



**STUDIO DI GEOLOGIA & GEOTECNICA**

Dott. Geol. Fausto Capacci

email: [faustocapacci@gmail.com](mailto:faustocapacci@gmail.com)

cell. 339 7959096

Via del Duca, 13 - 52045 Foiano della Chiana (AR)

# COMUNE DI FIRENZE

## PROVINCIA DI FIRENZE

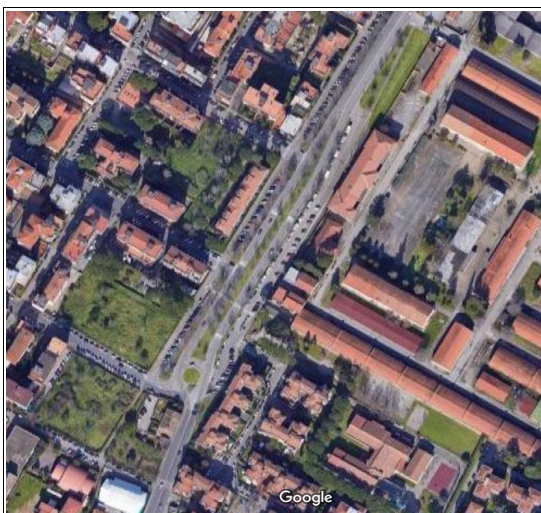
### **RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

**DI SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE  
DI UNA NUOVA PALAZZINA AD USO ASILO NIDO  
IN LOCALITA' COVERCIANO ALL'INTERNO DELLA  
CASERMA PEROTTI [CIG: 861246816E]**

Committenza

**Forze Operative Nord**

**7° Reparto Infrastrutture Firenze**



**Il Tecnico**  
Dott. Geol. Fausto Capacci

Settembre 2022

## Sommario

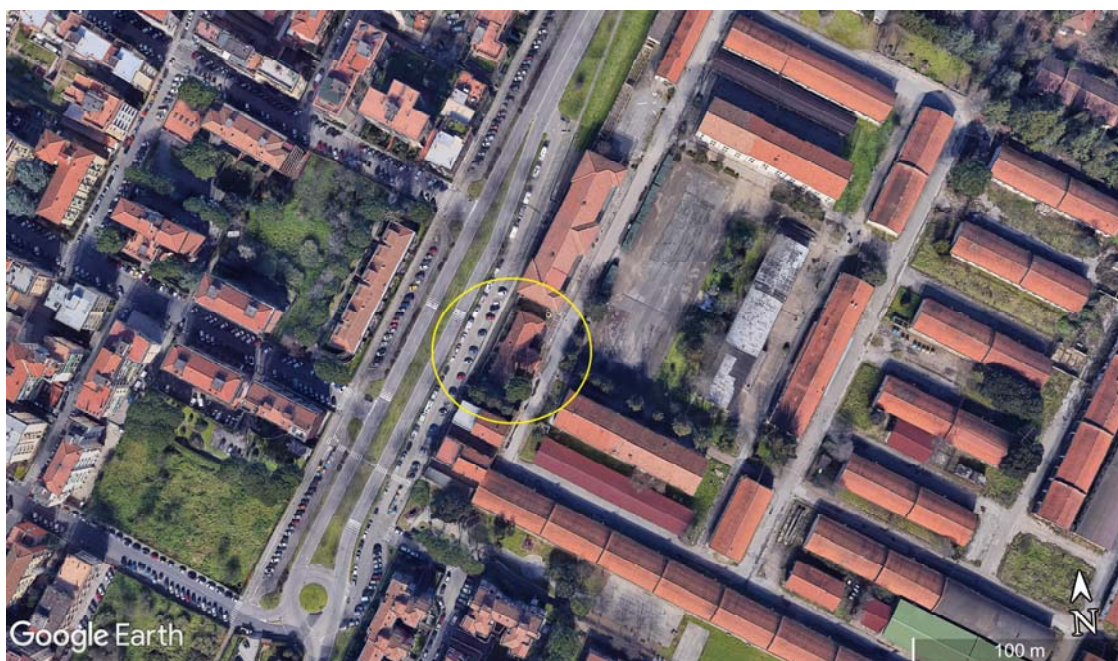
<b>A. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>B. IL PROGETTO .....</b>	<b>5</b>
<b>C. INQUADRAMENTO E VINCOLI DELL'AREA DI INTERVENTO .....</b>	<b>6</b>
C.1 Inquadramento geografico .....	6
C.2 Vincoli Urbanistici.....	6
C.3 Vincolo Idrogeologico .....	8
<b>D. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI.....</b>	<b>9</b>
<b>E. LINEAMENTI GEOLOGICI.....</b>	<b>10</b>
E.1 Depositi alluvionali attuali e recenti.....	10
<b>F. LINEAMENTI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI .....</b>	<b>11</b>
<b>G. INDAGINI SVOLTE .....</b>	<b>12</b>
G.1 Indagine Geognostica .....	12
G.2 Indagine Sismica.....	14
<b>H. CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA DEL SOTTOSUOLO .....</b>	<b>15</b>
H.1 Successione stratigrafica .....	15
Unità A .....	15
Unità B .....	15
Unità C .....	16
Unità D .....	16
<b>I. INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA E PROFILO GEOTECNICO .....</b>	<b>16</b>
I.1 Interpretazione dei dati .....	16
I.2 Caratterizzazione geomeccanica .....	17
Valori medi e valori caratteristici.....	17
<b>J. VALORI DI PROGETTO.....</b>	<b>19</b>
<b>K. CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....</b>	<b>21</b>
K.1 Caratterizzazione sismica del sottosuolo.....	21
Vita Nominale delle strutture – $V_N$ .....	21
Classe d'uso - $C_u$ .....	21
Periodo di riferimento per l'azione sismica - $V_R$ .....	22
K.2 Azione Sismica.....	23
Stati limite e relative probabilità di superamento.....	23
Tempo di ritorno.....	23
K.3 Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche.....	23
Categorie di suolo di fondazione .....	23
Condizioni topografiche.....	24
Amplificazione stratigrafica .....	25
Amplificazione topografica .....	25
K.4 Spettro di risposta elastico .....	25
Spettro di risposta del sito.....	26
I.5 Coefficienti sismici.....	27
<b>L. VALUTAZIONI RIGUARDO LA LIQUEFAZIONE .....</b>	<b>28</b>

<b>M. SCELTA DELLA TIPOLOGIA FONDALE .....</b>	<b>32</b>
<b>N. NOTE CONCLUSIVE E RACCOMANDAZIONI .....</b>	<b>33</b>
<b>O. DOCUMENTI INTEGRATIVI .....</b>	<b>35</b>
ALL.1 Documentazione fotografica indagini.....	36
ALL.2 Indagini geognostiche di base da relazioni Dott. Morandi (2021) e Dott. Capacci (2015) .....	38
ALL. 3 Indagine di sismica passiva a stazione singola (HVSr) .....	62
ALL.4 Indagini penetrometriche dinamiche e statiche (DPSH e CPT).....	71

## A. PREMESSA

La presente indagine geologico-sismica-geotecnica è relativa al progetto definitivo che ha come oggetto la realizzazione di una palazzina ad uso asilo nido, all'interno della Caserma Perotti dell'Esercito Italiano, per conto delle Forze Operative Nord, 7° Reparto Infrastrutture Firenze.

Lo scopo dello studio è quello di definire, in osservanza della vigente Normativa, i lineamenti geologico-geomorfologici, di fornire una caratterizzazione sismica della zona in oggetto, nonché di definire le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, al fine di poter valutare la tipologia fondale più idonea per l'intervento previsto.



*Localizzazione dell'area in cui verrà realizzato l'immobile in studio*

### Normativa di riferimento

Il presente studio viene redatto ai sensi della seguente normativa:

- D.M. 17/01/2018: “NTC 2018 Testo Unico – Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- OPCM 3/5/2005 n. 3431 – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- OPCM 5/11/2004 n. 3379 – “Disposizioni urgenti di protezione civile”;



- OPCM 20/3/2003 n. 3274 – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture;
- Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica;
- DGR 431/2006: “Riclassificazione sismica del territorio regionale: Attuazione del D.M. 14.9.2005 e O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell’11.5.2006”.

## **B. IL PROGETTO**

Il presente appalto ha per oggetto la redazione della relazione geologica-sismica attraverso l'esecuzione di indagini geognostiche e l'analisi degli studi realizzati precedentemente nei pressi dell'area di studio, per la realizzazione di una nuova palazzina adibita ad asilo nido all'interno della Caserma Perotti.

La struttura esistente, avente dimensioni massime in pianta di 39 m x 16,5 m, verrà demolita e a seguire sarà realizzato un nuovo fabbricato adibito ad asilo nido di dimensioni massime di circa 27 m x 16 m e una tettoia adiacente di dimensioni massime di circa 23,5 m x 11,7 m.

## C. INQUADRAMENTO E VINCOLI DELL'AREA DI INTERVENTO

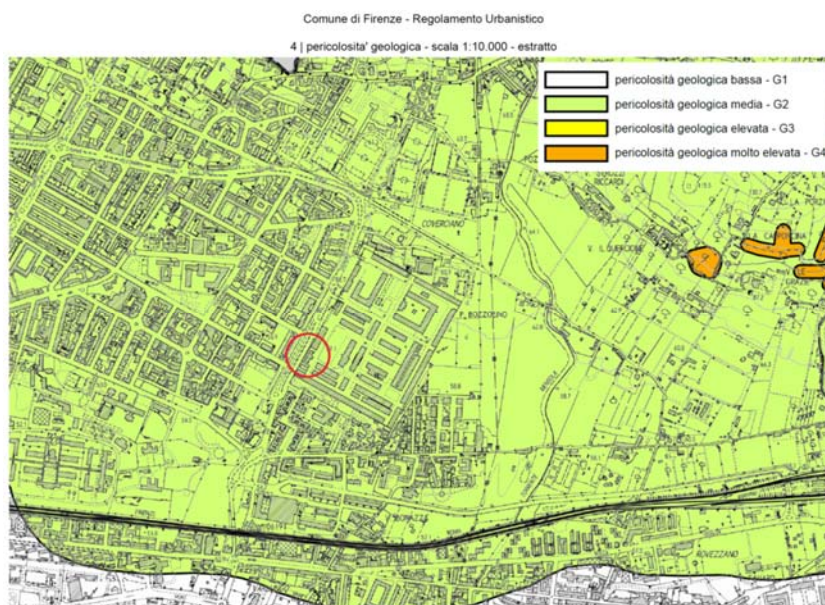
### C.1 Inquadramento geografico

L'area oggetto di indagine ubicata in via del Gignoro, all'interno della Caserma Perotti di Firenze (FI) vicino a Coverciano. Dal punto di vista cartografico l'area oggetto del presente studio risulta inserita all'interno della sezione n. 275040 della CTR in scala 1:10000.

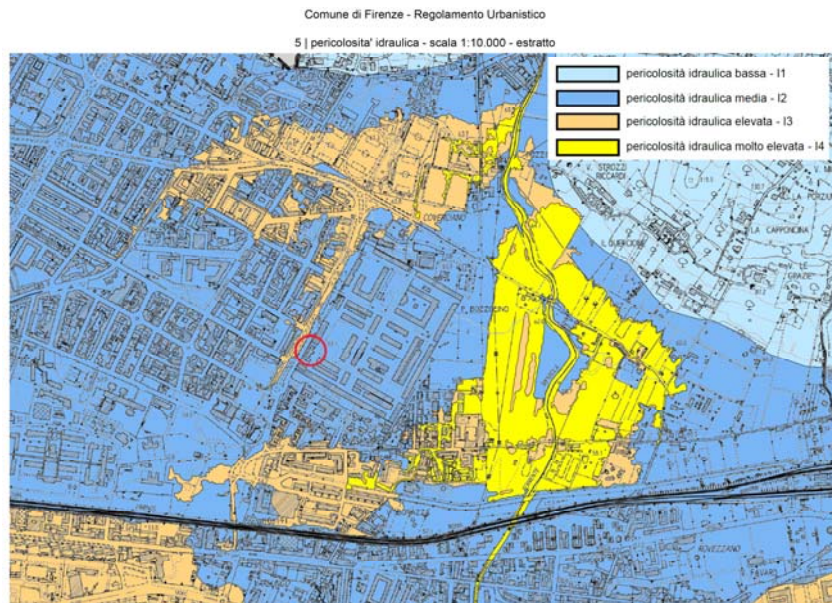
### C.2 Vincoli Urbanistici

Secondo la cartografia del Regolamento Urbanistico del Comune di Firenze, l'area di previsto intervento ricade, per quanto riguarda la pericolosità geologica, in classe G2 (Pericolosità media), per quanto riguarda la pericolosità sismica locale, in classe S3 (Pericolosità elevata), e per quanto riguarda la pericolosità idraulica, risulta classificata in classe I2 (Pericolosità media).

In base alla cartografia PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, l'area oggetto di studio viene classificata con Pericolosità da frana PF2 (Pericolosità media), mentre il PGRA la inserisce in Pericolosità del Dominio Fluviale P1 (Pericolosità bassa). Lo studio di Microzonazione Sismica del Comune di Firenze inserisce l'area in cui verrà realizzata la palazzina ad uso asilo nido in zona stabile suscettibile di amplificazione sismica n.3. Dal punto di vista delle fattibilità, l'area presenta una Fattibilità geologica con normali vincoli FG.2, una Fattibilità idraulica con normali vincoli FI.2 ed una Fattibilità sismica condizionata FS.3.



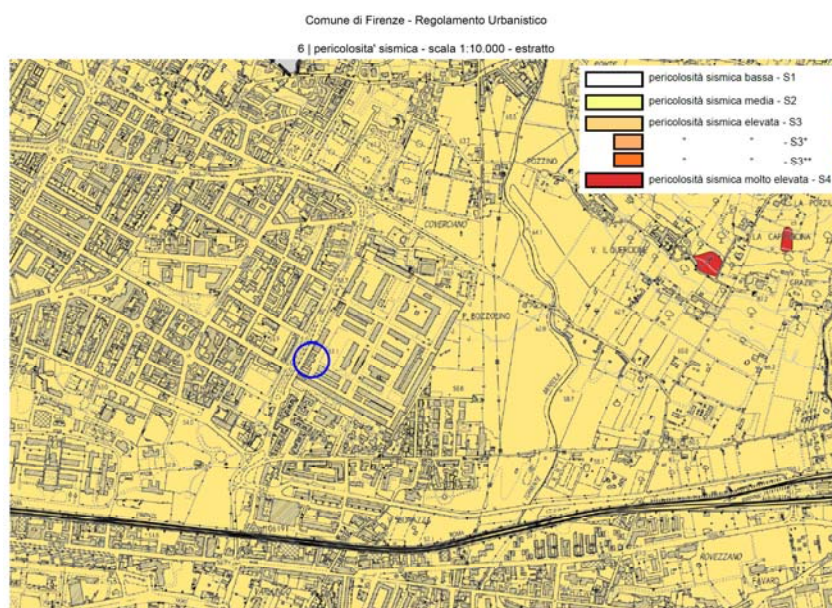
*Estratto della Pericolosità Geologica da R.U.*



*Estratto della Pericolosità Idraulica da R.U.*



*Estratto della Pericolosità Dominio Fluviale da PGRA*



*Estratto della Pericolosità Sismica da R.U.*





### **C.3 Vincolo Idrogeologico**

La zona di intervento non risulta compresa all'interno delle aree classificate ai fini del vincolo idrogeologico (RD 3267/1923).

## **D. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI**

L'area di indagine è ubicata in via del Gignoro in località Coverciano, all'interno della zona urbana di Firenze. Dal punto di vista geomorfologico, la zona interessata dagli interventi, quasi completamente urbanizzata, presenta un aspetto pianeggiante e si attesta ad una quota altimetrica di circa 56,5 m s.l.m.

Il sito presenta una morfologia tipica di un paesaggio di pianura e si trova all'interno della valle in cui scorre il fiume Arno ed i suoi affluenti. Nell'area specifica non sono stati riscontrati indizi riconducibili a movimenti gravitativi di alcun tipo e la pendenza media è bassa  $<1\%$ .

L'area appare pianeggiante ed è interamente ricoperta da una spessa coltre alluvionale, con quote che si mantengono generalmente attorno ai 45-60 m s.l.m. Nei rilievi immediatamente circostanti affiorano le unità villafranchiane e plioceniche e si hanno quasi sempre superfici collinari degradanti dolcemente verso la parte centrale del bacino di sedimentazione, caratterizzate da modeste altitudini, le cui quote massime si mantengono al di sotto dei 200 m s.l.m..

Spostandosi verso nord-est, la morfologia pianeggiante del bacino lascia il posto ai rilievi collinari e montuosi appenninici, costituiti da affioramenti sia pliocenici che pre-pliocenici: tra questi ultimi gli affioramenti arenacei sono quelli che danno origine a versanti con forme più aspre e scoscese.



## **E. LINEAMENTI GEOLOGICI**

Le osservazioni riguardano in particolare la natura, lo stato fisico dei terreni ed il loro assetto giaciturale (vedi Tav. 2). A tale scopo è stata effettuata una ricognizione superficiale estesa anche alle zone limitrofe per una visione d'insieme più ampia.

Il sito di analisi, ricade all'interno di un'area antropizzata e urbanizzata dove è difficile effettuare un corretto rilevamento diretto di campagna dato che in affioramento sono presenti materiali antropici e di riporto per spessori di ca. 0,8-1,2 m dal p.c., come riscontrato dai risultati delle indagini geognostiche effettuate.

### **E.1 Depositi alluvionali attuali e recenti**

Dal punto di vista geologico l'area di indagine, in base alla carta geologica in scala 1:10000 della Regione Toscana e al rilevamento diretto, ricade all'interno di un'area antropizzata caratterizzata dall'impossibilità di effettuare un rilevamento diretto di campagna.

Questi terreni sono appartenenti a cicli sedimentari continentali di deposizione fluviale caratterizzati da frequenti variazioni di facies che danno una alternanza di terreni argilloso limosi, sabbiosi anche con ghiaie e tutti i termini intermedi (vedi TAV. 2 allegata).

A sud dell'area oggetto di indagine sono presenti terreni alluvionali recenti costituiti da ghiaie e ciottolami, in genere puliti, d'alveo dell'Arno; la litologia dei clasti è prevalentemente calcarea riferibile alla Formazione di Sillano e del Monte Morello affioranti nella zona di alimentazione di tali depositi (Olocene).

## F. LINEAMENTI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI

Relativamente alle aree immediatamente circostanti al sito di previsto intervento, considerate anche le caratteristiche morfologiche precedentemente descritte, la circolazione idrica superficiale è assicurata prevalentemente dal sistema di scolo dei terreni e dal sistema fognario intorno l'area di intervento.

Dal punto di vista strettamente idrogeologico, ai terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame possono essere assegnate differenti proprietà, in ragione di differenti gradi e tipologia di permeabilità:

- Terreni con permeabilità bassa per porosità, rappresentati dagli orizzonti limosi e limoso - argillosi;
- Terreni con permeabilità medio-bassa per porosità, rappresentati dai livelli limoso-sabbiosi;
- Terreni con permeabilità media per porosità, rappresentati dai livelli limoso sabbiosi con ghiaie.

Si precisa inoltre che lungo la verticale d'indagine della prova penetrometrica statica CPT2 in cui è stato installato un micropiezometro a tubo aperto di 5 m, non è stata rilevata la presenza di acqua.

Durante la campagna di indagini realizzata dallo scrivente nel 2015 sono stati misurati i seguenti livelli idrici:

Piezometro n.		Livello in m da p.c. 8 Gennaio 2015	Livello in m da p.c. 23 Gennaio 2015
1	CPT1	n.p.	n.p.
2	CPT3	7.65	7.27
3	CPT5	4.77	4.65
4	DPSH3	2.9	3.1
5	Pozzo esistente	5.1	4.95

L'indagine geologica realizzata a circa 150 m di distanza, fornita dalla committenza, redatta nel 2021 dal Dott. Geol. Morandi Samuele, posizionava il livello idrico a 8.5 m di profondità dal p.c..

I dati a disposizione permettono quindi di ipotizzare la presenza di un modesto livello idrico che nell'area di intervento può essere posto cautelativamente alla profondità di circa 6 m dal p.c..

## **G. INDAGINI SVOLTE**

### **G.1 Indagine Geognostica**

L'indagine geognostica, eseguita il 26/07/22, ha riguardato l'area in cui verrà realizzato la struttura adibita ad asilo nido, in località Coverciano a Firenze. Sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche dinamiche (DPSH1, DPSH3, e DPSH4), n. 1 prova penetrometrica statica (CPT2), ubicate nell'area di intervento come indicato nella TAV. 3A allegata. Le indagini penetrometriche (ALL. 4) hanno permesso di indagare i terreni fino alla profondità max di 5,8 m dal p.c. o comunque fino a raggiungere il “rifiuto strumentale”.

Le verticali di indagine (DPSH e CPT) di tipo statico e dinamico sono state effettuate utilizzando un penetrometro statico dinamico tipo Gouda con spinta da 20 ton. messo a disposizione dalla ditta Tecna srl di Arezzo.

L'apparecchiatura penetrometrica statica ha permesso di determinare, ad intervalli di 20 cm, la resistenza alla punta e al friction – jacket per attrito laterale locale, entrambe espresse in kg /cmq. Le letture di campagna sono state diagrammate in modo da ottenere profili penetrometrici continui. Successivamente si è proceduto all'interpretazione dei dati con la determinazione della stratigrafia (Begemann 1965 – Schmertmann 1978), del peso dell'unità di volume (Terzaghi e Peck 1967 – Bowles 1982), della tensione litostatica (valutata in base ai valori di gamma), della coesione non drenata (Ricceri et al. 1974 – Marsland et al. 1974 / 1979). Sono stati inoltre definiti il grado di consolidazione O.C.R. (Ladd et al. 1972/74/78 – Lancellotta 1983), il modulo di deformazione non drenato (Duncan e Buchigani 1976), il modulo di deformazione drenato (Schmertmann 1970/1978 – Jamiolkowski et al. 1983) e il modulo di deformazione edometrico (Sanglerat 1972 – Mitchell e Gardner 1975 – Ricceri et al. 1974 – Holden 1973); inoltre sono stati determinati la densità relativa (Schmertmann 1976) e l'angolo di attrito interno efficace (Schmertmann 1978 – Durgunoglu – Mitchell 1975 Meyerhof 1956/76).

La prova dinamica consiste nella infissione di una punta conica di diametro  $F=50\text{mm}$  ed apertura  $\alpha=90^\circ$ , per tratti consecutivi di 20 cm, rilevando il numero di colpi  $N$  necessari per la penetrazione di

ciascun tratto.

Successivamente, attraverso l'interpretazione dei dati penetrometrici, è stato possibile definire l'assetto stratigrafico, la natura litologica e il peso dell'unità di volume (tramite i valori di N20 rapportati a NSPT) per i livelli geotecnici individuati; per gli orizzonti di natura coesiva è stata determinata la coesione non drenata (Terzaghi e Peck) ed il modulo edometrico (Stroud e Butler), mentre per quelli granulari l'angolo di attrito interno (Road Bridge Specification), la densità relativa (ricavata dal parametro precedente) ed il modulo edometrico (Farrent).

I risultati delle indagini sono riportati nell'allegato 4.

Queste indagini sono state finalizzate ad estendere e dettagliare le conoscenze di base disponibili nell'area fornite dalla committenza, o già in possesso quali:

- l'indagine geologica finalizzata al consolidamento e rafforzamento delle strutture portanti della Palazzina S presso la Caserma Perotti di Firenze, la cui relazione è stata realizzata dal Dott. Geol. Morandi Samuele (2021);
- le indagini geologiche e sismiche realizzate dallo scrivente per l'indagine geologica e geofisica relativa al progetto definitivo di realizzazione di nuovi alloggi all'interno della Caserma Perotti, la cui relazione è stata redatta nel 2015.

Nello specifico, sono stati analizzati i risultati di:

- N. 10 Indagini penetrometriche dinamiche DPSH;
- N. 5 Indagini penetrometriche statiche CPT;
- N. 2 Sondaggi a carotaggio continuo/distruzione;
- N. 3 Saggi con escavatore meccanico.

Per la posizione delle indagini sopramenzionate si rimanda alla TAV. 3B allegata alla relazione mentre per i relativi report si rimanda all'ALL.2.

.

## **G.2 Indagine Sismica**

Al fine di definire l'assetto stratigrafico generale dell'area di interesse, fino a profondità significative dal punto di vista sismico e per determinare il valore della  $V_{seq}$  e la profondità del bedrock sismico, sono state eseguite le seguenti indagini:

- n. 1 Indagine sismica a stazione singola (HVSR).

I risultati dell'indagine sono riportati nell'allegato 3.

Quest'indagine è finalizzata a completare le buone conoscenze di base disponibili all'interno della Caserma, fornite dalla committenza (ALL. 2); nello specifico, sono stati analizzati i risultati di:

- N. 1 Prova sismica in foro tipo Down-Hole;
- N. 2 Stese sismiche tipo MASW;
- N. 1 Stesa sismica a rifrazione in onde P;
- N.3 Indagini sismiche a stazione singola HVSR.

Per la posizione delle indagini sopramenzionate si rimanda alla TAV. 3B allegata alla relazione.

## **H. CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA DEL SOTTOSUOLO**

Per quanto attiene alla caratterizzazione litostratigrafica del sottosuolo, sulla base delle risultanze delle indagini in sito (prove penetrometriche, Sondaggi e analisi sismiche), il sottosuolo è stato suddiviso in varie Unità Litotecniche.

### **H.1 Successione stratigrafica**

La successione stratigrafica dell'area su cui verrà realizzato l'asilo nido, risulta costituita al di sotto di un livello di alterazione e riporto superficiali (Unità O+R con spessore di ca. 0,8-1,2 m), da quattro Unità Litotecniche principali, descritte in seguito.

Per quanto riguarda le profondità di rinvenimento ed i rapporti stratigrafici intercorrenti tra le diverse Unità Litotecniche, si rimanda alle sezioni stratigrafiche longitudinali e trasversali all'area di intervento presenti in allegato (TAVV. 4A e 4B).

#### **Unità A**

Questa unità si trova al di sotto dell'orizzonte alterato/di riporto fino a ca. 2,4-2,6 m dal p.c. Questa unità litotecnica è costituita da termini litologici di natura mista a maggioranza coesiva, caratterizzata da argille limose e limi argillosi presenta caratteristiche geotecniche medio basse con valori medi di  $R_p$  pari a circa 20-30 kg/cmq e con valori medi di N20 pari a circa 3-5 colpi. All'interno di quest'unità sono presenti spessori con caratteristiche litologiche simili a quelle dell'Unità A, ma con caratteristiche geotecniche inferiori ( $R_p$  compreso tra 11-21 kg/cmq), tra 1,2 m dal p.c. e 1,6 m dal p.c. in corrispondenza dell'area in cui è stata realizzata la CPT2. Tale unità è stata denominata Unità **A1**.

#### **Unità B**

Si tratta di un'Unità, rilevata a partire da 2,4-2,6 m dal p.c. fino a 4,0-4,2 m dal p.c. ed è presente uno spessore lenticolare attribuibile a tale unità in corrispondenza della DPSH3, tra 0,8 m dal p.c. e 1,6 m dal p.c.. L'Unità B è caratterizzata da valori di N20 migliori rispetto all'unità precedente, variabili tra 5 e 8 colpi e di  $R_p$  variabili tra 35-45 kg/cmq; comprende terreni di natura mista coesiva e granulare, con composizione granulometrica prevalente caratterizzata da argilla limoso sabbiosa.



## **Unità C**

Si tratta di un'Unità, rilevata al di sotto dell'Unità B, fino a circa 5,0-5,2 m dal p.c.. L'unità comprende terreni di natura mista a maggioranza granulare costituita da sabbie limose e limi sabbiosi con buone caratteristiche geotecniche. I valori di N20 rilevati dalle indagini penetrometriche riferibili a questi orizzonti variano da 10-25 mentre quelli di Rp sono compresi tra 180-200 kg/cmq.

## **Unità D**

Si tratta di un'Unità, rilevata al di sotto dell'Unità C fino al termine delle indagini penetrometriche e oltre fino a circa 9-10 m. La presenza di questo livello ha portato al termine delle prove per “rifiuto strumentale” delle indagini penetrometriche dinamiche superpesanti (N20 superiore a 50 colpi). L'unità comprende terreni di natura a prevalenza granulare, caratterizzati dalla presenza di ghiaie sabbiose limose con ciottoli con ottime caratteristiche geotecniche.

# **I. INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA E PROFILO GEOTECNICO**

## **I.1 Interpretazione dei dati**

Al fine della determinazione dei parametri geotecnici delle varie unità litologiche individuate, In aggiunta alle indagini realizzate nel sito in analisi, sono stati visionati i dati di base derivanti dalle verticali di indagine più vicine alla struttura oggetto di verifica (ca. 200-280 m).

Per quanto riguarda le profondità di rinvenimento ed i rapporti stratigrafici intercorrenti tra le diverse Unità Litotecniche, si rimanda alle sezioni stratigrafiche longitudinale e trasversale alla struttura in studio presente in allegato nella relazione Geologica (TAVV. 4A e 4B).

Successivamente, attraverso l'interpretazione dei dati penetrometrici dinamici (tramite i valori di N20 rapportati a NSPT), dei dati derivanti dalle indagini SPT realizzate nel sondaggio ed i risultati delle prove geotecniche di laboratorio sono stati definiti i livelli geotecnici relativi al sottosuolo dell'area indagata; per gli orizzonti granulari è stato determinato l'angolo di attrito interno (Road Bridge Specification e Japanese National Railway), ed il modulo edometrico (Farrent). Per gli orizzonti di natura più coesiva è stata determinata la coesione non drenata (Terzaghi e Peck).

## I.2 Caratterizzazione geomeccanica

### Valori medi e valori caratteristici

Di seguito si riportano i valori medi e caratteristici dei principali parametri geomeccanici.

Unità A

Parametro geotecnico	Valore medio (Xm)	Valore caratteristico (Xk)
$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	-	1,85
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,8	0,75
Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	75	60

Unità A1

Parametro geotecnico	Valore medio (Xm)	Valore caratteristico (Xk)
$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	-	1,8
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,6	0,55
Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	48	45

Unità B

Parametro geotecnico	Valore medio (Xm)	Valore caratteristico (Xk)
$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	-	1,95
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	0,6	0,6
$\phi$ °	29	28
Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	85	80

Unità C

Parametro geotecnico	Valore medio (Xm)	Valore caratteristico (Xk)
$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	-	1,95
$\phi$ °	38	36
Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	130	120

Unità D

Parametro geotecnico	Valore medio (Xm)	Valore caratteristico (Xk)
$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	-	2,0
$\phi$ °	41	40
Mo (kg/cm <sup>2</sup> )	250	190

I valori dei parametri caratteristici sopraelencati rappresenteranno i valori di progetto da utilizzare per le verifiche per l'approccio II in quanto il fattore correttivo è pari a 1, altrimenti dovranno essere applicati i coefficienti correttivi previsti dalle NTC 2018.

I parametri geomeccanici dell'unità A1, presentano caratteristiche appena sufficienti; si precisa che le indagini penetrometriche sono state eseguite fuori dalla sagoma della struttura esistente e quindi non risentono del bulbo tensionale che sicuramente ha consentito negli anni un processo di consolidamento dei terreni così da migliorarne i parametri ed in particolare il modulo edometrico che risulta di conseguenza sottostimato.

## J. VALORI DI PROGETTO

Ai fini delle successive valutazioni agli SLU, i valori caratteristici dei principali parametri geotecnici, esposti nel paragrafo precedente, devono essere ridotti attraverso l'applicazione di specifici coefficienti parziali  $\gamma_m$ , in ragione dell'approccio progettuale prescelto, come da schema seguente:

Parametro geotecnico	Coefficienti parziali $\gamma_m$	
	M1	M2
$\tan \phi'_k$	1,00	1,25
$c'_k$	1,00	1,25
$c_{u_k}$	1,00	1,40
$\gamma$	1,00	1,00

Si ottiene pertanto:

### Unità A

Parametro geotecnico	Valore Caratteristico ( $X_k$ )	Valori di progetto ( $X_d$ )		
		DA 1.1 (A1+M1+R1)	DA 1.2 (A2+M2+R2)	DA 2.1 (A1+M1+R3)
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	0.75	0.75	0.55	0.75

### Unità A1

Parametro geotecnico	Valore Caratteristico ( $X_k$ )	Valori di progetto ( $X_d$ )		
		DA 1.1 (A1+M1+R1)	DA 1.2 (A2+M2+R2)	DA 2.1 (A1+M1+R3)
Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	0.55	0.55	0.40	0.55

### Unità B

Parametro geotecnico	Valore Caratteristico (X <sub>k</sub> )	Valori di progetto (X <sub>d</sub> )		
		DA 1.1 (A1+M1+R1)	DA 1.2 (A2+M2+R2)	DA 2.1 (A1+M1+R3)
$\phi$ (°)	28	28	23	28
C <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	0.6	0.6	0.45	0.6

### Unità C

Parametro geotecnico	Valore Caratteristico (X <sub>k</sub> )	Valori di progetto (X <sub>d</sub> )		
		DA 1.1 (A1+M1+R1)	DA 1.2 (A2+M2+R2)	DA 2.1 (A1+M1+R3)
$\phi$ (°)	36	36	30	36

### Unità D

Parametro geotecnico	Valore Caratteristico (X <sub>k</sub> )	Valori di progetto (X <sub>d</sub> )		
		DA 1.1 (A1+M1+R1)	DA 1.2 (A2+M2+R2)	DA 2.1 (A1+M1+R3)
$\phi$ (°)	40	40	34	40

## K. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

### K.1 Caratterizzazione sismica del sottosuolo

In relazione all'utilizzo previsto delle strutture in relazione alle considerazioni della verifica sismica, le strutture in progetto potrebbero presentare la seguente tipologia del costruito:

#### **Vita Nominale delle strutture – $V_N$**

La normativa (DM 17/01/2018) definisce la Vita Nominale  $V_N$  delle strutture (art. 2.4.1) a cui si associano tre tipi di costruzioni con diverso valore, espresso in anni, della loro durata come definito al variare della classe d'uso come mostra la tabella sottostante:

TIPI DI COSTRUZIONE		VITA NOMINALE $V_N$ (IN ANNI)
1	Costruzioni Temporanee e provvisorie	$\leq 10$
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	$\geq 50$
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	$\geq 100$

In considerazione del fatto che le strutture in oggetto rivestono un'importanza ordinaria, è stato assegnato alle stesse una  $V_N = 50$  anni.

#### **Classe d'uso - $C_u$**

La normativa vigente (DM 17/01/2018) definisce l'azione sismica per quattro classi d'uso CU delle costruzioni (art. 2.4.2) a cui si associa un coefficiente d'uso  $C_u$  definito al variare della classe d'uso come mostra la seguente tabella.



Classe d'uso	Descrizione	C <sub>u</sub>
I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.	0,7
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.	1
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.	1,5
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.	2

Nel caso in esame le strutture in questione rientrano nella "Classe d'uso" III ed il conseguente coefficiente  $C_u = 1,5$ .

### Periodo di riferimento per l'azione sismica - VR

La normativa vigente (DM 17/01/2018), inoltre, prevede la definizione di un periodo di riferimento VR per le azioni sismiche su ciascuna costruzione ottenibile dalla formula:

$$VR = VN \times CU$$

dove VN è la vita nominale di un'opera strutturale intesa come il numero di anni nel quale la struttura purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Nel caso in esame, il periodo di riferimento è pertanto:

$$VR = 50 \times 1,5 = 75 \text{ anni}$$

## **K.2 Azione Sismica**

### **Stati limite e relative probabilità di superamento**

La normativa vigente (DM 17/01/2018) nei confronti delle azioni (cap. 3.2.1) definisce quattro stati limite, al fine di indicare il comportamento, in chiave sismica, che dovrà sopportare la struttura in progetto come mostra la tabella sottostante:

<b>Stati limite di esercizio (SLE)</b>	
<b>SLO</b>	Stato LIMITE di OPERATIVITA'
<b>SLD</b>	Stato LIMITE di DANNO
<b>Stati limite ultimi (SLU)</b>	
<b>SLV</b>	Stato LIMITE di salvaguardia VITA
<b>SLC</b>	Stato LIMITE di prevenzione COLLASSO

Ad ogni stato limite corrisponde una probabilità di superamento come sotto indicato.

<b>Stati Limite</b>	<b>P<sub>VR</sub> : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V<sub>R</sub></b>
Stati limite di esercizio	SLO 81%
	SLD 63%
Stati limite ultimi	SLV 10%
	SLC 5%

### **Tempo di ritorno**

Noti P<sub>VR</sub> e V<sub>r</sub> si ottiene il valore del tempo di ritorno espressi in anni, attraverso la formula:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Per la struttura in esame, si assumono i seguenti tempi di ritorno:

<b>Stato Limite</b>	<b>T<sub>R</sub></b>
SLO	T <sub>R</sub> : 45
SLD	T <sub>R</sub> : 75
SLV	T <sub>R</sub> : 712
SLC	T <sub>R</sub> : 1462

## **K.3 Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche**

### **Categorie di suolo di fondazione**

Ai fini della classificazione sismica del sito di progetto, la normativa nazionale (O.P.C.M. 3274/03 e s.m.i.) propone l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque categorie di suoli (rispettivamente A-B-C-D-E), per

individuare in relazione ai valori di velocità  $V_{seq}$ , di propagazione delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo, per un numero di strati  $N$  e con  $H$  che rappresenta profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

Il valore di  $V_{seq}$  individuato nel corso dell'indagine sismica Down Hole realizzata nel 2015 è pari a **481 m/s** e permette di classificare il sito come di **TIPO B**;

**B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o 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.

I risultati delle indagini MASW raccolte, realizzate nel 2021 e nel 2015 individuano un valore di  $V_{seq}$  rispettivamente di 438 m/s e di 556 m/s, entrambi congruenti (sito di tipo B) con quanto emerso dall'indagine Down Hole presa in considerazione.

### Condizioni topografiche

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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 $i > 30^\circ$

Le categorie topografiche sopraesposte si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. L'area in esame è inserita in una zona pianeggiante che presenta pendenze ridotte, pertanto si attribuisce la categoria topografica **T1**.

### Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B, C, D** ed **E** i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi alla categoria di sottosuolo, mediante le espressioni fornite nella sottostante tabella, nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
<b>A</b>	1,00	1,00
<b>B</b>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
<b>C</b>	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
<b>D</b>	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
<b>E</b>	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

### Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella tabella seguente, in funzione delle categorie topografiche precedentemente e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

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 del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

### K.4 Spettro di risposta elastico

#### Zona sismica

La classificazione sismica della Regione Toscana (Ord. PCM n.3274 del 2003 – Del. G.R.T. n.421 del 26.05.14) inserisce il territorio del Comune di Firenze (FI), in Zona 3.

## Spettro di risposta del sito

Secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 2008, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, questo sarà sempre compreso tra 4 punti della griglia di accelerazioni (Allegato B – NTC 2018), tramite media pesata utilizzando la formula:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{P_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

in cui:

p = valore del parametro di interesse nel punto in esame;

p<sub>i</sub> = valore del parametro di interesse nell'i-esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;

d<sub>i</sub> = distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia suddetta.

Si otterranno così i Parametri Spettrali P (a<sub>g</sub>, F<sub>o</sub>, T<sub>C</sub>\*).

a<sub>g</sub> = accelerazione massima al sito;

F<sub>o</sub> = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T<sub>C</sub>\* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri, descrivono i caratteri del moto sismico orizzontale sul sito di riferimento rigido le cui grandezze, definiscono le forme spettrali relative alla particolare PVR. I valori dei parametri caratteristici per il calcolo delle azioni sismiche, relativi all'area di verifica, sono quelli di seguito indicati:

Sito in esame:

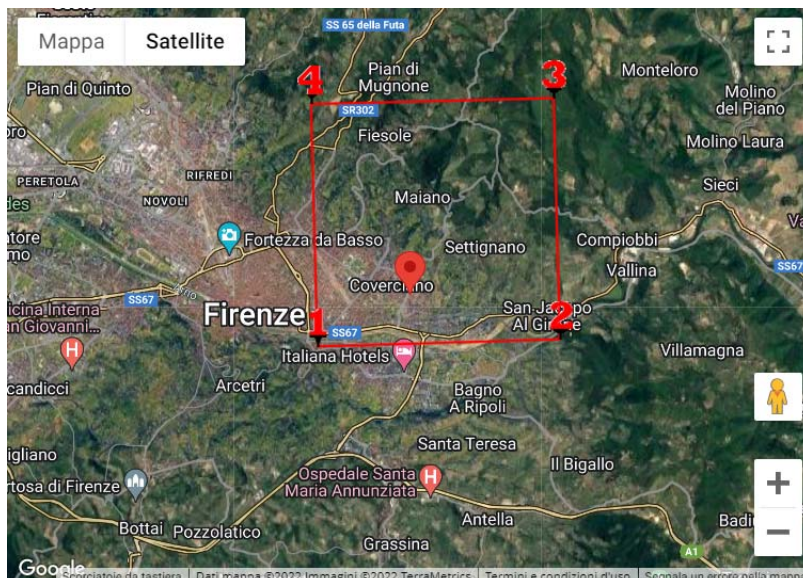
Asilo Nido – Caserma Perotti Firenze	
Latitudine	43,774457
Longitudine	11,301182
Classe d'uso	3
Vita nominale	75

Siti di riferimento:

ID	Latitudine (°)	Longitudine (°)	Distanza (m)
20059	43,7640	11,2749	2412,896
20060	43,7652	11,3441	3597,648
19838	43,8152	11,3424	5609,189
19837	43,8139	11,2731	4934,109

Parametri sismici:

Categoria sottosuolo	B
Categoria topografica	T1
Periodo di riferimento	75 anni
Coefficiente cu	1,5



Limite di Operatività (SLO)	Limite di Danno (SLD)
Probabilità di superamento: 81 %	Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 45 [anni]	Tr: 75 [anni]
ag: 0,055 g	ag: 0,066 g
Fo: 2,575	Fo: 2,584
Tc*: 0,266 [s]	Tc*: 0,278 [s]
Salvaguardia della Vita (SLV)	Prevenzione al collasso (SLC)
Probabilità di superamento: 10 %	Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 712 [anni]	Tr: 1462 [anni]
Ag: 0,153 g	ag: 0,192 g
Fo: 2,403	Fo: 2,402
Tc*: 0,308 [s]	Tc*: 0,315 [s]

## I.5 Coefficienti sismici

Limite di Operatività (SLO)		Limite di Danno (SLD)	
S <sub>s</sub>	1,200	S <sub>s</sub>	1,200
C <sub>c</sub>	1,430	C <sub>c</sub>	1,420
St	1,000	St	1,000
Kh	0,013	Kh	0,016
Kv	0,007	Kv	0,008
Amax (g)	0,649	Amax (g)	0,779
Beta	0,200	Beta	0,200
Salvaguardia della Vita (SLV)		Prevenzione al collasso (SLC)	
S <sub>s</sub>	1,200	S <sub>s</sub>	1,200
C <sub>c</sub>	1,390	C <sub>c</sub>	1,390
St	1,000	St	1,000
Kh	0,044	Kh	0,055
Kv	0,022	Kv	0,028
Amax (g)	1,798	Amax (g)	2,258
Beta	0,240	Beta	0,240



## L. VALUTAZIONI RIGUARDO LA LIQUEFAZIONE

La liquefazione dei terreni si manifesta attraverso una diminuzione di resistenza al taglio o rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Il rischio di liquefazione si presenta in presenza di terreni francamente sabbiosi sciolti o poco addensati in stato di saturazione; secondo le NTC 2018 (§. 7.11.3.4.2. "Esclusione della verifica a liquefazione") la verifica può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti quattro circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano di campagna in assenza di manufatti minori di 0.1g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c. (con p.c. Suborizzontale) e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure con  $qc_{1N} > 180$  dove:
  - $(N_1)_{60}$  = valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche SPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
  - $qc_{1N}$  = valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche CPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella seguente figura 1:

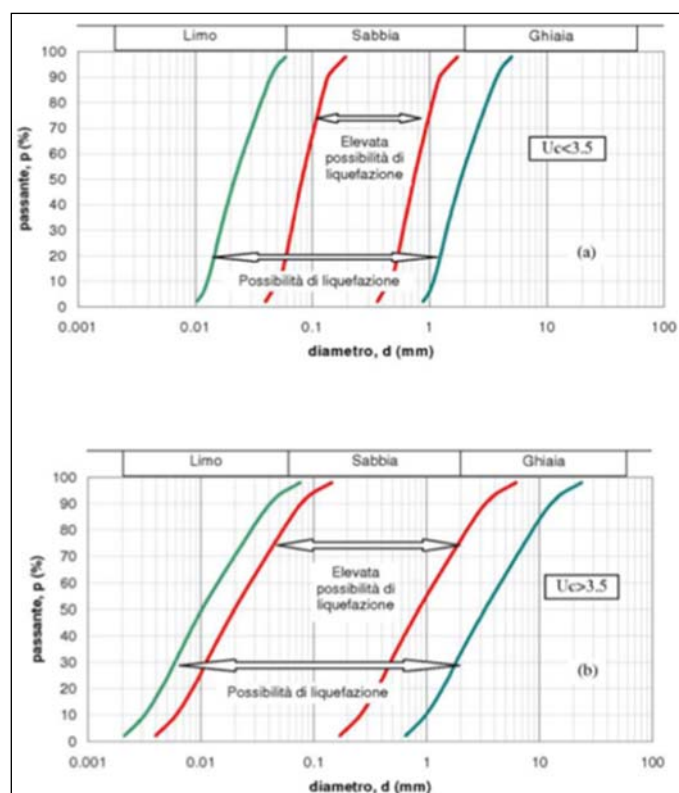
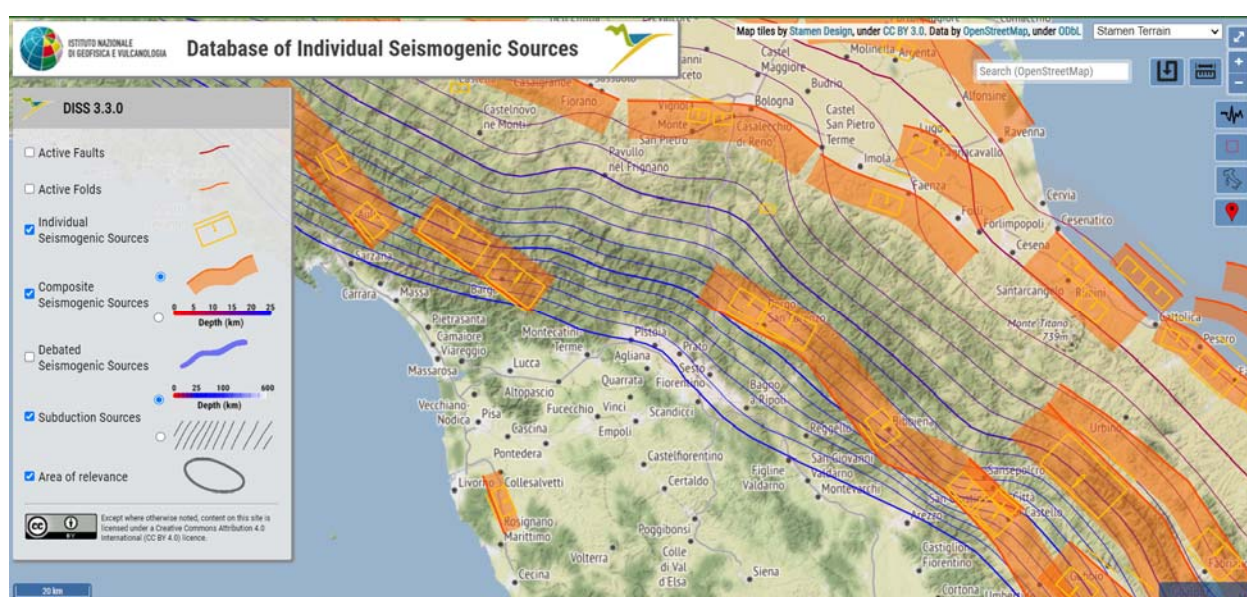
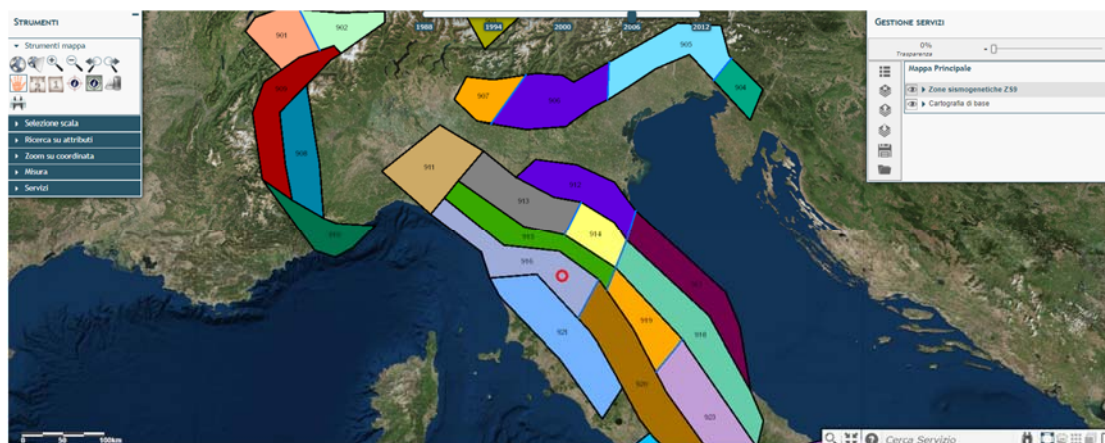


Figura 1 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005)

La valutazione della magnitudo attesa è stata effettuata utilizzando il criterio delle zone sismogenetiche. L'area in esame ricade all'interno dell'area sismogenetica 916 (Versilia Chianti). Tale zona è caratterizzata da una magnitudo massima di riferimento ( $M_w$  max) pari a 5.68. Nella figura sottostante sono riportate le principali sorgenti della zona estratte dal DISS (Database of Individual Seismogenic Source).

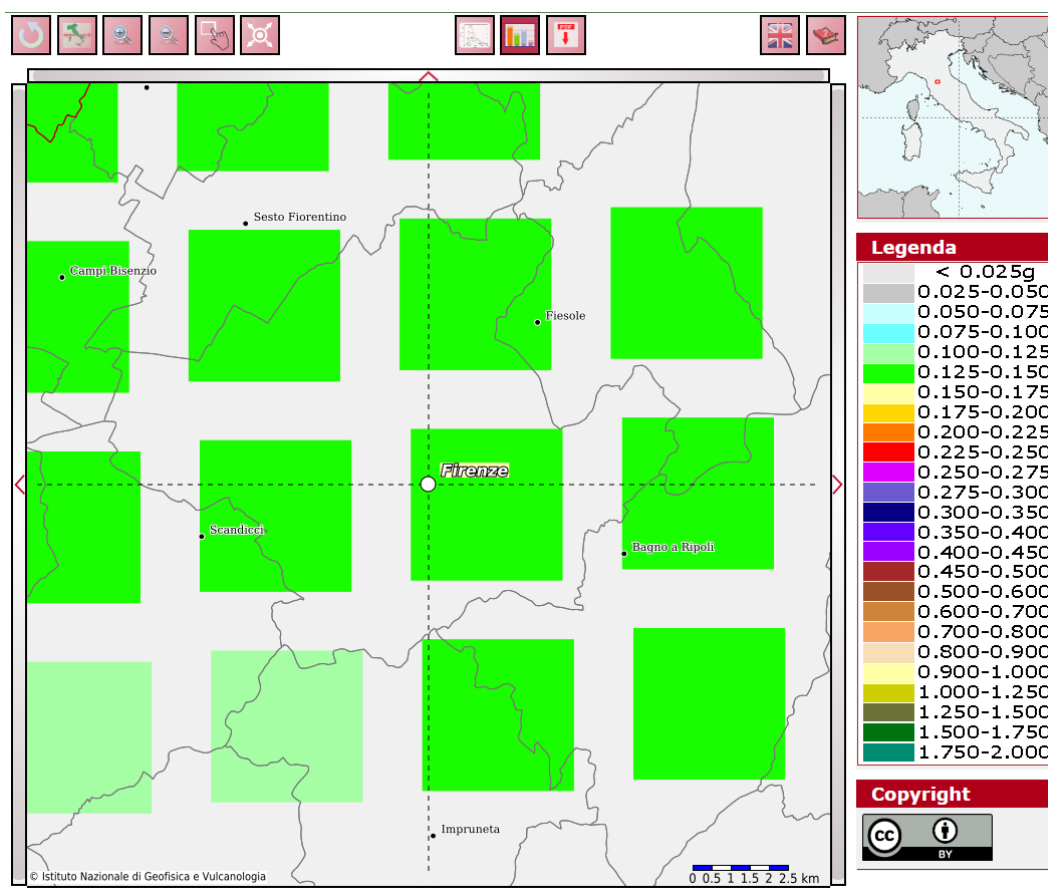


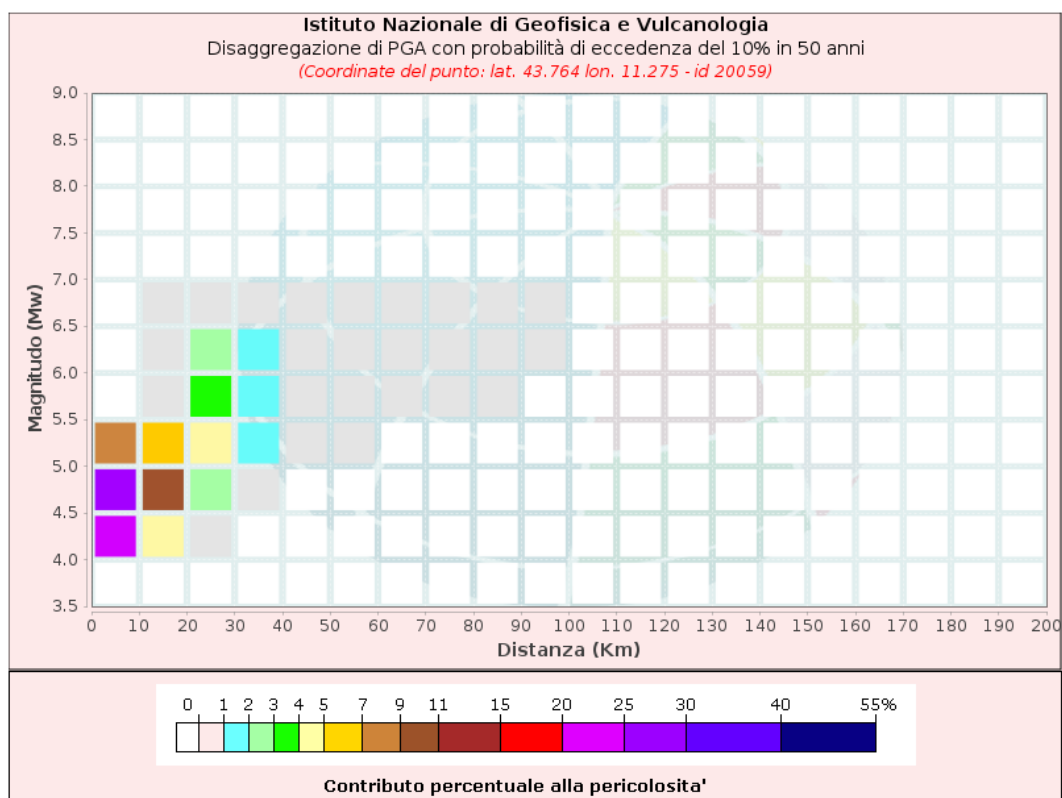
Principali sorgenti sismogenetiche della zona di Firenze estratte dal DISS (Database of Individual Seismogenic Source)



Zone sismogenetiche estratte da <http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>, dove con il punto rosso si individua la zona di Firenze.

La valutazione della magnitudo attesa può essere effettuata anche utilizzando il criterio della disaggregazione della pericolosità sismica, ovvero sommando i contributi dovuti alle singole coppie magnitudo-distanza degli epicentri ricadenti all'interno di un'area di riferimento allo scopo di individuare, con una procedura di tipo probabilistico (Cornell), l'evento sismico dominante. Per il calcolo è stata utilizzata l'applicazione fornita da I.N.G.V. disponibile all'indirizzo <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.





Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 43.764 lon. 11.275 - id 20059)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0- 5.5	5.5- 6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	21.9000	27.1000	8.2600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	4.8900	9.6900	5.6400	0.8790	0.5590	0.0759	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.2560	2.5400	4.1500	3.3600	2.5600	0.3930	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0686	1.2300	1.9200	1.7400	0.3110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.2410	0.8210	0.5610	0.1140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0106	0.2330	0.1980	0.0474	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0280	0.0886	0.0171	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0421	0.0055	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0155	0.0022	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0024	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.91	12.3	1.09

Esso consegue dall'analisi dei nodi della griglia più vicini che presentano magnitudo locale media pari a  $M=4.91$  e simili; per calcolare la magnitudo momento, paragonabile a quella delle zone

sismogenetiche, si può utilizzare la magnitudo locale  $M_l$  che comprenda una percentuale maggiore al 90% dei contributi magnitudo distanza indicati nella tabella sopraindicata. Applicando tale metodo si calcola una magnitudo momento pari a  $M_w=5.5-6.0$ , in linea, con quella della zona sismogenetica 916 (Val di Chiana-Ciociaria). Relativamente alla accelerazione attesa, nel nostro caso è di oltre 0,15 g e quindi superiore a quella prevista dalla normativa di 0,1g.

I dati geognostici realizzati nella presente indagine (e quelli realizzati nel 2015-2021) indicano una modesta presenza di acqua a profondità variabili di circa 3,0-8,5 m dal p.c.; a livello cautelativo si può stimare la presenza di un modesto livello idrico alla profondità di circa 6,0 m dal p.c., fino a 5,8 m le indagini eseguite nell'area di intervento non hanno riscontrato la presenza di acqua. Si tratta di terreni a granulometria mista coesivo/granulare che solo parzialmente rientrano tra quelle liquefacibili e non sono stati riscontrati nel corso delle indagini orizzonti significativi saturi di acqua, per questi motivi si può considerare l'area a rischio liquefazione basso.

In sintesi, analizzando tutti i dati geognostici raccolti e il contesto geologico-idrogeologico in esame si può assegnare al sottosuolo in studio un rischio di liquefazione basso, in quanto le litologie superficiali solo parzialmente rientrano tra quelle liquefacibili e non sono presenti orizzonti saturi d'acqua.

## **M. SCELTA DELLA TIPOLOGIA FONDALE**

Considerando le proprietà litotecniche dei materiali costituenti il sottosuolo e le caratteristiche del progetto si consiglia di ricorrere ad una tipologia fondale di tipo diretto e di attestare il piano di posa fondale della struttura ad una profondità di almeno 1,2 m o comunque tale da permettere ovunque il superamento dell'orizzonte di riporto/alterazione superficiale O+R, e di impostare il piano fondale sui terreni appartenenti all'Unità Litotecnica A precedentemente descritta. Una parte dell'edificio attualmente presente è dotata di un piano interrato; in seguito ai lavori di demolizione tale porzione sarà riempita di idoneo materiale inerte ed adeguatamente costipato così da garantire una consistenza omogenea.

## N. NOTE CONCLUSIVE E RACCOMANDAZIONI

L'esame dei vari problemi di ordine geologico - idrogeologico e sismico analizzati nel presente elaborato, hanno consentito attraverso l'esecuzione e l'analisi di indagini sismiche e geognostiche, di approfondire le conoscenze geologiche nel sottosuolo al fine di indagare l'area su cui verrà realizzata la nuova struttura che sarà adibita ad asilo nido.

Lo studio effettuato relativamente alla stratigrafia dei terreni ha evidenziato i seguenti aspetti principali:

- Spessori di terreno di riporto di ca. 0,8-1,2 m (Unità O+R);
- Unità A – argille limose e limi argillosi, fino a ca 2,4-2,6 m dal p.c.;
- Unità A1 – argille limose e limi argillosi poco consistenti, a partire da 1,2 m dal p.c. fino a circa 1,6 m dal p.c. in corrispondenza dell'area di realizzazione della CPT2;
- Unità B – dalla profondità di 2,4-2,6 m dal p.c. fino a 4,0-4,2 m dal p.c. e tra 0,8 m dal p.c. e 1,6 m dal p.c. in corrispondenza della DPSH3, è stato individuato un livello costituito da argilla limoso sabbiosa;
- Unità C – sabbie limose e limi sabbiosi da 4,0-4,2 m dal p.c. fino a 5,0-5,2 m dal p.c.;
- Unità D – ghiaie sabbioso limose con ciottoli da 5,0-5,2 m dal p.c. fino a circa 9-10 m dal p.c..

Secondo la cartografia del Regolamento Urbanistico del Comune di Firenze, l'area di previsto intervento ricade, per quanto riguarda la pericolosità geologica, in classe G2 (Pericolosità media), per quanto riguarda la pericolosità sismica locale, in classe S3 (Pericolosità elevata), e per quanto riguarda la pericolosità idraulica, risulta classificata in classe I2 (Pericolosità media).

In relazione alle indagini di base (dirette e indirette) e alle nuove indagini realizzate (DPSH, CPT e HVSr), è stato possibile ricostruire le geometrie del sottosuolo e di suddividerlo in unità litotecniche e caratterizzarlo dal punto di vista dei suoi principali parametri sismici e geomeccanici così da ricostruire un modello geologico/geotecnico di riferimento.

La categoria di suolo riscontrata nelle indagini sismiche (Rifr. Onde P, MASW, HVSr e Down Hole) permette di classificare questo terreno, attraverso l'approccio semplificato, come di tipo B.

Tale analisi consente allo Strutturista di assumere la parametrizzazione di progetto del suolo qui esposta e dalla quale non emergono particolari criticità, si evidenzia però di prestare attenzione alle caratteristiche geomeccaniche dell'unità A1. Queste sono appena sufficienti anche se bisogna considerare che le indagini penetrometriche sono state eseguite fuori dalla sagoma della struttura esistente e quindi non risente del bulbo tensionale che sicuramente ha consentito negli anni un processo di consolidamento dei terreni così da migliorarne i parametri ed in particolare il modulo edometrico che risulta di conseguenza sottostimato.

Inoltre è stata effettuata un'analisi relativamente al rischio di liquefazione che risulta essere basso, in quanto le litologie superficiali solo parzialmente rientrano tra quelle liquefacibili e non sono presenti falda idriche significative nei primi metri di sottosuolo.

Sarà necessaria la realizzazione di una efficace regimazione delle acque superficiali, onde evitare possibili fenomeni di umidità o di infiltrazioni d'acqua, maggiormente evidenti nei periodi molto piovosi. Si raccomanda comunque di assicurare un corretto appoggio delle strutture fondali ed il rispetto della profondità del piano di posa. In particolare si sottolinea la necessità di garantire durante lo scavo, per tutta l'impronta a terra degli interventi, il superamento degli orizzonti di alterazione superficiali/riporto, nonché di eventuali ulteriori livelli o tasche di alterazione.

Il terreno di fondazione non dovrà subire, durante gli scavi, rimaneggiamenti significativi, dovrà intercorrere il minor tempo possibile tra l'esecuzione dello scavo e il getto della fondazione, il piano di posa dovrà essere protetto da conglomerato magro; inoltre dovrà essere evitata la presenza di acque stagnanti sul fondo dello scavo.

In fase di realizzazione degli scavi si ritiene indispensabile da parte dello scrivente la verifica puntuale ed in via definitiva di quanto rilevato con la presente indagine, con particolare riferimento alla definizione in dettaglio dello spessore dei materiali alterati e di copertura.

Dott. Geol.  
Fausto Capacci

## **O. DOCUMENTI INTEGRATIVI**

ALL. 1 - Documentazione fotografica indagini

ALL. 2 - Indagini geognostiche di base

ALL. 3 - Indagine di sismica passiva a stazione singola (HVSR)

ALL. 4 - Indagini penetrometriche dinamiche e statiche (DPSH e CPT)

Segue:

Tav. 1 - Carta di Inquadramento

Tav. 2 - Carta Geologica Generale

Tav. 3A - Carta di Cantiere

Tav. 3B - Carta di Cantiere indagini di base

Tav. 4A - Sezione Stratigrafica Schematica A-A'

Tav. 4B - Sezione Stratigrafica Schematica B-B'



## ALL.1 Documentazione fotografica indagini



*Prova penetrometrica dinamica (DPSH1)*



*Prova penetrometrica statica (CPT2)*



*Prova penetrometrica dinamica (DPSH3)*



*Prova penetrometrica dinamica (DPSH4)*



*Indagine sismica passiva HVSR1*



*Indagine sismica passiva HVSR1*



## ALL.2 Indagini geognostiche di base da relazioni Dott. Morandi (2021) e Dott. Capacci (2015)

CANTIERE: "Palazzina S" Caserma Perotti Firenze, Via del Gignoro n. 34		SONDAGGIO S1 DATA: 03/02/21	Metodo di perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	Geologo responsabile della campagna geognostica:  Dott. Geol. Samuele Morandi
Quota assoluta p.c. circa 54.0 m l.m.m.	Impresa esecutrice: Montopolese Perforazioni s.r.l.	cassette catalogatrici n. 2	PROFONDITA' RAGGIUNTA ml 10.0 da p.c.	

LITOLOGIA	DESCRIZIONE	QUOTA	CAMPIONE	SPT	Livello Puntamento
1	Terreno di riporto eterogeneo	0.50			
2	Limo argilloso marrone compatto  $\gamma = 2.0 \text{ t/mc}$ $\phi' = 22.7^\circ$ $c' = 0.23 \text{ Kg/cm}^2$ $Cu = 1.8 \text{ Kg/cm}^2$ $Mo = 66.2 \text{ Kg/cm}^2$		C1	- 1.5 m	
3				- 1.9 m	
4		3.20			
5	Ghiaia e sabbia grossolana marrone con sottili e sporadici livelli limosi		SPT 1	- 5.0 m	
6			38 - R		
7			SPT 2	- 7.0 m	
8			41 - R		
9					
10		10.0			



Foto 1 - Ubicazione sondaggio



Foto 2 - Casseta n. 1 (da p.c. a - 5.00 m)



Foto 3 - Casseta n. 2 (da -5.00 m a - 10.00 m)

## ANALISI SISMICA MASW (2021)

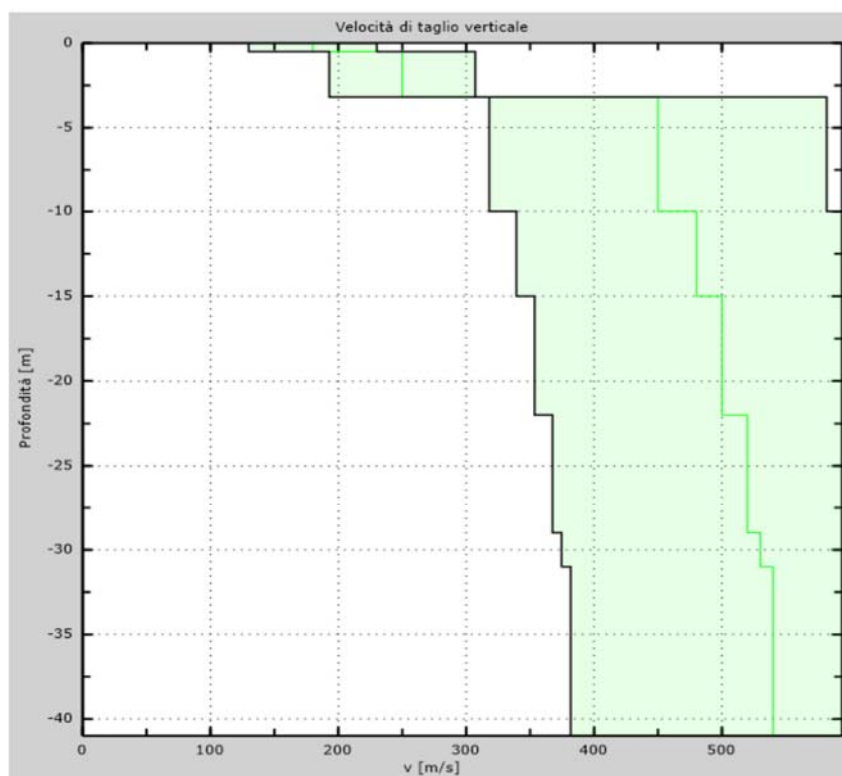


Figura 5: Profilo Vs numerico

## 5 - Risultati finali

Offset [m]..... 0  
**Vs30 [m/s] ..... 438**  
L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 7  
**Tipo di suolo ..... B**

## Indagini realizzate nel 2015

**TECNA**  
di Moretti Dr. Giuliano & C.

Rifer. 114-35

PROVA PENETROMETRICA STATICA											CPT 1
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA											2.010496-13
- committente : 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano						- data : 07/01/2015					
- lavoro : Realizzazione alloggi Caserma Perotti						- quota inizio : Piano Campagna					
- località : Firenze						- prof. falda : Falda non rilevata					
- note :						- pagina : 1					
Prof. m	LP kg/cm <sup>2</sup>	LL kg/cm <sup>2</sup>	Rp kg/cm <sup>2</sup>	RL kg/cm <sup>2</sup>	Rp/RI	Prof. m	LP kg/cm <sup>2</sup>	LL kg/cm <sup>2</sup>	Rp kg/cm <sup>2</sup>	RL kg/cm <sup>2</sup>	Rp/RI
0,20	----	----	--	1,40	----	3,60	34,0	56,0	34,0	1,67	20,0
0,40	19,0	40,0	19,0	2,07	9,0	3,80	30,0	55,0	30,0	1,47	20,0
0,60	62,0	93,0	62,0	1,80	34,0	<b>4,00</b>	26,0	48,0	26,0	0,87	30,0
0,80	15,0	42,0	15,0	1,47	10,0	4,20	32,0	45,0	32,0	1,07	30,0
<b>1,00</b>	14,0	36,0	14,0	0,93	15,0	4,40	33,0	49,0	33,0	1,27	26,0
1,20	22,0	36,0	22,0	1,27	17,0	4,60	39,0	58,0	39,0	1,60	24,0
1,40	22,0	41,0	22,0	1,00	22,0	4,80	46,0	70,0	46,0	2,20	21,0
1,60	18,0	33,0	18,0	1,07	17,0	<b>5,00</b>	43,0	76,0	43,0	1,80	24,0
1,80	16,0	32,0	16,0	1,07	15,0	5,20	40,0	67,0	40,0	1,60	25,0
<b>2,00</b>	19,0	35,0	19,0	0,93	20,0	5,40	34,0	58,0	34,0	2,07	16,0
2,20	22,0	36,0	22,0	1,40	16,0	5,60	32,0	63,0	32,0	1,33	24,0
2,40	26,0	47,0	26,0	1,73	15,0	5,80	68,0	88,0	68,0	3,33	20,0
2,60	37,0	63,0	37,0	1,67	22,0	<b>6,00</b>	134,0	184,0	134,0	4,27	31,0
2,80	34,0	59,0	34,0	1,73	20,0	6,20	116,0	180,0	116,0	3,27	36,0
<b>3,00</b>	26,0	52,0	26,0	1,00	26,0	6,40	197,0	246,0	197,0	4,47	44,0
3,20	27,0	42,0	27,0	1,13	24,0	6,60	66,0	133,0	66,0	6,73	10,0
3,40	32,0	49,0	32,0	1,47	22,0	6,80	411,0	512,0	411,0	-----	----

**TECNA**  
di Moretti Dr. Giuliano & C.

Rifer. 114-35

PROVA PENETROMETRICA STATICA											CPT 2
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA											2.010496-13
- committente : 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano						- data : 07/01/2015					
- lavoro : Realizzazione alloggi Caserma Perotti						- quota inizio : Piano Campagna					
- località : Firenze						- prof. falda : Falda non rilevata					
- note :						- pagina : 1					
Prof. m	LP kg/cm <sup>2</sup>	LL kg/cm <sup>2</sup>	Rp kg/cm <sup>2</sup>	RL kg/cm <sup>2</sup>	Rp/RI	Prof. m	LP kg/cm <sup>2</sup>	LL kg/cm <sup>2</sup>	Rp kg/cm <sup>2</sup>	RL kg/cm <sup>2</sup>	Rp/RI
0,20	----	----	--	0,80	----	2,80	76,0	177,0	76,0	7,33	10,0
0,40	36,0	48,0	36,0	1,93	19,0	<b>3,00</b>	71,0	181,0	71,0	6,93	10,0
0,60	33,0	62,0	33,0	3,13	11,0	3,20	87,0	191,0	87,0	7,20	12,0
0,80	<b>44,0</b>	91,0	<b>44,0</b>	3,80	12,0	3,40	107,0	215,0	107,0	7,93	13,0
<b>1,00</b>	38,0	95,0	38,0	4,40	9,0	3,60	116,0	235,0	116,0	7,47	16,0
1,20	42,0	108,0	42,0	4,60	9,0	3,80	128,0	240,0	128,0	7,53	17,0
1,40	67,0	136,0	67,0	5,67	12,0	<b>4,00</b>	127,0	240,0	127,0	6,67	19,0
1,60	43,0	128,0	43,0	5,00	9,0	4,20	124,0	224,0	124,0	2,87	43,0
1,80	43,0	118,0	43,0	5,13	8,0	4,40	277,0	320,0	277,0	3,53	78,0
<b>2,00</b>	42,0	119,0	42,0	5,47	8,0	4,60	294,0	347,0	294,0	3,67	80,0
2,20	48,0	130,0	48,0	5,67	8,0	4,80	323,0	378,0	323,0	2,60	124,0
2,40	53,0	138,0	53,0	6,27	8,0	<b>5,00</b>	349,0	388,0	349,0	-----	----
2,60	66,0	160,0	66,0	6,73	10,0						

**PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 3**  
**LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

2.010496-13

- committente : 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano  
- lavoro : Realizzazione alloggi Caserma Perotti  
- località : Firenze  
- note :  
- data : 08/01/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 7,60 m da quota inizio  
- pagina : 1

Prof. m	LP kg/cm²	LL kg/cm²	Rp kg/cm²	RL kg/cm²	Rp/RI	Prof. m	LP kg/cm²	LL kg/cm²	Rp kg/cm²	RL kg/cm²	Rp/RI
0,20	----	----	--	1,20	----	4,60	39,0	74,0	39,0	2,47	16,0
0,40	193,0	211,0	193,0	3,07	63,0	4,80	43,0	80,0	43,0	2,47	17,0
0,60	47,0	93,0	47,0	2,60	18,0	5,00	47,0	84,0	47,0	2,27	21,0
0,80	18,0	57,0	18,0	1,00	18,0	5,20	45,0	79,0	45,0	2,60	17,0
1,00	27,0	42,0	27,0	1,73	16,0	5,40	50,0	89,0	50,0	3,00	17,0
1,20	98,0	124,0	98,0	1,67	59,0	5,60	58,0	103,0	58,0	2,73	21,0
1,40	15,0	40,0	15,0	1,20	12,0	5,80	51,0	92,0	51,0	2,33	22,0
1,60	12,0	30,0	12,0	0,67	18,0	6,00	44,0	79,0	44,0	1,80	24,0
1,80	12,0	22,0	12,0	1,07	11,0	6,20	35,0	62,0	35,0	1,47	24,0
2,00	16,0	32,0	16,0	1,13	14,0	6,40	30,0	52,0	30,0	2,33	13,0
2,20	18,0	35,0	18,0	1,47	12,0	6,60	69,0	104,0	69,0	2,13	32,0
2,40	19,0	41,0	19,0	1,40	14,0	6,80	85,0	117,0	85,0	1,60	53,0
2,60	22,0	43,0	22,0	1,67	13,0	7,00	66,0	90,0	66,0	1,73	38,0
2,80	26,0	51,0	26,0	2,07	13,0	7,20	29,0	55,0	29,0	1,87	16,0
3,00	33,0	64,0	33,0	2,33	14,0	7,40	148,0	176,0	148,0	3,87	38,0
3,20	36,0	71,0	36,0	2,53	14,0	7,60	102,0	160,0	102,0	0,93	109,0
3,40	34,0	72,0	34,0	2,40	14,0	7,80	177,0	191,0	177,0	1,40	126,0
3,60	29,0	65,0	29,0	2,13	14,0	8,00	120,0	141,0	120,0	0,93	129,0
3,80	34,0	66,0	34,0	1,80	19,0	8,20	38,0	52,0	38,0	4,00	10,0
4,00	34,0	61,0	34,0	2,20	15,0	8,40	270,0	330,0	270,0	8,73	31,0
4,20	37,0	70,0	37,0	2,20	17,0	8,60	399,0	530,0	399,0	-----	----
4,40	34,0	67,0	34,0	2,33	15,0						

**TECNA**  
di Moretti Dr. Giuliano & C.

Rifer. 114-35

**PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 4**  
**LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

2.010496-13

- committente : 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano  
- lavoro : Realizzazione alloggi Caserma Perotti  
- località : Firenze  
- note :  
- data : 08/01/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof. m	LP kg/cm²	LL kg/cm²	Rp kg/cm²	RL kg/cm²	Rp/RI	Prof. m	LP kg/cm²	LL kg/cm²	Rp kg/cm²	RL kg/cm²	Rp/RI
0,20	----	----	--	1,00	----	3,80	43,0	93,0	43,0	3,53	12,0
0,40	58,0	73,0	58,0	2,00	29,0	4,00	46,0	99,0	46,0	3,13	15,0
0,60	33,0	63,0	33,0	0,40	82,0	4,20	53,0	100,0	53,0	3,00	18,0
0,80	28,0	34,0	28,0	1,27	22,0	4,40	54,0	99,0	54,0	2,80	19,0
1,00	12,0	31,0	12,0	0,53	22,0	4,60	51,0	93,0	51,0	2,93	17,0
1,20	16,0	24,0	16,0	0,73	22,0	4,80	46,0	90,0	46,0	2,80	16,0
1,40	25,0	36,0	25,0	1,40	18,0	5,00	21,0	63,0	21,0	0,80	26,0
1,60	32,0	53,0	32,0	2,73	12,0	5,20	41,0	53,0	41,0	0,60	68,0
1,80	19,0	60,0	19,0	0,87	22,0	5,40	42,0	51,0	42,0	2,00	21,0
2,00	19,0	32,0	19,0	2,07	9,0	5,60	18,0	48,0	18,0	0,87	21,0
2,20	24,0	55,0	24,0	1,80	13,0	5,80	14,0	27,0	14,0	1,27	11,0
2,40	33,0	60,0	33,0	2,13	15,0	6,00	17,0	36,0	17,0	0,80	21,0
2,60	36,0	68,0	36,0	2,93	12,0	6,20	17,0	29,0	17,0	0,47	36,0
2,80	43,0	87,0	43,0	4,53	9,0	6,40	113,0	120,0	113,0	2,33	48,0
3,00	50,0	118,0	50,0	5,07	10,0	6,60	266,0	301,0	266,0	3,13	85,0
3,20	42,0	118,0	42,0	4,80	9,0	6,80	131,0	178,0	131,0	6,53	20,0
3,40	50,0	122,0	50,0	4,07	12,0	7,00	393,0	491,0	393,0	-----	----
3,60	40,0	101,0	40,0	3,33	12,0						

**PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 5**  
**LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

2.010496-13

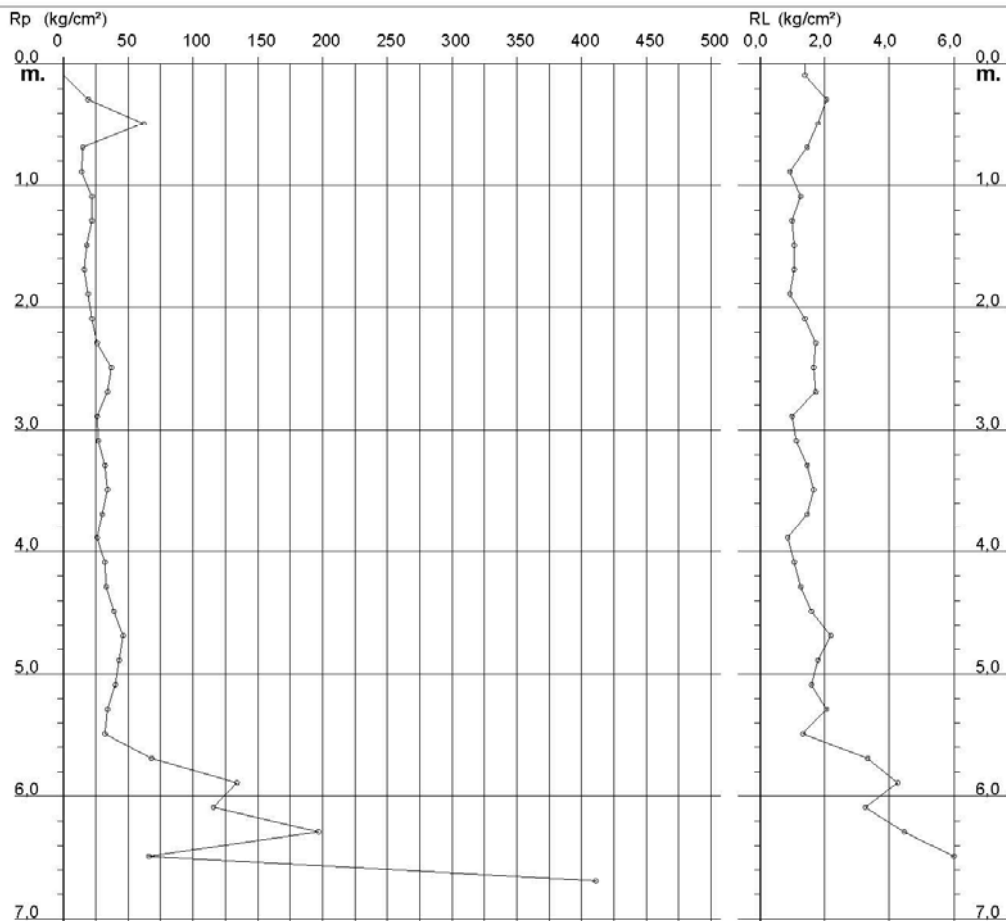
- committente : 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano  
- lavoro : Realizzazione alloggi Caserma Perotti  
- località : Firenze  
- note :  
- data : 09/01/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 4,77 m da quota inizio  
- pagina : 1

Prof. m	LP kg/cm <sup>2</sup>	LL kg/cm <sup>2</sup>	Rp kg/cm <sup>2</sup>	RL kg/cm <sup>2</sup>	Rp/RI	Prof. m	LP kg/cm <sup>2</sup>	LL kg/cm <sup>2</sup>	Rp kg/cm <sup>2</sup>	RL kg/cm <sup>2</sup>	Rp/RI
0,20	----	----	--	0,00	----	3,40	53,0	134,0	53,0	5,73	9,0
0,40	21,0	30,0	21,0	1,87	11,0	3,60	49,0	135,0	49,0	5,20	9,0
0,60	14,0	42,0	14,0	1,20	12,0	3,80	52,0	130,0	52,0	4,73	11,0
0,80	9,0	27,0	9,0	0,60	15,0	<b>4,00</b>	61,0	132,0	61,0	5,73	11,0
<b>1,00</b>	12,0	21,0	12,0	0,33	36,0	4,20	48,0	134,0	48,0	4,53	11,0
1,20	37,0	42,0	37,0	2,27	16,0	4,40	50,0	118,0	50,0	4,00	12,0
1,40	18,0	52,0	18,0	0,67	27,0	4,60	43,0	103,0	43,0	4,00	11,0
1,60	26,0	36,0	26,0	2,00	13,0	4,80	46,0	106,0	46,0	5,07	9,0
1,80	22,0	52,0	22,0	1,93	11,0	<b>5,00</b>	92,0	168,0	92,0	2,47	37,0
<b>2,00</b>	29,0	58,0	29,0	2,07	14,0	5,20	198,0	235,0	198,0	5,00	40,0
2,20	36,0	67,0	36,0	2,13	17,0	5,40	38,0	113,0	38,0	1,07	36,0
2,40	43,0	75,0	43,0	3,47	12,0	5,60	139,0	155,0	139,0	5,27	26,0
2,60	42,0	94,0	42,0	4,33	10,0	5,80	265,0	344,0	265,0	3,47	76,0
2,80	44,0	109,0	44,0	4,80	9,0	<b>6,00</b>	313,0	365,0	313,0	5,13	61,0
<b>3,00</b>	49,0	121,0	49,0	4,93	10,0	6,20	387,0	464,0	387,0	-----	----
3,20	58,0	132,0	58,0	5,40	11,0						

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

2.010496-13

- committente : 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano  
- lavoro : Realizzazione alloggi Caserma Perotti  
- località : Firenze  
- data : 07/01/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 50



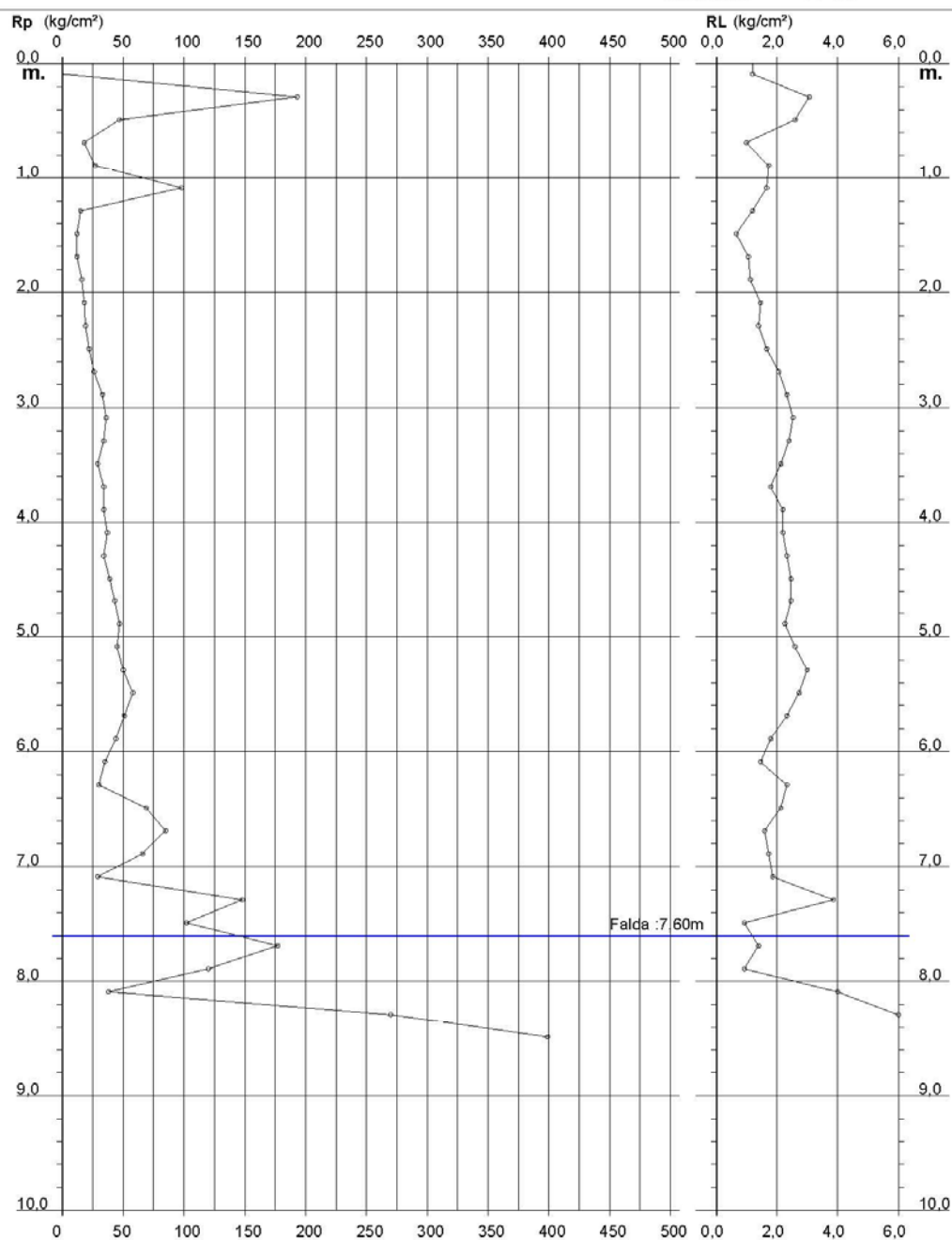
**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

**CPT 3**

2.010496-13

- committente : 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano  
- lavoro : Realizzazione alloggi Caserma Perotti  
- località : Firenze

- data : 08/01/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 7,60 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 50





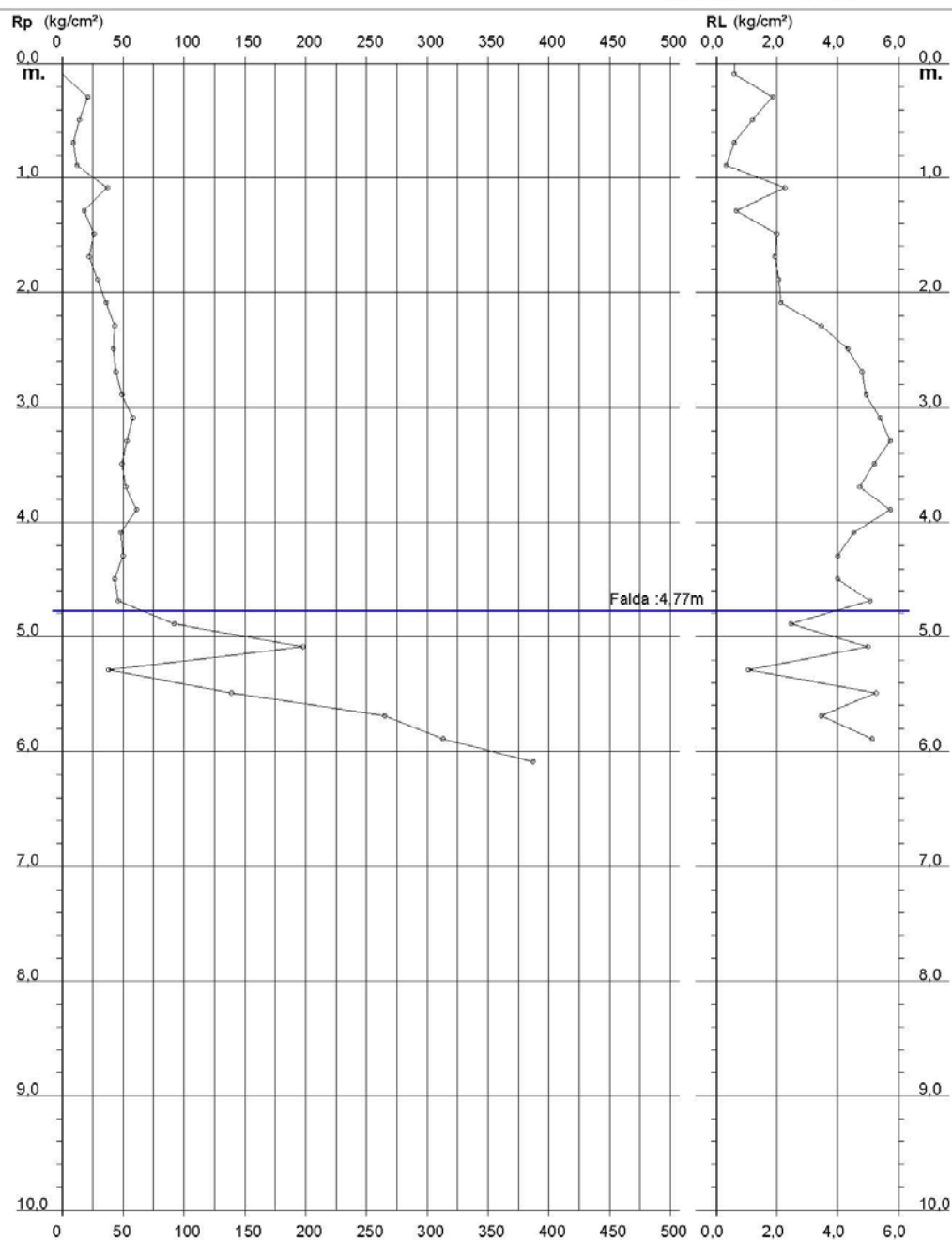
**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

**CPT 5**

2.010496-13

- committente : 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano  
- lavoro : Realizzazione alloggi Caserma Perotti  
- località : Firenze

- data : 09/01/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 4,77 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 50



Ubicazione cantiere: Firenze, via del Gignoro

Data: 07/01/2015

Committente: 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano

Lavori da eseguire: Realizzazione alloggi Caserma Perotti

Prova Penetrometrica Dinamica DPSH 1 – DATI DI CAMPAGNA			
Profondità m	NDPSH n° colpi penetrometro dinamico		Nspt
0,20	27		40,2
0,40	8		11,9
0,60	2		3,0
0,80	2		3,0
1,00	2		3,0
1,20	3		4,5
1,40	2		3,0
1,60	3		4,5
1,80	3		4,5
2,00	6		8,9
2,20	5		7,5
2,40	5		7,5
2,60	5		7,5
2,80	7		10,4
3,00	5		7,5
3,20	6		8,9
3,40	8		11,9
3,60	7		10,4
3,80	8		11,9
4,00	5		7,5
4,20	6		8,9
4,40	16		23,8
4,60	10		14,9
4,80	10		14,9
5,00	23		34,3
5,20	23		34,3
5,40	25		37,3
5,60	18		26,8
5,80	37		55,1
6,00	50		74,5

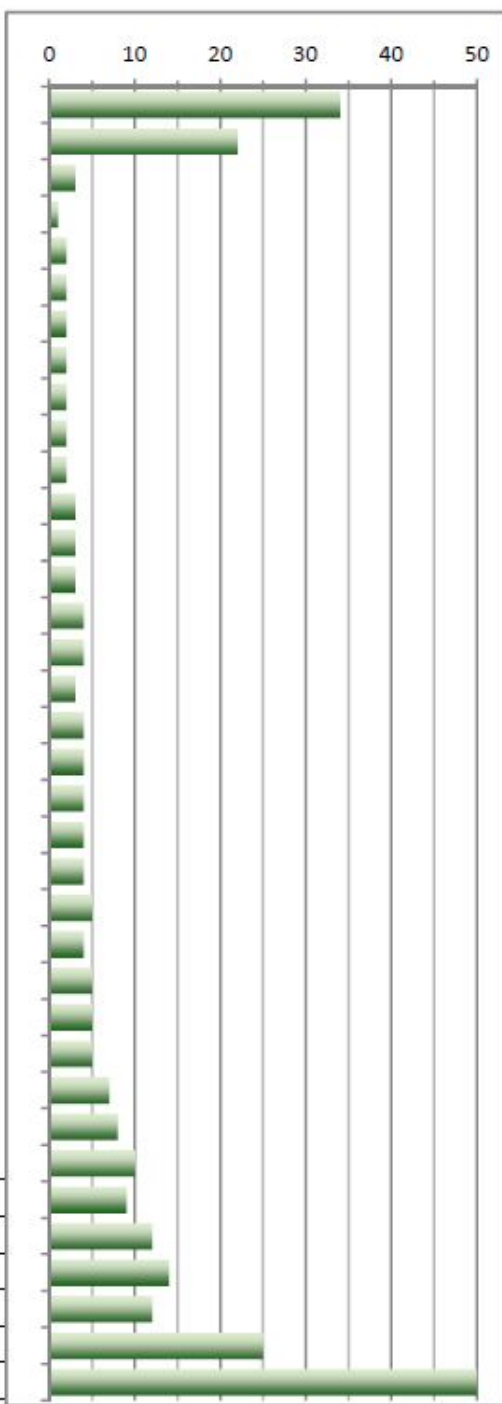
Ubicazione cantiere: Firenze, via del Gignoro

Data: 07/01/2015

Committente: 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano

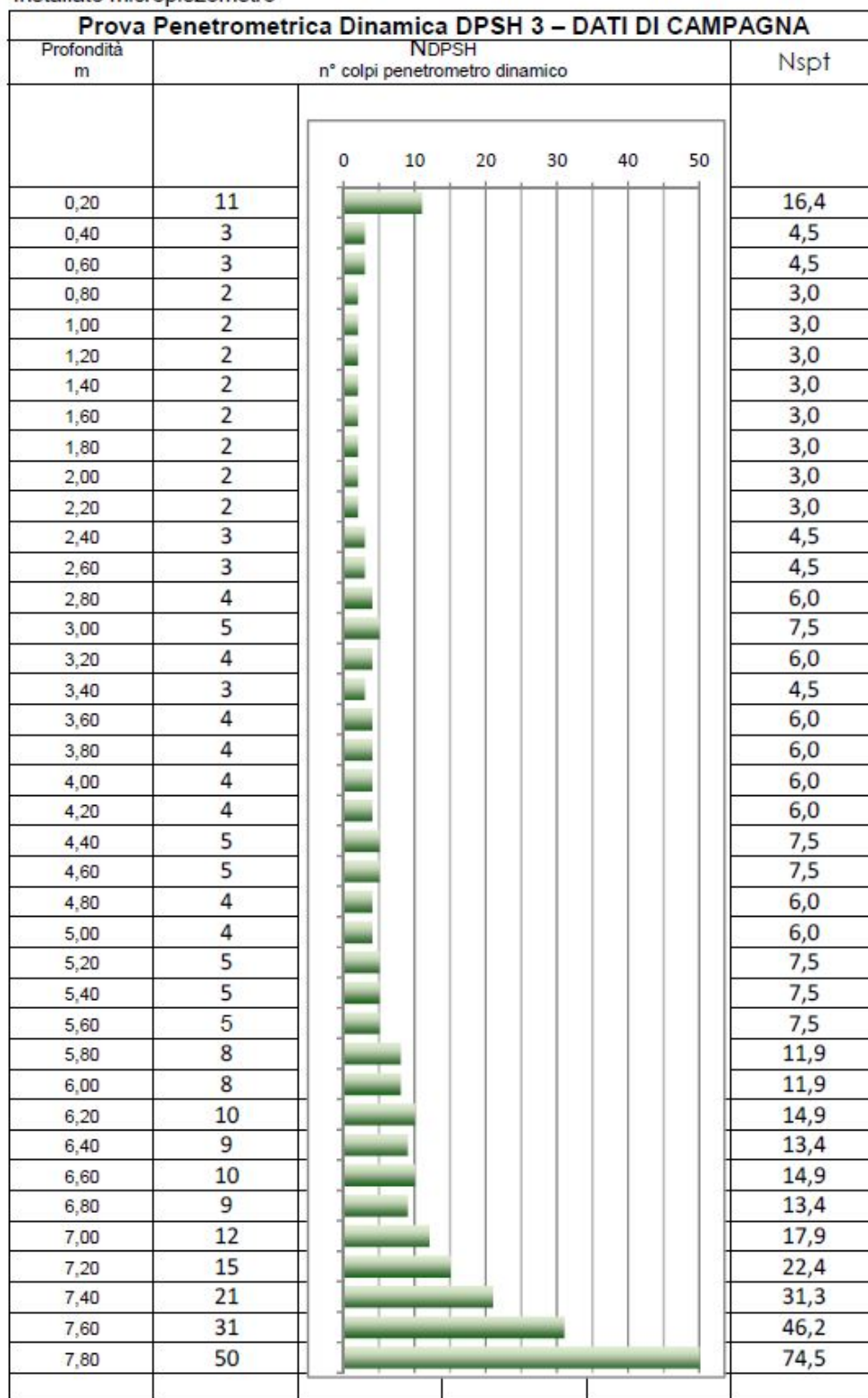
Lavori da eseguire: Realizzazione alloggi Caserma Perotti

### Prova Penetrometrica Dinamica DPSH 2 – DATI DI CAMPAGNA

Profondità m	NDPSH n° colpi penetrometro dinamico		Nspt
			
0,20	34		50,7
0,40	22		32,8
0,60	3		4,5
0,80	1		1,5
1,00	2		3,0
1,20	2		3,0
1,40	2		3,0
1,60	2		3,0
1,80	2		3,0
2,00	2		3,0
2,20	2		3,0
2,40	3		4,5
2,60	3		4,5
2,80	3		4,5
3,00	4		6,0
3,20	4		6,0
3,40	3		4,5
3,60	4		6,0
3,80	4		6,0
4,00	4		6,0
4,20	4		6,0
4,40	4		6,0
4,60	5		7,5
4,80	4		6,0
5,00	5		7,5
5,20	5		7,5
5,40	5		7,5
5,60	7		10,4
5,80	8		11,9
6,00	10		14,9
6,20	9		13,4
6,40	12		17,9
6,60	14		20,9
6,80	12		17,9
7,00	25		37,3
7,20	50		74,5

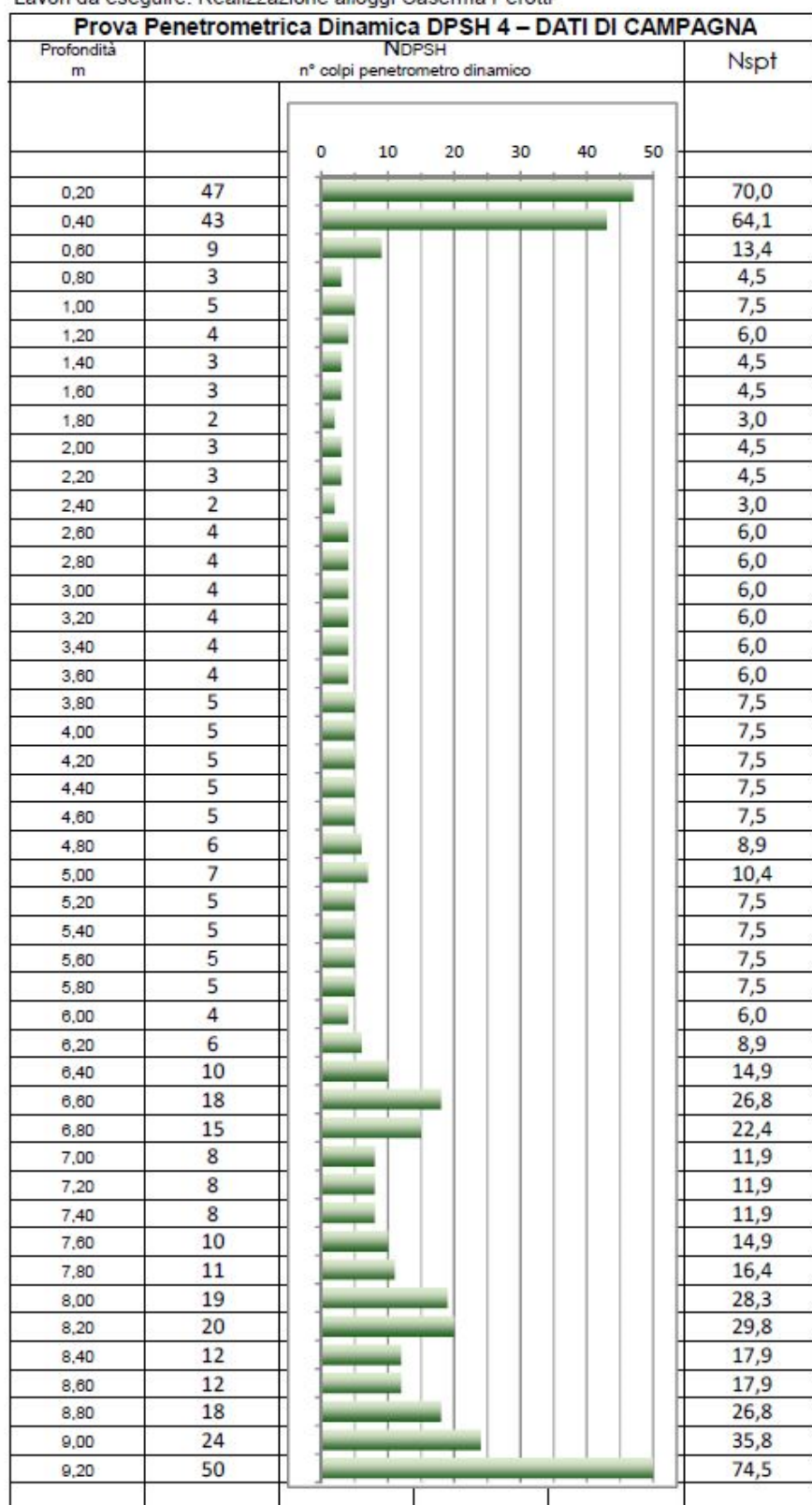
Ubicazione cantiere: Firenze, via del Gignoro  
 Committente: 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano  
 Lavori da eseguire: Realizzazione alloggi Caserma Perotti  
 Installato micropiezometro

Data: 07/01/2015



Ubicazione cantiere: Firenze, via del Gignoro  
 Committente: 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano  
 Lavori da eseguire: Realizzazione alloggi Caserma Perotti

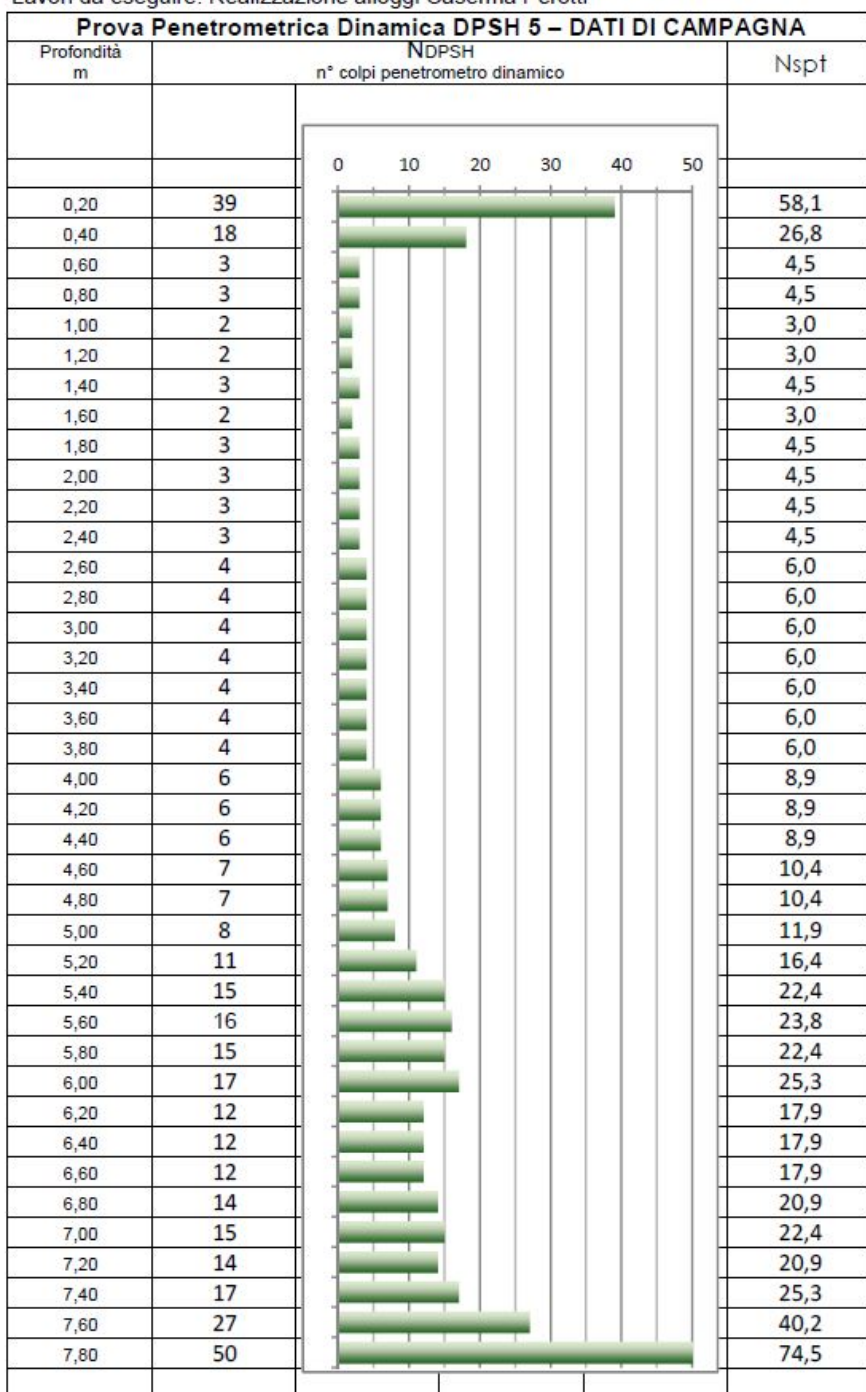
Data: 08/01/2015





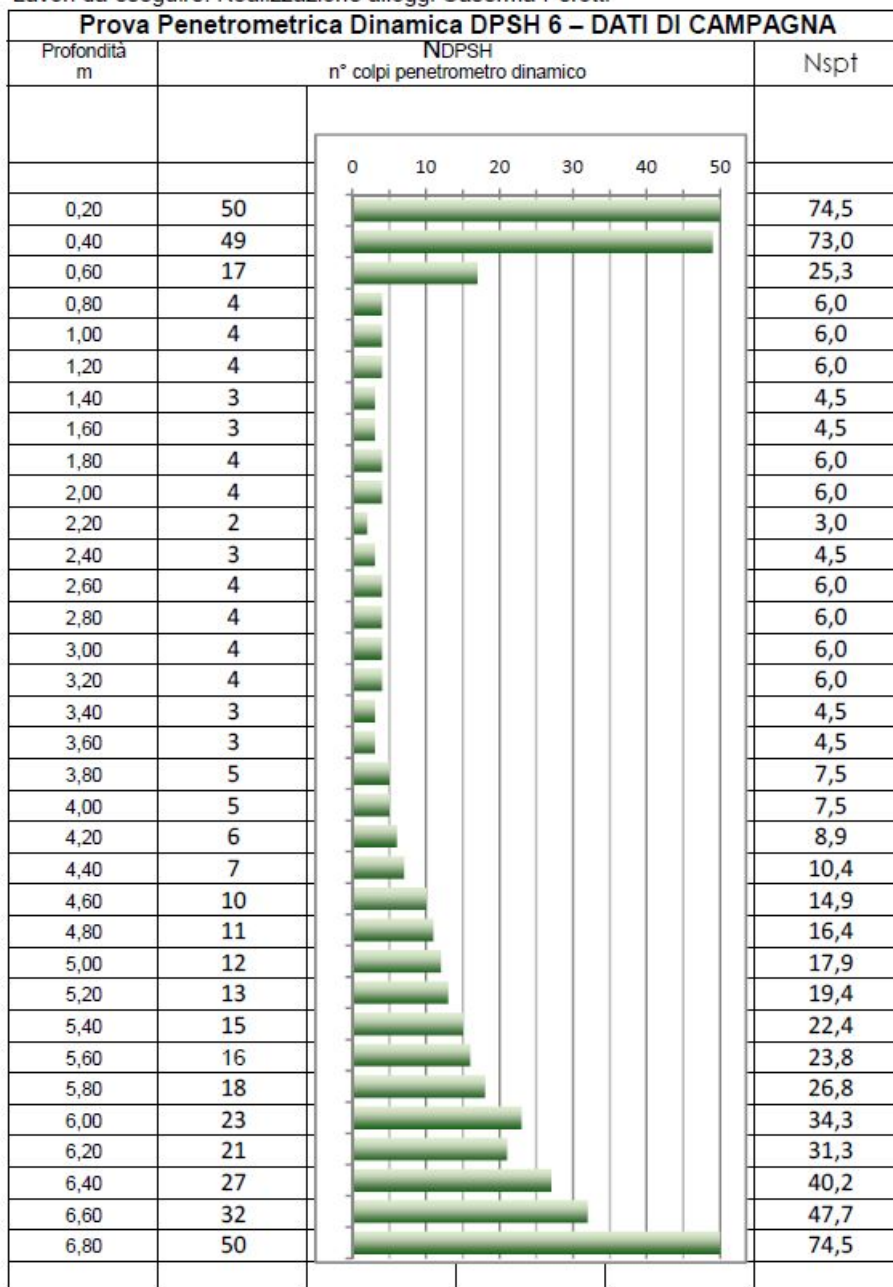
Ubicazione cantiere: Firenze, via del Gignoro  
 Committente: 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano  
 Lavori da eseguire: Realizzazione alloggi Caserma Perotti

Data: 08/01/2015



Ubicazione cantiere: Firenze, via del Gignoro  
 Committente: 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano  
 Lavori da eseguire: Realizzazione alloggi Caserma Perotti

Data: 08/01/2015



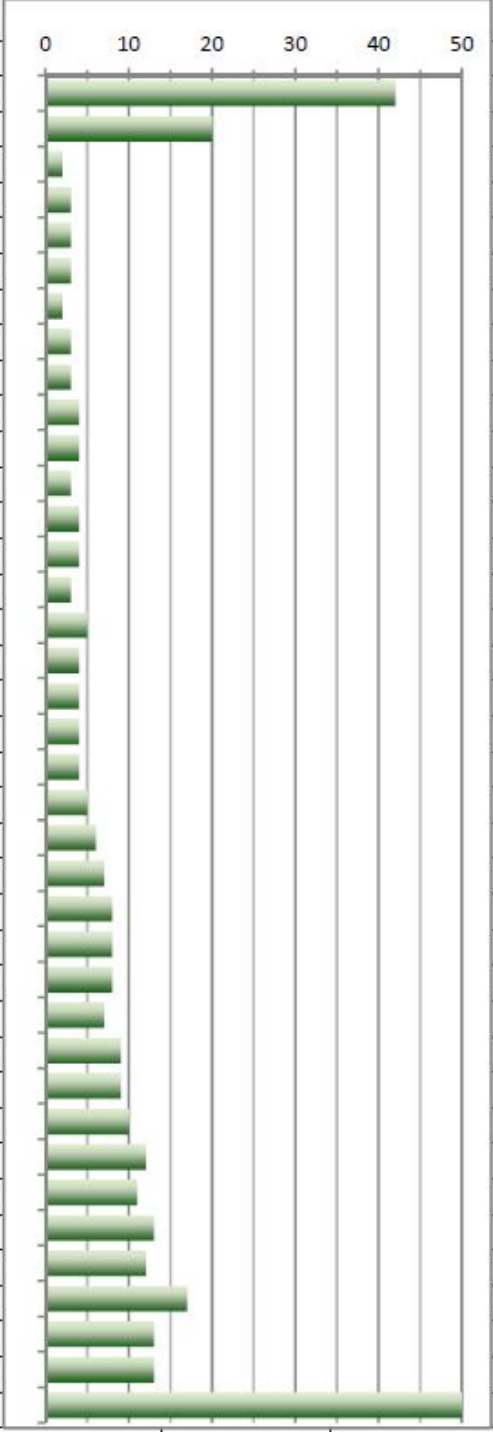
Ubicazione cantiere: Firenze, via del Gignoro

Data: 08/01/2015

Committente: 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano

Lavori da eseguire: Realizzazione alloggi Caserma Perotti

**Prova Penetrometrica Dinamica DPSH 7 – DATI DI CAMPAGNA**

Profondità m	NDPSH n° colpi penetrometro dinamico		Nspt
			
0,20	42		62,6
0,40	20		29,8
0,60	2		3,0
0,80	3		4,5
1,00	3		4,5
1,20	3		4,5
1,40	2		3,0
1,60	3		4,5
1,80	3		4,5
2,00	4		6,0
2,20	4		6,0
2,40	3		4,5
2,60	4		6,0
2,80	4		6,0
3,00	3		4,5
3,20	5		7,5
3,40	4		6,0
3,60	4		6,0
3,80	4		6,0
4,00	4		6,0
4,20	5		7,5
4,40	6		8,9
4,60	7		10,4
4,80	8		11,9
5,00	8		11,9
5,20	8		11,9
5,40	7		10,4
5,60	9		13,4
5,80	9		13,4
6,00	10		14,9
6,20	12		17,9
6,40	11		16,4
6,60	13		19,4
6,80	12		17,9
7,00	17		25,3
7,20	13		19,4
7,40	13		19,4
7,60	50		74,5









































Ubicazione cantiere: Firenze, via del Gignoro

Data: 08/01/2015

Committente: 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano

Lavori da eseguire: Realizzazione alloggi Caserma Perotti

**Prova Penetrometrica Dinamica DPSH 8 – DATI DI CAMPAGNA**

Profondità m	NDPSH n° colpi penetrometro dinamico		Nspt
		0 10 20 30 40 50	
0,20	17		25,3
0,40	7		10,4
0,60	4		6,0
0,80	2		3,0
1,00	2		3,0
1,20	2		3,0
1,40	3		4,5
1,60	3		4,5
1,80	3		4,5
2,00	4		6,0
2,20	3		4,5
2,40	4		6,0
2,60	4		6,0
2,80	4		6,0
3,00	5		7,5
3,20	5		7,5
3,40	6		8,9
3,60	4		6,0
3,80	4		6,0
4,00	4		6,0
4,20	5		7,5
4,40	8		11,9
4,60	6		8,9
4,80	6		8,9
5,00	6		8,9
5,20	6		8,9
5,40	7		10,4
5,60	10		14,9
5,80	8		11,9
6,00	27		40,2
6,20	26		38,7
6,40	14		20,9
6,60	13		19,4
6,80	8		11,9
7,00	6		8,9
7,20	24		35,8
7,40	41		61,1
7,60	50		74,5

Ubicazione cantiere: Firenze, via del Gignoro

Data: 09/01/2015

Committente: 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano

Lavori da eseguire: Realizzazione alloggi Caserma Perotti

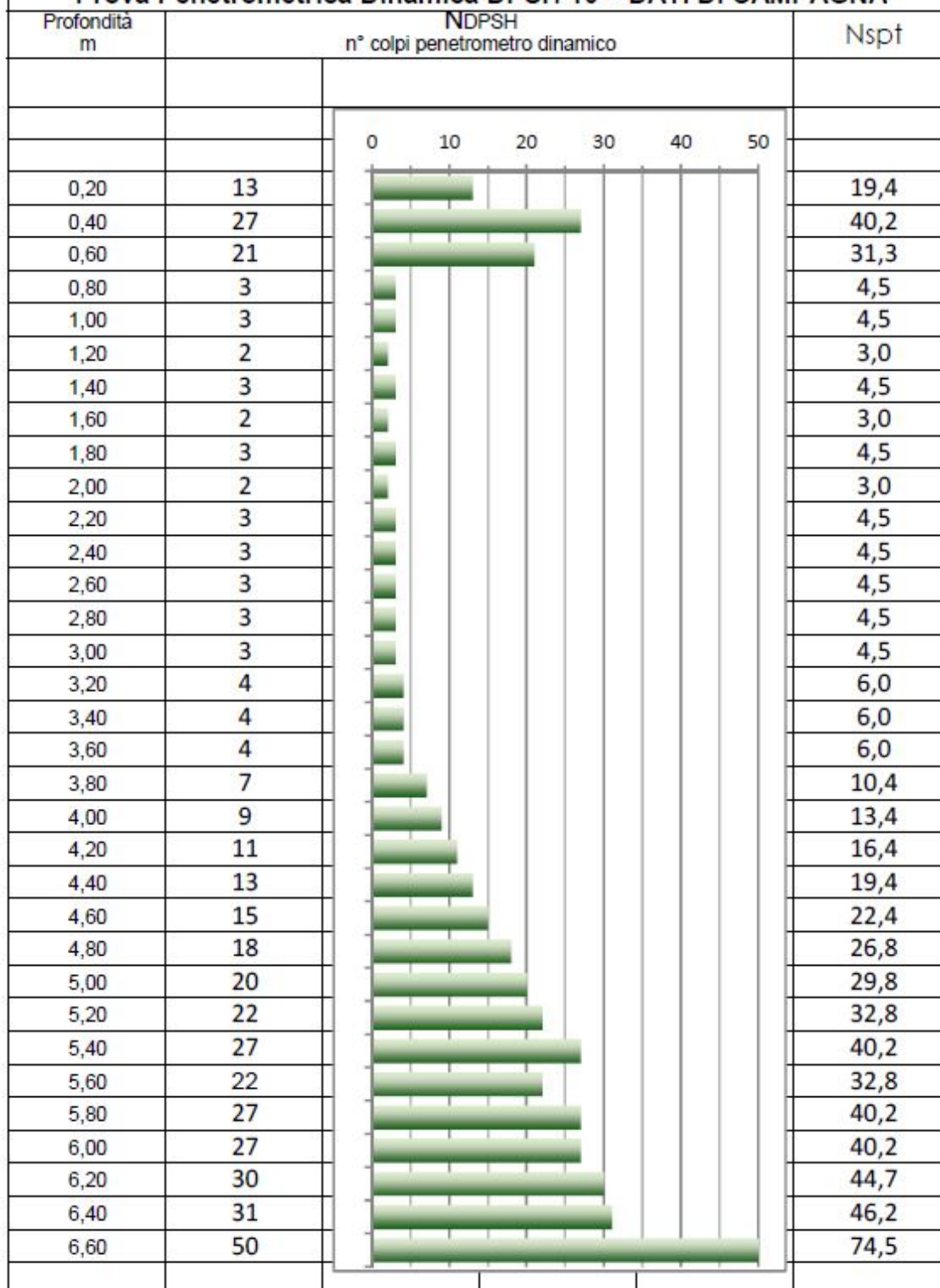
Prova Penetrometrica Dinamica DPSH 9 – DATI DI CAMPAGNA			
Profondità m	NDPSH n° colpi penetrometro dinamico		Nspt
0,20	12		17,9
0,40	15		22,4
0,60	21		31,3
0,80	4		6,0
1,00	4		6,0
1,20	3		4,5
1,40	3		4,5
1,60	3		4,5
1,80	4		6,0
2,00	4		6,0
2,20	4		6,0
2,40	4		6,0
2,60	4		6,0
2,80	4		6,0
3,00	5		7,5
3,20	5		7,5
3,40	5		7,5
3,60	5		7,5
3,80	5		7,5
4,00	4		6,0
4,20	5		7,5
4,40	5		7,5
4,60	6		8,9
4,80	6		8,9
5,00	4		6,0
5,20	3		4,5
5,40	4		6,0
5,60	3		4,5
5,80	6		8,9
6,00	10		14,9
6,20	8		11,9
6,40	8		11,9
6,60	27		40,2
6,80	50		74,5

Data: 09/01/2015

Committente: 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano

Lavori da eseguire: Realizzazione alloggi Caserma Perotti

## Prova Penetrometrica Dinamica DPSH 10 – DATI DI CAMPAGNA



Sondaggio S1	Quota piano campagna: 59 m (s.l.m.)	Profondità raggiunta: 31,80 metri	Coordinate Gauss Boaga: N 1685418 E 4849182
Rotazione a carotaggio continuo (sonda T51 Beretta)	Data di perforazione: inizio 08/01/2015 fine 13/01/2015	Committente: 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano	

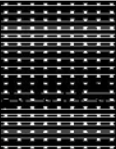
Scala m	Profondità m	Litologia	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Falda	% Carotaggio	Campione	Ind. semi ind. rim.	Quota H <sub>2</sub> O	S.P.T.	Poket penetr. Kg	Vane test Kg
	0,40		Massicciata								
	0,80		Terreno vegetale								
1	1,40		Limo argilloso - sabbioso								
	2,00		Campione 1								
2	2,10		Argilla limoso - sabbiosa								
	2,80		Argilla sabbioso - limosa								
3	3,00		Campione 2								
	3,40		Argilla limosa debolmente sabbiosa								
4	4,80		Argilla limosa debolmente sabbiosa con concrezioni calcaree								
5	5,00		Campione 3								
	5,40		Argilla limoso - sabbiosa con frustoli carboniosi								
	5,70		Limo argilloso - sabbioso con concrezioni calcaree								
6	6,10		Argille limose con concrezioni calcaree								
	6,80		Limo sabbioso - argilloso								
7	7,00		Sabbia limosa								
	7,80		Ghiaie eterogenee con ciottoli di dimensioni variabili (1-8 cm), in matrice sabbioso - limosa								
8	8,60		Sabbie limose con ciottoli anche grossolani								
9	8,70		Sabbie ghiaiose debolmente limose (ciottoli più grossolani verso i 9,40 m)								
10	10,0		Limo argilloso con concrezioni calcaree e frustoli carboniosi								
11	11,0		Limo sabbioso con ciottoli								
12	12,90		Sabbia limosa con ciottoli di dimensioni fino a 7-8 cm								
13	13,10		Ciottoli subarrotondati/subangolari in matrice sabbiosa								
	13,80		Limi sabbiosi debolmente argillosi con ciottoli								
14	14,40		Ciottoli subarrotondati di dimensioni variabili (2-6 cm), prevalentemente a composizione calcarea								
	14,70		Sabbie limose con ghiaie e ciottoli								
15	15,00		Sabbie limose di colore rossastro con ghiaie								

Pag. 1/3

Sondaggio S1	Quota piano campagna: 59 m (s.l.m.)	Profondità raggiunta: 31,80 metri	Coordinate Gauss Boaga: N 1685418 E 4849182
Rotazione a carotaggio continuo (sonda T51 Beretta)	Data di perforazione: inizio 08/01/2015 fine 13/01/2015	Committente: 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano	

Scala m	Profondità m	Litologia	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Falda	% Carotaggio	Campione	Quota H <sub>2</sub> O	S.P.T.	Poket penetr. Kg	Vane test Kg
						<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: black; margin-right: 5px;"></div> ind. <div style="width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> semi ind. <div style="width: 10px; height: 10px; border: 1px dashed black; margin-right: 5px;"></div> rim. </div>				
15	15,40		Ciottoli eterogenei subarrotondati di dimensioni variabili superiori ai 10 cm in matrice ghiaioso-sabbiosa							
16	16,00		Limi sabbioso - argillosi con ghiale							
	16,34		Limi argilloso - sabbiosi con ghiale							
17	17,30		Limi argilloso - sabbiosi con ghiale							
	17,94		Ghiale e ciottoli in matrice sabbioso - limosa							
18	18,40		Limi sabbiosi con ghiale							
	18,80		Limi argilloso - sabbiosi con rare ghiale							
19	19,30		Limi sabbiosi con ghiale							
	19,80		Ghiale in matrice sabbioso - limosa							
20	20,70		Limi sabbiosi debolmente argillosi con ghiale							
	21,80		Ghiale in matrice sabbioso - limosa							
22	22,54		Limi sabbiosi							
23	23,50		Ghiale in matrice sabbioso - limosa							
24	24,70		Limi argilloso - sabbiosi con poche ghiale calcaree verso il basso							
25	25,90		Argille limose debolmente sabbiose compatte con concrezioni calcaree							
26	26,80		Argille debolmente limose compatte con ghiale							
27	27,80									
28	28,80									
29	29,80									
30	30,80									

Pag. 2/3

Sondaggio S1			Quota piano campagna: 59 m (s.l.m.)	Profondità raggiunta: 31,80 metri	Coordinate Gauss Boaga: N 1685418 E 4849182					
Rotazione a carotaggio continuo (sonda T51 Beretta)			Data di perforazione: inizio 08/01/2015 fine 13/01/2015	Committente: 7° Reparto Infrastrutture - Esercito italiano						
Scala m	Profondità m	Litologia	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Falda	% Carotaggio	Campione <div><div></div> ind. <div><div></div></div> semi ind. <div><div></div></div> rim.</div>	Quota H <sub>2</sub> O	S.P.T.	Poket penetr. Kg	Vane test Kg
30			Argille debolmente limose molto compatte							
31	31,00		Argille debolmente limose con ghiaie molto compatte							
	31,30		Argille debolmente limose molto compatte							
32	31,80									



## Indagine sismica in foro di tipo Down Hole (2015)

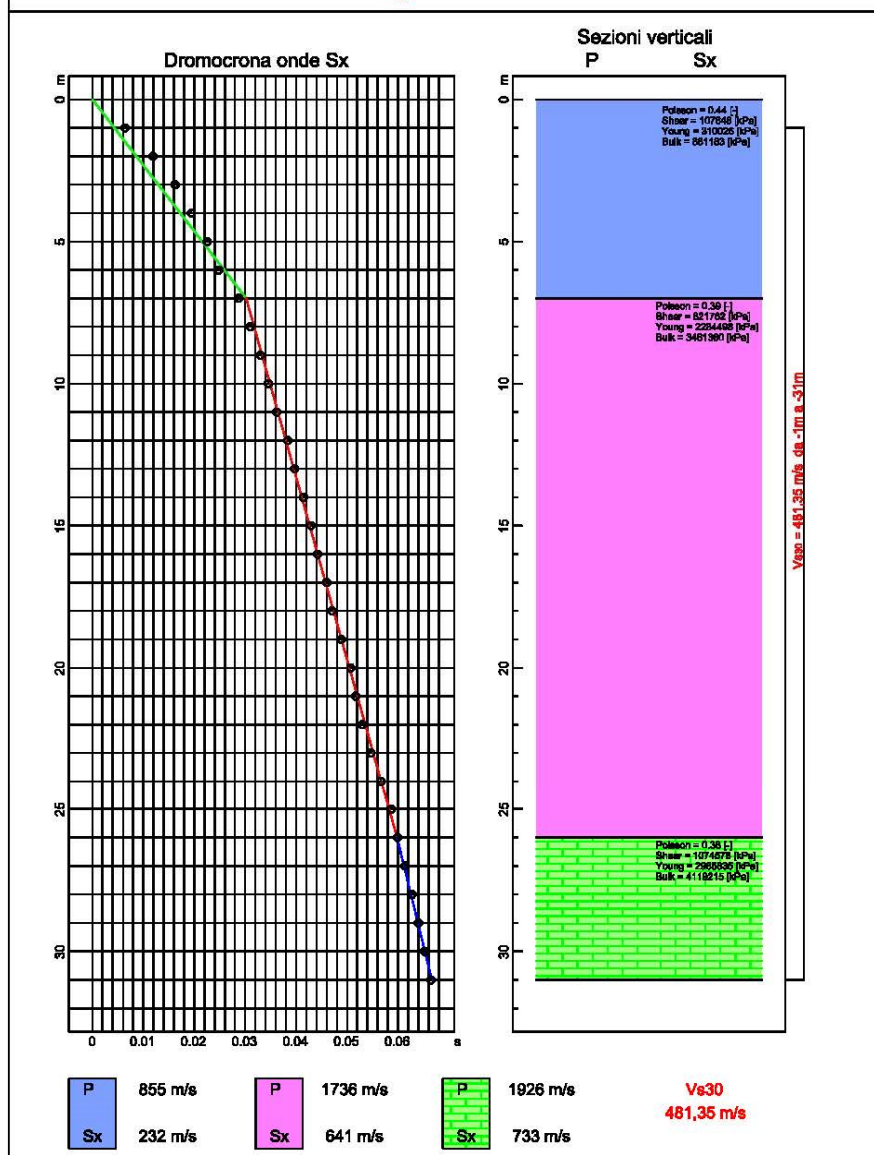


**Laboratorio di Geofisica Applicata**  
 Via Bibbiano 6 - Buonconvento (SI)  
**Dott. Geol. Jacopo Della Fazio**  
 Ordine dei Geologi della Toscana 1453  
 P.I.: 01228840524 Cell: 338.3307642 - email: della.masw@gmail.com

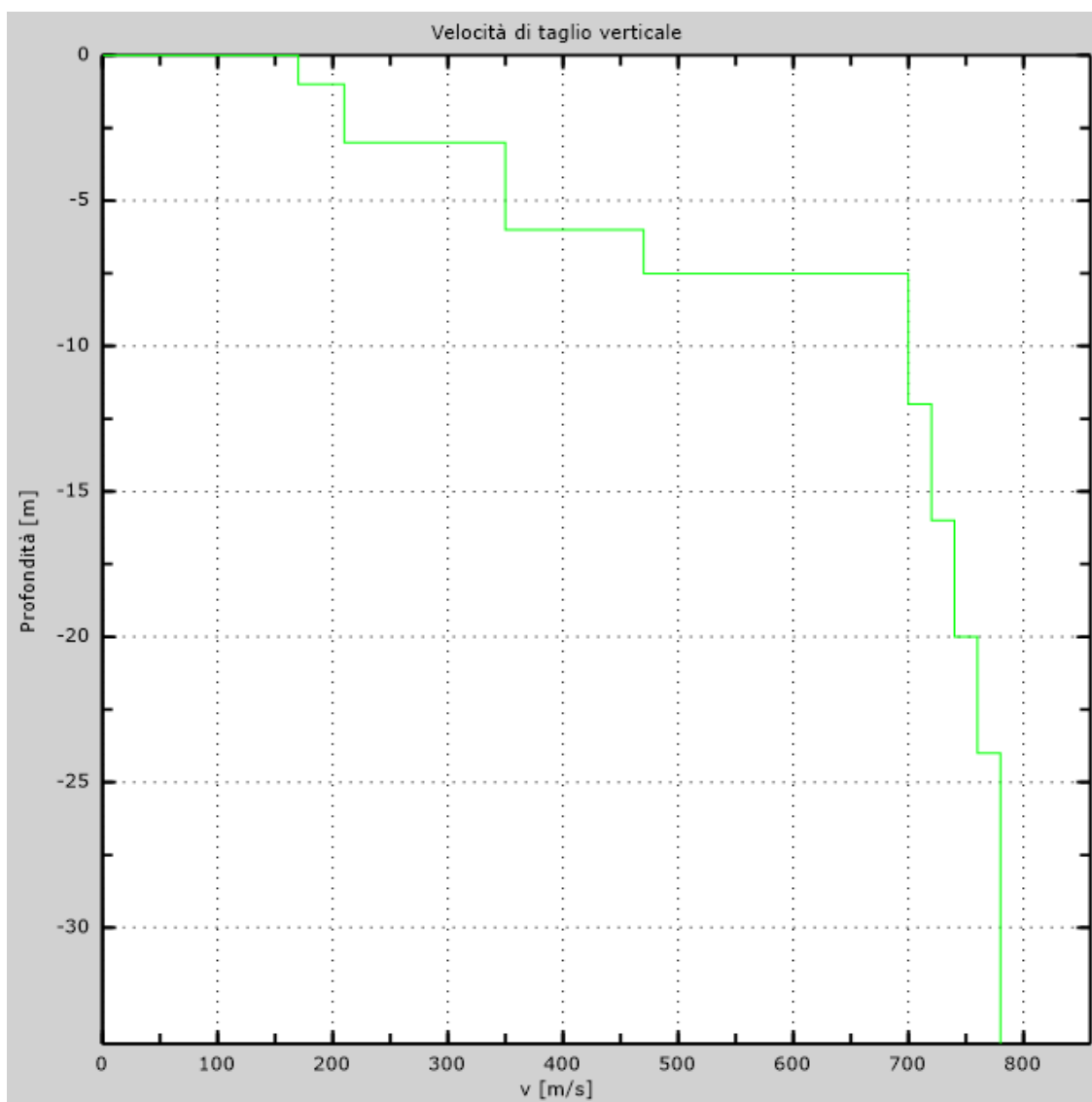
**Classificazione sismica di un substrato di fondazione mediante geofisica in foro Down Hole ubicato in Loc. Firenze,  
Via del Gignoro - Caserma Perotti**

**Tavola 7**

**Elaborati grafici - Dromocrona onde S**



## Analisi sismica MASW (2015)



Piano di riferimento  $z=0$  [m] ..... 1

Vs30 [m/s] ..... 556

La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008

Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).

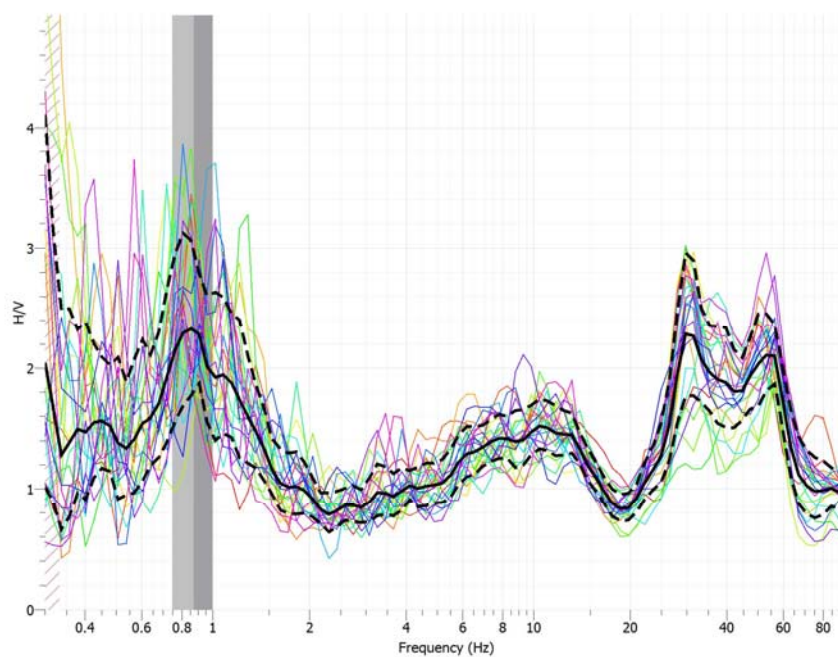
Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità

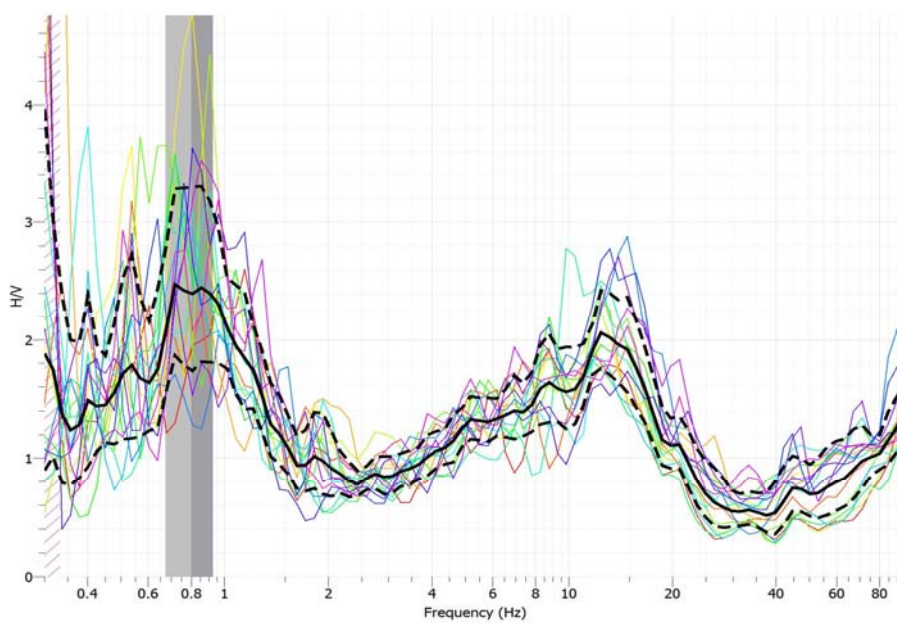
**Tipo di suolo .....B**



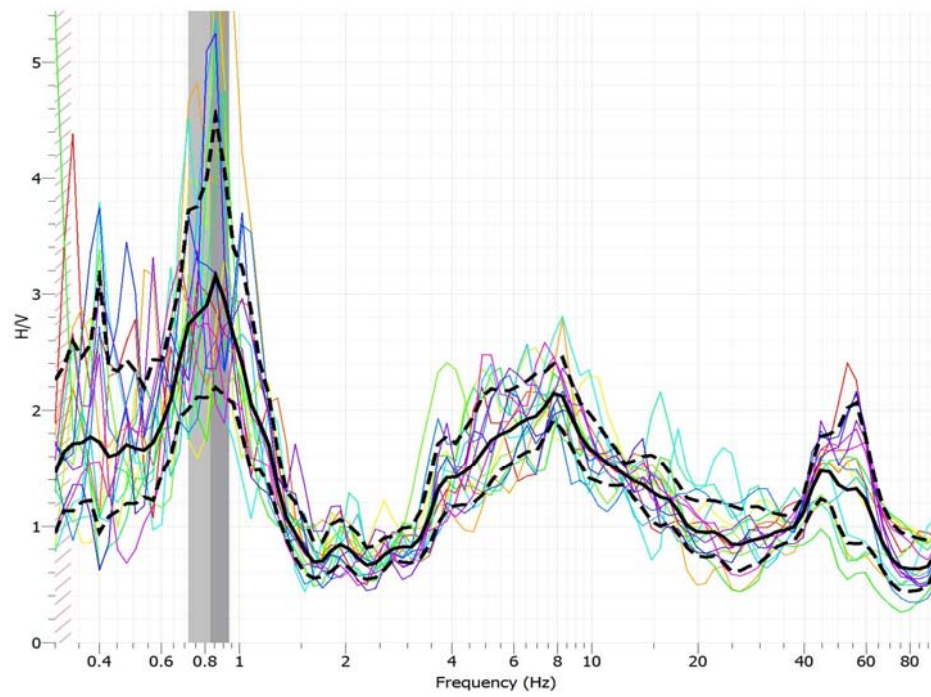
## Analisi microtremori ambientali HVSR



*HVSR 1*



*HVSR 2*



*HVSR 3*

### **ALL. 3 Indagine di sismica passiva a stazione singola (HVSR)**

#### **Premessa**

Scopo di questa indagine è la caratterizzazione dinamica del sottosuolo individuando risonanze in grado di produrre amplificazioni sismiche, per tale scopo è stata realizzata:

- N.1 indagine sismica a stazione singola (HVSR).

Sulla base dei valori di  $V_{seq}$  provenienti dalle campagne d'indagine realizzate nel 2015 a cura del Dott. Geol. Capacci e nel 2021 dal Dott. Geol. Morandi, è possibile stimare la profondità dei terreni che provocano amplificazioni sismiche.

#### **Indagine e strumentazione utilizzata**

Per la valutazione di eventuali amplificazioni sismiche è stata eseguita un'indagine sismica dei microtremori naturali del terreno con tecnica HVSR. L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata per l'analisi superficiale è costituita da:

- Velocimetro tridirezionale: per l'acquisizione di sismica passiva a stazione singola è stato utilizzato il Tromografo digitale modello Geobox SR04 commercializzato da SARA Electronics srl. L'apparato consiste in un box portatile di ridotte dimensioni capace di acquisire per molte ore le vibrazioni ambientali del suolo.

#### **Sismica passiva di superficie a stazione singola HVSR**

Accanto alle tecniche basate sull'impiego di linee sismiche composte da più sensori esistono altre tecniche basate sull'uso di una singola stazione di misura. In questo caso vengono misurate le vibrazioni ambientali nelle tre direzioni dello spazio attraverso un unico sensore tridirezionale posto sulla superficie del terreno.

In particolare, viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (metodo HVSR ovvero "Horizontal to Vertical Spectral Ratios") [Bard., 1999]. Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare le modalità di vibrazione del terreno. In particolare, è possibile

individuare la frequenza  $f$  di questa vibrazione definita di “Risonanza”. Sapendo che in generale esiste una relazione semplice fra  $f$ , lo spessore della parte più soffice del terreno e la velocità media delle onde sismiche nel sottosuolo (ricavata per esempio dai metodi multicanale), attraverso le misure HVSR è possibile risalire allo spessore di questo strato. Il massimo della curva HVSR indica la frequenza fondamentale di risonanza del sito ed identifica la presenza di possibili variazioni nelle caratteristiche meccaniche dei materiali tali da generare, al verificarsi di un sisma, possibili amplificazioni del moto e risonanze con l’edificio [Pileggi et al., 2010].

## **Interpretazioni e risultati**

### **Sismica passiva di superficie a stazione singola HVSR**

La curva dei rapporti spettrali delle indagini HVSR (vedi Tav.3A in fondo alla relazione per il posizionamento) mostra, per l'HVSR1 un picco fondamentale alla frequenza di circa 0,9 Hz, con ampiezza di circa 3.

ID	F <sub>0</sub> (Hz)	A
HVSR1	0.9	3.0

Il picco fondamentale registrato nell'indagine, è riconducibile al passaggio tra i terreni di copertura e terreni più consistenti posti a circa 140-170 m di profondità dal p.c. sicuramente riconducibili al substrato roccioso.

La curva H/V è riportata di seguito.

# REPORT ANALISI MICROTREMORI AMBIENTALI

*Geol. Fausto Capacci*

Page 1/6

## STATION INFORMATION

*Station code:* -

*Model:* SARA GEOBOX

*Sensor:* SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

*Notes:* -

## PLACE INFORMATION

*Place ID:* HV1

*Address:* Via del Gignoro, Caserma Perotti - Firenze

*Latitude:* -

*Longitude:* -

*Coordinate system:* -

*Elevation:* -

*Weather:* Sereno con qualche nuvola

*Notes:* Passaggio di alcuni mezzi nelle vicinanze.

## PHOTOGRAPHIC REFERENCES





## SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

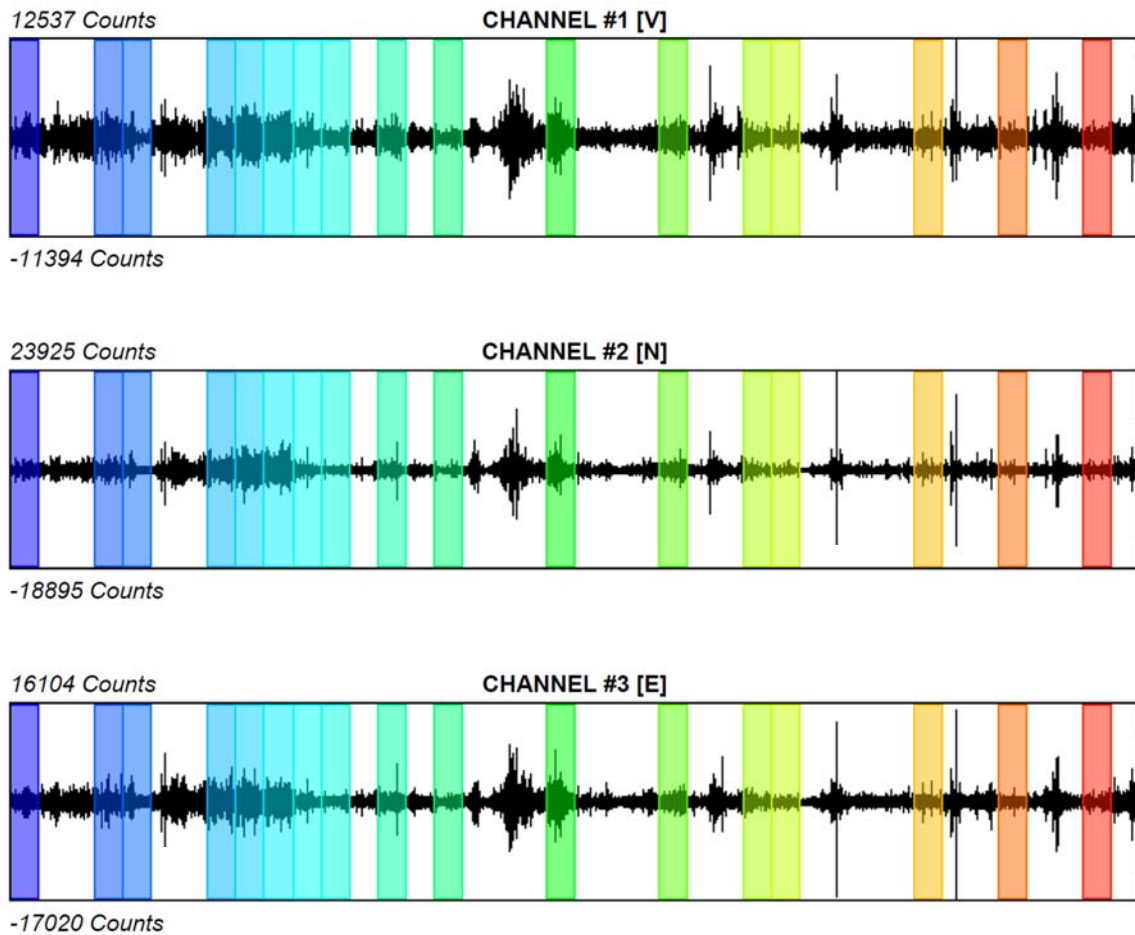
Recording start time: 2022/07/26 09:34:37

Recording length: 20 min

Windows count: 17

Average windows length: 30

Signal coverage: 42.5%



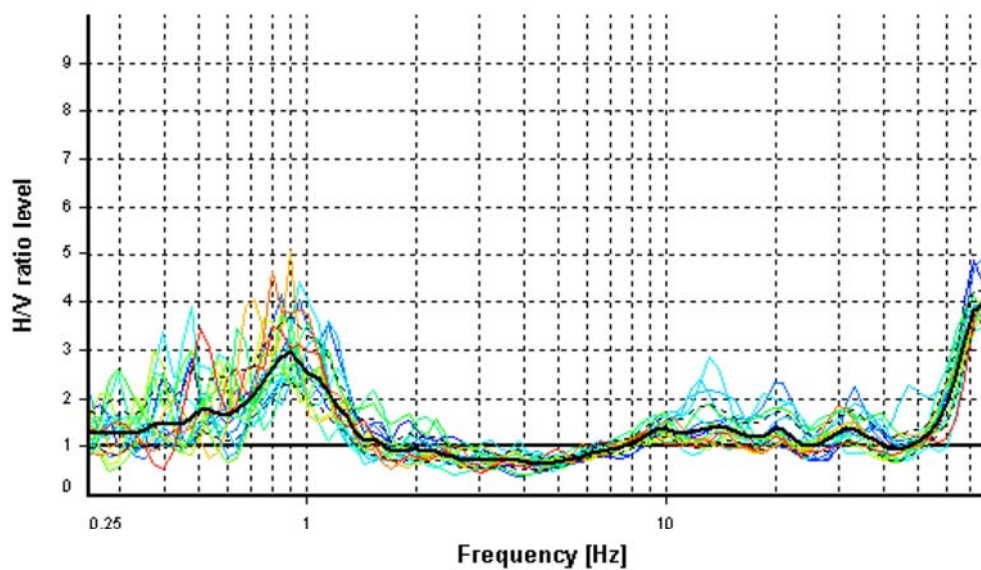
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

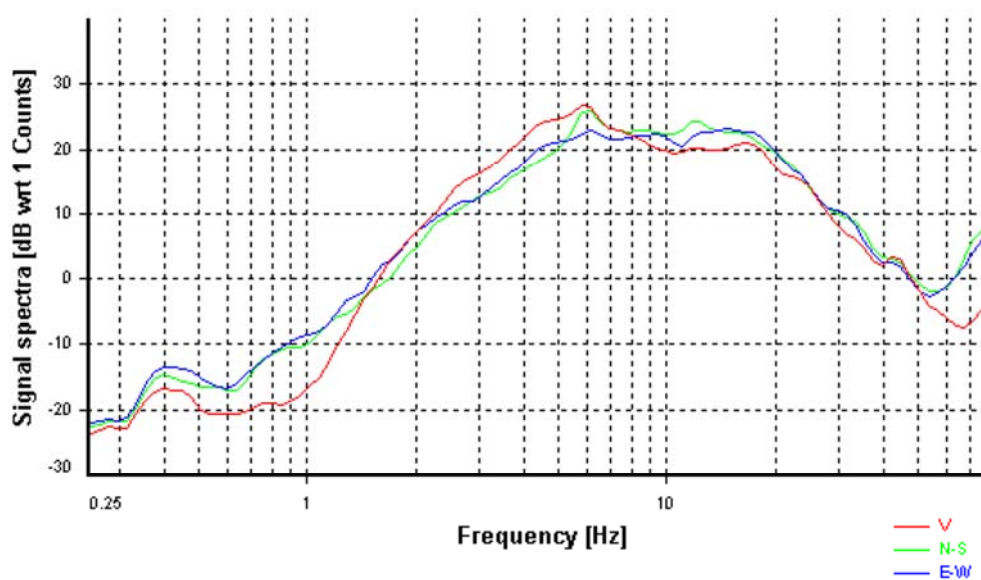
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

*Instrumental correction:* Disabled

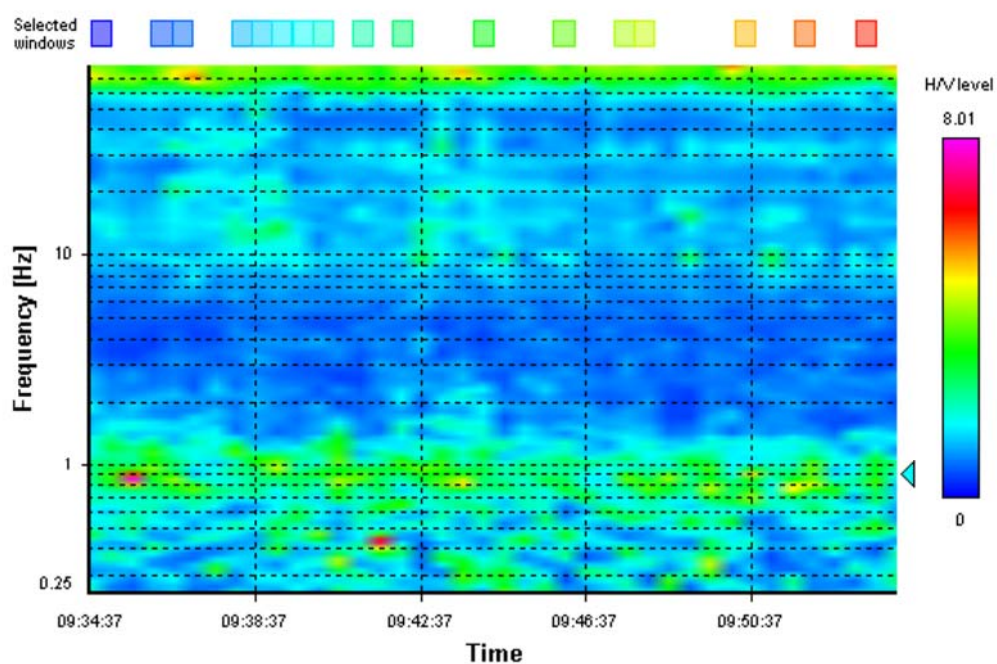
### HVSR average



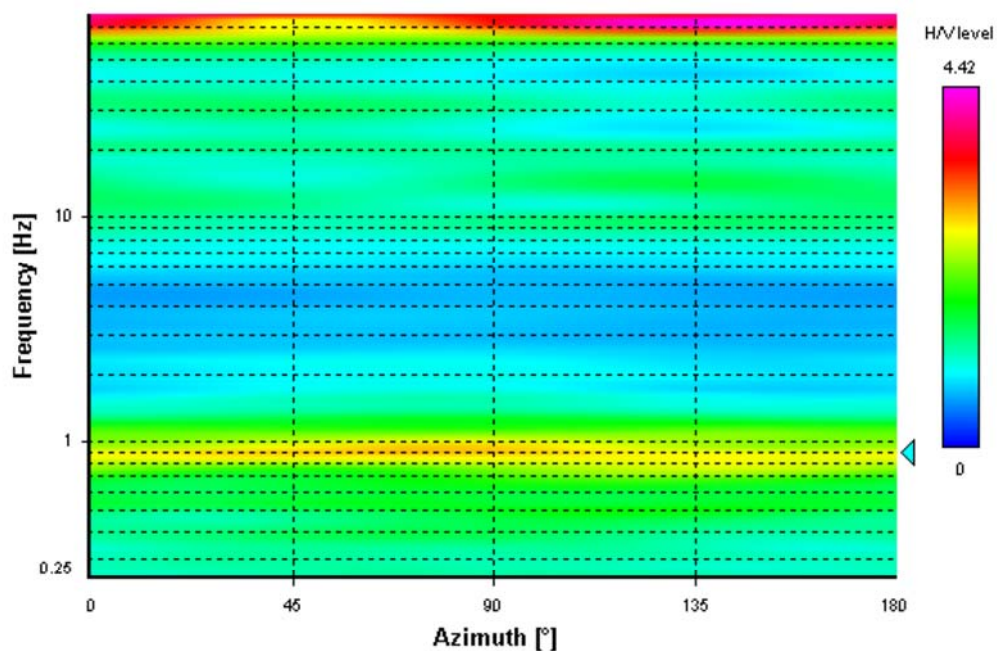
### Signal spectra average



### HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



### HVSR directional analysis



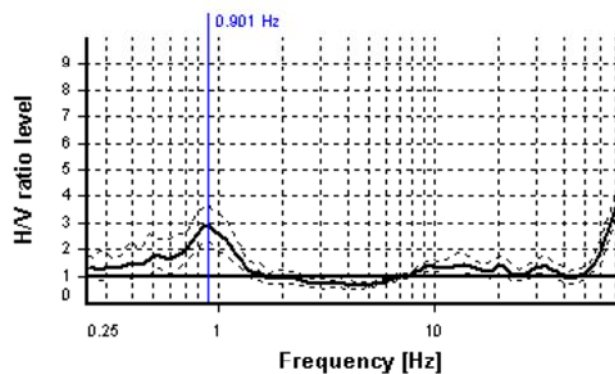
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

**0.901 Hz**

**$A_0$  amplitude = 2.952**

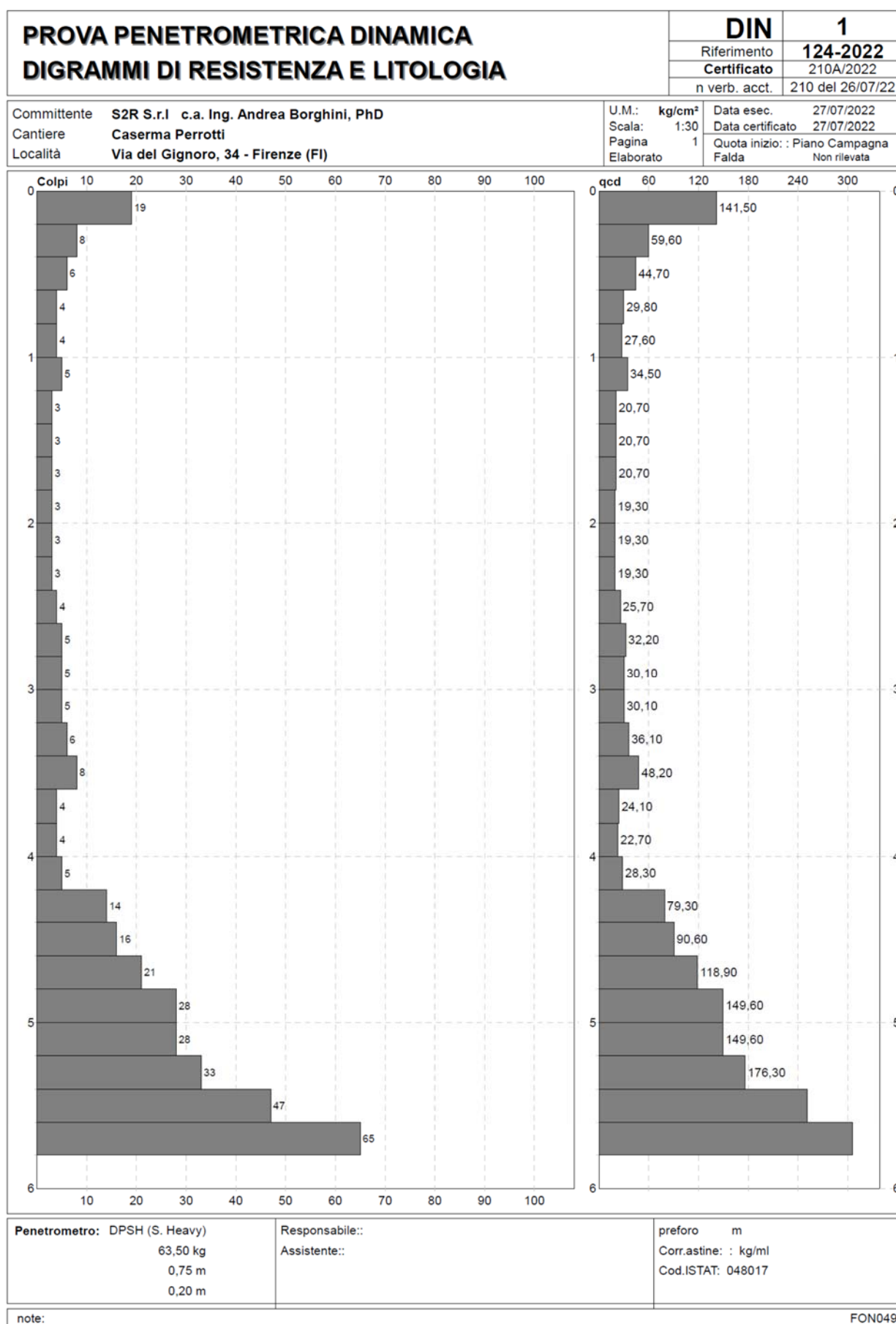
**Average  $f_0$  =  $0.918 \pm 0.122$**

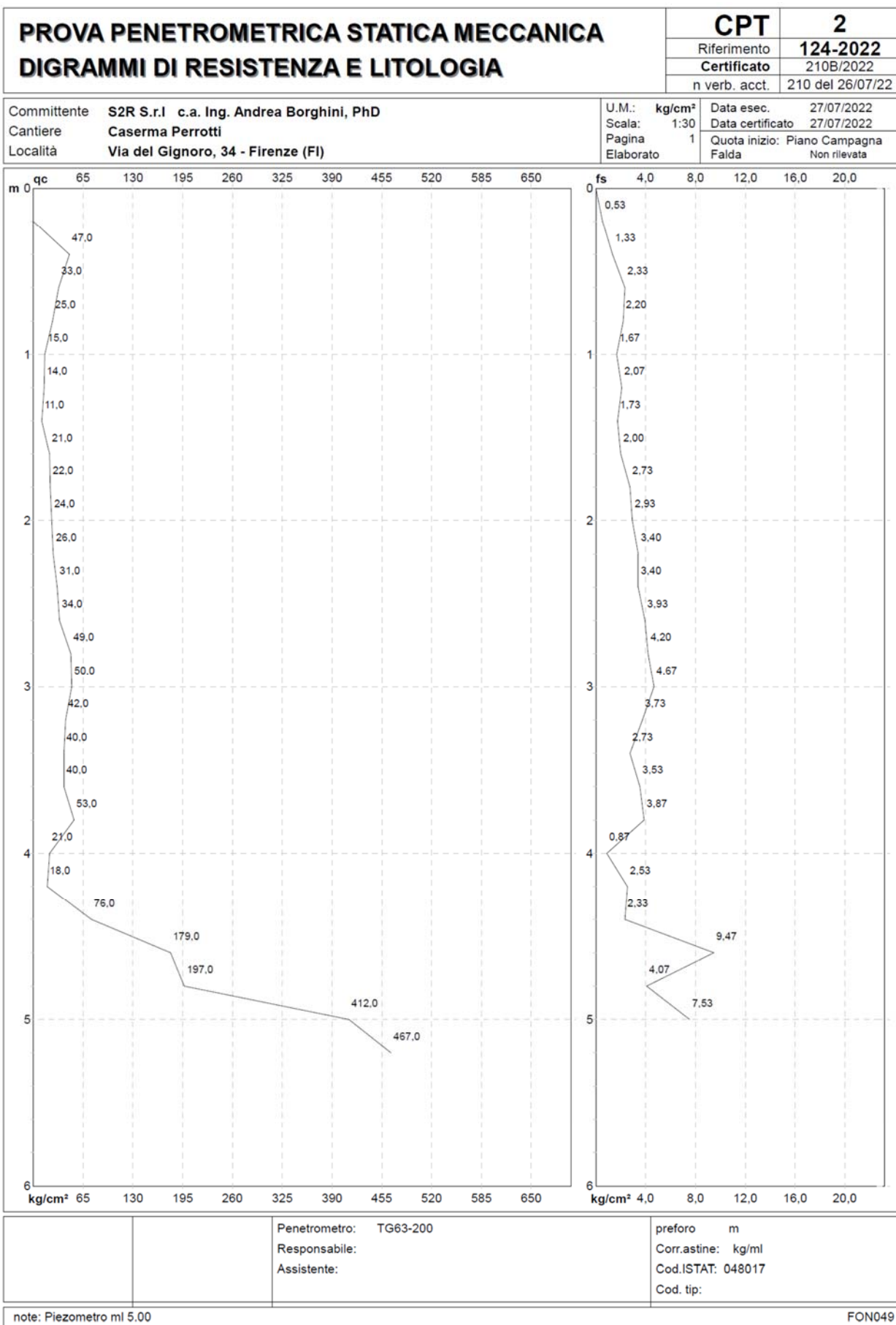


HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	17 valid windows (length > 11.1 s) out of 17	OK
$n_c(f_0) > 200$	459.42 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.4477 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.35448 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.95 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.12223 < 0.13512	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.25757 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		OK



## ALL.4 Indagini penetrometriche dinamiche e statiche (DPSH e CPT')





# **PROVA PENETROMETRICA DINAMICA** **DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

**DIN**

**3**

Riferimento

**124-2022**

Certificato

210C/2022

n verb. acct.

210 del 26/07/22

Committente **S2R S.r.l c.a. Ing. Andrea Borghini, PhD**

Cantiere **Caserma Perrotti**

Località **Via del Gignoro, 34 - Firenze (FI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Scala: **1:30**

Pagina **1**

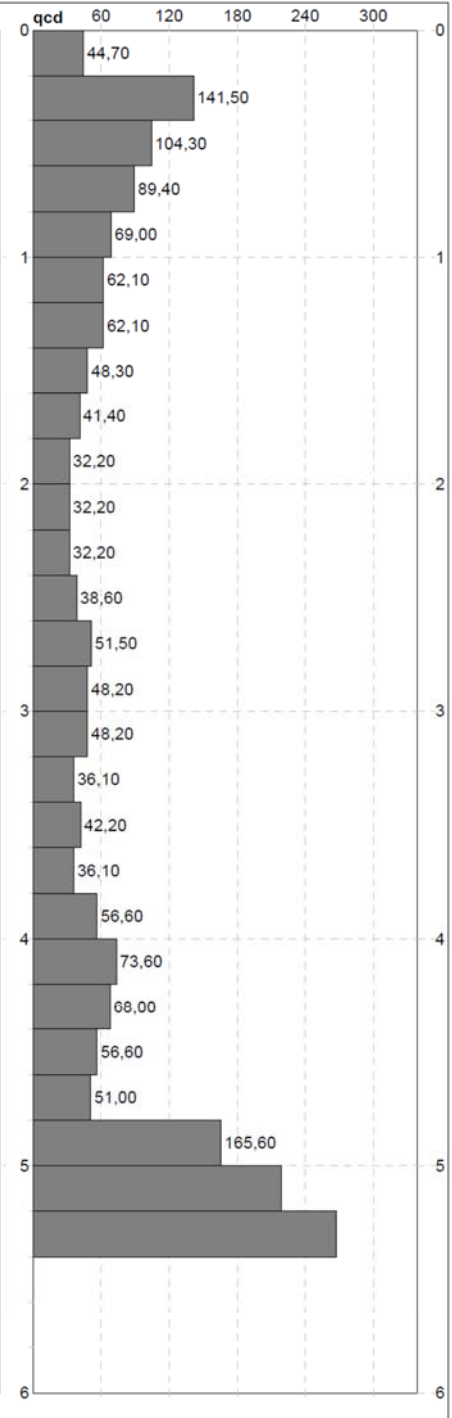
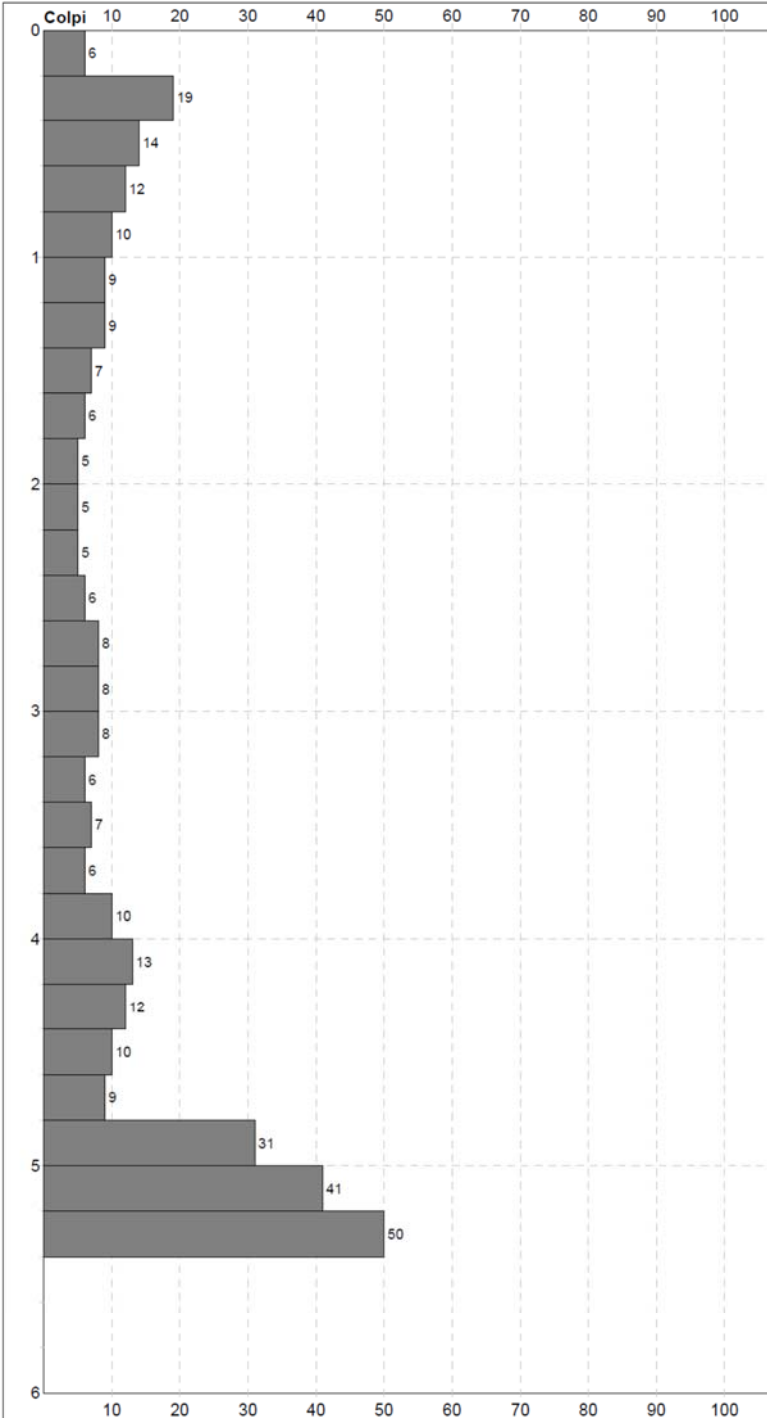
Elaborato

Data esec. **27/07/2022**

Data certificato **27/07/2022**

Quota inizio: **Piano Campagna**

Falda **Non rilevata**



Penetrometro: **DPSH (S. Heavy)**

63,50 kg

0,75 m

0,20 m

Responsabile::

Assistente::

preforo m

Corr.astine: : kg/ml

Cod.ISTAT: 048017

note:

FON049

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820



# **PROVA PENETROMETRICA DINAMICA** **DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

**DIN**

**4**

Riferimento **124-2022**

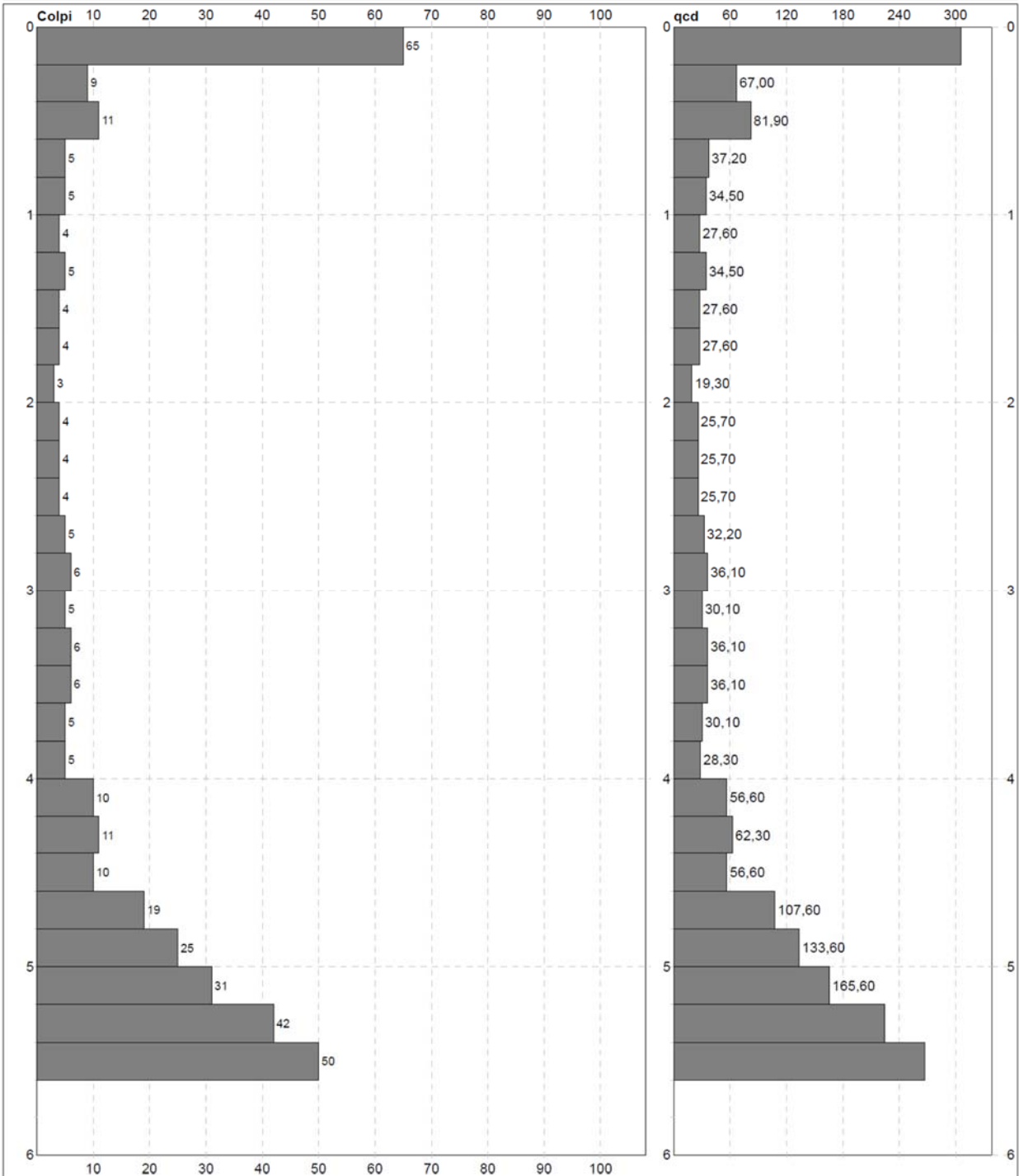
Certificato 210D/2022

n verb. acct. 210 del 26/07/22

Committente **S2R S.r.l c.a. Ing. Andrea Borghini, PhD**  
Cantiere **Caserma Perrotti**  
Località **Via del Gignoro, 34 - Firenze (FI)**

U.M.: **kg/cm²**  
Scala: **1:30**  
Pagina **1**  
Elaborato

Data esec. **27/07/2022**  
Data certificato **27/07/2022**  
Quota inizio: **Piano Campagna**  
Falda **Non rilevata**



Penetrometro: **DPSH (S. Heavy)**  
63,50 kg  
0,75 m  
0,20 m

Responsabile::  
Assistente::

preforo m  
Corr.astine: : kg/ml  
Cod.ISTAT: 048017

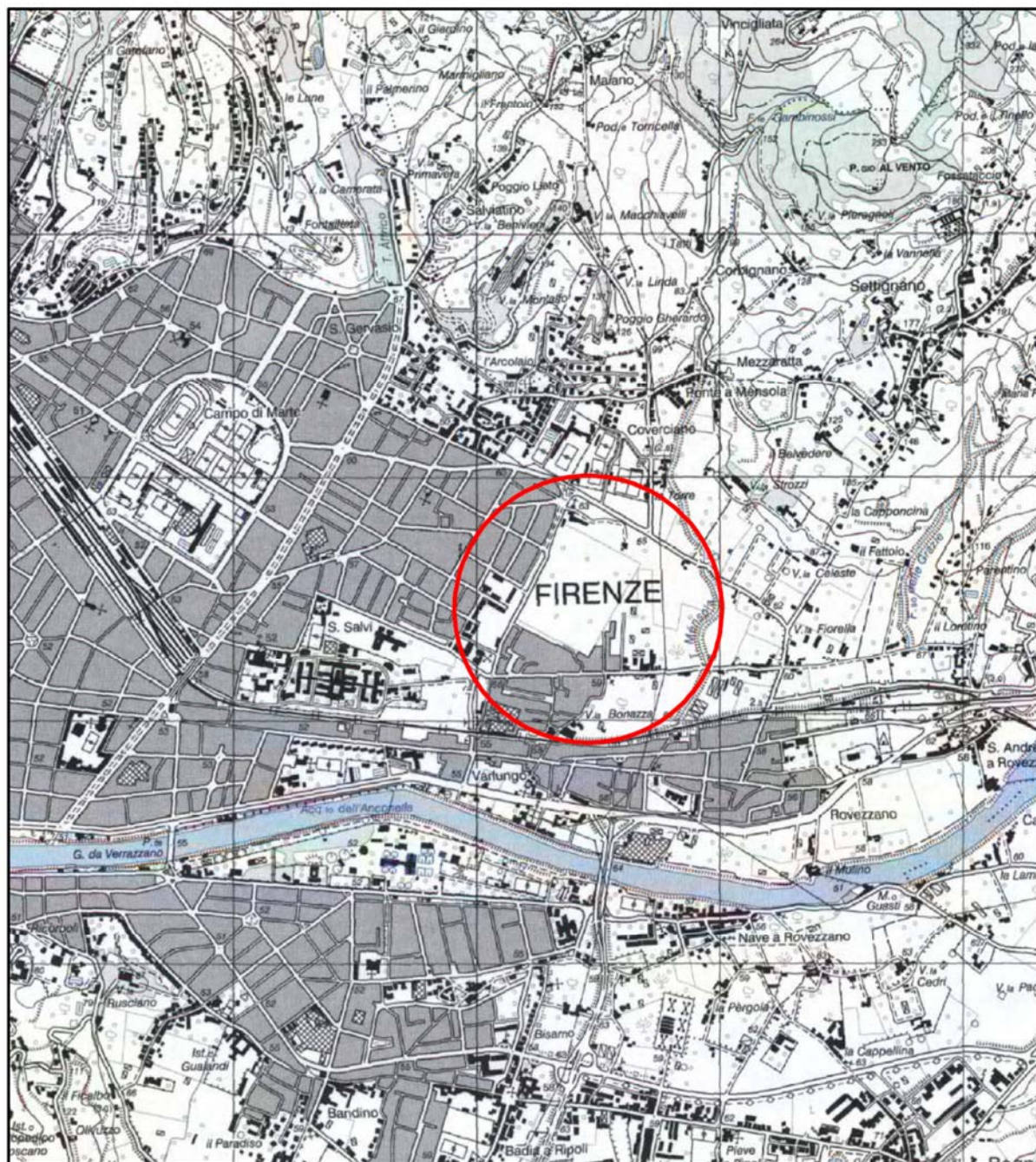
note:

FON049


Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

# TAV.1

## CARTA DI INQUADRAMENTO



### LEGENDA

 Area di interesse

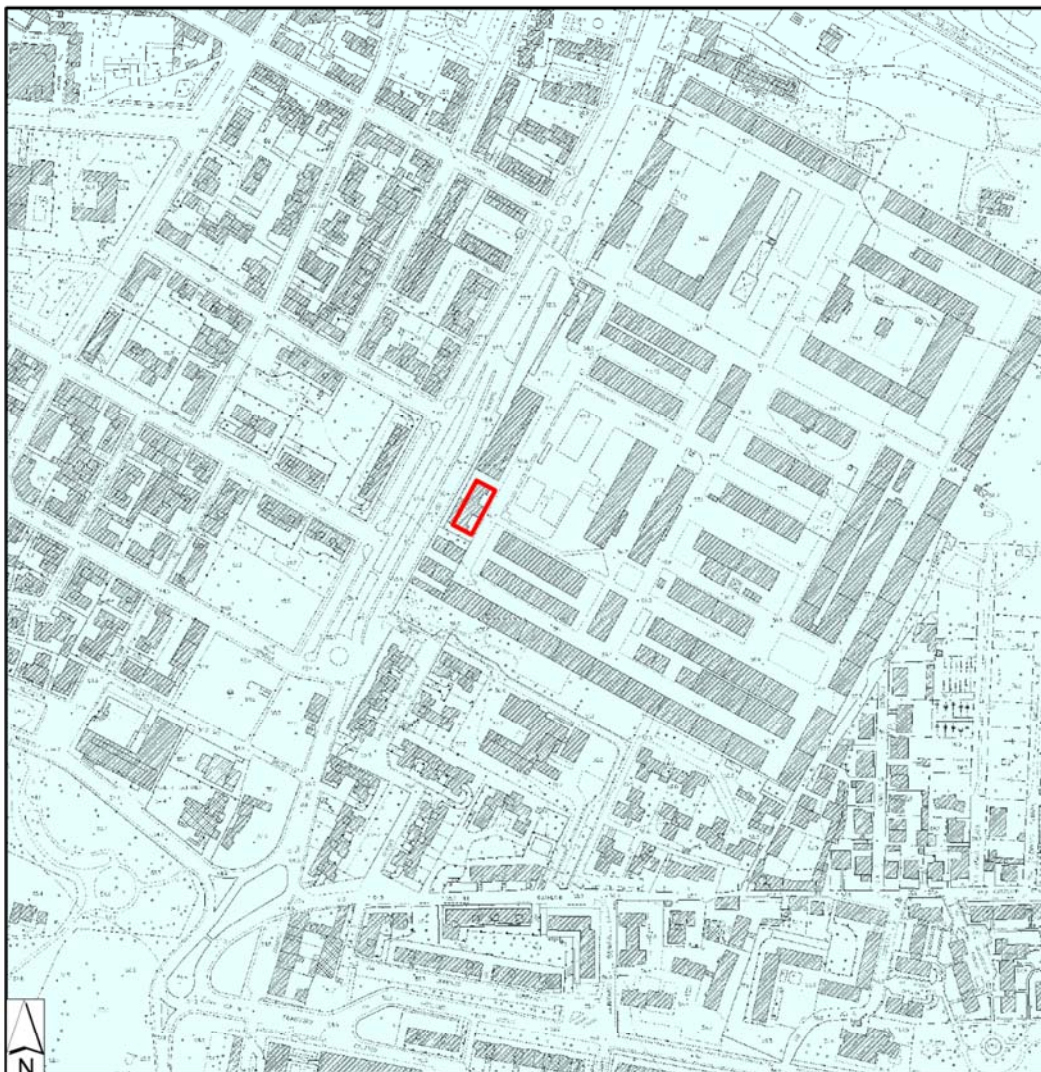
0 500 1,000 2,000 3,000 m

1:25,000



TAV. 2

# CARTA GEOLOGICA GENERALE



## LEGENDA



Area di studio



Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati

0 125 250 500 m

Scala 1:5000

## TAV. 3A

# CARTA DELLE INDAGINI

Comune:	Firenze	Località:	Via del Gignoro - Caserma Perotti
Committenza:	Forze Operative Nord 7° reparto infrastrutture Firenze	Oggetto:	Nuova realizzazione asilo nido

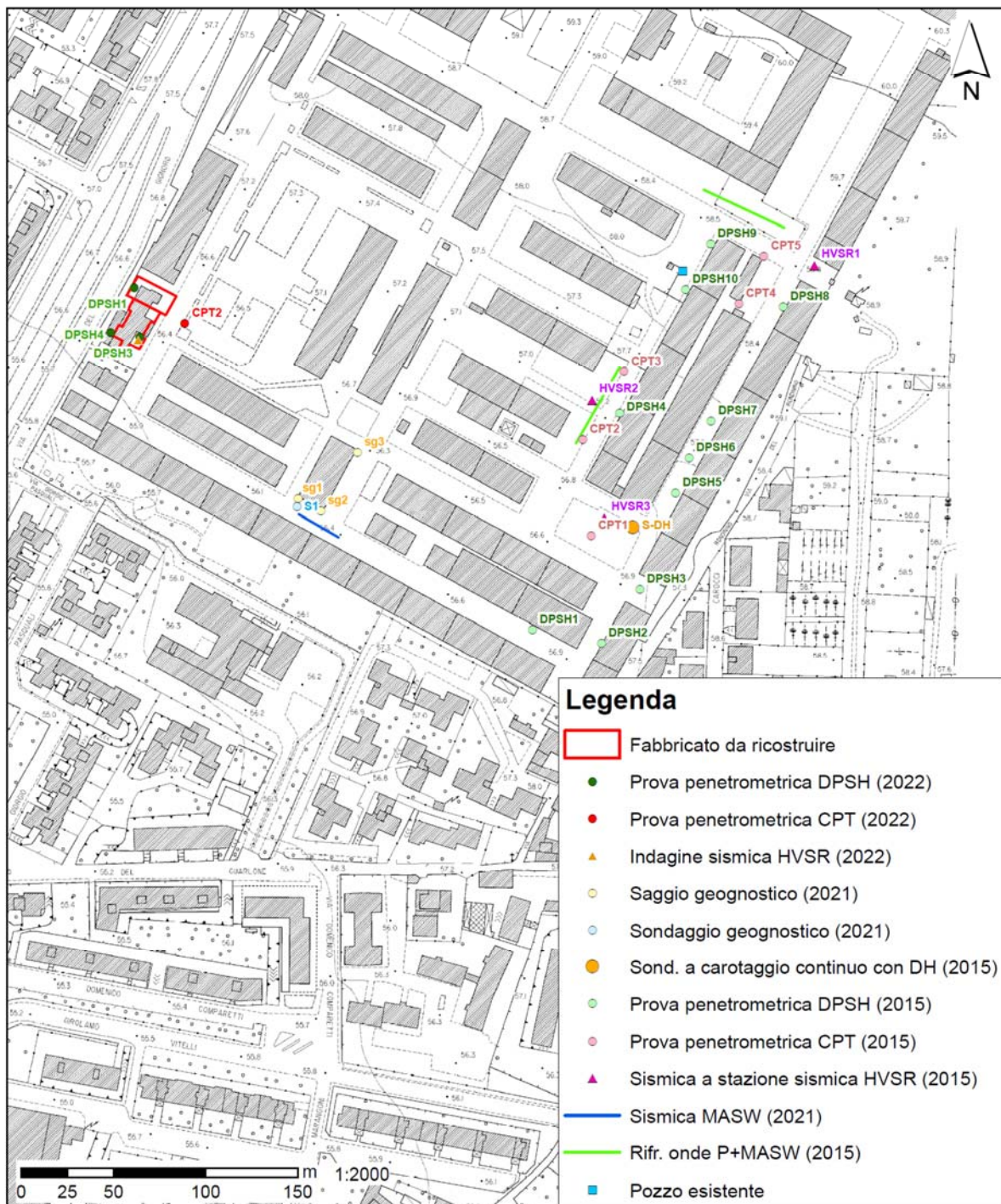




## TAV. 3B

# CARTA DELLE INDAGINI DI BASE

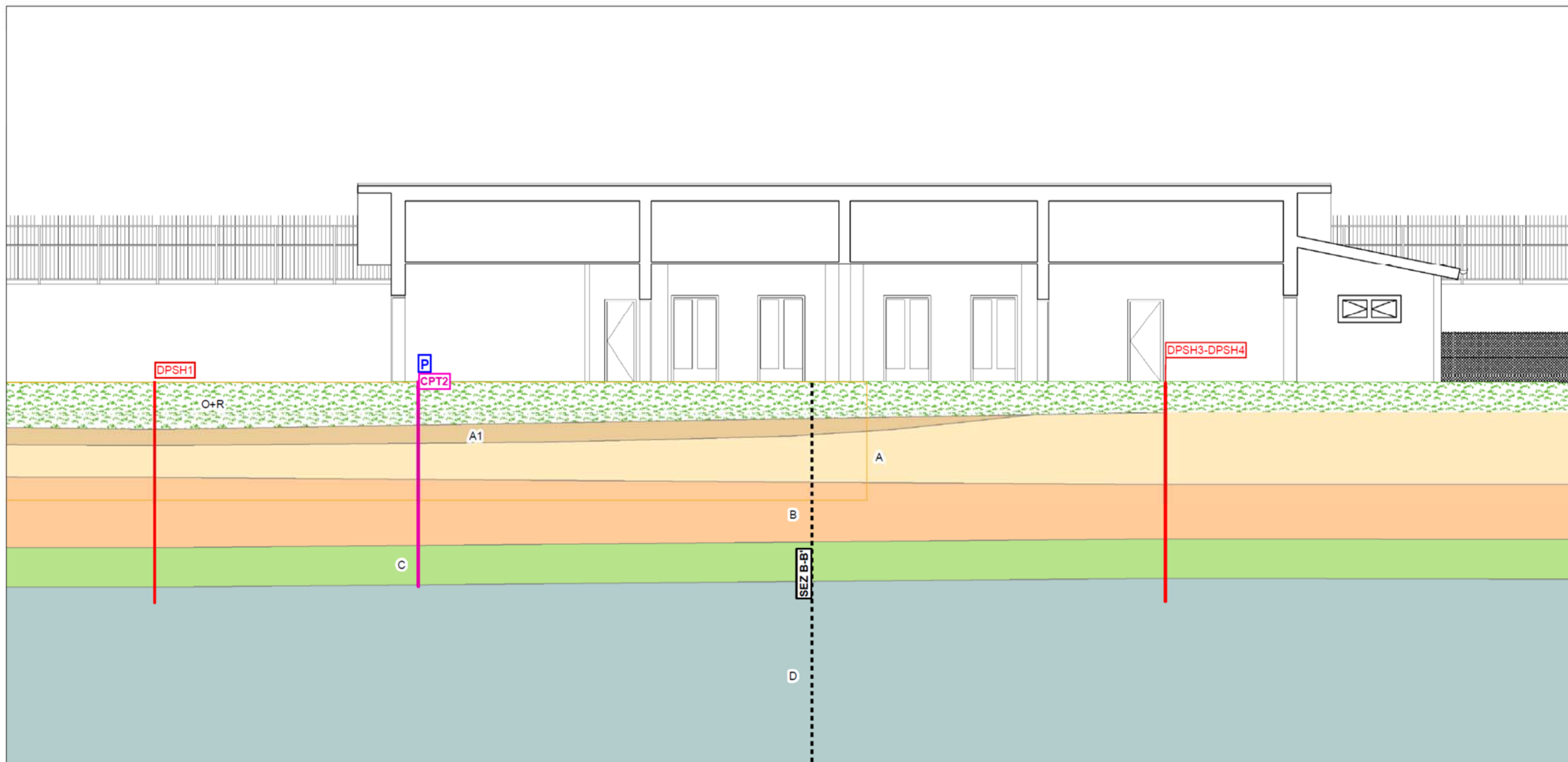
Comune:	Firenze	Località:	Via del Gignoro - Caserma Perotti
Committenza:	Forze Operative Nord 7° reparto infrastrutture Firenze	Oggetto:	Nuova realizzazione asilo nido



# TAV. 4A

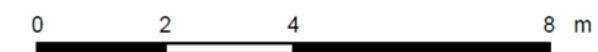
## SEZIONE STRATIGRAFICA SCHEMATICA A-A'

Comune:	Firenze	Località:	Via del Gignoro - Caserma Perotti
Committenza:	Forze Operative Nord 7° reparto infrastrutture Firenze	Oggetto:	Nuova realizzazione asilo nido



### LEGENDA

Vecchio interrato	Prova penetrometrica statica (CPT)	Unità O+R	Unità B
Traccia sezione stratigrafica	Prova penetrometrica dinamica (DPSH)	Unità A	Unità C
Micropiezometro		Unità A1	Unità D

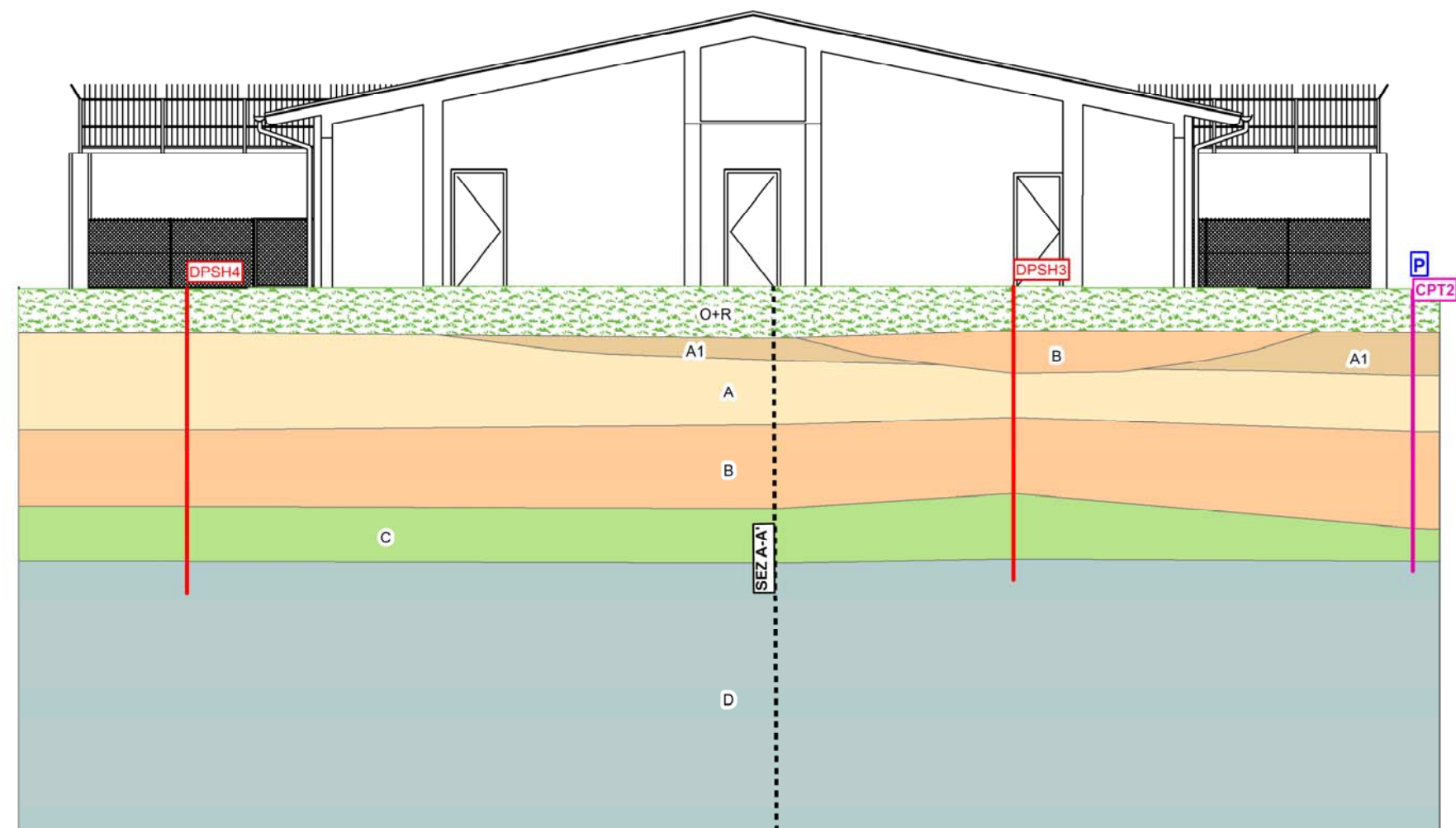


Scala 1:100

# TAV. 4B

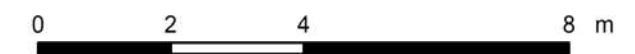
## SEZIONE STRATIGRAFICA SCHEMATICA B-B'

Comune:	Firenze	Località:	Via del Gignoro - Caserma Perotti
Committenza:	Forze Operative Nord 7° reparto infrastrutture Firenze	Oggetto:	Nuova realizzazione asilo nido



### LEGENDA

Vecchio interrato	Prova penetrometrica statica (CPT)	Unità O+R	Unità B
Traccia sezione stratigrafica	Prova penetrometrica dinamica (DPSH)	Unità A	Unità C
Micropiezometro		Unità A1	Unità D



Scala 1:100