranno essere previsti rialzamenti

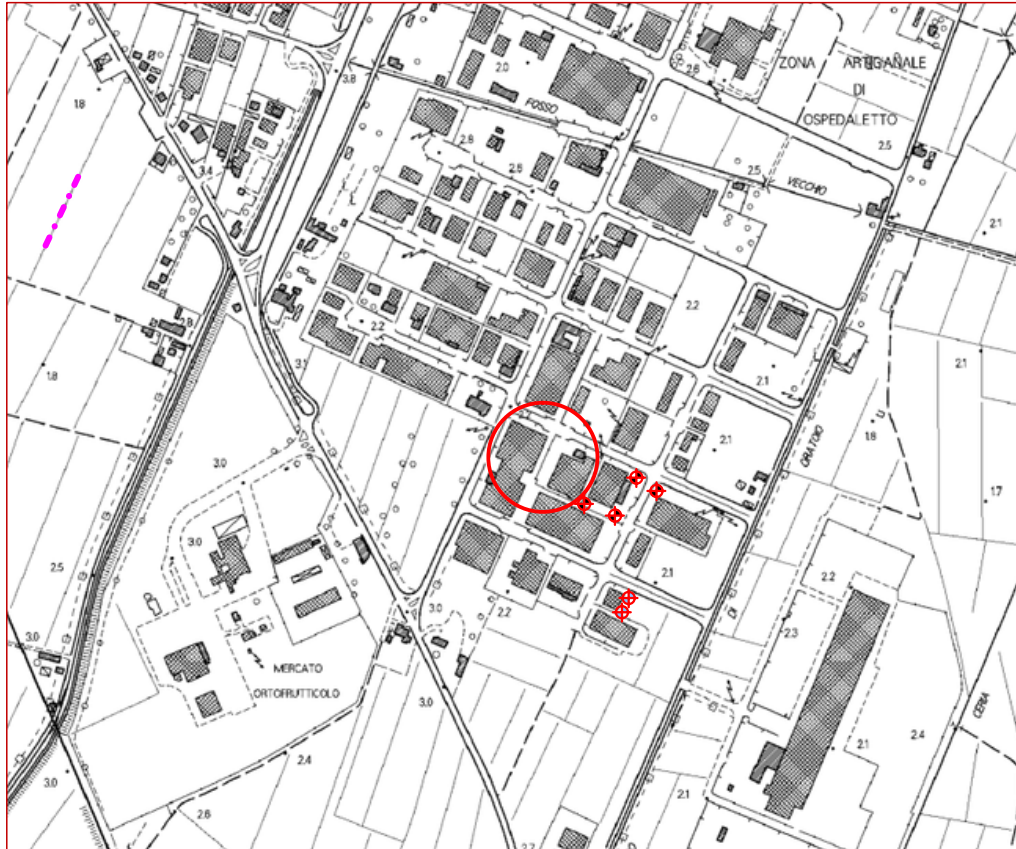


del solaio di calpestio del piano terra di almeno 30 cm rispetto alla quota del piano terra attuale (o in alternativa un altro piano di riferimento a quota più elevata individuato dal rilievo topografico), nonché la dotazione di adeguati impianti di sollevamento.

Inoltre al fine di ridurre il carico idraulico in fognatura, potrà essere prevista la raccolta delle acque piovane in cisterne di dimensioni adeguate.

-fattibilità in relazione agli aspetti sismici: in virtù della pericolosità sismica locale S3 e delle indagini geofisiche esaminate, si assegna una fattibilità **(FS3)**; in fase esecutiva dovrà essere eseguita una campagna di indagini geofisica e geotecnica in conformità alla normativa vigente in materia di costruzioni in zone sismiche (D.M. 14/01/2008 e D.P.G.R. 36/R del 09/07/2009), che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra alluvioni e bedrock sismico.

### 13. FIGURE E ALLEGATI



## LEGENDA





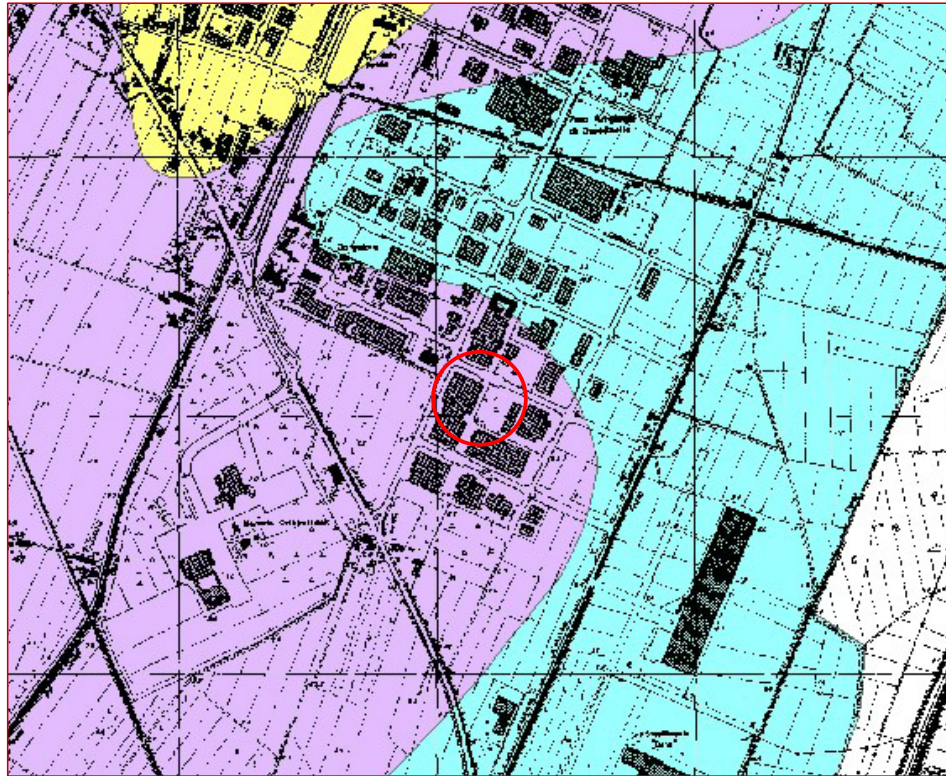
-  Ubicazione area d'intervento
-  Sondaggi geognostici provenienti dal sito web Regione Toscana-Database Geologico Regionale
-  Prove penetrometriche statiche provenienti dal sito web Regione Toscana-Database Geologico Regionale
-  Prospezione sismica MASW analizzata

Fig. 1 Ubicazione area d'intervento e dati disponibili



## LEGENDA

- Depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi (Olocene)
- Depositi alluvionali prevalentemente limosi e sabbiosi con intercalazioni argillose (Olocene)
- Depositi alluvionali prevalentemente argillosi, torbe palustri e depositi di colmata (Olocene)
- Ubicazione area d'intervento



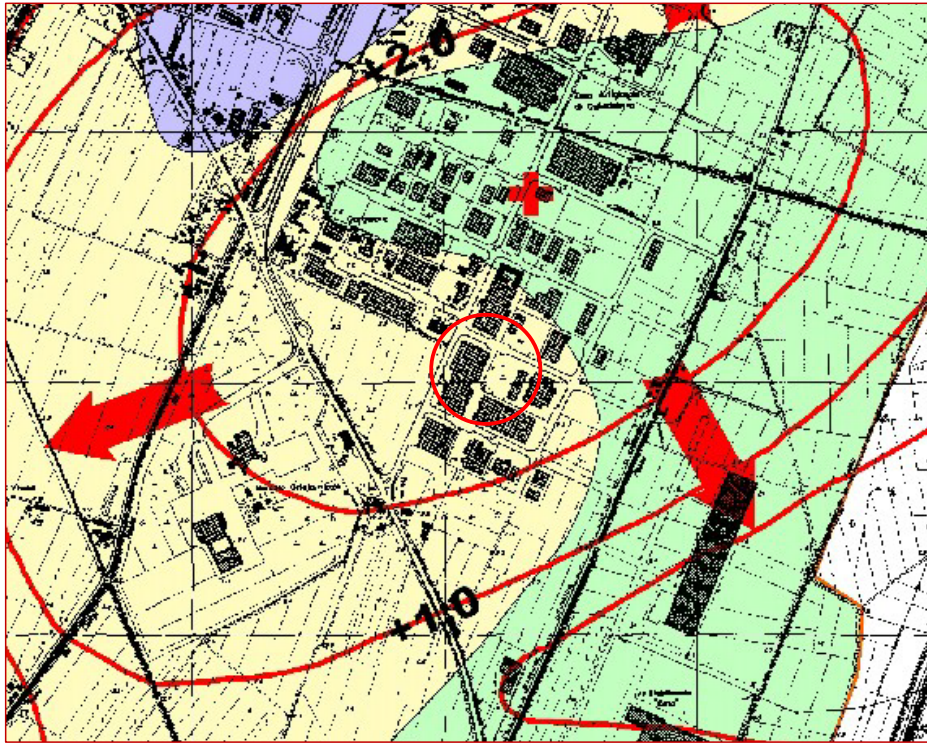
COMUNE DI PISA

**PIANO STRUTTURALE**  
(Approvato con deliberazione del Consiglio Comunale N°103 del 2 ottobre 1998)

---

Elaborato quadro conoscitivo **B.2.4**  
**CARTA GEOLOGICA**  
 Scala 1:20.000

Fig. 2 Carta geologica, geomorfologica e ubicazione area d'intervento  
estratta da P.S. del Comune di Pisa



## LEGENDA

- Sedimenti a permeabilità primaria media
- Sedimenti a permeabilità primaria generalmente medio-bassa, sono presenti livelli più o meno continui a permeabilità leggermente maggiore in corrispondenza delle intercalazioni sabbiose
- Sedimenti a permeabilità primaria molto bassa, contengono livelli praticamente impermeabili in corrispondenza delle intercalazioni torbose
- Isofreatiche estive. Valori riferiti al livello del mare
- Direzioni di flusso
- Ubicazione area d'intervento



COMUNE DI PISA

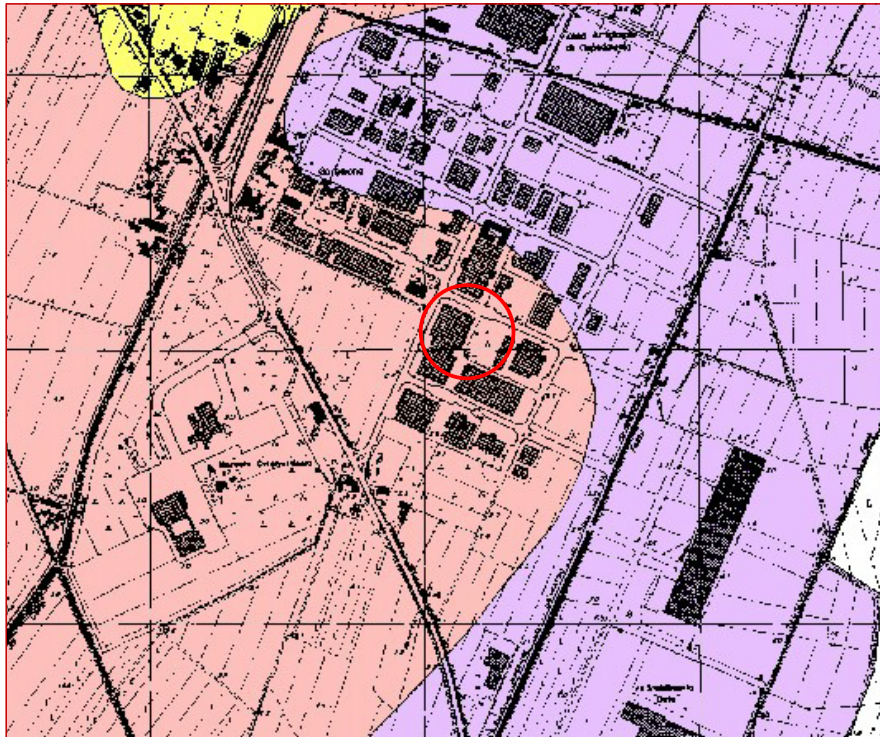
PIANO STRUTTURALE  
(Approvato con deliberazione del Consiglio Comunale N°103 del 2 ottobre 1998)

---

Elaborato quadro conoscitivo **B.2.6**  
**CARTA IDROGEOLOGICA**  
Scala 1:20.000

Fig. 3 Carta idrogeologica e ubicazione area d'intervento

estratta da P.S. del Comune di Pisa



## LEGENDA

- sl - Sabbie fini limose
  
- al - Argille e limi
  
- li - Terreni prevalentemente limosi
  
- Ubicazione area d'intervento



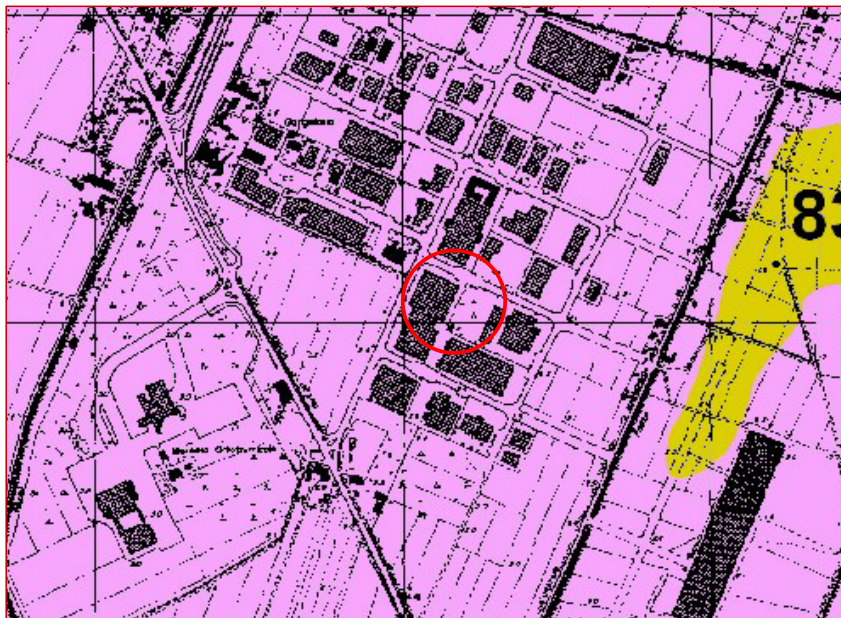
COMUNE DI PISA

PIANO STRUTTURALE  
(Approvato con deliberazione del Consiglio Comunale N°103 del 2 ottobre 1998)


---

Elaborato quadro conoscitivo **B.2.5**  
**CARTA LITOTECNICA**  
Scala 1:20.000


Fig. 4 Carta litotecnica e ubicazione area d'intervento



## LEGENDA

 Ubicazione area d'intervento

 Classe 3a - PERICOLOSITÀ MEDIO-BASSA: zone in cui il tetto delle argille compressibili è posto a profondità maggiori di 2 m. dal p.c..

 Classe 3b - PERICOLOSITÀ MEDIA: zone in cui il tetto delle argille compressibili è posto a profondità compresa tra 1 e 2 m. dal p.c., oppure zone soggette ad allagamenti per difficoltà di drenaggio in caso di eventi piovosi intensi



COMUNE DI PISA

PIANO STRUTTURALE

(Approvato con deliberazione del Consiglio Comunale N°103 del 2 ottobre 1998)

Elaborato quadro conoscitivo **B.2.2**

**CARTA DELLA PERICOLOSITA'**


Scala 1:20.000


Fig. 5 Carta pericolosità geologica e ubicazione area d'intervento


estratta da P.S. del Comune di Pisa




## LEGENDA

 Ubicazione area d'intervento

 Isopache dei terreni argilloso-limosi superficiali preconsolidati con intercalazioni di lenti sabbiose

 Punti di controllo con indicazione della profondità del tetto delle argille compressibili (metri dal p.c.)

 Aree di affioramento o sub affioramento delle argille plastiche compressibili



COMUNE DI PISA

PIANO STRUTTURALE

(Approvato con deliberazione del Consiglio Comunale N°103 del 2 ottobre 1998)

Elaborato quadro conoscitivo **B.2.2**  
**CARTA DELLA PROFONDITA' DEL TETTO DELLE**  
**ARGILLE COMPRESSIBILI**  
 Scala 1:20.000

Fig. 6 Carta della profondità del tetto delle argille compressibili e ubicazione area d'intervento.



## LEGENDA

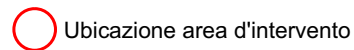
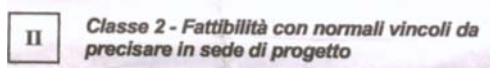
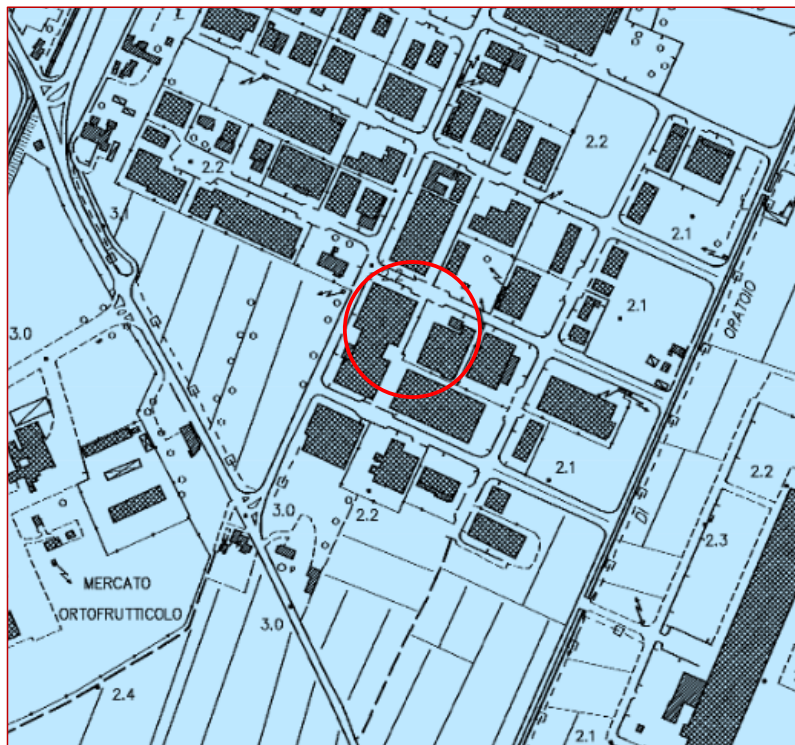



Fig. 7 Stralcio carta della fattibilità, da R.U. Comune di Pisa





#### LEGENDA

 **P1** Pericolosità da alluvioni fluviali bassa


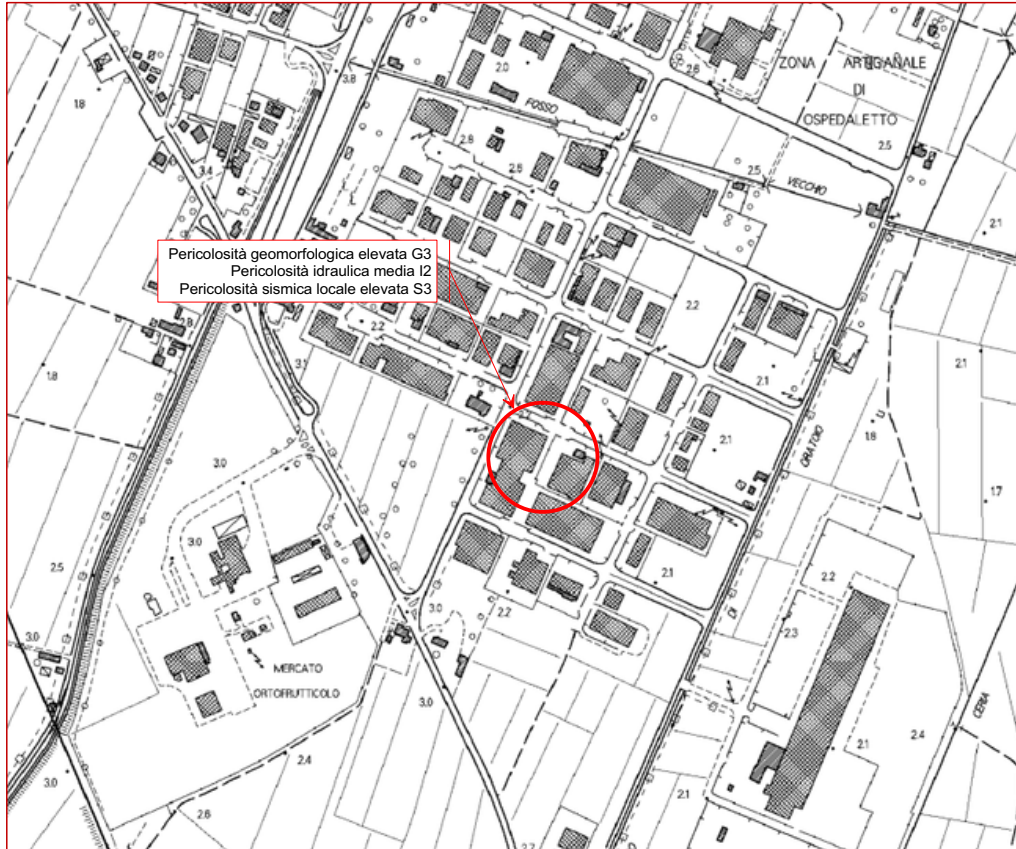

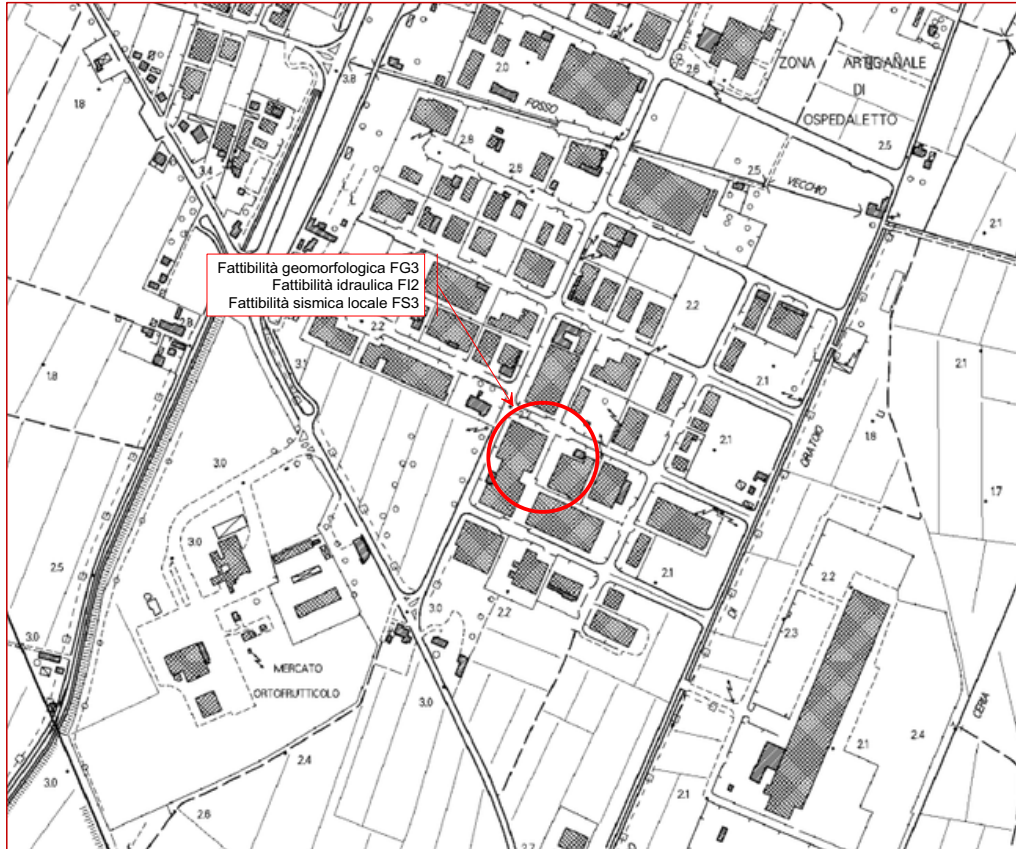
 Ubicazione area d'intervento

Fig. 8 Estratto mappa delle aree con pericolosità da alluvione, da stralcio n.421 PGRA Arno



## LEGENDA

 Ubicazione comparto soggetto a Piano Attuativo in Variante al R.U.



LEGENDA


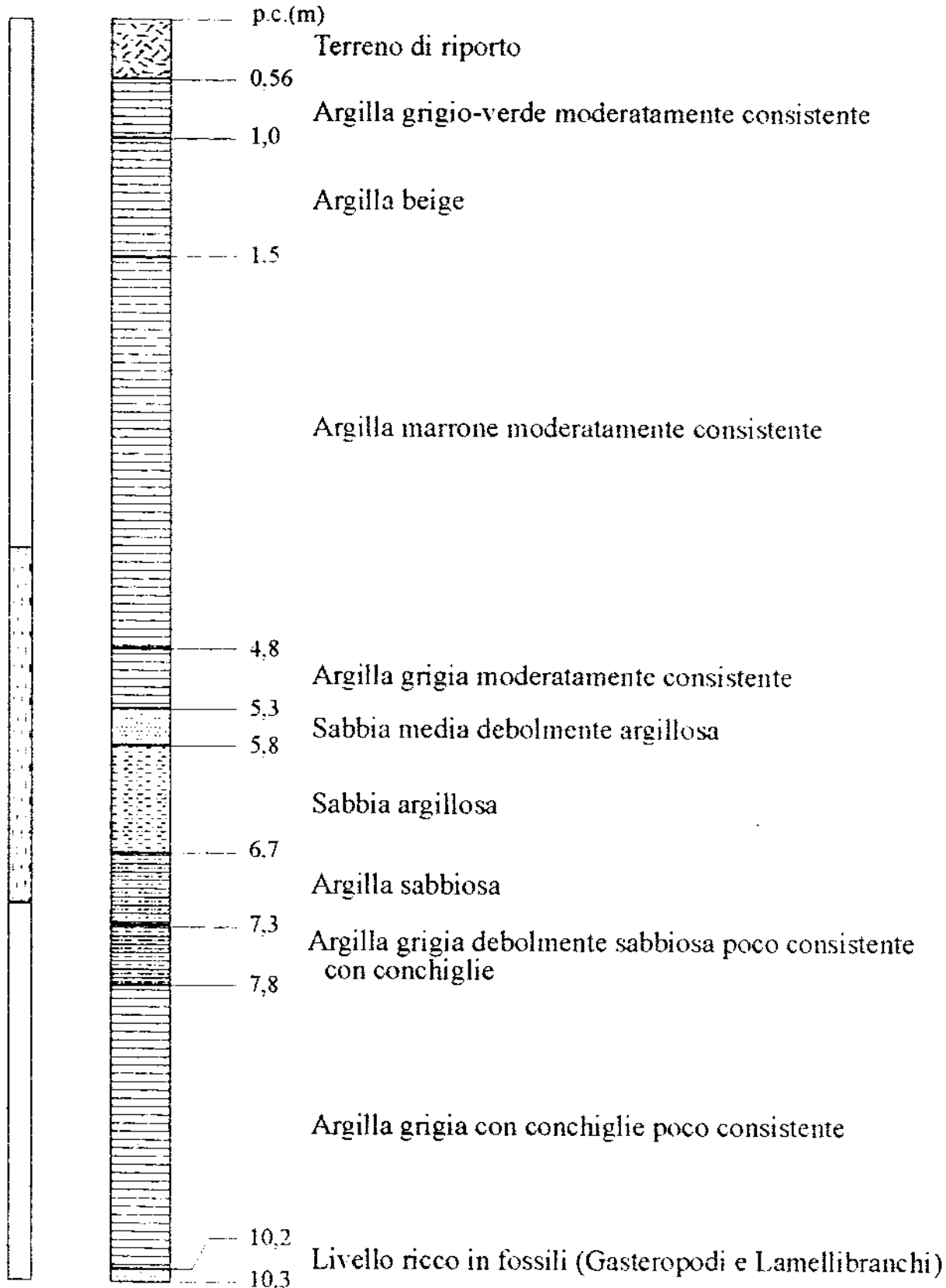
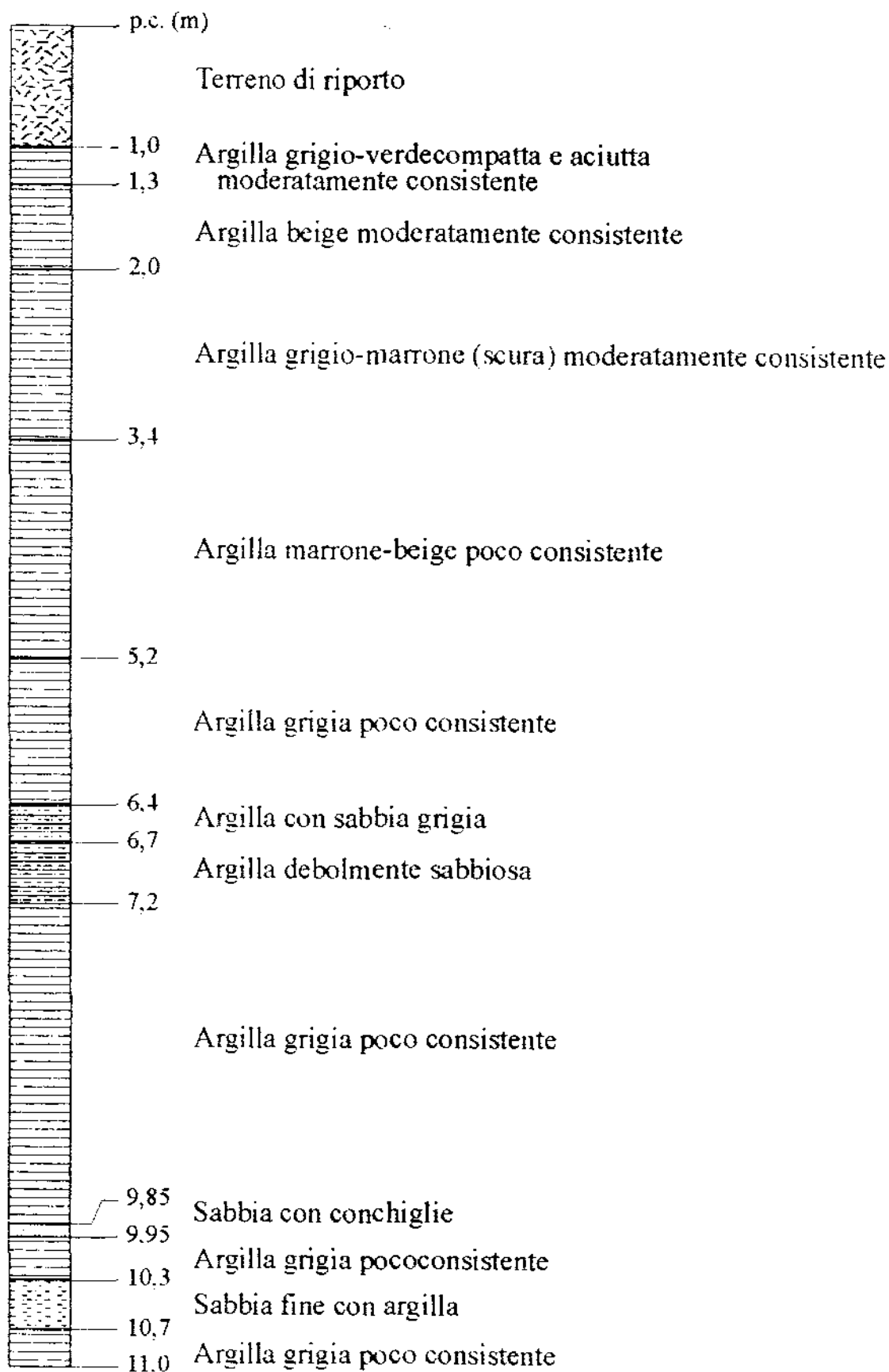
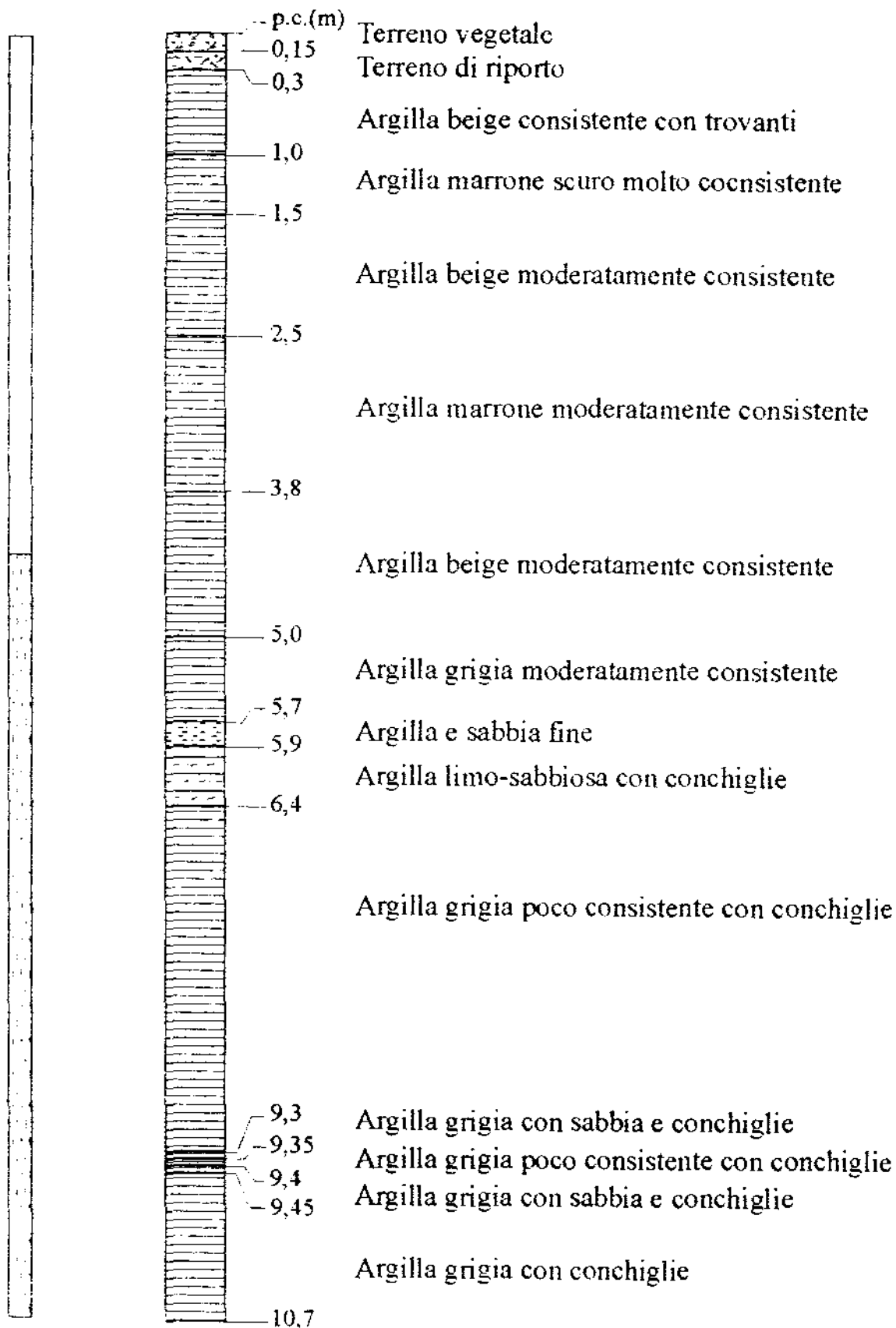
-  Ubicazione comparto soggetto a Piano Attuativo in Variante al R.U.

Fig. 10 Ubicazione area oggetto di Piano Attuativo in Variante al R.U. e sintesi delle classi di fattibilità conformi alle Direttive di cui al D.P.G.R. del 25/10/2011 n.53/R







CONDITA' [tri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Ps	Qt [Kgf]	Gamma [Kg/dmc]	Sigma IVO [Kg/cmq]	Fi [gradi]	Dp [%]	Cu [Kg/cmq]	w <sub>v</sub> [cmq/t]	Colonna Stratig.
1.2					1,80	,04	-	-	-	-	
1.4					1,80	,07	-	-	-	-	
1.6	11,1	,7	15	330	1,90	,11	-	-	,44	22,1	A
1.8	12,3	,8	15	370	1,91	,15	-	-	,49	21,0	A
1.0	14,3	,9	17	390	1,91	,19	-	-	,56	19,9	A
1.2	15,3	,9	16	470	1,91	,22	-	-	,60	19,6	A
1.4	16,3	1,3	12	470	1,59	,26	-	-	,64	22,7	T
1.6	16,3	1,3	13	730	1,59	,29	-	-	,64	22,7	T
1.8	17,4	,9	19	860	1,92	,31	-	-	,68	19,4	A
1.0	20,4	1,3	16	930	1,92	,33	-	-	,80	19,6	A
1.2	14,4	,5	31	960	1,91	,34	-	-	,56	19,9	AL
1.4	14,4	,8	18	970	1,91	,36	-	-	,56	19,9	A
1.6	12,4	,8	16	1130	1,91	,38	-	-	,48	20,9	A
1.8	12,5	,7	19	1140	1,91	,40	-	-	,48	20,9	A
1.0	14,5	,7	20	1530	1,91	,42	-	-	,56	19,8	A
1.2	11,5	,1	12	1660	1,55	,43	-	-	,44	32,2	T
1.4	11,5	,9	13	1820	1,55	,44	-	-	,44	32,2	T
1.6	12,5	,3	38	2050	1,66	,45	-	-	,48	19,4	L
1.8	14,6	,8	18	2060	1,91	,47	-	-	,57	19,8	A
1.0	13,6	,9	15	2330	1,91	,49	-	-	,52	20,2	A
1.2	14,6	,9	17	2390	1,91	,51	-	-	,56	19,8	A
1.4	14,6	,7	22	2490	1,91	,52	-	-	,56	19,8	A
1.6	15,6	,7	21	2690	1,91	,54	-	-	,60	19,5	A
1.8	12,7	,8	16	2760	1,91	,56	-	-	,49	20,7	A
1.0	13,7	,8	17	2840	1,91	,58	-	-	,52	20,2	A
1.2	9,7	,9	11	2840	1,53	,59	-	-	,36	37,6	T
1.4	7,7	,5	14	2920	1,51	,60	-	-	,28	43,3	T
1.6	6,7	,5	14	2880	1,50	,61	-	-	,24	47,7	T
1.8	5,9	,5	11	3220	1,49	,62	-	-	,21	52,4	T
1.0	19,9	,1	149	3280	1,90	,64	31	23	-	16,7	SS
1.2	20,9	,1	157	3270	1,90	,65	31	24	-	15,9	SS
1.4	10,9	,3	41	3230	1,65	,67	-	-	,41	21,0	L
1.6	3,9	,3	12	3140	1,47	,68	-	-	,13	73,4	T
1.8	4	,1	30	3090	1,60	,69	-	-	,13	46,8	AL
1.0	4	,1	30	3100	1,60	,70	-	-	,13	46,8	AL
1.2	4	,1	30	3120	1,60	,71	-	-	,13	46,8	AL
1.4	4	,1	30	3060	1,60	,73	-	-	,13	46,8	AL
1.6	4	,1	30	3030	1,60	,74	-	-	,13	46,8	AL
1.8	4,2	,1	32	3020	1,61	,75	-	-	,14	44,8	AL
1.0	3,2	,1	24	3010	1,56	,76	-	-	,10	57,0	A
1.2	3,2	,1	24	3010	1,56	,77	-	-	,10	57,0	A
1.4	4,2	,1	32	3000	1,61	,78	-	-	,14	44,8	AL
1.6	4,2	,2	21	3020	1,61	,80	-	-	,14	44,8	A
1.8	4,3	,2	22	2970	1,62	,81	-	-	,14	44,0	A
1.0	5,3	,1	40	2920	1,63	,82	-	-	,18	36,2	L
1.2	5,3	,1	40	2840	1,63	,83	-	-	,18	36,2	L
1.4	5,3	,1	40	2750	1,63	,85	-	-	,18	36,2	L
1.6	5,3	,1	40	2740	1,63	,86	-	-	,18	36,2	L
1.8	4,4	,1	33	2640	1,62	,87	-	-	,14	43,1	AL
1.0	4,4	,1	33	2590	1,62	,88	-	-	,14	43,1	AL

## parametri geotecnici stimati

PROFONDITA' [metri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Qt [Kgf]	Gamma [Kg/dmc]	Sigma Ivo [Kg/cmq]	Fi [gradi]	D <sub>R</sub> [%]	c <sub>u</sub> [Kg/cmq]	m <sub>v</sub> [cmq/t]	Colonna Stratig.
0.2	4,4	,1	33	2500	1,62	,89	-	-	,14	43,1	AL
0.4	4,4	,1	33	2400	1,62	,90	-	-	,14	43,1	AL
0.6	4,4	,2	22	2440	1,62	,92	-	-	,14	43,1	A
0.8	7,6	,2	38	2350	1,64	,93	-	-	,27	27,1	L
1.0	4,6	,2	23	2360	1,63	,94	-	-	,15	41,5	A
1.2	5,6	,1	42	2370	1,63	,96	-	-	,19	34,6	L
1.4	5,6	,1	42	2350	1,63	,97	-	-	,19	34,6	L
1.6	5,6	,1	42	2340	1,63	,98	-	-	,18	34,6	L
1.8	5,7	,2	29	2350	1,69	,99	-	-	,19	34,8	AL
2.0	5,7	,2	29	2360	1,69	1,01	-	-	,19	34,8	AL



FONDATA' [etri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Qt [Kgf]	Gamma [Kg/dmc]	Sigma IYO [Kg/cmq]	Fi {gradi}	Dp {%}	Cu [Kg/cmq]	mv (cmq/t)	Colonna Stratig.
0.2					1,80	,04	-	-	-	-	
0.4					1,80	,07	-	-	-	-	
0.6	3,1	,2	16	80	1,46	,10	-	-	,12	89,7	T
0.8	6,3	,3	19	190	1,72	,14	-	-	,25	32,2	A
1.0	11,3	,5	24	350	1,90	,17	-	-	,45	21,9	A
1.2	16,3	,9	19	580	1,91	,21	-	-	,64	19,4	A
1.4	17,3	1,1	15	730	1,92	,25	-	-	,68	19,4	A
1.6	18,3	1,4	13	850	1,61	,28	-	-	,72	20,2	T
1.8	20,4	1	20	920	1,92	,30	-	-	,80	19,6	A
2.0	14,4	1,1	13	970	1,57	,31	-	-	,56	25,7	T
2.2	13,4	1	13	1090	1,56	,32	-	-	,52	27,6	T
2.4	14,4	,9	15	1230	1,91	,34	-	-	,56	19,9	A
2.6	15,4	,9	18	1400	1,91	,36	-	-	,60	19,6	A
2.8	15,5	1,1	15	1570	1,91	,38	-	-	,60	19,6	A
3.0	14,5	,9	17	1710	1,91	,40	-	-	,56	19,8	A
3.2	13,5	1	14	1760	1,57	,41	-	-	,52	27,4	T
3.4	12,5	,9	14	1790	1,56	,42	-	-	,48	29,6	T
3.6	12,5	,8	16	1800	1,91	,44	-	-	,48	20,9	A
3.8	16,6	,9	19	1780	1,91	,46	-	-	,65	19,4	A
4.0	16,6	,9	19	1910	1,91	,47	-	-	,65	19,4	A
4.2	17,6	,9	20	2150	1,92	,49	-	-	,68	19,4	A
4.4	17,6	1	18	2360	1,92	,51	-	-	,68	19,4	A
4.6	15,6	1	16	2490	1,91	,53	-	-	,60	19,5	A
4.8	13,7	1,2	11	2610	1,57	,54	-	-	,53	27,0	T
5.0	13,7	,7	21	2750	1,91	,56	-	-	,53	20,2	A
5.2	10,7	,8	13	2930	1,54	,57	-	-	,41	34,6	T
5.4	8,7	,7	13	2830	1,52	,58	-	-	,32	40,1	T
5.6	6,7	,3	20	2860	1,74	,59	-	-	,24	30,7	A
5.8	15,9	,7	22	2870	1,91	,61	-	-	,61	19,5	A
6.0	17,9	,5	38	2810	1,69	,63	-	-	,69	16,9	L
6.2	11,9	,8	15	2800	1,90	,64	-	-	,45	21,3	A
6.4	13,9	,2	70	2740	1,67	,66	28	10	-	16,7	SS
6.6	8,9	,3	33	2710	1,85	,67	-	-	,33	25,1	AL
6.8	5	,3	15	2700	1,48	,68	-	-	,17	59,7	T
7.0	5	,1	38	2700	1,63	,70	-	-	,17	38,1	L
7.2	5	,1	38	2760	1,63	,71	-	-	,17	38,1	L
7.4	5	,1	38	2800	1,63	,72	-	-	,17	38,1	L
7.6	5	,1	38	2870	1,63	,73	-	-	,17	38,1	L
7.8	5,2	,1	39	2810	1,63	,75	-	-	,18	36,8	L
8.0	5,2	,1	39	2710	1,63	,76	-	-	,18	36,8	L
8.2	5,2	,1	39	2640	1,63	,77	-	-	,18	36,8	L
8.4	5,2	,1	39	2590	1,63	,78	-	-	,18	36,8	L
8.6	4,2	,2	21	2670	1,61	,80	-	-	,14	44,8	A
8.8	5,3	,1	40	2650	1,63	,81	-	-	,18	36,2	L
9.0	4,3	,2	22	2660	1,62	,82	-	-	,14	44,0	A
9.2	4,3	,2	22	2640	1,62	,83	-	-	,14	44,0	A
9.4	4,3	,1	32	2600	1,62	,85	-	-	,14	44,0	AL
9.6	4,3	,1	32	2600	1,62	,86	-	-	,14	44,0	AL
9.8	4,4	,1	33	2600	1,62	,87	-	-	,14	43,1	AL
0.0	5,4	,1	81	2500	1,63	,88	28	2	-	16,7	SS

## parametri geotecnici stimati

PROFONDITA' [metri]	Qc [Kg/cmq]	Fs [Kg/cmq]	Qc/Fs	Qt [Kgf]	Gamma [Kg/dmc]	Sigma Ivo [Kg/cmq]	Fi [gradi]	D <sub>R</sub> [%]	c <sub>u</sub> [Kg/cmq]	m <sub>v</sub> [cmq/t]	Colonna Stratig.
10.2	5,4	,1	41	2460	1,63	,89	-	-	,18	35,7	L
10.4	5,4	,1	81	2450	1,63	,91	28	2	-	16,7	SS
10.6	5,4	,1	41	2440	1,63	,92	-	-	,18	35,7	L
10.8	6,6	,1	50	2370	1,63	,93	28	2	-	16,7	SS
11.0	4,6	,2	23	2330	1,63	,94	-	-	,15	41,5	A
11.2	4,6	,2	23	2310	1,63	,96	-	-	,15	41,5	A
11.4	4,6	,2	23	2300	1,63	,97	-	-	,15	41,5	A
11.6	5,6	,1	42	2310	1,63	,98	-	-	,18	34,6	L
11.8	5,7	,3	21	2340	1,69	,99	-	-	,19	34,8	A
12.0	5,7	,3	21	2350	1,69	1,01	-	-	,19	34,8	A

Comune di Pisa

INDAGINI GEOFISICHE REALIZZATE IN  
LOCALITA' OSPEDALETTO, COMUNE DI PISA

Committente

*Geo Tirreno S.r.l.*

Lucca, 20 settembre 2007

**Dott. Geol. Simone Sartini**

## **Sommario**

- |  |          |
|--|----------|
| <b>1) Premessa</b>                     | <b>3</b> |
| <b>2) Risultati dell'indagine MASW</b> | <b>4</b> |

**Allegato 1: Tavole**

**Allegato 2: Foto**

## 1) Premessa

Dietro incarico della Committenza sono state eseguite indagini geofisiche in un lotto di terreno in località Ospedaletto (Tav. 1) nel Comune di Pisa, con lo scopo di caratterizzare i terreni presenti nel lotto medesimo mediante il parametro Vs30.

La caratterizzazione in oggetto è stata eseguita facendo ricorso alla tecnica denominata M.A.S.W. (Multi-channel analysis of surface waves), basata sullo studio della propagazione delle onde sismiche di superficie (Onde di Rayleigh).

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

## 2) Risultati dell'indagine MASW

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

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

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

Suolo di fondazione	$V_{s30}$	$N_{spt}$ - Cu
<b>A</b> Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.	<b>&gt; 800 m/s</b>	
<b>B</b> Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$ , o coesione non drenata $Cu > 250$ kPa).	<b>&gt; 360 m/s &lt; 800 m/s</b>	<b><math>N_{spt} &gt; 50</math> <math>Cu &gt; 250</math> kPa</b>
<b>C</b> Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_{s30}$ compresi 180 m/s e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$ , $70 < Cu < 250$ kPa).	<b>&gt; 180 m/s &lt; 360 m/s</b>	<b><math>15 &lt; N_{spt} &lt; 50</math> <math>70 &lt; Cu &lt; 250</math> kPa</b>
<b>D</b> Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ( $N_{spt} < 15$ , $Cu < 70$ kPa).	<b>&lt; 180 m/s</b>	<b><math>N_{spt} &lt; 15</math> <math>Cu &lt; 70</math> kPa</b>
<b>E</b> Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di $V_{s30}$ simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.	<b>&lt; 360 m/s</b>	
<b>S<sub>1</sub></b> Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $I_p > 40$ ) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s	<b>&lt; 100 m/s</b>	
<b>S<sub>2</sub></b> Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.		

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

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

I vantaggi della tecnica MASW possono essere così riassunti:

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

Tali caratteristiche ne hanno reso particolarmente indicato l'uso nel sito in oggetto.

Schematicamente il processo di analisi è il seguente:

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

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

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

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

Il profilo della variazione della velocità delle Onde S con la profondità riportato è un profilo semplificato a 5 strati.

A conclusione di quanto fin qui scritto, si evidenzia come le analisi eseguite conducano a valori di  $V_{s30}$  pari a circa 162 m/s ovvero inferiori a 180 m/s che corrispondono ad un suolo di fondazione classificato come di seguito indicato:

#### **CATEGORIA D**

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

Infine si fa presente che il valore di  $V_{s30}$  sopra riportato è relativo all'intervallo di profondità compreso fra 0 e 30 metri.

Lucca, 20 settembre 2007

Dott. Geol. Simone Sartini



## ALLEGATO 1 – Tavole



**Legenda**

**MASW**

**G** Geofono

**S** Sorgente

**Coordinate del punto mediano del profilo**

**N = 4837399**

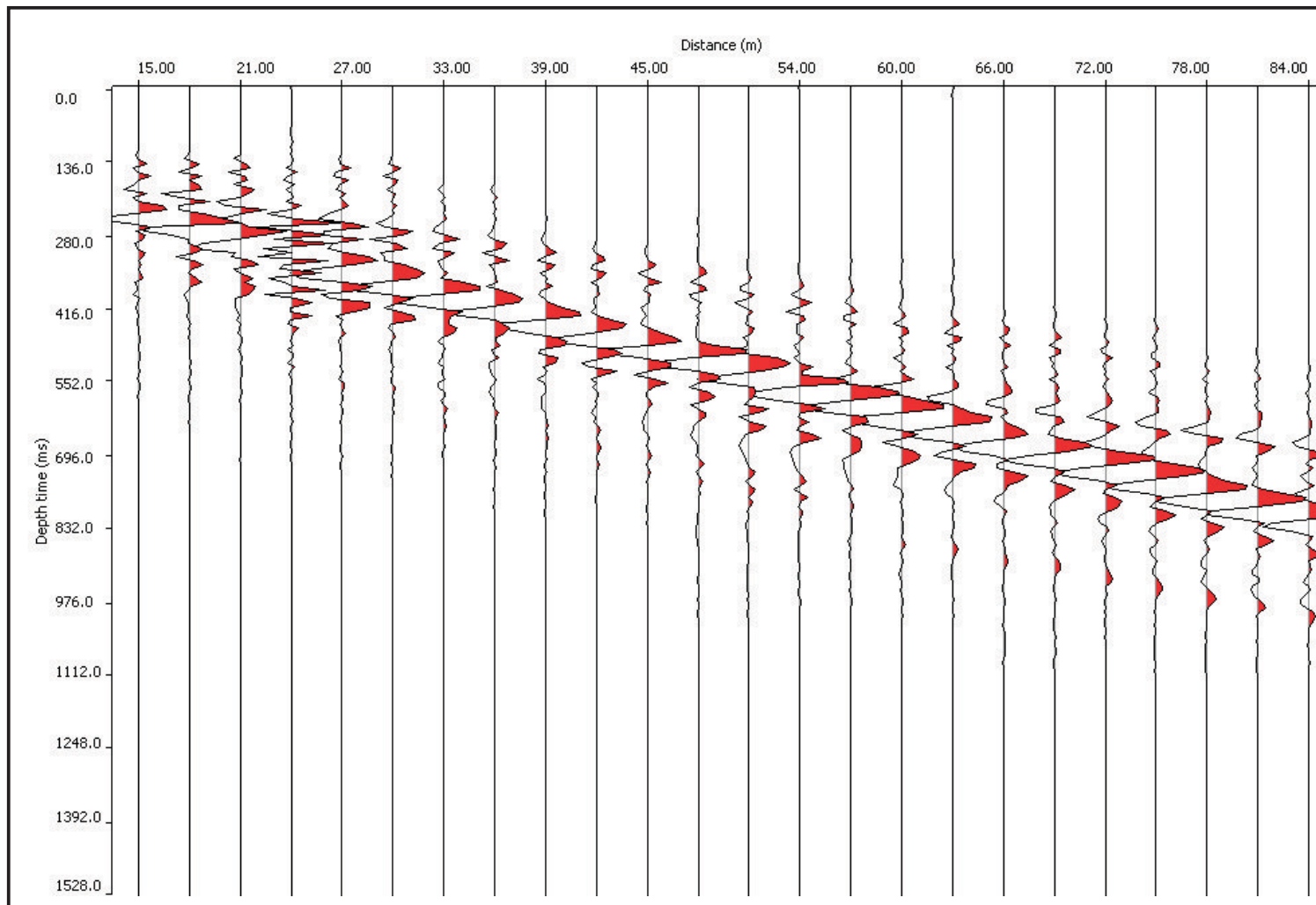
**E = 1614834**

**Geo Log**

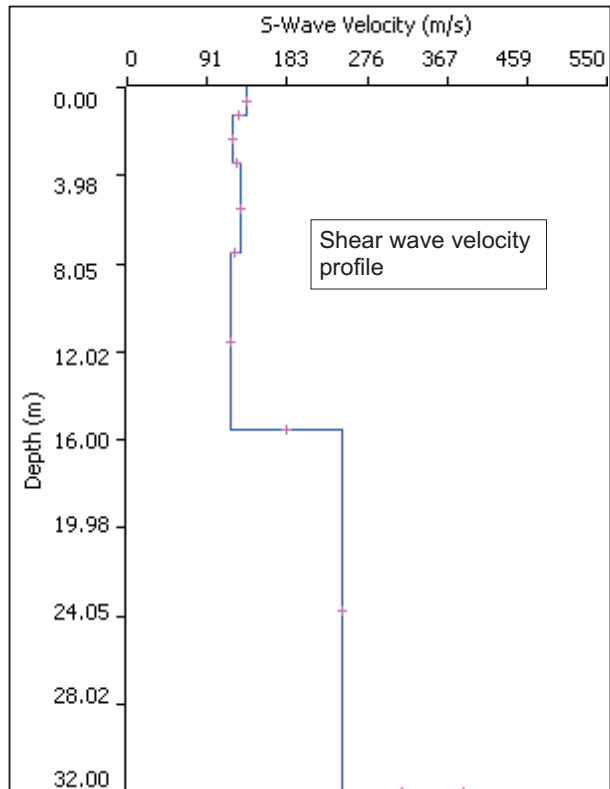
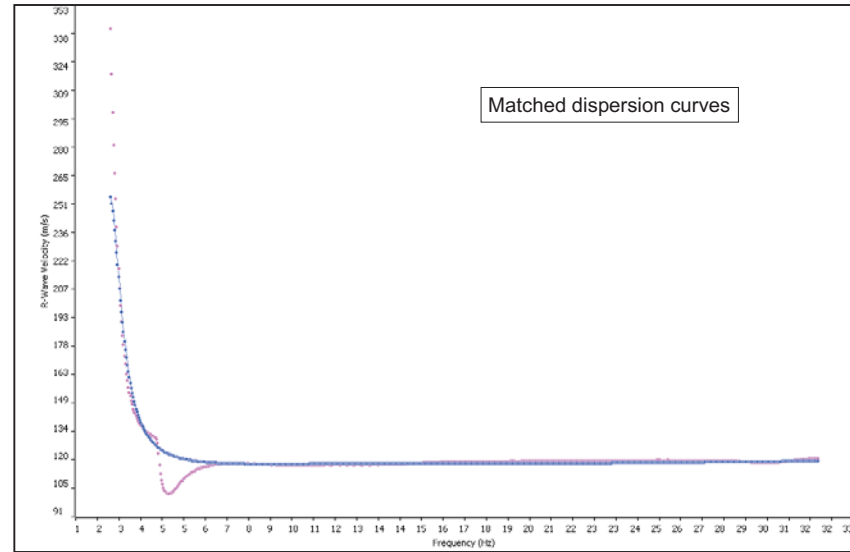
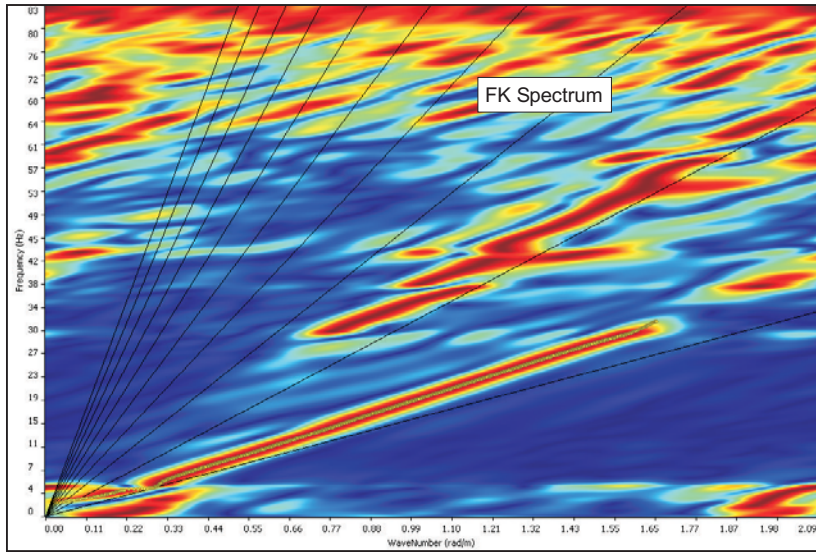
Dott. ri Geol. A. Bianchi - P. Ciuffi - S. Sartini

**Oggetto: ubicazione delle indagini**

Comune: Pisa	Data: 20 settembre 2007	TAV.  <b>1</b> n°
Formato: A3	Committente: Geo Tirreno S.r.l.	
Scala 1:2000	Nome Sito: OSPEDALETTO	



<b>Geo Log</b>	Dott. ri Geol. A. Bianchi - P. Ciuffi - S. Sartini	
	<b>Oggetto: sismogramma relativo al M.A.S.W.</b>	
Comune: Pisa	Data: 20 settembre 2007	TAV.  n° <b>2</b>
Formato: A3	Committente: Geo Tirreno S.r.l.	
	Nome Sito: OSPEDALETTO	



Ospedaletto - Synthetic model table

	Thickness	Depth	Vs
Layer 1	1.26	0.00	136
Layer 2	2.22	1.26	121
Layer 3	4.06	3.48	130
Layer 4	8.03	7.53	118
Layer 5	16.43	15.57	246
Layer 6	INF	32.00	

<b>Geo Log</b>	Dott. ri Geol. A. Bianchi - P. Ciuffi - S. Sartini	
	<b>Oggetto: spettro, curve di dispersione e grafico Vs</b>	
Comune: Pisa	Data: 20 settembre 2007	TAV.
Formato: A3	Committente: Geo Tirreno S.r.l.	<b>n° 3</b>
	Nome Sito: OSPEDALETTO	