

ACCORDO OPERATIVO AI SENSI DELL'ART.38 L.R.24/2017
RIGENERAZIONE AD USO RESIDENZIALE DEL COMPARTO EX CASERME
Via Giardini - Modena

COMMITTENTE

CESA COSTRUZIONI S.r.l.
Via Quintino Sella n.3
20121 Milano (MI)
C.F. e P.IVA 01982540369

PROGETTISTI E CONSULENTI**COORDINAMENTO DI PROGETTO, PROGETTAZIONE URBANISTICA,
PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA**

aTEAM Progetti Sostenibili
Via Torre 5 - 41121 Modena
email: info@ateamprogetti.com
tel. +39 059 7114689
Arch. Lucia Bursi, Arch. Elena Fiocchi, Mirco Sileo

**CONSULENZA GEOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA**

Dott. Geol. Valeriano Franchi
Viale Caduti in Guerra 1 - 41121 Modena
email: valerianofranchi@gmail.com
tel. +39 335 6611883

PROGETTO DEL VERDE

Dott. Paolo Filetto
email: paolovincenzo.filetto@gmail.com
tel. 339 5910874

PROGETTAZIONE OPERE DI URBANIZZAZIONE E OPERA PUBBLICA

Ingegneri Riuniti
Via G. Pepe, 15 - 41126 Modena
e-mail: info@ingegneririuniti.it
Tel. 059.33.52.08 - Fax 059.33.32.21
OOUU: Dott. Ing. Federico Saldari, Dott.sa Ing. Erica Guasconi
Opere stradali: Dott. Ing. Lorenzo Ferrari, Dott. Ing. Davide Galliani

**CONSULENZA ACUSTICA, QUALITA' DELL'ARIA E MOBILITA'**

Praxis Ambiente Srl
Via Canaletto Centro 476/A - 41121 Modena
email: info@praxisambiente.it
tel. +39 059 454000
Dott. Carlo Odorici - Ing. Roberto Odorici

**CONSULENZA ARCHEOLOGICA**

AR/S Archeosistemi S.C.
Via Nove Martiri 11/A - Reggio Emilia (RE)
email: barbarasassi@archeosistemi.it
tel. +39 0522 532094
Dott.ssa Barbara Sassi



NOME FILE: GIA_AO_PU_R06_Relazione geologica e sismica		ELABORATO DA: VF	APPROVATO DA: FB	OGGETTO: Accordo Operativo ai sensi dell'art.38 L.R.24/2017 Rigenerazione ad uso residenziale del comparto Ex Caserme di Via Giardini
CARTELLA: \\192.168.1.210\condivisa\lavori valela-team\via giardini\cartiglio\gia_ao_cartiglio - standard		PROTOCOLLO: 000		TITOLO ELABORATO: Relazione geologica e sismica
REV.	DATA	NOTE		
COLLABORATORI				
Dott. Geol. Marco Sacchi				
SCALA:			DATA: 16/05/2024	

PROVINCIA DI MODENA

Comune di Modena

PROGETTO DI RIGENERAZIONE AD USO RESIDENZIALE DEL COMPARTO EX CASERME DI VIA GIARDINI A MODENA



RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

A CURA DI:

Geol. Valeriano Franchi

Via Caduti in Guerra, 1

41121 Modena

TEL. 059-226540

e-mail: valerianofranchi@gmail.com

MAGGIO 2024

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Dott. Geol. Valeriano Franchi
V.le Caduti in Guerra, 1 – 41121 Modena
Tel: 059-226540
e-mail: valerianofranchi@gmail.com

Modena, 16/05/2024

**PROGETTO DI RIGENERAZIONE AD USO RESIDENZIALE
DEL COMPARTO EX CASERME DI VIA GIARDINI A MODENA**

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

INDICE

PREMESSA.....	5
1. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	6
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED AMBIENTALE	8
2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	8
2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	10
2.3. IDROGEOLOGIA	14
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO	16
3.1. INDAGINI PREGRESSE - 2011.....	16
3.2. PROVE PENETROMETRICHE CON PIEZOCONO (CPTU)	20
3.3. MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO COMPLESSIVO	24
4. INDAGINE SISMICA.....	25
4.1. INDAGINE SISMICA ATTIVA DI TIPO MASW PREGRESSA - 2011	25
4.2. INDAGINE SISMICA ATTIVA DI TIPO MASW E SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA CON MISURA DI MICROTREMORE E ANALISI HVSR - 2024	26
5. RELAZIONE SISMICA	29
5.1. SISMICITÀ DELLE ZONE SORGENTI E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE ..	29
5.2. RISCHIO SISMICO ED EFFETTI ATTESI.....	31
6. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE	36

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

6.1. DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA DI BASE PER L’AREA DI STUDIO	37
6.2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE	38
7. AZIONE DELLA SISMICA DI PROGETTO	42
8. EFFETTI DI SITO	43
8.1. AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	45
8.2. ACCELERAZIONE SISMICA ORIZZONTALE AL SUOLO	46
8.3. SUSCETTIBILITA’ ALLA LIQUEFAZIONE	47
9. SINTESI DELL’ANALISI DEI DATI RACCOLTI E CONCLUSIONI.....	48

ALLEGATI

ALLEGATO 1 - DATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA PIEZOCONO (CPTU)

ALLEGATO 2 - DATI DELLE PROVE GEOFISICHE A RIFRAZIONE TIPOLOGIA MASW E MISURA DEI MICROTREMORI HVSR

ALLEGATO 3- GRAFICI PER CALCOLO DELLE LPI (INDICE POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE)

PREMESSA

Il presente studio geologico, geomorfologico, geotecnico e sismico è stato realizzato per verificare l'idoneità di un'area interessata dal progetto che prevede la realizzazione di un nuovo complesso residenziale, situato lungo via Pietro Giardini nei pressi della località Saliceto San Giuliano nel Comune di Modena. Più precisamente, l'area si trova collocata nella zona dove sorgevano le ex Caserme di via Giardini, a sud dell'ex complesso carcerario, nella quale è prevista la realizzazione di 4 nuovi edifici residenziali, oltre alle opere di urbanizzazione connesse.

È prevista inoltre una nuova infrastruttura stradale fuori comparto di collegamento tra Via Giardini e Stradello San Giuliano, costituita da due rotatorie di innesto alla viabilità esistente e da una carreggiata a due corsie.

Nella presente relazione verranno considerati tutti quegli aspetti geologici, geotecnici, idrogeologici e sismici necessari per una valutazione del progetto proposto.

Lo studio è stato condotto nel rispetto delle normative vigenti in materia, DM 11.03.1988, con riferimento specifico agli aspetti sismici come da DM 17.01.2018 ed alla DGR 630/2019 della Regione Emilia-Romagna.

Per l'adempimento delle specifiche normative, è stato effettuato un sopralluogo sull'area al fine di verificarne l'idoneità geologica e geomorfologica.

Per la caratterizzazione dei terreni presenti nel sottosuolo, si è fatto riferimento sia a dati e cartografie desunti dalla bibliografia, sia a quelli relativi all'apposita campagna geognostica eseguita in sito in data 30/04/2024, al fine di analizzare le caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni che saranno interessati dall'intervento in progetto.

Durante l'indagine geognostica sono state eseguite le seguenti indagini in sito:

- n. 2 prove penetrometriche statiche con punta piezocono (CPTU);
- n. 1 prove geofisiche rifrazione di tipo MASW;
- n. 1 prove per lo studio del rumore ambientale (HVSr).

1. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto di riqualificazione urbana del Comparto Ex Caserme è ubicato lungo la Via Giardini, nella parte sud ovest del territorio urbanizzato della città di Modena e fa parte del cosiddetto Rione 08 Saliceta San Giuliano – Villaggio Zeta.

L'area di intervento residenziale (esclusa opera pubblica) è identificata catastalmente al Fg. 198, mapp. 306, 307, 308, 309, 312, con consistenza catastale pari a 16.417,82 mq.

A nord confina con l'edificio dismesso ed ex carcere all'incrocio con Via Panni, a ovest è delimitata da Via Giardini, ad est dal canale di Formigine e a sud da un'area libera di proprietà comunale identificata come territorio rurale.

All'interno del comparto si distinguono l'area di intervento residenziale, concentrata nella parte sud di estensione pari a 9333 mq di SF, e le aree di cessione, distinte tra le infrastrutture per l'urbanizzazione degli insediamenti (P1), le attrezzature e spazi collettivi (P2+V+AD) e le dotazioni ecologiche.

È inoltre prevista la realizzazione di una nuova infrastruttura stradale fuori comparto di collegamento tra Via Giardini e Stradello San Giuliano, costituita da due rotatorie di innesto alla viabilità esistente e da una carreggiata a due corsie a doppio senso di marcia affiancata da una pista ciclabile e da un percorso pedonale.

L'accesso carrabile all'area di intervento è consentito sia da Via Giardini, da cui si accede anche al parcheggio di urbanizzazione primaria, che da sud, tramite la nuova infrastruttura viaria. La viabilità privata interna al comparto si sviluppa sul lato est innestandosi ai due ingressi nord e sud e consentendo il collegamento con il sistema dei parcheggi pertinenziali a raso e seminterrato.

L'accesso pedonale all'area avviene attraverso un percorso pedonale parallelo all'area di parcheggio pubblico che si innesta a quello preesistente su Via Giardini e consente l'ingresso all'area residenziale, servita da percorsi pedonali interni continui di collegamento ai fabbricati.

Questo assetto distributivo consente di limitare l'accesso delle automobili alle aree esterne del lotto meno nobili e di rendere ad esclusivo utilizzo pedonale e ciclabile una vasta area esterna verde che svolge un ruolo significativo e attorno alla quale si distribuiscono 4 edifici residenziali.

La corte interna si trova ad una altezza rialzata di 1,10 m rispetto agli ingressi degli edifici, perché ubicata al di sopra del parcheggio comune seminterrato. Questo dislivello è risolto all'esterno tramite aree verdi in pendenza di accompagnamento alla corte interna. Sul confine ovest, si prevede invece la piantumazione di un filare alberato a separazione e filtro dalla Via Giardini.

Ogni edificio conta 9 alloggi distribuiti su 5 piani (uno al piano terra, due ai 4 piani superiori) per un totale di 36 unità abitative. Al piano terra sono anche ubicati una zona di posteggio biciclette, 4 cantine, un vano tecnico e un locale ad uso comune. Il piano interrato è caratterizzato da un'area centrale comune dove sono distribuiti i garage, collegata ai 4 lati ai corpi scala.

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA



Figura 1 - Estratto Planimetria di inquadramento (si rimanda agli elaborati progettuali per maggiori dettagli)

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED AMBIENTALE

2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area presa in esame si trova nella zona a sud della città di Modena, lungo la via Pietro Giardini nei pressi della località Saliceta San Giuliano (MO). La zona si colloca ad una quota di circa 40 m slm e risulta compresa nei seguenti elaborati cartografici:

- C.T.R. 1:25.000 della Regione Emilia-Romagna, Tavola n. 201 SE denominata "Modena" (Figura 4);
- C.T.R. 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna, Sezione n. 201150 denominata "Modena SUD-OVEST"
- C.T.R. 1:5.000 della Regione Emilia-Romagna, Elemento n. 201151 denominato "Modena SUD-OVEST" (Figura 5).

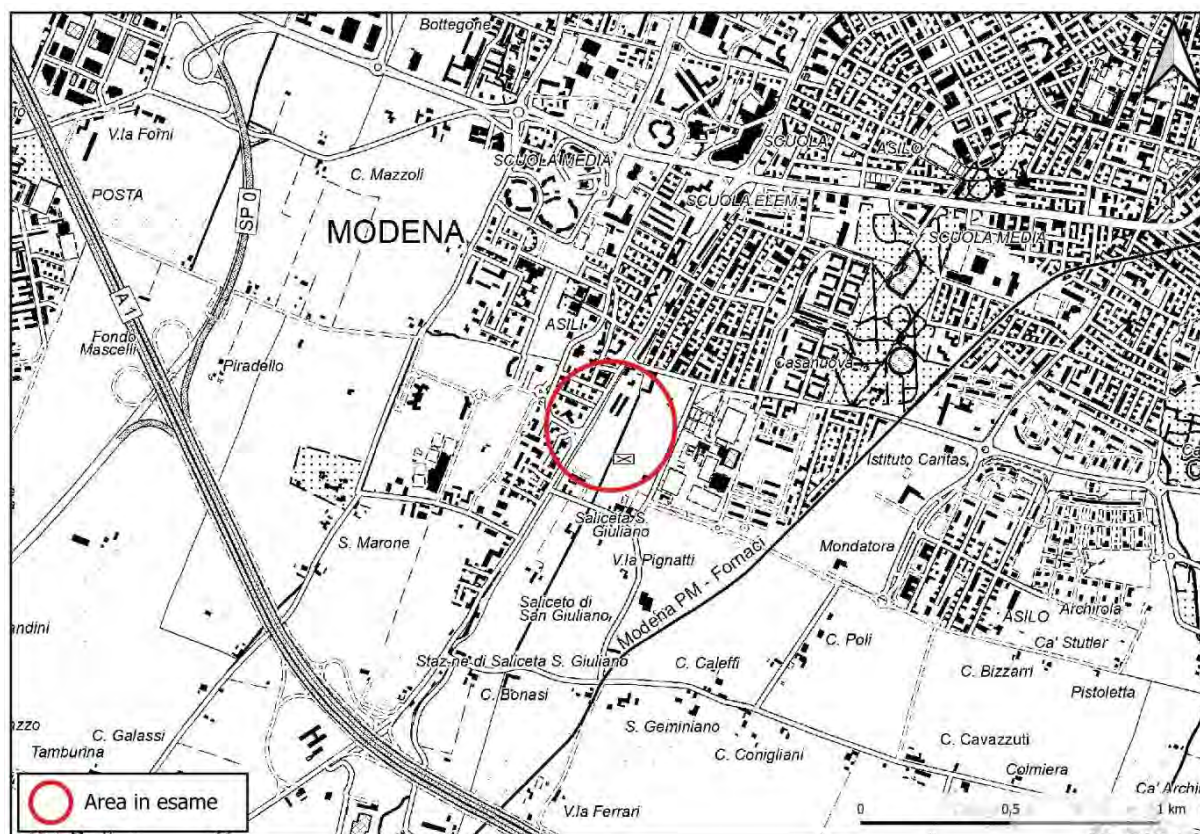


Figura 2 - Inquadramento geografico su C.T.R. con dettaglio topografico a scala 1:25.000 – Tavola nr. 201 SE denominata "Modena".

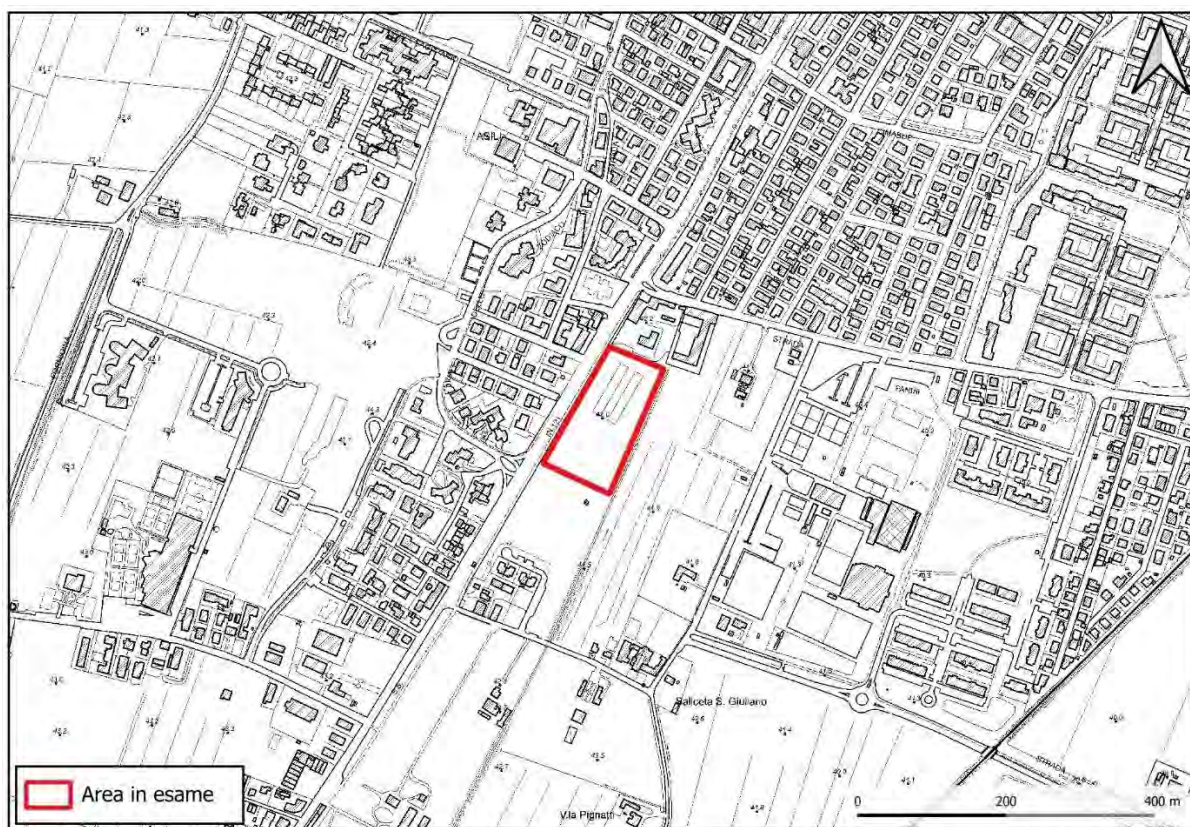


Figura 3 - Inquadramento geografico su C.T.R. con dettaglio topografico a scala 1:5.000 – Elemento nr. 201151 denominata "Modena SUD-OVEST".



Figura 4 - Ubicazione dell'area d'indagine su ortofoto satellitare (fonte: Google Earth).

2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in esame si colloca nella parte centro-meridionale del bacino subsidente Plio-Quaternario Padano, e più in particolare nel settore Appenninico in diretta influenza degli affluenti di destra del Po. I sedimenti Olocenici, di origine alluvionale, a granulometria variabile, poggiano su quelli Pleistocenici continentali e/o marini, la cui profondità varia gradualmente da circa 200 m verso l'Appennino ai 350-400 m in corrispondenza del centro abitato di Modena. In particolare, la zona in esame si colloca nella fascia di diretta influenza dei corsi d'acqua appenninici minori, in particolare del Torrente Cerca, proveniente da Formigine e affluente del Naviglio in prossimità del Palazzo Ducale, dal Torrente Grizzaga, proveniente da Serramazzoni, affluente di sinistra del Torrente Tiepido poco prima della sua immissione in Panaro, e dal cavo Archirola (Figura 5).

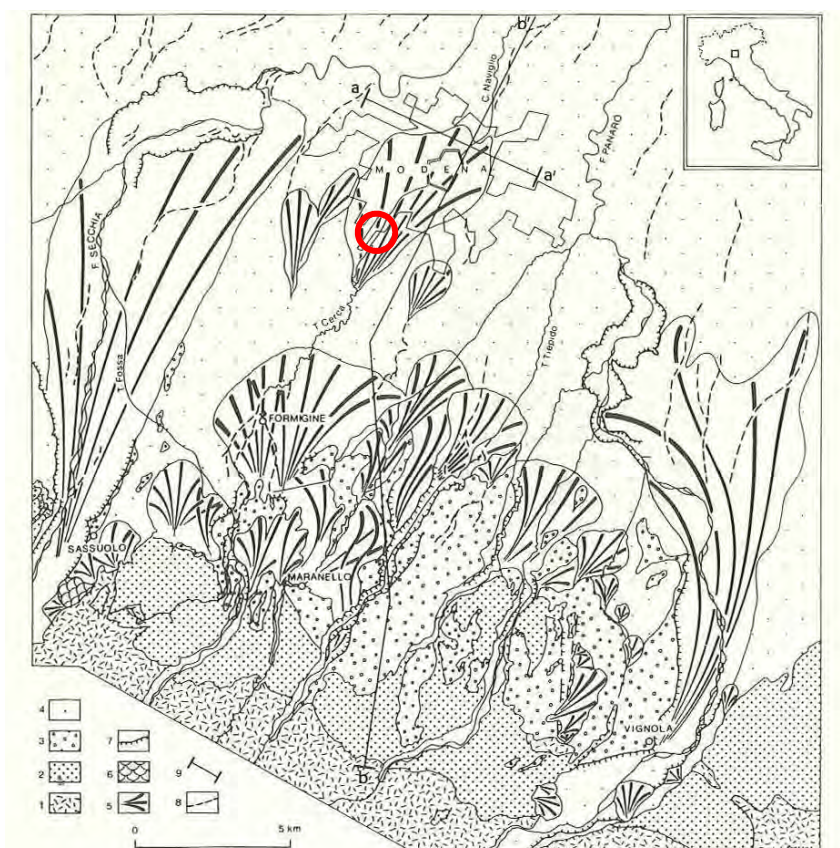


Figura 5 - Carta geologica schematica (da Gasperi e altri, 1987). Legenda: 1, formazioni pre-pleioceniche; 2, argille marine dei cicli pliocenici e pleistocenico inferiore; 3, depositi delle conoidi del Pleistocene medio-superiore; 4, depositi di piana alluvionale e depositi vallivi olocenici; 5, depositi di conoide recenti; 6, accumuli di frane; 7, orli di scarpate; 8, alvei abbandonati; 9, tracce di sezione. Il cerchio rosso individua l'area di studio.

A più riprese, tra il VI e il VII secolo d.C., in un periodo che nel record climatico è definito come il "Periodo freddo dell'Alto Medioevo" (ca. 400-750 d.C.), il Cerca è stato protagonista di episodi alluvionali che hanno determinato la costruzione della conoide alluvionale che interessa gran parte del centro di Modena (Figura 3.2.1) e che hanno causato il seppellimento della Modena di epoca romana. I depositi di conoide si spingono fino ad una profondità di circa 4-6 m dal piano campagna e sono costituiti principalmente da terreni fini (argille ad alta e bassa plasticità), riccamente organici e con livelli torbosi.

Dal punto di vista geologico, con riferimento alla "Carta geologica dell'Emilia-Romagna" a scala 1:10.000 di cui un estratto è riportato in Figura 6, l'area di studio risulta interamente impostata sui depositi alluvionali di pianura appartenenti all'Unità di Modena (AES8a).

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

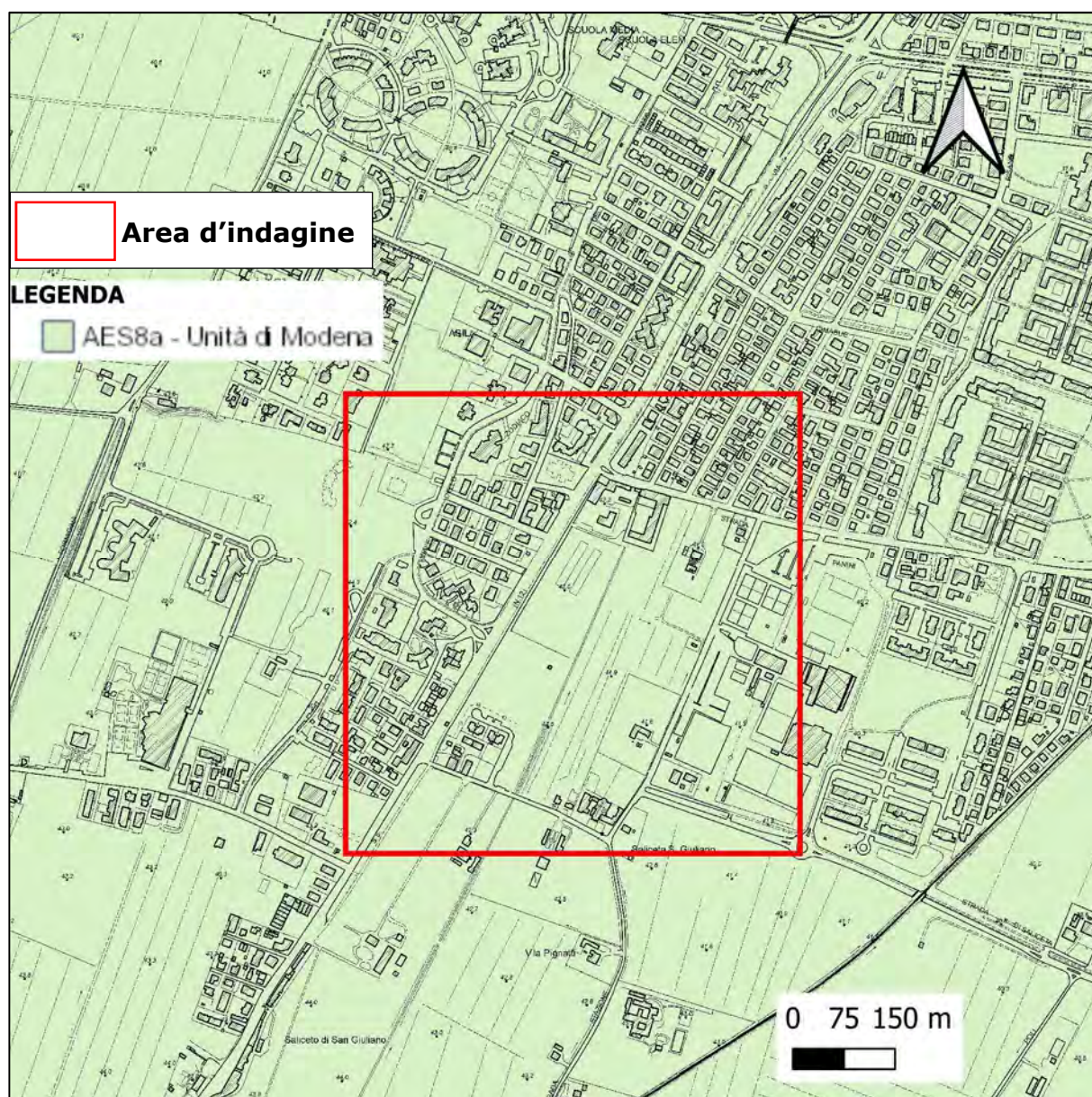


Figura 6 - Estratto della "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna" – Scala 1:10.000

Si tratta di un'Unità composta da depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo alluvionale, con limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. L'Unità è definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno grigiastro. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. e presenta uno spessore massimo inferiore ai 10 m (Età: post-romana (IV-VI sec. d.C. – Attuale).

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Dall'esame della Tavola AG.1 Litologia di superficie del QC del PUG, basata su di un fitto campionamento manuale nel primo metro al di sotto del suolo agricolo, è possibile raggiungere un maggiore dettaglio, rispetto agli studi precedenti, sulla litologia superficiale dell'area in esame (Figura 7). Dalla figura è possibile vedere come l'area si trovi in una zona ove prevalgono largamente i terreni fini (limi).

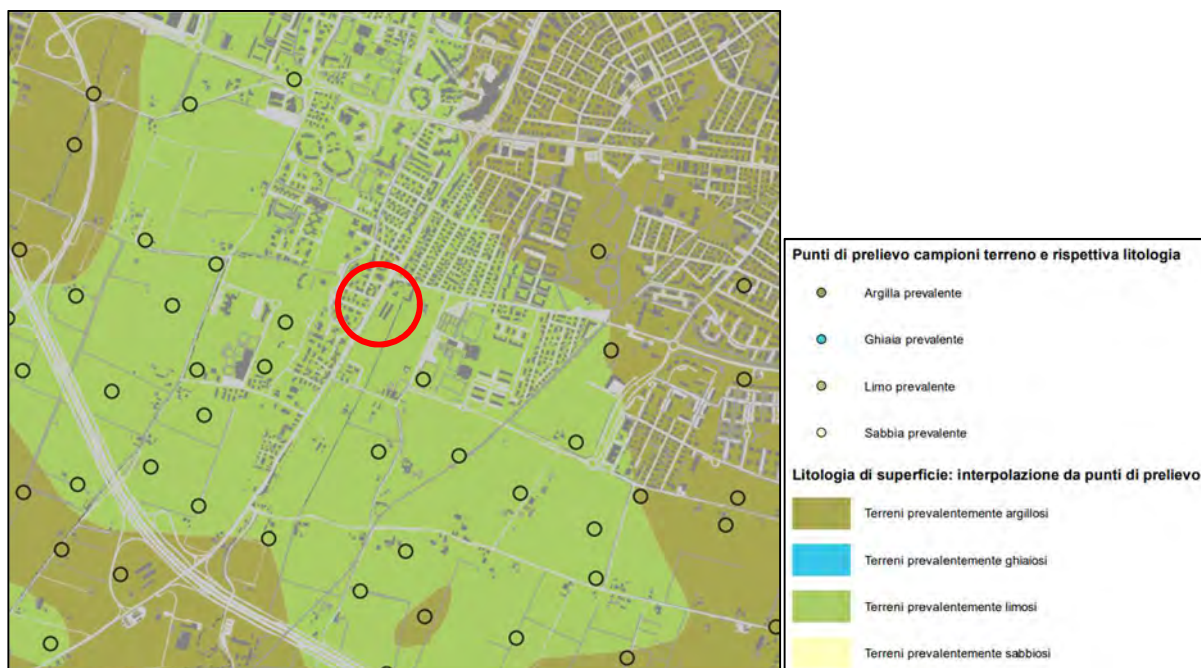


Figura 7 - Estratto Tavola AG.1 Litologia di superficie (primo metro al di sotto del suolo agrario) del QC del PUG di Modena. In rosso è cerchiata l'area in esame.

Dal punto di vista geomorfologico l'area si sviluppa in un contesto caratterizzato dalla presenza di forme superficiali legate alla paleo-dinamica fluviale. In particolare, l'area è ubicata al bordo di un'ampia area di conoide a ventaglio, da attribuire al Torrente Cerca, che interessa anche gran parte delle aree che si sviluppano più a nord.

Le isoipse indicano per l'area in esame una quota del piano campagna sui 42 m slm.

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

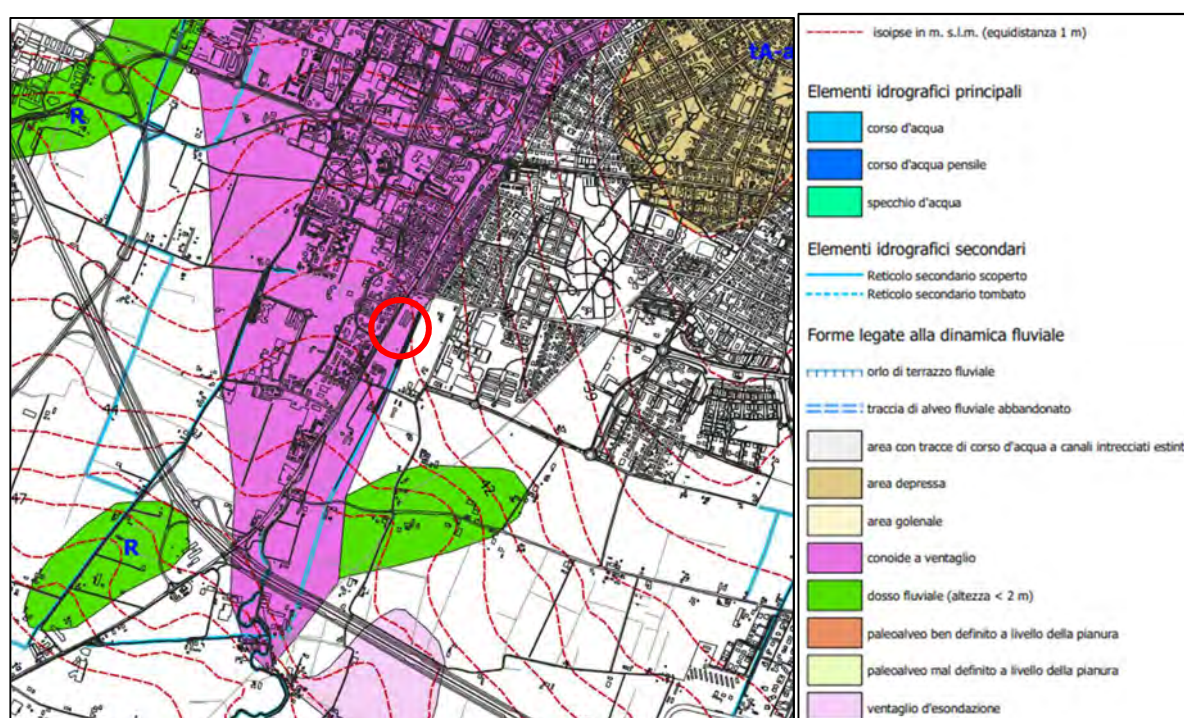


Figura 8 - Estratto Tavola AG.3 Geomorfologia del QC del PUG di Modena. In rosso è cerchiata l'area in esame.

2.3. IDROGEOLOGIA

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche locali, gli acquiferi sono ospitati nei livelli permeabili rappresentati proprio dagli strati più grossolani (ghiaie e sabbie); ghiaie il cui tetto, in base ai dati bibliografici disponibili, viene stimato ad una profondità di circa 12-13 m. Da un punto di vista idrogeologico si hanno, quindi, terreni fini nei primi 12-13 m superficiali, a bassa permeabilità, cui seguono strati ghiaiosi, altamente permeabili, sotto forma di bancate di variabile spessore ed estensione. Dall'esame di indagini geognostiche pregresse eseguite sull'area, la profondità della falda sospesa è stata rilevata sui 5 m dal p.d.c. (fonte: *Intergeo, Relazione geologico-geotecnica e sismica inerente un'area sita in via Giardini a Modena interessata dalla costruzione di un nuovo complesso residenziale. 2011*), dove sono presenti intercalazioni a granulometria più grossolana contenute nei depositi più fini di copertura e nelle quali possono instaurarsi falde "sospese", non interconnesse con l'acquifero principale più profondo.

Durante la campagna di indagine del 30 aprile 2024 svolta nel comparto in esame, la falda libera più superficiale è stata rilevata tra i 4,3 m e i 4,65 m di profondità dal piano campagna.

La falda principale si attesta invece ad una profondità di 13-14 m dal piano campagna, come dimostrano i dati piezometrici (Figura 9).

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

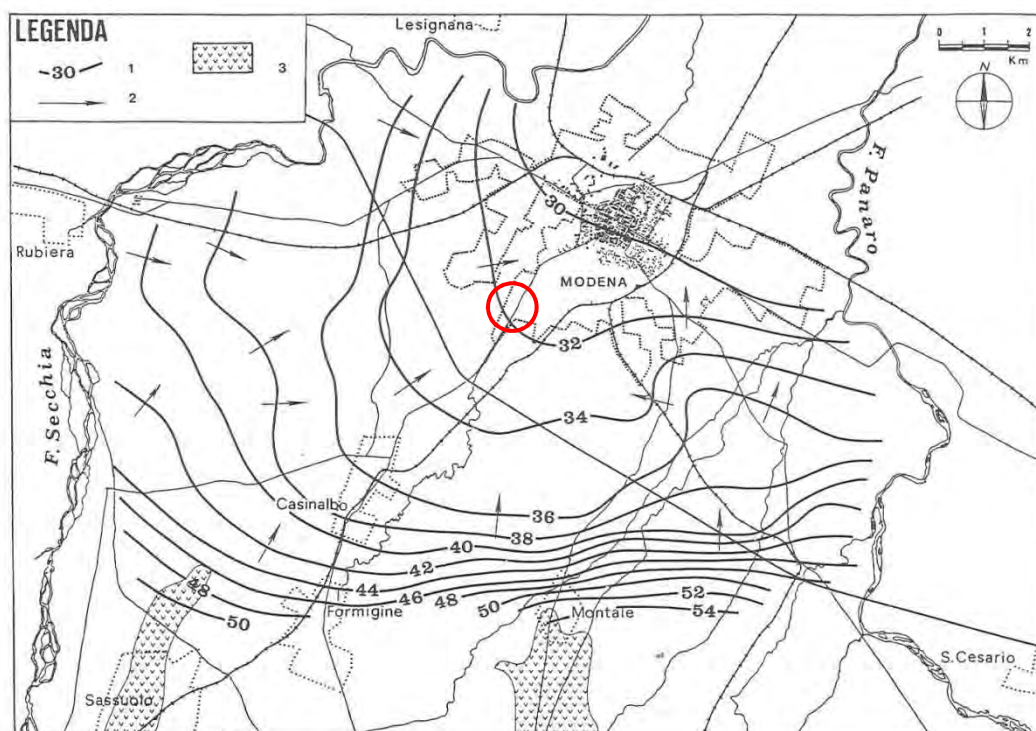


Figura 9 - Carta delle isopiezometriche (da A. Pagotto). Legenda: 1, isopiezometrica (m s.l.m.); 2, linea di flusso; 3, terreno con suolo "rosso". Cerchio rosso: area di studio.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO

3.1. INDAGINI PREGRESSE - 2011

Nell'area in esame, nel 2011 è stata condotta una campagna d'indagine geognostica da parte di *Intergeo s.r.l.* (cfr. *Relazione geologico-geotecnica e sismica inerente un'area sita in via giardini a Modena interessata dalla costruzione di un nuovo complesso residenziale, Intergeo, ottobre 2011* e *Relazione inerente l'esecuzione di una indagine geognostica effettuata in Modena via Giardini, Intergeo, novembre 2011*) durante la quale sono state effettuate:

- n.4 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT) spinte sino a circa 14 m di profondità;
- n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti sino a 30 m e 10 m di profondità;
- n. 1 prova sismica a rifrazione di tipo MASW (cfr. *Relazione geologico-geotecnica e sismica inerente un'area sita in via giardini a Modena interessata dalla costruzione di un nuovo complesso residenziale, Intergeo, 2011*).

Di seguito si riporta l'ubicazione delle indagini pregresse svolte nell'area in esame.

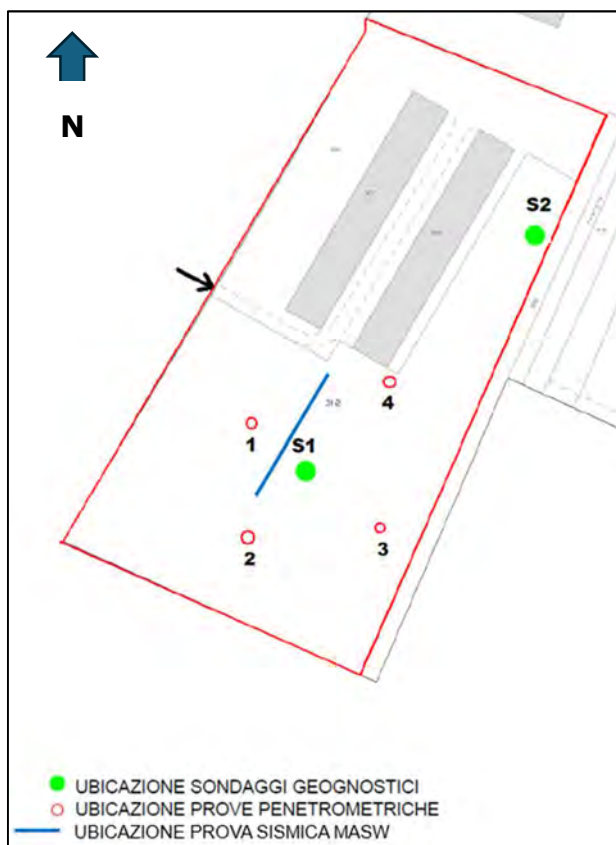


Figura 10 - Ubicazione indagini pregresse realizzate nel comparto in esame (modificata da: *Relazione geologico-geotecnica e sismica inerente un'area sita in via giardini a Modena interessata dalla costruzione di un nuovo complesso residenziale, Intergeo, 2011*).

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Dal sondaggio a carotaggio eseguito fino a 30 m (S1) è stato prelevato 1 campione di terreno indisturbato per prove di laboratorio geotecnico e sono state eseguite 2 prove penetrometriche SPT in foro.

SONDAGGIO N.	PROFONDITA'	w (%)	γ (g/cm ³)	Gs (-)	cu (kN/m ²)	c' (kN/m ²)	ϕ ° (°sess.)
1	6.0÷6.40	27,4	1,956	2,738	87,15	4,23	27,59

Sondaggio n.	Prova n.	Profondità (m dal p.c.)	N _{SPT} (colpi/piede)
S1	1	13,50÷13,95	53
	2	16,50÷16,95	50

Figura 11 – Risultati prove di laboratorio sul campione di terreno prelevato dal sondaggio S1 (sopra) e risultati esecuzione SPT sempre nel foro di sondaggio S1 (sotto) (da: Relazione inerente l'esecuzione di una indagine geognostica effettuata in Modena in via Giardini, Intergeo, novembre 2011).

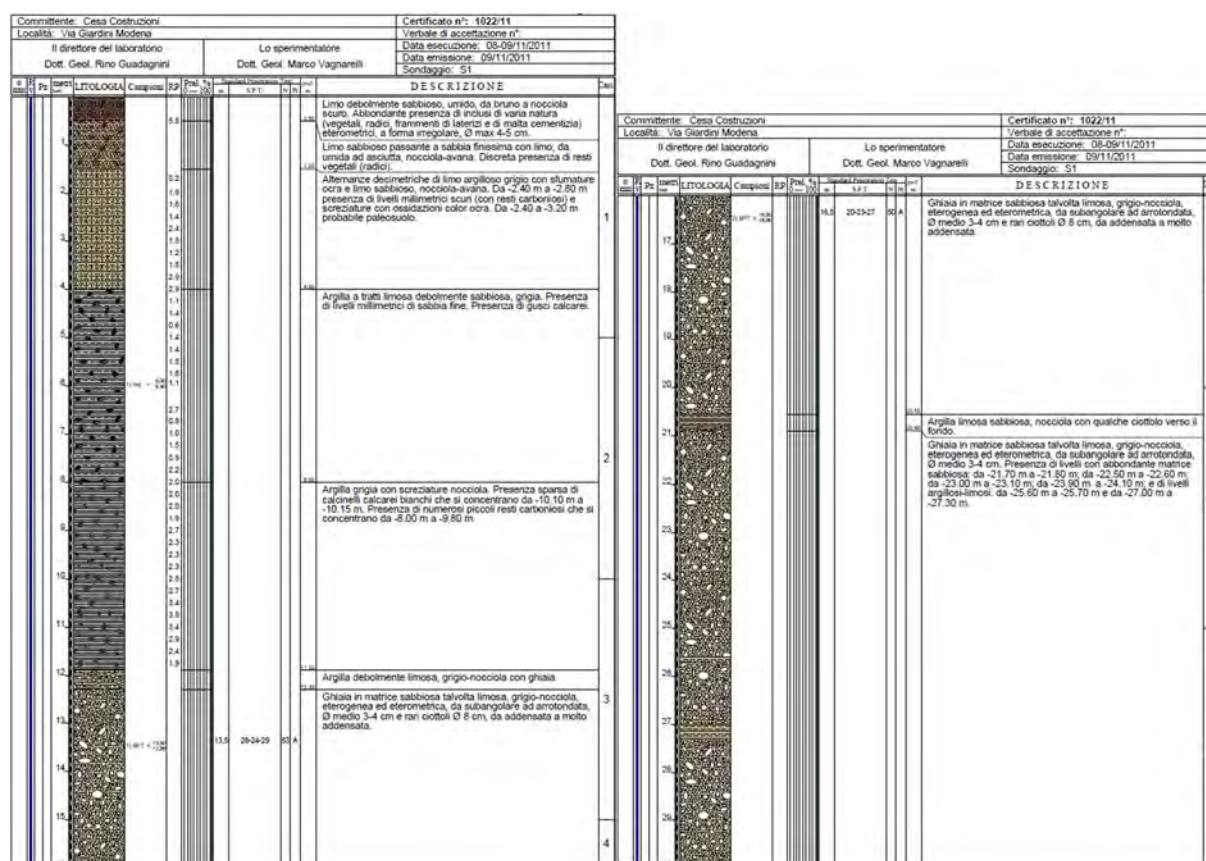


Figura 12 – Stratigrafia sondaggio S1 effettuato nel 2011 nel comparto in esame (da: Relazione inerente l'esecuzione di una indagine geognostica effettuata in Modena in via Giardini, Intergeo, novembre 2011).

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

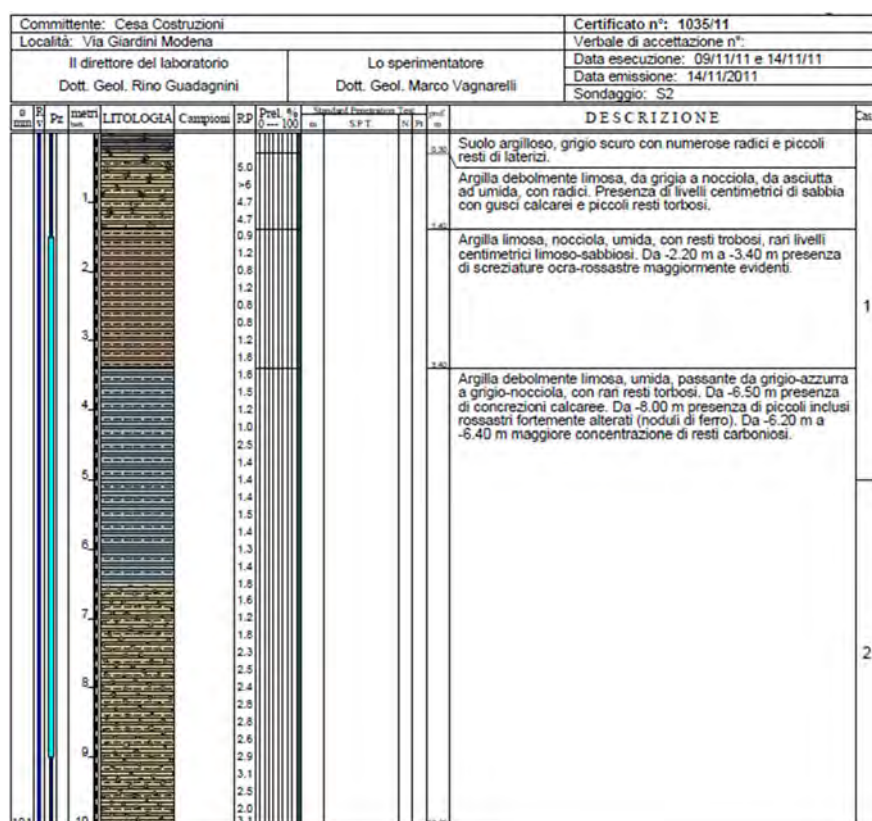


Figura 13 – Stratigrafia sondaggio S2 effettuato nel 2011 nel comparto in esame (da: Relazione inerente l'esecuzione di una indagine geognostica effettuata in Modena in via Giardini, Intergeo, novembre 2011).

Il sondaggio a carotaggio eseguito fino a 10 m (S2) è stato attrezzato a piezometro, all'interno del quale è stata misurato, in data 22/11/2011, il livello dell'acqua a 1,71 m di profondità dal piano campagna. Nei fori delle prove penetrometriche, invece, la profondità della falda è stata individuata sempre oltre i 5 m dal piano di campagna.

L'elaborazione dei risultati ottenuti dalle prove penetrometriche ha portato alla definizione dei seguenti parametri geotecnici delle varie unità litotecniche.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT 1

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	ϕ	Ey	W
1	2.60	C	1.86	1389.29	74.60	255.55	>9	2.08	--	--	--	3.5
2	5.80	C	0.79	562.07	48.13	151.20	8.74	1.92	--	--	--	2
3	12.80	C	1.39	970.41	55.40	213.07	6.07	2.02	--	--	--	3
4	14.00	I	--	--	352.80	787.24	1.41	1.90	77.78	38.59	470.40	12 - 15

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT 2

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	ϕ	Ey	W
1	2,40	C	1,95	1450,11	77,80	262,19	>9	2,08	--	--	--	3,5
2	5,80	C	0,82	585,42	47,74	154,68	8,99	1,93	--	--	--	2
3	12,80	C	1,42	1000,48	57,00	216,80	6,45	2,02	--	--	--	3
4	14,00	I	--	--	372,90	814,35	1,35	1,90	79,70	38,88	497,20	12 - 15

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT 3

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	ϕ	Ey	W
1	2,80	C	1,64	1216,07	65,40	235,80	>9	2,05	--	--	--	3,5
2	6,80	C	0,81	572,73	47,89	153,52	6,87	1,93	--	--	--	2
3	13,00	C	1,45	1014,85	58,00	219,12	5,35	2,02	--	--	--	3
4	14,00	I	--	--	392,85	840,70	1,31	1,90	81,34	39,12	523,80	12 - 15

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT 4

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	ϕ	Ey	W
1	1,80	C	1,98	1474,84	79,00	264,65	>9	2,09	--	--	--	3,5
2	6,00	C	0,80	572,06	48,02	152,36	>9	1,93	--	--	--	2
3	13,20	C	1,48	1035,91	59,00	221,42	6,25	2,03	--	--	--	3
4	14,00	I	--	--	452,85	916,97	1,20	1,90	86,08	39,83	603,80	12 - 15

Figura 14 – Stima dei parametri geotecnici ottenuti dalle prove geognostiche pregresse (da: Relazione geologico-geotecnica e sismica inerente un'area sita in via giardini a Modena interessata dalla costruzione di un nuovo complesso residenziale, Intergeo, 2011).

Sulla base delle prove geognostiche pregresse effettuate nel 2011 è stata rilevata la seguente sequenza stratigrafica, composta da quattro unità litotecniche:

- **UNITÀ A da 0.60 m a 1.8/2.8 m:** Terreni naturali in posto, asciutti, coesivi, costituiti da litologie fini e finissime di natura argillosa e argilloso-limosa, apparentemente sovraconsolidati per essiccazione ed interessati dagli apparati radicali, cui competono valori di Rpm superiori a 30kg/cm².
- **UNITÀ B da 1.8/2.8 m a 5.8/6.8 m:** Terreni naturali fini e finissimi, prevalentemente asciutti, coesivi, costituiti sostanzialmente da argille ed argille debolmente limose, a discreta consistenza, cui competono valori di Rpm pari a 16 kg/cm².
- **UNITÀ C da 5.8/6.8 m a 13/14 m:** Terreni naturali fini e finissimi, coesivi, costituiti da argille e argille limose, molto compatte, cui competono valori di Rpm generalmente pari o superiori a 28 kg/cm²; locale presenza di limi sabbiosi in sottili intercalazioni.
- **UNITÀ D da 13/14 m a 36 m:** Terreni naturali grossolani, saturi, incoerenti, addensati caratterizzati da valori di NSPT generalmente superiori a 50colpi/piede, rappresentati da ghiaie da arrotondate a sub-angolari con diametro massimo dei ciottoli di 3÷5 cm, in abbondante matrice fine per lo più limosa e sabbiosa di colore da grigio nocciola a grigio, mediamente addensata. La presenza di tale orizzonte ghiaioso arealmente continuo e di spessore geotecnicamente significativo sede di falda idrica in pressione intercettato con tutte le prove penetrometriche, è stata confermata dall'indagine sismica che ha registrato un netto aumento di velocità delle onde S oltre intorno ai -14 m dal p.c.

3.2. PROVE PENETROMETRICHE CON PIEZOCONO (CPTU)

Nel mese di aprile 2024 è stata eseguita una campagna geognostica nell'area in oggetto al fine di analizzare le caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni che saranno interessati dall'intervento in progetto; la campagna è stata condotta mediante l'esecuzione delle seguenti indagini:

- n.2 prove penetrometriche statiche con punta piezocono (CPTU);
- n. 1 acquisizione sismica attiva multicanale in onde di superficie (MASW);
- n. 1 acquisizione sismica passiva a stazione singola con misura di microtremore ambientale e analisi HVSr.

Di seguito si riportano le ubicazioni delle nuove indagini penetrometriche eseguite, unitamente alle indagini pregresse, mentre si rimanda al paragrafo 4.2 per l'ubicazione e la descrizione delle indagini geofisiche effettuate.



Figura 15 - Ubicazione delle prove penetrometriche eseguite nel 2024 e nel 2011.

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA



CPTU1



CPTU2

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

La prova penetrometrica statica con punta piezocono (CPTu) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta con piezocono di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \pm 0,5$ 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 di aste (aste al cui interno passa il cavo che trasmette i dati all'acquisitore con un monitor per visualizzare in diretta le letture), alla cui estremità è collegata la punta (al cui interno sono posti tutti i sensori).

Le dimensioni della punta con piezocono Pagani Mks988 sono standardizzate, e precisamente sono:

SPECIFICHE TECNICHE

Sensore	Fondo scala	Risoluzione	Precisione
QC	50 - 100 MPa	24 bit	0,005 MPa
FS	1600 kPa	24 bit	0,04 MPa
U2	2500 kPa	24 bit	0,04 MPa
TILT	0° - 20°	12 bit	0,5°

DIMENSIONI

Lunghezza	320 mm	Peso	1,8 kg
Diametro	35,8 mm	Angolo di apertura punta	60°
Sezione	10 cm ²	Superficie manicotto laterale	150 cm ²

Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in MPa che in KPa e in gradi "°") durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta, Qc
- Lettura laterale, FS
- Lettura della pressione interstiziale, U2
- Lettura dell'inclinazione della punta all'aumentare della profondità, TILT

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Static Probing della GeoStru Software.

Legenda:

Φ°	Angolo di attrito interno efficace per terreni granulari (Shmertman, 1975)
PuV (t/m ³)	Peso dell'unità di volume del terreno.
PuVs (t/m ³)	Peso dell'unità di volume del terreno saturo.
Cu (kg/cm ²)	Coesione non drenata nei terreni coesivi. Correlazione di De Beer
Mo (kg/cm ²)	Modulo di deformazione edometrico per terreni coesivi/granulari. (Buisman e Sanglerat)
Ey (kg/cm ²)	Modulo di Young (Bowles 1982)
Qc	Resistenza all'avanzamento della punta nel terreno verticalmente
Fs	Resistenza all'avanzamento della punta nel terreno lateralmente

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Nelle tabelle seguenti sono riportati l'interpretazione litologica e la stima dei parametri geotecnici del terreno per strati discreti basati sui dati ottenuti dalle prove penetrometriche CPTu eseguite in sito. I dati acquisiti durante le prove sono riportati in Allegato 1.

MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO CPTU1

Prof.	Litologia	Qc (Kg/cm ²)	Fs (Kg/cm ²)	ϕ' (°)	Cu (Kg/cm ²)	Mo (Kg/cm ²)	Puv (t/m ³)	PuvS (t/m ³)	Ey (Kg/cm ²)
0,0-0,11	Preforo	--	--	--	--	--	--	--	--
0,11-1,0	Argille/Argille-limose	22,17	1,00	--	1,1	44	2,0	2,1	--
1,0-2,3	Sabbie limose/Limi sabbiosi	76,31	1,90	38	--	114	1,8	2,1	152
2,3-5,15	Limi argillosi/Argille e limose	48,02	1,86	39	2,4	96	2,1	2,2	96
5,15-12,45	Argille/Argille limose	17,43	0,91	--	0,9	47	1,9	2,0	--
12,45-12,6	Ghiaie e sabbie	242,73	2,85	45	--	364	1,9	2,2	485

Il livello della falda libera più superficiale si attesta a -4,65 m di profondità.

MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO CPTU2

Prof.	Litologia	Qc (Kg/cm ²)	Fs (Kg/cm ²)	ϕ' (°)	Cu (Kg/cm ²)	Mo (Kg/cm ²)	Puv (t/m ³)	PuvS (t/m ³)	Ey (Kg/cm ²)
0,0-0,16	Preforo	--	--	--	--	--	--	--	--
0,16-0,72	Argille/ Argille limose	14,78	0,55	--	0,7	48	1,9	2,0	--
0,72-2,1	Limi argillosi/Argille limose	30,07	1,04	--	1,5	60	2,0	2,1	--
2,1-2,74	Limi argillosi/Argille limose	52,14	1,59	--	2,6	104	2,1	2,2	--
2,74-3,3	Limi argillosi/Argille limose	35,54	1,62	--	1,8	71	2,1	2,2	--
3,3-12,8	Argille/ Argille limose	16,29	0,70	--	0,8	48	1,9	2,0	--
12,8-12,9	Ghiaie e sabbie	215,70	1,86	45	--	324	1,9	2,0	431

Il livello della falda libera più superficiale si attesta a -4,30 m di profondità.

3.3. MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO COMPLESSIVO

Le indagini geognostiche effettuate nell'ambito del presente studio (CPTU1 e CPTU2) hanno permesso di ricostruire il modello geologico del primo sottosuolo.

Sulla base dei risultati ottenuti è emerso che, oltrepassato l'orizzonte rimaneggiato e/o alterato superficiale, il primo terreno naturale si rinviene alla profondità di - 0,11 m/-0,16 m da piano campagna. Si tratta di sedimenti prevalentemente fini a comportamento coesivo con un grado di consistenza da mediocre a discreto, di tipo argilloso e limo-argilloso. Scendendo di profondità, da -0,72 m/-1,0 m a -3,3 m/-5,15 m si passa a terreni limosi argillosi con possibili intercalazioni sabbiose limose. Poi si passa nuovamente a terreni fini coesivi fino a -12,45 m/-12,8 m di profondità. A questa profondità dal piano campagna si incontrano terreni granulari grossolani con un elevato angolo d'attrito.

In sintesi, sulla base delle indagini geognostiche effettuate, il sottosuolo del sito in esame è costituito da una netta prevalenza di terreni fini coesivi, da argillosi a limosi e relativi termini intermedi, sino alla profondità di 12-13 m, alla quale si incontra un primo strato ghiaioso in corrispondenza del quale si sono arrestate le prove. Tale sequenza stratigrafica conferma quanto individuato anche dalle indagini pregresse svolte nel medesimo sito.

Nella tabella seguente si riporta il modello geotecnico schematico rappresentativo del sottosuolo indagato e basato sulle indagini geognostiche eseguite in sito.

MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO

Prof.	ϕ' (°)	Cu (Kg/cm ²)	Mo (Kg/cm ²)	Puv (t/m ³)	PuvS (t/m ³)	Ey (Kg/cm ²)
0,0 - 0,11/0,16	--	--	--	--	--	--
0,11/0,16 - 0,72/1,0	--	0,7	44	1,9	2,0	--
0,72/1,0 - 3,3/5,15	39	1,5	60	2,0	2,1	--
3,3/5,5 - 12,45/12,8	--	0,8	47	1,9	2,0	--
12,45/12,8 - 12,6/12,9	45	--	324	1,9	2,0	431

4. INDAGINE SISMICA

4.1. INDAGINE SISMICA ATTIVA DI TIPO MASW PREGRESSA - 2011

Nell'area di progetto, nel 2011 è stata condotta una campagna d'indagine geofisica sempre da parte di *Intergeo s.r.l.* (cfr. *Relazione geologico-geotecnica e sismica inerente un'area sita in via giardini a Modena interessata dalla costruzione di un nuovo complesso residenziale, Intergeo, ottobre 2011*) che ha previsto l'esecuzione di n.1 prova sismica a rifrazione di tipo MASW.

Di seguito si riporta l'ubicazione della prova (Figura 16).



Figura 16 - Ubicazione della prova geofisica eseguita durante la campagna di indagine del 2011.

Di seguito si riportano i dati ottenuti dall'elaborazione della prova (tabella 1).

La Vs30 media ottenuta è pari a **269 m/s**. La Vs massima ottenuta è pari a 296 m/s, mentre la minima è di 242 m/s.

Calcolo $V_{s,30}$ ottenuto dall'elaborazione MASW				
Strato	Quota da [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]
h1	-2.14	2.14	176	0.01219
h2	-4.62	2.48	104	0.02379
h3	-7.42	2.80	172	0.01632
h4	-10.55	3.13	251	0.01246
h5	-14.01	3.46	332	0.01041
h6	-17.80	3.79	398	0.00952
h7	-21.92	4.12	388	0.01061
h8	-26.37	4.45	499	0.00892
h9	-30.00	3.63	501	0.00724
h10	-30.00	0.00	0	0.00000
h11	-30.00	0.00	0	0.00000
h12	-30.00	0.00	0	0.00000
h13	-30.00	0.00	0	0.00000
h14	-30.00	0.00	0	0.00000
		$V_{s,30}$	269	[m/s]
		Errore Strumentale	10.103563	[%]
		$V_{s,30} - \text{Max}$	296	[m/s]
		$V_{s,30} - \text{Min}$	242	[m/s]

Tabella 1 – Risultati ottenuti dall'elaborazione della prova geofisica

4.2. INDAGINE SISMICA ATTIVA DI TIPO MASW E SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA CON MISURA DI MICROTREMORE E ANALISI HVSR - 2024

Nella campagna di indagini geognostiche effettuata il 30/04/2024 sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche:

- n.1 prova sismica a rifrazione di tipo MASW;
- n.1 misura dei microtremiti (HVSR).

Di seguito si riportano le ubicazioni delle nuove indagini eseguite.

I dettagli tecnici per quanto riguarda le modalità operative, la strumentazione, i parametri e la configurazione utilizzati per l'acquisizione, e i risultati ottenuti, sono riportati nel relativo report presente in Allegato 3.



Figura 17 - Ubicazione delle prove geofisica eseguita durante la campagna di indagine del 2024.

Al fine di ricostruire il profilo della velocità delle onde di taglio (VS) del sottosuolo, e per la definizione del parametro $V_{S,eq}$ e della categoria di sottosuolo secondo NTC 2018, è stata eseguita in sito una prospezione sismica attiva multicanale (24 canali) in onde di superficie (onde di Rayleigh in questo caso). La modellazione della curva di dispersione delle onde di Rayleigh ottenuta da questa indagine permette, inoltre, di vincolare il modello di sottosuolo ricostruito a partire dalla misura del microtremore, mediante la procedura della modellazione congiunta.

L'elaborazione congiunta MASW-HVSr correlata con le indagini geognostiche eseguite ha permesso di interpretare il profilo di velocità delle onde S con la profondità e di ricavare il parametro di Normativa V_{S30} , risultato pari a **302 m/s**. Esso, grazie anche all'aumento progressivo della rigidità del terreno con la profondità (Figura 15), permette di inserire il terreno stesso all'interno della classe **C** - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*.

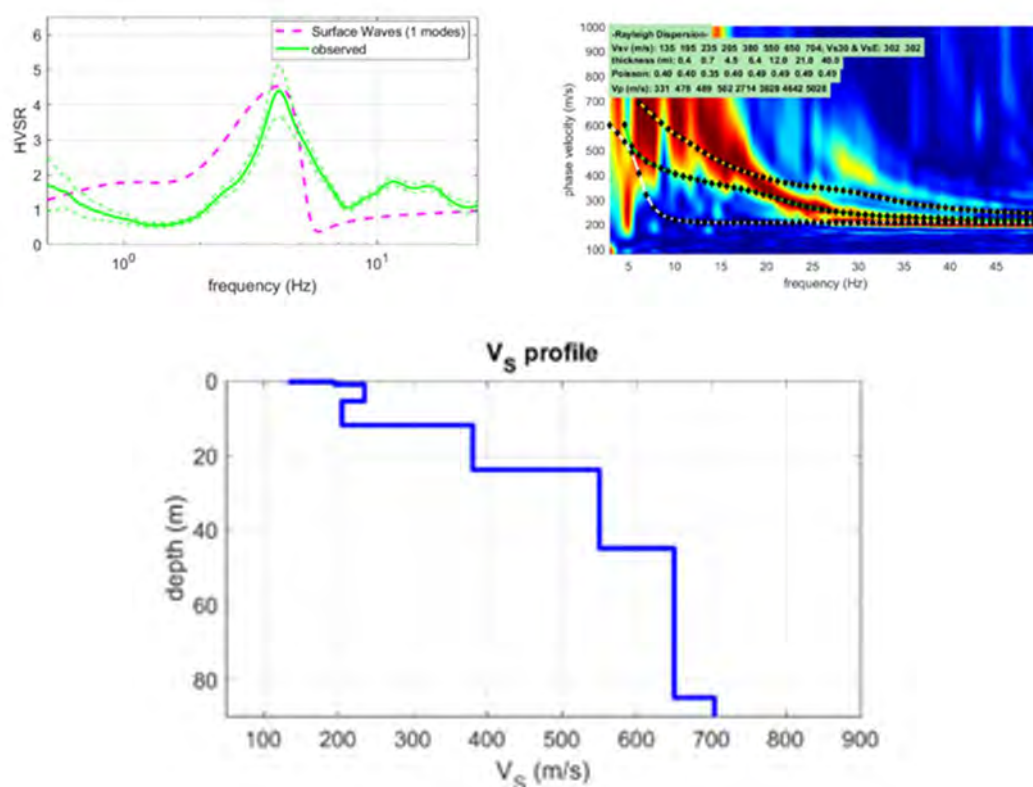


Figura 18 - Sismogramma acquisito dalla MASW eseguita per questo studio, la curva di dispersione e il profilo Vs/profondità.

L'acquisizione sismica passiva a stazione singola, che prevede la registrazione di microtremore ambientale, è stata eseguita allo scopo di definire la frequenza naturale di risonanza del terreno f_0 .

L'indagine HVSR ha identificato un picco dei rapporti H/V intorno a **4,13 Hz** (Figura 19), con ampiezza del rapporto prossima a 4,4.

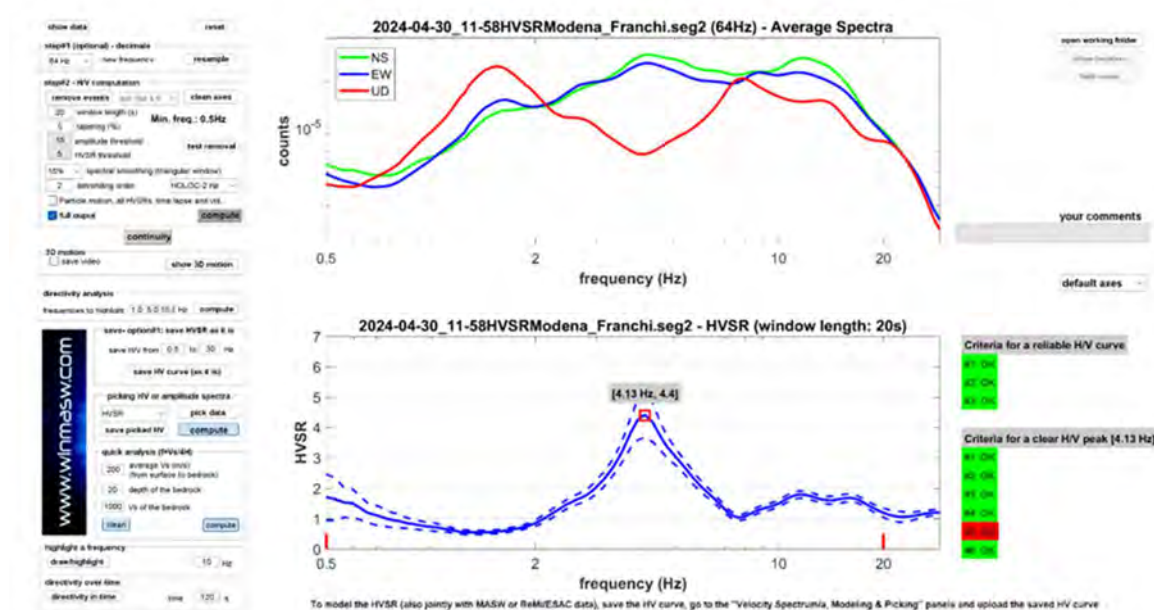


Figura 19 - Spettri medi nelle tre direzioni (sopra) e curve dei rapporti H/V (sotto) ricavate dall'indagine a sismica passiva (HVS) eseguita per questo studio.

5. RELAZIONE SISMICA

5.1. SISMICITÀ DELLE ZONE SORGENTI E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

In riferimento alla zonazione sismogenetica ZS9 realizzata da INGV (marzo 2004) che riassume il quadro sismotettonico del territorio italiano, l'area in oggetto risulta ricadente all'interno della zona sismogenetica 912, caratterizzata dalla presenza della cosiddetta Dorsale Ferrarese, a regime tettonico compressivo, e la cui magnitudo di riferimento M_w (max) corrisponde a un valore di 6.14 (*Gruppo di Lavoro (2004). Redazione della Mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp + 5 appendici; Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo*).

Con pericolosità sismica si intende lo scuotimento del suolo atteso in un sito a causa di un terremoto. Essendo prevalentemente un'analisi di tipo probabilistico, si può definire un certo scuotimento solo associato alla probabilità di accadimento nel prossimo futuro. Non si tratta pertanto di una previsione deterministica dei terremoti, obiettivo lungi dal poter essere raggiunto ancora in tutto il mondo, né del massimo terremoto possibile in un'area, in quanto il terremoto massimo ha comunque probabilità di verificarsi molto basse.



Figura 20 - Zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di Lavoro (2004), Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, appendice 2).

Nel 2004 è stata rilasciata la mappa della pericolosità sismica (<http://zonesismiche.mi.ingv.it>) che fornisce un quadro delle aree più pericolose in Italia. La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (GdL MPS, 2004; rif. Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, n. 3519, All. 1b) è espressa in termini di accelerazione orizzontale del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M.14.09.2005). L'Ordinanza PCM n. 3519/2006 ha reso tale mappa uno strumento ufficiale di riferimento per il territorio nazionale.

In riferimento alla mappa di pericolosità sismica, di cui si riporta un estratto in Figura 21, si evince che il territorio del Comune di Modena è compreso nell'area caratterizzata da valori dell'accelerazione massima al suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, All. 2, 3.1), compresi tra **0.150** e **0.175 g**.

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

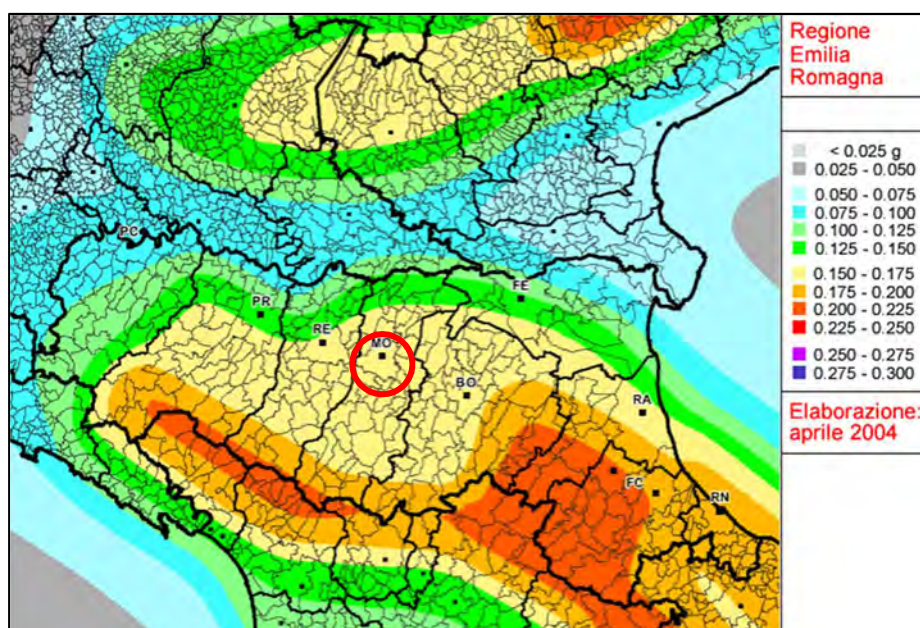


Figura 21 - Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A) allegata all'Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006. (Fonte: Sito web della Regione Emilia-Romagna).

5.2. RISCHIO SISMICO ED EFFETTI ATTESI

Per quanto riguarda il rischio sismico, in riferimento alla Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica redatta nell'ambito dello Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Modena, di cui si riporta un estratto in Figura 22, l'area oggetto del presente studio è classificata come *zona stabile suscettibile di amplificazione* per la presenza di aree con substrato ghiaioso e terreni di copertura (argille e limi) di spessore compreso tra 10 e 15 m (Zona 4).

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

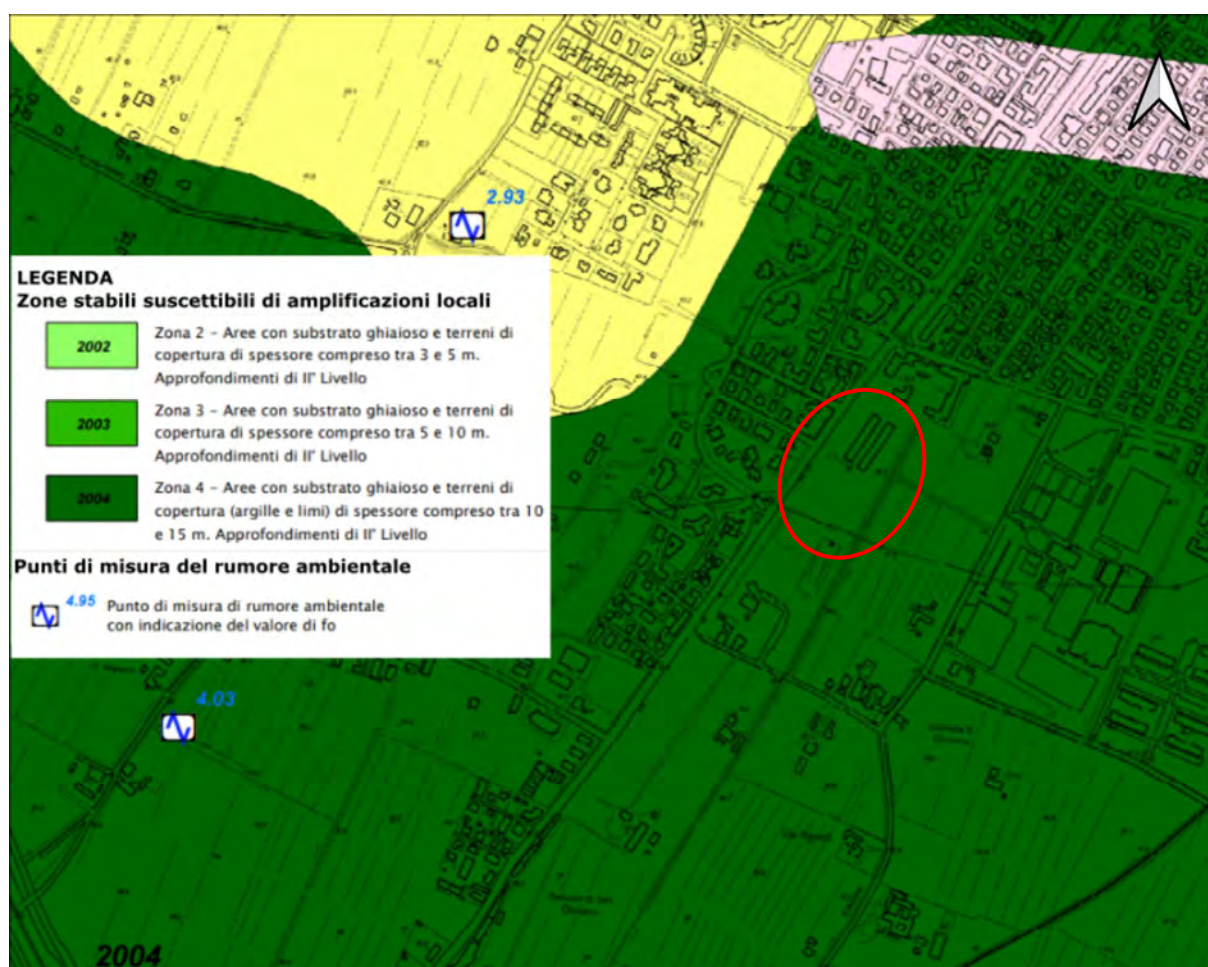


Figura 22 - Estratto della carta dei Movimenti Omogenei in Prospettiva Sismica (MOPS) dello studio di Microzonazione Sismica del Comune di Modena (in rosso la zona di indagine).

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 del Comune di Modena, ha inoltre calcolato i fattori di amplificazione del moto sismico per tutto il territorio comunale.

Nelle successive immagini sono mostrate le carte di microzonazione sismica 2 per F.a. P.G.A., FH_{0105} e FH_{0510} del Comune di Modena

I valori dei fattori di amplificazione riportati in tale studio sono stati stimati in base agli abachi regionali contenuti nell'Allegato A2 del DAL 112/2007 e, per l'area in oggetto, riassunti nella tabella seguente.

F_{PGA}	>2.5
FH_{0105}	>2.5
FH_{0510}	1.9-2.0

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

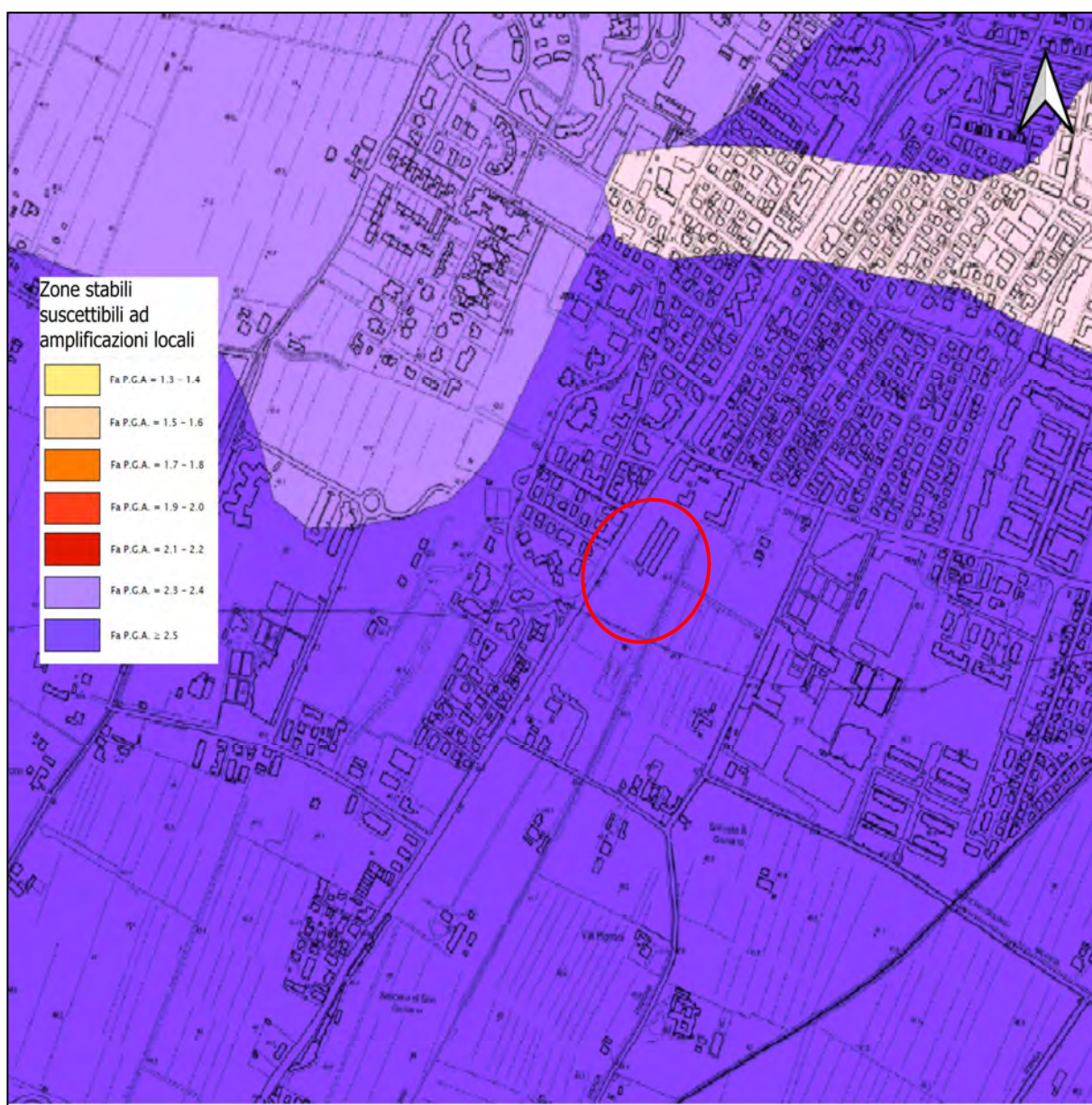


Figura 23 - Estratto della carta del fattore di amplificazione FPGA dello studio di Microzonazione Sismica del Comune di Modena (in rosso la zona di indagine).

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

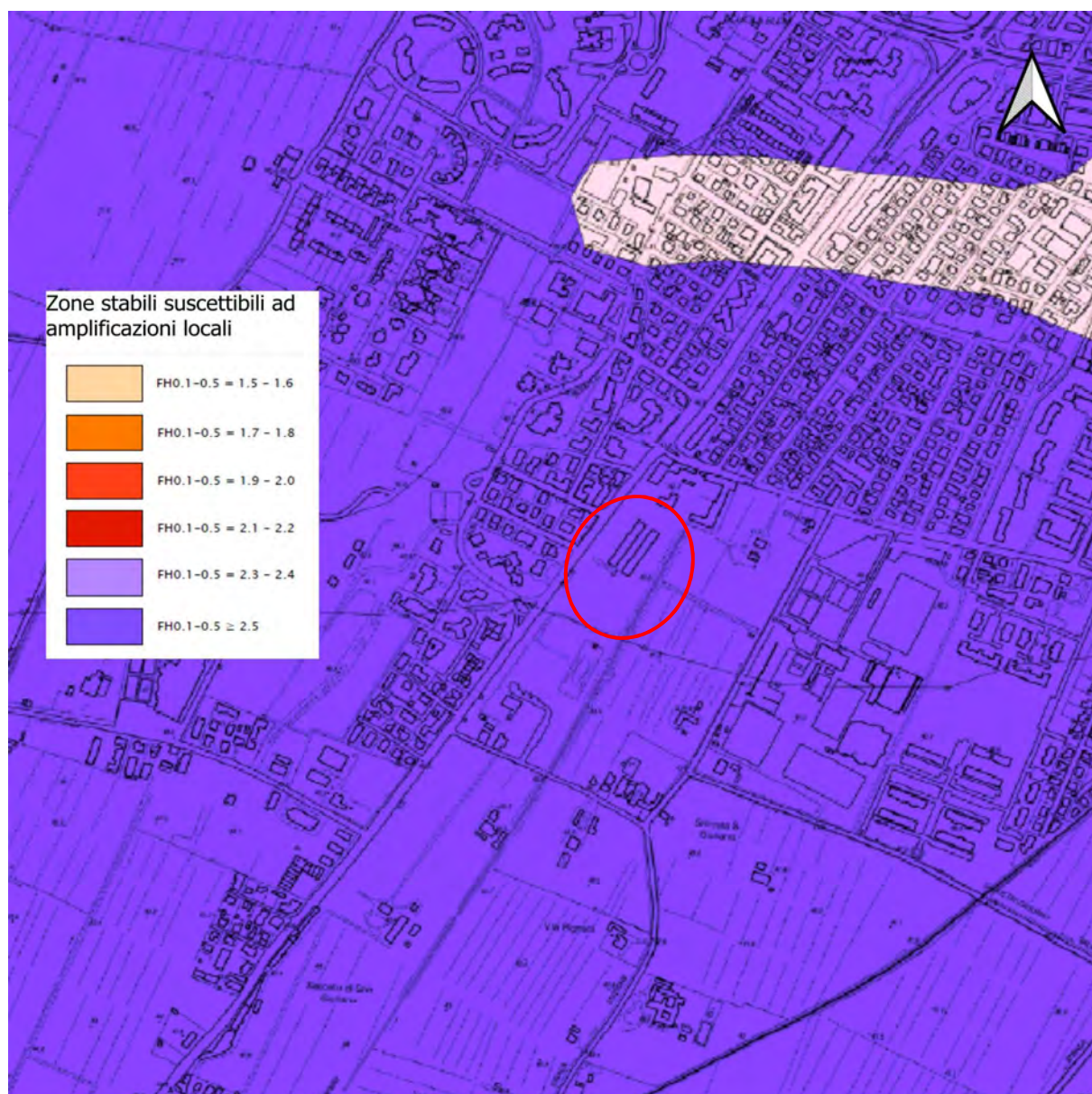


Figura 24 - Estratto della carta del fattore di amplificazione FH nel periodo 0,1 – 0,5 s dello studio di Microzonazione Sismica del Comune di Modena (in nero la zona di indagine).

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

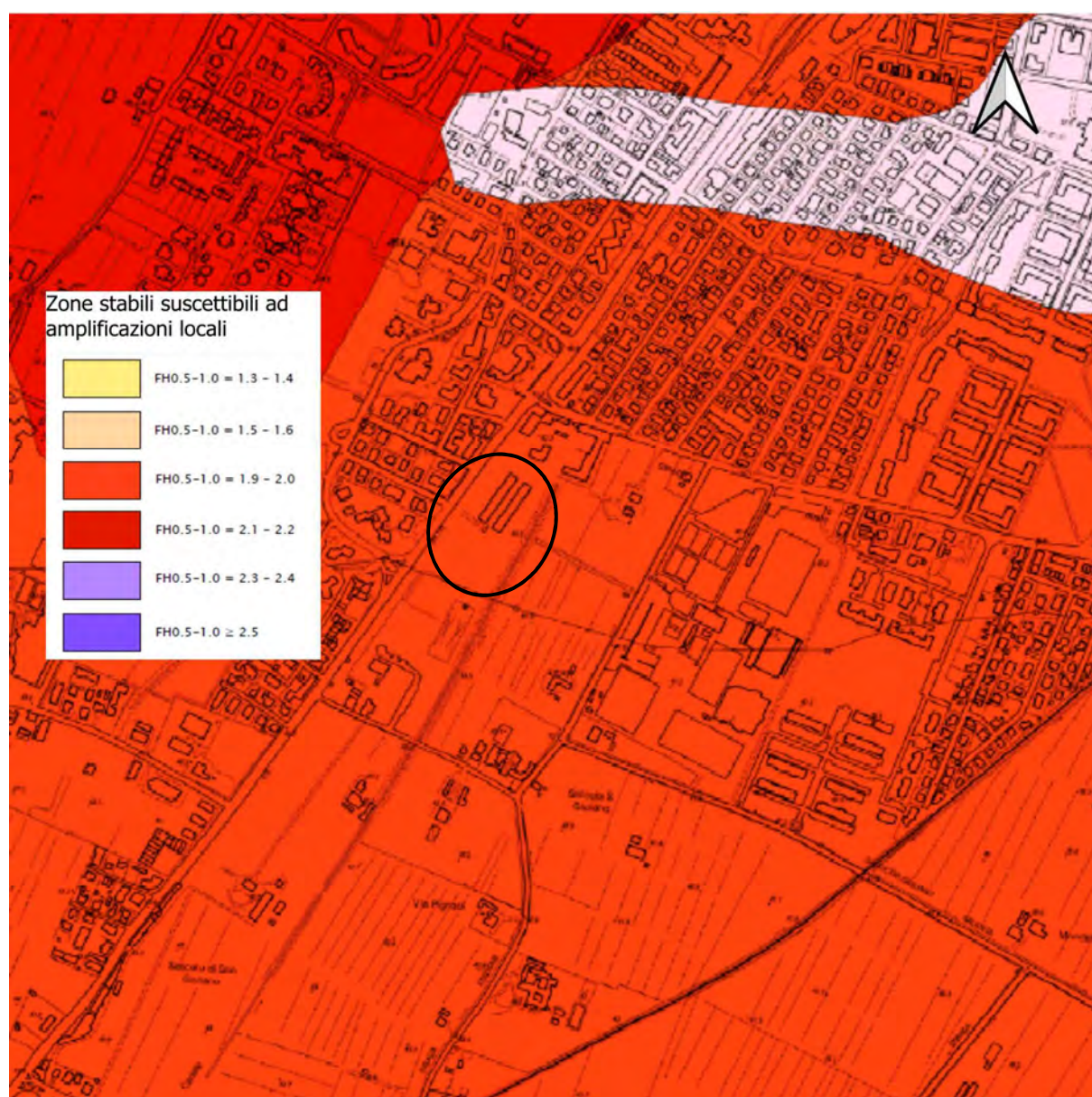


Figura 25 - Estratto della carta del fattore di amplificazione FH nel periodo 0,5 – 1,0 s dello studio di Microzonazione Sismica del Comune di Modena (in nero la zona di indagine).

In base agli aggiornamenti in materia di microzonazione sismica introdotti dalla DGR 2193/2015 e successivamente dalla più recente DGR 630/2019, e a valle dei risultati delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite per questo studio, l'area d'indagine può essere collocata all'interno dell'Ambito "Margine di tipo A" della DGR stessa (Allegato A2.1.2).

Considerando che sono presenti terreni fini sino alla profondità di circa 12 m, sovrastanti uno strato grossolano più rigido con valore di V_s circa il doppio rispetto ai sedimenti sovrastanti, per la definizione dei fattori di amplificazione è stata

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

utilizzata la coppia di valori di $V_{SH}=211$ m/s con $H=12$ m, per cui i fattori di amplificazione risulterebbero:

F_{PGA}	2,2
FA SA1	2,3
FA SA2	2,2
FA SA3	1,8
FA SI1	2,4
FA SI2	2,0

6. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base è quella componente di pericolosità dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area. Essa fornisce, in termini probabilistici, per una certa regione e per un determinato periodo di tempo, i valori, corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza, dei parametri che descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto. Si riferisce a condizioni ideali di suolo roccioso affiorante e privo di irregolarità morfologiche e fornisce le caratteristiche del terremoto di riferimento atteso al sito. Tali caratteristiche sono definite¹ quando sono noti l'accelerazione di picco orizzontale ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, entrambi riferiti a condizioni di suolo rigido e superficie topografica orizzontale. La possibilità di descrivere l'azione sismica in forma di accelerogrammi è ammessa solo a condizione che essi siano compatibili con le predette caratteristiche del moto sismico.

La pericolosità sismica di base è definita secondo una procedura basata sui risultati dello studio dell'INGV, disponibili sul sito web² nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica". In tali mappe, la pericolosità si sgancia dalle divisioni amministrative e viene distribuita sui 10751 nodi, a distanza reciproca non superiore a 10 km, di un reticolo geografico regolare. Ogni nodo è caratterizzato da specifiche curve di pericolosità che definiscono la frequenza media annua di occorrenza di una serie di terremoti caratterizzati da diversi livelli di severità, espressa, ad esempio, in termini di a_g . Anche la definizione di spettro elastico (attraverso 3 parametri di controllo) varia da punto a punto del reticolo e in funzione del periodo di ritorno dell'azione sismica. Dal punto di vista temporale, la pericolosità non è più definita con riferimento ad un singolo valore del *periodo di*

¹ Per una prefissata P_{VR} .

² <http://esse1.mi.ingv.it/>

ritorno, $T_R = 475$ anni³, ma in corrispondenza di 9 valori, ovvero $T_R = 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975$ e 2475 anni. Questo coerentemente con un *approccio prestazionale alla progettazione*, basato sull'assunzione che, a fronte di un'azione sismica di intensità variabile e pertanto caratterizzata da un periodo di ritorno variabile, si richiedano alle strutture livelli di prestazione diversi.

I 3 parametri che definiscono la pericolosità sismica di base, in condizioni ideali di sito di riferimento, sono a_g , F_0 e T^*_c , rispettivamente definiti come: *accelerazione orizzontale massima del terreno, valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale*.

Essi sono necessari per la definizione dello spettro di risposta elastico rispetto ad uno specifico periodo di ritorno. Per ogni nodo del reticolo INGV sono forniti i grafici relativi alle curve di pericolosità e gli spettri di risposta a pericolosità uniforme (isoprobabili), corrispondenti alle diverse probabilità di eccedenza in 50 anni.

Si fa notare che, qualora il periodo di ritorno calcolato nell'approccio prestazionale fosse inferiore al valore minimo nello studio di pericolosità sismica dell'INGV (30 anni) o superiore al valore massimo considerato (2475 anni), si porrà pari a 30 anni nel primo caso e pari a 2475 anni nel secondo caso.

6.1. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE PER L'AREA DI STUDIO

I parametri di pericolosità sismica possono essere automaticamente ricavati, dal software "Azioni sismiche – Spettri di risposta" scaricabile dal sito web⁴ del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che effettua le operazioni di interpolazione sia geografica, sia temporale richieste per la valutazione dell'azione sismica.

Come risultato, il software restituisce i 9 spettri di risposta elastici delle NTC 2018 (su roccia) e i 9 spettri a pericolosità uniforme dai quali sono stati derivati, per il sito in oggetto⁵ e per i 9 periodi di ritorno considerati.

Si riportano, di seguito, i valori dei parametri di riferimento che definiscono gli spettri di risposta elastici caratteristici del sito in esame per i 9 periodi di ritorno di riferimento (Tabella 2).

³ Considerato internazionalmente come il livello di pericolosità di riferimento per la progettazione di edifici ordinari allo stato limite ultimo.

⁴ <http://www.cslp.it/>

⁵ Coordinate geografiche del sito: (LAT: 44.627458; LONG: 10.897344)

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
30	0,049	2,476	0,253
50	0,061	2,503	0,268
72	0,072	2,473	0,274
101	0,083	2,478	0,278
140	0,098	2,434	0,281
201	0,116	2,385	0,283
475	0,162	2,394	0,295
975	0,212	2,412	0,300
2475	0,288	2,419	0,310

Tabella 2 – Valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento.

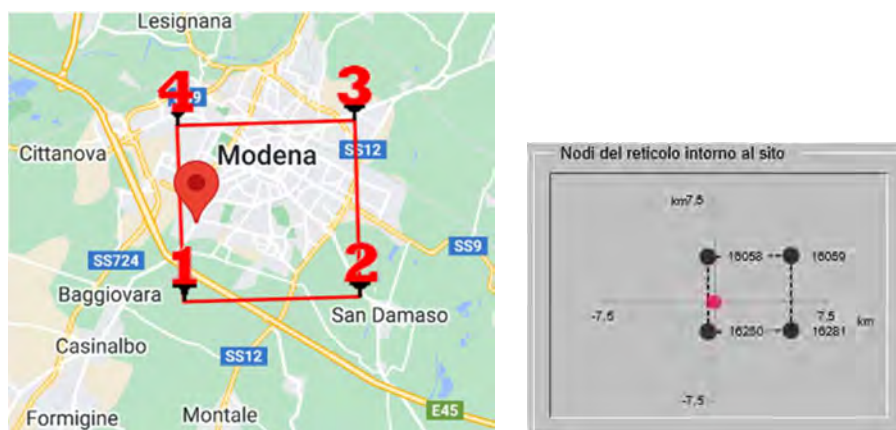


Figura 26 - Coordinate geografiche dei 4 punti della griglia INGV entro i quali ricade il sito in esame e distanza, in km, del sito da essi.

6.2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

L'associazione tra i livelli prestazionale definiti per una data struttura e la severità dello scuotimento sismico dipende dall'importanza dell'opera considerata.

In particolare, le NTC 2018 prevedono che l'azione sismica sia associata ad un *periodo di riferimento* (V_R) dell'opera e ad una prefissata probabilità di eccedenza, cui è abbinato un periodo di ritorno T_R . V_R definisce il periodo di osservazione per l'accadimento di terremoti di severità prefissata in base a T_R , mentre *allo stato limite è associata la probabilità di eccedenza*, durante tale periodo, dell'azione sismica da considerare.

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Per ogni tipo di costruzione, V_R è ottenuto come prodotto della *vita nominale dell'opera* (V_N) per il *coefficiente della classe d'uso* (C_u) della stessa e non può essere inferiore a 35 anni.

La V_N è indicata espressamente negli elaborati di progetto e, per il caso in esame risulta essere pari a **$V_N = 50$ anni**⁶. Essa definisce la durata della vita di progetto della struttura.

Le diverse strutture sono suddivise in *classi d'uso*, sulla base del livello di affollamento tipicamente presente nell'opera e delle possibili conseguenze, in termini sia di vittime, sia di rischi per l'ambiente, derivabili da un eventuale collasso o, comunque, da un'interruzione d'uso. A ciascuna classe d'uso è associato un valore del *coefficiente d'uso* C_u .

Nel caso in esame, la classe d'uso è la **II**⁷, corrispondente ad un coefficiente d'uso C_u pari a **1**.

Da qui deriva, per la struttura in esame, un V_R pari a **50**.

Da un punto di vista prestazionale, la filosofia che sta alla base della definizione degli stati limite prevede che la struttura rimanga operativa, o comunque subisca danni tali da non comprometterne significativamente la resistenza, nel caso di terremoti meno severi e pertanto con una più elevata probabilità di verificarsi nel periodo di riferimento della struttura (superiore al 63%). Per contro, si accettano danni più significativi, sempre però garantendo la salvaguardia della vita degli occupanti, nel caso si verifichi un terremoto più severo, cui è associata una probabilità di occorrenza significativamente più bassa (5-10%) durante il periodo di riferimento dell'opera.

Per questo, ad ogni SL è associata una *probabilità di eccedenza* P_{VR} che rappresenta la probabilità di accadimento, nel periodo di riferimento V_R , di almeno un sisma avente periodo di ritorno T_R :

Stato Limite di Operatività	(SLO) - 81%
Stato Limite di Danno	(SLD) - 63%
Stato Limite di salvaguardia della Vita	(SLV) - 10%
Stato Limite di prevenzione del Collasso	(SLC) - 5%

⁶ Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari.

⁷ Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Identificati V_R e P_{VR} , il periodo di ritorno dell'azione sismica, da considerare per l'opera in esame e per i diversi SL, può essere calcolato sulla base della relazione biunivoca riportata di seguito:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})}$$

Dall'equazione di cui sopra si ottengono le relazioni tra il periodo di ritorno e il periodo di riferimento per i 4 SL e i rispettivi parametri d'azione.

Per il sito in esame si riportano di seguito la tabella dei parametri d'azione e gli spettri elastici per i 4 periodi di ritorno e per i 4 SL:

STATO LIMITE		PVR [%]	TR [anni]	ag [g]	F ₀ [-]	T _C * [s]
STATI LIMITE DI ESERCIZIO	SLO	81	30	0,049	2,476	0,254
	SLD	63	50	0,061	2,503	0,269
STATI LIMITE ULTIMI	SLV	10	475	0,162	2,394	0,295
	SLC	5	975	0,212	2,412	0,300

Tabella 3 – Valori dei parametri ag, F₀ e T_C* per i periodi di ritorno TR di riferimento associati a ciascun SL.

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

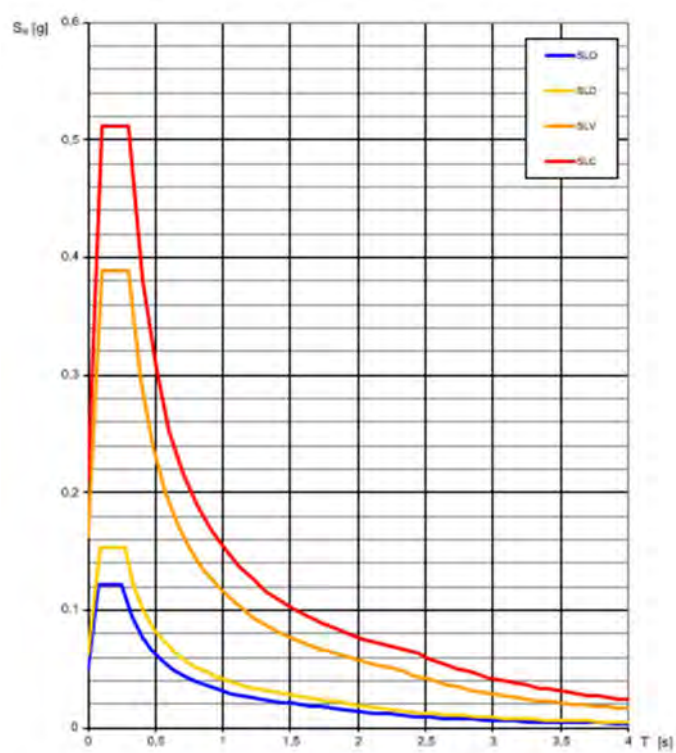


Figura 27 - Spettri di risposta elastici per i 4 Stati Limite.

7. AZIONE DELLA SISMICA DI PROGETTO

L'utilizzo degli spettri di risposta elastici precedentemente descritti corrisponde ad esigere che, durante un terremoto di prefissata severità, la struttura in progetto (o esistente) mantenga un comportamento elastico lineare, evitando in tal modo qualsiasi alterazione della sua integrità. Questa filosofia, evidentemente molto gravosa dal punto di vista economico, viene di fatto utilizzata soltanto nel caso di strutture particolari, il cui danneggiamento anche lieve può provocare conseguenze molto gravi alla società. A parte questi casi di strutture particolari, tipicamente si ammette che, sotto l'azione del terremoto, la struttura possa uscire dal campo elastico e sia in grado di sfruttare le proprie risorse in campo inelastico. In altre parole, è consentito progettare una struttura per un livello di azione sismica più moderata rispetto a quella corrispondente ad un comportamento puramente elastico, ammettendo che, oltre il limite elastico, la struttura abbia un comportamento duttile e dissipativo.

Per *duttilità* si intende la capacità di una struttura di deformarsi anche dopo la plasticizzazione del primo elemento, senza raggiungere la rottura in modo fragile. A parità di duttilità, le strutture possono tuttavia rispondere in modo diverso, in relazione alla loro capacità di dissipare l'energia di deformazione accumulata nei cicli di carico e scarico indotti dal terremoto.

La filosofia delle normative più recenti, incluse le NTC18, è di mirare alla realizzazione di strutture con un prefissato livello di duttilità e con un'opportuna capacità dissipativa, grazie alla quale la struttura sia in grado di esibire riserve di resistenza oltre il limite di plasticizzazione del primo elemento, prima che si formi un meccanismo di collasso controllato, in accordo al criterio di gerarchia delle resistenze. Poiché dunque tali strutture, se correttamente progettate, possono attingere a risorse ulteriori una volta raggiunta la resistenza massima, per le strutture con adeguato comportamento dissipativo, le forze corrispondenti ad una risposta puramente elastica (risultati perciò dall'applicazione dello spettro di risposta elastico) possono essere ridotte.

In particolare, si dividono le ordinate dello spettro di risposta elastico per un coefficiente, detto *fattore di comportamento* (q), il cui valore varia in funzione del comportamento strutturale (dissipativo o non dissipativo) e dello stato limite considerati, legandosi all'entità delle plasticizzazioni, che a ciascuno stato limite si accompagnano.

Gli spettri di risposta di progetto in accelerazione per le componenti orizzontali e verticali, da utilizzare per la verifica agli stati limite di danno, di salvaguardia della vita e di prevenzione al collasso, possono essere pertanto definiti solo qualora il progettista abbia calcolato il *fattore di comportamento* (q), definito nel capitolo 7 delle NTC18 (capitolo 7, Tabella 7.3.I), per le strutture dissipative.

8. EFFETTI DI SITO

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata in prima approssimazione con riferimento alle categorie di sottosuolo di cui al paragrafo § 3.2.2. delle NTC18. Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{\max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{\max} può essere ricavato dalla relazione $a_{\max} = S_s \cdot a_g$ dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

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

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_c valgono 1. Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV (§3.2.3.2.1. delle NTC18), nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Tabella 4 – Tab. 3.2.IV - § 3.2.3.2.1. delle NTC18.

Di seguito si riportano i valori del fattore di amplificazione stratigrafica S_s per il sito in esame, per la categoria di suolo "C" e per ogni Stato Limite, calcolati con l'approccio semplificato consentito dalle NTC18.

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

COMPONENTE ORIZZONTALE	
Parametri indipendenti	
Stato limite - SLO	
a_g	0,049 g
F_0	2,476
T^*_C	0,254 s
S_S	1,5
C_C	1,651
S_T	1

COMPONENTE ORIZZONTALE	
Parametri indipendenti	
Stato limite - SLD	
a_g	0,061 g
F_0	2,503
T^*_C	0,269 s
S_S	1,5
C_C	1,620
S_T	1

COMPONENTE ORIZZONTALE	
Parametri indipendenti	
Stato limite - SLV	
a_g	0,162 g
F_0	2,394
T^*_C	0,295 s
S_S	1,467
C_C	1,570
S_T	1

COMPONENTE ORIZZONTALE	
Parametri indipendenti	
Stato limite - SLC	
a_g	0,212 g
F_0	2,412
T^*_C	0,300 s
S_S	1,393
C_C	1,562
S_T	1

8.1. AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Considerando le condizioni topografiche e morfologiche dell'area di studio (pianura, superficie topografica sub-orizzontale), il coefficiente di amplificazione topografica S_T può essere assunto pari ad 1, sulla base delle categorie individuate dalle NTC18 (Tabella 5).

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.V, in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove S_T assume il valore massimo riportato nella Tab. 3.2.V, fino alla base, dove S_T assume valore unitario.

Tabella 5 – Tabelle 3.2.IV e 3.2.V – NTC18.

8.2. ACCELERAZIONE SISMICA ORIZZONTALE AL SUOLO

La determinazione dell'**accelerazione massima orizzontale al sito**, per i 4 stati limite, sarà data dalla formula:

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \cdot 9,81$$

e sarà rispettivamente pari a:

SLO: 0,72 m/sec²

SLD: 0,89 m/sec²

SLV: 2,33 m/sec²

SLC: 2,89 m/sec²

I **coefficienti sismici orizzontale e verticale**, per il sito in esame, sono dati rispettivamente dalle seguenti formule:

$$k_h = \frac{\beta_s \cdot a_{\max}}{g}$$

dove: β_s è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito ricavabile dalla sottostante tabella:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0.30	0.28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0.27	0.24
$a_g (g) \leq 0,1$	0.20	0.20

$$K_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Pertanto, i coefficienti sismici orizzontali e verticali per i 4 stati limite saranno:

Stato limite	k_h	k_v
SLO	0,014	±0,007
SLD	0,018	±0,009
SLV	0,057	±0,028
SLC	0,082	±0,041

8.3. SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

Data la presenza nei primi 4,5 m dal piano campagna di terreni potenzialmente liquefacibili, si è reso necessario il calcolo dell'indice di liquefazione.

Basandosi sulle formule di Idriss-Boulanger (2014), attraverso il programma "CLiq v.2.3.1.15 - CPT Liquefaction Assessment Software" si è calcolato l'indice di potenziale liquefazione (LPI).

Di seguito si riporta il grafico (Figura 28) derivato dai dati relativi alle n.2 prove statiche con punta piezocono eseguite. Si rimanda all'Allegato 3 per i diagrammi relativi ai risultati dell'analisi di liquefazione.

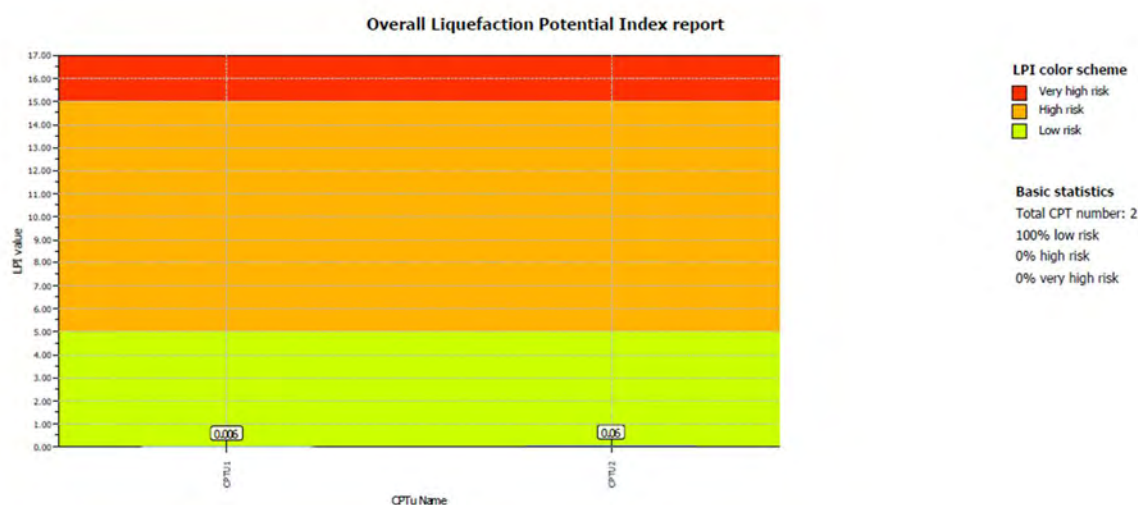


Figura 28 - Grafico relativo all'indice di liquefazione (LPI) delle due prove eseguite.

Il calcolo di LPI tiene in considerazione:

- a_{maxSLV} , espressa in "g"
- magnitudo del terremoto (pari a 6,14)
- livello della falda al momento del terremoto.

Come si può vedere dal grafico, i valori di LPI sono rispettivamente di **0,006** per la CPTu1 e di **0,06** per la CPTu2, corrispondenti ad un **rischio di liquefazione molto basso**.

Ciò ha permesso di escludere la possibilità che si possano verificare fenomeni di liquefazione negli strati di natura granulare che sono stati riconosciuti.

9. SINTESI DELL'ANALISI DEI DATI RACCOLTI E CONCLUSIONI

Dall'analisi integrata dei dati scientifici disponibili in bibliografia, delle osservazioni di campagna effettuate durante il sopralluogo e dei dati acquisiti ed elaborati grazie alle indagini geognostiche e geofisiche eseguite, è stato possibile caratterizzare il terreno in esame dai punti di vista litostratigrafico, geotecnico e sismico e dare un giudizio sulla fattibilità dell'intervento in progetto.

Giudizio che è risultato essere positivo e che ha permesso di dichiarare la **fattibilità del progetto di costruzione dei nuovi edifici residenziali in oggetto.**

Dal punto di vista topografico, il sito si colloca all'interno di un ambito spiccatamente pianeggiante, anche a seguito dell'azione antropica. La zona si colloca ad una quota di circa 42 m s.l.m. I terreni dell'area in esame sono ascrivibili all'Unità di Modena (AES8a), composta da depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo alluvionale.

Dall'analisi dei profili penetrometrici eseguiti nell'area di indagine è emerso che il sottosuolo è costituito da una netta prevalenza di terreni fini coesivi argillosi e limosi e relativi termini intermedi, caratterizzati da proprietà geomeccaniche da mediocri a discrete, fino alla profondità di circa 12-13 m dal piano campagna dove si incontra un primo livello costituito da terreni grossolani ghiaiosi, in corrispondenza del quale si sono arrestate le prove. Le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche così emerse per il sottosuolo indagato sono riassunte nel modello geotecnico schematico riportato nei paragrafi 3.2 e 3.3 della presente relazione.

La campagna d'indagine geognostica appositamente eseguita per l'intervento in oggetto (aprile 2024), in accordo con le rilevazioni effettuate nel corso delle pregresse indagini considerate, evidenzia una diffusa saturazione del primo sottosuolo. Nei fori di prova la falda libera è stata misurata ad una profondità minima di **4,30 m** dal piano campagna. Non si escludono variazioni verticali dovuti alla stagionalità.

L'elaborazione congiunta MASW-HVSR correlata con le indagini geognostiche eseguite ha permesso di interpretare il profilo di velocità delle onde S con la profondità e di ricavare il parametro di Normativa V_{s30} , risultato pari a **302 m/s**. Esso, grazie anche all'aumento progressivo della rigidità del terreno con la profondità (Figura 12), permette di inserire il terreno stesso all'interno della classe **C** - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

L'indagine HVSR ha permesso di calcolare per l'area una frequenza di vibrazione fondamentale del terreno pari a circa **4,13 Hz**.

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Sono stati, inoltre, determinati i parametri di pericolosità sismica di base del sito specifico e i parametri d'azione e gli spettri elastici relativi ai quattro stati limite.

Infine, sempre per i quattro stati limite, si sono calcolate, attraverso l'approccio semplificato NTC18 (§ 3.2.3), l'amplificazione litostratigrafica e l'accelerazione massima orizzontale attesa al sito ed i rispettivi coefficienti sismici orizzontale e verticale. Tramite l'analisi della pericolosità di sismica di sito, ottenuta con approccio semplificato, si è ottenuta un'accelerazione massima per la salvaguardia della vita SLV a_{\max} pari a **2,33 m/sec²**.

Data la presenza di alcuni livelli potenzialmente liquefacibile nei primi 20 m, si è resa necessaria la verifica di suscettività a liquefazione in caso di evento sismico. L'analisi di suscettività ha restituito un indice di potenziale liquefazione pari a LPI pari a 0.

Modena, 16/05/2024

Dott. Geol. Valeriano Franchi



ALLEGATO 1

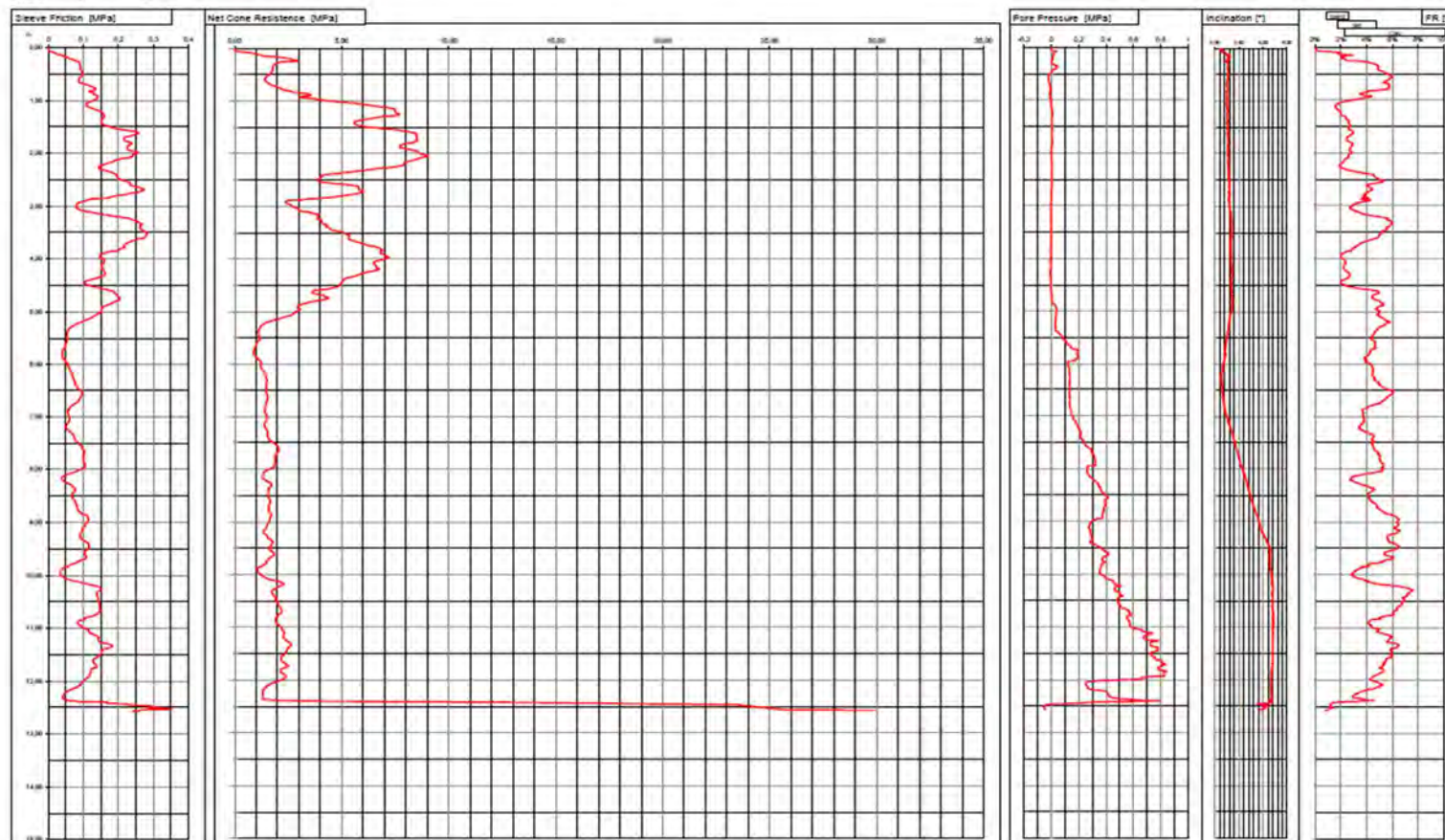
Dati delle prove penetrometriche statiche con punta a piezocono (CPTU)

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA


Committente: Dott. Geol. Franchi Valeriano
Località: Modena (MO)
Cantiere: Via Giardini
Operatore: Dott. Benelli Christian
Prova nr.: CPTU-1
Data: 30/04/2024
Falda: 4.65
Preforo: 0 m



SLV S.p.A.
Strada Cavallotti 130 - 41121 Modena - MO
e-mail: geoslv@geoslv.com
tel: 0474/604912



RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

GEO-V srl Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO e-mail: geovsr@gmail.com cell: 3474935672							
Committente	Dott. Geol. Franchi Valeriano			Prova	CPTu1		
Località	Modena (MO)			Punta	Pagani MKS988		
Cantiere	Via Giardini						
Data	30/04/2024						
Preforo	Falda 4,65						


H	qc	ts	U	H	qc	ts	U	H	qc	ts	U
(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)	(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)	(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)
0.01	0.01	0.01	0.01	0.51	1.56	95.93	-19.77	1.01	4.62	126.26	-6.25
0.02	0.01	0.01	0.01	0.52	1.57	95.57	-21.72	1.02	4.85	122.34	-6.43
0.03	0.01	0.01	0.01	0.53	1.52	94.94	-22.33	1.03	5.14	115.78	-6.43
0.04	0.01	0.01	0.01	0.54	1.50	93.81	-22.39	1.04	5.57	115.32	-6.43
0.05	0.01	0.01	0.01	0.55	1.47	93.11	-22.43	1.05	5.67	111.50	-6.43
0.06	0.01	0.01	0.01	0.56	1.45	91.24	-22.42	1.06	5.31	108.44	-4.48
0.07	0.36	1.33	41.96	0.57	1.42	89.88	-22.41	1.07	6.10	107.89	-2.80
0.08	0.54	6.88	22.56	0.58	1.41	87.82	-22.10	1.08	6.22	107.73	-2.70
0.09	0.73	11.61	19.86	0.59	1.41	86.92	-21.82	1.09	6.42	107.89	-1.59
0.10	0.89	15.02	17.53	0.60	1.41	86.12	-21.83	1.10	6.55	108.06	-1.12
0.11	1.03	21.18	17.90	0.61	1.41	85.96	-21.77	1.11	6.72	108.07	-0.65
0.12	1.10	21.18	17.16	0.62	1.43	86.02	-21.14	1.12	7.04	110.53	-0.37
0.13	1.23	22.55	16.88	0.63	1.47	86.07	-20.51	1.13	7.16	116.22	1.86
0.14	1.29	36.31	12.87	0.64	1.48	86.28	-20.14	1.14	7.31	119.18	2.14
0.15	1.29	38.71	12.87	0.65	1.53	86.72	-19.58	1.15	7.42	125.89	2.42
0.16	1.74	38.71	9.28	0.66	1.55	88.09	-19.02	1.16	7.52	128.55	2.70
0.17	1.97	45.25	7.86	0.67	1.60	89.35	-16.97	1.17	7.49	131.65	2.61
0.18	2.24	46.62	7.77	0.68	1.63	96.50	-16.32	1.18	7.48	136.30	4.48
0.19	2.38	54.80	7.87	0.69	1.67	100.79	-15.85	1.19	7.49	139.26	4.66
0.20	2.64	56.10	8.48	0.70	1.71	104.51	-15.29	1.20	7.49	145.71	4.66
0.21	2.84	59.89	8.48	0.71	1.82	109.30	-15.76	1.21	7.50	141.81	4.76
0.22	2.72	64.81	7.27	0.72	1.87	115.06	-12.49	1.22	7.52	150.40	5.59
0.23	2.79	67.97	9.98	0.73	1.94	117.75	-9.23	1.23	7.53	152.10	6.34
0.24	2.97	71.92	3.31	0.74	2.00	121.21	-8.11	1.24	7.62	154.72	6.90
0.25	2.97	76.58	0.81	0.75	2.06	124.83	-8.21	1.25	7.66	156.42	6.34
0.26	2.16	82.40	0.59	0.76	2.11	128.72	-8.17	1.26	7.71	158.35	6.25
0.27	2.08	84.20	0.49	0.77	2.18	133.51	-8.14	1.27	7.68	158.88	6.16
0.28	2.00	86.96	0.52	0.78	2.22	134.17	-8.01	1.28	7.58	158.05	6.34
0.29	2.03	87.82	0.56	0.79	2.25	133.81	-7.74	1.29	7.12	157.30	5.98
0.30	1.91	88.78	0.93	0.80	2.39	133.81	-8.02	1.30	6.85	158.38	5.59
0.31	1.84	90.21	6.62	0.81	2.56	133.81	-8.58	1.31	6.71	159.45	5.59
0.32	1.83	89.28	11.38	0.82	2.68	118.89	-8.67	1.32	6.58	159.51	5.31
0.33	1.81	90.23	15.85	0.83	2.71	115.46	-9.51	1.33	6.47	158.08	4.76
0.34	1.80	91.18	25.73	0.84	2.75	118.72	-11.93	1.34	6.26	155.49	4.66
0.35	1.77	91.51	45.69	0.85	3.06	121.97	-13.33	1.35	6.21	152.53	4.48
0.36	1.76	91.01	33.89	0.86	3.34	130.08	-13.32	1.36	5.97	152.00	4.32
0.37	1.76	90.76	40.47	0.87	3.44	126.82	-13.30	1.37	5.86	152.00	4.32
0.38	1.76	90.74	41.03	0.88	3.56	127.49	-13.27	1.38	5.72	151.99	4.31
0.39	1.76	90.77	39.23	0.89	3.56	130.72	-13.21	1.39	5.61	152.93	4.35
0.40	1.77	90.80	38.08	0.90	3.56	134.41	-12.57	1.40	5.61	150.80	4.38
0.41	1.78	91.41	22.28	0.91	3.21	139.66	-11.28	1.41	5.61	150.75	4.66
0.42	1.79	91.88	13.99	0.92	3.06	141.36	-11.10	1.42	5.61	150.76	5.13
0.43	1.76	92.24	8.39	0.93	3.07	141.09	-11.23	1.43	5.61	150.77	4.76
0.44	1.75	94.77	6.43	0.94	3.06	140.23	-11.24	1.44	5.63	150.80	4.01
0.45	1.73	95.57	6.62	0.95	3.48	139.81	-11.17	1.45	5.65	153.79	3.64
0.46	1.72	96.23	4.20	0.96	3.73	139.39	-11.10	1.46	5.70	157.88	3.58
0.47	1.70	96.63	2.52	0.97	3.82	140.46	-10.95	1.47	5.80	161.11	3.59
0.48	1.67	97.13	-2.33	0.98	4.02	136.40	-9.60	1.48	5.91	164.07	3.59
0.49	1.65	96.27	-6.90	0.99	4.15	133.61	-8.05	1.49	6.08	172.78	3.80
0.50	1.60	95.87	-15.85	1.00	4.41	130.68	-5.97	1.50	6.27	176.27	3.73

GEO-V srl

Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO

e-mail: geovsr@gmail.com

cell: 3474935672



Committente

Dott. Geol. Franchi Valeriano

Località

Modena (MO)

Cantiere

Via Giardini

Data

30/04/2024

Preforo

Falda 4.65

Prova

CPTu1

Punta


Pagani MKS988


H	qc	ts	U
(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)
1.51	6.67	177.97	3.73
1.52	6.81	181.46	4.48
1.53	6.93	189.77	4.94
1.54	7.34	194.49	5.04
1.55	7.61	205.93	5.13
1.56	7.72	212.72	5.03
1.57	7.88	227.01	5.03
1.58	8.07	235.26	4.85
1.59	8.15	248.88	4.29
1.60	8.27	262.72	4.29
1.61	8.39	265.88	4.29
1.62	8.51	257.77	4.29
1.63	8.52	266.31	4.29
1.64	8.49	250.82	4.38
1.65	8.49	245.90	4.15
1.66	8.49	242.11	4.04
1.67	8.49	237.02	4.09
1.68	8.49	230.54	4.13
1.69	8.51	223.99	4.25
1.70	8.51	217.20	4.48
1.71	8.51	216.87	4.94
1.72	8.51	216.14	4.94
1.73	8.52	216.09	5.13
1.74	8.53	216.99	5.31
1.75	8.54	216.10	5.29
1.76	8.51	216.11	5.22
1.77	8.44	219.67	5.41
1.78	8.36	224.32	4.99
1.79	8.37	230.97	4.92
1.80	8.22	234.00	4.85
1.81	7.98	238.35	5.13
1.82	7.89	237.99	4.76
1.83	7.82	234.91	4.85
1.84	7.75	231.84	4.29
1.85	7.74	231.84	3.73
1.86	7.73	226.80	2.98
1.87	7.73	225.60	2.98
1.88	7.73	225.39	2.14
1.89	7.74	225.41	2.05
1.90	7.88	225.42	1.40
1.91	8.01	225.48	0.75
1.92	8.21	225.90	0.52
1.93	8.21	225.94	0.28
1.94	8.37	227.01	0.28
1.95	8.53	235.36	-0.10
1.96	8.58	240.45	-0.47
1.97	8.58	251.85	-0.83
1.98	8.59	254.28	-0.92
1.99	8.59	256.04	-0.92
2.00	8.64	262.02	-0.88

H	qc	ts	U
(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)
2.01	8.73	246.39	-0.84
2.02	8.82	242.11	-0.75
2.03	8.96	241.03	-0.75
2.04	9.04	241.00	-0.58
2.05	9.03	240.98	
2.06	8.94	240.02	0.75
2.07	8.82	239.18	0.75
2.08	8.65	232.33	1.31
2.09	8.61	225.75	1.17
2.10	8.53	211.32	1.10
2.11	8.44	205.83	1.10
2.12	8.37	201.21	1.10
2.13	8.26	191.04	1.10
2.14	8.22	189.47	1.10
2.15	8.09	186.71	1.12
2.16	8.03	184.42	1.40
2.17	7.94	178.67	2.14
2.18	7.91	174.74	2.61
2.19	7.91	168.12	3.36
2.20	7.90	165.30	3.26
2.21	7.90	159.38	3.54
2.22	7.90	155.55	3.73
2.23	7.82	153.33	3.94
2.24	7.65	149.37	3.92
2.25	7.55	145.11	3.82
2.26	7.32	143.85	3.92
2.27	7.11	143.23	4.01
2.28	6.72	142.92	3.83
2.29	6.58	144.68	3.64
2.30	6.31	146.44	3.73
2.31	6.18	151.46	3.50
2.32	6.05	157.12	3.38
2.33	5.92	160.84	3.34
2.34	5.56	166.49	3.31
2.35	5.36	171.65	3.36
2.36	5.19	180.13	3.17
2.37	4.96	183.85	3.06
2.38	4.84	185.98	3.01
2.39	4.45	188.37	3.02
2.40	4.24	192.17	3.04
2.41	4.11	195.49	3.08
2.42	4.07	195.03	3.28
2.43	4.05	195.21	3.28
2.44	4.09	195.39	2.89
2.45	4.01	195.72	2.99
2.46	3.98	198.06	2.89
2.47	3.96	198.02	2.89
2.48	3.93	200.55	3.34
2.49	3.93	204.37	4.01
2.50	3.93	205.07	3.73

H	qc	ts	U
(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)
2.51	3.93	208.99	4.20
2.52	3.93	218.93	4.20
2.53	3.93	221.43	4.46
2.54	4.12	223.62	4.66
2.55	4.24	232.83	4.76
2.56	4.53	232.93	4.57
2.57	4.69	233.96	4.56
2.58	5.09	233.79	4.56
2.59	5.28	234.04	4.57
2.60	5.45	234.30	4.57
2.61	5.66	234.73	4.57
2.62	5.75	243.41	4.85
2.63	5.81	247.26	3.82
2.64	5.79	256.81	4.01
2.65	5.79	259.37	3.17
2.66	5.79	261.96	2.70
2.67	5.79	269.71	-0.65
2.68	5.79	269.71	-1.21
2.69	5.84	273.14	-1.37
2.70	5.89	270.44	-1.45
2.71	5.98	269.24	-1.43
2.72	6.02	264.76	-1.42
2.73	5.94	258.37	-1.21
2.74	5.89	254.35	-1.40
2.75	5.85	240.91	-0.84
2.76	5.64	235.03	0.09
2.77	5.64	227.38	0.09
2.78	5.36	221.73	2.05
2.79	5.21	213.81	1.12
2.80	5.08	197.09	1.96
2.81	4.76	191.00	2.24
2.82	4.70	184.68	1.49
2.83	4.56	177.56	1.21
2.84	4.17	170.45	-0.47
2.85	3.92	170.45	-0.82
2.86	3.39	124.20	-1.17
2.87	3.21	119.51	-1.03
2.88	3.05	115.45	-1.03
2.89	2.43	109.90	-0.96
2.90	2.38	107.41	-0.88
2.91	2.38	99.46	-0.56
2.92	2.38	95.27	0.09
2.93	2.39	87.55	0.09
2.94	2.40	87.55	0.09
2.95	2.40	82.30	-4.20
2.96	2.57	81.44	-4.29
2.97	2.63	81.50	-4.85
2.98	2.63	79.81	-6.06
2.99	2.67	79.61	-5.13
3.00	2.67	79.61	-6.18

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA


GEO-V srl Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO e-mail: geovsr@gmail.com cell: 3474935672							
Committente Dott. Geol. Franchi Valeriano Località Modena (MO) Cantiere Via Giardini Data 30/04/2024 Preforo Falda 4,65				Prova CPTu1 Punta Pagani MKS988			
H	qc	Is	U	H	qc	Is	U
(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)	(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)
3.01	2.68	79.61	-6.34	3.51	5.16	261.95	-0.81
3.02	2.85	79.81	-6.37	3.52	5.18	260.66	-0.70
3.03	2.85	79.81	-6.34	3.53	5.21	260.51	-0.47
3.04	2.92	81.40	-6.30	3.54	5.32	260.36	0.56
3.05	2.96	83.16	-6.22	3.55	5.37	260.62	0.09
3.06	3.02	87.49	-5.50	3.56	5.36	279.99	0.09
3.07	2.99	89.81	-4.57	3.57	5.34	278.02	0.09
3.08	3.00	92.51	-4.38	3.58	5.32	276.03	0.09
3.09	3.09	101.35	-4.38	3.59	5.31	274.53	0.09
3.10	3.22	106.41	-4.01	3.60	5.30	274.07	0.09
3.11	3.53	113.46	-3.54	3.61	5.31	269.21	0.28
3.12	3.50	125.03	-3.77	3.62	5.31	268.27	
3.13	3.62	131.55	-3.70	3.63	5.36	263.45	-0.26
3.14	3.74	138.90	-3.63	3.64	5.44	247.30	
3.15	3.92	150.23	-3.36	3.65	5.52	243.94	-0.56
3.16	3.97	154.92	-3.50	3.66	5.60	239.65	-1.49
3.17	3.91	166.40	-3.33	3.67	5.71	233.83	-2.68
3.18	3.87	173.61	-3.17	3.68	5.77	230.51	-3.16
3.19	3.89	182.46	-3.17	3.69	5.85	226.15	-3.38
3.20	3.86	196.82	-2.61	3.70	5.95	225.35	-3.38
3.21	3.86	206.90	-2.24	3.71	6.05	222.09	-3.38
3.22	3.86	214.44	-1.86	3.72	6.09	219.47	-3.36
3.23	3.86	228.98	-1.40	3.73	6.14	218.27	-3.40
3.24	3.86	232.27	-0.84	3.74	6.19	215.41	-3.45
3.25	3.96	235.29	-1.03	3.75	6.34	215.23	-3.36
3.26	4.08	240.05	-1.27	3.76	6.53	215.15	-4.01
3.27	4.06	243.71	-1.40	3.77	6.91	215.08	-4.29
3.28	4.07	251.26	-1.42	3.78	6.68	218.70	-5.50
3.29	4.06	252.72	-1.43	3.79	6.78	213.88	-6.43
3.30	4.06	254.41	-1.37	3.80	6.82	209.69	-6.88
3.31	4.07	259.30	-1.31	3.81	6.94	203.17	-7.32
3.32	4.08	259.83	-1.03	3.82	6.88	201.88	-7.27
3.33	4.13	262.99	-1.12	3.83	6.92	200.76	-7.37
3.34	4.22	266.12	-0.65	3.84	6.92	199.65	-7.38
3.35	4.31	267.95	-0.65	3.85	6.81	199.65	-7.38
3.36	4.27	265.72	-0.70	3.86	6.81	174.84	-7.38
3.37	4.27	262.13	-0.75	3.87	6.81	168.42	-7.37
3.38	4.27	262.06	-0.89	3.88	6.81	163.17	-6.90
3.39	4.27	261.86	-0.89	3.89	6.81	158.35	-6.53
3.40	4.41	261.84	-0.89	3.90	6.89	156.55	-5.97
3.41	4.47	261.84	-0.88	3.91	6.95	149.97	-5.69
3.42	4.46	261.85	-0.84	3.92	6.99	148.27	-5.92
3.43	4.47	262.73	-0.75	3.93	6.99	148.94	-5.47
3.44	4.48	264.56	-0.37	3.94	7.06	146.36	-5.02
3.45	4.51	267.32	-0.95	3.95	7.13	146.45	-4.91
3.46	4.58	267.15	-0.77	3.96	7.16	146.54	-4.48
3.47	4.78	269.38	-0.89	3.97	7.20	146.94	-5.03
3.48	4.97	272.47	-0.84	3.98	7.14	147.34	-5.50
3.49	5.04	277.42	-0.85	3.99	7.05	151.86	-5.41
3.50	5.09	281.71	-0.83	4.00	7.00	155.99	-5.59


GEO-V srl Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO e-mail: geovsr@gmail.com cell: 3474935672							
Committente Dott. Geol. Franchi Valeriano Località Modena (MO) Cantiere Via Giardini Data 30/04/2024 Preforo Falda 4,65				Prova CPTu1 Punta Pagani MKS988			
H	qc	Is	U	H	qc	Is	U
(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)	(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)
4.51	4.85	121.27	-6.25	5.01	2.82	149.00	34.55
4.52	4.83	124.26	-5.87	5.02	2.78	145.21	34.52
4.53	4.78	129.05	-6.25	5.03	2.73	143.35	34.50
4.54	4.65	142.22	-6.15	5.04	2.71	140.29	34.69
4.55	4.56	146.18	-6.34	5.05	2.71	138.03	33.47
4.56	4.44	150.10	-6.43	5.06	2.67	134.31	33.57
4.57	4.30	160.78	-6.42	5.07	2.62	132.74	33.38
4.58	4.02	165.96	-6.42	5.08	2.48	130.82	31.70
4.59	3.78	172.55	-6.38	5.09	2.40	126.99	31.42
4.60	3.69	175.47	-6.29	5.10	2.35	124.73	30.96
4.61	3.54	185.34	-5.87	5.11	2.23	121.29	30.58
4.62	3.51	187.84	-4.81	5.12	2.16	119.56	30.68
4.63	3.62	188.91	-2.61	5.13	2.11	117.38	30.21
4.64	3.83	188.57	-0.19	5.14	2.03	114.32	29.93
4.65	3.66	189.67	-0.09	5.15	1.89	108.24	29.48
4.66	3.78	192.13	1.21	5.16	1.82	105.61	29.00
4.67	3.92	194.09	2.42	5.17	1.74	100.48	29.15
4.68	4.15	195.86	1.96	5.18	1.63	97.86	28.81
4.69	4.19	196.89	3.08	5.19	1.59	94.90	28.25
4.70	4.18	196.92	4.66	5.20	1.48	91.94	28.11
4.71	4.22	198.55	4.20	5.21	1.43	85.86	27.98
4.72	4.26	199.85	2.89	5.22	1.41	83.06	28.07
4.73	4.35	201.74	2.79	5.23	1.38	80.47	27.97
4.74	4.40	203.44	2.75	5.24	1.31	75.75	27.51
4.75	4.37	204.54	2.74	5.25	1.29	73.72	27.51
4.76	4.25	203.24	2.74	5.26	1.26	71.59	27.51
4.77	4.13	201.68	2.74	5.27	1.24	69.30	27.51
4.78	4.05	200.21	2.74	5.28	1.22	65.81	27.52
4.79	3.82	198.75	2.80	5.29	1.20	64.51	27.80
4.80	3.69	192.37	3.08	5.30	1.19	61.95	27.56
4.81	3.55	190.04	4.85	5.31	1.18	60.99	27.66
4.82	3.49	186.33	4.65	5.32	1.16	59.85	27.76
4.83	3.41	182.75	4.94	5.33	1.13	57.79	28.81
4.84	3.33	178.93	5.03	5.34	1.12	56.83	29.84
4.85	3.17	178.93	6.34	5.35	1.12	56.10	30.30
4.86	3.11	172.75	11.56	5.36	1.11	55.70	30.98
4.87	3.02	169.19	18.74	5.37	1.10	54.17	32.26
4.88	2.97	165.96	22.38	5.38	1.10	53.54	37.02
4.89	2.95	164.23	28.34	5.39	1.10	53.44	45.41
4.90	2.95	156.69	30.68	5.40	1.10	53.34	47.83
4.91	2.95	152.83	33.01	5.41	1.10	53.17	50.44
4.92	2.96	151.92	34.97	5.42	1.10	53.17	56.22
4.93	2.97	151.47	34.97	5.43	1.11	53.14	59.30
4.94	3.00	151.37	37.58	5.44	1.12	53.20	62.75
4.95	3.07	151.35	40.19	5.45	1.13	53.27	66.48
4.96	3.06	151.35	37.53	5.46	1.16	53.39	73.19
4.97	3.00	151.57	36.90	5.47	1.17	53.64	76.18
4.98	2.95	151.80	36.27	5.48	1.18	54.04	79.25
4.99	2.87	152.16	35.71	5.49	1.19	54.10	79.91
5.00	2.86	151.60	34.78	5.50	1.19	54.20	80.19

Dott. Geol. Valeriano Franchi

v.le Caduti in Guerra, 1 41121 Modena 059/226540

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA


GEO-V srl Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO e-mail: geovsrl@gmail.com cell: 3474935672							
Committente Dott. Geol. Franchi Valeriano Località Modena (MO) Cantiere Via Giardini Data 30/04/2024 Preforo				Prova CPTu1 Punta Pagani MKS988			
Falda 4.85							
H	qc	fs	U	H	qc	fs	U
(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)	(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)
6.01	1.21	55.43	119.47	6.51	1.48	92.01	133.52
6.02	1.21	55.73	119.58	6.52	1.48	93.31	132.77
6.03	1.21	56.16	119.81	6.53	1.48	94.77	130.91
6.04	1.21	56.63	121.12	6.54	1.48	95.17	129.98
6.05	1.22	56.76	123.92	6.55	1.48	96.00	129.88
6.06	1.24	57.18	128.58	6.56	1.50	96.57	129.89
6.07	1.24	57.99	128.78	6.57	1.50	96.57	129.89
6.08	1.27	60.25	129.23	6.58	1.50	95.50	129.83
6.09	1.29	61.25	129.14	6.59	1.51	94.94	130.02
6.10	1.31	61.95	129.42	6.60	1.52	93.47	130.61
6.11	1.32	62.78	129.88	6.61	1.52	92.91	131.75
6.12	1.35	62.98	130.18	6.62	1.52	92.47	132.88
6.13	1.35	63.48	130.44	6.63	1.53	91.74	132.40
6.14	1.36	64.41	130.26	6.64	1.53	91.05	132.06
6.15	1.38	64.94	130.83	6.65	1.53	89.68	133.43
6.16	1.38	65.04	131.00	6.66	1.53	89.25	134.08
6.17	1.40	66.37	131.75	6.67	1.53	88.75	134.64
6.18	1.41	66.64	131.93	6.68	1.53	88.38	134.64
6.19	1.42	66.47	132.77	6.69	1.54	87.72	134.73
6.20	1.42	66.50	133.05	6.70	1.54	86.22	134.54
6.21	1.43	66.54	133.43	6.71	1.52	84.03	134.47
6.22	1.43	66.67	133.71	6.72	1.51	82.93	134.44
6.23	1.44	67.04	134.36	6.73	1.51	81.50	134.41
6.24	1.44	67.77	134.27	6.74	1.47	78.58	134.55
6.25	1.45	69.46	134.84	6.75	1.47	76.78	134.36
6.26	1.46	70.16	134.83	6.76	1.44	76.78	134.15
6.27	1.46	71.39	134.83	6.77	1.44	71.06	134.05
6.28	1.47	71.39	134.55	6.78	1.43	69.36	134.00
6.29	1.50	71.83	134.27	6.79	1.43	67.97	134.04
6.30	1.50	72.18	133.99	6.80	1.43	64.68	134.09
6.31	1.52	72.82	133.61	6.81	1.43	62.91	134.36
6.32	1.53	74.39	133.05	6.82	1.43	61.72	134.36
6.33	1.52	75.55	132.99	6.83	1.43	61.10	134.64
6.34	1.51	75.95	132.98	6.84	1.43	60.49	134.83
6.35	1.50	76.51	133.06	6.85	1.42	60.49	134.83
6.36	1.48	76.85	133.15	6.86	1.42	58.52	137.44
6.37	1.48	77.21	133.01	6.87	1.42	54.66	138.74
6.38	1.48	77.11	132.96	6.88	1.42	54.46	140.05
6.39	1.48	77.19	132.94	6.89	1.42	54.45	142.28
6.40	1.48	77.28	132.95	6.90	1.41	54.47	144.82
6.41	1.48	78.81	132.96	6.91	1.41	54.48	145.08
6.42	1.48	79.64	132.98	6.92	1.41	54.57	145.64
6.43	1.48	79.64	133.01	6.93	1.41	55.03	145.64
6.44	1.48	80.70	133.11	6.94	1.42	55.63	145.68
6.45	1.47	81.24	133.33	6.95	1.45	56.56	145.71
6.46	1.47	82.53	134.83	6.96	1.46	56.93	145.78
6.47	1.47	85.06	134.92	6.97	1.47	57.29	146.39
6.48	1.47	86.56	134.84	6.98	1.50	57.73	146.82
6.49	1.48	87.59	134.45	6.99	1.51	58.13	150.49
6.50	1.48	88.88	133.99	7.00	1.52	59.42	154.13


GEO-V srl Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO e-mail: geovsrl@gmail.com cell: 3474935672							
Committente Dott. Geol. Franchi Valeriano Località Modena (MO) Cantiere Via Giardini Data 30/04/2024 Preforo				Prova CPTu1 Punta Pagani MKS988			
Falda 4.85							
H	qc	fs	U	H	qc	fs	U
(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)	(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)
7.51	1.86	86.89	237.20	8.01	1.56	86.42	261.91
7.52	1.90	88.22	237.25	8.02	1.52	83.90	260.23
7.53	1.94	89.22	237.30	8.03	1.47	81.50	259.81
7.54	1.95	92.24	245.69	8.04	1.43	78.48	259.81
7.55	1.98	93.34	248.39	8.05	1.39	71.66	259.85
7.56	2.00	93.61	251.94	8.06	1.37	68.57	259.90
7.57	2.01	94.80	252.67	8.07	1.36	64.94	260.14
7.58	2.03	95.17	259.86	8.08	1.35	60.59	262.47
7.59	2.03	95.86	265.36	8.09	1.35	54.40	264.80
7.60	2.05	96.03	271.42	8.10	1.34	52.27	265.83
7.61	2.08	96.93	275.06	8.11	1.31	49.81	268.90
7.62	2.06	96.06	282.33	8.12	1.30	44.96	272.28
7.63	2.06	96.42	292.31	8.13	1.29	42.50	275.62
7.64	2.06	100.46	292.56	8.14	1.29	40.57	280.56
7.65	2.07	101.79	292.50	8.15	1.29	38.34	284.76
7.66	2.05	102.62	292.61	8.16	1.29	38.16	286.62
7.67	2.03	102.52	292.63	8.17	1.29	38.07	287.37
7.68	2.01	102.38	292.71	8.18	1.31	38.10	294.92
7.69	1.98	102.25	294.55	8.19	1.36	38.12	301.63
7.70	1.98	101.92	294.36	8.20	1.38	38.97	302.94
7.71	1.95	100.32	297.01	8.21	1.45	40.47	308.07
7.72	1.96	100.16	296.67	8.22	1.48	44.23	311.81
7.73	1.93	99.99	304.99	8.23	1.50	46.39	317.67
7.74	1.89	100.36	306.48	8.24	1.55	48.68	321.40
7.75	1.87	99.86	310.77	8.25	1.63	51.31	325.02
7.76	1.87	99.82	313.01	8.26	1.66	56.00	325.62
7.77	1.87	99.21	315.34	8.27	1.70	59.99	336.02
7.78	1.84	99.13	317.58	8.28	1.71	62.12	341.07
7.79	1.87	99.13	318.92	8.29	1.71	64.31	344.15
7.80	1.89	99.25	318.99	8.30	1.72	65.94	343.68
7.81	1.90	99.38	317.07	8.31	1.70	67.70	343.77
7.82	1.89	99.82	317.28	8.32	1.68	70.50	343.87
7.83	1.89	100.95	318.14	8.33	1.67	71.29	344.24
7.84	1.89	100.95	319.44	8.34	1.65	72.22	349.56
7.85	1.89	101.37	320.65	8.35	1.62	72.96	354.69
7.86	1.89	101.79	321.21	8.36	1.60	73.69	357.58
7.87	1.90	102.48	321.68	8.37	1.58	75.85	359.72
7.88	1.91	102.92	324.20	8.38	1.58	75.85	358.69
7.89	1.89	104.38	323.08	8.39	1.57	75.85	359.16
7.90	1.88	105.04	322.80	8.40	1.57	74.72	359.63
7.91	1.87	105.14	321.77	8.41	1.57	73.92	363.45
7.92	1.86	105.51	321.73	8.42	1.57	71.99	364.20
7.93	1.88	105.11	321.68	8.43	1.56	71.46	364.94
7.94	1.88	104.71	321.68	8.44	1.56	70.53	365.50
7.95	1.87	104.21	321.14	8.45	1.56	69.30	371.28
7.96	1.84	101.52	323.75	8.46	1.55	66.70	383.50
7.97	1.80	97.75	322.15	8.47	1.55	66.56	383.50
7.98	1.71	96.20	321.38	8.48	1.55	66.56	384.20
7.99	1.68	94.37	321.32	8.49	1.55	66.57	384.90
8.00	1.65	91.78	321.28	8.50	1.55	66.57	391.70

Dott. Geol. Valeriano Franchi

v.le Caduti in Guerra, 1 41121 Modena 059/226540

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA


GEO-V srl Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO e-mail: geovsrl@gmail.com cell: 3474935672							
Committente Dott. Geol. Franchi Valeriano				Prova CPTu1			
Località Modena (MO)				Punta Pagani MKS988			
Cantiere Via Giardini							
Data 30/04/2024							
Preforo				Falda 4,65			
H	qc	ts	U	H	qc	ts	U
(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)	(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)
9.01	1.62	109.03	292.77	9.51	1.64	110.43	366.81
9.02	1.59	107.97	286.34	9.52	1.64	109.67	368.39
9.03	1.55	107.47	283.82	9.53	1.65	108.40	375.94
9.04	1.53	106.14	284.10	9.54	1.66	104.41	380.42
9.05	1.52	105.44	282.32	9.55	1.69	103.45	394.43
9.06	1.50	104.05	282.61	9.56	1.75	103.45	392.07
9.07	1.49	102.78	280.37	9.57	1.76	103.45	393.85
9.08	1.48	101.49	275.52	9.58	1.81	103.48	397.39
9.09	1.48	99.46	275.17	9.59	1.81	103.60	408.25
9.10	1.48	98.59	275.00	9.60	1.84	104.21	415.85
9.11	1.49	97.40	274.95	9.61	1.84	105.08	419.77
9.12	1.47	97.10	274.98	9.62	1.85	105.01	413.99
9.13	1.46	97.23	275.01	9.63	1.83	105.27	411.56
9.14	1.45	95.80	275.24	9.64	1.80	105.44	410.83
9.15	1.38	95.00	281.21	9.65	1.75	105.91	396.83
9.16	1.36	95.57	283.26	9.66	1.70	105.97	394.31
9.17	1.36	94.90	283.73	9.67	1.68	107.74	385.83
9.18	1.36	94.37	285.59	9.68	1.65	108.24	378.09
9.19	1.36	93.27	285.87	9.69	1.60	104.08	376.22
9.20	1.36	92.61	285.71	9.70	1.58	98.49	374.84
9.21	1.36	91.78	285.70	9.71	1.55	95.73	371.75
9.22	1.37	91.44	285.73	9.72	1.53	88.95	371.79
9.23	1.42	90.25	285.76	9.73	1.52	86.59	371.82
9.24	1.45	90.08	286.11	9.74	1.53	85.33	371.95
9.25	1.48	90.09	287.93	9.75	1.48	83.50	372.21
9.26	1.50	90.11	287.55	9.76	1.47	79.71	381.63
9.27	1.51	90.16	289.04	9.77	1.46	77.44	382.35
9.28	1.52	90.28	289.42	9.78	1.46	74.42	389.18
9.29	1.52	91.05	289.98	9.79	1.45	65.77	379.58
9.30	1.56	92.54	293.69	9.80	1.42	62.05	376.78
9.31	1.58	94.60	295.57	9.81	1.37	59.82	368.94
9.32	1.62	96.33	298.00	9.82	1.34	57.94	365.07
9.33	1.66	98.49	298.18	9.83	1.31	56.26	363.23
9.34	1.69	101.75	297.25	9.84	1.27	56.26	363.38
9.35	1.70	103.02	295.85	9.85	1.19	44.69	363.54
9.36	1.72	104.48	291.75	9.86	1.14	41.86	364.29
9.37	1.77	108.10	282.61	9.87	1.10	41.86	365.31
9.38	1.80	109.30	282.86	9.88	1.07	39.27	360.56
9.39	1.79	110.63	283.11	9.89	1.06	37.81	357.30
9.40	1.77	114.45	283.62	9.90	1.06	36.28	356.64
9.41	1.76	115.98	284.06	9.91	1.06	35.33	355.85
9.42	1.75	116.18	284.36	9.92	1.05	34.99	355.05
9.43	1.73	115.77	311.52	9.93	1.06	34.55	355.06
9.44	1.70	115.80	317.67	9.94	1.09	34.40	353.46
9.45	1.69	115.84	322.70	9.95	1.10	34.42	353.28
9.46	1.67	115.92	334.27	9.96	1.10	34.43	353.33
9.47	1.67	116.38	337.90	9.97	1.14	34.52	353.40
9.48	1.66	116.05	343.88	9.98	1.17	34.58	354.31
9.49	1.64	112.56	357.85	9.99	1.21	35.01	357.48
9.50	1.64	111.66	363.17	10.00	1.26	36.11	361.21

GEO-V srl Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO e-mail: geovsrl@gmail.com cell: 3474935672							
Committente Dott. Geol. Franchi Valeriano				Prova CPTu1			
Località Modena (MO)				Punta Pagani MKS988			
Cantiere Via Giardini							
Data 30/04/2024							
Preforo				Falda 4,65			
H	qc	ts	U	H	qc	ts	U
(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)	(m)	(MPa)	(KPa)	(KPa)
10.51	1.94	143.31	490.63	11.01	2.21	105.18	589.37
10.52	1.98	143.71	488.72	11.02	2.20	113.32	613.99
10.53	2.00	144.58	488.75	11.03	2.20	116.42	599.44
10.54	2.00	145.55	488.78	11.04	2.21	114.36	631.42
10.55	2.02	146.14	488.87	11.05	2.21	114.52	666.39
10.56	2.04	146.74	489.05	11.06	2.24	115.03	680.70
10.57	2.05	146.54	489.00	11.07	2.28	115.55	662.02
10.58	2.05	147.44	508.57	11.08	2.32	116.98	663.34
10.59	2.07	146.24	498.93	11.09	2.32	120.17	668.52
10.60	2.09	146.31	499.00	11.10	2.32	122.70	682.33
10.61	2.12	145.59	496.07	11.11	2.30	127.12	715.90
10.62	2.14	145.54	501.48	11.12	2.29	128.15	743.78
10.63	2.14	145.52	507.30	11.13	2.28	130.78	720.75
10.64	2.15	145.89	519.25	11.14	2.27	137.76	723.17
10.65	2.17	145.85	535.20	11.15	2.27	139.00	714.59
10.66	2.19	148.24	539.67	11.16	2.27	140.76	696.22
10.67	2.19	148.94	551.98	11.17	2.27	144.78	674.78
10.68	2.20	147.34	554.69	11.18	2.27	143.32	673.94
10.69	2.20	145.71	566.43	11.19	2.27	142.26	673.77
10.70	2.22	143.12	566.99	11.20	2.28	142.25	674.29
10.71	2.20	141.59	573.89	11.21	2.30	142.26	674.80
10.72	2.20	141.08	568.54	11.22	2.32	142.26	677.25
10.73	2.17	139.73	558.82	11.23	2.35	142.85	691.00
10.74	2.12	137.43	559.06	11.24	2.40	143.98	696.41
10.75	2.08	134.81	572.16	11.25	2.42	145.25	720.58
10.76	2.03	131.48	579.21	11.26	2.44	145.61	782.58
10.77	2.02	128.99	582.35	11.27	2.46	147.54	775.28
10.78	2.01	117.58	570.72	11.28	2.58	152.13	740.51
10.79	2.01	112.59	567.80	11.29	2.60	164.27	729.49
10.80	1.98	108.30	564.39	11.30	2.59	170.85	724.18
10.81	1.98	103.65	562.83	11.31	2.60	175.61	723.95
10.82	1.97	102.86	562.31	11.32	2.61	181.13	723.90
10.83	1.90	102.08	562.61	11.33	2.62	181.92	724.89
10.84	1.90	102.08	562.91	11.34	2.62	182.12	725.87
10.85	1.90	87.25	568.97	11.35	2.61	181.46	728.44
10.86	1.90	85.06	565.03	11.36	2.59	178.20	731.01
10.87	1.90	84.39	569.23	11.37	2.57	173.48	741.43
10.88	1.90	84.02	566.25	11.38	2.49	169.69	764.38
10.89	1.93	84.03	567.67	11.39	2.48	161.77	781.35
10.90	1.94	84.05	569.09	11.40	2.46	155.88	777.82
10.91	1.95	84.09	572.58	11.41	2.47	153.39	777.94
10.92	1.95	84.38	572.59	11.42	2.47	152.29	777.79
10.93	1.97	85.89	572.59	11.43	2.44	152.05	777.82
10.94	1.98	87.95	572.35	11.44	2.42	152.04	782.38
10.95	2.05	90.31	572.31	11.45	2.42	152.04	780.05
10.96	2.05	94.37	572.80	11.46	2.41	152.03	756.08
10.97	2.09	94.67	573.29	11.47	2.41	152.06	753.66
10.98	2.11	96.40	574.27	11.48	2.39	150.80	739.67
10.99	2.14	97.90	576.41	11.49	2.37	148.17	725.69
11.00	2.19	101.69	579.21	11.50	2.33	146.21	728.21

Dott. Geol. Valeriano Franchi

v.le Caduti in Guerra, 1 41121 Modena 059/226540

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

GEO-V srl Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO e-mail: geovsr@gmail.com cell: 3474935672							
Committente Dott. Geol. Franchi Valeriano Località Modena (MO) Cantiere Via Giardini Data 30/04/2024 Preforo				Falda 4,65			
Prova CPTu1 Punta Pagani MKS988							
H	qc	Is	U	H	qc	Is	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]	[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
12.01	2.10	98.86	494.45	12.51	24.17	315.73	-53.07
12.02	2.04	98.43	395.40	12.52	24.85	344.43	-53.40
12.03	1.91	95.90	300.98	12.53	25.13	350.78	-53.38
12.04	1.84	93.87	269.05	12.54	24.92	274.30	-53.35
12.05	1.78	92.18	253.78	12.55	25.32	281.83	-52.49
12.06	1.74	91.91	250.28	12.56	25.71	258.90	-46.32
12.07	1.66	91.78	248.56	12.57	29.93	238.99	-45.87
12.08	1.64	90.05	247.77				
12.09	1.61	88.59	249.08				
12.10	1.55	84.10	250.35				
12.11	1.52	82.20	259.39				
12.12	1.50	79.97	262.10				
12.13	1.48	74.12	261.82				
12.14	1.45	71.83	262.94				
12.15	1.42	68.90	264.15				
12.16	1.39	65.54	265.36				
12.17	1.37	59.69	270.77				
12.18	1.33	57.13	286.15				
12.19	1.32	54.43	298.18				
12.20	1.32	50.74	347.80				
12.21	1.32	49.48	370.26				
12.22	1.32	48.32	401.96				
12.23	1.32	47.19	408.15				
12.24	1.32	45.79	408.81				
12.25	1.32	44.86	408.72				
12.26	1.32	44.13	410.63				
12.27	1.32	42.13	412.87				
12.28	1.33	41.37	413.05				
12.29	1.33	40.38	420.51				
12.30	1.31	39.88	421.45				
12.31	1.30	39.85	422.38				
12.32	1.30	39.95	422.75				
12.33	1.30	40.04	435.43				
12.34	1.30	45.81	447.27				
12.35	1.31	51.18	459.77				
12.36	1.32	50.78	498.50				
12.37	1.39	53.17	544.80				
12.38	1.70	81.57	591.52				
12.39	2.49	91.81	685.36				
12.40	4.60	188.09	798.46				
12.41	6.90	166.03	682.24				
12.42	12.63	186.09	309.74				
12.43	14.42	205.87	305.83				
12.44	17.22	224.89	220.14				
12.45	18.95	236.89	146.01				
12.46	21.73	253.42	14.55				
12.47	23.67	294.05	-21.28				
12.48	23.61	286.70	-42.89				
12.49	23.95	286.87	-45.41				
12.50	24.29	287.03	-50.54				

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPTU1**

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm ²)
Eu:	Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm ²)
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
Puv:	Peso unità di volume (t/m ³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Vs:	Velocità onde di taglio (m/s)

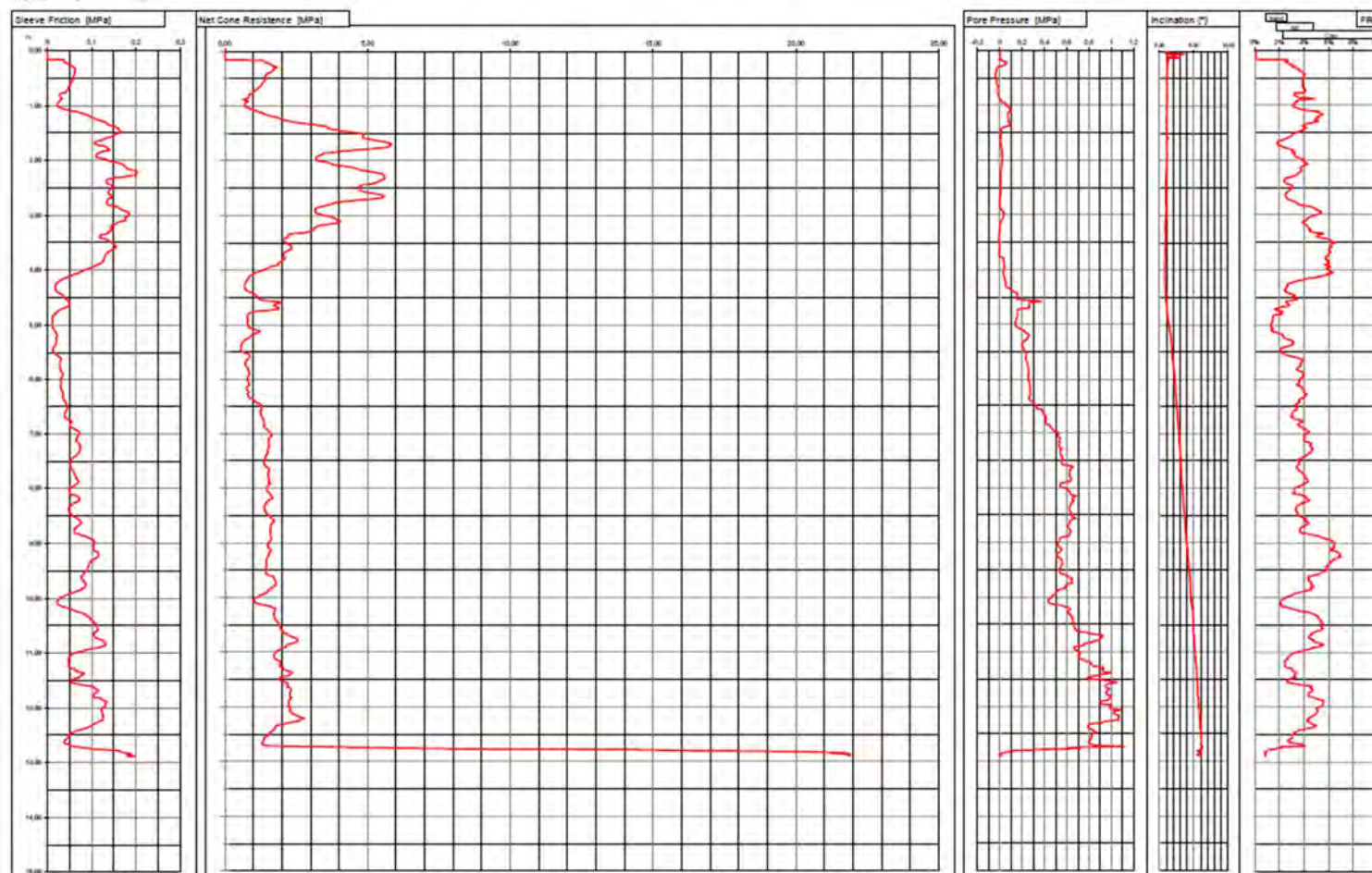
Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0,11	CI	0,2	0,0	19,6	58,6	7,9	1,7	1,8	35,0	18,5	6,7	185,53
2	1,00	C	1,1	0,0	44,3	186,0	4,7	2,0	2,1	--	--	--	246,50
3	2,30	I	--	--	114,5	395,7	5,2	1,8	2,1	73,5	38	152,6	386,75
4	5,15	CI	2,4	0,0	96,0	298,2	1,4	2,1	2,2	48,5	38,6	96,0	346,86
5	12,43	C	0,9	0,0	46,7	160,5	<0.5	1,9	2,0	--	--	--	234,98
6	12,57	I	--	--	364,1	802,5	3,3	1,9	2,2	83,6	45,0	485,5	507,61

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA


Committente: Dott. Geol. Franchi Valeriano
 Località: Modena (MO)
 Cantiere: Via Giardini
 Operatore: Dott. Benelli Christian
 Prova nr.: CPTU2
 Data: 30/04/2024
 Falda: 4,30
 Preforo: 0




Geo-Service S.p.A.
 Servizi Geotecnici - C/O di Via Po 100
 e-mail: geoservice@geoservice.it
 web: www.geoservice.it



RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA


GEO-V srl Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO e-mail: geovsrl@gmail.com cell: 3474935672							
Committente	Dott. Geol. Franchi Valeriano			Prova	CPTu2		
Località	Modena (MO)			Punta	Pagani MKS988		
Cantiere	Via Giardini						
Data	30/04/2024						
Preforo		Falda	4,30				
H	qc	fs	U	H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]	[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.73	23.31	36.66
0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.75	23.01	75.15
0.03	0.01	0.01	0.01	0.03	0.78	26.07	80.28
0.04	0.01	0.01	0.01	0.04	0.83	28.53	83.45
0.05	0.01	0.01	0.01	0.05	0.85	31.66	86.41
0.06	0.01	0.01	0.01	0.06	0.95	35.01	89.79
0.07	0.01	0.01	0.01	0.07	1.00	38.64	90.07
0.08	0.01	0.01	0.01	0.08	1.06	43.26	90.16
0.09	0.01	0.01	0.01	0.09	1.14	48.48	93.61
0.10	0.01	0.01	0.01	0.10	1.14	54.10	93.61
0.11	0.01	0.01	0.01	0.11	1.17	63.81	95.45
0.12	0.01	0.01	0.01	0.12	1.28	68.97	95.80
0.13	0.01	0.01	0.01	0.13	1.32	71.79	74.03
0.14	0.01	0.01	0.01	0.14	1.35	76.48	72.40
0.15	0.01	0.01	0.01	0.15	1.39	81.07	71.99
0.16	0.01	0.01	0.01	0.16	1.46	84.06	71.79
0.17	1.38	38.11	-5.97	0.17	1.52	88.32	71.69
0.18	1.38	37.24	22.10	0.18	1.58	92.11	71.70
0.19	1.38	37.08	31.42	0.19	1.63	94.07	71.70
0.20	1.38	36.99	31.69	0.20	1.76	94.07	72.54
0.21	1.45	37.47	59.49	0.21	1.82	99.26	73.19
0.22	1.50	37.94	59.95	0.22	1.97	100.59	74.22
0.23	1.53	44.43	53.99	0.23	1.93	102.22	74.13
0.24	1.62	46.72	58.28	0.24	1.98	105.64	74.78
0.25	1.63	46.72	51.75	0.25	2.04	110.23	76.27
0.26	1.67	51.87	37.48	0.26	2.08	110.23	76.79
0.27	1.67	54.57	37.30	0.27	2.23	112.66	76.74
0.28	1.75	56.23	37.02	0.28	2.30	121.80	77.76
0.29	1.84	57.59	-12.68	0.29	2.30	125.59	77.76
0.30	1.84	57.59	-12.68	0.30	2.45	128.55	81.96
0.31	1.76	59.09	-26.42	0.31	2.61	132.88	81.77
0.32	1.74	60.75	-28.07	0.32	2.76	134.01	83.45
0.33	1.72	62.12	-28.90	0.33	2.85	134.24	86.53
0.34	1.72	62.12	-28.90	0.34	3.19	134.44	93.89
0.35	1.67	63.51	-29.23	0.35	3.19	137.30	93.89
0.36	1.67	62.71	-29.56	0.36	3.35	141.92	95.29
0.37	1.65	62.58	-29.28	0.37	3.55	141.92	92.31
0.38	1.62	62.36	-29.54	0.38	3.59	150.23	67.59
0.39	1.62	62.32	-29.54	0.39	3.58	154.32	52.03
0.40	1.56	62.08	-34.90	0.40	3.60	155.59	37.76
0.41	1.50	62.03	-37.55	0.41	3.61	158.76	24.71
0.42	1.46	61.98	-39.53	0.42	3.70	157.32	15.00
0.43	1.46	61.98	-39.53	0.43	3.76	161.14	13.61
0.44	1.44	61.35	-39.70	0.44	3.93	161.44	12.45
0.45	1.42	60.32	-39.37	0.45	4.02	161.44	11.28
0.46	1.42	59.29	-39.04	0.46	4.02	164.80	11.28
0.47	1.42	58.32	-38.37	0.47	4.27	164.70	11.00
0.48	1.42	58.23	-37.02	0.48	4.45	166.13	10.59
0.49	1.43	58.13	-35.24	0.49	4.63	164.43	10.87
0.50	1.43	57.89	-33.47	0.50	4.73	164.43	10.84


GEO-V srl Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO e-mail: geovsrl@gmail.com cell: 3474935672							
Committente	Dott. Geol. Franchi Valeriano			Prova	CPTu2		
Località	Modena (MO)			Punta	Pagani MKS988		
Cantiere	Via Giardini						
Data	30/04/2024						
Preforo		Falda	4,30				
H	qc	fs	U	H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]	[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
1.51	4.85	159.74	11.10	2.01	3.33	138.73	22.56
1.52	4.89	155.59	10.63	2.02	3.50	142.28	20.82
1.53	4.85	153.63	8.58	2.03	3.63	150.33	19.81
1.54	4.85	151.30	8.58	2.04	3.63	155.69	19.07
1.55	4.83	150.73	8.49	2.05	3.70	160.04	18.63
1.56	4.82	145.25	8.48	2.06	3.74	164.03	18.93
1.57	4.82	145.25	8.48	2.07	3.77	170.35	18.55
1.58	4.83	140.62	8.48	2.08	3.87	170.22	17.34
1.59	4.85	134.97	8.48	2.09	4.02	175.71	16.79
1.60	4.98	131.95	5.69	2.10	4.19	173.34	15.50
1.61	5.08	128.99	4.10	2.11	4.31	175.61	14.93
1.62	5.19	127.36	3.50	2.12	4.45	175.17	14.71
1.63	5.29	124.13	3.49	2.13	4.53	177.57	14.50
1.64	5.36	121.14	3.53	2.14	4.59	177.34	14.64
1.65	5.60	113.39	3.56	2.15	4.67	179.40	14.36
1.66	5.60	109.13	3.71	2.16	4.69	182.46	13.99
1.67	5.71	107.36	4.38	2.17	4.75	185.52	13.15
1.68	5.76	107.36	5.76	2.18	4.84	192.33	11.75
1.69	5.82	107.44	10.16	2.19	5.01	200.08	10.16
1.70	5.84	107.82	9.04	2.20	5.09	200.25	9.23
1.71	5.79	108.77	10.26	2.21	5.23	201.94	9.04
1.72	5.81	113.19	11.56	2.22	5.32	200.94	9.23
1.73	5.76	116.72	10.54	2.23	5.43	201.18	6.11
1.74	5.75	127.49	10.89	2.24	5.52	201.24	6.71
1.75	5.73	130.88	11.23	2.25	5.54	200.74	6.57
1.76	5.60	130.88	13.33	2.26	5.57	199.22	6.52
1.77	5.38	135.14	12.31	2.27	5.58	199.22	6.47
1.78	5.21	135.44	12.68	2.28	5.58	187.54	6.71
1.79	4.99	136.80	14.05	2.29	5.58	181.39	6.15
1.80	4.86	141.09	18.55	2.30	5.58	175.57	5.87
1.81	4.46	141.09	19.95	2.31	5.59	167.39	5.81
1.82	4.32	141.09	18.53	2.32	5.59	149.37	5.80
1.83	3.99	127.69	18.46	2.33	5.60	149.37	5.78
1.84	3.90	125.03	17.72	2.34	5.54	141.69	5.97
1.85	3.90	121.44	17.72	2.35	5.47	135.90	5.69
1.86	3.49	118.54	17.07	2.36	5.47	132.96	5.69
1.87	3.44	115.69	16.75	2.37	5.42	132.88	5.36
1.88	3.45	114.02	16.90	2.38	5.40	132.88	5.03
1.89	3.39	111.23	16.85	2.39	5.38	132.86	5.03
1.90	3.33	110.54	17.10	2.40	5.34	132.86	4.94
1.91	3.33	110.76	20.21	2.41	5.20	132.96	4.76
1.92	3.25	110.76	26.57	2.42	5.20	135.94	4.76
1.93	3.21	110.76	23.76	2.43	5.11	137.03	4.66
1.94	3.21	110.93	23.31	2.44	4.93	137.03	4.94
1.95	3.20	110.93	23.06	2.45	4.90	141.51	4.57
1.96	3.19	119.78	23.09	2.46	4.74	150.37	4.56
1.97	3.20	127.22	23.10	2.47	4.74	145.64	4.56
1.98	3.21	130.05	23.14	2.48	4.73	145.67	4.56
1.99	3.23	133.34	23.31	2.49	4.74	145.66	4.57
2.00	3.26	136.53	25.17	2.50	4.74	145.63	6.25

Dott. Geol. Valeriano Franchi


v.le Caduti in Guerra, 1 41121 Modena 059/226540


RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

GEO-V srl Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO e-mail: geovsrl@gmail.com cell: 3474935672							
Committente Dott. Geol. Franchi Valeriano Località Modena (MO) Cantiere Via Giardini Data 30/04/2024 Preforo				Prova CPTu2 Punta Pagani MKS988			
Falda 4,30							
H	qc	fs	U	H	qc	fs	U
3.01	1.52	182.75	33.07	3.51	2.14	148.57	-5.03
3.02	3.89	181.19	33.01	3.52	2.22	148.94	-4.20
3.03	3.69	177.63	33.01	3.53	2.25	150.33	-2.98
3.04	3.80	176.12	31.33	3.54	2.29	152.03	-2.70
3.05	3.82	175.37	30.30	3.55	2.32	153.16	-2.80
3.06	3.88	175.22	27.97	3.56	2.32	153.36	-2.70
3.07	3.92	175.18	25.92	3.57	2.32	155.42	-2.42
3.08	3.99	175.77	23.50	3.58	2.33	155.36	-2.24
3.09	4.03	176.37	20.89	3.59	2.34	153.96	-2.33
3.10	4.04	176.67	18.37	3.60	2.34	152.56	-2.38
3.11	4.06	167.66	14.17	3.61	2.35	151.56	-3.40
3.12	3.95	150.13	5.48	3.62	2.32	150.33	-3.61
3.13	3.86	159.58	7.18	3.63	2.27	145.51	-3.82
3.14	3.51	156.42	4.76	3.64	2.24	143.32	-3.73
3.15	3.77	155.42	2.33	3.65	2.21	141.72	-4.20
3.16	3.68	155.26	2.34	3.66	2.15	139.99	-5.22
3.17	3.51	151.33	2.36	3.67	2.11	137.80	-5.59
3.18	3.35	147.03	2.43	3.68	2.08	136.90	-6.25
3.19	3.27	144.88	2.57	3.69	2.07	135.24	-6.47
3.20	3.24	143.92	3.82	3.70	2.07	133.48	-6.53
3.21	3.21	143.47	2.52	3.71	2.07	132.74	-6.53
3.22	3.19	143.42	2.33	3.72	2.07	131.91	-6.53
3.23	3.15	143.42	1.96	3.73	2.05	131.15	-6.25
3.24	3.12	143.42	1.49	3.74	2.05	130.52	-5.97
3.25	3.10	143.42	1.40	3.75	2.09	129.88	-5.87
3.26	3.09	146.34	1.21	3.76	2.09	129.42	-4.57
3.27	3.10	148.07	1.03	3.77	2.10	129.25	5.31
3.28	3.07	145.18	-0.56	3.78	2.11	128.22	19.67
3.29	3.03	140.36	-0.56	3.79	2.10	127.81	34.50
3.30	2.95	137.90	-2.05	3.80	2.08	127.60	36.08
3.31	2.83	137.80	-2.89	3.81	2.05	127.39	36.27
3.32	2.70	136.56	-3.82	3.82	2.03	127.96	35.71
3.33	2.41	137.03	-5.31	3.83	2.02	125.16	35.52
3.34	2.25	133.44	-6.11	3.84	1.99	125.33	35.51
3.35	2.23	129.42	-6.50	3.85	1.95	125.06	35.50
3.36	2.22	122.20	-6.90	3.86	1.91	123.57	35.51
3.37	2.22	119.21	-6.81	3.87	1.88	121.67	35.52
3.38	2.22	118.84	-7.18	3.88	1.87	118.98	35.52
3.39	2.25	118.66	-8.67	3.89	1.86	116.65	35.99
3.40	2.20	115.74	-9.04	3.90	1.86	114.92	36.46
3.41	2.14	115.82	-8.67	3.91	1.85	110.23	41.40
3.42	2.09	119.51	-9.78	3.92	1.72	108.80	40.56
3.43	2.08	125.12	-10.04	3.93	1.67	107.11	40.60
3.44	2.08	132.16	-10.05	3.94	1.61	105.48	41.03
3.45	2.08	134.41	-10.10	3.95	1.55	102.16	40.93
3.46	2.08	136.30	-9.94	3.96	1.54	96.30	40.56
3.47	2.08	138.80	-9.79	3.97	1.50	96.30	39.81
3.48	2.11	141.22	-9.75	3.98	1.47	93.24	37.20
3.49	2.14	142.55	-5.13	3.99	1.42	87.35	36.27
3.50	2.12	145.78	-5.50	4.00	1.32	84.83	35.24


GEO-V srl Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO e-mail: geovsrl@gmail.com cell: 3474935672							
Committente Dott. Geol. Franchi Valeriano Località Modena (MO) Cantiere Via Giardini Data 30/04/2024 Preforo				Prova CPTu2 Punta Pagani MKS988			
Falda 4,30							
H	qc	fs	U	H	qc	fs	U
4.51	1.19	39.24	148.59	5.01	0.81	10.35	137.83
4.52	1.20	40.80	149.24	5.02	0.82	10.87	136.46
4.53	1.20	43.73	152.60	5.03	0.84	11.01	140.89
4.54	1.26	44.79	166.90	5.04	0.84	11.54	145.73
4.55	1.36	45.95	196.36	5.05	0.85	12.30	153.10
4.56	1.51	46.52	233.35	5.06	0.92	13.03	169.32
4.57	1.80	47.68	333.80	5.07	0.97	14.63	176.41
4.58	1.90	49.48	372.96	5.08	0.97	14.63	176.41
4.59	1.96	50.91	315.80	5.09	1.12	14.76	189.28
4.60	1.93	51.24	275.90	5.10	1.16	17.06	202.24
4.61	1.84	50.00	270.07	5.11	1.23	17.72	215.38
4.62	1.77	49.44	264.24	5.12	1.24	19.09	226.14
4.63	1.73	49.33	264.15	5.13	1.22	18.92	221.63
4.64	1.72	49.51	260.88	5.14	1.17	20.45	220.89
4.65	1.73	50.38	259.52	5.15	1.13	21.12	228.16
4.66	1.74	48.25	259.34	5.16	1.03	21.51	243.25
4.67	1.84	45.26	259.41	5.17	1.03	22.25	243.26
4.68	1.91	42.10	259.48	5.18	1.00	22.64	259.11
4.69	1.91	39.14	267.23	5.19	0.94	22.51	262.19
4.70	1.90	35.18	258.28	5.20	0.91	21.81	260.14
4.71	1.87	31.69	207.09	5.21	0.90	21.31	256.09
4.72	1.76	28.96	176.69	5.22	0.89	21.31	257.90
4.73	1.56	25.73	161.40	5.23	0.86	20.62	252.21
4.74	1.37	25.27	159.21	5.24	0.83	20.35	245.87
4.75	1.10	23.31	157.02	5.25	0.80	20.22	244.29
4.76	1.00	23.31	155.88	5.26	0.77	20.19	243.26
4.77	0.93	21.85	155.37	5.27	0.73	20.25	234.57
4.78	0.88	19.35	155.39	5.28	0.70	20.32	242.52
4.79	0.86	18.72	155.41	5.29	0.66	20.65	223.12
4.80	0.84	18.09	155.46	5.30	0.65	20.92	218.55
4.81	0.81	18.09	155.72	5.31	0.65	20.92	218.55
4.82	0.81	14.45	156.27	5.32	0.64	20.25	213.33
4.83	0.80	12.73	157.02	5.33	0.62	20.28	206.11
4.84	0.80	11.98	156.64	5.34	0.61	19.85	200.37
4.85	0.80	11.87	156.64	5.35	0.60	19.59	199.66
4.86	0.79	11.87	156.46	5.36	0.60	18.89	196.32
4.87	0.79	11.87	152.51	5.37	0.59	18.36	195.15
4.88	0.78	11.87	151.24	5.38	0.58	17.46	200.51
4.89	0.79	11.87	149.56	5.39	0.57	16.23	202.05
4.90	0.79	11.88	149.56	5.40	0.57	15.26	202.05
4.91	0.83	11.90	145.18	5.41	0.57	14.46	202.52
4.92	0.82	11.87	143.08	5.42	0.57	13.63	207.55
4.93	0.81	11.87	142.77	5.43	0.57	12.34	206.95
4.94	0.80	11.87	142.47	5.44	0.57	12.34	211.56
4.95	0.80	11.87	142.75	5.45	0.57	12.34	213.43
4.96	0.80	11.97	142.00	5.46	0.57	12.34	215.48
4.97	0.80	11.21	139.77	5.47	0.56	12.70	218.46
4.98	0.80	10.51	137.35	5.48	0.50	13.43	221.35
4.99	0.80	10.85	137.47	5.49	0.62	14.10	223.40
5.00	0.81	10.85	137.59	5.50	0.65	14.76	225.17


RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

GEO-V srl Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO e-mail: geovsrl@gmail.com cell: 3474935672							
Committente Dott. Geol. Franchi Valeriano Località Modena (MO) Cantiere Via Giardini Data 30/04/2024 Preforo				Prova CPTu2 Punta Pagani MKS988			
				Falda 4,30			
H	qc	fs	U	H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]	[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
6.01	0.80	30.66	255.38	6.51	1.29	46.42	325.25
6.02	0.82	30.66	258.18	6.52	1.29	46.12	325.25
6.03	0.82	30.68	258.18	6.53	1.30	46.37	328.58
6.04	0.83	31.09	260.70	6.54	1.29	45.62	329.14
6.05	0.83	31.29	262.00	6.55	1.29	45.36	330.44
6.06	0.85	31.36	262.56	6.56	1.27	45.12	339.95
6.07	0.86	31.92	265.45	6.57	1.26	44.49	377.44
6.08	0.87	31.39	266.57	6.58	1.26	42.86	383.68
6.09	0.87	30.69	266.67	6.59	1.26	41.60	377.62
6.10	0.88	30.62	266.64	6.60	1.26	40.73	379.67
6.11	0.84	30.66	266.66	6.61	1.26	40.47	381.72
6.12	0.80	30.67	266.72	6.62	1.26	40.17	384.62
6.13	0.77	30.57	266.56	6.63	1.26	40.04	386.85
6.14	0.77	30.57	267.60	6.64	1.26	39.87	388.83
6.15	0.77	30.57	268.53	6.65	1.26	39.14	391.05
6.16	0.77	30.73	275.82	6.66	1.26	38.98	399.16
6.17	0.77	31.56	277.30	6.67	1.26	38.95	406.71
6.18	0.76	32.25	273.01	6.68	1.29	39.20	407.83
6.19	0.80	33.02	272.83	6.69	1.31	39.44	408.96
6.20	0.81	33.82	272.86	6.70	1.32	39.94	410.72
6.21	0.82	33.98	272.73	6.71	1.33	42.86	411.00
6.22	0.84	34.55	272.36	6.72	1.34	42.86	411.84
6.23	0.85	34.98	271.98	6.73	1.35	44.52	413.80
6.24	0.85	35.41	271.81	6.74	1.37	46.52	414.27
6.25	0.83	35.58	271.95	6.75	1.38	50.98	412.87
6.26	0.82	35.75	272.08	6.76	1.37	52.90	410.44
6.27	0.81	36.11	272.35	6.77	1.36	54.40	408.02
6.28	0.82	35.78	272.91	6.78	1.37	55.37	406.34
6.29	0.82	35.51	275.62	6.79	1.38	55.37	406.14
6.30	0.82	35.25	272.17	6.80	1.39	55.37	406.13
6.31	0.82	35.25	268.90	6.81	1.39	51.77	406.14
6.32	0.83	35.25	266.29	6.82	1.40	50.96	406.14
6.33	0.83	35.25	265.01	6.83	1.39	50.85	411.44
6.34	0.85	35.75	264.15	6.84	1.38	50.89	422.28
6.35	0.87	35.75	259.98	6.85	1.38	50.90	434.69
6.36	0.83	36.41	258.21	6.86	1.38	50.94	444.66
6.37	0.97	37.28	259.46	6.87	1.38	51.94	452.31
6.38	1.00	37.38	260.70	6.88	1.38	53.14	452.31
6.39	1.02	38.14	263.22	6.89	1.41	56.20	455.20
6.40	1.04	39.07	268.25	6.90	1.43	58.29	458.09
6.41	1.07	39.94	274.41	6.91	1.47	60.22	463.67
6.42	1.07	41.07	284.01	6.92	1.48	62.51	465.08
6.43	1.13	41.40	292.21	6.93	1.50	64.78	465.53
6.44	1.13	42.76	292.21	6.94	1.51	67.10	474.51
6.45	1.17	43.03	295.65	6.95	1.53	68.53	479.07
6.46	1.24	43.16	308.44	6.96	1.56	69.76	485.99
6.47	1.27	43.36	307.79	6.97	1.58	73.49	494.55
6.48	1.28	44.29	309.46	6.98	1.61	73.49	511.70
6.49	1.29	44.99	314.69	6.99	1.61	73.32	515.35
6.50	1.29	44.72	321.96	7.00	1.62	72.92	522.05

GEO-V srl Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO e-mail: geovsrl@gmail.com cell: 3474935672							
Committente Dott. Geol. Franchi Valeriano Località Modena (MO) Cantiere Via Giardini Data 30/04/2024 Preforo				Prova CPTu2 Punta Pagani MKS988			
				Falda 4,30			
H	qc	fs	U	H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]	[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
7.51	1.39	51.87	554.54	8.01	1.48	48.93	594.59
7.52	1.38	51.87	553.36	8.02	1.48	48.91	606.62
7.53	1.38	51.87	553.50	8.03	1.48	48.90	611.47
7.54	1.38	51.87	553.62	8.04	1.48	48.97	607.83
7.55	1.38	52.11	554.13	8.05	1.48	49.65	617.53
7.56	1.38	51.94	554.31	8.06	1.49	49.75	617.53
7.57	1.40	51.94	555.41	8.07	1.49	49.21	623.95
7.58	1.41	51.95	560.14	8.08	1.55	49.65	630.49
7.59	1.42	51.96	599.44	8.09	1.58	50.78	628.81
7.60	1.45	52.17	613.24	8.10	1.60	52.74	629.65
7.61	1.47	52.41	650.44	8.11	1.60	55.43	633.57
7.62	1.49	52.74	655.66	8.12	1.61	62.22	636.18
7.63	1.52	53.67	649.32	8.13	1.62	65.71	635.62
7.64	1.54	55.20	640.65	8.14	1.62	65.71	650.26
7.65	1.56	57.16	636.55	8.15	1.64	70.66	687.93
7.66	1.56	57.16	635.99	8.16	1.65	72.12	654.45
7.67	1.56	58.48	631.81	8.17	1.69	72.36	666.01
7.68	1.56	58.62	626.11	8.18	1.69	72.49	654.25
7.69	1.54	58.99	625.73	8.19	1.67	72.62	651.83
7.70	1.54	59.56	625.45	8.20	1.64	72.62	650.27
7.71	1.53	60.42	624.90	8.21	1.56	72.82	650.03
7.72	1.53	61.05	624.05	8.22	1.53	71.53	653.69
7.73	1.53	61.48	623.63	8.23	1.53	69.63	657.36
7.74	1.51	62.48	624.55	8.24	1.49	67.67	664.80
7.75	1.51	62.51	625.47	8.25	1.48	65.31	664.71
7.76	1.51	63.21	627.51	8.26	1.47	62.65	660.33
7.77	1.51	63.84	625.95	8.27	1.45	56.59	648.03
7.78	1.52	64.84	625.77	8.28	1.43	56.59	641.21
7.79	1.52	64.84	625.82	8.29	1.43	56.40	641.21
7.80	1.54	64.93	625.97	8.30	1.42	53.40	636.04
7.81	1.53	65.03	625.66	8.31	1.41	51.91	636.15
7.82	1.55	65.21	641.21	8.32	1.40	50.78	634.31
7.83	1.54	67.80	641.96	8.33	1.40	49.55	633.19
7.84	1.55	68.83	640.47	8.34	1.39	49.18	631.24
7.85	1.55	69.66	640.93	8.35	1.39	48.80	629.84
7.86	1.55	70.36	636.64	8.36	1.39	48.42	623.96
7.87	1.55	70.79	634.31	8.37	1.39	48.42	623.96
7.88	1.55	70.25	631.98	8.38	1.39	45.42	622.52
7.89	1.56	70.25	631.98	8.39	1.40	45.42	621.81
7.90	1.59	69.36	597.97	8.40	1.41	45.43	622.36
7.91	1.61	67.10	567.75	8.41	1.41	48.45	622.90
7.92	1.56	65.71	547.80	8.42	1.42	48.51	624.34
7.93	1.55	64.24	549.09	8.43	1.42	50.11	627.32
7.94	1.54	62.25	541.72	8.44	1.43	50.98	635.90
7.95	1.53	60.72	540.97	8.45	1.44	52.61	641.96
7.96	1.50	56.86	540.94	8.46	1.47	53.50	636.27
7.97	1.49	55.86	541.02	8.47	1.48	53.70	637.33
7.98	1.48	54.93	541.11	8.48	1.50	54.50	636.39
7.99	1.48	56.51	542.17	8.49	1.54	56.03	640.93
8.00	1.48	49.05	573.52	8.50	1.55	56.03	636.90

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

GEO-V srl Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO e-mail: geovsrl@gmail.com cell: 3474935672							
Committente Dott. Geol. Franchi Valeriano				Prova CPTu2			
Località Modena (MO)				Punta Pagani MKS988			
Cantiere Via Giardini							
Data 30/04/2024							
Preforo				Falda 4,30			
H	qc	fs	U	H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]	[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
9.01	1.53	105.24	521.12	9.51	1.43	87.32	534.73
9.02	1.52	104.05	516.32	9.52	1.43	84.89	534.73
9.03	1.51	104.01	515.23	9.53	1.43	83.80	534.73
9.04	1.51	104.03	515.33	9.54	1.44	82.73	535.47
9.05	1.51	104.04	515.42	9.55	1.45	82.50	536.22
9.06	1.51	104.08	515.62	9.56	1.45	81.93	536.28
9.07	1.51	104.51	526.53	9.57	1.47	81.90	545.09
9.08	1.51	104.51	531.75	9.58	1.49	80.60	552.98
9.09	1.51	104.59	538.55	9.59	1.52	77.24	560.58
9.10	1.52	104.68	537.72	9.60	1.57	77.56	553.01
9.11	1.56	104.74	552.73	9.61	1.56	77.56	556.04
9.12	1.61	104.80	557.67	9.62	1.70	77.56	606.25
9.13	1.62	105.01	553.66	9.63	1.72	77.57	610.63
9.14	1.62	107.04	553.57	9.64	1.72	78.11	626.07
9.15	1.62	111.83	553.29	9.65	1.73	79.61	634.97
9.16	1.58	113.29	541.54	9.66	1.73	79.67	647.46
9.17	1.58	113.99	541.54	9.67	1.75	80.02	651.19
9.18	1.57	114.52	532.12	9.68	1.77	80.37	644.10
9.19	1.56	114.92	525.50	9.69	1.77	81.14	642.40
9.20	1.56	115.22	523.26	9.70	1.77	82.60	641.38
9.21	1.55	116.52	510.30	9.71	1.77	83.76	642.83
9.22	1.56	115.25	510.03	9.72	1.78	85.19	644.07
9.23	1.55	114.82	510.03	9.73	1.79	86.89	646.90
9.24	1.52	114.32	510.07	9.74	1.79	87.15	654.73
9.25	1.50	113.42	510.12	9.75	1.79	86.82	636.14
9.26	1.49	112.29	516.36	9.76	1.80	86.29	620.14
9.27	1.49	107.54	521.49	9.77	1.79	86.19	599.81
9.28	1.48	107.54	527.83	9.78	1.75	86.11	597.67
9.29	1.48	104.46	533.61	9.79	1.74	86.02	592.99
9.30	1.48	101.02	542.94	9.80	1.71	86.02	591.15
9.31	1.47	99.86	554.89	9.81	1.67	82.13	586.30
9.32	1.45	99.26	553.38	9.82	1.66	75.24	592.17
9.33	1.46	95.36	555.43	9.83	1.63	76.77	586.74
9.34	1.46	97.43	557.48	9.84	1.62	77.58	581.17
9.35	1.46	95.73	560.09	9.85	1.60	75.78	582.80
9.36	1.46	95.07	559.07	9.86	1.51	73.29	536.33
9.37	1.46	95.17	559.07	9.87	1.51	67.67	526.09
9.38	1.47	94.24	559.04	9.88	1.51	65.17	513.85
9.39	1.47	93.97	559.02	9.89	1.50	61.82	513.85
9.40	1.47	93.31	559.44	9.90	1.51	58.76	506.04
9.41	1.47	92.57	558.41	9.91	1.50	56.76	502.90
9.42	1.47	92.21	553.57	9.92	1.45	49.65	499.77
9.43	1.45	91.41	549.55	9.93	1.39	46.99	504.71
9.44	1.45	90.95	546.88	9.94	1.36	44.26	497.81
9.45	1.45	90.90	544.71	9.95	1.32	41.80	488.39
9.46	1.46	90.84	545.83	9.96	1.23	38.74	479.07
9.47	1.46	90.95	543.31	9.97	1.20	36.31	475.24
9.48	1.45	90.61	540.61	9.98	1.18	32.35	471.42
9.49	1.43	90.11	535.29	9.99	1.17	30.76	469.00
9.50	1.43	88.88	534.73	10.00	1.14	29.06	467.69

GEO-V srl Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO e-mail: geovsrl@gmail.com cell: 3474935672							
Committente Dott. Geol. Franchi Valeriano				Prova CPTu2			
Località Modena (MO)				Punta Pagani MKS988			
Cantiere Via Giardini							
Data 30/04/2024							
Preforo				Falda 4,30			
H	qc	fs	U	H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]	[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
10.01	1.93	111.56	662.97	11.01	1.75	55.17	724.10
10.02	1.94	111.72	663.38	11.02	1.77	55.17	724.10
10.03	1.94	111.79	663.76	11.03	1.75	55.17	724.10
10.04	1.95	111.92	665.83	11.04	1.72	53.80	724.67
10.05	1.96	112.56	665.08	11.05	1.72	51.87	720.37
10.06	1.96	115.12	669.93	11.06	1.72	50.51	702.28
10.07	1.96	114.62	673.38	11.07	1.72	49.65	702.63
10.08	1.96	113.36	675.62	11.08	1.73	49.08	702.97
10.09	1.97	113.22	677.66	11.09	1.74	48.69	703.75
10.10	2.00	112.63	683.45	11.10	1.75	48.30	707.79
10.11	2.02	119.10	682.58	11.11	1.76	48.68	715.99
10.12	2.04	107.00	695.78	11.12	1.76	48.15	721.12
10.13	1.79	106.74	714.50	11.13	1.79	49.06	726.21
10.14	2.06	104.76	736.88	11.14	1.93	48.05	732.59
10.15	1.82	102.75	746.20	11.15	1.87	48.05	743.96
10.16	1.56	104.69	807.27	11.16	1.91	48.07	764.38
10.17	1.64	104.70	809.04	11.17	1.94	48.10	780.95
10.18	1.67	104.98	841.31	11.18	1.97	48.22	792.91
10.19	1.75	105.58	900.39	11.19	1.96	48.58	810.63
10.20	2.27	106.27	921.31	11.20	1.95	49.25	816.22
10.21	2.33	107.54	919.07	11.21	1.94	49.21	816.78
10.22	2.36	108.37	927.74	11.22	1.93	48.90	816.40
10.23	2.42	111.00	915.43	11.23	1.92	48.74	819.95
10.24	2.38	115.23	905.08	11.24	1.92	48.78	823.50
10.25	2.51	116.06	902.47	11.25	1.93	48.83	830.85
10.26	2.52	122.77	899.86	11.26	1.93	48.98	837.02
10.27	2.55	125.26	899.21	11.27	2.00	51.97	861.19
10.28	2.54	128.15	898.74	11.28	2.04	55.27	919.72
10.29	2.56	128.15	898.39	11.29	2.03	61.82	931.38
10.30	2.55	128.39	891.56	11.30	2.04	61.82	935.66
10.31	2.53	128.63	839.76	11.31	2.04	64.64	932.49
10.32	2.48	129.12	827.97	11.32	2.06	65.44	915.34
10.33	2.41	132.26	827.04	11.33	2.12	66.44	916.16
10.34	2.37	131.88	803.45	11.34	2.19	69.00	916.97
10.35	2.26	131.61	797.76	11.35	2.26	73.22	916.76
10.36	2.19	129.98	797.67	11.36	2.34	80.97	922.33
10.37	2.17	128.22	753.71	11.37	2.39	83.13	935.95
10.38	2.16	123.23	749.74	11.38	2.35	82.73	991.14
10.39	2.16	120.04	749.74	11.39	2.35	81.00	991.14
10.40	2.16	116.35	695.43	11.40	2.30	79.21	958.04
10.41	2.16	111.50	669.86	11.41	2.29	77.16	941.07
10.42	2.06	100.89	667.38	11.42	2.28	75.46	908.90
10.43	2.00	95.97	666.72	11.43	2.23	73.95	891.56
10.44	1.95	91.41	667.70	11.44	2.17	72.36	880.79
10.45	1.93	87.22	665.68	11.45	2.04	71.36	818.36
10.46	1.90	82.51	614.03	11.46	1.95	66.90	797.28
10.47	1.84	74.42	563.45	11.47	1.93	62.85	787.22
10.48	1.82	69.60	590.26	11.48	1.92	58.39	791.42
10.49	1.80	66.60	596.60	11.49	1.91	54.17	785.62
11.00	1.80	61.75	700.14	11.50	1.91	54.06	833.10


RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

GEO-V srl

Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO

e-mail: geovsrl@gmail.com

cell: 3474935672



Committente

Dott. Geol. Franchi Valeriano

Località

Modena (MO)

Cantiere

Via Giardini

Data

30/04/2024

Preforo

Falda 4,30

Prova

CPTu2

Punta

Pagani MKS988

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
12.01	2.30	121.50	985.35
12.02	2.30	121.42	985.39
12.03	2.30	121.38	989.01
12.04	2.30	121.78	995.15
12.05	2.28	122.17	1011.56
12.06	2.28	122.97	1052.60
12.07	2.28	123.30	1071.79
12.08	2.28	123.56	1053.99
12.09	2.33	123.63	1023.31
12.10	2.36	125.59	1021.60
12.11	2.35	124.06	1022.00
12.12	2.36	124.40	1022.10
12.13	2.39	125.53	1022.64
12.14	2.43	125.46	1026.99
12.15	2.52	126.16	1046.25
12.16	2.53	125.51	1067.88
12.17	2.58	125.53	1050.51
12.18	2.59	125.66	1070.58
12.19	2.65	125.88	1071.05
12.20	2.73	125.89	1065.39
12.21	2.76	125.89	1062.58
12.22	2.76	125.00	1051.29
12.23	2.68	123.60	1059.96
12.24	2.66	119.58	1072.73
12.25	2.64	118.85	1047.18
12.26	2.57	114.12	995.80
12.27	2.51	113.09	974.55
12.28	2.35	111.46	935.10
12.29	2.26	107.64	928.11
12.30	2.18	104.91	901.07
12.31	2.11	102.72	862.10
12.32	2.03	101.52	813.52
12.33	1.88	99.76	801.26
12.34	1.85	95.70	795.15
12.35	1.81	93.31	792.11
12.36	1.79	91.28	790.64
12.37	1.77	89.05	790.23
12.38	1.77	83.33	791.53
12.39	1.76	79.71	792.82
12.40	1.76	76.15	795.15
12.41	1.76	72.42	805.31
12.42	1.74	65.31	823.59
12.43	1.69	62.55	837.76
12.44	1.67	60.79	836.27
12.45	1.65	58.13	842.42
12.46	1.62	54.60	849.85
12.47	1.57	53.37	864.43
12.48	1.56	52.47	852.40
12.49	1.56	51.14	842.14
12.50	1.55	48.88	838.32

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
12.51	1.55	47.75	828.67
12.52	1.53	47.25	824.97
12.53	1.51	46.42	823.22
12.54	1.49	45.82	822.45
12.55	1.43	44.69	821.68
12.56	1.41	43.53	823.03
12.57	1.38	43.13	821.63
12.58	1.38	42.36	821.72
12.59	1.38	40.30	816.04
12.60	1.37	39.24	813.05
12.61	1.37	38.47	810.26
12.62	1.37	38.40	808.78
12.63	1.36	38.40	800.37
12.64	1.34	38.40	798.28
12.65	1.31	38.43	796.38
12.66	1.31	42.96	796.48
12.67	1.31	51.18	798.74
12.68	1.31	51.71	802.89
12.69	1.34	53.41	820.23
12.70	1.38	55.10	833.01
12.71	1.45	62.05	850.35
12.72	2.19	74.25	918.97
12.73	3.43	75.95	1111.70
12.74	4.13	95.67	916.55
12.75	5.45	99.56	888.59
12.76	6.78	120.51	608.86
12.77	8.54	138.53	721.68
12.78	14.22	162.44	500.33
12.79	15.09	162.44	354.62
12.80	15.95	165.07	277.86
12.81	18.37	167.70	120.47
12.82	20.12	172.96	104.06
12.83	20.80	187.01	71.79
12.84	21.82	177.53	63.03
12.85	21.21	188.28	31.61
12.86	21.65	188.64	12.40
12.87	21.91	181.59	2.79
12.88	21.91	196.75	-2.01
12.89	21.91	181.13	-6.51
12.90	21.83	179.86	14.17

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
</			

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPTU2**

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm ²)
Eu:	Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm ²)
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
Puv:	Peso unità di volume (t/m ³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Vs:	Velocità onde di taglio (m/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0,16	CI	0,0	0,0	0,7	6,9	<0.5	1,1	1,1	5,0	17,0	0,2	81,29
2	0,72	C	0,7	0,0	48,4	145,2	4,6	1,9	2,0	--	--	--	227,39
3	2,10	C	1,5	0,0	60,1	224,0	2,6	2,0	2,1	--	--	--	261,91
4	2,74	C	2,6	0,0	104,3	313,6	2,6	2,1	2,2	--	--	--	292,23
5	3,30	C	1,8	0,0	71,1	248,1	1,4	2,1	2,1	--	--	--	270,77
6	12,80	C	0,8	0,0	47,8	154,0	<0.5	1,9	2,0	--	--	--	231,83
7	12,90	I	--	--	323,6	746,7	3,1	1,9	2,2	80,9	45,0	431,4	493,72

ALLEGATO 2

Dati delle prove geofisiche a rifrazione tipologia MASW e misura dei microtremori HVSr

REGIONE EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA MODENA

COMUNE DI MODENA

**INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE MASW
ED ACQUISIZIONE DI MICROTREMORI A STAZIONE
SINGOLA CON ELABORAZIONE HVSR**

**LOCALITÀ: MODENA
VIA: GIARDINI**

<p>RELAZIONE TECNICA</p>

GEO-V SRL
STRADA CAVEDOLE 12/C
41126 PORTILE - MO

MAGGIO 2024

INDAGINE SISMICA

In data 30/04/2024, su incarico del Dott. Geol. Valeriano Franchi è stata eseguita in località Modena, via Giardini, una campagna di indagine geofisica consistita in:

- N. 1 Indagine sismica a rifrazione con metodo Masw
- N. 1 Acquisizione di microtremori a stazione singola con elaborazione HVSR

L'elaborazione congiunta Masw e HVSR ha permesso di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio Vs, in riferimento alle NTC 2018 del 17/01/2018.

Di seguito si riportano la metodologia della ricerca e i risultati delle indagini eseguite.

Indagine Masw

Metodo d'Indagine

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "PASI 16S24-U", dotato di 24 geofoni verticali PASI con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati.

Nella campagna di indagine del lavoro in oggetto è stato eseguito uno stendimento di 24 geofoni con spaziatura tra i geofoni di 2.0 metri per una lunghezza della linea sismica di 46 metri.

L'energizzazione è stata eseguita a 2, 5 e 10 metri dal primo geofono.

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (*Winmasw 2018 – Eliosoft*) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

Risultati–Determinazione delle categoria del suolo di fondazione

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

L'analisi delle onde di taglio (V_s) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore V_{seq} per la sezione indagata.

Per l'elaborazione è stata eseguita una correlazione tra i dati sismici e le caratteristiche geologico stratigrafiche dalle indagini eseguite integrati con dati reperiti in bibliografia.

Di seguito si riporta la documentazione fotografica dell'indagine MASW svolta

FIGURA 1 – Indagine MASW



Indagine HVSR

L'indagine HVSR è stata eseguita utilizzando un acquisitore Geobox della Sarah Instruments.

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo V_{seq} attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione è stata effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata di 30 minuti.

E' stata eseguita un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente sono stati presi in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti

in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

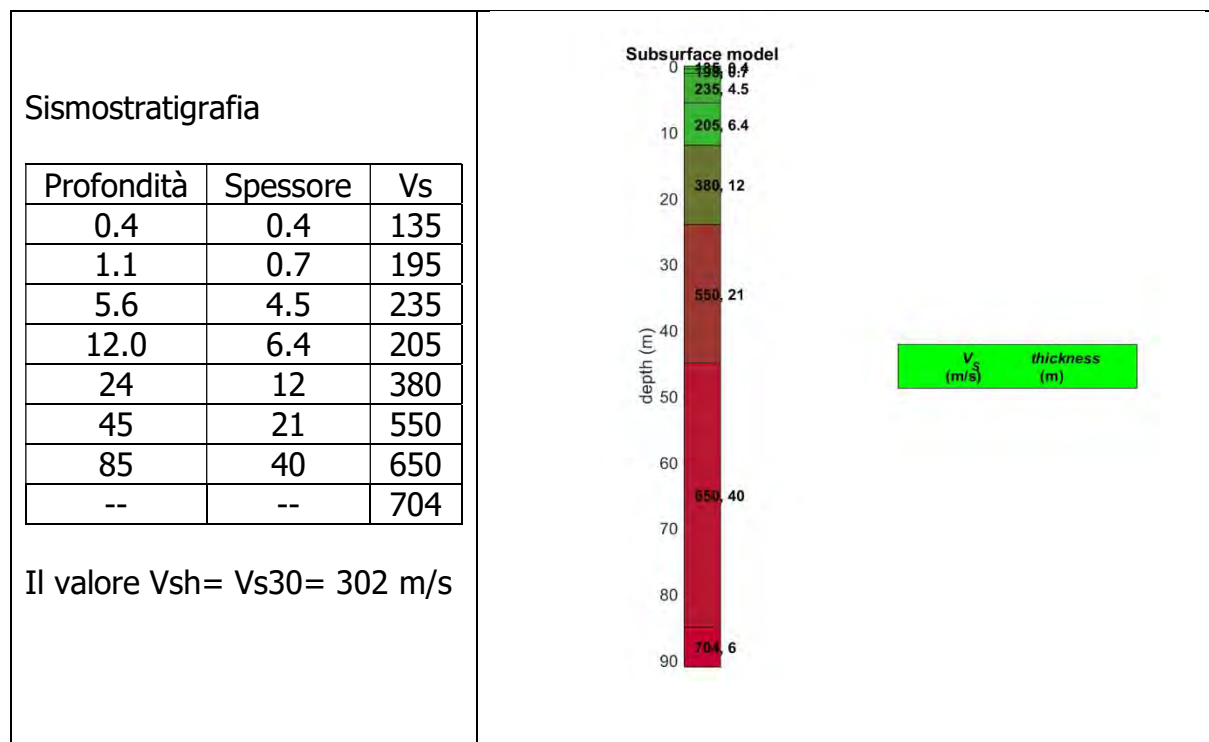
Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo V_{seq} .

FIGURA 2– Indagine HVSR



SINTESI DEI RISULTATI

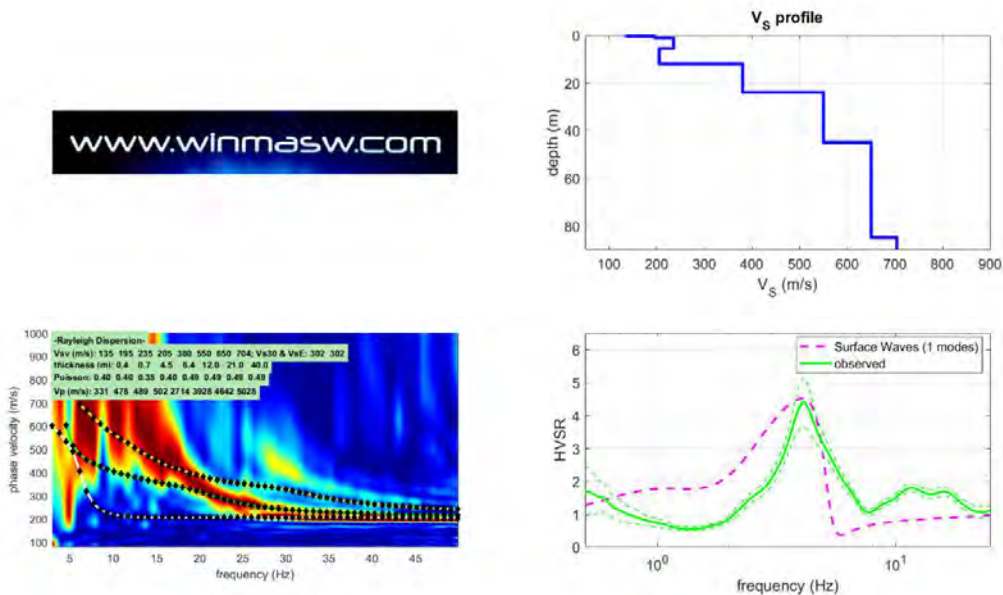


Peak frequency (Hz): 4.13

Peak HVSr value: 4.4

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves – MASW

Dataset: fran#6.DAT



Subsurface Model

v_s (m/s): 135 195 235 205 380 550 650 704

Thickness (m): 0.4, 0.7, 4.5, 6.4, 12.0, 21.0, 40.0

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.79 1.88 1.88 1.89 2.30 2.39 2.43 2.45

Shear modulus (MPa) (approximate values): 33 71 104 79 332 722 1026 1213

v_p (m/s): 331 478 489 502 2714 3928 4642 5028

Poisson: 0.40 0.40 0.35 0.40 0.49 0.49 0.49 0.49

v_{s30} and v_{sE} (m/s): **302**

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Dataset: 2024-04-30_11-58HVSRModena_Franchi.seg2

DATA PROCESSING

Sampling frequency (Hz): 64

Window length (sec): 20

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 24.5

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15

SESAME criteria

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

Peak frequency (Hz): 4.1 (± 1.0)

Peak HVSR value: 4.4 (± 0.7)

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

#1. [$f_0 > 10/L_w$]: $4.129 > 0.5$ (OK)

#2. [$n_c > 200$]: $11809 > 200$ (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, at frequency 1.1Hz (OK)

#2. [exists f_+ in the range [$f_0, 4f_0$] | $AH/V(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 5.9Hz (OK)

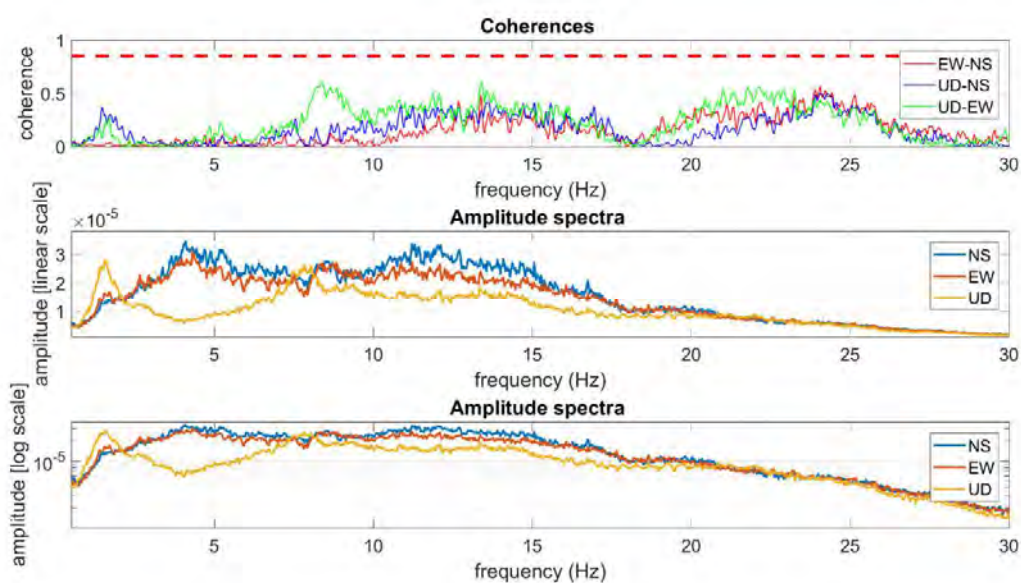
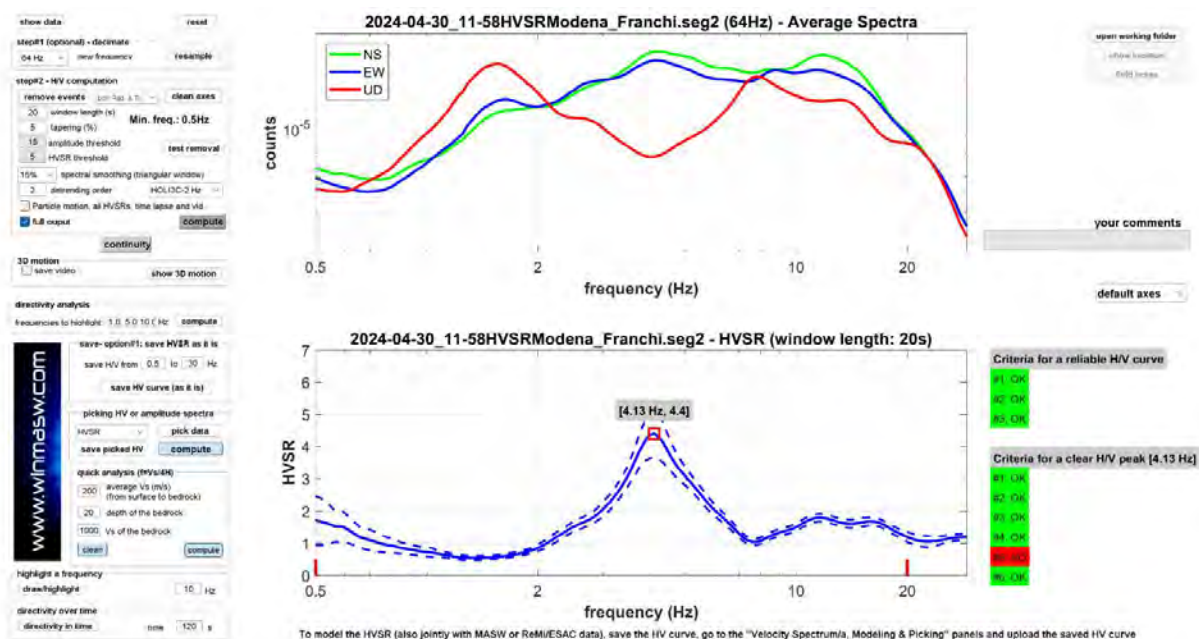
#3. [$A_0 > 2$]: $4.4 > 2$ (OK)

#4. [$f_{\text{peak}}[AH/v(f)] \pm \sigma_A(f) = f_0 \pm 5\%$]: (OK)

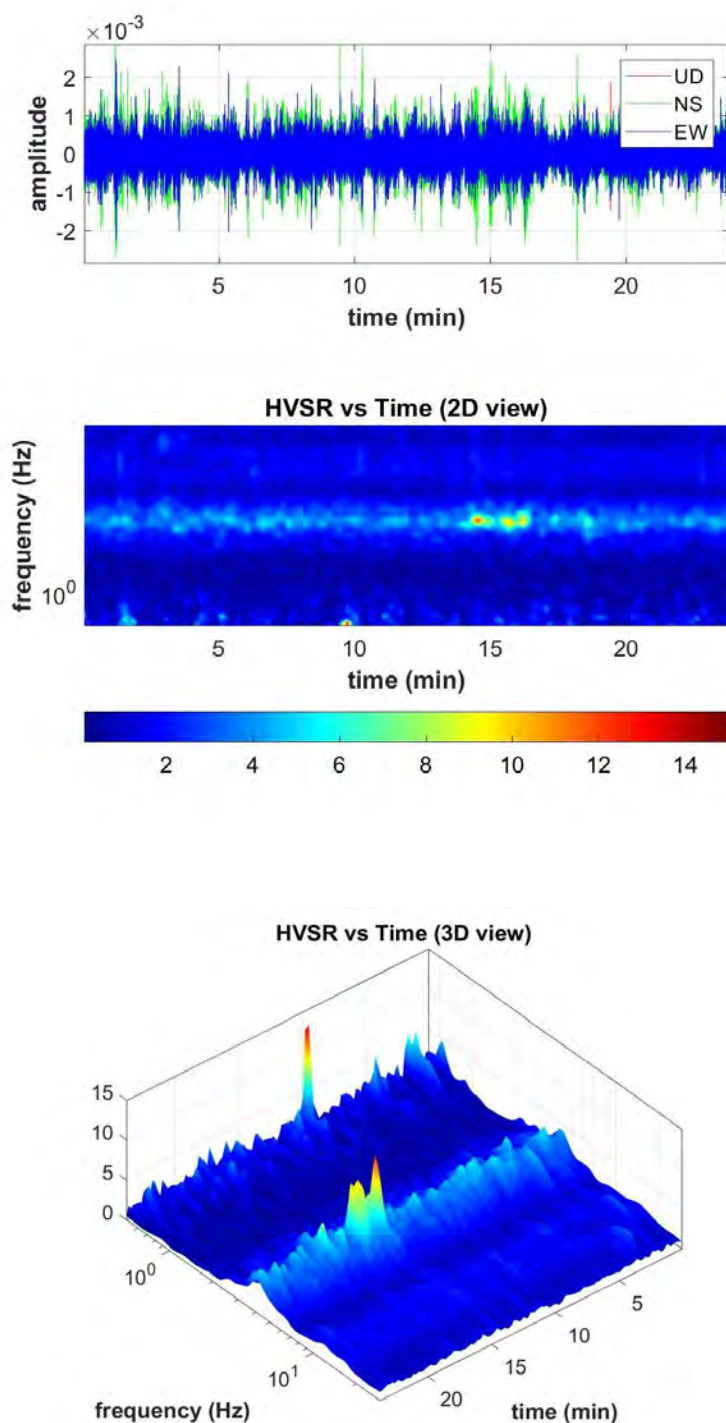
RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

#5. $[\sigma_f < \epsilon(f_0)]: 0.992 > 0.206$ (NO)

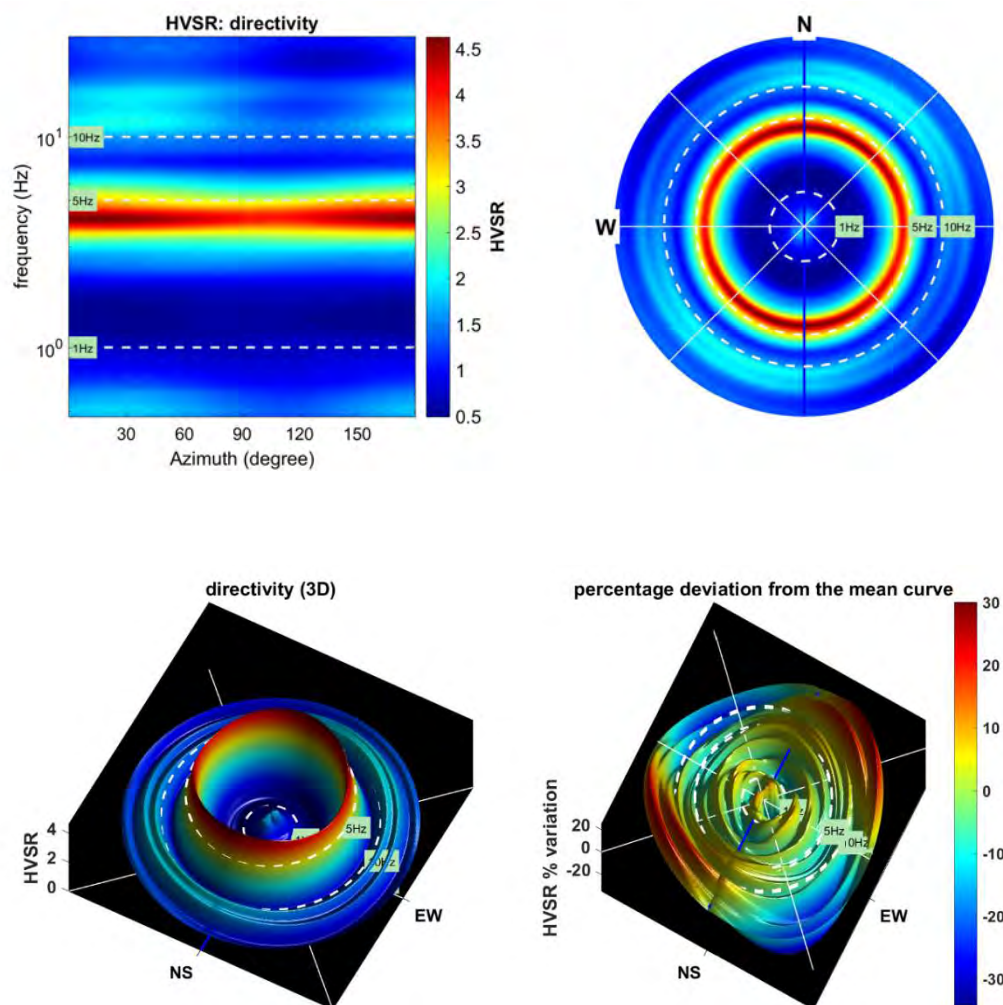
#6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]: 0.806 < 1.58$ (OK)



Continuity (Persistence) of the H/V Spectral Ratio



#####Directivity of the H/V Spectral Ratio#####



ALLEGATO 3

Grafici per calcolo delle LPI (indice potenziale di liquefazione)

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

GEO-V srl
STRADA CAVEDOLE N 12/C - PORTILE
41126 MODENA MO
Tel: 0593971911 - mail:geovsrl@gmail.com

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

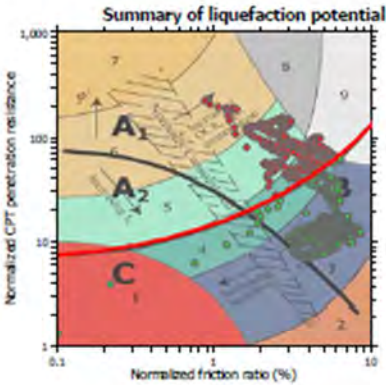
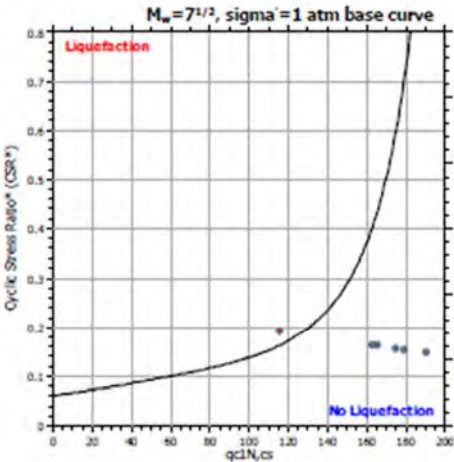
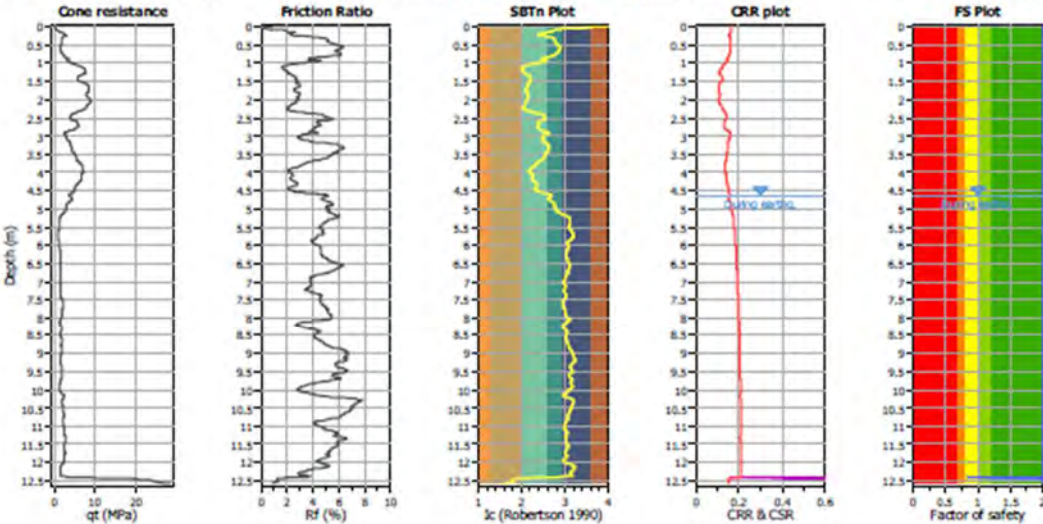
Project title :

Location :

CPT file : CPTU1

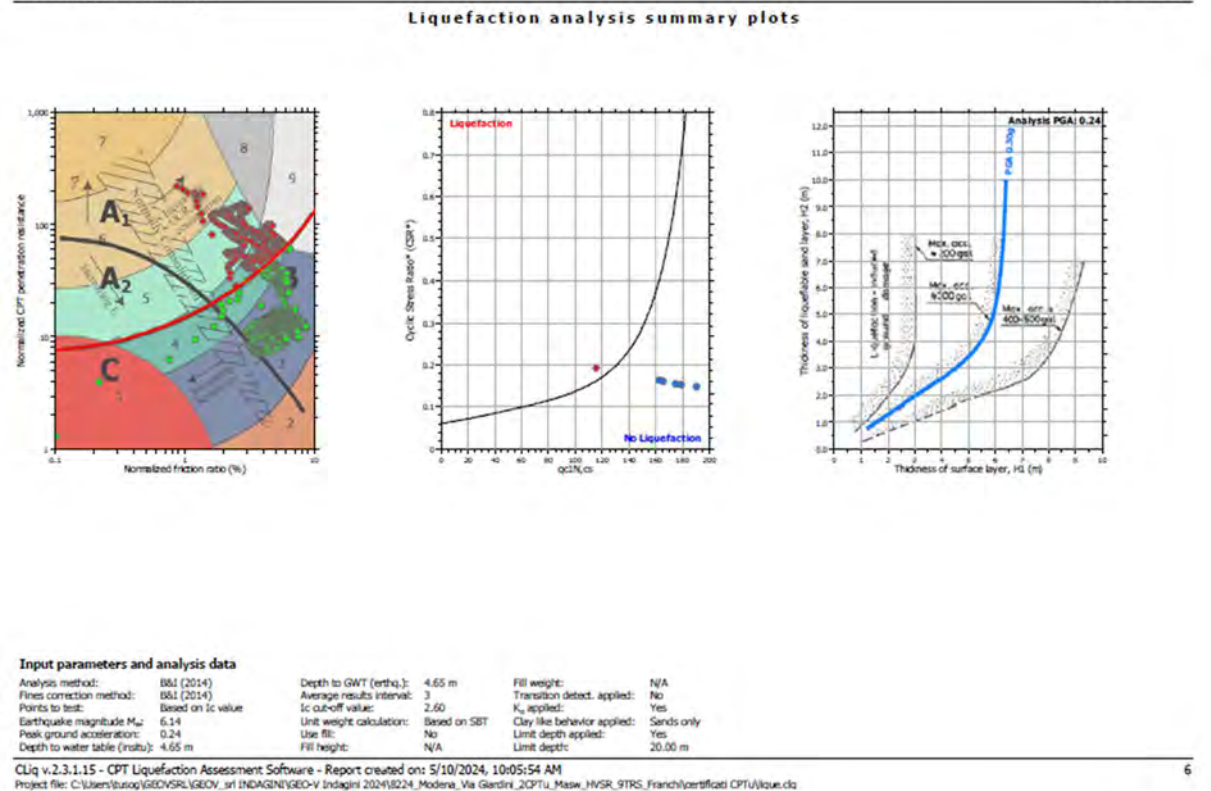
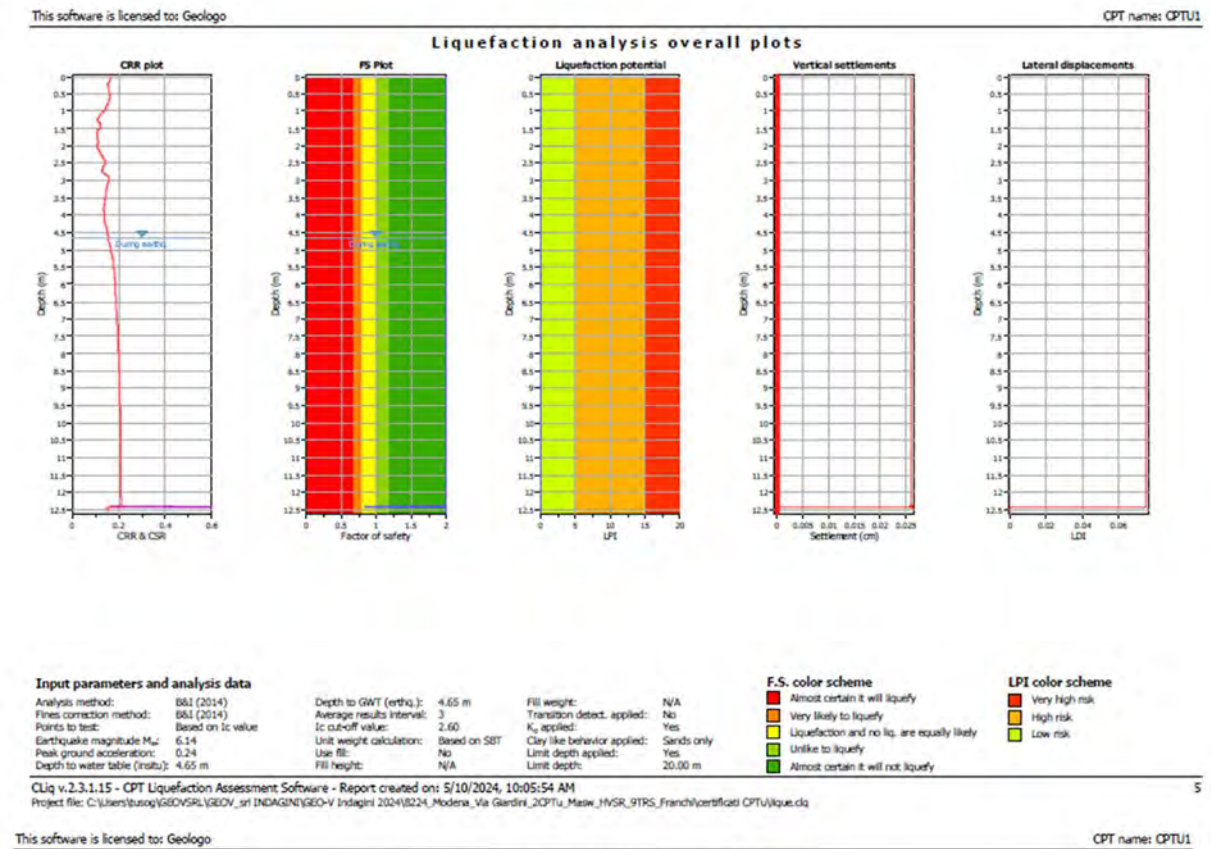
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&J (2014)	G.W.T. (in-situ):	4.65 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&J (2014)	G.W.T. (earthq.):	4.65 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on I_c value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	I_c cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.24	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method



Zone A₁: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading
Zone A₂: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry
Zone B: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening
Zone C: Cyclic liquefaction and strength loss possible depending on soil plasticity, brittleness/sensitivity, strain to peak undrained strength and ground geometry

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA



RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

GEO-V srl
STRADA CAVEDOLE N 12/C - PORTILE
41126 MODENA (MO)
Tel: 0593971911 - mail:geovsrl@gmail.com

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

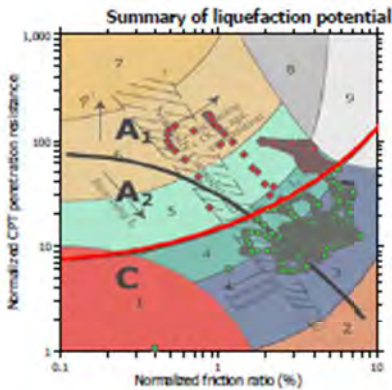
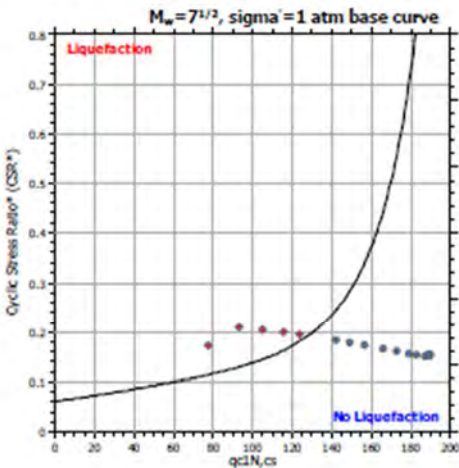
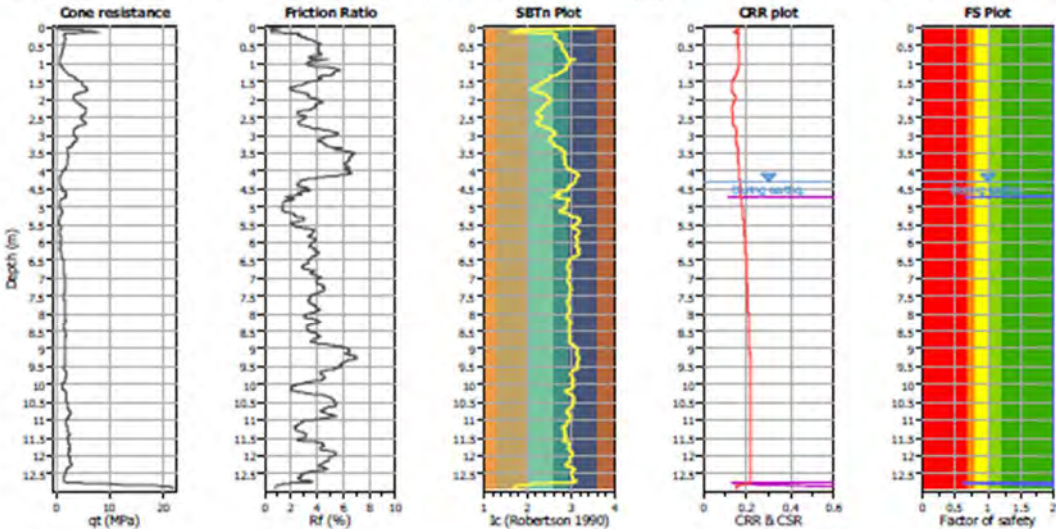
Project title :

Location :

CPT file : CPTU2

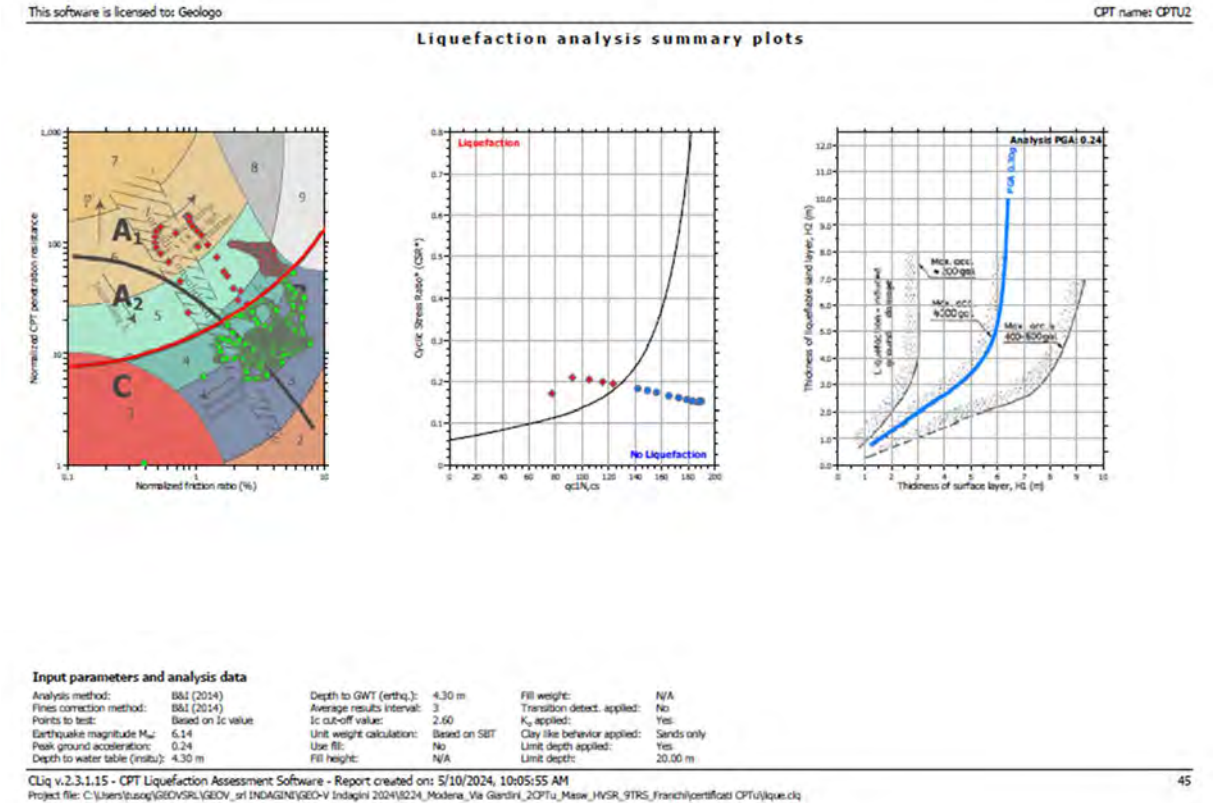
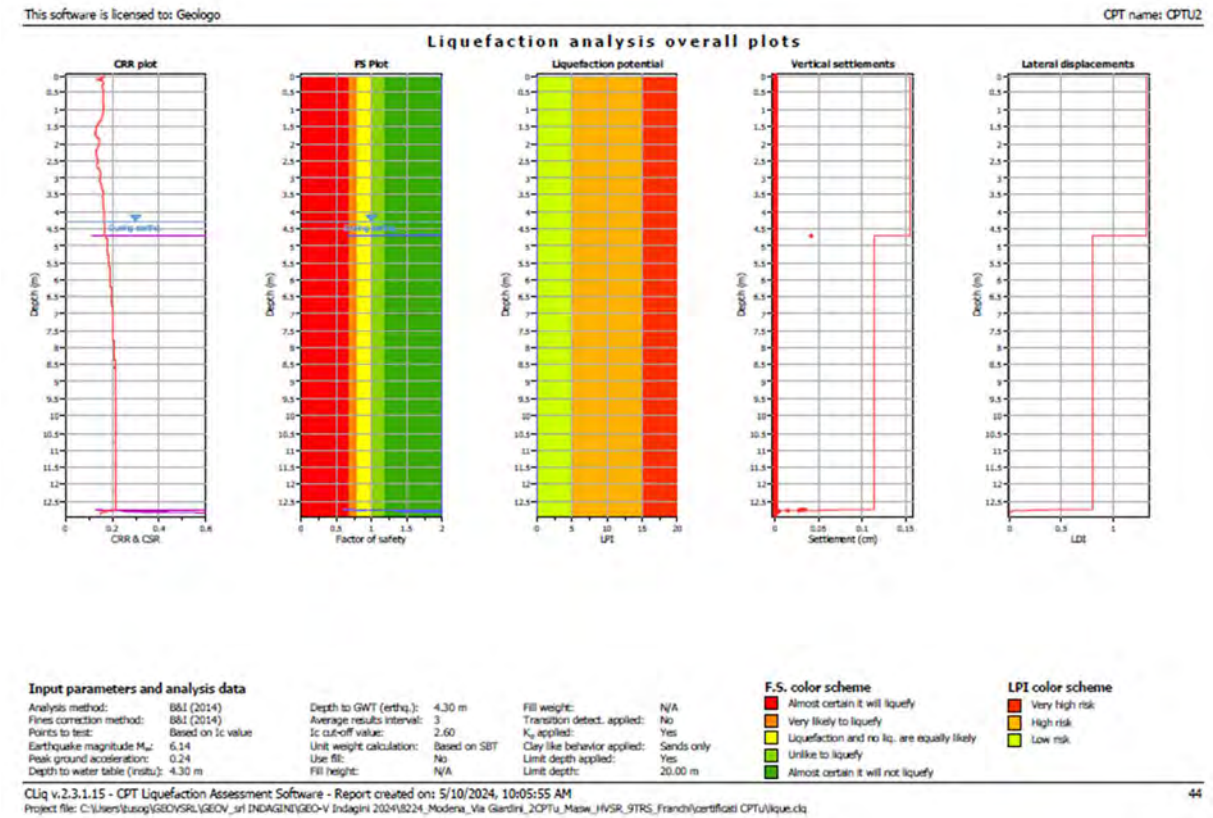
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&J (2014)	G.W.T. (in-situ):	4.30 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	Sands only
Fines correction method:	B&J (2014)	G.W.T. (earthq.):	4.30 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on I_c value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.14	I_c cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method
Peak ground acceleration:	0.24	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes		



Zone A₁: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading
Zone A₂: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry
Zone B: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening
Zone C: Cyclic liquefaction and strength loss possible depending on soil plasticity, brittleness/sensitivity, strain to peak undrained strength and ground geometry

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA



RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

