INDICE

0.1 PREMESSA 2

0.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 3

0.3 NORMATIVE, BIBLIOGRAFIA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO 4

0.4 RICOSTRUZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DEL TERRITORIO IN ESAME 4

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE E LOCALE 5

0.5 MODELLO SISMICO 8

0.6 PROGRAMMA DELLE INDAGINI 15

6.1 PROVE PENETROMETRICHE CON PIEZOCONO ELETTRICO (CPTU) 18

6.2 PROVA PENETROMETRICA CON PUNTA MECCANICA (CPT) 21

6.3 INDAGINE SISMICA TROMOGRAFICA HVSR 22

6.4 MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE 29

0.7 CLASSIFICAZIONE SECONDO L'O.P.C.M. 3274 32

7.1 DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO 32

7.2 SPETTRI DI RISPOSTA NTC 35

7.3 PARAMETRI SISMICI (PERICOLOSITÁ DI BASE E DI SITO) 39

0.8 LIQUEFAZIONE 43

0.9 LIQUEFAZIONE RICALCOLATA A SEGUITO DI ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE AL III LIVELLO DI APPROFONDIMENTO 48

0.10 PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL TERRITORIO 51

0.11 CARATTERI IDROGEOLOGICI E IDROLOGICI 51

0.12 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 52

0.13 ALLEGATO 1 52

PREMESSA

L'indagine geologica effettuata, dovrà essere orientata alla ricostruzione dei caratteri, litologici, e più in generale di pericolosità geologica e sismica del territorio.
Deve, quindi, essere sviluppata in modo da costituire utile elemento di riferimento per l'inquadramento, da parte del progettista, delle problematiche geotecniche e sismiche a piccola e grande scala e del programma delle indagini.
La presente relazione viene redatta su incarico e per conto della Committenza, per verificare la risposta sismica del terreno in località Bagnara di Romagna (RA), via Trupatello, fornendo anche una parametrizzazione geotecnica di tali terreni, come da Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Figura 1: Immagine Google Earth – Ubicazione dell'area oggetto di indagine.

0.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La zona destinata all'intervento in oggetto (figure 1 e 2) si trova a nord-est di Bagnara di Romagna (RA), via Trupatello in un'area a topografia pianeggiante destinata ad uso abitativo. Coordinate: Lat. 44.394004° Long. 11.839739°.

Figura 2: Immagine Google Earth – dettaglio ubicazione dell'area oggetto di indagine.

0.2 NORMATIVE, BIBLIOGRAFIA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO

- Legge 2 febbraio 1974 n° 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolare riguardo per le zone sismiche"
- D.M. 16 gennaio 1996 Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Ordinanze P.C.M. 20 marzo 2003 n° 3274 e 2 ottobre 2003 n° 3316 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977)".
- A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica" Linee guida (marzo 2005).
- D.M. 17 gennaio 2018 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" NTC18
- D.M. 17 gennaio 2018 "Circolare esplicativa 27 Luglio 2018" C.S. LL. PP.
- PSC Comune di Bagnara di Romagna

0.3 RICOSTRUZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DEL TERRITORIO IN ESAME

Il territorio della Provincia di Ravenna è parte integrante della Pianura Padana, ed in quanto tale, il suo costituirsi, va visto nel contesto più generale della evoluzione geomorfologia Olocenica della pianura ferrarese, con particolare riguardo agli ultimi 3000 anni.
Il meccanismo di formazione e trasformazione di questo territorio è il frutto di processi geologici e geomorfologici che si sovrappongono, nello spazio e nel tempo, e che principalmente sono la sedimentazione fluviale e costiera, la subsidenza, le variazioni del livello marino.
Per evoluzione geomorfologia si intende specificatamente, la progradazione dell'apparato deltizio del Po, che fece seguito alla trasgressione Flandriana, con lo sviluppo di canali distributori, oggi rimasti come residui dossivi a far da limite a catini interfluviali morfologicamente depressi, anche in relazione al maggior tasso di subsidenza effetto della maggiore costipabilità dei sedimenti fini.
Un corso d'acqua naturale ormai giunto vicino alla foce, al momento della piena, deposita i sedimenti più grossolani, in questo caso sabbie e limi, entro l'alveo oppure al di fuori di esso se sussistono le condizioni per una sua tracimazione.
Appena l'acqua può espandersi perde energia e lascia gran parte del suo "carico" ai lati dell'alveo stesso, formando così degli argini naturali.
Le frazioni più fini dei materiali trasportati, restano in sospensione finché l'energia non diminuisce ancora fino ad annullarsi, dove l'acqua si ferma e ristagna.
Il volume minore occupato dalle granulometrie fini e la maggiore costipabilità dei sedimenti a cui danno origine causano, nel tempo, una differenziazione altimetrica tra gli alvei, che diventano pensili, ed i bacini di sedimentazione laterali che divengono via via depressioni a forma di catino delimitate dai tracciati fluviali.
La distribuzione sul territorio di queste forme geomorfologiche condiziona anche il flusso della falda freatica: in genere i paleoalvei corrispondono a zone di distribuzione e di alimentazione della falda freatica, laddove i catini interfluviali corrispondono a zone di drenaggio e richiamo delle acque.
Dalla Carta Geomorfologica della Pianura Padana di cui è visibile uno stralcio in fig. 3, si può osservare come l'area risulti inserita in una zona limosa-sabbiosa e si trovi nelle vicinanze di un paleoalveo di ubicazione incerta a morfologia dossiva, caratterizzato da sedimenti di granulometria generalmente grossolana quali sabbie e limi sabbiosi.

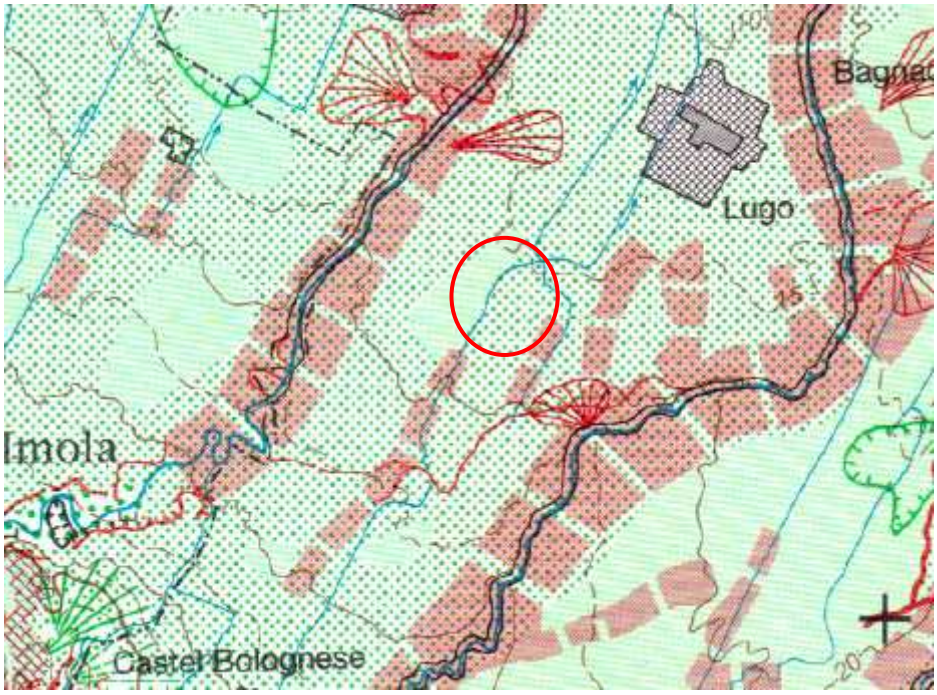


Figura 3 Stralcio Carta Geomorfologia della Pianura Padana **Area indagata**

Per quanto riguarda il corso attuale del Po, va ricordato che si tratta di un alveo di età relativamente recente, che è comunemente datato al Basso Medio Evo (XI o XII sec.); se ne attribuisce infatti la formazione alla cosiddetta *Rotta di Ficarolo*, che lo ha staccato dal corso precedente rivolto verso Bondeno e Ferrara (Po di Ferrara).
Nei successivi secoli l'alveo ha subito varie modificazioni dovute principalmente all'uomo che lo ha munito di argini artificiali soprattutto a partire dal XIV secolo, quando è divenuto il corso padano principale innalzandone frequentemente gli argini specie dopo il XVII secolo, quando è divenuto l'unico corso attivo del Po in questa parte della bassa Padania.
In conseguenza di tali interventi l'alveo è divenuto nettamente pensile, cioè con golene decisamente più alte dei territori circostanti.
In generale, quindi, i terreni superficiali dell'area, oggetto dell'intervento previsto, potranno corrispondere in larga misura ad un ambiente con episodi localizzati da bassa-*terreni coesivi*, da non escludere però alcuni spessori o strati caratterizzati da alte energie-terreni granulari.
Dal punto di vista altimetrico, l'area in esame, risulta compresa tra +5.00 metri e +6.00 metri s.l.m. circa, con una situazione generale di debole pendenza verso nord-est.

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE E LOCALE

Il vero fronte appenninico, quindi, situato circa all'altezza del Po, sovrascorre verso nord sulla piattaforma padano – veneta.
Si può così schematizzare che l'evoluzione del territorio dell'Emilia – Romagna coincide con l'evoluzione del settore esterno della catena nord – appenninica.
L'Appennino settentrionale è una catena a *thrusts* facente parte del sistema alpino, formatosi in gran parte a spese della placca Adriatica per l'interazione fra le placche Africana ed Eurasiatica.
Si tratta, quindi, di un edificio formato da una pila di unità tettoniche riferibili a due principali domini: il dominio Ligure, i cui sedimenti si sono deposti originariamente su crosta oceanica (*Liguridi*) e il dominio Tosco – Umbro – Marchigiano, rappresentato da successioni del margine continentale dell'Adria la cui età inizia a partire dal Triassico (circa 200 M.ni di anni fa)
La Pianura Padana, al cui interno è inserita l'area in esame, è costituita da un cuneo di sedimenti deposti, ad iniziare dall'Eocene, in un bacino subsidente che veniva riempito progressivamente, dapprima solo con materiale proveniente dalla catena alpina e poi anche con materiale della catena appenninica, durante e dopo la loro rispettiva emersione.
La disposizione e l'assetto di tali sedimenti corrispondono alla più recente storia evolutiva tettonica e sedimentaria del bacino padano.

In particolare la formazione della piana alluvionale e del territorio del delta del Po rappresentano l'ultimo atto di tale evoluzione.
Dal punto di vista geologico – strutturale (fig.5), il bacino dell'attuale Pianura Padana tuttora subsidente, era compreso nel più ampio Bacino Padano – Adriatico, che corrisponde alla zona di subsidenza sin – orogenica e post – orogenica compresa tra le zone di sollevamento dell'Appennino e delle Alpi; strutturalmente il bacino padano può essere considerato in generale, come un'area di avanfossa, originatasi dalla progressiva subduzione della placca Africana verso quella Europea con probabile subduzione della interposta microplacca padano – adriatica soggetta ad un doppio fenomeno di compressione, al di sotto delle coltri appenniniche e sud alpine.
L'arco delle pieghe ferraresi – romagnole, ora sepolte dalla coltre alluvionale, reso noto dalle prospezioni del sottosuolo per ricerche di idrocarburi, è l'elemento strutturale più esterno dell'Appennino settentrionale, all'interno del quale si possono distinguere:

- le pieghe ferraresi, più esterne, con nucleo mesozoico molto sollevato e tettonizzato, in posizione elevata in sovrascorrimento sul Terziario, e serie terziarie di spessore generalmente ridotto o mancante;
- le pieghe romagnole relativamente più interne e le pieghe adriatiche, le quali si sviluppano prevalentemente nell'area marina.

Nel Pliocene inferiore, la zona ferrarese viene interessata da una moderata subsidenza, più accentuata in corrispondenza degli assi sinclinalici esterni alle pieghe ferraresi.
Il mare di questo periodo copriva anche le strutture positive dell'area, sulle quali si depositavano spessori più esigui di sedimenti.
Nella zona intorno a Ravenna ed in corrispondenza del litorale attuale, lo spessore dei sedimenti pliocenici si aggira intorno ai 1000 metri, mentre il complesso di quelli quaternari supera quasi ovunque i 3000 metri, con massimi verso l'Adriatico.
Di seguito si riportano le caratteristiche dell'unità geologica locale:

Comune di Bagnara di Romagna (RA)

Ambienti deposiz. e litologie (50K) **sabbia limosa di piana deltizia** **Unità geologiche (50K)** **AES8a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna - unità di Modena**	sigla	AES8a
	nome	unità di Modena
	nome completo	Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna - unità di Modena
	tipo	unità
	descrizione	Unità costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose o da sabbie con livelli e lenti di ghiaie ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, in contesti di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva; da argille e limi, in contesti di piana inondabile; da alternanze di sabbie, limi ed argille, in contesti di piana deltizia; da sabbie prevalenti passanti ad argille e limi e localmente a sabbie ghiaiose, in contesti di piana litorale. Al tetto l'unità presenta localmente un suolo calcareo poco sviluppato di colore grigio-giallastro
	legenda	AES8a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna - unità di Modena
	età	Olocene
	sigla tessitura	LA
	tessitura	Limi argillosi
	deposito	Depositi di piana inondabile in area interfluviale
	ambiente	piana alluvionale

Figura 5: carta geologica Regione Emilia Romagna.

Le litologie superficiali nell'area d'indagine sono pertanto costituite prevalentemente da sedimenti caratterizzati da granulometrie fini debolmente coesive quali limi argillosi di ambiente di piana inondabile in area interfluviale (fig. 5).

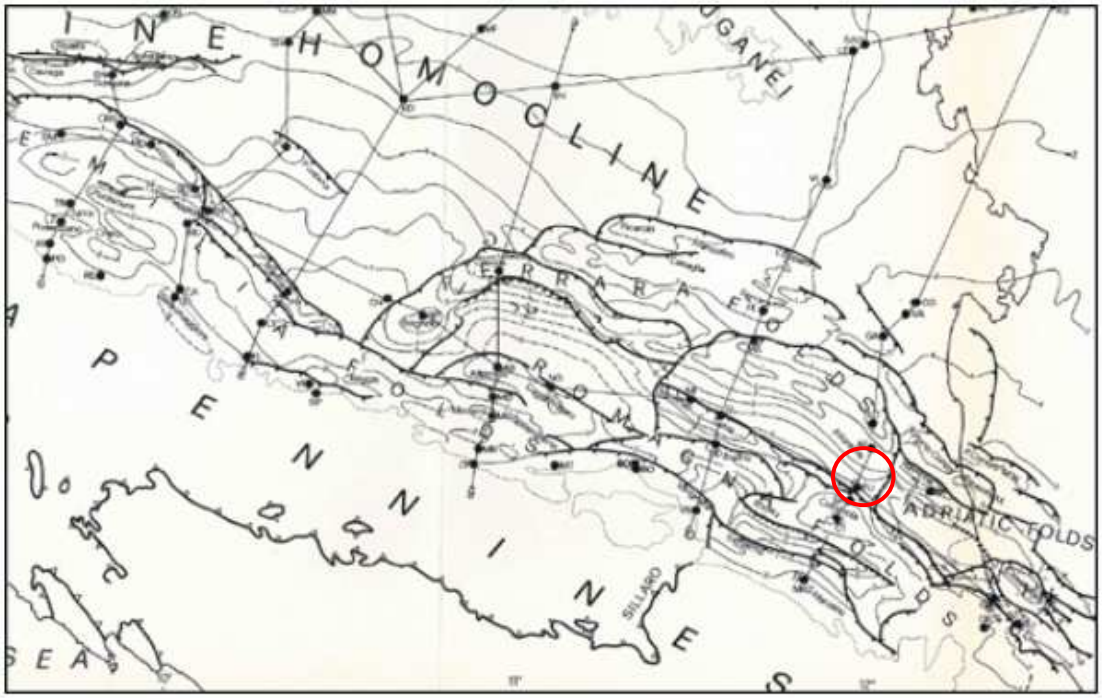


Figura 6: Carta strutturale della Pianura Padana – Fonte Regione Emilia Romagna.

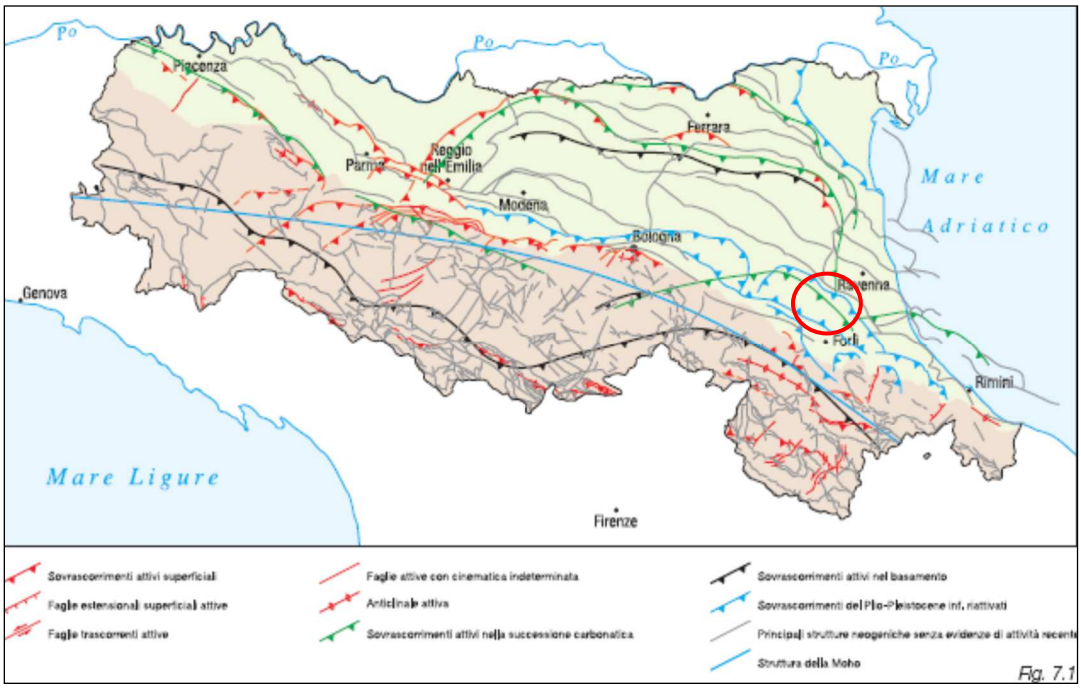


Figura 7: Schema tettonico della Regione Emilia-Romagna.

0.4 MODELLO SISMICO

Con l'entrata in vigore del nuovo D.M. 17 gennaio 2018 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" che ha recepito l'OPCM 3274 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche*", il Comune c Ferrara (FE) è stato confermato in zona 2 (*fig. 8*) cioè:

- accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g) pari a 0,25;
- accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche (a_g/g) pari a 0,25.

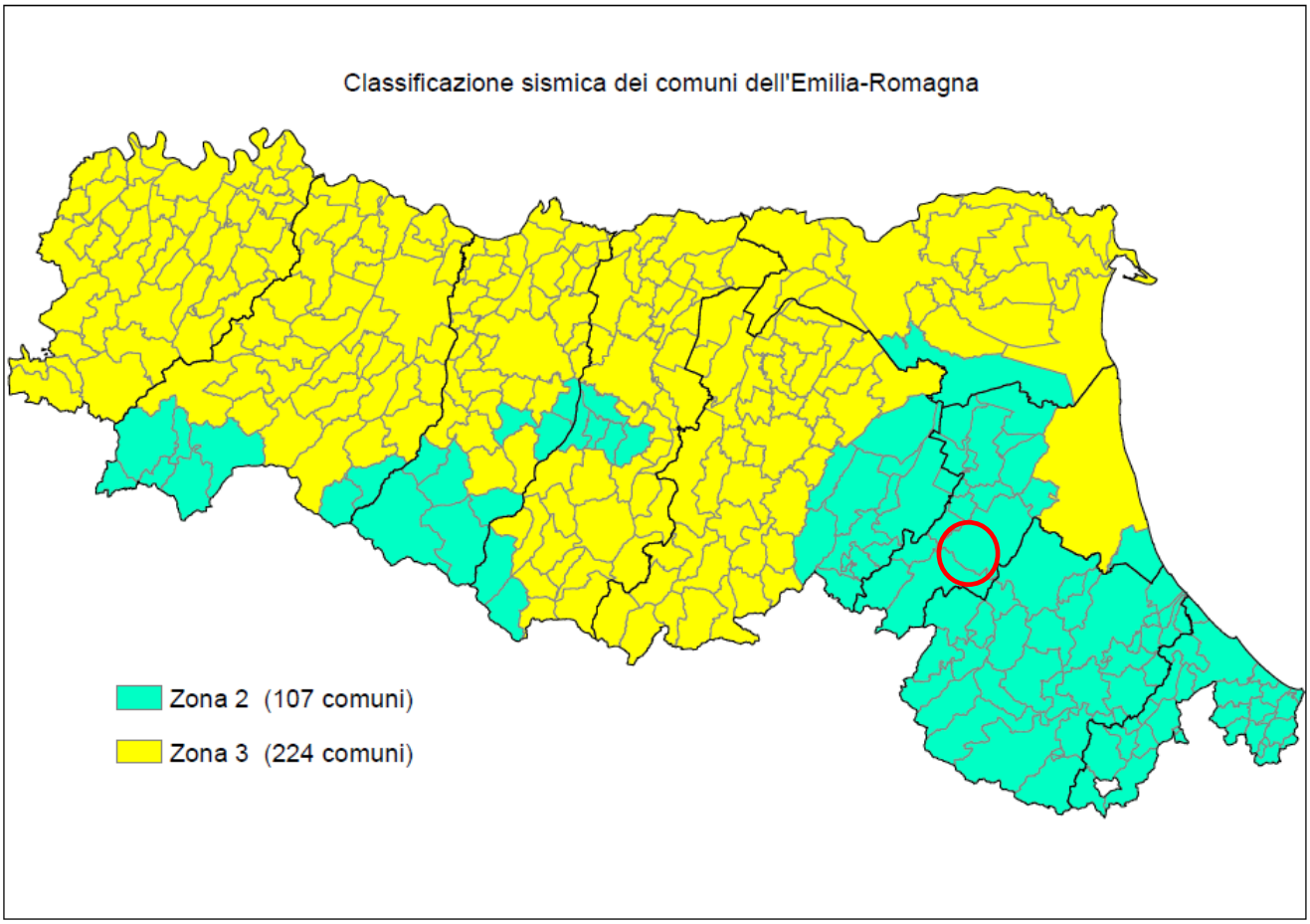


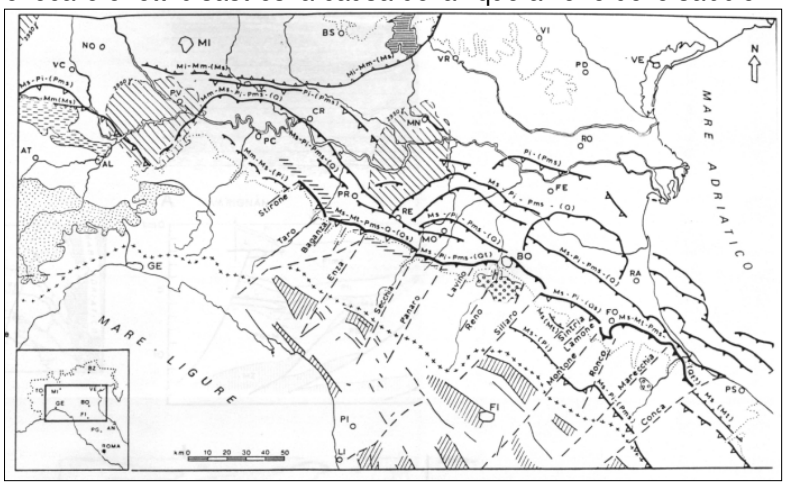
Figura 8: Nuova zonazione sismica. Ubicazione del sito

Classificazione delle zone di sismicità

zona	accelerazione orizzontale (a_g/g) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni	Accelerazione orizzontale (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche)	**Valori di a_g accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A, da adottare**
1	> 0.25	0.35	**0.35 g**
2	0.15 – 0.25	0.25	**0.25 g**
3	0.05 – 0.15	0.15	**0.15 g**
4	< 0.05	0.05	**0.05 g**

Fino ad oggi l'Emilia-Romagna era stata interessata da una sismicità che poteva essere definita media, relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6, della scala Richter e intensità massima del IX°-X° grado della scala MCS (Mercalli Cancani Sieberg).
Infatti, dai cataloghi dei terremoti risulta che negli ultimi 1000 anni circa la nostra regione è stata interessta da terremoti frequenti ma mai paragonabili, per energia liberata (e, quindi, per valori di magnitudo) ai maggiori eventi di altre aree regionali quali, ad esempio, Sicilia orientale e Calabria, Irpinia-Basilicata o Friuli.
I maggiori terremoti (Magnitudo > 5,5) si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell'Appennino romagnolo e lungo la costa riminese.

Tale magnitudo è paragonabile a quella (5,8) della scossa principale del 26 settembre 1997 riferita alla lunga crisi sismica del 1997-1998 in Umbria –Marche.
Gli ultimi eventi verificatisi nel maggio 2012, culminati con il terremoto del 20 maggio 2012, delle ore 04:03:52 (italiane) con Magnitudo 5,9 e ipocentro a circa 6,3 km di profondità nel distretto sismico *Pianura padana emiliana* e con epicentro a Finale Emilia (MO) ma che ha interessato anche la Provincia di Ravenna sta appunto a testimoniare la sismicità dell'area.
Al momento attuale, pur considerando i nuovi eventi sismici accaduti per cui è stata proposta da parte del Servizio Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, una revisione delle zone di appartenenze, ci si deve basare sulle normative attualmente in vigore.
La presenza di sedimenti clastici incoerenti e saturi d'acqua, come abbiamo potuto osservare può essere, infatti, motivo di amplificazione di scosse sismiche anche provenienti da luoghi non vicini; la presenza in superficie di sedimenti fini (limi e sabbie) saturi d'acqua, come dimostrato da quanto accaduto nel Comune di Sant'Agostino, può provocare effetti disastrosi a causa della liquefazione delle sabbie.



Fino ad oggi le scosse più forti erano riconducibili a eventi locali, imputabili a movimenti delle pieghe dell'Appennino sepolto, probabilmente amplificate dalla natura dei materiali sovrastanti.

La sismicità della zona, è legata alla presenza delle strutture sismogenetiche ITCS047 – Castelvetro di Modena–Castel San Pietro, – Malalbergo– Ravenna, ITCS050 – Poggiorusco–Migliarino, e della ITCS051 – Novi–Poggio Renatico, ITCS012.
ITCS047 – Castelvetro di Modena–Castel San Pietro è una sorgente composita che attraversa la regione in tutta l'Alta Valle del Reno, intorno alla città di Bologna, e appartiene al Pedeapenninic Trust Front. Si tratta di un sistema di faglie NE vergenti, in parte composta da piccoli archi, ai piedi della catena Appenninica settentrionale.
Cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una concentrazione di sismicità sia media (4.5<Mw<5.0) sia elevata nel settore centrale e orientale della regione. I terremoti principali, da E a W, si sono verificati nelle date 3 gennaio 1505 (Mw 5.5, Bologna), 20 aprile 1929 (Mw 5.5, Bolognese) e 20 luglio 1399 (Mw 5.4, Modenese). Inoltre ebbe luogo un altro evento appena a sud della zona il 6 febbraio 1455 (Mw 5.4, Bolognese).
Dati del sottosuolo (Pieri e Groppi, 1981; Cassano et al., 1986), anomalie dei pattern fluviali (Amorosi et al., 1996) e analisi strutturali (Castellarin et al., 1985) denotano l'attività tettonica corrente del Pedeapenninic Trust Front che conferisce potenziale sismogenetico a questa zona.
ITCS051 – Novi-Poggio Renatico è la parte principale della porzione nascosta del trust dell'Appennino romagnolo esterno e può spiegare la sismicità della regione. In realtà, dati di sottosuolo (Cassano et al., 1986) mostrano anticlinali sepolte ben sviluppate, tra cui la Sorgente Sismogenetica Mirandola (in figura), responsabile di alcuni sismi accaduti nel 2012. Inoltre, ci sono ben note anomalie dei pattern fluviali in questo settore (Castaldini et al., 1979), per il quale Burrato et al. (2003) ipotizzano un'origine tettonica. Questi ultimi autori propongono che i segmenti dei blind trusts dedotti da dati del sottosuolo possano essere potenziali fonti, in questo settore, di terremoti con Mw 5.5.
ITCS012 – Malalbergo-Ravenna è una fonte composita che attraversa la porzione più bassa della valle del Reno sino alla città di Ravenna e appartiene alla parte anteriore del Ferrara Trust Front. Questo sistema di faglie è l'arco esterno con vergenza N - NE al confine NE della catena appenninica e marca la spinta più avanzata a NE con potenziale sismogenetico di danno negli Appennini.

I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano un certo numero di terremoti che hanno interessato l'area; a SE (anche se in posizione incerta) vi è il terremoto del 725 A.D. (Mw 5.6, Classe-Ravenna); nel centro della regione, il sisma del 18 marzo 1624 (Mw 5.4, Argenta) ed eventi del 30 dicembre 1967 (Mw 5.4, Bassa Padana), del 22 ottobre 1796 (Mw 5.6, Bassa Padana), del 13 gennaio 1909 (Mw 5.5, Bassa Padana).
Questa sorgente è una parte avanzata e poco profonda rispetto al resto dell'Outer Trust dell'Appennino Romagnolo e comprende il lato destro del fronte.
ITCS050 – Poggio Rusco – Migliarino è una struttura che attraversa la bassa valle del Po e forma la parte esterna del Ferrara Arc Trust Front. È un sistema di faglie NE vergenti al limite NE della catena appenninica nella pianura padana e marca il più avanzato trust NE appenninico sismogenetico.
I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una sismicità sparsa intermedia nella regione, con l'eccezione notevole del terremoto del 22 febbraio 1346 (Mw 5.8, Ferrara) alla punta W della zona e l'evento del 17 novembre 1570 (Mw 5.5) nella città di Ferrara. Questa sorgente è poco profonda per rappresentare la sismicità della regione. Si ritiene che questa zona possieda un potenziale sismogenetico basato su dati ipogei (Pieri e Groppi, 1981; Boccaletti e Martelli, 2004) e su evidenze di deformazione attiva alla superficie (Burrato et al., 2003) che suggeriscono l'attività tettonica dell'arco di Ferrara. Un segmento di quest'arco è stato associato al terremoto 1570 di Ferrara e ai recenti eventi del 2012.
Nella tabella seguente sono elencati gli eventi sismici storici riportati dal Catalogo DBMI11 e relativi al Comune di Bagnara di Romagna (RA).

Seismic history of Bagnara di Romagna					
[44.389, 11.826]					
Total number of earthquakes: 12					
Effects	Earthquake occurred:				
Is	Data	Ax	Np	Io	Mw
6-7	1688 04 11 12 20	Romagna	39	8-9	5.84
NF	1899 06 26 23 17 22	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
6	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	1953 12 14 07 11 06	Appennino forlivese	48	5-6	4.70
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1999 01 25 22 45 5	Appennino forlivese	97	5	4.36
5	2000 05 06 22 07 0	Faentino	85	5	4.08
4-5	2000 05 08 12 29 0	Faentino	126	5	4.67
4	2000 05 10 16 52 0	Faentino	151	5-6	4.82
NF	2002 11 02 10 57 4	Ferrarese	79	4	4.21
NF	2003 12 07 10 20 3	Forlivese	165	5	4.18
NF	2005 07 15 15 17 18	Forlivese	173	4-5	4.29
This file has been downloaded from INGV - DBMI1					

Utilizzando i dati ricavati dal sito dell'INGV è stata analizzata la disaggregazione dei dati sismici relativi al vicino nodo 15181 del reticolo in cui è suddiviso il territorio nazionale. Per il nodo 15181 il dato medio è di magnitudo 4.93 con una distanza epicentrale media di 6,74 km ed un valore di epsilon di 0.944.
I dati disaggregati mostrano la distribuzione descritta dalla tabella riportata di seguito.

Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 5% in 50 anni											
(Coordinate del punto lat: 44.373, lon: 11.812)											
Distanza in km	Magnitudo										
	3.5 - 4.0	4.0 - 4.5	4.5 - 5.0	5.0 - 5.5	5.5 - 6.0	6.0 - 6.5	6.5 - 7.0	7.0 - 7.5	7.5 - 8.0	8.0 - 8.5	8.5 - 9.0
0-10	0.0000	18.5000	34.3000	19.3000	7.4700	0.1550	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.5200	5.5200	6.2000	4.1400	0.2250	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.1550	0.9120	1.1400	0.1040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0432	0.2570	0.0445	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0301	0.0196	0.0023	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0051	0.0018	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Dall'esame di detta tabella si evince che la classe sismica dominante è individuata da terremoti il cui epicentro è nell'intervallo di distanza 0-10 km dal nodo con incidenza percentuale totale, per magnitudo fra 4 e 6, del

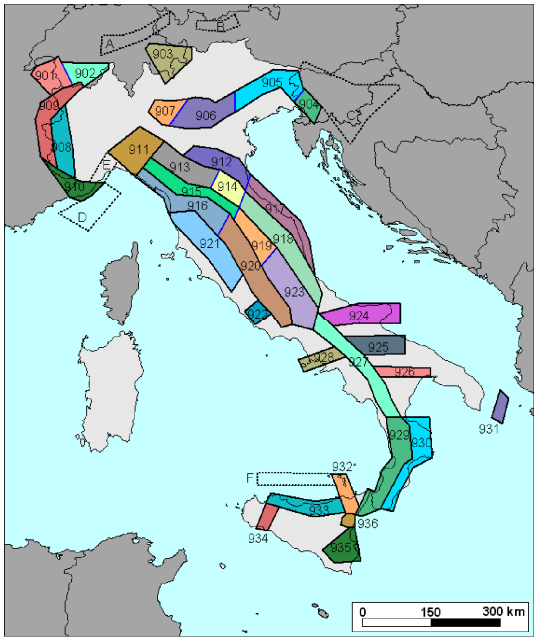
79,6%. Nell'intervallo di distanze epicentrali 10-20 km vi è il 17,4% dei sismi. Nell'intervallo 0-20 km è quindi rappresentato il 97% dei sismi con magnitudo comprese fra 4.0 e 6.0.
Nel sito dell'INGV sono anche disponibili gli spettri di risposta a pericolosità uniforme Se(T) con probabilità di eccedenza in 50 anni. I dati relativi al 50° percentile sono riassunti nella tabella seguente.

Prob. di ecc. in 50 aa	Spettri di risposta a pericolosita' uniforme										
	50° percentile (Coordinate del punto lat: 44.373, lon: 11.812)										
	Periodo (in sec)										
	0.00	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00
2%	0.3292	0.6770	0.8593	0.8886	0.8436	0.7052	0.5781	0.3598	0.2452	0.1396	0.0970
5%	0.2517	0.5215	0.6542	0.6503	0.6145	0.4970	0.4065	0.2521	0.1757	0.0968	0.0645
10%	0.1991	0.4168	0.5154	0.5021	0.4735	0.3737	0.3047	0.1877	0.1290	0.0712	0.0474
22%	0.1447	0.3123	0.3731	0.3598	0.3338	0.2613	0.2107	0.1301	0.0868	0.0479	0.0309
30%	0.1243	0.2737	0.3221	0.3109	0.2855	0.2230	0.1770	0.1096	0.0726	0.0395	0.0256
39%	0.1090	0.2357	0.2808	0.2715	0.2463	0.1918	0.1525	0.0946	0.0621	0.0342	0.0210
50%	0.0943	0.2020	0.2424	0.2336	0.2117	0.1642	0.1278	0.0784	0.0512	0.0274	0.0173
63%	0.0798	0.1732	0.2061	0.1990	0.1769	0.1376	0.1075	0.0605	0.0397	0.0212	0.0137
81%	0.0626	0.1371	0.1613	0.1564	0.1375	0.1062	0.0810	0.0426	0.0269	0.0152	0.0094

Dopo l'analisi dei dati su elencati il catalogo CPTI04 è stato interrogato per parametri, relativamente all'area d'interesse e con raggio 35 km, per analizzare i sismi (e le relative magnitudo) che formano l'hazard dell'area, ottenendo i risultati compendiati nella tabella che segue.

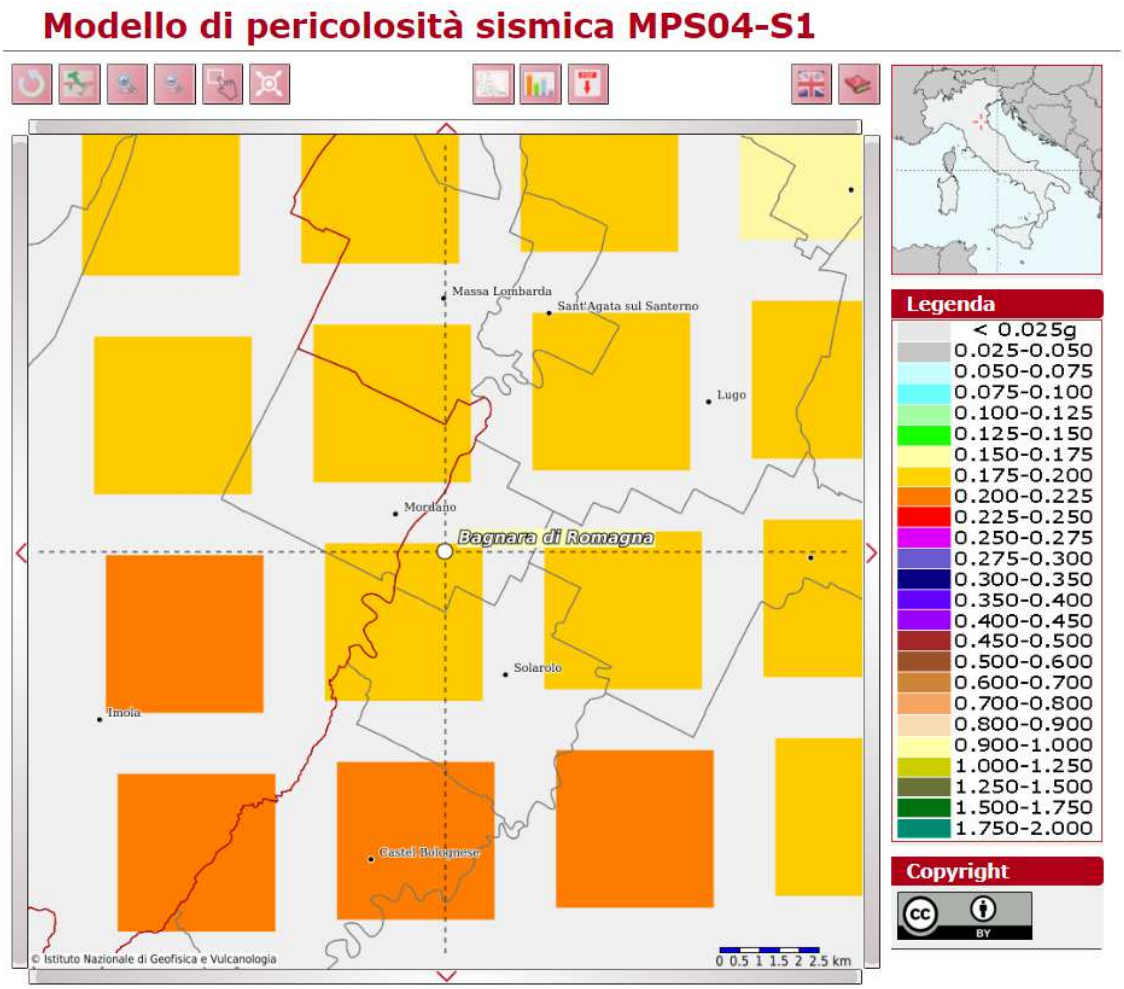
CPTI04 - Risultato dell'interrogazione per parametri															
Interrogazione effettuata sui seguenti parametri:															
Area circolare con centro C (44.373, 11.812) e raggio 35 km															
N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Io	Lat	Lon	Maw	Mas	Msp	ZS9
18	725						Classe-Ravenna	CFTI	80	44,4	12,22	5,57	5,4	5,55	912
62	1279	4	30				ROCCA CASCIANO	DOM	75	44,125	11,919	5,55	5,36	5,51	914
114	1383	8	4				FORLI'	DOM	75	44,217	12,049	5,37	5,1	5,27	914
138	1424	10	20	22			CASTROCARO	POS85	60	44,167	11,917	4,83	4,3	4,53	914
141	1428	7	3	5			PREDAPPIO	DOM	80	44,146	12,048	5,58	5,41	5,56	914
175	1479	10	10	22			FORLI'	DOM	60	44,217	12,049	4,83	4,3	4,53	914
209	1509	4	19				Faentino	CFTI	70	44,32	11,87	5,17	4,8	4,99	914
282	1591	7	10				FORLI'	DOM	65	44,4	12,038	5,24	4,91	5,09	912
323	1624	3	18	19	45		Argenta	CFTI	75	44,65	11,85	5,43	5,19	5,35	912
357	1653	8	15				CESENA	DOM	65	44,215	12,058	5,03	4,6	4,8	914
359	1655	3	25				ROCCA CASCIANO	DOM	60	44,06	11,842	4,83	4,3	4,53	914
389	1687						CASTEL BOLOGN.	POS85	60	44,333	11,75	4,83	4,3	4,53	914
393	1688	4	11	11	30		ROMAGNA	DOM	90	44,39	11,942	5,88	5,85	5,85	912
395	1688	8	18				FUSIGNANO	POS85	70	44,417	12	5,17	4,8	4,99	912
397	1689	3	15				FUSIGNANO	POS85	60	44,417	12	4,83	4,3	4,53	912
481	1725	10	28				FAENTINO	DOM	70	44,195	11,863	5,26	4,94	5,12	914
503	1732	8	9				FAENZA	DOM	60	44,286	11,881	4,83	4,3	4,53	914
605	1778	6	11				FORLI'	DOM	65	44,217	12,049	5,03	4,6	4,8	914
606	1779	6	4	7			Bolognese	CFTI	65	44,45	11,52	4,97	4,51	4,72	914
612	1780	5	25				RAVENNA	DOM	65	44,417	12,198	5,03	4,6	4,8	912
616	1781	4	4				FAENTINO	DOM	90	44,235	11,797	5,84	5,8	5,8	914
619	1781	7	17	9	40		Romagna	CFTI	80	44,28	11,95	5,53	5,34	5,49	914
683	1796	10	22	4			Emilia orient.	CFTI	70	44,62	11,67	5,63	5,48	5,62	912
726	1813	9	21	7	45		Romagna centr.	CFTI	70	44,25	11,97	5,32	5,02	5,19	914
762	1826	10					TREDOZIO	POS85	60	44,083	11,75	4,83	4,3	4,53	914
772	1828	4	8				GALEATA	DOM	60	44,113	12,007	4,83	4,3	4,53	914
775	1828	10	8	22	30		Romagna merid.	CFTI	55	44,17	12,1	4,63	4	4,25	914
849	1844	3	10	17	15		FORLI'	DOM	65	44,178	12,146	5,03	4,6	4,8	914
894	1854	6	16	13	25		CASTEL BOLOGNESE	POS85	70	44,333	11,75	5,17	4,8	4,99	914
929	1861	10	16				FORLI'	DOM	65	44,231	12,124	5,13	4,75	4,94	914
971	1870	10	30				MELDOLA	DOM	80	44,139	12,052	5,59	5,43	5,57	914
995	1874	10	7				IMOLESE	DOM	70	44,164	11,579	4,99	4,54	4,75	914
1030	1878	3	12	21	26		Bolognese	CFTI	60	44,42	11,55	4,83	4,3	4,53	914
1037	1878	11	9	17	49		CASTEL DEL RIO	POS85	70	44,25	11,5	5,17	4,8	4,99	914
1042	1879	4	27	4	6		Valle d. Senio	CFTI	70	44,17	11,58	5,18	4,82	5,01	914
1049	1880	7	23	1	50		BRISIGHELLA	POS85	55	44,2	11,8	4,63	4	4,25	914
1057	1881	2	12				RUSSI	DOM	65	44,27	11,958	5,03	4,6	4,8	914
1174	1891	8	1	13	30		LUGO	POS85	60	44,417	11,933	4,83	4,3	4,53	912
1200	1892	12	29	13	48		CASTEL DEL RIO	POS85	60	44,167	11,5	4,83	4,3	4,53	914
1287	1898	1	16	12	10	5	Romagna sett.	CFTI	65	44,65	11,77	5,03	4,6	4,8	912
1499	1909	1	13		45		BASSA PADANA	DOM	65	44,579	11,688	5,53	5,33	5,48	912
1662	1917	12	2	17	39		GALEATA	DOM	65	44,059	11,829	5,2	4,84	5,03	914
1705	1920	6	8	16	13		MODIGLIANA	POS85	50	44,1	11,8	4,6	3,96	4,21	914
1852	1931	4	5	13	34		FAENTINO	DOM	65	44,192	11,708	5,1	4,7	4,9	914
1904	1935	6	5	11	48		FAENTINO	DOM	60	44,26	11,876	5,34	5,06	5,23	914
2151	1960	4	30	1	38	36	BRISIGHELLA	POS85	60	44,167	11,75	4,83	4,3	4,53	914
2162	1961	5	8	22	45	51	DOVADOLA	POS85	55	44,1	11,933	4,56	3,89	4,15	914
2196	1963	8	9	6	5		FAENTINO	DOM	55	44,101	11,938	5,32	5,03	5,2	914
2220	1965	12	18	9	22	25	RUSSI	POS85	55	44,4	12	4,95	4,47	4,68	912
2243	1967	12	30	4	19		BASSA PADANA	DOM	60	44,604	11,997	5,36	5,09	5,26	912
2245	1968	1	11	17	8	9	RUSSI	POS85	50	44,4	12	4,58	3,92	4,17	912
2263	1969	1	10	16	17	32	RUSSI	POS85	55	44,383	12	4,63	4	4,25	912
2389	1978	12	5	15	39	4	RAVENNA S.O.	POS85		44,383	12,117	4,76	4,2	4,43	912
2533	2000	5	10	16	52	12	APPENNINO FORLIVESE	OFTEP		44,244	11,933	4,9	4,7	4,9	914
Numero di record estratti: 54															

Nella storia sismica analizzata, nel periodo 1234-2000, i sismi con magnitudo momento epicentrale maggiore (Mw ≥ 5) sono gli eventi 1239 (Rocca San Casciano), 1383/1591/1778/1844/1861 (Forlì), 1509/1725/1781/1931/1935/1963 (Faentino), 1624 (Argenta), 1688/1781 (Romagna) 1780 (Ravenna), 1796 (Emilia Orientale), 1813 (Romagna centrale) 1898 (Romagna settentrionale), 1909/1967 (Bassa Padana) oltre a quello del 2012, attualmente non ancora inserito nel catalogo.
Gli eventi citati appartengono alla zona sismogenetica 914 illustrata in figura a lato.



Procedendo dal Tirreno all'Adriatico, le zone-sorgente da 912 a 923, longitudinali rispetto all'asse della catena appenninica, modificano le precedenti zone da 27 a 55 di ZS4 sulla base di vedute aggiornate sulla fagliazione attiva e sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche. In particolare le zone 912 e 917 rappresentano la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale, ottenute tenendo conto delle nuove informazioni sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche e sul regime di stress in atto. Il numero di terremoti che ricadono nella zona 917 è decisamente inferiore a quello degli eventi nella zona 912. In quest'ultima, la sismicità sembra evidenziare l'andamento del fronte compressivo sepolto più avanzato (a ridosso del Po). In queste zone si osserva in atto un regime tettonico debolmente compressivo. Strutture compressive (prevalentemente *trust*) allineate lungo la costa o a breve distanza da essa sono responsabili della sismicità.
Le zone 913, 914 e 918 risultano dalla scomposizione della fascia che da Parma si estende fino all'Abruzzo. In questa fascia si verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord-occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più sud-orientale; si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori di magnitudo molto elevati. Le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori in questa fascia di quanto non siano nella fascia più esterna; lo testimoniano anche quegli eventi che hanno avuto risentimenti su aree piuttosto vaste. Queste zone ricadono invece in una fascia di transizione a carattere misto, ovvero in cui convivono meccanismi diversi (essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE).
Per le zone 912, 916 e 914 la Tab. 6 in Gruppo di Lavoro (2004) indica, dopo le analisi di completezza, un valore di Mw_{max} compreso tra 6.5 e 7.

Dal 27 luglio 2018, con l'entrata in vigore delle NTC 2018, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera.



Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi.

L'area in oggetto, nel Comune di Bagnara di Romagna rientra nella fascia compresa tra 0.175g e 0.200g, come risulta dalla ricerca effettuata sul sito INGV.

0.5 PROGRAMMA DELLE INDAGINI

Al fine di caratterizzare il sito in esame secondo i vari aspetti (geotecnico e sismico), le indagini previste dovranno essere commisurate e posizionate in modo da fornire un quadro, il più possibile esaustivo, della zona in esame.
A tale scopo le indagini previste, iniziate e concluse in data 01/07/2021, sono state sviluppate tramite l'esecuzione di:

- n° 2 CPTU prova penetrometrica con punta elettrica, eseguita alla profondità di 20 metri dal piano campagna.
- n° 1 CPT prove penetrometriche con punta meccanica, eseguite alla profondità di 10 metri dal piano campagna.
- n° 2 prove geofisiche tromografiche HVSR.

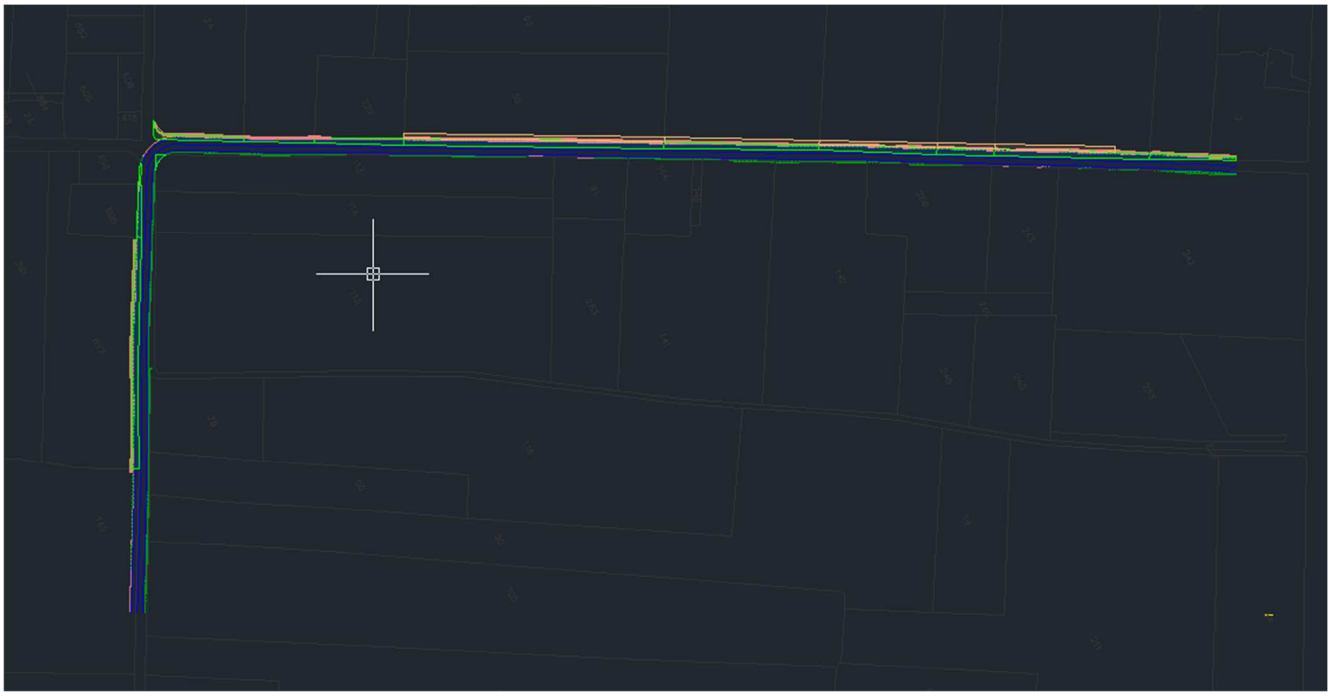
I dati raccolti sono stati elaborati e compendiati nella presente relazione e negli allegati inseriti. Di seguito vengono riportate le foto della prova realizzata:

Figura 9: ubicazione prova.

CPT 3

HV 1

HV 2



Progetto – scala libera

6.1 PROVE PENETROMETRICHE CON PIEZOCONO ELETTRICO (CPTU)

L'indagine è stata eseguita con cono il piezocono sismico Tecnopenta TP CPL2IN SISMI, che si avvale del sistema G1-CPL2IN+D1-SISMI-USB il quale permette, oltre all'acquisizione dei normali parametri di resistenza alla punta (qc), attrito laterale (fs) e pressione neutra (U), di determinare la velocità delle onde di taglio (Vs) in situ.
Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche principali del piezocono elettrico.

Tabella caratteristiche Piezocono sismico

Caratteristiche meccaniche Piezocono	**Piezocono CPL21N-SISMI**
Diametro	35.7 mm
Altezza nominale	30.9 mm
Angolo di apertura	60°
Area nominale	1000 mm^2
Altezza: base cilindro-filtro	10 mm
Altezza quad-ring	3.5 mm
Area di punta	10 cm^2
Diametro	35.7 mm
Area netta	6.6 cm^2
Superficie manicotto	150 cm^2
Lunghezza manicotto	133.7 mm
Area superiore manicotto	2.22 cm^2
Lunghezza totale punta elettrica	600 mm
Peso complessivo	3 kg
Caratteristiche elettriche	
Resistenza alla punta (Rp)	
Sensori	8 estensimetri da 350 ohm
Fondo scala	500 kg
Risoluzione	0.1 kg/cm^2
Precisione	< ± 1% F.S.
Valore minimo misurabile	-13 kg/cm^2
Deriva termica di zero	< 0.05 % F.S. / °C

Resistenza laterale (Rl)	
Sensori	8 estensimetri da 350 ohm
F.S.	5 kg
Risoluzione	0.01 kg/cm^2
Precisione	< ± 2% F.S.
Valore minimo misurabile	- 0.55 kg/cm^2
Deriva termica di zero	< 0.05 % F.S. / °C
Influenza di Rp su Rl	> 1.5 % F.S. di Rl
Pressione neutrale (Pn)	
Sensore	Trasduttore di pressione piezoresistivo
F.S.	20 bar
Risoluzione	0.01 bar
Precisione	0.02 – 0.05 bar
Deriva termica di zero	< ± 0.05 % F.S. / °C
Valore minimo misurabile	- 2 bar
Filtro	Bronzo poroso (porosità 50 micrometri)
Altezza filtro	6 mm
Diametro	35.7 mm
Inclinazione (I)	
Sensore	Inclinometro biassiale magnetoresistivo
F.S.	± 10 gradi / ± 20 gradi
Risoluzione	0.1 grado
Precisione	± 0.25 % della lettura
Deriva termica di zero	< 0.05 % F.S. / °C
Temperatura	
Sensore	Monolitico con condizionatore inserito
Campo di misura	- 50° + 150°
Risoluzione	0.1 °C
Precisione	< ± 2% della scala
Consumo complessivo piezocono	67 mA
Temperatura di esercizio	- 20° + 70 °C
Caratteristiche meccaniche Piezocono	**Punta elettrica-piezocono CPL21N**
Avanzamento	EST CPL
Sensore	Potenziometro 10 giri da 10 kohm
Risoluzione	1 mm
Precisione	<± 1% della lettura
Corsa	120 mm
Geofoni	
Distorsione	Minore di 0.075% tra 0° e 20°
Frequenze spurie	Sopra i 250 Hz
Frequenza	10Hz +/-3. 5%
Smorzamento	68% +/-3. 5%
Sensibilità al 68% di smorzamento	27. 5 V/m/s +/- 3.5%
Resistenza della bobina	395 ohm
Temperatura operativa	-40°/+90°
Caratteristiche meccaniche	**Centralina TP PEN 8**
Contenitore	
Dimensioni	B=308; L=206; H=106 (mm)
Peso	6 kg
Grado di Protezione	IP 65
Caratteristiche elettriche	
CPU	82 C552 a 22.188 Mhz clok
Convertitore A/D	12 bit (su richiesta 16 bit)
Memoria	RP BASIC - 52 in ROM da 32 k
Ram per programmi e dati	Da 128 K espandibile a 512 k

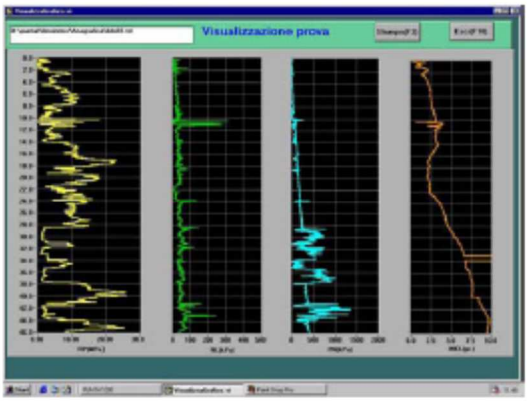
Orologio datario	
Accuratezza	1 minuto/mese
Risoluzione	1 secondo
Porte seriali	2 RS 232
Baud rates	Da 300 a 38400 programmabile
Temperatura di esercizio	-20°/+70°
Corrente assorbita	
Amplificatore	32 mA
totale	256 mA (compreso il piezocono)
Tensione di alimentazione	12 Vdc
Tensione critica di funzionamento	11 Vdc
Autonomia di funzionamento	8h al 50% della capacità nominale della batteria
Batteria alimentazione interna	12 Vdc 4 Ah
Tempo di ricarica	8 ore
Comando avanzamento	
Pulsantiera	A 2 vie con tasti freccia ↑e↓
Cavo piezocono-centralina	
Diametro	9 mm
Schermatura	rame stagnato copertura 80%
Guaina	Poliuretano, ral 1021
Conduttori	7*.34 e + 3*.14 mm^2
Sistema di gestione cono sismico	
Processore	486
Velocità	133 Mhz
Porte seriali	23E8h IRQ e 2E8h IRQ
Porta parallela	LPT1
RAPPORTO DI TARATURA DELLA PUNTA	***Giugno 2020 , eseguito dalla ditta: TECNOPENTA s.r.l. - Via G. Galilei 7a/2 35037 TEOLO (PD)***

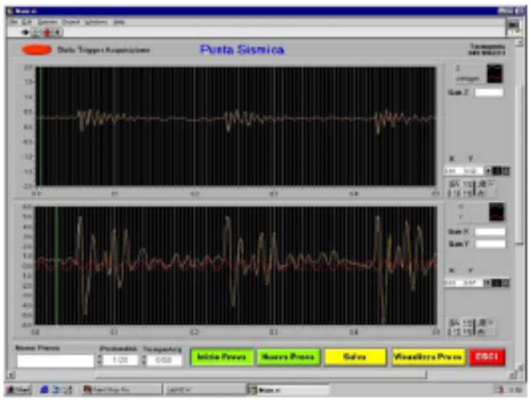
Il sistema di acquisizione ed elaborazione, si compone di alcuni dispositivi fondamentali e di alcuni accessori:

- *piezocono elettrico* per la misura dei parametri Rp (Resistenza alla Punta), Rl (Resistenza laterale), Pn (Pressione Neutra), inclinazione;

Particolare del piezocono

- *computer portatile* per la memorizzazione di tutti i parametri (acquisizione, visualizzazione grafica);





- *centralina di interfaccia con Personal Computer*, per il condizionamento dei diversi sensori che compongono il piezocono; la centralina D1-SISMI USB dispone di 16 canali analogici, con velocità massima di campionamento di 250 KHz, permette di acquisire 3 campioni ogni 0.01 ms con risoluzione del sistema è 14 bit e amplificazioni, selezionabili via software, che vanno da 1 a 200;

- *software di gestione* del sistema piezocono: il software EOLO serve per la gestione dei segnali del sistema piezocono;

6.2 PROVA PENETROMETRICA CON PUNTA MECCANICA (CPT)

Per le prove CPT, è stato utilizzato un penetrometro statico modello Pagani TG 63/100 tipo Gouda da 10 ton, montato su cingolato.
La prova CPT (Cone Penetration Test), consiste essenzialmente nella misura di resistenza alla penetrazione di una punta conica (punta Begemann) e di un manicotto (friction jacket cone), di dimensioni standardizzate: la punta ha un angolo di 60° e l'area della superficie di base pari a 10 cm^2; il manicotto per la misura dell'attrito laterale locale, è posizionato immediatamente dietro al cono ed ha l'area della superficie laterale pari 150 cm^2.

Punta Begemann

Sono state pertanto rilevate, alternativamente, la resistenza alla punta Rp e la resistenza all'attrito laterale locale Rl.

Le tabelle dei valori e i diagrammi di resistenza ottenuti sono riportati ***nell'allegato 1,*** dove si può notare:

- curva Rp = resistenza che incontra la punta dello strumento avanzando nel terreno, espressa in kg/cm^2;
- curva Rl = resistenza all'attrito laterale locale fornita dal manicotto, espressa in kg/cm^2.

Nell' Allegato 1 vengono riportati anche i parametri geotecnici più rappresentativi, ottenuti dalle prove CPT, descritta nella pagina seguente.

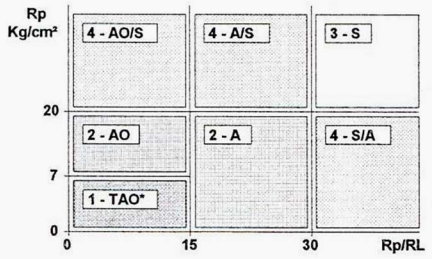
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto Rp / RL
(Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

Rp $\leq$ 20 kg/cm² : possibili terreni COESIVI anche se (Rp / RL) > 30

Rp $\geq$ 20 kg/cm² : possibili terreni GRANULARI anche se (Rp / RL) < 30



NATURA LITOLOGICA

1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
2 - COESIVA IN GENERE
3 - GRANULARE
4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - Rp - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
$\sigma'vo$ = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
Cu = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : Cu - Rp]
OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - Cu - $\sigma'vo$]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
Eu = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : Eu - Cu - OCR - Ip Ip= ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - Rp]
E'50 - E'25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza F = 2 - 4 rispettivamente)
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - Rp - natura]
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
Dr = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - Rp - $\sigma'vo$] (Schmertmann 1976)
Ø' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : Ø' - Dr - Rp - $\sigma'vo$]
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
Ø1s - (Schmertmann) sabbia fine uniforme Ø2s - sabbia media unif./ fine ben gradata
Ø3s - sabbia grossa unif./ media ben gradata Ø4s - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
Ødm - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. Ømy - (Meyerhof) sabbie limose
Amax = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g) - Dr]

6.3 INDAGINE SISMICA TROMOGRAFICA HVSR

Nel sito in oggetto è stata compiuta una misura del rumore sismico ambientale della durata di 20' (TR1/TR2). In conformità con le indicazioni del protocollo europeo SESAME per le misure di microzonazione sismica, lo strumento, in acquisizione, è stato orientato a N.
Dopo le operazioni di elaborazione dati descritte, si sono ottenuti i diagrammi H/V riportati qui di seguito.

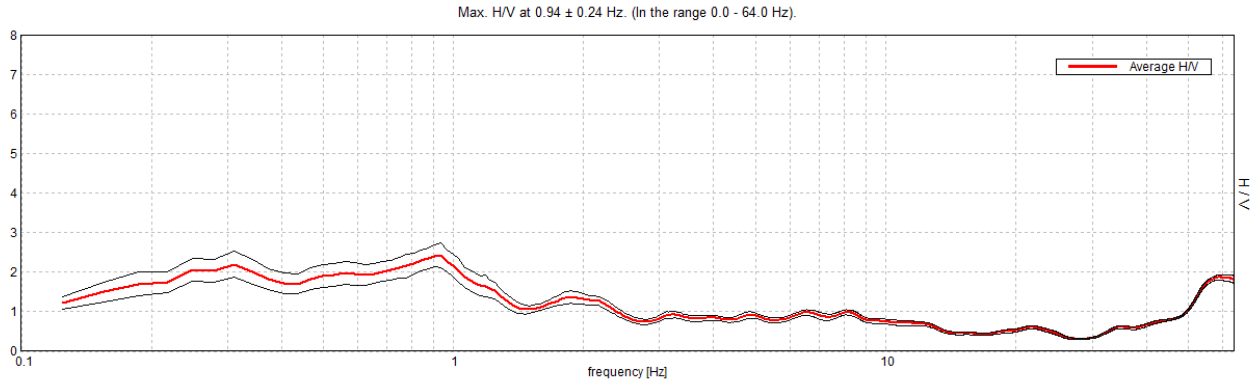
HV1

Strumento: TRZ-0017/01-09
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 01/07/01 10:26:58 Fine registrazione: 01/07/01 10:46:59

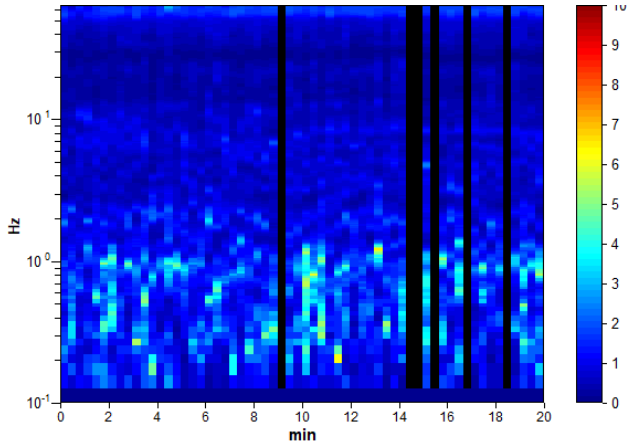
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

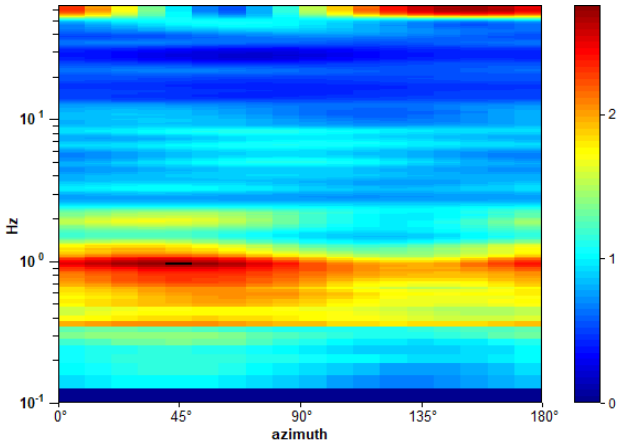
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



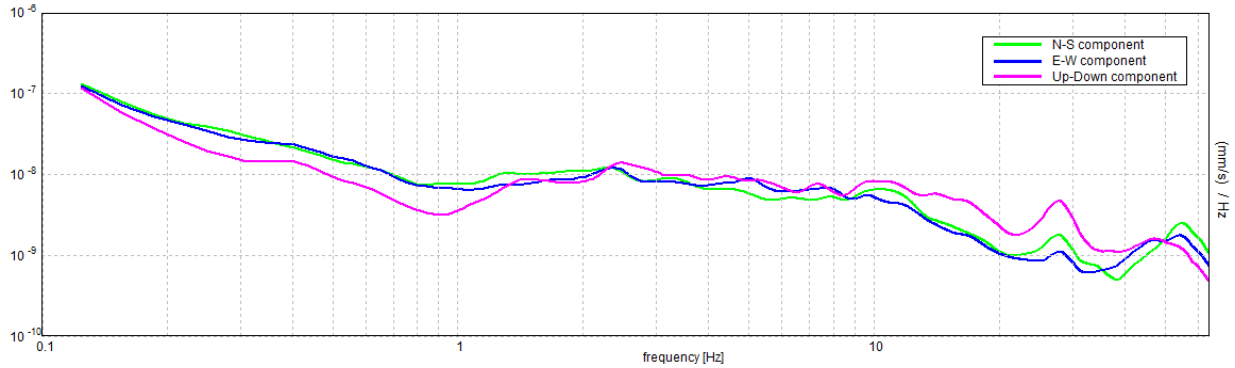
SERIE TEMPORALE H/V



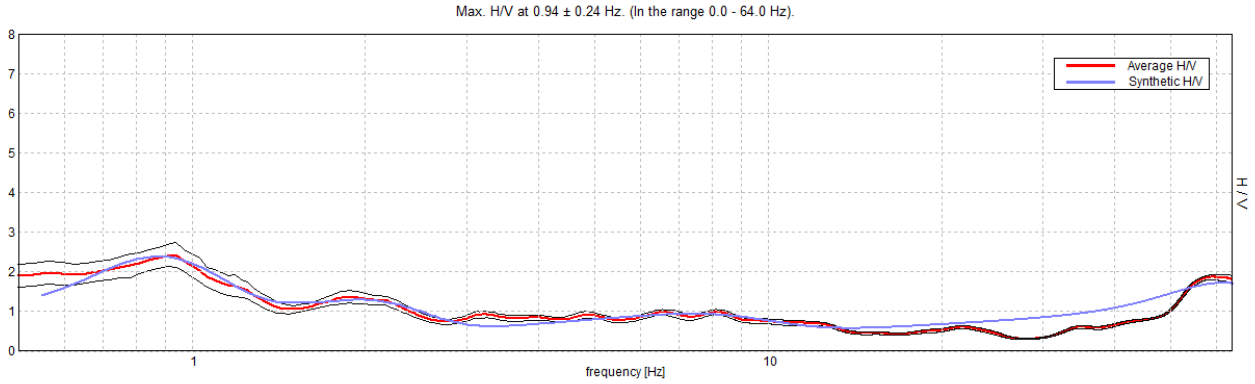
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

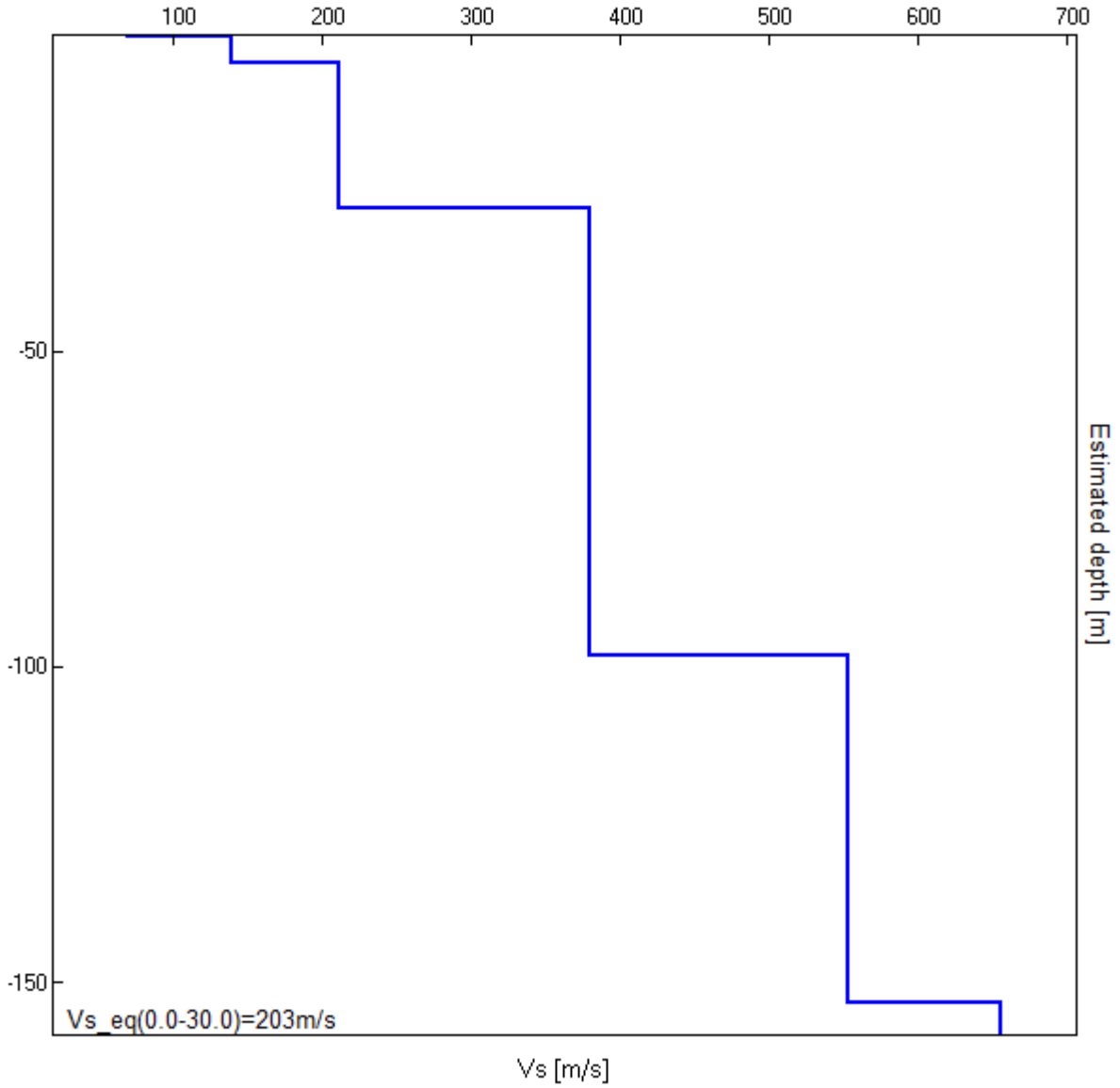


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.27	0.27	70	0.35
4.27	4.00	140	0.35
27.27	23.00	212	0.35
98.27	71.00	380	0.35
153.27	55.00	554	0.35
inf.	inf.	656	0.35

Vs_eq(0.0-30.0)=203m/s

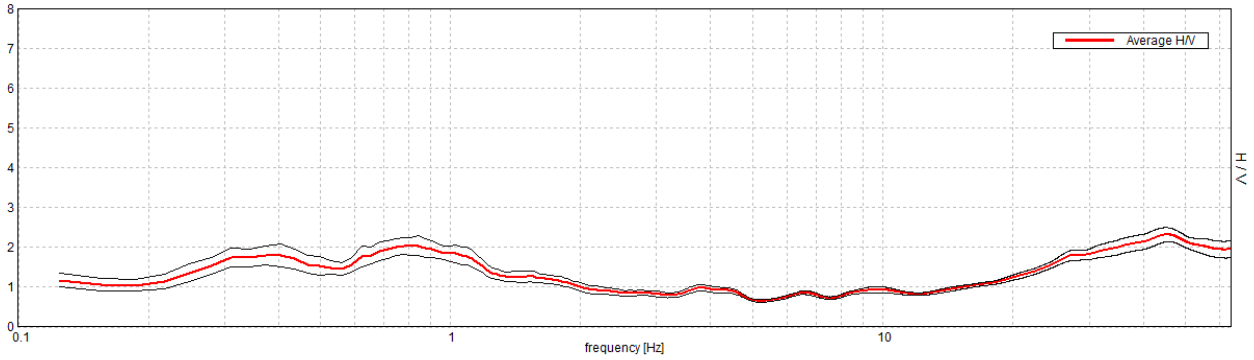


HV2

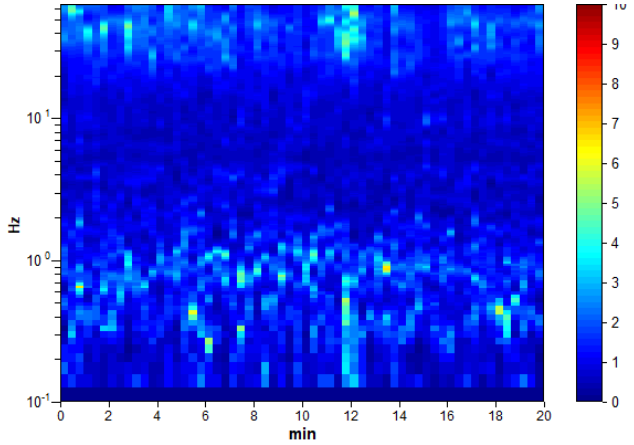
Strumento: TRZ-0017/01-09
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 01/07/01 13:56:01 Fine registrazione: 01/07/01 14:16:02
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

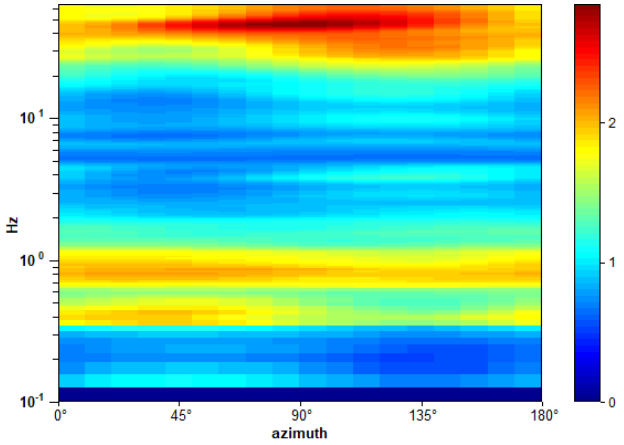
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



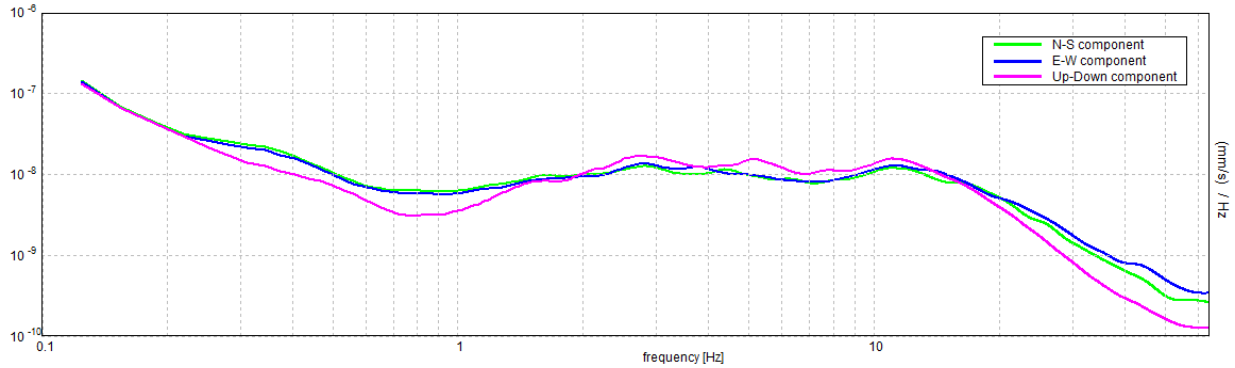
SERIE TEMPORALE H/V



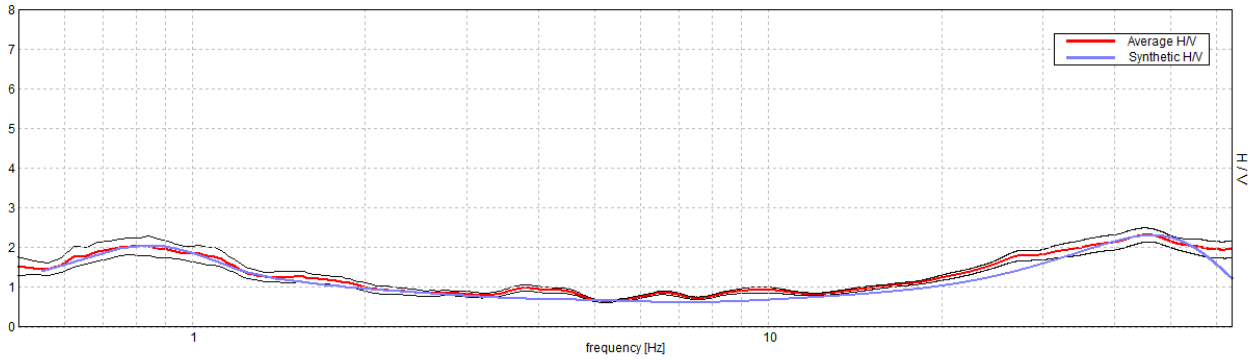
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

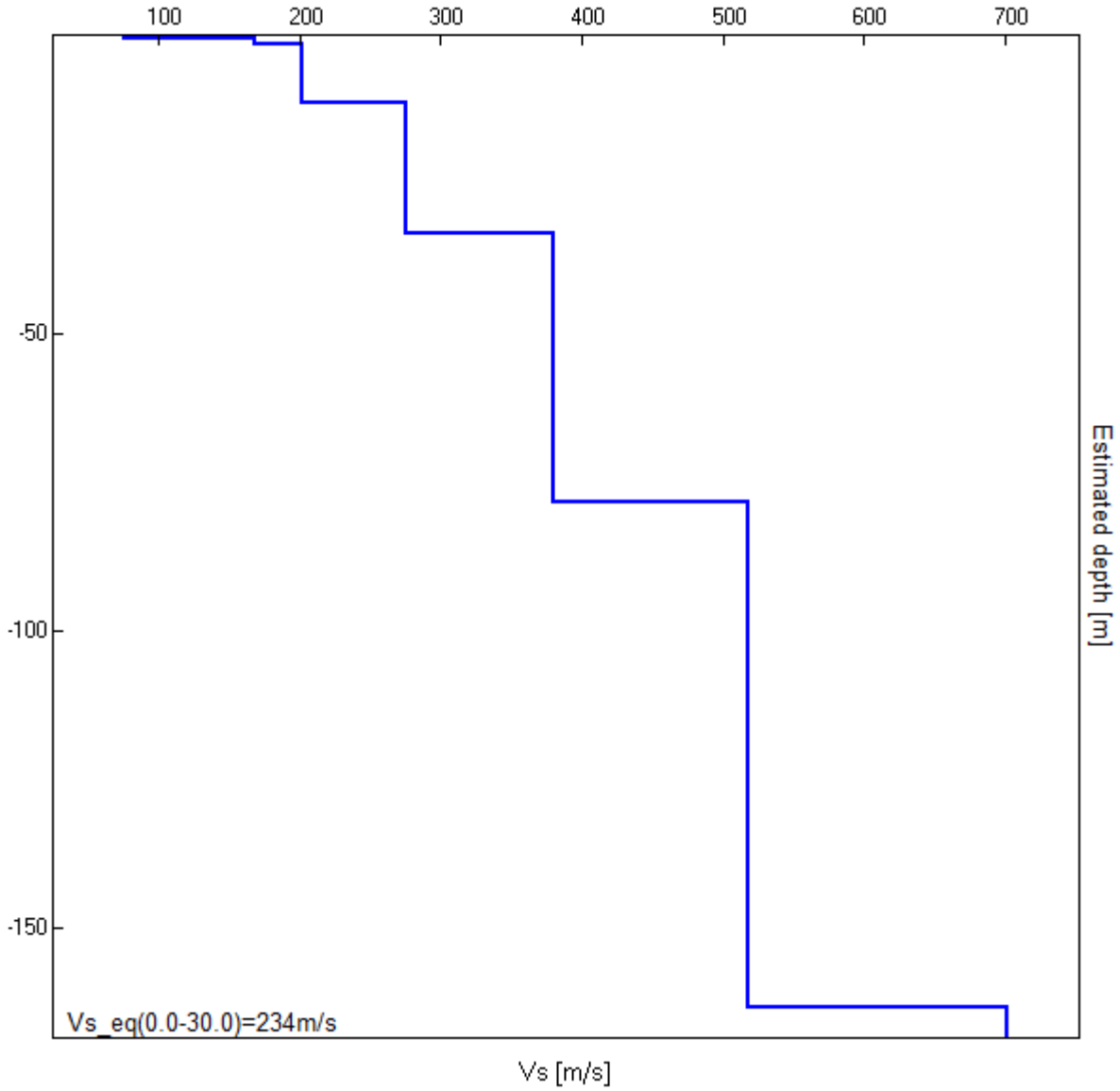


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.38	0.38	75	0.35
1.38	1.00	168	0.35
11.38	10.00	202	0.35
33.38	22.00	275	0.35
78.38	45.00	380	0.35
163.38	85.00	518	0.35
inf.	inf.	702	0.35

Vs_eq(0.0-30.0)=234m/s


100
200
300
400
500
600
700
-50
-100
-150
Estimated depth [m]
Vs_eq(0.0-30.0)=234m/s
Vs [m/s]

6.4 MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE

Dall'elaborazione dei dati penetrometrici di campagna è possibile, tramite correlazioni ampiamente documentate dalla scienza geotecnica, risalire alle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni attraversati.

PARAMETRI MEDI e CARATTERISTICI

CPTU 1

Nr.	Prof.	Tipo	Rp	Fs	Cu	Cuk	Mo	Puv	PuvS	Dr	Fi/ϕ'	Fi/ϕ'k
1	0.00 – 0.50	PREFORO										
2	0.50 – 6.90	CI	12.37	0.51	0.8	0.7	61.9	1.9	2.0	14.0	29.5	28.5
3	6.90 – 10.00	CI	15.72	0.47	1.1	1.0	78.6	1.9	2.0	13.1	29	28
4	10.00 – 13.10	C	9.34	0.38	0.6	0.5	46.7	1.8	1.9	-	-	-
5	13.10 – 16.70	I	95.75	0.39	-	-	162.8	1.9	2.2	57.8	35.9	34.8
6	16.70 – 20.00	CI	18.51	0.5	1.2	1.1	92.5	1.9	2.0	8.2	29	28

CPTU 2

Nr.	Prof.	Tipo	Rp	Fs	Cu	Cuk	Mo	Puv	PuvS	Dr	Fi/ϕ'	Fi/ϕ'k
1	0.00 – 2.00	CI	31.12	0.94	2.2	2.1	77.8	2.0	2.1	55.6	38.0	37
2	2.00 – 5.80	CI	12.21	0.54	0.8	0.7	61	1.9	2.0	12.0	29	28
3	5.80 – 11.20	CI	26.67	0.59	1.8	1.7	66.7	2.0	2.1	26.9	31	30
4	11.20 – 14.20	C	9.09	0.48	0.5	0.4	45.5	1.8	1.9	-	-	-
5	14.20 – 17.70	I	91.78	0.45	-	-	156	1.9	2.2	54.9	35.2	34.2
6	17.70 – 20.00	CI	16.73	0.75	1.0	0.9	83.7	1.9	2.0	5.0	29	28

LEGENDA Nr: Numero progressivo strato - Prof: Profondità strato (m)/Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente/ CO: Coesivo-Organico /Rp: Resistenza alla punta media dello strato (Kg/cm²) / Fs: Resistenza laterale media dello strato (Kg/cm²). /Cu: Coesione non drenata (Kg/cm²) – Terzaghi/ Cuk: Coesione non drenata (Kg/cm²) – Parametro Caratteristico/ Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm²) - Mitchell & Gardner (1975)/ Puv: Peso unità di volume (t/m³)/PuvS:Peso unità di volume saturo (t/m³)/ Dr:Densità relativa (%) – Lancellotta (1983)/ Fi: Angolo di resistenza al taglio (°) – Schmertmann /Fik:Angolo di resistenza al taglio (°) – Parametro Caratteristico

CPT 3

Nr.	Prof.	Tipo	Rp	Rp/Fs	Cu	Cuk	Mo	Puv/ γ'	Dr	Fi/ϕ'	Fi/ϕ'k
1	0.00 – 1.20	CI	31.75	20.00	1.10	1.0	95/95	1.85	69	29.5	28.5
2	1.20 – 6.00	CI	15.6	17.04	0.67	0.57	52/66	1.16	35.8	28	27
3	6.00 – 10.00	CI	29.2	19.74	0.96	0.85	81/93	0.95	31.5	29	28

LEGENDA Nr: Numero progressivo strato/Prof: Profondità strato (m) /Tipo: C:Coesivo./I: Incoerente/ CI: Coesivo-Incoerente /CO: Coesivo-Organico /Rp: Resistenza alla punta media dello strato (Kg/cm²)/Fs: Resistenza laterale media dello strato (Kg/cm²) /Cu: Coesione non drenata (Kg/cm²) – Begemann/Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm²)Mitchell & Gardner (1975)/Puv/γ: Peso unità di volume efficace (t/m³) – Terzaghi e Peck + Bowles/Dr: Densità relativa (%) – Lancellotta /Fi: Angolo di resistenza al taglio (°) – Schmertmann

Al termine delle prove, tramite freatimetro di precisione, è stato misurato il livello statico della falda freatica, rispetto al piano delle indagini, pari a – 2.50/2.90/2.60 (CPTU1-CPTU2-CPT3) metri dal piano campagna. Da specificare come tali misure sono indicative infatti potrebbero essere state condizionate dalla spinta delle aste del penetrometro o dalla successiva asportazione dal terreno delle stesse alla fine delle prove.

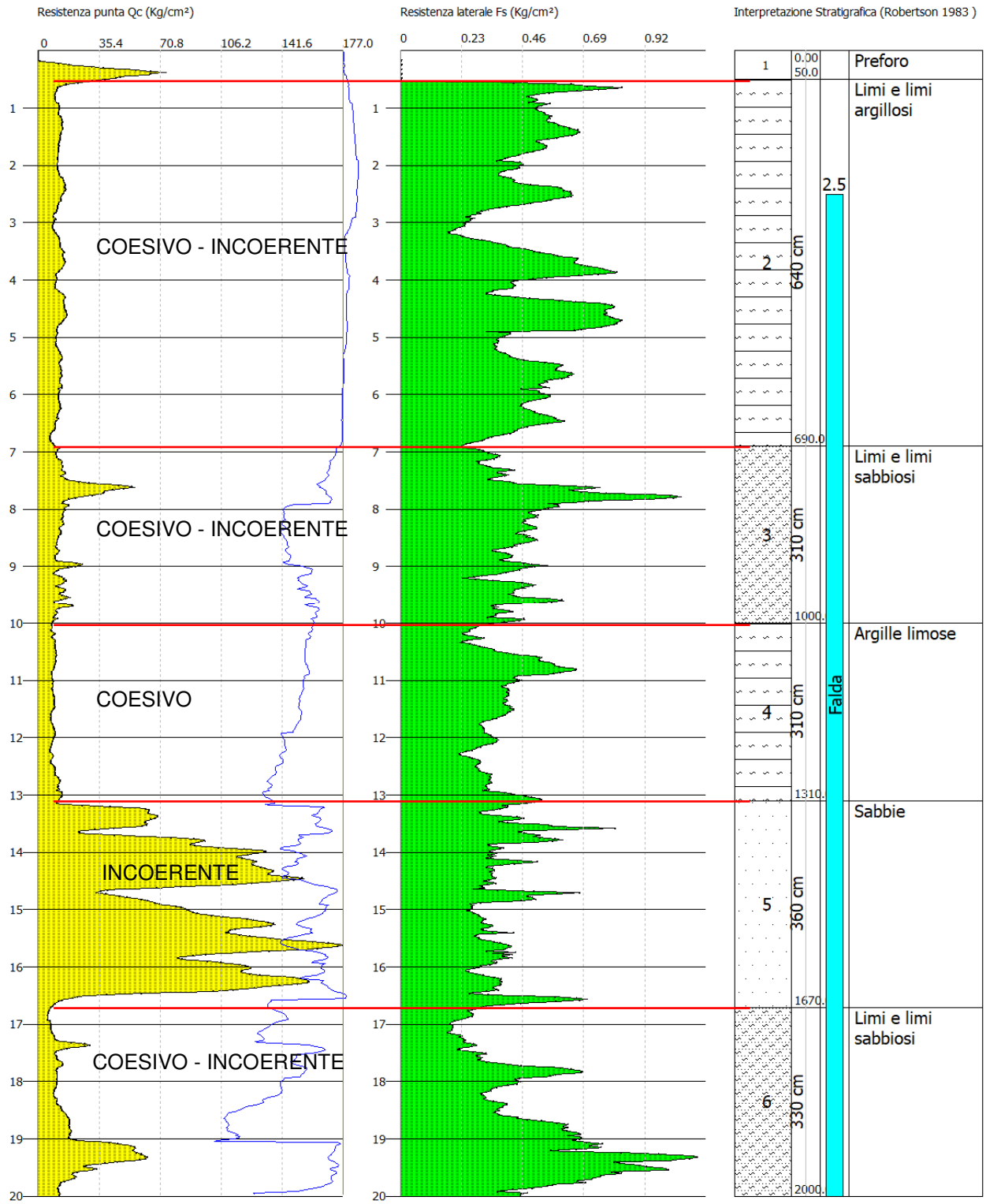


Figura 13: Prova CPTU1

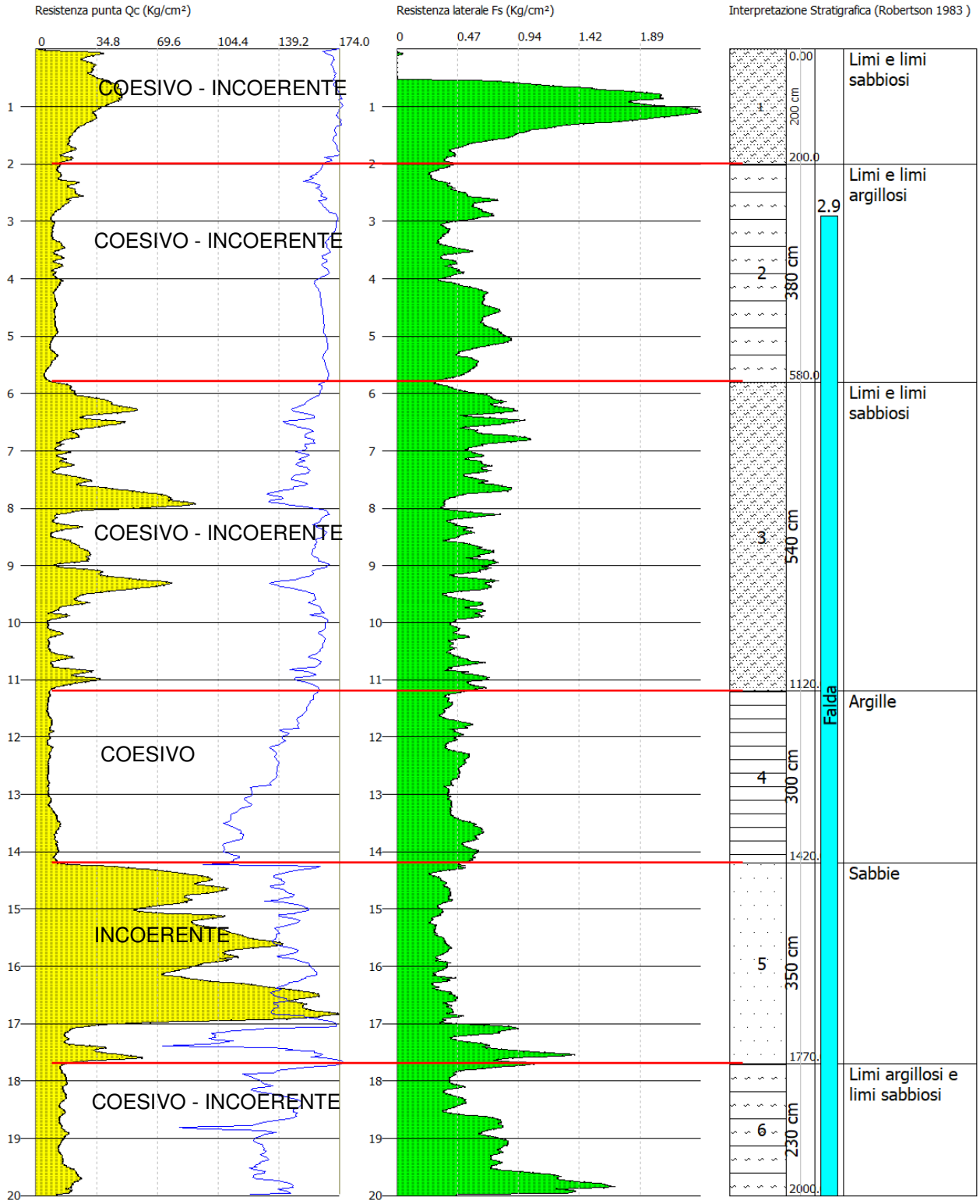


Figura 13a: Prova CPTU2

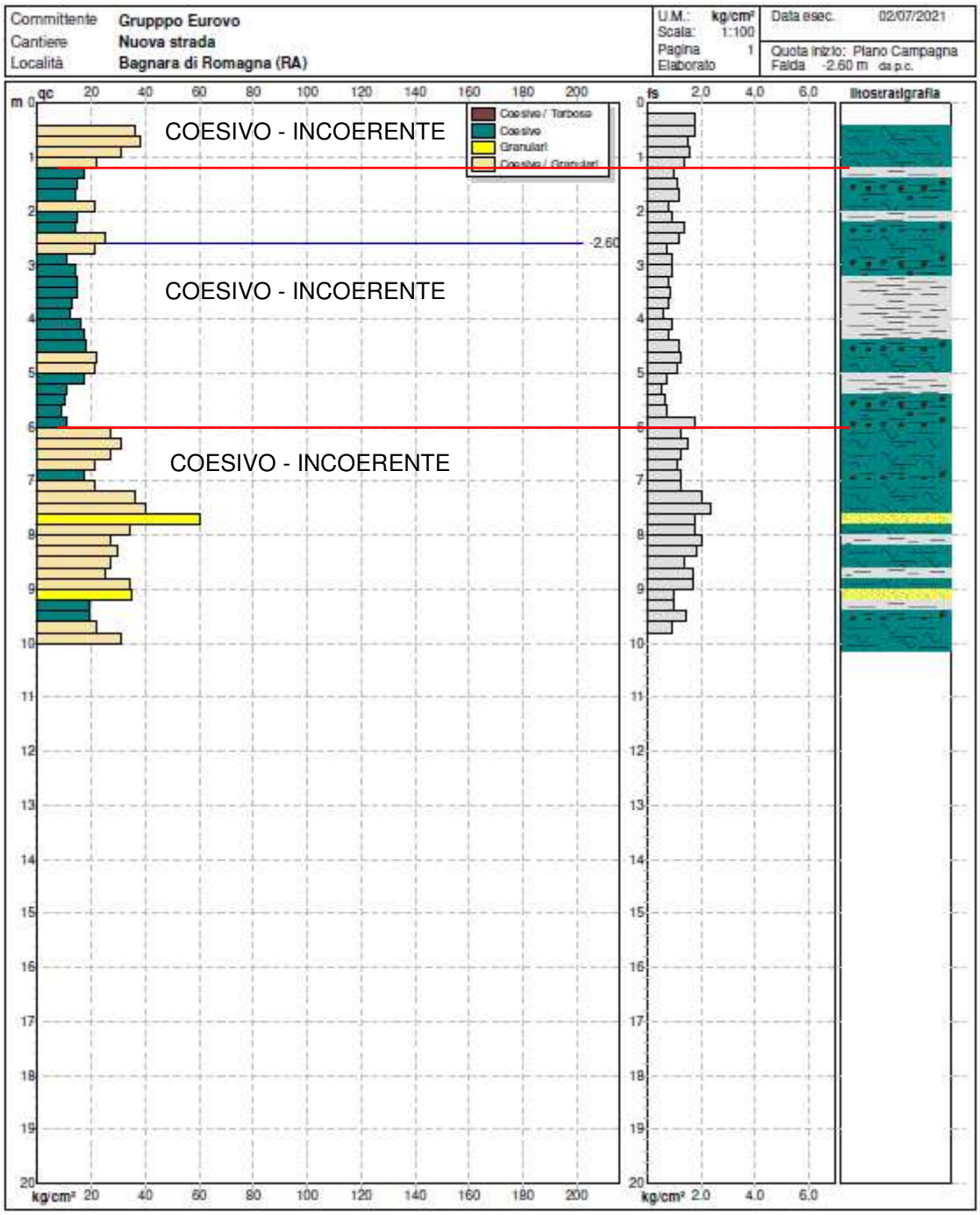


Figura 13b: Prova CPT3

0.6 CLASSIFICAZIONE SECONDO L'O.P.C.M. 3274

Il sito in esame, deve essere classificato sulla base del valore di Vs30

7.1 DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO

Dalla elaborazione dei dati raccolti:

- nel corso delle indagini tromografiche HVSR1 e HVSR2 risulta un valore di Vseq pari a:
  203 m/s per HVSR 1
  234 m/s per HVSR 2

<u>In base alle risultanze di cui sopra il sito esaminato potrebbe rientrare nella categoria di suolo tipo C</u>

C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori ai 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs_{30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s

Nelle pagine seguenti vengono fornite le tabelle recanti la classificazione del sito (NTC 2018) e le categorie topografiche.

Categorie di suolo di fondazione

		Ss	Cc	S= Ss * St
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs_{30} superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	**1.00**	**1.00**	**1.00**
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs_{30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s	**1.20**	**1.39**	**1.20**
C	**Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori ai 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s**	**1.42**	**1.55**	**1.42**
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori ai 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs_{30} inferiori a 180 m/s	**1.71**	**2.25**	**1.71**
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con V_{s30}> 800 m/s	**1.49**	**1.84**	**1.49**

I parametri a/g, Fo e T^*c vengono forniti dalla normativa

Nella tabella seguente vengono riportate le *Categorie Topografiche,* riferite a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, che devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 metri.

		St	
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione i ≤ 15°	**1**	
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°	**1.2**	Valore alla sommità del pendio
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°	**1.2**	Valore della cresta del rilievo
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°	**1.4**	Valore della cresta del rilievo

Ai fini della presente normativa (NTC 2018), le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR}, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

In allegato alla norma citata (NTC 2018), per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di a_g, F_o e T^*_c necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

I valori dello spostamento orizzontale d_g e della velocità orizzontale v_g massimi del terreno sono dati dalle seguenti espressioni:

$$d_g = 0{,}025 * S * Tc * T_D * a_g$$

$$v_g = 0{,}16 * S * T_c * a_g$$

dove:

- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di suolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione $S = S_s * S_T$
- F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.5986
- T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C = C_c * T_c^*$, dove C_c è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (vedi tabelle precedenti)
- T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante $T_B = T_C/3$
- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione: $T_D = 4{,}0 \frac{a_g}{g} + 1{,}6$

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti Ss e Cc valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti Ss e Cc possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_o e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella tabella sottostante, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1{,}00 \le 1{,}40 - 0{,}40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}20$	$1{,}10 \cdot (T_C^*)^{-0{,}20}$
C	$1{,}00 \le 1{,}70 - 0{,}60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}50$	$1{,}05 \cdot (T_C^*)^{-0{,}33}$
D	$0{,}90 \le 2{,}40 - 1{,}50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}80 \cdot$	$1{,}25 \cdot (T_C^*)^{-0{,}50}$
E	$1{,}00 \le 2{,}00 - 1{,}10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}60$	$1{,}15 \cdot (T_C^*)^{-0{,}40}$

Riassumendo:
Zona sismica di appartenenza: 2
Sottosuolo categoria: C
Accelerazione massima al suolo: a_{max}: $S * a_{refg} = 1{,}42 * 0{,}192\ g = 0{,}274\ g$
Spostamento e velocità del terreno
I valori dello spostamento e della velocità orizzontali massimi del suolo (d_g) e (v_g), sono dati dalle seguenti espressioni:

$d_g = 0{,}025 * S * T_c * T_D * a_g$ ----→ $C_c = 1.55$ $T_c^* = 0.31$
$v_g = 0{,}16 * S * T_c * a_g$

$T_C = C_c * T_c^* = 0{,}48$

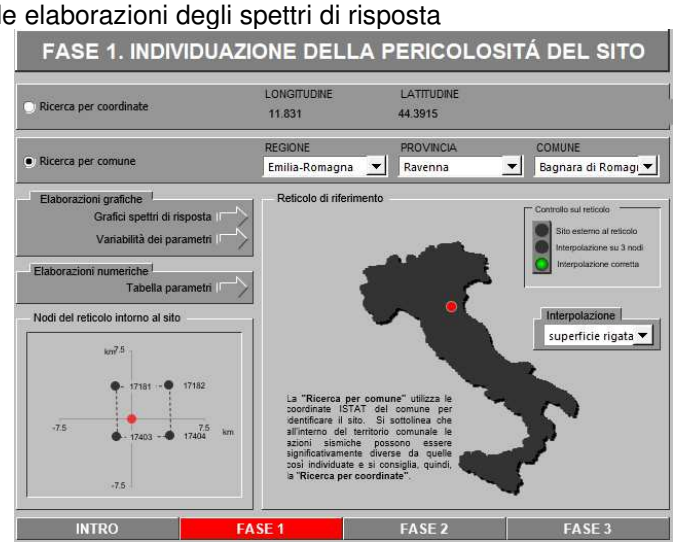
$T_D = 4{,}0 \frac{a_g}{g} + 1{,}6 = 2{,}37$

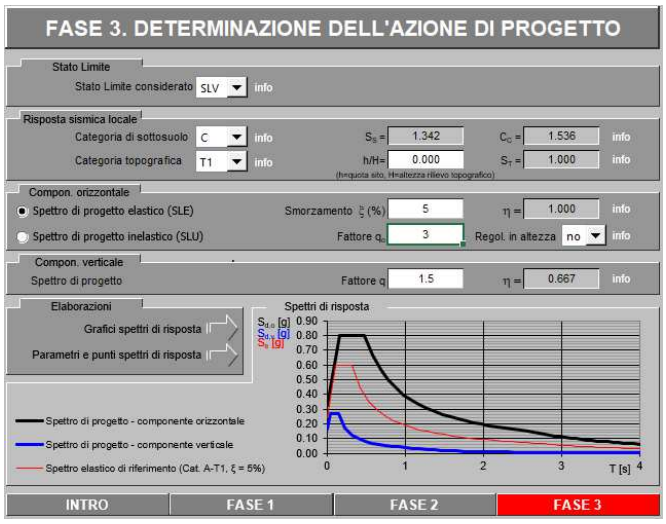
per i terreni in esame, risulta:

$d_g = 0{,}025 * 1{,}42 * 0{,}48 * 2{,}37 * 0{,}192 * 9{,}81 =$ **0, 076 m (7,6 cm)**
$v_g = 0{,}16 * 1{,}42 * 0{,}48 * 0{,}192 * 9{,}81 =$ **0,2 m/s**.

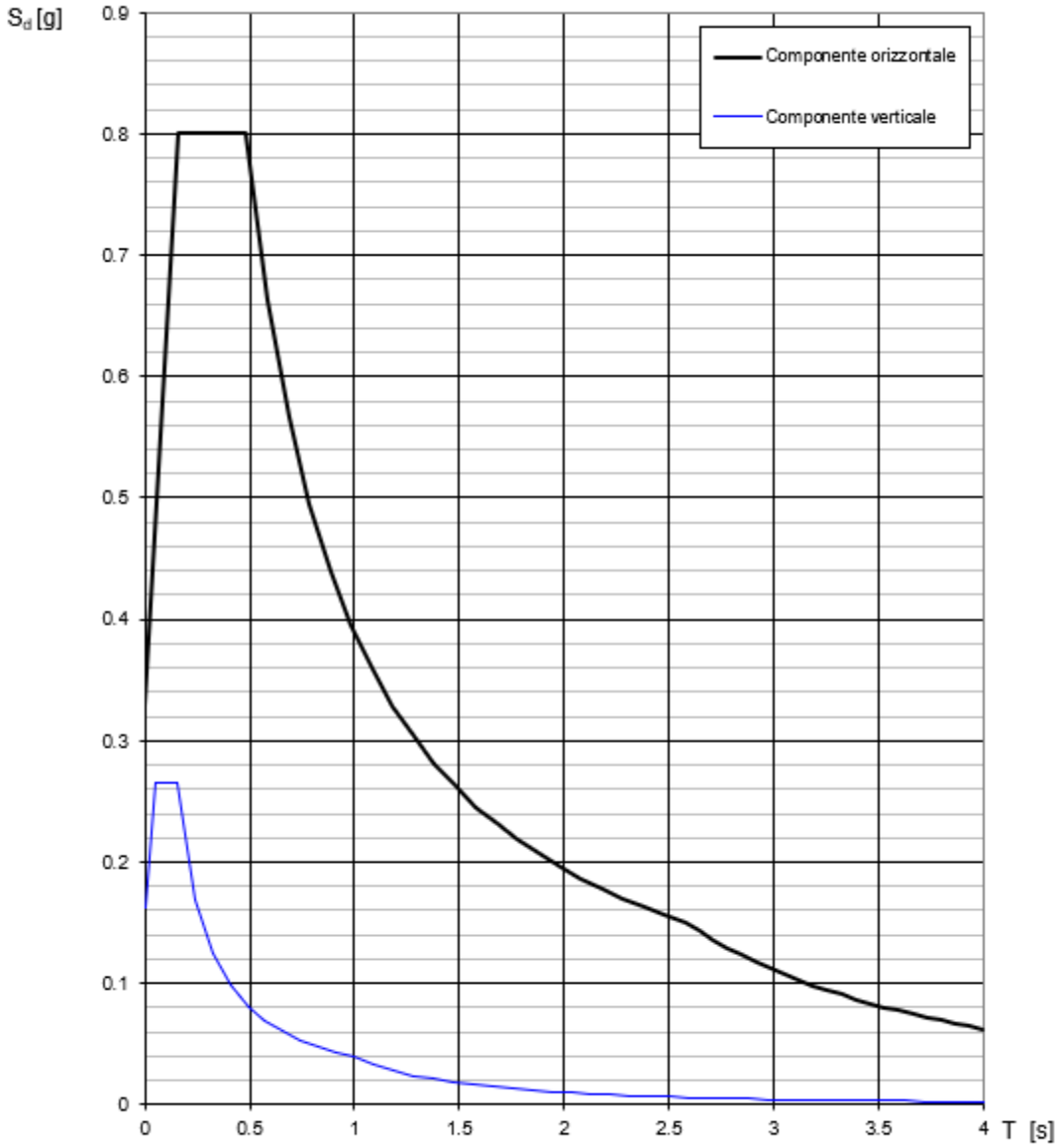
7.2 SPETTRI DI RISPOSTA NTC

Di seguito sono riportate le elaborazioni degli spettri di risposta





Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limit SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

COMPONENTE ORIZZONTALE

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.244 g
F_o	2.444
T_C	0.316 s
S_S	1.342
C_C	1.536
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.342
η	1.000
T_B	0.162 s
T_C	0.485 s
T_D	2.576 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_S \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55;\ \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)

$T_B = T_C / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)

$T_C = C_C \cdot T_C^*$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)

$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$0 \leq T < T_B$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o}\left(1 - \frac{T}{T_B}\right)\right]$

$T_B \leq T < T_C$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$

$T_C \leq T < T_D$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$

$T_D \leq T$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con 1/q, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.328
T_B	0.162	0.801
T_C	0.485	0.801
	0.585	0.664
	0.684	0.568
	0.784	0.495
	0.883	0.440
	0.983	0.395
	1.083	0.359
	1.182	0.329
	1.282	0.303
	1.381	0.281
	1.481	0.262
	1.580	0.246
	1.680	0.231
	1.780	0.218
	1.879	0.207
	1.979	0.196
	2.078	0.187
	2.178	0.178
	2.277	0.171
	2.377	0.163
	2.477	0.157
T_D	2.576	0.151
	2.644	0.143
	2.712	0.136
	2.780	0.129
	2.847	0.123
	2.915	0.118
	2.983	0.112
	3.051	0.107
	3.119	0.103
	3.186	0.099
	3.254	0.094
	3.322	0.091
	3.390	0.087
	3.458	0.084
	3.525	0.080
	3.593	0.077
	3.661	0.075
	3.729	0.072
	3.797	0.069
	3.864	0.067
	3.932	0.065
	4.000	0.063

COMPONENTE VERTICALE

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limiteSLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0.163 g
S_S	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.630
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_S \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = 1/q$ (NTC-08 §. 3.2.3.5)

$F_v = 1{,}35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0.5}$ (NTC-08 Eq. 3.2.11)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$0 \le T < T_B$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o}\left(1 - \frac{T}{T_B}\right)\right]$

$T_B \le T < T_C$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$

$T_C \le T < T_D$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$

$T_D \le T$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.163
T_B	0.050	0.265
T_C	0.150	0.265
	0.235	0.169
	0.320	0.124
	0.405	0.098
	0.490	0.081
	0.575	0.069
	0.660	0.060
	0.745	0.053
	0.830	0.048
	0.915	0.043
T_D	1.000	0.040
	1.094	0.033
	1.188	0.028
	1.281	0.024
	1.375	0.021
	1.469	0.018
	1.563	0.016
	1.656	0.015
	1.750	0.013
	1.844	0.012
	1.938	0.011
	2.031	0.010
	2.125	0.009
	2.219	0.008
	2.313	0.007
	2.406	0.007
	2.500	0.006
	2.594	0.006
	2.688	0.006
	2.781	0.005
	2.875	0.005
	2.969	0.005
	3.063	0.004
	3.156	0.004
	3.250	0.004
	3.344	0.004
	3.438	0.003
	3.531	0.003
	3.625	0.003
	3.719	0.003
	3.813	0.003
	3.906	0.003
	4.000	0.002

7.3 PARAMETRI SISMICI (PERICOLOSITÁ DI BASE E DI SITO)

Tramite programma per PC (**Geostru PS advanced)** dopo aver inserito:

- le coordinate geografiche del sito in oggetto;
- la vita nominale dell'opera;
- la classe d'uso;
- la tipologia (nel nostro caso fondazioni);
- la categoria di suolo (nel nostro caso C);
- la categoria topografica (nel nostro caso T1)

si passa al calcolo dei coefficienti sismici.
Riassumendo

TIPO DI COSTRUZIONE (opere ordinarie…)	2
VITA NOMINALE V_N	≥50 ANNI
CLASSE D'USO (costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti… senza funzioni pubbliche essenziali)	II
COEFFICIENTE D'USO C_U	1
PERIODO DI RIFERIMENTO per l'azione sismica $V_R = V_N * C_U$	50 anni

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
Classe d'uso: II
Coefficiente d'uso (Cu): 1
Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto
Latitudine (WGS84): 44.3940544 [°]
Longitudine (WGS84): 11.8395748 [°]
Latitudine (ED50): 44.3949928 [°]
Longitudine (ED50): 11.8405552 [°]

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

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	17403	44.372990	11.812020	3335.72
2	17404	44.373950	11.881920	4034.80
3	17182	44.423950	11.880610	4526.80
4	17181	44.422970	11.810670	3913.31

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

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.063	2.423	0.262
SLD	50	0.080	2.414	0.270
	72	0.094	2.397	0.277
	101	0.109	2.411	0.280
	140	0.124	2.432	0.283
	201	0.145	2.408	0.288
SLV	475	0.199	2.401	0.304
SLC	975	0.252	2.446	0.315
	2475	0.329	2.527	0.332

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.060	2.442	0.262
SLD	50	0.077	2.417	0.271
	72	0.091	2.409	0.279
	101	0.105	2.418	0.283
	140	0.119	2.437	0.287
	201	0.139	2.403	0.292
SLV	475	0.194	2.384	0.309
SLC	975	0.247	2.429	0.320
	2475	0.323	2.515	0.334

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.057	2.451	0.261
SLD	50	0.072	2.432	0.274
	72	0.084	2.437	0.280
	101	0.096	2.429	0.287
	140	0.110	2.449	0.291
	201	0.129	2.426	0.294
SLV	475	0.183	2.430	0.306
SLC	975	0.239	2.402	0.314
	2475	0.325	2.437	0.326

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.448	0.261
SLD	50	0.075	2.423	0.272
	72	0.087	2.420	0.279
	101	0.101	2.427	0.285
	140	0.115	2.437	0.288
	201	0.135	2.401	0.293
SLV	475	0.188	2.416	0.311
SLC	975	0.239	2.474	0.316
	2475	0.322	2.526	0.331

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.060	2.440	0.261
SLD	50	0.076	2.421	0.272
SLV	475	0.192	2.407	0.308
SLC	975	0.245	2.439	0.316

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+)ξ]^(1/2): 1.000

Categoria sottosuolo: C

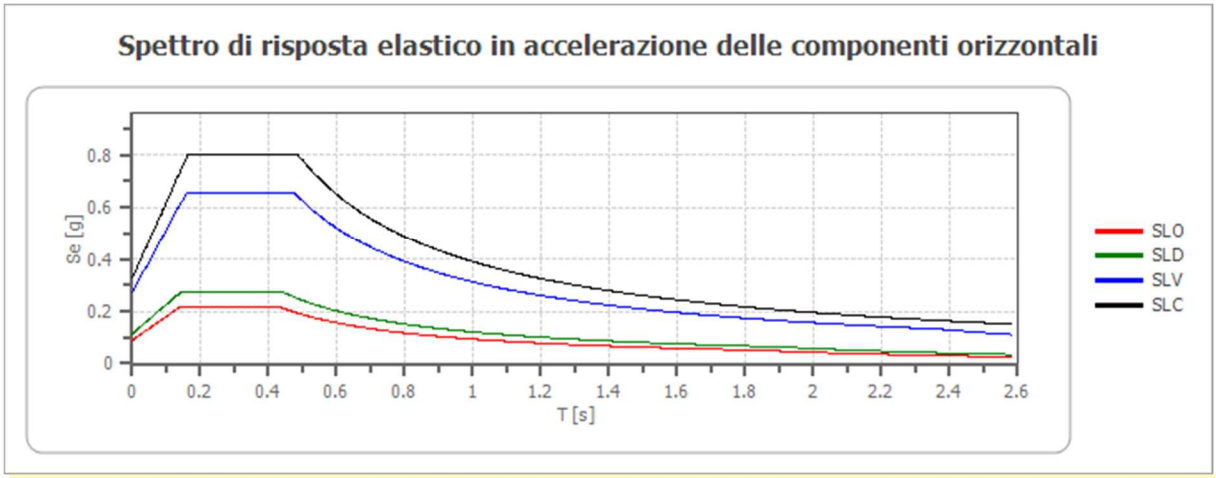
Categoria topografica:

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

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.018	0.023	0.065	0.092
kv	0.009	0.011	0.033	0.046
amax [m/s²]	0.878	1.119	2.667	3.215
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



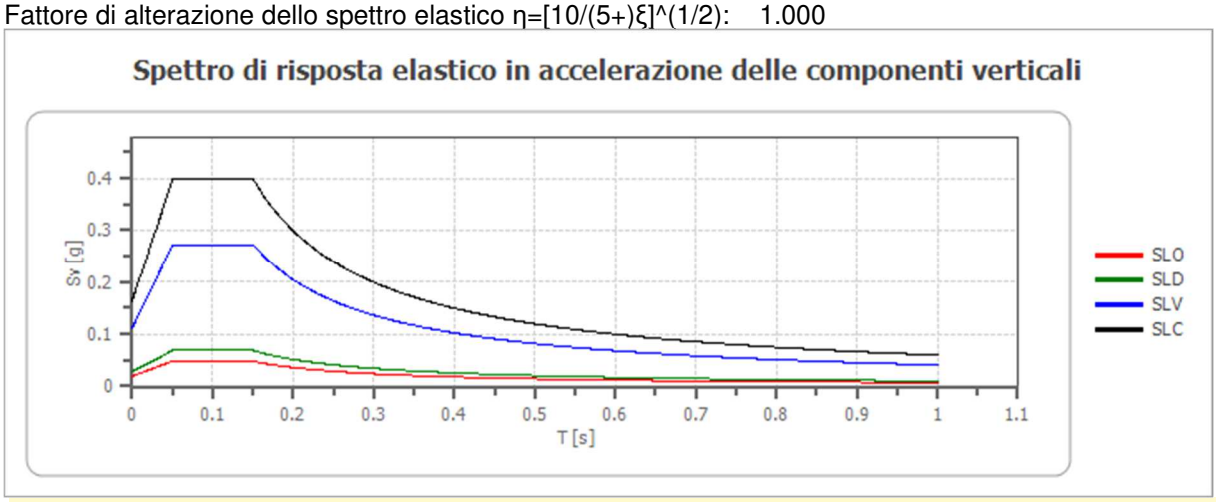
cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]

SLO	1.0	0.060	2.440	0.261	1.500	1.640	1.000	1.500	1.000	0.143	0.428	1.839	0.090	0.219
SLD	1.0	0.076	2.421	0.272	1.500	1.610	1.000	1.500	1.000	0.146	0.437	1.904	0.114	0.276
SLV	1.0	0.192	2.407	0.308	1.420	1.550	1.000	1.420	1.000	0.159	0.477	2.366	0.272	0.655
SLC	1.0	0.245	2.439	0.316	1.340	1.540	1.000	1.340	1.000	0.162	0.487	2.579	0.328	0.800

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+)ξ]^(1/2): 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.060	2.440	0.261	1	1.640	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.020	0.048
SLD	1.0	0.076	2.421	0.272	1	1.610	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.028	0.069
SLV	1.0	0.192	2.407	0.308	1	1.550	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.113	0.272
SLC	1.0	0.245	2.439	0.316	1	1.540	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.163	0.398

0.7 LIQUEFAZIONE

Poiché il territorio in oggetto risulta caratterizzato da andamento orizzontale, gli unici problemi che possono verificarsi in occasione di eventi sismici, sono legati unicamente a particolari caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni costituenti il substrato.
Il fenomeno della liquefazione, interessa sedimenti con falda superficiale, costituiti da materiali granulari fini (limi e sabbie fini) saturi, non consolidati, con granulometria uniforme (U = $\frac{D_{60}}{D_{10}}$ <5) e con densità da media a bassa.
Con l'aumentare della profondità, diminuisce la probabilità di liquefazione durante il sisma, poiché vengono richiesti valori di <U> sempre più elevati per annullare la pressione litostatica crescente, oltre alla diminuzione dell'intensità delle sollecitazioni indotte dal sisma.
In generale le dimensioni dei granuli di un terreno sabbioso, controllano in maniera determinante il comportamento di questo materiale nei confronti delle sollecitazioni derivanti da vibrazioni.
Le sabbie con granulometrie fini ed uniformi hanno più facilità alla liquefazione, a parità di condizioni, delle sabbie con granulometrie più grossolane e meno uniformemente distribuite.
Il fenomeno si spiega con una maggiore capacità di dissipazione delle tensioni interstiziali che hanno le sabbie con granulometrie più grosse, nei confronti di sabbie con granulometrie più fini.
Poiché dai risultati della prova effettuata, sono stati individuati orizzonti tendenzialmente granulari e potenzialmente liquefacibili nei primi 20 metri, è stata quindi condotta la verifica a liquefazione, per questi livelli.
In corrispondenza delle prove CPTU1 e CPTU2, la verifica è stata condotta per singolo strato, con il metodo di Robertson & NCEER 2009 e complessivamente fino a 20 metri. L'elaborazione della verifica alla liquefazione è stata realizzata attraverso il programma **Cliq**

In base al valore di IL ottenuto attraverso le prove è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione riportato nella seguente tabella e nelle figure di seguito (output del programma):

IL	Rischio di liquefazione	CPTU 1	CPTU 2
IL = 0	Molto basso		
0 <IL≤ 5	**Basso**	**1.13**	**1.14**
5 <IL≤ 15	Alto		
15 <IL	Molto alto		

Considerando lo strato complessivo, l'indice di liquefazione (IL) risulta inferiore a 2, il che ci permette di evidenziare il rischio di liquefazione come *"BASSO"*, per gli orizzonti riscontrati. Di seguito i diagrammi degli output del programma delle prove effettuate.

Di seguito i dati di input per il programma CLiq:
- Livello Statico Falda 2.50 m da p.c. (CPTU 1), 2.90 m da p.c. (CPTU 2)
- Livello Falda durante Terremoto: 2.00 mt da p.c. (CPTU 1), 2.50m da p.c. (CPTU 2)
- Magnitudo: 6.14
- Teoria Utilizzata: Robertson 2009
- Accelerazione Max: S * a_{refg} = 1,42 * 0,192g = 0,274 g = 0,28 g

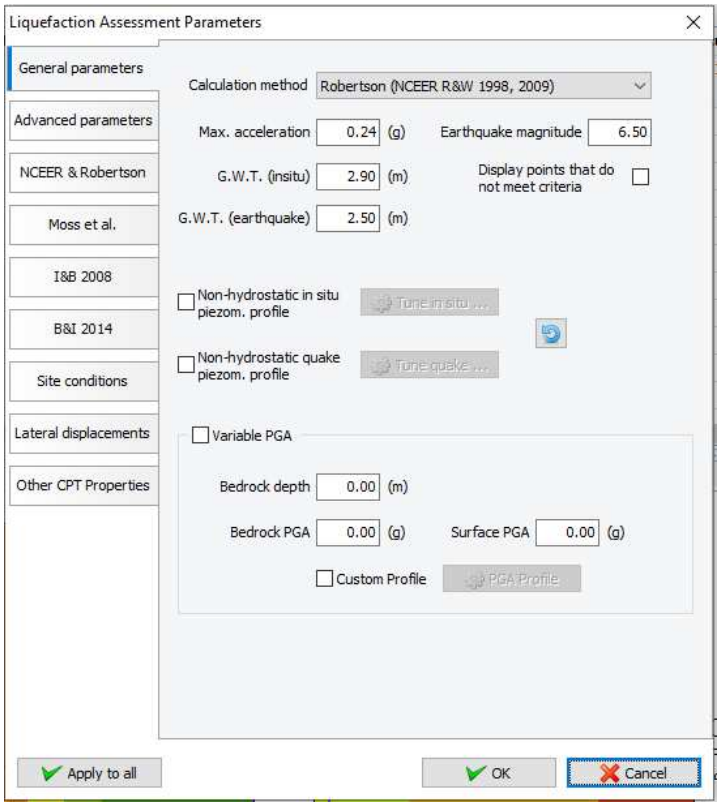


Figura 11: Dati input del Programma Cliq per il calcolo della liquefazione

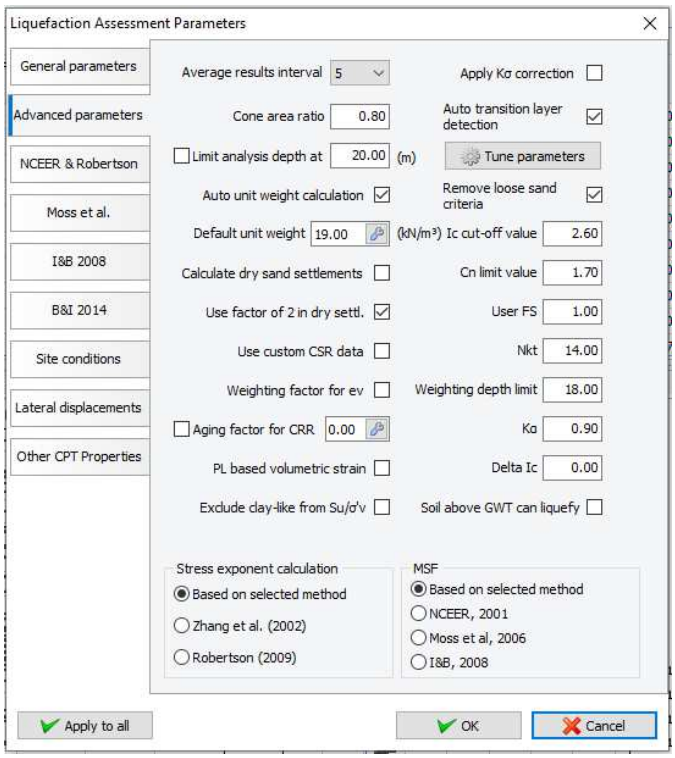


Figura 12: Dati input del Programma Cliq per il calcolo della liquefazione

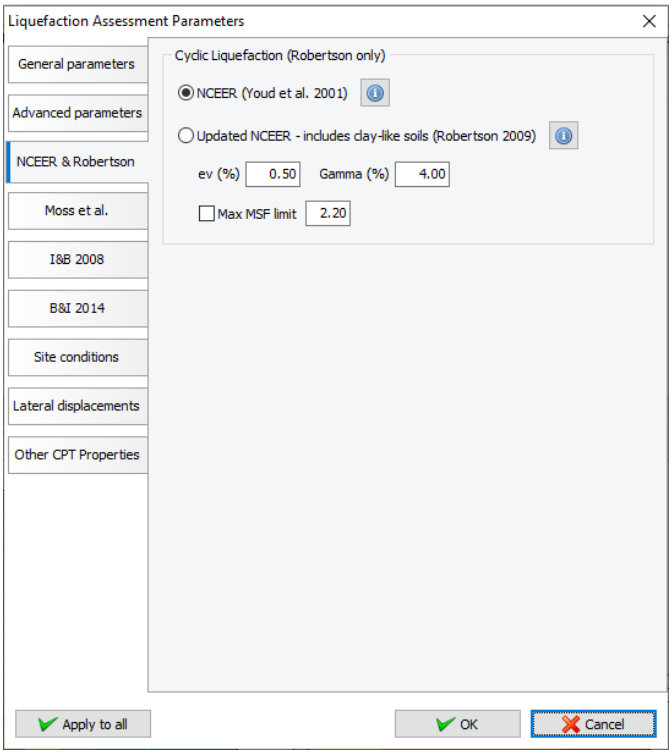
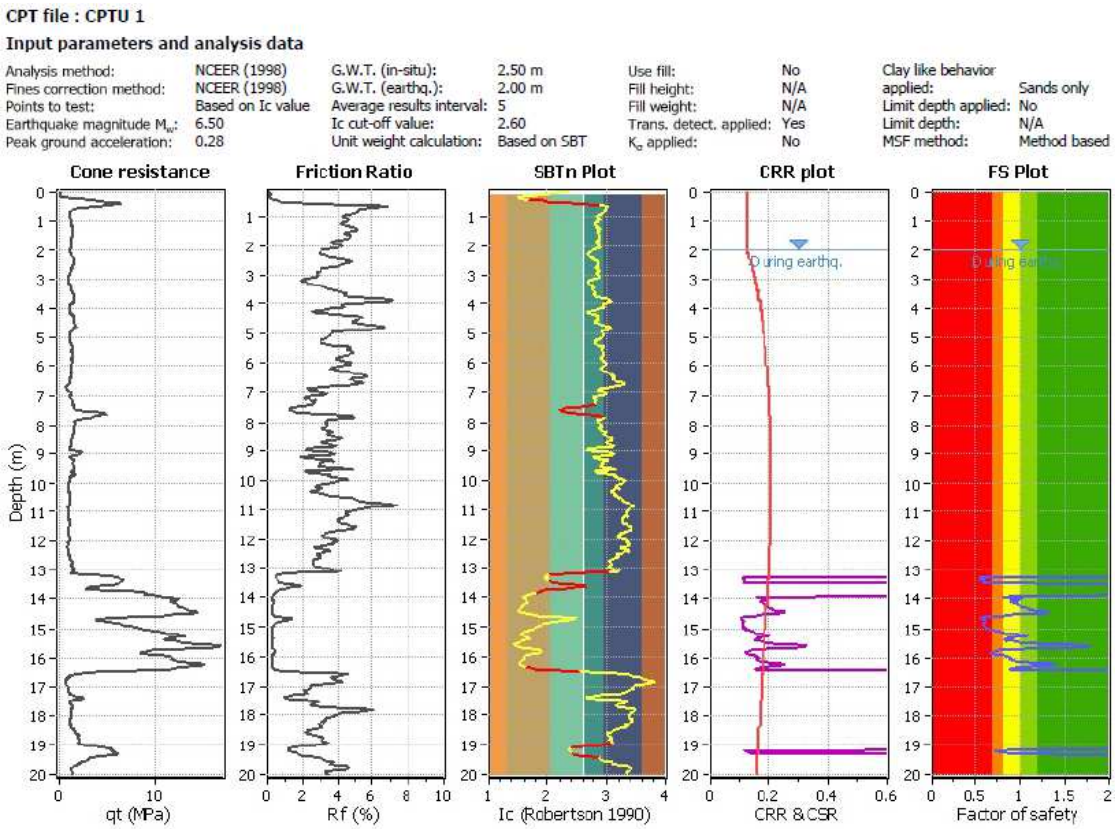


Figura 13: Dati input del Programma Cliq per il calcolo della liquefazione



CPT file : CPTU 2

Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	2.90 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	Sands only
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	5	Fill weight:	N/A	Limit depth:	N/A
Earthquake magnitude M_w:	6.50	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.24	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	Yes		

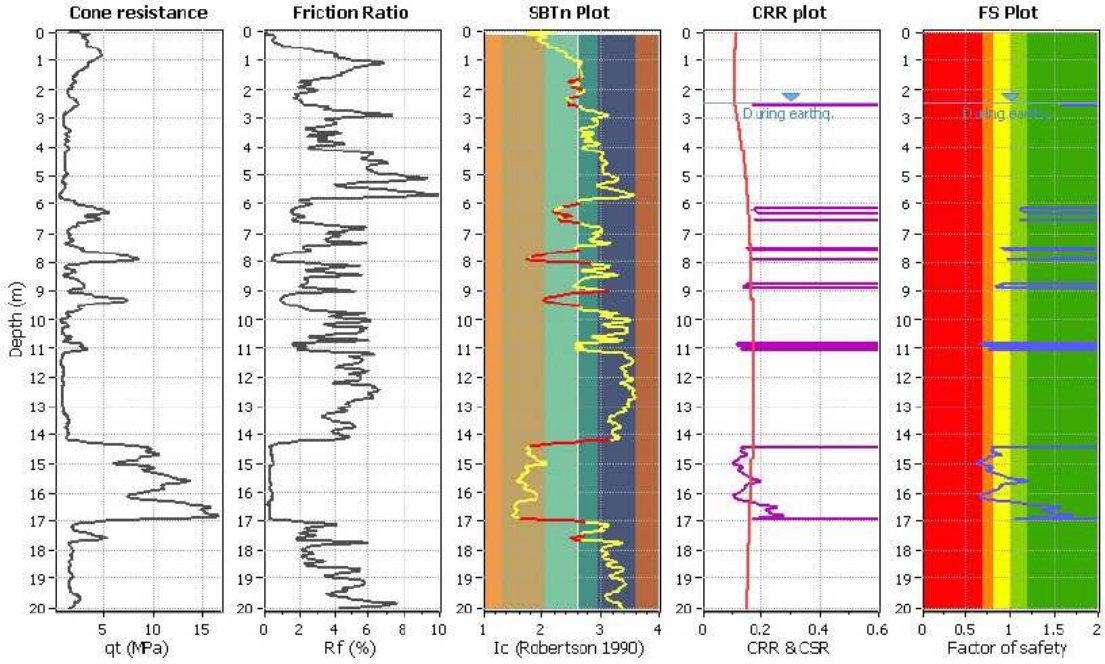
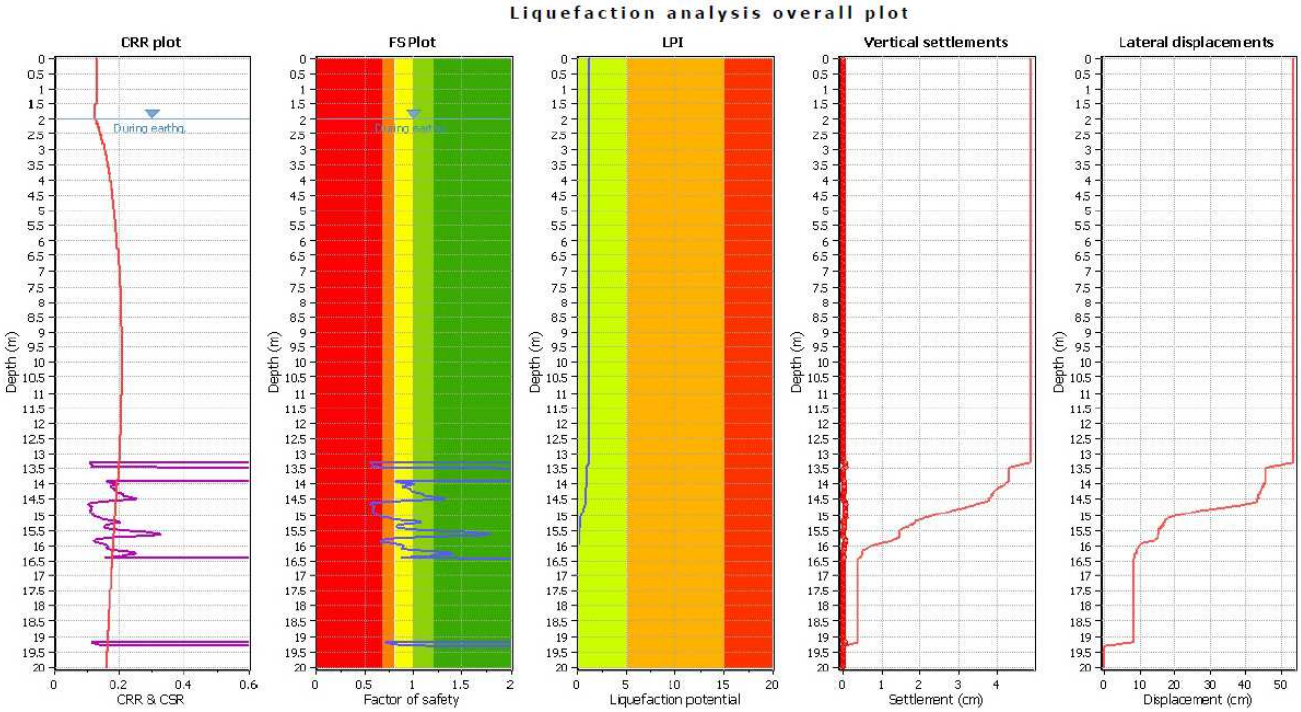


Figura 14: Output del Programma Cliq per il calcolo della liquefazione

CPTU 1



CPTU 2

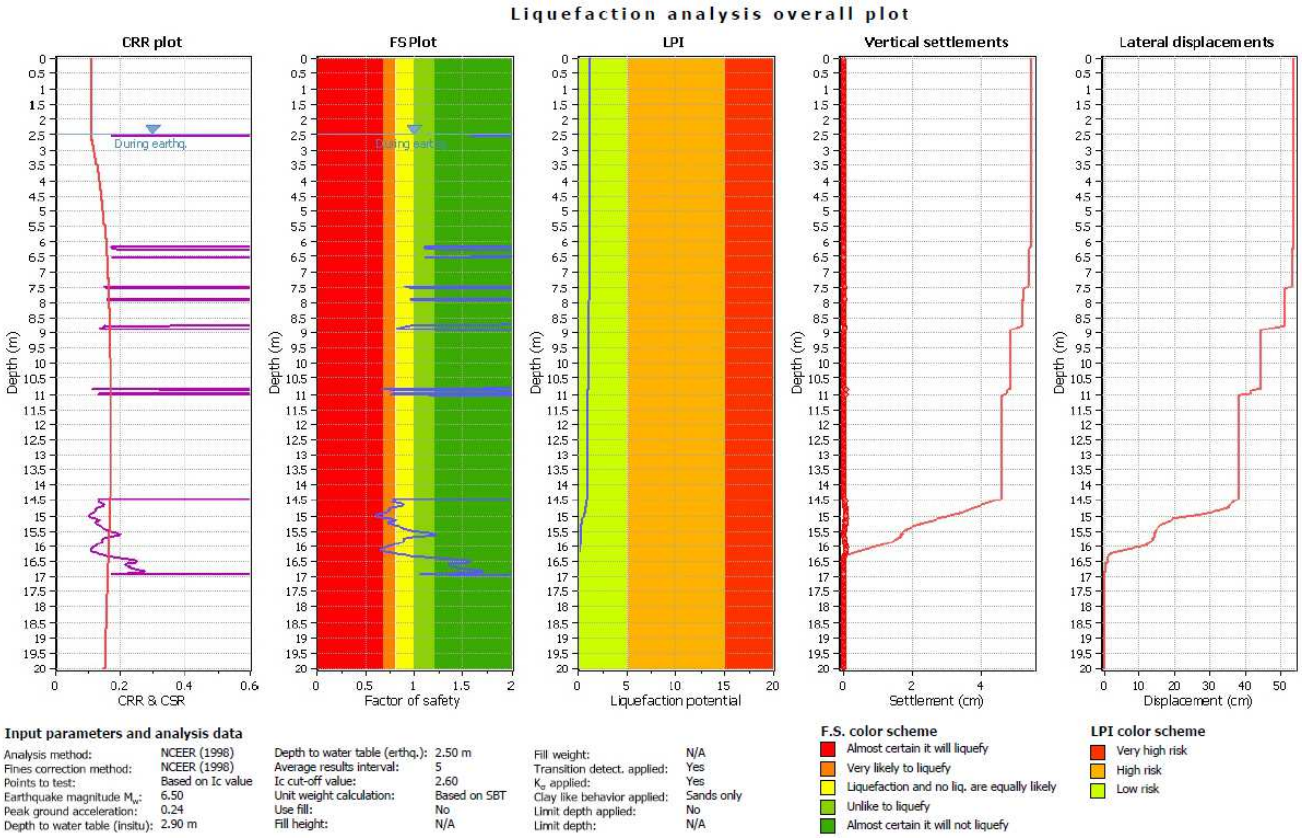


Figura 15: Output del Programma Cliq per il calcolo della liquefazione

Considerando i singoli strati, gli orizzonti risultano non liquefacibili, quando il Fattore di sicurezza alla liquefazione FS > 1.00. Nello specifico è stato utilizzato sempre attraverso il software Cliq, il metodo di Robertson e Wride, che permette di correlare la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i risultati delle prove penetrometriche statiche, esprimendo la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un fattore di liquefazione F_S dato dal rapporto tra la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico (CSR lim) e la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma (CSR max)

Un deposito **non è suscettibile a liquefazione** quando **FL (o FS) ≥ 1.00**

Di seguito vengono riportare in tabella le risultanze ottenute, utilizzando come dato di input di accelerazione 0.28g.

Profondità strato	ID. PROVA e STRATO	F. S. (acc.:0,28g)
13,10 – 16,70 m	CPTU1 (Sabbie – Granulare)	**1.30**
14,20 – 17,70	CPTU2 (Sabbie – Granulare)	**1.31**

Dalle stratigrafie si evincono strati granulari/coesivi non continui e con spessore inferiore a 1 mt anche nei primi 10.00 da piano campagna

Cedimenti Post Sismici
CPTU1= 4,89 cm
CPTU2 = 5,45 cm

0.8 LIQUEFAZIONE RICALCOLATA A SEGUITO DI ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE AL III LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

A seguito dell'analisi numerica di RSL al III livello di approfondimento richiesta dall'art. 5 della L.R. 19/08 "Norme per la riduzione del rischio sismico", dalla DGR 630/2019, DGR 476/2021 e DGR 564/2021, è stata condotta un'ulteriore verifica alla liquefazione utilizzando i parametri sismici ricavati dalla RSL di III livello, realizzata presso l'area di proprietà del Gruppo Eurovo sita in via Trupatello, i cui risultati sono in allegato al presente documento.

In corrispondenza delle prove CPTU1 e CPTU2, la verifica è stata condotta per singolo strato, con il metodo di Robertson & NCEER 2009 e complessivamente fino a 20 metri. L'elaborazione della verifica alla liquefazione è stata realizzata attraverso il programma **Cliq**

In base al valore di IL ottenuto attraverso le prove è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione riportato nella seguente tabella e nelle figure di seguito (output del programma):

IL	Rischio di liquefazione	CPTU 1	CPTU 2
IL = 0	Molto basso		
0 <IL≤ 5	**Basso**	**0,62**	**0,99**
5 <IL≤ 15	Alto		
15 <IL	Molto alto		

Considerando lo strato complessivo, l'indice di liquefazione (IL) risulta inferiore a 2, il che ci permette di evidenziare il rischio di liquefazione come *"BASSO"*, per gli orizzonti riscontrati. Di seguito i diagrammi degli output del programma delle prove effettuate.

I valori dell'indice di liquefazione IL ottenuti mediante RSL di III livello, sono coerenti con quelli calcolati all'interno del sito di proprietà Eurovo, adiacente alla strada oggetto della presente relazione.

DI seguito i dati di input per il programma CLiq:

- Livello Statico Falda 2.50 m da p.c. (CPTU 1), 2.90 m da p.c. (CPTU 2)
- Livello Falda durante Terremoto: 2.00 mt da p.c. (CPTU 1), 2.50m da p.c. (CPTU 2)
- Magnitudo: 6.14
- Teoria Utilizzata: Robertson 2009

- Accelerazione PGA_0 (da RSL III livello): 0,27g (STUDIO DI RSL III LIVELLO RIPORTATO IN ALLEGATO)

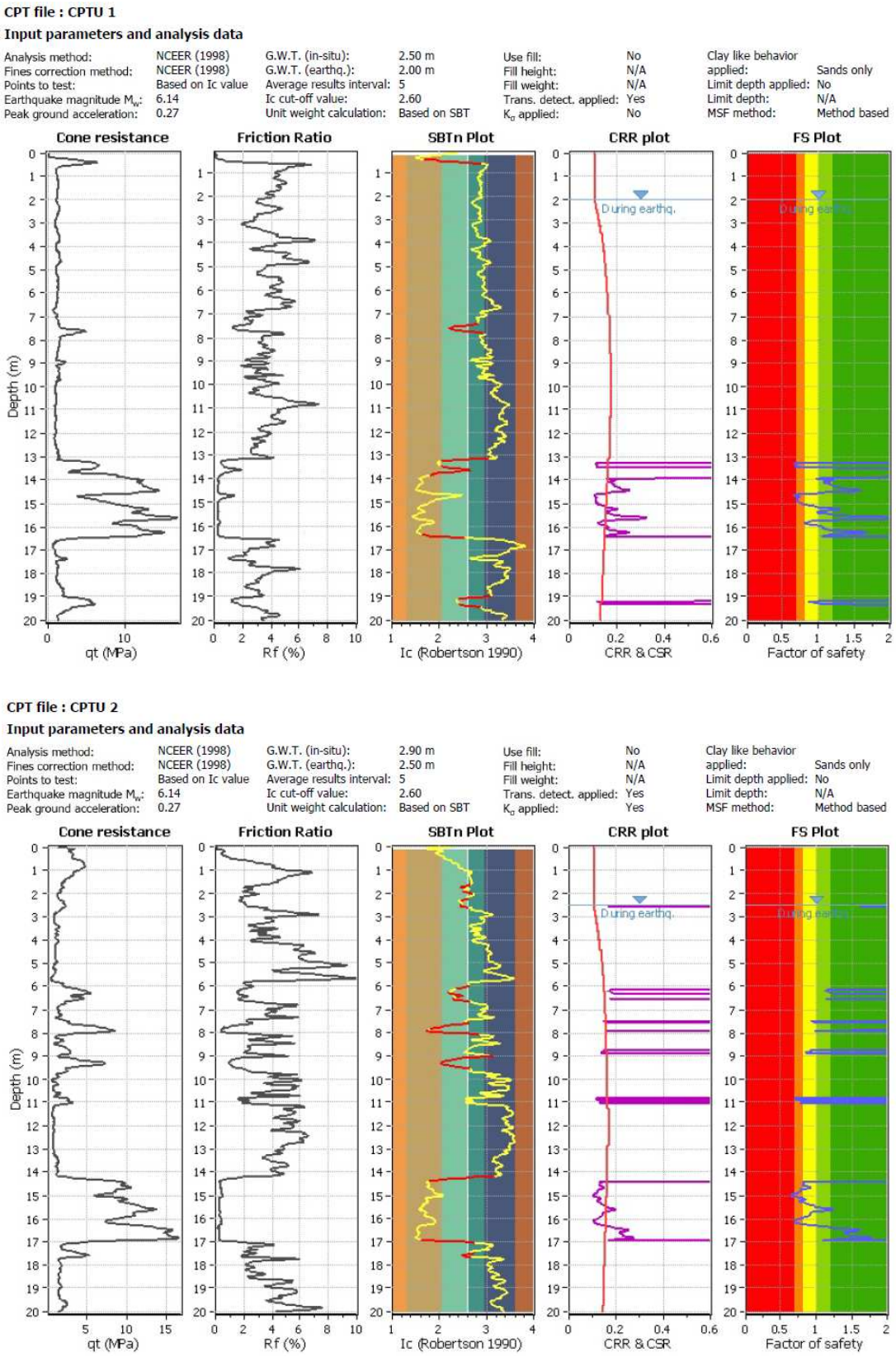


Figura 16: Output del Programma Cliq per il calcolo della liquefazione

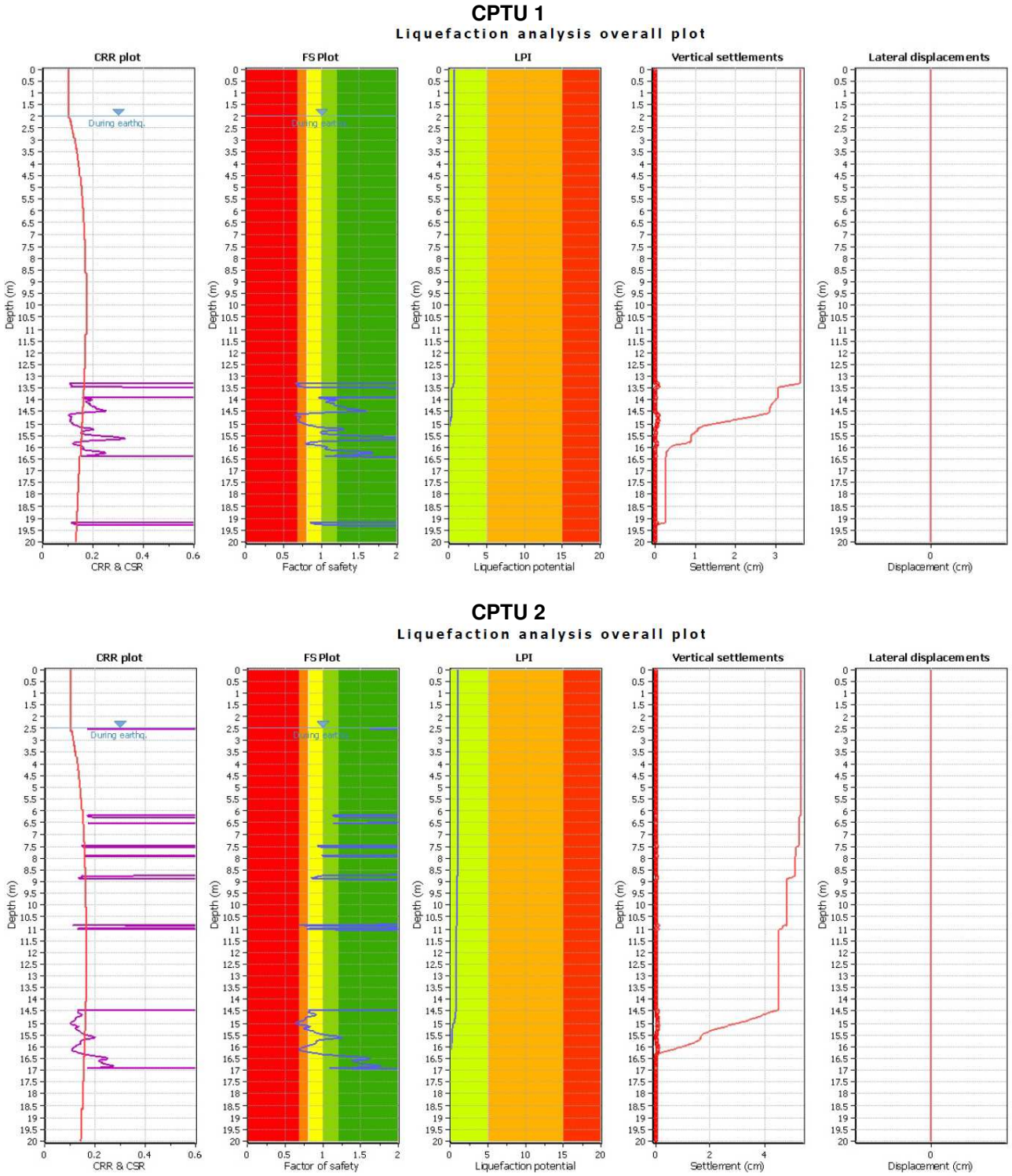


Figura 17: Output del Programma Cliq per il calcolo della liquefazione

Considerando i singoli strati, gli orizzonti risultano non liquefacibili, quando il Fattore di sicurezza alla liquefazione FS > 1.00. Nello specifico è stato utilizzato sempre attraverso il software Cliq, il metodo di Robertson e Wride, che permette di correlare la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i risultati delle prove penetrometriche statiche, esprimendo la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un fattore di liquefazione F_S dato dal rapporto tra la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico (CSR lim) e la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma (CSR max)

Un deposito **non è suscettibile a liquefazione** quando **FL (o FS) ≥ 1.00**
Di seguito vengono riportare in tabella le risultanze ottenute, utilizzando come dato di input di accelerazione 0.27g.

Profondità strato	ID. PROVA e STRATO	F. S. (acc.:0,27g)
13,10 – 16,70 m	CPTU1 (Sabbie – Granulare)	**1.34**
14,20 – 17,70	CPTU2 (Sabbie – Granulare)	**1.28**

Dalle stratigrafie si evincono strati granulari/coesivi non continui e con spessore inferiore a 1 mt anche nei primi 10.00 da piano campagna

Cedimenti Post Sismici
CPTU1 = 3,60 cm
CPTU2 = 5,32 cm

0.9 PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL TERRITORIO

La pericolosità del lotto è stata effettuata sulla base dell'individuazione di:

- spessori potenzialmente liquefacibili;
- presenza di terreni con caratteristiche portanti scarse;
- condizioni idrogeologiche particolari;
- presenza di rilevati.

Per il terreno in esame, fino alla massima profondità d'indagine (mt. 20.00):

1. sono stati individuati livelli a natura granulare, potenzialmente liquefacibili compresi tra piano campagna e mt 30.00 "ipotizzati in via cautelativa continui", le cui verifiche sono state calcolate nel capitolo 8;
2. non sono stati individuati livelli centimetrici, caratterizzati da bassi valori di resistenza alla punta del penetrometro e bassa coesione
3. per quanto riguarda le condizioni idrogeologiche, si segnala la presenza di terreni superficiali a natura coesiva-granulare, mentre l'andamento altimetrico presenta una generale debole pendenza verso nord-ovest;

0.11 CARATTERI IDROGEOLOGICI E IDROLOGICI

Nei fori residuali delle indagini eseguite in data 01/07/2021, è stata misurata la quota della superficie di saturazione, alla seguente profondità riferita al piano campagna:

Prova CPT effettuata	Profondità del livello di saturazione dal p.c. (m)
CPTU1	-2.50
CPTU2	-2.90
CPT3	-2.60

Per quanto riguarda le acque di superficie, l'intero tracciato di progetto è affiancato da canali di scolo ai due lati della strada
Come già indicato, in base alla situazione al contorno è possibile definire che il principale fattore di regimazione della falda corrisponde all'evapotraspirazione ed all'infiltrazione efficace nelle aree non pavimentate, infatti anche in periodi anche di particolare piovosità lo scolo di cui sopra non dovrebbe concorrere in maniera diretta alla regimazione della falda superficiale.

0.12 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Su incarico della Committenza, è stata effettuata un'indagine geognostica in un'area dove vi è in progetto un intervento didi realizzazione di una nuova strada carrabile in località Bagnara di Romagna (Ra).
Lo scrivente ha redatto la suddetta relazione di "Modellazione Geologica", comprensiva dei parametri geotecnici e sismici, ai sensi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018 (NTC).
L' indagine, iniziata e conclusa in data 01/07/2021, è stata sviluppata tramite l'esecuzione di:

- n° 2 CPTU prove penetrometriche statiche con piezocono, eseguite alla profondità di 20 metri dal piano campagna.
- n° 1 CPT prova penetrometrica statica con punta meccanica, eseguite alla profondità di 10 metri dal piano campagna.
- n° 2 indagini tromografiche H/V per la determinazione della Vs equivalente

I dati ottenuti dalla prova eseguita hanno permesso di caratterizzare l'area in esame, dal punto di vista geotecnico e stratigrafico e di fornire i parametri e i coefficienti sismici.
Dalle indagini svolte e da quanto emerso nell'analisi dei risultati, raccolti nella presente relazione tecnica, non si registrano, quindi, elementi ostativi, dal punto di vista geologico, idrogeologico e sismico, per la costruzione dell'opera in progetto.

Ferrara, 03/05/2022

Dr. Geol. Fabio Zanella – GEOLOGIA FERRARA SNC

0.13 ALLEGATO 1

- **PROVA CPTU1**
- **PROVA CPTU2**
- **PROVA CPT3**
- **ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE DI III LIVELLO DI APPROFONDIMENTO (Geol. Thomas Veronese)**

Geo.Fe. INDAGINI GEOLOGICHE

Committente: Gruppo Eurovo
Cantiere: Bagnara di R. (RA)
Data: 02/07/2021

ID Prova: CPTU 1
Profondita falda: a mt 2.50 da p.c.
Preforo: -

Profondità massima raggiunta: 20.00 mt
Punta sismica: Tecnopenta G1-CPL2IN - SISMI
RIF. 39/21GF

Prova eseguita da:
GEO.FE. S.n.c.
via dell'Artigianato ,3 44030 - Ro Ferrarese (FE)
tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it
Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio
Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

Prof.	RP	RL	PN	Incl.	V.avanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec
0.020	0.334	-0.001	-0.028	-0.247	1.685	1.660	12.248	0.561	-0.708	0.721	2.324	3.300	12.615	0.312	-0.061	1.916	2.186	4.940	11.006	0.420	-0.203	2.276	2.114	6.580	10.005	0.467	0.073	2.004	2.309
0.040	0.208	-0.002	-0.028	0.291	2.490	1.680	11.813	0.560	-0.714	0.746	2.181	3.320	12.626	0.339	-0.065	1.930	2.351	4.960	10.831	0.412	-0.203	2.274	2.128	6.600	9.850	0.449	0.077	2.002	2.115
0.060	0.285	-0.001	-0.028	0.132	2.531	1.700	11.704	0.559	-0.718	0.775	2.509	3.340	12.581	0.351	-0.075	1.946	2.456	4.980	10.653	0.400	-0.202	2.270	2.235	6.620	9.242	0.449	0.069	2.000	2.464
0.080	0.210	-0.001	-0.028	-0.226	2.403	1.720	11.802	0.547	-0.723	0.785	2.268	3.360	12.665	0.374	-0.080	1.959	2.256	5.000	10.299	0.384	-0.205	2.270	2.011	6.640	8.408	0.438	0.057	1.999	2.268
0.100	0.337	-0.001	-0.028	-0.271	2.441	1.740	11.866	0.531	-0.727	0.805	2.475	3.380	12.672	0.400	-0.088	1.969	2.151	5.020	10.400	0.374	-0.204	2.267	2.010	6.660	8.029	0.435	0.050	1.992	2.114
0.120	0.187	0.000	-0.028	-0.045	2.534	1.760	11.660	0.509	-0.732	0.830	2.243	3.400	12.726	0.407	-0.094	1.976	2.479	5.040	10.527	0.370	-0.201	2.262	2.212	6.680	7.372	0.420	0.045	1.987	2.445
0.140	0.314	-0.001	-0.029	-0.232	2.519	1.780	11.529	0.487	-0.737	0.846	2.306	3.420	12.932	0.414	-0.102	1.985	2.290	5.060	10.604	0.375	-0.195	2.256	2.038	6.700	7.146	0.394	0.044	1.985	2.175
0.160	0.315	0.000	-0.031	-0.054	2.380	1.800	11.522	0.466	-0.741	0.861	2.517	3.440	13.115	0.438	-0.104	1.990	2.217	5.080	10.429	0.377	-0.195	2.255	1.965	6.720	6.919	0.370	0.041	1.987	2.336
0.180	0.923	-0.002	-0.023	-0.462	2.591	1.820	11.515	0.454	-0.746	0.885	2.167	3.460	13.675	0.478	-0.100	1.993	2.305	5.100	10.179	0.372	-0.194	2.248	2.186	6.740	6.845	0.349	0.041	1.979	2.272
0.200	7.496	-0.003	0.021	0.041	2.414	1.840	11.540	0.435	-0.751	0.906	2.311	3.480	14.212	0.500	-0.101	1.996	2.330	5.120	10.257	0.359	-0.181	2.244	1.981	6.760	6.873	0.336	0.047	1.965	2.342
0.220	11.891	-0.023	-0.023	-0.292	2.284	1.860	11.458	0.413	-0.756	0.917	2.517	3.500	14.748	0.513	-0.104	2.007	2.164	5.140	10.411	0.362	-0.158	2.239	2.172	6.780	7.077	0.322	0.056	1.972	2.250
0.240	17.987	0.043	-0.067	-0.408	2.590	1.880	11.351	0.402	-0.759	0.934	2.353	3.520	15.385	0.535	-0.110	2.012	2.252	5.160	10.845	0.370	-0.136	2.237	2.001	6.800	7.308	0.313	0.067	1.968	2.305
0.260	21.453	0.046	-0.068	-0.399	2.496	1.900	11.371	0.391	-0.765	0.947	2.402	3.540	14.250	0.568	-0.131	2.009	2.439	5.180	11.277	0.365	-0.120	2.233	1.904	6.820	7.489	0.292	0.080	1.964	2.299
0.280	31.184	0.038	-0.064	-0.219	2.102	1.920	11.568	0.370	-0.879	0.953	2.000	3.560	14.305	0.588	-0.142	2.015	2.240	5.200	11.533	0.363	-0.117	2.231	2.241	6.840	8.251	0.269	0.103	1.953	2.067
0.300	37.708	0.105	-0.035	-0.314	2.691	1.940	11.625	0.458	-0.865	0.979	2.131	3.580	14.359	0.604	-0.151	2.009	2.226	5.220	11.966	0.369	-0.108	2.232	1.870	6.860	8.860	0.252	0.126	1.945	2.488
0.320	50.373	0.006	0.007	-0.370	2.256	1.960	11.149	0.466	-0.870	0.992	2.413	3.600	14.514	0.641	-0.154	2.017	2.403	5.240	12.373	0.375	-0.090	2.219	2.271	6.880	9.446	0.241	0.143	1.937	2.183
0.340	56.740	0.165	-0.059	-0.356	2.239	1.980	11.152	0.470	-0.873	1.166	2.465	3.620	14.693	0.680	-0.152	2.016	2.266	5.260	12.655	0.384	-0.063	2.216	2.000	6.900	9.805	0.236	0.159	1.924	2.277
0.360	65.273	0.088	-0.060	-0.367	2.415	2.000	11.054	0.460	-0.875	1.177	2.298	3.640	15.174	0.678	-0.154	2.027	2.212	5.280	12.710	0.402	-0.033	2.213	2.046	6.920	12.684	0.242	0.415	1.936	2.000
0.380	73.950	0.006	-0.030	-0.432	2.145	2.020	11.209	0.455	-0.872	1.198	2.219	3.660	15.375	0.675	-0.157	2.019	2.226	5.300	13.196	0.413	-0.009	2.218	2.134	6.940	12.356	0.276	0.419	1.930	2.234
0.400	65.433	0.198	-0.100	-0.698	2.285	2.040	11.286	0.456	-0.872	1.217	2.641	3.680	15.678	0.670	-0.158	2.027	2.322	5.320	13.604	0.417	-0.004	2.209	2.000	6.960	11.395	0.301	0.405	1.931	2.247
0.420	64.534	0.158	-0.107	-0.781	2.260	2.060	11.266	0.448	-0.874	1.230	2.240	3.700	15.549	0.668	-0.167	2.037	2.299	5.340	14.063	0.422	-0.007	2.206	2.004	6.980	11.143	0.317	0.404	1.923	2.619
0.440	52.639	0.137	-0.185	-0.814	2.260	2.080	11.420	0.419	-0.870	1.245	2.251	3.720	15.445	0.673	-0.174	2.043	2.084	5.360	14.091	0.436	-0.011	2.208	2.123	7.000	10.739	0.333	0.407	1.923	2.141
0.460	47.531	0.173	-0.197	-0.850	2.476	2.100	11.753	0.398	-0.865	1.255	2.491	3.740	15.065	0.694	-0.182	2.041	2.423	5.380	13.867	0.448	-0.021	2.207	1.902	7.020	10.487	0.336	0.425	1.918	2.195
0.480	45.062	0.320	-0.201	-0.845	2.315	2.120	12.009	0.386	-0.862	1.290	2.380	3.760	14.507	0.718	-0.195	2.035	2.147	5.400	13.389	0.474	-0.030	2.195	1.984	7.040	10.511	0.364	0.439	1.917	2.381
0.500	38.724	0.372	-0.238	-0.839	2.220	2.140	12.192	0.377	-0.853	1.301	2.256	3.780	14.001	0.754	-0.205	2.046	2.375	5.420	12.760	0.507	-0.040	2.190	2.078	7.060	10.536	0.383	0.455	1.907	2.233
0.520	31.601	0.343	-0.270	-0.829	2.500	2.160	12.453	0.377	-0.852	1.324	2.289	3.800	13.746	0.777	-0.214	2.044	2.198	5.440	12.205	0.554	-0.033	2.193	1.924	7.080	10.687	0.380	0.491	1.908	2.330
0.540	28.881	0.339	-0.282	-0.828	2.272	2.180	12.608	0.378	-0.853	1.334	2.540	3.820	13.036	0.789	-0.226	2.051	2.259	5.460	12.078	0.602	-0.035	2.188	2.075	7.100	10.936	0.368	0.539	1.901	2.333
0.560	23.195	0.433	-0.300	-0.812	2.236	2.200	13.223	0.396	-0.855	1.361	2.303	3.840	12.174	0.806	-0.237	2.051	2.041	5.480	12.556	0.624	-0.031	2.175	2.046	7.120	11.693	0.359	0.605	1.901	2.180
0.580	16.271	0.654	-0.319	-0.805	2.321	2.220	14.191	0.424	-0.853	1.392	2.313	3.860	11.667	0.830	-0.247	2.058	2.432	5.500	12.958	0.617	-0.028	2.169	1.940	7.140	13.031	0.330	0.715	1.900	2.383
0.600	16.149	0.679	-0.324	-0.799	2.600	2.240	14.498	0.432	-0.847	1.401	2.482	3.880	10.981	0.824	-0.258	2.063	2.218	5.520	13.207	0.604	-0.028	2.159	2.153	7.160	13.965	0.291	0.786	1.882	2.260
0.620	12.911	0.717	-0.291	-0.780	2.352	2.260	14.681	0.439	-0.841	1.429	2.391	3.900	10.243	0.759	-0.269	2.068	2.161	5.540	13.050	0.599	-0.030	2.154	1.986	7.180	13.788	0.300	0.768	1.882	2.151
0.640	11.346	0.849	-0.334	-0.764	2.307	2.280	15.067	0.432	-0.833	1.435	2.295	3.920	10.366	0.684	-0.364	2.189	2.000	5.560	13.426	0.596	-0.030	2.157	1.939	7.200	13.585	0.299	0.753	1.872	2.398
0.660	11.247	0.825	-0.336	-0.745	2.540	2.300	15.098	0.439	-0.830	1.439	2.415	3.940	10.571	0.620	-0.363	2.193	2.127	5.580	13.751	0.597	-0.030	2.146	2.135	7.220	13.610	0.308	0.752	1.868	2.000
0.680	10.947	0.761	-0.340	-0.728	2.346	2.320	15.459	0.462	-0.828	1.454	2.462	3.960	10.849	0.561	-0.355	2.198	2.161	5.600	13.495	0.627	-0.032	2.145	1.961	7.240	14.239	0.329	0.798	1.861	2.000
0.700	10.978	0.677	-0.331	-0.705	2.352	2.340	15.720	0.500	-0.817	1.460	2.473	3.980	11.100	0.508	-0.348	2.199	2.304	5.620	13.340	0.655	-0.033	2.143	1.948	7.260	14.213	0.343	0.812	1.851	2.307
0.720	10.229	0.610	-0.337	-0.684	2.394	2.360	15.677	0.558	-0.812	1.461	2.030	4.000	11.098	0.470	-0.345	2.202	2.324	5.640	13.336	0.666	-0.031	2.138	2.174	7.280	13.960	0.360	0.808	1.847	2.442
0.740	10.039	0.570	-0.338	-0.652	2.260	2.380	15.406	0.601	-0.808	1.454	2.500	4.020	10.514	0.435	-0.348	2.210	2.158	5.660	13.635	0.657	-0.029	2.139	1.965	7.300	13.503	0.417	0.796	1.848	1.950
0.760	9.948	0.523	-0.338	-0.621	2.399	2.400	15.741	0.616	-0.804	1.458	2.251	4.040	10.209	0.424	-0.352	2.211	2.364	5.680	13.656	0.642	-0.027	2.125	1.890	7.320	13.778	0.437	0.826	1.848	2.534
0.780	9.608	0.509	-0.344	-0.605	2.405	2.420	16.128	0.624	-0.781	1.460	2.316	4.060	10.157	0.428	-0.352	2.221	2.164	5.700	13.348	0.647	-0.026	2.137	2.352	7.340	15.215	0.385	0.885	1.836	2.229
0.800	9.698	0.484	-0.347	-0.570	2.195	2.440	15.881	0.625	-0.780	1.459	2.435	4.080	9.905	0.435	-0.353	2.218	2.250	5.720	12.661	0.620	-0.031	2.129	2.255	7.360	15.844	0.372	0.921	1.842	2.196
0.820	9.943	0.504	-0.349	-0.547	2.513	2.460	14.976	0.652	-0.784	1.456	2.324	4.100	10.134	0.441	-0.352	2.231	2.178	5.740	12.606	0.576	-0.035	2.120	2.305	7.380	15.970	0.389	0.913	1.832	2.359
0.840	9.913	0.521	-0.355	-0.509	2.244	2.480	14.929	0.655	-0.790	1.443	2.291	4.120	9.907	0.432	-0.353	2.235	2.457	5.760	12.879	0.554	-0.035	2.118	2.402	7.400	14.298	0.416	0.857	1.839	2.087
0.860	10.058	0.525	-0.363	-0.484	2.298	2.500	14.175	0.656	-0.794	1.444	2.278	4.140	9.960	0.430	-0.347	2.242	1.999	5.780	12.573	0.563	-0.028	2.115	2.334	7.420	13.284	0.400	0.863	1.831	2.443
0.880	10.154	0.516	-0.365	-0.464	2.371	2.520	13.675	0.661	-0.797	1.452	2.437	4.160	10.819	0.393	-0.328	2.246	2.178	5.800	12.846	0.547	-0.020	2.110	2.321	7.440	14.976	0.369	0.953	1.822	2.209
0.900	10.610	0.493	-0.367	-0.437	2.263	2.540	13.579	0.655	-0.800	1.455	2.342	4.180	11.553	0.357	-0.292	2.250	2.358	5.820	13.575	0.532	-0.010	2.099	2.274	7.460	15.707	0.345	1.007	1.814	2.184
0.920	11.872	0.573	-0.527	-0.373	2.000	2.560	12.978	0.626	-0.801	1.465	2.373	4.200	12.264	0.352	-0.256	2.255	2.186	5.840	13.850	0.536	-0.007	2.097	2.419	7.480	16.741	0.337	1.038	1.803	2.430
0.940	12.112	0.556	-0.533	-0.346	2.524	2.580	13.186	0.599	-0.804	1.472	2.265	4.220	13.101	0.329	-0.238	2.255	2.152	5.860	13.898	0.549	-0.004	2.086	2.302	7.500	19.491	0.370	1.115	1.808	2.133
0.960	12.148	0.540	-0.539	-0.319	2.460	2.600	13.189	0.578	-0.804	1.476	2.459	4.240	14.394	0.330	-0.203	2.262	1.919	5.880	13.720	0.572	-0.006	2.076	2.203	7.520	23.430	0.419	1.248	1.789	2.276
0.980	12.335	0.527	-0.546	-0.277	2.181	2.620	13.196	0.560	-0.805	1.476	2.349	4.260	14.930	0.362	-0.181	2.263	2.492	5.900	11.669	0.464	0.061	2.124	2.000	7.540	29.467	0.434	1.380	1.786	2.263
1.000	12.870	0.510	-0.547	-0.247	2.460	2.640	12.469	0.529	-0.798	1.488	2.231	4.280	15.516	0.405	-0.166	2.272	2.144	5.920	13.035	0.520	0.072	2.107	2.113	7.560	38.513	0.457	1.508	1.771	2.164
1.020	12.473	0.521	-0.552	-0.203	2.265	2.660	12.044	0.498	-0.791	1.492	2.578	4.300	15.750	0.441	-0.169	2.282	2.056	5.940	12.529	0.531	0.063	2.102	2.102	7.580	46.523	0.574	1.461	1.759	2.234
1.040	12.052	0.527	-0.562	-0.170	2.184	2.680	11.723	0.475	-0.783	1.500	2.253	4.320	15.453	0.496	-0.177	2.289	2.293	5.960	12.224	0.532	0.055	2.106	2.306	7.600	54.278	0.712	1.322	1.749	2.181
1.060	12.061	0.535	-0.568	-0.129	2.427	2.700	11.227	0.438	-0.775	1.513	2.223	4.340	15.080	0.564	-0.184	2.289	2.082	5.980	11.793	0.543	0.050	2.109	2.275	7.620	55.847	0.765	1.380	1.753	2.198
1.080	11.970	0.551	-0.572	-0.091	2.263	2.720	11.337	0.407	-0.772	1.516	2.534	4.360	14.832	0.610	-0.189	2.294	2.211	6.000	11.992	0.566	0.048	2.109	2.371	7.640	49.469	0.735	1.212	1.758	2.183
1.100	11.927	0.556	-0.577	-0.071	2.286	2.740	11.447	0.378	-0.766	1.525	2.203	4.380	14.936	0.673	-0.193	2.306	2.232	6.020	11.787	0.575	0.045	2.105	2.298	7.660	43.195	0.647	1.077	1.754	2.437
1.120	11.836	0.557	-0.583	-0.042	2.346	2.760	11.254	0.344	-0.754	1.531	2.300	4.400	14.889	0.750	-0.195	2.307	2.005	6.040	11.833	0.575	0.043	2.104	2.334	7.680	39.091	0.668	1.005	1.764	2.069
1.140	12.633	0.581	-0.586	-0.009	2.352	2.780	10.885	0.338	-0.753	1.543	2.520	4.420	15.017	0.786	-0.195	2.306	2.249	6.060	11.881	0.558	0.044	2.101	2.326	7.700	38.246	0.694	0.985	1.771	2.368
1.160	13.229	0.569	-0.586	0.025	2.137	2.800	10.846	0.311	-0.751	1.538	2.281	4.440	15.194	0.810	-0.196	2.308	2.166	6.080	11.827	0.536	0.045	2.089	2.378	7.720	37.960	0.790	1.014	1.789	2.161
1.180	13.522	0.575	-0.591	0.059	2.290	2.820	10.223	0.295	-0.732	1.550	2.233	4.460	15.218	0.821	-0.199	2.309	1.987	6.100	12.027	0.510	0.048	2.088	2.461	7.740	36.210	0.934	1.002	1.791	2.287
1.200	13.738	0.562	-0.594	0.094	2.418	2.840	9.427	0.308	-0.734	1.556	2.524	4.480	15.266	0.817	-0.199	2.314	2.289	6.120	12.173	0.489	0.053	2.086	2.296	7.760	31.324	1.035	0.893	1.790	2.178
1.220	13.655	0.561	-0.598	0.136	2.256	2.860	9.089	0.277	-0.737	1.571	2.300	4.500	15.566	0.805	-0.196	2.304	2.129	6.140	12.447	0.478	0.058	2.075	2.292	7.780	25.475	1.077	0.772	1.797	2.126
1.240	14.353	0.567	-0.594	0.150	2.387	2.880	8.697	0.269	-0.735	1.582	2.324	4.520	15.764	0.787	-0.191	2.299	2.170	6.160	12.672	0.467	0.065	2.067	2.364	7.800	21.549	1.048	0.699	1.799	2.412
1.260	13.637	0.590	-0.604	0.197	2.373	2.900	8.863	0.251	-0.728	1.599	2.443	4.540	16.114	0.785	-0.188	2.303	2.020	6.180	12.921	0.464	0.070	2.064	2.324	7.820	17.744	0.956	0.671	1.805	2.231
1.280	13.753	0.605	-0.605	0.219	2.275	2.920	9.942	0.285	-0.534	1.606	2.000	4.560	16.184	0.791	-0.187	2.304	2.179	6.200	12.943	0.461	0.070	2.060	2.233	7.840	16.267	0.832	0.679	1.812	2.304
1.300	13.897	0.607	-0.611	0.260	2.226	2.940	10.324	0.269	-0.508	1.606	2.250	4.580	16.508	0.791	-0.187	2.304	1.941	6.220	12.889	0.470	0.072	2.059	2.240	7.860	14.808	0.722	0.727	1.818	2.259
1.320	14.040	0.627	-0.619	0.298	2.503	2.960	9.444	0.269	-0.493	1.615	2.150	4.600	16.731	0.782	-0.188	2.300	2.332	6.240	13.165	0.475	0.074	2.045	2.492	7.880	14.213	0.663	0.767	1.826	2.163
1.340	14.107	0.650	-0.622	0.328	2.186	2.980	9.271	0.259	-0.483	1.775	2.577	4.620	16.726	0.789	-0.189	2.301	2.017	6.260	12.756	0.493	0.070	2.041	2.178	7.900	13.642	0.568	0.869	1.828	2.323
1.360	14.122	0.649	-0.626	0.354	2.291	3.000	9.074	0.242	-0.467	1.772	2.172	4.640	16.418	0.804	-0.194	2.297	2.118	6.280	12.248	0.501	0.064	2.038	2.433	7.920	17.879	0.603	2.783	1.818	2.000
1.380	13.958	0.680	-0.631	0.374	2.437	3.020	8.775	0.248	-0.447	1.782	2.355	4.660	16.033	0.815	-0.205	2.290	2.234	6.300	11.992	0.515	0.058	2.029	2.144	7.940	17.627	0.606	3.181	1.828	2.415
1.400	13.546	0.680	-0.637	0.426	2.285	3.040	8.527	0.246	-0.419	1.787	2.335	4.680	15.270	0.832	-0.205	2.289	1.990	6.320	11.686	0.516	0.049	2.034	2.280	7.960	15.909	0.611	3.309	1.833	2.115
1.420	13.508	0.687	-0.643	0.446	2.246	3.060	8.303	0.247	-0.408	1.803	2.513	4.700	14.608	0.849	-0.209	2.277	2.120	6.340	11.406	0.535	0.046	2.027	2.488	7.980	15.503	0.567	3.398	1.835	2.198
1.440	13.396	0.677	-0.646	0.475	2.482	3.080	8.232	0.228	-0.401	1.813	2.195	4.720	14.425	0.844	-0.214	2.278	2.131	6.360	11.152	0.562	0.047	2.025	2.214	8.000	15.300	0.550	3.444	1.833	2.364
1.460	13.334	0.676	-0.654	0.506	2.226	3.100	8.463	0.213	-0.380	1.816	2.243	4.740	14.065	0.829	-0.219	2.276	1.981	6.380	11.198	0.578	0.047	2.021	2.263	8.020	15.603	0.535	3.502	1.834	2.375
1.480	12.895	0.659	-0.662	0.552	2.231	3.120	8.873	0.209	-0.332	1.829	2.316	4.760	13.225	0.831	-0.226	2.259	2.158	6.400	10.916	0.589	0.049	2.020	2.312	8.040	15.043	0.502	3.465	1.837	2.087
1.500	13.059	0.619	-0.667	0.585	2.483	3.140	9.232	0.202	-0.285	1.827	2.000	4.780	12.282	0.821	-0.234	2.261	2.125	6.420	11.747	0.596	0.081	2.017	2.150	8.060	14.509	0.492	3.428	1.835	2.423
1.520	12.946	0.600	-0.670	0.616	2.279	3.160	9.643	0.184	-0.239	1.829	1.919	4.800	11.592	0.790	-0.239	2.254	1.985	6.440	11.145	0.603	0.109	2.007	2.498	8.080	14.329	0.498	3.391	1.838	2.253
1.540	12.810	0.564	-0.677	0.649	2.250	3.180	10.509	0.186	-0.212	1.832	2.177	4.820	11.436	0.771	-0.242	2.249	2.241	6.460	10.351	0.630	0.050	2.010	2.333	8.100	14.326	0.528	3.443	1.831	2.271
1.560	12.700	0.528	-0.681	0.672	2.229	3.200	10.718	0.202	-0.157	1.836	2.452	4.840	11.052	0.731	-0.245	2.243	2.114	6.480	10.044	0.608	0.050	2.006	2.288	8.120	14.601	0.518	3.438	1.840	2.386
1.580	12.256	0.521	-0.686	0.693	2.613	3.220	11.108	0.233	-0.121	1.847	2.253	4.860	10.996	0.694	-0.246	2.246	2.077	6.500	9.814	0.564	0.052	2.009	2.274	8.140	14.320	0.527	3.444	1.841	2.064
1.600	12.198	0.531	-0.692	0.721	2.217	3.240	11.700	0.239	-0.106	1.853	2.295	4.880	10.714	0.668	-0.248	2.243	2.154	6.520	9.937	0.530	0.063	2.007	2.218	8.160	13.637	0.488	3.375	1.841	2.460
1.620	11.913	0.547	-0.698	0.746	2.334	3.260	12.165	0.256	-0.093	1.854	2.229	4.900	10.939	0.330	-0.251	2.283	1.670	6.540	10.161	0.500	0.069	2.010	2.225	8.180	13.407	0.470	3.366	1.843	2.218
1.640	11.802	0.553	-0.703	0.775	2.388	3.280	12.326	0.271	-0.078	1.863	2.541	4.920	11.182	0.420	-0.208	2.279	2.000	6.560	10.033	0.485	0.071	2.007	2.377	8.200	14.493	0.479	3.475	1.847	2.146

Prof.: Profondità RL: - RP: Resistenza di punta - Resistenza all'attrito laterale - Incl.:clinazione - Vavanz: velocità di avanzamento della punta

Geo.Fe.
INDAGINI GEOLOGICHE

Committente: Gruppo Eurovo
Cantiere: Bagnara di R. (RA)
Data: 02/07/2021

ID Prova: CPTU 1
Profondita falda: a mt 2.50 da p.c.
Preforo: -

Profondità massima raggiunta: 20.00 mt
Punta sismica: Tecnopenta G1-CPL2IN - SISMI
RIF. 39/21GF

Prova eseguita da:
GEO.FE. S.n.c.
via dell'Artigianato ,3 44030 - Ro Ferrarese (FE)
tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it
Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio
Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec
8.220	14.389	0.471	3.500	1.847	2.309	9.860	9.833	0.365	1.551	2.042	2.369	11.500	8.766	0.433	2.510	2.133	2.241	13.140	10.591	0.482	3.976	2.302	2.184	14.780	51.527	0.507	1.005	2.439	2.016
8.240	14.943	0.466	3.549	1.847	2.231	9.880	9.224	0.353	1.545	2.040	2.210	11.520	8.311	0.433	2.462	2.132	2.095	13.160	13.719	0.438	4.534	2.309	2.071	14.800	56.085	0.510	1.124	2.424	2.029
8.260	14.790	0.488	3.526	1.849	2.266	9.900	8.767	0.334	1.545	2.044	2.282	11.540	7.905	0.421	2.433	2.131	2.282	13.180	25.647	0.392	4.318	2.282	2.281	14.820	59.770	0.520	1.194	2.431	1.967
8.280	14.004	0.496	3.470	1.860	2.408	9.920	11.282	0.473	1.853	2.046	2.000	11.560	7.577	0.412	2.416	2.132	2.070	13.200	41.845	0.411	1.213	2.307	1.991	14.840	63.606	0.464	1.243	2.432	1.940
8.300	13.397	0.518	3.415	1.862	2.178	9.940	10.069	0.476	1.792	2.053	2.121	11.580	7.501	0.409	2.408	2.135	2.346	13.220	55.476	0.407	1.085	2.307	2.121	14.860	65.747	0.397	1.281	2.443	2.073
8.320	12.537	0.523	3.360	1.868	2.159	9.960	8.754	0.455	1.721	2.064	2.284	11.600	7.526	0.401	2.428	2.139	2.121	13.240	62.478	0.383	1.302	2.305	2.138	14.880	67.641	0.307	1.319	2.444	1.959
8.340	12.158	0.521	3.370	1.873	2.425	9.980	8.247	0.398	1.690	2.064	2.234	11.620	7.703	0.391	2.461	2.133	2.159	13.260	64.245	0.354	1.368	2.307	2.059	14.900	70.434	0.267	1.392	2.442	2.058
8.360	12.714	0.494	3.492	1.880	2.339	10.000	7.866	0.373	1.700	2.079	2.243	11.640	7.501	0.376	2.463	2.140	2.263	13.280	64.217	0.322	1.391	2.307	2.035	14.920	72.897	0.283	0.860	2.402	2.000
8.380	13.169	0.477	3.602	1.885	2.211	10.020	7.764	0.344	1.718	2.080	2.144	11.660	7.324	0.370	2.461	2.142	2.259	13.300	63.740	0.304	1.431	2.314	2.127	14.940	79.937	0.272	0.956	2.395	2.020
8.400	13.397	0.452	3.637	1.882	1.970	10.040	7.838	0.310	1.757	2.078	2.367	11.680	7.299	0.352	2.482	2.151	2.054	13.320	63.911	0.307	1.504	2.316	2.004	14.960	83.035	0.274	0.999	2.397	2.019
8.420	13.397	0.443	3.591	1.891	2.172	10.060	8.114	0.297	1.780	2.085	2.285	11.700	7.375	0.342	2.511	2.150	2.365	13.340	65.930	0.318	1.631	2.322	2.379	14.980	84.990	0.274	1.018	2.403	2.036
8.440	12.715	0.473	3.494	1.899	2.175	10.080	8.088	0.288	1.811	2.089	2.356	11.720	7.705	0.317	2.570	2.148	2.118	13.360	69.070	0.367	1.810	2.336	1.977	15.000	86.473	0.265	1.042	2.398	2.029
8.460	11.855	0.495	3.453	1.909	2.445	10.100	7.708	0.270	1.796	2.085	2.125	11.740	7.909	0.308	2.624	2.148	2.273	13.380	69.465	0.447	1.522	2.340	2.147	15.020	87.605	0.256	1.065	2.400	2.081
8.480	11.932	0.483	3.434	1.903	2.279	10.120	7.379	0.265	1.774	2.091	2.368	11.760	8.390	0.302	2.662	2.153	2.142	13.400	67.864	0.473	1.359	2.342	2.065	15.040	89.740	0.276	1.120	2.400	1.925
8.500	11.553	0.508	3.375	1.911	2.138	10.140	7.809	0.266	1.829	2.094	2.172	11.780	8.621	0.309	2.697	2.157	2.087	13.420	65.316	0.455	1.304	2.347	2.002	15.060	92.099	0.282	1.179	2.417	2.008
8.520	11.200	0.523	3.332	1.913	2.457	10.160	9.174	0.249	1.981	2.096	2.342	11.800	8.927	0.315	2.734	2.167	2.283	13.440	63.864	0.412	1.341	2.342	2.225	15.080	95.287	0.296	1.271	2.415	1.908
8.540	11.047	0.527	3.313	1.920	2.144	10.180	9.807	0.239	2.023	2.106	2.113	11.820	8.930	0.317	2.775	2.165	2.189	13.460	62.210	0.379	1.397	2.346	2.041	15.100	100.584	0.301	1.429	2.429	1.933
8.560	11.147	0.501	3.273	1.908	2.154	10.200	9.201	0.245	1.989	2.099	2.246	11.840	9.286	0.321	2.825	2.169	2.183	13.480	61.753	0.411	1.480	2.337	2.046	15.120	107.263	0.306	1.654	2.432	2.210
8.580	10.740	0.490	3.230	1.921	2.415	10.220	8.242	0.273	1.931	2.101	2.238	11.860	9.440	0.322	2.851	2.168	2.143	13.500	63.441	0.498	1.609	2.338	2.189	15.140	114.116	0.314	1.869	2.423	1.929
8.600	10.611	0.460	3.230	1.924	2.209	10.240	7.788	0.290	1.887	2.106	2.295	11.880	9.620	0.322	2.889	2.167	2.061	13.520	62.709	0.569	1.588	2.349	2.048	15.160	121.194	0.326	2.132	2.428	2.023
8.620	11.013	0.436	3.258	1.941	2.142	10.260	8.245	0.321	1.945	2.105	2.145	11.900	10.026	0.322	2.926	2.173	2.396	13.540	60.257	0.580	1.508	2.335	2.180	15.180	124.907	0.317	2.275	2.435	1.981
8.640	10.380	0.446	3.216	1.935	2.355	10.280	9.308	0.298	2.075	2.106	2.297	11.920	9.746	0.324	3.588	2.178	2.000	13.560	53.781	0.698	1.313	2.344	2.049	15.200	129.872	0.314	2.480	2.434	1.919
8.660	10.176	0.427	3.165	1.936	2.335	10.300	10.041	0.256	2.165	2.105	2.178	11.940	10.000	0.338	3.593	2.175	2.120	13.580	43.887	0.824	1.050	2.341	2.075	15.220	133.332	0.310	2.596	2.443	2.068
8.680	10.756	0.398	3.228	1.928	2.125	10.320	9.990	0.236	2.177	2.098	2.233	11.960	9.723	0.347	3.541	2.190	2.033	13.600	33.058	0.637	0.764	2.358	2.153	15.240	136.315	0.319	2.705	2.445	1.972
8.700	11.260	0.361	3.339	1.920	2.438	10.340	10.066	0.229	2.164	2.094	2.342	11.980	9.393	0.350	3.516	2.198	2.425	13.620	25.764	0.492	0.643	2.352	2.186	15.260	137.289	0.348	2.700	2.448	1.958
8.720	12.195	0.352	3.351	1.928	2.212	10.360	9.686	0.266	2.169	2.086	2.164	12.000	9.115	0.358	3.486	2.199	2.218	13.640	23.422	0.453	0.666	2.355	2.015	15.280	134.796	0.354	2.538	2.460	2.072
8.740	12.042	0.366	3.311	1.931	2.284	10.380	9.813	0.283	2.181	2.082	2.257	12.020	8.761	0.371	3.441	2.205	2.161	13.660	23.915	0.475	0.886	2.344	2.216	15.300	129.039	0.344	2.333	2.472	2.035
8.760	11.638	0.404	3.258	1.938	2.184	10.400	9.863	0.303	2.176	2.080	2.221	12.040	8.609	0.375	3.418	2.207	2.270	13.680	30.270	0.495	1.294	2.349	2.108	15.320	120.947	0.334	2.057	2.481	2.024
8.780	10.931	0.414	3.138	1.942	2.371	10.420	9.813	0.322	2.183	2.071	2.170	12.060	8.278	0.369	3.386	2.216	2.201	13.700	44.206	0.535	2.557	2.358	1.966	15.340	114.234	0.309	1.846	2.482	2.081
8.800	9.971	0.432	3.076	1.946	2.218	10.440	9.990	0.349	2.195	2.070	2.339	12.080	8.150	0.366	3.382	2.219	2.093	13.720	59.959	0.513	2.495	2.366	2.184	15.360	111.363	0.316	1.857	2.494	1.941
8.820	9.822	0.428	3.031	1.944	2.198	10.460	10.141	0.359	2.212	2.069	2.184	12.100	8.047	0.352	3.396	2.227	2.291	13.740	77.202	0.534	2.321	2.360	1.889	15.380	110.351	0.352	1.906	2.508	2.087
8.840	9.750	0.425	3.038	1.948	2.313	10.480	10.467	0.361	2.221	2.056	2.186	12.120	7.995	0.328	3.402	2.221	2.253	13.760	90.421	0.594	2.608	2.353	2.105	15.400	108.812	0.434	1.786	2.515	1.886
8.860	10.005	0.406	3.087	1.950	2.221	10.500	10.540	0.376	2.221	2.048	2.352	12.140	7.690	0.309	3.389	2.222	2.074	13.780	96.387	0.624	2.628	2.356	1.946	15.420	113.620	0.310	2.111	2.513	1.944
8.880	10.160	0.383	3.113	1.953	2.214	10.520	10.462	0.406	2.216	2.047	2.172	12.160	7.460	0.307	3.370	2.222	2.351	13.800	96.906	0.584	2.610	2.359	2.117	15.440	116.648	0.292	2.307	2.514	2.186
8.900	10.971	0.394	3.168	1.966	2.382	10.540	10.586	0.436	2.220	2.045	2.111	12.180	7.129	0.292	3.340	2.237	2.075	13.820	93.005	0.514	2.519	2.367	2.014	15.460	122.836	0.284	2.702	2.519	1.889
8.920	17.630	0.448	3.489	1.963	2.000	10.560	10.710	0.469	2.225	2.042	2.257	12.200	7.001	0.282	3.322	2.238	2.122	13.840	89.810	0.413	2.471	2.368	2.005	15.480	129.679	0.300	3.066	2.520	1.879
8.940	22.131	0.474	3.434	1.961	2.251	10.580	10.302	0.521	2.211	2.031	2.226	12.220	6.874	0.275	3.322	2.234	2.388	13.860	88.446	0.336	2.509	2.364	2.133	15.500	134.743	0.300	3.230	2.525	2.267
8.960	25.796	0.504	3.129	1.973	2.169	10.600	10.122	0.543	2.201	2.039	2.254	12.240	7.075	0.252	3.393	2.229	2.126	13.880	90.849	0.340	2.795	2.356	1.864	15.520	142.844	0.309	3.401	2.530	1.824
8.980	24.555	0.565	2.635	1.984	2.209	10.620	10.118	0.536	2.198	2.035	2.266	12.260	7.479	0.235	3.484	2.232	2.143	13.900	98.376	0.359	3.359	2.354	2.168	15.540	151.446	0.341	3.577	2.528	1.998
9.000	21.595	0.516	2.389	1.984	2.394	10.640	10.164	0.531	2.195	2.040	2.103	12.280	8.186	0.224	3.615	2.236	2.334	13.920	104.410	0.394	3.593	2.340	2.000	15.560	159.241	0.359	3.628	2.530	1.939
9.020	17.068	0.481	2.066	1.990	2.221	10.660	10.362	0.535	2.203	2.037	2.362	12.300	8.642	0.229	3.672	2.230	2.054	13.940	119.478	0.382	3.619	2.332	1.876	15.580	168.315	0.381	3.665	2.535	1.835
9.040	13.019	0.459	1.806	1.990	1.996	10.680	10.509	0.562	2.213	2.039	2.155	12.320	8.869	0.243	3.694	2.239	2.400	13.960	128.770	0.356	3.350	2.334	1.961	15.600	174.981	0.399	3.592	2.544	2.029
9.060	11.853	0.456	1.797	1.985	2.595	10.700	10.101	0.582	2.192	2.037	2.279	12.340	8.643	0.264	3.639	2.245	2.247	13.980	131.858	0.343	2.879	2.335	1.995	15.620	176.623	0.415	3.461	2.540	1.893
9.080	10.685	0.432	1.815	1.992	2.147	10.720	9.818	0.590	2.149	2.035	2.129	12.360	8.112	0.275	3.574	2.244	1.951	14.000	131.104	0.354	2.685	2.340	2.017	15.640	173.546	0.426	3.184	2.547	1.957
9.100	9.670	0.404	1.808	1.990	2.092	10.740	9.636	0.592	2.084	2.032	2.140	12.380	7.633	0.297	3.511	2.244	2.407	14.020	125.604	0.371	2.433	2.337	2.053	15.660	168.105	0.423	2.951	2.550	1.921
9.120	8.983	0.384	1.896	1.990	2.542	10.760	9.303	0.610	2.057	2.035	2.356	12.400	7.508	0.305	3.489	2.251	2.094	14.040	121.407	0.337	2.298	2.341	2.030	15.680	162.038	0.403	2.791	2.537	1.847
9.140	9.635	0.363	2.069	2.001	2.144	10.780	9.247	0.652	2.050	2.040	2.139	12.420	7.383	0.309	3.497	2.255	2.111	14.060	115.576	0.367	2.125	2.342	1.873	15.700	153.584	0.395	2.517	2.528	2.046
9.160	12.207	0.312	2.393	1.996	2.415	10.800	9.065	0.674	2.040	2.044	2.500	12.440	7.535	0.303	3.518	2.258	2.316	14.080	115.068	0.346	2.203	2.337	2.208	15.720	133.796	0.330	1.875	2.521	1.885
9.180	13.769	0.281	2.579	1.996	2.101	10.820	8.629	0.672	1.998	2.050	2.023	12.460	8.117	0.297	3.636	2.267	2.189	14.100	118.423	0.331	2.597	2.321	1.993	15.740	117.031	0.442	1.401	2.519	2.053
9.200	15.206	0.238	2.662	1.994	2.142	10.840	8.041	0.647	1.983	2.056	2.113	12.480	8.876	0.291	3.790	2.263	2.232	14.120	122.054	0.383	2.691	2.325	2.046	15.760	108.648	0.356	1.297	2.531	1.992
9.220	14.925	0.287	2.541	1.990	2.355	10.860	7.985	0.613	1.988	2.056	2.352	12.500	9.357	0.287	3.875	2.272	2.155	14.140	124.579	0.449	2.652	2.332	1.960	15.780	97.030	0.429	1.033	2.534	2.046
9.240	16.336	0.354	2.614	1.997	1.856	10.880	7.802	0.586	1.993	2.071	2.138	12.520	9.863	0.294	3.938	2.273	2.072	14.160	126.722	0.524	2.790	2.337	2.000	15.800	89.703	0.392	1.020	2.549	1.945
9.260	16.083	0.411	2.526	1.994	2.375	10.900	7.823	0.556	2.006	2.068	2.320	12.540	9.914	0.300	3.950	2.273	2.339	14.180	124.775	0.498	2.622	2.338	2.057	15.820	83.693	0.391	0.887	2.551	2.085
9.280	15.072	0.467	2.447	1.989	2.128	10.920	8.073	0.449	2.203	2.080	2.000	12.560	9.864	0.299	3.925	2.279	2.111	14.200	123.902	0.437	2.612	2.355	2.111	15.840	80.888	0.429	0.878	2.558	1.939
9.300	14.060	0.491	2.357	1.989	2.267	10.940	8.098	0.439	2.248	2.082	2.224	12.580	9.612	0.303	3.885	2.274	2.144	14.220	124.738	0.384	2.762	2.367	1.854	15.860	83.270	0.382	1.022	2.569	1.939
9.320	12.795	0.518	2.229	2.000	2.279	10.960	8.048	0.433	2.239	2.089	1.998	12.600	9.765	0.314	3.878	2.273	2.346	14.240	127.059	0.338	3.089	2.382	2.097	15.880	88.024	0.357	1.238	2.573	2.085
9.340	10.393	0.507	2.065	2.012	2.143	10.980	8.326	0.446	2.264	2.098	2.467	12.620	9.766	0.331	3.883	2.281	2.117	14.260	129.128	0.331	3.389	2.392	1.966	15.900	98.234	0.348	1.615	2.568	1.908
9.360	11.680	0.465	2.231	2.013	2.329	11.000	8.652	0.466	2.318	2.098	2.203	12.640	9.717	0.350	3.920	2.283	2.286	14.280	131.622	0.352	3.539	2.387	1.979	15.920	106.060	0.368	1.828	2.575	2.012
9.380	14.358	0.479	2.534	2.016	2.218	11.020	8.978	0.452	2.335	2.097	2.211	12.660	9.995	0.345	4.010	2.291	2.169	14.300	134.423	0.360	3.543	2.387	2.066	15.940	109.730	0.367	1.050	2.548	2.000
9.400	15.872	0.439	2.643	2.016	2.033	11.040	8.671	0.433	2.328	2.100	2.425	12.680	11.159	0.344	4.132	2.288	2.059	14.320	136.318	0.361	3.434	2.397	2.085	15.960	116.593	0.342	1.171	2.551	1.951
9.420	15.742	0.439	2.028	2.014	2.455	11.060	8.440	0.410	2.302	2.106	2.074	12.700	11.665	0.348	4.240	2.284	2.320	14.340	135.819	0.342	3.219	2.403	1.968	15.980	120.364	0.307	1.252	2.558	2.121
9.440	14.676	0.432	1.931	2.016	2.226	11.080	8.639	0.405	2.303	2.106	2.310	12.720	12.019	0.344	4.293	2.291	2.010	14.360	133.994	0.353	3.152	2.404	2.136	16.000	123.483	0.313	1.304	2.578	2.103
9.460	12.800	0.436	1.851	2.018	2.077	11.100	8.663	0.389	2.314	2.100	2.218	12.740	12.651	0.339	4.395	2.285	2.274	14.380	133.321	0.349	3.186	2.408	1.875	16.020	123.485	0.280	1.279	2.576	1.814
9.480	11.989	0.413	1.806	2.011	2.499	11.120	8.383	0.391	2.300	2.099	2.080	12.760	12.726	0.347	4.411	2.292	2.143	14.400	136.495	0.349	3.327	2.407	1.979	16.040	121.100	0.257	1.176	2.589	2.168
9.500	13.857	0.435	1.977	2.013	2.109	11.140	8.029	0.412	2.281	2.095	2.385	12.780	12.499	0.349	4.316	2.289	2.210	14.420	144.133	0.351	3.541	2.415	2.027	16.060	118.133	0.250	1.084	2.588	1.976
9.520	16.484	0.444	2.236	2.010	2.043	11.160	8.231	0.414	2.312	2.091	2.306	12.800	12.093	0.340	4.211	2.293	2.195	14.440	153.152	0.367	3.525	2.418	1.835	16.080	117.728	0.261	1.089	2.598	2.191
9.540	18.579	0.475	2.202	2.011	1.982	11.180	8.331	0.419	2.355	2.090	1.974	12.820	11.435	0.328	4.129	2.292	2.080	14.460	154.040	0.364	2.948	2.427	2.105	16.100	118.802	0.269	1.160	2.602	1.859
9.560	15.999	0.562	1.601	2.002	2.336	11.200	8.610	0.408	2.378	2.105	2.397	12.840	11.661	0.326	4.149	2.284	2.339	14.480	148.297	0.339	2.533	2.421	1.854	16.120	122.589	0.289	1.320	2.606	1.911
9.580	13.318	0.619	1.516	2.007	2.172	11.220	8.635	0.415	2.391	2.102	2.121	12.860	11.483	0.332	4.178	2.279	2.023	14.500	138.111	0.320	2.223	2.419	2.015	16.140	128.612	0.316	1.583	2.612	2.032
9.600	10.992	0.626	1.427	2.008	2.000	11.240	8.913	0.414	2.412	2.108	2.374	12.880	11.885	0.334	4.261	2.275	2.366	14.520	132.295	0.354	2.119	2.420	1.992	16.160	139.553	0.329	2.051	2.617	1.984
9.620	9.298	0.580	1.385	2.022	1.917	11.260	9.038	0.416	2.471	2.104	2.186	12.900	12.490	0.339	4.364	2.278	2.119	14.540	123.840	0.365	1.943	2.431	1.856	16.180	147.935	0.359	2.354	2.625	1.812
9.640	9.574	0.516	1.464	2.027	2.170	11.280	9.494	0.408	2.522	2.109	2.122	12.920	10.816	0.315	4.284	2.284	2.000	14.560	112.724	0.334	1.637	2.427	2.065	16.200	152.198	0.387	2.407	2.632	1.949
9.660	13.921	0.426	1.838	2.027	2.339	11.300	9.647	0.403	2.537	2.107	2.407	12.940	13.673	0.362	4.643	2.274	1.991	14.580	99.701	0.303	1.305	2.432	2.009	16.220	155.306	0.386	1.646	2.645	2.000
9.680	19.631	0.365	2.237	2.031	2.213	11.320	9.621	0.397	2.540	2.106	2.113	12.960	13.850	0.400	4.686	2.283	2.243	14.600	82.670	0.313	0.955	2.443	1.999	16.240	156.656	0.381	1.138	2.652	1.910
9.700	20.337	0.350	1.926	2.031	2.043	11.340	9.471	0.407	2.521	2.110	2.131	12.980	13.976	0.425	4.641	2.286	2.178	14.620	68.740	0.320	0.698	2.440	2.220	16.260	156.952	0.389	1.237	2.657	1.966
9.720	15.861	0.375	1.648	2.027	2.294	11.360	9.243	0.412	2.520	2.111	2.397	13.000	14.153	0.454	4.630	2.290	2.114	14.640	49.742	0.282	0.412	2.436	1.998	16.280	155.940	0.381	1.292	2.664	1.953
9.740	12.269	0.356	1.454	2.028	2.131	11.380	9.244	0.403	2.527	2.114	2.226	13.020	13.748	0.480	4.556	2.293	2.279	14.660	40.144	0.372	0.340	2.436	1.935	16.300	150.359	0.385	1.182	2.669	2.101
9.760	10.574	0.377	1.376	2.037	2.456	11.400	9.295	0.396	2.540	2.115	2.064	13.040	13.190	0.502	4.461	2.296	2.136	14.680	36.187	0.511	0.346	2.436	2.322	16.320	139.701	0.382	1.004	2.677	1.958
9.780	10.169	0.418	1.427	2.037	2.216	11.420	9.245	0.401	2.558	2.120	2.408	13.060	12.604	0.535	4.291	2.296	2.024	14.700	33.588	0.688	0.409	2.448	1.892	16.340	131.803	0.361	0.898	2.687	1.784
9.800	10.827	0.430	1.586	2.040	2.254	11.440	9.549	0.419	2.580	2.126	2.152	13.080	12.071	0.543	4.197	2.304	2.372	14.720	39.160	0.600	0.643	2.440	2.180	16.360	125.414	0.354	0.823	2.692	2.210
9.820	11.178	0.388	1.615	2.042	2.271	11.460	9.726	0.429	2.593	2.123	2.106	13.100	11.637	0.528	4.099	2.311	2.113	14.740	42.604	0.504	0.809	2.438	1.986	16.380	119.677	0.371	0.768	2.699	1.875
9.840	10.595	0.365	1.577	2.042	2.070	11.480	9.321	0.421	2.567	2.136	2.277	13.120	11.026	0.514	4.009	2.314	2.151	14.760	47.091	0.485	0.910	2.436	2.114	16.400	113.085	0.375	0.682	2.695	2.059

Geo.Fe.
INDAGINI GEOLOGICHE

Committente: Gruppo Eurovo
Cantiere: Bagnara di R. (RA)
Data: 02/07/2021

ID Prova: CPTU 1
Profondita falda: a mt 2.50 da p.c.
Preforo: -

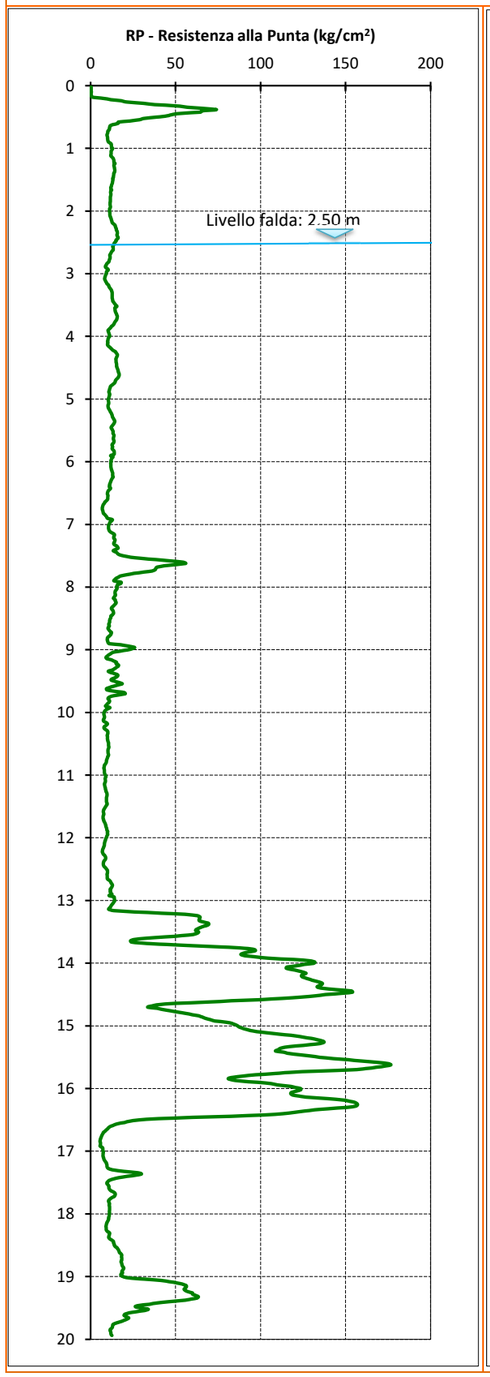
Profondità massima raggiunta: 20.00 mt
Punta sismica: Tecnopenta G1-CPL2IN - SISMI
RIF. 39/21GF

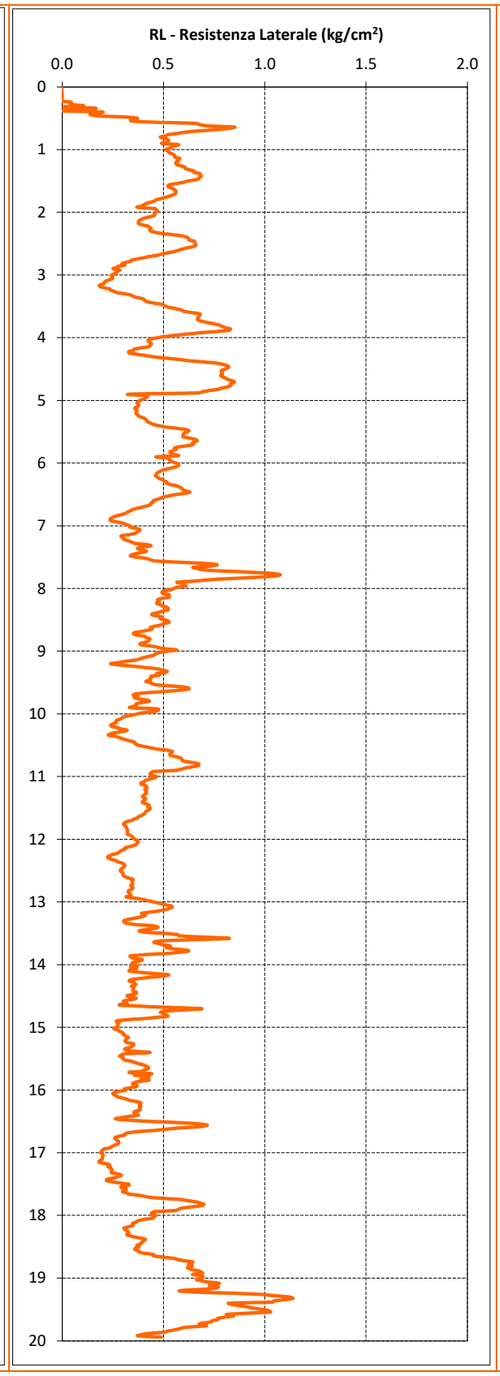
Prova eseguita da:
GEO.FE. S.n.c.
via dell'Artigianato ,3 44030 - Ro Ferrarese (FE)
tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it
Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio
Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

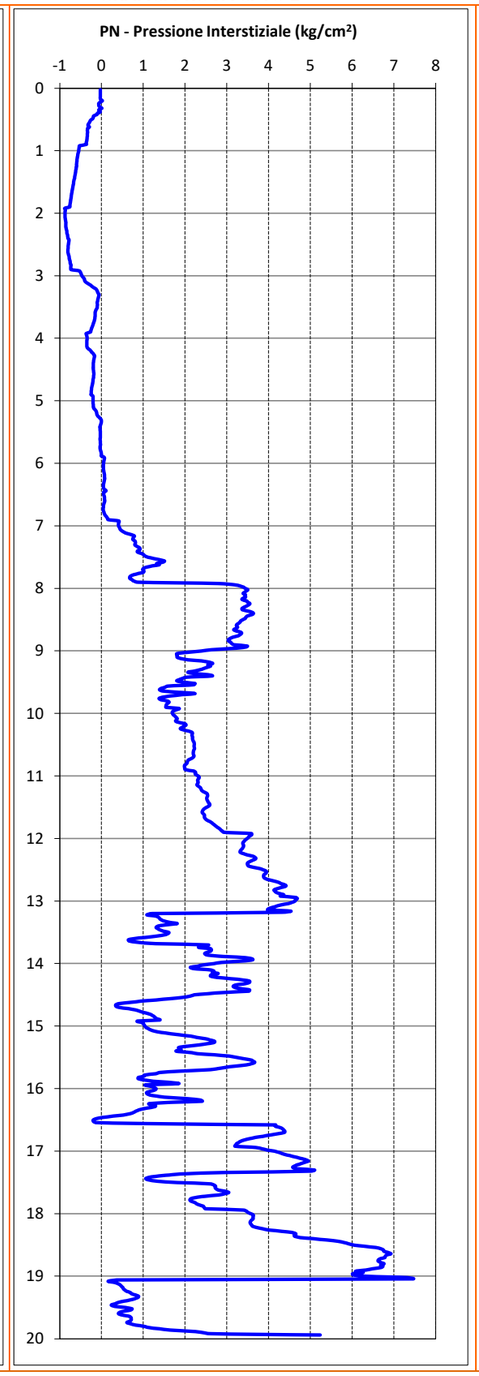
Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec
16.420	101.695	0.331	0.523	2.711	2.134	18.060	10.562	0.411	3.623	2.758	2.131	19.700	19.482	0.735	0.712	2.951	2.027												
16.440	82.681	0.291	0.275	2.712	2.059	18.080	10.611	0.378	3.629	2.767	2.081	19.720	17.454	0.684	0.670	2.950	2.072												
16.460	59.997	0.264	0.034	2.711	1.993	18.100	10.279	0.368	3.594	2.769	2.041	19.740	15.099	0.676	0.604	2.951	2.097												
16.480	39.773	0.336	-0.126	2.716	2.259	18.120	9.948	0.351	3.568	2.764	2.299	19.760	13.223	0.711	0.698	2.955	1.865												
16.500	28.284	0.444	-0.195	2.724	2.131	18.140	9.492	0.346	3.553	2.759	2.128	19.780	12.892	0.616	0.814	2.960	2.262												
16.520	22.837	0.593	-0.195	2.732	2.171	18.160	9.313	0.348	3.567	2.764	2.125	19.800	12.815	0.584	1.023	2.969	1.886												
16.540	19.892	0.676	-0.142	2.736	2.030	18.180	9.110	0.328	3.594	2.764	2.166	19.820	12.462	0.563	1.121	2.971	2.268												
16.560	15.653	0.717	1.109	2.748	1.980	18.200	8.907	0.306	3.614	2.757	2.072	19.840	11.578	0.526	1.384	2.969	1.968												
16.580	13.897	0.687	4.167	2.755	2.230	18.220	9.134	0.310	3.712	2.754	2.220	19.860	11.427	0.505	1.639	2.980	2.281												
16.600	11.913	0.597	4.160	2.766	2.056	18.240	9.110	0.319	3.858	2.757	2.054	19.880	11.732	0.431	2.159	2.985	2.067												
16.620	10.687	0.523	4.269	2.768	1.996	18.260	9.237	0.325	4.010	2.759	2.307	19.900	11.862	0.390	2.432	2.979	2.019												
16.640	9.997	0.462	4.331	2.762	2.251	18.280	9.947	0.328	4.318	2.751	2.130	19.920	11.969	0.373	2.609	2.988	1.933												
16.660	9.156	0.384	4.360	2.760	1.960	18.300	11.061	0.319	4.555	2.756	2.222	19.940	12.506	0.488	5.235	2.980	2.000												
16.680	8.319	0.328	4.387	2.756	2.194	18.320	11.037	0.329	4.651	2.746	2.086	19.960	12.637	0.461	5.162	2.980	1.952												
16.700	7.511	0.309	4.377	2.766	2.009	18.340	10.914	0.355	4.611	2.739	2.043	19.980	12.236	0.462	5.171	2.983	2.070												
16.720	7.086	0.307	4.217	2.777	2.130	18.360	10.639	0.386	4.624	2.753	2.198	20.000	12.213	0.456	5.198	2.983	2.186												
16.740	6.738	0.275	4.037	2.770	2.082	18.380	10.692	0.410	4.757	2.757	2.152																		
16.760	6.292	0.259	3.865	2.768	2.010	18.400	11.428	0.407	5.066	2.758	2.231																		
16.780	6.077	0.263	3.684	2.777	2.119	18.420	12.545	0.393	5.387	2.763	2.103																		
16.800	5.812	0.271	3.544	2.769	1.972	18.440	13.406	0.391	5.654	2.774	1.955																		
16.820	5.626	0.278	3.417	2.773	2.234	18.460	13.382	0.380	5.802	2.771	2.270																		
16.840	5.490	0.279	3.330	2.772	1.978	18.480	13.814	0.368	5.913	2.773	2.152																		
16.860	5.683	0.274	3.284	2.771	2.211	18.500	13.893	0.379	6.040	2.780	2.121																		
16.880	5.703	0.258	3.232	2.762	1.957	18.520	14.501	0.364	6.277	2.776	2.110																		
16.900	5.693	0.246	3.211	2.761	2.289	18.540	15.464	0.358	6.562	2.770	2.120																		
16.920	5.563	0.234	3.196	2.754	1.970	18.560	15.922	0.374	6.685	2.781	2.114																		
16.940	6.823	0.207	3.693	2.745	2.000	18.580	16.456	0.379	6.745	2.784	2.093																		
16.960	7.106	0.198	3.840	2.742	1.860	18.600	16.711	0.401	6.760	2.789	2.189																		
16.980	7.109	0.192	3.964	2.744	2.382	18.620	17.119	0.450	6.853	2.796	2.065																		
17.000	7.367	0.191	4.141	2.747	2.088	18.640	17.956	0.448	6.927	2.783	2.059																		
17.020	7.371	0.199	4.252	2.744	2.212	18.660	18.261	0.485	6.825	2.784	2.220																		
17.040	7.273	0.202	4.332	2.747	2.139	18.680	18.137	0.541	6.791	2.778	1.962																		
17.060	7.250	0.200	4.440	2.743	2.056	18.700	18.213	0.571	6.781	2.787	2.236																		
17.080	7.253	0.198	4.568	2.730	2.352	18.720	18.315	0.600	6.674	2.788	1.990																		
17.100	7.584	0.197	4.678	2.718	2.158	18.740	18.264	0.644	6.625	2.787	2.223																		
17.120	7.739	0.189	4.800	2.706	2.207	18.760	17.831	0.634	6.624	2.794	2.030																		
17.140	8.047	0.181	4.904	2.709	2.221	18.780	18.132	0.625	6.688	2.796	2.176																		
17.160	8.481	0.192	4.947	2.698	2.127	18.800	18.355	0.642	6.763	2.800	2.043																		
17.180	9.069	0.223	4.846	2.701	2.087	18.820	18.452	0.620	6.678	2.799	2.093																		
17.200	9.276	0.236	4.775	2.698	2.244	18.840	18.901	0.622	6.735	2.789	2.086																		
17.220	9.561	0.226	4.676	2.690	2.127	18.860	19.427	0.639	6.695	2.788	1.982																		
17.240	9.592	0.239	4.611	2.684	2.201	18.880	19.194	0.668	6.485	2.793	2.202																		
17.260	9.852	0.243	4.578	2.696	2.147	18.900	18.683	0.685	6.327	2.800	2.009																		
17.280	10.770	0.248	4.692	2.691	2.136	18.920	18.274	0.692	6.075	2.796	2.217																		
17.300	13.759	0.242	5.101	2.681	2.260	18.940	18.773	0.643	6.262	2.809	2.000																		
17.320	19.277	0.244	5.004	2.684	2.135	18.960	17.889	0.689	6.007	2.821	1.999																		
17.340	27.070	0.280	3.017	2.679	2.006	18.980	17.813	0.695	6.026	2.823	2.241																		
17.360	29.932	0.292	2.033	2.689	2.276	19.000	18.999	0.687	6.377	2.835	2.007																		
17.380	27.135	0.273	1.624	2.691	2.157	19.020	22.231	0.661	7.304	2.835	2.271																		
17.400	21.429	0.257	1.305	2.672	1.938	19.040	31.578	0.689	7.454	2.836	2.076																		
17.420	16.708	0.225	1.130	2.667	2.398	19.060	41.331	0.715	0.364	2.842	1.943																		
17.440	13.504	0.218	1.055	2.660	2.111	19.080	46.257	0.776	0.155	2.853	2.162																		
17.460	11.184	0.243	1.136	2.658	2.152	19.100	50.774	0.742	0.320	2.867	2.005																		
17.480	10.253	0.279	1.341	2.658	2.183	19.120	53.825	0.726	0.400	2.867	2.235																		
17.500	9.626	0.328	1.811	2.665	2.152	19.140	55.992	0.770	0.452	2.882	2.076																		
17.520	9.607	0.329	2.587	2.669	2.068	19.160	56.359	0.757	0.475	2.883	1.801																		
17.540	10.320	0.291	2.689	2.681	2.309	19.180	55.727	0.675	0.509	2.887	2.324																		
17.560	10.754	0.295	2.730	2.682	2.078	19.200	54.971	0.577	0.522	2.872	2.051																		
17.580	10.683	0.315	2.720	2.687	2.111	19.220	55.764	0.641	0.559	2.887	2.142																		
17.600	10.914	0.308	2.742	2.682	2.326	19.240	57.108	0.846	0.605	2.899	2.032																		
17.620	11.472	0.297	2.797	2.677	2.158	19.260	59.772	0.991	0.693	2.916	1.942																		
17.640	12.639	0.320	2.946	2.678	2.002	19.280	59.965	1.051	0.718	2.907	2.214																		
17.660	14.032	0.330	3.044	2.670	2.287	19.300	61.876	1.124	0.815	2.917	2.015																		
17.680	14.414	0.386	2.948	2.660	2.007	19.320	63.390	1.139	0.887	2.917	2.090																		
17.700	14.313	0.413	2.798	2.659	2.237	19.340	62.507	1.109	0.865	2.914	2.096																		
17.720	13.783	0.464	2.475	2.657	2.076	19.360	59.054	1.047	0.786	2.925	1.970																		
17.740	12.467	0.569	2.245	2.667	2.242	19.380	54.105	1.040	0.687	2.924	2.180																		
17.760	11.481	0.614	2.140	2.659	2.125	19.400	45.924	0.821	0.523	2.929	2.046																		
17.780	10.719	0.656	2.114	2.646	2.002	19.420	38.884	0.841	0.394	2.937	2.027																		
17.800	10.463	0.680	2.148	2.648	2.300	19.440	34.545	0.880	0.325	2.936	2.151																		
17.820	10.860	0.699	2.232	2.643	2.035	19.460	27.951	0.917	0.233	2.936	1.985																		
17.840	11.056	0.695	2.274	2.648	2.192	19.480	26.217	0.944	0.320	2.935	2.205																		
17.860	10.846	0.647	2.339	2.663	2.078	19.500	29.712	0.993	0.569	2.940	2.030																		
17.880	11.115	0.595	2.436	2.672	2.113	19.520	33.841	1.021	0.729	2.941	2.134																		
17.900	11.133	0.574	2.457	2.676	2.175	19.540	31.677	1.028	0.691	2.943	2.041																		
17.920	11.078	0.557	2.496	2.689	1.924	19.560	26.528	0.896	0.526	2.944	1.966																		
17.940	11.046	0.457	3.396	2.730	2.000	19.580	22.573	0.812	0.423	2.941	2.207																		
17.960	10.998	0.441	3.467	2.742	2.090	19.600	20.183	0.848	0.406	2.930	1.991																		
17.980	11.100	0.443	3.504	2.749	2.184	19.620	19.662	0.807	0.495	2.940	1.996																		
18.000	10.923	0.462	3.577	2.751	2.015	19.640	20.969	0.768	0.660	2.939	2.241																		
18.020	10.998	0.449	3.632	2.762	2.300	19.660	22.352	0.767	0.707	2.936	1.973																		
18.040	10.768	0.447	3.633	2.766	2.133	19.680	21.057	0.738	0.708	2.944	2.120																		

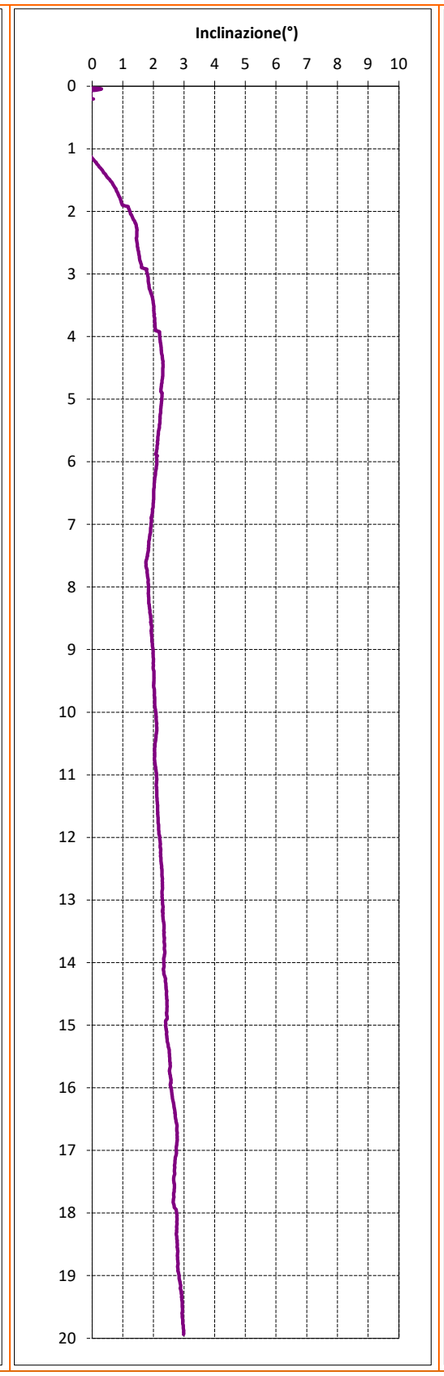
Geo.Fe. INDAGINI GEOLOGICHE	Committente: Gruppo Eurovo Cantiere: Bagnara di R. (RA) Data: 02/07/2021	ID Prova: CPTU 1 Profondita falda: a mt 2.50 da p.c. Preforo: -	Profondità massima raggiunta: 20.00 mt Punta sismica: Tecnopenta G1-CPL2IN - SISMI RIF. 39/21GF	Prova eseguita da: **GEO.FE. S.n.c.** via dell'Artigianato ,3 44030 - Ro Ferrarese (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

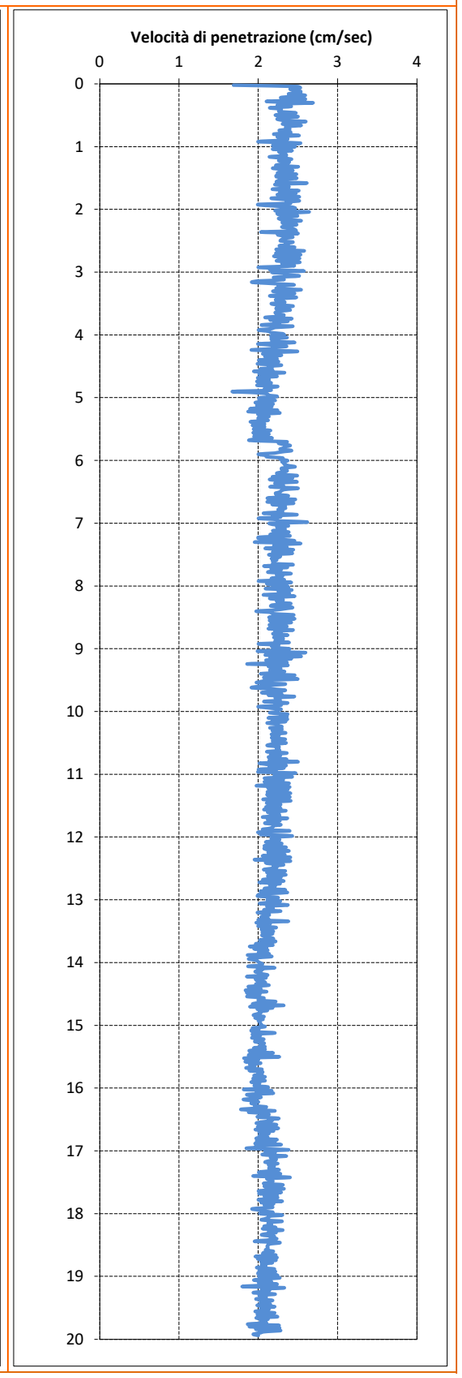
GRAFICI PROVA CPTU 1











Geo.Fe.
INDAGINI GEOLOGICHE

Committente: Gruppo Eurovo
Cantiere: Bagnara di R. (RA)
Data: 02/07/2021

ID Prova: CPTU 2
Profondita falda: a mt 2.90 da p.c.
Preforo: -

Profondità massima raggiunta: 20.00 mt
Punta sismica: Tecnopenta G1-CPL2IN - SISMI
RIF. 39/21GF

Prova eseguita da:
GEO.FE. S.n.c.
via dell'Artigianato ,3 44030 - Ro Ferrarese (FE)
tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it
Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio
Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

Prof.	RP	RL	PN	Incl.	V.avanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec
0.020	5.440	-0.006	0.566	-0.655	1.061	1.660	18.523	0.550	0.196	-0.856	2.453	3.300	9.760	0.339	0.623	-0.092	2.519	4.940	12.397	0.802	0.911	0.581	2.334	6.580	36.267	0.529	2.429	0.841	2.151
0.040	22.277	-0.022	0.959	-0.832	1.022	1.680	19.079	0.525	0.166	-0.859	2.165	3.320	10.077	0.323	0.620	-0.075	2.388	4.960	12.063	0.799	0.881	0.571	2.346	6.600	30.824	0.491	2.060	0.837	2.368
0.060	36.940	0.012	0.861	-0.631	2.252	1.700	20.186	0.507	0.163	-0.848	2.574	3.340	11.809	0.316	0.751	-0.063	2.272	4.980	11.350	0.823	0.846	0.585	2.178	6.620	26.014	0.553	1.780	0.845	2.410
0.080	38.481	0.043	0.721	-0.830	2.507	1.720	22.404	0.471	0.178	-0.841	2.317	3.360	13.491	0.326	0.811	-0.055	2.576	5.000	10.942	0.839	0.826	0.585	2.755	6.640	20.928	0.620	1.571	0.877	2.355
0.100	35.651	0.042	0.575	-0.782	2.226	1.740	23.419	0.432	0.144	-0.843	2.226	3.380	14.641	0.310	0.816	-0.046	2.374	5.020	10.432	0.863	0.792	0.579	2.290	6.660	19.405	0.606	1.518	0.886	2.367
0.120	32.693	0.115	0.462	-0.958	2.228	1.760	22.453	0.408	0.107	-0.837	2.647	3.400	14.731	0.337	0.740	-0.041	2.327	5.040	9.642	0.882	0.758	0.586	2.250	6.680	21.525	0.618	1.740	0.886	2.153
0.140	28.675	0.186	0.356	-0.976	2.383	1.780	20.248	0.411	0.053	-0.845	2.388	3.420	15.070	0.373	0.729	-0.046	2.628	5.060	9.485	0.881	0.746	0.591	2.253	6.700	23.291	0.654	1.908	0.886	2.506
0.160	27.436	0.204	0.326	-1.033	2.410	1.800	17.840	0.437	0.014	-0.832	2.548	3.440	15.943	0.413	0.750	-0.031	2.429	5.080	9.180	0.879	0.735	0.597	2.000	6.720	24.247	0.813	1.993	0.894	2.218
0.180	26.046	0.192	0.296	-0.953	2.181	1.820	16.268	0.447	-0.009	-0.821	2.320	3.460	16.485	0.435	0.718	-0.015	2.199	5.100	8.866	0.855	0.716	0.595	1.937	6.740	24.597	0.895	1.966	0.892	2.121
0.200	27.988	0.180	0.378	-0.934	2.184	1.840	14.148	0.455	-0.010	-0.822	2.337	3.480	14.881	0.506	0.636	-0.011	2.343	5.120	8.431	0.825	0.697	0.599	2.441	6.760	24.669	0.983	1.991	0.892	2.488
0.220	29.581	0.175	0.406	-1.005	2.534	1.860	14.294	0.445	0.096	-0.812	2.559	3.500	13.072	0.546	0.573	0.000	2.619	5.140	8.349	0.760	0.698	0.610	2.263	6.780	20.645	1.022	1.745	0.911	2.278
0.240	31.858	0.156	0.444	-0.971	2.306	1.880	20.451	0.387	0.870	-0.808	2.000	3.520	11.211	0.583	0.526	0.004	2.306	5.160	8.420	0.705	0.701	0.602	2.482	6.800	16.267	1.031	1.476	0.912	2.105
0.260	33.686	0.136	0.482	-0.892	2.349	1.900	21.296	0.383	0.708	-0.798	2.374	3.540	10.237	0.537	0.538	0.003	2.357	5.180	8.341	0.673	0.691	0.604	2.403	6.820	15.479	0.977	1.491	0.920	2.531
0.280	34.987	0.133	0.504	-0.952	2.281	1.920	20.322	0.368	0.505	-0.794	2.376	3.560	10.498	0.459	0.623	0.023	2.540	5.200	8.261	0.615	0.689	0.614	2.145	6.840	14.187	0.880	1.511	0.921	2.243
0.300	33.307	0.151	0.403	-0.918	2.258	1.940	17.953	0.364	0.434	-0.667	2.573	3.580	12.075	0.366	0.833	0.026	2.361	5.220	8.461	0.580	0.695	0.622	2.558	6.860	12.011	0.741	1.416	0.925	2.102
0.320	33.015	0.172	0.390	-0.914	2.390	1.960	15.766	0.385	0.630	-0.670	2.336	3.600	14.460	0.346	1.017	0.028	2.331	5.240	8.839	0.558	0.713	0.623	2.360	6.880	16.145	0.654	1.968	0.924	2.000
0.340	32.445	0.191	0.346	-0.932	2.424	1.980	14.185	0.429	0.817	-0.653	2.497	3.620	15.150	0.338	0.968	0.040	2.541	5.260	9.724	0.507	0.787	0.628	2.242	6.900	13.947	0.661	1.976	0.931	2.269
0.360	32.915	0.202	0.364	-0.928	2.175	2.000	13.716	0.452	0.953	-0.660	2.580	3.640	16.222	0.340	0.958	0.046	2.291	5.280	10.661	0.476	0.839	0.630	2.271	6.920	12.833	0.611	1.987	0.937	2.407
0.380	32.194	0.218	0.318	-0.916	2.324	2.020	13.931	0.427	0.979	-0.647	2.418	3.660	14.108	0.374	0.850	0.061	2.263	5.300	11.041	0.476	0.859	0.621	2.569	6.940	11.619	0.556	1.870	0.940	2.190
0.400	31.931	0.234	0.346	-0.940	2.305	2.040	13.514	0.405	0.986	-0.645	2.294	3.680	11.387	0.432	0.747	0.059	2.566	5.320	12.182	0.460	0.925	0.626	2.269	6.960	11.213	0.548	1.881	0.934	2.364
0.420	30.022	0.278	0.204	-0.901	2.262	2.060	12.743	0.389	1.033	-0.635	2.605	3.700	10.006	0.452	0.735	0.063	2.248	5.340	12.541	0.468	0.950	0.625	2.195	6.980	12.249	0.532	1.991	0.930	2.346
0.440	30.719	0.297	0.231	-0.935	2.330	2.080	12.679	0.342	1.084	-0.625	2.000	3.720	10.745	0.466	0.832	0.068	2.600	5.360	12.218	0.514	0.958	0.625	2.385	7.000	16.270	0.565	2.296	0.948	2.324
0.460	32.939	0.318	0.292	-0.897	2.324	2.100	12.195	0.322	1.060	-0.618	1.804	3.740	13.333	0.466	0.977	0.072	2.339	5.380	11.289	0.577	0.953	0.629	2.446	7.020	19.885	0.579	2.500	0.957	2.150
0.480	33.617	0.338	0.272	-0.920	2.192	2.120	12.436	0.303	1.181	-0.610	2.850	3.760	15.058	0.415	1.026	0.073	2.265	5.400	11.093	0.585	0.930	0.634	2.160	7.040	17.257	0.601	2.157	0.974	2.304
0.500	35.231	0.347	0.310	-0.937	2.355	2.140	13.034	0.266	1.238	-0.602	2.492	3.780	15.593	0.375	0.980	0.069	2.559	5.420	10.366	0.614	0.897	0.630	2.430	7.060	13.619	0.652	1.824	0.978	2.388
0.520	38.065	0.424	0.358	-0.951	2.290	2.160	14.243	0.250	1.354	-0.595	2.317	3.800	13.602	0.427	0.863	0.072	2.358	5.440	9.462	0.630	0.868	0.628	2.426	7.080	11.900	0.666	1.748	0.985	2.291
0.540	40.241	0.541	0.345	-0.950	2.117	2.180	14.562	0.245	1.328	-0.590	2.650	3.820	11.585	0.448	0.756	0.086	2.495	5.460	9.116	0.624	0.852	0.638	2.137	7.100	12.886	0.655	1.942	0.977	2.127
0.560	40.653	0.774	0.260	-0.959	2.181	2.200	14.458	0.265	1.575	-0.571	2.481	3.840	10.000	0.476	0.687	0.095	2.399	5.480	8.894	0.615	0.841	0.625	2.472	7.120	15.439	0.553	2.199	0.973	2.437
0.580	41.821	0.902	0.269	-0.955	2.352	2.220	14.299	0.263	1.680	-0.569	2.305	3.860	8.894	0.467	0.642	0.096	2.279	5.500	8.469	0.615	0.817	0.630	2.318	7.140	17.309	0.527	2.350	0.976	2.094
0.600	46.361	0.995	0.363	-0.970	2.203	2.240	13.154	0.261	1.523	-0.566	2.659	3.880	11.928	0.516	0.618	0.250	2.000	5.520	8.093	0.615	0.795	0.639	2.223	7.160	14.955	0.596	2.073	0.991	2.375
0.620	47.503	1.076	0.372	-0.981	2.230	2.260	13.025	0.271	1.535	-0.564	2.415	3.900	11.070	0.512	0.600	0.252	2.316	5.540	7.565	0.596	0.772	0.631	2.469	7.180	13.715	0.646	1.970	0.984	2.407
0.640	47.504	1.208	0.295	-0.987	2.300	2.280	14.639	0.300	1.833	-0.555	2.248	3.920	10.185	0.456	0.683	0.250	2.508	5.560	6.809	0.589	0.733	0.628	2.352	7.200	17.632	0.655	2.380	0.981	2.192
0.660	47.202	1.338	0.218	-1.004	2.065	2.300	20.346	0.335	2.107	-0.558	2.639	3.940	10.236	0.430	0.806	0.270	2.360	5.580	6.332	0.565	0.716	0.643	2.214	7.220	19.805	0.650	2.479	0.980	2.118
0.680	46.541	1.503	0.149	-1.022	2.266	2.320	24.916	0.370	1.757	-0.555	2.367	3.960	11.044	0.411	0.943	0.269	2.626	5.600	5.954	0.563	0.693	0.643	2.510	7.240	21.878	0.679	2.527	0.988	2.492
0.700	48.883	1.540	0.142	-1.030	2.129	2.340	23.401	0.406	1.369	-0.557	2.357	3.980	11.752	0.371	1.103	0.286	2.443	5.620	5.554	0.550	0.676	0.642	2.293	7.260	20.561	0.731	2.329	0.982	2.244
0.720	48.485	1.692	0.091	-1.037	2.033	2.360	20.942	0.386	1.229	-0.550	2.668	4.000	13.041	0.327	1.189	0.284	2.282	5.640	5.126	0.534	0.659	0.645	2.311	7.280	15.049	0.664	1.958	0.981	2.236
0.740	48.507	1.809	0.067	-1.029	2.281	2.380	18.489	0.394	1.108	-0.544	2.421	4.020	14.432	0.318	1.322	0.283	2.580	5.660	4.802	0.516	0.650	0.653	2.311	7.300	13.301	0.652	1.843	0.975	2.000
0.760	48.960	1.929	0.032	-1.039	2.080	2.400	18.157	0.423	1.180	-0.529	2.384	4.040	15.672	0.339	1.446	0.288	2.403	5.680	4.804	0.499	0.643	0.654	2.312	7.320	12.006	0.661	1.809	0.969	1.836
0.780	48.902	2.017	-0.006	-1.037	2.217	2.420	20.198	0.444	1.380	-0.521	2.541	4.060	13.879	0.409	1.386	0.305	2.331	5.700	4.758	0.470	0.643	0.659	2.186	7.340	10.715	0.726	1.702	0.972	2.163
0.800	48.377	2.041	-0.044	-1.041	2.097	2.440	22.440	0.418	1.211	-0.517	2.484	4.080	13.881	0.444	1.438	0.314	2.540	5.720	5.240	0.434	0.665	0.667	2.464	7.360	9.627	0.690	1.736	0.970	2.452
0.820	49.073	2.030	-0.051	-1.037	1.986	2.460	22.433	0.448	1.115	-0.521	2.280	4.100	13.607	0.478	1.430	0.319	2.425	5.740	5.802	0.382	0.684	0.675	2.081	7.380	9.955	0.626	1.786	0.975	2.235
0.840	49.113	2.031	-0.083	-1.038	2.201	2.480	22.703	0.478	1.073	-0.510	2.616	4.120	13.483	0.493	1.382	0.330	2.360	5.760	6.363	0.345	0.708	0.685	2.615	7.400	12.680	0.533	2.039	0.972	2.000
0.860	47.727	2.053	-0.126	-1.037	1.977	2.500	22.547	0.524	1.008	-0.504	2.195	4.140	12.728	0.564	1.321	0.343	2.363	5.780	7.733	0.305	0.801	0.690	2.255	7.420	17.352	0.515	2.449	0.960	1.427
0.880	48.836	1.913	0.070	-0.983	2.000	2.520	23.220	0.539	0.988	-0.497	2.412	4.160	12.352	0.599	1.276	0.347	2.486	5.800	9.708	0.295	0.891	0.687	2.186	7.440	21.721	0.520	2.687	0.952	2.272
0.900	47.156	1.803	0.020	-0.981	2.222	2.540	24.676	0.541	1.067	-0.488	2.756	4.180	11.696	0.630	1.233	0.346	2.335	5.820	13.280	0.291	1.049	0.697	2.447	7.460	25.233	0.577	2.717	0.946	2.164
0.920	45.140	1.792	-0.033	-0.981	2.612	2.560	26.940	0.547	1.083	-0.469	2.303	4.200	11.242	0.653	1.196	0.363	2.421	5.840	17.963	0.322	1.227	0.707	2.271	7.480	27.583	0.610	2.738	0.952	2.270
0.940	43.045	1.843	-0.095	-0.976	2.426	2.580	23.166	0.605	0.863	-0.464	2.379	4.220	10.712	0.677	1.169	0.373	2.560	5.860	19.712	0.390	1.048	0.760	2.000	7.500	31.325	0.654	2.748	0.963	2.260
0.960	41.654	1.907	-0.140	-0.976	2.167	2.600	19.083	0.703	0.752	-0.450	2.602	4.240	10.306	0.701	1.126	0.393	2.444	5.880	20.295	0.398	1.034	0.770	2.214	7.520	31.758	0.700	2.473	0.975	2.203
0.980	40.590	1.985	-0.163	-0.979	2.540	2.620	17.910	0.773	0.797	-0.452	2.450	4.260	10.430	0.690	1.107	0.403	2.385	5.900	19.840	0.427	1.016	0.768	2.301	7.540	28.144	0.662	2.098	1.002	2.394
1.000	38.532	2.156	-0.156	-0.975	2.243	2.640	19.920	0.781	1.233	-0.437	2.340	4.280	10.932	0.671	1.107	0.407	2.461	5.920	19.637	0.443	1.012	0.773	2.437	7.560	24.783	0.632	1.945	1.014	2.241
1.020	37.285	2.241	-0.102	-0.960	2.190	2.660	19.144	0.667	1.155	-0.430	2.584	4.300	10.879	0.672	1.101	0.415	2.401	5.940	20.925	0.486	1.070	0.766	2.272	7.580	23.773	0.728	1.861	1.006	2.195
1.040	36.261	2.302	0.023	-0.953	2.206	2.680	18.573	0.603	1.089	-0.415	2.391	4.320	10.847	0.668	1.103	0.430	2.379	5.960	22.314	0.522	1.113	0.765	2.486	7.600	25.747	0.813	2.082	1.016	2.381
1.060	35.565	2.338	0.076	-0.958	2.485	2.700	17.143	0.587	1.007	-0.416	2.330	4.340	11.122	0.671	1.096	0.440	2.277	5.980	22.338	0.572	1.109	0.771	2.231	7.620	32.648	0.807	2.574	0.997	2.221
1.080	34.080	2.331	0.019	-0.946	2.306	2.720	16.190	0.590	0.975	-0.410	2.641	4.360	11.041	0.672	1.081	0.448	2.476	6.000	22.161	0.626	1.112	0.778	2.346	7.640	39.978	0.885	2.670	0.988	2.219
1.100	33.000	2.347	0.093	-0.951	2.147	2.740	15.469	0.581	0.922	-0.414	2.373	4.380	11.239	0.669	1.074	0.448	2.448	6.020	22.691	0.691	1.150	0.779	2.384	7.660	44.046	0.884	2.651	0.992	2.235
1.120	32.854	2.298	0.109	-0.944	2.460	2.760	14.796	0.612	0.858	-0.390	2.552	4.400	11.588	0.660	1.072	0.456	2.331	6.040	24.610	0.709	1.217	0.780	2.368	7.680	50.616	0.875	3.079	0.985	2.049
1.140	33.918	2.230	0.141	-0.919	2.349	2.780	14.251	0.633	0.801	-0.394	2.438	4.420	11.836	0.662	1.069	0.463	2.536	6.060	30.268	0.726	1.408	0.781	2.140	7.700	55.395	0.853	3.402	0.984	2.319
1.160	34.147	2.160	0.214	-0.919	2.118	2.800	12.972	0.654	0.723	-0.393	2.318	4.440	12.085	0.662	1.080	0.474	2.340	6.080	34.737	0.732	1.552	0.786	2.496	7.720	61.675	0.699	3.864	0.990	2.122
1.180	34.638	2.062	0.127	-0.915	2.460	2.820	11.539	0.662	0.656	-0.377	2.485	4.460	12.108	0.679	1.055	0.497	2.382	6.100	38.826	0.746	1.696	0.794	2.281	7.740	66.611	0.562	4.134	0.975	2.271
1.200	34.845	1.951	0.040	-0.914	2.224	2.840	10.964	0.685	0.605	-0.384	2.479	4.480	11.879	0.715	1.031	0.495	2.342	6.120	41.348	0.803	1.798	0.805	2.223	7.760	71.772	0.511	4.176	0.970	2.198
1.220	33.815	1.919	-0.048	-0.910	2.231	2.860	10.475	0.741	0.270	-0.379	2.000	4.500	11.422	0.741	1.008	0.498	2.545	6.140	42.909	0.846	1.882	0.810	2.271	7.780	75.287	0.470	3.748	0.970	2.098
1.240	32.613	1.816	-0.076	-0.907	2.352	2.880	10.125	0.730	0.218	-0.376	2.339	4.520	11.421	0.765	0.991	0.517	2.439	6.160	43.708	0.802	1.941	0.818	2.324	7.800	76.159	0.446	3.359	0.966	2.316
1.260	31.338	1.715	-0.043	-0.912	2.303	2.900	9.420	0.745	0.174	-0.369	2.473	4.540	10.761	0.794	0.963	0.520	2.200	6.180	43.190	0.727	1.967	0.817	2.231	7.820	77.082	0.405	3.264	0.966	2.249
1.280	29.662	1.604	-0.047	-0.897	2.407	2.920	8.966	0.676	0.140	-0.175	2.413	4.560	10.733	0.795	0.963	0.523	2.531	6.200	45.077	0.731	2.116	0.802	2.420	7.840	78.055	0.396	3.389	0.950	2.336
1.300	28.317	1.440	-0.068	-0.897	2.098	2.940	8.814	0.622	0.124	-0.189	2.661	4.580	10.628	0.787	0.955	0.532	2.367	6.220	48.051	0.759	2.258	0.805	2.393	7.860	76.133	0.370	3.957	0.974	2.000
1.320	27.836	1.308	-0.075	-0.886	2.513	2.960	8.863	0.589	0.125	-0.174	2.452	4.600	10.953	0.756	0.958	0.541	2.331	6.240	53.836	0.826	2.537	0.808	2.229	7.880	84.752	0.368	4.054	0.990	2.240
1.340	25.944	1.253	0.161	-0.889	2.288	2.980	9.519	0.511	0.140	-0.177	2.394	4.620	10.949	0.728	0.952	0.545	2.569	6.260	57.246	0.903	2.673	0.813	2.295	7.900	90.003	0.362	3.816	0.985	2.312
1.360	24.512	1.216	0.220	-0.879	2.163	3.000	9.770	0.451	0.158	-0.169	2.248	4.640	10.868	0.709	0.945	0.542	2.275	6.280	58.233	0.899	2.741	0.821	2.278	7.920	91.057	0.367	3.248	0.993	2.107
1.380	23.865	1.144	0.274	-0.881	2.532	3.020	10.606	0.388	0.201	-0.161	2.517	4.660	11.014	0.674	0.939	0.543	2.352	6.300	56.698	0.930	2.658	0.818	2.279	7.940	87.591	0.365	2.794	0.992	2.313
1.400	23.076	1.051	0.318	-0.870	2.379	3.040	10.835	0.361	0.216	-0.153	2.504	4.680	10.986	0.662	0.925	0.545	2.392	6.320	51.915	0.859	2.431	0.814	2.148	7.960	80.474	0.367	2.327	0.997	2.153
1.420	22.873	1.021	0.314	-0.866	2.200	3.060	10.385	0.343	0.199	-0.158	2.296	4.700	10.804	0.663	0.921	0.542	2.364	6.340	46.795	0.805	2.176	0.824	2.582	7.980	69.522	0.338	1.870	1.005	2.150
1.440	22.335	1.000	0.275	-0.861	2.477	3.080	10.114	0.356	0.208	-0.148	2.392	4.720	10.926	0.661	0.923	0.539	2.239	6.360	36.159	0.621	1.708	0.820	2.263	8.000	55.902	0.357	1.424	1.002	2.475
1.460	21.580	0.970	0.267	-0.861	2.352	3.100	9.718	0.377	0.198	-0.145	2.486	4.740	11.252	0.657	0.924	0.541	2.443	6.380	29.924	0.490	1.541	0.822	2.203	8.020	40.125	0.367	1.040	1.012	2.411
1.480	20.982	0.919	0.215	-0.861	2.318	3.120	9.653	0.379	0.227	-0.152	2.389	4.760	11.072	0.647	0.919	0.533	2.405	6.400	27.058	0.534	1.458	0.818	2.613	8.040	26.293	0.442	0.763	1.014	2.380
1.500	20.835	0.908	0.200	-0.855	2.141	3.140	9.386	0.406	0.238	-0.139	2.370	4.780	11.070	0.669	0.906	0.538	2.265	6.420	25.301	0.719	1.461	0.823	2.252	8.060	21.130	0.566	0.696	1.020	2.346
1.520	19.931	0.891	0.290	-0.866	2.453	3.160	9.498	0.401	0.256	-0.139	2.541	4.800	11.042	0.675	0.902	0.531	2.475	6.440	29.183	0.806	1.762	0.830	2.184	8.080	20.066	0.609	0.687	1.010	2.000
1.540	19.366	0.863	0.349	-0.866	2.395	3.180	9.788	0.392	0.302	-0.133	2.408	4.820	11.167	0.685	0.900	0.525	2.386	6.460	39.993	0.987	2.622	0.828	2.371	8.100	12.092	0.796	0.588	1.017	1.816
1.560	18.973	0.812	0.334	-0.863	2.375	3.200	9.296	0.397	0.400	-0.130	2.340	4.840	11.601	0.721	0.938	0.591	2.000	6.480	51.206	0.917	3.256	0.831	2.277	8.120	11.222	0.720	0.770	1.006	2.419
1.580	19.112	0.739	0.374	-0.857	2.450	3.220	9.381	0.368	0.420	-0.130	2.423	4.860	11.846	0.736	0.896	0.578	2.287	6.500	50.592	0.902	3.195	0.843	2.237	8.140	10.833	0.650	0.872	0.999	2.386
1.600	19.336	0.685	0.345	-0.856	2.330	3.240	9.116	0.354	0.456	-0.129	2.524	4.880	12.049	0.775	0.908	0.579	2.447	6.520	48.509	0.824	3.049	0.841	2.137	8.160	12.311	0.553	1.031	1.010	2.096
1.620	19.123	0.638	0.302	-0.859	2.306	3.260	9.026	0.362	0.487	-0.130	2.461	4.900	12.175	0.778	0.922	0.579	2.227	6.540	44.278	0.779	2.762	0.833	2.447	8.180	11.414	0.470	1.070	0.999	2.582
1.640	18.784	0.579	0.233	-0.848	2.450	3.280	9.724	0.340	0.576	-0.118	2.351	4.920	12.425	0.789	0.919	0.581	2.593	6.560	39.337	0.671	2.495	0.837	2.303	8.200	10.039	0.413	1.080	0.992	2.213

Prof.: Profondità RL: - RP: Resistenza di punta - Resistenza all'attrito laterale - Incl.:clinazione - Vavanz: velocità di avanzamento della punta

Geo.Fe.
INDAGINI GEOLOGICHE

Committente: Gruppo Eurovo
Cantiere: Bagnara di R. (RA)
Data: 02/07/2021

ID Prova: CPTU 2
Profondita falda: a mt 2.90 da p.c.
Preforo: -

Profondità massima raggiunta: 20.00 mt
Punta sismica: Tecnopenta G1-CPL2IN - SISMI
RIF. 39/21GF

Prova eseguita da:
GEO.FE. S.n.c.
via dell'Artigianato ,3 44030 - Ro Ferrarese (FE)
tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it
Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio
Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec
8.220	9.751	0.388	1.121	0.981	2.321	9.860	17.387	0.633	1.721	1.188	2.000	11.500	6.821	0.381	1.894	1.368	2.284	13.140	8.213	0.420	5.210	1.441	2.594	14.780	85.158	0.399	2.734	1.692	2.322
8.240	9.869	0.396	1.149	0.973	2.467	9.880	19.589	0.666	1.536	1.202	2.378	11.520	6.645	0.359	1.899	1.370	2.342	13.160	7.683	0.420	5.089	1.447	2.082	14.800	85.542	0.404	3.009	1.689	2.004
8.260	12.214	0.440	1.323	0.963	2.167	9.900	17.366	0.653	1.023	1.213	2.312	11.540	6.345	0.367	1.896	1.359	2.306	13.180	7.354	0.421	5.041	1.446	2.465	14.820	87.609	0.399	3.366	1.687	2.258
8.280	16.154	0.462	1.533	0.958	2.519	9.920	13.725	0.578	0.892	1.210	2.223	11.560	6.701	0.368	1.993	1.359	2.260	13.200	7.658	0.422	5.123	1.455	2.297	14.840	89.323	0.425	3.542	1.706	2.033
8.300	22.546	0.451	1.211	0.968	2.358	9.940	10.692	0.494	0.799	1.202	2.411	11.580	7.260	0.365	2.060	1.360	2.219	13.220	8.087	0.424	5.338	1.457	2.106	14.860	85.156	0.418	4.313	1.704	2.000
8.320	26.411	0.536	1.348	0.964	2.080	9.960	8.011	0.451	0.704	1.194	2.423	11.600	7.161	0.351	2.075	1.354	2.467	13.240	8.946	0.415	5.553	1.459	2.448	14.880	86.215	0.372	3.314	1.700	1.969
8.340	23.931	0.581	1.229	0.967	2.378	9.980	6.747	0.451	0.690	1.185	2.163	11.620	7.266	0.325	2.118	1.341	2.137	13.260	9.503	0.415	5.726	1.470	2.164	14.900	81.329	0.352	2.800	1.698	2.010
8.360	18.367	0.517	1.022	0.970	2.321	10.000	6.266	0.420	0.736	1.189	2.472	11.640	7.620	0.337	2.215	1.333	2.408	13.280	9.906	0.419	5.795	1.479	2.324	14.920	76.391	0.329	2.518	1.687	2.277
8.380	14.979	0.515	0.921	0.981	2.150	10.020	6.898	0.414	0.820	1.188	2.253	11.660	8.331	0.361	2.365	1.317	2.269	13.300	10.082	0.411	5.842	1.492	2.415	14.940	70.654	0.316	2.235	1.693	1.992
8.400	12.198	0.568	0.828	0.985	2.464	10.040	7.277	0.409	0.852	1.186	2.476	11.680	8.966	0.378	2.405	1.316	2.320	13.320	10.611	0.416	5.973	1.480	2.178	14.960	65.165	0.315	2.024	1.698	2.054
8.420	9.292	0.598	0.754	0.983	2.192	10.060	7.226	0.430	0.842	1.196	2.197	11.700	9.502	0.417	2.447	1.321	2.229	13.340	11.142	0.414	6.182	1.488	2.339	14.980	61.196	0.323	1.892	1.699	2.232
8.440	8.888	0.536	0.845	0.992	2.206	10.080	6.898	0.458	0.813	1.195	2.316	11.720	9.227	0.468	2.418	1.325	2.203	13.360	11.522	0.421	6.252	1.485	2.159	15.000	57.774	0.346	1.771	1.698	2.164
8.460	8.787	0.499	0.887	0.999	2.464	10.100	7.000	0.483	0.825	1.200	2.381	11.740	9.230	0.506	2.376	1.327	2.440	13.380	12.053	0.433	6.230	1.492	2.212	15.020	56.520	0.351	1.786	1.703	1.942
8.480	8.712	0.482	0.891	0.997	2.262	10.120	8.341	0.477	0.892	1.200	2.304	11.760	9.056	0.566	2.343	1.330	2.176	13.400	12.178	0.445	6.235	1.492	2.398	15.040	59.282	0.354	1.969	1.710	2.359
8.500	9.749	0.472	0.969	1.004	2.283	10.140	10.314	0.470	0.996	1.198	2.229	11.780	9.285	0.584	2.428	1.332	2.311	13.420	12.227	0.471	6.250	1.492	2.137	15.060	69.002	0.350	2.588	1.725	2.105
8.520	13.137	0.431	1.181	1.005	2.312	10.160	12.490	0.461	1.115	1.193	2.349	11.800	8.960	0.553	2.437	1.338	2.301	13.440	12.278	0.491	6.239	1.490	2.320	15.080	77.823	0.335	2.571	1.728	1.983
8.540	16.475	0.402	1.338	1.009	2.140	10.180	15.296	0.435	1.200	1.199	2.364	11.820	8.430	0.529	2.367	1.337	2.228	13.460	12.479	0.510	6.297	1.496	2.287	15.100	100.453	0.334	3.486	1.762	2.000
8.560	20.065	0.358	1.385	1.005	2.333	10.200	15.525	0.463	1.175	1.200	2.190	11.840	8.129	0.541	2.322	1.335	2.381	13.480	13.461	0.561	6.449	1.510	2.099	15.120	108.086	0.315	3.494	1.768	2.103
8.580	19.636	0.417	1.310	1.008	2.305	10.220	14.009	0.507	1.092	1.195	2.423	11.860	8.026	0.411	3.026	1.337	2.000	13.500	14.268	0.591	6.675	1.508	2.549	15.140	106.955	0.282	3.155	1.770	1.906
8.600	20.474	0.515	1.314	1.013	2.089	10.240	11.103	0.549	0.961	1.205	2.297	11.880	8.354	0.442	3.422	1.335	1.978	13.520	14.037	0.610	6.552	1.505	2.090	15.160	101.304	0.272	2.793	1.764	2.000
8.620	22.448	0.560	1.375	1.020	2.514	10.260	8.704	0.560	0.858	1.209	2.377	11.900	10.176	0.446	3.294	1.339	2.645	13.540	13.781	0.593	6.300	1.498	2.352	15.180	94.949	0.275	2.444	1.764	1.953
8.640	24.500	0.583	1.451	1.009	2.198	10.280	7.568	0.497	0.815	1.212	2.393	11.920	8.761	0.461	3.070	1.335	2.354	13.560	14.258	0.607	6.226	1.505	2.280	15.200	90.528	0.268	2.298	1.763	2.036
8.660	24.882	0.617	1.414	1.003	2.403	10.300	7.040	0.450	0.819	1.219	2.324	11.940	7.773	0.487	2.918	1.335	2.349	13.580	13.293	0.644	6.062	1.501	2.066	15.220	89.195	0.260	2.314	1.759	2.262
8.680	24.860	0.656	1.406	0.992	2.330	10.320	7.320	0.402	0.863	1.218	2.342	11.960	7.495	0.513	2.981	1.335	2.376	13.600	12.910	0.654	5.902	1.509	2.421	15.240	89.593	0.251	2.476	1.754	2.073
8.700	26.429	0.617	1.476	0.993	2.137	10.340	7.651	0.406	0.889	1.228	2.382	11.980	7.948	0.476	3.180	1.331	2.071	13.620	12.451	0.658	5.753	1.513	2.203	15.260	90.694	0.269	2.662	1.758	1.978
8.720	28.175	0.678	1.533	0.984	2.467	10.360	7.679	0.436	0.930	1.233	2.103	12.000	8.225	0.456	3.273	1.346	2.548	13.640	11.892	0.650	5.636	1.504	2.297	15.280	92.147	0.302	2.867	1.762	2.290
8.740	29.769	0.744	1.558	0.986	2.119	10.380	7.629	0.435	0.984	1.240	2.363	12.020	8.425	0.446	3.303	1.346	2.268	13.660	11.762	0.667	5.665	1.519	2.140	15.300	96.158	0.297	3.219	1.759	1.995
8.760	30.729	0.743	1.567	0.990	2.427	10.400	7.352	0.409	0.981	1.241	2.430	12.040	7.665	0.467	3.225	1.350	2.055	13.680	11.960	0.658	5.684	1.529	2.398	15.320	101.876	0.299	3.591	1.763	2.086
8.780	30.932	0.709	1.581	0.997	2.238	10.420	7.252	0.409	0.975	1.235	2.190	12.060	6.778	0.446	3.099	1.347	2.493	13.700	10.690	0.636	5.517	1.532	2.152	15.340	105.158	0.299	3.713	1.760	2.027
8.800	31.489	0.658	1.608	0.996	2.115	10.440	7.026	0.457	0.986	1.243	2.469	12.080	6.524	0.410	3.179	1.359	2.141	13.720	10.911	0.603	5.499	1.533	2.098	15.360	107.761	0.289	3.609	1.767	1.983
8.820	31.110	0.627	1.558	1.001	2.545	10.460	7.736	0.443	1.058	1.244	2.364	12.100	6.802	0.393	3.344	1.357	2.446	13.740	11.083	0.607	5.545	1.531	2.391	15.380	109.286	0.291	3.550	1.777	1.993
8.840	28.681	0.642	1.453	1.024	2.167	10.480	8.218	0.412	1.109	1.246	2.186	12.120	6.876	0.382	3.431	1.363	2.331	13.760	10.902	0.614	5.569	1.532	2.134	15.400	110.710	0.290	3.493	1.777	2.212
8.860	30.164	0.534	1.282	1.046	2.000	10.500	8.294	0.403	1.139	1.257	2.499	12.140	7.104	0.375	3.536	1.359	2.253	13.780	10.518	0.630	5.614	1.522	2.326	15.420	113.163	0.308	3.455	1.780	1.960
8.880	30.521	0.586	1.233	1.036	2.091	10.520	8.953	0.384	1.206	1.255	2.239	12.160	8.772	0.379	3.852	1.355	2.364	13.800	11.423	0.591	5.851	1.537	2.078	15.440	115.568	0.293	3.627	1.779	2.168
8.900	29.560	0.746	1.200	1.027	2.353	10.540	10.852	0.412	1.303	1.255	2.172	12.180	9.632	0.374	4.031	1.352	2.414	13.820	12.354	0.551	6.247	1.541	2.488	15.460	118.371	0.308	3.638	1.778	2.051
8.920	29.788	0.746	1.199	1.028	2.400	10.560	13.659	0.431	1.438	1.267	2.433	12.200	9.405	0.379	3.944	1.362	2.093	13.840	12.854	0.512	6.309	1.531	2.119	15.480	119.844	0.331	3.618	1.773	1.974
8.940	22.205	0.781	0.944	1.026	2.256	10.580	17.706	0.439	1.636	1.275	2.312	12.220	8.949	0.401	3.843	1.361	2.486	13.860	11.510	0.506	6.623	1.548	2.000	15.500	121.368	0.357	3.626	1.782	2.039
8.960	13.988	0.754	0.697	1.037	2.218	10.600	20.795	0.487	1.779	1.266	2.190	12.240	8.925	0.439	3.749	1.354	2.274	13.880	12.169	0.513	6.719	1.545	2.060	15.520	124.574	0.365	3.673	1.787	2.084
8.980	10.776	0.713	0.604	1.041	2.540	10.620	21.632	0.479	1.710	1.272	2.427	12.260	8.369	0.482	3.687	1.353	2.355	13.900	12.195	0.514	6.656	1.556	2.195	15.540	129.734	0.370	3.832	1.785	1.913
9.000	11.883	0.707	0.664	1.044	2.324	10.640	16.807	0.545	1.402	1.269	2.223	12.280	7.990	0.518	3.646	1.354	2.290	13.920	12.323	0.540	6.626	1.570	2.235	15.560	133.944	0.369	3.871	1.792	2.102
9.020	13.114	0.661	0.733	1.061	2.129	10.660	13.069	0.548	1.201	1.279	2.437	12.300	7.739	0.558	3.639	1.356	2.159	13.940	12.500	0.565	6.603	1.576	2.126	15.580	139.355	0.373	3.827	1.793	1.987
9.040	18.013	0.727	0.941	1.052	2.465	10.680	10.417	0.586	1.089	1.275	2.269	12.320	8.169	0.557	3.689	1.358	2.468	13.960	12.676	0.597	6.575	1.570	2.410	15.600	141.556	0.375	3.787	1.783	2.118
9.060	27.690	0.685	1.287	1.072	2.336	10.700	8.650	0.680	1.052	1.275	2.134	12.340	8.346	0.560	3.725	1.353	2.181	13.980	12.978	0.627	6.615	1.581	2.138	15.620	141.165	0.388	3.620	1.785	2.020
9.080	35.394	0.639	1.517	1.081	2.089	10.720	8.829	0.609	1.099	1.284	2.538	12.360	8.117	0.550	3.676	1.359	2.437	14.000	13.102	0.616	6.644	1.587	2.621	15.640	137.888	0.399	3.406	1.789	1.880
9.100	38.168	0.643	1.583	1.088	2.400	10.740	9.766	0.547	1.220	1.296	2.198	12.380	7.709	0.535	3.605	1.348	2.184	14.020	12.569	0.620	6.449	1.589	2.012	15.660	132.126	0.409	3.138	1.787	2.157
9.120	37.202	0.549	1.517	1.088	2.290	10.760	9.539	0.471	1.297	1.299	2.454	12.400	7.580	0.525	3.563	1.347	2.263	14.040	11.732	0.599	6.185	1.595	2.056	15.680	124.429	0.421	2.802	1.794	1.951
9.140	36.109	0.487	1.487	1.088	2.102	10.780	10.147	0.400	1.457	1.305	2.175	12.420	7.325	0.522	3.515	1.358	2.407	14.060	11.275	0.590	6.019	1.598	2.346	15.700	116.833	0.400	2.511	1.788	2.134
9.160	37.040	0.409	1.573	1.090	2.313	10.800	16.998	0.421	2.261	1.301	2.374	12.440	7.069	0.533	3.476	1.365	2.303	14.080	10.741	0.586	5.747	1.600	2.250	15.720	110.615	0.397	2.374	1.787	1.960
9.180	41.078	0.437	1.785	1.091	2.355	10.820	24.910	0.392	2.878	1.305	2.253	12.460	7.243	0.520	3.503	1.361	2.122	14.100	10.182	0.603	5.746	1.610	2.080	15.740	108.645	0.388	2.435	1.789	2.040
9.200	48.052	0.505	2.075	1.092	2.105	10.840	33.026	0.372	2.346	1.306	2.147	12.480	7.088	0.515	3.510	1.364	2.479	14.120	11.089	0.571	5.957	1.614	2.330	15.760	107.147	0.376	2.528	1.788	2.063
9.220	53.516	0.586	2.291	1.094	2.452	10.860	31.816	0.548	1.848	1.303	2.000	12.500	7.236	0.501	3.553	1.360	2.239	14.140	11.692	0.580	6.108	1.629	2.192	15.780	108.163	0.355	2.783	1.784	1.814
9.240	59.301	0.724	2.568	1.105	2.196	10.880	27.167	0.504	1.613	1.300	2.388	12.520	7.410	0.488	3.578	1.366	2.403	14.160	12.019	0.562	6.098	1.627	2.326	15.800	111.361	0.339	3.187	1.787	2.197
9.260	68.179	0.785	3.159	1.127	2.109	10.900	23.526	0.546	1.456	1.307	2.151	12.540	7.431	0.479	3.604	1.366	2.206	14.180	12.294	0.528	6.277	1.629	2.135	15.820	115.264	0.310	3.604	1.770	1.979
9.280	74.835	0.736	3.677	1.117	2.385	10.920	20.569	0.625	1.378	1.318	2.545	12.560	7.352	0.475	3.601	1.368	2.127	14.200	12.720	0.482	5.810	1.619	2.101	15.840	115.652	0.300	3.520	1.768	2.058
9.300	77.975	0.684	4.009	1.105	2.209	10.940	23.245	0.668	1.758	1.306	2.103	12.580	7.224	0.478	3.590	1.355	2.513	14.220	18.204	0.477	7.804	1.614	2.489	15.860	105.465	0.308	2.681	1.759	1.956
9.320	75.903	0.688	3.856	1.104	2.192	10.960	32.320	0.710	2.457	1.314	2.432	12.600	7.247	0.483	3.585	1.364	2.173	14.240	32.812	0.522	3.709	1.621	2.360	15.880	111.940	0.339	2.549	1.725	2.000
9.340	73.233	0.711	3.651	1.095	2.296	10.980	36.641	0.690	2.584	1.329	2.218	12.620	7.270	0.483	3.619	1.367	2.309	14.260	45.107	0.474	1.111	1.650	2.000	15.900	109.006	0.304	2.353	1.725	2.056
9.360	68.892	0.726	3.384	1.102	2.237	11.000	36.562	0.707	2.534	1.328	2.181	12.640	7.244	0.481	3.613	1.368	2.178	14.280	53.211	0.527	1.399	1.659	2.077	15.920	103.361	0.376	2.064	1.734	2.075
9.380	62.878	0.725	2.994	1.110	2.236	11.020	34.158	0.621	2.366	1.337	2.519	12.660	6.788	0.468	3.601	1.359	2.419	14.300	61.316	0.503	1.834	1.670	2.233	15.940	97.941	0.413	1.848	1.739	2.015
9.400	57.313	0.695	2.684	1.133	2.315	11.040	28.440	0.542	2.016	1.335	2.246	12.680	6.736	0.476	3.598	1.363	2.286	14.320	68.499	0.405	2.288	1.673	2.172	15.960	94.651	0.387	1.758	1.747	2.138
9.420	49.747	0.633	2.323	1.137	2.077	11.060	22.870	0.549	1.742	1.337	2.246	12.700	6.788	0.476	3.622	1.366	2.077	14.340	75.081	0.333	2.793	1.671	2.067	15.980	93.117	0.390	1.740	1.740	1.995
9.440	42.035	0.499	1.985	1.143	2.468	11.080	19.802	0.569	1.587	1.348	2.418	12.720	6.762	0.463	3.673	1.366	2.391	14.360	79.716	0.289	3.050	1.669	2.297	16.000	90.049	0.399	1.657	1.746	2.054
9.460	37.279	0.416	1.792	1.145	2.287	11.100	15.878	0.597	1.422	1.352	2.263	12.740	6.965	0.431	3.791	1.369	2.170	14.380	85.491	0.252	3.410	1.665	2.074	16.020	88.008	0.381	1.617	1.744	2.365
9.480	30.476	0.355	1.554	1.145	2.198	11.120	12.965	0.663	1.293	1.353	2.209	12.760	7.345	0.420	3.856	1.366	2.391	14.400	89.731	0.254	3.640	1.666	2.333	16.040	84.934	0.362	1.542	1.740	2.012
9.500	27.212	0.352	1.459	1.141	2.463	11.140	10.813	0.687	1.217	1.361	2.442	12.780	7.447	0.416	3.927	1.366	2.175	14.420	95.126	0.284	3.774	1.668	1.955	16.060	82.117	0.357	1.474	1.749	2.198
9.520	25.410	0.380	1.438	1.147	2.281	11.160	9.191	0.609	1.184	1.365	2.269	12.800	7.725	0.418	3.996	1.366	2.420	14.440	98.312	0.322	3.755	1.667	2.371	16.080	79.565	0.318	1.409	1.757	2.054
9.540	24.190	0.409	1.412	1.148	2.203	11.180	8.554	0.582	1.201	1.372	2.213	12.820	7.575	0.418	3.965	1.366	2.156	14.460	99.966	0.334	3.667	1.666	2.107	16.100	75.641	0.302	1.313	1.763	2.006
9.560	23.145	0.442	1.391	1.155	2.455	11.200	8.018	0.515	1.219	1.376	2.420	12.840	7.400	0.431	3.908	1.372	2.333	14.480	100.714	0.339	3.349	1.665	2.035	16.120	73.266	0.285	1.297	1.770	2.195
9.580	22.251	0.510	1.378	1.146	2.203	11.220	7.632	0.489	1.279	1.392	2.355	12.860	6.509	0.364	4.873	1.393	2.000	14.500	99.403	0.342	3.318	1.666	2.346	16.140	72.536	0.300	1.308	1.768	2.127
9.600	22.723	0.548	1.457	1.152	2.253	11.240	7.701	0.430	1.384	1.390	2.114	12.880	7.548	0.379	5.111	1.383	2.215	14.520	96.383	0.369	3.241	1.663	2.070	16.160	74.151	0.275	1.417	1.769	1.970
9.620	24.664	0.580	1.543	1.152	2.415	11.260	8.127	0.400	1.471	1.382	2.704	12.900	7.550	0.396	5.097	1.385	2.268	14.540	92.711	0.379	3.154	1.669	2.730	16.180	83.458	0.342	1.911	1.771	1.877
9.640	28.702	0.646	1.701	1.160	2.140	11.280	8.224	0.372	1.529	1.380	2.265	12.920	7.499	0.398	5.082	1.392	2.352	14.560	90.893	0.378	3.203	1.671	1.901	16.200	85.306	0.454	1.919	1.771	2.000
9.660	30.897	0.663	1.785	1.177	2.385	11.300	8.018	0.366	1.525	1.384	2.173	12.940	7.323	0.401	5.046	1.388	2.223	14.580	93.167	0.358	3.534	1.663	2.082	16.220	90.728	0.356	2.168	1.765	2.051
9.680	26.721	0.658	1.583	1.177	2.235	11.320	7.206	0.398	1.491	1.379	2.485	12.960	7.097	0.399	5.027	1.395	2.249	14.600	100.813	0.367	3.979	1.664	2.253	16.240	94.269	0.410	2.200	1.773	2.032
9.700	20.119	0.649	1.316	1.177	2.143	11.340	7.152	0.400	1.524	1.386	2.309	12.980	7.224	0.392	5.008	1.397	2.493	14.620	107.278	0.388	3.929	1.671	2.028	16.260	100.019	0.388	2.436	1.788	1.860
9.720	16.121	0.600	1.162	1.173	2.553	11.360	7.176	0.392	1.646	1.375	2.289	13.000	7.048	0.387	4.974	1.402	2.248	14.640	109.953	0.410	3.561	1.673	2.196	16.280	109.886	0.303	2.922	1.784	2.000
9.740	13.817	0.529	1.100	1.177	2.142	11.380	7.351	0.390	1.683	1.370	2.321	13.020	7.301	0.393	5.045	1.404	2.317	14.660	109.110	0.410	3.302	1.674	2.051	16.300	117.842	0.268	2.889	1.763	2.123
9.760	13.256	0.574	1.075	1.183	2.437	11.400	7.072	0.424	1.706	1.369	2.203	13.040	7.630	0.413	5.156	1.408	2.389	14.680	106.558	0.403	3.118	1.674	2.179	16.320	123.565	0.277	3.056	1.755	2.089
9.780	12.949	0.663	1.085	1.182	2.218	11.420	6.819	0.429	1.741	1.374	2.506	13.060	8.516	0.403	5.392	1.416	2.056	14.700	103.503	0.411	3.078	1.670	2.078	16.340	128.362	0.289	3.308	1.747	1.870
9.800	10.900	0.680	1.007	1.179	2.386	11.440	6.692	0.423	1.773	1.371	2.336	13.080	8.920	0.390	5.482	1.431	2.502	14.720	98.066	0.414	2.927	1.679	2.166	16.360	133.836	0.324	3.576	1.749	2.165
9.820	8.825	0.635	0.934	1.174	2.283	11.460	7.046	0.412	1.822	1.374	2.115	13.100	8.820	0.414	5.428	1.427	2.342	14.740	90.890	0.413	2.624	1.690	2.152	16.380	140.212	0.275	3.615	1.739	1.945
9.840	7.434	0.607	0.892	1.190	2.203	11.480	7.098	0.398	1.881	1.380	2.447	13.120	8.567	0.423	5.327	1.437	2.059	14.760	86.102	0.413	2.593	1.695	2.012	16.400	145.083	0.311	3.322	1.736	1.909

Geo.Fe.
INDAGINI GEOLOGICHE

Committente: Gruppo Eurovo
Cantiere: Bagnara di R. (RA)
Data: 02/07/2021

ID Prova: CPTU 2
Profondita falda: a mt 2.90 da p.c.
Preforo: -

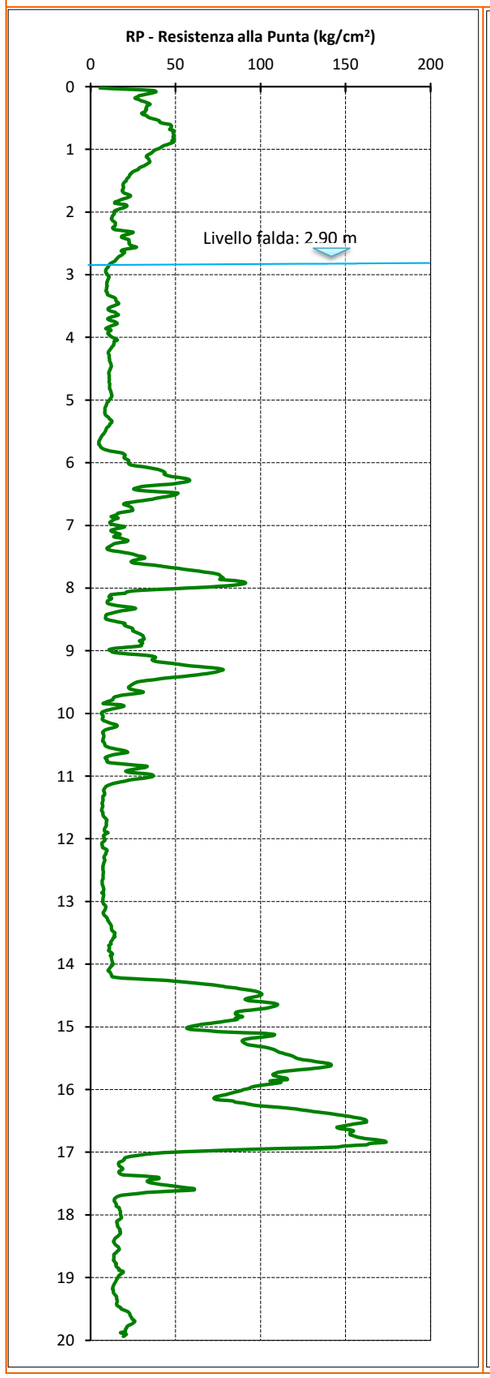
Profondità massima raggiunta: 20.00 mt
Punta sismica: Tecnopenta G1-CPL2IN - SISMI
RIF. 39/21GF

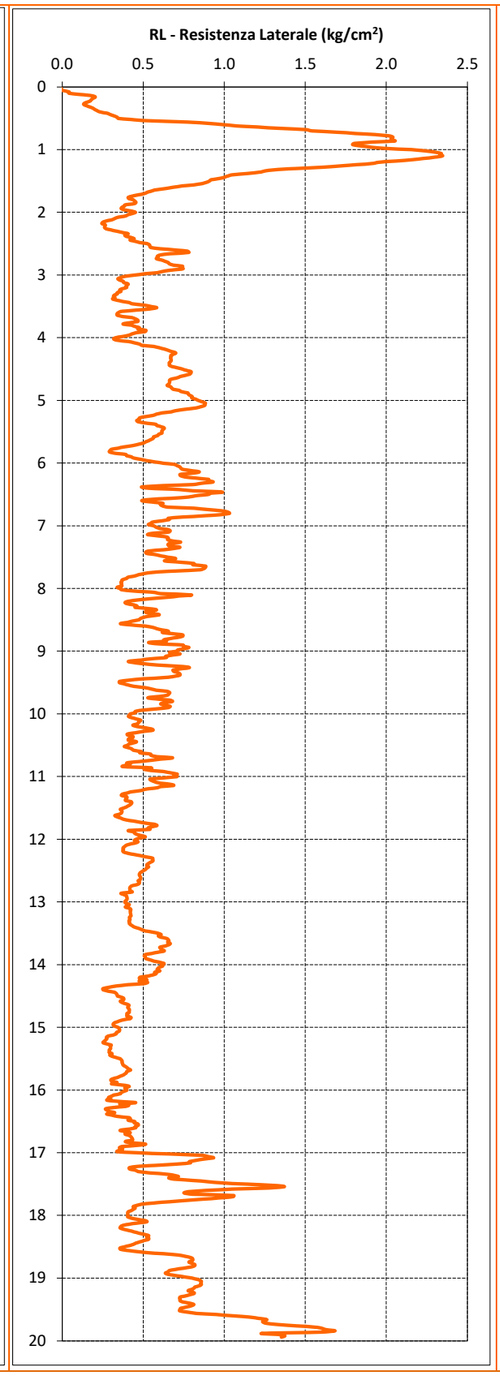
Prova eseguita da:
GEO.FE. S.n.c.
via dell'Artigianato ,3 44030 - Ro Ferrarese (FE)
tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it
Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio
Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

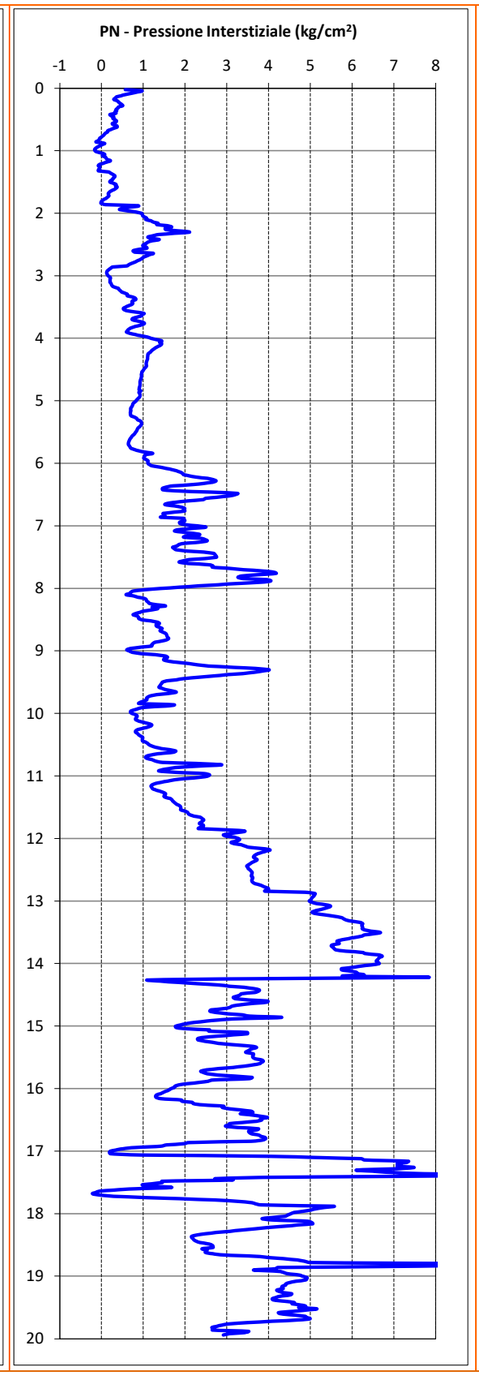
Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz	Prof.	RP	RL	PN	Incl.	Vavanz
metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec	metri	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	Gradi °	cm/sec
16.420	150.582	0.339	3.604	1.728	2.196	18.060	17.550	0.458	4.074	1.748	2.195	19.700	25.951	1.238	4.714	1.270	2.014												
16.440	154.774	0.413	3.788	1.735	1.940	18.080	16.571	0.509	3.841	1.739	2.450	19.720	25.109	1.260	4.081	1.275	2.143												
16.460	158.840	0.421	3.973	1.729	2.012	18.100	15.390	0.522	4.085	1.733	2.025	19.740	24.165	1.335	3.527	1.285	1.978												
16.480	161.598	0.407	3.810	1.726	1.963	18.120	15.371	0.464	4.935	1.730	2.469	19.760	22.387	1.446	3.080	1.288	2.155												
16.500	162.296	0.447	3.833	1.730	1.886	18.140	15.605	0.409	5.029	1.726	2.155	19.780	21.368	1.560	2.883	1.303	1.974												
16.520	162.065	0.443	3.713	1.725	2.089	18.160	15.811	0.370	5.052	1.716	2.250	19.800	21.129	1.606	2.755	1.305	2.125												
16.540	157.013	0.466	3.359	1.724	1.984	18.180	15.839	0.360	4.705	1.711	2.166	19.820	20.540	1.625	2.640	1.310	2.000												
16.560	152.362	0.469	3.063	1.725	1.974	18.200	16.319	0.358	4.385	1.709	2.138	19.840	20.429	1.684	2.698	1.309	2.190												
16.580	148.838	0.450	3.047	1.719	2.098	18.220	16.876	0.381	3.989	1.700	2.217	19.860	20.237	1.595	2.655	1.312	1.888												
16.600	144.885	0.453	2.972	1.710	1.977	18.240	17.331	0.414	3.684	1.695	1.968	19.880	17.523	1.234	3.512	1.316	2.000												
16.620	146.306	0.415	3.256	1.720	2.121	18.260	17.028	0.442	3.348	1.693	2.492	19.900	20.940	1.354	3.417	1.312	1.789												
16.640	152.115	0.357	3.756	1.709	1.969	18.280	17.560	0.473	3.072	1.688	2.140	19.920	20.180	1.375	3.061	1.303	1.976												
16.660	154.713	0.388	3.717	1.716	1.904	18.300	17.308	0.503	2.750	1.686	2.297	19.940	19.265	1.353	2.914	1.303	2.104												
16.680	152.867	0.419	3.525	1.714	2.119	18.320	16.675	0.534	2.493	1.683	2.232	19.960	18.726	1.302	2.804	1.293	1.875												
16.700	152.626	0.387	3.539	1.719	1.939	18.340	15.916	0.521	2.282	1.680	2.134	19.980	12.236	0.462	5.171	1.283	1.870												
16.720	152.612	0.410	3.589	1.721	2.122	18.360	14.902	0.534	2.160	1.678	2.165	20.000	12.213	0.456	5.198	1.283	1.986												
16.740	154.983	0.423	3.758	1.718	1.990	18.380	14.217	0.532	2.159	1.669	2.238																		
16.760	157.406	0.429	3.808	1.727	2.039	18.400	13.858	0.505	2.191	1.665	2.056																		
16.780	161.532	0.433	3.912	1.729	2.013	18.420	13.448	0.480	2.216	1.660	2.349																		
16.800	167.768	0.433	3.930	1.745	1.835	18.440	13.670	0.455	2.268	1.649	2.175																		
16.820	172.773	0.389	3.860	1.749	2.058	18.460	14.119	0.439	2.356	1.640	2.094																		
16.840	173.683	0.428	3.582	1.743	1.907	18.480	14.796	0.413	2.542	1.629	2.230																		
16.860	164.316	0.514	2.087	1.731	2.000	18.500	15.801	0.381	2.642	1.615	2.204																		
16.880	162.113	0.474	1.989	1.742	1.727	18.520	16.480	0.356	2.665	1.604	2.186																		
16.900	148.934	0.370	1.553	1.756	2.015	18.540	16.803	0.360	2.668	1.577	2.201																		
16.920	143.912	0.353	1.420	1.754	1.738	18.560	16.648	0.412	2.404	1.563	2.064																		
16.940	112.024	0.373	0.821	1.768	1.942	18.580	15.584	0.479	2.522	1.541	2.287																		
16.960	86.987	0.351	0.512	1.767	2.110	18.600	15.001	0.563	2.495	1.525	2.181																		
16.980	65.702	0.337	0.335	1.757	2.276	18.620	13.940	0.682	2.485	1.506	2.115																		
17.000	46.569	0.457	0.212	1.762	2.129	18.640	13.585	0.736	2.662	1.488	2.211																		
17.020	36.017	0.671	0.190	1.785	1.990	18.660	13.662	0.776	2.940	1.478	2.046																		
17.040	30.393	0.862	0.213	1.786	2.290	18.680	13.586	0.800	3.681	1.448	2.304																		
17.060	25.020	0.901	0.968	1.792	2.218	18.700	13.738	0.806	4.006	1.441	2.085																		
17.080	21.011	0.934	4.060	1.800	2.054	18.720	13.409	0.802	4.355	1.432	2.117																		
17.100	19.809	0.868	5.021	1.801	2.207	18.740	14.018	0.782	4.684	1.419	2.239																		
17.120	19.590	0.829	6.215	1.799	2.175	18.760	14.525	0.796	4.862	1.402	1.994																		
17.140	18.461	0.785	6.299	1.808	2.102	18.780	15.135	0.817	5.008	1.384	2.319																		
17.160	16.772	0.792	7.343	1.813	2.089	18.800	14.809	0.818	9.154	1.381	2.051																		
17.180	16.353	0.704	7.304	1.811	2.257	18.820	15.139	0.797	8.815	1.370	2.306																		
17.200	16.542	0.572	7.080	1.804	2.150	18.840	15.696	0.748	7.573	1.361	2.135																		
17.220	16.913	0.447	7.172	1.803	2.240	18.860	16.708	0.695	4.224	1.348	2.059																		
17.240	18.067	0.414	7.086	1.795	2.100	18.880	16.596	0.661	4.173	1.364	2.000																		
17.260	18.849	0.417	7.483	1.788	2.017	18.900	19.025	0.653	3.636	1.346	2.075																		
17.280	18.369	0.453	7.074	1.782	2.232	18.920	18.975	0.636	4.243	1.335	2.169																		
17.300	16.905	0.472	6.109	1.792	2.149	18.940	17.909	0.656	4.357	1.325	2.218																		
17.320	16.582	0.542	6.481	1.780	2.105	18.960	16.842	0.706	4.457	1.306	2.096																		
17.340	17.169	0.646	6.945	1.780	2.192	18.980	16.336	0.760	4.721	1.290	2.317																		
17.360	19.300	0.688	7.713	1.784	2.100	19.000	16.029	0.802	4.822	1.290	2.095																		
17.380	30.967	0.716	10.119	1.795	1.968	19.020	15.494	0.835	4.915	1.270	2.137																		
17.400	39.873	0.657	7.170	1.802	2.201	19.040	15.061	0.856	4.915	1.264	2.301																		
17.420	40.191	0.693	3.863	1.805	2.060	19.060	14.755	0.859	4.885	1.245	2.232																		
17.440	35.076	0.806	2.722	1.810	2.030	19.080	14.271	0.854	4.652	1.234	2.067																		
17.460	33.192	0.901	3.121	1.809	2.265	19.100	13.887	0.859	4.507	1.228	2.339																		
17.480	34.465	0.979	1.445	1.818	2.051	19.120	13.552	0.847	4.411	1.223	2.127																		
17.500	37.838	1.139	1.453	1.829	2.066	19.140	13.218	0.820	4.404	1.211	2.142																		
17.520	42.978	1.303	1.192	1.844	2.133	19.160	12.986	0.812	4.331	1.196	2.217																		
17.540	49.025	1.371	0.970	1.854	2.155	19.180	12.830	0.796	4.310	1.182	2.172																		
17.560	54.500	1.276	1.240	1.859	1.970	19.200	13.329	0.776	4.346	1.177	2.071																		
17.580	60.860	1.052	1.671	1.856	2.131	19.220	13.225	0.802	4.198	1.167	2.246																		
17.600	60.885	0.893	0.818	1.858	2.189	19.240	13.449	0.816	4.248	1.167	2.175																		
17.620	48.040	0.780	0.299	1.866	2.129	19.260	13.925	0.792	4.350	1.175	2.028																		
17.640	33.199	0.752	-0.047	1.863	2.213	19.280	14.478	0.765	4.551	1.181	2.273																		
17.660	27.356	0.807	-0.134	1.858	2.198	19.300	15.159	0.727	4.509	1.181	2.198																		
17.680	19.694	1.059	-0.218	1.863	2.046	19.320	15.234	0.724	4.270	1.173	2.043																		
17.700	16.229	1.056	-0.050	1.854	2.100	19.340	15.259	0.728	4.169	1.176	2.257																		
17.720	14.937	0.969	0.286	1.848	2.462	19.360	15.537	0.727	4.082	1.185	2.087																		
17.740	14.123	0.866	1.066	1.844	2.043	19.380	15.662	0.747	4.116	1.194	2.201																		
17.760	13.885	0.760	1.867	1.833	2.270	19.400	15.332	0.790	4.384	1.200	2.103																		
17.780	13.925	0.662	2.703	1.818	2.172	19.420	15.255	0.813	4.609	1.214	2.046																		
17.800	14.423	0.563	3.228	1.818	2.020	19.440	15.405	0.794	4.563	1.223	2.206																		
17.820	14.899	0.491	3.567	1.816	2.303	19.460	16.465	0.768	4.779	1.226	2.088																		
17.840	15.074	0.460	3.688	1.798	2.095	19.480	17.626	0.731	4.886	1.240	2.062																		
17.860	15.026	0.438	3.821	1.797	2.260	19.500	17.978	0.726	4.726	1.240	2.211																		
17.880	16.550	0.450	5.548	1.777	2.000	19.520	19.850	0.724	5.153	1.243	2.124																		
17.900	16.884	0.438	5.326	1.773	2.235	19.540	21.670	0.772	4.898	1.243	2.033																		
17.920	17.016	0.427	5.131	1.773	2.119	19.560	22.504	0.829	4.587	1.244	2.168																		
17.940	17.551	0.408	5.009	1.766	2.080	19.580	22.984	0.951	4.240	1.240	2.132																		
17.960	17.528	0.404	4.846	1.765	2.336	19.600	23.158	1.050	4.289	1.250	2.010																		
17.980	17.431	0.405	4.609	1.757	2.184	19.620	23.588	1.156	4.589	1.255	2.150																		
18.000	17.637	0.407	4.531	1.755	2.192	19.640	24.067	1.211	4.869	1.259	2.070																		
18.020	17.893	0.404	4.457	1.748	2.214	19.660	24.419	1.263	4.912	1.272	2.110																		
18.040	18.176	0.426	4.388	1.749	2.065	19.680	25.527	1.239	4.987	1.273	2.073																		

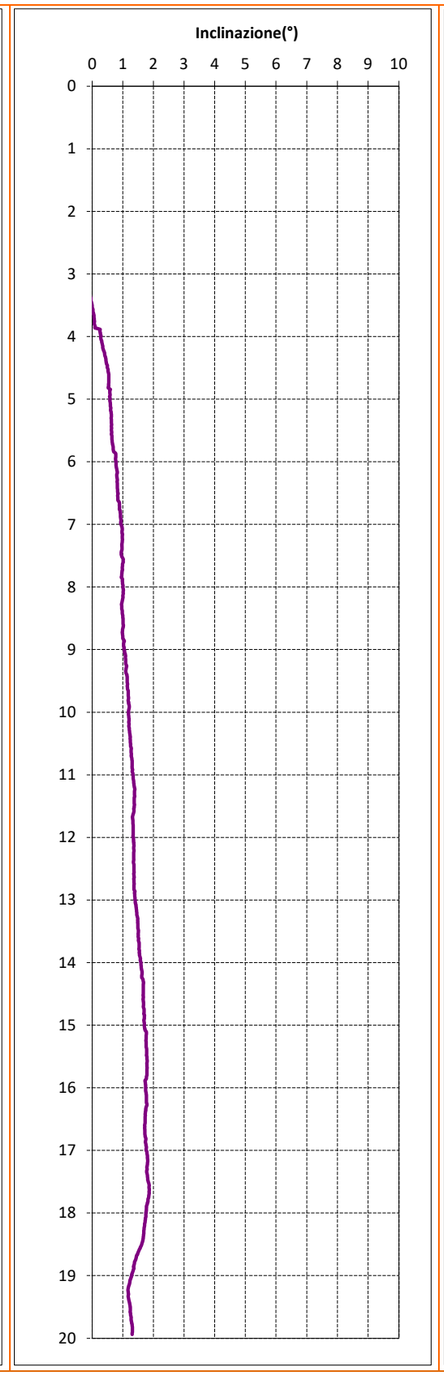
Geo.Fe. INDAGINI GEOLOGICHE	Committente: Gruppo Eurovo Cantiere: Bagnara di R. (RA) Data: 02/07/2021	ID Prova: CPTU 2 Profondita falda: a mt 2.90 da p.c. Preforo: -	Profondità massima raggiunta: 20.00 mt Punta sismica: Tecnopenta G1-CPL2IN - SISMI RIF. 39/21GF	Prova eseguita da: **GEO.FE. S.n.c.** via dell'Artigianato ,3 44030 - Ro Ferrarese (FE) tel 3383646278 - info@geofe.it - www.geofe.it Responsabile dati: Dott.Geol.Zanella Fabio Responsabile cantiere: Sig. Mangherini Alberto

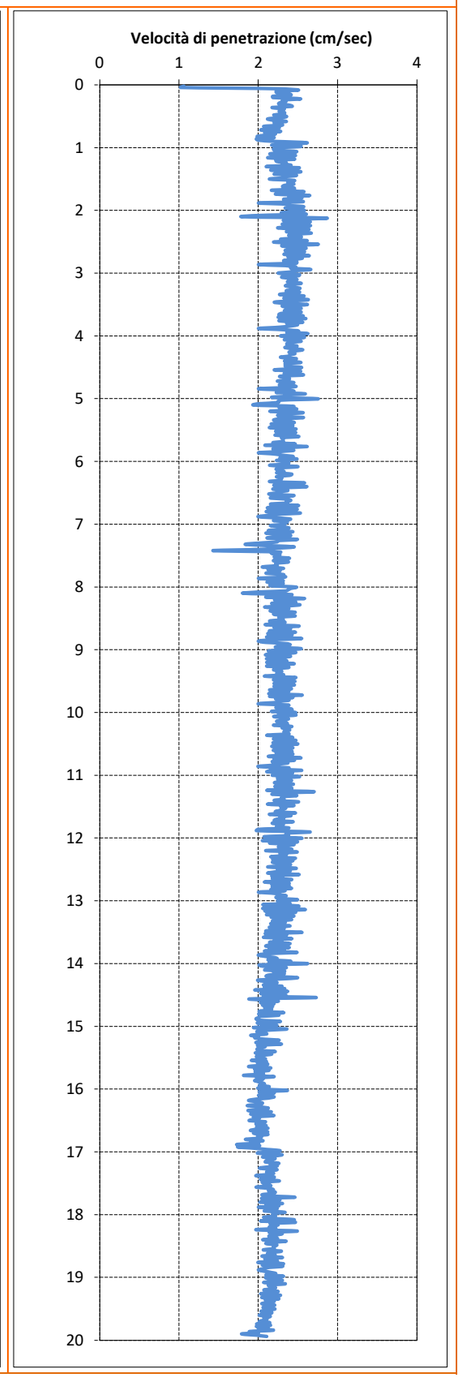
GRAFICI PROVA CPTU 2











Geologia Ferrara snc
di Fabio Zanella e Alberto Mangherini

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT	3
Riferimento	39/21GF

Committente	**Grupppo Eurovo**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec. 02/07/2021
Cantiere	**Nuova strada**	Pagina 1	
Località	**Bagnara di Romagna (RA)**	Elaborato	Falda -2.60 m da p.c.

H m	-	-	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.0	0.00		
0.40	0.0	0.0		0.0	1.80	0	
0.60	36.0	63.0		36.0	1.80	20	5.0
0.80	38.0	65.0		38.0	1.53	25	4.0
1.00	31.0	54.0		31.0	1.60	19	5.2
1.20	22.0	46.0		22.0	1.40	16	6.4
1.40	17.0	38.0		17.0	1.00	17	5.9
1.60	15.0	30.0		15.0	1.13	13	7.5
1.80	14.0	31.0		14.0	1.20	12	8.6
2.00	21.0	39.0		21.0	0.80	26	3.8
2.20	15.0	27.0		15.0	0.93	16	6.2
2.40	14.0	28.0		14.0	1.40	10	10.0
2.60	25.0	46.0		25.0	1.20	21	4.8
2.80	21.0	39.0		21.0	0.73	29	3.5
3.00	11.0	22.0		11.0	0.93	12	8.5
3.20	14.0	28.0		14.0	0.93	15	6.6
3.40	15.0	29.0		15.0	0.80	19	5.3
3.60	15.0	27.0		15.0	0.87	17	5.8
3.80	13.0	26.0		13.0	0.80	16	6.2
4.00	12.0	24.0		12.0	0.60	20	5.0
4.20	16.0	25.0		16.0	0.93	17	5.8
4.40	17.0	31.0		17.0	0.80	21	4.7
4.60	18.0	30.0		18.0	1.20	15	6.7
4.80	22.0	40.0		22.0	1.27	17	5.8
5.00	21.0	40.0		21.0	1.13	19	5.4
5.20	17.0	34.0		17.0	0.73	23	4.3
5.40	11.0	22.0		11.0	0.53	21	4.8
5.60	10.0	18.0		10.0	0.67	15	6.7
5.80	9.0	19.0		9.0	0.73	12	8.1
6.00	11.0	22.0		11.0	1.80	6	16.4
6.20	27.0	54.0		27.0	1.27	21	4.7
6.40	31.0	50.0		31.0	1.53	20	4.9
6.60	27.0	50.0		27.0	1.27	21	4.7
6.80	21.0	40.0		21.0	1.13	19	5.4
7.00	17.0	34.0		17.0	1.27	13	7.5
7.20	21.0	40.0		21.0	1.27	17	6.0
7.40	36.0	55.0		36.0	2.00	18	5.6
7.60	40.0	70.0		40.0	2.33	17	5.8
7.80	60.0	95.0		60.0	1.80	33	3.0
8.00	34.0	61.0		34.0	1.80	19	5.3
8.20	27.0	54.0		27.0	2.00	14	7.4
8.40	30.0	60.0		30.0	1.87	16	6.2
8.60	27.0	55.0		27.0	1.40	19	5.2
8.80	25.0	46.0		25.0	1.73	14	6.9
9.00	34.0	60.0		34.0	1.73	20	5.1
9.20	35.0	61.0		35.0	1.00	35	2.9
9.40	19.0	34.0		19.0	1.00	19	5.3
9.60	19.0	34.0		19.0	1.47	13	7.7
9.80	22.0	44.0		22.0	0.93	24	4.2
10.00	31.0	45.0		31.0			
10.20							
10.40							
10.60							
10.80							
11.00							
11.20							
11.40							
11.60							
11.80							
12.00							
12.20							
12.40							
12.60							
12.80							
13.00							
13.20							
13.40							
13.60							
13.80							
14.00							
14.20							
14.40							
14.60							
14.80							
15.00							

H m	-	-	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
15.20							
15.40							
15.60							
15.80							
16.00							
16.20							
16.40							
16.60							
16.80							
17.00							
17.20							
17.40							
17.60							
17.80							
18.00							
18.20							
18.40							
18.60							
18.80							
19.00							
19.20							
19.40							
19.60							
19.80							
20.00							

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta
fs = resistenza laterale
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs /qc)*100

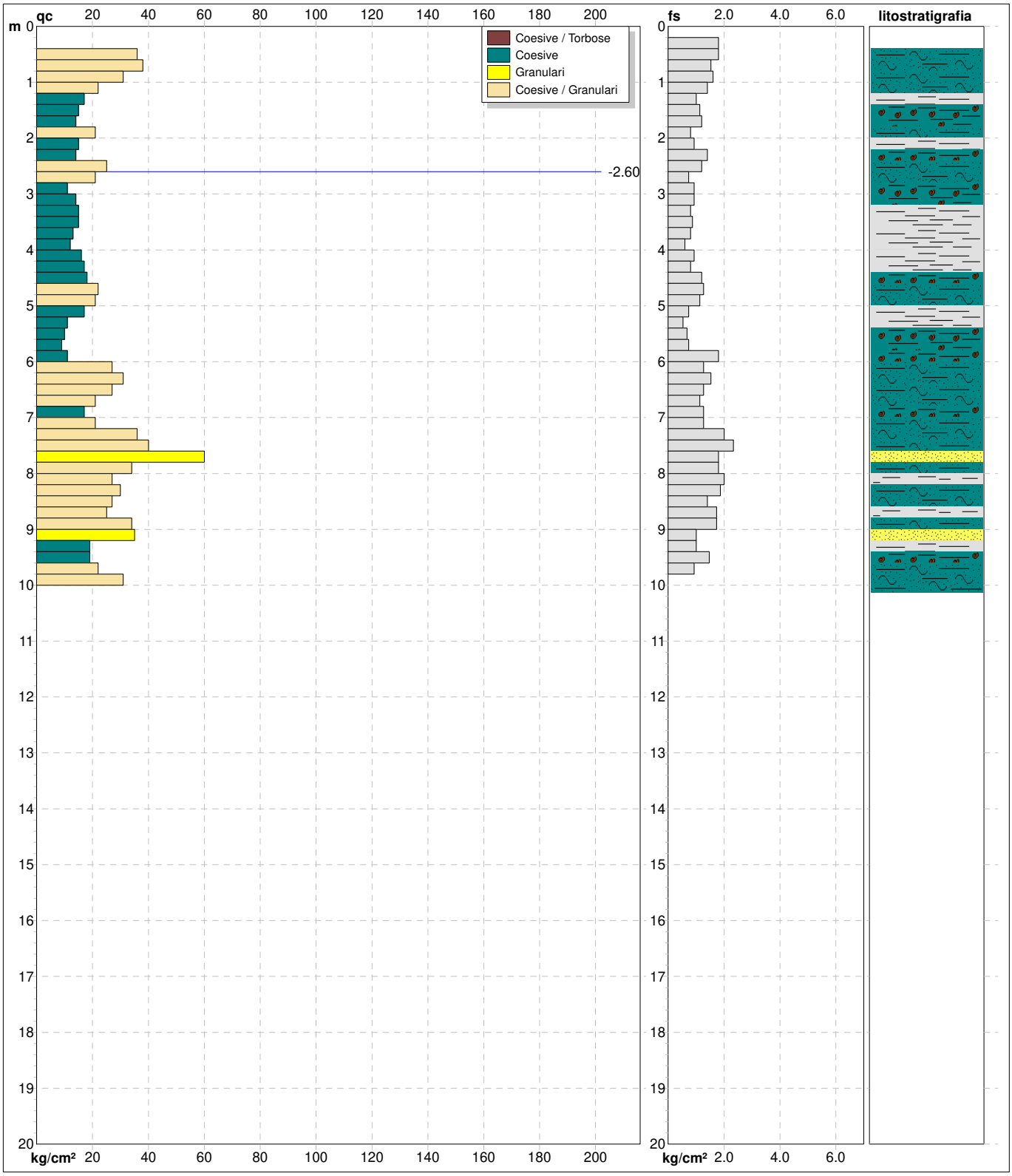
Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

Geologia Ferrara snc
di Fabio Zanella e Alberto Mangherini

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	3
Riferimento	39/21GF

Committente	**Grupppo Eurovo**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec. 02/07/2021
Cantiere	**Nuova strada**	Scala: 1:100	
Località	**Bagnara di Romagna (RA)**	Pagina 1	Quota inizio: Piano Campagna
		Elaborato	Falda -2.60 m da p.c.



		Litology: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	preforo m
		Penetrometro: SP100	Corr.astine: kg/ml
		Responsabile:	
		Assistente:	Cod. tip:

FON139

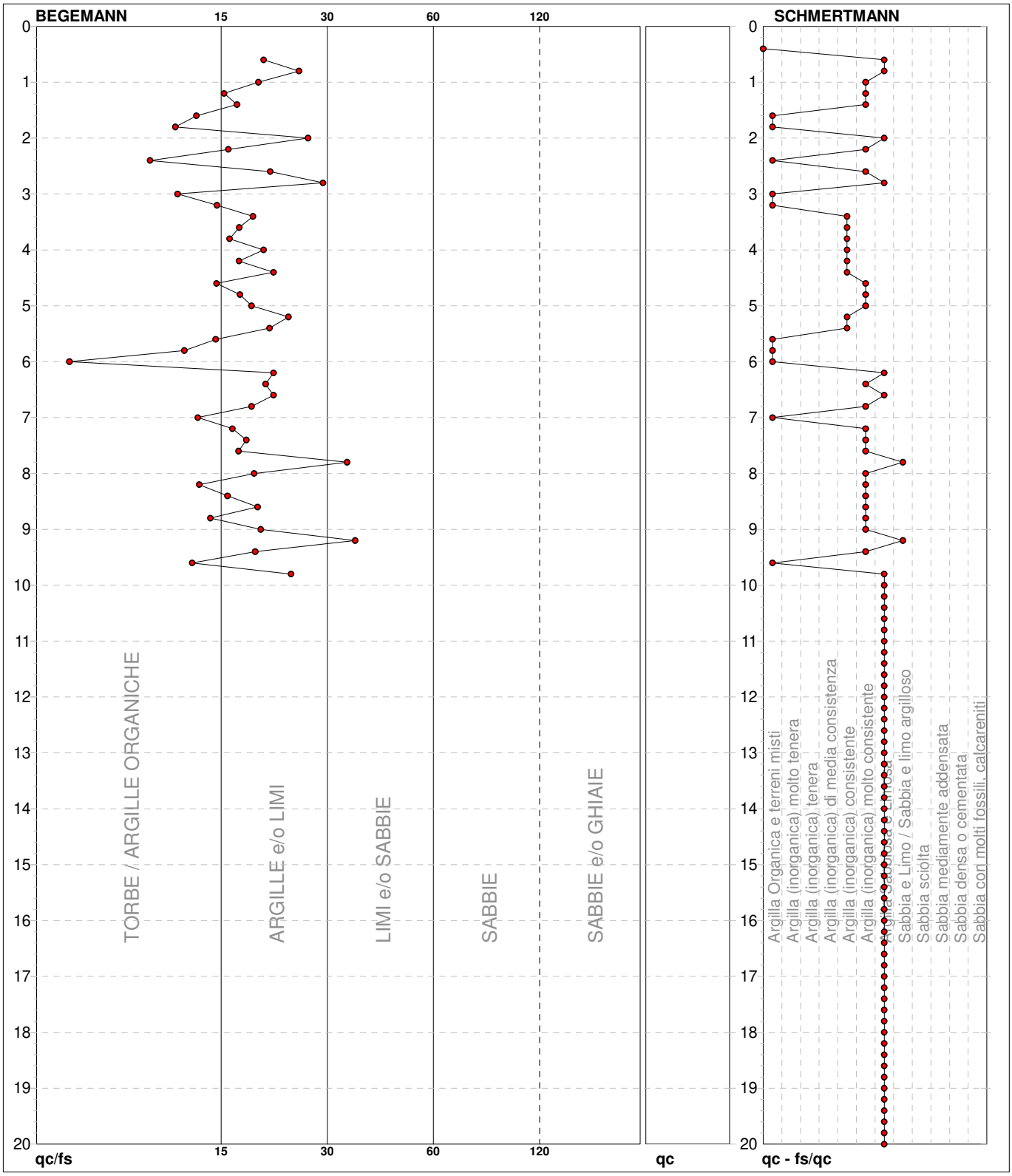
Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

Geologia Ferrara snc
di Fabio Zanella e Alberto Mangherini

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	3
Riferimento	39/21GF

Committente	**Grupppo Eurovo**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.	02/07/2021
Cantiere	**Nuova strada**	Scala:	1:100		
Località	**Bagnara di Romagna (RA)**	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	-2.60 m da p.c.



- 39/21GF [3] : 20.00 m

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

Geologia Ferrara snc
di Fabio Zanella e Alberto Mangherini

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	3
Riferimento	39/21GF

Committente	**Grupppo Eurovo**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec. 02/07/2021
Cantiere	**Nuova strada**	Pagina 1	
Località	**Bagnara di Romagna (RA)**	Elaborato	Falda -2.60 m da p.c.

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0.20	--	--	? ? ?	1.85	0.04		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	--	--	? ? ?	1.85	0.07		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	36.0	20.0	4	1.85	0.11		1.20	99.9	204.0	306.0	108.0	91	42	38	36	33	42	30	60.0	90.0	108.0	--	--
0.80	38.0	24.8	4	1.85	0.15		1.27	91.9	215.3	323.0	114.0	85	41	37	35	32	41	30	63.3	95.0	114.0	--	--
1.00	31.0	19.4	4	1.85	0.19		1.03	53.9	175.7	263.5	93.0	73	40	35	32	30	39	29	51.7	77.5	93.0	--	--
1.20	22.0	15.7	4	1.85	0.22		0.85	33.4	143.8	215.8	66.0	57	38	33	30	28	37	28	36.7	55.0	66.0	--	--
1.40	17.0	17.0	2	1.85	0.26		0.72	22.7	123.0	184.5	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.60	15.0	13.3	2	1.85	0.30		0.67	17.3	113.3	170.0	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.80	14.0	11.7	2	1.85	0.33		0.64	14.1	108.2	162.3	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.00	21.0	26.3	4	1.85	0.37		0.82	17.1	140.0	210.0	63.0	43	36	30	27	25	34	27	35.0	52.5	63.0	--	--
2.20	15.0	16.1	2	1.85	0.41		0.67	11.6	113.3	170.0	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.40	14.0	10.0	2	1.85	0.44		0.64	9.8	108.4	162.7	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.60	25.0	20.8	4	0.94	0.46		0.91	14.6	154.5	231.8	75.0	43	36	30	27	25	34	28	41.7	62.5	75.0	--	--
2.80	21.0	28.8	4	0.93	0.48		0.82	12.3	140.0	210.0	63.0	36	36	29	25	24	32	27	35.0	52.5	63.0	--	--
3.00	11.0	11.8	2	0.91	0.50		0.54	6.9	126.3	189.4	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.20	14.0	15.1	2	0.94	0.52		0.64	8.1	124.1	186.1	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.40	15.0	18.8	2	0.95	0.54		0.67	8.2	128.3	192.4	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	15.0	17.2	2	0.95	0.56		0.67	7.9	134.2	201.3	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.80	13.0	16.3	2	0.93	0.58		0.60	6.7	146.8	220.1	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.00	12.0	20.0	2	0.92	0.59		0.57	6.0	157.2	235.8	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.20	16.0	17.2	2	0.96	0.61		0.70	7.4	151.0	226.5	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.40	17.0	21.3	2	0.97	0.63		0.72	7.4	155.2	232.9	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.60	18.0	15.0	2	0.98	0.65		0.75	7.5	159.7	239.5	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.80	22.0	17.3	4	0.93	0.67		0.85	8.4	159.4	239.0	66.0	30	35	27	24	23	31	28	36.7	55.0	66.0	--	--
5.00	21.0	18.6	4	0.93	0.69		0.82	7.8	166.3	249.4	63.0	27	35	27	24	22	30	27	35.0	52.5	63.0	--	--
5.20	17.0	23.3	2	0.97	0.71		0.72	6.4	183.1	274.7	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.40	11.0	20.8	2	0.91	0.73		0.54	4.3	202.9	304.4	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.60	10.0	14.9	2	0.90	0.74		0.50	3.8	209.6	314.4	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.80	9.0	12.3	2	0.88	0.76		0.45	3.2	212.7	319.0	37.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.00	11.0	6.1	2	0.91	0.78		0.54	3.9	218.6	327.8	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.20	27.0	21.3	4	0.95	0.80		0.95	7.8	193.6	290.3	81.0	32	35	27	24	23	31	28	45.0	67.5	81.0	--	--
6.40	31.0	20.3	4	0.97	0.82		1.03	8.4	194.6	291.9	93.0	37	36	28	25	23	32	29	51.7	77.5	93.0	--	--
6.60	27.0	21.3	4	0.95	0.84		0.95	7.3	206.8	310.2	81.0	31	35	27	24	22	31	28	45.0	67.5	81.0	--	--
6.80	21.0	18.6	4	0.93	0.86		0.82	6.0	226.9	340.3	63.0	22	34	26	22	21	29	27	35.0	52.5	63.0	--	--
7.00	17.0	13.4	2	0.97	0.88		0.72	4.9	242.1	363.1	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.20	21.0	16.5	4	0.93	0.89		0.82	5.7	240.6	360.9	63.0	21	34	25	22	21	29	27	35.0	52.5	63.0	--	--
7.40	36.0	18.0	4	0.99	0.91		1.20	8.8	216.5	324.8	108.0	39	36	28	25	23	32	30	60.0	90.0	108.0	--	--
7.60	40.0	17.2	4	1.00	0.93		1.33	9.8	227.5	341.2	120.0	42	36	28	25	24	32	30	66.7	100.0	120.0	--	--
7.80	60.0	33.3	3	0.93	0.95		--	--	--	--	--	56	38	30	27	26	34	32	100.0	150.0	180.0	--	--
8.00	34.0	18.9	4	0.98	0.97		1.13	7.6	237.0	355.4	102.0	36	36	27	24	23	31	29	56.7	85.0	102.0	--	--
8.20	27.0	13.5	4	0.95	0.99		0.95	5.9	263.3	394.9	81.0	27	35	26	23	22	30	28	45.0	67.5	81.0	--	--
8.40	30.0	16.0	4	0.96	1.01		1.00	6.2	264.7	397.1	90.0	30	35	27	23	22	30	29	50.0	75.0	90.0	--	--
8.60	27.0	19.3	4	0.95	1.03		0.95	5.7	277.0	415.5	81.0	26	34	26	23	21	30	28	45.0	67.5	81.0	--	--
8.80	25.0	14.5	4	0.94	1.05		0.91	5.3	286.9	430.4	75.0	23	34	26	22	21	29	28	41.7	62.5	75.0	--	--
9.00	34.0	19.7	4	0.98	1.07		1.13	6.8	271.4	407.1	102.0	33	35	27	24	22	31	29	56.7	85.0	102.0	--	--
9.20	35.0	35.0	3	0.89	1.09		--	--	--	--	--	34	35	27	24	22	31	29	58.3	87.5	105.0	--	--
9.40	19.0	19.0	2	0.99	1.11		0.78	4.0	308.4	462.6	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.60	19.0	12.9	2	0.99	1.13		0.78	3.9	315.0	472.4	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.80	22.0	23.7	4	0.93	1.14		0.85	4.3	319.5	479.2	66.0	17	33	24	21	20	28	28	36.7	55.0	66.0	--	--
10.00	31.0	--	3	0.88	1.16		--	--	--	--	--	28	35	26	23	22	30	29	51.7	77.5	93.0	--	--
10.20	31.0	--	3	0.88	1.18		--	--	--	--	--	28	35	26	23	21	30	29	51.7	77.5	93.0	--	--
10.40	31.0	--	3	0.88	1.20		--	--	--	--	--	27	35	26	23	21	29	29	51.7	77.5	93.0	--	--
10.60	31.0	--	3	0.88	1.21		--	--	--	--	--	27	34	26	23	21	29	29	51.7	77.5	93.0	--	--
10.80	31.0	--	3	0.88	1.23		--	--	--	--	--	27	34	26	23	21	29	29	51.7	77.5	93.0	--	--
11.00	31.0	--	3	0.88	1.25		--	--	--	--	--	26	34	26	23	21	29	29	51.7	77.5	93.0	--	--
11.20	31.0	--	3	0.88	1.27		--	--	--	--	--	26	34	26	22	21	29	29	51.7	77.5	93.0	--	--
11.40	31.0	--	3	0.88	1.28		--	--	--	--	--	26	34	26	22	21	29	29	51.7	77.5	93.0	--	--
11.60	31.0	--	3	0.88	1.30		--	--	--	--	--	25	34	26	22	21	29	29	51.7	77.5	93.0	--	--
11.80	31.0	--	3	0.88	1.32		--	--	--	--	--	25	34	25	22	21	29	29	51.7	77.5	93.0	--	--
12.00	31.0	--	3	0.88	1.34		--	--	--	--	--	25	34	25	22	21	29	29	51.7	77.5	93.0	--	--
12.20	31.0	--	3	0.88	1.35		--	--	--	--	--	24	34	25	22	21	29	29	51.7	77.5	93.0	--	--
12.40	31.0	--	3	0.88	1.37		--	--	--	--	--	24	34	25	22	21	29	29	51.7	77.5	93.0	--	--
12.60	31.0	--	3	0.88	1.39		--	--	--	--	--	24	34	25	22	21	29	29	51.7	77.5	93.0	--	--
12.80	31.0	--	3	0.88	1.41		--	--	--	--	--	23	34	25	22	21	29	29	51.7	77.5	93.0	--	--
13.00	31.0	--	3	0.88	1.42		--	--	--	--	--	23	34	25	22	21	28	29	51.7	77.5	93.0	--	--
13.20	31.0	--	3	0.88	1.44		--	--	--	--	--	23	34	25	22	21	28	29	51.7	77.5	93.0	--	--
13.40	31.0	--	3	0.88	1.46		--	--	--	--	--	23	34	25	22	20	28	29	51.7	77.5	93.0	--	--
13.60	31.0	--	3	0.88	1.48		--	--	--	--	--	22	34	25	22	20	28	29	51.7	77.5	93.0	--	--
13.80	31.0	--	3	0.88	1.49		--	--	--	--	--	22	34	25	22	20	28	29	51.7	77.5	93.0	--	--
14.00	31.0	--	3	0.88	1.51		--	--	--	--	--	22	34	25	22	20	28	29	51.7	77.5	93.0	--	--
14.20	31.0	--	3	0.88	1.53		--	--	--	--	--	21	34	25	21	20	28	29	51.7	77.5	93.0	--	--
14.40	31.0	--	3	0.88	1.55		--	--	--	--	--	21	34	25	21	20	28	29	51.7	77.5	93.0	--	--
14.60	31.0	--	3	0.88	1.56		--	--	--	--	--	21	34	25	21	20	28	29	51.7	77.5	93.0	--	--
14.80	31.0	--	3	0.88	1.58		--	--	--	--	--	21	34	25	21	20	28	29	51.7	77.5	93.0	--	--
15.00	31.0	--	3	0.88	1.60		--	--	--	--	--	20	34	25	21	20	28	29	51.7	77.5	93.0	--	--
15.20	31.0	--	3	0.88	1.62		--	--	--	--	--	20	34	24	21	20	28	29	51.7	77.5	93.0	--	--
15.40	31.0	--	3	0.88	1.63		--	--	--	--	--	20	34	24	21	20	28	29	51.7	77.5	93.0	--	--
15.60	31.0	--	3	0.88	1.65		--	--	--	--	--	19	34	24	21	20	28	29	51.7	77.5	93.0	--	--
15.80	31.0	--	3	0.88	1.67		--	--	--	--	--	19	34	24	21	20	28	29	51.7	77.5	93.0	--	--
16.00	31.0	--	3	0.88	1.69		--	--	--	--	--	19	34	24	21	20	28	29	51.7	77.5	93.0	--	--
16.20	31.0	--	3	0.88	1.70		--	--	--	--	--	19	33	24	21	20	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
16.40	31.0	--	3	0.88	1.72		--	--	--	--	--	18	33	24	21	20	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
16.60	31.0	--	3	0.88	1.74		--	--	--	--	--	18	33	24	21	20	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
16.80	31.0	--	3	0.88	1.76		--	--	--	--	--	18	33	24	21	20	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
17.00	31.0	--	3	0.88	1.77		--	--	--	--	--	18	33	24	21	20	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
17.20	31.0	--	3	0.88	1.79		--	--	--	--	--	18	33	24	21	19	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
17.40	31.0	--	3	0.88	1.81		--	--	--	--	--	17	33	24	21	19	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
17.60	31.0	--	3	0.88	1.83		--	--	--	--	--	17	33	24	21	19	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
17.80	31.0	--	3	0.88	1.84		--	--	--	--	--	17	33	24	20	19	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
18.00	31.0	--	3	0.88	1.86		--	--	--	--	--	17	33	24	20	19	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
18.20	31.0	--	3	0.88	1.88		--	--	--	--	--	16	33	24	20	19	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
18.40	31.0	--	3	0.88	1.90		--	--	--	--	--	16	33	24	20	19	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
18.60	31.0	--	3	0.88	1.91		--	--	--	--	--	16	33	24	20	19	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
18.80	31.0	--	3	0.88	1.93		--	--	--	--	--	16	33	24	20	19	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
19.00	31.0	--	3	0.88	1.95		--	--	--	--	--	15	33	24	20	19	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
19.20	31.0	--	3	0.88	1.97		--	--	--	--	--	15	33	23	20	19	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
19.40	31.0	--	3	0.88	1.98		--	--	--	--	--	15	33	23	20	19	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
19.60	31.0	--	3	0.88	2.00		--	--	--	--	--	15	33	23	20	19	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
19.80	31.0	--	3	0.88	2.02		--	--	--	--	--	15	33	23	20	19	27	29	51.7	77.5	93.0	--	--
20.00	31.0	--	3	0.88	2.04		--	--	--	--	--	14	33	23	20	19	26	29	51.7	77.5	93.0	--	--

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

S.S.T.
Studio Servizi Tecnici
Settore geologia e ambiente

DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE

Via Roma, 10

44021 CODIGORO (FE)

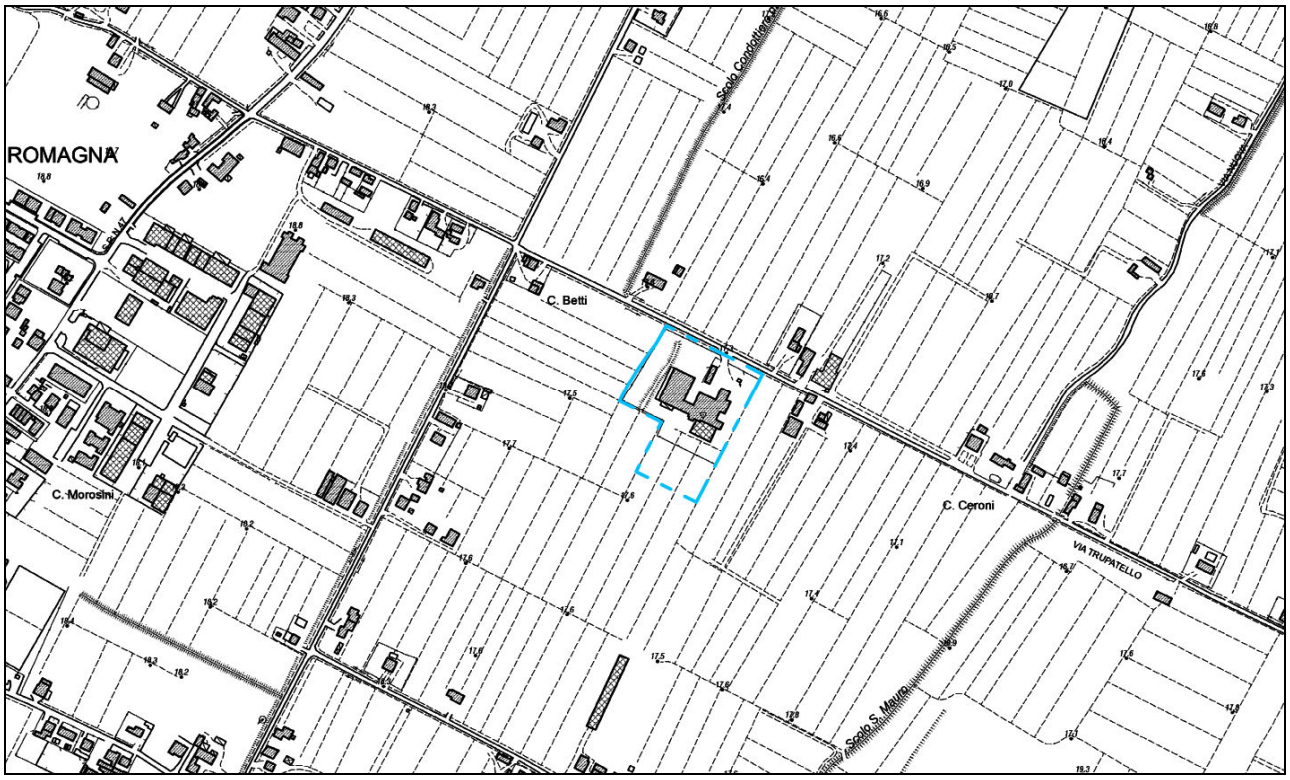
Tel e fax. 0533 / 713798 – cell. 335. 5240380

E-mail: t.veronese@studio-sst.it

RELAZIONE GEOLOGICA DI INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE DEL 8 gennaio 2020 – ADEGUAMENTO ALLA DGR 476/2021

COMUNE DI BAGNARA DI ROMAGNA (RA)

Variante alla Pianificazione Territoriale e Urbanistica dell'area oggetto di ammodernamento di impianto per la produzione di mangimi in ottica 4.0 (mangime Bio/Ogm) sito in via Trupatello a Bagnara di Romagna (Ra). Riferimenti catatstali foglio 7 mappale 149 e 65 del comune di Bagnara di Romagna (Ra).



Committente: **EUROVO s.r.l.**
Sede in: via Mensa n. 3
48022 Santa Maria in Fabriago (Ra)

22 aprile 2022

Timbro

Thomas Veronese

INDICE:

1. PREMESSA **2**

NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO **3**

2. INTRODUZIONE **4**

3. PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO **5**

CARTA DELLE INDAGINI 5
CARTA GEOLOGICO TECNICA 13
CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI 16
CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI – MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA 18

4. SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO **20**

CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S (Vs) 20

5. TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO **23**

CARTE DI MICROZONAZIONE SISMICA DI TERZO LIVELLO 23
CARTA DELL'INDICE DI LIQUEFAZIONE IPL 43

ALLEGATI:

ALLEGATO A – Analisi della Risposta Sismica Locale (Dott. Thomas Veronese)

ALLEGATO B – Indagini geofisiche (Teamgeofisica.ceg)

ALLEGATO C – Certificati carotaggio continuo per prelievo campioni indisturbati (GeoFe)

ALLEGATO D – Certificati prove di laboratorio geotecnico (ISMGEO)

1. PREMESSA

Come da richiesta di integrazioni di Arpae del Servizio Autorizzazioni e Concessioni di Ravenna del 20/01/2022 con Rif. Emilia-Romagna n. PG/740593 del 20/08/2021, Fascicolo n. 1317/26/2021 per il: PROCEDIMENTO UNICO DI VIA PER IL RILASCIO DEL PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE (PAUR), COMPRENSIVO DI VALUTAZIONE DI IMPATTO A MBIENTALE (VIA), AUTORIZZAZIONE INTEGRATA AMBIENTALE (AIA) AI SENSI DEL D. LGS. N.152/2006, DELLA L.R. N.4/2018 E DELLA L.R. N. 21/2004 RELATIVO AL PROGETTO "PROGETTO PER AMMODERNAMENTO E MIGLIORAMENTO SISTEMAZIONE DELL'IMMOBILE ADIBITO A MANGIMIFICIO SITO IN COMUNE DI BAGNARA DI ROMAGNA (RA) PRESENTATO DA EUROVO SRL" – PROPOSTO DA EUROVO SRL (FASC. RER N.1317/26/2021), si redige questa relazione.

Lo scopo di questa relazione è quello di rispondere ai punti 10 e 16 delle richieste avanzate dalla Provincia di Ravenna e dal Servizio Sismica.

10) **La *Provincia di Ravenna - servizio Programmazione Territoriale*, con nota acquisita al PG/2021/196811 del 22/12/2021**, chiede che la ditta Eurovo srl ripresenti, in merito alla compatibilità delle previsioni urbanistiche con le condizioni di pericolosità locale del territorio, art.5 della L.R. 19/2008 "Norme per la riduzione del rischio sismico", la Relazione geologica adeguandola alla DGR n. 476/2021.

Servizio Sismica:

16) Relazione geologica-geotecnica: riportare la verifica a liquefazione del sito in conformità alla DGR 630/2019, DGR 476/2021 e DGR 564/2021 e adottando i parametri sismici desunti dalle NTC18; la Risposta Sismica Locale a cui ci si riferisce è stata eseguita per gli studi di Microzonazione Sismica dell'Unione dei Comuni di Bassa Romagna ed è riferita alle indagini di altro sito nel Comune di Bagnara, pertanto non risulta pertinente.

Normativa e Raccomandazioni di riferimento

- Decreto del Ministro delle Infrastrutture 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare n. 7/2019 del C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 Gazzetta Ufficiale n. 35/2019 - 11 febbraio 2019.
- Deliberazione della Giunta Regionale 12 aprile 2021, N. 476 Aggiornamento dell'"Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)" di cui alla deliberazione della Giunta regionale 29 aprile 2019, n. 630
- Deliberazione della Giunta Regionale 26 aprile 2021, N. 564 integrazione della propria deliberazione n. 476 del 12 aprile 2021 mediante approvazione dell'allegato A, "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (Art. 22 e 49, L.R. N. 24/2017)"
- Delibera di Giunta Regionale Num. 630 del 29/04/2019, Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, l.r . n. 24/2017).
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)

"Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977).

- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)

"Raccomandazioni sui pali di fondazione (dicembre 1984)".

- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)

"Aspetti geotecnici nella progettazione in zona sismica (Edizione Provvisoria, marzo 2005)".

- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

Eurocode EC-7: Geotechnics, design – dicembre 1987.

- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

Eurocode EC-8: Design provisions for earthquake resistance of structures – ottobre 1994.

2. INTRODUZIONE

La microzonazione sismica è la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento (risposta sismica locale). La microzonazione sismica è pertanto un efficace strumento di prevenzione e riduzione del rischio sismico, in particolare se realizzato e applicato fino dalle prime fasi di pianificazione urbanistica, in quanto consente di indirizzare le scelte urbanistiche verso aree a minore pericolosità sismica e/o fornire indicazioni per scelte progettuali che tengano adeguatamente conto delle condizioni di pericolosità sismica locale.

Gli studi di microzonazione sismica prevedono diversi livelli di approfondimento in funzione delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Per la microzonazione sismica si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La **prima fase di analisi** è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ...).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolti a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili in sede di predisposizione del piano territoriale di livello provinciale o metropolitano 3 e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree. Il quadro conoscitivo della pianificazione urbanistica comunale presenta una cartografia della pericolosità sismica locale, derivata dalle previsioni della pianificazione d'area vasta ma ad una scala di maggior dettaglio, limitatamente agli areali da indagare.

La **seconda fase di analisi** ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato.

Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento: a) un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento) e b) una analisi approfondita (terzo livello di approfondimento), come di seguito specificato:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili, compresi quelli con coperture di spessore circa costante e acclività $\leq 15°$, vale a dire in tutte le zone non interessate da instabilità nelle quali il modello stratigrafico può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale, si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità sismica locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche e prove geotecniche in sito di tipo standard e l'amplificazione del moto sismico può essere stimata attraverso tabelle e formule. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione litostratigrafica e geofisica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta per la definizione di indici di rischio negli areali che presentano le caratteristiche elencate al successivo paragrafo 2.1, lettera c), specificamente individuati dalla cartografia della pericolosità sismica locale predisposta dai piani di area vasta e recepita nel quadro conoscitivo dei piani urbanistici comunali.

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica, e l'impiego di specifiche procedure di elaborazione per la stima degli indici di rischio.

3. PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il primo livello di approfondimento ha le seguenti finalità:

- individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
- definire il tipo di effetti attesi;
- indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario;
- descrivere le caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo, in termini di litologia, stratigrafia, tettonica e geometria per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica.

Per questo livello di approfondimento sono stati prodotti i seguenti elaborati cartografici:

- Carta delle indagini
- Carta Geologico Tecnica
- Carta delle frequenze naturali dei terreni
- Carta delle aree suscettibili di effetti locali – Microzone Omogenee in Prospettiva sismica

CARTA DELLE INDAGINI

A tal proposito è stata redatta la ***Tavola 1 - Carta delle indagini*** allegata a questa relazione.

In questa Carta sono ubicate tutte le indagini sito-specifiche realizzate all'interno dell'ambito in esame.

Nello specifico sono state realizzate n. 3 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU con *rif. U91-19*, spinte rispettivamente fino alla profondità di -30,00 m dal p.c. la prova SCPTU1 e CPTU3 e a -27,40 m dal p.c. la prova CPTU2, n. 1 sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di -25,00 m da p.c., n. 1 prova geofisica ESAC per ottenere il profilo profondo di Vs e n. 2 indagini geofisiche a stazione singola HVSR.

Successivamente si riportano i report di tutte le indagini realizzate in sito all'interno dell'ambito.

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA	RIF. PROVA:	CPTU n°:
	U91-19	CPTU1

COMMITTENTE: Eurovo s.r.l.
CANTIERE: via Trupatello 7, Bagnara di Romagna (Ra)
DATA: 10/12/2019

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00
PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,20
PREFORO (m da p.c.): 0,00

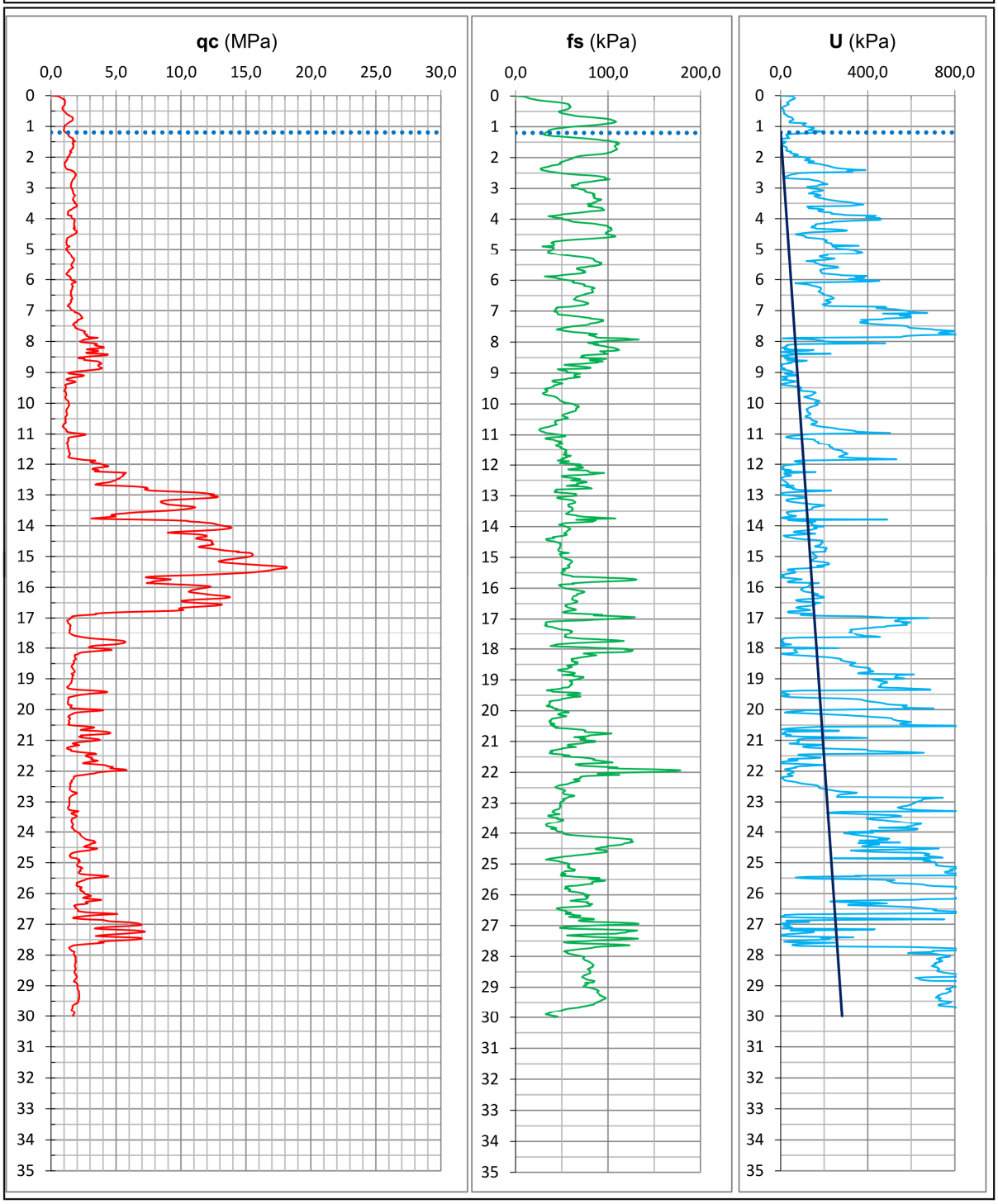


FIGURA 3.1 *– Diagrammi di ressitenza CPTU1 rif. U91-19*

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA	RIF. PROVA:	CPTU n°:
	U91-19	CPTU2

COMMITTENTE: Eurovo s.r.l.
CANTIERE: via Trupatello 7, Bagnara di Romagna (Ra)
DATA: 10/12/2019

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 27,40
PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,50
PREFORO (m da p.c.): 0,60

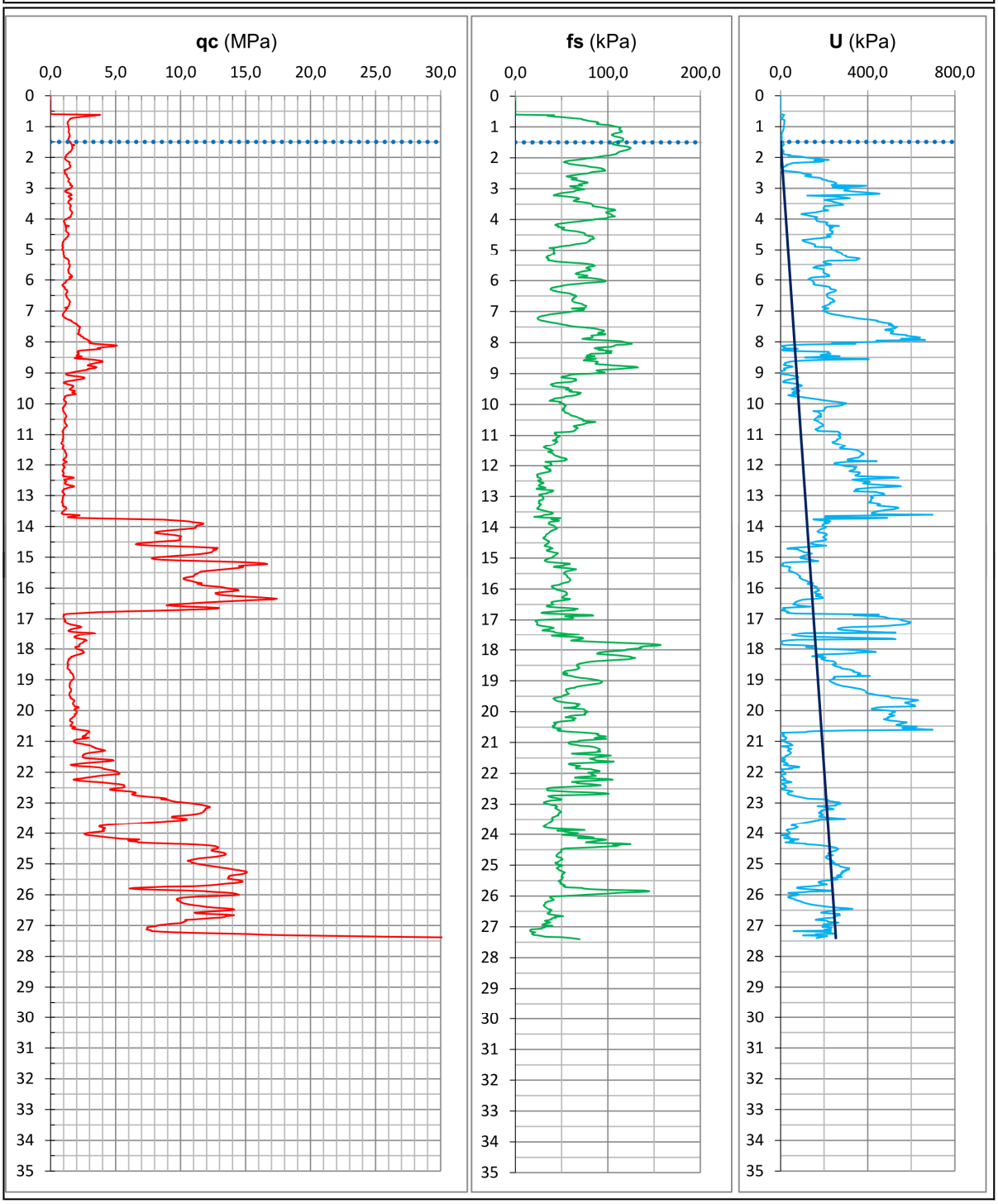


***FIGURA 3.2** – Diagrammi di ressitenza CPTU2 rif. U91-19*

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA	RIF. PROVA:	CPTU n°:
	U91-19	CPTU3

COMMITTENTE: Eurovo s.r.l.	PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00
CANTIERE: via Trupatello 7, Bagnara di Romagna (Ra)	PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,10
DATA: 10/12/2019	PREFORO (m da p.c.): 0,00

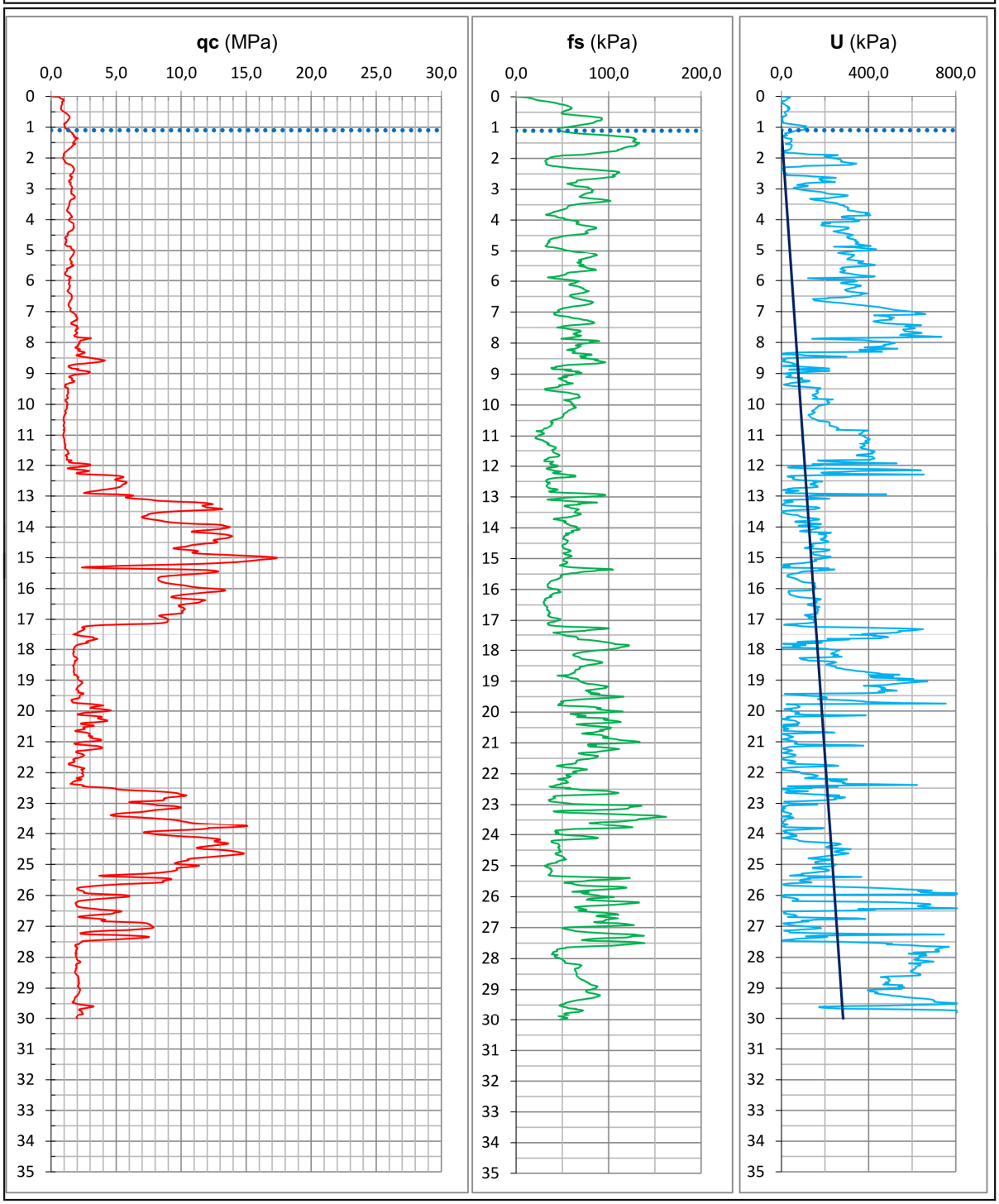


FIGURA 3.3 *– Diagrammi di ressitenza CPTU3 rif. U91-19*

Geo.Fe.
INDAGINI GEOLOGICHE
Tel: 3383646278 - info@geofe.it - web: www.geofe.it

Committente: Eurovo	Sondaggio: S1
Riferimento: Bagnara di Romagna	Data: 03/02/2022
Coordinate: 44.389471° 11.840295°	Quota: 25 m
Perforazione: carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - S1

Pagina 1/2

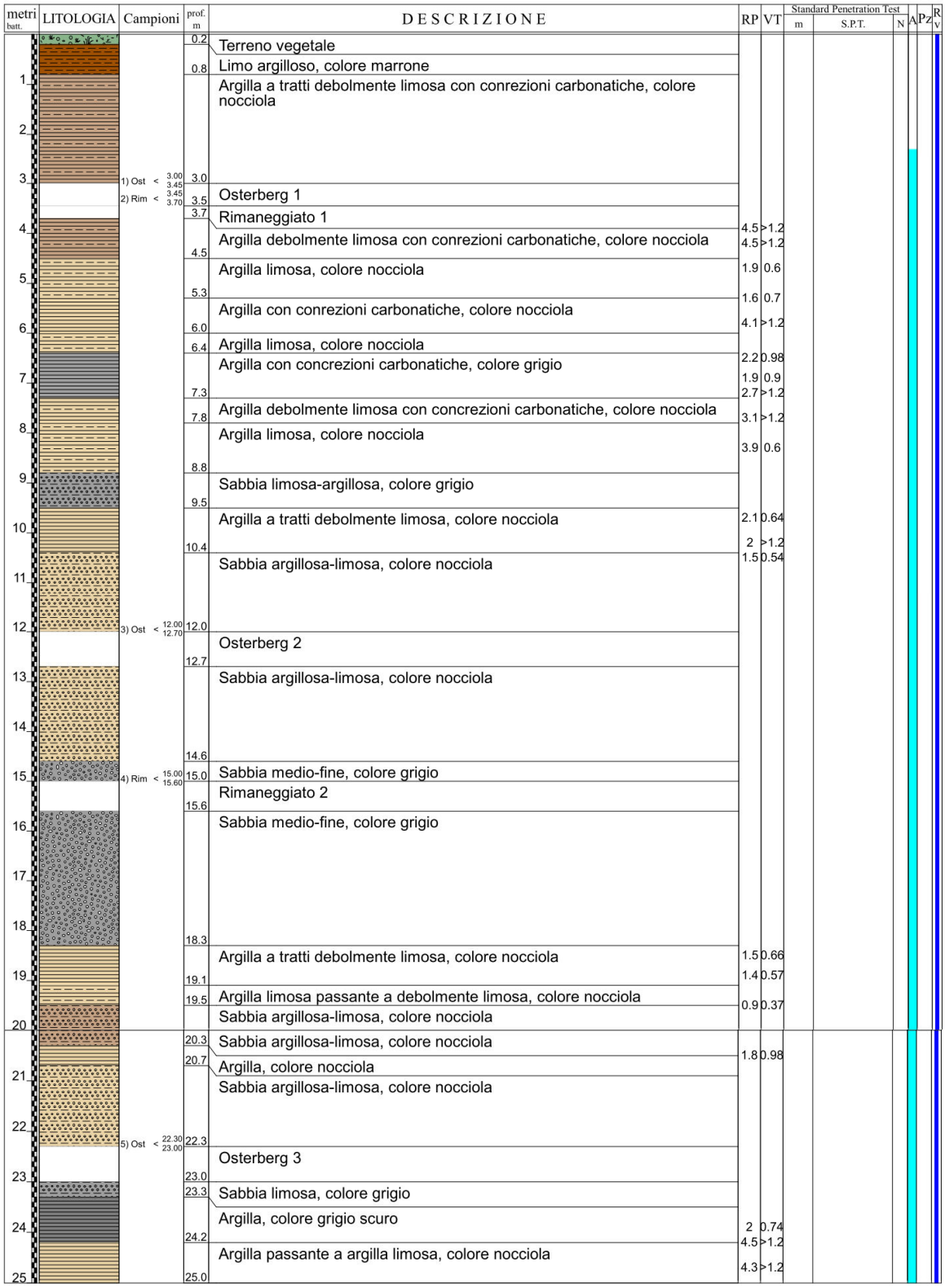
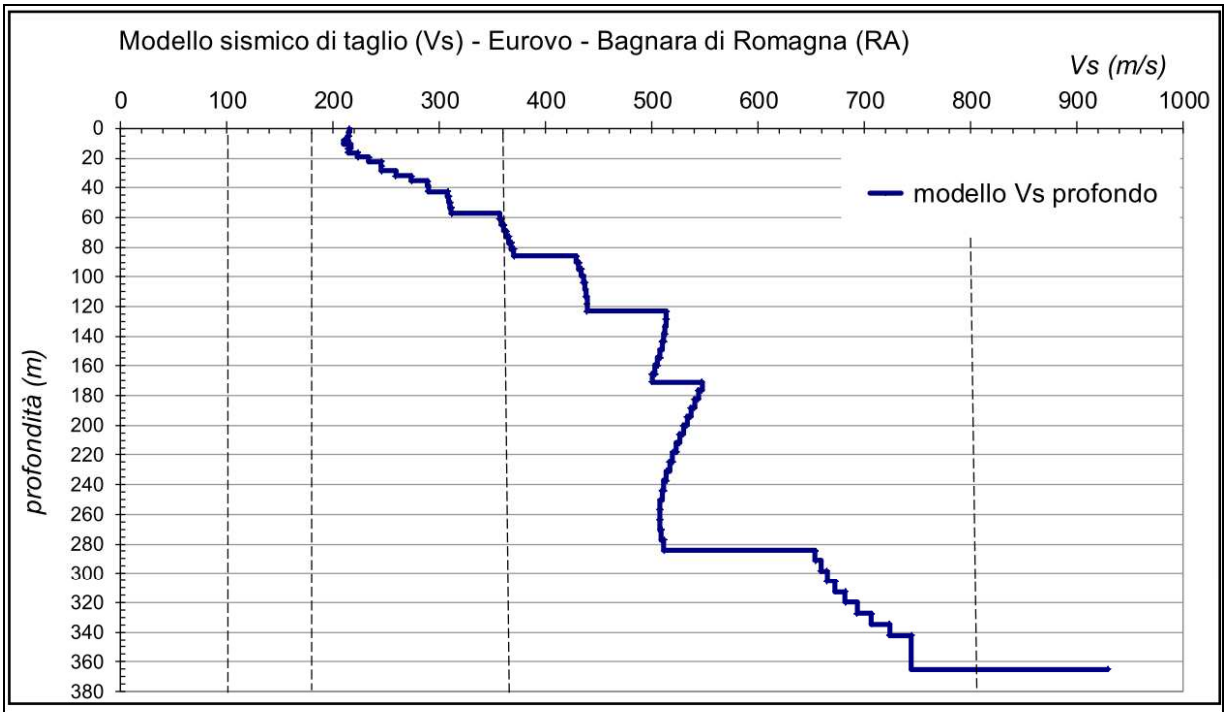
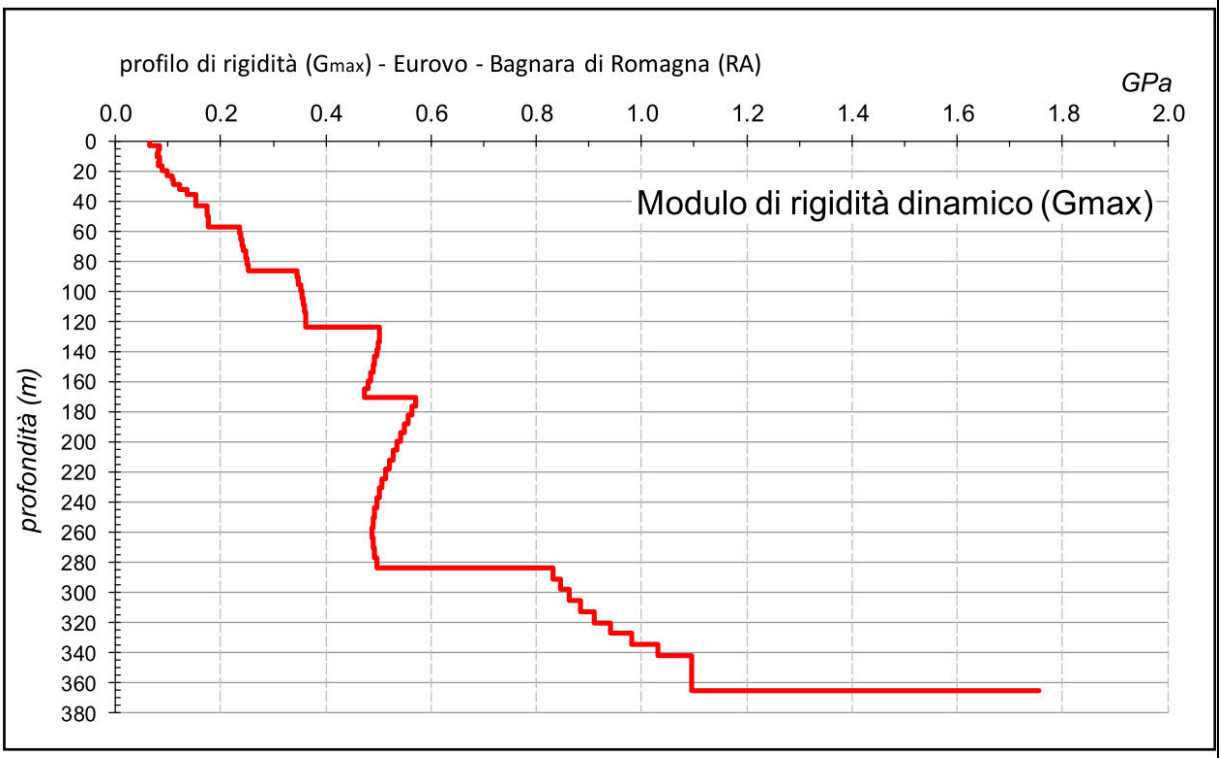


***FIGURA 3.4** – Stratigrafia carotaggio*

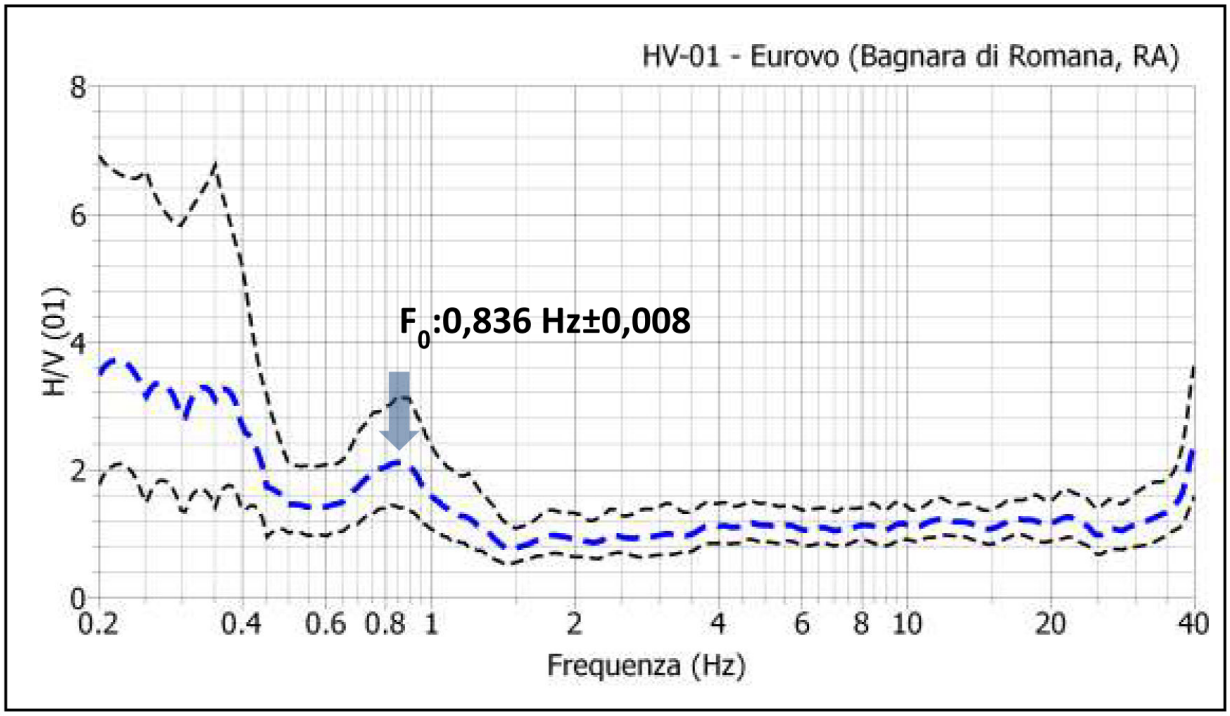


Il profilo verticale VS ottenuto per l'area indagata dal profilo sismico.



Il profilo verticale G_{max} (μ: modulo di rigidità dinamico) dell'area indagata dal profilo sismico, ottenuto dal profilo di velocità (Vs) mediante l'equazione $\mu=\rho*Vs^2$.

FIGURA 3.5 *– Profilo Verticale Vs e profilo verticale Gmax*



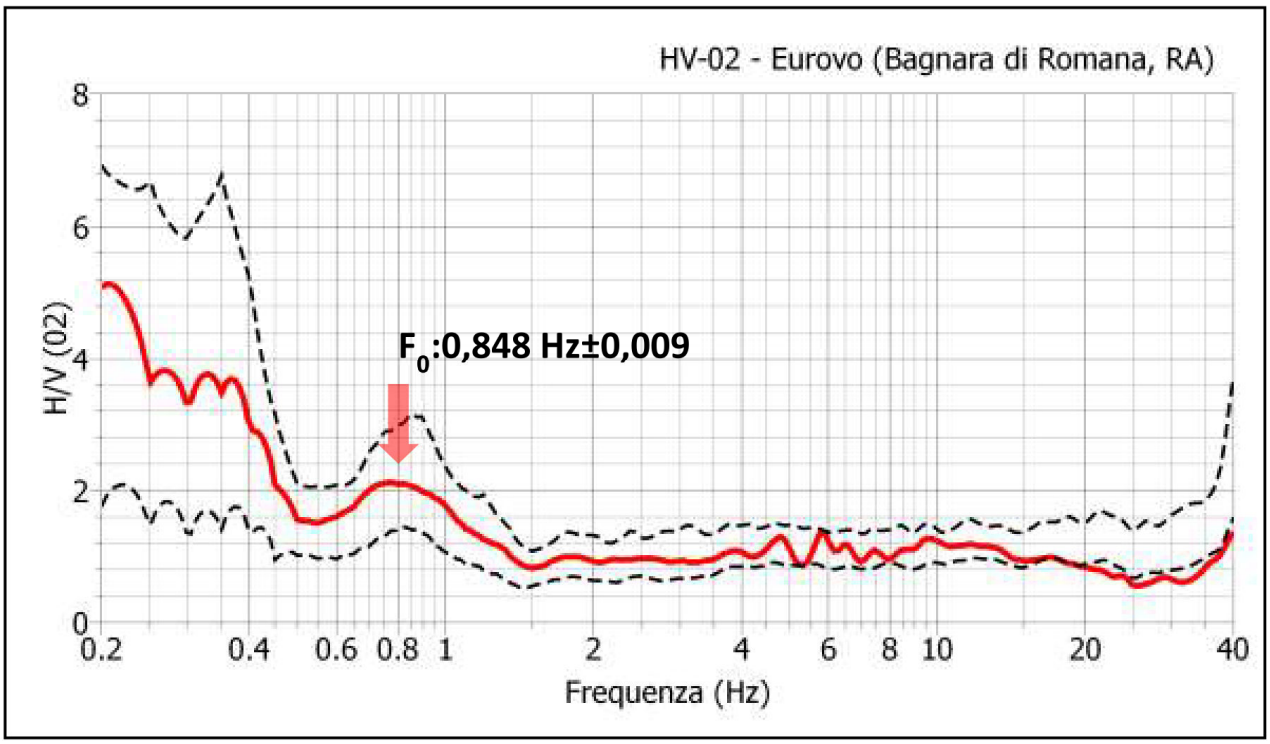
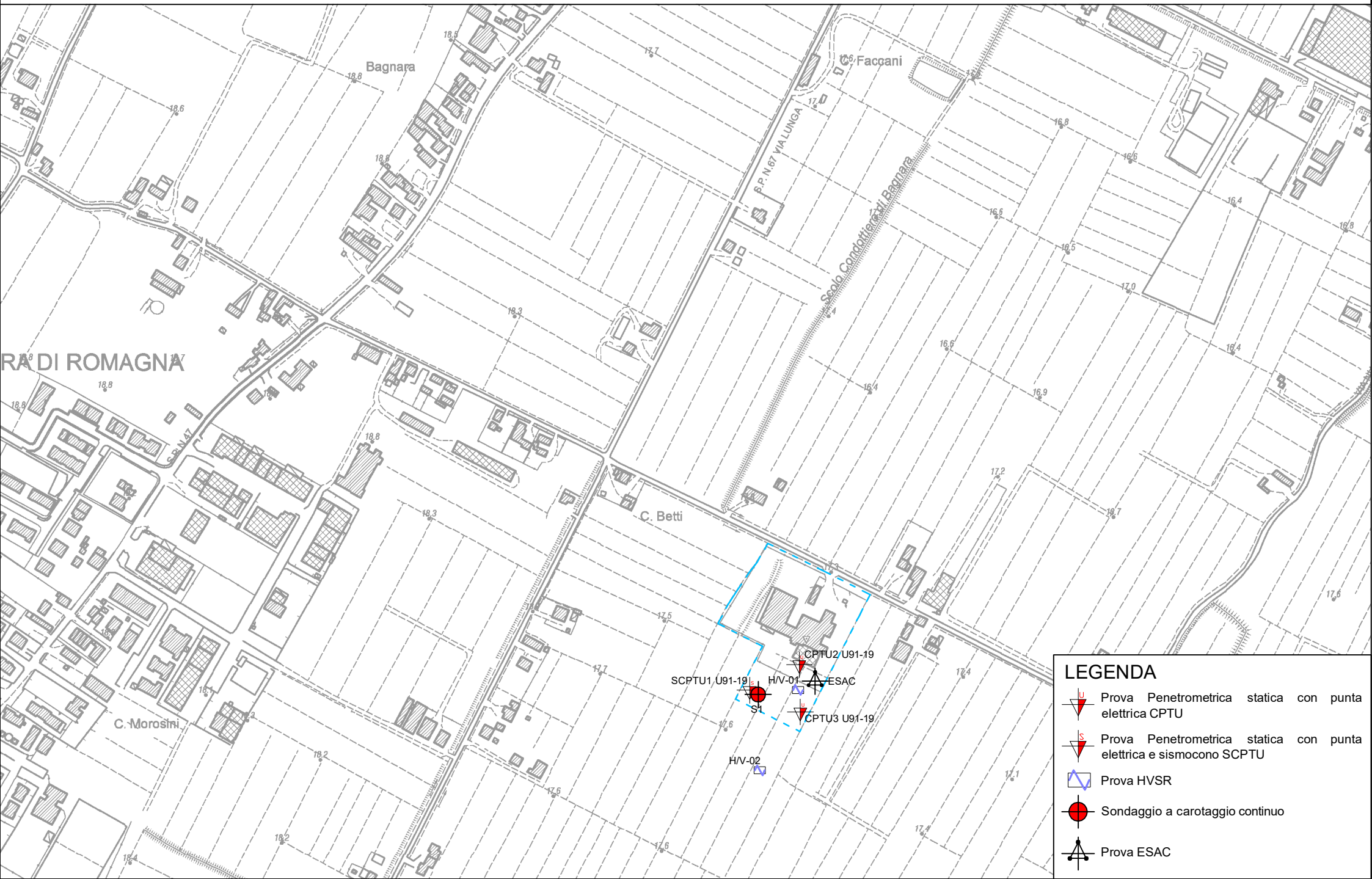


FIGURA 3.6 *– Profilo Frequenza HV01 e HV02*

Tavola 1 - Carta delle indagini

Scala 1:5000



CARTA GEOLOGICO TECNICA

A tal proposito è stata redatta la ***Tavola 2 - Carta Geologico Tecnica*** allegata a questa relazione.

Questa carta è realizzata sulla base dei rilievi geologici e morfologici disponibili. In questa cartografia sono rappresentati gli elementi geologici e morfologici locali d'interesse per l'analisi della pericolosità sismica, in particolare quelli che possono modificare il moto sismico in superficie.

Il sito, come descritto nel *paragrafo 2.2* e *2.3* di questa relazione, ricade all'interno della successione neogenico-quaternaria del margine appenninico padano denominata AES8a Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore - Subsintema di Ravenna – Unità di Modena, caratterizzata da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, talora organizzate in corpi a geometrie lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi, di ambiente di piana alluvionale.

Come è possibile osservare dalla Carta Geologico-Tecnica, il sito allo studio è caratterizzato da argille limose inorganiche di medio-bassa plasticità di piana inondabile (CLpi).

Si riporta in **FIGURA 3.8** uno stralcio della Sezione n 79 che passa nelle vicinanze del sito allo studio con uno stralcio di mappa, **FIGURA 3.7**, che ne mostra l'ubicazione.

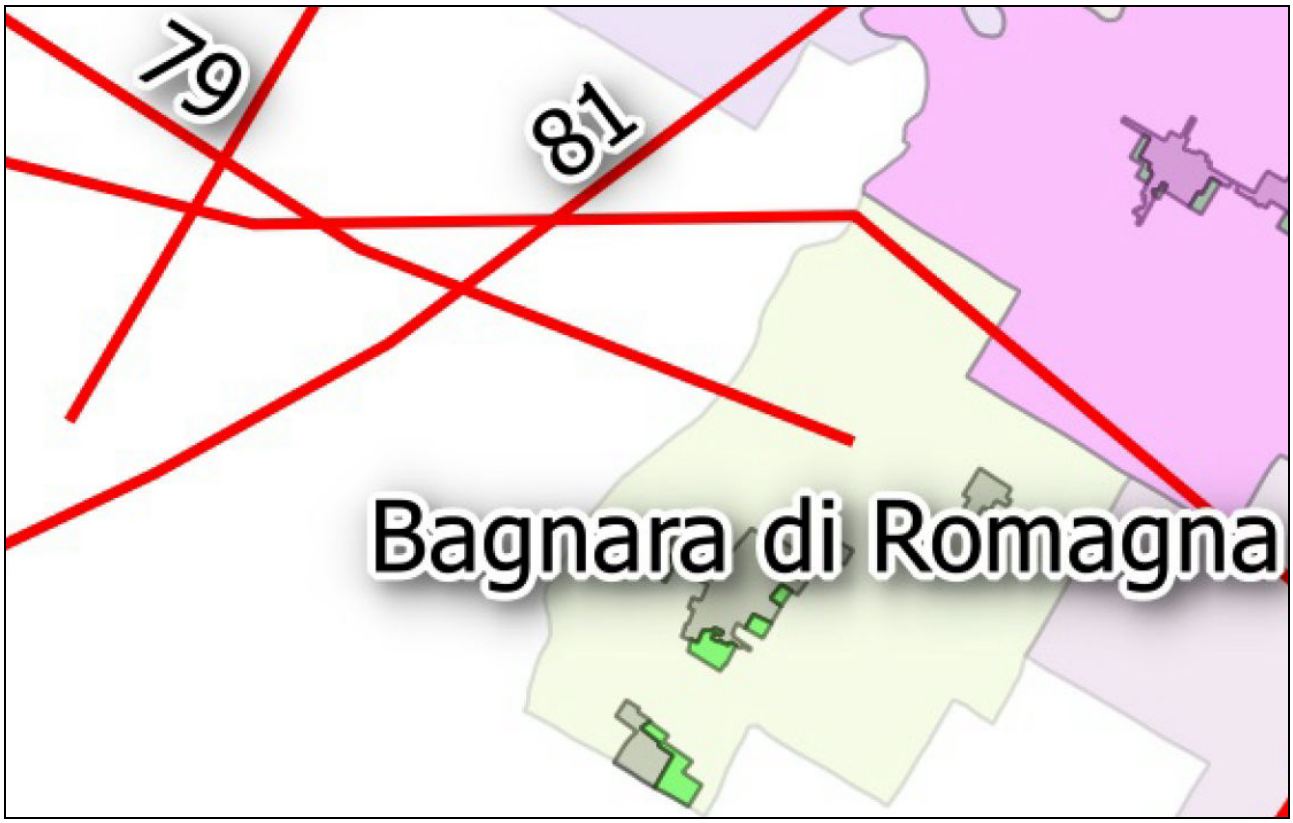
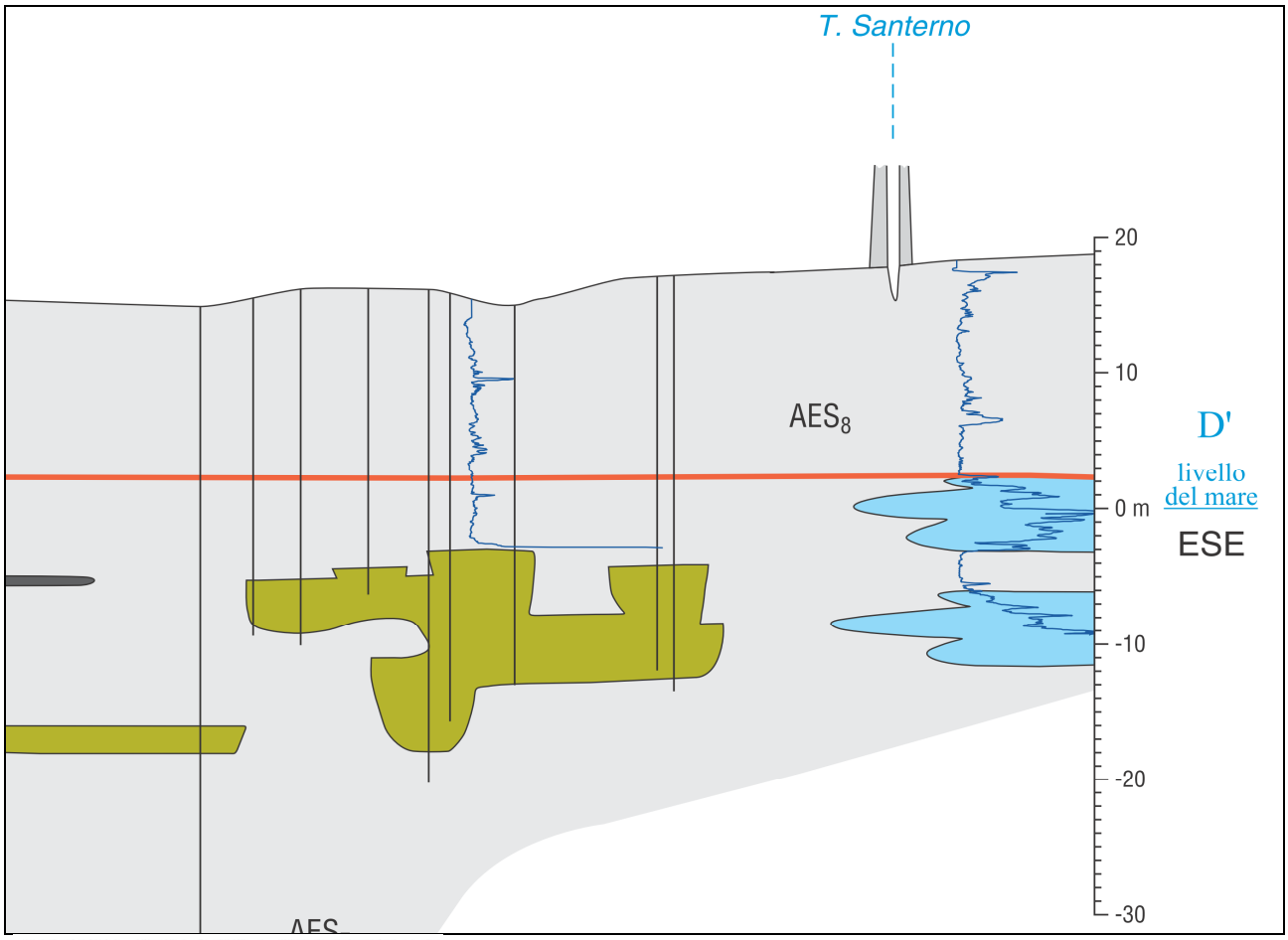


FIGURA 3.7 *– Ubicazione sezione*



SEZIONE GEOLOGICA SUPERFICIALE

CAROTAGGI

222 - S4 Carotaggio "Progetto CARG"

Profilo granulometrico del carotaggio

Indagini geognostiche della banca dati RER

Penetrometrie elettriche con o senza piezocono "Progetto CARG" (resistenza alla punta)

14.3 Età ^{14}C B.P. (in ka non calibrati)

Paleosuoli (non calcarei o scarsamente calcarei)

DEPOSITI ALLUVIONALI

Ghiaie di riempimento di canale fluviale

Sabbie di riempimento di canale e di rotta fluviale

Alternanze di sabbie, limi ed argille di tracimazione fluviale indefferenziata

Argille e limi con sostanza organica di palude

DEPOSITI DELTIZI, LITORALI E MARINI

Argille e limi con sostanza organica di palude-laguna

Sabbie di cordone litorale

Base del Subsintema di Ravenna - AES_8

Base del Subsintema di Villa Verucchio - AES_7

FIGURA 3.8 *– Sezione 79*

Tavola 2 - Carta Geologico Tecnica

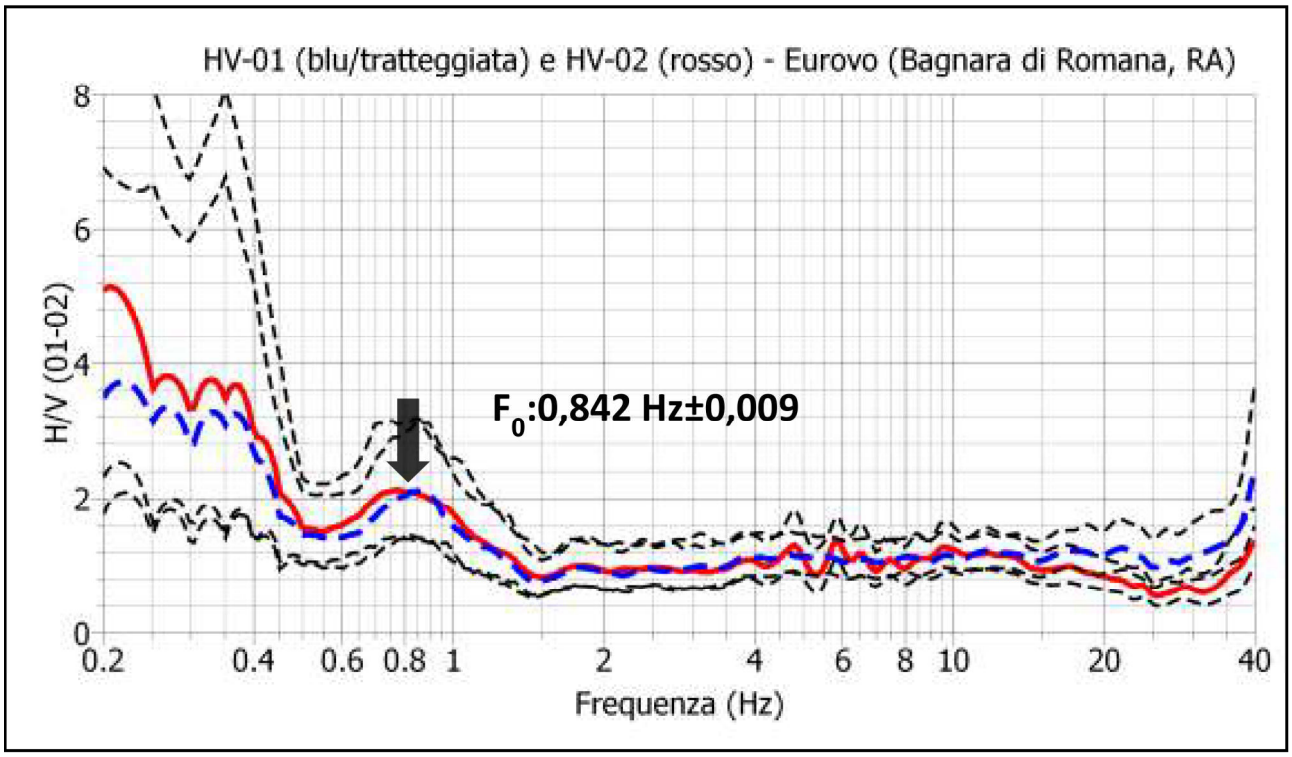
Scala 1:5000

CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

A tal proposito è stata redatta la ***Tavola 3 - Carta delle frequenze naturali del terreno f_0*** allegata a questa relazione.

Sono state dunque realizzate all'interno dell'ambito n. 2 indagini geofisiche a stazione singola HVSR.

Si riporta successivamente in FIGURA 3.9 un grafico con la media dei rapporti spettrali (H/V) delle due prove effettuate in campo libero (H/V-01) e (H/V-02). La frequenza di risonanza fondamentale con rapporto H/V medio di 2,1, tipica dei siti investigati è denominata F0, risulta essere pari a **0,842 Hz** (periodo di risonanza medio: 1,188 secondi). Questo valore suggerisce la presenza di una discontinuità elastica collocata a circa 123±5 m come risulta dal modello sismico di Vs ricavato dalla prova ESAC.

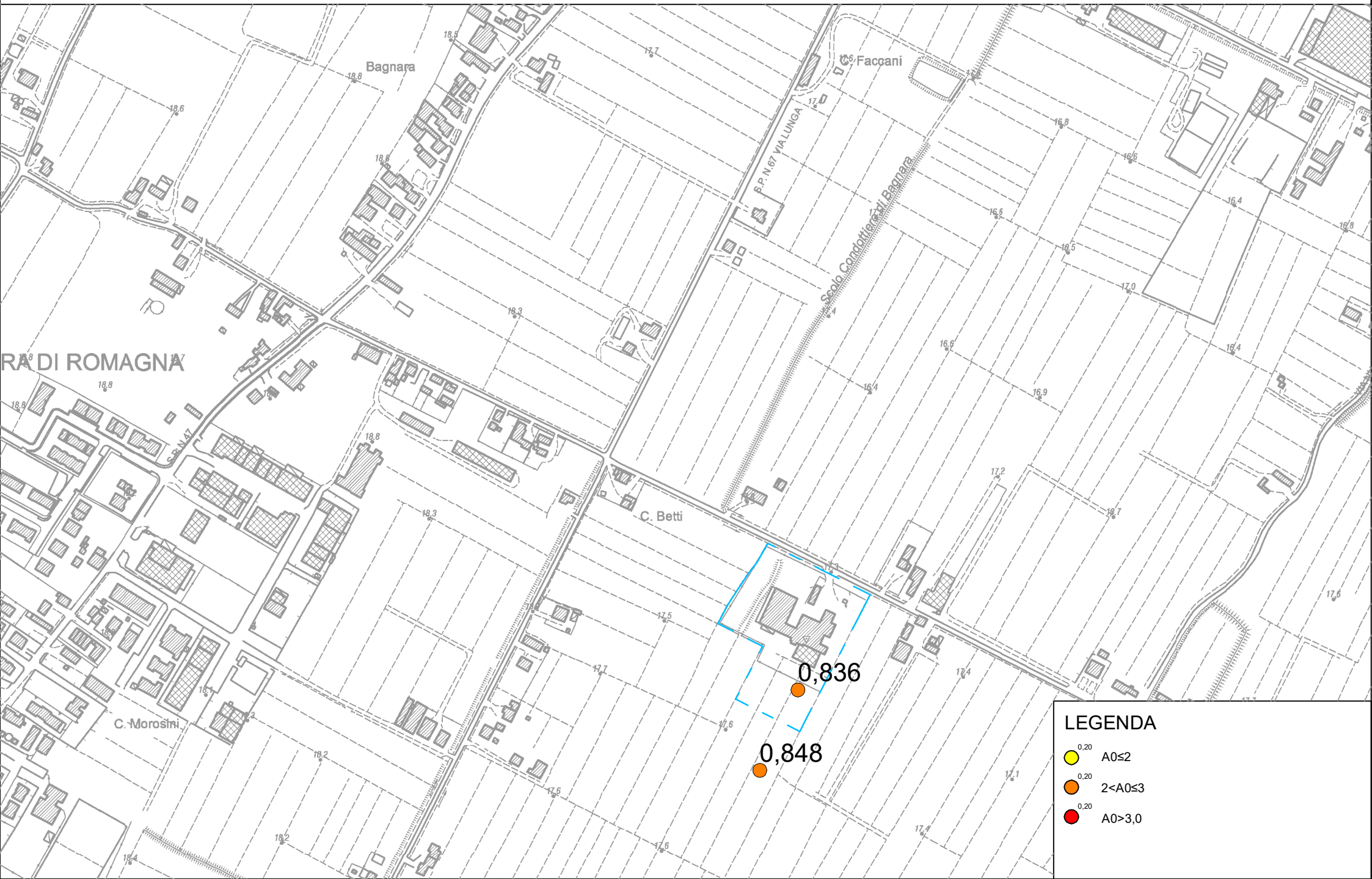


prova H/V	Frequenza (Hz)	Valore Frequenza	Periodo T_0(sec)	Ampiezza (A)
Località: (Eurovo), Comune: Bagnara di Romagna (RA)				
01*	F_0	0, 836±0, 008	**1,196**	**2,1**
02*	F_0	0, 848±0, 009	**1,179**	**2,1**
media	F_0	**0,842±0,009***	**1,188***	**2,1***
***prova effettuata in campo libero.**				

FIGURA 3.9 *- grafico con la media dei rapporti spettrali (H/V) delle due prove effettuate in campo libero (H/V-01) e (H/V-02).*

Tavola 3 - Carta delle frequenze naturali del terreno f_0

Scala 1:5000



CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI – MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

A tal proposito è stata redatta la ***Tavola 4 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica MOPS*** allegata a questa relazione.

Questa cartografia indica le aree in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari. La carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e delle valutazione dei dati litostratigrafici è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, liquefazione, ecc…).

L'area allo studio è stata classificata come Zona instabile, suscettibile di potenziale liquefazione per via della presenza di livelli sabbiosi saturi compresi tra -13m e -17m dal p.c., inoltre l'area è soggetta ad amplificazione stratigrafica del moto sismico.

Tavola 4 - Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica

Scala 1:5000

4. SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il secondo livello di approfondimento ha le seguenti finalità:

- la verifica delle condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento e conferma o eventuale nuova perimetrazione delle aree in cui effettuare la micro zonazione sismica;
- la suddivisione dettagliata del territorio in base all'amplificazione attesa;
- la conferma o migliore definizione delle aree, indicate dal livello di approfondimento precedente, in cui si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello e indicazione delle indagini e analisi da effettuare.

Per questo livello di approfondimento sono stati prodotti i seguenti elaborati cartografici:

- Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)

CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S (Vs)

A tal proposito è stata redatta la ***Tavola 5 - Carta delle velocità delle onde di taglio S*** allegata a questa relazione.

Questa carta è stata realizzata sulla base della misura diretta rilevata mediante la realizzazione di una prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono sismico SCPTU1 con *rif. U91-19*, spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c. e sulla base della prova E.S.A.C. fatta eseguire ed interpretata dalla Società TeamGeofisica.CEG srl del dott. Nasser Abu Zeid.

Il valore di Vs_{30} risultante dalla lettura dei tempi di arrivo delle onde S alla profondità di 30,00 m da p.c. è di 227 m/s per la SCPTU1 (**FIGURA 3.11**) e di 224 m/sec per la ESAC (**FIGURA 3.10**).

Sismo-strato	Velocità (m/s)	Profondità letto (m)	Spessore (m)	hi/vi	
1	215	2.5	2.5	0.011628	
2	214.7	5.1	2.6	0.01211	
3	213.2	7.8	2.7	0.012664	
4	210.2	10.6	2.8	0.013321	
5	216.2	13.4	2.8	0.012951	
6	214	16.3	2.9	0.013551	
7	222.8	19.3	3	0.013465	
8	233.3	22.4	3.1	0.013288	
9	245.3	25.5	3.1	0.012638	
10	245.4	28.7	3.2	0.01304	
11	258.7	30	1.3	0.005025	
				0.13368	
			Vs30	224.42	m/sec

FIGURA 3.10 *- ESAC*

DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE - Via Roma, 10 44021 CODIGORO (Ferrara)

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
PROVA DOWN HOLE SCPTU

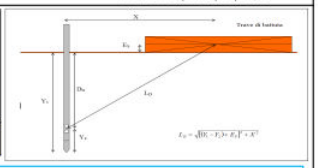
RIF. PROVA:	CPTU n°:
U91-19	CPTU1

COMMITTENTE: Eurovo s.r.l.
CANTIERE: via Trupatello 7, Bagnara di Romagna (Ra)
DATA: 10/12/2019

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,70
PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,20
PREFORO (m da p.c.): 0,00

Peso mazza battente:	5Kg
Ricevitore Down Hole:	G1-cpl2IN
Equipaggiamento di registrazione:	D1-SISMI USB
Distanza centro sorgente-verticale X:	0,25 m
Distanza punta-accelerometro Y_2:	0,20 m

Vs_{30}= 227 m/sec Categoria suolo di fondazione = C



Distanza corretta L_D punta elettrica	Tempo di arrivo onda S (millisecondi)	Velocità onde S dello strato (m/sec)
0,000		
0,838		185
1,817	9,836	
2,811	15,033	191
3,808	20,902	170
4,807	26,377	182
5,805	31,967	179
6,805	36,892	203
7,804	41,393	222
8,804	45,844	225
9,803	50,846	200
10,803	55,388	220
11,803	60,246	206
12,802	64,852	217
13,802	69,172	231
14,802	72,867	271
15,802	76,429	281
16,802	80,361	254
17,802	84,936	219
18,802	89,297	229
19,802	92,993	271
20,802	96,482	287
21,801	100,410	255
22,801	104,978	219
23,801	109,426	225
24,801	112,975	282
25,801	116,964	251
26,801	120,451	287
27,801	123,831	296
28,801	127,656	261
29,801	131,967	232

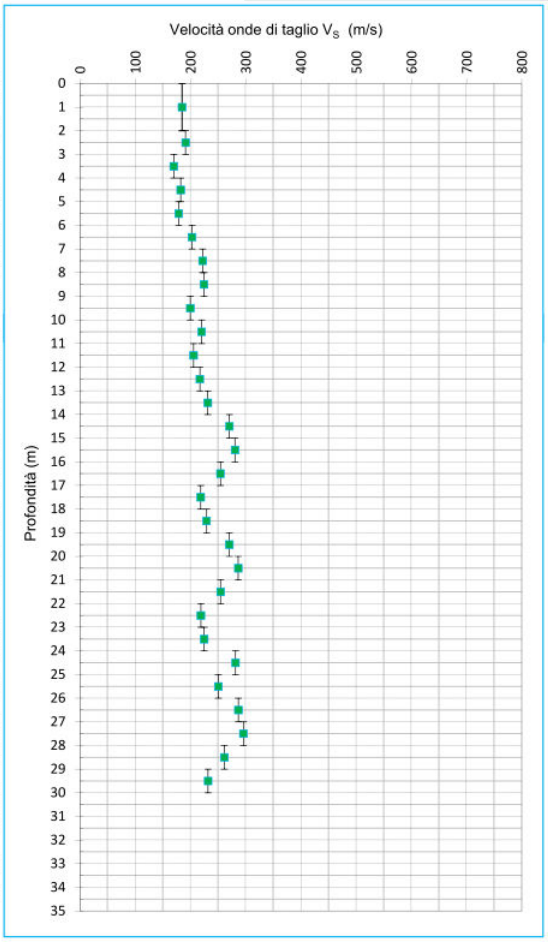
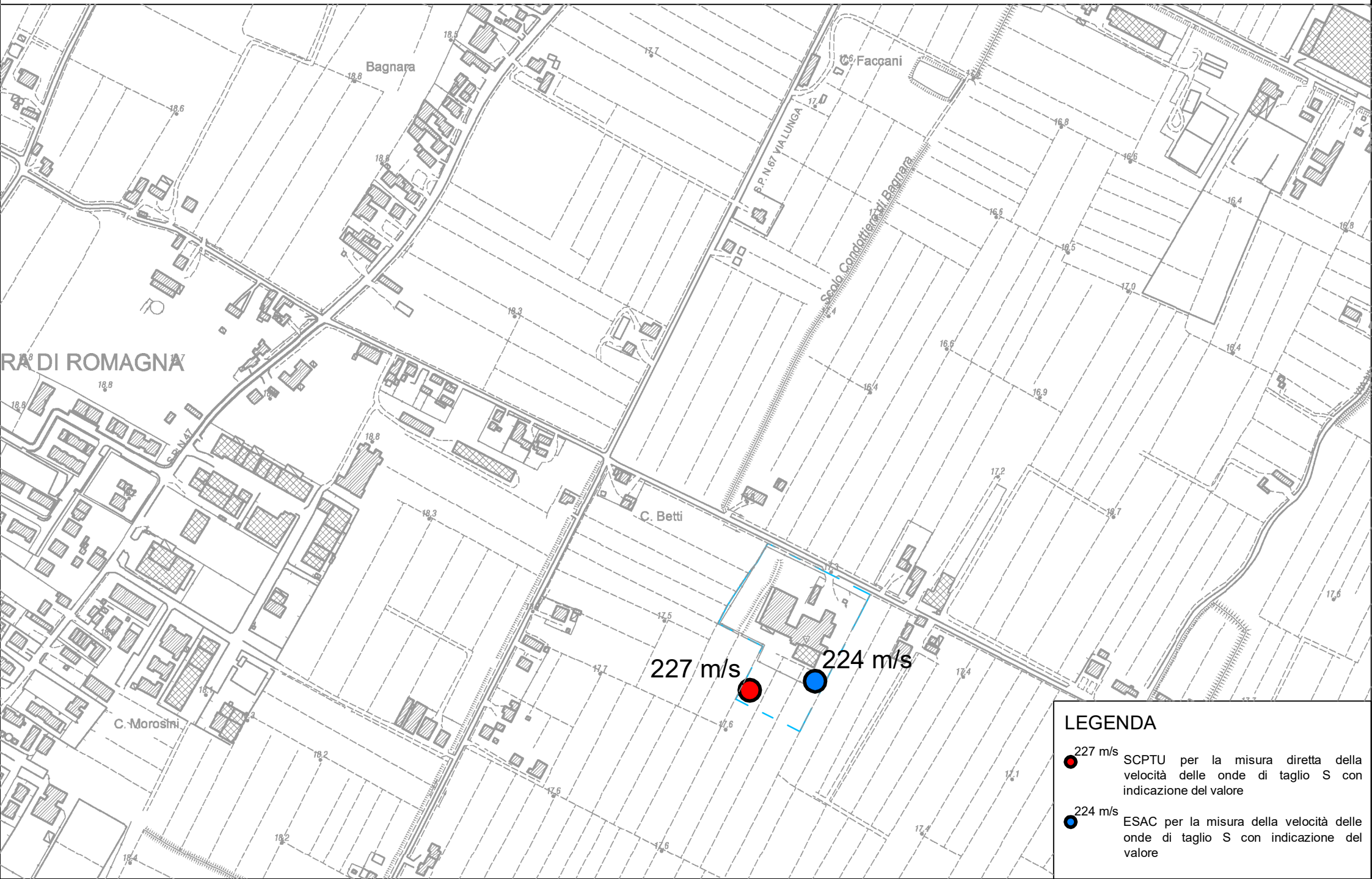


FIGURA 3.11 - SCPTU1

Tavola 5 - Carta della velocità delle onde di taglio S

Scala 1:5000



5. TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Per il terzo livello di approfondimento è stata eseguita una analisi di risposta sismica locale R.S.L. sito specifica finalizzata a valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale delle aree instabili e potenzialmente instabili e di quelle soggette a liquefazione, individuate attraverso il primo livello di analisi nella cartografia delle aree suscettibili di effetti locali.

Per questo livello di approfondimento sono stati prodotti i seguenti elaborati cartografici:

- Carte di microzonazione sismica di terzo livello:
  - Carta dei Fattori di Amplificazione - FA_{PGA}
  - Carta dei Fattori di Amplificazione – FA_{SA1} 0,1s≤T≤0,5s
  - Carta dei Fattori di Amplificazione – FA_{SA2} 0,4s≤T≤0,8s
  - Carta dei Fattori di Amplificazione – FA_{SA3} 0,7s≤T≤1,1s
  - Carta dei Fattori di Amplificazione – FA_{SA4} 0,5s≤T≤1,5s
  - Carta dei Fattori di Amplificazione – FA_{SI1} 0,1s≤T≤0,5s
  - Carta dei Fattori di Amplificazione – FA_{SI2} 0,5s≤T≤1,0s
  - Carta dei Fattori di Amplificazione – FA_{SI3} 0,5s≤T≤1,5s
  - Carta della distribuzione sul territorio dei valori di H_{SM} 0,1s≤T≤0,5s
  - Carta della distribuzione sul territorio dei valori di H_{SM} 0,4s≤T≤0,8s
  - Carta della distribuzione sul territorio dei valori di H_{SM} 0,7s≤T≤1,1s
  - Carta della distribuzione sul territorio dei valori di H_{SM} 0,5s≤T≤1,5s
  - Carta dell'indice di liquefazione Ipl

CARTE DI MICROZONAZIONE SISMICA DI TERZO LIVELLO

A tal proposito sono state redatte le carte: ***Tavola 6 - Carta di microzonazione sismica di terzo livello F.A.$_{P.G.A.}$***, la ***Tavola 7 - Carta di microzonazione sismica di terzo livello F.A.$_{S.A.1}$***, la ***Tavola 8 - Carta di microzonazione sismica di terzo livello F.A.$_{S.A.2}$***, la ***Tavola 9 - Carta di microzonazione sismica di terzo livello F.A.$_{S.A.3}$***, la ***Tavola 10 - Carta di microzonazione sismica di terzo livello F.A.$_{S.A.4}$***, la ***Tavola 11 - Carta di microzonazione sismica di terzo livello F.A.$_{S.I.1}$***, la ***Tavola 12 - Carta di microzonazione sismica di terzo livello F.A.$_{S.I.2}$***, la ***Tavola 13 - Carta di microzonazione sismica di terzo livello F.A.$_{S.I.3}$***, la ***Tavola 14 - Carta della distribuzione sul territorio dei valori di HSM 0,1s≤T≤0,5s***, la ***Tavola 15 - Carta della distribuzione sul territorio dei valori di HSM 0,4s≤T≤0,8s***, la ***Tavola 16 - Carta della distribuzione sul territorio dei valori di HSM 0,7s≤T≤1,1s***, la ***Tavola 17 - Carta della distribuzione sul territorio dei valori di HSM 0,5s≤T≤1,5s***, allegate a questa relazione.

Per lo studio di terzo livello è stata realizzata una analisi di risposta sismica locale sito specifica allegata a questa relazione.

Attraverso questo studio specifico sono stati calcolati tutti i fattori di amplificazione nei diversi intervalli di periodo con tempi di ritorno TR = 475 anni e con smorzamento ζ = 5% in termini di PGA, SA1, SA2, SA3, SA4, SI1, SI2, SI3, e dello scuotimento in accelerazione (cm/s^2) atteso per gli intervalli di periodi 0,1s≤T≤0,5 (H_{SM}), 0,4s≤T≤0,8s (H_{04-08}), 0,7s≤T≤1,1s (H_{07-11}) e 0,5s≤T≤1,5s (H_{05-15}).

Successivamente si riporta una in Tabella 5.1 una sintesi con i valori dei fattori di amplificazione e HSM calcolati attraverso l'analisi di risposta sismica locale R.S.L. e il confronto con quelli da abaco per PIANURA 3 secondo il *Decreto della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 476/2021*.

Per i dettagali del calcolo si faccia riferimento alla relazione allegata, contenente la Risposta Sismica Locale.

Bagnara di Romagna	Prov. Ravenna					
latitudine:	44.389964	Coordinate WGS84				
longitudine:	11.840444			PIANURA 3		PIANURA 2
	ΔT (sec)	Fattori di amplificazione da RSL		Fattori di amplificazione da D.G.R. 476/2021		Fattori di amplificazione da D.G.R. 476/2021
FA SA1	0.1-0.5	1,39		1.30		1.80
FA SA2	0.4-0.8	2,17		2.00		2.70
FA SA3	0.7-1.1	2.41		2.40		3.20
FA SA4	0.5-1.5	2,32		2.30		3.10
PGA/PGAo		1.39		1.30		1.70
PGAo		0,194				
PGA		0,269				
SI1	0.1-0.5	1,33		1.50		2.00
SI2	0.5-1.0	2,18		2.20		3.00
SI3	0.5-1.5	2,24		2.40		3.30
		VALORE DA RSL		VALORE DA ABACO RER		
Hsm	0.1-0.5	551	cm/sec^2	554	cm/sec^2	
Hsm	0.4-0.8	517	cm/sec^2			
Hsm	0.7-1.1	370	cm/sec^2			
Hsm	0.5-1.5	358	cm/sec^2			

Tabella 5.1 *- sintesi con i valori dei fattori di amplificazione e HSM calcolati attraverso l'analisi di risposta sismica locale R.S.L. e il confronto con quelli da abaco per PIANURA 3*

Nella **FIGURA 5.1** viene mostrata la griglia delle accelerazioni al bedrock, secondo il *Decreto della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 476/2021,* con i nodi più prossimi al sito allo studio. In via conservativa viene preso in considerazione il nodo conl'accelerazione più alta più vicino al sito allo studio. Il Valore di accelerazione al bedrock nel sito in esame è quindi pari a 0,199g.

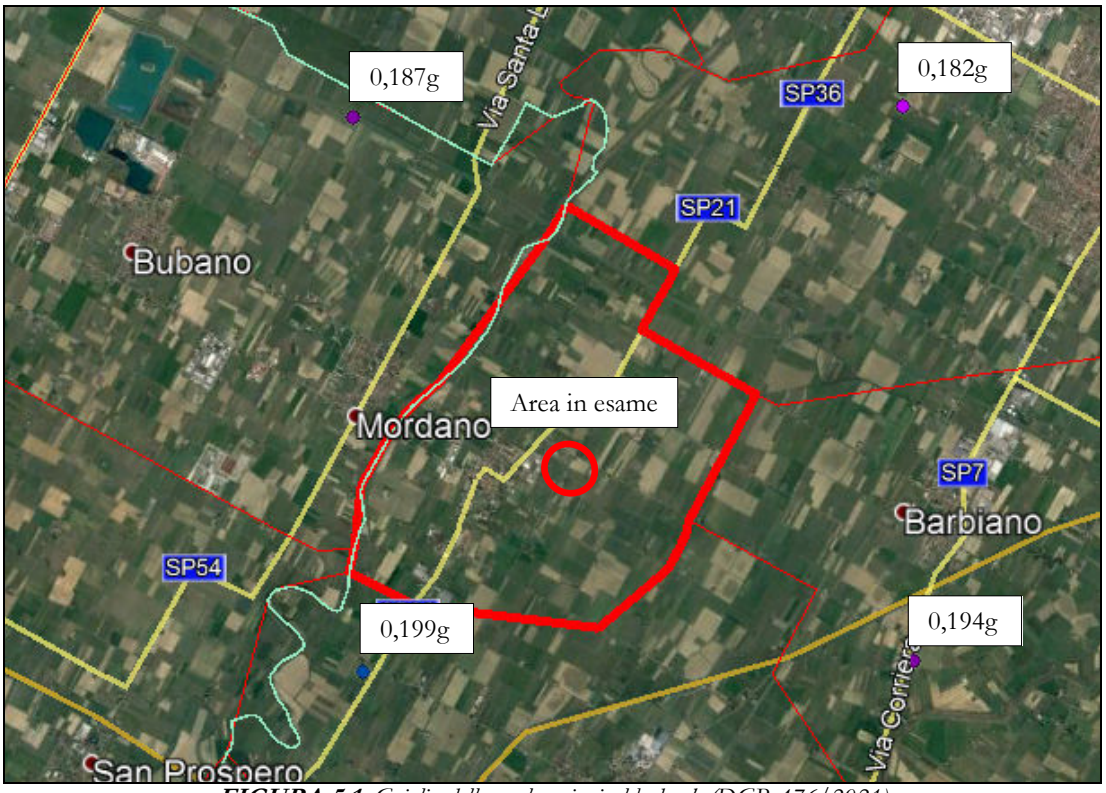


FIGURA 5.1*- Griglia delle accelerazioni al bedrock (DGR 476/2021)*

Secondo l'approccio semplificato da *Decreto della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 476/2021*, il sito allo studio è collocato in PIANURA 3, come si evince anche dalla prova geofisica ESAC eseguita in sito, che mostra come il bedrock sismico si trovi a profondità di circa 360 m.

Nella **FIGURA 5.2** si riporta una mappa raffigurante tutta la Regione con l'ubicazione del comune di Bagnara di Romagna in cui si può osservare come sia posto in PIANURA 2 ma comunque in una zona al passaggio con PIANURA 3. Si riportano entrambi gli abachi regionali, per confrontarli poi con i dati emersi dalla analisi della risposta sismica locale.

Le due misure di Vs_{30} eseguite sono di 224 m/sec e di 227 m/s, facendo ricadere il sito in entrambe le colonne che vanno da 175 m/sec a 255 m/sec e da 225 m/sec a 275m/sec.:

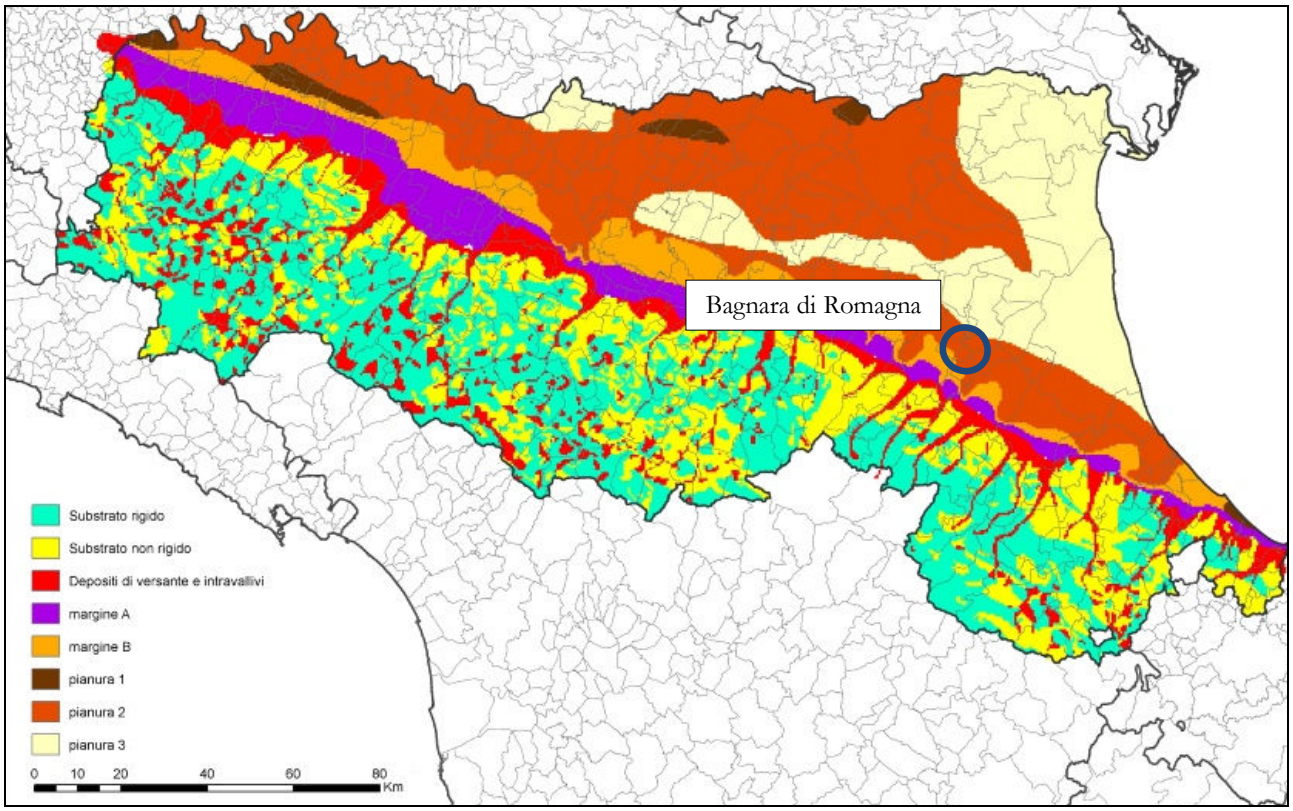


FIGURA 5.2 *– Mappa delle Macrozone degli Ambienti-Geologicomorfologici R.E.R.*

PIANURA 2: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.;

Vs_{30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

Vs_{30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,7	2,7	2,4	2,1	1,9	1,8
SA3	3,3	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1
SA4	3,3	3,1	2,7	2,4	2,1	1,9

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

Vs_{30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	3,1	3,0	2,7	2,4	2,1	2,0
SI3	3,6	3,3	2,9	2,5	2,2	2,0

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

PIANURA 3: settore di pianura caratterizzato da elevati spessori di sedimenti prevalentemente fini e poco consolidati, alternanze di limi, argille e sabbie di ambiente alluvionale e transizionale, con substrato rigido a profondità non inferiore a 300 m da p.c.;

Vs_{30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,3	1,3	1,3			

Fattore di Amplificazione **PGA**

Vs_{30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,3	1,3	1,3			
SA2	2,1	2,1	2,0			
SA3	2,5	2,5	2,4			
SA4	2,4	2,4	2,3			

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

Vs_{30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,5	1,5	1,5			
SI2	2,3	2,3	2,2			
SI3	2,6	2,6	2,4			

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

Il fattore di amplificazione F.A., secondo D.G.R. 476/2021, derivato dal rapporto tra la P.G.A. in superficie e quella al bedrock per valori di Vs_{30} di 227 m/s è pari a 1,30 per Pianura 3 e 1,7 per Pianura 2.

Lo spettro che si può ricavare da quello normalizzato fornito dal D.G.R. 476/2021 è il seguente:

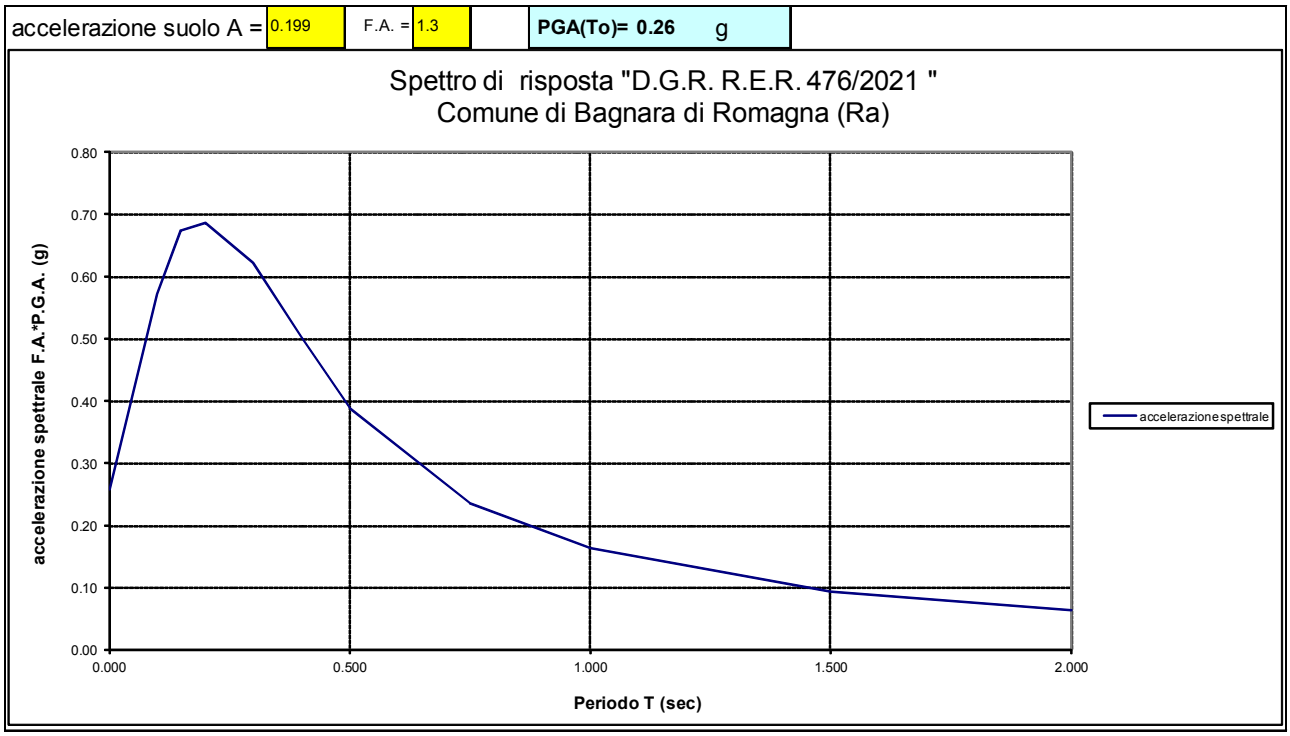


***FIGURA 5.3** – Spettro di risposta D.G.R. 476/2021*

È stata prodotta anche la carta della distribuzione sul territorio dei valori di H_{SM}, che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazionein cm/s²), dato dal prodotto del parametro Acceleration Spectrum Intensity (ASI_{UHS}), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi 0,1s≤T≤0,5s, diviso per ΔT (in questo caso pari a 0,4s) e moltiplicato per il fattore diamplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi:

$$H_{SM} = \frac{ASI_{UHS}}{\Delta T} \times FA$$

Per l'area allo studio è stato scelto il valore di ASI_{UHS} / ΔT del nodo della griglia INGV più prossimo al sito, rappresentato in **FIGURA 5.4** dal valore 426,25.

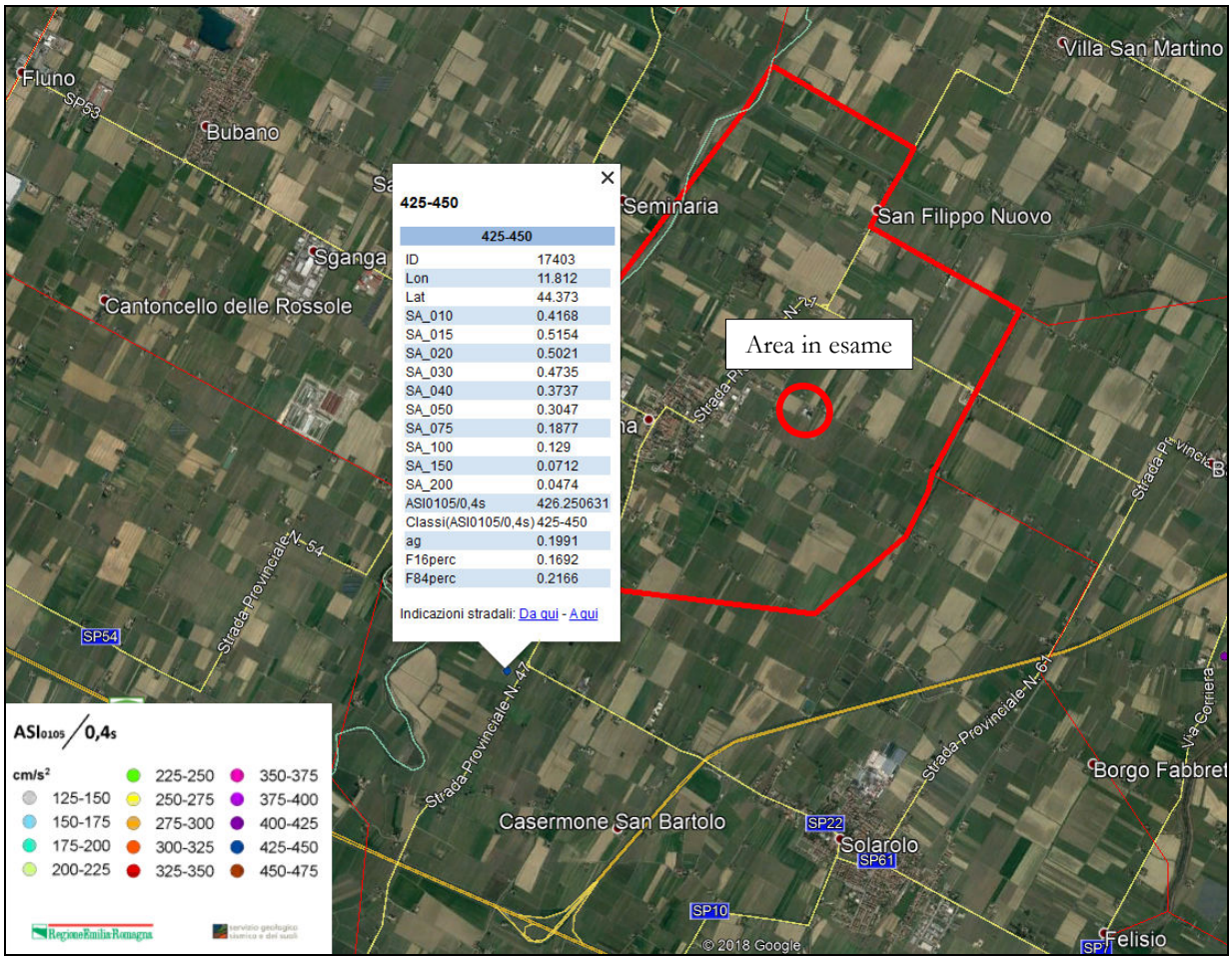


FIGURA 5.4– *Nodo della griglia INGV più prossimo al sito*

Il valore di H_{MS} del sito allo studio è pari a:

$$H_{MS} = 426{,}25 \times 1{,}3 = 554{,}12 \text{ cm/sec}^2$$

Il rischio sismico per strutture che hanno periodi compresi tra 0,1sec e 0,5sec è dunque ***"moderato"***.

Per convenzione nella microzonazione sismica si studiano edifici con periodo compreso tra 0,1sec e 0,5sec.

Table 1 - Possible thresholds for H_{SM} and others physical parameters.

seismic hazard	low-very low	moderate-low	moderate	high	very high
H_{SM} (cm/s²)	≤ 180	180 < H_{SM} ≤ 340	340 < H_{SM} ≤ 650	650 < H_{SM} ≤ 1240	> 1240
potential damage	none - very light	very light - moderate	moderate - heavy	heavy	very heavy
instrumental intensity	≤ VI	VII	VIII	IX	≥ X

Come si può osservare dalla tabella che segue, per tutti gli intervalli di periodo analizzati il rischio è moderato con danni potenziali attesi ma moderati a pesanti (per il calcolo degli Hsm nei diversi periodi si veda l'allegata relazione di Analisi di Risposta Sismica Locale).

		VALORE DA RSL		VALORE DA ABACO RER	
Hsm	0.1-0.5	551	cm/sec^2	554	cm/sec^2
Hsm	0.4-0.8	517	cm/sec^2		
Hsm	0.7-1.1	370	cm/sec^2		
Hsm	0.5-1.5	358	cm/sec^2		

Tavola 6 - Carta di microzonazione sismica livello 2 - Fa PGA

Scala 1:5000

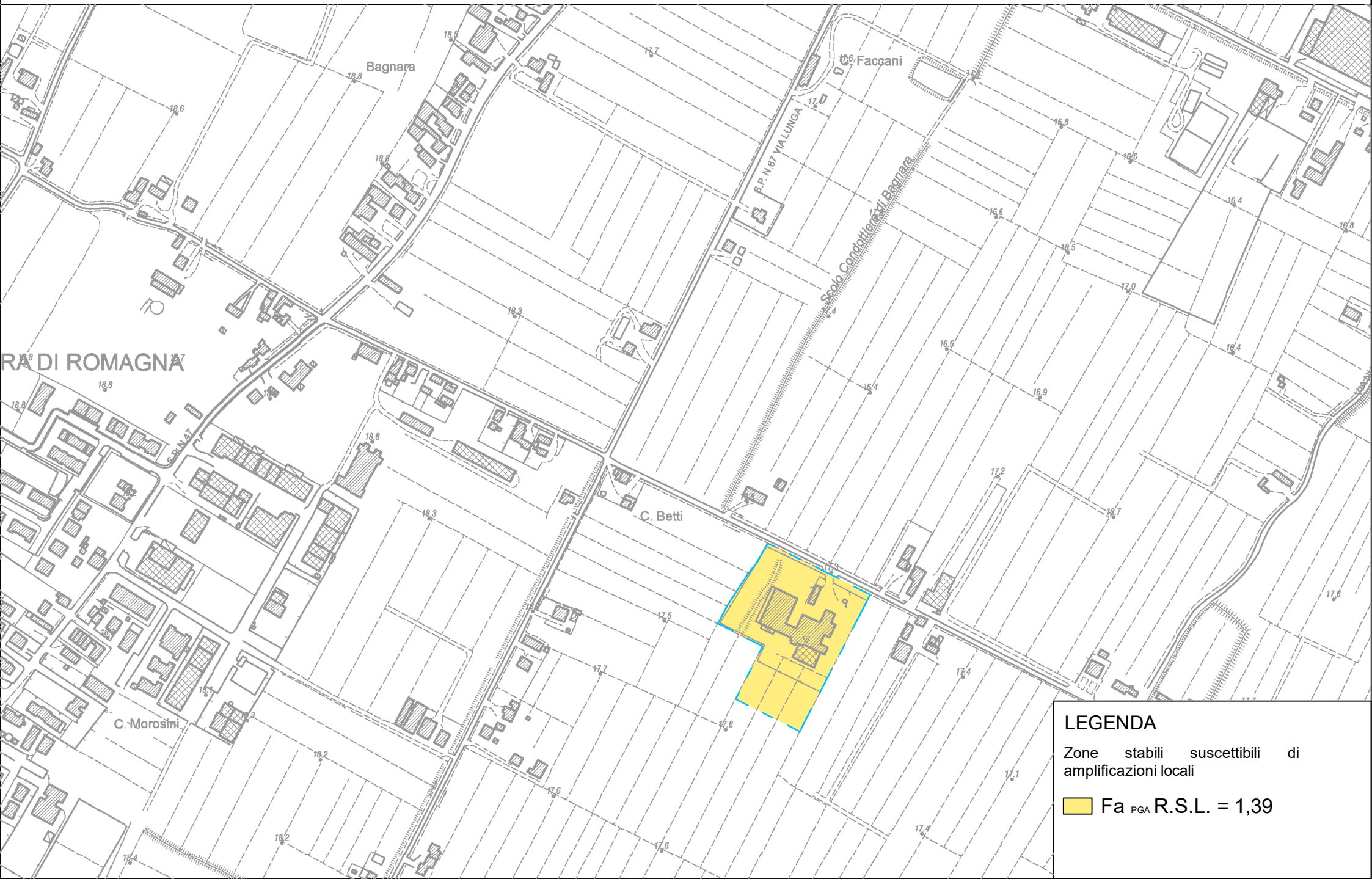


Tavola 7 - Carta di microzonazione sismica livello 2 - Fa_{SA1}

Scala 1:5000

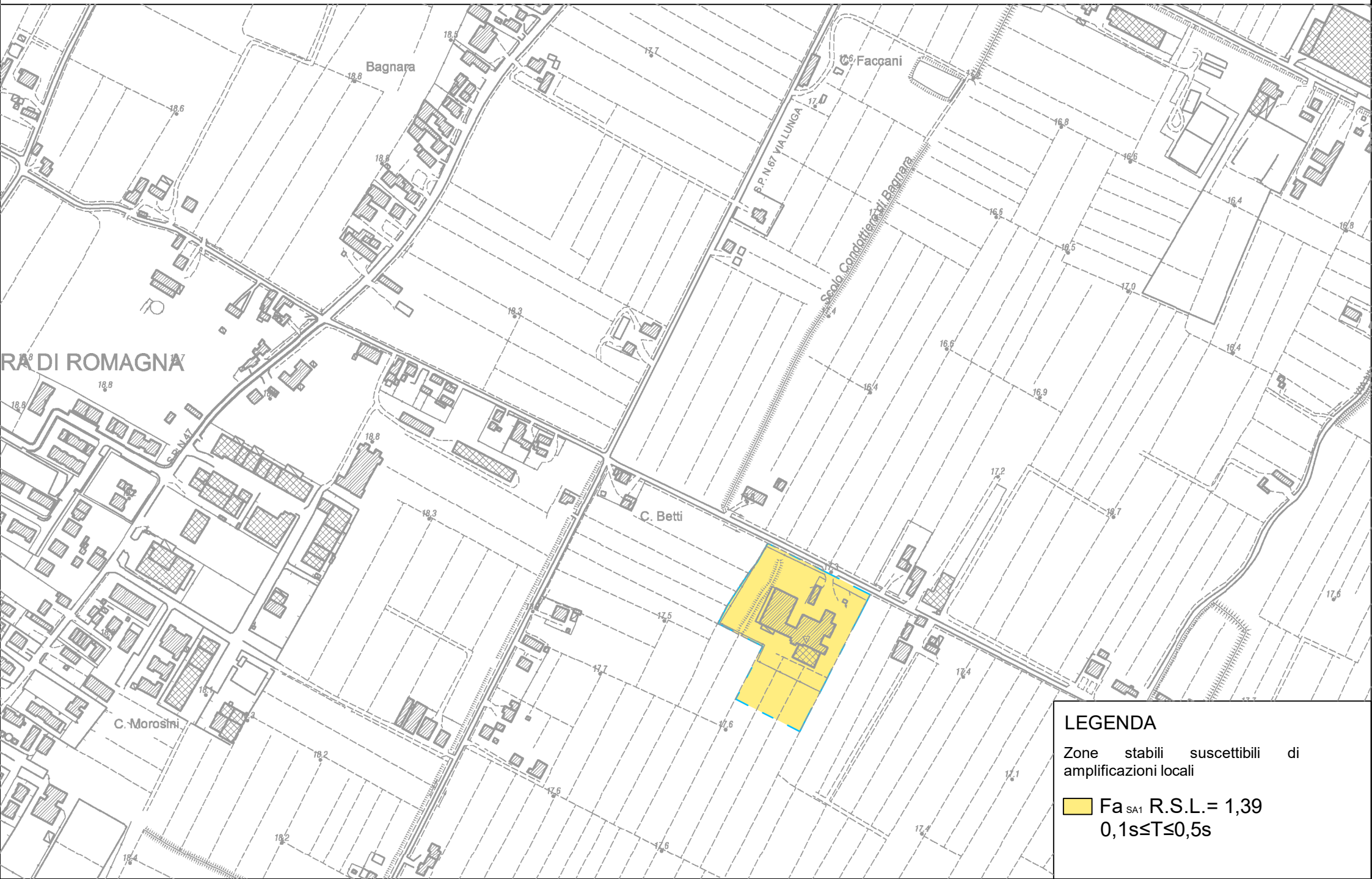


Tavola 8 - Carta di microzonazione sismica livello 2 - Fa_{SA2}

Scala 1:5000

Tavola 9 - Carta di microzonazione sismica livello 2 - Fa_{SA3}

Scala 1:5000

Tavola 10 - Carta di microzonazione sismica livello 2 - Fa_{SA4}

Scala 1:5000

Tavola 11 - Carta di microzonazione sismica livello 2 - Fa_{SI1}

Scala 1:5000

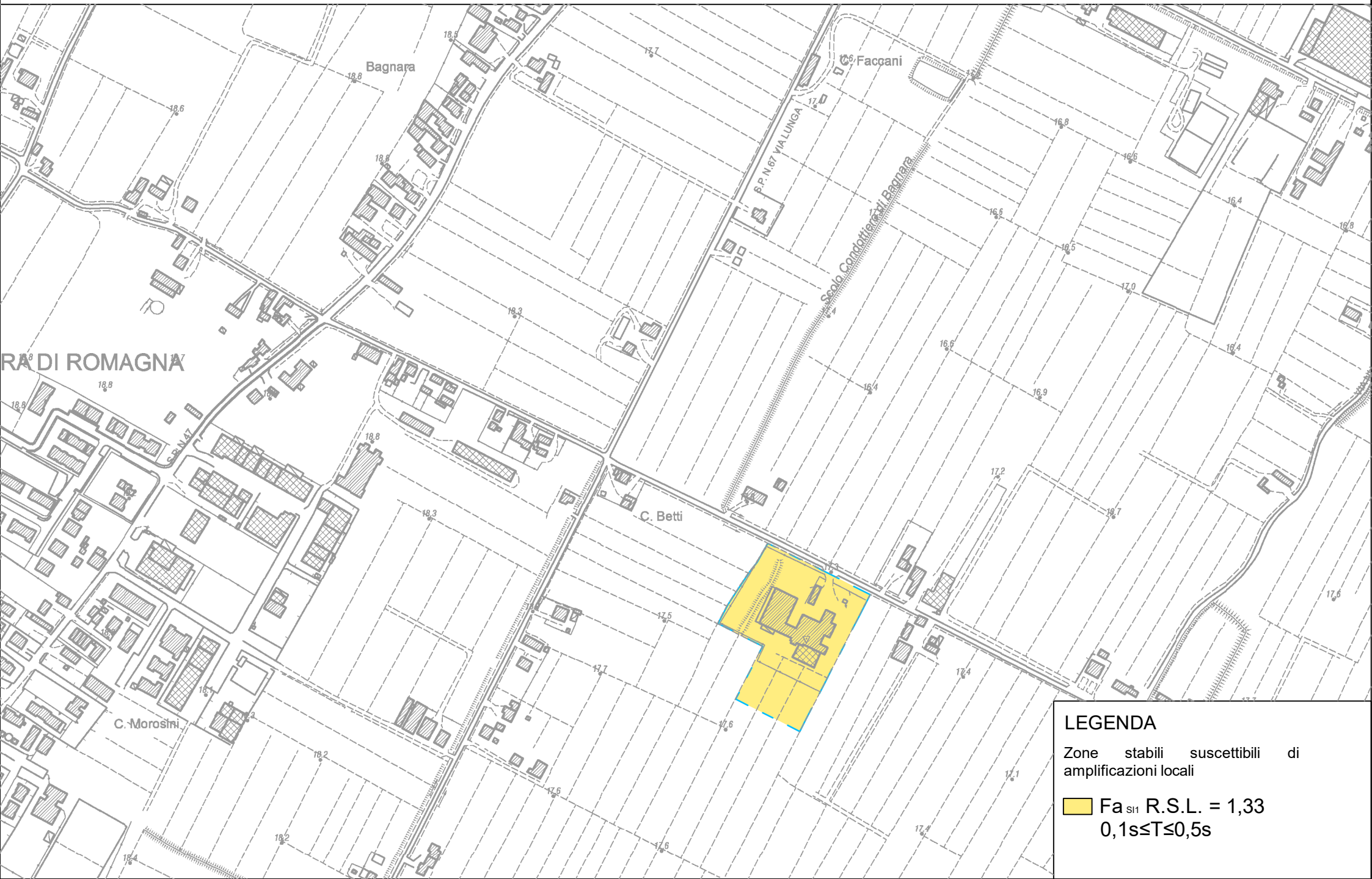


Tavola 12 - Carta di microzonazione sismica livello 2 - Fa_{SI2}

Scala 1:5000

Tavola 13 - Carta di microzonazione sismica livello 2 - Fa_{SI3}

Scala 1:5000

Tavola 14 - Carta della distribuzione sul territorio dei valori di $H_{SM\ 0.1\text{-}0.5}$ Scala 1:5000

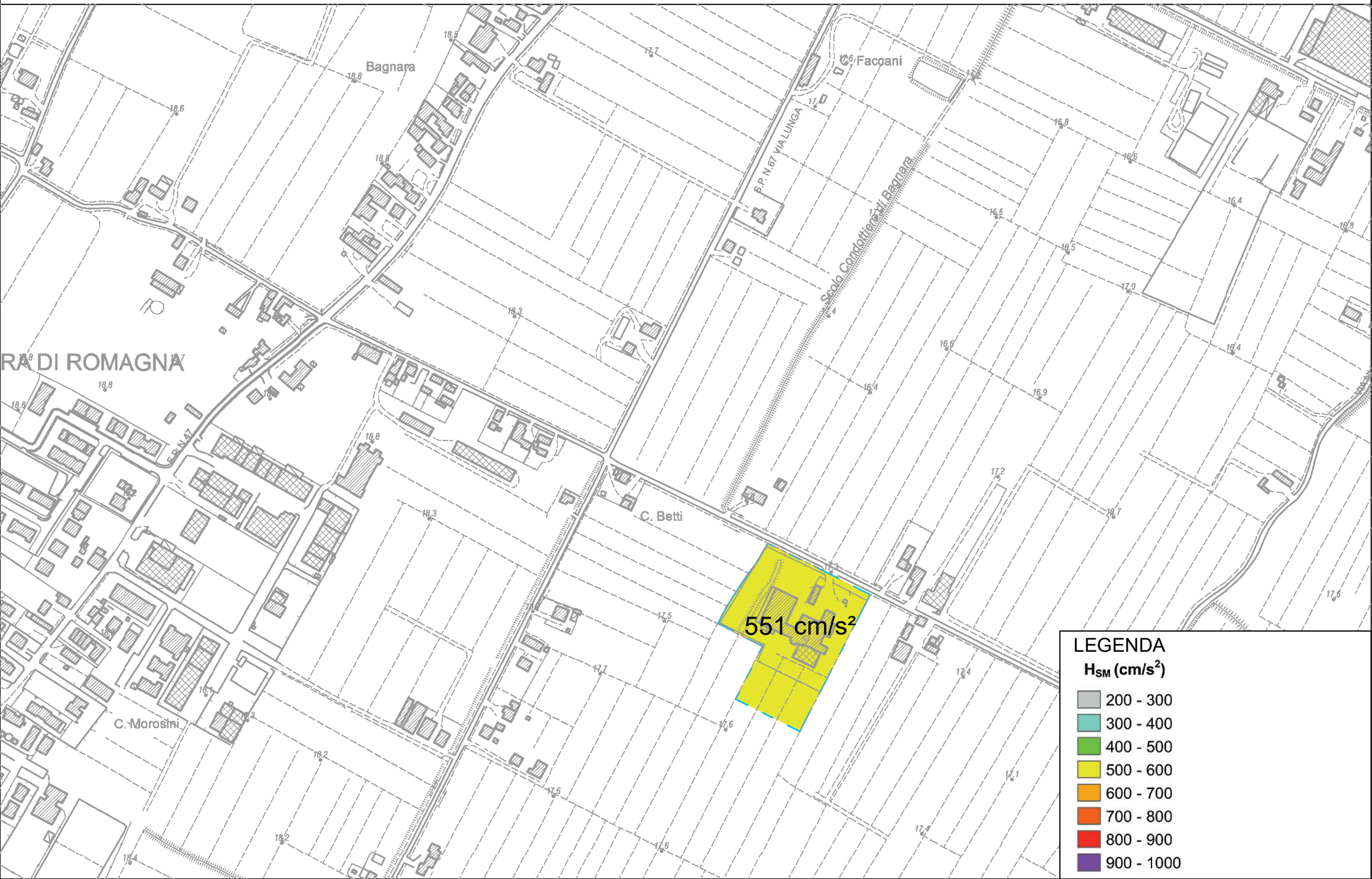


Tavola 15 - Carta della distribuzione sul territorio dei valori di $H_{SM\ 0.4\text{-}0.8}$ Scala 1:5000

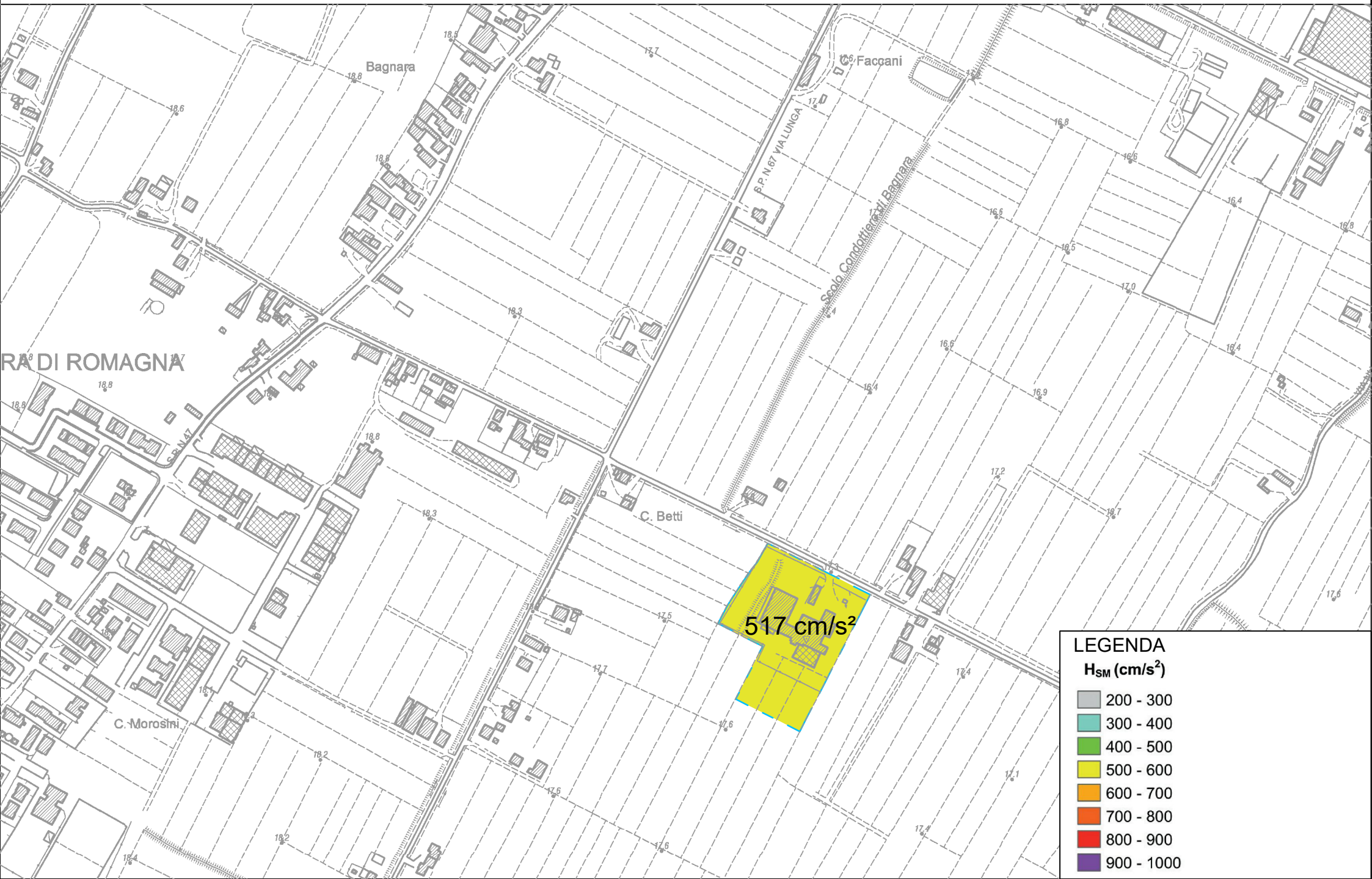


Tavola 16 - Carta della distribuzione sul territorio dei valori di $H_{SM\ 0.7\text{-}1.1}$ Scala 1:5000

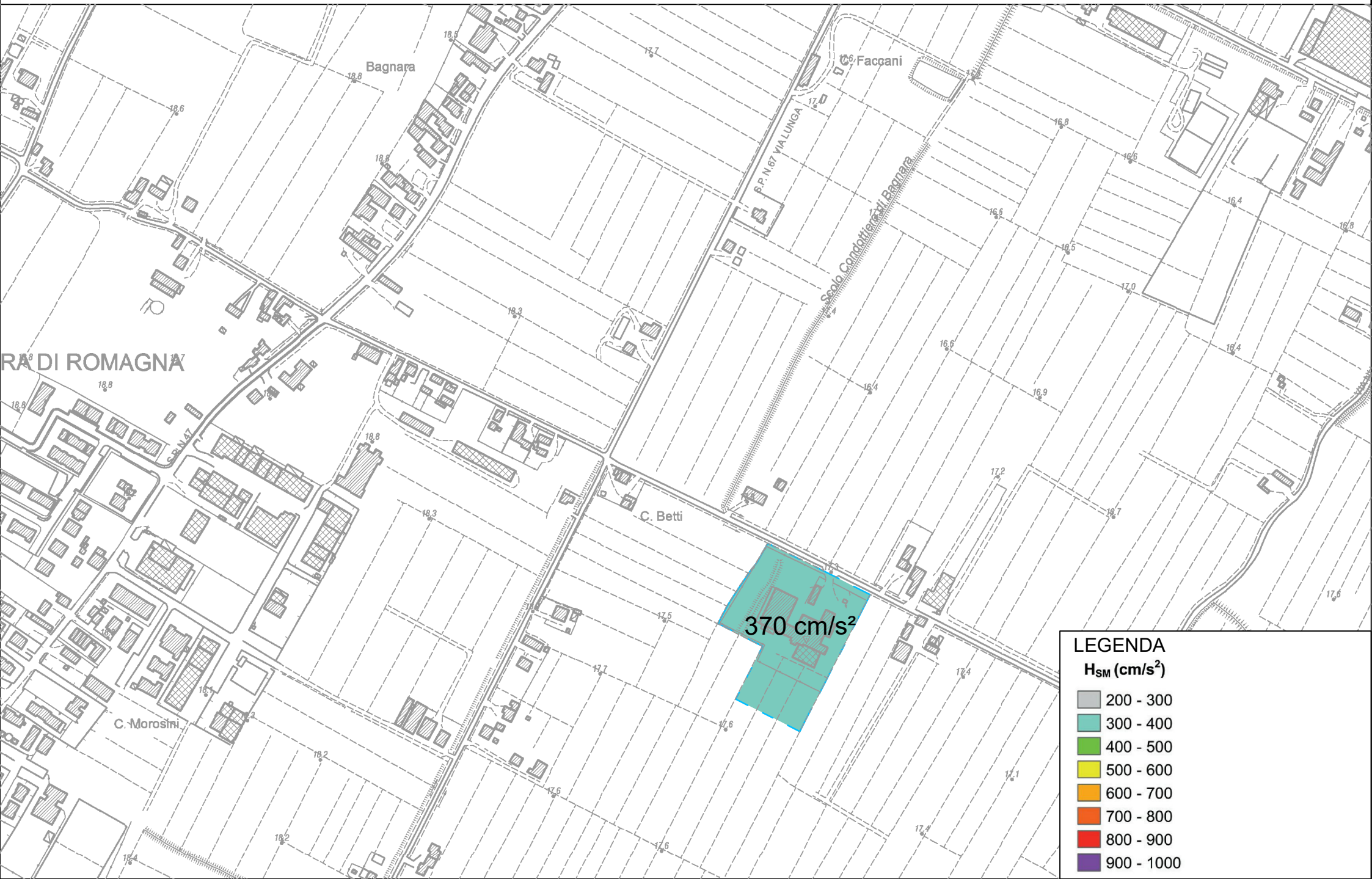
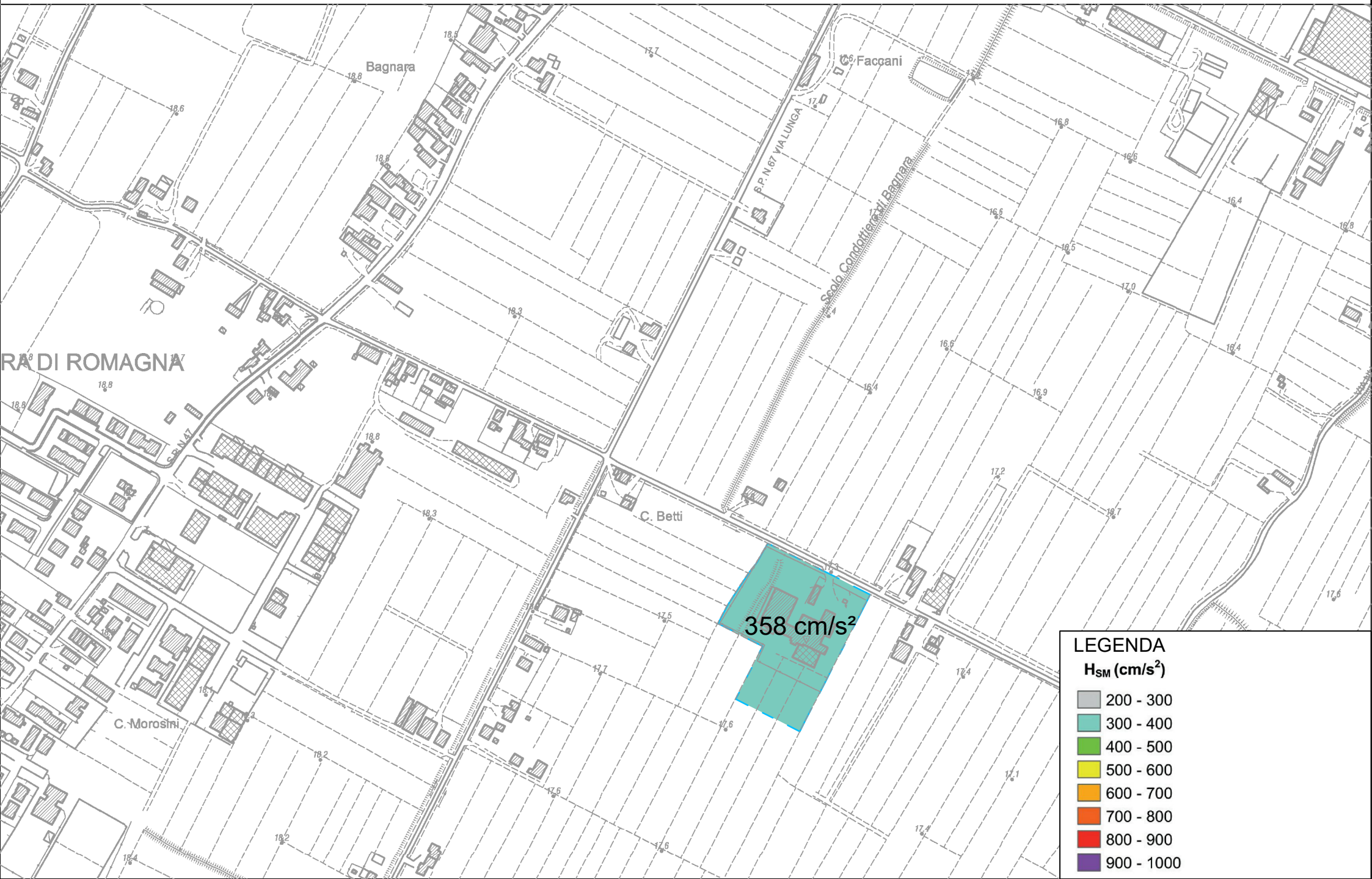


Tavola 17 - Carta della distribuzione sul territorio dei valori di $H_{SM\ 0.5\text{-}1.5}$ Scala 1:5000



CARTA DELL'INDICE DI LIQUEFAZIONE Ipl

A tal proposito è stata redatta la ***Tavola 18 – Carta dell'indice di Liquefazione Ipl*** allegata a questa relazione.

Questa carta dell'indice del potenziale di liquefazione è stata realizzata analizzando le 3 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU realizzate in sito e presenta un punto colorato per ogni verticale indagata, in funzione del valore del potenziale di liquefazione calcolato; inoltre per ogni indagine realizzata viene riportato il valore puntuale di I_{PL} calcolato con il metodo Robertson 2010.

L'indice del potenziale di liquefazione è un valore adimensionale che parte da 0 ed esprime il grado di pericolosità dovuto a liquefazione delle sabbie in caso di sisma. Sulla base dei valori di questo indice si esprime una diversa classificazione del potenziale di liquefazione (**Tabella 5.2**) indicata con diversi colori in carta, come riportato da D.G.R. 476 del 2021 della Regione Emilia Romagna.

Indice del Potenziale di Liquefazione I_L	Classificazione D.G.R. 630 del 2019	Colori nella carta
0,00	*Rischio di liquefazione nullo*	
0,00 ≤ 2,00	*Rischio di liquefazione basso*	
2,00 ≤ 5,00	*Rischio di liquefazione moderato*	
5,00 ≤ 15,00	*Rischio di liquefazione alto*	
≥15,00	*Rischio di liquefazione molto alto*	

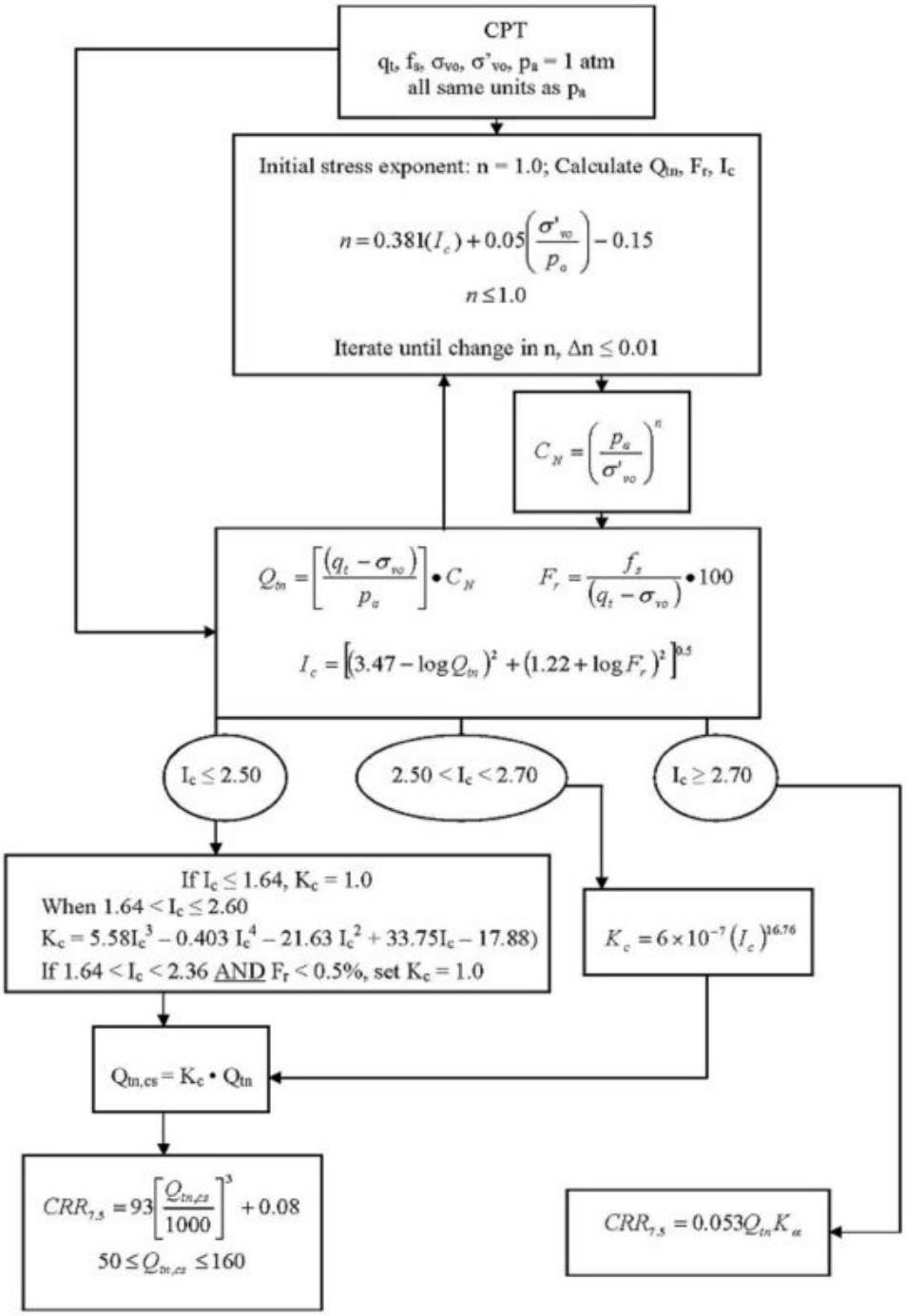
Tabella 5.2– *Classificazione dell'indice del potenziale di liquefazione*

Successivamente verrà spiegato come è stato calcolato questo valore e i dati di input utilizzati.

La procedura utilizzata per la valutazione della resistenza alla liquefazione è stata eseguita secondo il metodo **ROBERTSON 2010**, la procedura di calcolo è la seguente:

Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance (all soils), Robertson (2010)

Calculation of soil resistance against liquefaction is performed according to the Robertson & Wride (1998) procedure. This procedure used in the software, slightly differs from the one originally published in NCEER-97-0022 (Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils). The revised procedure is presented below in the form of a flowchart[1]:



[1] P.K. Robertson, 2009. "Performance based earthquake design using the CPT", Keynote Lecture, International Conference on Performance-based Design in Earthquake Geotechnical Engineering – from case history to practice, IS-Tokyo, June 2009

Per il calcolo dell'indice di liquefazione, si è adottato il profilo della CSR7,5 ricavato dalla Risposta Sismica Locale.. La Magnitudo di progetto è stata considerata pari a Mw=6,14, come da zona sismogenetica 912 e 914.

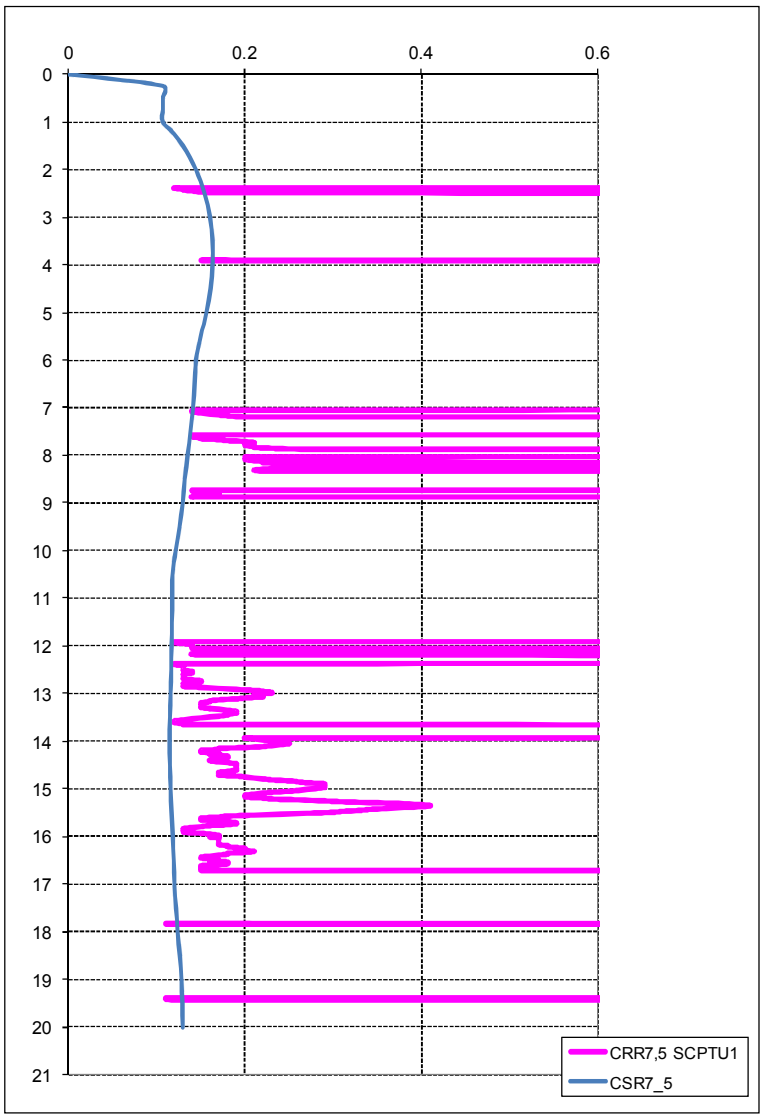


FIGURA 5.5 *-SCPTU1*

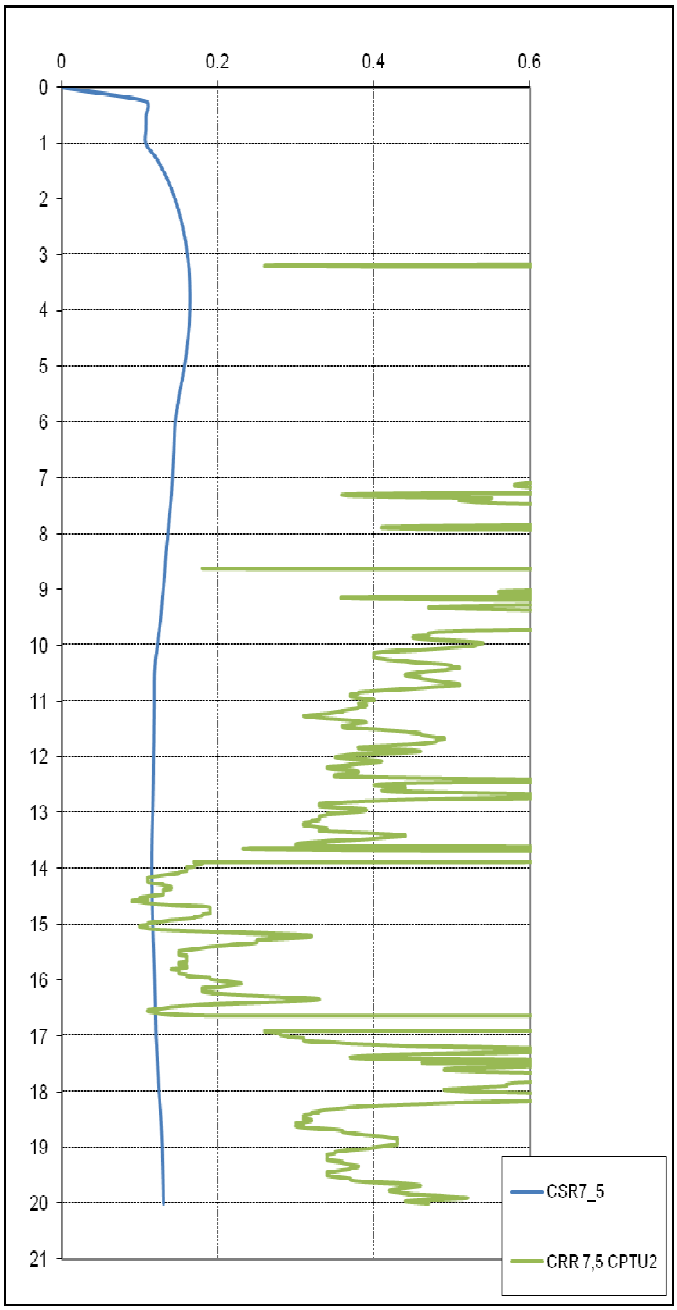


FIGURA 5.6 *- CPTU2*

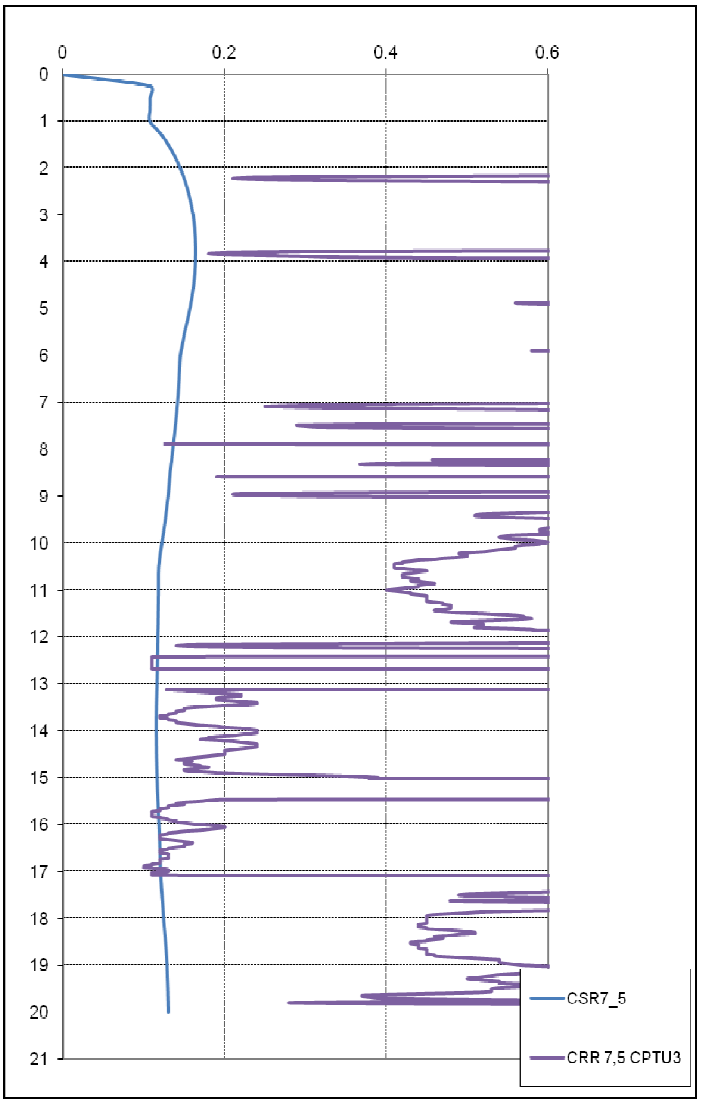


FIGURA 5.7 *- CPTU3*

Il fattore di sicurezza richiesto dalla normativa regionale è in questo caso F_L=1,2.
I valori stimati dell'indice del potenziale di liquefazione per le tre verticali è dunque:

Prova	Potenziale Liquefazione I_{PL}
SCPTU1	*0,23*
CPTU2	*0,34*
CPTU3	*0,00*

Tabella 5.3 *– Indice potenziale liquefazione calcolato*

This software is licensed to: THOMAS VERONESE — CPT name: rif. U91-19 CPTU1 Bagnara di Ro

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)

Depth (m)	FS	F_L	w_z	d_z	LPI	Depth (m)	FS	F_L	w_z	d_z	LPI
28.82	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	28.84	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
28.86	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	28.88	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
28.90	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	28.92	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
28.94	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	28.96	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
28.98	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.00	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.02	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.04	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.06	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.08	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.10	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.12	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.14	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.16	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.18	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.20	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.22	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.24	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.26	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.28	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.30	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.32	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.34	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.36	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.38	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.40	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.42	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.44	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.46	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.48	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.50	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.52	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.54	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.56	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.58	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.60	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.62	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.64	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.66	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.68	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.70	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.72	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.74	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.76	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.78	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.80	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.82	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.84	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.86	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.88	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.90	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.92	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.94	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.96	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.98	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	30.00	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00

Overall liquefaction potential: 0.23

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low
LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

Abbreviations

FS: Calculated factor of safety for test point
F_L: 1 - FS
w_z: Function value of the extend of soil liquefaction according to depth
d_z: Layer thickness (m)
LPI: Liquefaction potential index value for test point

CLiq v.3.3.2.9 - CPT Liquefaction Assessment Software - Report created on: 4/22/2022, 11:43:49 AM — 24
Project file: Z:\AAAThomas\AAA relazioni\AAAanno2022\AAA Relaz Temporanee\Bagnara di Romagna Eurovo\Liquefazione\Liq con CSR da RSL Thomas.clq

FIGURA 5.8 *- SCPTU1*

This software is licensed to: THOMAS VERONESE

CPT name: rif. U91-19 CPTU2 Bagnara di Ro

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)

Depth (m)	FS	F_L	w_z	d_z	LPI	Depth (m)	FS	F_L	w_z	d_z	LPI
26.90	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	26.92	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
26.94	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	26.96	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
26.98	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.00	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.02	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.04	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.06	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.08	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.10	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.12	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.14	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.16	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.18	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.20	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.22	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.24	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.26	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.28	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.30	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.32	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.34	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.36	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.38	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.40	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00

Overall liquefaction potential: 0.34

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low
LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

Abbreviations

FS: Calculated factor of safety for test point
F_L: 1 - FS
w_z: Function value of the extend of soil liquefaction according to depth
d_z: Layer thickness (m)
LPI: Liquefaction potential index value for test point

FIGURA 5.9 - CPTU2

This software is licensed to: THOMAS VERONESE — CPT name: rif. U91-19 CPTU3 Bagnara di Ro

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)

Depth (m)	FS	F_L	w_z	d_z	LPI	Depth (m)	FS	F_L	w_z	d_z	LPI
28.82	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	28.84	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
28.86	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	28.88	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
28.90	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	28.92	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
28.94	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	28.96	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
28.98	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.00	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.02	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.04	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.06	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.08	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.10	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.12	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.14	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.16	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.18	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.20	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.22	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.24	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.26	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.28	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.30	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.32	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.34	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.36	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.38	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.40	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.42	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.44	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.46	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.48	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.50	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.52	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.54	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.56	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.58	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.60	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.62	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.64	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.66	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.68	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.70	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.72	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.74	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.76	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.78	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.80	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.82	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.84	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.86	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.88	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.90	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.92	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.94	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.96	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.98	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	30.00	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00

Overall liquefaction potential: 0.00

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low
LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

Abbreviations

FS: Calculated factor of safety for test point
F_L: 1 - FS
w_z: Function value of the extend of soil liquefaction according to depth
d_z: Layer thickness (m)
LPI: Liquefaction potential index value for test point

CLiq v.3.3.2.9 - CPT Liquefaction Assessment Software - Report created on: 4/22/2022, 11:43:52 AM — 103
Project file: Z:\AAAThomas\AAA relazioni\AAAanno2022\AAA Relaz Temporanee\Bagnara di Romagna Eurovo\Liquefazione\Liq con CSR da RSL Thomas.clq

FIGURA 5.10 *- CPTU3*

Sono stati stimati i cedimenti postsismici nei banchi sabbiosi rilevati con le 3 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU con *rif. U91-19*. Del calcolo completo dei cedimenti post sismici si riporta solo il risultato finale.

Dalle elaborazioni informatiche, si ricava che con una Magnitudo di 6,14, con il profilo di CSR7,5 ricavato dalal Risposta Sismica Locale, e fattore di sicurezza per la liquefazione F_L=1,2, i cedimenti post sismici nei terreni granulari (**Tabella**) sono molto contenuti.

Prova	Cedimenti post-sismici (cm)
SCPTU1	*2,91*
CPTU2	*2,80*
CPTU3	*0,27*

Tabella 5.4– *Cedimenti post-sismici*

This software is licensed to: THOMAS VERONESE — CPT name: rif. U91-19 CPTU1 Bagnara di Ro

:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction :: (continued)

Depth (m)	$Q_{tn,cs}$	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$Q_{tn,cs}$	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)
30.00	71.57	2.00	0.00	1.00	0.00						

Total estimated settlement: 2.91

Abbreviations

$Q_{tn,cs}$: Equivalent dean sand normalized cone resistance
FS: Factor of safety against liquefaction
e_v (%): Post-liquefaction volumentric strain
DF: e_v depth weighting factor
Settlement: Calculated settlement

FIGURA 5.11 – *Cedimenti post sismici* SCPTU1

This software is licensed to: THOMAS VERONESE — CPT name: rif. U91-19 CPTU2 Bagnara di Ro

:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction :: (continued)

Depth (m)	$Q_{tn,cs}$	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$Q_{tn,cs}$	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)
26.46	79.66	2.00	0.00	1.00	0.00	26.48	80.87	2.00	0.00	1.00	0.00
26.50	79.43	2.00	0.00	1.00	0.00	26.52	75.62	2.00	0.00	1.00	0.00
26.54	70.56	2.00	0.00	1.00	0.00	26.56	65.15	2.00	0.00	1.00	0.00
26.58	61.82	2.00	0.00	1.00	0.00	26.60	62.21	2.00	0.00	1.00	0.00
26.62	67.26	2.00	0.00	1.00	0.00	26.64	73.63	2.00	0.00	1.00	0.00
26.66	77.98	2.00	0.00	1.00	0.00	26.68	77.95	2.00	0.00	1.00	0.00
26.70	76.70	2.00	0.00	1.00	0.00	26.72	74.84	2.00	0.00	1.00	0.00
26.74	72.27	2.00	0.00	1.00	0.00	26.76	68.17	2.00	0.00	1.00	0.00
26.78	63.58	2.00	0.00	1.00	0.00	26.80	59.35	2.00	0.00	1.00	0.00
26.82	56.83	2.00	0.00	1.00	0.00	26.84	55.20	2.00	0.00	1.00	0.00
26.86	54.98	2.00	0.00	1.00	0.00	26.88	54.32	2.00	0.00	1.00	0.00
26.90	53.72	2.00	0.00	1.00	0.00	26.92	51.63	2.00	0.00	1.00	0.00
26.94	48.47	2.00	0.00	1.00	0.00	26.96	44.96	2.00	0.00	1.00	0.00
26.98	42.66	2.00	0.00	1.00	0.00	27.00	41.28	2.00	0.00	1.00	0.00
27.02	39.64	2.00	0.00	1.00	0.00	27.04	38.01	2.00	0.00	1.00	0.00
27.06	37.02	2.00	0.00	1.00	0.00	27.08	36.96	2.00	0.00	1.00	0.00
27.10	37.23	2.00	0.00	1.00	0.00	27.12	37.42	2.00	0.00	1.00	0.00
27.14	37.99	2.00	0.00	1.00	0.00	27.16	38.51	2.00	0.00	1.00	0.00
27.18	40.53	2.00	0.00	1.00	0.00	27.20	44.75	2.00	0.00	1.00	0.00
27.22	53.23	2.00	0.00	1.00	0.00	27.24	65.29	2.00	0.00	1.00	0.00
27.26	78.10	2.00	0.00	1.00	0.00	27.28	89.15	2.00	0.00	1.00	0.00
27.30	100.31	2.00	0.00	1.00	0.00	27.32	116.55	2.00	0.00	1.00	0.00
27.34	138.32	2.00	0.00	1.00	0.00	27.36	164.70	2.00	0.00	1.00	0.00
27.38	193.21	2.00	0.00	1.00	0.00	27.40	214.22	2.00	0.00	1.00	0.00

Total estimated settlement: 2.80

Abbreviations

$Q_{tn,cs}$: Equivalent dean sand normalized cone resistance
FS: Factor of safety against liquefaction
e_v (%): Post-liquefaction volumentric strain
DF: e_v depth weighting factor
Settlement: Calculated settlement

FIGURA 5.12 – *Cedimenti post sismici* CPTU2

This software is licensed to: THOMAS VERONESE — CPT name: rif. U91-19 CPTU3 Bagnara di Ro

:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction :: (continued)

Depth (m)	$Q_{tn,cs}$	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$Q_{tn,cs}$	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)
29.90	74.52	2.00	0.00	1.00	0.00	29.92	76.72	2.00	0.00	1.00	0.00
29.94	77.61	2.00	0.00	1.00	0.00	29.96	77.19	2.00	0.00	1.00	0.00
29.98	75.40	2.00	0.00	1.00	0.00	30.00	74.12	2.00	0.00	1.00	0.00

Total estimated settlement: 0.27

Abbreviations

$Q_{tn,cs}$: Equivalent dean sand normalized cone resistance
FS: Factor of safety against liquefaction
e_v (%): Post-liquefaction volumentric strain
DF: e_v depth weighting factor
Settlement: Calculated settlement

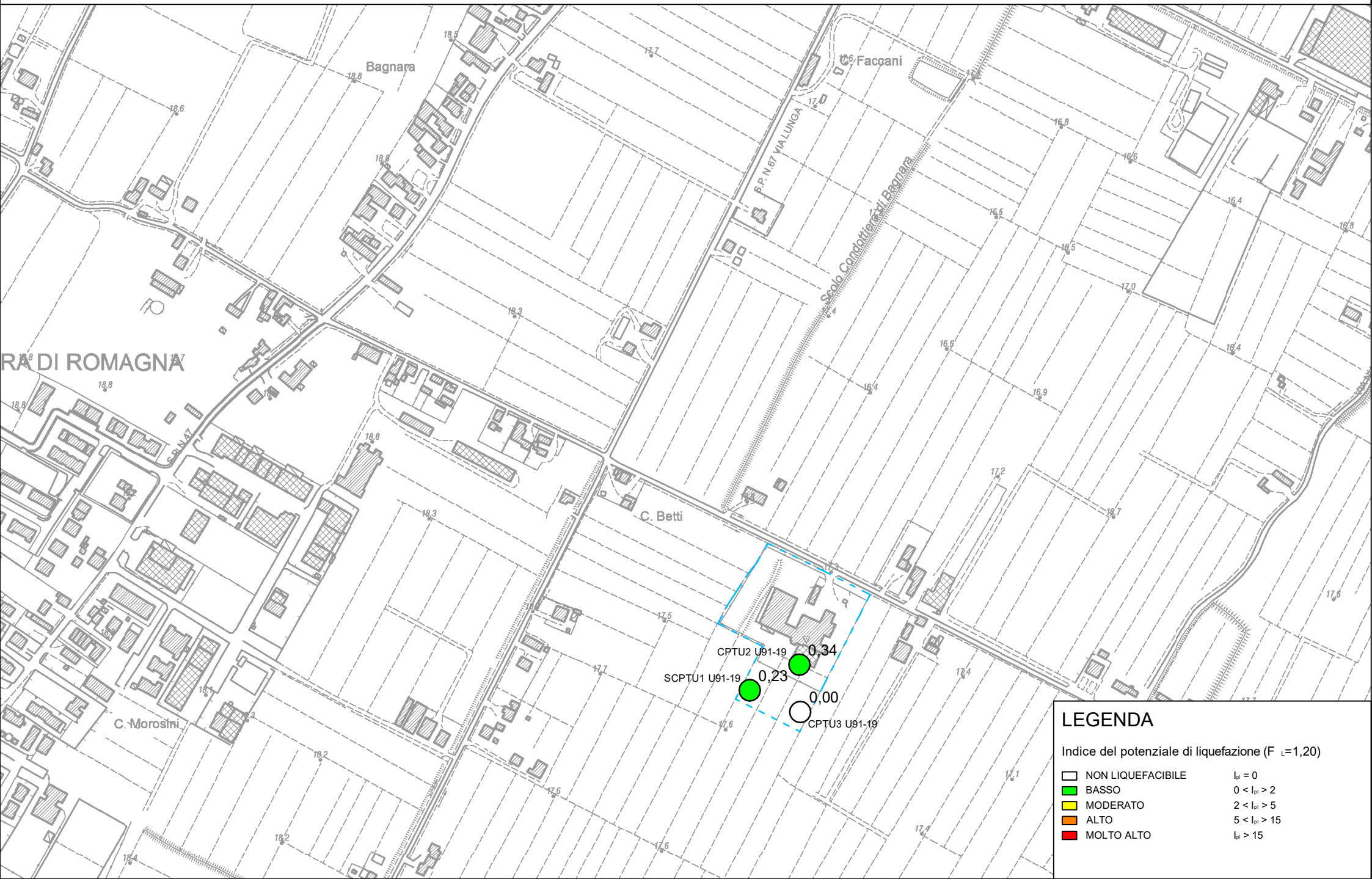
FIGURA 5.13 - *Cedimenti post sismici* CPTU3

L'area si può considerare stabile, da punto di vista dell'effetto di sito della liquefazione delle sabbie.
Codigoro, lì 22/04/2022

Dott. Geol. Thomas Veronese

Tavola 18 - Carta dell'indice di liquefazione IPL

Scala 1:5000



ALLEGATO A

ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

COMUNE DI BAGNARA DI ROMAGNA (RA)

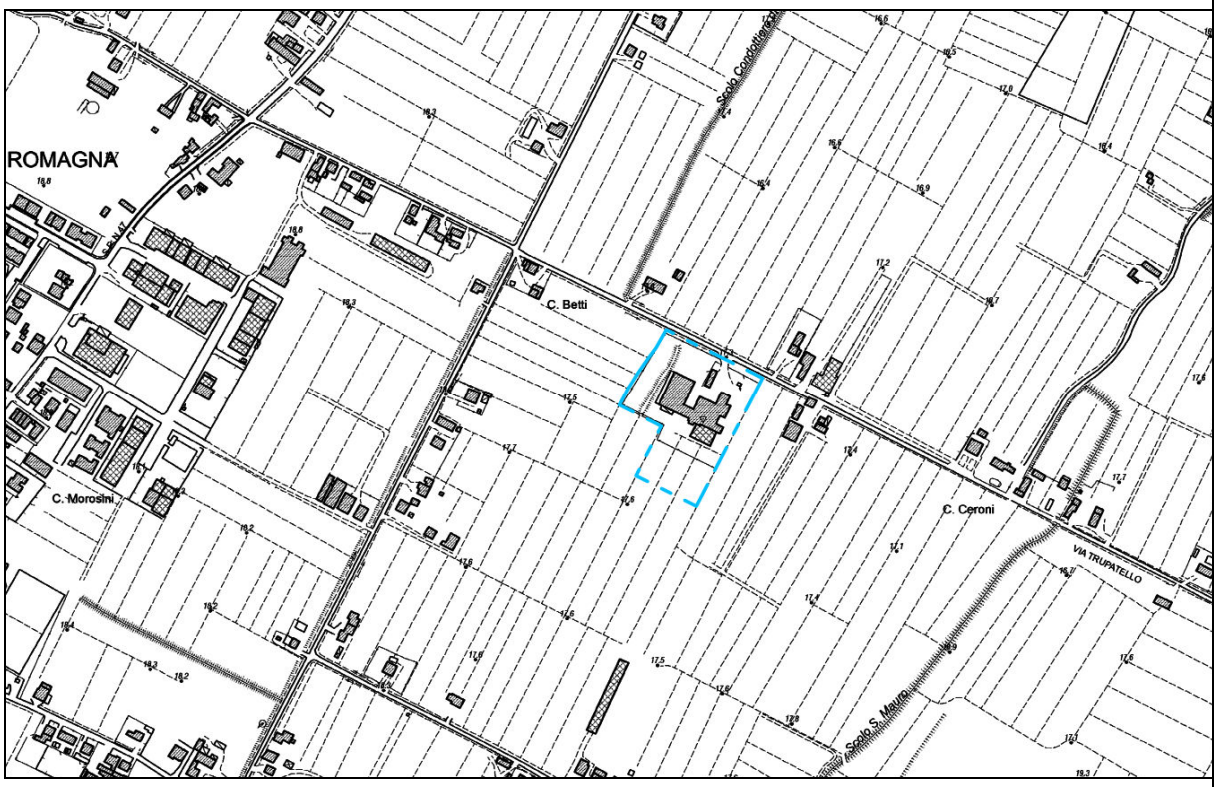
Variante alla Pianificazione Territoriale e Urbanistica dell'area oggetto di ammodernamento di impianto per la produzione di mangimi in ottica 4.0 (mangime Bio/Ogm) sito in via Trupatello a Bagnara di Romagna (Ra). Riferimenti catatstali foglio 7 mappale 149 e 65 del comune di Bagnara di Romagna (Ra).

Ubicazione sito:
Coordinate (datum WGS84): lon. 11.8404° lat. 44.3900°

Archivio: Eurovo Bagnara.lsr - **Data :** 18/04/2022

RELAZIONE DI CALCOLO

ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE



Oggetto: Analisi della Risposta Sismica Locale - Eurovo Bagnara di Romagna

Committente	Progettista
EUROVO srl	Dott. Geol. Thomas Veronese

Sommario

1 - Introduzione 3
1.1 - Impostazione del Problema di Calcolo dell'Amplificazione Locale 6
1.2 - Normativa di Riferimento 7
2 - Risposta Sismica Locale 8
3 - Metodo di calcolo adottato e descrizione del codice di calcolo LSR 2D 9
3.1 - Metodo lineare equivalente 9
3.2 - Soluzione alla singola iterazione mediante FEM 11
3.2.1 - Smorzamento 12
3.2.2 - Free-field boundaries 12
3.3 - Procedimento iterativo 13
3.4 - Interpretazione dei risultati 13
4 - Input 14
4.1 - Curve di Decadimento dei Materiali 14
4.2 - Stratigrafia e Caratteristiche meccaniche dei singoli strati 19
4.3 - Accelerogrammi e Spettri di Input 24
5 - Output 33
5.1 - Accelerogrammi Output 33
5.2 - Spettri Output 36
5.3 - Interpretazione dei risultati 40
5.4 – Calcolo fattori di amplificazione 49
5.5 – Calcolo dei valori di Hsm 50
5.6 – Calcolo della funzione di trasferimento 51
6 - Sintesi tabellare dei risultati della RSL 53
7. Analisi della liquefazione delle sabbie sature da RSL 54

1 - Introduzione

In passato si è potuto osservare, a seguito di terremoti distruttivi, una distribuzione anomala del danneggiamento delle costruzioni, con forti differenziazioni fra zone contigue anche di modeste dimensioni.
Oltre alle intrinseche differenze della vulnerabilità sismica delle costruzioni ed alle differenti caratteristiche dinamiche delle stesse, tali cause possono essere attribuite principalmente alle modificazioni delle caratteristiche del moto sismico indotte da condizioni geologiche e geomorfologiche locali.
Il moto sismico in un determinato sito, infatti, è influenzato da tre parametri importanti:

- Il meccanismo di sorgente;
- La propagazione;
- La risposta sismica locale;

I primi due fattori dipendono fortemente dalle caratteristiche dell'evento sismico; questi variano in funzione delle caratteristiche della sorgente (magnitudo e tipo di rottura della faglia) e dalla distanza tra il sito in esame e la sorgente.
La risposta sismica locale è il risultato di interazioni tra le onde sismiche e le condizioni locali, cioè l'insieme delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche di depositi di terreno ed ammassi rocciosi e delle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

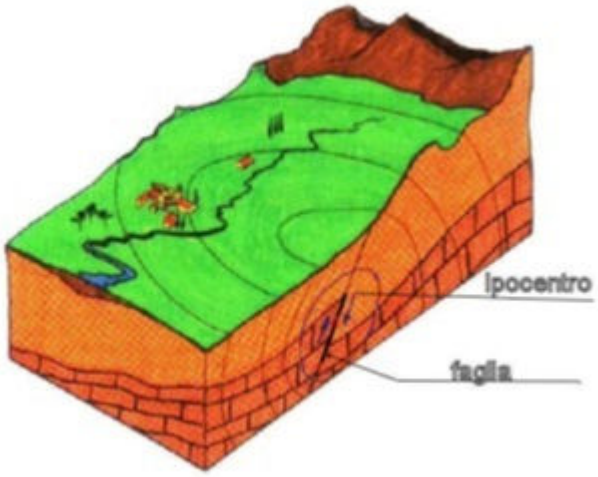


Figura 1. Schema della rottura del terreno e generazione e propagazione delle onde sismiche.

In altre parole le caratteristiche del sito sono le responsabili delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenze, che un moto sismico relativo ad una formazione rocciosa di base (terremoto di riferimento), subisce attraversando gli strati dal bedrock fino alla superficie (Lanzo G. et al.,1999).
Nella Figura 1 è rappresentato uno schema della rottura fragile del terreno in profondità con conseguente generazione di onde che si irradiano dall'ipocentro.
Se si ipotizza di avere installato un sismometro ad una grande distanza dall'ipocentro un possibile segnale registrato potrebbe essere quello mostrato nella Figura 2. Il segnale inizia con l'arrivo delle onde P caratterizzate da alte frequenze a bassa ampiezza. Successivamente arrivano le onde S che si propagano meno velocemente delle P e sono di frequenza più bassa e di maggiore ampiezza. Queste ultime sono in genere la causa dei maggiori danni. Le onde P e quelle S, come già descritto nel capitolo A sono chiamate onde di volume per distinguerle da quelle di superficie che sono più lente.

Figura 2. Tipico sismogramma registrato in superficie a grande distanza.

In generale si può dire che le onde generate dalla sorgente sismica sono di due differenti tipi, cioè quelle associate a stati deformativi di compressione-dilatazione volumetrica , dette onde P che si propagano con velocità Vp pari a:

$$Vp = \sqrt{\frac{Mv}{\rho}}$$

con:

$$Mv = \lambda + 2G$$

dove:

- λ = modulo di Lamé del terreno;
- G = modulo elastico del taglio del terreno;
- ρ = densità del volume del terreno;

Per le onde P il moto oscillatorio delle particelle di terreno avviene parallelamente alla direzione di propagazione.

Le onde S sono associate a deformazione di taglio ed hanno una velocità Vs pari a:

$$Vs = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

Il moto delle particelle di terreno è in tal caso perpendicolare alla direzione di propagazione. Il campo di spostamenti, in genere, è scomposto in due componenti perpendicolari tra di loro: le onde SV polarizzate nel piano verticale contenente la sorgente e le onde SH polarizzate nel piano orizzontale (piano della superficie libera del terreno in direzione perpendicolare al precedente).

Per maggiore chiarezza, se si considera il piano π verticale e contenente la direzione di propagazione dell'onda incidente, il moto della particella di terreno perpendicolare a tale piano costituisce l'onda SH, viceversa il moto nel piano costituisce l'onda SV.

Le onde P e S arrivate in superficie possono trasformarsi parzialmente in onde di diverso tipo (P in S oppure S in P) oppure in onde superficiali chiamate così perché viaggiano in superficie attenuandosi rapidamente con la profondità. Queste ultime si differenziano in onde di Rayleigh quando il moto della particella di terreno è in un piano verticale oppure onde di Love quando il moto è in un piano orizzontale.

Con riferimento alla Figura 3, il fenomeno della propagazione delle onde può essere descritto come segue. Nella sua complessità morfologica, litologica e stratigrafica, un territorio può essere

rappresentato come un insieme di formazioni superficiali, interessate dai loro fenomeni evolutivi tipici, poggianti su formazioni più profonde, i cui andamenti possono essere stati resi complessi fino alla creazione di affioramenti dai fenomeni tettonici ed orogenetici.
Prevalentemente, le formazioni profonde saranno costituite da rocce ignee o metamorfiche di origine sedimentaria, mentre quelle superficiali saranno di natura sedimentaria più recente, coerenti od incoerenti, e quindi di caratteristiche meccaniche ben differenziate rispetto alle prime.
Le onde sismiche che si sono generate in profondità, e che sono già caratterizzate differentemente a seconda del meccanismo proprio della sorgente, subiscono una serie di modificazioni ulteriori (riflessioni e rifrazioni) nell'attraversare la crosta terrestre e giungere fino alle formazioni di base per il sito. Ad una certa distanza dall'epicentro, e per una porzione di territorio ragionevolmente limitata, il moto sismico apparirà come un fronte d'onda uniforme propagantesi dal basso verso l'alto, con una certa angolazione rispetto alla verticale, che viene trasmesso dalle formazioni di base a quelle superficiali.
Il moto al suolo tende a non dipendere più solamente dal tipo di rottura della sorgente e a diventare il risultato di due ulteriori meccanismi eventualmente combinati:

- la propagazione delle onde sismiche all'interno delle formazioni di base e dalla conformazione delle frontiere della stessa;
- la risposta dinamica delle formazioni superficiali.

Tutto ciò comporta una non omogeneità del moto vibratorio in superficie che può cambiare da punto a punto anche a breve distanza. Sugli aspetti quantitativi e qualitativi del fenomeno hanno pertanto grande rilevanza diversi fattori quali la natura delle onde sismiche incidenti ed in particolare il meccanismo di sorgente, le diversità fra le caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati, ed in particolare tra formazioni di base e superficiali, la conformazione e la giacitura degli strati, la presenza di falde idriche, l'entità dei fenomeni dissipativi ed altri ancora.
Al variare delle condizioni locali, il moto alla superficie risulterà quindi differente per quanto attiene ai suoi caratteri principali e cioè: ampiezza, contenuto in frequenza e durata. Si osserva che tutti e tre questi caratteri sono significativi e concorrono a causare il danneggiamento delle strutture e l'instabilità dei terreni (frane, cedimenti, liquefazioni).

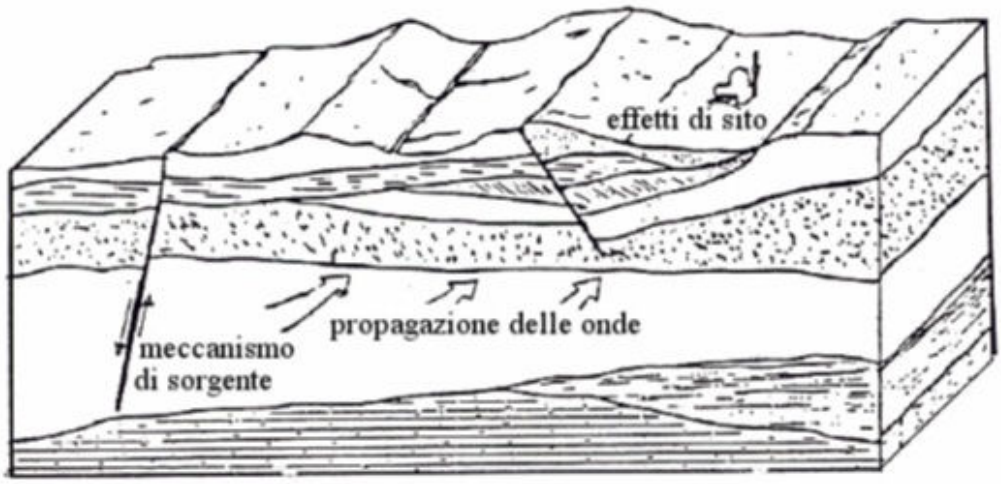


Figura 3. Schema di una situazione reale.

1.1 - Impostazione del Problema di Calcolo dell'Amplificazione Locale

Per illustrare gli aspetti principali del fenomeno della risposta sismica locale si paragoni il moto in corrispondenza di tre siti, indicati con A, B e C nella Figura 4, posti alla stessa distanza dalla sorgente sismica durante lo stesso evento sismico. Si supponga inoltre che il primo sito sia su un semispazio affiorante (per esempio roccia) e il secondo B su un deposito alluvionale posto al di sopra del semi spazio ed il terzo C su di un rilievo.
In corrispondenza della coltre alluvionale si verifica, rispetto al moto sul semi spazio affiorante, una amplificazione del moto in particolari campi di frequenza e una deamp1ificazione negli altri campi. Analogamente sul rilievo in C si verificheranno focalizzazioni oppure diradazioni di onde per effetto della forma del rilievo e della direzione di incidenza delle onde.

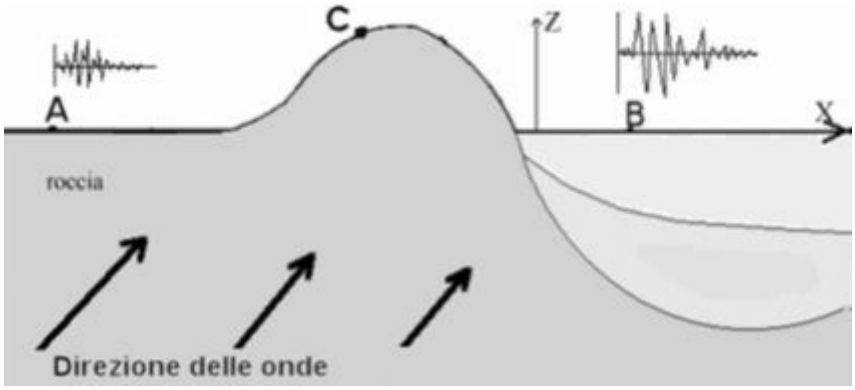


Figura 4. Schema della propagazione delle onde dalla sorgente e delle differenti condizioni locali.

In letteratura si parla di effetti stratigrafici o monodimensionali nel caso in cui le modifiche che il moto sismico subisce nel propagarsi in direzione prevalentemente verticale verso la superficie dal sottostante basamento roccioso siano essenzialmente attribuibili a fenomeni di filtraggio. L'amplificazione delle onde sismiche dipende, in questo caso dalla stratigrafia del sottosuolo, dalle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e del contenuto in frequenza del moto sismico.
Il termine "effetti di bacino" è utilizzato quando le onde incidenti incontrano una valle alluvionale; in tal caso ai fenomeni sopra descritti si sovrappongono quelli dovuti al manifestarsi di fenomeni complessi di interazione tra le onde, che possono sommarsi o elidersi a vicenda, e generazione di onde superficiali. Spesso ai bordi della valle si verificano maggiori amplificazioni, dette: "effetti di bordo".
Con "effetti topografici" si intendono le modifiche delle caratteristiche del moto sismico causate essenzialmente da fenomeni di focalizzazione delle onde sismiche per effetto della particolare geometria della superficie (per es. la cresta di un rilievo o un canyon) e sono molto influenzati dalla lunghezza d'onda del moto incidente e dalla direzione di incidenza.
Lo scopo delle analisi di amplificazione sismica locale è quello di determinare il moto in B oppure in C una volta noto il moto nel sito di riferimento A. Tale moto di riferimento è in genere determinabile in via statistica (analisi di pericolosità) o deterministica dallo studio del meccanismo di rottura della sorgente nell'ipotesi che tra la sorgente stessa ed il sito in esame il mezzo sia omogeneo ed isotropo.
Come è facile immaginare le caratteristiche del moto in superficie sono fortemente influenzate, oltre che dalla geometria degli strati e delle loro proprietà meccaniche, anche dalle caratteristiche del moto incidente, cioè dalla direzione di propagazione, dal suo contenuto energetico e dalla direzione del moto delle particelle del terreno.

1.2 - Normativa di Riferimento

La normative di riferimento per lo studio del problema in esame sono:

- NTC 2018 Cap 7.11.3.1 (Risposta Sismica Locale);
- Circolare n. 7/2019 del C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 Gazzetta Ufficiale n. 35/2019 - 11 febbraio 2019.
- Deliberazione della Giunta Regionale 12 aprile 2021, N. 476 Aggiornamento dell'"Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)" di cui alla deliberazione della Giunta regionale 29 aprile 2019, n. 630
- Delibera di Giunta Regionale Num. 630 del 29/04/2019, Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, l.r . n. 24/2017).
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)
- "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977).
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)
- "Raccomandazioni sui pali di fondazione (dicembre 1984)".
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)
- "Aspetti geotecnici nella progettazione in zona sismica (Edizione Provvisoria, marzo 2005)".
- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
- Eurocode EC-7: Geotechnics, design – dicembre 1987.
- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
- Eurocode EC-8: Design provisions for earthquake resistance of structures – ottobre 1994.

2 - Risposta Sismica Locale

Come già detto in precedenza, il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

I passi da seguire nello studio del problema della risposta sismica locale sono:

1. Definizione input sismico;
2. Stima dell'accelerazione di base;
3. Dati di disaggregazione;
4. Estrazione, conversione e normalizzazione accelerogrammi di input;
5. Analisi di Risposta Sismica Locale;
6. Inserimento sismostratigrafia di input (derivata da indagine sismica MASW);
7. Esecuzione dell'analisi e restituzione grafica.

Le analisi numeriche che consentono di valutare gli effetti del sito nell'amplificazione delle onde sismiche possono essere distinte in:

- Analisi numeriche monodimensionali;
- Analisi numeriche bidimensionali;
- Analisi numeriche tridimensionali.

Il primo approccio consente di definire una realistica risposta sismica stratigrafica di terreni non affetti da problematiche bidimensionali. Questo approccio è ritenuto la via ufficiale delle NTC 2018 (Cap. 3.2.2) e consente, in determinati casi e mediante il confronto con la relativa categoria di sottosuolo, elementi di risparmio rispetto all'approccio semplificato di normativa, poiché identifica amplificazione per intervalli di periodi solitamente più limitati rispetto a quelli di normativa.

Il secondo approccio è da preferire in quelle situazioni in cui il sottosuolo presenta una geometria variabile in cui, oltre alla profondità, è importante considerare un'altra delle due restanti dimensioni spaziali. Un esempio di situazione che richiede l'utilizzo di modelli bidimensionali è il caso delle aree marginali delle valli alluvionali, in cui alle normali cause di amplificazione del moto sismico si sommano gli effetti di bordo connessi alla geometria del problema.

Il terzo approccio necessita di modelli complessi che richiedono capacità computazionali notevoli; solo recentemente iniziano ad avere una certa diffusione grazie al rapido sviluppo degli strumenti informatici. Il loro utilizzo è principalmente concentrato sulla valutazione delle amplificazioni in presenza di effetti morfologici, data l'importanza assunta in queste analisi dalla conoscenza precisa e dalla gestione di un modello tridimensionale del terreno.

3 - Metodo di calcolo adottato e descrizione del codice di calcolo LSR 2D

Il codice di calcolo LSR 2d, alla stregua di software ben noti dalla comunità scientifica (es. QUAD4 e QUAD4M), consente di effettuare una modellazione bidimensionale del problema mediante il metodo degli elementi finiti, nel dominio del tempo, in tensioni totali, utilizzando il metodo lineare equivalente e tenendo conto della deformabilità del substrato.
Qualora la stratigrafia in esame non presenti problematiche di carattere bidimensionale è comunque possibile studiare il problema monodimensionale grazie ad una discretizzazione di una striscia unitaria di terreno e all'applicazione di un sistema di vincoli sul modello FEM tale da consentire solo deformazioni di taglio.

3.1 - Metodo lineare equivalente

Il comportamento meccanico dei terreni sotto l'effetto di carichi ciclici ad elevata frequenza è alquanto complesso e caratterizzato da marcata non linearità, accumulo di deformazioni permanenti, dissipazione di energia e degradazione progressiva delle caratteristiche meccaniche per effetto del numero di cicli di carico applicati. In presenza di fluido interstiziale, alle suddette problematiche si aggiunge l'accumulo di sovrappressioni interstiziali in condizioni di drenaggio impedito o parziale, che sono comunque le più frequenti, in considerazione della velocità di applicazione del carico.
La modellazione di tali fenomeni richiede l'utilizzo di legami costitutivi complessi, che oltretutto difficilmente riescono a riprodurre simultaneamente tutte le specificità del comportamento dei terreni. Per tale ragione spesso si preferisce fare riferimento a modelli costitutivi semplificati che, pur non essendo rigorosi, riescono a riprodurre il comportamento in modo adeguato in riferimento alla specifica applicazione.
In particolare, per quanto riguarda la risposta sismica dei depositi, l'approccio visco-elastico lineare equivalente rappresenta un valido compromesso tra semplificazione delle analisi ed accuratezza dei risultati. La strategia consiste sostanzialmente nel fare riferimento alle soluzioni visco-elastiche lineari per la propagazione delle onde sismiche adeguando in modo iterativo i parametri costitutivi in funzione del livello deformativo indotto dal moto sismico nel terreno.
Tale modello lineare equivalente, studia il comportamento tra tensione e deformazione del terreno basandosi sul modello di Kelvin-Voigt, illustrato in Figura 5. La tensione τ dipende dalla deformazione γ e dalla sua derivata γ', secondo la relazione:

$$\tau = G\gamma + \eta\dot{\gamma}$$

dove:

- G = Modulo di taglio;
- η = viscosità del mezzo;

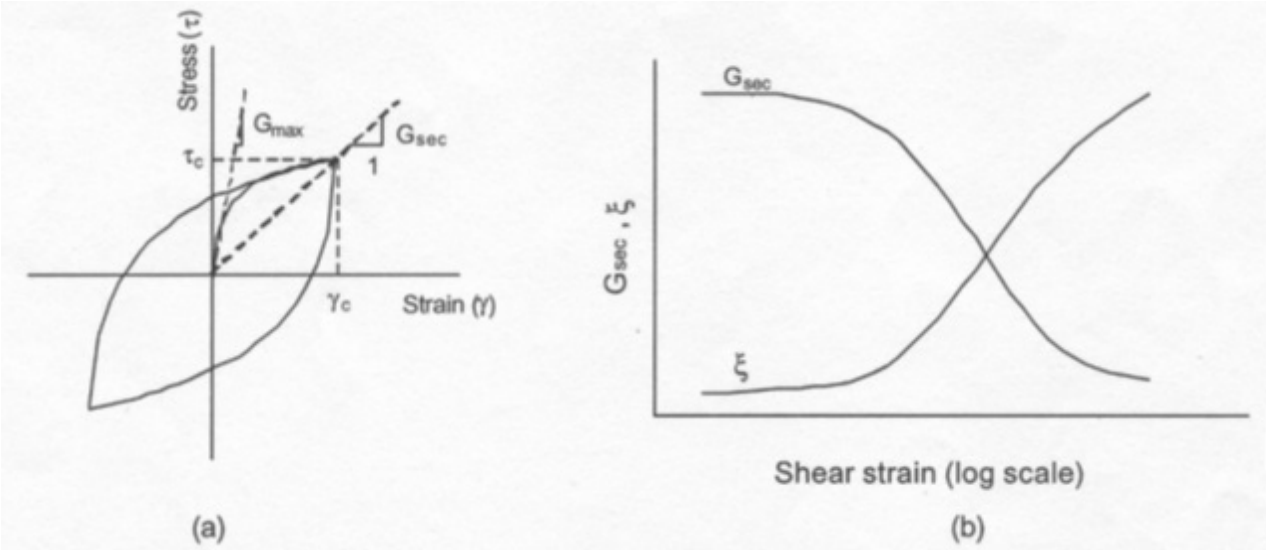


Figura 5. Modello lineare equivalente: (a) curve tensioni - deformazioni; (b) variazione del modulo.

Il comportamento non lineare del terreno, durante un ciclo di carico, viene approssimato per come mostrato in Figura 5. Il modulo di taglio equivalente, G, è preso considerando il modulo di taglio secante Gs.

È possibile notare come alla fine di un ciclo controllato e simmetrico di tensioni si ha:

$$Gs = \frac{\tau_c}{\gamma_c}$$

La curva $Gs - \gamma$non può avere una forma arbitraria ma deriva dalla curva $\tau - \gamma$ e sussiste la seguente relazione:

$$\frac{dt}{d\gamma} = G_s(\gamma) + \frac{dG_s}{d\gamma}\gamma \geq 0$$

La descrizione del comportamento meccanico dei terreni nei confronti dei carichi ciclici non può peraltro prescindere dalla dissipazione intrinseca di energia che si verifica durante i cicli di carico-scarico. Il parametro di riferimento a tal riguardo è costituito dal coefficiente di smorzamento D, definito come:

$$D = \frac{1}{4\pi}\frac{\Delta W^{dissp}}{W^{max}}$$

dove:

- ΔW^{dissp} = quantità di energia dissipata, per unità di volume, dal terreno durante un ciclo di carico armonico;
- W^{max} = massima energia di deformazione, per unità di volume, immagazzinata dal terreno durante lo stesso ciclo di carico armonico;

In definitiva la risposta non lineare del terreno tramite il modello viscoelastico lineare equivalente viene riassunta mediante delle curve di riduzione del modulo di taglio e di incremento del rapporto di smorzamento (Figura 5b).

3.2 - Soluzione alla singola iterazione mediante FEM

L'approccio utilizzato per la soluzione visco-elastica lineare all'interno dell' i-esimo ciclo iterativo utilizza il metodo degli elementi finiti. In particolare, il deposito di terreno viene discretizzato mediante una "mesh" di elementi finiti piani che possono avere forma quadrangolare o rettangolare a seconda dei casi (Figura 6) e caricato mediante un'accelerazione alla base dello stesso (bedrock), la soluzione dell'equazione del moto viene poi ottenuta nel dominio del tempo utilizzando il metodo di integrazione di Newmark.

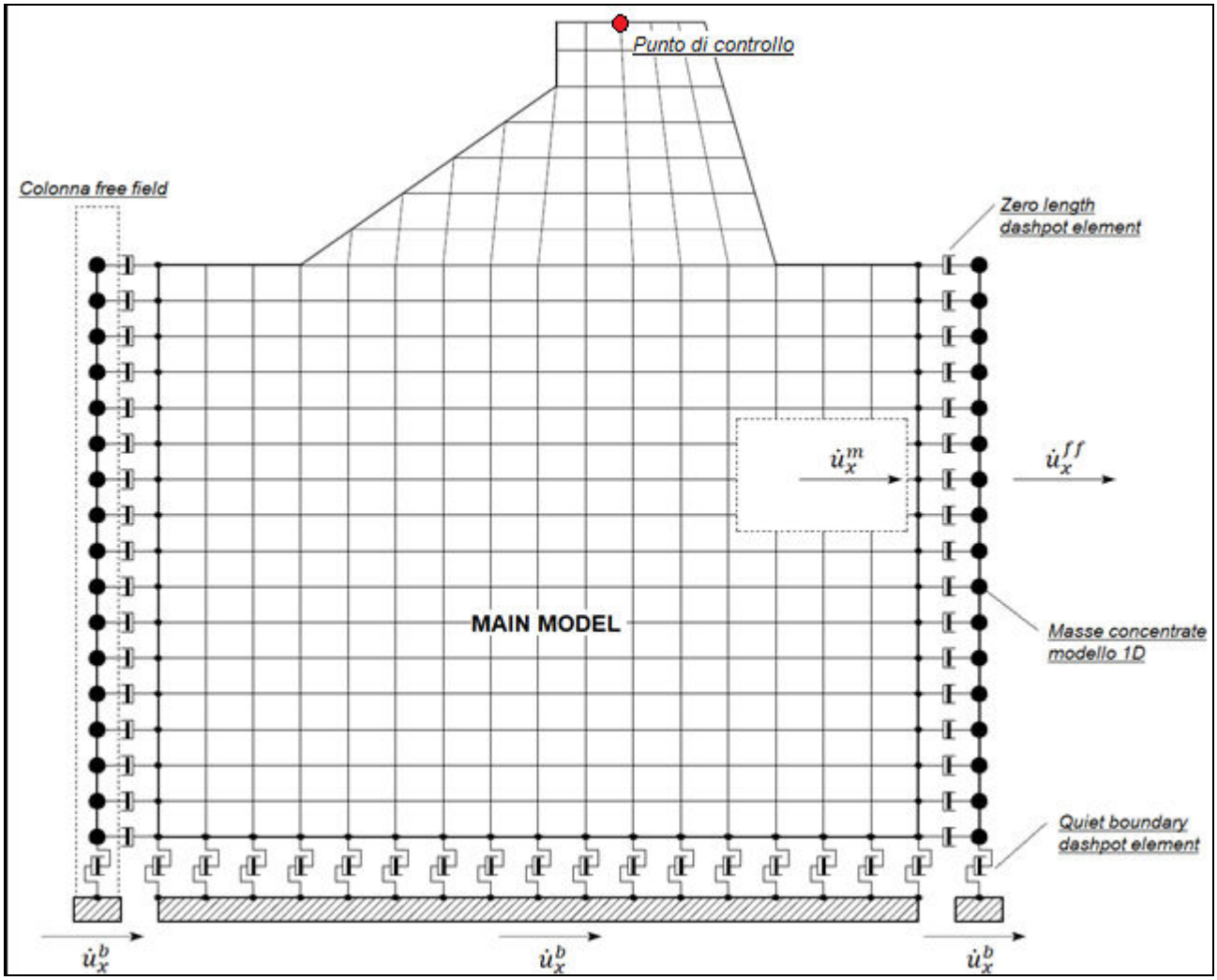


Figura 6. Discretizzazione FEM del deposito di terreno.

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = -Ma_g$$

dove:

- M = matrice di massa del sistema;
- C = matrice di smorzamento del sistema;
- K = matrice di rigidezza del sistema;
- $\ddot{u}, \dot{u}, u$ = rispettivamente vettori di accelerazione, velocità e spostamento del sistema;
- a_g = vettore di accelerazione alla base;

Tale equazione vale per ogni istante di tempo tn e descrive l'equilibrio dinamico del sistema.

La soluzione in termini di spostamento velocità ed accelerazione per ogni tn viene ottenuta a partire dalle seguenti relazioni:

$$\dot{u}_n = \dot{u}_{n-1} + \Delta t\,[(1-\gamma)\ddot{u}_{n-1} + \gamma\ddot{u}_n]$$

$$u_n = u_{n-1} + \Delta t\,\dot{u}_{n-1} + \frac{\Delta t^2}{2}\,[(1-\beta)\ddot{u}_{n-1} + 2\beta\ddot{u}_n]$$

dove:

- Δt = incremento temporale tra l'istante di tempo tn e $tn-1$;
- β = parametro del metodo di integrazione posto pari a 0.25;
- γ = parametro del metodo di integrazione posto pari a 0.50;

3.2.1 - Smorzamento

La matrice di smorzamento del sistema viene ottenuta mediante l'assemblaggio delle matrici di smorzamento dei singoli elementi, queste ultime ottenute a loro volta come:

$$C_q = \alpha_q M_q + \beta_q K_q$$

dove:

- α_q e β_q = coefficienti di smorzamento alla Reyleigh;

Tali coefficienti vengono ottenuti a partire dal rapporto di smorzamento viscoso del singolo elemento e dalla relazione seguente:

$$\dot{u}_n = \dot{u}_{n-1} + \Delta t\,[(1-\gamma)\ddot{u}_{n-1} + \gamma\ddot{u}_n]$$

$$u_n = u_{n-1} + \Delta t\,\dot{u}_{n-1} + \frac{\Delta t^2}{2}\,[(1-\beta)\ddot{u}_{n-1} + 2\beta\ddot{u}_n]$$

da cui si ottiene (Hudson, 1994):

$$D_q = \frac{1}{2}\left(\frac{\alpha_q}{\omega} + \beta_q\omega\right)$$

dove:

- $\omega 1$ = frequenza naturale del primo modo del deposito;
- $\omega 2 = n * \omega 1$ con $n = \omega i/\omega 1$ (approssimato all'intero pari più grande) e ωi frequenza di picco dello spettro ottenuto a partire dall'accelerazione di bedrock;

3.2.2 - Free-field boundaries

Le condizioni di free-field sulle frontiere laterali vengono implementate mediante l'accoppiamento di smorzatori viscosi tra i nodi delle frontiere laterali del modello e i nodi di opportune colonne di terreno monodimensionali (colonne free-field) in grado di descrivere il moto in condizioni di campo libero. Le coordinate dei nodi delle frontiere laterali del modello e delle colonne free-field possono essere uguali. È necessario, affinchè tali condizioni al contorno siano applicabili, che le frontiere laterali del modello siano perfettamente verticali. Le forze interne agli smorzatori possono essere ottenute mediante le seguenti equazioni:

$$F_x = -\rho V_p\left(\dot{u}_x^m - \dot{u}_x^{ff}\right)A \qquad (1)$$

$$F_y = -\rho V_s \left(\dot{u}_y^m - \dot{u}_y^{ff}\right) A \tag{2}$$

dove:

- ρ: densità di massa del terreno adiacente alla frontiera laterale;
- V_p: velocità delle onde P del terreno adiacente alla frontiera laterale;
- V_s: velocità delle onde S del terreno adiacente alla frontiera laterale;
- A: area di influenza relativa al nodo su cui agisce lo smorzatore;
- $\dot{u}_x^m$: velocità del nodo del modello in direzione x;
- $\dot{u}_y^m$: velocità del nodo del modello in direzione y;
- $\dot{u}_x^{ff}$: velocità del nodo della colonna free-field in direzione x;
- $\dot{u}_y^{ff}$: velocità del nodo della colonna free-field in direzione y.

Le componenti della velocità dei nodi delle colonne laterali ad ogni istante di tempo vengono ottenute mediante una soluzione numerica monodimensionale a masse concentrate dell'equazione di propagazione delle onde. Tale soluzione è affidata ad un processo di calcolo che opera in parallelo rispetto a quello impiegato per la soluzione del modello principale. In altre parole, per il generico passo di integrazione temporale, vengono dapprima ottenute le componenti delle velocità delle colonne di campo libero attraverso la soluzione 1D, per poi essere convertite in carichi applicati al modello principale mediante le equazioni (1) e (2).

3.3 - Procedimento iterativo

La procedura iterativa che consente di ottenere la risposta non lineare del sistema consiste nell'eseguire una sequenza di analisi lineari, con aggiornamento iterativo dei parametri di rigidezza e smorzamento, fino al raggiungimento di un prefissato criterio di convergenza. Facendo riferimento alla Figura 5, lo schema della procedura iterativa su cui è basato il modello lineare equivalente, da applicare ad ogni strato in cui è stato discretizzato il profilo stratigrafico:

- definizione di curve $G = G(\gamma)$ e $D = D(\gamma)$ per i diversi strati;
- inizializzazione dei valori del modulo di taglio e del fattore di smorzamento ai livelli di piccole deformazioni ($G0$ e $D0$);
- calcolo della risposta dinamica del suolo e valutazione della deformazione massima a taglio in ogni strato ($\gamma 1$, Figura 5);
- aggiornamento dei valori $G1 = G(\gamma 1)$ e $D1 = D(\gamma 1)$;
- iterazione dei passi 3 e 4 fino a convergenza $(\gamma i - 1 \sim \gamma i)$.

3.4 - Interpretazione dei risultati

Il risultato della procedura iterativa sopradescritta non è altro che la storia temporale di accelerazione, velocità e spostamento di ogni grado di libertà del modello FEM. Tuttavia, dal punto di vista ingegneristico è interessante monitorare la risposta in termini di accelerazione in superficie in corrispondenza di uno o più punti di controllo in modo da comprendere quelli che sono gli effetti indotti dal sito sull'amplificazione della sorgente sismica.

4 - Input

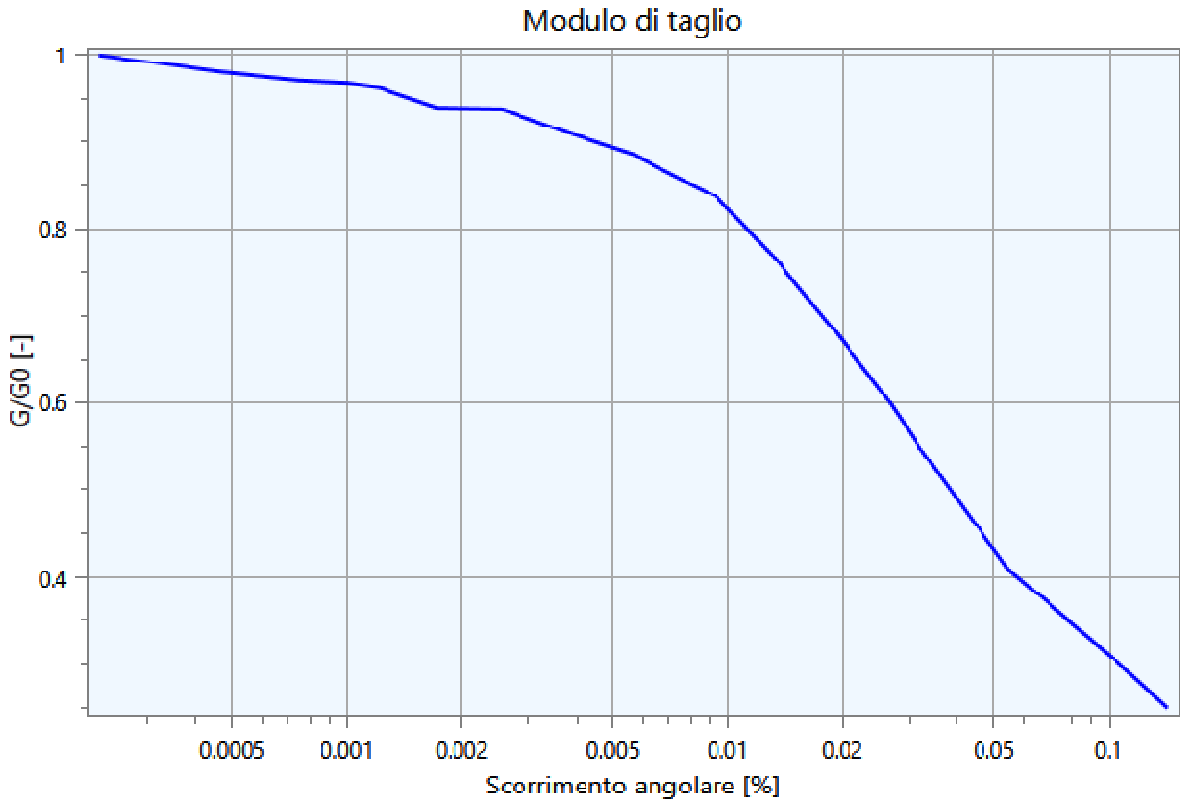
Nei paragrafi successivi vengono riportate le informazioni relative ai dati di input utilizzati per lo studio della risposta sismica locale del deposito.

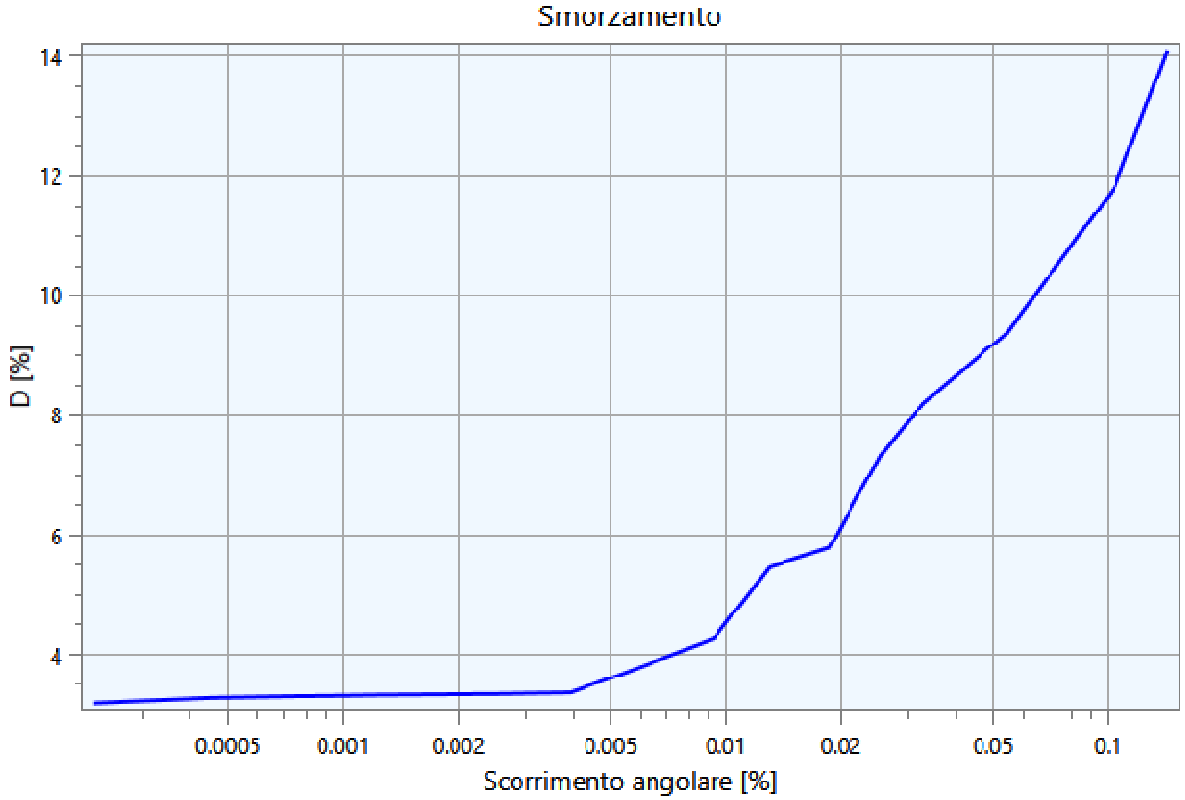
4.1 - Curve di Decadimento dei Materiali

All'aumentare del livello di deformazione angolare raggiunta dal terreno si ha una diminuzione del modulo di taglio G ed un aumento del rapporto di smorzamento D. Tale comportamento può essere descritto, per ogni tipo di materiale presente nella stratigrafia, da due curve di decadimento una relativa a G ed una D.

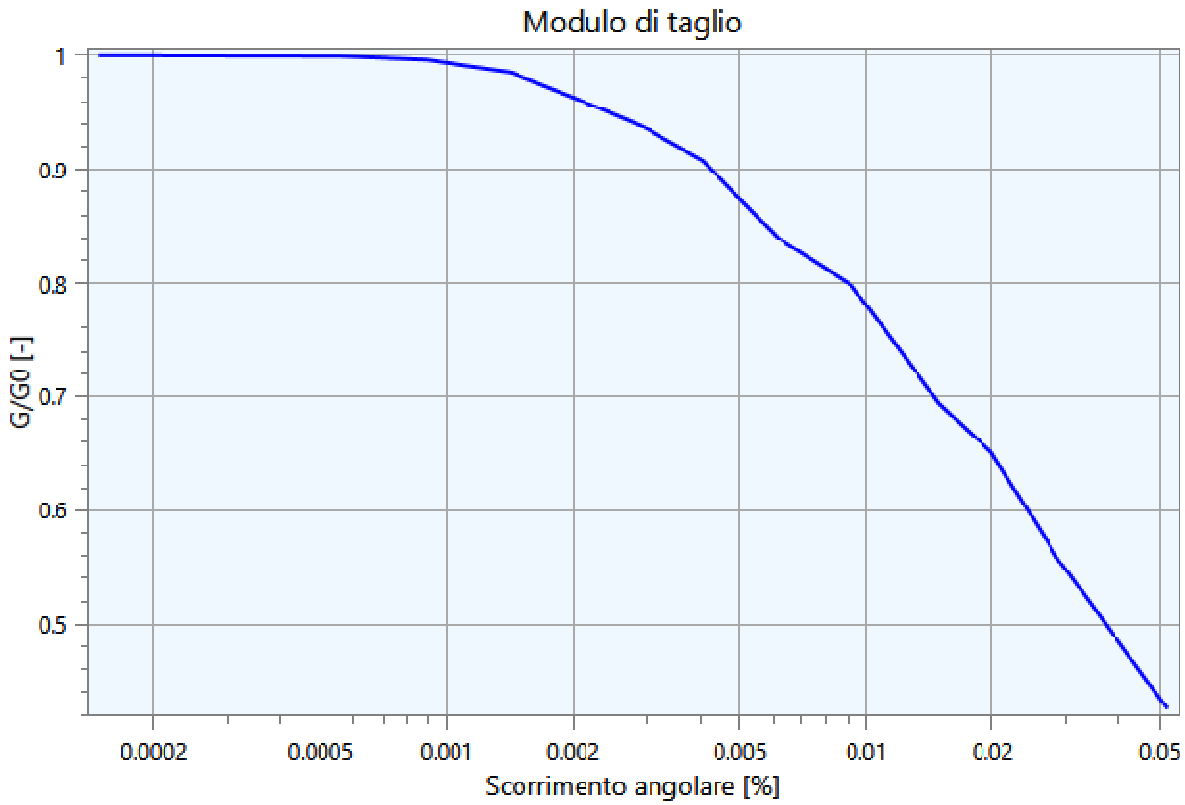
Di seguito si riportano le curve di riferimento utilizzate nell'analisi:

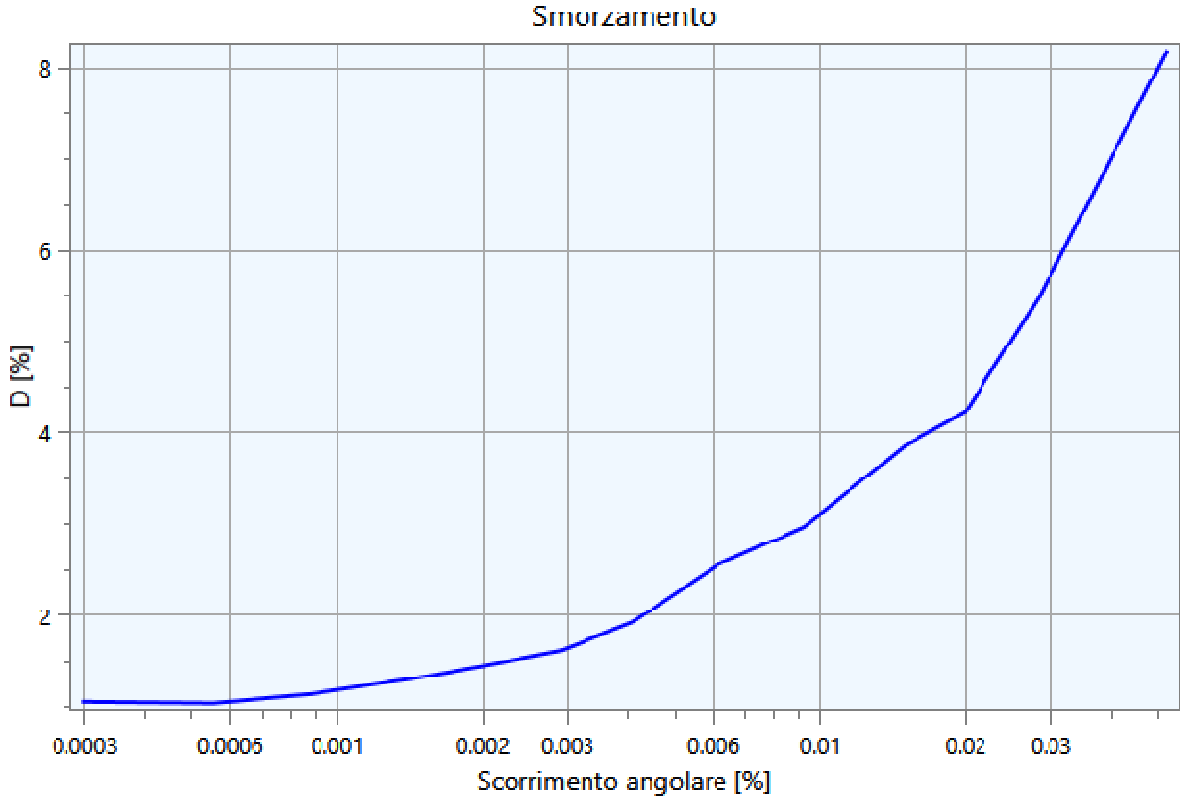
Curva n. 1: Bag01



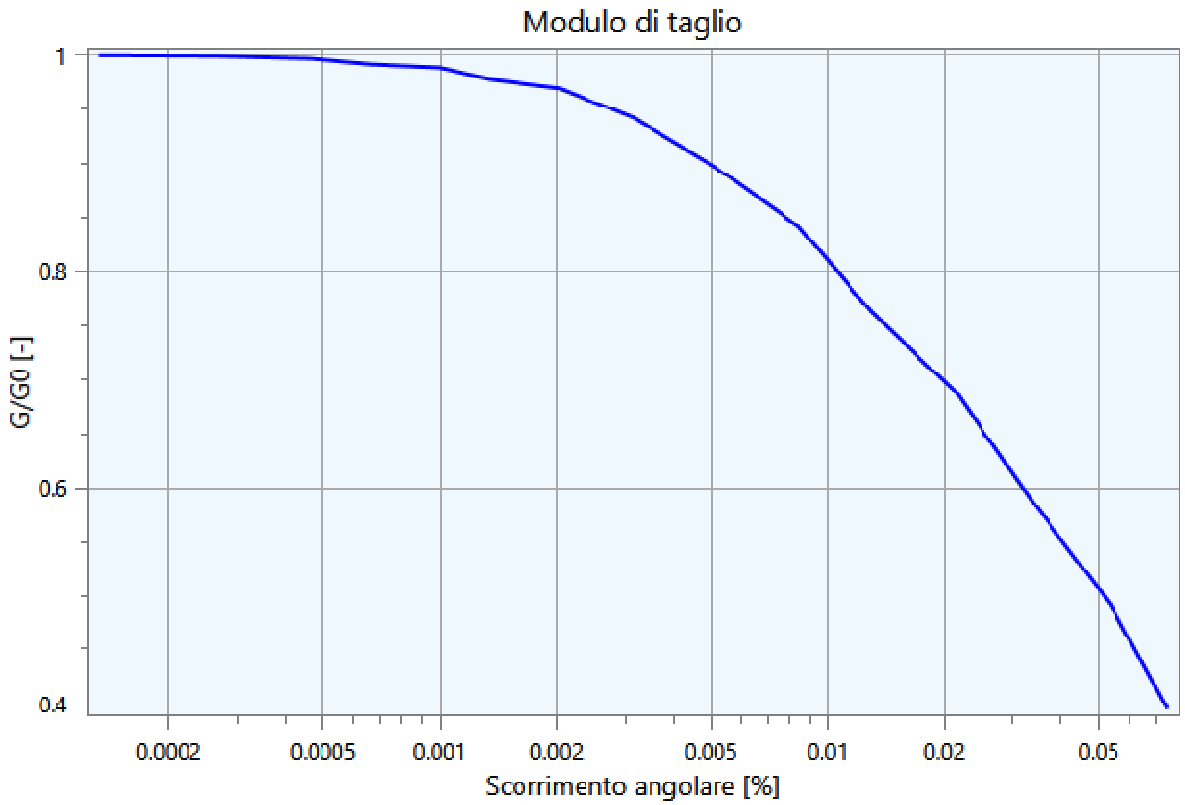


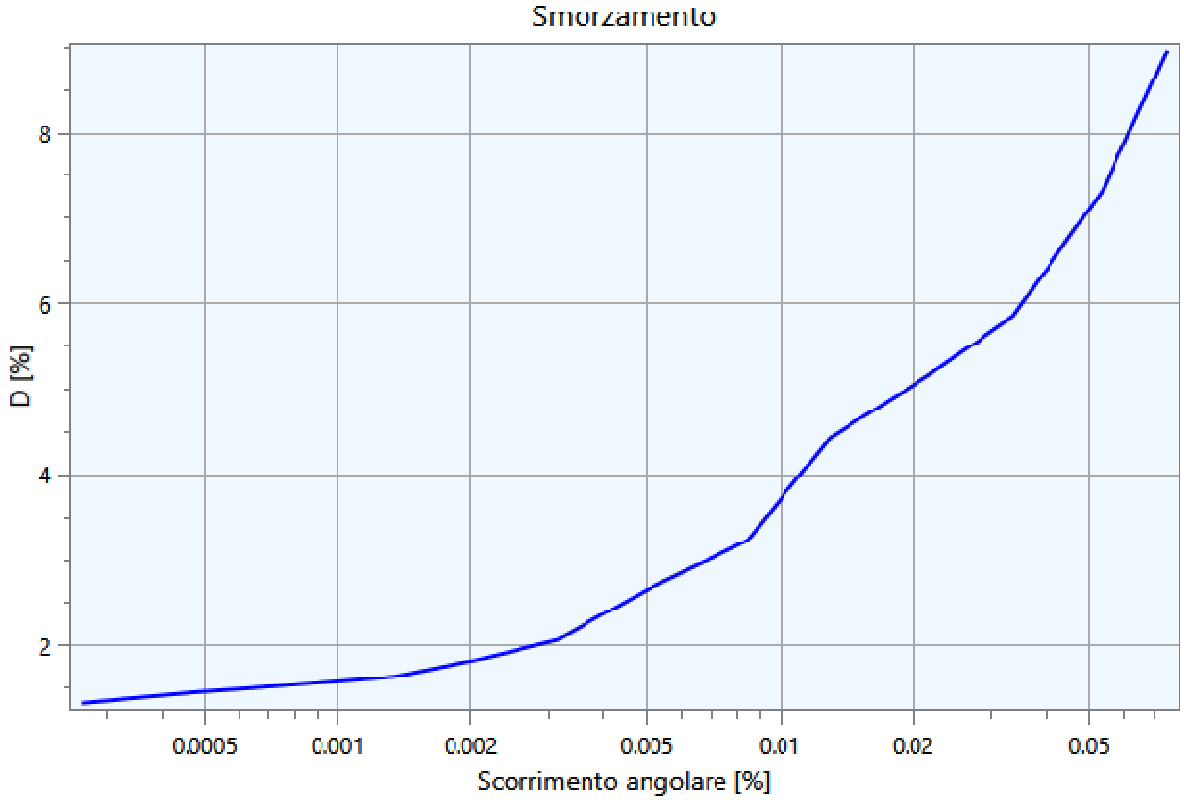
Curva n. 2: Bag02



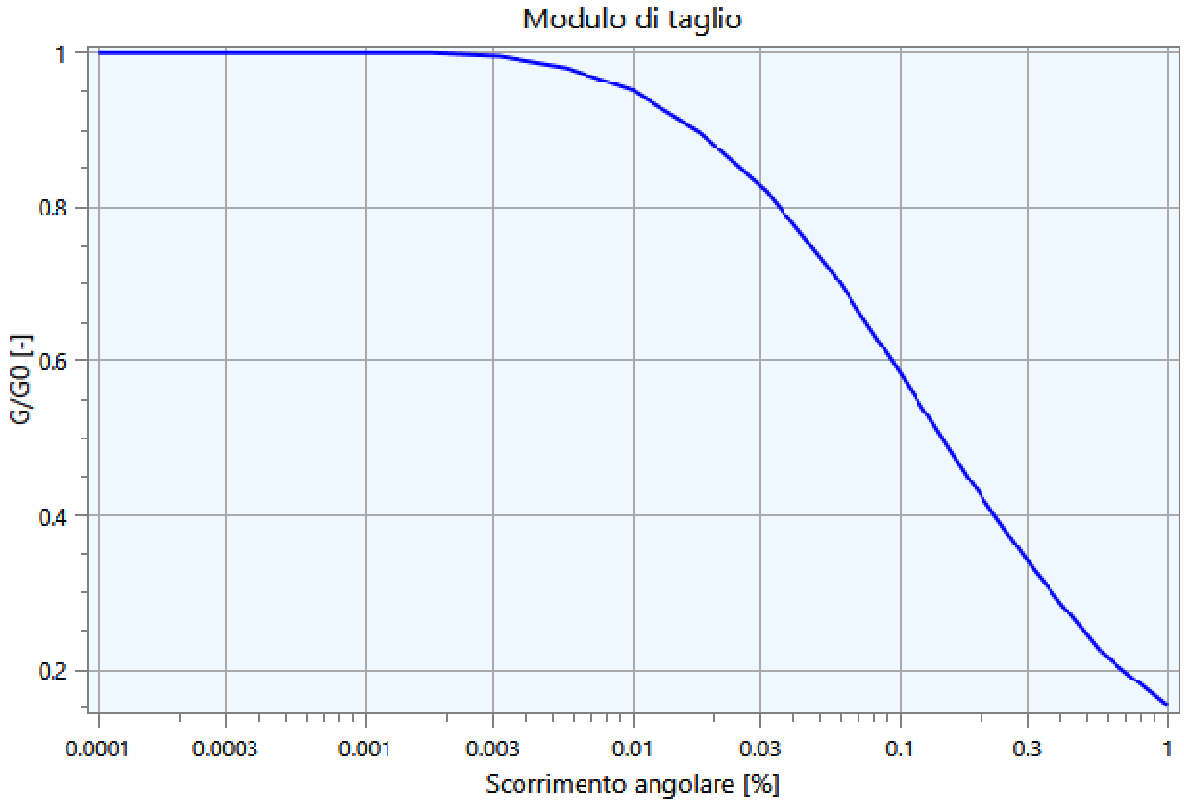


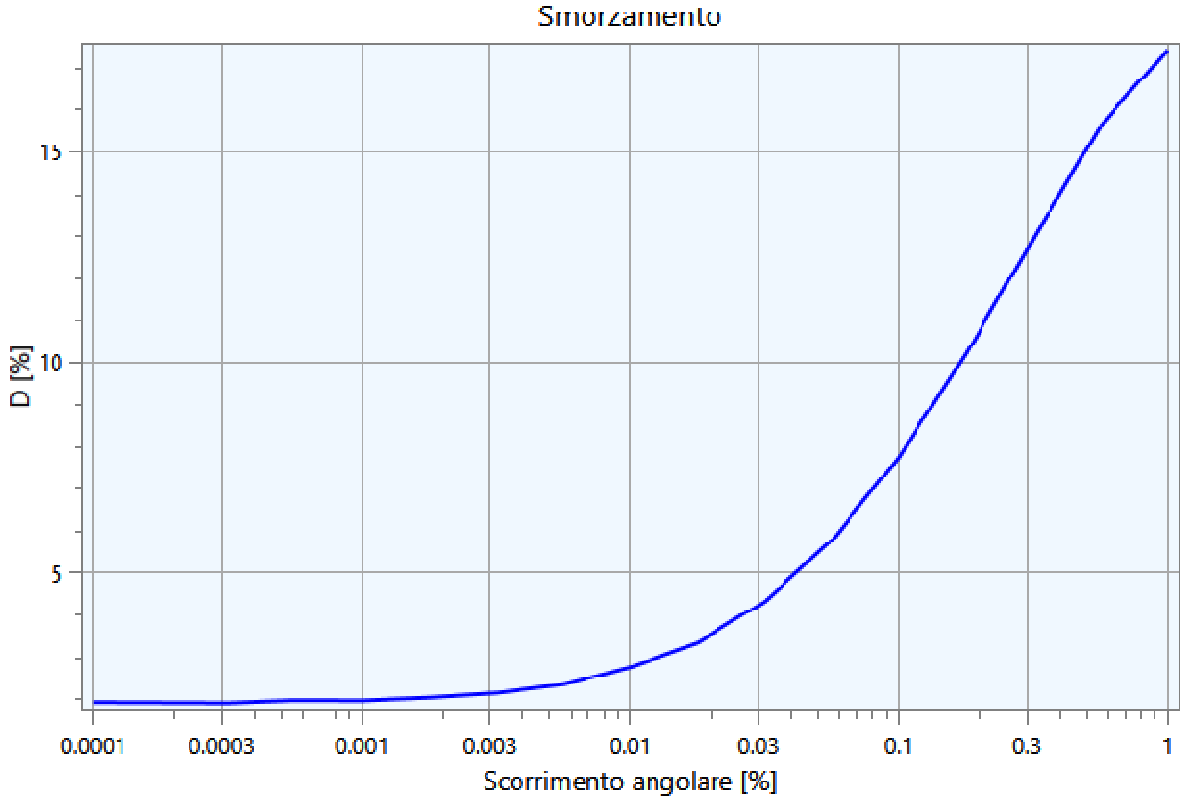
Curva n. 3: Bag03



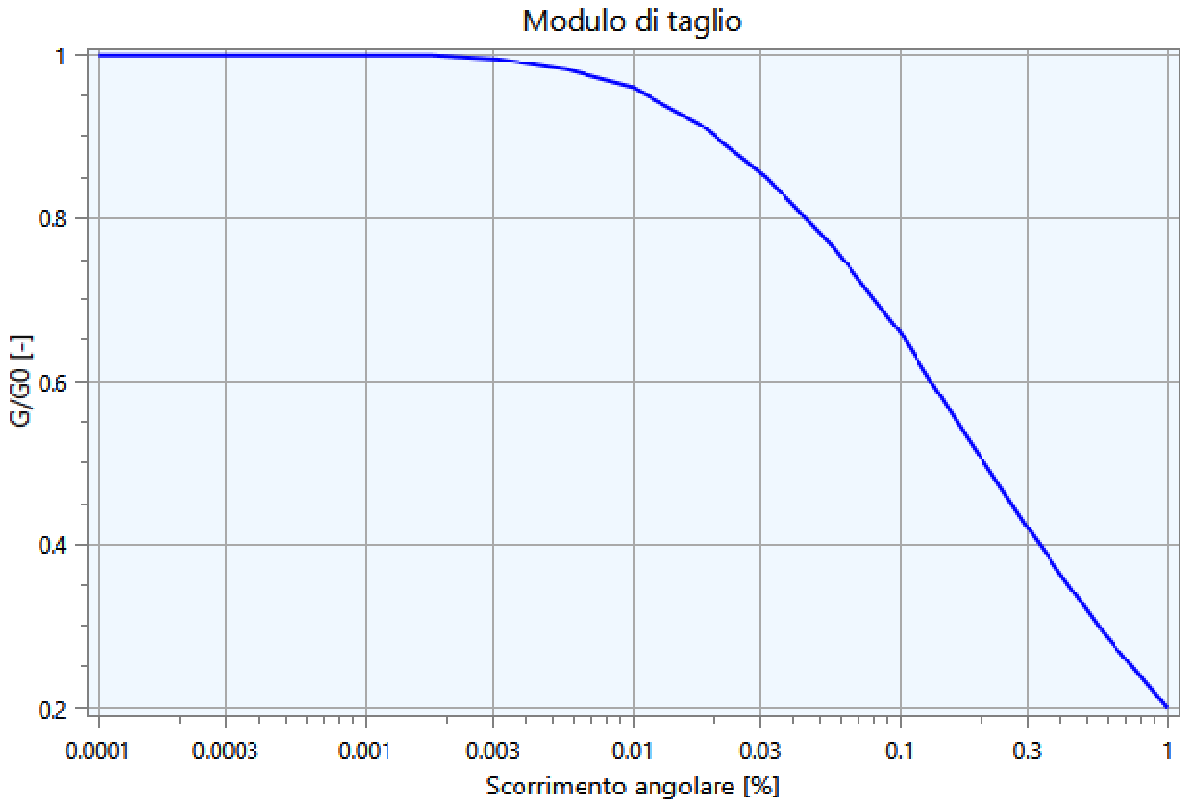


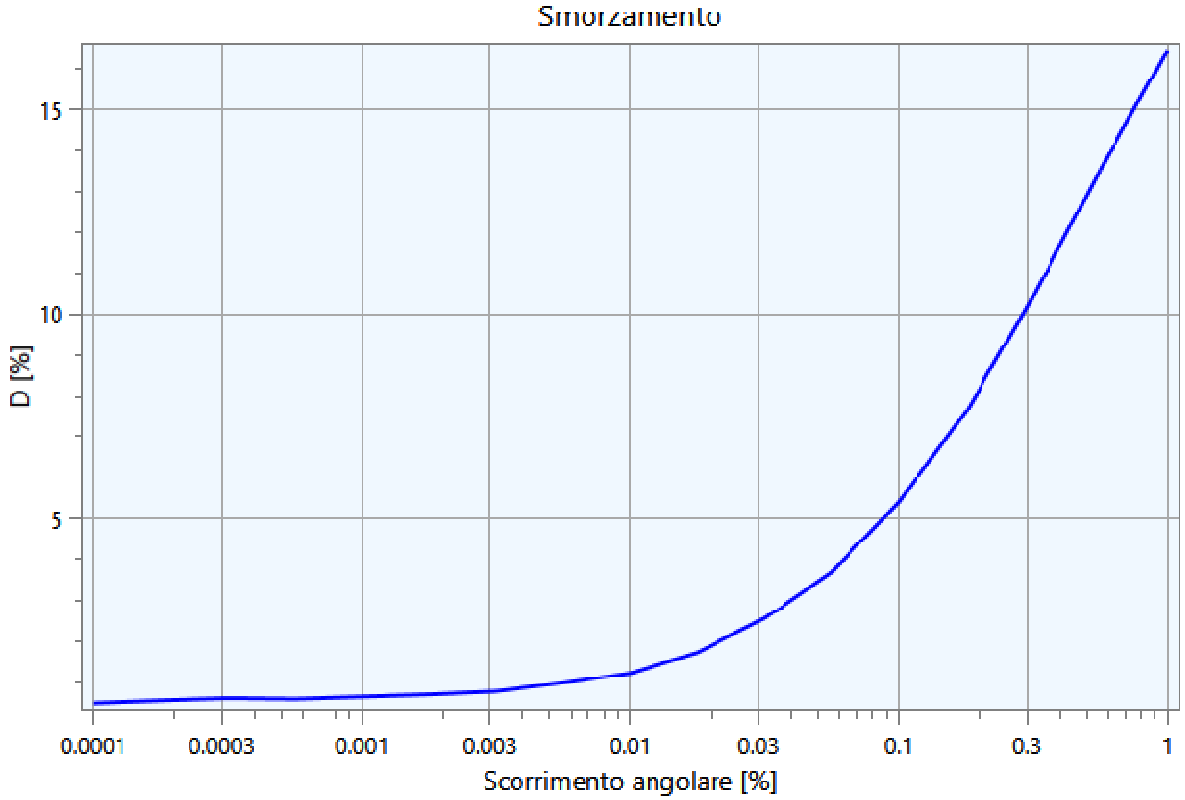
Curva n. 4: EPRI (93), PI=50





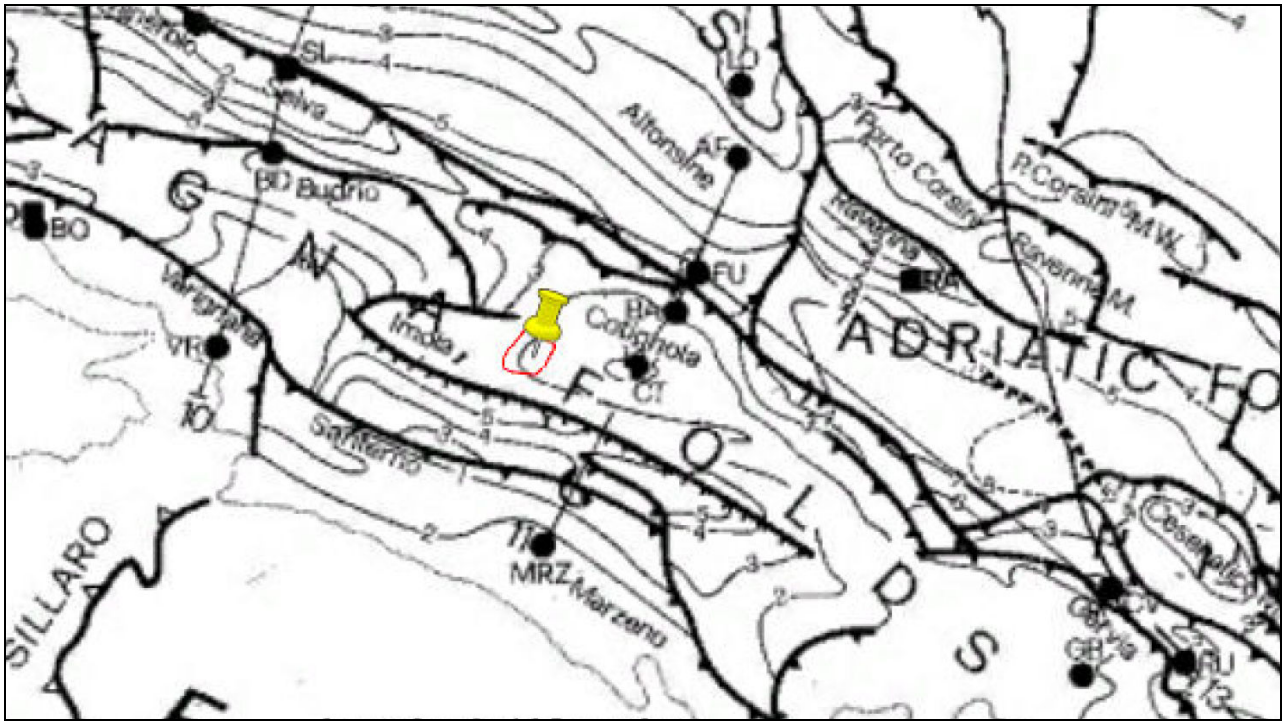
Curva n. 5: EPRI (93), 500-1000 ft

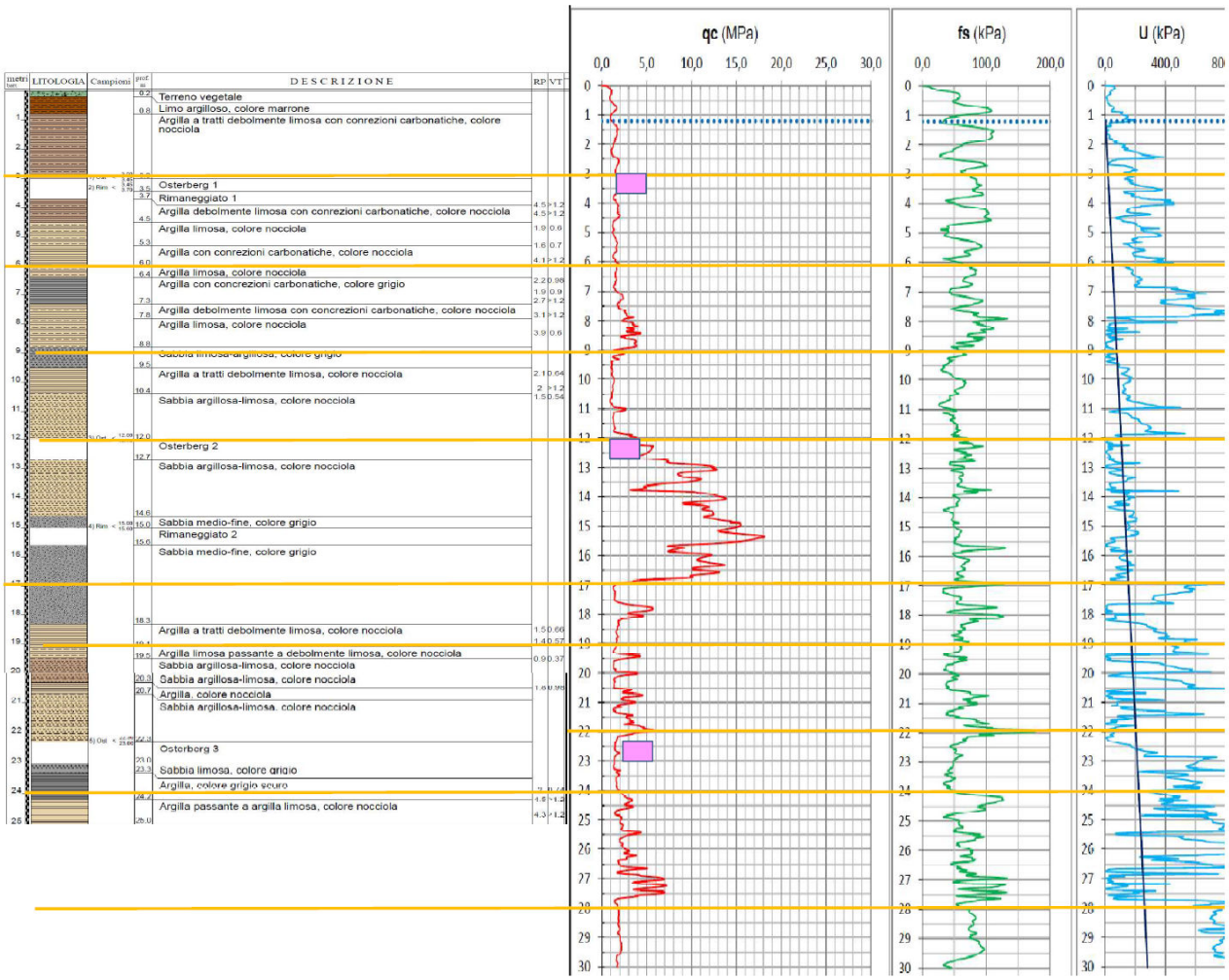


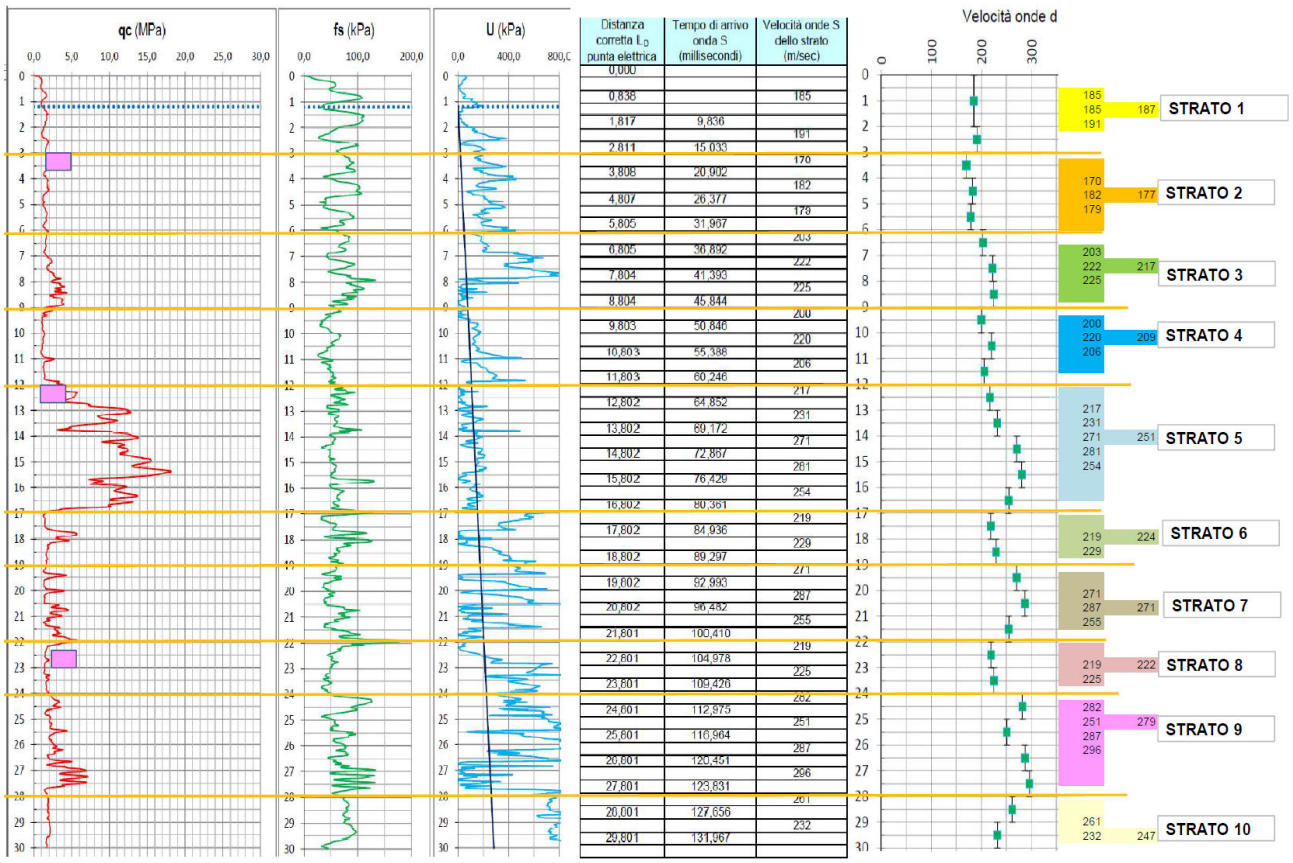


4.2 - Stratigrafia e Caratteristiche meccaniche dei singoli strati

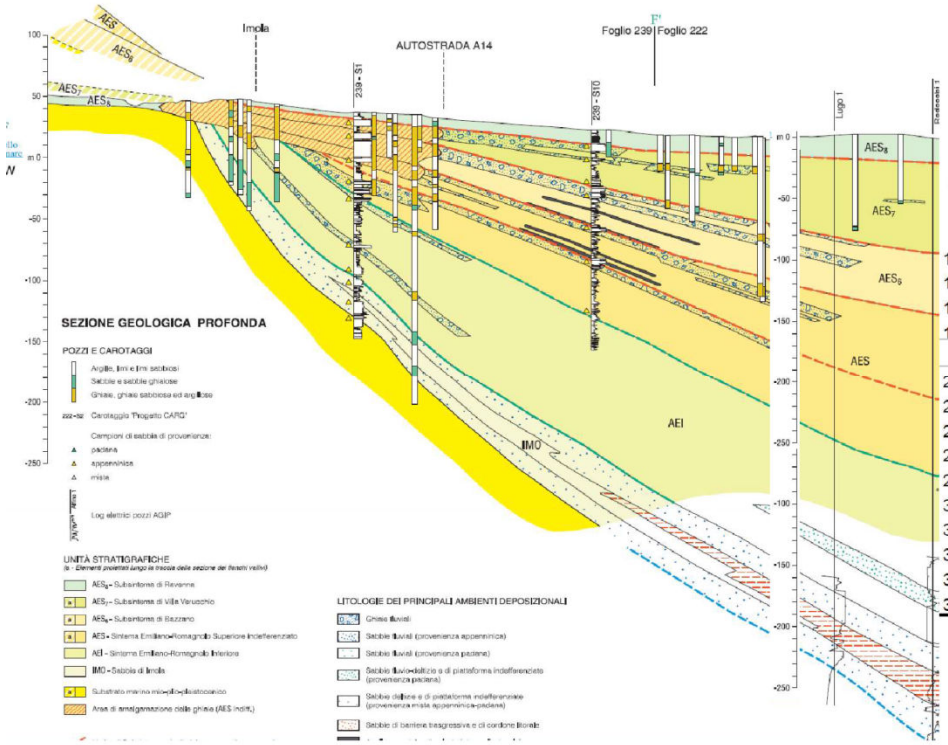
Sulla base del cosiddetto volume significativo di terreno interessato dal problema in esame, viene definita una stratigrafia di progetto che rappresenta l'andamento delle singole lenti di terreno in una sezione verticale.

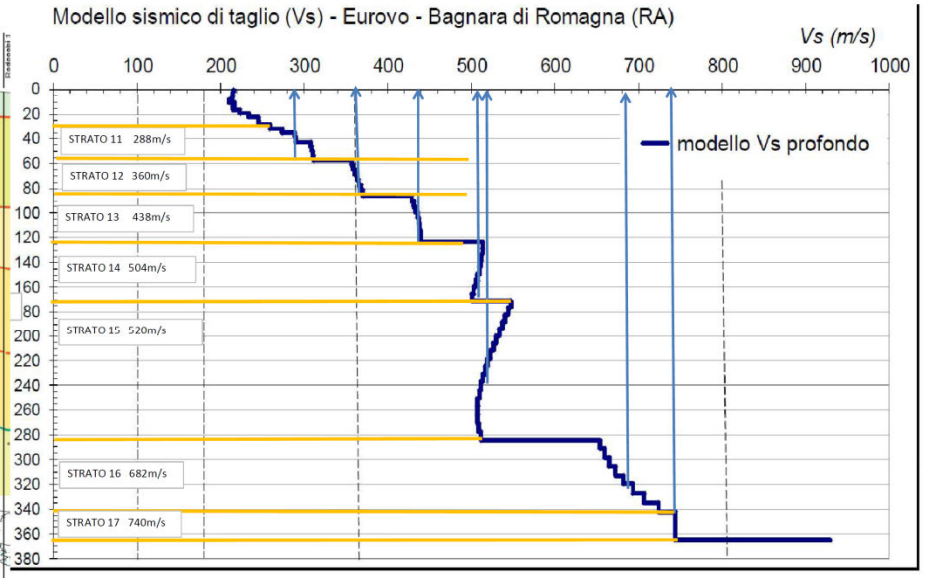



metri
LITOLOGIA
Campioni
prof. m
DESCRIZIONE
RP
VT
Terreno vegetale
Limo argilloso, colore marrone
Argilla a tratti debolmente limosa con conrezioni carbonatiche, colore nocciola
Osterberg 1
Rimaneggiato 1
Argilla debolmente limosa con conrezioni carbonatiche, colore nocciola
Argilla limosa, colore nocciola
Argilla con conrezioni carbonatiche, colore nocciola
Argilla limosa, colore nocciola
Argilla con concrezioni carbonatiche, colore grigio
Argilla debolmente limosa con concrezioni carbonatiche, colore nocciola
Argilla limosa, colore nocciola
Argilla a tratti debolmente limosa, colore nocciola
Sabbia argillosa-limosa, colore nocciola
Osterberg 2
Sabbia argillosa-limosa, colore nocciola
Sabbia medio-fine, colore grigio
Rimaneggiato 2
Sabbia medio-fine, colore grigio
Argilla a tratti debolmente limosa, colore nocciola
Argilla limosa passante a debolmente limosa, colore nocciola
Sabbia argillosa-limosa, colore nocciola
Sabbia argillosa-limosa, colore nocciola
Argilla, colore nocciola
Sabbia argillosa-limosa, colore nocciola
Osterberg 3
Sabbia limosa, colore grigio
Argilla, colore grigio scuro
Argilla passante a argilla limosa, colore nocciola
qc (MPa)
fs (kPa)
U (kPa)



Distanza corretta L_D punta elettrica	Tempo di arrivo onda S (millisecondi)	Velocità onde S dello strato (m/sec)
0,000		
0,838		185
1,817	9,836	
2,811	15,033	191
3,808	20,902	170
4,807	26,377	182
5,805	31,967	179
6,805	36,892	203
7,804	41,393	222
8,804	45,844	225
9,803	50,846	200
10,803	55,388	220
11,803	60,246	206
12,802	64,852	217
13,802	69,172	231
14,802	72,867	271
15,802	76,429	281
16,802	80,361	254
17,802	84,936	219
18,802	89,297	229
19,802	92,993	271
20,802	96,482	287
21,801	100,410	255
22,801	104,978	219
23,801	109,426	225
24,801	112,975	282
25,801	116,964	251
26,801	120,451	287
27,801	123,831	296
28,801	127,656	261
29,801	131,967	232


Imola
AUTOSTRADA A14
Foglio 239
Foglio 222
SEZIONE GEOLOGICA PROFONDA
POZZI E CAROTAGGI
UNITÀ STRATIGRAFICHE
LITOLOGIE DEI PRINCIPALI AMBIENTI DEPOSIZIONALI
AEI
IMO
AES


Modello sismico di taglio (Vs) - Eurovo - Bagnara di Romagna (RA)
Vs (m/s)
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
STRATO 11 288m/s
STRATO 12 360m/s
STRATO 13 438m/s
STRATO 14 504m/s
STRATO 15 520m/s
STRATO 16 682m/s
STRATO 17 740m/s
modello Vs profondo

Tale stratigrafia viene rappresentata nel piano verticale X-Z mediante una serie di spezzate ognuna delle quali identifica l'andamento del singolo strato. La prima di tali spezzate serve ad identificare l'orografia della porzione di sito oggetto di studio.
Di seguito si riporta una rappresentazione grafica della stratigrafia di progetto:

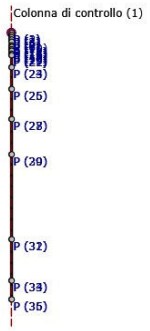


Figura 9. Stratigrafia di progetto.

Di seguito i riporta la tabella contenente le caratteristiche meccaniche dei singoli strati:

Strato	Descrizione	S [m]	ρ [Kg/m³]	Vs [m/s]	γ	Curva decadimento
Strato (1)	-	3.00	1850.00	187.00	0.35	Bag01
Strato (2)	-	3.00	1900.00	177.00	0.35	Bag01
Strato (3)	-	3.00	1900.00	217.00	0.35	Bag01
Strato (4)	-	3.00	1900.00	209.00	0.35	Bag01
Strato (5)	-	5.00	1870.00	251.00	0.35	Bag02
Strato (6)	-	2.00	1850.00	224.00	0.35	Bag03
Strato (7)	-	3.00	1900.00	271.00	0.35	Bag03
Strato (8)	-	2.00	1850.00	222.00	0.35	Bag03
Strato (9)	-	4.00	1900.00	279.00	0.35	Bag03
Strato (10)	-	2.00	1900.00	247.00	0.35	Bag03
Strato (11)	-	26.00	1900.00	288.00	0.35	EPRI (93), PI=50
Strato (12)	-	29.00	1950.00	360.00	0.35	EPRI (93), PI=50
Strato (13)	-	40.00	2000.00	438.00	0.35	EPRI (93), PI=50
Strato (14)	-	47.00	2000.00	504.00	0.35	EPRI (93), PI=50
Strato (15)	-	113.00	2050.00	520.00	0.35	EPRI (93), PI=50
Strato (16)	-	55.00	2050.00	682.00	0.35	EPRI (93), PI=50
Strato (17)	-	25.00	2100.00	740.00	0.35	EPRI (93), 500-1000 ft

Tabella 1. Caratteristiche meccaniche strati.

dove:

- S = spessore del singolo strato;
- ρ = densità di massa del singolo strato;
- Vs = velocità di propagazione delle onde di taglio del singolo strato;
- γ = coefficiente di contrazione trasversale (di Poisson) del singolo strato;

4.3 - Accelerogrammi e Spettri di Input

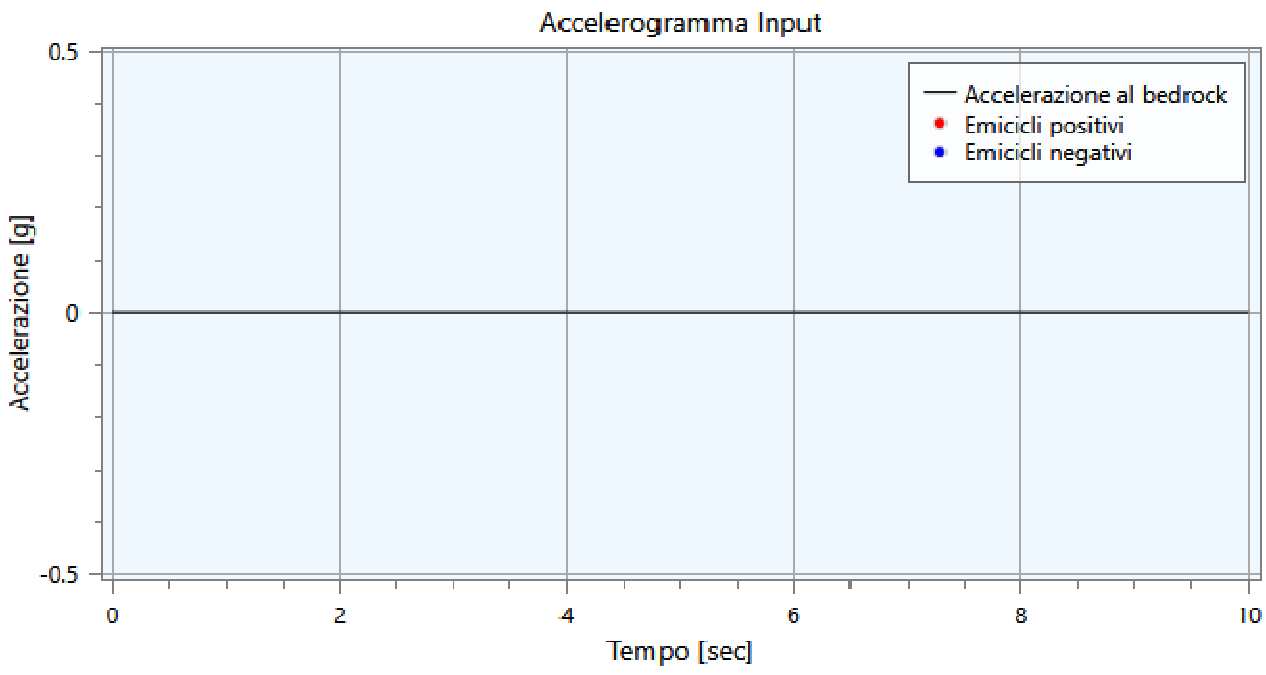
Gli accelerogrammi di input relativi allo stato limite in esame (ad esempio SLV) possono essere ottenuti tramite un'analisi con l'utilizzo dell'applicativo software REXEL v. 3.4 beta, che permette la ricerca di combinazioni di accelerogrammi naturali compatibili con gli spetti delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018), dell'Eurocodice 8 (EC – CEN 2003), dell'ASCE/SEI 7-10 (ASCE, 2010). Il database utilizzato è l'Italian Accelerometric Archive (ITACA) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), scaricabile dal sito http://itaca.mi.ingv.it.

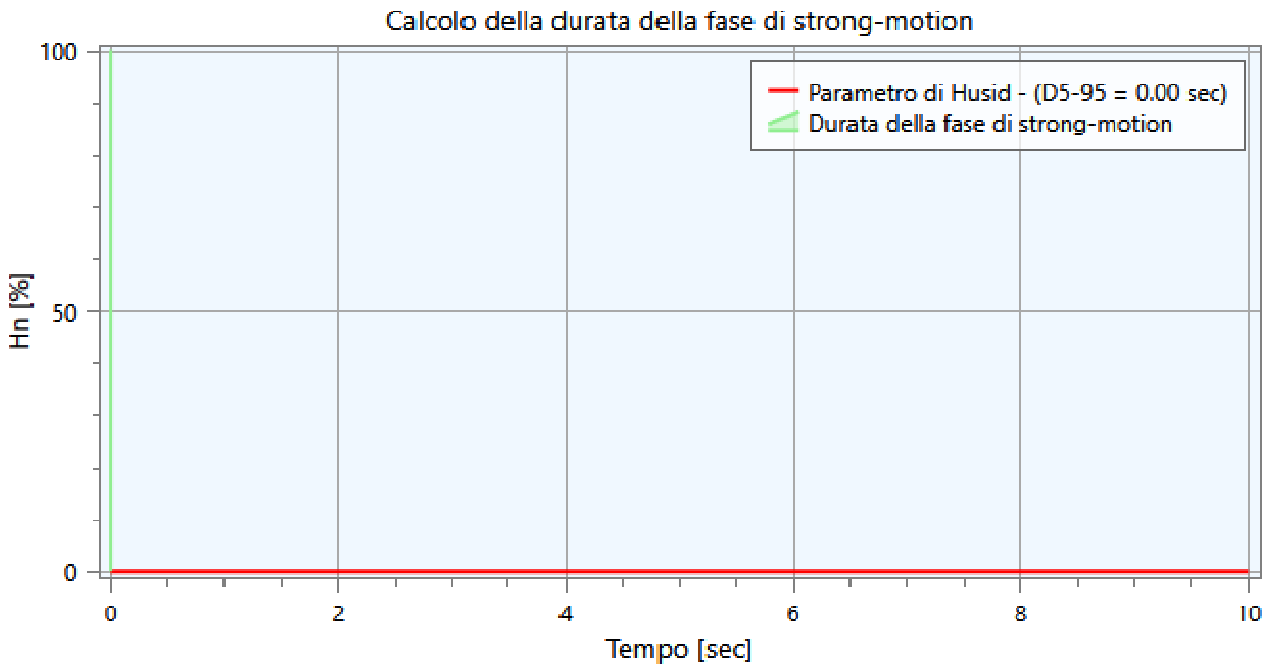
Per ogni accelerogramma viene ottenuto il numero di cicli equivalenti N_{eq} secondo la procedura proposta da Biondi et al. (2012) oltre ad una serie di informazioni di seguito descritte:

- a_{max} : accelerazione massima;
- I_S : intensità di Arias;
- t_5 : istante iniziale della fase di strong motion;
- t_{95} : istante finale della fase di strong motion;
- D_{5-95} : durata della fase di strong motion;
- ν_0 : frequenza di passaggi per lo zero nella fase di strong motion;
- N_{eq} : numero di cicli equivalenti;

Di seguito si riportano gli accelerogrammi di progetto riferiti ad una condizione detta di 'outcrop':

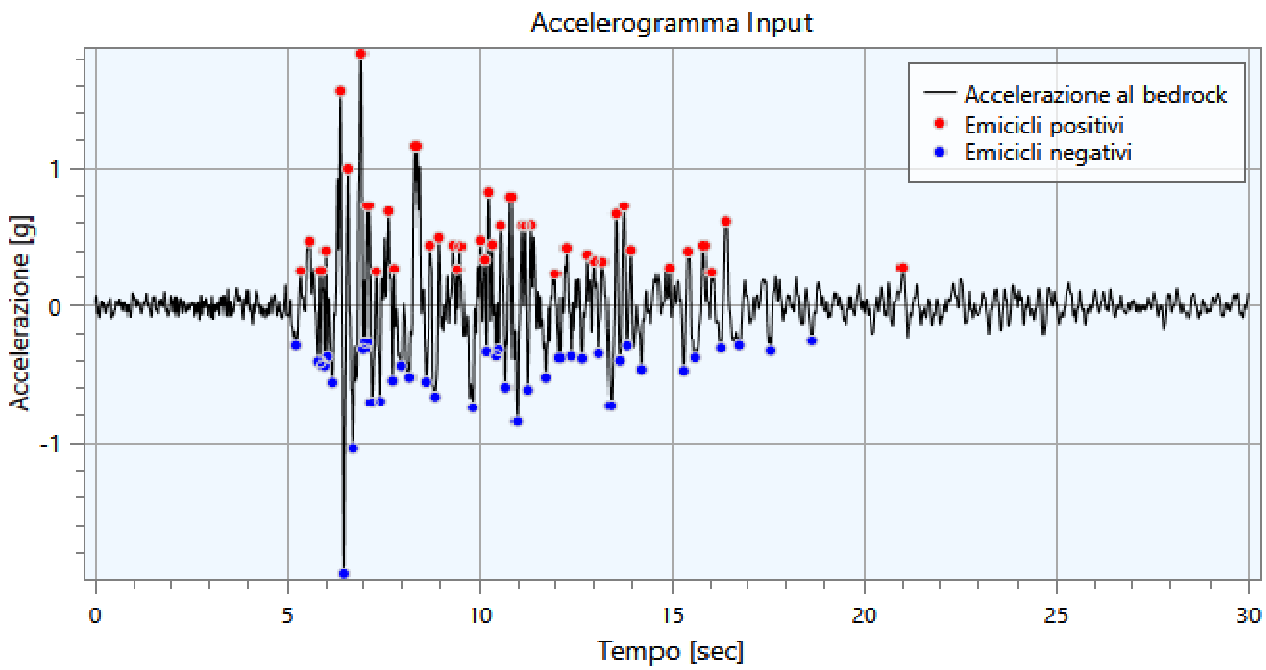
Nome: Zero

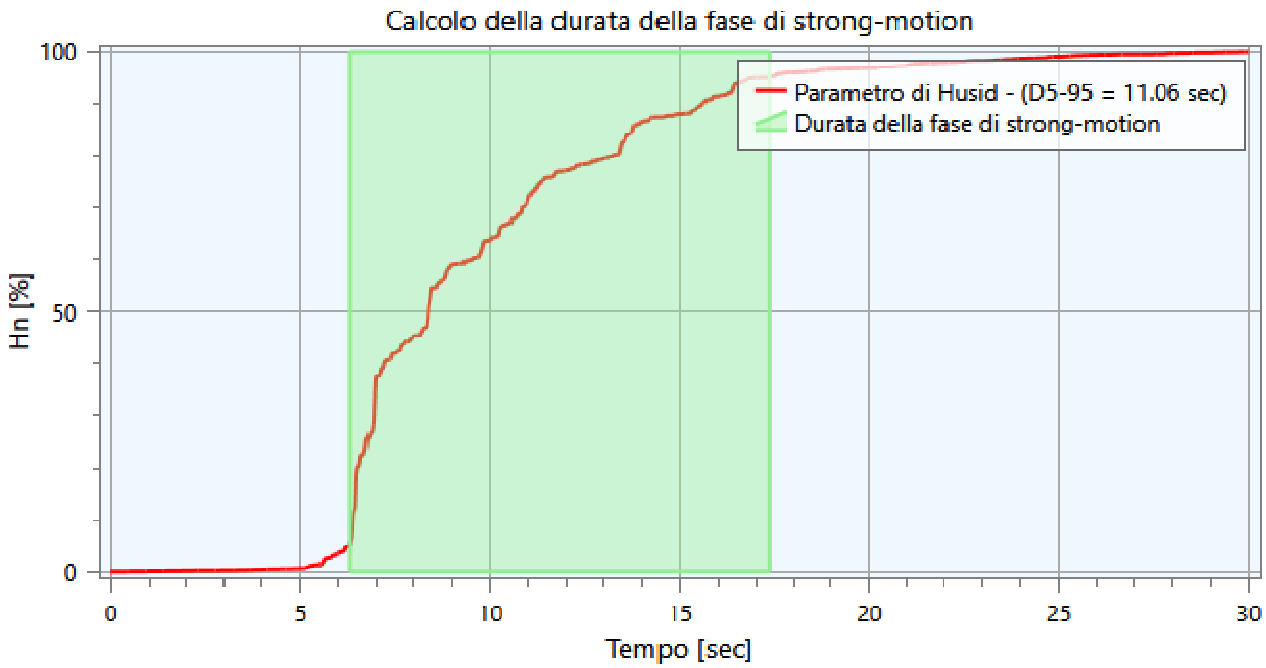




Info		Dati	
$a_{max}\,[g]$	0.00	**Nome evento**	
$I_s\,[cm/s]$	0.0	**Id evento**	
$t_5\,[s]$	0.00	**Data**	
$t_{95}\,[s]$	0.00	M_w	
$D_{5-95}\,[s]$	0.00	M_l	
$\upsilon_0\,[Hz]$	0.0	**Sito EC8**	
$N_{eq}\,[-]$	0.0	**Nome stazione**	
		$R_{ep}\,[km]$	

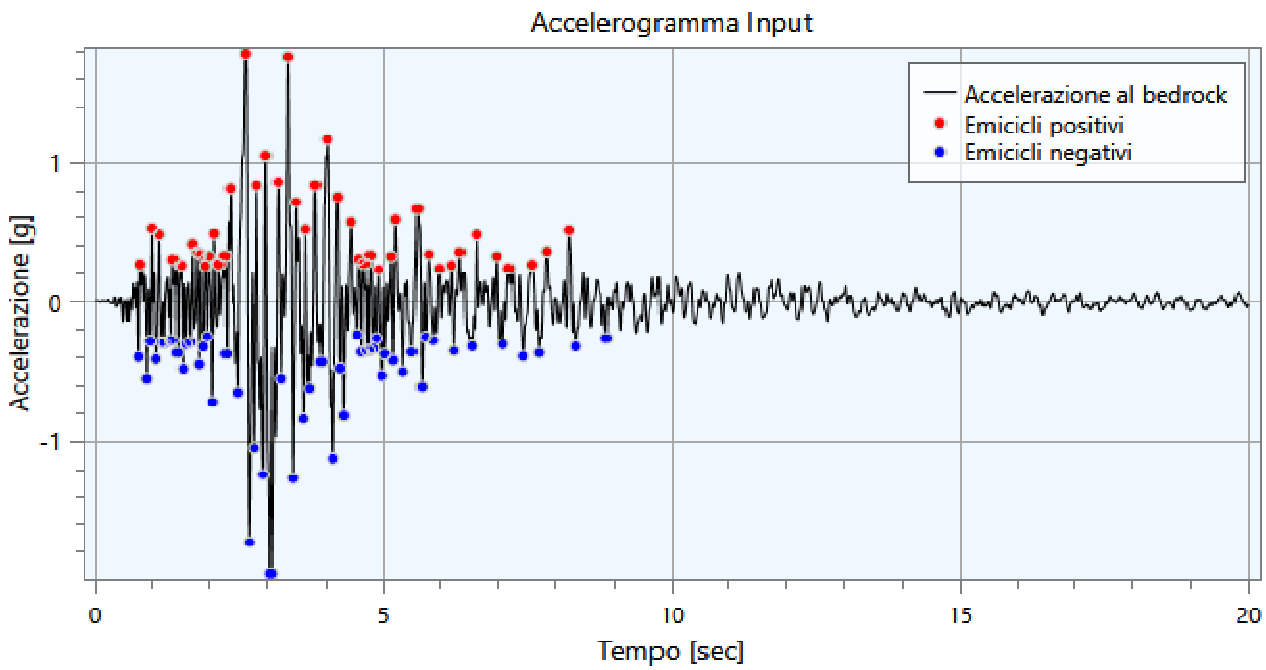
Nome: Acc (1)

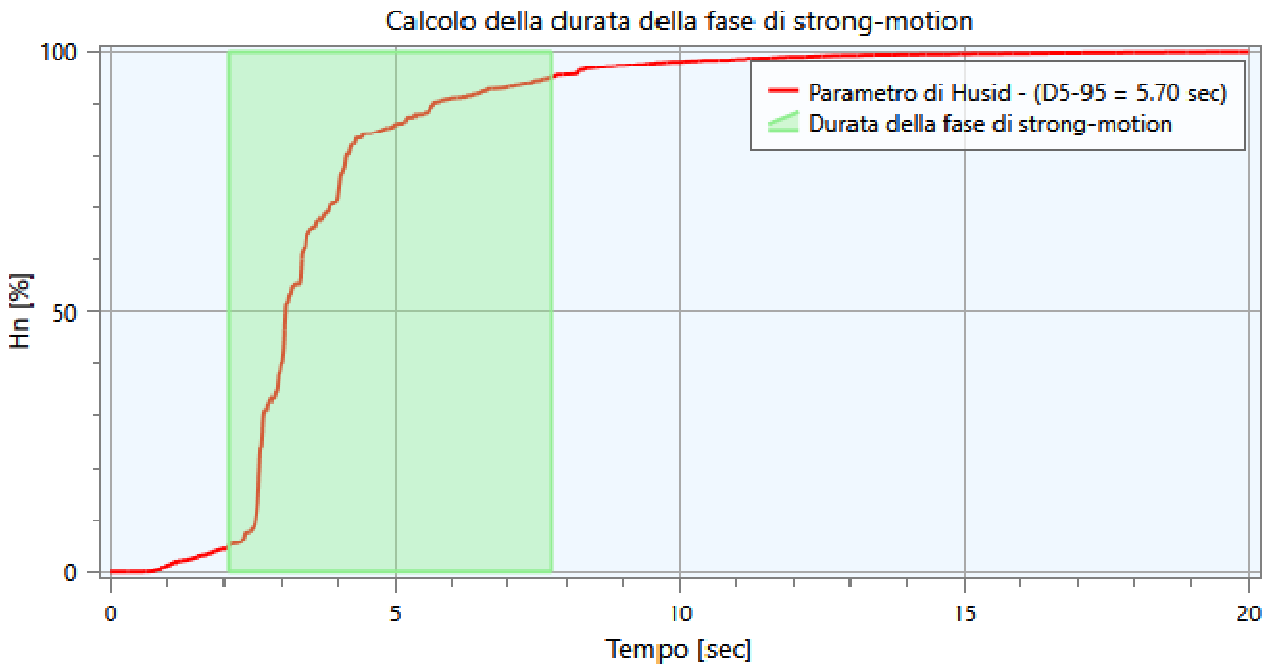




Info		Dati	
$a_{max}\,[g]$	1.95	**Nome evento**	
$I_s\,[cm/s]$	2673.0	**Id evento**	
$t_5\,[s]$	6.29	**Data**	
$t_{95}\,[s]$	17.36	M_w	
$D_{5-95}\,[s]$	11.06	M_l	
$\upsilon_0\,[Hz]$	9.6	**Sito EC8**	
$N_{eq}\,[-]$	7.7	**Nome stazione**	
		$R_{ep}\,[km]$	

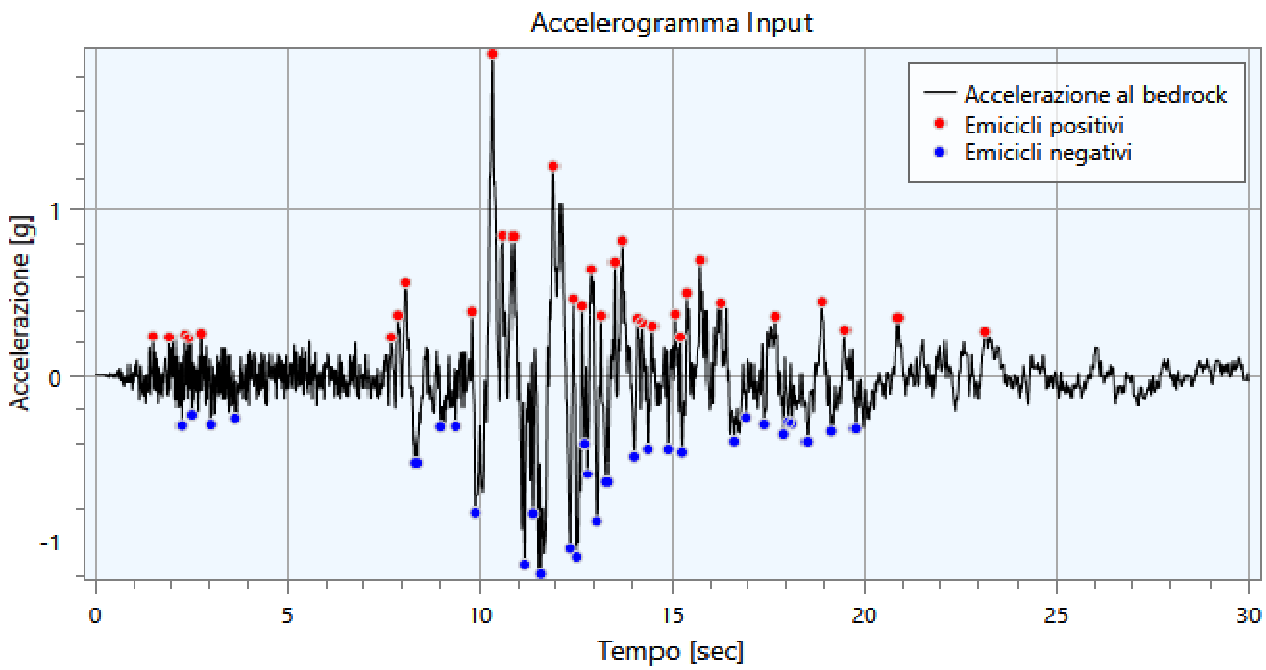
Nome: Acc (2)

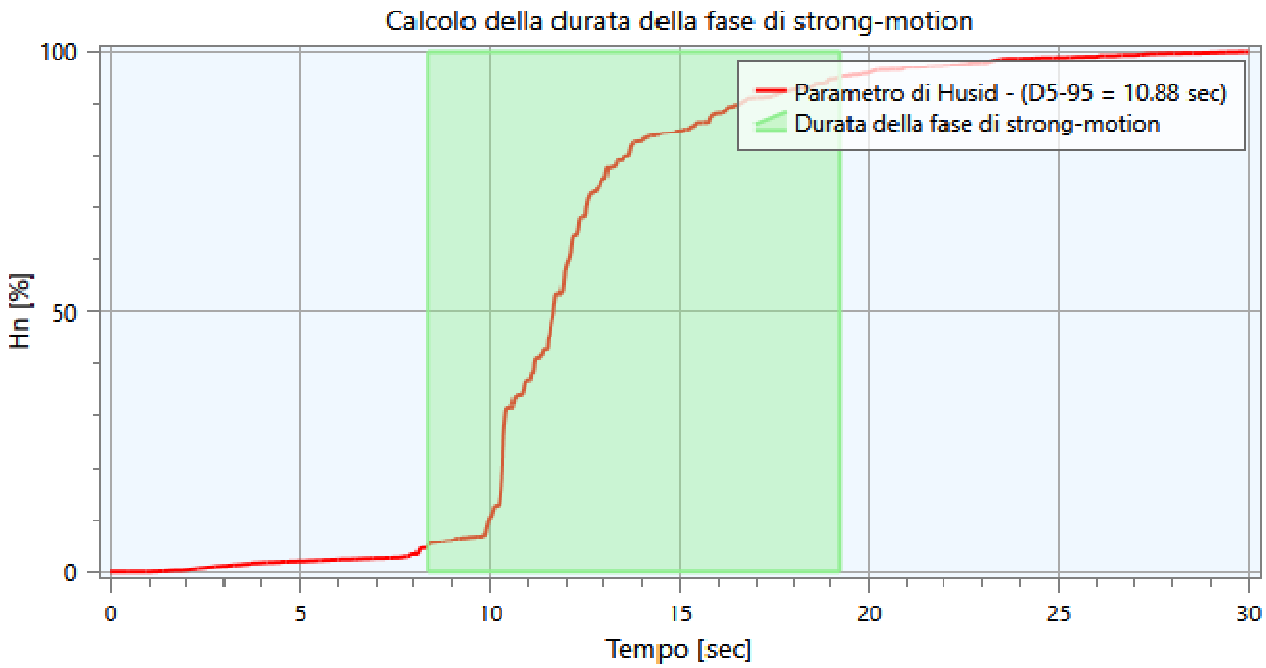




Info		Dati	
$a_{max}\,[g]$	1.95	**Nome evento**	
$I_s\,[cm/s]$	2205.5	**Id evento**	
$t_5\,[s]$	2.06	**Data**	
$t_{95}\,[s]$	7.75	M_w	
$D_{5-95}\,[s]$	5.70	M_l	
$\nu_0\,[Hz]$	16.8	**Sito EC8**	
$N_{eq}\,[-]$	10.5	**Nome stazione**	
		$R_{ep}\,[km]$	

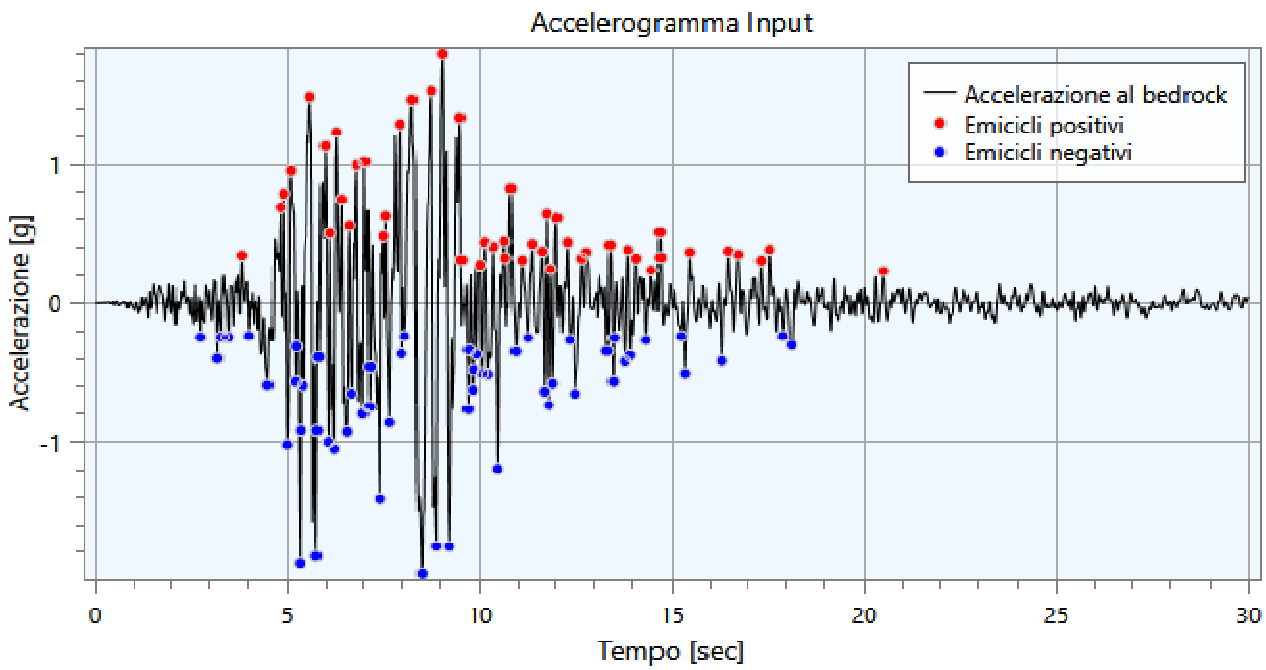
Nome: Acc (3)

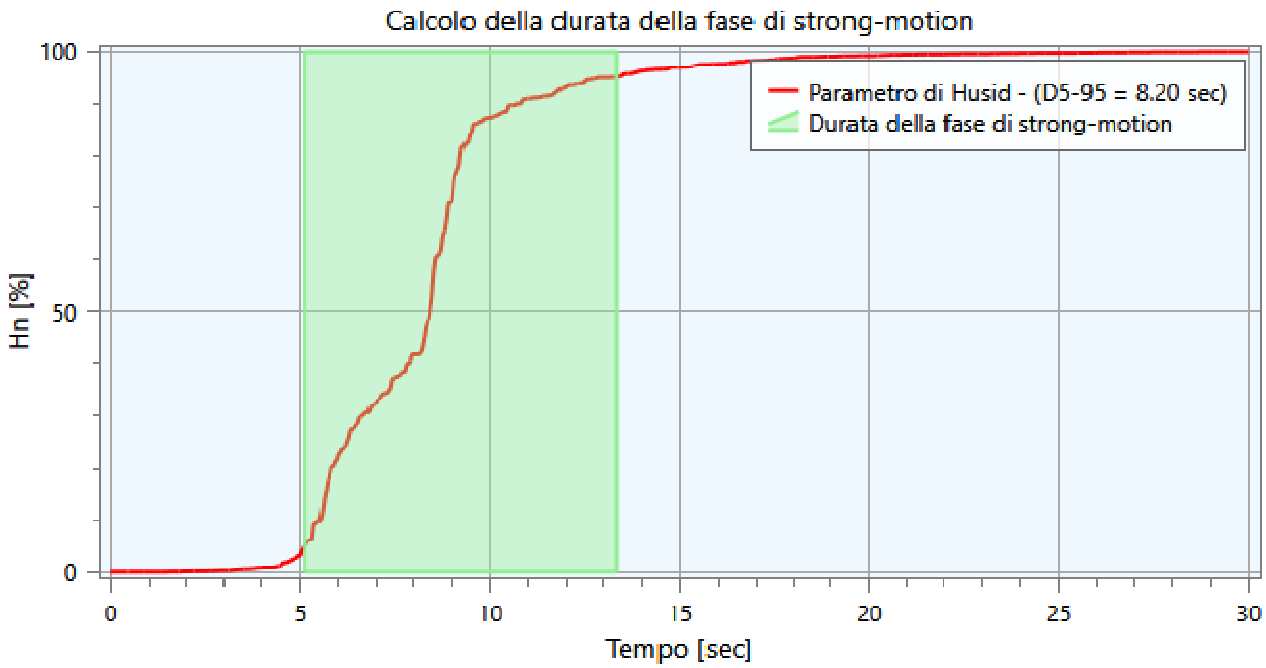




Info		Dati	
$a_{max}\,[g]$	1.95	**Nome evento**	
$I_s\,[cm/s]$	2988.0	**Id evento**	
$t_5\,[s]$	8.35	**Data**	
$t_{95}\,[s]$	19.23	M_w	
$D_{5-95}\,[s]$	10.88	M_l	
$\upsilon_0\,[Hz]$	10.3	**Sito EC8**	
$N_{eq}\,[-]$	5.7	**Nome stazione**	
		$R_{ep}\,[km]$	

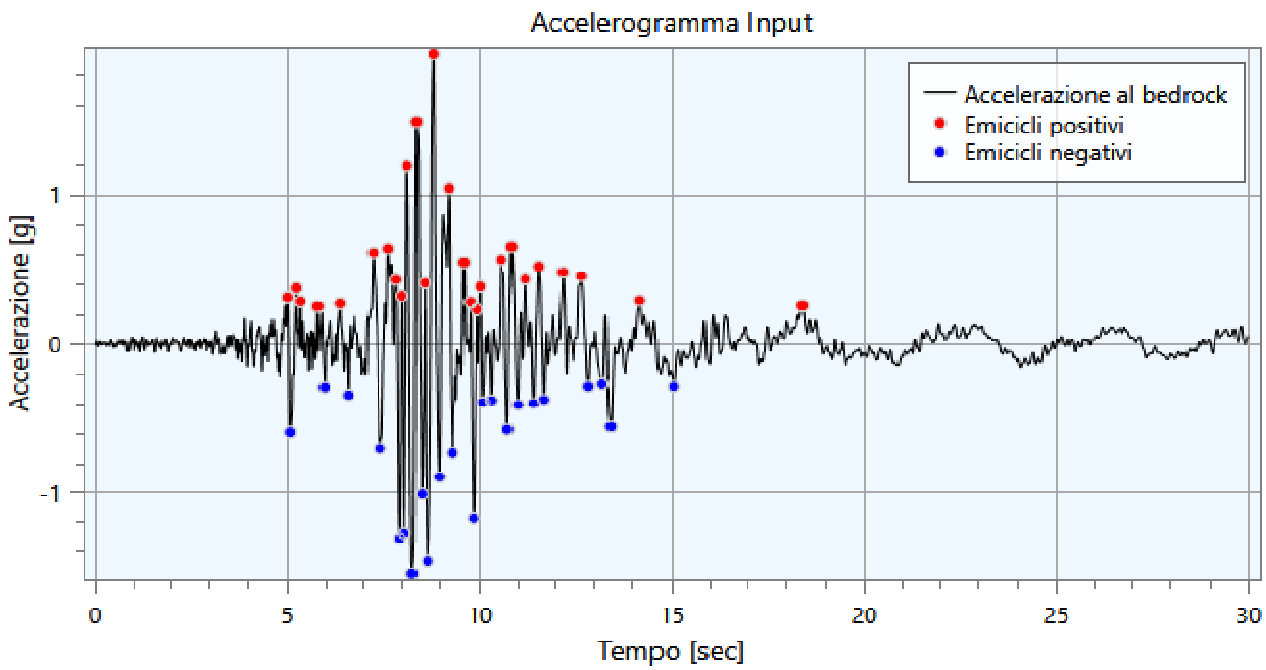
Nome: Acc (4)

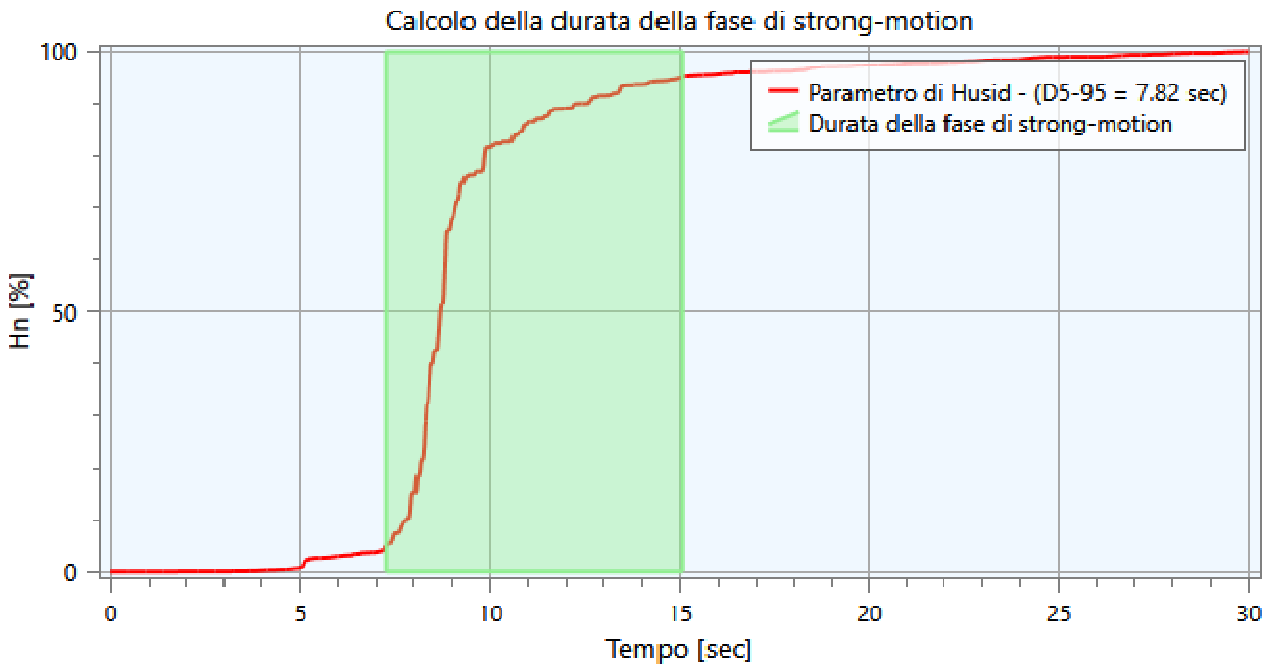




Info		Dati	
$a_{max}\,[g]$	1.95	**Nome evento**	
$I_s\,[cm/s]$	6245.4	**Id evento**	
$t_5\,[s]$	5.12	**Data**	
$t_{95}\,[s]$	13.32	M_w	
$D_{5-95}\,[s]$	8.20	M_l	
$v_0\,[Hz]$	10.7	**Sito EC8**	
$N_{eq}\,[-]$	18.8	**Nome stazione**	
		$R_{ep}\,[km]$	

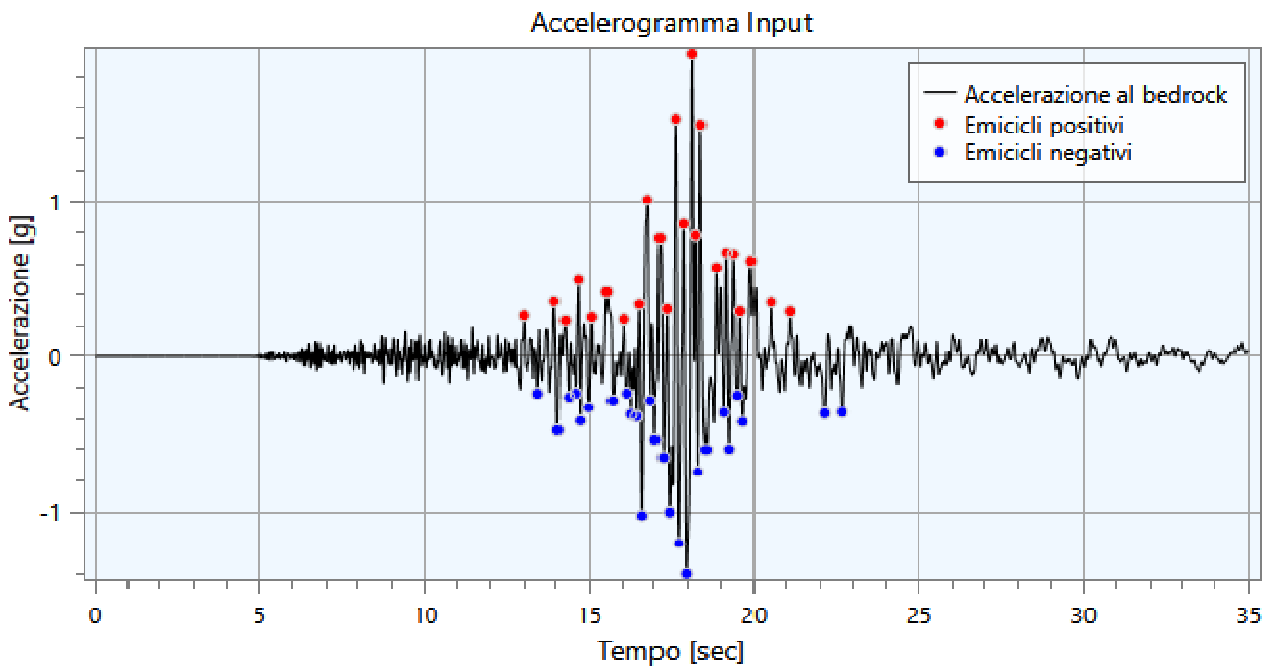
Nome: Acc (5)

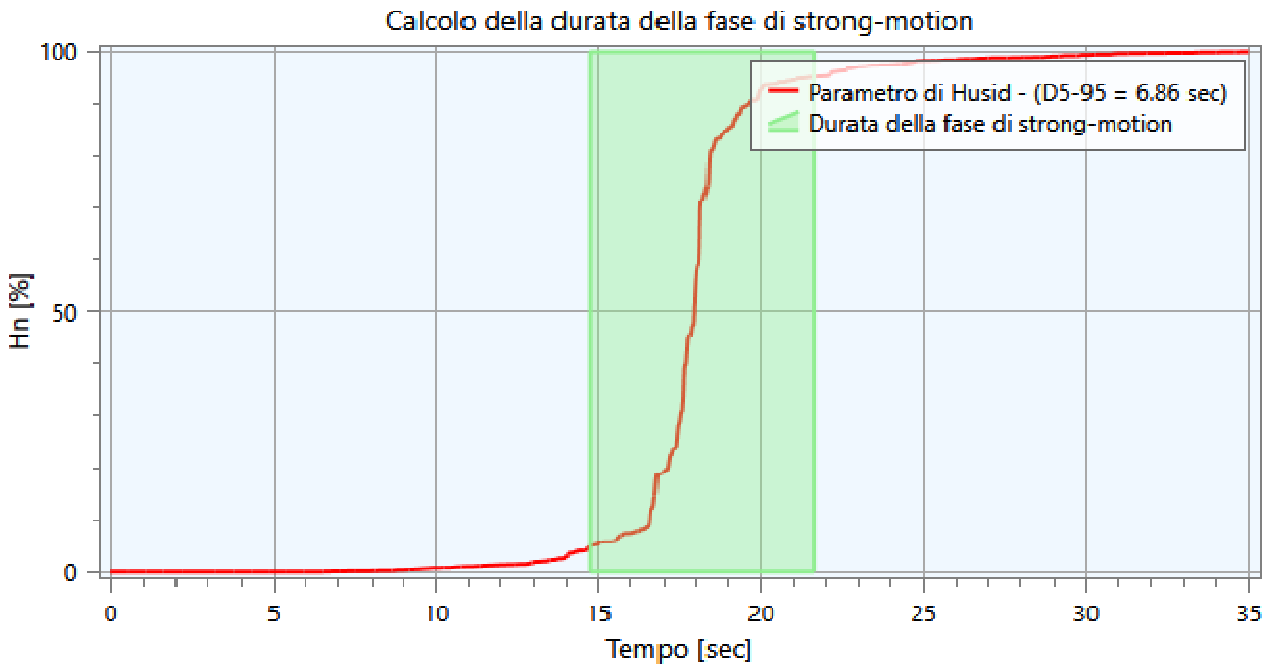




Info		Dati	
$a_{max}\,[g]$	1.95	**Nome evento**	
$I_s\,[cm/s]$	2966.9	**Id evento**	
$t_5\,[s]$	7.26	**Data**	
$t_{95}\,[s]$	15.08	M_w	
$D_{5-95}\,[s]$	7.82	M_l	
$\upsilon_0\,[Hz]$	8.4	**Sito EC8**	
$N_{eq}\,[-]$	7.8	**Nome stazione**	
		$R_{ep}\,[km]$	

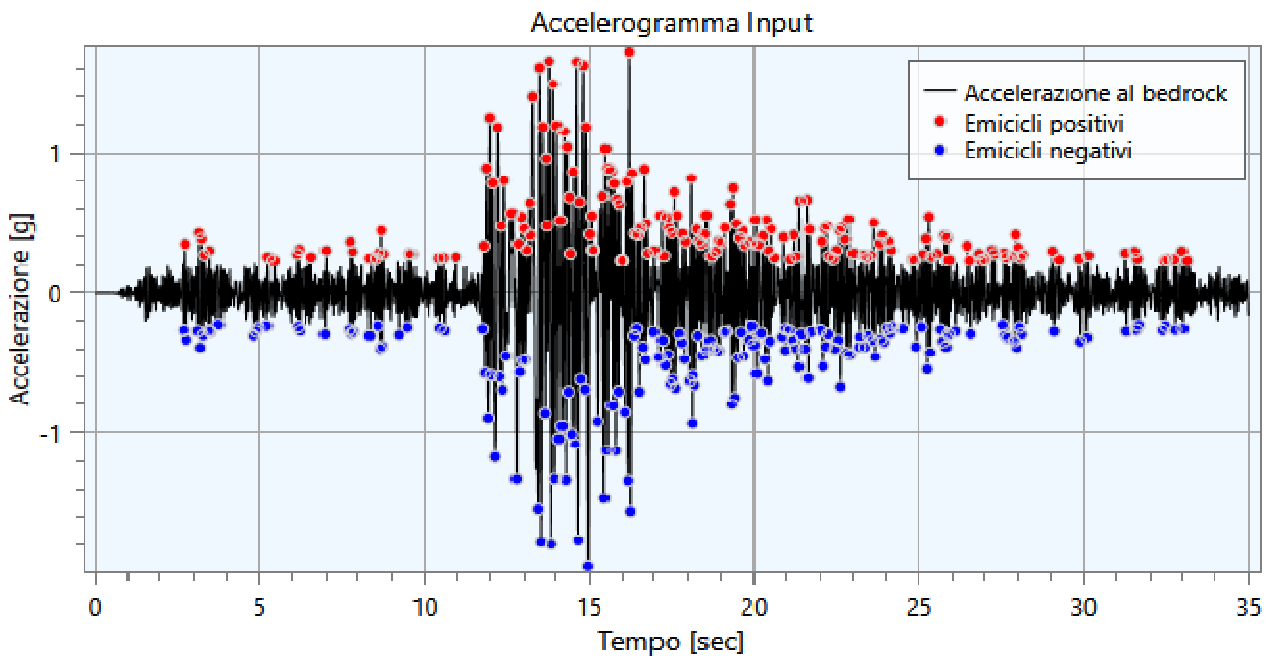
Nome: Acc (6)

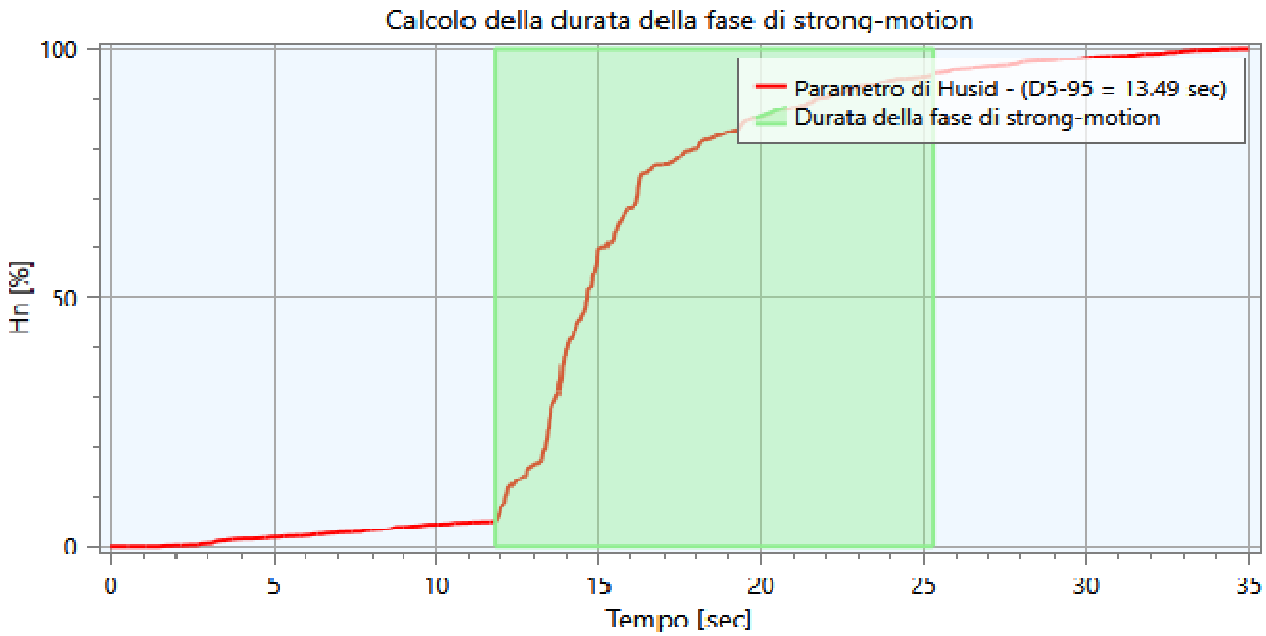




Info		Dati	
$a_{max}\,[g]$	1.95	**Nome evento**	
$I_s\,[cm/s]$	2382.1	**Id evento**	
$t_5\,[s]$	14.75	**Data**	
$t_{95}\,[s]$	21.61	M_w	
$D_{5-95}\,[s]$	6.86	M_l	
$\upsilon_0\,[Hz]$	8.0	**Sito EC8**	
$N_{eq}\,[-]$	6.6	**Nome stazione**	
		$R_{ep}\,[km]$	

Nome: Acc (7)





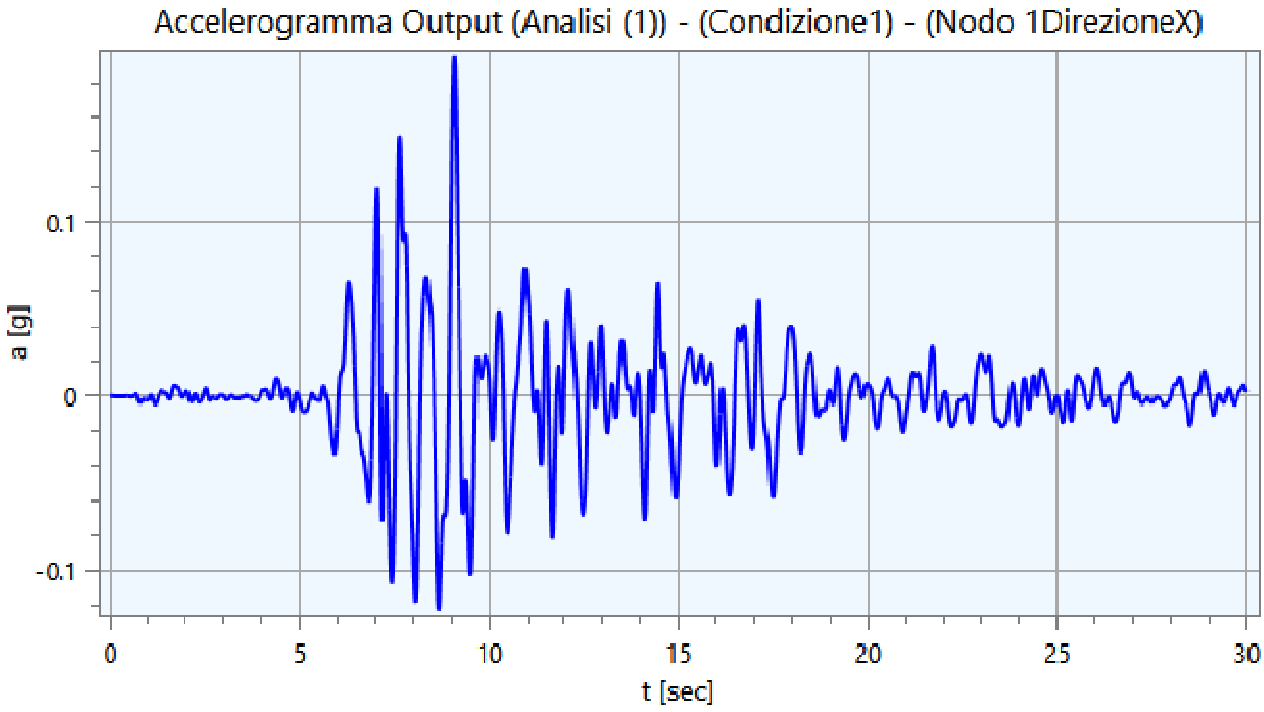
Info		Dati	
$a_{max}[g]$	1.95	**Nome evento**	
$I_g[cm/s]$	5203.0	**Id evento**	
$t_5[s]$	11.82	**Data**	
$t_{95}[s]$	25.31	M_w	
$D_{5-95}[s]$	13.49	M_l	
$\nu_0[Hz]$	22.2	**Sito EC8**	
$N_{eq}[-]$	32.2	**Nome stazione**	
		$R_{eq}[km]$	

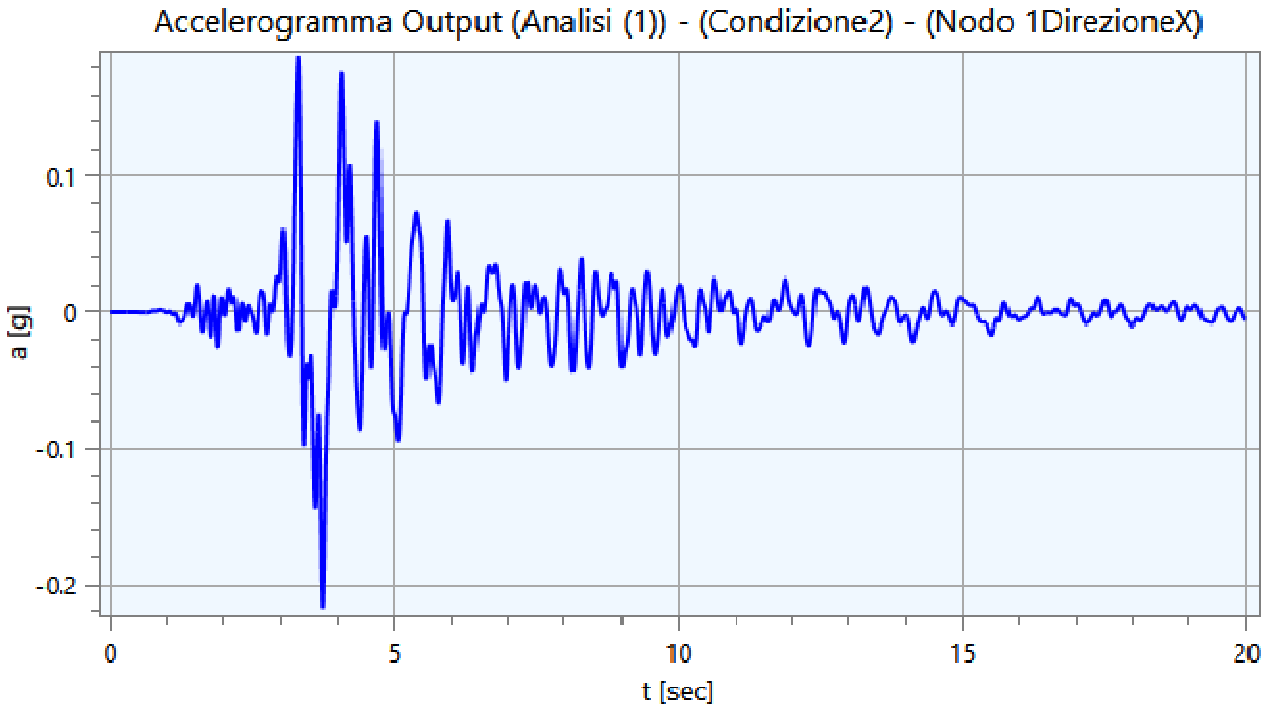
5 - Output

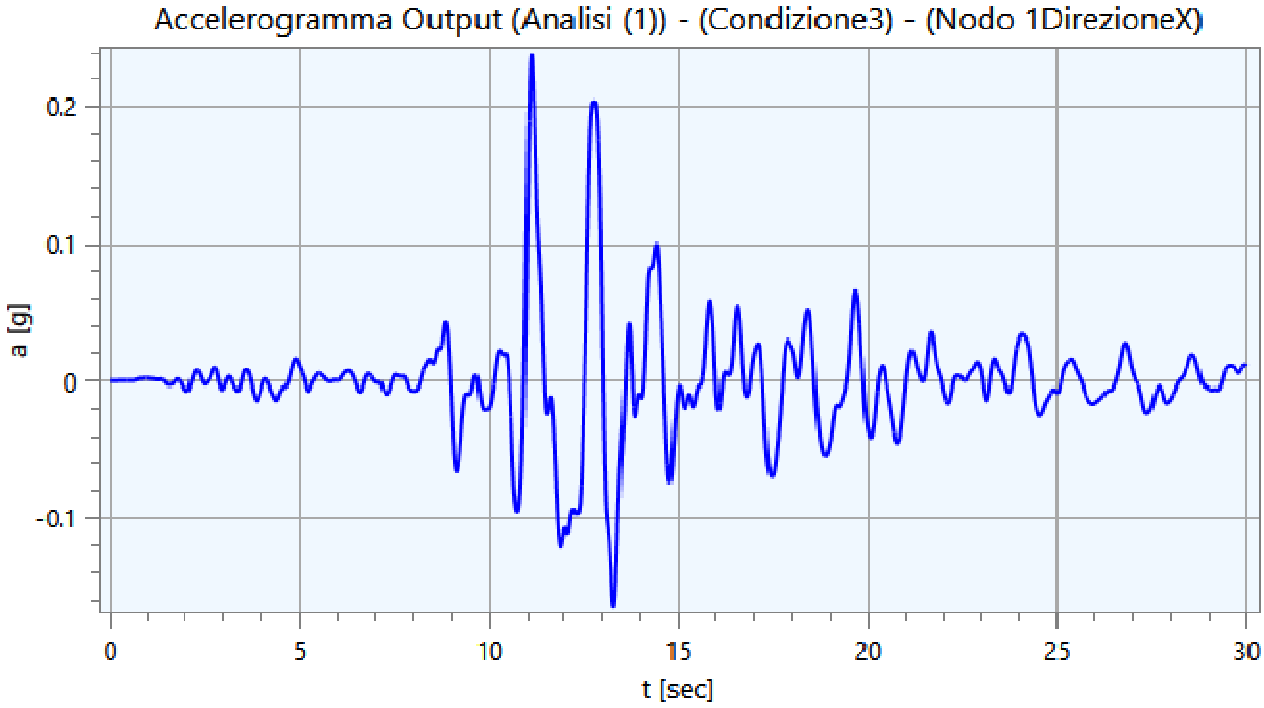
Nei paragrafi successivi vengono riportate le informazioni relative ai risultati del calcolo.

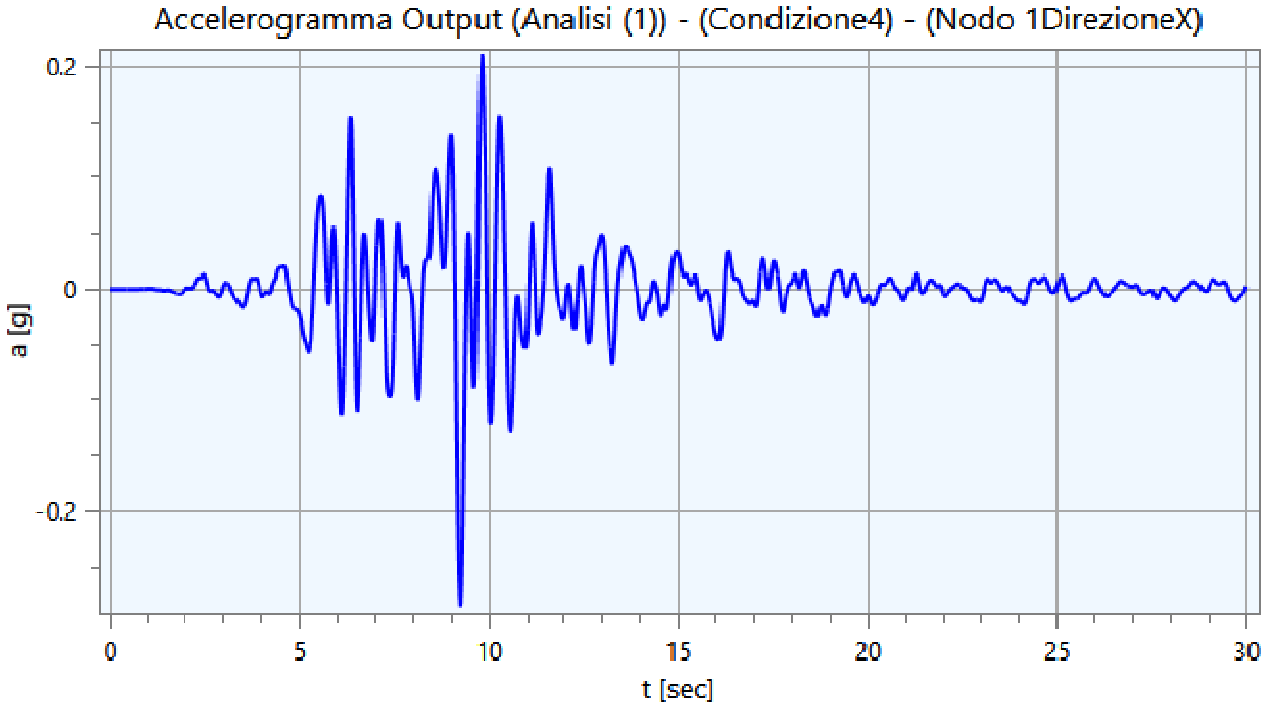
5.1 - Accelerogrammi Output

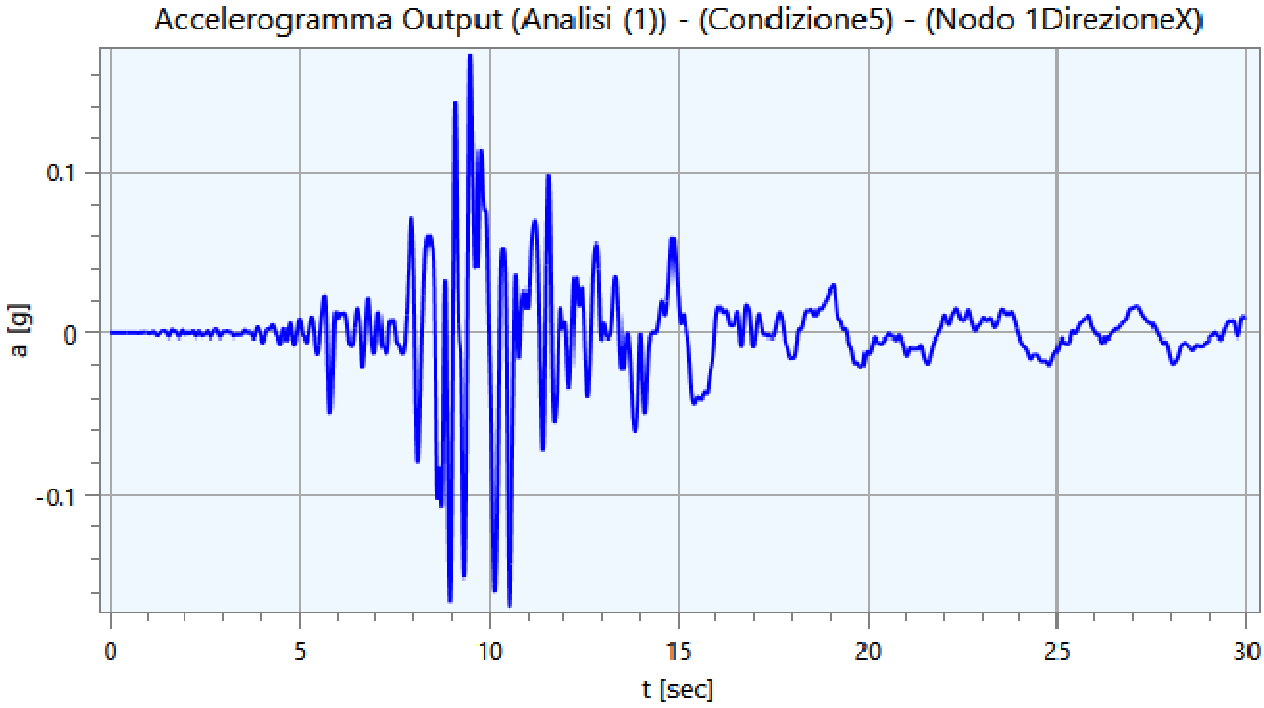
Di seguito vengono riportati gli accelerogrammi relativi alle varie analisi effettuate ed alle rispettive condizioni di carico per i cinematismi di controllo:

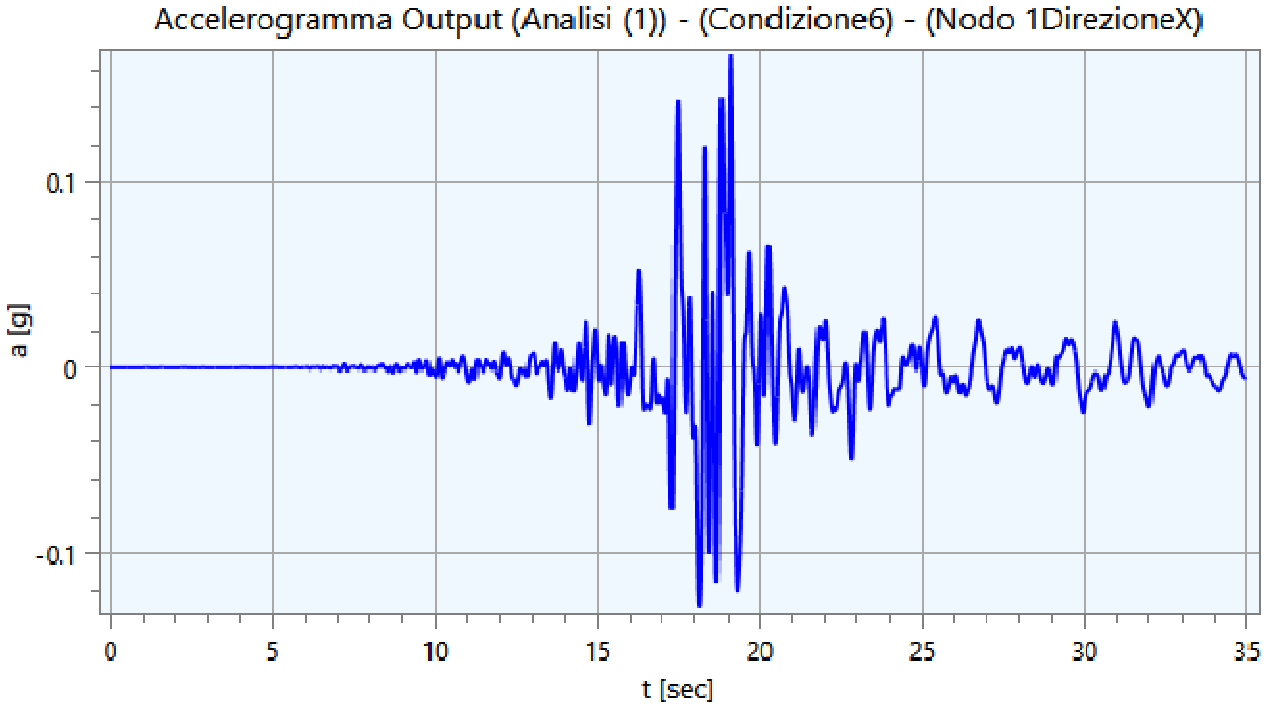


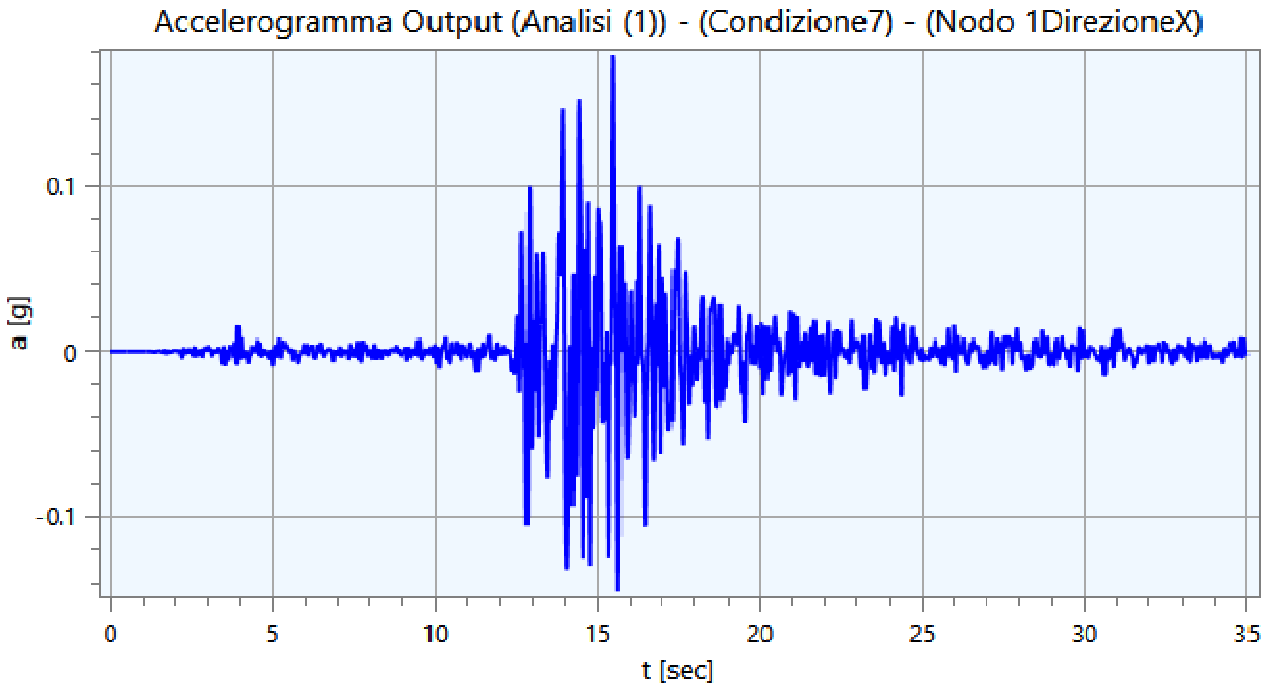



Accelerogramma Output (Analisi (1)) - (Condizione3) - (Nodo 1DirezioneX)
a [g]
0.2
0.1
0
-0.1
0
5
10
15
20
25
30
t [sec]


Accelerogramma Output (Analisi (1)) - (Condizione4) - (Nodo 1DirezioneX)
a [g]
0.2
0
-0.2
0
5
10
15
20
25
30
t [sec]

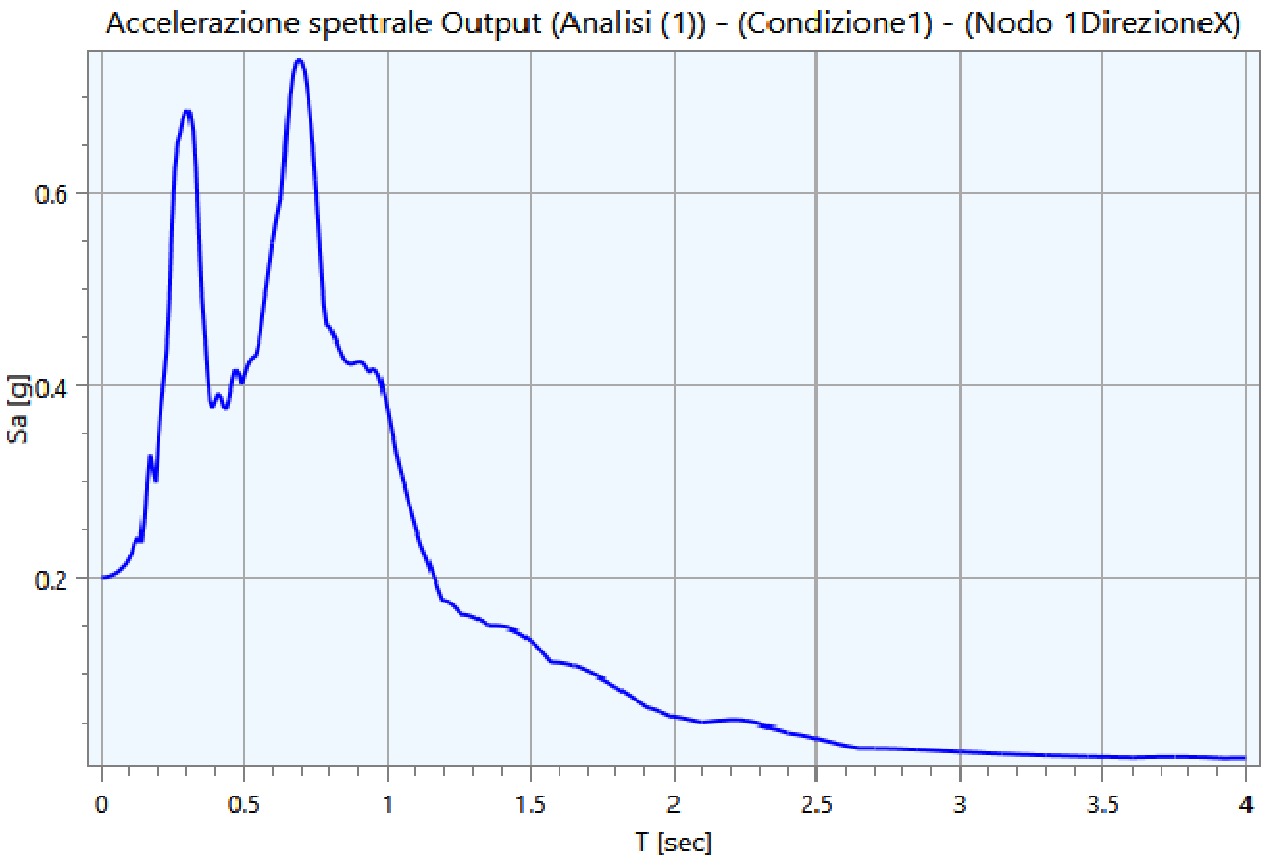

Accelerogramma Output (Analisi (1)) - (Condizione5) - (Nodo 1DirezioneX)
a [g]
0.1
0
-0.1
0
5
10
15
20
25
30
t [sec]

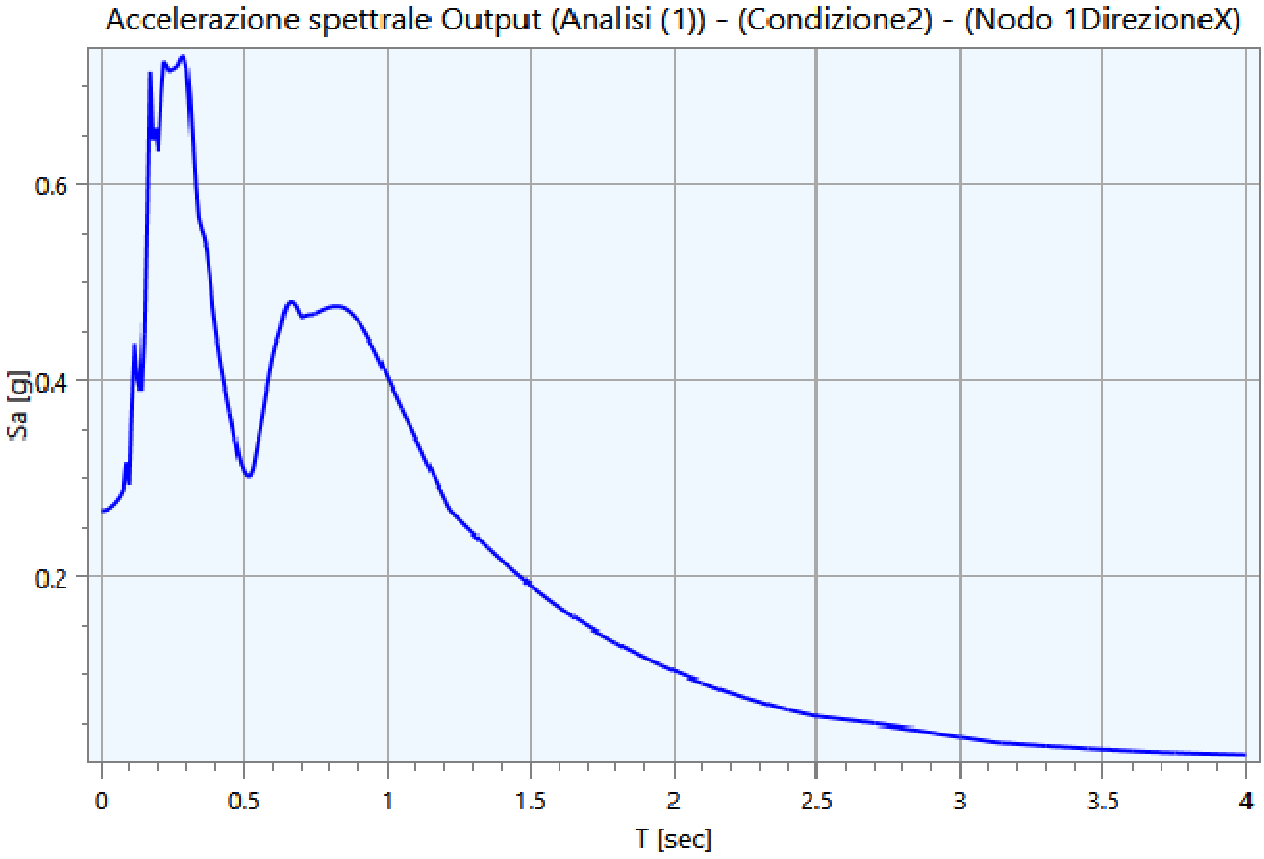

Accelerogramma Output (Analisi (1)) - (Condizione6) - (Nodo 1DirezioneX)
a [g]
0.1
0
-0.1
0
5
10
15
20
25
30
35
t [sec]

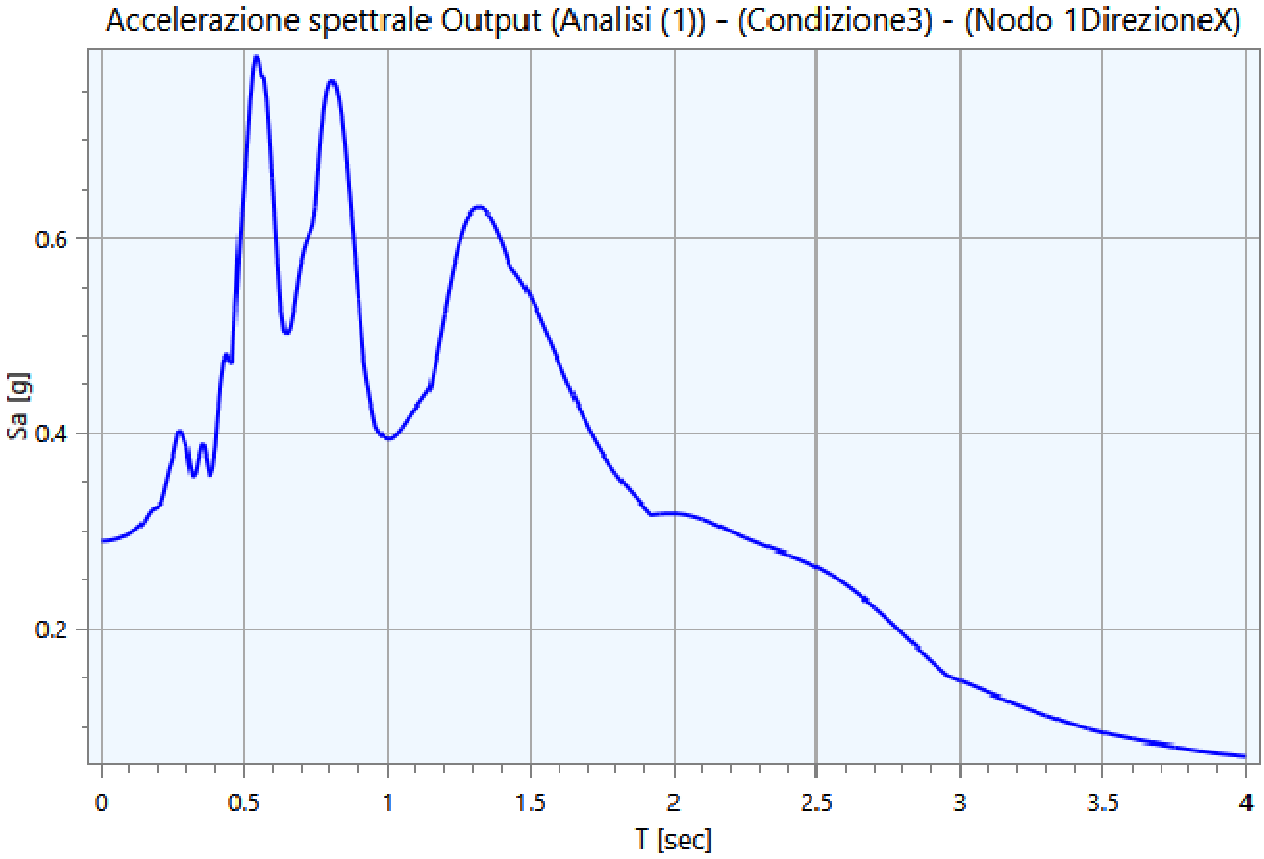


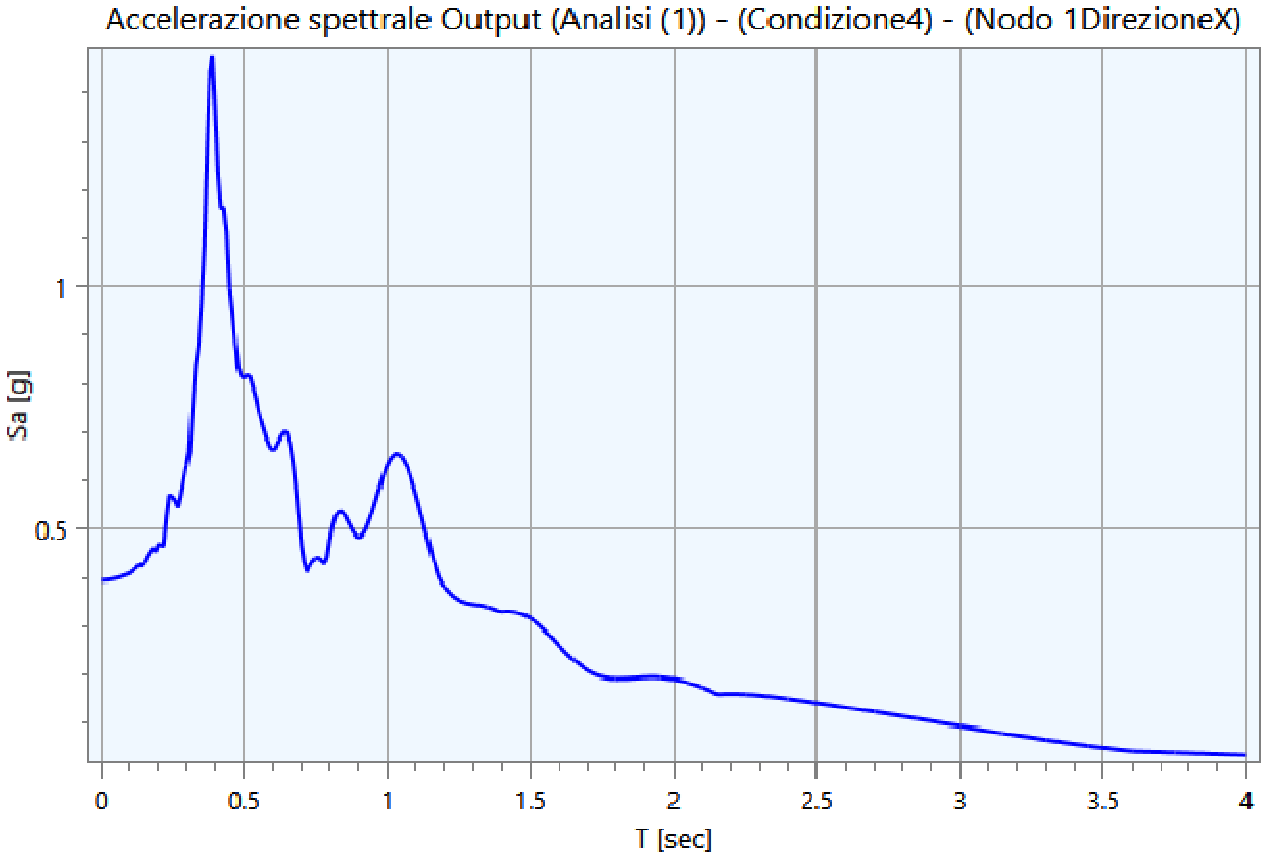
5.2 - Spettri Output

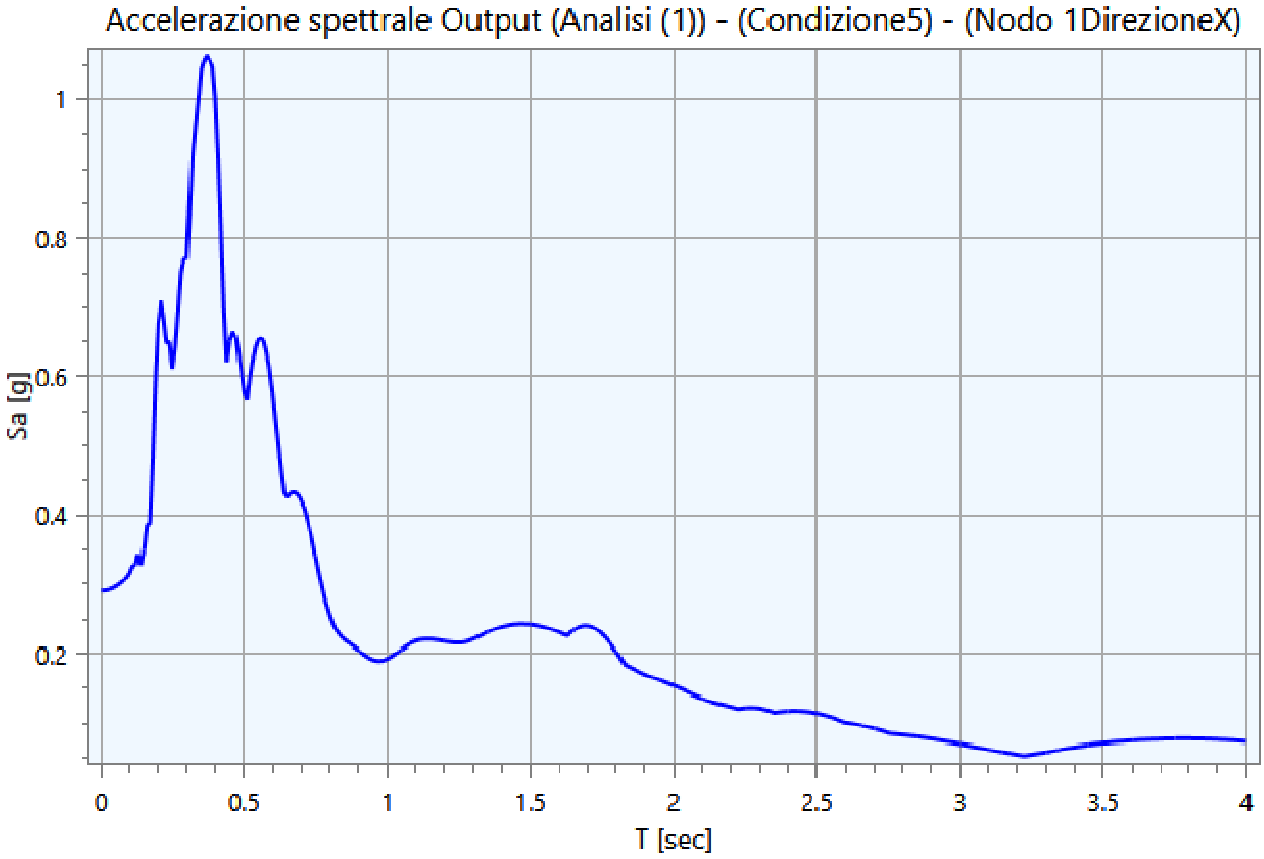
Di seguito vengono riportati gli spettri relativi alle varie analisi effettuate ed alle rispettive condizioni di carico per i cinematismi di controllo:

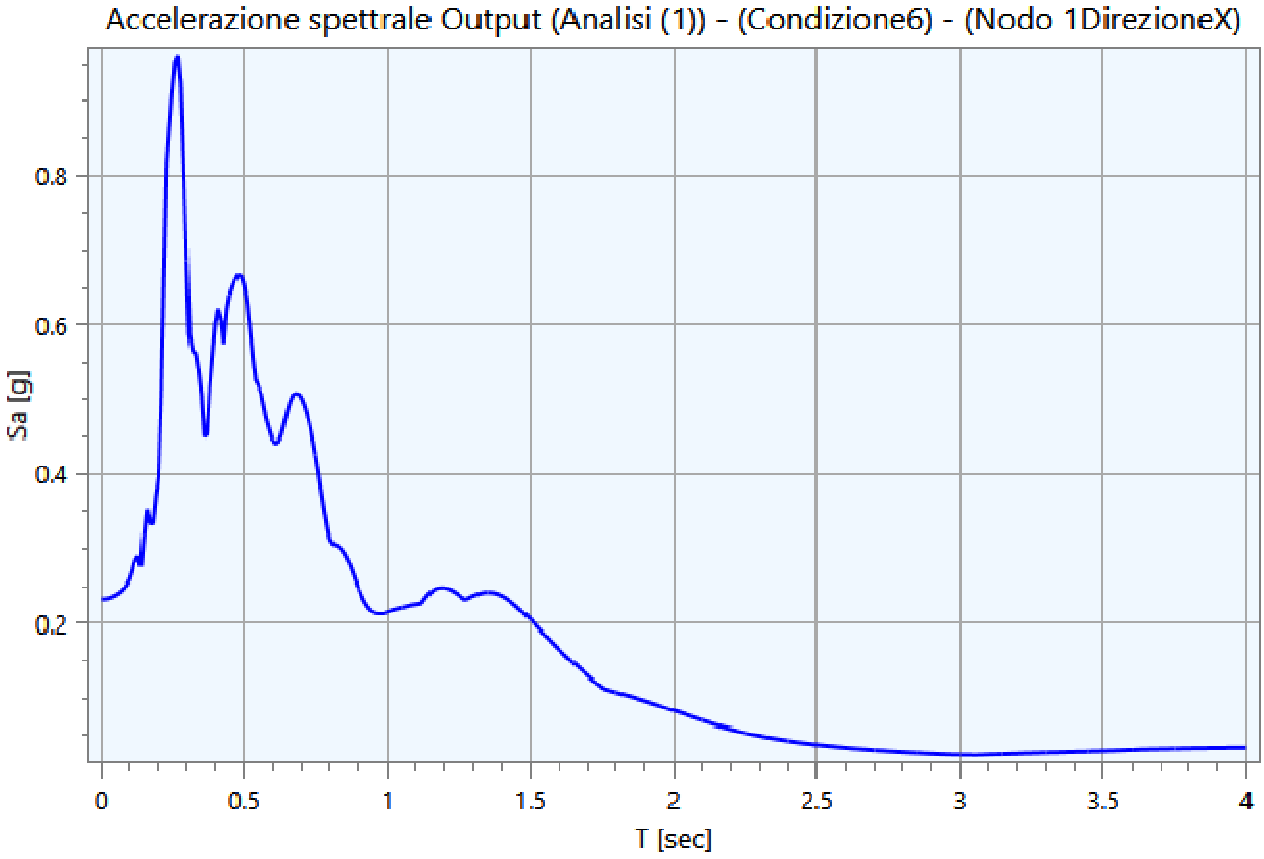


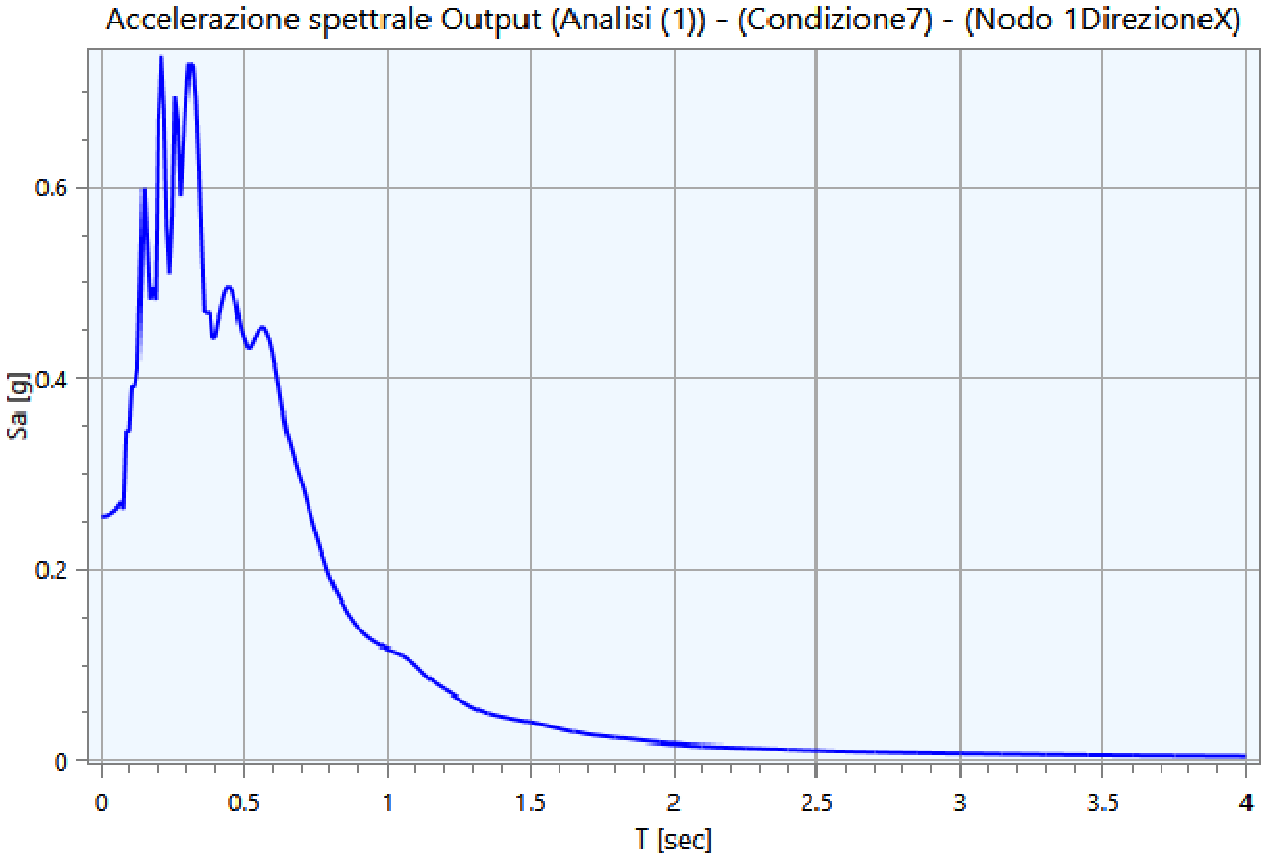

Accelerazione spettrale Output (Analisi (1)) - (Condizione2) - (Nodo 1DirezioneX)
Sa [g]
0.6
0.4
0.2
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
T [sec]


Accelerazione spettrale Output (Analisi (1)) - (Condizione3) - (Nodo 1DirezioneX)
Sa [g]
0.6
0.4
0.2
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
T [sec]


Accelerazione spettrale Output (Analisi (1)) - (Condizione4) - (Nodo 1DirezioneX)
Sa [g]
1
0.5
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
T [sec]

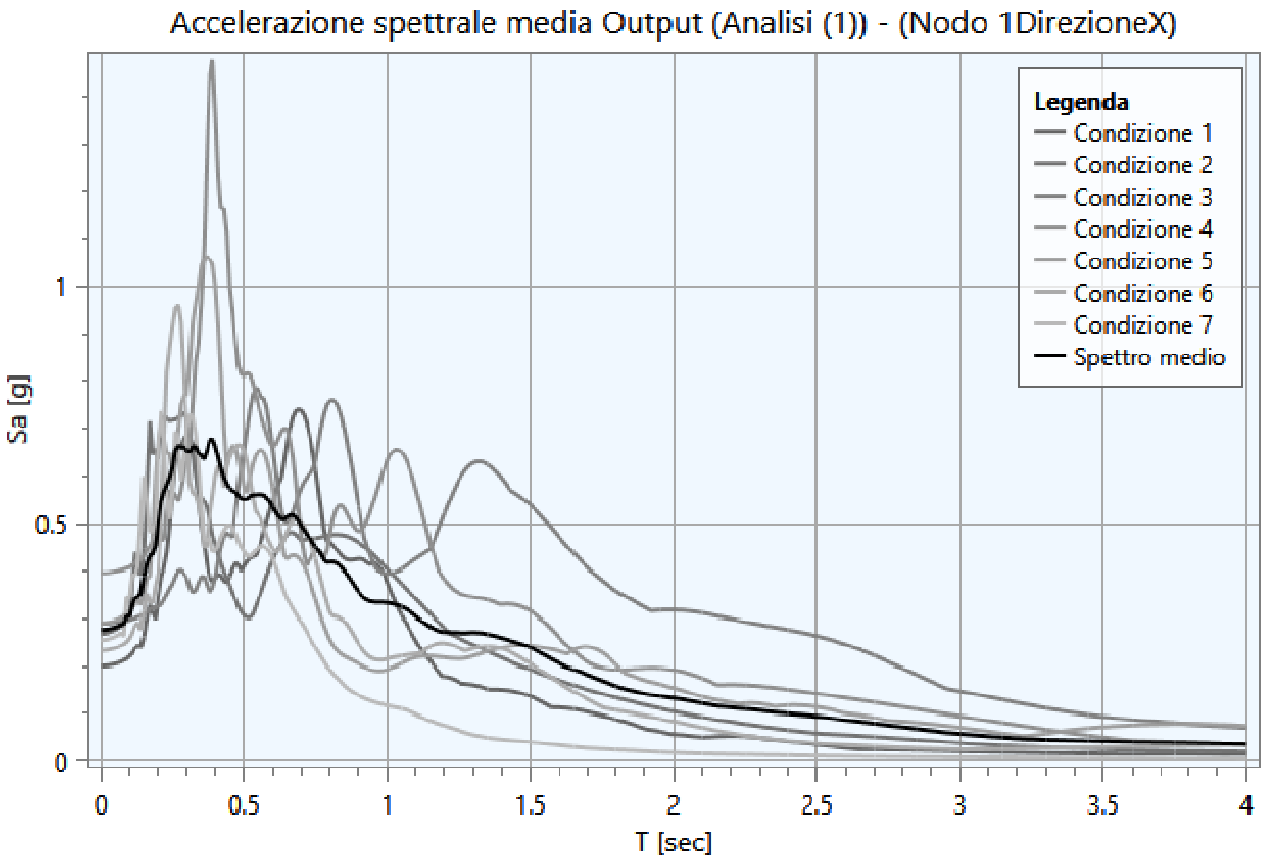

Accelerazione spettrale Output (Analisi (1)) - (Condizione5) - (Nodo 1DirezioneX)
Sa [g]
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
T [sec]

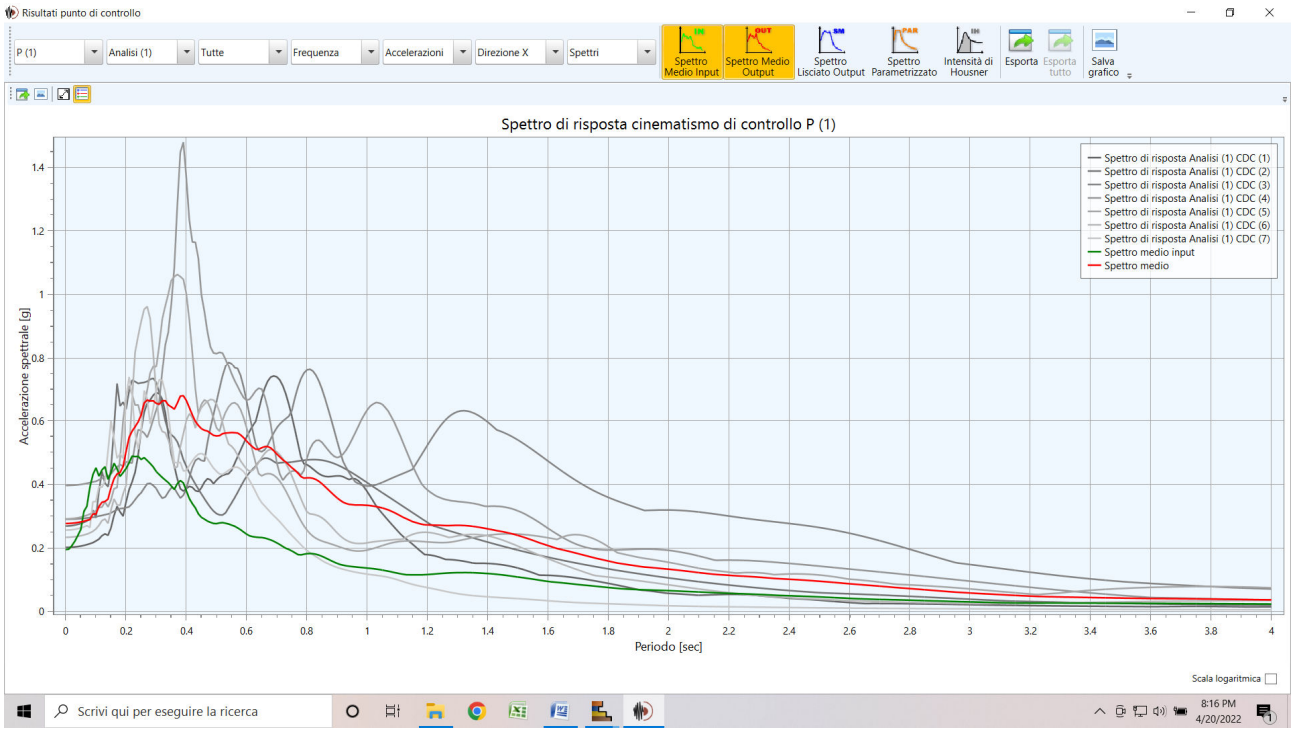

Accelerazione spettrale Output (Analisi (1)) - (Condizione6) - (Nodo 1DirezioneX)
Sa [g]
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
T [sec]


Accelerazione spettrale Output (Analisi (1)) - (Condizione7) - (Nodo 1DirezioneX)
Sa [g]
0.6
0.4
0.2
0
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
T [sec]

5.3 - Interpretazione dei risultati

Di seguito vengono riportati gli spettri relativi alle varie analisi effettuate ed alle rispettive condizioni di carico per i cinematismi di controllo:





La parametrizzazione degli spettri di risposta ottenuti nei vari punti di controllo viene condotta mediante la procedura suggerita dagli "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica" (*GdL MS, 2008 – parti I e II – punto 2.5.4.3.1 pag 92)*. Partendo dallo spettro di risposta medio in accelerazione rappresentativo dei 7 accelerogrammi, tale procedura prevede:

- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in accelerazione (TA);
- il calcolo del valor medio dello spettro in accelerazione (SA) nell'intorno tra $0.5\,TA - 1.5\,TA$;
- l'individuazione del periodo per il quale è massimo il valore dello spettro in pseudovelocità (TV);
- il calcolo del valor medio dello spettro in pseudovelocità (SV) nell'intorno tra $0.8\,TV - 1.2\,TV$;
- il calcolo del valore di $T_c = 2\pi\frac{SV}{SA}$;
- il calcolo del valore di $T_b = 1/3\,T_c$;
- il calcolo del valore $T_d = 4\,a_g + 1.6$ con a_g uguale al valore di accelerazione a T uguale a zero;
- l'applicazione delle equazioni riportate nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) per la determinazione dei tratti dello spettro tra T_0, T_b,T_c,T_d,T_4.

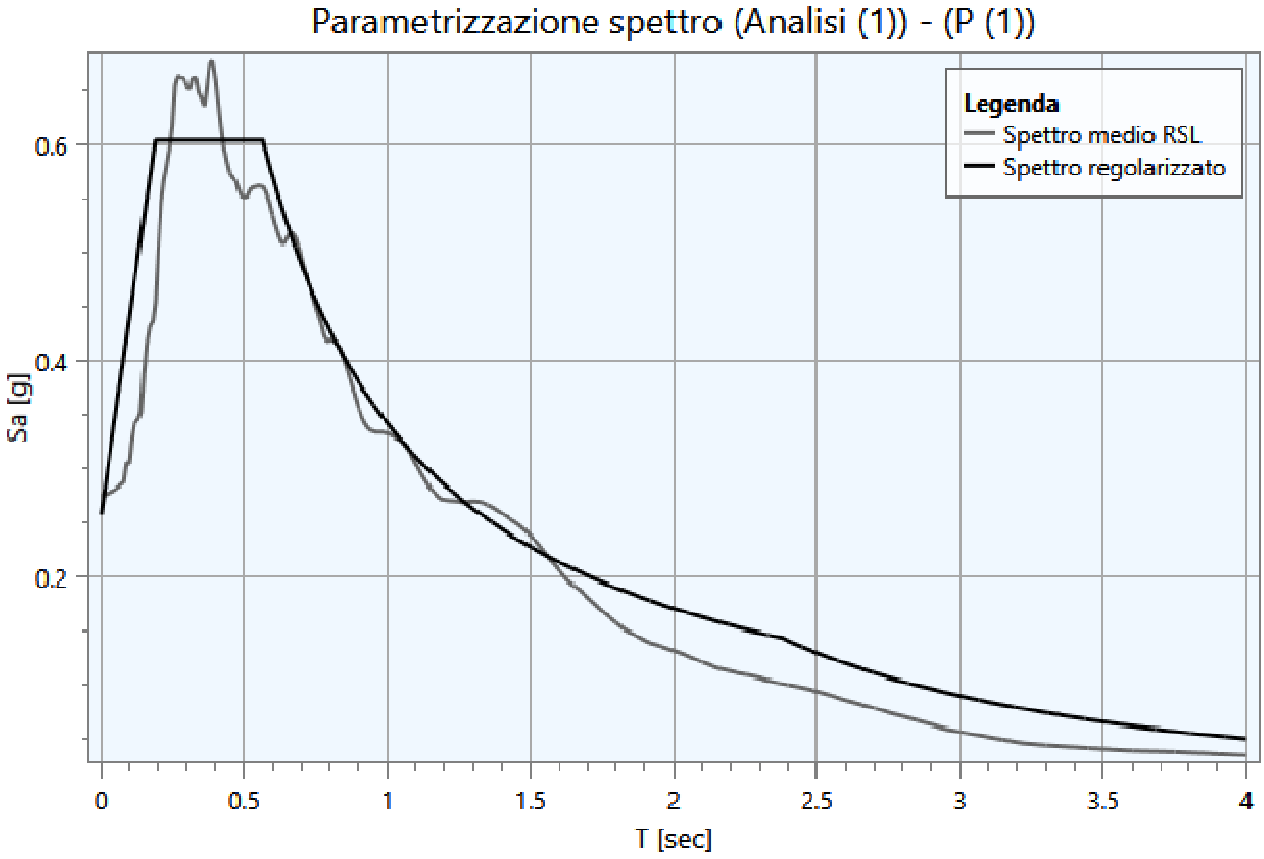
Di seguito vengono riportati, per ogni analisi, i parametri degli spettri parametrizzati per i vari punti di controllo presenti nella sezione oggetto di studio.

Analisi (1)

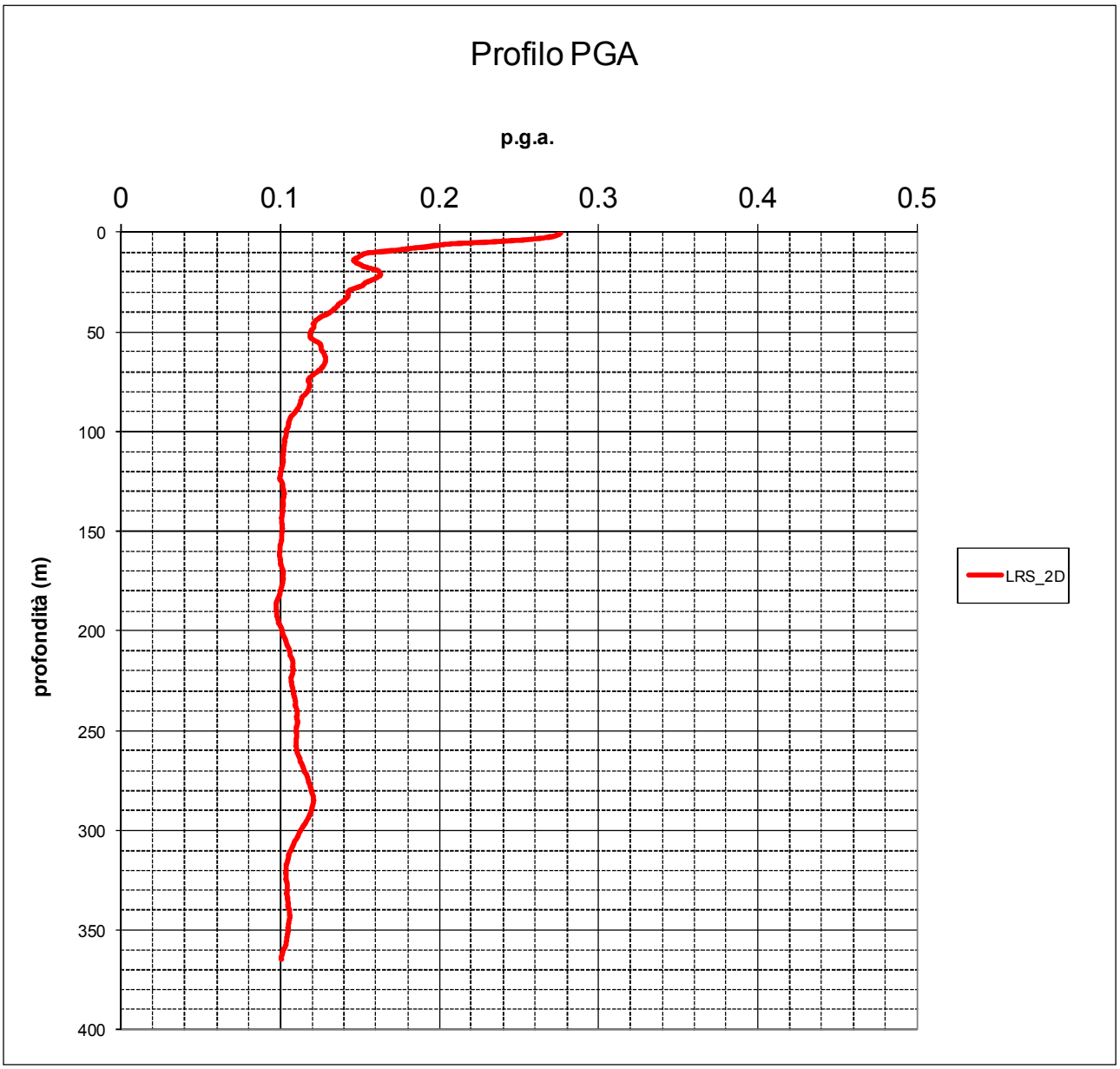
Punto di controllo	A_g $[g]$	$F0$	S	A_{max} $[g]$	T_b $[sec]$	T_c $[sec]$	T_d $[sec]$
P (1)	0.194	2.341	1.330	0.258	0.189	0.567	2.376

dove:

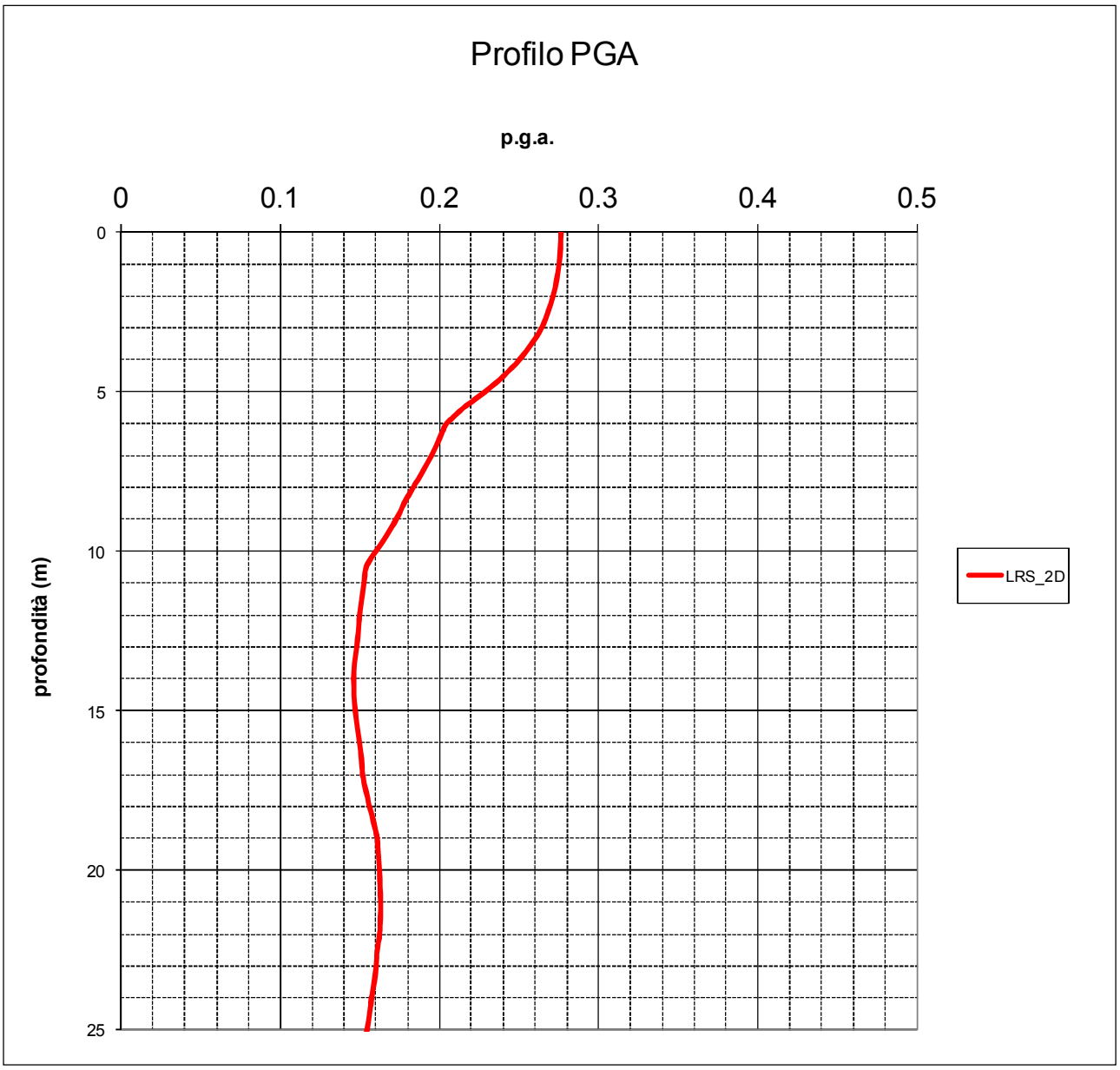
- A_g :accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F0$:valore massimo dello spettro in accelerazione orizzontale;
- S : coefficiente che tiene conto degli effetti di amplificazione (stratigrafici e/o topografici);
- A_{max} :punto di ancoraggio a T=0 dello spettro di output;
- T_b :periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;
- T_c :periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante;
- T_d :periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.


Parametrizzazione spettro (Analisi (1)) - (P (1))
Legenda
Spettro medio RSL
Spettro regolarizzato
Sa [g]
0.6
0.4
0.2
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
T [sec]

Nel grafico che segue è riportato profilo di PGA medio, ricavato dall'analisi dei 7 accelerogrammi, dal bedrock fino al piano campagna.



In particolare, per l'analisi della liquefazione delle sabbie si propone il medesimo profilo di PGA con la profondità dal piano campagna fino a -20m dal p.c.:



Profilo di dettaglio delle PGA alle diverse profondità nei primi 20m di profondità.

F.A.= PGA/PGAo=0,276g/0,198g=1,39

prof (m)	PGA
0	0.276039
0.25	0.275969
0.5	0.275751
0.75	0.27538
1	0.274847
1.25	0.274153
1.5	0.273314
1.75	0.272293
2	0.271073
2.25	0.269664
2.5	0.268012
2.75	0.266094
3	0.263895
3.25	0.260985
3.5	0.257672
3.75	0.253993
4	0.249852
4.25	0.245156
4.5	0.239982
4.75	0.234385
5	0.228237
5.25	0.221761
5.5	0.214869
5.75	0.209521
6	0.204108
6.25	0.20171
6.5	0.199599
6.75	0.197289
7	0.194775
7.25	0.192081
7.5	0.189243
7.75	0.186272
8	0.183203
8.25	0.180331
8.5	0.17751
8.75	0.175169
9	0.172674
9.25	0.169739
9.5	0.166586
9.75	0.163365
10	0.159901
10.25	0.156266
10.5	0.153739
10.75	0.152935
11	0.152361
11.25	0.151729
11.5	0.150986
11.75	0.150323
12	0.149589
12.25	0.149272
12.5	0.148847
12.75	0.148341
13	0.147766
13.25	0.14713
13.5	0.146482
13.75	0.146067
14	0.145919
14.25	0.146025
14.5	0.146128
14.75	0.146519
15	0.146929
15.25	0.147439
15.5	0.148135
15.75	0.14892
16	0.149657
16.25	0.150261
16.5	0.150804
16.75	0.151237
17	0.151528
17.25	0.152513
17.5	0.153619
17.75	0.154777
18	0.155785
18.25	0.15716
18.5	0.158495
18.75	0.159679
19	0.160681
19.25	0.161176
19.5	0.161579
19.75	0.161874
20	0.162072

Nel 2015 è stato pubblicato uno studio da Tento, Martelli e Marcellini, da cui emerge che in zone di pianura con bedrock sismico più profondo di 300m, i fattori di amplificazione F.A.PGA attesi in superficie dalle analisi di risposta sismica locale, per valori di Vs30 attorno a 225 m/sec, è di circa 1,3.

L'analisi della risposta sismica locale, per quanto condotta con dati bibliografici nella scelta delle curve di decadimento del modulo Go, appare dunque congrua e validata, in quanto i fattori di amplificazione emersi dal calcolo sono in linea con quelli attesi.

Consiglio Nazionale delle Ricerche

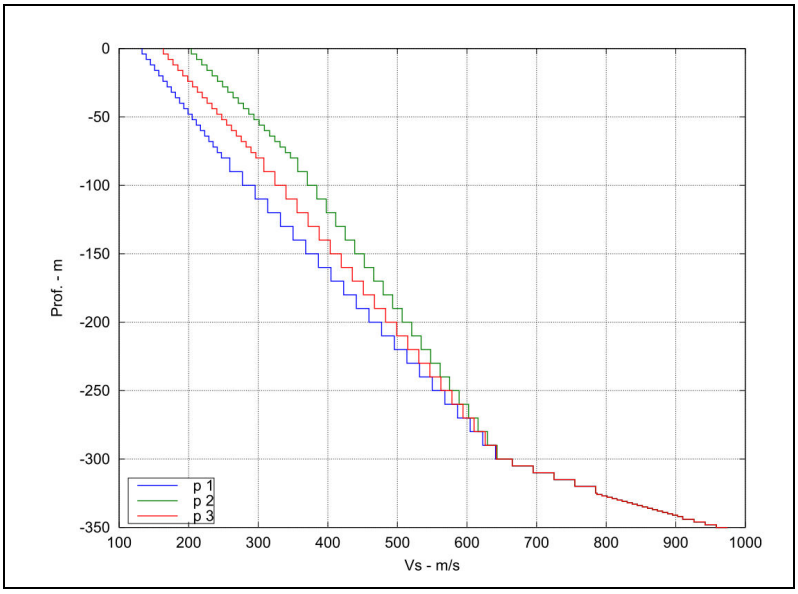
ISTITUTO PER LA DINAMICA DEI PROCESSI AMBIENTALI

Unità Organizzativa di Supporto - MILANO

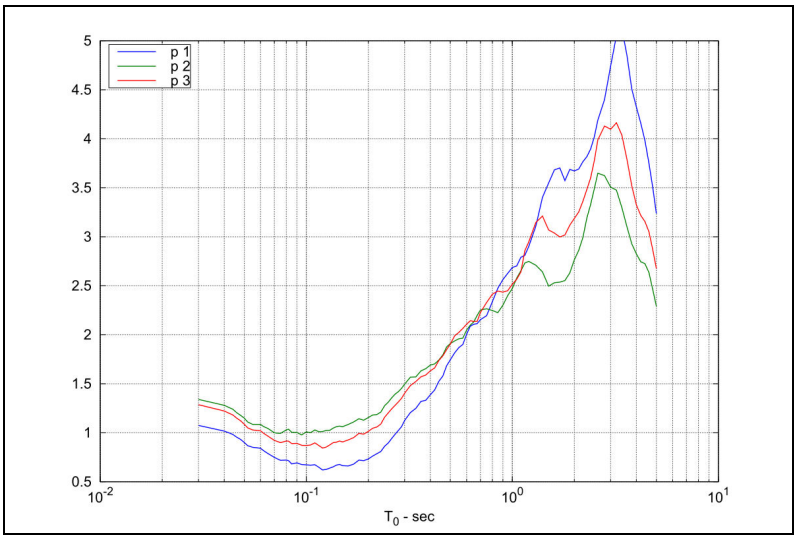
Abachi per la valutazione dei fattori di amplificazione per le indagini di microzonazione sismica di secondo livello in Emilia-Romagna

A. Tento[1], L. Martelli[2], A. Marcellini[1]

Milano, settembre 2015

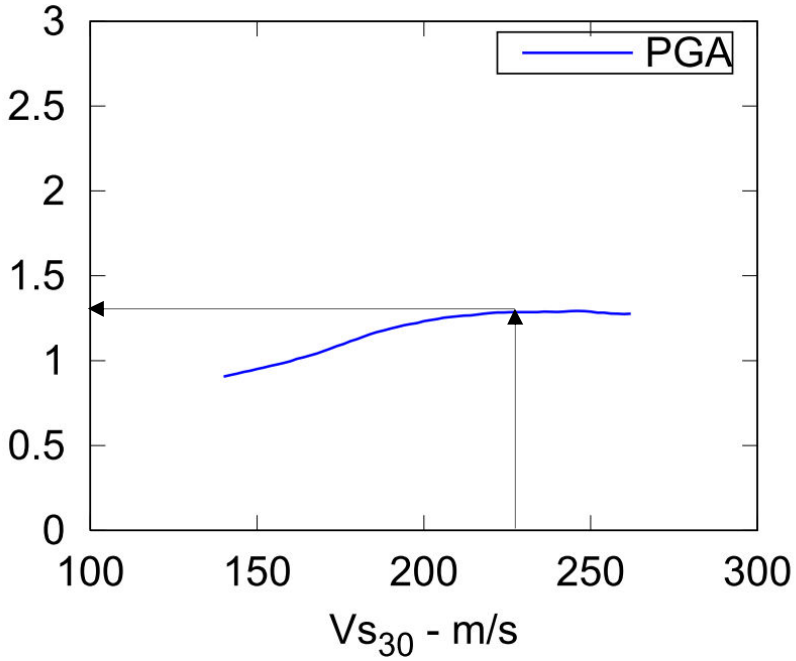


Profili medi utilizzati per il calcolo dei fattori di amplificazione



Prof.	Vs_{30} m/s	FA PGA
p1	152	1.1
p2	227	1.3
p3	185	1.3

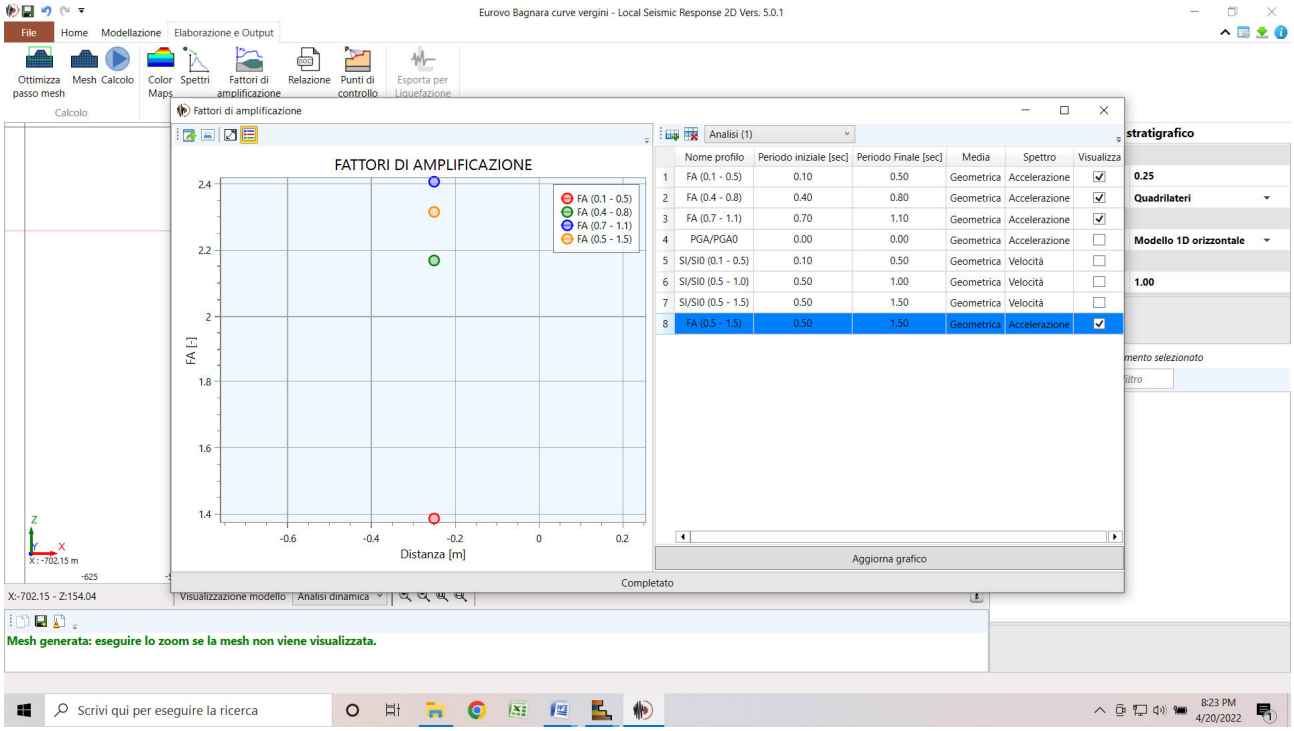
rapporti fra gli spettri di risposta in accelerazione (smorz. 5%) relativi ai profili e quello relativo al suolo A. La tabella riporta i fattori di amplificazione dei profili medi.

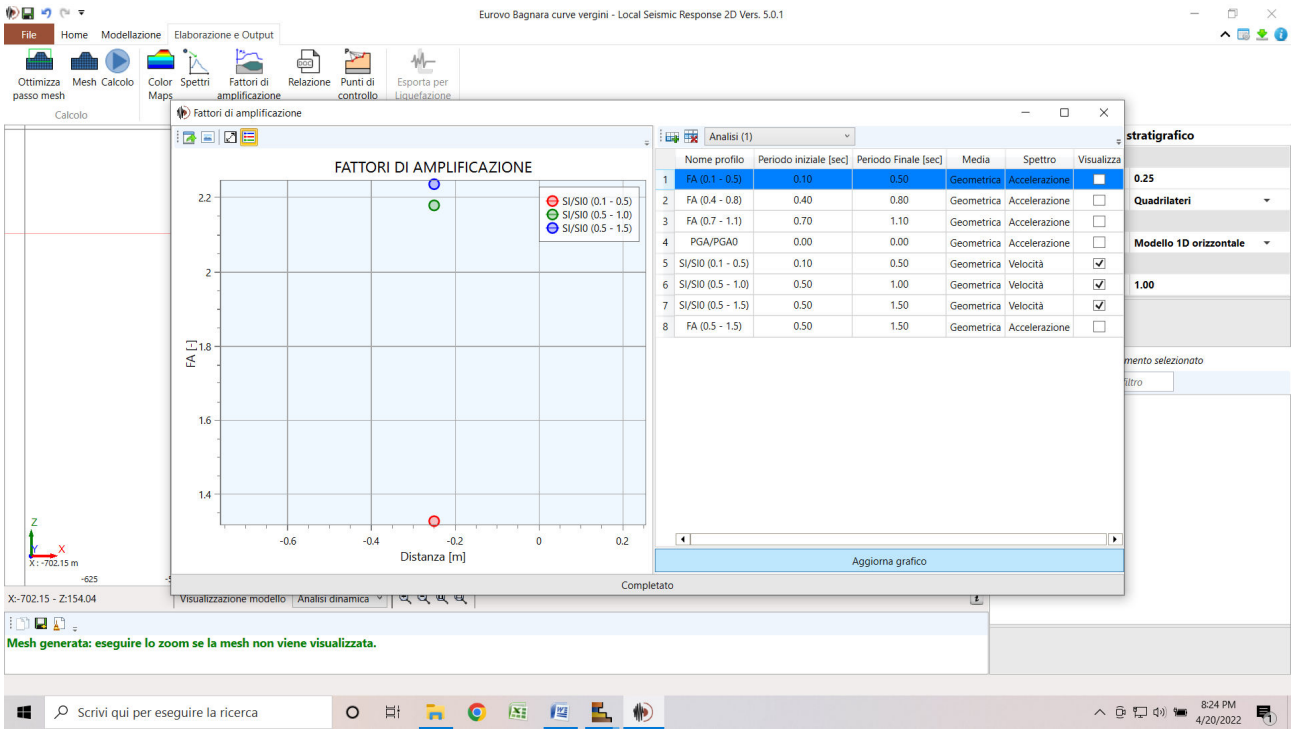


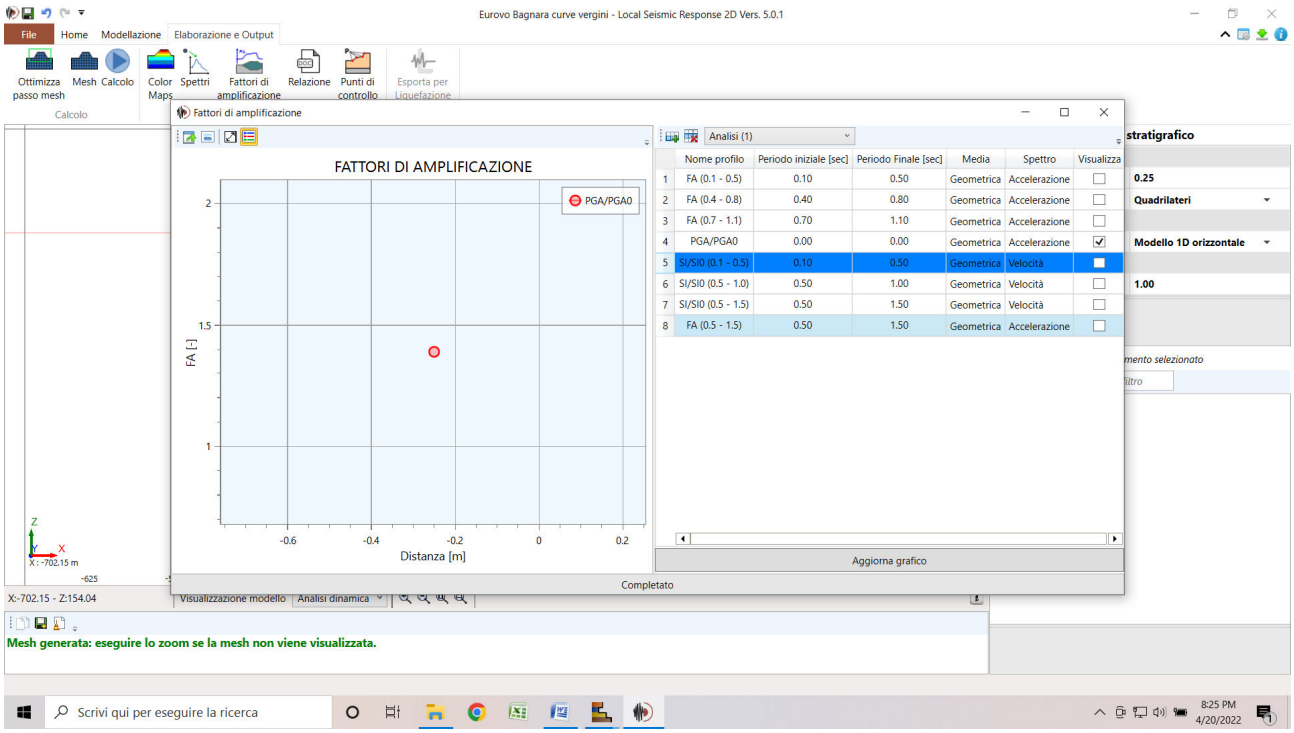
Fattori di Amplificazione PGA per Vs=227m/sec

5.4 – Calcolo fattori di amplificazione

Di seguito vengono riportati i vari fattori di amplificazione richiesti per i diversi intervalli di periodo previsti dalla DGR 476/2021.

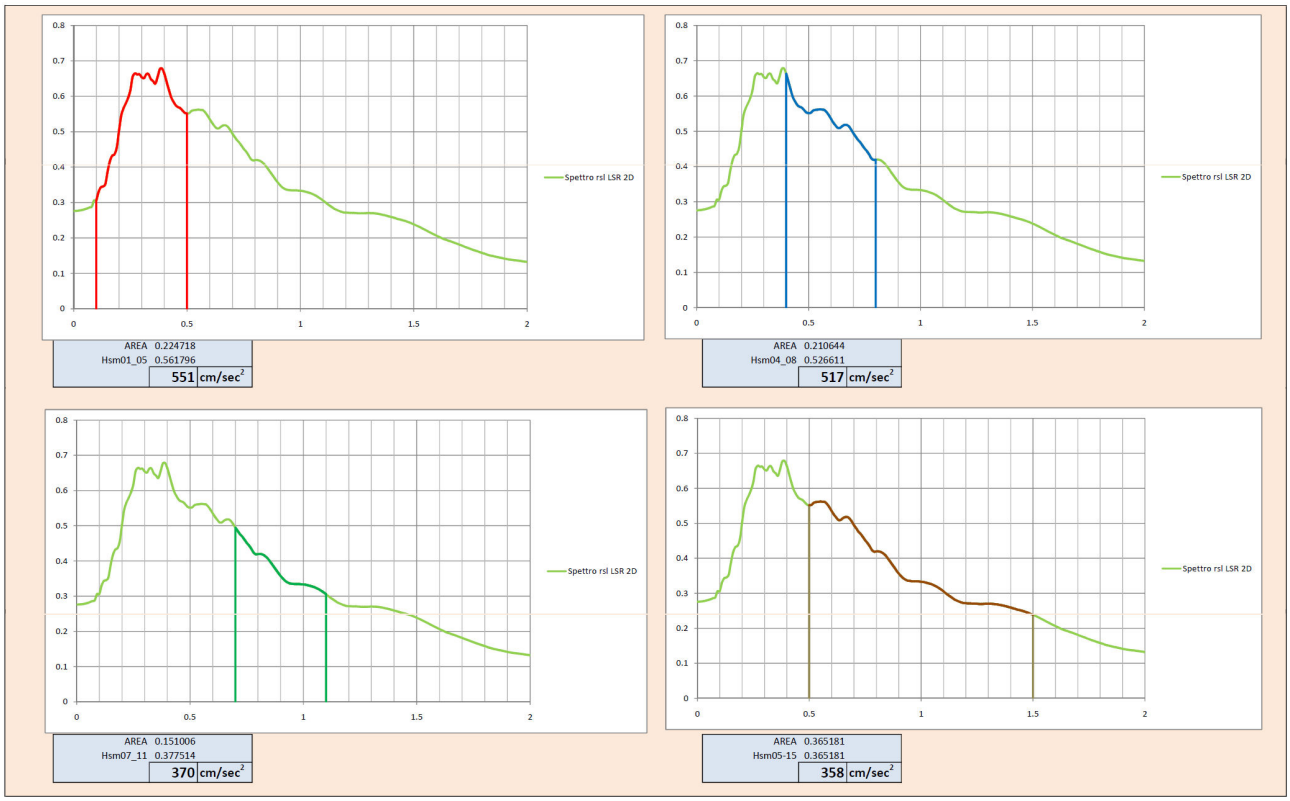






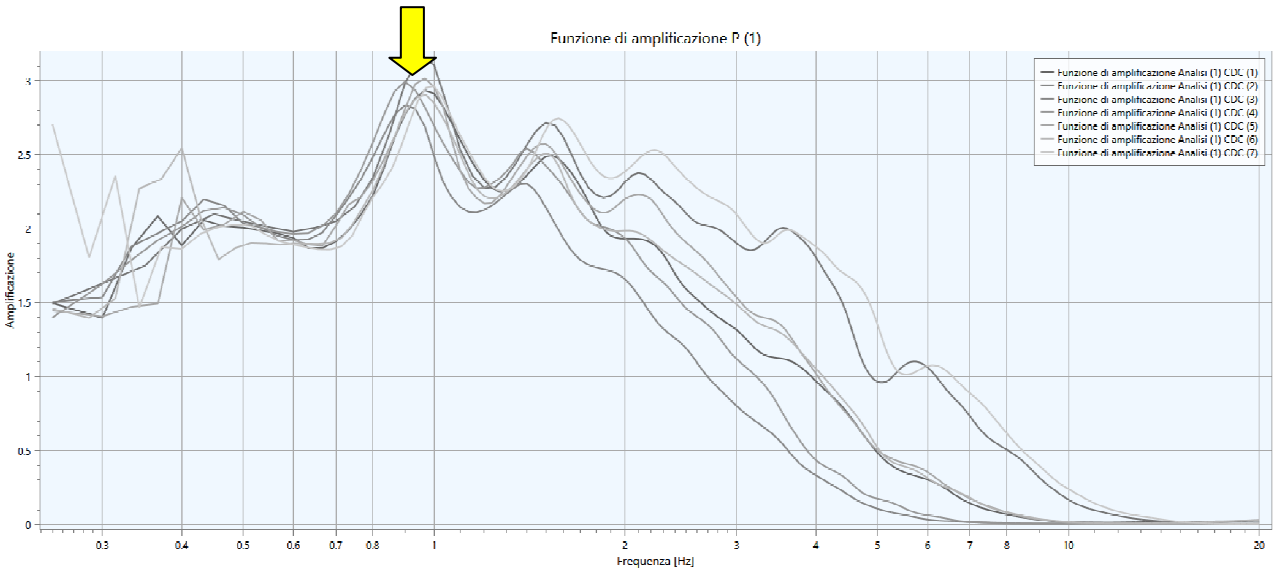
5.5 – Calcolo dei valori di Hsm

Di seguito vengono riportati i valori di Hsm richiesti per i diversi intervalli di periodo previsti dalla DGR 476/2021.



5.6 – Calcolo della funzione di trasferimento

Di seguito si riporta la funzione di trasferimento ricavata dalla RSL e quella misurata con la prova HVSR. Vi è una ottima convergenza di risultati che porta alla validazione del modello adottato per la RSL.



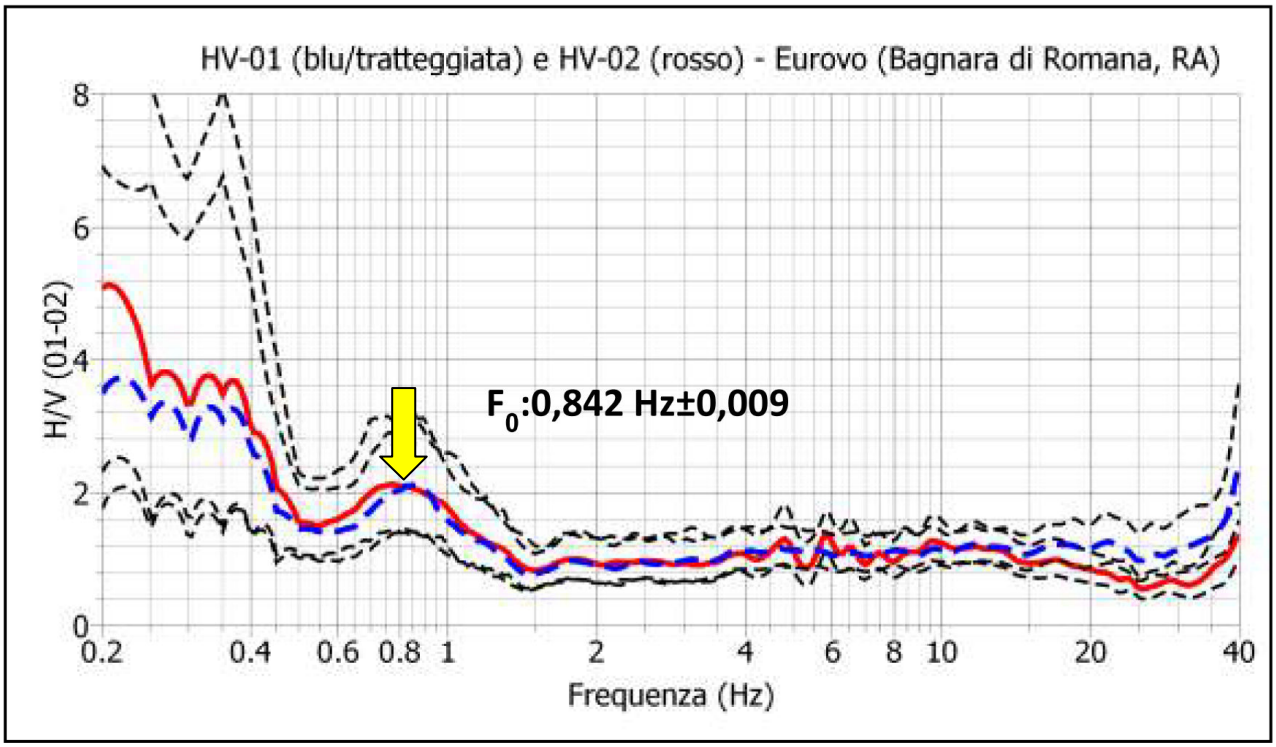


Figura 9. media dei rapporti spettrali (H/V) delle due prove effettuate in campo libero (H/V-01) e (H/V-02) nell'area di proprietà della ditta 'Eurovo', sita in Via Trupatello, Comune di Bagnara di Romagna (RA). Freccia nera: frequenza di risonanza fondamentale (**F0**) tipica dei terreni investigati.

Tabella 3: picchi di frequenze di risonanza fondamentale di risonanza ottenute dalle prove HVSR.

prova H/V	Frequenza (Hz)	Valore Frequenza	Periodo T_0(sec)	Ampiezza (A)
Località: (Eurovo), Comune: Bagnara di Romagna (RA)				
01*	**F_0**	$0,836 \pm 0,008$	**1,196**	**2,1**
02*	**F_0**	$0,848 \pm 0,009$	**1,179**	**2,1**
media	**F_0**	**0,842±0,009***	**1,188***	**2,1***
***prova effettuata in campo libero.**				

I risultati ottenuti permettono di formulare quanto segue:

1. la frequenza di risonanza fondamentale con rapporto H/V medio di 2,1, tipica dei siti investigati è denominata **F_0** (Tabella 3), risulta essere pari a:
   - 0,842 Hz (periodo di risonanza medio: **1,188 secondi**) per il sito oggetto di studio. Questo valore suggerisce la presenza di una discontinuità elastica collocata a circa **123±5 m** come risulta dal modello sismico di Vs (Fig. 7).

6 - Sintesi tabellare dei risultati della RSL

Successivamente si riporta una tabella di sintesi con i valori dei fattori di amplificazione e HSM calcolati attraverso l'analisi di risposta sismica locale R.S.L. e il confronto con quelli da abaco per PIANURA 3 secondo il Decreto della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 476/2021

Bagnara di Romagna	Prov. Ravenna					
latitudine:	44.389964	Coordinate WGS84				
longitudine:	11.840444			PIANURA 3		PIANURA 2
	ΔT (sec)	Fattori di amplificazione da RSL		Fattori di amplificazione da D.G.R. 476/2021		Fattori di amplificazione da D.G.R. 476/2021
FA SA1	0.1-0.5	1,39		1.30		1.80
FA SA2	0.4-0.8	2,17		2.00		2.70
FA SA3	0.7-1.1	2.41		2.40		3.20
FA SA4	0.5-1.5	2,32		2.30		3.10
PGA/PGAo		1.39		1.30		1.70
PGAo		0,194				
PGA		0,269				
SI1	0.1-0.5	1,33		1.50		2.00
SI2	0.5-1.0	2,18		2.20		3.00
SI3	0.5-1.5	2,24		2.40		3.30

		VALORE DA RSL		VALORE DA ABACO RER	
Hsm	0.1-0.5	551	cm/sec^2	554	cm/sec^2
Hsm	0.4-0.8	517	cm/sec^2		
Hsm	0.7-1.1	370	cm/sec^2		
Hsm	0.5-1.5	358	cm/sec^2		

7. Analisi della liquefazione delle sabbie sature da RSL

Con il software LSR_2D è possibile ricavare, come visto il profilo della PGA, per ogni profondità.
Si pone l'attenzione ai primi 20m, profondità oltre la quale non è attesa la liquefazione delle sabbie per via dello stato tensionale presente.
Nota la profondità della falda ed i pesi di volume dei terreni in questi primi 20m, è possibile ricavare le tensioni totali e quelle efficaci ad ogni profondità.
Avendo la PGA ad ogni profondità, la σ_{tot} e la σ'_v ad ogni profondità, è possibile calcolare la CSR con la nota formula:

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \cdot \frac{a_{max\,s}}{g} \cdot \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot \cancel{r_d}$$

Il fattore rd ovviamente non và più preso in considerazione, poiché esso indica come aumenta la PGA dalla profondità arrivando in superficie secondo una funzione matematica che non tiene in alcun conto del comportamento geotecnico in campo dinamico dei diversi orizzonti di terreno presenti, mentre la RSL valuta l'amplificazione dalla profondità fino in superficie, proprio valutando il comportamento dei terreni con il decadimento di Go e lo smorzamento D durante il sisma. Quindi questa è una approssimazione più specifica del sito.

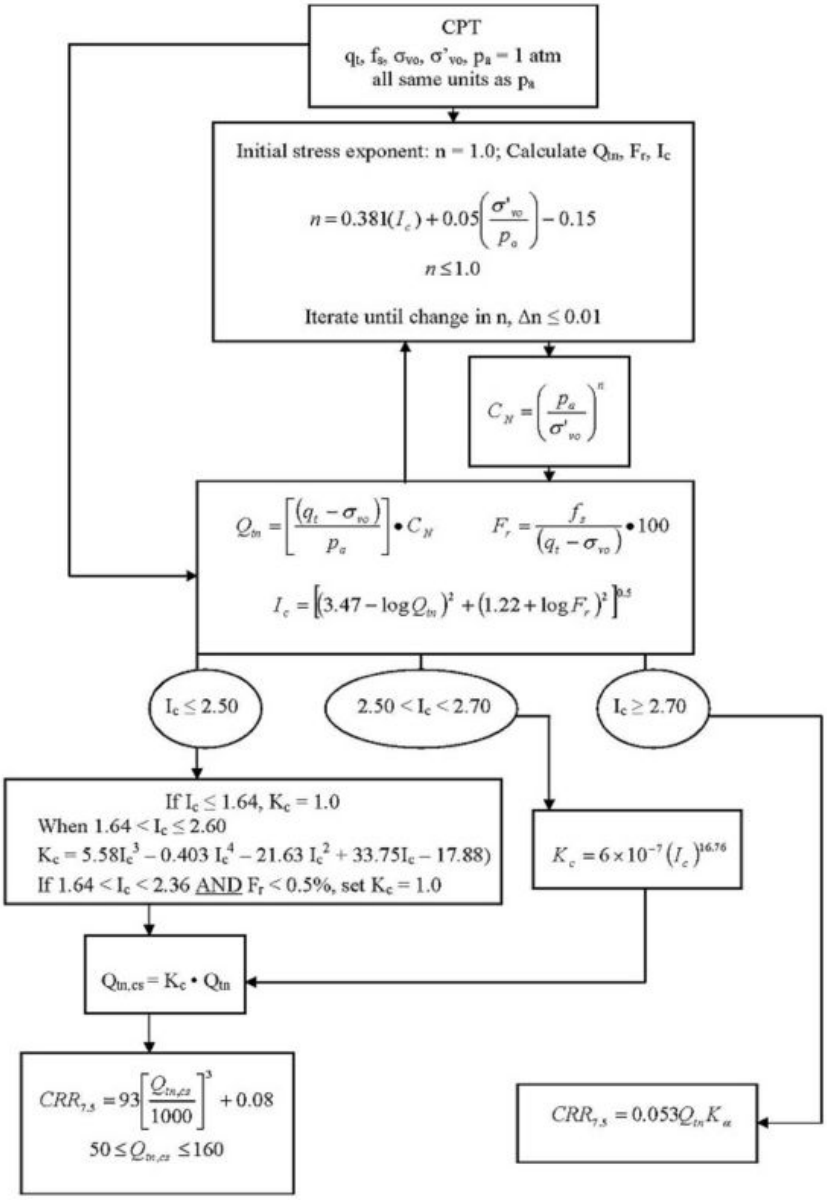
Poi occorre dividere la CSR così ottenuta per MSF, e si ottiene il profilo della CSR7,5 equivalente per un sisma di Mw=6,14
Una volta ricostruito il valore della CSR ad ogni profondità, lo si può diagrammare con la CRR (ovvero la resistenza che il deposito offre allo sforzo di taglio ciclico indotto dal sisma) ricavata ad ogni profondità dalla prova penetrometrica statica. In questo caso la CRR è stimata con il metodo NCEER (Robertson, 2010).

prof (m)	PGA	peso di volumie t/m3	s tot t/m2	u	s'v t/m2	CSR	MSF	CSR7,5
0	0.276039	1.85	0	0	0	0	1.67	0
0.25	0.275969	1.85	0.4625	0	0.4625	0.17938	1.67	0.107413
0.5	0.275751	1.85	0.925	0	0.925	0.179238	1.67	0.107328
0.75	0.27538	1.85	1.3875	0	1.3875	0.178997	1.67	0.107184
1	0.274847	1.85	1.85	0	1.85	0.178651	1.67	0.106976
1.25	0.274153	1.85	2.3125	0.25	2.0625	0.199799	1.67	0.11964
1.5	0.273314	1.85	2.775	0.5	2.275	0.216699	1.67	0.12976
1.75	0.272293	1.85	3.2375	0.75	2.4875	0.230354	1.67	0.137937
2	0.271073	1.85	3.7	1	2.7	0.241456	1.67	0.144584
2.25	0.269664	1.85	4.1625	1.25	2.9125	0.25051	1.67	0.150006
2.5	0.268012	1.85	4.625	1.5	3.125	0.257828	1.67	0.154388
2.75	0.266094	1.85	5.0875	1.75	3.3375	0.263652	1.67	0.157876
3	0.263895	1.85	5.55	2	3.55	0.268169	1.67	0.16058
3.25	0.260985	1.85	6.0125	2.25	3.7625	0.271086	1.67	0.162327
3.5	0.257672	1.85	6.475	2.5	3.975	0.272825	1.67	0.163368
3.75	0.253993	1.85	6.9375	2.75	4.1875	0.273516	1.67	0.163782
4	0.249852	1.85	7.4	3	4.4	0.273134	1.67	0.163553
4.25	0.245156	1.85	7.8625	3.25	4.6125	0.271631	1.67	0.162653
4.5	0.239982	1.85	8.325	3.5	4.825	0.26914	1.67	0.161162
4.75	0.234385	1.85	8.7875	3.75	5.0375	0.265762	1.67	0.159139
5	0.228237	1.85	9.25	4	5.25	0.261386	1.67	0.156518
5.25	0.221761	1.85	9.7125	4.25	5.4625	0.256294	1.67	0.15347
5.5	0.214869	1.85	10.175	4.5	5.675	0.250412	1.67	0.149947
5.75	0.209521	1.85	10.6375	4.75	5.8875	0.246065	1.67	0.147344
6	0.204108	1.85	11.1	5	6.1	0.241417	1.67	0.144561
6.25	0.20171	1.85	11.5625	5.25	6.3125	0.240155	1.67	0.143805
6.5	0.199599	1.85	12.025	5.5	6.525	0.239098	1.67	0.143173
6.75	0.197289	1.85	12.4875	5.75	6.7375	0.23768	1.67	0.142323
7	0.194775	1.85	12.95	6	6.95	0.235902	1.67	0.141258
7.25	0.192081	1.85	13.4125	6.25	7.1625	0.233799	1.67	0.139999
7.5	0.189243	1.85	13.875	6.5	7.375	0.231422	1.67	0.138576
7.75	0.186272	1.85	14.3375	6.75	7.5875	0.22879	1.67	0.137
8	0.183203	1.85	14.8	7	7.8	0.225951	1.67	0.1353
8.25	0.180331	1.85	15.2625	7.25	8.0125	0.223276	1.67	0.133698
8.5	0.17751	1.85	15.725	7.5	8.225	0.220593	1.67	0.132091
8.75	0.175169	1.85	16.1875	7.75	8.4375	0.218442	1.67	0.130804
9	0.172674	1.75	16.625	8	8.625	0.216343	1.67	0.129547
9.25	0.169739	1.75	17.0625	8.25	8.8125	0.213619	1.67	0.127915
9.5	0.166586	1.75	17.5	8.5	9	0.210547	1.67	0.126076
9.75	0.163365	1.75	17.9375	8.75	9.1875	0.207318	1.67	0.124142
10	0.159901	1.75	18.375	9	9.375	0.203714	1.67	0.121984
10.25	0.156266	1.75	18.8125	9.25	9.5625	0.199826	1.67	0.119656
10.5	0.153739	1.75	19.25	9.5	9.75	0.197299	1.67	0.118143
10.75	0.152935	1.75	19.6875	9.75	9.9375	0.19694	1.67	0.117928
11	0.152361	1.75	20.125	10	10.125	0.196847	1.67	0.117873
11.25	0.151729	1.75	20.5625	10.25	10.3125	0.19665	1.67	0.117755
11.5	0.150986	1.75	21	10.5	10.5	0.196282	1.67	0.117534
11.75	0.150323	1.75	21.4375	10.75	10.6875	0.195991	1.67	0.11736
12	0.149589	1.90	21.9125	11	10.9125	0.195246	1.67	0.116913
12.25	0.149272	1.90	22.3875	11.25	11.1375	0.195034	1.67	0.116787
12.5	0.148847	1.90	22.8625	11.5	11.3625	0.194672	1.67	0.11657
12.75	0.148341	1.90	23.3375	11.75	11.5875	0.194195	1.67	0.116285
13	0.147766	1.90	23.8125	12	11.8125	0.193621	1.67	0.115941
13.25	0.14713	1.90	24.2875	12.25	12.0375	0.192958	1.67	0.115544
13.5	0.146482	1.90	24.7625	12.5	12.2625	0.19227	1.67	0.115132
13.75	0.146067	1.90	25.2375	12.75	12.4875	0.191883	1.67	0.1149
14	0.145919	1.90	25.7125	13	12.7125	0.19184	1.67	0.114874
14.25	0.146025	1.90	26.1875	13.25	12.9375	0.192125	1.67	0.115045
14.5	0.146128	1.90	26.6625	13.5	13.1625	0.192402	1.67	0.115211
14.75	0.146519	1.90	27.1375	13.75	13.3875	0.193053	1.67	0.115601
15	0.146929	1.90	27.6125	14	13.6125	0.193726	1.67	0.116004
15.25	0.147439	1.90	28.0875	14.25	13.8375	0.194527	1.67	0.116483
15.5	0.148135	1.90	28.5625	14.5	14.0625	0.19557	1.67	0.117108
15.75	0.14892	1.90	29.0375	14.75	14.2875	0.19673	1.67	0.117802
16	0.149657	1.90	29.5125	15	14.5125	0.197822	1.67	0.118456
16.25	0.150261	1.90	29.9875	15.25	14.7375	0.198736	1.67	0.119004
16.5	0.150804	1.90	30.4625	15.5	14.9625	0.199567	1.67	0.119501
16.75	0.151237	1.90	30.9375	15.75	15.1875	0.200249	1.67	0.11991
17	0.151528	1.90	31.4125	16	15.4125	0.200741	1.67	0.120204
17.25	0.152513	1.85	31.875	16.25	15.625	0.202232	1.67	0.121097
17.5	0.153619	1.85	32.3375	16.5	15.8375	0.203881	1.67	0.122085
17.75	0.154777	1.85	32.8	16.75	16.05	0.205598	1.67	0.123113
18	0.155785	1.85	33.2625	17	16.2625	0.207112	1.67	0.124019
18.25	0.15716	1.85	33.725	17.25	16.475	0.209113	1.67	0.125217
18.5	0.158495	1.85	34.1875	17.5	16.6875	0.211059	1.67	0.126383
18.75	0.159679	1.85	34.65	17.75	16.9	0.212803	1.67	0.127427
19	0.160681	1.85	35.1125	18	17.1125	0.214302	1.67	0.128325
19.25	0.161176	1.85	35.575	18.25	17.325	0.215122	1.67	0.128816
19.5	0.161579	1.85	36.0375	18.5	17.5375	0.215817	1.67	0.129231
19.75	0.161874	1.85	36.5	18.75	17.75	0.216364	1.67	0.12956
20	0.162072	1.85	36.9625	19	17.9625	0.216779	1.67	0.129808

La procedura utilizzata per la valutazione della resistenza alla liquefazione è stata eseguita secondo il metodo ROBERTSON 2010, la procedura di calcolo è la seguente:

Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance (all soils), Robertson (2010)

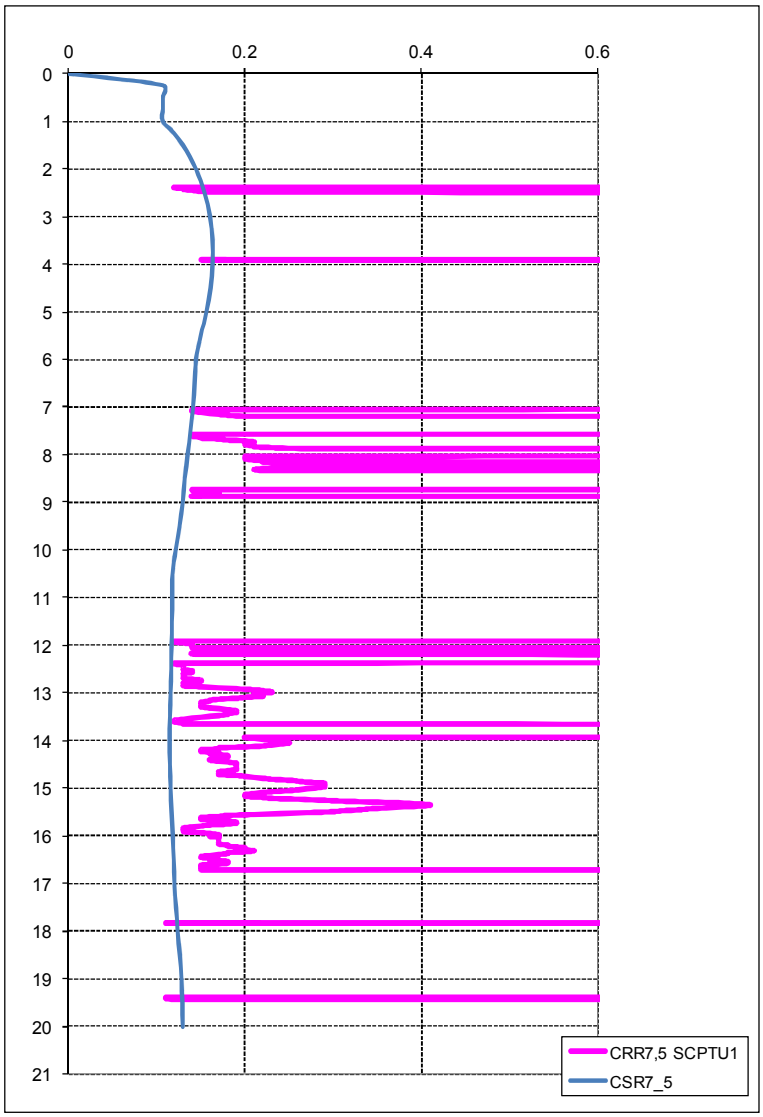
Calculation of soil resistance against liquefaction is performed according to the Robertson & Wride (1998) procedure. This procedure used in the software, slightly differs from the one originally published in NCEER-97-0022 (Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils). The revised procedure is presented below in the form of a flowchart[1]:



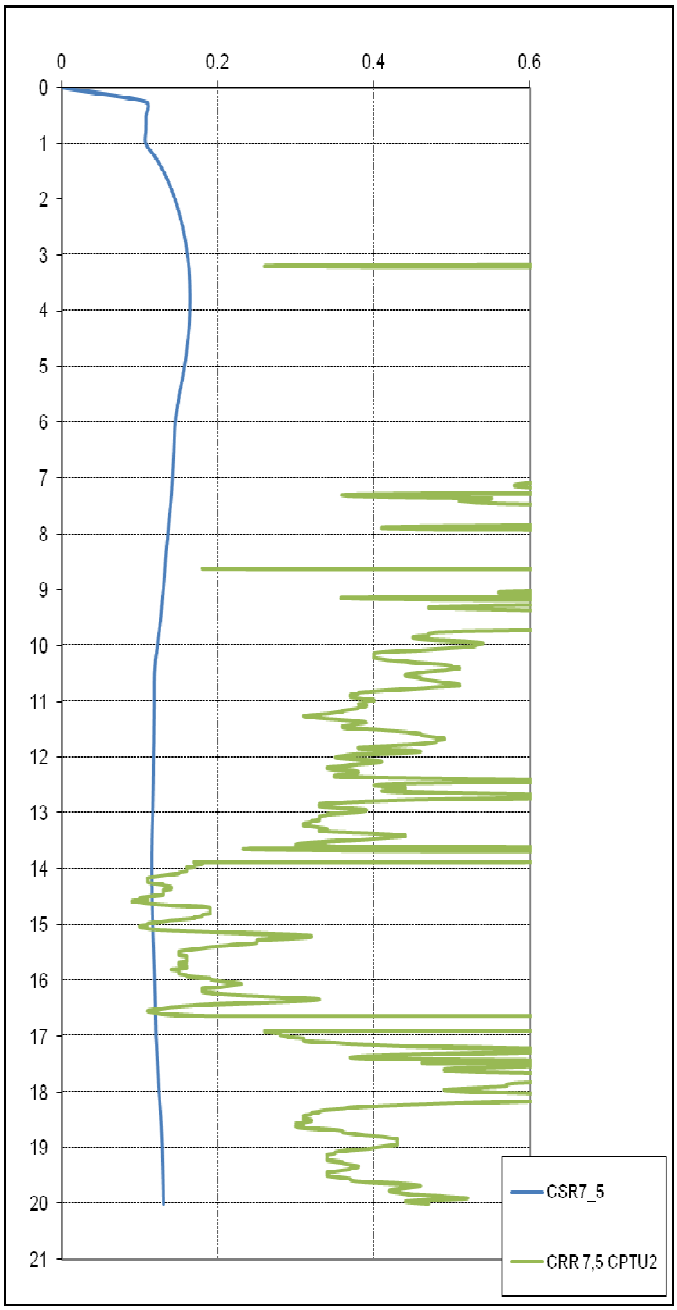
[1] P.K. Robertson, 2009. "Performance based earthquake design using the CPT", Keynote Lecture, International Conference on Performance-based Design in Earthquake Geotechnical Engineering – from case history to practice, IS-Tokyo, June 2009

CLiq v.3.3.2.9 - CPT Liquefaction Assessment Software 3

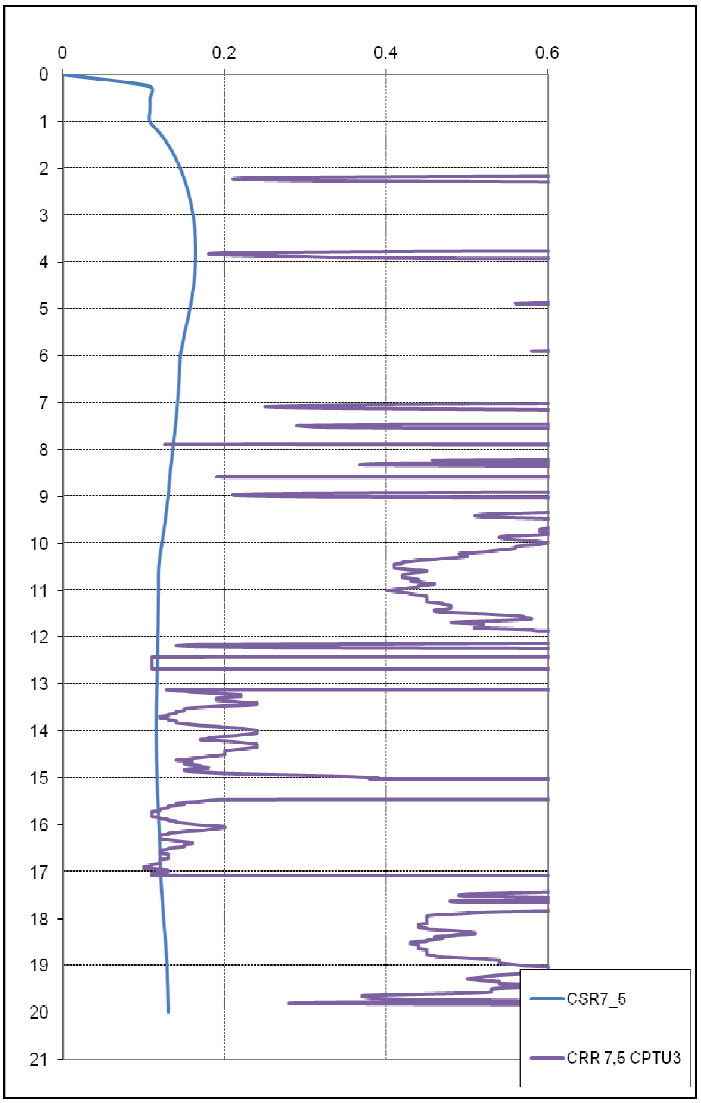
Per il calcolo dell'indice di liquefazione, si è adottato il profilo della CSR7,5 ricavato dalla Risposta Sismica Locale.. La Magnitudo di progetto è stata considerata pari a Mw=6,14, come da zona sismogenetica 912 e 914.
Seguono i diagrammi della CRR7,5 e CSR7,5, per valutare dove la resistenza alle sollecitazioni di taglio ciclico (CRR) siano inferiori alle sollecitazioni indotte dal sisma di progetto (CSR).



SCPTU1


0
0.2
0.4
0.6
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
CSR7_5
CRR 7,5 CPTU2

CPTU2



CPTU3

Il fattore di sicurezza richiesto dalla normativa regionale è in questo caso FL=1,2. Si ricorda però, che per la progettazione esecutiva delle opere previste, valgono le NTC 2018 ove viene specificato che

7.11.3.4.3 Metodi di analisi

Quando nessuna delle condizioni del § 7.11.3.4.2 risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Salvo utilizzare procedure di analisi avanzate, la verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto. La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio. La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse.

L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista.

Il coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione può dunque essere scelto anche pari a F=1,0.

I valori stimati dell'indice del potenziale di liquefazione per le tre verticali è dunque:

Prova	Potenziale Liquefazione I_{PL}
SCPTU1	*0,23*
CPTU2	*0,34*
CPTU3	*0,00*

Indice potenziale liquefazione calcolato

This software is licensed to: THOMAS VERONESE — CPT name: rif. U91-19 CPTU1 Bagnara di Ro

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)

Depth (m)	FS	F_L	w_z	d_z	LPI	Depth (m)	FS	F_L	w_z	d_z	LPI
28.82	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	28.84	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
28.86	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	28.88	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
28.90	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	28.92	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
28.94	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	28.96	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
28.98	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.00	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.02	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.04	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.06	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.08	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.10	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.12	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.14	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.16	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.18	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.20	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.22	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.24	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.26	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.28	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.30	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.32	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.34	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.36	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.38	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.40	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.42	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.44	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.46	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.48	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.50	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.52	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.54	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.56	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.58	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.60	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.62	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.64	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.66	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.68	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.70	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.72	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.74	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.76	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.78	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.80	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.82	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.84	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.86	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.88	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.90	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.92	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.94	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.96	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.98	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	30.00	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00

Overall liquefaction potential: 0.23

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low
LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

Abbreviations

FS: Calculated factor of safety for test point
F_L: 1 - FS
w_z: Function value of the extend of soil liquefaction according to depth
d_z: Layer thickness (m)
LPI: Liquefaction potential index value for test point

CLiq v.3.3.2.9 - CPT Liquefaction Assessment Software - Report created on: 4/22/2022, 11:43:49 AM — 24
Project file: Z:\AAAThomas\AAA relazioni\AAAanno2022\AAA Relaz Temporanee\Bagnara di Romagna Eurovo\Liquefazione\Liq con CSR da RSL Thomas.clq

SCPTU1

This software is licensed to: THOMAS VERONESE

CPT name: rif. U91-19 CPTU2 Bagnara di Ro

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)

Depth (m)	FS	F_L	w_z	d_z	LPI	Depth (m)	FS	F_L	w_z	d_z	LPI
26.90	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	26.92	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
26.94	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	26.96	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
26.98	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.00	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.02	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.04	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.06	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.08	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.10	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.12	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.14	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.16	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.18	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.20	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.22	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.24	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.26	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.28	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.30	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.32	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.34	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.36	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
27.38	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	27.40	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00

Overall liquefaction potential: 0.34

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low
LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

Abbreviations

FS: Calculated factor of safety for test point
F_L: 1 - FS
w_z: Function value of the extend of soil liquefaction according to depth
d_z: Layer thickness (m)
LPI: Liquefaction potential index value for test point

CPTU2

This software is licensed to: THOMAS VERONESE CPT name: rif. U91-19 CPTU3 Bagnara di Ro

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)

Depth (m)	FS	F_L	w_z	d_z	LPI	Depth (m)	FS	F_L	w_z	d_z	LPI
28.82	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	28.84	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
28.86	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	28.88	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
28.90	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	28.92	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
28.94	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	28.96	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
28.98	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.00	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.02	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.04	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.06	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.08	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.10	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.12	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.14	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.16	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.18	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.20	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.22	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.24	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.26	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.28	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.30	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.32	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.34	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.36	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.38	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.40	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.42	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.44	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.46	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.48	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.50	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.52	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.54	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.56	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.58	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.60	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.62	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.64	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.66	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.68	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.70	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.72	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.74	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.76	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.78	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.80	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.82	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.84	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.86	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.88	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.90	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.92	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.94	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	29.96	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00
29.98	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00	30.00	2.00	0.00	0.00	0.02	0.00

Overall liquefaction potential: 0.00

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low
LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

Abbreviations

FS: Calculated factor of safety for test point
F_L: 1 - FS
w_z: Function value of the extend of soil liquefaction according to depth
d_z: Layer thickness (m)
LPI: Liquefaction potential index value for test point

CLiq v.3.3.2.9 - CPT Liquefaction Assessment Software - Report created on: 4/22/2022, 11:43:52 AM 103
Project file: Z:\AAAThomas\AAA relazioni\AAAanno2022\AAA Relaz Temporanee\Bagnara di Romagna Eurovo\Liquefazione\Liq con CSR da RSL Thomas.clq

CPTU3

Sono stati stimati i cedimenti postsismici nei banchi sabbiosi rilevati con le 3 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU con *rif. U91-19*. Del calcolo completo dei cedimenti post sismici si riporta solo il risultato finale.
Dalle elaborazioni informatiche, si ricava che con una Magnitudo di 6,14, con il profilo di CSR7,5 ricavato dalal Risposta Sismica Locale, e fattore di sicurezza per la liquefazione F_L=1,2, i cedimenti post sismici nei terreni granulari (**Tabella**) sono molto contenuti.

Prova	Cedimenti post-sismici (cm)
SCPTU1	*2,91*
CPTU2	*2,80*
CPTU3	*0,27*

Tabella 5.4– *Cedimenti post-sismici*

This software is licensed to: THOMAS VERONESE — CPT name: rif. U91-19 CPTU1 Bagnara di Ro

:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction :: (continued)

Depth (m)	$Q_{tn,cs}$	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$Q_{tn,cs}$	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)
30.00	71.57	2.00	0.00	1.00	0.00						

Total estimated settlement: 2.91

Abbreviations

$Q_{tn,cs}$: Equivalent dean sand normalized cone resistance
FS: Factor of safety against liquefaction
e_v (%): Post-liquefaction volumentric strain
DF: e_v depth weighting factor
Settlement: Calculated settlement

Cedimenti post sismici SCPTU1

This software is licensed to: THOMAS VERONESE — CPT name: rif. U91-19 CPTU2 Bagnara di Ro

:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction :: (continued)

Depth (m)	$Q_{tn,cs}$	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$Q_{tn,cs}$	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)
26.46	79.66	2.00	0.00	1.00	0.00	26.48	80.87	2.00	0.00	1.00	0.00
26.50	79.43	2.00	0.00	1.00	0.00	26.52	75.62	2.00	0.00	1.00	0.00
26.54	70.56	2.00	0.00	1.00	0.00	26.56	65.15	2.00	0.00	1.00	0.00
26.58	61.82	2.00	0.00	1.00	0.00	26.60	62.21	2.00	0.00	1.00	0.00
26.62	67.26	2.00	0.00	1.00	0.00	26.64	73.63	2.00	0.00	1.00	0.00
26.66	77.98	2.00	0.00	1.00	0.00	26.68	77.95	2.00	0.00	1.00	0.00
26.70	76.70	2.00	0.00	1.00	0.00	26.72	74.84	2.00	0.00	1.00	0.00
26.74	72.27	2.00	0.00	1.00	0.00	26.76	68.17	2.00	0.00	1.00	0.00
26.78	63.58	2.00	0.00	1.00	0.00	26.80	59.35	2.00	0.00	1.00	0.00
26.82	56.83	2.00	0.00	1.00	0.00	26.84	55.20	2.00	0.00	1.00	0.00
26.86	54.98	2.00	0.00	1.00	0.00	26.88	54.32	2.00	0.00	1.00	0.00
26.90	53.72	2.00	0.00	1.00	0.00	26.92	51.63	2.00	0.00	1.00	0.00
26.94	48.47	2.00	0.00	1.00	0.00	26.96	44.96	2.00	0.00	1.00	0.00
26.98	42.66	2.00	0.00	1.00	0.00	27.00	41.28	2.00	0.00	1.00	0.00
27.02	39.64	2.00	0.00	1.00	0.00	27.04	38.01	2.00	0.00	1.00	0.00
27.06	37.02	2.00	0.00	1.00	0.00	27.08	36.96	2.00	0.00	1.00	0.00
27.10	37.23	2.00	0.00	1.00	0.00	27.12	37.42	2.00	0.00	1.00	0.00
27.14	37.99	2.00	0.00	1.00	0.00	27.16	38.51	2.00	0.00	1.00	0.00
27.18	40.53	2.00	0.00	1.00	0.00	27.20	44.75	2.00	0.00	1.00	0.00
27.22	53.23	2.00	0.00	1.00	0.00	27.24	65.29	2.00	0.00	1.00	0.00
27.26	78.10	2.00	0.00	1.00	0.00	27.28	89.15	2.00	0.00	1.00	0.00
27.30	100.31	2.00	0.00	1.00	0.00	27.32	116.55	2.00	0.00	1.00	0.00
27.34	138.32	2.00	0.00	1.00	0.00	27.36	164.70	2.00	0.00	1.00	0.00
27.38	193.21	2.00	0.00	1.00	0.00	27.40	214.22	2.00	0.00	1.00	0.00

Total estimated settlement: 2.80

Abbreviations

$Q_{tn,cs}$: Equivalent dean sand normalized cone resistance
FS: Factor of safety against liquefaction
e_v (%): Post-liquefaction volumentric strain
DF: e_v depth weighting factor
Settlement: Calculated settlement

Cedimenti post sismici CPTU2

This software is licensed to: THOMAS VERONESE — CPT name: rif. U91-19 CPTU3 Bagnara di Ro

:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction :: (continued)

Depth (m)	$Q_{tn,cs}$	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)	Depth (m)	$Q_{tn,cs}$	FS	e_v (%)	DF	Settlement (cm)
29.90	74.52	2.00	0.00	1.00	0.00	29.92	76.72	2.00	0.00	1.00	0.00
29.94	77.61	2.00	0.00	1.00	0.00	29.96	77.19	2.00	0.00	1.00	0.00
29.98	75.40	2.00	0.00	1.00	0.00	30.00	74.12	2.00	0.00	1.00	0.00

Total estimated settlement: 0.27

Abbreviations

$Q_{tn,cs}$: Equivalent dean sand normalized cone resistance
FS: Factor of safety against liquefaction
e_v (%): Post-liquefaction volumentric strain
DF: e_v depth weighting factor
Settlement: Calculated settlement

Cedimenti post sismici CPTU3

L’area si può considerare stabile, da punto di vista dell’effetto di sito della liquefazione delle sabbie.

Codigoro, lì 22/04/2022

Dott. Geol. Thomas Veronese

ALLEGATO B

INDAGINI GEOFISICHE

COMUNE DI BAGNARA DI ROMAGNA (RA)

Variante alla Pianificazione Territoriale e Urbanistica dell'area oggetto di ammodernamento di impianto per la produzione di mangimi in ottica 4.0 (mangime Bio/Ogm) sito in via Trupatello a Bagnara di Romagna (Ra). Riferimenti catatstali foglio 7 mappale 149 e 65 del comune di Bagnara di Romagna (Ra).

Regione EMILIA-ROMAGNA
Provincia di Ravenna
Comune di Bagnara di Romagna

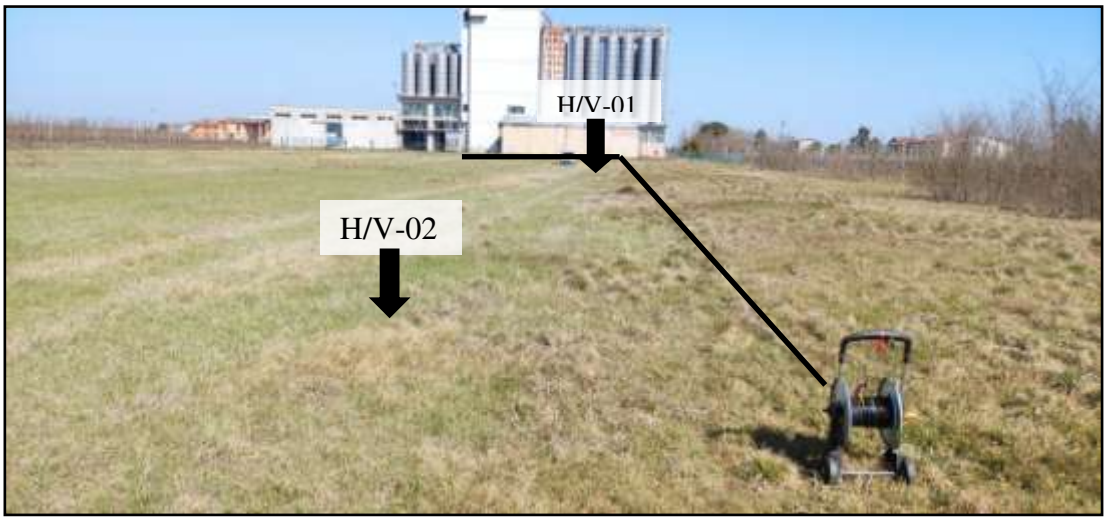
Indagine sismica con la tecnica della sismica passiva 'ESAC' per la determinazione del profilo profondo di Vs nell'area di proprietà della Ditta Eurovo, Via Trupatello 7, Comune di Bagnara di Romagna (RA)

Marzo 2022

Committente: Studio Geologo Veronese

Tecnico: Dr. Nasser Abu Zeid

Indagine sismica con la tecnica della sismica passiva 'ESAC' per la determinazione del profilo profondo di Vs nell'area di proprietà della Ditta Eurovo, Via Trupatello 7, Comune di Bagnara di Romagna (RA)



- Relazione Geofisica -

marzo 2022

Teamgeofisica.ceg (centro elaborazione dati geofisici)
Via G. Fabbri, 342 - 44124 FERRARA (FE)
Tel./Fax 0532-8748912
Mail: teamgeofisica.ceg@gmail.com
p.iva 02065560381

I N D I C E

1. PREMESSA _____ **1**

2. TECNICHE D'INDAGINE _____ **1**

2.1. Sismica passiva (Enhanced Spatial autocorrelation "ESAC") 1

2.2. Rapporti spettrali (H/V) _____ **3**

2.2.1. Il metodo HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio) _____ 4

3. ACQUISIZIONE DATI _____ **6**

3.1. Dati ESAC _____ **6**

3.2. Dati H/V _____ **8**

4. ANALISI DATI _____ **9**

4.1. Dati ESAC _____ **9**

4.1. Dati rapporti spettrali (H/V) _____ **10**

5. RISULTATI _____ **11**

5.1. Prova ESAC _____ **11**

5.1. Prove dei rapporti spettrali (H/V) _____ **13**

6. CONCLUSIONI _____ **14**

7. BIBLIOGRAFIA _____ **16**

Appendice A: parametri del modello sismico 1D di Vs _____ 17

Appendice B: risultati delle singole prove _____ 21

ELENCO DELLE FIGURE E TABELLE

Figura 1: modello di sottosuolo ad un grado di libertà (SDOF). 4
Figura 2. Esempio sismogramma sperimentale (BagR_106.dat) acquisito lungo il profilo sismico. Le linee verticali rappresentano i sismogrammi registrati utilizzando geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz.... 7
Figura 3. Geometria delle antenne sismiche utilizzate. Colore blu: profilo sismico. Scala assi diversa. HV-01: ubicazione prova dei rapporti spettrali dei microtremori. 7
Figura 4: particolari delle prove dei rapporti spettrali "H/V-01-02" effettuate nell'area. 8
Figura 5. Curva di dispersione sperimentale del profilo sismico ottenuto dall'analisi spettrale mediante la tecnica tau-p (a). In (b) si illustra il buon confronto tra la curva di dispersione sperimentale e quella teorica..... 9
Figura 6. Sismogrammi relativi alle due prove H/V (microtremori) effettuate, in campo libero (H/V-01, in alto) e (H/V-02, in basso), nell'area oggetto di indagine sita nell'area di proprietà della ditta 'Eurovo', V. Trupatello 7, Comune di Bagnara di Romagna, RA). Z: componente verticale, E: componente orizzontale in direzione E-W e N: componente orizzontale in direzione N-S. 10
Figura 7. Il profilo verticale VS ottenuto per l'area indagata dal profilo sismico. 12
Figura 8. Il profilo verticale G_{max} (μ: modulo di rigidità dinamico) dell'area indagata dal profilo sismico, ottenuto dal profilo di velocità (Vs) mediante l'equazione $\mu=\rho*Vs^2$. 12
Figura 9. media dei rapporti spettrali (H/V) delle due prove effettuate in campo libero (H/V-01) e (H/V-02) nell'area di proprietà della ditta 'Eurovo', sita in Via Trupatello, Comune di Bagnara di Romagna (RA). Freccia nera: frequenza di risonanza fondamentale (**F0**) tipica dei terreni investigati. 14

Tabella 1. Dati tecnici dei profili sismici. _____ 7
Tabella 2. Modello sismico (Onde S) del sottosuolo investigato. In appendice A sono riportati i valori numerici del profilo completo. _____ 11
Tabella 3: picchi di frequenze di risonanza fondamentale di risonanza ottenute dalle prove HVSR. _____ 13

Avvertenze

I dati forniti nella presente relazione si riferiscono esclusivamente alla situazione esistente al periodo di indagine.
La precisione dei metodi impiegati è limitata dagli errori sistematici delle procedure di indagine.

L'autore della presente relazione garantisce la riservatezza dei dati e delle informazioni contenute e si riserva, previa autorizzazione del committente dell'indagine, il diritto esclusivo della loro pubblicazione su riviste scientifiche nazionali ed internazionali.

1. PREMESSA

Su incarico dello studio Geologico Veronese di Codigoro (FE) è stata effettuata, in data 09 marzo 2022, una campagna d'indagine geofisica nell'area di proprietà della Ditta Eurovo s.r.l., sita in Via Trupatello 7, Comune di Bagnara di Romagna (RA). Scopo dell'indagine è quello di determinare: (1) la velocità di propagazione delle onde di taglio fino al possibile raggiungimento del substrato simico, eventualmente presente nell'aera, e (2) di valutare sperimentalmente la frequenza di risonanza dei terreni nell'area oggetto di questa indagine. A tale fine è stata impiegata la tecnica della sismica passiva ESAC per la determinazione della sequenza sismica delle onde di taglio lungo un profilo sismico (Tav. 1), e la tecnica dei rapporti spettrali H/V "microtremori" per la determinazione della frequenza (o periodo) di risonanza.

2. TECNICHE D'INDAGINE

2.1. SISMICA PASSIVA (ENHANCED SPATIAL AUTOCORRELATION "ESAC")

La risposta dinamica dei terreni sottoposti a sollecitazioni può essere ottenuta mediante l'analisi delle onde elastiche che si trasmettono nel sottosuolo. Come è noto, le sollecitazioni dinamiche generano diversi tipi di onde riconducibili a:

a) onde di volume (P ed S) e
b) onde superficiali (Rayleigh "R" e Love "L").

Le onde di maggiore interesse nella soluzione di molti problemi geotecnici legati al sistema sottosuolo-fondazione-struttura sono quelle comunemente indicate come onde di taglio di tipo "S", "R" e "L". Tali tipi di onde producono vibrazioni nelle particelle dei materiali costituenti il sottosuolo che al passaggio del treno d'onda risultano polarizzate lungo un piano perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell'onda stessa. Ciò comporta la comparsa di sforzi di taglio successivamente, trasmissibili alle strutture in superficie ed, in alcuni casi, ad un conseguente danno alle stesse.

Il D.M. del 17 gennaio 2018 dal titolo “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”, impone di classificare i terreni, su cui saranno eseguite opere edili di una certa rilevanza, sulla base del parametro $V_{S,eq}$. La classificazione dei terreni riporta cinque categorie, definite con simbologia alfanumerica da A ad E. A queste classe può essere necessario effettuare ulteriori integrazioni dove si passa alla stima sperimentale in termini quantitativi della risposta sismica dei terreni sottoposti ad un’accelerazione sismica attesa, predefinita per ciascuna classe. A questo scopo è stato calcolato il valore del parametro , V_{S30} , che rappresenta la media ponderata dei valori delle velocità dell’onda di taglio “S” nei primi 30 m di sottosuolo indagato, matematicamente espressa da (eq. 1);

$$V_{s30} = \frac{H_n}{\sum_{i=1}^{n} \frac{h_i}{v_i}} \qquad eq.1,$$

dove,

V_{S30} : velocità media ponderata delle onde di taglio “S”,

H_n : profondità del tetto del substrato sismico, oppure pari a 30m V_{S30},

h_i : spessore dello strato iesimo,

V_i : velocità delle onde di taglio “S” nello strato iesimo.

Questo valore però non permette di raggiungere la profondità del substrato sismico nell’area che è a profondità maggiore.

Le tecniche geofisiche comunemente utilizzate per la determinazione di tale parametro sono essenzialmente di tre tipi:

1) prove in foro singolo (Down-Hole) o doppio (Cross-Hole),
2) sismica di superficie (rifrazione e riflessione) con energizzazione di onde polarizzate (SH),
3) tecniche mediante onde superficiali “R” e “L” (SASW, MASW e Microtremori Re.Mi., SPAC, MSPAC ed ESAC).

Le prime richiedono l'esecuzione di un sondaggio per permettere la determinazione del parametro. Le seconde, più costose, forniscono risultati di elevata qualità ma sono facilmente influenzate da rumori antropici che ne degradano le caratteristiche. Le ultime sono realizzate, ad eccezione della tecnica SASW, con procedure operative simili a quelle impiegate nella sismica a rifrazione.

La prova geofisica adottata per questa indagine appartiene alla terza categoria ed è consistita nell'applicazione della tecnica dei microtremori (Autocorrelazione Spaziale Migliorato "ESAC") che permette di ottenere con minor costo di processo il profilo verticale della velocità media delle onde di taglio "S" e contemporaneamente di raggiungere profondità superiori a 30 m favorendo in alcuni casi il raggiungimento del bedrock sismico - così come definito dalla normativa (**$V_s \geq 800$ m/s**) - coadiuvando contemporaneamente l'interpretazione delle eventuali variazioni di rigidità sismica ($V_S^2 \times \rho$) dei terreni investigati.

Attraverso l'analisi delle onde superficiali "tipo Rayleigh R", che costituiscono un particolare tipo di onde superficiali trasmesse sulla superficie libera di un mezzo omogeneo ed isotropo, si ricava indirettamente la velocità delle onde di taglio "S" secondo l'equazione

$$V_R = \left(\frac{0.862 + 1.14\upsilon}{1+\upsilon} \right) \times V_S$$

$$V_R \cong 0.92\ V_S \qquad eq.2,$$

dove,

V_R: velocità di fase delle onde Rayleigh,

V_S:velocità di propagazione dell'onda di taglio,

υ : rapporto di Poisson.

2.2. RAPPORTI SPETTRALI (H/V)

La risposta dinamica dei terreni sottoposti a sollecitazioni può essere ottenuta mediante l'analisi delle onde elastiche che si trasmettono nel sottosuolo.

Come è noto, le sollecitazioni dinamiche generano diversi tipi di onde riconducibili a:

c) onde di volume (P ed S) e
d) onde superficiali (Rayleigh “R” e Love “L”).

Le onde di maggiore interesse nella soluzione di molti problemi geotecnici legati al sistema sottosuolo-fondazione-struttura sono quelle comunemente indicate come onde di taglio di tipo “S”, “R” e “L”. Tali tipi di onde producono vibrazioni nelle particelle dei materiali costituenti il sottosuolo che al passaggio del treno d’onda sono polarizzate lungo un piano perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell’onda stessa. Ciò comporta la comparsa di sforzi di taglio successivamente trasmissibili alle strutture in superficie ed, in alcuni casi, ad un conseguente danno alle stesse.

Siccome la frequenza di risonanza propria dei terreni dipende dalla sequenza dei contrasti di impedenza elastica presenti nel sottosuolo (cioè dalla profondità) è possibile utilizzare la tecnica dei rapporto rapporti spettrali per risalire a tale parametro. Il lavoro fondamentale su questa specifica procedura fu pubblicato da Nakamura nel 1989; per questo motivo è chiamato anche “metodo di Nakamura” (Nakamura, 1989).

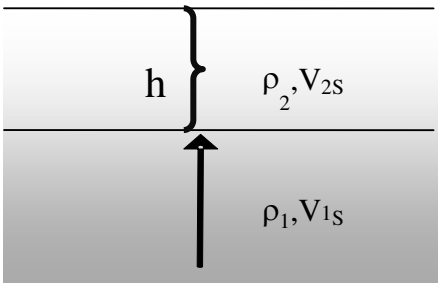


Figura 1: modello di sottosuolo ad un grado di libertà (SDOF).

2.2.1. Il metodo HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio)

È ben noto che quando un’onda elastica che si propaga nel sottosuolo passando da un mezzo con impedenza acustica/elastica $Z_1=\rho_1 \cdot v_1$ (dove ρ è la densità e v la velocità di onde di volume P/S rispettivamente) ad un mezzo con impedenza acustica/elastica $Z_2=\rho_2 \cdot v_2$, se $Z_2<Z_1$ l’ampiezza dell’onda trasmessa nel secondo mezzo aumenta. Questo fenomeno dipende soltanto dall’angolo

d'incidenza e non dalla frequenza per le onde P, cioè tutte le singole componenti sinusoidali dell'onda vengono amplificate nella stessa misura. Per le onde S si dimostra invece che ha luogo un fenomeno di risonanza. Dato un sottosuolo formato da una copertura omogenea elastica di spessore h, poggiante su un substrato rigido (nella pratica un substrato è considerato rigido quando la sua V_{1S} supera 800 m/s), come in Figura 1, tali frequenze di risonanza sono date da (v. p. es. Lanzo e Silvestri, 1999):

$$f_n = \frac{V_{2S}(2n-1)}{4h}, n = 1,2,...\infty, \qquad \textit{eq. 3,}$$

Ad esempio, per una copertura elastica spessa 50 m con V_{2S} di 200 m/s (velocità tipica di un sedimento sciolto), f_1=1 Hz, f_2= 3 Hz e così via. Si tratta di campi di frequenze coincidenti con quelli delle costruzioni. L'ampiezza di oscillazione alle frequenze di risonanza tende all'infinito per un mezzo puramente elastico. È da notare che ciò non avviene mai nella pratica in quanto tutti i mezzi materiali hanno un comportamento visco-elastico. Ciò comporta uno smorzamento progressivo dell'ampiezza trasmessa $A(f_n)$ alla frequenza di risonanza, al crescere di questa, secondo la relazione:

$$A(f) = \frac{2}{(2n-1)} \cdot \frac{G}{\pi^2 \eta f}, \qquad \textit{eq. 4,}$$

dove, *G* è il modulo di rigidità, η il coefficiente di viscosità, *f* la frequenza ed *n* è il numero del modo di vibrazione (cioè armoniche superiori).

Poiché sia le onde di Love che la componente orizzontale delle onde di Rayleigh si formano per interferenza costruttiva delle onde S, quanto detto vale con ottima approssimazione anche per tali onde, purché il sottosuolo sia tabulare, cioè a strati piano/paralleli. Questo è un fatto particolarmente fortunato perché significa che basta registrare il rumore sismico ambientale, dove è ampiamente prevalente l'energia associata alle onde superficiali, per avere un'informazione precisa (nei limiti summenzionati) delle frequenze di risonanza. Questa, infatti, si ottiene con 3 semplici passaggi:

1. registrando in un punto per un certo tempo le 3 componenti del moto delle particelle del terreno (la verticale V(t) e due orizzontali ortogonali tra loro:

NS(t), EW(t)) con un sismometro a frequenza propria inferiore al campo di frequenze di interesse;

2. calcolandone i rispettivi spettri di Fourier V(f), EW(f) e NS(f)[1]

$$\frac{\sqrt{|NS(f)|^2 + |EW(f)|^2}}{|V(f)|}, \qquad \textit{eq. 5,}$$

3. facendo il rapporto detto per l'appunto HVSR, acronimo di Horizontal over Vertical Signal Ratio.

Si richiama l'attenzione del lettore su 2 fatti:

1. che non è possibile, conoscendo soltanto la frequenza di risonanza, determinare contemporaneamente la V_S dello strato elastico e la profondità h del substrato rigido: questi due parametri del sottosuolo compaiono in un prodotto, e quindi la loro determinazione è impossibile senza informazioni di altra origine;
2. trattandosi di un metodo statistico, l'ampiezza alla frequenza di risonanza può essere affetta da un ampio margine di incertezza. L'ampiezza effettiva può essere stimata solo utilizzando un segnale deterministico, come quello di un terremoto.

3. ACQUISIZIONE DATI

3.1. DATI ESAC

L'area oggetto di indagine è stata investigata in data 09/03/2022 mediante l'esecuzione di n.1 profilo sismico tipo "ESAC" (**Tav. 1**) della lunghezza complessiva di 172,5m (Tabella 1).

Per l'acquisizione dei dati è stato impiegato un sismografo digitale RAS 24 – Seistronix (ABEM) con 24 geofoni verticali con frequenza naturale pari a 4,5 Hz, equidistanziati 7,5 m. La lunghezza temporale di ogni registrazione è stata pari a 32 secondi con passo di campionamento di 2 ms. In Figura 2 è riportato

[1] È d'uso indicare con la stessa lettera maiuscola la trasformata di Fourier di una funzione, indicata con la lettera minuscola.

uno esempi di acquisizione composto da 24 tracce sismiche seconda la geometria delle due antenne sismiche utilizzate (Fig. 3).

Tabella 1. Dati tecnici dei profili sismici.

Sigla	**Lunghezza** (m)	**Passo intergeofonico** (m)	**Orientazione**
Profilo 1	172,5*	7,5	44.389321°N 11.840010°E WNW-----+----SSW
*geometria a forma di L			

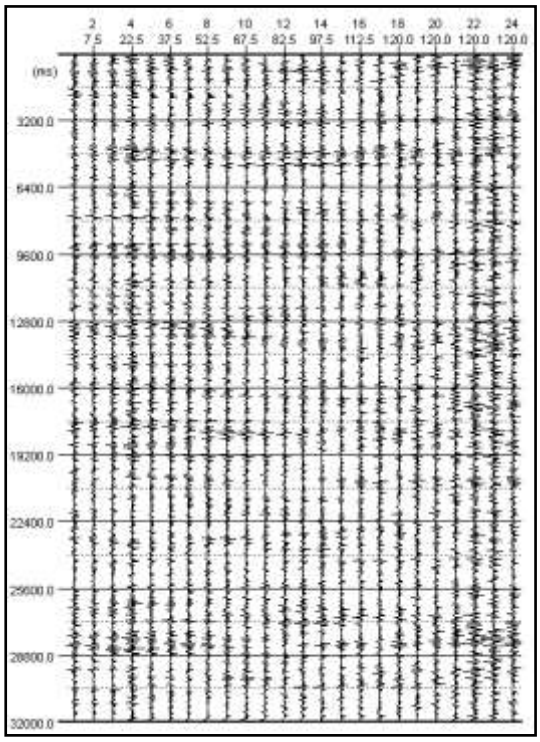


Figura 2. Esempio sismogramma sperimentale (BagR_106.dat) acquisito lungo il profilo sismico. Le linee verticali rappresentano i sismogrammi registrati utilizzando geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz.

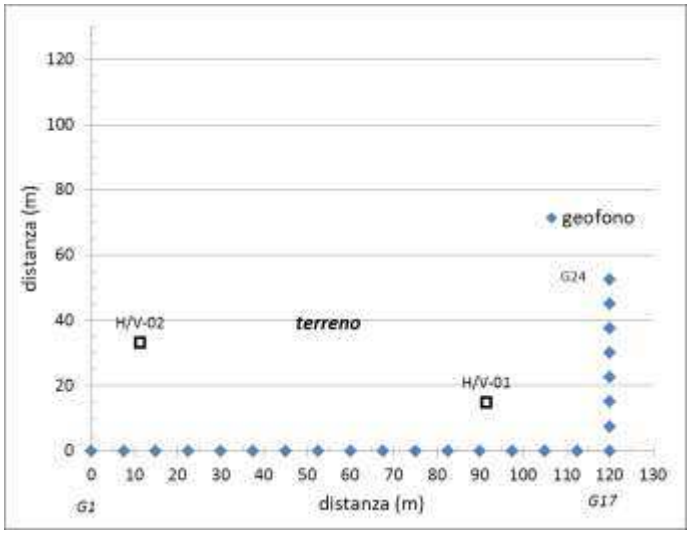


Figura 3. Geometria delle antenne sismiche utilizzate. Colore blu: profilo sismico. Scala assi diversa. HV-01: ubicazione prova dei rapporti spettrali dei microtremori.

3.2. DATI H/V

Il sito oggetto d'indagine è stato investigato, in data 09/03/2022, mediante l'esecuzione di n.2 prove H/V (TAV-1).

Per l'acquisizione dati è stato impiegato un data logger a 24 bit collegato ad un sismometro 3D modello Sensor (S_3S_2, M.A.E. Apparecchiature Elettroniche srl. di Frosolone, Molise). La lunghezza temporale delle registrazioni è pari a 60 minuti con passo di campionamento di 250 Hz (in figura 5 si riporta un esempio di acquisizione).

Tabella 2: dettagli delle prove dei rapporti spettrali 'microtremori' (H/V) effettuate nell'area oggetto dello studio.

Sigla	Località	Comune	Durata (min.)	posizione
HV-01	Terreno incolto (campo libero)	Eurovo s.r.l. B. di Romagna (RA)	60	S dell'edificio vicino al Geof. n. 13 44.389117°N, 11.840138°E
HV-02	Terreno incolto (campo libero)		45	S dell'edificio vicino al Geof. n. 2 44.388471°N 11.839423°E

Figura 4: particolari delle prove dei rapporti spettrali "H/V-01-02" effettuate nell'area.

4. ANALISI DATI

4.1. DATI ESAC

L'analisi delle tracce sismiche registrate è basata sull'impiego della tecnica di analisi denominata "autocorrelazione spaziale migliorata (ESAC)". Tale tecnica considera il rumore sismico di essere generato da una distribuzione uniforme di sorgenti (cioè non esistono sorgenti dominanti).

La procedura di analisi è basata sulla teoria elaborata da Aki (1959) secondo il quale la funzione di correlazione media fra le registrazioni di un rumore isotropo effettuate su sensori verticali distribuiti nelle diverse direzioni a parità distanza r da un sensore di riferimento, ha una forma simile a quella della funzione di Bessel di ordine 0. Egli deduce che tale forma (equazione 3) è funzione del valore della velocità di fase (V_R) per ogni copia di frequenza e distanza:

$$\rho(r,\omega_0) = J_0\left(\frac{\omega r}{c(\omega_0)}\right) \qquad eq.6$$

dove,

$\rho(r,\omega_0)$: coefficiente di autocrrelazione

J_0 : funzione di Bessel di tipo I ed ordine zero

$C(\omega_0)$: velocità di fase delle onde Rayleigh in funzione della frequenza

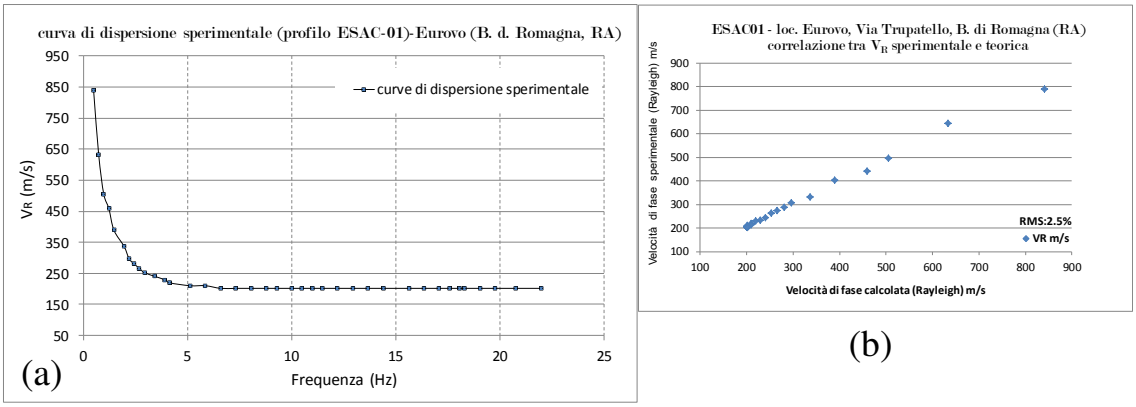


Figura 5. Curva di dispersione sperimentale del profilo sismico ottenuto dall'analisi spettrale mediante la tecnica tau-p (a). In (b) si illustra il buon confronto tra la curva di dispersione sperimentale e quella teorica.

Il risultato di tale analisi rappresenta il cosiddetto spettro di potenza da cui si ottiene la curva di dispersione sperimentale delle onde “R” (figura 5a) e successivamente, attraverso una procedura di modellazione numerica, la determinazione delle velocità delle onde di taglio “S” (figura 7).

4.1. DATI RAPPORTI SPETTRALI (H/V)

L’analisi delle serie temporali è proceduta seguendo i punti 2 e 3 del paragrafo 2.2.1. La figura 6 illustra le tracce sismiche dei sismogrammi registrati: H/V-01 e H/V-02 (TAV. 1).

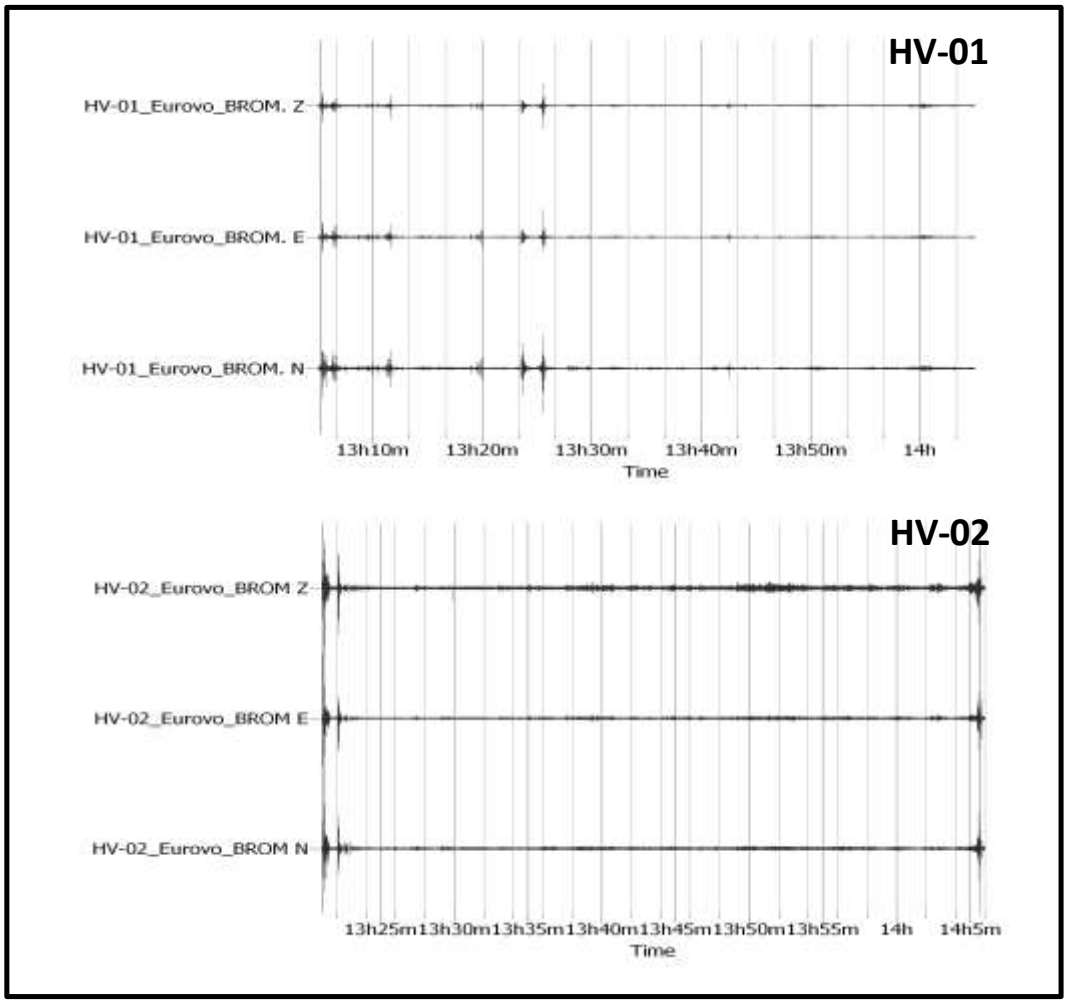


Figura 6. Sismogrammi relativi alle due prove H/V (microtremori) effettuate, in campo libero (H/V-01, in alto) e (H/V-02, in basso), nell’area oggetto di indagine sita nell’area di proprietà della ditta ‘Eurovo’, V. Trupatello 7, Comune di Bagnara di Romagna, RA). Z: componente verticale, E: componente orizzontale in direzione E-W e N: componente orizzontale in direzione N-S.

5. RISULTATI

5.1. PROVA ESAC

Il modello sismico V_S ottenuto dall'interpretazione quantitativa della curva di dispersione (figura 5) e riportata in figura 7. Il modello numerico fino a 30 metri è riportato in Tabella 2, mentre quello completo fino a 365 m è riportato in Appendice A. Il modello sismico così ottenuto ha raggiunto valori attribuibili a substrato sismico (Vs>=800 m/s), compresi tra 210 m/s e 929 m/s, alla profondità di 365 m.

In figura (8) si riporta l'andamento del profilo di rigidità dinamico (G0 o G_{max}) con la profondità.

Tabella 2. Modello sismico (Onde S) del sottosuolo investigato. In appendice A sono riportati i valori numerici del profilo completo.

ESAC01	**PROFILO sismico fino a 32 metri** (modello numerico fino a 365 metri è riportato in Appendice A)		
Sismo-strato	Velocità (m/s)	Profondità letto (m)	Spessore (m)
1	215.0	2.5	0.0
2	214.7	5.1	2.6
3	213.2	7.8	2.7
4	210.2	10.6	2.8
5	216.2	13.4	2.8
6	214.0	16.3	2.9
7	222.8	19.3	3.0
8	233.3	22.4	3.1
9	245.3	25.5	3.1
10	245.4	28.7	3.2
11	258.7	32.0	3.3

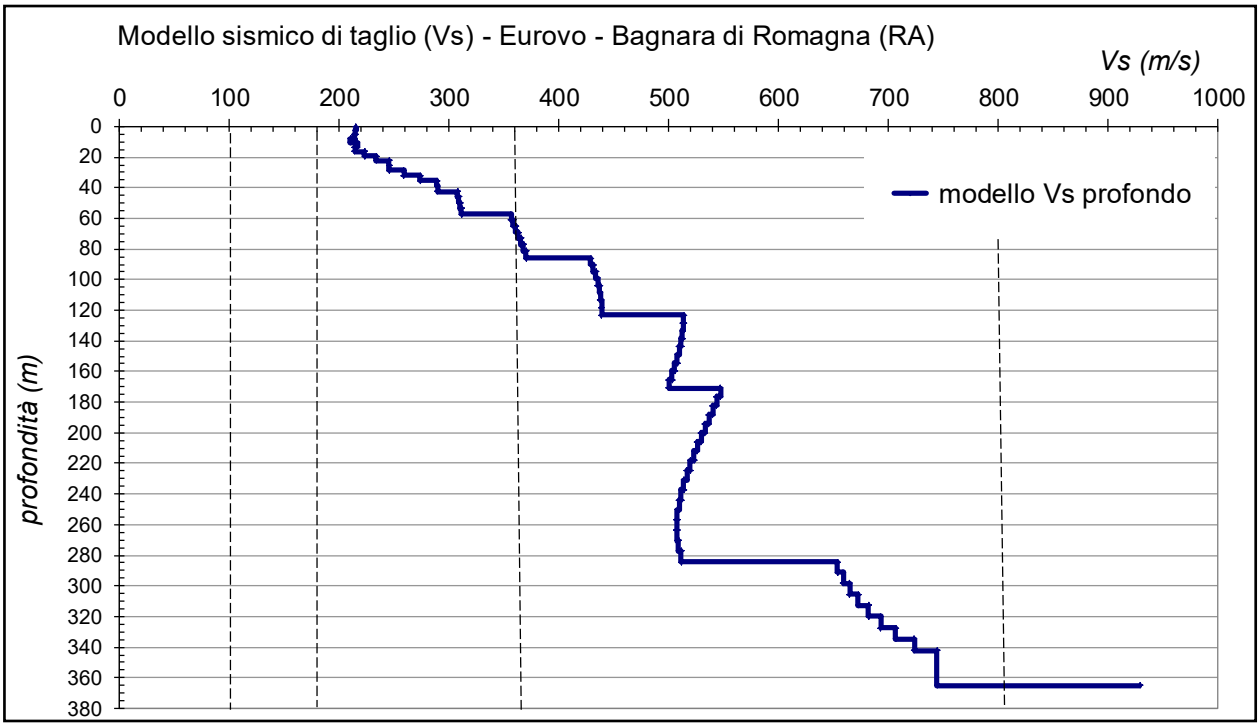


Figura 7. Il profilo verticale VS ottenuto per l'area indagata dal profilo sismico.

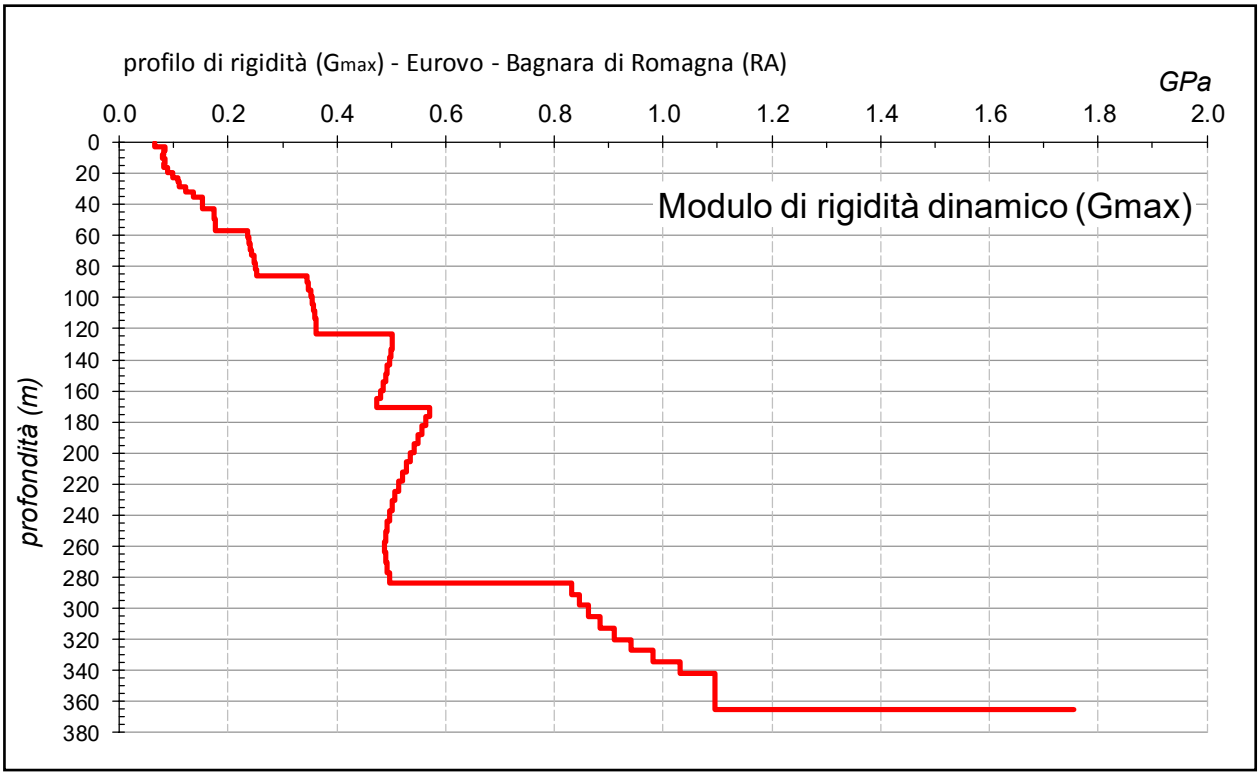


Figura 8. Il profilo verticale G_{max} (μ: modulo di rigidità dinamico) dell'area indagata dal profilo sismico, ottenuto dal profilo di velocità (Vs) mediante l'equazione $\mu=\rho*Vs^2$.

5.1. PROVE DEI RAPPORTI SPETTRALI (H/V)

I risultati ottenuti, utilizzando il codice di calcolo Geopsy (vers. 2.9, 2015), sono riportati in figura 9. Mentre le frequenze di risonanze ottenute sono riportate in Tabella 3. Le curve spettrali medi delle singole prove sono riportate in Appendice B.

Tabella 3: picchi di frequenze di risonanza fondamentale di risonanza ottenute dalle prove HVSR.

prova H/V	Frequenza (Hz)	Valore Frequenza	Periodo T_0(sec)	Ampiezza (A)
Località: (Eurovo), Comune: Bagnara di Romagna (RA)				
01*	**F_0**	$0,836 \pm 0,008$	**1,196**	**2,1**
02*	**F_0**	$0,848 \pm 0,009$	**1,179**	**2,1**
media	**F_0**	**0,842±0,009***	**1,188***	**2,1***
***prova effettuata in campo libero.**				

I risultati ottenuti permettono di formulare quanto segue:

1. la frequenza di risonanza fondamentale con rapporto H/V medio di 2,1, tipica dei siti investigati è denominata **F0** (Tabella 3), risulta essere pari a:
   - 0,842 Hz (periodo di risonanza medio: **1,188 secondi**) per il sito oggetto di studio. Questo valore suggerisce la presenza di una discontinuità elastica collocata a circa **123±5 m** come risulta dal modello sismico di Vs (Fig. 7).

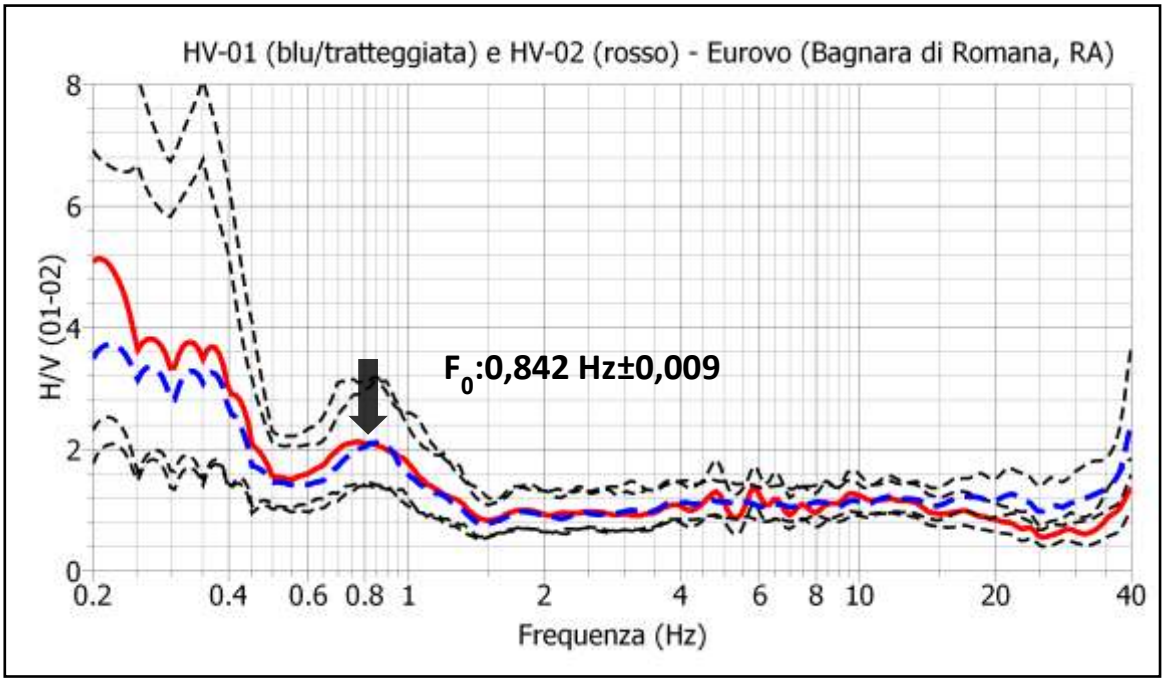


Figura 9. media dei rapporti spettrali (H/V) delle due prove effettuate in campo libero (H/V-01) e (H/V-02) nell'area di proprietà della ditta 'Eurovo', sita in Via Trupatello, Comune di Bagnara di Romagna (RA). Freccia nera: frequenza di risonanza fondamentale (**F0**) tipica dei terreni investigati.

6. CONCLUSIONI

Le indagini geofisiche effettuate nel periodo **09 marzo 2022** con le tecniche dei microtremori "ESAC" e rapporti spettrali (H/V) ha consentito di ricostruire il quadro sismico del sottosuolo dell'area indagata fino alla massima profondità d'indagine raggiunta (365**m**) e di determinare la frequenza di risonanza fondamentale del terreno dei siti investigati.

L'analisi del modello sismico evidenzia la presenza di numerosi sismo-strati con andamento crescenti. L'indagine sismica ha raggiunto il substrato sismico, definito come Vs>= 800 m/s. Il valore massimo di Vs ottenuto è pari a 929 m/s in corrispondenza di 365 m di profondità.

In Figura (8) si riporta la variazione del modulo di rigidità dinamico (G_{max} o G_0) ricavato dal corrispondente profilo sismico di taglio (valori di densità utilizzate sono compresi tra 1.800,0 kg/m^3 e 2.000,00 per tutti i sismo strati ad accessione del primo ove il valore è pari a 1.40,0 kg/m^3.

L'indagine dei microtremori (rapporti spettrali: H/V o "Nakamura") ha consentito di determinare la frequenza (**F_0**) tipica di risonanza dei terreni investigati. Essa risultata essere pari ad un valore medio di **0,848 Hz** (**T=1,188sec)**.

Tecnico:

Dr. Nasser ABU ZEID

7. BIBLIOGRAFIA

Matlab, 2007b: Codice di calcolo numerico, Mathworks, USA.

Nakamura Y., 1989: A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR Railway Technical Research Institute, 30, 25-33.

McMechan, G. A. e Yedlin, M. J., 1981. *In situ shear wave velocities from spectral analysis of dispersive waves by wave field trasformation.* Geophysics, v. 46:869-874.

Lanzo G., Silvestri F., 1999: Risposta sismica locale. Hevelius edizioni, Benevento, pp. 159.

SeisOpt® ReMi, 2006. ReMiv4.0 user's manual. Optim, Inc., N. Virginia, USA, 85 p.

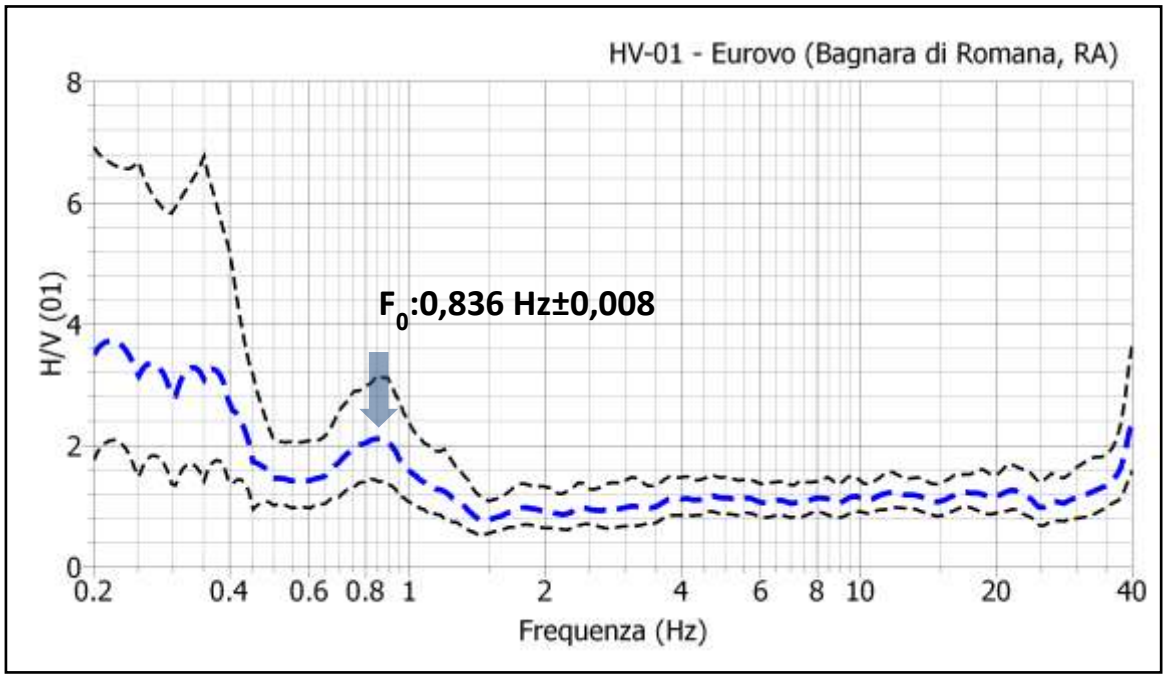
Appendice A

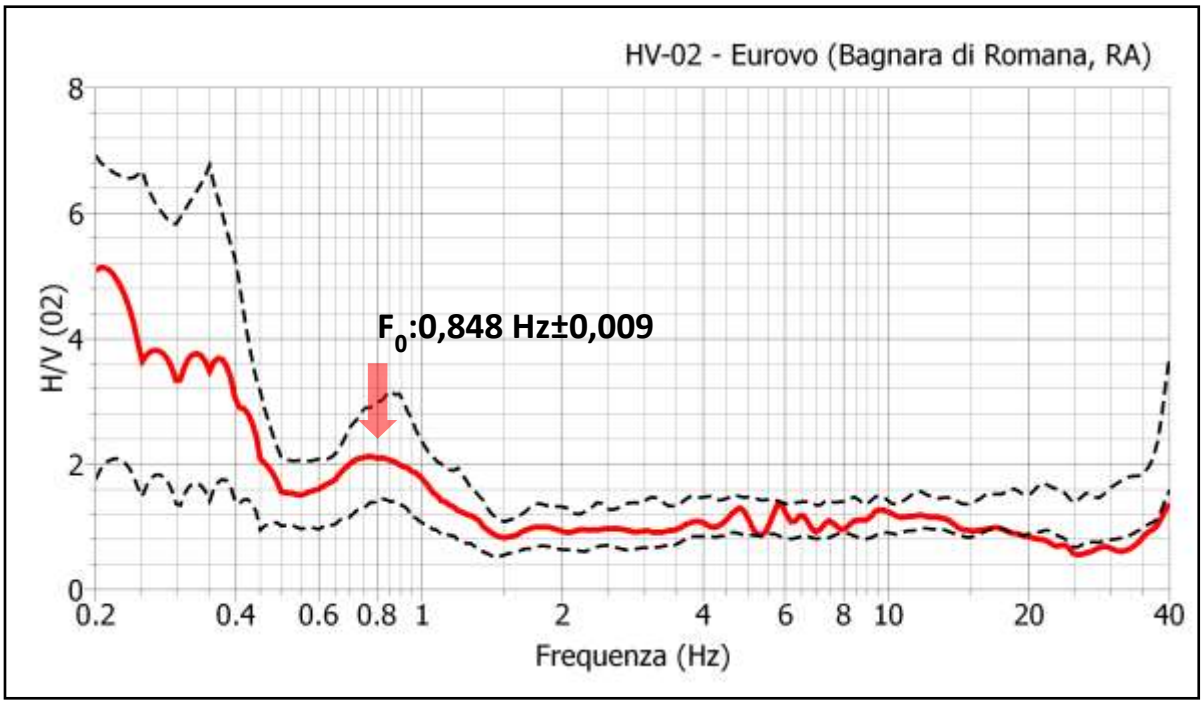
ESAC-01	PROFILO sismico fino a 365 metri		
Sismo-strato	Profondità letto (m)	Velocità (m/s)	Spessore (m)
1	2.5	215.0	0.0
2	5.1	214.7	2.6
3	7.8	213.2	2.7
4	10.6	210.2	2.8
5	13.4	216.2	2.8
6	16.3	214.0	2.9
7	19.3	222.8	3.0
8	22.4	233.3	3.1
9	25.5	245.3	3.1
10	28.7	245.4	3.2
11	32.0	258.7	3.3
12	35.4	273.4	3.4
13	38.8	289.0	3.4
14	42.3	289.3	3.5
15	45.9	307.9	3.6
16	49.5	308.6	3.7
17	53.3	309.9	3.7
18	57.1	311.4	3.8
19	60.9	356.5	3.9
20	64.9	358.5	4.0
21	68.9	360.7	4.0
22	73.0	363.1	4.1
23	77.2	365.5	4.2
24	81.5	367.8	4.3
25	85.8	370.2	4.3

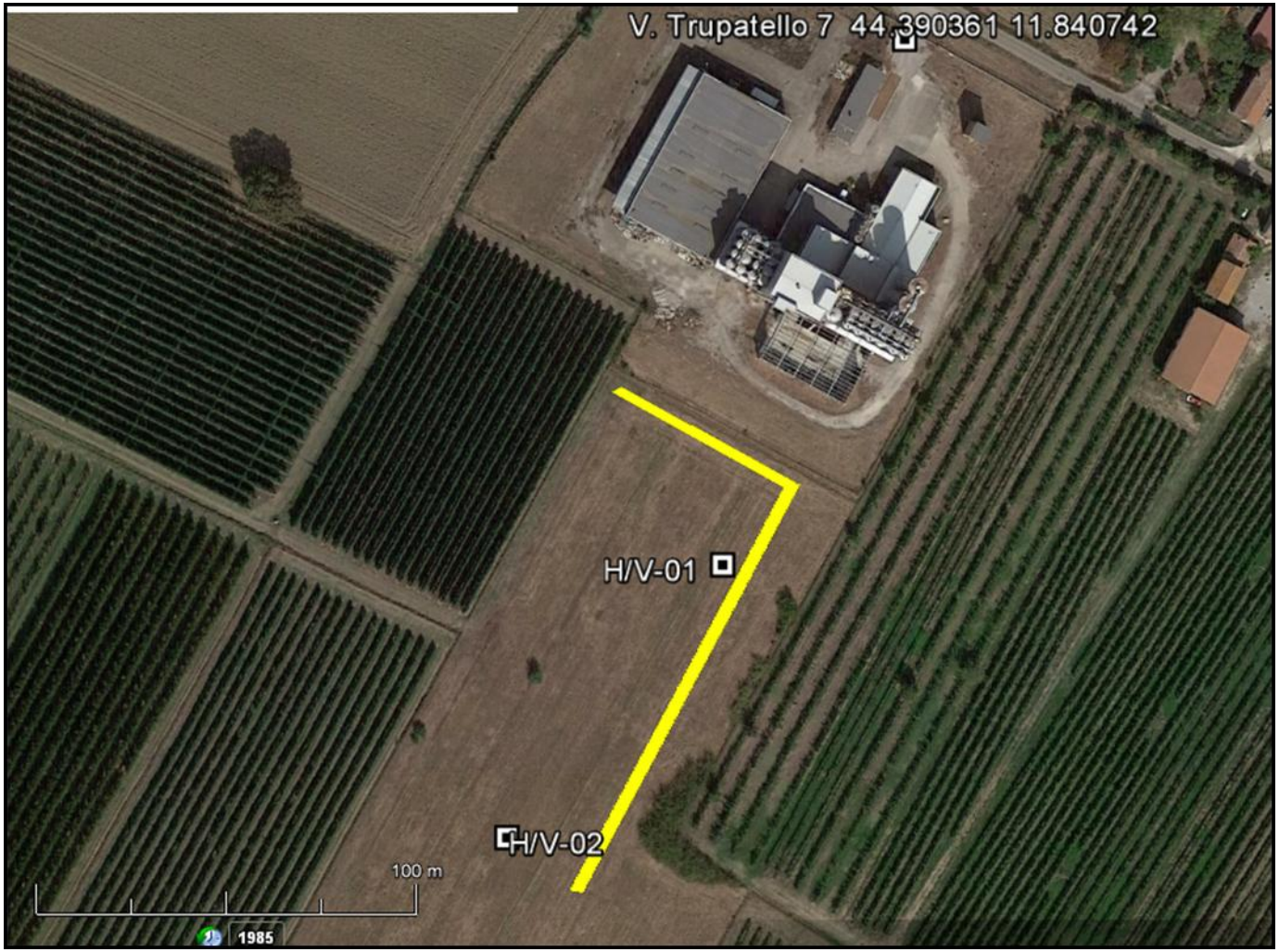
ESAC-01 Sismo-strato	Profondità letto (m)	Velocità (m/s)	Spessore (m)
26	218.2	523.0	6.2
27	224.5	519.7	6.3
28	230.8	516.5	6.3
29	237.2	513.7	6.4
30	243.7	511.3	6.5
31	250.3	509.3	6.6
32	256.9	507.9	6.6
33	263.6	507.3	6.7
34	270.4	507.5	6.8
35	277.3	508.7	6.9
36	284.2	511.3	6.9
37	291.2	653.8	7.0
38	298.3	658.9	7.1
39	305.5	665.1	7.2
40	312.7	672.8	7.2
41	320.0	682.1	7.3
42	327.4	693.3	7.4
43	334.9	707.0	7.5
44	342.4	723.9	7.5
45	365.2	744.6	22.8
46	-	929.1	-

Appendice B

Curve medie dei rapporti spettrali (H/V) delle due prove effettuate nell'area oggetto di studio.







44.389321°N 11.840010°E

Profilo sismico ESAC H/V'01 **Prova H/V**

Tavola 1

ALLEGATO C

CERTIFICATI CAROTAGGIO CONTINUO

COMUNE DI BAGNARA DI ROMAGNA (RA)

Variante alla Pianificazione Territoriale e Urbanistica dell'area oggetto di ammodernamento di impianto per la produzione di mangimi in ottica 4.0 (mangime Bio/Ogm) sito in via Trupatello a Bagnara di Romagna (Ra). Riferimenti catatstali foglio 7 mappale 149 e 65 del comune di Bagnara di Romagna (Ra).

Geo.Fe.
INDAGINI GEOLOGICHE

COMMITTENTE: Gruppo Eurovo

LOCALITÀ: Bagnara di Romagna (RA)

REPORT FOTOGRAFICO - STRATIGRAFICO

Sondaggio S1

MACCHINA PERFORATRICE:

macchine operatrici	caratteristiche tecniche
• HYDRA JOY 2	Velocità di Rotazione: 0 ~ 600 rpm; Motore potenza: 100 hp a 1800 rpm; Coppia Massima: 600 kgm; Corsa Utile: 3000 mm;

Figura 1: posizionamento sonda per esecuzione sondaggio S1

Figura 2: cassa 1 (0,0 – 5,0m)

Figura 3: cassa 2 (5,0 – 10,0m)

Figura 4: cassa 3 (10,0 – 15,0m)

Figura 5: cassa 4 (15,0 – 20,0m)

Figura 6: cassa 5 (20,0 – 25,0m)

ELENCO DEI CAMPIONI PRELEVATI:

- OST n.1 prof. 3,00 – 3,45m
- C.R. n.1 prof. 3,45 – 3,75m
- OST n.2 prof. 12,00 – 12,70m
- C.R. n.2 prof. 15,00 – 15,60m
- OST n.3 prof. 22,30 – 23,00m

Geo.Fe.
INDAGINI GEOLOGICHE
Tel: 3383646278 - info@geofe.it - web: www.geofe.it

Committente: Eurovo	Sondaggio: S1
Riferimento: Bagnara di Romagna	Data: 03/02/2022
Coordinate: 44.389471° 11.840295°	Quota: 25 m
Perforazione: carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - S1

metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	prof. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	A	Pz	Rv
			0.2	Terreno vegetale								
			0.8	Limo argilloso, colore marrone								
1				Argilla a tratti debolmente limosa con conrezioni carbonatiche, colore nocciola								
2												
3		1) Ost < 3.00 3.45	3.0									
		2) Rim < 3.45 3.70	3.5	Osterberg 1								
			3.7	Rimaneggiato 1								
4				Argilla debolmente limosa con conrezioni carbonatiche, colore nocciola	4.5 4.5	>1.2 >1.2						
			4.5									
5				Argilla limosa, colore nocciola	1.9	0.6						
			5.3		1.6	0.7						
6				Argilla con conrezioni carbonatiche, colore nocciola	4.1	>1.2						
			6.0									
			6.4	Argilla limosa, colore nocciola								
7				Argilla con concrezioni carbonatiche, colore grigio	2.2 1.9 2.7	0.98 0.9 >1.2						
			7.3									
			7.8	Argilla debolmente limosa con concrezioni carbonatiche, colore nocciola	3.1	>1.2						
8				Argilla limosa, colore nocciola	3.9	0.6						
			8.8									
9				Sabbia limosa-argillosa, colore grigio								
			9.5									
10				Argilla a tratti debolmente limosa, colore nocciola	2.1 2 1.5	0.64 >1.2 0.54						
			10.4									
11				Sabbia argillosa-limosa, colore nocciola								
12		3) Ost < 12.00 12.70	12.0									
			12.7	Osterberg 2								
13				Sabbia argillosa-limosa, colore nocciola								
14												
			14.6									
15		4) Rim < 15.00 15.60	15.0	Sabbia medio-fine, colore grigio								
			15.6	Rimaneggiato 2								
16				Sabbia medio-fine, colore grigio								
17												
18												
			18.3									
19				Argilla a tratti debolmente limosa, colore nocciola	1.5 1.4	0.66 0.57						
			19.1									
			19.5	Argilla limosa passante a debolmente limosa, colore nocciola	0.9	0.37						
20				Sabbia argillosa-limosa, colore nocciola								

Geo.Fe.
INDAGINI GEOLOGICHE
Tel: 3383646278 - info@geofe.it - web: www.geofe.it

Committente: Eurovo	Sondaggio: S1
Riferimento: Bagnara di Romagna	Data: 03/02/2022
Coordinate: 44.389471° 11.840295°	Quota: 25 m
Perforazione: carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - S1

metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	prof. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	A	Pz	Rv
			20.3	Sabbia argillosa-limosa, colore nocciola								
			20.7	Argilla, colore nocciola	1.8	0.98						
21				Sabbia argillosa-limosa, colore nocciola								
22		5) Ost < 22.30 23.00	22.3									
				Osterberg 3								
23			23.0									
			23.3	Sabbia limosa, colore grigio								
24				Argilla, colore grigio scuro	2	0.74						
			24.2		4.5	>1.2						
				Argilla passante a argilla limosa, colore nocciola	4.3	>1.2						
25			25.0									

prelevati 3 campioni indisturbati e 2 rimaneggiati:
- Osterberg 1 (3.00 - 3.45)
- Rimaneggiato 1 (3.45 - 3.70)
- Osterberg 2 (12.00 - 12.70)
- Rimaneggiato 2 (15.00 - 15.60)
- Osterberg 3 (22.30 - 23.00)

ALLEGATO D

CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

COMUNE DI BAGNARA DI ROMAGNA (RA)

Variante alla Pianificazione Territoriale e Urbanistica dell'area oggetto di ammodernamento di impianto per la produzione di mangimi in ottica 4.0 (mangime Bio/Ogm) sito in via Trupatello a Bagnara di Romagna (Ra). Riferimenti catatstali foglio 7 mappale 149 e 65 del comune di Bagnara di Romagna (Ra).

Istituto
Sperimentale
Modelli
GEOtecnici

Via Pastrengo, 9 – 24068 Seriate (Bg)
Tel: 035 303120
Fax: 035 303120
E-mail: ismgeo@ismgeo.it

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

BAGNARA DI ROMAGNA (RA)

PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Prog. L001; Doc. RAT 142/2022

Redatto da:	Andrea Saccenti	29/04/2022
Rivisto e Approvato da:	Andrea Saccenti	

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0	29/04/2022	Sirtoli	Sirtoli

Committente:	**EUROVO**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST1**
Profondità prelievo [m]:	**3.00 – 3.45**
Data prova:	

Istituto Sperimentale Modelli GEOtecnici

Via Pastrengo, 9 - 24068 Seriate (Bg) - ☏ tel. 035 303120 - 🖷 fax 035 303120 ✉ Email: ismgeo@ismgeo.it

DESCRIZIONE CAMPIONE

D.P.R. 06.06.2001 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A e B

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	21/04/2022	Angeloni	Saccenti

N° verbale di accettazione: 020/2022
N° certificato di prova:

Committente:	**EUROVO**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST1**
Profondità prelievo [m]:	**3.30 - 3.45**
Prova:	**Dc**
Data fine descrizione:	**21/04/2022**

Dati Generali del Campione

Tipo contenitore: Fustella INOX
Forma campione -
Dimensioni Campione: Φ= - cm L= - cm
Classe del terreno: 4

Descrizione

(Normativa di riferimento: AGI 1977)

Limo con argilla con tracce di sabbia con tracce di ghiaia

Risultati caratteristiche generali

Prova	**Risultato della prova**	*Normativa di riferimento*	*N° certificato di prova*
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
Gr 1	-	*ASTM D422/90*	

Note:

-

MOD-CER-006-R00

ANALISI GRANULOMETRICA

D.P.R. 06.06.2001 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A e B

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	21/04/2022	Angeloni	Saccenti

Normativa di riferimento: ASTM D422
Classificazione di riferimento: AGI 1977
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 020/2022

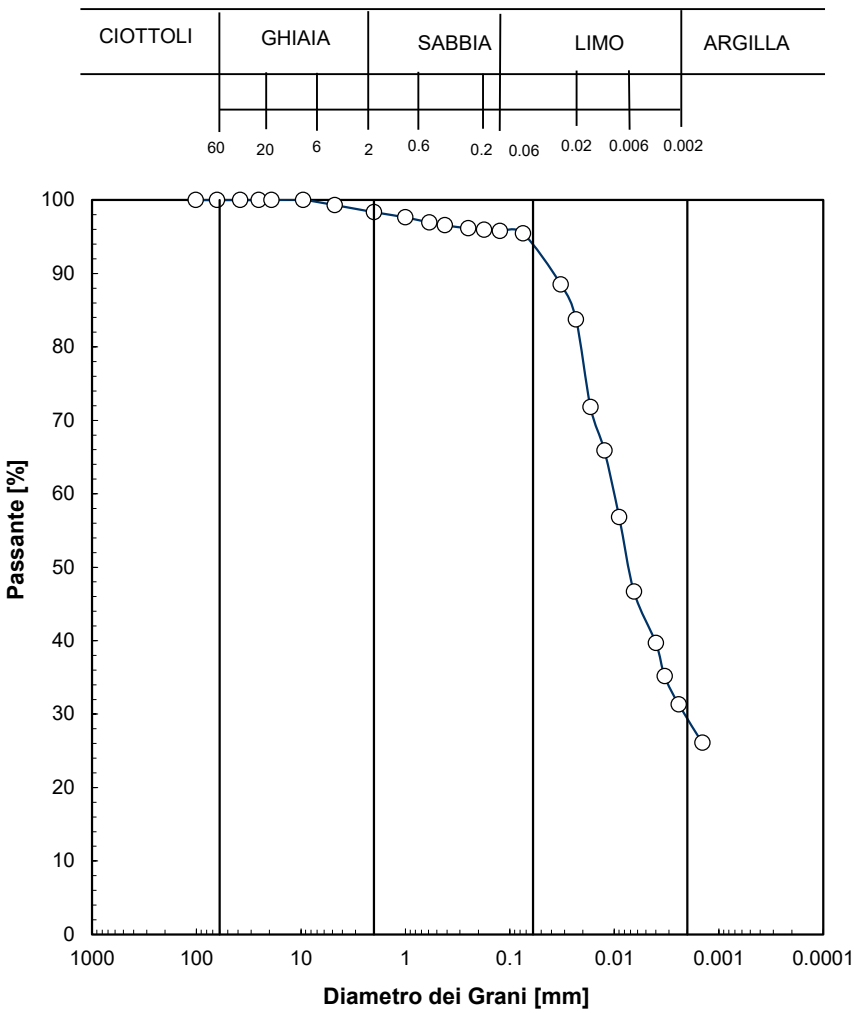
Committente:	**EUROVO**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST1**
Profondità prelievo [m]:	**3.3 - 3.45**
Prova:	**Gr 1**
Data prova:	**12/04/2022**

Vagliatura

Diametro vaglio [mm]	Massa tratt. [g]	Massa tratt. [%]
101.6	0	0
63.5	0	0
38.1	0	0
25.4	0	0
19.1	0	0
9.53	0	0
4.75	2.9	0.7
2	4.1	1.0
1	3.0	0.7
0.59	3.0	0.7
0.42	1.6	0.4
0.25	1.8	0.4
0.177	0.8	0.2
0.125	0.7	0.2
0.075	1.4	0.3

Aerometria

Tempo [min]	Temp. [°C]	Lettura [-]
2	19.0	1.0231
4	19.0	1.0221
8	19.0	1.0196
15	19.3	1.0183
30	19.3	1.0164
60	19.2	1.0143
164	18.9	1.0129
246	18.7	1.0120
463	18.7	1.0112
1343	18.7	1.0101



Curva granulom.

Diametro [mm]	Passante [%]
1.02.E+02	100.0
6.35.E+01	100.0
3.81.E+01	100.0
2.54.E+01	100.0
1.91.E+01	100.0
9.53.E+00	100.0
4.75.E+00	99.3
2.00.E+00	98.3
1.00.E+00	97.6
5.90.E-01	96.9
4.20.E-01	96.6
2.50.E-01	96.1
1.77.E-01	96.0
1.25.E-01	95.8
7.50.E-02	95.5
3.25.E-02	88.5
2.33.E-02	83.7
1.69.E-02	71.8
1.25.E-02	65.9
8.98.E-03	56.8
6.49.E-03	46.7
4.00.E-03	39.7
3.30.E-03	35.2
2.42.E-03	31.3
1.44.E-03	26.1
-	-
-	-

Prova	Simbolo	Profondità da m	Profondità a m	Massa secca materiale [g]	Metodo preparazione materiale	% < 0.075mm	% CIOTTOLI	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA	Massa materiale aerometria [g]	L max [mm]	D_{60} [mm]	D_{50} [mm]
Gr 1	x	3.30	3.45	421.9	VIA UMIDA	**95**	**-**	**2**	**5**	**64**	**29**	32	1.79	1.0.E-02	7.2.E-03

NOTE:

MOD-CER-006-R00

DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

D.P.R. 06.06.2001 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A e B

Sperimentatore: Diaby
Direttore: Saccenti
Data emissione: 12/04/2022
Rev.

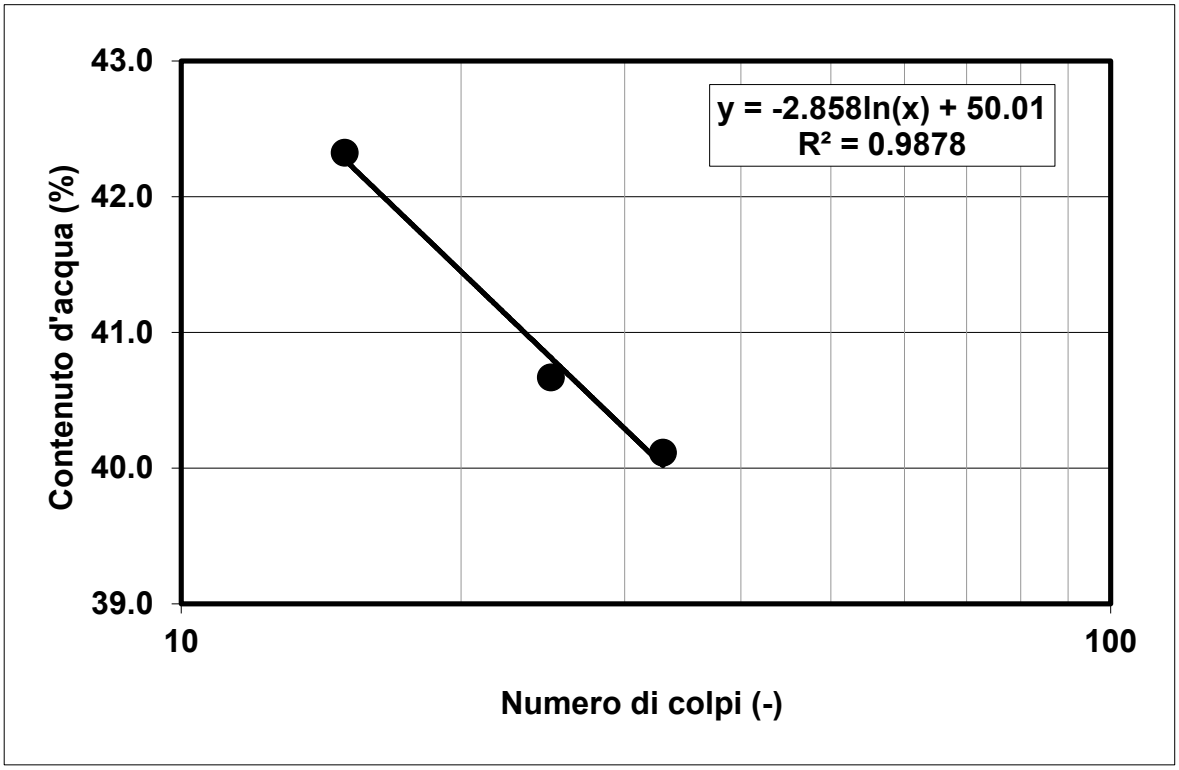
Normativa di riferimento: ASTM D4318
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 020/2022

Committente:	**EUROVO**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST1**
Profondità prova [m]:	**3.30 - 3.45**
Prova:	**LLP1**
Data prova:	**06/04/2022**

Limite Liquido	prova 1	prova 2	prova 3
numero colpi	33	25	15
massa tara (g)	22.25	21.50	22.43
massa umido + tara (g)	44.78	52.70	48.66
massa secco + tara (g)	38.33	43.68	40.86
umidità (%)	40.11	40.67	42.32

Limite Plastico		
massa tara (g)	22.24	22.64
massa umido + tara (g)	34.36	33.84
massa secco + tara (g)	32.02	31.71
umidità (%)	23.93	23.48

LL (%)	**40.8**
LP (%)	**23.7**
IP (%)	**17.1**



Note:

Via Pastrengo, 9 - 24068 Seriate (Bg) -
tel. 035 303120 - fax 035 290388 -
Email: ismgeo@ismgeo.it

PROVA DI COLONNA RISONANTE
Foglio 1

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	15/04/2022	Angeloni	Saccenti

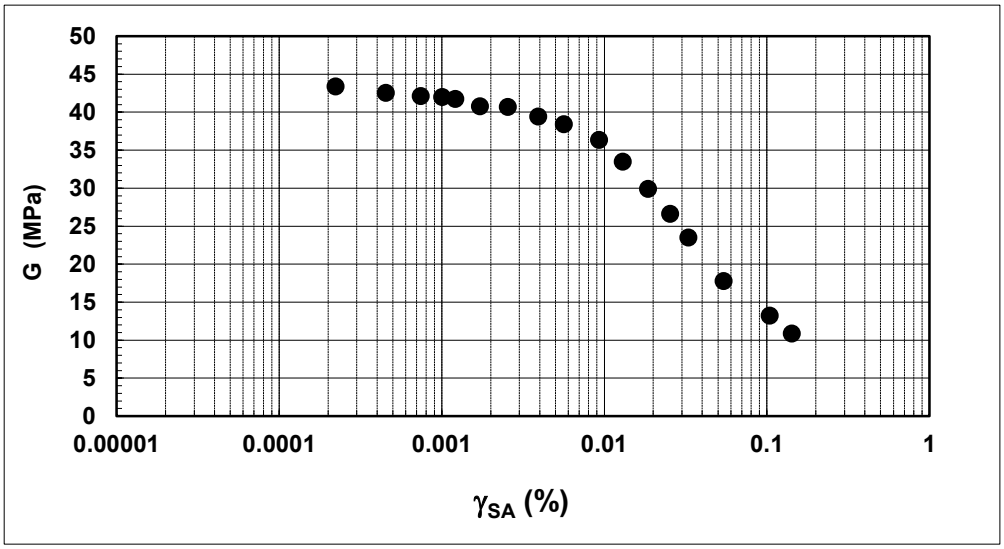
Normativa di riferimento: ASTM D4015/95
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 020/2022

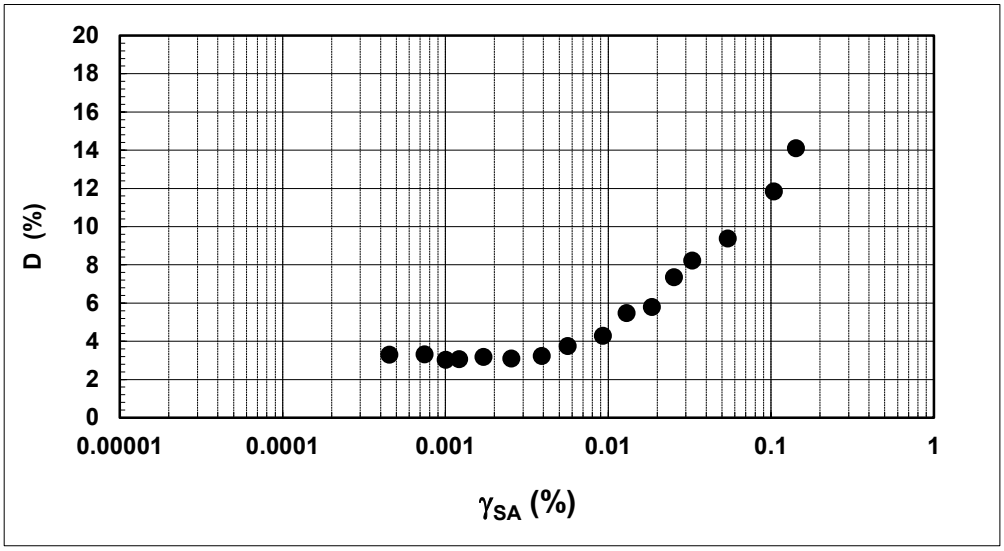
Committente:	**EUROVO S.r.l.**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST1**
Profondità prova [m]:	**3.35 - 3.45**
Prova:	**RC**
Provino:	**1**
Data prova:	**13/04/2022**

Dati generali dei provini

Dati iniziali					Dati a fine consolidazione										
Φ	H	γ_w	w	e	σ'_a	σ'_r	K	B.P.	B	D	H	γ_w	w	e	S
mm	mm	kN/m^3	%	-	kPa	kPa	-	kPa	-	mm	mm	kN/m^3	%	-	%
50.00	101.10	19.15	26.6	0.752	**50**	**50**	1.0	300.0	0.90	50.0	101.1	19.27	27.5	0.752	99

Informazioni generali	
tipo di provino	**INDISTURBATO**
metodo di preparazione	**FUSTELLAZIONE**
superfice di appoggio	**PIETRA POROSA**
eccitazione	**TORSIONALE**
peso specifico (-)	**2.700**





Legenda:

Φ = diametro del provino
H = altezza del provino
γ_w = peso di volume umido
w = contenuto d'acqua
e = indice dei vuoti
σ' =tensioni efficaci
K = σ_r / σ_a
B.P. = back pressure
B = coefficiente di Skempton
G = Modulo di taglio
γ_{SA} = def.di taglio in singola ampiezza
D = Rapporto di smorzamento di taglio
Subscritto 'a' = assiale
Subscritto 'r' = radiale
S = grado di saturazione

Note: ***Prova eseguita alla minima tensione di non rigonfiamento.***

Via Pastrengo, 9 - 24068 Seriate (Bg) -
tel. 035 303120 - fax 035 290388 -
Email: ismgeo@ismgeo.it

PROVA DI COLONNA RISONANTE
Foglio 2

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	15/04/2022	Angeloni	Saccenti

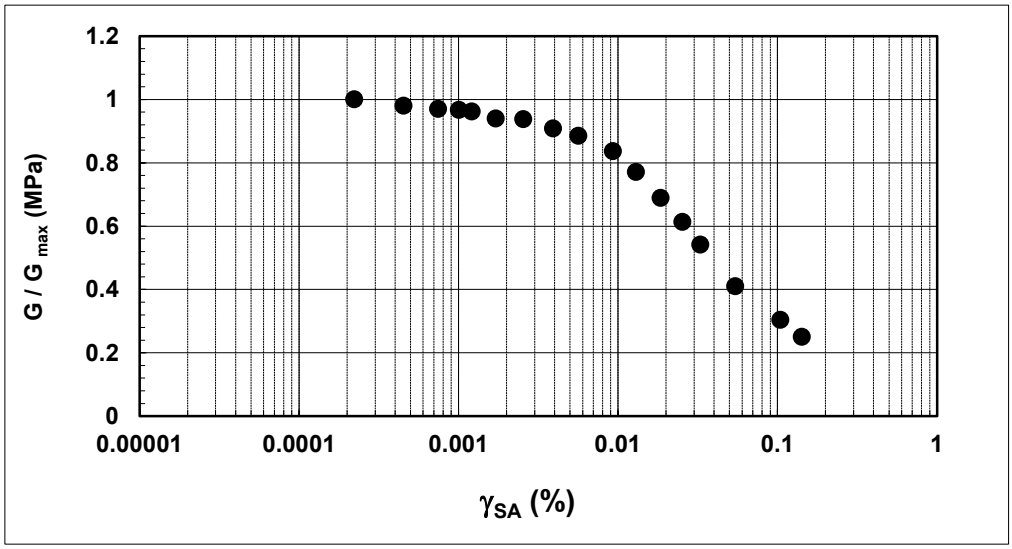
Normativa di riferimento: ASTM D4015/95
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 020/2022

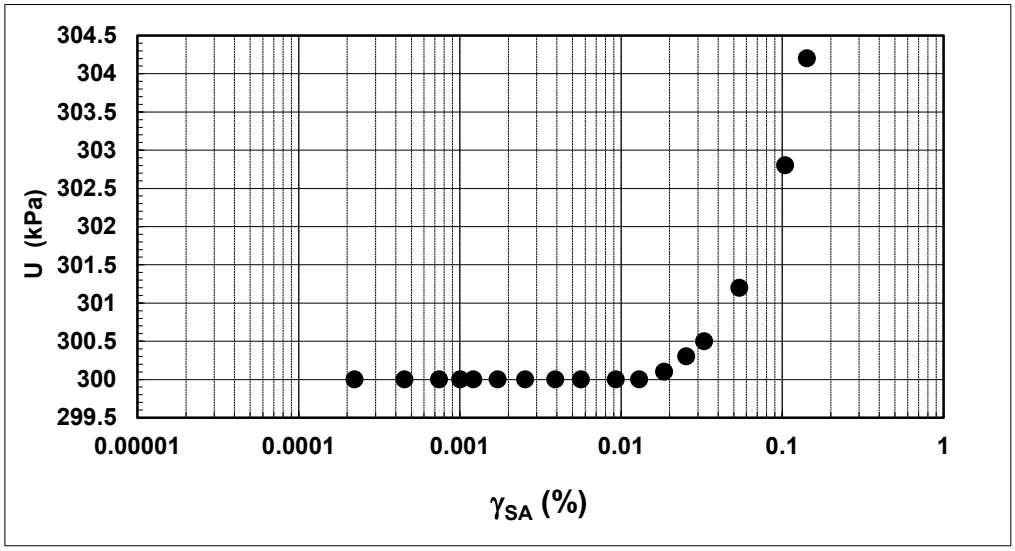
Committente:	**EUROVO S.r.l.**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST1**
Profondità prova [m]:	**3.35 - 3.45**
Prova:	**RC**
Provino:	**1**
Data prova:	**13/04/2022**

Dati generali dei provini

Dati iniziali					Dati a fine consolidazione										
Φ	H	γ_w	w	e	σ'_a	σ'_r	K	B.P.	B	D	H	γ_w	w	e	S
mm	mm	kN/m^3	%	-	kPa	kPa	-	kPa	-	mm	mm	kN/m^3	%	-	%
50.00	101.10	19.15	26.6	0.752	**50**	**50**	1.0	300.0	0.90	50.0	101.1	19.27	27.5	0.8	99

Informazioni generali	
tipo di provino	**INDISTURBATO**
metodo di preparazione	**FUSTELLAZIONE**
superfice di appoggio	**PIETRA POROSA**
eccitazione	**TORSIONALE**
peso specifico	**2.700**





Legenda:

Φ = diametro del provino
H = altezza del provino
γ_w = peso di volume umido
w = contenuto d'acqua
e = indice dei vuoti
σ' =tensioni efficaci
K = σ_r / σ_a
B.P. = back pressure
B = coefficiente di Skempton
G = Modulo di taglio
γ_{SA} = def.di taglio in singola ampiezza
D = Rapporto di smorzamento di taglio
Subscritto 'a' = assiale
Subscritto 'r' = radiale
S = grado di saturazione

Note:

Via Pastrengo, 9 - 24068 Seriate (Bg) -
tel. 035 303120 - fax 035 290388 - Email:
ismgeo@ismgeo.it

PROVA DI COLONNA RISONANTE
Foglio 3

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	15/04/2022	Angeloni	Saccenti

Normativa di riferimento: ASTM D4015/95
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 020/2022

Committente:	**EUROVO S.r.l.**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST1**
Profondità prova [m]:	**3.35 - 3.45**
Prova:	**RC**
Provino:	**1**
Data prova:	**13/04/2022**

Dati generali dei provini

Dati iniziali					Dati di prova									
Φ	H	γ_w	w	e	σ'_a	σ'_r	K	B.P.	B	D	H	γ_w	w	e
mm	mm	kN/m^3	%	-	kPa	kPa	-	kPa	-	mm	mm	kN/m^3	%	-
50.00	101.10	19.15	26.6	0.752	**50**	**50**	1.0	300.0	0.90	50.0	101.1	19.27	27.5	0.752

Informazioni generali	
tipo di provino	**INDISTURBATO**
metodo di preparazione	**FUSTELLAZIONE**
superfice di appoggio	**PIETRA POROSA**
eccitazione	**TORSIONALE**

Valori numerici

G	G/G_{MAX}	γ	D	U
(MPa)	(-)	(%)	(%)	(kPa)
43.38	1.000	0.00022		300.0
42.53	0.980	0.00045	3.29	300.0
42.08	0.970	0.00075	3.31	300.0
41.95	0.967	0.00101	3.02	300.0
41.73	0.962	0.00121	3.06	300.0
40.75	0.939	0.00172	3.17	300.0
40.68	0.938	0.00255	3.08	300.0
39.40	0.908	0.00392	3.23	300.0
38.39	0.885	0.00565	3.75	300.0
36.32	0.837	0.00930	4.27	300.0
33.46	0.771	0.01298	5.47	300.0
29.89	0.689	0.01856	5.78	300.1
26.58	0.613	0.02541	7.34	300.3
23.47	0.541	0.03288	8.21	300.5
17.77	0.410	0.05430	9.38	301.2
13.19	0.304	0.10424	11.83	302.8
10.85	0.250	0.14234	14.10	304.2

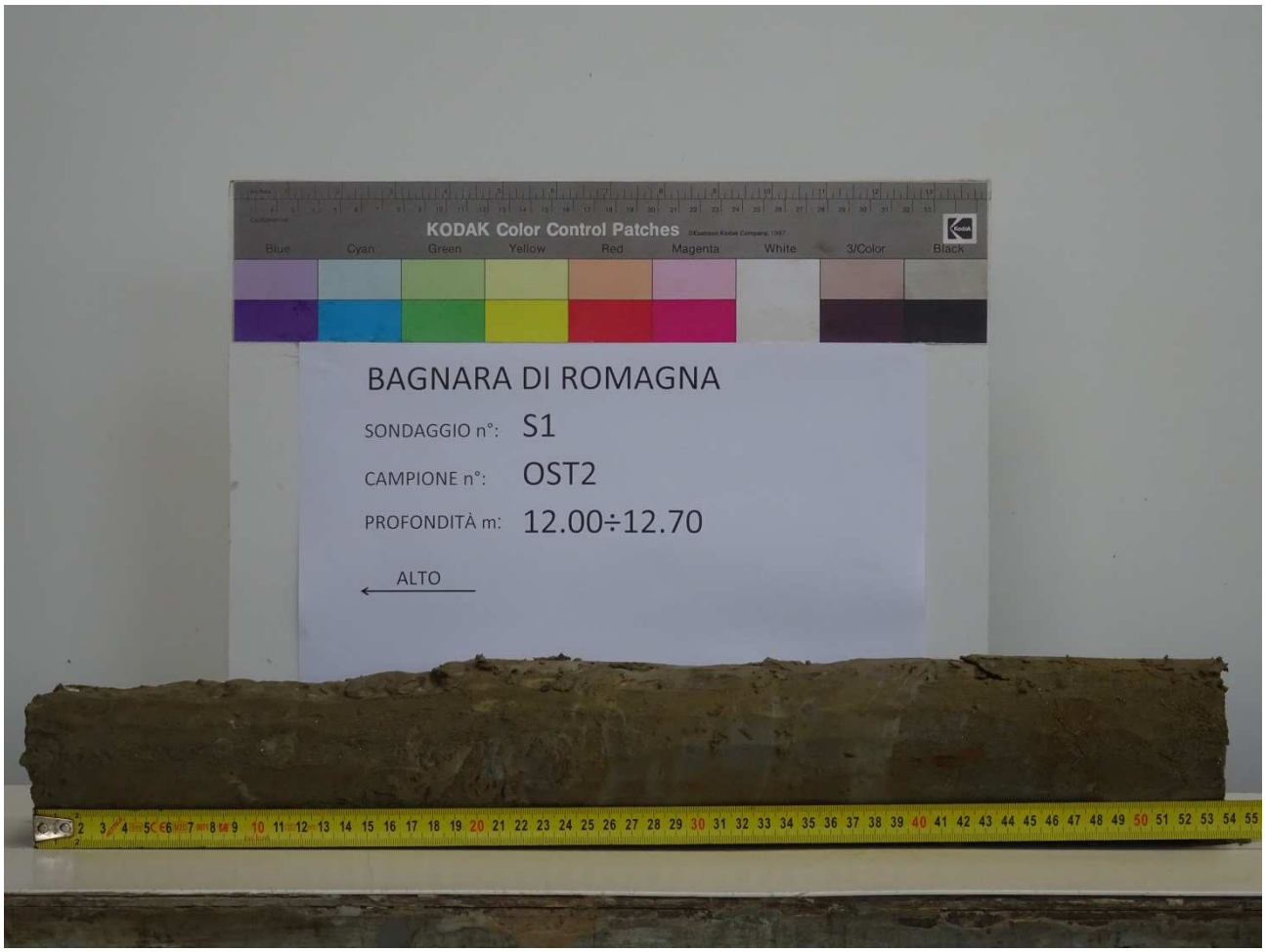
Legenda:

Φ = diametro del provino
H = altezza del provino
γ_w = peso di volume umido
w = contenuto d'acqua
e = indice dei vuoti
σ' =tensioni efficaci
K = σ_r / σ_a
B.P. = back pressure
B = coefficiente di Skempton
G = Modulo di taglio
γ_{SA} = def.di taglio in singola ampiezza
D = Rapporto di smorzamento di taglio
Subscritto 'a' = assiale
Subscritto 'r' = radiale

Note:

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0	29/04/2022	Sirtoli	Sirtoli

Committente:	**EUROVO**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST2**
Profondità prelievo [m]:	**12.00 – 12.70**
Data prova:	



Istituto Sperimentale Modelli GEOtecnici

Via Pastrengo, 9 - 24068 Seriate (Bg) - ☏ tel. 035 303120 - 🖷 fax 035 303120 ✉ Email: ismgeo@ismgeo.it

DESCRIZIONE CAMPIONE

D.P.R. 06.06.2001 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A e B

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	27/04/2022	Angeloni	Saccenti

N° verbale di accettazione: 020/2022
N° certificato di prova:

Committente:	**EUROVO**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST2**
Profondità prelievo [m]:	**12.60 - 12.70**
Prova:	**Dc**
Data fine descrizione:	**27/04/2022**

Dati Generali del Campione

Tipo contenitore: Fustella INOX
Forma campione -
Dimensioni Campione: Φ= - cm L= - cm
Classe del terreno: 4

Descrizione

(Normativa di riferimento: AGI 1977)

Sabbia limosa debolmente argillosa

Risultati caratteristiche generali

Prova	Risultato della prova	*Normativa di riferimento*	*N° certificato di prova*
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
Gr 1	-	*ASTM D422/90*	

Note:

-

MOD-CER-006-R00

ANALISI GRANULOMETRICA

D.P.R. 06.06.2001 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A e B

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	27/04/2022	Angeloni	Saccenti

Normativa di riferimento: ASTM D422
Classificazione di riferimento: AGI 1977
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 020/2022

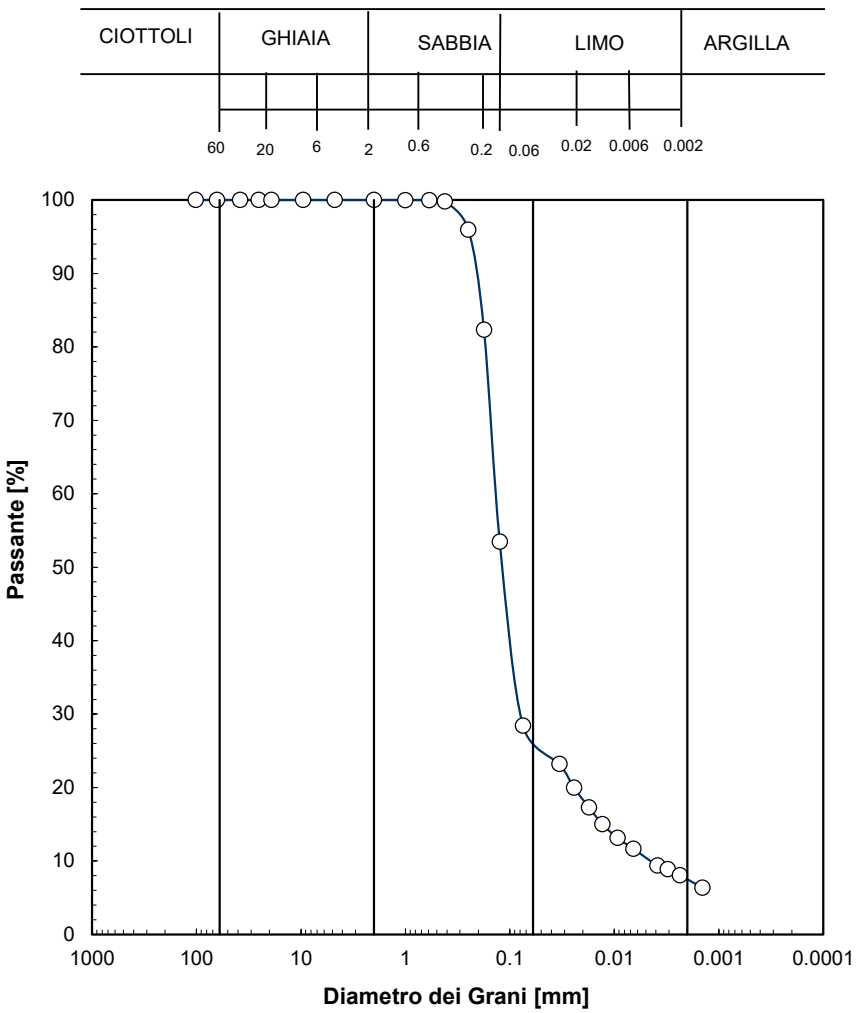
Committente:	**EUROVO**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST2**
Profondità prelievo [m]:	**12.6 - 12.7**
Prova:	**Gr 1**
Data prova:	**20/04/2022**

Vagliatura

Diametro vaglio [mm]	Massa tratt. [g]	Massa tratt. [%]
101.6	0	0
63.5	0	0
38.1	0	0
25.4	0	0
19.1	0	0
9.53	0	0
4.75	0	0
2	0	0
1	0.1	0.0
0.59	0.2	0.0
0.42	1.1	0.2
0.25	27.5	3.8
0.177	98.0	13.6
0.125	207.5	28.9
0.075	180.1	25.0

Aerometria

Tempo [min]	Temp. [°C]	Lettura [-]
2	18.7	1.0212
4	18.7	1.0189
8	18.7	1.0170
15	18.6	1.0154
30	18.4	1.0141
61	18.7	1.0130
180	19.4	1.0112
283	19.7	1.0108
491	19.7	1.0102
1366	18.8	1.0092



Curva granulom.

Diametro [mm]	Passante [%]
1.02.E+02	100.0
6.35.E+01	100.0
3.81.E+01	100.0
2.54.E+01	100.0
1.91.E+01	100.0
9.53.E+00	100.0
4.75.E+00	100.0
2.00.E+00	100.0
1.00.E+00	100.0
5.90.E-01	100.0
4.20.E-01	99.8
2.50.E-01	96.0
1.77.E-01	82.3
1.25.E-01	53.5
7.50.E-02	28.4
3.35.E-02	23.2
2.43.E-02	20.0
1.75.E-02	17.3
1.30.E-02	15.0
9.34.E-03	13.1
6.59.E-03	11.7
3.86.E-03	9.4
3.08.E-03	8.9
2.35.E-03	8.1
1.44.E-03	6.4
-	-
-	-

Prova	Simbolo	Profondità da m	Profondità a m	Massa secca materiale [g]	Metodo preparazione materiale	% < 0.075mm	% CIOTTOLI	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA	Massa materiale aerometria [g]	L max [mm]	D_{60} [mm]	D_{50} [mm]
Gr 1	x	12.60	12.70	719.0	VIA UMIDA	**28**	**-**	**-**	**73**	**19**	**8**	32	-	1.4.E-01	1.2.E-01

NOTE:

MOD-CER-006-R00

Via Pastrengo, 9 - 24068 Seriate (Bg) -
tel. 035 303120 - fax 035 290388 -
Email: ismgeo@ismgeo.it

PROVA DI COLONNA RISONANTE
Foglio 1

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	15/04/2022	Angeloni	Saccenti

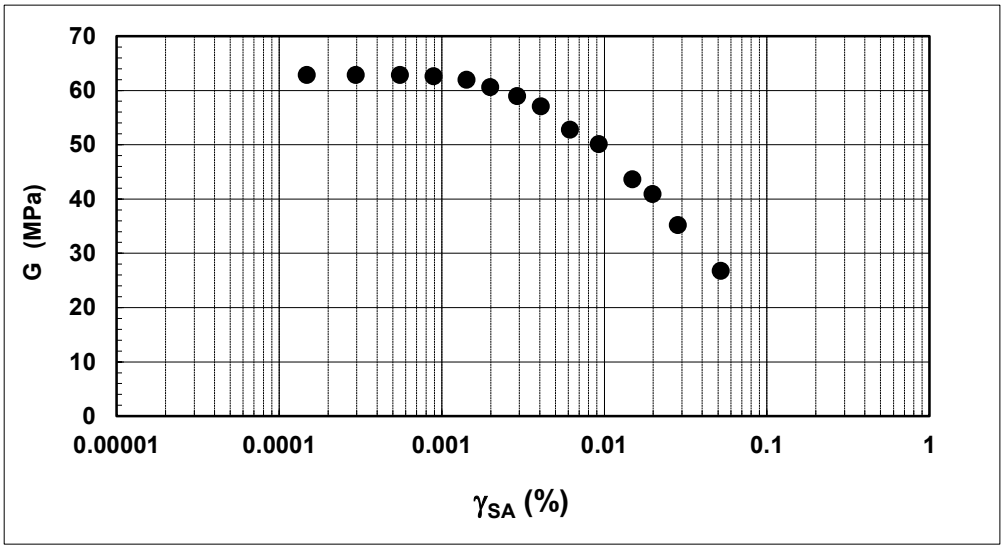
Normativa di riferimento: ASTM D4015/95
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 020/2022

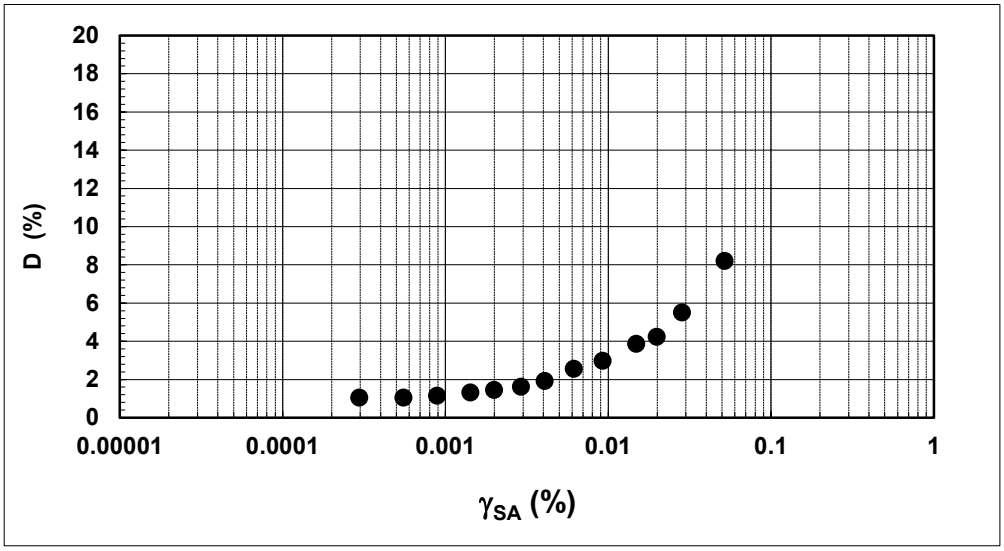
Committente:	**EUROVO S.r.l.**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST2**
Profondità prova [m]:	**12.60 - 12.70**
Prova:	**RC**
Provino:	**1**
Data prova:	**14/04/2022**

Dati generali dei provini

Dati iniziali					Dati a fine consolidazione										
Φ	H	γ_w	w	e	σ'_a	σ'_r	K	B.P.	B	D	H	γ_w	w	e	S
mm	mm	kN/m^3	%	-	kPa	kPa	-	kPa	-	mm	mm	kN/m^3	%	-	%
50.00	101.20	18.67	27.3	0.806	**95**	**95**	1.0	300.0	0.90	49.8	100.9	18.87	27.4	0.788	94

Informazioni generali	
tipo di provino	**INDISTURBATO**
metodo di preparazione	**FUSTELLAZIONE**
superfice di appoggio	**PIETRA POROSA**
eccitazione	**TORSIONALE**
peso specifico (-)	**2.700**





Legenda:

Φ = diametro del provino
H = altezza del provino
γ_w = peso di volume umido
w = contenuto d'acqua
e = indice dei vuoti
σ' =tensioni efficaci
K = σ_r / σ_a
B.P. = back pressure
B = coefficiente di Skempton
G = Modulo di taglio
γ_{SA} = def.di taglio in singola ampiezza
D = Rapporto di smorzamento di taglio
Subscritto 'a' = assiale
Subscritto 'r' = radiale
S = grado di saturazione

Note:

Via Pastrengo, 9 - 24068 Seriate (Bg) -
tel. 035 303120 - fax 035 290388 -
Email: ismgeo@ismgeo.it

PROVA DI COLONNA RISONANTE
Foglio 2

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	15/04/2022	Angeloni	Saccenti

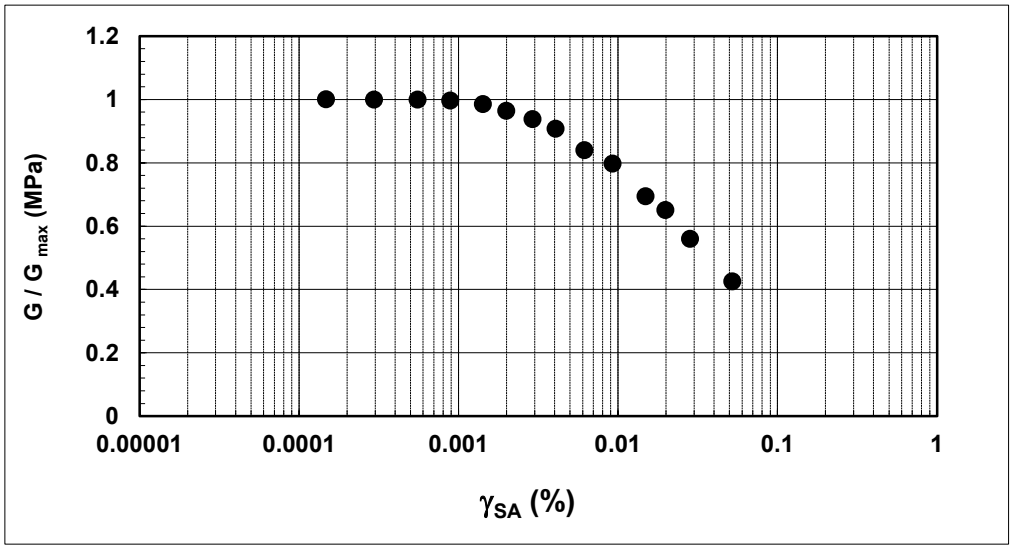
Normativa di riferimento: ASTM D4015/95
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 020/2022

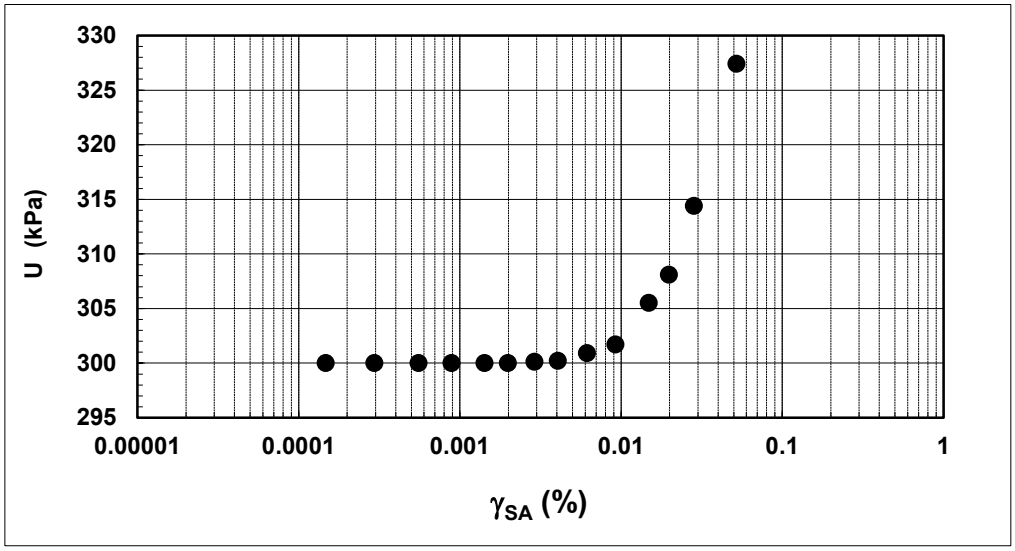
Committente:	**EUROVO S.r.l.**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST2**
Profondità prova [m]:	**12.60 - 12.70**
Prova:	**RC**
Provino:	**1**
Data prova:	**14/04/2022**

Dati generali dei provini

Dati iniziali					Dati a fine consolidazione										
Φ	H	γ_w	w	e	σ'_a	σ'_r	K	B.P.	B	D	H	γ_w	w	e	S
mm	mm	kN/m^3	%	-	kPa	kPa	-	kPa	-	mm	mm	kN/m^3	%	-	%
50.00	101.20	18.67	27.3	0.806	**95**	**95**	1.0	300.0	0.90	49.8	100.9	18.87	27.4	0.8	94

Informazioni generali	
tipo di provino	**INDISTURBATO**
metodo di preparazione	**FUSTELLAZIONE**
superfice di appoggio	**PIETRA POROSA**
eccitazione	**TORSIONALE**
peso specifico	**2.700**





Legenda:

Φ = diametro del provino
H = altezza del provino
γ_w = peso di volume umido
w = contenuto d'acqua
e = indice dei vuoti
σ' =tensioni efficaci
K = σ_r / σ_a
B.P. = back pressure
B = coefficiente di Skempton
G = Modulo di taglio
γ_{SA} = def.di taglio in singola ampiezza
D = Rapporto di smorzamento di taglio
Subscritto 'a' = assiale
Subscritto 'r' = radiale
S = grado di saturazione

Note:

Via Pastrengo, 9 - 24068 Seriate (Bg) -
tel. 035 303120 - fax 035 290388 - Email:
ismgeo@ismgeo.it

PROVA DI COLONNA RISONANTE
Foglio 3

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	15/04/2022	Angeloni	Saccenti

Normativa di riferimento: ASTM D4015/95
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 020/2022

Committente:	**EUROVO S.r.l.**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST2**
Profondità prova [m]:	**12.60 - 12.70**
Prova:	**RC**
Provino:	**1**
Data prova:	**14/04/2022**

Dati generali dei provini

Dati iniziali					Dati di prova									
Φ	H	γ_w	w	e	σ'_a	σ'_r	K	B.P.	B	D	H	γ_w	w	e
mm	mm	kN/m^3	%	-	kPa	kPa	-	kPa	-	mm	mm	kN/m^3	%	-
50.00	101.20	18.67	27.3	0.806	**95**	**95**	1.0	300.0	0.90	49.8	100.9	18.87	27.4	0.788

Informazioni generali	
tipo di provino	**INDISTURBATO**
metodo di preparazione	**FUSTELLAZIONE**
superfice di appoggio	**PIETRA POROSA**
eccitazione	**TORSIONALE**

Valori numerici

G	G/G_{MAX}	γ	D	U
(MPa)	(-)	(%)	(%)	(kPa)
62.86	1.000	0.00015		300.0
62.84	1.000	0.00030	1.05	300.0
62.81	0.999	0.00055	1.04	300.0
62.61	0.996	0.00089	1.14	300.0
61.92	0.985	0.00142	1.31	300.0
60.57	0.964	0.00199	1.45	300.0
58.95	0.938	0.00291	1.62	300.1
57.06	0.908	0.00407	1.92	300.2
52.76	0.839	0.00616	2.56	300.9
50.13	0.797	0.00926	2.97	301.7
43.62	0.694	0.01490	3.86	305.5
40.90	0.651	0.01986	4.22	308.1
35.15	0.559	0.02839	5.50	314.4
26.75	0.426	0.05206	8.19	327.4

Legenda:

Φ = diametro del provino

H = altezza del provino
γ_w = peso di volume umido
w = contenuto d'acqua
e = indice dei vuoti
σ' =tensioni efficaci
K = σ_r / σ_a
B.P. = back pressure
B = coefficiente di Skempton
G = Modulo di taglio
γ_{SA} = def.di taglio in singola ampiezza
D = Rapporto di smorzamento di taglio
Subscritto 'a' = assiale
Subscritto 'r' = radiale

Note:

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0	29/04/2022	Sirtoli	Sirtoli

Committente:	**EUROVO**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST3**
Profondità prelievo [m]:	**22.30 – 23.00**
Data prova:	

Istituto Sperimentale Modelli GEOtecnici

Via Pastrengo, 9 - 24068 Seriate (Bg) - ☏ tel. 035 303120 - 🖷 fax 035 303120 ✉ Email: ismgeo@ismgeo.it

DESCRIZIONE CAMPIONE

D.P.R. 06.06.2001 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A e B

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	27/04/2022	Angeloni	Saccenti

N° verbale di accettazione: 020/2022
N° certificato di prova:

Committente:	**EUROVO**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST3**
Profondità prelievo [m]:	**22.84 - 22.96**
Prova:	**Dc**
Data fine descrizione:	**27/04/2022**

Dati Generali del Campione

Tipo contenitore: Fustella INOX
Forma campione -
Dimensioni Campione: Φ= - cm L= - cm
Classe del terreno: 4

Descrizione

(Normativa di riferimento: AGI 1977)

Sabbia limosa argillosa

Risultati caratteristiche generali

Prova	**Risultato della prova**	*Normativa di riferimento*	*N° certificato di prova*
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
-	-	-	
Gr 1	-	*ASTM D422/90*	

Note:

-

MOD-CER-006-R00

ANALISI GRANULOMETRICA

D.P.R. 06.06.2001 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A e B

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	27/04/2022	Angeloni	Saccenti

Normativa di riferimento: ASTM D422
Classificazione di riferimento: AGI 1977
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 020/2022

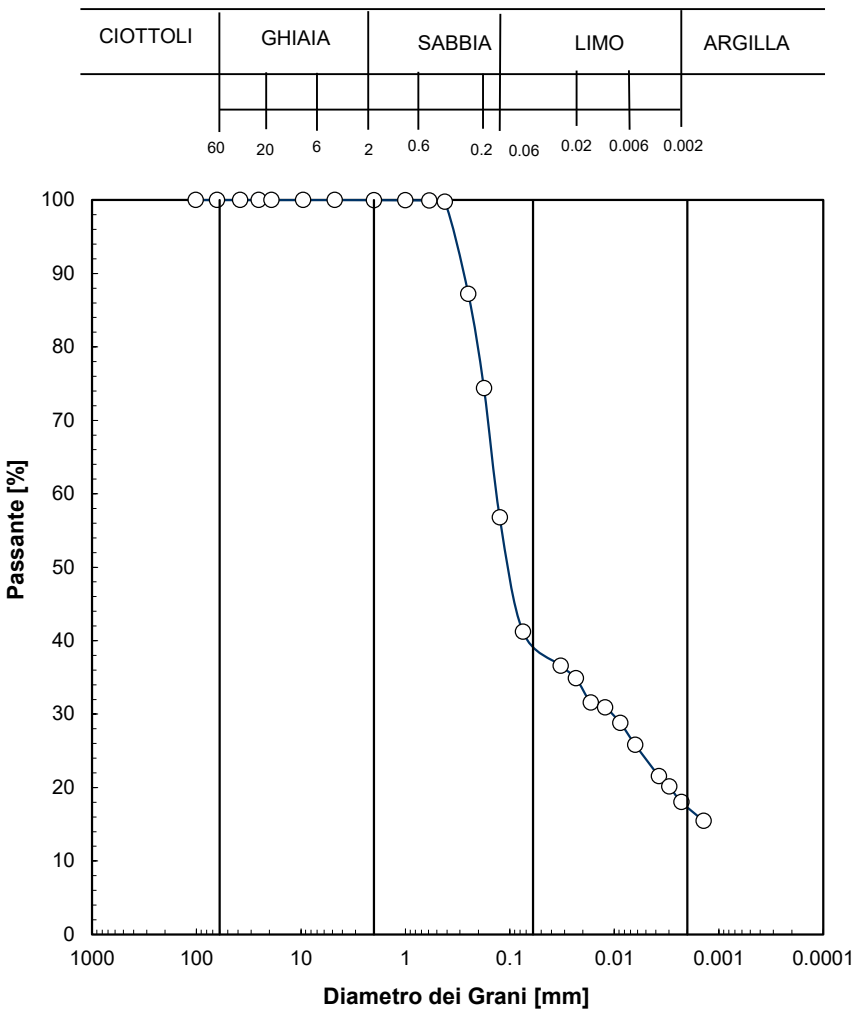
Committente:	**EUROVO**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST3**
Profondità prelievo [m]:	**22.84 - 22.96**
Prova:	**Gr 1**
Data prova:	**20/04/2022**

Vagliatura

Diametro vaglio [mm]	Massa tratt. [g]	Massa tratt. [%]
101.6	0	0
63.5	0	0
38.1	0	0
25.4	0	0
19.1	0	0
9.53	0	0
4.75	0	0
2	0.2	0.0
1	0.2	0.0
0.59	0.3	0.0
0.42	1.4	0.1
0.25	117.7	12.5
0.177	120.7	12.9
0.125	165.1	17.6
0.075	146.2	15.6

Aerometria

Tempo [min]	Temp. [°C]	Lettura [-]
2	18.6	1.0239
4	18.6	1.0230
8	18.6	1.0213
15	18.8	1.0209
30	18.8	1.0198
60	19.0	1.0182
176	19.4	1.0159
278	19.7	1.0151
486	19.7	1.0140
1361	18.7	1.0129



Curva granulom.

Diametro [mm]	Passante [%]
1.02.E+02	100.0
6.35.E+01	100.0
3.81.E+01	100.0
2.54.E+01	100.0
1.91.E+01	100.0
9.53.E+00	100.0
4.75.E+00	100.0
2.00.E+00	100.0
1.00.E+00	100.0
5.90.E-01	99.9
4.20.E-01	99.8
2.50.E-01	87.2
1.77.E-01	74.4
1.25.E-01	56.8
7.50.E-02	41.2
3.26.E-02	36.6
2.33.E-02	34.9
1.68.E-02	31.6
1.23.E-02	30.9
8.78.E-03	28.8
6.29.E-03	25.8
3.74.E-03	21.6
2.98.E-03	20.2
2.28.E-03	18.0
1.40.E-03	15.5
-	-
-	-

Prova	Simbolo	Profondità da m	Profondità a m	Massa secca materiale [g]	Metodo preparazione materiale	% < 0.075mm	% CIOTTOLI	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA	Massa materiale aerometria [g]	L max [mm]	D_{60} [mm]	D_{50} [mm]
Gr 1	x	22.84	22.96	938.8	VIA UMIDA	**41**	**-**	**0**	**60**	**23**	**17**	34	-	1.3.E-01	1.0.E-01

NOTE:

MOD-CER-006-R00

DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

D.P.R. 06.06.2001 n.380 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A e B

Sperimentatore: Diaby
Direttore: Saccenti
Data emissione: 29/04/2022
Rev.

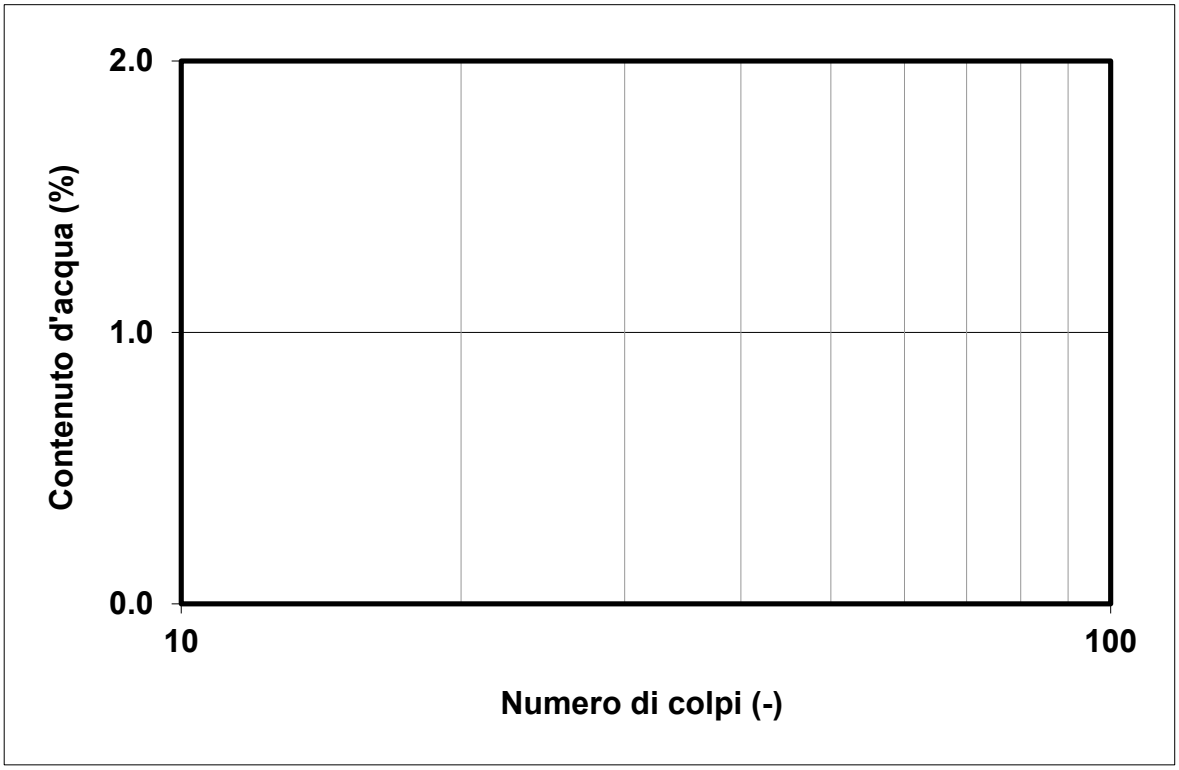
Normativa di riferimento: ASTM D4318
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 020/2022

Committente:	**EUROVO**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST3**
Profondità prova [m]:	**22.84 - 22.96**
Prova:	**LLP1**
Data prova:	**12/04/2022**

Limite Liquido			
	prova 1	prova 2	prova 3
numero colpi			
massa tara (g)			
massa umido + tara (g)			
massa secco + tara (g)			
umidità (%)			

Limite Plastico	
massa tara (g)	
massa umido + tara (g)	
massa secco + tara (g)	
umidità (%)	

LL (%)	**N.P.**
LP (%)	**N.P.**
IP (%)	**N.P.**



Note:

Via Pastrengo, 9 - 24068 Seriate (Bg) -
tel. 035 303120 - fax 035 290388 -
Email: ismgeo@ismgeo.it

PROVA DI COLONNA RISONANTE
Foglio 1

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	15/04/2022	Angeloni	Saccenti

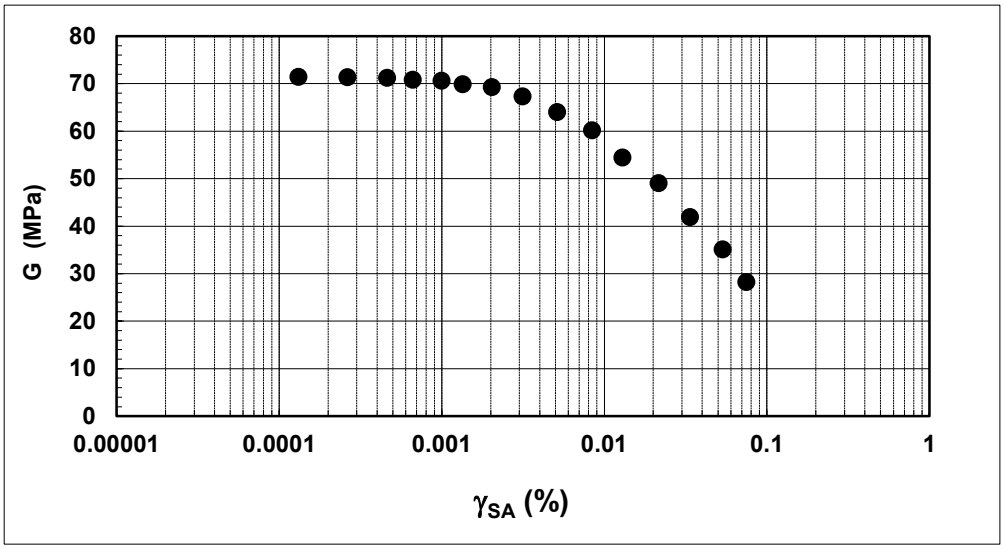
Normativa di riferimento: ASTM D4015/95
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 020/2022

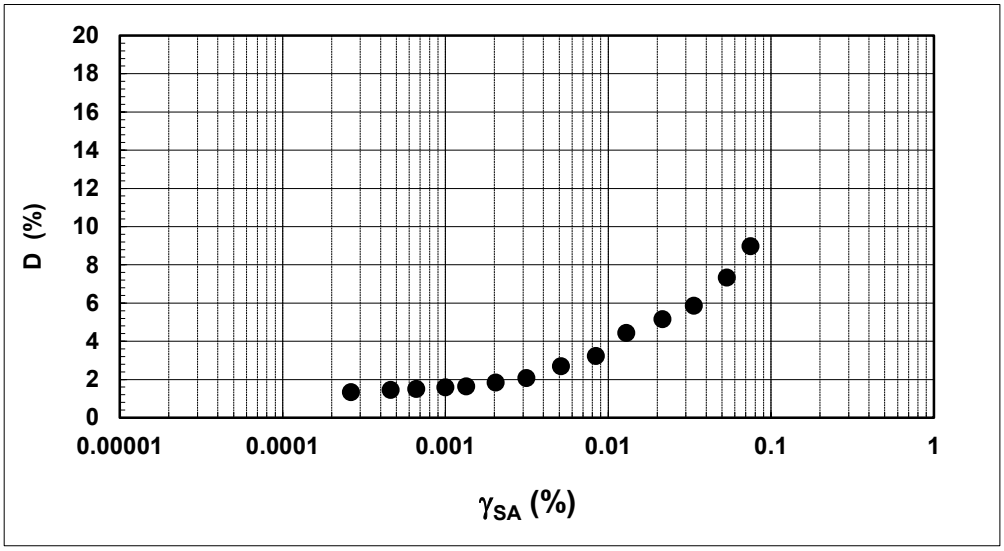
Committente:	**EUROVO S.r.l.**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST3**
Profondità prova [m]:	**22.86 - 22.96**
Prova:	**RC**
Provino:	**1**
Data prova:	**13/04/2022**

Dati generali dei provini

Dati iniziali					Dati a fine consolidazione										
Φ	H	γ_w	w	e	σ'_a	σ'_r	K	B.P.	B	D	H	γ_w	w	e	S
mm	mm	kN/m^3	%	-	kPa	kPa	-	kPa	-	mm	mm	kN/m^3	%	-	%
50.00	101.20	18.46	29.2	0.853	**140**	**140**	1.0	300.0	0.90	49.6	100.6	18.71	28.1	0.813	93

Informazioni generali	
tipo di provino	**INDISTURBATO**
metodo di preparazione	**FUSTELLAZIONE**
superfice di appoggio	**PIETRA POROSA**
eccitazione	**TORSIONALE**
peso specifico (-)	**2.700**





Legenda:

Φ = diametro del provino
H = altezza del provino
γ_w = peso di volume umido
w = contenuto d'acqua
e = indice dei vuoti
σ' =tensioni efficaci
K = σ_r / σ_a
B.P. = back pressure
B = coefficiente di Skempton
G = Modulo di taglio
γ_{SA} = def.di taglio in singola ampiezza
D = Rapporto di smorzamento di taglio
Subscritto 'a' = assiale
Subscritto 'r' = radiale
S = grado di saturazione

Note:

Via Pastrengo, 9 - 24068 Seriate (Bg) -
tel. 035 303120 - fax 035 290388 -
Email: ismgeo@ismgeo.it

PROVA DI COLONNA RISONANTE
Foglio 2

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	15/04/2022	Angeloni	Saccenti

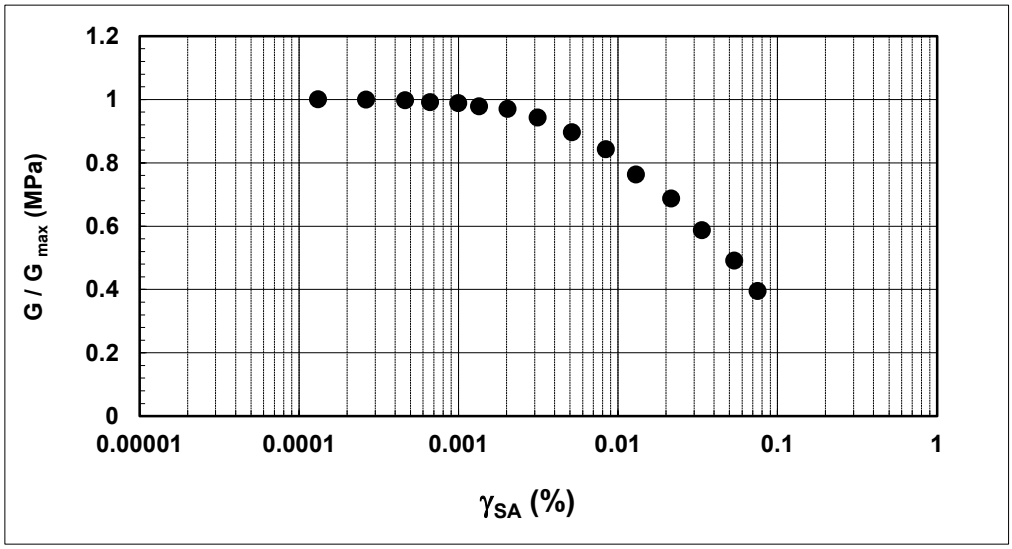
Normativa di riferimento: ASTM D4015/95
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 020/2022

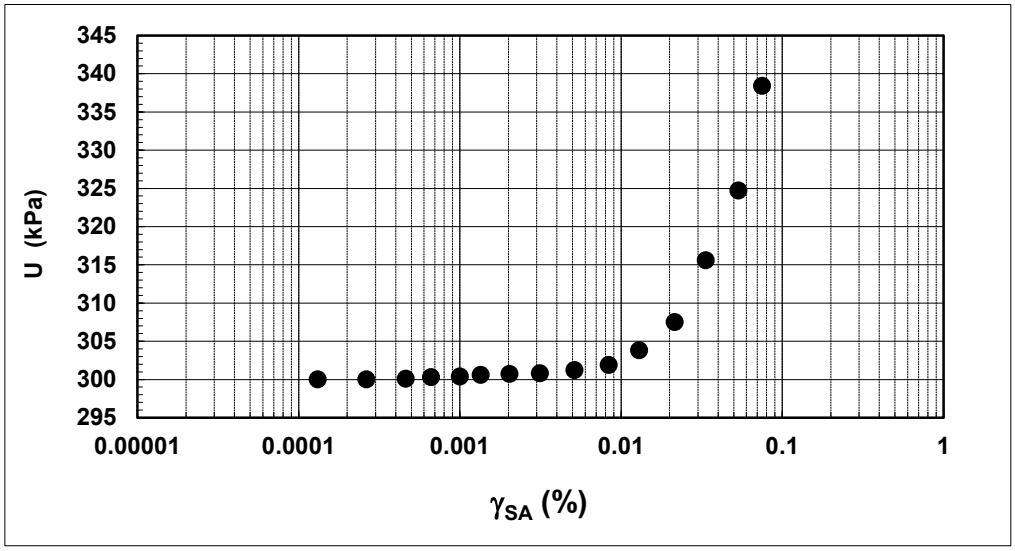
Committente:	**EUROVO S.r.l.**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST3**
Profondità prova [m]:	**22.86 - 22.96**
Prova:	**RC**
Provino:	**1**
Data prova:	**13/04/2022**

Dati generali dei provini

Dati iniziali					Dati a fine consolidazione										
Φ	H	γ_w	w	e	σ'_a	σ'_r	K	B.P.	B	D	H	γ_w	w	e	S
mm	mm	kN/m^3	%	-	kPa	kPa	-	kPa	-	mm	mm	kN/m^3	%	-	%
50.00	101.20	18.46	29.2	0.853	**140**	**140**	1.0	300.0	0.90	49.6	100.6	18.71	28.1	0.8	93

Informazioni generali	
tipo di provino	**INDISTURBATO**
metodo di preparazione	**FUSTELLAZIONE**
superfice di appoggio	**PIETRA POROSA**
eccitazione	**TORSIONALE**
peso specifico	**2.700**





Legenda:

Φ = diametro del provino
H = altezza del provino
γ_w = peso di volume umido
w = contenuto d'acqua
e = indice dei vuoti
σ' =tensioni efficaci
K = σ_r / σ_a
B.P. = back pressure
B = coefficiente di Skempton
G = Modulo di taglio
γ_{SA} = def.di taglio in singola ampiezza
D = Rapporto di smorzamento di taglio
Subscritto 'a' = assiale
Subscritto 'r' = radiale
S = grado di saturazione

Note:

Via Pastrengo, 9 - 24068 Seriate (Bg) -
tel. 035 303120 - fax 035 290388 - Email:
ismgeo@ismgeo.it

PROVA DI COLONNA RISONANTE
Foglio 3

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	15/04/2022	Angeloni	Saccenti

Normativa di riferimento: ASTM D4015/95
N° certificato di prova:
N° verbale di accettazione: 020/2022

Committente:	**EUROVO S.r.l.**
Cantiere:	**BAGNARA DI ROMAGNA (RA)**
Sondaggio:	**S1**
Campione:	**OST3**
Profondità prova [m]:	**22.86 - 22.96**
Prova:	**RC**
Provino:	**1**
Data prova:	**13/04/2022**

Dati generali dei provini

Dati iniziali					Dati di prova									
Φ	H	γ_w	w	e	σ'_a	σ'_r	K	B.P.	B	D	H	γ_w	w	e
mm	mm	kN/m^3	%	-	kPa	kPa	-	kPa	-	mm	mm	kN/m^3	%	-
50.00	101.20	18.46	29.2	0.853	**140**	**140**	1.0	300.0	0.90	49.6	100.6	18.71	28.1	0.813

Informazioni generali	
tipo di provino	**INDISTURBATO**
metodo di preparazione	**FUSTELLAZIONE**
superfice di appoggio	**PIETRA POROSA**
eccitazione	**TORSIONALE**

Valori numerici

G	G/G_{MAX}	γ	D	U
(MPa)	(-)	(%)	(%)	(kPa)
71.39	1.000	0.00013		300.0
71.34	0.999	0.00026	1.33	300.0
71.17	0.997	0.00046	1.45	300.1
70.79	0.992	0.00066	1.51	300.3
70.57	0.989	0.00100	1.58	300.4
69.83	0.978	0.00135	1.64	300.6
69.24	0.970	0.00204	1.83	300.7
67.28	0.943	0.00314	2.07	300.8
64.01	0.897	0.00514	2.69	301.2
60.12	0.842	0.00841	3.22	301.9
54.45	0.763	0.01295	4.43	303.8
49.03	0.687	0.02158	5.16	307.5
41.92	0.587	0.03365	5.86	315.6
35.07	0.491	0.05363	7.33	324.7
28.22	0.395	0.07497	8.97	338.4

Legenda:

Φ = diametro del provino

H = altezza del provino
γ_w = peso di volume umido
w = contenuto d'acqua
e = indice dei vuoti
σ' =tensioni efficaci
K = σ_r / σ_a
B.P. = back pressure
B = coefficiente di Skempton
G = Modulo di taglio
γ_{SA} = def.di taglio in singola ampiezza
D = Rapporto di smorzamento di taglio
Subscritto 'a' = assiale
Subscritto 'r' = radiale

Note: