

Comune di Rubiera

Provincia di Reggio Emilia
Regione Emilia Romagna

Progetto di realizzazione di tre coppie di pozzi nell'ambito della riorganizzazione del campo acquifero di Bosco Fontana

(DB Progetto 20-0029)
(DB Cantiere 20-0649)
ATERSIR ID 2020 MOAG 0023
PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO:



Via Maestri del Lavoro n. 38 - 41037 - Mirandola (MO)
web: www.aimag.it - e-mail: info@aimag.it

Il Dirigente del
Servizio Idrico Integrato



(P.I. Floriano Scacchetti)

Il Coordinatore della
Progettazione



(Ing. Teodoro Mangone)



Il Progettista

(Dott. Geol. Giorgio Gasparini)

Data	Novembre 2021	
Tecnico		
Disegnatore		
REVISIONE	DATA	
REV. D01	20/04/2022	
REV. D02	30/05/2022	
REV.D03	30/09/2022	

Descrizione

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICO-SISMICA GEOGNOSTICA

(Art. 32 - D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207)

ALL 15

Relazione geologico-geotecnico-sismica e geognostica relativa al progetto per i lavori di realizzazione di: n. 6 Vani tecnici di alloggiamento pompe, in corrispondenza degli altrettanti pozzi idropotabili monofalda, una nuova cabina elettrica MT/BT al servizio degli stessi pozzi e le relative condotte di allacciamento; tutte le opere sono collocate in prossimità di Via del Rivone , località Bosco Fontana, in Comune di Rubiera (RE).

1. PREMESSA

La presente indagine, affidata da AIMAG Spa, è stata effettuata sentito il progettista strutturale incaricato per lo studio in oggetto.

L'obiettivo dell'indagine è quello di fornire elementi geologici, geotecnici, sismici e idrogeologici, anche mediante l'esecuzione di indagini geognostiche, necessari alla progettazione dell'opera di cui al titolo. L'indagine è stata condotta nel rispetto del DM 17.01.2018 *"Norme tecniche per le costruzioni"*, relativa Circolare n. 7 del 21.01.2019 e tenuto conto del PSC vigente del Comune di Rubiera.

Verrà approfondito l'aspetto geologico e proposto il relativo modello mentre la parte geotecnica verrà limitata alla caratterizzazione fisico-meccanica del sottosuolo; per la parte sismica verranno determinati gli elementi descrittivi e parametrici, anche in riferimento alla Microzonazione Sismica del Comune di Rubiera, necessari alla modellazione, attribuita la categoria sismica del sottosuolo (capitolo 3.2 delle NTC) e condotta la verifica, con metodi semplificati sulla base di n. 2 prove DPSH, al rischio di liquefazione in condizioni di *free field*.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E PROGETTO

L'area in esame è collocata in prossimità della parte terminale della Via del Rivone a Rubiera (RE), poche decine di metri a Ovest, Nord-Ovest dell'estremità Nord-Ovest dell'argine della Cassa di Espansione (Fig. 1); i pozzi previsti verranno ubicati nelle posizioni individuate dalle coordinate geografiche (WGS84_ UTM32N) riportate

nella seguente tabella e rappresentati nella fig. 2. Le quote del piano di campagna oscillano fra i 42-43 m slm.

17A	643206.627	4947693.469
17B	643213.487	4947686.194
18A	643275.792	4947806.849
18B	643283.509	4947800.489
19A	643398.72	4947845.244
19B	643394.904	4947836.001

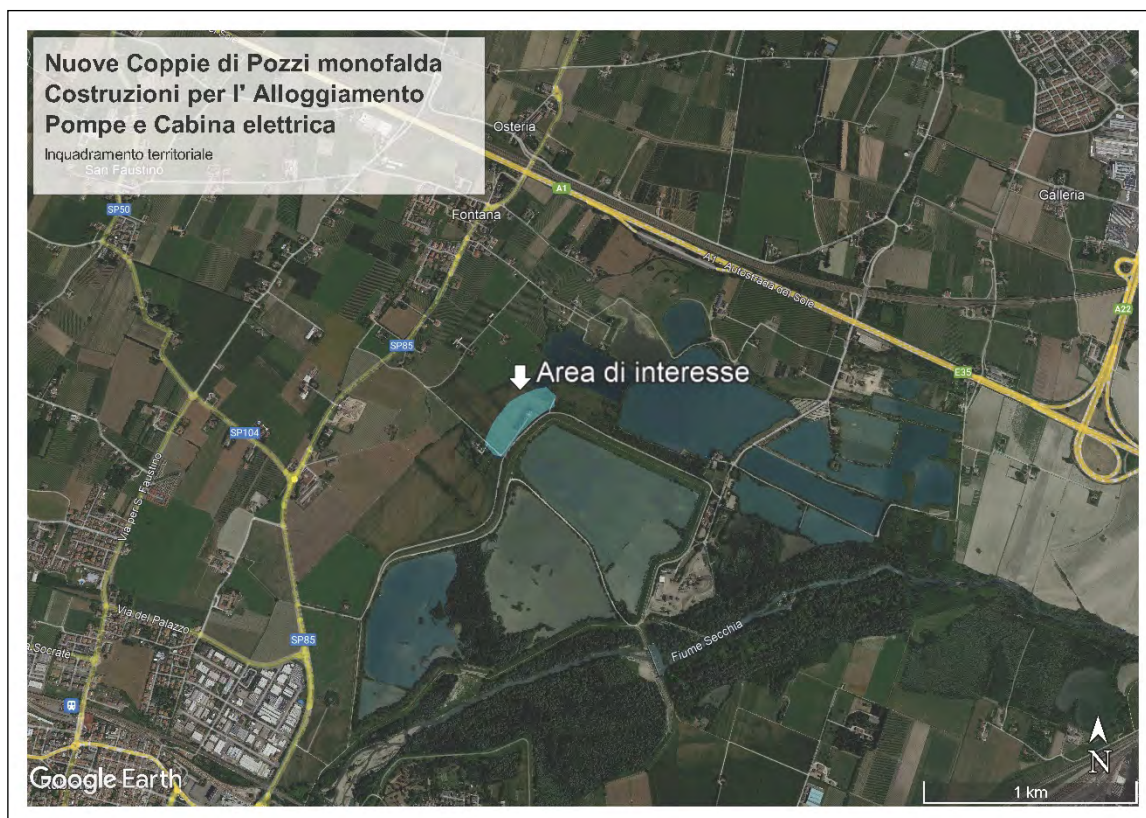


Fig. 1 - Inquadramento territoriale con ubicazione dell'area di intervento.



Fig. 2 – Ubicazione Nuovi pozzi acquedottistici con cabina e cabina elettrica

L'intervento consisterà nella realizzazione: di n. 6 nuove cabine per i rispettivi pozzi, dimensioni in pianta di 8,20m x 3,50m ed altezza di circa 3m dal piano del marciapiede (Figg. 3 e 4); una cabina elettrica prefabbricata in cemento armato (dimensioni in pianta pari a 12,30m x 3,50m ed altezza di circa 3 m dal piano di marciapiede e con modesto cavedio interrato tecnico – Figg. 5 e 6); entrambe le tipologie sono dotate di fondazione superficiale di tipo a platea.

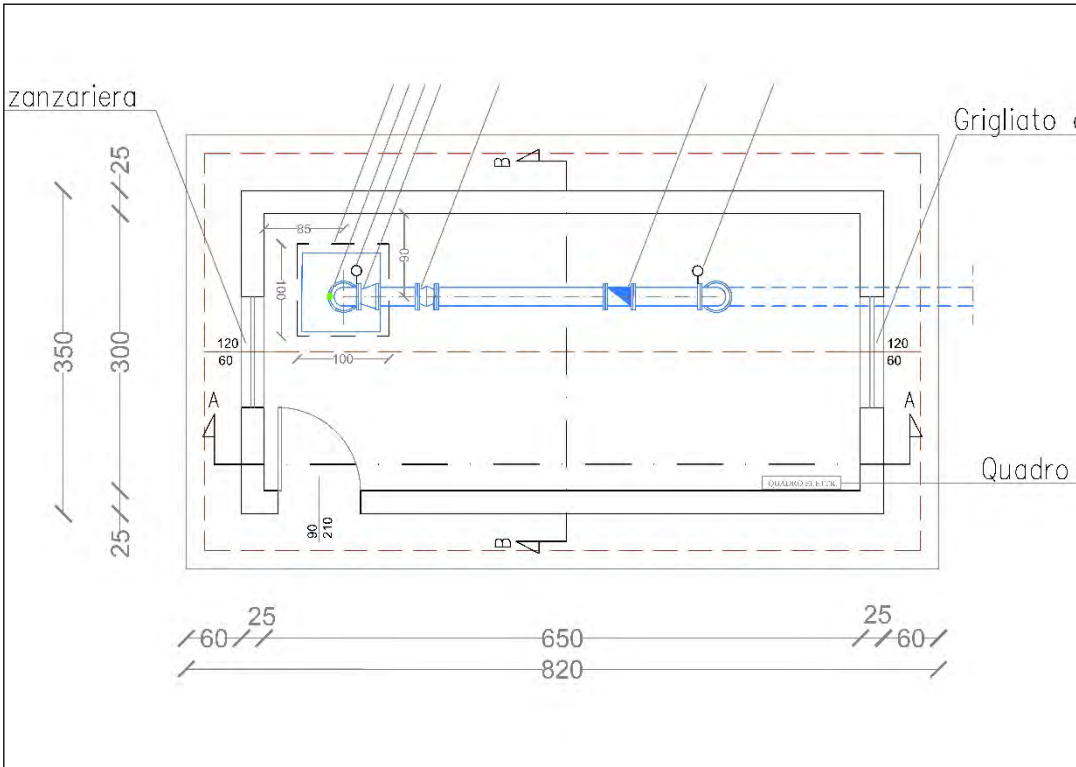


Fig. 3 – Pianta cabina pozzo (non in scala).

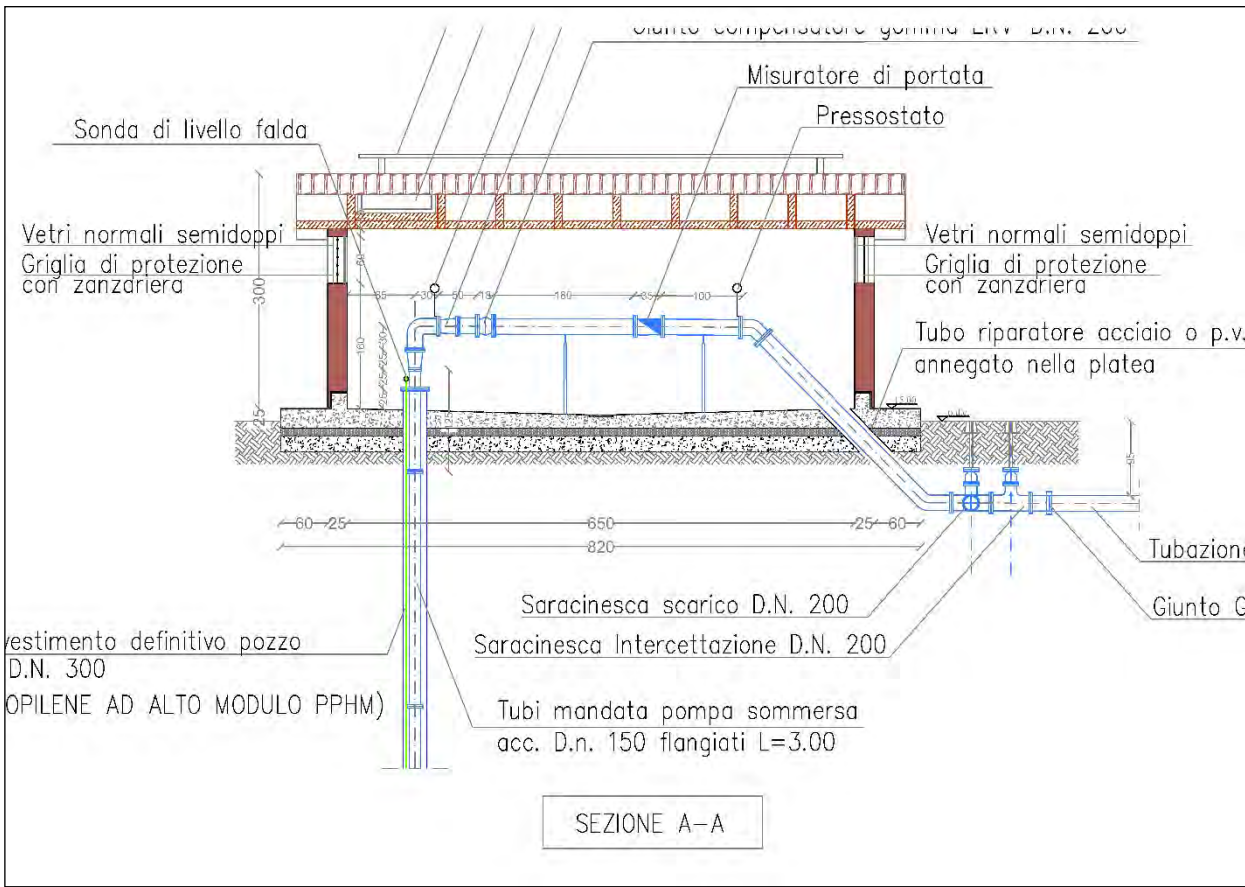


Fig. 4 –Sezione cabina pozzo (non in scala).

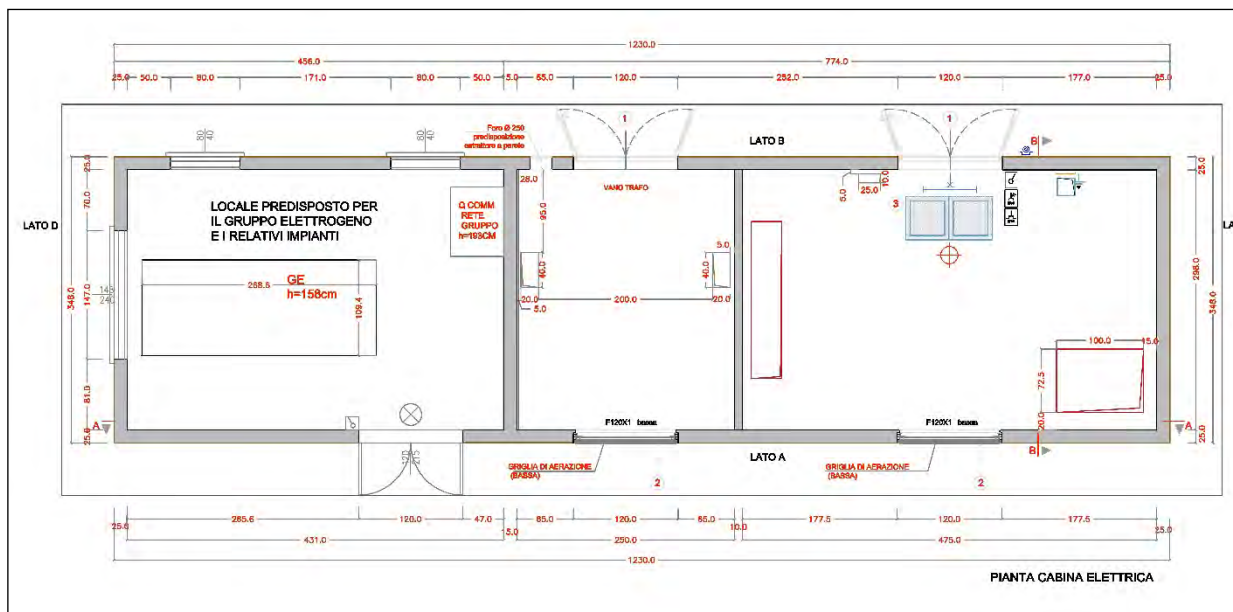


Fig. 5 -Pianta cabina elettrica (non in scala).

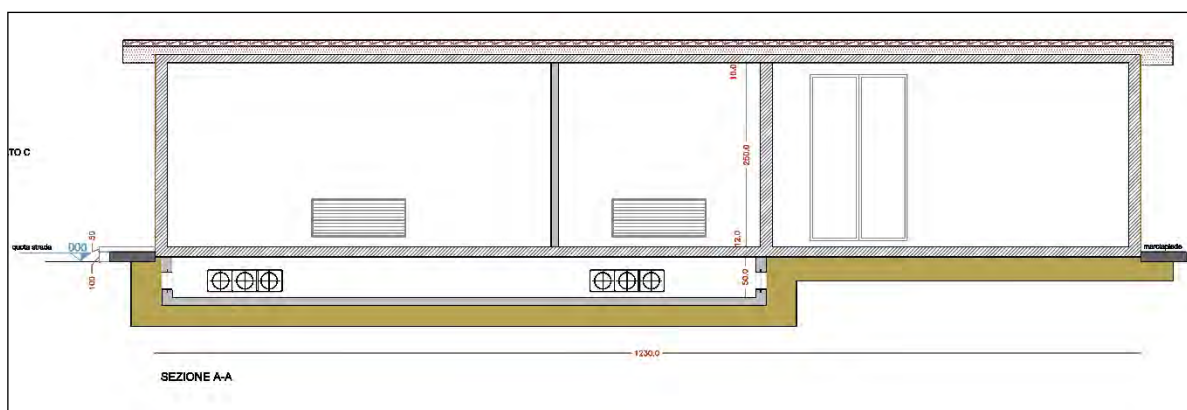
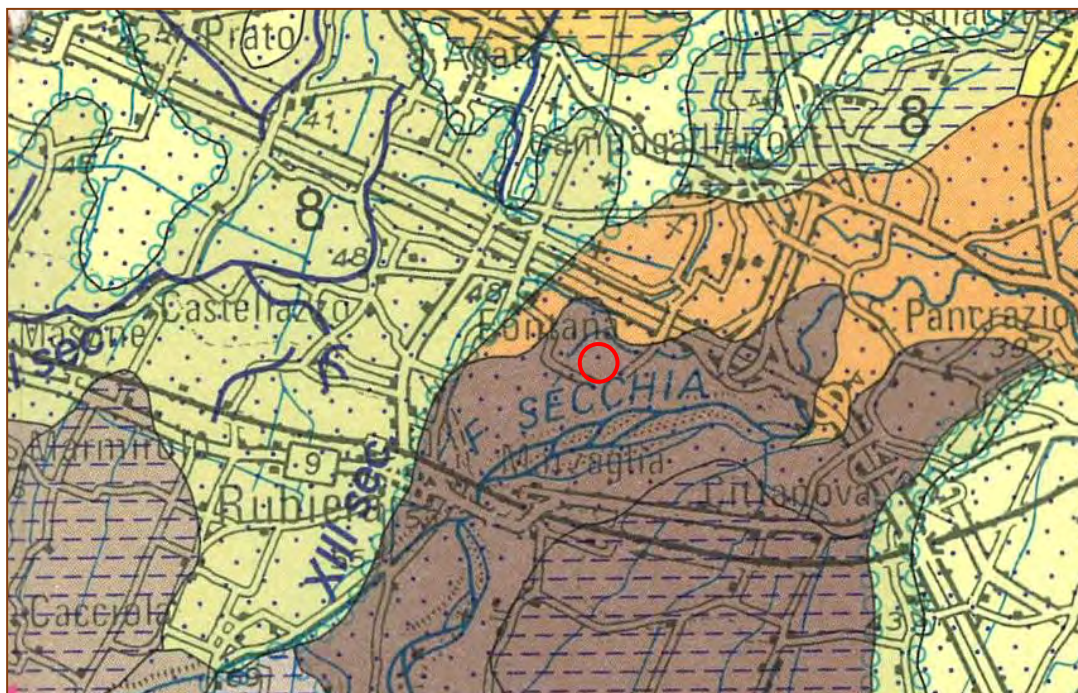


Fig. 6 -Sezione cabina elettrica (non in scala).

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico-stratigrafico l'area in esame si inquadra all'interno del sistema sedimentario del conoide del F. Secchia (Figg. 7, 8, 9 e 10) (AA.VV., 1979; Colombetti et al., 1980; Gelmini & Paltrinieri, 1988; Gasperi et al., 1989; GNDCI - CNR, 1989; 1992; Regione Emilia-Romagna, 1999, Gasperi & Pizziolo).



LEGENDA:

- | | |
|---|--|
| 1 | Ghiaie e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari amalgamati, intercalate a sabbie e sabbie limose in strati di spessore decimetrico. Depositi di conoide e di terrazzo. |
| 5 | Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine prossimale. |
| 8 | Limi argillosi e limi sabbiosi, subordinatamente sabbie fini e finissime, in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine indifferenziati. |
| 9 | Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concrezioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area interfluviale e depositi di palude. |

Fig. 7 – Estratto Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna (RER, 1999) (Non in scala). Il cerchio rosso individua l'area di indagine.

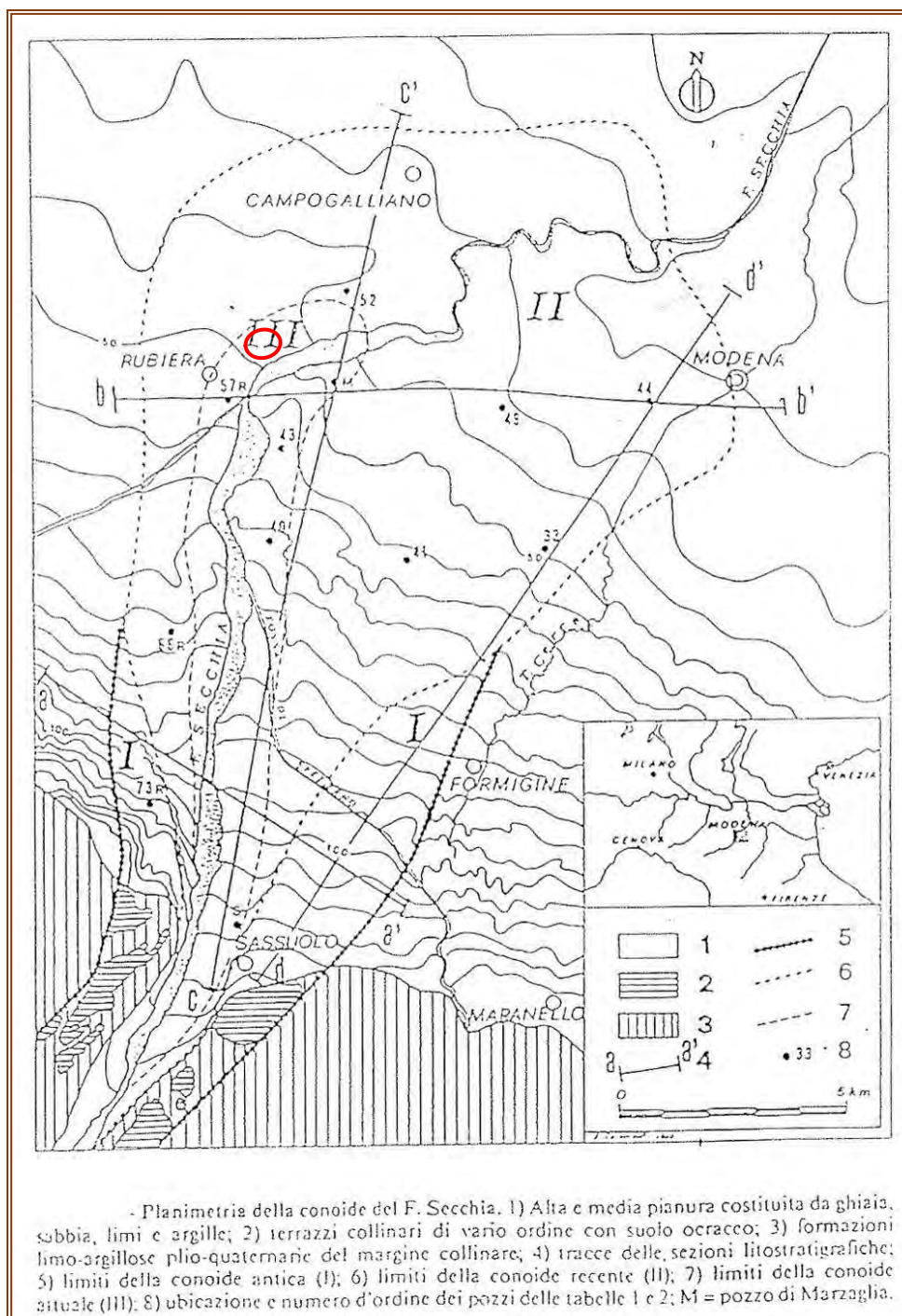


Fig. 8 – Planimetria generale conoide fiume Secchia. L'ovale rosso individua l'area di indagine.

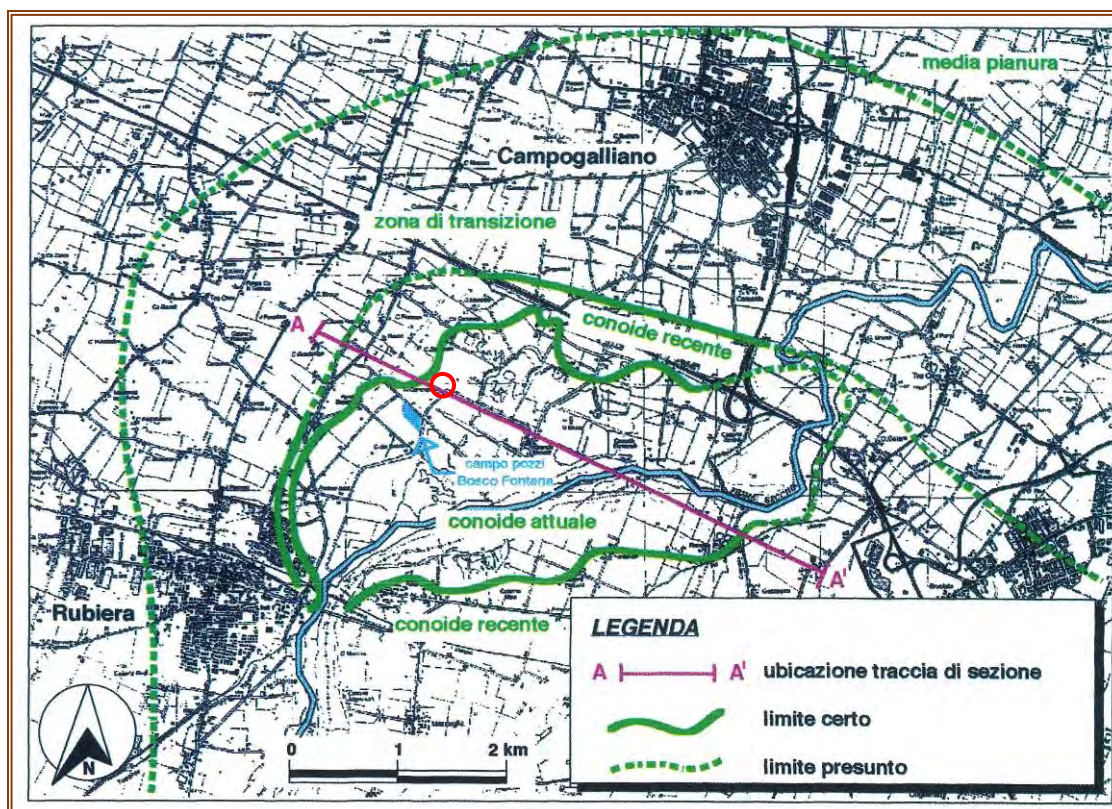


Fig. 9 – Planimetria della porzione Nord-Ovest conoide del fiume Secchia. Il cerchio rosso individua l'area di indagine.

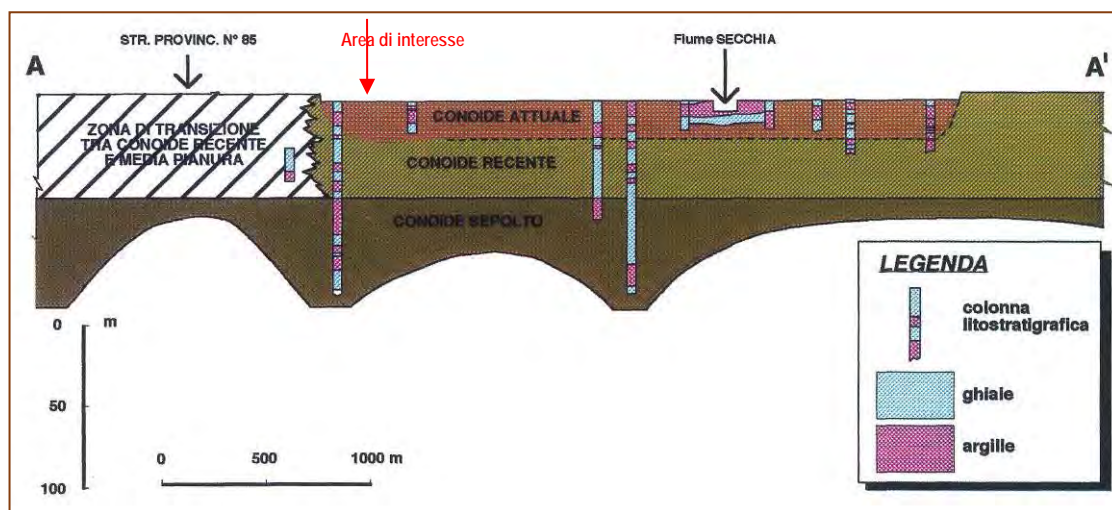


Fig. 10 – Sezione litostratigrafica A-A' di cui alla Fig. 7.

Il substrato è pertanto formato da depositi fluviali prevalentemente grossolani (ghiaie e sabbie) (Figg. 7, 8, 9 e 10) che si distribuiscono in pianta secondo una forma a cono con apice rivolto verso monte (Fig. 8).

Agli estesi corpi ghiaioso-sabbiosi si intercalano, a varia profondità e con spessori anche plurimetrici, dei depositi a granulometria fine argilloso-limosi.

Tali materiali presentano spessori dell'ordine di alcune centinaia di metri, appoggiano in discordanza sui sedimenti marini (per lo più plio-quadernari) sepolti, e sono inquadrabili dal punto di vista stratigrafico nel Supersistema Emiliano-Romagnolo, che comprende tutte le Sequenze Deposizionali emiliano-romagnole sedimentatesi in ambiente continentale durante il Quaternario-Olocene (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998).

Nel sottosuolo dell'area in studio si distinguono pertanto sequenze formate da depositi fluviali grossolani (ghiaie e sabbie) alternati a orizzonti a granulometria fine (limi e argille). Tali sequenze deposizionali formano le unità stratigrafiche (sintemi e subsintemi) ed idrostratigrafiche (Gruppi acquiferi & Complessi acquiferi) riconoscibili nel sottosuolo emiliano-romagnolo (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998).

Ben prima dell'applicazione della stratigrafia sequenziale allo studio stratigrafico della pianura emiliano-romagnola (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998) a livello del conoide del F. Secchia sono state definite alcune grandi suddivisioni litologiche ed idrostratigrafiche così denominate (Colombetti et al., 1980; Gasparini 1993; 1995) (Figg. 9 e 10):

- Conoide attuale;
- Conoide recente;
- Conoide antico o conoide sepolto

L'area specifica di indagine, per quanto riguarda le opere di servizio ai pozzi in oggetto, si colloca **esclusivamente sul conoide attuale** che descriveremo di seguito.

3.1. Conoide attuale

Il "conoide attuale" è formato dai sedimenti fluviali più recenti, depositati dal Secchia all'incirca fra il medioevo ed il XX secolo. Si tratta di terreni grossolani che affiorano lungo una fascia parallela corso attuale del Secchia circa fino a Campogalliano (Fig.7). Nell'area in studio il limite occidentale e nord occidentale del conoide attuale è marcato morfologicamente da una scarpata alta anche alcuni metri localmente nota con il termine *Rivone*¹ (Figg. 9 e 10).

¹ In destra Secchia, sebbene meno evidente, è presente un analogo limite morfologico.

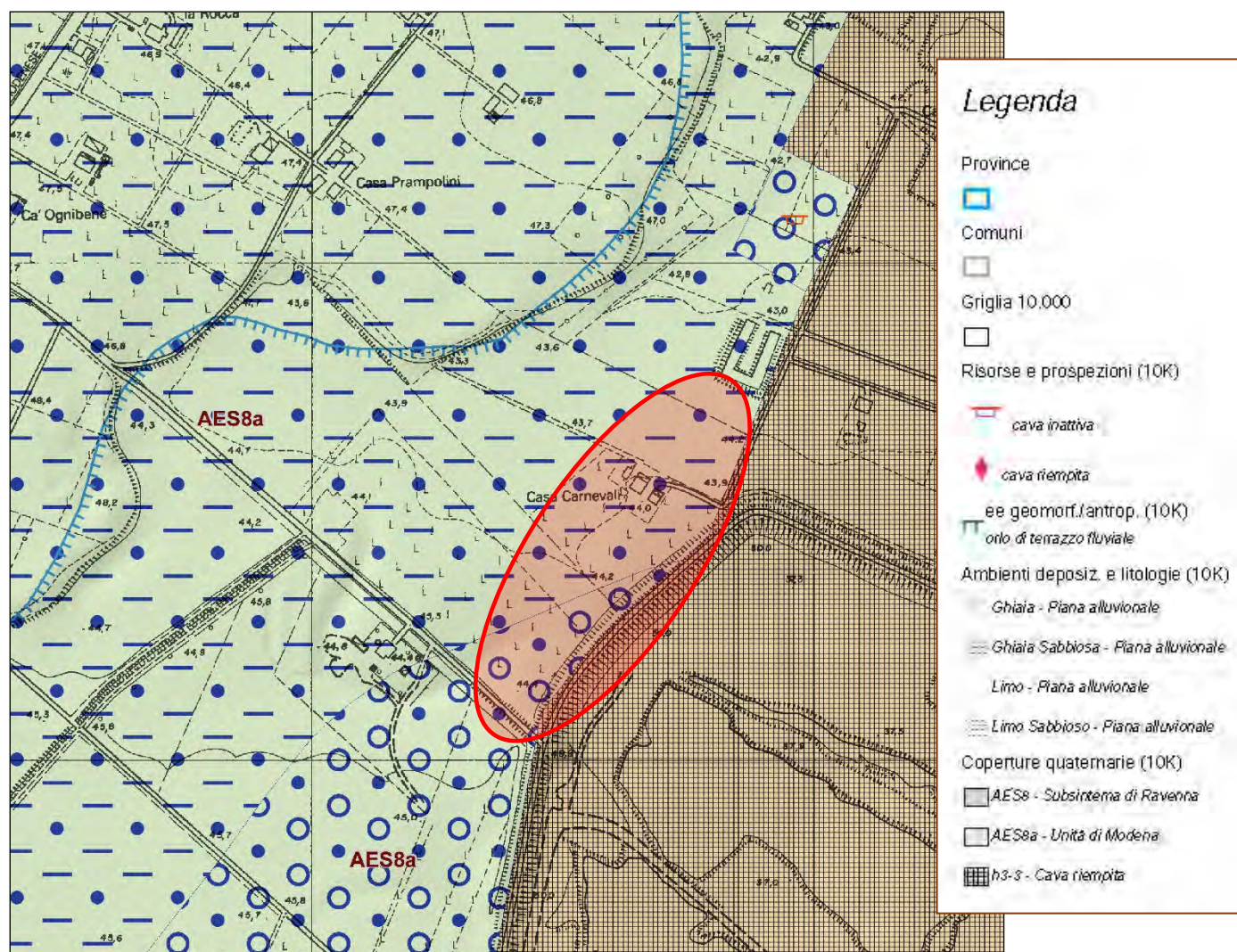


Fig. 11 – Estratto Carta geologica di pianura. Non in scala. L'ovale di colore rosso rappresenta l'area di interesse.

Si tratta di una scarpata di erosione fluviale incisa nei depositi fini di pianura sui quali si sedimentarono dapprima, ed in maniera talora discontinua, dei sedimenti prevalentemente argillosi, poi i materiali fluviali grossolani del conoide attuale (Figg. 10 e 11).

I depositi grossolani riferibili al conoide attuale a sud della via Emilia appoggiano in discordanza su ghiaie e sabbie più antiche, ma nell'area in studio si sovrappongono, come detto, quasi ovunque ad un livello argilloso o argilloso-limoso spesso diversi metri.

Queste argille rappresentano probabilmente il risultato della sedimentazione durante una fase caratterizzata da bassa capacità di trasporto da parte del Secchia con formazione di una sorta di "lago" o comunque area di sedimentazione fluviale a bassa energia poi successivamente colmata dai sedimenti ghiaiosi del conoide attuale.

Solo nel settore posto a S-SO della Cassa di espansione i materiali ghiaiosi del conoide attuale poggiano su altri materiali grossolani riferibili al conoide recente, in un settore dove probabilmente si è avuta la completa asportazione dei sedimenti fini soprarichiamati (oppure non se ne è avuta mai la deposizione).

Le ghiaie del conoide attuale sono state oggetto, e lo sono tuttora, di escavazione per approvvigionamento di materiali inerti. Le stesse casse di espansione ed i “laghi di Campogalliano” sono stati realizzati in corrispondenza di cave di ghiaie riferibili al conoide attuale.

Il conoide attuale è caratterizzato da una “copertura” naturale alle ghiaie composta da terreni limosi e limo-sabbiosi a buona consistenza per essiccazione e con spessori che variano circa da 0,5 a 2 m.

Fanno eccezione le aree di ex cava riempite con materiali naturali ma con caratteristiche di spessore e geotecniche diverse da quelle naturali.

Per definire meglio la copertura naturale, oltre all'esecuzione di n. 2 Prove penetrometriche statiche (Fig. 12 e All. 1), sono state raccolte indagini penetrometriche esistenti ed una stratigrafia di pozzo, ubicate come da Fig. 12, i cui diagrammi vengono riportati in All. 1 e dai quali è possibile stimare i seguenti spessori dei terreni fini di copertura alle ghiaie addensate:

Prova	Pozz. 15	PDL1	PDL2	PDL3	DPSH1	DPSH2	DPSH3	P19A	P19B
Spess. (m)	1.5	1.5	1.4	1.2	1.40	1.0	0.5	1.2	1.2

Come si può notare i terreni fini di copertura alle ghiaie hanno uno spessore regolare per l'intera area di indagine (**media= 1.2m**; Min=0.5m; Max= 1.5m).

Per approfondire la situazione all'interno del volume geotecnicamente significativo delle cabine in progetto sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche statiche/dinamiche e n. 1 prova sismica attiva tipo MASW, che descriveremo nel successivo capitolo; sono state inoltre riutilizzate n. 2 prove penetrometriche dinamiche super pesanti (DPSH) esistenti, ubicate in vicinanza all'area di interesse ed in una situazione geolitostratigrafica paragonabile (Fig. 12 All.1).

Le DPSH eseguite di proposito, in corrispondenza delle relative prove statiche, sono andate a rifiuto strumentale alla profondità di 1,4 m per la presenza di ghiaie grossolane.

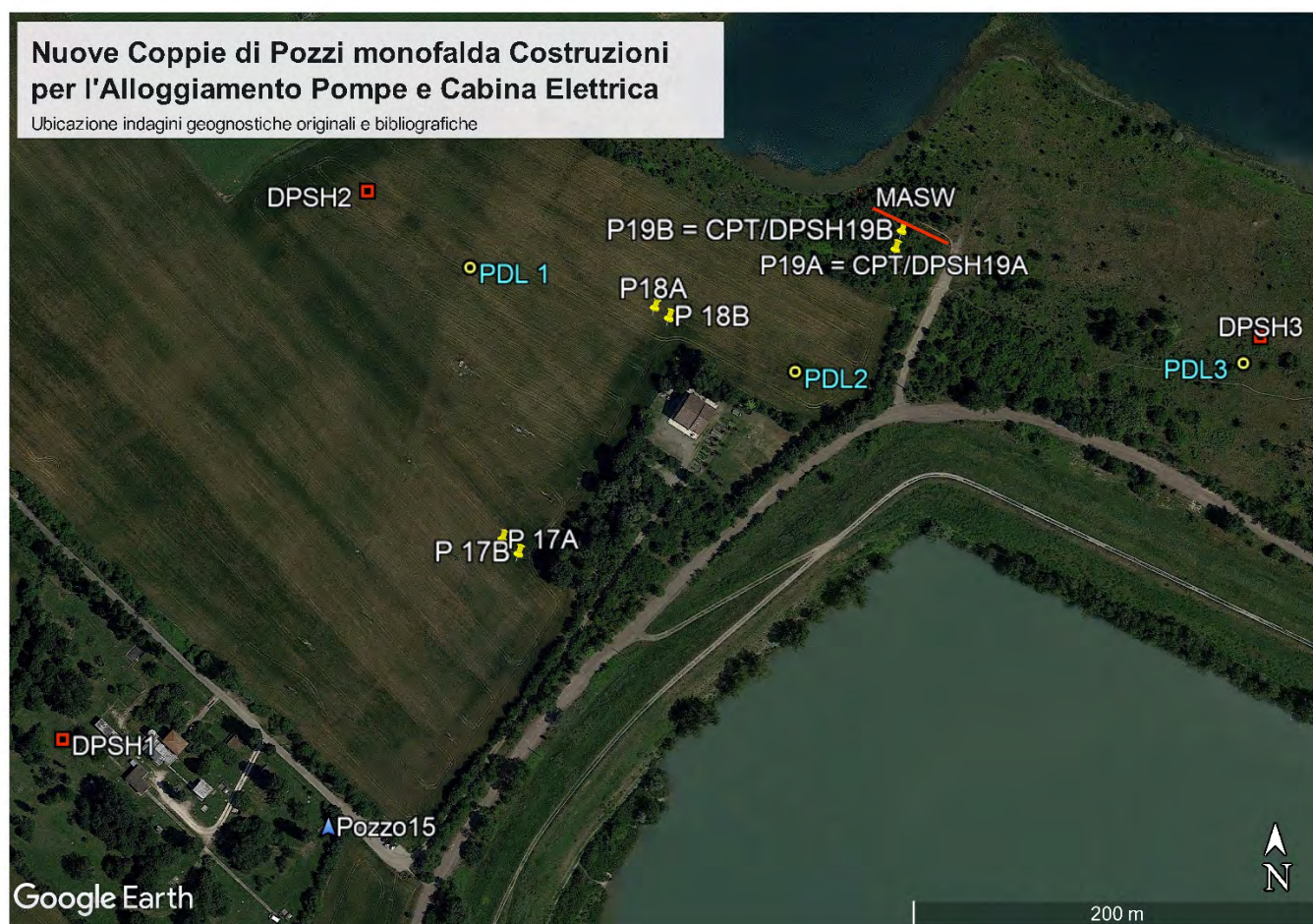


Fig. 12 - Ubicazione indagini geognostiche eseguite e bibliografiche.

4. MODELLI GEOLOGICO E GEOTECNICO

I dati penetrometrici originali sono stati elaborati attraverso correlazioni di tipo empirico ottenendo, per ogni strato individuato (Figg. 13 e 14), i risultati nominali riportati di seguito.

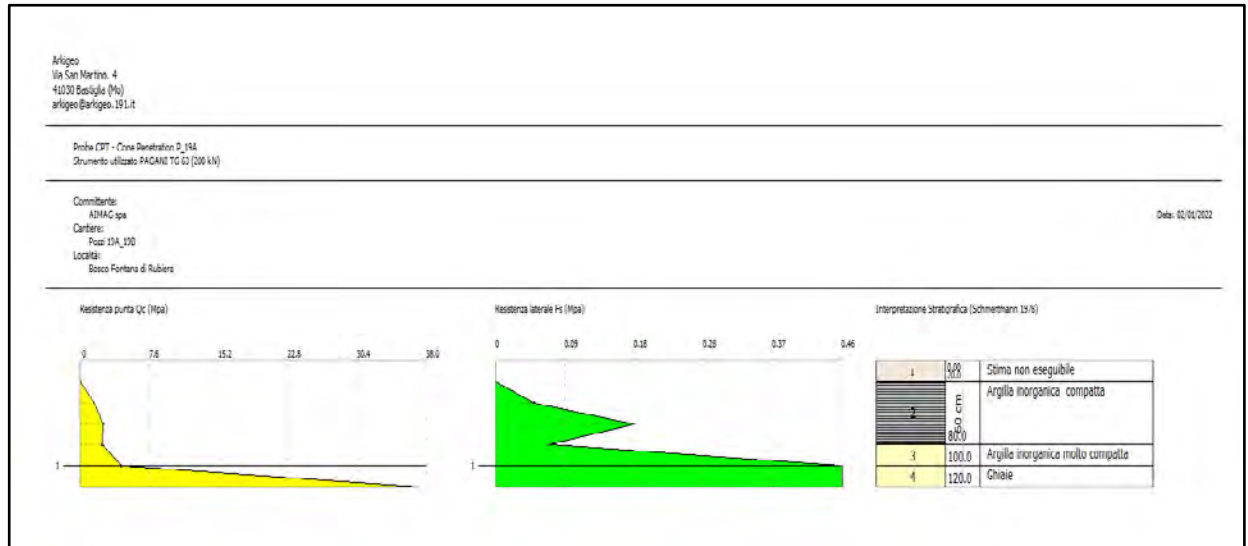


Fig. 13 - Colonna Litostratigrafica CPT19A.

Elaborazione PROVA CPT19A

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI NOMINALI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 2	0.80	2.133333	0.1	6.0	6.0	Terzaghi	106.9
Strato 3	1.00	4.5	0.45	14.1	14.1	Terzaghi	224.6

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 2	0.80	2.133333	0.1	6.0	6.0	Metodo generale del modulo Edometrico	4.3
Strato 3	1.00	4.5	0.45	14.1	14.1	Metodo generale del modulo Edometrico	9.0

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eu (Mpa)
Strato 2	0.80	2.133333	0.1	6.0	6.0	Ladd ed Altri 1977 n=30	3.2
Strato 3	1.00	4.5	0.45	14.1	14.1	Ladd ed Altri 1977 n=30	6.7

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica a totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di deformazione e a taglio (Mpa)
Strato 2	0.80	2.133333	0.1	6.0	6.0	Imai & Tomauchi	18.0
Strato 3	1.00	4.5	0.45	14.1	14.1	Imai & Tomauchi	28.4

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione e	Ocr
Strato 2	0.80	2.133333	0.1	6.0	6.0	Stress-History	8.27
Strato 3	1.00	4.5	0.45	14.1	14.1	Stress-History	7.44

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 2	0.80	2.133333	0.1	6.0	6.0	Meyerhof	19.5
Strato 3	1.00	4.5	0.45	14.1	14.1	Meyerhof	20.7

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	C	Crm
Strato 2	0.80	2.133333	0.1	6.0	6.0	0.12814	0.01666
Strato 3	1.00	4.5	0.45	14.1	14.1	0.1079	0.01403

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 2	0.80	2.133333	0.1	6.0	6.0	Meyerhof	20.3
Strato 3	1.00	4.5	0.45	14.1	14.1	Meyerhof	21.5

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 4	1.20	37.3	0.45	18.1	18.1	Harman	100.0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazion e	Angolo d'attrito (°)
Strato 4	1.20	37.3	0.45	18.1	18.1	Robertson & Campanella 1983	45.0

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazion e	Modulo di Young (Mpa)
Strato 4	1.20	37.3	0.45	18.1	18.1	Robertson & Campanella 1983	74.6

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 4	1.20	37.3	0.45	18.1	18.1	Buisman - Sanglerat	55.9

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	G (Mpa)
Strato 4	1.20	37.3	0.45	18.1	18.1	Imai & Tomauchi	103.6

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazion e	Ocr
Strato 4	1.20	37.3	0.45	18.1	18.1	Stress-History	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatic a efficace (KPa)	Correlazione	Ko
Strato 4	1.20	37.3	0.45	18.1	18.1	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	C	Crm
Strato 4	1.20	37.3	0.45	18.1	18.1	0.05915	0.00769

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazion e	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 4	1.20	37.3	0.45	18.1	18.1	Meyerhof	18.6

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazion e	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 4	1.20	37.3	0.45	18.1	18.1	Meyerhof	21.6

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazion e	K (cm/s)
Strato 1	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	Piacentini- Righi 1988	*
Strato 2	0.80	2.133333	0.1	6.0	6.0	Piacentini- Righi 1988	3.09E-09
Strato 3	1.00	4.5	0.45	14.1	14.1	Piacentini- Righi 1988	1.00E-11
Strato 4	1.20	37.3	0.45	18.1	18.1	Piacentini- Righi 1988	7.80E-03

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazion e	Coefficiente di consolidazio ne (cm²/s)
Strato 1	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 2	0.80	2.133333	0.1	6.0	6.0	Piacentini- Righi 1988	2.014288E- 04
Strato 3	1.00	4.5	0.45	14.1	14.1	Piacentini- Righi 1988	1.376617E- 06
Strato 4	1.20	37.3	0.45	18.1	18.1	Piacentini- Righi 1988	0

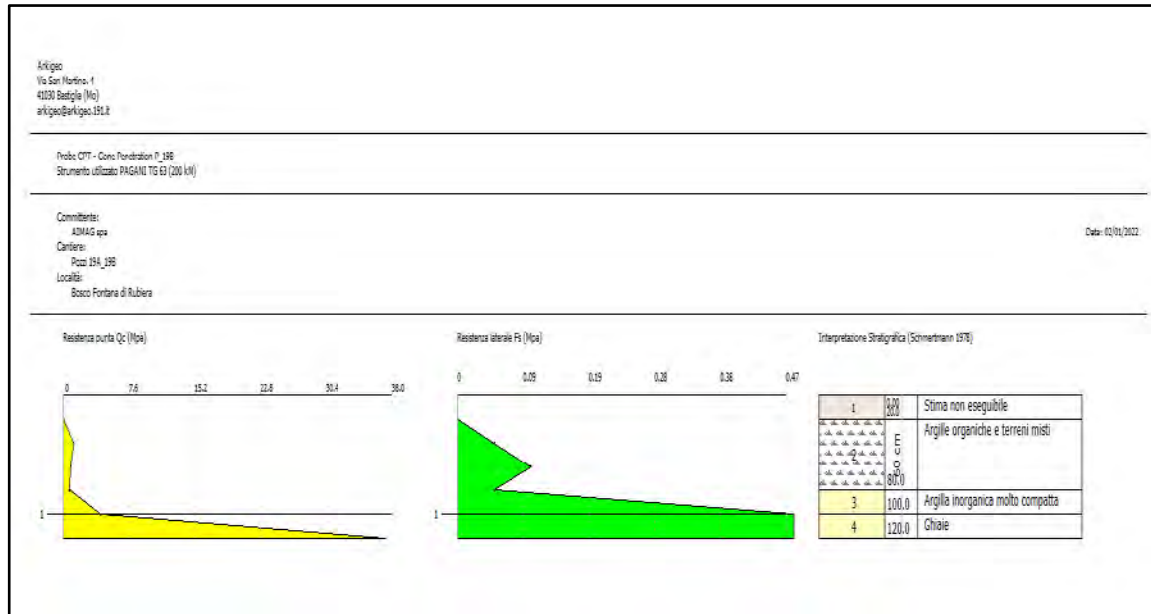


Fig. 14 - Colonna Litostratigrafica CPT19B.

Elaborazione PROVA CPT19A

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI NOMINALI

TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 2	0.80	0.9	0.066667	5.6	5.6	Terzaghi	45.1
Strato 3	1.00	4.3	0.46	13.3	13.3	Terzaghi	214.8

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 2	0.80	0.9	0.066667	5.6	5.6	Metodo generale del modulo Edometrico	4.1
Strato 3	1.00	4.3	0.46	13.3	13.3	Metodo generale del modulo Edometrico	8.6

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eu (Mpa)
Strato 2	0.80	0.9	0.066667	5.6	5.6	Ladd ed Altri 1977 n=30	1.4
Strato 3	1.00	4.3	0.46	13.3	13.3	Ladd ed Altri 1977 n=30	6.4

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di deformazione e a taglio (Mpa)
Strato 2	0.80	0.9	0.066667	5.6	5.6	Imai & Tomauchi	10.6
Strato 3	1.00	4.3	0.46	13.3	13.3	Imai & Tomauchi	27.7

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 2	0.80	0.9	0.066667	5.6	5.6	Stress-History	3.71
Strato 3	1.00	4.3	0.46	13.3	13.3	Stress-History	7.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 2	0.80	0.9	0.066667	5.6	5.6	Meyerhof	18.1
Strato 3	1.00	4.3	0.46	13.3	13.3	Meyerhof	20.6

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	C	Crm
Strato 2	0.80	0.9	0.066667	5.6	5.6	0.21192	0.02755
Strato 3	1.00	4.3	0.46	13.3	13.3	0.10915	0.01419

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 2	0.80	0.9	0.066667	5.6	5.6	Meyerhof	18.8
Strato 3	1.00	4.3	0.46	13.3	13.3	Meyerhof	21.4

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazion e	Densità relativa (%)
Strato 4	1.20	37.3	0.46	17.4	17.4	Harman	100.0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatic a efficace (KPa)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 4	1.20	37.3	0.46	17.4	17.4	Robertson & Campanella 1983	45.0

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 4	1.20	37.3	0.46	17.4	17.4	Robertson & Campanella 1983	74.6

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatic a totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 4	1.20	37.3	0.46	17.4	17.4	Buisman - Sanglerat	55.9

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa))	Tension e litostatic a totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	G (Mpa)
Strato 4	1.20	37.3	0.46	17.4	17.4	Imai & Tomauchi	103.6

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazion e	Ocr
Strato 4	1.20	37.3	0.46	17.4	17.4	Stress-History	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatic a efficace (KPa)	Correlazione	Ko
Strato 4	1.20	37.3	0.46	17.4	17.4	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	C	Crm
Strato 4	1.20	37.3	0.46	17.4	17.4	0.05915	0.00769

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazion e	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 4	1.20	37.3	0.46	17.4	17.4	Meyerhof	18.6

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazion e	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 4	1.20	37.3	0.46	17.4	17.4	Meyerhof	21.6

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazion e	K (cm/s)
Strato 1	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	Piacentini- Righi 1988	*
Strato 2	0.80	0.9	0.066667	5.6	5.6	Piacentini- Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	1.00	4.3	0.46	13.3	13.3	Piacentini- Righi 1988	1.00E-11
Strato 4	1.20	37.3	0.46	17.4	17.4	Piacentini- Righi 1988	6.89E-03

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm²/s)
Strato 1	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 2	0.80	0.9	0.066667	5.6	5.6	Piacentini-Righi 1988	2.753234E-07
Strato 3	1.00	4.3	0.46	13.3	13.3	Piacentini-Righi 1988	1.315434E-06
Strato 4	1.20	37.3	0.46	17.4	17.4	Piacentini-Righi 1988	0

Prova penetrometrica dinamica Super pesante DPSH3 (Bibliofratica)

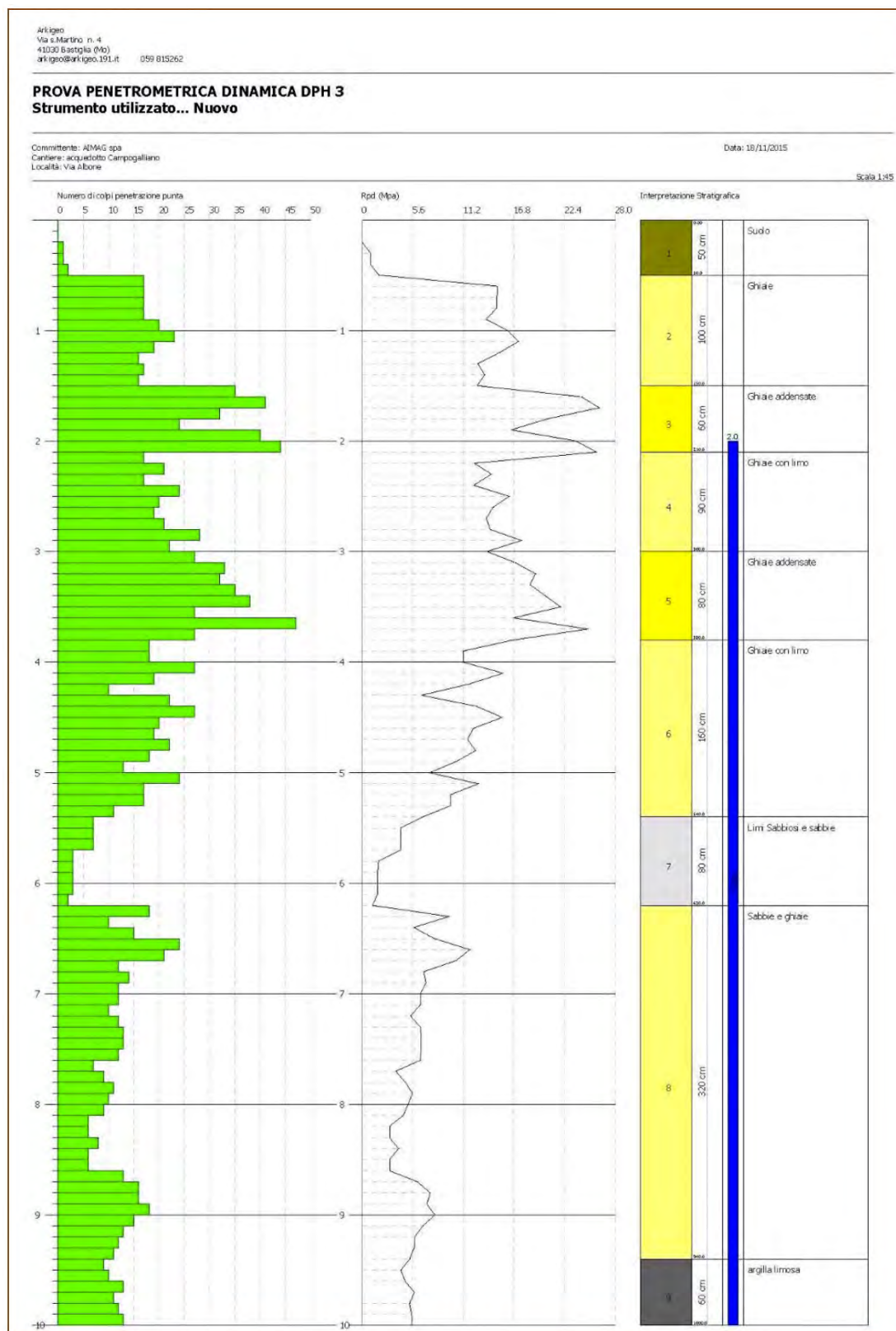


Fig. 15 Litostratigrafia DPSH3 (biblio)

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 3 (Bibliografica)

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (1) Suolo	1.63	0.00-0.50	Terzaghi-Peck	10.00
Strato (7) Limi Sabbiosi e sabbie	8.91	5.40-6.20	Terzaghi-Peck	58.94
Strato (9) argilla limosa	23.05	9.40-10.00	Terzaghi-Peck	152.59

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) Suolo	1.63	0.00-0.50	Robertson (1983)	0.32
Strato (7) Limi Sabbiosi e sabbie	8.91	5.40-6.20	Robertson (1983)	1.75
Strato (9) argilla limosa	23.05	9.40-10.00	Robertson (1983)	4.52

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (1) Suolo	1.63	0.00-0.50	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	1.81
Strato (7) Limi Sabbiosi e sabbie	8.91	5.40-6.20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	9.09
Strato (9) argilla limosa	23.05	9.40-10.00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	23.23

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (1) Suolo	1.63	0.00-0.50	Apollonia	1.60
Strato (7) Limi Sabbiosi e sabbie	8.91	5.40-6.20	Apollonia	8.74
Strato (9) argilla limosa	23.05	9.40-10.00	Apollonia	22.60

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Suolo	1.63	0.00-0.50	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (7) Limi Sabbiosi e sabbie	8.91	5.40-6.20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (9) argilla limosa	23.05	9.40-10.00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (1) Suolo	1.63	0.00-0.50	Meyerhof	15.00
Strato (7) Limi Sabbiosi e sabbie	8.91	5.40-6.20	Meyerhof	18.93
Strato (9) argilla limosa	23.05	9.40-10.00	Meyerhof	20.69

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato (1) Suolo	1.63	0.00-0.50	Meyerhof	18.14
Strato (7) Limi Sabbiosi e sabbie	8.91	5.40-6.20	Meyerhof	20.79
Strato (9) argilla limosa	23.05	9.40-10.00	Meyerhof	21.28

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) Ghiaie	36.41	0.50-1.50	36.41	Gibbs & Holtz 1957	69.34
Strato (3) Ghiaie addensate	73.22	1.50-2.10	73.22	Gibbs & Holtz 1957	85.51
Strato (4) Ghiaie e sabbie	42.71	2.10-3.00	28.855	Gibbs & Holtz 1957	66.6
Strato (5) Ghiaie addensate	67.63	3.00-3.80	41.315	Gibbs & Holtz 1957	78.06
Strato (6) Sabbie co ghiaia	38.4	3.80-5.40	26.7	Gibbs & Holtz 1957	59.37
Strato (8) Sabbie e ghiaie	24.79	6.20-9.40	19.895	Gibbs & Holtz 1957	43.52

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) Ghiaie	36.41	0.50-1.50	36.41	Sowers (1961)	38.19
Strato (3) Ghiaie addensate	73.22	1.50-2.10	73.22	Sowers (1961)	48.5
Strato (4) Ghiaie e sabbie	42.71	2.10-3.00	28.855	Sowers (1961)	36.08
Strato (5) Ghiaie addensate	67.63	3.00-3.80	41.315	Sowers (1961)	39.57
Strato (6) Sabbie co ghiaia	38.4	3.80-5.40	26.7	Sowers (1961)	35.48
Strato (8) Sabbie e ghiaie	24.79	6.20-9.40	19.895	Sowers (1961)	33.57

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (2) Ghiaie	36.41	0.50-1.50	36.41	Bowles (1982) Sabbia Media	25.21
Strato (3) Ghiaie addensate	73.22	1.50-2.10	73.22	Bowles (1982) Sabbia Media	43.26
Strato (4) Ghiaie e sabbie	42.71	2.10-3.00	28.855	Bowles (1982) Sabbia Media	21.50
Strato (5) Ghiaie addensate	67.63	3.00-3.80	41.315	Bowles (1982) Sabbia Media	27.61
Strato (6) Sabbie co ghiaia	38.4	3.80-5.40	26.7	Bowles (1982) Sabbia Media	20.45
Strato (8) Sabbie e ghiaie	24.79	6.20-9.40	19.895	Bowles (1982) Sabbia Media	17.11

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (2) Ghiaie	36.41	0.50-1.50	36.41	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	10.03
Strato (3) Ghiaie addensate	73.22	1.50-2.10	73.22	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	17.44
Strato (4) Ghiaie e sabbie	42.71	2.10-3.00	28.855	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	8.51
Strato (5) Ghiaie addensate	67.63	3.00-3.80	41.315	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	11.02
Strato (6) Sabbie co ghiaia	38.4	3.80-5.40	26.7	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	8.07
Strato (8) Sabbie e ghiaie	24.79	6.20-9.40	19.895	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	6.70

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) Ghiaie	36.41	0.50-1.50	36.41	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (3) Ghiaie addensate	73.22	1.50-2.10	73.22	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
Strato (4) Ghiaie e sabbie	42.71	2.10-3.00	28.855	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (5) Ghiaie addensate	67.63	3.00-3.80	41.315	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
Strato (6) Sabbie co ghiaia	38.4	3.80-5.40	26.7	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (8) Sabbie e ghiaie	24.79	6.20-9.40	19.895	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (2) Ghiaie	36.41	0.50-1.50	36.41	Meyerhof ed altri	21.38
Strato (3) Ghiaie addensate	73.22	1.50-2.10	73.22	Meyerhof ed altri	24.12
Strato (4) Ghiaie e sabbie	42.71	2.10-3.00	28.855	Meyerhof ed altri	20.79
Strato (5) Ghiaie addensate	67.63	3.00-3.80	41.315	Meyerhof ed altri	21.67
Strato (6) Sabbie co ghiaia	38.4	3.80-5.40	26.7	Meyerhof ed altri	20.59
Strato (8) Sabbie e ghiaie	24.79	6.20-9.40	19.895	Meyerhof ed altri	19.52

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (2) Ghiaie	36.41	0.50-1.50	36.41	Terzaghi-Peck 1948-1967	20.40
Strato (3) Ghiaie addensate	73.22	1.50-2.10	73.22	Terzaghi-Peck 1948-1967	21.57
Strato (4) Ghiaie e sabbie	42.71	2.10-3.00	28.855	Terzaghi-Peck 1948-1967	19.91
Strato (5) Ghiaie addensate	67.63	3.00-3.80	41.315	Terzaghi-Peck 1948-1967	20.69
Strato (6) Sabbie co ghiaia	38.4	3.80-5.40	26.7	Terzaghi-Peck 1948-1967	19.81
Strato (8) Sabbie e ghiaie	24.79	6.20-9.40	19.895	Terzaghi-Peck 1948-1967	19.42

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (2) Ghiaie	36.41	0.50-1.50	36.41	(A.G.I.)	0.28
Strato (3) Ghiaie addensate	73.22	1.50-2.10	73.22	(A.G.I.)	0.2
Strato (4) Ghiaie e sabbie	42.71	2.10-3.00	28.855	(A.G.I.)	0.3
Strato (5) Ghiaie addensate	67.63	3.00-3.80	41.315	(A.G.I.)	0.27
Strato (6) Sabbie co ghiaia	38.4	3.80-5.40	26.7	(A.G.I.)	0.3
Strato (8) Sabbie e ghiaie	24.79	6.20-9.40	19.895	(A.G.I.)	0.32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato (2) Ghiaie	36.41	0.50-1.50	36.41	Ohsaki (Sabbie pulite)	187.06
Strato (3) Ghiaie addensate	73.22	1.50-2.10	73.22	Ohsaki (Sabbie pulite)	360.73
Strato (4)	42.71	2.10-3.00	28.855	Ohsaki (Sabbie)	150.33

Ghiaie e sabbie				pulite)	
Strato (5)	67.63	3.00-3.80	41.315	Ohsaki (Sabbie pulite)	210.66
Ghiaie addensate					
Strato (6)	38.4	3.80-5.40	26.7	Ohsaki (Sabbie pulite)	139.75
Sabbie co ghiaia					
Strato (8)	24.79	6.20-9.40	19.895	Ohsaki (Sabbie pulite)	105.99
Sabbie e ghiaie					

Liquefazione

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (2) Ghiaie	36.41	0.50-1.50	36.41	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (3) Ghiaie addensate	73.22	1.50-2.10	73.22	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (4) Ghiaie e sabbie	42.71	2.10-3.00	28.855	Seed e Idriss (1971)	>10
Strato (5) Ghiaie addensate	67.63	3.00-3.80	41.315	Seed e Idriss (1971)	>10
Strato (6) Sabbie co ghiaia	38.4	3.80-5.40	26.7	Seed e Idriss (1971)	>10
Strato (8) Sabbie e ghiaie	24.79	6.20-9.40	19.895	Seed e Idriss (1971)	1.157

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
Strato (2) Ghiaie	36.41	0.50-1.50	36.41	Navfac 1971-1982	6.45
Strato (3) Ghiaie addensate	73.22	1.50-2.10	73.22	Navfac 1971-1982	11.93
Strato (4) Ghiaie e sabbie	42.71	2.10-3.00	28.855	Navfac 1971-1982	5.45
Strato (5) Ghiaie addensate	67.63	3.00-3.80	41.315	Navfac 1971-1982	7.05
Strato (6) Sabbie co ghiaia	38.4	3.80-5.40	26.7	Navfac 1971-1982	5.13
Strato (8) Sabbie e ghiaie	24.79	6.20-9.40	19.895	Navfac 1971-1982	4.03

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (2) Ghiaie	36.41	0.50-1.50	36.41	Robertson 1983	7.14
Strato (3) Ghiaie addensate	73.22	1.50-2.10	73.22	Robertson 1983	14.36
Strato (4) Ghiaie e sabbie	42.71	2.10-3.00	28.855	Robertson 1983	5.66
Strato (5) Ghiaie addensate	67.63	3.00-3.80	41.315	Robertson 1983	8.10
Strato (6) Sabbie co ghiaia	38.4	3.80-5.40	26.7	Robertson 1983	5.24
Strato (8) Sabbie e ghiaie	24.79	6.20-9.40	19.895	Robertson 1983	3.90

Prova penetrometrica dinamica Super pesante DPSH1 (Bibliografica)

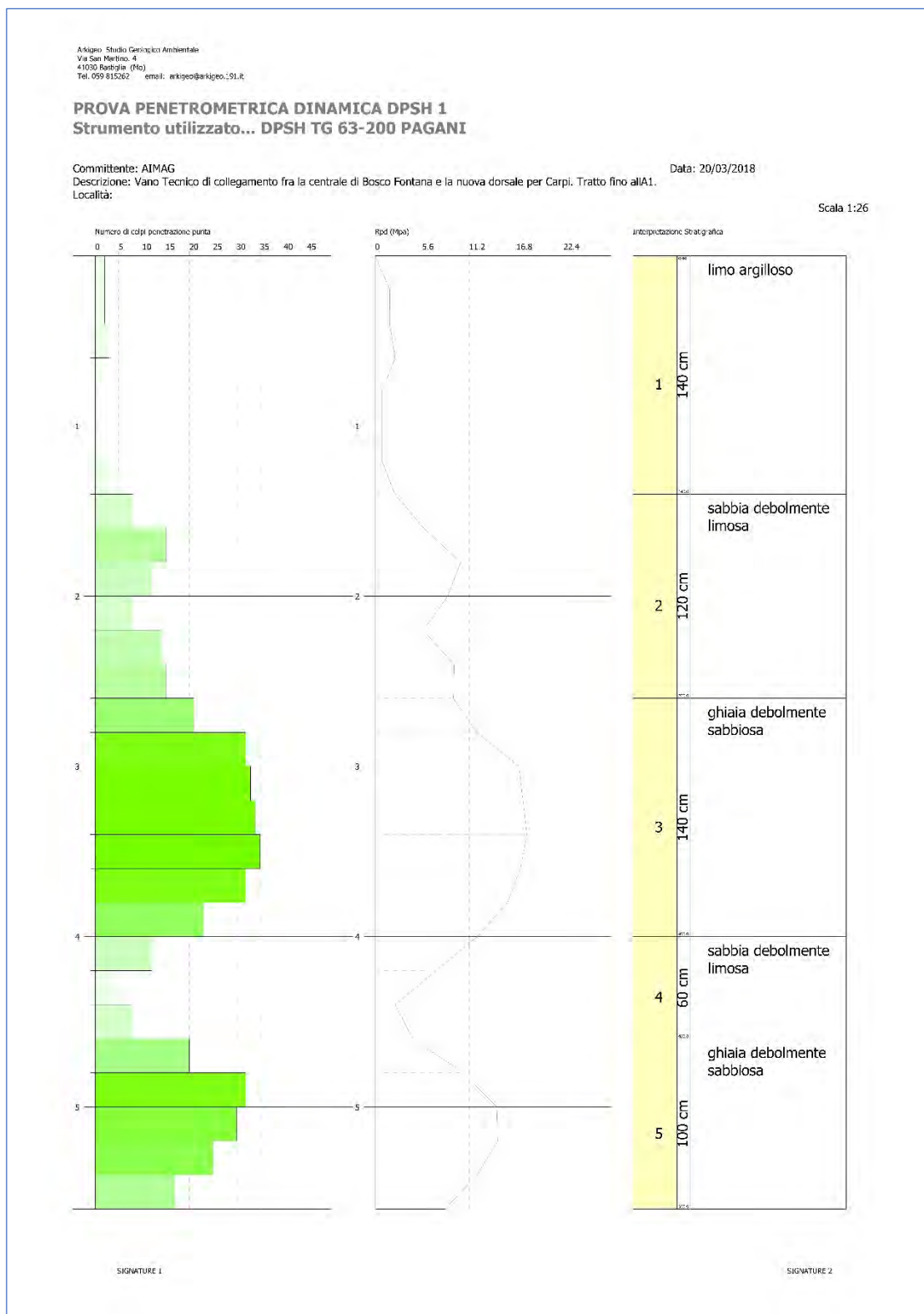


Fig.16 Litostratigrafia DPSH1 (biblio)

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 1 (Bibliografica)

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) limo argilloso	2.74	0.00-1.40	De Beer	0.34

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) limo argilloso	2.74	0.00-1.40	Robertson (1983)	5.48

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) limo argilloso	2.74	0.00-1.40	Vesic (1970)	41.10

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) limo argilloso	2.74	0.00-1.40	Apollonia	27.40

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) limo argilloso	2.74	0.00-1.40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) limo argilloso	2.74	0.00-1.40	Meyerhof	1.62

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) limo argilloso	2.74	0.00-1.40	Meyerhof	1.86

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) limo argilloso	2.74	0.00-1.40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	76.02

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) sabbia debolmente limosa	17.66	1.40-2.60	17.66	Meyerhof 1957	86.4
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	44.16	2.60-4.00	44.16	Meyerhof 1957	100
Strato (4) sabbia debolmente limosa	11.78	4.00-4.60	11.78	Meyerhof 1957	58.38
Strato (5) ghiaia debolmente sabbiosa	36.51	4.60-5.60	36.51	Meyerhof 1957	97.7

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) sabbia debolmente limosa	17.66	1.40-2.60	17.66	Schmertmann (1977) Sabbie	40.1
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	44.16	2.60-4.00	44.16	Schmertmann (1977) Sabbie	42
Strato (4) sabbia debolmente limosa	11.78	4.00-4.60	11.78	Schmertmann (1977) Sabbie	36.17
Strato (5) ghiaia debolmente sabbiosa	36.51	4.60-5.60	36.51	Schmertmann (1977) Sabbie	41.68

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (2) sabbia debolmente limosa	17.66	1.40-2.60	17.66	Bowles (1982) Sabbia Media	163.30
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	44.16	2.60-4.00	44.16	Bowles (1982) Sabbia Media	295.80
Strato (4) sabbia debolmente	11.78	4.00-4.60	11.78	Bowles (1982) Sabbia Media	133.90

limosa					
Strato (5) ghiaia debolmente sabbiosa	36.51	4.60-5.60	36.51	Bowles (1982) Sabbia Media	257.55

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia debolmente limosa	17.66	1.40-2.60	17.66	Buisman- Sanglerat (sabbie)	105.96
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	44.16	2.60-4.00	44.16	Buisman- Sanglerat (sabbie)	264.96
Strato (4) sabbia debolmente limosa	11.78	4.00-4.60	11.78	Buisman- Sanglerat (sabbie)	70.68
Strato (5) ghiaia debolmente sabbiosa	36.51	4.60-5.60	36.51	Buisman- Sanglerat (sabbie)	219.06

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) sabbia debolmente limosa	17.66	1.40-2.60	17.66	Classificazione A.G.I	MODERATAM ENTE ADDENSATO
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	44.16	2.60-4.00	44.16	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (4) sabbia debolmente limosa	11.78	4.00-4.60	11.78	Classificazione A.G.I	MODERATAM ENTE ADDENSATO
Strato (5) ghiaia debolmente sabbiosa	36.51	4.60-5.60	36.51	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (2) sabbia debolmente limosa	17.66	1.40-2.60	17.66	Terzaghi-Peck 1948	1.57

Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	44.16	2.60-4.00	44.16	Terzaghi-Peck 1948	1.81
Strato (4) sabbia debolmente limosa	11.78	4.00-4.60	11.78	Terzaghi-Peck 1948	1.50
Strato (5) ghiaia debolmente sabbiosa	36.51	4.60-5.60	36.51	Terzaghi-Peck 1948	1.76

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (2) sabbia debolmente limosa	17.66	1.40-2.60	17.66	Terzaghi-Peck 1948	1.98
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	44.16	2.60-4.00	44.16	Terzaghi-Peck 1948	2.13
Strato (4) sabbia debolmente limosa	11.78	4.00-4.60	11.78	Terzaghi-Peck 1948	1.93
Strato (5) ghiaia debolmente sabbiosa	36.51	4.60-5.60	36.51	Terzaghi-Peck 1948	2.09

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) sabbia debolmente limosa	17.66	1.40-2.60	17.66	(A.G.I.)	0.32
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	44.16	2.60-4.00	44.16	(A.G.I.)	0.27
Strato (4) sabbia debolmente limosa	11.78	4.00-4.60	11.78	(A.G.I.)	0.33
Strato (5) ghiaia debolmente sabbiosa	36.51	4.60-5.60	36.51	(A.G.I.)	0.28

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
-------------	------	---------------------	------------	--------------	----------------------------

Strato (2) sabbia debolmente limosa	17.66	1.40-2.60	17.66	Ohsaki (Sabbie pulite)	966.24
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	44.16	2.60-4.00	44.16	Ohsaki (Sabbie pulite)	2286.87
Strato (4) sabbia debolmente limosa	11.78	4.00-4.60	11.78	Ohsaki (Sabbie pulite)	660.37
Strato (5) ghiaia debolmente sabbiosa	36.51	4.60-5.60	36.51	Ohsaki (Sabbie pulite)	1912.41

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) sabbia debolmente limosa	17.66	1.40-2.60	17.66	Ohta & Goto (1978) Limi	128.51
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	44.16	2.60-4.00	44.16	Ohta & Goto (1978) Limi	165.88
Strato (4) sabbia debolmente limosa	11.78	4.00-4.60	11.78	Ohta & Goto (1978) Limi	138.9
Strato (5) ghiaia debolmente sabbiosa	36.51	4.60-5.60	36.51	Ohta & Goto (1978) Limi	174.57

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K_0
Strato (2) sabbia debolmente limosa	17.66	1.40-2.60	17.66	Navfac 1971- 1982	3.63
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	44.16	2.60-4.00	44.16	Navfac 1971- 1982	7.40
Strato (4) sabbia debolmente limosa	11.78	4.00-4.60	11.78	Navfac 1971- 1982	2.48
Strato (5) ghiaia debolmente sabbiosa	36.51	4.60-5.60	36.51	Navfac 1971- 1982	6.46

Liquefazione

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (2) sabbia debolmente limosa	17.64	1.40-2.60	17.64	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	44.10	2.60-4.00	29.55	Seed e Idriss (1971)	8.007
Strato (4) sabbia debolmente limosa	11.76	4.00-4.60	11.76	Seed e Idriss (1971)	0.572
Strato (5) ghiaia debolmente sabbiosa	36.46	4.60-5.60	25.73	Seed e Idriss (1971)	3.191

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia debolmente limosa	17.66	1.40-2.60	17.66	Robertson 1983	35.32
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	44.16	2.60-4.00	44.16	Robertson 1983	88.32
Strato (4) sabbia debolmente limosa	11.78	4.00-4.60	11.78	Robertson 1983	23.56
Strato (5) ghiaia debolmente sabbiosa	36.51	4.60-5.60	36.51	Robertson 1983	73.02

Per quanto riguarda l'aspetto idrogeologico, le acque sotterranee che possono interferire con i lavori in oggetto sono quelle della falda freatica che affiora nel laghetto posto immediatamente a Nord dell'intervento.

Da dati in nostro possesso la soggiacenza di tali acque, rispetto il pdc, oscilla tra i 2 e 4 m nell'arco di 1 anno, salvo eventi eccezionali legati anche al contributo esondativo del fiume Secchia che fa risalire il livello dei laghi quasi al pdc.

Nel corso dell'esecuzione delle prove penetrometriche del 6/12/2021 non è stato possibile rilevare la soggiacenza nel foro per il rifiuto strumentale a circa 1,5 m dal pdc, mentre nella DPSH3 è indicata una soggiacenza pari a -2m dal pdc.

Esaminando quindi congiuntamente i dati raccolti e rilevati direttamente, tenuto conto dell'inquadramento geologico del precedente capitolo 3, si può sintetizzare il seguente modello geologico-geotecnico, in riferimento alle aree delle coppie di pozzi e relative prove penetrometriche di riferimento, assumendo i valori più cautelativi:

1- P17(A+B) e P18(A+B) di cui all'indagine DPSH1 (Biblio)

2- P19(A+B) di cui alle indagini DPSH3 (Biblio) + CPT_P19A+ CPT_P19B

1- P17(A+B) e P18(A+B)

1) Corrisponde al terrazzo attuale composto da ghiaie in matrice sabbiosa coperte da uno spessore di circa 1÷2 m di terreni limosi e limo-sabbiosi consolidati ed addensati. Tali terreni sono prevalentemente incoerenti (sabbie e ghiaie) mentre quelli coerenti rappresentano lo strato più superficiale (1,20 m di spessore). Per quanto riguarda i parametri in termini efficaci di quest'ultimo strato si può fare riferimento ai terreni del "Rivone" litologicamente simili. Si riporta di seguito la stratigrafia tipica litotecnica di tale tratto.

Tabella 2 - STRATIGRAFIA LITOTECNICA TIPICA (Valori Caratteristici) – DPSH1

Profondità		Litologia	Peso Volume Naturale k	Peso Volume Saturo k	Edk	ϕ' k	Cuk	C'k
da m	a m		KN/m ³	KN/m ³	KN/m ²	(°)	KN/m ²	KN/m ²
0,00	1,40	limo argilloso	15.22	18.17	2806.50	26.00	23.42	0.33
1,40	2,60	sabbia debolmente limosa	15.01	19.15	8483.21	38.92	--	--
2,60	4,00	ghiaia debolmente sabbiosa	17.36	20.60	22969.37	42.00	--	--
4,00	4,60	sabbia debolmente limosa	14.01	18.53	5815.56	35.42	--	--
4,60	5,60	ghiaia debolmente sabbiosa	16.59	20.13	17413.90	40.12	--	--

Per quanto riguarda le velocità delle onde di taglio si nota, dalla prova prova sismica a rifrazione bibliografica (All. 2), che sono presenti n. 3 sismostrati: terreni a basse velocità (200÷300 m/s) fino a circa 5m; da -5m a 15÷20m le velocità aumentano a 350÷500 m/s per poi crescere a 550÷600 m/s per le ghiaie addensate sottostanti.

2- P19(A+B)

Come già anticipato al Capitolo 3 l'area era alveo fluviale fino all'inizio del 1900 poi stabilizzata con gli interventi idraulici degli anni '20, diventando così un terrazzo fluviale con la seguente stratigrafia: 0/1,5 m suolo; 1,5/6÷8 m ghiaia di conoide attuale; 8/12 m argilla compatta sovraconsolidata e, al di sotto, ancora ghiaia del conoide recente.

Tale situazione è ancora presente per l'area di interesse e ben rappresentata dalla prova penetrometrica DPSH3;

Riportiamo di seguito, a tale proposito, 1 tabella con le caratteristiche litotecniche della prova DPSH3 (vedi Tabella 1).

Tabella 1 - STRATIGRAFIA LITOTECNICA TIPICA (Valori Caratteristici DPH3)

Profondità		Litologia	Peso Volume Naturale k	Peso Volume Saturo k	Edk	ϕ' k	Cuk
da m	a m		KN/m ³	KN/m ³	KN/m ²	(°)	KN/m ²
0,00	0,50	Suolo	13.96	17.98	549.72	—	9.78
0,50	1,50	Ghiaie	21.26	20.28	9561.67	37.55	—
1,50	2,10	Ghiaie addensate	22.47	21.25	14237.75	44.05	—
2,10	3,00	Ghiaie e sabbie	20.57	19.82	8116.78	35.54	—
3,00	3,80	Ghiaie addensate	21.47	20.45	10193.05	38.43	—
3,80	5,40	Sabbie co ghiaia	20.21	19.70	7655.75	34.90	—
5,40	6,20	Limi Sabbiosi e sabbie	17.77	18.77	6472.67	—	39.10
6,20	9,40	Sabbie e ghiaie	19.11	19.31	6390.19	33.14	—
9,40	10,00	argilla limosa	20.60	21.21	21002.44	—	137.84

➤ Falda idrica sotterranea presente a -2÷3 m dal pdc.

Per quanto riguarda le velocità delle onde di taglio si nota, dalla prova MASW del 31/12/2021 (Fig. 12, All 3), che i terreni limi sabbiosi di copertura alle ghiaie, fino a circa 1,5÷2 m, presentano velocità medie ($V_s=260$ m/s), mentre le ghiaie sottostanti presentano velocità superiori e pari a 260÷310 m/s, fino a 12 m; a tale profondità le ghiaie si alternano con peliti intercalate da ghiaie caratterizzate da una velocità pari a $V_s=305÷325$ m/s.

4.1. Valori caratteristici dei principali parametri geotecnici

Consideriamo utile fornire i parametri caratteristici indicativi per l'intera profondità indagata con le prove penetrometriche di riferimento (CPT_P19A;CPT_P19B;DPSH1;DPSH3); in considerazione della tipologia fondale rigida (platea compatta e quindi resistenze compensate) e del discreto numero di valori disponibili per ogni strato esaminato, verrà eseguita un'elaborazione applicando la distribuzione normale e adottando il valore corrispondente al 5° percentile.

I valori caratteristici così elaborati vengono riportati di seguito.

CPT_P19A

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
1	--	--	--	--	--
2	45.00	80.06	4797.57	17.20	20.54
3	--	224.57	8999.86	20.71	21.50
4	45.00	--	55949.88	18.63	21.57

CPT_P19B

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
1	--	--	--	--	--
2	--	32.79	3430.19	17.56	18.35
3	--	214.77	8599.86	20.64	21.42
4	45.00	--	55949.88	18.63	21.57

DPSH1 (Biblio)

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]
limo argilloso	--	23.42	2806.50	15.22	18.17
sabbia debolmente limosa	38.92	--	8483.21	15.01	19.15
ghiaia debolmente sabbiosa	42.00	--	22969.37	17.36	20.60
sabbia debolmente limosa	35.42	--	5815.56	14.01	18.53
ghiaia debolmente sabbiosa	40.12	--	17413.90	16.59	20.13

DPSH3 (Biblio)

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]	Modulo di Poisson [-]
Suolo	--	9.78	549.72	1560.63	1.59	13.96	17.98	--
Ghiaie	37.55	--	9561.67	24074.80	34.10	21.26	20.28	0.28
Ghiaie addensate	44.05	--	14237.75	35456.93	63.26	22.47	21.25	0.20
Ghiaie e sabbie	35.54	--	8116.78	20557.37	38.85	20.57	19.82	0.29
Ghiaie addensate	38.43	--	10193.05	25611.61	59.47	21.47	20.45	0.26
Sabbie con ghiaia	34.90	--	7655.75	19434.93	34.27	20.21	19.70	0.30
Limi Sabbiosi e sabbie	--	39.10	6472.67	6173.86	6.30	17.77	18.77	--
Sabbie e ghiaie	33.14	--	6390.19	16354.33	22.25	19.11	19.31	0.31
argilla limosa	--	137.84	21002.44	20419.54	20.82	20.60	21.21	--

4.2. MASW e Sismica a Rifrazione, categorie di sottosuolo e topografica

La prova MASW rappresentativa dell'area dei pozzi P19 A e B (All. n. 3) eseguita nel mese di dicembre 2021, ha permesso di stimare la velocità equivalente delle onde "S", nei primi 30 m di stratigrafia (V_{s30}), che è risultata pari a 302 m/s, in riferimento al pdc.

Visti il valore della V_{s30} il sottosuolo appartiene alla categoria "C" secondo la tabella 3.2.II delle NTC 2018.

Per quanto riguarda le aree dei pozzi 17A e B, 18A e B, è stata acquisita da bibliografia, come detto, una sezione sismica a rifrazione (All. n.2) nella quale sono stati indicati n. 6 V_{s30} (velocità equivalente delle onde "S" nei primi 30 m di profondità) ottenendo una media pari a $V_{s30}=389$ m/s con un minimo pari a 360 m/s, facendo così

rientrare tali terreni nella categoria "B" di cui alla Tab. 3.2.II delle NTC 2018; essendo però tale prova di origine bibliografica ed ottimistica rispetto la MASW eseguita sull'area dei pozzi P19 A e B, si utilizzeranno prudentemente i valori di quest'ultima così da far rientrare l'intera area in categoria "C".

5. PARAMETRI DI CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla **"pericolosità sismica di base"** del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R (V_N vita nominale $\times C_U$ coefficiente d'uso).

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito. Ai fini delle NTC 2018 le forme spettrali

sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In Allegato n. 4 si riportano i parametri sismici calcolati (Software “Geostru PS Parametri Sismici”) per il sito in esame, considerando una Vita Nominale ≥ 50 anni ed una classe d'uso III, ed i coefficienti sismici che vengono calcolati per un sottosuolo di categoria C ed una categoria topografica T1.

6. RISPOSTA SISMICA LOCALE CON APPROCCIO SEMPLIFICATO (§ 3.2 NTC 2018)

Per definire l'azione sismica di progetto è necessario valutare la “**Risposta Sismica Locale**” e cioè quelle modifiche che un segnale sismico subisce rispetto a quello di base di un sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale.

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

S_s = Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica dipende dalla caratterizzazione geotecnica del materiale che costituisce i primi 30 m di profondità (calcolati dal piano di imposta della fondazione della struttura di sostegno) nella località di realizzazione dell'opera (F_0 e a_g tabulati).

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

S_t = Coefficiente di Amplificazione Topografica si applica per dislivelli topografici maggiori di 30 m, dipende dalla condizione topografica dell'opera e varia in funzione della pendenza del pendio e della localizzazione dell'opera su di esso da 1 alla base al valore S_t riportato in tabella alla sommità.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

In questo caso, tenendo conto di quanto sopra esposto e dell'Allegato n. 4 otterremo i seguenti dati di RSL ad approccio semplificato:

- Comune: RUBIERA
- Vita nominale $V_N = 50$ anni
- Coefficiente d'uso $C_u = 1.5$
- Categoria sottosuolo = C
- Categoria topografica = T1
- Accelerazione orizzontale di base $a_g = 0,188$
- Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica $S_s = 1,43$
- Coefficiente di Amplificazione Topografica $S_t = 1,00$
- Accelerazione orizzontale massima al suolo $a_{max} = a_g \times S_t \times S_s = 0,26884$

6.1. Previsione del PSC vigente del Comune di Rubiera

Il PSC vigente del Comune di Rubiera (Tav. A28 - Rischio Sismico: Effetti Attesi (Dal. Rel. 112/2007) e Tav. A29 - Rischio Sismico: Livelli di Approfondimento (Dal. Rel. 112/2007), prevede per l'area di interesse (non ricompresa nei perimetri di microzonazione) classificata nelle "zone stabili suscettibili di amplificazione locale e possibili cedimenti", approfondimenti di II livello, preventivamente ad ogni trasformazione urbanistica ed edilizia (Art. 11.2 comma 8 delle NA).

In riferimento al "Margine di tipo B" di cui all'All. A2 dell'DRG 476/2021, in considerazione di una $V_{S30} = 302$ m/s si deduce un coefficiente di amplificazione stratigrafico pari a $FA_{PGA} = 1,6$.

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione PGA

Tale valore risulta quindi superiore a quello delle NTC 2018 (FA PGA= 1,43) e quindi si consiglia, per prudenza di adottarlo.

7. VERIFICHE GEOTECNICHE

7.1. Liquefazione

Per le analisi saranno adottati metodi di analisi semplificata (Capitolo 7.11.3.4.3 del DM 17.01.2018).

Per la definizione dello sforzo di taglio indotto da terremoto (CSR) si farà riferimento ad una accelerazione massima attesa in superficie pari a $a_{max}=0,188 \times 1,6=0,3(g)$, risultante dall'elaborazione dei parametri sismici con il programma online "GeoStru PS" (All. n. 4) e tenuto conto della Microzonazione Sismica Comunale, come recepito nel PSC vigente.

Il dato di Vs30, necessario per la determinazione dell'accelerazione massima attesa in superficie, è stato ricavato dalla MASW eseguita ottenendo una Vs30=197 m/sec (All. n. 3). Per quanto riguarda invece il calcolo della resistenza al taglio nel terreno (CRR) si utilizzerà la metodologia di *SEED & IDRIS* 1971 applicando il fattore di scala della magnitudo MSF riferita alla magnitudo del Comune di Rubiera ($M_{wmax}=6,14$) in quanto appartenente alla zona sismogenetica (ZS) n. 912 "Dorsale Ferrarese" (www.zonesismiche.mi.ingv.it).

Lo sviluppo del calcolo è stato condotto con il codice *Dynamic Probing* della GeoStru i cui risultati sono riportati di seguito:

Liquefazione DPSH1

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (2) sabbia debolmente limosa	17.64	1.40-2.60	17.64	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (3) ghiaia debolmente sabbiosa	44.10	2.60-4.00	29.55	Seed e Idriss (1971)	8.007
Strato (4) sabbia debolmente limosa	11.76	4.00-4.60	11.76	Seed e Idriss (1971)	0.572
Strato (5) ghiaia debolmente sabbiosa	36.46	4.60-5.60	25.73	Seed e Idriss (1971)	3.191

Liquefazione DPSH3

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (2) Ghiaie	36.41	0.50-1.50	36.41	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (3) Ghiaie addensate	73.22	1.50-2.10	73.22	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (4) Ghiaie e sabbie	42.71	2.10-3.00	28.855	Seed e Idriss (1971)	>10
Strato (5) Ghiaie addensate	67.63	3.00-3.80	41.315	Seed e Idriss (1971)	>10
Strato (6) Sabbie co ghiaia	38.4	3.80-5.40	26.7	Seed e Idriss (1971)	>10
Strato (8) Sabbie e ghiaie	24.79	6.20-9.40	19.895	Seed e Idriss (1971)	1.157

In riferimento alle prove penetrometriche esaminate l'Indice del Potenziale di Liquefazione (IPL) è (Sonmez 2003) "Basso" (IPL=0,02 DPSH3 e 2.02 DPSH1) e quindi accettabile; in considerazione di tale risultato, derivante da un modesto spessore di terreni con il fattore di sicurezza inferiore all'unità, si stimano cedimenti post sismici trascurabili.

8. MODULO DI REAZIONE VERTICALE DI SOTTOFONDO (WINKLER)

In considerazione del modulo di compressibilità edometrica dei terreni di fondazione maggiormente compressibili ricompresi nel volume significativo e del coefficiente di *Poissons* per tali terreni pari a $\mu=0,35$ si stima, in riferimento alle formule della teoria dell'elasticità, un *modulo di Young* non drenato $E_u=80$ kg/cmq.

In riferimento a tali dati e adottando la relazione di *Vesic (1961)* e *Bowles (1988)* otteniamo un valore di **Ks=0,2** kg/cmc come si può dedurre dalla seguente Fig. 17.

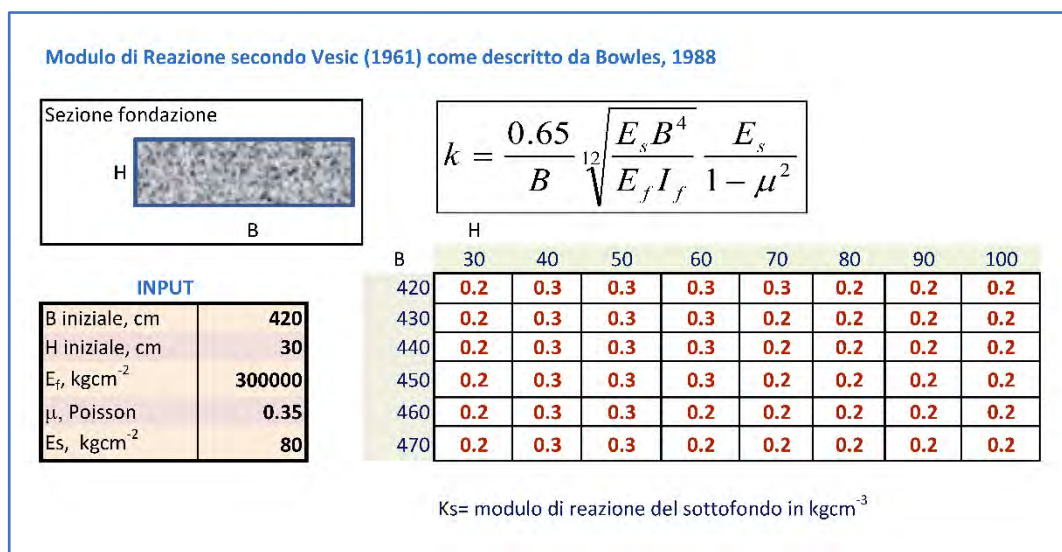
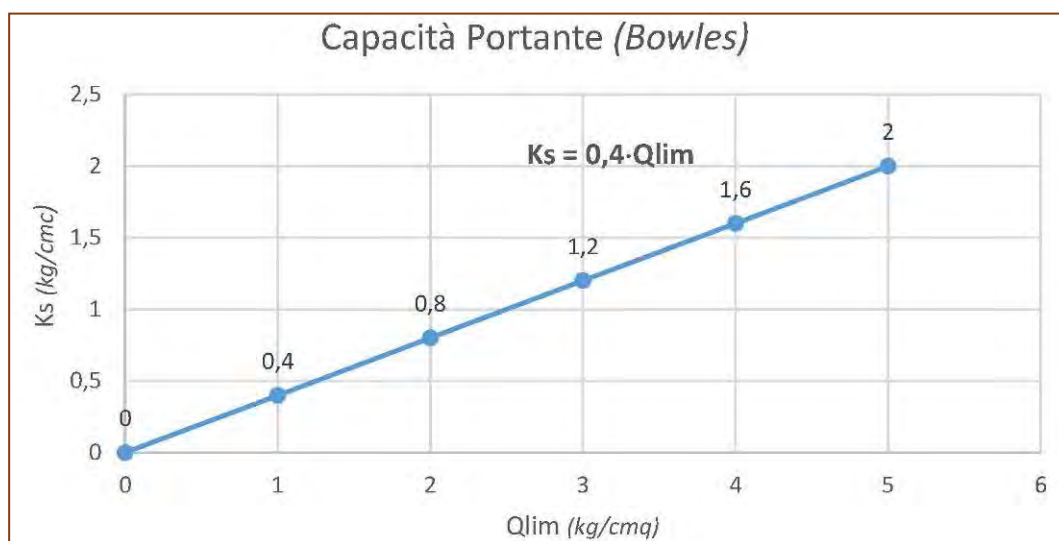


Fig. 17 - Relazione di Vesic (1961).

Si segnala che esistono metodi più ottimistici per il calcolo dei coefficienti di Winkler verticale, quale quello riferito alla capacità portante (Bowles) $K_s = 0,4 \cdot Q_{lim}$.

Riportiamo di seguito la rappresentazione grafica (retta) della funzione citata nell'ambito dei valori tipici della Q_{lim} per l'area in studio (Fig. 18).


 Fig. 18 - Valori tipici della Q_{lim} per l'area in studio.

9. CONCLUSIONI

La presente indagine ha permesso di definire il modello geologico dell'areale coinvolto dal progetto in esame, approfondire il modello geotecnico (limitatamente alla caratterizzazione fisico-meccanica del sottosuolo), indicare i parametri sismici e la

categoria di sottosuolo dell'area ed infine indicare i parametri geotecnici caratteristici principali che si riportano sinteticamente nella Tabella 1 seguente.

Tabella 1 - STRATIGRAFIA LITOTECNICA TIPICA (Valori Caratteristici DPH3)

Profondità		Litologia	Peso Volume Naturale k	Peso Volume Saturo k	Edk	ϕ' k	Cuk
da m	a m		KN/m ³	KN/m ³	KN/m ²	(°)	KN/m ²
0,00	0,50	Suolo	13.96	17.98	549.72	—	9.78
0,50	1,50	Ghiaie	21.26	20.28	9561.67	37.55	—
1,50	2,10	Ghiaie addensate	22.47	21.25	14237.75	44.05	—
2,10	3,00	Ghiaie e sabbie	20.57	19.82	8116.78	35.54	—
3,00	3,80	Ghiaie addensate	21.47	20.45	10193.05	38.43	—
3,80	5,40	Sabbie co ghiaia	20.21	19.70	7655.75	34.90	—
5,40	6,20	Limi Sabbiosi e sabbie	17.77	18.77	6472.67	—	39.10
6,20	9,40	Sabbie e ghiaie	19.11	19.31	6390.19	33.14	—
9,40	10,00	argilla limosa	20.60	21.21	21002.44	—	137.84

➤ Falda idrica sotterranea presente a -2÷3 m dal pdc.

- Categoria di sottosuolo "C"
- Costante di Winkler (Vesic 1961) = 0,2 kg/cm²
- Vs30 al pdc = 302 m/s

E' stato stimato l'Indice del Potenziale di Liquefazione ottenendo un risultato accettabile (IPL = 0,02÷2.02) pur avendo adottato il più conservativo FA Pga = 1,6 indicato dalla Microzonazione Sismica del Comune di Rubiera.

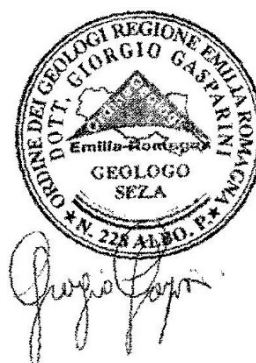
Si consiglia infine di adottare tale cautelativo valore (FA Pga = 1,6) anche per le verifiche di sicurezza geotecnica, essendo più elevato rispetto quello riferito alle NTC 2018 (FA Pga = 1,43).

La presente relazione ha tenuto conto del PSC vigente del Comune di Rubiera e risulta conforme alle prescrizioni dei seguenti dispositivi:

- OPCM 3274/2003 e ss.mm.ii;
- DM 17 Gennaio 2018.
- Circolare n. 7 del 21.01.2019.

Bastiglia, 17.02.2022

Dott. Geol. Giorgio Gasparini



ALLEGATI

Diagrammi Prove Penetrometriche originali e Bibliografiche

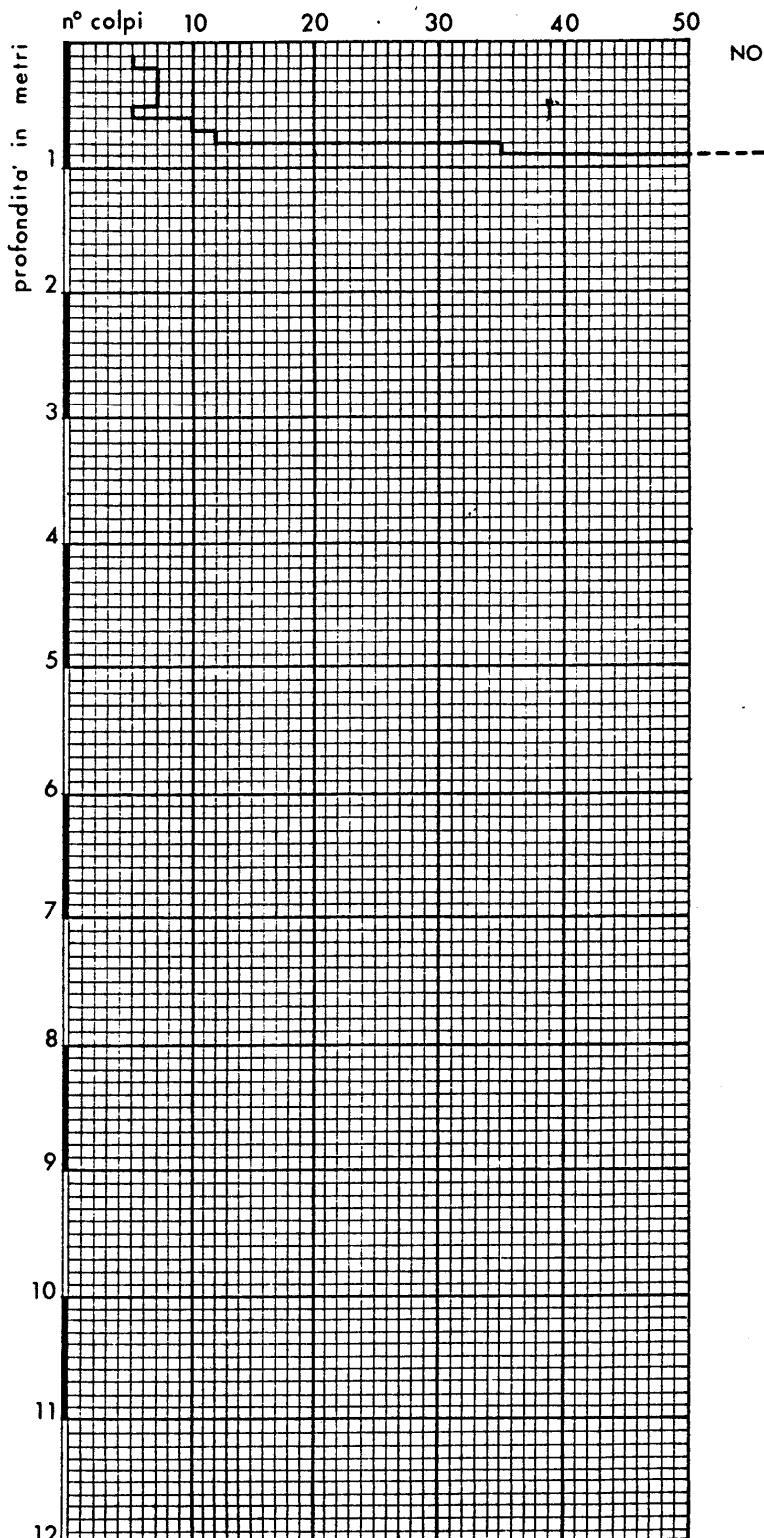
Data: maggio 2009
Cantiere: Fontana di Rubiera - Pozzo 15 AIMAG S.p.A.

Da	A	S	F		DESCRIZIONE	
m da p.c.	m da p.c.	m				
0	1,5	1,5			LIMO ARGILLOSO NOCCIOLA	
1,5	8	6,5			GHIAIA SABBIOSA	
8	15	7			ARGILLA LIMOSA MARRONE	
15	18	3			GHIAIA GROSSA	
18	20	2			ARGILLA LIMOSA MARRONE	
20	26	6			GHIAIA GROSSA	
26	28	2			ARGILLA LIMOSA	
28	35,5	7,5			GHIAIA GROSSA IN MATRICE SABBIOSA	
35,5	36,5	1			ARGILLA LIMOSA NOCCIOLA	
36,5	44	7,5			GHIAIA GROSSA IN MATRICE SABBIOSA	
44	46,5	2,5			ARGILLA GRIGIA	DA 46,5 A 47 GHIAIA GROSSA
46,5	47	0,5				
47	49	2			ARGILLA GRIGIA	
49	69,5	21			ARGILLA MARRONE SCURO CON INCLUSI	
69,5	74,5	5			GHIAIA GROSSA	
74,5	80	5,5			ARGILLA GRIGIO CHIARO	

ARKIGEO s.s.
VIA MARCONI 57 tel. 059/904320
41030 BASTIGLIA - MO -

PROVE PENETROMETRICHE
DINAMICHE **LEGGERE**
COMMITTENTE Comune di Rubiera
LOCALITÀ Rubiera
PROVA n° 1 DATA 13/06/88

ALLEGATO N° 6



ARKIGEO S.S.

VIA MARCONI 57 tel. 059/904320
41030 BASTIGLIA - MO -

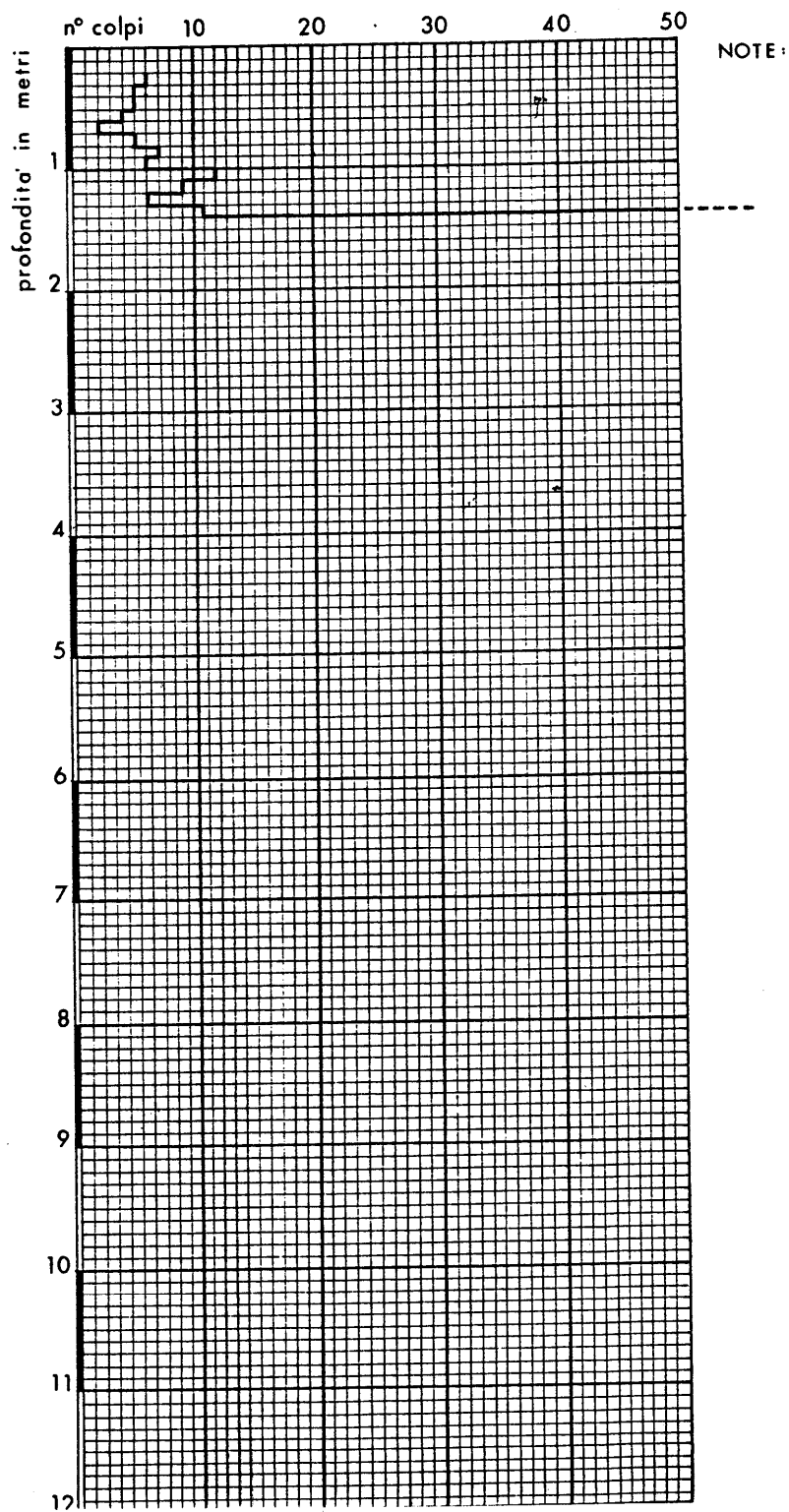
PROVE PENETROMETRICHE

DINAMICHE **LEGGERE**

COMMITTENTE Comune di Rubiera

LOCALITÀ Rubiera

PROVA n° 2 DATA 13/06/88



ARKIGEO S.S.

VIA MARCONI 57 tel. 059/904320

41030 BASTIGLIA - MO -

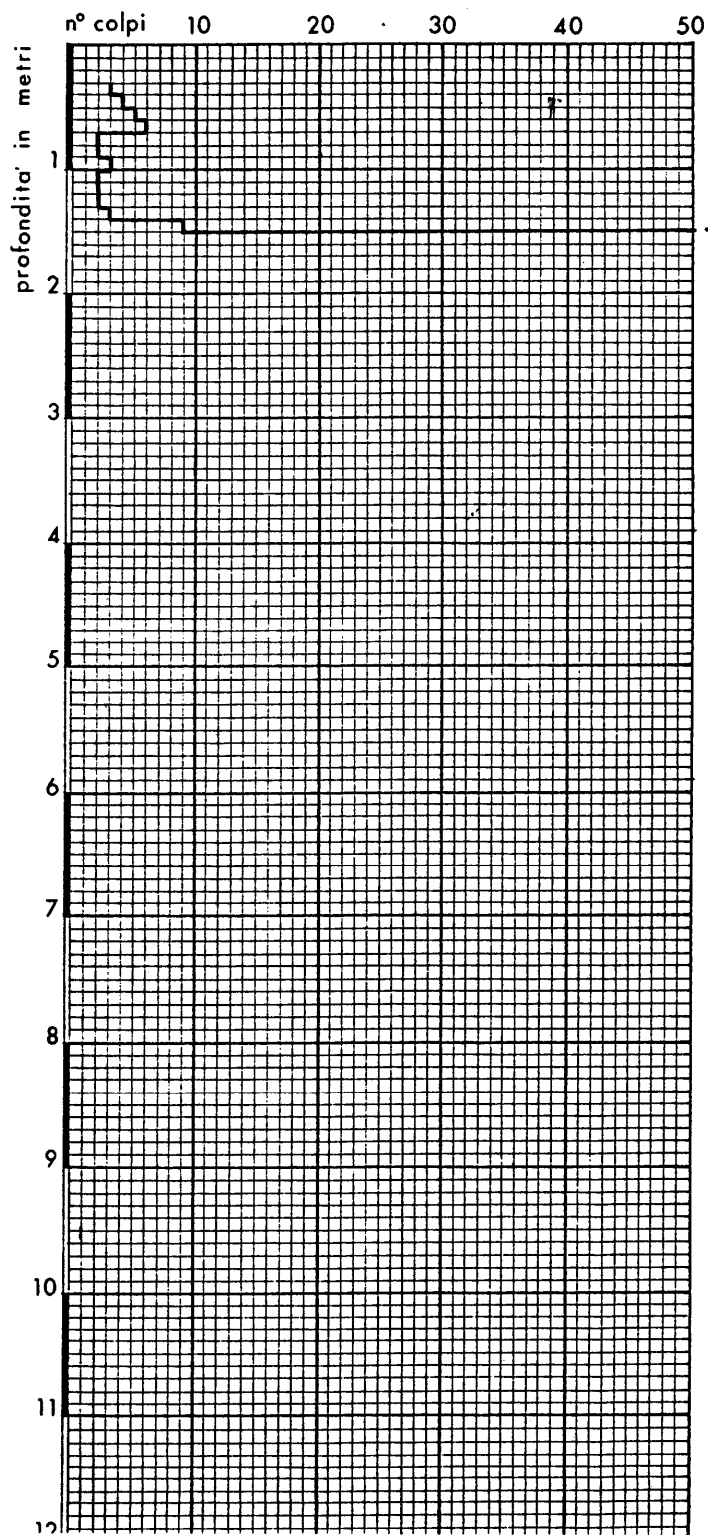
PROVE PENETROMETRICHE

DINAMICHE LEGGERE

COMMITTENTE Comune di Rubiera

LOCALITÀ Rubiera

PROVA n° 3 DATA 13/06/88



NOTE:



via A. Ascari 6 - 44019 Gualdo di Voghiera (FE)

tel. 0532 773136-815683 Fax 0532 776455

info@songeo.it - ww.songeo.it

Decreto di concessione n° 56718 del 17.09.2007, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche in sito (settore c), ai sensi del D.P.R. 06.06.2001 n° 380 e Circolare 349/STC del 16.12.1999

Certificazione UNI EN ISO 9001 N° 17493 rilasciata da Certiquality

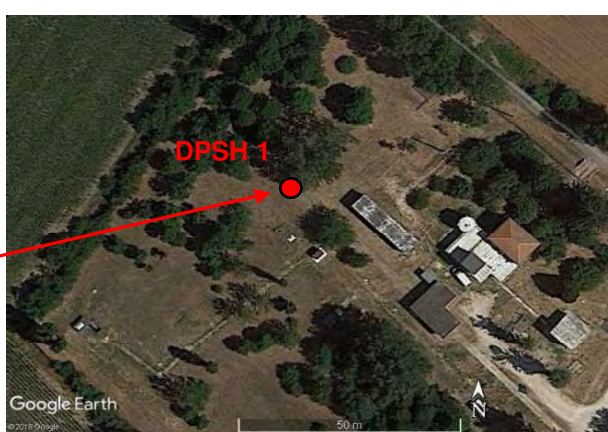
CERTIFICATO DI PROVA

CERTIFICATO N°	17/18	Data	14/03/2018	N° COMMESSA	27/18	Data	13/03/2018
-----------------------	-------	-------------	------------	--------------------	-------	-------------	------------

COMMITTENTE:	Studio ARKIGEO
LOCALITA':	Via del Rivone Rubiera (RE)
CANTIERE:	Condotta idrica
DPSH N°	1
Specifiche di prova:	ASTM D 5778-07; AGI 1977
Attrezzatura:	Penetrometro PAGANI TG 63-200
Procedure:	PRO E05
Attrezzi:	Punta conica $\alpha = 90^\circ$ $\varnothing = 50$ mm
DATA ESECUZIONE PROVA	13/03/2018
QUOTA INIZIO PROVA	p.c.
PROFONDITA' DELLA PROVA	5,0 m
PROFONDITA' DELLA FALDA	foro chiuso -2,00 m

ANNOTAZIONI:

COROGRAFIA E PLANIMETRIA:



IL PRESENTE CERTIFICATO SI COMPONE DI:

3 PAGINE

Sperimentatore

Direttore



Via A. Ascari 6-Gualdo di Voghiera (Fe) Tel. 0532 773136-815683 Fax. 0532 776455 e-mail: info@songeo.it
Laboratorio autorizzato con decreto n° 56718 del 17.09.2007, ai sensi dell'art. 59 del DPR 380-2001 e Circ. Min 7619-STC

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN**1**

riferimento

002-2018

certificato n°

17-18

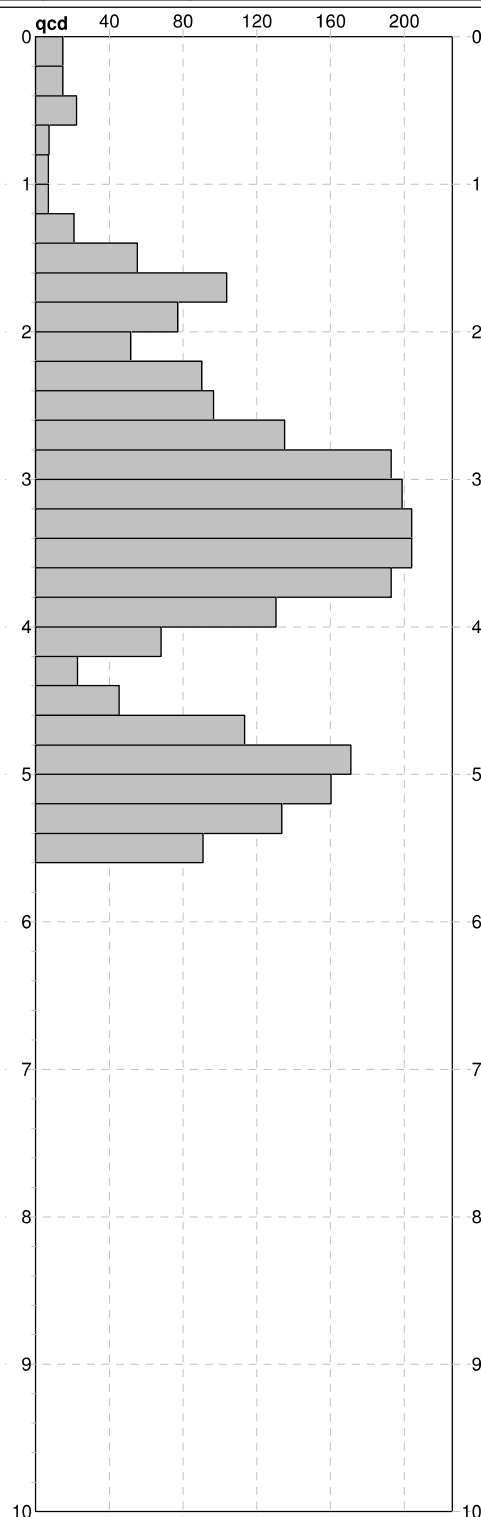
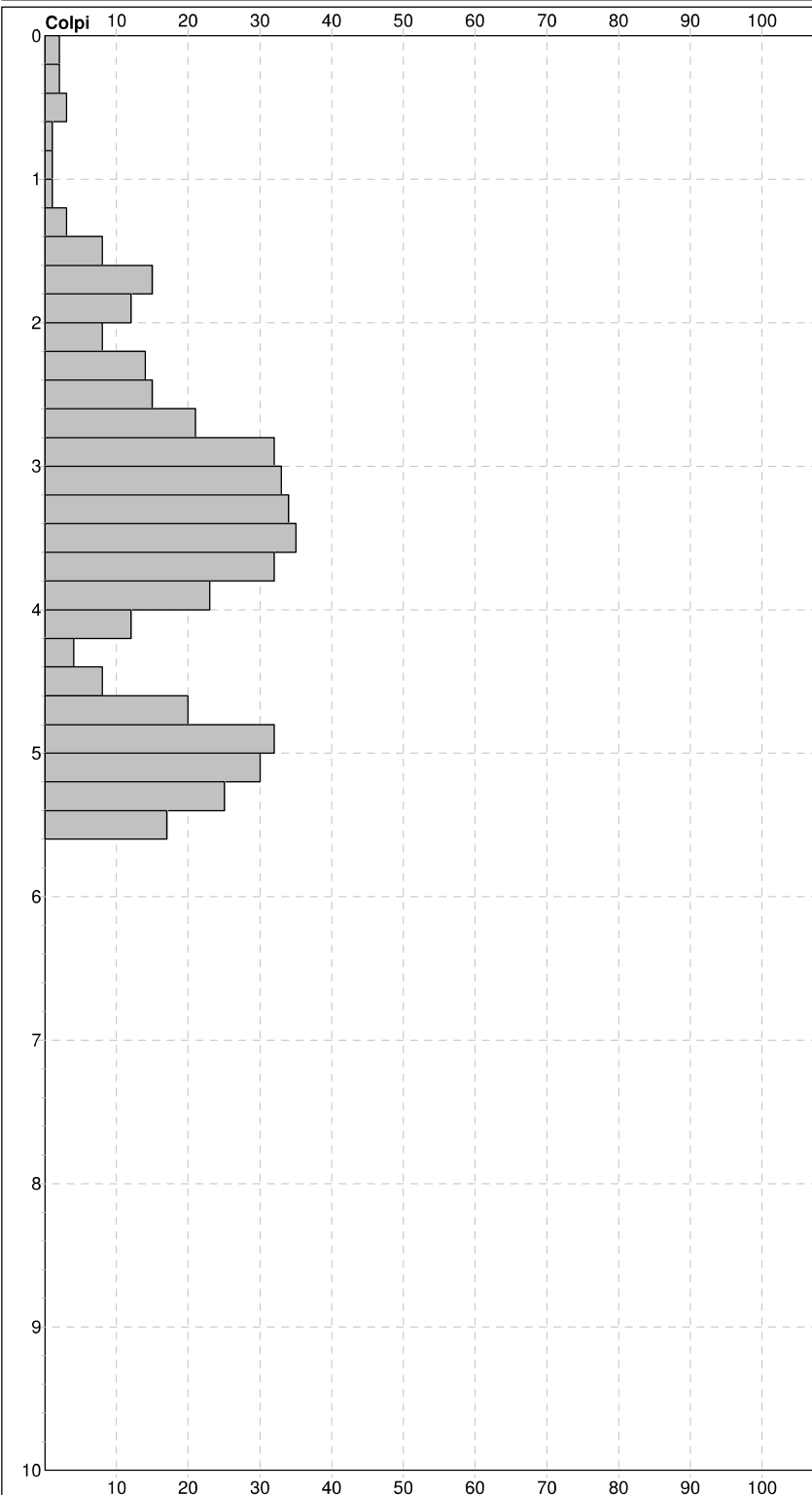
n° verb. accett.

27-18 del 13-03-18

Committente: **Studio ARKIGEO**
Cantiere: **condotta ifrica**
Località: **via del Rivone Rubiera (RE)**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:50**
Pagina: **3/3**
Elaborato:

Data exec.: **13/03/2018**
Data certificato: **14/03/2018**
Quota ass.: **p.c.**
Falda: **Foro chiuso a -2,0 m**



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)
Massa battente: 63,50 m
Altezza caduta: 0,75 m
Avanzamento: 0,20 m

Responsabile: **R. Sacchetti**
Assistente: **M. Rinaldo**

Preforo: **m**
Corr.astine: **kg/ml**
Cod.ISTAT: **0**

FON000

Sperimentatore _____

Direttore _____

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820
pag.

ARKIGEO s.s.

VIA VIVALDI 2 tel. 059/904320

41030 BASTIGLIA - MO -

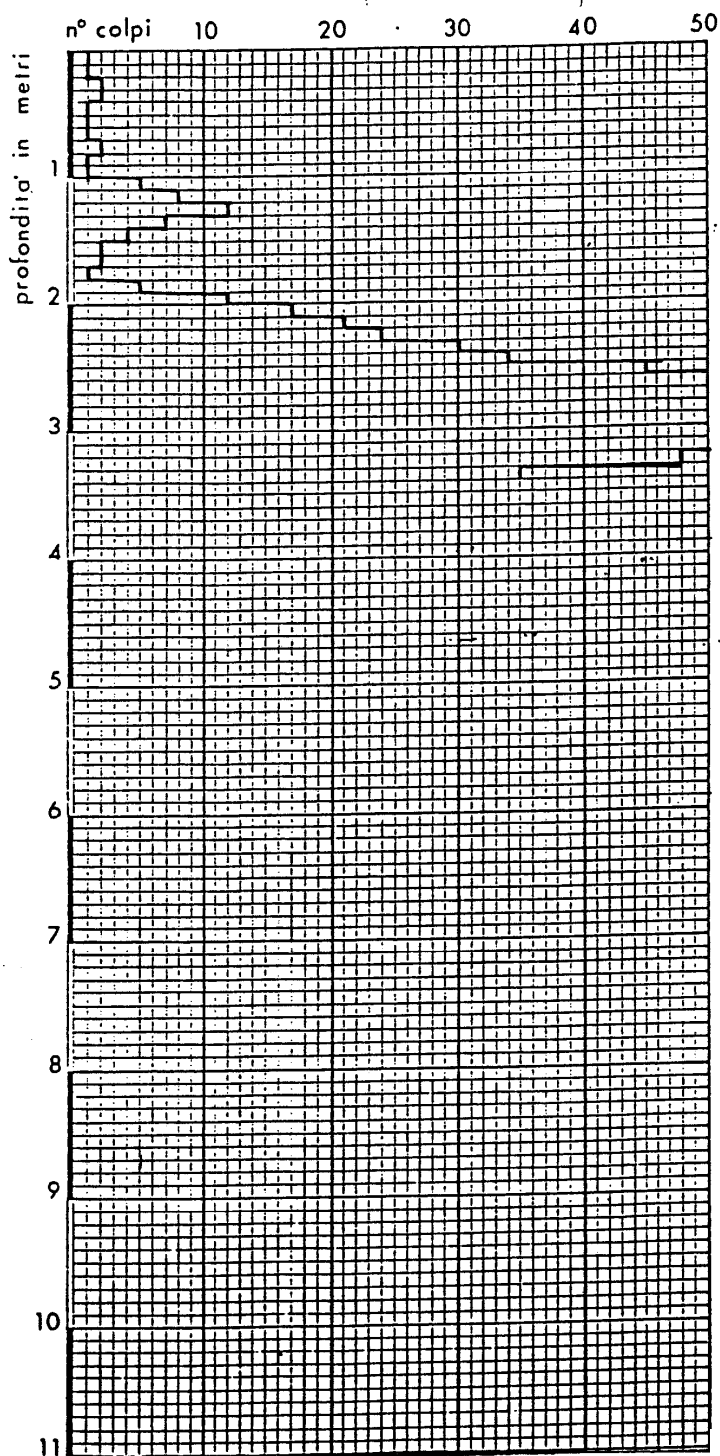
PROVE PENETROMETRICHE

DINAMICHE PESANTI D.IN. 4094

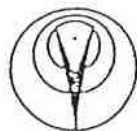
COMMITTENTE Comune di Rubiera

LOCALITÀ Rubiera

PROVA n° 3 - DATA 22/06/88



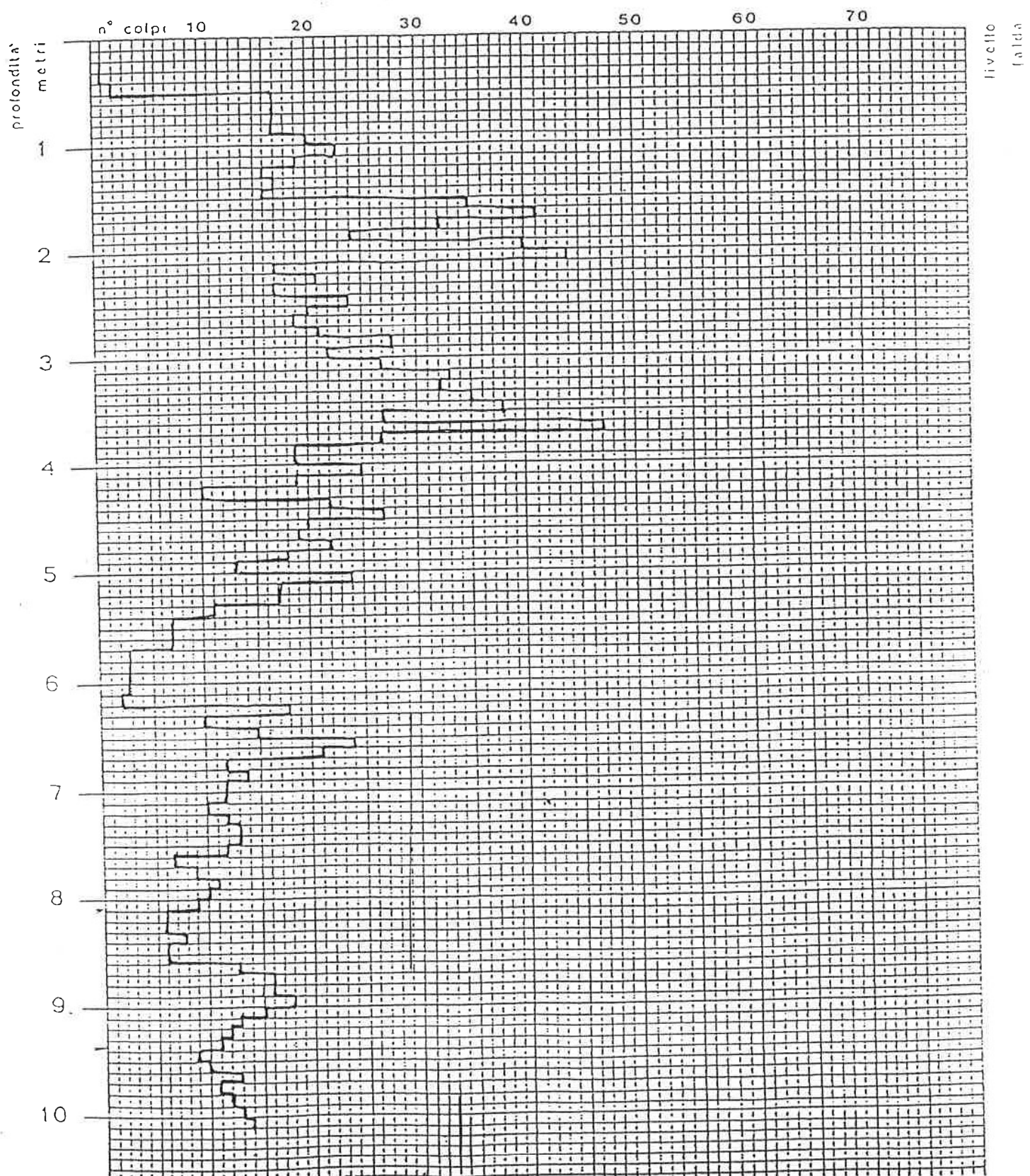
NOTE:

committente ARKT GEOlocalità RUBIERAdata 22/6/88 operatore Dott. DAprova n° 3 quota p.c.

PROVE PENETROMETRICHE SRL

41051 castelnuovo c. - via per modena, 14 - 059-535046

PENETROMETRO DINAMICO PESANTE D.I.N. 4094





Strada Cavedole 12/C - 41126 Portile (MO)
Tel: 347 4935672 mail: geovsrl@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Pagani TG63 100KN

Committente : Arkigeo
Località : Rubiera (RE)
Prova numero : P19A
Data : 06/12/2021
Operatore : DR. Capocchi Stefano
Quota : P.C.
Falda :

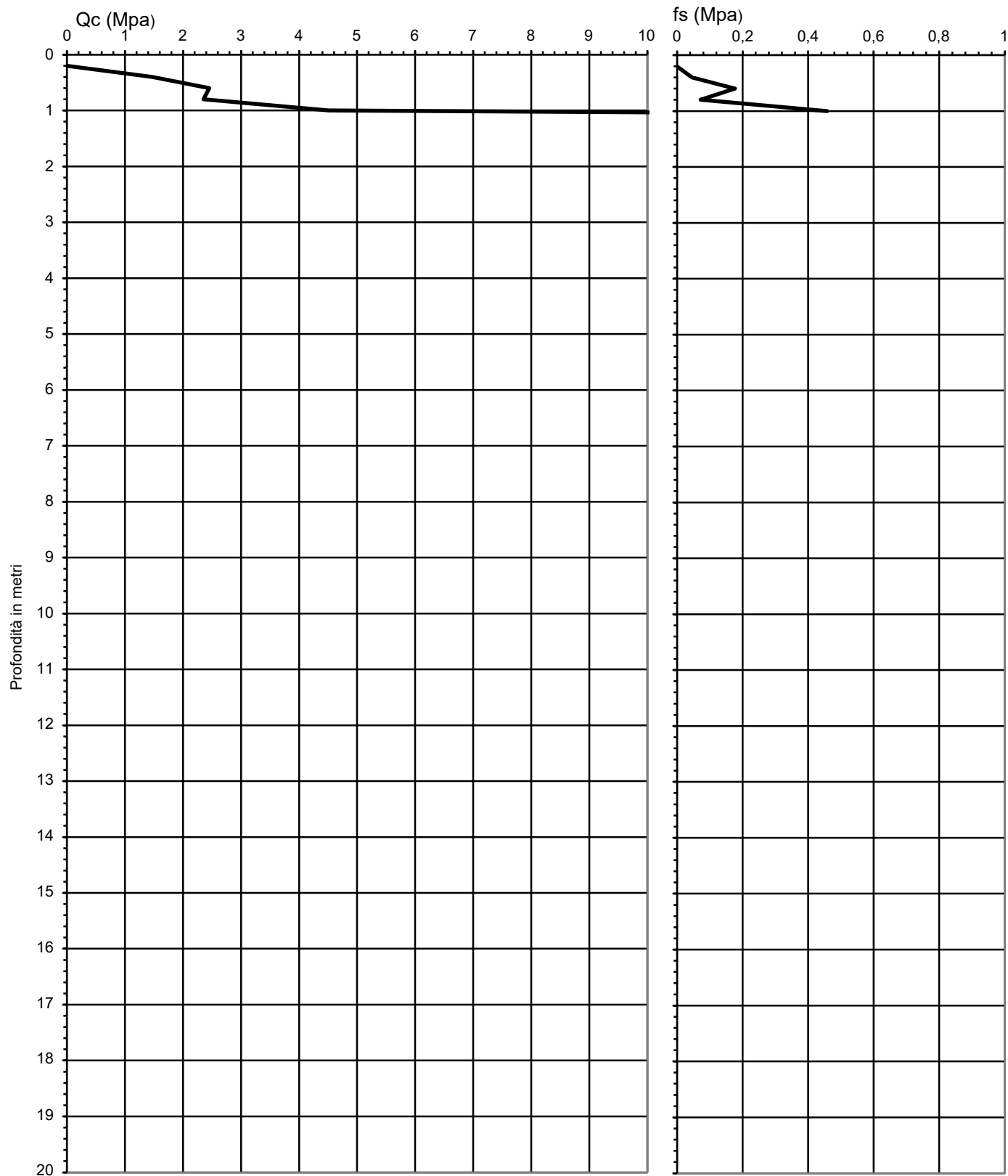


Strada Cavedole 12/C - 41126 Portile (MO)
Tel: 347 4935672 Mail: geovsrl@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

Prova n.	P19A
Data di esecuzione	06/12/2021
Operatore:	DR. Capocchi Stefano

Committente	Arkigeo	Quota	P.C.
Località	Rubiera (RE)	Preforo	
Cantiere	Casse Espansione	Falda	



[illegible]



Strada Cavedole 12/C - 41126 Portile (MO)
Tel: 347 4935672 mail: geovsrl@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Pagani TG63 100KN

Committente : Arkigeo
Località : Rubiera (RE)
Prova numero : P19B
Data : 06/12/2021
Operatore : DR. Capocchi Stefano
Quota : P.C.
Falda :

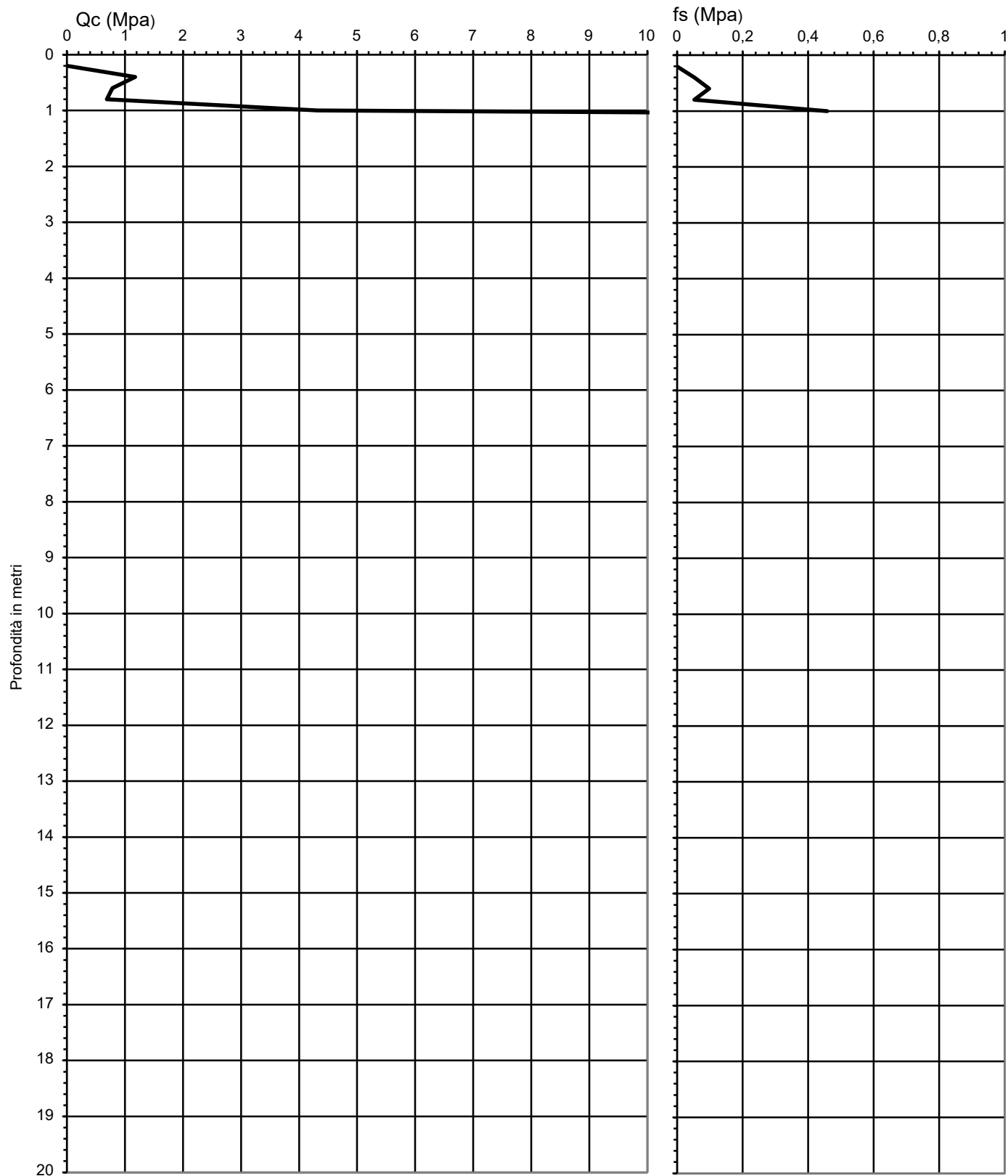


Strada Cavedole 12/C - 41126 Portile (MO)
Tel: 347 4935672 Mail: geovsrl@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

Prova n. **P19B**
Data di esecuzione 06/12/2021
Operatore: DR. Capocchi Stefano

Committente	Arkigeo	Quota	P.C.
Località	Rubiera (RE)	Preforo	
Cantiere	Casse Espansione	Falda	



Strada Cavedole 12/C - 41126 Portile (MO)

Tel: 347 4935672 Mail: geovsrl@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA TABULATI

Prova n.

P19B

<i>Data di esecuzione</i>

06/12/2021

Operator:

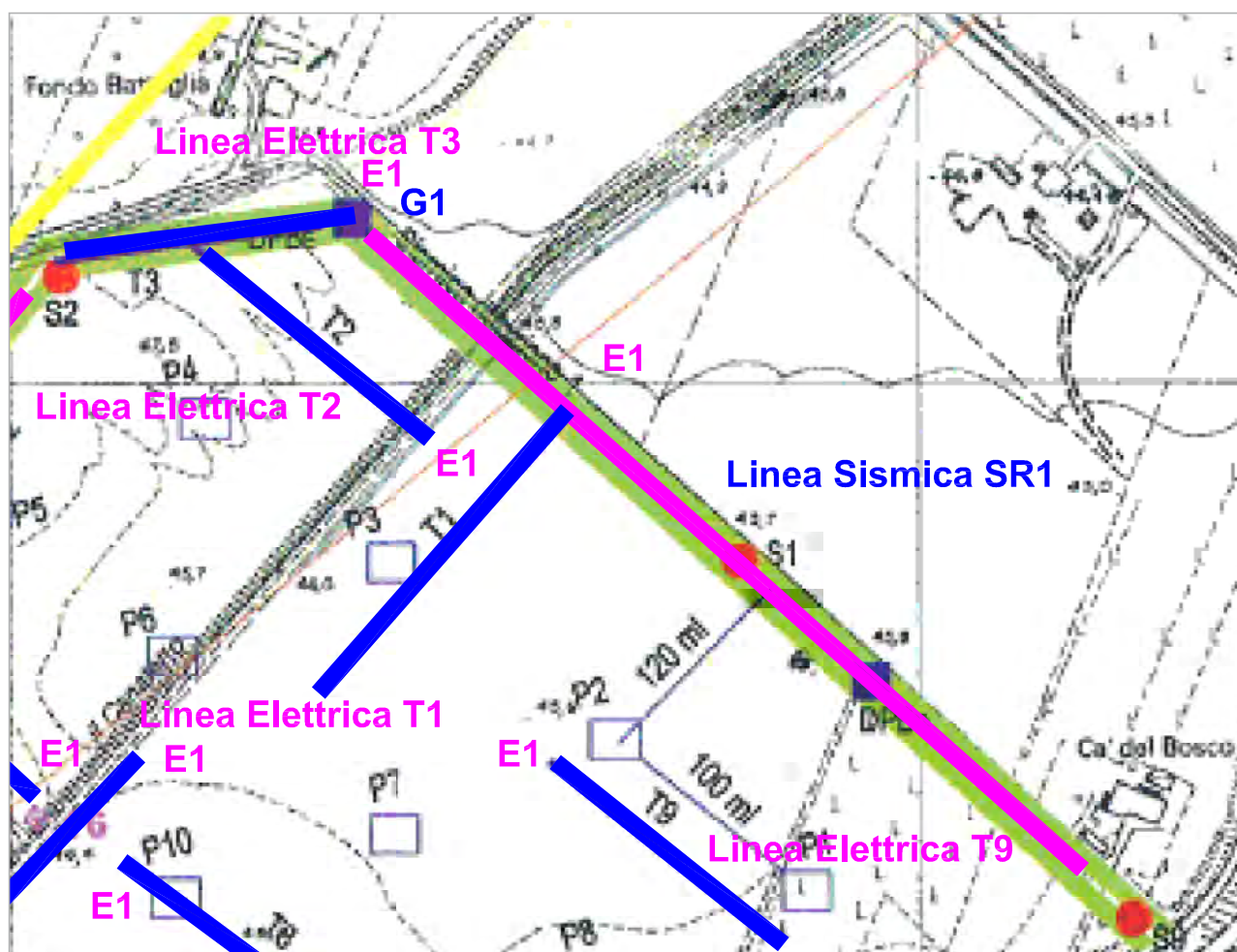
DR. Capocchi Stefano

<i>Committente</i>	Arkigeo	<i>Quota</i>	P.C.
<i>Località</i>	Rubiera (RE)	<i>Preforo</i>	
<i>Cantiere</i>	Casse Espansione	<i>Falda</i>	

Prof.	P	P + L	qc	fs	fs/qc
(m)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	Mpa	Mpa	%
0,2					
0,4	12		1,2	0,05	4,44
0,6	8	16	0,8	0,10	12,50
0,8	7	22	0,7	0,05	7,62
1,0	44	52	4,3	0,46	10,61
1,2	380	450	37,3		
1,4					
1,6					
1,8					
2,0					
2,2					
2,4					
2,6					
2,8					
3,0					
3,2					
3,4					
3,6					
3,8					
4,0					
4,2					
4,4					
4,6					
4,8					
5,0					
5,2					
5,4					
5,6					
5,8					
6,0					
6,2					
6,4					
6,6					
6,8					
7,0					
7,2					
7,4					
7,6					
7,8					
8,0					
8,2					
8,4					
8,6					
8,8					
9,0					
9,2					
9,4					
9,6					
9,8					
10,0					
10,2					
10,4					
10,6					
10,8					
11,0					
11,2					
11,4					
11,6					
11,8					
12,0					
12,2					
12,4					
12,6					
12,8					
13,0					
13,2					
13,4					
13,6					
13,8					
14,0					
14,2					
14,4					
14,6					
14,8					
15,0					

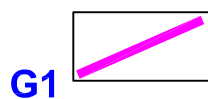
[illegible]

Sezione Sismica a Rifrazione

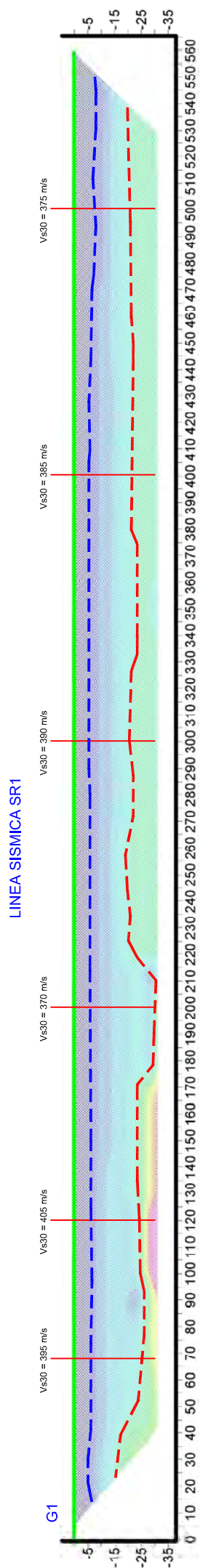


LEGENDA

Linea Sismica SR1



Sezioni sismiche a rifrazione,
loro nome e posizione geofoni



MASW

Indagine Sismica MASW (DIC2021)	Località Casa Carnevali Comune di Rubiera (RE)	Dott. Geol. Marco Capitani
------------------------------------	---	----------------------------

Indagine Sismica MASW a Rubiera Località “Casa Carnevali” (Comune di Rubiera, Provincia di Reggio Emilia)

Premessa

Su incarico del Dott. Geol. Giorgio Gasparini, dello Studio Geologico Ambientale Arkigeo di Bastiglia (MO), è stata eseguita (in data 14 dicembre 2021) un'acquisizione di sismica attiva con metodologia MASW (*Multichannell Analysis of Surface Waves*) nel Comune di Rubiera (RE), in località “Casa Carnevali (Figura 1).

Strumentazione, geometria e parametri di acquisizione

È stato utilizzato un sismografo digitale Dolang, modello DBS280, a 24 canali, munito di cavi di 60 metri (lunghezza massima) e di geofoni verticali con frequenza di taglio a 4,5 Hz, per una lunghezza complessiva di 34,5 m di stendimento (1,5 m di distanza intergeofonica). Come sistema di energizzazione è stata impiegata una mazza da 10 Kg, battente su piastra, con chiusura del circuito (*trigger*) a contatto.

Sono state eseguite, in andata, più acquisizioni con *offset* minimo (distanza tra il punto di energizzazione e primo geofono) pari a 3x (essendo x la distanza intergeofonica: 1,5 m), acquisendo 4096 campioni per ciascuna registrazione, con un passo di campionamento di 0,6 ms. Per verifica, sono state eseguite anche alcune registrazioni con battuta di ritorno e *offset* minimo pari a 3x.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata per mezzo del *software* MASW (di “Roma e associati”).

Interpretazione

La figura 2 mostra le tracce dei sismogrammi dell'acquisizione sismica attiva (MASW) e lo spettro f-k da essi ricavato.

Il sito in studio ricade in una zona caratterizzata per diversi decenni da attività di cava di materiali ghiaiosi, sabbiosi e ciottolosi. Molte di tali attività sono state chiuse e ripristinate in varia maniera. Non è dato sapere se il sito in esame sia stato oggetto di scavi ed eventuali successivi riempimenti. Le prove penetrometriche eseguite a cura della committenza si sono arrestate a bassa profondità, per rifiuto strumentale,

indicativo della presenza di trovanti o di terreni ad alta resistenza (ghiaie?).

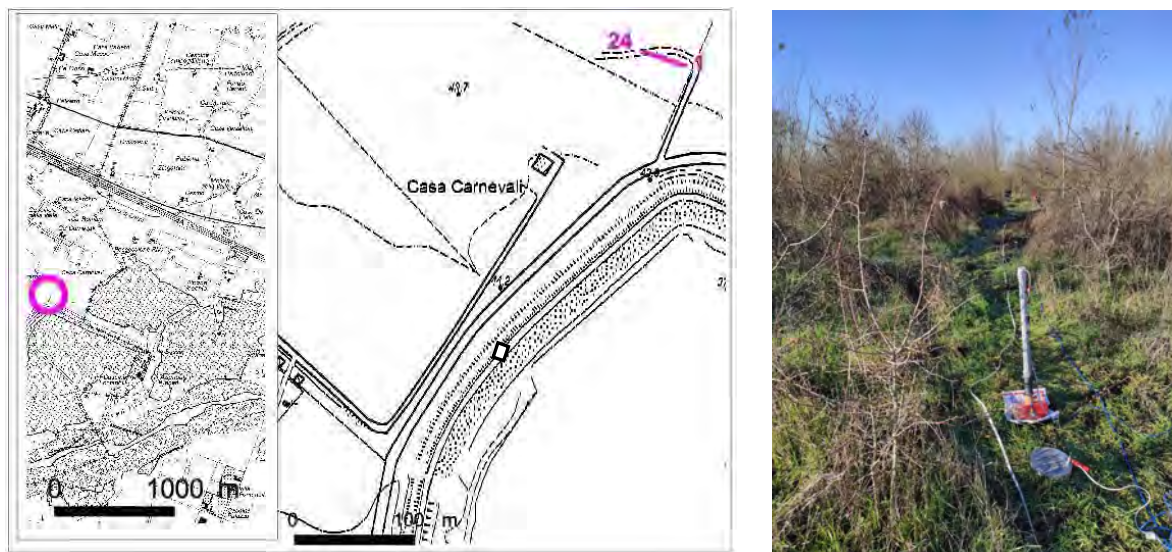


Figura 1. A sinistra: Estratto da CTR con ubicazione dello stendimento MASW (con indicazione della posizione dei geofoni 1 e 24) e inquadramento territoriale; a destra: stendimento sismico MASW eseguito a Rubiera, in località "Casa Carnevali".

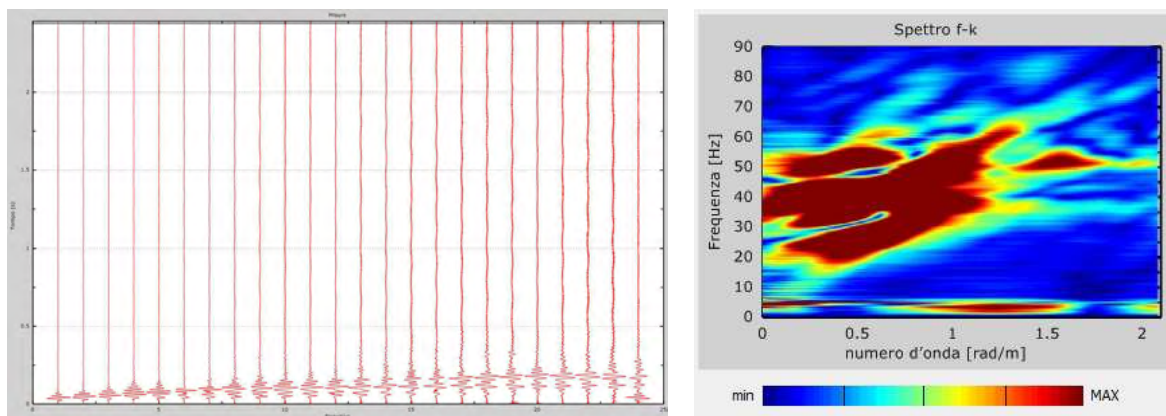


Figura 2. A destra: spettro f-k relativo ai sismogrammi riportati sulla sinistra

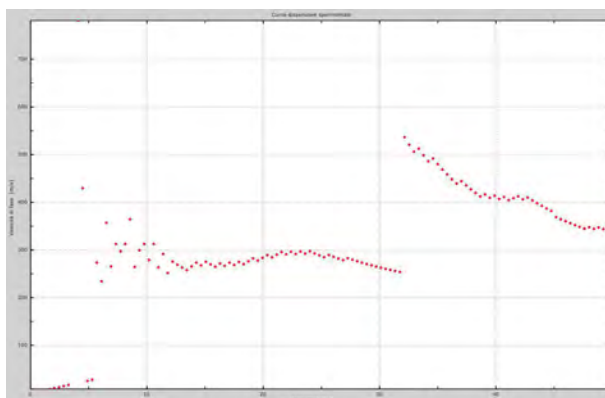


Figura 3. Curva di dispersione effettiva sperimentale relativa all'acquisizione di sismica attiva in onde di superficie di cui alle figure 1 e 2 (luogo geometrico dei punti di massimo del grafico FK).

Nell'ipotesi che non vi siano stati rimaneggiamenti antropici, i dati pregressi

Indagine Sismica MASW (DIC2021)	Località Casa Carnevali Comune di Rubiera (RE)	Dott. Geol. Marco Capitani
------------------------------------	---	----------------------------

indicherebbero la presenza di:

- una prima unità prevalentemente grossolana (ghiaie e ciottoli prevalenti) di circa 10 m di spessore, riferibile alla così detta unità di Modena (subsistema di Ravenna);
- un'unità di argille sovraconsolidate con locale presenza di ghiaie in matrice argillosa a vari livelli, fino alla profondità di circa 25-30 m (livello anche denominato informalmente come "argillone"), ascrivibile alla parte inferiore del subsistema di Ravenna;
- corpo plurimetrico (10-15 m di spessore) formato da ghiaie e ciottoli in matrice limo-sabbiosa (in un unico banco, o più spesso suddiviso in due o tre banchi inframezzati da argille), ascrivibile alla parte alta della così detta unità di Vignola (subsistema di Villa Verucchio)

* * *

La figura 4 mostra la curva di dispersione effettiva con la selezione dei punti (*picking*, in verde scuro) utilizzati per la procedura di modellazione diretta, il cui risultato è riportato in Figura 5, nella quale si confrontano le curve teoriche relative al modello di velocità con il *picking* della curva effettiva sperimentale.

L'andamento della curva effettiva sperimentale (Figure 3 e 4) suggerisce la presenza di terreni poco differenziati in relazione ai valori della velocità di fase, che si mantengono mediamente sui 250 m/s, con massimo relativo attorno ai 25 Hz (circa 300 m/s). Il dato sperimentale a interpretabile agevolmente tra circa 12 e 32 Hz, mentre tende a perdere di evidenza con il calare della frequenza (Figure 3 e 4).

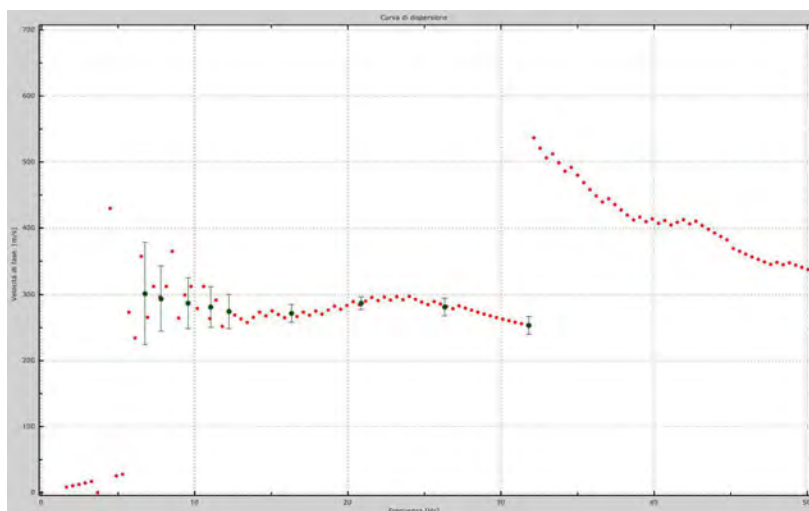


Figura 4 – Curva di dispersione effettiva e selezione dei punti interpretativi per la modellazione diretta (punti verde scuro con intervallo di incertezza). (Il ramo ad alta frequenza viene interpretato come dovuto a onde P canalizzate).

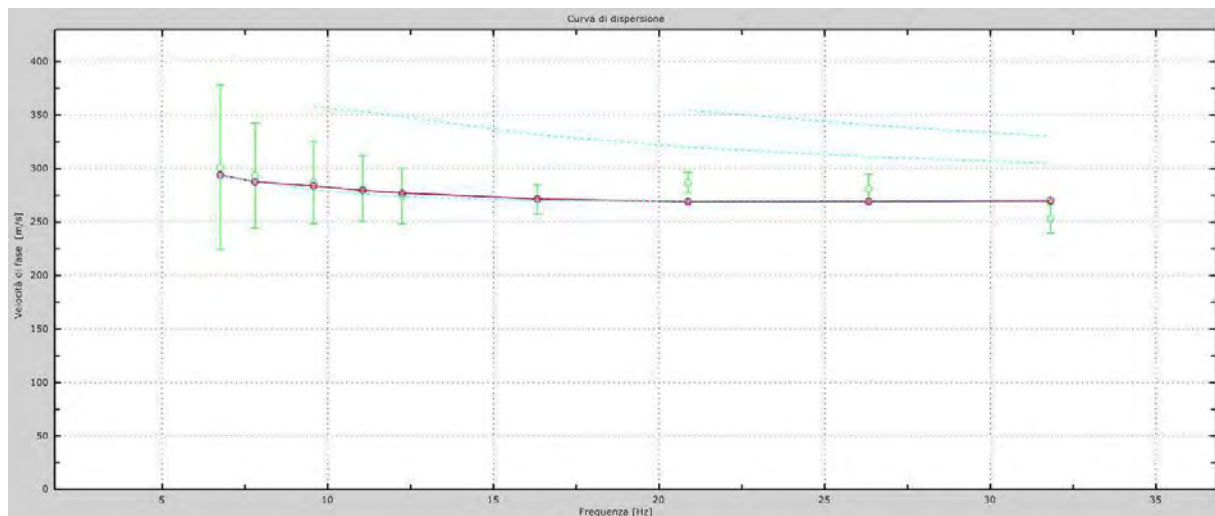


Figura 5- Confronto tra il picking della curva effettiva sperimentale e le curve effettiva e apparente sintetiche (curve rossa e blu) (discrepanza pari rispettivamente al 3% e 3%) riferibili al modello di profilo verticale di velocità (Figura 6 e Tabella 1).

La Figura 6 mostra graficamente l'andamento del modello di profilo verticale di velocità, ricavato per modellizzazione diretta del *picking* della curva di dispersione effettiva, mentre nella tabella 1 sono riportati i relativi parametri.

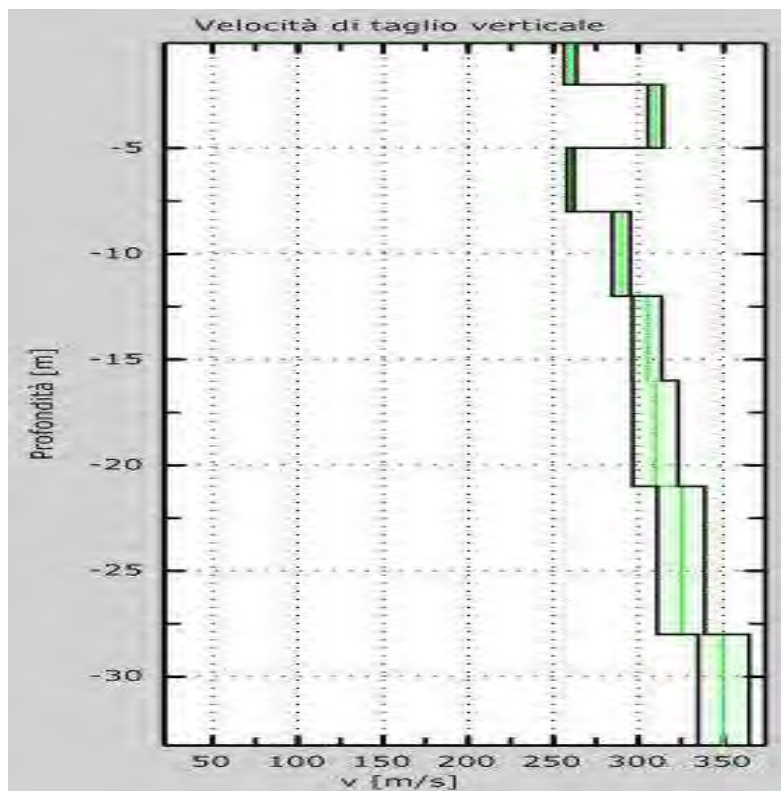


Figura 6 – Modello di profilo verticale di velocità ottenuto per modellazione diretta della curva di dispersione effettiva (Figure 3, 4 e 5), incertezza $0,1\sigma$.

Indagine Sismica MASW (DIC2021)	Località Casa Carnevali Comune di Rubiera (RE)	Dott. Geol. Marco Capitani
------------------------------------	---	----------------------------

Il modello è indicativo della presenza di orizzonti caratterizzati da velocità Vs mediamente comprese tra 250 m/s e 350/s, in coerenza con la stratigrafia presunta sulla base delle conoscenze pregresse.

Descrizione	Spessore (m)	Profondità base (m)	Densità (kg/m ³)	Coefficiente di Poisson	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Ghiaie e ciottoli? Materiali di riporto?	2	-2	1800	0,45	260	862
	3	-5	1800	0,38	310	705
	3	-8	1900	0,38	260	591
	4	-12	1900	0,38	290	669
Peliti con intercalazioni ghiaiose (subsintema di Ravenna)	4	-16	2000	0,38	305	693
	5	-21	2000	0,38	310	705
	7	-28	2000	0,38	325	739
Ghiaie, ciottoli, ghiaie argillose (unità di Vignola - subsintema di Villa Verucchio)	4	-32	2100	0,38	350	796

Tabella 1. Dati riassuntivi relativi al modello di profilo verticale di velocità.

Conclusioni

D'intesa col Dott. Geol. Giorgio Gasparini, è stata eseguita (in data 14 dicembre 2021) un'acquisizione di sismica attiva con metodologia MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), nel Comune di Rubiera (RE), in località "Casa Carnevali" (Figura 1).

L'elaborazione e l'interpretazione dei dati hanno portato alla definizione di un modello di profilo verticale di velocità compatibile con il modello geologico-stratigrafico definito sulla base dei dati disponibili, formato da unità ghiaiose e argillose caratterizzate da valori di Vs dell'ordine di 250-350 m/s, con valori tendenzialmente crescenti con la profondità.

Indagine Sismica MASW (DIC2021)	Località Casa Carnevali Comune di Rubiera (RE)	Dott. Geol. Marco Capitani
------------------------------------	---	----------------------------

Dal modello di profilo verticale di velocità si ricava il valore di Vs30 (par. 3.2.2. DM 17 gennaio 2018) pari a circa:

- Vs30=302 m/s se calcolato a partire dal p.c.;
- Vs30=305 m/s se calcolato a partire dalla quota di -1 m dal p.c.;
- Vs30=308 m/s se calcolato a partire dalla quota di -2 m dal p.c.

Il tecnico
Dott. Geol. Marco Capitani

Vignola, 31 dicembre 2021



Parametri Sismici

Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 44,670511 [°]

longitudine: 10,810118 [°]

Classe d'uso: III. Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	16056	44,653340	10,750460	5090,0
Sito 2	16057	44,654940	10,820600	1919,6
Sito 3	15835	44,704910	10,818380	3880,4
Sito 4	15834	44,703320	10,748140	6108,7

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 75 anni

Coefficiente c_u : 1,5

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,057	2,496	0,264
Danno (SLD)	63	75	0,072	2,472	0,274
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,188	2,412	0,293
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,243	2,408	0,301

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,630	1,000	0,017	0,009	0,838	0,200
SLD	1,500	1,610	1,000	0,021	0,011	1,053	0,200
SLV	1,430	1,580	1,000	0,065	0,032	2,638	0,240
SLC	1,350	1,560	1,000	0,092	0,046	3,217	0,280

Geostru