

COMUNE DI FIRENZE

DIREZIONE NUOVE INFRASTRUTTURE E MOBILITA'
Servizio Programmazione Mobilità e Piste Ciclabili
P.O. Riqualificazione Spazi Urbani

RIQUALIFICAZIONE DI PIAZZA DELLE CURE

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione Geologica e Geotecnica

Piazza delle Cure

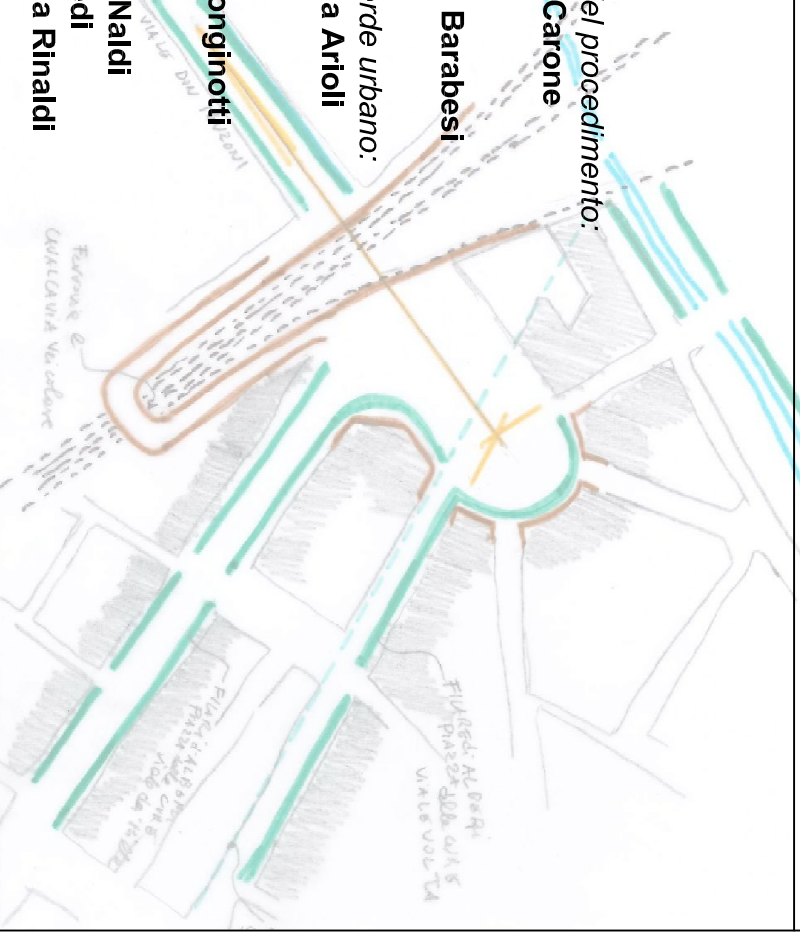
Responsabile del procedimento:
Ing. Giuseppe Carone

Progettisti:
Arch. Maurizio Barabesi

Paesaggio e verde urbano:
Dott.ssa Lorella Artoli

Mobilità:
Ing. Stefano Longinotti

Collaboratori:
Arch. Stefano Naldi
P.E. Matteo Redi
Geom. Vanessa Rinaldi



REV	DATA	DESCRIZIONE
-----	------	-------------

EMMISSIONE	10/10/2017	
------------	------------	--

DOC.12



COMUNE DI FIRENZE

Provincia di Firenze

Progetto:

RIQUALIFICAZIONE DI PIAZZA DELLE CURE

Codice Opera n. 130130



Contenuto:

RELAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA

*ai sensi del Decreto Ministero Infrastrutture 14/01/2008
& circolare 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP*

06 marzo 2017



S.B.C.

geologi associati



Dr. Geol. Francesco Bianchi & Dr. Geol. Fabio Corti

Via XX Settembre, 78 - 50129 Firenze

Tel. 055 2280154

fax 055 0988195

email: sbcgeologiassociati@gmail.com

Indice:

1	INTRODUZIONE	3
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
3	CARATTERI GEOMORFOLOGICI	7
4	CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE GENERALI E LOCALI.....	8
5	PERICOLOSITÀ	9
5.1	PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA.....	10
5.2	PERICOLOSITÀ SISMICA.....	11
5.3	PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	13
6	INTERVENTI PREVISTI E LORO FATTIBILITÀ.....	16
7	INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOTECNICO.....	19
8	SISMICITÀ.....	27
7.1	PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI.....	28
9	CONCLUSIONI	29

Figure:

Figura 1	– Ubicazione geografica su foto aerea (da google Earth).....	4
Figura 2	- Ubicazione geografica su CTR	4
Figura 3	- Carta geologica UNIFI	6
Figura 4	- Carta geologica da PS.....	7
Figura 5	- Carta idrogeologica – isopiezometriche del 2007, 2008, 2010.....	9
Figura 6	- Carta della pericolosità geologica.....	10
Figura 7	- Carta della pericolosità sismica	11
Figura 8	- Carta dei possibili effetti sismici locali	12
Figura 9	- Carta del fattore di amplificazione sismico calcolato	12
Figura 10	– Carta della pericolosità idraulica	14
Figura 11	– Carta della pericolosità idraulica del PGRA (stralcio 267).....	15
Figura 12	– Planimetria demolizioni e parcheggio in progetto	17
Figura 13	– Pianta, sezione e rendering della copertura in progetto	18
Figura 14	– Ubicazione dei sondaggi S1 e S2.....	20
Figura 15	– Stratigrafie dei due sondaggi	21
Figura 16	– Sezione stratigrafica fra i due sondaggi	22
Figura 17	– Risultati delle prove SPT	23
Figura 18	– Elaborazione delle prove SPT	23
Figura 19	– correlazione tra stratigrafia di S1 e grafico Cu.....	24
Figura 20	– Tabelle riassuntive campioni S2c1 ed S2c2	25
Figura 21	– Tabella riassuntiva campione S1c1	26

Allegati:

- 1) Sezione stratigrafica

Normativa di riferimento

- *Decreto Ministeriale 14/01/2008*

Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni

- *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008 – Circolare 2 febbraio 2009 n. 617

- *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*

Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale – allegato al voto n. 36 del 27/07/2007

- *Eurocodice 8 (1998)*

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture – parte 5: fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (2003)

- *Eurocodice 7.1 (1997)*

Progettazione geotecnica – parte I: regole generali – UNI

- *Eurocodice 7.2 (2002)*

Progettazione geotecnica – parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio – UNI

- *Eurocodice 7.3 (2002)*

Progettazione geotecnica – parte II: Progettazione assistita da prove in sito – UNI

- *L.R. 21/03/2000 n. 39 Legge Forestale della Toscana & D.P.G.R. 8/08/2003 n. 48/R*

- *PAI e PGRA*

Autorità di bacino del Fiume Arno

- *DPGR n. 53/R*

- *DPGR 36/R*

- *P.S. e R.U.C. comunale*

1 INTRODUZIONE

La presente relazione viene redatta a sostegno del progetto di riqualificazione di Piazza delle Cure a cura della Direzione Nuove Infrastrutture e Mobilità del Comune di Firenze, Servizio Programmazione Mobilità e Piste Ciclabili – P.O. Riqualificazione Spazi Urbani (Codice Opera n. 130130).

Il breve sintesi il progetto consiste nella demolizione di alcuni edifici al posto dei quali verrà realizzato un parcheggio a raso, demolizione e ricostruzione della copertura del mercato, modifica della viabilità della piazza del verde e dell'arredo urbano.

In particolare la relazione sarà di corredo alla progettazione della nuova copertura del mercato che secondo quanto comunicato dai progettisti sarà classificata come opera ordinaria e quindi costruzione di tipo 2 assegnandogli la Classe d'uso III.

Per la ricostruzione stratigrafica dell'area e la caratterizzazione geomeccanica dei terreni è stata eseguita una apposita campagna geognostica consistita nella esecuzione di due sondaggi a carotaggio continuo, dei quali uno attrezzato per la prova sismica Down Hole, prelievo di campioni di terreno da analizzare in laboratorio geotecnico, prova sismica Down Hole per la determinazione delle Vs30 e conseguentemente della categoria di sottosuolo, acquisizione di rumore sismico per elaborazione HVSR ed analisi della Risposta Sismica Locale.

Le indagini in sito sono state eseguite dalla ditta Igetecma snc nel periodo gennaio-febbraio 2017 (vedi rapporto di prova 68/2017).

Questa relazione pertanto, seguendo i dettami delle normative vigenti, è finalizzata alla costruzione del modello geologico e del modello geotecnico ai sensi del Decreto Ministero Infrastrutture 14/01/2008 e circolare 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP.

Nelle successive figure di ubicazione i cerchi evidenziano gli edifici da demolire e la copertura da demolire e ricostruire.



Figura 1 – Ubicazione geografica su foto aerea (da google Earth)



Estratto CRT scala 1:2.000 fg 119k46

Figura 2 - Ubicazione geografica su CTR

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La città di Firenze sorge nel margine sud di una depressione lacustre (il bacino di Firenze - Prato - Pistoia) che ha una lunghezza di circa 45 Km per una larghezza massima di 10 Km. La depressione è stata colmata da sedimenti lacustri villafranchiani, e da depositi fluviali connessi, che giacciono su formazioni pre-plioceniche affioranti nelle circostanti colline.

I depositi di riempimento del bacino si sono sviluppati con ampi delta e fan-delta clastici sviluppati alla base del sistema di faglie maggiori, mentre minori quantità di sedimenti si sono disposti lateralmente e longitudinalmente al bacino a seguito dell'erosione dei terreni affioranti a tetto a quote più elevate del bacino.

Dal punto di vista sedimentologico i depositi del bacino sono ascrivibili ai seguenti ambienti:

- Supersistema del Lago di Firenze-Prato-Pistoia: lacustri, lacustri-palustri e di fan-delta;
- Supersistema di Firenze: lacustri e di fan-delta;
- Supersistema dell'Arno: fluvio-alluvionale e limno-palustre.

L'area in oggetto è situata al margine Sud del bacino in una zona di affioramento dei terreni appartenenti al Supersistema dell'Arno ("SA5" nella "Carta Geologica" redatta dal Dipartimento di Scienze della Terra della Università di Firenze nell'ambito di una ricerca cofinanziata col Comune di Firenze; "a - alluvioni limoso argillose" nella carta geologica di corredo al P.S.).

I depositi del Supersistema dell'Arno sono caratterizzati da livelli di ciottolami massivi, a stratificazione incrociata, gradanti verso l'alto a sabbie a laminazione incrociata sovrastate da depositi di esondazione costituiti da limi ed argille con diffusa pedogenesi a pseudo-glay, organizzati in cicli sedimentari diversi a seconda della distanza dall'area di immissione nella pianura alluvionale. La deposizione di questi corpi clastici è legata più a fenomeni di accrezione lungo corrente che ad accrezione laterale, il tutto in un ambiente di deposizione tipico di fiumi a bassa sinuosità.

Nella fase iniziale di sviluppo di questi fiumi si ha spostamento laterale dei canali fluviali, con deposizione dei corpi clastici, legata alla migrazione laterale di barre

specie in occasione dei principali eventi alluvionali; successive fasi di innalzamento del livello di base portano allo sviluppo di pianure alluvionali con il fiume che tende a spostarsi sia verticalmente che lateralmente, ulteriori innalzamenti del livello di base portano a decremento della sinuosità e diminuzione della pianura alluvionale; questo tipo di fiumi, che tuttora caratterizza l'Appennino Settentrionale, presenta uno spessore pressoché costante del materasso alluvionale.

Nell'area in oggetto affiorano tali depositi fluvio lacustri ed alluvionali ascrivibili ai depositi torrentizi del T. Mugnone:

Depositi torrentizi - si tratta di depositi d'alveo ghiaioso-ciottolosi, con abbondante matrice limoso-sabbiosa imballati in corpi limosi palustri e/o d'esondazione. La divisione tra i vari torrenti è stata fatta in funzione delle zone di pertinenza dei vari apparati torrentizi.

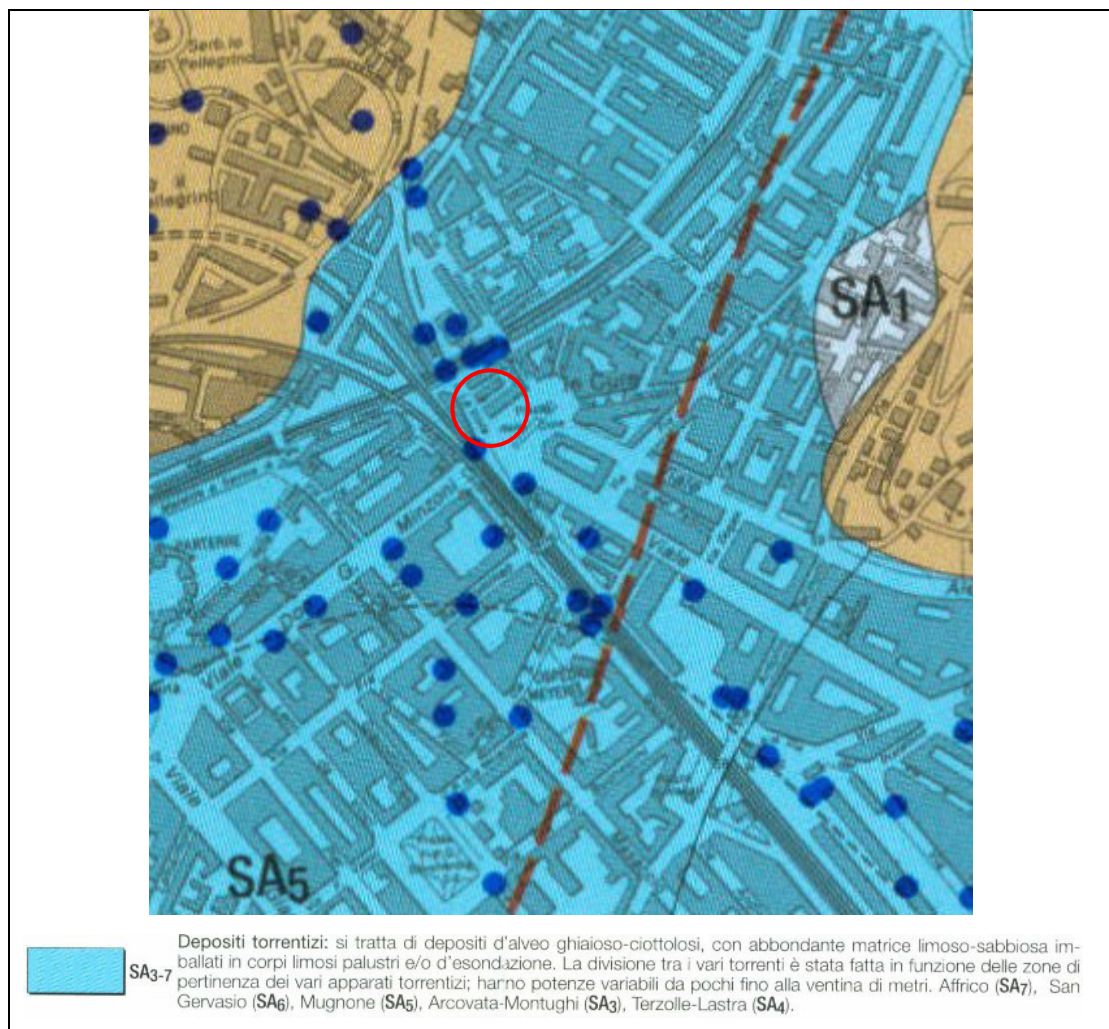


Figura 3 - Carta geologica UNIFI

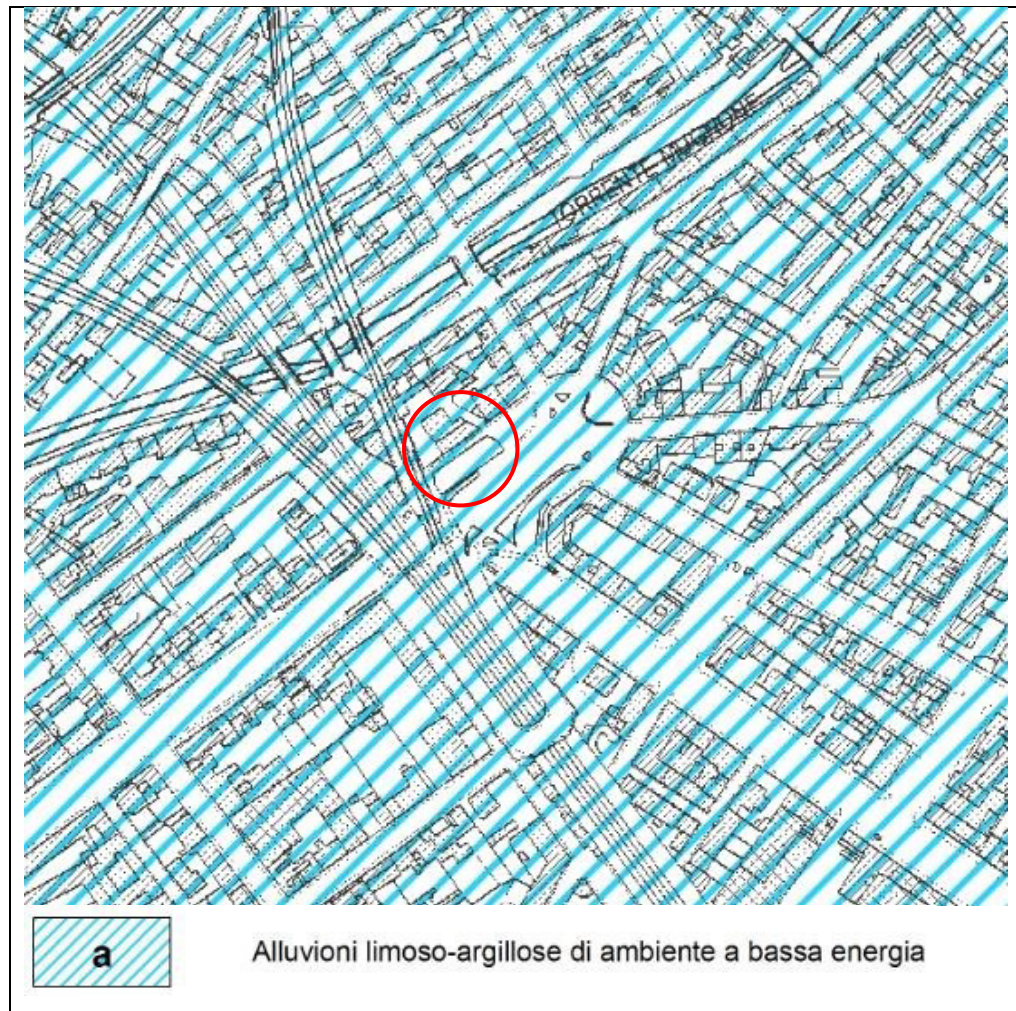


Figura 4 - Carta geologica da PS

3 CARATTERI GEOMORFOLOGICI

La città di Firenze è ubicata nel settore orientale del bacino di Firenze-Prato-Pistoia, individuato come depressione tettonica a partire dal Pliocene Superiore e sede di deposizione fluvio-lacustre a partire dal Villafranchiano. Il bacino, posto ad una quota media di 45 m s.l.m., si sviluppa in direzione NW-SE per una lunghezza di 45 km ed una larghezza massima di circa 10 km. Esso è delimitato a Nord dai Monti della Calvana e da Monte Morello, con altitudine di circa 900 m s.l.m. ed a Sud dal Montalbano con altitudine di oltre 600 m s.l.m.

L'area in oggetto si colloca in zona di pianura ad una quota compresa fra 57,1 e 57,4 m s.l.m. in ambito fortemente urbanizzato nel quale non sono rilevabili fenomeni geomorfologici.

Secondo quanto riportato nelle NTC 2008 all'area di progetto è stata assegnata la categoria topografia T1.

NTC 2008: Tab. 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$
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 $i > 30^\circ$

4 CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE GENERALI E LOCALI

La falda idrica più importante della pianura fiorentina è una falda libera, una tavola d'acqua posta ad una profondità compresa fra 1 e 10 metri di profondità, a seconda delle aree e del periodo stagionale.

In alcune zone marginali della pianura si ha una falda semiconfinata, in quanto il livello piezometrico si colloca in corrispondenza dei limi sabbiosi, talora argillosi di copertura, che hanno le caratteristiche di "acquitardo".

Se lo strato di terreno superficiale è costituito da limi con argille, ossia in presenza di permeabilità molto basse, l'acquifero sottostante va considerato confinato e pertanto si è in presenza di una falda in pressione.

Nelle grandi linee il sistema acquifero in questione può essere ritenuto permeabile per porosità, con orizzonti acquiferi, come detto in precedenza, di tipo "a superficie libera" e/o semi-confinati.

Nell'area in oggetto secondo le risultanze dell'indagine geognostica si ha preponderanza di materiali grossolani in matrice limoso argillosa, quindi con permeabilità per porosità di tipo primario ma ridotta.

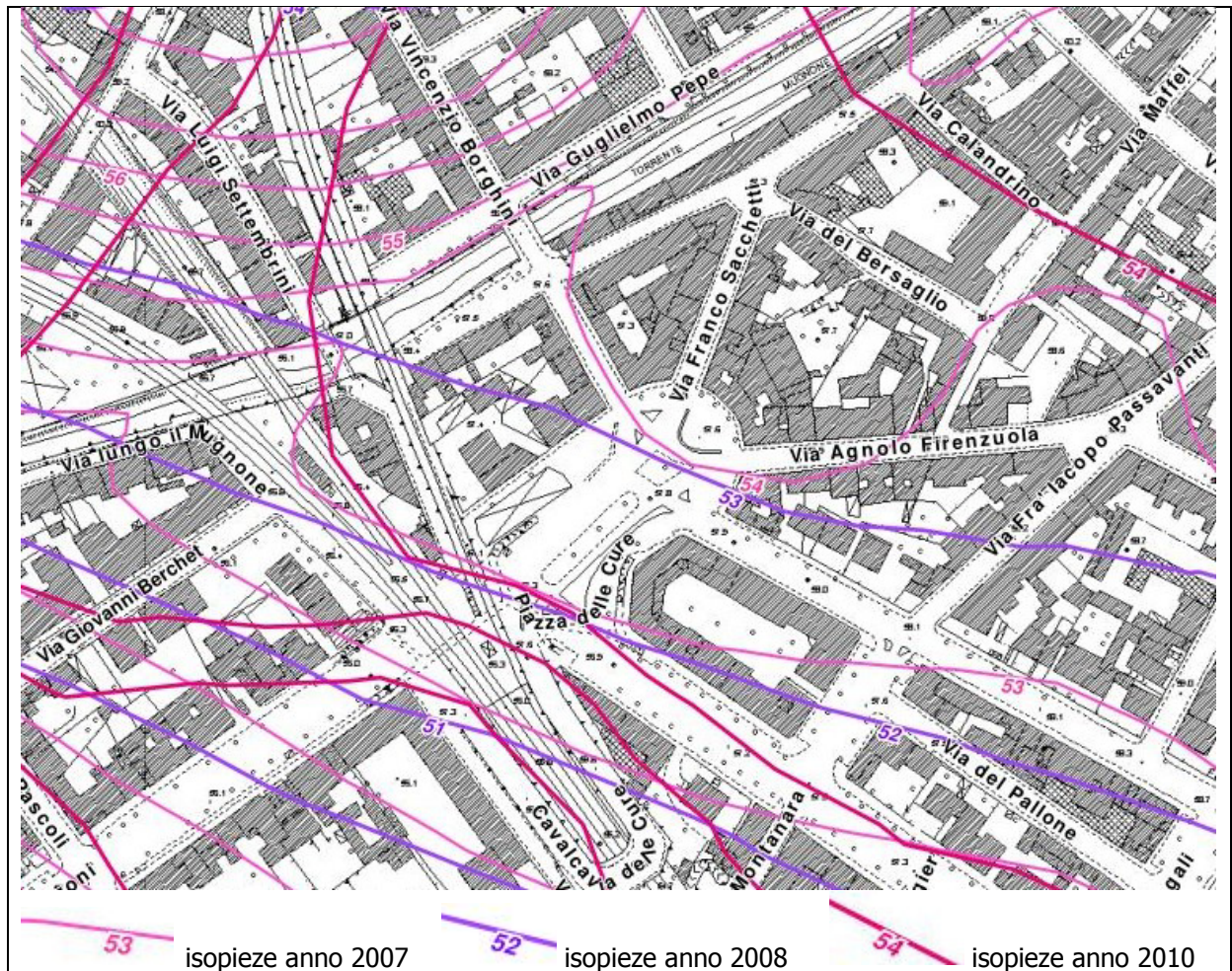


Figura 5 - Carta idrogeologica – isopiezometriche del 2007, 2008, 2010

Dalla carta idrogeologica riportante le curve isopiezometriche per gli anni 2007, 2008 e 2010 la falda risulta avere una soggiacenza di circa 4 metri dal p.c. con direzione di flusso verso Sud-Ovest (da banca dati del sottosuolo del Comune di Firenze).

5 PERICOLOSITÀ

Per quanto riguarda la pericolosità occorre distinguere fra la pericolosità geomorfologica, pericolosità sismica e la pericolosità idraulica. Per la valutazione della pericolosità si è fatto riferimento alla cartografia tematica del P.S. ed alla cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico e Piano di Gestione del Rischio Alluvione dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

5.1 Pericolosità geomorfologica

Come già accennato nel paragrafo sulla geomorfologia, trattandosi di area urbana non sono evidenti fenomeni geomorfologici.

Nella "Carta della Pericolosità geomorfologica" della cartografia tematica di corredo al R.U., variante 2015, l'area è classificata a pericolosità **G2 – pericolosità media** – nella quale sono ascritte "aree di pianura in cui sono presenti litologie afferibili a depositi alluvionali recenti dalle scadenti o modeste caratteristiche geotecniche

Nella cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) sono perimetrate le aree del territorio comunale con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante individuando quattro livelli di pericolosità: trattandosi di area di pianura urbanizzata NON risulta classificata (stralcio 53 a scala 1:25.000).



*Figura 6 - Carta della pericolosità geologica
 (estratto da cartografia RU Variante 2015)*

5.2 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica è un fenomeno naturale di cui non esistono strumenti di controllo e mitigazione. I fattori controllabili sono la vulnerabilità e gli elementi a rischio mediante interventi strutturali (norme edilizie antisismiche) e non strutturali (limitazioni d'uso del territorio), pur con la difficoltà di prevedere le modalità di risposta allo scuotimento delle fondazioni e strutture di un edificio.

Con la carta di pericolosità sismica si tenta di mettere in evidenza il rapporto fra gli effetti dinamici locali e le classi di sismicità.

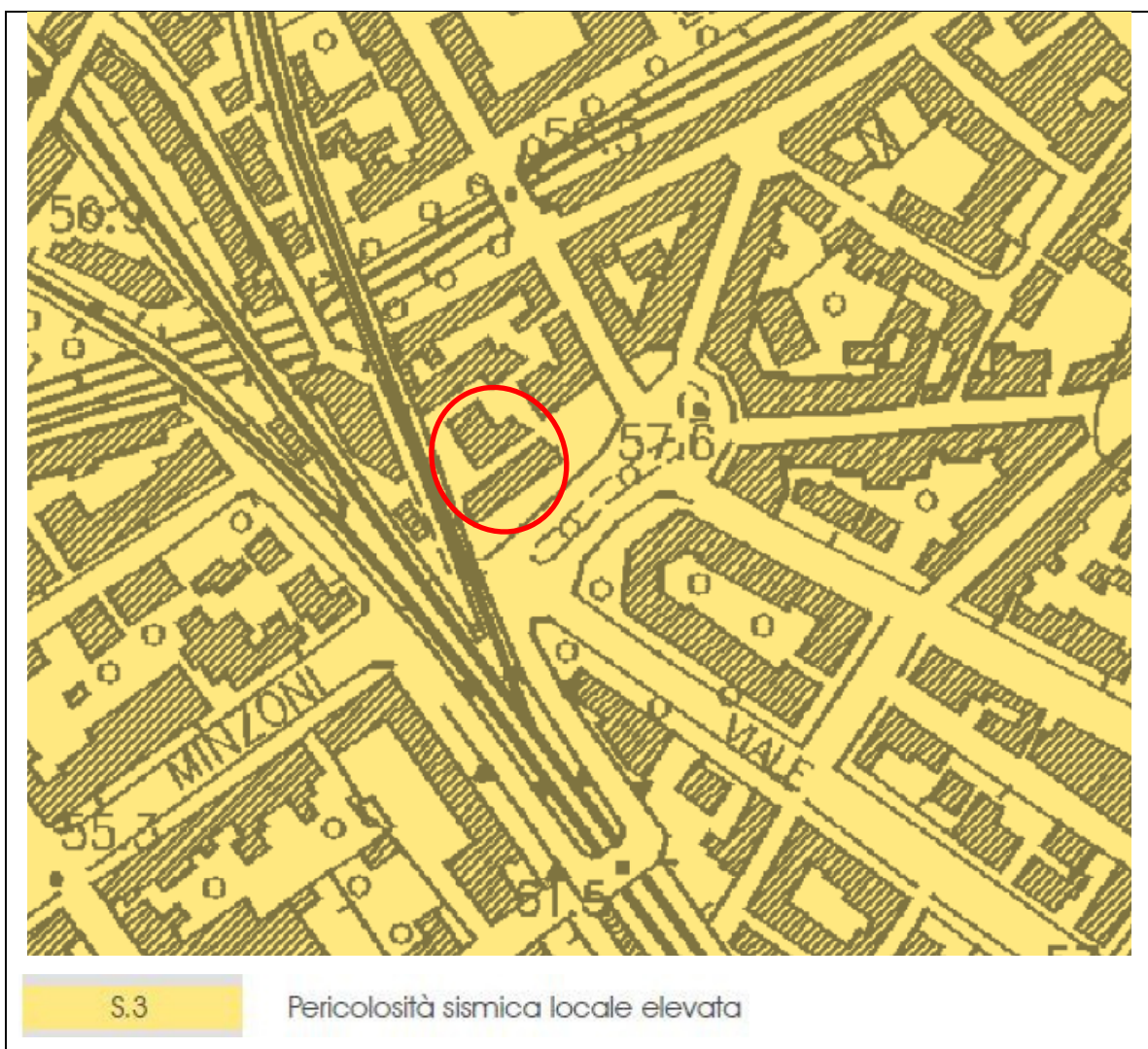


Figura 7 - Carta della pericolosità sismica
(estratto da cartografia Variante al RU 2015)

Sulla base della cartografia del R.U. l'area di progetto ricade nella classe di **pericolosità sismica S3** ovvero localmente elevata.

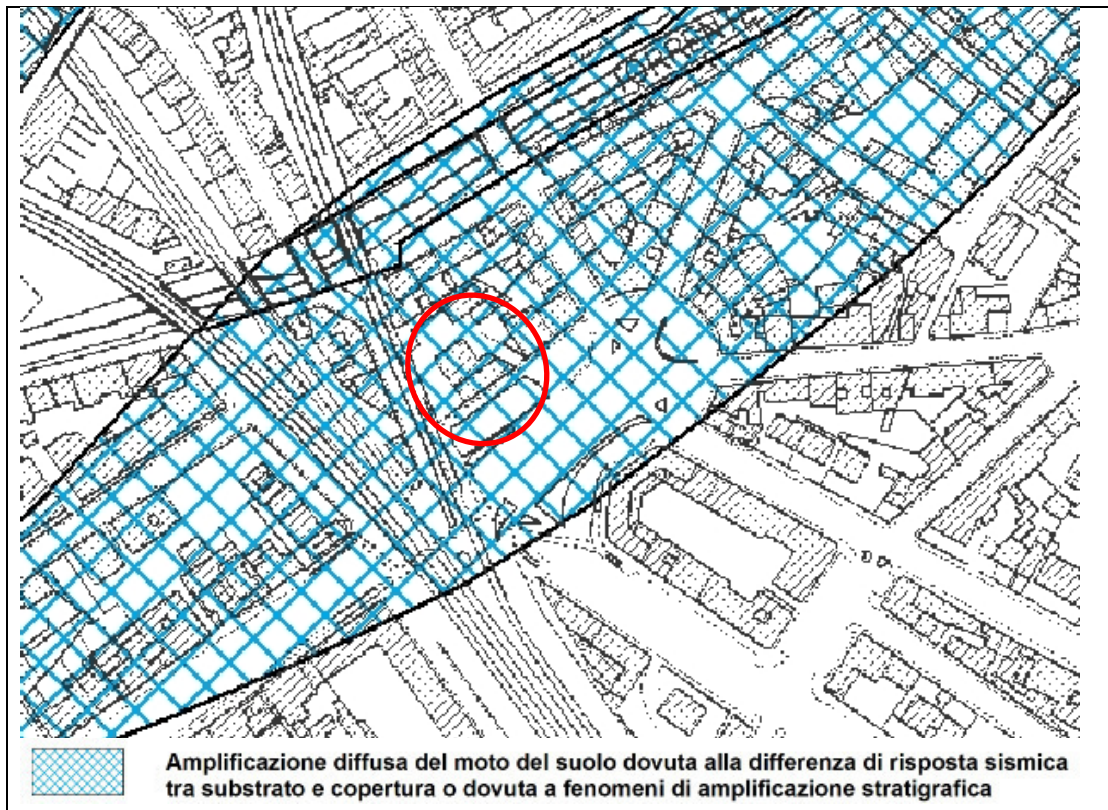


Figura 8 - Carta dei possibili effetti sismici locali
(estratto da "assetto geostrutturale e geolitologico connessi con la sismicità storica e la pericolosità sismica dell'area fiorentina"- UNFI e Comune di Firenze, 2008)



Figura 9 - Carta del fattore di amplificazione sismico calcolato
(estratto da "assetto geostrutturale e geolitologico connessi con la sismicità storica e la pericolosità sismica dell'area fiorentina"- UNFI e Comune di Firenze, 2008)

Le figure riportano i risultati dello studio eseguito dall'Università di Firenze per conto del Comune di Firenze (anno 2008) sull'assetto geostrutturale e geolitologico connessi con la sismicità storica e la pericolosità sismica dell'area fiorentina. Per l'area di progetto la carta dei possibili effetti sismici locali evidenzia la possibilità di una amplificazione sismica per motivi stratigrafici legati probabilmente alla presenza di un vecchio subalveo del T. Mugnone. Per quanto riguarda il fattore di amplificazione nell'area nel citato studio è stato calcolato un fattore di amplificazione compreso fra 1,2 ed 1,3.

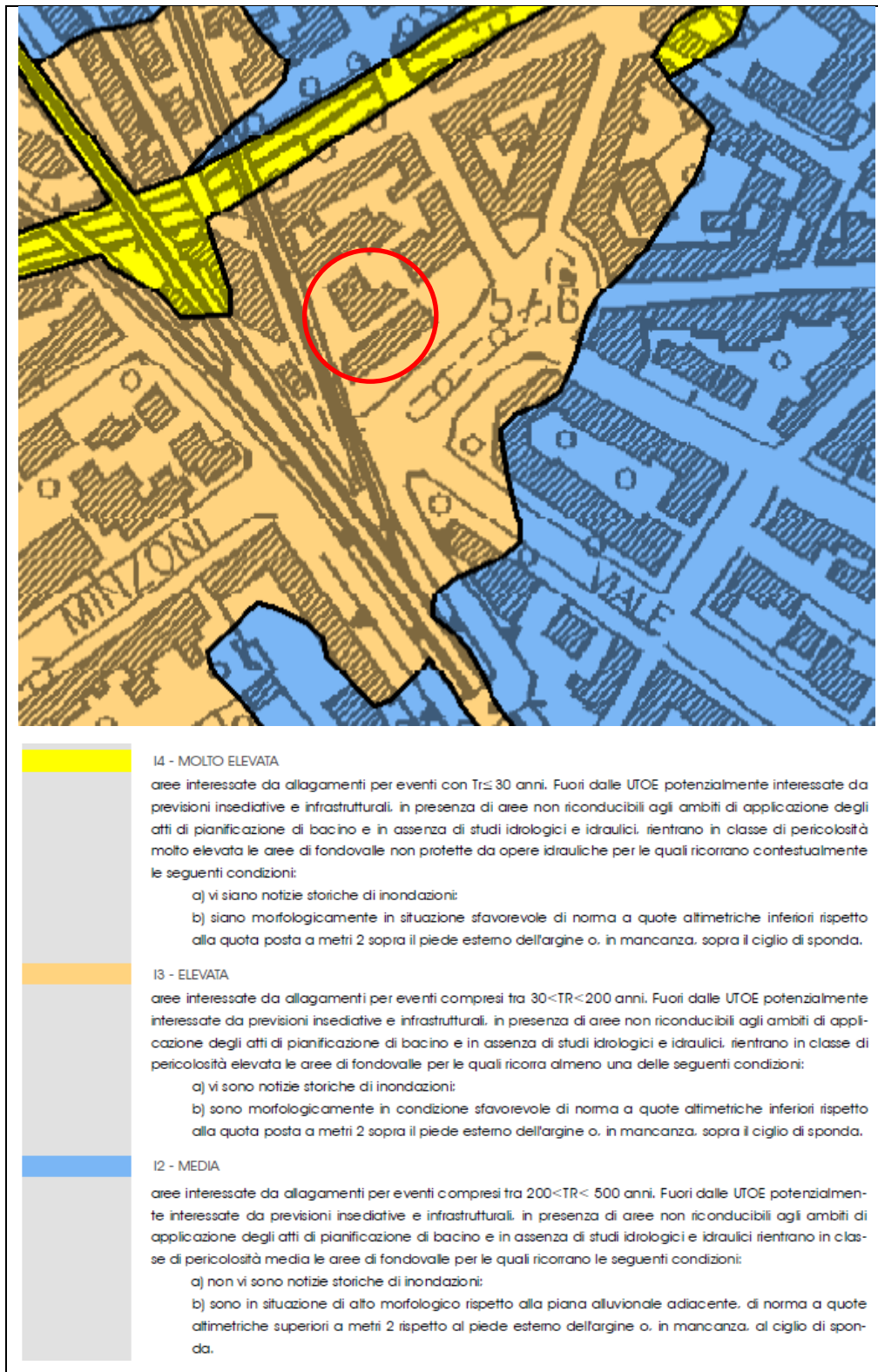
Nell'ambito della campagna geognostica è stata eseguita dalla Ditta Igetecma una campagna geofisica composta da una prova Down Hole con onde P e SH, da 3 misure di rumore a stazione singola HVSR. La prova Down Hole è stata eseguita all'interno del sondaggio S1 spinto fino alla profondità di 30 m. Scopo dell'indagine è stata la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni, l'individuazione delle frequenze di sito, la ricostruzione delle principali geometrie sepolte, il calcolo dei parametri elastico-dinamici e del Vs30 e l'analisi della Risposta Sismica Locale (RLS).

Procedure e risultati della campagna geofisica sono riportati in una specifica relazione di Igetecma alla quale si rimanda (rapporto di prova 68/2017).

5.3 Pericolosità idraulica

Il rischio idraulico per il territorio è la risultante dei fattori naturali ed antropici. In particolare vanno considerati gli effetti dell'evoluzione socio-economica sui corsi d'acqua e i riflessi connessi sull'assetto dei territori montani, collinari e di pianura; delle modifiche nelle pratiche colturali e nelle conduzioni agricole; della scarsa manutenzione delle sistemazioni montane, dei boschi e degli alvei.

Il rischio idraulico da esondazione trae origine dall'eventualità che una determinata area sia invasa dalle acque fuoriuscite da reti di drenaggio naturali e/o artificiali per insufficiente capacità di smaltimento delle portate in transito nella stessa rete, oppure per rotture di opere di contenimento e/o occlusione di tombature e tratti intubati e/o per insufficienze della rete fognaria.



*Figura 10 – Carta della pericolosità idraulica
 (estratto da cartografia Variante al RU 2015)*

Nel DPGR n. 53/R la suddivisione e definizione delle classi di pericolosità idraulica sono riportate all'allegato A punto C.2. Sono individuate 4 classi: I.4 molto elevata, I3

elevata, I2 media, I1 bassa.

Nella Disciplina di Piano del PGRA (Piano di Gestione del Rischio Alluvione), art. 6, le aree con pericolosità idraulica sono rappresentate da tre classi: P3 elevata, P2 media, P1 bassa:

- la pericolosità I2 del DPGR 53/R/2011 corrisponde alla pericolosità P1 del PGRA;
- la pericolosità I3 del DPGR 53/R/2011 corrisponde alla pericolosità P2 del PGRA;
- la pericolosità I4 del DPGR 53/R/2011 corrisponde alla pericolosità P3 del PGRA.

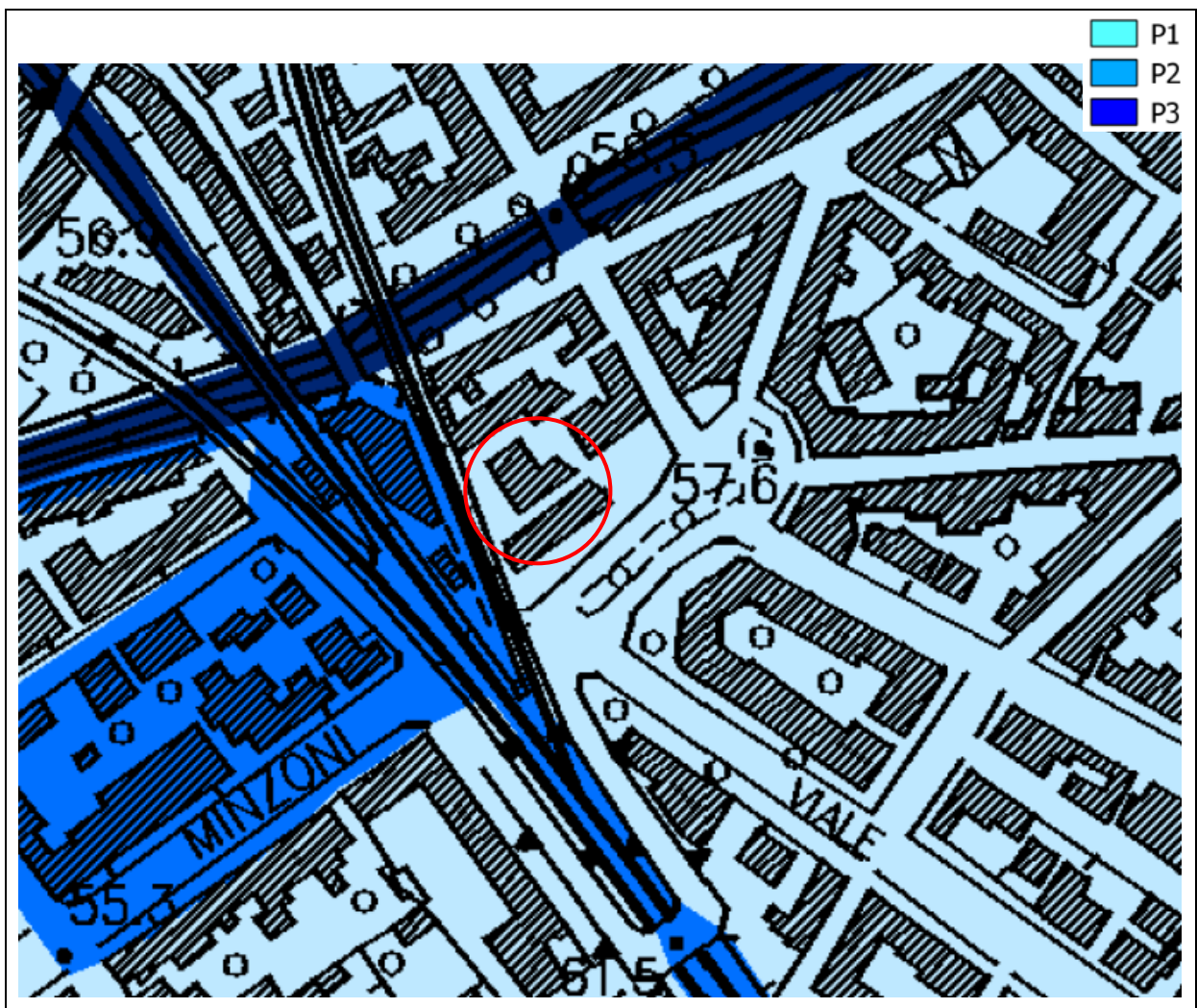


Figura 11 – Carta della pericolosità idraulica del PGRA (stralcio 267)

La cartografia del PGRA assegna all'area in oggetto una pericolosità bassa (P1) nella quale rientrano le aree inondabili per eventi con tempo di ritorno maggiore di 200 anni. Per il PGRA in queste aree sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici garantendo il rispetto delle condizioni di mitigazione e gestione del rischio

idraulico.

E' evidente la discrepanza fra le pericolosità assegnate all'area di interesse nelle due cartografie: I3 nel RU e P1 nel PGRA. Nell'area de Le Cure è stato eseguito recentemente un nuovo studio idraulico, nell'ambito dell'adeguamento del T. Mugnone, le cui risultanze sono state discusse e approvate in sede di conferenza dei servizi nella seduta del 24 gennaio 2017 "Adeguamento degli strumenti urbanistici al Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)".

Tale discrepanza pertanto deriva dai diversi tempi di accoglimento delle nuove perimetrazioni ed aggiornamento della relativa cartografia. Si ritiene che debba far fede la nuova perimetrazione del PGRA approvata in sede di Conferenza dei Servizi che classifica tutta l'area di progetto a pericolosità idraulica P1, corrispondente ad una I2 per il DPGR 53/R/2011 e quindi per il R.U.

6 INTERVENTI PREVISTI E LORO FATTIBILITÀ

Come già accennato in premessa per la riqualificazione di Piazza delle Cure si prevedono una serie di interventi:

Lotto A - demolizione di edifici esistenti (area ex Acquedotto) e realizzazione di parcheggio a raso;

Lotto B – ricollocazione nella piazza dei banchi del mercato dei "generi vari";

Lotto C – demolizione e ricostruzione della copertura del mercato delle erbe;

Lotto D – riorganizzazione aree spazi per parcheggio e rifacimento pavimentazioni dei marciapiedi ed aree pedonali;

Lotto E – razionalizzazione viabilità.

Tra gli interventi elencati quello che ha rilevanza dal punto di vista geologico/geotecnico è la demolizione della copertura del mercato e la sua sostituzione con una copertura nuova, di maggiore ampiezza.

Nelle matrici di fattibilità delle NTA del R.U. agli interventi quali parcheggi, strade, piazze e verde pubblico non viene assegnata una fattibilità. Gli interventi elencati nei Lotti A, B, D ed E del progetto sono fattibili senza particolari prescrizioni ai sensi del Capo II artt. 73-76 delle NTA del R.U. e dell'art. 11 della Disciplina di Piano del PGRA.



Figura 12 – Planimetria demolizioni e parcheggio in progetto

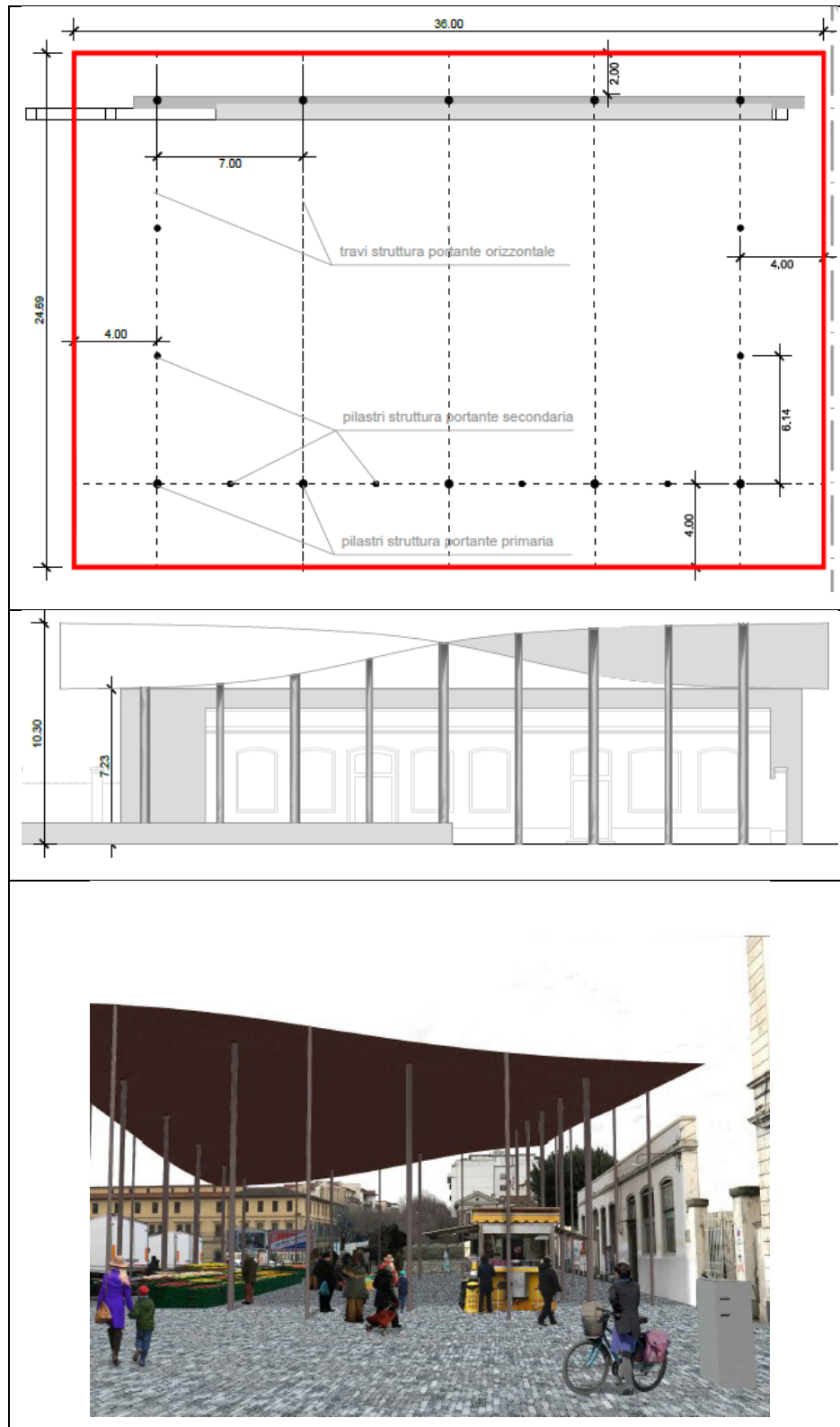


Figura 13 – Pianta, sezione e rendering della copertura in progetto

Dal punto di vista della fattibilità la verifica verrà fatta soltanto per la costruzione della nuova copertura del mercato delle erbe facendo riferimento alle matrici di fattibilità di cui alle NTA del RU Vol.1 del 2015 per un intervento di ristrutturazione

edilizia con demolizione e ricostruzione.

Per questa verifica per la pericolosità idraulica verrà considerata la nuova perimetrazione del PGRA che, come detto in precedenza, assegna una pericolosità P1 corrispondente ad una I2 per il R.U.

	Pericolosità		
	geologica	idraulica	sismica
	2	2	3
FATTIBILITA' per ristrutturazione edilizia anche con demolizione e ricostruzione	II	II	III

La fattibilità per gli interventi diretti fornisce indicazioni necessarie agli studi da eseguirsi per le risoluzioni di eventuali problematiche di ordine geologico, idraulico o sismico che emergano. Nel caso in oggetto per la demolizione e ricostruzione della copertura del mercato delle erbe (Lotto C del progetto) non risultano esservi particolari problematiche né prescrizioni sia per quanto riportato alle NTA del R.U., sia per quanto concerne la Disciplina di Piano del PGRA. Considerate le limitazioni logistiche dovute al fatto di trovarsi in area fortemente urbanizzata, è stato condotto uno studio geognostico e sismico ai sensi della normativa (DPGR 36/R) e delle NTA del R.U., art. 74 comma 4 per la fattibilità geologica ed art. 76 comma 3 per la fattibilità sismica.

7 INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOTECNICO

L'area in oggetto, ubicata in Piazza delle Cure, è caratterizzata dalla presenza di terreni appartenenti ai depositi fluvio lacustri ed alluvionali ascrivibili al T. Mugnone.

E' stata condotta una indagine geognostica comprendente la perforazione di n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, uno spinto fino alla profondità di 30 metri ed uno fino alla profondità di 15 metri. Nel sondaggio di 30 metri, come detto in precedenza, è stata eseguita una prova sismica down hole per la determinazione delle Vs30 e conseguentemente della categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC 2008.

Sono inoltre state eseguite delle prove di rumore sismico ed una analisi della risposta

sismica locale. Si rimanda all'apposito allegato per i dettagli riguardo alle metodologie di esecuzione e risultati.



Figura 14 – Ubicazione dei sondaggi S1 e S2

Le ubicazioni dei sondaggi sono state obbligate dalla presenza dei numerosi sottoservizi nella piazza e nelle aree limitrofe; i sondaggi sono stati realizzati nelle posizioni più vicine possibile alla copertura del mercato.

La stratigrafia dei sondaggi ha evidenziato lungo la verticale investigata una preponderanza di ghiaie in matrice limoso argillosa con presenza di orizzonti di materiale più francamente limoso argilloso con abbondanza di inclusi litici e con trovanti prevalentemente calcarei di dimensioni decimetriche. Data la non corrispondenza tra gli orizzonti limoso argillosi tra i due sondaggi, questi possono essere interpretati come lenti immerse nel più spesso orizzonte ghiaioso.

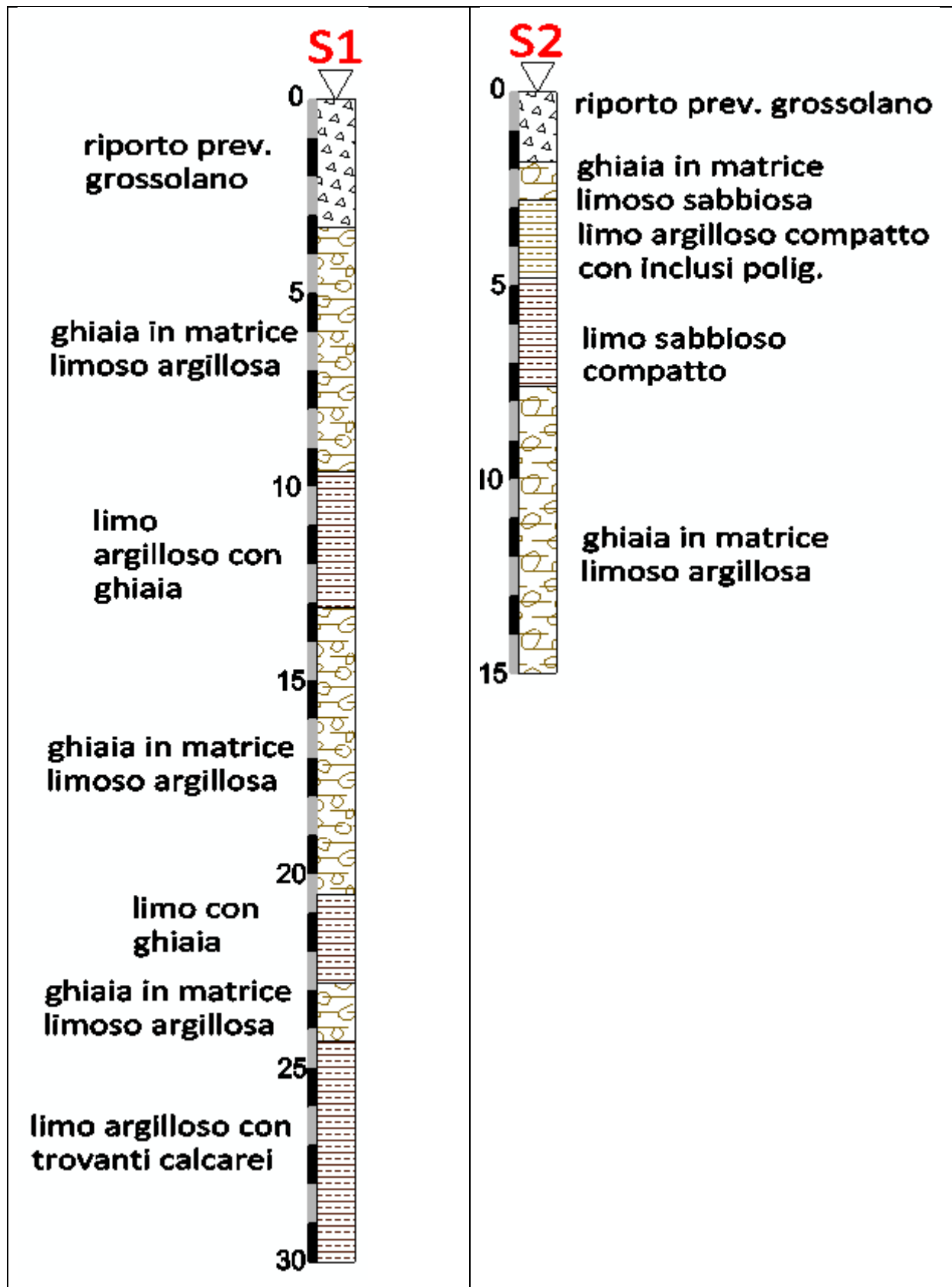


Figura 15 – Stratigrafie dei due sondaggi

Il piano campagna nel punto del sondaggio S2 risulta ad una quota più bassa di circa 40 cm rispetto alla quota del p.c. dell'S1.

La stratigrafia ha condizionato i punti di prelievo dei campioni di terreno da analizzare in laboratorio geotecnico, nella figura successiva viene riportata una sezione stratigrafica interpretativa.

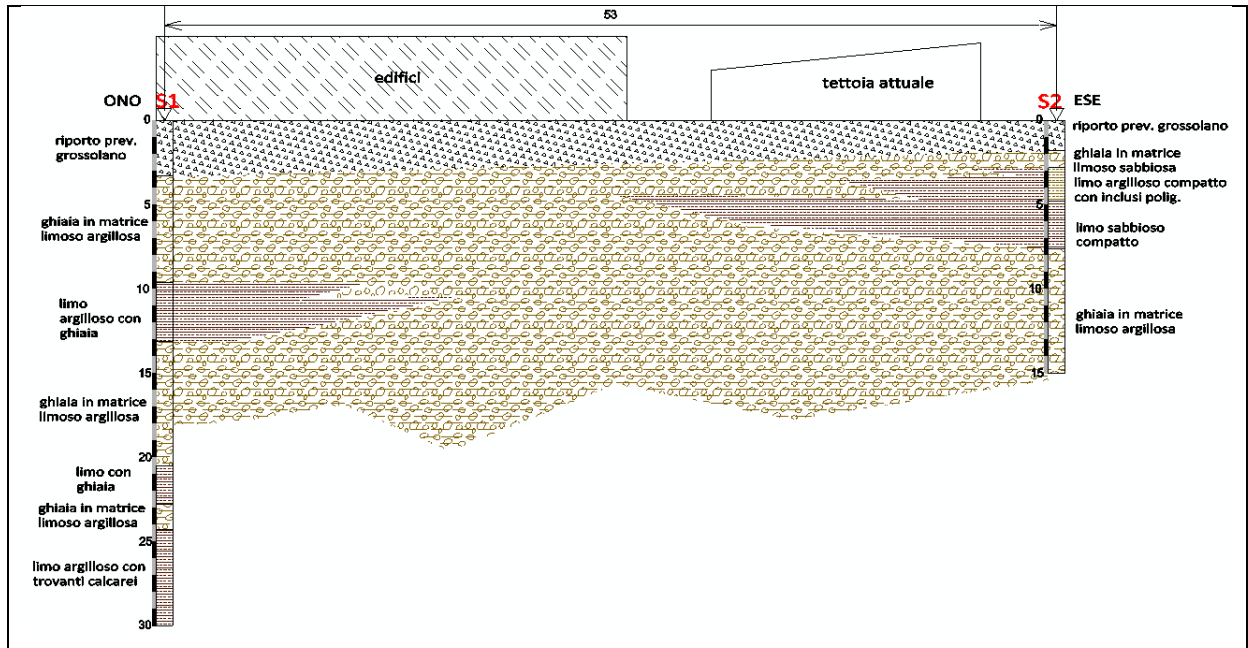


Figura 16 – Sezione stratigrafica fra i due sondaggi

Nei sondaggi sono stati presi tre campioni di terreno ed eseguite le seguenti prove in avanzamento:

Sondaggio S1 (profondità 30 metri):

campione di terreno S1C1 (10,5-11,0 m)

SPT1 4,0 m; SPT2 7,5 m; SPT3 16,5 m

Prove con scissometro tra 11 e 30 metri

Sondaggio S2 (profondità 15 metri):

campione di terreno S2C1 (4,0-4,5 m)

campione di terreno S2C2 (5,1-5,6 m)

SPT1 2,0 m; SPT2 5,0 m; SPT3 15 m

Prove SPT

Come già accennato sono state eseguite 6 prove SPT nei due fori dei sondaggi: le prove sono state elaborate con le più comuni formule.

Le prove sono state eseguite negli orizzonti di ghiaie cercando per quanto possibile di spaziarle nella verticale fra i due sondaggi.

La seguente tabella riporta i risultati delle prove SPT disposte per profondità:

sondaggio	prova	Profondità (m)	colpi (N ₁₅)
S2	SPT1	2,0	12/21/29
S1	SPT1	4,0	23/22/26
S2	SPT2	5,0	10/12/12
S1	SPT2	7,5	12/16/20
S2	SPT3	15,0	19/20/24
S1	SPT3	16,5	21/27/33

Figura 17 – Risultati delle prove SPT

SONDAGGIO S1				SONDAGGIO S2			
	SPT1	SPT2	SPT3		SPT1	SPT2	SPT3
quota dal p.c. (m)	4,00	7,50	16,50	quota dal p.c. (m)	2,00	5,00	15,00
falda	No	Si	Si	falda	No	Si	Si
Nspt	48	36	60	Nspt	50	24	44
ANGOLO ATTRITO (°)				ANGOLO ATTRITO (°)			
R.B.S.	41,3	34,6	38,7	R.B.S.	41,0	31,9	36,0
J.N.R.	40,9	34,7	38,3	J.N.R.	40,5	32,7	35,9
De Mello	33,2	30,8	32,0	De Mello	33,3	29,8	31,1
Owasaki & Iwasaki	45,4	37,6	42,4	Owasaki & Iwasaki	45,0	34,5	39,3
Sowers	40,9	35,1	38,5	Sowers	40,6	33,3	36,3
Peck Hanson & Thornburn	40,1	34,3	37,7	Peck Hanson & Thornburn	39,8	32,5	35,5
Meyerhof	37,2	34,3	36,6	Meyerhof	37,2	32,4	35,3
Hatanaka & Uchida	46,7	39,8	44,0	Hatanaka & Uchida	46,3	37,1	41,3
Wolff	39,8	34,4	37,6	Wolff	39,5	32,6	35,5
DENSITA' RELATIVA (%)				DENSITA' RELATIVA (%)			
Gibbs & Holtz	108	75	68	Gibbs & Holtz	118	74	64
Meyerhof	117	78	78	Meyerhof	134	72	71
Schultze & Menzebach	113	78	80	Schultze & Menzebach	134	72	73
Bazaraa	75	54	59	Bazaraa	92	48	53
MODULO ELASTICO [Young] (MPa)				MODULO ELASTICO [Young] (MPa)			
Tomaghi <i>et al</i>	47,6	35,3	42,9	Tomaghi <i>et al</i>	47,0	30,5	38,0
Jambu	110,1	72,4	118,1	Jambu	77,9	64,1	113,7
Jamiolkowski <i>et al</i> [E25]	79,2	70,0	90,0	Jamiolkowski <i>et al</i> [E25]	77,2	52,2	70,8
MODULO DI TAGLIO (MPa)				MODULO DI TAGLIO (MPa)			
Ohta & Goto	77,2	80,9	126,3	Ohta & Goto	58,0	62,2	112,0
Yoshida e Motonori	139,5	123,6	186,9	Yoshida e Motonori	113,4	95,3	161,4
MODULO EDOMETRICO (MPa)				MODULO EDOMETRICO (MPa)			
Farrent	32,1	17,7	26,1	Farrent	31,3	13,2	20,5
Menzebach & Malcev	57,3	33,3	47,2	Menzebach & Malcev	55,9	25,8	38,0

Figura 18 – Elaborazione delle prove SPT

SCISSOMETRO (Vane Test)

Nel sondaggio S1 nella porzione più profonda di foro, non interessata dalle prove SPT e dal prelievo campioni, sono state eseguite delle prove scissometriche sulle carote utilizzando uno scissometro portatile. Con tale prove si ricavano direttamente i valori di coesione non drenata (Cu). Trattandosi di una prova speditiva i risultati vanno utilizzati in maniera cautelativa, servono più che altro per ottenere l'ordine di grandezza del parametro Cu ed il suo andamento nell'orizzonte investigato. Si riporta la correlazione fra il grafico dei valori di Cu ottenuto con i dati delle prove scissometriche e la stratigrafia del sondaggio S1 nella porzione interessata dalle prove (da 11 a 30 metri di profondità).

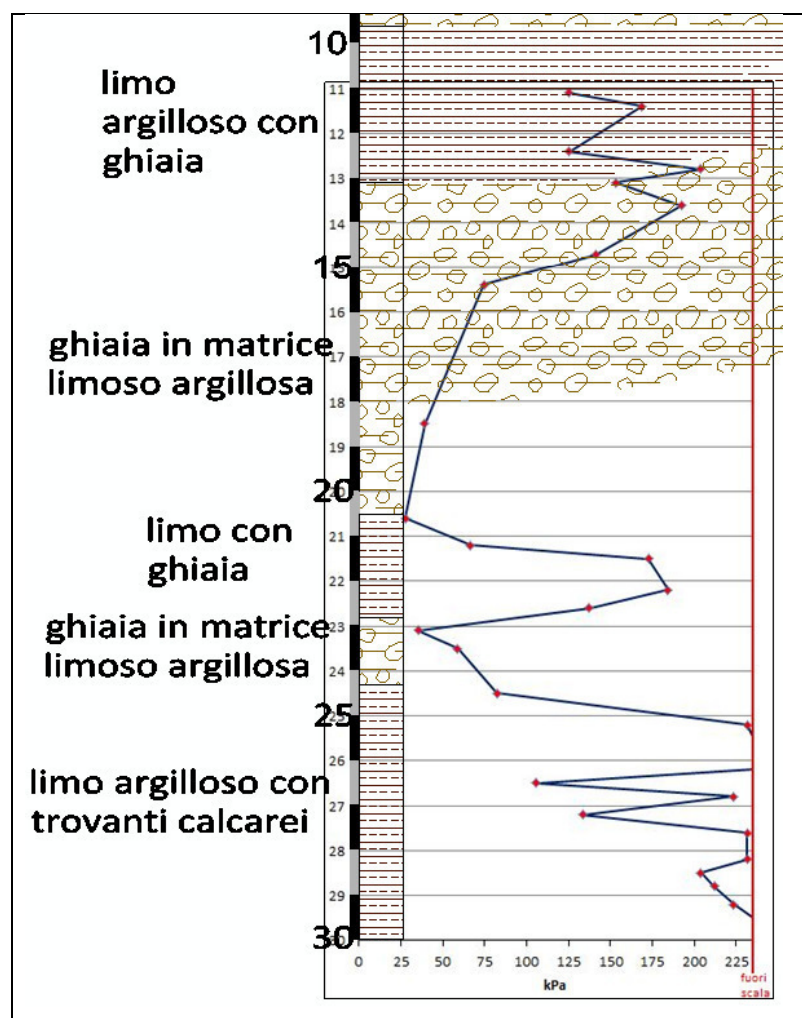


Figura 19 – correlazione tra stratigrafia di S1 e grafico Cu

Con la configurazione utilizzata (alette piccole) lo strumento ha un fuori scala a 24 t/m² pari a 235,4 kPa (linea rossa nel grafico).

Da grafico si nota come i valori di Cu misurati corrispondano perfettamente alla

litologia incontrata, si ha un forte aumento in corrispondenza dei livelli limoso argillosi ed una diminuzione nei livelli più ghiaiosi. Nelle ghiaie il valore può fornire informazioni sulla quantità e/o qualità della matrice, ad un maggior valore di C_u corrisponde una maggiore quantità di matrice fine oppure una maggiore percentuale di argilla della matrice.

CAMPIONI ANALIZZATI IN LABORATORIO

Come già accennato sono stati prelevati 3 campioni di terreno, uno dal sondaggio S1 (S1C1: 10,5-11,0 m) e 2 dal sondaggio S2 (S2C1: 4,0-4,5 m; S2C2 5,1-5,6 m).

I campioni sono rappresentativi degli orizzonti limoso argillosi. I risultati della caratterizzazione geomeccanica sono riportati nell'apposito allegato e sinteticamente nelle sottostanti tabelle.

CAMPIONE	S2C1	CAMPIONE	S2C2
Profondità metri	4,5 - 5,0	Profondità metri	5,1 - 5,5
Limiti di Atterberg		Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	18,63	Umidità naturale (%)	22,95
Limite liquido (%)	50,3	Limite liquido (%)	58,1
Limite plastico (%)	22,3	Limite plastico (%)	20,7
Indice di plasticità (%)	28,0	Indice di plasticità (%)	37,4
Indice di consistenza	1,13	Indice di consistenza	0,94
Indice di attività	0,70	Indice di attività	0,91
Classificaz. Casagrande	CH	Classificaz. Casagrande	CH
Granulometria		Granulometria	
Ghiaia (%)	43,9	Ghiaia (%)	0,2
Sabbia (%)	22,0	Sabbia (%)	13,4
Limo (%)	17,0	Limo (%)	46,0
Argilla (%)	17,1	Argilla (%)	40,4
Classificazione UNI 10006		Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A2-7	Gruppo	A7-6
Indice di gruppo	3	Indice di gruppo	20
Parametri fisici		Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	19,9	Peso volume naturale (kN/m ³)	19,8
Peso volume secco (kN/m ³)	16,3	Peso volume secco (kN/m ³)	16,2
Prova Espansione Laterale Libera		Prova Espansione Laterale Libera	
Coesione non drenata, C_u (kPa)	108,9	Coesione non drenata, C_u (kPa)	168,5
Modulo elastico tangente iniziale, E_{11} (kPa)	13766	Modulo elastico tangente iniziale, E_{11} (kPa)	15510
Prova edometrica		Prova di taglio	
Rapporto di ricompressione, R_r	0,02247	Coesione, C' (kPa)	20,7
Rapporto di compressione, R_c	0,11908	Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	22,5
Rapporto di rigonfiamento, R_s	0,04766		
Pressione di preconsolidazione, σ'_{vm} (kPa)	318,6		
Coefficiente di consolidazione verticale, C_v (cm ² /sec)	1,76E-04		
Permeabilità, K (cm/sec)	1,14E-09		
Coefficiente di consolidazione verticale, C_v (cm ² /sec)	1,23E-04		
Permeabilità, K (cm/sec)	9,3E-10		
Prova di taglio			
Coesione, C' (kPa)	25,2		
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	21,0		

Figura 20 – Tabelle riassuntive campioni S2c1 ed S2c2

CAMPIONE	S1C1
Profondità metri	10,5 - 11,0
Limiti di Atterberg	
Umidità naturale (%)	23,54
Limite liquido (%)	61,4
Limite plastico (%)	19,2
Indice di plasticità (%)	42,1
Indice di consistenza	0,90
Indice di attività	0,86
Classificaz. Casagrande	CH
Granulometria	
Ghiaia (%)	3,4
Sabbia (%)	10,2
Limo (%)	40,4
Argilla (%)	46,0
Classificazione UNI 10006	
Gruppo	A7-6
Indice di gruppo	20
Parametri fisici	
Peso volume naturale (kN/m ³)	20,0
Peso volume secco (kN/m ³)	16,3
Prova Espansione Laterale Libera	
Coesione non drenata, Cu (kPa)	124,6
Modulo elastico tangente iniziale, E _{ti} (kPa)	16530
Prova edometrica	
Rapporto di ricompressione, R _r	0,01266
Rapporto di compressione, R _c	0,09277
Rapporto di rigonfiamento, R _s	0,03874
Pressione di preconsolidazione, σ'_{vmax} (kPa)	306,5
Coefficiente di consolidazione verticale, C _v (cm ² /sec)	2,24E-04
Permeabilità, K (cm/sec)	1,41E-09
Coefficiente di consolidazione verticale, C _v (cm ² /sec)	1,78E-04
Permeabilità, K (cm/sec)	8,37E-10
Prova di taglio	
Coesione, C' (kPa)	9,9
Angolo di resistenza al taglio, ϕ' (°)	22,3

Figura 21 – Tabella riassuntiva campione S1c1

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA ORIZZONTI

A seguito dei risultati delle indagini ed analisi svolte in sito ed in laboratorio, lo spessore investigato dei primi 20 metri è stato suddiviso dal punto di vista geotecnico in 4 orizzonti.

		prof.	γ (kN/mc)	ϕ (°)	Cu (kPa)	c' (kPa)	E (kPa)
A	Riporto	0,0 – 2,0					
B	ghiaia	2,0 – 3,0	19,0	38	25.000
C	Limo argilloso	3,0 – 8,0	19,8	21	138	21	5.600
D	ghiaia	8,0 – 20,0	18,5	36	21.000

Dove:

γ = peso di volume

ϕ = angolo di resistenza al taglio

c' = coesione

Cu = coesione non drenata

Ed = modulo edometrico a 96,8 kPa

B, D = parametri da SPT

C = parametri da prove di laboratorio

Al riporto in quanto strato antropico che può avere caratteristiche composizionali anche molto variabili da zona a zona non sono stati assegnati dei parametri. Nel punto di sondaggio S2 il riporto è suddivisibile in due orizzonti:

0,0 – 0,6 m = materiale grossolano con ghiaia e cls;

0,6 – 1,8 m = limo argilloso con ciottoli e laterizi

Nel punto di sondaggio S1 il riporto è costituito da un orizzonte unico con prevalenza di materiale grossolano con laterizi e cls in matrice limoso argillosa.

8 SISMICITÀ

Con Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014, pubblicata sul BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014, è stata approvata la nuova classificazione sismica regionale, relativa all'aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della Deliberazione GRT n. 878 dell'8 ottobre 2012, che individua tre zone sismiche. Il Comune di Firenze viene inserito nella classe 3 alla quale è assegnata una A_g/g di 0,15.

Si riporta la tabella dove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g)
1	>0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	<0,05	0,05

In base ai risultati della indagine Down Hole il parametro V_{s30} risulta essere 483 m/s considerando come riferimento il piano campagna; quindi in base al profilo sismografico il suolo di fondazione dovrà essere considerato appartenente alla "categoria B" di cui all'art. 3.2.2 del D.M. 14/01/2008 Nuove norme tecniche per le costruzioni.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Dalla l'analisi di risposta sismica locale (Igetecma rapporto di prova 68/2017) si può notare che la curva dell'analisi RSL lisciata risulta coincidente con quella di categoria B per il periodo della struttura in oggetto.

7.1 Parametri e Coefficienti sismici

Si riportano i parametri sismici dell'area di progetto secondo i dati forniti da "aeiprogetti" e con le caratteristiche della categoria di suolo e categoria topografica precedentemente definite (da geostru):

Tipo di costruzione	2
Vita nominale (Vn)	≥50 anni
Classe d'uso	III
Coefficiente d'uso (Cu)	1,5
Periodo di riferimento (Vr=Vn*Cu)	≥75 anni

Categoria di suolo	B
Categoria topografica	T1

STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)**Operatività (SLO):****Danno (SLD):**

Probabilità di sup.	81	%	Probabilità di sup.	63	%
Tr:	45	[anni]	Tr:	75	[anni]
ag:	0,054	g	ag:	0,065	g
Fo:	2,579		Fo:	2,593	
Tc*:	0,265	[s]	Tc*:	0,277	[s]

STATI LIMITE ULTIMI (SLU)**Salvaguardia della vita (SLV):****Prevenzione dal collasso (SLC):**

Probabilità di sup.	10	%	Probabilità di sup.	5	%
Tr:	712	[anni]	Tr:	1.462	[anni]
ag:	0,151	g	ag:	0,189	g
Fo:	2,403		Fo:	2,399	
Tc*:	0,308	[s]	Tc*:	0,314	[s]

Coefficienti Sismici**STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)****Operatività (SLO):****Danno (SLD):**

Ss:	1,200	Ss:	1,200
Cc:	1,440	Cc:	1,420
St:	1,000	St:	1,000
Kh:	0,013	Kh:	0,016
Kv:	0,007	Kv:	0,008
Amax:	0,640	Amax:	0,765
Beta:	0,200	Beta:	0,200

STATI LIMITE ULTIMI (SLU)**Salvaguardia della vita (SLV) Prevenzione dal collasso (SLC):**

Ss:	1,200	Ss:	1,200
Cc:	1,390	Cc:	1,390
St:	1,000	St:	1,000
Kh:	0,043	Kh:	0,054
Kv:	0,022	Kv:	0,027
Amax:	1,773	Amax:	2,226
Beta:	0,240	Beta:	0,240

9 CONCLUSIONI

Il progetto consiste nella riqualificazione di Piazza delle Cure prevedendo la demolizione di alcuni edifici con realizzazione di un parcheggio a raso, demolizione e ricostruzione della copertura del mercato, modifica della viabilità della piazza del verde e dell'arredo urbano.

L'area in oggetto ricade in una zona con affioramento di terreni prevalentemente ghialoso-ciottolosi, con abbondante matrice limoso-sabbiosa imballati in corpi limosi d'erosione di origine torrentizia in area fortemente urbanizzata, pertanto senza rilevabili fenomeni geomorfologici.

In base agli studi sulla falda acquifera della pianura fiorentina nell'area di interesse si ha una soggiacenza della falda di circa 4 metri.

La Pericolosità geologica è classificata media G2 (DPGR 53/R), quindi senza particolari problematiche; la Pericolosità sismica è classificata S3, localmente elevata; la pericolosità idraulica è media (I2) per il RU e bassa (P1) per il PGRA.

Secondo le NTA del RU all'intervento è assegnabile una fattibilità geologica Fg2, idraulica Fi2 e sismica Fs3.

Non vi sono particolari prescrizioni per la realizzazione degli interventi in progetto.

In supporto alla progettazione per la ricostruzione litostratigrafica e caratterizzazione geotecnica dell'area stata eseguita una campagna geognostica consistita nella esecuzione di due sondaggi a carotaggio continuo, dei quali uno attrezzato per la prova sismica Down Hole, prelievo di campioni di terreno da analizzare in laboratorio geotecnico, prova sismica Down Hole per la determinazione delle Vs30 e conseguentemente della categoria di sottosuolo, acquisizione di rumore sismico per elaborazione HVSR ed elaborazione della Risposta Sismica Locale.

Per la definizione dei parametri sismici, in base alla vigente normativa, è stata assegnata una classe d'uso III per un tipo di costruzione 2. Vista la morfologia locale è stata assegnata la categoria topografica è la T1 e come categoria di suolo è stata assegnata la "B" sulla base dei risultati della indagine sismica.

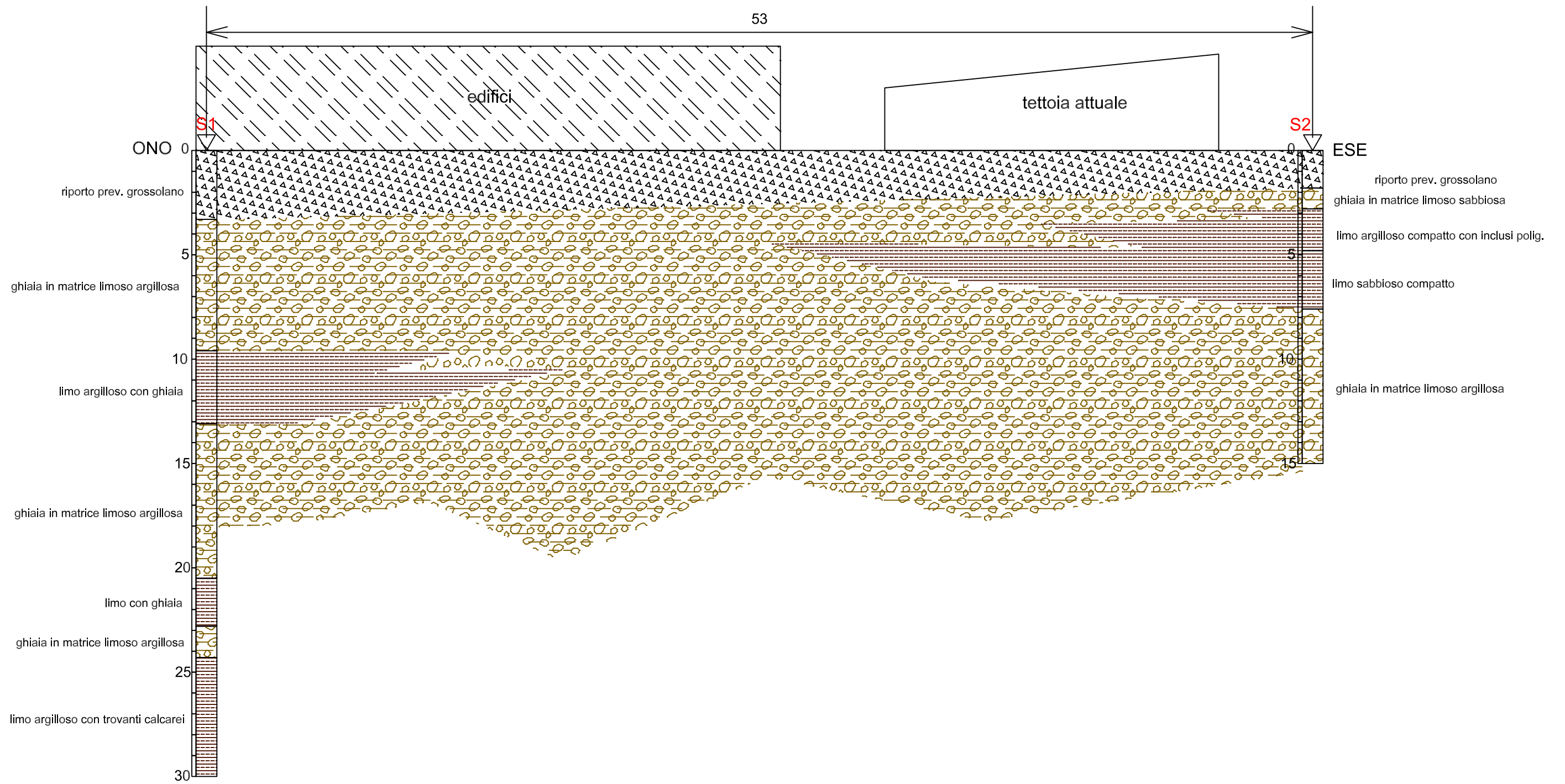
Firenze, 06 marzo 2017

Dott. Geol. Fabio Corti



Allegato 1

SEZIONE STRATIGRAFICA



STRATIGRAFIE DEI SONDEGGI IN PIAZZA DELLE CURE
 CORRELAZIONE FRA ORIZZONTI LITOLOGICI OMOGENEI

SCALA 1:200