

COMMITTENTE



RFI S.p.a.

PROGETTAZIONE

MANDATARIA



NET ENGINEERING S.P.A.

MANDANTE (se presente)



ALPINA S.P.A.



CORIP S.R.L.



PROGIN S.P.A.

SOGGETTO TECNICO

INVESTIMENTI STAZIONI AREA CENTRO-NORD

PROGETTO DEFINITIVO

NUOVA FERMATA DI FIRENZE GUIDONI

Progettazione Definitiva della nuova fermata di Firenze Guidoni

STRUTTURE

Relazione geologica e idrogeologica

SCALA -

PROGETTO	ANNO	SOTTOPROG.	LIVELLO	O.PRN.	DISCIPL.	TIPO ELB.	F. FUNZ.	PROGRESSIV.	REV.
348023		S10	PD	00	ST	RT	00	001	A

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione	A. Casale	29/06/23	A. Casale	29/06/23		29/06/23	F. Carrone	29/06/23

POSIZIONE ARCHIVIO

LINEA

L490

SEDE TECNICA

- - - - -

NOME DOC.

NUMERAZIONE

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	QUADRO NORMATIVO	4
3	OPERE DA REALIZZARE	5
4	LINEAMENTI GEOLOGICI REGIONALI	6
5	CARATTERI LITOLOGICI IDROGEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DELL'AREA D'INTERVENTO.....	8
6	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	15
6.1	INDAGINI DI REPERTORIO DA SITO DEL COMUNE DI FIRENZE	15
6.1	INDAGINI DA PROGETTO PER LA TRINCEA GUIDONI.....	20
6.2	INDAGINI ESEGUITE PER LA PROGETTAZIONE.....	25
6.3	LITOSTRATIGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO E MODELLO GEOLOGICO.....	48
7	INQUADRAMENTO SISMICO.....	52
7.1	ZONAZIONE SISMOTETTONICA.....	52
7.2	MACROZONAZIONE SISMICA.....	55
7.3	MICROZONAZIONE SISMICA.....	60
7.3.1	Effetti di Campo Vicino	60
7.3.2	Effetti di Amplificazione Topografica	62
7.3.3	Effetti di Amplificazione Stratigrafica	62
8	CONCLUSIONI	68

1 PREMESSA

La presente relazione è inerente al progetto definitivo della nuova fermata di Guidoni in provincia di Firenze.

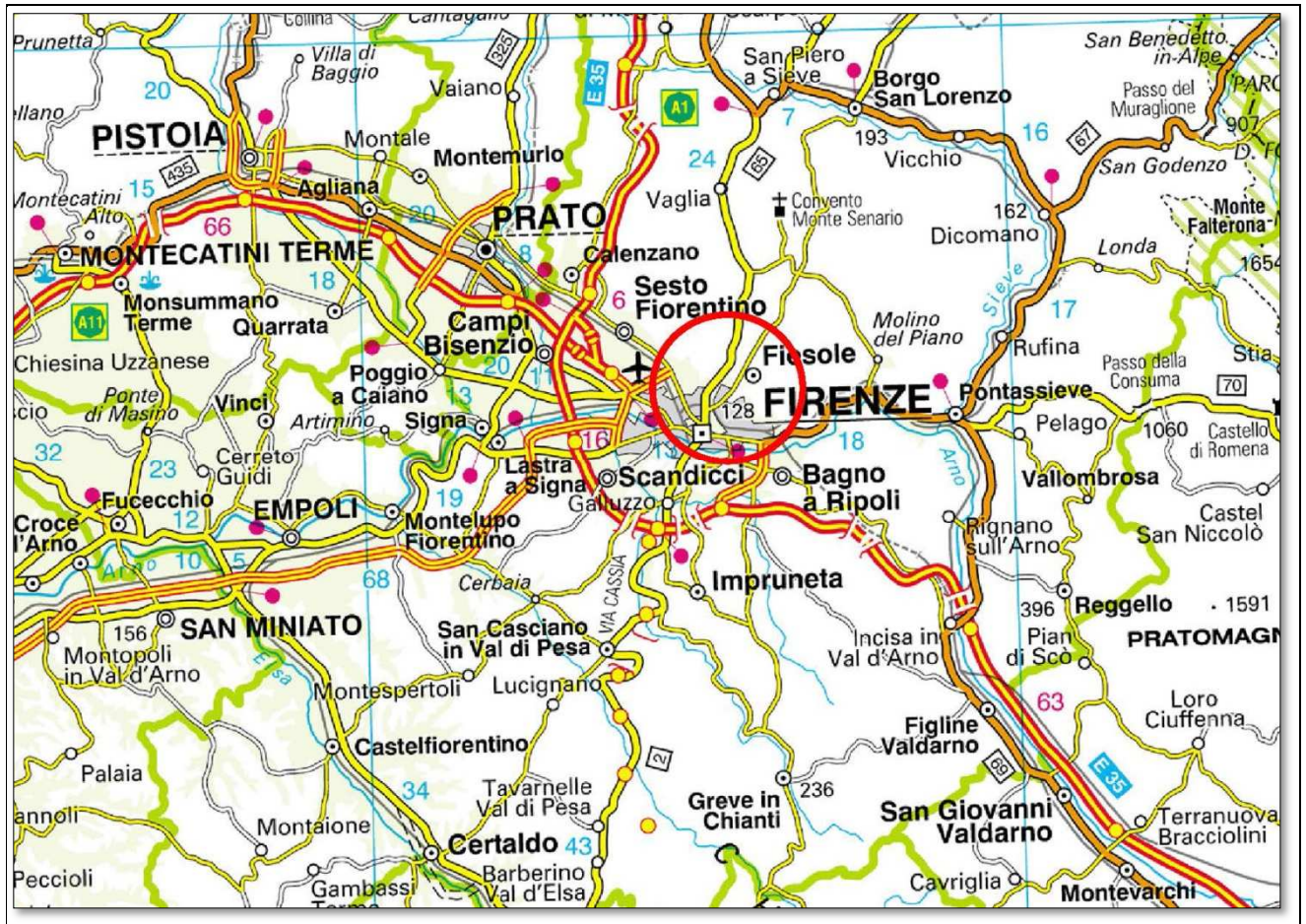


Figura 1-1 Inquadramento geografico



Figura 1-2 Inquadramento di dettaglio dell'area e profilo del terreno NO-SE ricavato da Google Earth
Come si può vedere la linea ferroviaria nell'area prevista per la realizzazione della nuova stazione ferroviaria corre su di un rilevato dell'altezza approssimativa di 7 m.

2 QUADRO NORMATIVO

Per la redazione della presente relazione sono state considerate le normative tecniche di seguito elencate:

- Legge n. 64 02/02/1974: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- DM 20/11/1987: Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e loro consolidamento.
- Decreto Protezione Civile 21 ottobre 2003: Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.
- OPCM 20 marzo 2003 n. 3274, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- OPCM 3 maggio 2005 n. 3431: Ulteriori modifiche ed integrazioni dell'ordinanza del Presidente del consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/3/2003 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- OPCM 8 luglio 2004 n. 3362: Modalità di attivazione del Fondo per investimenti straordinari della Presidenza del Consiglio dei Ministri istituito ai sensi dell'art. 32-bis del decreto legge 30 settembre 2003 n. 269 convertito, con modificazioni, dalla legge 24 novembre 2003 n. 326.
- OPCM 28 aprile 2006: Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
- **DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle 'Norme tecniche per le costruzioni' (nel seguito indicate come NTC18).**
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7, Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018.
- Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale e successive modificazioni del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, come licenziate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e ss. mm. ii..
- "Ponti in muratura, dizionario storico tecnico", Camilla Torre.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 D, Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- RFI DTC SI PS SP IFS 001 D, Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

3 OPERE DA REALIZZARE

È previsto di realizzare:

- l'allargamento del rilevato con realizzazione di banchine e pensiline su ambo i lati della linea ferroviaria;
- sul lato Sud Est e Nord-ovest della linea ferroviaria è prevista la realizzazione del corpo stazione con scale, rampe e ascensore per accedere al livello binari;
- sottopasso di collegamento tra le due banchine;
- passerella pedonale;
- aree esterne con verde e parcheggio;
- tutte le opere accessorie.

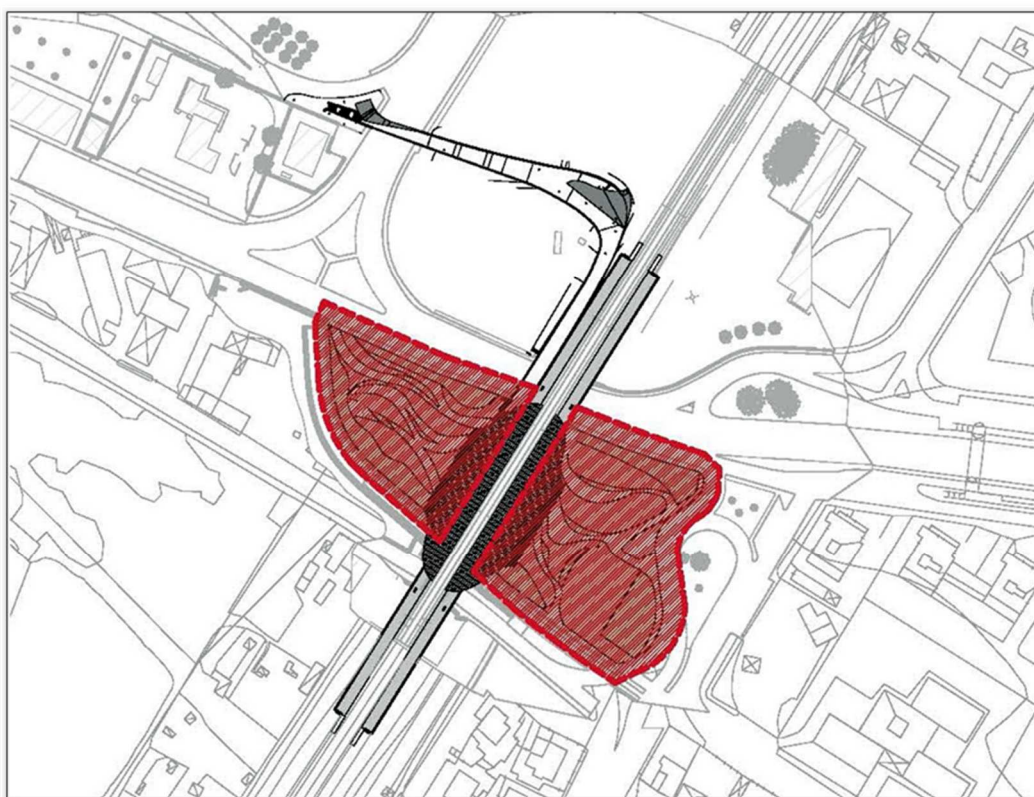


Figura 3-1 Inquadramento dell'area interessata e traccia dal progetto

Considerata la linea ferroviaria in rilevato, la fermata sarà sviluppata su due livelli: uno a piano campagna e uno a livello di banchina. Le due banchine ferroviarie, di lunghezza 200 m ciascuna, saranno localizzate a cavallo dei sottopassi stradali di via Guidoni e via Carraia e il recente sottopasso della linea del tram, posizionate a quota +55 cm dal piano del ferro. Per l'attraversamento dei binari, in corrispondenza del fabbricato di fermata, sarà previsto un sottopasso di collegamento.

Alle estremità del sottopasso si sviluppano i corpi di risalita, una scala e un ascensore per l'accesso alle persone a ridotta mobilità; i corpi di risalita sono collocati al centro delle banchine.

Sul lato sud-est si prevede l'accesso principale, con parcheggi PRM, stalli Kiss & Ride, taxi e parcheggi auto e moto; sempre a sud, all'interno del FV, si prevede una piccola velostazione.

Sul lato nord, invece, saranno previsti locali tecnologici a servizio della fermata.

Dalla 'piazza' sopraelevata della banchina posta ad ovest della linea ferroviaria, con sviluppo verso nord ovest, è prevista la costruzione di una nuova passerella pedonale. Essa avrà andamento parallelo ai binari nel primo tratto, sopra passando Viale Guidoni con una struttura in calcestruzzo adiacente al sottopasso stradale esistente, per poi svilupparsi in rilevato e piegare verso ovest. In prossimità dell'intersezione con Viale XI Agosto un altro tratto in calcestruzzo consentirà di superare il viale e riporterà il transito pedonale a quota piano di campagna attraverso una scalinata e un ascensore. Altri elementi di distribuzione verticale saranno posti nel punto più largo della curva per dare accesso diretto alla futura stazione degli autobus.

4 LINEAMENTI GEOLOGICI REGIONALI

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

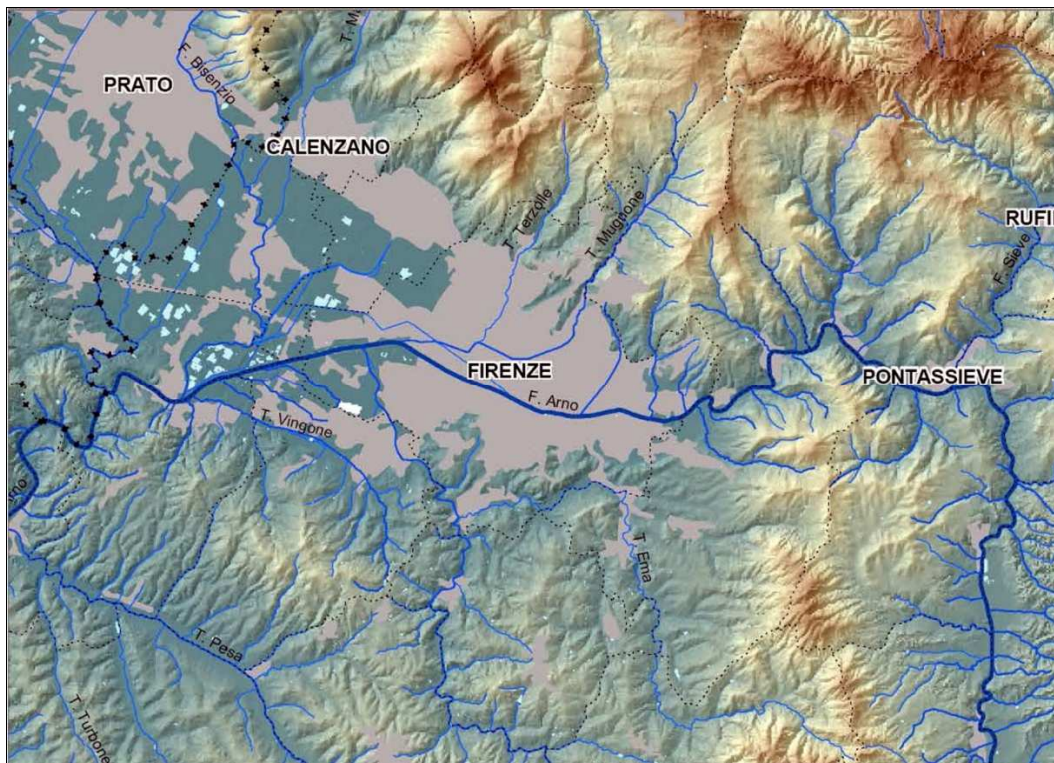


Figura 4-1 Idrografia dell'area di Firenze

In linea con quello che è il quadro tettonico generale dei bacini neogenico-quadernari dell'Appennino Settentrionale anche il bacino di Firenze-Prato-Pistoia presenta una geometria a semi-graben fortemente asimmetrica, con un margine nord-orientale molto acclive in corrispondenza della faglia principale (nel caso specifico la faglia di Fiesole) e da una rampa di raccordo poco inclinata a luoghi interessata da faglie minori sul versante sud-occidentale.

I depositi di riempimento del bacino si sono sviluppati con ampi delta e fan-delta clastici sviluppati alla base del sistema di faglie maggiori, mentre minori quantità di sedimenti si sono disposti lateralmente e longitudinalmente al bacino a seguito dell'erosione dei terreni affioranti al tetto a quote più elevate del bacino. Questa architettura deposizionale è tipica dei bacini intermontani dell'Appennino Settentrionale. In questo tipo di bacini il sollevamento tettonico dei margini, ed il corrispondente allargamento del drenaggio fluviale, portano alla formazione di potenti sequenze sedimentarie clastiche grossolane in corrispondenza delle aree centrali del bacino.

Dal punto di vista sedimentologico i depositi dell'area interessata sono ascrivibili ai seguenti ambienti:

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

5 CARATTERI LITOLOGICI IDROGEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DELL'AREA D'INTERVENTO

L'ambito d'intervento, ubicato approssimativamente a 1.400 m a Nord Est del corso del fiume Arno è ubicato nella periferia nordoccidentale della città di Firenze, in località Guidoni.

Morfologicamente la zona è situata nella piana alluvionale di Firenze in cui incidono soprattutto i depositi dell'Arno, con apporti dai corsi d'acqua che scendono dai rilievi circostanti.

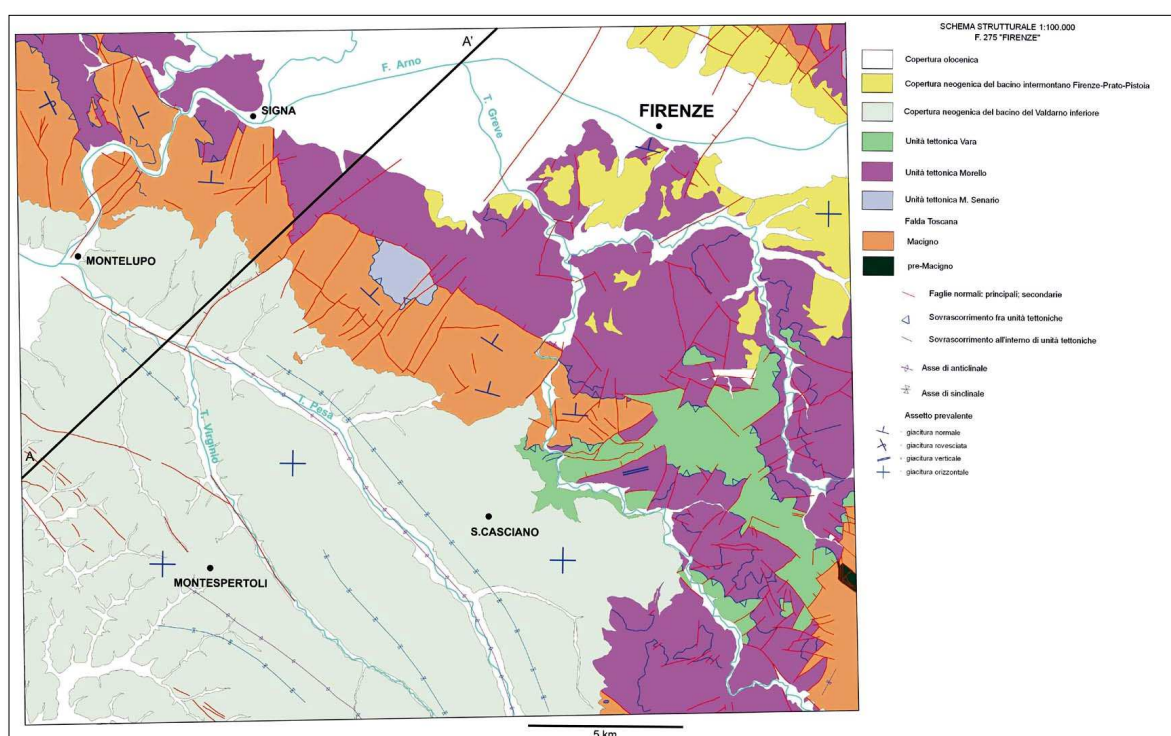


Figura 5-1 Schema Strutturale

Nella zona di progetto affiorano sedimenti di età olocenica rappresentati da ghiaie ed argille più o meno sabbioso limose e spessori anche importanti di riporti antropici.

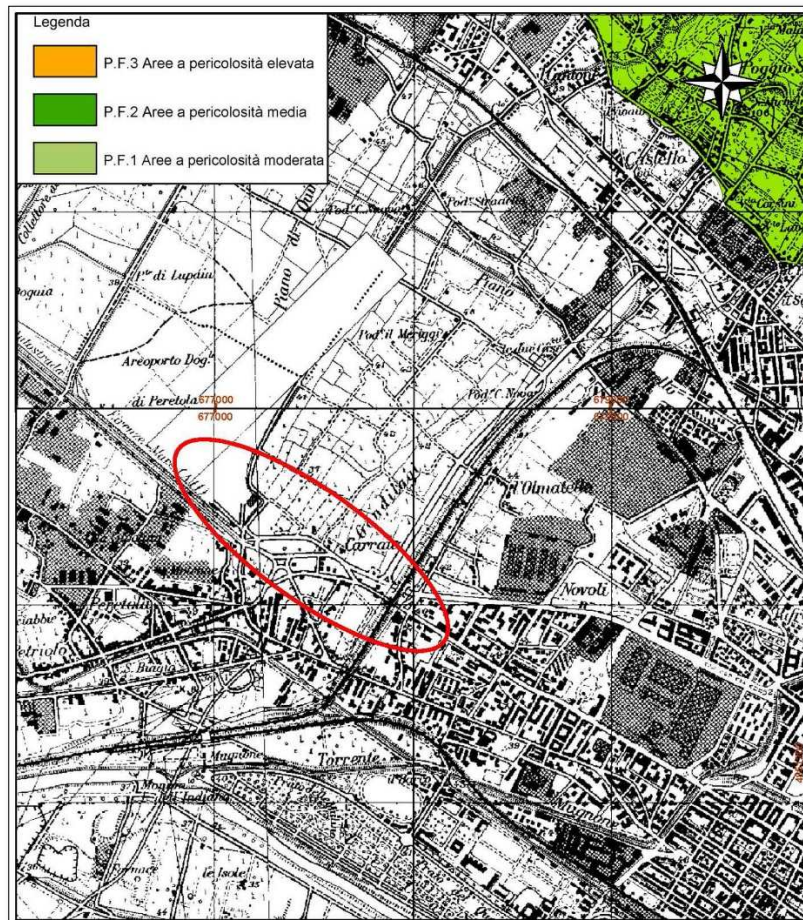


Figura 5-4 Stralcio della carta geomorfologica con rischio di fenomeni gravitativi (da Autorità di Bacino del Fiume Arno)

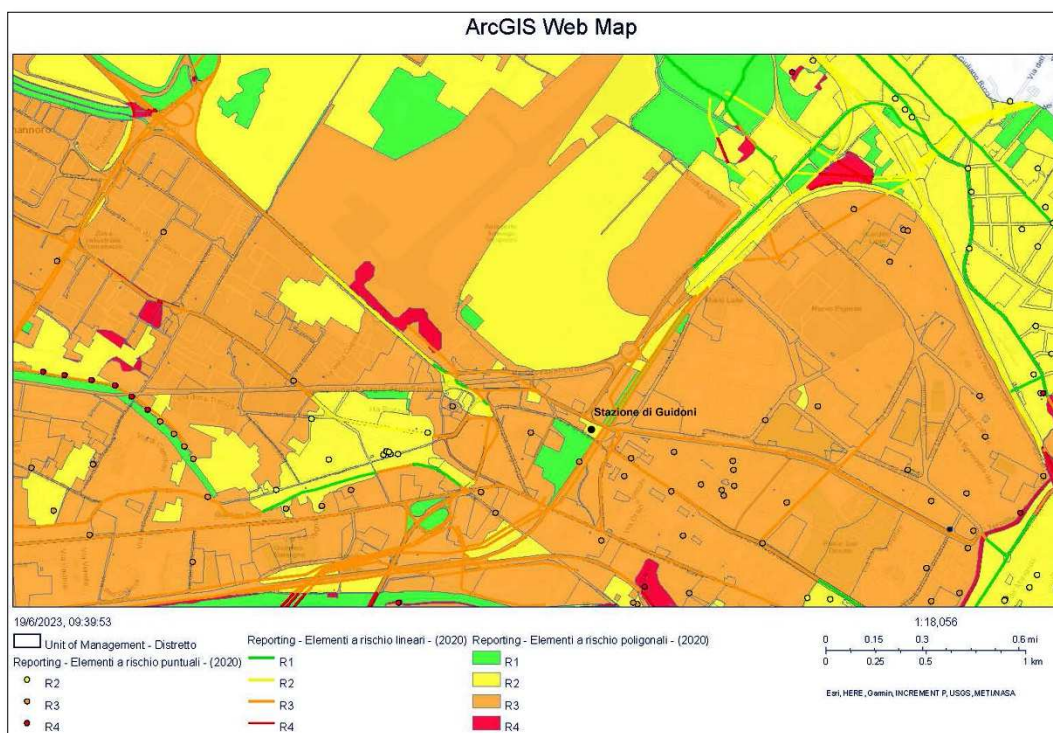


Figura 5-5 Stralcio della carta del rischio alluvioni (da PGRA mappa del rischio alluvioni ai sensi del D.Lgs.49/2010)

Secondo il PGRA l'area della stazione di Guidoni è ubicata in una zona a classificata a rischio R2 (medio) con a SO una zona classificata a rischio R1 (moderato) e a NE una zona classificata a rischio R3 (elevato).

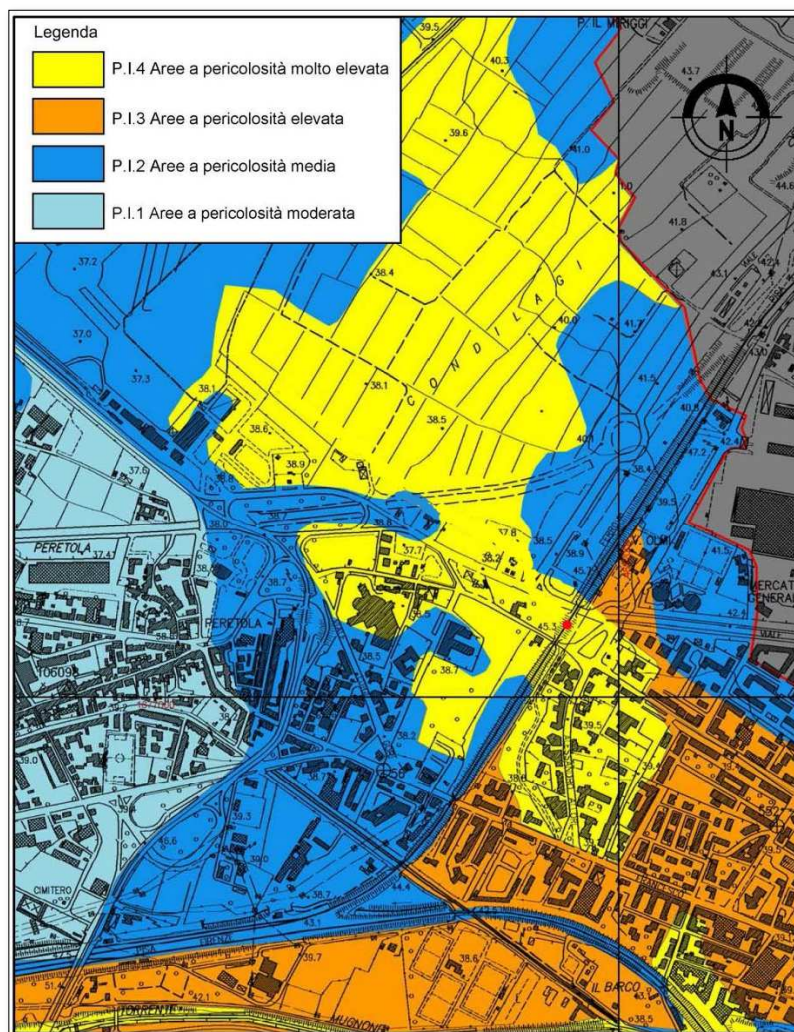


Figura 5-6 Stralcio della carta della pericolosità idraulica (da Autorità di Bacino del Fiume Arno)

Secondo la cartografia dell'Autorità di Bacino del fiume Arno, dal punto di vista della pericolosità idraulica ci troviamo in una zona classificata P.I.4 (Area a pericolosità molto elevata), per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idraulica.

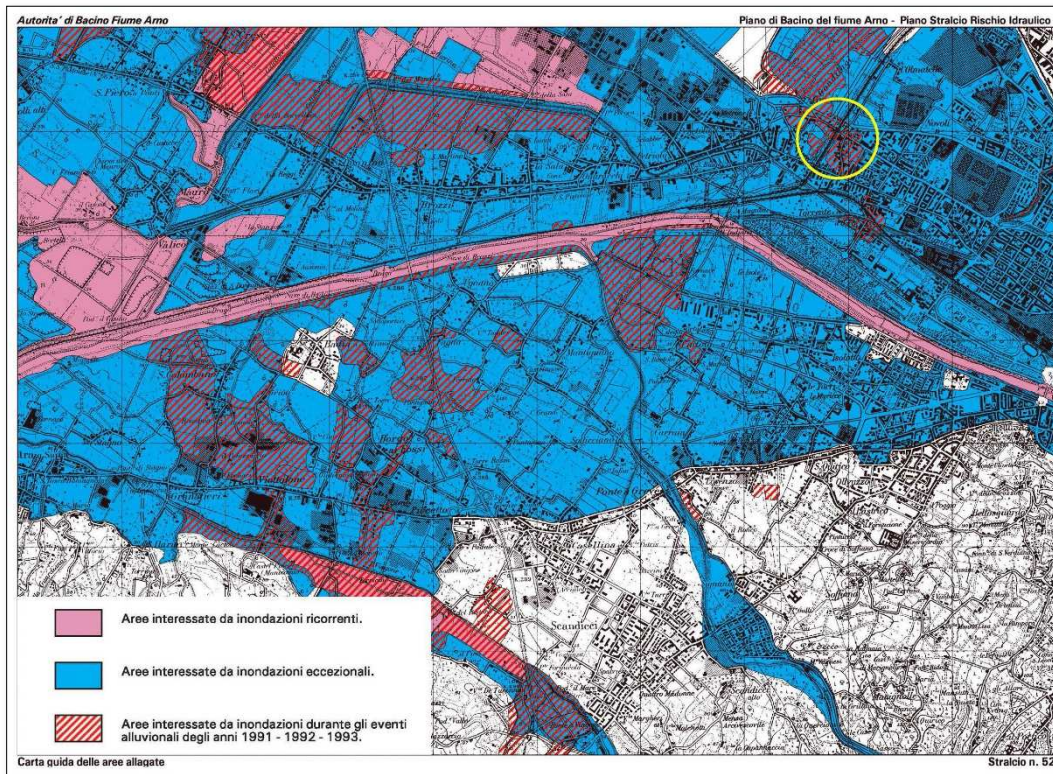


Figura 5-7 Stralcio della carta del rischio di inondazioni (da Autorità di Bacino del Fiume Arno)

L'area in cui sorge la stazione è classificata come area interessata da alluvioni eccezionali, è stata comunque interessata dalle alluvioni del 1991, 1992 e 1993.

Dal punto di vista idrogeologico la soggiacenza della falda, in base alle misure effettuate nei piezometri installati ed eliminando le letture non congrue, si attesta tra 3,72 e 6,80 m dal piano di campagna.

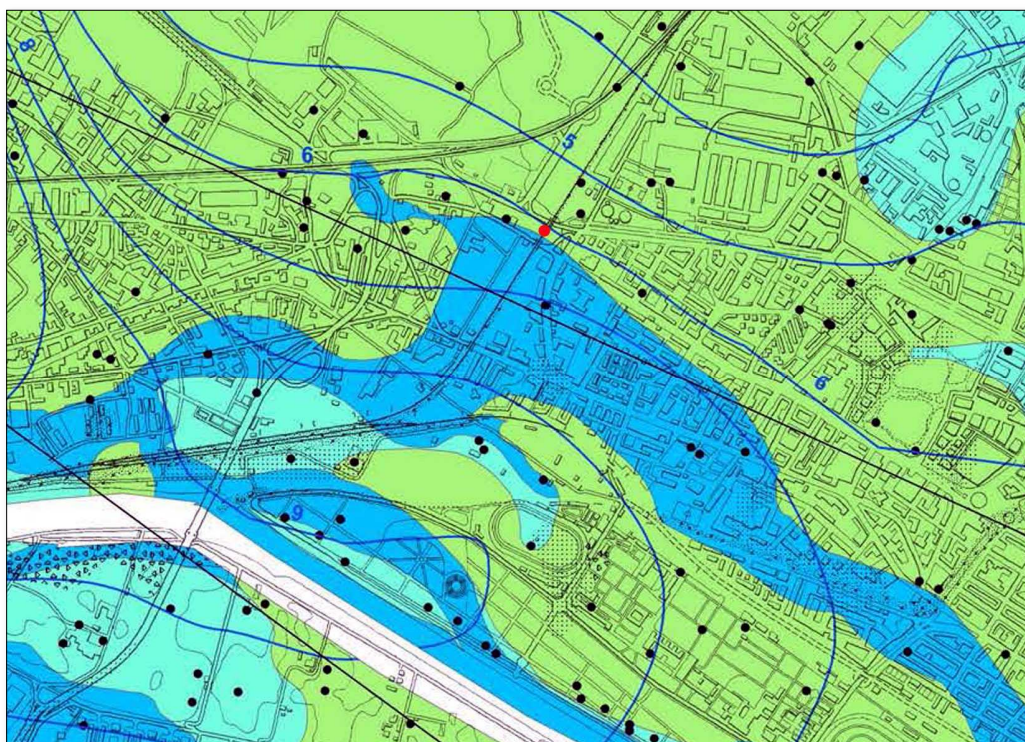


Figura 5-8 Stralcio della carta Idrogeologica con curve isopiezometriche (da Comune di Firenze)



Figura 5-9 Stralcio della carta Idrogeologica con curve isopiezometriche-Legenda (da Comune di Firenze)

Nella campagna di indagini per la progettazione si sono installati 5 piezometri a tubo aperto le cui letture vengono esposte nella figura seguente.

Codice Sondaggio	Tipo di Piezometro	Data Installazione	Profondità di installazione	Misure piezometriche dal p.c										
				4/5/23	11/5/23	17/5/23	18/5/23	14/6/23						
SG 001	T.A.	04/05/2023	-30.0	-8.10 m				-6.80 m	-5.90 m					
SG 003	T.A.	15/05/2023	-30.0					-4.17 m	-4.30 m					
SG 006	T.A.	11/05/2023	-40.0		-13.30 m			-9.72 m	-4.27 m					
SG 007	T.A.	15/05/2023	-25.0					-3.85 m	-4.30 m					
SG 008	T.A.	17/05/2023	-25.0			-3.72 m	-3.92 m	-4.27 m						

LEGENDA:

T.A.: Piezometro a Tubo Aperto

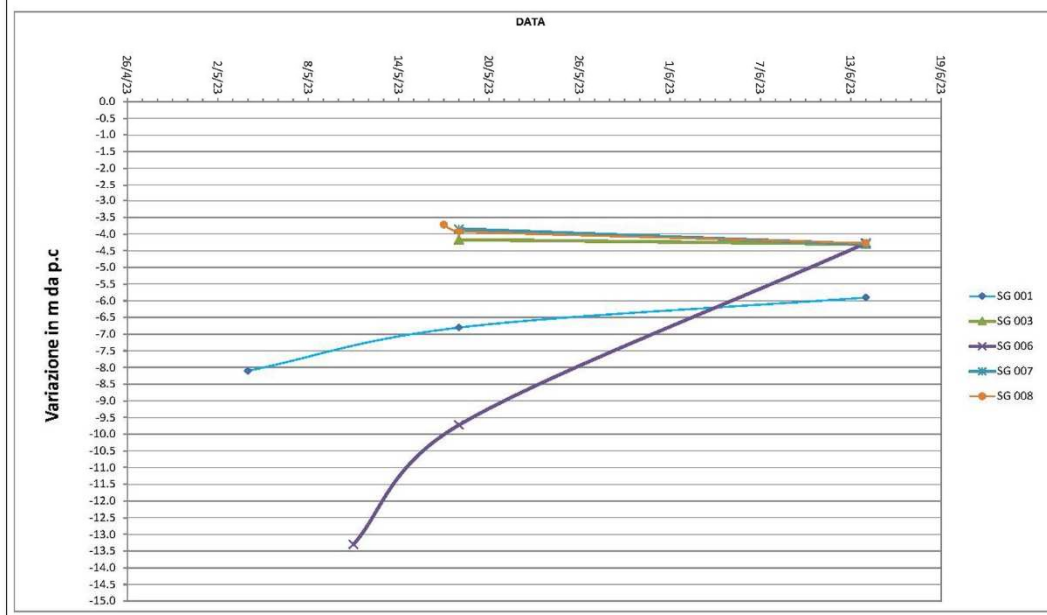


Figura 5-10 Tabella delle letture effettuate nei piezometri installati

Come si può vedere solo i piezometri installati nei fori di sondaggio SG001 e SG006 si sono notate delle escursioni importanti mentre negli altri le escursioni piezometriche sono di poco conto.

Non si prevedono rischi idrogeologici riguardo alla realizzazione delle opere di progetto.

La permeabilità dei terreni è prevista da bassa a media, in base alle prove Lefranc portate la K è dell'ordine di 10^{-6} - 10^{-7} m/s, in un solo caso si è riscontrata una permeabilità K più alta dell'ordine di 10^{-5} m/s in corrispondenza di un livello più sabbioso del sondaggio SG007 .

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE

6.1 INDAGINI DI REPERTORIO DA SITO DEL COMUNE DI FIRENZE

Dal Data Base del sito del Comune di Firenze si sono reperite delle indagini geognostiche eseguite nelle vicinanze dell'opera in oggetto di studio che permettono di definire, seppur indicativamente, sia la litostratigrafia che la soggiacenza della falda.



Figura 6-1 Ubicazione delle indagini di repertorio prese in considerazione (da Data Base del comune di Firenze)

Di seguito vengono rappresentate le stratigrafie dei tre sondaggi presi in considerazione.

Scheda del Sondaggio n. 1798

Stratigrafia			
Descrizione stratigrafia	Profondità iniziale (m)	Profondità finale (m)	Campione
Soletta in asfalto	0.00	0.10	
Sottofondo: ghiaia e ciottoli sabbiosi	0.10	0.70	
Argilla limosa marron-nocciola con tracce sabbiose e frequenti piccoli R.V. nerastri. Da 4.3 m circa, idem c.s. con bande grigie	0.70	4.70	
Argilla limosa grigia passante a 4.75 m a limo sabbioso grigio	4.70	5.40	
Ghiaia eterometrica, poligenica, angolare, limoso-sabbiosa, grigia; frequenti ciottoli.	5.40	6.10	
Argilla limosa nocciola con R.V. nerastri e piccoli noduli calcarei; localmente con clasti ghiaiosi. Argilla limosa nocciola con frequenti R.V. nerastri e piccoli noduli calcarei; localmente con clasti ghiaiosi	6.10	22.70	
Da 16.2 a 18.8 m argilla c.s. nocciola-ocracea, con frequenti piaghe di colore grigio; localmente con clasti ghiaiosi	6.10	22.70	
Argilla limosa con R.V. nerastri; da 21.3 m circa con piccoli clasti ghiaiosi e livelletti di ghiaia; passa a 22.3 m a limo sabbioso nocciola	6.10	22.70	
Ghiaia eterometrica, poligenica, per lo più subarrotondata, limosa da sabbiosa a deb. sabbiosa nocciola; rari ciottoli	22.70	26.35	
Argilla limosa nocciola con R.V. nerastri e piccoli noduli calcarei.	26.35	27.40	
Argilla limosa grigio-azzurra con bande di ossidazione ocracee e piccoli noduli calcarei	27.40	28.40	

Figura 6-2 Scheda del sondaggio 1798 (da Data Base del comune di Firenze)

Scheda del Sondaggio n. 663

Stratigrafia			
Descrizione stratigrafia	Profondità iniziale (m)	Profondità finale (m)	Campione
terreno vegetale	0.00	0.30	N
limi argillosi marroni, da compatti a duri con inclusi rari clasti	0.30	2.30	S
argille limose compatte da marroni a grigio verdi con incluse concrezioni carbonatiche biancastre	2.30	5.00	N
ghiaia addensata con clasti arrotondati centimetrici (diametro medio 1-2 cm) in matrice argilloso limosa a marrone (% clasti 60 - 80)	5.00	5.20	N
alternanza di argilla ed argilla limosa da marrone a turchina, da compatta a dura, con involsi livelli torbosi (B, B, B, B) e rare concrezioni carbonatiche biancastre	5.20	9.00	N
ghiaia addensata con clasti arrotondati centimetrici (diametro medio 1-2 cm) in matrice limoso argilloso a marrone (% clasti 40-60)	9.00	9.50	N
argilla marrone compatta	9.50	10.00	N

Falda			
Profondità da p.c. (m)	Inizio tratto finestrato (m)	Fine tratto finestrato (m)	Data
2.30	0.00	0.00	

Campioni (ID = 478)			
Sigla	Prof. inizio (m)	Prof. fine (m)	
±1 c1	1.30	2.00	
Tipo	Descrizione		
Campione indisturbato	limo argilloso nocciola molto consistente con chiazze nere e noduli di ferro/manganese e sporadiche concrezioni carbonatiche		
Wn (%)	Peso Vol (g/cm ³)	LL (%)	
21.54	0.000	49.70	
LP (%)	IP (%)	Classif. di Casagrande	
23.60	26.10	CL	
Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)
1.85	3.19	50.00	44.96

Prova su campione				
Sigla	U. Misura	Valore	Tipo prova	Note
Mv	cmq/kg	0.01312	Prova edometrica	pressione = 1 kg/cmq
Mv	cmq/kg	0.01139	Prova edometrica	pressione = 2 kg/cmq
cv	cmq/s	0.000395	Prova edometrica	pressione = 0.5 kg/cmq
cv	cmq/s	0.000235	Prova edometrica	pressione = 1 kg/cmq
k	cm/s	0.0000000 496	Prova edometrica	pressione = 0.5 kg/cmq
k	cm/s	0.0000000 309	Prova edometrica	pressione = 1 kg/cmq
c	kg/cmq	0.12	Taglio diretto Consolidata Drenata (CD)	
phi	"	21.5	Taglio diretto Consolidata Drenata (CD)	
P	g/cm ³	2	Prova edometrica	peso volume naturale iniz.

Figura 6-3 Scheda del sondaggio 663 (da Data Base del comune di Firenze)

Scheda del Sondaggio n. 1605

Stratigrafia			
Descrizione stratigrafia	Profondità iniziale (m)	Profondità finale (m)	Campione
Pavimentazione stradale	0.00	0.20	N
Ghiaia e sabbia	0.20	0.80	N
Limo argilloso sabbioso con frequenti inclusi ghiaiosi	0.80	2.00	N
Limo argilloso plastico con frustoli vegetali e rari inclusi sabbioso-ghiaiosi	2.00	3.00	N
Limo argilloso con sfumature rossastre e nerastre di colore marrone. Intorno a mt 5 si presenta debolmente sabbioso	3.00	6.00	N
Sabbia medio fine debolmente limosa da marrone a grigio scuro	6.00	10.00	N
Limo argilloso con inclusi sabbioso-ghiaiosi rari sono presenti sacche sabbiose ossidate e sfumature nerastre. Colore marrone.	10.00	11.00	N
Ghiaia media in matrice compatta argillosa sia arrotondata che a spigoli vivi	11.00	12.00	N
Limo argilloso marrone con tracce carboniose. Rari inclusi di sabbia grossa o ghiaietto	12.00	15.00	N
Limo argilloso con ghiaietto sia arrotondato che a spigoli vivi con tracce carboniose	15.00	15.40	N
Ghiaia in matrice sabbiosa-argillosa sia arrotondata che a spigoli vivi	15.40	16.00	N
Limo argilloso marrone con sfumature grigie e tracce carboniose	16.00	16.60	N
Limo sabbioso argilloso	16.60	17.20	N
Limo argilloso marrone con sfumature grigie e tracce carboniose	17.20	20.00	N
Limo argilloso con frequenti inclusi arrotondati sabbioso ghiaiosi	20.00	20.40	N

Permeabilità			
Profondità inizio (m)	Profondità fine (m)	K (m/s)	Tipo prova
0.00	9.00	0.005	carico costante

Falda			
Profondità da p.c. (m)	Inizio tratto finestrato (m)	Fine tratto finestrato (m)	Data
-5.00	6.00	20.00	1991-04-19

Figura 6-4 Scheda del sondaggio 1605 (da Data Base del comune di Firenze)

6.1 INDAGINI DA PROGETTO PER LA TRINCEA GUIDONI

Si sono prese in considerazione le indagini eseguite nelle immediate vicinanze dell'area di progetto, in particolare 3 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nel 2007 (S06, S07 e S08) ed 1 sondaggio a carotaggio continuo eseguito nel 2014 (SD) nel quale è stata eseguita anche una prova Down Hole.

Di seguito vengono rappresentata l'ubicazione delle indagini, le stratigrafie ed una sintetica descrizione della litostratigrafia.



Figura 6-5 Ubicazione delle indagini pregresse (da progetto per la trincea Guidoni)

Litostratigrafia sintetica del sondaggio S06:

1. 0,00 – 1,70 m terreno di riporto;
2. 1,70 – 5,60 m limi argillosi moderatamente consistenti con rari clasti;
3. 5,60 – 7,10 m sabbie debolmente limose;
4. 7,10 – 9,00 m ghiaia in matrice limo/sabbiosa – argillosa;
5. 9,00 – 20,00 limi argillosi mediamente compatti con livelli ghiaiosi decimetrici.

Non ci sono dati del livello di falda.

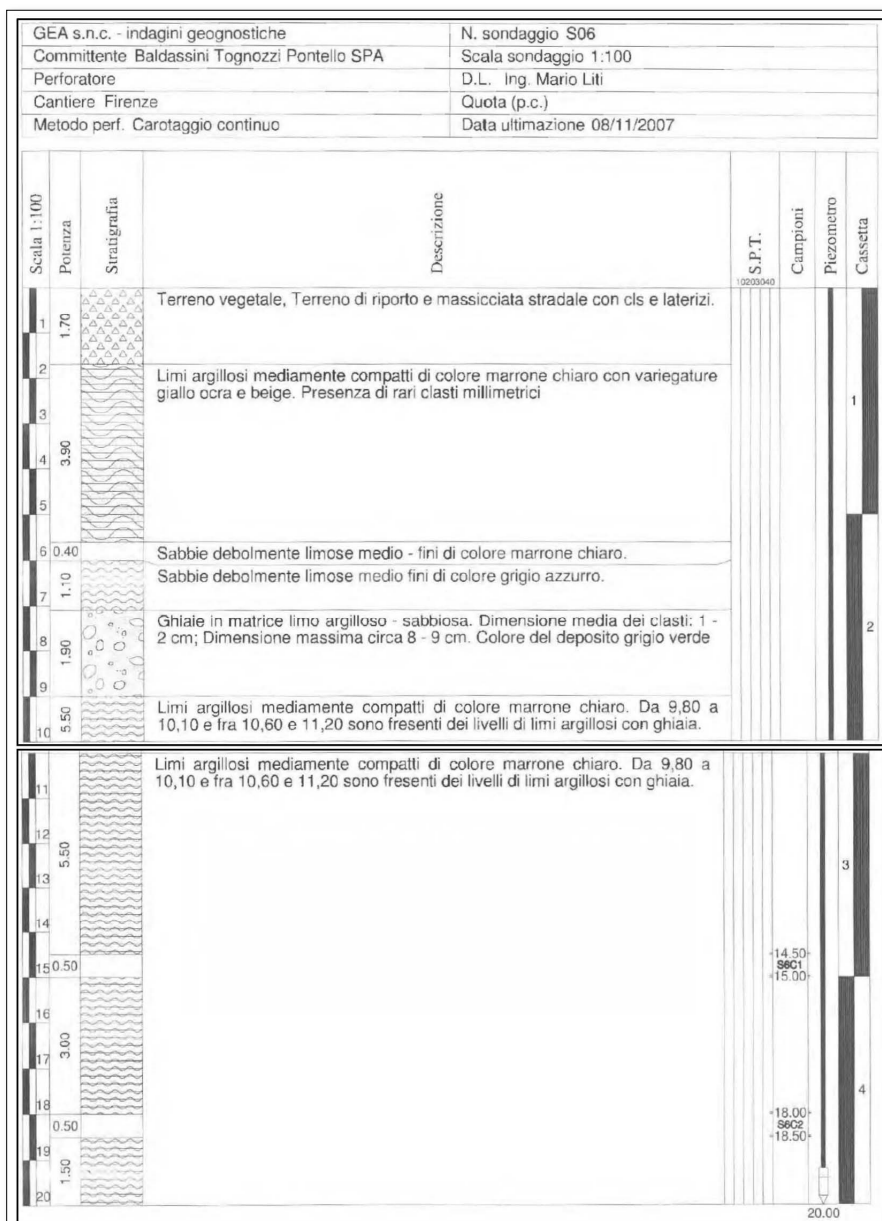


Figura 6-6 Stratigrafia del sondaggio S06

Litostratigrafia sintetica del sondaggio S07:

1. 0,00 – 0,60 m terreno di riporto;
2. 0,60 – 1,85 m limi argillosi mediamente compatti;
3. 1,85 – 3,00 m sabbie più o meno limose;
4. 3,00 – 7,10 m ghiaie in matrice sabbio limosa;
5. 7,10 – 9,00 m limi misti a ghiaia e sabbia;
6. 9,00 – 12,00 m limi argillosi compatti.

Non ci sono dati del livello di falda. Le due prove SPT eseguite nel livello ghiaioso son andate entrambe a rifiuto.

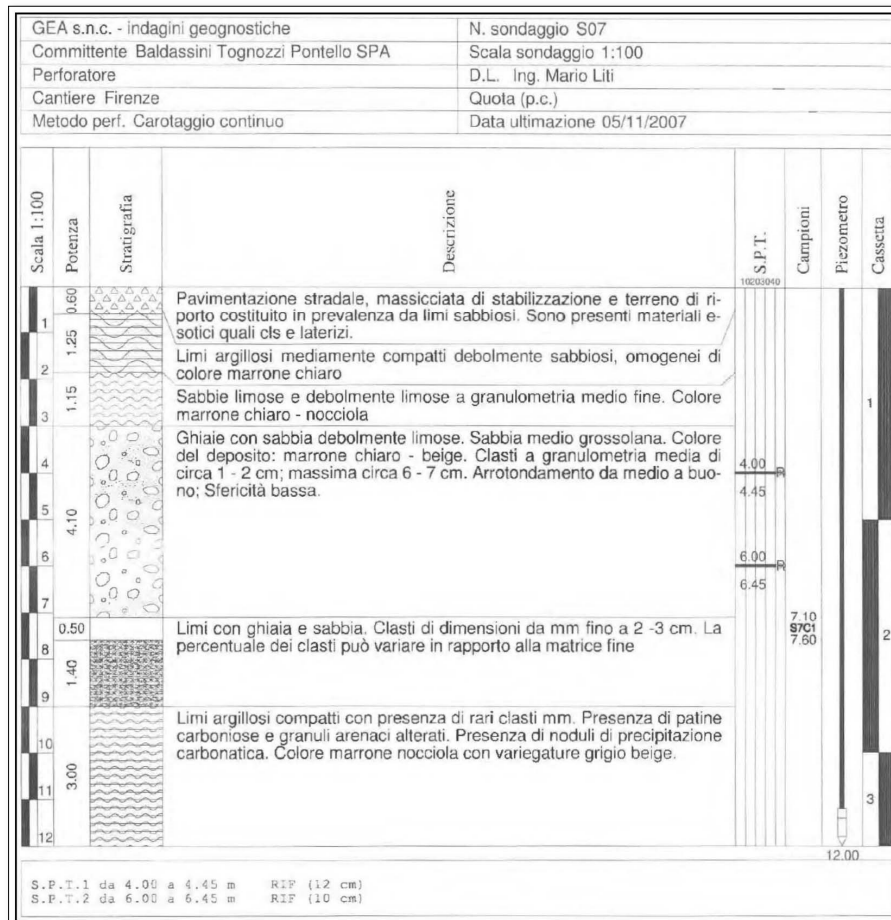


Figura 6-7 Stratigrafia del sondaggio S07

Litostratigrafia sintetica del sondaggio S08:

1. 0,00 – 1,00 m terreno di riporto;
2. 1,00 – 2,30 m limi argillosi mediamente compatti;
3. 2,30 – 4,00 m sabbie debolmente limose;
4. 4,00 – 6,00 m ghiaie in matrice sabbiosa debolmente limosa.

Non ci sono dati del livello di falda.

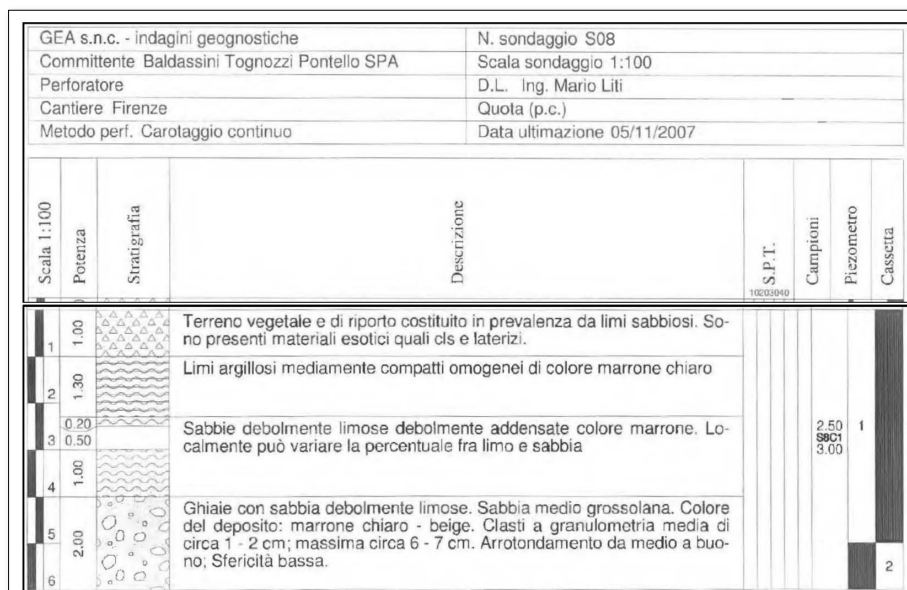


Figura 6-8 Stratigrafia del sondaggio S08

Litostratigrafia sintetica del sondaggio SD:

1. 0,00 – 0,80 m terreno di riporto;
2. 0,80 – 4,50 m limo sabbioso argilloso molto consistente;
3. 4,50 – 6,50 m sabbia fine debolmente limosa;
4. 6,50 – 8,90 m sabbia da fine a media;
5. 8,90 – 22,00 m argilla limosa molto consistente;
6. 22,00 – 26,00 m ghiaia eterometrica in abbondante matrice sabbio limosa;
7. 26,00 – 27,00 m alternanze di ghiaie e argille;
8. 27,00 – 30,00 m argilla limo sabbiosa molto consistente.

Non ci sono dati del livello di falda. Il foro è stato equipaggiato con tubo cieco per l'esecuzione della prova Down Hole; i risultati della prova sono descritti nel paragrafo relativo all'amplificazione stratigrafica. Durante la terebrazione del sondaggio si sono portate a termine 7 prove SPT e 3 prove di permeabilità Lefranc. Di seguito vengono rappresentati i risultati delle prove.

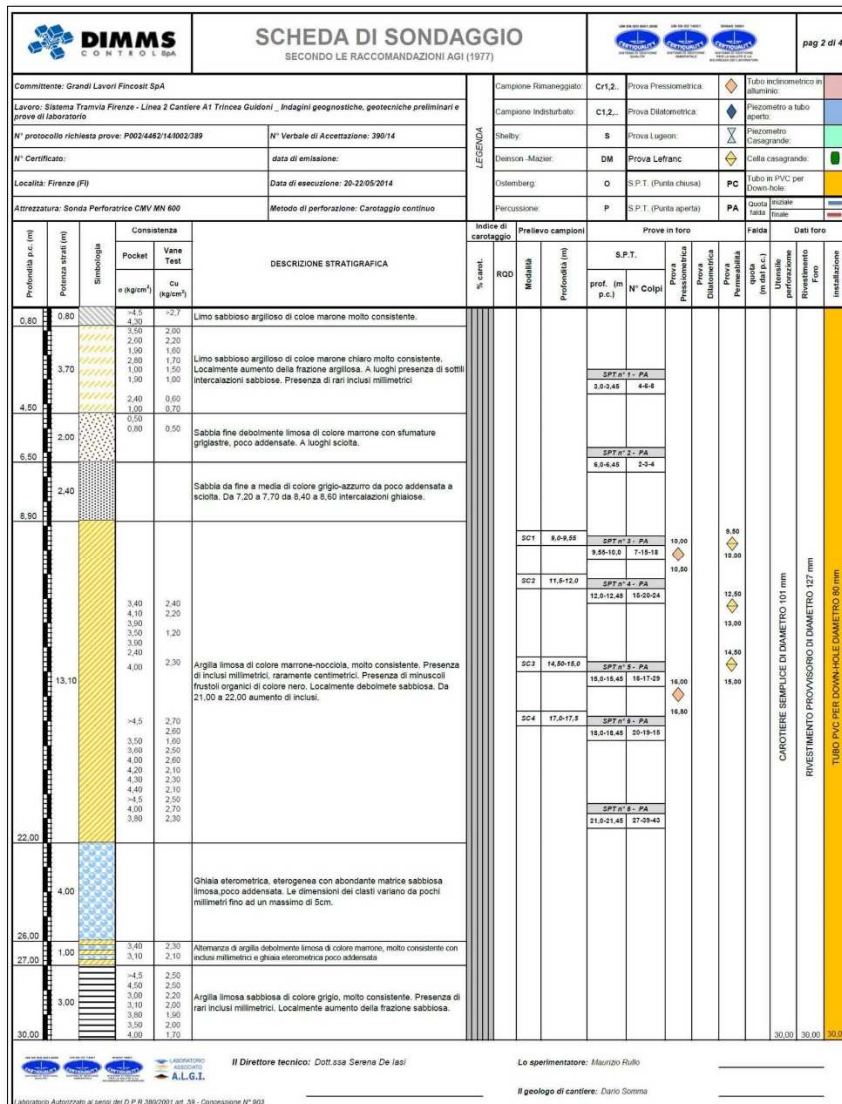


Figura 6-9 Stratigrafia del sondaggio SD

N°	Sondaggio	Profondità	N1	N2	N3	Nspt
1	SD	3,00-3,45	4	6	8	14
2		6,00-6,45	2	3	4	7
3		9,55-10,00	7	15	18	33
4		12,00-12,45	15	20	24	44
5		15,00-15,45	18	17	29	46
6		18,00-18,45	20	19	15	34
7		21,00-21,45	27	39	43	82

Figura 6-10 Sondaggio SD-risultati delle prove SPT

Sondaggio	LEFRANC	Profondità (m)	K (m/s)
SD	1	9,50-10,00	2,27E-06
	2	12,50-13,00	6,06E-08
	3	14,50-15,00	4,71E-08

Figura 6-11 Sondaggio SD-risultati delle prove Lefranc

6.2 INDAGINI ESEGUITE PER LA PROGETTAZIONE

Per la definizione di dettaglio dei terreni interessati dal progetto, sia dal punto di vista geomeccanico che di caratterizzazione ambientale dei terreni è stata realizzata una campagna di indagini geognostiche che viene riassunta nella tabella di seguito riportata.

FIRENZE GUIDONI								
Sondaggi Geognostici								
ID Sondaggio	Profondità (m)	Attrezzatura in foro di sondaggio	SPT	Campioni indisturbati	Campioni Rimaneggiati	Campioni Ambientali	Campioni Litoidi	Prove di Permeabilità
SG.001	30.0	Piezometro T.A	6	4	3	1	-	2
SG.002	30.0	Down-Hole	6	4	4	1	-	2
SG.003	30.0	Piezometro T.A	6	4	3	1	-	2
SG.004 Ind.	4.4	-	-	-	1	1	-	-
SG.005 Ind.	5.0	-	-	-	1	1	-	-
SG.006	40.0	Piezometro T.A	6	3	4	1	-	1
SG.007	25.0	Piezometro T.A	6	3	3	1	-	1
SG.008	25.0	Piezometro T.A	6	3	2	1	-	1
Indagini Geotecniche								
ID	Profondità 8' (m)	Preforo						
CPTU 1	5.12	-						
CPTU 2	6.81	-						
Indagini Geofisiche								
ID	Stendimento (m)	VS eq (m/s)	f0 (Hz)	Categoria Sottosuolo				
HVSR 1	-	-	0.78	-				
HVSR 2	-	-	0.81	-				
HVSR 3	-	-	0.53	-				
MASW 1	50	352 m/s	-	C				
MASW 2	44	358 m/s	-	c				
DOWN-HOLE	-	335 m/s	-	c				
SISMICA RIFRAZIONE	60	-	-	-				
SISMICA RE.MI	60	346 m/s	-	C				
GEORADAR	-	-	-	-				

Figura 6-12 Descrizione delle indagini portate a termine

Per l'ubicazione delle indagini si rimanda alle figure di seguito rappresentate, per le indagini ambientali si rimanda alla relazione di caratterizzazione ambientale dei materiali di scavo.

Per le indagini MASW, ReMi e Down Hole si rimanda al capitolo sull' amplificazione stratigrafica.

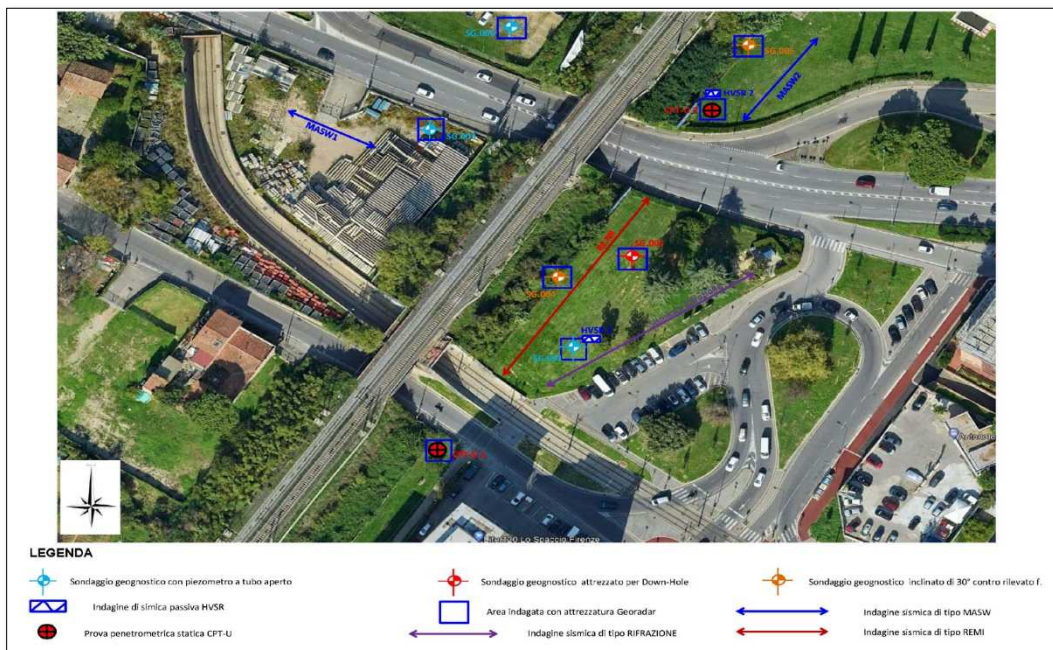


Figura 6-13 Ubicazione delle indagini – 1



Figura 6-14 Ubicazione delle indagini – 2



Figura 6-16 Foto carote sondaggio SG001

Litostratigrafia sintetica del sondaggio SG001:

- | | | |
|----|-----------------|---|
| 1. | 0,00 – 2,40 m | terreno di riporto; |
| 2. | 2,40 – 4,90 m | limo sabbioso debolmente argilloso consistente; |
| 3. | 4,90 – 7,70 m | ghiaie eterometriche in matrice sabbio limosa a tratti argillosa; |
| 4. | 7,70 – 24,50 m | limi argillosi debolmente ghiaiosi; |
| 5. | 24,50 – 28,50 m | limi argillosi con ghiaia molto consistenti; |
| 6. | 28,50 – 30,00 m | argille limose e limi argillosi. |

Il foro è stato equipaggiato con tubo piezometrico aperto.

Sondaggio	profondità (m)	N1	N2	N3	Nspt
SG001	3,00-3,45	3	6	6	12
	6,00-6,45	24	35	42	77
	9,00-9,45	8	16	22	38
	12,00-12,45	10	19	22	41
	21,00-21,45	16	26	31	57
	24,50-24,95	19	36	45	81

Figura 6-17 Risultati prove SPT sondaggio SG001

Sondaggio	profondità (m)		K (m/s)
SG001	7,70	LEFRANC -1	6,17E+07
	12,00	LEFRANC -2	2,90E+06

Figura 6-18 Risultati prove Lefranc sondaggio SG001

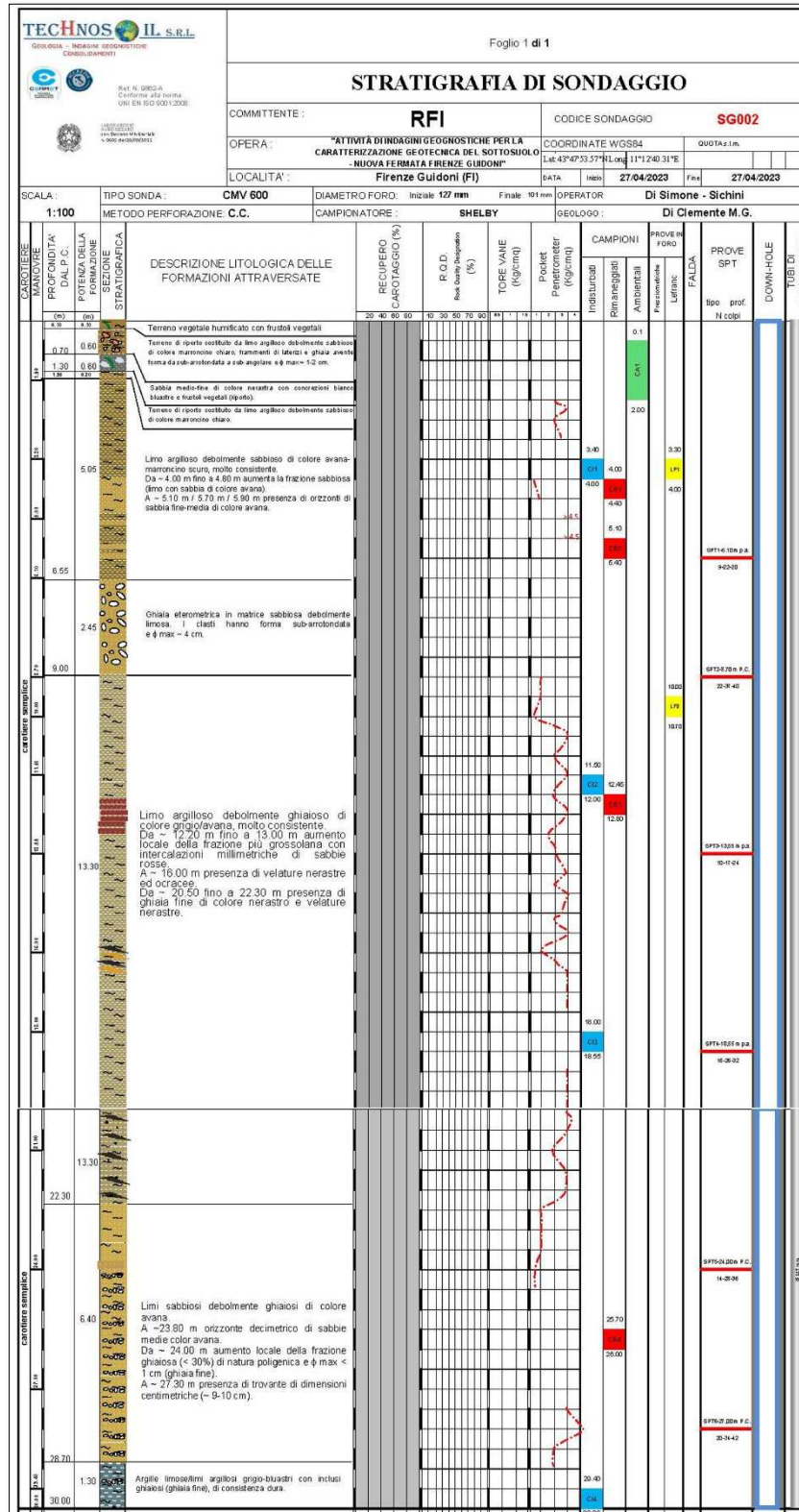


Figura 6-19 Stratigrafia sondaggio SG002



Figura 6-20 Foto carote sondaggio SG002

Litostratigrafia sintetica del sondaggio SG002:

- | | | |
|----|-----------------|--|
| 1. | 0,00 – 1,50 m | terreno di riporto; |
| 2. | 1,50 – 6,55 m | limo argilloso debolmente sabbioso molto consistente; |
| 3. | 6,55 – 9,00 m | ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa leggermente limosa; |
| 4. | 9,00 – 22,30 m | limi argillosi debolmente ghiaiosi; |
| 5. | 22,30 – 28,70 m | limi sabbiosi debolmente ghiaiosi; |
| 6. | 28,70 – 30,00 m | argille limose e limi argillosi. |

Il foro è stato equipaggiato con tubo cieco per prova Down Hole.

Sondaggio	profondità (m)	N1	N2	N3	Nspt
SG002	6,10-6,55	9	22	20	42
	8,70-9,15	22	37	40	77
	13,55-14,00	10	17	24	41
	18,55-19,00	16	26	32	58
	24-24,45	14	28	36	64
	27,00-27,45	20	34	42	76

Figura 6-21 Risultati prove SPT sondaggio SG002

Sondaggio	profondità (m)		K (m/s)
SG002	4,00	LEFRANC -1	3,00E+06
	10,70	LEFRANC -2	8,22E+07

Figura 6-22 Risultati prove Lefranc sondaggio SG002

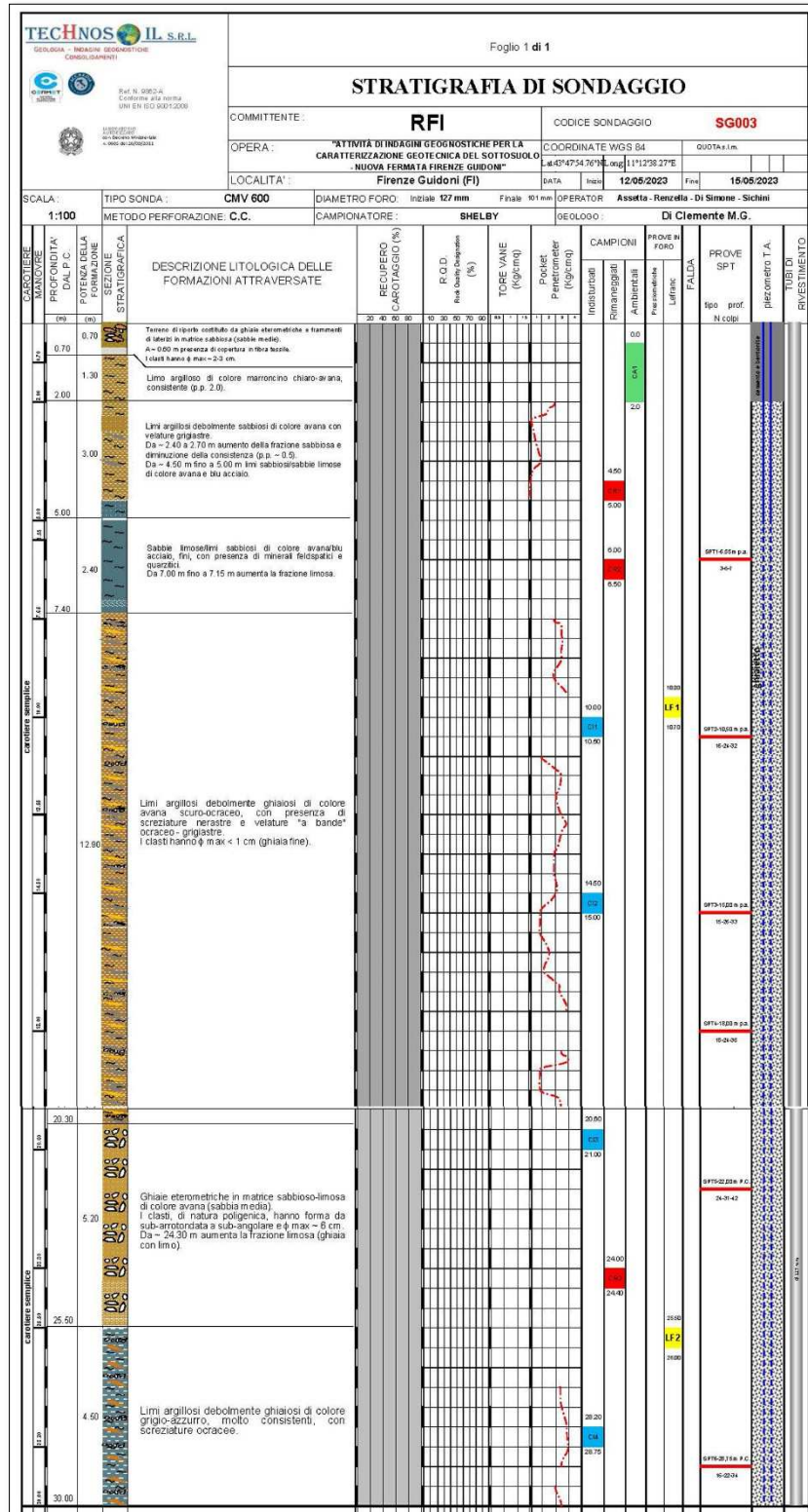


Figura 6-23 Stratigrafia sondaggio SG003



Figura 6-24 Foto carote sondaggio SG003

Litostratigrafia sintetica del sondaggio SG003:

- | | | |
|----|-----------------|---|
| 1. | 0,00 – 0,70 m | terreno di riporto; |
| 2. | 0,70 – 5,00 m | limo argilloso debolmente sabbioso; |
| 3. | 5,00 – 7,40 m | sabbie limose e limi sabbiosi; |
| 4. | 7,40 – 20,30 m | limi argillosi debolmente ghiaiosi; |
| 5. | 20,30 – 25,50 m | ghiaie eterometriche in matrice sabbio limosa; |
| 6. | 25,50 – 30,00 m | limi argillosi debolmente ghiaiosi molto consistenti. |

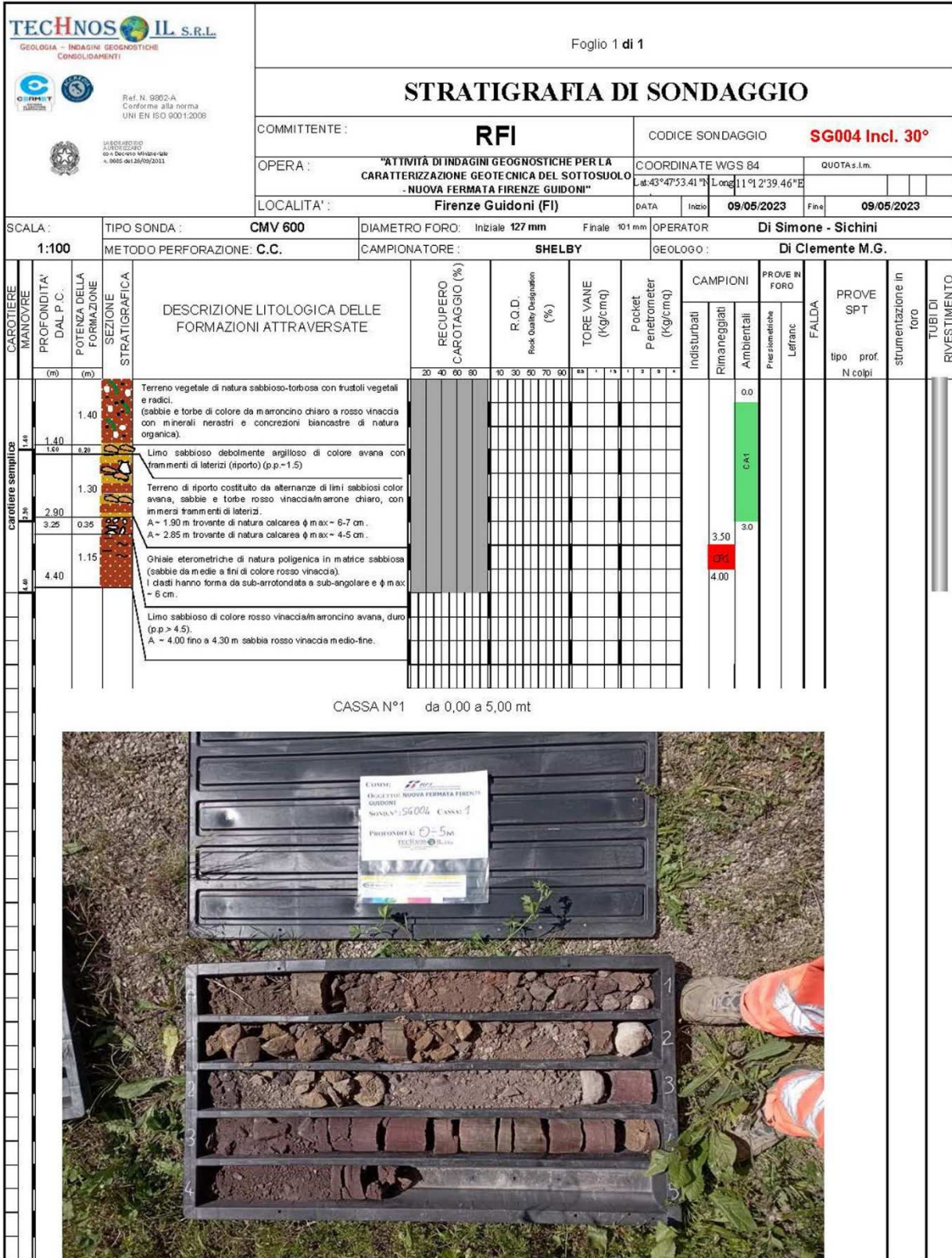
Il foro è stato equipaggiato con tubo piezometrico aperto.

Sondaggio	profondità (m)	N1	N2	N3	Nspt
SG003	6,55-7,00	3	6	7	13
	10,50-10,95	16	24	32	56
	15,00-15,45	15	26	33	59
	18,00-18,45	18	24	36	60
	22,00-22,45	24	31	42	73
	28,75-29,20	16	22	34	56

Figura 6-25 Risultati prove SPT sondaggio SG003

Sondaggio	profondità (m)		K (m/s)
SG003	10,70	LEFRANC -1	5,35E+06
	26,00	LEFRANC -2	3,30E+07

Figura 6-26 Risultati prove Lefranc sondaggio SG003



note : **Sondaggio inclinato di 30° rispetto la verticale**

Figura 6-27 Stratigrafia sondaggio SG004 + Foto carote

Litostratigrafia sintetica del sondaggio SG004 eseguito con un'inclinazione di 30° alla base del rilevato ferroviario:

1. 0,00 – 1,40 m terreno vegetale di natura sabbioso torbosa;
2. 1,40 – 2,90 m terreno di riporto;
3. 2,90 – 3,25 m ghiaie eterometriche poligeniche in matrice sabbiosa;
4. 3,25 – 4,40 m limo sabbioso.

Il foro non è stato equipaggiato con strumentazioni.

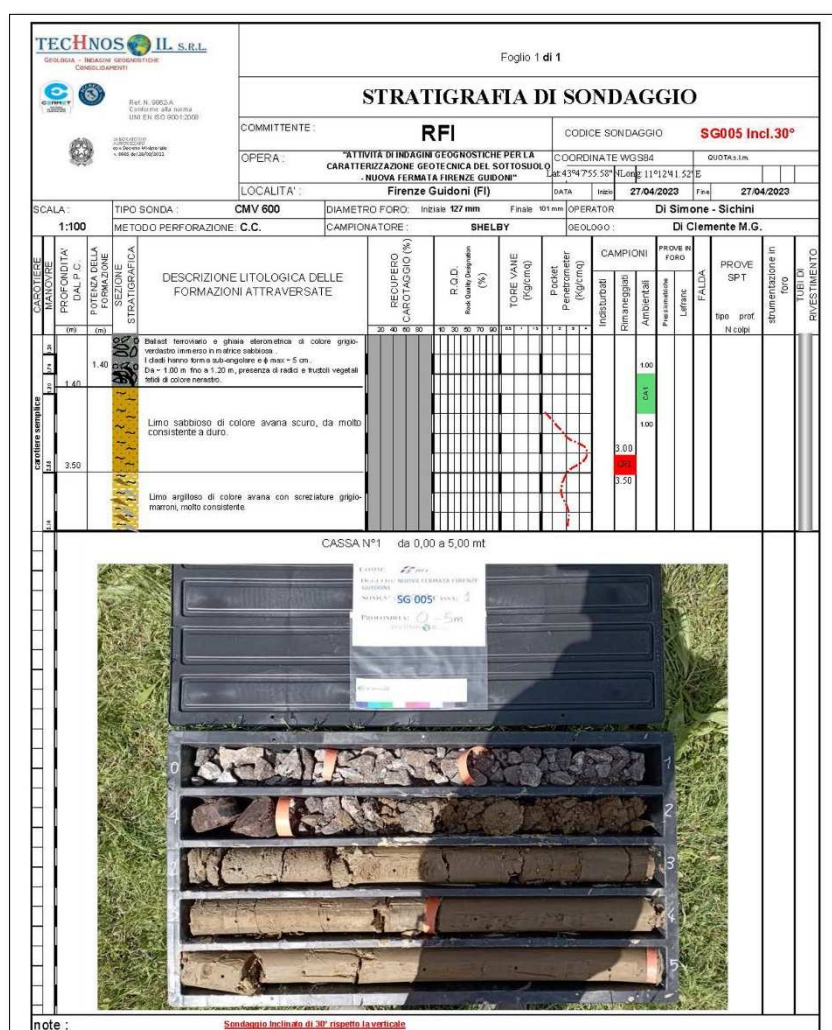


Figura 6-28 Stratigrafia sondaggio SG005 + Foto carote

Litostratigrafia sintetica del sondaggio SG005 eseguito con un'inclinazione di 30° alla base del rilevato ferroviario:

1. 0,00 – 1,40 m ballast ferroviario e ghiaie eterometriche;
2. 1,40 – 3,50 m limo sabbioso;
3. 3,50 – 5,00 m limo argilloso.

Il foro non è stato equipaggiato con strumentazioni.

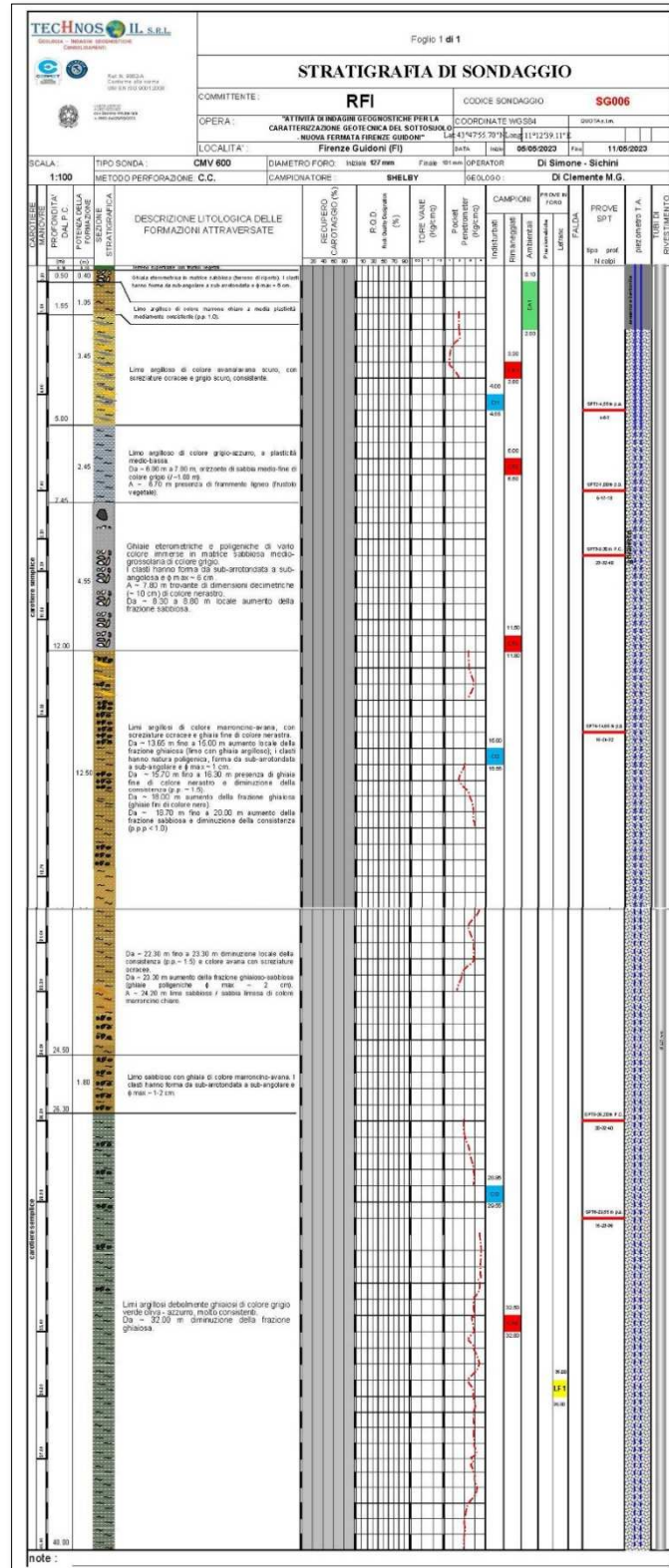


Figura 6-29 Stratigrafia sondaggio SG006



Figura 6-30 Foto carote sondaggio SG006

Litostratigrafia sintetica del sondaggio SG006:

- | | | |
|----|-----------------|---|
| 1. | 0,00 – 0,50 m | terreno di riporto; |
| 2. | 0,50 – 7,45 m | limo argilloso; |
| 3. | 7,45 – 12,00 m | ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa; |
| 4. | 12,00 – 24,50 m | limi argillosi debolmente ghiaiosi; |
| 5. | 24,50 – 26,30 m | limi sabbiosi con ghiaia; |
| 6. | 26,30 – 40,00 m | limi argillosi debolmente ghiaiosi molto consistenti. |

Il foro è stato equipaggiato con tubo piezometrico aperto.

Sondaggio	profondità (m)	N1	N2	N3	Nspt
SG006	4,55-5,00	4	6	7	13
	7,00-7,45	6	17	18	35
	9,30-9,75	23	32	40	72
	14,65-15,10	16	24	32	56
	26,20-26,65	20	32	40	72
	29,55-30,00	15	23	36	59

Figura 6-31 Risultati prove SPT sondaggio SG006

Sondaggio	profondità (m)		K (m/s)
SG006	35,50	LEFRANC	4,48E+06

Figura 6-32 Risultati prova Lefranc sondaggio SG006



Figura 6-34 Foto carote sondaggio SG007

Litostratigrafia sintetica del sondaggio SG007:

1. 0,00 – 1,20 m terreno di riporto;
2. 1,20 – 4,00 m limo argilloso molto consistente;
3. 4,00 – 12,00 m limo sabbioso, dagli 8,00 m aumenta la frazione grossolana (ghiaie fini);
4. 12,00 – 25,00 m limi sabbiosi debolmente ghiaiosi (ghiaie fini);

Il foro è stato equipaggiato con tubo piezometrico aperto.

Sondaggio	profondità (m)	N1	N2	N3	Nspt
SG007	3,40-3,85	3	5	6	11
	6,50-6,95	3	4	4	8
	8,70-9,15	10	17	22	39
	15,00-15,45	16	21	34	55
	20,20-20,65	14	22	33	55
	23,50-23,95	28	26	38	64

Figura 6-35 Risultati prove SPT sondaggio SG007

Sondaggio	profondità (m)		K (m/s)
SG007	6,50	LEFRANC	1,22E+05

Figura 6-36 Risultati prova Lefranc sondaggio SG007

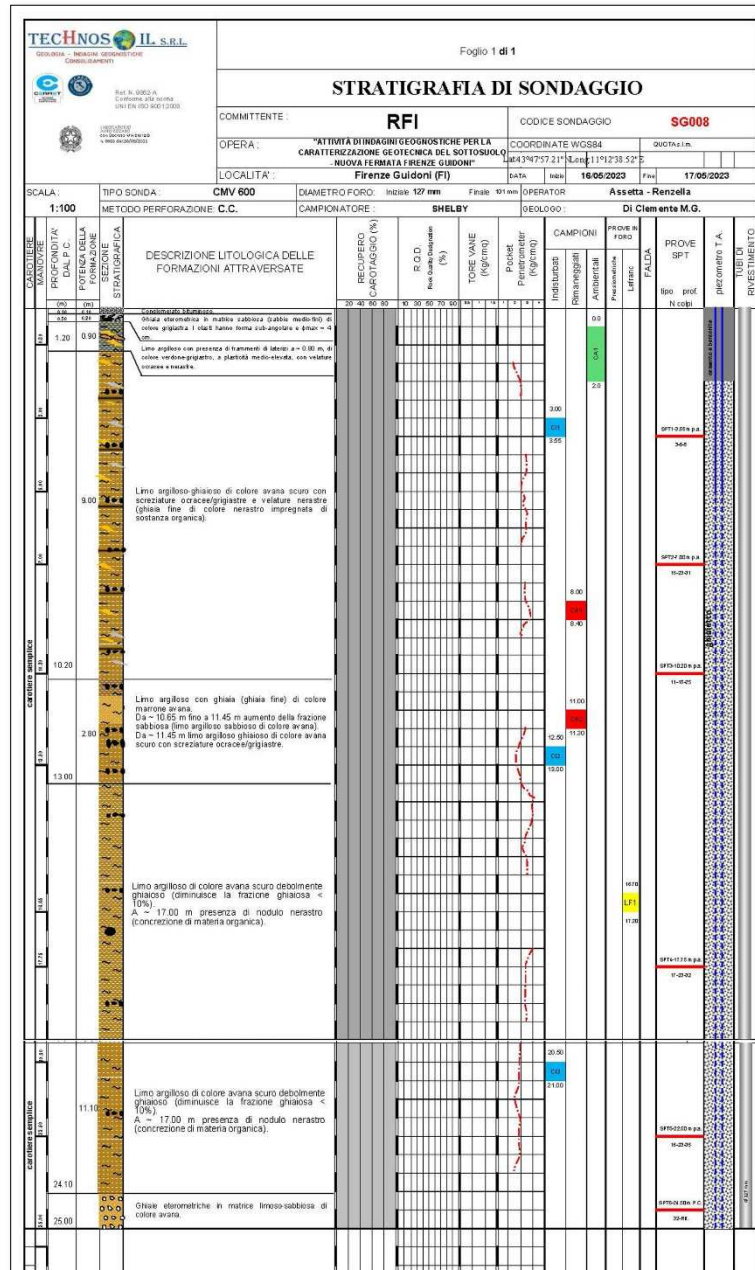


Figura 6-37 Stratigrafia sondaggio SG008



Figura 6-38 Foto carote sondaggio SG008

Litostratigrafia sintetica del sondaggio SG008:

1. 0,00 – 1,20 m terreno di riporto;
2. 1,20 – 24,10 m limo argilloso debolmente ghiaioso con presenza di materiale organico;
3. 24,10 – 25,00 m ghiaie eterometriche in matrice limoso sabbiosa.

Il foro è stato equipaggiato con tubo piezometrico aperto.

Sondaggio	profondità (m)	N1	N2	N3	Nspt
SG008	3,55-4,00	3	6	8	14
	7,00-7,45	15	23	31	54
	10,20-10,65	11	18	25	43
	17,75-18,20	17	22	32	54
	22,50-22,95	16	23	35	58
	24,50-24,95	32	R	R	R

Figura 6-39 Risultati prove SPT sondaggio SG008

Sondaggio	profondità (m)		K (m/s)
SG008	17,20	LEFRANC	4,15E+07

Figura 6-40 Risultati prova Lefranc sondaggio SG008

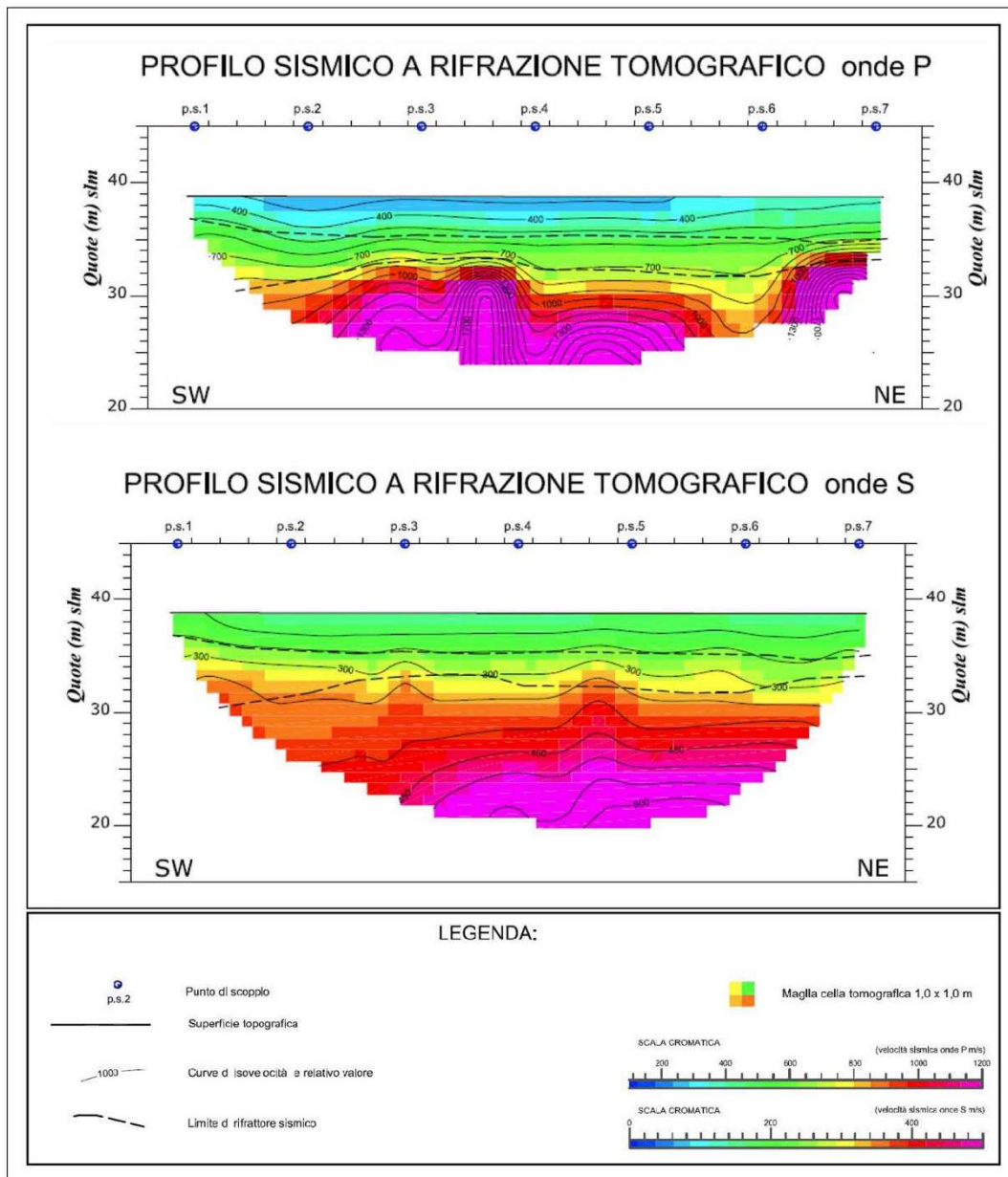


Figura 6-41 Grafico del Profilo Sismico Tomografico a Rifrazione

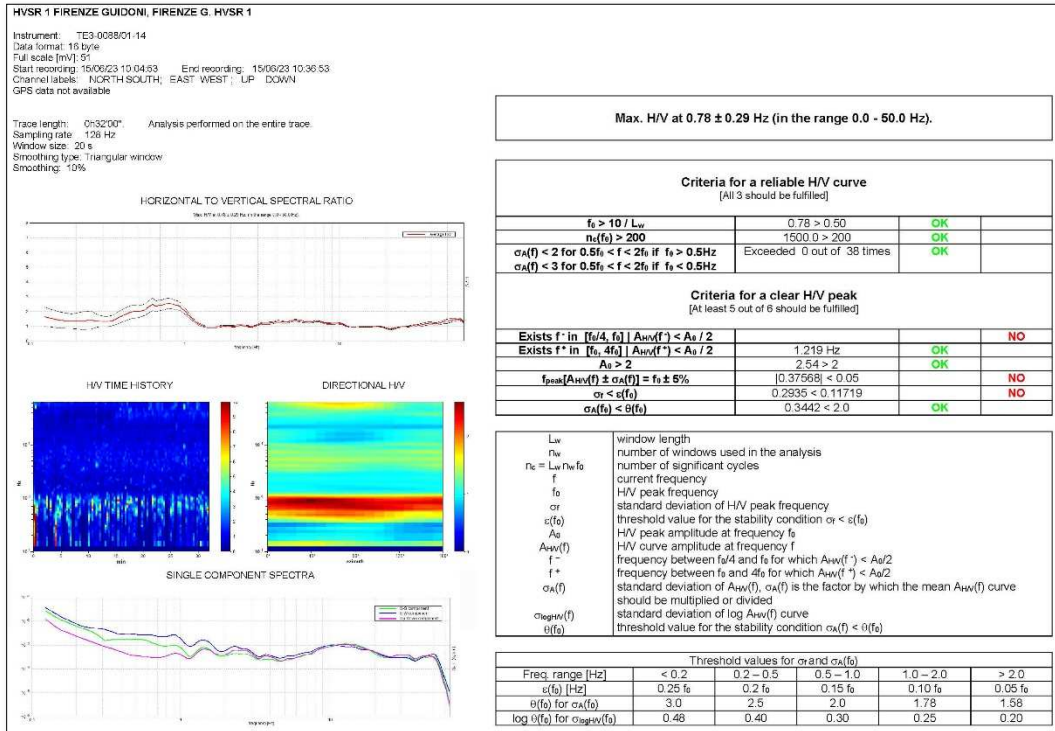


Figura 6-42 Risultati della prova HVSR 1

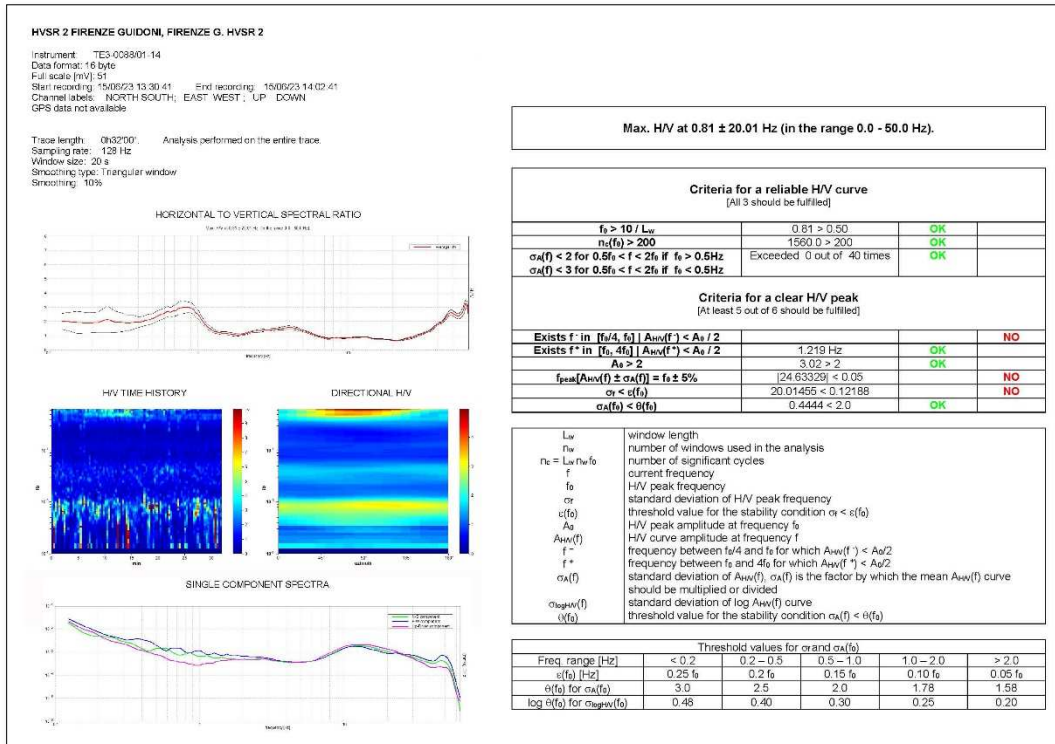


Figura 6-43 Risultati della prova HVSR 2

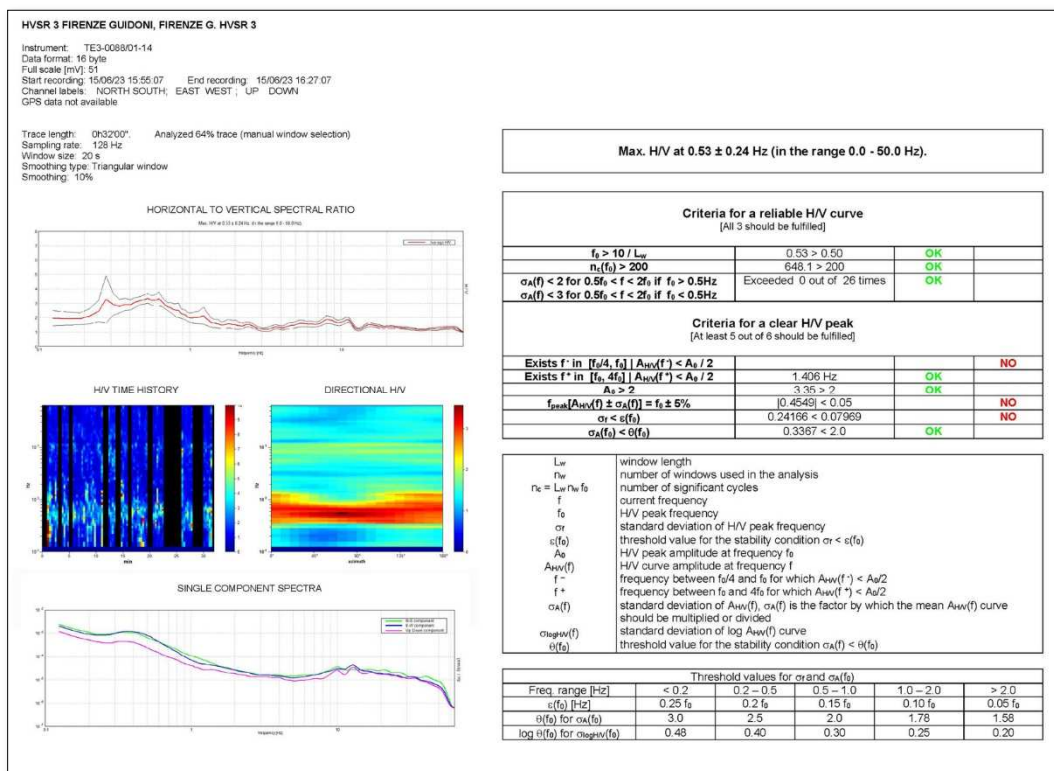


Figura 6-44 Risultati della prova HVSR 3

Per maggiori dettagli si rimanda al fascicolo delle indagini ed alla relazione geotecnica.

6.3 LITOSTRATIGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO E MODELLO GEOLOGICO

Dall'esame delle stratigrafie a disposizione si prevede, al di sotto di uno spessore variabile di riporto antropico, la presenza delle tipiche alternanze dei depositi continentali. Come si può vedere da un profilo litostatigrafico che prende in considerazione tre sondaggi eseguiti per altra progettazione prevalgono i terreni a granulometria fine con lenti prettamente ghiaiose a quote diverse, questo fatto è probabilmente imputabile alla presenza nella zona di paleoalvei.

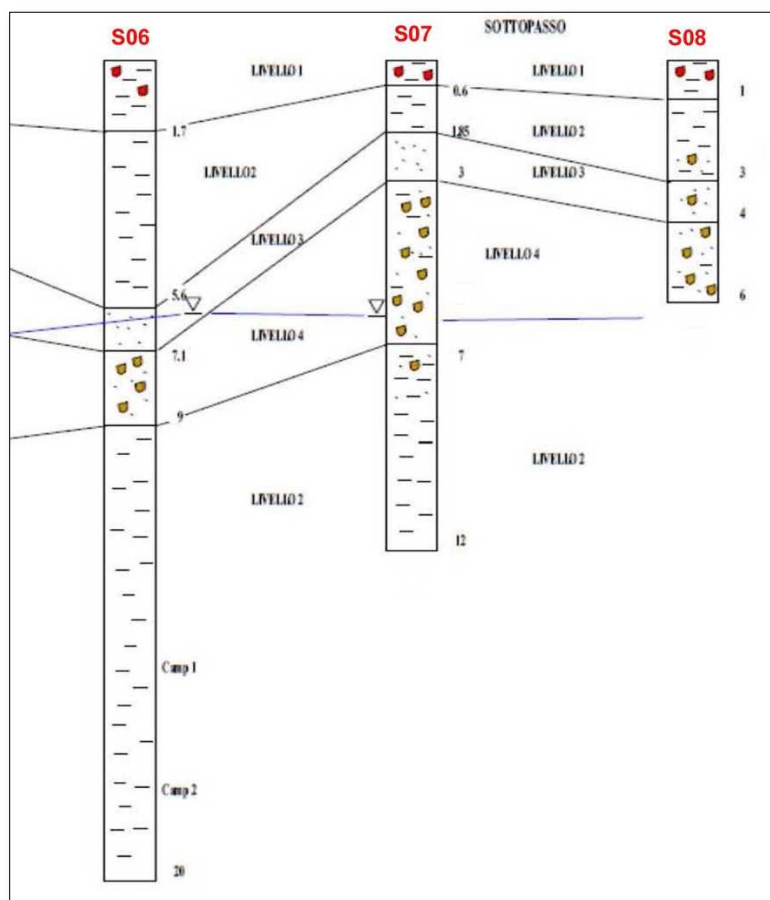


Figura 6-13 Profilo litostratigrafico schematico

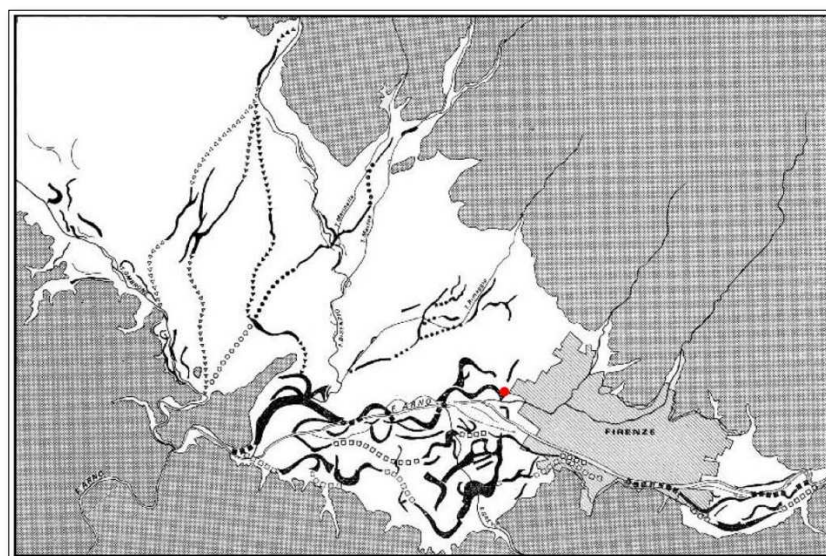


Figura 6-14 Paleoalvei

Nel sondaggio SD ubicato ad approssimativamente 35 m a N – E del sondaggio S07 il livello delle ghiaie è segnalato ad una profondità di 22 m dal piano di campagna, ad una profondità molto maggiore rispetto

al sondaggio S07 (3 m dal piano di campagna), ciò testimonia l'estrema variabilità della litostratigrafia sia in senso orizzontale che verticale.

In base alle indagini eseguite per la progettazione, la litostratigrafia e il modello geologico viene affinato come di seguito descritto.

Nella parte Sud Orientale, rispetto alla linea ferroviaria, nella parte compresa tra la trincea Guidoni e il sottopasso ferroviario di Viale 11 Agosto (SG001, SG002, ReMi e stendimento sismico a rifrazione) i terreni sono rappresentati al di sotto di un riporto di 2,40 m nella parte Sud Occidentale e di 1,50 m nella parte Nord Orientale dai tipici terreni di depositi continentali di origine fluvio lacustre costituiti da limi sabbiosi più o meno argillosi con presenza di livelli ghiaiosi. In entrambi i sondaggi è presente un livello ghiaioso compreso tra 4,90 e 7,70 m nella parte Sud Occidentale 6,55 e 9,00 m nella parte Nord Orientale.

Al di sotto e fino alla profondità di 24,50 m nella parte Sud Occidentale e fino alla profondità di 22,30 m nella parte Nord Orientale sono presenti dei limi argillosi leggermente ghiaiosi da consistenti a molto consistenti. Dalla profondità di 24,50 alla profondità di 28,50 m nella parte Sud Occidentale e dalla profondità di 22,30 alla profondità di 28,70 m nella parte Nord Orientale sono presenti limi sabbiosi con ghiaia. Al di sotto ancora, in entrambi i sondaggi, sono presenti argille più o meno limose molto consistenti con sporadica presenza di ghiaie fini soprattutto nella parte Nord Orientale.

Dalla prova ReMi si vede uno strato dello spessore di 3,50 m a bassa velocità delle onde di taglio (164 m/s) seguito da uno strato, fino alla profondità di 15,70 m, in cui la velocità delle onde di taglio migliora (298 m/s) al di sotto ancora e fino alla profondità stimata di 40,00 m dal piano di campagna la velocità delle onde di taglio migliora nettamente (574 m/s). La V_s equivalente ricavata risulta essere di 352 m/s che permette di attribuire i terreni di fondazione alla categoria "C".

Oltre alla prova ReMi nel sondaggio SG002 (nella parte Nord Orientale) è stata eseguita una prova Down Hole che ha dato dei risultati leggermente inferiori, ma comunque comparabili, ed è stata determinata una V_s equivalente di 335 m/s che ha permesso di attribuire univocamente i terreni di fondazione alla categoria "C".

Dai risultati dello stendimento sismico a rifrazione sono confermati i dati sovraesposti e si nota un andamento irregolare del substrato a velocità superiori.

La soggiacenza della falda risulta essere compresa tra 5,90 e 6,80 m dal piano di campagna determinata con due misure eseguite alla distanza di 30 gg una dall'altra che evidenziano l'escursione di 1 metro approssimativamente.

Nella parte Nord Occidentale, rispetto alla linea ferroviaria, nella parte compresa tra la trincea Guidoni e il sottopasso ferroviario di Viale Alessandro Guidoni (SG003 e MASW_1).

I terreni sono rappresentati al di sotto di un riporto di 0,70 m dai tipici terreni di depositi continentali di origine fluvio lacustre costituiti da limi sabbiosi più o meno argillosi con presenza di livelli ghiaiosi. Nel sondaggio è presente un livello limo argilloso tra 0,70 e 5,00 m. Dai 5,00 m ai 7,40 m è presente un livello di sabbie limose e limi sabbiosi. Al di sotto e fino alla profondità di 20,30 m i terreni sono

rappresentati da ghiaie eterometriche in matrice sabbio limosa fino alla profondità di 25,60 m. Al di sotto e fino alla massima profondità investigata (30,00 m) si incontrano limi argillosi con presenza di scarsa ghiaia, molto consistenti.

Dalla prova MASW_1 si vede uno strato dello spessore di 3,70 m a bassa velocità delle onde di taglio (166 m/s) seguito da uno strato, fino alla profondità di 11,60 m, in cui la velocità delle onde di taglio migliora (301 m/s) al di sotto ancora e fino alla profondità di 30,00 m dal piano di campagna la velocità delle onde di taglio migliora nettamente (503 m/s). La Vs equivalente ricavata risulta essere di 352 m/s che permette di attribuire i terreni di fondazione alla categoria "C".

La soggiacenza della falda risulta essere compresa tra 4,17 e 4,30 m dal piano di campagna determinata con due misure eseguite alla distanza di 30 gg una dall'altra che evidenziano una scarsissima escursione del livello.

Nella parte Nord Orientale rispetto alla ferrovia a Nord Est del sottopasso ferroviario di Viale 11 Agosto (SG006, SG007 e SG008) i terreni sono rappresentati, nel sondaggio vicinale alla linea ferroviaria (SG006) al di sotto di un riporto di 0,50 m dai tipici terreni di depositi continentali di origine fluvio lacustre costituiti da limi sabbiosi più o meno argillosi con presenza di livelli ghiaiosi. Nel sondaggio è presente un livello limo argilloso tra 0,70 e 7,45 m con rare intercalazioni sabbiose. Dai 7,45 m ai 12,00 m è presente un livello di ghiaie eterometriche e poligeniche in matrice sabbiosa. Dalla profondità di 12,00 m e fino alla profondità di 26,30 m sono presenti dei limi sabbiosi con presenza di livelli leggermente ghiaiosi. Dai 26,30 m di profondità e fino alla massima profondità investigata (40,00 m dal piano di campagna) sono presenti limi argillosi leggermente ghiaiosi molto consistenti.

La soggiacenza della falda risulta essere compresa tra 4,27 e 9,72 m dal piano di campagna determinata con due misure eseguite alla distanza di 30 gg una dall'altra che evidenziano una escursione molto elevata dell'ordine approssimativo di 5 metri.

Procedendo verso Nord Ovest al limite del parcheggio Guidoni prima del viale XI Agosto nel sondaggio SG008 al di sotto di un riporto di 1,20 m dai tipici terreni di depositi continentali di origine fluvio lacustre costituiti da limi sabbiosi più o meno argillosi con presenza di livelli ghiaiosi. Nel sondaggio si rileva un livello limo argilloso con ghiaia tra 1,20 e 13,00 m con rare intercalazioni sabbiose. Dai 13,00 m ai 24,10 m sono presenti sempre dei limi argillosi e diminuisce la frazione ghiaiosa. Dai 24,10 m fino ai 25,00 m di profondità (massima profondità investigata) è presente un livello di ghiaie eterometriche in matrice limo sabbiosa.

La soggiacenza della falda risulta essere compresa tra 3,92 e 4,27 m dal piano di campagna determinata con due misure eseguite alla distanza di 30 gg una dall'altra che evidenziano una escursione molto elevata dell'ordine approssimativo di pochi centimetri.

Procedendo ancora verso Nord Ovest nel terreno incolto dopo il viale XI Agosto nel sondaggio SG007 al di sotto di un riporto di 1,20 m sono presenti i tipici terreni di depositi continentali di origine fluvio lacustre costituiti da limi sabbiosi più o meno argillosi con presenza di livelli ghiaiosi. Nel sondaggio si rileva un livello limo argilloso tra 1,20 e 4,00 m con rare intercalazioni sabbiose. Dai 4,00 m ai 12,00 m

sono presenti sempre dei limi sabbiosi e dagli 8,00 m aumenta la frazione ghiaiosa. Dai 12,00 m fino ai 25,00 m di profondità (massima profondità investigata) sono presenti limi ghiaiosi sabbiosi con presenza di materiale organico.

La soggiacenza della falda risulta essere compresa tra 3,85 e 4,30 m dal piano di campagna determinata con due misure eseguite alla distanza di 30 gg una dall'altra che evidenziano una escursione molto elevata dell'ordine approssimativo di mezzo metro.

In quest'area non sono state portate e termine indagini geofisiche mirate, ma è congruo attribuire i terreni di fondazione alla categoria "C".

Nella parte a Nord Est di Viale Alessandro Guidoni a Sud Est della linea ferroviaria si sono portate a termine una prova penetrometrica con piezocono (CPTU_2) ed una prova MASW (MASW_1). La prova CPTU evidenzia un terreno di copertura antropica dell'ordine metrico, al di sotto della quale è presente un livello prettamente argilloso fino ad approssimativamente 2,00 m di profondità. Al di sotto prevale la percentuale sabbiosa fino alla profondità di poco meno di 7,00 m dove iniziano le componenti ghiaiose e la prova si è arrestata.

Dalla prova MASW_2 si vede uno strato dello spessore di 5,30 m a bassa velocità delle onde di taglio (185 m/s) seguito da uno strato, fino alla profondità di 15,90 m, in cui la velocità delle onde di taglio migliora (362 m/s) al di sotto ancora e fino alla profondità di 30,00 m dal piano di campagna la velocità delle onde di taglio migliora nettamente (547 m/s). La Vs equivalente ricavata risulta essere di 358 m/s che permette di attribuire i terreni di fondazione alla categoria "C".

Come si può vedere il modello geologico è ben correlabile tra le varie indagini prese in considerazione con variazioni litologiche, sia in senso verticale che orizzontale, prevedibili in un ambiente di sedimentazione di tipo continentale (fluvio lacustre).

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione geotecnica.

7 INQUADRAMENTO SISMICO

7.1 ZONAZIONE SISMOTETTONICA

Il territorio del Comune di Firenze ricade nella zona sismogenetica 916 come rappresentato nella figura sottostante.

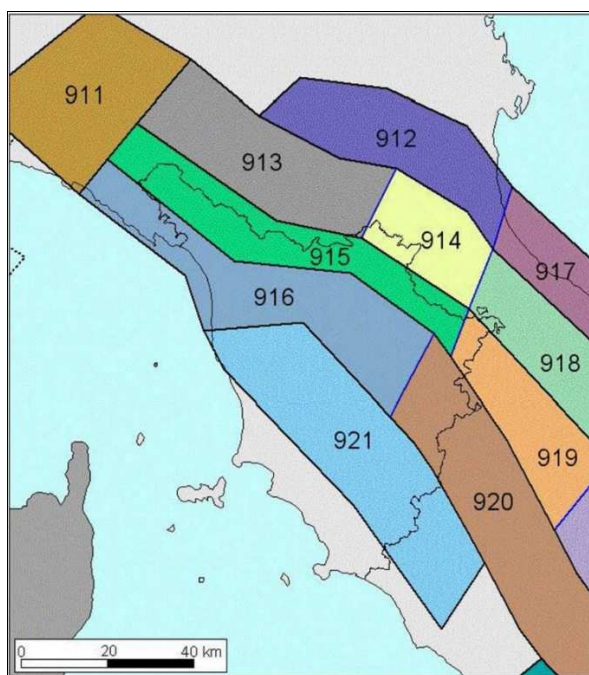


Figura 7-1 Zonazione sismogenetica ZS9 con riferimento al territorio toscano

Le zone 916 e 920 coincidono con il settore di distensione tirrenica definito nel modello sismotettonico di Meletti e al. (2000). Questa zona è caratterizzata da una sismicità a bassa energia che sporadicamente raggiunge valori di magnitudo relativamente elevati.

La maggior frequenza di questi eventi si manifesta nella zona 920 che per questo motivo viene differenziata dalla zona 916.

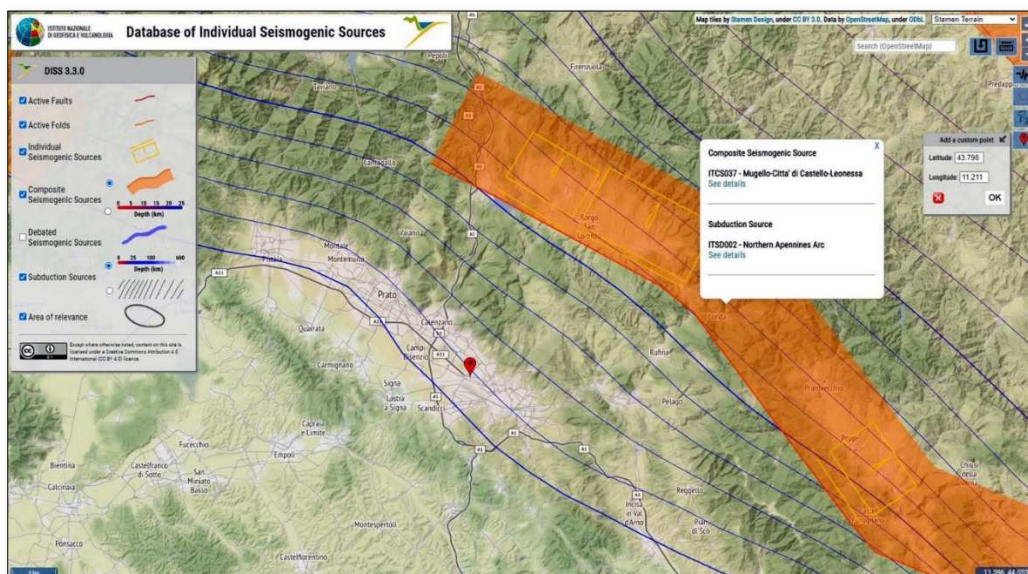


Figura 7-2: Estratto dell'App. Geostru Zone Sismogenetiche (dal database INGV – DISS versione 3.3.0, con raffigurate le Sorgenti Composite fasce arancio)

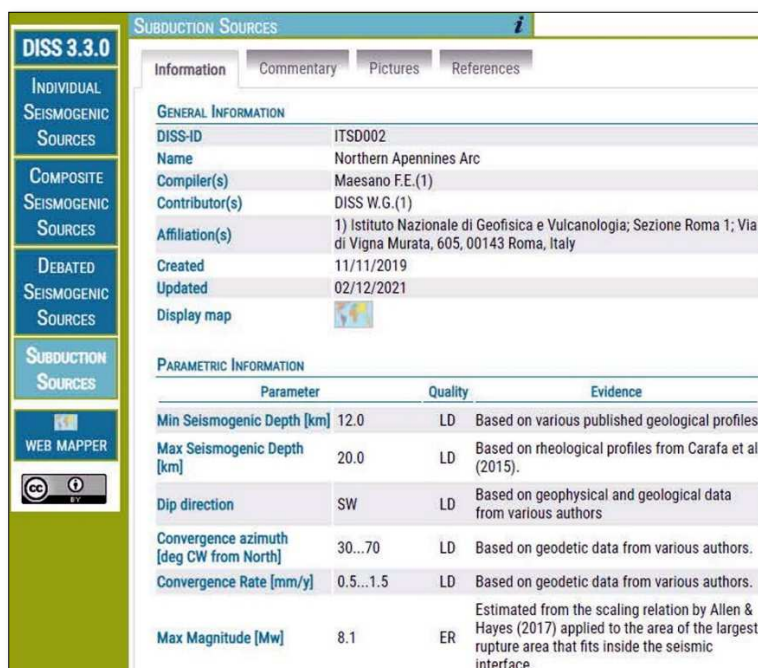


Figura 7-3: Estratto dell' App. Geostru Zone Sismogenetiche (dal database INGV – DISS versione 3.3.0, con raffigurate le Sorgenti Composite fasce arancio) - dettaglio ITSD002 Northern Apennines Arc

Il database INGV delle Sorgenti Individuali Sismogenetiche (Database of Individual Seismogenic Sources – DISS versione 3.3.0), di cui un estratto è visibile nelle figure 7-2 e 7-3, assegna il punto in esame come in fregio alla Sorgente Sismogenetica ITSD002 e denominata “Northern Apennines Arc” a cui è attribuita una magnitudo massima di riferimento pari a Mw=8,1.

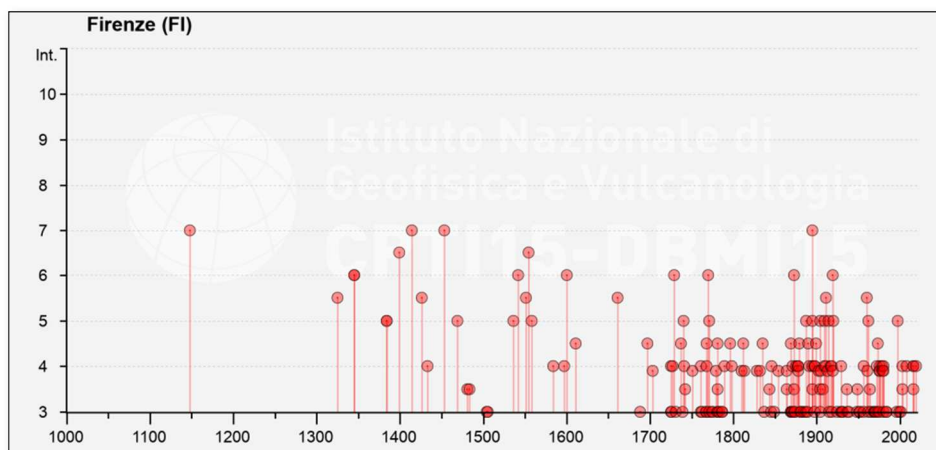


Figura 7-4: Storia sismica Firenze terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4/5. INGV – D.B. Macrosismico Italiano 2004

7.2 MACROZONAZIONE SISMICA

Secondo la nuova normativa sismica presente nei D.M. 14.01.2008 e **DM 17 gennaio 2018** si deve far riferimento alle locazioni delle opere come schematizzato nell'immagine seguente, dove sono visualizzati i vertici del reticolo nazionale e l'ubicazione dell'area di progetto:

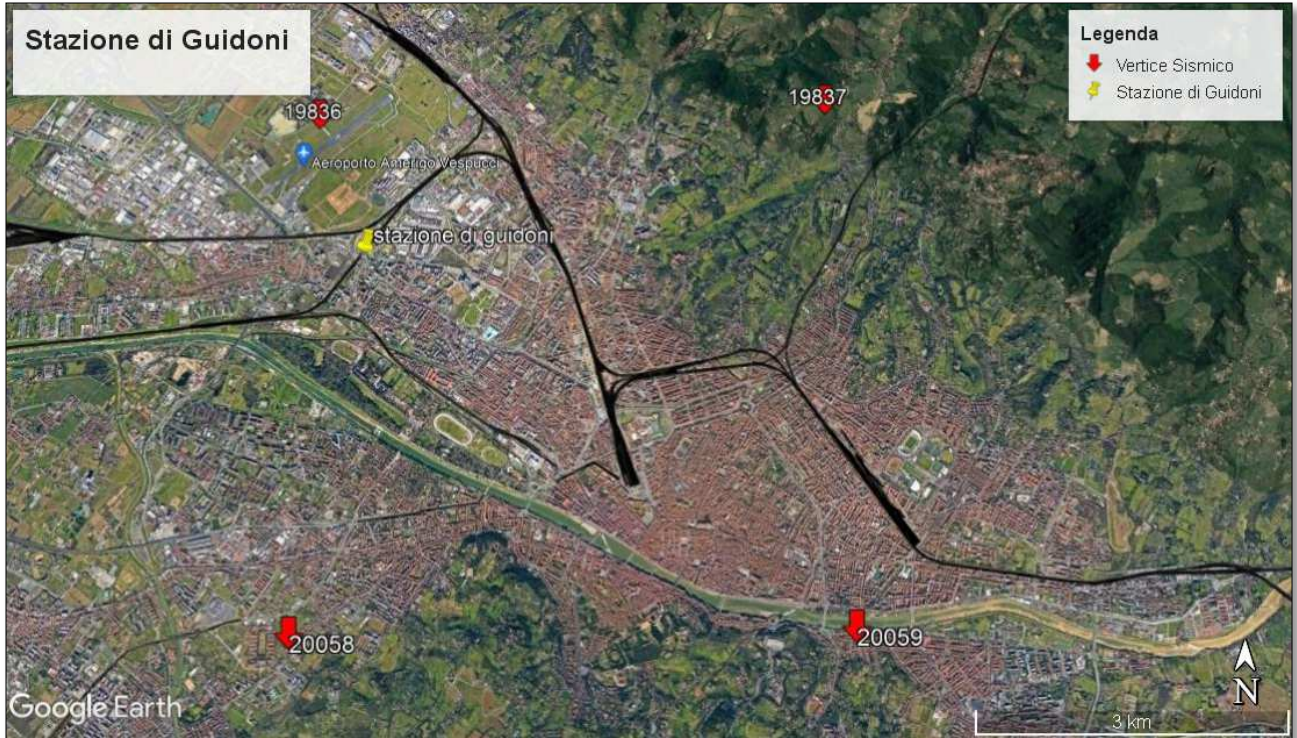


Figura 7-5 Vertici sismici

Si sono ricavate le coordinate di un punto baricentrico all'intervento ed in base a queste si è ricavata l'accelerazione orizzontale massima prevista sui suoli rigidi con i vari tempi di ritorno.

Vengono di seguito rappresentati i valori precalcolati relativi ai vertici sismici considerati:

ID	LON	LAT	Tr=30			Tr=50			Tr=72			Tr=101			Tr=140		
			a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c
19836	11,2040	43,8130	0,473	2,55	0,25	0,568	2,58	0,27	0,646	2,59	0,28	0,729	2,59	0,28	0,811	2,60	0,29
19837	11,2730	43,8140	0,486	2,54	0,25	0,583	2,58	0,27	0,668	2,57	0,28	0,753	2,58	0,28	0,842	2,57	0,29
20058	11,2060	43,7630	0,453	2,56	0,25	0,544	2,60	0,26	0,611	2,62	0,28	0,691	2,61	0,28	0,768	2,62	0,29
20059	11,2750	43,7640	0,462	2,56	0,25	0,555	2,59	0,27	0,627	2,61	0,28	0,708	2,60	0,28	0,786	2,62	0,29
ID	LON	LAT	Tr=201			Tr=475			Tr=975			Tr=2475					
			a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c	a_g	F_0	T_c			
19836	11,2040	43,8130	0,947	2,51	0,29	1,329	2,40	0,30	1,686	2,38	0,31	2,223	2,42	0,32			
19837	11,2730	43,8140	0,965	2,54	0,29	1,338	2,45	0,30	1,727	2,39	0,31	2,265	2,41	0,32			
20058	11,2060	43,7630	0,899	2,53	0,29	1,279	2,39	0,30	1,621	2,39	0,31	2,145	2,41	0,31			
20059	11,2750	43,7640	0,925	2,51	0,29	1,302	2,40	0,30	1,648	2,39	0,31	2,177	2,42	0,32			

Figura 7-6 Vertici sismici-tabella dei parametri

L'area interessata dall'intervento è compresa interamente nel territorio comunale di Firenze, capoluogo dell'omonima provincia. Introducendo i valori delle coordinate si ricavano le tabelle sottosposte:

UBICAZIONE	ZONA SISIMICA	LATITUDINE	LONGITUDINE	ag (TR=475 anni)
Stazione di Guidoni	3	43,79822	11,211171	0,132

Figura 7-7 Tabella riassuntiva

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:

LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:

PROVINCIA:

COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

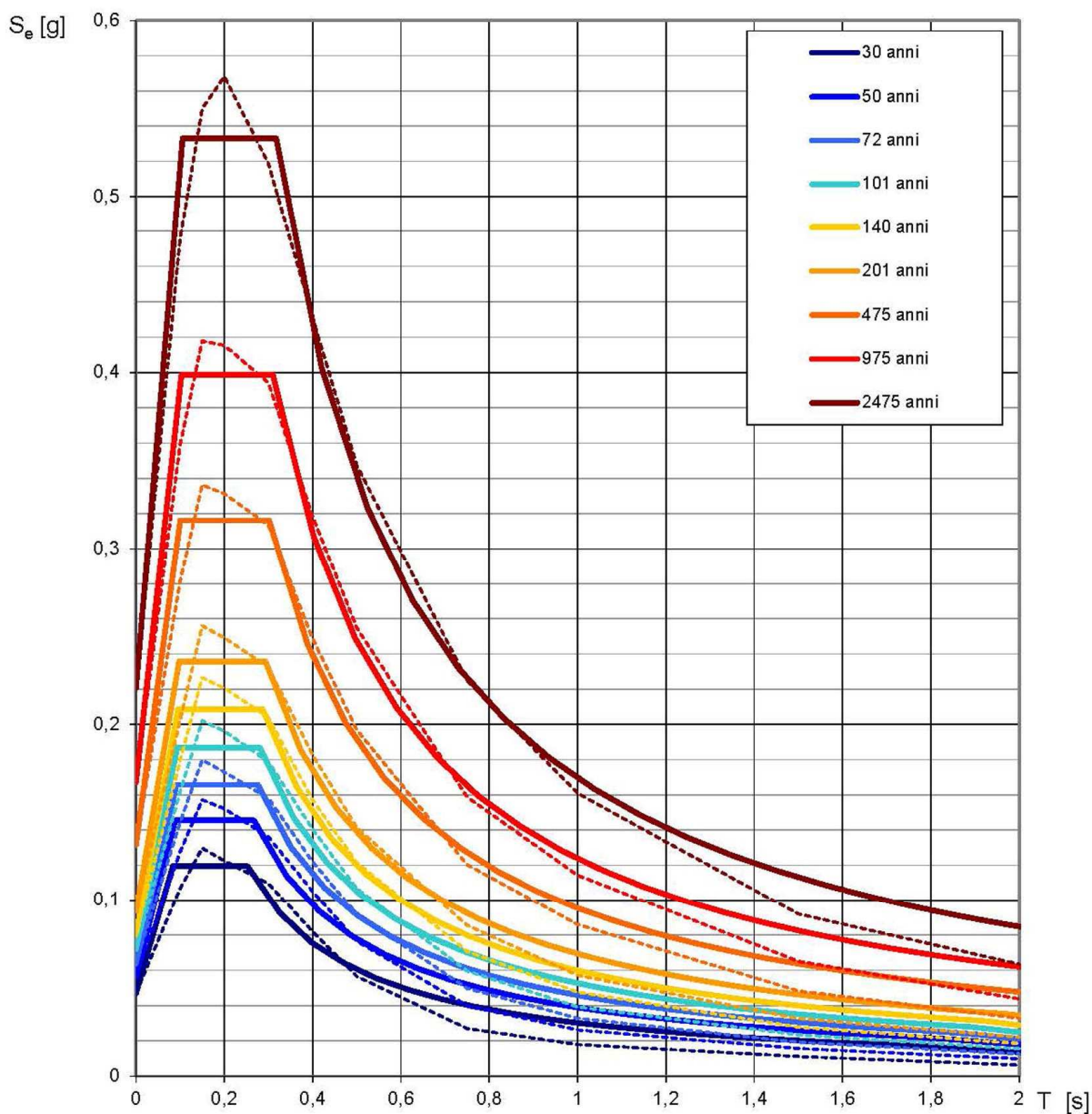
Figura 7-8 Pericolosità del sito

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,047	2,551	0,252
50	0,056	2,586	0,267
72	0,064	2,596	0,276
101	0,072	2,591	0,281
140	0,080	2,603	0,287
201	0,094	2,520	0,294
475	0,132	2,402	0,302
975	0,167	2,386	0,310
2475	0,221	2,417	0,318

Figura 7-9 Variazione delle accelerazioni orizzontali sui suoli rigidi con i vari tempi di ritorno

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Figura 7-10 Spettri con i vari tempi di ritorno

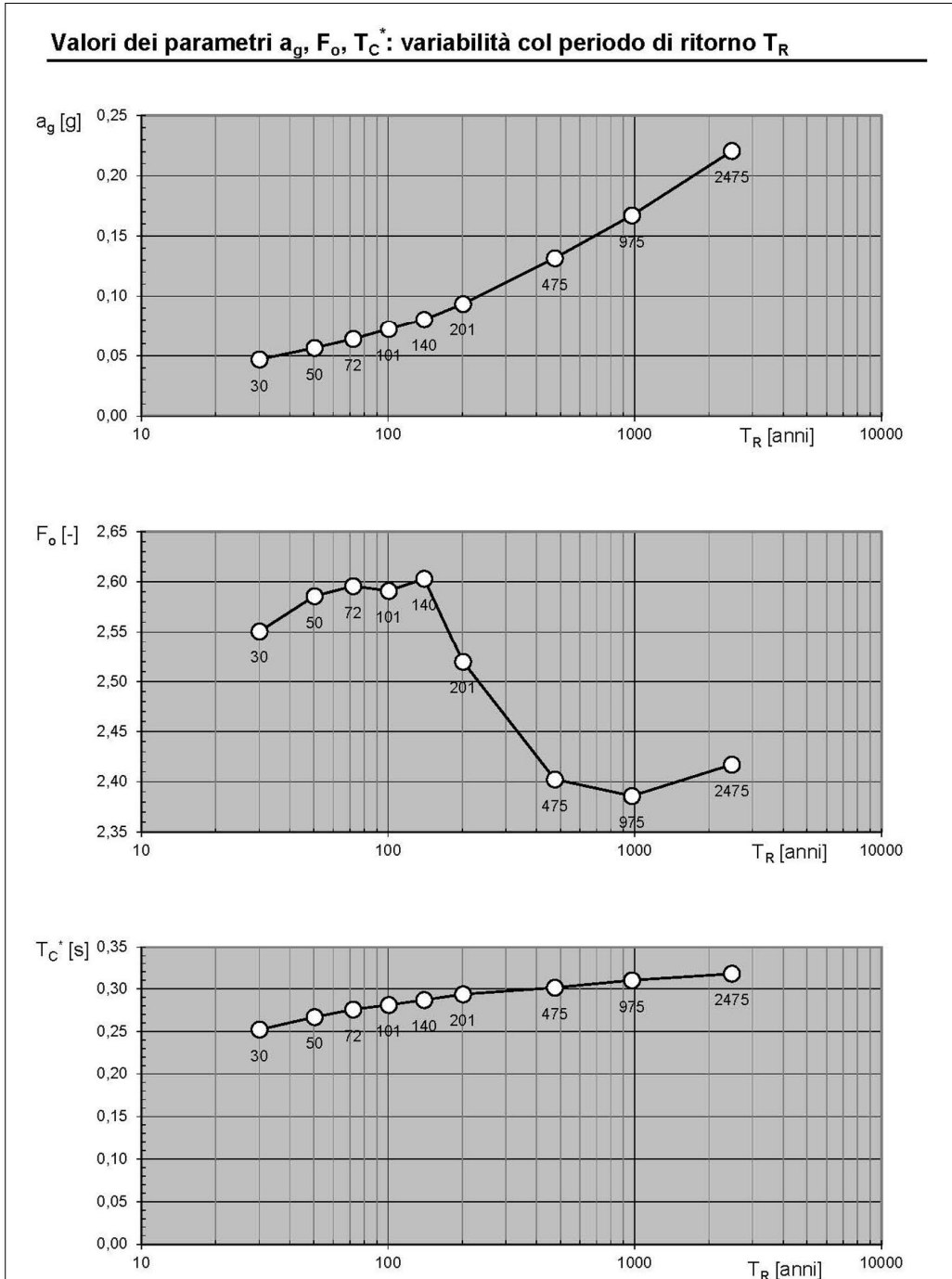


Figura 7-11 Parametri con i vari tempi di ritorno

Come si può vedere il valore dell'accelerazione orizzontale su suoli rigidi con un tempo di ritorno di 475 anni risulta di 0,132 g.

Dalla tabella di seguito rappresentata, prendendo in considerazione il valore ricavato dell'accelerazione orizzontale prevista, il rischio sismico risulta essere medio ed andiamo a posizionarci nella parte alta della zona 3^a.

CLASSIFICAZIONE SISMICA		
zona 1^a	ricadono in questa zona i comuni o porzioni di essi per i quali	$ag_{,475} \geq 0,25g$
zona 2^a	ricadono in questa zona i comuni o porzioni di essi per i quali	$0,25g > ag_{,475} \geq 0,15g$
zona 3^a	ricadono in questa zona i comuni o porzioni di essi per i quali	$0,15g > ag_{,475} \geq 0,05g$
zona 4^a	ricadono in questa zona i comuni o porzioni di essi per i quali	$ag_{,475} < 0,05g$

Figura 7-12 Classificazione sismica

7.3 MICROZONAZIONE SISMICA

7.3.1 Effetti di Campo Vicino

Nella zona in esame sono evidenziate delle faglie capaci come si può vedere dall'immagine seguente; quindi, questo tipo di amplificazione dovrà essere preso in considerazione nel caso della progettazione di opere strutturali.

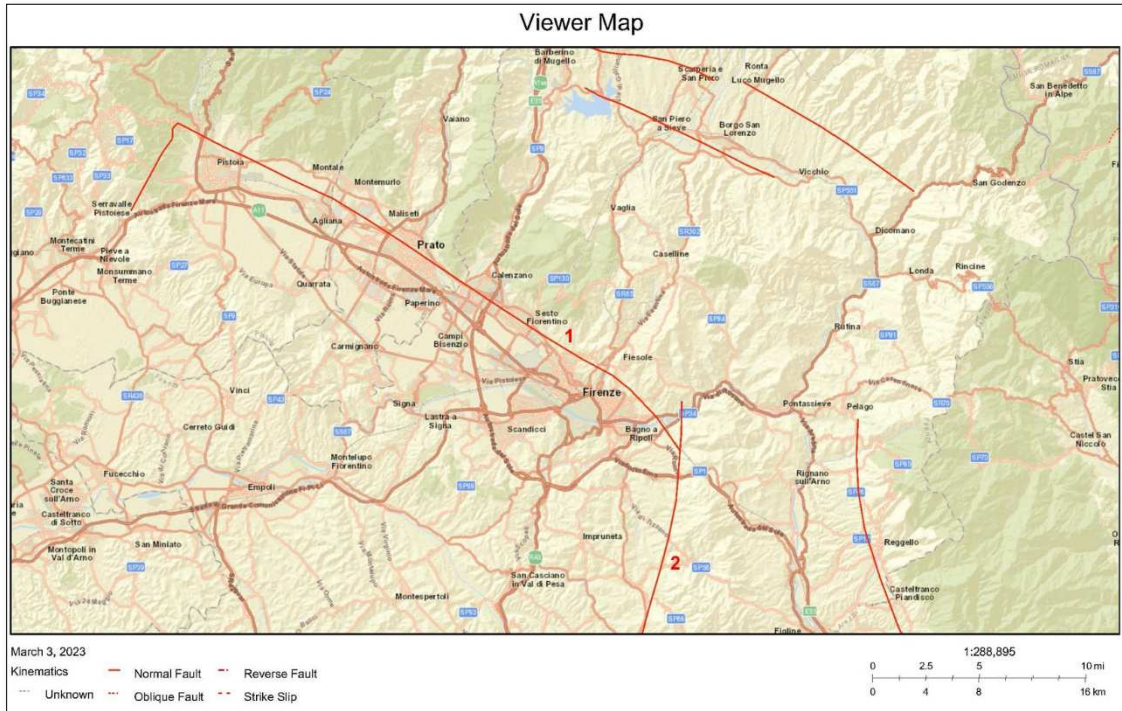


Figura 7-13 Faglie capaci da data base di ITHACA

1 Fault description	
GENERAL IDENTIFICATION	
Fault Code	62102
Fault Name	Firenze
Region Name	Toscana
Tectonic Environment	ND
System Name	Pistoia - Firenze System
Synopsis	
Rank	Primary
GEOMETRY AND KINEMATICS	
Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	190
Dip (°)	Undefined
Dip Direction	WNW
Fault Length (km)	19.6
Mapping Scale	1:
Fault Depth (m)	
Kinematics	Normal
ACTIVITY	
Surface Evidence	ND
Last Activity	Pleistocene generic
SLIP PARAMETERS	
Recurrence Interval (yr)	
Slip Rate (mm/yr)	
Max Credible Rupture Length (km)	
Max Credible Slip (m)	
Time Since Last Event (yr)	
Max Known Magnitude (Mw)	
Max Known Intensity (MCS)	
Known Seismic Events	
FINAL REMARKS	
Capability Consensus	Medium reliability
Study Quality	LOW
Notes	
Fault Trace Reference	
Last Update	

2 Fault description	
GENERAL IDENTIFICATION	
Fault Code	62100
Fault Name	Firenze - Pistoia
Region Name	Toscana
Tectonic Environment	ND
System Name	Pistoia - Firenze System
Synopsis	
Rank	Primary
GEOMETRY AND KINEMATICS	
Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	120
Dip (°)	Undefined
Dip Direction	SSW
Fault Length (km)	45.5
Mapping Scale	1:
Fault Depth (m)	
Kinematics	Normal
ACTIVITY	
Surface Evidence	ND
Last Activity	Pleistocene generic
SLIP PARAMETERS	
Recurrence Interval (yr)	
Slip Rate (mm/yr)	
Max Credible Rupture Length (km)	
Max Credible Slip (m)	
Time Since Last Event (yr)	
Max Known Magnitude (Mw)	
Max Known Intensity (MCS)	
Known Seismic Events	
FINAL REMARKS	
Capability Consensus	Medium reliability
Study Quality	LOW
Notes	
Fault Trace Reference	
Last Update	

Figura 7-14 – Identificazione delle faglie capaci dal data base di ITHACA

7.3.2 Effetti di Amplificazione Topografica

La zona è completamente pianeggiante, di conseguenza questo tipo di amplificazione può ragionevolmente essere trascurato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$
NTC 2017 - categorie topografiche	

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera e dell'intervento	ST
T1		1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4
NTC 2018 - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST		

Figura 7-15 – Tabelle raffiguranti le caratteristiche della superficie topografica ed i relativi coefficienti di sicurezza

7.3.3 Effetti di Amplificazione Stratigrafica

Per la definizione della categoria dei terreni di fondazione oltre alla prova Down Hole delle indagini di repertorio eseguita in corrispondenza del sondaggio SD di cui di seguito vengono rappresentati i risultati, vengono considerate anche e soprattutto le prove eseguite ad hoc per il progetto e cioè 2 prove MASW, 1 prova ReMi e 1 prova Down Hole.

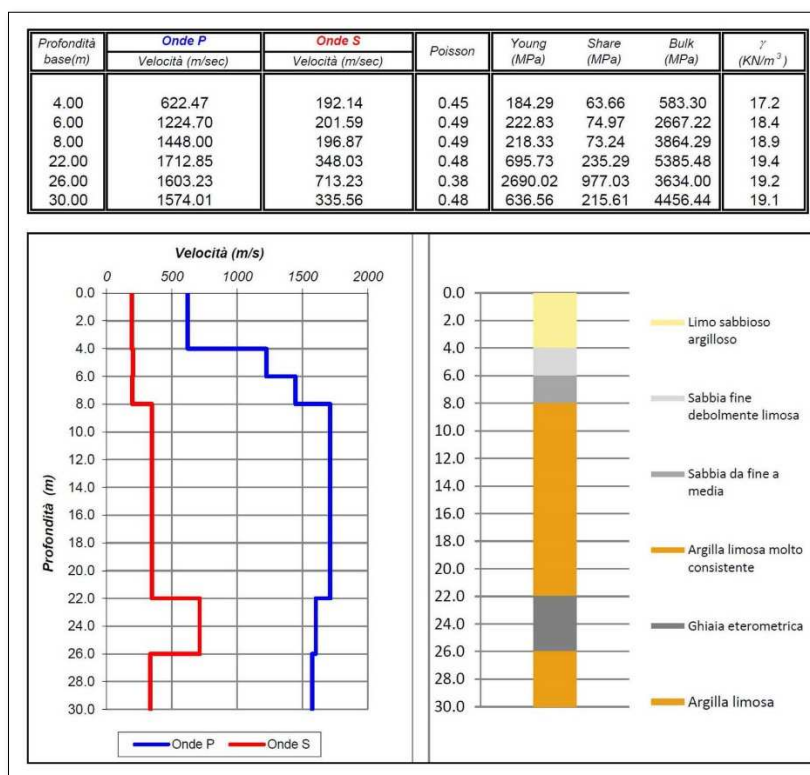


Figura 7-16 – Grafico e dati della prova Down Hole

H	30		
h1	4 vs,1	192	[m/s]
h2	2 vs,2	202	[m/s]
h3	2 vs,3	197	[m/s]
h4	14 vs,4	348	[m/s]
h5	4 vs,5	713	[m/s]
h6	4 vs,6	336	[m/s]
Vs,eq		304	[m/s]

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 7-17 – Calcolo della VS equivalente sondaggio SD Down Hole

La VS equivalente calcolata risulta essere di 304 m/s. Detto valore ci permette di ascrivere i terreni di fondazione alla categoria "C".

Vengono di seguito rappresentati i risultati delle prove geofisiche eseguite nel corso della campagna di indagini mirate per la progettazione.

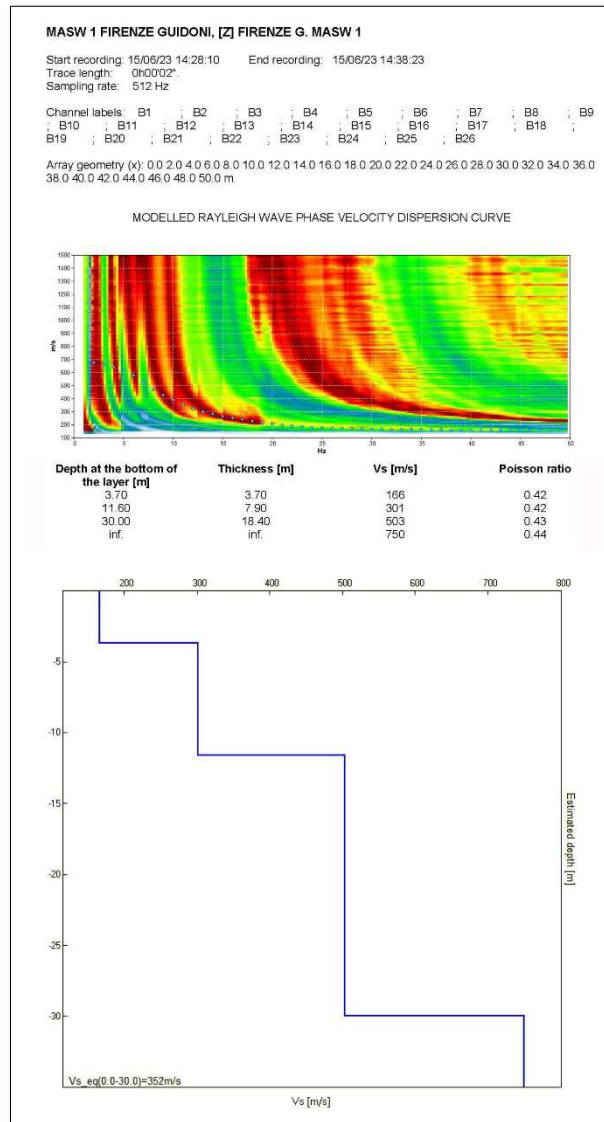


Figura 7-18 – Grafico e dati della prova MASW 1

MASW 1				Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
H	30 [m]			Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
h1	3,70 vs,1	166 [m/s]		A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
h2	7,90 vs,2	301 [m/s]		B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
h3	18,40 vs,3	503 [m/s]		C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
Vs,eq		352 [m/s]		D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
				E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 7-19 – Calcolo della VS equivalente MASW 1

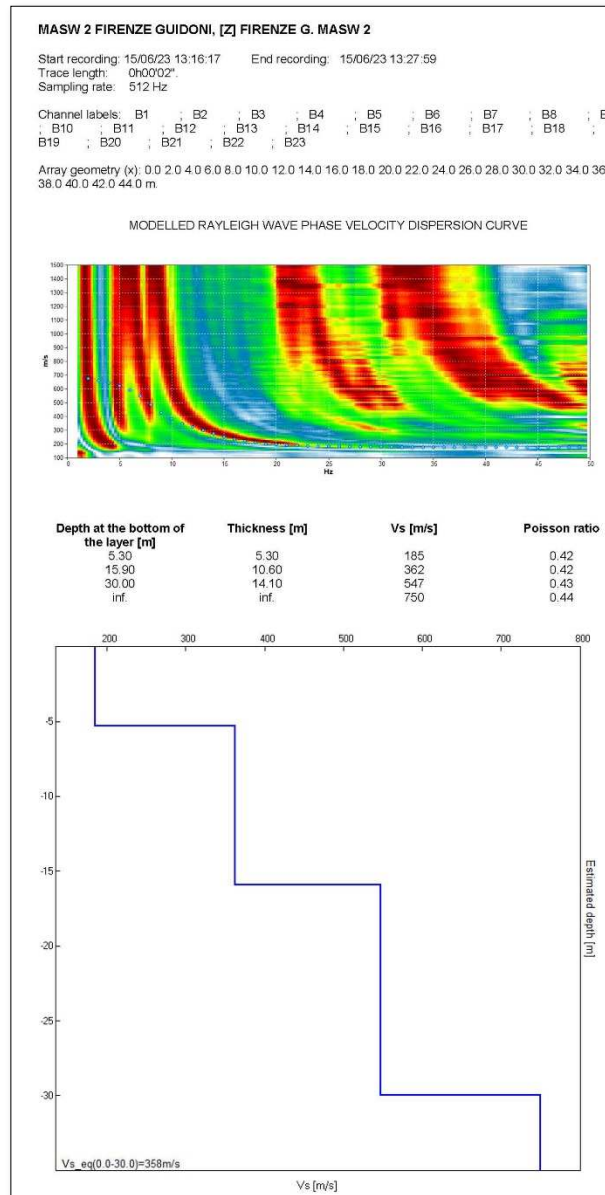


Figura 7-20 – Grafico e dati della prova MASW 2

MASW 2			
H	30	[m]	
h1	5,30	vs,1	185 [m/s]
h2	10,60	vs,2	362 [m/s]
h3	14,10	vs,3	547 [m/s]
Vs,eq			358 [m/s]

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 7-21 – Calcolo della VS equivalente MASW 2

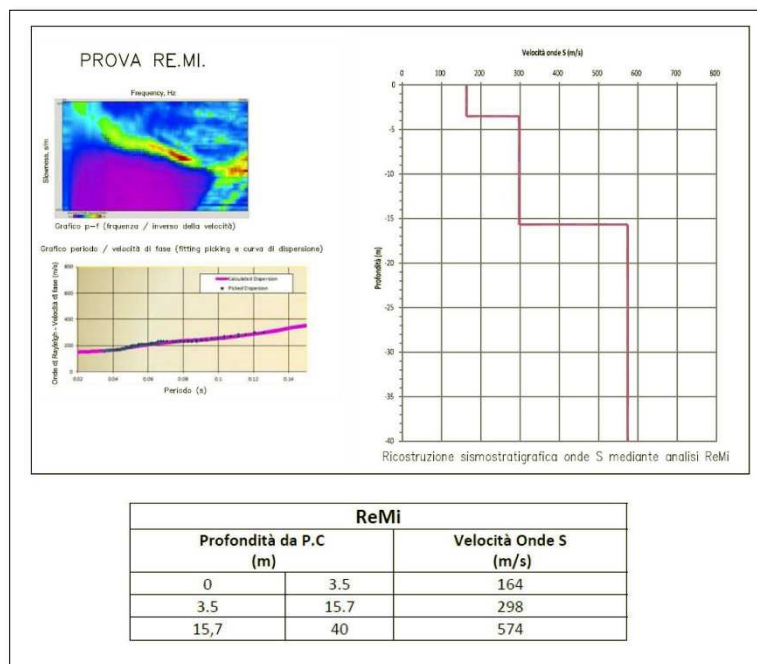


Figura 7-22 – Grafico e dati della prova ReMi

REMI			
H	30	[m]	
h1	3,50	vs,1	165 [m/s]
h2	12,20	vs,2	298 [m/s]
h3	14,30	vs,3	574 [m/s]
Vs,eq			346 [m/s]

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 7-23 – Calcolo della VS equivalente ReMi

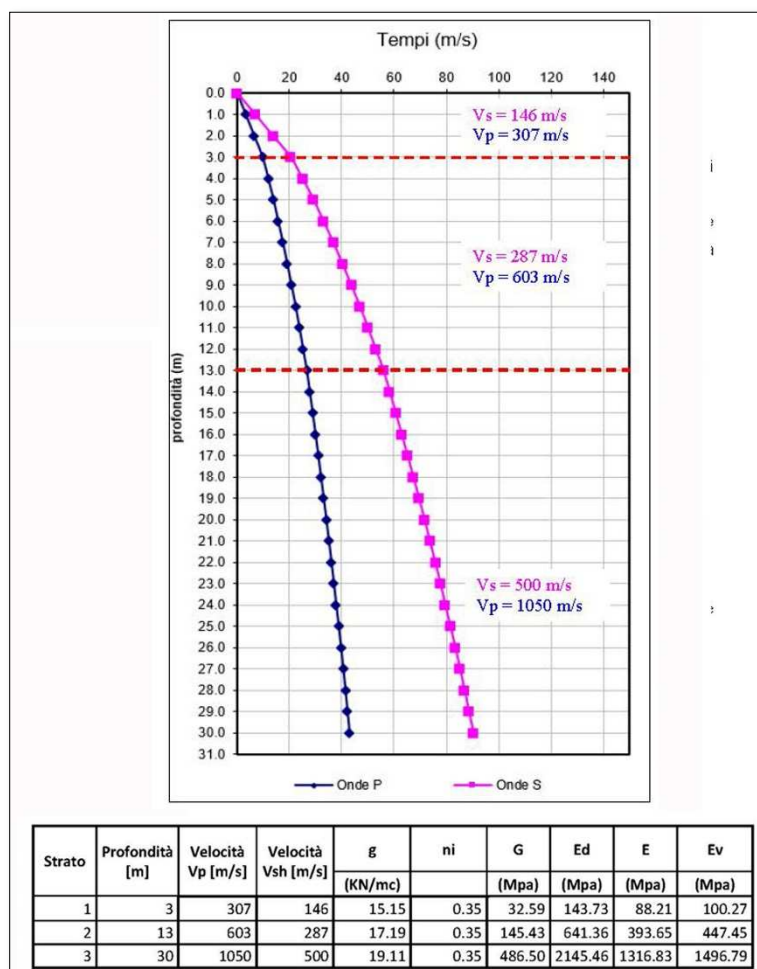


Figura 7-24 – Grafico e dati della prova SG002 – DOWN HOLE

SG02 DOWN HOLE			
H	30	[m]	
h1	3,00	vs,1	146 [m/s]
h2	10,00	vs,2	287 [m/s]
h3	17,00	vs,3	500 [m/s]
Vs,eq			335 [m/s]

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 7-25 – Calcolo della Vs equivalente SG002 – DOWN HOLE

I dati ricavati dalle 4 prove evidenziano una Vs equivalente compresa tra 335 e 358 m/s che permettono di attribuire univocamente i terreni di fondazione alla categoria "C" e che

confermano il dato ricavato dalla prova delle indagini pregresse che aveva determinato una V_s equivalente di 304 m/s.

8 CONCLUSIONI

Dallo studio geologico, idrogeologico, dal materiale di repertorio, e dalle indagini eseguite ad hoc per la progettazione è possibile effettuare le seguenti considerazioni:

- il sottosuolo dell'area in esame è costituito da alternanze di terreni a granulometria fine e grossolana in matrice prevalentemente fine con livelli prettamente ghiaiosi. La litostratigrafia dell'area è variabile sia in senso verticale che orizzontale. La parte più superficiale è rappresentata da riporti antropici anche di discreto spessore;
- La soggiacenza della falda si attesta tra i 4 e i 7 metri dal piano di campagna. In quota assoluta il livello freatico si attesta attorno ai 36 – 37 m slm.;
- dal punto di vista del rischio sismico ci troviamo in un'area definibile a rischio medio con accelerazione orizzontale su suoli rigidi con un tempo di ritorno di 475 anni di 0,132 g;
- dal punto di vista dell'amplificazione stratigrafica, i terreni vanno attribuiti alla categoria "C" in quanto dalle prove geofisiche portate a termine la V_s equivalente calcolata varia da un minimo di 304 m/s ad un massimo di 358 m/s;
- per quanto riguarda la classe dell'opera, la sua vita nominale ed il rischio di liquefazione dei terreni si rimanda alla relazione geotecnica dove il tema viene trattato nel dettaglio;
- dal punto di vista della pericolosità idraulica ci troviamo in un'area classificata P.I.4 (aree a pericolosità molto elevata), per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idraulica;