



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
MISSIONE 5: INCLUSIONE E COESIONE
Componente 2 - Infrastrutture sociali, famiglie, comunità e terzo settore
Investimento 2.2: Piani Urbani Integrati

COMUNE DI CAMPI BISENZIO
Città Metropolitana di Firenze

RIQUALIFICAZIONE PARCO E VILLA RUCELLAI PARTE SETTECENTESCA CON ANNESSI E MASTERPLAN DELLA CITTADELLA DELLA CULTURA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA "RAFFORZATA"

C.U.P. C87B22000130005

RUP:
Arch. Letizia Nieri

progettazione specialistica:
GeoEco Progetti - via Andrea del Castagno, 8 - Firenze
Prof. Geol. Eros Aiello

**RELAZIONE GEOLOGICA
E GEOTECNICA
CON MODELLAZIONE SISMICA**

Elaborato

Aprile 2023

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Legge n. 1086 del 05/11/1971 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge n. 64 del 02/02/1974 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996 - Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996 - Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996 - Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 n. 252 AA.GG./S.T.C. - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 n. 65/AA.GG - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.
- L.R. 39/00 - Regolamento d'attuazione della Legge Forestale della Toscana.
- Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003
- D.P.G.R. 48/R del 08/08/2003 - Regolamento forestale della Toscana.
- Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnica.
- D.M. 14.01.2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare n. 617/2009 CSLP - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.01.2008
- D.P.G.R.T. n. 36/R/2009 - Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n.1.
- Deliberazione di G.R.T. n. 878 del 08.10.2012 - Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14.01.2008 - Revoca della Del. G.R.T. n. 431/2006.
- D.M. 17.01.2018 - Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Circolare n. 7/2019 CSLLPP - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17.01.2018.

Premessa

La presente relazione supporta gli interventi strutturali previsti all'interno della riqualificazione del Parco e della Villa Rucellai (parte settecentesca) e degli annessi a Campi Bisenzio (FI).

A livello generale è possibile suddividere il lavoro in tre interventi diversi:

- Rifunzionalizzazione della Villa Rucellai porzione settecentesca;
- Riqualificazione e restauro di un corpo di fabbrica all'interno dell'area di intervento attualmente non abbandonato e non accessibile (denominato nel seguito Annesso);
- Riqualificazione del parco e delle aree esterne.

A livello strutturale, non avendo lavorazioni per quanto riguarda le sistemazioni esterne, è possibile individuare i seguenti interventi:

- Interventi locali all'interno della Villa Rucellai porzione settecentesca dovuti al nuovo layout distributivo previsto dal progetto architettonico;
- Miglioramento sismico e adeguamento statico dell'Annesso.

1. CARATTERI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI

Il territorio comunale di Campi Bisenzio è posto all'interno del Sistema della Piana di Firenze-Prato-Pistoia, compresa fra i rilievi dei Monti della Calvana – Monte Morello a nord, e il Monte Albano a sud. Trattasi di una depressione lacustre villafranchiana, il cui paleoinvaso, giacente su un substrato lapideo con formazioni appartenenti al Dominio Ligure s.l. e alla Falda Toscana, è stato colmato da eventi alluvionali successivi (v. Fig. 1).

Il bacino è profondo circa 500-550 m dal piana campagna, nella zona compresa tra Campi Bisenzio e Calenzano (Capecchi et al., 1975), ma detta profondità si riduce fino a valori non superiori ai 50 m in corrispondenza dell'abitato di Firenze, con valori intermedi di circa 400-450 m in corrispondenza del settore compreso fra Prato e Pistoia.

Il bedrock del bacino lacustre è caratterizzato da molteplici litologie affioranti lungo le i margini della piana Firenze-Prato-Pistoia. Nella porzione centrale del bacino, il substrato è costituito da calcari marnosi appartenenti alla Formazione di Monte Morello associati ad elementi del complesso ofiolitico e ad arenarie dell'Unità Cervarola (Angelini et al., 2016).

I depositi fluvio-lacustri di riempimento del bacino sono costituiti da sedimenti lacustri e di delta conoide del Bisenzio e da depositi recenti di esondazione (Consumi et al., 2016).

Per quanto concerne i depositi lacustri, questi sono costituiti da argille limose, talvolta leggermente sabbiose, con livelli di lignite e torba. Sono presenti strati e/o lenti di ghiaie in matrice limosa, che si intercalano agli orizzonti prevalentemente argillosi, con uno spessore decrescente spostandosi dal margine della piana verso il centro. Trattasi di depositi sedimentari rilasciati dal fiume Bisenzio allo sbocco della pianura caratteristici del passaggio da un ambiente di sedimentazione di conoide fluviale ad uno di delta lacustre (Landini et al, 1990). Circa i depositi recenti di esondazione, questi sono costituiti da limi argillosi commisti a livelli più sabbiosi.

Nel quadro dell'evoluzione dell'Appennino Settentrionale si inserisce quella dell'ambito territoriale significativo (ATS) di interesse. Una prima fase di natura compressiva, avvenuta durante il primo sollevamento della catena appenninica, ha portato alla sovrapposizione delle formazioni appartenenti al Dominio ligure su quelle del Dominio toscano.

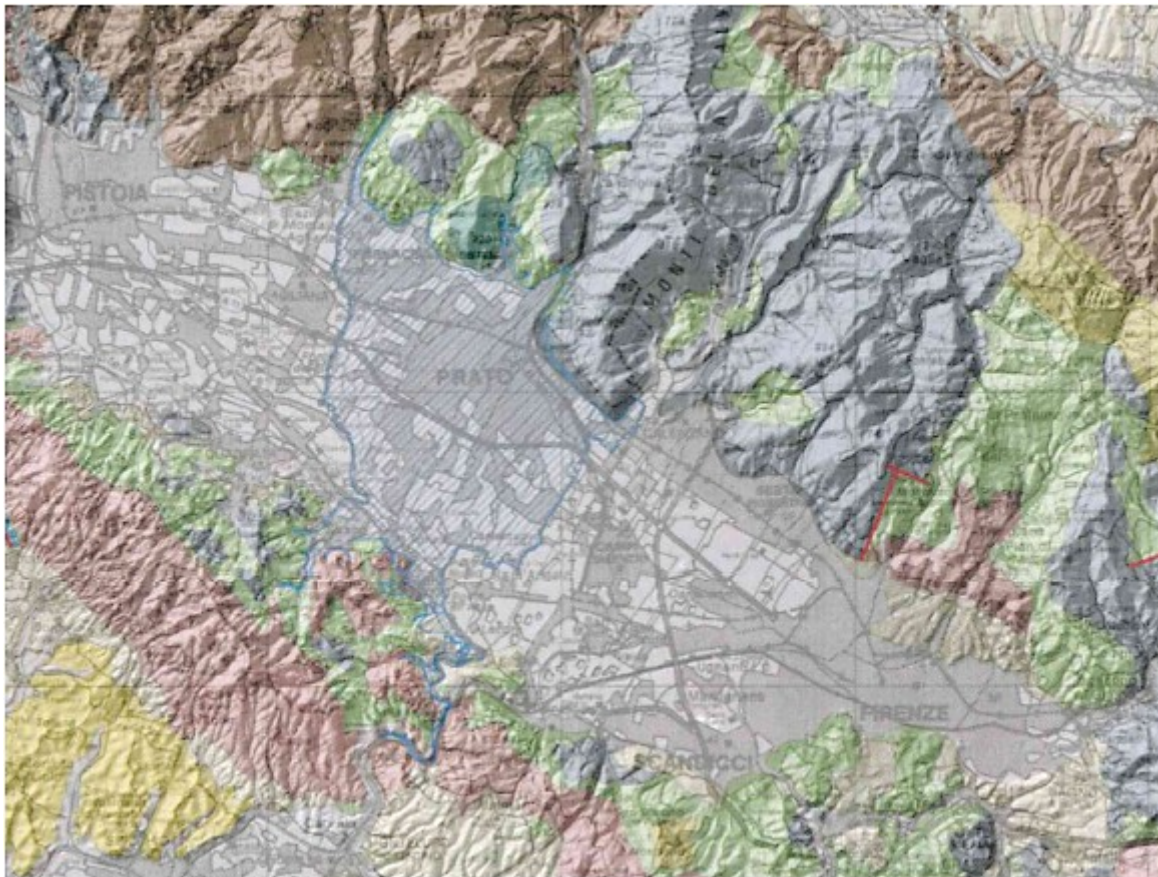


Fig. 1- Schema geologico semplificato del Sistema della Piana Firenze-Prato-Pistoia (S.Angelini, G.Cannata, C.Lubello, M.Doveri, M.Menichini, 2016).

Nel Pliocene superiore ha avuto inizio una fase distensiva, e i movimenti verticali lungo le grandi superfici tettoniche hanno creato una morfologia a horst e graben alternati. Nella piana Firenze-Prato-Pistoia, durante detta fase distensiva, la progressiva subsidenza del bacino veniva bilanciata dai sedimenti trasportati e depositati dai corsi d'acqua, tra i quali il fiume Bisenzio era il maggiore tributario, poiché in seguito al sollevamento dell'area di origine e al relativo ringiovanimento, aveva un elevato trasporto solido, depositando materiali detritici (macroclastiti) al suo sbocco in pianura e a debole pendenza, dove diminuiva il potere di trasporto del corso stesso, con un apparato di tipo conoide.

Nell'Olocene ha termine la fase sedimentaria e il fiume Bisenzio comincia ad incidere la sua conoide mutando progressivamente il suo tracciato e diminuendo contemporaneamente la granulometria dei sedimenti depositi (Consumi et al., 2016).

I terreni presenti nell'area di interesse fanno parte dei depositi lacustri villafranchiani-pliocenici costituiti prevalentemente da argille limose, talvolta leggermente sabbiose, con livelli di lignite e torba. All'interno possono essere presenti livelli e/o lenti di ghiaie in matrice limosa, che si

intercalano agli orizzonti prevalentemente argillosi, con uno spessore decrescente spostandosi dal margine della piana verso il centro.



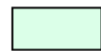
Legenda



Depositi antropici - terreni di riporto



Depositi lacustri



Depositi alluvionali attuali o recenti terrazzati e non



Area di conoide alluvionale



Faglia (incerta)



Traccia di alveo fluviale abbandonato



Limite comunale

Fig. 2 - Carta geologica. Scala 1:10.000 (Da P.S.)

Essi rappresentano i sedimenti depositati dal fiume Bisenzio allo sbocco della pianura e marcano il passaggio da un ambiente di sedimentazione di conoide fluviale ad uno di delta lacustre (Landini et al, 1990). Verso l'alto sono presenti depositi fluviali olocenici di natura prevalentemente limosa-argillosa con presenza di livelli più sabbiosi.

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

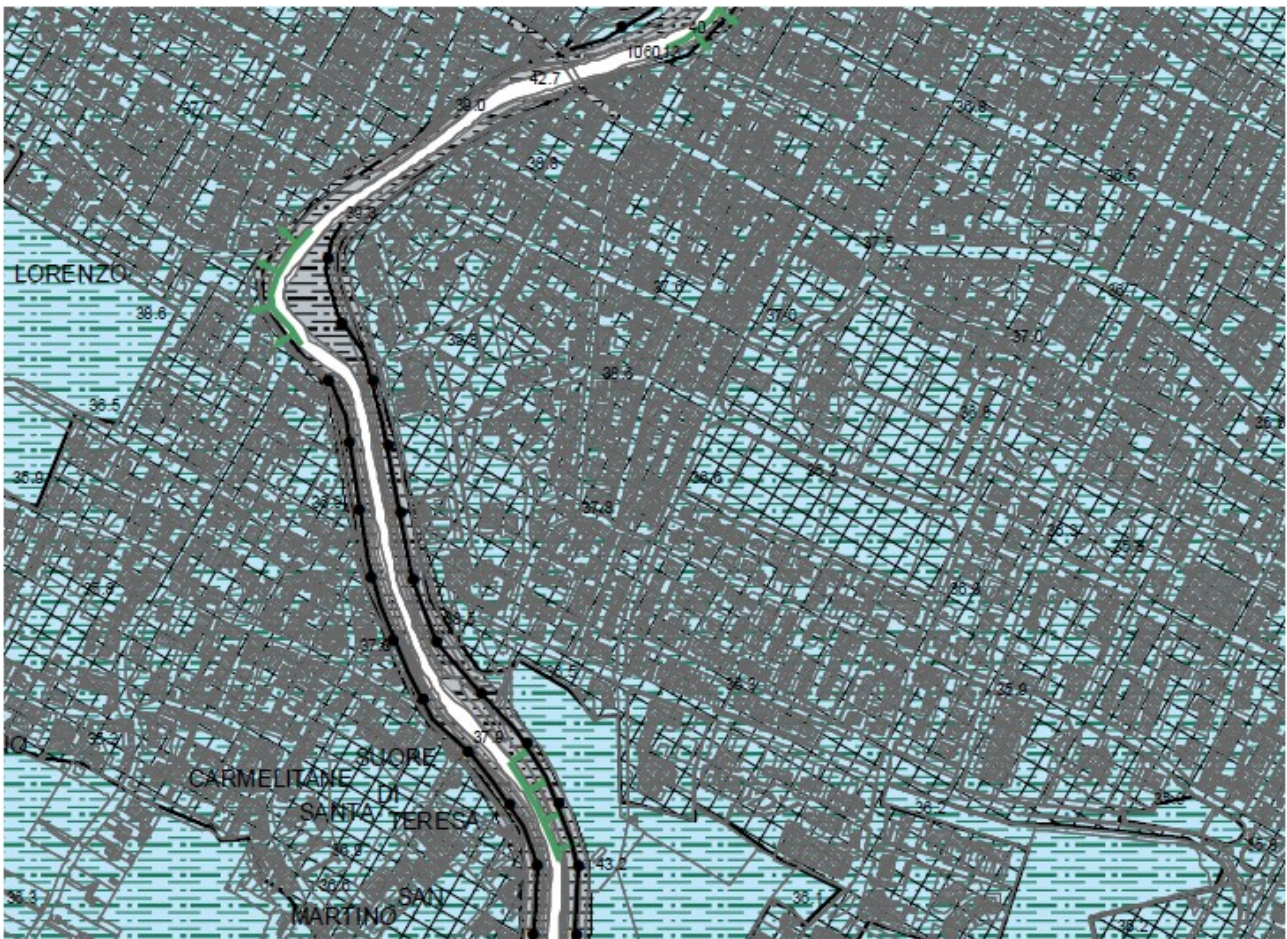
Depositi Olocenici

Depositi alluvionali attuali - (b): ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali, soggetti ad evoluzione con ordinari processi fluviali

Depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati (bna1 e bna2): I suddetti depositi sono costituiti prevalentemente da ghiaie, sabbie, limi e argille di esondazione fluviale o di barra di meandro dei fiumi attuali ed antichi che hanno solcato questo tratto di pianura.

Deposito alluvionale inattivo. Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi

Sotto il profilo geomorfologico l'area risulta stabile per posizione e non presenta morfemi degni di menzione.



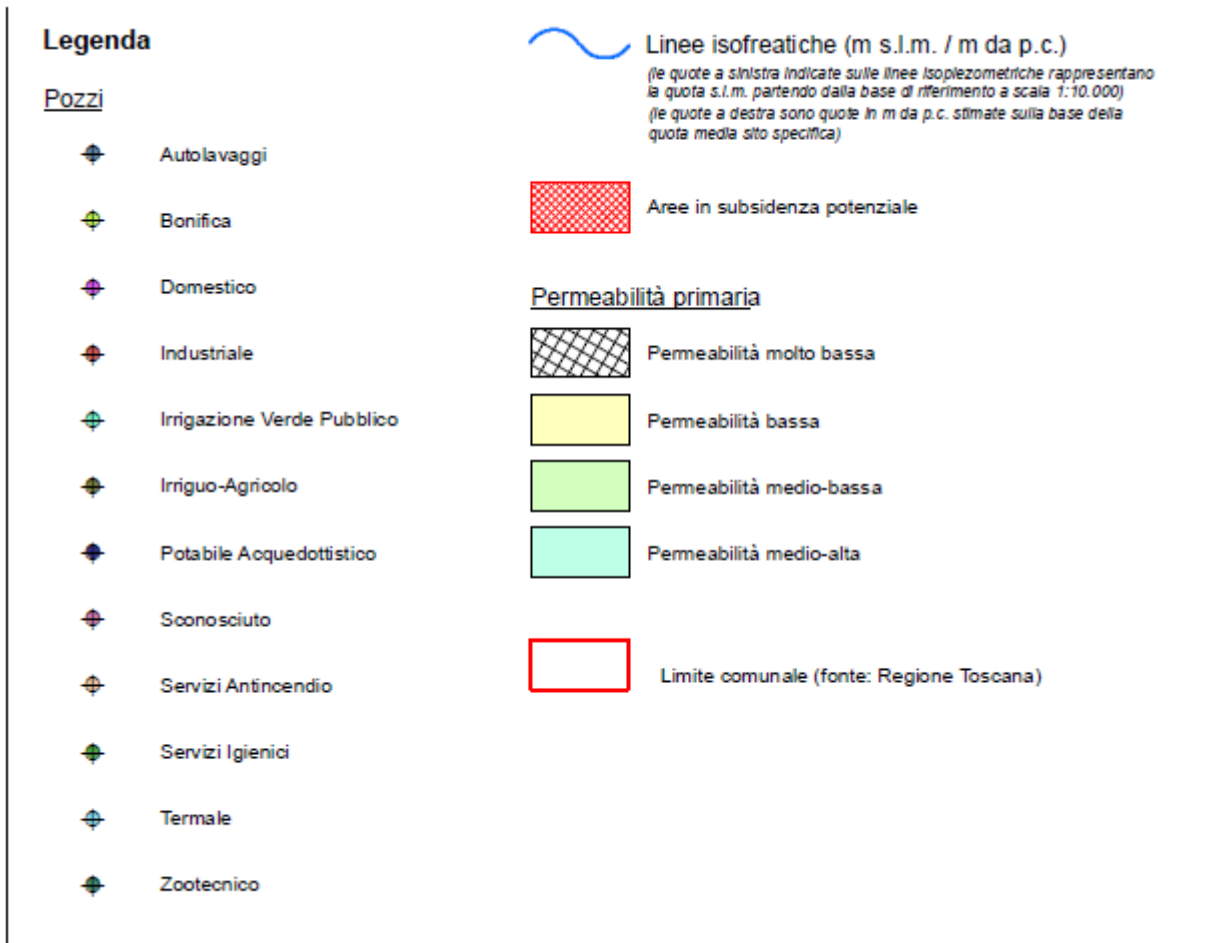
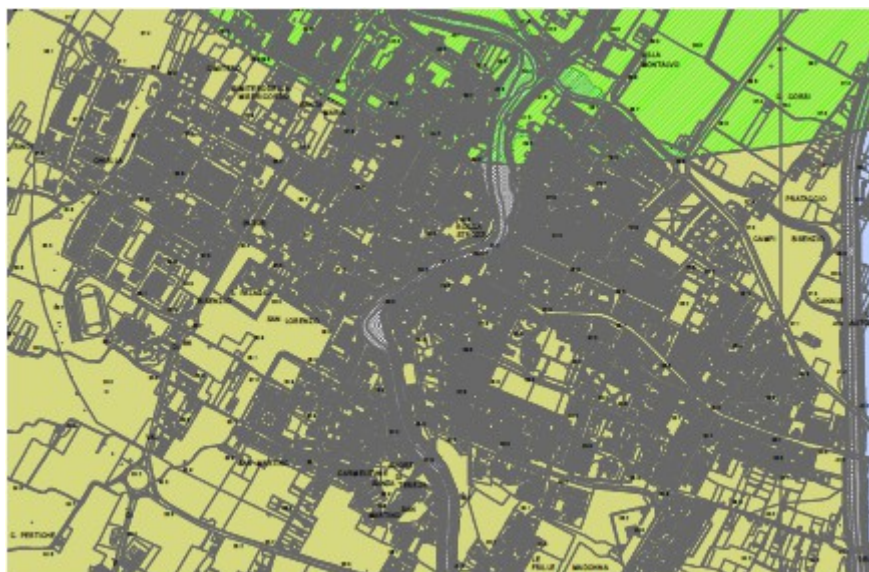


Fig. 3 - Carta idrogeologica. Scala 1:10.000 (da P.S.).

Dalla ricostruzione delineata nella Carta idrogeologica le isofreatiche che riguardano l'area di interesse indicano come quota assoluta sul livello del mare 35 m slmm, pari a circa -1/-2 m da piano campagna.

Dalle misure piezometriche si evince che il tetto della falda è posto a -1.47 m da boccaforo.



Legenda









	E2a2-3/t2-3	Ghiaie da mediamente addensate a poco addensate con presenza di frazione sabbiosa e coesiva
	E3a1-2/t1-3	Sabbie da addensate a moderatamente addensate con presenza di elementi ghiaiosi e frazione coesiva
	F1t1-2s3-4	Limi da consistenti a moderatamente consistenti con presenza elementi ghiaiosi e frazione sabbiosa
	F2t1-2s3-4	Argille da consistenti a moderatamente consistenti con presenza elementi ghiaiosi e frazione sabbiosa
		Laghi
		Terreno di riporto
		Conoide alluvionale
		Limite comunale (fonte: Regione Toscana)

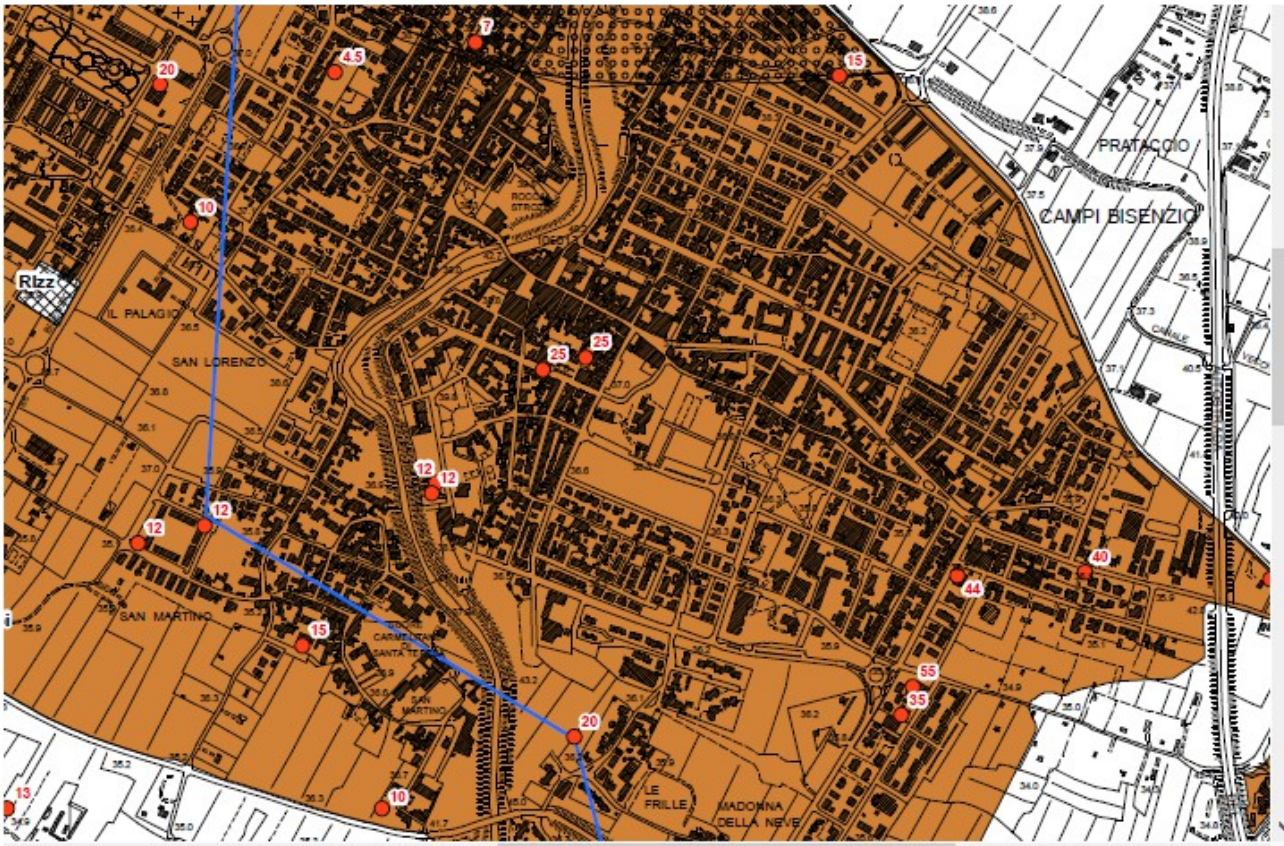
Fig. 4 - Carta litotecnica. Scala 1:10.000 (Da P.S.).

Nella carta litotecnica i terreni di interesse sono classificati come segue:

Terreni coesivi a consistenza bassa, limitata o nulla. Raggruppano tutti i depositi alluvionali presenti a Nord dell'abitato di San Donnino e a Sud dell'area industriale settentrionale.

Unità F1t1-2/s3-4

Depositi alluvionali a granulometria prevalente limosa e/o limosa argillosa da consistenti a moderatamente consistenti con presenza rara di orizzonti e/o lenti sabbiose e/o ghiaiose.



MLpi Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argilose, limi argillosi di bassa plasticità di piana inondabile

Fig. 5 - Carta geologico-tecnica. Scala 1:10.000 (Da P.S.).

Per quanto riguarda l'aspetto geologico-tecnico, l'area vasta presenta depositi fluvio-lacustri da villafranchiani a recenti. Tali depositi, anche se differenziati a livello geologico nelle varie classi granulometriche (da argille a ghiaie) e differenziati a livello geotecnico in base al grado di consistenza (da mediamente consistenti/addensati a consistenti/addensati) presentano nel loro complesso un comportamento sismico omogeneo tale per cui sono classificabili, tutti, come "copertura".



Legenda

f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza (nero)	● nessuna risonanza
● $0.1 \leq f_0 < 0.5$ (verde scuro)	○ $1.1 \leq A_0 < 2$
● $0.5 \leq f_0 < 1.0$ (verde)	○ $2.0 \leq A_0 < 3$
● $1.0 \leq f_0 < 2.5$ (marrone)	○ $3.0 \leq A_0 < 5$
● $2.5 \leq f_0 < 5.0$ (giallo)	
● $5.0 \leq f_0 < 7.5$ (arancio)	
● $7.5 \leq f_0 < 10.0$ (rosso)	

Fig. 6 - Carta delle frequenze fondamentali del terreno. Scala 1:10.000 (Da P.S.).

Per i terreni di interesse si rileva una frequenza compresa nel range $0,1 \leq f_0 < 0.5$ (Hz).



Legenda

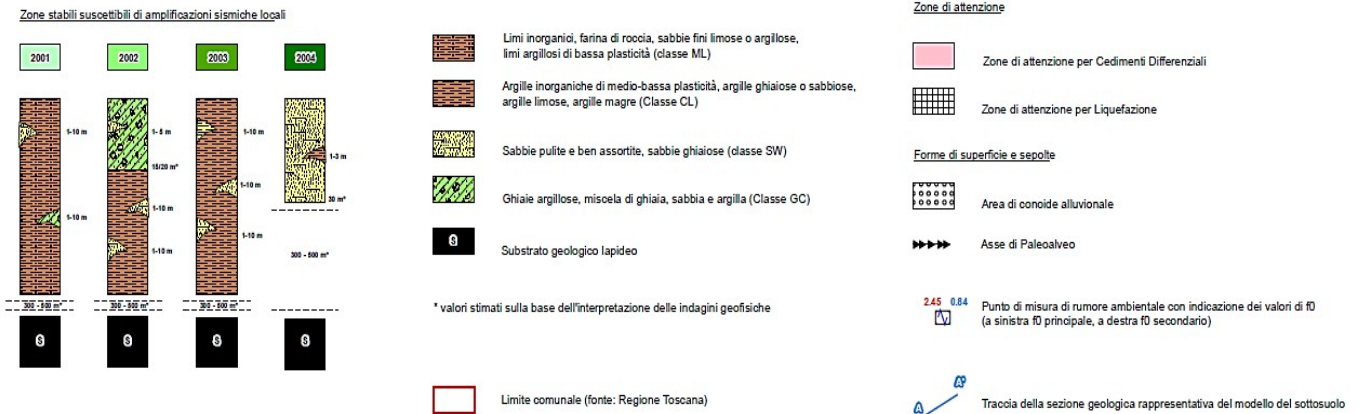


Fig. 7 - Carta delle MOPS. Scala 1:10.000 (da P.S.).

L'area di interesse appartiene alle Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica: zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio.

La zona **2001** è la zona di centro-piana caratterizzata dalla presenza in prevalenza di terreni limosi argillosi intervallati da orizzonti sabbiosi e/o ghiaiosi di spessore da circa 1 m fino a circa 10 m.

2. PERICOLOSITA' E FATTIBILITA'

2.1 Pericolosità geologica

L'area ricade in classe di pericolosità G.1, bassa, in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.



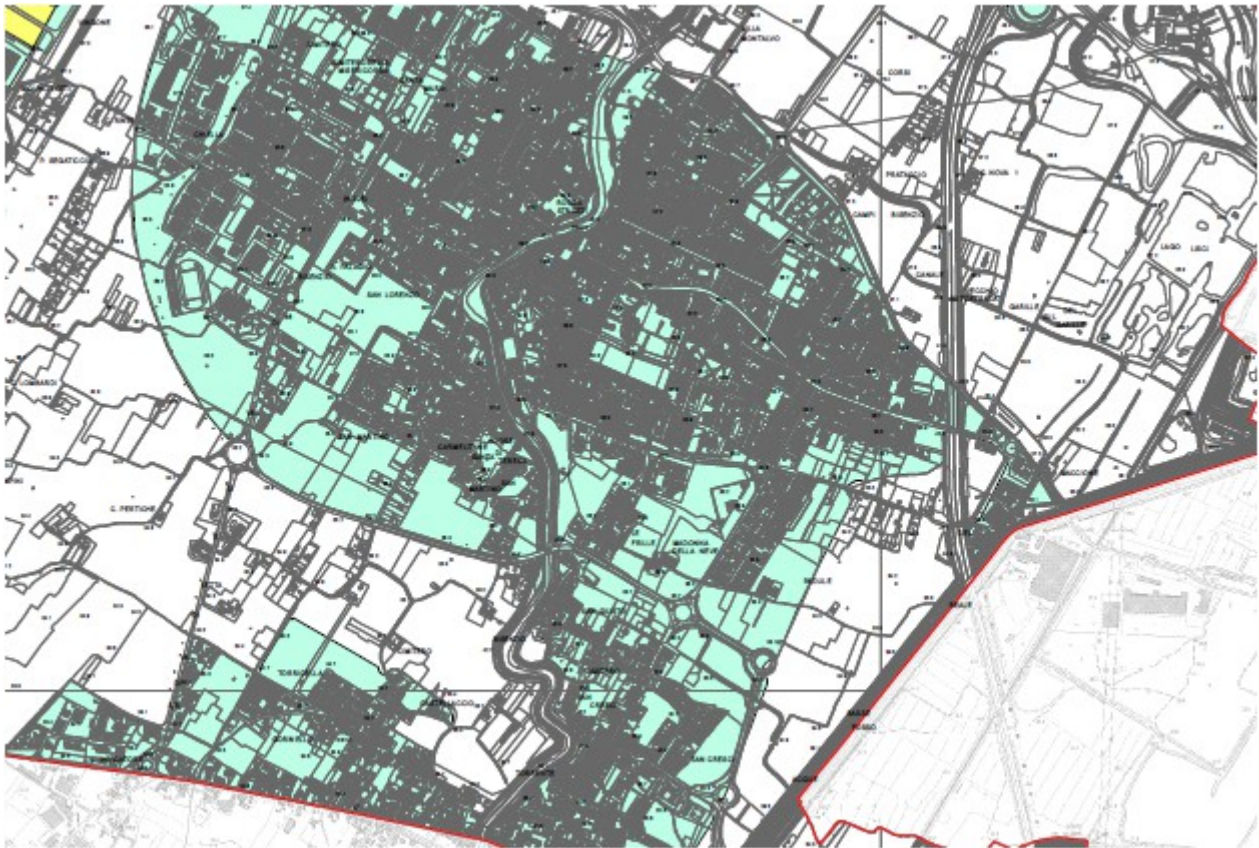
Legenda

- G1. Pericolosità Geologica Bassa
- G3. Pericolosità Geologica Elevata
(Associate a possibili fenomeni di subsidenza)
- G3. Pericolosità Geologica Elevata
(Associate alla presenza di possibili terreni con scadenti caratteristiche geotecniche)
- G4. Pericolosità Geologica Molto Elevata
(Associate alla presenza fenomeni di erosione spondale)
- Limite comunale (fonte: Regione Toscana)

Fig. 8 – Carta della pericolosità geologica. Scala 1:10.000 (Da P.S.).

2.2 Pericolosità sismica

L'area è compresa nella classe S.2, a pericolosità media. Trattasi di zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3).



Legenda

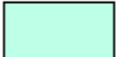




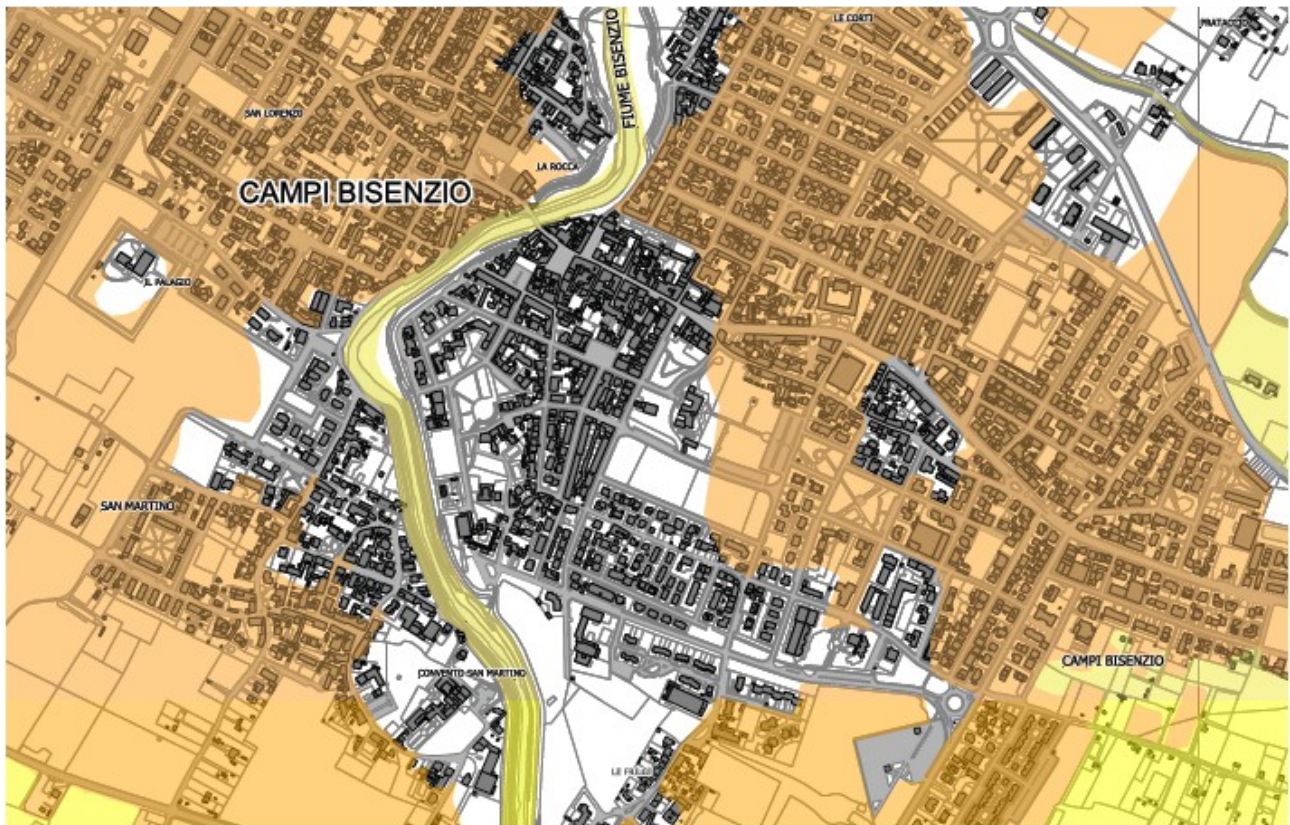
	S2	Pericolosità Sismica Media
	S3	Pericolosità Sismica Elevata <i>(Associata a possibili fenomeni di liquefabilità)</i>
	S3	Pericolosità Sismica Media <i>(Buffer associato al fenomeno di liquefabilità potenziale)</i>
	S3	Pericolosità Sismica Elevata <i>(Associata alla presenza di possibili terreni con scadenti caratteristiche geotecniche)</i>
		Limite comunale (fonte: Regione Toscana)

Fig. 9 - Carta della pericolosità sismica. Scala 1:10.000 (Da P.S.).

2.3 Pericolosità idraulica

Nell'area di specifico interesse gli edifici sono al di fuori della classe di pericolosità idraulica I.3 – Pericolosità idraulica elevata che comprende le aree al contorno. In I.3 sono rappresentate tutte le aree interessate da allagamenti per eventi alluvionali con un tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni che equivalgono alle aree P2 del PGRA ed alle “aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti” della LR.41/18. Le zone bianche nella figura sottostante corrispondono alle aree P1 del PGRA.



LEGENDA

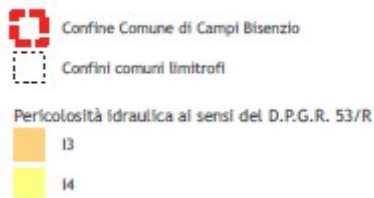


Fig. 10 - Carta della pericolosità idraulica. Scala 1:10.000 (Da P.S.)

2.4 Fattibilità

Dal resoconto delle pericolosità incombenti sull'area di interesse (G.1, S.2, P1b PRGA), la fattibilità ricade in classe 2 – fattibilità con normali vincoli da precisare a livello di progetto. Per quest'ultimo punto fa testo quanto espressamente contenuto nelle NTC18.

3. CAMPAGNA DI INDAGINI

La campagna di indagini è consistita in:

- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo :
 - DH1 profondo 32 m, strumentato per prova sismica down hole
 - S2pz profondo 15 m strumentato per piezometro.
- n. 1 CPT1 prova penetrometrica statica
- n. 1 prova sismica passiva a stazione singola
- n. 1 prova MASW

Inoltre, sono stati prelevati nei due sondaggi n. 4 campioni di tipo indisturbato da sottoporre ad analisi di laboratorio delle terre.

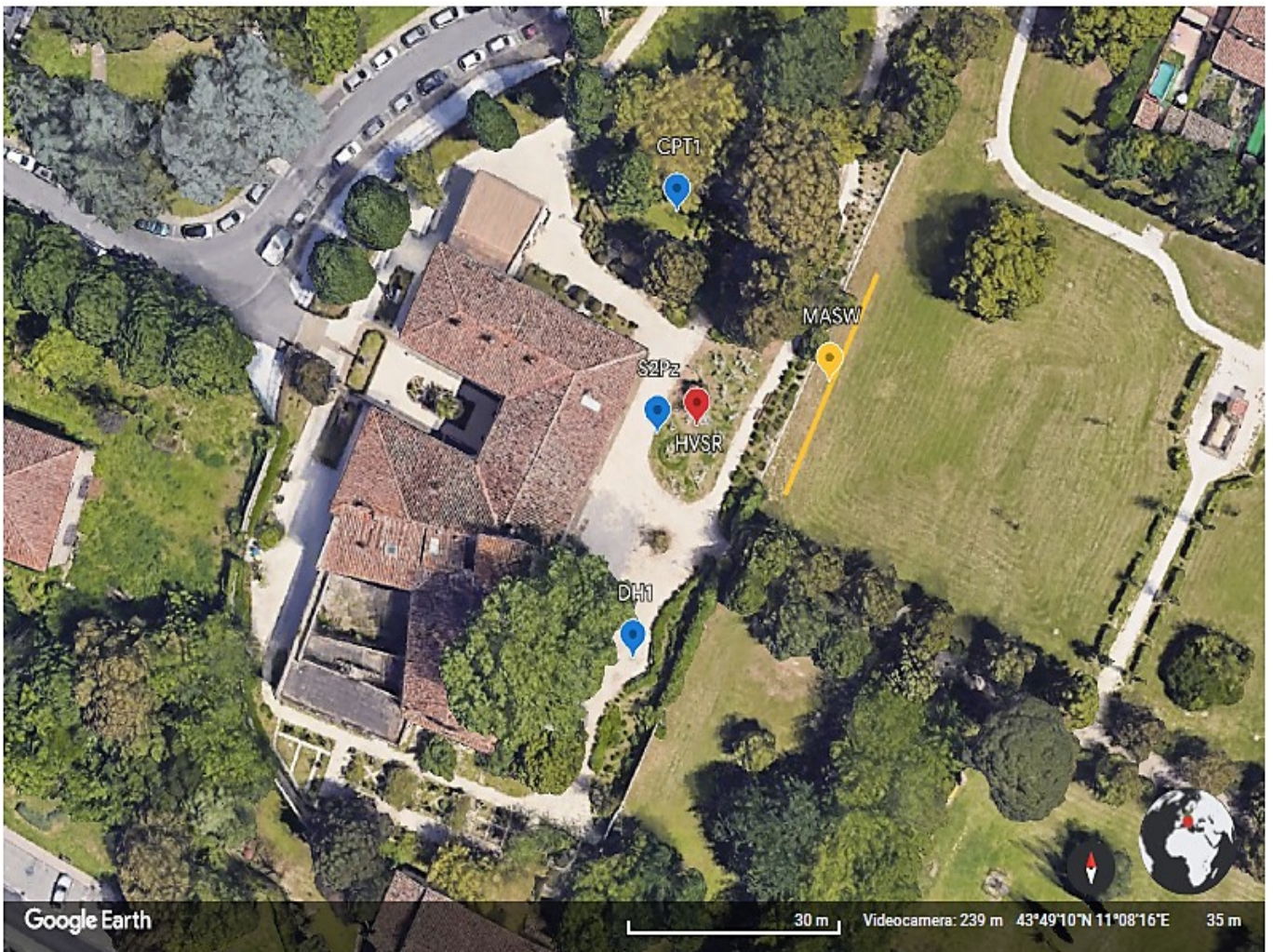


Fig. 11 – Ubicazione sondaggi e prove su immagine satellitare.

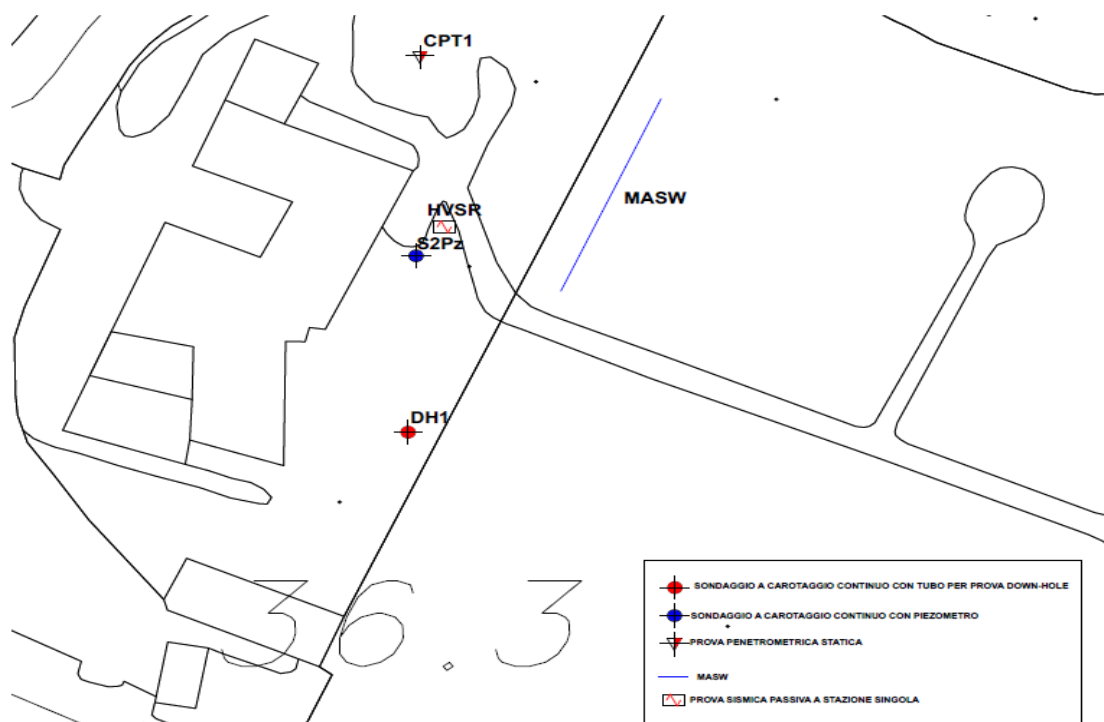


Fig. 12 – Ubicazione sondaggi e prove su base topografica.

4. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO (MGR)

Sulla scorta delle indagini effettuate si sono analizzati i risultati delle stratigrafie e delle prove in situ.

Da queste è emerso un quadro piuttosto complesso dovuto ad eteropie laterali e verticali, con composizioni litologiche piuttosto variabili dei tre principali componenti: limi, argille e sabbie. Si è anche rilevata una certa ritmicità nelle alternanze litologiche a partire dalla profondità di 9 – 10 m da piano campagna.

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n. 4542 del 13/04/2012

Comune Comune di Campi Bisenzio		Località Campi Bisenzio (PT)		Certificato n° / Data 018A del 20/01/2023						
Cantiere Villa Raccellai		Intaglio n. DHL	Inizio / Fine Lavorazione Dal 06/01/2023 al 16/01/2023	Commessa n° / Data 018 del 11/01/2023						
Responsabile di sito Dr. Alessio Costantini	Operatore D' Andrea e Pini	Tipo Caricamento continuo	Tipo Prova Puntel 600	Dimensioni perforazione / Dimensioni stabilimento 102 mm / 127 mm						
Profondità (m)	Litologia	Descrizione		Quota	Caricamento	Max. Velocità (m/min)	Max. Velocità (m/min)	Caricamento	Velocità (m/min)	1-(1)
1		Terreno di riporto sabbioso limoso contenente pezzame laterizio e ghiaie fini eterogenee.		1.00						
2		Terreno di riporto limoso argilloso sabbioso contenente pezzame laterizio.		2.50						
3		Argilla con limo sabbiosa marrone scarsamente consolidata.		3.70						
4		Argilla limosa marrone mediamente consolidata contenente patine di ossidazione nere rossastre e concrezioni di calcite biancastre dell'ordine della ghiaia.		5.00						
5		Argilla debolmente limosa marrone consolidata contenente patine di ossidazione rossastre, concrezioni nere e di calcite biancastre dell'ordine della ghiaia.		7.00					# 1	
7		Prelievo campione indisturbato.		7.50	7.60	7.80				
8		Argilla limosa bruno, arena con tratti grigiastri mediamente consolidata contenente patine di ossidazione rossastre, concrezioni nere e di calcite biancastre dell'ordine della ghiaia.		9.50	9.60	10.00				
10		Prelievo campione indisturbato.		10.00					# 2	
11		Argilla con limo sabbiosa grigio arena scarsamente consolidata di consistenza plastica contenente ghiaie. Presenti patine d'ossidazione nere rossastre.		12.00						
12		Argilla con limo sabbiosa marrone arena scarsamente consolidata di consistenza plastica contenente ghiaie. Presenti concrezioni nere.		15.00					# 3	
16		Argilla limosa grigio, bruno, arena con tratti grigiastri consolidata contenente patine di ossidazione rossastre e concrezioni nere e di calcite biancastre dell'ordine della ghiaia. Presente tratto plastico debolmente consolidato tra 17.70 m e 18.30 m.		20.00					# 4	
20		Argilla limosa grigio, arena con tratti grigiastri consolidata contenente patine di ossidazione rossastre, concrezioni nere e di calcite biancastre dell'ordine della ghiaia.		25.00					# 5	
27		Argilla limosa grigio, arena con tratti grigiastri consolidata contenente patine di ossidazione rossastre e concrezioni nere e di calcite biancastre dell'ordine della ghiaia.		27.20					# 6	
27		Intervallo obiettivo.		27.30						
28		Limo con argilla sabbiosa grigio marrone, arena di consistenza plastica contenente tracce ossidazione bruno biancastre.		28.10						
29		Argilla limosa marrone arena con tratti grigiastri consolidata contenente patine di ossidazione nere rossastre e concrezioni nere e di calcite biancastre dell'ordine della ghiaia.		29.60				(RM)	# 6	
30		Ghiaie eterogenee sub arrotondate e sub angolari in matrice limoso argillosa sabbiosa plastica.		32.00					# 7	
32							(CS) 32.00			
								31.50		A 32.00



TECNA Srl

Sede Legale : Via Ser Gordinio, 11/a - 52100 AREZZO - Cod. fiscale e Part. IVA: 01358050510

Uffici e Deposito : Via A. Grandi, 51 - 52100 AREZZO - tel: 0575 - 323501 - fax e tel: 0575 - 1979797

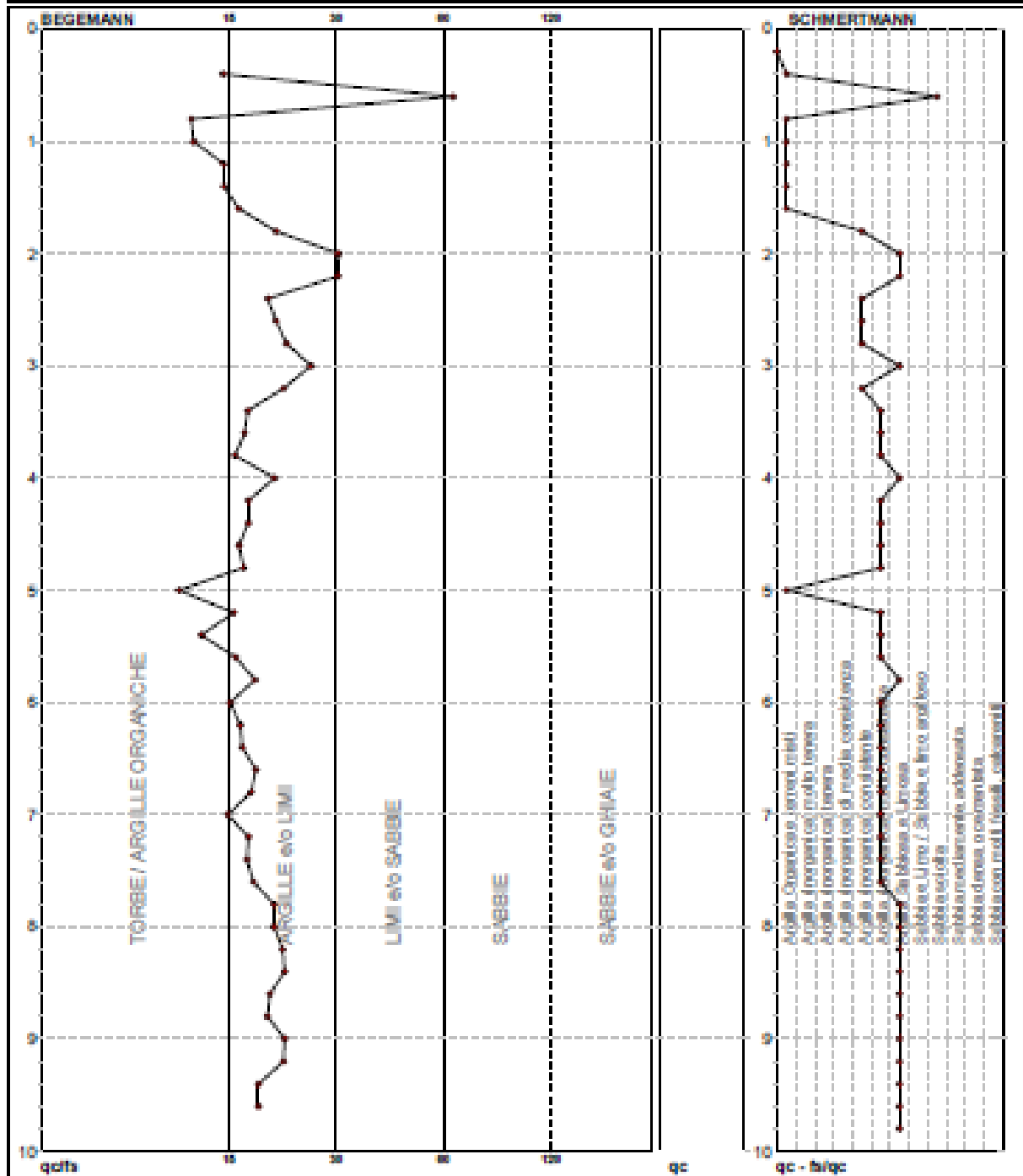
E-mail: info@geognostica.it - tecna@geognostica.it - Skype: tecna.ufficio - tecna.porta

STRATIGRAFIA

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n. 4542 del 13/04/2012

Comune Comune di Campi Bisenzio		Località Campi Bisenzio (FI)		Certificato n° / Data 0188 del 20/01/2023					
Cantiere Villa Ruccellai		Sondaggio n. 52	Data / Hora esecuzione 13/01/2023	Commessa n° / Data 018 del 13/01/2023					
Responsabile di sito Dr. Alessio Costantini	Operatore D' Andrea e Pini	Tipo Caricaggio continuo	Tipo Sonda Pantel 600	Dimensioni perforazione / Diametro rivestimento 100 mm / 127 mm					
Profondità (m)	Litologia	Descrizione	Quota	Caricatura	Metodo perforazione	Metodo testi (mm)	Caricatura Caricatura	Profondità Profondità	P-(1)
1		Terrano vegetale e di riporto contenente pezzame laterizio.	0.40						
2		Terrano di riporto limoso argilloso contenente pezzame laterizio.	2.10						
3		Argilla limosa marrone.	3.00						
3		Prelievo campione indisturbato.	3.50	3.00	S				
4		Argilla limosa bruna debolmente consolidata plastica.	4.30	3.80					
5		Argilla limosa marrone mediamente consolidata contenente patine di ossidazione nere rossastre e concrezioni di calcite biancastre dell'ordine della ghiaia.	5.00	4.50			# 1		
5		Prelievo campione indisturbato.	5.50	5.00	S				
6		Argilla debolmente limosa marrone mediamente consolidata con tratti di matrice plastica contenente patine di ossidazione nere rossastre e concrezioni di calcite biancastre dell'ordine della ghiaia.	8.00	6.50					
7									
8									
9		Argilla limosa marrone consolidate contenenti patine di ossidazione nere rossastre e concrezioni di calcite biancastre dell'ordine della ghiaia.	10.00	8.50			# 2		
10									
11		Argilla limosa marrone arena con tratti grigiastri consolidate contenenti patine di ossidazione nere rossastre, concrezioni nere e di calcite biancastre dell'ordine della ghiaia.	15.00	10.00			# 3		
12									
13									
14									
15									
16						(CS)	(RM)		A
					15.00		15.00		15.00

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA		CPT		1	
		Riferimento		006-2023	
		Certificato		018AC/2023	
		n. verb. app.		018 del 13/01/23	
Committente Comune di Campi Bisenzio		U.M. kg/cm ²		Data nec. 13/01/2023	
Cantiere Ristrutturazione Villa Ruccellai		Scala: 1:50		Data certificato 13/01/2023	
Località Campi Bisenzio (FI)		Pagina 1		Falda Non rilevata	
		Elaborato			



I livelli geologici rilevati, partendo da piano campagna, sono riportati nella tabella seguente.

Livello geologico	descrizione	spessore (m)
A	Riporto antropico	0.0 – 2.10
B	Argilla limosa o con limo scarsamente consolidata bruna	2.10 – 3.50
C	Argilla limosa mediamente consolidata marrone	3.50 – 6.00
D	Argilla limosa consolidata marrone	6.00 – 9.00
C	Argilla limosa mediamente consolidata marrone	9.00 – 15.0
D	Argilla limosa consolidata marrone	15.0 – 30.0
E	Ghiaia in matrice limoso sabbioso-argillosa	30.0 – 32.0

La falda è posta a – 1.4 m da piano campagna attuale.

Unità geotecnic a Ug	Peso di volume naturale γ	Peso di volume saturo γ_{sat}	Resistenza al taglio non drenata c_u (kPa)	Coesione efficace c' (kPa)	Angolo d'attrito di picco ϕ' (°)	Modulo edometrico E_{ed} (MPa)	Spessore (m)
1	17.00	17.40			22		2.10
2	19.11	19.11	27	3	22	5.9	1.40
3	19.00	19.00	93	11	24	9.78	2.50
4	20.13	20.22	156	28	25	10.9	3.00
3	19.00	19.00	93	11	24	9.78	6.00
4	20.13	20.22	156	28	25	10.9	15.00
5	20.50	20.5			38	13.5	2.00

5. SISMICITA' E VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Magnitudo attesa in funzione della zona sismogenetica

Sotto il profilo sismico, gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata ZS9, che prevede una suddivisione in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima M_{wmax} , i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc..

Per ciascun sito che cade in una delle 36 zone sismogenetiche predette si assume come M il valore di M_w max (tabella 6).

Secondo quanto indicato in Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica, per stimare quale sia il valore di magnitudo (M) da considerare ai fini delle valutazioni viene fatto riferimento alla zonazione sismogenetica (ZS9).

La zona sismogenetica (intesa come porzione della crosta o del mantello terrestre da cui possono originarsi i terremoti) dell'intervento ricade nella zona "Versilia-Chianti" ZS n. 916; facendo riferimento alla tabella 6 il valore M_{wmax} corrispondente a M_w max = 6,14

Si nota che i valori indicati dalla Protezione Civile sono i più cautelativi fra quelli indicati dall'INGV nell'App. 2 della Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica prevista dall'Ordinanza PCM del 20 marzo 2003, n. 3274, All.1 Rapporto Conclusivo bozza - aprile 2004

(ovvero quelli indicati in colonna 10 rispetto a quelli della 8, peraltro suggeriti nelle FAQ dell'INGV).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	DISS2 MwMax	CPT12 MwMax	CPT12 MwMax (classe)	CPT12 completo 04.2	Az1	Mw Max1	Az2	Mw Max2
Savoia	901		5.79	5.68	5.68	+1(a)	5.91	+2(d)	6.14
Vallese	902		6.10	6.14	6.14		6.14		6.14
Grigioni-Valtellina	903		5.79	5.68	5.22	+3(b)	5.91	+4(d)	6.14
Trieste -Monte Nevoso	904		5.71	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Friuli -Veneto Orientale	905	6.4	6.66	6.60	6.60		6.60		6.60
Garda-Veronese	906	6.2	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60
Bergamasco	907	5.9	5.67	5.68	5.68	G	5.91	+2(d)	6.14
Piemonte	908		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Alpi Occidentali	909		5.54	5.45	5.45	+1(a)	5.68	+3(d)	6.14
Nizza-Sarremo	910	6.3	6.29	6.37	6.37		6.37		6.37
Tortona-Bobbio	911		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Dorsale Ferrarese	912	6.2	5.88	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14
Appennino Emiliano-Romagn.	913		5.85	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Forlivese	914		5.97	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Garfagnana-Mugello	915	6.4	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60
Versilia-Chianti	916		5.52	5.45	5.45	+1(c)	5.68	+3(d)	6.14
Rimini-Ancona	917	6.1	5.94	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzz.	918		6.23	6.14	6.14	+1(a)	6.37	+1(a)	6.37
Appennino Umbro	919	6.0	6.33	6.37	6.37		6.37		6.37
Val di Chiana-Ciociaria	920		5.57	5.68	5.45	+1(b)	5.68	+3(d)	6.14
Etruria	921		5.91	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Colli Albani	922		5.53	5.45	5.45		5.45		5.45
Appennino Abruzzese	923	6.7	6.99	7.06	7.06		7.06		7.06
Molise-Gargano	924	6.7	6.73	6.83	6.83		6.83		6.83
Ofanto	925		6.72	6.83	6.83		6.83		6.83
Basento	926	5.8	5.84	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Sannio-Irpinia -Basilicata	927	6.8	6.96	7.06	7.06		7.06		7.06
Ischia-Vesuvio	928		5.78	5.68	5.68	+1(a)	5.91	+1(a)	5.91
Calabria Timenica	929	7.0	7.24	7.29	7.29		7.29		7.29
Calabria Ionica	930	6.0	6.60	6.60	6.60		6.60		6.60
Canale d'Ofanto	931		6.90	6.83	6.83		6.83		6.83
Eolie-Patti	932	6.1	6.06	6.14	6.14		6.14		6.14
Sicilia settentrionale	933		5.89	5.91	5.91	+1(c)	6.14	+1(c)	6.14
Belice	934		6.12	6.14	6.14		6.14		6.14
Iblei	935		7.41	7.29	7.29		7.29		7.29
Etna	936		5.30	5.22	5.22	+1(a)	5.45	+1(a)	5.45

Tabella 6. Valori di Mwmax da DISS2 e CPT12 (col.3, 4, 5); valori di Mwmax dopo l'applicazione degli intervalli di completezza CO-04.2 (col.6); azioni e valore finale di Mwmax1 (col.7, 8); azioni e valori finali di Mwmax2 (col.9, 10). Le azioni indicano l'aumento (in numero di classi) rispetto ai valori della colonna 6 determinato da:

- a = aumento di 1 classe per convenzione (i) (arrotondamento alla classe superiore);
- b = aumento per convenzione (ii) (adozione dell'evento massimo osservato anche se al di fuori del periodo di completezza);
- c = aumento per motivazioni particolari descritte nel testo;
- d = aumento fino alla classe 6.14 per ragioni di maggiore cautela (vedi testo);
- G = aumento per adeguamento al dato geologico di DISS2.

Sismicità storica

La sismicità storica del Comune di Campi Bisenzio è stata ricostruita con la consultazione del "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 - Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A. (2021). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

<https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.3>; Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (2020). The Italian earthquake catalogue CPTI15. Bulletin of Earthquake Engineering, 18(7), 2953-2984. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>.

Campi Bisenzio



PlaceID	IT_44753
Coordinate (lat, lon)	43.820, 11.138
Comune (ISTAT 2015)	Campi Bisenzio
Provincia	Firenze
Regione	Toscana
Numero di eventi riportati	17



Effetti	In occasione del terremoto del										
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
4-5	🔗	1887	11	14	05	48	05	Fiorentino	101	6	4.47
6	🔗	1895	05	18	19	55	12	Fiorentino	401	8	5.50
NF	🔗	1897	07	27	09	02	14	Valdarno inferiore	33	5-6	4.27
5	🔗	1899	06	26	23	17	22	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
NF	🔗	1899	07	08	22	56	55	Bagno di Romagna	37	4	4.02
NF	🔗	1903	07	27	03	46		Lunigiana	79	7-8	5.19
5	🔗	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
NF	🔗	1906	04	21	06	35		Valdelsa	45	5-6	4.30
NF	🔗	1907	12	20	10	29	15	Chianti	35	6	4.44
4	🔗	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	🔗	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
NF	🔗	1913	02	13	16	39		Corno alle Scale	26	5	4.18
5	🔗	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
6	🔗	1919	06	29	15	06	13	Mugello	565	10	6.38
5	🔗	1920	09	07	05	55	40	Garfagnana	750	10	6.53
3	🔗	1939	02	11	11	17		Mugello	31	7	5.01
2-3	🔗	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82

In particolare, gli effetti macrosismici che hanno interessato il Comune di Campi Bisenzio sono riconducibili a n. 17 eventi sismici, verificatisi dal 1887 al 1995 con vario grado di intensità sismica. (cfr. Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2021). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.3>).

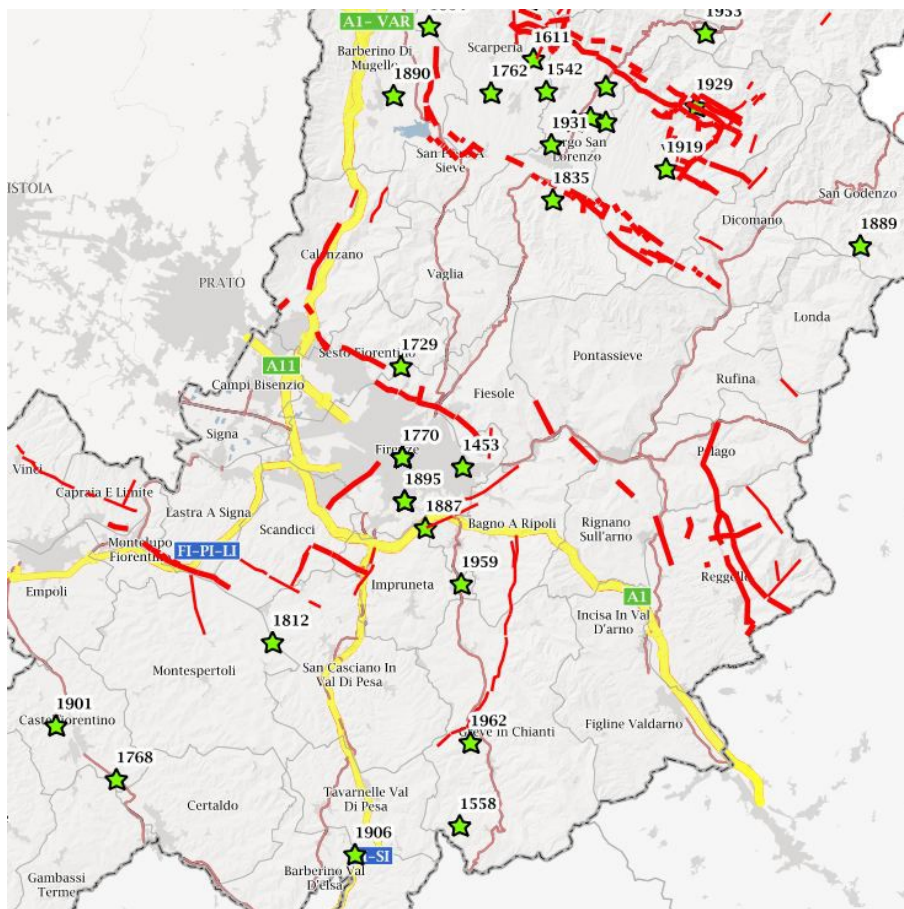
La maggiore intensità sismica percepita in questo territorio raggiunge il grado Mw = 6.53 registrato in Garfagnana nel 1920.

Sorgenti sismogenetiche

Con il termine Sorgenti sismogenetiche si indicano singole faglie, o sistemi di faglie, per le quali è possibile calcolare sia quale dovrebbe essere la massima magnitudo dei terremoti, sia il rapporto tra il numero di terremoti forti e di quelli deboli.

Alle diverse strutture presenti in superficie, che vengono attivate da un evento sismico si dà il nome di faglie capaci, si tratta cioè di segmenti di faglia per i quali si verifica un'attivazione cosismica con relativa dislocazione del terreno. Queste strutture sono considerate come l'espressione superficiale delle strutture sismogenetiche profonde. Le faglie capaci costituiscono un elemento essenziale per il riconoscimento e la classificazione delle faglie sismogenetiche principali.

Nella figura seguente viene riportata la distribuzione delle faglie capaci tratta dalla Pubblicazione in modalità WebGIS della mappa delle Faglie Attive e dei Terremoti Storici nel territorio della Città Metropolitana di Firenze.



Faglie attive nell'area della Città Metropolitana di Firenze

Le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche prossime alle aree di intervento sono state mutuate dal Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Versione 3.3.0 (2021 - DOI:10.13127/diss3.3.0), un catalogo delle potenziali sorgenti di terremoti con intensità superiore a M 5.5 in Italia e nelle aree circostanti redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Analizzando il catalogo delle sorgenti sismogenetiche si osserva che il settore in esame si colloca a sud-ovest, ad una distanza di circa 25,0 km, dell'area sismogenetica codificata come ITCS037 "Mugello-Città di Castello-Leonessa".

Quest'area sismogenetica è caratterizzata dai seguenti parametri:

Strike (angolo rispetto al nord):	280° - 330°
Dip (inclinazione rispetto al piano campagna):	25° - 40°
Profondità min - max:	0,5 – 8,0 km
Magnitudo massima (Mw):	6,2

Dal medesimo catalogo si riconosce, inoltre, che relativamente vicine al settore in esame sono le aree sismogenetiche individuali codificate come ITIS087 "Mugello West" e ITIS086 "Mugello East", collocate internamente alla precedente ITCS037, a una distanza di circa 25 km dall'area di studio.

L'area sismogenetica ITIS087 "Mugello West" è caratterizzata dai seguenti parametri:

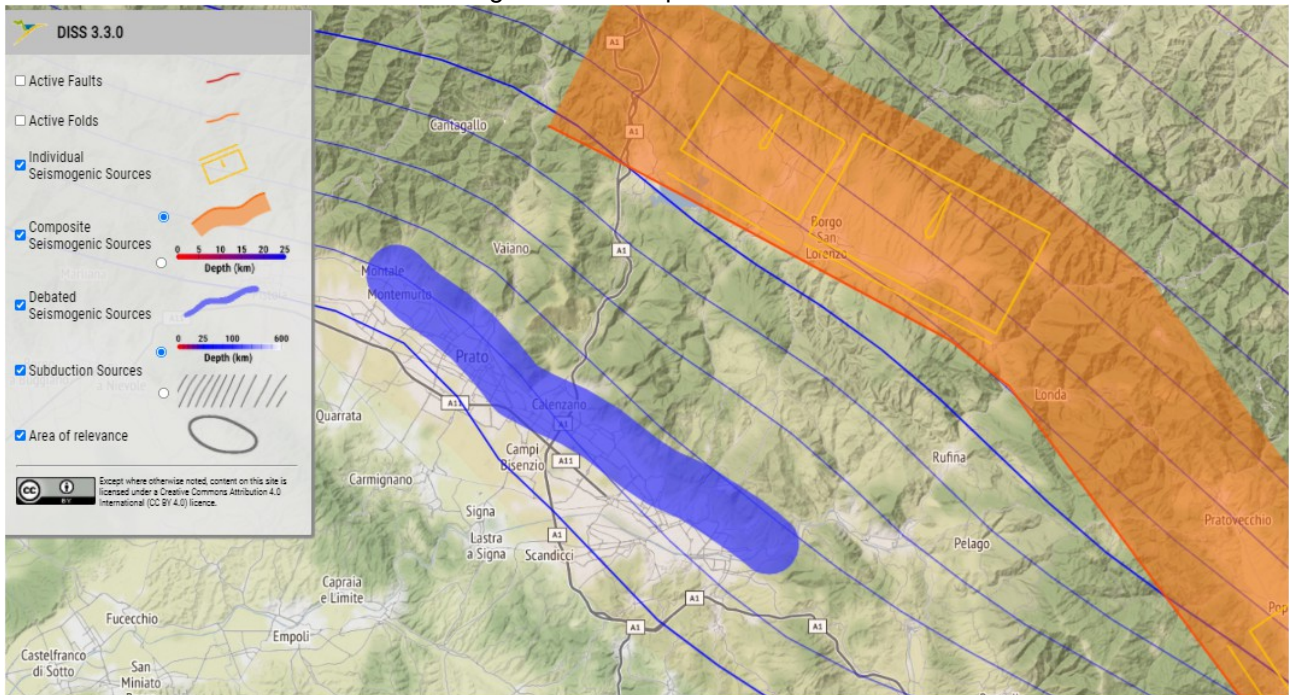
Strike (angolo rispetto al nord):	326°
Dip (inclinazione rispetto al piano campagna):	30°
Profondità min - max:	1,0 – 4,5 km
Magnitudo massima (Mw):	5,8

mentre l'area sismogenetica ITIS087 "Mugello East" è caratterizzata dai seguenti parametri:

Strike (angolo rispetto al nord):	298°
Dip (inclinazione rispetto al piano campagna):	40°
Profondità min - max:	0,6 – 6,9 km
Magnitudo massima (Mw):	6,2

Le aree sismogenetiche incerte sono quelle aree caratterizzate dalla presenza di faglie potenzialmente attive, sulla scorta dei dati di letteratura, ma che non sono considerate abbastanza affidabili da includerle con certezza nelle aree sismogenetiche certe, in quanto: faglie per cui sono fornite solo minime evidenze superficiali; faglie basate su evidenze geologiche ambigue; faglie di cui ci sono visioni contrastanti in letteratura; faglie che ricadono in zone a sismicità bassa o molto bassa; faglie le cui caratteristiche sono in aperto contrasto con quelle dei sistemi di faglie vicini e di conoscenza più approfondita.

Potenziali sorgenti sismiche per terremoti con M > 5.5

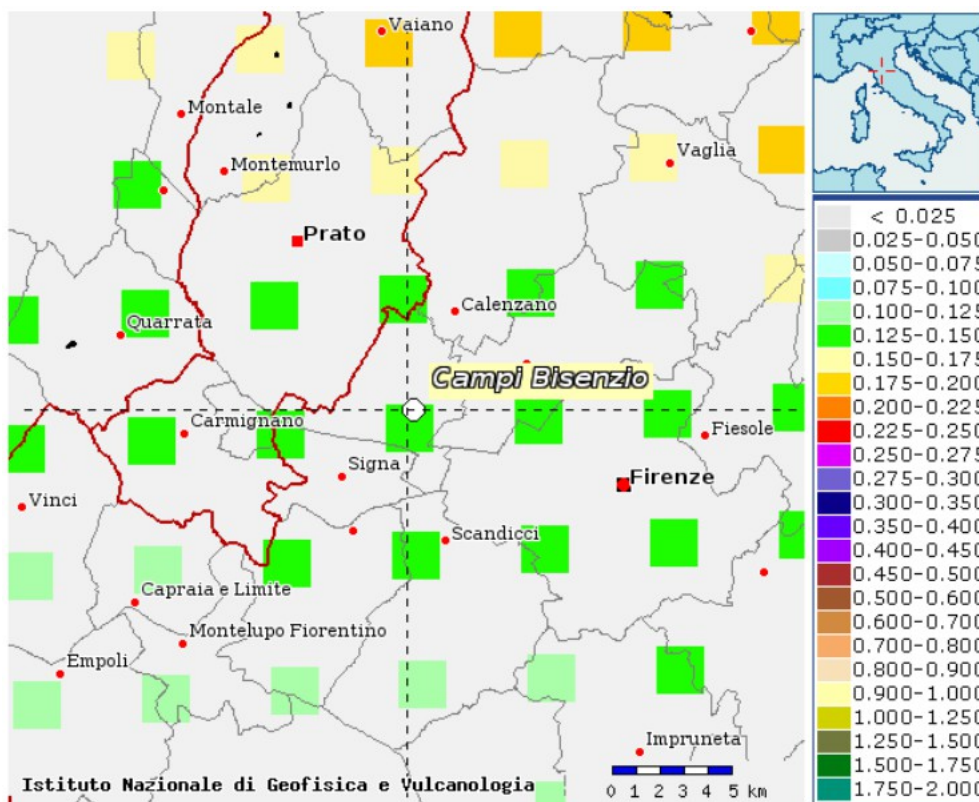


Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0

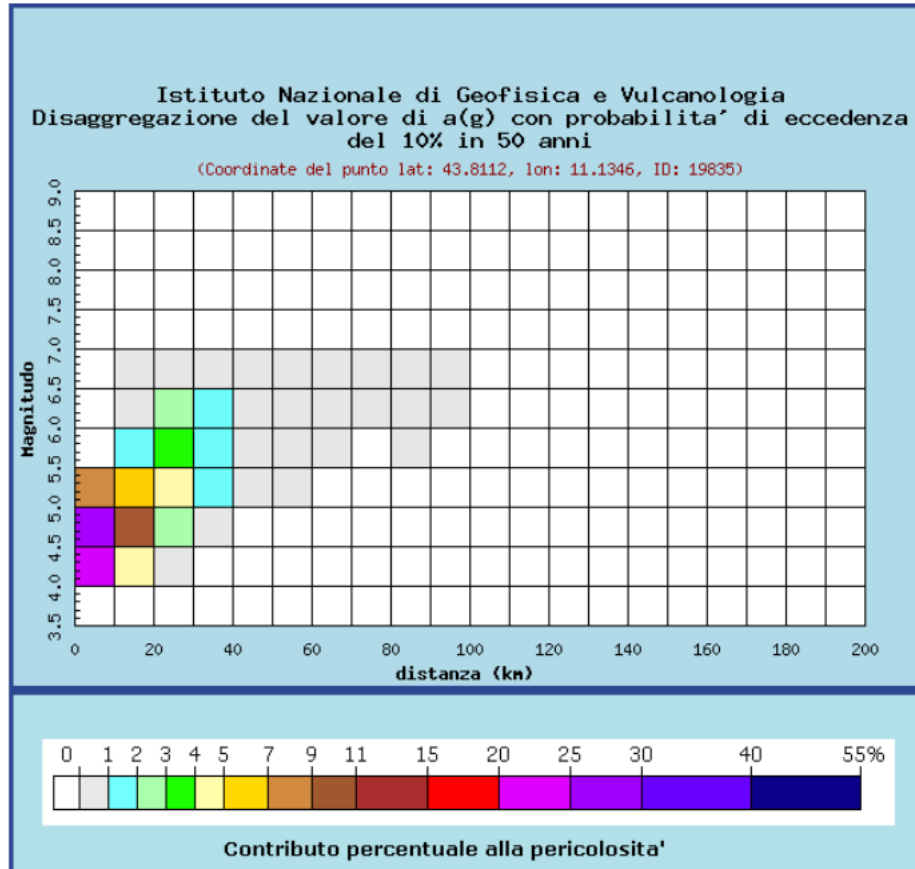
L'area di interesse è posta in una zona pianeggiante alla quota di circa m 36,5 s.l.m. ed è caratterizzata dalla presenza di sedimenti alluvionali recenti e attuali, di composizione prevalente limoso-argillosa. Le formazioni presenti nell'area di studio sono depositi alluvionali composti da limi sabbiosi ed argillosi: i dati ottenuti dalle indagini sismiche masw indicano valori di Vs di circa 240 m/sec, con un leggero miglioramento della rigidità scendendo in profondità.

In riferimento alla OPCM n.3274/03 ed alla riclassificazione regionale, il territorio comunale di Campi Bisenzio viene classificato in zona 3, per il quale sono previste accelerazioni massime al suolo di progetto di 0.15*g. In attuazione di quanto disposto dalle NTC.2008 e facendo riferimento alla Mappa di Pericolosità Sismica dell'INGV a supporto della determinazione delle azioni sismiche di cui al capo 7 del D.M.17.01.2018 e alla modellazione di cui alla Circ. CSLP n.7 del 02.02.09, si accertano le condizioni di criticità sismica sito dipendenti, che saranno definite in relazione alle condizioni stratigrafiche nell'analisi locale di risposta sismica.

La pericolosità allo scuotimento del sito in esame, riferita alle condizioni sismo-tettoniche dell'area di riferimento, viene quindi descritta dal valore dell'accelerazione al suolo con la probabilità del 10% di superamento in 50 anni, già calcolata in punti discreti su un reticolo a maglia regolare e fornita attraverso mappe interattive di pericolosità sismica consultabili in rete presso il sito INGV. Questo è schematicamente illustrato nello stralcio della mappa interattiva di pericolosità sismica riportata di seguito.



Dalla mappa è possibile verificare il valore dell'accelerazione attesa al sito e visualizzare il "grafico di disaggregazione", che individua intensità, profondità e distanza delle sorgenti sismiche che caratterizzano la pericolosità sismica di sito, riportato di seguito.



Nel caso di specie, la pericolosità è determinata principalmente da sorgenti sismiche poste entro 20 km di profondità, con magnitudo MI compresa tra 4.0 e 6.0, con il seguente valore medio:

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.930	12.600	1.130

La stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido, viene definita tramite un approccio sito-dipendente. Come riportato al § 3.2 del D.M. 18 gennaio 2018 e al § C3.2 della Circolare C.S.LL.PP. n. 7/2019, è possibile fare riferimento all'Allegato A del D.M. 14 gennaio 2008 nel quale i parametri necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto vengono calcolati attraverso le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (nella Tabella 1 - Allegato B del medesimo decreto NTC2008 vengono forniti, per ciascuno dei 10.751 nodi della griglia che costituisce il reticolo, i valori di a_g , F_0 e T^*c , per nove valori del periodo di ritorno: 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2.475 anni.

PERICOLOSITÀ SISMICA

Via

Lat. (ED50) Long. (ED50) Alt. m

Datum

Parametri sismici

Lat. (ED50) Long. (ED50)

Classe dell'edificio

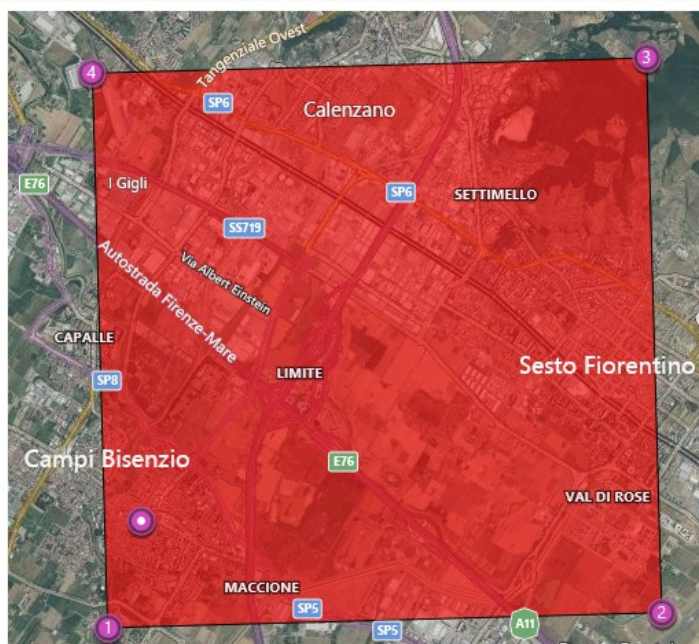
Coefficiente d'uso Cu

Vita nominale anni

Interpolazione

	Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
Px	Operatività (SLO)	30	0.047	2.544	0.251
	Danno (SLD)	50	0.057	2.581	0.266
	Salvaguardia vita (SLV)	475	0.133	2.411	0.300
P1	Prevenzione collasso (SLC)	975	0.169	2.387	0.310
	Operatività (SLO)	30	0.046	2.549	0.251
	Danno (SLD)	50	0.056	2.586	0.265
P2	Salvaguardia vita (SLV)	475	0.131	2.394	0.299
	Prevenzione collasso (SLC)	975	0.166	2.383	0.309
	Operatività (SLO)	30	0.047	2.547	0.252

Periodo riferimento azione sismica



PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (Cu): 1
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]
 Tipo di interpolazione: Media ponderata
 Coordinate geografiche del punto
 Latitudine (WGS84): 43.8199577 [°]
 Longitudine (WGS84): 11.1377687 [°]
 Latitudine (ED50): 43.8209152 [°]
 Longitudine (ED50): 11.1387558 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	19835	43.811240	11.134640	1125.20
2	19836	43.812610	11.203870	5305.34
3	19614	43.862590	11.201960	6868.09
4	19613	43.861210	11.132730	4506.73

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
--------------	-----------	--------	--------	---------

SLO	30	0.046	2.549	0.251
SLD	50	0.056	2.586	0.265
	72	0.063	2.599	0.274
	101	0.071	2.590	0.280
	140	0.079	2.609	0.286
	201	0.093	2.500	0.293
SLV	475	0.131	2.394	0.299
SLC	975	0.166	2.383	0.309
	2475	0.219	2.416	0.317

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.047	2.547	0.252
SLD	50	0.057	2.582	0.268
	72	0.065	2.587	0.276
	101	0.073	2.586	0.281
	140	0.081	2.598	0.287
	201	0.095	2.514	0.294
SLV	475	0.133	2.403	0.302
SLC	975	0.169	2.384	0.311
	2475	0.222	2.420	0.319

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.050	2.529	0.252
SLD	50	0.060	2.565	0.269
	72	0.070	2.543	0.276
	101	0.078	2.558	0.281
	140	0.089	2.542	0.287
	201	0.101	2.520	0.293
SLV	475	0.139	2.445	0.304
SLC	975	0.179	2.403	0.313
	2475	0.237	2.415	0.323

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.049	2.533	0.251
SLD	50	0.059	2.569	0.268
	72	0.068	2.553	0.275
	101	0.076	2.565	0.280
	140	0.086	2.557	0.286
	201	0.098	2.534	0.292
SLV	475	0.135	2.463	0.303
SLC	975	0.175	2.396	0.312
	2475	0.232	2.400	0.322

Punto d'indagine

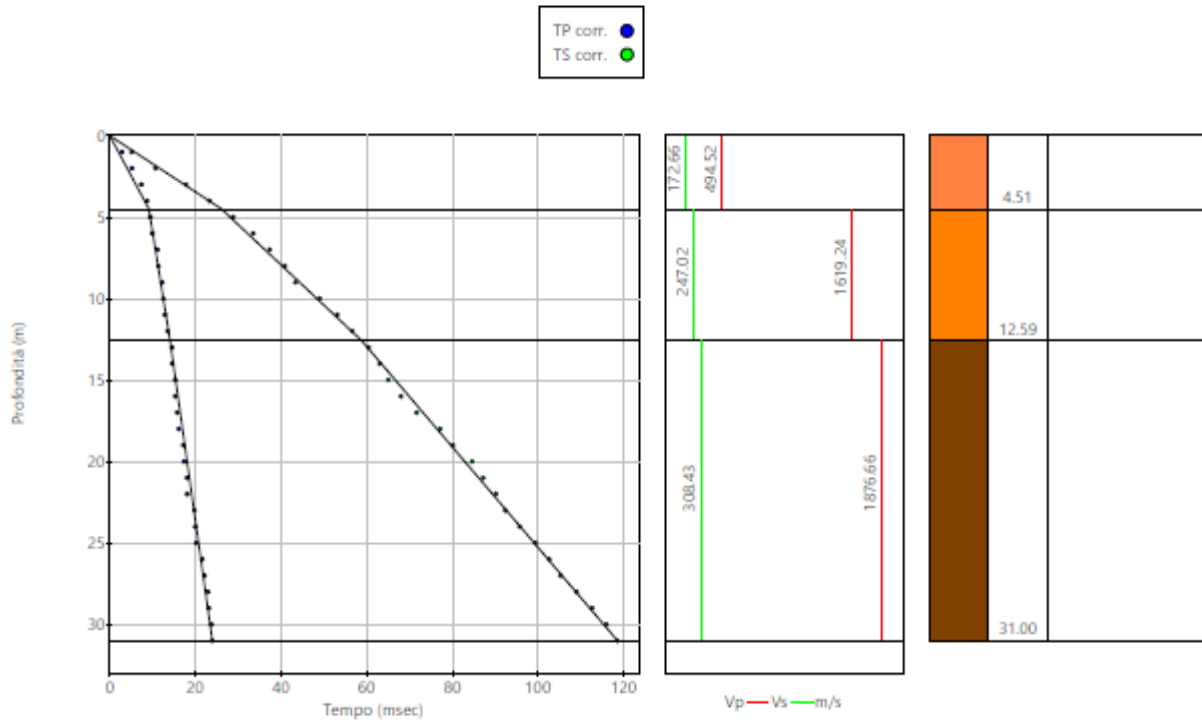
Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.047	2.544	0.251
SLD	50	0.057	2.581	0.266
SLV	475	0.133	2.411	0.300
SLC	975	0.169	2.387	0.310

Dalla prova sismica down hole e dalla MASW eseguite sul sito di interesse si evince quanto segue.

MASW

L'indagine **MASW** mostra un andamento crescente delle velocità delle onde di taglio fino alla profondità significativa di 31 m da piano campagna.
 La media delle Vs30 è risultata pari a circa **240 m/sec**. Secondo la normativa (D.M. 22/03/18) il suolo di fondazione da considerare è di tipo **C**.

Down Hole



Dati

Numero di strati

Profondità piano di posa m

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	4.51	172
2	8.08	247
3	18.41	308.43

- +

Calcola

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

Categoria	Descrizione	Vs min	Vs max
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.	180	360

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

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

1.000

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

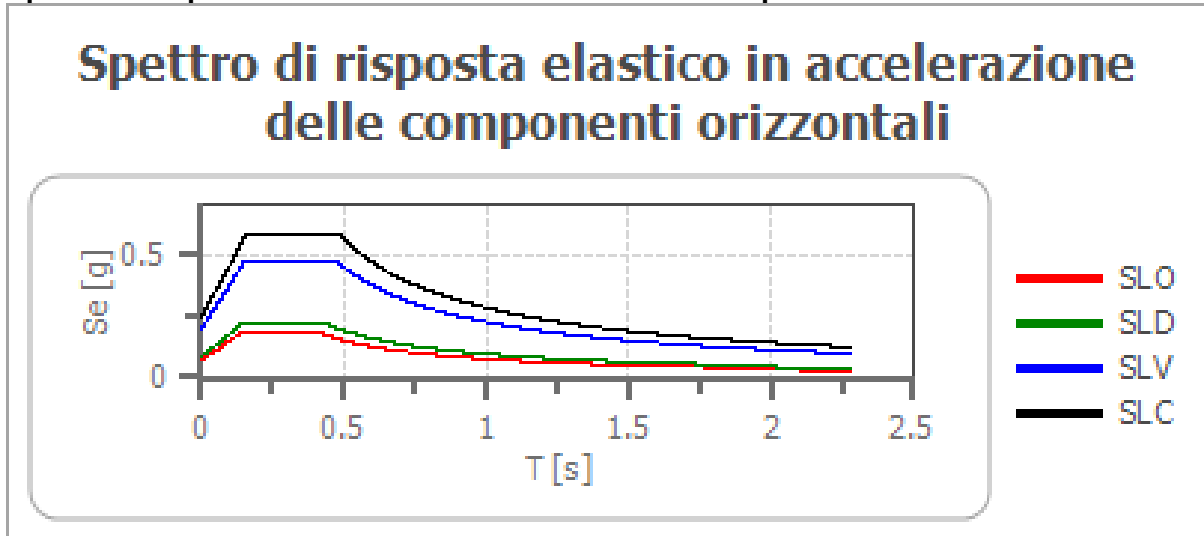
Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.015	0.048	0.059
kv	0.006	0.008	0.024	0.030
amax [m/s ²]	0.695	0.836	1.952	2.419
Beta	0.180	0.180	0.240	0.240

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.017	0.048	0.059
kv	0.007	0.009	0.024	0.030
amax [m/s ²]	0.695	0.836	1.952	2.419
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

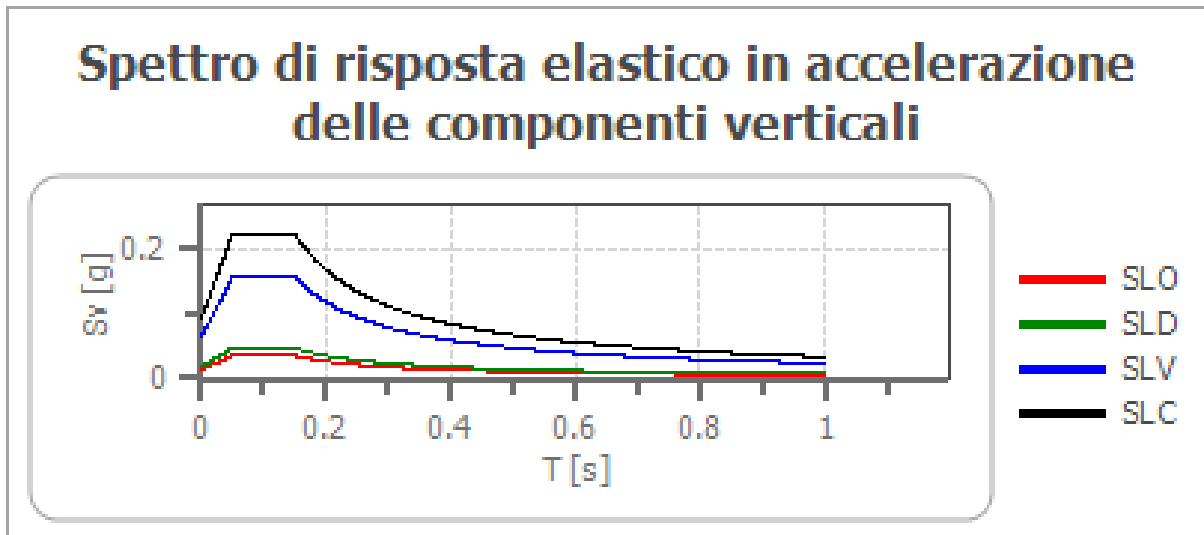


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.047	2.544	0.251	1.500	1.660	1.000	1.500	1.000	0.139	0.417	1.789	0.071	0.180
SLD	1.0	0.057	2.581	0.266	1.500	1.630	1.000	1.500	1.000	0.145	0.434	1.827	0.085	0.220
SLV	1.0	0.133	2.411	0.300	1.500	1.560	1.000	1.500	1.000	0.156	0.469	2.131	0.199	0.480
SLC	1.0	0.169	2.387	0.310	1.460	1.550	1.000	1.460	1.000	0.160	0.480	2.276	0.247	0.589

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

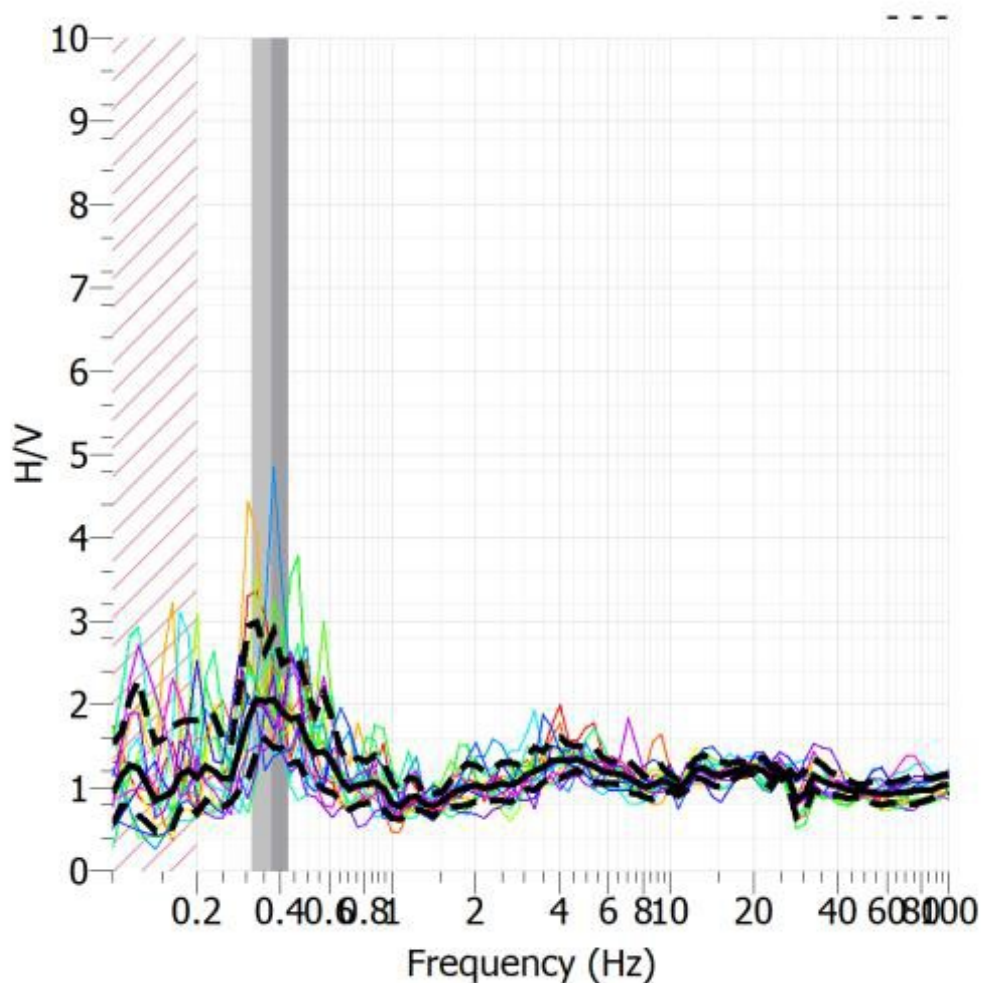
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

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	2.544	0.251	1	1.660	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.014	0.035
SLD	1.0	0.057	2.581	0.266	1	1.630	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.018	0.047
SLV	1.0	0.133	2.411	0.300	1	1.560	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.065	0.157
SLC	1.0	0.169	2.387	0.310	1	1.550	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.094	0.224

SERIE TEMPORALE H/V



Per quanto riguarda la frequenza di risonanza del terreno non ci sono picchi HVSR significativi nel range di frequenze 0.5-20 Hz.

6. SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

I metodi semplificati si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ. La resistenza del deposito alla liquefazione viene quindi valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione $(1.0) FS = CCR / CSR$ dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma. I metodi semplificati proposti differiscono fra loro soprattutto per il modo con cui viene ricavata CRR, la resistenza alla liquefazione. Il parametro maggiormente utilizzato è il numero dei colpi nella prova SPT anche se oggi, con il progredire delle conoscenze, si preferisce valutare il potenziale di liquefazione utilizzando prove statiche (CPT) o prove di misurazione delle onde di taglio Vs. Questi metodi sono in genere utilizzati per la progettazione di opere di media importanza.

Input dati:

Profondità di calcolo	2	m
Profondità della falda dal p. c.	1.4	m
Peso di volume del terreno	19	kN/m ³
Numero di colpi SPT	16	-
Frazione argillosa	70	%
Accelerazione sismica massima	0.1952	g
Magnitudo	6.2	-
Fattore imposto dalla normativa	1.2	-
Tipo di deposito:	Sabbie limose	
Consistenza del deposito:	Sabbie medio dense	

Seed & Idriss

Pressione totale del terreno	38.00	kPa
Pressione efficace del terreno	37.40	kPa
Fattore correttivo per la frazione argillosa	11.00	-
Numero di colpi standard corretto	36.1533	
Resistenza alla liquefazione (CRR)	7.0591	
Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	1.2505	
Coefficiente di sicurezza (Fs = CRR / CSR)	5.6451	

Il deposito non è liquefacibile

7. MODELLO GEOTECNICO

Partendo dal Modello Geologico di Riferimento si sono evidenziate le diverse unità geotecniche che vanno a costituire il modello geotecnico di base per la progettazione strutturale.

Modello Geologico di Riferimento

Livello geologico	descrizione	spessore (m)
A	Riporto antropico	0.0 – 2.10
B	Argilla limosa o con limo scarsamente consolidata bruna	2.10 – 3.50
C	Argilla limosa mediamente consolidata marrone	3.50 – 6.00
D	Argilla limosa consolidata marrone	6.00 – 9.00
C	Argilla limosa mediamente consolidata marrone	9.00 – 15.0
D	Argilla limosa consolidata marrone	15.0 – 30.0
E	Ghiaia in matrice limoso sabbioso-argillosa	30.0 – 32.0

La falda è posta a – 1.4 m da piano campagna attuale.

Per la caratterizzazione geotecnica ci si è basati, pertanto, sulle analisi di laboratorio e sulle prove in situ, nonché sulle indagini sismiche realizzate appositamente (v. Fascicolo delle Indagini).

Da prova penetrometrica statica CPT

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA												CPT		1	
												Riferimento		006-2023	
												Certificato		018A/2023	
												n verb. acct.		018 del 11/01/23	
Committente Comune di Campi Bisenzio										U.M.: kg/cm ²		Data esec.		13/01/2023	
Cantiere Ristrutturazione Villa Ruccellai										Pagina 1		Data certificato		13/01/2023	
Località Campi Bisenzio (FI)										Elaborato		Falda		Non rilevata	

H m	qc U.M.	qoifs	zone	γ'	σ'vo U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA						NATURA GRANULARE															
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	E50 U.M.	E25 U.M.	Mo U.M.	FL1	FL2					
0,20	-	-	2	1,85	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40	10,0	14,9	2	1,85	0,07	132	0,50	68,4	85,0	127,5	40,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,60	12,0	60,0	4	1,85	0,11	141	0,57	48,7	97,1	145,7	44,6	53	38	33	30	28	37	26	20,0	30,0	36,0	-	-	-	-	-	-	-
0,80	9,0	12,3	2	1,85	0,15	127	0,45	25,2	76,5	114,8	37,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	10,0	12,5	2	1,85	0,19	132	0,50	21,8	85,0	127,5	40,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,20	12,0	15,0	2	1,85	0,22	141	0,57	20,5	97,1	145,7	44,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,40	12,0	15,0	2	1,85	0,26	141	0,57	16,9	97,1	145,7	44,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,60	11,0	16,4	2	1,85	0,30	137	0,54	13,2	91,2	136,8	42,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,80	15,0	20,5	2	1,85	0,33	154	0,67	15,0	113,3	170,0	49,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,00	18,0	30,0	4	1,85	0,37	164	0,75	15,2	127,5	191,3	56,2	37	36	29	26	24	33	27	30,0	45,0	54,0	-	-	-	-	-	-	-
2,20	26,0	29,9	4	1,85	0,41	189	0,93	17,6	157,9	236,8	78,0	48	37	30	27	26	34	28	43,3	65,0	78,0	-	-	-	-	-	-	-
2,40	17,0	19,5	2	1,85	0,44	161	0,72	11,6	123,0	184,5	54,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,60	15,0	20,5	2	1,85	0,48	154	0,67	9,4	115,2	172,8	49,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,80	16,0	21,9	2	1,85	0,52	157	0,70	9,1	123,0	184,4	51,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,00	17,0	25,4	2	1,85	0,56	161	0,72	8,7	131,5	197,2	54,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,20	20,0	21,5	4	1,85	0,59	171	0,80	9,1	140,7	211,0	60,0	29	35	27	24	23	31	27	33,3	50,0	60,0	-	-	-	-	-	-	-
3,40	22,0	17,3	4	1,85	0,63	177	0,85	9,1	149,3	224,0	66,0	31	35	27	24	23	31	28	36,7	55,0	66,0	-	-	-	-	-	-	-
3,60	26,0	17,0	4	1,85	0,67	189	0,93	9,5	160,0	239,9	78,0	36	36	28	25	23	32	28	43,3	65,0	78,0	-	-	-	-	-	-	-
3,80	30,0	16,0	4	1,85	0,70	199	1,00	9,8	170,8	256,2	90,0	39	36	28	25	24	32	29	50,0	75,0	90,0	-	-	-	-	-	-	-
4,00	34,0	20,4	4	1,85	0,74	209	1,13	10,7	192,7	289,0	102,0	42	36	29	26	24	33	29	56,7	85,0	102,0	-	-	-	-	-	-	-
4,20	37,0	17,4	4	1,85	0,78	216	1,23	11,2	209,7	314,5	111,0	44	37	29	26	24	33	30	61,7	92,5	111,0	-	-	-	-	-	-	-
4,40	36,0	17,4	4	1,85	0,81	214	1,20	10,2	204,0	306,0	108,0	42	36	29	26	24	32	30	60,0	90,0	108,0	-	-	-	-	-	-	-
4,60	35,0	16,4	4	1,85	0,85	211	1,17	9,3	203,0	304,5	105,0	40	36	28	25	24	32	29	58,3	87,5	105,0	-	-	-	-	-	-	-
4,80	35,0	16,9	4	1,85	0,89	211	1,17	8,8	210,4	315,5	105,0	39	36	28	25	23	32	29	58,3	87,5	105,0	-	-	-	-	-	-	-
6,00	32,0	11,4	4	1,85	0,93	204	1,07	7,5	226,4	339,7	96,0	35	35	27	24	23	31	29	53,3	80,0	96,0	-	-	-	-	-	-	-
5,20	33,0	15,9	4	1,85	0,96	207	1,10	7,4	226,3	354,5	99,0	35	35	27	24	23	31	29	55,0	82,5	99,0	-	-	-	-	-	-	-
5,40	48,0	13,1	4	1,85	1,00	238	1,60	11,3	272,0	408,0	144,0	47	37	29	26	24	33	31	80,0	120,0	144,0	-	-	-	-	-	-	-
5,60	44,0	16,1	4	1,85	1,04	230	1,47	9,7	250,9	375,4	132,0	43	36	28	25	24	32	31	73,3	110,0	132,0	-	-	-	-	-	-	-
5,80	53,0	18,1	4	1,85	1,07	247	1,77	11,7	300,3	450,5	159,0	48	37	29	26	24	33	31	88,3	132,5	159,0	-	-	-	-	-	-	-
6,00	55,0	15,6	4	1,85	1,11	251	1,83	11,8	311,7	467,5	165,0	49	37	29	26	24	33	31	91,7	137,5	165,0	-	-	-	-	-	-	-
6,20	53,0	16,6	4	1,85	1,15	247	1,77	10,8	300,3	450,5	159,0	47	37	29	26	24	33	31	88,3	132,5	159,0	-	-	-	-	-	-	-
6,40	47,0	16,8	4	1,85	1,18	236	1,57	8,9	280,6	420,8	141,0	42	36	28	25	23	32	31	78,3	117,5	141,0	-	-	-	-	-	-	-
6,60	40,0	18,2	4	1,85	1,22	222	1,33	7,0	306,2	459,4	120,0	36	36	27	24	23	31	30	66,7	100,0	120,0	-	-	-	-	-	-	-
6,80	46,0	17,7	4	1,85	1,26	234	1,53	8,0	301,7	452,5	138,0	40	36	28	25	23	31	31	76,7	115,0	138,0	-	-	-	-	-	-	-
7,00	43,0	15,4	4	1,85	1,30	228	1,43	7,1	322,8	484,2	129,0	37	36	27	24	23	31	30	71,7	107,5	129,0	-	-	-	-	-	-	-
7,20	43,0	17,4	4	1,85	1,33	228	1,43	6,9	326,3	504,5	129,0	36	36	27	24	22	31	30	71,7	107,5	129,0	-	-	-	-	-	-	-
7,40	46,0	17,2	4	1,85	1,37	234	1,53	7,2	339,4	509,1	138,0	38	36	27	24	23	31	31	76,7	115,0	138,0	-	-	-	-	-	-	-
7,60	43,0	17,9	4	1,85	1,41	228	1,43	6,4	363,8	545,6	129,0	35	35	27	24	22	30	30	71,7	107,5	129,0	-	-	-	-	-	-	-
7,80	42,0	20,3	4	1,85	1,44	226	1,40	6,0	381,0	571,6	126,0	33	35	27	23	22	30	30	70,0	105,0	126,0	-	-	-	-	-	-	-
8,00	42,0	20,3	4	1,85	1,48	226	1,40	5,9	384,5	581,8	126,0	33	35	26	23	22	30	30	70,0	105,0	126,0	-	-	-	-	-	-	-
8,20	40,0	21,4	4	1,85	1,52	222	1,33	5,3	413,7	620,5	120,0	30	35	26	23	21	30	30	66,7	100,0	120,0	-	-	-	-	-	-	-
8,40	39,0	21,7	4	1,85	1,55	220	1,30	5,0	428,6	642,9	117,0	29	35	26	23	21	29	30	65,0	97,5	117,0	-	-	-	-	-	-	-
8,60	37,0	19,8	4	1,85	1,59	216	1,23	4,6	443,3	665,0	111,0	26	34	25	22	21	29	30	61,7	92,5	111,0	-	-	-	-	-	-	-
8,80	39,0	19,5	4	1,85	1,63	220	1,30	4,7	452,3	678,4	117,0	28	35	26	22	21	29	30	65,0	97,5	117,0	-	-	-	-	-	-	-
9,00	39,0	21,7	4	1,85	1,67	220	1,30	4,6	463,7	695,5	117,0	27	35	25	22	21	29	30	65,0	97,5	117,0	-	-	-	-	-	-	-
9,20	43,0	21,5	4	1,85	1,70	228	1,43	5,1	468,8	703,2	129,0	30	35	26	23	21	29	30	71,7	107,5	129,0	-	-	-	-	-	-	-
9,40	42,0	18,5	4	1,85	1,74	226	1,40	4,8	482,6	723,9	126,0	29	35	26	22	21	29	30	70,0	105,0	126,0	-	-	-	-	-	-	-
9,60	42,0	18,5	4	1,85	1,78	226	1,40	4,7	494,1	741,2	126,0	28	35	25	22	21	29	30	70,0	105,0	126,0	-	-	-	-	-	-	-
9,80	44,0	-	3	1,85	1,81	230	-	-	-	-	-	29	35	26	22	21	29	31	73,3	110,0	132,0	-	-	-	-	-	-	-

Da prova sismica down hole.

Sismostrati con metodo diretto

Strato Nr.	DB	Descrizione (-)	Profondità (m)	Colore/Retino	Tp corr. sism. (msec)	Ts corr. sism. (msec)
1			4.51		9.12	26.12
2			12.59		14.11	58.83
3			31		23.92	118.52

Valori medi

Vp medio (m/s)	Vs medio (m/s)	g medio (kN/mc)	ni medio	G medio (MPa)	Ed medio (MPa)	E medio (MPa)	Ev medio (MPa)
494.52	172.66	17.92	0.43	54.48	446.88	155.87	374.24
1619.24	247.02	18.8	0.49	117.01	5027.73	348.23	4871.72
1876.66	308.43	19.03	0.49	184.6	6834.43	548.68	6588.3

Da analisi di laboratorio

		SONDAGGIO												
		1	1	2	2									
		CAMPIONE	1	2	1	2								
		da m	7,00	9,50	3,00	5,00								
		h m	7,80	10,00	3,50	5,50								
		N° laborat.	5033	5034	3035	5036								
DETERMINAZIONE														
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	W_n	(%)	22,0	26,9	32,4	30,4								
INDICE DEI VUOTI	e	(-)	0,81	0,75	0,84	0,82								
POROSITA'	n	(%)	37,9	43,0	45,8	45,1								
GRADO DI SATURAZIONE	S_r	(%)	97,8	96,8	100	100								
PESO DI VOLUME NATURALE	γ_n	(kNm ³)	20,13	19,22	19,11	19,00								
PESO DI VOLUME SECCO	γ_d	(kNm ³)	16,50	15,15	14,43	14,57								
PESO DI VOLUME SATURO	γ_{sat}	(kNm ³)	20,22	19,38	19,11	19,00								
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s	(kNm ³)	26,58	26,58	26,61	26,52								
FRAZIONE GHAIOSA	G	(%)												
FRAZIONE SABBOSA	S	(%)												
FRAZIONE LIMOSA	L	(%)												
FRAZIONE ARGILLOSA	A	(%)												
LIMITE DI LIQUIDITA'	W_L	(%)	58,1	58,3	43,1	61,9								
LIMITE DI PLASTICITA'	W_p	(%)	20,0	19,1	18,3	22,1								
INDICE DI PLASTICITA'	IP	(%)	38,2	37,1	24,9	39,9								
INDICE DI CONSISTENZA	IC	(-)	0,9	0,8	0,4	0,8								
LIMITE DI RITIRO	W_g	(%)												
CLASSIFICAZIONE U.S.C.S. (S.I.)	U.S.C.S.	(-)	/	/	/	/								
CLASSIFICAZIONE AASHTO	AASHTO	(-)	/	/	/	/								
VANE TEST (MEDIA DI PIU' VALORI)		(kPa)	142	105	21	113								
SOCKET PENETROMETER (MEDIA DI PIU' VALORI)		(kPa)	337	259	55	216								
RESISTENZA ALLA COMPRESIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA	σ	(kPa)	312	187	53	187								
	ϵ	(%)	7,2	10,4	10,5	9,2								
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO CD'	σ'	(kPa)	28	23	3	11								
	ϕ'	(°)	25	24	22	24								
PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO	σ'_r	(kPa)												
	ϕ'_r	(°)												
PROVA DI COMPRESIONE TRIASSIALE LUJ	ϕ_u	(°)												
PROVA DI COMPRESIONE TRIASSIALE CIJ	ϕ	(°)												
PROVA DI COMPRESIONE TRIASSIALE CID	ϕ'	(°)												
MODULO DI COMPRESSIBILITA' EDOMETRICA	E	(kPa)	12,3255(kPa)			1801								
			2549(kPa)			2895								
			4996(kPa)	13049	18432	4320	19062							
			9991(kPa)	10939	11530	5895	9785							
			19982(kPa)	14242	11840	9294	12875							
			39964(kPa)	17339	12348	16278	12935							
			79928(kPa)	27085	20387	24717	21569							
			159856(kPa)	45012	38702	50167	42962							
319712(kPa)														
COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE	C_v	cm ² /sec	12,3255(kPa)											
			2549(kPa)				3,9E-04							
			4996(kPa)				3,30E-04							
			9991(kPa)	3,20E-04	1,81E-04	4,88E-04	1,30E-04							
			19982(kPa)	2,40E-04	1,30E-04	5,40E-04	1,08E-04							
			39964(kPa)	2,70E-04	1,44E-04	4,92E-04	8,40E-05							
			79928(kPa)	1,91E-04	1,29E-04	4,19E-04	7,20E-05							
			159856(kPa)	1,62E-04	9,96E-05		6,87E-05							
319712(kPa)														

Parametri nominali o sperimentali

Unità geotecnica Ug	Peso di volume naturale γ	Peso di volume saturo γ_{sat}	Resistenza al taglio non drenata c_u (kPa)	Coesione efficace c' (kPa)	Angolo d'attrito di picco ϕ' (°)	Modulo edometrico E_{ed} (MPa)	Spessore (m)
1	17.00	17.40	-	-	22	3.6	2.10
2	19.11	19.11	27	3	22	5.9	1.40
3	19.00	19.00	93	11	24	9.78	2.50
4	20.13	20.22	156	28	25	10.9	3.00
3	19.00	19.00	93	11	24	9.78	6.00
4	20.13	20.22	156	28	25	10.9	15.00
5	20.50	20.5	-	-	38	13.2	2.00

Firenze, 7.04.2023

Prof. Geol. Eros Aiello

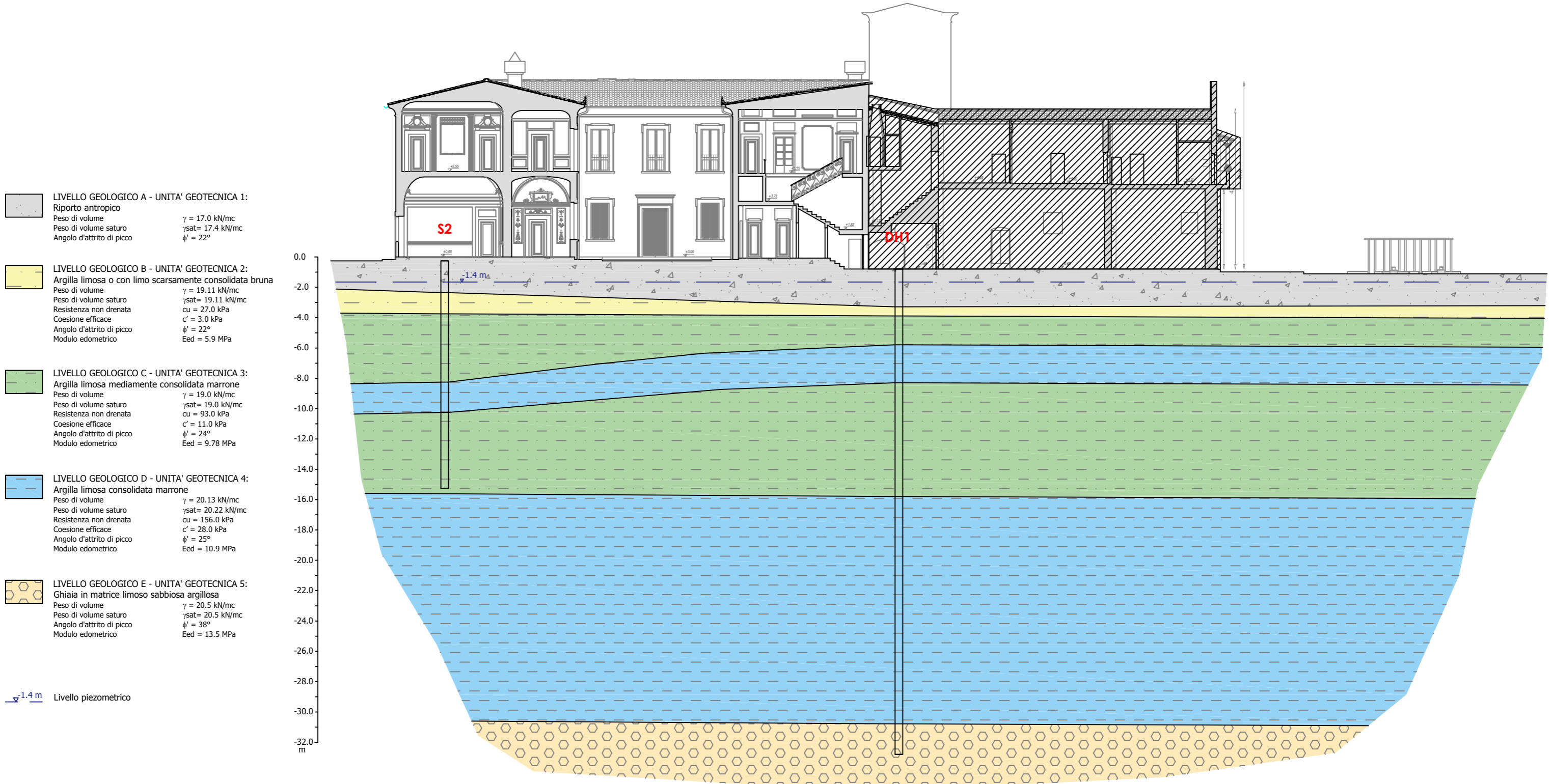



ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA
DOTT. GEOL.
EROS
AIELLO
N° 154

SEZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA

Scala 1:250

SEZIONE F - Porzione Settecentesca



LIVELLO GEOLOGICO A - UNITA' GEOTECNICA 1:
 Riporto antropico
 Peso di volume $\gamma = 17.0 \text{ kN/mc}$
 Peso di volume saturo $\gamma_{\text{sat}} = 17.4 \text{ kN/mc}$
 Angolo d'attrito di picco $\phi' = 22^\circ$

LIVELLO GEOLOGICO B - UNITA' GEOTECNICA 2:
 Argilla limosa o con limo scarsamente consolidata bruna
 Peso di volume $\gamma = 19.11 \text{ kN/mc}$
 Peso di volume saturo $\gamma_{\text{sat}} = 19.11 \text{ kN/mc}$
 Resistenza non drenata $c_u = 27.0 \text{ kPa}$
 Coesione efficace $c' = 3.0 \text{ kPa}$
 Angolo d'attrito di picco $\phi' = 22^\circ$
 Modulo edometrico $E_{\text{ed}} = 5.9 \text{ MPa}$

LIVELLO GEOLOGICO C - UNITA' GEOTECNICA 3:
 Argilla limosa mediamente consolidata marrone
 Peso di volume $\gamma = 19.0 \text{ kN/mc}$
 Peso di volume saturo $\gamma_{\text{sat}} = 19.0 \text{ kN/mc}$
 Resistenza non drenata $c_u = 93.0 \text{ kPa}$
 Coesione efficace $c' = 11.0 \text{ kPa}$
 Angolo d'attrito di picco $\phi' = 24^\circ$
 Modulo edometrico $E_{\text{ed}} = 9.78 \text{ MPa}$

LIVELLO GEOLOGICO D - UNITA' GEOTECNICA 4:
 Argilla limosa consolidata marrone
 Peso di volume $\gamma = 20.13 \text{ kN/mc}$
 Peso di volume saturo $\gamma_{\text{sat}} = 20.22 \text{ kN/mc}$
 Resistenza non drenata $c_u = 156.0 \text{ kPa}$
 Coesione efficace $c' = 28.0 \text{ kPa}$
 Angolo d'attrito di picco $\phi' = 25^\circ$
 Modulo edometrico $E_{\text{ed}} = 10.9 \text{ MPa}$

LIVELLO GEOLOGICO E - UNITA' GEOTECNICA 5:
 Ghiaia in matrice limoso sabbiosa argillosa
 Peso di volume $\gamma = 20.5 \text{ kN/mc}$
 Peso di volume saturo $\gamma_{\text{sat}} = 20.5 \text{ kN/mc}$
 Angolo d'attrito di picco $\phi' = 38^\circ$
 Modulo edometrico $E_{\text{ed}} = 13.5 \text{ MPa}$

$\nabla -1.4 \text{ m}$ Livello piezometrico

0.0
-2.0
-4.0
-6.0
-8.0
-10.0
-12.0
-14.0
-16.0
-18.0
-20.0
-22.0
-24.0
-26.0
-28.0
-30.0
-32.0
m