

STUDIO GEOLOGICO CALICETTI PAOLO
VIA LOMBARDIA 46, MONTALE DI CASTELNUOVO RANGONE, 41051 (MO)
CLCPLA85H14G393Q
Telefono: 3476656452
P.I 03533010363

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

OGGETTO: COPERTURA IN LEGNO LAMELLARE DELLA PISTA
POLIVALENTE DEL CENTRO SOCIALE PIGAL

LUOGO: Via Petrella, Reggio Emilia



Il tecnico: Calicetti Geol. Paolo



Paolo Calicetti

Committente: Centro Sociale
PIGAL

Sommario

Sommario	1
1. Introduzione	3
2. Inquadramento dell'area	3
2.1 Inquadramento geografico	3
2.2 Inquadramento geologico	5
2.3 Caratteri geomorfologici	8
3. Realizzazione del progetto	10
4. Indagini di cantiere.....	11
4.1 Prova penetrometrica statica	14
5. Modello geotecnico e litologico del terreno	16
6. Sismicità dell'area	19
7.Indagini geofisiche	21
7.1 Acquisizione MASW	21
7.2 Acquisizione HVSR.....	22
8. Azione sismica di base ai sensi del DM 17/01/2018	23
9. Analisi della risposta sismica locale	25
9.1 Spettro di risposta per SLV	26
10. Verifica alla liquefazione	33
11. Conclusioni	34
Tavola 1- Elaborazione prove penetrometriche	36
Tavola 2- Acquisizione masw ed elaborazione	47
Tavola 3- Acquisizione HVSR ed elaborazione.....	49
Fig.3.1- Profilo desunto onde di taglio	53

1. Introduzione

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza all' O.P.C.M. n. 3274/2003 e seguente DGR 1164 del 23/07/2018 (classificazione sismica del territorio); decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", art. 186 Terre e Rocce da Scavo e successivo DPR 120/2017; D.M 17 gennaio 2018 "norme tecniche per le costruzioni", pertanto il presente studio verrà suddiviso nelle seguenti sezioni: **relazione geologica** riguardante la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (par. 6.2.1 D.M 17/01/2018); **relazione geotecnica** basata sulle indagini geognostiche eseguite, fornisce la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato (par. 6.2.1 D.M 17/01/2018; Relazione concernente la **"risposta sismica del sito"** (ai sensi del D.M 17/01/2018).

Nel mese di giugno 2020 su incarico dei tecnici progettisti Ing. Alberto Franchini, Ing. Luca Forti e del committente "Centro Sociale Pigal" è stato redatto il presente documento finalizzato a determinare i parametri geotecnici e sismici del terreno relativi alla realizzazione di una copertura della pista polivalente del Centro Sociale Pigal. I parametri geotecnici, sismici e le considerazioni geologiche permetteranno di definire gli aspetti tecnici legati all'interazione opera-terreno e le eventuali criticità geologiche.

2. Inquadramento dell'area

2.1 Inquadramento geografico

L'area oggetto d'indagine, vedi fig. 2.1.1 riguarda una porzione di un'area sportiva, nel Comune di Reggio Emilia. In particolare si tratta dell'attuale pista polivalente attualmente sprovvista di copertura. L'area si trova a c.a 43 m s.l.m a nord est rispetto al centro del capoluogo di Reggio Emilia, sul lato nord della tangenziale, come indicato dalla seguente cartografia:

Elemento n° 200082 REGGIO NELL'EMILIA NORD-EST alla scala 1:5000 in fig.2.1.2

Sezione n° 200080 REGGIO NELL'EMILIA alla scala 1:10.000

Tavola n° 200 SE REGGIO NELL'EMILIA in scala 1:25.000 fig. 2.1.3

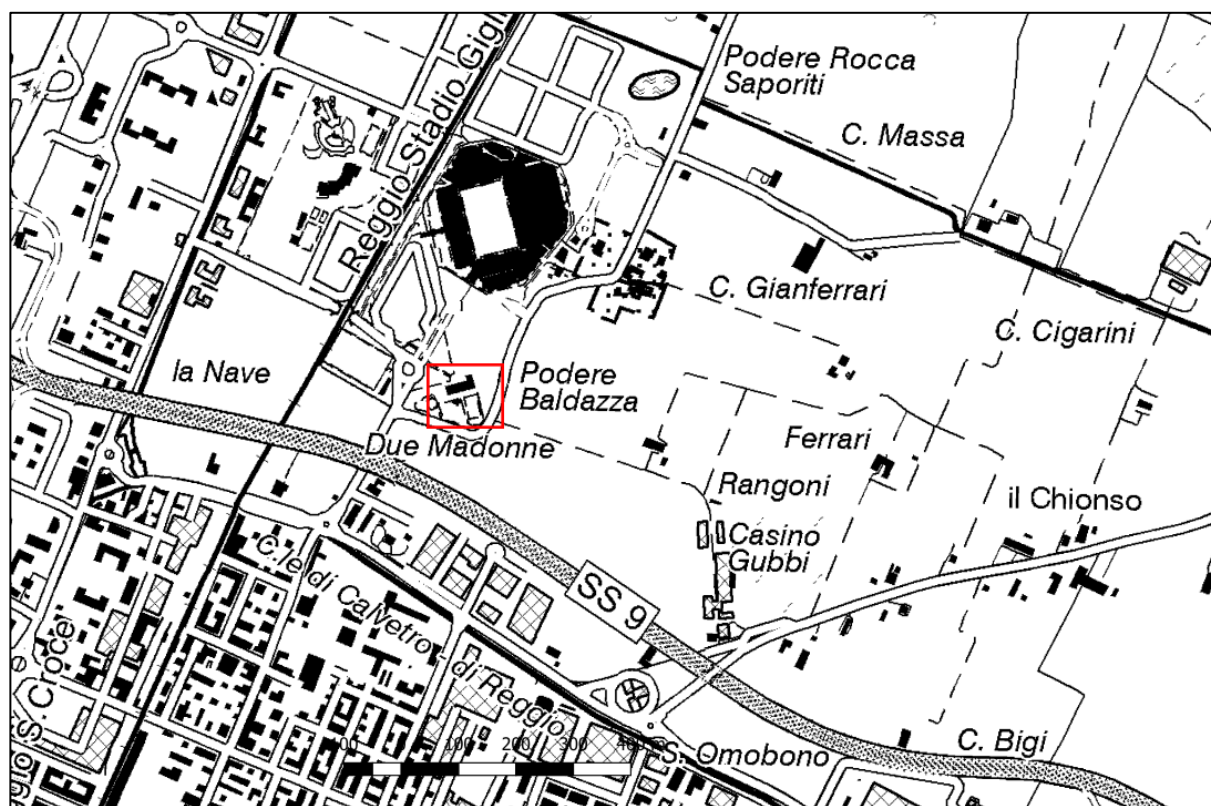


Fig. 2.1.4- Tavola n° 200 SE REGGIO NELL'EMILIA in scala 1:25.000.

2.2 Inquadramento geologico

Da un punto di vista geologico, il territorio in esame si colloca in un settore costituito da potenti depositi continentali influenzato dal sistema deposizionale del fiume Secchia, Torrente Tresinaro, Crostolo e dai torrenti appenninici minori.

Si può quindi affermare che i terreni oggetto d'indagine, siano formati da una sequenza deposizionale eterogenea con intercalazioni di materiali grossolani come ghiaie e ciottoli e materiali più fini come sabbie e limi. Questi materiali fanno parte del grande bacino subsidente Plio quaternario della Pianura Padana, e possono essere suddivisi in due distinti domini di provenienza: il primo attribuibile alla conoide deposizionale del fiume Secchia, il secondo appartenente ai corsi d'acqua minori (Tresinaro, Crostolo e Torrenti Appenninici). Le conoidi alluvionali, presenti già a pochi km a sud del sito, sono definite generalmente come depositi sciolti grossolani disposti a ventaglio i cui materiali si distribuiscono gradati a partire dall'apice fino alle porzioni più distali. L'apice è situato in quel punto "neutro" in cui si annulla la forza erosiva dell'acqua, che non essendo più in grado di trasportare il proprio contenuto solido, inizia a depositarlo partendo dalla frazione più pesante e via via fino alle frazioni più fini. L'alternarsi dei momenti di piena dei corsi d'acqua ha acconsentito la formazione un deposito di materiale eterogeneo.

Lo spessore della coltre alluvionale recente raggiunge generalmente una profondità massima di 100 m.

Questo spessore alluvionale è caratterizzato per lo più, come detto in precedenza, da materiale grossolano con livelli pelitici che diventano via via più potenti procedendo verso nord o verso le porzioni distali della

conoide. L'accrescimento in verticale di questi strati di materiali fini e finissimi, viene interrotto da orizzonti sabbiosi legati a barre di accrescimento laterale, argini naturali o ventagli di rotta fluviale. La sedimentologia del sito in esame possiede caratteristiche tipiche dei corsi d'acqua tipo "braided" ovvero canali a bassa sinuosità e alta energia che permettono il deposito di materiali grossolani all'interno dei canali stessi e del materiale fine nelle aree di intercanale. Gli apporti provenienti dei torrenti appenninici minori formano strutture che si intersecano e compenetrano intercalandosi nelle porzioni distali. Si tratta in questo caso di materiali per lo più limo sabbiosi con scarsa ghiaia. Queste ultime formazioni sono riconducibili ad un periodo compreso tra il Pliocene superiore ed il Quaternario e sono deposte in discordanza sul sub-strato argilloso Plio-Pleistocenico affiorante in corrispondenza del margine collinare. La base dei depositi argillosi Pliocenicici si attesta anche a profondità di 1000 m.

Dal punto di vista strutturale i terreni marini al di sotto del Pliocene del periodo pre-olocenico, sono caratterizzati da pieghe associate a faglie inverse con direzione Appenninica (ONO-ESE) e vergenza antiappenninica (NNE) che arrivano a coinvolgere anche i depositi attuali. L'area in esame si colloca all'estremità meridionale della zona delle pieghe pedeappenniniche, che si ipotizza abbia regolato la diversa subsidenza della pianura e conseguentemente, la potenza risultante dei depositi continentali. Tali spessori possono così variare dai 150- 200 m dal margine appenninico fino ai 400 m c.a a nord di Modena. Dagli studi ENI svolti negli anni '50 (AGIP Mineraria 1959) è stato possibile studiare il sub-strato pre Quaternario. Le stratigrafie hanno permesso di distinguere 3 domini deformativi:

- La bassa pianura a nord di Mirandola, corrispondente alla struttura sub- affiorante della "Dorsale Ferrarese" dove i depositi continentali si assottigliano fino a pochi metri.
- L'area della media pianura, corrispondente alla struttura negativa denominata "Sinclinale di Bologna Bomporto Reggio Emilia", dove i depositi del quaternario raggiungono i livelli massimi di circa 2000 m.
- Alta pianura, in prossimità del margine collinare, si ritrova la "zona delle pieghe pede-appenniniche", ossia una ripetizione di sinclinali e anticlinali con vergenza appenninica spesso ri-fagliata e sovra scorre sul fianco nord.

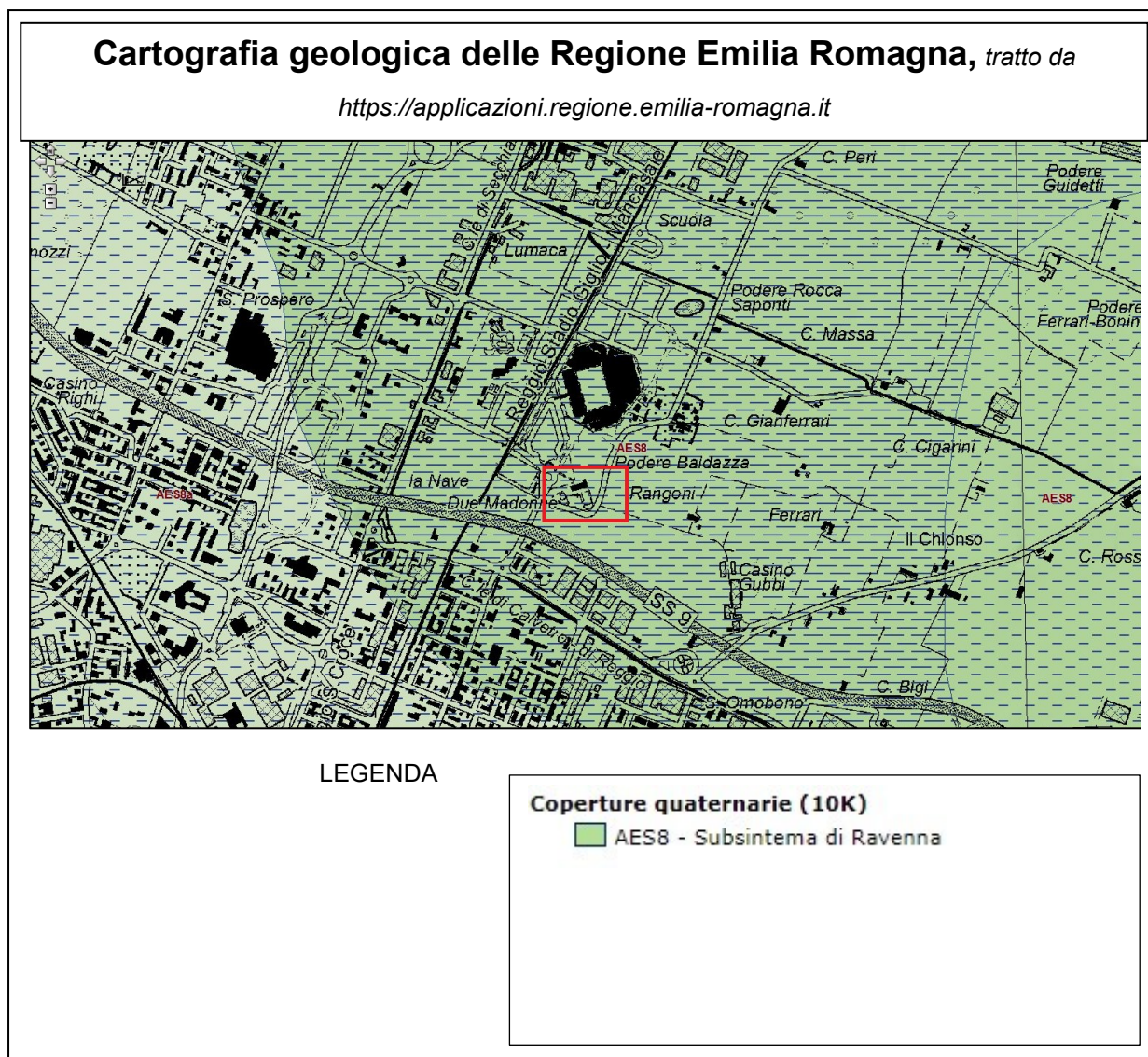


Fig. 2.2.1- Carta geologica R.E.R illustra la copertura quaternaria presente nell'area oggetto d'indagine.

Coperture quaternarie

AES8 - Subsistema di Ravenna

Limi sabbiosi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori o ghiaie in lenti entro limi, subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose in quelli dei torrenti e fiumi principali. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Nell'alta pianura su AES7b (affiorante solo in cave). Potenza fino a oltre 20 m.

2.3 Caratteri geomorfologici

L'area in esame ricade in una zona di media pianura. Il centro sportivo si colloca a confine tra un'area di città e la campagna, a nord est del Comune di Reggio Emilia. L'andamento morfologico è pressoché tabulare con leggera inclinazione verso nord. La pendenza media si aggira intorno all' 1,1 %. L'aspetto morfologico dell'area risulta condizionato sia dall'azione erosiva/deposizionale dei corsi d'acqua che dalla più recente azione antropica. I corsi d'acqua maggiori sono il Fiume Secchia e il Torrente Tresinaro a c.a 13 km est, Rio Acqua chiara, Canale di Massenzatico e Torrente Rodano a c.a 4 km est ed il Torrente Crostolo a 900 m ovest. L'attività antropica si manifesta nella creazione di canali ad uso irriguo e di regimazione delle acque superficiali, modificando di conseguenza l'alternanza degli episodi erosivi e deposizionali.

Così come riportato nelle tavole del PTCP di Reggio Emilia, trattandosi di un'area di pianura alluvionale, la copertura è caratterizzata da terreni fini, prevalentemente limi e argille con rare intercalazioni di sabbie e ghiaie.

Per quanto riguarda l'idrogeologia la falda freatica negli strumenti urbanistici viene individuata a c.a 1,6 m da P.C, dalle prove penetrometriche è stata individuata a 1,2 m si tratta di un acquifero di modesta entità alimentato per infiltrazione. Le oscillazioni stagionali si attestano a c.a 70 cm e l'andamento della falda è SO-NE, influenzato dall'andamento morfologico della superficie topografica. La carta della vulnerabilità dell'acquifero indica un grado di vulnerabilità basso. L'acquifero principale si attesta intorno ai 5 m di profondità. Le acque vengono convogliate nel Canale di Massenzatico, affluente sinistro del Torrente Rodano.

A seguito si riporta la cartografia tratta dal PTCP 2010 in cui si riportano gli effetti attesi in caso di sisma legati alla litologia e i livelli di approfondimento sismico richiesto.

L'area si trova in una zona di 2 livello di approfondimento del rischio sismico e non ricade nelle aree potenzialmente soggette a liquefazione, ma tra gli effetti attesi vi è il potenziale rischio di cedimenti.



		EFFETTI ATTESI				
		AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	INSTABILITA' DI VERSANTE	CEDIMENTI	LIQUEFAZIONE
CLASSI	A	X		X		
	B	X	X	X		
	C	X				
	D	X	X			
	E		X			
	F	X				X
	G	X			X (potenziale)	
	H					

Fig. 2.3.1- Si riportano estratti cartografici del sito (p9a e p9b) tratti dal PTCP 2010 di Reggio Emilia alla scala 1:25000.

3. Realizzazione del progetto

Il progetto consiste nella realizzazione di una copertura con campate a semicerchio in legno lamellare dell'attuale pista polivalente del circolo. Le campate appoggeranno su plinti che a loro volta saranno dotati di fondazioni profonde. A seguito si riporta un prospetto del progetto finale.



Fig. 3.1.1- Copertura della pista.

4. Indagini di cantiere

Per la determinazione dei parametri geotecnici, geofisici e litologici del sito, sono state eseguite delle prove penetrometriche statiche CPT (fig. 4.1), un'indagine sismica di tipo attivo e una di tipo passivo (Fig. 4.2, 4.3), in particolare:

CPT 1: -20 m; **CPT 2:** -15,0 m;

N°1 prova sismica ad onde di superficie tipo MASW.

N° 1 prova sismica HVSr

Sono state poi utilizzate le CPT eseguite nel 2003 per la realizzazione della struttura limitrofa alla pista in oggetto entrambe di 10 m di profondità, riportate negli allegati.

All'interno dei fori ottenuti dalle prove svolte è poi stato possibile misurare la profondità della falda che risulta essere pari a -1,20.

L'elaborazione di queste indagini ha portato alla definizione litologica e geotecnica del terreno e quindi alla suddivisione in spessori in base alle loro caratteristiche litotecniche e al loro grado di addensamento e consistenza; è stata definita la velocità di propagazione delle onde superficiali di taglio V_{seq} necessaria per definire la classe sismica del sito e a definire le velocità di propagazione delle onde in profondità parametro che unito alle prove di tipo meccanico ed alla frequenza fondamentale del terreno ottenuta con l'HVSr, contribuisce a dare informazioni sul grado d'addensamento litologico e sull'individuazione del bedrock sismico. L'ubicazione delle prove e dello stendimento sismico eseguito viene riportato in fig. 4.4. Le indagini sono state distribuite in modo da poter determinare una sezione stratigrafica rappresentativa dell'area oggetto d'indagine. Nella tav. 1 sono riportate le elaborazioni delle prove penetrometriche, in tav. 2 in allegato viene riportata l'elaborazione della masw, mentre in tav. 3 l'elaborazione HVSr.



Fig. 4.1- Prova CPT 2



Fig. 4.2- Acquisizione sismica Masw



Fig. 4.3- Indagine HVSr



Fig. 4.4- Ubicazione delle indagini eseguite

4.1 Prova penetrometrica statica

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

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica.

La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale: punta / manicotto tipo "Begemann". Vedi fig. 4.1.1

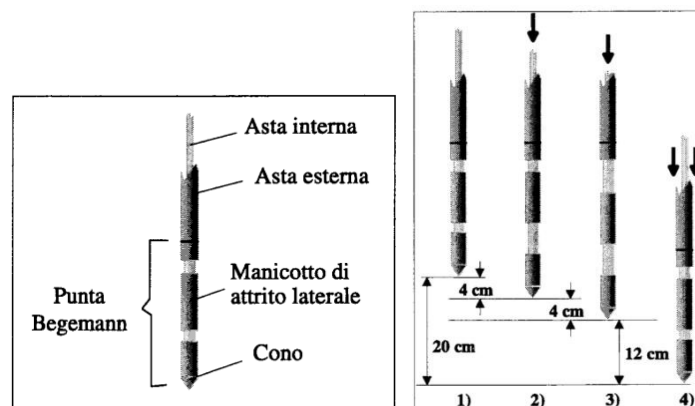


Fig. 4.1.1. Particolare punta Begemann.

L'esecuzione della prova avviene tramite il seguente schema di avanzamento (fig. 4.1.1):

- 1) posizione di riposo con punta completamente chiusa;
- 2) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm del solo cono; visualizzazione dello sforzo di punta (LP);
- 3) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm di cono + manicotto; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito laterale (LT);
- 4) spinta esercitata sulle aste esterne con avanzamento di 12 cm e ritorno alla posizione di riposo con punta completamente chiusa; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito + attrito della batteria di aste (Rt).

I dati rilevati della prova sono quindi una coppia di valori per ogni intervallo di lettura costituiti da LP (Lettura alla punta) e LT (Lettura della punta + manicotto), le relative resistenze vengono quindi desunte per differenza, inoltre la resistenza laterale viene conteggiata 20 cm sotto (alla quota della prima lettura della punta).

Trasferiti i dati ad un PC vengono elaborati da un programma di calcolo "STATIC PROBING" della Geo Stru. Le resistenze specifiche Q_c (Resistenza alla punta R_p) e Q_l (Resistenza Laterale R_L o f_s attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) vengono desunte tramite opportune costanti e

sulla base dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione laterale tenendo in debito conto che:

A_p = l'area punta (base del cono punta tipo "Begemann") = 10 cm²

A_m = area del manicotto di frizione = 150 cm²

C_t = costante di trasformazione = 10

Il programma Static Probing permette inoltre l'archiviazione, la gestione e l'elaborazione delle Prove Penetrometriche Statiche.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno. L'utilizzo dei dati dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona. I dati di uscita principali sono RP (Resistenza alla punta) e RL (Resistenza laterale o fs, attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) che il programma calcola automaticamente; inoltre viene calcolato il Rapporto RP/RL (Rapporto Begemann 1965), (fig. 4.1.2) e il Rapporto RL/RP (Rapporto Schmertmann 1978 – FR %-), (fig. 4.1.3).

I valori sono calcolati con queste formule:

$Q_c (RP) = (LP \times C_t) / 10 \text{ cm}^2$. Resistenza alla punta

$Q_l (RL) (fs) = [(LT - LP) \times C_t] / 150 \text{ cm}^2$. Resistenza laterale

$Q_c (RP) = \text{Lettura alla punta } LP \times \text{Costante di Trasformazione } C_t / \text{Superficie Punta } A_p$

$Q_l (RL) (fs) = \text{Lettura laterale } LT - \text{Lettura alla punta } LP \times \text{Costante di Trasformazione } C_t / A_m \text{ area del manicotto di frizione}$

N.B.

- $A_p = 10 \text{ cm}^2$ e $A_m = 150 \text{ cm}^2$

- la resistenza laterale viene conteggiata **20 cm sotto** (alla quota della prima lettura della punta)

Rapporto Rp/RI	Litologia
$R_p/R_l < 15$	Argilla organica e torba
$15 < R_p/R_l < 20$	Limo e/o argilla inorganica
$30 < R_p/R_l < 60$	Limo sabbioso e sabbia limosa
$R_p/R_l > 60$	Sabbie o sabbia più ghiaia

Fig.4.1.2 Il metodo di Begemann considera il rapporto tra R_p e R_l come parametro indicativo delle variazioni litologiche. In particolare l'Autore suggerisce le correlazioni in tabella.

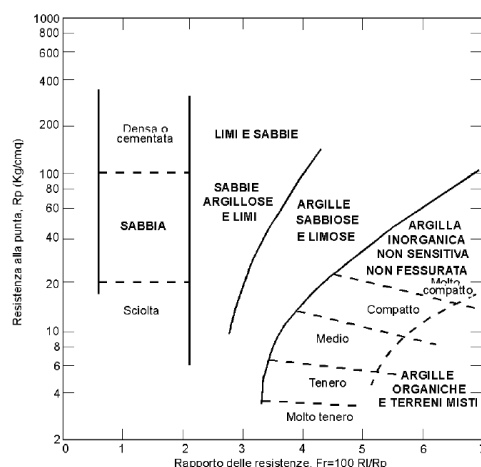


Fig. 4.1.3 Il metodo di Schmertmann considera come indicativo della litologia della verticale indagata il rapporto delle resistenze Fr (con $Fr\% = 100 RI/Rp$).

5. Modello geotecnico e litologico del terreno

I risultati delle prove effettuate in campagna, vengono riassunti elaborando un modello litologico e geotecnico presentato nella tabella a seguire. Dai parametri geotecnici sono infatti stati suddivisi diversi “spessori” di caratteristiche omogenee. Le indagini svolte nel 2003 trovano corrispondenza con le CPT svolte in questa sede, in quanto intorno agli 8,5 m evidenziano le argille più compatte individuate in tutte le indagini e che proseguono sino ai 20 m. Nella sola CPT 1 dai 9,6 ai 12,2 viene individuato uno spessore di sabbia addensata riportato nel modello.

Modello rappresentativo dell'area

Profondità da P.C (m)	Descrizione materiale	Parametri	
0-1,6 m da P.C	Terreno vegetale e di riporto limo argilloso mediamente consistente	<u>QC</u>	2,15 MPa $\approx$ 22 kg/cm ²
		<u>Cu</u>	107,8 KPa $\approx$ 1,1 kg/cm ²
		<u>Cu_k</u>	67,9 KPa $\approx$ 0,69 kg/cm ²
		<u>C'</u>	10,7 KPa $\approx$ 0,11 kg/cm ²
		<u>Ang. attrito</u>	26°
		<u>Ang. Attrito terra/muro</u>	21,6°
		<u>EU</u>	33 Kg/cm ² $\approx$ 3,2 MPa
		<u>ME</u>	66 Kg/cm ² $\approx$ 6,4 MPa
		<u>ME_k</u>	37,38 Kg/cm ² $\approx$ 3,6 MPa
		<u>ys</u>	20 kN/m ³ $\approx$ 2039 kg/m ³
		<u>ys_k</u>	19 kN/m ³ $\approx$ 1937 kg/m ³
		<u>yd</u>	19 kN/m ³ $\approx$ 1937 kg/m ³
		<u>yd_k</u>	18 kN/m ³ $\approx$ 1835 kg/m ³
		<u>EY</u>	44 Kg/cm ² $\approx$ 4,31 MPa
		<u>Mod. Poisson</u>	0,34

		<u>Kh</u>	1 kg/cm ³
		<u>Ko</u>	1,5 kg/cm ³
1,6-5,0 m da P.C	Argille limose mediamente consistenti	<u>QC</u>	1,2 MPa ≈ 12,7 kg/cm ²
		<u>Cu</u>	61,8 KPa ≈ 0,63 kg/cm ²
		<u>Cu_k</u>	45,9 KPa ≈ 0,47 kg/cm ²
		<u>C'</u>	6,2 KPa ≈ 0,06 kg/cm ²
		<u>Ang. attrito</u>	22°
		<u>Ang. Attrito terra/muro</u>	18,3°
		<u>EU</u>	19 Kg/cm ² ≈ 1,8 MPa
		<u>ME</u>	38 Kg/cm ² ≈ 3,7 MPa
		<u>ME_k</u>	34,5 Kg/cm ² ≈ 3,4 MPa
		<u>γ_s</u>	19 kN/m ³ ≈ 1937 kg/m ³
		<u>γ_{sk}</u>	18 kN/m ³ ≈ 1835 kg/m ³
		<u>γ_d</u>	18 kN/m ³ ≈ 1835 kg/m ³
		<u>γ_{dk}</u>	17 kN/m ³ ≈ 1733 kg/m ³
		<u>EY</u>	25 Kg/cm ² ≈ 2,45 kN/m ²
		<u>Mod. Poisson</u>	0,34
		<u>Kh</u>	3 kg/cm ³
		<u>Ko</u>	6 kg/cm ³
5,0-9,6 m da P.C	Argille con limo	<u>QC</u>	0,84 MPa ≈ 8,6 kg/cm ²
		<u>Cu</u>	42,1 KPa ≈ 0,43 kg/cm ²
		<u>Cu_k</u>	26,3 KPa ≈ 0,27 kg/cm ²
		<u>C'</u>	4,1 KPa ≈ 0,05 kg/cm ²
		<u>Ang. attrito</u>	21°
		<u>EU</u>	12 Kg/cm ² ≈ 1,17 MPa
		<u>ME</u>	29,3 Kg/cm ² ≈ 2,82 MPa
		<u>ME_k</u>	25 Kg/cm ² ≈ 2,45 MPa
		<u>γ_s</u>	20 kN/m ³ ≈ 2039 kg/m ³
		<u>γ_{sk}</u>	18 kN/m ³ ≈ 1835 kg/m ³
		<u>γ_d</u>	18 kN/m ³ ≈ 1835 kg/m ³
		<u>γ_{dk}</u>	17 kN/m ³ ≈ 1733 kg/m ³
		<u>EY</u>	17 Kg/cm ² ≈ 1,7 MPa
		<u>Mod. Poisson</u>	0,33
		<u>Kh</u>	2,5 kg/cm ³
		<u>Ko</u>	5 kg/cm ³
9,6- 12,2 m da P.C	Sabbie addensate	<u>QC</u>	15,25 MPa ≈ 155,6 kg/cm ²
		<u>Cu</u>	-
		<u>Cu_k</u>	-
		<u>C'</u>	-
		<u>Ang. attrito</u>	37°

		<u>EU</u>	233 Kg/cm ² ≈ 22,8 MPa
		<u>ME</u>	233 Kg/cm ² ≈ 22,8 MPa
		<u>ME_k</u>	62 Kg/cm ² ≈ 6 MPa
		<u>ys</u>	24 kN/m ³ ≈ 2447 kg/m ³
		<u>ys_k</u>	20 kN/m ³ ≈ 2039 kg/m ³
		<u>yd</u>	23 kN/m ³ ≈ 2345 kg/m ³
		<u>yd_k</u>	18 kN/m ³ ≈ 1835 kg/m ³
		<u>EY</u>	311 Kg/cm ² ≈ 30 MPa
		<u>Mod. Poisson</u>	0,34
		<u>Kh</u>	3 kg/cm ³
		<u>Ko</u>	4,5 kg/cm ³
12,2- 18,4 m da P.C	Argilla limosa mediamente consistente	<u>QC</u>	2 MPa ≈ 21,4 kg/cm ²
		<u>Cu</u>	98 KPa ≈ 1 kg/cm ²
		<u>Cu_k</u>	60,2 KPa ≈ 0,6 kg/cm ²
		<u>C'</u>	7,7 KPa ≈ 0,08 kg/cm ²
		<u>Ang. attrito</u>	26°
		<u>EU</u>	32 Kg/cm ² ≈ 3,1 MPa
		<u>ME</u>	64 Kg/cm ² ≈ 6,2 MPa
		<u>ME_k</u>	-
		<u>ys</u>	21 kN/m ³ ≈ 2141 kg/m ³
		<u>ys_k</u>	19 kN/m ³ ≈ 1937 kg/m ³
		<u>yd</u>	19 kN/m ³ ≈ 1937 kg/m ³
		<u>yd_k</u>	17 kN/m ³ ≈ 1733 kg/m ³
		<u>EY</u>	42 Kg/cm ² ≈ 4,11 MPa
		<u>Mod. Poisson</u>	0,34
		<u>Kh</u>	5 kg/cm ³
		<u>Ko</u>	10 kg/cm ³
18,4-20,0 m da P.C	Argille limose consistenti	<u>QC</u>	3,1 MPa ≈ 32 kg/cm ²
		<u>Cu</u>	157 KPa ≈ 1,6 kg/cm ²
		<u>Cu_k</u>	91,3 KPa ≈ 0,93 kg/cm ²
		<u>C'</u>	10,1 KPa ≈ 0,1 kg/cm ²
		<u>Ang. attrito</u>	31°
		<u>EU</u>	48 Kg/cm ² ≈ 4,7 MPa
		<u>ME</u>	96 Kg/cm ² ≈ 9,4 MPa
		<u>ME_k</u>	35 Kg/cm ² ≈ 3,5 MPa
		<u>ys</u>	22 kN/m ³ ≈ 2243 kg/m ³
		<u>ys_k</u>	19 kN/m ³ ≈ 1937 kg/m ³
		<u>yd</u>	20 kN/m ³ ≈ 2039 kg/m ³
		<u>yd_k</u>	18 kN/m ³ ≈ 1835 kg/m ³
		<u>EY</u>	64 Kg/cm ² ≈ 6,2 MPa

		Mod. Poisson	0,34
		Kh	5 kg/cm³
		Ko	10 kg/cm³
Legenda:	ys, γ_d - Peso specifico saturo e drenato; QC- Resistenza alla punta; Cu, C'- coesione non drenata e drenata (Terzaghi); EY- Modulo di Young (Robertson); ME- Modulo edometrico (Sanglerat); EU- Mod. deformazione non drenato (Ladd); Kh coefficiente Winkler verticale, Ko coefficiente di Winkler orizzontale; κ parametro caratteristico		

Tab.5- Modello geotecnico.

Per il calcolo del coefficiente di Winkler sono state fatte delle correlazioni tenendo in considerazione i parametri geotecnici ottenuti dalle indagini e facendo riferimento alle tabelle di Pozzati e Bowles.

6. Sismicità dell'area

Per individuare la sismicità dell'area si è tenuto conto dell'Ordinanza di Protezione Civile n. 3274 del 20 marzo 2003 del Presidente del Consiglio "Normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica e connessa classificazione sismica del territorio nazionale" e dell'Ordinanza di Protezione Civile n. 3519 del 28 aprile 2006 del Presidente del Consiglio "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

L'area in esame è ubicata a nel Comune di Reggio Emilia che risulta essere classificato in classe di sismicità 2 come zona a bassa sismicità vedi fig. 6.1, secondo DGR 1164 del 23/07/2018 "aggiornamento alla classificazione sismica di prima applicazione dell'Emilia Romagna. Con quest'ultimo provvedimento, la Giunta Regionale ha approvato l'aggiornamento degli indirizzi regionali per studi di microzonazione sismica (MS) per la pianificazione urbanistica, atto d'indirizzo ai sensi dell'art. 16 della LR 20/2000 (deliberazione dell'Assemblea Legislativa n. 112 del 2 maggio 2007), con il quale, nell' allegato 4 è stata redatta la tabella 2 dove sono riportati i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (arefg), per ogni comune della regione.

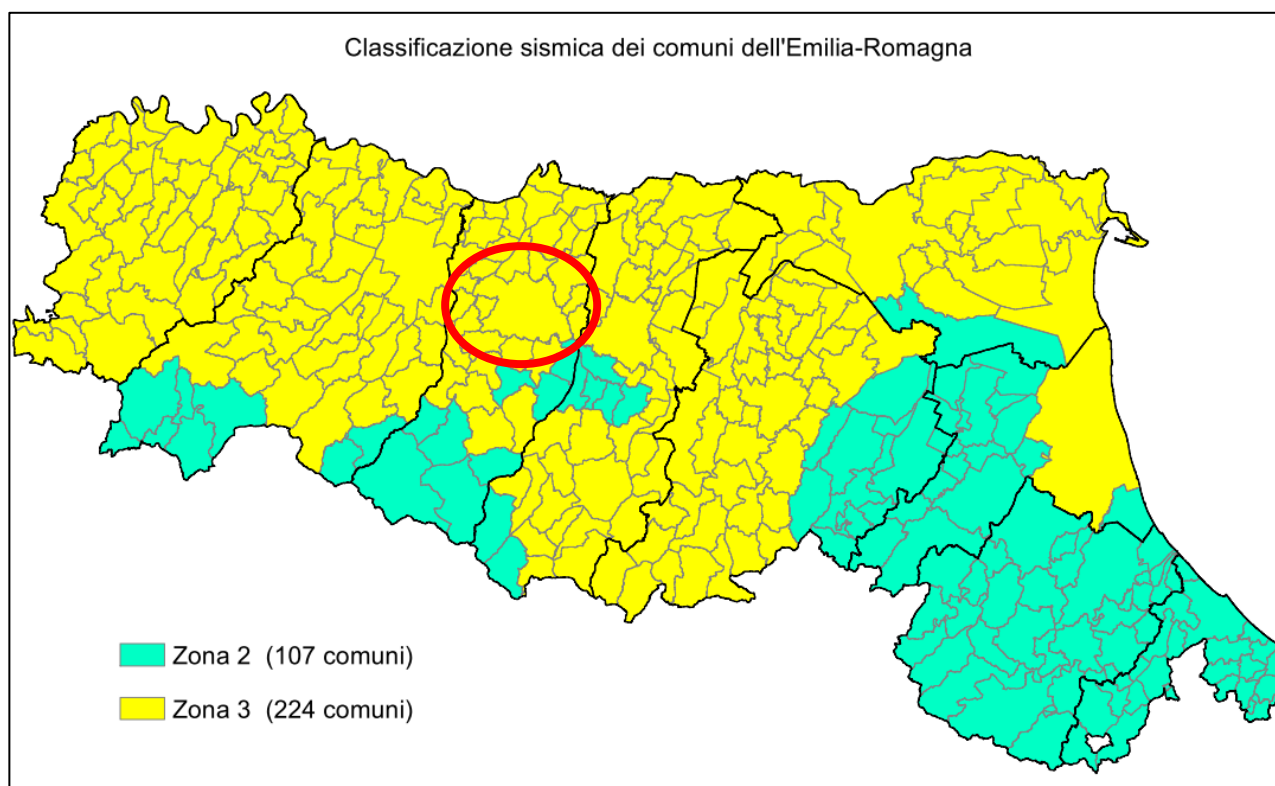


Fig. 6.1- Classe di sismicità dei comuni secondo DGR 1164 del 23/07/2018.

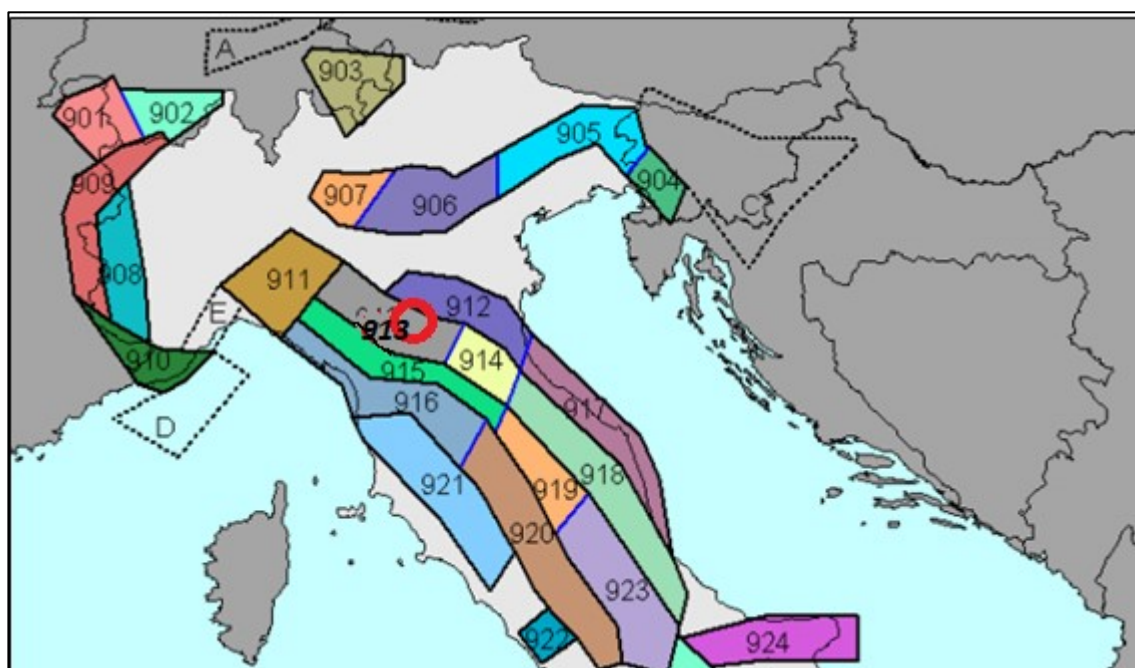


Fig. 6.2- Zonazione sismogenetica Zs9, si individua il Comune di Reggio Emilia.

Il territorio del Comune di Reggio Emilia ricade nei pressi del limite tra la zona sismogenetica “913” denominata “*Appennino Emiliano Romagnolo*”. La zona 913 è caratterizzata da terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord-occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più sud orientale. Si possono 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 molto elevati di magnitudo, rimanendo compresi tra una magnitudo di 5,5 e 6 della scala Richter. Le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori in questa fascia di quanto non siano nella fascia più esterna.

7. Indagini geofisiche

Per quanto riguarda le indagini sismiche, sono state eseguite due indagini sismiche: una di tipo masw e una tipo HVSR che, opportunamente tarate con l'esecuzione delle prove penetrometriche, dati stratigrafici e litologici presenti in bibliografia (pozzi, sezioni stratigrafiche ecc.), permettono di ottenere informazioni sulla velocità di propagazione delle onde di taglio nel terreno, risalire quindi alla categoria sismica del suolo e stimare la profondità del bedrock sismico.

7.1 Acquisizione MASW

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali, utilizzando geofoni verticali da 4,5 Hz ed acquisendo attivamente i segnali delle onde rifratte alla superficie mediante una sorgente artificialmente provocata. Queste tecniche, di sismica attiva superficiale permettono di ricostruire il profilo verticale delle V_{seq} con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde, rifratte alla superficie. Partendo dal sismogramma registrato mediante sorgente energizzante in asse con lo stendimento, viene eseguita un'analisi spettrale che ha consentito di elaborare un'immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono.

L'elaborazione dati permette la ricostruzione del modello sismo-stratigrafico espresso in termini di velocità delle onde di taglio (V_s). I risultati dell'indagine di campagna vengono riportati in tav. 2 negli allegati.

Lo stendimento ha permesso di identificare i seguenti livelli in base alle diverse velocità di propagazione delle onde di taglio $V_{sequivalente}$:

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	V_s [m/sec]
1	0.80	0.80	1900.0	0.30	No	75.7
2	5.00	4.20	1800.0	0.30	Si	221.8
3	10.40	5.40	1800.0	0.30	Si	221.8
4	20.40	10.00	2000.0	0.30	Si	257.6

5	34.40	14.00	2000.0	0.30	Si	485.5
6	oo	oo	2000.0	0.30	Si	512.2

$$V_{S_{\text{equivalente}}} = 266,80 \text{ m/s}$$

7.2 Acquisizione HVSR

All'interno dell'area di studio è stato condotto il rilievo dei microtremori con il tromografo digitale "Tromino", vedi fig. 4.4 per verificare le caratteristiche sismiche e stratigrafiche del terreno. Lo strumento utilizzato registra il rumore sismico ambientale presente nella superficie terrestre e generato da fenomeni atmosferici, dall'attività antropica e dall'attività dinamica terrestre.

I microtremori sono rappresentati da oscillazioni molto piccole (accelerazioni dell'ordine di 10-15 m/s²), che, attraversando strati con caratteristiche differenti (in termini di densità e velocità di propagazione delle onde), subiscono fenomeni di rifrazione, riflessione, attenuazione e altri.

Questi fenomeni sono tali per cui un'onda che viaggia all'interno di un mezzo e viene riflessa da una superficie di discontinuità interferisce con le onde incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime quando la lunghezza d'onda incidente è pari a 4 volte lo spessore h dello strato (condizione di risonanza):

Relativamente alle onde S:

$$f_S = V_r / 4 h_1$$

f_r rappresenta la frequenza fondamentale dello strato, ossia la frequenza cui corrispondono le maggiori accelerazioni sismiche. Utilizzando la formula sopra esposta si evince che conoscendo la profondità di una discontinuità (trovata nelle prove penetrometriche e nei carotaggi) e la frequenza fondamentale del terreno in superficie (fornita dal tomografo) è possibile risalire alla velocità delle onde S del terreno.

Una volta ricavato il valore di V_s , è possibile ricostruire la stratigrafia dell'area e l'andamento delle discontinuità, se presenti. La tecnica HVSR consiste nella valutazione dei rapporti spettrali tra le componenti orizzontali e verticali del moto ed è in grado di fornire in buona approssimazione il contenuto in frequenza del segnale dei microtremori.

In questo caso è stato rilevato un picco di Frequenza a 41,15 HZ

A seguito si riporta inoltre il modello sismostratigrafico che a differenza di quello precedentemente riportato e ottenuto dalla masw, ha permesso di indagare ad una maggiore profondità permettendo di desumere la profondità del bedrock sismico.

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0.5	19	0.3	65
2	0.5	8	18	0.3	210
3	8.5	10	20	0.3	230
4	18.5	30	20	0.3	240
5	48.5	36	22	0.3	288
6	84.5	40	22	0.3	365
7	124.5	40	22	0.3	750

Vedi i dati riportati in allegati, tav. 6

8. Azione sismica di base ai sensi del DM 17/01/2018

La classificazione sismica **non interferisce con la determinazione dell'azione sismica**, necessaria per la progettazione e la realizzazione degli interventi di prevenzione del rischio sismico. L'azione sismica è definita per ogni sito dai **parametri di pericolosità sismica** previsti dalle norme tecniche per le costruzioni **NTC 2018**.

Per determinare il parametro a_g/g riferito ad un sub strato rigido tipo A orizzontale, dell'area in oggetto è stato utilizzato il software geo stru e il sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it/> disponendo dei seguenti dati:

- Coordinate geografiche (ED50): 44.712480,10.650213
- Classe uso della struttura 4
- Vita nominale 50 anni
- A_g/g 0,198

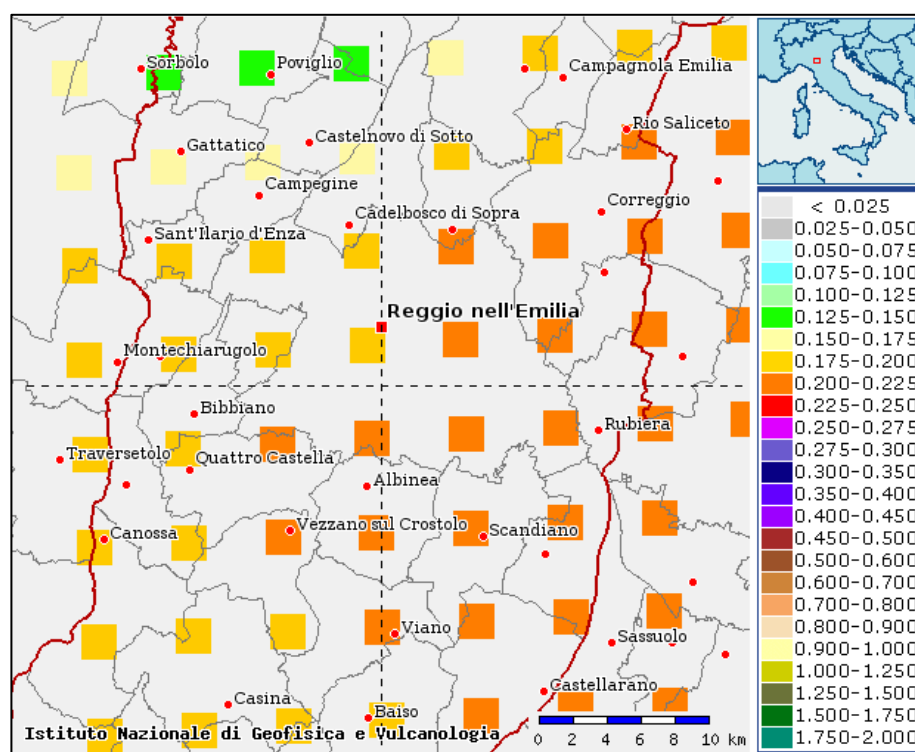


Fig. 8.2- Il valore di a_g , in funzione degli SLV, CU e VN.

9. Analisi della risposta sismica locale

La RSL di terzo livello permette di determinare i seguenti parametri:

- accelerazione di picco orizzontale (PGA);
- intensità spettrale (spettro risposta in accelerazione);
- intensità spettrale (spettro risposta in velocità);

Per determinare lo spessore della coltre di copertura sono state eseguite le prove penetrometriche precedentemente citate e sono state utilizzate le prospezione sismiche di superficie tipo MASW e HVSr, i dati delle indagini sono stati riportati nei capitoli precedenti.

La risposta sismica locale, e quindi l'accelerazione calcolata dal bedrock sismico alla superficie è stata calcolata in termini di SLV. Tra i diversi programmi di calcolo per eseguire modellazioni numeriche ai fini della valutazione della risposta sismica locale, è stato utilizzato il programma RSL della Geo-Stru

Utilizzando i dati forniti dallo studio di pericolosità fornito dal sito dell'INGV, in merito al progetto DPC INGV S1, sono stati determinati i valori medi di coppia Magnitudo e distanza epicentrale paria a 4,9 per la magnitudo e 6,7 km per la distanza del terremoto che può generare un valore di accelerazione massima orizzontale di picco (PGA) su un suolo di riferimento di tipo A, per $T=0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità (a_{refg} - 5% di probabilità di superamento) pari a 0.198 g.

Per il calcolo di Risposta sismica locale al p.d.c. attuale si è inserito il profilo del terreno sino alla profondità di 124 m.

L'elaborazione, svolta sui 7 terremoti di riferimento, ha fornito i risultati, in termini di spettro di risposta elastico in accelerazione massima orizzontale in superficie, per un valore di smorzamento critico pari al 5%.

La ricerca nella banca dati accelerometrica europea ha fornito alcune registrazioni di time-history, che comunque non sono risultate spettro compatibili con quello ottenuto dall'analisi di pericolosità. Si è ritenuto di procedere alla creazione di 7 accelerogrammi sintetici artificiali, utilizzando il software SEISM-HOME, messo a punto dalla Fondazione Eucentre (Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica, Via A. Ferrata, 1 – Pavia, Italy). Tali accelerogrammi possono essere usati direttamente per analisi di sistemi strutturali o geotecnici posti su terreno roccioso, o come input per analisi di risposta sismica locale in caso di terreno non roccioso (Rota M., Zuccolo E., Taverna L., Corigliano M., Lai C.G., Penna A. [2012] "Mesozonation of the Italian territory for the definition of real spectrum-compatible accelerograms", Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 10, No. 5, pp. 1357-1375). Tramite una procedura ottimizzata (Corigliano et al, 2012) è stato selezionato l'insieme migliore di accelerogrammi spettro-compatibili registrati su suolo di categoria A (roccioso) e disponibili nelle principali banche dati accelerometriche mondiali accreditate.

Tutti gli accelerogrammi sono stati scalati in modo che la loro accelerazione massima corrisponda al valore di $a_{refg} = 0,198 \text{ g}$ (PGA0). Tale valore di PGA0 deriva dai seguenti dati di ingresso per l'edificio e per il sisma di riferimento:

Classe d'uso edificio:	4;
Coefficiente d'uso (C_u)	2;
Vita nominale edificio (V_n):	50 anni;
Periodo di riferimento (V_r):	100 anni;
Stato limite:	Salvaguardia della vita (SLV);
Probabilità di superamento:	5%;
Tr:	949 [anni];
ag:	0,198 g [PGA0].

9.1 Spettro di risposta per SLV

A partire dagli accelerogrammi prescelti si sono definiti gli spettri di risposta dell'oscillatore armonico tipo ad un grado di libertà, in funzione del periodo proprio della struttura e per uno smorzamento tipico del 5%. Lo spettro orizzontale di risposta medio, fornito in forma numerica nella tabella che segue, è di seguito confrontato con lo spettro orizzontale di risposta relativo alla categoria di sottosuolo C e B definibile attraverso un approccio semplificato (NTC_2018):

La forma grafica dello spettro in accelerazione nel sito di riferimento (RSL) è di seguito confrontato con lo spettro di risposta relativo alla categoria di sottosuolo C e B per lo stesso Stato Limite (SLV).

A seguito si riportano i calcoli effettuati con il programma Geo-stru:

Elaborazione

Numero di iterazioni	8
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima	0.5
Tipo di modulo elastico	Shake
Massimo errore percentuale di convergenza	8.85 E00

Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.190 [s]
Tvi	0.480 [s]
Tao	0.190 [s]
Tvo	1.550 [s]
Sami	6.682 [m/s ²]
Svmi	0.287 [m/s]
Samo	8.544 [m/s ²]
Svmo	0.575 [m/s]

Fa	1.279 [-]
Fv	2.001 [-]
TB	0.141 [s]
TC	0.423 [s]
TD	2.856 [s]
SA(0)	3.081 [m/s ²]
SA(TB)	8.544 [m/s ²]

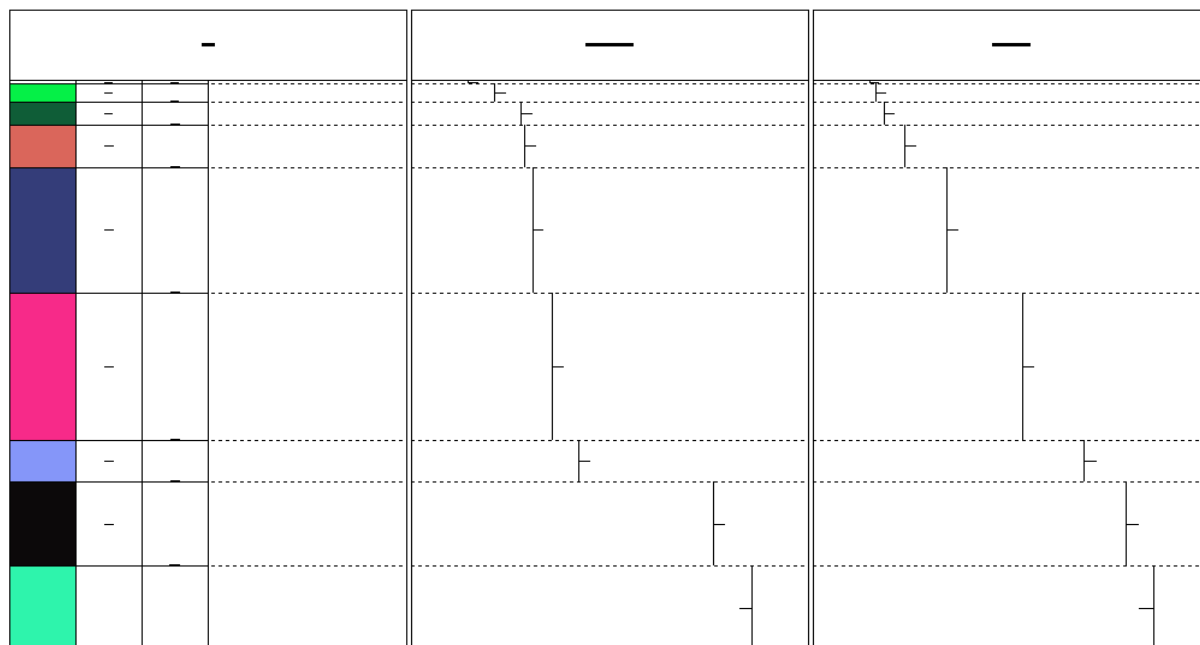
Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
1.000	0.500	-0.141	-0.213	2.000	1.515
0.500	1.000	0.141	0.213	0.500	1.515
0.500	1.500	0.276	0.481	0.333	1.744

Stratigrafia

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostrati	Gmax [MPa]	Peso unità vol. [kN/m ³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	--	0.8	Lombardia - Argille limose	0	15.34	19.0	89.0	7.6
2	0.8	4.4	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	0	44.08	18.0	155.0	33.2
3	5.2	5.4	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	0	89.62	18.0	221.0	73.3
4	10.6	10.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	0	124.03	23.0	230.0	161.4
5	20.6	30.0	Lombardia - Argille limose	0	114.68	18.0	250.0	350.2
6	50.6	35.0	Lombardia - Argille limose	0	201.83	22.0	300.0	686.4
7	85.6	10.0	Lombardia - Argille limose	0	298.77	22.0	365.0	960.7
8	95.6	20.0	Lombardia - Argille limose	0	1114.63	22.0	705.0	1143.5
9	oo	--	Smorzamento costante	0	1435.27	22.0	800.0	1265.4

Strato con falda: 1
 Strato rilevamento accelerogramma: 9 Affiorante

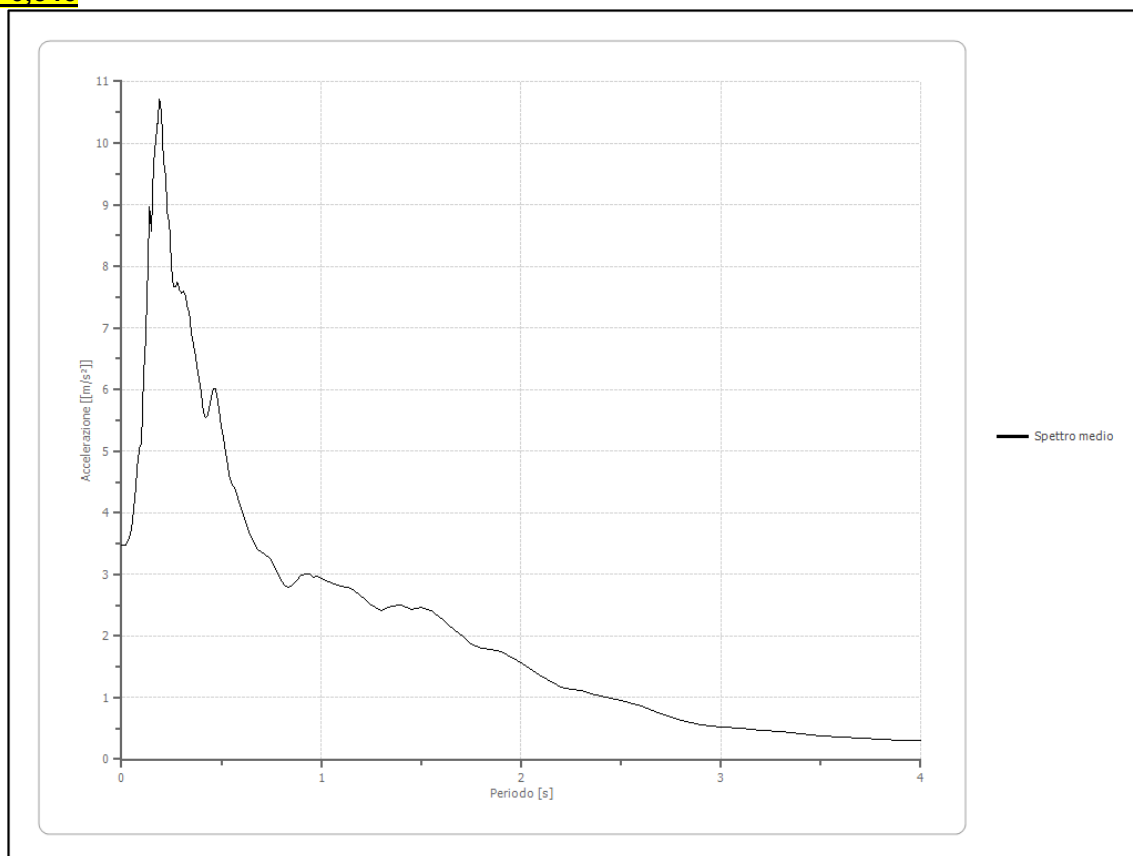


Tab. 1: Stratigrafia utilizzata nel modello

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]
0.00	3.4686	0.26	7.6660	0.52	5.0104	0.98	2.9639	2.25	1.1392
0.01	3.4686	0.27	7.6759	0.53	4.8020	1.00	2.9402	2.30	1.1099
0.02	3.4806	0.28	7.7450	0.54	4.5945	1.05	2.8608	2.35	1.0711
0.03	3.5266	0.29	7.6124	0.55	4.4785	1.10	2.8134	2.40	1.0313
0.04	3.5972	0.30	7.5642	0.56	4.4349	1.15	2.7788	2.50	0.9570
0.05	3.7505	0.31	7.5896	0.57	4.3681	1.20	2.6375	2.60	0.8569
0.06	4.0416	0.32	7.5268	0.58	4.2679	1.25	2.5022	2.70	0.7394
0.07	4.3607	0.33	7.3415	0.60	4.0550	1.30	2.4140	2.80	0.6223
0.08	4.7892	0.34	7.2270	0.62	3.8761	1.35	2.4760	2.90	0.5546
0.09	5.0538	0.35	6.9130	0.64	3.6743	1.40	2.4944	3.00	0.5286
0.10	5.1327	0.36	6.7319	0.66	3.5311	1.45	2.4383	3.10	0.5032
0.11	6.1979	0.37	6.5605	0.68	3.4076	1.50	2.4693	3.20	0.4760
0.12	6.7715	0.38	6.3331	0.70	3.3651	1.55	2.4049	3.30	0.4485
0.13	7.7290	0.39	6.1478	0.72	3.3048	1.60	2.2833	3.40	0.4161
0.14	8.9584	0.40	5.9276	0.74	3.2764	1.65	2.1437	3.50	0.3869
0.15	8.5750	0.41	5.6291	0.76	3.1665	1.70	2.0172	3.60	0.3593
0.16	9.6566	0.42	5.5494	0.78	3.0290	1.75	1.8679	3.70	0.3395

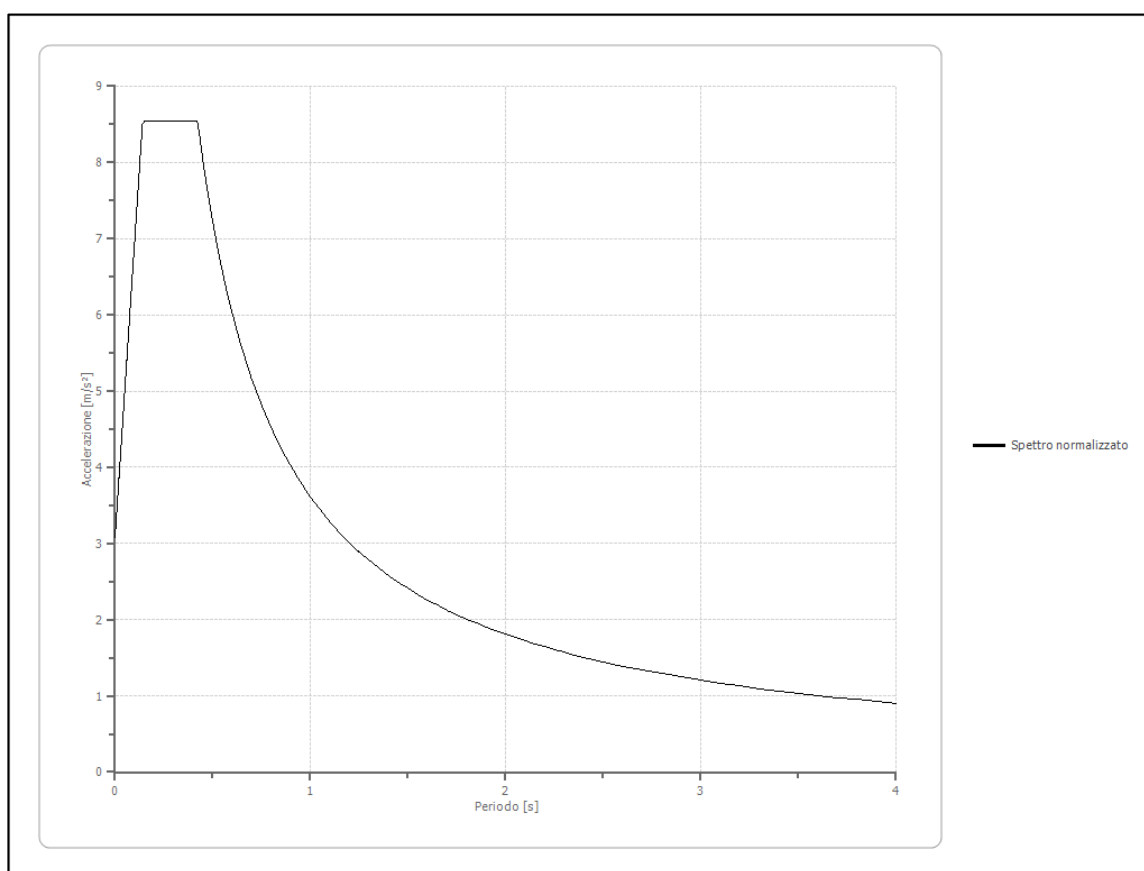
0.17	10.0009	0.43	5.5790	0.80	2.8899	1.80	1.7931	3.80	0.3192
0.18	10.3188	0.44	5.7140	0.82	2.8098	1.85	1.7846	3.90	0.3139
0.19	10.7192	0.45	5.8905	0.84	2.7880	1.90	1.7405	4.00	0.3023
0.20	10.4960	0.46	6.0155	0.86	2.8404	1.95	1.6585		
0.21	9.7173	0.47	6.0137	0.88	2.9228	2.00	1.5585		
0.22	9.4886	0.48	5.8588	0.90	2.9902	2.05	1.4508		
0.23	8.8573	0.49	5.6398	0.92	3.0111	2.10	1.3459		
0.24	8.6802	0.50	5.3918	0.94	3.0022	2.15	1.2554		
0.25	7.9946	0.51	5.2121	0.96	2.9568	2.20	1.1685		

A_g/g: 0,346**Spettro normalizzato di risposta elastico**

Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]
0.00	3.0811	0.26	8.5442	0.52	6.9496	0.98	3.6876	2.25	1.6061
0.01	3.4686	0.27	8.5442	0.53	6.8185	1.00	3.6138	2.30	1.5712
0.02	3.8561	0.28	8.5442	0.54	6.6922	1.05	3.4417	2.35	1.5378
0.03	4.2436	0.29	8.5442	0.55	6.5706	1.10	3.2853	2.40	1.5058
0.04	4.6311	0.30	8.5442	0.56	6.4532	1.15	3.1424	2.50	1.4455
0.05	5.0186	0.31	8.5442	0.57	6.3400	1.20	3.0115	2.60	1.3899
0.06	5.4060	0.32	8.5442	0.58	6.2307	1.25	2.8911	2.70	1.3384
0.07	5.7935	0.33	8.5442	0.60	6.0230	1.30	2.7799	2.80	1.2906
0.08	6.1810	0.34	8.5442	0.62	5.8287	1.35	2.6769	2.90	1.2461
0.09	6.5685	0.35	8.5442	0.64	5.6466	1.40	2.5813	3.00	1.2046
0.10	6.9560	0.36	8.5442	0.66	5.4755	1.45	2.4923	3.10	1.1657

0.11	7.3435	0.37	8.5442	0.68	5.3144	1.50	2.4092	3.20	1.1293
0.12	7.7310	0.38	8.5442	0.70	5.1626	1.55	2.3315	3.30	1.0951
0.13	8.1185	0.39	8.5442	0.72	5.0192	1.60	2.2586	3.40	1.0629
0.14	8.5060	0.40	8.5442	0.74	4.8835	1.65	2.1902	3.50	1.0325
0.15	8.5442	0.41	8.5442	0.76	4.7550	1.70	2.1258	3.60	1.0038
0.16	8.5442	0.42	8.5442	0.78	4.6331	1.75	2.0650	3.70	0.9767
0.17	8.5442	0.43	8.4042	0.80	4.5173	1.80	2.0077	3.80	0.9510
0.18	8.5442	0.44	8.2132	0.82	4.4071	1.85	1.9534	3.90	0.9266
0.19	8.5442	0.45	8.0307	0.84	4.3022	1.90	1.9020	4.00	0.9035
0.20	8.5442	0.46	7.8561	0.86	4.2021	1.95	1.8532		
0.21	8.5442	0.47	7.6890	0.88	4.1066	2.00	1.8069		
0.22	8.5442	0.48	7.5288	0.90	4.0153	2.05	1.7628		
0.23	8.5442	0.49	7.3751	0.92	3.9281	2.10	1.7209		
0.24	8.5442	0.50	7.2276	0.94	3.8445	2.15	1.6808		
0.25	8.5442	0.51	7.0859	0.96	3.7644	2.20	1.6426		

Ag/g normalizzato: 0,314



Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s²]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s²]	Se(TB) [m/s²]	S
3.081	2.773096	--	0.141	0.423	2.856	3.081	8.544	1.587

Confronto tra gli spettri

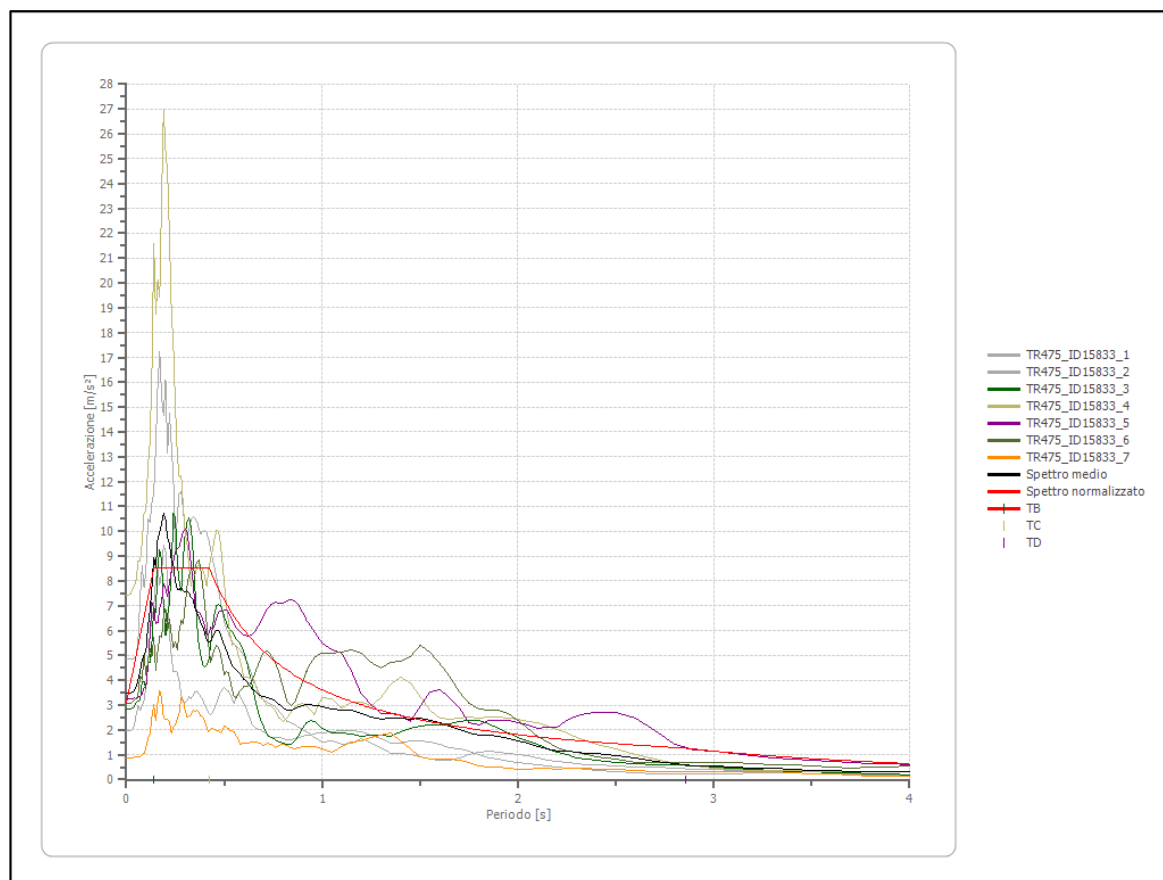


Fig. 9.1-Confronto tra i 7 spettri ottenuti dagli accelerogrammi e lo spettro in accelerazione medio calcolato.

Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguar dia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività SLO Cat. B	Danno SLD Cat. B	Salvaguar dia vita SLV Cat. B	Prev. collasso SLC Cat. B
Tr [anni]	60	101	949	1950	60	101	949	1950
ag [m/s²]	0.618	0.765	1.942	2.482	0.618	0.765	1.942	2.482
Fo	2.496	2.483	2.399	2.417	2.496	2.483	2.399	2.417
Tc* [s]	0.268	0.276	0.302	0.309	0.268	0.276	0.302	0.309
Ss	1.50	1.50	1.42	1.33	1.20	1.20	1.20	1.16
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.62	1.61	1.56	1.55	1.43	1.42	1.40	1.39
TB [s]	0.145	0.148	0.157	0.159	0.128	0.131	0.141	0.143
TC [s]	0.435	0.443	0.471	0.478	0.384	0.393	0.422	0.430
TD [s]	1.852	1.912	2.392	2.612	1.852	1.912	2.392	2.612
Se(0) [m/s²]	0.927	1.148	2.748	3.309	0.742	0.918	2.330	2.868
Se(TB) [m/s²]	2.314	2.849	6.593	7.997	1.851	2.279	5.591	6.931

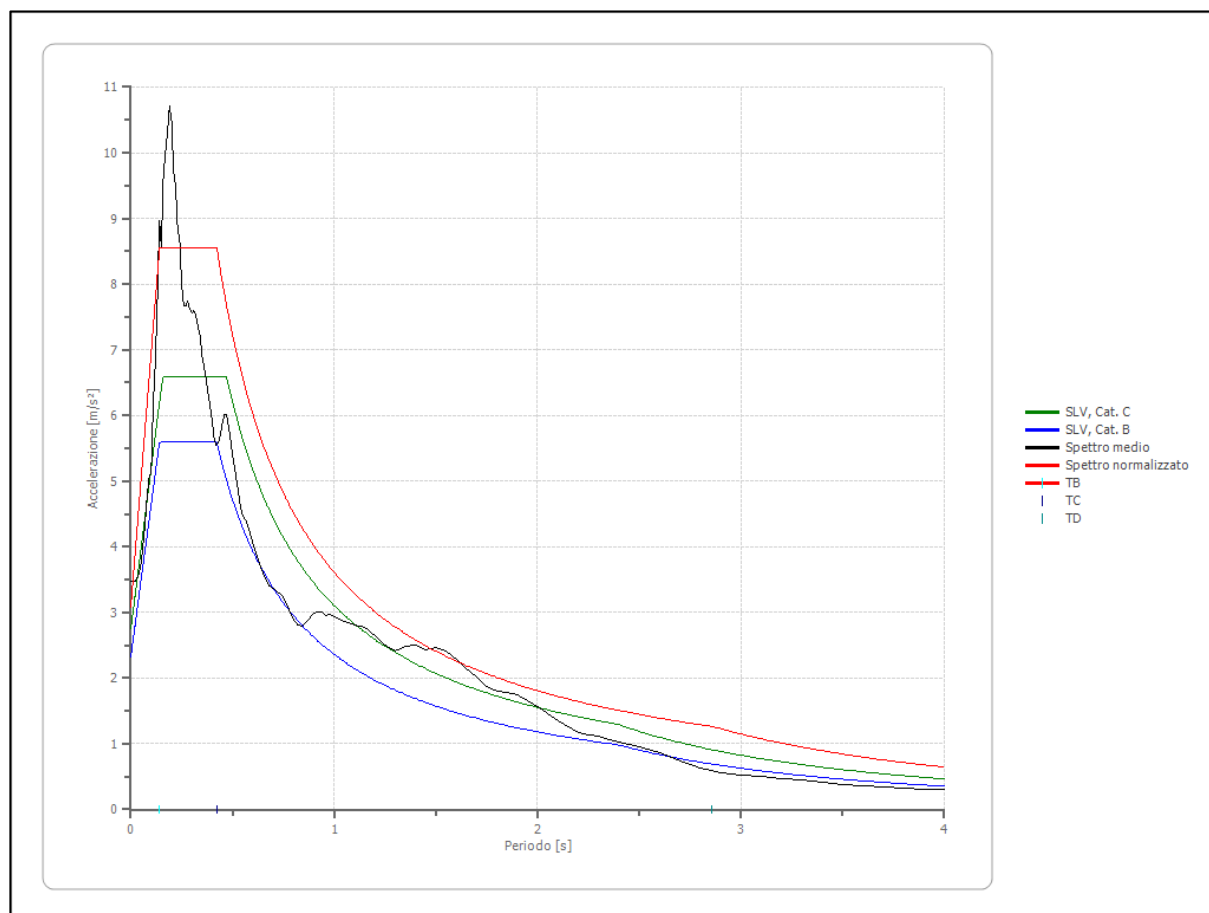


Fig. 9.2: confronto tra lo spettro in accelerazione calcolato per il sito di riferimento normalizzato e gli spettri di risposta relativo alla categoria di sottosuolo C e B.

Profilo a max

	0.0 [m]	0.8 [m]	5.2 [m]	10.6 [m]	20.6 [m]	50.6 [m]	85.6 [m]	95.6 [m]	115.6 [m]
TR475_I D15833_1 1 [m/s²]	4.835	4.709	3.531	2.391	2.619	2.983	3.279	3.016	4.456
TR475_I D15833_2 2 [m/s²]	1.975	1.852	1.241	0.987	0.918	0.928	0.990	0.971	1.241
TR475_I D15833_3 3 [m/s²]	2.857	2.760	2.037	1.911	1.213	1.771	1.530	1.369	1.743
TR475_I D15833_4 4 [m/s²]	7.405	6.949	3.074	2.966	3.743	4.836	4.989	4.571	6.592
TR475_I D15833_5 5 [m/s²]	3.253	3.212	2.841	2.598	2.356	2.068	2.107	2.007	2.596
TR475_I D15833_6 6 [m/s²]	3.069	2.978	2.524	2.210	1.855	1.903	2.085	1.938	2.782

6 [m/s ²]									
TR475_ID15833_7 [m/s ²]	0.886	0.872	0.686	0.529	0.490	0.490	0.390	0.343	0.455
media [m/s ²]	3.469	3.333	2.276	1.942	1.885	2.140	2.196	2.031	2.838
Dev. St. [m/s ²]	2.115	1.987	1.021	0.881	1.122	1.436	1.536	1.405	2.090

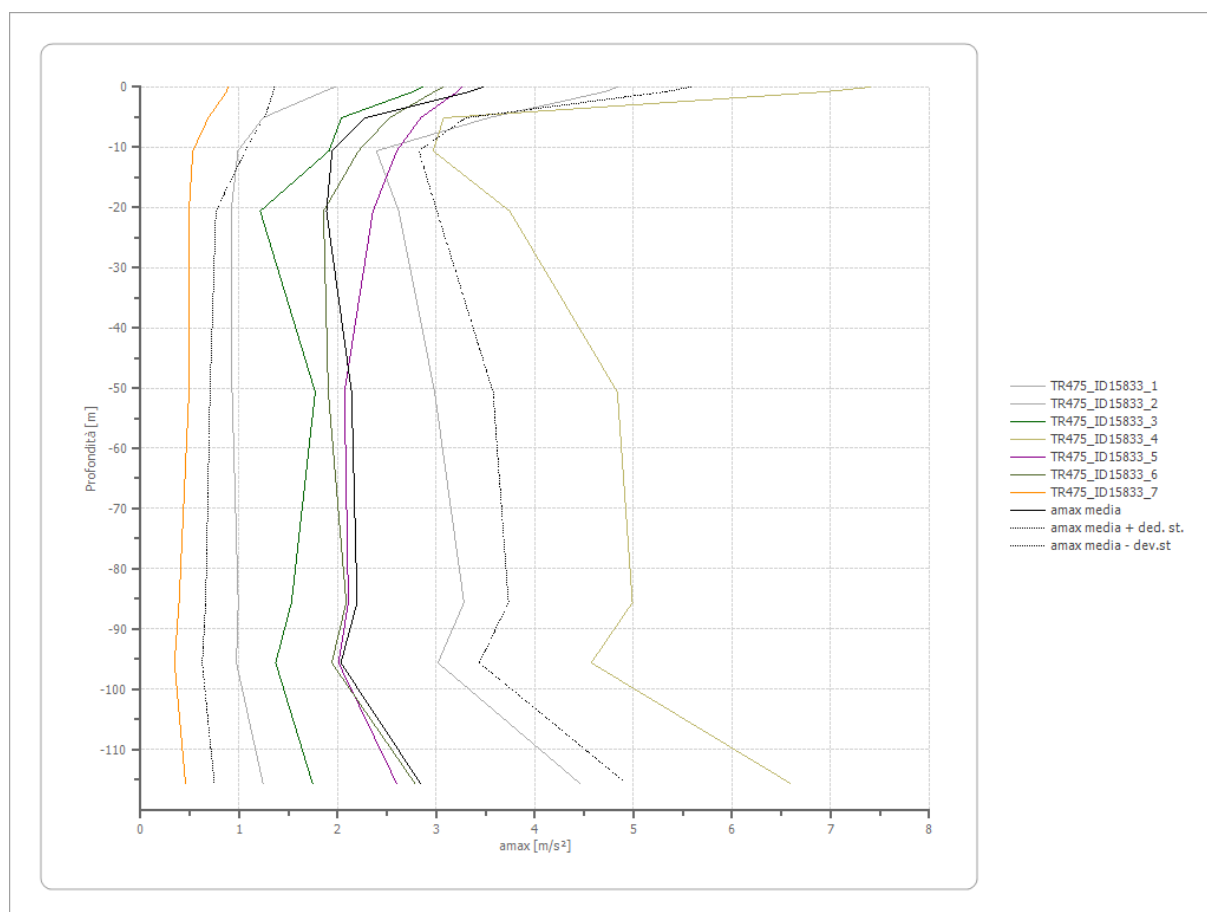


Fig. 9.3: Amax e Amedia dei vari accelerogrammi

10. Verifica alla liquefazione

Così come stabilito nel cap. 7.11.3.4.1 delle NTC 2018, Il sito presso il quale sono ubicati i manufatti deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

Le caratteristiche del terreno, quasi totalmente limo argilloso, così come evidenziato anche nella cartografia disponibile nel PTCP del Comune di Reggio Emilia e riportate in cap. 2, non rendono necessaria la verifica alla liquefazione.

11. Conclusioni

Come indicato nel capitolo 1, il presente elaborato ha come obiettivo quello di fornire i parametri geotecnici, litologici, sismici e definire le caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche del terreno dell'area indagata a supporto per la corretta progettazione di una copertura in legno lamellare di una pista polivalente nel Comune di Reggio Emilia.

Così come indicato nel capitolo 4, per definire una sequenza stratigrafica e suddividere quindi il terreno in diversi spessori con caratteristiche geotecniche-litologiche proprie, sono state eseguite indagini geotecniche e sismiche.

Per quanto riguarda la stratigrafia, i risultati delle prove penetrometriche statiche mettono in evidenza che dopo uno spessore di terreno vegetale di c.a 0,60 m scarsamente consistente, si alternano spessori limo argillosi e argillo limosi mediamente consistenti fino a c.a 10 m di profondità per passare a molto consistenti fino a 20 m di profondità. Le prove hanno individuato una litologia stratigrafica omogenea ma va rilevato uno spessore da 9,6 a 12,20 di sabbie molto addensate nella CPT1. La falda è stata individuata ad una profondità di 1,6 m.

La natura del terreno quasi totalmente limo argilloso non ha reso necessario eseguire verifiche alla liquefazione.

Per i parametri sismici si è scelto un approccio di Risposta sismica Locale con terzo livello di approfondimento data la classe d'uso della struttura. I risultati sono riportati in cap. 9.

Per quanto riguarda le fondazioni si confermano le scelte progettuali di realizzare fondazioni profonde per ogni plinto. I pali o micropali dovranno essere spinti alla profondità di 10 m ovvero sul primo spessore di terreno che presenta una maggiore consistenza.

Montale, giugno 2020

Paolo Geol. Calicetti



Allegati

Tavola 1- Elaborazione prove penetrometriche

PROVA ... Nr.1

Committente:

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 23/06/2020

Profondità prova: 20.00 mt

Località: Reggio Emilia

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	19.00	34.0	19.0	1.0	19.0	5.3
0.40	19.00	34.0	19.0	1.0	19.0	5.3
0.60	19.00	34.0	19.0	1.333333	14.25	7.0
0.80	28.00	48.0	28.0	1.4	20.0	5.0
1.00	14.00	35.0	14.0	1.066667	13.125	7.6
1.20	14.00	30.0	14.0	1.066667	13.125	7.6
1.40	8.00	24.0	8.0	2.733333	2.927	34.2
1.60	14.00	55.0	14.0	2.733333	5.122	19.5
1.80	14.00	55.0	14.0	1.6	8.75	11.4
2.00	16.00	40.0	16.0	0.4	40.0	2.5
2.20	12.00	18.0	12.0	0.4	30.0	3.3
2.40	14.00	20.0	14.0	0.6	23.333	4.3
2.60	15.00	24.0	15.0	0.666667	22.5	4.4
2.80	13.00	23.0	13.0	0.666667	19.5	5.1
3.00	13.00	23.0	13.0	0.466667	27.857	3.6
3.20	10.00	17.0	10.0	0.4	25.0	4.0
3.40	10.00	16.0	10.0	0.4	25.0	4.0
3.60	14.00	20.0	14.0	0.466667	30.0	3.3
3.80	11.00	18.0	11.0	0.6	18.333	5.5
4.00	15.00	24.0	15.0	0.733333	20.455	4.9
4.20	14.00	25.0	14.0	0.733333	19.091	5.2
4.40	12.00	23.0	12.0	0.533333	22.5	4.4
4.60	11.00	19.0	11.0	0.466667	23.571	4.2
4.80	10.00	17.0	10.0	0.4	25.0	4.0
5.00	13.00	19.0	13.0	0.6	21.667	4.6
5.20	12.00	21.0	12.0	0.533333	22.5	4.4
5.40	9.00	17.0	9.0	0.466667	19.286	5.2
5.60	6.00	13.0	6.0	0.266667	22.5	4.4
5.80	8.00	12.0	8.0	0.333333	24.0	4.2
6.00	9.00	14.0	9.0	0.4	22.5	4.4
6.20	12.00	18.0	12.0	0.4	30.0	3.3
6.40	11.00	17.0	11.0	0.333333	33.0	3.0
6.60	7.00	12.0	7.0	0.2	35.0	2.9
6.80	7.00	10.0	7.0	0.4	17.5	5.7
7.00	7.00	13.0	7.0	0.266667	26.25	3.8
7.20	9.00	13.0	9.0	0.4	22.5	4.4
7.40	8.00	14.0	8.0	0.4	20.0	5.0
7.60	9.00	15.0	9.0	0.4	22.5	4.4
7.80	9.00	15.0	9.0	0.533333	16.875	5.9
8.00	8.00	16.0	8.0	0.4	20.0	5.0
8.20	7.00	13.0	7.0	0.333333	21.0	4.8
8.40	7.00	12.0	7.0	0.266667	26.25	3.8
8.60	7.00	11.0	7.0	0.333333	21.0	4.8
8.80	8.00	13.0	8.0	0.333333	24.0	4.2
9.00	9.00	14.0	9.0	0.4	22.5	4.4
9.20	9.00	15.0	9.0	0.466667	19.286	5.2
9.40	9.00	16.0	9.0	0.4	22.5	4.4
9.60	15.00	21.0	15.0	3.733333	4.018	24.9
9.80	93.00	149.0	93.0	3.0	31.0	3.2
10.00	131.00	176.0	131.0	4.0	32.75	3.1
10.20	260.00	320.0	260.0	4.4	59.091	1.7
10.40	200.00	266.0	200.0	2.066667	96.774	1.0
10.60	233.00	264.0	233.0	-2.133333	-109.219	-0.9
10.80	248.00	216.0	248.0	2.466667	100.541	1.0
11.00	160.00	197.0	160.0	1.2	133.333	0.8

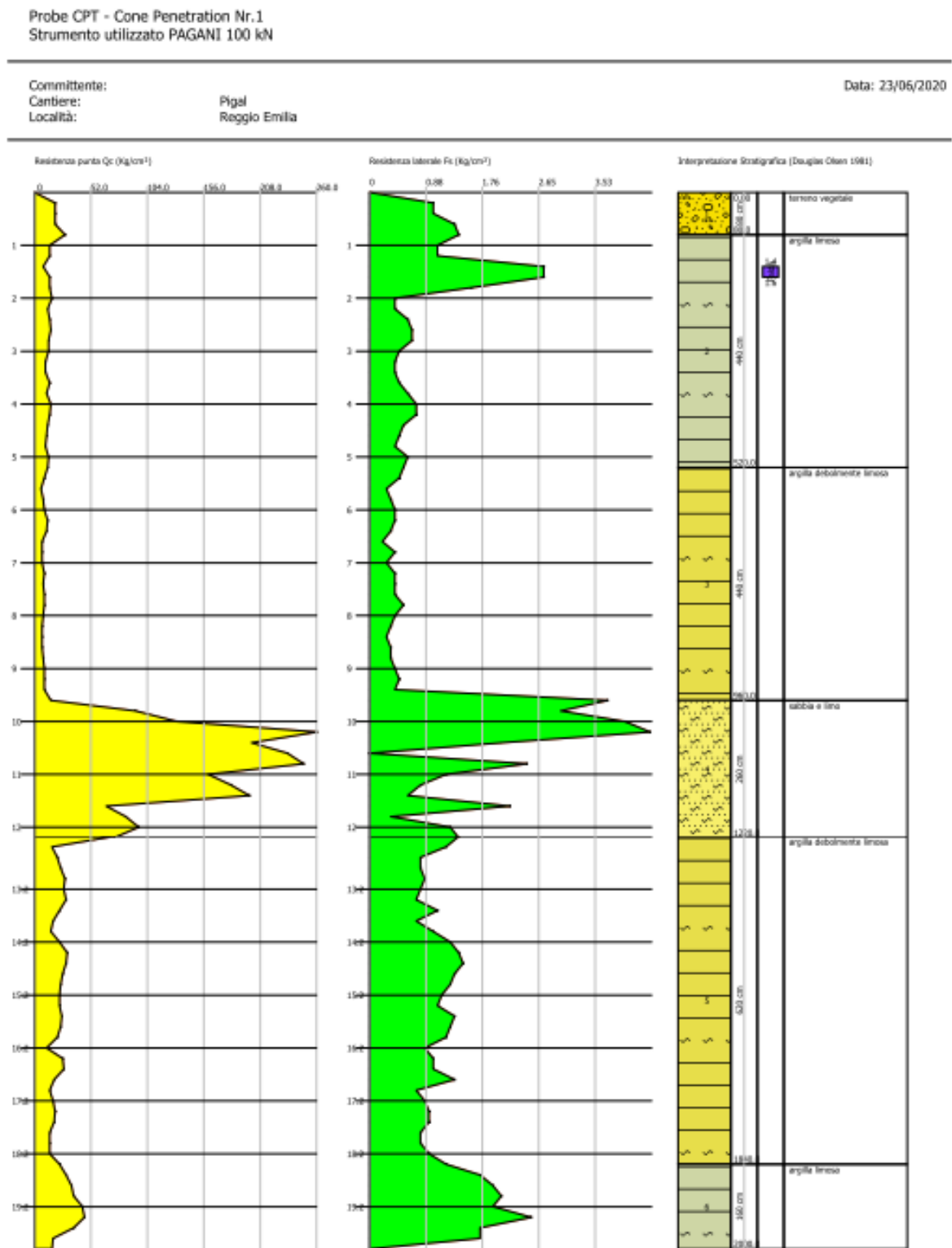
11.20	181.00	199.0	181.0 0.8		226.25
11.40	198.00	210.0	198.0	0.6	330.0
11.60	66.00	75.0	66.0	2.2	30.0
11.80	84.00	117.0 84.0		0.333333	252.0
12.00	96.00	101.0 96.0		1.266667	75.789
12.20	73.00	92.0	73.0 1.4		52.143
12.40	16.00	37.0	16.0 1.2		13.333
12.60	21.00	39.0	21.0	0.8	26.25
12.80	24.00	36.0	24.0	0.8	30.0
13.00	28.00	40.0 28.0		0.866667	32.308
13.20	27.00	40.0	27.0	0.8	33.75
13.40	29.00	41.0 29.0		0.733333	39.545
13.60	23.00	34.0 23.0		1.066667	21.562
13.80	17.00	33.0 17.0		0.733333	23.182
14.00	15.00	26.0	15.0	1.0	15.0
14.20	23.00	38.0 23.0		1.266667	18.158
14.40	30.00	49.0	30.0 1.4		21.429
14.60	29.00	50.0 29.0		1.466667	19.773
14.80	26.00	48.0 26.0		1.333333	19.5
15.00	24.00	44.0 24.0		1.266667	18.947
15.20	23.00	42.0 23.0		1.133333	20.294
15.40	23.00	40.0 23.0		1.066667	21.562
15.60	25.00	41.0 25.0		1.333333	18.75
15.80	24.00	44.0 24.0		1.266667	18.947
16.00	21.00	40.0	21.0	1.2	17.5
16.20	11.00	29.0 11.0		0.866667	12.692
16.40	26.00	39.0	26.0	1.0	26.0
16.60	27.00	42.0	27.0	1.0	27.0
16.80	18.00	33.0 18.0		1.333333	13.5
17.00	14.00	34.0 14.0		0.733333	19.091
17.20	17.00	28.0 17.0		0.866667	19.615
17.40	19.00	32.0 19.0		0.933333	20.357
17.60	18.00	32.0 18.0		0.933333	19.286
17.80	14.00	28.0	14.0	0.8	17.5
18.00	14.00	26.0	14.0	0.8	17.5
18.20	14.00	26.0 14.0		0.933333	15.0
18.40	23.00	37.0	23.0 1.2		19.167
18.60	29.00	47.0 29.0		1.733333	16.731
18.80	34.00	60.0 34.0		1.933333	17.586
19.00	36.00	65.0 36.0		2.066667	17.419
19.20	44.00	75.0 44.0		1.933333	22.759
19.40	46.00	75.0 46.0		2.533333	18.158
19.60	36.00	74.0 36.0		1.733333	20.769
19.80	17.00	43.0 17.0		1.733333	9.808
20.00	16.00	42.0	16.0	0.0	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

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

Nr.	Prof.	Tip	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi
1	0.80	CI	1.1	822.0	44.0	185.1	0.7	2.0	2.1	80.7	39.7
2	5.20	CI	0.6	468.7	47.6	132.2	1.8	1.9	2.0	42.0	33.7
3	9.60	CI	0.4	316.2	40.3	104.5	<0.5	1.8	1.9	26.1	31.3
4	12.20	CI	7.8	5827.9	311.2	611.6	<0.5	2.3	2.4	100.0	42.0
5	18.40	CI	1.1	794.4	42.8	181.9	1.3	2.0	2.1	57.2	36.0
6	20.00	CI	1.6	1201.7	64.5	233.8	1.0	2.1	2.1	71.4	38.1

Tav.1- Elaborazione CPT1



Tav.1.2- Grafico con colonna stratigrafica CPT1

PROVA ... Nr.2

Committente:

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 23/06/2020

Profondità prova: 15.00 mt

Località: Reggio Emilia

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	14.00	20.0	14.0	0.4	35.0	2.9
0.40	14.00	20.0	14.0	0.4	35.0	2.9
0.60	14.00	20.0 14.0		1.133333	12.353	8.1
0.80	17.00	34.0 17.0		0.933333	18.214	5.5
1.00	6.00	20.0 6.0		2.466667	2.432	41.1
1.20	12.00	49.0 12.0		0.533333	22.5	4.4
1.40	8.00	16.0 8.0		0.333333	24.0	4.2
1.60	9.00	14.0 9.0		0.266667	33.75	3.0
1.80	13.00	17.0 13.0		0.466667	27.857	3.6
2.00	15.00	22.0 15.0		0.933333	16.071	6.2
2.20	17.00	31.0	17.0	0.8	21.25	4.7
2.40	15.00	27.0	15.0	0.8	18.75	5.3
2.60	14.00	26.0 14.0		0.666667	21.0	4.8
2.80	11.00	21.0 11.0		0.533333	20.625	4.8
3.00	11.00	19.0 11.0		0.466667	23.571	4.2
3.20	11.00	18.0 11.0		0.533333	20.625	4.8
3.40	10.00	18.0 10.0		0.466667	21.429	4.7
3.60	11.00	18.0	11.0 0.6		18.333	5.5
3.80	14.00	23.0 14.0		0.533333	26.25	3.8
4.00	15.00	23.0 15.0		0.666667	22.5	4.4
4.20	10.00	20.0	10.0	0.4	25.0	4.0
4.40	11.00	17.0 11.0		0.466667	23.571	4.2
4.60	15.00	22.0 15.0		0.666667	22.5	4.4
4.80	12.00	22.0	12.0	0.6	20.0	5.0
5.00	12.00	21.0	12.0	0.6	20.0	5.0
5.20	11.00	20.0 11.0		0.466667	23.571	4.2
5.40	11.00	18.0 11.0		0.533333	20.625	4.8
5.60	13.00	21.0 13.0		0.533333	24.375	4.1
5.80	11.00	19.0 11.0		0.466667	23.571	4.2
6.00	11.00	18.0	11.0	0.4	27.5	3.6
6.20	7.00	13.0 7.0		0.333333	21.0	4.8
6.40	7.00	12.0 7.0		0.266667	26.25	3.8
6.60	11.00	15.0 11.0		0.266667	41.25	2.4
6.80	12.00	16.0 12.0		0.533333	22.5	4.4
7.00	10.00	18.0 10.0		0.533333	18.75	5.3
7.20	12.00	20.0 12.0		0.733333	16.364	6.1
7.40	15.00	26.0 15.0		0.933333	16.071	6.2
7.60	16.00	30.0 16.0		0.866667	18.462	5.4
7.80	14.00	27.0 14.0		0.733333	19.091	5.2
8.00	16.00	27.0	16.0 0.6		26.667	3.8
8.20	13.00	22.0 13.0		0.733333	17.727	5.6
8.40	16.00	27.0	16.0	0.8	20.0	5.0
8.60	23.00	35.0 23.0		1.133333	20.294	4.9
8.80	31.00	48.0 31.0		1.466667	21.136	4.7
9.00	37.00	59.0 37.0		1.733333	21.346	4.7
9.20	26.00	52.0 26.0		1.266667	20.526	4.9
9.40	26.00	45.0	26.0 1.2		21.667	4.6
9.60	30.00	48.0	30.0 1.4		21.429	4.7
9.80	24.00	45.0 24.0		1.266667	18.947	5.3
10.00	30.00	49.0 30.0		1.666667	18.0	5.6
10.20	37.00	62.0	37.0	2.0	18.5	5.4
10.40	31.00	61.0	31.0 1.6		19.375	5.2
10.60	27.00	51.0 27.0		1.666667	16.2	6.2
10.80	26.00	51.0 26.0		1.466667	17.727	5.6
11.00	27.00	49.0 27.0		1.533333	17.609	5.7
11.20	34.00	57.0 34.0		1.866667	18.214	5.5

11.40	32.00	60.0	32.0		1.533333	20.87	4.8
11.60	33.00	56.0		33.0 1.8		18.333	5.5
11.80	33.00	60.0	33.0		1.866667	17.679	5.7
12.00	32.00	60.0	32.0		1.733333	18.462	5.4
12.20	35.00	61.0	35.0		1.866667	18.75	5.3
12.40	37.00	65.0	37.0		2.533333	14.605	6.8
12.60	35.00	73.0	35.0		2.733333	12.805	7.8
12.80	37.00	78.0	37.0		2.266667	16.324	6.1
13.00	40.00	74.0	40.0		2.533333	15.789	6.3
13.20	33.00	71.0		33.0 1.8		18.333	5.5
13.40	38.00	65.0	38.0		2.333333	16.286	6.1
13.60	38.00	73.0		38.0 2.2		17.273	5.8
13.80	36.00	69.0	36.0		2.266667	15.882	6.3
14.00	35.00	69.0	35.0		2.066667	16.935	5.9
14.20	32.00	63.0	32.0		1.933333	16.552	6.0
14.40	30.00	59.0	30.0		2.133333	14.063	7.1
14.60	31.00	63.0	31.0		2.133333	14.531	6.9
14.80	35.00	67.0	35.0		2.066667	16.935	5.9
15.00	33.00	64.0	33.0		0.0		0.0

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

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

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR		PuvS	Dr	Fi
1	0.80	CI	0.7	551.6	48.4	145.0	0.5	1.9	2.0	83.7	40.2
2	8.60	CI	0.6	459.5	47.2	130.0	1.0	1.9	2.0	60.8	36.7
3	15.00	CI	1.6	1216.9	65.1	235.1	<0.5	2.1	2.1	94.2	41.7

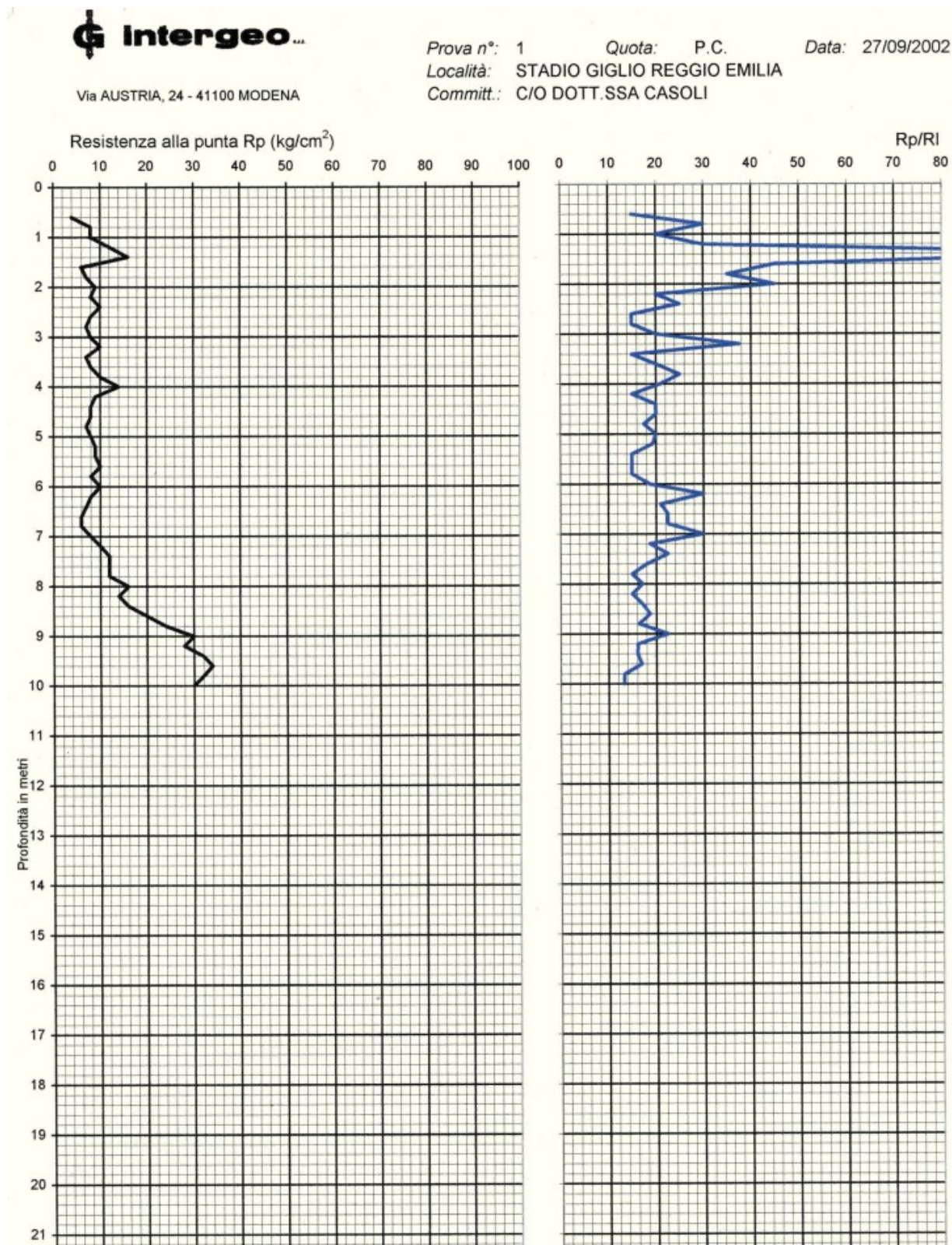
Tav.1.3- Elaborazione CPT 2

DATA: ZSPUBJZUZN



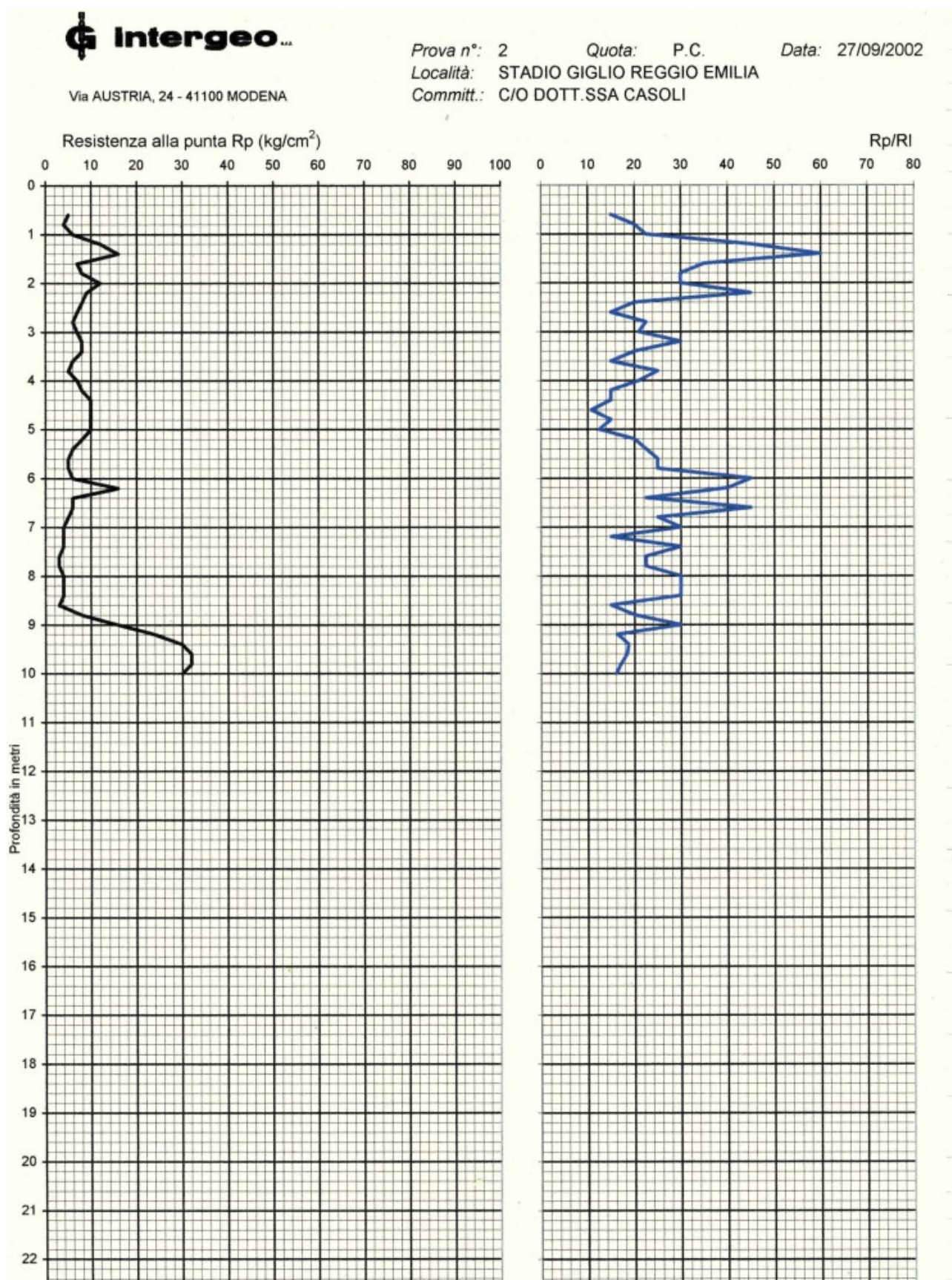
Studio Geologico Calicetti Paolo- Via Lombardia 46, Montale (MO). Cell. 3476656452- P.I 03533010363 Pag. 42

Prove penetrometriche d'archivio



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60	4	8	4	0,27	15,00
0,80	8	12	8	0,27	30,00
1,00	8	14	8	0,40	20,00
1,20	12	18	12	0,40	30,00
1,40	16	18	16	0,13	120,00
1,60	6	8	6	0,13	45,00
1,80	7	10	7	0,20	35,00
2,00	9	12	9	0,20	45,00
2,20	8	14	8	0,40	20,00
2,40	10	16	10	0,40	25,00
2,60	8	16	8	0,53	15,00
2,80	7	14	7	0,47	15,00
3,00	8	14	8	0,40	20,00
3,20	10	14	10	0,27	37,50
3,40	7	14	7	0,47	15,00
3,60	8	14	8	0,40	20,00
3,80	10	16	10	0,40	25,00
4,00	14	24	14	0,67	21,00
4,20	9	18	9	0,60	15,00
4,40	8	14	8	0,40	20,00
4,60	8	14	8	0,40	20,00
4,80	7	13	7	0,40	17,50
5,00	8	14	8	0,40	20,00
5,20	9	16	9	0,47	19,29
5,40	9	18	9	0,60	15,00
5,60	10	20	10	0,67	15,00
5,80	8	16	8	0,53	15,00
6,00	10	18	10	0,53	18,75
6,20	8	12	8	0,27	30,00
6,40	7	12	7	0,33	21,00
6,60	6	10	6	0,27	22,50
6,80	6	10	6	0,27	22,50
7,00	8	12	8	0,27	30,00
7,20	10	18	10	0,53	18,75
7,40	12	20	12	0,53	22,50
7,60	12	22	12	0,67	18,00
7,80	12	24	12	0,80	15,00
8,00	16	30	16	0,93	17,14
8,20	14	28	14	0,93	15,00
8,40	16	30	16	0,93	17,14
8,60	20	36	20	1,07	18,75
8,80	24	46	24	1,47	16,36
9,00	30	50	30	1,33	22,50
9,20	28	54	28	1,73	16,15
9,40	32	62	32	2,00	16,00
9,60	34	64	34	2,00	17,00
9,80	32	68	32	2,40	13,33
10,00	30	64	30	2,27	13,24
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					

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
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					
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					



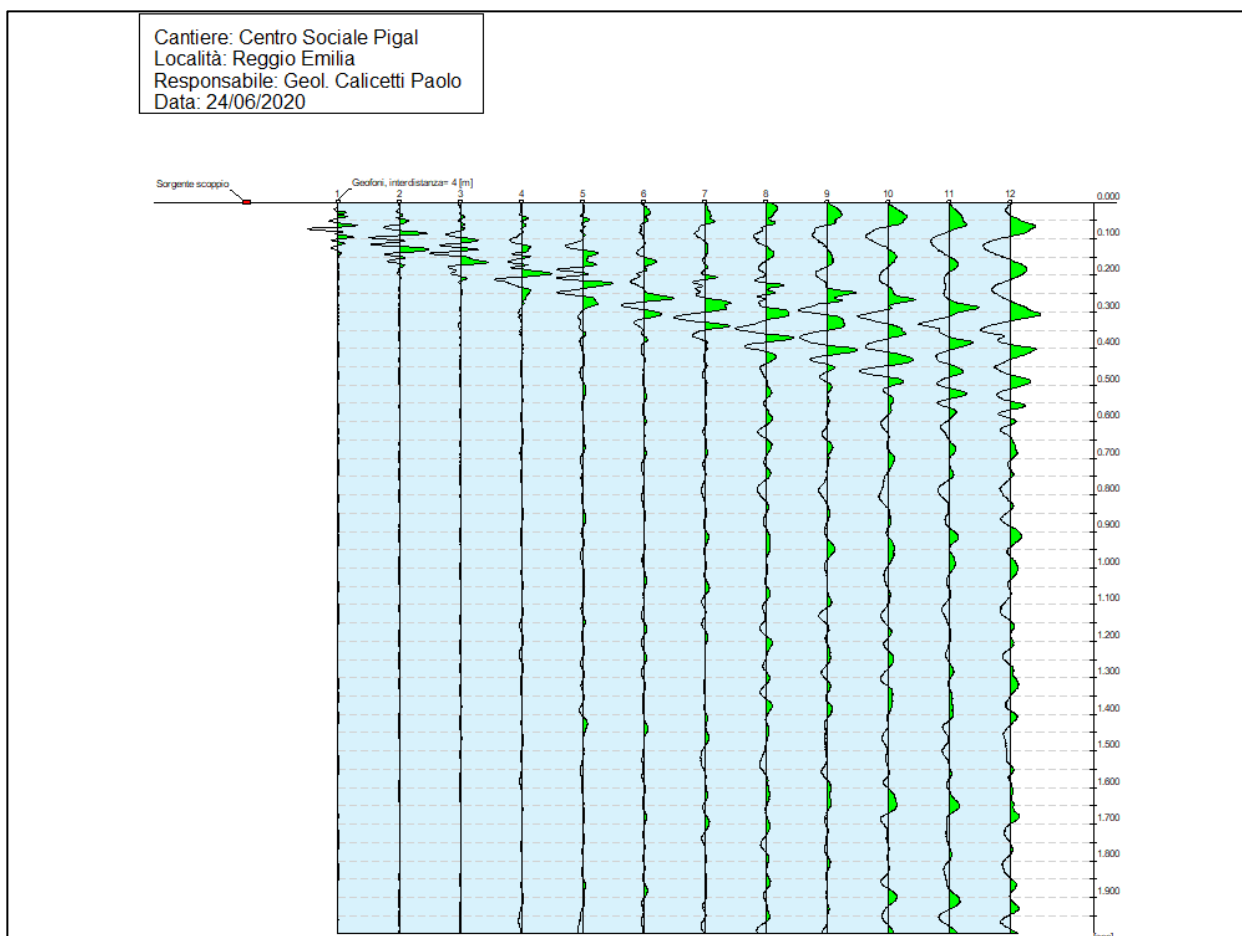
Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60	5	10	5	0,33	15,00
0,80	4	7	4	0,20	20,00
1,00	6	10	6	0,27	22,50
1,20	12	16	12	0,27	45,00
1,40	16	20	16	0,27	60,00
1,60	7	10	7	0,20	35,00
1,80	8	12	8	0,27	30,00
2,00	12	18	12	0,40	30,00
2,20	9	12	9	0,20	45,00
2,40	8	14	8	0,40	20,00
2,60	7	14	7	0,47	15,00
2,80	6	10	6	0,27	22,50
3,00	7	12	7	0,33	21,00
3,20	8	12	8	0,27	30,00
3,40	8	14	8	0,40	20,00
3,60	6	12	6	0,40	15,00
3,80	5	8	5	0,20	25,00
4,00	7	12	7	0,33	21,00
4,20	8	16	8	0,53	15,00
4,40	10	20	10	0,67	15,00
4,60	10	24	10	0,93	10,71
4,80	10	20	10	0,67	15,00
5,00	10	22	10	0,80	12,50
5,20	8	14	8	0,40	20,00
5,40	6	10	6	0,27	22,50
5,60	5	8	5	0,20	25,00
5,80	5	8	5	0,20	25,00
6,00	6	8	6	0,13	45,00
6,20	16	22	16	0,40	40,00
6,40	6	10	6	0,27	22,50
6,60	6	8	6	0,13	45,00
6,80	5	8	5	0,20	25,00
7,00	4	6	4	0,13	30,00
7,20	4	8	4	0,27	15,00
7,40	4	6	4	0,13	30,00
7,60	3	5	3	0,13	22,50
7,80	3	5	3	0,13	22,50
8,00	4	6	4	0,13	30,00
8,20	4	6	4	0,13	30,00
8,40	4	6	4	0,13	30,00
8,60	3	6	3	0,20	15,00
8,80	8	14	8	0,40	20,00
9,00	16	24	16	0,53	30,00
9,20	24	46	24	1,47	16,36
9,40	30	54	30	1,60	18,75
9,60	32	58	32	1,73	18,46
9,80	32	60	32	1,87	17,14
10,00	30	58	30	1,87	16,07
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					

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
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					
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					

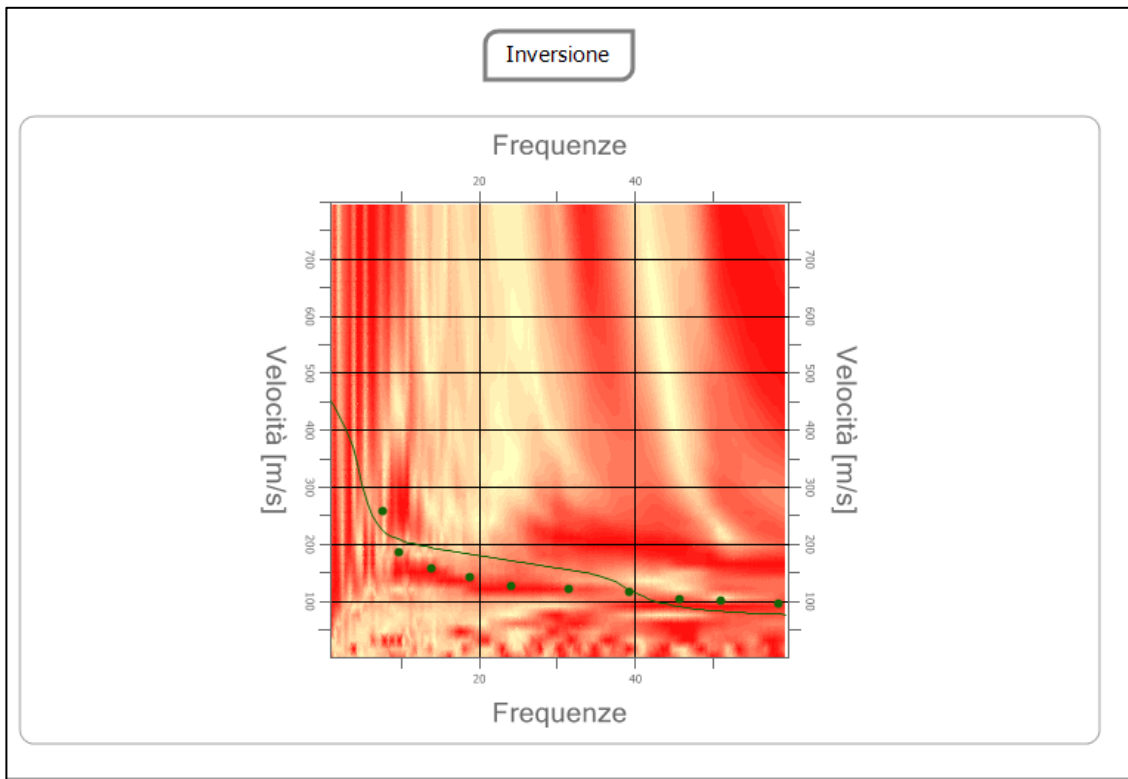
Tavola 2- Acquisizione masw ed elaborazione

Tracce

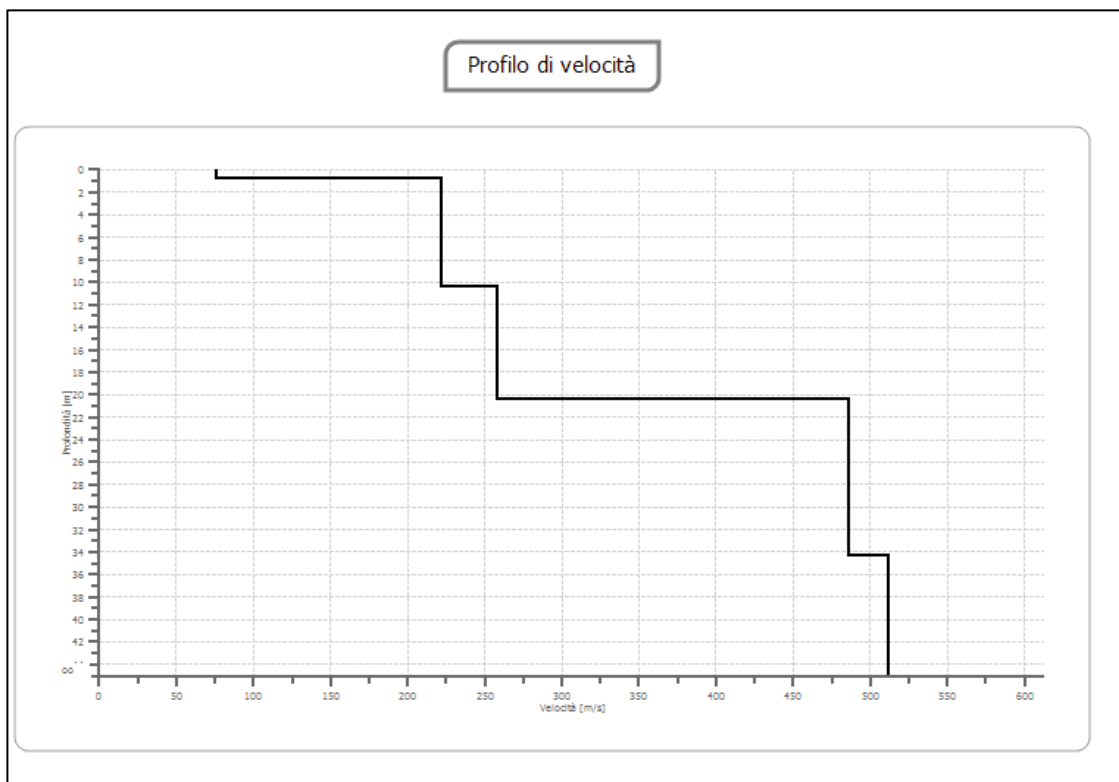
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Tav. 2.1- Acquisizione del segnale



Tav. 2.2- Inversione del segnale



Tav. 2.3- Il grafico illustra le velocità del segnale alle varie profondità

Tavola 3- Acquisizione HVSR ed elaborazione

Dati generali

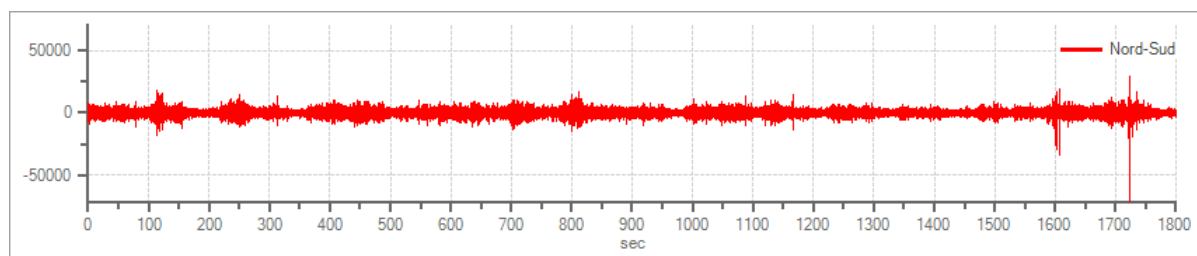
Nome progetto:
Committente:
Cantiere: Centro Sociale Pigal
Località: Reggio Emilia
Operatore:
Responsabile: Geol. Calicetti Paolo
Data: 25/06/2020 00:00:00
Zona:
Latitudine:
Longitudine:

Tracce in input

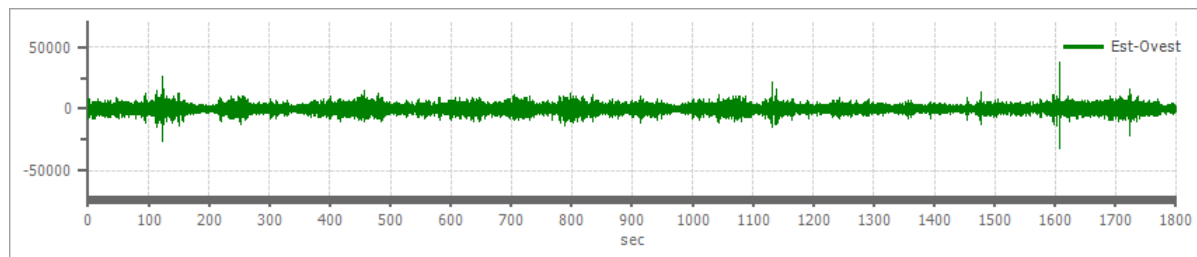
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1800 s
Frequenza di campionamento:	300.00 Hz
Numero campioni:	540000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

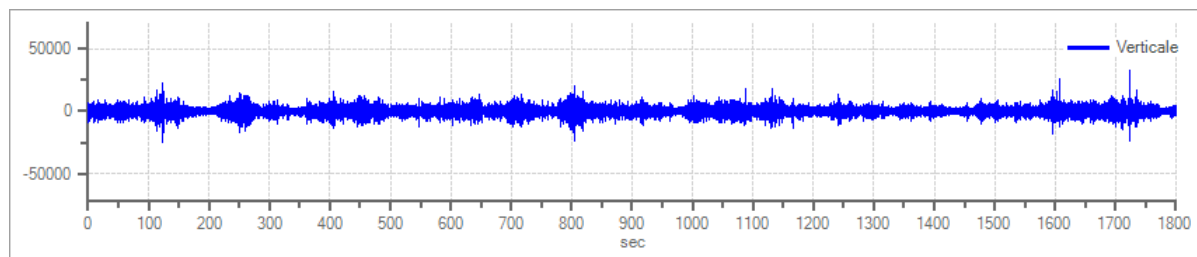
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 70

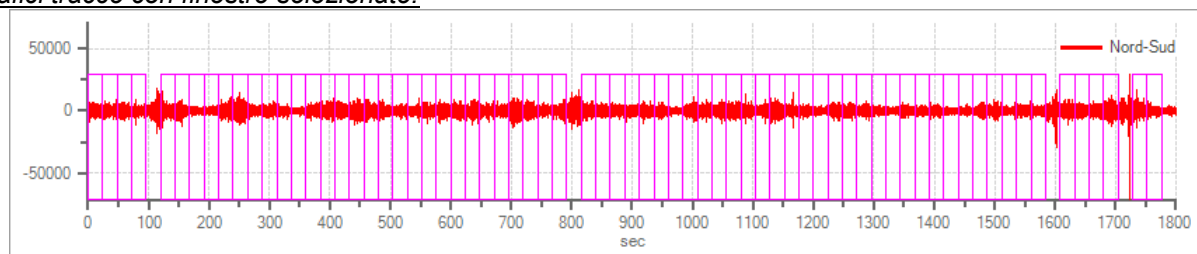
Numero finestre incluse nel calcolo: 70

Dimensione temporale finestre: 24.000 s

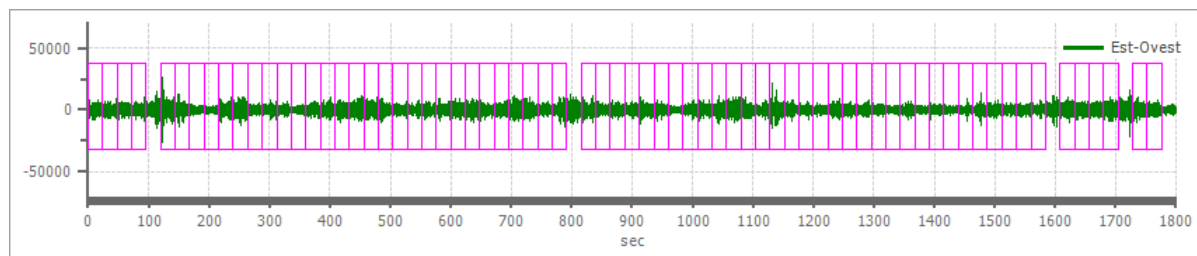
Tipo di liscio: Triangolare proporzionale

Percentuale di liscio: 10.00 %

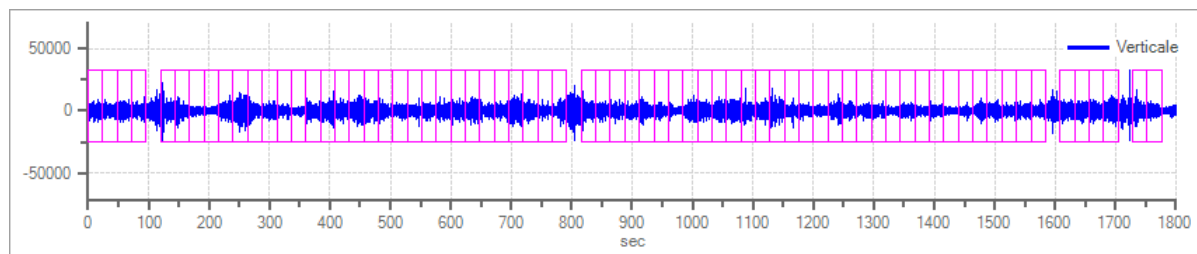
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

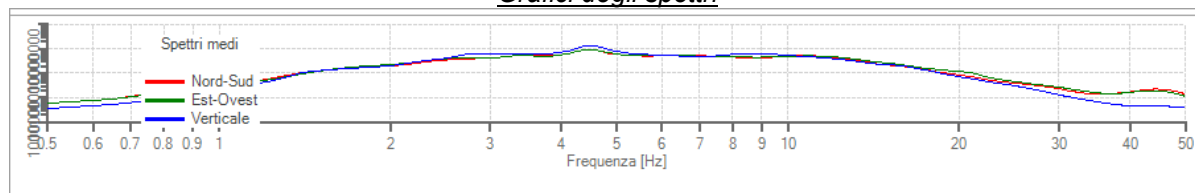


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

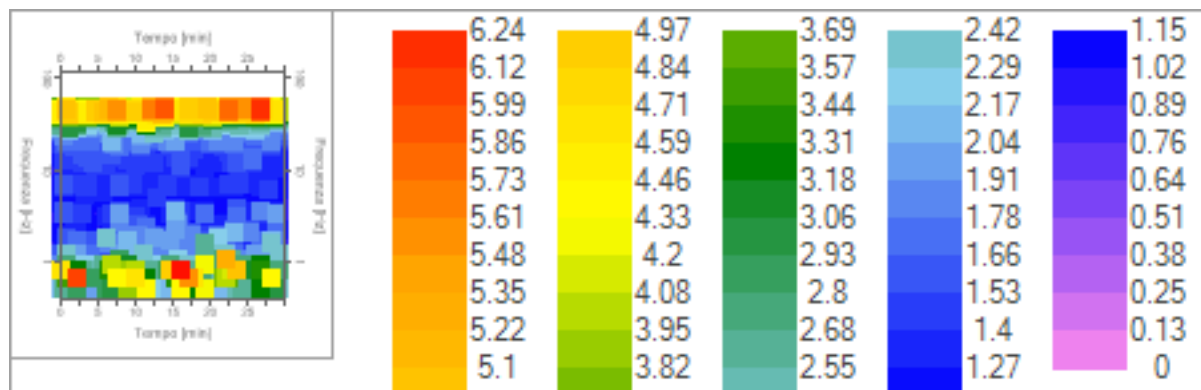


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

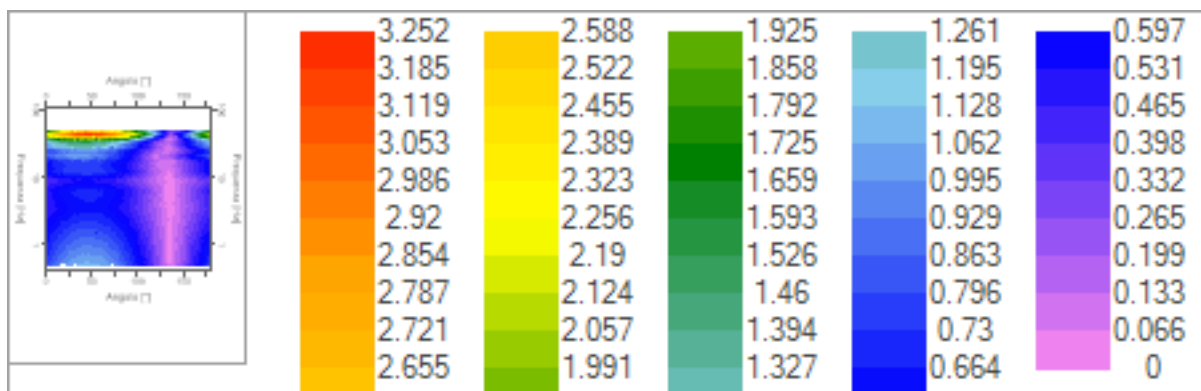
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

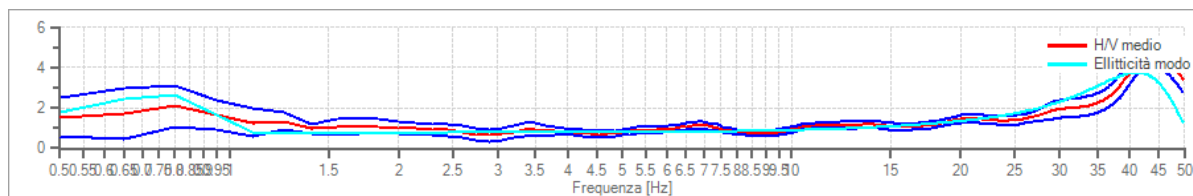
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 50.00 Hz
 Frequenza minima: 0.50 Hz
 Passo frequenze: 0.15 Hz
 Tipo lisciamento:: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 44.00 Hz $\pm$ 0.10 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati:	7
Frequenza del picco dell'ellitticità:	41.15 Hz
Valore di disadattamento:	57.15
Valore Vseq:	218.69 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0.5	19	0.3	65
2	0.5	8	18	0.3	210
3	8.5	10	20	0.3	230
4	18.5	30	20	0.3	240
5	48.5	36	22	0.3	288
6	84.5	40	22	0.3	365
7	124.5	40	22	0.3	750

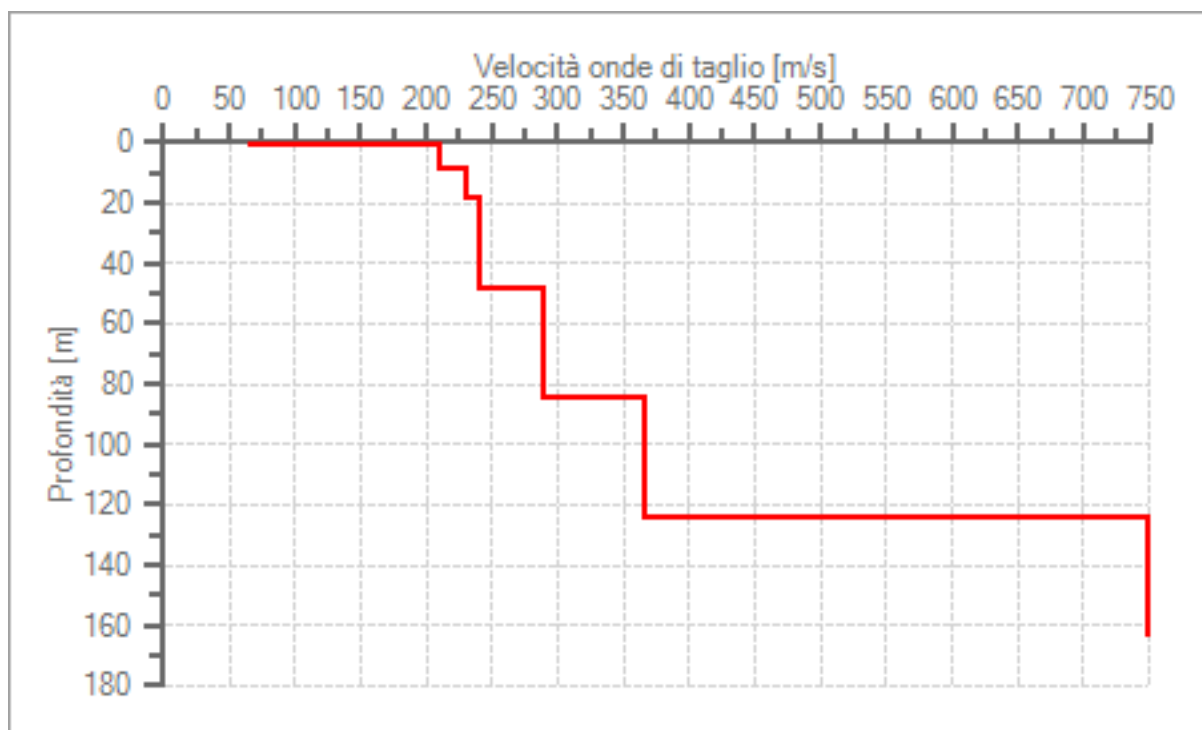


Fig.3.1- Profilo desunto onde di taglio