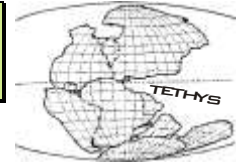


Dott. Geologo VITO BRUNO - STUDIO TETIDE

GEOLOGIA TECNICA – IDROGEOLOGIA - GEOFISICA



COMUNE DI PISA

PIANO DI RECUPERO PER RISTRUTTURAZIONE ED AMPLIAMENTO
DI FABBRICATO PER CIVILE ABITAZIONE
LOC. PORTA A LUCCA, VIA PARDO ROQUES N. 12

RELAZIONE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA
(D.P.G.R. 5/R/2020 – D.G.R.T. n. 31/2020 §4)

COMMITTENTI: Claudio PIAZZA
Samanta CASAGRANDE
PROGETTISTA : Ing. Enrico POZZATO
GEOLOGO : Dott. Vito BRUNO

SETTEMBRE 2022

Via Vecchia Fiorentina n. 72 - S. Lorenzo alle Corti - Cascina (Pisa)
MOBILE: 349/8055483 - Mail: studiotetide@tiscali.it – PEC: studiotetide@pec.epap.it
COD. FISC. BRNVTI63S14H501K – P. IVA 01181120500 – Ordine Geologi Toscana N. 699

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. NORMATIVE SOVRAORDINATE AL P.R.G.....	2
2.1 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO BACINO DEL FIUME ARNO.....	2
2.2 PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI BACINO DEL FIUME ARNO.....	3
2.3 DISCIPLINA ACQUE PUBBLICHE.....	3
2.4 S.U. COMUNE DI PISA.....	5
3. P.S.I. E RISCHIO IDRAULICO.....	7
3.1 P.S.I. MODELLO 1 – ARNO E SCOLMATORE.....	7
3.2 P.S.I. MODELLO 3 – F. MORTO.....	9
3.3 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA.....	11
3.4 PERICVOLOSITÀ SISMICA.....	11
4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E ANALISI MORFOLOGICA.....	12
5. QUADRO TETTONICO E SISMICO LOCALE.....	15
6. ASPETTI GEOLOGICI DEL SITO.....	18
7. MODELLO IDROGEOLOGICO DELLA ZONA.....	19
8. STRATIGRAFIA E MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO.....	21
9. MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO DI FONDAZIONE.....	23
10. FATTIBILITA' DEL PIANO DI RECUPERO.....	25
10.1 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA.....	26
10.2 PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	27
10.3 PERICOLOSITÀ SISMICA.....	27

APPENDICI

appendice 1. Inquadramento geografico scala 1:5.000 (sovrapp. Lidar DTM e CTR 10k)

appendice 2. Corografia scala 1:2.000 (sovrapp. Lidar DTM e CTR 2k)

appendice 3. Tavola grafica contenente:

- Immagine google earth (punto di vista da sud-ovest)
- Planimetria generale scala 1:500
- Sezione litostratigrafica L-L scala 1:125

appendice 4. Elaborati prove penetrometriche statiche CPT1, CPT2

appendice 5. Comunicazione Battente idraulico e max velocità corrente comune di Pisa

1. PREMESSA.

In ottemperanza al D.P.G.R. 5/R/2020, nonché su incarico del progettista per conto dei proprietari, viene redatta la presente perizia di fattibilità geologica relativa al Piano di Recupero per la ristrutturazione e ampliamento di un fabbricato per civile abitazione attestato su un terreno acquistato dalle ferrovie posto in aderenza a via Pardo Roques a Porta a Lucca. L'intervento consiste nella demolizione e ricostruzione parziale dei corpi di fabbrica esistenti. Ad integrazione delle conoscenze acquisibili dagli studi geologici di supporto al quadro conoscitivo dello S.U. comunale, ormai datati, questa analisi di fattibilità geologica definisce la stratigrafia ed il modello geotecnico di massima del sottosuolo, quantificando altresì i parametri meccanico-fisici fondamentali dei terreni che saranno poi affinati con indagini in situ per le verifiche da effettuare nel progetto esecutivo.

Le valutazioni di ordine geologico e geotecnico fanno riferimento a due prove penetrometriche statiche CPT effettuate nei pressi del sito; quelle per gli aspetti sismici alle conoscenze di letteratura e ad alcune indagini sismiche a rifrazione effettuate nella zona.

2. NORMATIVE SOVRAORDINATE AL P.R.G.

2.1 Piano di Assetto Idrogeologico Bacino del fiume Arno

Nel P.A.I. del Bacino del fiume Arno il sito **non è perimetrato in aree a rischio di dissesto idrogeologico** (cfr. Fig. 1). Ciò in quanto esso si colloca nella pianura alluvionale aperta, distante da versanti o terrapieni artificiali. Si esclude quindi che il terreno su cui si attesta il fabbricato rischi coinvolgimenti diretti o indiretti in movimenti gravitativi.

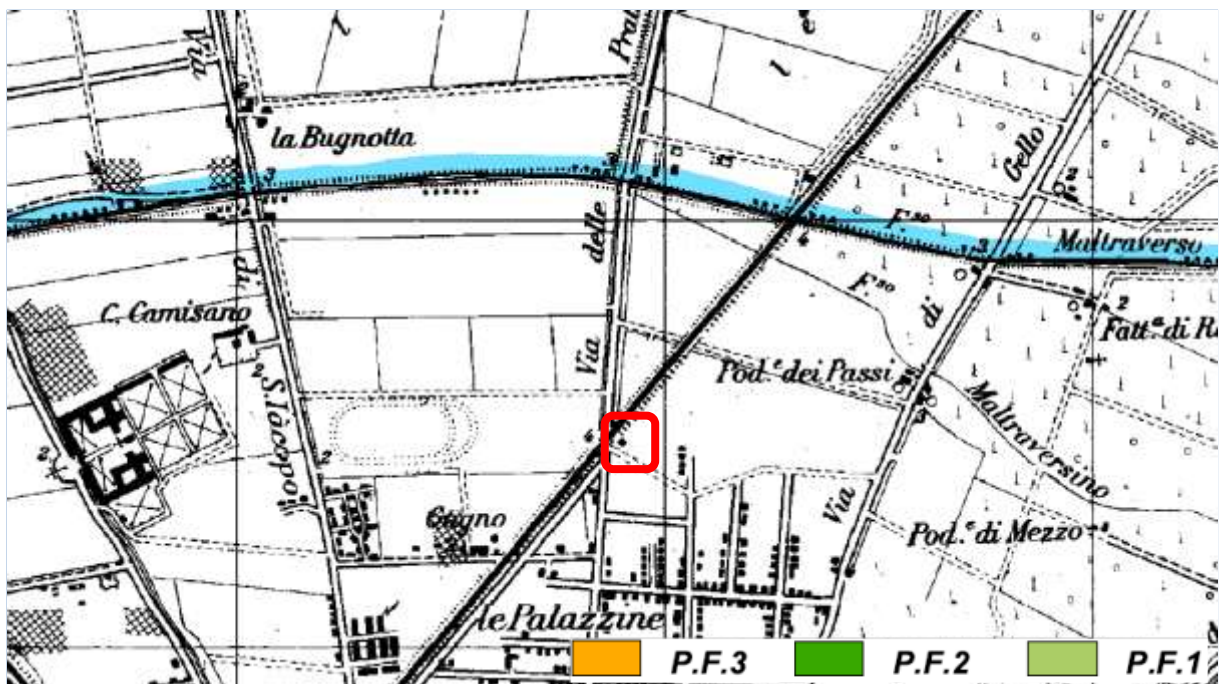


Fig. 1 – Stralcio n. 61 carta rischio geomorfologico P.A.I. bacino f. Arno

2.2 Piano di Gestione Rischio Alluvioni Bacino del fiume Arno

Nel P.G.R.A. del distretto idrografico dell'Appennino settentrionale **il sito in oggetto è incluso nella zona P3 a elevata pericolosità idraulica (cfr. Fig. 2)**. In essa ricadono le aree inondabili da piogge con tempo di ritorno $Tr \leq 30$ anni. In risposta alla ns. richiesta dati inoltrata al comune di Pisa ci è stato comunicato che **il battente idraulico Tr_{200} atteso nel sito si colloca a quota +2,90 m s.l.m. e che la massima velocità della corrente prevista da modello è inferiore a $V = 1$ m/s.**

Non è chiaro, invece, quali siano le cause degli allagamenti, cioè se questi siano provocati da tracimazioni del fiume Arno, del fiume Morto (che pure sono escluse dai modelli idraulici prodotti dall'autorità di bacino, nel caso dell'Arno, e da altri autori per il fiume Morto) o da ristagni causati da difficoltà di drenaggio del reticolo idraulico locale o del sistema fognario.

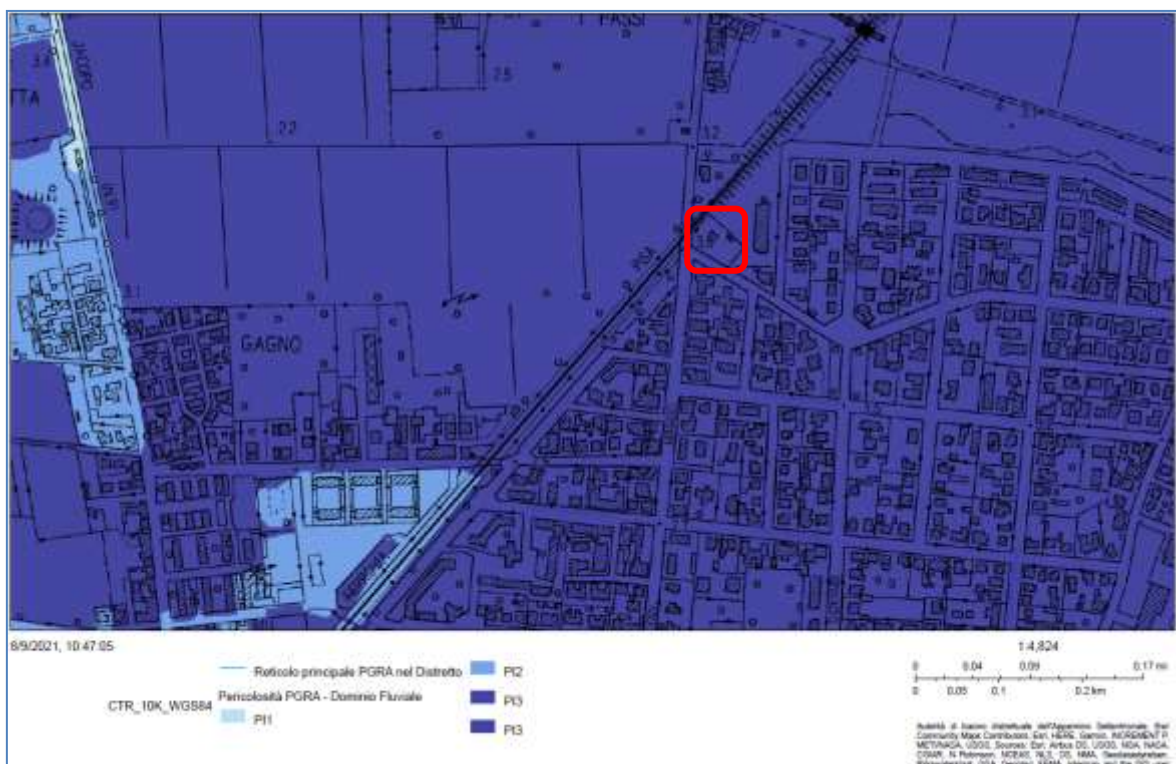


Fig. 2 – Stralcio n.316 carta di pericolosità idraulica P.G.R.A. (fuori scala)

In questa ottica il progetto è ammissibile a condizione che siano evitati piani interrati e/o seminterrati nella porzione costruita in ampliamento e siano predisposte misure di difesa locale del rischio in caso di allagamento che tuteli beni e/o persone.

2.3 Disciplina acque pubbliche

La proprietà Piazza-Casagrande non ricade a distanza inferiore a 10 metri da sponde o argini di corsi d'acqua pubblici o fossi censiti nel reticolo idrografico regionale aggiornato con D.C.R.T. n. 81/2021. I più vicini di questi sono il fosso Martraverso ed un suo affluente non denominato, che defluisce circa 275 metri a nord. Ancora più a nord dell'abitato, circa 560 metri di distanza in oggetto, scorre il fiume Morto (cfr. Fig. 3).

Alla luce del quadro delineato si può asserire che **sulla proprietà in oggetto NON**

sussistono il vincolo di inedificabilità art. 96 R.D. 523/1904 per i corsi d'acqua pubblici né altri vincoli gravanti sulle fasce di tutela dei corsi d'acqua minori.



Fig. 3 – Stralcio mappa reticolo idrografico regionale D.C.R.T. 81/2021 (Fonte: https://geoportale.lamma.rete.toscana.it/difesa_suolo/#/viewer/openlayers/265)

2.4 S.U. Comune di Pisa

Gli studi geologici a supporto dello S.U. vigente risalgono al 1998 e si conformano a direttive regionali abrogate e sostituite da nuove normative nel 2007, nel 2011 ed infine nel 2020. I criteri di valutazione del rischio geomorfologico ed idraulico si sono modificati nel tempo per cui la classificazione del Piano Strutturale NON è oggi rispondente alla disciplina vigente (D.P.G.R. 5/R/2020), cui l'analisi di rischio del territorio comunale di Pisa non è stata ancora adeguata.

Nella Fig. 4 si riporta uno stralcio della carta di pericolosità del P.S.1998 di Pisa nella quale il terreno su cui si colloca il fabbricato ricade nella classe di **pericolosità MEDIO-BASSA 3a**. Il fattore di rischio è dato dal fatto che le argille compressibili si trovano oltre i 2 metri di profondità. NON è invece di natura idraulica, sebbene il sito sia marginale rispetto ad un'area allagabile. La zona 16 di Fig. 4 compresa tra Via I° Maggio, via Filzi, via Giovanni Pisano e via Pardo Roquez-via Cei è infatti qualificata come "**Zona soggetta a ristagni in occasione di piovosità intense per presenza di ostacoli morfologici al deflusso (strade etc.)**". La proprietà in oggetto, come si vede, ne era esclusa fino all'aggiornamento della carta di pericolosità idraulica del 2017.

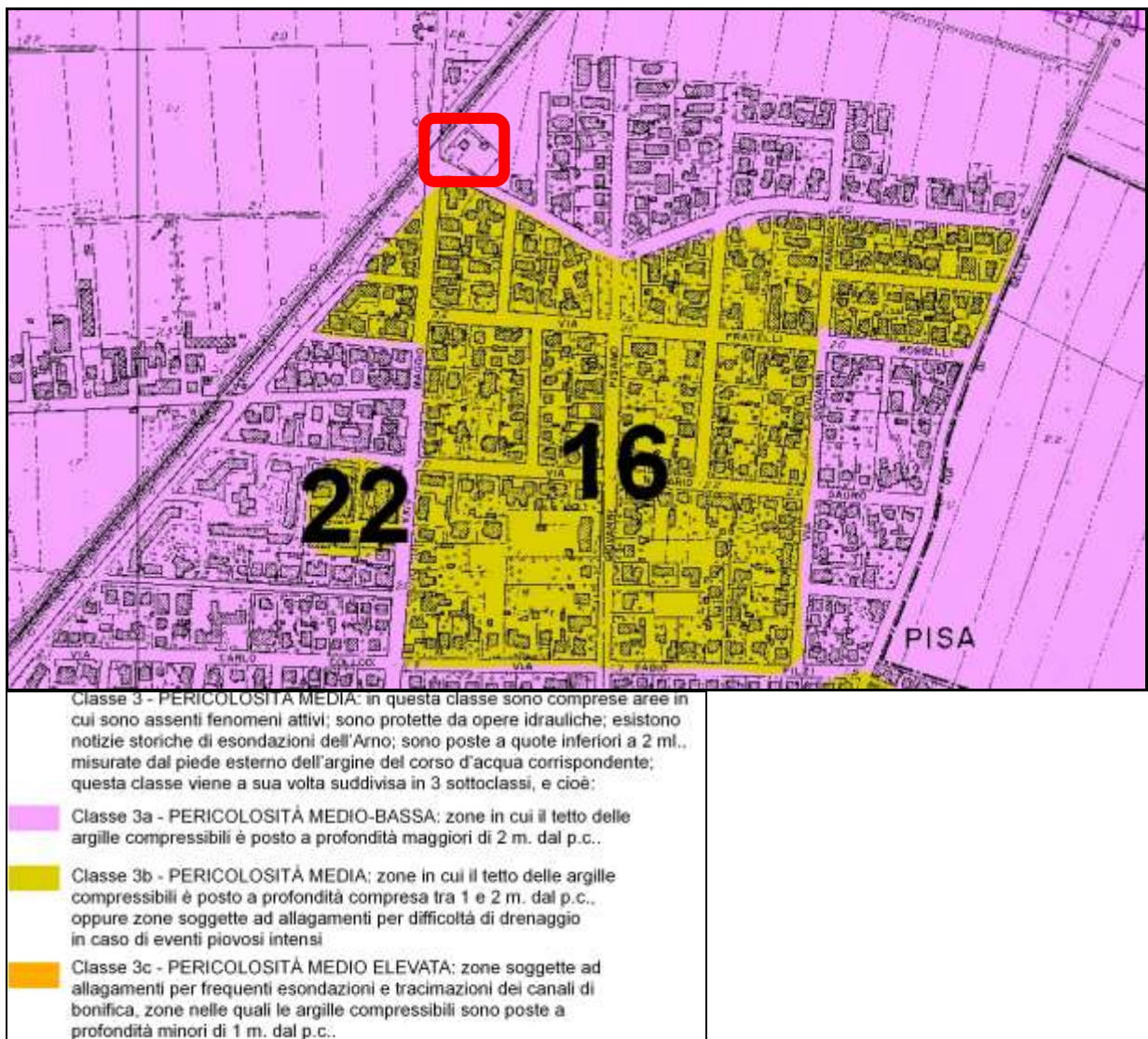


Fig. 4 – Carta Pericolosità (Fonte: TAV. B.2.2. P.S. comunale 1998, fuori scala)

Recenti modellazioni idrologico-idrauliche hanno condotto, come in precedenza accennato, ad una carta di pericolosità idraulica del P.G.R.A. che colloca nella classe di pericolosità elevata P3 non solo le aree in campo giallo di Fig. 4 ma praticamente l'intera pianura di Pisa nord, su cui si attestano i quartieri di Porta a Lucca e I Passi.

Il battente con tempo di ritorno statistico duecentennale Tr_{200} viene posto, come in precedenza menzionato, a quota +2,90 m s.l.m. nella fascia a ridosso di Pardo Roques. I fattori di rischio principali sono la bassa pendenza, gli avvallamenti del suolo e le soglie generate da infrastrutture a rete, tutti elementi che rendono lento il deflusso delle acque piovane. Notevolmente più basso è invece il rischio di tracimazione diretta del fiume Morto. Si può quindi asserire, sulla base dei dati citati, che gli allagamenti attesi nell'area sono essenzialmente di tipo statico, per difficoltà di deflusso, e non dinamico.

Si osserva infine che il territorio comunale di Pisa NON è classificato relativamente al rischio sismico poiché la vecchia direttiva regionale cui si attennero gli studi geologici non prevedeva analisi di microzonazione sismica a supporto della pianificazione urbanistica. Dette analisi non sono state effettuate neanche in tempi più recenti.

Le analisi idrologico-idrauliche riferite all'evento duecentennale con tempo di ritorno T_{r200} giungono alla conclusione che il battente statico sul fondo in oggetto si colloca nell'intervallo $1,0 < H_{Tr200} < 1,50$ metri (Cfr. Fig. 6). Non vi sono elementi per quantificare un'altezza più precisa del battente rispetto a quella fornita dall'ufficio Urbanistica del comune (+2,90 m s.l.m.).

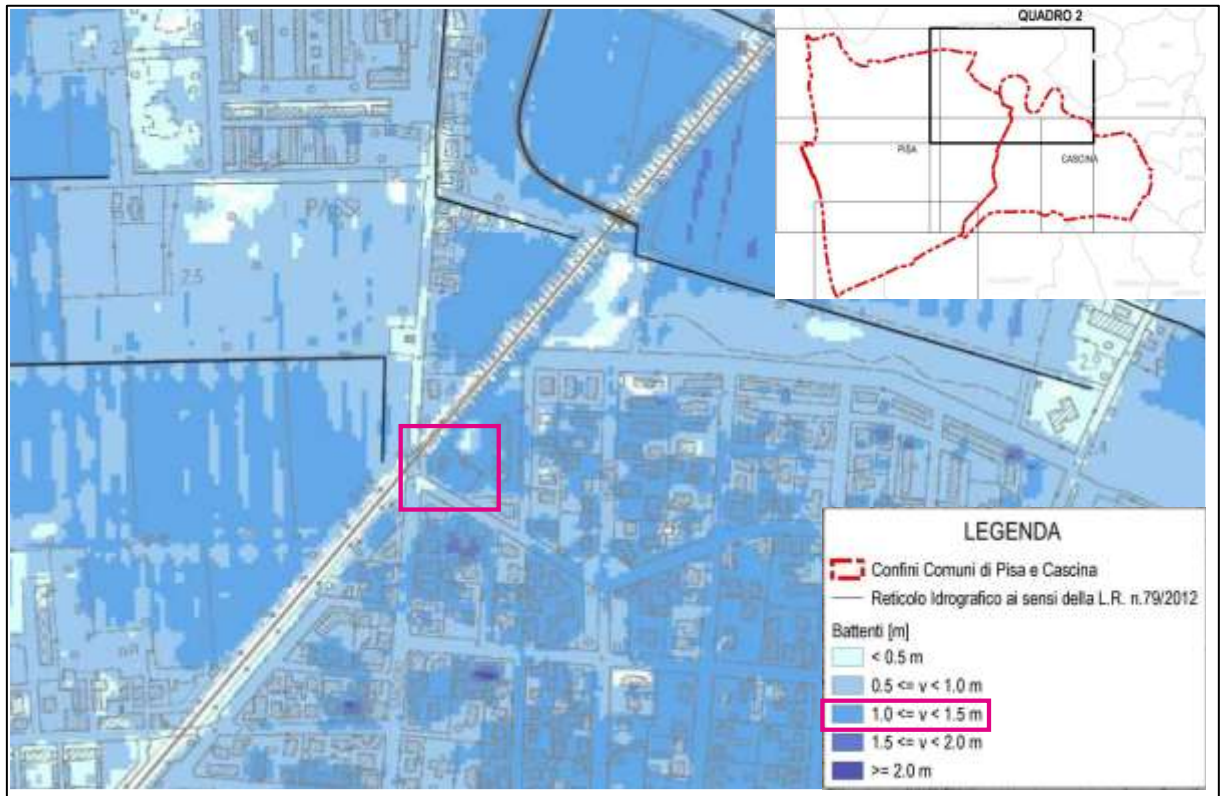


Fig. 6 – Stralcio TAV. 2 Modello 1 – Arno e Scolmatore – Battenti idrometrici T_{r200}

3.2 P.S.I. Modello 3 – F. Morto

Il modello idraulico elaborato per il bacino del fiume Morto, che è svincolato dai corsi d'acqua maggiori della pianura Pisano-Versiliana, delinea scenari meno critici nel sito in oggetto. Nella seguente Fig. 7 sono condensati i risultati che evidenziano una maggiore pericolosità nell'area ad ovest del rilevato ferroviario Pisa-Lucca dove sono ritenuti possibili battenti di altezza compresa tra 1 e 1,5 metri.

Nell'area ad est della ferrovia, dove si trova il fondo in esame, si stimano invece battenti dell'ordine di 50-60 cm.

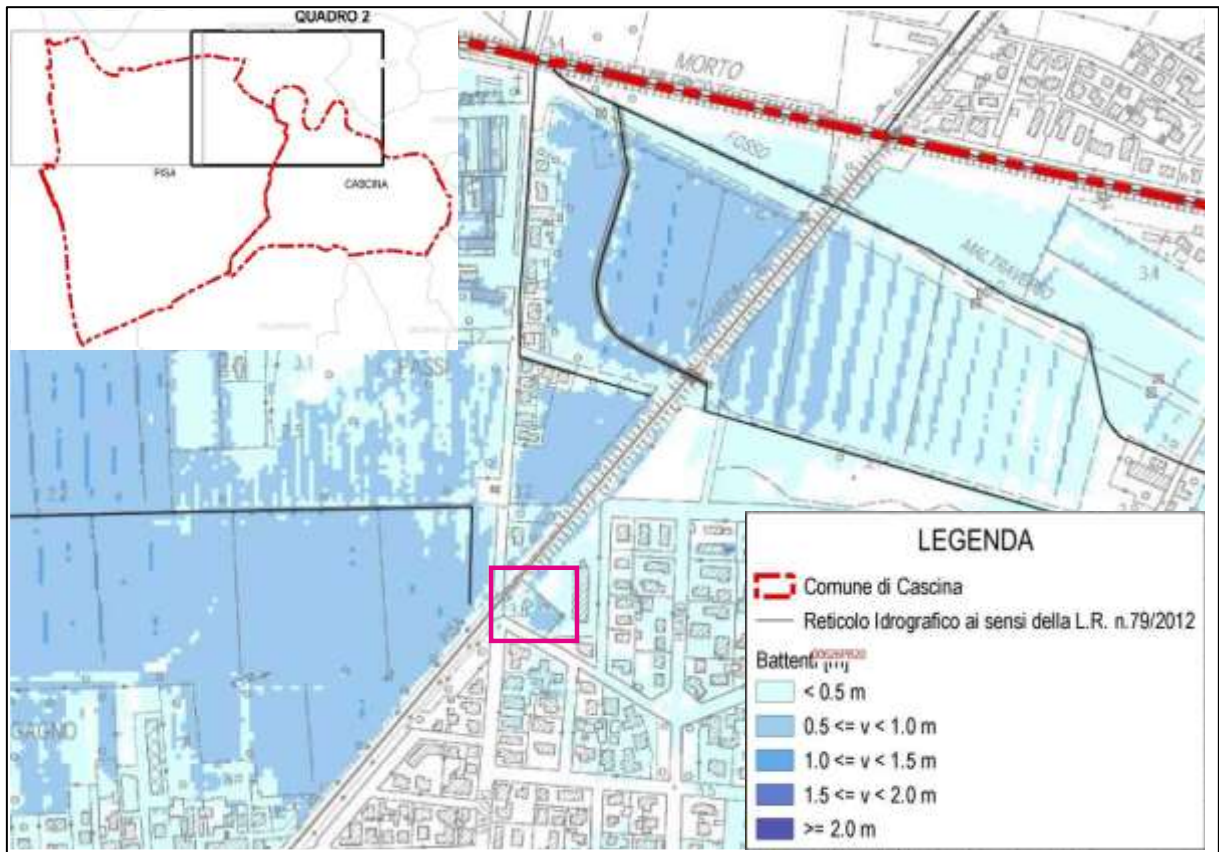


Fig. 7 – Stralcio TAV. 2 Modello 3 – e Scolmatore – Battenti idrometrici Tr200

Dagli elaborati tecnici e grafici realizzati a supporto del P.S.I., peraltro assai sintetici, non emerge chiaramente quale sia la causa, o piuttosto quali siano i fattori significativi che determinano gli allagamenti rappresentati nelle tavole grafiche. Cioè se questi siano originati da tracimazioni arginali dei corsi d'acqua principali, da rigurgiti dei fossi e canali in essi confluenti, da problematiche connesse al reticolo fognario o da un contributo di tutti questi fattori.

La stessa carta di pericolosità idraulica del P.S.I. redatta ai sensi del D.P.G.R. 53/R/2011, direttiva peraltro abrogata con l'entrata in vigore del D.P.G.R. 5/R/2020, non è conforme ai criteri di zonazione della direttiva stessa e contraddice i risultati dei modelli idraulici rappresentati nelle figg. 1 e 2 in quanto inserisce nella classe di pericolosità elevata I.3 aree che le precedenti carte qualificano come allagabili dagli eventi trentennali e include nella

classe di pericolosità molto elevata I.4 anche zone non allagabili dall'evento trentennale, che quindi avrebbero dovuto essere classificate nella classe I.3.

Il risultato finale è che la proprietà Piazza-Casagrande su cui è previsto il Piano attuativo, nonostante secondo la modellazione dello studio idraulico sia potenzialmente soggetta ad allagamento per piogge con tempo di ritorno Tr_{30} , è classificata a pericolosità idraulica elevata (classe I.3). Ciò significa che il sito è ritenuto allagabile solo per piogge con tempo di ritorno compreso nel range $30 < Tr < 200$ anni (cfr. Fig. 8).

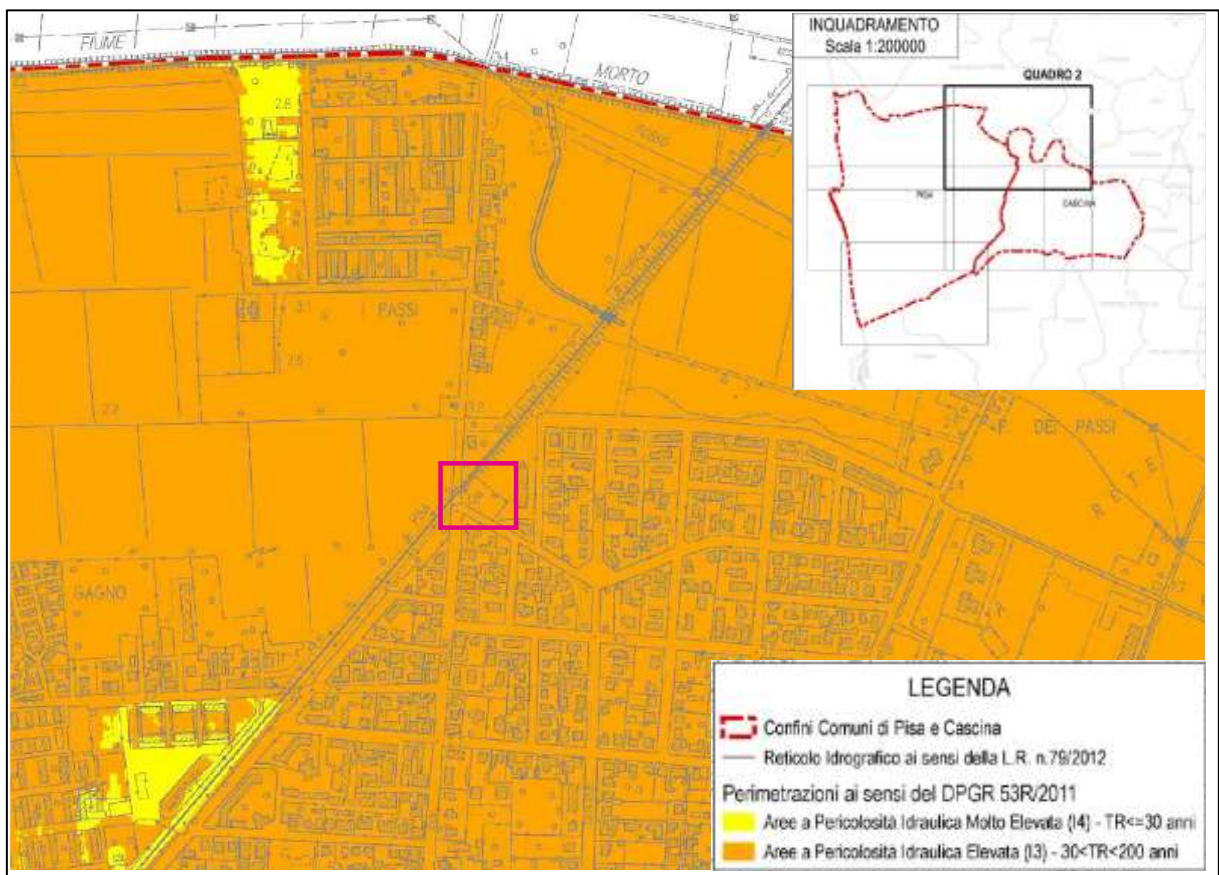


Fig. 8 – Stralcio TAV. 5B Carta della pericolosità idraulica P.S.I.

3.3 Pericolosità geologica

In merito alla pericolosità geologica del sito si escludono rischi correlati a fattori geomorfologici in quanto il sito è pianeggiante e privo di elementi significativi naturali e/o artificiali come fronti di scavo o terrapieni di altezza rilevante.

La pericolosità elevata G3 attribuita al sito e a larga parte della pianura alluvionale a nord della cinta muraria medioevale, come si evidenzia nella Fig. 9, è ascrivibile alla possibile presenza di sedimenti sottoconsolidati olocenici oppure a vicarianze laterali tra terreni sabbiosi e argillosi che, in situazioni particolari, potrebbero avere comportamenti diversi e quindi assestamenti eterogenei in caso fossero soggetti a carichi soprattutto eccentrici o sbilanciati. Possibili rischi potrebbero venire anche, nel lungo periodo, da subsidenza in caso di intensi pompaggi di acque da sottosuolo che tuttavia non sono attivi ad oggi.

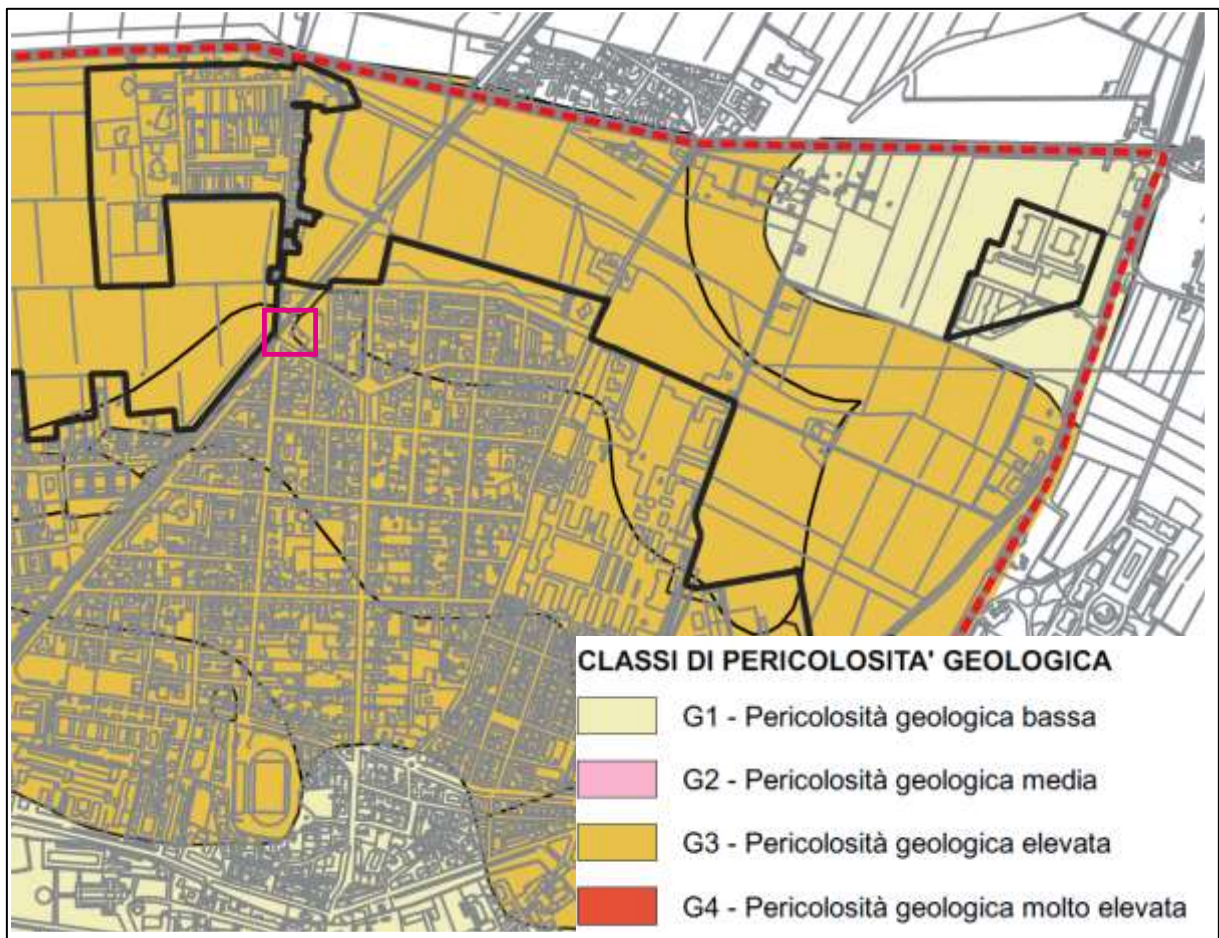


Fig. 9a – Stralcio TAV. QG.10 Carta della pericolosità geologica P.S.I. (Marzo 2020, fuori scala)

3.4 Pericolosità sismica

La zonazione di pericolosità sismica ricalca pedissequamente la zonazione di pericolosità geologica. Nella Fig. 9b si può constatare che alle aree con pericolosità geologica G3 è stata attribuita la pericolosità sismica elevata S3, mentre alle zone con bassa pericolosità geologica (G1) è stata attribuita una pericolosità sismica media S2. La proprietà Piazza-Casagrande è classificata nella classe di pericolosità sismica elevata S3.

Riguardo al grado di pericolosità sismica non è semplice fare analisi affidabili a causa della scarsità di dati attendibili, specie in un contesto come quello della pianura di Pisa dove lo spessore delle successioni terrigene neoautoctone è rilevante e dove vi sono poche stratigrafie di perforazioni profonde che raggiungono il substrato sismico.

Quello che è certo è che storicamente non si conoscono terremoti che abbiano provocato danni ingenti a fabbricati nella città di Pisa e dintorni e che il fabbricato più famoso e dall'equilibrio più precario non è stato destabilizzato particolarmente in quasi un millennio di vita. Ne consegue che la classe di pericolosità elevata S3 è verosimilmente sovrastimata per questa zona se si confrontano le notizie storiche con quelle di altre aree ben più colpite da sismi di media e forte entità nel corso dei secoli. A nostro avviso il potente spessore della successione terrigena non litificata ha un effetto di smorzamento che riduce l'ampiezza delle onde di taglio che raggiungono la superficie.

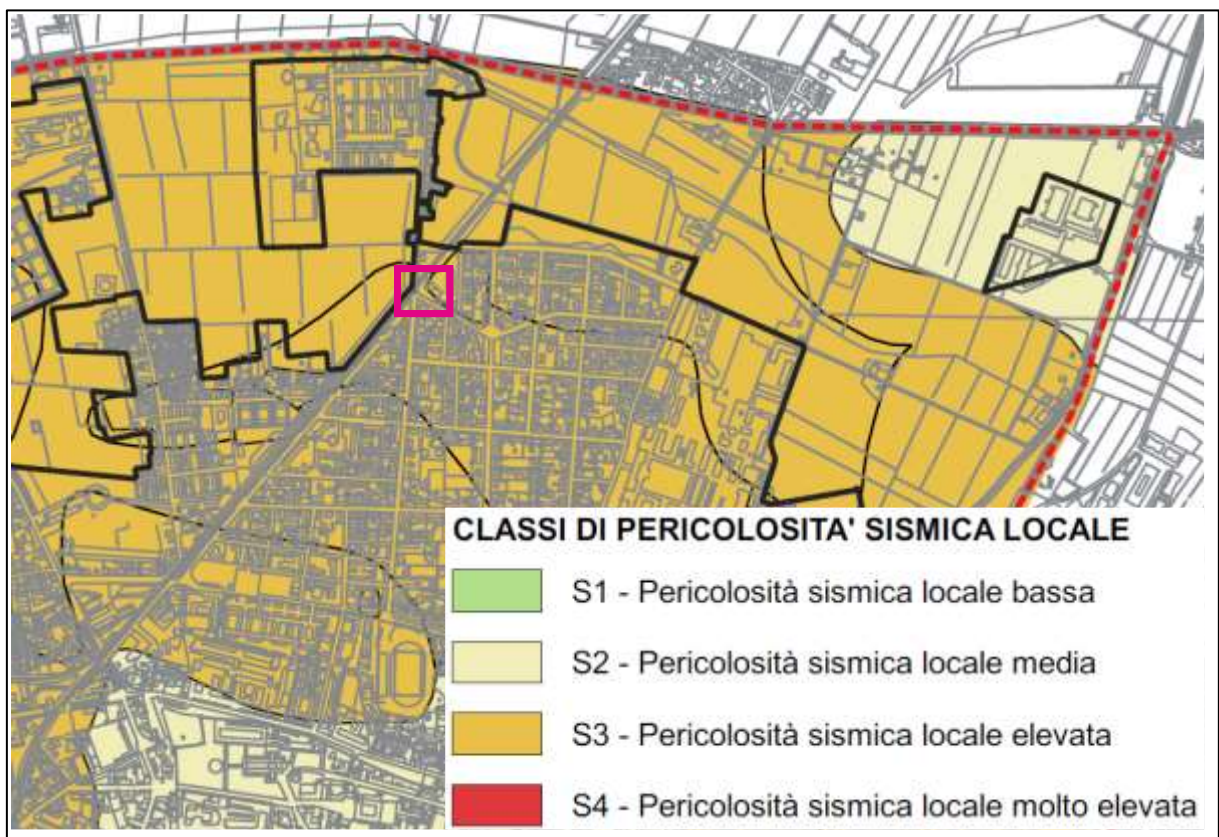


Fig. 9b – Stralcio TAV. QG.11 Carta della pericolosità sismica P.S.I. (Marzo 2020, fuori scala)

4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E ANALISI MORFOLOGICA

Il fabbricato si colloca nella pianura bonificata sul margine nord della città di Pisa ed è localizzato nella sezione n. 273050 della C.T.R. 10k in scala 1:10.000 e nel quadro n.18F26 della C.T.R. 2k in scala 1:2.000.

Nel dettaglio l'edificio, che in precedenza era di proprietà delle ferrovie, occupa una presella che confina con un'area in parte libera ed in parte edificata a nord e ad est, con la ferrovia Pisa-Lucca e via I° Maggio ad ovest, con via Pardo Roques a sud (cfr. Fig. 5). Al sito

si accede attualmente per mezzo di un passo carrabile che immette nella proprietà dallo spigolo sud-ovest (indicato dalla freccia gialla di Fig. 10).

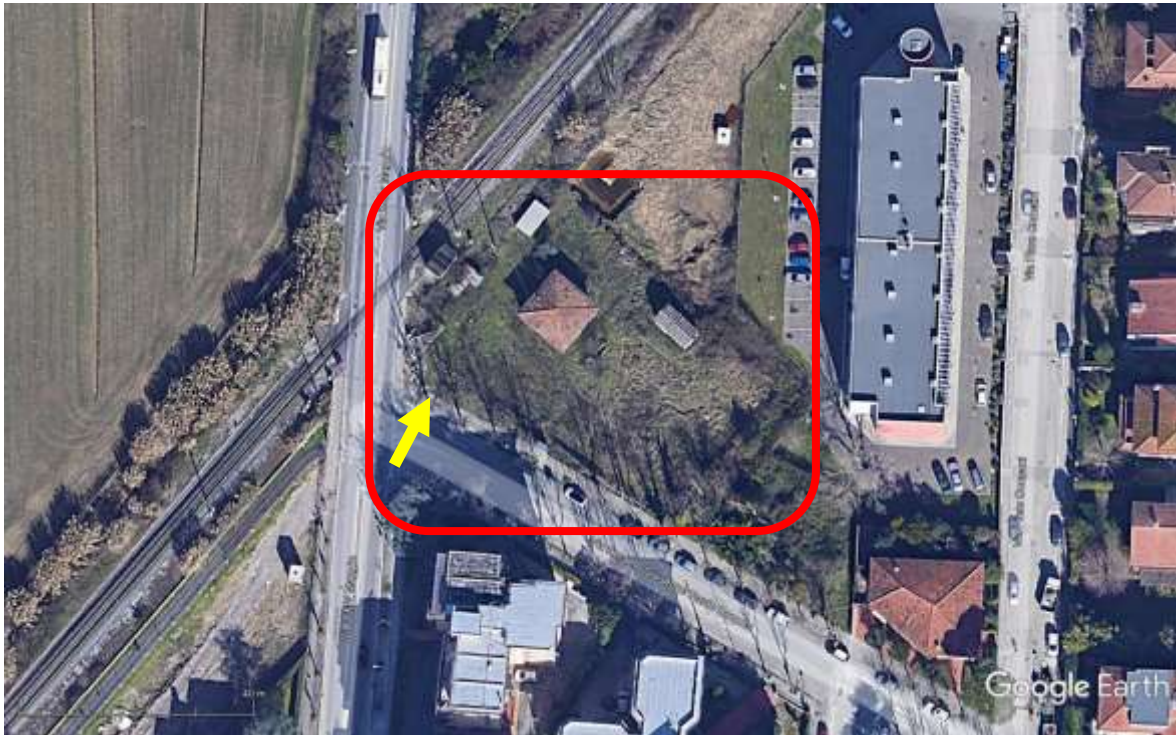


Fig. 10 – Immagine da satellite del sito di intervento

Il sito di intervento è pianeggiante. In appendice 1 è rappresentato l'inquadramento geografico e geomorfologico a livello di area estesa; nell'appendice 2 l'assetto morfologico di dettaglio. L'analisi morfologica è stata effettuata estraendo le informazioni dal file raster in formato ASCII-Grid del DTM LIDAR con griglia 1x1 metri acquisito dal server WMS della Regione Toscana. Il suddetto raster, elaborato da un volo del 2008 co-finanziato da regione e comuni dell'area pisana, è stato caricato e "trattato" mediante software QGIS 2.6.1 "Brighton". Il DTM è georeferenziato nel Sistema di Riferimento EPSG 3003 Gauss-Boaga conforme a quello delle basi CTR 10k (scala 1:10.000) e 2k (scala 1:2.000) acquisite dalla piattaforma Geoscopio della Regione Toscana.

Nelle appendici 1 e 2 sono rappresentati gli output in scala 1:5.000 e 1:2.000 della sovrapposizione tra modello DTM Lidar e basi cartografiche C.T.R. 10k e 2k. Il DTM è visualizzato come file raster banda singola falso colore. Al raster è stata associata una tavolozza sui toni che vanno dall'azzurro al marrone caratterizzata da interpolazione discreta automatica che definisce 8 classi di quote separate da scarti altimetrici appositamente definiti per rappresentare gli elementi di maggiore interesse dell'area ai fini del presente studio.

Lo scarto altimetrico tra i minimi e i massimi del 96% dei valori di griglia nei quadri CTR 18F26 e 18F34 è poco inferiore ai 2 metri, essendo compreso tra +0,8m e +2,7 m s.l.m. Restringendo il campo alla porzione visualizzata nelle tavole grafiche le differenze altimetriche sono ancora più ridotte. Le informazioni di ordine morfologico che emergono analizzando la porzione di territorio attorno all'area del Piano di Recupero sono le seguenti (cfr. appendici 1 e 2 all.):

- a) A larga scala la pianura alluvionale manifesta una lieve pendenza da ESE verso ONO sub-parallela al corso del Fosso Martraverso e del Fiume Morto;
- b) **Le aree edificate de “I Passi” e Porta a Lucca sono livellate a quote molto vicine ai +2/+2,2m s.l.m.;** le aree libere circostanti, ed in particolare le ampie porzioni di territorio vergine a nord dell’edificato e ad ovest della ferrovia, come anche alcuni spazi edificati interni agli isolati di Porta a Lucca, sono leggermente depresse dal momento che l’altimetria si mantiene tra +1,4 e +1,8 m s.l.m. Il franco altimetrico tra le porzioni rialzate dell’edificato ed i campi varia dunque tra 40 e 60 cm dall’analisi del DTM Lidar;
- c) L’area di intervento si configura come una piccola porzione relitta rimasta depressa tra la via Pardo Roques, il rilevato ferroviario e il parcheggio del condominio confinante a nord-est (non rappresentato sulla base cartografica), i quali la cingono su tre lati (cfr. Fig. 5). Su parte del confine nord il terreno è invece livellato rispetto al suolo nella proprietà Piazza-Casagrande. Solo in quella direzione è possibile il deflusso delle acque piovane a condizione che queste siano incanalate nella fossa di guardia della ferrovia, costituente il solo canale di drenaggio possibile verso il Fosso Martraverso.
- d) **La quota media del lotto si aggira su +1,70 m s.l.m.** Lo scarto altimetrico rispetto al piano stradale di via Roques varia da un **minimo di 60/70 cm a un massimo di 1,10 metri** procedendo dallo spigolo sud-est all’incrocio con via I° Maggio e il passaggio a livello ferroviario, dove il Lidar DTM segnala quote attorno a +2,80/2,90 m s.l.m..

Nel contesto geomorfologico descritto si può asserire che il terreno su cui si attesta il fabbricato ha una morfologia regolare e piana, è distante da pendii naturali ed i rilevati artificiali che lo lambiscono sono di altezza assai limitata. Si può quindi escludere che esso possa essere interessato da fenomeni gravitativi (frane di colamento o crollo, smottamenti ecc...). Eventuali problematiche di natura geotecnica potrebbero essere correlate solo alla presenza di terreni soffici sottoconsolidati. Nel paragrafo 7 si delinearanno gli aspetti geotecnici.

In relazione al rischio idraulico le quote del Lidar DTM (su cui è basato il modello idrologico-idraulico alla luce del quale è stata aggiornata recentemente la carta di pericolosità idraulica del P.G.R.A.) consentono di quantificare un **battente dell’evento duecentennale può raggiungere 120 cm rispetto al suolo e 60 cm rispetto al piano terra finito dell’immobile.**

Rimane comunque di difficile comprensione dal punto di vista tecnico come, un modello che stima un battente sul suolo abbastanza importante individui zone più basse rispetto alle aree P3 perimetrate in classe P2.

5. QUADRO TETTONICO E SISMICO LOCALE

Riguardo alle discontinuità tettoniche che possono indurre amplificazioni sismiche con effetti in superficie, il progetto DISS 3.2.1 dell'INGV ha censito le sorgenti sismogenetiche sul territorio nazionale, mentre il progetto "ITHACA" ha individuato le cosiddette *faglie capaci*, ossia quelle discontinuità tettoniche in grado di produrre effetti sismici in superficie.

Dalla consultazione dei database di entrambi i progetti risulta che la sorgente potenzialmente sismogenetica più vicina al sito in esame è la faglia, o meglio le faglie dirette, del sistema Viareggio-Pisa, le quali corrono a sud-ovest del Monte Pisano.

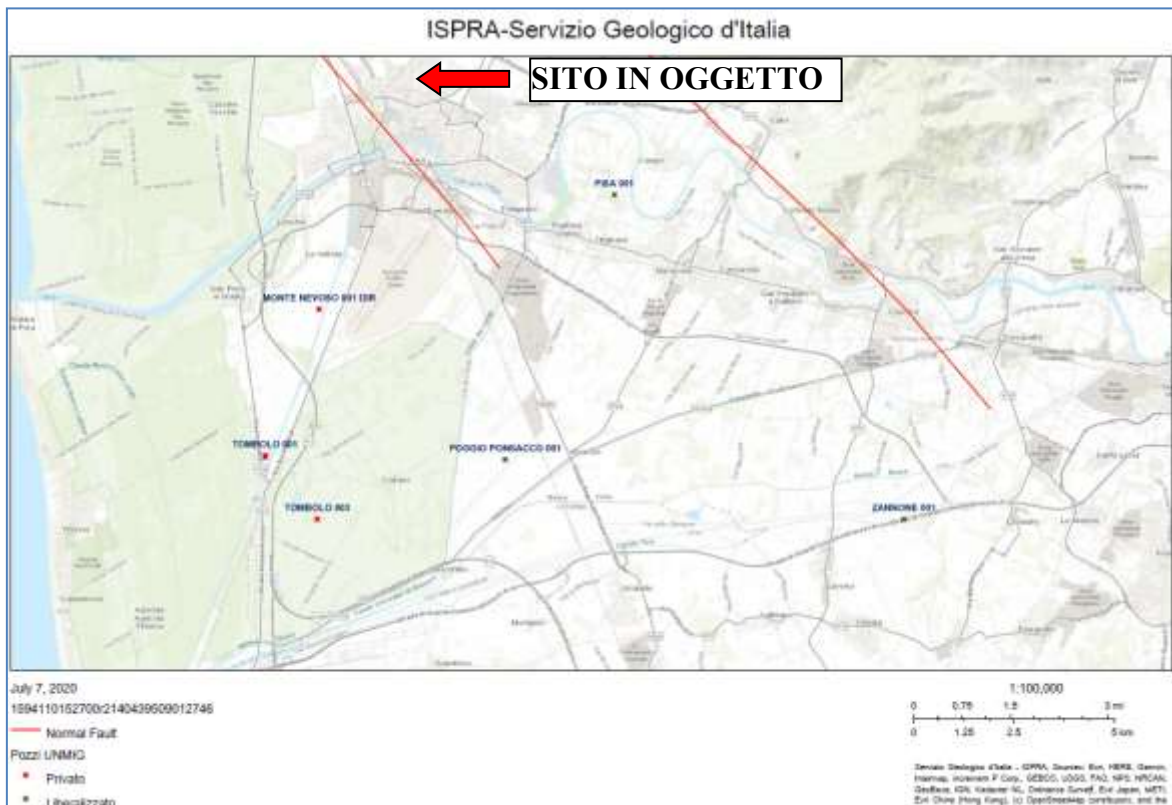


Fig. 11 – Faglie censite nel progetto "ITHACA" e posizione pozzi profondi UNMIG

In particolare nella Fig. 11 si può constatare che la faglia principale rilevabile in affioramento intacca il rilievo montano separando gli affioramenti calcarei dai depositi mesozoici nella zona di Uliveto Terme e si immerge a nord-ovest di Caprona sotto i depositi della pianura alluvionale. Altre faglie capaci del sistema Viareggio-Pisa, ipotizzate ma non documentate in affioramento, sono sepolte nella pianura di Pisa dalla potente successione dei depositi Plio-olocenici e probabilmente si trovano anche in mare al largo della costa attuale.

Nelle tabelle seguenti sono contenute le informazioni principali sulla faglia capace in oggetto. Come si può desumere dalla lettura dei dati le informazioni su di essa sono abbastanza approssimative poichè si conosce solo la direzione, la natura (normale o diretta) e la lunghezza. Non si hanno però informazioni sulla inclinazione, mentre il periodo di ultima attivazione è stimato nel Pleistocene inferiore, ossia tra 2,5 e 2 milioni di anni fa. In epoca storica non sono documentati sismi originati da questa faglia per cui il rischio è limitato.

Fault description

GENERAL IDENTIFICATION

Fault Code	61604
Fault Name	Viareggio - Pisa System
Region Name	Toscana
Tectonic Environment	ND
System Name	Viareggio - Pisa System
Rank	Primary

GEOMETRY AND KINEMATICS

Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	140
Dip (°)	Undefined
Dip Direction	SW
Fault Length (km)	27.2
Mapping Scale	1:500000
Fault Depth (m)	
Kinematics	Normal

ACTIVITY

Surface Evidence	ND
Last Activity	Early Pleistocene

FINAL REMARKS

Capability Consensus	Medium reliability
Study Quality	LOW

REFERENCES

Authors	Title	Reference	Year
AMBROSETTI P., BOSI C., CARRARO F., CIARANFI N., PANIZZA M., PAPANI G., VEZZANI L. & ZANFERRARI A. (1987)	Neotectonic Map of Italy, scale 1:500,000.	C.N.R.-P.F.G., Sottoprogetto Neotettonica, Fogli 1-6.	1987

Più distante a circa 25-30 km di distanza dal sito in oggetto si trova la faglia di Orciano Pisano, o per meglio dire delle colline livornesi, la quale si colloca nell'entroterra di Livorno e si immerge verso est con inclinazione indefinita (cfr. Fig. 12). **Quest'ultima, censita con il codice ITCS088, è la faglia più vicina al sito in oggetto potenzialmente in grado di attivare terremoti di magnitudo superiore al grado 5,5 della scala Richter.** L'ultimo sisma associato ad essa è avvenuto il 14/8/1846 distruggendo buona parte dei borghi allineati sui rilievi retro litoranei delle colline pisane (Orciano, S. Luce, Castellina M.ma ecc...).

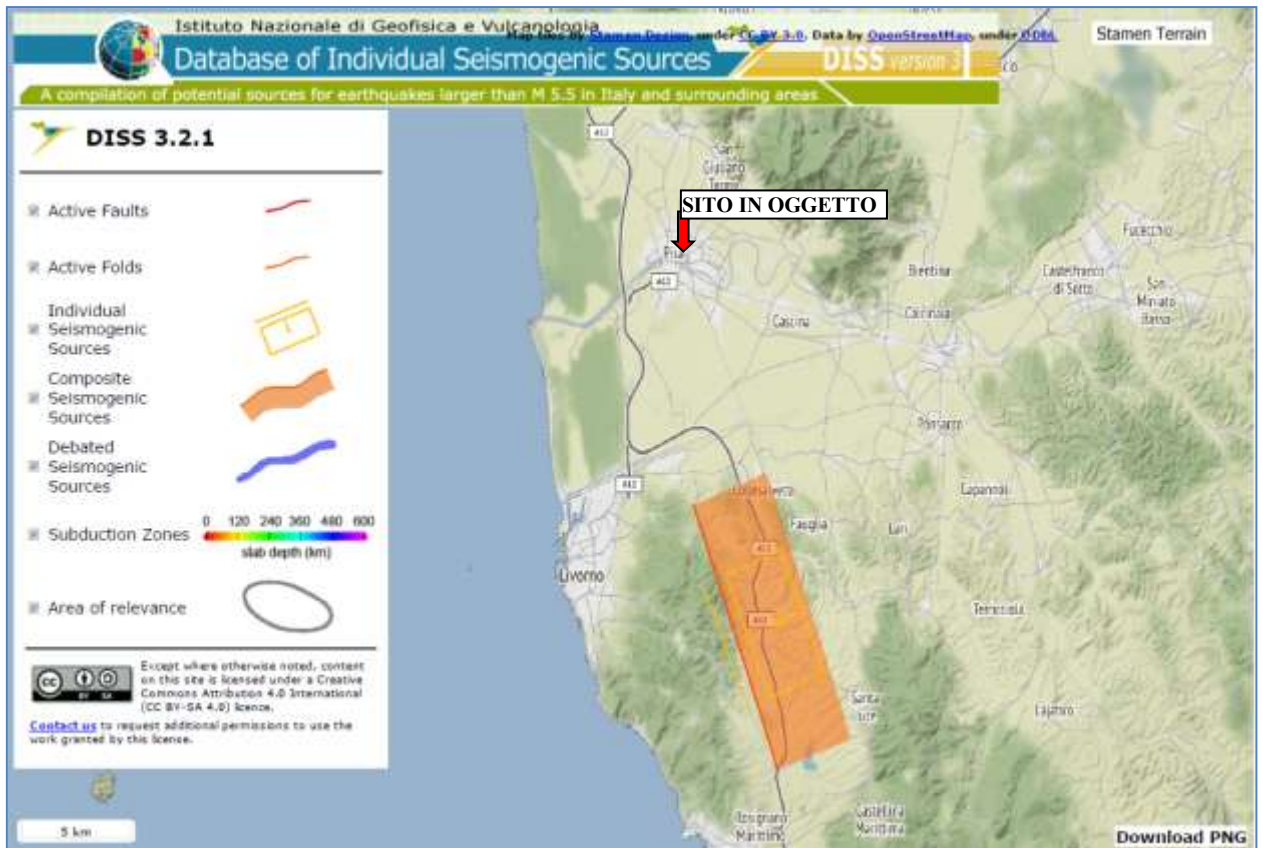


Fig. 12 – Faglie censite nel Database of Individual Seismogenic Sources 3.2.1 dell’INGV

Le caratteristiche della faglia in oggetto sono riportate nella tabella sottostante estrapolata dal sito web dell’INGV.

General information		
DISS-ID	ITCS088	
Name	Livorno Hills	
Compiler(s)	Fracassi U.(1)	
Contributor(s)	Fracassi U.(1), Vannoli P.(1)	
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy	
Created	11-May-2010	
Updated	11-May-2010	
Related sources	ITIS066	
Parametric information		
Parameter	Quality	Evidence
Min depth [km]	1.0 EJ	Inferred from geological and macroseismic observations.
Max depth [km]	7.0 EJ	Inferred from geological and macroseismic observations.

Strike [deg] min... max	330...350 EJ Inferred from geological observations.
Dip [deg] min... max	40...60 EJ Inferred from geological observations.
Rake [deg] min... max	260...280 EJ Inferred from geological observations.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...1.0 EJ Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	5.7 OD Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).
LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement;	

Nella Fig. 11 sono anche riportati i pozzi profondi pubblicati dal Ministero dello Sviluppo economico inerenti ricerche di idrocarburi nel basso valdarno. Il basamento roccioso viene ipotizzato essere tra i 400 ed i 500 metri lungo l'allineamento Pisa-Cascina seguito approssimativamente dal corso dell'Arno (Ghelardoni, Giannini & Nardi, 1968). I pochi dati desumibili dai pozzi perforati nel piano di Pisa situano poi il letto della successione neogenica a circa 650-700 metri nella zona di Ponsacco (pozzo Zannone 001) e nella zona dell'Arnaccio (pozzo Poggio Ponsacco 001). Ancora più profondo, è il substrato litoide nella zona ad ovest della città di Pisa, dove i pozzi di Tombolo non lo hanno raggiunto.

E' quindi **verosimile che lo spessore della successione neogenica nel sottosuolo della zona in cui si colloca il fabbricato in progetto possa eccedere raggiungere gli 800-900 metri.**

Alla luce delle considerazioni svolte in precedenza è evidente che il **“bedrock sismico”**, costituito dalle rocce carbonatiche mesozoiche o da sedimenti oligo-miocenici litificati, è **assai profondo nel substrato del fabbricato**, che dista circa oltre 5 km dal monte Pisano.

A conclusione di questa schematica disamina si può asserire che la natura sciolta dei terreni alluvionali è compatibile con una Vs assai più lenta del substrato sismico di riferimento, che tuttavia è molto profondo in quest'area del basso valdarno vicina alla costa. Sulla base di questi dati è verosimile ritenere che **l'effetto di amplificazione locale sia modesto in virtù dello smorzamento delle onde di taglio generato dal notevole spessore dei sedimenti non litificati.**

6. ASPETTI GEOLOGICI DEL SITO

Come si può osservare nella Carta geologica di Fig. 13, l'area in oggetto si colloca in una zona di pianura alluvionale, non distante dall'alveo del fiume Morto. Nei primi metri di substrato l'area è caratterizzata da netta prevalenza di sedimenti fini limoso-argillosi sciolti, cui si intercalano esigui strati di sedimenti limo-sabbiosi e sabbie fini. La prevalenza dei sedimenti limoso-argillosi è dovuta al fatto che il sito si trova nei pressi di paleoalvei del vecchio fiume Auser abbandonati per evoluzione naturale o colmati per intervento antropico in epoca storica. In questa zona i sedimenti si sono depositi prevalentemente in ambiente fluviale a bassa energia, sporadicamente elevata nelle fasi di piena.

I risultati delle prove penetrometriche statiche CPT ubicate nei pressi ed utilizzate per la caratterizzazione di massima evidenziano la netta predominanza di sedimenti coerenti sciolti nei primi 5 metri di profondità. A maggiore profondità si passa poi a terreni misti argilloso-limoso-

sabbiosi immersi in falda cui si intercalano lenti di sabbie limose. Lo spessore delle alluvioni oloceniche e dei depositi continentali e marini plio-pleistocenici sciolti è notevole, per cui si esclude la presenza di strati con forte contrasto di competenza per diverse centinaia di metri di profondità.

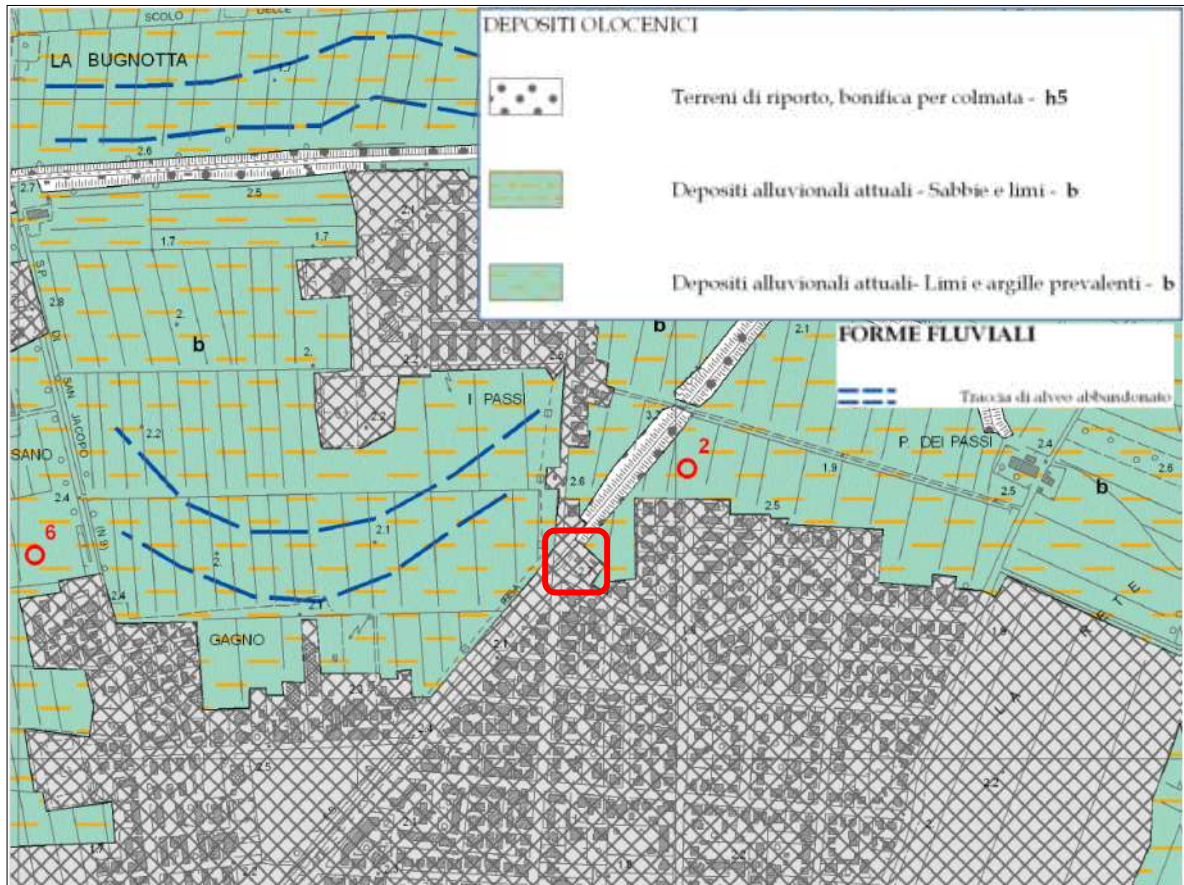


Fig. 13 – Carta geologica dell’area (Fonte: Regione Toscana, fuori scala)

7. MODELLO IDROGEOLOGICO DELLA ZONA

Il sito in oggetto si colloca nella ampia pianura alluvionale che comprende l’acquifero del Valdarno inferiore e della Piana Costiera Pisana. Detti acquiferi sono denominati rispettivamente C.I.S. (“Corpi Idrogeologici Significativi”) 11AR021 e 11AR023 dalla Regione Toscana. Convenzionalmente essi sono delimitati dal Monte Pisano e dal Serchio a nord, dalla strettoia tra le Cerbaie ed il fiume Era ad est, dalle Colline Pisano-Livornesi a sud e dalla costa ad ovest (cfr. fig. 14).

All’interno della sequenza pliocenico-olocenica costituente la “successione marino-continentale” della Pianura di Pisa si instaura un acquifero multistrato originato dalla variazione litologica verticale dei sedimenti. Gli studi realizzati dal C.N.R. di Pisa e dal Consorzio Lamma e pubblicati dalla Regione Toscana individuano ben sette orizzonti produttivi acquiferi (o “unità idrogeologiche”), alcuni dei quali, specie i più profondi, non univocamente differenziabili a larga scala per la scarsità di informazioni.

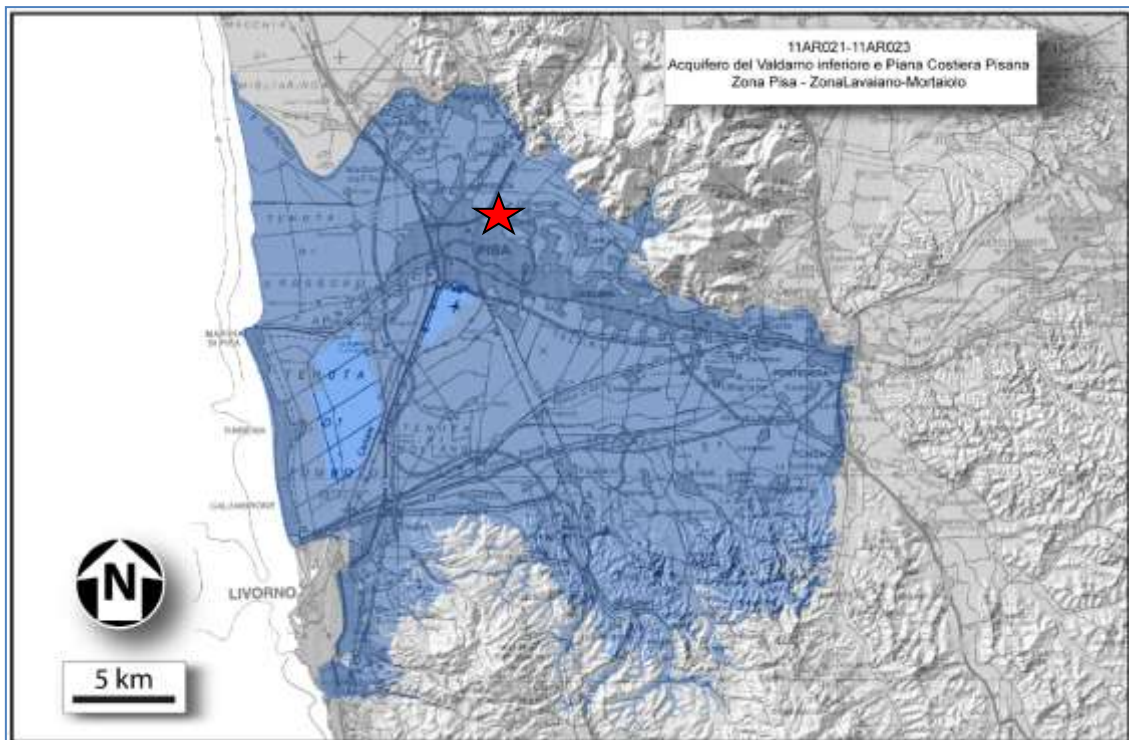


Fig. 14 – Il C.I.S. “Valdarno Inferiore e Piana Costiera Pisana” – Zona Pisa e Lavaiano-Mortaiolo

Partendo dal basso (maggiore profondità dalla superficie) le 132 stratigrafie profonde utilizzate nello studio dell’acquifero localizzano tre orizzonti in sabbie di depositi alluvionali e fluvio-lacustri del Pleistocene medio-superiore (acquiferi 1, 2 e 3). Superiormente a questi si trova l’acquifero più produttivo e con migliori caratteristiche chimico-fisiche ed organolettiche della pianura Pisana (acquifero n. 4). Esso è costituito dai cosiddetti “Conglomerati dell’Arno e del Serchio”, ossia da sedimenti grossolani con importante frazione ghiaiosa che tende ad aumentare procedendo in direzione del Monte Pisano. Lo spessore medio di questo acquifero è stimato in 13 metri, tuttavia si riscontrano zone in cui raggiunge i 50 metri nei quali la litologia non è interamente costituita da ghiaie, ma anche da sabbie. Nella zona di Pisa nord questo acquifero dovrebbe trovarsi oltre i 100 metri di profondità.

Sopra la falda confinata nei conglomerati dell’Arno e del Serchio troviamo le unità idrogeologiche o acquiferi n. 5 e 6, entrambi instaurati in sabbie a granulometria variabile. E’ assai probabile che queste unità idrogeologiche siano in diretto contatto e che costituiscano quindi un acquifero unico. In termini volumetrici, di estensione e continuità laterale questo è il più importante della pianura di Pisa.

Nella zona di Pisa l’acquifero n. 6 è il più superficiale ed ha uno spessore verosimilmente quantificabile in almeno 45-50 metri, nei quali tuttavia la litologia non è sempre sabbiosa ma è costituita da alternanze irregolari di sabbie, limi sabbiosi e argille sabbiose. La profondità dei primi livelli produttivi sabbiosi viene collocata tra 5 e 10 metri dal p.c., tuttavia una modesta circolazione freatica è attiva anche nella porzione superficiale.

Nella Fig. 15, tratta dalla carta idrogeologica del Piano Strutturale di Pisa (1998), si può rilevare che la falda freatica libera è stabilizzata tra +0,5 e +1,0 m s.l.m nella zona di Porta a Lucca. Ciò corrisponde ad una profondità dal p.c. locale compresa nel range 1-1,50 metri a seconda dei siti. Le misure effettuate nei fori delle prove CPT1 e CPT2 effettuate in situ hanno riscontrato livelli d’acqua a profondità 2,15 metri e 2,60 metri dal p.c. locale. I dati confermano

una leggera discrepanza con la carta idrogeologica. La differenza è comunque minima e può essere spiegata ammettendo che non ci sia corrispondenza precisa tra le quote del CTR e le quote assolute stimate per le curve di livello nella carta idrogeologica.

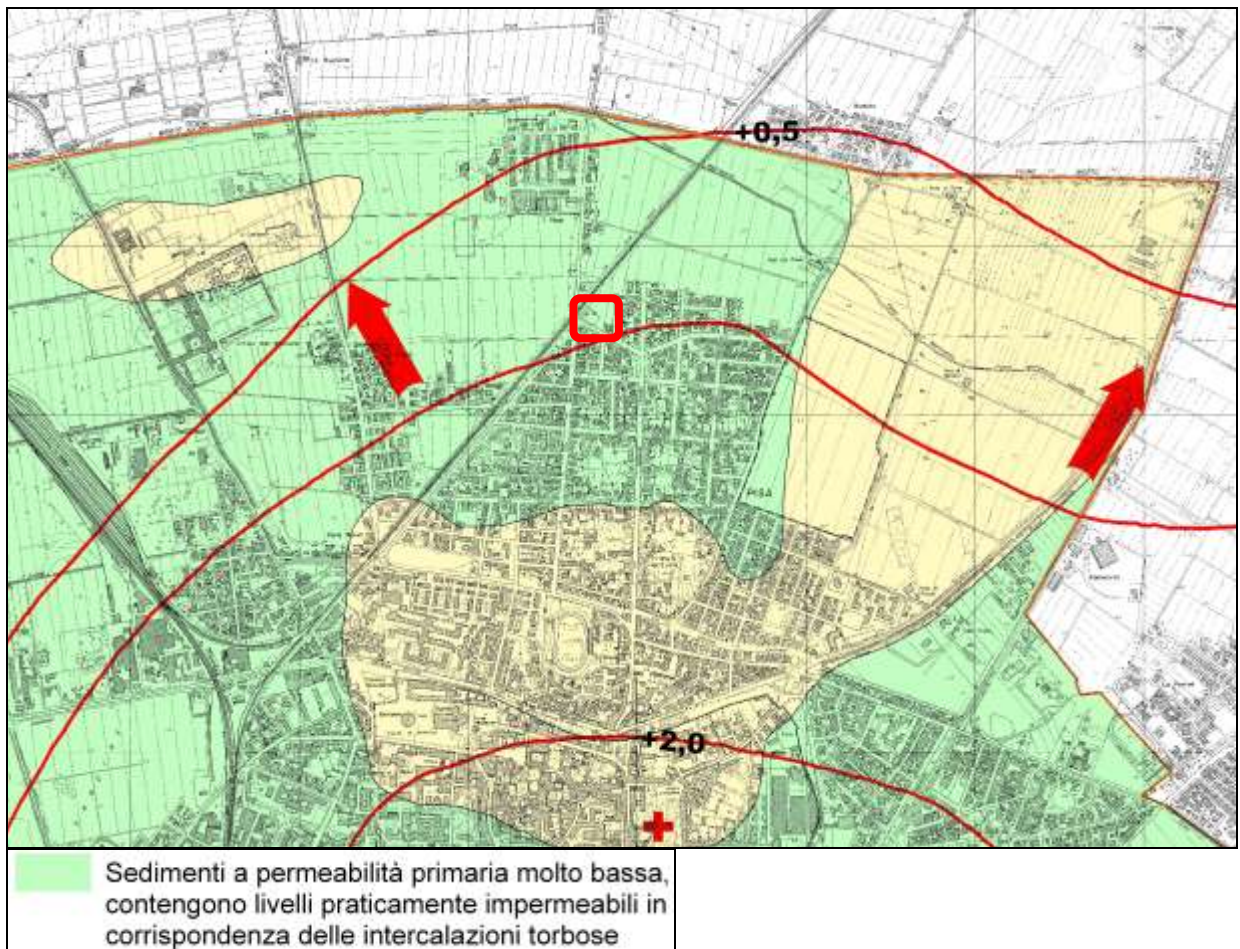


Fig. 15 – Carta idrogeologica (Fonte: TAV. B.2.6 Piano Strutturale, fuori scala)

Il quadro idrogeologico delineato consente di asserire che i terreni direttamente sollecitati dalle strutture del fabbricato sono sede di circolazione idrica e verosimilmente non sono interessati da oscillazioni di falda significative. Gli stessi terreni, essendo di natura limo-argillosa hanno una moderata compressibilità e sono sensibili a variazioni di umidità naturale causate dalle piogge e dal clima. Tali variazioni possono alterare in modo significativo il comportamento meccanico del terreno nella sottile fascia insatura tra la quota di appoggio delle fondazioni ed il tetto della falda freatica.

8. STRATIGRAFIA E MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del terreno di fondazione si fa riferimento a n. 2 prove penetrometriche statiche CPT realizzate poco ad est del sito in oggetto, su un terreno caratterizzato da quota simile, con strumento Pagani TG63. Di entrambe le prove, spinte alla profondità di 10 metri, si forniscono la posizione in app. 2 ed i certificati in appendice n. 4.

Rappresentando i log di resistenza alla punta a margine del profilo L-L in scala 1:125 di appendice 3 sono stati ricostruiti la stratigrafia ed il modello geotecnico del terreno di fondazione. La stratigrafia è la seguente:

- *p.c. – 0,8/1,0 m (litotipo “A”)*

Argilla limosa inorganica molto compatta, indurita da essiccazione estiva

- *0,8/1,0 - 4,2/5,0 m (litotipo “B”)*

Argille e limi inorganici normal-consolidati, a tratti debolmente sabbiosi

- *4,2/5,0 – 7,0/7,2 m (litotipo “C”)*

Argille limo-sabbiose e sabbie argillose sature, tenere a tratti molli, con esigue lenti di sabbie limose

- *7,0/7,2 – 8,8/9,2 m (litotipo “D”)*

Lente di sabbie grigie limo-argillose con grado di addensamento basso

- *8,8/9,2 – 10 m (litotipo “C”)*

Argille limo-sabbiose molto molli, con esigue lenti di sabbie limose

Nel foro di ispezione della prova penetrometrica CPT1 è stato misurato un livello d’acqua a profondità -2,15 metri dal p.c. locale. In quello della prova CPT2 il livello d’acqua è stato misurato a profondità 2,6 metri.

La permanenza della falda libera a bassa profondità dal p.c., per quanto il flusso nel terreno fino a circa 4,5 metri sia lento a causa della bassa permeabilità, è una condizione costante di questa zona, vista l’altimetria, la vicinanza al fiume Morto e considerato che non vi sono elementi salienti che perturbano questo equilibrio, come ad esempio intensi pompaggi di acque dal sottosuolo. Si può quindi ritenere che la permanenza della linea di saturazione in vicinanza della superficie agisca a favore della stabilità esercitando una sorta di “spinta al galleggiamento” sulle strutture. Se queste condizioni si mantengono costanti nel tempo non ci sono particolari problemi di stabilità per i fabbricati, specie quando i carichi non sono elevati e distribuiti su grandi superfici. Qualora invece dovesse verificarsi un abbassamento del livello di falda la subsidenza del terreno, attualmente stimata nell’ordine di 2 mm/anno (Dati prodotti nell’ambito del programma di ricerca tra Autorità di Bacino del Fiume Arno e Dipartimento di Scienze della Terra dell’Università di Firenze congiuntamente a TeleRilevamento Europa s.r.l.), potrebbe subire un’accelerazione in conseguenza della quale possono generarsi assestamenti che possono indurre tensioni nelle strutture.

9. MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Alla luce dei dati ricavati dalle prove penetrometriche statiche si definiscono i seguenti parametri geotecnici caratteristici:

LITOTIPO “A” (natura coerente)

- Resistenza all'infissione	$25 < Q_c < 55 \text{ kg/cm}^2$
- Peso di volume medio	$\gamma = 1,98 \text{ t/m}^3$
- Angolo di attrito interno (cond. UU)	$\phi = 0^\circ$
- Coesione non drenata	$c_u = 1,0 \text{ kg/cm}^2$
- Angolo di attrito interno (cond. drenate)	$\phi' = 18^\circ$
- Coesione drenata	$c' = 0,35 \text{ kg/cm}^2$
- Modulo edometrico	$81 < M_o < 150 \text{ kg/cm}^2$

N.B.: I parametri di questo strato sono riferibili ad una condizione “anomala” di lunga siccità. Non debbono pertanto essere considerati rappresentativi dello stato medio del terreno, rispetto al quale sono sovrastimati.

LITOTIPO “B” (natura coerente)

- Resistenza all'infissione	$6 < Q_c < 18 \text{ kg/cm}^2$
- Peso di volume medio	$\gamma = 1,93 \text{ t/m}^3$
- Angolo di attrito interno (cond. UU)	$\phi = 0^\circ$
- Coesione non drenata	$c_u = 0,65 \text{ kg/cm}^2$
- Angolo di attrito interno (cond. drenate)	$\phi' = 18^\circ$
- Coesione drenata	$c' = 0,35 \text{ kg/cm}^2$
- Modulo edometrico	$35 < M_o < 70 \text{ kg/cm}^2$

LITOTIPO “C” (natura mista coerente/incoerente)

- Resistenza all'infissione	$6 < Q_c < 12 \text{ kg/cm}^2$
- Peso di volume medio	$\gamma = 1,82 \text{ t/m}^3$
- Angolo di attrito interno (cond. UU)	$\phi = 0^\circ$
- Coesione non drenata	$c_u = 0,45 \text{ kg/cm}^2$
- Angolo di attrito interno (cond. drenate)	$\phi' = 24^\circ$
- Coesione drenata	$c' = 0,18 \text{ kg/cm}^2$
- Modulo edometrico	$30 < M_o < 45 \text{ kg/cm}^2$

LITOTIPO “D” (natura prev. incoerente)

- Resistenza all'infissione	$20 < Q_c < 32 \text{ kg/cm}^2$
- Peso di volume medio	$\gamma = 1,86 \text{ t/m}^3$
- Angolo di attrito interno (cond. UU)	$\phi = 28^\circ$

- Coesione non drenata $c_u = 0,12 \text{ kg/cm}^2$
- Angolo di attrito interno (cond. drenate) $\phi' = 30^\circ$
- Coesione drenata $c' = 0,05 \text{ kg/cm}^2$
- Modulo edometrico $60 < M_o < 95 \text{ kg/cm}^2$

10. FATTIBILITA' DEL PIANO DI RECUPERO

Le considerazioni conclusive che emergono dall'inquadramento territoriale, dalla ricostruzione dei modelli geologico e geotecnico descritti in questa relazione di fattibilità geologica sono le seguenti:

a) **Il piano di recupero non ricade in aree con pericolosità di dissesto idrogeologico del P.A.I. del bacino del fiume Arno.** Le indagini non rilevano inoltre terreni particolarmente compressibili o plastici nei primi 4-5 metri di substrato.

b) Nella carta del P.G.R.A. **il sito è perimetrato nella classe P3 di pericolosità idraulica elevata.** Le indagini di supporto al P.S.I., risalenti al Marzo del 2020, pur manifestando elementi contrastanti tra le carte dei battenti Tr30 e Tr200 e la carta di pericolosità idraulica sintetica derivata da queste ultime, non evidenziano dati incongrui o peggiorativi rispetto alla carta di pericolosità idraulica del P.G.R.A. allegata alla relazione di fattibilità geologica depositata agli atti. Dal confronto tra gli elaborati grafici del P.S.I. ed il P.G.R.A. si può anzi dedurre che il grado di pericolosità idraulica attribuito al sito nella carta del P.G.R.A. è superiore a quello della carta di pericolosità idraulica del P.S.I. e conforme ai risultati della modellistica idraulica. Si può quindi concludere che **la quota del battente Tr200 e la velocità di flusso stimate sul suolo, ossia +2,90 m s.l.m. e $V < 1,0$ m/sec, sono parametri attendibili e congrui alla situazione delineata con la modellistica idraulica nel P.S.I.**

Nell'analisi geomorfologica spaziale leggibile nelle tavole grafiche emerge chiaramente che il terreno su cui si attesta il fabbricato ha una morfologia regolare e piana, è distante da pendii naturali ed i rilevati artificiali che lo lambiscono sono di altezza assai limitata. **La quota media del lotto si aggira su +1,70 m s.l.m.** Lo scarto altimetrico rispetto al piano stradale di via Roques varia da un minimo di 60/70 cm a un massimo di 1,10 metri procedendo dallo spigolo sud-est all'incrocio con via I° Maggio e il passaggio a livello ferroviario, dove il Lidar DTM segnala quote attorno a +2,80/2,90 m s.l.m..

Ne consegue che la quota determinata per il **battente duecentennale, ossia +2,90 m s.l.m., determina una lama media di +120 cm rispetto al suolo e +60 cm rispetto al piano terra finito dell'immobile. Il dato è confermato anche alla luce del P.S.I.**

c) Le indagini geognostiche situate su un terreno nelle adiacenze del sito hanno accertato che il sottosuolo è costituito da sedimenti stratificati di composizione e caratteristiche geotecniche eterogenee ben evidenziate nei log stratigrafici delle prove CPT e nella sezione L-L di appendice 3. Semplificando, nei primi 4-5 metri si trova un livello di argille limose inorganiche normal-consolidate, mediamente plastiche e sature sotto i 2,5 metri circa. In superficie sono caratterizzate da uno strato indurito per essiccazione stagionale con resistenza elevata che deve essere considerata anomala. Questo strato rappresenta il livello maggiormente soggetto a rigonfiamento e ritiro per variazione di umidità stagionale. Alle argille limose soggiacciono sedimenti misti composti da alternanze di limi argilloso-sabbiosi e sabbie limoso-argillose grigie sature, tenere e talora molto molli, ampiamente note in letteratura geotecnica come "*Argille di Pisa*". Questi sedimenti, talora intercalati da lenti sabbiose, si spingono verosimilmente fino a 21-22 metri secondo le risultanze di un sondaggio a carotaggio continuo effettuato in un sito a nord dell'area in esame.

d) Il primo sottosuolo del fabbricato è interessato da saturazione costante poco sotto la profondità dei 2,20 metri. La saturazione è causata da scambi di sub-alveo con i corsi d'acqua

più vicini, in primis fosso Martraverso e fiume Morto, tuttavia è verosimile ritenere che la circolazione freatica nei primi 4-5 metri sia molto modesta a causa della bassa permeabilità del terreno. Nei livelli sottostanti la quantità d'acqua è più abbondante tanto da favorire fenomeni di allentamento del terreno.

e) Le conoscenze geologiche della zona ipotizzano che il **“bedrock sismico”**, costituito dalle rocce carbonatiche mesozoiche o da sedimenti oligo-miocenici litificati, sia assai **profondo nel substrato del fabbricato**, che dista circa oltre 5 km dal monte Pisano. Sulla base di questi dati è verosimile ritenere che **l'effetto di amplificazione locale sia modesto in virtù dello smorzamento delle onde di taglio generato dal notevole spessore dei sedimenti non litificati**. Si può inoltre asserire che la natura sciolta dei terreni alluvionali è compatibile con una Vs assai più lenta del substrato sismico di riferimento.

In merito alla pericolosità della presella interessata dal Piano Attuativo, seguendo i criteri del D.P.G.R. 5/R/2020, attualmente vigente in materia di pianificazione urbanistica nella Regione Toscana, si delinea il seguente quadro:

10.1 Pericolosità geologica

Per gli aspetti geotecnici l'intervento in progetto sulla proprietà Piazza-Casagrande è classificabile a **pericolosità geologica BASSA G.1** (cfr. Fig. 11).



Fig. 11 – Carta della pericolosità geologica (scala 1:2.000)

10.2 Pericolosità idraulica

Il sito, per le considerazioni espresse in relazione, è classificabile a **pericolosità idraulica ELEVATA P3** in quanto allagabile dalla piena trentennale e duecentennale dei fossi principali del reticolo idraulico locale (cfr. Fig. 12). La tracimazione del fiume Arno nel tratto cittadino e nel tratto a monte della città di Pisa è esclusa per la piena duecentennale nel modello idrologico-idraulico dell’Autorità di Bacino.



Fig. 12 – Carta della pericolosità idraulica (fuori scala)

Per quanto attiene gli aspetti idraulici si conferma pertanto che l’attuazione del Piano è ammissibile ai sensi dell’art. 12, comma 3 della L.R. 41/2018 senza condizioni in quanto la lievissima variazione volumetrica non costituisce ostacolo e non aggrava le condizioni di rischio nelle aree circostanti. Ovviamente, preso atto della situazione, è consigliabile che siano previsti interventi di difesa locale finalizzati ad impedire l’allagamento del piano abitabile. Posto che altezza della lama d’acqua rispetto al livello calpestabile del fabbricato residenziale si aggira sui 60 cm l’installazione di paratie mobili alte 0,90-1,0 metri alle porte comunicanti con l’esterno può essere ritenuta una misura sufficiente a gestire il rischio.

10.3 Pericolosità sismica

Allo stato di fatto nel comune di Pisa non sono stati svolti o quantomeno validati studi di microzonazione sismica finalizzati a determinare la sussistenza e l’incidenza di effetti locali o di sito nell’amplificazione delle onde sismiche. Le conoscenze generali fornite dalle

stratigrafie dei pochi pozzi profondi scavati nel piano di Pisa e da indagini sismiche superficiali consentono di asserire che:

- a) il substrato sismico è notevolmente profondo, nell'ordine dei 700-800 metri almeno;
- b) il rischio di liquefazione dinamica del terreno di imposta delle fondazioni o di strati che possano influenzare la stabilità delle strutture è moderato o basso in quanto non vi sono livelli sabbiosi monogranulari saturi negli strati più superficiali del sottosuolo.
- c) Il grado di pericolosità sismica attribuito nelle cartografie del P.S.I. è sovrastimato se si confrontano le notizie storiche con quelle di altre aree ben più colpite da sismi di media e forte entità nel corso dei secoli. A nostro avviso il potente spessore della successione terrigena non litificata ha un effetto di smorzamento che riduce l'ampiezza delle onde di taglio che raggiungono la superficie.

Alla luce delle considerazioni fatte in precedenza si attribuisce al sito *la classe di pericolosità sismica MEDIA S.2* (cfr. Fig. 13).



Fig. 13 – Carta della pericolosità sismica (fuori scala)

Tenendo conto dei gradi di pericolosità gravanti sul sito, in ottemperanza alla direttiva regionale vigente (D.G.R.T. 31/2020), agli interventi previsti dal Piano Attuativo si attribuiscono le seguenti classi di fattibilità:

- Aspetti geomorfologici* → *Non vi sono limitazioni connesse all'assetto geomorfologico*
- Aspetti idraulici* → *Classe F3 (fattibile a condizione che siano previste interventi di difesa locale ai sensi art. 8, comma 1 lett. d) L.R. 41/2018)*
- Aspetti sismici* → *Classe F2 (verificare se vi sono contrasti di impedenza sismica nei 30 metri di sottosuolo con indagine sismica in situ)*

Nella fase di progettazione esecutiva, sulla base delle caratteristiche tipologiche e geometriche delle strutture in progetto, alla luce delle azioni indotte sul terreno, dovranno essere effettuate **indagini geognostiche e sismiche in situ finalizzate a verificare stratigrafia, caratteristiche meccanico-fisiche e comportamento reologico del terreno nell'ambito dello spessore significativo**. Qualora necessario, per la eventuale presenza di sabbie sature di importante spessore, si provvederà inoltre a fare una verifica della suscettibilità alla liquefazione in ottemperanza a quanto prescritto dalle NTC2018.

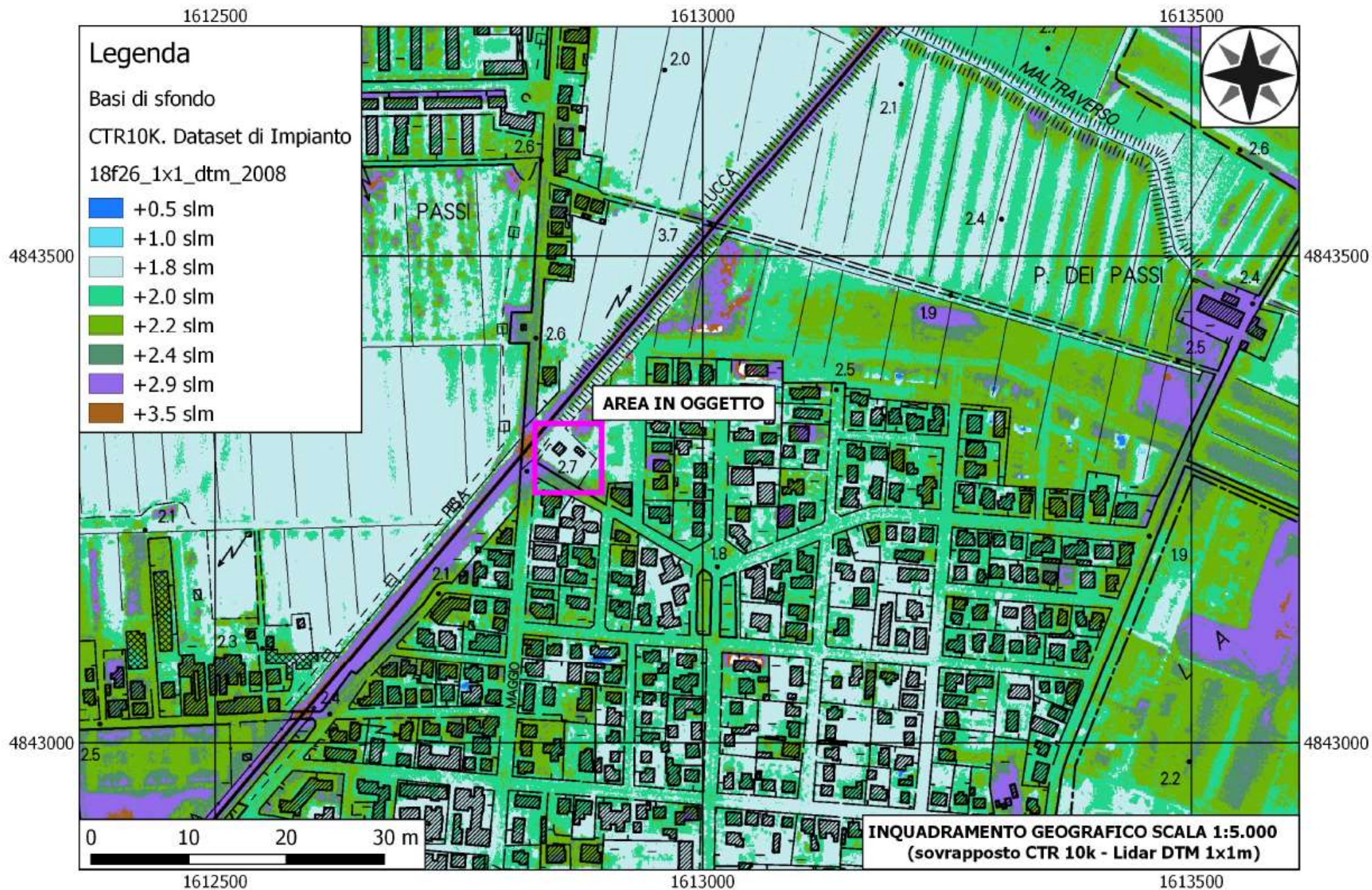
Sulla base dei risultati delle indagini saranno definite le eventuali misure progettuali atte a ridurre il rischio di dissesto delle strutture.

S. Lorenzo alle Corti (Cascina), 26/9/2022

Il Geologo



APPENDICI



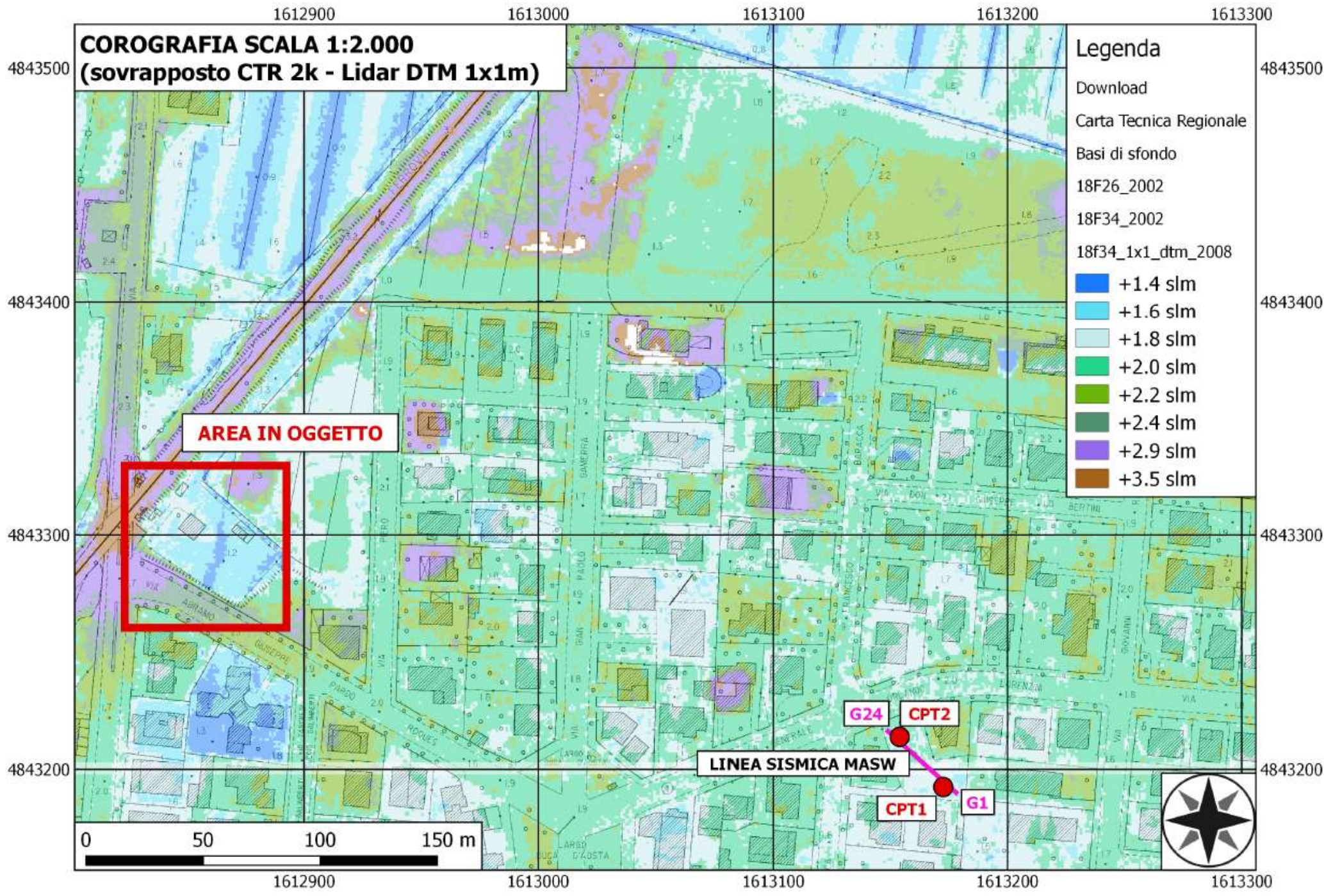
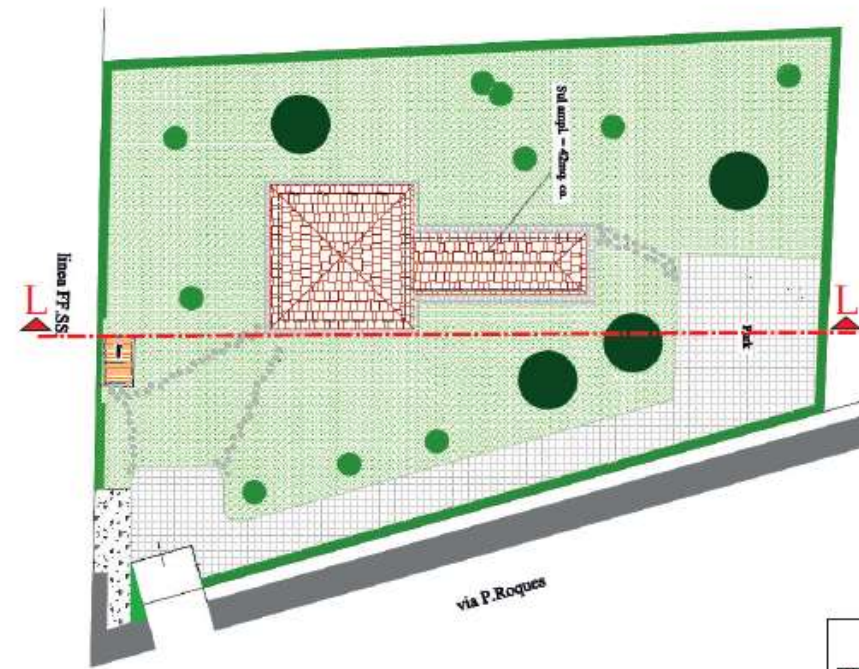


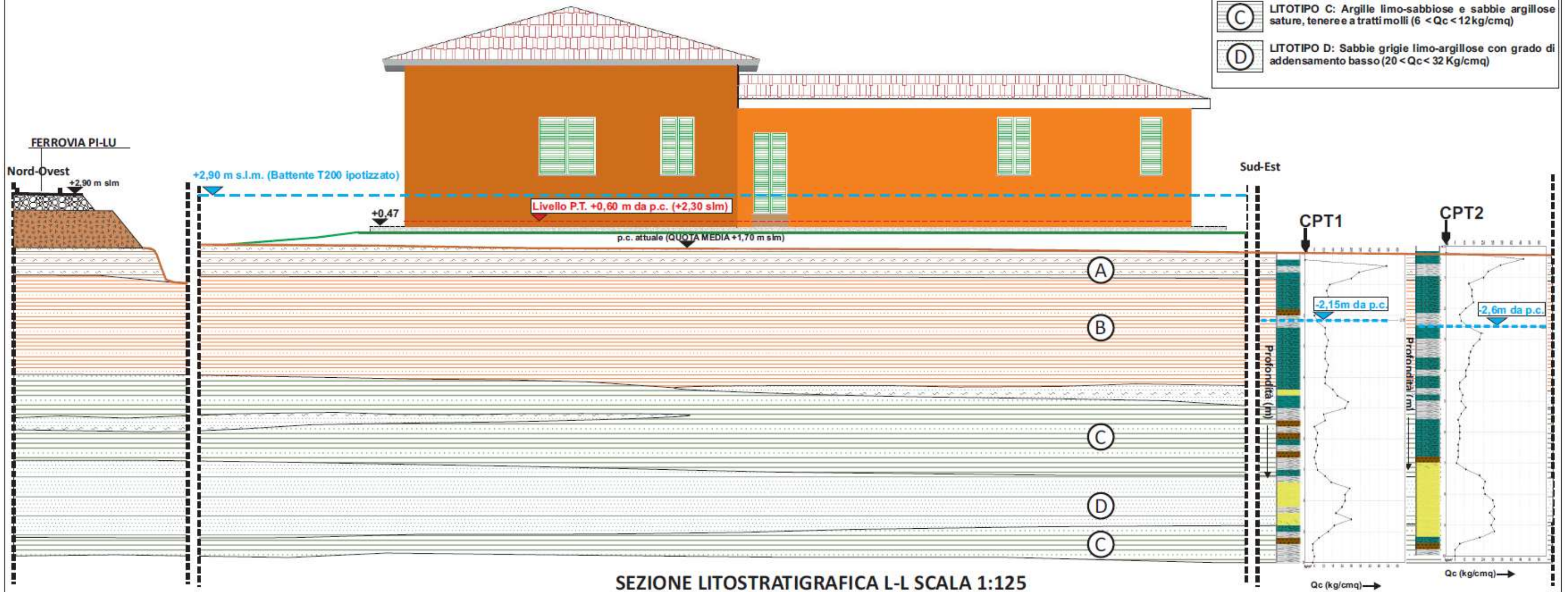


IMMAGINE GOOGLE EARTH (punto di vista da Sud-Ovest)



PLANIMETRIA GENERALE SCALA 1:500

LEGENDA	
	Suolo rimaneggiato/alterato
	LITOTIPO A: Argilla limosa inorganica molto compatta indurita per essiccazione estiva ($25 < Q_c < 55 \text{ Kg/cmq}$)
	LITOTIPO B: Argille e limi inorganici normal-consolidati, a tratti debolmente sabbiosi ($6 < Q_c < 18 \text{ kg/cmq}$)
	LITOTIPO C: Argille limo-sabbiose e sabbie argillose sature, tenere e a tratti molli ($6 < Q_c < 12 \text{ kg/cmq}$)
	LITOTIPO D: Sabbie grigie limo-argillose con grado di addensamento basso ($20 < Q_c < 32 \text{ Kg/cmq}$)



SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA L-L SCALA 1:125



Azienda Certificata
ISO 9001:2008 N. 70Q16704
"Progettazione ed esecuzione di indagini geotecniche e
geofisiche, ambientali, idrometriche"



RELAZIONE TECNICA

Committente: Geol. Vito Brun

Località: Via Gen. Lorenzini
Pisa

Data Indagine: 22/06/2017

Codice lavoro: 170622b

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.

Via Lenin, 132/Q

56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel/Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

P.IVA: 01667250508

Data elaborazione: 26/06/2017

GAIA Servizi S.n.c.
di Massimiliano Vannozzi & C.
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

Codifica: PR 7.5_01_08 Rev. 1 del 11/2011

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1: Prova penetrometrica CPT 1



Figura 2: Prova penetrometrica CPT 2

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
TG63-200 - Pagani - Piacenza

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: $q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale: $f_s \text{ (kg/cm}^2\text{)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale : $R_t \text{ (kg/cm}^2\text{)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l'infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta S (Kg), corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione CT .

N.B. : nonostante la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale f_s viene computata alla stessa quota della punta.

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N \approx 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa \approx 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t/m² = 10 kg/cm²

1 kg/cm² = 10 t/m² \approx 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60 \text{ kg/cm}^2$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di q_c e di $FR = (f_s / q_c) \%$:

- AO	= argilla organica e terreni misti
- Att	= argilla (inorganica) molto tenera
- At	= argilla (inorganica) tenera
- Am	= argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	= argilla (inorganica) consistente
- Acc	= argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	= argilla sabbiosa e limosa
- SAL	= sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss	= sabbia sciolta
- Sm	= sabbia mediamente addensata
- Sd	= sabbia densa o cementata
- SC	= sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT

1

riferimento **170622b**

certificato n° **343/17**

Committente: **Geol. Vito Bruno**
Cantiere: **170622b**
Località: **Via Gen. Lorenzini - Pisa**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: **22/06/2017**
Data certificato: **26/06/2017**
Pagina: **1**
Elaborato: **Falda: -2,15 m da p.c.**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0,20	0,0	0	0	0,00	0,00										
0,40	53,0	82	0	53,00	1,93	27	3,6								
0,60	35,0	75	0	35,00	2,67	13	7,6								
0,80	30,0	58	0	30,00	1,87	16	6,2								
1,00	16,0	46	0	16,00	2,00	8	12,5								
1,20	14,0	41	0	14,00	1,63	8	13,1								
1,40	15,0	33	0	15,00	1,20	13	8,0								
1,60	14,0	36	0	14,00	1,47	10	10,5								
1,80	10,0	21	0	10,00	0,73	14	7,3								
2,00	6,0	15	0	6,00	0,61	10	10,2								
2,20	8,0	15	0	8,00	0,47	17	5,9								
2,40	13,0	24	0	13,00	0,73	18	5,6								
2,60	13,0	27	0	13,00	0,93	14	7,2								
2,80	15,0	34	0	15,00	1,27	12	8,5								
3,00	14,0	34	0	14,00	1,33	11	9,5								
3,20	13,0	30	0	13,00	1,13	12	8,7								
3,40	13,0	30	0	13,00	1,13	12	8,7								
3,60	15,0	32	0	15,00	1,13	13	7,5								
3,80	14,0	36	0	14,00	1,47	10	10,5								
4,00	13,0	33	0	13,00	1,33	10	10,2								
4,20	13,0	31	0	13,00	1,20	11	9,2								
4,40	18,0	44	0	18,00	1,72	10	9,6								
4,60	21,0	31	0	21,00	0,67	31	3,2								
4,80	28,0	43	0	28,00	1,00	28	3,6								
5,00	26,0	39	0	26,00	0,87	30	3,3								
5,20	12,0	23	0	12,00	0,73	16	6,1								
5,40	13,0	21	0	13,00	0,53	25	4,1								
5,60	6,0	13	0	6,00	0,47	13	7,8								
5,80	8,0	12	0	8,00	0,27	30	3,4								
6,00	7,0	14	0	7,00	0,47	15	6,7								
6,20	8,0	17	0	8,00	0,60	13	7,5								
6,40	7,0	13	0	7,00	0,40	18	5,7								
6,60	6,0	12	0	6,00	0,40	15	6,7								
6,80	7,0	11	0	7,00	0,27	26	3,9								
7,00	8,0	16	0	8,00	0,53	15	6,6								
7,20	13,0	26	0	13,00	0,87	15	6,7								
7,40	17,0	28	0	17,00	0,73	23	4,3								
7,60	29,0	33	0	29,00	0,27	107	0,9								
7,80	26,0	36	0	26,00	0,67	39	2,6								
8,00	26,0	33	0	26,00	0,47	55	1,8								
8,20	24,0	33	0	24,00	0,60	40	2,5								
8,40	20,0	37	0	20,00	1,13	18	5,7								
8,60	30,0	35	0	30,00	0,33	91	1,1								
8,80	19,0	25	0	19,00	0,40	48	2,1								
9,00	15,0	30	0	15,00	1,00	15	6,7								
9,20	9,0	15	0	9,00	0,40	23	4,4								
9,40	5,0	11	0	5,00	0,40	13	8,0								
9,60	5,0	9	0	5,00	0,27	19	5,4								
9,80	6,0	9	0	6,00	0,20	30	3,3								
10,00	5,0	9	0	5,00	0,27	19	5,4								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10,00 costante di trasformazione

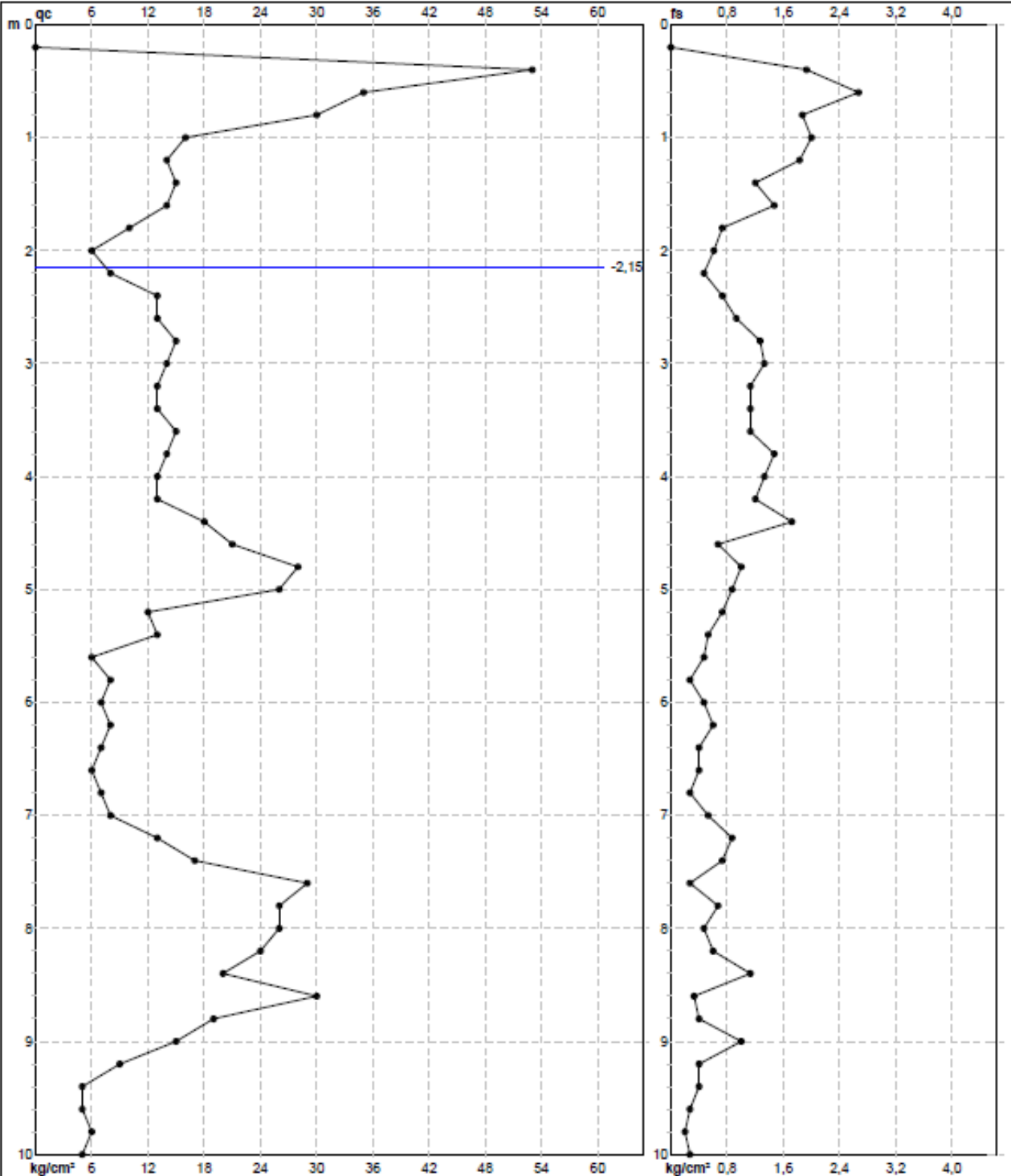
qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	1
riferimento	170622b
certificato n°	343/17

Committente: Geol. Vito Bruno
Cantiere: 170622b
Località: Via Gen. Lorenzini - Pisa

U.M.: kg/cm²
Scala: 1:50
Pagina: 1
Elaborato:
Data esec.: 22/06/2017
Data certificato: 26/06/2017
Quota inizio:
Falda: -2,15 m da p.c.



Penetrometro: TG63-200	Preforo: m
Responsabile: Geol. Jacopo Martini	Corr.astine: kg/ml
Assistente:	Cod. punta:

Software by dott. Geol. Diego Merlini 0425-840030

FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT
1

 riferimento **170622b**

 certificato n° **343/17**

Committente: Geol. Vito Bruno

Cantiere: 170622b

Località: Via Gen. Lorenzini - Pisa

 U.M.: kg/cm²

Data eseg.: 22/06/2017

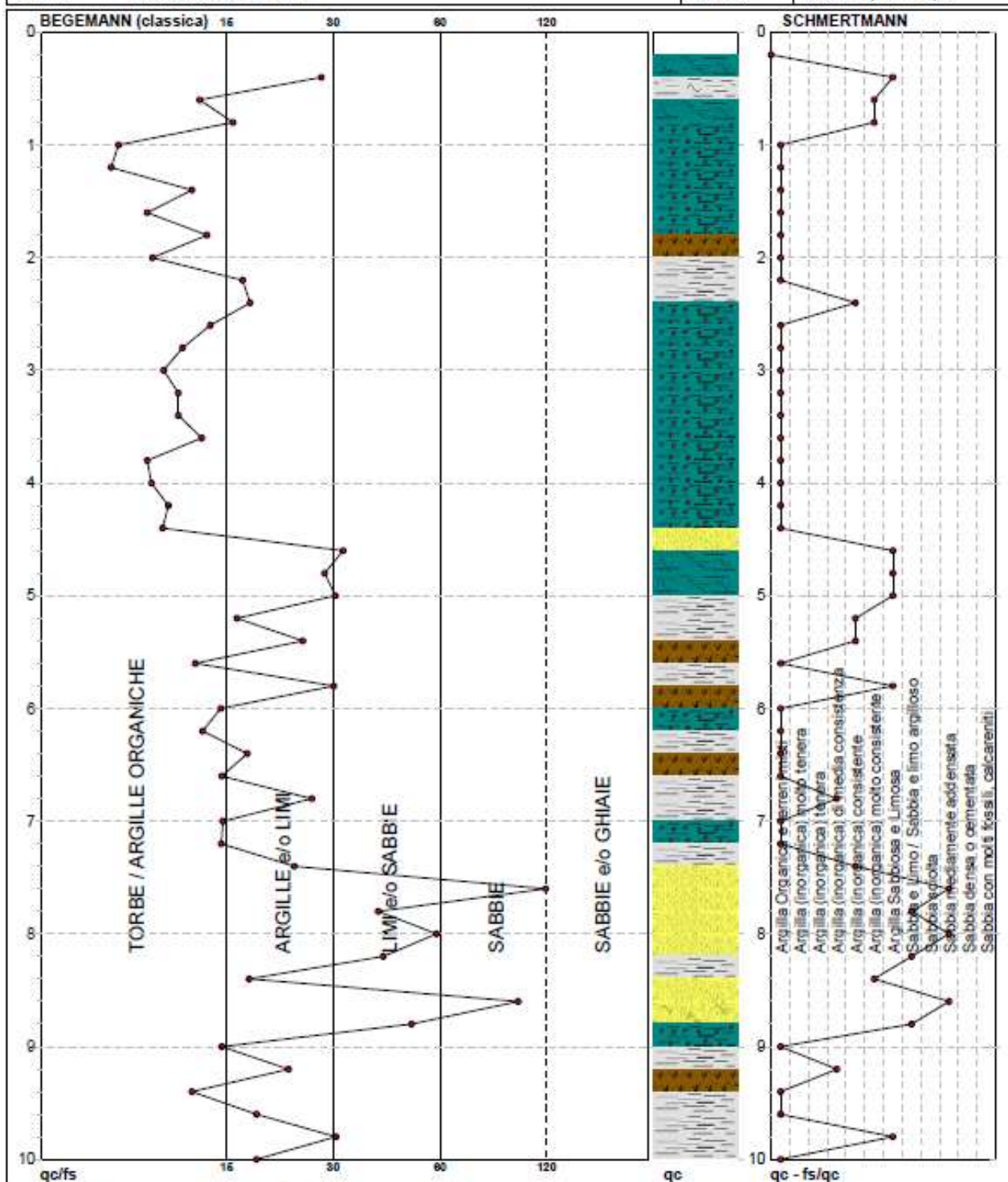
Scala: 1:50

Data certificato: 26/06/2017

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: -2,15 m da p.c.



Torbe / Argille org. :	25 punti, 51,02%	Argilla Organica e terreni misti:	28 punti, 57,14%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	6 punti, 12,24%
Argille e/o Limi :	18 punti, 36,73%	Argilla (inorganica) media consist.:	2 punti, 4,08%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	3 punti, 6,12%
Limi e/o Sabbie :	5 punti, 10,20%	Argilla (inorganica) consistente:	4 punti, 8,16%	Sabbia mediamente addensata:	3 punti, 6,12%
Sabbie:	2 punti, 4,08%	Argilla (inorganica) molto consist.:	3 punti, 6,12%		

Software by dott. Geol. Diego Melini 0425-040320

FOND59

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT

2

riferimento **170622b**

certificato n° **344/17**

Committente: **Geol. Vito Bruno**

Cantiere: **170622b**

Località: **Via Gen. Lorenzini - Pisa**

U.M.: **kg/cm²**

Data exec.: **22/06/2017**

Data certificato: **26/06/2017**

Pagina: **1**

Elaborato:

Falda: **-2,60 m da p.c.**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0,20	0,0	0	0	0,00	0,00										
0,40	50,0	78	0	50,00	1,87	27	3,7								
0,60	35,0	70	0	35,00	2,33	15	6,7								
0,80	27,0	57	0	27,00	2,00	14	7,4								
1,00	24,0	55	0	24,00	2,07	12	8,6								
1,20	15,0	33	0	15,00	1,20	13	8,0								
1,40	17,0	44	0	17,00	1,80	9	10,6								
1,60	17,0	40	0	17,00	1,53	11	9,0								
1,80	18,0	37	0	18,00	1,27	14	7,1								
2,00	13,0	30	0	13,00	1,13	12	8,7								
2,20	9,0	23	0	9,00	0,93	10	10,3								
2,40	10,0	19	0	10,00	0,60	17	6,0								
2,60	15,0	27	0	15,00	0,80	19	5,3								
2,80	23,0	37	0	23,00	0,93	25	4,0								
3,00	22,0	41	0	22,00	1,27	17	5,8								
3,20	18,0	32	0	18,00	0,93	19	5,2								
3,40	16,0	27	0	16,00	0,73	22	4,6								
3,60	15,0	29	0	15,00	0,93	16	6,2								
3,80	15,0	30	0	15,00	1,00	15	6,7								
4,00	13,0	26	0	13,00	0,87	15	6,7								
4,20	13,0	25	0	13,00	0,80	16	6,2								
4,40	9,0	18	0	9,00	0,60	15	6,7								
4,60	9,0	19	0	9,00	0,67	13	7,4								
4,80	11,0	20	0	11,00	0,60	18	5,5								
5,00	10,0	20	0	10,00	0,67	15	6,7								
5,20	13,0	23	0	13,00	0,67	19	5,2								
5,40	10,0	18	0	10,00	0,53	19	5,3								
5,60	8,0	15	0	8,00	0,47	17	5,9								
5,80	9,0	18	0	9,00	0,60	15	6,7								
6,00	9,0	18	0	9,00	0,60	15	6,7								
6,20	9,0	20	0	9,00	0,73	12	8,1								
6,40	8,0	17	0	8,00	0,60	13	7,5								
6,60	8,0	17	0	8,00	0,60	13	7,5								
6,80	8,0	17	0	8,00	0,60	13	7,5								
7,00	7,0	15	0	7,00	0,53	13	7,6								
7,20	13,0	15	0	13,00	0,13	100	1,0								
7,40	22,0	31	0	22,00	0,60	37	2,7								
7,60	25,0	33	0	25,00	0,53	47	2,1								
7,80	24,0	27	0	24,00	0,20	120	0,8								
8,00	25,0	36	0	25,00	0,73	34	2,9								
8,20	30,0	36	0	30,00	0,40	75	1,3								
8,40	31,0	36	0	31,00	0,33	94	1,1								
8,60	28,0	39	0	28,00	0,73	38	2,6								
8,80	31,0	40	0	31,00	0,60	52	1,9								
9,00	29,0	38	0	29,00	0,60	48	2,1								
9,20	31,0	37	0	31,00	0,40	78	1,3								
9,40	22,0	29	0	22,00	0,47	47	2,1								
9,60	9,0	20	0	9,00	0,77	12	8,6								
9,80	6,0	13	0	6,00	0,47	13	7,8								
10,00	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata

alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA

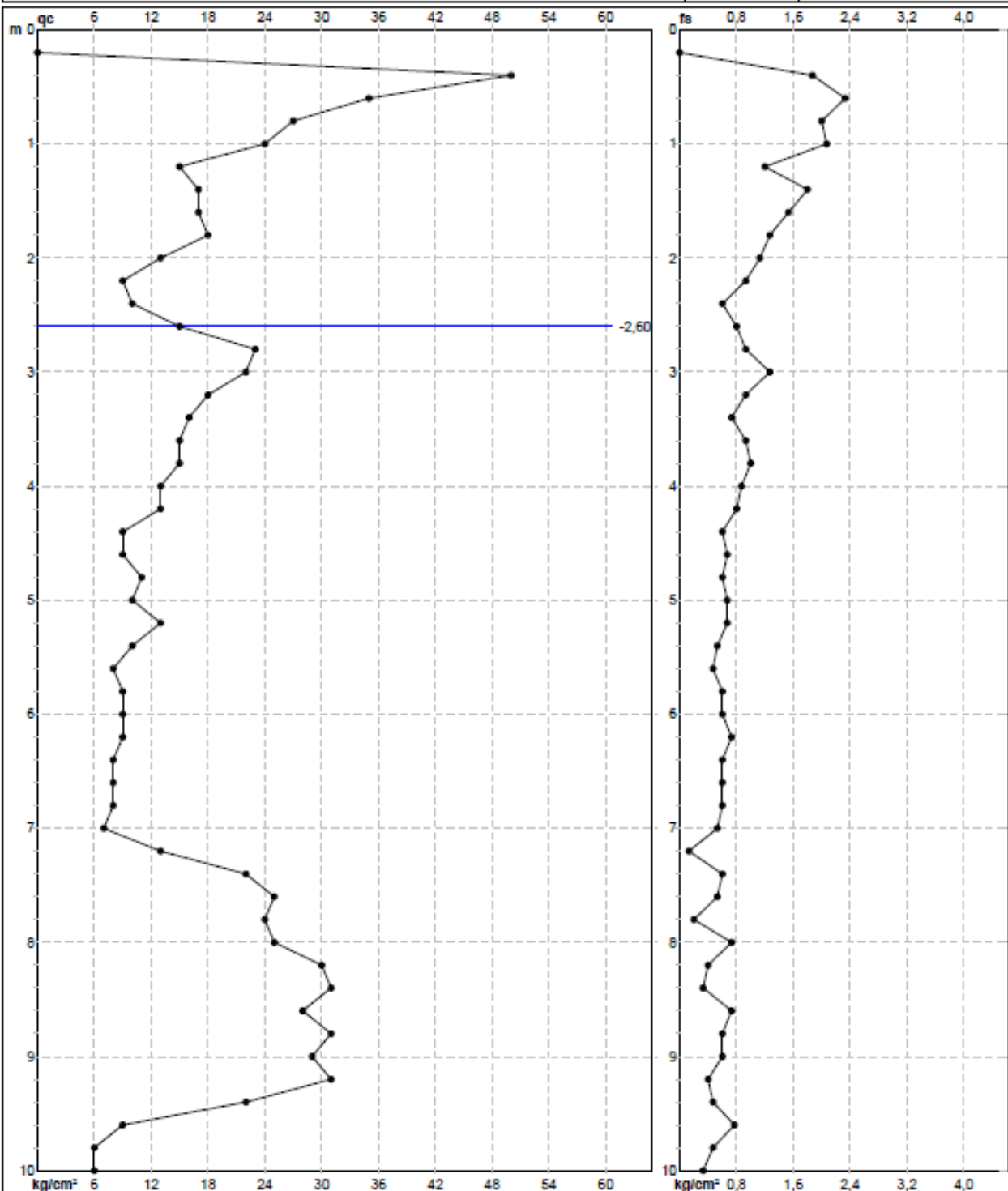
CPT **2**

riferimento **170622b**

certificato n° 344/17

Committente: Geol. Vito Bruno
Cantiere: 170622b
Località: Via Gen. Lorenzini - Pisa

U.M.: kg/cm² Data eseg.: 22/06/2017
Scala: 1:50 Data certificato: 26/06/2017
Pagina: 1 Quota inizio:
Elaborato: Falda: -2,60 m da p.c.



Penetrometro: TG63-200
Responsabile: Geol. Jacopo Martini
Assistente:

Preforo: m
Corr.astine: kg/ml

Cod. punta:

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840030

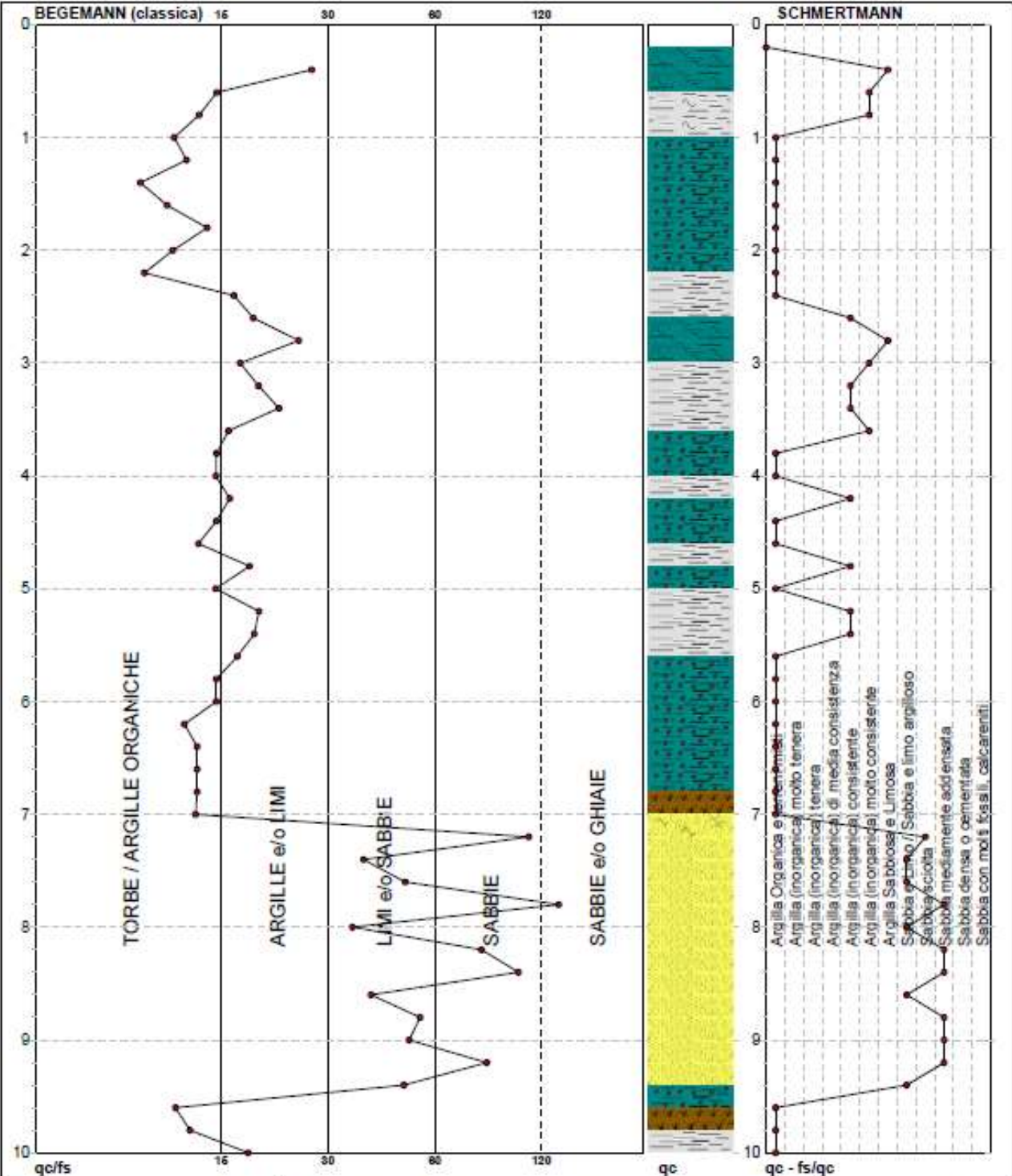
FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	2
referimento	170622b
certificato n°	344/17

Committente: Geol. Vito Bruno
Cantiere: 170622b
Località: Via Gen. Lorenzini - Pisa

U.M.: kg/cm²
Scala: 1:50
Pagina: 1
Elaborato: Falda: -2,60 m da p.c.



Torbe / Argille org. :	23 punti, 46,94%	Argilla Organica e terreni misti:	24 punti, 48,98%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	2 punti, 4,08%
Argille e/o LIMI :	15 punti, 30,61%	Argilla (inorganica) consistente:	7 punti, 14,29%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	5 punti, 10,20%
Limi e/o Sabbie :	7 punti, 14,29%	Argilla (inorganica) molto consist.:	4 punti, 8,16%	Sabbia sciolta:	1 punto, 2,04%
Sabbie:	5 punti, 10,20%			Sabbia mediamente addensata:	6 punti, 12,24%

Software by dott. Geol. Diego Merli 0435-640030

FON059



COMUNE DI PISA
Direzione Urbanistica-Edilizia Privata
Servizi Amministrativi Mobilità
Ufficio Urbanistica
Palazzo Pretorio - Vicolo del Moro,2
56125 Pisa

Tel: 050.910479 oppure 050.910430

e-mail: urbanistica@comune.pisa.it
PEC: comune.pisa@postacert.toscana.it

Orario di apertura:
su appuntamento

Alla c.a. Dott. Geol. Vito Bruno
PEC: studiotetide@epap.sicurezza postale.it

Oggetto: battente idraulico TR 200 anni.

A seguito della Vs. richiesta trasmessa a mezzo PEC il giorno 24/03/2021 ed acquisita con Prot. n. 0029816/2021 per conoscere il battente idraulico dell'area evidenziata nella cartografia allegata (immobile ubicato in via Pardo Roques a Pisa), in accordo con l'AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE - Autorità di Bacino del Fiume Arno, si comunica che:

- l'area in oggetto ricade in area a pericolosità per alluvioni frequenti (P3 elevata) e presenta **battente idraulico di 2,90 metri s.l.m.m.**. Per determinare l'altezza della lama d'acqua rispetto al piano di campagna si dovrà fare riferimento alla cartografia della Regione Toscana, Rilievo Lidar, dato DTM;
- al fine della determinazione della magnitudo; la massima velocità della corrente individuata da modello risulta inferiore a 1 m/sec.

Si precisa che il battente idraulico fa riferimento alle cartografie del P.G.R.A. approvate dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale con Determina Dirigenziale n. 9 del 14/03/2017.

Si segnala inoltre che dovranno essere consultate le cartografie e gli elaborati del quadro conoscitivo del Piano Strutturale Intercomunale adottato con D.C.C. n. 30 del 23/07/2020 e pubblicato sul BURT n. 35 del 26/08/2020, scaricabili dal sito web del Comune di Pisa all'indirizzo: <https://www.comune.pisa.it/it/ufficio-scheda/26930/Piano-Strutturale-Intercomunale.html>.

Cordiali saluti.

La Dirigente della Direzione
Ing. Daisy Ricci

Strutture Direttivo
Dott. Geol. Alessandra Pippi

