



COMUNE DI REGGIO EMILIA
ATTUAZIONE DEL POC 2014-2018

PIIP ASP_N1-5a
LOCALITA' MANCASALE

REVISIONE GENERALE DEL PUA

COMMITTENTE: BAGNACANI FRANCO
EDIL GRISENDI SpA
MEDICI GIANNI snc di Medici e Cattani
OGNIBENE SpA
REGESIM srl

PROGETTO: LAURO SACCHETTI ASSOCIATI
Arch. Antonio Sassi

descrizione	data:	cdx:
	18-12-2023	A2310
<p>RELAZIONE GEOLOGICA TECNICA</p>	aggiornamenti:	elaborato n.
	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>el.</p> <p>0.7</p>
 <p>LSA ARCHITETTURA INGEGNERIA URBANISTICA</p> <p>LAURO SACCHETTI ASSOCIATI Via Del Chionso, 28/a - 42122 Reggio Emilia Tel. 0522-271401 - Fax 0522-923700 - P.I. 01612630358 www.studiolsa.it - info@studiolsa.it - info@pec.studiolsa.it</p>		

Dott. RINO GUADAGNINI

GEOLOGO

MODENA, 01/12/2023

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA DI
UN'AREA SITA IN COMUNE DI REGGIO EMILIA
(LOCALITA' MANCASALE) INTERESSATA DALLA
REVISIONE DI UN PUA E LA COSTRUZIONE DI UN
CAPANNONE

VIA AUTODROMO, 200/4 – 41100 MODENA – TEL. 059 / 820694

Codice Fiscale GDG RNI 49D03 G945Y

Partita IVA 812130367

INDICE

1. PREMESSA ED INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE
2. INDAGINI ESEGUITE, RISULTATI OTTENUTI E MODELLIZZAZIONE GEOTECNICA
3. ASPETTI SISMICI
4. CONCLUSIONI

ALLEGATI: Corografia
Ubicazione prove penetrometriche
Diagrammi penetrometrici
Tabulati di calcolo
Report indagine sismica

1. PREMESSA ED INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Su incarico e d'intesa con l'Ing. Federico Grisendi, il sottoscritto Dott. Rino Guadagnini, geologo libero professionista regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna con il n. 192, ha provveduto ad effettuare uno studio geologico-geotecnico e sismico di un'area sita in Comune di Reggio Emilia loc. Mancasale che è interessata da un progetto di revisione di un PUA e la costruzione di un capannone.

Scopo dello studio, in questa fase progettuale, è stato non tanto quello di valutare la fattibilità "geologica" del progetto, ma, soprattutto, quello di verificare le caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni presenti nel sottosuolo, in modo da permettere al Tecnico Progettista incaricato per la progettazione una corretta scelta fondazionale ed un altrettanto corretto dimensionamento delle fondazioni stesse, in relazione soprattutto alle interazioni nuovo edificio - terreno di fondazione, che saranno indotte a seguito della nuova imposizione di carico.

L'area oggetto della presente relazione si trova in Comune di Reggio Emilia, a nord della città, nell'area industriale Mancasale della quale ne costituisce un ampliamento ad ovest; essa ha forma grossomodo rettangolare e confina ad est con Via Aldo Moro, a sud con Via Luciano Lama, ad ovest con Via Trattati di Roma mentre a nord confina con altra Proprietà.

Da un punto di vista morfologico l'area, attualmente coltivata a prato, ed un ampio intorno, sono pianeggianti ed essendo poste a quote di 32÷33 m s.l.m., appartengono alla cosiddetta Pianura reggiana.

Geologicamente il sottosuolo, per parecchie decine di metri almeno e comunque per spessori di gran lunga superiori a quelli che possono essere interessati da qualsiasi opera fondazionale e dalla diffusione in profondità dei carichi trasmessi da qualsiasi fondazione, è costituito da depositi di piana alluvionale.

Tali depositi sono caratterizzati dalla presenza, di gran lunga prevalente, di materiali fini e/o finissimi (argille e limi con i relativi termini intermedi), cui si intercalano lenti di materiali più grossolani costituiti da sabbie più o meno limose e più o meno grossolane.

La prima lente sabbiosa, arealmente continua e di spessore geotecnicamente significativo, nell'area si rinviene a profondità superiori ai 30 m e non sarà interessata dalle opere fondazionali.

Nei materiali relativamente più grossolani presenti nel primo sottosuolo, sono presenti modeste falde freatiche del tipo sospeso, alimentate per lo più da infiltrazione superficiale, che presentano soggiacenze minime dell'ordine di 1,0÷1,5 m dal p.c.

Trattandosi di una zona di pianura caratterizzata dalla presenza nel sottosuolo di terreni alluvionali lo studio, svolto nel rispetto della normativa vigente, è stato condotto, oltre che attraverso rilevamento diretto e ricerca bibliografica, avvalendosi dei risultati di una apposita indagine geognostica in sito per la caratterizzazione geotecnica (esecuzione di n. 5 prove penetrometriche) e di una apposita indagine geofisica (esecuzione di una indagine sismica con determinazione

sperimentale mediante inversione, metodo MASW, del valore V_{S30}) per la parametrizzazione sismica del sito.

Ci si è, inoltre, potuti avvalere anche dei risultati di altre indagini eseguite in zona su terreni del tutto simili.

2. INDAGINI ESEGUITE, RISULTATI OTTENUTI, E MODELLIZZAZIONE GEOTECNICA

Come accennato, per verificare le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nel sottosuolo e che saranno interessati dalle opere fondazionali e dalla diffusione in profondità dei carichi trasmessi è stata eseguita un'indagine, sviluppata mediante esecuzione di n. 5 prove penetrometriche che, in relazione alle presumibili caratteristiche granulometriche dei terreni del primo sottosuolo, sono state ad infissione statica; l'ubicazione delle prove compare in allegato, unitamente ai diagrammi penetrometrici ed ai tabulati di calcolo.

Le prove, che hanno raggiunto una profondità massima di m 30 dal p.c., sono state eseguite in campagna utilizzando un penetrometro statico Olandese Gouda da 10 ton di spinta ed impiegando per la penetrazione una punta "Friction Jacket Cone" avente un'area di 10 cm² ed un angolo alla punta di 60°.

L'uso della punta "Friction Jacket Cone" è stato espressamente richiesto dal sottoscritto per poter determinare, oltre al carico di rottura, anche la litologia dei terreni attraversati dalla punta penetrometrica.

Infatti dal rapporto fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale locale, applicando la correlazione di Begemann modificata da Schmestron, si riesce a risalire alla granulometria e, come

conseguenza, alla litologia dei terreni attraversati dalla punta penetrometrica.

Nei tabulati di calcolo sono stati riportati, oltre ai valori misurati in sito ogni 20 cm d'avanzamento della punta penetrometrica, i valori, calcolati mediante elaborazione automatica dei dati, della resistenza penetrometrica alla punta, (carico di rottura del terreno), espressi in kg/cm^2 , i valori della resistenza laterale locale, sempre espressi in kg/cm^2 , nonché i valori del rapporto fra la resistenza penetrometrica alla punta e la resistenza laterale locale (rapporto di Begemann).

Nei diagrammi penetrometrici, graficati mediante plotter interfacciato con l'elaboratore automatico, per semplicità di lettura, sono state riportate solamente due curve e precisamente:

- a sinistra del diagramma la curva della resistenza penetrometrica alla punta (carico di rottura del terreno), espressa in kg/cm^2 ;
- a destra, la curva del rapporto fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale locale (rapporto di Begemann).

Le prove penetrometriche appositamente eseguite hanno evidenziato, tra loro e con altre prove eseguite nelle vicinanze, una discreta omogeneità d'insieme, sia per quanto riguarda i valori della resistenza alla punta e quindi della capacità portante, sia per quanto riguarda i valori del rapporto di Begemann, e quindi della litologia, confermando nel contempo una situazione litostratigrafica semplice e cioè la presenza di materiali fini costituiti da argille prevalenti con intercalazioni limose e limo sabbiose, generalmente consolidati.

La caratterizzazione litologica e geotecnica dei terreni del primo sottosuolo è stata eseguita, come detto, mediante l'elaborazione delle prove penetrometriche statiche, eseguite sull'area sulla quale sono previste le opere in progetto, usando appositi programmi di calcolo e le correlazioni litostratigrafiche proposte in letteratura.

La parametrizzazione delle unità litotecniche del sottosuolo è stata realizzata attraverso le correlazioni proposte in letteratura, con riferimento alle unità litostratigrafiche individuate.

Complessivamente l'indagine eseguita ha evidenziato la presenza di terreni con caratteristiche favorevoli alla progettazione dell'intervento previsto.

I terreni interessati dalle strutture di fondazione in progetto, ovvero quelli soggetti all'interazione struttura-terreno, sono quelli superficiali entro i primi 4-5 m di profondità, sufficientemente consistenti da affrontare le normali problematiche fondazionali.

Nelle tabelle seguenti è riportata la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica, con i principali parametri.

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 deformazione non drenato (Kg/cm ²)
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
γ :	Peso unità di volume (t/m ³)
Dr:	Densità relativa (%)

ϕ : Angolo di resistenza al taglio ($^{\circ}$)

Ey: Modulo di Young (Kg/cm 2)

PS1

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	Fi	Ey
1	1,80	C	0,73	541,56	48,43	144,07	>9	1,92	--	--	--
2	2,80	C	0,64	467,58	47,65	132,94	>9	1,89	--	--	--
3	18,60	C	1,29	920,03	51,40	203,53	7,82	2,01	--	--	--
4	20,00	I	--	--	271,95	671,49	1,41	1,90	75,19	38,25	362,60

PS2

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	Fi	Ey
1	1,60	C	0,69	516,03	48,30	139,81	>9	1,91	--	--	--
2	3,00	C	0,81	591,62	47,95	152,94	>9	1,93	--	--	--
3	19,00	C	1,23	874,48	49,00	197,67	7,14	2,00	--	--	--
4	19,40	I	--	--	184,20	529,25	1,94	1,90	62,42	36,35	245,60
5	23,80	C	1,59	1108,16	63,60	231,81	4,59	2,04	--	--	--
6	24,20	I	--	--	72,60	299,64	<0.5	1,80	25,06	30,74	96,80
7	30,00	CI	1,22	809,88	48,80	197,18	<0.5	1,99	5,00	28,70	48,80

PS3

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	Fi	Ey
1	1,40	C	0,79	591,71	48,08	151,78	>9	1,93	--	--	--
2	2,20	C	0,72	525,80	48,40	142,26	>9	1,91	--	--	--
3	16,40	CI	1,15	824,60	46,00	190,18	<0.5	1,99	21,25	30,33	46,00
4	18,60	I	--	--	71,40	296,60	<0.5	1,80	31,99	31,83	95,20
5	20,00	CI	2,20	1577,82	88,20	283,08	<0.5	2,10	26,90	31,05	88,20

PS4

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	Fi	Ey
1	1,40	C	0,86	644,18	46,85	159,81	>9	1,95	--	--	--
2	2,20	C	0,69	506,63	48,26	139,20	>9	1,91	--	--	--
3	20,00	C	1,29	921,88	51,60	204,01	8,05	2,01	--	--	--

PS5

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	γ	Dr	Fi	Ey
1	1,20	C	0,74	551,20	48,42	145,27	>9	1,92	--	--	--
2	2,00	C	0,77	563,27	48,33	148,25	>9	1,92	--	--	--
3	20,00	C	1,29	890,38	51,80	204,50	4,48	2,00	--	--	--

Sulla base dell'indagine eseguita si può stimare, in linea generale, per i terreni presenti, considerando una profondità di posa delle fondazioni a circa 1,5 m di profondità dall'attuale piano campagna, una portata massima in termini di tensioni ammissibili, pari a $1,2 \div 1,4$ Kg/cm², che naturalmente andrà verificata in relazione alle nuove norme vigenti (NTC2018).

3. ASPETTI SISMICI

L'Emilia-Romagna è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS).

La porzione della media pianura reggiana in cui ricade l'area in esame risulta caratterizzata da un'attività tettonica attiva, dovuta alla presenza nel sottosuolo di strutture geodinamiche note in bibliografia con il nome di dorsale ferrarese, caratterizzate da tutta una serie di pieghe e faglie, che hanno determinato il notevole innalzamento dei depositi marini e che interessano tutta la zona della bassa modenese e in parte reggiana, responsabili tra l'altro dei terremoti del 20 e 29 maggio 2012, che hanno interessato proprio tale zona, tra cui anche quella in oggetto.

Nella provincia di Reggio Emilia, vi sono poi altre zone attive dal punto di vista tettonico, basti pensare alle zone che si collocano a sud, a ridosso del margine appenninico, zone nelle quali si riconoscono faglie attive con blocchi in movimento relativo tra di loro, la catena appenninica in sollevamento e l'alta pianura in abbassamento, che hanno provocato lesioni allineate secondo l'andamento delle fratture.

Tutto ciò a dimostrare come la zona in esame sia caratterizzata da movimenti tettonici marcati, che scaricano gradualmente l'energia accumulata nel terreno, che possono originare fenomeni sismici frequenti ancorché di modesta entità.

A tale proposito l'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", ha stabilito la nuova classificazione sismica di tutto il territorio nazionale, e disciplinato la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento e miglioramento su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azioni.

Il sito di costruzione ed i terreni in esso presenti dovranno in generale essere esenti da rischi di instabilità di pendii e di cedimenti permanenti causati da fenomeni di liquefazione o eccessivo addensamento in caso di terremoto.

Con l'entrata in vigore, il 23 ottobre 2005, delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.09.2005, le cui norme tecniche includono tra le referenze tecniche essenziali anche l'Ordinanza n. 3274/2003 e s.m.i., è diventata obbligatoria la progettazione antisismica per tutto il territorio nazionale, facendo riferimento alle zone sismiche di cui alla OPCM 3274/2003.

Ai fini dell'applicazione di queste norme, il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone sismiche, a ciascuna delle quali è assegnato un intervallo di valori dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni; in particolare, per la determinazione delle azioni sismiche, risulta assegnato un valore (a_g / g), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, diverso per ogni zona sismica; il Comune di Reggio

Emilia ricade nella zona 3 (Allegato 4) a sismicità bassa, a cui è associato un valore della massima accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a $a_g = 0,15g$.

I valori di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono:

Zona	Valore di a_g
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, come confermato dal recente D.M. 17/01/2018 che ne ha aggiornato alcuni contenuti, la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

Secondo l'approccio "zona dipendente", adottato dalla precedenti normative nazionali in campo antisismico, l'accelerazione di base a_g , senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni, era direttamente derivante dalla Zona sismica di appartenenza del comune nel cui territorio è localizzato il sito di progetto.

Nella nuova normativa di cui al D.M. 14 gennaio 2008, come confermato da quella del 2018, la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto,

mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica. Pertanto, secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, ripresi dalle NTC del 2018, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento, riportato nella tabella 1 nell'allegato B del D.M. del 2008.

Tale griglia è costituita da 10.751 nodi (distanziati di non più di 10 km) e copre l'intero territorio nazionale ad esclusione delle isole (tranne Sicilia, Ischia, Procida e Capri) dove, con metodologia e convenzioni analoghe vengono forniti parametri spettrali costanti per tutto il territorio (tabella 2 nell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

Per ciascuno dei nodi della griglia vengono forniti, per 9 valori del periodo di ritorno (da 30 anni a 2.475 anni), i valori dei parametri di pericolosità sismica, utili per la progettazione e cioè i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima del terreno espressa in $g/10$), F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale adimensionale) e T^*c (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale espresso in secondi) necessari per la definizione dell'azione sismica, una volta definito per l'intervento in progetto, ai sensi sempre delle NTC2008, come riprese da quelle del 2018, il tipo e la classe.

Secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 2008, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, è possibile il calcolo dei suddetti parametri spettrali (per uno dei tempi di ritorno

forniti) tramite media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni (Tabella 1 in Allegato B) che comprendono il sito in esame, per i quattro stati limite previsti dalle norme *S.L.O.*, *S.L.D.*, *S.L.V.* e *S.L.C.*.

Inoltre allo scopo di valutare l'amplificazione lito-stratigrafica dell'azione sismica di progetto, intesa come l'azione generata dal moto non uniforme del terreno di sedime per effetto della propagazione delle onde sismiche, deve essere classificato il terreno di fondazione, nelle seguenti categorie individuate dalle NTC 2008 e parzialmente modificate nelle NTC2018, come di seguito riportate.

Il sito viene classificato sulla base di V_{s30} se disponibile, altrimenti sulla base del valore di N_{spt} , per terreni prevalentemente granulari, ovvero sulla base della c_u , per i terreni prevalentemente coesivi, nelle seguenti categorie di suolo:

A -	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s30} > 800$ m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B -	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$ nei terreni a grana grossa, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fine).
C -	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensate, o terreni a grana fine mediamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fine).
D -	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori ai 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s (ovvero $N_{SPT} < 15$ nei terreni a grana grossa, $c_u < 70$ kPa nei terreni a grana fine).
E -	<i>Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali</i> , con valori di V_{s30} simili a

quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.

Le nuove norme di cui al D.M. 17/01/2018 hanno soppresso poi le due categorie speciali che erano individuate con le lettere S1 e S2 per le quali le NTC2008 richiedevano per la definizione dell'azione sismica il ricorso a studi specifici.

Nelle definizioni precedenti V_{s30} è la velocità media di propagazione entro i primi 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Indagine sismica MASW

Al fine di determinare le caratteristiche sismiche dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame, si è eseguita un'apposita indagine sismica, mediante metodologia MASW, i cui risultati compaiono in allegato.

Per i terreni in oggetto, fino ai 30 m di profondità, tenuto conto dell'indagine effettuata, si è ottenuto un valore della V_{s30} pari a 184 m/sec, che definisce una categoria di suolo di fondazione di tipo C.

Sulla base della categoria di suolo di appartenenza del terreno, le NTC2018 associano un coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s , da applicare alle componenti orizzontali dell'azione sismica; viene inoltre definito un coefficiente C_c che serve per il calcolo del periodo di controllo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta elastico in accelerazione.

Poiché tale valore è riferito al bedrock, per definire il valore di a_g in superficie si calcola quindi il fattore S_s , caratteristico dell'area, che dipende dalla categoria di suolo di fondazione; essendo i terreni dell'area in esame in categoria C, avremo:

$$- S_s = 1.70 - (0.6 \times F_o \times a_g/g)$$

Viene inoltre definito un coefficiente C_c , che serve per il calcolo del periodo di controllo T_c , corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta elastico in accelerazione; in particolare T_c è calcolato come prodotto di C_c per il periodo T^*c , ottenuto dallo studio di pericolosità sismici del sito specifico, come riportato nella tabella precedente.

Per suoli in categoria C il coefficiente C_c risulta pari a.

$$- C_c = 1.05 \times (T^*c)^{-0.33}.$$

Le NTC 2018 di cui al D.M. 17/01/2018 prevedono anche un coefficiente di amplificazione topografica che tiene conto della particolare ubicazione del sito, in relazione alla sua configurazione

morfologica. Vengono previste 4 categorie topografiche, a secondo della configurazione geometrica del sito, alle quali è associato un coefficiente di amplificazione S_T che varia da 1 a 1.4, come riportato nella tabella seguente.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	Fattore di amplificazione S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

Per quanto concerne la topografia del sito, siamo nella categoria T1, caratterizzata da una superficie pianeggiante con inclinazione media inferiore o uguale a 15° , alla quale è associata un valore del **coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1.**

Ciò detto, sulla base della collocazione del sito in oggetto, corrispondente al punto sul quale sono in progetto le opere previste, si ottengono i relativi parametri di pericolosità sismica, come riportato di seguito.

Parametri sismici

Sito in esame

latitudine: 44,741546

longitudine: 10,644986

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 15610 Lat: 44,7500 Lon: 10,6053

Distanza: 3269,662

Sito 2 ID: 15611 Lat: 44,7517 Lon: 10,6756

Distanza: 2664,567

Sito 3 ID: 15833 Lat: 44,7017 Lon: 10,6779

Distanza: 5140,956

Sito 4 ID: 15832 Lat: 44,7000 Lon: 10,6077

Distanza: 5480,340

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,046 g

Fo: 2,488

Tc*: 0,249 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,057 g

Fo: 2,507

Tc*: 0,264 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,151 g

Fo: 2,393

Tc*: 0,289 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

ag: 0,198 g

Fo: 2,404

Tc*: 0,299 [s]

SLO:

Ss: 1,500

Cc: 1,660

St: 1,000

Kh: 0,014

Kv: 0,007

Amax: 0,670

Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500

Cc: 1,630

St: 1,000

Kh: 0,017

Kv: 0,009

Amax: 0,836

Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,480

Cc: 1,580

St: 1,000

Kh: 0,054

Kv: 0,027

Amax: 2,197

Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,410

Cc: 1,560

St: 1,000

Kh: 0,067

Kv: 0,034

Amax: 2,743

Beta: 0,240

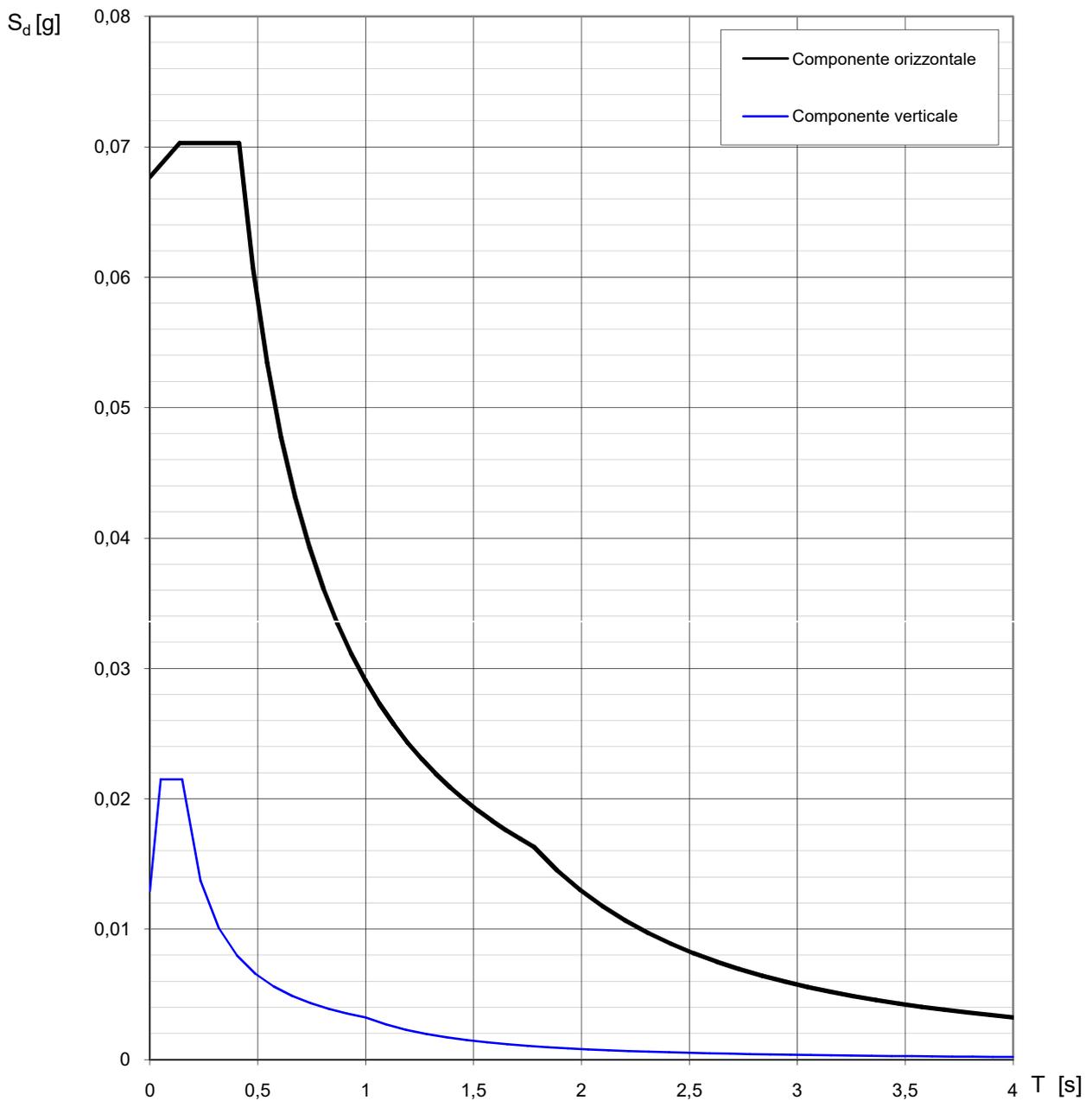
Dove Kh e Kv sono i coefficienti sismici, orizzontale e verticale, per il sito in esame, calcolati, nei diversi stati limite, mediante il coefficiente di riduzione sismica Beta (funzione della categoria di suolo).

Noti i parametri di pericolosità sismica si possono calcolare gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticali) delle azioni sismiche di progetto per il sito in esame.

Parametri dello spettro di risposta in base allo stato limite

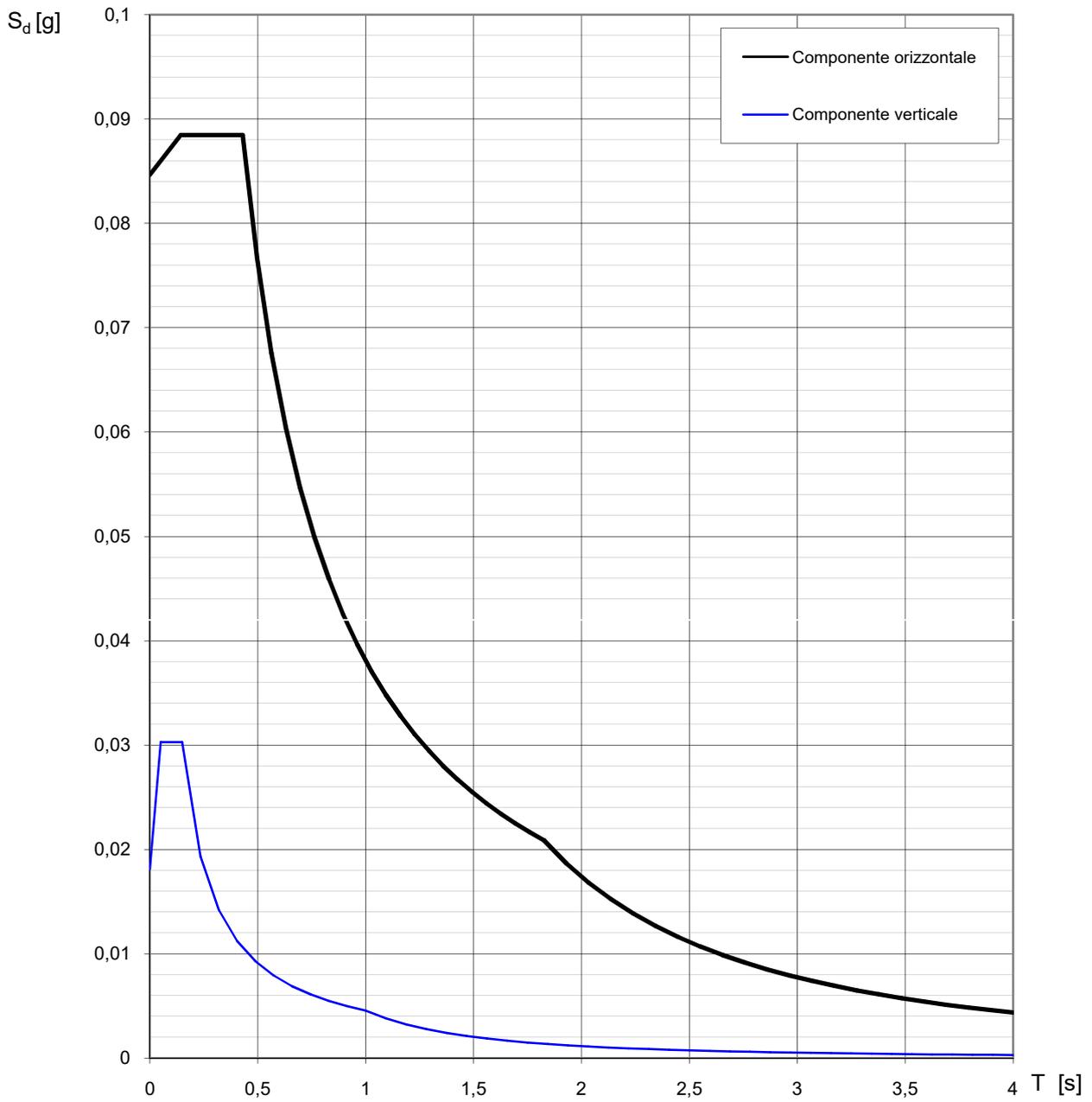
Spettro di risposta orizzontale	Spettro di risposta verticale																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SLO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>a_g</td><td>0,045</td></tr> <tr><td>F_o</td><td>2,492</td></tr> <tr><td>T_c^*</td><td>0,249</td></tr> <tr><td>S_s</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>C_c</td><td>1,662</td></tr> <tr><td>S_T</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>q</td><td>2,400</td></tr> <tr><td>S</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>η</td><td>0,417</td></tr> <tr><td>T_B</td><td>0,138</td></tr> <tr><td>T_c</td><td>0,413</td></tr> <tr><td>T_D</td><td>1,780</td></tr> </tbody> </table>	SLO		a_g	0,045	F_o	2,492	T_c^*	0,249	S_s	1,500	C_c	1,662	S_T	1,000	q	2,400	S	1,500	η	0,417	T_B	0,138	T_c	0,413	T_D	1,780	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SLO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>a_{gV}</td><td>0,013</td></tr> <tr><td>S_s</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>S_T</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>q</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>T_B</td><td>0,050</td></tr> <tr><td>T_c</td><td>0,150</td></tr> <tr><td>T_D</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>F_V</td><td>0,715</td></tr> <tr><td>S</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>η</td><td>0,667</td></tr> </tbody> </table>	SLO		a_{gV}	0,013	S_s	1,000	S_T	1,000	q	1,500	T_B	0,050	T_c	0,150	T_D	1,000	F_V	0,715	S	1,000	η	0,667
SLO																																																	
a_g	0,045																																																
F_o	2,492																																																
T_c^*	0,249																																																
S_s	1,500																																																
C_c	1,662																																																
S_T	1,000																																																
q	2,400																																																
S	1,500																																																
η	0,417																																																
T_B	0,138																																																
T_c	0,413																																																
T_D	1,780																																																
SLO																																																	
a_{gV}	0,013																																																
S_s	1,000																																																
S_T	1,000																																																
q	1,500																																																
T_B	0,050																																																
T_c	0,150																																																
T_D	1,000																																																
F_V	0,715																																																
S	1,000																																																
η	0,667																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SLD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>a_g</td><td>0,056</td></tr> <tr><td>F_o</td><td>2,508</td></tr> <tr><td>T_c^*</td><td>0,264</td></tr> <tr><td>S_s</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>C_c</td><td>1,629</td></tr> <tr><td>S_T</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>q</td><td>2,400</td></tr> <tr><td>S</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>η</td><td>0,417</td></tr> <tr><td>T_B</td><td>0,143</td></tr> <tr><td>T_c</td><td>0,430</td></tr> <tr><td>T_D</td><td>1,826</td></tr> </tbody> </table>	SLD		a_g	0,056	F_o	2,508	T_c^*	0,264	S_s	1,500	C_c	1,629	S_T	1,000	q	2,400	S	1,500	η	0,417	T_B	0,143	T_c	0,430	T_D	1,826	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SLD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>a_{gV}</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>S_s</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>S_T</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>q</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>T_B</td><td>0,050</td></tr> <tr><td>T_c</td><td>0,150</td></tr> <tr><td>T_D</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>F_V</td><td>0,804</td></tr> <tr><td>S</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>η</td><td>0,667</td></tr> </tbody> </table>	SLD		a_{gV}	0,018	S_s	1,000	S_T	1,000	q	1,500	T_B	0,050	T_c	0,150	T_D	1,000	F_V	0,804	S	1,000	η	0,667
SLD																																																	
a_g	0,056																																																
F_o	2,508																																																
T_c^*	0,264																																																
S_s	1,500																																																
C_c	1,629																																																
S_T	1,000																																																
q	2,400																																																
S	1,500																																																
η	0,417																																																
T_B	0,143																																																
T_c	0,430																																																
T_D	1,826																																																
SLD																																																	
a_{gV}	0,018																																																
S_s	1,000																																																
S_T	1,000																																																
q	1,500																																																
T_B	0,050																																																
T_c	0,150																																																
T_D	1,000																																																
F_V	0,804																																																
S	1,000																																																
η	0,667																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SLV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>a_g</td><td>0,150</td></tr> <tr><td>F_o</td><td>2,396</td></tr> <tr><td>T_c^*</td><td>0,289</td></tr> <tr><td>S_s</td><td>1,484</td></tr> <tr><td>C_c</td><td>1,582</td></tr> <tr><td>S_T</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>q</td><td>2,400</td></tr> <tr><td>S</td><td>1,484</td></tr> <tr><td>η</td><td>0,417</td></tr> <tr><td>T_B</td><td>0,152</td></tr> <tr><td>T_c</td><td>0,457</td></tr> <tr><td>T_D</td><td>2,201</td></tr> </tbody> </table>	SLV		a_g	0,150	F_o	2,396	T_c^*	0,289	S_s	1,484	C_c	1,582	S_T	1,000	q	2,400	S	1,484	η	0,417	T_B	0,152	T_c	0,457	T_D	2,201	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SLV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>a_{gV}</td><td>0,079</td></tr> <tr><td>S_s</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>S_T</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>q</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>T_B</td><td>0,050</td></tr> <tr><td>T_c</td><td>0,150</td></tr> <tr><td>T_D</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>F_V</td><td>1,253</td></tr> <tr><td>S</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>η</td><td>0,667</td></tr> </tbody> </table>	SLV		a_{gV}	0,079	S_s	1,000	S_T	1,000	q	1,500	T_B	0,050	T_c	0,150	T_D	1,000	F_V	1,253	S	1,000	η	0,667
SLV																																																	
a_g	0,150																																																
F_o	2,396																																																
T_c^*	0,289																																																
S_s	1,484																																																
C_c	1,582																																																
S_T	1,000																																																
q	2,400																																																
S	1,484																																																
η	0,417																																																
T_B	0,152																																																
T_c	0,457																																																
T_D	2,201																																																
SLV																																																	
a_{gV}	0,079																																																
S_s	1,000																																																
S_T	1,000																																																
q	1,500																																																
T_B	0,050																																																
T_c	0,150																																																
T_D	1,000																																																
F_V	1,253																																																
S	1,000																																																
η	0,667																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SLC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>a_g</td><td>0,198</td></tr> <tr><td>F_o</td><td>2,407</td></tr> <tr><td>T_c^*</td><td>0,297</td></tr> <tr><td>S_s</td><td>1,414</td></tr> <tr><td>C_c</td><td>1,568</td></tr> <tr><td>S_T</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>q</td><td>2,400</td></tr> <tr><td>S</td><td>1,414</td></tr> <tr><td>η</td><td>0,417</td></tr> <tr><td>T_B</td><td>0,155</td></tr> <tr><td>T_c</td><td>0,465</td></tr> <tr><td>T_D</td><td>2,391</td></tr> </tbody> </table>	SLC		a_g	0,198	F_o	2,407	T_c^*	0,297	S_s	1,414	C_c	1,568	S_T	1,000	q	2,400	S	1,414	η	0,417	T_B	0,155	T_c	0,465	T_D	2,391	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SLC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>a_{gV}</td><td>0,119</td></tr> <tr><td>S_s</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>S_T</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>q</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>T_B</td><td>0,050</td></tr> <tr><td>T_c</td><td>0,150</td></tr> <tr><td>T_D</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>F_V</td><td>1,445</td></tr> <tr><td>S</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>η</td><td>0,667</td></tr> </tbody> </table>	SLC		a_{gV}	0,119	S_s	1,000	S_T	1,000	q	1,500	T_B	0,050	T_c	0,150	T_D	1,000	F_V	1,445	S	1,000	η	0,667
SLC																																																	
a_g	0,198																																																
F_o	2,407																																																
T_c^*	0,297																																																
S_s	1,414																																																
C_c	1,568																																																
S_T	1,000																																																
q	2,400																																																
S	1,414																																																
η	0,417																																																
T_B	0,155																																																
T_c	0,465																																																
T_D	2,391																																																
SLC																																																	
a_{gV}	0,119																																																
S_s	1,000																																																
S_T	1,000																																																
q	1,500																																																
T_B	0,050																																																
T_c	0,150																																																
T_D	1,000																																																
F_V	1,445																																																
S	1,000																																																
η	0,667																																																

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLO



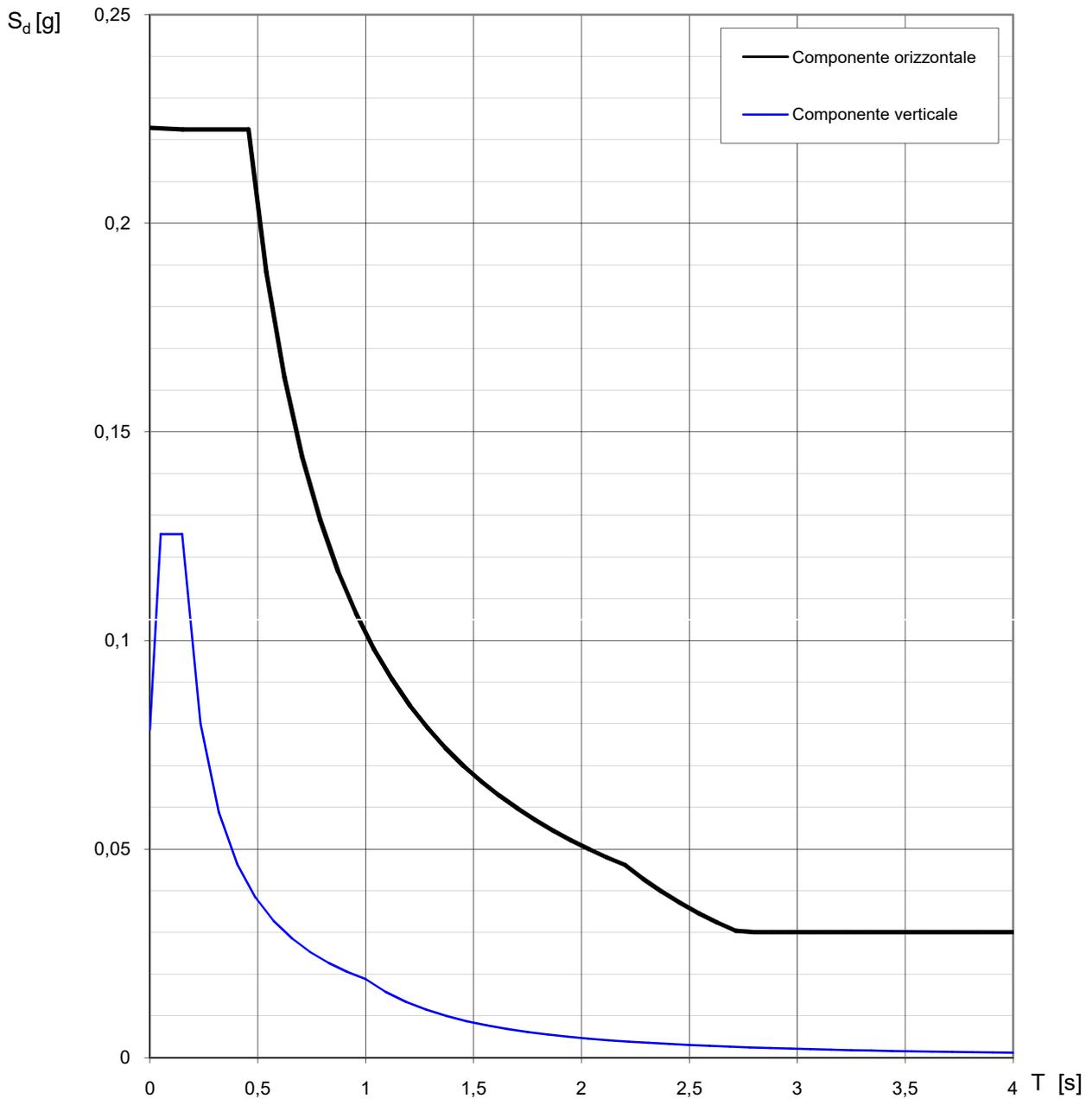
La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



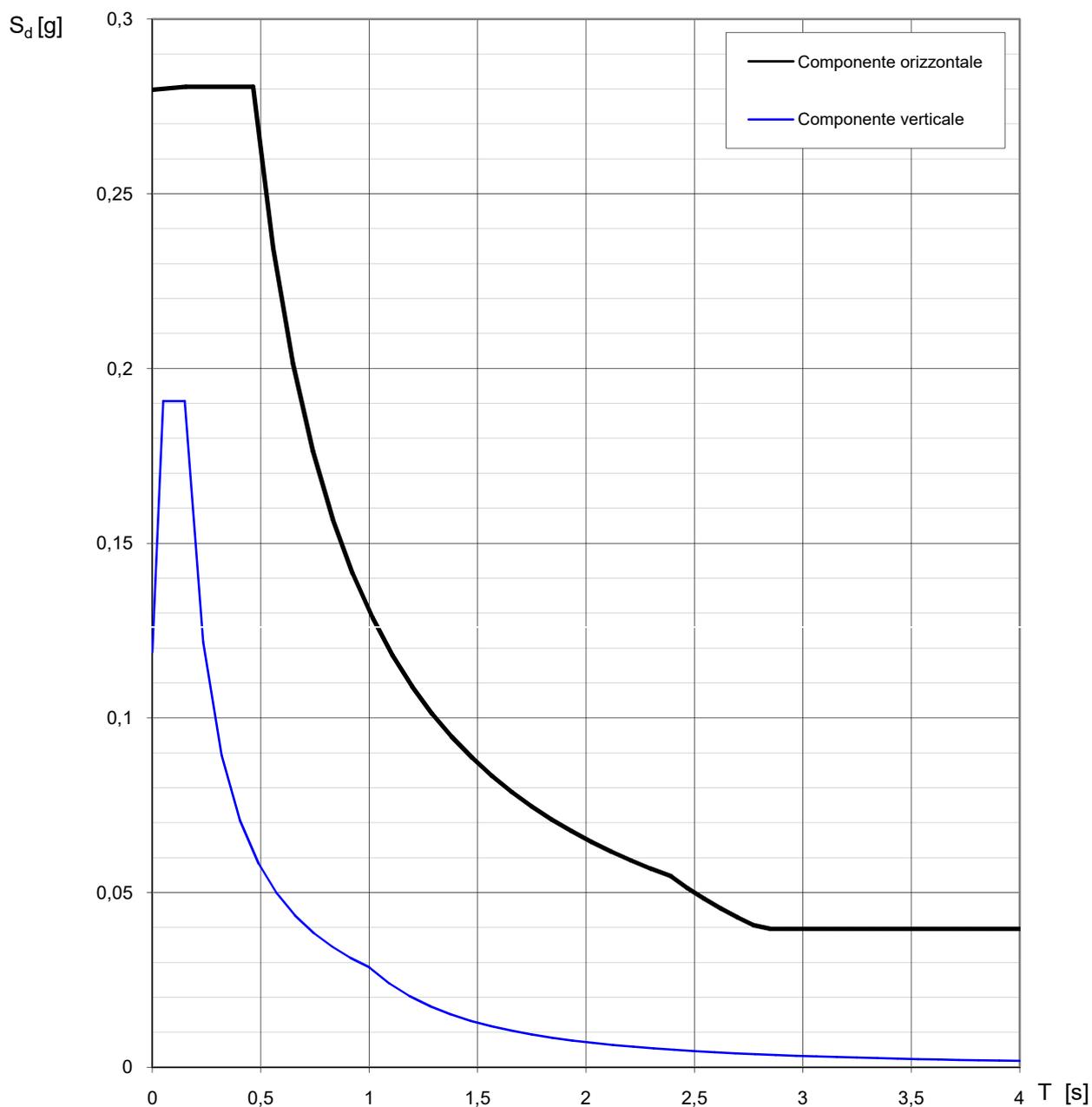
La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

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



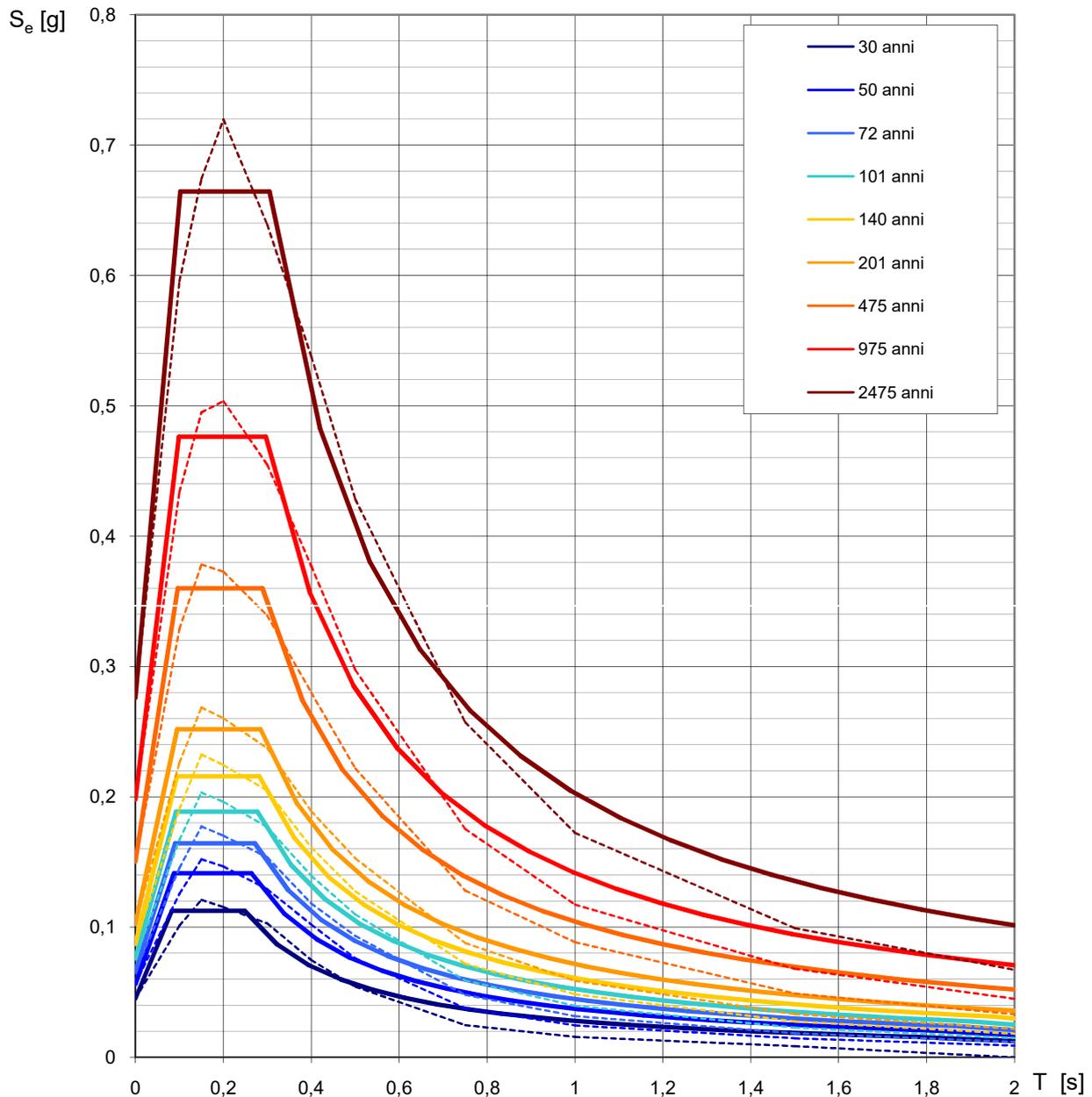
La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLC



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.

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

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.

Verifica della suscettibilità alla liquefazione

Verifica alla suscettività alla liquefazione

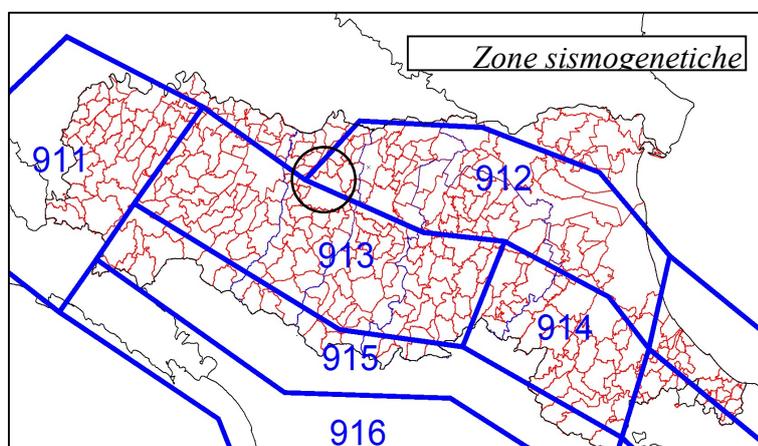
Nella normativa inerente gli aspetti sismici, di cui al D.M. del 2018, è richiesto di effettuare la verifica a liquefazione nel caso in cui siano presenti, nei primi 20 m di profondità del sottosuolo indagato, terreni granulari saturi (sabbie e sabbie limose) predisposti al fenomeno della liquefazione in caso di sisma.

Per liquefazione si intende un processo di accumulazione della pressione del fluido interstiziale che causa in un terreno incoerente (sabbie e sabbie limose) saturo (sotto falda) una diminuzione della resistenza al taglio a seguito dello scuotimento sismico, potendo dar luogo a delle deformazioni permanenti significative.

Il meccanismo della liquefazione dipende sia dalle caratteristiche del sisma (magnitudo, durata, distanza epicentrale ecc.) che da quelle locali del terreno (granulometria, saturazione, densità relativa, stato tensionale, ecc).

Nello specifico dell'area in esame, tenuto conto della presenza di strati sabbiosi saturi nei primi 20 m di profondità, come rilevato nella prova eseguita, è stata valutata la suscettività alla liquefazione da prove CPT, mediante un programma di calcolo automatico che applica la correlazione di Robertson Wride (1997).

L'area in esame appartiene alla Zona Sismogenetica n° 912 denominata "Dorsale Ferrarese" che rappresenta la zona più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale, come riportato nella figura seguente.



Tale zona, come dalle rilevazioni dell'INGV (marzo 2004), almeno fino ai recenti eventi del maggio 2012, era caratterizzata da una magnitudo massima registrata di 4.6 Md, con una profondità efficace di 7 km, come riportato nella tabella seguente che evidenzia come sia elevato il numero di eventi con basse magnitudo che contribuiscono alla dissipazione delle energie tettoniche che si accumulano nelle strutture compressive della dorsale.

Zona	Numero eventi Md>2	Numero eventi Md>2.5	Numero eventi Md>3.0	Magnitudo massima Md	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
912	180	141	54	4.6	5-8	7

Tabella 1. Dettagli eventi nella zona sismogenetica 912

Il Catalogo parametrico dei terremoti italiani Edizione 2004 denominato CPTI04 registra valori massimi di magnitudo momento Mw per la zona sismogenetica n° 912 pari a 6.14.

Litologicamente i terreni del primo sottosuolo in tutta l'area di interesse risultano caratterizzati da una certa omogeneità e tipica di un ambiente di pianura alluvionale nel quale si alternano sia spazialmente che temporalmente ambienti deposizionali tra loro collegati.

La verifica della suscettibilità alla liquefazione è stata eseguita considerando i risultati, sino alla profondità di 20 m dal p.d.c. delle prove penetrometriche eseguite.

La falda è stata considerata alla profondità di 1.50 m dal p.d.c., valore minimo registrato nei fori dei sondaggi penetrometrici.

Di conseguenza è stata effettuata un'analisi per verificare la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione attraverso un'analisi semplificata in condizioni di free-field valutando, ad ogni quota z del deposito compresa nei primi 20 m, la suscettibilità alla liquefazione attraverso un coefficiente di sicurezza F_L dato dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione (CRR) e sollecitazione indotta dall'azione sismica (rapporto di tensione ciclica CSR) mediante i metodi riportati di seguito ed indicati dalle *“Linee Guida AGI – Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica”*.

Per quel che concerne invece l'accelerazione massima attesa in superficie nell'area in esame, le analisi effettuate secondo quanto stabilito dalle NTC 2018 (considerando una classe d'uso 2 “costruzioni il cui uso preveda affollamenti normali” e pertanto un Coefficiente C_u pari a 1 e un suolo di tipo C) hanno portato ad un valore pari a 0.2197g.

Il coefficiente di sicurezza F_L è stato calcolato a partire dalla seguente formula:

$$F_L = \frac{CRR}{CSR} MSF$$

Il rapporto di tensione ciclica CSR, ad una determinata profondità, può essere valutato attraverso l'espressione di Seed e Idriss, 1971 riportata di seguito:

$$CSR = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} R_d$$

Dove:

a_{\max} : accelerazione di picco al piano campagna del terremoto di progetto;

g : accelerazione di gravità;

σ_{v0} : tensione totale verticale alla profondità considerata;

σ'_{v0} : tensione efficace verticale alla profondità considerata;

R_d : coefficiente riduttivo dell'azione sismica per valutare la deformabilità del sottosuolo;

Il coefficiente riduttivo dell'azione sismica R_d si può ricavare, per profondità del piano campagna inferiori a 20 m, mediante la seguente espressione (Idriss e Boulanger, 2004):

$$R_d = \exp \left[\left(-1.012 - 1.126 \sin \left(\frac{z}{11.73} + 5.133 \right) \right) + \left(0.106 + 0.118 \sin \left(\frac{z}{11.28} + 5.142 \right) \right) M \right]$$

Essendo z la profondità dal piano campagna espressa in metri ed M la magnitudo di momento dell'evento sismico atteso.

Poiché le procedure semplificate sono state elaborate sulla base di osservazioni sul comportamento dei depositi durante eventi sismici con magnitudo di momento M pari a 7.5, per eventi di magnitudo

diversa occorre ridurre il carico sismico a quello equivalente di un terremoto di magnitudo 7.5 $(CSR)_{M=7.5}$ attraverso la seguente relazione:

$$CSR_{M=7.5} = \frac{CSR}{MSF}$$

In cui MSF è un fattore di scala per la magnitudo che si può ricavare dall'espressione riportata di seguito (Idriss e Boulanger, 2004):

$$MSF = 6.9 \exp\left(\frac{-M}{4}\right) - 0.058$$

Per quel che concerne invece la valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR, la resistenza penetrometrica, q_c , ricavata dalle indagine penetrometriche statiche CPT, deve essere ricondotta ad un valore normalizzato, q_{c1N} , attraverso la seguente espressione:

$$q_{c1N} = C_Q \frac{q_c}{p_a}$$

Dove p_a (pressione atmosferica pari a 100kPa) e q_c espressa nella stessa unità di misura.

Il coefficiente C_Q (fattore correttivo per tener conto dell'influenza della pressione verticale efficace) può essere ricavato per via iterativa dalla seguente espressione (Boulanger e Idriss, 2004):

$$C_Q = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v}\right)^{1.338 - 0.294(q_{c1N})^{0.264}}$$

Tale coefficiente non deve superare il valore di 1.7.

Dal valore di (q_{c1N}) è possibile ottenere la resistenza alla liquefazione, per eventi sismici di magnitudo di momento pari a $M=7.5$, mediante la seguente espressione valida per sabbie pulite (Idriss e Boulanger, 2004).

$$CRR = \exp \left[\frac{q_{c1N}}{540} + \left(\frac{q_{c1N}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1N}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1N}}{114} \right)^4 - 3 \right]$$

Per materiali con frazione fine non trascurabile invece, per ottenere la resistenza alla liquefazione CRR è stata utilizzata la seguente equazione (Robertson e Wride, 1997):

$$CRR = 0.883 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \quad \text{se } (q_{c1N})_{cs} < 50$$

$$CRR = 93 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 \quad \text{se } (q_{c1N})_{cs} > 50$$

Nelle equazioni sopra riportate appare il valore $(q_{c1N})_{cs}$.

Infatti, nel caso di materiali con frazione fine non trascurabile la resistenza penetrometrica normalizzata q_{c1N} deve essere ricondotta ad un valore per sabbie pulite $(q_{c1N})_{cs}$ mediante la seguente espressione (Robertson e Wride, 1998):

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c * q_{c1N}$$

Il fattore correttivo K_c è dato da:

$$K_c = 1.0 \quad \text{per } I_c \leq 1.64$$

$$K_c = -17.88 + 33.75I_c - 21.63I_c^2 + 5.581I_c^3 - 0.4031I_c^4 \quad \text{per } I_c > 1.64$$

Il parametro di comportamento del terreno I_c da inserire nelle equazioni sopra riportate è una funzione della resistenza alla punta q_c e della resistenza laterale del manicotto f_s misurate dalle prove penetrometriche CPT.

In particolare:

$$I_c = \left[(3.47 - \log Q)^2 + (1.22 + \log F)^2 \right]^{0.5}$$

con:

$$Q = \left[\left(\frac{q_c - \sigma_{v0}}{P_a} \right) \right] \left[\left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n \right] \quad \text{resistenza penetrometrica normalizzata}$$

$$F = \left[\frac{f_s}{(q_c - \sigma_{v0})} \right] * 100\% \quad \text{resistenza laterale normalizzata}$$

Da quanto sopra, il 1° dato da ottenere è l'Indice I_C e relativo esponente di sforzo (n), che si ottengono procedendo per steps successivi:

1) se $I_C > 2,6$ ed $n=1$ allora il terreno è classificabile coesivo quindi non liquefacibile ed il calcolo è terminato;

2) se $I_C < 2,6$ il suolo può essere di natura granulare e si ripete il calcolo con $n=0,5$;

3) se dal ricalcolo del punto 2 $I_C > 2,6$ il suolo è classificabile come non coesivo ed il valore di I_C sarà utilizzato nel calcolo di q_{cIN}

4) se dal ricalcolo del punto 3 $I_C > 2,6$ il suolo è classificabile come limoso ed eventualmente coesivo e si dovrà ripetere il calcolo con $n=0,7$ ed il valore del nuovo IC sarà utilizzato nel calcolo di q_{cIN}

5) se dal ricalcolo del punto 4 $I_C > 2,6$ si utilizzerà come q_{cIN} il valore di 2_{qc} .

In ottemperanza a quanto previsto dalla Del. Ass. Reg. n° 112 della Regione Emilia Romagna (All. A3, cap. 2), ottenuti i valori di CSR e di CRR è possibile valutare il coefficiente di sicurezza F_L .

Come previsto da tale normativa se $F_L > 1$ si possono escludere fenomeni di liquefazione mentre se $F_L < 1$ è possibile che avvengano fenomeni di liquefazione.

Ottenuto il parametro F_L è possibile operare una stima probabilistica della possibilità che avvenga la liquefazione, utilizzando la seguente relazione proposta dalla normativa:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

In cui z è la profondità dal piano campagna in metri e $w(z) = 10 - 0.5z$.

Ad una data quota z il fattore $F(z)$ vale:

$$F = 1 - F_L \quad \text{se } F_L \leq 1$$

$$F = 0 \quad \text{se } F_L > 1$$

La scala di riferimento del rischio di liquefazione utilizzata in questo caso è quella di Sonmez (2003):

<i>Indice del potenziale di liquefazione, I_L SONMEZ, 2003</i>	<i>Pericolosità di liquefazione</i>
$I_L = 0$	Nulla
$0 < I_L < 2$	Bassa
$2 < I_L < 5$	Moderata
$5 < I_L < 15$	Alta
$I_L > 15$	Molto alta

Come riportato nella tabella seguente si è ottenuto un valore contenuto dell'indice di potenziale di liquefazione I_L con il rischio di liquefazione variabile da nullo a basso e pertanto del tutto accettabile.

Prova	Indice del potenziale di liquefazione I_L	Rischio di liquefazione
CPT1	0.00	Nulla
CPT2	0.1	Molto basso
CPT3	0.135	Molto basso
CPT4	0.00	Nulla
CPT5	0.00	Nulla

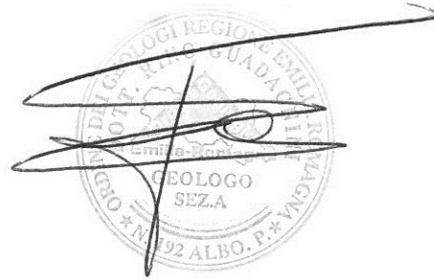
4. CONCLUSIONI

Lo studio geologico - geotecnico e sismico condotto sulla scorta di ricerca bibliografica, rilevamento diretto e soprattutto mediante effettuazione di un'apposita indagine in sito, espletata mediante effettuazione di n. 5 prove penetrometriche ad infissione statica con punta meccanica per la caratterizzazione geologico-geotecnica ed una indagine geofisica per la caratterizzazione sismica, nonché di altre indagini eseguite nelle vicinanze su terreni del tutto simili, ha permesso di stabilire che, da un punto di vista geologico - geotecnico e sismico generale, l'area oggetto del presente studio, sita in Comune di Reggio Emilia, località area industriale di Mancasale ed identificata nella cartografia allegata, è idonea ad ospitare il progetto di revisione di un PUA e la costruzione di un capannone.

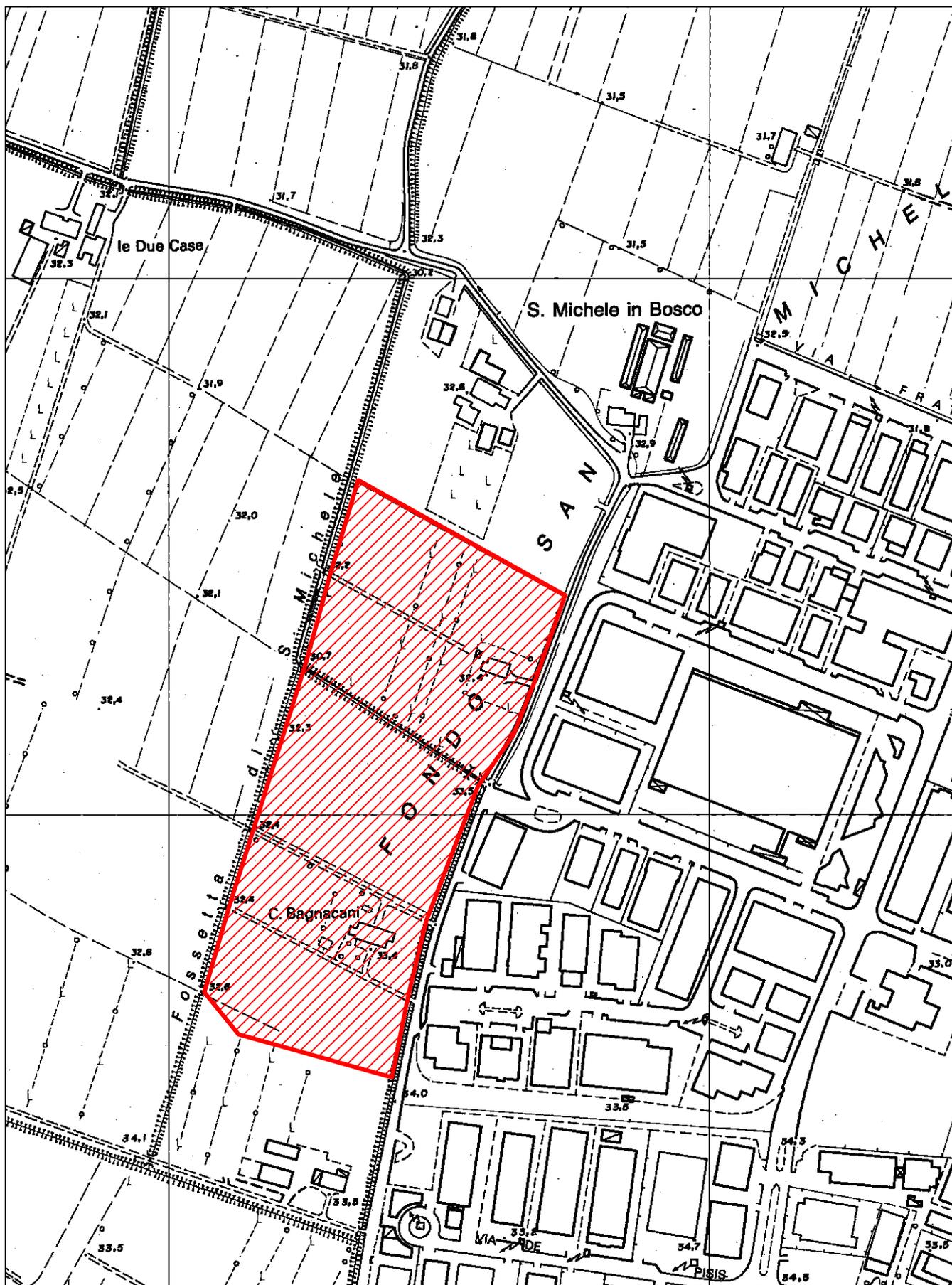
Le prove eseguite e prese a riferimento hanno consentito di definire il modello geologico e geotecnico di riferimento, evidenziando la presenza nel sottosuolo di una monotona sequenza limoso-argillosa, da poco consistente a consistente con sottili intercalazioni lenticolari di sabbie più o meno grossolane e raramente con ghiaietto.

Per quanto riguarda le opere fondazionali dell'edificio che sarà costruito, in relazione alle caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche riscontrate, appare possibile adottare fondazioni del tipo diretto superficiale che potranno essere dimensionate facendo

affidamento, in termini di tensioni ammissibili, a carichi unitari massimi dell'ordine di $1,2 \div 1,4 \text{ kg/cm}^2$.

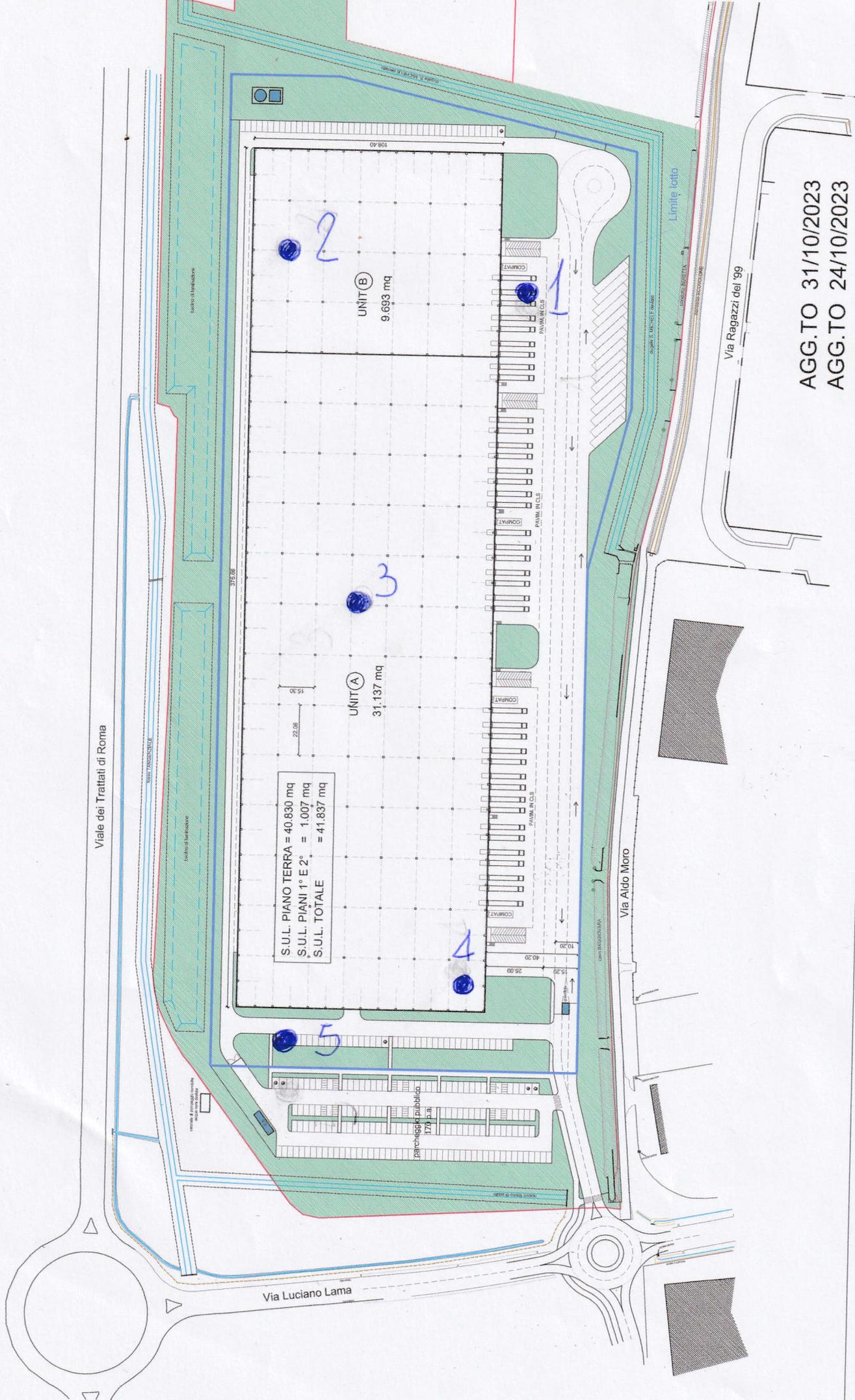


A handwritten signature in black ink is written over a circular professional stamp. The stamp contains the following text: "INGEGNERI REGIONE EMILIA ROMAGNA", "ALBO PROFESSIONISTI", "SEZA", "192 ALBO. P. * * *".



COMMITTENTE: EDILGRISENDI S.P.A.
LOCALITA': VIA ALDO MORO, REGGIO EMILIA
⊗ ZONA D'INDAGINE

SCALA 1:5.000
Elemento n. 200081



AGG.TO 31/10/2023
 AGG.TO 24/10/2023

PUA ASP_N1-5a - Mancasale - REGGIO EMILIA

REVISIONE GENERALE VIABILITA'

20/10/2023



LSA
 ARCHITETTURA
 INGEGNERIA
 URBANISTICA



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **468/15**

Data emissione: 24/08/15

Committente : EDILGRISENDI S.P.A.

Località : VIA ALDO MORO MANCASALE, REGGIO EMILIA

Prova numero : 1

Data : 24/08/2015

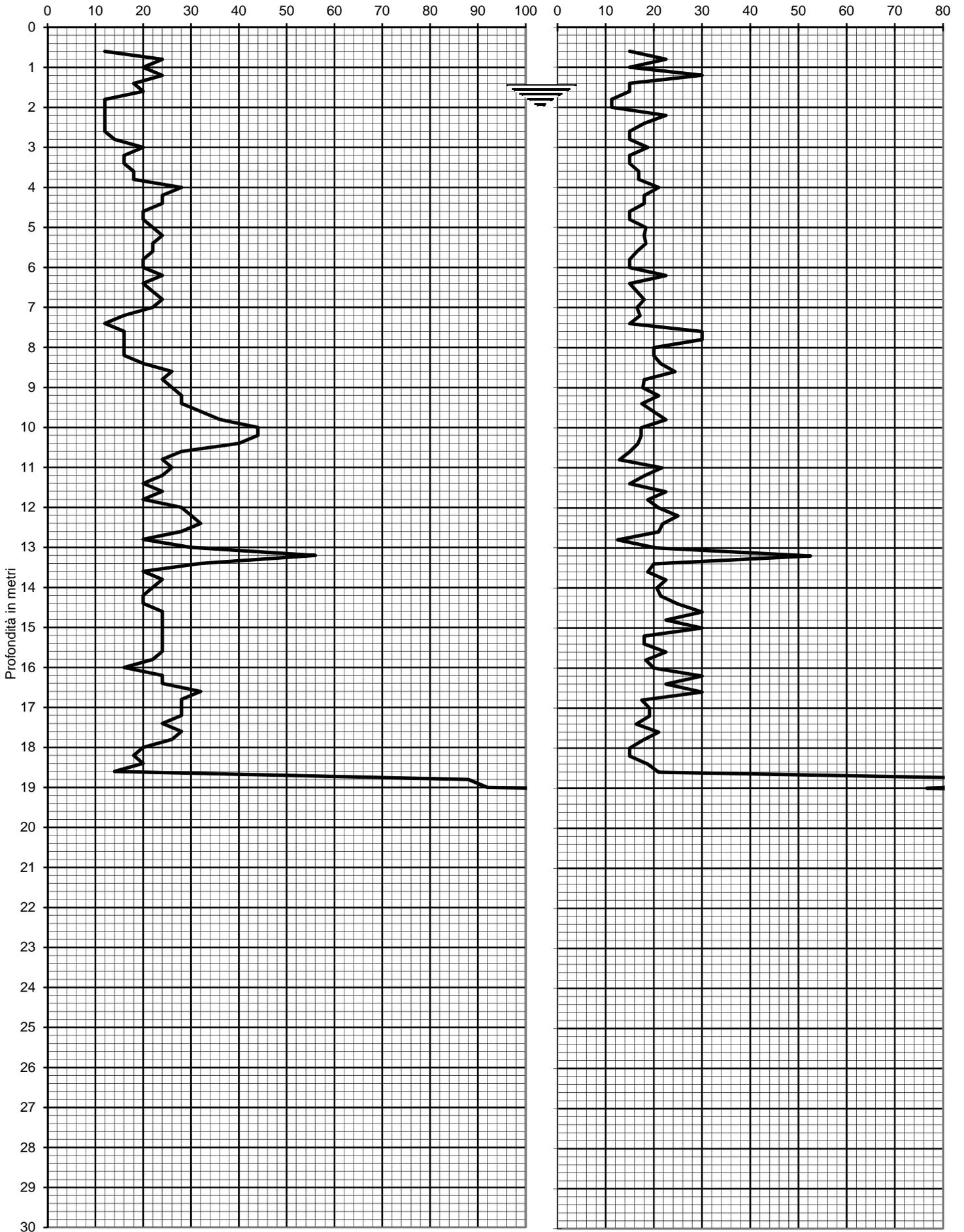
Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.



Resistenza alla punta Rp (kg/cm²)

Rp/RI



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	12	24	12	0,80	15,00
0,80	24	40	24	1,07	22,50
1,00	20	40	20	1,33	15,00
1,20	24	36	24	0,80	30,00
1,40	18	36	18	1,20	15,00
1,60	20	40	20	1,33	15,00
1,80	12	28	12	1,07	11,25
2,00	12	28	12	1,07	11,25
2,20	12	20	12	0,53	22,50
2,40	12	22	12	0,67	18,00
2,60	12	24	12	0,80	15,00
2,80	14	28	14	0,93	15,00
3,00	20	36	20	1,07	18,75
3,20	16	32	16	1,07	15,00
3,40	16	32	16	1,07	15,00
3,60	18	34	18	1,07	16,88
3,80	18	34	18	1,07	16,88
4,00	28	48	28	1,33	21,00
4,20	24	44	24	1,33	18,00
4,40	24	44	24	1,33	18,00
4,60	20	40	20	1,33	15,00
4,80	20	40	20	1,33	15,00
5,00	22	40	22	1,20	18,33
5,20	24	44	24	1,33	18,00
5,40	22	40	22	1,20	18,33
5,60	22	42	22	1,33	16,50
5,80	20	40	20	1,33	15,00
6,00	20	40	20	1,33	15,00
6,20	24	40	24	1,07	22,50
6,40	20	40	20	1,33	15,00
6,60	22	42	22	1,33	16,50
6,80	24	44	24	1,33	18,00
7,00	22	42	22	1,33	16,50
7,20	16	30	16	0,93	17,14
7,40	12	24	12	0,80	15,00
7,60	16	24	16	0,53	30,00
7,80	16	24	16	0,53	30,00
8,00	16	28	16	0,80	20,00
8,20	16	28	16	0,80	20,00
8,40	20	34	20	0,93	21,43
8,60	26	42	26	1,07	24,38
8,80	24	44	24	1,33	18,00
9,00	26	48	26	1,47	17,73
9,20	28	48	28	1,33	21,00
9,40	28	52	28	1,60	17,50
9,60	32	56	32	1,60	20,00
9,80	36	60	36	1,60	22,50
10,00	44	82	44	2,53	17,37
10,20	44	82	44	2,53	17,37
10,40	40	76	40	2,40	16,67
10,60	28	56	28	1,87	15,00
10,80	24	52	24	1,87	12,86
11,00	26	44	26	1,20	21,67
11,20	24	44	24	1,33	18,00
11,40	20	40	20	1,33	15,00
11,60	24	40	24	1,07	22,50
11,80	20	36	20	1,07	18,75
12,00	28	48	28	1,33	21,00
12,20	30	48	30	1,20	25,00
12,40	32	54	32	1,47	21,82
12,60	28	48	28	1,33	21,00
12,80	20	44	20	1,60	12,50
13,00	30	52	30	1,47	20,45
13,20	56	72	56	1,07	52,50
13,40	32	56	32	1,60	20,00
13,60	20	36	20	1,07	18,75
13,80	24	40	24	1,07	22,50
14,00	22	38	22	1,07	20,63
14,20	20	34	20	0,93	21,43
14,40	20	32	20	0,80	25,00
14,60	24	36	24	0,80	30,00
14,80	24	40	24	1,07	22,50
15,00	24	36	24	0,80	30,00

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20	24	44	24	1,33	18,00
15,40	24	44	24	1,33	18,00
15,60	24	40	24	1,07	22,50
15,80	22	40	22	1,20	18,33
16,00	16	28	16	0,80	20,00
16,20	24	36	24	0,80	30,00
16,40	24	40	24	1,07	22,50
16,60	32	48	32	1,07	30,00
16,80	28	52	28	1,60	17,50
17,00	28	50	28	1,47	19,09
17,20	28	50	28	1,47	19,09
17,40	24	46	24	1,47	16,36
17,60	28	48	28	1,33	21,00
17,80	26	48	26	1,47	17,73
18,00	20	40	20	1,33	15,00
18,20	18	36	18	1,20	15,00
18,40	20	36	20	1,07	18,75
18,60	14	24	14	0,67	21,00
18,80	88	100	88	0,80	110,00
19,00	92	110	92	1,20	76,67
19,20	200	220	200	1,33	150,00
19,40	230	260	230	2,00	115,00
19,60	210	230	210	1,33	157,50
19,80	220	240	220	1,33	165,00
20,00	210	240	210	2,00	105,00
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					
29,60					
29,80					
30,00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **469/15**

Data emissione: 24/08/15

Committente : EDILGRISENDI S.P.A.

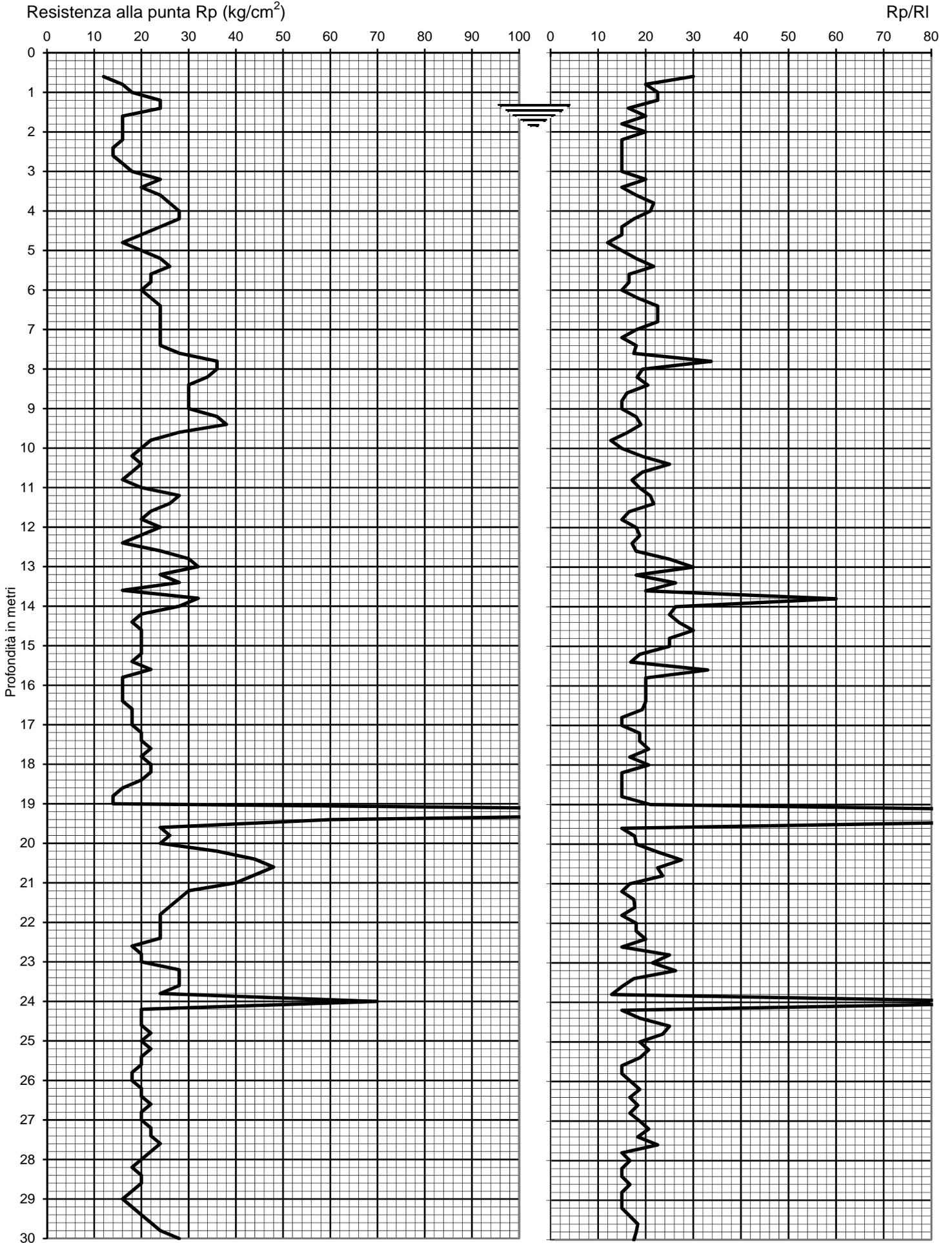
Località : VIA ALDO MORO MANCASALE, REGGIO EMILIA

Prova numero : 2

Data : 24/08/2015

Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.





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	12	18	12	0,40	30,00
0,80	16	28	16	0,80	20,00
1,00	18	30	18	0,80	22,50
1,20	24	40	24	1,07	22,50
1,40	24	46	24	1,47	16,36
1,60	16	28	16	0,80	20,00
1,80	16	32	16	1,07	15,00
2,00	16	28	16	0,80	20,00
2,20	16	32	16	1,07	15,00
2,40	14	28	14	0,93	15,00
2,60	14	28	14	0,93	15,00
2,80	16	32	16	1,07	15,00
3,00	18	36	18	1,20	15,00
3,20	24	42	24	1,20	20,00
3,40	20	40	20	1,33	15,00
3,60	24	44	24	1,33	18,00
3,80	26	44	26	1,20	21,67
4,00	28	48	28	1,33	21,00
4,20	28	52	28	1,60	17,50
4,40	24	48	24	1,60	15,00
4,60	20	40	20	1,33	15,00
4,80	16	36	16	1,33	12,00
5,00	20	40	20	1,33	15,00
5,20	24	44	24	1,33	18,00
5,40	26	44	26	1,20	21,67
5,60	22	42	22	1,33	16,50
5,80	22	42	22	1,33	16,50
6,00	20	40	20	1,33	15,00
6,20	22	40	22	1,20	18,33
6,40	24	40	24	1,07	22,50
6,60	24	40	24	1,07	22,50
6,80	24	40	24	1,07	22,50
7,00	24	44	24	1,33	18,00
7,20	24	48	24	1,60	15,00
7,40	24	44	24	1,33	18,00
7,60	28	52	28	1,60	17,50
7,80	36	52	36	1,07	33,75
8,00	36	64	36	1,87	19,29
8,20	34	62	34	1,87	18,21
8,40	30	52	30	1,47	20,45
8,60	30	58	30	1,87	16,07
8,80	30	60	30	2,00	15,00
9,00	30	60	30	2,00	15,00
9,20	36	66	36	2,00	18,00
9,40	38	68	38	2,00	19,00
9,60	28	54	28	1,73	16,15
9,80	22	48	22	1,73	12,69
10,00	20	40	20	1,33	15,00
10,20	18	32	18	0,93	19,29
10,40	20	32	20	0,80	25,00
10,60	18	32	18	0,93	19,29
10,80	16	30	16	0,93	17,14
11,00	20	36	20	1,07	18,75
11,20	28	48	28	1,33	21,00
11,40	26	44	26	1,20	21,67
11,60	22	42	22	1,33	16,50
11,80	20	40	20	1,33	15,00
12,00	24	44	24	1,33	18,00
12,20	20	36	20	1,07	18,75
12,40	16	30	16	0,93	17,14
12,60	24	44	24	1,33	18,00
12,80	30	48	30	1,20	25,00
13,00	32	48	32	1,07	30,00
13,20	24	44	24	1,33	18,00
13,40	28	44	28	1,07	26,25
13,60	16	28	16	0,80	20,00
13,80	32	40	32	0,53	60,00
14,00	28	44	28	1,07	26,25
14,20	20	32	20	0,80	25,00
14,40	18	28	18	0,67	27,00
14,60	20	30	20	0,67	30,00
14,80	20	32	20	0,80	25,00
15,00	20	32	20	0,80	25,00

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20	20	36	20	1,07	18,75
15,40	18	34	18	1,07	16,88
15,60	22	32	22	0,67	33,00
15,80	16	28	16	0,80	20,00
16,00	16	28	16	0,80	20,00
16,20	16	28	16	0,80	20,00
16,40	16	28	16	0,80	20,00
16,60	18	32	18	0,93	19,29
16,80	18	36	18	1,20	15,00
17,00	18	36	18	1,20	15,00
17,20	20	36	20	1,07	18,75
17,40	20	36	20	1,07	18,75
17,60	22	38	22	1,07	20,63
17,80	20	38	20	1,20	16,67
18,00	22	38	22	1,07	20,63
18,20	22	44	22	1,47	15,00
18,40	20	40	20	1,33	15,00
18,60	16	32	16	1,07	15,00
18,80	14	28	14	0,93	15,00
19,00	14	24	14	0,67	21,00
19,20	180	200	180	1,33	135,00
19,40	60	68	60	0,53	112,50
19,60	24	48	24	1,60	15,00
19,80	26	48	26	1,47	17,73
20,00	24	44	24	1,33	18,00
20,20	36	60	36	1,60	22,50
20,40	44	68	44	1,60	27,50
20,60	48	80	48	2,13	22,50
20,80	44	72	44	1,87	23,57
21,00	40	76	40	2,40	16,67
21,20	30	60	30	2,00	15,00
21,40	28	52	28	1,60	17,50
21,60	26	48	26	1,47	17,73
21,80	24	48	24	1,60	15,00
22,00	24	44	24	1,33	18,00
22,20	24	44	24	1,33	18,00
22,40	24	42	24	1,20	20,00
22,60	18	36	18	1,20	15,00
22,80	20	32	20	0,80	25,00
23,00	20	34	20	0,93	21,43
23,20	28	44	28	1,07	26,25
23,40	28	52	28	1,60	17,50
23,60	28	56	28	1,87	15,00
23,80	24	52	24	1,87	12,86
24,00	70	80	70	0,67	105,00
24,20	20	40	20	1,33	15,00
24,40	20	36	20	1,07	18,75
24,60	20	32	20	0,80	25,00
24,80	22	36	22	0,93	23,57
25,00	20	36	20	1,07	18,75
25,20	22	38	22	1,07	20,63
25,40	20	36	20	1,07	18,75
25,60	20	40	20	1,33	15,00
25,80	18	36	18	1,20	15,00
26,00	18	34	18	1,07	16,88
26,20	20	36	20	1,07	18,75
26,40	20	38	20	1,20	16,67
26,60	22	40	22	1,20	18,33
26,80	20	38	20	1,20	16,67
27,00	20	36	20	1,07	18,75
27,20	22	38	22	1,07	20,63
27,40	22	40	22	1,20	18,33
27,60	24	40	24	1,07	22,50
27,80	22	44	22	1,47	15,00
28,00	20	38	20	1,20	16,67
28,20	18	36	18	1,20	15,00
28,40	20	40	20	1,33	15,00
28,60	20	38	20	1,20	16,67
28,80	18	36	18	1,20	15,00
29,00	16	32	16	1,07	15,00
29,20	18	36	18	1,20	15,00
29,40	20	38	20	1,20	16,67
29,60	22	40	22	1,20	18,33
29,80	24	44	24	1,33	18,00
30,00	28	52	28	1,60	17,50



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **470/15**

Data emissione: 24/08/15

Committente : EDILGRISENDI S.P.A.

Località : VIA ALDO MORO MANCASALE, REGGIO EMILIA

Prova numero : 3

Data : 24/08/2015

Operatore : DR. REBECCHI

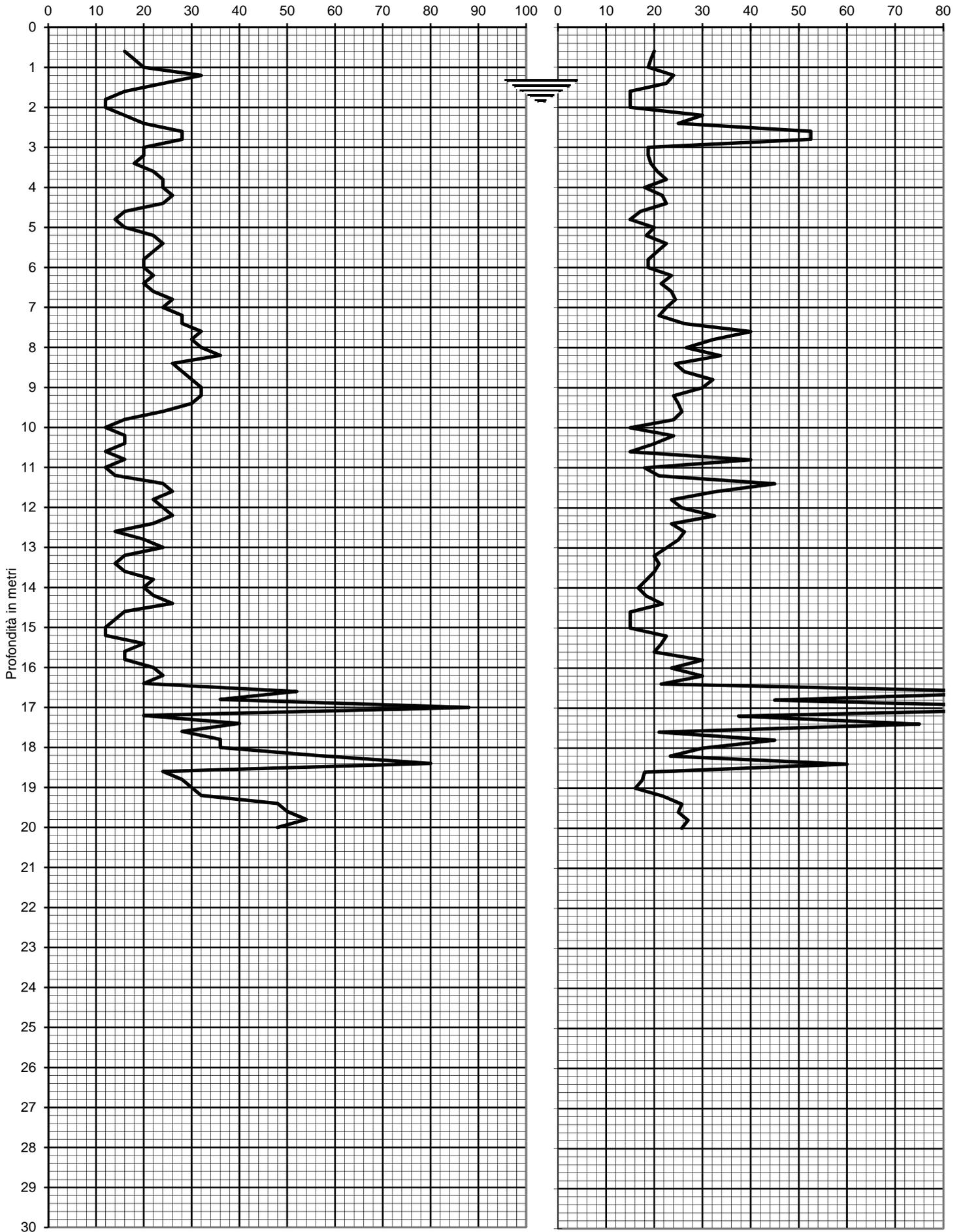
Quota : P.C.

Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA



Resistenza alla punta R_p (kg/cm²)

Rp/RI



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	16	28	16	0,80	20,00
0,80	18	32	18	0,93	19,29
1,00	20	36	20	1,07	18,75
1,20	32	52	32	1,33	24,00
1,40	24	40	24	1,07	22,50
1,60	16	32	16	1,07	15,00
1,80	12	24	12	0,80	15,00
2,00	12	24	12	0,80	15,00
2,20	16	24	16	0,53	30,00
2,40	20	32	20	0,80	25,00
2,60	28	36	28	0,53	52,50
2,80	28	36	28	0,53	52,50
3,00	20	36	20	1,07	18,75
3,20	20	36	20	1,07	18,75
3,40	18	32	18	0,93	19,29
3,60	22	38	22	1,07	20,63
3,80	24	40	24	1,07	22,50
4,00	24	44	24	1,33	18,00
4,20	26	44	26	1,20	21,67
4,40	24	40	24	1,07	22,50
4,60	16	30	16	0,93	17,14
4,80	14	28	14	0,93	15,00
5,00	16	28	16	0,80	20,00
5,20	22	40	22	1,20	18,33
5,40	24	40	24	1,07	22,50
5,60	22	38	22	1,07	20,63
5,80	20	36	20	1,07	18,75
6,00	20	36	20	1,07	18,75
6,20	22	36	22	0,93	23,57
6,40	20	34	20	0,93	21,43
6,60	22	36	22	0,93	23,57
6,80	26	42	26	1,07	24,38
7,00	24	40	24	1,07	22,50
7,20	28	48	28	1,33	21,00
7,40	28	44	28	1,07	26,25
7,60	32	44	32	0,80	40,00
7,80	30	44	30	0,93	32,14
8,00	32	50	32	1,20	26,67
8,20	36	52	36	1,07	33,75
8,40	26	42	26	1,07	24,38
8,60	28	44	28	1,07	26,25
8,80	30	44	30	0,93	32,14
9,00	32	48	32	1,07	30,00
9,20	32	52	32	1,33	24,00
9,40	30	48	30	1,20	25,00
9,60	24	38	24	0,93	25,71
9,80	16	26	16	0,67	24,00
10,00	12	24	12	0,80	15,00
10,20	16	26	16	0,67	24,00
10,40	16	28	16	0,80	20,00
10,60	12	24	12	0,80	15,00
10,80	16	22	16	0,40	40,00
11,00	12	22	12	0,67	18,00
11,20	14	24	14	0,67	21,00
11,40	24	32	24	0,53	45,00
11,60	26	38	26	0,80	32,50
11,80	22	36	22	0,93	23,57
12,00	24	38	24	0,93	25,71
12,20	26	38	26	0,80	32,50
12,40	22	36	22	0,93	23,57
12,60	14	22	14	0,53	26,25
12,80	20	32	20	0,80	25,00
13,00	24	40	24	1,07	22,50
13,20	16	28	16	0,80	20,00
13,40	14	24	14	0,67	21,00
13,60	16	28	16	0,80	20,00
13,80	22	40	22	1,20	18,33
14,00	20	38	20	1,20	16,67
14,20	22	40	22	1,20	18,33
14,40	26	44	26	1,20	21,67
14,60	16	32	16	1,07	15,00
14,80	14	28	14	0,93	15,00
15,00	12	24	12	0,80	15,00

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20	12	20	12	0,53	22,50
15,40	20	34	20	0,93	21,43
15,60	16	28	16	0,80	20,00
15,80	16	24	16	0,53	30,00
16,00	22	36	22	0,93	23,57
16,20	24	36	24	0,80	30,00
16,40	20	34	20	0,93	21,43
16,60	52	60	52	0,53	97,50
16,80	36	48	36	0,80	45,00
17,00	88	100	88	0,80	110,00
17,20	20	28	20	0,53	37,50
17,40	40	48	40	0,53	75,00
17,60	28	48	28	1,33	21,00
17,80	36	48	36	0,80	45,00
18,00	36	54	36	1,20	30,00
18,20	56	92	56	2,40	23,33
18,40	80	100	80	1,33	60,00
18,60	24	44	24	1,33	18,00
18,80	28	52	28	1,60	17,50
19,00	30	58	30	1,87	16,07
19,20	32	54	32	1,47	21,82
19,40	48	76	48	1,87	25,71
19,60	50	80	50	2,00	25,00
19,80	54	84	54	2,00	27,00
20,00	48	76	48	1,87	25,71
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					
29,60					
29,80					
30,00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **471/15**

Data emissione: 24/08/15

Committente : EDILGRISENDI S.P.A.

Località : VIA ALDO MORO MANCASALE, REGGIO EMILIA

Prova numero : 4

Data : 24/08/2015

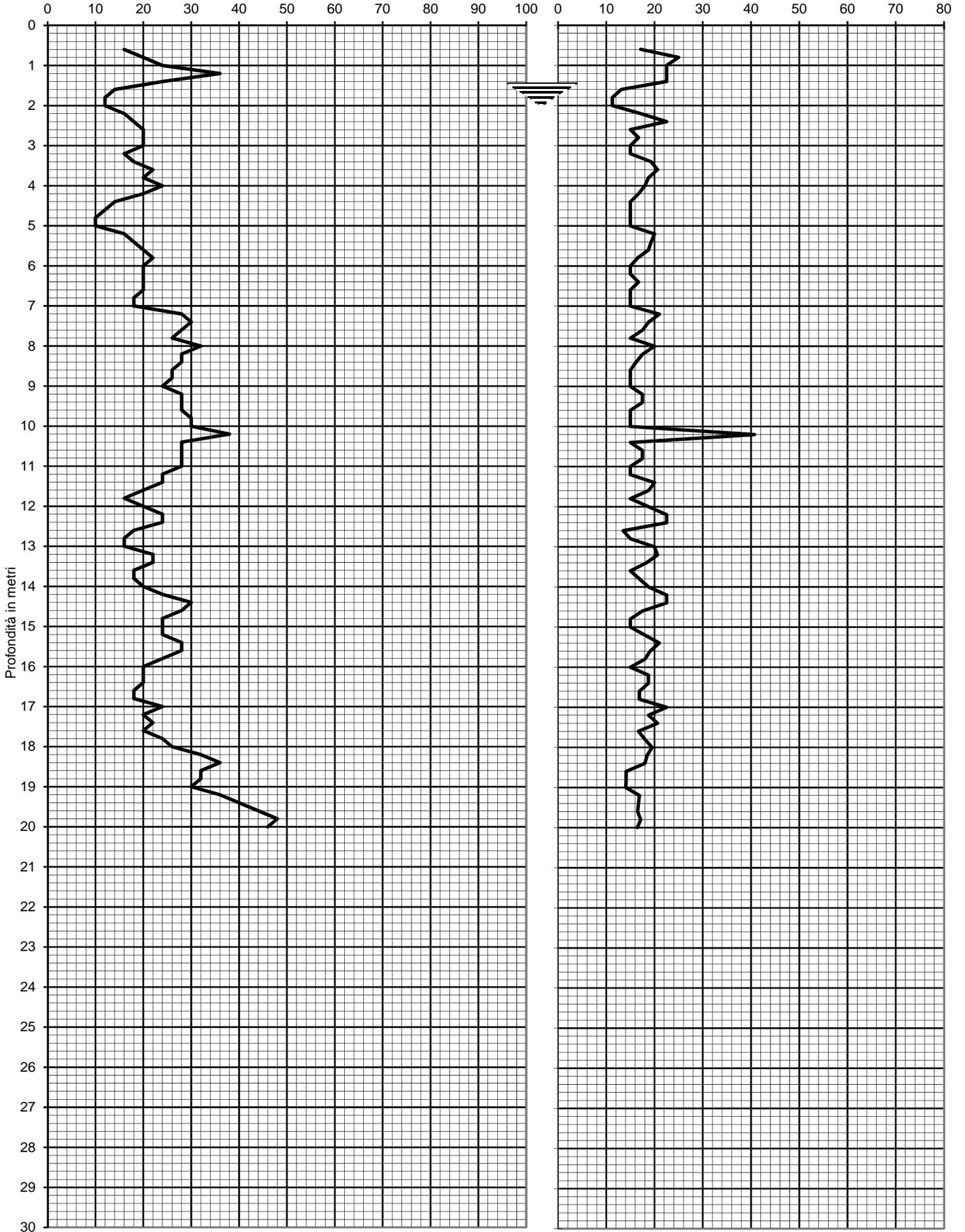
Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.



Resistenza alla punta Rp (kg/cm²)

Rp/RI





SGQ certificato secondo la norma UNI EN ISO 9001:2008

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	16	30	16	0,93	17,14
0,80	20	32	20	0,80	25,00
1,00	24	40	24	1,07	22,50
1,20	36	60	36	1,60	22,50
1,40	24	40	24	1,07	22,50
1,60	14	30	14	1,07	13,13
1,80	12	28	12	1,07	11,25
2,00	12	28	12	1,07	11,25
2,20	16	30	16	0,93	17,14
2,40	18	30	18	0,80	22,50
2,60	20	40	20	1,33	15,00
2,80	20	38	20	1,20	16,67
3,00	20	40	20	1,33	15,00
3,20	16	32	16	1,07	15,00
3,40	18	32	18	0,93	19,29
3,60	22	38	22	1,07	20,63
3,80	20	36	20	1,07	18,75
4,00	24	44	24	1,33	18,00
4,20	20	38	20	1,20	16,67
4,40	14	28	14	0,93	15,00
4,60	12	24	12	0,80	15,00
4,80	10	20	10	0,67	15,00
5,00	10	20	10	0,67	15,00
5,20	16	28	16	0,80	20,00
5,40	18	32	18	0,93	19,29
5,60	20	36	20	1,07	18,75
5,80	22	42	22	1,33	16,50
6,00	20	40	20	1,33	15,00
6,20	20	40	20	1,33	15,00
6,40	20	38	20	1,20	16,67
6,60	20	40	20	1,33	15,00
6,80	18	36	18	1,20	15,00
7,00	18	36	18	1,20	15,00
7,20	28	48	28	1,33	21,00
7,40	30	54	30	1,60	18,75
7,60	28	52	28	1,60	17,50
7,80	26	52	26	1,73	15,00
8,00	32	56	32	1,60	20,00
8,20	28	52	28	1,60	17,50
8,40	28	54	28	1,73	16,15
8,60	26	52	26	1,73	15,00
8,80	26	52	26	1,73	15,00
9,00	24	48	24	1,60	15,00
9,20	28	52	28	1,60	17,50
9,40	28	52	28	1,60	17,50
9,60	28	56	28	1,87	15,00
9,80	30	60	30	2,00	15,00
10,00	30	60	30	2,00	15,00
10,20	38	52	38	0,93	40,71
10,40	28	56	28	1,87	15,00
10,60	28	52	28	1,60	17,50
10,80	28	52	28	1,60	17,50
11,00	28	56	28	1,87	15,00
11,20	24	48	24	1,60	15,00
11,40	24	42	24	1,20	20,00
11,60	20	36	20	1,07	18,75
11,80	16	32	16	1,07	15,00
12,00	20	36	20	1,07	18,75
12,20	24	40	24	1,07	22,50
12,40	24	40	24	1,07	22,50
12,60	18	38	18	1,33	13,50
12,80	16	32	16	1,07	15,00
13,00	16	28	16	0,80	20,00
13,20	22	38	22	1,07	20,63
13,40	22	40	22	1,20	18,33
13,60	18	36	18	1,20	15,00
13,80	18	34	18	1,07	16,88
14,00	20	36	20	1,07	18,75
14,20	24	40	24	1,07	22,50
14,40	30	50	30	1,33	22,50
14,60	28	52	28	1,60	17,50
14,80	24	48	24	1,60	15,00
15,00	24	48	24	1,60	15,00

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20	24	44	24	1,33	18,00
15,40	28	48	28	1,33	21,00
15,60	28	50	28	1,47	19,09
15,80	24	44	24	1,33	18,00
16,00	20	40	20	1,33	15,00
16,20	20	36	20	1,07	18,75
16,40	20	36	20	1,07	18,75
16,60	18	34	18	1,07	16,88
16,80	18	34	18	1,07	16,88
17,00	24	40	24	1,07	22,50
17,20	20	36	20	1,07	18,75
17,40	22	38	22	1,07	20,63
17,60	20	38	20	1,20	16,67
17,80	24	44	24	1,33	18,00
18,00	26	46	26	1,33	19,50
18,20	32	58	32	1,73	18,46
18,40	36	66	36	2,00	18,00
18,60	32	66	32	2,27	14,12
18,80	32	66	32	2,27	14,12
19,00	30	62	30	2,13	14,06
19,20	36	68	36	2,13	16,88
19,40	40	76	40	2,40	16,67
19,60	44	84	44	2,67	16,50
19,80	48	90	48	2,80	17,14
20,00	46	88	46	2,80	16,43
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					
29,60					
29,80					
30,00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

Telefono 059/313999

Telefax 059/454827



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Certificato n. : **472/15**

Data emissione: 24/08/15

Committente : EDILGRISENDI S.P.A.

Località : VIA ALDO MORO MANCASALE, REGGIO EMILIA

Prova numero : 5

Data : 24/08/2015

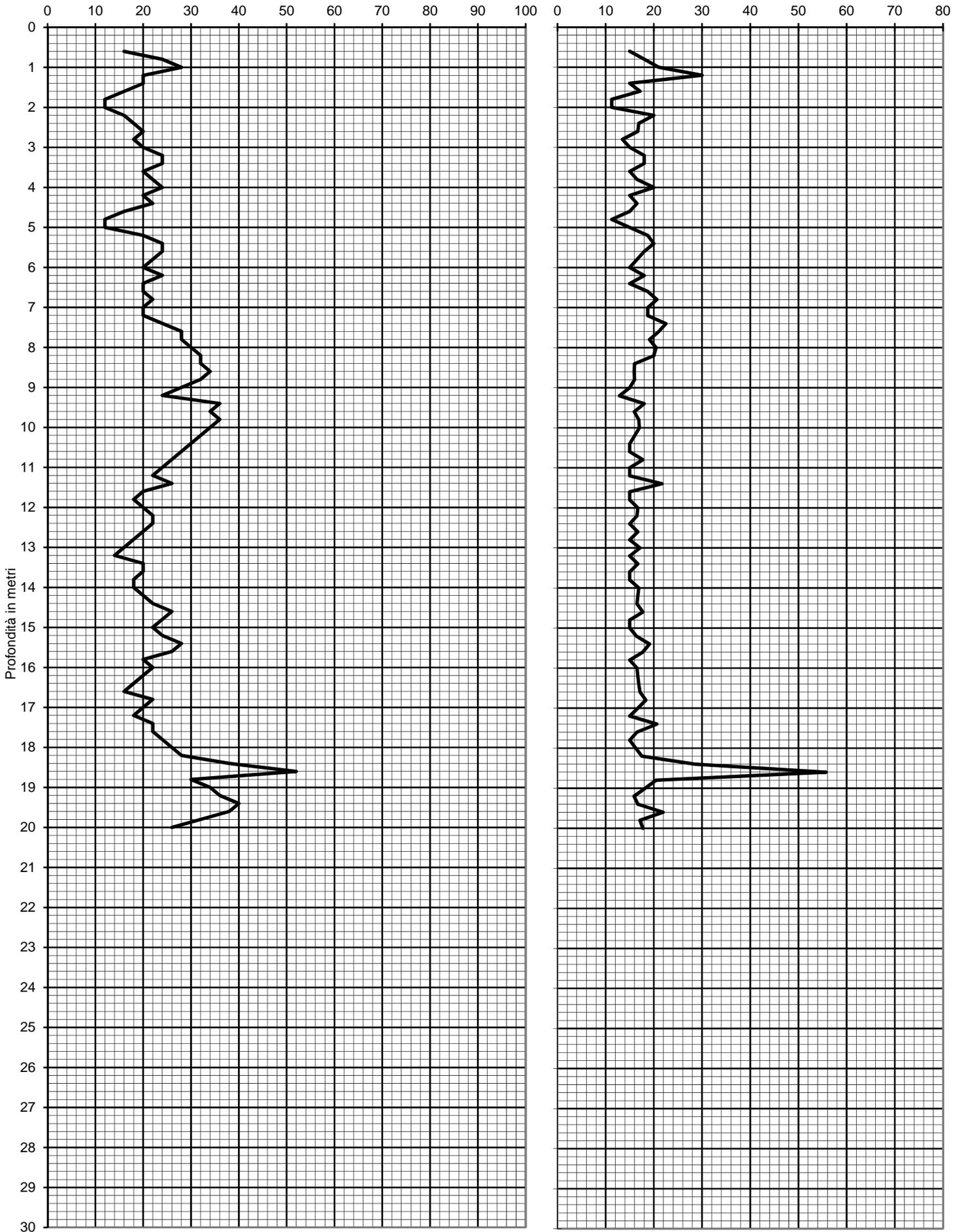
Operatore : DR. REBECCHI

Quota : P.C.



Resistenza alla punta Rp (kg/cm²)

Rp/RI



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	16	32	16	1,07	15,00
0,80	24	44	24	1,33	18,00
1,00	28	48	28	1,33	21,00
1,20	20	30	20	0,67	30,00
1,40	20	40	20	1,33	15,00
1,60	16	30	16	0,93	17,14
1,80	12	28	12	1,07	11,25
2,00	12	28	12	1,07	11,25
2,20	16	28	16	0,80	20,00
2,40	18	34	18	1,07	16,88
2,60	20	38	20	1,20	16,67
2,80	18	38	18	1,33	13,50
3,00	20	40	20	1,33	15,00
3,20	24	44	24	1,33	18,00
3,40	24	44	24	1,33	18,00
3,60	20	40	20	1,33	15,00
3,80	22	42	22	1,33	16,50
4,00	24	42	24	1,20	20,00
4,20	20	40	20	1,33	15,00
4,40	22	42	22	1,33	16,50
4,60	16	32	16	1,07	15,00
4,80	12	28	12	1,07	11,25
5,00	12	24	12	0,80	15,00
5,20	20	36	20	1,07	18,75
5,40	24	42	24	1,20	20,00
5,60	24	44	24	1,33	18,00
5,80	22	42	22	1,33	16,50
6,00	20	40	20	1,33	15,00
6,20	24	44	24	1,33	18,00
6,40	20	40	20	1,33	15,00
6,60	20	36	20	1,07	18,75
6,80	22	38	22	1,07	20,63
7,00	20	36	20	1,07	18,75
7,20	20	36	20	1,07	18,75
7,40	24	40	24	1,07	22,50
7,60	28	48	28	1,33	21,00
7,80	28	50	28	1,47	19,09
8,00	30	52	30	1,47	20,45
8,20	32	56	32	1,60	20,00
8,40	32	62	32	2,00	16,00
8,60	34	66	34	2,13	15,94
8,80	32	62	32	2,00	16,00
9,00	28	56	28	1,87	15,00
9,20	24	52	24	1,87	12,86
9,40	36	66	36	2,00	18,00
9,60	34	66	34	2,13	15,94
9,80	36	68	36	2,13	16,88
10,00	34	64	34	2,00	17,00
10,20	32	62	32	2,00	16,00
10,40	30	60	30	2,00	15,00
10,60	28	56	28	1,87	15,00
10,80	26	48	26	1,47	17,73
11,00	24	48	24	1,60	15,00
11,20	22	44	22	1,47	15,00
11,40	26	44	26	1,20	21,67
11,60	20	40	20	1,33	15,00
11,80	18	36	18	1,20	15,00
12,00	20	38	20	1,20	16,67
12,20	22	42	22	1,33	16,50
12,40	22	44	22	1,47	15,00
12,60	20	38	20	1,20	16,67
12,80	18	36	18	1,20	15,00
13,00	16	30	16	0,93	17,14
13,20	14	28	14	0,93	15,00
13,40	20	38	20	1,20	16,67
13,60	20	40	20	1,33	15,00
13,80	18	36	18	1,20	15,00
14,00	18	34	18	1,07	16,88
14,20	20	38	20	1,20	16,67
14,40	22	42	22	1,33	16,50
14,60	26	48	26	1,47	17,73
14,80	24	48	24	1,60	15,00
15,00	22	44	22	1,47	15,00

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20	24	46	24	1,47	16,36
15,40	28	50	28	1,47	19,09
15,60	26	48	26	1,47	17,73
15,80	20	40	20	1,33	15,00
16,00	22	42	22	1,33	16,50
16,20	20	38	20	1,20	16,67
16,40	18	34	18	1,07	16,88
16,60	16	30	16	0,93	17,14
16,80	22	40	22	1,20	18,33
17,00	20	38	20	1,20	16,67
17,20	18	36	18	1,20	15,00
17,40	22	38	22	1,07	20,63
17,60	22	42	22	1,33	16,50
17,80	24	48	24	1,60	15,00
18,00	26	50	26	1,60	16,25
18,20	28	52	28	1,60	17,50
18,40	38	58	38	1,33	28,50
18,60	52	66	52	0,93	55,71
18,80	30	52	30	1,47	20,45
19,00	34	62	34	1,87	18,21
19,20	36	70	36	2,27	15,88
19,40	40	76	40	2,40	16,67
19,60	38	64	38	1,73	21,92
19,80	32	60	32	1,87	17,14
20,00	26	48	26	1,47	17,73
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					
29,60					
29,80					
30,00					

1 PREMESSA

Su incarico della Committenza, abbiamo provveduto alla stesura della presente relazione, finalizzata alla elaborazione delle indagini geofisiche effettuate con il metodo sismico a rifrazione ai fini della determinazione della caratterizzazione sismica del terreno di fondazione ai sensi del testo unitario "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14.01.2008).

L'area interessata dall'indagine geofisica è ubicata in Comune di Reggio Emilia (RE), in Via Aldo Moro all'interno di un'area attualmente adibita a lavorazioni agricole.

Allo scopo di determinare le caratteristiche geofisiche dei terreni presenti, sono state condotte indagini dirette in sito di tipo sismico a rifrazione eseguite in data 26/08/2015, con determinazione sperimentale mediante inversione (Metodo MASW) del valore di $V_{s,30}$.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Geograficamente l'area in esame risulta compresa all'interno della seguente documentazione cartografica:

Cartografia Regionale

- Carta Topografica R.E.R. nr. 200NE denominata "REGGIO EMILIA NORD" – scala 1:25.000;
- Sezione R.E.R. nr. 200080 denominata "REGGIO EMILIA" – scala 1:10.000;
- Elemento R.E.R. nr. 200081 denominato "PRATOFONTANA" – scala 1:5.000.

Figura 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 200-NE "REGGIO EMILIA NORD" - SCALA 1:25.000

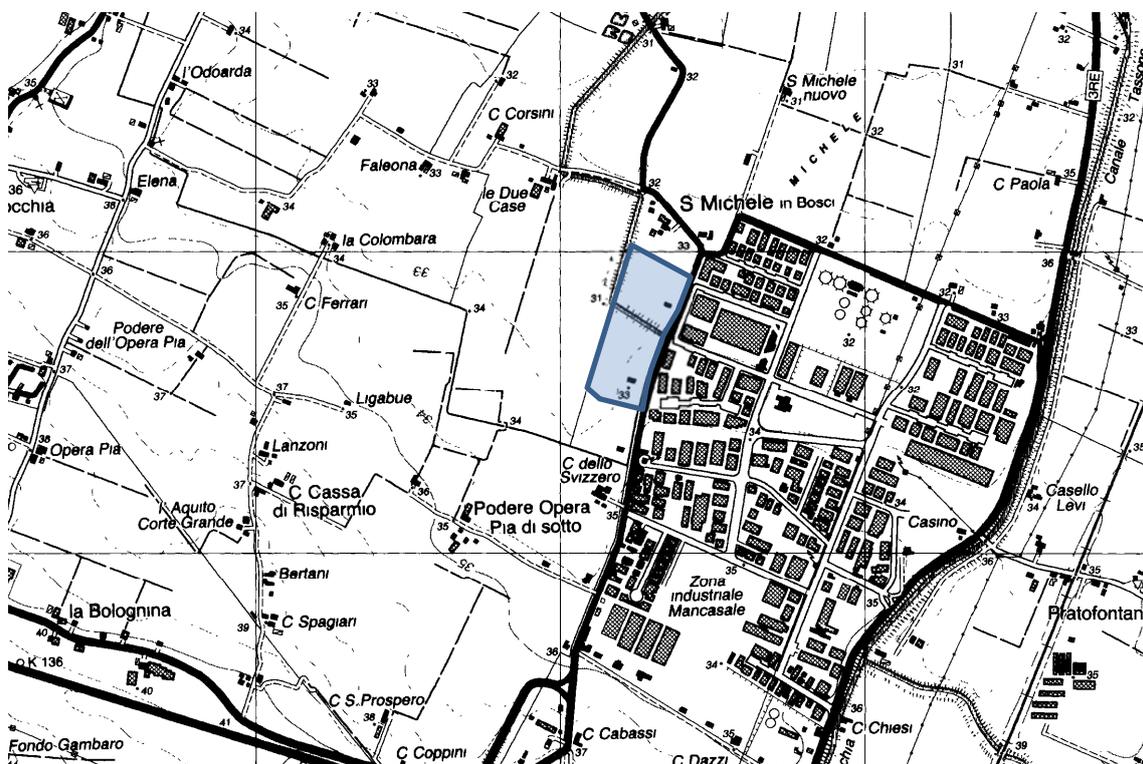
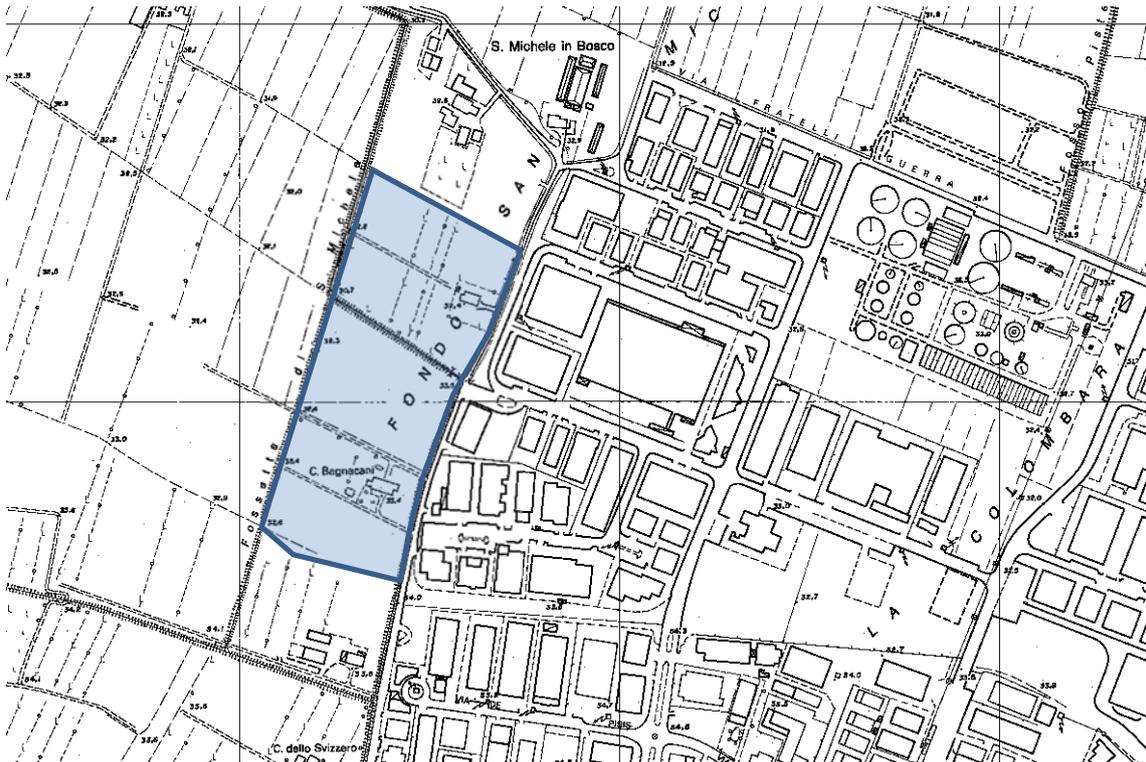


Figura 2: ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 200080 – “REGGIO EMILIA” - SCALA 1:10.000



3 INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A RIFRAZIONE

Al fine di determinare le caratteristiche geofisiche dei terreni interessati dalle opere di progetto è stata eseguita in data 26/08/2015, nr. 1 base sismica a rifrazione con sistema di acquisizione a 24 canali.

Si riporta di seguito l'elaborazione condotta e le caratteristiche dello stendimento sismico effettuato.

Figura 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA BASE SISMICA A RIFRAZIONE



Figura 4: UBICAZIONE BASE SISMICA A RIFRAZIONE



4 METODO M.A.S.W.

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

In base all'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente, non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è uno strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità (k) - frequenza (f) è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f - k è detta curva di dispersione sperimentale e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

Con riferimento al modello geotecnico sintetico determinato con le indagini in sito, viene tracciata una curva di dispersione teorica che lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

In seguito, i parametri del modello geotecnico preliminare vengono modificati al fine di ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale. Questa fase, definita come processo di inversione, consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi caratterizzati da valori di rigidità differente.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. Per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Le indagini MASW sono state eseguite disponendo sul terreno 24 sensori velocimetrici (geofoni), posti ad intervallo costante, collegati ad un sismografo mediante un cavo multipolare. Dopo l'allestimento del dispositivo di ricezione si sono generate artificialmente le energizzazioni in corrispondenza di un punto prestabilito lungo il profilo. Nello stesso istante di partenza della vibrazione viene trasmesso al sismografo il comando di avvio della registrazione (trigger). Da questo istante inizia l'acquisizione digitale, con campionamento ad intervallo costante e predeterminato, dei segnali ricevuti dai sensori.

5 ELABORAZIONE ONDE SISMICHE

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata **1024 mS** e una frequenza di campionamento di **500 μS**, per la quale si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata mediante mazza battente a ml. 10,00 dal **geofono n. 1** in posizione di sparo **estremo SINISTRO** rispetto alla base sismica, con uno stendimento avente un interasse geofonico pari a **2,00 ml**.

N. tracce	24
Durata acquisizione [ms]	1024.0
Interdistanza geofoni [m]	2.00
Periodo di campionamento [ms]	0.50

Figura 5: ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE

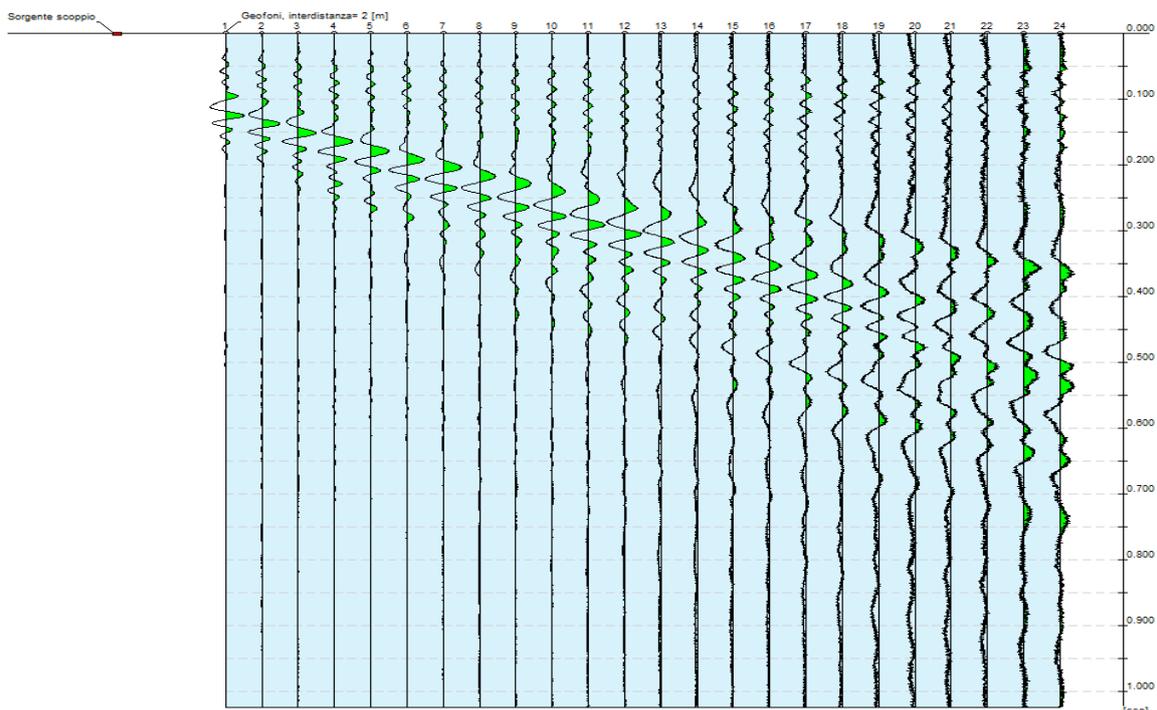


Figura 6: ANDAMENTO DELL'ANALISI SPETTRALE

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

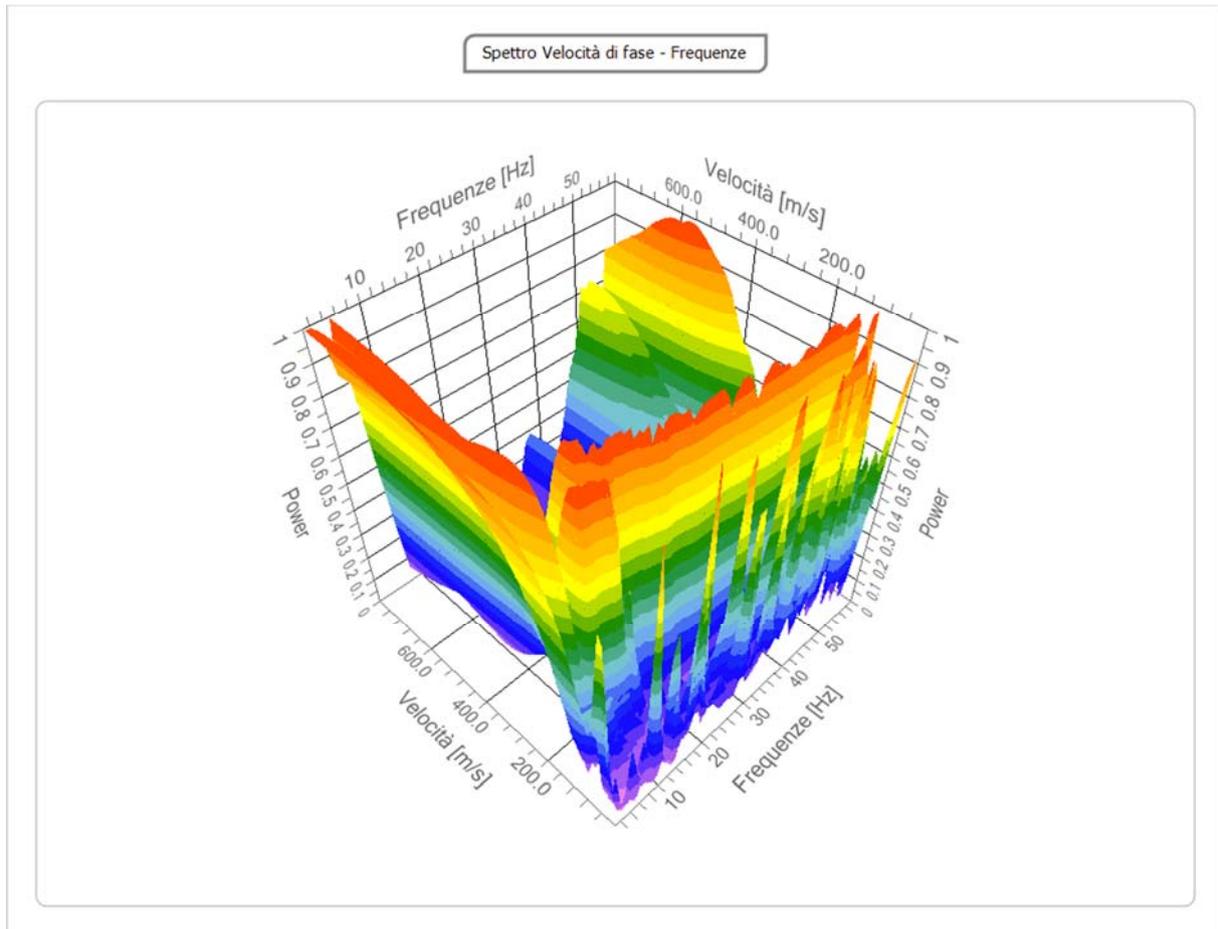


Figura 7: TABELLA RIPORTANTE I VALORI DELLA CURVA DI DISPERSIONE

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	3.4	247.1	0
2	3.8	219.2	0
3	4.2	196.2	0
4	5.1	176.6	0
5	6.0	160.1	0
6	7.4	148.7	0
7	8.7	140.5	0
8	10.7	133.9	0
9	11.1	248.7	2
10	12.0	132.3	0
11	12.3	234.0	2

12	13.5	220.8	2
13	15.5	207.7	2
14	17.0	199.5	2
15	18.5	189.7	2
16	20.6	181.5	2
17	22.3	176.6	2
18	24.2	155.2	1
19	26.3	153.6	1
20	29.3	150.3	1
21	31.9	145.4	1
22	34.6	143.7	1
23	37.0	142.1	1
24	39.4	138.8	1
25	42.1	138.8	1
26	44.8	135.5	1
27	47.6	135.5	1

Figura 8: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE

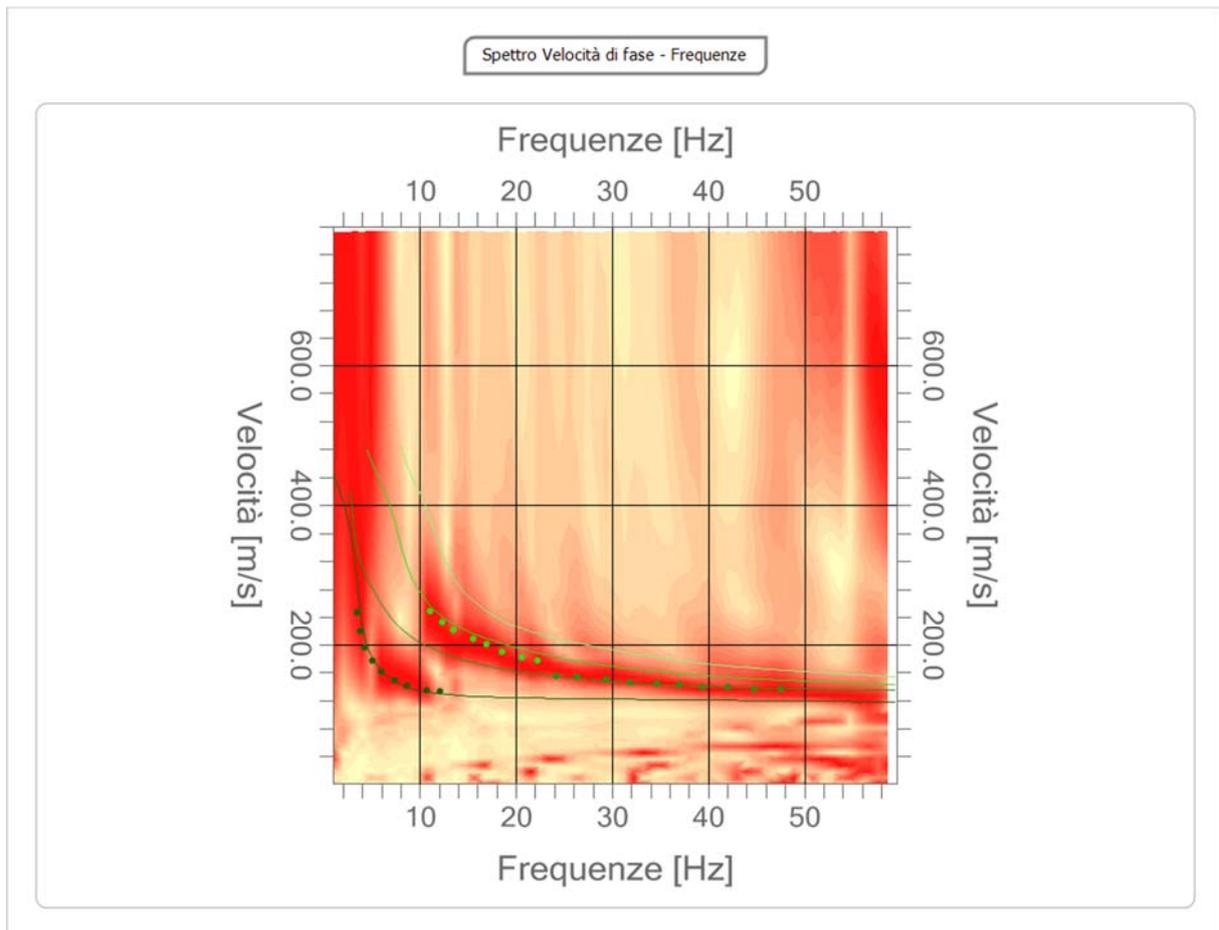


Figura 9: ANDAMENTO DELLA CURVA OTTENUTA CON IL PROCESSO DI INVERSIONE

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.03	1.03	1850.0	0.5	No	339.1	102.2
2	4.97	3.94	1810.0	0.5	Si	428.3	129.1
3	6.82	1.86	1820.0	0.5	Si	521.2	157.1
4	9.74	2.91	1830.0	0.4	Si	387.2	158.1
5	12.80	3.06	1850.0	0.5	Si	574.4	173.2
6	15.76	2.97	1910.0	0.3	Si	325.9	174.2
7	18.64	2.87	1860.0	0.5	Si	669.0	201.7
8	20.56	1.93	1910.0	0.3	Si	431.7	230.7
9	25.62	5.06	1870.0	0.4	Si	615.0	251.1
10	35.97	10.35	1880.0	0.5	Si	1023.8	308.7
11	∞	∞	1890.0	0.4	Si	983.2	401.4

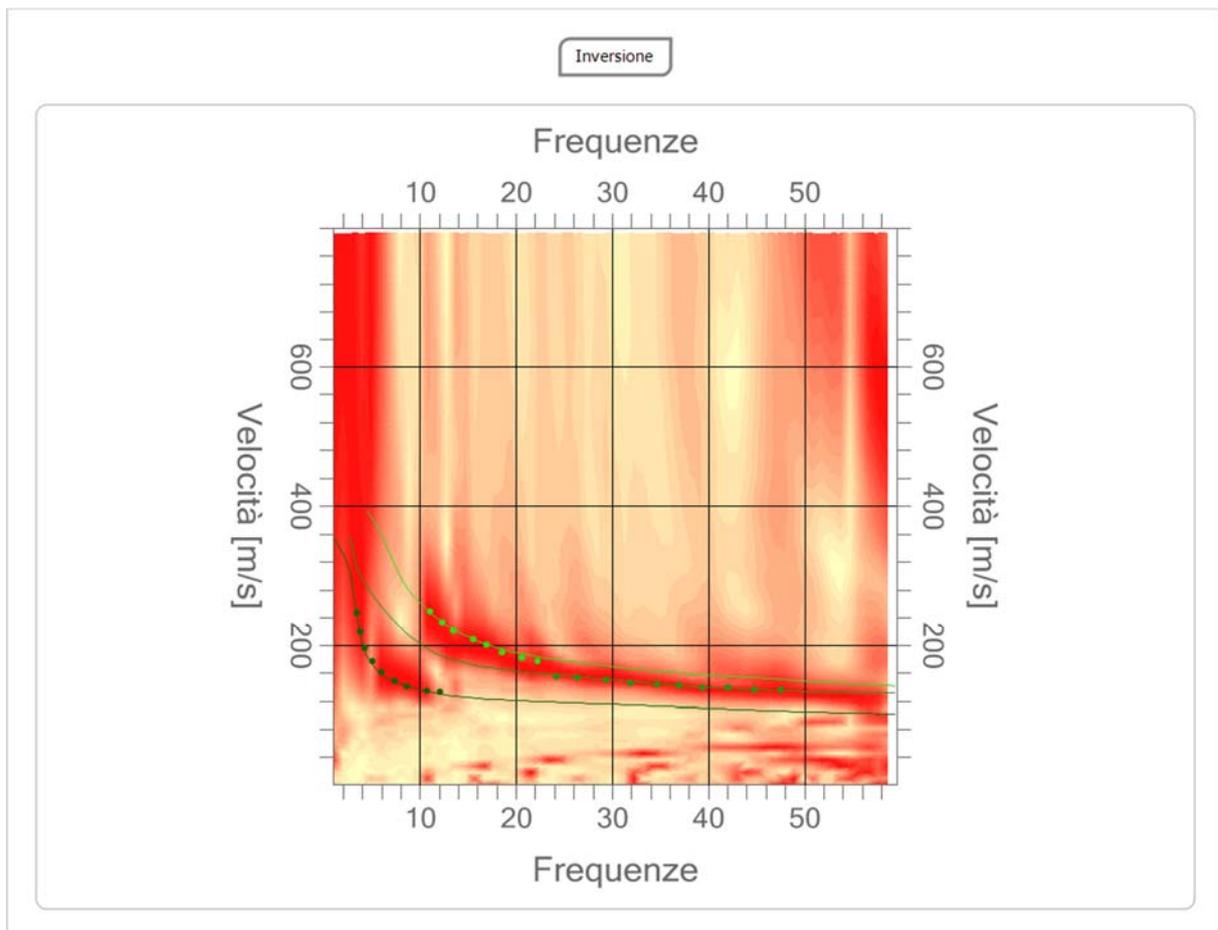


Figura 10: ANDAMENTO DELLA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO

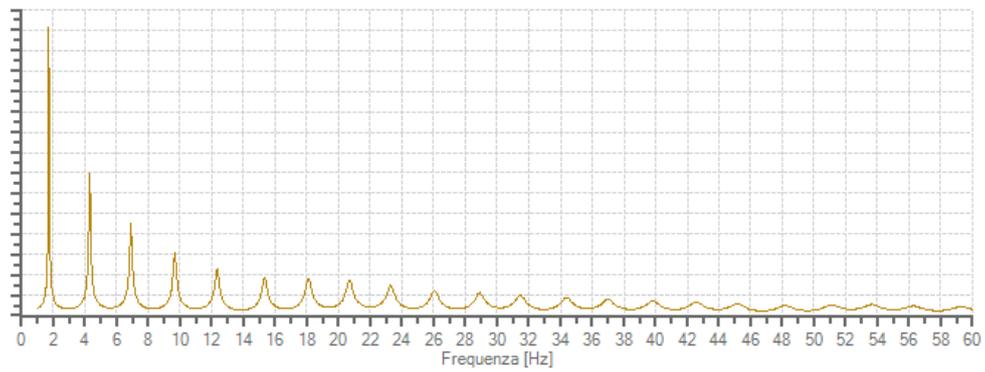


Figura 11: ANDAMENTO DEL FATTORE DI DISADATTAMENTO

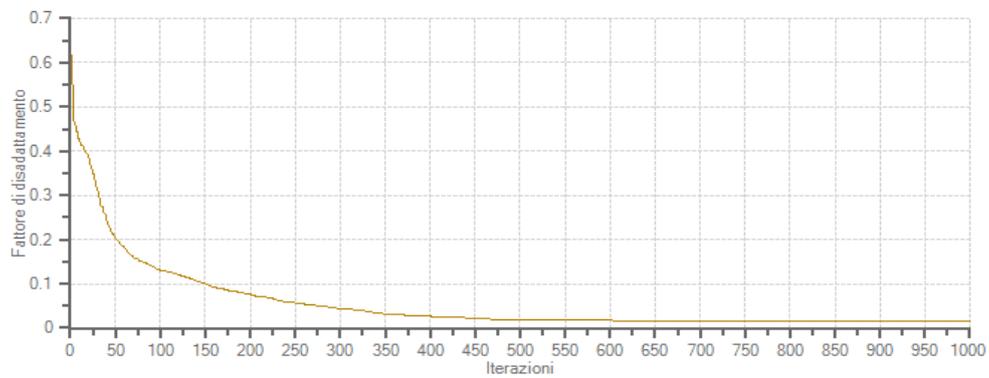
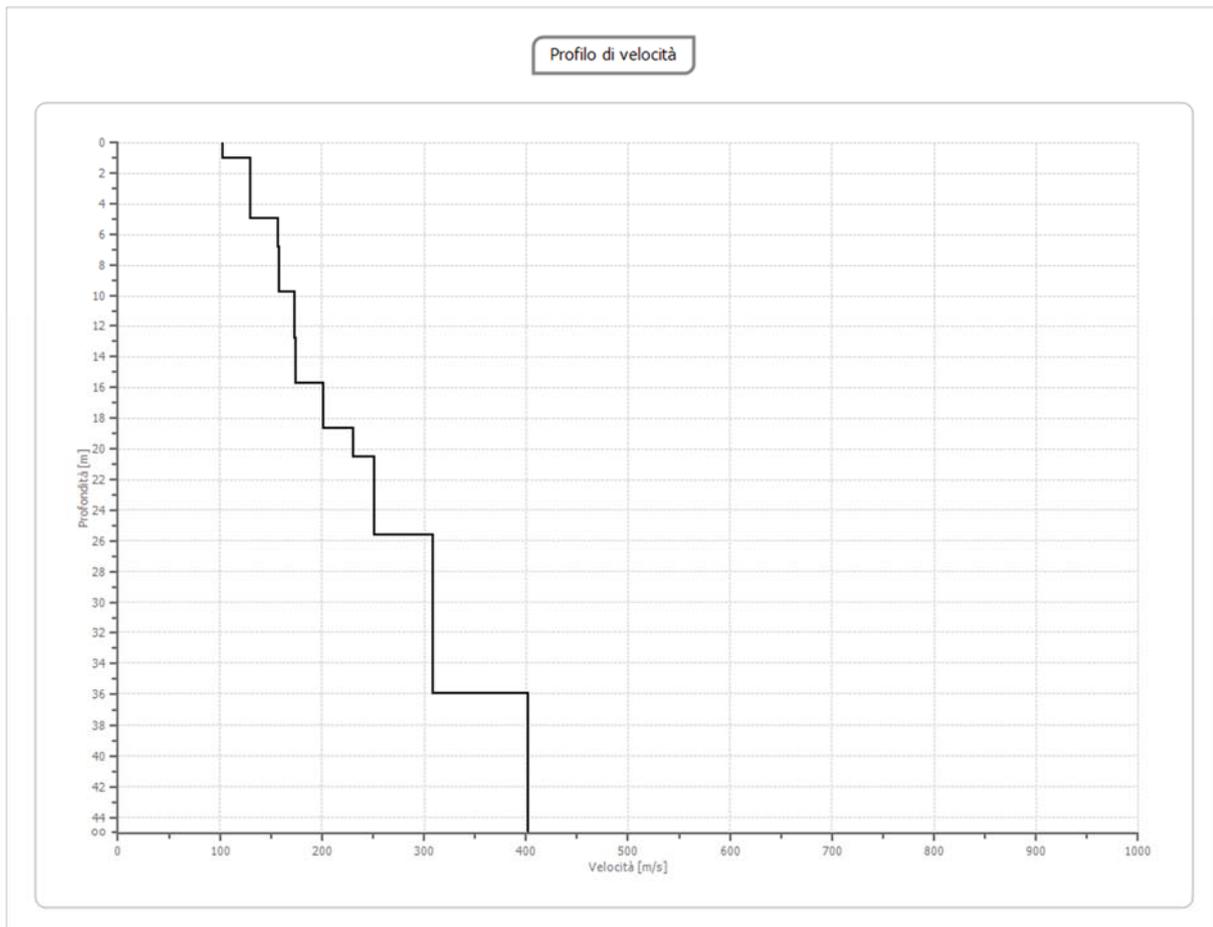


Figura 12: ANDAMENTO IN PROFONDITA' DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



Al termine della elaborazione si è riscontrata una convergenza dei valori (Errore dell'elaborazione) pari a 0,021 %, con un fattore di disadattamento della soluzione pari a 0,015.

Figura 13: TABELLA DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO E CARATTERISTICHE DEGLI STRATI IN PROFONDITA'

G0: Modulo di deformazione al taglio (*);												
Ed: Modulo edometrico (*);			*) Valori validi per piccolissime deformazioni comprese nel tratto lineare elastico del legame costitutivo									
M0: Modulo di compressibilità volumetrica (*);			dei materiali (deformazioni tangenziali inferiori alla soglia elastica).									
Ey: Modulo di Young (*);												
N.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	densità [Kg/cm ³]	Coefficiente di Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.03	1.03	102.25	339.11	1800	0.45	18.82	206.99	181.9	54.57	21	26.11
2	4.97	3.94	129.14	428.31	1860	0.45	31.02	341.21	299.85	89.96	12	84.42
3	6.82	1.86	157.14	521.17	1870	0.45	46.17	507.92	446.35	133.91	17	226.31
4	9.74	2.91	158.09	387.24	1880	0.4	46.98	281.91	219.26	131.56	12	233.28
5	12.8	3.06	173.19	574.4	1900	0.45	56.99	626.88	550.89	165.27	14	368.94
6	15.76	2.97	174.2	325.89	1960	0.3	59.48	208.17	128.87	154.64	11	379.88
7	18.64	2.87	201.72	669.02	1910	0.45	77.72	854.9	751.28	225.38	22	793.89
8	20.56	1.93	230.74	431.67	1960	0.3	104.35	365.23	226.09	271.31	41	1559.89
9	25.62	5.06	251.06	614.96	1920	0.4	121.02	726.1	564.75	338.85	55	2383.86
10	35.97	10.35	308.7	1023.83	1930	0.45	183.92	2023.08	1777.86	533.36	N/A	N/A
11	∞	∞	401.4	983.22	1940	0.4	312.57	1875.45	1458.68	875.21	0	N/A

6 NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (D.M. 14.01.2008)

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (Vs) fino a una profondità di circa 35,97 ml. dal piano campagna.

Ai sensi del DM 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), punto 3.2.2. "Categoria di suolo e condizioni topografiche", il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri (Vs,30) ottenuto mediante l'indagine M.A.S.W. è risultato pari a 184,70 m/s, il quale, tenuto in considerazione l'errore derivante dall'elaborazione dei dati, risulta essere compreso tra 184,66 e 184,74 m/s come evidenziato nella tabella di seguito allegata:

Velocità onde Vs da elaborazione MASW					Vs,30 calcolato	184.70	[m/s]
Strato	Base strato [m]	hi [m]	Vs,i [m/s]	hi / Vs,i [s]	Errore strumentale	0.021	[%]
1	1.03	1.03	102.25	0.010073	Vs,30 - Max	184.74	[m/s]
2	4.97	3.94	129.14	0.030510	Vs,30 - Min	184.66	[m/s]
3	6.82	1.85	157.14	0.011773			
4	9.74	2.92	158.09	0.018470			
5	12.80	3.06	173.19	0.017668			
6	15.76	2.96	174.20	0.016992			
7	18.64	2.88	201.72	0.014277			
8	20.56	1.92	230.74	0.008321			
9	25.62	5.06	251.06	0.020155			
10	35.97	4.38	308.70	0.014189			

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).

Si precisa che sulla base delle caratteristiche litotecniche dei terreni presenti nel sottosuolo, il tecnico deve valutare l'eventuale classificazione dei suoli di fondazione come di tipo S1 e/o S2.