



COMUNE DI CAMPI BISENZIO (FI)  
Progetto Unitario Convenzionato (PUC) (art.121 L.R. 65/2014)  
**"VIA CASTRONELLA 2021"**

**PROPRIETA':** EDILTOSCANA s.a.s. di Simonetti Massimo e C.  
Società in liquidazione - fallimento n. 143/2020 Tribunale di Firenze  
**Curatore: Dott. Matteo Rondini**  
via Giovanni del Pian dei Carpinì 96/6, 50127 Firenze (FI)  
CF: RNDMTT81S29D612W

**Calogero Andolina**  
via di Mezzo, n.1, 50013 Campi Bisenzio (FI)  
CF. NDLCGR50T20L603U

**Francesco Capici**  
via Palagetta, n.25, 50013 Campi Bisenzio (FI)  
CF. CPCFNC53S04G273K

**Giuseppa Di Carlo**  
via Santa Maria, n.122, 50013 Campi Bisenzio (FI)  
CF. DCRGPP55B55H428K

**Calogero Nobile**  
via Santa Maria, n.122, 50013 Campi Bisenzio (FI)  
CF. NBLCGR50C20L603J

**PROGETTISTA:** Arch. Marianna Coglièvina

**GEOLOGO:** Dott. Franco Ceccarini

**GEOLOGIA, IDRAULICA, SISMICA**

**N1\_i**

LUGLIO 2023

**FIRME PROPRIETARI**

**TIMBRO PROGETTISTA**

-----  
-----  
-----  
-----

INDICE

1.)	PREMESSA	pag. 2
2.)	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	pag. 6
2.1.)	Caratteristiche generali	pag. 6
2.2.)	Caratteristiche dell'area desumibili dagli elaborati del Piano Strutturale e R.U. del Comune di Campi Bisenzio	pag.10
2.3.)	Fattibilità dell'intervento	pag.13
3.)	APPROFONDIMENTI DEL QUADRO CONOSCITIVO- DATI GEOGNOSTICI E CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DELL'AREA	pag.19
3.1.)	Indagini eseguite	pag.19
3.2.)	Caratterizzazione stratigrafica e e geotecnica del sottosuolo	pag.21
4.)	CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE PRELIMANARI	pag.23
4.1.)	Considerazioni generali	pag.23
4.2.)	Considerazioni sulla capacità portante	pag.23
4.3.)	Considerazioni sui cedimenti	pag.24
5.)	RISPOSTA SISMICA LOCALE	pag.28
5.1.)	Amplificazione stratigrafica	pag.28
5.2.)	Amplificazione topografica	pag.33
5.3.)	Coefficiente di amplificazione e coefficienti sismici	pag.33
5.4.)	Liquefazione	pag.34
6.)	CONCLUSIONI CIRCA LA PERICOLOSITA' DELL'AREA E LA FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO	pag.40
7.)	CONSIDERAZIONI SUL RISCHIO IDRAULICO	pag.43
7.1.)	Considerazioni generali ed aspetti normativi	pag.43
7.2.)	Compensazione dell'effetto dell'impermeabi- lizzazione dei suoli	pag.46

IN APPENDICE:      FIGURE  
                          TABELLE DI CALCOLO  
                          ELABORATI PROVE PENETROMETRICHE

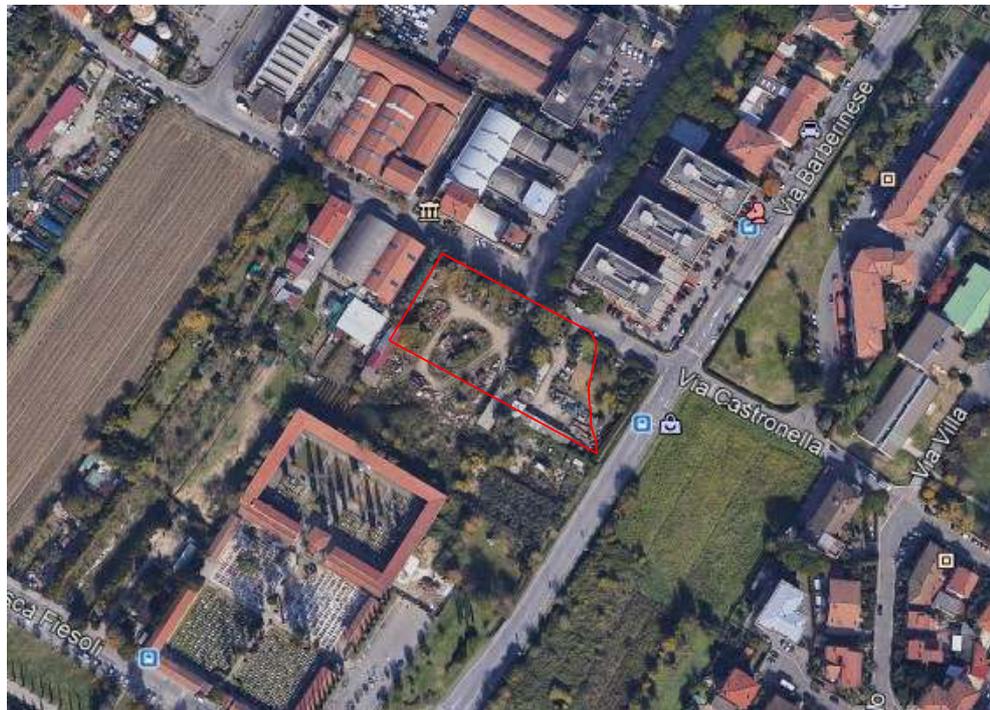
file: campi castronella PUC 21

## 1.) PREMESSA

Su incarico dell'Architetto Marianna Cogliervina, in nome e per conto dei proprietari dell'area, la presente Relazione di fattibilità ai sensi D.P.G.R. 05/R/2020 esamina le caratteristiche geologiche, geotecniche ed idrauliche dell'area posta in Comune di Campi Bisenzio con accesso da Via Castronella, all'angolo con la SS 325 Via Barberinese.

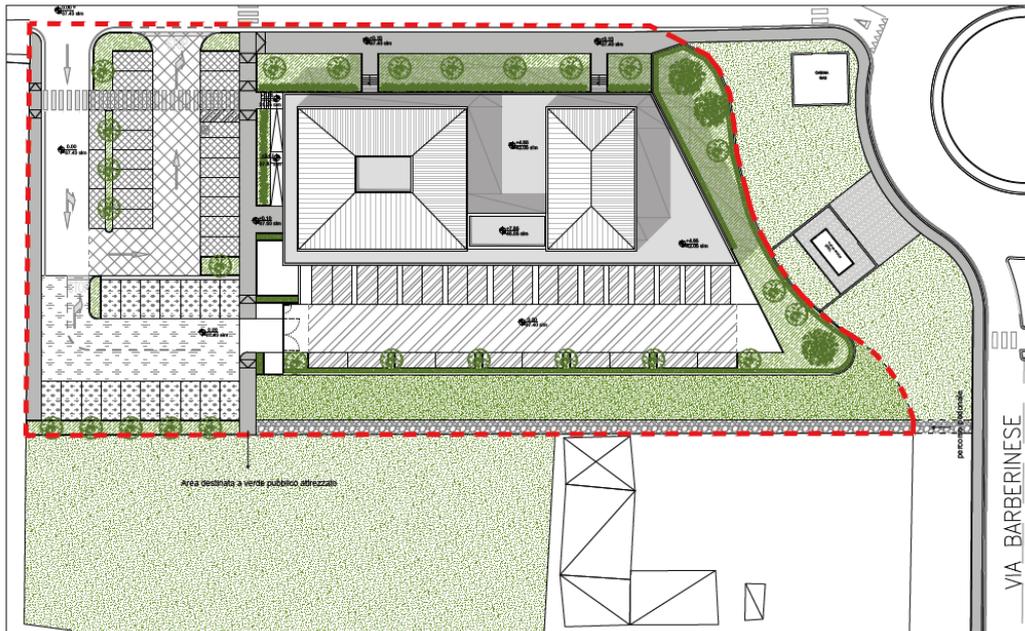
L'esatta ubicazione della zona può essere rilevata in FIG. 1 : "Corografia Generale" in scala 1 : 10.000.

Si riporta inoltre qui di seguito la veduta aerea dell'area in oggetto.

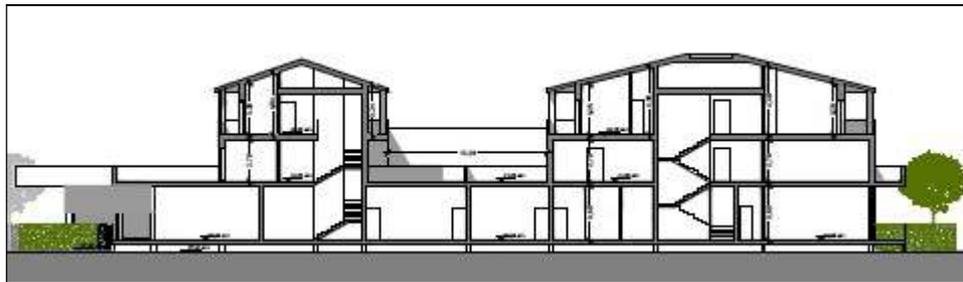


Il lotto è parte dell'area identificata come area B.C - Via Castronella dal Regolamento Urbanistico del Comune di Campi Bisenzio.





Gli edifici saranno dotati di un massimo di n. 3 piani fuori terra (piano terreno, primo e secondo piano) e privi di piano interrato. La parte centrale dell'edificio sarà ad un solo piano fuori terra, come da sezione qui di seguito allegata:



Nella presente relazione si analizzeranno per prima cosa i contenuti dello studio geologico a supporto del Piano Strutturale e le classificazioni e condizioni di fattibilità contenute nel Regolamento Urbanistico; si analizzeranno inoltre i contenuti del PGRA dell'Autorità di Bacino; quindi, sarà affrontato un approfondimento delle caratteristiche geologiche e geotecniche dell'area, pervenendo ad una valutazione di fattibilità.

Per tale approfondimento, saranno qui utilizzati, oltre a dati generali sull'area, anche i risultati di una campagna geognostica appositamente eseguita in situ, costituita da n. 3 prove penetrometriche, di cui 2 di tipo statico CPT ed una di tipo dinamico superpesante PDSH.

Dal punto di vista della caratterizzazione sismica, in attesa di più specifici accertamenti geofisici da condursi in fase

edilizia a supporto della progettazione esecutiva ed ai sensi D.M. 17.01.2018, si analizzeranno i dati contenuti nel Regolamento Urbanistico, fornendo poi, sulla base dei dati geognostici disponibili, una prima valutazione della categoria di sottosuolo al fine di pervenire all'accelerazione massima attendibile e poter quindi condurre valutazioni del comportamento dinamico dei terreni.

**2.) INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.**

**2.1.) Considerazioni generali**

L'area in esame si trova in posizione centrale della vasta pianura alluvionale di Firenze - Prato - Pistoia, che deriva da un antico bacino lacustre di età villafranchiana.

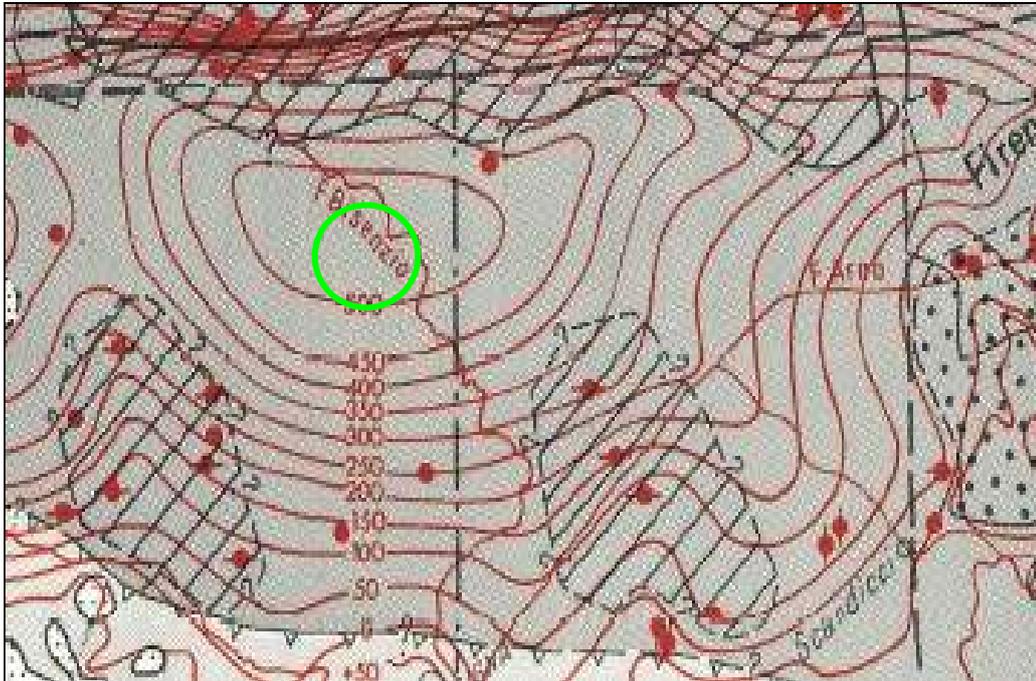
Le forme del territorio sono quindi evidentemente collegate alla natura e genesi dei sedimenti, con assetto quasi totalmente pianeggiante; il lotto in oggetto possiede quota variabile da circa 36,8 a 37,4 m s.l.m., dove la quota inferiore è assunta dalla porzione sud-est del lotto.

La pianura alluvionale in oggetto, di cui il Comune di Campi Bisenzio occupa la posizione centrale, si originò dopo la fase parossistica dell'orogenesi appenninica, quando in epoca miocenica iniziò una fase distensiva responsabile della creazione di una serie di depressioni longitudinali con andamento appenninico, nelle quali a loro volta si impostarono vari bacini lacustri intermontani, fra i quali appunto quello di Firenze - Prato - Pistoia.

Successivamente, alcune faglie trasversali provocarono il sollevamento della conca di Firenze rispetto al resto del bacino, con conseguente erosione della soglia alla Gonfolina presso Signa, mentre continuava a colmarsi la parte del bacino di Prato e Pistoia fino al suo totale riempimento.

Per tale motivo, lembi di depositi lacustri in affioramento si trovano soprattutto nei dintorni di Firenze, mentre mancano lungo la fascia pedecollinare nord dalla zona di Castello fino a Pistoia, dove proseguiva anche in fase di dominio lacustre la tettonica distensiva che dava luogo alla depressione tettonica.

In tal modo, nella zona di Campi Bisenzio lo spessore dei sedimenti lacustri e fluviali assume elevato spessore; si veda a tal proposito la ricostruzione della profondità del fondo dell'antico invaso (F. Capecchi); su tale carta la zona in oggetto si trova all'interno della curva isobata di 500 m, corrispondente in pratica alla massima profondità dell'invaso stesso.



I corsi d'acqua che si impostarono successivamente sulla neoformata superficie di origine lacustre, la rimaneggiarono tramite l'alternarsi di cicli erosivi e deposizionali, ricoprendola con una coltre di depositi fluviali, costituiti da sabbie e ghiaie, in funzione della maggiore energia di trasporto, in vicinanza dei principali corsi idrici e delle loro passate digressioni (paleoalvei).

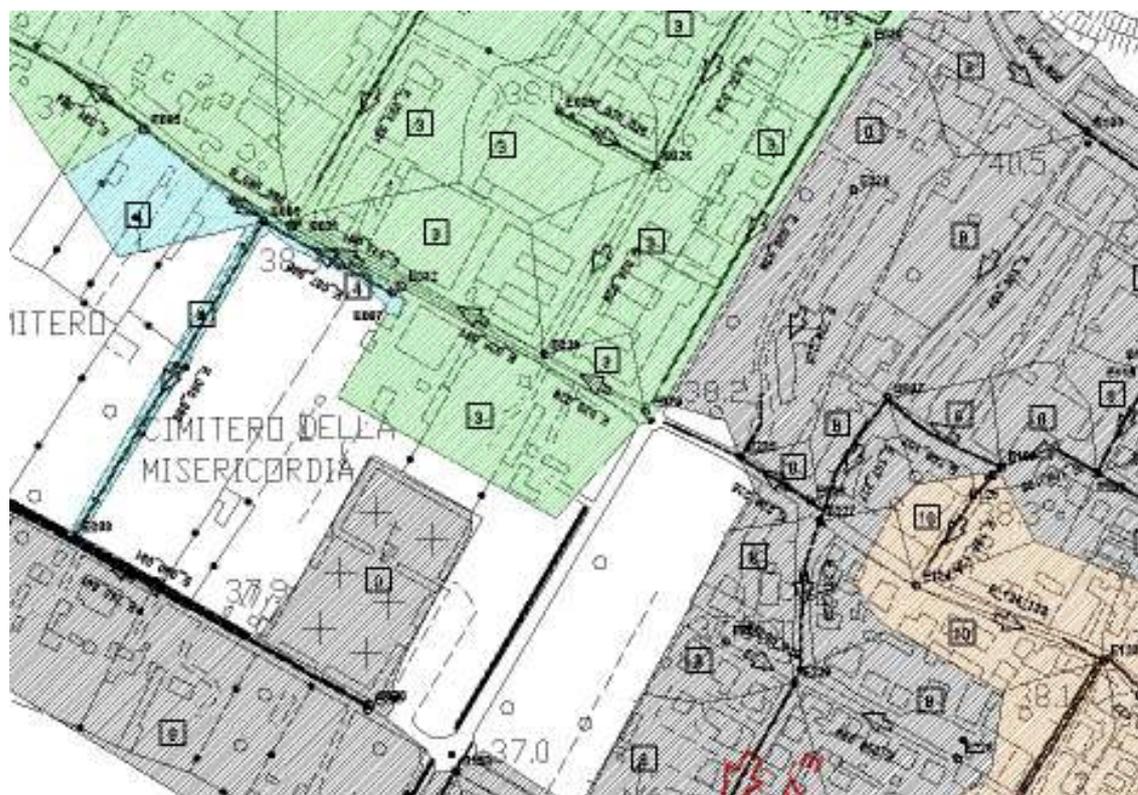
Essenzialmente fini sono invece i sedimenti più recenti ed attuali, dovuti ad alluvionamenti ed impaludamenti che hanno interessato diverse aree della piana anche in epoche storiche, quando i corsi idrici risultavano ormai arginati ad opera dell'uomo.

Tali sedimenti più superficiali, costituiti da limi ed argille con frazione sabbiosa in quantità variabile, sono talora modestamente o poco consistenti, mentre la loro resistenza tende a migliorare a maggior profondità.

Dal punto di vista geomorfologico, il lotto in oggetto si imposta quindi in un'area di pianura, geomorfologicamente stabile.

Le acque superficiali che possono interessare il lotto sono le acque di origine meteorica; non esistono sul lotto stesso fossetti o canali: è pertanto assente anche ogni forma di

reticolo idrografico minore. Le acque superficiali dell'area tendono pertanto in parte ad infiltrarsi nel suolo, in parte sono evacuate dal sistema fognario. La zona fa parte del "Sistema E - Sottosistema 3" delle fognature del Comune di Campi Bisenzio, come indicato nello stralcio della cartografia 10.14b del Piano Strutturale, qui sotto riportato.





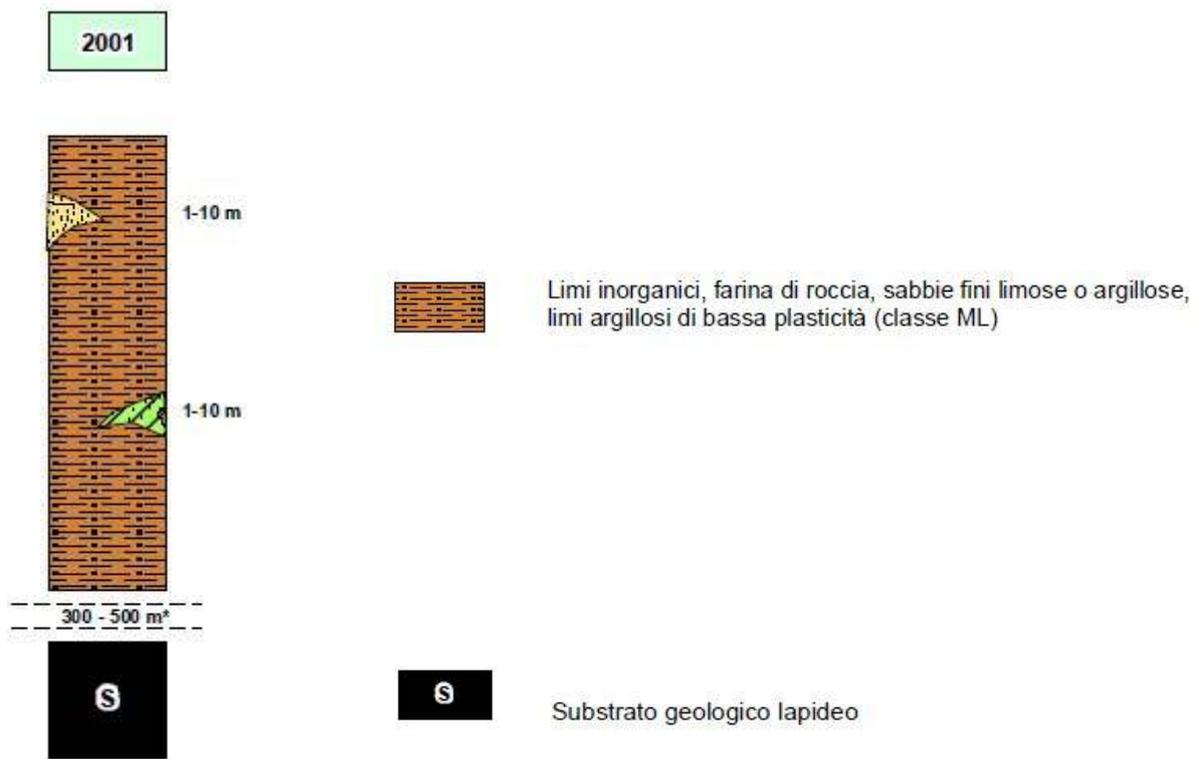
**2.2.) Caratteristiche dell'area desumibili dagli elaborati del Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico del Comune di Campi Bisenzio.**

Dallo strumento geologico di supporto al recente Piano Strutturale del Comune di Campi Bisenzio è possibile evidenziare quanto segue:

- In FIG.2 si riporta uno stralcio della "Carta Geologica" (scala 1 : 10.000) del Piano Strutturale (2020), dalla quale si può osservare che il lotto in oggetto ricade, come tutta l'area pianeggiante del Comune di Campi Bisenzio, sui terreni di natura alluvionale recenti ed attuali; essi sono solitamente costituiti da depositi fluviali formati da sedimenti a granulometria variabile da argille e limi a sabbia e ghiaia; in superficie prevalgono sedimenti fini, variabili da argille a limi sabbiosi (Olocene). Sulla carta riportata, la metà nord del lotto è indicata anche ricadere in "area di conoide alluvionale"; potrebbero pertanto risultare più probabili, secondo tale ricostruzione, depositi di tipo ghiaioso a partire da una certa profondità. In realtà, le prove penetrometriche eseguite in situ hanno comunque evidenziato la presenza di sedimenti tendenzialmente fini fino a -12 m dal p.c.; ciò anche per quanto riguarda la prova CPT2, eseguita in prossimità del confine su Via Castronella (parte nord del lotto).
- In FIG. 3 si riporta uno stralcio nella nuova Carta geomorfologica (scala 1:10.000). Sono nuovamente indicati i depositi alluvionali, qui definiti come "inattivi", costituiti da limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi. E' nuovamente riportata anche la già sopra discussa presenza della conoide alluvionale nella metà nord del lotto.
- In FIG. 4 si allega la Carta litotecnica; qui i terreni sono definiti come limi da consistenti a moderatamente consistenti, (Unità litologica Flt1-2s3-4); sempre evidenziata la conoide alluvionale nella metà nord del lotto.
- Sulla "Carta Idrogeologica" (scala 1 : 10.000) da Piano Strutturale, di cui un estratto è riportato in FIG. 5, sull'area passa la curva isofreatica dei 37 m slm, ovvero mediamente -2 m dal p.c., con gradiente della falda verso sud-ovest; data l'attuale quota dell'area (circa circa 37,4

m s.l.m.), la falda si dovrebbe in realtà impostare a profondità inferiore ad 1 m dal p.c.; il livello rilevato in situ nel luglio/agosto 2018 tramite installazione di tubi freaticometrici nei perfori di prova penetrometrica risulta posto a circa  $1,88 \div 2,2$  m dal p.c. circa, in dipendenza delle leggere variazioni altimetriche dei punti di misura; ciò corrisponderebbe quindi alla profondità di circa 2 m dal p.c. indicata sulla carta, ma è possibile che in stagione di morbida la superficie freatica possa risultare più elevata.

- In FIG. si riporta uno stralcio della Carta delle Indagini, su cui sono indicate le indagini disponibili sul territorio comunale.
- In FIG. 7 si riporta uno stralcio della "Carta geologico-tecnica (Variante R.U. 2018); su essa, con una certa difficoltà nell'interpretazione delle campiture di colore, per la zona in oggetto appare descritta la presenza del termine MLpi ("limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di piana inondabile"). Nella metà nord del lotto, come già visto in altre carte, lo stesso litotipo viene riferito non alla piana inondabile ma alla conoide alluvionale (MLca); sembra quindi di intuire che la facies deposizionale non influisca sulle caratteristiche del sedimento, come in effetti appare dalle indagini condotte.
- In FIG. 8, si riporta la Carta della Pericolosità Geologica; qui il lotto è definito ricadere in zona a pericolosità G1, ovvero "pericolosità geologica bassa"; ciò deriva in pratica dal fatto che si tratta di area di pianura su cui non sono indicati fenomeni di subsidenza.
- In FIG. 9 si allega un estratto della Carta MOPS (Microzone Omogenee in prospettiva Sismica - Agosto 2019), su cui il lotto in oggetto cade all'interno di un'ampia "zona stabile suscettibile di amplificazioni sismiche locali"; si tratta più precisamente della zona 2001, di cui riportiamo qui di seguito la colonna stratigrafica rappresentativa. In essa si evidenzia uno spessore di 300-500 m di terreni essenzialmente riferibili al termine ML, soprastanti il substrato lapideo posto ad elevata profondità.



- In FIG. 10 si allega la Carta della Pericolosità Sismica Locale, dove per la zona è definita la pericolosità sismica locale S2, ovvero media; ciò è conforme con le definizioni contenute nel d.p.g.r. 5/R/2020, dove in presenza di terreni alluvionali in elevato spessore soprastanti il substrato rigido è attribuita tale pericolosità; solo se è atteso un elevato contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato entro alcune decine di metri è attribuita pericolosità elevata S3. Nel caso presente si è già visto come il substrato rigido si trovi a 400-500 m di profondità.
- In FIG. 11 si riporta uno stralcio della Carta delle problematiche idrogeologiche, cui è indicata per la falda una vulnerabilità medio-bassa. Data la presenza di falda superficiale, ciò è evidentemente dovuto alla scarsa permeabilità dei sedimenti. Si indica inoltre la classificazione fornita dall'Autorità di Bacino circa la disponibilità della risorsa idrica: la zona è definita D2, ovvero "Area a disponibilità prossima alla capacità di ricarica".

- In FIG. 12 si riporta la Carta della Pericolosità Idraulica; qui, sulla maggior parte del lotto in oggetto (salvo una limitata porzione a nord-ovest lungo Via di Castronella) è indicata la pericolosità idraulica I.3, ovvero pericolosità elevata; questa, ai sensi d.p.g.r. 53/R/20011 (normativa su cui la carta di basa) indica una zona soggetta a possibili eventi alluvionali con tempi di ritorno  $Tr$  tali che  $30 < Tr \leq 200$  anni.
- In FIG. 13 si riporta la Carta dei battenti con  $Tr = 30$  anni: qui, concordemente con la definizione sopra vista di pericolosità I.3, non sono indicati battenti idraulici sul lotto.
- In FIG. 14 si allega poi la Carta dei battenti con  $Tr = 200$  anni, sulla quale per la parte ovest del lotto è indicato un battente compreso tra 0 e 25 cm: per la parte est, il battente è compreso tra 25 e 50 cm.
- Infine, in FIG. 15 si riporta la Carta della Magnitudo Idraulica ai sensi L.R. 41/R/2018. In essa, per il lotto in oggetto è indicata Magnitudo Idraulica moderata. Questo significa, essendo la magnitudo la combinazione tra battente e velocità della corrente, che siamo in presenza di battenti  $\leq 50$  cm e velocità  $\leq 1$  m/s.

### **2.3.) Fattibilità dell'intervento**

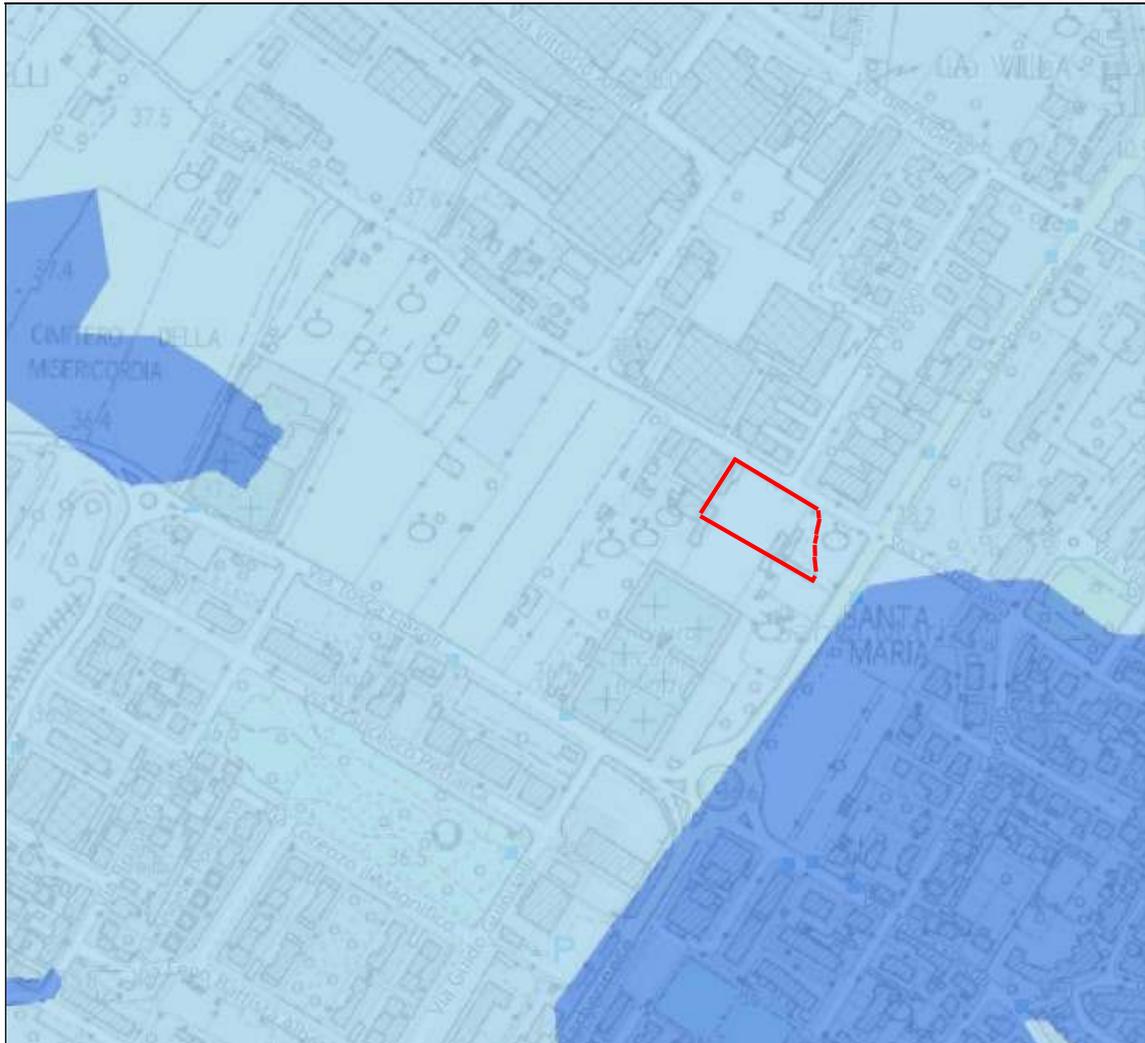
Dai documenti del nuovo Piano Strutturale comunale si perviene alla seguente classificazione di pericolosità:

Pericolosità geologica G1 (bassa)  
Pericolosità sismica S2 (media)  
Pericolosità idraulica I3 (elevata)

E' dunque evidente che i maggiori vincoli per la fattibilità sono quelli di tipo idraulico.

Si deve in tal senso notare che la cartografia di PGRA (Autorità di bacino) riporta ancora la pericolosità 1, che corrisponderebbe alle precedenti classificazioni di piano strutturale, ora modificate in base al recente nuovo studio idraulico di cui si sono sopra descritti i contenuti.

Si veda per il PGRA lo stralcio cartografico qui di seguito riportato.



Con la nuova classificazione derivante dallo studio idraulico comunale, ai sensi PGRA alle aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore a 30 anni e minore od uguale a 200 anni dovrebbe essere assegnata la pericolosità da alluvione media I2. Ciò corrisponde a uno scenario di alluvioni poco frequenti ai sensi LR 41/2018.

All'art. 11 della L.R. 41/2018 si tratta degli interventi di nuova costruzione in aree a pericolosità per alluvioni frequenti e poco frequenti.

Il comma 1 recita: "Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati interventi di nuova costruzione a condizione che sia realizzata almeno una delle opere idrauliche di cui all'art.8, comma 1, lettere a), b) o c) (ndr: per le aree con alluvioni frequenti non varrebbe la lettera c).

Tali opere sono:

**Art. 8**

**Opere per la gestione del rischio di alluvioni**

1. La gestione del rischio di alluvioni è assicurata mediante la realizzazione delle seguenti opere finalizzate al raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2:

- a) opere idrauliche che assicurano l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti;
- b) opere idrauliche che riducono gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata, unitamente ad opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;
- c) opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;
- d) interventi di difesa locale.

Essendo le opere idrauliche al di fuori della portata del privato, occorre dunque ricorrere ad opere di sopraelevazione.

Queste sempre dalla L.R. 41, tali opere sono così definite: "opere la cui funzione è quella di ridurre la vulnerabilità degli elementi esposti all'evento alluvionale, conseguendo la classe di rischio R2 mediante la realizzazione del piano di calpestio ad una quota superiore al battente con un relativo franco di sicurezza".

Le stesse opere, ai sensi della successiva L.R. 7/2000, sarebbero possibili anche in scenario di alluvioni frequenti qualora la magnitudo idraulica risulti moderata.

Unitamente a ciò, occorre tenere presente che la sopraelevazione non deve produrre aggravio su altre aree (riduzione della volumetria di espansione sul proprio lotto con aggravio sui lotti prossimi).

Gli interventi di compensazione idraulica con accumulo e laminazione ritardata tramite creazione di piccoli bacini di invaso sono ritenuti, allo stato attuale dell'arte, interventi superati e non consigliabili, il che in pratica, a parere degli operatori del settore, lascia la sola possibilità di nuove

costruzioni su "pilotis". Tale definizione può essere applicata anche in necessità di piccoli rialzamenti, sempre che la lama d'acqua possa liberamente circolare al di sotto della costruzione.

Si nota poi che anche lo spessore del solaio costituisce "franco idraulico" rispetto al massimo battente.

Per il lotto in oggetto, il battente idraulico definito è di 37,71 m slm, cui deve essere aggiunto il franco ai sensi art. 86 Comma 6 delle NTA del Regolamento Urbanistico comunale vigente, ovvero un franco di 50 cm.

Essendo la massima quota dell'area pari a 37,4 m slm, per rispettare quanto sopra il calpestio dell'edificio dovrà impostarsi alla quota minima di  $37,71 + 0,5 = 38,21$  m slm.

La scheda di fattibilità contenuta nella Variante al Regolamento Urbanistico approvata con Delibera C.C. n. 68 del 12.04.2018, risulta ancora la stessa degli anni scorsi, non essendo stata aggiornata al nuovo studio idraulico comunale; si riporta detta scheda alla pagina seguente: si può in tal modo vedere che la pericolosità idraulica indicata è sempre I.2 (da vecchia Tav. 10b).

<p><b>SCHEDE DI FATTIBILITA':</b> B.C – Via Castronella (TAV. 13.b) – Completamento in Zona B UTOE 4</p>
<p><b>UBICAZIONE:</b> Loc. La Villa – fra Via Barberinese e Via Tosca Fiesoli</p> <p><b>TIPOLOGIA DI INTERVENTO:</b> nuova edificazione ad uso prevalentemente residenziale. Intervento soggetto a Piano Attuativo o intervento diretto convenzionato.</p> <p><b>GEOLOGIA:</b> Depositi alluvionali (Tav. 1b).</p> <p><b>GOMORFOLOGIA:</b> Zona pianeggiante, caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali. (Tav. 2b).</p> <p><b>LITOTECNICA:</b> Terreni alluvionali limosi e/o limoso argillosi con presenza rara di orizzonti e/o lenti sabbiose e/o ghiaiose mediamente consistenti (Tav. 5b).</p> <p><b>IDROGEOLOGIA:</b> permeabilità medio-bassa (Tav. 3b). Vulnerabilità idrogeologica prevalentemente medio-bassa (Tav. 11b) ad eccezione di piccole porzioni territoriali antropizzate con vulnerabilità da bassa a molto bassa. Il comparto presenta una disponibilità idrica variabile da elevata (D1 - porzione N-O - Piano Stralcio Bilancio Idrico AdBA) a prossima alla capacità di ricarica (D2 - porzione S-E - Piano Stralcio Bilancio Idrico AdBA).</p> <p><b>ASPETTI IDRAULICI:</b> L'area risulta in sicurezza idraulica per eventi alluvionali compresi fra TR200 e TR 500 anni (Tav. 10b).</p> <p><b>ASPETTI SISMICI (MOPS):</b> zona stabile suscettibile di amplificazione sismica locale come effetto della situazione litostrografica locale - Zona 1 (tav. 8b).</p> <p><b>CLASSI DI PERICOLOSITA':</b>  <b>G.1</b> - Pericolosità geologica bassa (tav. 9b)  <b>I.2</b> - Pericolosità idraulica media (tav. 10b)  <b>S.2</b> - Pericolosità sismica locale media (tav. 12b)</p> <p><b>CRITERI DI FATTIBILITA':</b>  <b>FG</b> – fattibilità geologica  <b>FI</b> – fattibilità idraulica  <b>FS</b> – fattibilità sismica</p>
<p><b>CATEGORIE DI FATTIBILITA':</b>  <b>2</b> – fattibilità con normali vincoli  <b>3</b> – fattibilità condizionata</p>
<p><b>PRESCRIZIONI E VALUTAZIONI SPECIFICHE:</b></p> <p><b>- FG2- fattibilità geologica con normali vincoli:</b> in relazione agli <b>aspetti geologici</b> non sono dettate condizioni di fattibilità specifiche dovute a limitazioni di carattere geologico.          Deve essere realizzata specifica relazione geologica di fattibilità di supporto al Piano Attuativo nel rispetto di quanto stabilito dal punto 4 delle Direttive del D.P.G.R. 53/R del 25/10/2011, supportata da approfondimenti geognostici tali da implementare le conoscenze relative alle problematiche geotecniche e definire, in via preliminare, il modello geologico atteso.          Dovranno comunque essere realizzate, a supporto dei singoli progetti esecutivi dovranno essere realizzate specifiche indagini geotecniche e geofisiche e redatta specifica relazione geologica e geotecnica, nel rispetto della normativa sismica e tecnica per le costruzioni vigente (D.M. 14/01/2008 e D.P.G.R. 36/R del 09/07/2009).</p> <p><b>- FI2- fattibilità idraulica con normali vincoli:</b> per quanto concerne gli <b>aspetti idraulici</b> per le aree in pericolosità idraulica media (2), non sono dettate condizioni di fattibilità specifiche dovute a limitazioni di carattere idraulico.          In sede di PUA o altro intervento diretto convenzionato è necessario effettuare uno studio idraulico del reticolo minore, dove esistente, che definisca con precisione il livello di rischio idraulico dal comparto e definisca le azioni e le opere eventuali da mettere in campo per la risoluzione delle eventuali problematiche idrauliche ai sensi della normativa vigente (DPGR 53/R/2011).          Si prescrive inoltre di eseguire, sempre in sede di PUA o altro intervento convenzionato, uno studio idraulico delle acque di pertinenza della previsione urbanistica in modo da mettere in evidenza eventuali problematiche idrauliche sito specifiche.          Al fine di perseguire un maggiore livello di sicurezza idraulica, si prescrive comunque, sempre in sede di PUA o altro intervento convenzionato, di eseguire una verifica del dimensionamento idraulico della rete di smaltimento delle acque meteoriche, in relazione alle dimensioni delle superfici impermeabili in progetto ed alle caratteristiche e dimensioni del sistema riceettore delle acque superficiali in modo da garantire l'invarianza idraulica anche attraverso la messa in opera di opportune opere di compensazione se necessario.          L'intervento dovrà inoltre rispettare quanto indicato nella Normativa di Piano del PGRA, oltreché i condizionamenti previsti dal D.P.G.R. 53/R/2011.          L'agibilità degli edifici è legata al collaudo delle opere idrauliche.</p> <p><b>- FS2 - fattibilità sismica con normali vincoli:</b> in relazione agli <b>aspetti sismici</b> non sono dettate condizioni di fattibilità specifiche di carattere sismico per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.          Sono comunque da prevedersi a supporto dei singoli progetti esecutivi (progetti edifici), indagini geofisiche nel rispetto del D.P.G.R. 36/R del 09.07.2009 e della normativa sismica vigente (D.M. 14.01.2008). Le risultanze di tali indagini saranno contenute nella specifica relazione geologica e geotecnica redatta sempre in conformità al D.M. 14.01.2008 e D.P.G.R. 36/R del 09.07.2009.</p> <p>Per quanto concerne gli aspetti connessi a <b>problematiche idrogeologiche</b>, gli interventi in progetto dovranno essere realizzati nel rispetto del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. In particolare dovrà essere prevista un'adeguata gestione dei materiali di risulta degli scavi nelle fasi di cantiere, in ottemperanza alle normative ambientali vigenti. Per la porzione di territorio ricadente in classe D2 (Aree a disponibilità delle acque sotterranee prossime alla capacità di ricarica – Piano Stralcio Bilancio Idrico) dall'Autorità di Bacino del fiume Arno, dovranno essere rispettati i relativi condizionamenti contenuti nelle Misure di Piano del medesimo Piano di Bacino "Stralcio" Bilancio Idrico.</p>

Si riporta di seguito l'abaco della fattibilità degli interventi in funzione della pericolosità idraulica:

Abaco della fattibilità degli interventi in funzione della pericolosità idraulica e dei vincoli idraulici presenti

	Pericolosità 3a e 3b			Pericolosità 4		
	L'area non ricade in ambito B, in P.I.3 (Aut. Bac.) o area sensibile del PTCP	L'area ricade in ambito B o area sensibile del PTCP	L'area ricade in P.I.3 (Aut. Bac.)	Area destinate ad interventi strutturali dell'Autorità di Bacino e dei Consorzi Idraulici per la mitigazione del rischio.	Area ricadenti in fasce di rispetto fluviali: ambito A1 e fascia 10 metri da acque pubbliche (R.D. 523/1904 e R.D.368/04)	Area ricadenti in P.I.4 (Aut. Bac.)
Trasformazioni morfologiche (edifici, parcheggi, strade, etc.) con superficie < 200 mq	<b>3</b> La fattibilità è legata alla messa in sicurezza centennale	<b>3</b> La fattibilità è legata alla messa in sicurezza centennale	<b>3</b> La fattibilità è legata alla messa in sicurezza duecentennale	<b>4</b> Per qualunque intervento dovrà essere preventivamente ottenuto il parere favorevole dell'Autorità competente	<b>4</b> Per qualunque intervento dovrà essere preventivamente ottenuto il parere favorevole dell'Ente competente alla tratta di corso idraulico interessato	<b>4</b> Sono consentiti gli interventi previsti all'art. 6 delle Norme del PAI con le modalità in esso contenute
Trasformazioni morfologiche (edifici, parcheggi, strade, etc.) con superficie > 200 mq		<b>3</b> La fattibilità è legata alla messa in sicurezza duecentennale				

Per ogni intervento la messa in sicurezza non dovrà aumentare il rischio idraulico nelle aree confermate.

Anche tale scheda non appare aggiornata, in quanto con il PGRA i gradi di pericolosità idraulica assegnati dall'Autorità di Bacino sono 3; appare ad ogni modo opportuno assegnare la fattibilità idraulica 3, legata alla messa in sicurezza duecentennale.

Si perviene quindi alla seguente classificazione di fattibilità:

**Fattibilità geologica FG2** (con normali vincoli)

**Fattibilità Idraulica FI3** (condizionata dalla messa in sicurezza duecentennale)

**Fattibilità Sismica FS2** (con normali vincoli)

Si è sopra già discusso delle possibili modalità di messa in sicurezza idraulica.

**3.) APPROFONDIMENTI DEL QUADRO CONOSCITIVO - DATI GEOGNOSTICI E CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DELL'AREA**

Si è sopra visto come non sia dettate per la zona specifiche condizioni di fattibilità geologica; nella scheda di fattibilità allegata al Regolamento Urbanistico è richiesto tuttavia che la relazione geologica di fattibilità da redigere ai sensi d.p.g.r. 53/R a supporto del PUC (Progetto Unitario Convenzionato), ovvero la presente relazione, sia *"supportata da approfondimenti geognostici tali da implementare le conoscenze relative alle problematiche geotecniche e definire, in via preliminare, il modello geologico atteso"*.

**3.1.) Indagini eseguite**

Allo scopo di ottenere dati sulle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni interessati dall'intervento, sono state eseguite, n. 3 prove penetrometriche disposte come riportato in Fig. 16.

Due delle verticali di indagine sono costituite da prove penetrometriche statiche CPT, mentre la terza è una prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH.

Quest'ultima è stata condotta dall'operatore al posto della prova statica CPT prevista a causa della presenza, nel punto prescelto, di una massicciata superficiale ben addensata che impediva l'ancoraggio al suolo necessario per la conduzione della prova statica; è tuttavia da notare che nei terreni presenti, di natura essenzialmente argillosa, la prova statica risulta senz'altro più dettagliata e più affidabile nel risultato, essendo la prova dinamica condizionata sia dalla scarsa sensibilità di descrizione dei terreni fini, sia dall'effetto di attrito sulle aste prive di rivestimento esercitato dagli stessi terreni.

L'attrezzatura utilizzata è costituita da un penetrometro Pagani TG73-100 KN 3x3 semovente attrezzato per eseguire sia prove statiche che dinamiche pesanti.

La prova penetrometrica statica C.P.T. consiste nella misura mediante cella di carico digitale della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard (punta Begemann), infissa a velocità costante con una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è collegata la punta stessa.

Le caratteristiche tecniche della punta conica, la quale dispone di un manicotto per la misura della resistenza per attrito laterale, sono le seguenti:

- angolo al vertice 60 gradi
  - diametro 36,7 mm
  - sezione 10 cmq
- mentre le dimensioni del manicotto sono:
- diametro 36,7 mm
  - lunghezza 133 mm

Agendo separatamente sulla punta, sulla punta più il manicotto e sull'insieme di aste è così possibile misurare ogni 20 cm di approfondimento i seguenti valori:

- la resistenza all'avanzamento della sola punta  $Q_c$ ;
- la resistenza all'avanzamento della punta più la resistenza per attrito laterale sul manicotto  $Q_c + F_s$ .

I risultati delle prove effettuate hanno consentito di elaborare grafici della resistenza alla punta ( $Q_c$ ) e laterale ( $F_s$ ) così come misurati nel corso della prospezione eseguita.

Tali grafici, associati a tabelle rappresentanti i valori derivati con appositi programmi computerizzati quali il rapporto Begemann ( $Q_c/F_s$ ), i parametri geomeccanici (coesione non drenata, angolo di attrito, densità relativa, ecc...), oltre che la definizione del tipo di sedimenti costituenti il sottosuolo, sono allegati in calce alla presente Relazione Tecnica.

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infissione di una punta conica tramite battitura operata mediante un maglio di peso e altezza di caduta standardizzati; il risultato viene espresso, per il penetrometro in oggetto, per mezzo della registrazione del numero di colpi  $N$  per ogni 30 cm di infissione.

Il penetrometro dinamico utilizzato è del tipo superpesante (DPSH) Meardi - AGI, con le seguenti caratteristiche:

- peso del maglio: 73 Kg
- altezza di caduta: 75 cm
- punta conica con angolo al vertice di  $60^\circ$
- diametro cono 51 mm .

Anche in questo caso i risultati sono espressi in forma di tabella e grafico ed allegati in appendice.

La massima profondità raggiunta nelle prove penetrometriche è stata di -12,0 m dal p.c. (prove penetrometriche statiche), essendo stata tale profondità ritenuta sufficiente per una prima caratterizzazione del volume significativo a fini geotecnici per la previsione di edificazione; più dettagliati dati dovranno poi essere prelevati in fase di progettazione esecutiva ai sensi D.M. 17.01.2018 e d.p.g.r. 36/R/2009.

Nei perfori di prospezione delle due prove penetrometriche statiche sono stati inseriti tubi piezometrici fessurati in cui eseguire misure freatiche. Ciò non è stato possibile nel perforo della prova dinamica, causa franamento dei materiali di riporto superficiali e conseguente occlusione del perforo.

Le misurazioni freatiche sono state eseguite alcuni giorni dopo l'esecuzione delle prove, in modo da permettere il raggiungimento di equilibrio del livello di falda leggibile nel piezometro stesso, dato il ritardo di risposta possibile in terreni scarsamente permeabili.

E' stata in tal modo riscontrata la presenza di falda a -1,88 ÷ -2,23 m dal p.c., in dipendenza delle modeste differenze di quota presenti sull'area, conformemente ai dati già visti sulla cartografia idrogeologica comunale.

### **3.2.) Caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del sottosuolo**

La stratigrafia dei terreni attraversati è ben descrivibile in base ai risultati delle prove penetrometriche statiche (CPT1 e CPT2).

In base ai risultati di tali prove, si possono definire i seguenti livelli geotecnici:

**LIVELLO A** (da 0,0 fino a circa -1,2 ÷ -2,2 m dal p.c.: livello interessato da modificazioni antropiche ed essiccazione stagionale; nelle prove CPT1 e CPT2 il livello si riconosce per la resistenza alla punta qc anomalmente elevata, che in CPT2 raggiunge e supera i 70 kg/cmq.

**LIVELLO B1** (da -1,2 ÷ -2,2 a -2,2 ÷ -2,6 m dal p.c.: terreni di tipo argilloso immediatamente sottostati lo strato modificato; si registrano qui valori di resistenza inferiori ai sottostanti

terreni (resistenza al cono statico qc pari in media a circa 14 kg/cmq).

**LIVELLO B2** (da -2,2 ÷ -2,6 a -10,2 ÷ -10,4 m dal p.c.: terreni argillosi consistenti, con resistenza al cono statico di circa 30 kg/cmq. Tale resistenza fa attribuire ai terreni un certo grado di sovraconsolidazione, che tenderà a limitare i cedimenti in seguito all'applicazione di carichi strutturali.

**LIVELLO C** (da -10,2 ÷ -10,4 m fino alla massima profondità indagata (-12,0 m dal p.c.): la granulometria ricavabile dal rapporto qc/fs si sposta verso un certo contenuto limoso, con ulteriore incremento della resistenza al cono statico (qc pari in media a circa 35 kg/cmq).

La descrizione sopra riportata deriva dall'analisi delle prove penetrometriche statiche; la prova dinamica PD3 rileva in superficie uno spessore di circa 60 cm di terreno antropicamente modificato, poi fino a -4,5 m dal p.c. procede senza sensibili effetti di attrito sulle aste; al di sotto di tale profondità, l'attrito sulle aste appare evidente ed influenza la prova facendo crescere linearmente la resistenza con la profondità. E' peraltro tipico che un'argilla sovraconsolidata, così come individuata dalle prove statiche, produca tale effetto.

#### **4.) CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE PRELIMINARI**

##### **4.1.) Considerazioni generali**

L'intervento in oggetto non prevede la realizzazione di piani interrati; ciò appare positivo in funzione dell'elevato livello della falda nel suolo e necessario in funzione della classificazione di rischio idraulico.

Per contro, l'assenza di piano interrato non consente il naturale superamento, da parte del piano di posa delle fondazioni, del livello superficiale a caratteristiche geotecniche più critiche (livello B1).

Ciò può comportare i seguenti aspetti:

- minore capacità portante offerta dai terreni
- maggiore importo del cedimento conseguente all'applicazione di carico da parte delle fondazioni
- rischio di cedimento in fase sismica

I primi due aspetti saranno qui di seguito brevemente trattati, ricordando che più precise considerazioni dovranno essere fatte in fase di progettazione esecutiva in seguito alle nuove e più approfondite indagini richieste dalla normativa vigente (D.M. 17.01.2018, d.p.g.r. 36/R/2009).

Per quanto riguarda il rischio di cedimenti in fase sismica, essi saranno trattati in apposito successivo paragrafo, dopo aver condotta una stima dell'accelerazione sismica locale attendibile.

##### **4.2.) Considerazioni sulla capacità portante**

Pur non entrando la presente relazione nel dettaglio del calcolo geotecnico, si può notare che i terreni presenti immediatamente al di sotto della coltre superficiale di riporti costituiscono il livello geotecnico con minori caratteristiche di consistenza rilevato dalle prove CPT eseguite.

Trattandosi di terreni argillosi, il loro comportamento varierà da breve a lungo termine; inizialmente la resistenza a taglio sarà fornita dalla resistenza al taglio rapido  $c_u$ , mentre a lungo termine la coesione tenderà a decadere e con il dissiparsi delle pressioni interstiziali si formerà resistenza per attrito.

In quest'ultimo caso (verifica in termini di pressioni effettive) un ruolo sullo sviluppo di capacità portante sarà assunto anche dalla presenza di falda superficiale. In tali condizioni (terreno portante per attrito, con basso angolo di attrito interno e fondazione in falda), la capacità portante di una trave rovescia può risultare non elevata.

E' per tale motivo che sono da attendersi:

- fondazioni di adeguata ampiezza, in modo da ridurre le pressioni al contatto e fruttare al meglio la capacità portante del terreno in termini di tensioni efficaci (che è influenzata anche dalla larghezza B della fondazione).
- Necessità di un'efficace protezione con tecniche di impermeabilizzazione che impediscano la risalita di umidità per capillarità. Tale aspetto sarà nel caso in oggetto facilitato dalla necessità di rialzamento dell'edificio per il superamento del rischio idraulico.

#### **4.3.) Considerazioni sui cedimenti**

Sarà di seguito eseguita una valutazione del possibile cedimento che le strutture potranno subire in seguito alla consolidazione dei terreni interessati dal carico trasmesso dalla struttura stessa.

Per quanto riguarda la compressibilità dei terreni, essa sarà in questa fase valutata sulla base dei risultati della prova penetrometrica; secondo Sanglerat o Mitchell e Gardner, si ha infatti:

$$E = \alpha qc$$

dove il fattore di correlazione  $\alpha$  assume valori leggermente diversi in funzione delle caratteristiche del sedimento (granulometria e plasticità) e secondo lo stato di consistenza messo in luce dalla prova penetrometrica stessa.

Una interpretazione cauta dei coefficienti di correlazione proposti dagli Autori risulta essere:

$$\alpha = 2,5$$

Per quanto riguarda la tipologia e la dimensione di fondazione, in base a quanto sopra indicato si farà alternativamente riferimento:

- ad una fondazione a platea generale, con dimensioni in pianta definite in base alla planimetria di progetto, pari all'impronta complessiva del piano terreno, ovvero a circa 47,5 x 18,5 m
- ad una fondazione a trave rovescia con piano di posa a 120 cm di profondità e larghezza B = 140 cm, con lunghezza L = 20 m.

Per quanto riguarda la pressione media trasmessa al suolo, si può stimare in prima approssimazione per una platea un carico pari a 0,1 Kg/cm<sup>2</sup> per ogni orizzontamento strutturale; essendo nel caso in oggetto presenti piano terreno, piano primo e piano secondo, ovvero n. 4 orizzontamenti strutturali compresa platea di fondazione e copertura, si ipotizzerà in prima approssimazione una pressione media trasmessa al suolo pari a circa 0,4 kg/cm<sup>2</sup>. Ciò consentirà una prima stima del cedimento attendibile, da valutare con maggior precisione in fase di progettazione esecutiva.

Per una trave rovescia, si ipotizzerà invece un carico permanente al contatto di 1,2 kg/cm<sup>2</sup>.

Permesso quanto sopra, per il calcolo del cedimento saranno utilizzati i risultati delle due prove statiche, che sono all'incirca corrispondenti.

Il cedimento per consolidazione sarà valutato con la formula:

$$S = I_s * q_p * 1/E_{ed} * H$$

in cui:

S = cedimento totale

I<sub>s</sub> = fattore di influenza del sovraccarico in profondità;

q<sub>p</sub> = incremento della pressione esercitata sul terreno;

Eed= modulo di compressibilità edometrica;

H = spessore del singolo strato considerato cedevole.

Occorre notare che il termine  $q_p$  è costituito dall'incremento di pressione sul terreno in seguito all'intervento edificativo, e che tale incremento è il risultato della somma algebrica dei carichi trasmessi dalla fondazione e dello sgravio di carico dovuto all'asportazione di terreno, calcolata in termini di pressioni efficaci. Tale asportazione tuttavia, nel caso di edificio privo di piano interrato, risulta limitato.

Il cedimento è stato calcolato valutando la diffusione delle pressioni al di sotto del vertice di un'area caricata di forma rettangolare (Steinbrenner); suddividendo la fondazione in quattro parti rettangolari, il cedimento può in tal modo essere ottenuto come sovrapposizione degli effetti dei quattro vertici concorrenti; tale metodo può essere applicato in un qualunque punto, interno od esterno all'area caricata; ciò permette di valutare l'effetto della rigidità della struttura che trasmette il carico; tale rigidità uniforma il cedimento al centro e sui bordi, risultando il risultato finale in definitiva inferiore a quello calcolato al centro di un'area flessibile. E' infatti evidente che in una superficie di carico flessibile esiste comunque un punto in cui il cedimento è pari a quello proprio di una superficie di carico rigida; tale punto, secondo gli studi di Voitius Van Hamme, è detto punto caratteristico. Valutando dunque la scomposizione della fondazione in rettangoli concorrenti in tale punto è possibile ottenere il cedimento di un'area di carico rigida, come in effetti risulta essere nella realtà.

Dalle prove penetrometriche, si possono in prima approssimazione stimare i seguenti valori del modulo edometrico:

Da -0,8 a -2,2 m dal p.c.:  $E_{ed} = \alpha q_c = 2,5 \times 14 = 35 \text{ kg/cmq}$

Da -2,2 a -10,2 m dal p.c.:  $E_{ed} = 2,5 \times 30 = 75 \text{ Kg/cmq}$

Da -10,2 a -12 m dal p.c.:  $E_{ed} = 2,5 \times 35 = 87 \text{ kg/cmq}$

In TAB. 1 allegata in appendice si riporta il calcolo del cedimento svolto come sopra descritto per la platea, ottenendo un risultato di circa 4,3 cm; tale valore è condizionato soprattutto dall'elevata dimensione immessa nel calcolo per la

fondazione (platea generale), che tende a ridurre il carico al contatto, ma a spingere a grande profondità i bulbi di pressione.

In TAB. 2 si riporta il calcolo per la trave rovescia, con importo del cedimento di circa 4,6 cm.

Come commento finale, si può ricordare che i valori limite consigliati per una fondazione a platea su argilla risultano pari a circa  $65 \div 100$  mm (Skempton); per fondazioni isolate su argilla il limite suggerito diviene di 65 mm; un graticcio di travi rovesce costituisce una soluzione intermedia tra le due.

Si può pertanto concludere affermando che il cedimento, per quanto sensibile, non appare limitare concretamente la fattibilità dell'opera od indirizzare verso soluzioni di fondazioni profonde. In fase di progettazione esecutiva i calcoli dovranno essere condotti con maggior precisione in seguito ai risultati di una campagna geognostica di maggiore dettaglio condotta ai sensi D.M. 18.01.2018 e d.p.g.r. 36/R/2009 ed in base ai reali carichi strutturali di progetto.

## **5.) RISPOSTA SISMICA LOCALE**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, hanno influenza anche le particolari condizioni locali, ovvero le caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi, nonché le caratteristiche fisiche e meccaniche di detti materiali.

Con risposta sismica locale si intende allora la determinazione delle modifiche che il segnale sismico definito rispetto ad un sito di riferimento rigido con superficie topografia orizzontale subisce per i sopra detti fattori.

In fase di procedimento edilizio e di progettazione esecutiva sarà necessario, ai sensi del D.M. 17.01.2018 e del d.p.g.r. 36/R/2009, eseguire in loco una apposita campagna geofisica per determinare la stratigrafia sismica locale e definire quindi il parametro Vs30 (velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m al di sotto del piano di posa delle fondazioni).

Nella presente relazione, che si inquadra come relazione di fattibilità del PUC (Progetto Unitario Convenzionato) ai sensi d.p.g.r. 53/R, sarà affrontata una prima definizione della risposta sismica locale sulla base delle indicazioni contenute nel recente studio geologico condotto a supporto della Variante al Regolamento Urbanistico e sulla base dell'elaborazione dei dati ad oggi disponibili, costituiti da prove penetrometriche statiche CPT appositamente condotte sull'area.

### **5.1.) Amplificazione stratigrafica**

Ai sensi del D.M. 17.01.2018 l'effetto del profilo stratigrafico può essere valutato tramite quanto indicato al punto 3.2.2., ovvero con riferimento alla definizione della categoria di sottosuolo come da tabella seguente:

*Tab. 3.2 II - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Altopiani rocciosi affioranti e terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Acque tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati e terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati e terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati e di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

La carta MOPS dello studio geologico comunale indica la possibilità di fenomeni di amplificazione locale dovuti alla presenza di un grande spessore (oltre 400 m) di sedimenti prevalentemente argillosi soprastanti il substrato lapideo che costituisce il fondo dell'antica depressione lacustre.

I dati geognostici disponibili, ed in particolare le prove penetrometriche statiche CPT eseguite in situ, confermano superficialmente la presenza di terreni ad elevato contenuto argilloso.

Può essere affrontata l'elaborazione del dato penetrometrico al fine di stimare la velocità di propagazione  $V_s$  delle onde di taglio nei vari livelli stratigrafici; si pone pertanto:

$$V_s = \alpha q_c^\beta$$

con  $q_c$  espresso in Mpa e  $V_s$  in m/s.

I valori da attribuire ai coefficienti  $\alpha$  e  $\beta$  sono ripresi da studi condotti per la stessa pianura di Firenze-Prato-Pistoia, da cui si riporta la seguente tabella:

Materiale	$\alpha$	$\beta$
Coesivi	211.2	0.199
Incoerenti	241.0	0.235

*Tab. 7 - Coefficienti  $\alpha$  e  $\beta$  della regressione*

Tali valori sono ripresi dallo studio di Madiari e Simoni (2002) per depositi alluvionali e situazioni geo-litologiche simili a quelle dell'area in esame.

Si può pertanto ricostruire la seguente tabella, in cui si perviene alla stima del parametro  $V_{s30}$  (velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m dal piano di posa):

PROF. da	a	Spessore m	qc Mpa			Vs m/sec	H/Vs
0,60	2,20	1,60	1,4	211,2	0,199	225,8	0,007085
2,20	10,20	8,00	3	211,2	0,199	262,8	0,030440
10,20	12,20	2,00	3,5	211,2	0,199	271,0	0,007380
12,20	12,80	0,60	3,5	211,2	0,199	271,0	0,002214
12,80	14,00	1,20	3,5	211,2	0,199	271,0	0,004428
14,00	31,00	17,00	3,5	211,2	0,199	271,0	0,062731
Spessore totale		30,4					0,114279

**Vs eq. = 266 m/sec**

Con il valore Vs30 = 266 m/sec si ricade in categoria di sottosuolo C.

Tale conclusione è stata ottenuta estendendo in profondità la resistenza penetrometrica rilevata della parte finale delle prove eseguite, ma non cambierebbe neppure modificando sensibilmente il dato di resistenza qc al di sotto dei -12 m dal p.c. .

In funzione della categoria di sottosuolo così definita, il coefficiente di amplificazione stratigrafica può essere calcolato secondo quanto definito nella tabella qui sotto riportata, ripresa dal D.M. 17.01.2018.

Categoria sottosuolo	$S_b$	$C_b$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c)^{-0,25}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c)^{-0,25}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c)^{-0,25}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c)^{-0,25}$

Occorre dunque definire  $a_g/g$  ed  $F_0$  per il sito in oggetto. Per l'intervento in oggetto si può stabilire una vita nominale di 50 anni, definita secondo le indicazioni della seguente Tabella:

TIPICI COSTRUZIONI	Valori minimi di $V_n$ (anni)
1 Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2 Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3 Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

La classe d'uso viene invece definita ai sensi delle indicazioni sotto riportate:

- Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Nel caso in oggetto la classe d'uso attribuibile è la Classe II; si può allora definire il valore del coefficiente d'uso  $C_u$ :

**Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_u$**

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_u$	0,7	1,0	1,5	2,0

Si ha quindi  $C_u = 1$ .

Si può a questo punto definire la vita di riferimento:

$$V_r = V_n \times C_u = 50 \times 1 = 50 \text{ anni}$$

Facendo riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), la probabilità di superamento  $P_{vr}$  si ottiene dalla seguente tabella:

Stati Limite	$P_{vr}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_r$	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

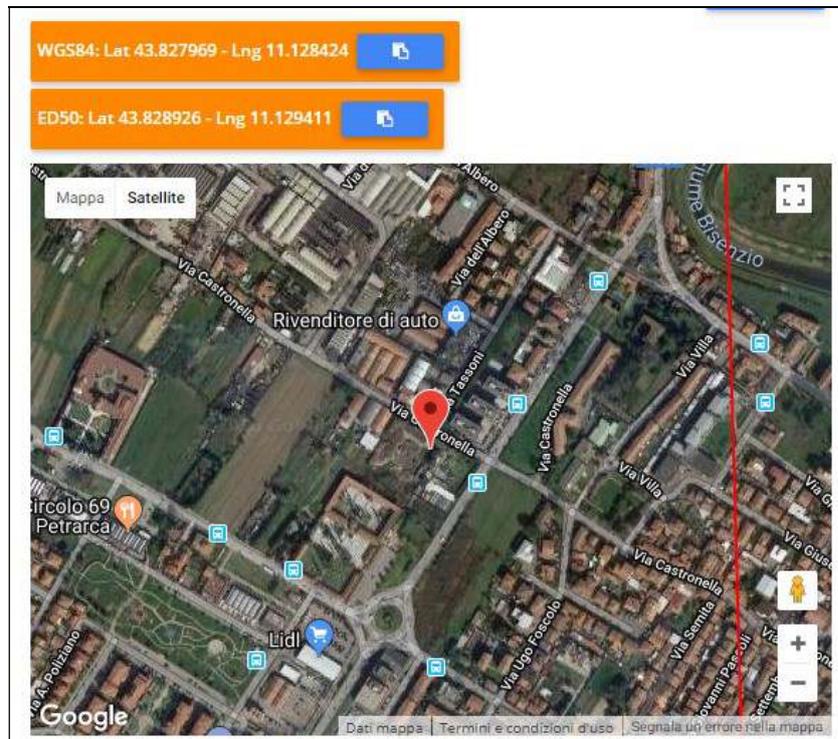
Per SLV si ha allora  $P_{vr} = 10\%$ .

Si può a questo punto stimare il periodo di ritorno  $T_r$ :

$$T_r = - \frac{V_r}{\ln(1-P_{vr})} = 475 \text{ anni}$$

In base ad apposito software, inserendo le coordinate del sito è stato ottenuto, come da tabella sottostante (dati rete sismica

nazionale), un valore di picco di  $a_g$  [g] pari a 0,132 ed  $F_o = 2,419$  (SLV,  $Tr = 475$  anni).



Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$	$T_c^*$ [s]
Operatività (SLO)	30	0.047	2.543	0.251
Danno (SLD)	50	0.057	2.579	0.265
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.132	2.419	0.299
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.169	2.386	0.309
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Si può allora calcolare il coefficiente di amplificazione stratigrafica (SLV - Categoria di sottosuolo C):

$$S_s = 1,7 - 0,6 F_o (a_g/g) = 1,7 - 0,6 \times 0,132 \times 2,419 = 1,508$$

In base alla Tab. 3.2.IV, si pone pertanto  $S_s = 1,5$

### 5.2.) Amplificazione topografica

Per la definizione dello spettro di risposta elastico, oltre alla conformazione stratigrafica, occorre poi definire tramite apposita categoria le condizioni topografiche, come da tabella 3.2.III che segue:

Tab. 3.2.III - *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Per quanto riguarda la topografia, il lotto di intervento è totalmente pianeggiante, come tutto il territorio del Comune di Campo Bisenzio; deve essere pertanto attribuita la **Categoria topografica T1**; il valore di  $S_T$  si rileva dalla tabella sotto riportata.

Tab. 3.2.V - *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

Si pone pertanto:

$$S_T = 1$$

### 5.3.) Coefficiente di amplificazione e coefficienti sismici

Valutati gli effetti stratigrafici e topografici, si ottiene il coefficiente di amplificazione S:

$$S = S_s \times S_T = 1 \times 1,5 = 1,5$$

Si ha quindi:

$$a_{\max} = a_g \times S = 0,132 \times 1,5 = 0,198$$

Si possono a questo punto definire i coefficienti sismici orizzontale ( $K_h$ ) e verticale ( $K_v$ ), come indicato al punto 7.11.3.5.2. del D.M. 14.01.2008:

$$K_h = \beta_s a_{max}/g$$

$$K_v = \pm 0,5 K_h$$

Il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito ( $\beta_s$ ) viene ripreso dalla Tabella 7.11.1 del D.M. 17.01.2018, qui sotto riportata.

Tab. 7.11.1 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_T (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_T (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_T (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Nel caso in oggetto,  $\beta_s$  è pari a 0,24, da cui:

$$K_h = 0,24 \times 0,198 = 0,04752$$

$$K_v = \pm 0,02376$$

Tali valori dovranno essere controllati in fase di progettazione esecutiva tramite le necessarie indagini geofisiche previste dal d.p.g.r. 36/R/2009; i dati di amplificazione locale qui determinati in via preliminare permettono tuttavia di affrontare, nel paragrafo che segue, una verifica del rischio di liquefazione, che potrebbe condizionare la fattibilità dell'intervento.

#### **5.4) Liquefazione**

Il rischio di liquefazione nasce dall'istantaneo incremento di pressioni neutre che, sotto accelerazione sismica, può comportare il totale annullamento delle pressioni effettive intergranulari; in tali condizioni la resistenza tangenziale di un terreno dotato di solo attrito si annulla, ed il comportamento meccanico diviene quello di un fluido viscoso.

Perché il fenomeno possa avvenire serve dunque la concomitanza di un fattore granulometrico (terreni incoerenti non grossolani ed assenza di coesione, ma dotati di scarsa permeabilità in modo da non drenare istantaneamente sotto scuotimento sismico), un fattore idrogeologico (presenza di falda) ed un fattore geotecnico (scarso addensamento del deposito).

Si applicherà di seguito il metodo di *Robertson e Wride (1997)* per il calcolo del potenziale di liquefazione sulla base dei risultati di prove penetrometriche statiche CPT.

I dati di partenza per l'applicazione del metodo sono i valori misurati di qc (resistenza alla punta) e di fs (resistenza per attrito laterale), entrambi espressi in kg/cm<sup>2</sup>, o equivalentemente il loro rapporto, espresso in percentuale, FR = 100 fs/qc, riportati con la profondità z (espressa in m) su un foglio di calcolo. Quindi si è proceduto nel modo di seguito indicato:

**Calcolo della domanda di resistenza alla liquefazione (CSR):**

Viene stimato il profilo del rapporto di tensione ciclica equivalente ad un terremoto di magnitudo 7.5, utilizzando la formula semi-empirica proposta da Seed e Idriss (1971):

$$\frac{\tau}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \cdot \frac{a_{\max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot r_d$$

dove:

- o **amax** è il picco di accelerazione orizzontale massima prodotto in superficie dal terremoto di progetto;
- o **g** è l'accelerazione di gravità;
- o **σv0** e **σ'v0** sono rispettivamente la tensione litostatica verticale totale ed efficace;
- o **rd** un coefficiente di riduzione delle tensioni dipendente dalla profondità z e assunto pari a:

rd = 1-0.00765 z	per z ≤ 9.15m	<i>(Liao and Whitman, 1986)</i>
Rd = 1.174-0.0267 z	per 9.15 < z ≤ 23m	
Rd = 0.774-0.008 z	per 23 < z ≤ 30m	
Rd = 0.5	per z > 30m	

Sul foglio di calcolo sono stati determinati, alle profondità z in cui si dispone delle misure di qc e di fs, i valori della tensione litostatica verticale totale ed efficace, assumendo come:

- o livello di falda (zW) il valore attendibile in epoca di morbida;
- o peso per unità di volume γ = 1,95 t/mc

E' previsto un fattore MSF (Magnitude Scale Factor) per correggere la domanda di resistenza alla liquefazione in funzione di una Magnitudo diversa da 7,5.

**Calcolo della resistenza alla punta normalizzata, qc1n, e per sabbie pulite, (qc1n)cs, e classificazione del terreno, Ic:** vengono calcolati, per la classificazione del terreno, il

rapporto d'attrito normalizzato adimensionale,  $F$ , e la resistenza alla punta normalizzata adimensionale,  $Q$ , pari a :

$$F = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}} \times 100 \quad \text{e} \quad Q = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

e un indice del tipo di terreno, pari a:

$$I_c = \sqrt{(\log F + 1.22)^2 + (\log q_{c1n} - 3.47)^2}$$

dove  $q_{c1n}$  è la resistenza alla punta,  $q_c$ , normalizzata e adimensionalizzata, secondo la seguente formula:

$$q_{c1n} = \left( \frac{q_c}{\sigma'_{v0}{}^n} \right)$$

dove  $n$  è un'esponente che varia tra 0.5 e 1.

Il valore alla fine ottenuto dell'indice di terreno,  $I_c$ , e della resistenza alla punta normalizzata,  $q_{c1n}$ , consentono di classificare il terreno, in corrispondenza delle varie profondità, nelle classi di terreno riportate nella seguente tabella, e di determinare la resistenza equivalente per sabbie pulite (contenuto di fine  $FC \leq 5\%$ ), così definita:

$$(q_{c1n})_{cs} = K_c q_{c1n}$$

dove  $K_c$  è un fattore di correzione che, se  $I_c$  risulta maggiore di 2.6, allora non viene neanche calcolato, in quanto il terreno è sicuramente non liquefacibile, se minore di 1.64, allora si assume uguale ad 1, ed infine se  $I_c$  risulta compreso tra 1.64 e 2.6, allora si assume sempre uguale ad 1, qualora  $I_c$  sia minore di 2.36 e  $F < 0.5\%$ , in caso contrario, risulta:

$$K_c = -0.403(I_c)^4 + 5.581(I_c)^3 - 21.63(I_c)^2 + 33.75(I_c) - 17.88.$$

*Classificazione dei terreni in base alla carta di Robertson (1990)*

<b>Indice del tipo di terreno, <math>I_c</math></b>	<b>Zona</b>	<b>Classe di terreno</b>
$I_c < 1.31$	7	Sabbia ghiaiosa
$1.31 < I_c < 2.05$	6	Sabbie: da pulite a limose
$2.05 < I_c < 2.60$	5	Miscele di sabbie: da sabbia limosa a limo sabbioso
$2.60 < I_c < 2.95$	4	Miscele di limi: da limo argilloso a argilla limosa
$2.95 < I_c < 3.60$	3	Argille
$I_c > 3.60$	2	Terreni organici: torbe

**Calcolo della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR):**

Per tutti i livelli viene calcolata la capacità di resistenza alla liquefazione CRR7.5 con la profondità, valida per un terremoto di magnitudo 7.5 e per sabbie pulite:

$$CRR = 0.833 \cdot \left( \frac{(q_{cln})_{cs}}{1000} \right) + 0.05 \quad \text{per } (q_{cln})_{cs} < 50$$

$$CRR = 93 \cdot \left( \frac{(q_{cln})_{cs}}{1000} \right)^3 + 0.08 \quad \text{per } 50 < (q_{cln})_{cs} < 160$$

**Calcolo del fattore di sicurezza (FSL):**

Viene quindi calcolato il fattore di sicurezza, FSL, per la verifica di resistenza alla liquefazione, come rapporto tra la capacità di resistenza alla liquefazione, CRR, e la domanda, CSR:

$$FSL = \frac{CRR}{CSR}$$

**Calcolo del potenziale di liquefazione (PL):**

Per gli strati che risultano liquefacibili, si calcola il potenziale di liquefazione così definito:

$$P_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz$$

in cui F(z) è una funzione che per FSL>1 assume il valore zero e per FSL≤1 ne è il complemento ad 1, e

$$w(z) = 10 - 10 \cdot \left( \frac{z}{z_{crit}} \right)$$

è una funzione linearmente decrescente della profondità; zcrit è la profondità oltre la quale sono da escludersi fenomeni di liquefazione, il cui valore è stato assunto pari a 20 m.

Si riporta infine la tabella riassuntiva relativa al rischio di liquefazione, *Iwasaki et al. (1978)*:

*Indice di liquefazione e livello associato di rischio*

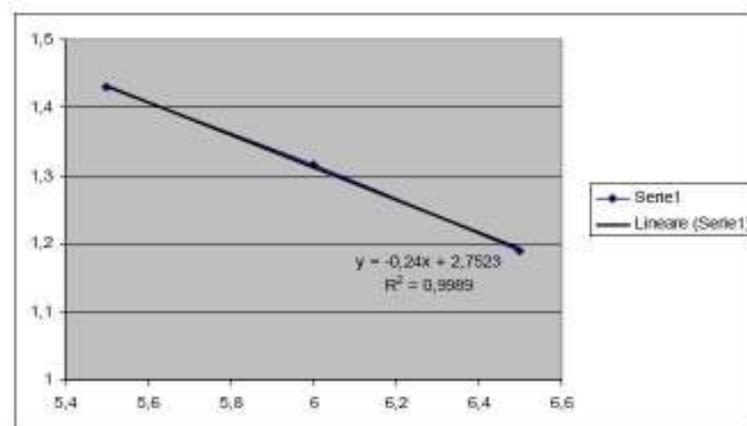
Valore di PL	Rischio di liquefazione
PL = 0	Molto basso
$0 < PL \leq 5$	Basso
$5 < PL \leq 15$	Alto
PL > 15	Molto alto

Per quanto riguarda il valore di MSF (Magnitude Scale Factor) per correggere la domanda di resistenza alla liquefazione in funzione di una Magnitudo diversa da 7,5, esistono più formule per la definizione di tale fattore; sarà in questo caso utilizzata la tabella qui sotto riportata, ripresa dagli ICMS (Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica).

**Tabella 2.7-1 - Fattore di correzione MSF (Seed e Idriss, 1982)**

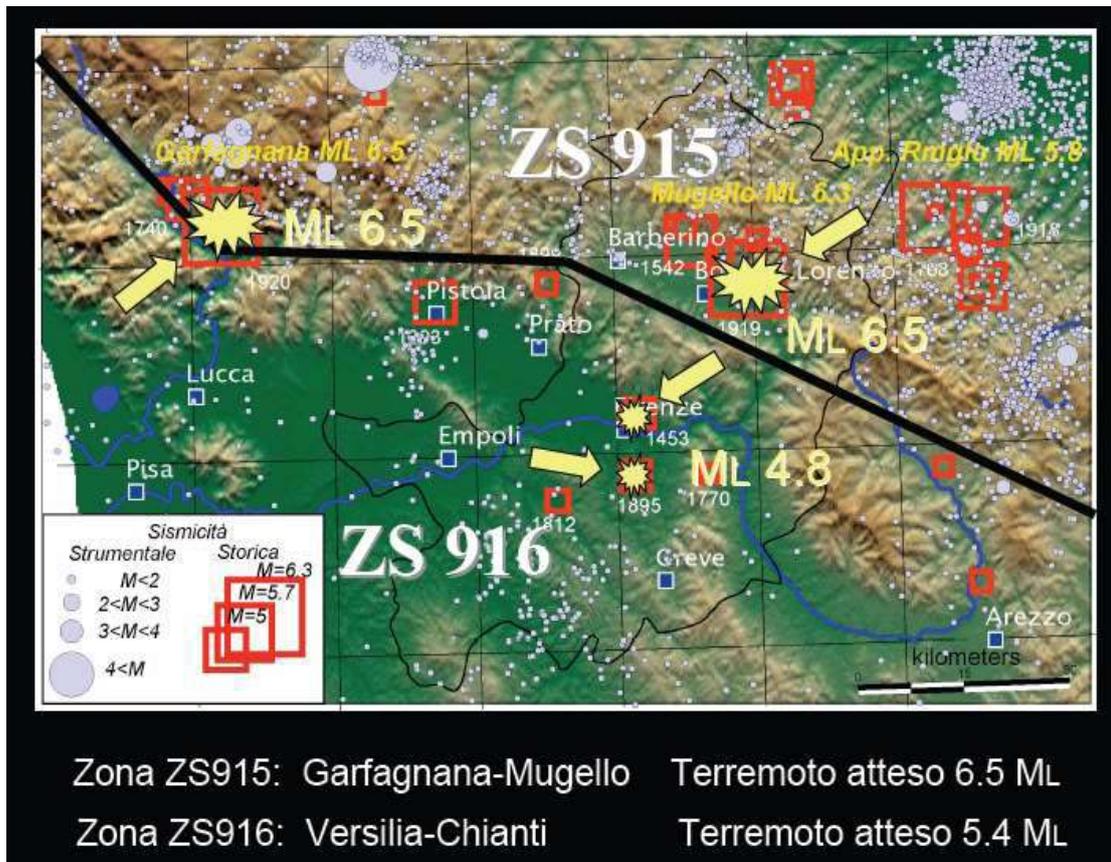
Magnitudo	MSF
5,5	1,43
6,0	1,30
6,5	1,19

Mettendo i dati in grafico, si ottiene l'equazione della linea di tendenza.



Per la zona in oggetto la magnitudine attesa è 5,4 (zona sismica ZM916 Versilia-Chianti - si veda figura qui di seguito riportata).

Si ottiene pertanto  $MSF = 1,456$



### Analisi dei risultati

L'elaborazione sopra descritta è stata condotta per le prove penetrometriche CPT1 e CPT2 appositamente condotte sull'area; è stata immessa nel calcolo l'accelerazione sismica locale sopra determinata ( $a_{max}/g = 0,198$ , arrotondata a 0,2), apportando la correzione relativa ad una magnitudo attesa  $M = 5,4$  (Zona sismica ZS916 - Versilia-Chianti). Come si può vedere sulle TABB. 3 e 4 allegate in appendice, in cui viene riportato il risultato delle elaborazioni, si ottiene con entrambe le prove un indice di liquefazione  $Pl = 0,0$ , valore che indica rischio di liquefazione "molto basso", ovvero in pratica non influente.

Tale risultato era prevedibile in base alla classificazione granulometrica decisamente spostata verso frazioni argillose deducibile dall'elaborazione delle prove penetrometriche statiche.

**6.) CONCLUSIONI CIRCA LA PERICOLOSITA' DELL'AREA E LA FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO**

**6.1.) Classificazione di pericolosità**

**6.1.1.) Pericolosità geologica**

Non sono stati individuati livelli stratigrafici di consistenza molto scarsa ed elevata compressibilità; la posizione in zona di pianura annulla poi ogni rischio di instabilità gravitativa o di fenomeni erosivi; può pertanto essere confermata la **pericolosità geologica G.1** attribuita dallo studio geologico di supporto alla recente Variante al Regolamento Urbanistico.

**6.1.2.) Pericolosità Idraulica**

Il recente studio idraulico comunale approvato varia il grado di pericolosità idraulica della zona, definendo la pericolosità elevata Pi3, con magnitudo idraulica moderata.

Nel PGRA dell'Autorità di Bacino la zona in oggetto ricade sempre in pericolosità idraulica P1 (Aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni).

Quanto sopra, dovendosi come già detto tener conto del recente studio idraulico comunale, fa attribuire alla zona **pericolosità idraulica I.3** (aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $30 < TR \leq 200$ anni).

**6.1.3.) Pericolosità sismica**

Nel caso in oggetto, le indagini geologiche a supporto delle recente Variante al Regolamento Urbanistico sono state condotte ai sensi del d.p.g.r. 53/R/2011.

La copertura alluvionale, in questo caso in spessore molto elevato, unitamente alla constatata scarsa incidenza di fenomeni di instabilità dinamica per liquefazione, fa classificare l'area tra le zone stabili suscettibili di amplificazione locale.

Secondo le definizioni di pericolosità sismica di cui al punto C.5 dell'Allegato A del d.p.g.r. 53/R, la pericolosità sismica S.3 deve essere assegnata alle "zone stabili suscettibili di amplificazione locale caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri".

La pericolosità sismica S.2 si applica invece alle "zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3)".

Nel caso in oggetto quindi, essendo il passaggio tra copertura e substrato rigido posto a profondità ben superiore di "alcune decine di metri", deve essere assegnata la **pericolosità sismica locale media S.2** .

Tale dato conferma la classificazione attribuita all'area dallo studio geologico del nuovo Piano Strutturale.

#### **6.2.) Classificazione di fattibilità attribuita all'area ai sensi d.p.g.r. 5/R/2020**

Relativamente alla fattibilità dell'intervento, dai criteri generali di fattibilità riportati al §3 dell'Allegato a al d.p.g.r. 5/R/2020 - Regolamento di attuazione dell'art. 104 della L.R. 10 novembre 2014 n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche, si deduce quanto segue:

##### **6.2.1.) Fattibilità in relazione agli aspetti geologici**

In relazione alla pericolosità geologica G.1. (bassa), non sono definiti particolari limitazioni alla fattibilità geologica dell'intervento; tuttavia, data la necessità di rispettare, in fase di progettazione esecutiva, le richieste del D.M. 17.01.2018 e del d.p.g.r. 36/R/2009, che prevedono specifiche indagini geotecniche e geofisiche, si attribuisce la **fattibilità geologica Fg.2** "con normali vincoli", che si riferisce alle previsioni urbanistiche per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia. Nel caso in oggetto, le indagini da eseguire saranno quelle previste dalla normativa vigente in materia.

##### **6.2.2.) Fattibilità in relazione agli aspetti idraulici**

In relazione alla pericolosità idraulica I.3 (media), occorre pervenire alla messa in sicurezza dell'area tramite rialzamento con idoneo franco del piano terreno dell'edificio.

Sul lotto non risulta presente un reticolo idraulico minore che possa essere modificato dall'intervento.

Occorre inoltre al definizione di opere per l'invarianza idraulica in funzione delle superfici impermeabili in progetto.

Le prescrizioni sopra riportate si configurano come condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, che rendono necessaria la definizione di specifiche prescrizioni, essendo quindi in tal senso richiesta l'attribuzione della **Fattibilità in relazione agli aspetti idraulici Fi3**.

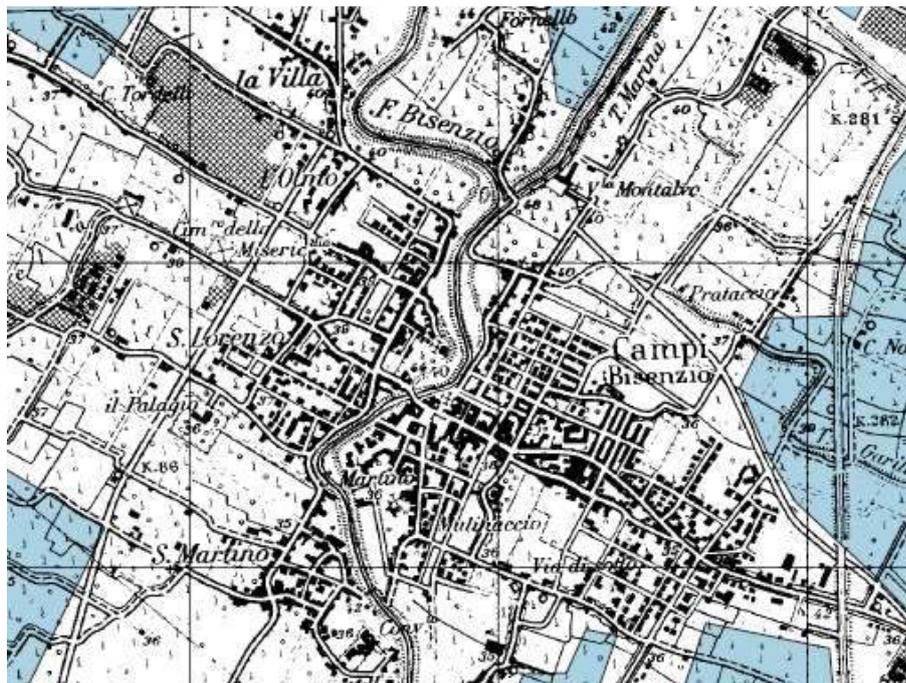
#### **6.2.3.) Fattibilità in relazione agli aspetti sismici**

In relazione alla pericolosità sismica S.2., definita come sopra visto, ai sensi del punto 3.6.5. del d.p.g.r. 5/R/2020 non risulta necessario indicare condizioni di attuazione per la fase attuativa o progettuale degli interventi. Essendo tuttavia necessario, in fase edilizia, eseguire specifiche indagini ai sensi D.M. 17.01.2018 e d.p.g.r. 36/R/2009, con esecuzione di specifiche indagini geofisiche, si ritiene opportuno attribuire **fattibilità in relazione agli aspetti sismici Fs2**.

## 7.) CONSIDERAZIONI SUL RISCHIO IDRAULICO

### 7.1.) Premesse ed aspetti normativi

Come da scheda di fattibilità contenuta per l'Area nelle NTA del RU comunale (anche se attualmente non aggiornata al nuovo Piano Strutturale), si affronterà qui di seguito una descrizione delle caratteristiche di rischio idraulico proprie dell'area, compreso l'aspetto dell'eventuale aggravio di deflusso dovuto al



progetto e del conseguente autocontenimento dello stesso.

Si riporta in questa pagina uno stralcio della *Carta delle aree di pertinenza fluviale dell'Arno e dei suoi affluenti* (D.P.C.M. 05/11/1999).

Il lotto oggetto del presente studio non rientra tra le Aree di pertinenza fluviale.

Si riporta ora uno stralcio della *Carta degli interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico del bacino dell'Arno*.



Interventi strutturali di tipo "A"

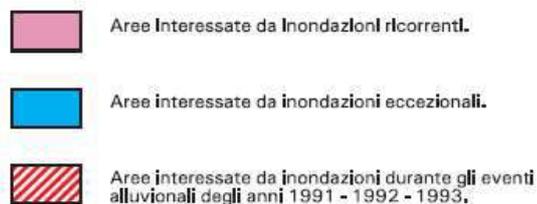
 Casse di esondazione

Interventi strutturali di tipo "B"

 Casse di esondazione

Sul lotto di intervento non sono previsti interventi strutturali (né A né B).

Si passa quindi alla "Carta guida delle aree allagate redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966-1999)".



Il lotto in oggetto ricade nelle aree interessate da inondazioni eccezionali; dunque, in base alla Norma 6 si possono realizzare interventi a condizione che sia verificato il non incremento del rischio idraulico ad essi dovuto, o che siano definiti gli interventi per la mitigazione di tale rischio.

Per quanto riguarda la Norma 13 del DPCM 5 novembre 1999 "Approvazione del piano stralcio relativo alla riduzione del Rischio Idraulico del bacino del fiume Arno", essa si occupa della salvaguardia dei suoli e del reticolo idraulico minore.

Per tale Norma, "qualunque intervento che provochi variazioni morfologiche del suolo diverse dalle tradizionali lavorazioni agricole comportanti sostanziali movimenti di terra, rialzamenti

*o variazioni di quota e/o modifiche della rete di fossi o canali esistenti, è sottoposto ad autorizzazione rilasciata dall'autorità idraulica competente".*

Nel caso in oggetto non sono presenti sul lotto fossi o canali; l'intervento non avrà dunque interferenze con il reticolo idraulico minore.

La classificazione di pericolosità idraulica, che il recente studio idraulico condotto a supporto del nuovo Piano Strutturale ha definito come I.3, con possibilità di fenomeni alluvionali con tempo di ritorno  $30 < Tr \leq 200$  anni, richiede, come già discusso, interventi di messa in sicurezza con sopraelevazione del piano di calpestio degli edifici; se questa sopraelevazione sarà ottenuta permettendo il libero transito delle acque al di sotto dell'edificio, non sarà ridotta la volumetria di espansione delle acque e non sarà aumentato il rischio delle aree prossime.

L'effetto potenzialmente negativo sull'assetto idraulico è quindi in questo caso unicamente costituito dal fatto che la costruzione degli edifici e dei piazzali porta all'aumento delle superfici impermeabili, con conseguente diminuzione dell'assorbimento totale offerto dai terreni naturali durante gli eventi piovosi ed aumento dell'aliquota di deflusso.

Nella presente relazione si daranno quindi indicazioni sull'incremento del volume di acqua che defluirà dal lotto in seguito all'intervento, con conseguente indicazione degli accorgimenti necessari per il contenimento di tale surplus e del suo rilascio controllato, in modo da ottenere l'invarianza idraulica nella situazione ante e post-intervento.

#### **7.2.) Compensazione degli effetti dell'impermeabilizzazione dei suoli**

Allo stato attuale, l'area, per una superficie complessiva di 4874,67 mq, risulta totale permeabile (tale affermazione risulta peraltro cautelativa perché l'area è interrata da alcune coperture precarie esistenti).

Per il calcolo dei volumi di deflusso causati dall'intervento occorre definire le precipitazioni pluviometriche di progetto, tramite la LSPP (Linea Segnalatrice di Possibilità

Pluviometrica), con precipitazione definita secondo la seguente legge di potenza:

$$h = a t^n$$

I coefficienti a ed n per tempo di ritorno  $T_r = 20$  sono:

$$a = 42,88 \text{ mm/h}^n, \quad n = 0,246$$

Per una pioggia di durata 3gg (72 ore), in base ai sopra riportati coefficienti della LSPP si ottiene un'altezza di acqua:

$$h(t) = 42,88 \times 72^{0,246} = 122,8 \text{ mm}$$

Allo stato di progetto, il lotto di 4874,67 mq che attualmente risulta totalmente permeabile sarà trasformato nel modo seguente:

Superficie impermeabile mq	2587,93
Superficie semipermeabile mq	921,92
Superficie permeabile mq	1364,82
<b>Totale</b>	<b>4874,67</b>

Si possono quindi calcolare le portate di deflusso allo stato attuale ed allo stato di progetto:

	Coeff. Deflusso	Stato attuale	Volume defluito attuale	Stato progetto	Volume defluito progetto
Superficie permeabile	0,3	4874,67	179,875	1364,82	50,27996
Superficie semipermeabile	0,5	0,00	0	921,92	56,60588
Superficie impermeabile	1	0,00	0	2587,93	317,7978
			179,875		424,6836
<b>INCREMENTO DI DEFLUSSO STATO DI PROGETTO mc:</b>					<b>244,81</b>

Si ottiene quindi un volume dell'incremento di deflusso dovuto all'impermeabilizzazione dei suoli pari a 244,81 mc.

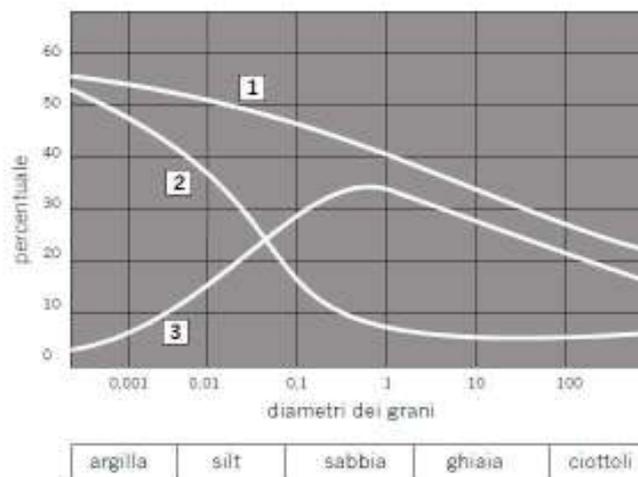
Le acque meteoriche affluenti sulle superfici impermeabili e semipermeabili saranno convogliate verso un sistema di accumulo temporaneo da un sistema fognario, il cui volume stesso contribuirà all'effetto di contenimento temporaneo. Ipotizzando allora che tale sistema, da realizzare al di sotto della viabilità interna e dei parcheggi previsti dal progetto, sia realizzato con condotte in cemento DN800 (il grande diametro contribuirà maggiormente all'effetto di stoccaggio) ed assuma una lunghezza totale di circa 100 m, si avrà un volume di stoccaggio in tale sistema di  $0,6 \times 100 = 60$  mc.

Occorre dunque predisporre un sistema di stoccaggio per il restante volume di  $245 - 60 = 185$  mc

Sul lotto non sono presenti aree verdi in cui possa essere realizzato un bacino di stoccaggio di sufficiente ampiezza.

Si dovrà quindi predisporre un serbatoio permeabile sotterraneo, costituito da un corpo di materiale ad alta porosità efficace, espressa quest'ultima dal rapporto tra volume dei vuoti che possono essere occupati tra acqua libera e volume totale. Il massimo di porosità efficace si ottiene per un materiale con granulometria eterogenea e tondeggiante, tipo una ghiaia di pezzatura non elevata, come da grafico sotto riportato:

**Relazioni tra porosità, porosità efficace e ritenzione specifica**



1: curva della porosità; 2: curva della ritenzione specifica 3: curva della porosità efficace  
(Davis, de Wiest, 1966)

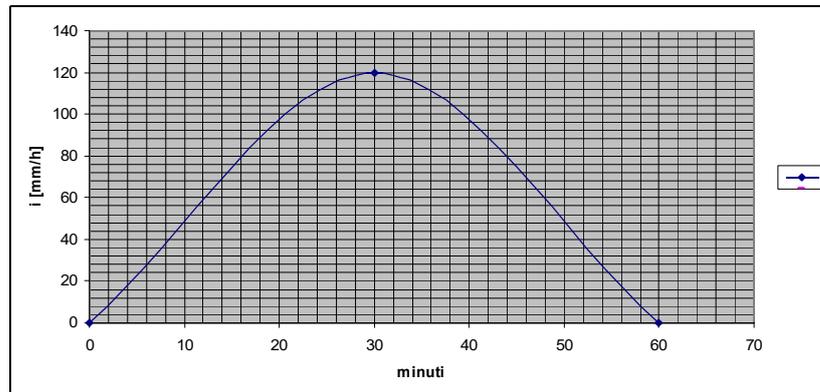
Per un tale tipo di materiale si può stimare una porosità efficace di circa il 30%.

Il volume totale del serbatoio poroso da realizzare per contenere i 182 mc sopra stimati sarà allora:

$$V = 185/0,3 = 617 \text{ mc}$$

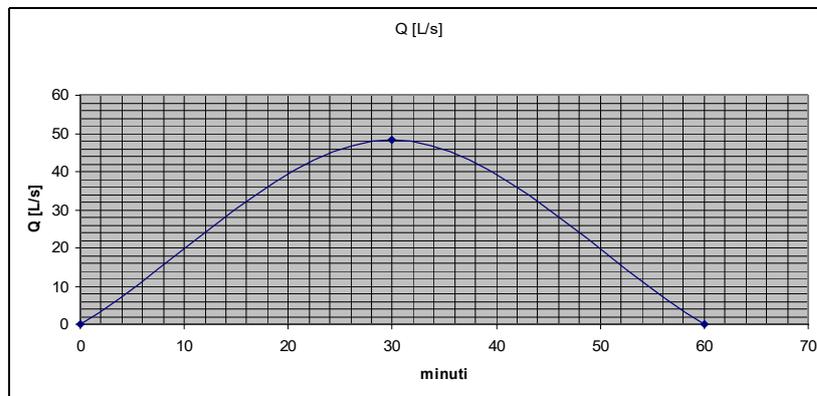
Data la presenza di falda molto superficiale, non risulta opportuno approfondire troppo la base del materasso poroso; con uno spessore di 1 m esso dovrà allora estendersi su una superficie di circa 617 mq.

Per quanto riguarda l'invarianza della portata di deflusso rispetto allo stato attuale, quest'ultima viene stimata assumendo una pioggia oraria di 60 mm, che sullo ietogramma unitario di forma triangolare (utilizzato per evidenziare la portata di picco) comporta un'intensità di pioggia critica (picco) di 120 mm/h.



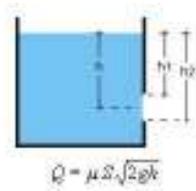
Si risale quindi alla portata di picco allo stato attuale:

$$4874,67 \times 120 \times 0,3/3600 = 48,74 \text{ l/s}$$



Si dovrà pertanto dimensionare la bocca tarata di scarico in modo che allo stato di progetto non sia superata tale portata di picco.

Con la relazione per luci a battente a sezione circolare, si ottiene la portata di 42,7 l/s, un poco inferiore alla portata di picco allo stato attuale di 48,74 l/s, con una bocca tarata di scarico circolare di diametro 15 cm.



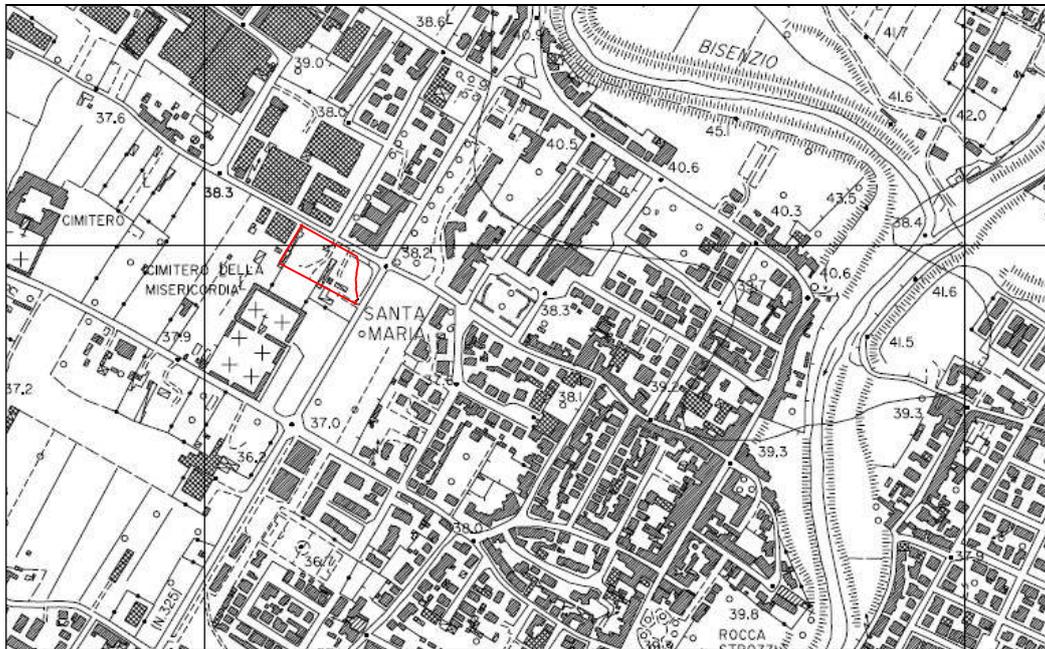
**Legenda**

- $Q$  = Portata effluente dalla luce
- $h$  = distanza tra il baricentro della luce e il pelo libero
- $D$  = Diametro della luce circolare

$Q$   m<sup>3</sup>/s  
 $h$   m  
 $D$   m

Prato, 01 settembre 2021

**COROGRAFIA GENERALE**  
**Scala 1:10.000**

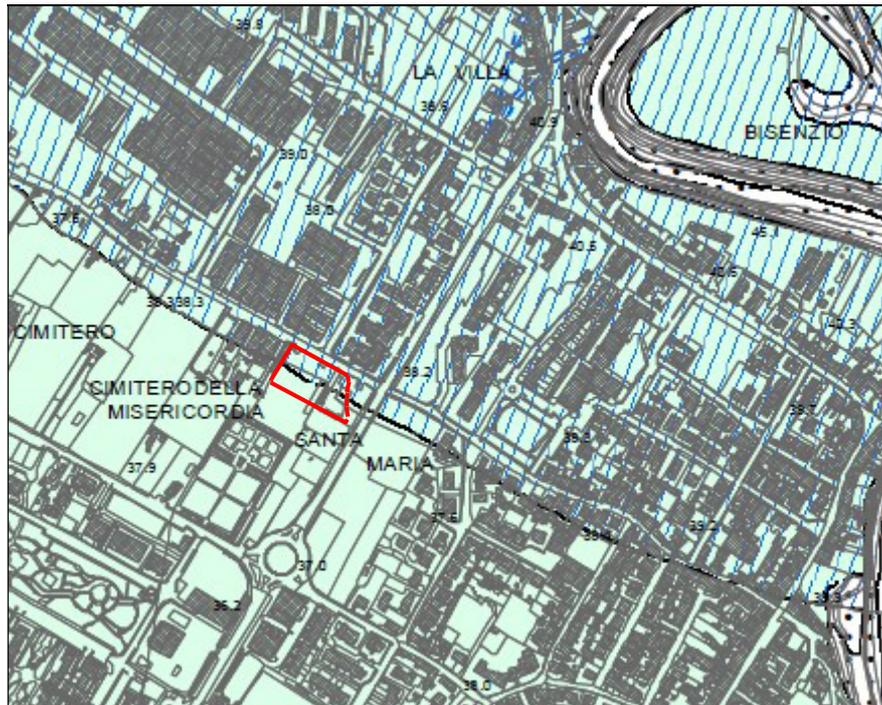


Area oggetto di PUC

**FIG. 1**

CARTA GEOLOGICA

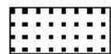
Scala 1 : 10.000



Da studio geologico di supporto al Piano strutturale – Dicembre 2020



area in esame



Depositi antropici - terreni di riporto



Depositi lacustri



Depositi alluvionali attuali o recenti terrazzati e non



Area di conoide alluvionale



Faglia (incerta)



Traccia di alveo fluviale abbandonato

FIG. 2

CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1 : 10.000



Da studio geologico di supporto al Piano strutturale – Dicembre 2020



area in esame

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali



FIG. 3

CARTA LITOTECNICA

Scala 1 : 10.000



Da studio geologico di supporto al Piano strutturale – Dicembre 2020



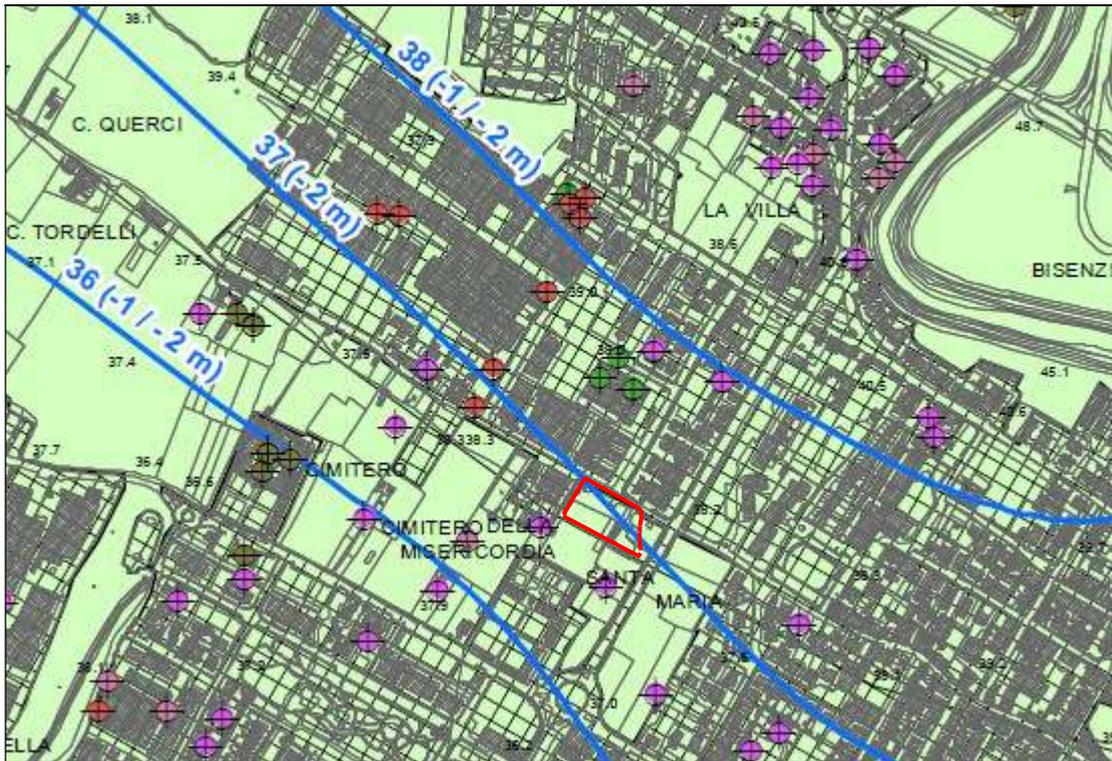
area in esame

	<b>E2a2-3/t2-3</b>	Ghiaie da mediamente addensate a poco addensate con presenza di frazione sabbiosa e coesiva
	<b>E3a1-2/t1-3</b>	Sabbie da addensate a moderatamente addensate con presenza di elementi ghiaiosi e frazione coesiva
	<b>F1t1-2s3-4</b>	Limi da consistenti a moderatamente consistenti con presenza elementi ghiaiosi e frazione sabbiosa
	<b>F2t1-2s3-4</b>	Argille da consistenti a moderatamente consistenti con presenza elementi ghiaiosi e frazione sabbiosa
		Laghi
		Terreno di riporto
		Conoide alluvionale

FIG. 4

CARTA IDROGEOLOGICA

Scala 1 : 10.000



Da studio geologico di supporto al Piano strutturale – Dicembre 2020



area in esame

Pozzi

- Autolavaggi
- Bonifica
- Domestico
- Industriale
- Irrigazione Verde Pubblico
- Irriguo-Agricolo
- Potabile Acquedottistico
- Sconosciuto
- Servizi Antincendio
- Servizi Igienici
- Termale
- Zootecnico



Linee isofreatiche (m s.l.m. / m da p.c.)  
 (le quote a sinistra indicate sulle linee isopiezometriche rappresentano la quota s.l.m. partendo dalla base di riferimento a scala 1:10.000)  
 (le quote a destra sono quote in m da p.c. stimate sulla base della quota media sito specifica)

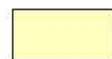


Aree in subsidenza potenziale

Permeabilità primaria



Permeabilità molto bassa



Permeabilità bassa



Permeabilità medio-bassa

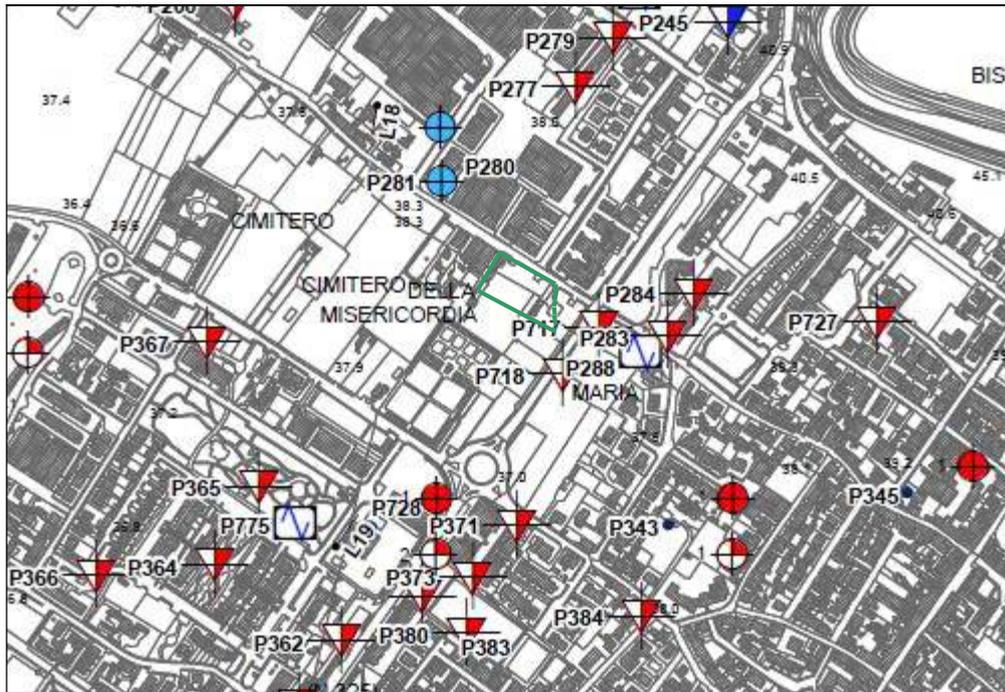


Permeabilità medio-alta

FIG. 5

CARTA DELLE INDAGINI

Scala 1 : 10.000



Da studio geologico di supporto al Piano Strutturale – Agosto 2019



area in esame

	SR	Profilo sismico a rifrazione		PA	Pozzo per acqua
	MASW	Indagine sismica MASW		T	Trincea o pozzetto esplorativo
	S	Sondaggio a carotaggio continuo		DH	Prova sismica in foro tipo Downhole
	SD	Sondaggio a distruzione di nucleo		HVSR	Stazione microtremore a stazione singola
	SC	Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni		ESAC_SPAC	Array sismico, ESAC/SPAC
	CPT	Prova penetrometrica statica con punta meccanica			
	CPTE	Prova penetrometrica statica con punta elettrica			
	CPTU	Prova penetrometrica statica con piezocono			
	DS	Prova penetrometrica dinamica super pesante			

FIG. 6

CARTA GEOLOGICO-TECNICA

Scala 1 : 10.000



Da studio geologico di supporto al Piano Strutturale – Agosto 2019



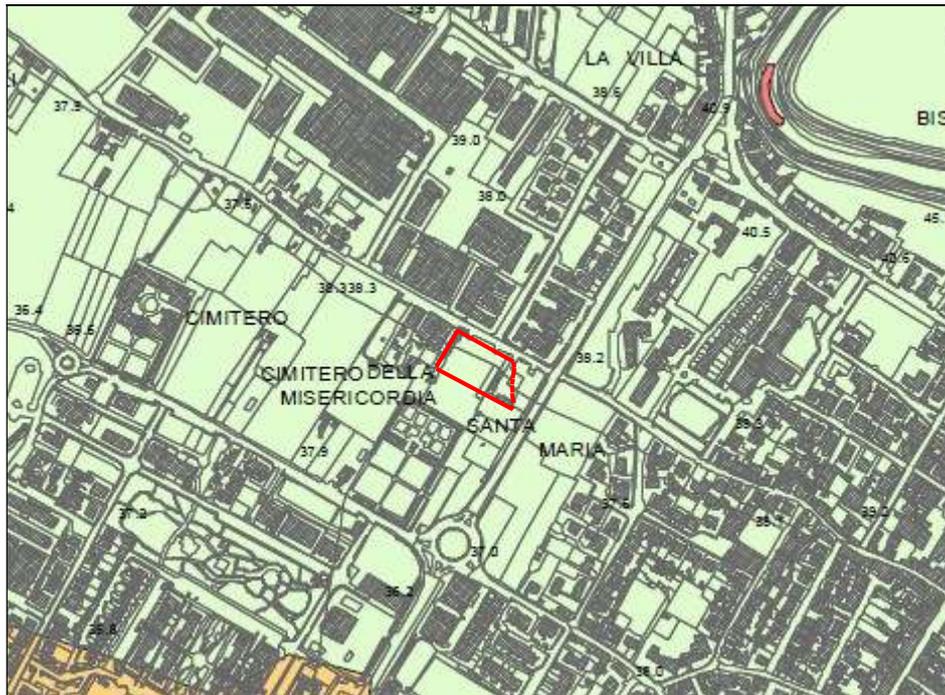
area in esame

	<b>CLlc</b>	Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di genesi lacustre
	<b>CLpi</b>	Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di piana inondabile
	<b>CLca</b>	Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di conoide alluvionale
	<b>MLlc</b>	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità genesi lacustre
	<b>MLpi</b>	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di piana inondabile
	<b>MLca</b>	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di conoide alluvionale
	<b>SWca</b>	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di conoide alluvionale
	<b>GClc</b>	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla genesi lacustre
	<b>GCpi</b>	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di piana inondabile
	<b>Rlzz</b>	Terreni contenenti resti di attività antropica
		Pozzo o sondaggio che non ha raggiunto il substrato geologico (in alto a destra la profondità in metri del fondo foro del pozzo o sondaggio)

FIG. 7

CARTA DELLE FREQUENZE

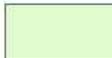
Scala 1 : 10.000



*Da studio geologico di supporto al Piano Strutturale – Dicembre 2020*



**area in esame**

	<b>G1,</b>	Pericolosità Geologica Bassa
	<b>G3</b>	Pericolosità Geologica Elevata <i>(Associata a possibili fenomeni di subsidenza)</i>
	<b>G3</b>	Pericolosità Geologica Elevata <i>(Associata alla presenza di possibili terreni con scadenti caratteristiche geotecniche)</i>
	<b>G4</b>	Pericolosità Geologica Molto Elevata <i>(Associata alla presenza fenomeni di erosione spondale)</i>

**FIG. 8**

CARTA M.O.P.S. – Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica  
Scala 1 : 10.000

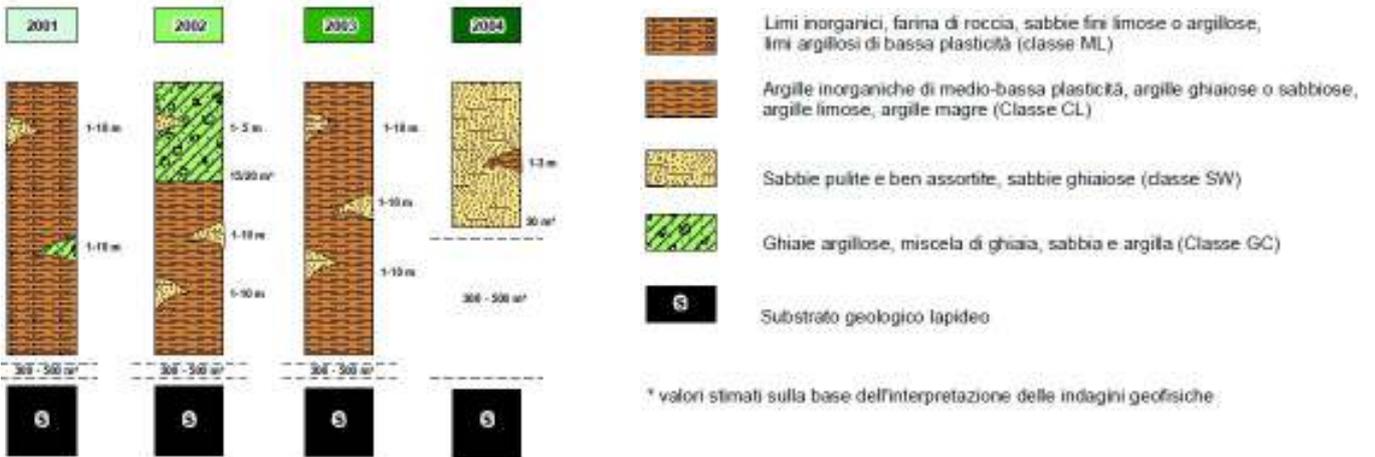


Da studio geologico di supporto al Piano Strutturale – Agosto 2019



area in esame

Zone stabili suscettibili di amplificazioni sismiche locali



Forme di superficie e sepolte

- Area di conode alluvionale
- Asse di Paleovalleo

Zone di attenzione

- Zone di attenzione per Cedimenti Differenziali
- Zone di attenzione per Liquefazione

2.45 0.84  
 Punto di misura di rumore ambientale con indicazione dei valori di f0 (a sinistra f0 principale, a destra f0 secondario)

FIG. 9

CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

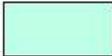
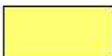
Scala 1 : 10.000



*Da studio geologico di supporto al Piano Strutturale – Dicembre 2020*



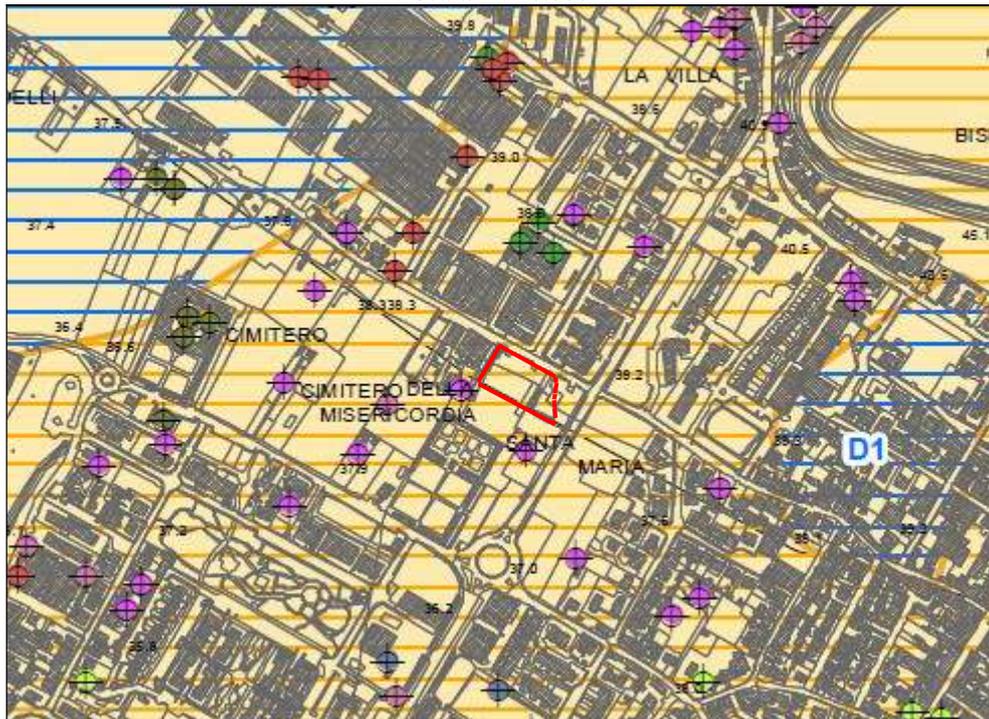
**area in esame**

	<b>S2</b>	Pericolosità Sismica Media
	<b>S3</b>	Pericolosità Sismica Elevata <i>(Associata a possibili fenomeni di liquefaccibilità)</i>
	<b>S3</b>	Pericolosità Sismica Media <i>(Buffer associato al fenomeno di liquefaccibilità potenziale)</i>
	<b>S3</b>	Pericolosità Sismica Elevata <i>(Associata alla presenza di possibili terreni con scadenti caratteristiche geotecniche)</i>

**FIG. 10**

CARTA DELLE PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE

Scala 1 : 10.000



Da studio geologico di supporto al Piano Strutturale – Dicembre 2020



area in esame



Zona di rispetto di 200 m per pozzi potabili ad uso acquedottistico (art.94, c.6 - D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.)

Disponibilità idrica



D1 Disponibilità elevata



D2 Disponibilità prossima alla ricarica

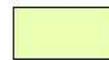


D3 Disponibilità inferiore alla ricarica



D4 Disponibilità molto inferiore alla ricarica

Classi di Vulnerabilità



Vulnerabilità Bassa



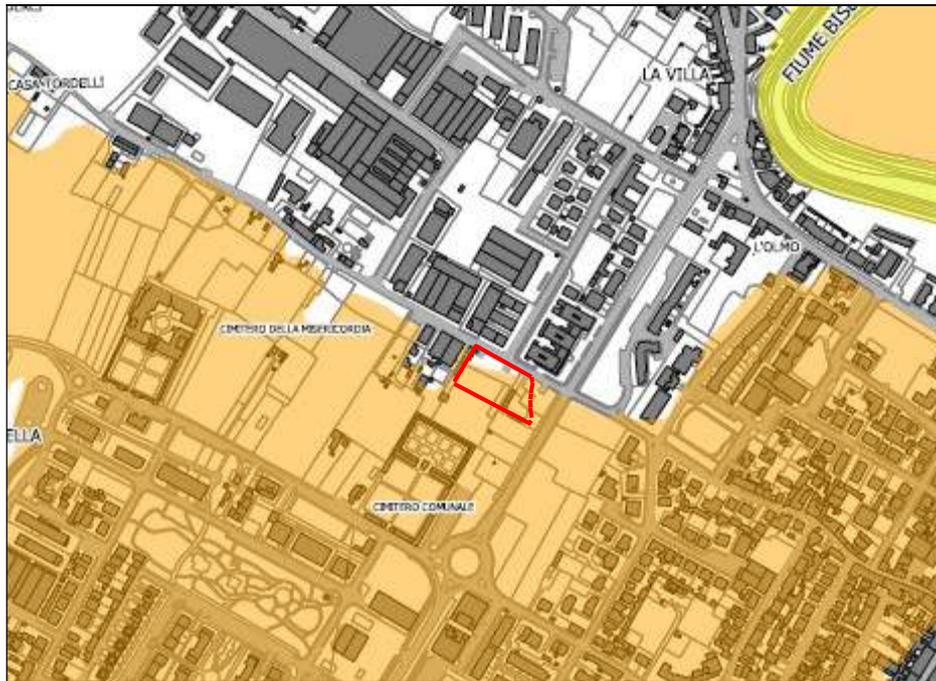
Vulnerabilità Medio-Bassa



Vulnerabilità Medio-Alta

FIG. 11

**CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA**  
**ai sensi d.p.g.r. 53/R**  
Scala 1 : 10.000

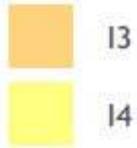


*Da Studi idrologici ed idraulici di supporto al Piano Strutturale*



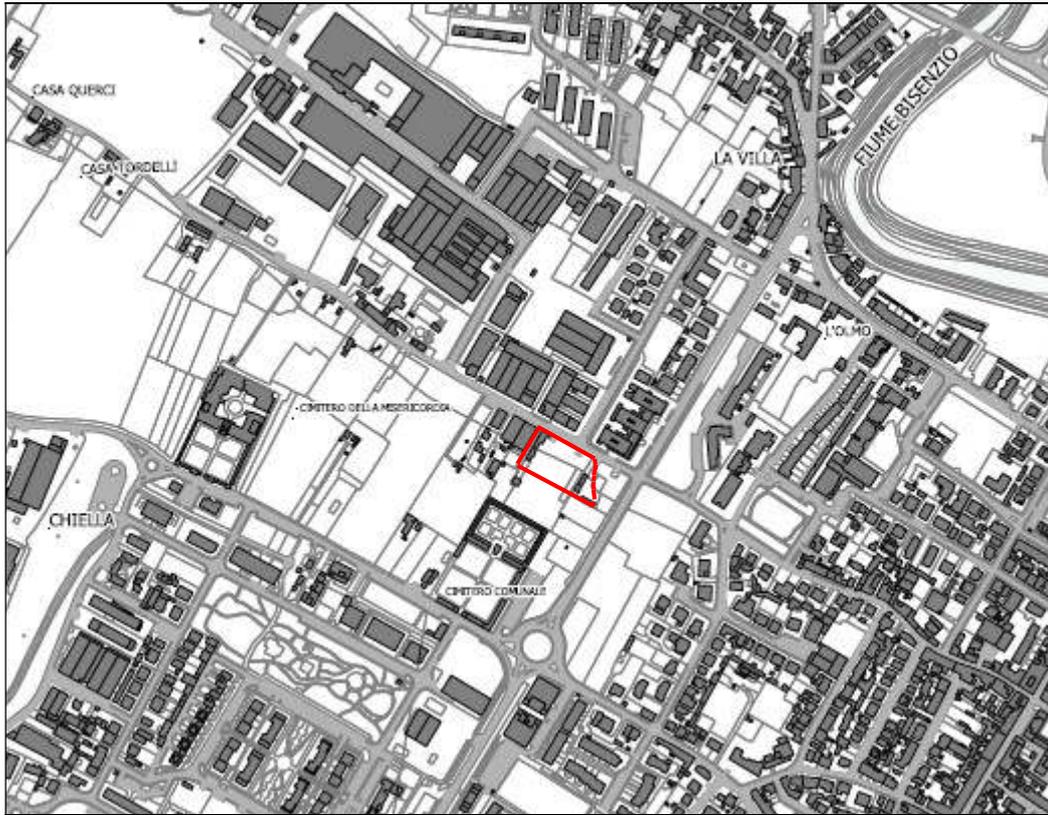
**area in esame**

Pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. 53/R



**FIG. 12**

**CARTA DEI BATTENTI tr = 30 anni**  
**ai sensi d.p.g.r. 53/R**  
Scala 1 : 10.000

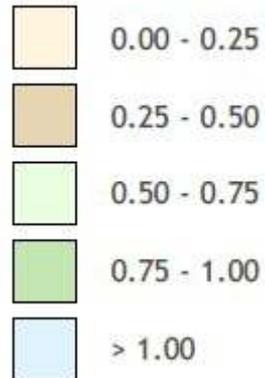


*Da Studi idrologici ed idraulici di supporto al Piano Strutturale*



**area in esame**

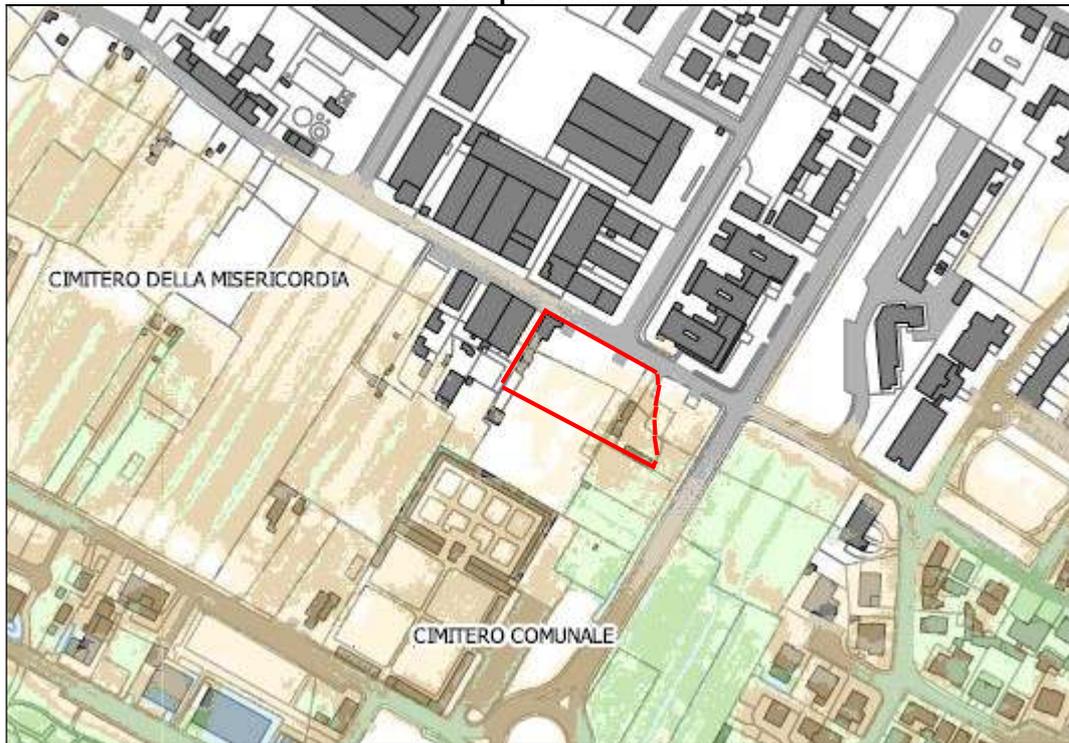
**Battenti TR30 anni [m]**



**FIG. 13**

**CARTA DEI BATTENTI  $tr = 200$  anni  
ai sensi d.p.g.r. 53/R**

Scala 1:10.000 riprodotta in scala 1:5000

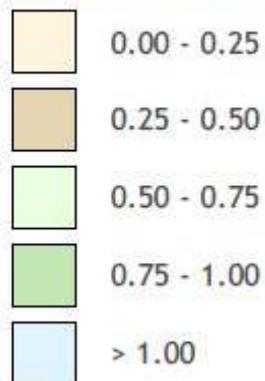


*Da Studi idrologici ed idraulici di supporto al Piano Strutturale*



**area in esame**

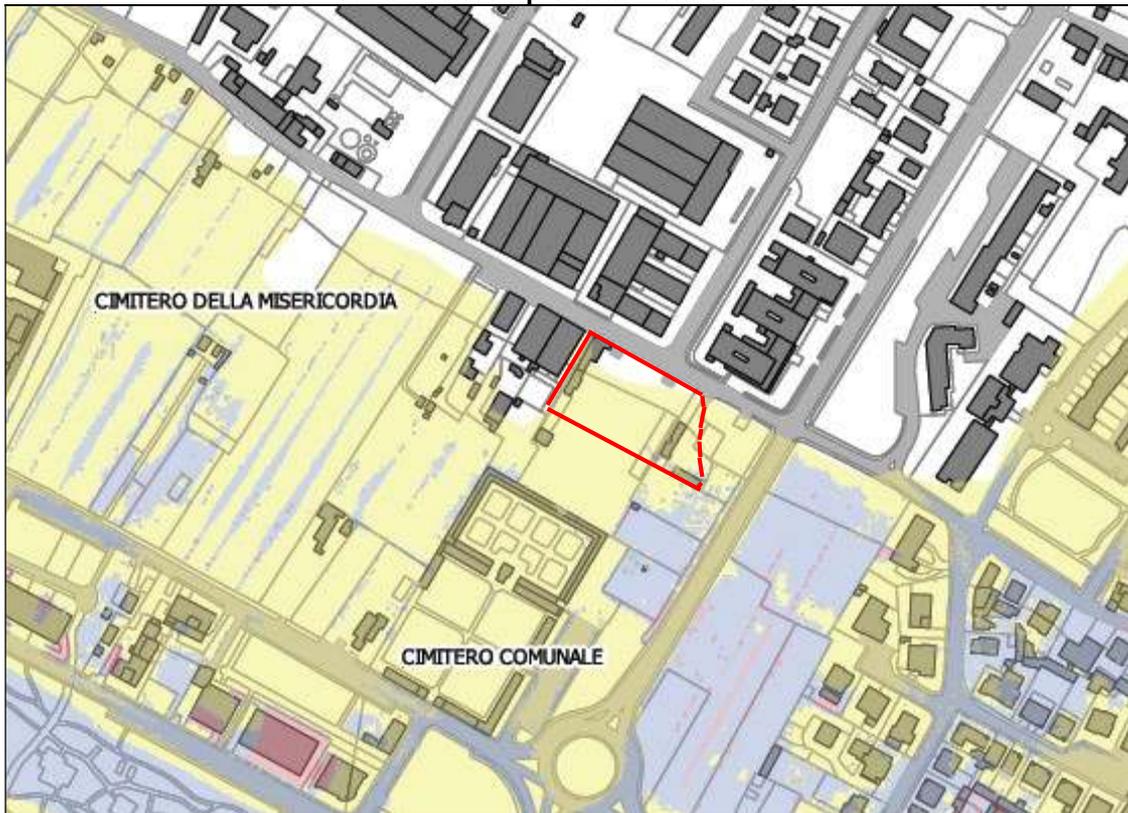
**Battenti TR200 anni [m]**



**FIG. 14**

**CARTA DELLA MAGNITUDO IDRAULICA**  
**ai sensi L.R. 41/R**

Scala 1:10.000 riprodotta in scala 1:5000



*Da Studi idrologici ed idraulici di supporto al Piano Strutturale*



**area in esame**

Classe di Magnitudo Idraulica

-  MOLTO SEVERA
-  SEVERA
-  MODERATA

**FIG. 15**



**CALCOLO CEDIMENTO PER CONSOLIDAZIONE**

**CANTIERE:** PUC Via Castronella angolo Via Barberinese - Campi Bisenzio

**PROGETTISTA:** Arch. MARIANNA COGLIEVINA

**COMMITTENTE:** Arch. MARIANNA COGLIEVINA in nome e per conto della proprietà

**Dati: prove penetrometriche statiche**

**Fondazione: Platea generale**

Peso di volume del terreno (densità apparente)	1,95	g/cm <sup>3</sup>	
Profondità piano di posa	60	cm	
Profondità della falda dal p.c.	100	cm	
Larghezza della fondazione	1850	cm	
Lunghezza della fondazione	4750	cm	
Pressione totale al contatto	0,40	Kg/cm <sup>2</sup>	
Incremento di pressione permanente al contatto	0,283	Kg/cm <sup>2</sup>	

Scomposizione punto caratteristico		
1459	x	3745
391	x	3745
1459	x	1005
391	x	1005

Prof. da	a	Z	Is	Dq	σ <sub>o</sub>	mv	S
60	100	20	1,000	0,283	0,156	0,029	0,32
100	160	70	0,999	0,283	0,224	0,029	0,48
160	220	130	0,993	0,281	0,281	0,029	0,48
220	270	185	0,981	0,278	0,333	0,014	0,20
270	320	235	0,966	0,273	0,380	0,014	0,20
320	470	335	0,925	0,262	0,475	0,014	0,56
470	520	435	0,878	0,248	0,570	0,014	0,18
520	570	485	0,853	0,241	0,618	0,014	0,17
570	620	535	0,829	0,235	0,665	0,014	0,17
620	670	585	0,805	0,228	0,713	0,014	0,16
670	720	635	0,782	0,221	0,760	0,014	0,16
720	770	685	0,760	0,215	0,808	0,014	0,15
770	820	735	0,738	0,209	0,855	0,014	0,15
820	870	785	0,717	0,203	0,903	0,014	0,15
870	920	835	0,696	0,197	0,950	0,014	0,14
920	1020	910	0,667	0,189	1,022	0,014	0,27
1020	1120	1010	0,630	0,178	1,117	0,012	0,21
1120	1220	1110	0,596	0,169	1,212	0,012	0,19

**CEDIMENTO TOTALE** **cm**      **4,34**

**LEGENDA**

D = profondità del piano di posa

B = Larghezza della fondazione

Z = Profondità media dello strato considerato dal piano di posa

Is = Coefficiente di influenza dello sforzo verticale

Dq = Incremento di carico permanente in mezzeria dello strato cedevole

Qc = Resistenza penetrometrica statica alla punta (media sul tratto considerato)

mv = Coefficiente di compressibilità volumetrica (cm<sup>3</sup>/Kg)

S = Cedimento dello strato considerato (cm)

**TAB. 1**

**CALCOLO CEDIMENTO PER CONSOLIDAZIONE**

**CANTIERE:** PUC Via Castronella angolo Via Barberinese - Campi Bisenzio

**PROGETTISTA:** Arch. MARIANNA COGLIEVINA

**COMMITTENTE:** Arch. MARIANNA COGLIEVINA in nome e per conto della proprietà

**Dati:** prove penetrometriche statiche

**Fondazione:** Trave rovescia

Peso di volume del terreno (densità apparente)	1,95	g/cm <sup>3</sup>	
Profondità piano di posa	120	cm	
Profondità della falda dal p.c.	100	cm	
Larghezza della fondazione	140	cm	
Lunghezza della fondazione	2000	cm	
Pressione permanente al contatto	1,20	Kg/cm <sup>2</sup>	
Incremento di pressione permanente al contatto	0,986	Kg/cm <sup>2</sup>	

Scomposizione punto caratteristico		
110	x	1577
30	x	1577
110	x	423
30	x	423

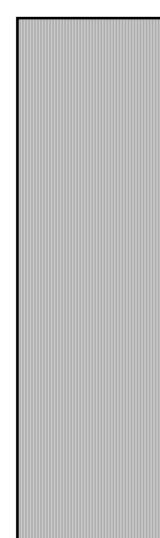
Prof. da	a	Z	Is	Dq	σ <sub>o</sub>	mv	S
120	150	15	0,979	0,965	0,228	0,029	0,82
150	200	55	0,770	0,759	0,266	0,029	1,08
200	250	105	0,587	0,579	0,314	0,029	0,82
250	300	155	0,465	0,458	0,361	0,014	0,33
300	350	205	0,378	0,372	0,409	0,014	0,27
350	400	255	0,314	0,310	0,456	0,014	0,22
400	520	340	0,240	0,236	0,537	0,014	0,41
520	570	425	0,190	0,188	0,618	0,014	0,13
570	620	475	0,168	0,166	0,665	0,014	0,12
620	670	525	0,150	0,148	0,713	0,014	0,11
670	720	575	0,135	0,133	0,760	0,014	0,10
720	770	625	0,122	0,121	0,808	0,014	0,09
770	820	675	0,111	0,110	0,855	0,014	0,08
820	870	725	0,102	0,100	0,903	0,014	0,07
870	920	775	0,094	0,092	0,950	0,014	0,00
920	1020	850	0,083	0,082	1,022	0,014	0,00
1020	1120	950	0,072	0,071	1,117	0,012	0,00
1120	1220	1050	0,063	0,062	1,212	0,012	0,00

**CEDIMENTO TOTALE** **cm** **4,64**

**LEGENDA**

- D = profondità del piano di posa
- B = Larghezza della fondazione
- Z = Profondità media dello strato considerato dal piano di posa
- Is = Coefficiente di influenza dello sforzo verticale
- Dq = Incremento di carico permanente in mezzeria dello strato cedevole
- Qc = Resistenza penetrometrica statica alla punta (media sul tratto considerato)
- mv = Coefficiente di compressibilità volumetrica (cm<sup>3</sup>/Kg)
- S = Cedimento dello strato considerato (cm)

**TAB. 2**



## STIMA RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DA PROVA CPT (ROBERTSON and WRIDE, 1997)

Cantiere: PUC Castronella - Campi Bisenzio

Prova: CPT1

Data elaborazione: 04/08/2017

Profondità falda (cm dal p.c.): 100

Accelerazione a max (amax/g): 0,2

Magnitudo sisma M = 5,4

Correzione Magnitudo: 1,456

Prof.	$\gamma$	$\sigma_0$	$\sigma_{10}$	qc	fs	lc cor	qc1n	Kc	(qc1n)cs	R	rd	T	R/T	LIQ?	PL
0	2,05	0,021	0,021								0,999	0,089			
20	2,05	0,062	0,062		0,6						0,998	0,089			
40	2,05	0,103	0,103	14,0	1,07	2,790	28,00	4,68	130,95	0,289	0,996	0,089	3,247	-	0,00
60	2,05	0,144	0,144	36,0	1,20	2,296	72,00	1,92	138,44	0,327	0,995	0,089	3,680	-	0,00
80	2,05	0,185	0,185	39,0	0,73	2,126	78,00	1,49	116,52	0,227	0,993	0,089	2,561	-	0,00
100	2,05	0,226	0,216	25,0	2,13	2,769	50,00	4,50	225,08	1,140	0,992	0,093	12,311	-	0,00
120	2,05	0,267	0,237	16,0	0,93	2,789	32,00	4,67	149,51	0,391	0,990	0,100	3,923	-	0,00
140	2,05	0,308	0,258	20,0	1,07	2,708	40,00	4,04	161,52	0,472	0,989	0,105	4,477	-	0,00
160	2,05	0,349	0,279	16,0	1,07	2,680	32,00	3,83	122,65	0,252	0,987	0,110	2,281	-	0,00
180	2,05	0,390	0,300	14,0	0,87	2,718	28,00	4,11	115,08	0,222	0,985	0,114	1,938	-	0,00
200	2,05	0,431	0,321	14,0	0,67	2,657	28,00	3,67	102,89	0,181	0,984	0,118	1,536	-	0,00
220	2,05	0,472	0,342	18,0	0,93	2,623	36,00	3,45	124,21	0,258	0,982	0,121	2,132	-	0,00
240	2,05	0,513	0,363	19,0	1,27	2,709	38,00	4,04	153,52	0,416	0,981	0,124	3,364	-	0,00
260	2,05	0,554	0,384	23,0	1,27	2,606	46,00	3,34	153,86	0,419	0,979	0,126	3,318	-	0,00
280	2,05	0,595	0,405	30,0	2,00	2,608	60,00	3,36	201,41	0,840	0,978	0,128	6,545	-	0,00
300	2,05	0,636	0,426	31,0	2,00	2,602	62,00	3,32	205,85	0,891	0,976	0,130	6,845	-	0,00
320	2,05	0,677	0,447	31,0	1,93	2,604	62,00	3,33	206,54	0,899	0,975	0,132	6,821	-	0,00
340	2,05	0,718	0,468	31,0	2,00	2,629	62,00	3,49	216,45	1,023	0,973	0,133	7,672	-	0,00
360	2,05	0,759	0,489	30,0	1,93	2,651	60,00	3,63	217,94	1,043	0,972	0,135	7,740	-	0,00
380	2,05	0,800	0,510	26,0	1,87	2,743	51,03	4,30	219,33	1,061	0,970	0,136	7,808	-	0,00
400	2,05	0,841	0,531	22,0	1,87	2,861	41,47	5,31	220,02	1,071	0,969	0,137	7,813	-	0,00
420	2,05	0,882	0,552	25,0	1,93	2,802	45,33	4,78	216,84	1,028	0,967	0,138	7,450	-	0,00
440	2,05	0,923	0,573	23,0	1,93	2,867	40,17	5,36	215,40	1,009	0,966	0,139	7,266	-	0,00
460	2,05	0,964	0,594	23,0	2,40	2,950	38,75	6,18	239,64	1,360	0,964	0,140	9,732	-	0,00
480	2,05	1,005	0,615	26,0	1,87	2,801	42,31	4,77	201,93	0,846	0,963	0,140	6,021	-	0,00
500	2,05	1,046	0,636	25,0	1,93	2,847	39,34	5,18	203,66	0,866	0,961	0,141	6,132	-	0,00
520	2,05	1,087	0,657	23,0	1,67	2,865	35,03	5,34	187,04	0,689	0,959	0,142	4,857	-	0,00
540	2,05	1,128	0,678	32,0	1,93	2,710	47,23	4,05	191,33	0,731	0,958	0,142	5,139	-	0,00
560	2,05	1,169	0,699	33,0	2,40	2,771	47,24	4,52	213,72	0,988	0,956	0,143	6,915	-	0,00
580	2,05	1,210	0,720	32,0	2,53	2,817	44,48	4,91	218,43	1,049	0,955	0,143	7,321	-	0,00
600	2,05	1,251	0,741	26,0	2,20	2,914	35,11	5,81	204,02	0,870	0,953	0,144	6,051	-	0,00
620	2,05	1,292	0,762	31,0	2,07	2,790	40,71	4,68	190,57	0,724	0,952	0,144	5,021	-	0,00
640	2,05	1,333	0,783	31,0	2,13	2,808	39,62	4,83	191,49	0,733	0,950	0,144	5,073	-	0,00
660	2,05	1,374	0,804	29,0	1,87	2,818	36,09	4,92	177,60	0,601	0,949	0,145	4,151	-	0,00
680	2,05	1,415	0,825	28,0	2,07	2,882	33,96	5,50	186,76	0,686	0,947	0,145	4,727	-	0,00
700	2,05	1,456	0,846	33,0	2,13	2,793	39,03	4,71	183,72	0,657	0,946	0,145	4,518	-	0,00
720	2,05	1,497	0,866	34,0	2,40	2,820	39,24	4,94	193,78	0,757	0,944	0,146	5,198	-	0,00
740	2,05	1,538	0,887	33,0	2,60	2,873	37,18	5,42	201,42	0,840	0,943	0,146	5,761	-	0,00
760	2,05	1,579	0,908	31,0	2,60	2,921	34,12	5,88	200,76	0,832	0,941	0,146	5,702	-	0,00
780	2,05	1,620	0,929	32,0	2,07	2,836	34,43	5,07	174,63	0,575	0,940	0,146	3,936	-	0,00
800	2,05	1,661	0,950	29,0	2,00	2,896	30,51	5,64	172,03	0,553	0,938	0,146	3,783	-	0,00
820	2,05	1,702	0,971	25,0	1,87	2,980	25,73	6,50	167,29	0,515	0,937	0,146	3,519	-	0,00
840	2,05	1,743	0,992	27,0	1,73	2,913	27,20	5,80	157,91	0,446	0,935	0,147	3,045	-	0,00
860	2,05	1,784	1,014	24,0	1,87	3,022	23,68	6,97	165,04	0,498	0,933	0,147	3,396	-	0,00
880	2,05	1,825	1,035	23,0	1,67	3,024	22,23	6,98	155,25	0,428	0,932	0,147	2,916	-	0,00
900	2,05	1,866	1,056	26,0	2,00	3,005	24,63	6,77	166,75	0,511	0,930	0,147	3,482	-	0,00
920	2,05	1,907	1,077	21,0	1,67	3,100	19,51	7,89	153,92	0,419	0,926	0,146	2,864	-	0,00
940	2,05	1,948	1,098	23,0	2,13	3,120	20,96	8,15	170,78	0,543	0,920	0,146	3,725	-	0,00
960	2,05	1,989	1,119	25,0	2,07	3,062	22,35	7,44	166,20	0,507	0,915	0,145	3,490	-	0,00
980	2,05	2,030	1,140	20,0	1,80	3,177	17,55	8,90	156,25	0,435	0,910	0,145	3,006	-	0,00
1000	2,05	2,071	1,161	23,0	1,87	3,101	19,82	7,91	156,70	0,438	0,904	0,144	3,039	-	0,00
1020	2,05	2,112	1,182	28,0	2,00	2,996	23,70	6,68	158,19	0,448	0,899	0,143	3,124	-	0,00

1040	2,05	2,153	1,203	34,0	2,40	2,931	28,27	5,98	169,04	0,529	0,894	0,143	3,705	-	0,00
1060	2,05	2,194	1,224	35,0	2,67	2,951	28,61	6,19	177,01	0,596	0,888	0,142	4,190	-	0,00
1080	2,05	2,235	1,245	34,0	2,80	2,991	27,32	6,61	180,70	0,629	0,883	0,142	4,442	-	0,00
1100	2,05	2,276	1,266	36,0	3,00	2,981	28,45	6,51	185,05	0,669	0,878	0,141	4,751	-	0,00
1120	2,05	2,317	1,287	43,0	3,00	2,870	33,42	5,39	180,19	0,624	0,872	0,140	4,450	-	0,00
1140	2,05	2,358	1,308	37,0	2,73	2,944	28,30	6,12	173,19	0,563	0,867	0,140	4,035	-	0,00
1160	2,05	2,399	1,329	28,0	2,13	3,059	21,08	7,39	155,77	0,432	0,862	0,139	3,107	-	0,00
1180	2,05	2,440	1,350	20,0											

**RISCHIO DI LIQUEFAZIONE: MOLTO BASSO (Iwasaki) PL: 0,00**

**TAB. 3**

## STIMA RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DA PROVA CPT (ROBERTSON and WRIDE, 1997)

Cantiere: PUC Castronella - Campi Bisenzio

Prova: CPT2

Data elaborazione: 04/08/2017

Profondità falda (cm dal p.c.): 100

Accelerazione a max (amax/g): 0,2

Magnitudo sisma M = 5,4

Correzione Magnitudo: 1,456

Prof.	$\gamma$	$\sigma_0$	$\sigma_{lo}$	qc	fs	lc cor	qc1n	Kc	(qc1n)cs	R	rd	T	R/T	LIQ?	PL
0	2,05	0,021	0,021								0,999	0,089			
20	2,05	0,062	0,062		0,13						0,998	0,089			
40	2,05	0,103	0,103	60,0	0,07	1,231	120,00	1,00	120,00	0,241	0,996	0,089	2,706	-	0,00
60	2,05	0,144	0,144	64,0	2,00	2,118	128,00	1,48	189,36	0,711	0,995	0,089	8,012	-	0,00
80	2,05	0,185	0,185	66,0	0,40	1,629	132,00	1,00	132,00	0,294	0,993	0,089	3,314	-	0,00
100	2,05	0,226	0,216	131,0	6,60	2,177	262,00	1,60	419,43	6,942	0,992	0,093	74,93	-	0,00
120	2,05	0,267	0,237	89,0	6,40	2,403	178,00	2,31	411,65	6,567	0,990	0,100	65,93	-	0,00
140	2,05	0,308	0,258	76,0	5,73	2,466	149,77	2,59	387,65	5,498	0,989	0,105	52,16	-	0,00
160	2,05	0,349	0,279	49,0	5,27	2,709	98,00	4,04	396,36	5,871	0,987	0,110	53,239	-	0,00
180	2,05	0,390	0,300	40,0	4,13	2,613	80,00	3,39	271,17	1,934	0,985	0,114	16,906	-	0,00
200	2,05	0,431	0,321	38,0	4,00	2,648	76,00	3,62	274,83	2,011	0,984	0,118	17,038	-	0,00
220	2,05	0,472	0,342	15,0	1,33	2,855	30,00	5,25	157,35	0,442	0,982	0,121	3,653	-	0,00
240	2,05	0,513	0,363	11,0	0,80	2,908	22,00	5,75	126,49	0,268	0,981	0,124	2,166	-	0,00
260	2,05	0,554	0,384	14,0	0,98	2,837	28,00	5,09	142,39	0,348	0,979	0,126	2,761	-	0,00
280	2,05	0,595	0,405	17,0	1,27	2,813	34,00	4,87	165,75	0,503	0,978	0,128	3,924	-	0,00
300	2,05	0,636	0,426	18,0	1,47	2,841	36,00	5,12	184,22	0,661	0,976	0,130	5,080	-	0,00
320	2,05	0,677	0,447	24,0	1,80	2,741	48,00	4,28	205,49	0,887	0,975	0,132	6,726	-	0,00
340	2,05	0,718	0,468	28,0	2,07	2,704	56,00	4,01	224,46	1,132	0,973	0,133	8,486	-	0,00
360	2,05	0,759	0,489	26,0	2,20	2,784	52,00	4,63	240,86	1,380	0,972	0,135	10,240	-	0,00
380	2,05	0,800	0,510	22,0	2,07	2,882	43,18	5,50	237,64	1,328	0,970	0,136	9,771	-	0,00
400	2,05	0,841	0,531	31,0	2,07	2,678	58,44	3,82	223,19	1,114	0,969	0,137	8,130	-	0,00
420	2,05	0,882	0,552	29,0	2,00	2,720	52,58	4,13	216,96	1,030	0,967	0,138	7,461	-	0,00
440	2,05	0,923	0,573	30,0	2,00	2,710	52,40	4,05	212,31	0,970	0,966	0,139	6,983	-	0,00
460	2,05	0,964	0,594	28,0	1,80	2,731	47,18	4,20	198,36	0,806	0,964	0,140	5,767	-	0,00
480	2,05	1,005	0,615	30,0	2,27	2,774	48,82	4,54	221,87	1,096	0,963	0,140	7,800	-	0,00
500	2,05	1,046	0,636	27,0	1,93	2,798	42,49	4,75	201,64	0,842	0,961	0,141	5,968	-	0,00
520	2,05	1,087	0,657	33,0	1,87	2,671	50,27	3,77	189,38	0,712	0,959	0,142	5,020	-	0,00
540	2,05	1,128	0,678	31,0	2,27	2,783	45,76	4,62	211,47	0,959	0,958	0,142	6,741	-	0,00
560	2,05	1,169	0,699	27,0	1,33	2,711	38,65	4,06	156,80	0,438	0,956	0,143	3,070	-	0,00
580	2,05	1,210	0,720	37,0	1,87	2,627	51,42	3,48	178,82	0,612	0,955	0,143	4,269	-	0,00
600	2,05	1,251	0,741	33,0	2,00	2,730	44,56	4,20	187,27	0,691	0,953	0,144	4,806	-	0,00
620	2,05	1,292	0,762	32,0	2,20	2,790	42,02	4,68	196,48	0,785	0,952	0,144	5,449	-	0,00
640	2,05	1,333	0,783	30,0	2,20	2,840	38,34	5,11	195,89	0,779	0,950	0,144	5,392	-	0,00
660	2,05	1,374	0,804	36,0	2,27	2,742	44,80	4,29	192,19	0,740	0,949	0,145	5,112	-	0,00
680	2,05	1,415	0,825	35,0	2,40	2,786	42,45	4,64	197,15	0,793	0,947	0,145	5,463	-	0,00
700	2,05	1,456	0,846	32,0	2,80	2,901	37,85	5,69	215,29	1,008	0,946	0,145	6,935	-	0,00
720	2,05	1,497	0,866	29,0	2,07	2,876	33,47	5,44	182,11	0,642	0,944	0,146	4,407	-	0,00
740	2,05	1,538	0,887	31,0	2,33	2,878	34,93	5,46	190,89	0,727	0,943	0,146	4,985	-	0,00
760	2,05	1,579	0,908	34,0	2,07	2,789	37,42	4,67	174,73	0,576	0,941	0,146	3,946	-	0,00
780	2,05	1,620	0,929	31,0	1,93	2,834	33,35	5,06	168,76	0,527	0,940	0,146	3,606	-	0,00
800	2,05	1,661	0,950	28,0	2,20	2,949	29,46	6,17	181,75	0,638	0,938	0,146	4,363	-	0,00
820	2,05	1,702	0,971	26,0	2,00	2,975	26,76	6,45	172,55	0,558	0,937	0,146	3,809	-	0,00
840	2,05	1,743	0,992	31,0	1,73	2,823	31,23	4,96	154,94	0,426	0,935	0,147	2,906	-	0,00
860	2,05	1,784	1,014	24,0	2,00	3,043	23,68	7,21	170,73	0,543	0,933	0,147	3,701	-	0,00
880	2,05	1,825	1,035	23,0	2,07	3,090	22,23	7,77	172,69	0,559	0,932	0,147	3,809	-	0,00
900	2,05	1,866	1,056	25,0	1,60	2,963	23,69	6,31	149,46	0,391	0,930	0,147	2,660	-	0,00
920	2,05	1,907	1,077	27,0	2,13	3,006	25,08	6,79	170,23	0,539	0,926	0,146	3,681	-	0,00
940	2,05	1,948	1,098	24,0	1,87	3,051	21,87	7,31	159,77	0,459	0,920	0,146	3,150	-	0,00
960	2,05	1,989	1,119	23,0	2,20	3,137	20,56	8,37	172,08	0,554	0,915	0,145	3,813	-	0,00
980	2,05	2,030	1,140	21,0	2,00	3,176	18,43	8,89	163,79	0,489	0,910	0,145	3,378	-	0,00
1000	2,05	2,071	1,161	25,0	2,07	3,076	21,54	7,60	163,69	0,488	0,904	0,144	3,387	-	0,00
1020	2,05	2,112	1,182	20,0	1,80	3,191	16,93	9,09	153,96	0,419	0,899	0,143	2,923	-	0,00

STUDIO GEOLOGICO Dott. FRANCO CECCARINI - PRATO

1040	2,05	2,153	1,203	34,0	2,20	2,904	28,27	5,71	161,44	0,471	0,894	0,143	3,300	-	0,00
1060	2,05	2,194	1,224	36,0	2,47	2,908	29,42	5,75	169,29	0,531	0,888	0,142	3,736	-	0,00
1080	2,05	2,235	1,245	37,0	2,33	2,878	29,73	5,46	162,40	0,478	0,883	0,142	3,379	-	0,00
1100	2,05	2,276	1,266	40,0	2,20	2,815	31,61	4,89	154,68	0,424	0,878	0,141	3,010	-	0,00
1120	2,05	2,317	1,287	46,0	2,00	2,701	35,76	3,99	142,52	0,349	0,872	0,140	2,490	-	0,00
1140	2,05	2,358	1,308	31,0	1,93	2,955	23,71	6,23	147,69	0,380	0,867	0,140	2,720	-	0,00
1160	2,05	2,399	1,329	28,0	1,80	3,008	21,08	6,80	143,42	0,354	0,862	0,139	2,551	-	0,00
1180	2,05	2,440	1,350	27,0											

**RISCHIO DI LIQUEFAZIONE: MOLTO BASSO (Iwasaki) PL: 0,00**

**TAB. 4**

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

**CPT 1**

2.01PG05-185

- committente : Sigg. Nobile, Sig. Capici, Ediltoscana  
 - lavoro : Realizzazione nuova struttura abitativa  
 - località : Via Castronella (Campi Bisenzio)  
 - note :

- data : 23/07/2018  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	----	----	--	-----	----	6,20	26,0	64,0	26,0	2,20	12,0
0,40	----	----	--	0,60	----	6,40	31,0	64,0	31,0	2,07	15,0
0,60	14,0	23,0	14,0	1,07	13,0	6,60	31,0	62,0	31,0	2,13	15,0
0,80	36,0	52,0	36,0	1,20	30,0	6,80	29,0	61,0	29,0	1,87	16,0
<b>1,00</b>	39,0	57,0	39,0	0,73	53,0	<b>7,00</b>	28,0	56,0	28,0	2,07	14,0
1,20	25,0	36,0	25,0	2,13	12,0	7,20	33,0	64,0	33,0	2,13	15,0
1,40	16,0	48,0	16,0	0,93	17,0	7,40	34,0	66,0	34,0	2,40	14,0
1,60	20,0	34,0	20,0	1,07	19,0	7,60	33,0	69,0	33,0	2,60	13,0
1,80	16,0	32,0	16,0	1,07	15,0	7,80	31,0	70,0	31,0	2,60	12,0
<b>2,00</b>	14,0	30,0	14,0	0,87	16,0	<b>8,00</b>	32,0	71,0	32,0	2,07	15,0
2,20	14,0	27,0	14,0	0,67	21,0	8,20	29,0	60,0	29,0	2,00	14,0
2,40	18,0	28,0	18,0	0,93	19,0	8,40	25,0	55,0	25,0	1,87	13,0
2,60	19,0	33,0	19,0	1,27	15,0	8,60	27,0	55,0	27,0	1,73	16,0
2,80	23,0	42,0	23,0	1,27	18,0	8,80	24,0	50,0	24,0	1,87	13,0
<b>3,00</b>	30,0	49,0	30,0	2,00	15,0	<b>9,00</b>	23,0	51,0	23,0	1,67	14,0
3,20	31,0	61,0	31,0	2,00	16,0	9,20	26,0	51,0	26,0	2,00	13,0
3,40	31,0	61,0	31,0	1,93	16,0	9,40	21,0	51,0	21,0	1,67	13,0
3,60	31,0	60,0	31,0	2,00	16,0	9,60	23,0	48,0	23,0	2,13	11,0
3,80	30,0	60,0	30,0	1,93	16,0	9,80	25,0	57,0	25,0	2,07	12,0
<b>4,00</b>	26,0	55,0	26,0	1,87	14,0	<b>10,00</b>	20,0	51,0	20,0	1,80	11,0
4,20	22,0	50,0	22,0	1,87	12,0	10,20	23,0	50,0	23,0	1,87	12,0
4,40	25,0	53,0	25,0	1,93	13,0	10,40	28,0	56,0	28,0	2,00	14,0
4,60	23,0	52,0	23,0	1,93	12,0	10,60	34,0	64,0	34,0	2,40	14,0
4,80	23,0	52,0	23,0	2,40	10,0	10,80	35,0	71,0	35,0	2,67	13,0
<b>5,00</b>	26,0	62,0	26,0	1,87	14,0	<b>11,00</b>	34,0	74,0	34,0	2,80	12,0
5,20	25,0	53,0	25,0	1,93	13,0	11,20	36,0	78,0	36,0	3,00	12,0
5,40	23,0	52,0	23,0	1,67	14,0	11,40	43,0	88,0	43,0	3,00	14,0
5,60	32,0	57,0	32,0	1,93	17,0	11,60	37,0	82,0	37,0	2,73	14,0
5,80	33,0	62,0	33,0	2,40	14,0	11,80	28,0	69,0	28,0	2,13	13,0
<b>6,00</b>	32,0	68,0	32,0	2,53	13,0	<b>12,00</b>	20,0	52,0	20,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

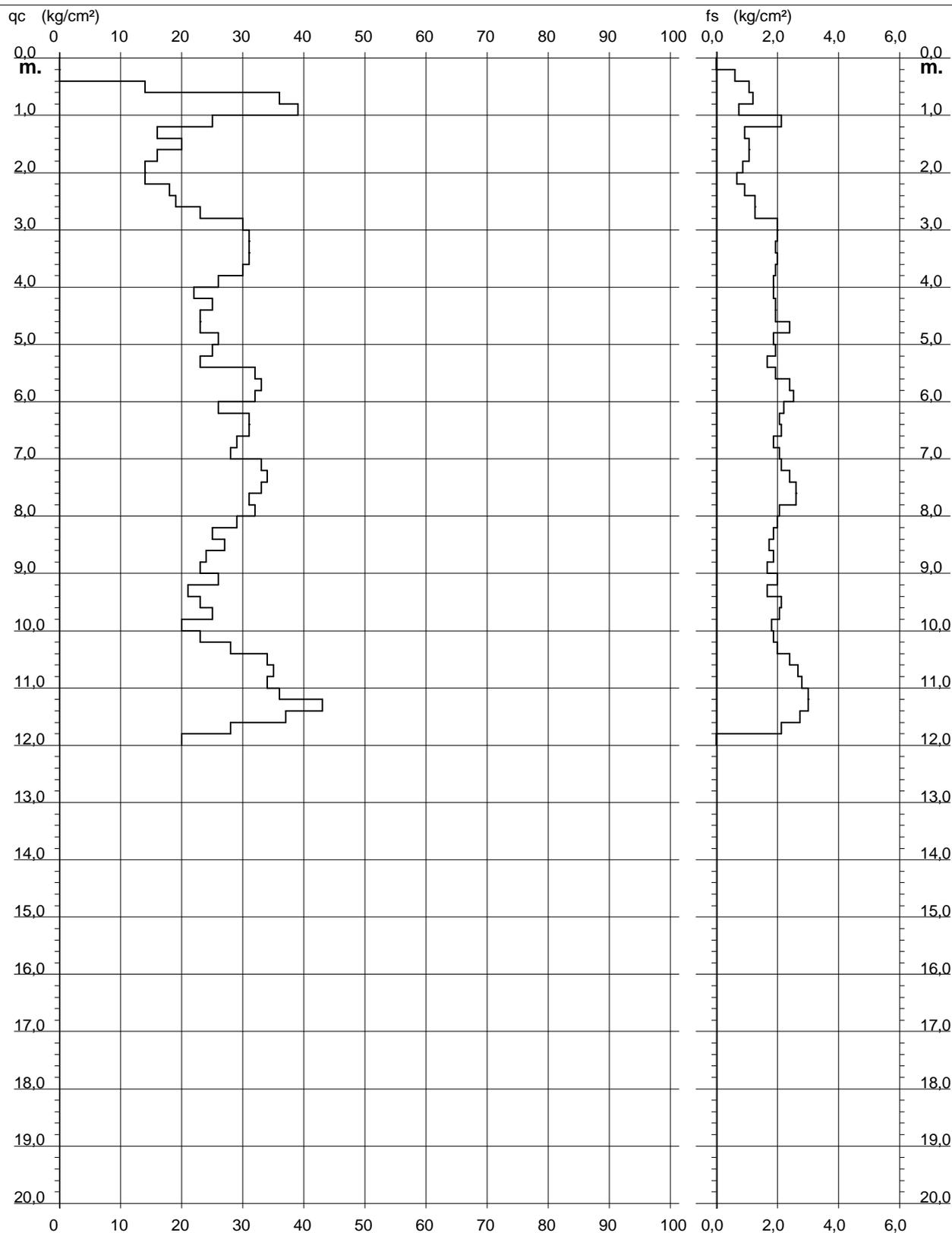
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

## CPT 1

2.01PG05-185

- committente : Sigg. Nobile, Sig. Capici, Ediltoscana  
- lavoro : Realizzazione nuova struttura abitativa  
- località : Via Castronella (Campi Bisenzio)

- data : 23/07/2018  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 100







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

**CPT 2**

2.01PG05-185

- committente : Sigg. Nobile, Sig. Capici, Ediltoscana  
 - lavoro : Realizzazione nuova struttura abitativa  
 - località : Via Castronella (Campi Bisenzio)  
 - note :

- data : 23/07/2018  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna punta	laterale	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna punta	laterale	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs
0,20	----	----	--	-----	----	6,20	33,0	61,0	33,0	2,00	16,0
0,40	----	----	--	0,13	----	6,40	32,0	62,0	32,0	2,20	15,0
0,60	60,0	62,0	60,0	0,07	900,0	6,60	30,0	63,0	30,0	2,20	14,0
0,80	64,0	65,0	64,0	2,00	32,0	6,80	36,0	69,0	36,0	2,27	16,0
<b>1,00</b>	66,0	96,0	66,0	0,40	165,0	<b>7,00</b>	35,0	69,0	35,0	2,40	15,0
1,20	131,0	137,0	131,0	6,60	20,0	7,20	32,0	68,0	32,0	2,80	11,0
1,40	89,0	188,0	89,0	6,40	14,0	7,40	29,0	71,0	29,0	2,07	14,0
1,60	76,0	172,0	76,0	5,73	13,0	7,60	31,0	62,0	31,0	2,33	13,0
1,80	49,0	135,0	49,0	5,27	9,0	7,80	34,0	69,0	34,0	2,07	16,0
<b>2,00</b>	40,0	119,0	40,0	4,13	10,0	<b>8,00</b>	31,0	62,0	31,0	1,93	16,0
2,20	38,0	100,0	38,0	4,00	10,0	8,20	28,0	57,0	28,0	2,20	13,0
2,40	15,0	75,0	15,0	1,33	11,0	8,40	26,0	59,0	26,0	2,00	13,0
2,60	11,0	31,0	11,0	0,80	14,0	8,60	31,0	61,0	31,0	1,73	18,0
2,80	14,0	26,0	14,0	0,93	15,0	8,80	24,0	50,0	24,0	2,00	12,0
<b>3,00</b>	17,0	31,0	17,0	1,27	13,0	<b>9,00</b>	23,0	53,0	23,0	2,07	11,0
3,20	18,0	37,0	18,0	1,47	12,0	9,20	25,0	56,0	25,0	1,60	16,0
3,40	24,0	46,0	24,0	1,80	13,0	9,40	27,0	51,0	27,0	2,13	13,0
3,60	28,0	55,0	28,0	2,07	14,0	9,60	24,0	56,0	24,0	1,87	13,0
3,80	26,0	57,0	26,0	2,20	12,0	9,80	23,0	51,0	23,0	2,20	10,0
<b>4,00</b>	22,0	55,0	22,0	2,07	11,0	<b>10,00</b>	21,0	54,0	21,0	2,00	10,0
4,20	31,0	62,0	31,0	2,07	15,0	10,20	25,0	55,0	25,0	2,07	12,0
4,40	29,0	60,0	29,0	2,00	14,0	10,40	20,0	51,0	20,0	1,80	11,0
4,60	30,0	60,0	30,0	2,00	15,0	10,60	34,0	61,0	34,0	2,20	15,0
4,80	28,0	58,0	28,0	1,80	16,0	10,80	36,0	69,0	36,0	2,47	15,0
<b>5,00</b>	30,0	57,0	30,0	2,27	13,0	<b>11,00</b>	37,0	74,0	37,0	2,33	16,0
5,20	27,0	61,0	27,0	1,93	14,0	11,20	40,0	75,0	40,0	2,20	18,0
5,40	33,0	62,0	33,0	1,87	18,0	11,40	46,0	79,0	46,0	2,00	23,0
5,60	31,0	59,0	31,0	2,27	14,0	11,60	31,0	61,0	31,0	1,93	16,0
5,80	27,0	61,0	27,0	1,33	20,0	11,80	28,0	57,0	28,0	1,80	16,0
<b>6,00</b>	37,0	57,0	37,0	1,87	20,0	<b>12,00</b>	27,0	54,0	27,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\varnothing = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

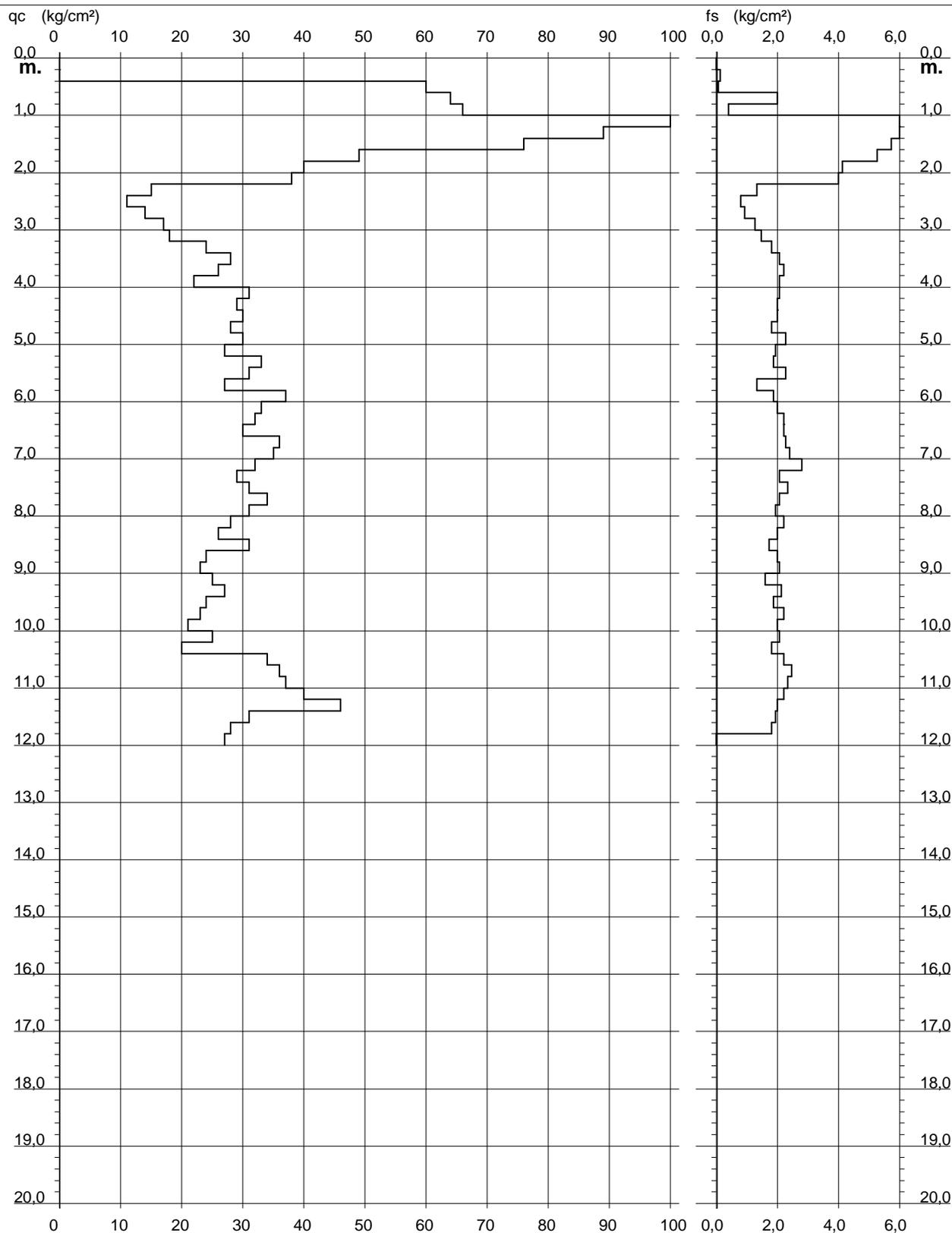
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

## CPT 2

2.01PG05-185

- committente : Sigg. Nobile, Sig. Capici, Ediltoscana  
- lavoro : Realizzazione nuova struttura abitativa  
- località : Via Castronella (Campi Bisenzio)

- data : 23/07/2018  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 100







**Dott. LORENZO GIACOMELLI**  
**Indagini Geotecniche**

Via Bel Riposo 105 - QUARRATA (PT)

**Prova Penetrometrica**

**Dinamica (S.C.P.T.) N° 3**

**ns.rif. : Q69D1**

**Cantiere:** Via Castronella (Campi Bisenzio)

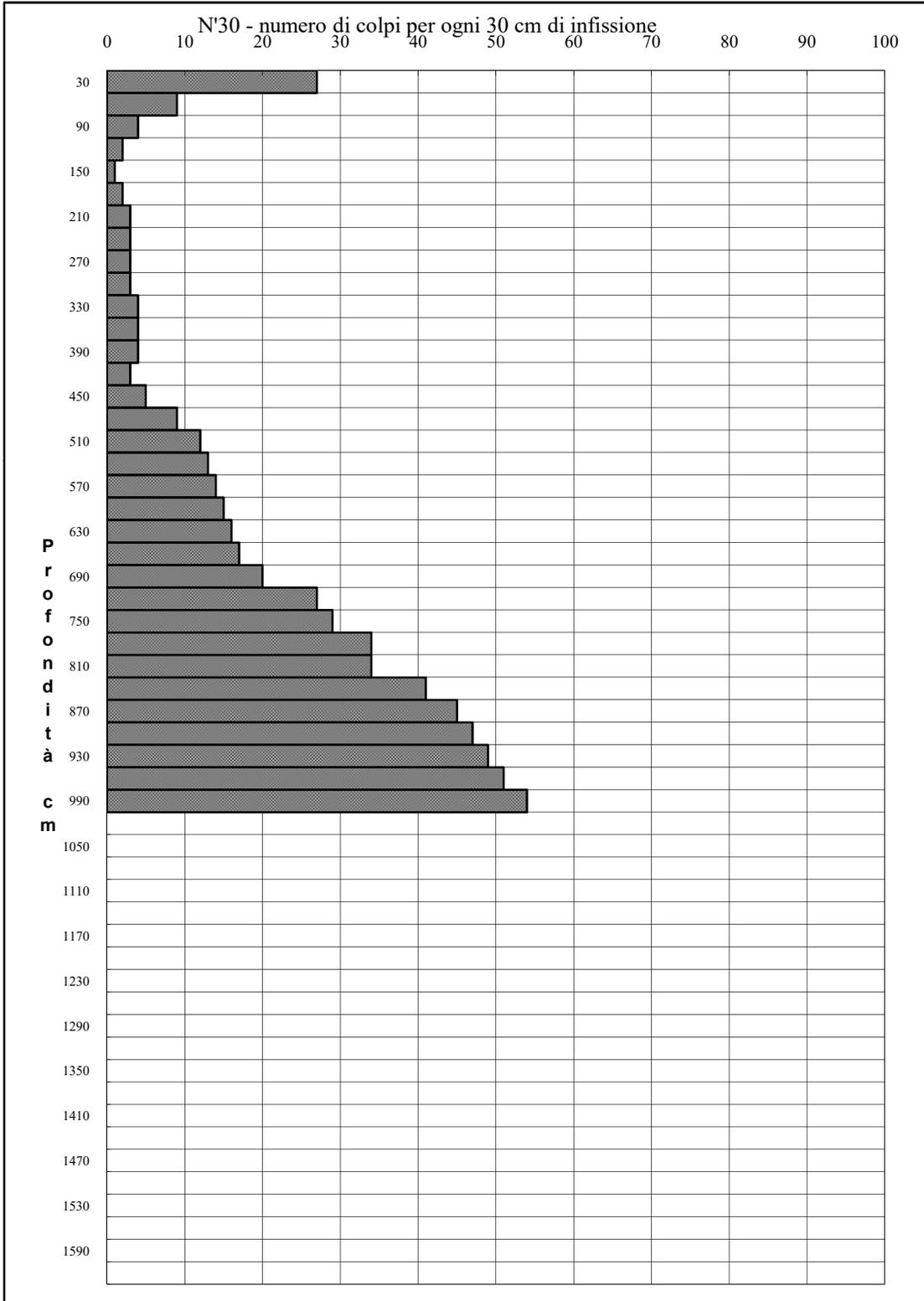
**Profondità prova m:** 9,90

**Committente:** Sigg. Nobile, Sig. Capici, Ediltoscana

**Profondità tubo piez. m:** =====

**Data di esecuzione:** 23/07/2018

**Profondità falda m:** =====



**Prova penetrometrica dinamica (S.C.P.T.) N°** **3**

Penetrometro dinamico superpesante tipo Meardi - AGI

Maglio 73 Kg - Volata 75 cm

PROF.	N'30	Nspt
0	27	47,4
30	9	15,8
60	4	7,0
90	2	3,5
120	1	1,8
150	2	3,5
180	3	5,3
210	3	5,3
240	3	5,3
270	3	5,3
300	4	7,0
330	4	7,0
360	4	7,0
390	3	5,3
420	5	8,8
450	9	15,8
480	12	21,1
510	13	22,8
540	14	24,6
570	15	26,3
600	16	28,1
630	17	29,8
660	20	35,1
690	27	47,4
720	29	50,9
750	34	59,6
780	34	59,6
810	41	71,9
840	45	78,9
870	47	82,5
900	49	86,0
930	51	89,5
960	54	94,7
990	0	0,0
1020	0	0,0
1050	0	0,0
1080	0	0,0
1110	0	0,0
1140	0	0,0
1170	0	0,0
1200	0	0,0
1230	0	0,0
1260	0	0,0
1290	0	0,0
1320	0	0,0
1350	0	0,0
1380	0	0,0
1410	0	0,0
1440	0	0,0
1470	0	0,0
1500	0	0,0
1530	0	0,0
1560	0	0,0
1590	0	0,0