



Comune di Parma
Settore Opere Pubbliche

Responsabile Unico del Procedimento:

ARCH. ANNA MASCIARELLI - Settore Opp. Pubbliche - Comune di Parma

Progetto generale dell'intervento:

ARCH. ANDREA OLIVA

via L. Ariosto 17 - 42121 Reggio Emilia

andrea@cittaarchitettura.it

Consulenti progetto architettonico:

Ing. Giacomo Fabbi

Arch. Gabriele Nicoli

Arch. Luca Paroli

Arch. Marinella Soliani

Consulenti progetto strutture:

Ing. Matteo Pè

via Cecati 1/1 - 42123 Reggio Emilia

pe@st-cigarini.it

Studio associato Cigarini

Consulenti progetto impianti meccanici:

Ing. Simone Ghinelli

Borgo della Salnitara 4 - 43121 Parma

s.ghinelli@studiodelos.it

Studio Delos ingegneri associati

Consulenti progetto impianti elettrici e speciali:

Ing. Pier Giorgio Nasuti

Borgo della Salnitara 4 - 43121 Parma

p.nasuti@studiodelos.it

Studio Delos ingegneri associati

Coordinamento della Sicurezza

Arch. Vincenzo Mainardi

Borgo della Salnitara 4 - 43121 Parma

v.mainardi@momarchiteti.it

CUP I93D21001400004

CUI L00162210348202200023

IL GIARDINO RITROVATO

Riqualificazione edifici storici del Parco Ducale: ex serre Petitot - Lotto 1

Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE)

revisione:	data:	descrizione:	redatto da:	controllato da:	approvato da:
01	30/09/2025	emissione	Geol. Nicola Caroli	Geol. Nicola Caroli	Ing. Matteo Pè
02					
03					

Progetto finanziato da:



Titolo elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA

Numero elaborato:

C.06

Formato:

Scala:

-

CAROLI DOTT. GEOL. NICOLA

Via Folloni, 11/3 - 42019 SCANDIANO (RE)

Email: carolinicolageol@gmail.com

Cell: 3406286161



Comune di Parma

Località: Parco Ducale - Oltretorrente

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

IL GIARDINO RITROVATO

Lavori di restauro e riqualificazione Serre di Maria Luigia - ex Serre Petitot



Committente: COMUNE DI PARMA

Settembre 2025

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE.....	4
3.	INQUADRAMENTO TETTONICO E CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE	5
4.	METODOLOGIA D'INDAGINE	7
5.	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI.....	8
6.	SISMICITÀ DELL'AREA	9
7.	RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	18
8.	MICROZONAZIONE SISMICA	21
9.	VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	23
10.	RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	27

- ALLEGATI:

- UBICAZIONE DELLE INDAGINI
- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
- SISMICA PASSIVA HVSR

1. PREMESSA

Con riferimento agli accordi intercorsi con il Dott. Ing. Matteo Pé di Reggio nell'Emilia, trasmetto la presente relazione geologica, geotecnica e sulla pericolosità sismica di base atta a definire le caratteristiche geomeccaniche e sismiche di un terreno su cui sono in progetto lavori di restauro e riqualificazione Serre di Maria Luigia - ex Serre Petitot denominato IL GIARDINO RITROVATO, all'interno del Parco Ducale nel Quartiere Oltretorrente di Parma.

Le considerazioni espresse, illustrate in seguito, emergono pertanto dalla sintesi delle seguenti acquisizioni:

- ricerca bibliografica di dati relativi all'assetto geolitologico, geomorfologico, idrogeologico e sismotettonico generale e locale;
- caratterizzazione litostratimetrica e geomeccanica dei terreni del sedime attraverso l'esecuzione di indagini dirette sul lotto di interesse.
- caratterizzazione sismica attraverso l'utilizzo dei risultati di specifica indagine geofisica.

Più precisamente per la presente relazione sono state prese in considerazione le seguenti indagini:

- indagini dirette eseguite allo scopo di accertare la caratterizzazione stratigrafica e geomeccanica:

- n. 2 penetrometrie statiche effettuate nel lotto limitrofo a sud dal Geol. Fabio Bussetti;

- indagini indirette, al fine di valutare la risposta sismica locale semplificata attraverso la determinazione della categoria di suolo ai sensi del cap. 3.2.2 Tab 3.2.II del D.M. 17 gennaio 2018:

- n. 1 misura tomografica HVSR effettuata nel lotto limitrofo a sud dal Geol. Fabio Bussetti.

Il presente elaborato è stato redatto in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento per il settore geologico e geotecnico e consultando gli strumenti di pianificazione provinciale e di bacino.

Sono qui di seguito elencate le principali normative di riferimento:

- D.G.R. n° 630 del 29/04/2019 revisione indirizzi per gli studi di microzonazione sismica;
- D.M. 17/1/2018 – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- D.G.R. n° 1300 del 01/08/2016 “Prime disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico”;
- D.G.R. n° 2193 del 21/12/2015 aggiornamento dell’atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2/2/2009 – “Istruzioni per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- D.M. 14/1/2008 – “Testo unitario - Norme tecniche per le costruzioni”;
- Delibera Assemblea Legislativa (DAL) n. 112/2007 Art. 16 c.1 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;
- “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” approvato dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (da qui in avanti “ICMS”);
- L. 64/74 - “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- D.M. 11/3/88 - “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”.
- Circolare Min. LL.PP. n°30483 24 settembre 1988;
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio e sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. Giugno 1990;
- Legge regionale 30 ottobre 2008, n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico".

2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE

L'area in oggetto di studio, posta alla quota media di 54 m s.l.m., è sita in Parma, in riva sinistra del T. Parma, nel quartiere Oltretorrente.

Più precisamente, l'edificio oggetto di intervento, posto sul lato sud est del Parco Ducale all'altezza del palazzetto Sanvitale, a valle di Via Borgo Tanzi, si trova in uno stato di abbandono e presenta alcuni cedimenti locali rilevati dopo le opere di restauro e rifunzionalizzazione eseguite nel 2000 (cf. stralcio dalla C.T.R. in scala 1:5000 nonché ortofoto proposta sul frontespizio).

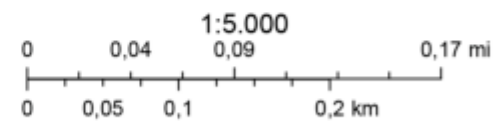
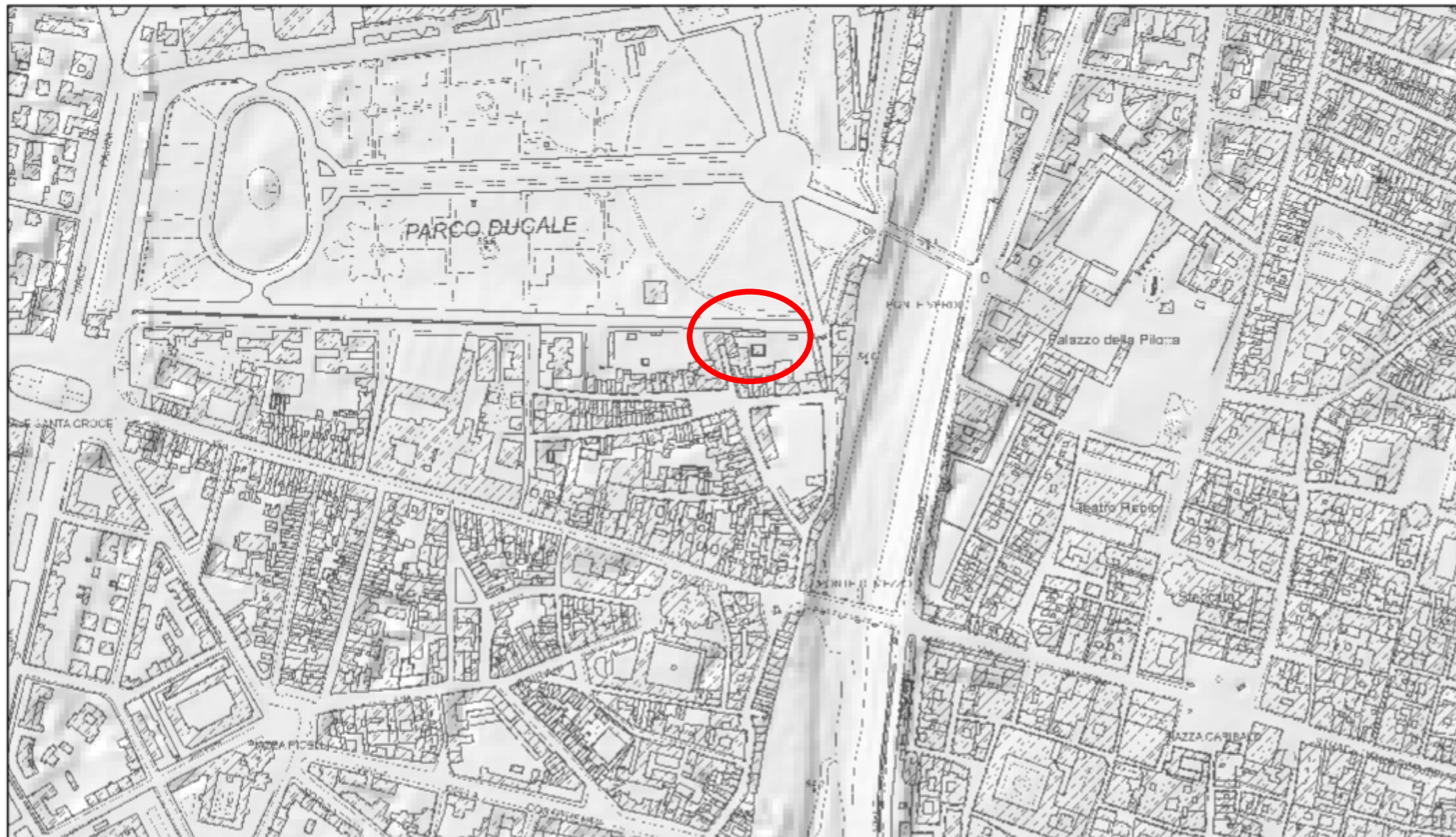
Il lotto di terreno è inoltre identificata al Nuovo Catasto Terreni del comune di Parma al Foglio n° 27 – mappali n° 68 - 69 (cf. stralcio in allegato).

I suoli qui presenti, in parte asportati e ricoperti da una coltre di riporto, sono ascrivibili all'associazione dei "suoli BELLARIA"; sono molto profondi, molto calcarei, moderatamente alcalini, a tessitura da media a moderatamente fine. E' presente ghiaia non alterata a partire da due metri circa di profondità. Il substrato è costituito da alluvioni a tessitura da media a grossolana.

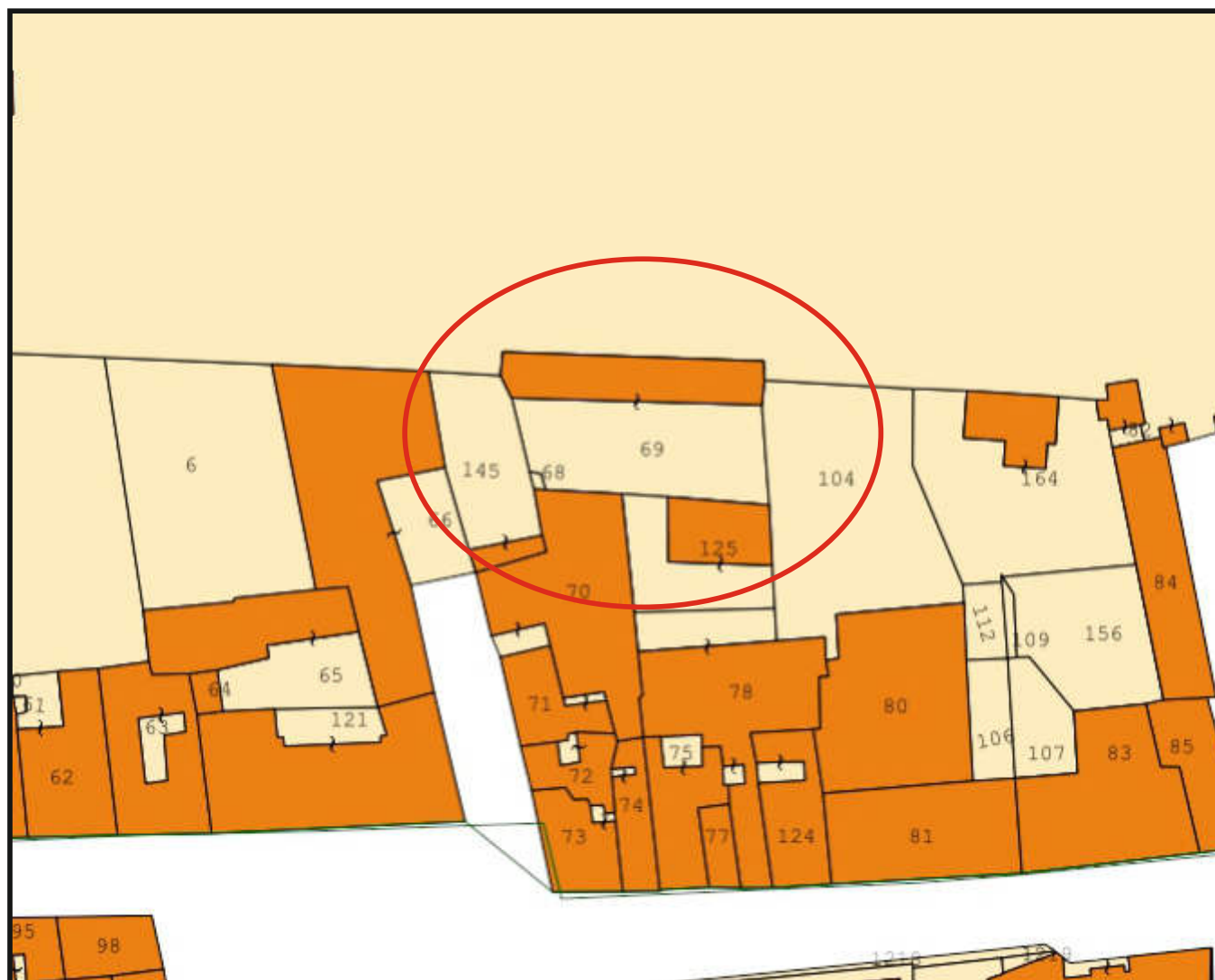
I suoli BELLARIA sono in aree di conoide o in superfici terrazzate recentemente abbandonate ed incise dai fiumi appenninici ed in zone di pianura pedecollinare interessate di recente da rotte fluviali di modesta entità. In queste terre la pendenza varia dallo 0,5 allo 0,8%. La densità di urbanizzazione è elevata. L'uso agricolo del suolo è a seminativo semplice, prato e vigneto.

Il regime termico è di tipo temperato subcontinentale. Il valore medio annuo delle precipitazioni è di 875.6 mm con punte massime di piovosità in primavera, 231.1 mm, ed in autunno, 275.1 mm. La temperatura media mensile annua è di 12.7 °C, con valori medi massimi di 29.8 °C, per il mese di luglio, e minimi di - 2.3 °C, per il mese di gennaio. L'escursione termica media annua è di 22.8 °C. I venti predominanti provengono da occidente in inverno, da oriente nelle altre stagioni.

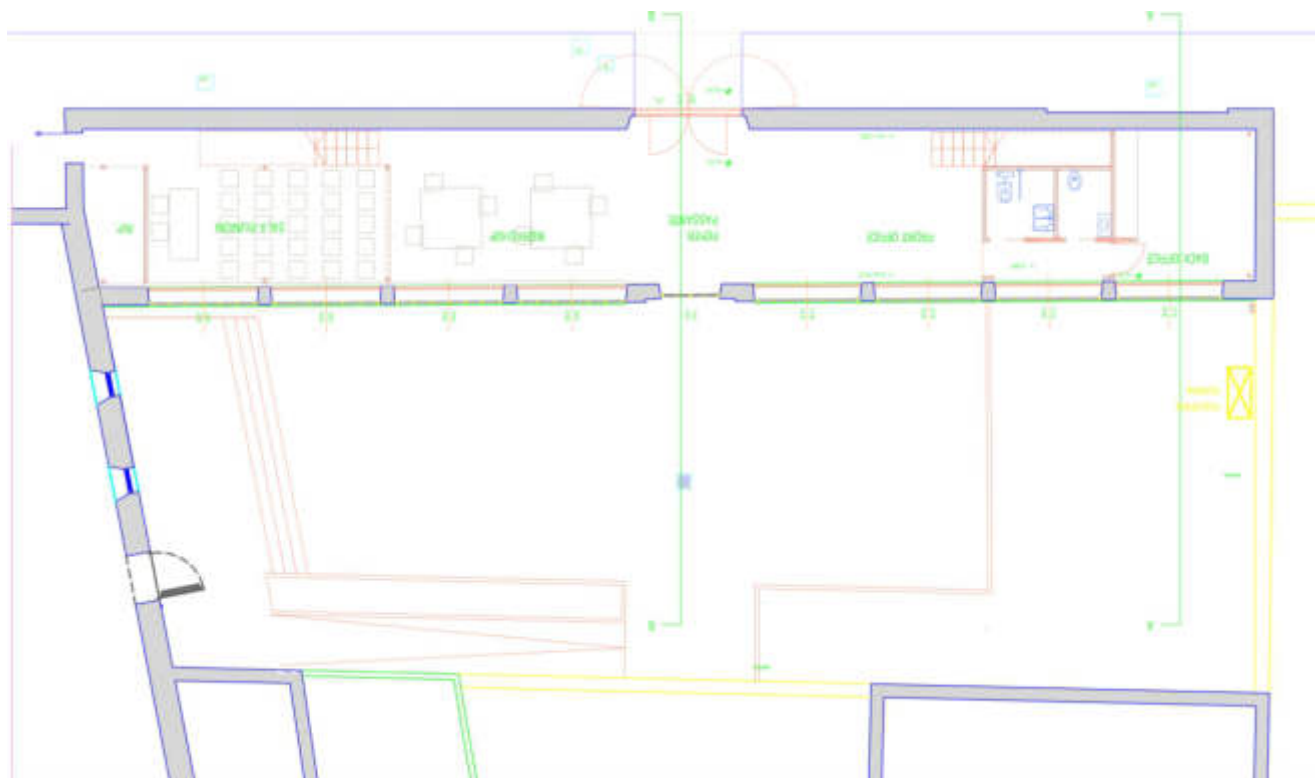
STRALCIO DALLA C.T.R.



ESTRATTO DI PLANIMETRIA CATASTALE
Foglio n° 27 - mappali n° 68 - 69



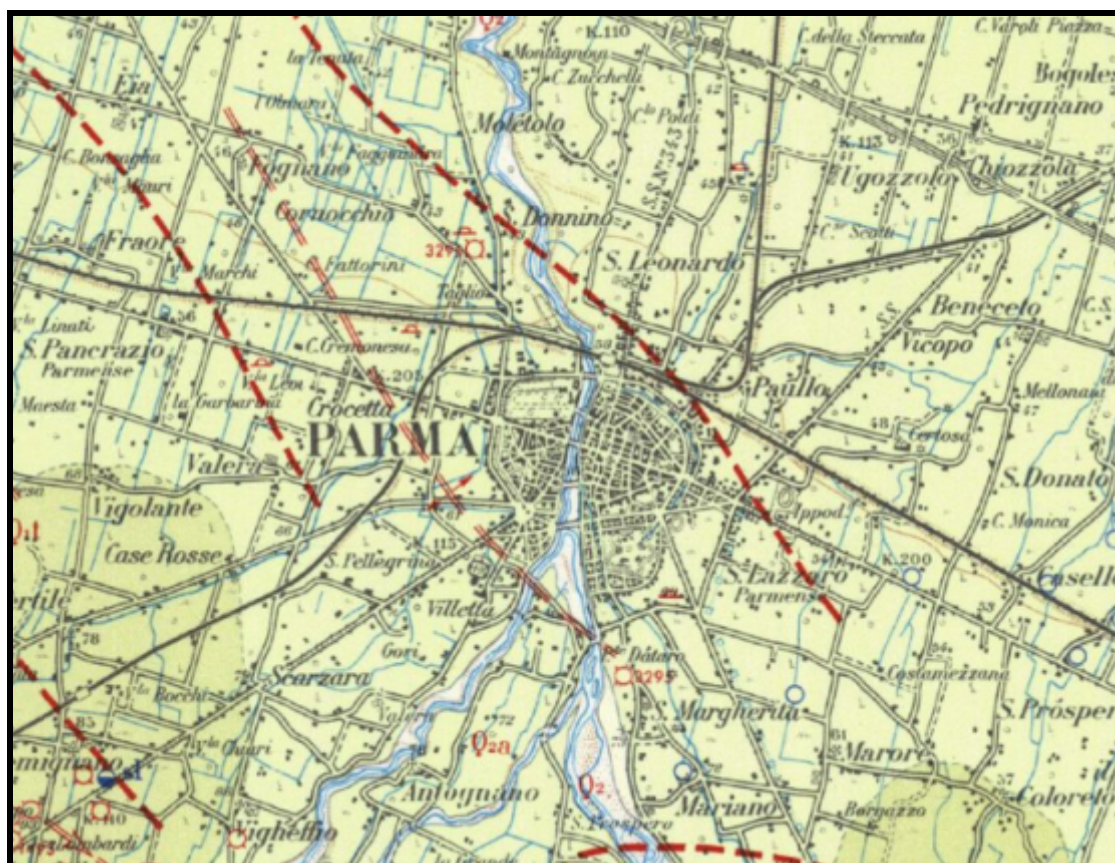
PLANIMETRIA DI PROGETTO



3. INQUADRAMENTO TETTONICO E CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE

La prevalente plasticità delle formazioni non permette l'individuazione, in superficie, delle strutture tettoniche principali. Tuttavia questi terreni hanno subito movimenti orogenetici molto recenti che hanno accompagnato il movimento traslativo della coltre alloctona, costituita dai terreni Eugeo e Tardo-geosinclinalici, al di sopra del basamento Miocenico padano.

La presenza di movimenti relativamente recenti (fasi pleistoceniche) può essere provata da osservazioni geomorfologiche: risulta infatti evidente come il territorio, a cui appartiene l'area in esame, sia soggetto all'evolversi dei fenomeni erosivi a seguito di movimenti tettonici di tipo essenzialmente epirogenetico. Si può vedere come il rapido ringiovanimento dei corsi d'acqua si sia sovrapposto ad un ciclo erosivo precedente giunto "per vie forzate" a uno stadio di maturità.



CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

Consultando la cartografia geologica ufficiale, si può facilmente notare come il territorio in esame si trovi tra l'asse di un'anticlinale sepolta e una faglia inversa, entrambe le lineazioni seguono l'andamento del margine appenninico-padano.

I terreni che si rinvenivano nel territorio in esame vengono ascritti, sia dalla "Carta Geologica d'Italia" – foglio n° 73 Parma sia dalla "Carta geologica della provincia di Parma e zone limitrofe", "all'alluvium antico (Q2a)" e vengono descritti come "alluvioni argillose con alternanze lenticolari siltuose nere, e sabbioso-ghiaiose della media Pianura".

Alla base di questi depositi ritroviamo poi quelli del pluviale-fluvioglaciale tardo-würmiano che a loro volta ricoprono i sedimenti del Würm e del Riss affioranti in una ristretta fascia, lungo il margine pedecollinare, all'altezza di Felino. A maggiore profondità, la serie continentale si conclude quindi con i depositi del Mindel che precedono i sedimenti di origine marina ad iniziare dalle sabbie del Calabrianico per passare successivamente ai materiali pelitici del Pliocene che, come

indicato sulla Carta Geologica del progetto CARG della Regione, nella zona sono situati alla profondità di 1500 m.

La “Carta geologica di pianura dell’Emilia Romagna”, redatta a cura di Domenico Preti per conto del Servizi Sistemi Informativi Geografici – Ufficio Geologico della Regione Emilia Romagna sulla base di rilevamenti eseguiti negli anni 1980-90 con revisioni ultimate nel 1989, ascrive questi depositi all’unità 1 delle “Conoidi e terrazzi alluvionali” e li descrive appunto come *depositi di conoide e di terrazzo* costituiti da ghiaie e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari amalgamati, intercalate a sabbie e sabbie limose in strati di spessore decimetrico (cf. stralcio in allegato).

La Carta Geologica del progetto CARG, frutto di rilievi effettuati da ricercatori del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, segnala poi che l’area in esame ricade su terreni olocenici ascrivibili alla cosiddetta “Unità di Modena” (AES8a), scorporata dal “Subsintema di Ravenna” (AES8), costituita in prevalenza da “depositi limo sabbiosi” (cf. stralcio in allegato).

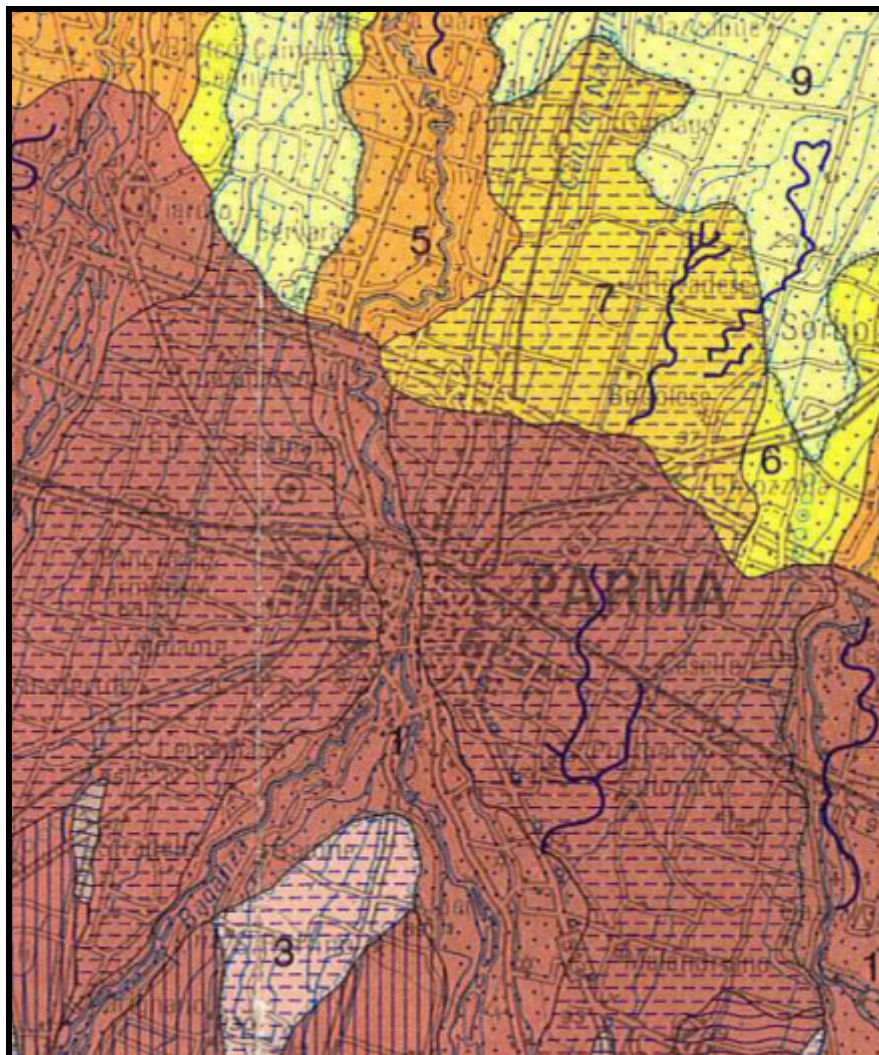
In sintonia con queste classificazioni, le indagini penetrometriche statiche, realizzate nel lotto limitrofo a sud nel luglio 2024 dal Dott. Geol. Fabio Bussetti su terreni della stessa natura, ha accertato la presenza, alla base della coltre di riporto dello spessore di 1 m, di una coltre argillosa che ingloba materiali di natura granulare costituiti da sabbie e ghiaie addensate tali da impedire la prosecuzione della CPT2 a 4 m dal p.c. La CPT1 è invece riuscita ad oltrepassare tali materiali; nella fattispecie oltre 4 m ha individuato una prevalenza di argille ed argille sabbioso limose con sottili livelli di limi sabbiosi e sabbie limose. Suddetti depositi sono ascrivibili ad apporti recenti del T. Parma, il cui alveo attuale scorre ad alcune decine di metri ad oriente.

Come segnalato dalle carte tematiche, nella fattispecie dalla Carta Idrogeologica tratta dal quadro conoscitivo PSC del Comune di Parma, il territorio in esame ricade quasi in corrispondenza dell’isopieza 50 m s.l.m.; tenendo conto che il terreno è posto alla quota media di 54 m s.l.m. il primo acquifero, che con ogni probabilità risente di modeste variazioni stagionali, si rinviene a non meno di 4 m di profondità. Nella fattispecie nel foro di sonda, al termine della penetrometria CPT1, la falda è stata misurata a 5.3 m, sicuramente permea il banco di sabbie e ghiaie individuate dall’indagine.

CARTA GEOLOGICA DI PIANURA DELL'EMILIA-ROMAGNA

GEOLOGICAL MAP OF THE EMILIA-ROMAGNA PLAIN

a cura di Domenico PRETI



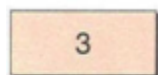
DEPOSITI ALLUVIONALI

CONOIDI E TERRAZZI ALLUVIONALI



1

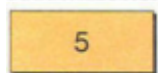
Ghiaie e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari amalgamati, intercalate a sabbie e sabbie limose in strati di spessore decimetrico. Depositi di conoide e di terrazzo.
Al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione.



3

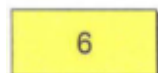
Limi e limi argillosi in strati di spessore decimetrico, subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose in corpi canalizzati e lenticolari. Depositi di conoide e di terrazzo.
Al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione.

PIANA ALLUVIONALE



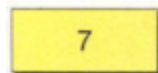
5

Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine prossimale.
Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.



6

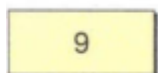
Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso-argillose intercalate in strati di spessore decimetrico. Depositi di argine distale.
Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.



7

Sabbie medie e fini, limi e argille limose intercalati in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine indifferenziati.

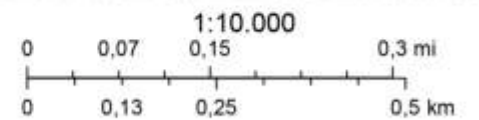
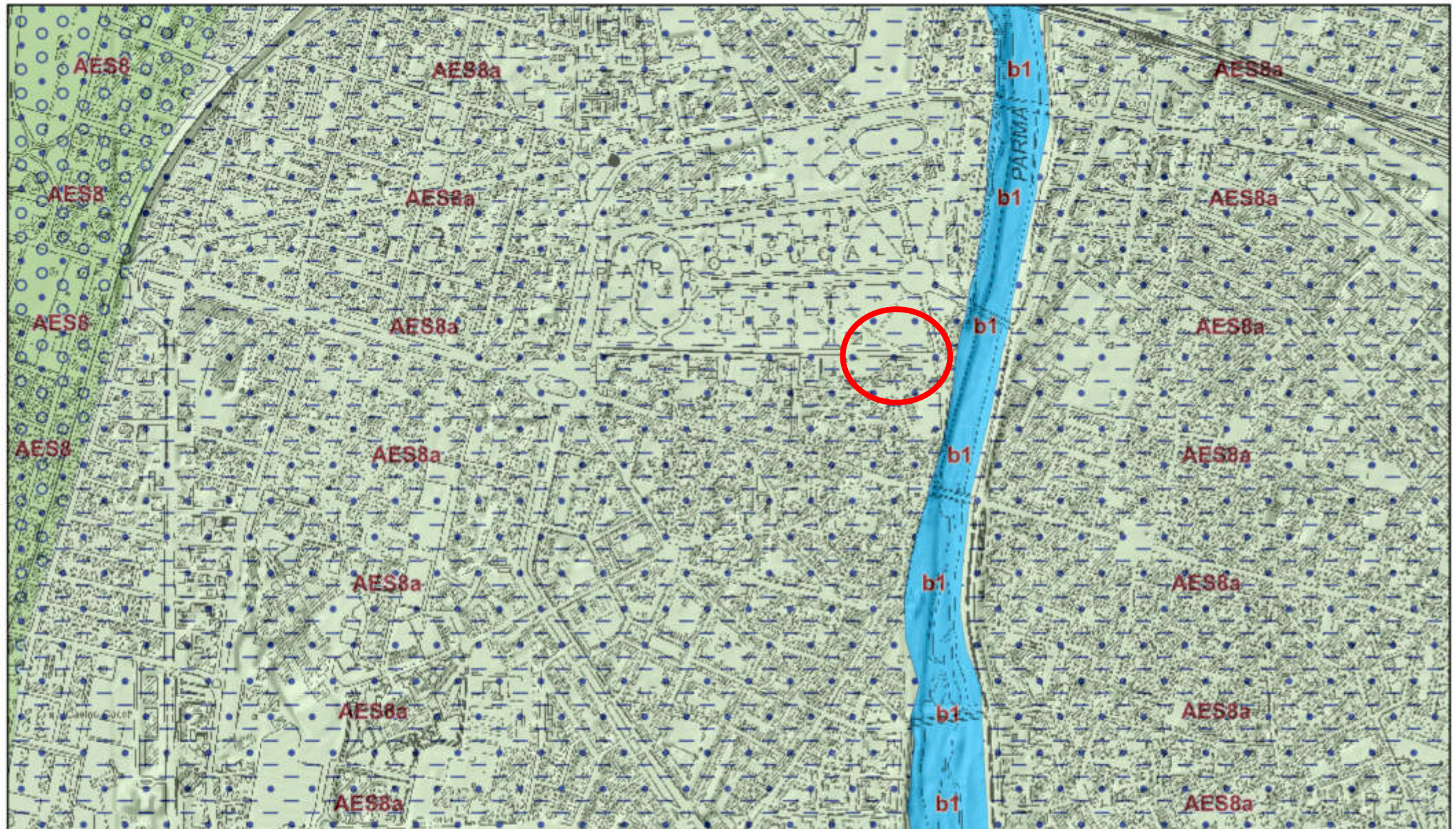
Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.



9

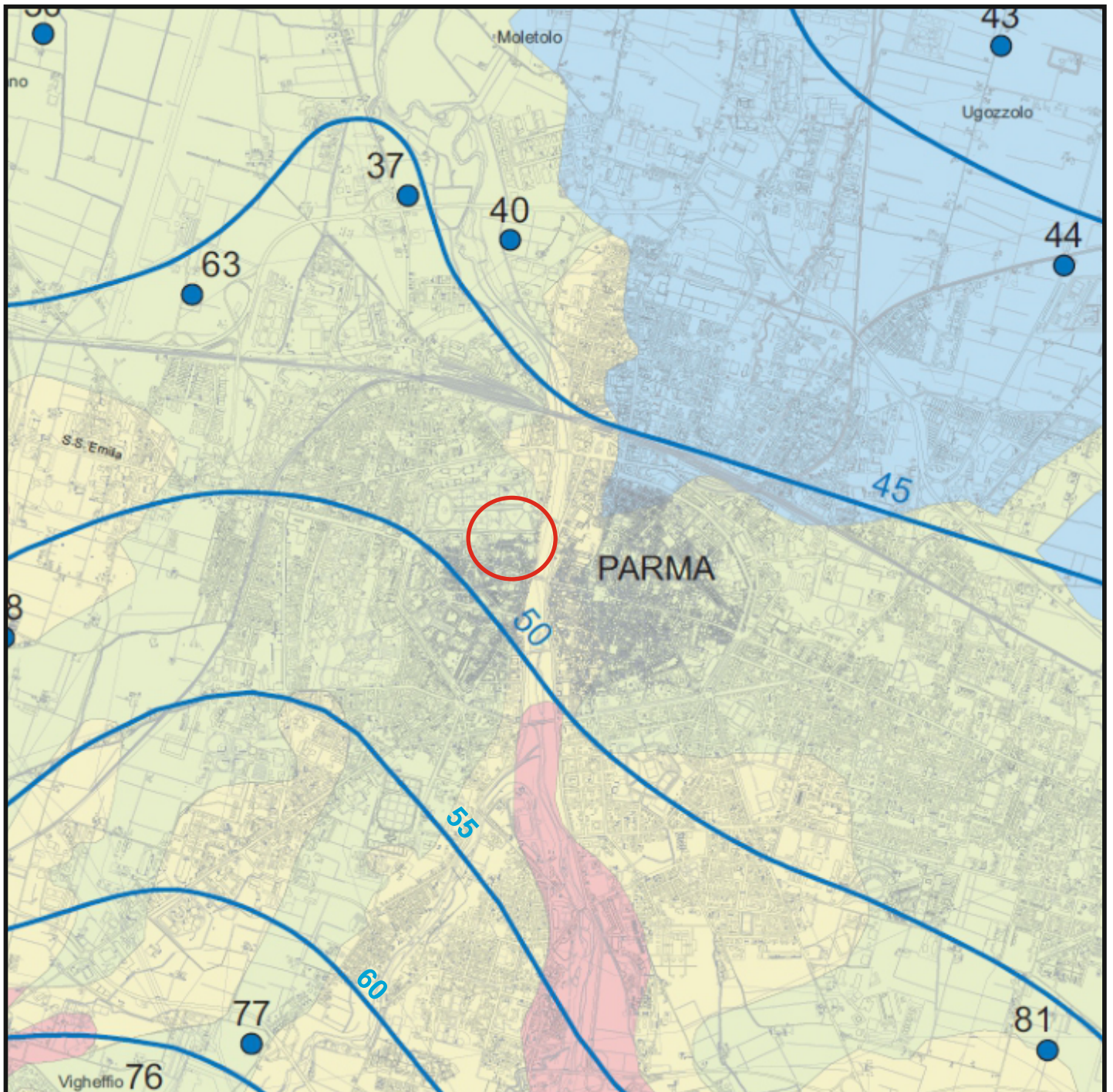
Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area interfluviale e depositi di palude.

CARTA GEOLOGICA DEL PROGETTO CARG



CARTA IDROGEOLOGICA

Tratta dal quadro conoscitivo del PSC del Comune di Parma



 Area in esame

4. METODOLOGIA D'INDAGINE

Le caratteristiche del terreno sono state determinate interpretando i dati ricavati da due indagini penetrometriche statiche effettuate nel luglio 2024 dal Dott. Geol. Fabio Bussetti nel lotto limitrofo a sud. Le penetrometrie sono state effettuate avvalendosi di un penetrometro statico statico PAGANI TG 63/200 kN in versione cingolata. La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$).

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico. La punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono $\phi = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto $m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'approfondimento.

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- $R_p \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza alla punta (conica)}$
- $R_L \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza laterale (manicotto)}$

(la resistenza alla punta R_p e la resistenza laterale R_L sono rilevate a intervalli regolari di 20 cm).

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto R_p/R_L fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di R_p e del rapporto $FR = (R_L/R_p) \%$ (esperienze di Schmertmann - 1978). Sempre con riferimento alle prove penetrometriche statiche CPT, nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata C_u , angolo di attrito interno efficace ϕ' , densità relativa D_r , modulo edometrico M_o , moduli di deformazione non drenato E_u e drenato E' , peso di volume Y , ecc.).

5. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI

Le indagini geognostiche consentono di ricostruire, per i vari strati, le *caratteristiche stratigrafiche* ed i *parametri geotecnici caratteristici*:

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT1

Nr.	Profondità (m)	Peso unità di Volume [kN/m³]		Peso Unità di volume saturo [kN/m³]		Fi (°)		Cu [kPa]		c' [kPa]		Mo [kPa]		Descrizione litologica
1	Da 0 a 1	17.65		18.63		--		--		--		--		Riporto
2	Da 1 a 4	C	G	C	G	C	G	C	G	C	G	C	G	Argille con sabbie e ghiaie
		18.63	19.12	19.61	19.61	20	30	98	0	19.61	0	7845	14710	
3	Da 4 a 8	18.63		19.61		24		78.45		14.71		6864		Argille ed argille sabbioso limose con sabbie limose e sabbie
4	Da 8 a 12	18.63		19.61		20		58.83		9.81		4903		Argille con limi sabbiosi e sabbie limose
5	Oltre 12	18.63		19.61		22		117.68		24.51		9806		Argille ed argille sabbioso limose

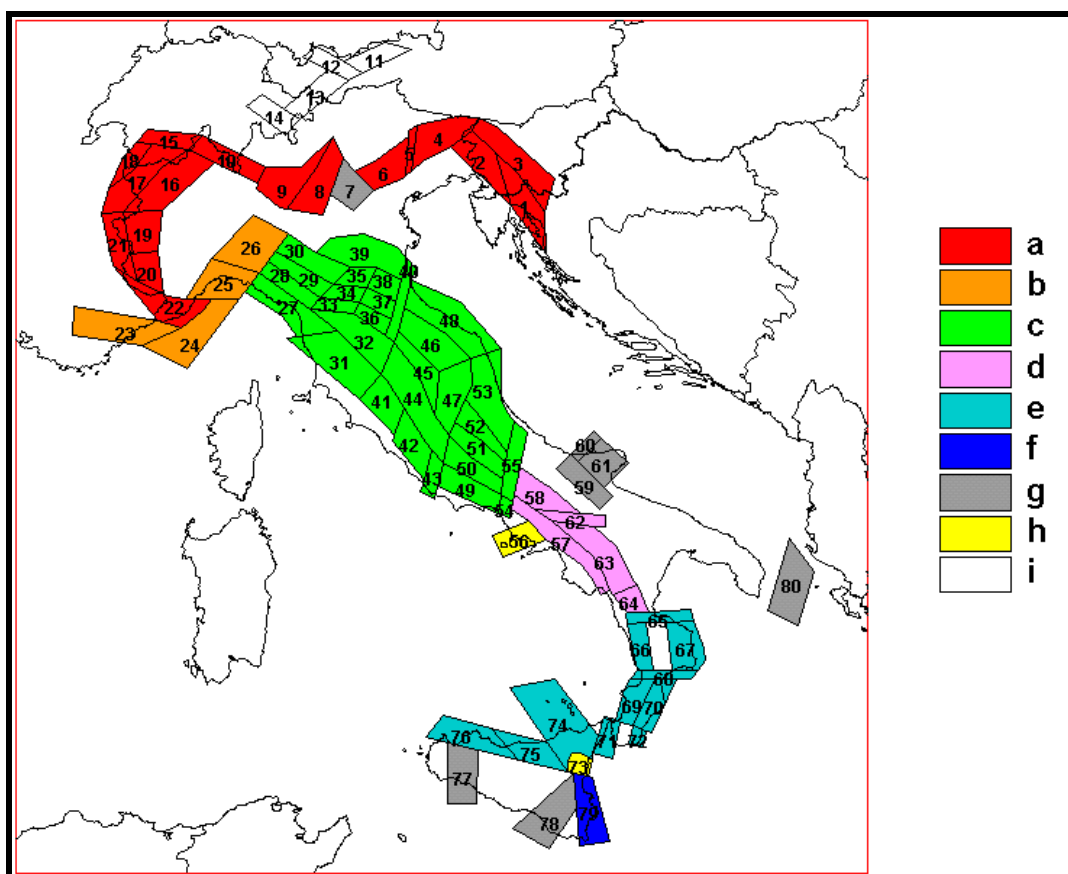
PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT2

Nr.	Profondità (m)	Peso unità di Volume [kN/m³]		Peso Unità di volume saturo [kN/m³]		Fi (°)		Cu [kPa]		c' [kPa]		Mo [kPa]		Descrizione litologica
1	Da 0 a 1	17.65		18.63		--		--		--		--		Riporto
2	Da 1 a 2.2	18.63		19.61		20		78.45		14.71		6864		Argille ed argille sabbioso limose
3	Oltre 2.2	19.61		19.61		35		0		0		19613		Sabbie e ghiaie addensate

dove: γ = peso di volume; γ_{sat} = peso di volume saturo; Cu = coesione non drenata; c' = coesione efficace; ϕ ' = angolo di attrito; Mo = modulo edometrico.

6. SISMICITÀ DELL'AREA

Per caratterizzare la sismicità dell'area si è fatto riferimento, oltre che alla normativa vigente, ai dati disponibili in letteratura ed in particolare ai lavori svolti dal GNDT del CNR (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti). Si è presa in considerazione la zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS4 (progetto di P. Scandone e M. Stucchi – marzo 1999 – cf. tav. seg.) che considera 80 sorgenti omogenee dal punto di vista strutturale e sismogenetico. Secondo questa suddivisione l'area oggetto di studio ricade nell'area 30, appartenente alla fascia padano-adriatica in compressione legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale secondo cui i meccanismi di rottura attesi sono di tipo thrust e strike-slip con assi di subduzione da SW a NE.



Attraverso elaborazioni probabilistiche il GNDT ha prodotto, per un tempo di ritorno di 475 anni (equivalente alla probabilità di superamento nell'arco temporale di 50 anni – vita media di un edificio), la zonazione del territorio italiano, come riportato in figura. Per la zona le accelerazioni orizzontali di picco attese sono state considerate, in accordo con quanto proposto dal GNDT, pari a $PGA = 0.15g$ (Peak Ground Acceleration).

L'intensità massima risentita nella zona, come risulta dai dati del catalogo del Servizio Sismico Nazionale, non ha superato in epoca storica il valore del VII/VIII grado MCS (cf. tabelle qui di seguito allegate).

Storia sismica di Parma

[44.801, 10.330]

Numero di eventi riportati

183

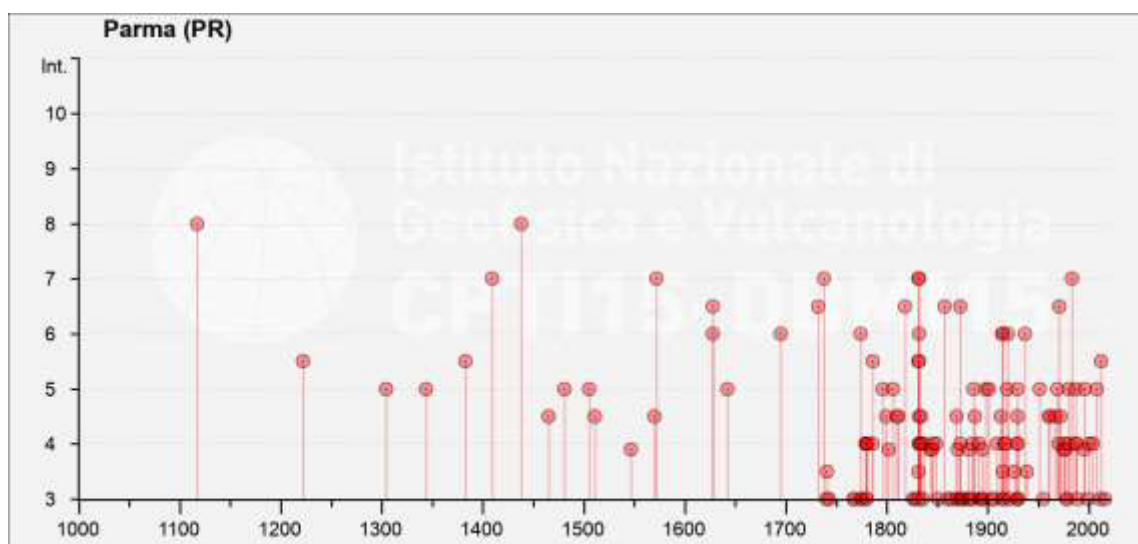
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	Io	Mw	
8	1117 01 03 15 15	Veronese	9	6.52	
5-6	1222 12 25 12 30	Bresciano-Veronese	7-8	5.68	
5	1304 10 23 00 45	Pianura emiliana			
5	1344 11 11	Parma	5	4.16	
5-6	1383 07 24 20	Parma	4-5	3.93	
7	1409 11 15 11 15	Parma	7	5.10	
8	1438 06 11 02	Parmense	8	5.56	
4-5	1465 04 07 15 30	Pianura emiliana	5-6	4.40	
5	1481 02 07 22 45	Pianura emiliana	5	4.16	
5	1505 01 03 02	Bolognese	8	5.62	
4-5	1511 03 26 15 30	Friuli-Slovenia	9	6.32	
F	1547 02 10 13 20	Reggiano	7	5.10	
4-5	1570 11 17 19 10	Ferrarese	7-8	5.44	
7	1572 06 04 22	Parmense	6	4.63	
6	1628 11 04 15 40	Parma			
6-7	1628 11 04 15 40	Parma	6-7	4.86	
5	1642 06 13	Pianura lombarda	6	4.92	
6	1695 02 25 05 30	Asolano	10	6.40	
6-7	1732 02 04 18 20	Parma	5-6	4.65	
7	1738 11 05 00 30	Emilia occidentale	7	5.10	
3	1740 03 06 05 40	Garfagnana	8	5.64	
3-4	1741 04 24 09 20	Fabrianese	9	6.17	
3	1743 02 20	Ionio settentrionale	9	6.68	
3	1767 01 21 07 45	Lunigiana	7	5.27	
3	1767 01 21 09	Lunigiana	5-6	4.60	
6	1774 03 04	Parma	5	4.16	
3	1775 01 04 18	Appennino emiliano	4	4.43	
3	1775 01 05 22 45	Appennino emiliano	5	4.55	
4	1779 06 04 07	Bolognese	7	5.22	
4	1779 06 10 08 35	Bolognese			
3	1779 07 14 19 30	Bolognese			
4	1779 11 23 18 30	Bolognese	5	4.70	
3	1780 02 06 04	Bolognese	6-7	5.06	
4	1781 04 04 21 20	Faentino	9-10	6.12	
5-6	1786 04 07 00 15	Pianura lombarda	6-7	5.22	
4	1786 12 25 01	Riminese	8	5.66	
5	1796 10 22 04	Emilia orientale	7	5.45	
4-5	1799 02 22 05 45	Correggio	5	4.16	
F	1802 05 12 09 30	Valle dell'Oglio	8	5.60	
5	1806 02 12	Reggiano	7	5.21	
4-5	1810 12 25 00 45	Pianura emiliana	6	5.06	
4-5	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	6-7	5.13	
6-7	1818 12 09 18 55	Parmense	7	5.24	
3	1826 06 24 12 15	Garda occidentale	5	4.62	
3	1828 10 09 02 20	Oltrepò Pavese	8	5.72	
2	1828 10 10 01 30	Oltrepò Pavese			
5-6	1831 07 14 15 30	Reggiano	5-6	4.60	
7	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	7-8	5.48	
3-4	1831 09 13 05 30	Pianura emiliana			
2	1832 01 13 13	Valle Umbra	10	6.43	
4	1832 03 11 06 45	Carpi	5	4.51	
6	1832 03 11 08 45	Parmense			
5-6	1832 03 12 02 30	Parmense			

Effetti	In occasione del terremoto del			
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	Io	Mw
4	1832 03 12 08 45	Reggiano		
7	1832 03 13 03 30	Reggiano	7-8	5.51
4-5	1832 03 14 04 40	Reggiano		
4	1832 03 14 07 41	Reggiano		
3	1832 04 19 14 14	Reggiano		
4	1834 02 14 13 15	Val di Taro-Lunigiana	9	5.96
4-5	1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	6-7	5.08
2	1834 10 04 19	Bolognese	6	4.71
3	1836 06 12 02 30	Asolano	8	5.53
4	1837 04 11 17	Lunigiana	9	5.94
F	1843 10 25 03 30	Mugello	6-7	5.03
F	1845 09 14 22 20	Appennino tosco-emiliano	5	4.73
4	1846 08 14 12	Colline Pisane	9	6.04
4	1849 11 28 18	Val di Taro	6	4.63
3	1851 02 05 09 50	Valtellina	5	4.72
2	1854 06 16 13 25	Imola	5	4.57
6-7	1857 02 01	Parmense-Reggiano	6-7	5.11
3	1860 07 17 13 43 3	Reggiano	4-5	3.93
3	1864 03 15	Zocca	6-7	4.84
3	1869 06 25 13 58	Appennino bolognese	7-8	5.43
4-5	1869 12 13 02 53	Sassuolo	5	4.57
F	1870 10 30 18 34	Forlivese	8	5.61
3	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	8	5.85
3	1873 05 16 19 35	Reggiano	6-7	5.01
4	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	9-10	6.29
6-7	1873 09 17	Appennino tosco-ligure	6-7	5.26
3	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	8	5.74
3	1875 12 06	Gargano	8	5.86
3	1881 01 24 16 14	Bolognese	7	5.22
F	1881 01 25 07 06	Bolognese	5	4.59
2	1881 02 14 09 00 3	Appennino bolognese	6	4.77
3	1882 02 15 05	Val Borbera	6	4.77
4	1885 02 26 20 48	Pianura Padana	6	5.01
3	1885 12 29	Alpago Cansiglio	6	4.96
5	1886 10 15 02 20	Collecchio	6	4.70
4-5	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	9	6.27
NF	1887 09 30 15 55	Faenza	5	4.12
2	1889 03 08 02 57 0	Bolognese	5	4.53
NF	1889 12 08	Gargano	7	5.47
4	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Ilasi	8-9	5.87
3	1892 01 05	Garda occidentale	6-7	4.96
NF	1893 10 20 20 15	Appennino parmense	4-5	4.04
3	1894 11 27 05 07	Bresciano	6	4.89
3	1895 05 12 20 29	Reggiano	4-5	3.98
3	1895 05 18 19 55 1	Fiorentino	8	5.50
F	1895 08 07 19 49 3	Appennino tosco-emiliano	5	4.67
5	1898 03 04 21 05	Parmense	7-8	5.37
5	1901 10 30 14 49 5	Garda occidentale	7-8	5.44
3	1904 02 25 18 47 5	Reggiano	6	4.81
NF	1904 06 10 11 15 2	Frignano	6	4.82
2	1904 11 17 05 02	Pistoiese	7	5.10
3	1906 08 25 03 11	Parmense	5	4.25
4	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	6-7	5.36

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	Io	Mw	
NF	1911 02 19 07 18 3	Forlivese	7	5.26	
4-5	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	4-5	4.65	
3	1914 10 26 03 43 2	Torinese	7	5.24	
6	1914 10 27 09 22	Lucchesia	7	5.63	
3-4	1915 01 13 06 52 4	Marsica	11	7.08	
6	1915 10 10 23 10	Reggiano	6	4.87	
NF	1916 05 17 12 50	Riminese	8	5.82	
3	1916 08 16 07 06 1	Riminese	8	5.82	
4	1917 12 02 17 39	Appennino forlivese	6-7	5.09	
4	1918 05 06 08 05	Reggiano	5-6	4.41	
5	1919 06 29 15 06 1	Mugello	10	6.38	
6	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	10	6.53	
NF	1920 10 06 22 47	Mantovano	4-5	4.14	
3	1921 11 29 12 04	Val di Taro	4	4.15	
2	1923 06 28 15 12	Modenese	6	5.04	
2	1926 01 01 18 04 0	Carniola interna	7-8	5.72	
3-4	1926 06 28 21 15	Appennino reggiano	3-4	3.46	
2-3	1928 06 13 08	Carpi	6	4.67	
NF	1928 07 20 19 53	Alta Val di Taro	6	4.39	
3	1929 04 10 05 44	Bolognese	6	5.05	
2	1929 04 12 00 32	Bolognese	4	4.82	
5	1929 04 19 04 16	Bolognese	6-7	5.13	
4-5	1929 04 20 01 10	Bolognese	7	5.36	
3	1929 04 22 08 26	Bolognese	6-7	5.10	
2	1929 04 22 14 19	Bolognese	5-6	4.61	
NF	1929 04 28 19 40	Bolognese	6	4.73	
4	1929 04 29 18 36	Bolognese	6	5.20	
NF	1929 05 01 21 13	Imolese	4	4.57	
4	1929 05 11 19 23	Bolognese	6-7	5.29	
3	1930 10 26 07 14	Appennino tosco-emiliano	4	4.21	
2	1930 10 30 07 13	Senigallia	8	5.83	
2	1931 04 14 22 13	Valli Giudicarie	6	4.77	
2	1931 06 10 17 02	Modenese	4	4.59	
6	1937 09 17 12 19 0	Parmense	7	4.77	
2-3	1937 12 10 18 04	Frignano	6	5.30	
3-4	1939 10 15 14 05	Garfagnana	6-7	4.96	
5	1951 05 15 22 54	Lodigiano	6-7	5.17	
3	1955 03 12 06 57 0	Parmense	5	4.15	
4-5	1961 08 13 22 34 1	Parmense	5-6	4.37	
4-5	1961 08 14 01 03 0	Parmense	5-6	4.47	
4-5	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	5	4.44	
2-3	1967 12 30 04 19	Emilia Romagna orientale	6	5.05	
5	1969 06 24 13 25 1	Parmense	5	4.21	
4	1970 05 03 04 17 4	Parmense	4	4.08	
6-7	1971 07 15 01 33 2	Parmense	8	5.51	
4-5	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	5	4.87	
F	1975 11 16 13 04 2	Appennino piacentino	4-5	4.93	
4	1976 08 22 02 49 1	Alta Val di Taro	5	4.54	
F	1977 09 16 23 48 0	Friuli	6-7	5.26	
3	1978 12 05 15 39 0	Romagna	4-5	4.61	
3	1978 12 25 22 53 4	Bassa modenese	5	4.39	
2	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	10	6.81	
5	1980 12 23 12 01 0	Piacentino	6-7	4.57	

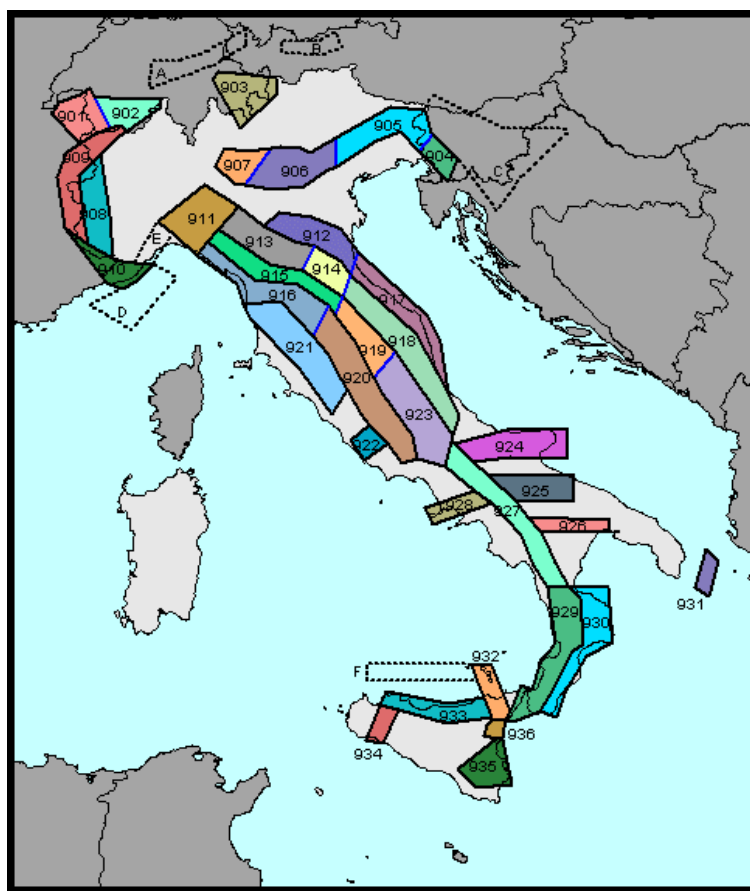
Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	Io	Mw	
4		1981	05	26	09	27	5	Reggiano	5	3.75
7		1983	11	09	16	29	5	Parmense	6-7	5.04
NF		1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	7	5.62
NF		1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	6	4.43
4		1987	02	10	21	20	1	Lunigiana	5	4.09
5		1987	05	02	20	43	5	Reggiano	6	4.71
4		1988	03	15	12	03	1	Reggiano	6	4.57
3		1989	10	03	09	41	3	Appennino parmense	4	4.04
NF		1991	10	31	09	31	1	Emilia occidentale	5	4.33
F		1995	08	24	17	27	3	Appennino pistoiese	6	4.45
2-3		1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	7	4.82
5		1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	7	5.38
NF		1996	10	26	04	56	5	Pianura emiliana	5-6	3.94
NF		1996	12	16	09	09	5	Pianura emiliana	5-6	4.06
NF		1997	05	12	22	13	5	Pianura emiliana	4-5	3.68
NF		1998	02	21	02	21	1	Pianura emiliana	5	3.93
3		1999	07	07	17	16	1	Frignano	5	4.67
4		2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	5-6	4.40
NF		2002	06	18	22	23	3	Frignano	4	4.30
4		2004	11	24	22	59	3	Garda occidentale	7-8	4.99
5		2008	12	23	15	24	2	Parmense	6-7	5.36
3		2011	07	17	18	30	2	Pianura lombardo-veneta	5	4.79
5-6		2012	01	25	08	06	3	Pianura emiliana	5-6	4.98
3		2016	10	30	06	40	1	Valnerina		6.61

Intendendo: Int = Intensità al sito (MCS); Io = Intensità epicentrale (MCS); Mw = Magnitudo



eventi nel rapporto tra anni (in ascisse) ed intensità sismica (in ordinate)

L'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 ha aggiornato la normativa sismica, con l'attribuzione, alle diverse località del territorio nazionale, di un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento di accelerazione al suolo. Il territorio del comune di Parma, secondo la nuova zonazione sismogenetica ZS9 (progetto a cura di C. Meletti e G. Valensise del marzo 2004) è incluso nella zona 913, al passaggio, verso settentrione, con la zona 912 (cf. tavola in allegato). In base a questa nuova zonazione, il territorio in esame (secondo la precedente classificazione non classificato), è stato inserito in zona Z3 a bassa sismicità. Come espressamente specificato al punto 2.4 della circolare n° 1677/2005 (prot. GEO/05/87449) emanata in data 24/10/2005 dalla Giunta della Regione Emilia Romagna, ai fini della determinazione delle azioni sismiche, può essere assegnato, a zone come questa di bassa sismicità, un valore (ag/g), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, pari a 0.15. Più precisamente, al comune di Parma, l'allegato 4 dell'Assemblea Legislativa n° 2131 – prot. n° 8511 del 2 maggio 2007, assegna il valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (arefg), di 0.139.



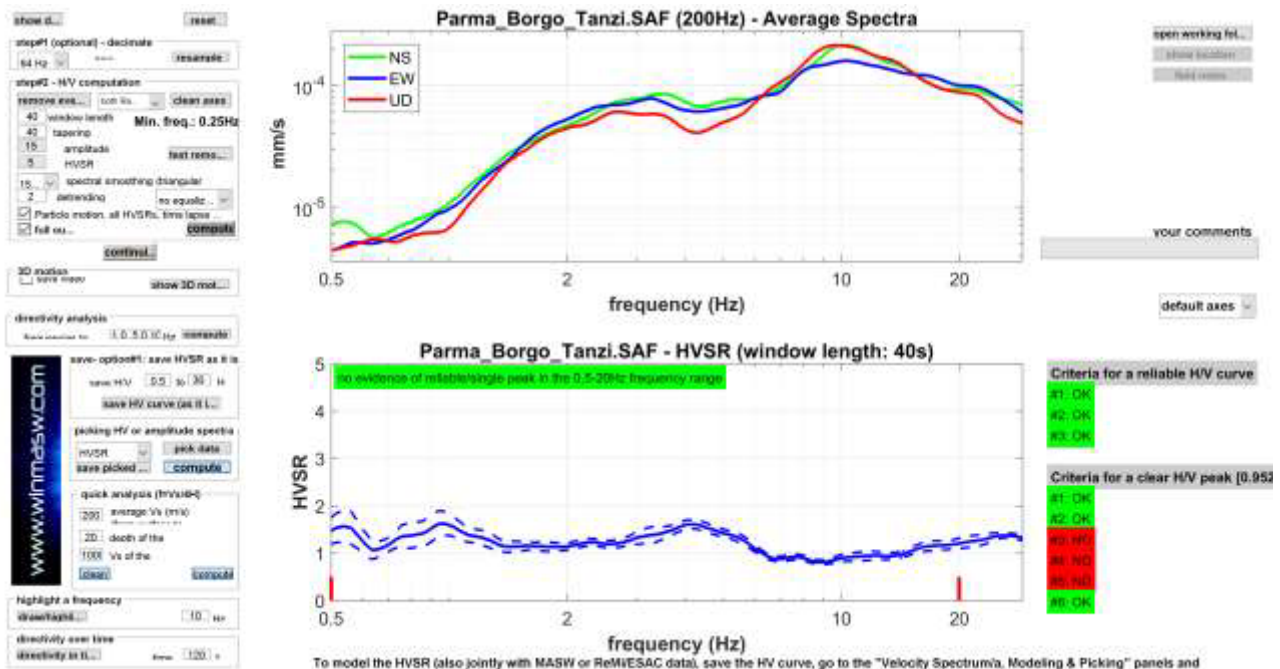
zonazione sismogenetica zs9

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le modifiche ed integrazioni dell'Ordinanza propongono una caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo. Secondo il D.M. 17/1/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni", in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori delle velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio, mediate sui primi 30 metri di terreno (VS30), vengono individuate cinque categorie (A – B – C – D – E).

In tal senso, in ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, è stata presa in considerazione un'indagine sismica passiva HVSR effettuata nel luglio 2024 dal Dott. Geol. Fabio Bussetti nel lotto limitrofo a sud. La prova, nota semplicemente con il nome H/V, fu sperimentata

per la prima volta da Nogoshi e Igarashi nel 1970 ma è stata poi diffusa successivamente, nel 1989, da Nakamura (infatti la prova viene anche definita come metodo di Nakamura). L'indagine consiste in una valutazione sperimentale del rapporto di ampiezza esistente tra la media delle componenti orizzontali e di quella verticale delle vibrazioni ambientali (sismica passiva), misurate in un determinato punto della superficie terrestre tramite un velocimetro triassiale (due orizzontali perpendicolari tra loro ed una verticale). Quanto detto, giustifica la definizione della metodologia e cioè prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) oppure HVSNR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio). Le vibrazioni misurate sono i cosiddetti microtremori e sono l'effetto di una serie di sorgenti le quali sono attive per una molteplicità di frequenze, anche se quelle che interessano a fini ingegneristici sono generalmente quelle comprese nell'intervallo 0,5 – 20 Hz. Le principali sorgenti sono sia di origine antropica (traffico veicolare, attività industriale, rumore urbano in genere) che naturale (onde marine, perturbazioni atmosferiche, cicloni oceanici, tremori vulcanici). Durante l'acquisizione dei dati vanno rispettate una precisa metodologia ed alcune accortezze per fare in modo che il dato sia statisticamente corretto. Questa metodologia a stazione singola del microtremore sismico consente la misura della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo e degli edifici, oltre che la stima, in maniera rapida, della stratigrafia superficiale e del Vs30, così come richiesto dalle normative antisismiche vigenti. Le misure sono state effettuate con uno strumento denominato Gemini 2 prodotto dalla ditta Pasi di Torino. Il Gemini 2 è un acquisitore dati HVSR costituito da una terna di geofoni con frequenza di risonanza di 2 Hz, accoppiati sia meccanicamente che elettricamente e da un acquisitore di dati a 24 bit reali appositamente progettato. Per il suo funzionamento in campagna il Gemini 2 viene collegato ad un computer portatile tramite un'interfaccia USB. I tre geofoni interni sono orientati secondo una terna di assi cartesiani, assumendo la convenzione descritta nelle linee guida del Progetto S.E.S.A.M.E.: l'asse Z corrisponde al geofono verticale (direzione Up-Down), l'asse X e l'asse Y corrispondono rispettivamente al geofono orizzontale (direzione East-West) e al geofono orizzontale (direzione North-South). La misurazione, della durata di venti minuti pari a 200 Hz, è stata eseguita utilizzando il software WinHVSR, prodotto dalla ditta EliaSoft.

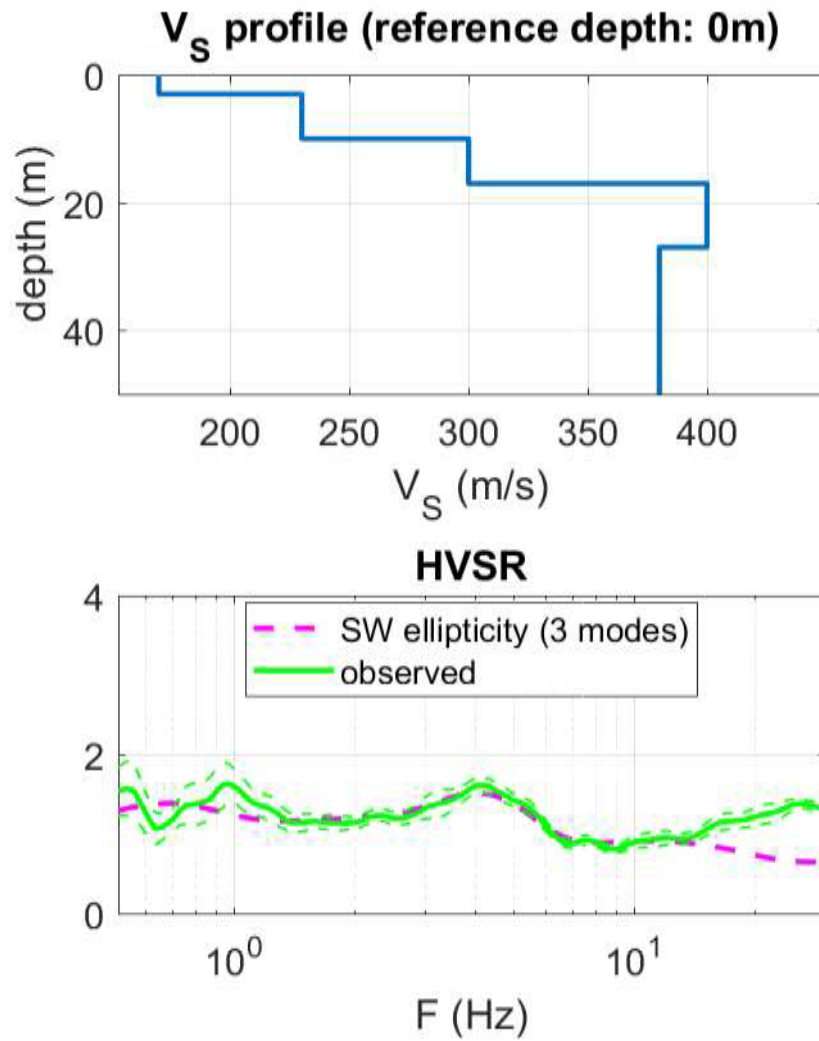
In base all'elaborazione dei dati di campagna sono stati ottenuti i seguenti risultati:



In the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 1.0 (± 1.6)

Peak HVSR value: 1.6 (± 0.2)



Model

V_S (m/s): 170 230 300 400 380 450 500
 Thickness (m): 3.0, 7.0, 7.0, 10.0, 30.0, 30.0

Sono stati presi in considerazione cinque strati a cui è stata attribuita la velocità delle onde di taglio S (V_S) ed il rispettivo spessore (d):

1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO	5° STRATO
$V_S = 170$ m/s	$V_S = 230$ m/s	$V_S = 300$ m/s	$V_S = 400$ m/s	$V_S = 380$ m/s
d = 3.0 m	d = 7.0 m	d = 7.0 m	d = 10.0 m	d = 3.0 m

La valutazione del valore V_{S30} viene ottenuta mediante l'utilizzo della seguente relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato i -esimo, m

v_i = velocità onde di taglio strato i -esimo, m/s

ottenendo:

$$V_{S30} = 288 \text{ m/s}$$

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, viste le caratteristiche del primo sottosuolo, il suolo di fondazione può essere pertanto assimilato alla categoria C di azione sismica “*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.

7. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 recante le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, attualmente aggiornato dal D.M. del 17/1/2018, definisce i criteri antisismici generali, precisando le azioni che devono essere impiegate in fase progettuale per la sicurezza strutturale delle opere. L’azione sismica sulle costruzioni è valutata partendo da una “pericolosità sismica di base”, derivata da studi eseguiti a livello nazionale e definita sulla base di condizioni ideali in superficie di suolo rigido e topografia orizzontale. Le Azioni di progetto, per un suolo rigido orizzontale, vengono ricavate in funzione di tre parametri:

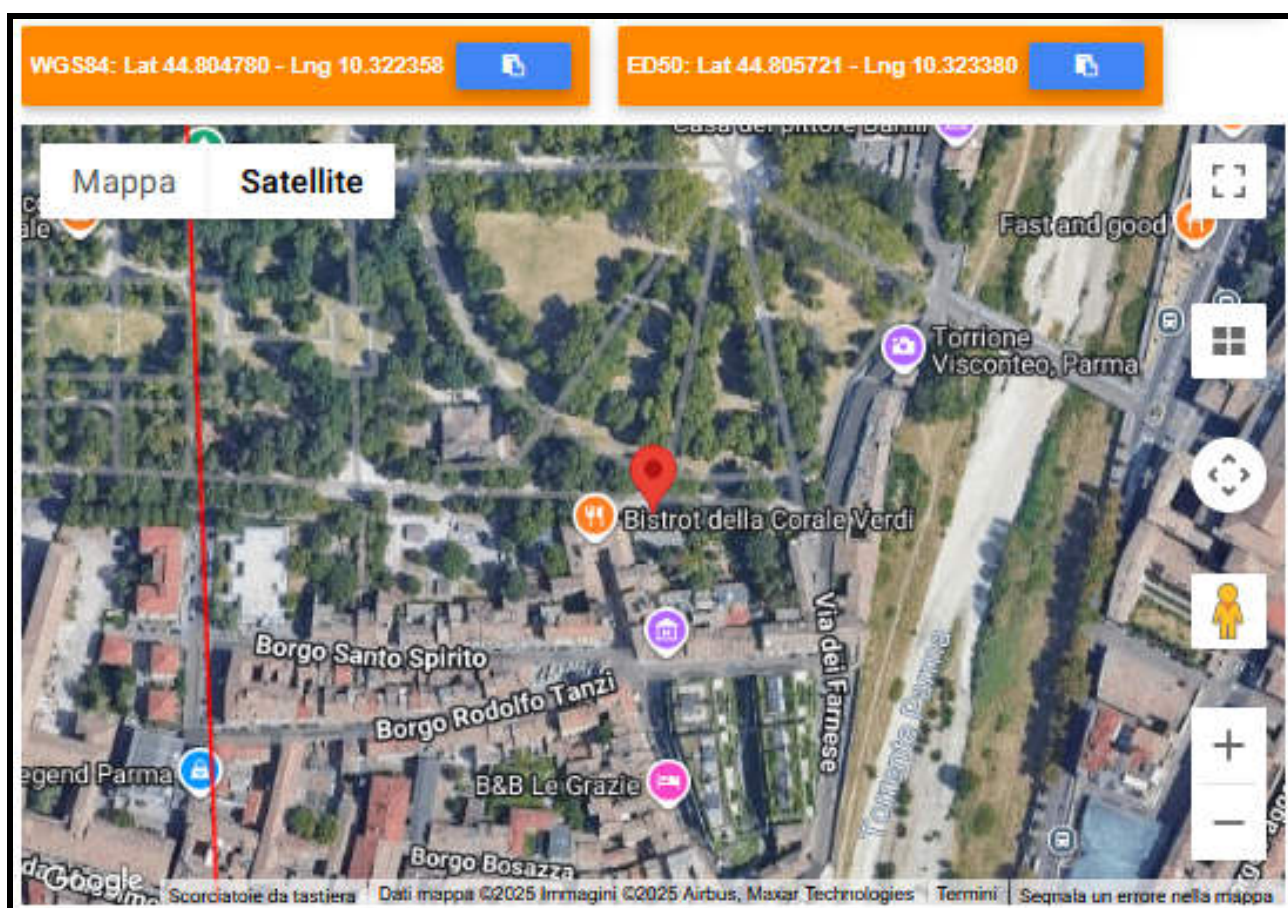
a_g = accelerazione orizzontale massima

F_o = fattore di amplificazione massimo dello spettro in accelerazione orizzontale

T_c^* = periodo inizio tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono inoltre definiti secondo termini probabilistici differenti, con periodi di ritorno TR di 30, 50, 475, 975 anni; per tale motivo, ai fini progettuali, occorre fissare la vita di riferimento VR della costruzione e la probabilità di superamento associata a ciascuno degli stati limite considerati. I valori dei parametri a_g , F_o e T_c^* per la definizione dell’Azione Sismica possono essere calcolati mediante l’utilizzo del programma di calcolo online GEOSTRU PS, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

I primi dati ad essere stati introdotti nel programma sono le coordinate geografiche (latitudine 44.804 e longitudine 10.322) del sito di riferimento (vedi figura in allegato).



Come si può visualizzare nella tabella sottostante, per ottenere gli spettri di risposta sismica locale, sono stati inoltre introdotti i valori della vita della struttura e le caratteristiche sismiche del terreno.

Stati limite


 Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...


 Vita Nominale
 50


 Interpolazione
 Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_o	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.044	2.496	0.240
Danno (SLD)	50	0.055	2.504	0.256
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.137	2.471	0.285
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.176	2.468	0.292
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

I valori dei principali parametri sismici (a_g , F_o , T_c^*) riferiti all'area in oggetto al TR = 475 anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita esplicitati sono:

$$\begin{aligned} a_g/g &= 0.137 \\ F_o &= 2.47 \\ T_c^* &= 0.28 \end{aligned}$$

Elaborando i dati forniti, il programma di calcolo ha valutato l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

in cui:

S_s = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica;

S_t = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica;

a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A.

Coefficienti sismici

Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

↑ ↓

1

us (m)

🔒

0.1

Cat. Sottosuolo

C

Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,44
CC Coeff. funz categoria	1,68	1,65	1,59	1,58
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

↔ 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.017	0.049	0.061
kv	0.007	0.008	0.025	0.030
Amax [m/s²]	0.651	0.816	2.017	2.483
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Nel caso in esame potrà essere assunto:

VN 50 anni - Classe d'Uso II

Stato limite SLV e TR = 475 anni (*Paragrafo 7.1 D.M. 17.01.2018*):

Ss = 1.50 - Categoria sottosuolo C

St = 1.0 - Categoria topografica T1

ag = 0.137 · g

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.50 \cdot 1.0 \cdot 0.137 = 0.205 \cdot g.$$

8. MICROZONAZIONE SISMICA

L'aggiornamento con il DGR 630/2019 del DGR 2193/2015, che integrava la Delibera Regionale 112/2007, emessa dalla Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna in data 2 Maggio 2007, fornendo i criteri per l'individuazione delle aree che potrebbero essere soggette ad effetti sismici locali (microzonazione sismica) in modo da orientare le scelte di pianificazione verso le aree a minor rischio. La metodologia indicata per tali tipi di studio prevede due fasi di analisi, con diversi livelli di approfondimento. La prima fase ha carattere qualitativo ed è diretta ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

Essa viene realizzata sulla base di rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. La seconda fase ha invece come obiettivo la microzonazione sismica del territorio. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) analisi semplificata (secondo livello di approfondimento); basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologico più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard; essa viene svolta nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività minore o uguale a 15° in cui il deposito ha spessore costante

b) analisi approfondita (terzo livello di approfondimento), richiesta nei seguenti casi:

- Aree soggette a liquefazione e densificazione;
- Aree instabili e potenzialmente instabili;
- Aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- Aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Secondo quanto riportato dalla Tavole di microzonazione sismica prodotta a corredo del PSC di Parma, l'area in esame ricade tra quelle che necessitano di analisi semplificata di II livello.

L'analisi semplificata di secondo livello prevede la valutazione dei fattori di amplificazione F_a sulla base delle velocità medie delle onde di taglio all'interno della copertura (V_{sH}) o nei primi 30 metri dalla superficie (V_{s30}), calcolate secondo le seguenti formule:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}} \quad V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

I fattori stimati esprimono l'amplificazione del moto sismico al passaggio dal bedrock alla superficie. I F_a riportati nelle tabelle sono stati calcolati per un tempo di ritorno $T_R=475$ anni, con smorzamento $\zeta=5\%$, e sono relativi ai seguenti parametri rappresentativi dello scuotimento sismico:

- accelerazione di picco orizzontale (PGA): PGA/PGA_0 dove PGA_0 è l'accelerazione massima orizzontale a periodo $T=0$ al suolo di riferimento mentre PGA è l'accelerazione massima orizzontale a periodo $T=0$ alla superficie del sito.

$$\text{intensità spettrale} \quad SA = \int_{T_1}^{T_2} A(T, \zeta) dT$$

dove:

A è lo spettro di risposta in accelerazione, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento in cui SA/SA_0 ; SA_0 è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione al suolo di riferimento mentre SA è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione alla superficie del sito; sono stati considerati quattro intervalli di periodo proprio T ottenendo quattro valori di intensità spettrale:

	T₁	T₂
SA1	0,1 s	0,5 s
SA2	0,4 s	0,8 s
SA3	0,7 s	1,1 s
SA4*	0,5 s	1,5 s

intensità spettrale $SI = \int_{T_1}^{T_2} V(T, \zeta) dT$

dove:

V è lo spettro di risposta in velocità, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento in cui SI/SI_0 ; SI_0 è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (Intensità di Housner) al suolo di riferimento, SI è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (o corrispondente grandezza di Intensità di Housner) alla superficie del sito; sono stati considerati tre intervalli di periodo proprio T ottenendo tre valori di intensità spettrale:

	T₁	T₂
SI1	0,1 s	0,5 s
SI2	0,5 s	1,0 s
SI3*	0,5 s	1,5 s

L'analisi semplificata di secondo livello propone l'utilizzo di una serie di tabelle di carattere empirico che mettono in relazione i valori di VsH o di Vs30 con i fattori di amplificazione.

Le varie Tabelle rispecchiano situazioni geologiche tipiche del territorio regionale, tra le quali occorre scegliere quella che meglio corrisponde alle caratteristiche dell'area di studio.

La valutazione dei fattori di amplificazione F_a è riportata nella sottostante tabella:

V _{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

V _{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,7	2,7	2,4	2,1	1,9	1,8
SA3	3,3	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1
SA4	3,3	3,1	2,7	2,4	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** (0,1s≤T≤0,5s), **SA2** (0,4s≤T≤0,8s), **SA3** (0,7s≤T≤1,1s), **SA4** (0,5s≤T≤1,5s)

V _{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	3,1	3,0	2,7	2,4	2,1	2,0
SI3	3,6	3,3	2,9	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** (0,1s≤T≤0,5s), **SI2** (0,5s≤T≤1,0s), **SI3** (0,5s≤T≤1,5s)

La tabella è relativa ad una stratigrafia della Pianura 2 ovvero il settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e del tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.

In base al valore di Vs30 di 288 m/s, ottenuto estrapolando i dati dell'indagine geofisica, si ritiene opportuno adottare i seguenti fattori di amplificazione:

PGA F.A. = 1.6			
SA1 = 1.7	SA2 = 2.1	SA3 = 2.5	SA4 = 2.4
SI1 = 1.8	SI2 = 2.4	SI3 = 2.5	

Sono stati pertanto ottenuti due diversi fattori di amplificazione sismica, 1.50 con la Risposta sismica locale semplificata secondo le NTC2018 e 1.6 con l'analisi semplificata di 2° livello in sito secondo il DGR 360/2019. Per il futuro dimensionamento delle strutture, si dovrà pertanto tenere in considerazione i vari fattori di amplificazione; non emergendo particolari criticità, si ritiene opportuno che venga utilizzato il Fattore di Amplificazione di 1.47 da NTC 2018 da cui deriva al sito una a_{max} pari a $0.205 \cdot g$.

9. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Con il termine di liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso.

Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero. Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DGR 630/2019 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno. La verifica è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson e Wride, che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche.

Pur avendo l'indagine penetrometrica CPT1 accertato, nei primi metri dal piano campagna, la presenza di livelli di natura granulare che si alternano a materiali coesivi, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LIQUITER della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione molto basso.

DATI GENERALI

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 5.3 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.137

Fattore amplificazione 2.47

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Peak ground acceleration (PGA) 0.205

PARAMETRI GEOTECNICI

Nr	Strato	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nsp/1)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1		Sabbie limose	0	1	18.63	21.57	0	0	3922.66	60.15	0
2		Limi - Argille Sabbiose	1	4	22.3	23.08	0	0	11807.21	300.74	0
3		Argille	4	8	19.29	20.08	0	0	2015.27	93.16	0
4		Argille	8	12	18.49	19.27	0	0	1319	71.26	0
5		Argille	12	16.6	19.95	20.73	0	0	3014.48	169.98	0

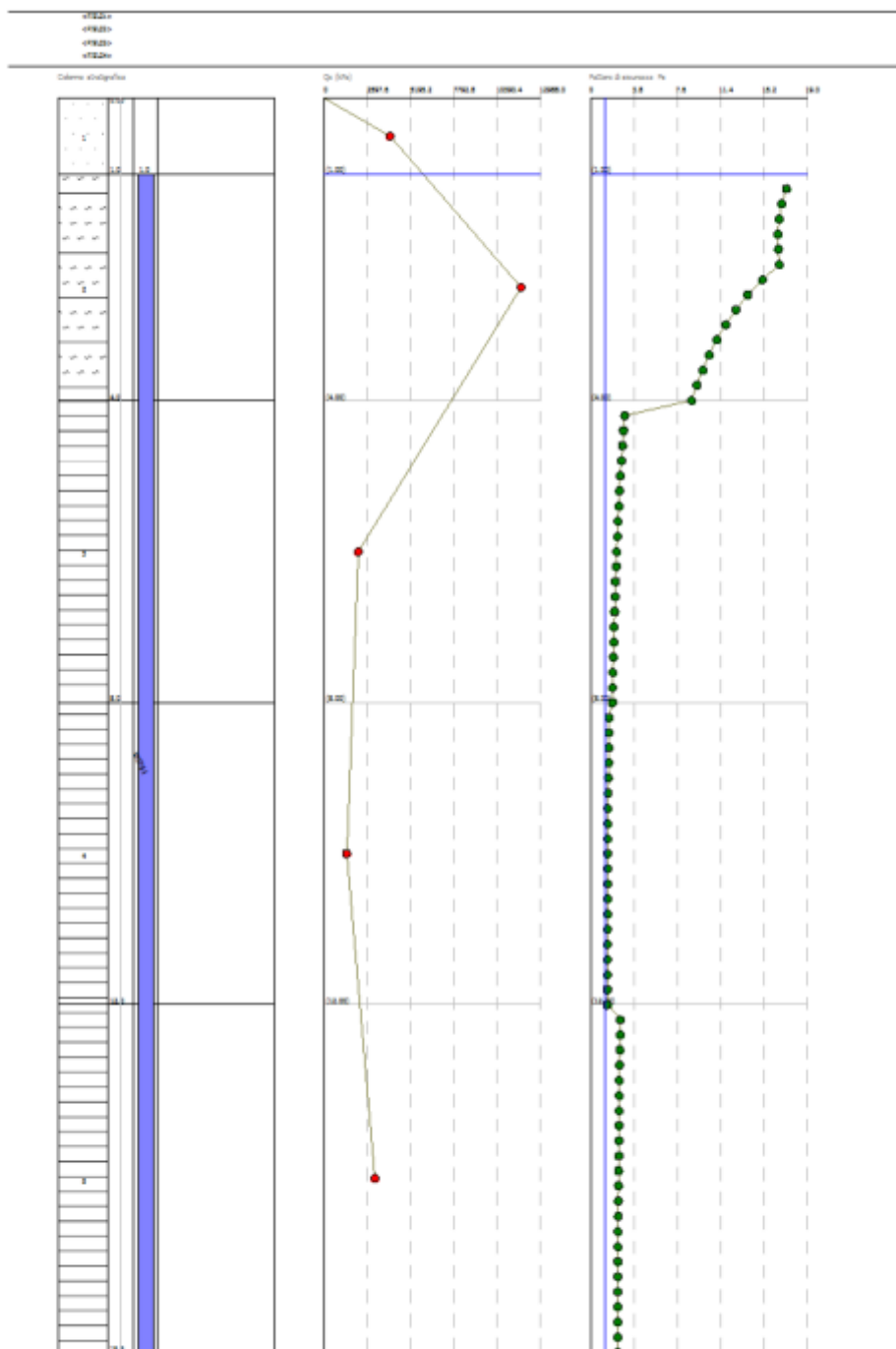
Correzione per la magnitudo (MSF) 1.67

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1	1.20	23.246	21.285	255.926	2.552	1.943	1.7	247.286	0.991	1.486	0.086	17.197	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2	1.40	27.862	23.939	241.319	2.553	1.957	1.7	250.438	0.989	1.541	0.092	16.755	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3	1.60	32.478	26.594	228.958	2.554	1.970	1.7	253.436	0.988	1.594	0.096	16.543	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4	1.80	37.094	29.249	218.320	2.555	1.982	1.7	256.303	0.986	1.646	0.100	16.475	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5	2.00	41.710	31.903	209.040	2.556	1.993	1.7	259.058	0.985	1.697	0.103	16.503	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6	2.20	46.326	34.558	200.851	2.557	2.003	1.7	261.713	0.983	1.747	0.105	16.597	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
7	2.40	50.942	37.213	193.554	2.558	2.012	1.639285	254.842	0.982	1.619	0.107	15.086	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
8	2.60	55.558	39.867	186.999	2.559	2.021	1.583767	248.530	0.980	1.508	0.109	13.820	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
9	2.80	60.174	42.522	181.067	2.560	2.030	1.533533	242.828	0.979	1.412	0.111	12.763	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
10	3.00	64.790	45.177	175.667	2.561	2.038	1.487794	237.645	0.977	1.328	0.112	11.868	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
11	3.20	69.406	47.831	170.723	2.562	2.046	1.445918	232.907	0.976	1.255	0.113	11.100	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
12	3.40	74.022	50.486	166.173	2.563	2.053	1.40739	228.554	0.974	1.190	0.114	10.436	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
13	3.60	78.638	53.141	161.970	2.564	2.060	1.371786	224.538	0.972	1.133	0.115	9.856	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
14	3.80	83.254	55.795	158.070	2.565	2.066	1.338754	220.818	0.971	1.081	0.116	9.345	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
15	4.00	87.870	58.450	154.438	2.566	2.073	1.307999	217.359	0.969	1.035	0.116	8.892	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
16	4.20	91.886	60.505	31.789	4.844	2.739	1.652764	142.828	0.968	0.351	0.117	2.990	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
17	4.40	95.902	62.559	30.681	4.854	2.751	1.598481	141.088	0.966	0.341	0.118	2.884	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
18	4.60	99.918	64.614	29.643	4.864	2.762	1.547651	139.437	0.965	0.332	0.119	2.787	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
19	4.80	103.934	66.669	28.669	4.874	2.773	1.499954	137.865	0.963	0.324	0.120	2.699	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
20	5.00	107.950	68.723	27.754	4.884	2.784	1.455109	136.369	0.962	0.316	0.121	2.618	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
21	5.20	111.966	70.778	26.891	4.895	2.795	1.412867	134.940	0.960	0.309	0.121	2.543	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
22	5.40	115.982	72.833	26.077	4.905	2.805	1.373009	133.575	0.959	0.302	0.122	2.474	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
23	5.60	119.998	74.887	25.308	4.915	2.815	1.335338	132.269	0.957	0.295	0.122	2.410	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
24	5.80	124.014	76.942	24.580	4.926	2.825	1.299679	131.017	0.956	0.289	0.123	2.350	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
25	6.00	128.030	78.997	23.890	4.936	2.835	1.265875	129.816	0.954	0.283	0.124	2.295	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
26	6.20	132.046	81.051	23.235	4.947	2.844	1.233785	128.662	0.953	0.278	0.124	2.243	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
27	6.40	136.062	83.106	22.612	4.957	2.854	1.203281	127.553	0.951	0.273	0.124	2.195	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
28	6.60	140.078	85.161	22.019	4.968	2.863	1.17425	126.485	0.950	0.268	0.125	2.150	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
29	6.80	144.094	87.215	21.455	4.979	2.872	1.146586	125.456	0.948	0.264	0.125	2.108	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
30	7.00	148.110	89.270	20.916	4.989	2.881	1.120196	124.463	0.946	0.259	0.125	2.068	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
31	7.20	152.126	91.325	20.401	5.000	2.890	1.094993	123.506	0.945	0.255	0.126	2.030	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
32	7.40	156.142	93.379	19.909	5.011	2.898	1.070899	122.580	0.943	0.251	0.126	1.995	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

33	7.60	160.158	95.434	19.439	5.022	2.907	1.047843	121.686	0.942	0.248	0.126	1.961	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
34	7.80	164.174	97.489	18.988	5.033	2.915	1.025759	120.820	0.940	0.244	0.126	1.929	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
35	8.00	168.190	99.543	18.556	5.044	2.923	1.004586	119.983	0.939	0.241	0.127	1.899	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
36	8.20	172.044	101.436	11.307	6.213	3.145	0.985842	110.650	0.937	0.206	0.127	1.622	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
37	8.40	175.898	103.329	11.063	6.234	3.154	0.9677845	110.013	0.936	0.204	0.127	1.602	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
38	8.60	179.752	105.222	10.827	6.255	3.162	0.9503763	109.394	0.934	0.202	0.127	1.583	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
39	8.80	183.606	107.114	10.600	6.276	3.170	0.9335837	108.793	0.933	0.200	0.128	1.564	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
40	9.00	187.460	109.007	10.380	6.298	3.178	0.9173739	108.209	0.931	0.198	0.128	1.547	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
41	9.20	191.314	110.900	10.169	6.319	3.186	0.9017176	107.641	0.928	0.196	0.128	1.532	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
42	9.40	195.168	112.792	9.964	6.341	3.193	0.8865865	107.090	0.923	0.194	0.128	1.523	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
43	9.60	199.022	114.685	9.766	6.363	3.201	0.8719551	106.553	0.918	0.193	0.127	1.513	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
44	9.80	202.876	116.578	9.574	6.385	3.209	0.8577986	106.031	0.912	0.191	0.127	1.505	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
45	10.00	206.730	118.470	9.389	6.407	3.216	0.8440944	105.523	0.907	0.189	0.126	1.497	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
46	10.20	210.584	120.363	9.209	6.429	3.224	0.8308213	105.028	0.902	0.188	0.126	1.490	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
47	10.40	214.438	122.256	9.035	6.451	3.231	0.8179591	104.547	0.896	0.186	0.126	1.483	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
48	10.60	218.292	124.148	8.866	6.474	3.238	0.8054892	104.078	0.891	0.185	0.125	1.477	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
49	10.80	222.146	126.041	8.702	6.497	3.246	0.7933936	103.620	0.886	0.183	0.125	1.472	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
50	11.00	226.000	127.934	8.544	6.520	3.253	0.7816561	103.175	0.880	0.182	0.124	1.466	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
51	11.20	229.854	129.826	8.389	6.543	3.260	0.7702607	102.741	0.875	0.181	0.124	1.462	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
52	11.40	233.708	131.719	8.239	6.566	3.267	0.7591928	102.318	0.870	0.180	0.123	1.458	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
53	11.60	237.562	133.612	8.094	6.589	3.274	0.7484385	101.905	0.864	0.178	0.123	1.454	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
54	11.80	241.416	135.504	7.952	6.613	3.281	0.7379846	101.502	0.859	0.177	0.122	1.450	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
55	12.00	245.270	137.397	7.815	6.637	3.288	0.7278187	101.110	0.854	0.176	0.122	1.447	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
56	12.20	249.416	139.582	19.810	6.147	2.959	0.7164273	136.099	0.848	0.314	0.121	2.597	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
57	12.40	253.562	141.766	19.475	6.157	2.965	0.7053868	135.329	0.843	0.310	0.120	2.579	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
58	12.60	257.708	143.951	19.151	6.166	2.971	0.6946815	134.577	0.838	0.307	0.120	2.561	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
59	12.80	261.854	146.136	18.836	6.175	2.977	0.6842963	133.842	0.832	0.303	0.119	2.544	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
60	13.00	266.000	148.320	18.531	6.185	2.982	0.674217	133.124	0.827	0.299	0.118	2.528	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
61	13.20	270.146	150.505	18.234	6.194	2.988	0.6644303	132.421	0.822	0.296	0.118	2.513	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
62	13.40	274.292	152.690	17.946	6.203	2.994	0.6549237	131.734	0.816	0.293	0.117	2.499	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
63	13.60	278.438	154.874	17.666	6.213	2.999	0.6456853	131.062	0.811	0.289	0.116	2.485	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
64	13.80	282.584	157.059	17.394	6.222	3.005	0.6367038	130.405	0.806	0.286	0.116	2.473	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
65	14.00	286.730	159.244	17.129	6.232	3.010	0.6279688	129.761	0.800	0.283	0.115	2.461	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
66	14.20	290.876	161.428	16.872	6.241	3.015	0.6194704	129.130	0.795	0.280	0.114	2.450	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
67	14.40	295.022	163.613	16.621	6.251	3.021	0.6111987	128.513	0.790	0.277	0.114	2.440	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
68	14.60	299.168	165.798	16.377	6.260	3.026	0.6031452	127.908	0.784	0.275	0.113	2.430	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
69	14.80	303.314	167.982	16.140	6.270	3.031	0.5953011	127.315	0.779	0.272	0.112	2.421	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
70	15.00	307.460	170.167	15.908	6.279	3.036	0.5876584	126.734	0.774	0.269	0.112	2.413	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
71	15.20	311.606	172.352	15.682	6.289	3.041	0.5802094	126.164	0.768	0.267	0.111	2.405	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
72	15.40	315.752	174.536	15.462	6.299	3.046	0.572947	125.605	0.763	0.264	0.110	2.398	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
73	15.60	319.898	176.721	15.248	6.308	3.051	0.565864	125.057	0.757	0.262	0.110	2.391	Terreno non	0	Molto

													suscettibile di liquefazione		basso
74	15.80	324.044	178.906	15.038	6.318	3.056	0.5589541	124.519	0.752	0.260	0.109	2.385	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
75	16.00	328.190	181.090	14.834	6.328	3.061	0.5522108	123.991	0.747	0.257	0.108	2.380	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
76	16.20	332.336	183.275	14.635	6.337	3.066	0.5456283	123.473	0.741	0.255	0.107	2.375	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
77	16.40	336.482	185.460	14.440	6.347	3.071	0.539201	122.964	0.736	0.253	0.107	2.371	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
78	16.60	340.628	187.644	14.250	6.357	3.075	0.5329233	122.465	0.731	0.251	0.106	2.367	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso



10. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In sintonia con queste classificazioni, le indagini penetrometriche statiche, realizzate nel lotto limitrofo a sud nel luglio 2024 dal Dott. Geol. Fabio Bussetti su terreni della stessa natura, ha accertato la presenza, alla base della coltre di riporto dello spessore di 1 m, di una coltre argillosa che ingloba materiali di natura granulare costituiti da sabbie e ghiaie addensate tali da impedire la prosecuzione della CPT2 a 4 m dal p.c. La CPT1 è invece riuscita ad oltrepassare tali materiali; nella fattispecie oltre 4 m ha individuato una prevalenza di argille ed argille sabbioso limose con sottili livelli di limi sabbiosi e sabbie limose. Suddetti depositi sono ascrivibili ad apporti recenti del T. Parma, il cui alveo attuale scorre ad alcune decine di metri ad oriente.

In base alle risultanze di un'apposita indagine geofisica passiva HVSR, per il terreno sono stati ottenuti valori di picco della frequenza di risonanza (Peak frequency - Hz) di 1.0 e del rapporto spettrale tra le componenti del moto orizzontale e verticale (Peak HVSR value) di 1.6.

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, sulla base delle risultanze del sondaggio sismico passivo HVSR, che ha consentito di stimare il valore delle Vs30 in 288 m/sec, il suolo di fondazione può essere assimilato alla categoria C di azione sismica "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.

Mediante l'utilizzo di un apposito programma GEOSTRU PS, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito, si è proceduto poi al calcolo del valore dei parametri a_g , F_o e T_c^* per la definizione dell'Azione Sismica locale. Riferiti all'area in oggetto, al TR = 475 anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita, sono stati ottenuti i seguenti valori: $a_g/g = 0.137$; $F_o = 2.47$; $T_c^* = 0.28$.

Elaborando i dati, il programma ha prodotto gli spettri elastici SLU; non essendo emersi particolari problemi di caratteri geologico può essere utilizzata l'accelerazione massima attesa al sito con la risposta sismica locale semplificata pertanto $a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.50 \cdot 1.0 \cdot 0.137 = 0.205 \cdot g$.

Secondo quanto riportato dalla Tavole di microzonazione sismica prodotta a corredo del PSC di Parma, l'area in esame ricade tra quelle che necessitano di analisi semplificata di II livello.

In base al valore di Vs30 di 288 m/s, ottenuto estrapolando i dati dell'indagine geofisica, si ritiene opportuno adottare i seguenti fattori di amplificazione:

PGA F.A. = 1.6			
SA1 = 1.7	SA2 = 2.1	SA3 = 2.5	SA4 = 2.4
SI1 = 1.8	SI2 = 2.4	SI3 = 2.5	

Sono stati pertanto ottenuti due diversi fattori di amplificazione sismica, 1.50 con la Risposta sismica locale semplificata secondo le NTC2018 e 1.6 con l'analisi semplificata di 2° livello in sito secondo il DGR 360/2019. Per il futuro dimensionamento delle strutture, si dovrà pertanto tenere in considerazione i vari fattori di amplificazione; non emergendo particolari criticità, si ritiene opportuno che venga utilizzato il Fattore di Amplificazione di 1.47 da NTC 2018 da cui deriva al sito una a_{max} pari a $0.205 \cdot g$.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DGR 630/2019 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno. La verifica è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson e Wride, che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche.

Pur avendo l'indagine penetrometrica CPT1 accertato, nei primi metri dal piano campagna, la presenza di livelli di natura granulare che si alternano a materiali coesivi, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LIQUITER della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione molto basso.

Sulla base dei parametri geomeccanici del terreno acquisiti con le indagini si è infine proceduto alla valutazione del peso di volume (γ), dell'angolo di attrito interno (ϕ'), della coesione non drenata (C_u) ed efficace (c') nonché del modulo edometrico (M_o), per gli strati che caratterizzano il primo sottosuolo. Suddetti valori potranno essere utilizzati per il dimensionamento strutturale in conformità con quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018.

Come segnalato dalle carte tematiche, nella fattispecie dalla Carta Idrogeologica tratta dal quadro conoscitivo PSC del Comune di Parma, il territorio in esame ricade quasi in corrispondenza dell'isopiezza 50 m s.l.m.; tenendo conto che il terreno è posto alla quota media di 54 m s.l.m. il primo acquifero, che con ogni probabilità risente di modeste variazioni stagionali, si rinviene a non meno di 4 m di profondità. Nella fattispecie nel foro di sonda, al termine della penetrometria CPT1, la falda è stata misurata a 5.3 m, sicuramente permea il banco di sabbie e ghiaie individuate dall'indagine.

Per impedire l'insorgere dei processi di consolidazione del terreno alla base delle fondazioni, fenomeni che possono risultare ancor più pericolosi in presenza di un prolungato ristagno delle acque alla base delle stesse, si dovrà perciò avere l'accortezza di raccogliere ed allontanare, utilizzando tubazioni e raccordi a perfetta tenuta, tutte le acque meteoriche e di scarico in direzione della rete drenante principale. È poi fondamentale che non vengano messe a dimora, nelle immediate vicinanze dell'edificio, piante a radice profonda idroesigenti, quali ad esempio aceri e betulle che, nel tempo, possono essere causa non secondaria nell'insorgere dei pericolosi effetti testé descritti che, nel tempo, si possono ripercuotere negativamente sulla staticità delle strutture in elevazione.

Nel rispetto di quanto in precedenza esposto e delle disposizioni delle leggi vigenti, siano esse nazionali che regionali (D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni") che prescrivono un'attenta verifica dell'idoneità delle strutture in funzione delle caratteristiche del primo sottosuolo, si attesta l'idoneità del terreno all'attuazione dell'intervento edilizio in progetto e si concede quindi parere geologico favorevole.

Scandiano, settembre 2025

Dott. Geol. Nicola Caroli

Iscr. Ordine dei Geologi Emilia Romagna sez. A n° 1370



ALLEGATI

UBICAZIONE INDAGINI



Penetrometrie statiche



Indagine geofisica HVSR



PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

(CONE PENETRATION TEST)

CPT

Committente: Idrobussetti di Bussetti Fabio
Località: Borgo Tanzi, 3 - Parma

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

METODOLOGIA D' INDAGINE

Per caratterizzare la litologia del primo sottosuolo sono state effettuate due indagini penetrometriche utilizzando un penetrometro TG 63/200 kN in versione cingolata della ditta PAGANI di Piacenza.

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s} \pm 0,5 \text{ cm/s}$).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica. La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale: punta / manicotto tipo "Begemann". Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro Punta Conica meccanica $\varnothing = 35,7 \text{ mm}$
- area di punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo di apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto $A_m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne è installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione. Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna. Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. L'operatore deve solamente controllare i movimenti di spinta per l'infissione delle aste. I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sui manometri. Per mezzo di un software (in alcuni strumenti) è possibile sia durante l'acquisizione, che in un secondo momento a prove ultimate trasferire i dati ad un PC. Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in Kg/cm^2) durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta **LP** = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta
- Lettura laterale **LT** = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto

PROVA ...CPT1

Committente: Idrobusetti di Bussetti Fabio
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 23/07/2024
Profondità prova: 16,60 mt
Località: Borgo Tanzi, 3 - Parma

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	25,00	0,0	25,0	0,4	62,5	1,6
0,40	28,00	34,0	28,0	0,133333	210,001	0,5
0,60	32,00	34,0	32,0	1,2	26,667	3,8
0,80	20,00	38,0	20,0	1,133333	17,647	5,7
1,00	95,00	112,0	95,0	0,2	475,0	0,2
1,20	49,00	52,0	49,0	2,933333	16,705	6,0
1,40	25,00	69,0	25,0	2,933333	8,523	11,7
1,60	111,00	155,0	111,0	5,0	22,2	4,5
1,80	32,00	107,0	32,0	2,8	11,429	8,8
2,00	57,00	99,0	57,0	1,533333	37,174	2,7
2,20	42,00	65,0	42,0	2,666667	15,75	6,3
2,40	120,00	160,0	120,0	1,933333	62,069	1,6
2,60	55,00	84,0	55,0	2,8	19,643	5,1
2,80	280,00	322,0	280,0	3,333333	84,0	1,2
3,00	450,00	500,0	450,0	3,333333	135,0	0,7
3,20	120,00	170,0	120,0	2,4	50,0	2,0
3,40	130,00	166,0	130,0	1,8	72,222	1,4
3,60	200,00	227,0	200,0	5,533333	36,145	2,8
3,80	90,00	173,0	90,0	3,0	30,0	3,3
4,00	45,00	90,0	45,0	4,0	11,25	8,9
4,20	27,00	87,0	27,0	2,466667	10,946	9,1
4,40	25,00	62,0	25,0	1,333333	18,75	5,3
4,60	23,00	43,0	23,0	1,0	23,0	4,3
4,80	15,00	30,0	15,0	0,8	18,75	5,3
5,00	15,00	27,0	15,0	0,6	25,0	4,0
5,20	11,00	20,0	11,0	0,533333	20,625	4,8
5,40	10,00	18,0	10,0	0,533333	18,75	5,3
5,60	18,00	26,0	18,0	0,466667	38,571	2,6
5,80	23,00	30,0	23,0	1,2	19,167	5,2
6,00	28,00	46,0	28,0	1,333333	21,0	4,8
6,20	35,00	55,0	35,0	0,333333	105,0	1,0
6,40	36,00	41,0	36,0	1,133333	31,765	3,1
6,60	21,00	38,0	21,0	1,333333	15,75	6,3
6,80	18,00	38,0	18,0	0,8	22,5	4,4
7,00	17,00	29,0	17,0	0,733333	23,182	4,3
7,20	17,00	28,0	17,0	0,933333	18,214	5,5
7,40	20,00	34,0	20,0	0,933333	21,429	4,7
7,60	27,00	41,0	27,0	1,2	22,5	4,4
7,80	15,00	33,0	15,0	0,733333	20,455	4,9
8,00	10,00	21,0	10,0	0,6	16,667	6,0
8,20	13,00	22,0	13,0	0,6	21,667	4,6
8,40	20,00	29,0	20,0	0,733333	27,273	3,7
8,60	17,00	28,0	17,0	0,933333	18,214	5,5
8,80	17,00	31,0	17,0	0,666667	25,5	3,9
9,00	15,00	25,0	15,0	0,8	18,75	5,3
9,20	17,00	29,0	17,0	1,0	17,0	5,9
9,40	16,00	31,0	16,0	0,933333	17,143	5,8
9,60	14,00	28,0	14,0	0,666667	21,0	4,8
9,80	12,00	22,0	12,0	0,733333	16,364	6,1
10,00	11,00	22,0	11,0	0,8	13,75	7,3
10,20	14,00	26,0	14,0	0,8	17,5	5,7
10,40	12,00	24,0	12,0	0,666667	18,0	5,6
10,60	13,00	23,0	13,0	0,6	21,667	4,6
10,80	13,00	22,0	13,0	0,333333	39,0	2,6
11,00	8,00	13,0	8,0	0,533333	15,0	6,7
11,20	7,00	15,0	7,0	0,533333	13,125	7,6
11,40	7,00	15,0	7,0	0,733333	9,545	10,5

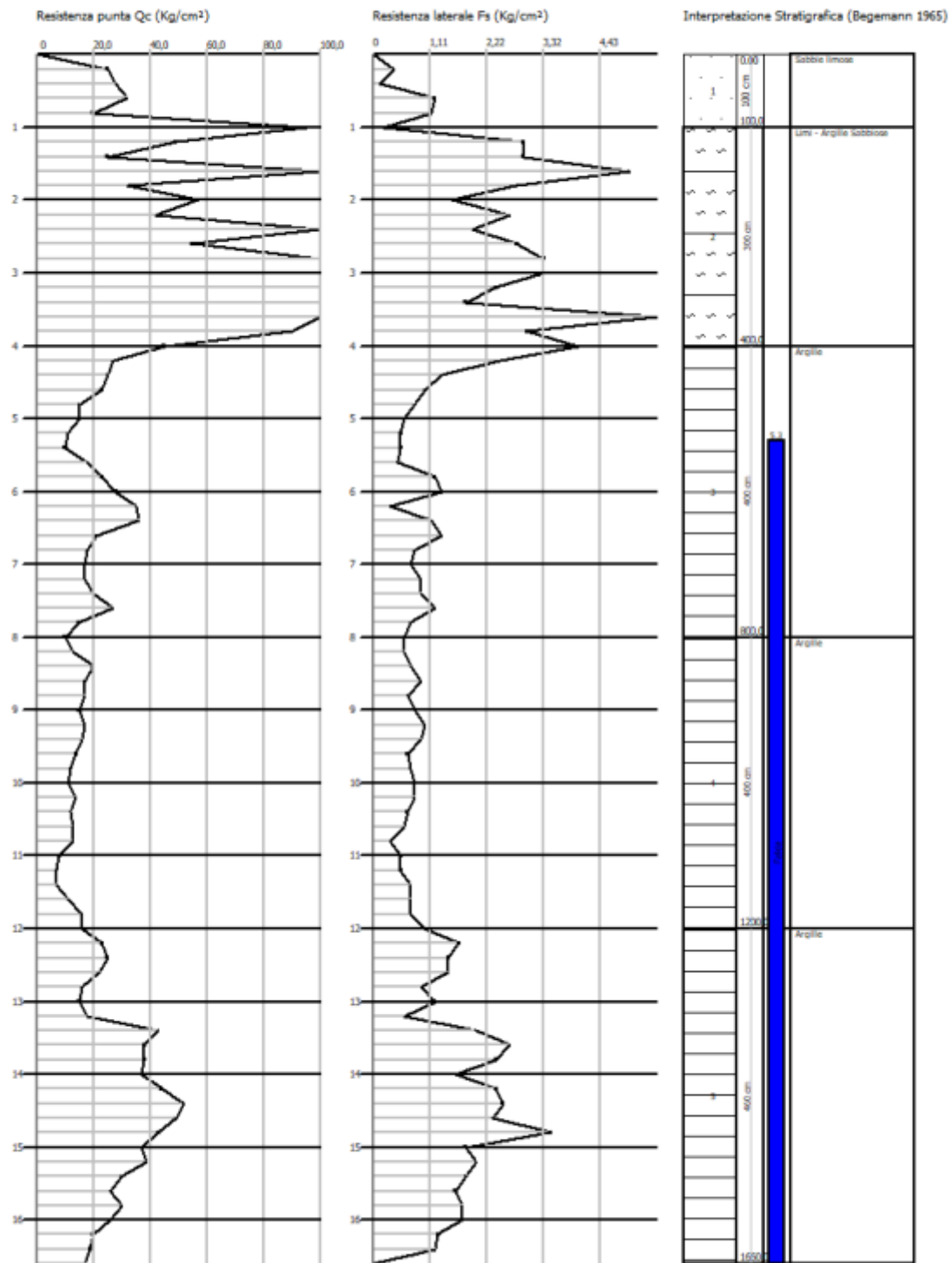
11,60	11,00	22,0	11,0	0,733333	15,0	6,7
11,80	16,00	27,0	16,0	0,733333	21,818	4,6
12,00	16,00	27,0	16,0	1,0	16,0	6,3
12,20	23,00	38,0	23,0	1,666667	13,8	7,2
12,40	25,00	50,0	25,0	1,466667	17,045	5,9
12,60	22,00	44,0	22,0	1,466667	15,0	6,7
12,80	16,00	38,0	16,0	0,933333	17,143	5,8
13,00	15,00	29,0	15,0	1,2	12,5	8,0
13,20	18,00	36,0	18,0	0,6	30,0	3,3
13,40	43,00	52,0	43,0	2,0	21,5	4,7
13,60	38,00	68,0	38,0	2,666667	14,25	7,0
13,80	38,00	78,0	38,0	2,4	15,833	6,3
14,00	37,00	73,0	37,0	1,6	23,125	4,3
14,20	44,00	68,0	44,0	2,4	18,333	5,5
14,40	52,00	88,0	52,0	2,533333	20,526	4,9
14,60	49,00	87,0	49,0	2,333333	21,0	4,8
14,80	43,00	78,0	43,0	3,466667	12,404	8,1
15,00	37,00	89,0	37,0	1,8	20,556	4,9
15,20	39,00	66,0	39,0	2,0	19,5	5,1
15,40	30,00	60,0	30,0	1,8	16,667	6,0
15,60	26,00	53,0	26,0	1,6	16,25	6,2
15,80	30,00	54,0	30,0	1,733333	17,308	5,8
16,00	26,00	52,0	26,0	1,733333	15,0	6,7
16,20	20,00	46,0	20,0	1,266667	15,789	6,3
16,40	19,00	38,0	19,0	1,2	15,833	6,3
16,60	17,00	35,0	17,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,00	40,0	0,613333	2,1	Incoerente	Sabbie limose
4,00	120,4	3,066666	2,2	Incoerente-Coesivo	Limi - Argille Sabbiose
8,00	20,55	0,95	2,0	Coesivo	Argille
12,00	13,45	0,726667	1,9	Coesivo	Argille
16,60	30,73913	1,733333	2,0	Coesivo	Argille

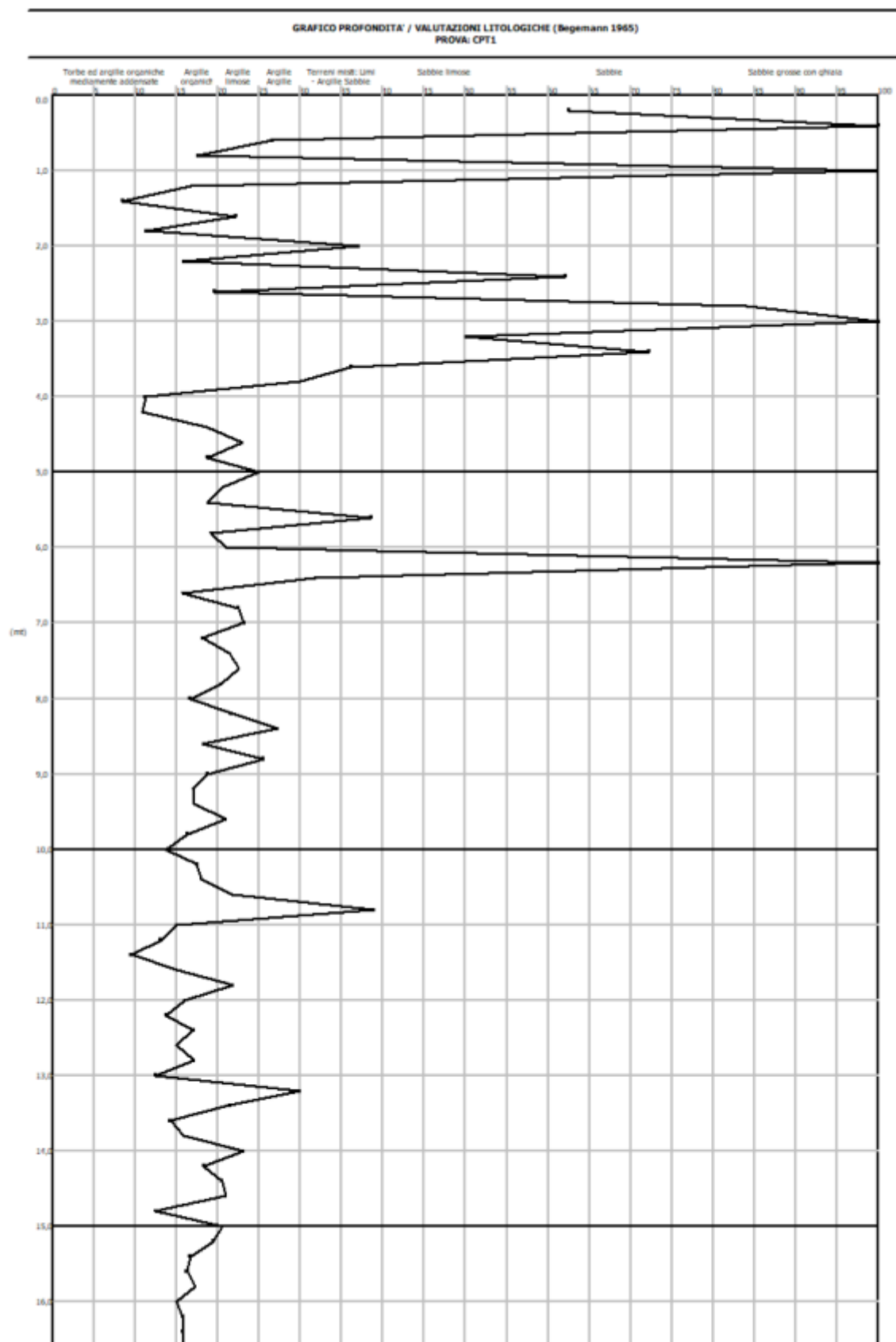
Probe CPT - Cone Penetration CPT1
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Idrobussetti di Bussetti Fabio
Cantiere: Borgo Tanzi, 3 - Parma
Località: Borgo Tanzi, 3 - Parma

Data: 23/07/2024



Scala profondità 1:73 - Q_c : 1 cm=18,76 Kg/cm² - F_s : 1 cm=1,04 Kg/cm² -



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	6,86	3,99	7,99	7,05	6,31	6,02
Strato 3	8,00	20,55	0,95	1,11	1,28	1,29	1,13	1,01	1,03
Strato 4	12,00	13,45	0,726667	0,68	0,81	0,76	0,67	0,60	0,67
Strato 5	16,60	30,73913	1,733333	1,65	1,68	1,86	1,64	1,47	1,54

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buisman	Buisman Sanglerat
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	301,00	240,80	361,20	180,60
Strato 3	8,00	20,55	0,95	51,37	41,10	61,65	61,65
Strato 4	12,00	13,45	0,726667	67,25	48,10	80,70	40,35
Strato 5	16,60	30,73913	1,733333	76,85	61,48	92,22	92,22

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	4494,75	180,60
Strato 3	8,00	20,55	0,95	725,62	30,90
Strato 4	12,00	13,45	0,726667	445,13	20,10
Strato 5	16,60	30,73913	1,733333	1078,09	46,20

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	Imai & Tomauchi	522,90
Strato 3	8,00	20,55	0,95	Imai & Tomauchi	177,54
Strato 4	12,00	13,45	0,726667	Imai & Tomauchi	137,03
Strato 5	16,60	30,73913	1,733333	Imai & Tomauchi	227,06

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	5,19
Strato 3	8,00	20,55	0,95	<0.5
Strato 4	12,00	13,45	0,726667	<0.5
Strato 5	16,60	30,73913	1,733333	<0.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	Meyerhof	2,27
Strato 3	8,00	20,55	0,95	Meyerhof	1,97
Strato 4	12,00	13,45	0,726667	Meyerhof	1,89
Strato 5	16,60	30,73913	1,733333	Meyerhof	2,03

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	Meyerhof	2,35
Strato 3	8,00	20,55	0,95	Meyerhof	2,05
Strato 4	12,00	13,45	0,726667	Meyerhof	1,97
Strato 5	16,60	30,73913	1,733333	Meyerhof	2,11

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	Schmertman n	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowsk i 1985
Strato 1	1,00	40,0	0,613333	71,88	97,84	94,73	72,76	100
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	79,92	94,12	93,2	80,87	90,26

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Durguno uglu- Mitchell 1973	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmert mann	Robertso n & Campane lla 1983	Herminie r	Meyerhof 1951
Strato 1	1,00	40,0	0,613333	42,25	39,28	36,76	34,19	41,7	45	40,01	34,96
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	40,17	36,62	33,97	31,64	41,18	44,69	34,55	45

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	1,00	40,0	0,613333	100,00	80,00	170,37
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	301,00	240,80	566,55

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Robertson & Campanella da Schmertman n	Lunne- Christoffe rse n 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	1,00	40,0	0,613333	79,72	156,91	320,88	80,00	120,00
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	84,28	256,14	980,60	180,60	180,60

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	1,00	40,0	0,613333	Imai & Tomauchi	266,70
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	Imai & Tomauchi	522,90

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	1,00	40,0	0,613333	8,86	>9	<0,5	>9
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	5,19	>9	0,76	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 1	1,00	40,0	0,613333	Kulhawy & Mayne (1990)	1,45
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	Kulhawy & Mayne (1990)	1,02

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	1,00	40,0	0,613333	0,11184	0,01454
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	0,09387	0,0122

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1,00	40,0	0,613333	Meyerhof	1,90
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	Meyerhof	1,80

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1,00	40,0	0,613333	Meyerhof	2,20
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	Meyerhof	2,10

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	1,00	40,0	0,613333	Piacentini-Righi 1988	2,763323E-03
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	Piacentini-Righi 1988	1,946779E-05
Strato 3	8,00	20,55	0,95	Piacentini-Righi 1988	4,718808E-09
Strato 4	12,00	13,45	0,726667	Piacentini-Righi 1988	1,979974E-10
Strato 5	16,60	30,73913	1,733333	Piacentini-Righi 1988	1E-11

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	1,00	40,0	0,613333	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 2	4,00	120,4	3,066666	Piacentini-Righi 1988	7,031767
Strato 3	8,00	20,55	0,95	Piacentini-Righi 1988	2,909145E-04
Strato 4	12,00	13,45	0,726667	Piacentini-Righi 1988	7,989194E-06
Strato 5	16,60	30,73913	1,733333	Piacentini-Righi 1988	9,221739E-07

PROVA ...CPT2

Committente: Idrobusetti di Bussetti Fabio
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data: 23/07/2024
 Profondità prova: 4,00 mt – Falda non rilevata
 Località: Borgo Tanzi, 3 - Parma

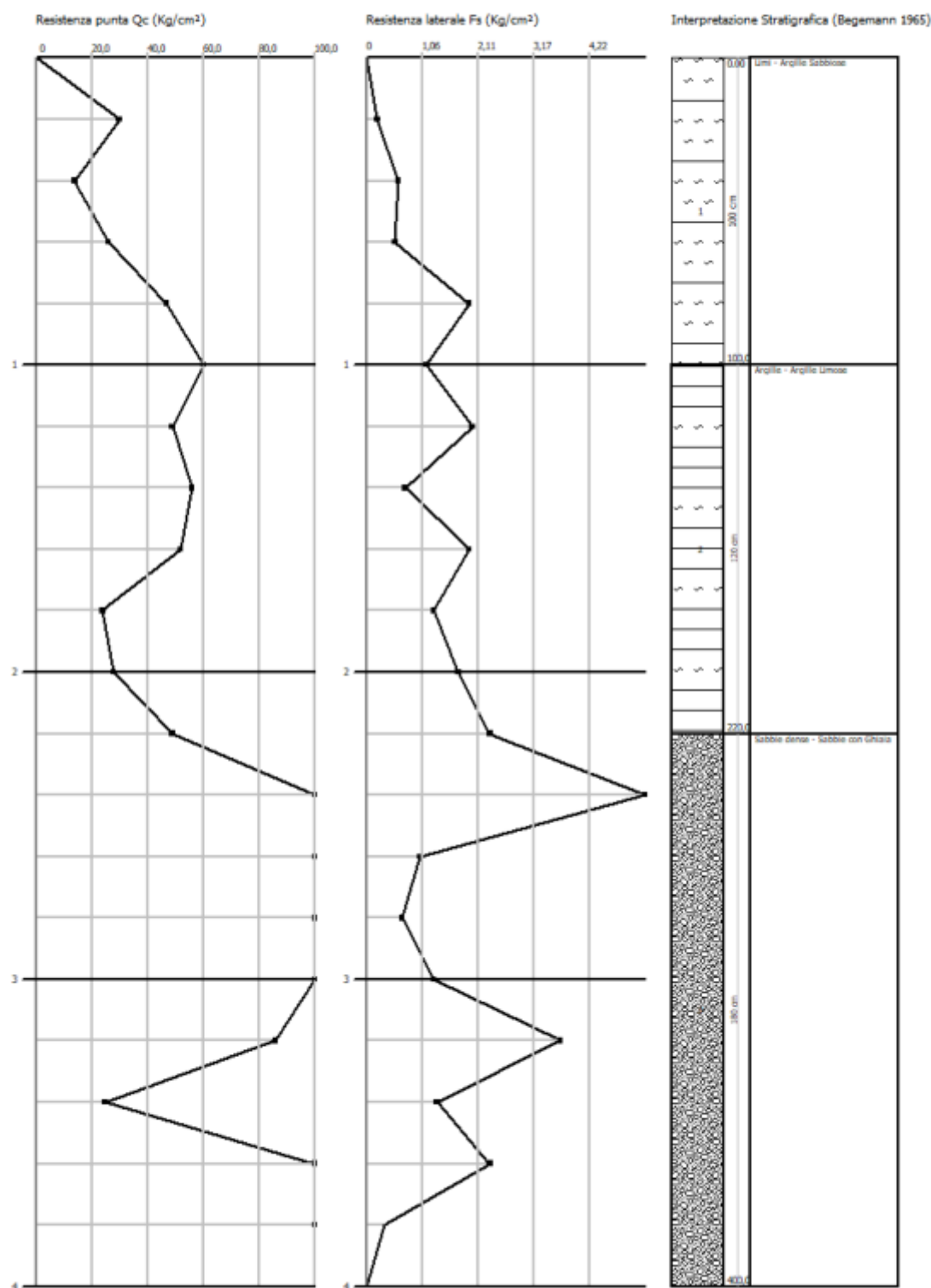
Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	30,00	0,0	30,0	0,2	150,0	0,7
0,40	14,00	17,0	14,0	0,6	23,333	4,3
0,60	26,00	35,0	26,0	0,533333	48,75	2,1
0,80	47,00	55,0	47,0	1,933333	24,31	4,1
1,00	60,00	89,0	60,0	1,133333	52,941	1,9
1,20	49,00	66,0	49,0	2,0	24,5	4,1
1,40	56,00	86,0	56,0	0,733333	76,364	1,3
1,60	52,00	63,0	52,0	1,933333	26,897	3,7
1,80	24,00	53,0	24,0	1,266667	18,947	5,3
2,00	28,00	47,0	28,0	1,733333	16,154	6,2
2,20	49,00	75,0	49,0	2,333333	21,0	4,8
2,40	200,00	235,0	200,0	5,266667	37,975	2,6
2,60	166,00	245,0	166,0	1,0	166,0	0,6
2,80	203,00	218,0	203,0	0,666667	304,5	0,3
3,00	204,00	214,0	204,0	1,266667	161,053	0,6
3,20	86,00	105,0	86,0	3,666667	23,455	4,3
3,40	25,00	80,0	25,0	1,333333	18,75	5,3
3,60	220,00	240,0	220,0	2,333333	94,286	1,1
3,80	350,00	385,0	350,0	0,333333	1050,001	0,1
4,00	500,00	505,0	500,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm²)	fs Media (Kg/cm²)	Gamma Medio (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,00	35,4	0,88	2,1	Incoerente-Coesivo	Limi - Argille Sabbiose
2,20	43,0	1,666667	2,1	Coesivo	Argille - Argille Limose
4,00	217,1111	1,762963	2,3	Incoerente	Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia

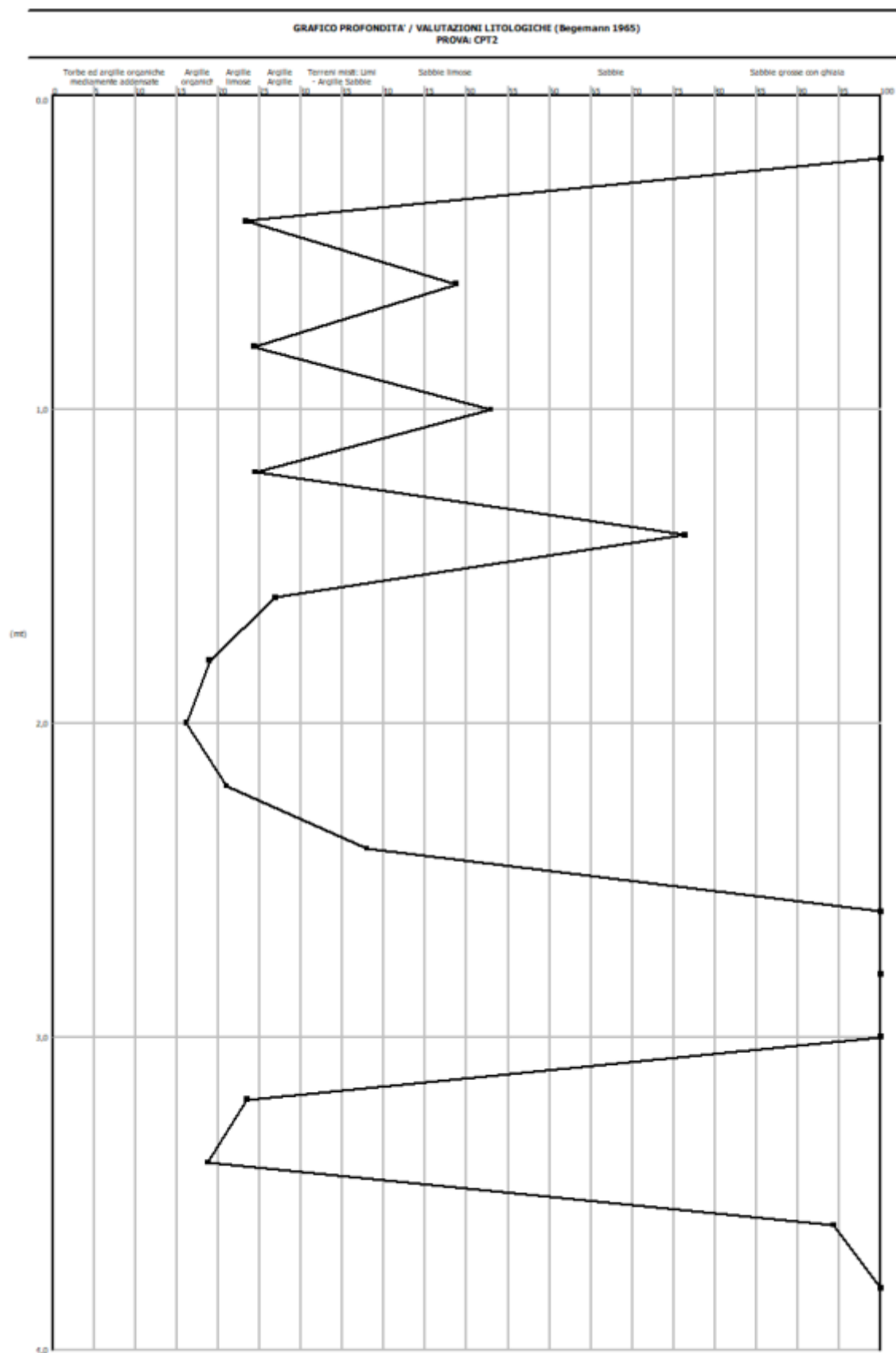
Probe CPT - Cone Penetration CPT2
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Idrobussetti di Bussetti Fabio
Cantiere: Borgo Tanzi, 3 - Parma
Località:

Data: 23/07/2024



Scala profondità 1:17 - Q_c : 1 cm=18,76 Kg/cm² - F_s : 1 cm=0,99 Kg/cm² -



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimental e	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	1,00	35,4	0,88	2,02	2,04	2,35	2,08	1,86	1,77
Strato 2	2,20	43,0	1,666667	2,44	2,31	2,84	2,51	2,25	2,15

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buismann	Buismann Sanglerat
Strato 1	1,00	35,4	0,88	88,50	70,80	106,20	106,20
Strato 2	2,20	43,0	1,666667	107,50	86,00	129,00	129,00

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	1,00	35,4	0,88	1323,56	53,10
Strato 2	2,20	43,0	1,666667	1599,90	64,50

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	1,00	35,4	0,88	Imai & Tomauchi	247,51
Strato 2	2,20	43,0	1,666667	Imai & Tomauchi	278,75

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History
Strato 1	1,00	35,4	0,88	7,84
Strato 2	2,20	43,0	1,666667	2,98

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1,00	35,4	0,88	Meyerhof	2,07
Strato 2	2,20	43,0	1,666667	Meyerhof	2,10

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1,00	35,4	0,88	Meyerhof	2,15
Strato 2	2,20	43,0	1,666667	Meyerhof	2,18

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Baldi 1978 - Schmertman n 1976	Schmertman n	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowsk i 1985
Strato 1	1,00	35,4	0,88	68,4	93,37	90,53	69,26	100
Strato 3	4,00	217,1111	1,762963	93,64	100	100	94,7	100

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Durguno uglu- Mitchell 1973	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmert mann	Robertso n & Campane lla 1983	Herminie r	Meyerhof 1951
Strato 1	1,00	35,4	0,88	41,66	38,67	36,12	33,61	41,07	45	38,73	32,89
Strato 3	4,00	217,1111	1,762963	42,03	38,48	35,93	33,42	42	45	38,58	45

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	1,00	35,4	0,88	88,50	70,80	169,76
Strato 3	4,00	217,1111	1,762963	542,78	434,22	868,44

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Robertson & Campanella da Schmertman n	Lunne- Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	1,00	35,4	0,88	76,05	138,86	282,93	70,80	106,20
Strato 3	4,00	217,1111	1,762963	93,34	445,83	1777,40	325,67	325,67

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	1,00	35,4	0,88	Imai & Tomauchi	247,51
Strato 3	4,00	217,1111	1,762963	Imai & Tomauchi	749,67

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	1,00	35,4	0,88	7,84	>9	0,55	>9
Strato 3	4,00	217,1111	1,762963	7,55	>9	0,56	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 1	1,00	35,4	0,88	Kulhawy & Mayne (1990)	1,33
Strato 3	4,00	217,1111	1,762963	Kulhawy & Mayne (1990)	1,30

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	1,00	35,4	0,88	0,11576	0,01505
Strato 3	4,00	217,1111	1,762963	0,13872	0,01803

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1,00	35,4	0,88	Meyerhof	1,80
Strato 3	4,00	217,1111	1,762963	Meyerhof	1,90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1,00	35,4	0,88	Meyerhof	2,10
Strato 3	4,00	217,1111	1,762963	Meyerhof	2,20

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	1,00	35,4	0,88	Piacentini-Righi 1988	5,769287E-05
Strato 2	2,20	43,0	1,666667	Piacentini-Righi 1988	6,545392E-08
Strato 3	4,00	217,1111	1,762963	Piacentini-Righi 1988	0,001

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	1,00	35,4	0,88	Piacentini-Righi 1988	6,126983
Strato 2	2,20	43,0	1,666667	Piacentini-Righi 1988	8,443557E-03
Strato 3	4,00	217,1111	1,762963	Piacentini-Righi 1988	0

INDAGINE HVSR



STRUMENTO: PASI GEMINI 2

winMASW & HoliSurface: Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

Dataset: Parma_Borgo_Tanzi.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2024 07 23 11 37 32

GPS data: Unavailable

DATA PROCESSING

Date: 24 7 2024

Time: 18 48

Sampling frequency (Hz): 200

Window length (sec): 40

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.25Hz

Length of analysed dataset (min): 10.0

Tapering (%): 40

Smoothing (%): 15

SESAME criteria

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 1.0 (q1.6)

Peak HVSR value: 1.6 (q0.2)

=== Criteria for a reliable H/V curve ===

#1. [$f_0 > 10/L_w$]: $0.952 > 0.25$ (OK)

#2. [$n_c > 200$]: $952 > 200$ (OK)

#3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===

#1. [exists f_- in the range $[f_0/4, f_0]$ | $AH/V(f_-) < A_0/2$]: yes (considering standard deviations), at frequency 0.3Hz (OK)

#2. [exists f_+ in the range $[f_0, 4f_0]$ | $AH/V(f_+) < A_0/2$]: yes (considering standard deviations), at frequency Hz (OK)

#3. [$A_0 > 2$]: $1.6 < 2$ (NO)

#4. [$f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (NO)

#5. [$\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)$]: $1.558 > 0.143$ (NO)

#6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: $0.517 < 2$ (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters the results may change.

show d...

reset

step#1 (optional) - decimate

64 Hz

resample

step#2 - H/V computation

remove ev...

both Ra...

clean axes

40 window length

40

tapering

15 amplitude

5 HVSR

15 spectral smoothing (triangular)

2 detrending

no equaliz...

Particle motion, all HVSRs, time lapse...

full ou...

compute

continui...

3D motion

show 3D mot...

directivity analysis

frequency range: 0.0 5.0 10 Hz

compute

save- optional: save HVSR as R is

save HV 0.5 to 30 H

save HV curve (as I L...)

picking HV or amplitude spectra

HVSR

pick data

save picked...

compute

quick analysis (H/Vs/H)

200 average Vs (m/s)

20 depth of the

1000 Vs of the

clean

compute

highlight a frequency

draw/highlight...

10 Hz

directivity over time

directivity in 0...

time 120 s

Parma_Borgo_Tanzi.SAF (200Hz) - Average Spectra

mm/s

frequency (Hz)

NS
EW
UD

open working fol...
show location
field notes

your comments

default axes

Parma_Borgo_Tanzi.SAF - HVSR (window length: 40s)

no evidence of reliable/single peak in the 0.5-20Hz frequency range

HVSR

frequency (Hz)

Criteria for a reliable H/V curve

- #1: OK
- #2: OK
- #3: OK

Criteria for a clear H/V peak [0.5

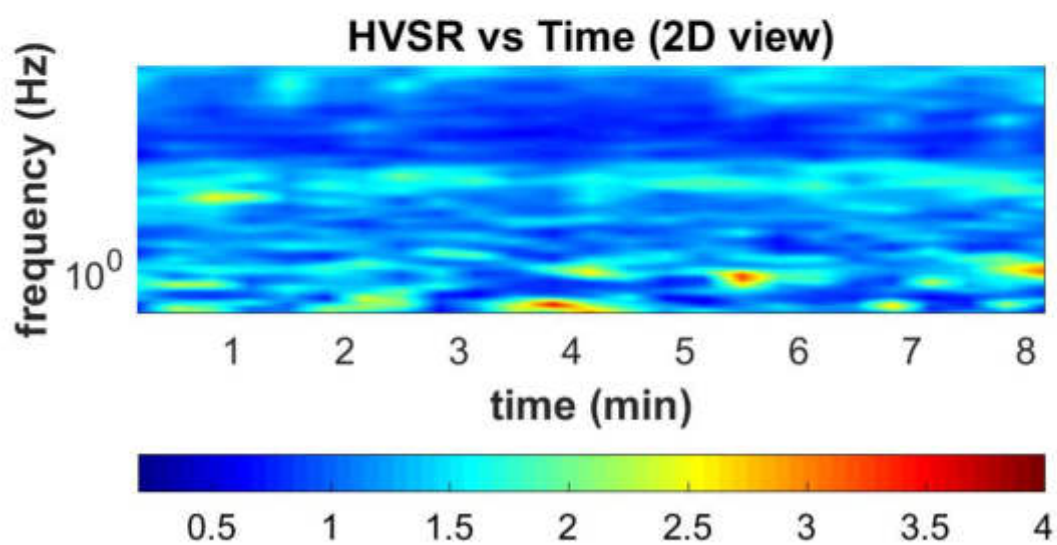
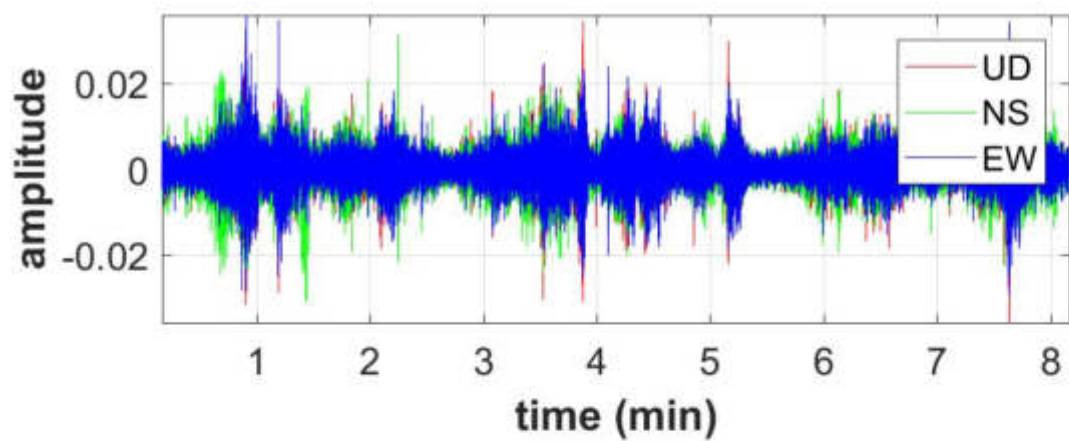
- #1: OK
- #2: OK
- #3: NO
- #4: NO
- #5: NO
- #6: OK

To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi/ESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/a, Modeling & Picking" panels and

Continuity (Persistence) of the H/V Spectral Ratio

2 di 5

25/09/2025, 15:58



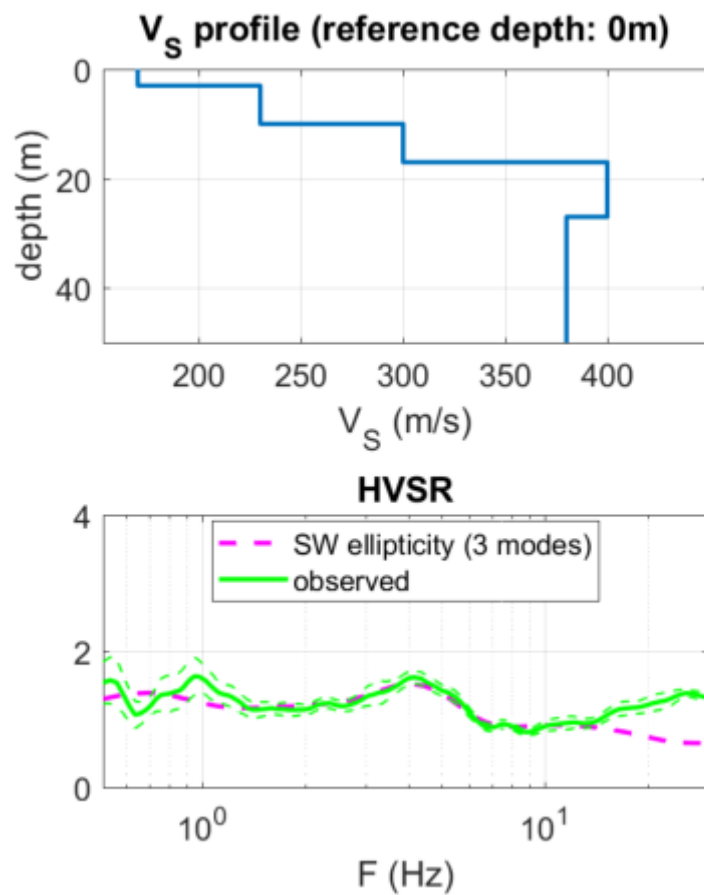
winMASW - Joint Analysis of Seismic Data

www.winmasw.com

Date: 24/7/2024

Time: 18:51

Dataset: Parma_Borgo_Tanzi.hv



Model

V_S (m/s): 170 230 300 400 380 450 500

Thickness (m): 3.0, 7.0, 7.0, 10.0, 30.0, 30.0

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.80 1.88 1.94 2.01 2.00 2.04 2.06

Shear modulus (MPa) (approximate values): 52 99 175 322 288 413 516

Approximate values for V_p and Poisson (please, see manual)

V_p (m/s): 354 479 625 833 790 936 1041

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

V_{s30} and V_{sE} (m/s) at surface: 288 288

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

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 - Depositati 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 - Depositati 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.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

winMASW - Surface Waves & Beyond

www.winmasw.com