

ESSETI ENGINEERING S.T.P.A R.L.

Via del Castello nc 16 - 50041 Calenzano

Tel.: 055.88.27.540 - Fax: 055.88.27.540 - Cell 3288875958

E-mail: ing.stefanoanichini@gmail.com - info@essetiengineering.com

REGIONE TOSCANA DIREZIONE DIFESA DEL SUOLO E PROTEZIONE CIVILE

**PROGETTAZIONE ESECUTIVA E COORDINAMENTO SICUREZZA IN
FASE DI PROGETTAZIONE PER IL "RIPRISTINO FUNZIONALE DEL
MURO D'ARGINE SUL FIUME ARNO A VALLE DEL TORRINO SANTA
ROSA IN FIRENZE".**

CIG: A025B3483B - CUP: D18H23001960002

REGIONE TOSCANA
DIREZIONE DIFESA DEL SUOLO E
PROTEZIONE CIVILE

Sede Legale: Via San Gallo nc 34/A - 50129 Firenze

Responsabile del Procedimento
Ing. Gennaro Costabile

REGIONE
TOSCANA



Ing. Stefano Anichini

Via del Castello nc 16 - 50041 Calenzano

Cod. Fiscale: NCH SFN 86P09 D612A

RELAZIONE GEOLOGICA

N. REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA	DIS.
1	RELAZIONE GEOLOGICA	Dicembre 2023	
RIF.			

ELABORATO

R.04

SCALA



Comune di Firenze

Piazza della Signoria - 50122 - FIRENZE

C.F.: 01307110484

pec: protocollo@pec.comune.fi.it

SERVIZI DI ARCHITETTURA E INGEGNERIA ACCORDO QUADRO

CIG: 8996175675

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA, PROGETTAZIONE ESECUTIVA, GEOLOGO,
DIREZIONE LAVORI, DIREZIONE OPERATIVA IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI
E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE**

Responsabile Unico del Procedimento

Arch. Giorgio Caselli

Servizio Belle Arti e Fabbrica di Palazzo Vecchio

T. (+39) 055 262 4023

giorgio.caselli@comune.fi.it

Progettazione Architettonica - Strutturale Coordinamento della Sicurezza

FABBRICANOVE ARCHITETTURA URBANISTICA DESIGN

Via del Campofiore, 22 - 50136 - FIRENZE

www.fabbricanove.com info@fabbricanove.com

Arch. Enzo Fontana

Arch. Giovanni Bartolozzi

Ing. Michele Fagnani (CSP/CSE)

Progettazione Impiantistica Progettazione Antincendio

CMA SRL **UNIPERSONALE**

Via Meucci, 17 - 50012 - BAGNO A RIPOLI (FI)

amministrazione@cmaengineering.it

www.cmaengineering.it

P.I. Alessio Diegoli

Ing. Maurizio Mazzanti

Geologo

GEURO GEOAMBIENTE

Via XX Settembre, 16 - 52037 - SANSEPOLCRO (AR)

T. (+39) 0575.343793

info@geuro.it

Dott. Federico Del Gaia



Giovane professionista

Arch. Marco Corridori

Via Sanfelice, 13 - 50133 - FIRENZE (FI)

mcorridori@yahoo.it

TORRINO SANTA ROSA - CENTRO DI SOCIALIZZAZIONE PER ANZIANI
Codici Opera 160004; 160087; 180346 - L.1288/2020

PROGETTO DEFINITIVO

Numero elaborato

DG01

Oggetto elaborato

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Id elaborato

TSR_DG01_DEF

Disciplina

Scala

Data

12 GIUGNO 2023

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

INDICE

1. PREMESSA E CONCLUSIONI	4
2. RELAZIONE GENERALE SULL'INTERVENTO.....	7
2.1 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERESSE	9
3. QUADRO NORMATIVO.....	10
4. ANALISI DELLE CARTOGRAFIE UFFICIALI.....	12
4.1 PIANO OPERATIVO COMUNALE	12
4.2 MICROZONAZIONE SISMICA	15
4.3 PROGETTO CARG.....	18
4.4 PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO E PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI.....	19
4.5 PROGETTO IFFI	21
4.6 SCHEDA DI FATTIBILITA' ATs 12.24 – SANTA ROSA.....	22
5. RELAZIONE GEOLOGICA	25
5.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E GEOLOGICHE	25
5.2 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE E IDROGEOLOGICHE	26
5.3 INDAGINI E CARATTERIZZAZIONI GEOGNOSTICHE.....	27
5.4 ASPETTI SISMICI	29
5.5 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO E MODELLO GEOLOGICO	33
6. RELAZIONE GEOTECNICA	34
6.1 PARAMETRIZZAZIONE E MODELLO GEOTECNICO	34
6.2 VERIFICA E CALCOLI GEOTECNICI.....	35
6.3 RELAZIONE DI CALCOLO DEL CARICO LIMITE E DELLA RESISTENZA DI PROGETTO.....	37
6.4 ANALISI DI STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO	40
6.5 CEDIMENTI	42
7. CONCLUSIONI E FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO.....	43

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – ELABORATI CARTOGRAFICI

Carta Geologica	TAV. 1	scala	1:500
Carta ubicazione indagini in situ	TAV. 2	scala	1:500

ALLEGATO 2– UBICAZIONE DELL'AREA

Rilevamento Topografico d'Italia	scala	1:25.000
Carta Tecnica Regionale	scala	1:10.000
Planimetria Catastale	scala	1:2000

ALLEGATO 3– INDAGINI GEOGNOSTICHE

INDAGINI IN SITU ANNO 2017 (GEOTECNICA PALAZZI-GIOMARELLI SRL)

INDAGINI IN SITU ANNO 2023 (STUDIO GEURO)

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

1. PREMESSA E CONCLUSIONI

Su incarico e per conto del Comune di Firenze è stato eseguito uno studio Geologico-Geotecnico finalizzato all'individuazione dei parametri meccanici e sismici dei terreni interessati dall'intervento di costruzione "CENTRO DI SOCIALIZZAZIONE PER ANZIANI" presso il Torrino Santa Rosa a Firenze (FI), sul terreno cartografato al Foglio n° 163, part.le cat.li n° 214 e 216/p.

Per l'accertamento della fattibilità dell'intervento sono state raccolte le informazioni allo scopo di individuare:

- le caratteristiche topografiche dell'area;
- le caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area;
- i caratteri delle acque superficiali e sotterranee;
- le caratteristiche, il comportamento del manufatto in oggetto e di quelli limitrofi.

Lo studio geologico ha definito i lineamenti geomorfologici e la loro tendenza evolutiva, i caratteri stratigrafici e litologici, il modello geolitologico e geostrutturale dell'area, nonché lo schema idrogeologico.

Lo studio geotecnico ha consentito la definizione delle proprietà fisiche e meccaniche dei principali tipi di terreno e il regime delle pressioni interstiziali (Cir. n. 7 del 21/01/2019 - D. M. 17/01/2018).

Per l'individuazione dei parametri geotecnici-geomeccanici, per la determinazione della pericolosità geologica-geomorfologica e sismica del terreno ci si è avvalsi delle seguenti indagini (*vedi Tav. 2 ALL.1 e ALL.3*):

- 1 rilevamento geomorfologico di dettaglio;
- 1 prova penetrometrica con strumentazione DPSH, spinta fino alla profondità massima di 12.40 m da p.c. (**T1**);
- 1 sondaggio stratigrafico tramite scarpetta per tutto il tratto investigato (**Sp1**).

Per l'attuazione del Progetto e per l'individuazione delle proprietà dei terreni interessati dall'intervento il piano d'investigazione si è basato - oltre che sulle indagini di verifica in situ già evidenziate (STUDIO GEURO, maggio 2023) - sulle conoscenze geotecniche e geofisiche derivanti da precedenti campagne d'indagine (Indagini in situ per progetto per un nuovo edificio - Centro di Socializzazione Torrino Santa Rosa – Geotecnica Palazzi-Giomarelli Srl, Ottobre 2017) condotte nell'area d'intervento e consistenti in (*vedi Tav. 2 ALL.1 e ALL.3*):

01	Emissione	GD	RC	EC	Elaborato DG01	Pagina 4/43
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato		

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

- 4 prove penetrometriche con strumentazione DPSH (**DPSH 1-2-3-4**), spinte fino alla profondità massima di 16.00 m da p.c.;
- 2 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 15.0 m da p.c. e attrezzati a piezometro (**S1**);
- 6 prove SPT in foro, tre per ciascun sondaggio;
- 1 indagine geofisica di superficie mediante sismica a rifrazione e tomografia sismica con onde P/SH e metodologia MASW (**A-A'**).

Per quanto relativo alle indagini in situ condotte nell'area d'intervento si rimanda al paragrafo 5.3. Il rilievo di campagna, l'elaborazione dei dati geognostici, stratigrafici e quelli da indagine geologica ed idrogeologica ha permesso di raggiungere le seguenti conclusioni:

- le pendenze nell'area strettamente di esecuzione sono modeste con valori pari con valori pari a 1.0-3.0%;
- la realizzazione del sondaggio stratigrafico effettuato durante la prova DPSH (Geuro 2023) ha evidenziato l'assenza di fluidi nel tratto investigato;
- le misurazioni effettuate nel 2017 nei sondaggi attrezzati a piezometri avevano evidenziato un livello della falda alla profondità di -10.42 m da p.c. in S1 e -9.43 m da p.c. in S2. Durante le fasi investigative del 2023 non è stato possibile verificare il livello della falda nei piezometri realizzati nel 2017;
- in considerazione di quanto sopra esposto la quota di circolazione dei fluidi, riconducibile al sistema principale sotterraneo del F. Arno, è caratterizzata da discrete oscillazioni della piezometrica in tutto l'arco dell'anno e compresa tra 10-13 m dal p.c..
- in fase di calcolo progettuale, adottando una tipologia fondale a platea, è stata considerata la seguente soluzione:
 - piano di posa della fondazione posto a -0.40 m da quota di p.c. attuale e realizzazione di una bonifica sottofondale con materiale inerte 40/70 mm (ballast), per uno spessore pari a circa 1.20 m;
- i litotipi studiati sono contraddistinti, per la zona strettamente di realizzazione, da discreta uniformità distributiva areale, ma eterogenee condizioni di addensamento/consistenza si presentano eterogenee;
- in funzione delle caratteristiche granulometriche dei terreni, in considerazione della profondità della piezometrica si evidenzia che i terreni analizzati non sono soggetti a fenomeni di liquefazione;

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

- i parametri sismici su sito di riferimento sono caratterizzati da:

- **CATEGORIA C** di sottosuolo;
- **CATEGORIA T1** topografica.

Non si ravvisa, per quanto di competenza geologica, alcuna controindicazione all'esecuzione del progetto, ma è necessario che l'affidabilità degli strumenti progettuali previsionali sia verificata con un accurato monitoraggio dell'opera in fase d'intervento che, consentendo anche una progressiva calibrazione dei parametri del modello geotecnico elaborato, può costituire uno strumento prezioso per la migliore conduzione dei lavori.

2. RELAZIONE GENERALE SULL'INTERVENTO

Il Progetto prevede l'intervento di costruzione del “CENTRO DI SOCIALIZZAZIONE PER ANZIANI” presso il Torrino Santa Rosa, in via Lungarno Santa Rosa a Firenze (FI).



Figura 1: Ubicazione sito

Obiettivo dell'Amministrazione Comunale di Firenze è l'ampliamento delle attuali strutture collettive esistenti presso il “Torrino di Santa Rosa” dotandole di un “centro di socializzazione per anziani”.

L'impostazione progettuale del nuovo fabbricato è stata condizionata verso l'Arno dalla zona di inedificabilità, imposta come limite di inedificabilità idraulica quantificata in 10 metri dal muraglione ottocentesco che costituisce il ciglio di sponda del fiume (L.R.41/2018 art. 3, RD 523/1904, comma f) art.96), nonché, verso il Torrino, da un'ulteriore fascia di rispetto delle mura medioevali concordata con la competente Soprintendenza pari a m 4 al fine di migliorare la visibilità dei manufatti storici sia dal Lungarno Santa Rosa che dal Lungarno Vespucci sulla sponda opposta dell'Arno.

L'intervento prevede la realizzazione del nuovo volume nella porzione di area oltre la zona di inedificabilità idraulica stabilita a 10 m dal ciglio di sponda, individuato dalla sommità esterna (lato fiume) del muraglione ottocentesco che delimita il terrapieno. Al fine di garantire una zona di rispetto delle mura medioevali stabilita in m 4, l'edificio sarà traslato verso valle, mantenendo come allineamento principale quello dei prospetti del Torrino su via Lungarno di Santa Rosa.

01	Emissione	GD	RC	EC	Elaborato DG01	Pagina 7/43
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato		

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Il progetto prevede la realizzazione di due corpi di fabbrica che si compenetrano. Il corpo di fabbrica principale, costituito da un volume a pianta rettangolare con lati di 8 x 14 m ca, caratterizzato da una grande trasparenza, ospiterà la sala pluriuso da cui emergerà, aggettante verso il nuovo marciapiede su Lungarno Santa Rosa, il blocco destinato ai servizi, costituito da un volume pieno di dimensioni pari a m 7,50 x 11,50 ca, dove troveranno collocazione tutti i locali a servizio del centro di socializzazione, sia quelli di carattere funzionale (cucina, lavaggio, magazzino/dispensa) che quelli di carattere igienico sanitario (servizi igienici per il pubblico e spazi per il personale). La copertura piana che sormonta entrambi i corpi di fabbrica costituirà l'elemento di collegamento tra i due volumi, che presentano la stessa altezza.

Il piano di calpestio interno dei nuovi locali, come previsto dalla normativa vigente, sarà posto alla quota di sicurezza di 80 cm dal piano di campagna (attuale sede stradale), nel rispetto della normativa vigente in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua (L.R. 41/2018; DPGR 5/R/2020) e come prescritto nella scheda norma adottata. Tale quota di sicurezza è tale da garantire un dislivello di soli circa 10 cm tra il piano di calpestio di progetto e quello esistente all'interno del Torrino Santa Rosa, facilmente superabile attraverso una rampa interna. Per superare il dislivello dalla quota dell'attuale marciapiede la struttura poggerà su un basamento progettato come ideale proseguimento del muretto di contenimento del filare di bagolari presente sul lungarno.

Il nuovo edificio sarà realizzato con struttura metallica, sistemi di facciata costituiti da elementi in vetro e tamponamenti leggeri prefabbricati opachi.

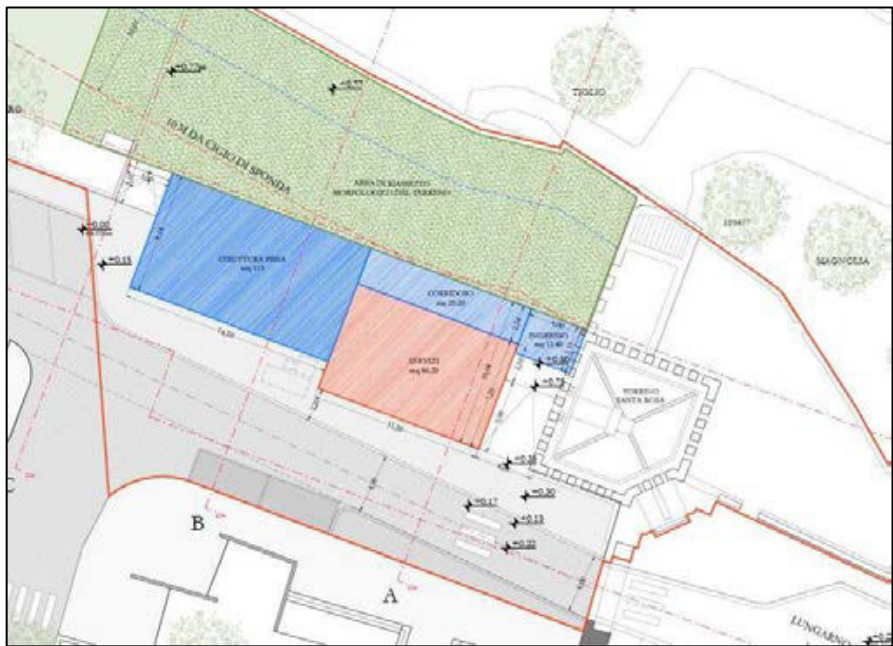


Figura 2: Individuazione area di progetto

01	Emissione	GD	RC	EC
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato

Elaborato
DG01

Pagina
8/43

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

2.1 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERESSE

L'area di studio è situata in Via Lungarno Santa Rosa, nel Comune di Firenze (FI)

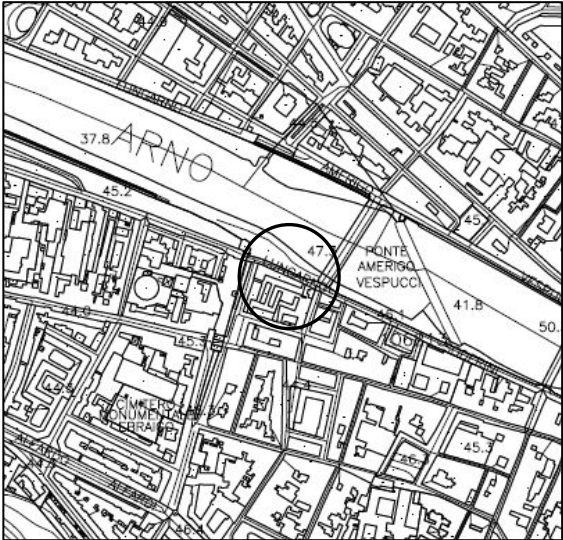


Figura 3: C.T.R. N. 275030

Nella Carta Topografica d'Italia, alla scala 1:25000, è ubicata nella porzione centrale della tavoletta "Firenze" F°106 II NO.

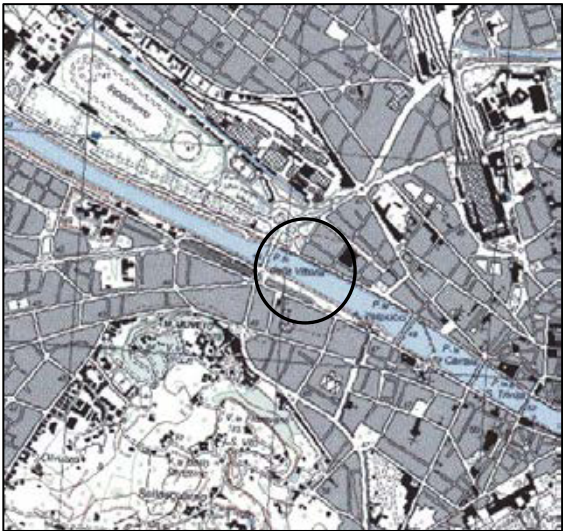


Figura 4: CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA

Nella planimetria catastale l'area in oggetto ha come riferimento il Foglio n. 163, Part.le Cat.li n. 214 e 216/p del Comune di Firenze (FI).

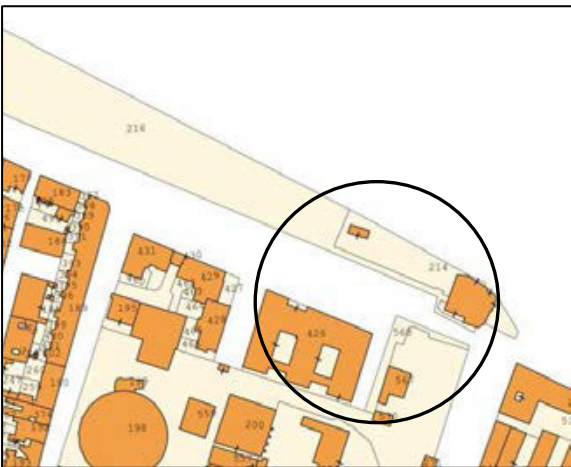


Figura 5: PLANIMETRIA CATASTALE

01	Emissione	GD	RC	EC
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato

Elaborato
DG01

Pagina
9/43

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

3. QUADRO NORMATIVO

Lo studio è stato eseguito in ottemperanza a quanto indicato dalle seguenti norme:

NORMATIVA NAZIONALE

NORME DISCIPLINARI

- Circolare n. 252 del 15/10/1996;
- Circolare n. 156 del 04/07/1996;
- Circolare n. 30787 del 04/01/1989;
- Legge n. 1086 del 05/11/1971.

NORME TECNICHE

- Circolare n. 7 del 21/01/2019;
- Decreto Ministeriale 14/01/2018;
- Circolare n. 30483 del 24/09/1988;
- Decreto Ministeriale 11/03/1988;
- Decreto Ministeriale 03/12/1987;
- Decreto Ministeriale 20/11/1987.

NORME SISMICHE

- Circolare n. 15 del 30/04/2015;
- D.P.C.M. del 09/02/2011
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/2006;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 03/05/2005;
- Decreto Pres. Cons. Min. 21/10/2003;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 02/10/2003;
- Ordinanza Del Presidente Del Consiglio Dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003;
- Circolare n. 65 del 10/04/1997;
- Circolare 09/01/1996, n. 218/24/3;
- Legge n. 64 del 02/02/1974.

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

NORMATIVA REGIONALE

NORME TECNICHE

- D.G.R. n.81 del 31/01/2022
- D.P.G.R. n.1/R del 19/01/2022
- D.P.G.R. n.5/R del 30/01/2020
- L.R. n. 41 del 24/07/18
- L.R. n. 65 del 10/11/14

NORME SISMICHE

- D.G.R. n. 878 del 08/10/2012

01	Emissione	GD	RC	EC	Elaborato	Pagina
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato	DG01	11/43

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

4. ANALISI DELLE CARTOGRAFIE UFFICIALI

4.1 PIANO OPERATIVO COMUNALE

L'analisi del Piano Operativo (DRGR 5/R del 30/01/2020) finalizzata all'individuazione della pericolosità sotto il profilo geologico, idraulico e sismico ha definito per l'area di studio le seguenti classi di pericolosità (Figura 6-7-8).

➤ PERICOLOSITA' GEOLOGICA

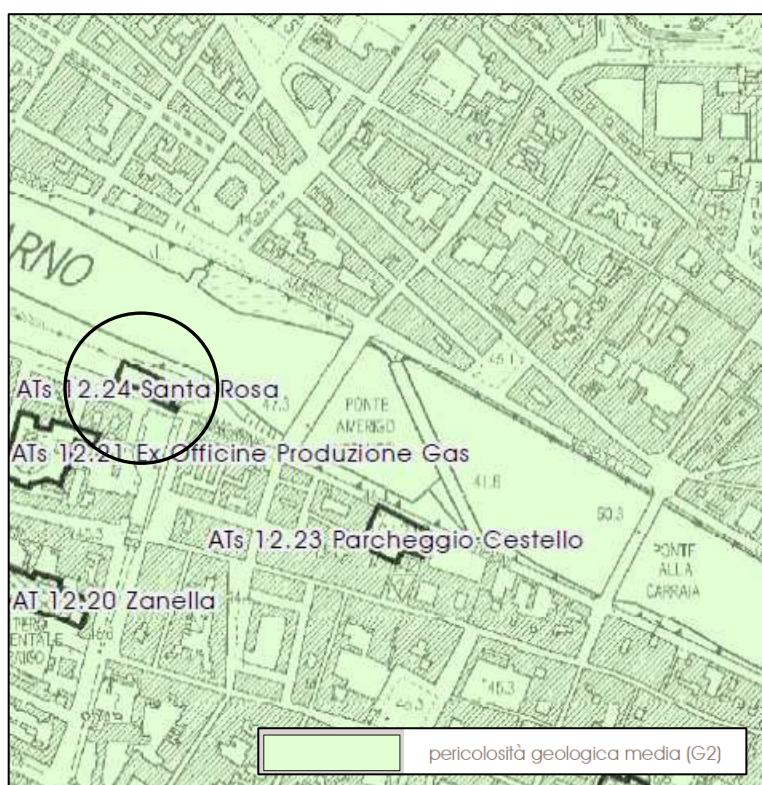


Figura 6: CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

La Carta della Pericolosità Geologica individua una Classe G2 – pericolosità media

01	Emissione	GD	RC	EC	Elaborato	Pagina
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato	DG01	12/43

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

➤ **PERICOLOSITA' DA ALLUVIONI**



Figura 7: CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONI

La Carta della Pericolosità idraulica individua un'area a pericolosità per alluvioni poco frequenti (P2).

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

➤ **PERICOLOSITA' SISMICA**

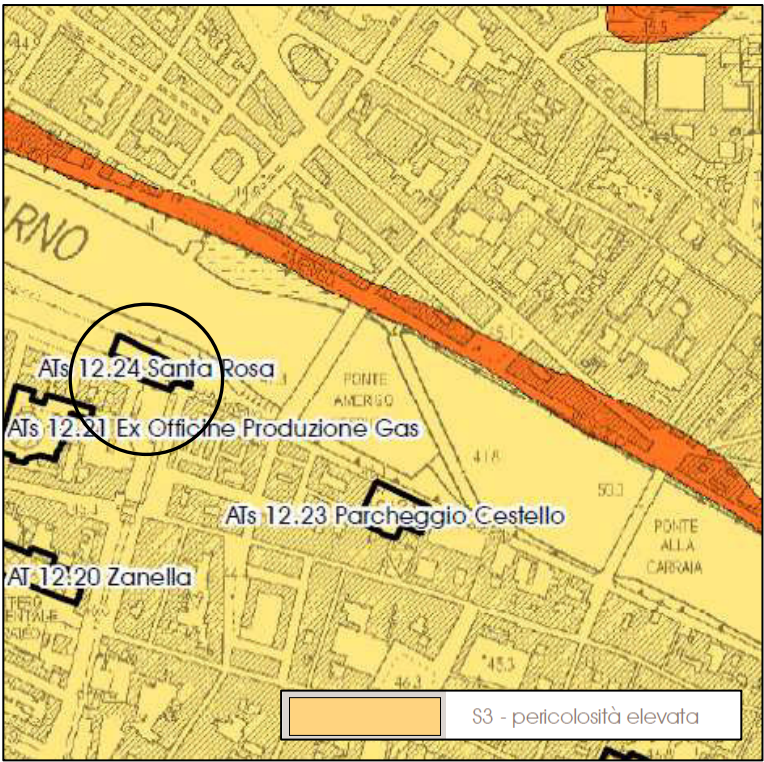


Figura 8: CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

La Carta della Pericolosità Sismica individua una Classe S3 – pericolosità elevata

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

4.2 MICROZONAZIONE SISMICA

L’analisi degli studi di Microzonazione Sismica di I°, II° e III° Livello, finalizzati alla conoscenza delle condizioni locali che possono modificare il moto sismico atteso, ha definito per l’area di studio le caratteristiche descritte nelle *Figura 9-10-11* e precisamente:

➤ **CARTA DELLE MOPS (I° livello)**

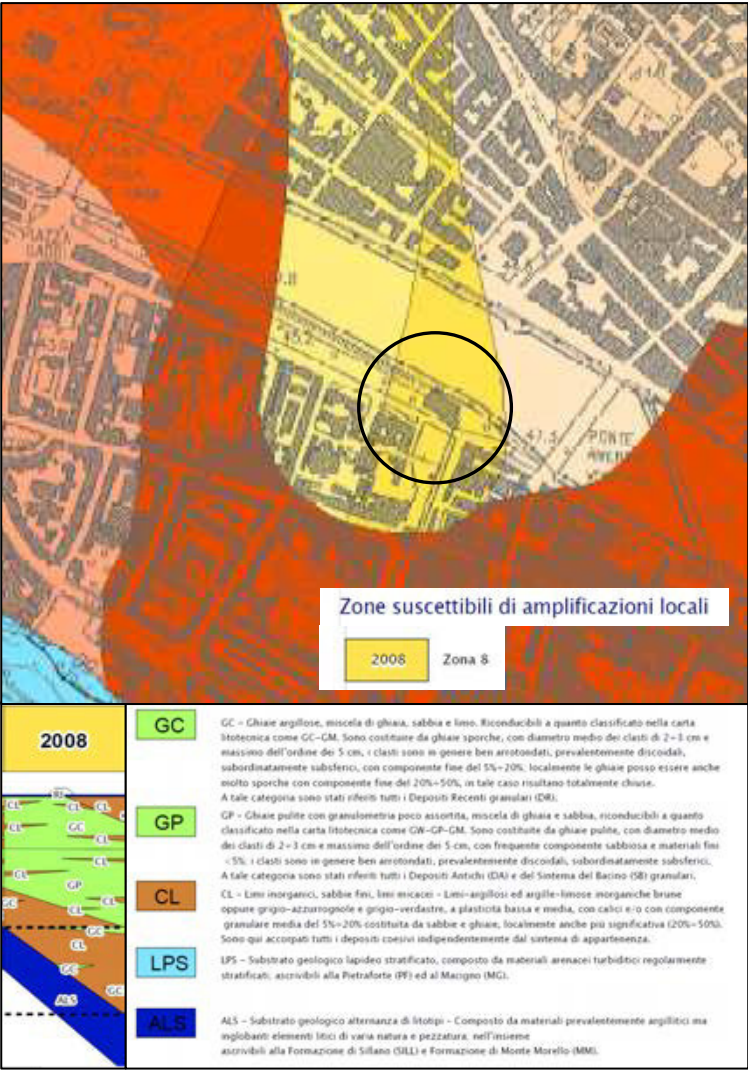


Figura 9: CARTA DELLE MOPS

La Carta delle MOPS individua l’area in Zona 8 - Zone suscettibili di amplificazioni locali.

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

➤ **CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA - (II° Livello) - Fa 0.1-0.5 s**

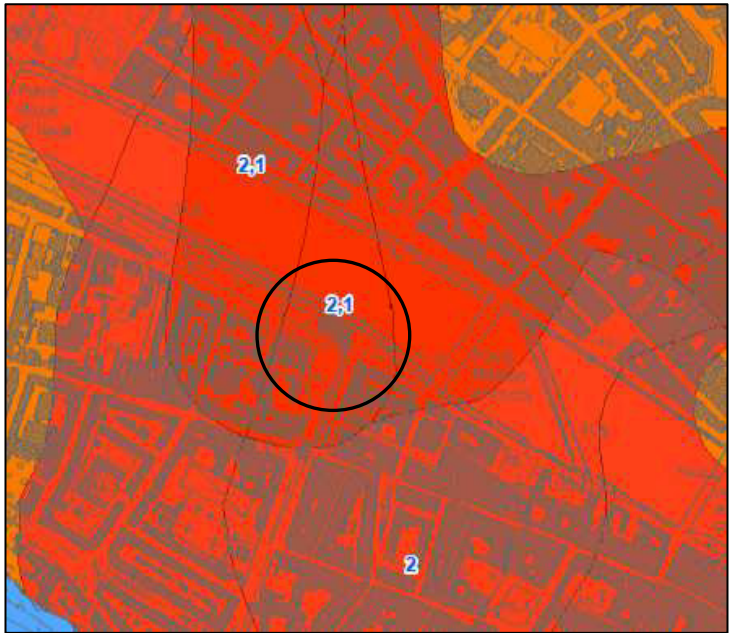


Figura 10: CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA - II°Livello

La Carta della Microzonazione Sismica di II Livello individua l'area in Zona suscettibile di amplificazione locale, con FA pari a 2.1-2.2.

➤ **CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA - (III° Livello) - Fa 0.1-0.5 s**

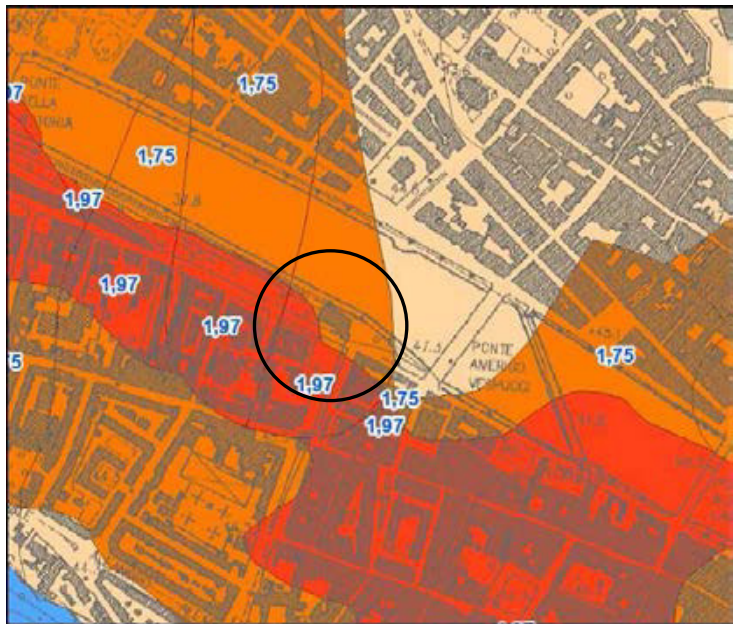


Figura 11: CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA - III°Livello

01	Emissione	GD	RC	EC	Elaborato DG01	Pagina 16/43
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato		

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

La Carta della Microzonazione Sismica - III Livello individua l'area in Zona suscettibile di amplificazione locale, con FA pari a 1.7-1.8 _ Microzona 4

					Elaborato	Pagina
01	Emissione	GD	RC	EC	DG01	17/43
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato		

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

4.3 PROGETTO CARG

La Carta Geologica Regionale CARG Toscana indica per il sito di studio la presenza di depositi antropici e terreni di riporto (h5) come di seguito riportato (Figura 12).

➤ CARTA GEOLOGICA REGIONE TOSCANA

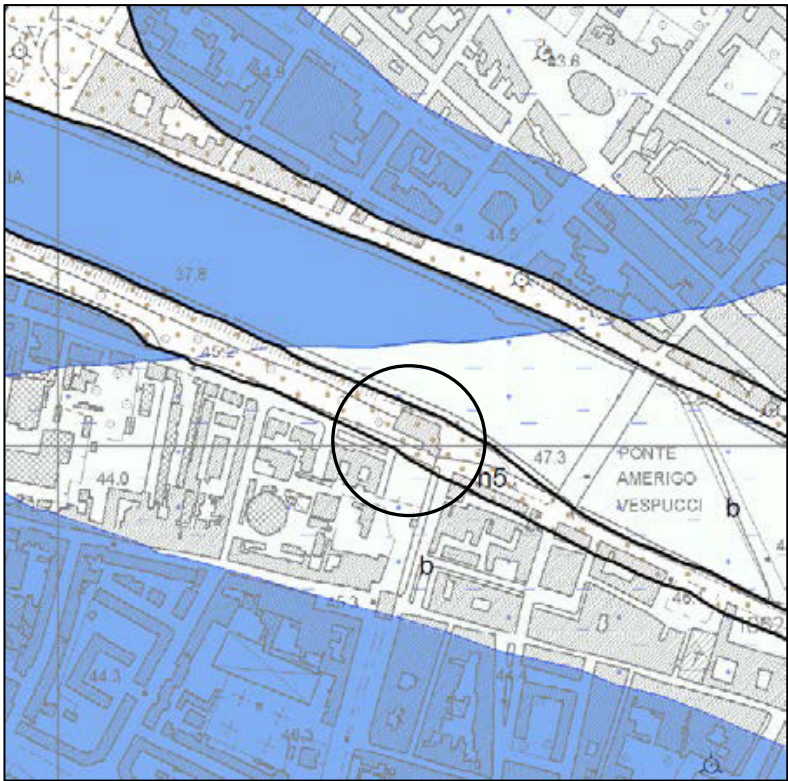


Figura 12: CARTA GEOLOGICA REGIONALE – Sez. 275/030

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

4.4 PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO E PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI

La consultazione della cartografia del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno – Assetto Geomorfológico ha consentito di evidenziare che per l'area d'intervento non è stato censito alcun fenomeno gravitativo (Figura 13).

➤ ASSETTO GEOMORFOLOGICO



Figura 13: CARTA PAI – ASSETTO GEOMORFOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

La consultazione della cartografia del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno – Assetto Idraulico ha consentito di evidenziare che l'area d'intervento ricade nell'area a Rischio R3 elevato (*Figura 14*).

➤ **ASSETTO IDRAULICO**

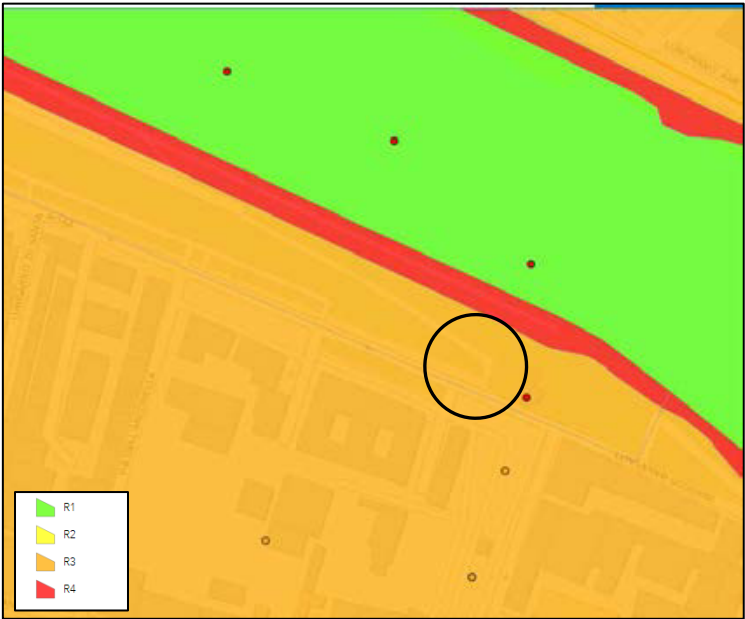


Figura 14: CARTA PGRA – ASSETTO IDRAULICO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

4.5 PROGETTO IFFI

La consultazione della cartografia del Progetto IFFI – Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia ha consentito di evidenziare che per l'area d'intervento non è stato censito alcun fenomeno gravitativo (Figura 15).

➤ **CARTA INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI IN ITALIA**



Figura 15: CARTA IFFI – INVENTARIO DEI MOVIMENTI FRANOSI

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

4.6 SCHEDA DI FATTIBILITA' ATs 12.24 – SANTA ROSA

Nel Piano Operativo (DRGR 5/R del 30/01/2020) sono presenti le schede norma allestite per ciascuna area di trasformazione che costituiscono la sintesi degli aspetti legati al rischio territoriale geologico, sismico, idraulico e alle problematiche connesse alle risorse idriche.

Per l'area oggetto di studio è stata adottata la Scheda Norma ATs 12.24 – Santa Rosa (Figura 16), nella quale è individuata la normativa urbanistica (Figura 17), i criteri di fattibilità e le prescrizioni (Figura 18).



Figura 16: SCHEDA NORMA ATs 12.24 – SANTA ROSA

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

normativa urbanistica

DESCRIZIONE



L'area in oggetto, di proprietà comunale, è situata lungo l'Arno in adiacenza all'antico Torrino di Santa Rosa che costituiva la torre di guardia posta all'angolo del sistema di fortificazione delle antiche mura trecentesche di San Frediano. I locali interni alla struttura, nonché l'area situata a monte dello stesso, sono stati storicamente concessi in gestione all'Associazione Rondinella del Torrino. Il Torrino di Santa Rosa rappresenta una meta particolarmente amata dagli abitanti del quartiere che la frequentano numerosi soprattutto nel periodo estivo in virtù degli spazi aperti e delle piacevoli visuali sull'Arno; l'esiguità dei locali presenti, tuttavia, non consente allo stato attuale di offrire un servizio sociale e ricreativo adeguato alla richiesta del quartiere in tutti i periodi dell'anno. La presente trasformazione, che interessa la sola area ad ovest del torrino, intende sopperire a tale necessità prevedendo la realizzazione di un centro socio-ricreativo in grado di rispondere alle esigenze dei residenti della zona.

OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

L'obiettivo principale dell'intervento è quello di dotare la zona di un servizio socio-ricreativo in grado di rispondere adeguatamente alle esigenze dei residenti.

PRESCRIZIONI SPECIFICHE/MITIGAZIONI

L'intervento è soggetto alle seguenti prescrizioni:

- realizzazione di un centro socio-ricreativo adeguatamente dimensionato al fine di ospitare attività di interesse per gli abitanti della zona
- rispetto della disciplina di cui all'art.96 comma f) del RD 523/1904
- trattandosi di zona soggetta a vincolo paesaggistico (DM 31.08.1953), particolare attenzione deve essere posta nella fase di progettazione dell'intervento, anche nel rispetto delle norme comuni di tutela del paesaggio storico urbano (art.64 comma 4)
- particolare attenzione deve essere posta nella fase di progettazione dell'intervento trovando la corretta relazione con lo storico Torrino di Santa Rosa, classificato come emergenza di valore storico-architettonico (DLgs 42/2004).

VALUTAZIONI/MITIGAZIONI EFFETTI AMBIENTALI

Ai sensi dell'art. 70 l'intervento è classificato di **livello 2a** ed è pertanto soggetto alle direttive di riferimento riportate al TITOLO II, Capo I - Valutazione e mitigazione degli effetti ambientali, delle presenti norme, ed in particolare agli artt. 71, 72, 73, 76, 77, 80.

ELENCO PARTICELLE CATASTALI

Foglio 163 - Particelle 214, 216



Figura 17: SCHEDA ATs 12.24 – NORMATIVA URBANISTICA



RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

5. RELAZIONE GEOLOGICA

5.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E GEOLOGICHE

L'area di progetto è posta nella porzione centro meridionale della città di Firenze, in prossimità dell'antico Torrino Santa Rosa alla quota topografica compresa tra circa 45.5 m s.l.m. e 46.80 m s.l.m., in un contesto fortemente urbanizzato dove sono assenti i riferimenti alle condizioni naturali, fisiche e morfologiche.

Il rilievo morfologico di campagna ha mostrato che l'area è caratterizzato da pendenze basse, con valori pari a circa 1.0-3.0%.

Sotto un profilo geolitologico nella zona si rinvencono, alla base della coltre detritica di origine antropica, depositi alluvionali attuali (b) costituiti da limi argillo sabbiosi e sabbie limose con intercalazioni di ghiaie sabbiose.

Non si riscontrano fenomeni di dissesto in atto o latenti.

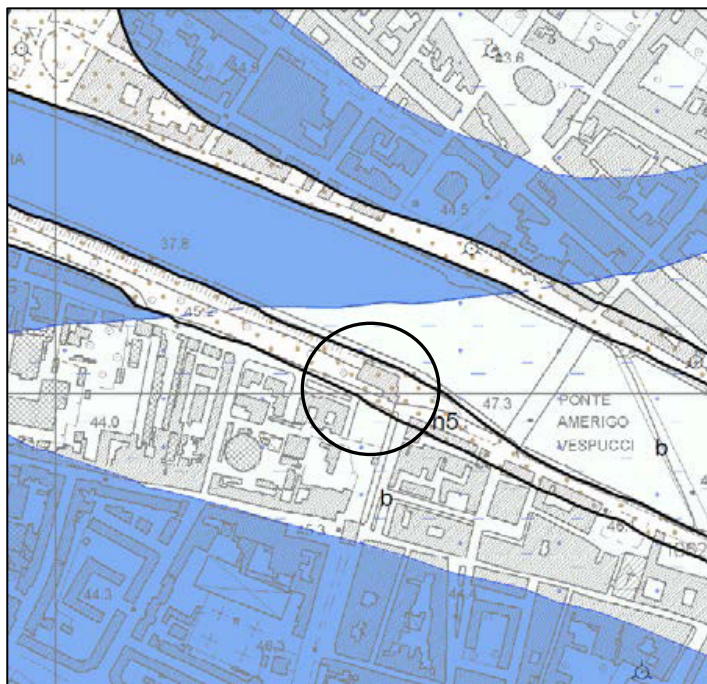


Figura 19: CARTA GEOLOGICA – CARG REGIONR TOSCANA

Per la determinazione delle caratteristiche litologiche, stratigrafiche e geometriche dei litotipi interessati dall'intervento sono state utilizzate le indagini di cui al cap. 5.3, a cui si rimanda per la descrizione di dettaglio.

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

5.2 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

Il sistema idrologico principale è riconducibile al fiume Arno impostato in direzione variabile da circa est-ovest a circa nordovest-sudest, avente andamento sub rettilineo.

L'area di studio risulta caratterizzata sotto un profilo idrologico dalla presenza di una buona rete fognaria comunale. In particolare nel sito strettamente d'intervento il sistema di regimazione delle acque meteoriche è tenuto in discreto stato di funzionalità e di servizio.

La realizzazione di un sondaggio tramite scarpetta durante la prova DPSH (Geuro 2023) ha permesso di appurare l'assenza di % in fluidi nel tratto investigato.

Le misurazioni effettuate nel 2017 nei sondaggi attrezzati a piezometri avevano evidenziato un livello della falda alla profondità di -10.42 m da p.c. in S1 e -9.43 m da p.c. in S2. Durante le fasi investigative del 2023 non è stato possibile verificare il livello della falda nei piezometri realizzati nel 2017. In considerazione di quanto sopra esposto la quota di circolazione dei fluidi, riconducibile al sistema principale sotterraneo del F. Arno, è caratterizzata da discrete oscillazioni della piezometrica in tutto l'arco dell'anno e compresa tra 10-13 m dal p.c..

La struttura idrogeologica principale è riconducibile ad un acquifero poroso a variabile permeabilità con giustapposizione di lenti e livelli litologici caratterizzati da granulometria compresa fra le limi-sabbiosi e le ghiaie sabbiose.

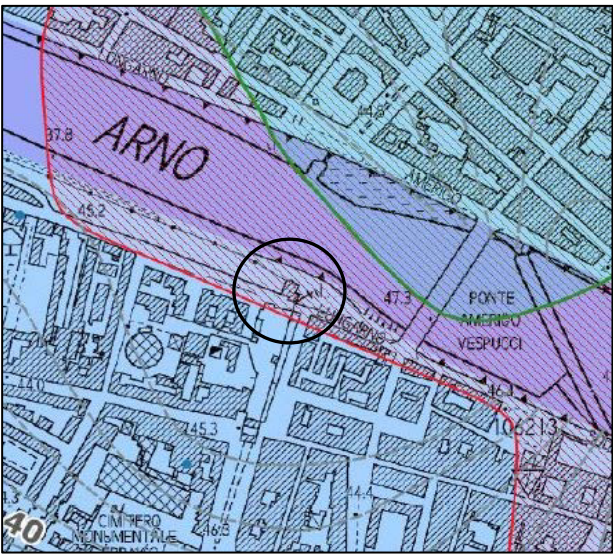


Figura 20: CARTA IDROGEOLOGICA – PS COMUNALE

L'analisi della cartografia "Carta Idrogeologica" del P.S Comunale (fig. 20) ha evidenziato che l'area di studio ricade in un'area D3 a "disponibilità inferiore alla capacità di ricarica", come indicato dal vigente Piano stralcio 2010 "Bilancio Idrico" del Piano di Bacino del fiume Arno.

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**5.3 INDAGINI E CARATTERIZZAZIONI GEOGNOSTICHE**

L'ubicazione delle indagini dirette ed indirette è stata effettuata con il preciso intento di ottenere un corretto numero di parametri necessari per:

- la verifica dell'effettiva distribuzione areale e verticale delle singole unità litologiche di riferimento;
- l'individuazione di problematiche in grado di condizionare l'intervento previsto.

Lo schema ha previsto dapprima l'effettuazione di un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio, a cui è seguita una fase di individuazione delle precedenti campagne investigative dirette ed indiretta e quindi la definizione dei parametri geologici geotecnici sito specifici.

L'efficiente organizzazione archivistica dell'Amministrazione Comunale ha consentito la consultazione dei progetti depositati e dei dati, a supporto delle passate progettazioni Urbanistiche di carattere generale ed esecutivo.

Per l'individuazione dei parametri geotecnici-geomeccanici, per la determinazione della pericolosità geologica-geomorfologica e sismica del terreno ci si è avvalsi delle seguenti indagini (vedi Tav. 2 ALL.1 e ALL.3):

- 1 rilevamento geomorfologico di dettaglio;
- 1 prova penetrometrica con strumentazione DPSH, spinta fino alla profondità massima di 12.40 m da p.c. (**T1**);
- 1 sondaggio stratigrafico tramite scarpetta per tutto il tratto investigato (**Sp1**).

Per l'attuazione del Progetto e per l'individuazione delle proprietà dei terreni interessati dall'intervento il piano d'investigazione si è basato - oltre che sulle indagini di verifica in situ già evidenziate (STUDIO GEURO, maggio 2023) - sulle conoscenze geotecniche e geofisiche derivanti da precedenti campagne d'indagine (Indagini in situ per progetto per un nuovo edificio - Centro di Socializzazione Torino Santa Rosa – Geotecnica Palazzi-Giomarelli Srl, Ottobre 2017) condotte nell'area d'intervento e consistenti in (vedi Tav. 2 ALL.1 e ALL.3):

- 4 prove penetrometriche con strumentazione DPSH (**DPSH 1-2-3-4**), spinte fino alla profondità massima di 16.00 m da p.c.;
- 2 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 15.0 m da p.c. e attrezzati a piezometro (**S1**);
- 6 prove SPT in foro, tre per ciascun sondaggio;
- 1 indagine geofisica di superficie mediante sismica a rifrazione e tomografia sismica con onde P/SH e metodologia MASW (**A-A'**).

01	Emissione	GD	RC	EC	Elaborato	Pagina
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato	DG01	27/43

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

I dati emersi evidenziano la presenza di una coltre di riporto, avente spessore di circa 1.60 m, caratterizzata da sabbie medio grosse, poco limose, con frazioni organiche anche non naturali, color marrone-grigio.

Alla base dell'orizzonte sopra descritto sono presenti sabbie medio-grosse, poco limose, color marrone- grigio con frazioni organiche, da poco a mediamente addensate.

Da quota circa -2.80 m da p.c. si rinvencono sabbie medio grosse, poco limose, color marrone-avana, sciolte.

Alla base dei livelli sopra indicati sono stati riscontrati limi sabbiosi, con sabbie fini, color avana-grigio, plastici, con stato di consistenza da basso a medio.

Da quota circa -8.00 m da p.c. e fino a fondo foro sono presenti ghiaie in matrice sabbio-limosa, e sabbie ghiaiose, color grigio.

Le caratteristiche geometriche e areali dei livelli litologici possono essere considerate discretamente omogenee, mentre le condizioni di addensamento/consistenza si presentano eterogenee.

La realizzazione del sondaggio stratigrafico effettuato durante la prova DPSH (T1) (Geuro 2023)(foto 1) ha evidenziato la l'assenza di fluidi nel tratto investigato.

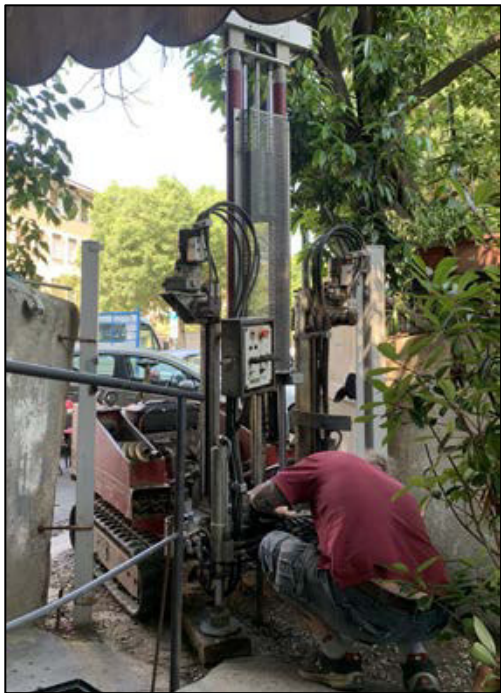


Foto 1: Prova penetrometrica DPSH (T1)

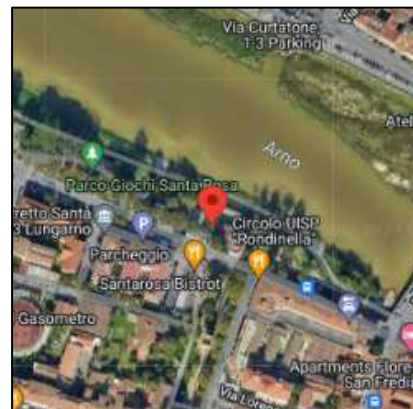
RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**5.4 ASPETTI SISMICI**

Il calcolo dell'azione sismica di progetto è stato effettuato in linea con quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche Costruzioni.

Si specifica che per il suddetto calcolo sono stati utilizzati i parametri di seguito riportati:

DATI GENERALI

PARAMETRI	VALORI
Latitudine (ED50)	43,773010
Longitudine (ED50)	11,241580
Tipo di opera	2- opere ordinarie
Classe d'uso	Classe II (*)
Coefficiente d'uso (Cu)	1,5
Vita nominale (VN)	50
Periodo di riferimento (VR)	50



(*) In relazione alle indicazioni ricevute dalla committenza Comune di Firenze che individua un livello di affollamento della struttura limitato è stata associata una Classe d'uso II.

PARAMETRI SISMICI SU SITO DI RIFERIMENTO**Categoria topografica**

L'area in oggetto, che presenta pendenze basse con valori pari a 1.0-3.0 %, ricade in **CATEGORIA TOPOGRAFICA T1**.

Categoria di sottosuolo

Il calcolo della **Vs30** è stato effettuato basandosi sui risultati derivanti dalla campagna geofisica eseguita dal Geotecnica Palazzi-Giomarelli Srl, Ottobre 2017 sul sito oggetto d'intervento consistenti in:

- 1 indagine geofisica di superficie mediante sismica a rifrazione e tomografia sismica con onde P/SH e metodologia MASW (**A-A'**).

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**DESCRIZIONE INDAGINI**

La campagna geofisica è consistita nella realizzazione di una prospezione di sismica a rifrazione con onde P, SH, analizzata con metodologia tomografica, ed un'analisi MASW sulla stessa linea sismica, eseguita dalla Geognostica Fiorentina Srl per conto della Palazzi Giomarelli Srl in data 12 settembre 2017.

I dati ottenuti sono stati elaborati con metodologia tomografica che permette di ottenere un'ottima caratterizzazione del substrato e dei materiali di copertura. Il calcolo delle velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette Vs30) è stato effettuato sia tramite i risultati della rifrazione con onde SH sia dall'analisi spettrale delle onde di superficie con metodologia MASW.

Per quanto riguarda la sismica a rifrazione sono stati eseguiti n°11 scoppi. Eseguita l'acquisizione dei dati, l'interpretazione è stata effettuata mediante l'osservazione di sismogrammi, l'individuazione dei primi arrivi ed il relativo picking; la ricostruzione delle dromocrone; calcolo delle velocità delle onde elastiche e la ricostruzione del modello del sottosuolo con stima della profondità di ciascuno strato omogeneo.

L'acquisizione MASW è avvenuta con la stessa configurazione spaziale e gli stessi geofoni, utilizzando però differenti tempi di acquisizione, frequenza di campionamento e periodo di campionamento. L'analisi dei dati acquisiti dalla metodologia avviene attraverso le seguenti fasi: 1. Calcolo dello spettro di velocità; 2. Individuazione del modo fondamentale e degli eventuali superiori; 3. Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia. 4. Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs.

ANALISI DEI RISULTATI

Vengono di seguito riportati i risultati ottenuti mediante le varie metodologie interpretative.

Tomografia sismica

L'elaborazione con tecnica tomografica del profilo sismico ha permesso di ottenere due sezioni sismiche nelle quali viene riportato l'andamento nel sottosuolo delle velocità delle onde P ed SH (vedi figure seguenti).

Tale andamento viene graficamente rappresentato sia mediante una scala di falsi colori, ai quali competono via via velocità sismiche sempre maggiori, sia mediante curve di isovelocità distribuite regolarmente ogni 100 m/s per le onde P, e 30 m/s per le onde SH.

01	Emissione	GD	RC	EC	Elaborato DG01	Pagina 30/43
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato		

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

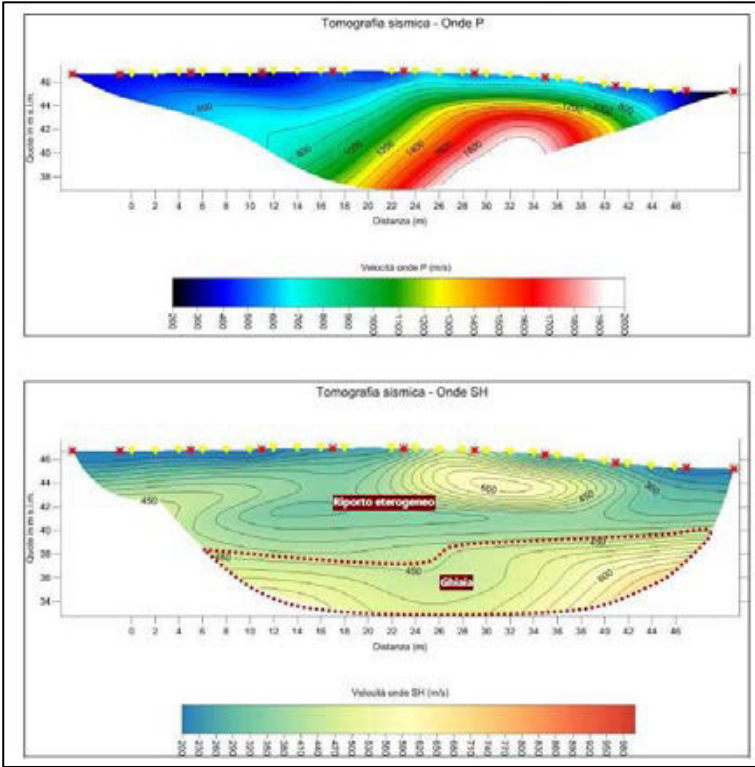


Figura 21: Tomografia sismica onde P e SH

Analisi MASW

I risultati dell’analisi MASW confermano sostanzialmente quanto visto con analisi tomografica (fig. 21). Nella Fig. 22 vengono riportati le stime degli spessori e delle relative velocità Vs. La stima del profilo verticale di Vs, sia attraverso rifrazione sia tramite la dispersione delle onde superficiali, consente il calcolo del cosiddetto parametro Vs30.

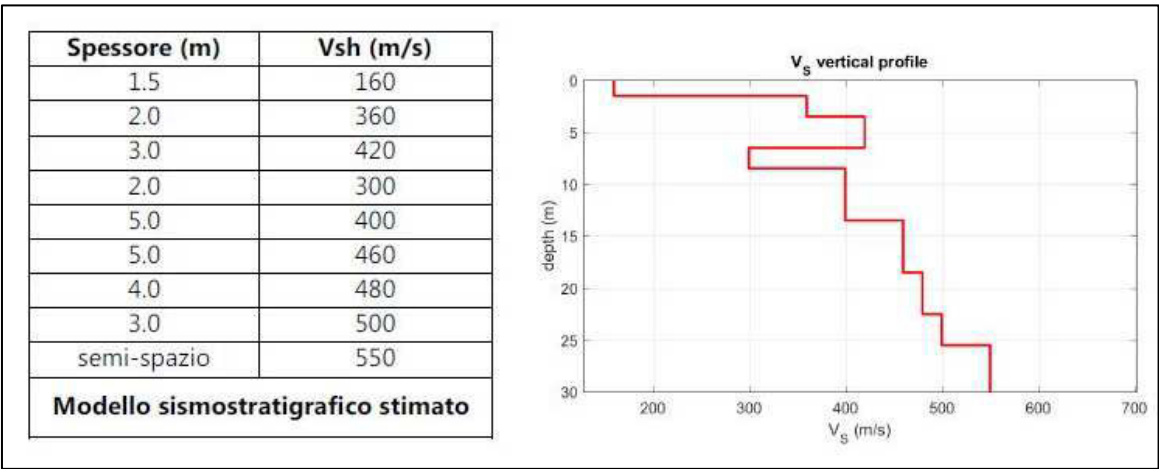


Figura 22: Modello sismostratigrafico stimato indagine MASW

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

La società esecutrice della campagna geofisica, data la variabilità laterale delle velocità nei primi 7-10 m, ha ritenuto opportuno dare come valore quello risultato dall'analisi MASW, che media l'eterogeneità e consente di stimare la velocità a profondità maggiori rispetto a quelle raggiunte dalla rifrazione.

Il valore del parametro **Vs30** ottenuto è risultato pari a **402,00 m/s**.

In considerazione del fatto che il valore ottenuto indica un suolo di passaggio tra la categoria B e C, si assegna al sottosuolo cautelativamente **"CATEGORIA C"**.

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

5.5 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO E MODELLO GEOLOGICO

L'elaborazione dei dati geognostici, stratigrafici e quelli da indagine geologica ed idrogeologica ha permesso di raggiungere le seguenti conclusioni:

- le pendenze nell'area strettamente di esecuzione sono modeste con valori pari con valori pari a 1.0-3.0%;
- la realizzazione del sondaggio stratigrafico effettuato durante la prova DPSH (Geuro 2023) ha evidenziato l'assenza di fluidi nel tratto investigato;
- le misurazioni effettuate nel 2017 nei sondaggi attrezzati a piezometri avevano evidenziato un livello della falda alla profondità di -10.42 m da p.c. in S1 e -9.43 m da p.c. in S2. Durante le fasi investigative del 2023 non è stato possibile verificare il livello della falda nei piezometri realizzati nel 2017;
- in considerazione di quanto sopra esposto la quota di circolazione dei fluidi, riconducibile al sistema principale sotterraneo del F. Arno, è caratterizzata da discrete oscillazioni della piezometrica in tutto l'arco dell'anno e compresa tra 10-13 m dal p.c.;
- in fase di calcolo progettuale, adottando una tipologia fondale a platea, è stata considerata la seguente soluzione:
 - piano di posa della fondazione posto a -0.40 m da quota di p.c. attuale e realizzazione di una bonifica sottofondale con materiale inerte 40/70 mm (ballast), per uno spessore pari a circa 1.20 m;
- i litotipi studiati sono contraddistinti, per la zona strettamente di realizzazione, da discreta uniformità distributiva areale, ma eterogenee condizioni di addensamento/consistenza si presentano eterogenee;
- in funzione delle caratteristiche granulometriche dei terreni, in considerazione della profondità della piezometrica si evidenzia che i terreni analizzati non sono soggetti a fenomeni di liquefazione;
- i parametri sismici su sito di riferimento sono caratterizzati da:
 - **CATEGORIA C** di sottosuolo;
 - **CATEGORIA T1** topografica.

6. RELAZIONE GEOTECNICA

6.1 PARAMETRIZZAZIONE E MODELLO GEOTECNICO

La progettazione geotecnica è stata fatta con il preciso scopo di individuare le interazioni esistenti fra la costruzione esistente ed il terreno, nonché lo studio della stabilità del sito nel quale si colloca la costruzione.

Lo studio geotecnico ha avuto quale principale obiettivo la verifica delle condizioni di sicurezza globale e locale del sistema costruzione-terreno, inclusa la determinazione delle sollecitazioni delle strutture a contatto con il terreno agli stati limiti ultimi (SLU).

I caratteri geologici del sito illustrati nella Relazione Geologica, costituiscono il riferimento per l'impostazione del presente progetto geotecnico.

La scelta tipologica relativa al sistema di fondazione adottato è stata definita in funzione delle verifiche effettuate sulla struttura in progetto e delle esigenze e caratteristiche strutturali evidenziate dal progettista.

In relazione a tale sistema è stata effettuata la caratterizzazione meccanica dei terreni compresi nel volume significativo, così come definito nel § 3.2.2 delle NTC, in quanto intrinsecamente connesse e reciprocamente dipendenti.

Il piano delle indagini e le prove geotecniche effettuate hanno consentito di ottenere ed interpretare i risultati stratigrafici e geomeccanici, individuando i più appropriati modelli geotecnici di sottosuolo in base, come esposto, alla tipologia di opera e/o intervento, alle tecnologie e alle modalità costruttive previste.

L'insieme di queste attività, unitamente alle analisi per il dimensionamento geotecnico delle opere, costituiscono l'oggetto del presente progetto geotecnico.

La relazione Geotecnica (vedi § C6.2.2 delle NTC) raccoglie i risultati delle attività condotte relativamente a:

- indagini e prove effettuate;
- caratterizzazione e modellazione geotecnica;
- analisi eseguite per la verifica delle condizioni di sicurezza.

Non è stata invece eseguita la valutazione delle prestazioni nelle condizioni d'esercizio del sistema costruzione-terreno in quanto rimandata alle competenze di calcolo del progettista-strutturista.

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

6.2 VERIFICA E CALCOLI GEOTECNICI

Lo studio geotecnico ha consentito la definizione delle proprietà fisiche e meccaniche dei principali tipi di terreno e il regime delle pressioni interstiziali (Cir. n. 7 del 21/01/2019 - D. M. 17/01/2018)

Per l'individuazione dei parametri geotecnici-geomeccanici, ci si è avvalsi delle seguenti indagini (*vedi Tav. 2 ALL.1 e ALL.3*):

- 1 rilevamento geomorfologico di dettaglio;
- 1 prova penetrometrica con strumentazione DPSH, spinta fino alla profondità massima di 12.40 m da p.c. (**T1**);
- 1 sondaggio stratigrafico tramite scarpetta per tutto il tratto investigato (**Sp1**).

Per l'attuazione del Progetto e per l'individuazione delle proprietà dei terreni interessati dall'intervento il piano d'investigazione si è basato - oltre che sulle indagini di verifica in situ già evidenziate (STUDIO GEURO, maggio 2023) - sulle conoscenze geotecniche e geofisiche derivanti da precedenti campagne d'indagine (Indagini in situ per progetto per un nuovo edificio - Centro di Socializzazione Torino Santa Rosa – Geotecnica Palazzi-Giomarelli Srl, Ottobre 2017) condotte nell'area d'intervento e consistenti in (*vedi Tav. 2 ALL.1 e ALL.3-4*):

- 4 prove penetrometriche con strumentazione DPSH (**DPSH 1-2-3-4**), spinte fino alla profondità massima di 16.00 m da p.c.;
- 2 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 15.0 m da p.c. e attrezzati a piezometro (**S1**);
- 6 prove SPT in foro, tre per ciascun sondaggio;
- 1 indagine geofisica di superficie mediante sismica a rifrazione e tomografia sismica con onde P/SH e metodologia MASW (**A-A'**).

I valori caratteristici del terreno fondale, ricavati dall'elaborazione dei dati raccolti e dei parametri ottenuti dalle prove ed indagini eseguite, da tenere in considerazione ai fini del calcolo strutturale, sono i seguenti:

01	Emissione	GD	RC	EC	Elaborato	Pagina
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato	DG01	35/43

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO**

COESIONE EFFICACE	$C' = 0.15 \text{ T/m}^2$
ANGOLO DI ATTRITO INTERNO	$\varnothing = 27$
PESO DI VOLUME	$t = 1.87 \text{ T/m}^3$
PRPFONDITA' INCASTRO PLATEA	$D = 0.30 \text{ m}$

In fase di calcolo progettuale, adottando una soluzione fondale di tipo a platea, sono state applicate le procedure contenute nella relazione di calcolo del carico limite e della resistenza di progetto, di cui al paragrafo 6.3.

La Resistenza di Progetto **Rd**, calcolata utilizzando l'APPROCCIO 2 e il Metodo di Terzaghi in condizioni dinamiche (SLV) è risultata pari a **96,97 KN/m²**.

Nella seguente Tabella 1 sono indicate le combinazioni di calcolo effettuate agli stati limiti ultimi (SLU) per una fondazione a platea:

STATI LIMITI ULTIMI (SLU)			
SLU di tipo geotecnico GEO – collasso per carico limite fondazione-terreno			
COMBINAZIONE	METODI DI CALCOLO	CARICO LIMITE (KN/mq)	RESISTENZA DI PROGETTO (KN/mq)
(A1+M1+R3)	Terzaghi	255,59	111,13
(A1+M1+R3) SLV (sisma)	Terzaghi	223,03	96,97

Tabella 1: Combinazioni di calcolo agli stati limiti ultimi (SLU).

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**6.3 RELAZIONE DI CALCOLO DEL CARICO LIMITE E DELLA RESISTENZA DI PROGETTO****FONDAZIONE A PLATEA E BONIFICA SOTTOFONDALE CON BALLAST**

Normativa	NTC_2018
Lat. [ED50]	43.7730102539063
Long. [ED50]	11.2415800094604
Larghezza fondazione	1.0 m
Lunghezza fondazione	9.6 m
Profondità piano di posa	0.4 m
Altezza di incastro	0.3 m
Profondità falda	13.0 m

SISMA

Accelerazione massima (amax/g)	0.196
Effetto sismico secondo Paolucci, Pecker (1997)	
Coefficiente sismico orizzontale	0.0472

Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II (*)
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

(*) In relazione alle indicazioni ricevute dalla committenza Comune di Firenze, che individua un livello di affollamento della struttura limitato, è stata associata una Classe d'Uso II.

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.461	2.553	0.253
S.L.D.	50.0	0.549	2.589	0.267
S.L.V.	475.0	1.285	2.405	0.301
S.L.C.	975.0	1.628	2.387	0.31

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.6915	0.2	0.0141	0.0071
S.L.D.	0.8235	0.2	0.0168	0.0084
S.L.V.	1.9275	0.24	0.0472	0.0236
S.L.C.	2.3805	0.24	0.0583	0.0291

STRATIGRAFIA TERRENO**In grassetto sono indicati i valori dei parametri geotecnici caratteristici**

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione efficace [kN/m ²]	Coesione non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]
0.4	18.6	18.9	26.0	1.8	88.33	0.0	2400.0
1.2	18.7	19.0	27.0	1.5	64.9	0.0	18000.0
1.2	18.7	19.0	27.0	1.5	64.9	0.0	7105.0
2.2	18.7	19.0	26.6	1.5	53.5	0.0	5866.0
1.4	18.7	19.0	24.0	2.45	24.5	0.0	3016.0
0.4	18.7	19.0	26.8	5.7	54.1	0.0	6263.0
1.2	18.7	19.0	24.0	3.1	31.2	0.0	3820.0
1.2	18.9	19.1	30.6	1.0	229.2	0.0	23596.0
1.2	18.9	19.1	29.2	1.0	122.4	0.0	12619.0
2.0	18.9	19.1	30.4	1.0	226.9	0.0	23363.0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A(1)+M(1)+R(3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	SISMA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzion e Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE TERZAGHI**Costante di Winkler 19229,17 kN/m³**

01	Emissione	GD	RC	EC	Elaborato DG01	Pagina 38/43
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato		

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**A(1)+M(1)+R(3)**

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	18.7 kN/m ³
Peso unità di volume saturo	19.0 kN/m ³
Angolo di attrito	27.0°
Coesione	1.5 kN/m ²

Fattore [Nq]	15.9
Fattore [Nc]	29.24
Fattore [Ng]	13.16
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	255.59 kN/m ²
Resistenza di progetto	111.13 kN/m ²

A1+M1+R3 (Sisma)

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	18.7 kN/m ³
Peso unità di volume saturo	19.0 kN/m ³
Angolo di attrito	27.0°
Coesione	1.5 kN/m ²

Fattore [Nq]	15.9
Fattore [Nc]	29.24
Fattore [Ng]	13.16
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.88
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.84
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.95

Carico limite	223.03 kN/m ²
Resistenza di progetto	96.97 kN/m²

01	Emissione	GD	RC	EC
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato

Elaborato
DG01Pagina
39/43

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**6.4 ANALISI DI STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO**

Le esigenze costruttive non implicano la realizzazione di pareti di scavo verticali o prossime alla verticalità. La rapidità esecutiva dell'intervento e i tempi previsti per le operazioni di scavo configurano una situazione tensionale di breve termine (condizioni non drenate).

L'analisi di stabilità del fronte di scavo, eseguita in tensioni totali, è stata effettuata utilizzando il metodo di Taylor applicando i coefficienti parziali indicati al paragrafo 6.8 delle NTC18.

La soluzione di Taylor si basa sul metodo dell'equilibrio limite globale. In essa il margine di sicurezza è espresso nella seguente formula:

$$\frac{R_d}{E_d} = \frac{1}{\gamma_R} \frac{C_u}{\gamma_{C_u}} \frac{1}{N_s \gamma H_c}$$

dove:

γ_R = coefficiente riduttivo R2 pari a 1.1

C_u = coesione non drenata

γ_{C_u} = coefficiente riduttivo M2 pari a 1.4

N_s = fattore di stabilità ricavato dalla carta di stabilità di Taylor (fig. sottostante) con $\beta = 85^\circ$

γ = peso di volume del terreno

H_c = altezza critica del fronte di scavo

La verifica è da ritenersi soddisfatta se $R_d > E_d$.

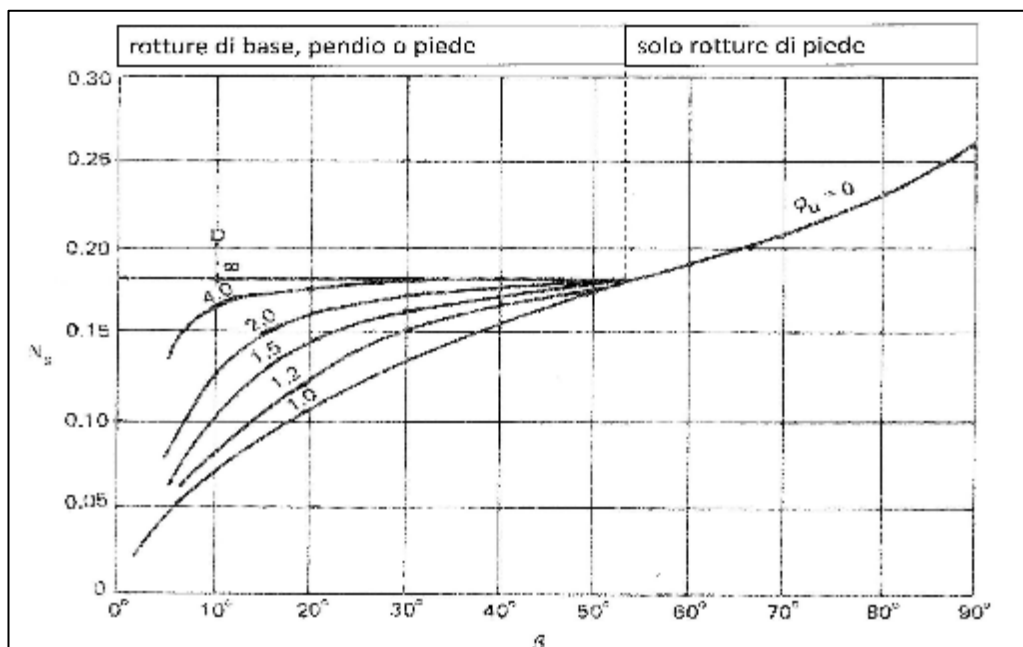


Figura 23: Carta di stabilità di Taylor

01	Emissione	GD	RC	EC
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato

Elaborato
DG01

Pagina
40/43

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Utilizzando il valore minimo di coesione totale tra quelli elaborati dalle indagini, in uno spessore di terreno avente medesima altezza della profondità di scavo, i parametri del terreno e i coefficienti riduttivi, da tenere in considerazione ai fini del calcolo di H_c , sono i seguenti:

COESIONE TOTALE	$C_u = 1.0 \text{ T/m}^2$
PESO DI VOLUME	$\gamma = 1.890 \text{ T/m}^3$
COEFFICIENTE RIDUTTIVO M_2	$\gamma C_u = 1.4$
COEFFICIENTE RIDUTTIVO R_2	$\gamma R = 1.1$
FATTORE DI STABILITA'	$NS = 0.2455$

In fase di calcolo progettuale, nel rispetto dell'ipotesi di lavoro sopra proposta, il valore elaborato è risultato:

$H_c = 1.39 \text{ m}$

I dati progettuali evidenziano una potenza del fronte da realizzare superiore rispetto a quella elaborata attraverso i calcoli effettuati.

In fase esecutiva i lavori di scavo dovranno essere effettuati per tratti successivi prevedendo l'armatura e/o le strutture di sostegno temporaneo e definitivo del fronte medesimo, al fine di scongiurare il collasso della parete e situazioni di pericolo dell'ambiente di lavoro.

I valori forniti devono essere considerati indicativi e dipendenti dalla situazione idrologica presente al momento dello scavo.

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

6.5 CEDIMENTI

Le caratteristiche del geotopo suggeriscono il contenimento dei valori di cedimento differenziale ed assoluto entro range ottimali.

Relativamente al cedimento assoluto massimo W_1 si prescrive il contenimento dei valori entro i **20-25 mm**.

In considerazione dei valori max di tensione indotta al terreno e delle possibili distribuzioni dei valori isotensionali definitivi sull'intera area di intervento si suggerisce di adottare valori di distorsione angolare massima **D.A.** non superiori a **1/400**.

Nel caso in cui tali prescrizioni non dovessero risultare rispettate, sarà cura del progettista-strutturista verificare la compatibilità delle eterogeneità tensionali indotte e distribuite dalla fondazione, i corrispondenti valori di cedimento fondale con le caratteristiche di resistenza strutturali del manufatto alle distorsioni generate.

In funzione di quanto sopra esposto ed alle esigenze di accertamento delle possibili eterogeneità presenti all'interno dell'area di progetto si suggerisce la Direzione dei lavori di carattere Geotecnico, al fine di appurare le proprietà litotecniche e geotecniche dei terreni fondali in tutta l'area di intervento e la loro corrispondenza con le proprietà geotecniche adottate per il progetto.

I tempi d'espletamento del cedimento possono essere considerati di medio-lungo termine.

01	Emissione	GD	RC	EC	Elaborato DG01	Pagina 42/43
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato		

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

7. CONCLUSIONI E FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO

L'intervento previsto, sovrapposto alle classi di pericolosità individuate ha permesso di definire la condizione di fattibilità, al fine di adottare le opportune misure preventive di attenuazione delle problematiche emerse, come di seguito riportato:

FATTIBILITA' GEOLOGICA

Assenza di problematiche geologiche e geomorfologiche tali da condizionare l'intervento in oggetto.

FATTIBILITA' IDRAULICA

L'intervento in oggetto verrà realizzato nella porzione di area al di fuori della zona di inedificabilità idraulica stabilita a 10 m dal ciglio di sponda (L.R. 41/2018 art. 3).

Il piano di calpestio interno dei nuovi locali, come previsto dalla normativa vigente, sarà posto alla quota di sicurezza di 80 cm dal piano di campagna (attuale sede stradale), nel rispetto della normativa vigente in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua (L.R. 41/2018; DPGR 5/R/2020) e come prescritto nella scheda norma adottata.

FATTIBILITA' SISMICA

La realizzazione di una campagna di indagini geofisiche di superficie ha definito geometrie e velocità sismiche dei litotipi. Il valore del parametro **Vs30** ottenuto è risultato pari a **402,00 m/s**.

In considerazione del fatto che il valore ottenuto indica un suolo di passaggio tra la categoria B e C, si assegna al sottosuolo cautelativamente **"CATEGORIA C"**.

Non si ravvisa, per quanto di competenza geologica, alcuna controindicazione all'esecuzione del progetto, ma è necessario che l'affidabilità degli strumenti progettuali previsionali sia verificata con un accurato monitoraggio dell'opera in fase costruttiva che, consentendo anche una progressiva calibrazione dei parametri del modello geotecnico elaborato, può costituire uno strumento prezioso per la migliore conduzione dei lavori.

Dott. Federico DEL GAIA

GEOLOGO



01	Emissione	GD	RC	EC	Elaborato	Pagina
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato	DG01	43/43

ALLEGATI

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

ALLEGATO 1
ELABORATI CARTOGRAFICI

01	Emissione	GD	RC	EC	Elaborato DG01
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato	

CARTA GEOLOGICA

SCALA 1:500

TAV. 1

LEGENDA

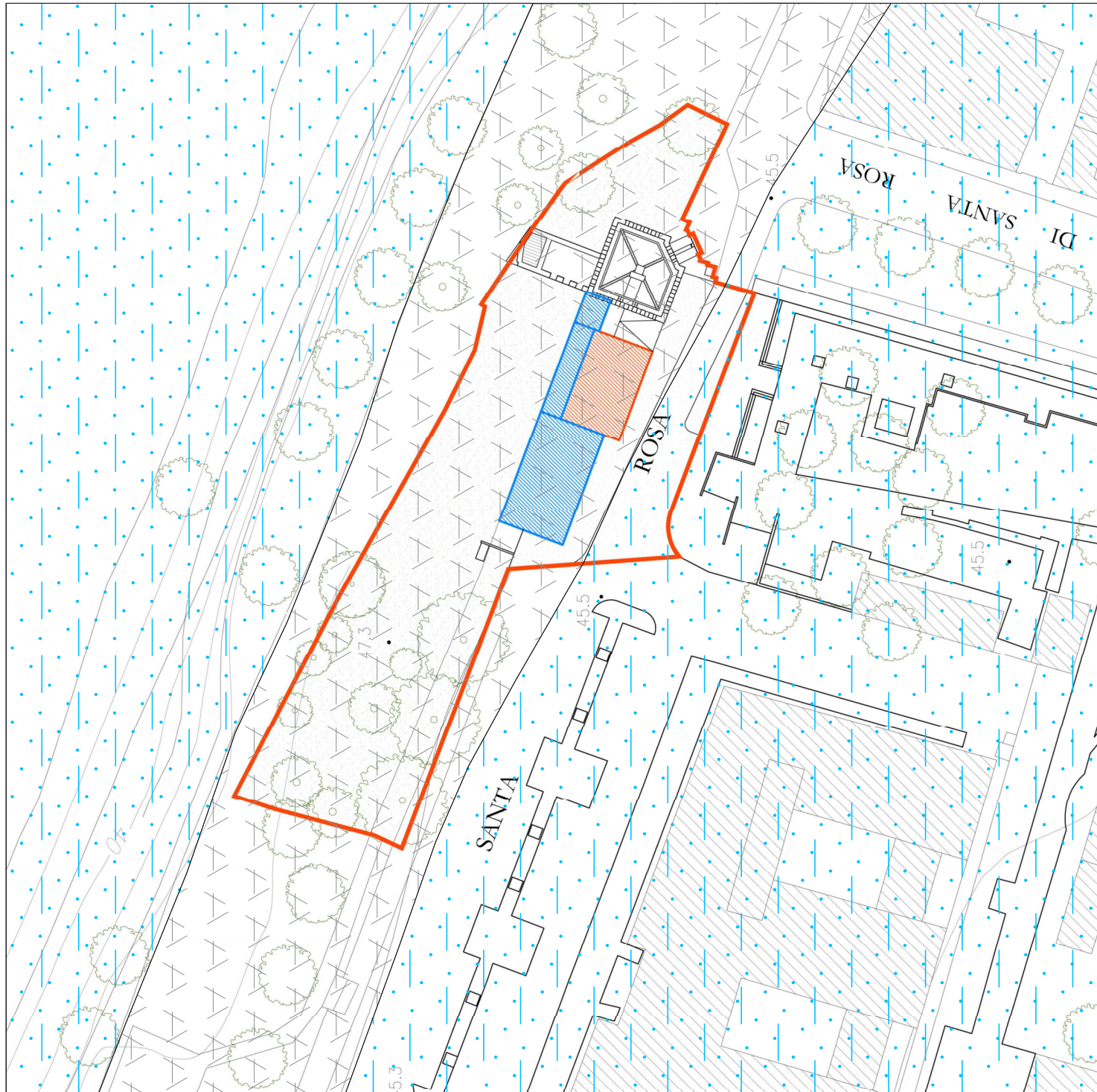
DEPOSITI OLOCENICI



Depositi antropici, terreni di riporto (h5)



Depositi alluvionali attuali (b - LAS)



CARTA UBICAZIONE
INDAGINI IN SITU

SCALA 1:500

TAV. 2

LEGENDA

INDAGINI 2017

DPSH1 ▲
Prova penetrometrica DPSH (Palazzi-Giomarelli 2017)

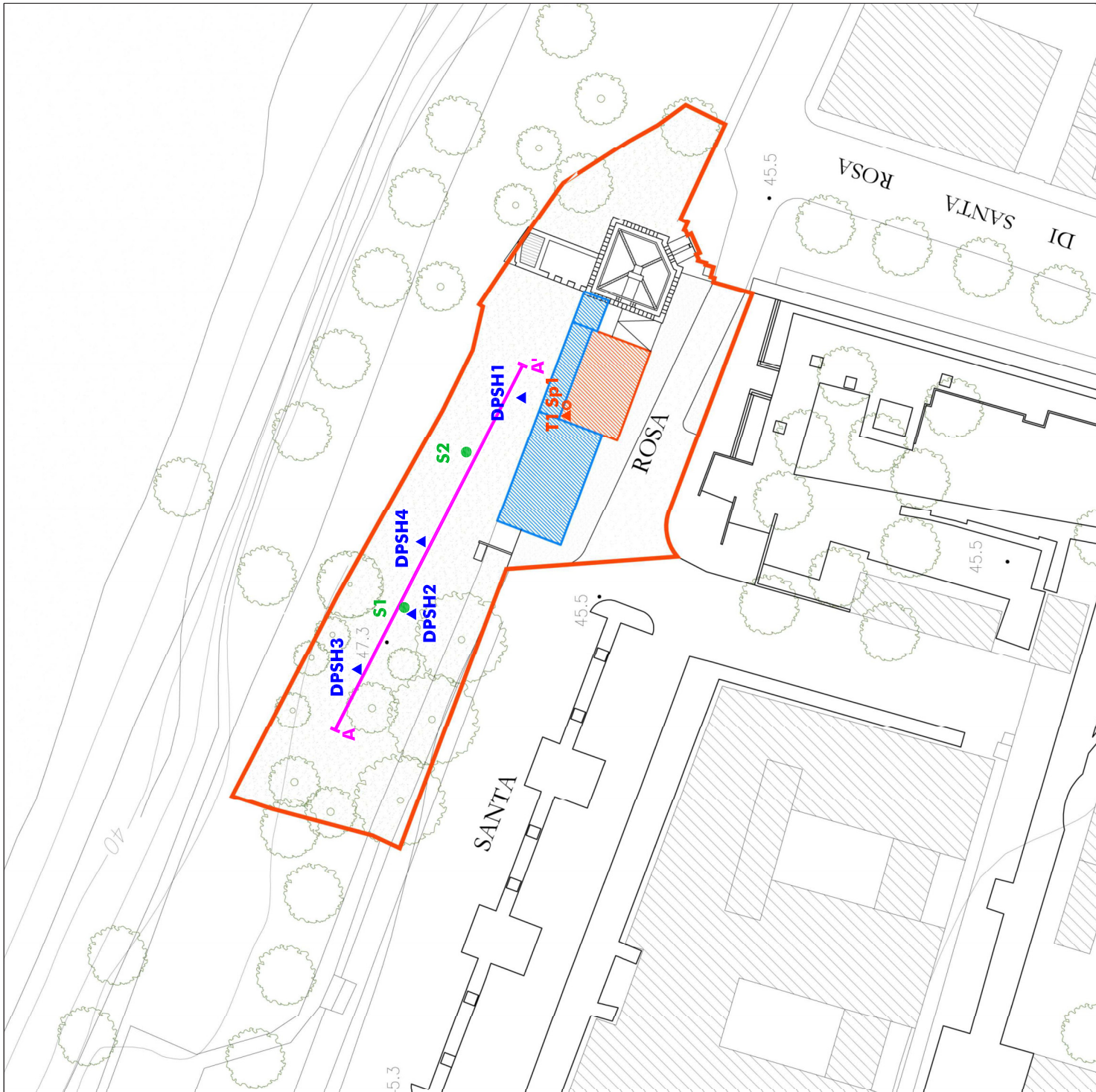
S1 ●
Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato a piezometro (Palazzi-Giomarelli 2017)

A-A'
Sismica a rifrazione in onde P/S e indagine MASW (Palazzi-Giomarelli 2017)

INDAGINI 2023

T1 ▲
Prova penetrometrica T1 con strumentazione DPSH (Geuro 2023)

Sp1 ○
Sondaggio stratigrafico tramite scarpetta durante la prova DPSH (Geuro 2023)



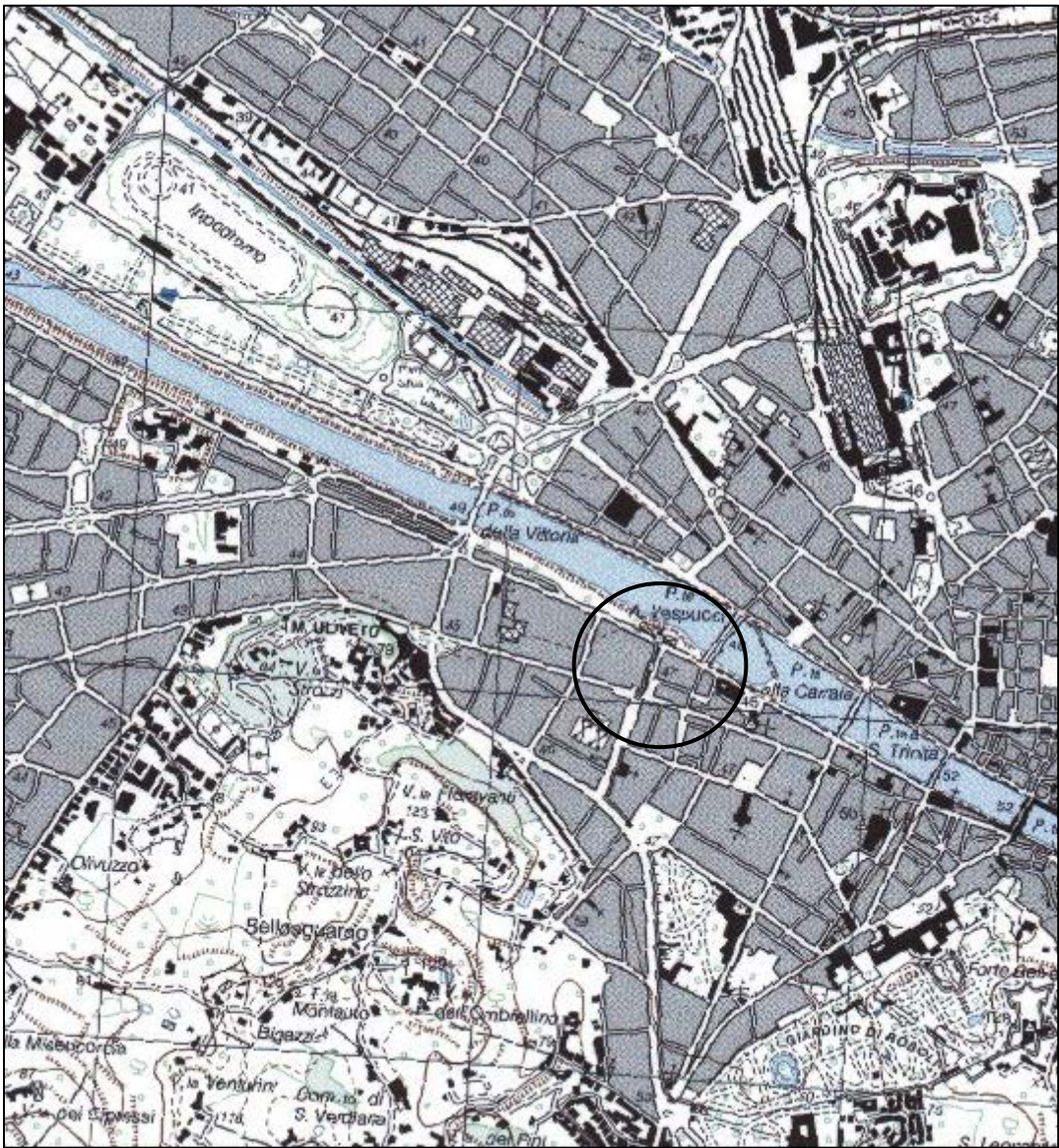
RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

ALLEGATO 2
UBICAZIONE DELL'AREA

					<i>Elaborato</i> DG01
01	Emissione	GD	RC	EC	
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato	

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Rilevamento topografico d'Italia
F°106 II NO – Firenze -
scala 1:25000



01	Emissione	GD	RC	EC
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato

Elaborato
DG01

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Carta Tecnica Regione Toscana
Foglio N° 275/030 – Firenze -
scala 1:10000

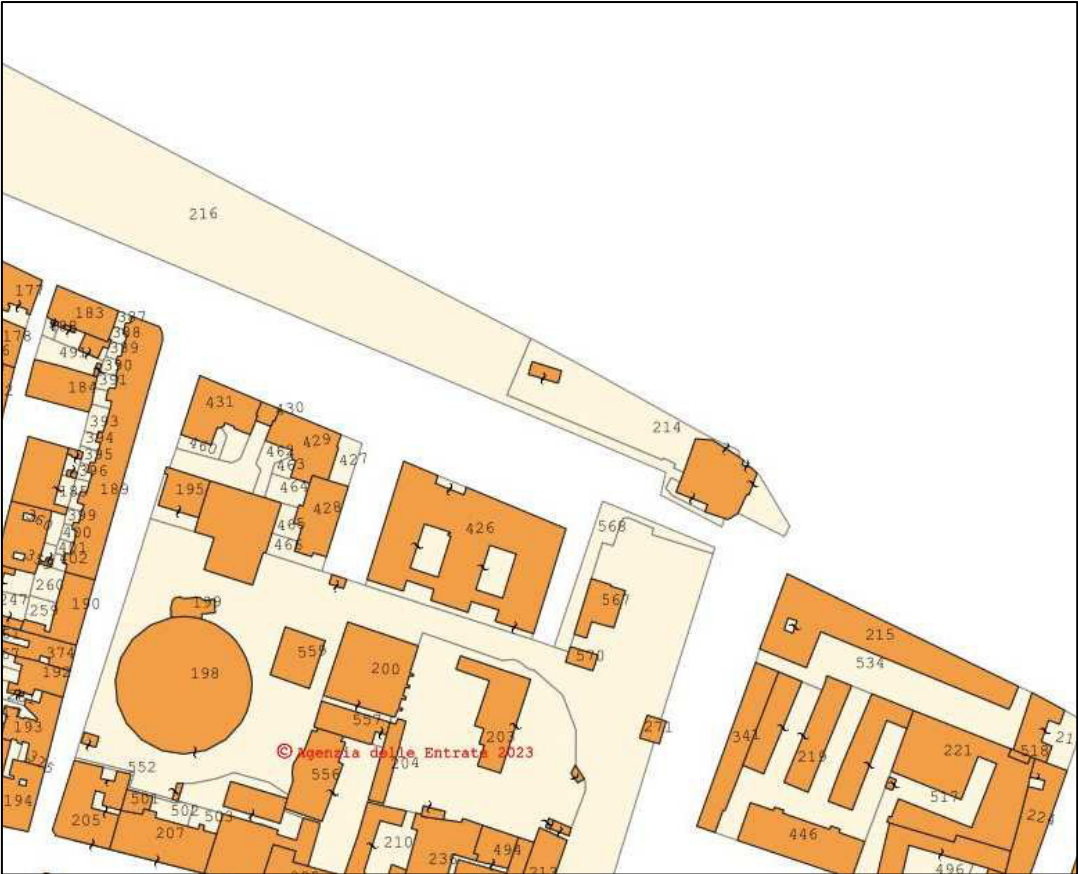


01	Emissione	GD	RC	EC
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato

Elaborato
DG01

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Planimetria catastale scala 1:2000
Foglio N° 163 part. cat.li n. 214 e 126/p
Comune di Firenze



01	Emissione	GD	RC	EC	Elaborato DG01
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato	

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

ALLEGATO 3
INDAGINI GEOGNOSTICHE

01	Emissione	GD	RC	EC	<i>Elaborato</i> DG01
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato	

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

INDAGINI IN SITU ANNO 2017
(GEOTECNICA PALAZZI-GIOMARELLI SRL)

01	Emissione	GD	RC	EC	<i>Elaborato</i> DG01
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato	

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: COMUNE DI FIRENZE Cantiere: Torrino Santa Rosa Località: FIRENZE	VERB ACCETTAZIONE 35/17 DEL 7/07/17 CERT. N. 1065-1066-1067-1068 DEL 12/09/17
---	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

Il Responsabile del Sito



Il Direttore





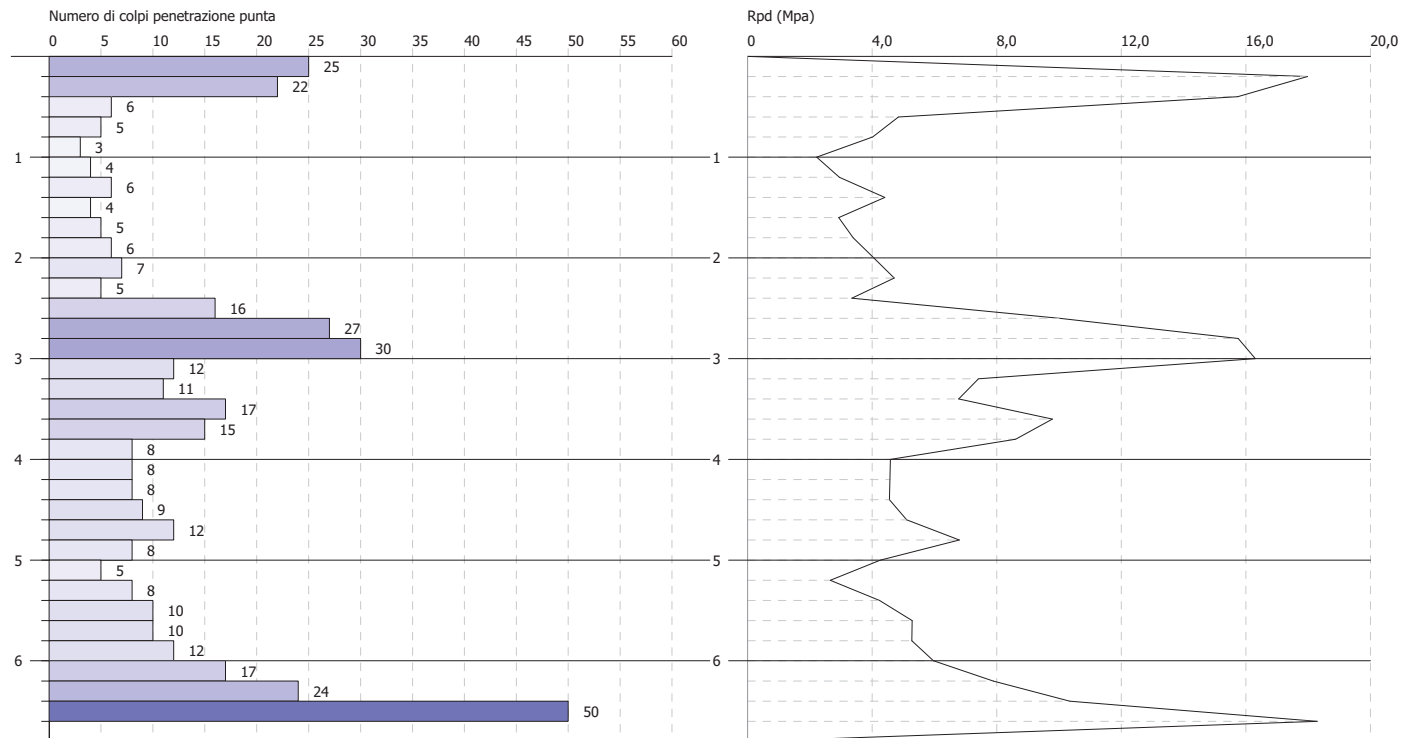
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

VERB ACC, 35/17 DEL 07/07/17
CERT. 1065 DEL 13/09/17

Committente: COMUNE DI FIRENZE
Cantiere: Torrino Santa Rosa
Località: FIRENZE

Data: 04/09/2017

Scala 1:75





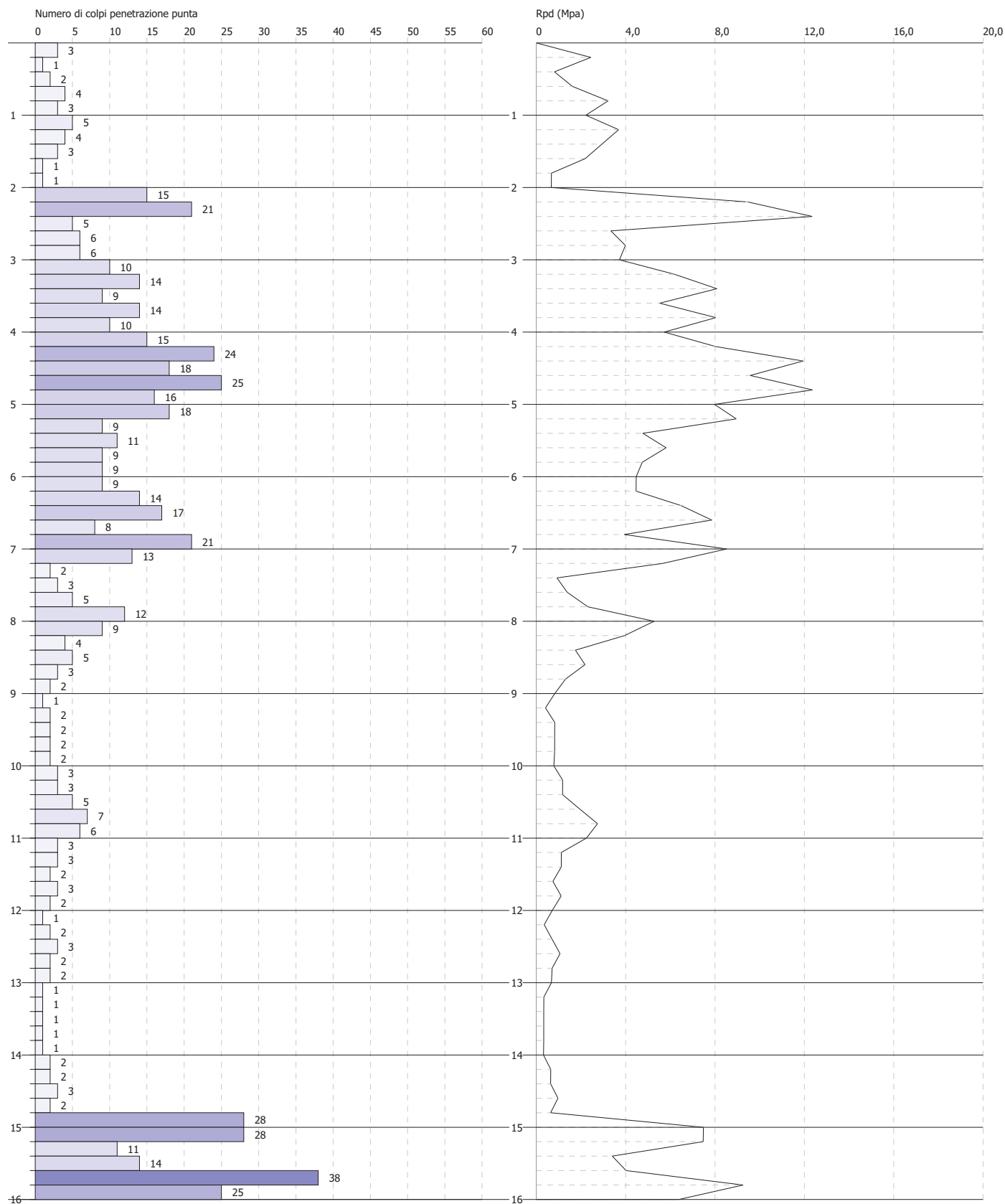
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

VERB ACC 35/17 DEL 07/07/17
CERT, 1066 DEL 13/09/

Committente: COMUNE DI FIRENZE
Cantiere: Torrino Santa Rosa
Località: FIRENZE

Data: 04/09/2017

Scala 1:75



IL RESPONSABILE DEL SITO

IL DIRETTORE



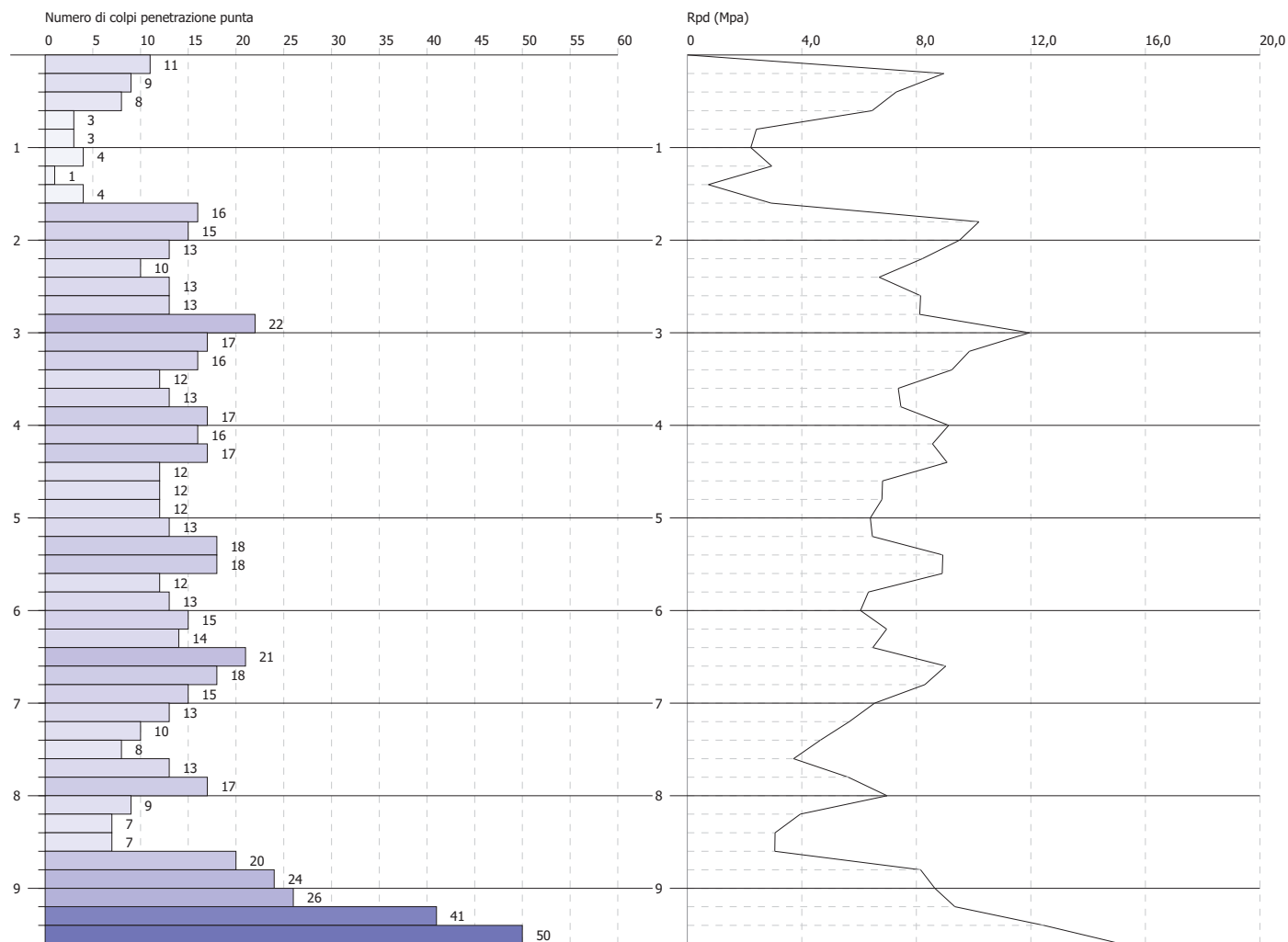
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

VERB ACC 35/17 DEL 07/07/17
CERT, N. 1067 DEL 13/09/17

Committente: COMUNE DI FIRENZE
Cantiere: Torrino Santa Rosa
Località: FIRENZE

Data: 05/09/2017

Scala 1:75





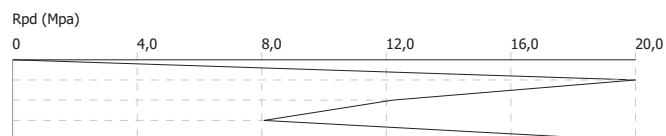
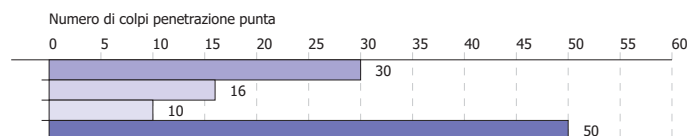
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

VERB ACC 35/17 DEL 07/07/17
CERT. N. 1068 DEL 13/09/17

Committente: COMUNE DI FIRENZE
Cantiere: Torrino Santa Rosa
Località: FIRENZE

Data: 12/09/2017

Scala 1:75



PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 04/09/2017
 Profondità prova 6,80 mt
 Falda non rilevata
 VERB ACC, 35/17 DEL 07/07/17
 CERT. 1065 DEL 13/09/17

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	25	0,755	17,98	23,82	898,95	1191,24
0,40	22	0,751	15,74	20,97	787,03	1048,29
0,60	6	0,847	4,84	5,72	242,16	285,90
0,80	5	0,843	4,02	4,76	200,92	238,25
1,00	3	0,840	2,22	2,64	111,05	132,24
1,20	4	0,836	2,95	3,53	147,45	176,32
1,40	6	0,833	4,41	5,29	220,28	264,48
1,60	4	0,830	2,93	3,53	146,27	176,32
1,80	5	0,826	3,64	4,41	182,12	220,40
2,00	6	0,823	4,05	4,92	202,54	246,05
2,20	7	0,820	4,71	5,74	235,42	287,06
2,40	5	0,817	3,35	4,10	167,55	205,04
2,60	16	0,764	10,03	13,12	501,44	656,13
2,80	27	0,711	15,75	22,14	787,70	1107,22
3,00	30	0,709	16,30	23,00	815,04	1150,10
3,20	12	0,806	7,42	9,20	370,79	460,04
3,40	11	0,803	6,78	8,43	338,80	421,70
3,60	17	0,751	9,79	13,03	489,36	651,72
3,80	15	0,748	8,61	11,50	430,37	575,05
4,00	8	0,796	4,58	5,76	229,20	287,93
4,20	8	0,794	4,57	5,76	228,53	287,93
4,40	8	0,791	4,56	5,76	227,88	287,93
4,60	9	0,789	5,11	6,48	255,65	323,93
4,80	12	0,787	6,80	8,64	339,95	431,90
5,00	8	0,785	4,26	5,43	213,01	271,34
5,20	5	0,783	2,66	3,39	132,79	169,59
5,40	8	0,781	4,24	5,43	211,93	271,34
5,60	10	0,779	5,29	6,78	264,26	339,17
5,80	10	0,777	5,27	6,78	263,63	339,17
6,00	12	0,775	5,97	7,70	298,42	384,82
6,20	17	0,724	7,89	10,90	394,55	545,17
6,40	24	0,672	10,34	15,39	517,22	769,65
6,60	50	0,570	18,29	32,07	914,53	1603,44
6,80	0	0,769	0,00	0,00	0,00	0,00

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 04/09/2017
 Profondità prova 16,00 mt
 Falda non rilevata
 VERB ACC 35/17 DEL 07/07/17
 CERT, 1066 DEL 13/09/

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	3	0,855	2,44	2,86	122,17	142,95
0,40	1	0,851	0,81	0,95	40,54	47,65
0,60	2	0,847	1,61	1,91	80,72	95,30
0,80	4	0,843	3,21	3,81	160,74	190,60
1,00	3	0,840	2,22	2,64	111,05	132,24
1,20	5	0,836	3,69	4,41	184,31	220,40
1,40	4	0,833	2,94	3,53	146,85	176,32
1,60	3	0,830	2,19	2,64	109,70	132,24
1,80	1	0,826	0,73	0,88	36,42	44,08
2,00	1	0,823	0,68	0,82	33,76	41,01
2,20	15	0,770	9,47	12,30	473,72	615,12
2,40	21	0,717	12,35	17,22	617,59	861,17
2,60	5	0,814	3,34	4,10	166,95	205,04
2,80	6	0,811	3,99	4,92	199,65	246,05
3,00	6	0,809	3,72	4,60	186,01	230,02
3,20	10	0,806	6,18	7,67	308,99	383,37
3,40	14	0,753	8,09	10,73	404,36	536,71
3,60	9	0,801	5,53	6,90	276,32	345,03
3,80	14	0,748	8,03	10,73	401,68	536,71
4,00	10	0,796	5,73	7,20	286,50	359,92
4,20	15	0,744	8,03	10,80	401,50	539,88
4,40	24	0,691	11,95	17,28	597,26	863,80
4,60	18	0,739	9,58	12,96	478,92	647,85
4,80	25	0,687	12,36	18,00	618,25	899,79
5,00	16	0,735	7,98	10,85	398,88	542,67
5,20	18	0,733	8,95	12,21	447,51	610,51
5,40	9	0,781	4,77	6,11	238,42	305,25
5,60	11	0,779	5,81	7,46	290,69	373,09
5,80	9	0,777	4,75	6,11	237,27	305,25
6,00	9	0,775	4,48	5,77	223,82	288,62
6,20	9	0,774	4,47	5,77	223,31	288,62
6,40	14	0,722	6,48	8,98	324,16	448,96

6,60	17	0,720	7,85	10,90	392,72	545,17
6,80	8	0,769	3,94	5,13	197,22	256,55
7,00	21	0,667	8,52	12,77	426,08	638,64
7,20	13	0,716	5,66	7,91	282,93	395,35
7,40	2	0,764	0,93	1,22	46,48	60,82
7,60	3	0,763	1,39	1,82	69,58	91,23
7,80	5	0,761	2,32	3,04	115,76	152,06
8,00	12	0,760	5,27	6,94	263,69	347,00
8,20	9	0,759	3,95	5,21	197,42	260,25
8,40	4	0,757	1,75	2,31	87,59	115,67
8,60	5	0,756	2,19	2,89	109,30	144,58
8,80	3	0,755	1,31	1,74	65,47	86,75
9,00	2	0,753	0,83	1,10	41,54	55,12
9,20	1	0,752	0,41	0,55	20,73	27,56
9,40	2	0,751	0,83	1,10	41,40	55,12
9,60	2	0,750	0,83	1,10	41,34	55,12
9,80	2	0,749	0,83	1,10	41,28	55,12
10,00	2	0,748	0,79	1,05	39,37	52,66
10,20	3	0,747	1,18	1,58	58,97	78,99
10,40	3	0,746	1,18	1,58	58,89	78,99
10,60	5	0,744	1,96	2,63	98,00	131,65
10,80	7	0,743	2,74	3,69	137,01	184,30
11,00	6	0,742	2,24	3,02	112,25	151,21
11,20	3	0,741	1,12	1,51	56,05	75,60
11,40	3	0,740	1,12	1,51	55,97	75,60
11,60	2	0,739	0,75	1,01	37,26	50,40
11,80	3	0,738	1,12	1,51	55,81	75,60
12,00	2	0,737	0,71	0,97	35,63	48,33
12,20	1	0,736	0,36	0,48	17,79	24,17
12,40	2	0,735	0,71	0,97	35,53	48,33
12,60	3	0,734	1,06	1,45	53,23	72,50
12,80	2	0,733	0,71	0,97	35,43	48,33
13,00	2	0,732	0,68	0,93	33,99	46,43
13,20	1	0,731	0,34	0,46	16,97	23,21
13,40	1	0,730	0,34	0,46	16,95	23,21
13,60	1	0,729	0,34	0,46	16,92	23,21
13,80	1	0,728	0,34	0,46	16,90	23,21
14,00	1	0,727	0,32	0,45	16,23	22,33
14,20	2	0,726	0,65	0,89	32,41	44,66
14,40	2	0,725	0,65	0,89	32,36	44,66
14,60	3	0,723	0,97	1,34	48,47	67,00
14,80	2	0,722	0,65	0,89	32,26	44,66
15,00	28	0,621	7,48	12,05	374,19	602,44
15,20	28	0,620	7,47	12,05	373,47	602,44
15,40	11	0,719	3,40	4,73	170,10	236,67
15,60	14	0,667	4,02	6,02	201,05	301,22
15,80	38	0,566	9,26	16,35	462,90	817,59
16,00	25	0,615	6,38	10,38	319,07	518,92

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 05/09/2017

Profondità prova 9,60 mt

Falda non rilevata

VERB ACC 35/17 DEL 07/07/17

CERT, N. 1067 DEL 13/09/17

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	11	0,855	8,96	10,48	447,95	524,15
0,40	9	0,851	7,30	8,58	364,85	428,85
0,60	8	0,847	6,46	7,62	322,88	381,20
0,80	3	0,843	2,41	2,86	120,55	142,95
1,00	3	0,840	2,22	2,64	111,05	132,24
1,20	4	0,836	2,95	3,53	147,45	176,32
1,40	1	0,833	0,73	0,88	36,71	44,08
1,60	4	0,830	2,93	3,53	146,27	176,32
1,80	16	0,776	10,95	14,11	547,53	705,28
2,00	15	0,773	9,51	12,30	475,60	615,12
2,20	13	0,770	8,21	10,66	410,56	533,11
2,40	10	0,817	6,70	8,20	335,10	410,08
2,60	13	0,764	8,15	10,66	407,42	533,11
2,80	13	0,761	8,12	10,66	405,92	533,11
3,00	22	0,709	11,95	16,87	597,70	843,40
3,20	17	0,756	9,85	13,03	492,70	651,72
3,40	16	0,753	9,24	12,27	462,13	613,38
3,60	12	0,801	7,37	9,20	368,43	460,04
3,80	13	0,748	7,46	9,97	372,99	498,38
4,00	17	0,746	9,13	12,24	456,46	611,86
4,20	16	0,744	8,57	11,52	428,27	575,87
4,40	17	0,741	9,07	12,24	453,65	611,86
4,60	12	0,789	6,82	8,64	340,87	431,90
4,80	12	0,787	6,80	8,64	339,95	431,90
5,00	12	0,785	6,39	8,14	319,51	407,01
5,20	13	0,733	6,46	8,82	323,20	440,92
5,40	18	0,731	8,93	12,21	446,31	610,51
5,60	18	0,729	8,90	12,21	445,14	610,51
5,80	12	0,777	6,33	8,14	316,36	407,01
6,00	13	0,725	6,05	8,34	302,45	416,89
6,20	15	0,724	6,96	9,62	348,13	481,03
6,40	14	0,722	6,48	8,98	324,16	448,96
6,60	21	0,670	9,03	13,47	451,45	673,44
6,80	18	0,719	8,30	11,54	414,89	577,24

7,00	15	0,717	6,54	9,12	327,15	456,17
7,20	13	0,716	5,66	7,91	282,93	395,35
7,40	10	0,764	4,65	6,08	232,39	304,11
7,60	8	0,763	3,71	4,87	185,56	243,29
7,80	13	0,711	5,62	7,91	281,21	395,35
8,00	17	0,710	6,98	9,83	348,98	491,59
8,20	9	0,759	3,95	5,21	197,42	260,25
8,40	7	0,757	3,07	4,05	153,28	202,42
8,60	7	0,756	3,06	4,05	153,02	202,42
8,80	20	0,705	8,15	11,57	407,56	578,34
9,00	24	0,653	8,65	13,23	432,28	661,50
9,20	26	0,652	9,35	14,33	467,44	716,62
9,40	41	0,551	12,46	22,60	622,78	1130,06
9,60	50	0,550	15,16	27,56	757,90	1378,12

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 12/09/2017
 Profondità prova ,80 mt
 Falda non rilevata
 VERB ACC 35/17 DEL 07/07/17
 CERT. N. 1068 DEL 13/09/17

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	30	0,755	21,57	28,59	1078,74	1429,49
0,40	16	0,801	12,21	15,25	610,50	762,39
0,60	10	0,847	8,07	9,53	403,60	476,50
0,80	50	0,643	30,65	47,65	1532,73	2382,48

COMUNE DI FIRENZE

Direzione Ambiente

via Benedetto Fortini, 37 - 50125 - e.mail: direz.ambiente@comune.fi.it

Scheda del Sondaggio n. 443

Data inizio:

Data fine:

Cantiere: (PRG)

Località: Firenze

Quota p.c. (m):

Tipologia:

Stratigrafia			
Descrizione stratigrafia	Profondità iniziale (m)	Profondità finale (m)	Campione
Riporti	0.00	2.00	N
Limi sabbio argillosi	2.00	12.00	N
Ghiaie	12.00	24.00	N
Sabbie limo argillose	24.00	28.00	N
Argille limose	28.00	39.00	N

COMUNE DI FIRENZE

Direzione Ambiente

via Benedetto Fortini, 37 - 50125 - e.mail: direz.ambiente@comune.fi.it

Scheda del Sondaggio n. 1075

Data inizio:

Data fine:

Cantiere:

Località: Firenze

Quota p.c. (m):

Tipologia: Sondaggio

Stratigrafia			
Descrizione stratigrafia	Profondità iniziale (m)	Profondità finale (m)	Campione
Terreno di riporto di natura sabbioso ghiaiosa con laterizi.	0.00	1.50	N
Sabbia fine molto limosa grigia incoerente.	1.50	3.90	N
Idem con elementi di ghiaia e nuclei di torba.	3.90	5.30	N
Ghiaia da fine a grossa in matrice sabbioso limosa.	5.30	6.00	N
Sabbia da media a grossa con ghiaia incoerente.	6.00	9.00	N
Ghiaia in matrice sabbiosa.	9.00	19.40	N
Ghiaia in matrice sabbioso limosa	19.40	21.10	N
Limo argilloso sabbioso con elementi di ghiaia marrone rossastro consistente con rari nuclei di torba.	21.10	25.10	N
Argilla rossa rimaneggiata (frana ?) mista a frammenti di alcuni centimetri di marne argillose rosso violacee, consistenti.	25.10	26.70	N
Marne argillose fogliettate, rosso violacee, leggermente sabbiose, con vene giallastre forse più sabbiose, spalmature di manganese. Strati subverticali ?	26.70	36.20	N

Committente: Comune di Firenze
Impresa: GEOTECNICA PALAZZI
Data: 04/09/2017
Quota m s.l.m.: 46.795 mslm

Sondaggio: S1

Sonda: Beretta T44

Metodo di perforazione: Carotaggio continuo

Scala 1:200

Prof (m)	Litologia	Descrizione stratigrafica	% recupero					PP		S.P.T. (m) N. colpi	H ₂ O	C	ORIZZONTE
			20	40	60	80	100	(m)	Kg/cmq				
1.0		Terreno di riporto costituito da sabbia di colore grigio/marrone con presenza di litici e resti di laterizi								1,5 7/2/1			
2.0													
3.0													
4.0		Terreno di riporto caratterizzato da un aumento della quantità di laterizi								7,0 11/6/16			
4.5		Terreno di riporto con presenza di litici calcarei											
5.0		Terreno di riporto caratterizzato da un aumento della frazione limosa di colore marrone											
6.0													
6.4		Terreno di riporto caratterizzato da un aumento della matrice limoso sabbiosa /sabbioso limosa di colore ocra con presenza di litici di natura calcareo-marnosi											
7.0													
7.6		Terreno di riporto limoso sabbioso color ocra						7,8/0,9					
7.9													
8.0		Terreno di riporto caratterizzato da un aumento della componente sabbiosa con presenza di resti di laterizi e litici calcarei											
8.4		Terreno di riporto con sabbia media marrone/grigio											
8.5		Terreno di riporto con sabbia medio-fine di colore ocra passante a grigio						8,5/0,4					
8.9													
9.0		Ghiaie in matrice sabbioso-limosa di colore grigio											

RIPORTO (R)

GHIAIE E SABBIE
(A)

Committente: Comune di Firenze
Impresa: GEOTECNICA PALAZZI
Data: 04/09/2017
Quota m s.l.m.: 46.795

Sondaggio: S1

Sonda: Beretta T44

Metodo di perforazione: Carotaggio continuo

Scala 1:200

Prof (m)	Litologia	Descrizione stratigrafica	% recupero					PP		S.P.T. (m) N. colpi	H ₂ O	C	ORIZZONTE
			20	40	60	80	100	(m)	Kg/cmq				
10.42		Ghiaie in matrice sabbioso-limosa di colore grigio											
11.0		Sabbie grosse e ghiaie in matrice sabbiosa di colore grigio											
11.6													
12.0		Ghiaie di dimensioni da decimetriche a centimetriche di colore grigio											
12.7													
13.0													
13.1													
13.4		Sabbie medie di colore grigio passanti a sabbie limose di color ocra e presenza di frammenti litici											
14.0		Ghiaie di dimensioni centimetriche in matrice limoso-sabbiosa di colore grigio											
14.5		Ghiaie in matrice limoso-sabbiosa di color ocra											
15.0													
16.0													
17.0													
18.0													
19.0													
20.0													

GHIAIE E SABBIE (A)

Quota m s.l.m.:45.779

Sonda: Beretta T44

Metodo di perforazione: Carotaggio continuo

Scala 1:200

Prof (m)	Litologia	Descrizione stratigrafica	% recupero					PP		S.P.T.	H ₂ O	Piezometro	C	ORIZZONTE
			20	40	60	80	100	(m)	Kg/cm ^q	(m) N. colpi				
1.0		Terreno di Riporto costituito da sabbia di colore grigio/marrone con presenza di litici e resti di laterizi								1,5 4/4/5				RIPORTO (R)
2.0														
3.0														
4.0														
5.0														
5.9		Terreno di riporto caratterizzato da un aumento della frazione sabbioso/limoso di colore ocra e presenza di laterizi											RIPORTO (R)	
6.0														
6.3		Terreno di riporto con limo sabbioso ocra passante a grigio e presenza di litici										RIPORTO (R)		
6.4														
6.4		TR sabbie grigio-verdi con screziature nere e litici												RIPORTO (R)
7.0														
7.0		Terreno di riporto con sabbia media e presenza di frammenti litici di natura calcareo marnosa e resti di laterizi											RIPORTO (R)	
7.5														
7.5		Sabbia debolmente limosa con ghiaie										RIPORTO (R)		
8.0														
8.0		Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa di colore grigio scuro												RIPORTO (R)
8.3														
8.4		Sabbia debolmente limosa di colore grigio scuro											RIPORTO (R)	
8.4														
9.0		Ghiaie in scarsa matrice sabbioso-limosa di colore grigio										RIPORTO (R)		
9.43														
10.0														


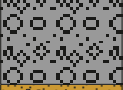



Committente: Comune di Firenze
Impresa: GEOTECNICA PALAZZI
Data: 05/09/2017
Quota m s.l.m.: 45.779

Sondaggio: S2

Sonda: Beretta T44

Metodo di perforazione: Carotaggio continuo

Scala 1:200

Prof (m)	Litologia	Descrizione stratigrafica	% recupero					PP		S.P.T. (m) N. colpi	H ₂ O	C	ORIZZONTE
			20	40	60	80	100	(m)	Kg/cmq				
12.5		Ghiaie di colore grigio											
13.1		Ghiaie di dimensioni centimetriche in matrice limoso-sabbiosa di colore grigio/ocra											
13.4		Limo sabbioso di colore da ocra a grigio azzurro e presenza di scarsi frammenti litici											
14.5		Litici di natura calcareo-marnosa in matrice limo-sabbiosa											
15.0		Ghiaie in matrice sabbioso-limosa di color grigio-nero											
16.0													
17.0													
18.0													
19.0													
20.0													

13,1/0,8

13,5
15/19/23

GHIAIE E SABBIE (A)

SONDAGGIO S1



0
/
5

Profondità da p.c. da 0 a 5m



5
/
10

Profondità da p.c. da 5 a 10m

SONDAGGIO S1



10
/
15

Profondità da p.c. da 10 a 15m

SONDAGGIO S2



0
/
5

Profondità da p.c. da 0 a 5m



5
/
10

Profondità da p.c. da 5 a 10m

SONDAGGIO S2



Profondità da p.c. da 10 a 15m

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

INDAGINI IN SITU ANNO 2023
(STUDIO GEURO)

01	Emissione	GD	RC	EC	Elaborato DG01
ED.	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato	



1 - Penetrometro PAGANI "TG 63/100" statico/dinamico

- Penetrometro statico/dinamico mod. TG 63-100 Kn cingolato
 - Lunghezza: m 2,45
 - Larghezza: m 1,04
 - Altezza: m 1,60
-
- punta statica: tipo Begemann
 - punta dinamica: tipo ISSMFE superpesante
 - Testa di rotazione idraulica per trivellazioni max $\phi = 66$ mm
 - pressione massima di infissione statica: 100 KN
 - contrasto mediante elicoidi autoancoranti

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,43 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) Relativo ad un avanzamento di 20 cm
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,66 kg/cm ² (prova SPT: Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,489$ (teoricamente: Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE):

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A] M = peso massa battente (altezza caduta H)

e = infissione per colpo = δ / N P = peso totale aste e sistema battuta

Prova Penetrometrica Dinamica - Penetrometro Super Heavy

Pagina n.1

Gea s.n.c. - Indagini Geognostiche

Sede: Via delle Pratella - Montelupo F.no (FI)
Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: **Geuro Ambiente**

Indagine: **VA-104-23** Certificato: **119/23** Prova n° **1**

Località: **Torrino Santa Rosa, Firenze**

in data: **22/05/23**

Note sulla committenza: ==

Note relative alla prova: ==

Falda rilevata alla profondità di cm: ==

Numero aste alla profondità iniziale: 2

Z	N colpi	N aste	Rd
20	5	2	48,78
40	6	2	58,53
60	3	2	29,27
80	2	2	19,51
100	1	2	9,76
120	3	3	26,84
140	2	3	17,89
160	2	3	17,89
180	4	3	35,79
200	4	3	35,79
220	6	4	49,58
240	4	4	33,05
260	5	4	41,31
280	5	4	41,31
300	3	4	24,79
320	4	5	30,70
340	4	5	30,70
360	6	5	46,05
380	4	5	30,70
400	4	5	30,70
420	3	6	21,50
440	5	6	35,83
460	3	6	21,50
480	7	6	50,16
500	5	6	35,83
520	3	7	20,16
540	2	7	13,44
560	3	7	20,16
580	2	7	13,44
600	1	7	6,72
620	2	8	12,65
640	3	8	18,98
660	5	8	31,63
680	6	8	37,96
700	3	8	18,98
720	2	9	11,95
740	4	9	23,91
760	3	9	17,93
780	3	9	17,93
800	4	9	23,91
820	27	10	152,91
840	24	10	135,92
860	31	10	175,56
880	24	10	135,92

Legenda Parametri Geotecnici:

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm) . N - Numero di colpi.

Rd - Resistenza penetr. dinamica (in Kg/cm2) ottenuta tramite formula olandese estesa. Aste - Num. aste alla profondità Z.

Gea s.n.c. - Indagini Geognostiche

Sede: Via delle Pratella - Montelupo F.no (FI)

Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: **Geuro Ambiente**Indagine: **VA-104-23** Certificato: **119/23** Prova n° **1**Località: **Torrino Santa Rosa, Firenze**in data: **22/05/23**

Note sulla committenza: ==

Note relative alla prova: ==

Falda rilevata alla profondità di cm: ==

Numero aste alla profondità iniziale: 2

Z	N colpi	N aste	Rd
900	23	10	130,25
920	19	11	102,24
940	13	11	69,95
960	16	11	86,10
980	16	11	86,10
1000	13	11	69,95
1020	14	12	71,76
1040	12	12	61,51
1060	20	12	102,51
1080	32	12	164,02
1100	32	12	164,02
1120	35	13	171,27
1140	29	13	141,91
1160	30	13	146,80
1180	30	13	146,80
1200	26	13	127,23
1220	26	14	121,72
1240	28	14	131,08

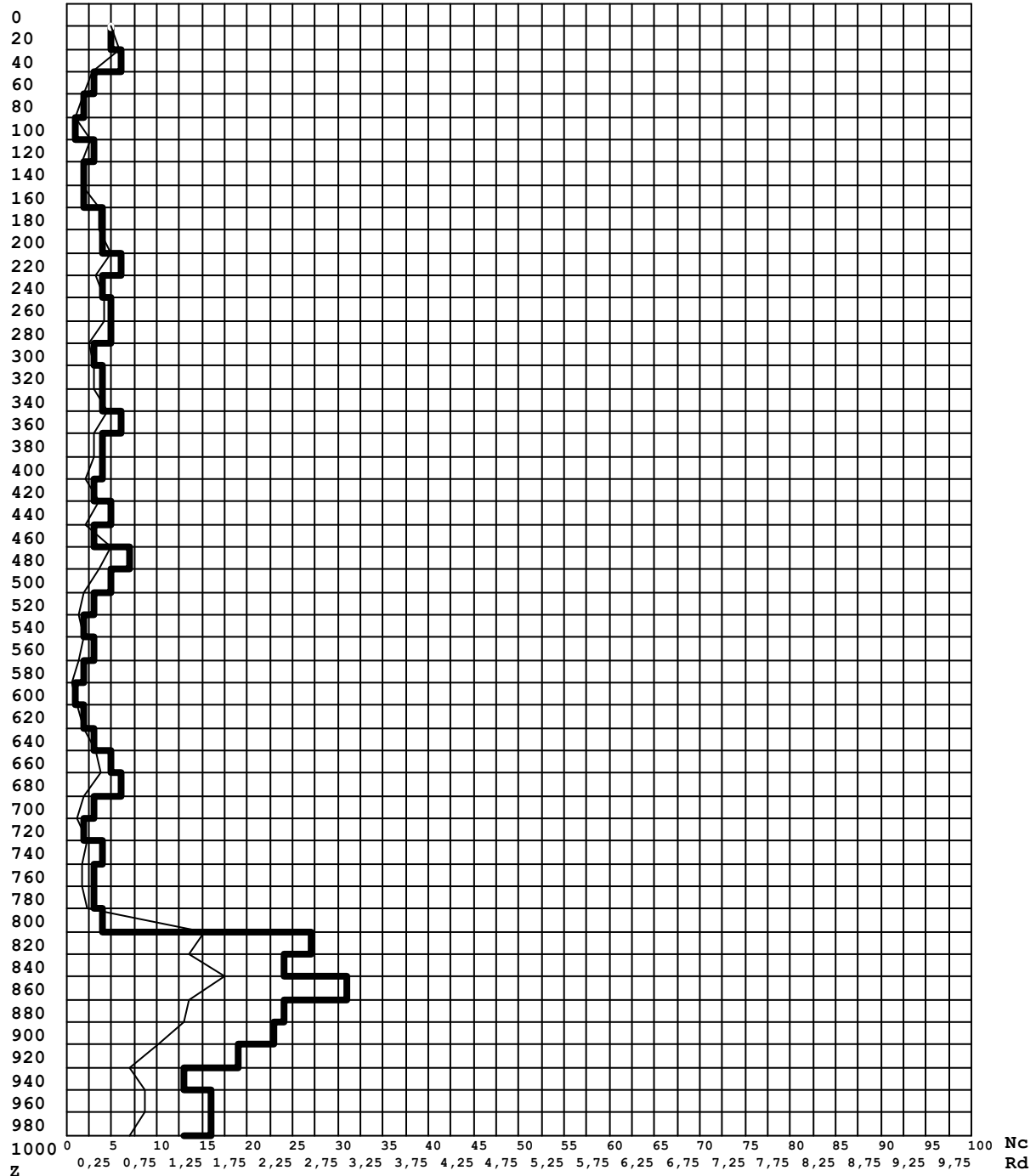
Legenda Parametri Geotecnici:

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm) . N - Numero di colpi.

Rd - Resistenza penetr. dinamica (in Kg/cm2) ottenuta tramite formula olandese estesa. Aste - Num. aste alla profondità Z.

Diagramma Z (N) -Rd (N)

Committente :Geuro Ambiente
Note :==
Indagine :VA-104-23 - Certificato di prova : 119/23
Località :Torrino Santa Rosa, Firenze
Numero prova :1
Data prova :22/05/23
Note operative :==
Profondità falda :== (cm)
Num. aste inizio :2



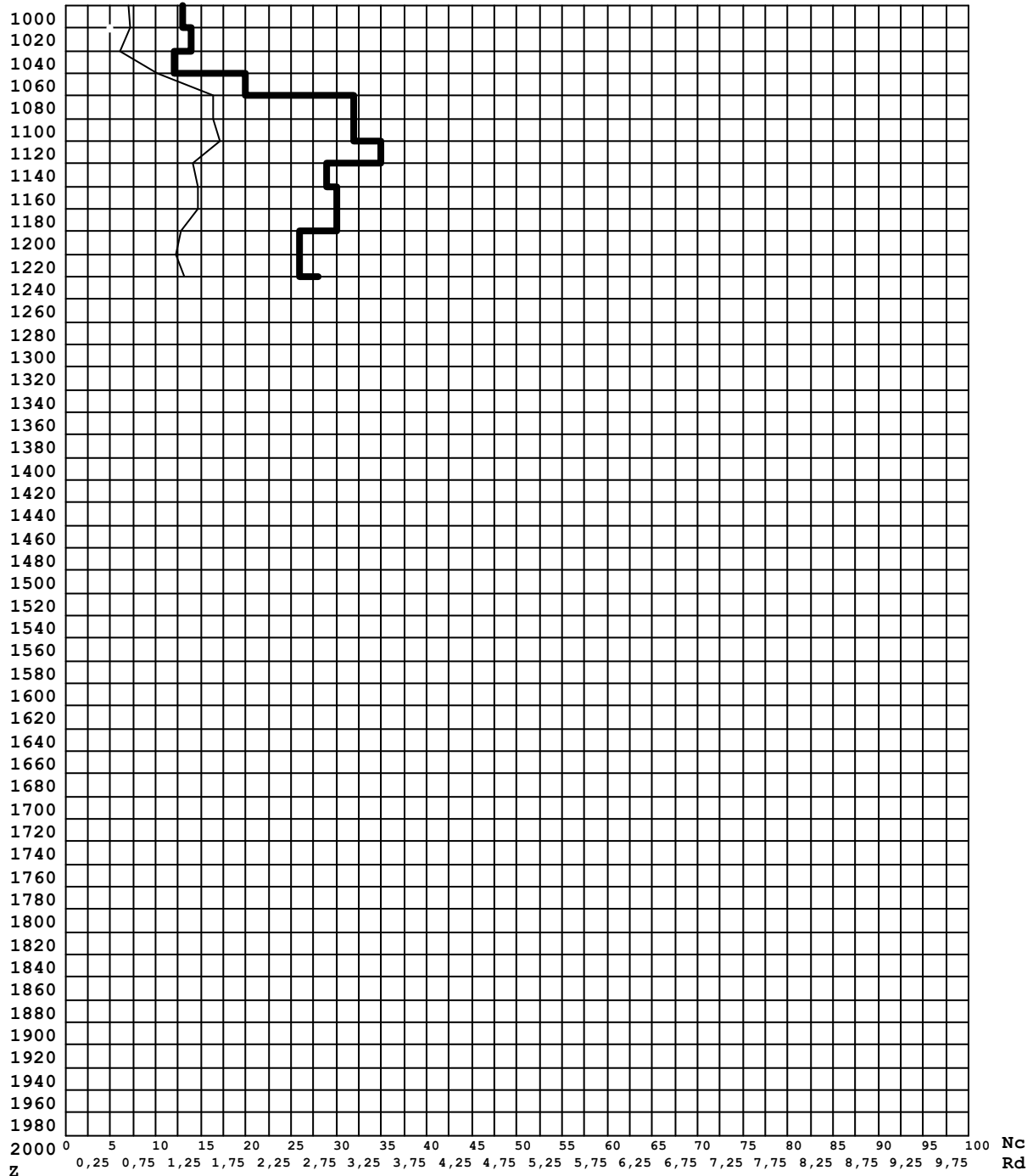
Legenda

Ascisse : Nc - numero di colpi (tratto grafico marcato)
: Rd - resistenza penetrazione dinamica (in Kg/cm²)
Ordinata: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

Gea s.n.c. - Indagini Geognostiche
Sede: Via delle Pratella - Montelupo F.no (FI)
Tel. 0571-1738160 **Fax.** 055-7320415

Diagramma Z (N) -Rd (N)

Committente : Geuro Ambiente
Note : ==
Indagine : VA-104-23 - Certificato di prova : 119/23
Località : Torrino Santa Rosa, Firenze
Numero prova : 1
Data prova : 22/05/23
Note operative : ==
Profondità falda : == (cm)
Num. aste inizio : 2



Legenda

Ascisse : Nc - numero di colpi (tratto grafico marcato)
 : Rd - resistenza penetrazione dinamica (in Kg/cm²)
 Ordinata: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

Gea s.n.c. - Indagini Geognostiche
Sede: Via delle Pratella - Montelupo F.no (FI)
Tel. 0571-1738160 **Fax.** 055-7320415

Via G. di Vittorio 3, 53042 - Chianciano Terme (SI)
Tel 0578 63921 – fax 0578 63987
www. Geognosticatoscana.com –
geotecnicapalazzigiomarelli@gmail.com
P.I 01169700521

Studio: Viale Belfiore, 10 50144 - FIRENZE
Tel. 055 756272 – fax 0550517278
www.sinergiasrls.it – info@sinergiasrls.it
PEC: geogard@epap.sicurezza postale.it
REA CCIAA FI n.635119 – Part. I.V.A. 06525730484



<div>Committente</div> <div>COMUNE DI FIRENZE</div> <div>Direzione Servizi Tecnici</div> <div>Servizio Belle Arti e Fabbrica di Palazzo Vecchio</div>		<div>Titolo Progetto</div> <div>Centro socializzazione Torino Santa Rosa: progetto per un nuovo edificio</div>	
<div>Titolo Documento</div> <div>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA SULLE INDAGINI</div>		<div>Codice Commessa</div> <div>0517</div>	<div>Codice Documento</div> <div>REL_GEO</div>
<div>Tabella Revisioni</div>			
<div>Revisione:</div> <div>A</div>	<div>Descrizione:</div> <div>EMESSO PER APPROVAZIONE</div>		<div>N° pagine:</div> <div>27</div>
	<div>Stesura:</div> <div>Gaia Paggetti</div>	<div>Data:</div> <div>24/10/2017</div>	
	<div>Approvazione:</div> <div>Luca Gardone</div> <div>Marcello Palazzi</div>	<div>Data:</div> <div>30/10/2017</div>	
		<div>Firma:</div> <div>GP</div>	
		<div>Firma:</div> <div>LG</div>	
		<div>Firma:</div> <div>MP</div>	
<div>Revisione:</div> <div>B</div>	<div>Descrizione:</div>		<div>N° pagine:</div>
	<div>Stesura:</div>	<div>Data:</div>	
	<div>Approvazione:</div>	<div>Data:</div>	
		<div>Firma:</div>	
		<div>Firma:</div>	

GEOTECNICA PALAZZI-GIOMARELLI s.r.l.
53042 CHIANCIANO TERME
Via G. Di Vittorio, 3
Tel. 0578 63921 - Fax 0578 63987
P.IVA 01169700521



INDICE

PREMESSA	3
1. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	4
2. QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO E PIANIFICATORIO	4
2.1 INTERAZIONI DEL PROGETTO CON LE NORME DEL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)	4
2.2 INTERAZIONI DEL PROGETTO CON LE NORME DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ARNO	6
2.3 ZONAZIONI DI PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ DA PIANO STRUTTURALE E DA REGOLAMENTO URBANISTICO	6
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	9
3.1 GEOMORFOLOGIA	9
3.2 GEOLOGIA	10
3.3 IDROGEOLOGIA	10
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE	11
4.1 CARATTERISTICHE DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA	11
4.2 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA	12
4.3 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA PROVA SPT	12
4.4 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE	13
5. CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA: STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI	15
6. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELLA ZONA	17
6.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	17
6.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA	17
7. INDICAZIONI DI CARATTERE PROGETTUALE	22
8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	23

ALLEGATI:

- Allegato 1: Elaborati cartografici
- Allegato 2: Certificati ed elaborazione prove penetrometriche
- Allegato 3: Schede Sondaggi geognostici e documentazione fotografica
- Allegato 4: Relazione tecnica indagine geofisica

Premessa

La presente relazione illustra i risultati di un'indagine geognostica e geologica effettuata nel territorio del Comune di Firenze (Tavola 1), presso il Lungarno Santa Rosa all'altezza dell'omonimo Torrino. Lo studio è stato commissionato dal Comune di Firenze, Direzione Servizi Tecnici, al fine di effettuare una campagna geognostica, elaborarne i risultati e fornire un parere di compatibilità geologica con l'intervento in progetto, consistente nella realizzazione di un fabbricato da adibirsi a centro di socializzazione.

Per quanto concerne la caratterizzazione di tipo geotecnico e sismico, in base a quanto previsto dal DPGR n. 36/R del 9 Luglio 2009, l'intervento in progetto ricade nella **classe di indagine n. 2**, pertanto l'indagine si è svolta preliminarmente con il reperimento e l'acquisizione del materiale di letteratura esistente sulla zona, comprendente la consultazione della cartografia tematica del Piano di Bacino dell'Arno, delle indagini geologiche e idrogeologiche di supporto al Piano Strutturale del Comune di Firenze e della banca dati del sottosuolo del Comune di Firenze; successivamente si è proceduto all'esecuzione di una approfondita campagna geognostica, per definire le caratteristiche litostratigrafiche, fisico meccaniche, sismiche ed idrogeologiche specifiche.

Nella campagna geognostica effettuata nel mese di settembre u.s. sono state realizzati:

- n.2 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 15m da p.c. attuale e attrezzati con piezometro;
- n. 6 prove SPT in foro, tre per ciascun sondaggio;
- n. 4 prove penetrometriche dinamiche (DPSH) spinte fino alla massima profondità di 16 m da p.c. attuale in DPSH 2;
- un'indagine geofisica di superficie mediante sismica a rifrazione e tomografia sismica con onde P/SH e metodologia MASW.

Lo studio è stato sviluppato redigendo la presente relazione geologica comprendente tutti i contenuti previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14/01/2008, provvedendo infine alla definizione dei valori di progetto dei parametri geotecnici e della categoria di suolo presente.

1. Quadro normativo di riferimento

Lo studio è stato effettuato secondo quanto previsto dal seguente quadro normativo:

- **Decreto Ministeriale 14.01.2008** - Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni;
- **Consiglio Superiori dei Lavori Pubblici** - Istruzione per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare del 2 febbraio 2009;
- **DPGRT 9/07/2009 n° 36/r** -Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico;
- **Eurocodice 7.3 (2002)** - Progettazione geotecnica – Parte 2: Progettazione assistita con prove in sito;
- **Eurocodice 7.2 (2002)** - Progettazione geotecnica – Parte 2: Progettazione assistita da prove di laboratorio;
- **Eurocodice 8 (1998)** - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- **Eurocodice 7.1 (1997)** - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;

2. Quadro di riferimento programmatico e pianificatorio

2.1 Interazioni del progetto con le norme del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

IL Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) è stato approvato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 235 del 3 marzo 2016, secondo le indicazioni della Direttiva "Alluvioni" europea (2007/60/CE) e del Decreto legislativo di recepimento 49/2010.

Il PGRA rappresenta il nuovo piano di riferimento ai fini della pianificazione e gestione del rischio idrogeologico. Con il PGRA è stato delineato un "quadro comune e unico di riferimento" in cui si mettono a sistema, si razionalizzano ed integrano tra loro le azioni e gli interventi necessari per la gestione degli eventi possibili, senza abbandonare completamente i contenuti tecnico-giuridici derivanti dalla pianificazione di assetto idrogeologico (PAI), ma aggiornandoli con scenari ed elaborazioni nuove ed inquadrandoli all'interno della cornice comunitaria.

L'area oggetto di studio è situata all'interno della Unit of Management (UoM) Arno. In merito alla pericolosità da alluvioni, come si evince dalla Tavola 2, l'area d'intervento, ricade in classe P2 –

pericolosità media (*alluvioni poco frequenti, corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni*).

Per queste aree l'Art. 9 della Disciplina – Aree a pericolosità da alluvione media (P2) – definisce quanto segue:

- Nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico, con riferimento agli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4, fatto salvo quanto previsto ai commi seguenti del presente articolo e al successivo art. 10.
- Fermo quanto previsto all'art. 9 e all'art. 14 comma 8, nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 le Regioni, le Province e i Comuni, nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio si attengono ai seguenti indirizzi: sono da privilegiare le trasformazioni urbanistiche tese al recupero della funzionalità idraulica; le previsioni di nuova edificazione sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio idraulico; sono da evitare le previsioni che comportano la realizzazione di sottopassi, se non diversamente localizzabili; le previsioni di volumi interrati sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio idraulico.

In riferimento alla classe di pericolosità in cui ricade l'intervento è stato richiesto all'AdBDistrettuale dell'Appennino Settentrionale, tramite PEC, in data 6/9/2017 (Prot. N. 3933) il battente idraulico individuato nell'area di interesse. L'Ente fa presente che *“... nella zona di interesse il battente idraulico extra alveo non è disponibile, in quanto l'area risulta perimetrata sulla base di informazioni storico inventariali.”*. L'AdB Distrettuale dell'Appennino Settentrionale fornisce, tuttavia, allo scrivente i battenti in alveo nelle sezioni idrauliche nn.558,559,560; l'ubicazione delle quali è riportata nella Tavola 3. Tali dati derivano dalla sintesi dei dati della modellazione idrologico-idraulica messa a punto da tale Ente per la redazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni.

Sezione	Tempo di ritorno [Durata]	Battente idraulico
560	200 anni [24h]	45.58 m s.l.m.
559		45.47 m s.l.m.
558		45.49 m s.l.m.

Tabella 1 – Battenti in alveo relativi alle sezioni idrauliche nn. 558, 559, 560 (elaborazione AdB Distrettuale dell'Appennino Settentrionale)

Nella Tavola4vengono, invece, riportate le sezioni idrauliche (nn. 558, 559, 560) per Tr. 30 anni,elaborate dall'AdB Arno, dalle qualisi desume un franco di sicurezza superiore e/o uguale ad 1m in corrispondenza dell'area in studio.

Infine, per quanto riguarda il **rischio alluvionale**, l'area interessata dall'intervento in progetto ricade in classe R3, rischio elevato, ovvero aree per le quali *“sono possibili problemi per l'incolumità delle persone,danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonioambientale* (Tavola 5).

2.2 Interazioni del progetto con le norme dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno

Il Piano di Bacino del Fiume Arno è redatto, adottato e approvato ai sensi dell'art. 17, comma 6 *ter*, della legge 18 maggio 1989, n. 183, quale stralcio del Piano di Bacino. Esso ha valore di piano territoriale di settore e rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale, attraverso le proprie disposizioni, persegue l'obiettivo generale di garantire livelli di sicurezza adeguati ai fenomeni di dissesto idraulico e geomorfologico in atto o potenziali. A seguito della pubblicazione del D.P.C.M. 06/05/2005 “Approvazione del Piano di Bacino del Fiume Arno – Stralcio Assetto Idrogeologico” sulla Gazzetta Ufficiale n. 230 del 03/10/2005, il PAI entra ufficialmente in vigore dopo l'adozione con deliberazione n.185 del 11/11/2004.

Con l'entrata in vigore del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) D.C.I. n. 235 del 3 marzo 2016, i contenuti del PAI relativi alla pericolosità idraulica ed al rischio idraulico sono trattati nel PGRA e nella relativa disciplina di piano. **Allo stato attuale, il PAI mantiene i propri contenuti e le proprie norme d'uso per quanto riguarda la pericolosità ed il rischio da frana nel bacino.** Quindi il PAI “frane” è lo strumento del Piano di Bacino per l'individuazione delle aree a pericolosità da frana, e impone agli strumenti pianificatori locali vincoli e condizioni per l'analisi del territorio.

Nella fattispecie, sulla base della cartografia dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno definita a livello di sintesi (Tavola 6), per la pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante l'area di studio essendo ubicata in un'area pianeggiante e fortemente urbanizzata risulta esterna alla suddetta area di pericolosità e pertanto non risulta assoggettata alle norme di Piano.

2.3 Zonazioni di pericolosità e fattibilità da Piano Strutturale e da Regolamento Urbanistico

Il Piano Strutturale vigente è stato approvato con deliberazione n. 2011/C/00036 del 22.06.2011 e recentemente modificato con la variante approvata con provvedimento del C.C. 2015/C/00054 del 05/10/2015; il Regolamento Urbanistico vigente è stato invece, approvato con deliberazione

del C.C. n.2015/C/00025 del 02.04.2015 a cui segue una variante di manutenzione approvata con deliberazione del C.C. 2017/C/00029 del 02.05.2017. In base ad un'analisi dei documenti geologici di supporto, per quanto concerne **la pericolosità geologica** (Tavola 7), le tavole allegate al Piano Strutturale indicano in tale zona una pericolosità media (G.2), corrispondente ad *“aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%”*. Per queste aree l'Art. 14.3.3 – Pericolosità geomorfologica media (G.2.) – delleNTAdel PS, definisce quanto segue: ***“Il Regolamento Urbanistico può prevedere ogni tipologia di intervento dettandone le condizioni di attuazione in funzione di specifiche indagini da eseguire in fase di abilitazione all'intervento edilizio. In ogni caso gli interventi previsti dovranno garantire la sicurezza della popolazione, non determinare condizioni di instabilità e non modificare negativamente le condizioni e i processi geomorfologici dell'area interessata.”***

Per quanto riguarda invece, **la pericolosità idraulica** (Tavola 8), la zona di studio ricade in pericolosità elevata (I.3) *“aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < TR < 200$ anni”*. Per queste aree l'Art. 15.3.2 – Pericolosità idraulica elevata (I.3.) – delleNTAdel PS, definisce quanto segue: *“...il Regolamento Urbanistico può definire previsioni riferite a nuova edificazione e ristrutturazione urbanistica qualora, nell'ambito della definizione di fattibilità, sia dimostrabile il rispetto di condizioni di sicurezza o sia prevista la preventiva o contestuale realizzazione di interventi di messa in sicurezza, se si tratti di insediamenti di nuovo impianto esterni al perimetro del centro abitato, o di autosicurezza se si tratti di interventi interni al perimetro del centro abitato. In entrambi i casi, con riferimento ad eventi con tempo di ritorno maggiore o uguale a 200 anni, sulla base di studi idrologico-idraulici...”*.

Dalla consultazione della **Carta delle aree allagabili per Tr 200 anni** (Tavola 9) redatta a supporto del PS, l'area in studio ricade nelle “aree di transito” per le quali l'Autorità di Bacino del Fiume Arno ha convenzionalmente assegnato un battente di 30 cm.

L'area in studio ricade, inoltre, all'interno di una zonazione di pericolosità sismica locale di tipo elevata S3 (Tavola 10) che ricomprende *“zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in*

superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.”

Dalla carta del Fattore di Amplificazione sismico locale (Tavola 11) si evince che l'area in studio presenta un valore calcolato del FA pari a 1,5-1,6.

La carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), riportata nella Tavola 12, individua l'area in esame all'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. Tali zone sono state ulteriormente suddivise in sottozone, classificate in base alla tipologia e sequenza disposizionale dei depositi ed alla profondità dal substrato litoide. Nel dettaglio, l'area in studio appartiene alla sottozona n. 6, costituita per uno spessore complessivo inferiore a 100 m da alluvioni recenti (dr), da alluvioni antiche (con spessore inferiore a 10 m) e dal sintema del Lago Firenze-Prato-Pistoia, poggianti sul substrato litoide.

L'area in studio ricade infine all'interno dell'area di Trasformazione denominata con la sigla ATs 12.45 all'interno del Regolamento Urbanistico Comunale; pertanto per tale area sono specificate le condizioni di attuazione delle previsioni urbanistiche secondo classi di fattibilità, definite in funzione delle situazioni di pericolosità riscontrate nel quadro conoscitivo del PS, ai sensi del DPGR 53/R/2011 (Tavola 13).

Nel dettaglio per la trasformazione di progetto vengono declinate le seguenti fattibilità:

Fattibilità Geologica: *F.G.2 con normali vincoli.*

Fattibilità Idraulica: *F.I.3 Condizionata.*

Fattibilità Sismica: *F.S.3 Condizionata.*

In ottemperanza alle classi di fattibilità presenti, la disciplina delle trasformazioni del RU vigente prevede una serie di prescrizioni alla fattibilità dell'intervento di nuova edificazione. In particolare, per l'intervento in progetto, relativamente alla F.G.2 *“Sono consentiti gli interventi di nuova edificazione ... la cui progettazione deve contenere apposite considerazioni basate su studi ed indagini di dettaglio che diano conto che l'intervento garantisce la sicurezza della popolazione, non determina condizioni di instabilità e non modifica negativamente le condizioni e i processi geomorfologici dell'area interessata.”*(art. 74 delle NTA - volume 1 - Variante di manutenzione Del.C.C.2017/C/00029 del 02.05.2017)

Per quanto concerne la fattibilità idraulica, l'art. 75 delle NTA evidenzia all'interno delle Norme comuni come *“... Nella progettazione degli interventi di messa in sicurezza si deve tenere conto di un franco di 30 cm rispetto al livello idraulico di riferimento o, per le aree di transito, rispetto al battente convenzionale di 30 cm....Nel caso di nuova SUL in aree libere da edifici, non può*

essere attuata la messa in sicurezza mediante opere di auto sicurezza (tipo porte o finestre a tenuta stagna), ma occorre prevedere il rialzamento del piano di calpestio o la realizzazione del piano terra con pilotis.” Il medesimo articolo, al comma 3 in riferimento alla F.I.3 riporta “Sono consentiti gli interventi di nuova edificazione...a condizione che sia prevista la preventiva o contestuale realizzazione di interventi di messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno di 200 anni, ... comunque senza aggravio del livello di rischio della zona di intervento e delle zone limitrofe...Non sono necessarie compensazioni idrauliche per gli interventi urbanistico-edilizi comportanti:... - volumetrie totali sottratte all’esondazione o al ristagno inferiori a 1000 metri cubi in caso di bacino sotteso di dimensioni superiori a 10 kmq.”

Le prescrizioni relative alla fattibilità sismica sono riportate, invece, all’art. 76 delle NTA che all’interno delle norme comuni riportano: *“relativamente alla scelta del coefficiente di amplificazione stratigrafica (Ss) da utilizzare per la ricostruzione degli spettri di risposta elastici e di progetto (di cui al par. 3.2.3.2.1 e 7.11.3.2 delle NTC2008 - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008 e s.m.i.) si deve fare riferimento al più cautelativo tra il valore del fattore di amplificazione sismica di cui alla suddetta cartografia (prendendone come riferimento il valore più alto in cui ricade l’area di intervento o porzione di essa) e il valore di Ss derivante da indagini sismiche specifiche (da realizzarsi sulla base delle normative nazionali o regionali) condotte sull’area di intervento e volte alla definizione della categoria sismica di sottosuolo.”* Al comma 3 del medesimo articolo, inerente la F.S.3 si legge: *“Sono consentiti gli interventi di ristrutturazione edilizia con demolizione e ricostruzione, ristrutturazione urbanistica, nuova edificazione o realizzazione di nuove infrastrutture, condizionati all’esecuzione di studi geofisici e geognostici di dettaglio funzionali alla determinazione dell’azione sismica di progetto, facendo riferimento anche alle norme comuni...”*

3. Inquadramento territoriale

3.1 Geomorfologia

L’area investigata è posta nella porzione centro meridionale del Comune di Firenze, in sinistra idrografica del Fiume Arno. Il lotto direttamente interessato dal progetto, sito in Lungarno Santa Rosa, in prossimità dell’antico Torrino di Santa Rosa, è situato ad una quota compresa tra 45,30 e 46,80 m. s.l.m., nell’ambito di un contesto fortemente urbanizzato dove sono assenti i riferimenti alle condizioni naturali, fisiche e morfologiche. Nell’area in studio è presente una spalletta in muratura che raggiunge una quota di 47,34 m da p.c., realizzata allo scopo di ridurre il rischio idraulico. Trattandosi comunque di un’area totalmente pianeggiante, distante da rilievi collinari, è possibile affermare che non sussistono problematiche di tipo geomorfologico.

3.2 Geologia

L'area si colloca all'interno del bacino intermontano di Firenze-Prato-Pistoia, il quale è orientato in direzione NO-SE ed è delimitato geologicamente da due alti strutturali quali la dorsale di Pistoia-Montale-Calvana-M.Morello-Fiesole-Settignano a Nord, zona dove peraltro affiorano in modo esteso le litologie appartenenti alle unità liguri (Unità di M.Morello) e le rocce arenaceo-torbiditiche toscane (Unità del Cervarola-Falterona, Macigno), e dalla dorsale di M.Albano-Pian dei Cerri-Impruneta a sud (Macigno e Complesso Caotico). Inoltre, il margine settentrionale del bacino è costituito da un'importante faglia normale, e grazie essenzialmente ai dati ottenuti da diversi sondaggi, si nota che il fondo del bacino stesso è asimmetrico, poichè la sua profondità non è costante ma bensì maggiore nella sua zona nord-orientale, fino ad un massimo di 600m; questa asimmetria permette di poter considerare il bacino, un semigraben, che è oltretutto suddiviso in modo trasversale da altre faglie con direzione antiappenninica. In quest'area la sedimentazione ha avuto inizio, precedentemente all'impostazione del bacino, con la messa in posto di depositi fluviali di natura prevalentemente grossolana e lacustre-palustri (Pliocene inferiore), che però si rinvencono solo localmente. La conca valliva si forma nel Villafranchiano inferiore, e viene riempita dai sedimenti del Sintema di Firenze-Pistoia, cioè da argille variamente sabbiose e lacustri; lateralmente questi depositi passano a sedimenti ghiaiosi-ciottolosi congiuntamente a quegli apparati deltizi formati in corrispondenza dello sbocco dei vari torrenti nel bacino lacustre stesso. Il bacino nella zona di Firenze, si è poi sollevato di circa 50 m a causa dell'attivazione delle faglie antiappenniniche durante il Villafranchiano superiore: proprio a causa di ciò, nel blocco fiorentino, lo spessore dei depositi lacustri-palustri risulta ridotto rispetto alla restante parte del bacino. Con la successiva stasi tettonica, il bacino viene riempito e poi nel Pleistocene medio-superiore, la sedimentazione passa ad essere di tipo fluviale (Depositi Alluvionali antichi), e queste litologie si impostano sui depositi palustri-lacustri, tendendo peraltro anche ad inciderli localmente per via delle variazioni eustatiche.

Da un punto di vista geologico locale, sulla base dei rilievi eseguiti e dalla consultazione della Carta Geologica Regionale CARG (Tavola 14), la zona in studio, posta in prossimità dell'alveo dell'Arno, è caratterizzata dalla presenza di depositi di origine antropica (h5), che sormontano i Depositi alluvionali Attuali (Unità b), costituiti essenzialmente da sabbie e ghiaie.

3.3 Idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico, i terreni affioranti nell'area in esame sono caratterizzati da una permeabilità di tipo primario, generatasi al momento della loro formazione e dipendente esclusivamente dalla porosità intrinseca dei terreni stessi.

I depositi alluvionali presenti sono caratterizzati da un grado di permeabilità estremamente variabile, sia in senso orizzontale che in senso verticale, da basso a medio-alto, in relazione alla tipologia granulometrica presente.

Dalla consultazione della carta relativa alle curve isopiezometriche del 2010 del Sistema informativo geologico del Comune di Firenze (Tavola 15), risulta la presenza di un acquifero alla profondità compresa tra 9 m e 10 m da p.c. attuale. Si fa presente inoltre che nei sondaggi attrezzati con piezometro, finestrato da 3m da p.c. fino a fondo foro, è stato riscontrato un livello acquifero alla profondità di 10,42 m da p.c. in S1 e di 9,43 m da p.c. in S2.

In considerazione di quanto sopra riportato, e delle specifiche progettuali si ritiene pertanto che, allo stato attuale d'indagine, nessun livello freatico permanente interessi direttamente i terreni di fondazione del manufatto in progetto. In considerazione delle caratteristiche geologiche dei terreni investigati a mezzo sondaggi, si ritiene comunque possibile la formazione di livelli umidi anche nei terreni superficiali soprattutto nei periodi di morbida.

4. Indagini geognostiche

4.1 Caratteristiche della campagna geognostica

Per lo sviluppo di un modello litotecnico sito specifico sono state considerate le risultanze di due sondaggi (n. 443, n. 1075) effettuati a supporto degli strumenti urbanistici comunali e presenti nella banca dati del sottosuolo del Comune di Firenze, la cui ubicazione è riportata in Tavola 16, mentre le relative schede sono riportate in allegato 3. Nella tabella sottostante si riporta in breve le principali informazioni desunte dalle stratigrafie dei suddetti sondaggi.

N. Scheda sondaggio	Profondità indagata (m)	Profondità Substrato (m)	Caratterizzazione substrato
443	39	28	Argilliti
1075	36,20	26,70	Marne

In considerazione della tipologia di intervento e della classe di indagine in cui ricade ai sensi del DPGR n. 36/R /2009, è stata condotta un'apposita campagna di investigazione comprensiva di n. 4 prove penetrometriche dinamiche (DPSH), nel dettaglio le prove DPSH1, DPSH2 e DPSH3 sono state spinte rispettivamente alle profondità di 6,60 m, 16,0 m e 9,6 m da p.c.. La DPSH 4 ha raggiunto la profondità di 0,8 m da p.c., profondità alla quale si è verificato il rifiuto strumentale alla penetrazione. I risultati e le elaborazioni delle prove penetrometriche (ad eccezione della DPSH4) sono riportati in allegato 2. Sono stati inoltre effettuati n. 2 sondaggi a carotaggio

continuo, S1 e S2, spinti sino alla profondità di 15 m da p.c. e attrezzati con piezometro; le stratigrafie di tali sondaggi sono riportate in allegato 3. Per ciascun sondaggio inoltre sono state effettuate n.3 prove SPT in foro. Infine per lo sviluppo di un modello sismico è stata condotta un'indagine geofisica di superficie mediante sismica a rifrazione e tomografia sismica con onde P/SH e metodologia MASW, i cui elaborati tecnici sono riportati in allegato 4.

La distribuzione spaziale di tali indagini è riportata in Tavola 16.

La combinazione di tali metodologie investigative, tra loro complementari, consente di ottenere, in simili contesti litostratigrafici, una sorta di radiografia del sottosuolo sino a profondità compatibili alle necessità investigative emerse, nel rispetto dei nuovi disposti normativi (NTC08).

4.2 Prova penetrometrica dinamica

La prova penetrometrica dinamica DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. Viene registrato il numero di colpi necessari per l'infissione ogni 20 cm di affondamento. L'attrezzatura è composta da una batteria di aste lunghe 1 metro ed un diametro di 32 mm alla cui estremità inferiore è collegata una punta conica avente angolo di apertura di 60° e da un maglio battente di 63.5 kg che viene fatto cadere da un'altezza di 75 cm. I risultati vengono riportati su dei grafici, nei quali compaiono sulle ascisse il numero di colpi necessari per avere un avanzamento della punta di 20 cm e sulle ordinate la profondità: in base al numero dei colpi necessari per avere un avanzamento della punta di 20 cm è possibile ricavare la resistenza del terreno e, tramite correlazioni empiriche, dei valori indicativi relativi ai principali parametri geotecnici del terreno stesso.

4.3 Modalità di esecuzione della prova SPT

Le prove SPT (Standard Penetration Test) vengono eseguite nel corso dei sondaggi su livelli specifici, di natura granulare, ritenuti significativi dal punto di vista di comportamento fisico-meccanico. La prova consiste nel far cadere un maglio, del peso di 63.5 Kg, da un'altezza di 76 cm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore con punta conica, per l'analisi dei terreni incoerenti, di dimensioni standardizzate. Nel corso della prova viene registrato il numero di colpi necessari per l'affondamento del campionatore per tre tatti consecutivi di 15 cm cadauno; Il valore definitivo N_{spt} è dato dalla somma dei due valori registrati per l'infissione degli ultimi 30 cm. I risultati delle prove SPT vengono qui di seguito riportate:

Sondaggio	Profondità (m)	N _{colpi}	N _{spt}
S1	1,5	7/2/1	3
	7,0	11/6/16	22
	14,0	3/4/4	8
S2	1,5	4/4/5	9
	7,0	10/11/15	26
	13,5	15/19/23	42

Per la stima di alcuni parametri di resistenza e deformabilità dei terreni, successivamente proposti, laddove non siano presenti determinazioni dirette, sono state utilizzate correlazioni di natura empirica, impiegando i risultati delle prove penetrometriche e delle prospezioni sismiche superficiali. Tuttavia è opportuno precisare che, essendo i parametri di deformabilità molto sensibili alle modificazioni prodotte dalle condizioni al contorno, causate per esempio dalle operazioni di perforazione o dalle operazioni d'infissione dinamica dell'attrezzo di prova, i valori desunti dalle correlazioni impiegate sono da intendersi puramente qualitativi.

4.4 Prospezione sismica a rifrazione

Tale metodologia non invasiva consente di ottenere una sorta di radiografia del sottosuolo sino a profondità compatibili alle necessità investigative emerse. La sismica a rifrazione fornisce, pertanto, una caratterizzazione delle litologie presenti nell'area investigata e determina le geometrie dei terreni (spessori e superfici di contatto) nel sottosuolo in funzione dell'andamento in profondità delle velocità delle onde sismiche. I dati ottenuti sono stati elaborati con metodologia tomografica che permette di ottenere un'ottima caratterizzazione del substrato e dei materiali di copertura.

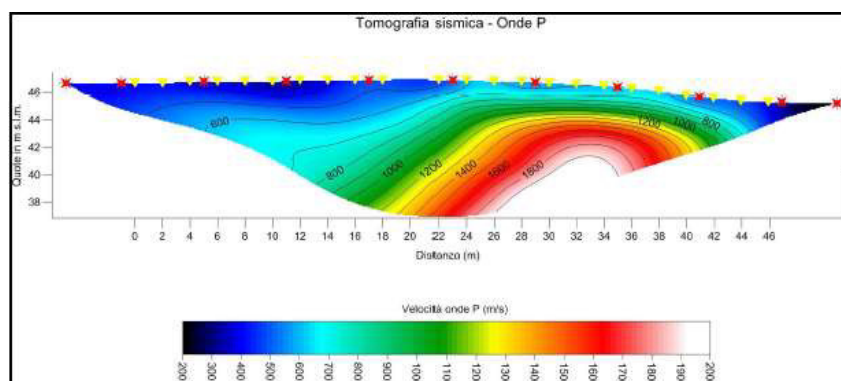


Figura 1 – Tomografia sismica onde P (tratto da Relazione Tecnica redatta da Geognostica Fiorentina S.r.l.)

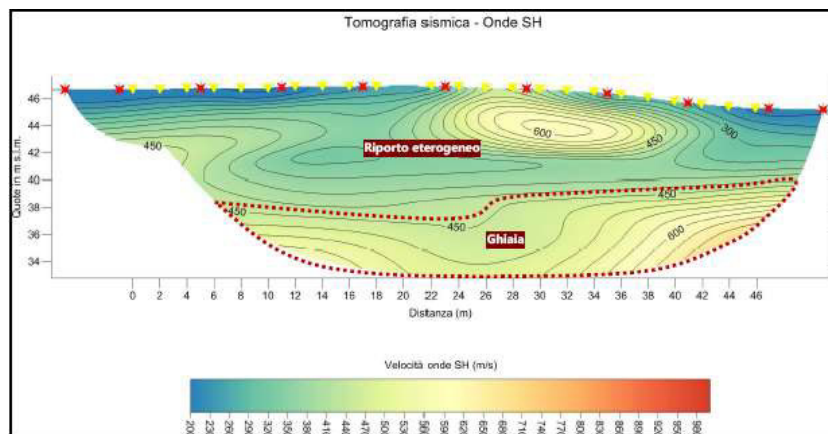


Figura 2 – Tomografia sismica onde SH (tratto da Relazione Tecnica redatta da Geognostica Fiorentina S.r.l.)

Dalle tomografie sismiche sopra riportate, elaborate tenendo in considerazione anche le risultanze dei sondaggi effettuati nell'area di indagine, si evidenzia una sostanziale concordanza nei risultati: i primi 7-10 m di profondità, costituiti da materiale di riporto eterogeneo, mostrano velocità molto variabili lungo tutta la linea. In entrambe le tomografie, ma in particolare in quella con onde SH, dalle progressive dei 22 m fino ai 42 m circa, le curve di isovelocità presentano un gradiente molto elevato a partire dal piano campagna fino a circa 5 m di profondità. A 7-10 m di profondità, terminato il materiale di riporto, si trova il tetto delle ghiaie contraddistinto dalle curve dei 420-450 m/s.

Per quanto concerne, invece, il calcolo delle velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette Vs30), si fa presente che tale calcolo è stato effettuato sia tramite i risultati della rifrazione con onde SH sia dall'analisi spettrale delle onde di superficie con metodologia MASW.

Di seguito vengono riportate le risultanze dell'analisi MASW condotta, che confermano quanto evidenziato dall'analisi tomografica.

Spessore (m)	Vsh (m/s)
1.5	160
2.0	360
3.0	420
2.0	300
5.0	400
5.0	460
4.0	480
3.0	500
semi-spazio	550
Modello sismostratigrafico stimato	

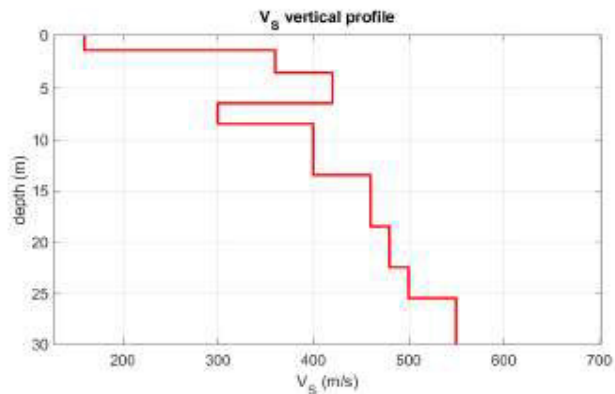


Figura 3 – Stima spessori e relative velocità Vs (tratto da Relazione Tecnica redatta da Geognostica Fiorentina S.r.l.)

L'analisi condotta ha consentito distimare il profilo verticale della Vs e di conseguenza del parametro **Vs30** che risulta essere pari **a402 m/s**, considerando come riferimento il piano campagna. Per ulteriori approfondimenti si rimanda alla consultazione del report specialistico, redatto da Geognostica Fiorentina S.r.l. (allegato 4).

5. Caratterizzazione litotecnica: stima dei parametri geotecnici caratteristici

Le prospezioni geognostiche e geofisiche effettuate hanno consentito di elaborare un modello litotecnico di riferimento e una stima dei parametri geomeccanici caratteristici del sottosuolo interessato dagli interventi in progetto. La sequenza litostratigrafica riscontrata presenta un orizzonte di terreno rimaneggiato e di riporto di spessore pari a circa 8,80 m da poco a moderatamente addensato (Livello TR), all'interno del quale, e precisamente in corrispondenza della verticale di indagine DPSH 4 (relativamente alla quale si è verificato il rifiuto strumentale alla penetrazione), si evidenzia la presenza di una lente di materiale detritico, costituito probabilmente da numerosi inclusi lapidei e/o laterizi e caratterizzato da curve di isovelocità con gradiente molto elevato tra il p.c. fino alla profondità di circa 5 m (livello TR1). Al di sotto dell'orizzonte TR e fino alla massima profondità investigata pari a 16 m in DPSH2, si rileva un orizzonte costituito da ghiaie e sabbie addensate (Livello A). In corrispondenza della verticale di indagine DPSH2 e S1 si riscontra una lente di sabbie e ghiaie da sciolte a poco addensate (Livello A1) dello spessore di circa 6,0 m.

Sulla base delle letture del numero di colpi rilevati per la penetrazione della punta, si provvede a fornire una parametrizzazione geotecnica dei terreni indagati. Facendo pertanto, riferimento ai

vari metodi di elaborazione e correlazioni empiriche dei dati forniti dalle prove penetrometriche e dalle prove SPT in foro, risulta possibile attribuire agli orizzonti indagati i seguenti parametri geomeccanici:

Livello TR: terreno rimaneggiato e di riporto da poco a moderatamente addensato – da 0 a 8,80 m da p.c.			
Numero di colpi SPT	Nspt		17
Densità relativa	Dr	%	30
Peso di volume	γ	[kN/m ³]	18,5
Angolo di attrito interno efficace	ϕ'	°	20
Coesione non drenata	c_u	[kN/m ²]	-
Modulo di Young	E	[Mpa]	14

Livello A: ghiaie e sabbie addensate - da 8,80 a 16,0 m da p.c.			
Numero di colpi SPT	Nspt		42
Densità relativa	Dr	%	65
Peso di volume	γ	[kN/m ³]	20
Angolo di attrito interno efficace	ϕ'	°	37
Coesione non drenata	c_u	[kN/m ²]	-
Modulo di Young	E	[Mpa]	73

Livello A1: sabbie e ghiaie da sciolte a poco addensate - da 8,80 a 14,80 m da p.c. in DPSH2 e S1			
Numero di colpi SPT	Nspt		4
Densità relativa	Dr	%	25
Peso di volume	γ	[kN/m ³]	18
Angolo di attrito interno efficace	ϕ'	°	23
Coesione non drenata	c_u	[kN/m ²]	-
Modulo di Young	E	[Mpa]	7

In considerazione di quanto sopra riportato, appaiono evidenti le scadenti caratteristiche geotecniche del livello TR, che potrebbe ospitare le opere fondali dell'intervento. La verifica degli SLU e SLE delle strutture di progetto, che esula dall'incarico dello scrivente, dovrà pertanto tenere conto dei parametri geomeccanici caratteristici dell'orizzonte in questione, **in modo da rendere compatibile l'intervento in progetto con la resistenza al taglio e, soprattutto, alle sue caratteristiche di compressibilità.**

6. Considerazioni sulla sismicità della zona

6.1 Categoria di sottosuolo

Secondo quanto previsto dalle NTC 2008, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è possibile valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento secondo quanto riportato nella seguente tabella:

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 2 – Categorie di sottosuolo (tratta da NTC 2008 - tab. 3.2.II)

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

Tabella 3 – Categorie di sottosuolo (tratta da NTC 2008 - tab. 3.2.III)

In ragione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni indagati, ed in particolare delle risultanze dell'indagine geofisiche riportate nel paragrafo 4.4, si ritiene coerente assegnare una **categoria di sottosuolo di tipo B**.

6.2 Classificazione sismica

Con Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14/01/08 sono state approvate le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. n°29 del 04/02/08); le “Nuove norme tecniche per le costruzioni” sono in vigore, a partire dal 5 marzo 2008, contestualmente alla norma transitoria

che, fino al 30 giugno 2009 (Art 20 L.31 del 28 febbraio 2008), dà la possibilità di operare – in alternativa – con le norme tecniche precedenti, a parte le eccezioni di esclusiva competenza statale, di cui agli elenchi A e B dell'allegato 1 al decreto 21 ottobre 2003 del Capo del DPC. La nuova NTC, identifica sette tipologie di suoli in relazione alla possibile amplificazione sismica per effetti litologici, da utilizzare per la definizione delle azioni sismiche di progetto, i quali vengono definiti sulla base della caratterizzazione geofisica e geotecnica della sequenza stratigrafica. Inoltre nel D.M. 14/01/08 è presente un allegato relativo alla pericolosità sismica del territorio nazionale, in particolare è fornita la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

Classificazione sismica regionale

L'aggiornamento della classificazione sismica della Toscana, a sei anni di distanza dall'entrata in vigore della precedente classificazione, è stata approvata con Del. GRT n° 878 del 8.10.2012 (pubblicata su BURT Parte Seconda n. 43 del 24.10.2012 Supplemento n. 136). La nuova classificazione sismica entra in vigore 60 giorni dopo la pubblicazione sul BURT.

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

I criteri sono descritti nel documento tecnico corredato dall'elenco completo dei comuni toscani e dalla nuova mappa. Il Comune di Firenze (Cod. Istat 09048017) rientra, secondo la recente riclassificazione in Zona 3.

Pericolosità Sismica di Base

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali, che sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri a_g (accelerazione orizzontale massima del terreno), F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale), T_c^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale).

Nell'Allegato B delle NTC sono riportati i valori di a_g , F_0 , T_c^* relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento.

Per tutti i punti che non ricadono precisamente su uno di tali punti i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media

pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento attraverso la seguente espressione:

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

dove p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame; pi è il valore del parametro di interesse nell'iesimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame; d è la distanza del punto in esame dall'iesimo punto della maglia suddetta.

Punto d'indagine

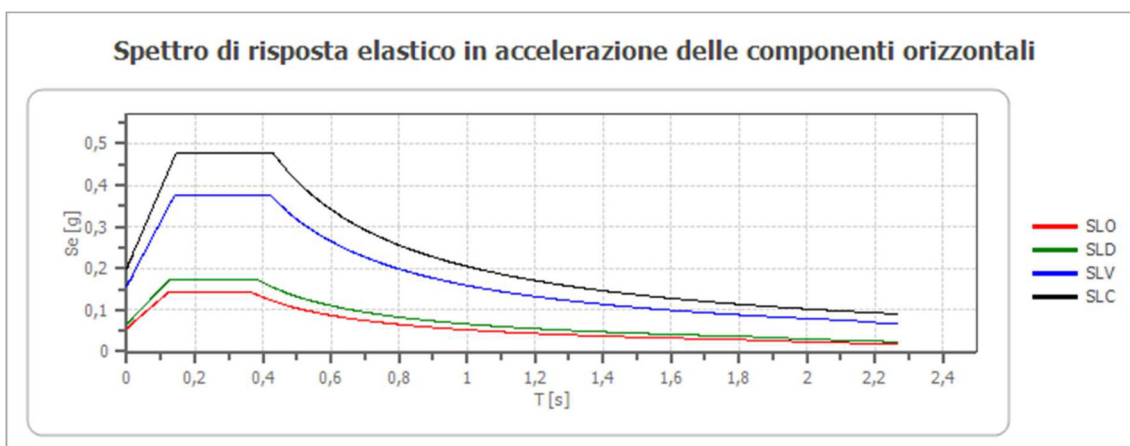
Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,047	2,553	0,253
SLD	50	0,056	2,589	0,267
SLV	475	0,131	2,405	0,301
SLC	975	0,166	2,387	0,310

Per la determinazione delle azioni sismiche di progetto, sulla base delle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite, si riporta nella successiva figura e nei tabulati conseguenti, gli spettri di risposta elastici in termini di accelerazioni orizzontali ed i valori dei parametri sismici relativi alla categoria di suolo proposto (cat. B), con categoria topografica T1 ed ai vari stati limite per opere con presenza normale (Cat.II), assumendo un valore di vita nominale Vn pari a 50 anni ed un coefficiente d'uso (Cu=1).

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,013	0,038	0,048
kv	0,006	0,007	0,019	0,024
Amax [m/s ²]	0,548	0,658	1,537	1,955
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,047	2,553	0,253	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,122	0,367	1,786	0,056	0,143
SLD	1,0	0,056	2,589	0,267	1,200	1,430	1,000	1,200	1,000	0,127	0,382	1,824	0,067	0,174
SLV	1,0	0,131	2,405	0,301	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,141	0,422	2,122	0,157	0,377
SLC	1,0	0,166	2,387	0,310	1,200	1,390	1,000	1,200	1,000	0,144	0,431	2,264	0,199	0,476

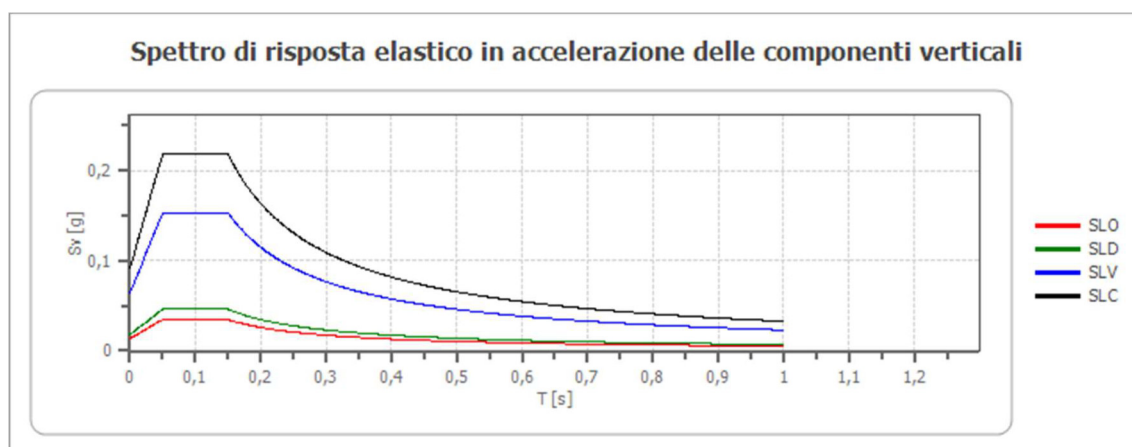
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000



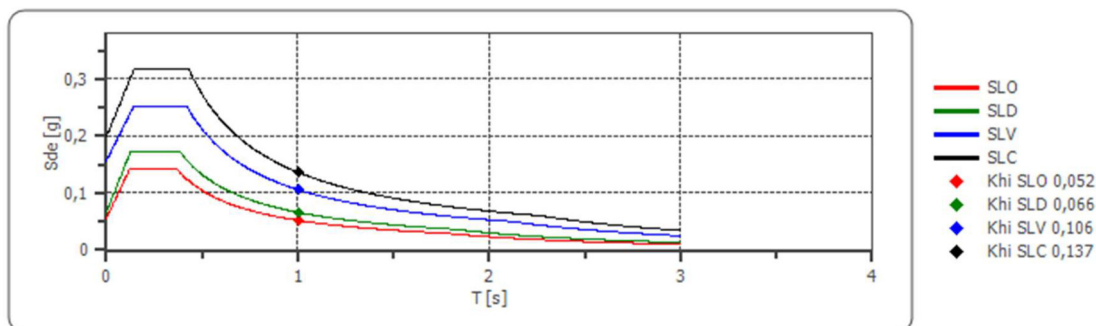
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,047	2,553	0,253	1	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,014	0,035
SLD	1,0	0,056	2,589	0,267	1	1,430	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,018	0,046
SLV	1,0	0,131	2,405	0,301	1	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,064	0,153
SLC	1,0	0,166	2,387	0,310	1	1,390	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,091	0,218

Spettro di progetto

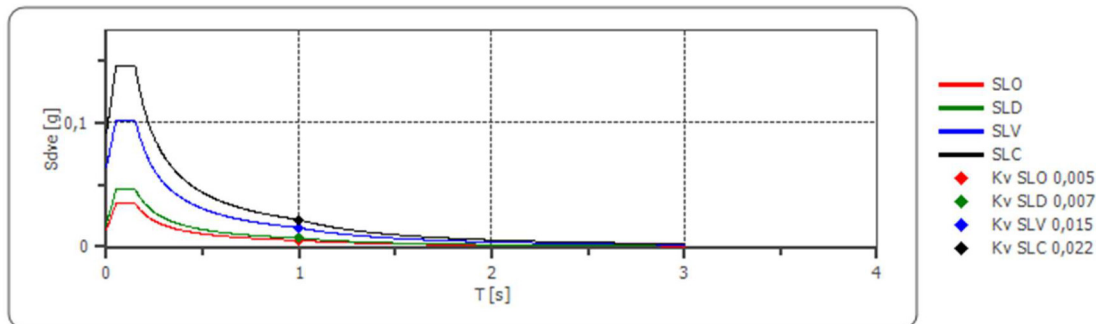
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,50
Fattore di struttura spettro verticale q: 1,50
Periodo fondamentale T: 1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Oriz [g]	0,052	0,066	0,106	0,137
kv = Sdve(T) Ver [g]	0,005	0,007	0,015	0,022

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO oriz	1,0	0,047	2,553	0,253	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,122	0,367	1,786	0,056	0,143
SLO vert	1,0	0,047	2,553	0,253	1,200	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,014	0,035
SLD oriz	1,0	0,056	2,589	0,267	1,200	1,430	1,000	1,200	1,000	0,127	0,382	1,824	0,067	0,174
SLD vert	1,0	0,056	2,589	0,267	1,200	1,430	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,018	0,046
SLV oriz	1,0	0,131	2,405	0,301	1,200	1,400	1,000	1,200	1,500	0,141	0,422	2,122	0,157	0,251
SLV vert	1,0	0,131	2,405	0,301	1,200	1,400	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,064	0,102
SLC oriz	1,0	0,166	2,387	0,310	1,200	1,390	1,000	1,200	1,500	0,144	0,431	2,264	0,199	0,317
SLC vert	1,0	0,166	2,387	0,310	1,200	1,390	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,091	0,145

7. Indicazioni di carattere progettuale

In considerazione della tipologia dell'intervento, realizzazione di un nuovo fabbricato socio-ricreativo e della relativa ubicazione in prossimità della sponda sinistra del Fiume Arno, nel rispetto delle norme comuni relative alla fattibilità idraulica, art.75 delle NTA del RU (riportato nello specifico nel paragrafo 2.3 della presente relazione) il nuovo manufatto dovrà essere realizzato a quota +0,60 m da p.c. attuale, ricorrendo ad ogni precauzione di autotutela ritenuta efficace e compatibile con le condizioni di pericolosità idraulica prospettate; non sono da prevedere compensazioni idrauliche in quanto l'intervento è caratterizzato da *“volumetrie totali sottratte all'esondazione o al ristagno inferiori a 1000 mc in caso di bacino sotteso di dimensioni superiori a 10 Km²”* come indicato all'art. 75, comma 3 delle suddette NTA.

Per quanto attiene gli aspetti litostratigrafici e geomeccanici sono emerse per il livello TR caratteristiche scadenti ed inoltre dalle prospezioni geofisiche si rileva la presenza di una lente detritica superficiale (TR1), le cui caratteristiche reologiche appaiono sensibilmente differenti rispetto all'orizzonte litologico (TR), che la ospita. Al fine pertanto, di verificarne le reali caratteristiche si rimanda all'esecuzione di saggi esplorativi in corso d'opera a seguito dei quali si potrà valutare l'opportunità di rendere uniforme il piano di posa delle fondazioni e migliorarne le caratteristiche geotecniche.

8. Considerazioni conclusive

Alla luce di quanto esposto nei paragrafi precedenti, in base al contesto geologico e alle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni presenti nell'area di intervento, nelle more delle prescrizioni richiamate nel capitolo precedente, si formula un giudizio di compatibilità geologica ed idrogeologica, del quale se ne conclude la fattibilità.

Il documento redatto soddisfa i requisiti richiamati dalla normativa vigente DM 14 gennaio 2008 Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, dalla Circolare del Consiglio Superiore LL.PP. del 2 febbraio 2009 e dal D.P.G.R.T. 9 luglio 2009, n°36/R.

Firenze, novembre 2017

I tecnici incaricati

*Sinergia srls
Il Direttore Tecnico
Luca Gardone Geologo*

Marcello Palazzi Geologo

GEOTECNICA PALAZZI-GIOMARELLI s.r.l.
53042 CHIANCIANO TERME
Via G. Di Vittorio, 3
Tel. 0578 63921 - Fax 0578 63987
P.IVA 01169700521

ALLEGATO 1

ELABORATI CARTOGRAFICI:

Tavola 1: Corografia dell'area, scala 1:10.000

Tavola 2: Carta pericolosità da alluvione, scala 1:5.000 (PGRA)

Tavola 3: Carta ubicazioni sezioni idrauliche Tr.200 anni – Tr. 30 anni, scala 1:2.000 (AdB Distretto dell'Appennino Settentrionale)

Tavola 4: Sezioni idrauliche Tr. 30 anni, scala 1:2.000 (AdB Arno)

Tavole 5: Carta rischio alluvione, scala grafica (PGRA)

Tavola 6: Carta pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante, scala grafica (PAI - AdB Arno)

Tavola 7: Carta pericolosità geologica, scala 1:5.000 (PS Comune di Firenze)

Tavola 8: Carta pericolosità idraulica, scala 1:5.000 (PS Comune di Firenze)

Tavola 9: Carta delle aree allagabili per Tr. 200 anni, scala 1:5.000 (PS Comune di Firenze)

Tavola 10: Carta pericolosità sismica, scala 1:5.000 (PS Comune di Firenze)

Tavola 11: Carta del fattore di amplificazione sismico locale, scala 1:5.000 (PS Comune di Firenze)

Tavola 12: Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), scala 1:5.000 (PS Comune di Firenze)

Tavola 13: Carta fattibilità, scala 1:5.000 (RU Comune di Firenze)

Tavola 14: Carta Geologica, scala 1:5.000 (CARG – Toscana)

Tavola 15: Carta curve isopiezometriche, scala 1:5.000 (Sistema informativo geologico Comune di Firenze)

Tavola 16: Carta Ubicazione indagini geognostiche e geofisiche, scala grafica

Tavola 17: Sezione litostratigrafica – stato attuale

COMUNE DI FIRENZE
Provincia di Firenze

Realizzazione del Centro di
Socializzazione Torino Santa Rosa,
sito in Lungarno Santa Rosa - Firenze

COMMITTENTE
Comune di Firenze -
Direzione Servizi Tecnici

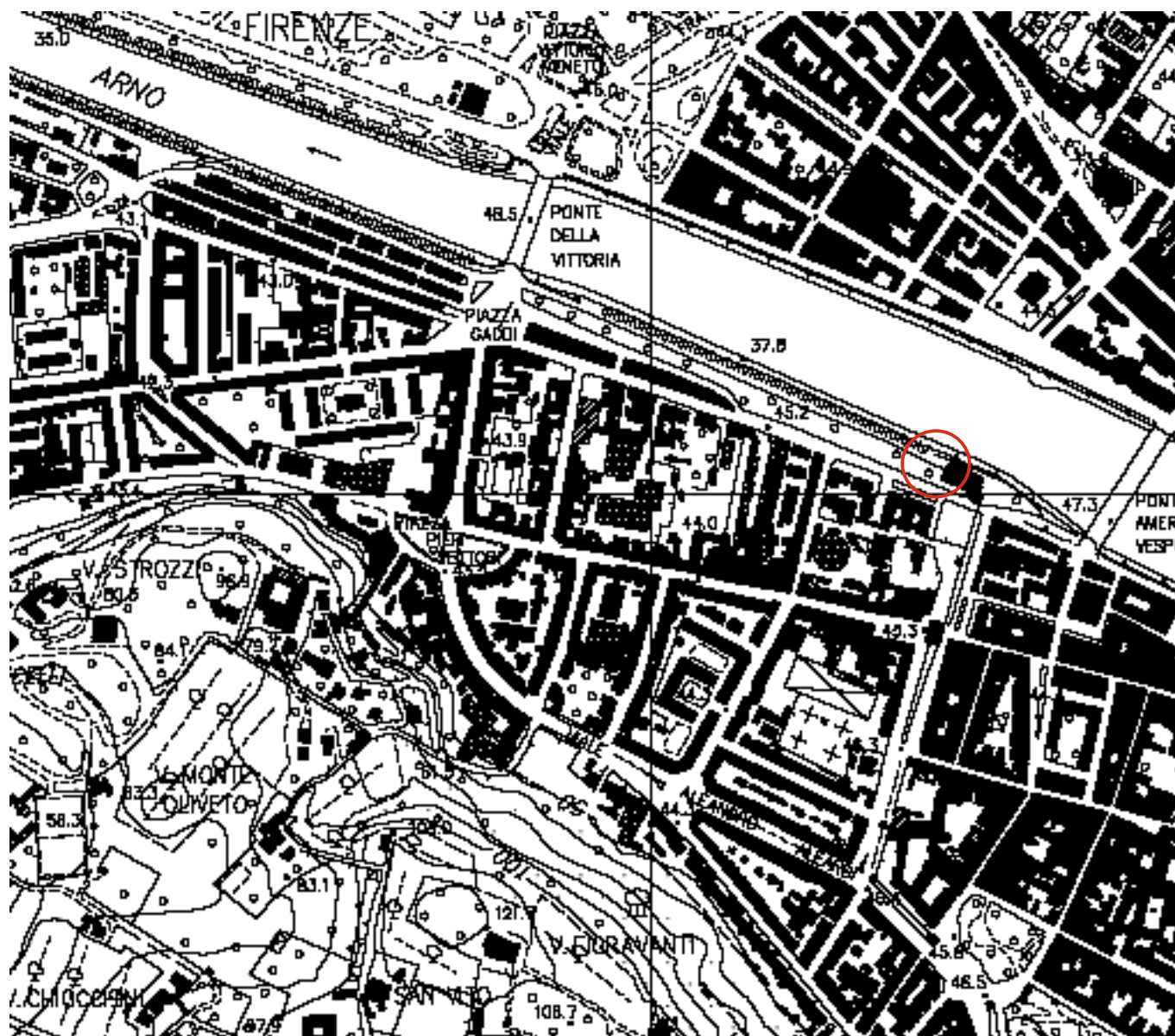
ELABORATO:
corografia dell'area

TAVOLA 1
SCALA 1:10.000

Legenda



area di intervento



COMUNE DI FIRENZE
Provincia di Firenze

Realizzazione del Centro di
Socializzazione Torrino Santa Rosa,
sito in Lungarno Santa Rosa - Firenze

COMMITTENTE
Comune di Firenze -
Direzione Servizi Tecnici

ELABORATO:
Carta Pericolosità da alluvione
(Estratto PGRA - SITA Regione Toscana)


TAVOLA 2
SCALA 1:5.000


Legenda:

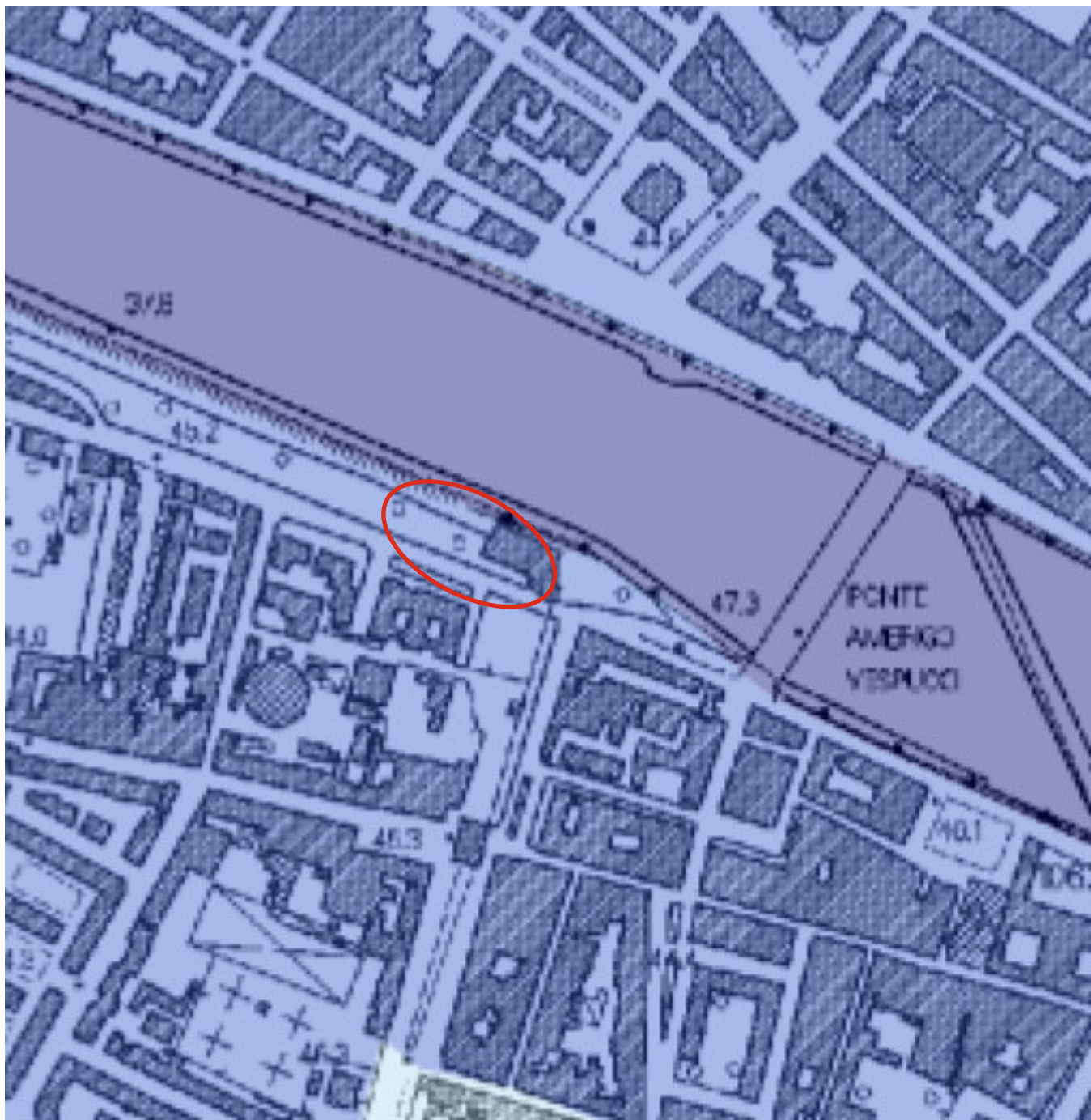
Pericolosità da alluvione fluviale

 P1 - pericolosità bassa (alluvioni rare e di estrema intensità)

 P2 - pericolosità media (alluvioni poco frequenti)

 P3 - pericolosità alta (alluvioni frequenti)

 area di intervento



COMUNE DI FIRENZE
Provincia di Firenze

Realizzazione del Centro di
Socializzazione Torino Santa Rosa,
sito in Lungarno Santa Rosa - Firenze

COMMITTENTE
Comune di Firenze -
Direzione Servizi Tecnici

ELABORATO:
Carta ubicazione sezioni idrauliche
Tr. 200 anni - Tr.30 anni
estratto cartografia AdB Distrettuale
dell'Appennino Settentrionale

TAVOLA 3
SCALA 1:2.000

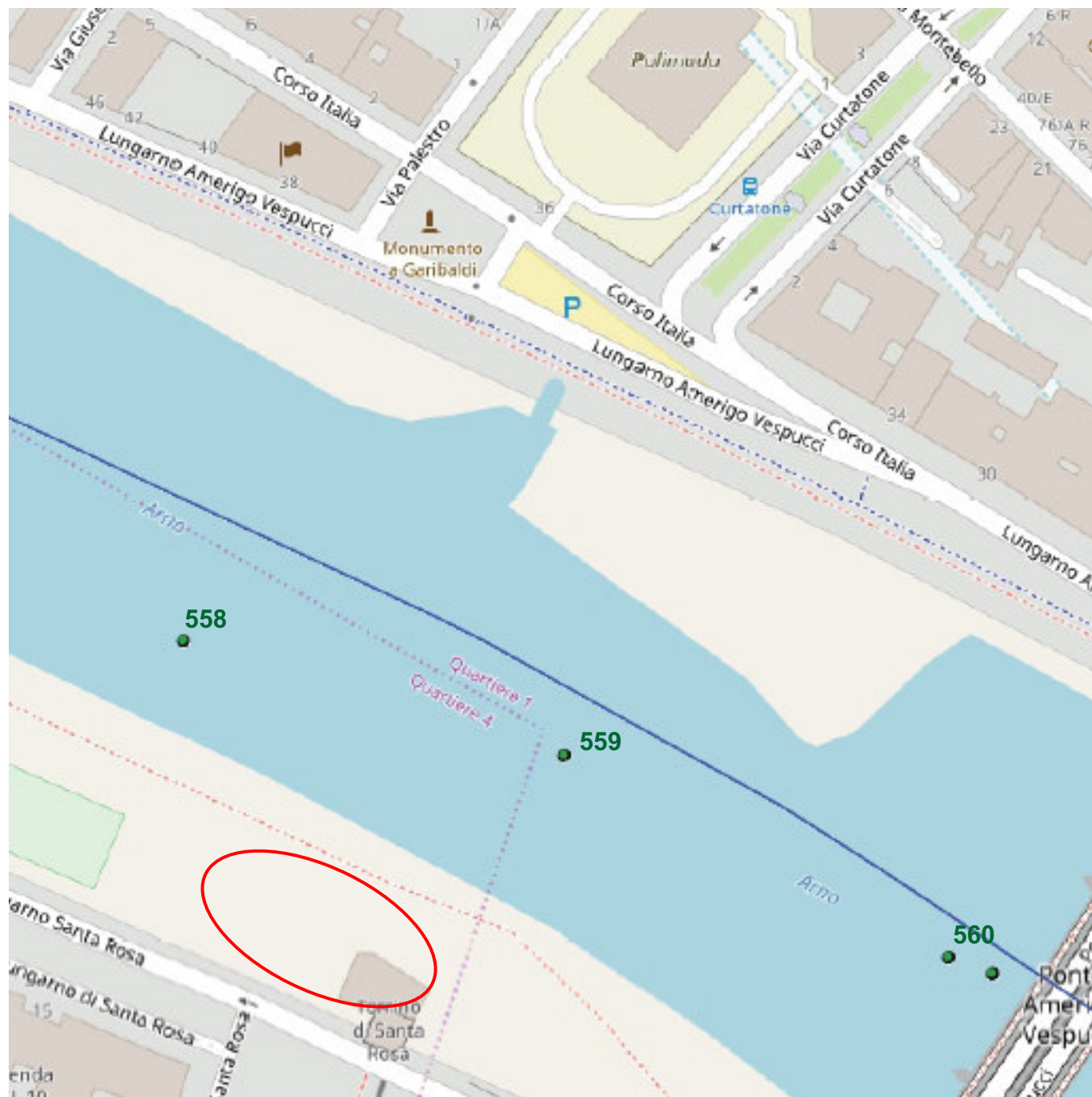
Legenda

- Franco Tr30 $\geq 1,00$ mt
- Franco Tr30 $< 1,00$ mt
- Esondazione per Tr30

558 n. sezione idraulica



Area di intervento



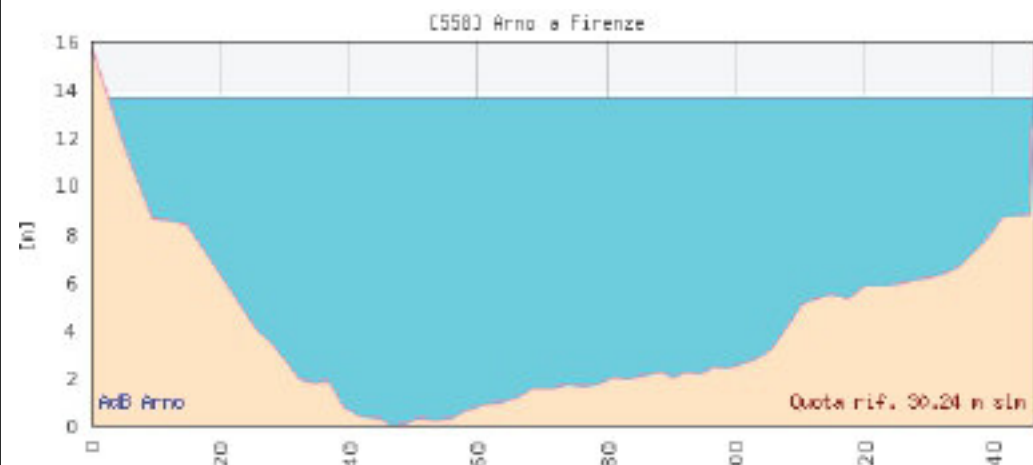
COMUNE DI FIRENZE
Provincia di Firenze

Realizzazione del Centro di
Socializzazione Torino Santa Rosa,
sito in Lungarno Santa Rosa - Firenze

COMMITTENTE
Comune di Firenze -
Direzione Servizi Tecnici

ELABORATO:
Sezioni idrauliche Tr.30 anni
estratto cartografia AdB Arno

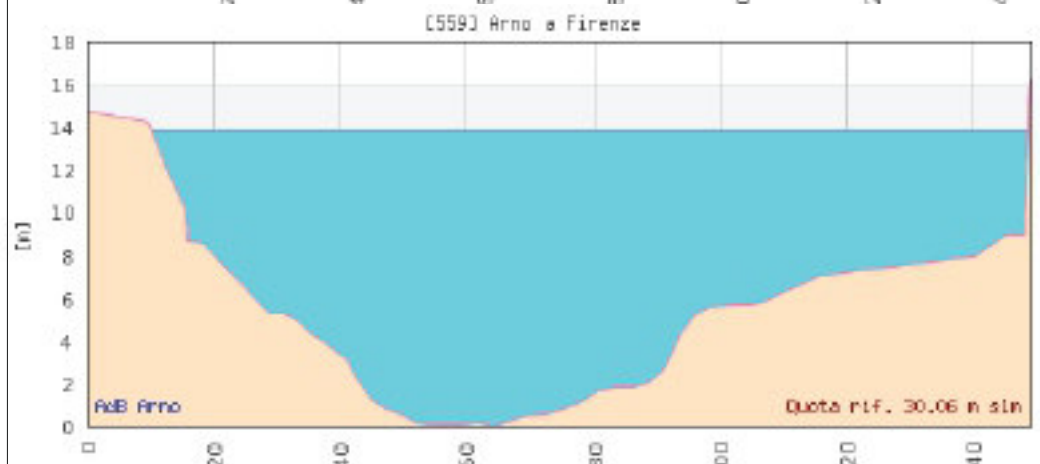
TAVOLA 4
SCALA 1:2.000



SEZIONE 558

Tr: 30anni
Battente: 43.90 m s.l.m.
Portata: 2571 mc/s

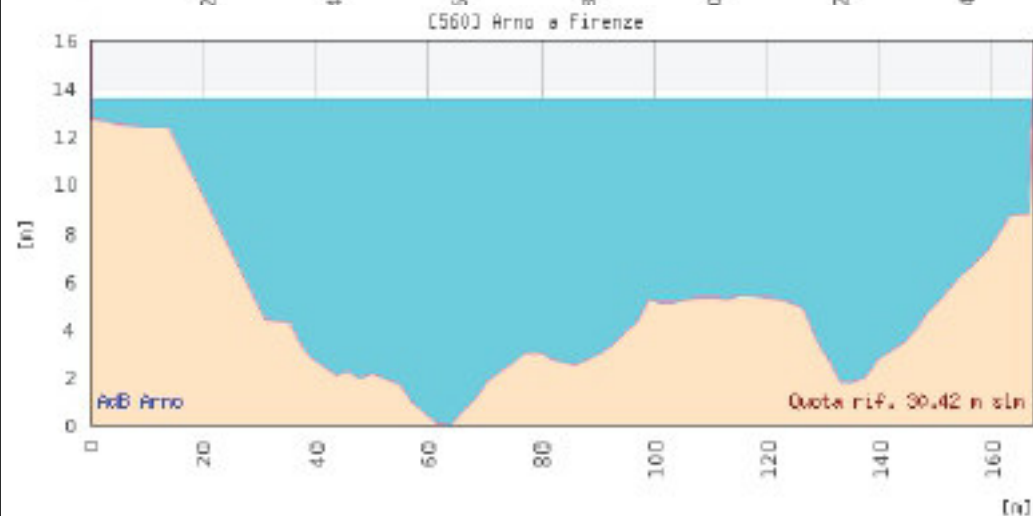
Franco
sinistra: 2.15 m
destra: 2.28 m



SEZIONE 559

Tr: 30anni
Battente: 43.89 m s.l.m.
Portata: 2571 mc/s

Franco
sinistra: 1.61 m
destra: 2.41 m



SEZIONE 560

Tr: 30anni
Battente: 43.96 m s.l.m.
Portata: 2571 mc/s

Franco
sinistra: 2.30 m
destra: 2.44 m

COMUNE DI FIRENZE
Provincia di Firenze



Realizzazione del Centro di
Socializzazione Torino Santa Rosa,
sito in Lungarno Santa Rosa - Firenze


COMMITTENTE
Comune di Firenze -
Direzione Servizi Tecnici

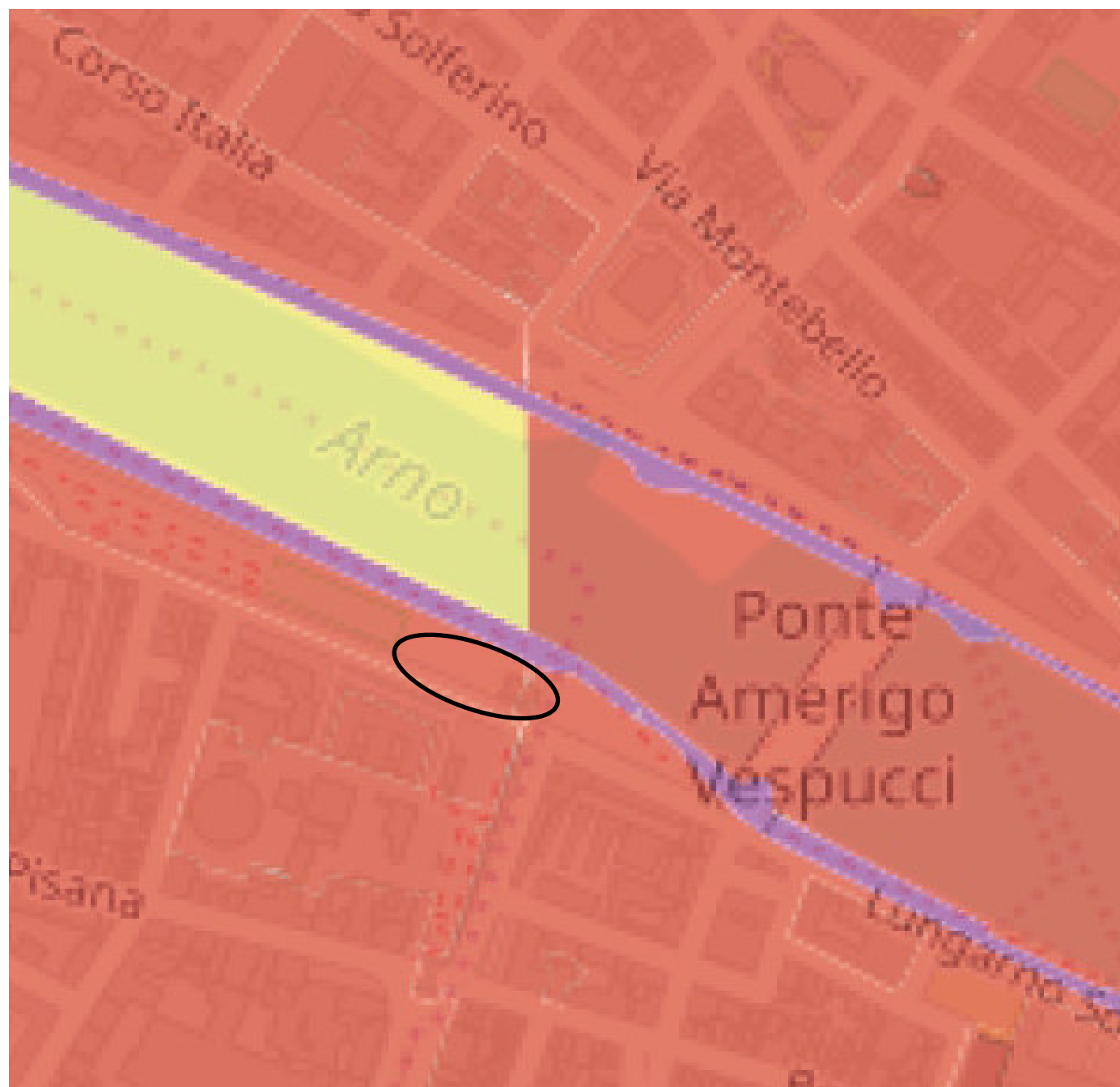
ELABORATO:
Carta Rischio Alluvione
(Estratto PGRA - AdB Arno)

TAVOLA 5
SCALA GRAFICA

Legenda

-  R1 - rischio moderato o nullo
-  R2 - rischio medio
-  R3 - rischio elevato
-  R4 - rischio molto elevato

 area di intervento



COMUNE DI FIRENZE
Provincia di Firenze




Realizzazione del Centro di
Socializzazione Torino Santa Rosa,
sito in Lungarno Santa Rosa - Firenze


COMMITTENTE
Comune di Firenze -
Direzione Servizi Tecnici

ELABORATO:
Carta Pericolosità da fenomeni
geomorfologici di versante
Livello di sintesi
(Estratto Cartografia allegata al PAI dell'AdB Arno)

TAVOLA 6 SCALA GRAFICA

Legenda

-  P.F.3 Aree a pericolosità elevata
-  P.F.2 Aree a pericolosità media
-  P.F.1 Aree a pericolosità moderata

 area di intervento



COMUNE DI FIRENZE
Provincia di Firenze

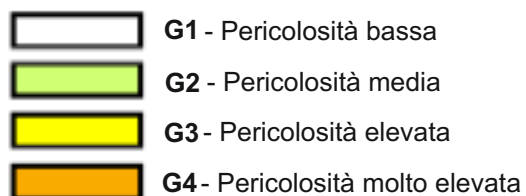
Realizzazione del Centro di
Socializzazione Torino Santa Rosa,
sito in Lungarno Santa Rosa - Firenze


COMMITTENTE
Comune di Firenze -
Direzione Servizi Tecnici

ELABORATO:
Carta Pericolosità Geologica
estratto cartografia PS del Comune di Firenze

TAVOLA 7
SCALA 1:5.000

Legenda



 area di intervento



COMUNE DI FIRENZE
Provincia di Firenze





Realizzazione del Centro di
Socializzazione Torino Santa Rosa,
sito in Lungarno Santa Rosa - Firenze

COMMITTENTE
Comune di Firenze -
Direzione Servizi Tecnici

ELABORATO:
Carta Pericolosità Idraulica
estratto cartografia PS del Comune di Firenze
(aggiornamento 2017)

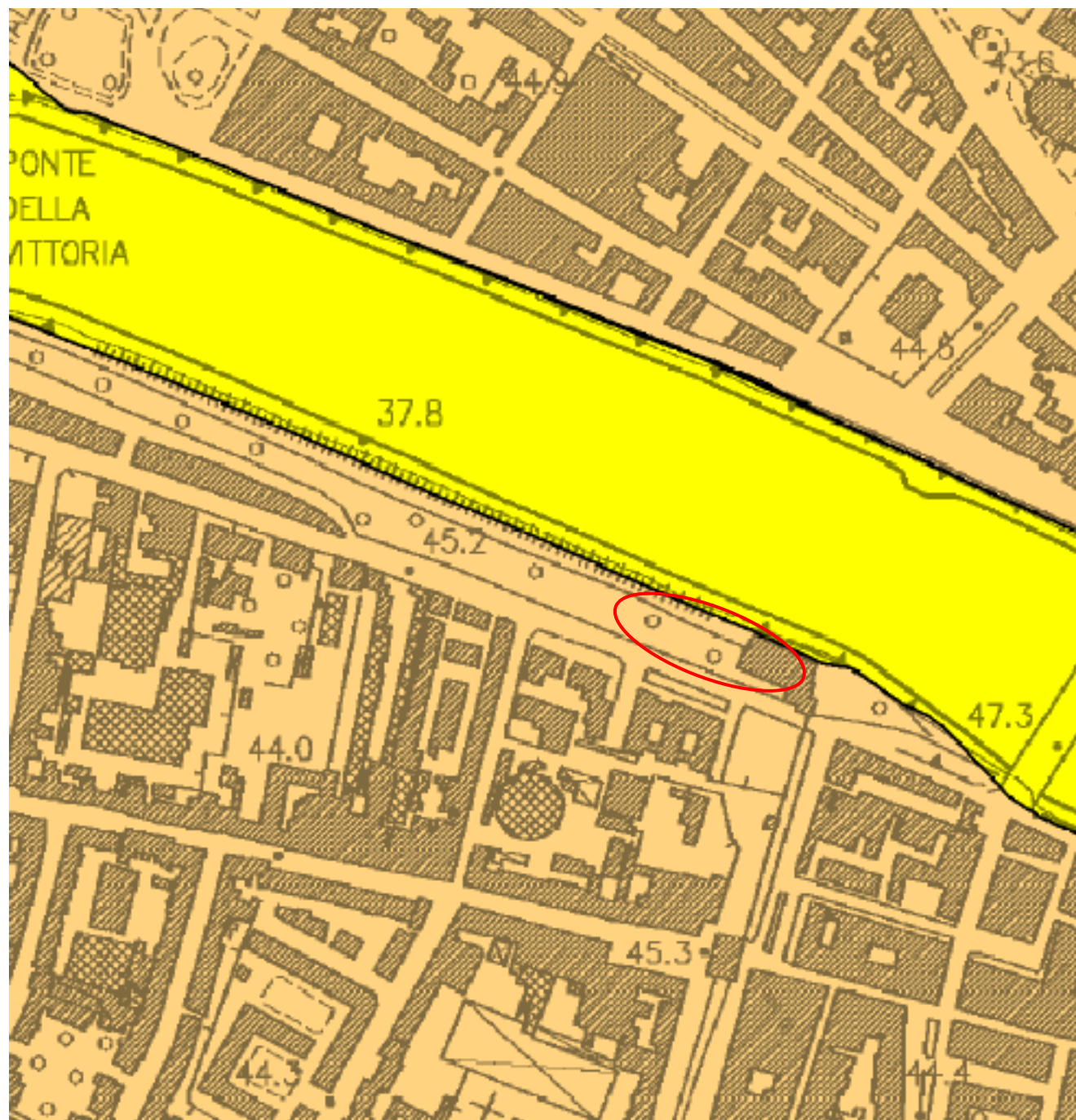
TAVOLA 8
SCALA 1:5.000

Legenda

-  pericolosità idraulica bassa - I1
-  pericolosità idraulica media - I2
-  pericolosità idraulica elevata - I3
-  pericolosità idraulica molto elevata - I4



Area di intervento



COMUNE DI FIRENZE
Provincia di Firenze

Realizzazione del Centro di
Socializzazione Torino Santa Rosa,
sito in Lungarno Santa Rosa - Firenze






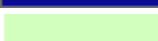
COMMITTENTE
Comune di Firenze -
Direzione Servizi Tecnici

ELABORATO:
Carta delle aree allagabili per Tr.200 anni
estratto cartografia PS del Comune di Firenze

TAVOLA 9
SCALA 1:5.000

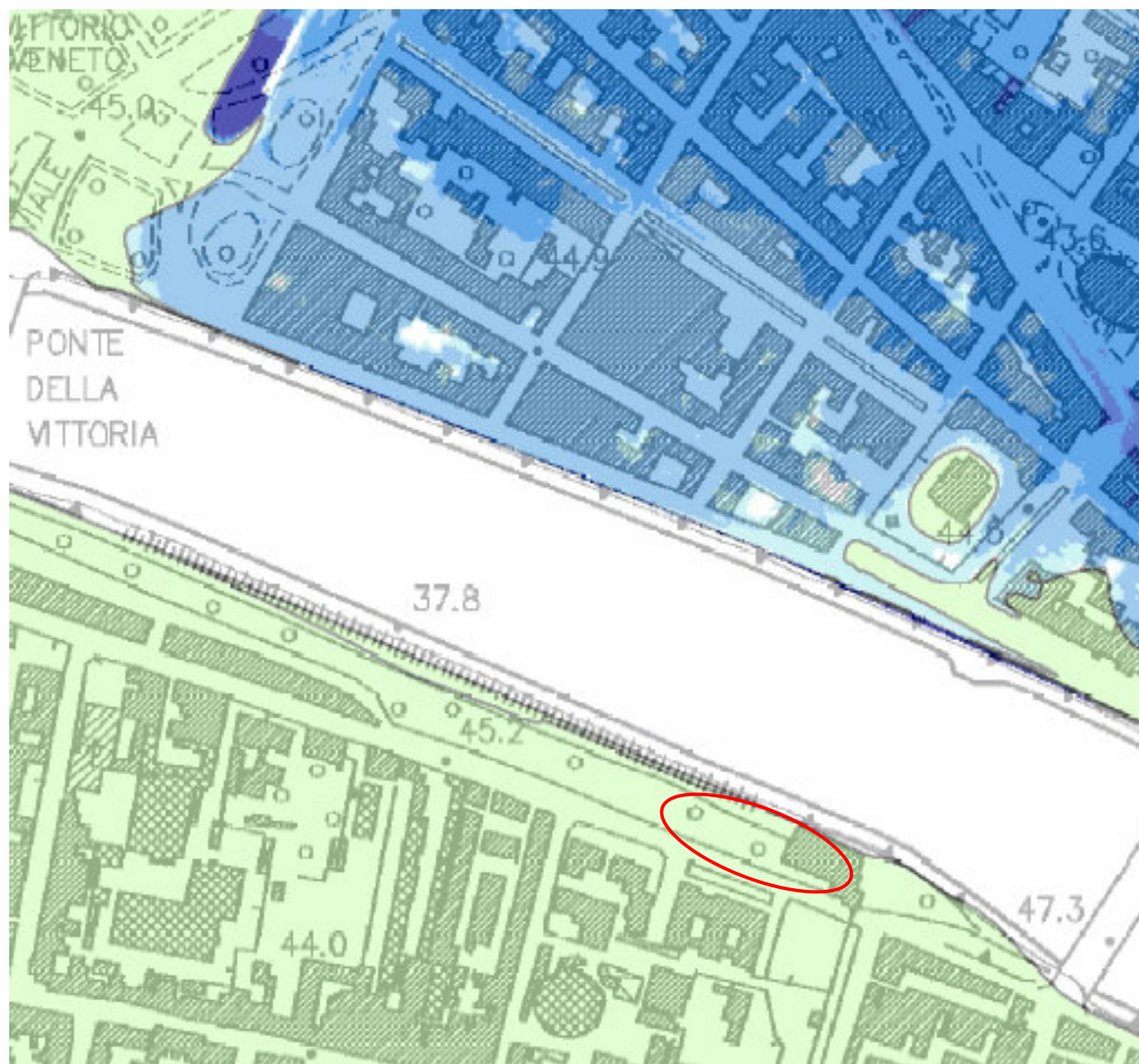
Legenda

Altezza acqua di esondazione

	0,00 mt < h ≤ 0,30 mt
	0,30 mt < h ≤ 1,00 mt
	1,00 mt < h ≤ 2,00 mt
	2,00 mt < h ≤ 3,00 mt
	h > 3,00 mt
	aree di transito per Tr.200 anni (altezza convenzionale 0,30 mt)



Area di intervento



COMUNE DI FIRENZE
Provincia di Firenze

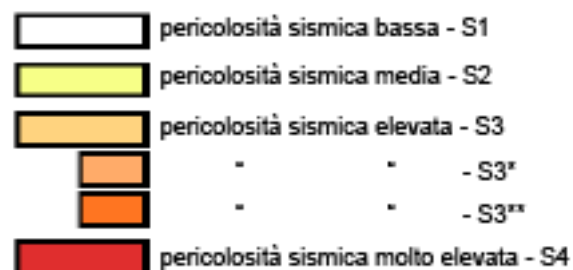
Realizzazione del Centro di
Socializzazione Torino Santa Rosa,
sito in Lungarno Santa Rosa - Firenze


COMMITTENTE
Comune di Firenze -
Direzione Servizi Tecnici

ELABORATO:
Carta Pericolosità Sismica
estratto cartografia PS del Comune di Firenze

TAVOLA 10
SCALA 1:5.000

Legenda



 area di intervento



COMUNE DI FIRENZE
Provincia di Firenze

Realizzazione del Centro di
Socializzazione Torino Santa Rosa,
sito in Lungarno Santa Rosa - Firenze

COMMITTENTE
Comune di Firenze -
Direzione Servizi Tecnici

ELABORATO:
Carta del fattore di amplificazione
sismico locale
estratto cartografia PS del Comune di Firenze

TAVOLA 11
SCALA 1:5.000

Legenda

- sondaggi
- Down-Hole

valore FA



○ area di intervento

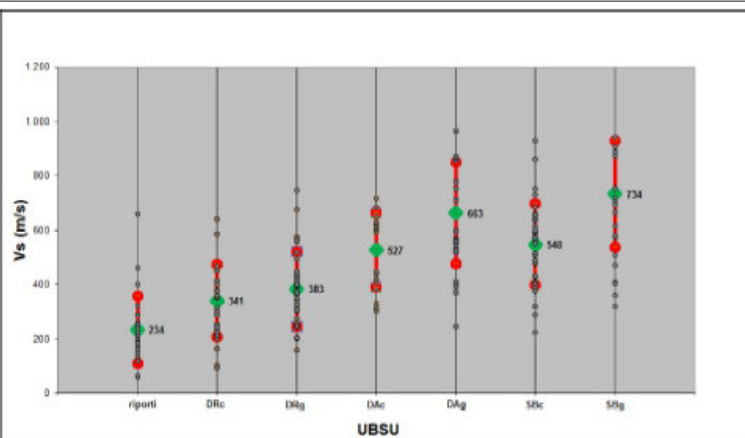
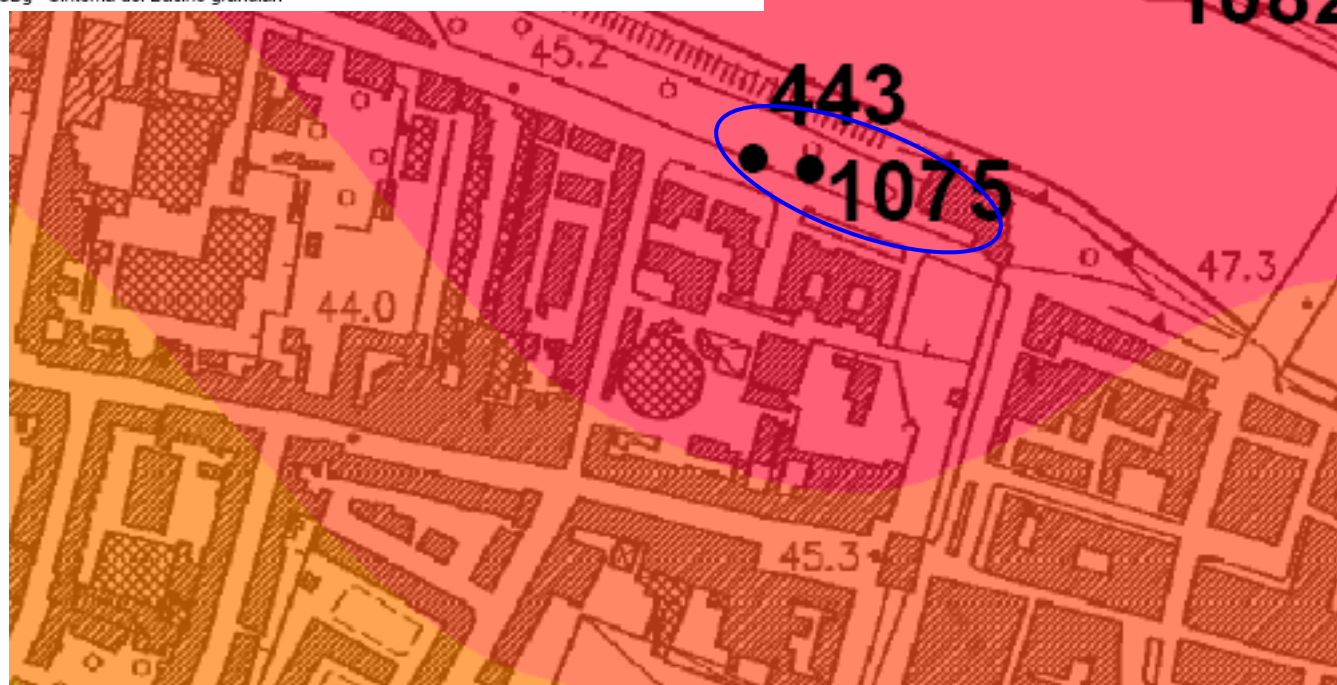


GRAFICO VELOCITA' - UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE

I cerchi neri nel grafico rappresentano la velocità media ponderata delle Vs calcolata all'interno dello spessore dell'unità geologico-tecnica intercettata nei diversi down-hole; i rombi verdi indicano la velocità media pesata di riferimento per le singole unità geologico-tecniche; la barra rossa indica la DS del dato di ancoraggio.

DRc= Depositi Recenti coesivi
DRg= Depositi Recenti granulari
DAc= Depositi Antichi coesivi
DAg= Depositi Antichi granulari
SBC= Sintema del Bacino coesivi
SBg= Sintema del Bacino granulari



COMUNE DI FIRENZE
Provincia di Firenze

Realizzazione del Centro di
Socializzazione Torino Santa Rosa,
sito in Lungarno Santa Rosa - Firenze

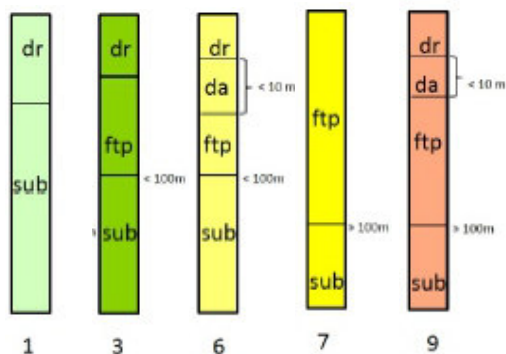
COMMITTENTE
Comune di Firenze -
Direzione Servizi Tecnici

ELABORATO:
Carta delle microzone omogenee
in prospettiva sismica (MOPS)
estratto cartografia PS del Comune di Firenze

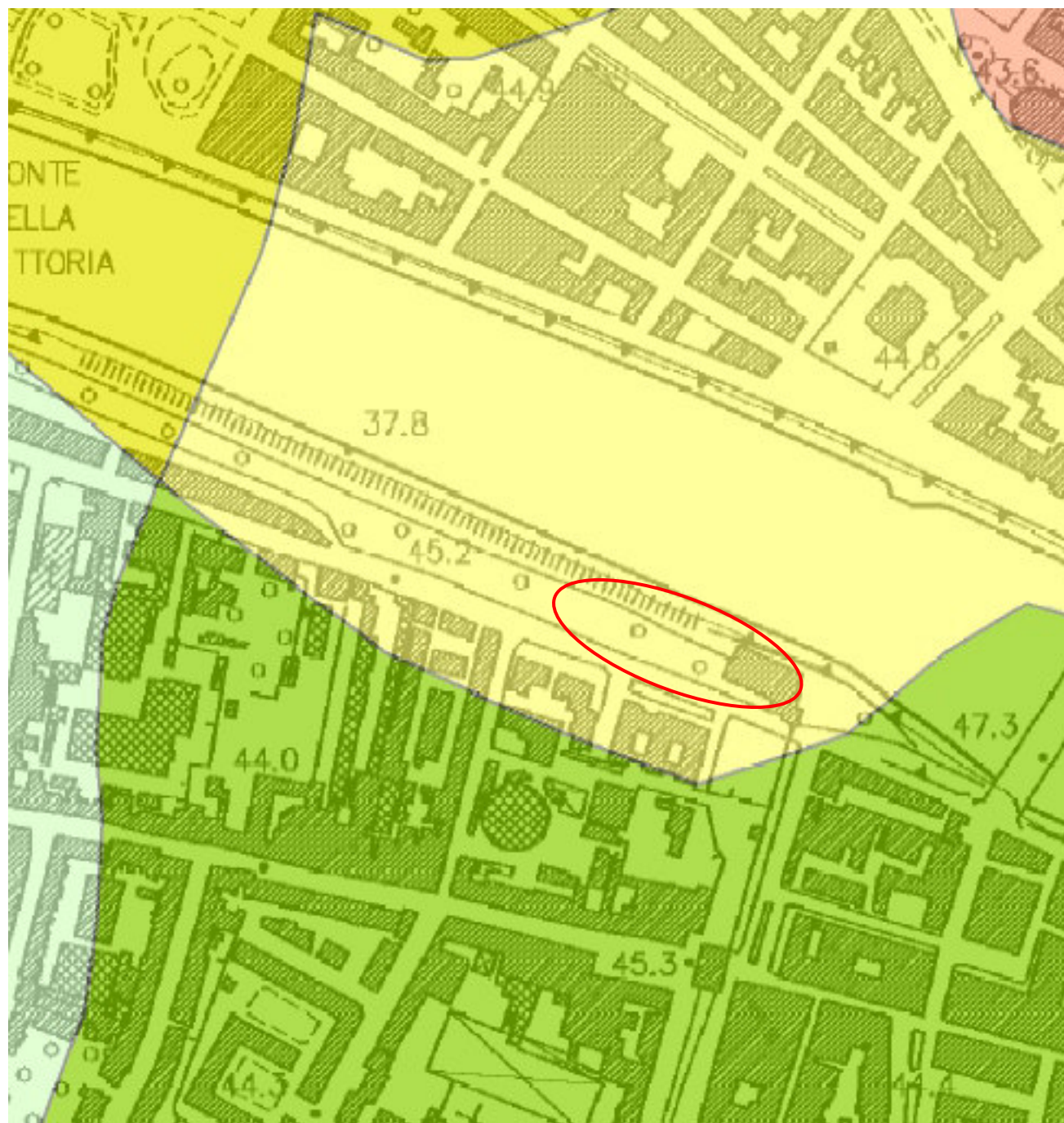
TAVOLA 12
SCALA 1:5.000


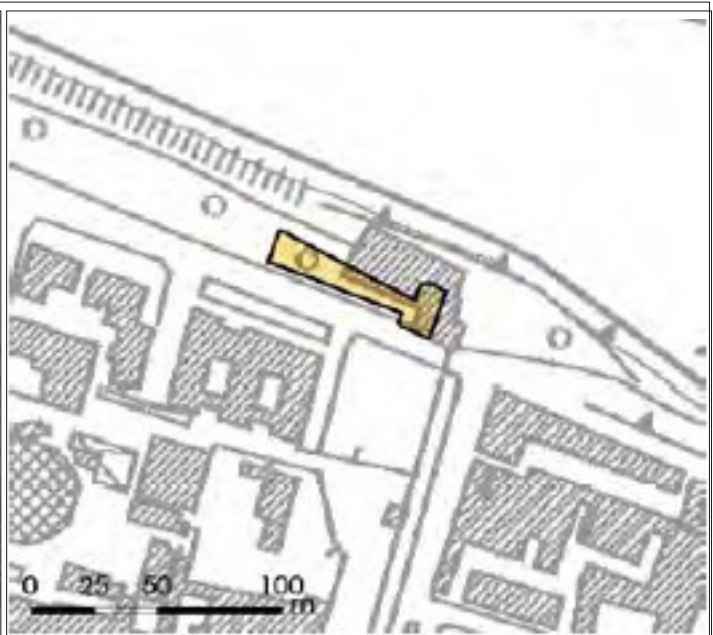
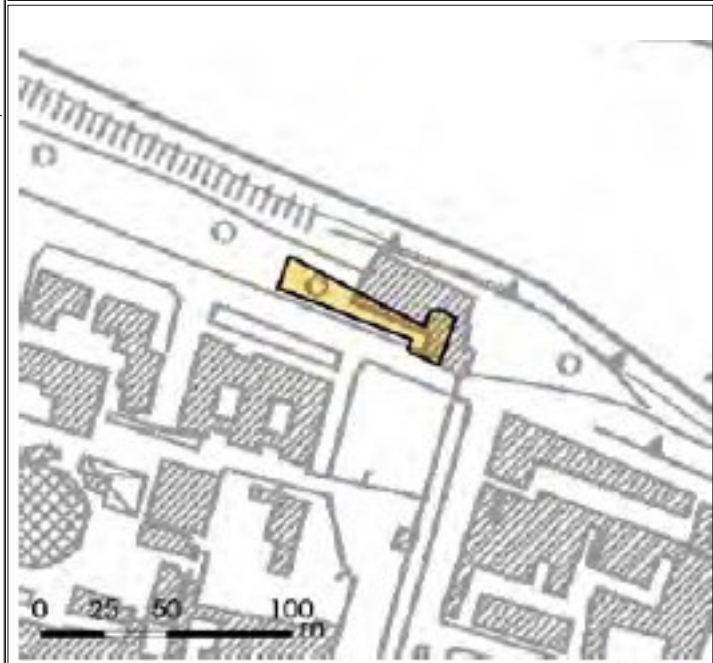
Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazione locale



○ area di intervento



<p>COMUNE DI FIRENZE Provincia di Firenze</p>	 <p>FATTIBILITÀ GEOLOGICA</p> <p>1 2 3 4</p>	 <p>FATTIBILITÀ IDRAULICA</p> <p>1 2 3 4</p>
<p>Realizzazione del Centro di Socializzazione Torino Santa Rosa, sito in Lungarno Santa Rosa - Firenze</p>	 <p>FATTIBILITÀ SISMICA</p> <p>1 2 3 4</p>	
<p>COMMITTENTE Comune di Firenze - Direzione Servizi Tecnici</p>		
<p>ELABORATO: Carta Fattibilità estratto RU del Comune di Firenze - Scheda di trasformazione ATs12_45</p>		
<p>TAVOLA 13 SCALA GRAFICA</p>		
<p>Legenda</p> <p>1 Fattibilità senza particolari limitazioni</p> <p>2 Fattibilità con normali vincoli</p> <p>3 Fattibilità condizionata</p> <p>4 Fattibilità limitata</p>		

COMUNE DI FIRENZE
Provincia di Firenze

Realizzazione del Centro di
Socializzazione Torino Santa Rosa,
sito in Lungarno Santa Rosa - Firenze






COMMITTENTE
Comune di Firenze -
Direzione Servizi Tecnici


ELABORATO:
Carta geologica
estratto da CARG (foglio 275030)

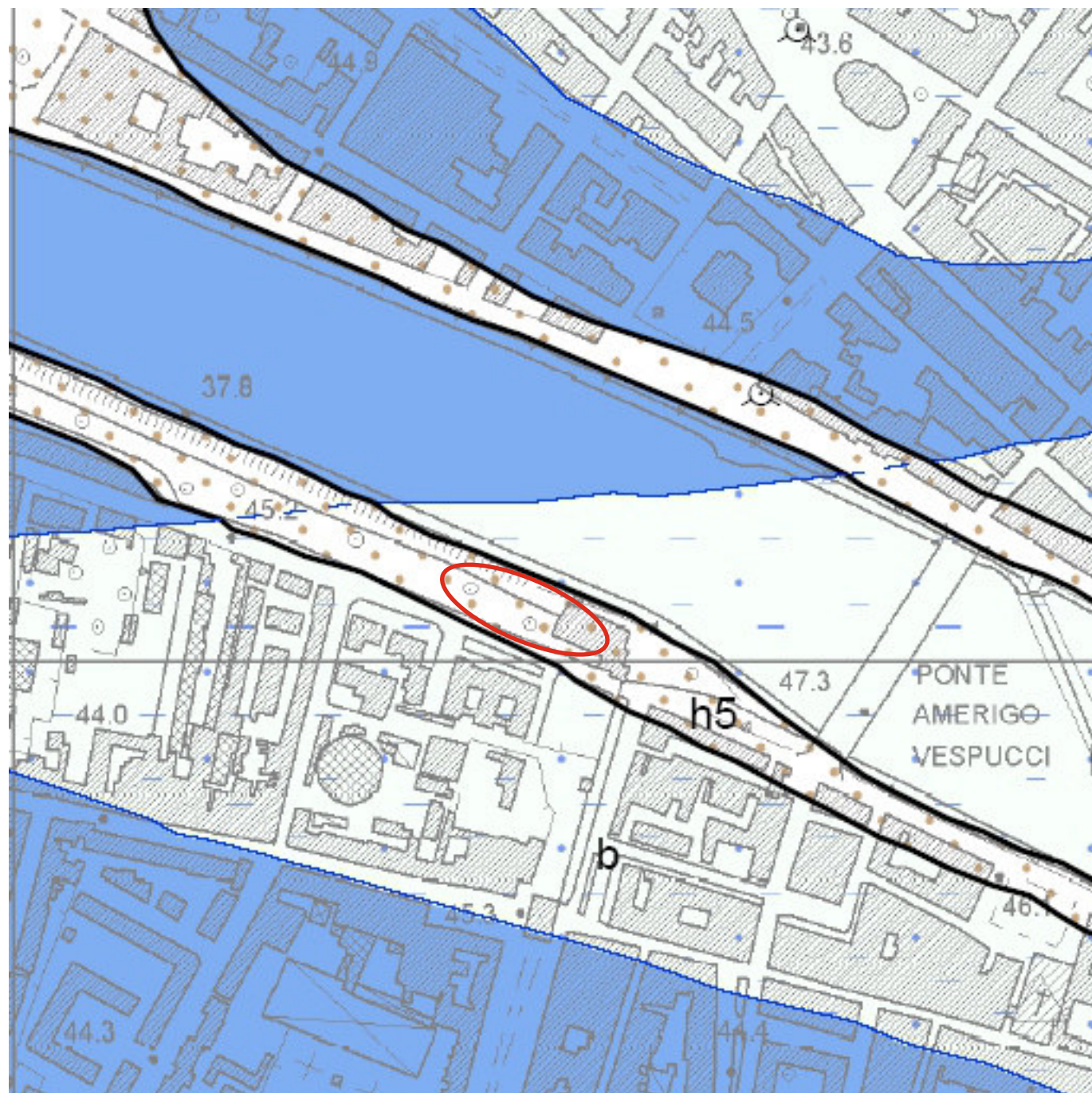
TAVOLA 14
SCALA 1:5.000

Legenda

Depositi Olocenici

-  h5 Depositi antropici, terreni di riporto, bonifica per colmata
-  b Depositi alluvionali attuali
-  b (LAS) Depositi alluvionali attuali
-  Ac Alluvioni recenti
Ghiaie e ciottolami puliti dell'alveo dell'Arno
-  --- Contatto stratigrafico

 area di intervento



COMUNE DI FIRENZE
Provincia di Firenze

Realizzazione del Centro di
Socializzazione Torino Santa Rosa,
sito in Lungarno Santa Rosa - Firenze

COMMITTENTE
Comune di Firenze -
Direzione Servizi Tecnici

ELABORATO:
Carta curve isopiezometriche
estratto Sistema informativo geologico
del Comune di Firenze

TAVOLA 15
SCALA 1:5.000

Legenda

- Sondaggi
- Misure Pozzi 2010
- Curve IsoPiezometriche 2010

○ area di intervento



COMUNE DI FIRENZE
Provincia di Firenze

Realizzazione del Centro di
Socializzazione Torino Santa Rosa,
sito in Lungarno Santa Rosa - Firenze

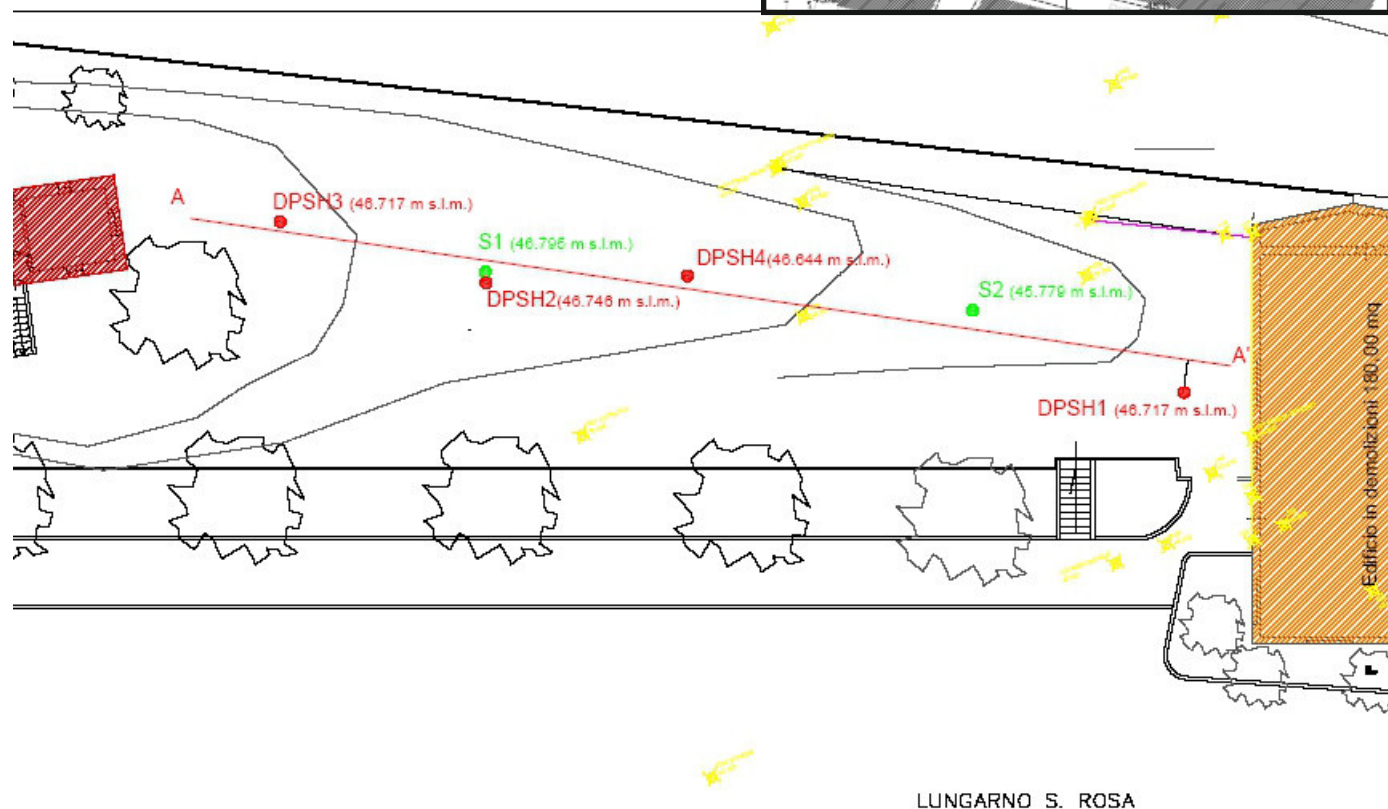
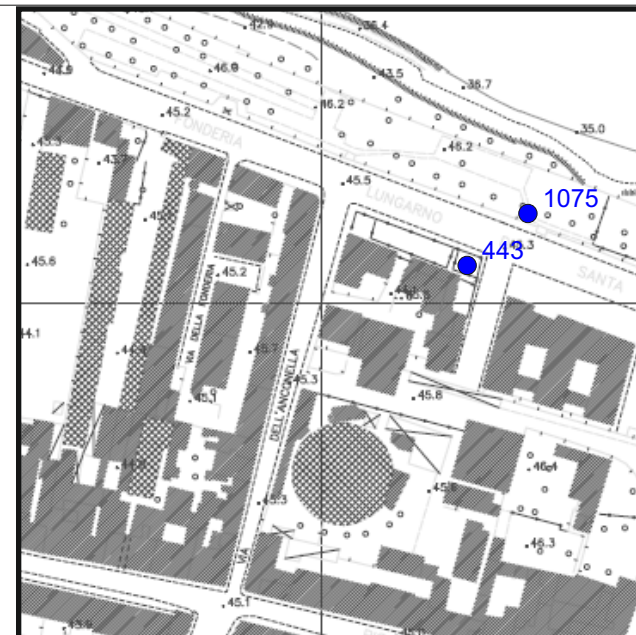
COMMITTENTE
Comune di Firenze -
Direzione Servizi Tecnici

ELABORATO:
Ubicazione indagini geognostiche e
geofisiche

TAVOLA 16
SCALA GRAFICA

Legenda

- Prova penetrometrica DPSH1(2017)
- Sondaggi (2017)
- Sondaggi
Sistema Informativo Geologico Sottosuolo
del Comune di Firenze
- A———A' Stesa sismica (2017)



COMUNE DI FIRENZE
Provincia di Firenze

Realizzazione del Centro di socializzazione
Torrino Santa Rosa,
sito in Lungarno Santa Rosa - Firenze

COMMITTENTE:
Comune di Firenze -
Direzione Servizi Tecnici

ELABORATO:
Sezione litostratigrafica

TAVOLA 17
SCALA 1:2500

Legenda

TR

Terreno di riporto sabbia e
sabbia limosa

TR1

Terreno di riporto

AP

Sabbie e ghiaie

A

Ghiaie



Livello acquifero

The diagram is a lithostratigraphic cross-section showing the subsurface geology of a site. The vertical axis on the left indicates elevation in meters above sea level (m. s.l.m.), ranging from 32.0 to 47.0. The horizontal axis represents the ground surface profile, which is a green line sloping downwards from left to right. The subsurface is divided into four distinct layers: **TR** (Terreno di riporto sabbia e sabbia limosa) is the top layer, shown with a yellow dotted pattern; **TR1** (Terreno di riporto) is a thin layer below TR, shown with a yellow pattern of small crosses; **AP** (Sabbie e ghiaie) is the layer below TR1, shown with a pattern of small brown circles; and **A** (Ghiaie) is the bottom layer, shown with a pattern of larger grey circles. Four vertical lines represent boreholes: **DPSH3**, **DPSH2**, **DPSH4**, and **DPSH1** are marked with red lines, while **S1** and **S2** are marked with green lines. Two groundwater levels are indicated by blue inverted triangles with horizontal lines: one at approximately 36.5 m s.l.m. near borehole DPSH2, and another at approximately 36.0 m s.l.m. near borehole S2. The labels **TR**, **TR1**, **AP**, and **A** are placed within their respective layers. The borehole labels are placed above the ground surface line.

ALLEGATO 2

CERTIFICATI ED ELABORAZIONI PROVE PENETROMETRICHE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: COMUNE DI FIRENZE Cantiere: Torrino Santa Rosa Località: FIRENZE	VERB ACCETTAZIONE 35/17 DEL 7/07/17 CERT. N. 1065-1066-1067-1068 DEL 12/09/17
---	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

Il Responsabile del Sito



Il Direttore





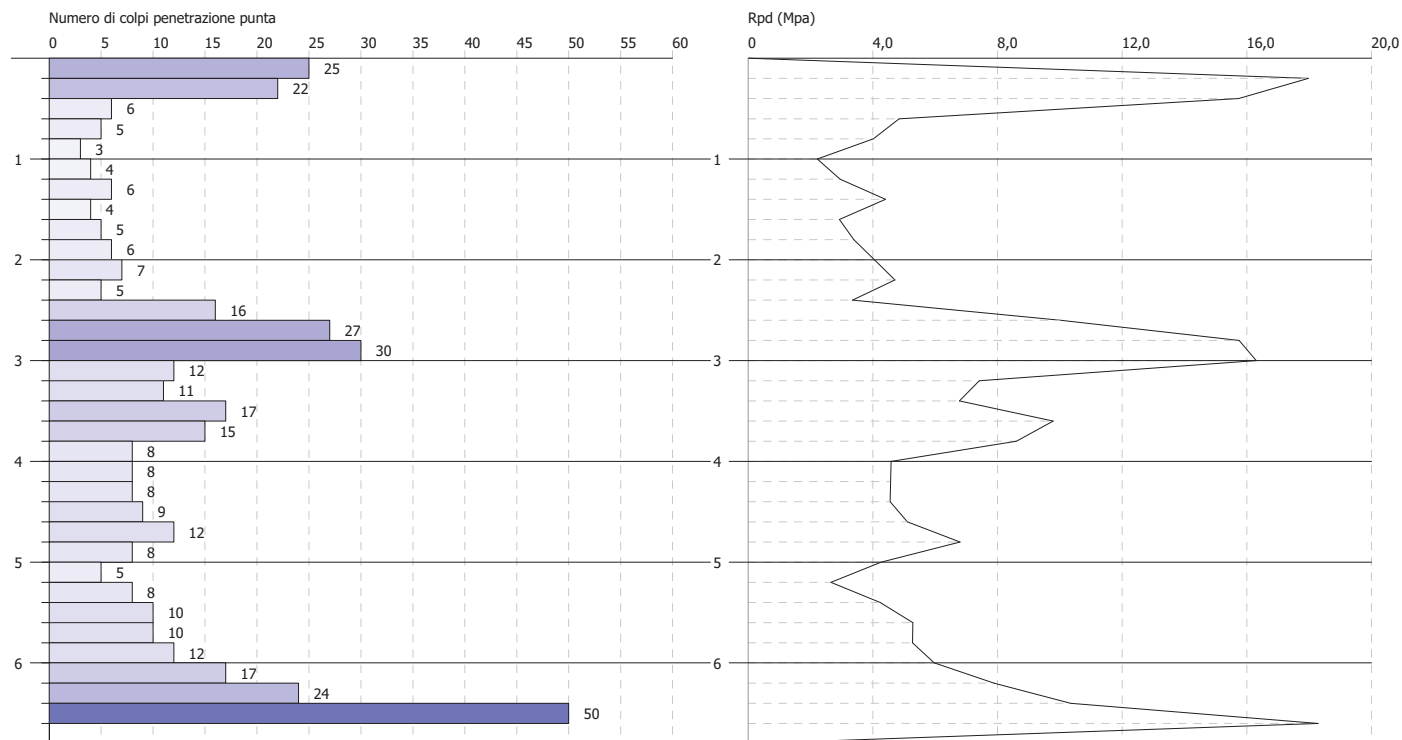
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

VERB ACC, 35/17 DEL 07/07/17
CERT. 1065 DEL 13/09/17

Committente: COMUNE DI FIRENZE
Cantiere: Torrino Santa Rosa
Località: FIRENZE

Data: 04/09/2017

Scala 1:75





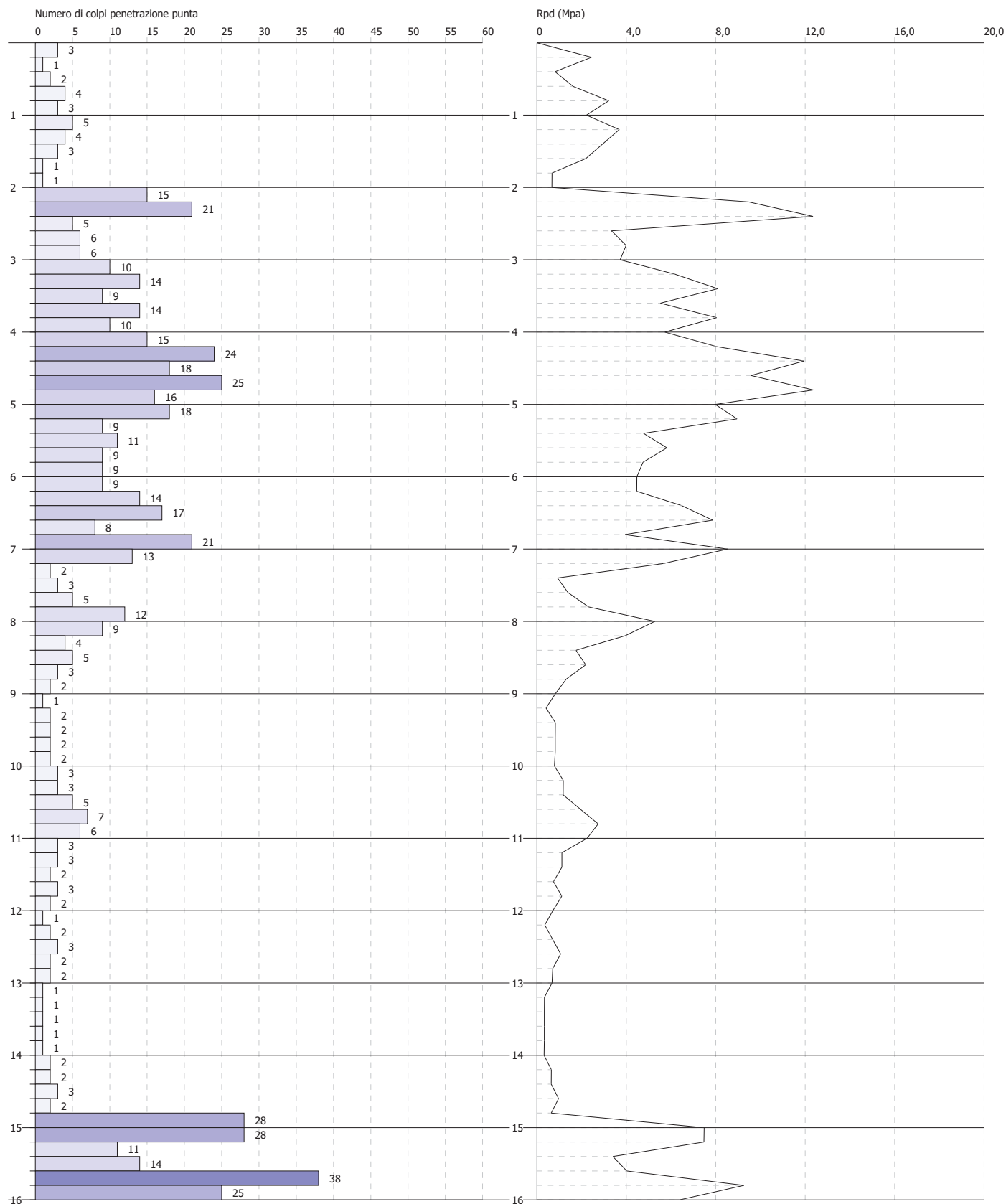
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

VERB ACC 35/17 DEL 07/07/17
CERT, 1066 DEL 13/09/

Committente: COMUNE DI FIRENZE
Cantiere: Torrino Santa Rosa
Località: FIRENZE

Data: 04/09/2017

Scala 1:75





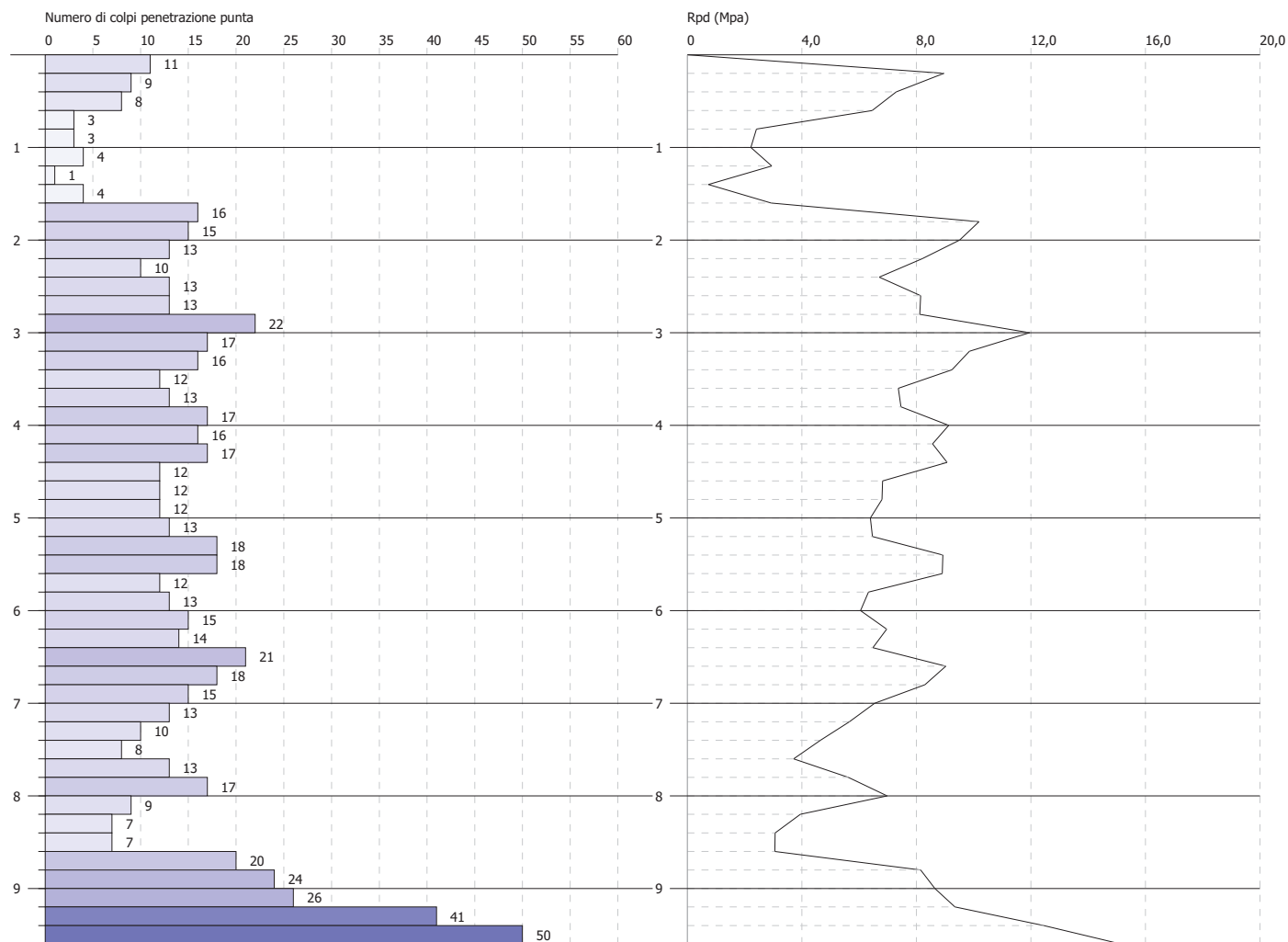
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

VERB ACC 35/17 DEL 07/07/17
CERT, N. 1067 DEL 13/09/17

Committente: COMUNE DI FIRENZE
Cantiere: Torrino Santa Rosa
Località: FIRENZE

Data: 05/09/2017

Scala 1:75





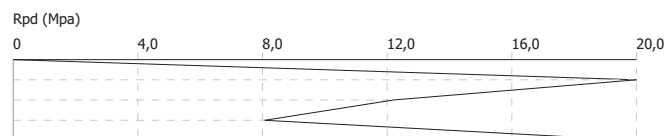
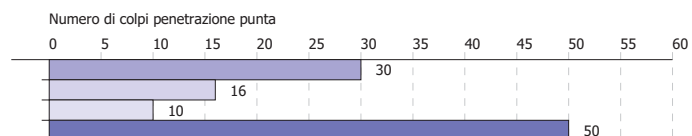
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

VERB ACC 35/17 DEL 07/07/17
CERT. N. 1068 DEL 13/09/17

Committente: COMUNE DI FIRENZE
Cantiere: Torrino Santa Rosa
Località: FIRENZE

Data: 12/09/2017

Scala 1:75



PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 04/09/2017
 Profondità prova 6,80 mt
 Falda non rilevata
 VERB ACC, 35/17 DEL 07/07/17
 CERT. 1065 DEL 13/09/17

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	25	0,755	17,98	23,82	898,95	1191,24
0,40	22	0,751	15,74	20,97	787,03	1048,29
0,60	6	0,847	4,84	5,72	242,16	285,90
0,80	5	0,843	4,02	4,76	200,92	238,25
1,00	3	0,840	2,22	2,64	111,05	132,24
1,20	4	0,836	2,95	3,53	147,45	176,32
1,40	6	0,833	4,41	5,29	220,28	264,48
1,60	4	0,830	2,93	3,53	146,27	176,32
1,80	5	0,826	3,64	4,41	182,12	220,40
2,00	6	0,823	4,05	4,92	202,54	246,05
2,20	7	0,820	4,71	5,74	235,42	287,06
2,40	5	0,817	3,35	4,10	167,55	205,04
2,60	16	0,764	10,03	13,12	501,44	656,13
2,80	27	0,711	15,75	22,14	787,70	1107,22
3,00	30	0,709	16,30	23,00	815,04	1150,10
3,20	12	0,806	7,42	9,20	370,79	460,04
3,40	11	0,803	6,78	8,43	338,80	421,70
3,60	17	0,751	9,79	13,03	489,36	651,72
3,80	15	0,748	8,61	11,50	430,37	575,05
4,00	8	0,796	4,58	5,76	229,20	287,93
4,20	8	0,794	4,57	5,76	228,53	287,93
4,40	8	0,791	4,56	5,76	227,88	287,93
4,60	9	0,789	5,11	6,48	255,65	323,93
4,80	12	0,787	6,80	8,64	339,95	431,90
5,00	8	0,785	4,26	5,43	213,01	271,34
5,20	5	0,783	2,66	3,39	132,79	169,59
5,40	8	0,781	4,24	5,43	211,93	271,34
5,60	10	0,779	5,29	6,78	264,26	339,17
5,80	10	0,777	5,27	6,78	263,63	339,17
6,00	12	0,775	5,97	7,70	298,42	384,82
6,20	17	0,724	7,89	10,90	394,55	545,17
6,40	24	0,672	10,34	15,39	517,22	769,65
6,60	50	0,570	18,29	32,07	914,53	1603,44
6,80	0	0,769	0,00	0,00	0,00	0,00

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 04/09/2017
 Profondità prova 16,00 mt
 Falda non rilevata
 VERB ACC 35/17 DEL 07/07/17
 CERT, 1066 DEL 13/09/

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	3	0,855	2,44	2,86	122,17	142,95
0,40	1	0,851	0,81	0,95	40,54	47,65
0,60	2	0,847	1,61	1,91	80,72	95,30
0,80	4	0,843	3,21	3,81	160,74	190,60
1,00	3	0,840	2,22	2,64	111,05	132,24
1,20	5	0,836	3,69	4,41	184,31	220,40
1,40	4	0,833	2,94	3,53	146,85	176,32
1,60	3	0,830	2,19	2,64	109,70	132,24
1,80	1	0,826	0,73	0,88	36,42	44,08
2,00	1	0,823	0,68	0,82	33,76	41,01
2,20	15	0,770	9,47	12,30	473,72	615,12
2,40	21	0,717	12,35	17,22	617,59	861,17
2,60	5	0,814	3,34	4,10	166,95	205,04
2,80	6	0,811	3,99	4,92	199,65	246,05
3,00	6	0,809	3,72	4,60	186,01	230,02
3,20	10	0,806	6,18	7,67	308,99	383,37
3,40	14	0,753	8,09	10,73	404,36	536,71
3,60	9	0,801	5,53	6,90	276,32	345,03
3,80	14	0,748	8,03	10,73	401,68	536,71
4,00	10	0,796	5,73	7,20	286,50	359,92
4,20	15	0,744	8,03	10,80	401,50	539,88
4,40	24	0,691	11,95	17,28	597,26	863,80
4,60	18	0,739	9,58	12,96	478,92	647,85
4,80	25	0,687	12,36	18,00	618,25	899,79
5,00	16	0,735	7,98	10,85	398,88	542,67
5,20	18	0,733	8,95	12,21	447,51	610,51
5,40	9	0,781	4,77	6,11	238,42	305,25
5,60	11	0,779	5,81	7,46	290,69	373,09
5,80	9	0,777	4,75	6,11	237,27	305,25
6,00	9	0,775	4,48	5,77	223,82	288,62
6,20	9	0,774	4,47	5,77	223,31	288,62
6,40	14	0,722	6,48	8,98	324,16	448,96

6,60	17	0,720	7,85	10,90	392,72	545,17
6,80	8	0,769	3,94	5,13	197,22	256,55
7,00	21	0,667	8,52	12,77	426,08	638,64
7,20	13	0,716	5,66	7,91	282,93	395,35
7,40	2	0,764	0,93	1,22	46,48	60,82
7,60	3	0,763	1,39	1,82	69,58	91,23
7,80	5	0,761	2,32	3,04	115,76	152,06
8,00	12	0,760	5,27	6,94	263,69	347,00
8,20	9	0,759	3,95	5,21	197,42	260,25
8,40	4	0,757	1,75	2,31	87,59	115,67
8,60	5	0,756	2,19	2,89	109,30	144,58
8,80	3	0,755	1,31	1,74	65,47	86,75
9,00	2	0,753	0,83	1,10	41,54	55,12
9,20	1	0,752	0,41	0,55	20,73	27,56
9,40	2	0,751	0,83	1,10	41,40	55,12
9,60	2	0,750	0,83	1,10	41,34	55,12
9,80	2	0,749	0,83	1,10	41,28	55,12
10,00	2	0,748	0,79	1,05	39,37	52,66
10,20	3	0,747	1,18	1,58	58,97	78,99
10,40	3	0,746	1,18	1,58	58,89	78,99
10,60	5	0,744	1,96	2,63	98,00	131,65
10,80	7	0,743	2,74	3,69	137,01	184,30
11,00	6	0,742	2,24	3,02	112,25	151,21
11,20	3	0,741	1,12	1,51	56,05	75,60
11,40	3	0,740	1,12	1,51	55,97	75,60
11,60	2	0,739	0,75	1,01	37,26	50,40
11,80	3	0,738	1,12	1,51	55,81	75,60
12,00	2	0,737	0,71	0,97	35,63	48,33
12,20	1	0,736	0,36	0,48	17,79	24,17
12,40	2	0,735	0,71	0,97	35,53	48,33
12,60	3	0,734	1,06	1,45	53,23	72,50
12,80	2	0,733	0,71	0,97	35,43	48,33
13,00	2	0,732	0,68	0,93	33,99	46,43
13,20	1	0,731	0,34	0,46	16,97	23,21
13,40	1	0,730	0,34	0,46	16,95	23,21
13,60	1	0,729	0,34	0,46	16,92	23,21
13,80	1	0,728	0,34	0,46	16,90	23,21
14,00	1	0,727	0,32	0,45	16,23	22,33
14,20	2	0,726	0,65	0,89	32,41	44,66
14,40	2	0,725	0,65	0,89	32,36	44,66
14,60	3	0,723	0,97	1,34	48,47	67,00
14,80	2	0,722	0,65	0,89	32,26	44,66
15,00	28	0,621	7,48	12,05	374,19	602,44
15,20	28	0,620	7,47	12,05	373,47	602,44
15,40	11	0,719	3,40	4,73	170,10	236,67
15,60	14	0,667	4,02	6,02	201,05	301,22
15,80	38	0,566	9,26	16,35	462,90	817,59
16,00	25	0,615	6,38	10,38	319,07	518,92

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 05/09/2017
 Profondità prova 9,60 mt
 Falda non rilevata
 VERB ACC 35/17 DEL 07/07/17
 CERT, N. 1067 DEL 13/09/17

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	11	0,855	8,96	10,48	447,95	524,15
0,40	9	0,851	7,30	8,58	364,85	428,85
0,60	8	0,847	6,46	7,62	322,88	381,20
0,80	3	0,843	2,41	2,86	120,55	142,95
1,00	3	0,840	2,22	2,64	111,05	132,24
1,20	4	0,836	2,95	3,53	147,45	176,32
1,40	1	0,833	0,73	0,88	36,71	44,08
1,60	4	0,830	2,93	3,53	146,27	176,32
1,80	16	0,776	10,95	14,11	547,53	705,28
2,00	15	0,773	9,51	12,30	475,60	615,12
2,20	13	0,770	8,21	10,66	410,56	533,11
2,40	10	0,817	6,70	8,20	335,10	410,08
2,60	13	0,764	8,15	10,66	407,42	533,11
2,80	13	0,761	8,12	10,66	405,92	533,11
3,00	22	0,709	11,95	16,87	597,70	843,40
3,20	17	0,756	9,85	13,03	492,70	651,72
3,40	16	0,753	9,24	12,27	462,13	613,38
3,60	12	0,801	7,37	9,20	368,43	460,04
3,80	13	0,748	7,46	9,97	372,99	498,38
4,00	17	0,746	9,13	12,24	456,46	611,86
4,20	16	0,744	8,57	11,52	428,27	575,87
4,40	17	0,741	9,07	12,24	453,65	611,86
4,60	12	0,789	6,82	8,64	340,87	431,90
4,80	12	0,787	6,80	8,64	339,95	431,90
5,00	12	0,785	6,39	8,14	319,51	407,01
5,20	13	0,733	6,46	8,82	323,20	440,92
5,40	18	0,731	8,93	12,21	446,31	610,51
5,60	18	0,729	8,90	12,21	445,14	610,51
5,80	12	0,777	6,33	8,14	316,36	407,01
6,00	13	0,725	6,05	8,34	302,45	416,89
6,20	15	0,724	6,96	9,62	348,13	481,03
6,40	14	0,722	6,48	8,98	324,16	448,96
6,60	21	0,670	9,03	13,47	451,45	673,44
6,80	18	0,719	8,30	11,54	414,89	577,24

7,00	15	0,717	6,54	9,12	327,15	456,17
7,20	13	0,716	5,66	7,91	282,93	395,35
7,40	10	0,764	4,65	6,08	232,39	304,11
7,60	8	0,763	3,71	4,87	185,56	243,29
7,80	13	0,711	5,62	7,91	281,21	395,35
8,00	17	0,710	6,98	9,83	348,98	491,59
8,20	9	0,759	3,95	5,21	197,42	260,25
8,40	7	0,757	3,07	4,05	153,28	202,42
8,60	7	0,756	3,06	4,05	153,02	202,42
8,80	20	0,705	8,15	11,57	407,56	578,34
9,00	24	0,653	8,65	13,23	432,28	661,50
9,20	26	0,652	9,35	14,33	467,44	716,62
9,40	41	0,551	12,46	22,60	622,78	1130,06
9,60	50	0,550	15,16	27,56	757,90	1378,12

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 12/09/2017
 Profondità prova ,80 mt
 Falda non rilevata
 VERB ACC 35/17 DEL 07/07/17
 CERT. N. 1068 DEL 13/09/17

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	30	0,755	21,57	28,59	1078,74	1429,49
0,40	16	0,801	12,21	15,25	610,50	762,39
0,60	10	0,847	8,07	9,53	403,60	476,50
0,80	50	0,643	30,65	47,65	1532,73	2382,48

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1**TERRENI INCOERENT I**

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) sabbia limosa	12,29	0.00-2,40	12,29	Gibbs & Holtz (1957)	41,74
Strato (2) sabbia limosa	27,51	2,40-3,80	27,51	Gibbs & Holtz (1957)	54,76
Strato (3) Limo sabbioso	12,93	3,80-5,80	12,93	Gibbs & Holtz (1957)	32,98
Strato (4) sabbia limosa	38,73	5,80-6,60	38,73	Gibbs & Holtz (1957)	55,04

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) sabbia limosa	12,29	0.00-2,40	12,29	Meyerhof (1956)	18,51
Strato (2) sabbia limosa	27,51	2,40-3,80	27,51	Meyerhof (1956)	22,86
Strato (3) Limo sabbioso	12,93	3,80-5,80	12,93	Meyerhof (1956)	18,69
Strato (4) sabbia limosa	38,73	5,80-6,60	38,73	Meyerhof (1956)	26,07

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) sabbia limosa	12,29	0.00-2,40	12,29	Schmertmann (1978) Sabbie	9,64
Strato (2) sabbia limosa	27,51	2,40-3,80	27,51	Schmertmann (1978) Sabbie	21,58
Strato (3) Limo sabbioso	12,93	3,80-5,80	12,93	Schmertmann (1978) Sabbie	10,14
Strato (4) sabbia limosa	38,73	5,80-6,60	38,73	Schmertmann (1978) Sabbie	30,38

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) sabbia limosa	12,29	0.00-2,40	12,29	Begemann (1974)	5,17
Strato (2) sabbia limosa	27,51	2,40-3,80	27,51	Begemann (1974)	8,23
Strato (3) Limo sabbioso	12,93	3,80-5,80	12,93	Begemann (1974)	5,30
Strato (4) sabbia limosa	38,73	5,80-6,60	38,73	Begemann (1974)	10,50

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) sabbia limosa	12,29	0.00-2,40	12,29	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (2) sabbia limosa	27,51	2,40-3,80	27,51	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO

Strato (3) Limo sabbioso	12,93	3,80-5,80	12,93	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (4) sabbia limosa	38,73	5,80-6,60	38,73	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m ³)
Strato (1) sabbia limosa	12,29	0.00-2,40	12,29	Meyerhof ed altri	14,77
Strato (2) sabbia limosa	27,51	2,40-3,80	27,51	Meyerhof ed altri	16,42
Strato (3) Limo sabbioso	12,93	3,80-5,80	12,93	Meyerhof ed altri	14,85
Strato (4) sabbia limosa	38,73	5,80-6,60	38,73	Meyerhof ed altri	17,39

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m ³)
Strato (1) sabbia limosa	12,29	0.00-2,40	12,29	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,00
Strato (2) sabbia limosa	27,51	2,40-3,80	27,51	Terzaghi-Peck 1948-1967	20,02
Strato (3) Limo sabbioso	12,93	3,80-5,80	12,93	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,05
Strato (4) sabbia limosa	38,73	5,80-6,60	38,73	Terzaghi-Peck 1948-1967	20,62

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) sabbia limosa	12,29	0.00-2,40	12,29	(A.G.I.)	0,33
Strato (2) sabbia limosa	27,51	2,40-3,80	27,51	(A.G.I.)	0,3
Strato (3) Limo sabbioso	12,93	3,80-5,80	12,93	(A.G.I.)	0,33
Strato (4) sabbia limosa	38,73	5,80-6,60	38,73	(A.G.I.)	0,28

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) sabbia limosa	12,29	0.00-2,40	12,29	Ohsaki (Sabbie pulite)	67,39
Strato (2) sabbia limosa	27,51	2,40-3,80	27,51	Ohsaki (Sabbie pulite)	143,73
Strato (3) Limo sabbioso	12,93	3,80-5,80	12,93	Ohsaki (Sabbie pulite)	70,69
Strato (4) sabbia limosa	38,73	5,80-6,60	38,73	Ohsaki (Sabbie pulite)	198,24

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) sabbia limosa	12,29	0.00-2,40	12,29	Ohta & Goto (1978) Limi	109,37

Strato (2) sabbia limosa	27,51	2,40-3,80	27,51	Ohta & Goto (1978) Limi	151
Strato (3) Limo sabbioso	12,93	3,80-5,80	12,93	Ohta & Goto (1978) Limi	144,18
Strato (4) sabbia limosa	38,73	5,80-6,60	38,73	Ohta & Goto (1978) Limi	183,14

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K_0
Strato (1) sabbia limosa	12,29	0.00-2,40	12,29	Navfac 1971-1982	2,58
Strato (2) sabbia limosa	27,51	2,40-3,80	27,51	Navfac 1971-1982	5,25
Strato (3) Limo sabbioso	12,93	3,80-5,80	12,93	Navfac 1971-1982	2,71
Strato (4) sabbia limosa	38,73	5,80-6,60	38,73	Navfac 1971-1982	6,74

Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q_c (Mpa)
Strato (1) sabbia limosa	12,29	0.00-2,40	12,29	Robertson 1983	2,41
Strato (2) sabbia limosa	27,51	2,40-3,80	27,51	Robertson 1983	5,40
Strato (3) Limo sabbioso	12,93	3,80-5,80	12,93	Robertson 1983	2,54
Strato (4) sabbia limosa	38,73	5,80-6,60	38,73	Robertson 1983	7,60

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2**TERRENI INCOERENT I**

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) sabbia	8,02	0.00-3,00	8,02	Gibbs & Holtz (1957)	31,8
Strato (2) sabbia limosa	23,66	3,00-5,20	23,66	Gibbs & Holtz (1957)	48,49
Strato (3) Limo sabbioso	14,14	5,20-6,20	14,14	Gibbs & Holtz (1957)	33,19
Strato (4) limo sabbioso	21,96	6,20-7,20	21,96	Gibbs & Holtz (1957)	40,66
Strato (5) Sabbie limose	8,09	7,20-8,80	8,09	Gibbs & Holtz (1957)	18,76
Strato (6) sabbie e ghiaie	3,61	8,80-14,80	3,61	Meyerhof 1957	25,83
Strato (7) ghiaie	36,1	14,80-16,00	25,55	Meyerhof 1957	64,49

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) sabbia	8,02	0.00-3,00	8,02	Meyerhof (1956)	17,29
Strato (2) sabbia limosa	23,66	3,00-5,20	23,66	Meyerhof (1956)	21,76
Strato (3) Limo sabbioso	14,14	5,20-6,20	14,14	Meyerhof (1956)	19,04
Strato (4) limo sabbioso	21,96	6,20-7,20	21,96	Meyerhof (1956)	21,27
Strato (5) Sabbie limose	8,09	7,20-8,80	8,09	Meyerhof (1956)	17,31
Strato (6) sabbie e ghiaie	3,61	8,80-14,80	3,61	Owasaki & Iwasaki	23,5
Strato (7) ghiaie	36,1	14,80-16,00	25,55	Owasaki & Iwasaki	37,61

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) sabbia	8,02	0.00-3,00	8,02	Schmertmann (1978) Sabbie	6,29
Strato (2) sabbia limosa	23,66	3,00-5,20	23,66	Schmertmann (1978) Sabbie	18,56
Strato (3) Limo sabbioso	14,14	5,20-6,20	14,14	Schmertmann (1978) Sabbie	11,09
Strato (4) limo sabbioso	21,96	6,20-7,20	21,96	Schmertmann (1978) Sabbie	17,23
Strato (5) Sabbie limose	8,09	7,20-8,80	8,09	Schmertmann (1978) Sabbie	9,52
Strato (6) sabbie e ghiaie	3,61	8,80-14,80	3,61	Schmertmann (1978) Sabbie	7,08
Strato (7) ghiaie	36,1	14,80-16,00	25,55	Schmertmann (1978) Sabbie	50,11

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
-------------	------	------------------	------------	--------------	-------------------------

Strato (1) sabbia	8,02	0.00-3,00	8,02	Begemann (1974)	4,31
Strato (2) sabbia limosa	23,66	3,00-5,20	23,66	Begemann (1974)	7,46
Strato (3) Limo sabbioso	14,14	5,20-6,20	14,14	Begemann (1974)	5,54
Strato (4) limo sabbioso	21,96	6,20-7,20	21,96	Begemann (1974)	7,12
Strato (5) Sabbie limose	8,09	7,20-8,80	8,09	Begemann (1974)	4,32
Strato (6) sabbie e ghiaie	3,61	8,80-14,80	3,61	Menzenbach e Malcev	7,43
Strato (7) ghiaie	36,1	14,80-16,00	25,55	Begemann (1974)	31,92

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) sabbia	8,02	0.00-3,00	8,02	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) sabbia limosa	23,66	3,00-5,20	23,66	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (3) Limo sabbioso	14,14	5,20-6,20	14,14	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (4) limo sabbioso	21,96	6,20-7,20	21,96	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (5) Sabbie limose	8,09	7,20-8,80	8,09	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (6) sabbie e ghiaie	3,61	8,80-14,80	3,61	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (7) ghiaie	36,1	14,80-16,00	25,55	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m ³)
Strato (1) sabbia	8,02	0.00-3,00	8,02	Meyerhof ed altri	14,24
Strato (2) sabbia limosa	23,66	3,00-5,20	23,66	Meyerhof ed altri	16,03
Strato (3) Limo sabbioso	14,14	5,20-6,20	14,14	Meyerhof ed altri	14,99
Strato (4) limo sabbioso	21,96	6,20-7,20	21,96	Meyerhof ed altri	15,86
Strato (5) Sabbie limose	8,09	7,20-8,80	8,09	Meyerhof ed altri	14,25
Strato (6) sabbie e ghiaie	3,61	8,80-14,80	3,61	Meyerhof ed altri	13,66
Strato (7) ghiaie	36,1	14,80-16,00	25,55	Meyerhof ed altri	16,22

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m ³)
Strato (1) sabbia	8,02	0.00-3,00	8,02	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,67
Strato (2)	23,66	3,00-5,20	23,66	Terzaghi-Peck	19,78

sabbia limosa				1948-1967	
Strato (3)	14,14	5,20-6,20	14,14	Terzaghi-Peck	19,14
Limo sabbioso				1948-1967	
Strato (4)	21,96	6,20-7,20	21,96	Terzaghi-Peck	19,67
limo sabbioso				1948-1967	
Strato (5)	8,09	7,20-8,80	8,09	Terzaghi-Peck	18,68
Sabbie limose				1948-1967	
Strato (6)	3,61	8,80-14,80	3,61	Terzaghi-Peck	18,32
sabbie e ghiaie				1948-1967	
Strato (7)	36,1	14,80-16,00	25,55	Terzaghi-Peck	19,90
ghiaie				1948-1967	

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) sabbia	8,02	0.00-3,00	8,02	(A.G.I.)	0,34
Strato (2) sabbia limosa	23,66	3,00-5,20	23,66	(A.G.I.)	0,31
Strato (3) Limo sabbioso	14,14	5,20-6,20	14,14	(A.G.I.)	0,33
Strato (4) limo sabbioso	21,96	6,20-7,20	21,96	(A.G.I.)	0,31
Strato (5) Sabbie limose	8,09	7,20-8,80	8,09	(A.G.I.)	0,34
Strato (6) sabbie e ghiaie	3,61	8,80-14,80	3,61	(A.G.I.)	0,35
Strato (7) ghiaie	36,1	14,80-16,00	25,55	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) sabbia	8,02	0.00-3,00	8,02	Ohsaki (Sabbie pulite)	45,12
Strato (2) sabbia limosa	23,66	3,00-5,20	23,66	Ohsaki (Sabbie pulite)	124,74
Strato (3) Limo sabbioso	14,14	5,20-6,20	14,14	Ohsaki (Sabbie pulite)	76,89
Strato (4) limo sabbioso	21,96	6,20-7,20	21,96	Ohsaki (Sabbie pulite)	116,30
Strato (5) Sabbie limose	8,09	7,20-8,80	8,09	Ohsaki (Sabbie pulite)	45,49
Strato (6) sabbie e ghiaie	3,61	8,80-14,80	3,61	Ohsaki (Sabbie pulite)	21,31
Strato (7) ghiaie	36,1	14,80-16,00	25,55	Ohsaki (Sabbie pulite)	134,09

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) sabbia	8,02	0.00-3,00	8,02	Ohta & Goto (1978) Limi	106,05
Strato (2) sabbia limosa	23,66	3,00-5,20	23,66	Ohta & Goto (1978) Limi	155,27
Strato (3) Limo sabbioso	14,14	5,20-6,20	14,14	Ohta & Goto (1978) Limi	151,37
Strato (4) limo sabbioso	21,96	6,20-7,20	21,96	Ohta & Goto (1978) Limi	168,52
Strato (5) Sabbie limose	8,09	7,20-8,80	8,09	Ohta & Goto (1978) Limi	146,72

Strato (6) sabbie e ghiaie	3,61	8,80-14,80	3,61	Ohta & Goto (1978) Limi	137,54
Strato (7) ghiaie	36,1	14,80-16,00	25,55	Ohta & Goto (1978) Limi	203,14

Liquefazione

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (1) sabbia	8,02	0.00-3,00	8,02	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (2) sabbia limosa	23,66	3,00-5,20	23,66	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (3) Limo sabbioso	14,14	5,20-6,20	14,14	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (4) limo sabbioso	21,96	6,20-7,20	21,96	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (5) Sabbie limose	8,09	7,20-8,80	8,09	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (6) sabbie e ghiaie	3,61	8,80-14,80	3,61	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (7) ghiaie	36,1	14,80-16,00	25,55	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \text{SigmaH}/P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K_0
Strato (1) sabbia	8,02	0.00-3,00	8,02	Navfac 1971-1982	1,67
Strato (2) sabbia limosa	23,66	3,00-5,20	23,66	Navfac 1971-1982	4,66
Strato (3) Limo sabbioso	14,14	5,20-6,20	14,14	Navfac 1971-1982	2,96
Strato (4) limo sabbioso	21,96	6,20-7,20	21,96	Navfac 1971-1982	4,38
Strato (5) Sabbie limose	8,09	7,20-8,80	8,09	Navfac 1971-1982	1,69
Strato (6) sabbie e ghiaie	3,61	8,80-14,80	3,61	Navfac 1971-1982	0,66
Strato (7) ghiaie	36,1	14,80-16,00	25,55	Navfac 1971-1982	4,96

 Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q_c (Mpa)
Strato (1) sabbia	8,02	0.00-3,00	8,02	Robertson 1983	1,57
Strato (2) sabbia limosa	23,66	3,00-5,20	23,66	Robertson 1983	4,64
Strato (3) Limo sabbioso	14,14	5,20-6,20	14,14	Robertson 1983	2,77
Strato (4) limo sabbioso	21,96	6,20-7,20	21,96	Robertson 1983	4,31
Strato (5) Sabbie limose	8,09	7,20-8,80	8,09	Robertson 1983	1,59
Strato (6) sabbie e ghiaie	3,61	8,80-14,80	3,61	Robertson 1983	0,71
Strato (7) ghiaie	36,1	14,80-16,00	25,55	Robertson 1983	5,01

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3**TERRENI INCOERENT I**

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) sabbia	8,09	0.00-1,60	8,09	Gibbs & Holtz (1957)	34,1
Strato (2) sabbia limosa	20,92	1,60-8,60	20,92	Gibbs & Holtz (1957)	42,76
Strato (3) sabbie e ghiaie	48,43	8,60-9,60	48,43	Gibbs & Holtz (1957)	54,35

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) sabbia	8,09	0.00-1,60	8,09	Meyerhof (1956)	17,31
Strato (2) sabbia limosa	20,92	1,60-8,60	20,92	Meyerhof (1956)	20,98
Strato (3) sabbie e ghiaie	48,43	8,60-9,60	48,43	Mitchell & Katti (1981)	35-38

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) sabbia	8,09	0.00-1,60	8,09	Schmertmann (1978) Sabbie	6,35
Strato (2) sabbia limosa	20,92	1,60-8,60	20,92	Schmertmann (1978) Sabbie	16,41
Strato (3) sabbie e ghiaie	48,43	8,60-9,60	48,43	Schmertmann (1978) Sabbie	94,99

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) sabbia	8,09	0.00-1,60	8,09	Begemann (1974)	4,32
Strato (2) sabbia limosa	20,92	1,60-8,60	20,92	Begemann (1974)	6,91
Strato (3) sabbie e ghiaie	48,43	8,60-9,60	48,43	Menzenbach e Malcev	24,91

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) sabbia	8,09	0.00-1,60	8,09	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) sabbia limosa	20,92	1,60-8,60	20,92	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) sabbie e ghiaie	48,43	8,60-9,60	48,43	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) sabbia	8,09	0.00-1,60	8,09	Meyerhof ed altri	14,25

Strato (2) sabbia limosa	20,92	1,60-8,60	20,92	Meyerhof ed altri	15,75
Strato (3) sabbie e ghiaie	48,43	8,60-9,60	48,43	Meyerhof ed altri	18,07

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) sabbia	8,09	0.00-1,60	8,09	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,68
Strato (2) sabbia limosa	20,92	1,60-8,60	20,92	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,61
Strato (3) sabbie e ghiaie	48,43	8,60-9,60	48,43	Terzaghi-Peck 1948-1967	21,04

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) sabbia	8,09	0.00-1,60	8,09	(A.G.I.)	0,34
Strato (2) sabbia limosa	20,92	1,60-8,60	20,92	(A.G.I.)	0,31
Strato (3) sabbie e ghiaie	48,43	8,60-9,60	48,43	(A.G.I.)	0,26

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) sabbia	8,09	0.00-1,60	8,09	Ohsaki (Sabbie pulite)	45,49
Strato (2) sabbia limosa	20,92	1,60-8,60	20,92	Ohsaki (Sabbie pulite)	111,11
Strato (3) sabbie e ghiaie	48,43	8,60-9,60	48,43	Ohsaki (Sabbie pulite)	244,59

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) sabbia	8,09	0.00-1,60	8,09	Ohta & Goto (1978) Limi	94,08
Strato (2) sabbia limosa	20,92	1,60-8,60	20,92	Ohta & Goto (1978) Limi	158,54
Strato (3) sabbie e ghiaie	48,43	8,60-9,60	48,43	Ohta & Goto (1978) Limi	204,99

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K_0
Strato (1) sabbia	8,09	0.00-1,60	8,09	Navfac 1971-1982	1,69
Strato (2) sabbia limosa	20,92	1,60-8,60	20,92	Navfac 1971-1982	4,21
Strato (3) sabbie e ghiaie	48,43	8,60-9,60	48,43	Navfac 1971-1982	7,96

 Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q_c (Mpa)
Strato (1) sabbia	8,09	0.00-1,60	8,09	Robertson 1983	1,59

Strato (2) sabbia limosa	20,92	1,60-8,60	20,92	Robertson 1983	4,10
Strato (3) sabbie e ghiaie	48,43	8,60-9,60	48,43	Robertson 1983	9,50

ALLEGATO 3

SCHEDE SONDAGGI GEOGNOSTICI E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



COMUNE DI FIRENZE

Direzione Ambiente

via Benedetto Fortini, 37 - 50125 - e.mail: direz.ambiente@comune.fi.it

Scheda del Sondaggio n. 443

Data inizio:

Data fine:

Cantiere: (PRG)

Località: Firenze

Quota p.c. (m):

Tipologia:

<i>Stratigrafia</i>			
Descrizione stratigrafia	Profondità iniziale (m)	Profondità finale (m)	Campione
Riporti	0.00	2.00	N
Limi sabbio argillosi	2.00	12.00	N
Ghiaie	12.00	24.00	N
Sabbie limo argillose	24.00	28.00	N
Argille limose	28.00	39.00	N



COMUNE DI FIRENZE

Direzione Ambiente

via Benedetto Fortini, 37 - 50125 - e.mail: direz.ambiente@comune.fi.it

Scheda del Sondaggio n. 1075

Data inizio:

Data fine:

Cantiere:

Località: Firenze

Quota p.c. (m):

Tipologia: Sondaggio

Stratigrafia			
Descrizione stratigrafia	Profondità iniziale (m)	Profondità finale (m)	Campione
Terreno di riporto di natura sabbioso ghiaiosa con laterizi.	0.00	1.50	N
Sabbia fine molto limosa grigia incoerente.	1.50	3.90	N
Idem con elementi di ghiaia e nuclei di torba.	3.90	5.30	N
Ghiaia da fine a grossa in matrice sabbioso limosa.	5.30	6.00	N
Sabbia da media a grossa con ghiaia incoerente.	6.00	9.00	N
Ghiaia in matrice sabbiosa.	9.00	19.40	N
Ghiaia in matrice sabbioso limosa	19.40	21.10	N
Limo argilloso sabbioso con elementi di ghiaia marrone rossastro consistente con rari nuclei di torba.	21.10	25.10	N
Argilla rossa rimaneggiata (frana ?) mista a frammenti di alcuni centimetri di marne argillose rosso violacee, consistenti.	25.10	26.70	N
Marne argillose fogliettate, rosso violacee, leggermente sabbiose, con vene giallastre forse più sabbiose, spalmature di manganese. Strati subverticali ?	26.70	36.20	N

Quota m s.l.m.:46.795 msim

Sonda: Beretta T44

Metodo di perforazione: Carotaggio continuo

Scala 1:200

[illegible]

Committente: Comune di Firenze
Impresa: GEOTECNICA PALAZZI
Data: 04/09/2017
Quota m s.l.m.: 46.795

Sondaggio: S1

Sonda: Beretta T44

Metodo di perforazione: Carotaggio continuo

Scala 1:200

Prof (m)	Litologia	Descrizione stratigrafica	% recupero					PP		S.P.T. (m) N. colpi	H ₂ O	C	ORIZZONTE
			20	40	60	80	100	(m)	Kg/cmq				
10.42		Ghiaie in matrice sabbioso-limosa di colore grigio											
11.0		Sabbie grosse e ghiaie in matrice sabbiosa di colore grigio											
11.6													
12.0		Ghiaie di dimensioni da decimetriche a centimetriche di colore grigio											
12.7													
13.0													
13.1													
13.4		Sabbie medie di colore grigio passanti a sabbie limose di color ocra e presenza di frammenti litici							13,3/1,0				
14.0		Ghiaie di dimensioni centimetriche in matrice limoso-sabbiosa di colore grigio								14 3/4/4			
14.5		Ghiaie in matrice limoso-sabbiosa di color ocra											
15.0													
16.0													
17.0													
18.0													
19.0													
20.0													

GHIAIE E SABBIE (A)

Prof (m)	Litologia	Descrizione stratigrafica	% recupero					PP		S.P.T.	H ₂ O	Piezometro	C	ORIZZONTE
			20	40	60	80	100	(m)	Kg/cm ^q	(m) N. colpi				
1.0		Terreno di Riporto costituito da sabbia di colore grigio/marrone con presenza di litici e resti di laterizi								1,5 4/4/5				RIPORTO (R)
2.0														
3.0														
4.0														
5.0														
5.9		Terreno di riporto caratterizzato da un aumento della frazione sabbioso/limoso di colore ocra e presenza di laterizi								7,0 10/11/15			GHIAIE E SABBIE (A)	
6.0														
6.3		Terreno di riporto con limo sabbioso ocra passante a grigio e presenza di litici								8,0/1,0				
6.4														
6.4		TR sabbie grigio-verdi con screziature nere e litici								8,35/0,5				
7.0														
7.0		Terreno di riporto con sabbia media e presenza di frammenti litici di natura calcareo marnosa e resti di laterizi								8,35/0,5				
7.5														
8.0		Sabbia debolmente limosa con ghiaie								8,35/0,5				
8.3														
8.4		Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa di colore grigio scuro								8,35/0,5				
8.4														
9.0		Sabbia debolmente limosa di colore grigio scuro								8,35/0,5				
9.43														
10.0		Ghiaie in scarsa matrice sabbioso-limosa di colore grigio								8,35/0,5				

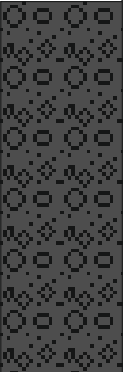




Committente: Comune di Firenze
Impresa: GEOTECNICA PALAZZI
Data: 05/09/2017
Quota m s.l.m.: 45.779

Sondaggio: S2

Sonda: Beretta T44

Metodo di perforazione: Carotaggio continuo

Scala 1:200

Prof (m)	Litologia	Descrizione stratigrafica	% recupero					PP		S.P.T. (m) N. colpi	H ₂ O	C	ORIZZONTE
			20	40	60	80	100	(m)	Kg/cmq				
		Ghiaie di colore grigio											
12.5		Ghiaie di dimensioni centimetriche in matrice limoso-sabbiosa di colore grigio/ocra											
13.1		Limo sabbioso di colore da ocra a grigio azzurro e presenza di scarsi frammenti litici											
13.4		Litici di natura calcareo-marnosa in matrice limo-sabbiosa											
14.5		Ghiaie in matrice sabbioso-limosa di color grigio-nero											
15.0													
16.0													
17.0													
18.0													
19.0													
20.0													

13,1/0,8

13,5
15/19/23

GHIAIE E SABBIE (A)

SONDAGGIO S1



0
/
5

Profondità da p.c. da 0 a 5m



5
/
10

Profondità da p.c. da 5 a 10m

SONDAGGIO S1



Profondità da p.c. da 10 a 15m

SONDAGGIO S2



Profondità da p.c. da 0 a 5m



Profondità da p.c. da 5 a 10m

SONDAGGIO S2



10
/
15

Profondità da p.c. da 10 a 15m

ALLEGATO 4

RELAZIONE TECNICA INDAGINE GEOFISICA



Geognostica Fiorentina srl

Via di Porto, 11-13 • 50018 • Scandicci (FI)

C.F./P.IVA • 05256260489

Tel. e Fax • 055 720195

E-mail • info@geognosticafiorentina.com

Web • www.geognosticafiorentina.com

COMUNE DI FIRENZE



Oggetto:

Indagine geofisica di superficie mediante
tomografia sismica con onde P,
metodologia MASW e HVSr

RELAZIONE TECNICA



Località:

Lungarno di Santa Rosa - Firenze



Committente:

Dott. Geol. Luca Gardone

1. Introduzione

Su incarico della committenza, è stata eseguita una campagna geofisica consistente in una prospezione di sismica a rifrazione con onde P, SH, analizzata con metodologia tomografica, ed un'analisi MASW sulla stessa linea sismica, in data 12 settembre 2017, presso il Circolo Rondinella del Torrino, Lungarno Santa Rosa - Comune di Firenze.

Dopo aver preso visione della zona, delle problematiche ad essa connesse e degli spazi a disposizione, è stata programmata una campagna di prospezioni geofisiche con lo scopo di fornire, una caratterizzazione delle litologie presenti nell'area d'indagine nonché determinare le geometrie dei terreni (spessori e superfici di contatto) nel sottosuolo in funzione dell'andamento in profondità delle velocità delle onde sismiche. I dati ottenuti sono stati elaborati con metodologia tomografica che permette di ottenere un'ottima caratterizzazione del substrato e dei materiali di copertura. Il calcolo delle velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette Vs30) è stato effettuato sia tramite i risultati della rifrazione con onde SH sia dall'analisi spettrale delle onde di superficie con metodologia MASW.

Di seguito vengono descritte: la metodologia d'indagine, lo schema operativo, le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, ed infine l'interpretazione dei dati elaborati.

2. Metodologie d'indagine

Sismica a rifrazione:

La sismica a rifrazione considera i tempi di propagazione di onde elastiche che, generate al suolo, si rifrangono su superfici di discontinuità. La velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è quindi funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi. Non sempre però un orizzonte individuato con metodologie sismiche coincide con un orizzonte litologico in quanto la velocità di propagazione può variare nell'ambito di uno stesso litotipo perché, variazioni di compattazione, fratturazione, porosità ecc., cambiano le caratteristiche elastiche. Dalla misura dei tempi di percorrenza dalla sorgente ai ricevitori, è possibile dedurre la velocità e gli spessori degli orizzonti in cui si propagano le onde elastiche generate e quindi ottenere informazioni sulla natura e sulla struttura del sottosuolo.

La condizione fondamentale nella rifrazione è che la velocità delle onde sia crescente con la profondità. I raggi che incontrano la superficie di separazione tra i due mezzi verranno riflessi e

rifratti. Nel punto in cui l'angolo di incidenza con la normale alla superficie di separazione è pari all'angolo critico, il raggio verrà rifratto a 90° secondo la legge di Snell e viaggerà lungo la superficie di separazione tra i due mezzi alla velocità del mezzo più veloce (quello a maggior profondità tra i due). Per il principio di Huygens il fronte d'onda rifratto genera a sua volta onde che risalgono verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza e possono essere intercettati dai ricevitori.

Una volta acquisiti i dati, l'interpretazione dei segnali e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde, avviene attraverso una serie di fasi tra cui:

- mediante l'osservazione di sismogrammi, l'individuazione dei primi arrivi ed il relativo *picking*,
- ricostruzione delle dromocrone cioè di un diagramma che ha in ascisse le distanze dei geofoni e in ordinate i tempi dei primi arrivi; calcolo delle velocità delle onde elastiche analizzate e relativi tempi di intercetta;
- ricostruzione del modello del sottosuolo con stima della profondità di ciascuno strato omogeneo, continuo e isotropo.

Il metodo della tomografia sismica è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.

Questa tecnica fornisce l'immagine della distribuzione delle onde sismiche sotto la superficie, basate sui tempi di primo arrivo (come nella normale sismica a rifrazione) e sulla geometria di acquisizione. Si ricostruisce in tal modo un modello di velocità, migliorabile attraverso successive iterazioni fino alla migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati.

Per l'analisi interpretativa sono stati utilizzati i software Easy Refract (Geostru), metodo GRM; e Rayfract 3.2. tomografia sismica.

MASW

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di prospezione sismica che, attraverso la registrazione della propagazione delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love), permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio S nel sottosuolo, portando quindi a determinare anche il parametro Vs30 (velocità media delle onde S nei primi 30m).

In un mezzo stratificato le onde di superficie (Rayleigh e Love) danno vita al fenomeno della dispersione, cioè lunghezze d'onda diverse si propagano con diverse velocità di fase e gruppo: le componenti ad alta frequenza (con piccola lunghezza d'onda) "sentono" solamente gli strati più superficiali del suolo, mentre le componenti a più bassa frequenza "sentono" anche gli strati più profondi consentendo quindi di determinarne le caratteristiche.

Il metodo si sviluppa attraverso la determinazione delle proprietà dispersive del mezzo individuabili dall'analisi dello spettro di velocità dei dati. Il range di frequenza si sviluppa comunemente tra i 5Hz e i 70Hz, fornendo informazioni sino a profondità di circa 30m a seconda della rigidità del suolo: la profondità massima di penetrazione è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e più bassa frequenza identificabile.

Questa tipologia di prospezione si realizza con uno stendimento sismico costituito da 12/24 o più geofoni allineati a distanza intergeofonica variabile tipicamente fra 1 e 5 m (la lunghezza dello stendimento incide sulla focalizzazione del segnale nello spettro di velocità) che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza di X punti di energizzazione effettuati tipicamente ad una distanza compresa fra 2 e 20 m dal primo geofono.

L'obiettivo della registrazione è quindi l'individuazione del treno di onde superficiali (Rayleigh e/o Love), che a causa della stratificazione del mezzo subisce una dispersione le cui modalità sono direttamente correlate alla velocità delle onde di taglio S.

L'acquisizione delle onde di Rayleigh è fatta mediante geofoni verticali ed energizzazione piastra-martello; per le onde di Love con geofoni orizzontali ed energizzazione martello-trave di legno, ortogonale allo stendimento.

3. Schema operativo

Nella Tavola 1 allegata è riportato un inquadramento dell'area con inserita la traccia della sezione sismica eseguita e la relativa documentazione fotografica.

- Per quanto riguarda la rifrazione sono stati eseguiti n°11 scoppi. Eseguita l'acquisizione dei dati, l'interpretazione avviene mediante l'osservazione di sismogrammi, l'individuazione dei primi arrivi ed il relativo *picking*, la ricostruzione delle dromocrone; calcolo delle velocità delle onde elastiche e la ricostruzione del modello del sottosuolo con stima della profondità di ciascuno strato omogeneo.

- L'acquisizione MASW è avvenuta con la stessa configurazione spaziale e gli stessi geofoni, utilizzando però differenti tempi di acquisizione, frequenza di campionamento e periodo di campionamento. L'analisi dei dati acquisiti dalla metodologia avviene attraverso le seguenti fasi: 1. Calcolo dello spettro di velocità; 2. Individuazione del *modo fondamentale* e degli eventuali superiori; 3. Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia. 4. Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs.

4. Strumentazione impiegata

Un sistema digitale di acquisizione dati in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali. Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo costituito da un sistema a più canali a conversione digitale tra loro in catena, ciascuno con un proprio ID, e pilotati da PC. Il modello è denominato DOREMI (della SARA Electronic Instruments), con risoluzione di acquisizione pari a 16 bit. Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 4.5 Hz per onde P ed SH.

Come sorgente di energia sismica per le onde di corpo P e per le onde di superficie (*Rayleigh*) si è fatto uso di una mazza con maglio da 6 kg battente su una piastra di alluminio posta sul suolo in linea con lo stendimento (*array*). Per le onde SH e di superficie (*Love*) come sistema di energizzazione si è fatto uso di una mazza con maglio da 6 kg battente orizzontalmente su una trave in legno sovraccaricata, posta ortogonalmente all'*array* e parallelamente alla direzione di oscillazione dei geofoni.

L'inizio della registrazione è stato dato tramite un *trigger* che consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra (nel nostro caso si è fatto uso di un geofono starter) e l'impulso generato, inviato al sistema di acquisizione, consente di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate.

5. Presentazione elaborati grafici

Tavola 1a-b: ubicazione in pianta del profilo sismico e documentazione fotografica.

Tavola 2a-b-c-d: Sismogrammi

Tavola 3: curve tempi-distanze, dromocrone, che scaturiscono dalle letture eseguite sui dati di campagna. In ascisse sono riportate le distanze dei sensori dall'inizio dell'allineamento, in ordinate i tempi di arrivo espressi in millisecondi agli stessi sensori.

Tavole 4-5: sezioni tomografiche (Onde P ed SH) realizzate mediante la "WET Tomography" con le relative curve di isovelocità. Al di sotto di questa sezione bidimensionale (quote/lunghezza dello stendimento) viene riportata una scala in falsi colori che esprime i valori di velocità all'interno della sezione.

Tavola 6: sismogrammi con gli spettri di velocità calcolati.

Tavola 7: risultati delle inversioni delle curve di dispersione.

6. Analisi dei risultati

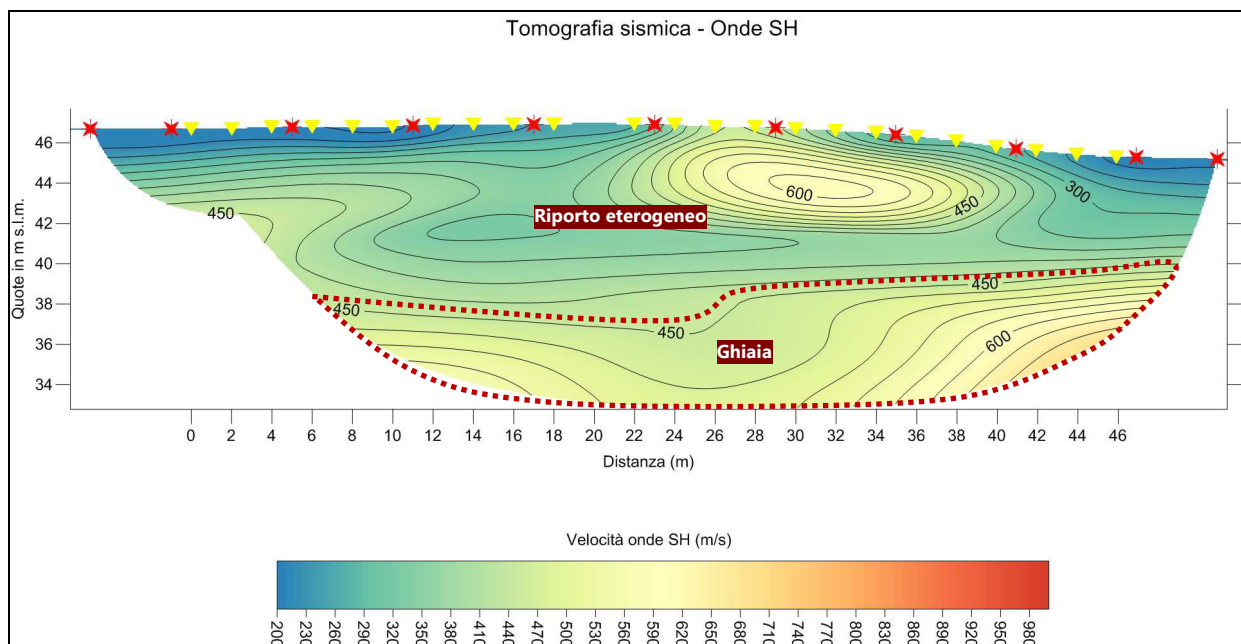
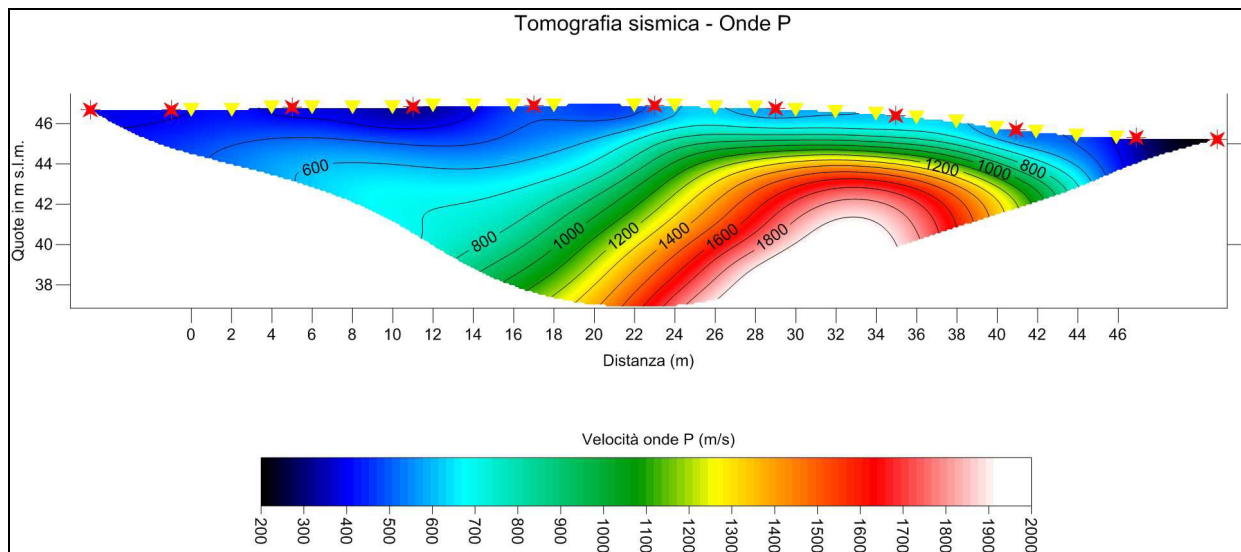
Vengono di seguito riportati i risultati ottenuti mediante le varie metodologie interpretative. Date le diverse caratteristiche degli algoritmi di calcolo i risultati ottenuti in ciascun sito possono presentare differenze nelle discretizzazioni degli orizzonti sismici. Nonostante questo è stata riscontrata una buona corrispondenza tra i vari metodi. L'utilizzo di varie metodologie interpretative offre, fra gli altri, un importante vantaggio, cioè quello di diminuire il numero dei possibili modelli sismostratigrafici (spessori/velocità) determinati dal problema della non - univocità (cioè dell'equivalenza di modelli diversi, per esempio per una data curva di dispersione) che in effetti tocca tutti i metodi geofisici di superficie.

Tomografia sismica

La linea è stata eseguita come da Tavola 1. L'elaborazione con tecnica tomografica del profilo sismico ha permesso di ottenere due sezioni sismiche nelle quali viene riportato l'andamento nel sottosuolo delle velocità delle onde P ed SH (vedi figure seguenti).

Tale andamento viene graficamente rappresentato sia mediante una scala di falsi colori, ai quali competono via via velocità sismiche sempre maggiori, sia mediante curve di isovelocità distribuite regolarmente ogni 100 m/s per le onde P, e 30 m/s per le onde SH.

L'interpretazione litostratigrafica è stata fatta sulla base delle stratigrafie, messe a disposizione dai tecnici incaricati, ottenute dai sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nel sito in oggetto.



Entrambe le acquisizioni (onde P e SH) mostrano una sostanziale concordanza nei risultati. I primi 7-10 m di profondità, costituiti come emerso dai sondaggi da materiale di riporto eterogeneo, mostrano velocità molto variabili lungo tutta la linea. In entrambe le tomografie, ma in particolare in quella con onde SH, dalle progressive dei 22 m fino ai 42 m circa, le curve di isovelocità presentano un gradiente molto elevato a partire dal piano campagna fino a circa 5 m di

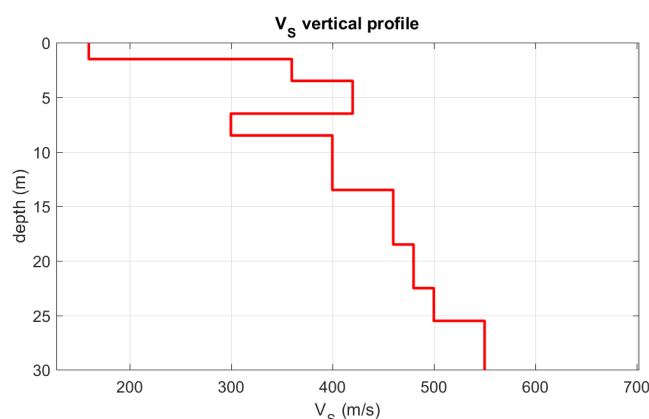
profondità. A 7-10 m di profondità, terminato il materiale di riporto, si trova il tetto delle ghiaie contraddistinto dalle curve dei 420-450 m/s.

Analisi MASW

I risultati dell'analisi MASW confermano sostanzialmente quanto visto con analisi tomografica.

Nella Tabella e nella figura sottostanti vengono riportati le stime degli spessori e delle relative velocità Vs.

Spessore (m)	Vsh (m/s)
1.5	160
2.0	360
3.0	420
2.0	300
5.0	400
5.0	460
4.0	480
3.0	500
semi-spazio	550
Modello sismostratigrafico stimato	



La stima del profilo verticale di Vs, sia attraverso rifrazione sia tramite la dispersione delle onde superficiali, consente il calcolo del cosiddetto parametro Vs30. Si è ritenuto opportuno, data la variabilità laterale delle velocità nei primi 7-10 m, dare come valore quello risultato dall'analisi MASW, che media l'eterogeneità e consente di stimare la velocità a profondità maggiori rispetto a quelle raggiunte dalla rifrazione. Il valore quindi risulta essere mediamente pari a **402 m/s**, considerando come riferimento il piano campagna. In base al profilo sismostratigrafico ottenuto, dato il forte contrasto d'impedenza rilevato, il sito risulta compatibile con la categoria di sottosuolo B secondo il DM 14 gennaio 2008 - Tabella 3.2.II, riportata sotto.

Sarà cura del progettista, in base alle caratteristiche delle opere da realizzare, alle effettive profondità di imposta delle fondazioni, al modello sismostratigrafico riportato con il conseguente profilo verticale della Vs, ed a tutte le considerazioni del caso che riterrà opportune, attribuire il definitivo valore di Vs30 e conseguentemente la categoria di suolo.

Categorie di sottosuolo (D.M. 14/01/2008 - Tabella 3.2.II e 3.2.III)	
Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT, 30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu, 30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT, 30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu, 30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT, 30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu, 30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu, 30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Scandicci, lì 21/09/2017

I Tecnici

Dott. Santi Accetta



Dott. Silvio Brenna

