ACCORDO OPERATIVO

AI SENSI DELL'ART. 38 L.R. N. 24 DEL 21/12/2017

AMBITO RIALE GALVANO NORD – 2

VIA BENINI - ZOLA PREDOSA (BO)

Committenti:	**Gini s.r.l.** **Via Porrettana n.277** **40033 Casalecchio di Reno (BO)**
Lavoro: **0396**	Progettisti: Ing. Roberto Brunelli C.F. BRNRRT66C02A944Q e_mail: brunelli@studiosap.it PEC: roberto.brunelli@ingpec.eu

Aggiornamenti					
	4				
	3				
	2		Definitivo		
	1		Bozza		
	0	05 Marzo 2019	Preliminare	Ing. Roberto Brunelli	Emissione
	N	Data	Fase	Redatto	Descrizione

Elaborato:	Codice:	N. Elaborato:
RELAZIONE GEOLOGICA	RE	02

Redatto da:	SAPtecnica srl. Società di Ingegneria Via Dante,11 – 40016 – San Giorgio di Piano (BO) Tel. 051893797 – fax. 0516631032 – e_mail info@studiosap.it

Dott. Alberto Filelfi Via Ca' della Chiesa n°12 40050 Loiano (BO) Tel/Fax: 051-342668 Cell: 335-6113540 studioafgeo@gmail.com www.rilgeo.it P.Iva: 02426331209 C.F.: FLLLRT75C02E655F

COMUNE DI ZOLA PREDOSA

CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA

ACCORDO OPERATIVO art. 38 L.R.24/2017

AMBITO RIALE GALVANO NORD - 2

VIA BENINI - ZOLA PREDOSA (BO)

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Committente: Gini S.r.l.

Redazione: Dott. Alberto Filelfi

Spazio per ufficio tecnico

Dott. Geol. Alberto Filelfi
Studio di Geologia Applicata ed Ambientale
Ordine dei Geologi dell'Emilia-Romagna A.P. n°1115

Data

Febbraio 2019

Prot. Int.: RG162602191

INDICE

1 - INTRODUZIONE.....1

2 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....2

3 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO.....2

4 - INDAGINI GEOGNOSTICHE.....3

5 - MODELLO GEOLOGICO.....4

6 - MODELLO SISMICO.....8

7 - INDICAZIONI SULLE FONDAZIONI.....13

8 - CONSIDERAZIONI FINALI.....13

In allegato:

Tavola 1 - Corografia, scala 1:25.000

Tavola 2 - Inquadramento Territoriale, scala 1:5.000

Tavola 3 - Inquadramento Geologico, scala 1:10.000

Tavola 4 - Ubicazione Indagini, scala 1:400

Allegato A – Indagini Geognostiche: tabulati e grafici

Allegato B – Studio Geofisico: relazione tecnica

1 – INTRODUZIONE

Nella relazione seguente sono presentati i risultati dello studio geologico e sismico realizzato in un comparto situato tra via Balzani e via Benini. Il lotto è identificato nel PSC del comune di Zola Predosa nella scheda normativa n°27 dell' "Ambito Riale Galvano Nord - 2 (APS.i2) ".
Scopo del lavoro è quello di ricostruire il *modello geologico* e il *modello sismico* preliminare dell'area, in modo tale da verificare la compatibilità dei nuovi interventi urbanistici con le condizioni di pericolosità locale della zona.

Lo studio è stato impostato nel seguente modo:

- Rilievo di dettaglio dell'area e di un suo significativo intorno per accertare il quadro geologico e morfologico generale.
- Consultazione cartografia tematica dell'area:
  - *Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna, scala 1:10.000.*
  - *PTCP Città Metropolitana di Bologna.*
  - *Cartografia allegata al PSC del Comune di Zola Predosa.*
  - *Studio di Micorzonazione Sismica del Comune di Zola Predosa.*
- *Consultazione della stratigrafia di un sondaggio a carotaggio continuo realizzato nel lotto nel dicembre 1977 e visibile nelle banche dati on-line della Regione Emilia Romagna.*
- Esecuzione di n°3 prove penetrometriche statiche con punta elettrica dotata di piezocono (CPTu) e di n°7 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT) allo scopo di definire la successione litostratigrafica del primo sottosuolo e ottenere indicazioni sulle caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche dei depositi presenti.
- Realizzazione di uno studio geofisico mediante una registrazione sismica a stazione singola passiva (Tromino) e attiva (MASW).
- Ricostruzione del modello geologico e del modello sismico del sito.
- Conclusioni finali

La stesura della seguente relazione è stata eseguita in accordo con le normative di seguito elencate:

- D.M. 17 gennaio 2018, "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni" e codici normativi in esso richiamati (Eurocodici 7 e 8);
- EUROCODICE 7 – Geotechnical design – Part 1: *General rules* UNI EN 1997-1 (Novembre 2004);
- EUROCODICE 8 – Design of structures for earthquake resistance – Part 1: *General rules, seismic actions and rules for buildings* UNI EN 1998-1 (Dicembre 2004); Part 5: *Fundations, retaining structures and geotechnical aspects* UNI EN 1998-5 (Novembre 2004);

- Ordinanza O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- Legge regionale 30 ottobre 2008, n.19 “Norme per la riduzione del rischio sismico”con le modifiche apportate dalla L.R. 6 luglio 2009, n.6 e dalla L.R. 23 dicembre 2016, n. 25.Contenuto nel B.U.R 44 del 12/03/2010.

2 – INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il comparto è identificato nella seguente cartografia:

- Tavola 220-NE della Carta Tecnica Regionale a scala 1:25.000 (Vedi tav. 1).
- Elemento n° 220072 della Carta Tecnica Regionale a scala 1:5.000 (Vedi tav. 2).

3 – INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO

L'area in esame si trova nell'alta pianura bolognese, circa 2,1 Km a nord-est del capoluogo di Zola Predosa, al margine settentrionale di un' ampia zona artigianale. Il lotto studiato attualmente è ricoperto da campi agricoli non coltivati; dalla consultazione di alcune foto aree (Volo GAI 1954) e carte topografiche storiche (IGM 1860) si evince che tale destinazione d'uso permane da più di 150 anni.

Dal punto di vista geomorfologico il comparto si trova ad una quota topografica di circa 62,5 m s.l.m., al margine tra l'area artigianale di Zola Predosa e le aree agricole dell'alta pianura padana. Il lotto presenta un assetto sub-pianeggiante con un leggero gradiente in direzione NE e risulta depresso, rispetto a via Benini, di circa 0,5 m.
Dal punto di vista geologico il comparto sorge in corrispondenza della conoide del torrente Lavino. L'alveo del corso d'acqua si trova circa 1 Km a ovest del lotto.
Nell'area sono presenti depositi quaternari appartenenti al Subsintema di Ravenna (AES8), di età post-romana (IV-VI secolo d.C.) fino all'attuale, datati tramite il metodo del C^{14} su reperti archeologici. Tali terreni derivano dalla sedimentazione operata dal torrente Lavino e dal Fiume Reno durante le fasi di piena, dove a seguito di eventi di tracimazione dell'argine o di rotta fluviale, l'abbondante materiale in sospensione si depositava nella piana inondabile.
In particolare la carta geologica di superficie della Regione Emilia Romagna in scala 1:25000 (vedi tavola 3) evidenzia che il lotto studiato ricade sopra a “d*epositi di conoide e di terrazzo*” dove in superficie si trovano “*Limi e limi argillosi in strati di spessore decimetrico, subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose in corpi canalizzati e lenticolari*”.

4 – INDAGINI GEOGNOSTICHE

Allo scopo di definire puntualmente le caratteristiche, stratigrafiche, geomeccaniche e idrogeologiche dell'area si sono effettuate e consultate le seguenti indagini geognostiche:

- esecuzione di n°3 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono (CPTU);
- esecuzione di n°7 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT);
- consultazione della stratigrafia di un sondaggio a carotaggio continuo profondo 17 m, eseguito nel lotto nel dicembre 1977 dalla ditta Ge.Im.Co. S.p.a., e visibile nelle banche dati on-line della Regione Emilia-Romagna;

Tutte le prove sono state ubicate in modo tale da essere rappresentativa per l'intera area (vedi tavola 4). Le prove sono state eseguite in data 15-01-2019 e 17-01-19 con un penetrometro Deep-Drill SP100-C.

La prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante (v = 2 cm/sec). La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta idraulica, che agisce su una batteria di aste alla cui estremità inferiore è collegata una punta elettrica conica dotata di un dispositivo di registrazione delle resistenze di punta e laterali alla penetrazione, tramite trasduttori. Nei pressi della punta è presente anche un setto poroso riempito di grasso che consente la misura in continuo della pressione idrostatica dei terreni indagati. I dati vengono registrati con intervalli regolari di 1 cm e trasmessi ad una centralina posta in superficie, tramite un cavo elettrico passante all'interno delle aste.
Nella prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT) la punta (sempre di dimensioni e caratteristiche standardizzate) è infissa nel terreno mediante una batteria doppia di aste. La punta conica è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale (punta/manicotto tipo Begemann). La lettura dei valori di Qc (resistenza di punta) – fs (resistenza laterale) vengono effettuate mediante un manometro idraulico attaccato alla testa di spinta del penetrometro e vengono registrate ad intervalli regolari di 20 cm (vedi grafici e tabulati nell'allegato A a fine testo). Le varie resistenze della punta e del manicotto laterale vengono trasmesse al manometro tramite la batteria di astine libere contenuta all'interno delle aste di rivestimento.

La profondità massima indagata è stata di circa 18÷19 m è risulta significativa sia per le opere in progetto che per le verificare del rischio di liquefazione del terreno in aree con sismi massimi attesi attorno a 6 Mw. Non è stato possibile spingere le prove a profondità maggiori in quanto a -18÷-19 m è presente una lente di ghiaie addensate imperforabile dalla strumentazione utilizzata.

5 – MODELLO GEOLOGICO

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini geognostiche evidenziano una situazione litostratigrafica abbastanza disomogenea, tipica di aree di conoide fluviale. In superficie si incontra circa 0,8÷1,0 m di terreno vegetale (unità litostratigrafica TV). Il terreno vegetale è composto prevalentemente da limi argillosi e limi sabbiosi con inglobati, in alcuni settori, frammenti litoidi.

Da circa circa 0,8÷1,0 m di profondità si incontrano terreni costituiti prevalentemente da sabbie e sabbie limose (unità litostratigrafica A) fino a circa 2÷3 m di profondità (solo nella prova CPT2 e nel sondaggio le sabbie raggiungono le quote di -5,6 m e -4,0 m dal p.c.). L'unità A presenta spessori variabili da 0,5 m (CPTu1O) a 4,5 m (CPT2), e in generale presenta discrete caratteristiche geotecniche.

Da circa circa -1,6÷-2,6 m e fino a -4÷-6 m di profondità si incontrano limi argillosi e argille limose prevalenti con valori di Qc compresi tra 10 e 30 Kg/cm² (unità litostratigrafica B). Anche l'unità B presenta spessori variabili da 0,4 m (CPTu1O) a 2,6 m (CPT2) e in generale presenta una consistenza mediocre con valori di Qc spesso vicino a 10÷12 Kg/cm².

Sotto l'unità B e fino a circa -4÷-7,5 m dal p.c. è presente una lente di limi sabbiosi e sabbie limose con valori di Qc compresi mediamente tra 16 e 30 Kg/cm² (unità litostratigrafica C).

A -4÷-7,5 m di profondità si incontrano delle lenti di ghiaia e ghiaia sabbiosa da addensate a molto addensata che diventano, spesso, imperforabili dalla strumentazione utilizzata (unità litostratigrafica D). Tali lenti presentano spessori variabili da parecchi metri (9 m - sondaggio 220070P430) a sfumare fino a sparire (0 m - prova CPT7).

Le indagini che sono riuscite a superare la lente di ghiaia (CPTu5,CPT7, CPT8, 220070P430) indicano la presenza di argille limose e limi argillosi prevalenti (unità litostratigrafiche E e G) fino a circa -15,2 ÷ -18 m dal p.c.. Le unità litostratigrafiche E e G presentano valori di Qc compresi in generale tra 14 e 40 Kg/cm² .

Nella prova CPTu5 è presente uno strato di sabbie limose e limi sabbiosi (unità litostratigrafica F) infrapposta tra le unità litostratigrafiche E e G.

A circa -15,2 ÷ -18 m dal p.c. si incontra un livello di ghiaia molto addensato imperforabile dalla strumentazione utilizzata (unità litostratigrafica H).

MODELLO LITOSTRATIGRAFICO

Nella seguente tabella sono state riassunte le principali unità litostratigrafie del comparto:

UNITA' LITOSTARTIGRAFICHE					
Unità litostratigrafica	Prova	Profondità (m dal p.c.)	Qc (Kg/cm²)	Qt (Kg/cm²)	Descrizione litologia
			CPT	CPTU	
			min÷max	min÷max	
TR	CPT1	Da 0 a -0,6	10÷18	-	Terreno vegetale limo argilloso - argilla limosa prevalente con inglobati frammenti litoidi
	CPT2	Da 0 a -1,0	12÷24	-	
	CPT3	Da 0 a -0,8	8÷14	-	
	CPTU4	Da 0 a -1,0	-	12±4	
	CPTU5	Da 0 a -1,0	-	14,0±8	
	CPT6	Da 0 a -0,8	6÷20	-	
	CPT7	Da 0 a -1,0	4÷16	-	
	CPT8	Da 0 a -0,8	7÷14	-	
	CPT9	Da 0 a -1,0	6÷18	-	
	CPTU10	Da 0 a -1,0	-	8±3	
	220070P430	Da 0 a -1,0	-	-	
A	CPT1	Da -0,6 a -2,8	40÷70	-	Sabbie e sabbie limose con intercalati rari livelli di limi argillosi
	CPT2	Da -1,0 a -5,6	14÷60	-	
	CPT3	Da -0,8 a -2,0	36÷54	-	
	CPTU4	Da -1,0 a -2,6	-	28±6	
	CPTU5	Da -1,0 a -1,7	-	53±17	
	CPT6	Da -0,8 a -1,6	36÷50	-	
	CPT7	Da -1,0 a -2,4	15÷30	-	
	CPT8	Da -0,8 a -2,0	50÷34	-	
	CPT9	Da -1,0 a -2,8	16÷38	-	
	CPTU10	Da -1,0 a -1,6	-	40±8	
	220070P430	Da -1,0 a -4,0	-	-	
B	CPT1	Da -2,8 a -4,2	16÷24	-	Limi argillosi prevalenti con livelli di sabbie fini argillose
	CPT2	Da -5,6 a -6,2	18÷20	-	
	CPT3	Da -2,0 a -5,0	20÷30	-	
	CPTU4	Da -2,6 a -6,5	-	15±4	
	CPTU5	Da -1,7 a -2,1	-	23±15	
	CPT6	Da -1,6 a -5,6	12÷30	-	
	CPT7	Da -2,4 a -5,6	11÷28	-	
	CPT8	Da -2,0 a -4,6	12÷34	-	
	CPT9	Da -2,8 a -5,6	10÷26	-	
	CPTU10	Da -1,6 a -2,0	-	26±3	
	220070P430	Da -4,0 a -6,0	-	-	
C	CPT1	Da -4,2 a -6,0	16÷60	-	Alternanze di sabbie limose e limi con rari livelli di argille e sabbie
	CPT2	Da -6,2 a -7,0	22÷32	-	
	CPT3	Da -5,0 a -6,2	20÷40	-	
	CPTU4	Da -6,5 a -8,3	-	43±34	
	CPTU5	Da -2,1 a -4,2	-	37±9	
	CPT6	Da -5,6 a -6,6	28÷34	-	

	CPT8	Da -4,6 a -6,8	18÷32	-	
	CPT9	Da -5,6 a -7,0	22÷38	-	
	CPTU10	Da -2,0 a -4,7	-	64±29	
D	CPT1	Da -6,0 a -7,0**	100÷>500	-	Ghiaie poligeniche di varia pezzatura associate a ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose e sabbie
	CPT2	Da -7,0 a -8,0**	100÷>500	-	
	CPT3	Da -6,2 a -6,8**	140÷>400	-	
	CPTU4	Da -8,3 a -8,4**	>350	>100	
	CPTU5	Da -4,2 a -6,2	-	74±35	
	CPT6	Da -6,6 a -6,8	50	-	
	CPT8	Da -6,8 a -7,8	60÷140	-	
	CPT9	Da -7,0 a -7,8**	100÷>500	-	
	CPTU10	Da -2,0 a > -5,5**	-	240±29÷>350	
	22070P430	Da -6,0 a -15,0	-	-	
E	CPTU5	Da -6,2 a -7,6	-	13±9	Argille limose e limi argillosi
	CPT7	Da -5,6 a -10,0	18÷38	-	
	CPT8	Da -7,8 a -10,0*	26÷36	-	
	22070P430	Da -15,0 a -17,0*	-	-	
F	CPTU5	Da -7,6 a -10,6	-	27±15	Sabbie limose e limi sabbiosi con rari livelli di argille
G	CPTU5	Da -10,6 a -18,0	-	15±5	Argille limose e limi argillosi con intercalati rari livelli di limi, sabbie, sabbie ghiaiose
	CPT6	Da -6,8 a -15,2	14÷40	-	
	CPT7	Da -10,0 a -17,4*	16÷100	-	
H	CPTU5	Da -18,0 **	-	>350	Ghiaie e ghiaie sabbiose eterogenee **
	CPT6	Da -15,2 a -15,8**	40÷>500	-	

Tabella 1: Unità litostratigrafiche. (*) profondità fine prova - (**) Ghiaie addensate imperforabili dalla strumentazione CPT/CPTU.

INDICAZIONE SUI PARAMETRI GEOTECNICI

L'utilizzo delle penetrometrie statiche ha permesso di ricavare una serie di parametri geotecnici, differenti in base al tipo di comportamento delle unità indagate. In particolare: per terreni a comportamento principalmente coesivo è possibile fornire i valori della coesione non drenata (C_u) e del modulo edometrico (E_{ed}); per terreni con un comportamento principalmente incoerente, possono essere stimati i valori di angolo d'attrito (φ); per terreni dalla composizione mista, di cui risulta difficoltosa un'univoca definizione del comportamento alla deformazione, vengono stimati tutti i diversi parametri, per poi scegliere quelli che meglio descrivono la situazione reale. Nell'unità A sono presenti livelli di argille inconsistenti con valori di Qc < 10 Kg/cm².

In base ai dati emersi dalle prove, per ogni unità litostratigrafica sono stati ottenuti mediante correlazioni empiriche prese da bibliografia specialistica i parametri geotecnici delle varie unità litostratigrafiche.

Unità litostr.	Descrizione litologia	γ (t/m^3)	ϕ (°)		Cu (kg/cm^2)		Mo (kg/cm^2)	
			Terreni incoerenti		Terreni coesivi			
		med	min	max	min	max	min	max
A	Sabbie e sabbie limose con intercalati rari livelli di limi argillosi	1,85	26	32	-	-	60	110
B	Limi argillosi prevalenti con livelli di sabbie fini argillose	1,80	-	-	0,5	0,8	40	70
C	Alternanze di sabbie limose e limi con rari livelli di argille e sabbie	1,85	23	26	0,7	0,8	55	70
D	Ghiaie poligeniche di varia pezzatura associate a ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose e sabbie	1,85	30	34	-	-	100	>500
E	Argille limose e limi argillosi	1,80	-	-	0,6	0,9	50	80
F	Sabbie limose e limi sabbiosi con rari livelli di argille	1,85	23	26	0,7	0,8	55	70
G	Argille limose e limi argillosi con intercalati rari livelli di limi, sabbie, sabbie ghiaiose	1,80	-	-	0,7	0,8	55	70
H	Ghiaie e ghiaie sabbiose molto addensate	1,85	32	36	-	-	100	>500

Tabella 2 – Parametri geotecnici estrapolati dalle prove CPT (Legenda: γ=peso di volume naturale; ϕ= angolo di attrito; Cu=Coesione non drenanta; Mo=Modulo edometrico)

IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Il lotto si trova ad una quota topografica di circa 62,5 m s.l.m., tra il torrente Lavino e il Fiume Reno. L'alveo del Lavino si trova circa 1 Km a ovest del lotto mentre il fiume Reno scorre circa 2,8 km a est del comparto.

Dalla consultazione della Carta Idrogeologica allegata al PSC del Comune di Zola Predosa si evince che la prima falda superficiale si attesta a circa -42 m sul livello del mare, quindi a circa -22 m dal p.c. del sito, all'interno delle litologie ghiaiose.

La Carta Piezometrica della Falda superficiale del Comune di Bologna *(redatta nel 2000) copre il territorio a partire dai campi agricoli situati a N di via Balzani.* In tale carta è indicato che il primo acquifero presente in zona è la *falda superficiale "SUP2"* e stima il livello piezometrico medio dell'acqua a circa -24 m dal piano campagna.

Durante le terebrazioni non si è rinvenuta la presenza d'acqua in nessun foro di prova (prof. max indagata -18 m dal p.c.).

Si segnala che nel PTCP di Bologna l'area studiata presenta i seguenti vincoli:

- Tavola 2a "Rischio da frana, assetto versanti e gestione delle acque meteoriche" : *Controllo degli apporti acqua (art. 4.8)*.
- Tavola 2b "Tutela delle acque superficiali e sotterranee" : *Zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio pedecollinare e di pianura PTCP (Artt. 5.2 e 5.3).*

6 – MODELLO SISMICO

CLASSIFICAZIONE SISMICA

In base alla classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia Romagna, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 n° 3274, il Comune di Zola Predosa è inserito in *Zona 3 (Comune a sismicità medio-bassa)*.

SISMI STORICI RELATIVI ALL'AREA (DAL 1000 D.C. AL 2002 D.C.)

Il Comune di Zola Predosa è stato storicamente interessato solo da terremoti di moderata entità con intensità massime comprese tra il VII e VII-VIII grado scala Mercalli (MCS).

I terremoti più importanti di cui si ha testimonianza storica a Zola Predosa sono avvenuti nei seguenti anni :

Zola Predosa

PlaceID	IT_40311
Coordinate (lat, lon)	44.490, 11.217
Comune (ISTAT 2015)	Zola Predosa
Provincia	Bologna
Regione	Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati	22

Effetti								In occasione del terremoto del			
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se		Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1505	01	03	02				Bolognese	31	8	5.62
6-7	1929	04	20	01	10			Bolognese	109	7	5.36
6	1929	04	19	04	16			Bolognese	82	6-7	5.13
6	1929	04	22	08	26			Bolognese	41	6-7	5.10
6	1929	05	11	19	23			Bolognese	64	6-7	5.29
5-6	1929	04	19	22	40			Bolognese	12	5-6	4.54
5-6	1929	04	28	19	40			Bolognese	20	6	4.73
5-6	1929	04	29	18	36			Bolognese	45	6	5.20
5	1881	01	24	16	14			Bolognese	38	7	5.22
5	1909	01	13	00	45			Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1914	10	27	09	22			Lucchesia	660	7	5.63
4-5	1919	06	29	15	06	1		Mugello	565	10	6.38
4-5	1929	08	17	04	25			Bolognese	10	4-5	3.89
F	1891	06	07	01	06	1		Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
3-4	1987	05	02	20	43	5		Reggiano	802	6	4.71
3	1895	08	07	19	49	3		Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
3	1904	02	25	18	47	5		Reggiano	62	6	4.81
3	1916	05	17	12	50			Riminese	132	8	5.82
3	1992	04	17	11	59	0		Appennino bolognese	56	4-5	4.11
NF	2000	06	18	07	42	0		Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002	06	08	20	13	0		Frignano	115	4	4.23
NF	2002	06	18	22	23	3		Frignano	186	4	4.30

Fig. 1– Database terremoti storici avvenuti in provincia di Bologna dal 1000 d.C Al 2005 d.C..

Le date dei vari terremoti sono state ricavate dal Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15) dell'Istituto Nazionale di Geofisica (INGV).

SISMI RECENTI RELATIVI ALL'AREA (DAL 2003 AL 2017)

Di terremoti recenti con magnitudo Mw>5 che hanno interessato la Città Metropolitana di Bologna, si segnala il terremoto del 14 settembre 2003 di magnitudo 5,3 con epicentro tra i Comuni di Loiano e Monghidoro ed il recente terremoto avvenuto nel maggio 2012 tra le Province di Modena, Ferrara e Bologna con magnitudo dei sismi più significativi di 5,9 e 5,8 Mw (vedi meccanismi focali nella figura sottostante).

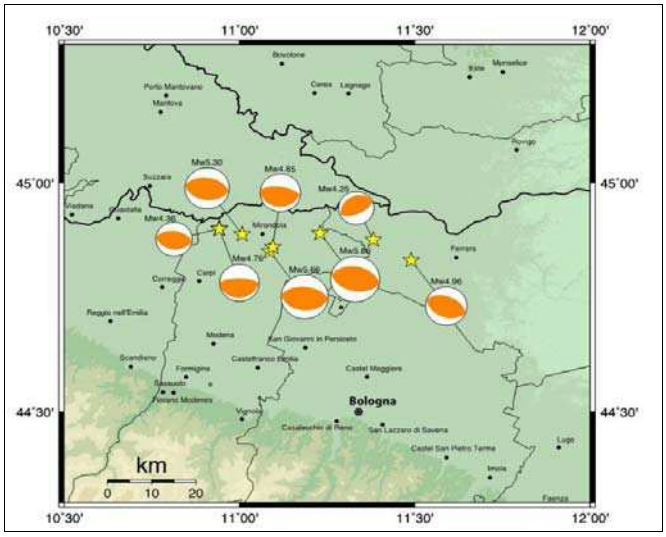


Fig. 2– Sequenza sismica principale (Mw>4) del Maggio 2012 con relativa magnitudo e movimenti focali (Fonte INGV)

ZONE SISMOGENETICHE IN PROVINCIA DI BOLOGNA

Nella figura 3 sono riportate le zone sismogenetiche individuate dall' Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia sotto l'appennino Emiliano e la pianura padana con relative analisi di pericolosità sismica con approccio probabilistico (Database DISS "Database of Individual Seismogenic Sources" 3.2.0 - INGV 2015 - agg. maggio 2016).

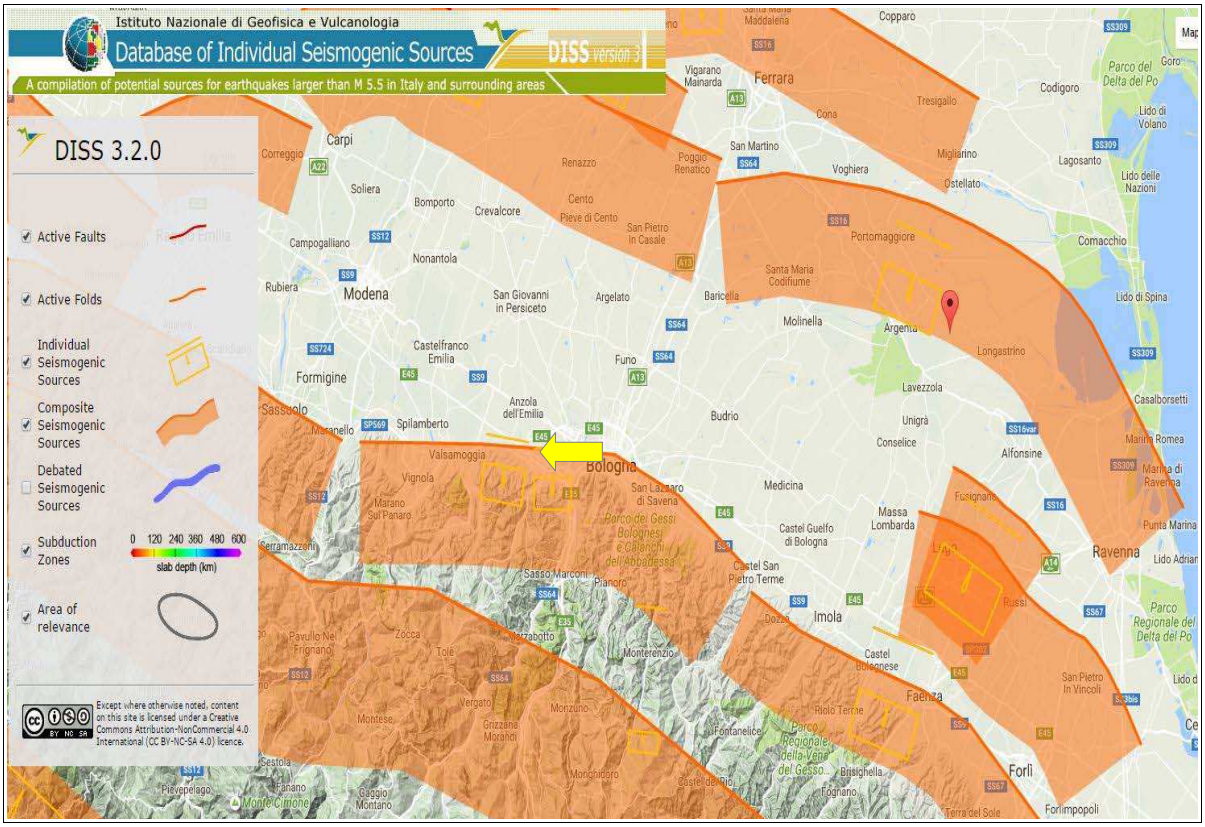


Fig. 3– Zone sismogenetiche pianura padana (Fonte: INGV)

Le zone sismogenetiche all'interno della Città Metropolitana di Bologna sono:

- ITCS051: Carpi-Poggio Renatico con magnitudo massima attesa di 6,0 Mw (magnitudo raggiunta dal sisma verificatosi nel maggio 2012).
- ITCS047: Castelvetro di Modena-Castel San Pietro Terme con magnitudo massima attesa di 6,0 Mw.
- ITCS012 - Malalbergo-Ravenna con magnitudo massima attesa di 6,0 Mw.
- ITCS001: Castel San Pietro Terme -Meldola con magnitudo massima attesa di 5,8 Mw.
- ITCS027: Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga, con magnitudo massima attesa di 6,2 Mw.

Il lotto analizzato ricade nella zona sismogenetica ITCS047: Castelvetro di Modena-Castel San Pietro Terme con magnitudo massima attesa di 6,0 Mw.

STUDI SISMICI E VINCOLI NORMATIVI PRESENTI SULL'AREA

Dalla consultazione delle carte allegate al PTCP della Città Metropolitana di Bologna e del PSC del Comune di Zola Predosa si sono ricavate le seguenti informazioni / vincoli di carattere sismico esistenti sull'area studiata:

Nome carta	Sigla carta	Scala	Legende carta
PTCP - Città metropolitana di Bologna - *Rischio sismico*	Tav. 2c	1:25.000	A - Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
PSC - Comuni dell'Area Bazzanese Microzonazione sismica del Comune di Zola Predosa *- Carta della aree suscettibili a effetti locali -*	Tav. Ms_01_a	1:5.000	Zona 13 - Morfologia: piana. H=25 m (alluvioni prevalentemente fini). VsH=250 m/s. Effetti attesi: amplificazione del moto sismico. E' sufficiente un aprofondimento sismico di livello 2.[equivalente ad A (PTCP) = Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche]

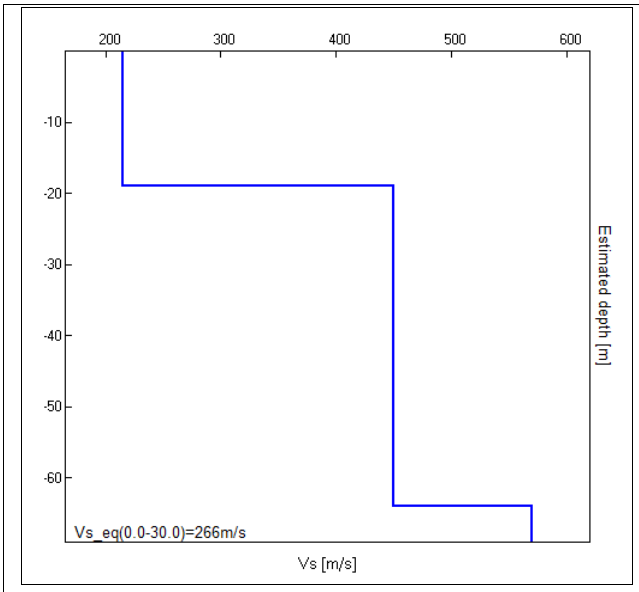
Tabella 3 – Riassunto schematico studi sismici e vincoli normativi di carattere sismico presenti sull'area.

EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA RELATIVI AL SITO

Visto il contesto geomorfologico dell'area, si possono escludere condizioni topografiche che possano amplificare l'azione di un eventuale sisma, per cui si potrà utilizzare una classe topografica T1.

RICOSTRUZIONE DEL PROFILO SISMO-STRATIGRAFICO DEL SITO E CALCOLO DEL PARAMETRO VS_eq

Per la ricostruzione del modello sismo stratigrafico dei primi trenta metri di profondità si è realizzato uno studio geofisico con misure del rumore sismico ambientale analizzato con il metodo HVSR e prospezione MASW (vedi allegato B). Il profilo sismo-stratigrafico è visibile nella figura seguente e nell'allegato B.



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
19.00	19.00	215	0.42
59.00	40.00	445	0.38
inf.	inf.	580	0.37

Fig. 5 – Profilo sismo-stratigrafico del lotto da MASW + HVSR

Dall'elaborazione dei dati geofisici sono emersi anche i seguenti risultati :

1. Il picco principale e fondamentale del sito è posto a 2,1 Hz e presenta un rapporto H/V pari a 2,8.
2. Nel campo delle frequenze di interesse ingegneristico (0,7 Hz ÷ 11 Hz) si segnalano le frequenze comprese tra 1,5 e 3 Hz in grado di generare effetti di risonanza nel terreno. In particolare le frequenze attorno a 2,1 Hz e a 2,8 Hz.
3. Il parametro Vs_eq (0÷30 m) del sito risulta pari a 266 m/s (±15%).

VERIFICA DEL INDICE DI POTENZIALE LIQUEFAZIONE DEL SITO (LPI)

La liquefazione di un terreno è dovuta alla diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidezza causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico.
La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1) 60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1) 60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 6 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 e in Fig. 6 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5.

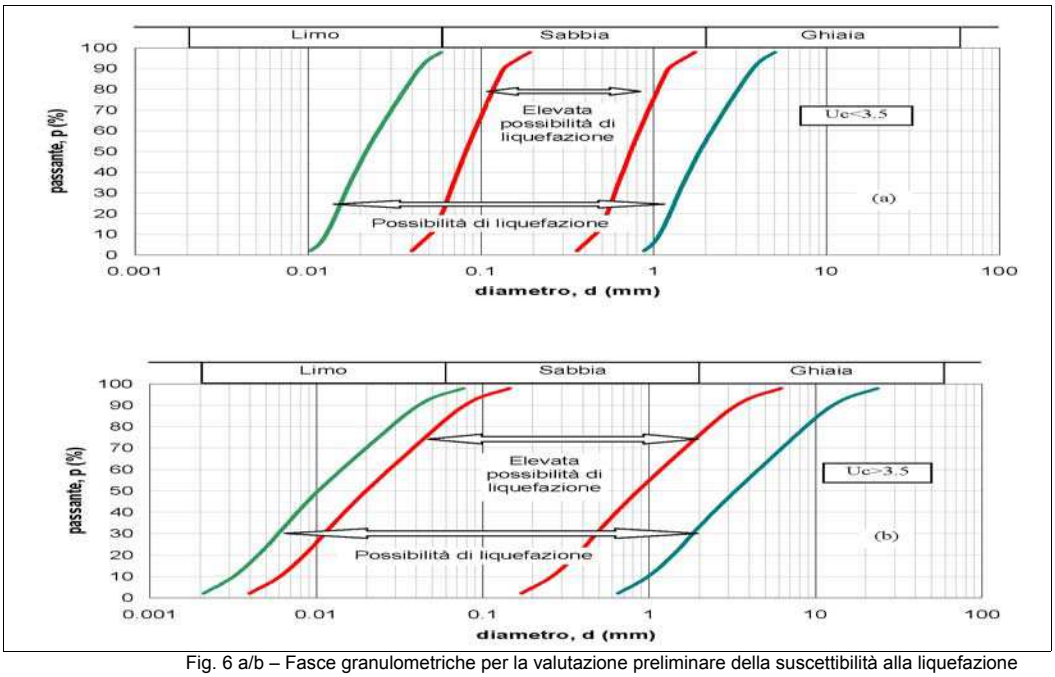


Fig. 6 a/b – Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005)

Nell'area studiata la falda si trova ad una profondità superiore a 20 m dal p.c. pertanto il comparto non presenta problematiche legate al rischio di liquefazione del terreno (punto 2 elenco precedente).

ULTERIORI APPROFONDIMENTI DI III LIVELLO

Nell'area non sono stati rinvenuti problemi di liquefazione del terreno pertanto si ritiene che il lotto non necessiti di ulteriori approfondimenti di III livello (RSL, cedimenti post sismici, ecc.).

Anche nel PTCP della Città Metropolitana di Bologna il comparto studiato ricade in una zona dove sono richiesti solo approfondimenti di II livello. Tali approfondimenti sono già stati effettuati nello studio di Microzonazione sismica contenuto nel PSC del Comune di Zola Predosa.

CATEGORIA SOTTOSUOLO SISMICO

In seguito ai risultati del modello sismico del sito, dove la velocità delle onde Vs cresce gradualmente, non sono presenti inversioni di velocità significative, non sono presenti terreni potenzialmente liquefacibili, si potrà utilizzare per l'azione sismica di progetto l'approccio semplificato proposto dalle NTC 2018.

Tenendo conto della natura dei terreni presenti nel sottosuolo, considerando un piano di fondazione impostato a circa -1,0 m dal p.c. attuale, e la velocità delle onde $Vs_eq_{(-1,0\ m \div -31,0\ m)}$ = 272 m/s (+-15%), il sito in esame rientra nella categoria di sottosuolo sismico **C:**

C- Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consi-stenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento del-le proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Per il calcolo del sisma di progetto dell'area, necessario per i calcoli geotecnici con le N.T.C. 2018, si potranno utilizzare i seguenti dati:

Coordinate geografiche del sito (sistema WGS84)	Latitudine: 44.500453	Longitudine: 11.241642
Coordinate geografiche del sito (ED50)	Latitudine: 44.501393	Longitudine: 11.242637
Categoria topografica	T1	
Categoria di sottosuolo sismico	C	

Tabella 4 – Dati per il calcolo della pericolosità sismica di base

7 – INDICAZIONI SULLE FONDAZIONI

Tenuto conto del modello geologico e sismico dell'area, per strutture normali, si potranno utilizzare fondazioni dirette, preferibilmente di tipo rigido. Si consiglia di impostare il piano di posa delle nuove fondazioni al di sotto dei terreni di riporto/vegetali (-1,0÷-1,2 m rispetto al p.c. attuale).
Nel caso di progettazione di strutture che richiedono accorgimenti particolari (cedimenti differenziali nulli, portate molto elevate di tipo concentrato, ecc.) occorrerà valutare in fase di progettazione esecutiva il tipo di fondazione da adottare (diretta o profonda).

8 – CONSIDERAZIONI FINALI

In base al modello geologico e sismico del sito si ritiene che dal punto di vista geologico gli interventi urbanistici in progetto non presentino problemi di pericolosità locale.

Bologna, lì 28 Febbraio 2019

Dott. Geol. Alberto Filelfi
(O.G.E.R. - SEZ. A - A.P. n°1115)

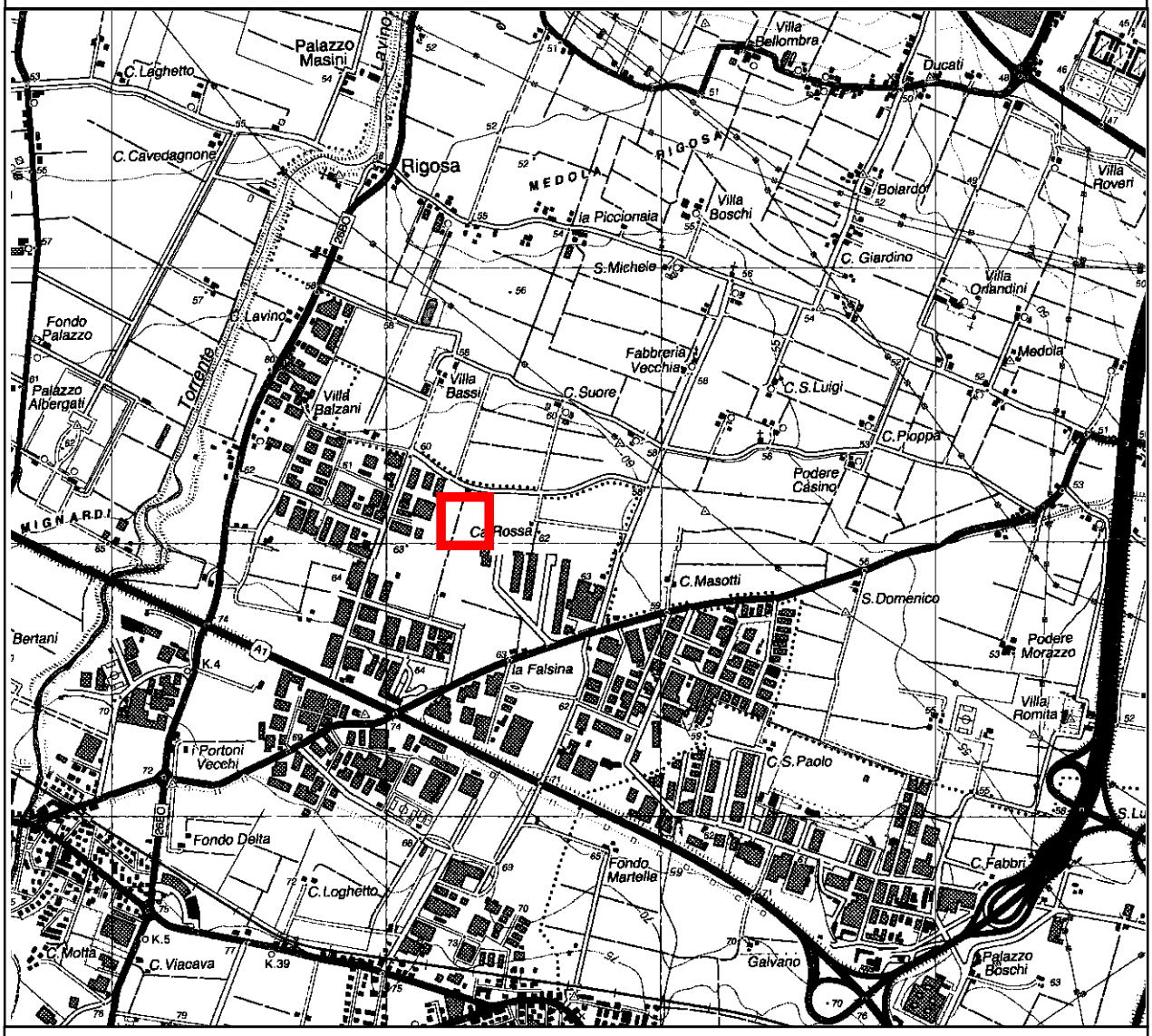
ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA
DOTT. ALBERTO FILELFI
Emilia-Romagna
GEOLOGO
SEZ.A
N. 1115 ALBO. P.

Tavola 1

COROGRAFIA

Stralcio C.T.R. n° 220NE - 220SE

Scala 1:25.000



Legenda

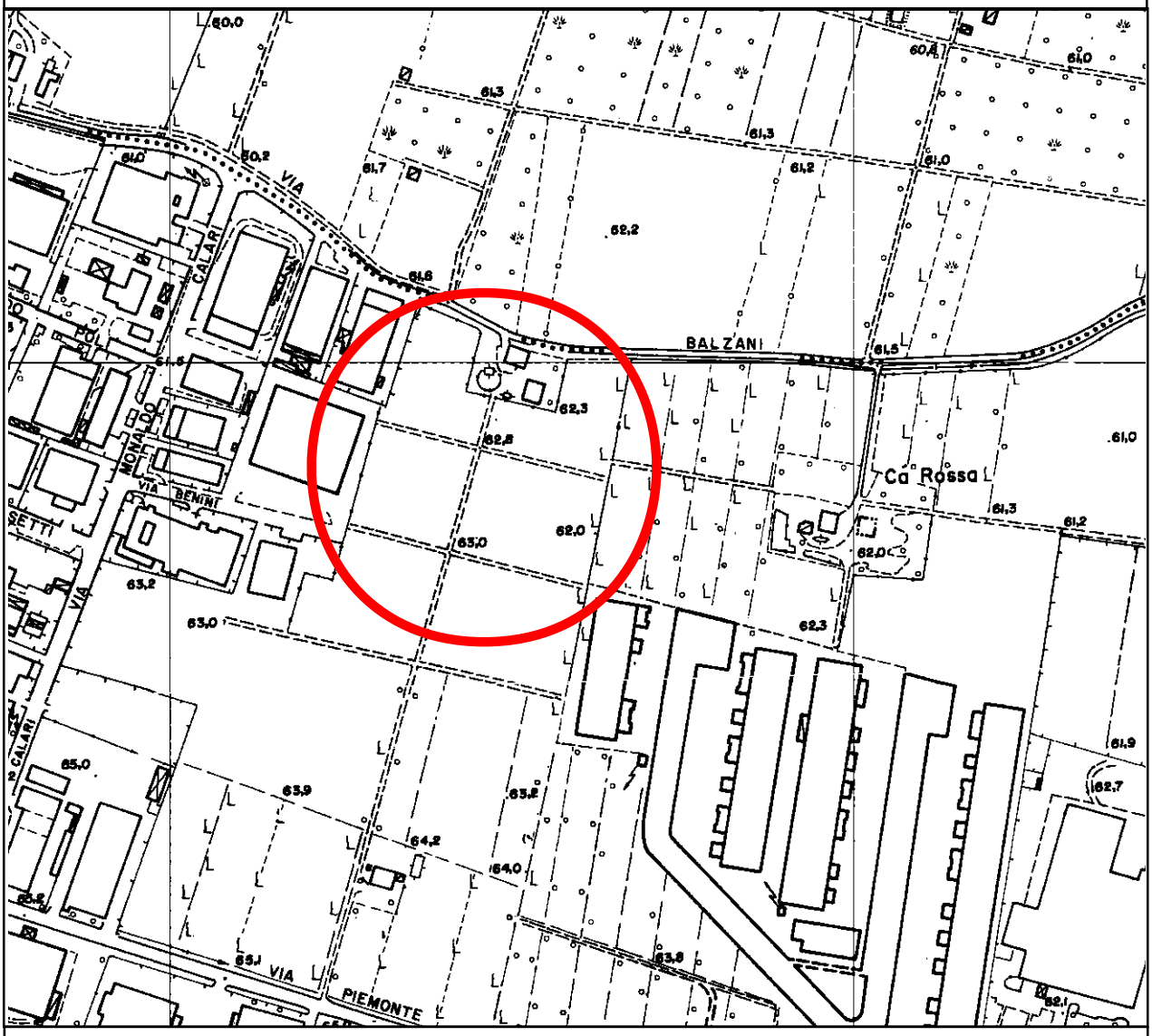
Area in oggetto

Tavola 2

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Stralcio C.T.R. n° 220072 e 220111

Scala 1:5.000



Legenda

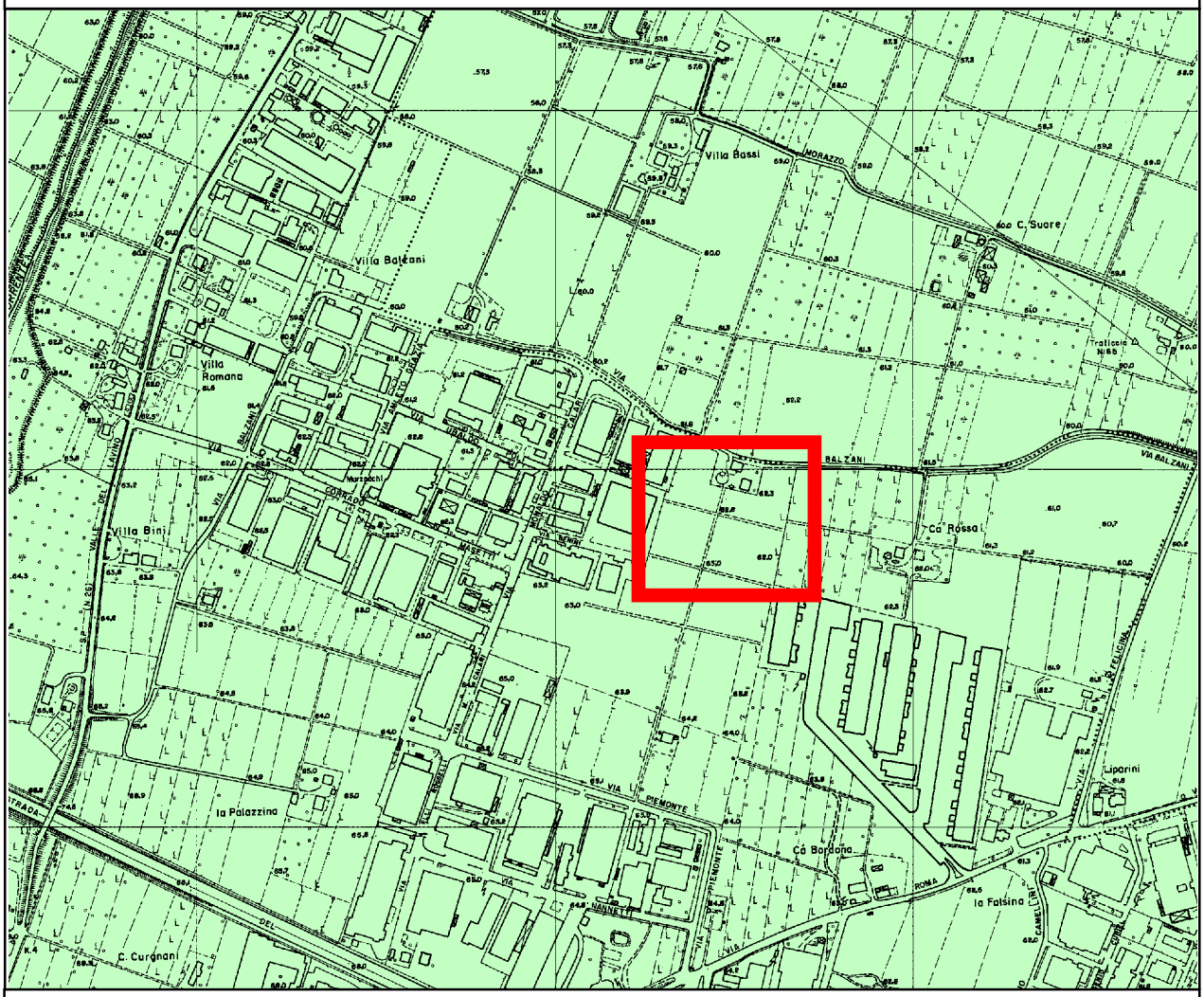
Area in oggetto

Tavola 3

CARTA GEOLOGICA DI PIANURA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA*

Sovrapposizione dei tematismi alla CTR n°220070 e 220110

Ingrandimento a scala 1:10.000



Legenda

Area in oggetto

3 — Limi e limi argillosi in strati di spessore decimetrico, subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose in corpi canalizzati e lenticolari. Depositi di conoide e di terrazzo.

* R.E.R. - Cartografia Interattiva - Carte Geologiche

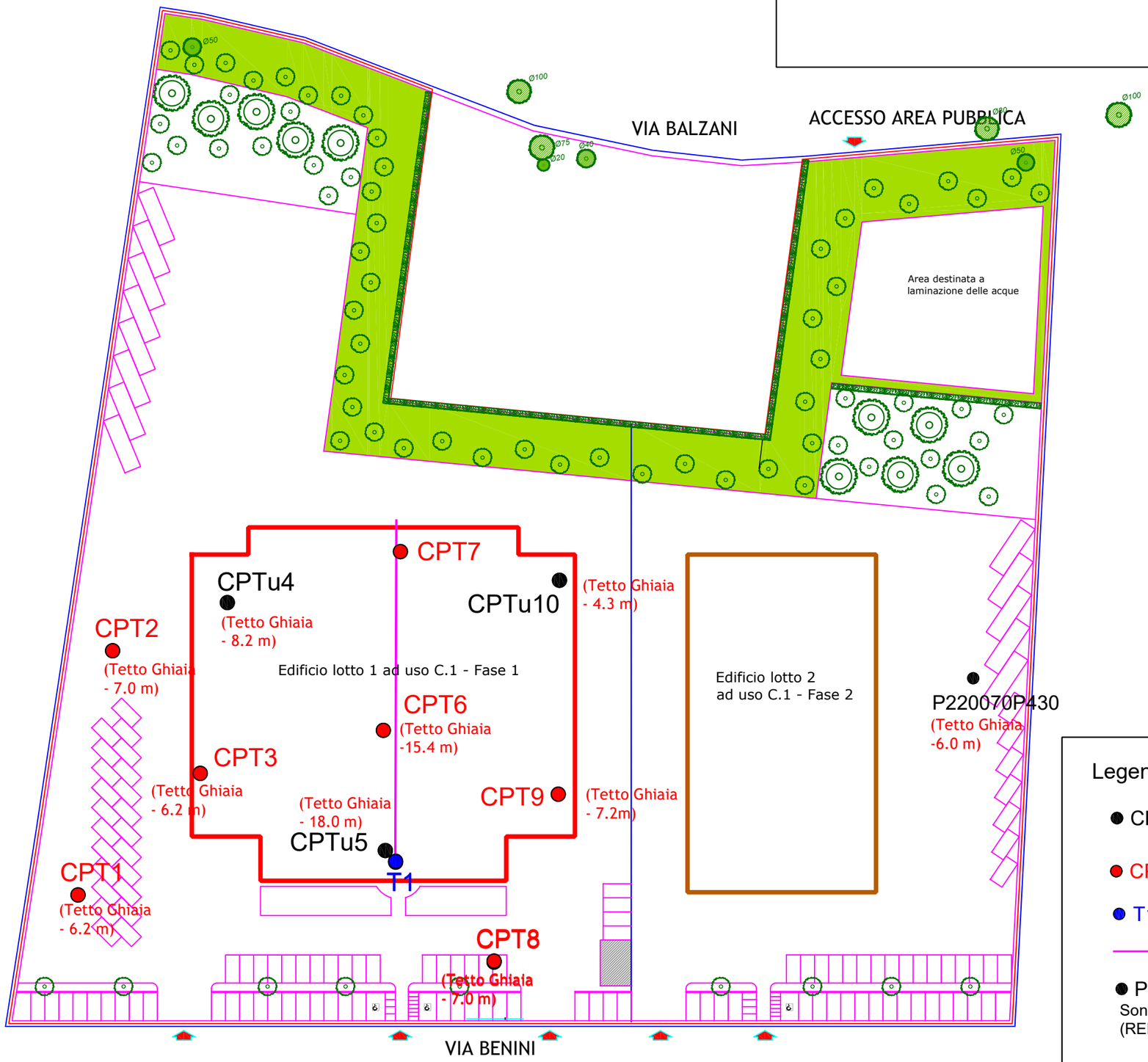
bie limoso-argillose intercalate

Tavola 4

UBICAZIONE PUNTI DI INDAGINE

Stato di progetto

Scala 1:800



Legenda

- CPTU — Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU
- CPT — Prove penetrometriche statiche CPT
- T1 — Indagine sismica
- Stendimento geofoni MASW
- P220070P430 — Sondaggio a carotaggio continuo (RER - P220070P430)

ALLEGATO A

INDAGINI GEOGNOSTICHE

TABULATI E GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA ELETTRICA + PIEZOCONO (CPTU)

TABULATI E GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA MECCANICA (CPT)

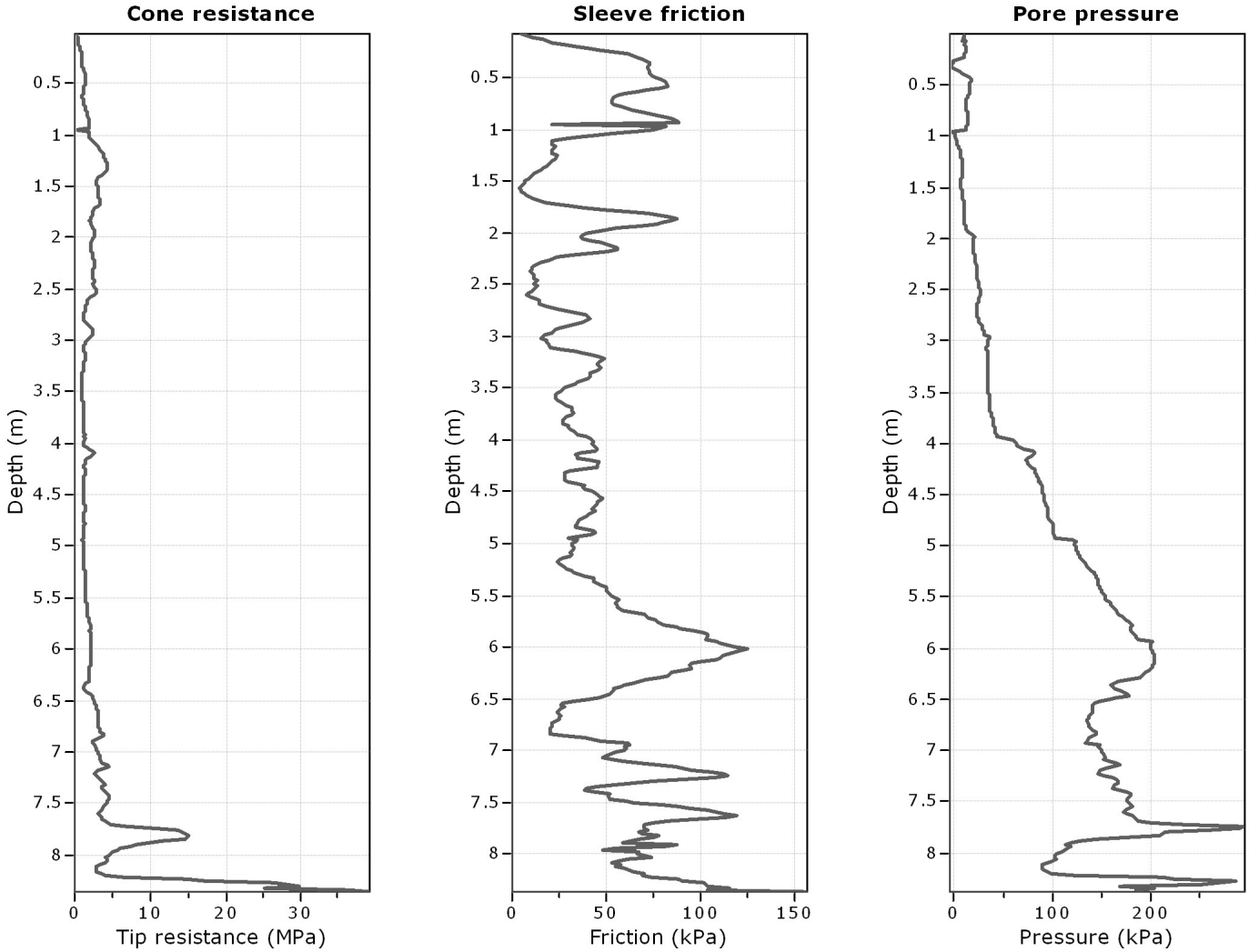
Dott. Geol. Alberto Filelfi
AF GEO – Geologia Geofisica Ambiente
Via Ca' della Chiesa 12 – 40050 – Loiano (BO)
Cell: 3356113540 e-mail: studioafgeo@gmail.com

Dott. Geol. Alberto Filelfi
Via Ca' della Chiesa n°12
40050 - Loiano (BO)
Cell: 3356113540

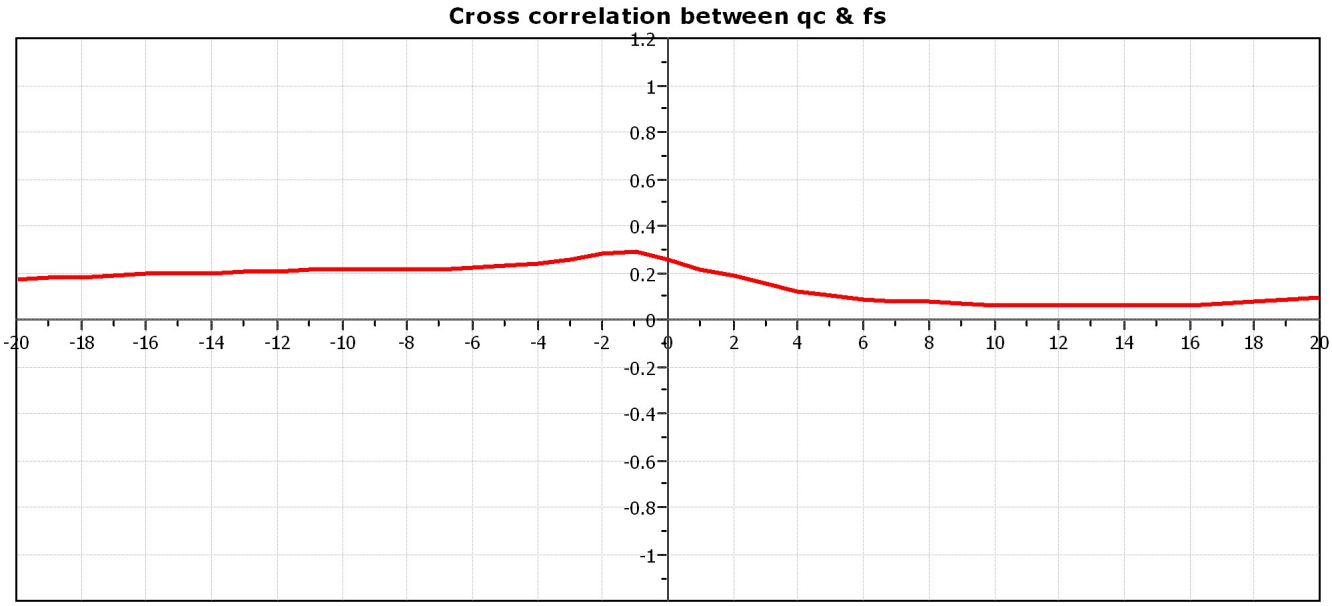
CPT: CPTU4

Project: **Studio S.A.P.**
Total depth: 8.36 m, Date: 15/01/2019

Location: **Via Balzani - Zola Predosa (BO)**
Cone Type: Uknown



The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).



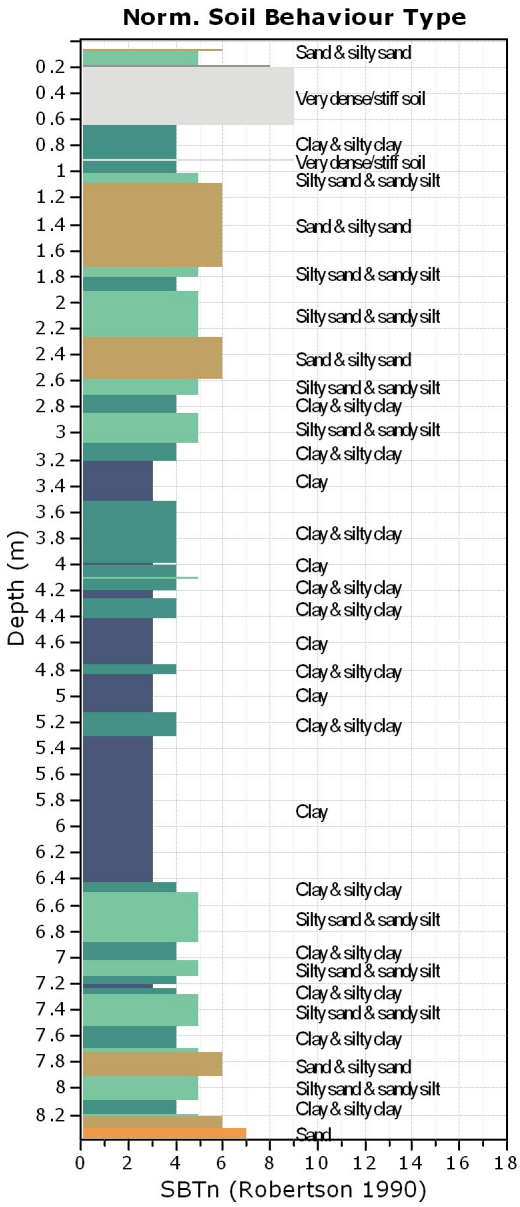
Dott. Geol. Alberto Filelfi
AF GEO – Geologia Geofisica Ambiente
Via Ca' della Chiesa 12 – 40050 – Loiano (BO)
Cell: 3356113540 e-mail: studioafgeo@gmail.com

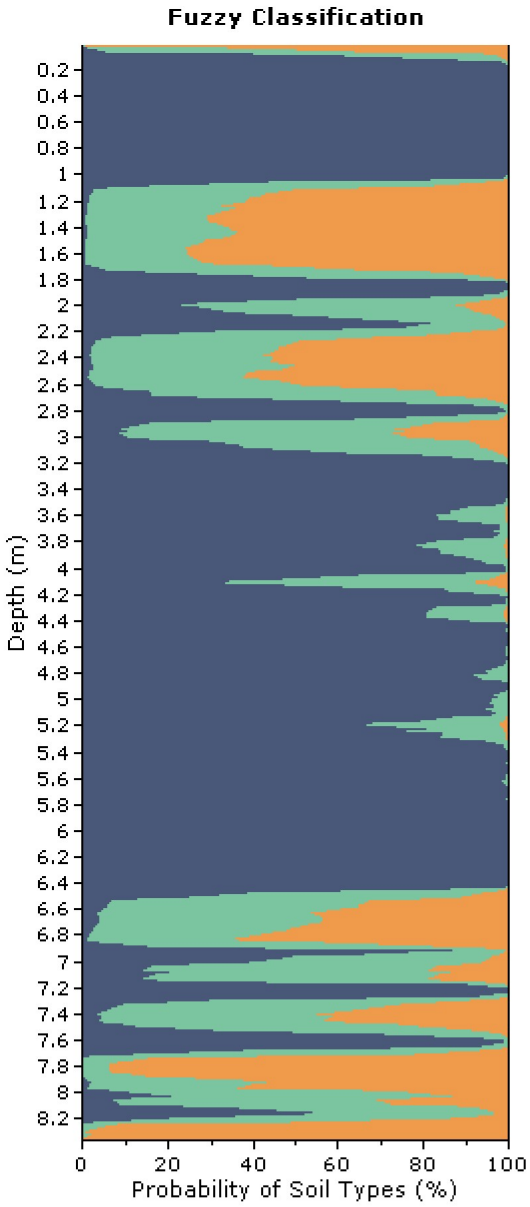
Dott. Geol. Alberto Filelfi
Via Ca' della Chiesa n°12
40050 - Loiano (BO)
Cell: 3356113540

CPT: CPTU4

Project: **Studio S.A.P.**
Location: **Via Balzani - Zola Predosa (BO)**

Total depth: 8.36 m, Date: 15/01/2019
Cone Type: Uknown



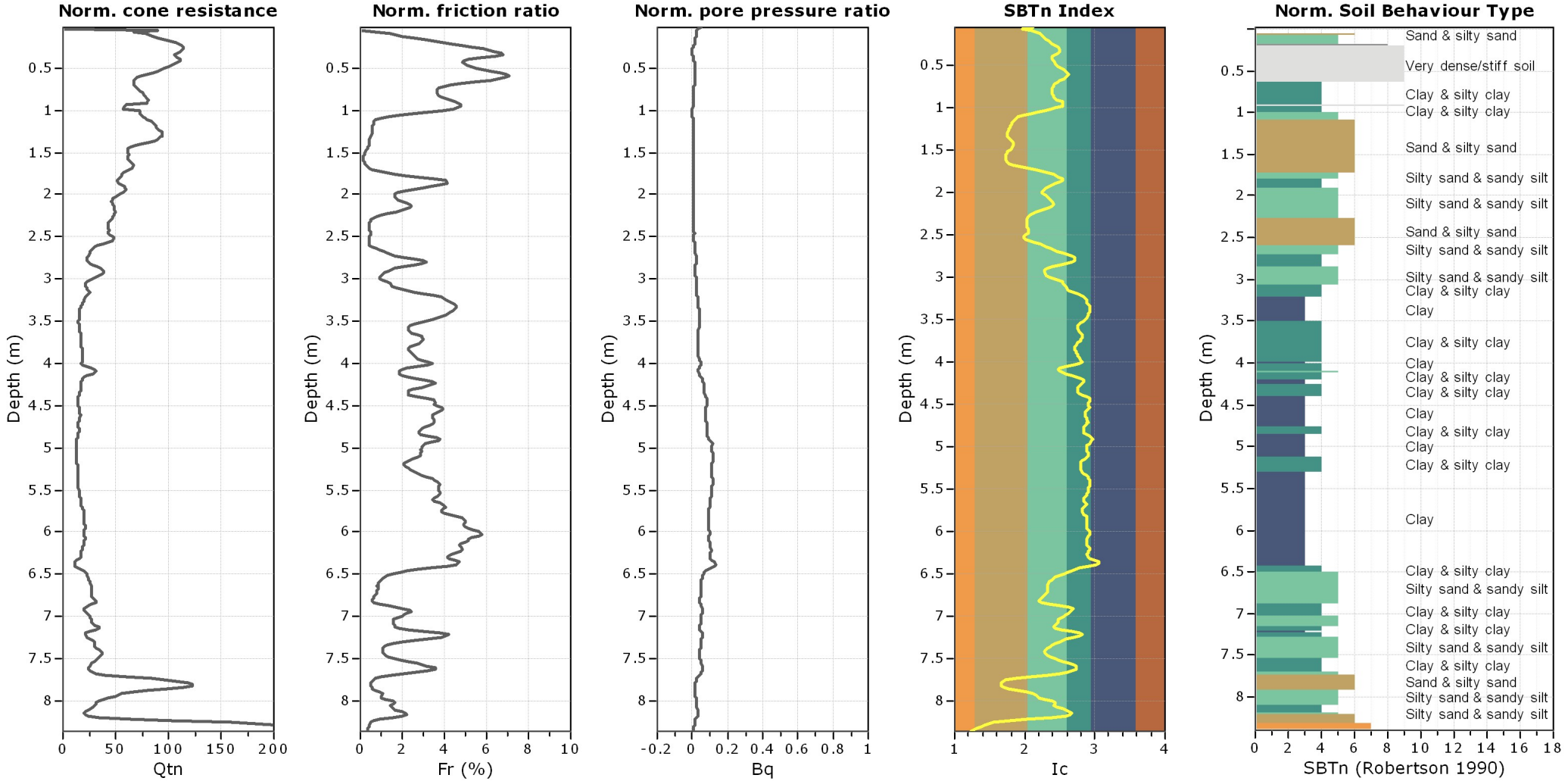


Dott. Geol. Alberto Filelfi
AF GEO – Geologia Geofisica Ambiente
Via Ca' della Chiesa 12 – 40050 – Loiano (BO)
Cell: 3356113540 e-mail: studioafgeo@gmail.com

Dott. Geol. Alberto Filelfi
Via Ca' della Chiesa n°12
40050 - Loiano (BO)
Cell: 3356113540

CPT: CPTU4
Total depth: 8.36 m, Date: 15/01/2019
Cone Type: Uknown

Project: **Studio S.A.P.**
Location: **Via Balzani - Zola Predosa (BO)**



SBTn legend

1. Sensitive fine grained
2. Organic material
3. Clay to silty clay
4. Clayey silt to silty clay
5. Silty sand to sandy silt
6. Clean sand to silty sand
7. Gravely sand to sand
8. Very stiff sand to clayey sand
9. Very stiff fine grained

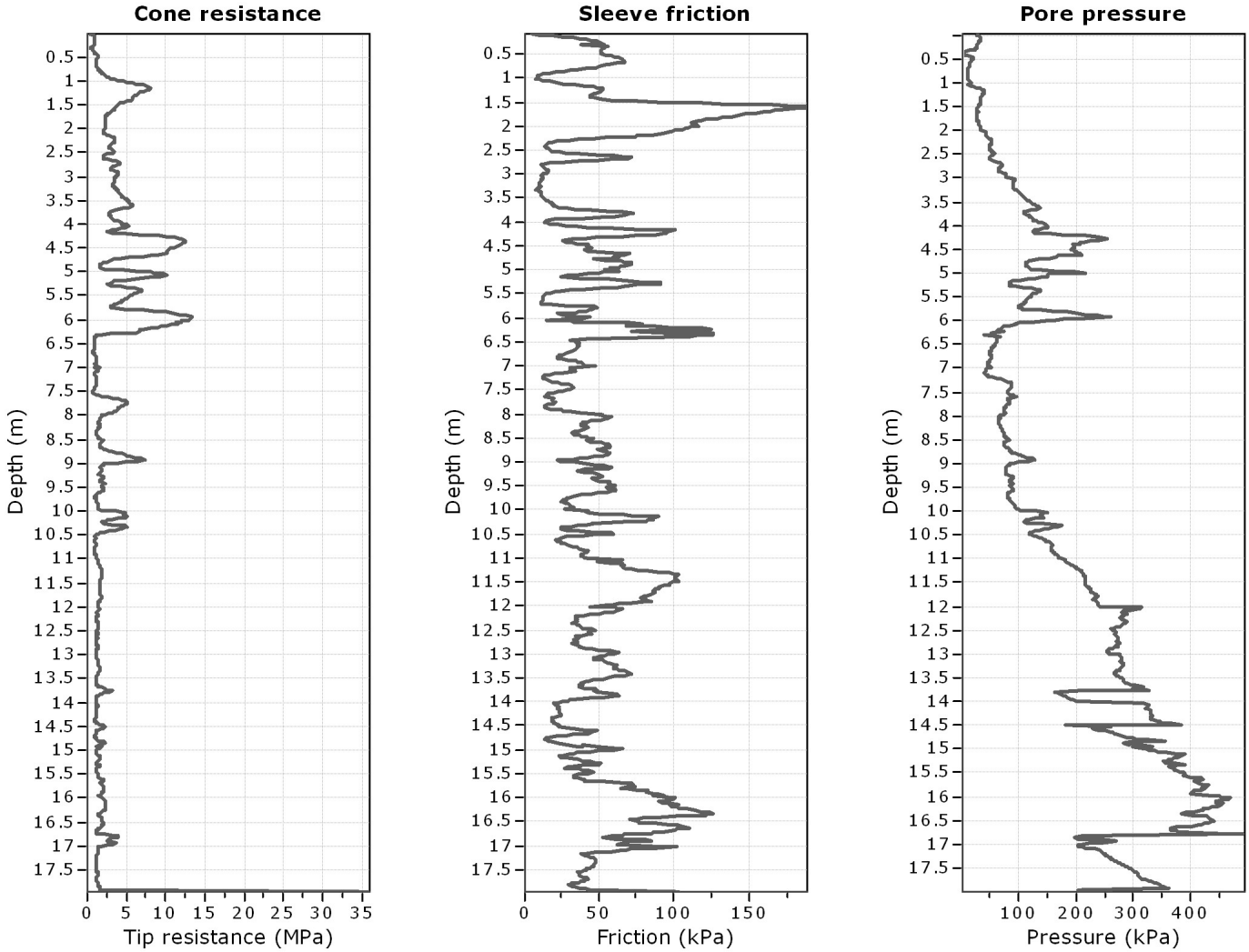
Dott. Geol. Alberto Filelfi
AF GEO – Geologia Geofisica Ambiente
Via Ca' della Chiesa 12 – 40050 – Loiano (BO)
Cell: 3356113540 e-mail: studioafgeo@gmail.com

Dott. Geol. Alberto Filelfi
Via Ca' della Chiesa n°12
40050 - Loiano (BO)
Cell: 3356113540

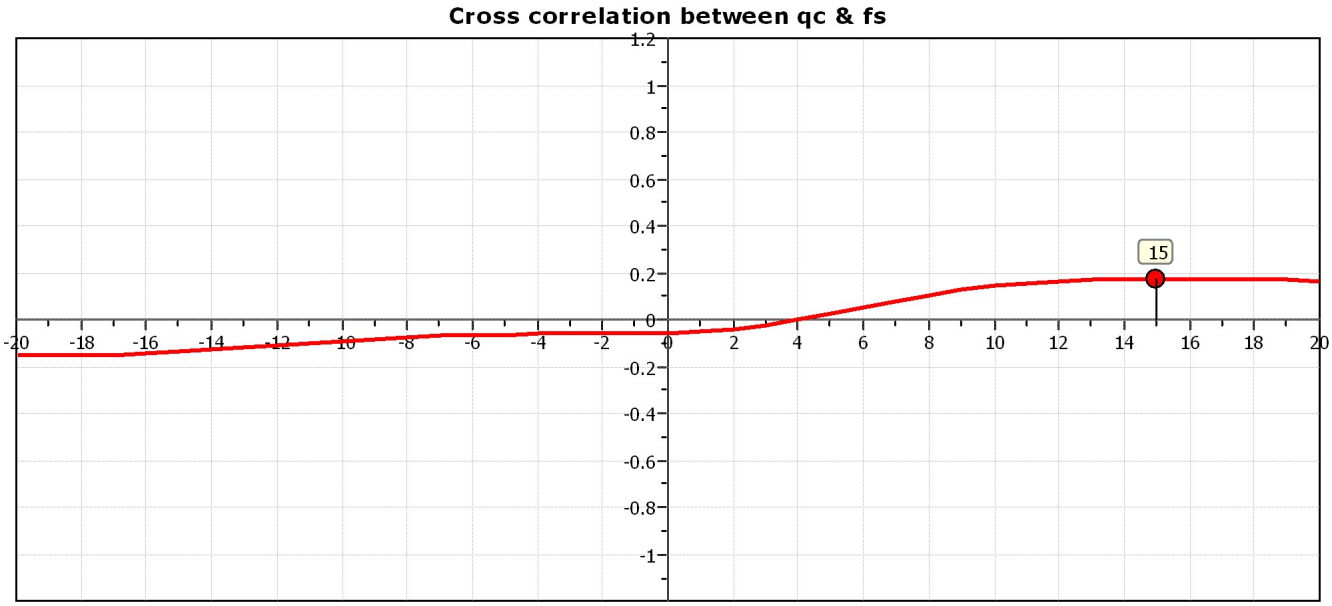
CPT: CPTU5

Project: **Studio S.A.P.**
Location: **Via Balzani - Zola Predosa (BO)**

Total depth: 17.96 m, Date: 15/01/2019
Cone Type: Uknown



The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).



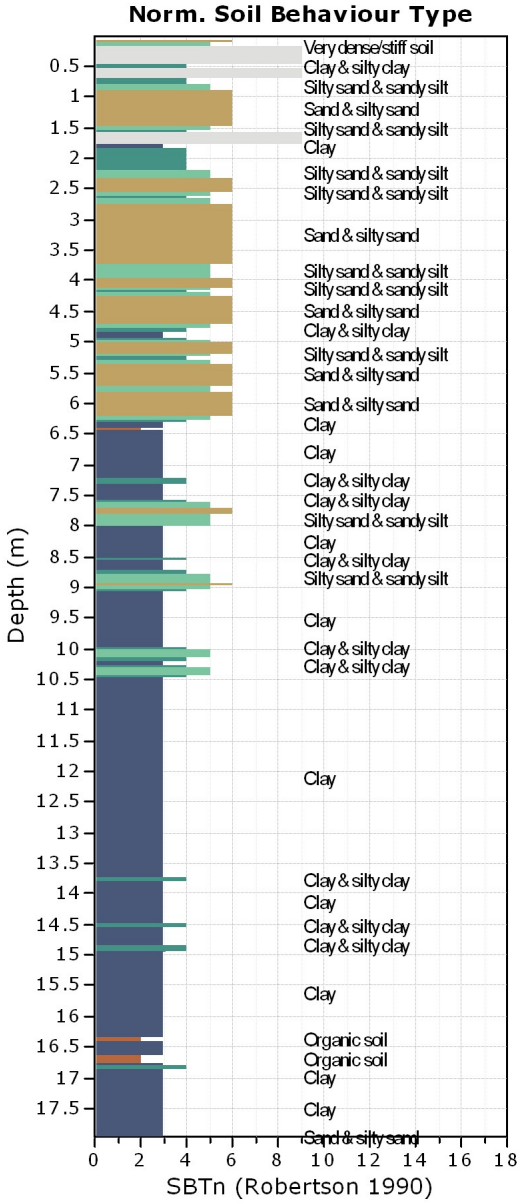
Dott. Geol. Alberto Filelfi
AF GEO – Geologia Geofisica Ambiente
Via Ca' della Chiesa 12 – 40050 – Loiano (BO)
Cell: 3356113540 e-mail: studioafgeo@gmail.com

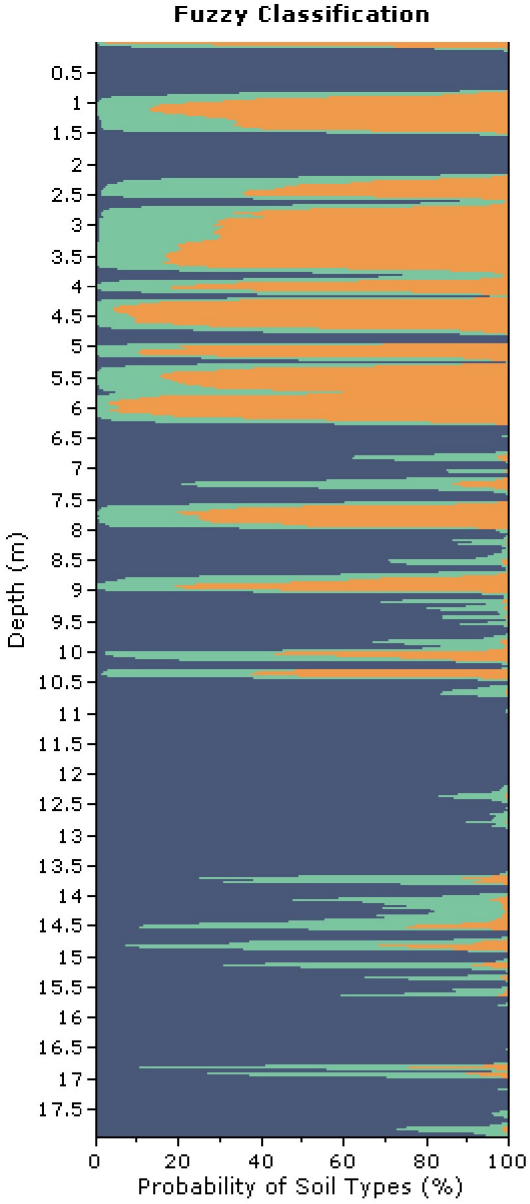
Dott. Geol. Alberto Filelfi
Via Ca' della Chiesa n°12
40050 - Loiano (BO)
Cell: 3356113540

CPT: CPTU5

Project: **Studio S.A.P.**
Location: **Via Balzani - Zola Predosa (BO)**

Total depth: 17.96 m, Date: 15/01/2019
Cone Type: Uknown



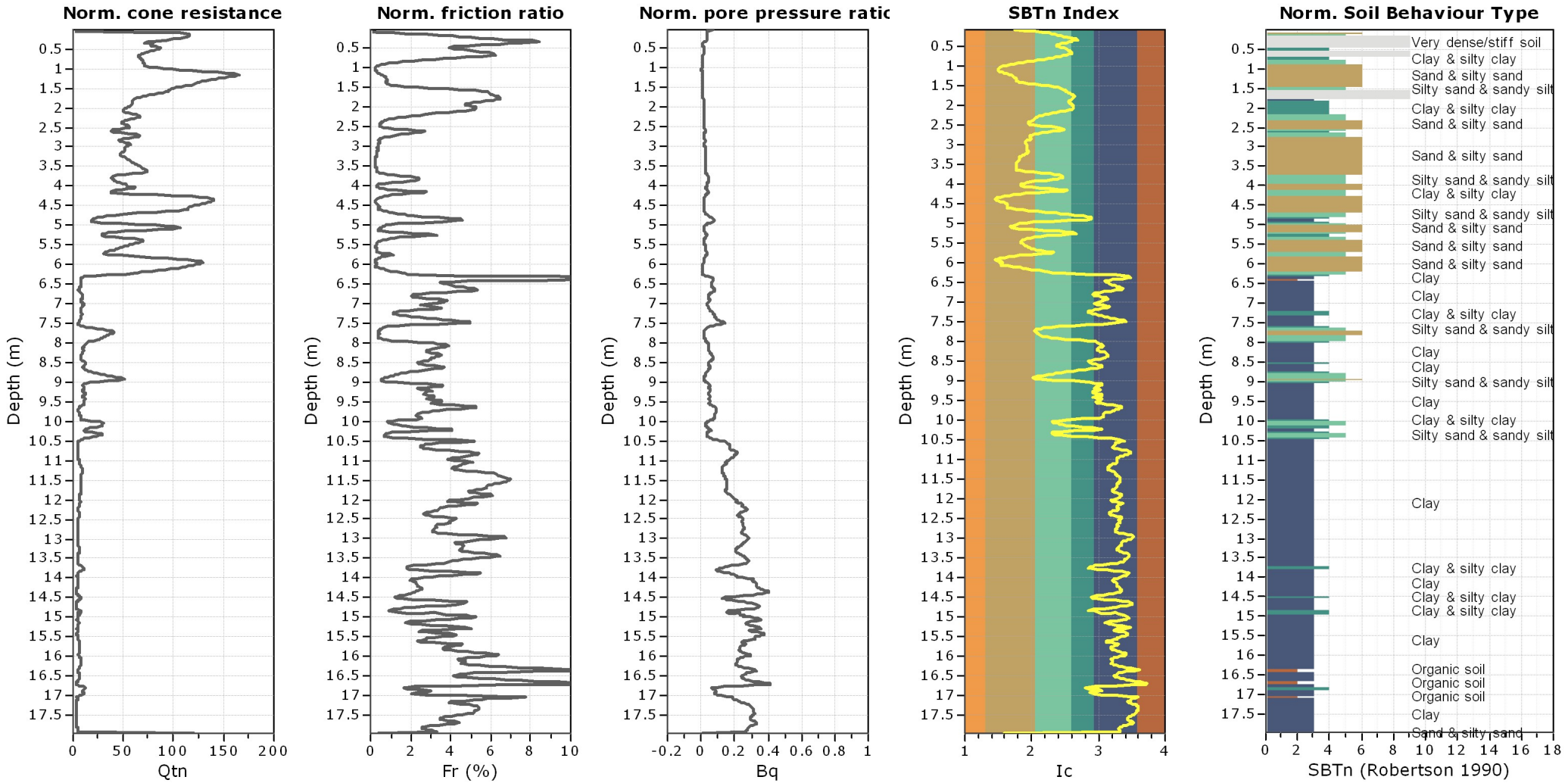


Dott. Geol. Alberto Filelfi
AF GEO – Geologia Geofisica Ambiente
Via Ca' della Chiesa 12 – 40050 – Loiano (BO)
Cell: 3356113540 e-mail: studioafgeo@gmail.com

Dott. Geol. Alberto Filelfi
Via Ca' della Chiesa n°12
40050 - Loiano (BO)
Cell: 3356113540

CPT: CPTU5
Total depth: 17.96 m, Date: 15/01/2019
Cone Type: Uknown

Project: **Studio S.A.P.**
Location: **Via Balzani - Zola Predosa (BO)**



SBTn legend

1. Sensitive fine grained
2. Organic material
3. Clay to silty clay
4. Clayey silt to silty clay
5. Silty sand to sandy silt
6. Clean sand to silty sand
7. Gravely sand to sand
8. Very stiff sand to clayey sand
9. Very stiff fine grained

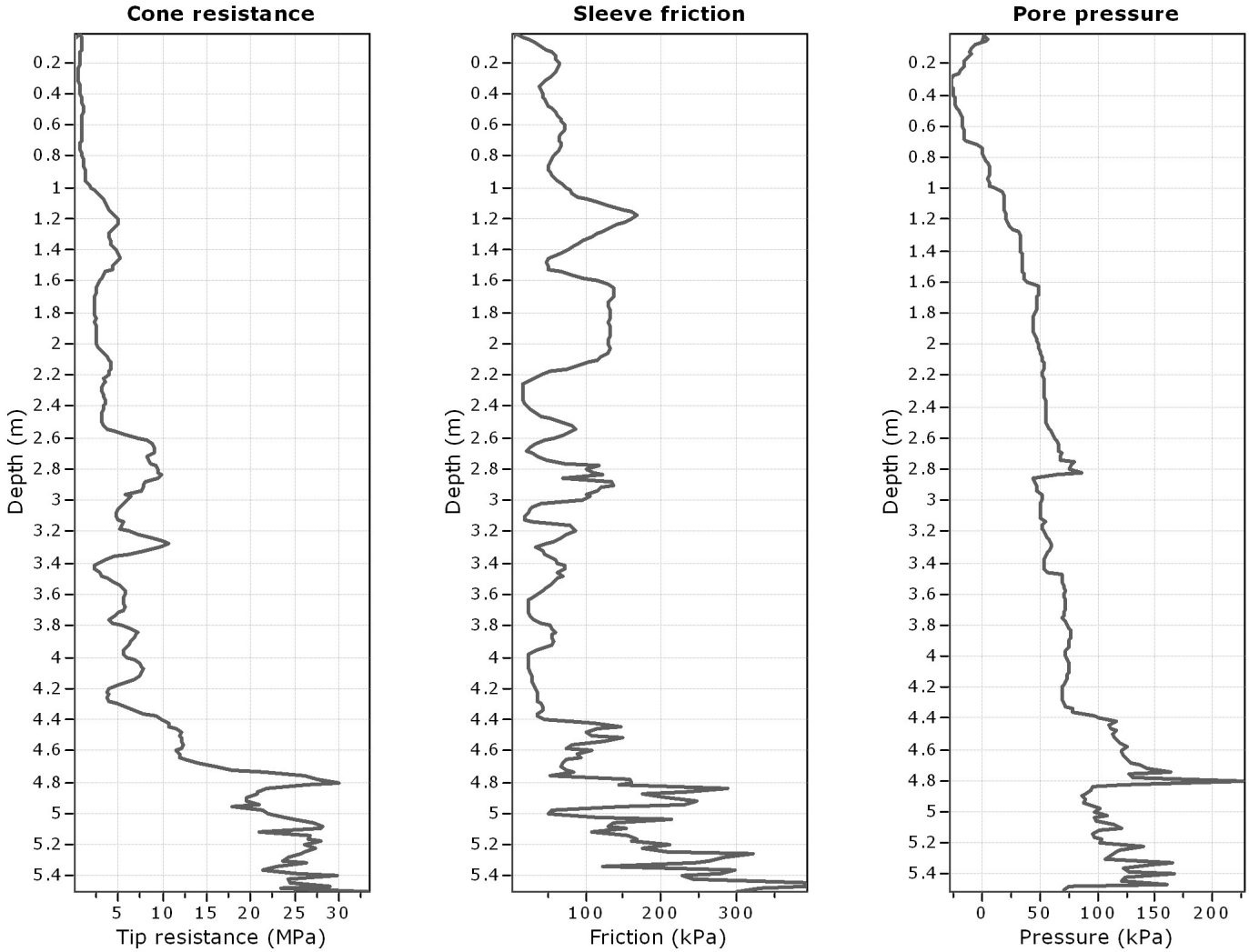
Dott. Geol. Alberto Filelfi
AF GEO – Geologia Geofisica Ambiente
Via Ca' della Chiesa 12 – 40050 – Loiano (BO)
Cell: 3356113540 e-mail: studioafgeo@gmail.com

Dott. Geol. Alberto Filelfi
Via Ca' della Chiesa n°12
40050 - Loiano (BO)
Cell: 3356113540

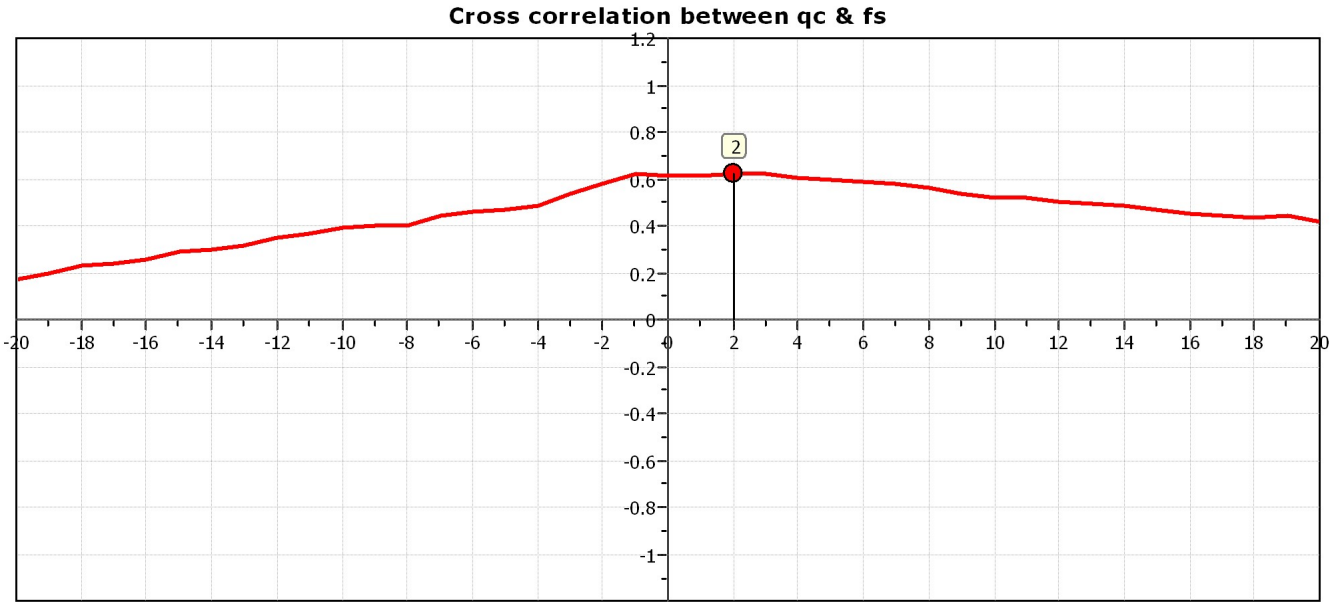
CPT: CPTU10

Project: **Studio S.A.P.**
Location: **Via Balzani - Zola Predosa (BO)**

Total depth: 5.50 m, Date: 15/01/2019
Cone Type: Uknown



The plot below presents the cross correlation coeficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two sucessive CPT measurements).



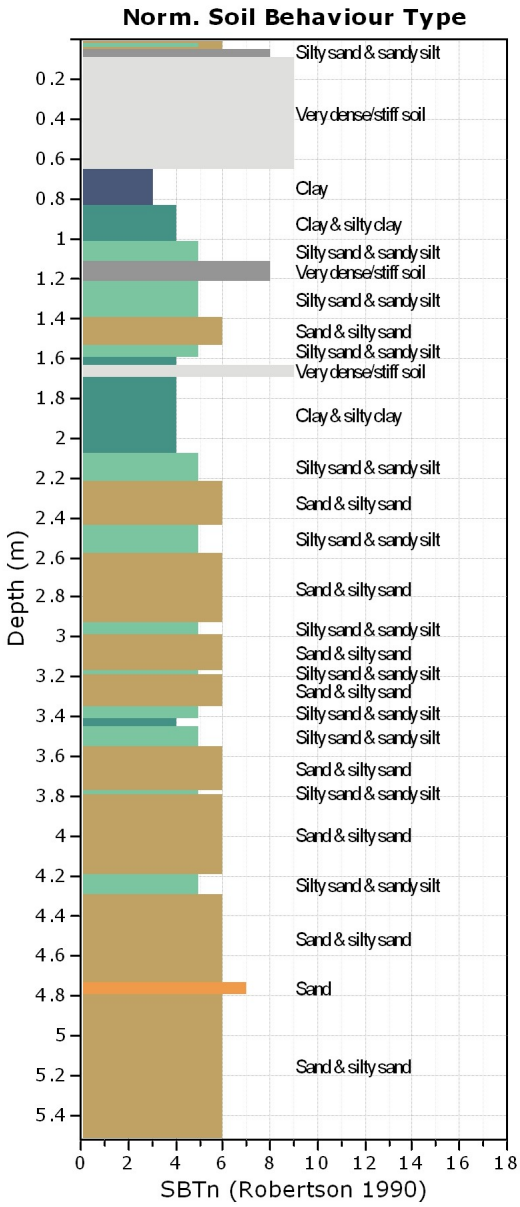
Dott. Geol. Alberto Filelfi
AF GEO – Geologia Geofisica Ambiente
Via Ca' della Chiesa 12 – 40050 – Loiano (BO)
Cell: 3356113540 e-mail: studioafgeo@gmail.com

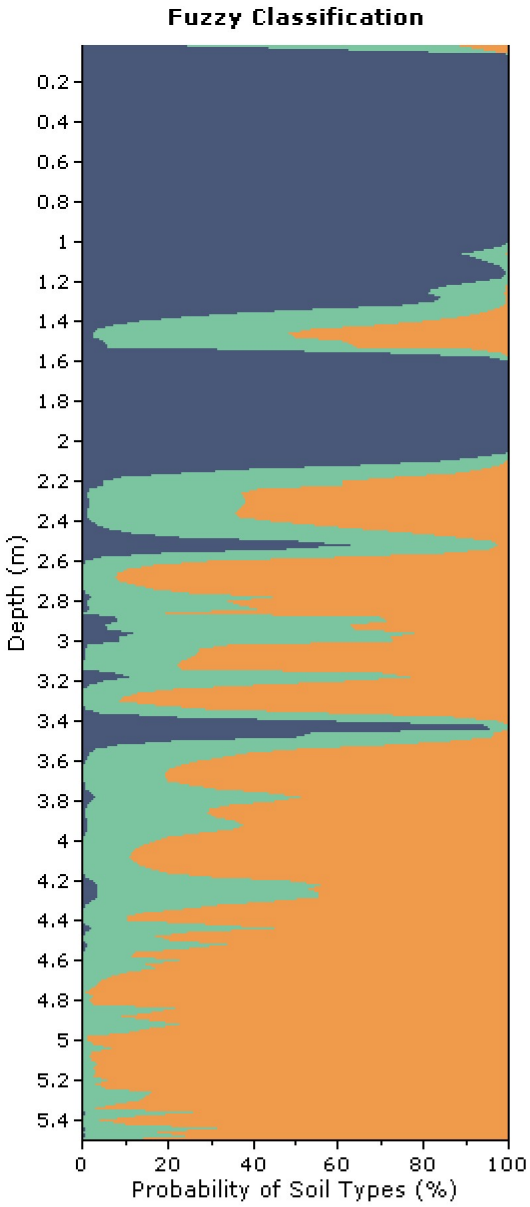
Dott. Geol. Alberto Filelfi
Via Ca' della Chiesa n°12
40050 - Loiano (BO)
Cell: 3356113540

CPT: CPTU10

Project: **Studio S.A.P.**
Location: **Via Balzani - Zola Predosa (BO)**

Total depth: 5.50 m, Date: 15/01/2019
Cone Type: Uknown



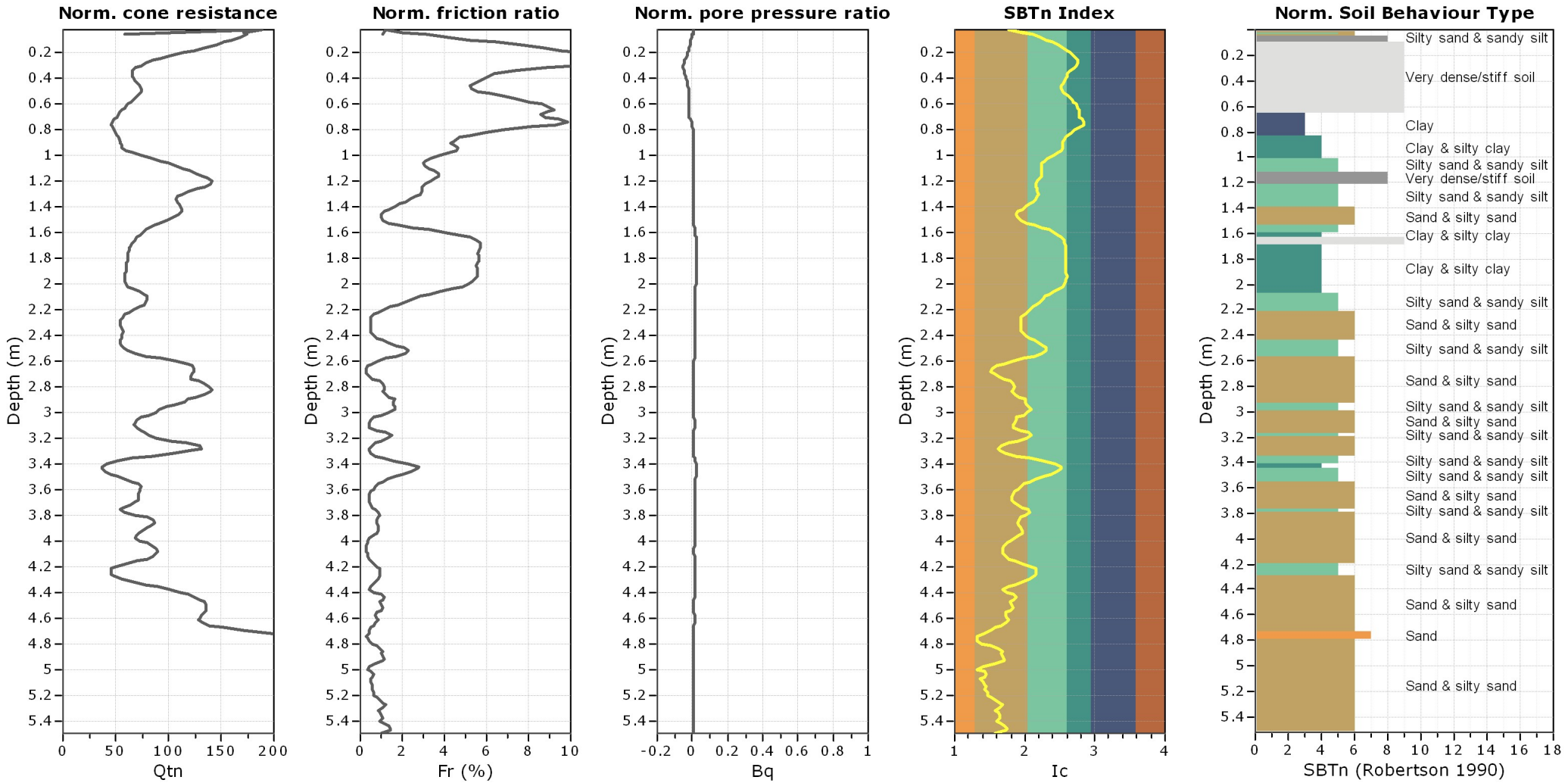


Dott. Geol. Alberto Filelfi
AF GEO – Geologia Geofisica Ambiente
Via Ca' della Chiesa 12 – 40050 – Loiano (BO)
Cell: 3356113540 e-mail: studioafgeo@gmail.com

Dott. Geol. Alberto Filelfi
Via Ca' della Chiesa n°12
40050 - Loiano (BO)
Cell: 3356113540

CPT: CPTU10
Total depth: 5.50 m, Date: 15/01/2019
Cone Type: Uknown

Project: **Studio S.A.P.**
Location: **Via Balzani - Zola Predosa (BO)**



SBTn legend

1. Sensitive fine grained
2. Organic material
3. Clay to silty clay
4. Clayey silt to silty clay
5. Silty sand to sandy silt
6. Clean sand to silty sand
7. Gravely sand to sand
8. Very stiff sand to clayey sand
9. Very stiff fine grained

Presented below is a list of formulas used for the estimation of various soil properties. The formulas are presented in SI unit system and assume that all components are expressed in the same units.

:: Unit Weight, g (kN/m³) ::

$$g = g_w \cdot \left(0.27 \cdot \log(R_f) + 0.36 \cdot \log(\frac{q_t}{p_a}) + 1.236\right)$$

where g_w = water unit weight

:: Permeability, k (m/s) ::

$I_c < 3.27$ and $I_c > 1.00$ then $k = 10^{0.952-3.04 \cdot I_c}$

$I_c \leq 4.00$ and $I_c > 3.27$ then $k = 10^{-4.52-1.37 \cdot I_c}$

:: N_{SPT} (blows per 30 cm) ::

$$N_{60} = \left(\frac{q_c}{P_a}\right) \cdot \frac{1}{10^{1.1268-0.2817 \cdot I_c}}$$

$$N_{1(60)} = Q_{tn} \cdot \frac{1}{10^{1.1268-0.2817 \cdot I_c}}$$

:: Young's Modulus, Es (MPa) ::

$$(q_t - \sigma_v) \cdot 0.015 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

(applicable only to $I_c < I_{c_cutoff}$)

:: Relative Density, Dr (%) ::

$$100 \cdot \sqrt{\frac{Q_{tn}}{k_{DR}}}$$

(applicable only to SBT_n: 5, 6, 7 and 8 or $I_c < I_{c_cutoff}$)

:: State Parameter, ψ ::

$$\psi = 0.56 - 0.33 \cdot \log(Q_{tn,cs})$$

:: Peak drained friction angle, φ (°) ::

$$\varphi = 17.60 + 11 \cdot \log(Q_{tn})$$

(applicable only to SBT_n: 5, 6, 7 and 8)

:: 1-D constrained modulus, M (MPa) ::

If $I_c > 2.20$

$\alpha = 14$ for $Q_{tn} > 14$

$\alpha = Q_{tn}$ for $Q_{tn} \leq 14$

$M_{CPT} = \alpha \cdot (q_t - \sigma_v)$

If $I_c \leq 2.20$

$M_{CPT} = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$

:: Small strain shear Modulus, Go (MPa) ::

$$G_0 = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

:: Shear Wave Velocity, Vs (m/s) ::

$$V_s = \left(\frac{G_0}{\rho}\right)^{0.50}$$

:: Undrained peak shear strength, Su (kPa) ::

$N_{kt} = 10.50 + 7 \cdot \log(F_r)$ or user defined

$$S_u = \frac{(q_t - \sigma_v)}{N_{kt}}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Remolded undrained shear strength, Su(rem) (kPa) ::

$S_{u(rem)} = f_s$ (applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Overconsolidation Ratio, OCR ::

$$k_{OCR} = \left[\frac{Q_{tn}^{0.20}}{0.25 \cdot (10.50 \cdot +7 \cdot \log(F_r))}\right]^{1.25}$$ or user defined

$OCR = k_{OCR} \cdot Q_{tn}$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: In situ Stress Ratio, Ko ::

$$K_O = (1 - \sin\varphi') \cdot OCR^{\sin\varphi'}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Soil Sensitivity, S_t ::

$$S_t = \frac{N_S}{F_r}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Effective Stress Friction Angle, φ' (°) ::

$$\varphi' = 29.5° \cdot B_q^{0.121} \cdot (0.256 + 0.336 \cdot B_q + \log Q_t)$$

(applicable for $0.10 < B_q < 1.00$)

References

• Robertson, P.K., Cabal K.L., Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 5th Edition, November 2012

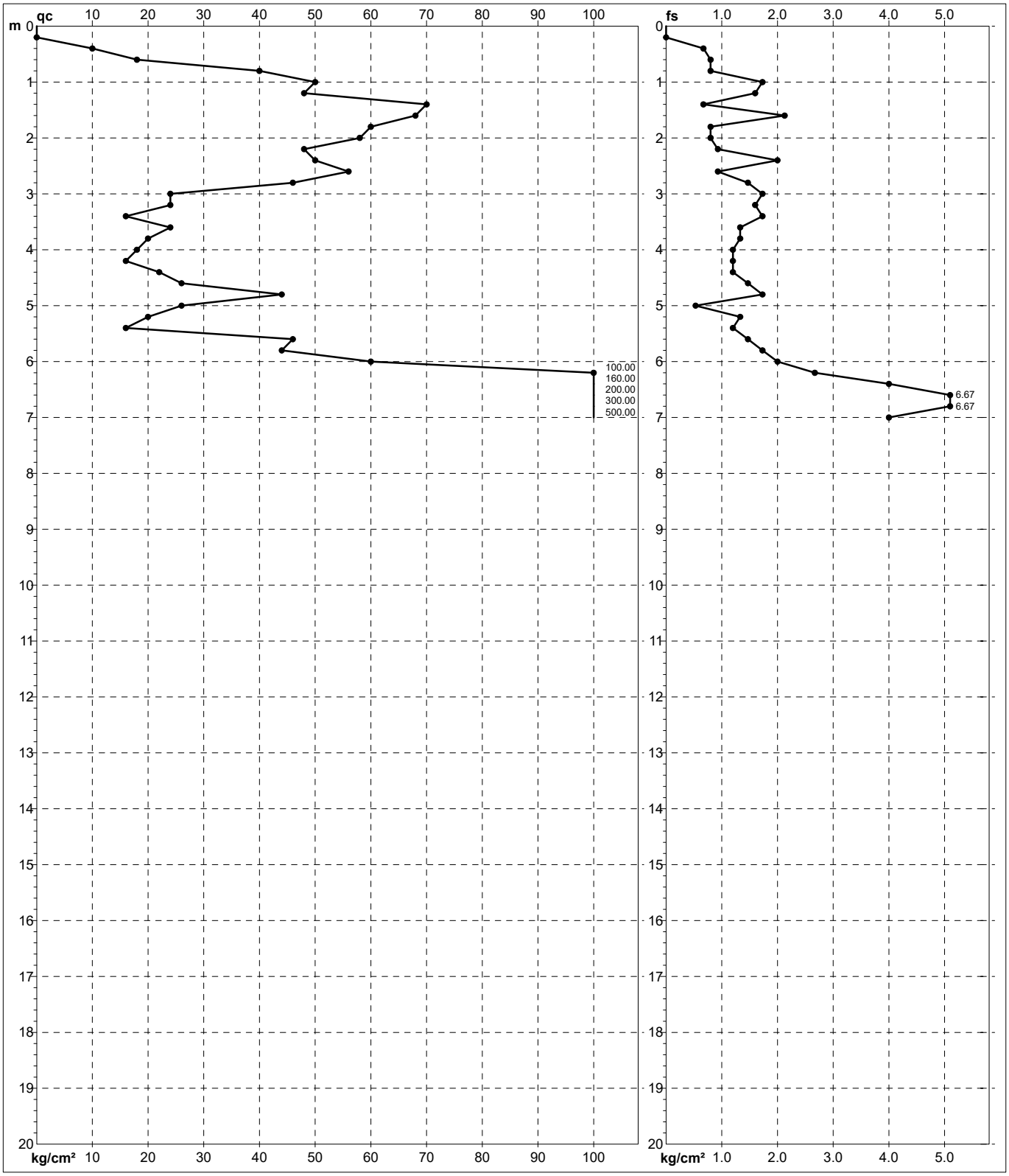
• Robertson, P.K., Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Can. Geotech. J. 46(11): 1337–1355 (2009)

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	1

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 17/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Scala: 1:100	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Pagina: 1	Quota inizio:
		Elaborato:	Falda: Assente



		Penetrometro: SP 100-C	Preforo: -0.20 m
		Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
		Assistente:	Cod.ISTAT: 037060
			Cod. punta:

nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT **1**

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 17/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Pagina: 1	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Elaborato:	Falda: Assente

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	0.00		
0.40	5.0	10.0		10.00	0.67	15	6.7
0.60	9.0	15.0		18.00	0.80	23	4.4
0.80	20.0	26.0		40.00	0.80	50	2.0
1.00	25.0	38.0		50.00	1.73	29	3.5
1.20	24.0	36.0		48.00	1.60	30	3.3
1.40	35.0	40.0		70.00	0.67	104	1.0
1.60	34.0	50.0		68.00	2.13	32	3.1
1.80	30.0	36.0		60.00	0.80	75	1.3
2.00	29.0	35.0		58.00	0.80	73	1.4
2.20	24.0	31.0		48.00	0.93	52	1.9
2.40	25.0	40.0		50.00	2.00	25	4.0
2.60	28.0	35.0		56.00	0.93	60	1.7
2.80	23.0	34.0		46.00	1.47	31	3.2
3.00	12.0	25.0		24.00	1.73	14	7.2
3.20	12.0	24.0		24.00	1.60	15	6.7
3.40	8.0	21.0		16.00	1.73	9	10.8
3.60	12.0	22.0		24.00	1.33	18	5.5
3.80	10.0	20.0		20.00	1.33	15	6.7
4.00	9.0	18.0		18.00	1.20	15	6.7
4.20	8.0	17.0		16.00	1.20	13	7.5
4.40	11.0	20.0		22.00	1.20	18	5.5
4.60	13.0	24.0		26.00	1.47	18	5.7
4.80	22.0	35.0		44.00	1.73	25	3.9
5.00	13.0	17.0		26.00	0.53	49	2.0
5.20	10.0	20.0		20.00	1.33	15	6.7
5.40	8.0	17.0		16.00	1.20	13	7.5
5.60	23.0	34.0		46.00	1.47	31	3.2
5.80	22.0	35.0		44.00	1.73	25	3.9
6.00	30.0	45.0		60.00	2.00	30	3.3
6.20	50.0	70.0		100.00	2.67	37	2.7
6.40	80.0	110.0		160.00	4.00	40	2.5
6.60	100.0	150.0		200.00	6.67	30	3.3
6.80	150.0	200.0		300.00	6.67	45	2.2
7.00	250.0	280.0		500.00	4.00	125	0.8

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =20.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

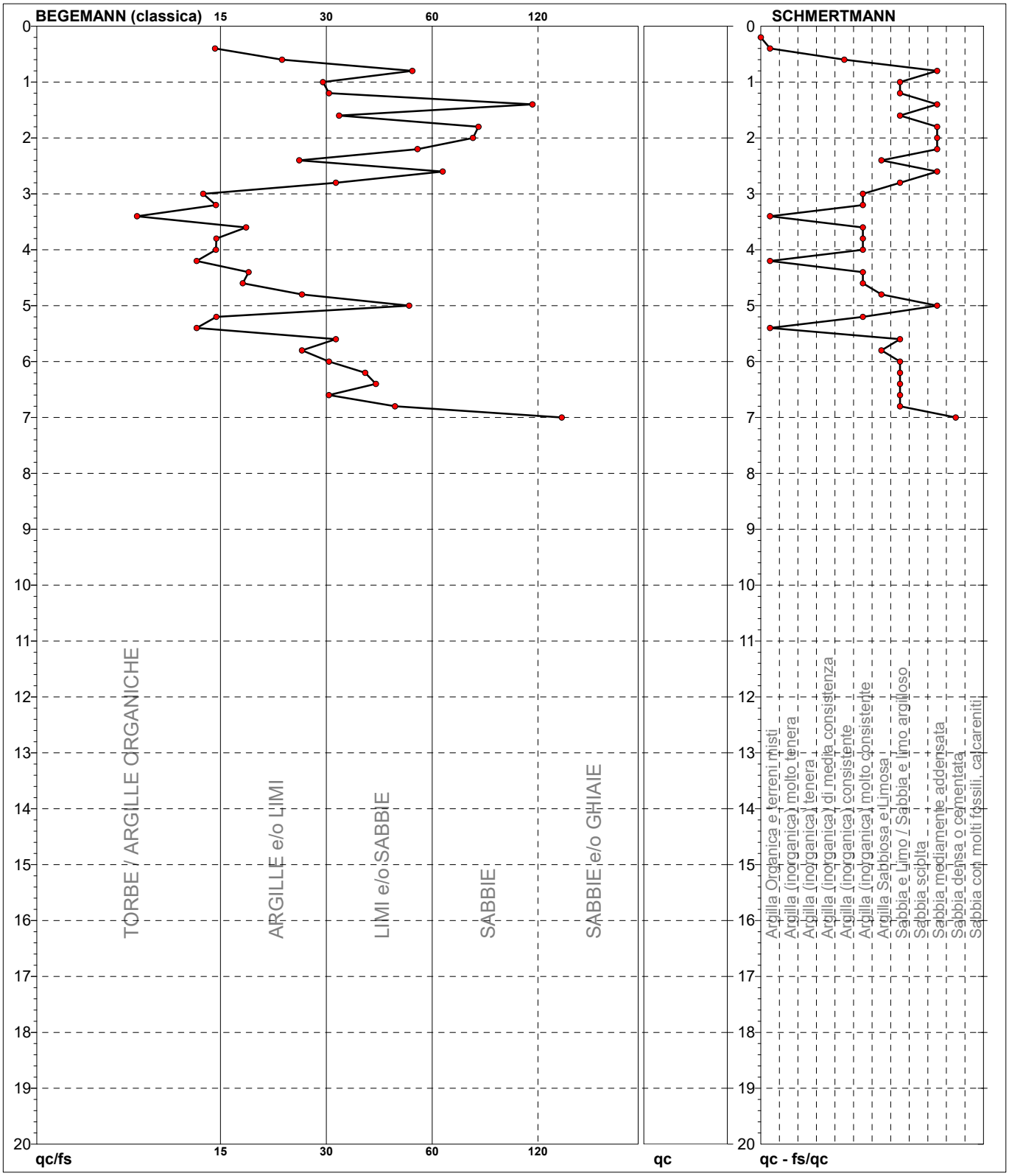
nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	1

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.:	17/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Scala:	1:100		
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Pagina:	1		
		Elaborato:		Falda:	Assente



Torbe / Argille org. :	73 punti, 73.74%	Argilla Organica e terreni misti:	4 punti, 4.04%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	3 punti, 3.03%
Argille e/o Limi :	13 punti, 13.13%	Argilla (inorganica) consistente:	1 punti, 1.01%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	10 punti, 10.10%
Limi e/o Sabbie :	9 punti, 9.09%	Argilla (inorganica) molto consist.:	8 punti, 8.08%	Sabbia mediamente addensata:	7 punti, 7.07%
Sabbie:	4 punti, 4.04%			Sabbia densa o cementata:	1 punti, 1.01%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1.01%				

nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT **1**

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 17/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Pagina: 1	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Elaborato:	Falda: Assente

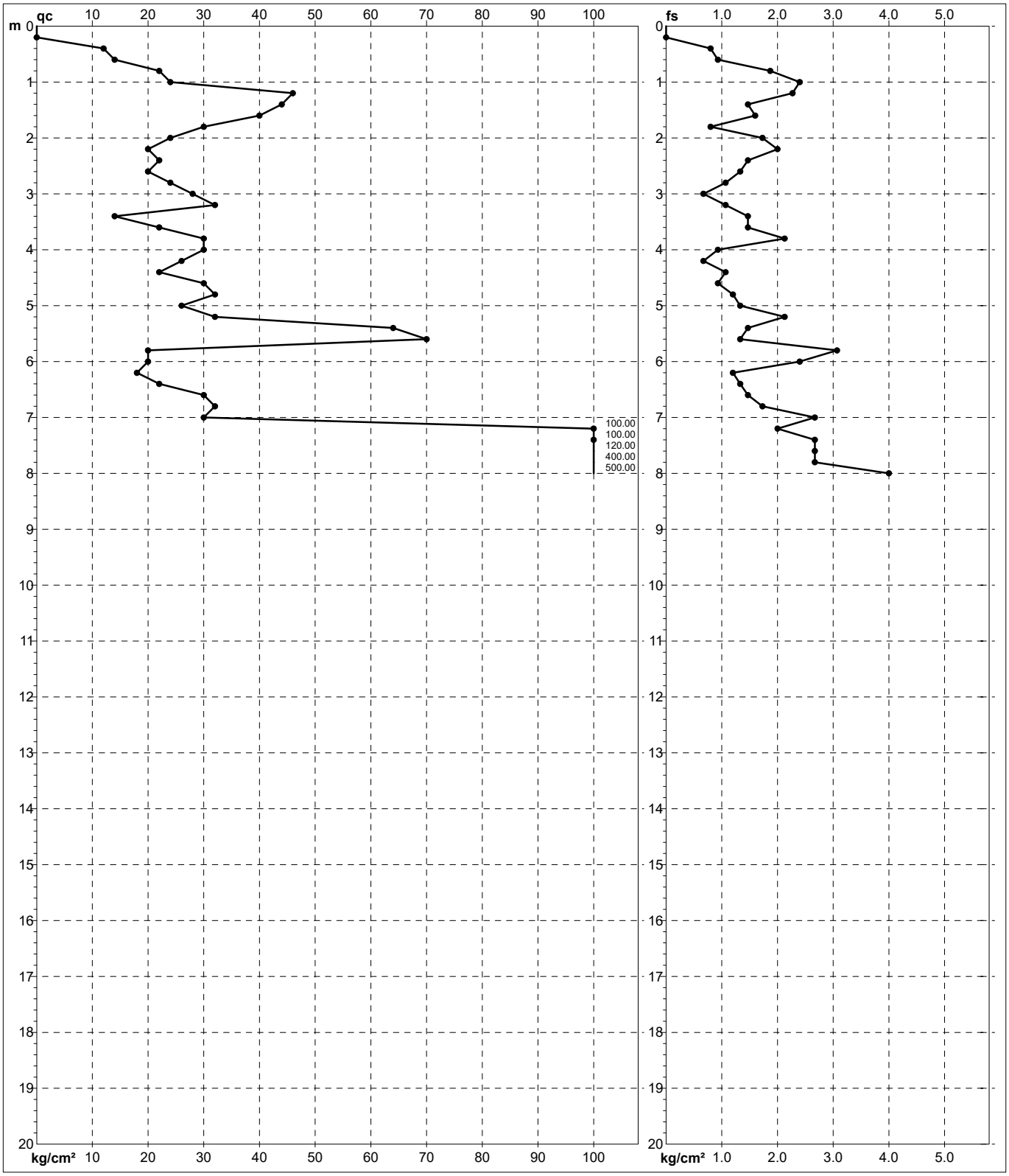
							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	FLs	FLl	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)			U.M.	U.M.	U.M.
0.20	--	--		1.85	0.04		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	10.00	14.93		1.85	0.07		0.50	68.4	85.0	127.5	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	18.00	22.50		1.85	0.11		0.75	68.4	127.5	191.3	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	40.00	50.00		1.85	0.15		--	--	--	--	--	87	42	38	35	33	41	30	--	--	66.7	100.0	120.0
1.00	50.00	28.90		1.85	0.19		1.67	98.0	283.3	425.0	150.0	89	42	38	35	33	41	31	--	--	83.3	125.0	150.0
1.20	48.00	30.00		1.85	0.22		1.60	74.1	272.0	408.0	144.0	83	41	36	34	31	40	31	--	--	80.0	120.0	144.0
1.40	70.00	104.48		1.85	0.26		--	--	--	--	--	93	42	38	35	33	41	32	--	--	116.7	175.0	210.0
1.60	68.00	31.92		1.85	0.30		--	--	--	--	--	88	42	37	34	32	41	32	--	--	113.3	170.0	204.0
1.80	60.00	75.00		1.85	0.33		--	--	--	--	--	81	41	36	33	31	40	32	--	--	100.0	150.0	180.0
2.00	58.00	72.50		1.85	0.37		--	--	--	--	--	78	41	35	32	30	39	31	--	--	96.7	145.0	174.0
2.20	48.00	51.61		1.85	0.41		--	--	--	--	--	69	39	33	31	29	38	31	--	--	80.0	120.0	144.0
2.40	50.00	25.00		1.85	0.44		1.67	32.8	283.3	425.0	150.0	68	39	33	30	28	38	31	--	--	83.3	125.0	150.0
2.60	56.00	60.22		1.85	0.48		--	--	--	--	--	70	40	33	31	29	38	31	--	--	93.3	140.0	168.0
2.80	46.00	31.29		1.85	0.52		--	--	--	--	--	61	39	32	29	27	36	31	--	--	76.7	115.0	138.0
3.00	24.00	13.87		1.85	0.56		0.89	11.3	151.1	226.7	72.0	37	36	28	25	24	32	28	--	--	40.0	60.0	72.0
3.20	24.00	15.00		1.85	0.59		0.89	10.4	151.1	226.7	72.0	36	36	28	25	24	32	28	--	--	40.0	60.0	72.0
3.40	16.00	9.25		1.85	0.63		0.70	7.1	156.8	235.3	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	24.00	18.05		1.85	0.67		0.89	9.0	157.9	236.9	72.0	33	35	28	24	23	31	28	--	--	40.0	60.0	72.0
3.80	20.00	15.04		1.85	0.70		0.80	7.4	173.1	259.6	60.0	25	34	26	23	22	30	27	--	--	33.3	50.0	60.0
4.00	18.00	15.00		1.85	0.74		0.75	6.4	191.9	287.9	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.20	16.00	13.33		1.85	0.78		0.70	5.5	210.8	316.3	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.40	22.00	18.33		1.85	0.81		0.85	6.6	208.8	313.2	66.0	25	34	26	23	22	30	28	--	--	36.7	55.0	66.0
4.60	26.00	17.69		1.85	0.85		0.93	7.0	213.5	320.3	78.0	30	35	27	24	22	30	28	--	--	43.3	65.0	78.0
4.80	44.00	25.43		1.85	0.89		1.47	11.8	249.3	374.0	132.0	47	37	29	26	24	33	31	--	--	73.3	110.0	132.0
5.00	26.00	49.06		1.85	0.93		--	--	--	--	--	28	35	26	23	22	30	28	--	--	43.3	65.0	78.0
5.20	20.00	15.04		1.85	0.96		0.80	5.0	265.6	398.4	60.0	18	33	25	22	20	28	27	--	--	33.3	50.0	60.0
5.40	16.00	13.33		1.85	1.00		0.70	4.0	278.7	418.1	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.60	46.00	31.29		1.85	1.04		--	--	--	--	--	44	37	29	26	24	32	31	--	--	76.7	115.0	138.0
5.80	44.00	25.43		1.85	1.07		1.47	9.3	255.8	383.6	132.0	42	36	28	25	24	32	31	--	--	73.3	110.0	132.0
6.00	60.00	30.00		1.85	1.11		2.00	13.1	340.0	510.0	180.0	52	37	30	27	25	34	32	--	--	100.0	150.0	180.0
6.20	100.00	37.45		1.85	1.15		--	--	--	--	--	69	39	32	29	27	36	34	--	--	166.7	250.0	300.0
6.40	160.00	40.00		1.85	1.18		--	--	--	--	--	84	41	34	31	29	38	36	--	--	266.7	400.0	480.0
6.60	200.00	29.99		1.85	1.22		6.67	52.4	1133.3	1700.0	600.0	91	42	35	32	30	39	38	--	--	333.3	500.0	600.0
6.80	300.00	44.98		1.85	1.26		--	--	--	--	--	100	43	37	34	32	41	40	--	--	500.0	750.0	900.0
7.00	500.00	125.00		1.85	1.30		--	--	--	--	--	100	43	39	37	34	43	40	--	--	833.3	1250.0	1500.0

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	2

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Scala: 1:100	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Pagina: 1	Quota inizio:
		Elaborato:	Falda: Assente



		Penetrometro: SP 100-C	Preforo: -0.20 m
		Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
		Assistente:	Cod.ISTAT: 037060
			Cod. punta:

nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT **2**

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Pagina: 1	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Elaborato:	Falda: Assente

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	0.00		
0.40	6.0	12.0		12.00	0.80	15	6.7
0.60	7.0	14.0		14.00	0.93	15	6.6
0.80	11.0	25.0		22.00	1.87	12	8.5
1.00	12.0	30.0		24.00	2.40	10	10.0
1.20	23.0	40.0		46.00	2.27	20	4.9
1.40	22.0	33.0		44.00	1.47	30	3.3
1.60	20.0	32.0		40.00	1.60	25	4.0
1.80	15.0	21.0		30.00	0.80	38	2.7
2.00	12.0	25.0		24.00	1.73	14	7.2
2.20	10.0	25.0		20.00	2.00	10	10.0
2.40	11.0	22.0		22.00	1.47	15	6.7
2.60	10.0	20.0		20.00	1.33	15	6.7
2.80	12.0	20.0		24.00	1.07	22	4.5
3.00	14.0	19.0		28.00	0.67	42	2.4
3.20	16.0	24.0		32.00	1.07	30	3.3
3.40	7.0	18.0		14.00	1.47	10	10.5
3.60	11.0	22.0		22.00	1.47	15	6.7
3.80	15.0	31.0		30.00	2.13	14	7.1
4.00	15.0	22.0		30.00	0.93	32	3.1
4.20	13.0	18.0		26.00	0.67	39	2.6
4.40	11.0	19.0		22.00	1.07	21	4.9
4.60	15.0	22.0		30.00	0.93	32	3.1
4.80	16.0	25.0		32.00	1.20	27	3.8
5.00	13.0	23.0		26.00	1.33	20	5.1
5.20	16.0	32.0		32.00	2.13	15	6.7
5.40	32.0	43.0		64.00	1.47	44	2.3
5.60	35.0	45.0		70.00	1.33	53	1.9
5.80	10.0	33.0		20.00	3.07	7	15.4
6.00	10.0	28.0		20.00	2.40	8	12.0
6.20	9.0	18.0		18.00	1.20	15	6.7
6.40	11.0	21.0		22.00	1.33	17	6.0
6.60	15.0	26.0		30.00	1.47	20	4.9
6.80	16.0	29.0		32.00	1.73	18	5.4
7.00	15.0	35.0		30.00	2.67	11	8.9
7.20	50.0	65.0		100.00	2.00	50	2.0
7.40	50.0	70.0		100.00	2.67	37	2.7
7.60	60.0	80.0		120.00	2.67	45	2.2
7.80	200.0	220.0		400.00	2.67	150	0.7
8.00	250.0	280.0		500.00	4.00	125	0.8

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =20.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

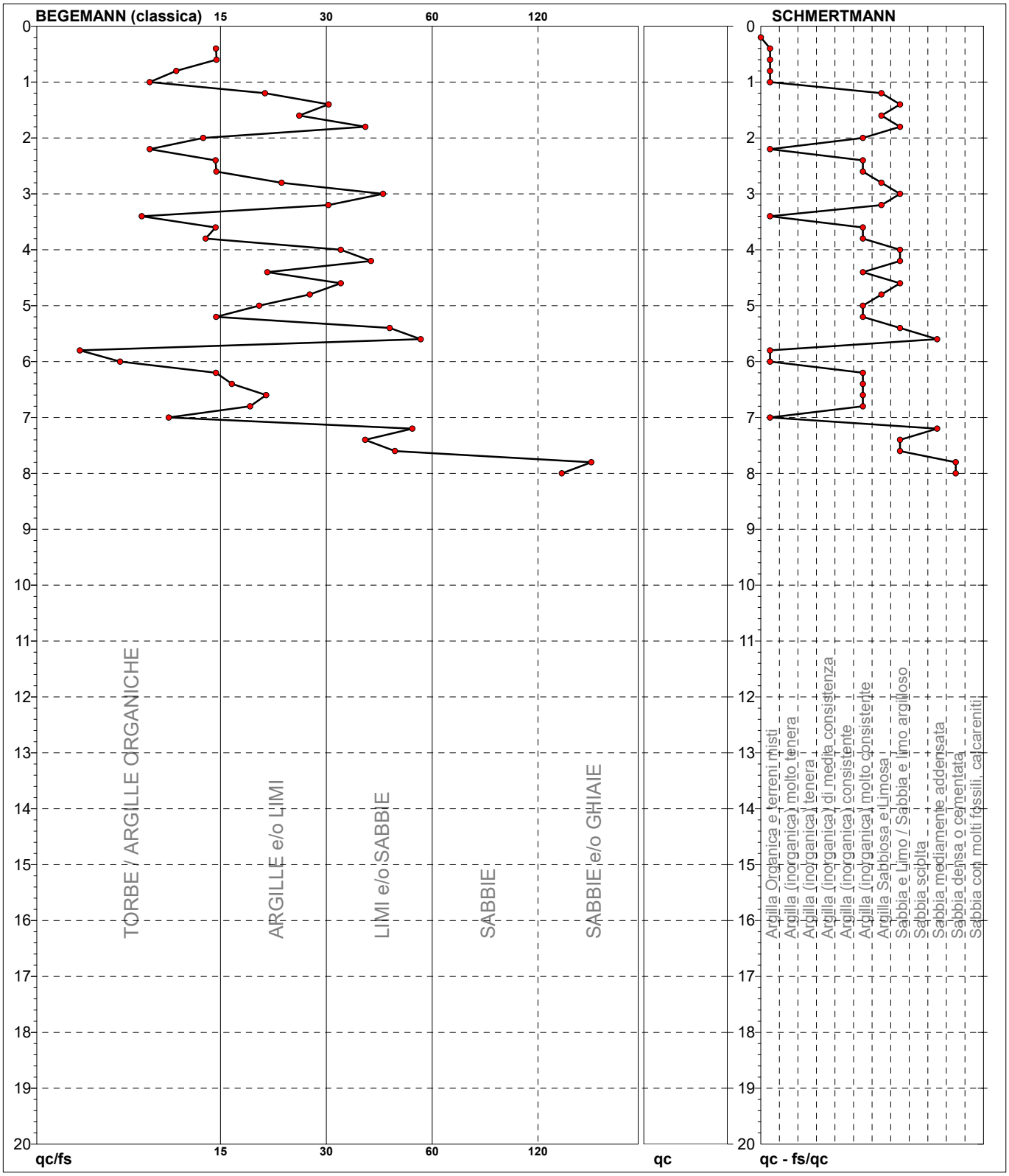
nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	2

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.:	15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Scala:	1:100		
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Pagina:	1		
		Elaborato:		Falda:	Assente



Torbe / Argille org. :	74 punti, 74.75%	Argilla Organica e terreni misti:	9 punti, 9.09%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	5 punti, 5.05%
Argille e/o Limi :	14 punti, 14.14%	Argilla (inorganica) molto consist.:	12 punti, 12.12%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	9 punti, 9.09%
Limi e/o Sabbie :	10 punti, 10.10%			Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 2.02%
				Sabbia densa o cementata:	2 punti, 2.02%
Sabbie e/o Ghiaie :	2 punti, 2.02%				

nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT **2**

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Pagina: 1	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Elaborato:	Falda: Assente

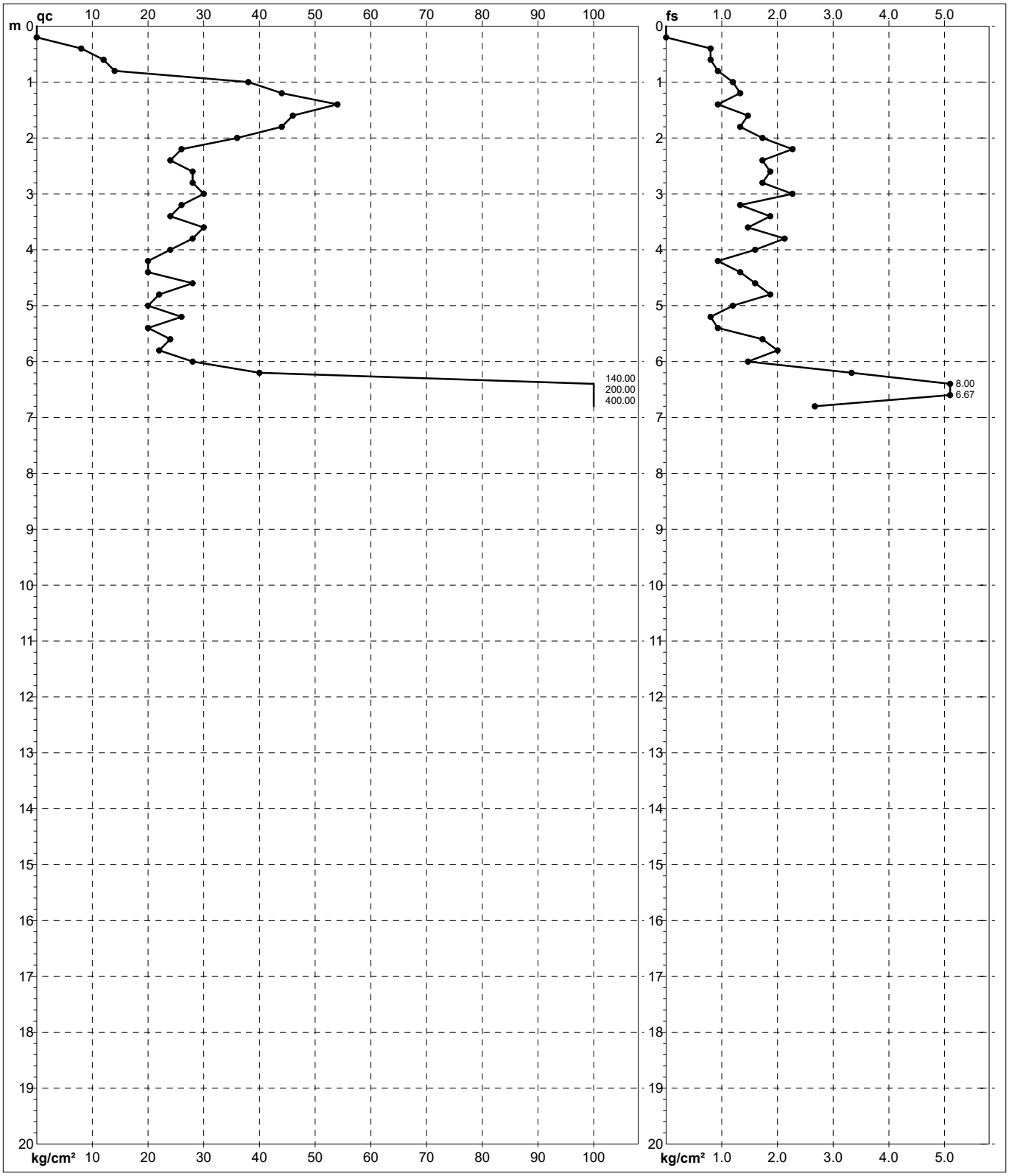
							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	FLs	FLl	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)			U.M.	U.M.	U.M.
0.20	--	--		1.85	0.04		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	12.00	15.00		1.85	0.07		0.57	80.8	97.1	145.7	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	14.00	15.05		1.85	0.11		0.64	55.7	108.2	162.3	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	22.00	11.76		1.85	0.15		0.85	55.5	143.8	215.8	66.0	67	39	35	32	30	39	28	--	--	36.7	55.0	66.0
1.00	24.00	10.00		1.85	0.19		0.89	44.7	151.1	226.7	72.0	64	39	34	31	29	38	28	--	--	40.0	60.0	72.0
1.20	46.00	20.26		1.85	0.22		1.53	70.3	260.7	391.0	138.0	82	41	36	34	31	40	31	--	--	76.7	115.0	138.0
1.40	44.00	29.93		1.85	0.26		1.47	54.8	249.3	374.0	132.0	77	40	35	33	30	39	31	--	--	73.3	110.0	132.0
1.60	40.00	25.00		1.85	0.30		1.33	41.2	226.7	340.0	120.0	70	40	34	31	29	38	30	--	--	66.7	100.0	120.0
1.80	30.00	37.50		1.85	0.33		--	--	--	--	--	57	38	32	29	27	36	29	--	--	50.0	75.0	90.0
2.00	24.00	13.87		1.85	0.37		0.89	18.8	151.1	226.7	72.0	47	37	30	27	26	35	28	--	--	40.0	60.0	72.0
2.20	20.00	10.00		1.85	0.41		0.80	14.6	136.0	204.0	60.0	39	36	29	26	24	33	27	--	--	33.3	50.0	60.0
2.40	22.00	14.97		1.85	0.44		0.85	14.1	143.8	215.8	66.0	40	36	29	26	24	33	28	--	--	36.7	55.0	66.0
2.60	20.00	15.04		1.85	0.48		0.80	11.9	136.0	204.0	60.0	35	35	28	25	24	32	27	--	--	33.3	50.0	60.0
2.80	24.00	22.43		1.85	0.52		0.89	12.3	151.1	226.7	72.0	39	36	29	26	24	33	28	--	--	40.0	60.0	72.0
3.00	28.00	41.79		1.85	0.56		--	--	--	--	--	43	36	29	26	25	33	28	--	--	46.7	70.0	84.0
3.20	32.00	29.91		1.85	0.59		1.07	13.1	181.3	272.0	96.0	46	37	30	27	25	34	29	--	--	53.3	80.0	96.0
3.40	14.00	9.52		1.85	0.63		0.64	6.4	163.3	244.9	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	22.00	14.97		1.85	0.67		0.85	8.5	158.1	237.2	66.0	30	35	27	24	23	31	28	--	--	36.7	55.0	66.0
3.80	30.00	14.08		1.85	0.70		1.00	9.8	170.8	256.2	90.0	39	36	28	25	24	32	29	--	--	50.0	75.0	90.0
4.00	30.00	32.26		1.85	0.74		--	--	--	--	--	38	36	28	25	24	32	29	--	--	50.0	75.0	90.0
4.20	26.00	38.81		1.85	0.78		--	--	--	--	--	32	35	27	24	23	31	28	--	--	43.3	65.0	78.0
4.40	22.00	20.56		1.85	0.81		0.85	6.6	208.8	313.2	66.0	25	34	26	23	22	30	28	--	--	36.7	55.0	66.0
4.60	30.00	32.26		1.85	0.85		--	--	--	--	--	35	35	27	24	23	31	29	--	--	50.0	75.0	90.0
4.80	32.00	26.67		1.85	0.89		1.07	7.9	214.0	320.9	96.0	36	36	28	24	23	31	29	--	--	53.3	80.0	96.0
5.00	26.00	19.55		1.85	0.93		0.93	6.3	240.9	361.3	78.0	28	35	26	23	22	30	28	--	--	43.3	65.0	78.0
5.20	32.00	15.02		1.85	0.96		1.07	7.1	239.6	359.4	96.0	34	35	27	24	23	31	29	--	--	53.3	80.0	96.0
5.40	64.00	43.54		1.85	1.00		--	--	--	--	--	57	38	30	27	26	34	32	--	--	106.7	160.0	192.0
5.60	70.00	52.63		1.85	1.04		--	--	--	--	--	59	38	31	28	26	35	32	--	--	116.7	175.0	210.0
5.80	20.00	6.51		1.85	1.07		0.80	4.3	299.6	449.4	60.0	15	33	24	21	20	28	27	--	--	33.3	50.0	60.0
6.00	20.00	8.33		1.85	1.11		0.80	4.2	310.0	465.0	60.0	14	33	24	21	20	27	27	--	--	33.3	50.0	60.0
6.20	18.00	15.00		1.85	1.15		0.75	3.7	323.7	485.6	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.40	22.00	16.54		1.85	1.18		0.85	4.1	330.6	495.9	66.0	16	33	24	21	20	28	28	--	--	36.7	55.0	66.0
6.60	30.00	20.41		1.85	1.22		1.00	4.9	338.0	507.0	90.0	26	34	26	22	21	29	29	--	--	50.0	75.0	90.0
6.80	32.00	18.50		1.85	1.26		1.07	5.1	346.0	519.0	96.0	27	35	26	23	21	29	29	--	--	53.3	80.0	96.0
7.00	30.00	11.24		1.85	1.30		1.00	4.5	361.0	541.4	90.0	24	34	25	22	21	29	29	--	--	50.0	75.0	90.0
7.20	100.00	50.00		1.85	1.33		--	--	--	--	--	65	39	31	28	26	35	34	--	--	166.7	250.0	300.0
7.40	100.00	37.45		1.85	1.37		--	--	--	--	--	64	39	31	28	26	35	34	--	--	166.7	250.0	300.0
7.60	120.00	44.94		1.85	1.41		--	--	--	--	--	70	40	32	29	27	36	35	--	--	200.0	300.0	360.0
7.80	400.00	149.81		1.85	1.44		--	--	--	--	--	100	43	38	35	33	41	40	--	--	666.7	1000.0	1200.0
8.00	500.00	125.00		1.85	1.48		--	--	--	--	--	100	43	39	36	34	42	40	--	--	833.3	1250.0	1500.0

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	3

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Scala: 1:100	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Pagina: 1	Quota inizio:
		Elaborato:	Falda: Assente



		Penetrometro: SP 100-C	Preforo: -0.20 m
		Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
		Assistente:	Cod.ISTAT: 037060
			Cod. punta:

nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT **3**

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Pagina: 1	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Elaborato:	Falda: Assente

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	0.00		
0.40	4.0	10.0		8.00	0.80	10	10.0
0.60	6.0	12.0		12.00	0.80	15	6.7
0.80	7.0	14.0		14.00	0.93	15	6.6
1.00	19.0	28.0		38.00	1.20	32	3.2
1.20	22.0	32.0		44.00	1.33	33	3.0
1.40	27.0	34.0		54.00	0.93	58	1.7
1.60	23.0	34.0		46.00	1.47	31	3.2
1.80	22.0	32.0		44.00	1.33	33	3.0
2.00	18.0	31.0		36.00	1.73	21	4.8
2.20	13.0	30.0		26.00	2.27	11	8.7
2.40	12.0	25.0		24.00	1.73	14	7.2
2.60	14.0	28.0		28.00	1.87	15	6.7
2.80	14.0	27.0		28.00	1.73	16	6.2
3.00	15.0	32.0		30.00	2.27	13	7.6
3.20	13.0	23.0		26.00	1.33	20	5.1
3.40	12.0	26.0		24.00	1.87	13	7.8
3.60	15.0	26.0		30.00	1.47	20	4.9
3.80	14.0	30.0		28.00	2.13	13	7.6
4.00	12.0	24.0		24.00	1.60	15	6.7
4.20	10.0	17.0		20.00	0.93	22	4.7
4.40	10.0	20.0		20.00	1.33	15	6.7
4.60	14.0	26.0		28.00	1.60	18	5.7
4.80	11.0	25.0		22.00	1.87	12	8.5
5.00	10.0	19.0		20.00	1.20	17	6.0
5.20	13.0	19.0		26.00	0.80	33	3.1
5.40	10.0	17.0		20.00	0.93	22	4.7
5.60	12.0	25.0		24.00	1.73	14	7.2
5.80	11.0	26.0		22.00	2.00	11	9.1
6.00	14.0	25.0		28.00	1.47	19	5.3
6.20	20.0	45.0		40.00	3.33	12	8.3
6.40	70.0	130.0		140.00	8.00	18	5.7
6.60	100.0	150.0		200.00	6.67	30	3.3
6.80	200.0	220.0		400.00	2.67	150	0.7

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =20.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

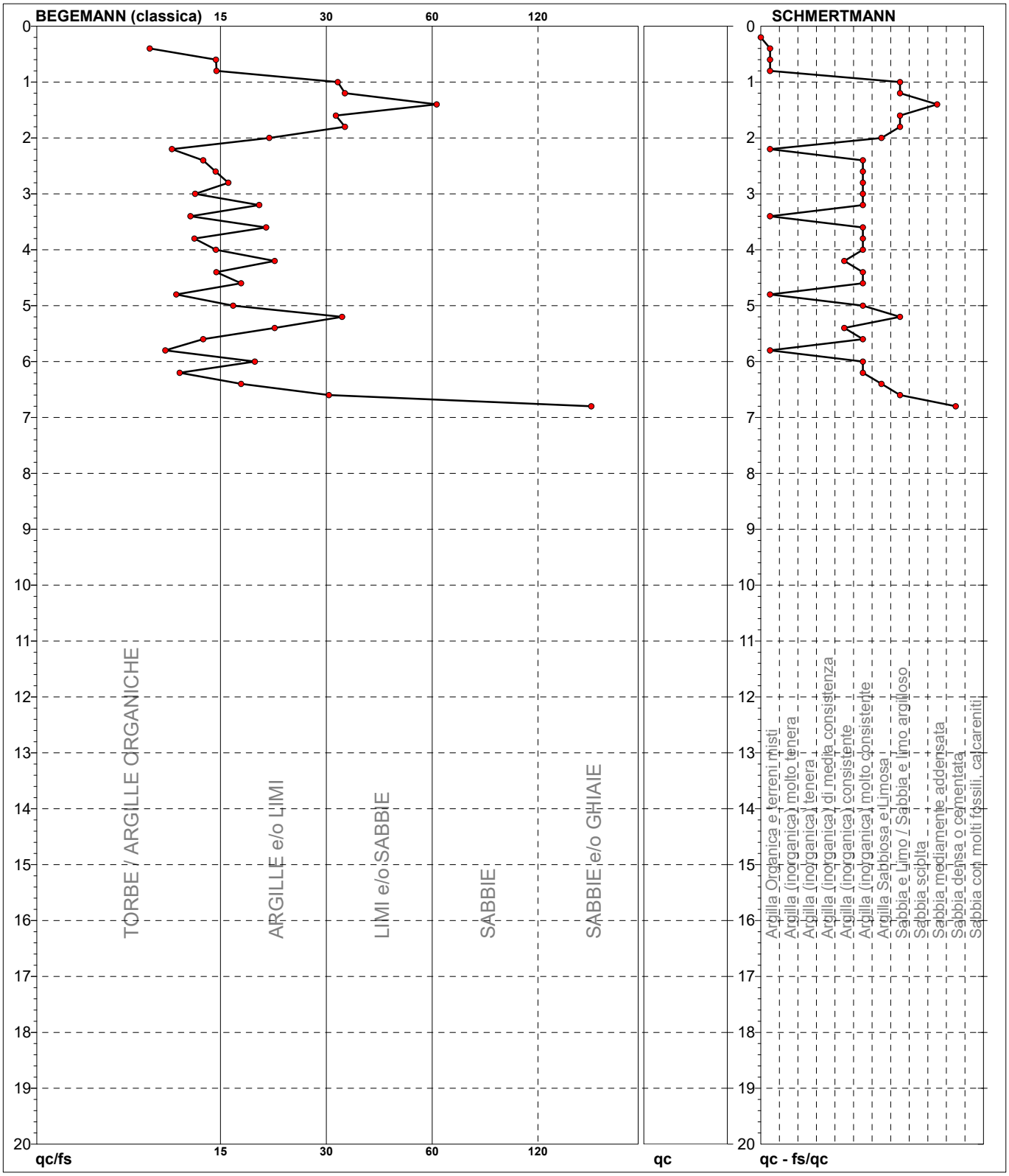
nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	3

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.:	15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Scala:	1:100		
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Pagina:	1		
		Elaborato:		Falda:	Assente



Torbe / Argille org. :	80 punti, 80.81%	Argilla Organica e terreni misti:	7 punti, 7.07%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	2 punti, 2.02%
Argille e/o Limi :	13 punti, 13.13%	Argilla (inorganica) consistente:	2 punti, 2.02%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	6 punti, 6.06%
Limi e/o Sabbie :	6 punti, 6.06%	Argilla (inorganica) molto consist.:	14 punti, 14.14%	Sabbia mediamente addensata:	1 punti, 1.01%
				Sabbia densa o cementata:	1 punti, 1.01%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1.01%				

nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT **3**

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Pagina: 1	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Elaborato:	Falda: Assente

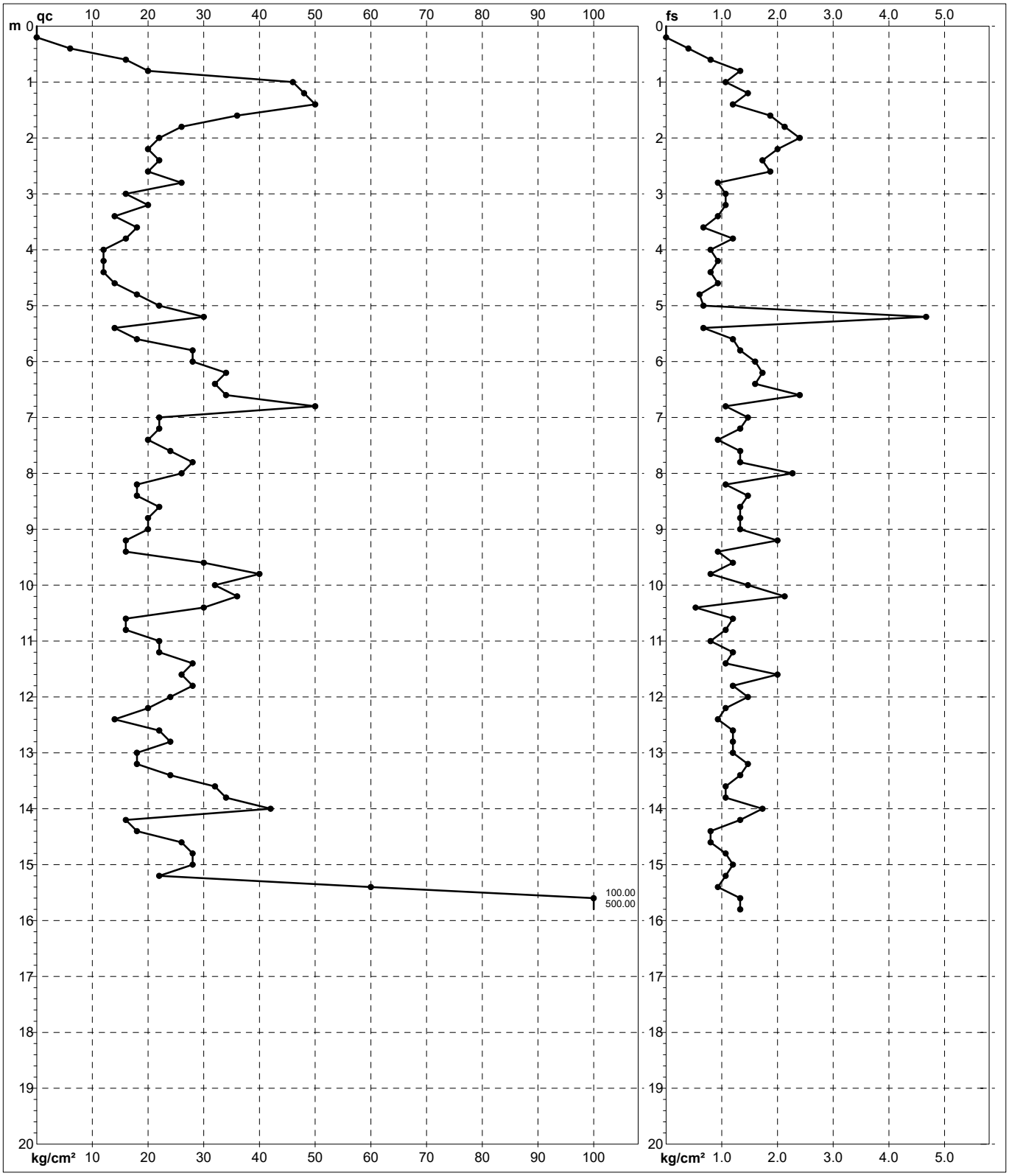
							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	FLs	FLl	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)			U.M.	U.M.	U.M.
0.20	--	--		1.85	0.04		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	8.00	10.00		1.85	0.07		0.40	51.7	68.0	102.0	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	12.00	15.00		1.85	0.11		0.57	48.7	97.1	145.7	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	14.00	15.05		1.85	0.15		0.64	38.9	108.2	162.3	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	38.00	31.67		1.85	0.19		--	--	--	--	--	80	41	36	33	31	40	30	--	--	63.3	95.0	114.0
1.20	44.00	33.08		1.85	0.22		--	--	--	--	--	80	41	36	33	31	40	31	--	--	73.3	110.0	132.0
1.40	54.00	58.06		1.85	0.26		--	--	--	--	--	84	41	36	34	31	40	31	--	--	90.0	135.0	162.0
1.60	46.00	31.29		1.85	0.30		--	--	--	--	--	75	40	35	32	30	39	31	--	--	76.7	115.0	138.0
1.80	44.00	33.08		1.85	0.33		--	--	--	--	--	71	40	34	31	29	38	31	--	--	73.3	110.0	132.0
2.00	36.00	20.81		1.85	0.37		1.20	27.3	204.0	306.0	108.0	61	39	33	30	28	37	30	--	--	60.0	90.0	108.0
2.20	26.00	11.45		1.85	0.41		0.93	17.6	157.9	236.8	78.0	48	37	30	27	26	34	28	--	--	43.3	65.0	78.0
2.40	24.00	13.87		1.85	0.44		0.89	15.0	151.1	226.7	72.0	43	36	30	27	25	34	28	--	--	40.0	60.0	72.0
2.60	28.00	14.97		1.85	0.48		0.97	15.0	164.1	246.2	84.0	46	37	30	27	25	34	28	--	--	46.7	70.0	84.0
2.80	28.00	16.19		1.85	0.52		0.97	13.7	164.1	246.2	84.0	44	37	30	27	25	34	28	--	--	46.7	70.0	84.0
3.00	30.00	13.22		1.85	0.56		1.00	13.1	170.0	255.0	90.0	45	37	30	27	25	34	29	--	--	50.0	75.0	90.0
3.20	26.00	19.55		1.85	0.59		0.93	11.0	157.9	236.8	78.0	38	36	29	25	24	32	28	--	--	43.3	65.0	78.0
3.40	24.00	12.83		1.85	0.63		0.89	9.7	152.2	228.3	72.0	34	35	28	25	23	32	28	--	--	40.0	60.0	72.0
3.60	30.00	20.41		1.85	0.67		1.00	10.4	170.0	255.0	90.0	41	36	29	26	24	33	29	--	--	50.0	75.0	90.0
3.80	28.00	13.15		1.85	0.70		0.97	9.3	167.8	251.7	84.0	37	36	28	25	23	32	28	--	--	46.7	70.0	84.0
4.00	24.00	15.00		1.85	0.74		0.89	7.9	178.3	267.4	72.0	30	35	27	24	22	31	28	--	--	40.0	60.0	72.0
4.20	20.00	21.51		1.85	0.78		0.80	6.5	200.1	300.2	60.0	23	34	26	23	21	29	27	--	--	33.3	50.0	60.0
4.40	20.00	15.04		1.85	0.81		0.80	6.1	213.8	320.8	60.0	22	34	26	22	21	29	27	--	--	33.3	50.0	60.0
4.60	28.00	17.50		1.85	0.85		0.97	7.4	209.8	314.7	84.0	32	35	27	24	23	31	28	--	--	46.7	70.0	84.0
4.80	22.00	11.76		1.85	0.89		0.85	5.9	236.1	354.1	66.0	23	34	26	22	21	29	28	--	--	36.7	55.0	66.0
5.00	20.00	16.67		1.85	0.93		0.80	5.2	253.3	379.9	60.0	19	33	25	22	21	28	27	--	--	33.3	50.0	60.0
5.20	26.00	32.50		1.85	0.96		--	--	--	--	--	27	34	26	23	22	30	28	--	--	43.3	65.0	78.0
5.40	20.00	21.51		1.85	1.00		0.80	4.8	277.4	416.1	60.0	17	33	25	21	20	28	27	--	--	33.3	50.0	60.0
5.60	24.00	13.87		1.85	1.04		0.89	5.2	284.2	426.3	72.0	22	34	25	22	21	29	28	--	--	40.0	60.0	72.0
5.80	22.00	11.00		1.85	1.07		0.85	4.7	298.5	447.8	66.0	18	33	25	22	20	28	28	--	--	36.7	55.0	66.0
6.00	28.00	19.05		1.85	1.11		0.97	5.3	303.5	455.3	84.0	26	34	26	23	21	29	28	--	--	46.7	70.0	84.0
6.20	40.00	12.01		1.85	1.15		1.33	7.6	279.8	419.8	120.0	37	36	27	24	23	31	30	--	--	66.7	100.0	120.0
6.40	140.00	17.50		1.85	1.18		4.67	34.9	793.3	1190.0	420.0	79	41	33	31	29	38	36	--	--	233.3	350.0	420.0
6.60	200.00	29.99		1.85	1.22		6.67	52.4	1133.3	1700.0	600.0	91	42	35	32	30	39	38	--	--	333.3	500.0	600.0
6.80	400.00	149.81		1.85	1.26		--	--	--	--	--	100	43	38	36	33	42	40	--	--	666.7	1000.0	1200.0

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	6

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Scala: 1:100	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Pagina: 1	Quota inizio:
		Elaborato:	Falda: Assente



		Penetrometro: SP 100-C	Preforo: -0.20 m
		Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
		Assistente:	Cod.ISTAT: 037060
			Cod. punta:

nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT **6**

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Pagina: 1	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Elaborato:	Falda: Assente

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	0.00		
0.40	3.0	6.0		6.00	0.40	15	6.7
0.60	8.0	14.0		16.00	0.80	20	5.0
0.80	10.0	20.0		20.00	1.33	15	6.7
1.00	23.0	31.0		46.00	1.07	43	2.3
1.20	24.0	35.0		48.00	1.47	33	3.1
1.40	25.0	34.0		50.00	1.20	42	2.4
1.60	18.0	32.0		36.00	1.87	19	5.2
1.80	13.0	29.0		26.00	2.13	12	8.2
2.00	11.0	29.0		22.00	2.40	9	10.9
2.20	10.0	25.0		20.00	2.00	10	10.0
2.40	11.0	24.0		22.00	1.73	13	7.9
2.60	10.0	24.0		20.00	1.87	11	9.4
2.80	13.0	20.0		26.00	0.93	28	3.6
3.00	8.0	16.0		16.00	1.07	15	6.7
3.20	10.0	18.0		20.00	1.07	19	5.4
3.40	7.0	14.0		14.00	0.93	15	6.6
3.60	9.0	14.0		18.00	0.67	27	3.7
3.80	8.0	17.0		16.00	1.20	13	7.5
4.00	6.0	12.0		12.00	0.80	15	6.7
4.20	6.0	13.0		12.00	0.93	13	7.8
4.40	6.0	12.0		12.00	0.80	15	6.7
4.60	7.0	14.0		14.00	0.93	15	6.6
4.80	9.0	13.5		18.00	0.60	30	3.3
5.00	11.0	16.0		22.00	0.67	33	3.0
5.20	15.0	50.0		30.00	4.67	6	15.6
5.40	7.0	12.0		14.00	0.67	21	4.8
5.60	9.0	18.0		18.00	1.20	15	6.7
5.80	14.0	24.0		28.00	1.33	21	4.8
6.00	14.0	26.0		28.00	1.60	18	5.7
6.20	17.0	30.0		34.00	1.73	20	5.1
6.40	16.0	28.0		32.00	1.60	20	5.0
6.60	17.0	35.0		34.00	2.40	14	7.1
6.80	25.0	33.0		50.00	1.07	47	2.1
7.00	11.0	22.0		22.00	1.47	15	6.7
7.20	11.0	21.0		22.00	1.33	17	6.0
7.40	10.0	17.0		20.00	0.93	22	4.7
7.60	12.0	22.0		24.00	1.33	18	5.5
7.80	14.0	24.0		28.00	1.33	21	4.8
8.00	13.0	30.0		26.00	2.27	11	8.7
8.20	9.0	17.0		18.00	1.07	17	5.9
8.40	9.0	20.0		18.00	1.47	12	8.2
8.60	11.0	21.0		22.00	1.33	17	6.0
8.80	10.0	20.0		20.00	1.33	15	6.7
9.00	10.0	20.0		20.00	1.33	15	6.7
9.20	8.0	23.0		16.00	2.00	8	12.5
9.40	8.0	15.0		16.00	0.93	17	5.8
9.60	15.0	24.0		30.00	1.20	25	4.0
9.80	20.0	26.0		40.00	0.80	50	2.0
10.00	16.0	27.0		32.00	1.47	22	4.6
10.20	18.0	34.0		36.00	2.13	17	5.9
10.40	15.0	19.0		30.00	0.53	57	1.8
10.60	8.0	17.0		16.00	1.20	13	7.5
10.80	8.0	16.0		16.00	1.07	15	6.7
11.00	11.0	17.0		22.00	0.80	28	3.6
11.20	11.0	20.0		22.00	1.20	18	5.5
11.40	14.0	22.0		28.00	1.07	26	3.8
11.60	13.0	28.0		26.00	2.00	13	7.7
11.80	14.0	23.0		28.00	1.20	23	4.3
12.00	12.0	23.0		24.00	1.47	16	6.1
12.20	10.0	18.0		20.00	1.07	19	5.4
12.40	7.0	14.0		14.00	0.93	15	6.6
12.60	11.0	20.0		22.00	1.20	18	5.5
12.80	12.0	21.0		24.00	1.20	20	5.0
13.00	9.0	18.0		18.00	1.20	15	6.7
13.20	9.0	20.0		18.00	1.47	12	8.2
13.40	12.0	22.0		24.00	1.33	18	5.5
13.60	16.0	24.0		32.00	1.07	30	3.3
13.80	17.0	25.0		34.00	1.07	32	3.1
14.00	21.0	34.0		42.00	1.73	24	4.1
14.20	8.0	18.0		16.00	1.33	12	8.3
14.40	9.0	15.0		18.00	0.80	23	4.4
14.60	13.0	19.0		26.00	0.80	33	3.1
14.80	14.0	22.0		28.00	1.07	26	3.8
15.00	14.0	23.0		28.00	1.20	23	4.3
15.20	11.0	19.0		22.00	1.07	21	4.9
15.40	30.0	37.0		60.00	0.93	65	1.6
15.60	50.0	60.0		100.00	1.33	75	1.3
15.80	250.0	260.0		500.00	1.33	376	0.3

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =20.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

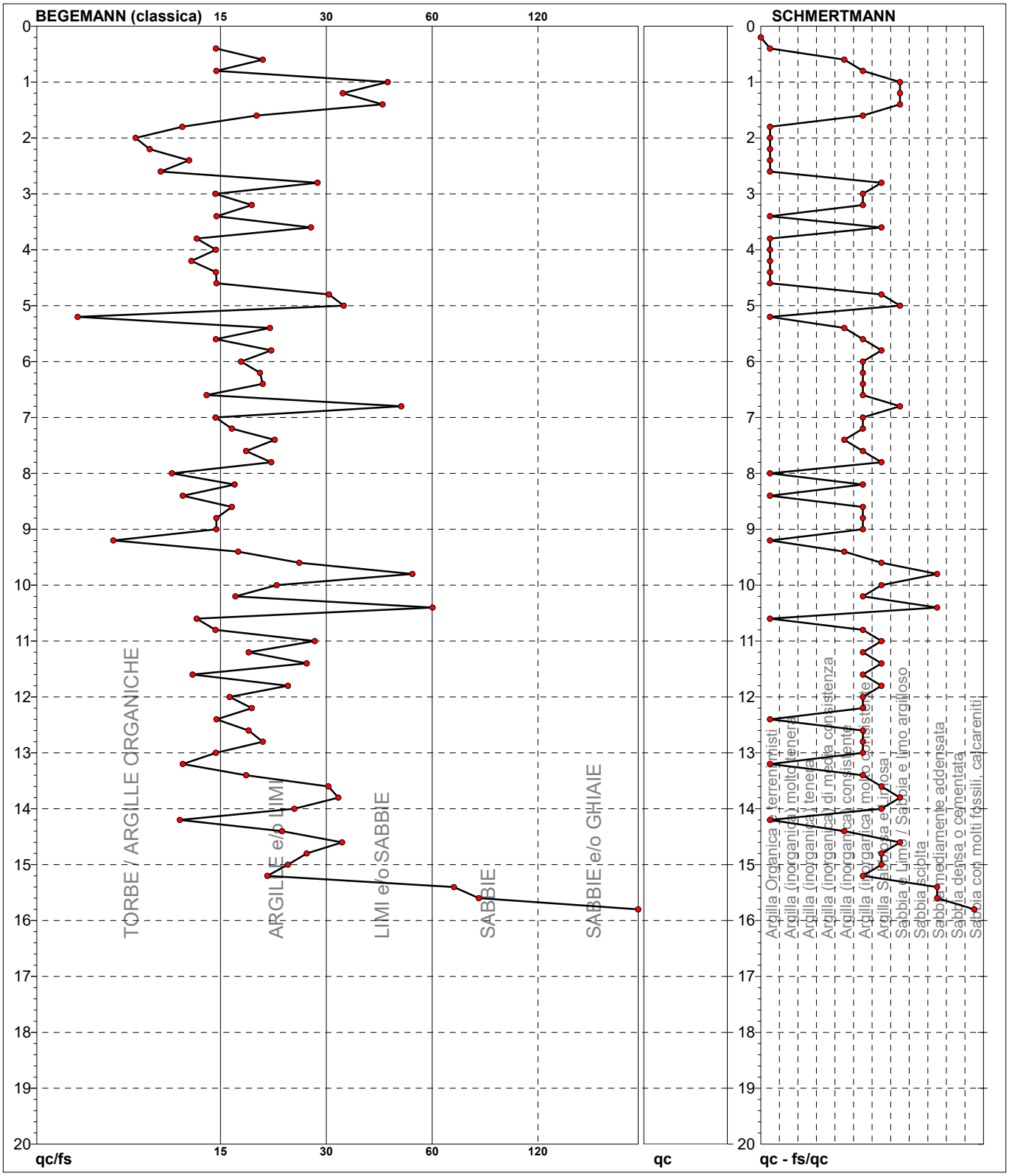
nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	6

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.:	15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Scala:	1:100		
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Pagina:	1		
		Elaborato:		Falda:	Assente



Torbe / Argille org. :	46 punti, 46.46%	Argilla Organica e terreni misti:	20 punti, 20.20%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	14 punti, 14.14%
Argille e/o Limi :	42 punti, 42.42%	Argilla (inorganica) consistente:	5 punti, 5.05%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	7 punti, 7.07%
Limi e/o Sabbie :	9 punti, 9.09%	Argilla (inorganica) molto consist.:	27 punti, 27.27%	Sabbia mediamente addensata:	4 punti, 4.04%
Sabbie:	2 punti, 2.02%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punti, 1.01%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1.01%				

nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT **6**

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Pagina: 1	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Elaborato:	Falda: Assente

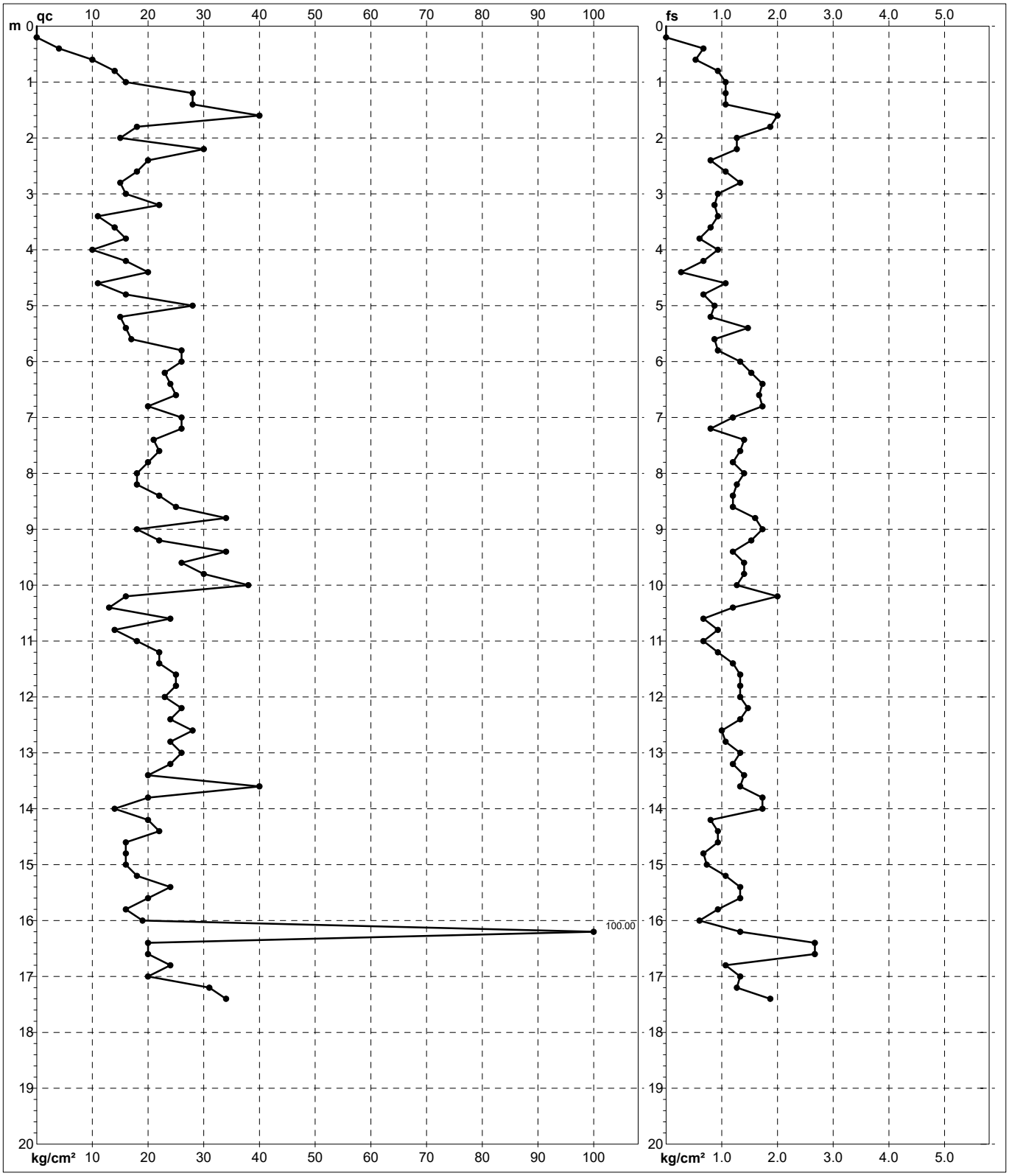
							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	FLs	FLl	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)			U.M.	U.M.	U.M.
0.20	--	--		1.85	0.04		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	6.00	15.00		1.85	0.07		0.30	36.1	12.0	18.0	9.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	16.00	20.00		1.85	0.11		0.70	62.3	118.3	177.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	20.00	15.04		1.85	0.15		0.80	51.7	136.0	204.0	60.0	63	39	34	31	29	38	27	--	--	33.3	50.0	60.0
1.00	46.00	42.99		1.85	0.19		--	--	--	--	--	86	42	37	34	32	41	31	--	--	76.7	115.0	138.0
1.20	48.00	32.65		1.85	0.22		--	--	--	--	--	83	41	36	34	31	40	31	--	--	80.0	120.0	144.0
1.40	50.00	41.67		1.85	0.26		--	--	--	--	--	81	41	36	33	31	40	31	--	--	83.3	125.0	150.0
1.60	36.00	19.25		1.85	0.30		1.20	36.1	204.0	306.0	108.0	67	39	34	31	29	38	30	--	--	60.0	90.0	108.0
1.80	26.00	12.21		1.85	0.33		0.93	22.6	157.9	236.8	78.0	53	38	31	28	27	36	28	--	--	43.3	65.0	78.0
2.00	22.00	9.17		1.85	0.37		0.85	17.7	143.8	215.8	66.0	44	37	30	27	25	34	28	--	--	36.7	55.0	66.0
2.20	20.00	10.00		1.85	0.41		0.80	14.6	136.0	204.0	60.0	39	36	29	26	24	33	27	--	--	33.3	50.0	60.0
2.40	22.00	12.72		1.85	0.44		0.85	14.1	143.8	215.8	66.0	40	36	29	26	24	33	28	--	--	36.7	55.0	66.0
2.60	20.00	10.70		1.85	0.48		0.80	11.9	136.0	204.0	60.0	35	35	28	25	24	32	27	--	--	33.3	50.0	60.0
2.80	26.00	27.96		1.85	0.52		0.93	13.0	157.9	236.8	78.0	42	36	29	26	25	33	28	--	--	43.3	65.0	78.0
3.00	16.00	14.95		1.85	0.56		0.70	8.3	132.1	198.2	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.20	20.00	18.69		1.85	0.59		0.80	9.1	140.7	211.0	60.0	29	35	27	24	23	31	27	--	--	33.3	50.0	60.0
3.40	14.00	15.05		1.85	0.63		0.64	6.4	163.3	244.9	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	18.00	26.87		1.85	0.67		0.75	7.3	164.7	247.1	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.80	16.00	13.33		1.85	0.70		0.70	6.2	184.2	276.3	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.00	12.00	15.00		1.85	0.74		0.57	4.5	206.3	309.4	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.20	12.00	12.90		1.85	0.78		0.57	4.3	217.0	325.5	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.40	12.00	15.00		1.85	0.81		0.57	4.0	227.1	340.7	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.60	14.00	15.05		1.85	0.85		0.64	4.4	237.6	356.4	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.80	18.00	30.00		1.85	0.89		0.75	5.1	244.4	366.7	56.2	16	33	25	21	20	28	27	--	--	30.0	45.0	54.0
5.00	22.00	32.84		1.85	0.93		--	--	--	--	--	22	34	26	22	21	29	28	--	--	36.7	55.0	66.0
5.20	30.00	6.42		1.85	0.96		1.00	6.6	246.8	370.1	90.0	32	35	27	24	22	30	29	--	--	50.0	75.0	90.0
5.40	14.00	20.90		1.85	1.00		0.64	3.6	282.0	423.0	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.60	18.00	15.00		1.85	1.04		0.75	4.2	289.3	434.0	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.80	28.00	21.05		1.85	1.07		0.97	5.5	290.7	436.1	84.0	27	34	26	23	21	29	28	--	--	46.7	70.0	84.0
6.00	28.00	17.50		1.85	1.11		0.97	5.3	303.5	455.3	84.0	26	34	26	23	21	29	28	--	--	46.7	70.0	84.0
6.20	34.00	19.65		1.85	1.15		1.13	6.2	300.7	451.0	102.0	32	35	27	23	22	30	29	--	--	56.7	85.0	102.0
6.40	32.00	20.00		1.85	1.18		1.07	5.5	320.7	481.1	96.0	29	35	26	23	22	30	29	--	--	53.3	80.0	96.0
6.60	34.00	14.17		1.85	1.22		1.13	5.7	327.6	491.4	102.0	30	35	26	23	22	30	29	--	--	56.7	85.0	102.0
6.80	50.00	46.73		1.85	1.26		--	--	--	--	--	43	36	28	25	23	32	31	--	--	83.3	125.0	150.0
7.00	22.00	14.97		1.85	1.30		0.85	3.7	365.5	548.3	66.0	14	33	24	21	19	27	28	--	--	36.7	55.0	66.0
7.20	22.00	16.54		1.85	1.33		0.85	3.6	375.9	563.9	66.0	13	33	24	20	19	27	28	--	--	36.7	55.0	66.0
7.40	20.00	21.51		1.85	1.37		0.80	3.2	380.9	571.4	60.0	9	32	23	20	19	26	27	--	--	33.3	50.0	60.0
7.60	24.00	18.05		1.85	1.41		0.89	3.5	396.7	595.1	72.0	15	33	24	21	19	27	28	--	--	40.0	60.0	72.0
7.80	28.00	21.05		1.85	1.44		0.97	3.8	406.4	609.5	84.0	19	34	25	21	20	28	28	--	--	46.7	70.0	84.0
8.00	26.00	11.45		1.85	1.48		0.93	3.5	417.4	626.0	78.0	16	33	24	21	20	27	28	--	--	43.3	65.0	78.0
8.20	18.00	16.82		1.85	1.52		0.75	2.6	392.3	588.4	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.40	18.00	12.24		1.85	1.55		0.75	2.5	396.2	594.3	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.60	22.00	16.54		1.85	1.59		0.85	2.9	427.2	640.9	66.0	9	32	23	19	18	26	28	--	--	36.7	55.0	66.0
8.80	20.00	15.04		1.85	1.63		0.80	2.6	419.5	629.2	60.0	5	32	22	19	18	25	27	--	--	33.3	50.0	60.0
9.00	20.00	15.04		1.85	1.67		0.80	2.5	423.4	635.1	60.0	4	32	22	19	18	25	27	--	--	33.3	50.0	60.0
9.20	16.00	8.00		1.85	1.70		0.70	2.1	387.6	581.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.40	16.00	17.20		1.85	1.74		0.70	2.0	389.7	584.5	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.60	30.00	25.00		1.85	1.78		1.00	3.1	488.3	732.5	90.0	17	33	24	20	19	27	29	--	--	50.0	75.0	90.0
9.80	40.00	50.00		1.85	1.81		--	--	--	--	--	26	34	25	22	21	29	30	--	--	66.7	100.0	120.0
10.00	32.00	21.77		1.85	1.85		1.07	3.2	512.7	769.1	96.0	18	33	24	21	19	27	29	--	--	53.3	80.0	96.0
10.20	36.00	16.90		1.85	1.89		1.20	3.6	532.6	798.9	108.0	21	34	24	21	20	28	30	--	--	60.0	90.0	108.0
10.40	30.00	56.60		1.85	1.92		--	--	--	--	--	15	33	23	20	19	27	29	--	--	50.0	75.0	90.0
10.60	16.00	13.33		1.85	1.96		0.70	1.7	399.3	598.9	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.80	16.00	14.95		1.85	2.00		0.70	1.7	400.5	600.8	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.00	22.00	27.50		1.85	2.04		0.85	2.1	469.4	704.1	66.0	3	32	22	18	17	25	28	--	--	36.7	55.0	66.0
11.20	22.00	18.33		1.85	2.07		0.85	2.0	471.6	707.4	66.0	2	32	22	18	17	25	28	--	--	36.7	55.0	66.0
11.40	28.00	26.17		1.85	2.11		0.97	2.4	520.2	780.3	84.0	10	32	23	19	18	26	28	--	--	46.7	70.0	84.0
11.60	26.00	13.00		1.85	2.15		0.93	2.2	509.4	764.1	78.0	7	32	22	19	18	25	28	--	--	43.3	65.0	78.0
11.80	28.00	23.33		1.85	2.18		0.97	2.3	526.2	789.3	84.0	9	32	22	19	18	26	28	--	--	46.7	70.0	84.0
12.00	24.00	16.33		1.85	2.22		0.89	2.0	497.8	746.7	72.0	3	32	22	18	17	25	28	--	--	40.0	60.0	72.0
12.20	20.00	18.69		1.85	2.26		0.80	1.7	459.2	688.8	60.0	--	31	21	17	16	25	27	--	--	33.3	50.0	60.0
12.40	14.00	15.05		1.85	2.29		0.64	1.3	376.7	565.1	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.60	22.00	18.33		1.85	2.33		0.85	1.8	483.7	725.5	66.0	--	31	21	17	17	25	28	--	--	36.7	55.0	66.0
12.80	24.00	20.00		1.85	2.37		0.89	1.8	504.9	757.3	72.0	2	31	21	18	17	25	28	--	--	40.0	60.0	72.0
13.00	18.00	15.00		1.85	2.41		0.75	1.5	438.6	657.9	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13.20	18.00	12.24		1.85	2.44		0.75	1.4	439.4	659.1	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13.40	24.00	18.05		1.85	2.48		0.89	1.7	509.2	763.8	72.0	1	31	21	18	17	25	28	--	--	40.0	60.0	72.0
13.60	32.00	29.91		1.85	2.52		1.07	2.1	588.6	882.9	96.0	10	32	22	19	18	25	29	--	--	53.3	80.0	96.0
13.80	34.00	31.78		1.85	2.55		--	--	--	--	--	12	33	23	19	18	26	29	--	--	56.7	85.0	102.0
14.00	42.00	24.28		1.85	2.59		1.40	2.9	700.6	1050.9	126.0	19	34	24	20	19	27	30	--	--	70.0	105.0	126.0
14.20	16.00	12.03		1.85	2.63		0.70	1.2	413.5	620.2	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14.40	18.00	22.50		1.85	2.66		0.75	1.3	443.4	665.1	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14.60	26.00	32.50		1.85	2.70		--	--	--	--	--	1	31	21	18	17	25	28	--	--	43.3	65.0	78.0
14.80	28.00	26.17		1.85	2.74		0.97	1.7	554.7	832.1	84.0	4	32	21	18	17	25	28	--	--	46.7	70.0	84.0
15.00	28.00	23.33		1.85	2.78		0.97	1.7	555.9	833.9	84.0	3	32	21	18	17	25	28	--	--	46.7	70.0	84.0
15.20	22.00	20.56		1.85	2.81		0.85	1.4	496.9	745.3	66.0	--	31	20	16	16	25	28	--	--	36.7	55.0	66.0
15.40	60.00	64.52		1.85	2.85		--	--	--	--	--	29	35	25	22	20	28	32	--	--	100.0	150.0	180.0
15.60	100.00	75.19		1.85	2.89		--	--	--	--	--	46	37	27	24	23	31	34	--	--	166.7	250.0	300.0
15.80	500.00	375.94		1.85	2.92		--	--	--	--	--	100	43	35	33	30	39	40	--	--	833.3	1250.0	1500.0

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	7

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Scala: 1:100	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Pagina: 1	Quota inizio:
		Elaborato:	Falda: Assente



		Penetrometro: SP 100-C	Preforo: -0.20 m
		Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
		Assistente:	Cod.ISTAT: 037060
			Cod. punta:

nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT **7**

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Pagina: 1	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Elaborato:	Falda: Assente

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	0.00		
0.40	2.0	7.0		4.00	0.67	6	16.8
0.60	5.0	9.0		10.00	0.53	19	5.3
0.80	7.0	14.0		14.00	0.93	15	6.6
1.00	8.0	16.0		16.00	1.07	15	6.7
1.20	14.0	22.0		28.00	1.07	26	3.8
1.40	14.0	22.0		28.00	1.07	26	3.8
1.60	20.0	35.0		40.00	2.00	20	5.0
1.80	9.0	23.0		18.00	1.87	10	10.4
2.00	7.5	17.0		15.00	1.27	12	8.5
2.20	15.0	24.5		30.00	1.27	24	4.2
2.40	10.0	16.0		20.00	0.80	25	4.0
2.60	9.0	17.0		18.00	1.07	17	5.9
2.80	7.5	17.5		15.00	1.33	11	8.9
3.00	8.0	15.0		16.00	0.93	17	5.8
3.20	11.0	17.5		22.00	0.87	25	4.0
3.40	5.5	12.5		11.00	0.93	12	8.5
3.60	7.0	13.0		14.00	0.80	18	5.7
3.80	8.0	12.5		16.00	0.60	27	3.8
4.00	5.0	12.0		10.00	0.93	11	9.3
4.20	8.0	13.0		16.00	0.67	24	4.2
4.40	10.0	12.0		20.00	0.27	74	1.4
4.60	5.5	13.5		11.00	1.07	10	9.7
4.80	8.0	13.0		16.00	0.67	24	4.2
5.00	14.0	20.5		28.00	0.87	32	3.1
5.20	7.5	13.5		15.00	0.80	19	5.3
5.40	8.0	19.0		16.00	1.47	11	9.2
5.60	8.5	15.0		17.00	0.87	20	5.1
5.80	13.0	20.0		26.00	0.93	28	3.6
6.00	13.0	23.0		26.00	1.33	20	5.1
6.20	11.5	23.0		23.00	1.53	15	6.7
6.40	12.0	25.0		24.00	1.73	14	7.2
6.60	12.5	25.0		25.00	1.67	15	6.7
6.80	10.0	23.0		20.00	1.73	12	8.7
7.00	13.0	22.0		26.00	1.20	22	4.6
7.20	13.0	19.0		26.00	0.80	33	3.1
7.40	10.5	21.0		21.00	1.40	15	6.7
7.60	11.0	21.0		22.00	1.33	17	6.0
7.80	10.0	19.0		20.00	1.20	17	6.0
8.00	9.0	19.5		18.00	1.40	13	7.8
8.20	9.0	18.5		18.00	1.27	14	7.1
8.40	11.0	20.0		22.00	1.20	18	5.5
8.60	12.5	21.5		25.00	1.20	21	4.8
8.80	17.0	29.0		34.00	1.60	21	4.7
9.00	9.0	22.0		18.00	1.73	10	9.6
9.20	11.0	22.5		22.00	1.53	14	7.0
9.40	17.0	26.0		34.00	1.20	28	3.5
9.60	13.0	23.5		26.00	1.40	19	5.4
9.80	15.0	25.5		30.00	1.40	21	4.7
10.00	19.0	28.5		38.00	1.27	30	3.3
10.20	8.0	23.0		16.00	2.00	8	12.5
10.40	6.5	15.5		13.00	1.20	11	9.2
10.60	12.0	17.0		24.00	0.67	36	2.8
10.80	7.0	14.0		14.00	0.93	15	6.6
11.00	9.0	14.0		18.00	0.67	27	3.7
11.20	11.0	18.0		22.00	0.93	24	4.2
11.40	11.0	20.0		22.00	1.20	18	5.5
11.60	12.5	22.5		25.00	1.33	19	5.3
11.80	12.5	22.5		25.00	1.33	19	5.3
12.00	11.5	21.5		23.00	1.33	17	5.8
12.20	13.0	24.0		26.00	1.47	18	5.7
12.40	12.0	22.0		24.00	1.33	18	5.5
12.60	14.0	21.5		28.00	1.00	28	3.6
12.80	12.0	20.0		24.00	1.07	22	4.5
13.00	13.0	23.0		26.00	1.33	20	5.1
13.20	12.0	21.0		24.00	1.20	20	5.0
13.40	10.0	20.5		20.00	1.40	14	7.0
13.60	20.0	30.0		40.00	1.33	30	3.3
13.80	10.0	23.0		20.00	1.73	12	8.7
14.00	7.0	20.0		14.00	1.73	8	12.4
14.20	10.0	16.0		20.00	0.80	25	4.0
14.40	11.0	18.0		22.00	0.93	24	4.2
14.60	8.0	15.0		16.00	0.93	17	5.8
14.80	8.0	13.0		16.00	0.67	24	4.2
15.00	8.0	13.5		16.00	0.73	22	4.6
15.20	9.0	17.0		18.00	1.07	17	5.9
15.40	12.0	22.0		24.00	1.33	18	5.5
15.60	10.0	20.0		20.00	1.33	15	6.7
15.80	8.0	15.0		16.00	0.93	17	5.8
16.00	9.5	14.0		19.00	0.60	32	3.2
16.20	50.0	60.0		100.00	1.33	75	1.3
16.40	10.0	30.0		20.00	2.67	7	13.4
16.60	10.0	30.0		20.00	2.67	7	13.4
16.80	12.0	20.0		24.00	1.07	22	4.5
17.00	10.0	20.0		20.00	1.33	15	6.7
17.20	15.5	25.0		31.00	1.27	24	4.1
17.40	17.0	31.0		34.00	1.87	18	5.5

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =20.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

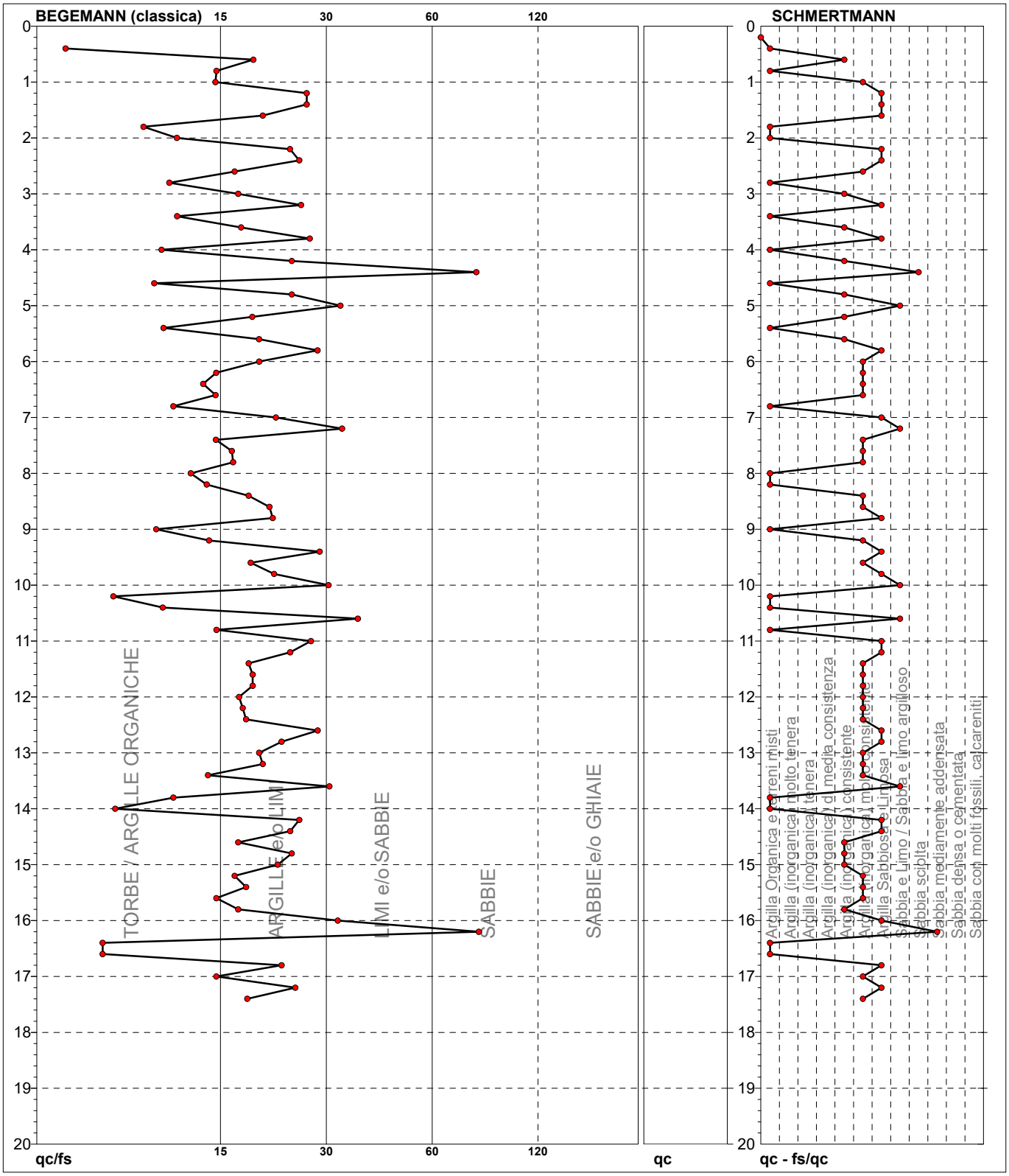
nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	7

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.:	15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Scala:	1:100		
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Pagina:	1		
		Elaborato:		Falda:	Assente



Torbe / Argille org. :	38 punti, 38.38%	Argilla Organica e terreni misti:	20 punti, 20.20%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	21 punti, 21.21%
Argille e/o Limi :	55 punti, 55.56%	Argilla (inorganica) consistente:	11 punti, 11.11%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	5 punti, 5.05%
Limi e/o Sabbie :	5 punti, 5.05%	Argilla (inorganica) molto consist.:	27 punti, 27.27%	Sabbia sciolta:	1 punti, 1.01%
Sabbie:	2 punti, 2.02%			Sabbia mediamente addensata:	1 punti, 1.01%

nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT **7**

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Pagina: 1	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Elaborato:	Falda: Assente

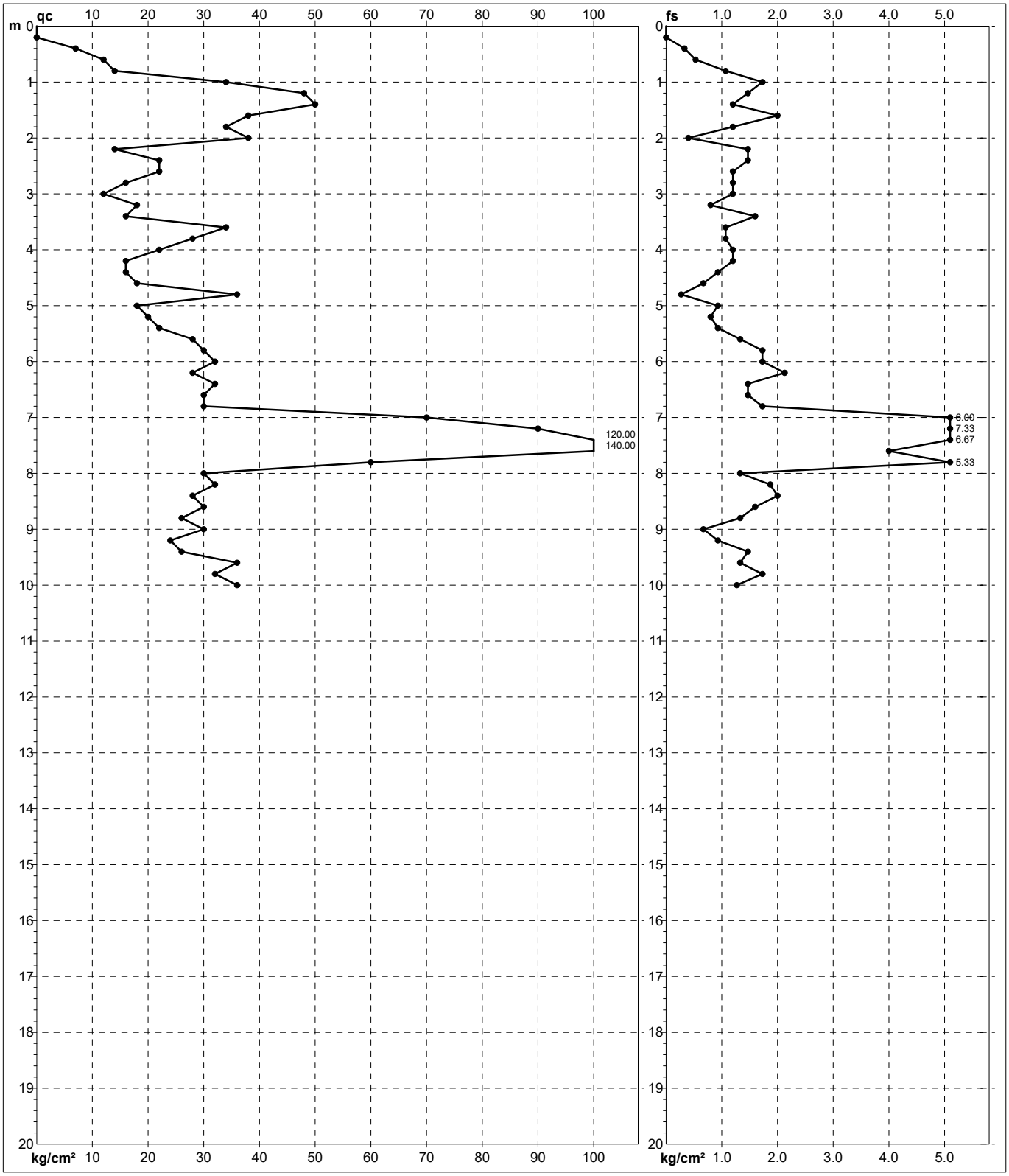
							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	FLs	FLl	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)			U.M.	U.M.	U.M.
0.20	--	--		1.85	0.04		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	4.00	5.97		1.85	0.07		0.20	21.8	8.0	12.0	6.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	10.00	18.87		1.85	0.11		0.50	41.2	85.0	127.5	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	14.00	15.05		1.85	0.15		0.64	38.9	108.2	162.3	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	16.00	14.95		1.85	0.19		0.70	32.9	118.3	177.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.20	28.00	26.17		1.85	0.22		0.97	39.4	164.1	246.2	84.0	65	39	34	31	29	38	28	--	--	46.7	70.0	84.0
1.40	28.00	26.17		1.85	0.26		0.97	32.5	164.1	246.2	84.0	61	39	33	30	28	37	28	--	--	46.7	70.0	84.0
1.60	40.00	20.00		1.85	0.30		1.33	41.2	226.7	340.0	120.0	70	40	34	31	29	38	30	--	--	66.7	100.0	120.0
1.80	18.00	9.63		1.85	0.33		0.75	17.3	127.5	191.3	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.00	15.00	11.81		1.85	0.37		0.67	13.1	113.3	170.0	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.20	30.00	23.62		1.85	0.41		1.00	19.3	170.0	255.0	90.0	53	38	31	28	26	35	29	--	--	50.0	75.0	90.0
2.40	20.00	25.00		1.85	0.44		0.80	13.1	136.0	204.0	60.0	36	36	29	26	24	33	27	--	--	33.3	50.0	60.0
2.60	18.00	16.82		1.85	0.48		0.75	10.9	127.5	191.3	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.80	15.00	11.28		1.85	0.52		0.67	8.6	122.8	184.2	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.00	16.00	17.20		1.85	0.56		0.70	8.3	132.1	198.2	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.20	22.00	25.29		1.85	0.59		0.85	9.8	144.3	216.4	66.0	33	35	28	25	23	31	28	--	--	36.7	55.0	66.0
3.40	11.00	11.83		1.85	0.63		0.54	5.1	172.8	259.2	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	14.00	17.50		1.85	0.67		0.64	5.9	176.9	265.3	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.80	16.00	26.67		1.85	0.70		0.70	6.2	184.2	276.3	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.00	10.00	10.75		1.85	0.74		0.50	3.8	208.1	312.1	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.20	16.00	23.88		1.85	0.78		0.70	5.5	210.8	316.3	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.40	20.00	74.07		1.85	0.81		0.80	6.1	213.8	320.8	60.0	22	34	26	22	21	29	27	--	--	33.3	50.0	60.0
4.60	11.00	10.28		1.85	0.85		0.54	3.5	240.1	360.1	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.80	16.00	23.88		1.85	0.89		0.70	4.6	247.2	370.8	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.00	28.00	32.18		1.85	0.93		--	--	--	--	--	30	35	27	24	22	30	28	--	--	46.7	70.0	84.0
5.20	15.00	18.75		1.85	0.96		0.67	4.0	268.8	403.2	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.40	16.00	10.88		1.85	1.00		0.70	4.0	278.7	418.1	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.60	17.00	19.54		1.85	1.04		0.72	4.0	289.0	433.4	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.80	26.00	27.96		1.85	1.07		0.93	5.2	293.8	440.7	78.0	24	34	26	22	21	29	28	--	--	43.3	65.0	78.0
6.00	26.00	19.55		1.85	1.11		0.93	5.0	306.1	459.2	78.0	23	34	25	22	21	29	28	--	--	43.3	65.0	78.0
6.20	23.00	15.03		1.85	1.15		0.87	4.4	320.1	480.2	69.0	18	33	25	21	20	28	28	--	--	38.3	57.5	69.0
6.40	24.00	13.87		1.85	1.18		0.89	4.4	330.5	495.8	72.0	19	34	25	21	20	28	28	--	--	40.0	60.0	72.0
6.60	25.00	14.97		1.85	1.22		0.91	4.3	341.0	511.4	75.0	19	34	25	21	20	28	28	--	--	41.7	62.5	75.0
6.80	20.00	11.56		1.85	1.26		0.80	3.6	355.1	532.6	60.0	11	33	24	20	19	27	27	--	--	33.3	50.0	60.0
7.00	26.00	21.67		1.85	1.30		0.93	4.1	361.6	542.4	78.0	19	34	25	21	20	28	28	--	--	43.3	65.0	78.0
7.20	26.00	32.50		1.85	1.33		--	--	--	--	--	19	33	25	21	20	28	28	--	--	43.3	65.0	78.0
7.40	21.00	15.00		1.85	1.37		0.82	3.3	383.6	575.4	63.0	11	33	23	20	19	27	27	--	--	35.0	52.5	63.0
7.60	22.00	16.54		1.85	1.41		0.85	3.3	394.0	591.0	66.0	12	33	23	20	19	27	28	--	--	36.7	55.0	66.0
7.80	20.00	16.67		1.85	1.44		0.80	3.0	394.4	591.7	60.0	8	32	23	19	18	26	27	--	--	33.3	50.0	60.0
8.00	18.00	12.86		1.85	1.48		0.75	2.7	387.9	581.9	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.20	18.00	14.17		1.85	1.52		0.75	2.6	392.3	588.4	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.40	22.00	18.33		1.85	1.55		0.85	2.9	421.7	632.5	66.0	9	32	23	20	19	26	28	--	--	36.7	55.0	66.0
8.60	25.00	20.83		1.85	1.59		0.91	3.1	439.7	659.5	75.0	13	33	23	20	19	27	28	--	--	41.7	62.5	75.0
8.80	34.00	21.25		1.85	1.63		1.13	4.0	454.3	681.4	102.0	23	34	25	22	20	28	29	--	--	56.7	85.0	102.0
9.00	18.00	10.40		1.85	1.67		0.75	2.3	406.3	609.5	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.20	22.00	14.38		1.85	1.70		0.85	2.6	441.5	662.2	66.0	7	32	22	19	18	26	28	--	--	36.7	55.0	66.0
9.40	34.00	28.33		1.85	1.74		1.13	3.7	490.9	736.3	102.0	21	34	25	21	20	28	29	--	--	56.7	85.0	102.0
9.60	26.00	18.57		1.85	1.78		0.93	2.8	473.1	709.6	78.0	12	33	23	20	19	26	28	--	--	43.3	65.0	78.0
9.80	30.00	21.43		1.85	1.81		1.00	3.0	494.6	741.9	90.0	16	33	24	20	19	27	29	--	--	50.0	75.0	90.0
10.00	38.00	29.92		1.85	1.85		1.27	3.9	518.7	778.0	114.0	24	34	25	22	20	28	30	--	--	63.3	95.0	114.0
10.20	16.00	8.00		1.85	1.89		0.70	1.8	396.5	594.7	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.40	13.00	10.83		1.85	1.92		0.60	1.5	353.3	529.9	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.60	24.00	35.82		1.85	1.96		--	--	--	--	--	7	32	22	19	18	25	28	--	--	40.0	60.0	72.0
10.80	14.00	15.05		1.85	2.00		0.64	1.5	371.2	556.7	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.00	18.00	26.87		1.85	2.04		0.75	1.8	427.5	641.2	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.20	22.00	23.66		1.85	2.07		0.85	2.0	471.6	707.4	66.0	2	32	22	18	17	25	28	--	--	36.7	55.0	66.0
11.40	22.00	18.33		1.85	2.11		0.85	2.0	473.6	710.4	66.0	2	31	21	18	17	25	28	--	--	36.7	55.0	66.0
11.60	25.00	18.80		1.85	2.15		0.91	2.1	501.8	752.7	75.0	6	32	22	19	18	25	28	--	--	41.7	62.5	75.0
11.80	25.00	18.80		1.85	2.18		0.91	2.1	504.1	756.2	75.0	5	32	22	18	18	25	28	--	--	41.7	62.5	75.0
12.00	23.00	17.29		1.85	2.22		0.87	1.9	488.7	733.1	69.0	2	31	21	18	17	25	28	--	--	38.3	57.5	69.0
12.20	26.00	17.69		1.85	2.26		0.93	2.1	516.5	774.8	78.0	6	32	22	19	18	25	28	--	--	43.3	65.0	78.0
12.40	24.00	18.05		1.85	2.29		0.89	1.9	501.5	752.3	72.0	3	32	21	18	17	25	28	--	--	40.0	60.0	72.0
12.60	28.00	28.00		1.85	2.33		0.97	2.1	536.2	804.2	84.0	8	32	22	19	18	25	28	--	--	46.7	70.0	84.0
12.80	24.00	22.43		1.85	2.37		0.89	1.8	504.9	757.3	72.0	2	31	21	18	17	25	28	--	--	40.0	60.0	72.0
13.00	26.00	19.55		1.85	2.41		0.93	1.9	524.3	786.5	78.0	4	32	22	18	17	25	28	--	--	43.3	65.0	78.0
13.20	24.00	20.00		1.85	2.44		0.89	1.8	507.8	761.8	72.0	1	31	21	18	17	25	28	--	--	40.0	60.0	72.0
13.40	20.00	14.29		1.85	2.48		0.80	1.5	465.8	698.7	60.0	--	31	20	17	16	25	27	--	--	33.3	50.0	60.0
13.60	40.00	30.08		1.85	2.52		--	--	--	--	--	18	33	24	20	19	27	30	--	--	66.7	100.0	120.0
13.80	20.00	11.56		1.85	2.55		0.80	1.5	467.6	701.3	60.0	--	31	20	17	16	25	27	--	--	33.3	50.0	60.0
14.00	14.00	8.09		1.85	2.59		0.64	1.1	380.3	570.4	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14.20	20.00	25.00		1.85	2.63		0.80	1.4	469.1	703.7	60.0	--	31	20	16	16	25	27	--	--	33.3	50.0	60.0
14.40	22.00	23.66		1.85	2.66		0.85	1.5	493.7	740.5	66.0	--	31	20	17	16	25	28	--	--	36.7	55.0	66.0
14.60	16.00	17.20		1.85	2.70		0.70	1.2	414.4	621.5	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14.80	16.00	23.88		1.85	2.74		0.70	1.1	414.8	622.2	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15.00	16.00	21.92		1.85	2.78		0.70	1.1	415.2	622.7	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15.20	18.00	16.82		1.85	2.81		0.75	1.2	445.5	668.3	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15.40	24.00	18.05		1.85	2.85		0.89	1.5	519.8	779.7	72.0	--	31	20	17	16	25	28	--	--	40.0	60.0	72.0
15.60	20.00	15.04		1.85	2.89		0.80	1.3	473.7	710.5	60.0	--	31	19	16	15	25	27	--	--	33.3	50.0	60.0
15.80	16.00	17.20		1.85	2.92		0.70	1.0	416.6	624.8	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16.00	19.00	31.67		1.85	2.96		0.78	1.2	461.3	692.0	58.1	--	31	19	15	15	25	27	--	--	31.7	47.5	57.0
16.20	100.00	75.19		1.85	3.00		--	--	--	--	--	45	37	27	24	23	31	34	--	--	166.7	250.0	300.0
16.40	20.00	7.49		1.85	3.03		0.80	1.2	475.7	713.5	60.0	--	31	19	16	15	25	27	--	--	33.3	50.0	60.0
16.60	20.00	7.49		1.85	3.07		0.80	1.2	476.1	714.2	60.0	--	31	19	16	15	25	27	--	--	33.3	50.0	60.0
16.80	24.00	22.43		1.85	3.11		0.89	1.3	524.7	787.1	72.0	--	31	20	16	16	25	28	--	--	40.0	60.0	72.0
17.00	20.00	15.04		1.85	3.15		0.80	1.1	476.9	715.4	60.0	--	31	19	15	15	25	27	--	--	33.3	50.0	60.0
17.20	31.00	24.41		1.85	3.18		1.03	1.5	601.1	901.7	93.0	3	32	21	18	17	25	29	--	--	51.7	77.5	93.0
17.40	34.00	18.18		1.85	3.22		1.13	1.7	651.3	977.0	102.0	6	32	21	18	17	25	29	--	--	56.7	85.0	102.0

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	8

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Scala: 1:100	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Pagina: 1	Quota inizio:
		Elaborato:	Falda: Assente



		Penetrometro: SP 100-C	Preforo: -0.20 m
		Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
		Assistente:	Cod.ISTAT: 037060
			Cod. punta:

nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT **8**

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Pagina: 1	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Elaborato:	Falda: Assente

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	0.00		
0.40	3.5	6.0		7.00	0.33	21	4.7
0.60	6.0	10.0		12.00	0.53	23	4.4
0.80	7.0	15.0		14.00	1.07	13	7.6
1.00	17.0	30.0		34.00	1.73	20	5.1
1.20	24.0	35.0		48.00	1.47	33	3.1
1.40	25.0	34.0		50.00	1.20	42	2.4
1.60	19.0	34.0		38.00	2.00	19	5.3
1.80	17.0	26.0		34.00	1.20	28	3.5
2.00	19.0	22.0		38.00	0.40	95	1.1
2.20	7.0	18.0		14.00	1.47	10	10.5
2.40	11.0	22.0		22.00	1.47	15	6.7
2.60	11.0	20.0		22.00	1.20	18	5.5
2.80	8.0	17.0		16.00	1.20	13	7.5
3.00	6.0	15.0		12.00	1.20	10	10.0
3.20	9.0	15.0		18.00	0.80	23	4.4
3.40	8.0	20.0		16.00	1.60	10	10.0
3.60	17.0	25.0		34.00	1.07	32	3.1
3.80	14.0	22.0		28.00	1.07	26	3.8
4.00	11.0	20.0		22.00	1.20	18	5.5
4.20	8.0	17.0		16.00	1.20	13	7.5
4.40	8.0	15.0		16.00	0.93	17	5.8
4.60	9.0	14.0		18.00	0.67	27	3.7
4.80	18.0	20.0		36.00	0.27	133	0.8
5.00	9.0	16.0		18.00	0.93	19	5.2
5.20	10.0	16.0		20.00	0.80	25	4.0
5.40	11.0	18.0		22.00	0.93	24	4.2
5.60	14.0	24.0		28.00	1.33	21	4.8
5.80	15.0	28.0		30.00	1.73	17	5.8
6.00	16.0	29.0		32.00	1.73	18	5.4
6.20	14.0	30.0		28.00	2.13	13	7.6
6.40	16.0	27.0		32.00	1.47	22	4.6
6.60	15.0	26.0		30.00	1.47	20	4.9
6.80	15.0	28.0		30.00	1.73	17	5.8
7.00	35.0	80.0		70.00	6.00	12	8.6
7.20	45.0	100.0		90.00	7.33	12	8.1
7.40	60.0	110.0		120.00	6.67	18	5.6
7.60	70.0	100.0		140.00	4.00	35	2.9
7.80	30.0	70.0		60.00	5.33	11	8.9
8.00	15.0	25.0		30.00	1.33	23	4.4
8.20	16.0	30.0		32.00	1.87	17	5.8
8.40	14.0	29.0		28.00	2.00	14	7.1
8.60	15.0	27.0		30.00	1.60	19	5.3
8.80	13.0	23.0		26.00	1.33	20	5.1
9.00	15.0	20.0		30.00	0.67	45	2.2
9.20	12.0	19.0		24.00	0.93	26	3.9
9.40	13.0	24.0		26.00	1.47	18	5.7
9.60	18.0	28.0		36.00	1.33	27	3.7
9.80	16.0	29.0		32.00	1.73	18	5.4
10.00	18.0	27.5		36.00	1.27	28	3.5

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =20.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

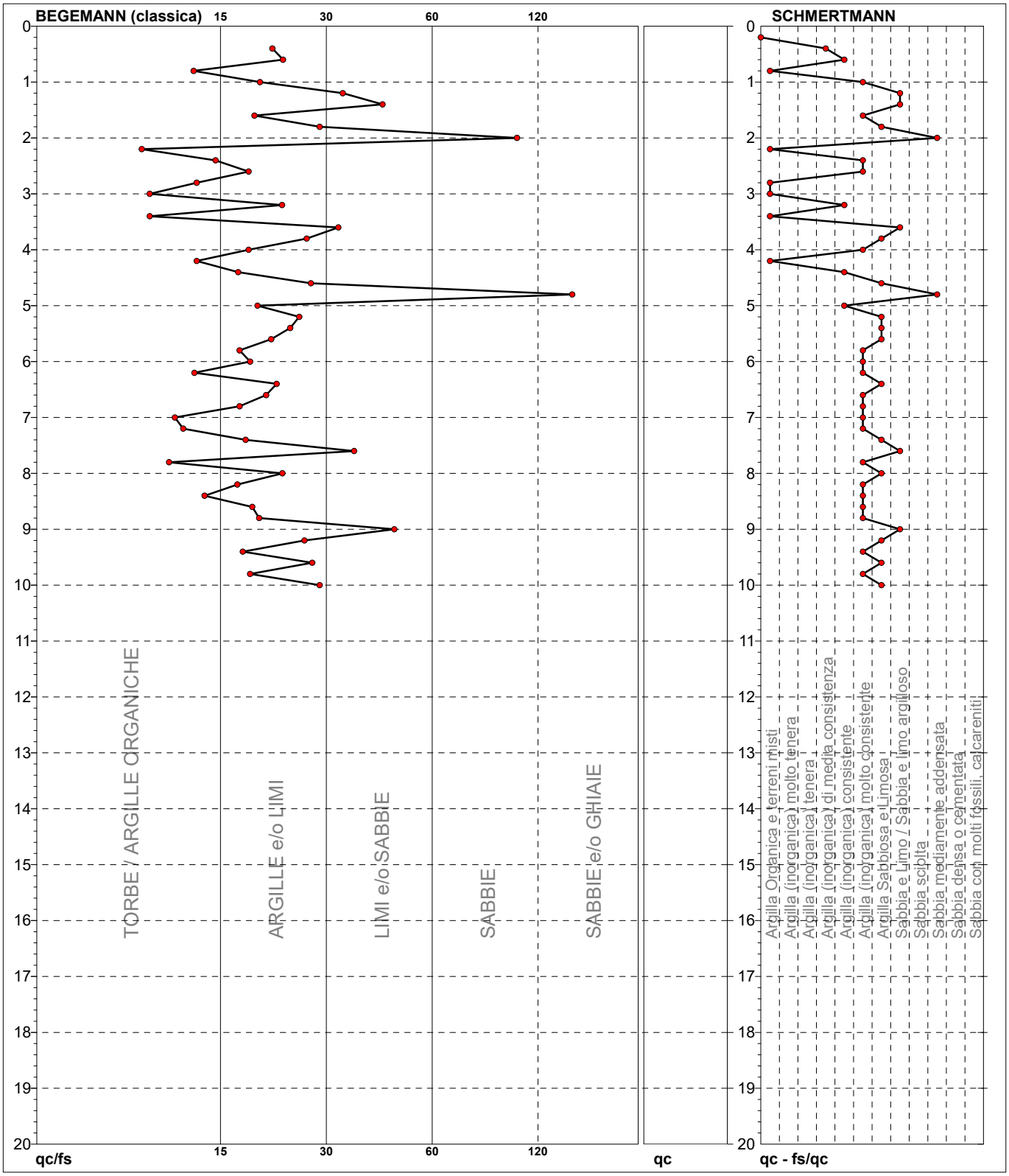
nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	8

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.:	15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Scala:	1:100		
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Pagina:	1		
		Elaborato:		Falda:	Assente



Torbe / Argille org. :	63 punti, 63.64%	Argilla Organica e terreni misti:	6 punti, 6.06%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	12 punti, 12.12%
Argille e/o Limi :	30 punti, 30.30%	Argilla (inorganica) media consist.:	1 punti, 1.01%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	5 punti, 5.05%
Limi e/o Sabbie :	5 punti, 5.05%	Argilla (inorganica) consistente:	4 punti, 4.04%	Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 2.02%
Sabbie:	1 punti, 1.01%	Argilla (inorganica) molto consist.:	19 punti, 19.19%		
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1.01%				

nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT **8**

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Pagina: 1	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Elaborato:	Falda: Assente

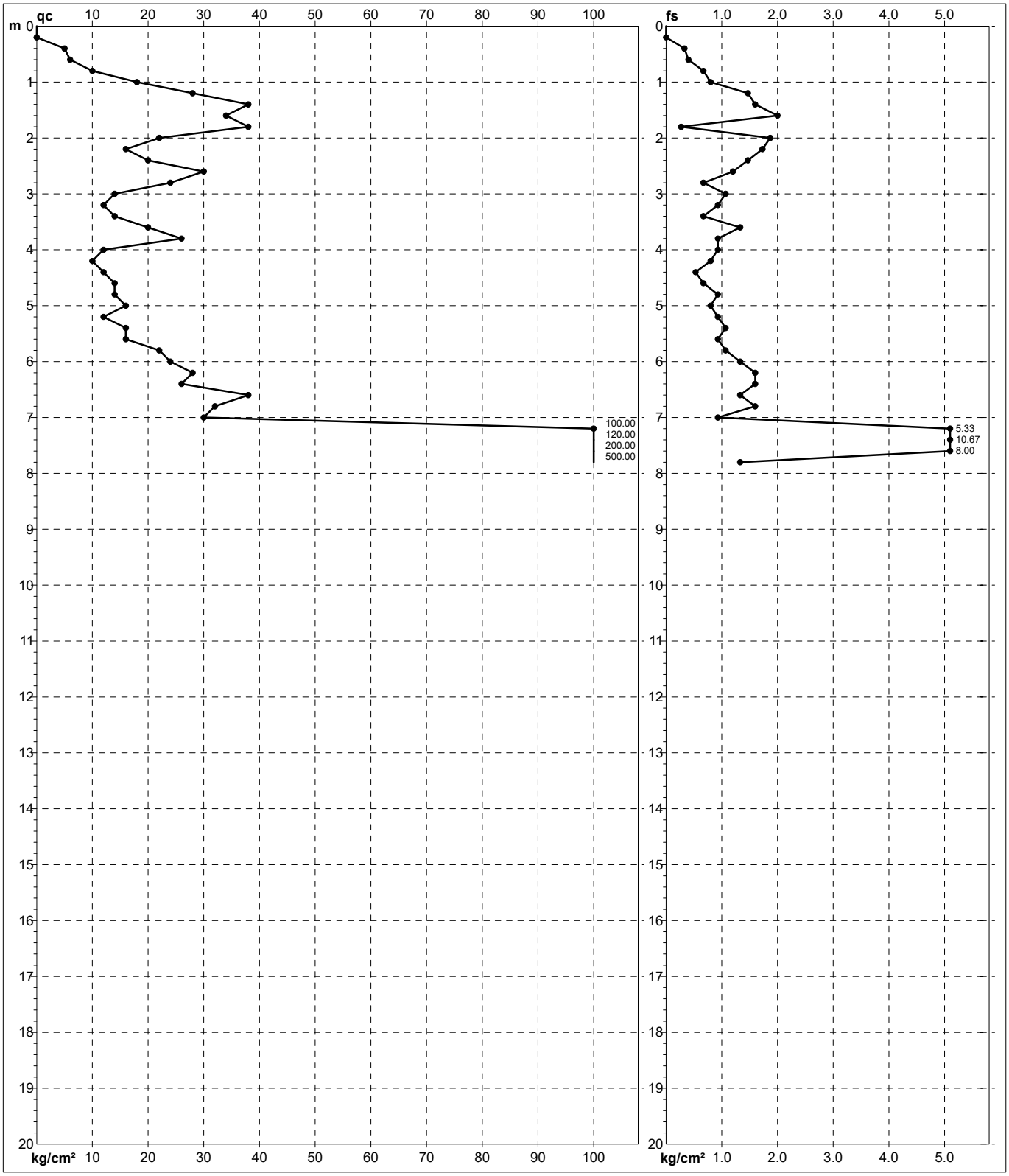
							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	FLs	FLl	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)			U.M.	U.M.	U.M.
0.20	--	--		1.85	0.04		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	7.00	21.21		1.85	0.07		0.35	43.8	59.5	89.3	32.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	12.00	22.64		1.85	0.11		0.57	48.7	97.1	145.7	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	14.00	13.08		1.85	0.15		0.64	38.9	108.2	162.3	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	34.00	19.65		1.85	0.19		1.13	60.5	192.7	289.0	102.0	76	40	36	33	31	40	29	--	--	56.7	85.0	102.0
1.20	48.00	32.65		1.85	0.22		--	--	--	--	--	83	41	36	34	31	40	31	--	--	80.0	120.0	144.0
1.40	50.00	41.67		1.85	0.26		--	--	--	--	--	81	41	36	33	31	40	31	--	--	83.3	125.0	150.0
1.60	38.00	19.00		1.85	0.30		1.27	38.6	215.3	323.0	114.0	68	39	34	31	29	38	30	--	--	63.3	95.0	114.0
1.80	34.00	28.33		1.85	0.33		1.13	29.0	192.7	289.0	102.0	62	39	33	30	28	37	29	--	--	56.7	85.0	102.0
2.00	38.00	95.00		1.85	0.37		--	--	--	--	--	63	39	33	30	28	37	30	--	--	63.3	95.0	114.0
2.20	14.00	9.52		1.85	0.41		0.64	11.0	108.2	162.3	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.40	22.00	14.97		1.85	0.44		0.85	14.1	143.8	215.8	66.0	40	36	29	26	24	33	28	--	--	36.7	55.0	66.0
2.60	22.00	18.33		1.85	0.48		0.85	12.7	143.8	215.8	66.0	38	36	29	26	24	33	28	--	--	36.7	55.0	66.0
2.80	16.00	13.33		1.85	0.52		0.70	9.1	123.0	184.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.00	12.00	10.00		1.85	0.56		0.57	6.5	143.0	214.4	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.20	18.00	22.50		1.85	0.59		0.75	8.4	140.6	210.9	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.40	16.00	10.00		1.85	0.63		0.70	7.1	156.8	235.3	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	34.00	31.78		1.85	0.67		--	--	--	--	--	45	37	29	26	25	33	29	--	--	56.7	85.0	102.0
3.80	28.00	26.17		1.85	0.70		0.97	9.3	167.8	251.7	84.0	37	36	28	25	23	32	28	--	--	46.7	70.0	84.0
4.00	22.00	18.33		1.85	0.74		0.85	7.4	181.8	272.7	66.0	27	35	27	23	22	30	28	--	--	36.7	55.0	66.0
4.20	16.00	13.33		1.85	0.78		0.70	5.5	210.8	316.3	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.40	16.00	17.20		1.85	0.81		0.70	5.2	223.5	335.3	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.60	18.00	26.87		1.85	0.85		0.75	5.4	231.9	347.9	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.80	36.00	133.33		1.85	0.89		--	--	--	--	--	40	36	28	25	24	32	30	--	--	60.0	90.0	108.0
5.00	18.00	19.35		1.85	0.93		0.75	4.8	256.4	384.7	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.20	20.00	25.00		1.85	0.96		0.80	5.0	265.6	398.4	60.0	18	33	25	22	20	28	27	--	--	33.3	50.0	60.0
5.40	22.00	23.66		1.85	1.00		0.85	5.1	274.8	412.3	66.0	20	34	25	22	21	29	28	--	--	36.7	55.0	66.0
5.60	28.00	21.05		1.85	1.04		0.97	5.7	277.6	416.4	84.0	27	35	26	23	22	30	28	--	--	46.7	70.0	84.0
5.80	30.00	17.34		1.85	1.07		1.00	5.7	287.5	431.3	90.0	29	35	26	23	22	30	29	--	--	50.0	75.0	90.0
6.00	32.00	18.50		1.85	1.11		1.07	6.0	294.2	441.3	96.0	30	35	26	23	22	30	29	--	--	53.3	80.0	96.0
6.20	28.00	13.15		1.85	1.15		0.97	5.1	315.9	473.9	84.0	25	34	26	22	21	29	28	--	--	46.7	70.0	84.0
6.40	32.00	21.77		1.85	1.18		1.07	5.5	320.7	481.1	96.0	29	35	26	23	22	30	29	--	--	53.3	80.0	96.0
6.60	30.00	20.41		1.85	1.22		1.00	4.9	338.0	507.0	90.0	26	34	26	22	21	29	29	--	--	50.0	75.0	90.0
6.80	30.00	17.34		1.85	1.26		1.00	4.7	349.7	524.5	90.0	25	34	26	22	21	29	29	--	--	50.0	75.0	90.0
7.00	70.00	11.67		1.85	1.30		2.33	13.1	396.7	595.0	210.0	53	38	30	27	25	34	32	--	--	116.7	175.0	210.0
7.20	90.00	12.28		1.85	1.33		3.00	17.3	510.0	765.0	270.0	61	39	31	28	26	35	33	--	--	150.0	225.0	270.0
7.40	120.00	17.99		1.85	1.37		4.00	24.0	680.0	1020.0	360.0	71	40	32	29	27	36	35	--	--	200.0	300.0	360.0
7.60	140.00	35.00		1.85	1.41		--	--	--	--	--	75	40	33	30	28	37	36	--	--	233.3	350.0	420.0
7.80	60.00	11.26		1.85	1.44		2.00	9.4	345.7	518.5	180.0	45	37	28	25	24	32	32	--	--	100.0	150.0	180.0
8.00	30.00	22.56		1.85	1.48		1.00	3.8	416.1	624.2	90.0	21	34	25	21	20	28	29	--	--	50.0	75.0	90.0
8.20	32.00	17.11		1.85	1.52		1.07	4.0	423.3	634.9	96.0	23	34	25	22	20	28	29	--	--	53.3	80.0	96.0
8.40	28.00	14.00		1.85	1.55		0.97	3.5	437.8	656.7	84.0	17	33	24	21	20	27	28	--	--	46.7	70.0	84.0
8.60	30.00	18.75		1.85	1.59		1.00	3.5	448.7	673.1	90.0	19	34	24	21	20	28	29	--	--	50.0	75.0	90.0
8.80	26.00	19.55		1.85	1.63		0.93	3.1	449.6	674.4	78.0	14	33	24	20	19	27	28	--	--	43.3	65.0	78.0
9.00	30.00	44.78		1.85	1.67		--	--	--	--	--	18	33	24	21	20	27	29	--	--	50.0	75.0	90.0
9.20	24.00	25.81		1.85	1.70		0.89	2.8	453.1	679.7	72.0	10	32	23	20	18	26	28	--	--	40.0	60.0	72.0
9.40	26.00	17.69		1.85	1.74		0.93	2.9	467.8	701.8	78.0	12	33	23	20	19	26	28	--	--	43.3	65.0	78.0
9.60	36.00	27.07		1.85	1.78		1.20	3.8	499.3	749.0	108.0	23	34	25	21	20	28	30	--	--	60.0	90.0	108.0
9.80	32.00	18.50		1.85	1.81		1.07	3.2	505.4	758.1	96.0	18	33	24	21	20	27	29	--	--	53.3	80.0	96.0
10.00	36.00	28.35		1.85	1.85		1.20	3.7	522.3	783.4	108.0	22	34	25	21	20	28	30	--	--	60.0	90.0	108.0

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	9

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Scala: 1:100	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Pagina: 1	Quota inizio:
		Elaborato:	Falda: Assente



		Penetrometro: SP 100-C	Preforo: -0.20 m
		Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
		Assistente:	Cod.ISTAT: 037060
			Cod. punta:

nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT **9**

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Pagina: 1	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Elaborato:	Falda: Assente

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	0.00		
0.40	2.5	5.0		5.00	0.33	15	6.6
0.60	3.0	6.0		6.00	0.40	15	6.7
0.80	5.0	10.0		10.00	0.67	15	6.7
1.00	9.0	15.0		18.00	0.80	23	4.4
1.20	14.0	25.0		28.00	1.47	19	5.3
1.40	19.0	31.0		38.00	1.60	24	4.2
1.60	17.0	32.0		34.00	2.00	17	5.9
1.80	19.0	21.0		38.00	0.27	141	0.7
2.00	11.0	25.0		22.00	1.87	12	8.5
2.20	8.0	21.0		16.00	1.73	9	10.8
2.40	10.0	21.0		20.00	1.47	14	7.4
2.60	15.0	24.0		30.00	1.20	25	4.0
2.80	12.0	17.0		24.00	0.67	36	2.8
3.00	7.0	15.0		14.00	1.07	13	7.6
3.20	6.0	13.0		12.00	0.93	13	7.8
3.40	7.0	12.0		14.00	0.67	21	4.8
3.60	10.0	20.0		20.00	1.33	15	6.7
3.80	13.0	20.0		26.00	0.93	28	3.6
4.00	6.0	13.0		12.00	0.93	13	7.8
4.20	5.0	11.0		10.00	0.80	13	8.0
4.40	6.0	10.0		12.00	0.53	23	4.4
4.60	7.0	12.0		14.00	0.67	21	4.8
4.80	7.0	14.0		14.00	0.93	15	6.6
5.00	8.0	14.0		16.00	0.80	20	5.0
5.20	6.0	13.0		12.00	0.93	13	7.8
5.40	8.0	16.0		16.00	1.07	15	6.7
5.60	8.0	15.0		16.00	0.93	17	5.8
5.80	11.0	19.0		22.00	1.07	21	4.9
6.00	12.0	22.0		24.00	1.33	18	5.5
6.20	14.0	26.0		28.00	1.60	18	5.7
6.40	13.0	25.0		26.00	1.60	16	6.2
6.60	19.0	29.0		38.00	1.33	29	3.5
6.80	16.0	28.0		32.00	1.60	20	5.0
7.00	15.0	22.0		30.00	0.93	32	3.1
7.20	50.0	90.0		100.00	5.33	19	5.3
7.40	60.0	140.0		120.00	10.67	11	8.9
7.60	100.0	160.0		200.00	8.00	25	4.0
7.80	250.0	260.0		500.00	1.33	376	0.3

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =20.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

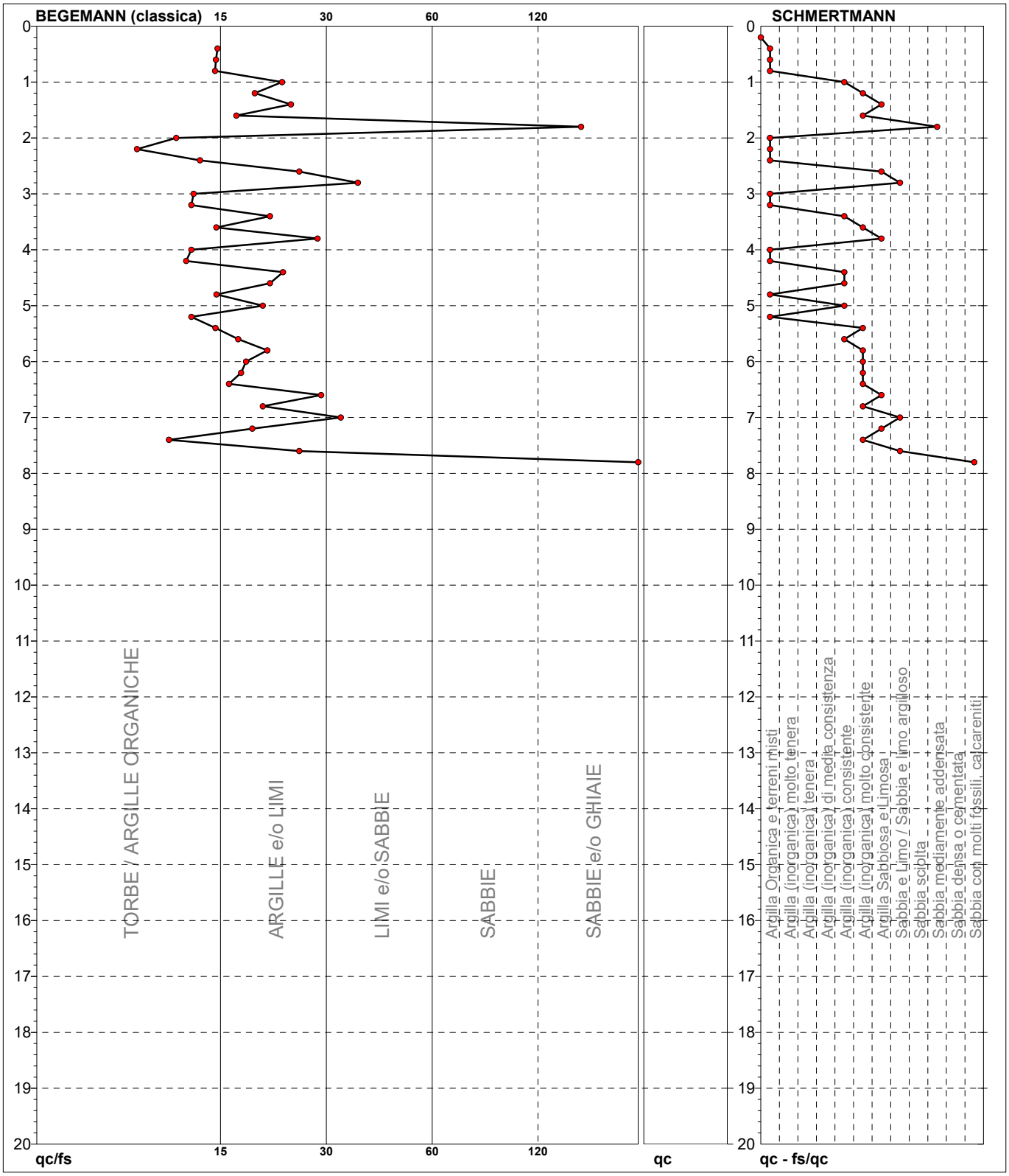
nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	9

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.:	**kg/cm²**	Data esec.:	15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Scala:	1:100		
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Pagina:	1		
		Elaborato:		Falda:	Assente



Torbe / Argille org. :	74 punti, 74.75%	Argilla Organica e terreni misti:	12 punti, 12.12%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	5 punti, 5.05%
Argille e/o Limi :	22 punti, 22.22%	Argilla (inorganica) consistente:	6 punti, 6.06%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	3 punti, 3.03%
Limi e/o Sabbie :	2 punti, 2.02%	Argilla (inorganica) molto consist.:	10 punti, 10.10%	Sabbia mediamente addensata:	1 punti, 1.01%
				Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punti, 1.01%
Sabbie e/o Ghiaie :	2 punti, 2.02%				

nota:

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT **9**

Committente:	**Studio S.A.P.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 15/01/2019
Cantiere:	**Via Balzani**	Pagina: 1	
Località:	**Zola Predosa (BO)**	Elaborato:	Falda: Assente

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	FLs	FLl	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)			U.M.	U.M.	U.M.
0.20	--	--		1.85	0.04		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	5.00	15.15		1.85	0.07		0.25	28.8	42.5	63.8	25.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	6.00	15.00		1.85	0.11		0.30	21.8	12.0	18.0	9.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	10.00	14.93		1.85	0.15		0.50	28.8	85.0	127.5	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	18.00	22.50		1.85	0.19		0.75	36.1	127.5	191.3	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.20	28.00	19.05		1.85	0.22		0.97	39.4	164.1	246.2	84.0	65	39	34	31	29	38	28	--	--	46.7	70.0	84.0
1.40	38.00	23.75		1.85	0.26		1.27	45.7	215.3	323.0	114.0	72	40	35	32	30	39	30	--	--	63.3	95.0	114.0
1.60	34.00	17.00		1.85	0.30		1.13	33.6	192.7	289.0	102.0	65	39	33	30	28	38	29	--	--	56.7	85.0	102.0
1.80	38.00	140.74		1.85	0.33		--	--	--	--	--	66	39	33	30	28	38	30	--	--	63.3	95.0	114.0
2.00	22.00	11.76		1.85	0.37		0.85	17.7	143.8	215.8	66.0	44	37	30	27	25	34	28	--	--	36.7	55.0	66.0
2.20	16.00	9.25		1.85	0.41		0.70	12.3	118.3	177.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.40	20.00	13.61		1.85	0.44		0.80	13.1	136.0	204.0	60.0	36	36	29	26	24	33	27	--	--	33.3	50.0	60.0
2.60	30.00	25.00		1.85	0.48		1.00	15.7	170.0	255.0	90.0	48	37	30	27	26	34	29	--	--	50.0	75.0	90.0
2.80	24.00	35.82		1.85	0.52		--	--	--	--	--	39	36	29	26	24	33	28	--	--	40.0	60.0	72.0
3.00	14.00	13.08		1.85	0.56		0.64	7.4	136.2	204.3	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.20	12.00	12.90		1.85	0.59		0.57	6.0	156.6	234.9	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.40	14.00	20.90		1.85	0.63		0.64	6.4	163.3	244.9	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	20.00	15.04		1.85	0.67		0.80	7.9	160.5	240.7	60.0	27	34	27	23	22	30	27	--	--	33.3	50.0	60.0
3.80	26.00	27.96		1.85	0.70		0.93	8.9	166.6	249.8	78.0	34	35	28	25	23	31	28	--	--	43.3	65.0	78.0
4.00	12.00	12.90		1.85	0.74		0.57	4.5	206.3	309.4	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.20	10.00	12.50		1.85	0.78		0.50	3.6	219.4	329.1	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.40	12.00	22.64		1.85	0.81		0.57	4.0	227.1	340.7	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.60	14.00	20.90		1.85	0.85		0.64	4.4	237.6	356.4	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.80	14.00	15.05		1.85	0.89		0.64	4.1	248.0	371.9	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.00	16.00	20.00		1.85	0.93		0.70	4.4	258.2	387.3	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.20	12.00	12.90		1.85	0.96		0.57	3.3	268.8	403.2	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.40	16.00	14.95		1.85	1.00		0.70	4.0	278.7	418.1	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.60	16.00	17.20		1.85	1.04		0.70	3.8	291.6	437.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.80	22.00	20.56		1.85	1.07		0.85	4.7	298.5	447.8	66.0	18	33	25	22	20	28	28	--	--	36.7	55.0	66.0
6.00	24.00	18.05		1.85	1.11		0.89	4.8	308.3	462.4	72.0	20	34	25	22	21	28	28	--	--	40.0	60.0	72.0
6.20	28.00	17.50		1.85	1.15		0.97	5.1	315.9	473.9	84.0	25	34	26	22	21	29	28	--	--	46.7	70.0	84.0
6.40	26.00	16.25		1.85	1.18		0.93	4.6	329.6	494.4	78.0	22	34	25	22	21	29	28	--	--	43.3	65.0	78.0
6.60	38.00	28.57		1.85	1.22		1.27	6.6	313.5	470.2	114.0	34	35	27	24	22	30	30	--	--	63.3	95.0	114.0
6.80	32.00	20.00		1.85	1.26		1.07	5.1	346.0	519.0	96.0	27	35	26	23	21	29	29	--	--	53.3	80.0	96.0
7.00	30.00	32.26		1.85	1.30		--	--	--	--	--	24	34	25	22	21	29	29	--	--	50.0	75.0	90.0
7.20	100.00	18.76		1.85	1.33		3.33	19.8	566.7	850.0	300.0	65	39	31	28	26	35	34	--	--	166.7	250.0	300.0
7.40	120.00	11.25		1.85	1.37		4.00	24.0	680.0	1020.0	360.0	71	40	32	29	27	36	35	--	--	200.0	300.0	360.0
7.60	200.00	25.00		1.85	1.41		6.67	43.9	1133.3	1700.0	600.0	87	42	34	32	29	39	38	--	--	333.3	500.0	600.0
7.80	500.00	375.94		1.85	1.44		--	--	--	--	--	100	43	39	36	34	42	40	--	--	833.3	1250.0	1500.0

DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: F = (qc / fs)
Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977
Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

	F = qc / fs	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
	F ≤ 15 kg/cm²	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
15 kg/cm² <	F ≤ 30 kg/cm²	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
30 kg/cm² <	F ≤ 60 kg/cm²	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
	F > 60 kg/cm²	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di qc e di FR = (fs / qc) % :

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- 1/3 ± - 1/2 di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

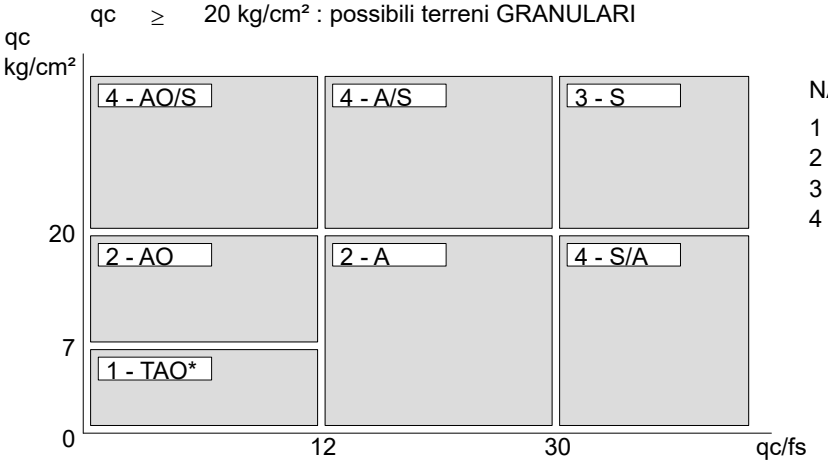
DOTT. GEOL. ALBERTO FILELFI
Via Ca´ della Chiesa n°12 - 40050 - Loiano (BO)
Mob.: +39 3356613540 Mail: studioafgeo@gmail.com

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI
SPECIFICHE TECNICHE

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

qc ≤ 20 kg/cm² : possibili terreni COESIVI — anche se (qc / fs) > 30

qc ≥ 20 kg/cm² : possibili terreni GRANULARI — anche se (qc / fs) < 30



NATURA LITOLOGICA
1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIM.
2 - COESIVA IN GENERE
3 - GRANULARE
4 - COESIVA / GRANULARE

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

γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - qc - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)

$\sigma'vo$ = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')

Cu = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : Cu - qc]

OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - Cu - $\sigma'vo$]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)

Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - Cu - OCR - Ip Ip= ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)

E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - qc]
E'50 - E'25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza F = 2 - 4 rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)

Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - qc - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)

Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - Rp - $\sigma'vo$ (Schmertmann 1976)]

Ø' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : Ø' - Dr - qc $\sigma'vo$)
ØCa - Caquot (1948) — ØKo - Koppejan (1948)
ØDB - De Beer (1965) — ØSc - Schmertmann (1978)
ØDM - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) — ØMe - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)

F.L.1-2 = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (1=Sabbie Pulite, 2=Sabbie Limose)
(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g) - Dr]

Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

ALLEGATO B

STUDIO GEOFISICO

RELAZIONE TECNICA

- MASW
- HVSR

INDICE

1 PREMESSA 2

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 2

3 INDAGINI GEOFISICHE 2

3.1 CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE UTILIZZATA 2

3.2 MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES) 5

3.2.1 Descrizione tipologia d'indagine *5*

3.2.2 Acquisizione dei dati da prova MASW *5*

3.2.3 Acquisizione dei dati da sismica passiva a stazione singola *7*

3.3 INTERPRETAZIONE COMBINATA DELLE MISURE SISMICHE 9

4 DEFINIZIONE DEL PARAMETRO VS_EQ 11

5 CONCLUSIONI 12

1 PREMESSA

Nella relazione seguente sono presentati i risultati dello studio geofisico realizzato in un lotto situato tra Via Balzani e Via Benini a Zola Predosa, dove è in progetto la realizzazione di un nuovo comparto ad uso artigianale / industriale (vedi ubicazione nelle tavole allegate alla relazione geologica e sismica).

Lo scopo dello studio è quello di ricostruire il profilo sismo-stratigrafico del lotto come previsto dalle norme tecniche sulle costruzioni attualmente vigenti (NTC 2018). Nel lotto sono state realizzate due indagini geofisiche: una prova MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) ed una registrazione del rumore sismico ambientale mediante tromografo digitale.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'elaborato è stato eseguito in accordo con le normative di seguito elencate:

- Ordinanza O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- Delibera Assembleare della Regione Emilia Romagna del 2 maggio 2007 - Prog. n° 112 - Oggetto n° 2131: Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".
- Norme tecniche per le costruzioni: D.M. 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture (GU n.29 del 04/02/2008).
- Circolare Cons. Sup.LL.PP. N° 617/2009 del 02-02-2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni"di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

3 INDAGINI GEOFISICHE

Nel lotto studiato è stata effettuata un'indagine sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e una registrazione del rumore sismico ambientale, utilizzando un tromografo digitale portatile TROMINO ENGY e lo stendimento sismico SoilSpy.

3.1 CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Indagine Tromografica

Per l'indagine passiva è stato utilizzato un tromografo digitale portatile TROMINO, prodotto da Micromed S.p.A., nella versione Engineering. Di seguito sono riportate le principali caratteristiche tecniche dello strumento, secondo le indicazioni fornite dalla ditta costruttrice.

SPECIFICHE TECNICHE	
Costruttore	Micromed S.P.A.
Apparato	**TROMINO®** sistema ultraportatile di acquisizione del rumore sismico
Classificazione	CISPR 11 - EN 55011; Gruppo1 ; Classe B.
Conformità agli standard	EN 55011; IEC 61000-4-2; EC 61000-4-4; , IEC 61000-4-3
Voltaggio interno	+3.3 V, +3.6 V per la sezione analogica
Numero di canali	3+1 analogici
Amplificatori	tutti canali con input differenziali
Rumore	< 0.5 µV r.m.s. @128 Hz sampling
Impedenza dell'input	10^6 Ohm
Range di frequenze	DC - 360 Hz
Frequenza di campionamento	16384 Hz per canale
Frequenze di sovracampionamento	32x, 64x, 128x
Conversione A/D	equivalente a 24 bit
Massimo input analogico	51.2 mV (781 nV/digit)
Display grafico	grafico, 128 x 64 pixel, retroilluminato
Orologio	interno, permanente con datario e allarme
GPS	12 canali con time-marker (precisione 1 µs)
Livella	a bolla d'aria, elevata precisione orizzontale, sensibilità 5' d'arco (0.083°)
Registrazione dati	memoria interna, standard 512 Mb, opzionale fino a 2 Gb
Accoppiamento col terreno	su punte e cuscinetto reologico
Condizioni ambientali per l'uso	temperatura - 10 / +70°C / umidità 0-90% senza condensa
Impermeabilità	indice di protezione IP = 65 (resistente alla polvere, resistente agli spruzzi)
Sensori	3 velocimetri elettrodinamici ortogonali ad alta risoluzione autobloccaggio quando non in acquisizione

Tabella 1: Principali specifiche tecniche dello strumento di acquisizione.

Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati secondo le tre componenti spaziali (N-S, E-W e Up-Down), che consentono di acquisizione digitale in alta definizione delle vibrazioni del terreno (ampiezze d'onda inferiori a 10 µm), nel campo delle frequenze 0 – 200 Hz. In seguito ad una registrazione di un determinato tempo t, tale segnale digitalizzato viene elaborato tramite un software dedicato, Grilla, il quale esegue un'elaborazione per ognuna delle componenti del moto e ne fornisce i grafici relativi.

Indagine multicanale attiva

Per la realizzazione della misura di sismica attiva di tipo MASW è stato utilizzato lo stendimento SoilSpy (prodotto da MoHo s.r.l.) dotato di 25 canali in cui il segnale è digitalizzato in corrispondenza dei singoli geofoni anziché alla fine dell'array, consentendo una miglior facilità di utilizzo e realizzazione dello stendimento e di qualità del dato raccolto (sono ridotti al massimo problemi di interferenze nel segnale elettrico).

Nella seguente tabella sono riportati tutte le caratteristiche tecniche dello strumento, secondo le indicazioni fornite dalla ditta costruttrice.

SPECIFICHE TECNICHE	
Costruttore	Micromed S.P.A.
Apparato	**SoilSpy**
Descrizione	Sistema portatiledi acquisizione sismico digitale multicanale
Connessione Array-PC	interfaccia USB
Connessione Sensor-Array	bipolare, uno per ogni modulo
impedenza di input	20 kΩ (12 kΩ modalità attenutata)
Dynamic range	142 dB, da ±3.2 mV a ±665 mV (8 opzioni)
Risoluzione	da 0.1 µV/digit a 20 µV/digit (8 opzioni)
Frequenza di campionamento	89 kHz su ogni canale
Valori di output:	[C/S]: 256 Hz, 512 Hz, 1 kHz su ogni canale [S]: da 2 kHz a 32 kHz su ogni canale
Conversione	sincronizzata su ogni canale
Massimo tempo di registrazione in continuo	limitata solo dalla capacità di memoria del PC
Trasmissione dati	asynchronous bidirectional serial, 1Mbaud
Cross-talk	non-existent
Media di consumo	7.5 mA @256 Hz per canale (120 mA @256 Hz su 16 canali)
	8.1 mA @512 Hz per canale (130 mA @512 Hz su 16 canali)
	9.4 mA @1024 Hz per canale (130 mA @1024 Hz su 16 canali)
Modalità di ricarica	Direttamente via USB da PC
Voltaggio interno	+3.3V
Numero di Canali	Uno per ogni modulo, analog band DC-360 Hz
Numero di Moduli	Gruppi di 8 o multipli (8, 16, 24, 32...)
Distanza tra i moduli	5,3 m
Dimensioni	Modulo singolo: 53(L) x 63(W) x 22(H) mm Raccogli cavo: 0.24 (L) x 0,24 (W) x 0,22 (H) m
Peso	< 200 g per modulo + 5 m di cavo (circa 3,2 kg per sistema a 16 moduli e 5 m di interdistanza
Lunghezza	75 m + 5 m x 2 (terminatore) = 85 m per un sistema a 16 moduli con 5 m di interspazio
Condizioni ambientali per l'uso	Temperatura 0 – 50° Umidità 0 – 100%
Condizioni ambientali per il trasporto e la conservazione	Temperatura -20 – 50° Umidità 0 – 95% (senza condensa)
Impermeabilità	Indice di protezione IP 65

Tabella 2: Principali specifiche tecniche dello strumento di acquisizione.

3.2 MASW (multichannel analysis of surface waves)

3.2.1 Descrizione tipologia d'indagine

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW-SASW è un'affidabile ed accreditata metodologia sismica che consente di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio S nel sottosuolo. Tale metodo consiste nell'analisi delle onde di superficie Rayleigh, registrate da una serie di geofoni posizionati a formare uno stendimento. Le usuali e consolidate tecniche di elaborazione delle onde sismiche utilizzano unicamente i tempi di primo arrivo delle onde sismiche di volume indagate (P e S), considerando come "disturbo" la restante parte del segnale caratterizzato dalla presenza delle onde di superficie (Rayleigh e Love). Nuovi studi hanno dimostrato la possibilità di elaborare un modello matematico dall'analisi ed interpretazione di tale "disturbo".

Inoltre, a differenza di tutte le altre tecniche di indagine sismica, i metodi basati sull'analisi delle onde di superficie di Rayleigh non risultano limitati dalle inversioni di velocità ed, essendo la loro propagazione funzione innanzitutto delle onde S e solo in parte legata alla Vp e alla densità del mezzo, risultano un ottimo strumento per la caratterizzazione sismica del sito tramite la ricostruzione del profilo di Vs_eq, come previsto dalla normativa vigente (NTC 2018).

La definizione di un modello che consenta di descrivere il profilo sismico del sito, prevede la costruzione di una curva sintetica di dispersione che riesca a riprodurre la curva sperimentale.

Sono però presenti alcune limitazioni dovute a:

- dimensioni dello stendimento;
- tipo di energizzazione;
- limiti di conoscenze del mezzo geologico;
- limitazioni intrinseche della misura.

È fondamentale, ai fini di una corretta interpretazione, la determinazione della profondità di indagine massima raggiunta dalla misura. Per fare ciò si individua la frequenza minima che la curva di dispersione ha raggiunto e si applica la formula elaborata da Stokoe et al. (1994):

$$h_{max} \cong 0{,}5\lambda_{max}$$

dove:

- h_{max} indica la massima profondità di indagine
- λ_{max} indica la massima lunghezza d'onda registrata (ricordando che $\lambda=v/f$ con v che corrisponde alla velocità e f è la frequenza dell'onda).

3.2.2 Acquisizione dei dati da prova MASW

Lo strumento SoilSpy, costituito da un cavo dotato di 25 moduli a cui collegare altrettanti geofoni, permette di realizzare stendimenti sismici tradizionali di una lunghezza massima di 120 m (25 x 5 m di interdistanza), con ogni configurazione spaziale possibile.

In particolare nel sito si è predisposto uno stendimento dotato di 18 geofoni con interdistanza di 3 m (totale lunghezza stendimento = 54 m) ed energizzazione realizzata con mazza da 5 Kg a circa 3 m dal primo geofono (detto starter). Il software di acquisizione dei dati (Rosina) permette di realizzare una serie di colpi e di mediare i risultati tra loro per ottenere un'attenuazione del rumore di fondo lasciando risaltare le onde legate alle energizzazioni.
Di seguito è riportata una tabella riassuntiva dei principali parametri relativi all'analisi della misura.

M1	
Inizio registrazione	Data 17/01/19 Ore 14:42:33
Fine registrazione	Data 17/01/19 Ore 14:43:56
Frequenza di campionamento	512 Hz
N° geofoni	17+1

Tabella 3: Descrizione tecnica della misura.

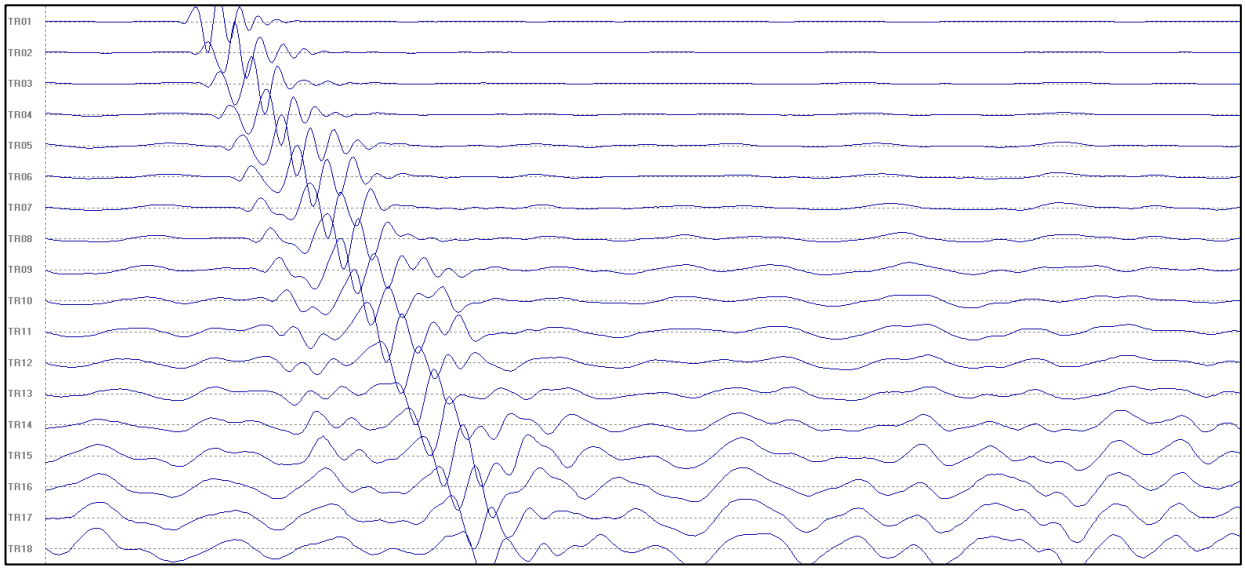


Fig. 1: Segnali sismici registrati

La curva di dispersione (vedi fig. 2) fornisce con una scala cromatica l'intensità della risonanza delle onde di Rayleigh alle varie frequenze (asse delle ascisse) e la relativa velocità delle onde (asse delle ordinate). A questo punto è possibile procedere con l'interpretazione della misura.

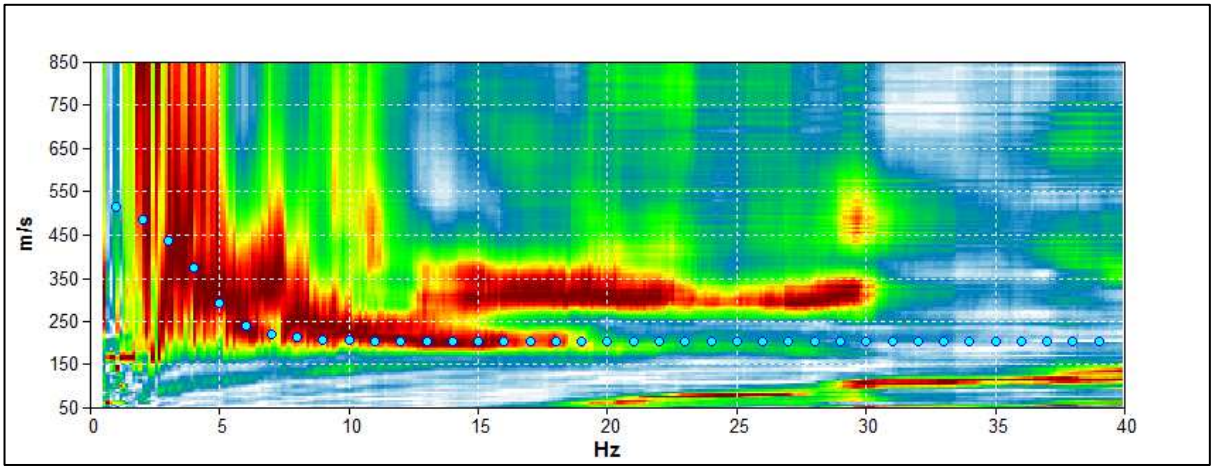


Fig. 2: Curva di dispersione del sito.

Il modo fondamentale del sito è ben visibile nel tratto compreso tra 25 Hz e 7 Hz, poi le Vs tendono a velocità infinite raggiungendo il rifiuto strumentale della misura (circa 19 m di profondità).

3.2.3 Acquisizione dei dati da sismica passiva a stazione singola

È stata effettuata una misura di sismica passiva ubicata in modo tale da risultare rappresentativa per l'area indagata. Lo strumento è stato posizionato sul terreno nei pressi della prova CPTu5. Nella tabella seguente viene riportata la descrizione tecnica della misura effettuata.

Tr1	
Inizio registrazione	Data 17/01/19 Ore 14:17:16
Fine registrazione	Data 17/01/19 Ore 14:33:17
Lunghezza della traccia	20'00"
Frequenza di campionamento	128 Hz
Dimensione della finestra di suddivisione del tracciato	12 sec
Percentuale di traccia analizzata	86%
Lisciamento	10%

Tabella 4: Descrizione tecnica della misura.

La misura è stata elaborata in studio mediante il software dedicato Grilla fornito dalla Micromed.

L'elaborazione del segnale ha previsto i seguenti passaggi:

1. analisi delle tre componenti del segnale con suddivisione in finestre opportunamente dimensionate (Windows Size);
2. depurazione del segnale da rumori anomali (Detrend);
3. calcolo dello spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
4. lisciamento dello spettro di ogni finestra (Smoothing);
5. Calcolo della trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra
6. calcolo del rapporto spettrale HVSR per ogni frequenza e per ogni finestra.

Osservando gli spettri delle singole componenti è possibile notare, dall'andamento uniforme delle tre linee nel tratto a basse frequenze (fig. 3), come la misura sia stata eseguita correttamente, effettuando un buon accoppiamento tra strumento e terreno.

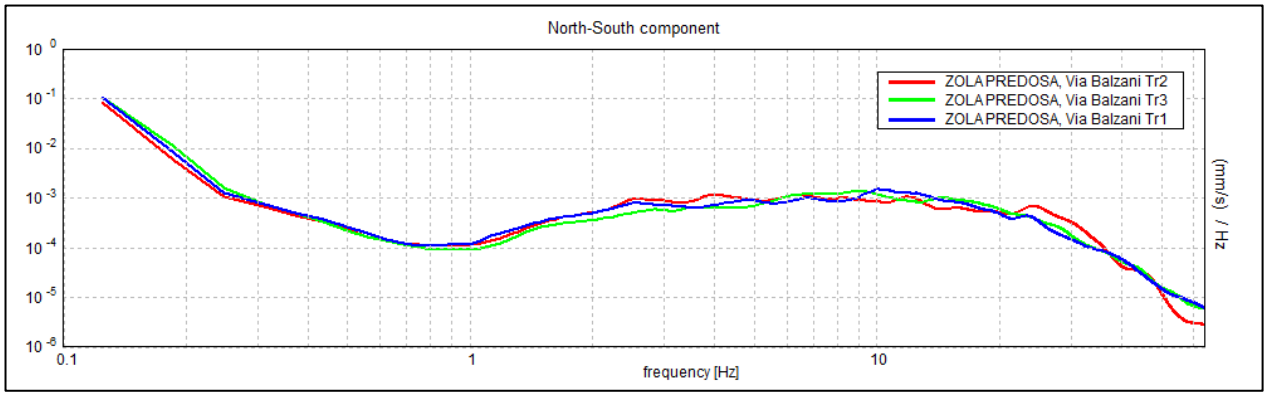


Fig. 3: Grafico delle singole componenti ortogonali della misura Tr1.

Per procedere con l'interpretazione della misura tromografica eseguita, è stata effettuata una selezione delle finestre da utilizzare per l'analisi, in quanto alcune di esse presentano disturbi che interferiscono e rendono poco chiari i grafici risultanti.

Il grafico "DIRECTIONAL H/V" mostra con una scala cromatica l'intensità dei picchi alle diverse frequenze (ordinate), fornendo una distribuzione spaziale di 180° nell'intorno del punto di misura partendo dal nord (0°).

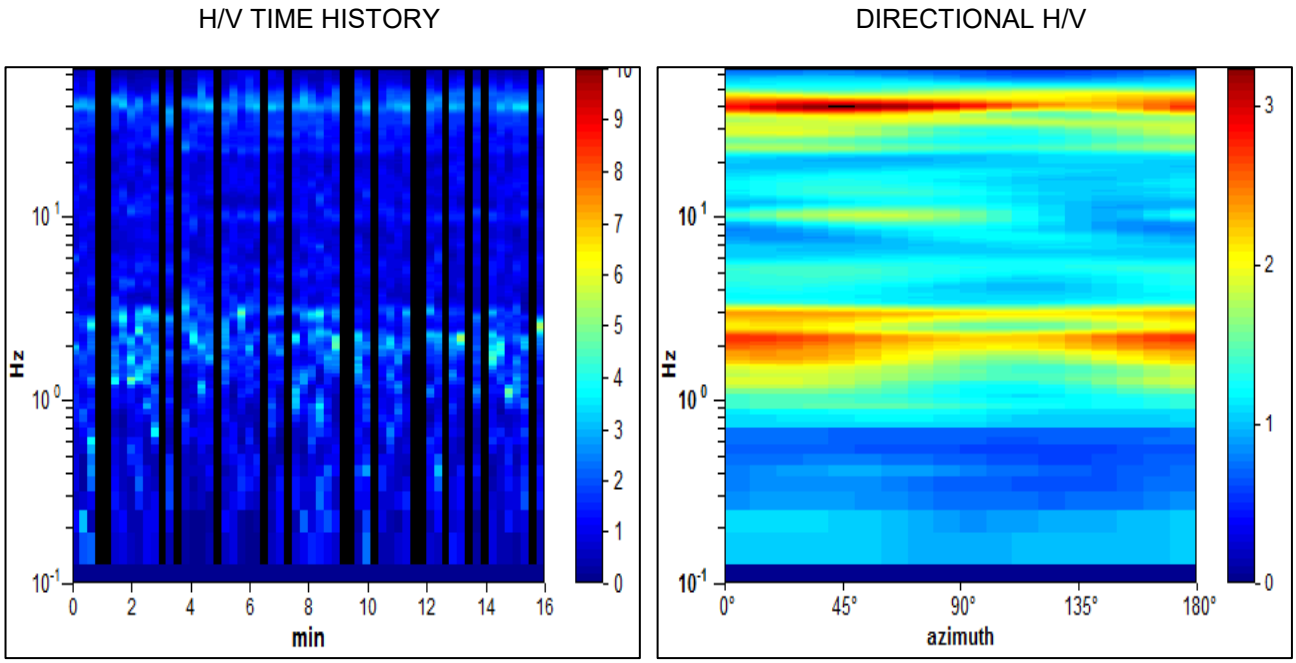


Fig. 4: Grafici della storia HVSR (sinistra) e grafici della HVSR direzionale (destra) relativi alla misura Tr1.

Di seguito si riporta il grafico HVSR derivante dall'elaborazione della misura.

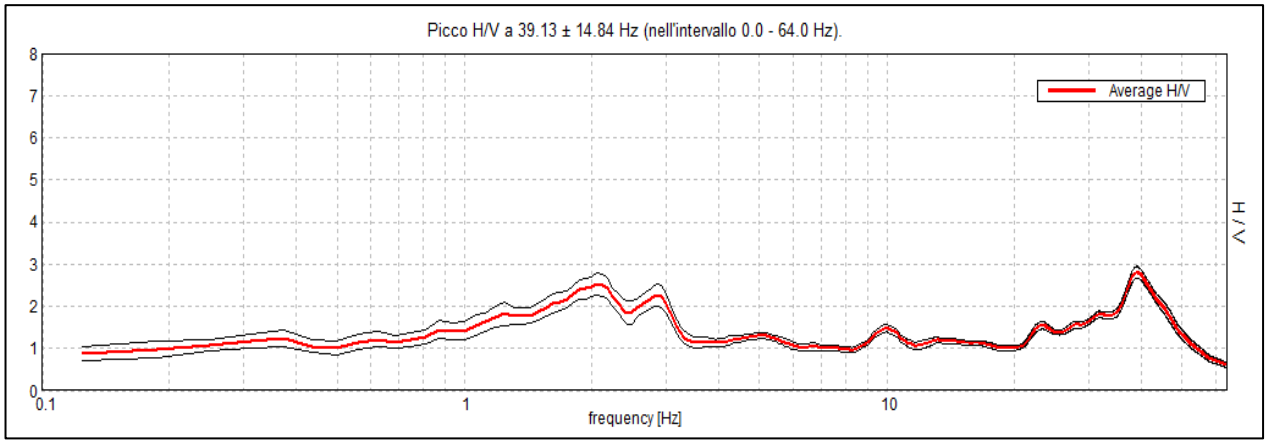


Fig. 5: Diagramma HVSR relativo alla misura Tr1.

3.3 INTERPRETAZIONE COMBINATA DELLE MISURE SISMICHE

Di seguito viene riportata l'interpretazione congiunta delle due misure sismiche (attiva e passiva) in modo tale da ovviare alla limitata profondità di indagine della prova MASW (-19 m dal p.c.) utilizzando anche come indicazioni i dati forniti dalle indagini geognostiche eseguiti nell'area.

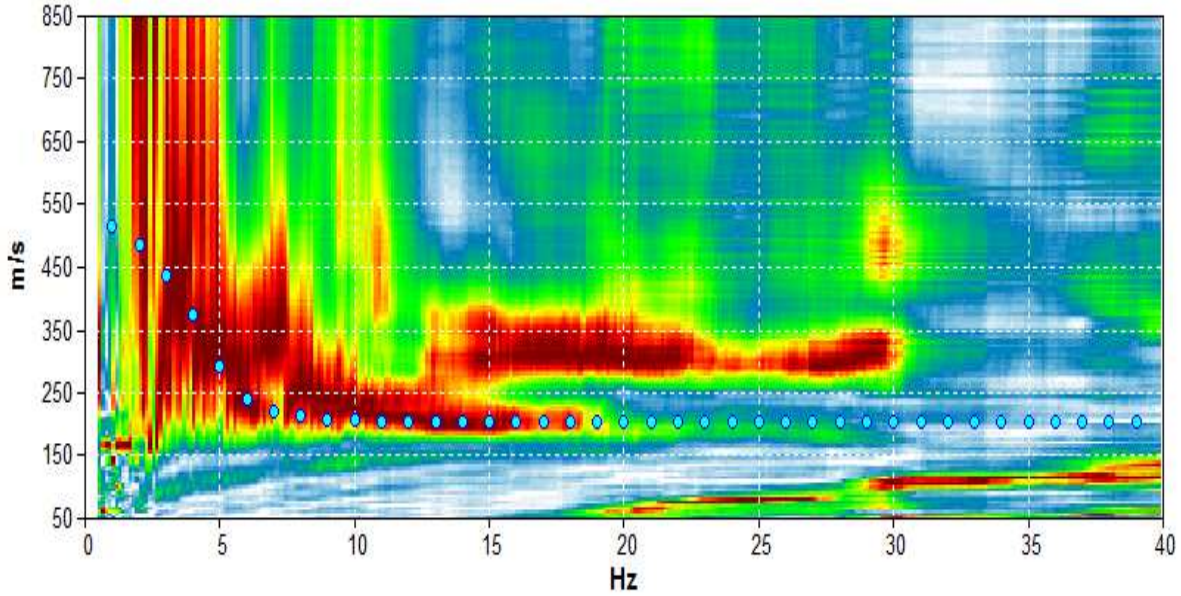


Fig. 6: Curva di dispersione del sito e la curva sintetica ricostruita.

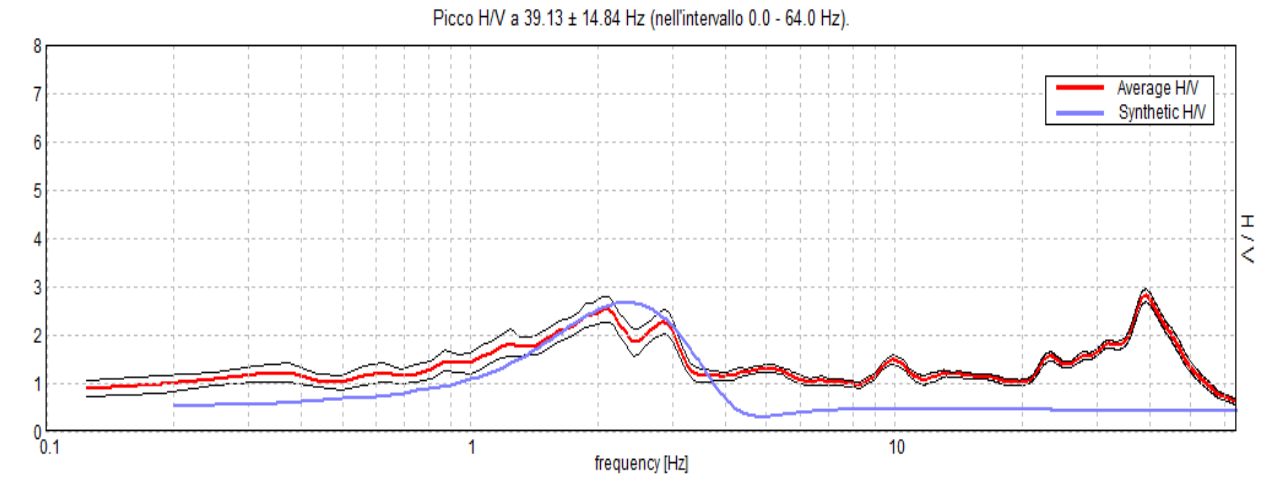


Fig. 7: Curva di dispersione del sito e la curva sintetica ricostruita.

La misura mostra picchi di risonanza generalmente modesti, concentrati per lo più a medio-basse frequenze.

Il grafico della curva di dispersione mostra ad alte e medie frequenze velocità di circa 215 m/s che si mantengono stabili fino a 7 Hz dove è presente un incremento delle Vs fino a 450 m/s. Tale passaggio corrisponde a una superfice sismica posta a - 19 m dal p.c. (tetto delle ghiaie). Nel grafico HVSR tale unità corrisponde al picco di risonanza presente a 2.8 Hz (H/V=2.3).

Oltre i -19 m di profondità la MASW non permette più di interpretare la misura in maniera corretta, per cui si è utilizzato il solo grafico HVSR. In particolare dal grafico HVSR si nota come, in parziale coalescenza con il picco a 2.8 Hz, è presente un secondo picco a 2.1 Hz con H/V=2.8, corrispondente a un contrasto di impedenza situato a -64 m dal p.c.. Il picco di risonanza principale e fondamentale del sito è quello a 2.1 Hz nel grafico HVSR, con un rapporto H/V=2.8. Oltre tale frequenza non sono presenti picchi significativi.

Nella tabella e nel grafico seguenti vengono evidenziati gli strati sismici con le relative velocità delle onde S.

Strati sismici	Profondità [m]	Vs [m/s]
1	0 – 9.0	215
2	19.0 –64.0	450
3	64.0 – inf	570

Tabella 5 : Modello sismo – stratigrafico del sito

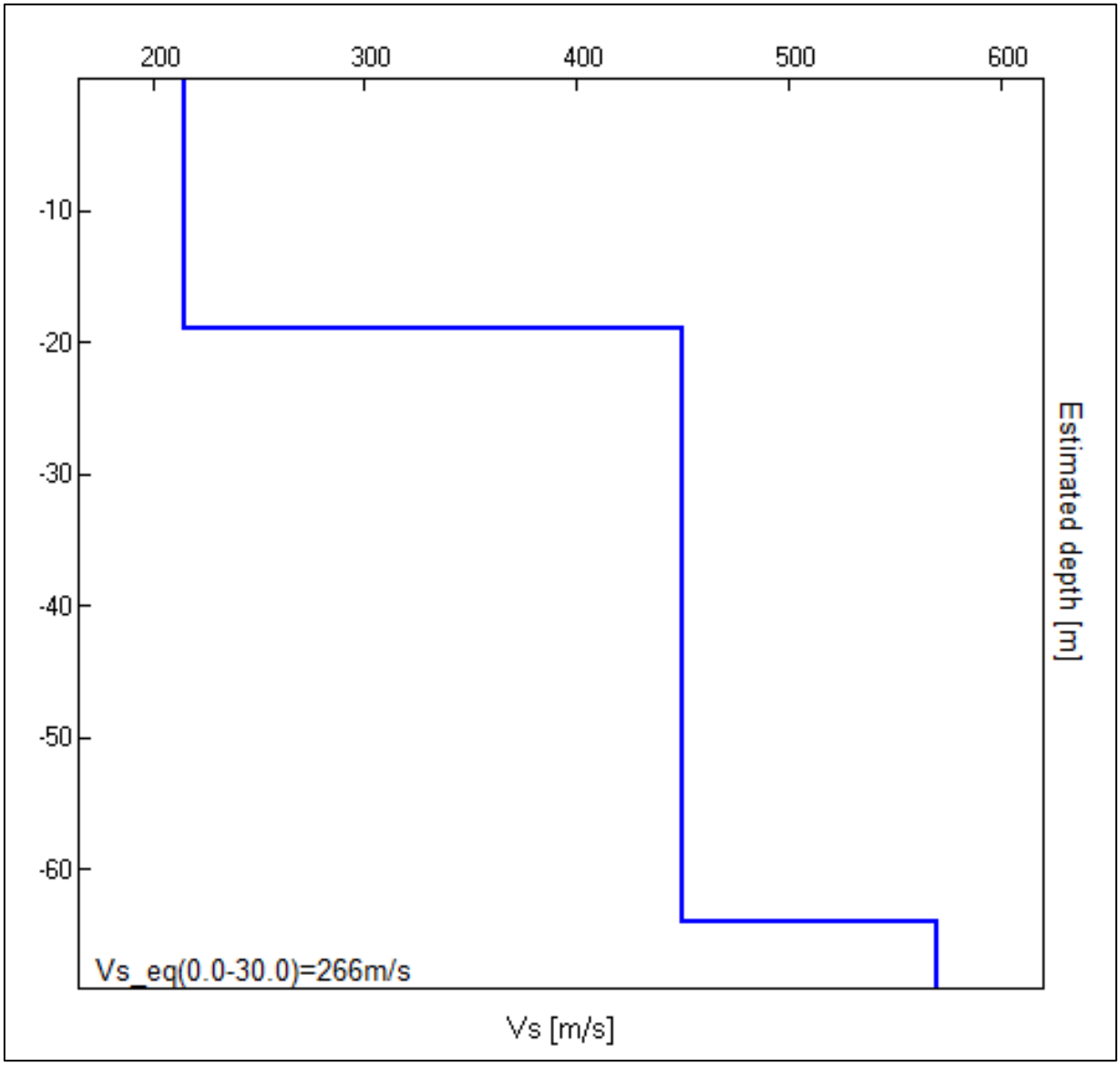


Fig. 8 : Modello sismo – stratigrafico del sito

4 DEFINIZIONE DEL PARAMETRO VS_EQ

Alla luce degli elementi emersi dall'indagine sismica la velocità equivalente Vs_eq di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità riferita al piano campagna della misura risulta:

$$\mathbf{Vs_{eq\ (0.00 \div -30.00\ m\ )} = 266\ m/s\ (\pm 15\%)}$$

5 CONCLUSIONI

In sintesi vengono riportati i risultati dello studio sismico effettuato:

- Il picco principale e fondamentale del sito è posto a 2,1 Hz e presenta un rapporto H/V pari a 2,8.
- Nel campo delle frequenze di interesse ingegneristico (0,7 Hz ÷ 11 Hz) si segnalano le frequenze comprese tra 1,5 e 3 Hz in grado di generare effetti di risonanza nel terreno. In particolare le frequenze attorno a 2,1 Hz e a 2,8 Hz.
- Il parametro Vs_eq (0÷30 m) del sito risulta pari a 266 m/s (±15%).

Bologna, 25 Febbraio 2019

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA
DOTT. ALBERTO FILELFI
Ordine dei Geologi Emilia-Romagna
GEOLOGO
SEZ.A
N. 1115 ALBO. P.

Dott. Alberto Filelfi
(O.G.E.R –Sez. A - A.P. 1115)