

COMUNE DI SALA BOLOGNESE

AMPLIAMENTO E MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL POLO SCOLASTICO DELL'INFANZIA
IN VIA GRAMSCI, 95/A, 95/B e 95/C A SALA BOLOGNESE NELL'AMBITO DELL'INTERVENTO
"PNRR NEXT GENERATION EU – MISSIONE 4 COMPONENTE 1"

COMMITTENTE:

Comune di Sala Bolognese
Piazza Marconi, 1
40010 Sala Bolognese (BO)



PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA:

Riguzzi e Mascellani Ingegneri Studio Associato
Ing. Paolo Mascellani
Ing. Daniela Riguzzi



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU

PROGETTAZIONE STRUTTURALE:

Ing. Daniele Manetti

PROGETTAZIONE IMPIANTI MECCANICI:

POOL Progetti Società tra professionisti
Ing. Pier Francesco Petroncini

CUP:G24E21000140001

PROGETTAZIONE IMPIANTI ELETTRICI:

PROEL Studio Tecnico Associato
Per.Ind. Marco Grillini

PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE

Relazione geologica

ELABORATO

RST07

ARCHIVIO

AR/250.02/A

DATA: 24.02.2023

REDATTO

--

VISTO

PM

DATA AGG.

DESCRIZIONE

REDATTO

VISTO

DATA AGG.

DESCRIZIONE

REDATTO

VISTO

ARCHIVIO

Riguzzi e Mascellani Ingegneri

Ingegneria – Architettura – Acustica ambientale - Certificazione Energetica

Studio Associato

via Amaroli, 11 – 40012 Calderara di Reno – Tel 0516468358 – www.RM-ingegneri.com

AMPLIAMENTO ASILO NIDO IN VIA GRAMSCI 95/A - SALA BOLOGNESE

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA CON VALUTAZIONE DEL PARAMETRO Vs30


DATA: 14 settembre 2022

Regione EMILIA ROMAGNA

Provincia BOLOGNA

Comune SALA BOLOGNESE
(BO)

Indirizzo VIA GRAMSCI, 95/A

Il committente:	Il redattore
Comune di Sala Bolognese Piazza G. Marconi 1, 40010 Padulle - Sala Bolognese (Bo)	Dott. Geol. Mirco Marinelli
	

INDICE

PREMESSA	3
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
Sezione 1 - Relazione Generale.....	4
1.1 UBICAZIONE E INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO.....	4
1.2 MODELLO GEOLOGICO, DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA E IDROGEOLOGICA - LIQUEFAZIONE.....	6
1.3 VALUTAZIONE Vs30 PER LA DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO IN CONDIZIONI SISMICHE.....	8
1.4 METODOLOGIA D'INDAGINE	11
1.5 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO E CALCOLO DEI VALORI CARATTERISTICI DEL TERRENO.....	12
1.6 CONCLUSIONI	13
2 – Allegati	15
2.1 Corografia – scala 1:25000	15
2.2 Cartografia CTR scala 1:2000 – elemento n.202163	16
2.3 Ubicazione area intervento con prova penetrometrica CPT1 e HVSr.....	17
2.4 Stralcio Carta Geologica di pianura.....	18
2.5 Stralcio Carta Geologica “Carg” Regione Emilia Romagna.....	19
Sezione 3 – Allegati Prova Penetrometrica Statica (CPT)	20
3.1 Prova penetrometrica statica, dati (C.P.T.1)	20
3.2 Prova penetrometrica statica (C.P.T.1), diagramma resistenza.....	22
3.3 Prova penetrometrica statica (C.P.T.1), diagrammi litologici (A.G.I. 77).....	23
3.4 Caratteristiche penetrometro utilizzato.....	24
3.5 Analisi liquefazione col metodo Idriss e Boulanger (2008) – Indice potenziale liquefazione e cedimenti di post-liquefazione	25
3.6 Foto giorno 08/09/2022 indagine CPT1 e registrazioni HVSr1 e HVSr2	26

PREMESSA

Su incarico della committenza, sono state eseguite le indagini e redatta la relazione geologico-geotecnica relativa all'intervento di realizzazione dell'ampliamento dell'asilo nido in via Gramsci 95/a nel comune di Sala Bolognese (BO).

In particolare, sono state eseguite:

- un sopralluogo atto a definire le condizioni geologico-morfologiche e litostratigrafiche dell'area in oggetto, necessario per accertare la fattibilità dell'opera;
- una prova penetrometrica statica CPT con lo scopo di caratterizzare il terreno in esame dal punto di vista litostratigrafico e geotecnico;
- n.2 tomografie (HVSR) per la valutazione delle onde di taglio Vs secondo la normativa vigente.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Decreto Ministeriale 17.01.2018 e circolare applicativa

Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni

Decreto Ministeriale 14.01.2008

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI

Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico

Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale

Sezione 1 - Relazione Generale

1.1 UBICAZIONE E INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

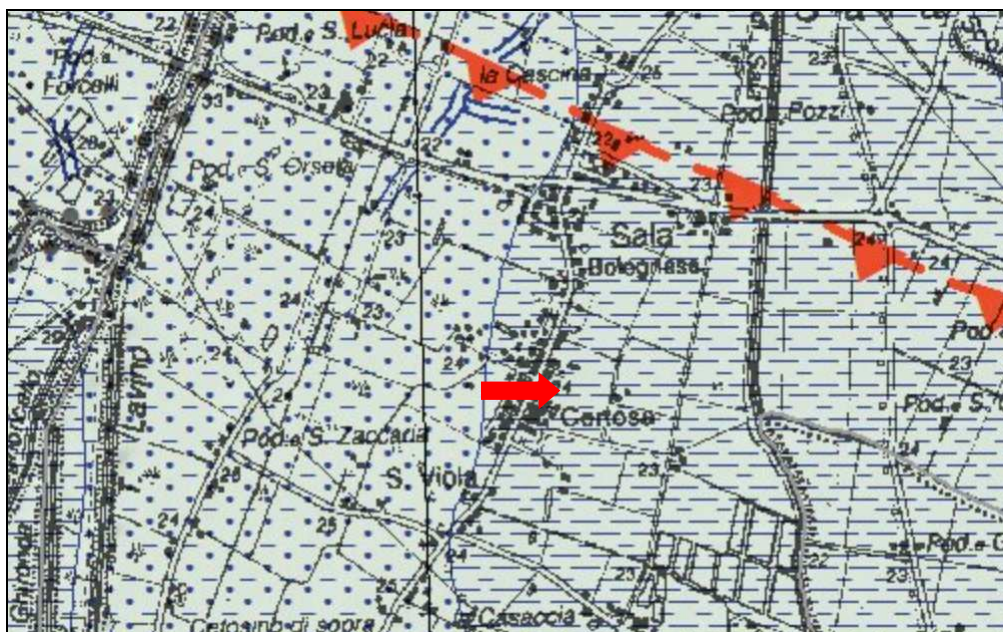
L'intervento prevede la realizzazione dell'ampliamento dell'asilo nido in via Gramsci 95/a nel Comune di Sala Bolognese, ad una quota media di circa 22.5m s.l.m. (si veda ubicazione intervento allegati par.2.1, 2.2 e 2.3).

Morfologicamente l'area d'indagine risulta ubicata in pianura, in una zona abitata con una morfologia pianeggiante e compresa tra il corso del torrente Lavino e di alcuni canali di bonifica.

Dal punto di vista geologico il comparto di terreno in esame è caratterizzato da "depositi alluvionali" quaternari di "argine distale" al limite con depositi di "area interfluviale" (vedi carta geologica di pianura par.2.4). I depositi di "canale e argine" si sono originati dal corso di vecchi corsi d'acqua che un tempo non erano arginati e regimati creando frequenti tracimazioni. L'area, in un recente passato, è stata interessata dall'attività di trasporto e deposizione dei torrenti Lavino, Samoggia e del fiume Reno. L'origine di questi depositi è da attribuirsi alla capacità di trasporto di questi paleoalvei che vicino al corso principale è elevata creando deposizioni di sedimenti per lo più grossolani e sabbiosi mentre allontanandosi diminuisce depositando sedimenti più fini. Questi depositi variano arealmente e assumono spesso forme lentiformi e irregolari di spessore variabile. La prova CPT eseguita, ha indicato una prevalenza di terreni "limoso-argillosi" per gran parte dell'indagine (si veda paragrafo successivo di descrizione del modello geologico).

La geologia, come evidenziato nella carta geologica della Regione Emilia Romagna "Progetto CARG" (vedi par.2.5) descrive i depositi quaternari più recenti con un approccio stratigrafico-sequenziale (cicli deposizionali) con unità stratigrafiche a limiti in conformi di differente ordine gerarchico (UBSU - Unconformity-Bounded-Stratigraphic Units). Le superfici di discontinuità di natura tettonica delimitano così le unità dette "sintemi" mentre le superfici di discontinuità eustatiche (variazione del livello marino) delimitano al loro interno le unità stratigrafiche di rango inferiore definite "subsintemi". L'area in studio è posta all'interno del Subsistema di Ravenna (AES8) che è recente (Olocenico) e che mostra al suo interno una forte variabilità in termini di associazioni di facies. In particolare il comparto in esame appartiene all'Unità di Modena (AES8a) di età post-romana differenziabile sulla base di attributi podologici e talvolta archeologici con l'ausilio di datazioni al radiocarbonio.

Dal punto di vista tettonico, il territorio in esame è legato all'evoluzione tettonico-sedimentaria del bacino padano. Le prospezioni geofisiche ed i sondaggi effettuati dall'Agip per la ricerca di idrocarburi hanno individuato nel sottosuolo padano strutture profonde, sviluppatesi in un lasso di tempo compreso tra il Miocene superiore ed il Pleistocene, geneticamente connesse alla tettonica che ha caratterizzato l'evoluzione strutturale dell'Appennino (si veda carta sottostante).



Scorrimento post tortoniano nell'area di Certosa-Sala Bolognese

1.2 MODELLO GEOLOGICO, DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA E IDROGEOLOGICA - LIQUEFAZIONE

La litostratigrafia è stata ricostruita grazie alle valutazioni litologiche fornite dalla prova CPT ed in particolare mediante l'utilizzo del metodo A.G.I.1977 (vedi allegato par.3.3).

In generale la prova ha indicato la presenza di un terreno "limoso-argilloso" per gran parte della verticale d'indagine che si è spinta fino a 20 metri. Le caratteristiche di resistenza geomeccanica dei terreni superficiali sono risultate basse (sui 10-15 Kg/cm² di resistenza alla punta qc).

Ricostruzione stratigrafica CPT1:

Profondità (m)	Litologia (Begemann - AGI)	Resistenza terreno alla punta (qc medio in Kg/cm ²)
0,0 – 1,2	Terreno limoso di riporto superficiale con presenza di materiale antropico (ciottoli, frammenti di laterizi, pietrisco etc.) intorno alla profondità di -1/-1.2m	>70 (medio alta)
1,4 – 4,4	Argille limose	12 (bassa)
4,6 – 10,2	Limi argillosi	20 (medio bassa)
10,4 – 16,2	Argille limose e limi argillosi	15 (bassa)
16,4 – 20.0	Limi con livelli "sabbiosi"	>30 (media)

L'indagine CPT1 eseguita, ha individuato il giorno di prova (08/09/2022) un primo livello idrico superficiale ad una profondità di -2.74m dal piano di campagna. Questo valore è soggetto a forti variazioni durante il ciclo stagionale.

Nel par. 3.5 utilizzando i dati della prova penetrometrica statica CPT1 eseguita, è stata effettuata una verifica alla liquefazione col Metodo di Idriss e Boulanger (2008), inserendo i dati dell'indagine all'interno del software P.G.S. della Flaccovio. Il coefficiente di sicurezza F_s nei confronti della liquefazione è dato dal rapporto tra la domanda (rapporto di tensione ciclica CSR) e la capacità (rapporto di resistenza ciclica CRR). Un terreno è considerato liquefacibile se $F_s < 1,25$.

Tutti i metodi calcolano la CSR con la formula di Seed e Idriss del 1971, mentre per il calcolo di CRR Idriss e Boulanger (2008) hanno proceduto nel seguente modo:

- normalizzazione della resistenza di punta
- correzione del contenuto di fine
- calcolo di $q(c1, N, c)$
- calcolo CRR

Applicando i parametri sismici della normativa e una magnitudo di 6.14 è risultato un indice del potenziale di liquefazione basso < 2 con lo sviluppo di cedimenti post-sismici praticamente nulli. Si vedano i risultati al par.3.5.

Nel prossimo paragrafo, viene dettagliato uno studio "HVSr" per la determinazione della V_{s30} nell'area d'intervento.

1.3 VALUTAZIONE Vs30 PER LA DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO IN CONDIZIONI SISMICHE

Il giorno 08 Settembre 2022 sono state eseguite n.2 indagini con "tromografo digitale" definite come registrazioni HVSR1 e HVSR2 (vedi ubicazione par.2.3 e foto par. 3.6). Queste registrazioni sono state utilizzate per la determinazione della Vs30 necessaria per la progettazione sismica con la normativa vigente (D.M. 17/01/2018)

Si riporta in questo paragrafo l'elaborazione e i risultati della prova HVSR2 che è risultata la più rappresentativa per lo studio del comparto di terreno in esame.

Per la rilevazione del rumore sismico ambientale è stato utilizzato il tromografo digitale TROMINO (Micromed), progettato specificamente. Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri), orientati N-S, E-W e verticalmente, che permettono la registrazione del microtremore nel campo di frequenze compreso tra 0 e 200 Hz.

Dopo che il segnale è stato acquisito da tre velocimetri per un determinato tempo t, e digitalizzato a 24 bit, esso viene trasmesso ad un software dedicato (Grilla) il quale, per ciascuna delle tre componenti del moto, esegue le seguenti operazioni:

1. divisione del tracciato in finestre di lunghezza stabilita dall'operatore;
2. depurazione del segnale dal trend di ciascuna finestra;
3. "taper" con una finestra di Bartlett;
4. "pad" di ciascuna finestra con degli zero;
5. calcolo della trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
6. calcolo dello spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
7. smothing (lisciamento) dello spettro di ogni finestra secondo differenti funzioni la cui scelta viene definita dall'operatore;
8. calcolo del rapporto spettrale HVSR per ogni frequenza e per ogni finestra.

Il risultato finale consiste nella graficizzazione delle medie degli HVSR di ciascuna finestra e nell'interpretazione secondo la tecnica di Nakamura.

Le misure di microtremori vengono anche utilizzate per valutazioni stratigrafiche o, alternativamente, di velocità delle onde di taglio (Vs). Il metodo risulta molto semplice ed intuitivo nell'ipotesi di un sottosuolo stratificato orizzontalmente e i cui parametri variano solo con la profondità (sistema monodimensionale 1D).

Nel caso ideale di un sottosuolo formato da due soli strati (la copertura (1) ed il bedrock (2)), separati da una superficie orizzontale e distinguibili per un diverso valore di impedenza sismica, ovvero per differenti densità e/o velocità delle onde sismiche, un'onda che viaggia nel mezzo (1) viene parzialmente riflessa dall'orizzonte che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le massime ampiezze di oscillazione (condizione di risonanza), quando la sua lunghezza d'onda λ è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h del primo strato. In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza f_r della copertura (mezzo (1)), relativa alle onde P è pari a:

$$f_r = VP1 / (4 h) \quad (5)$$

mentre quella relativa alle onde S è:

$$f_r = VS1 / (4 h) \quad (6)$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati alle varie profondità. Questo, insieme ad una stima degli spessori degli strati, che è solitamente disponibile almeno a livello di massima, è in grado di fornire previsioni sulle velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo.

ACQUISIZIONE DATI

Al fine di tarare al meglio gli spessori e le velocità sismiche degli strati, la registrazione è stata eseguita in prossimità della prova penetrometrica statica CPT1 allegata.

Le misure sono state effettuate su terreno soffice e umido. Il vento è stato di debole entità e dunque tale da non creare disturbo ai dati.

Lo scrivente ritiene che non ci siano state altre condizioni sfavorevoli atte a produrre vibrazioni aggiuntive a quelle di interesse.

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Il grafico 1, indicante gli spettri delle tre componenti ortogonali tra loro, non mostra particolari segni di rumore antropico. L'accoppiamento dello strumento con il terreno risulta di buona qualità, dal momento che nessuna delle tre curve tende ad avere un andamento completamente discordante da quello delle altre due. Pertanto i picchi principali e secondari presenti nel grafico 2, indicante il diagramma HVSr, sono da considerare naturali.

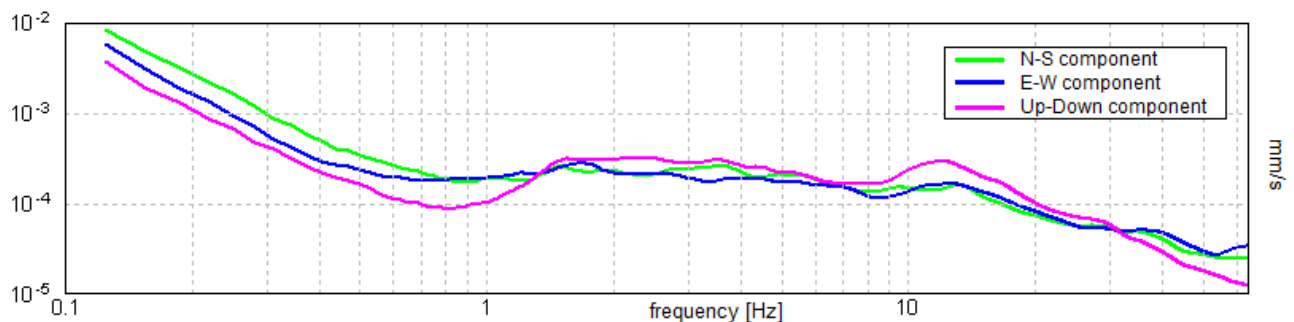


Grafico 1: Spettri delle tre componenti ortogonali rilevate nella registrazione HVSr2.

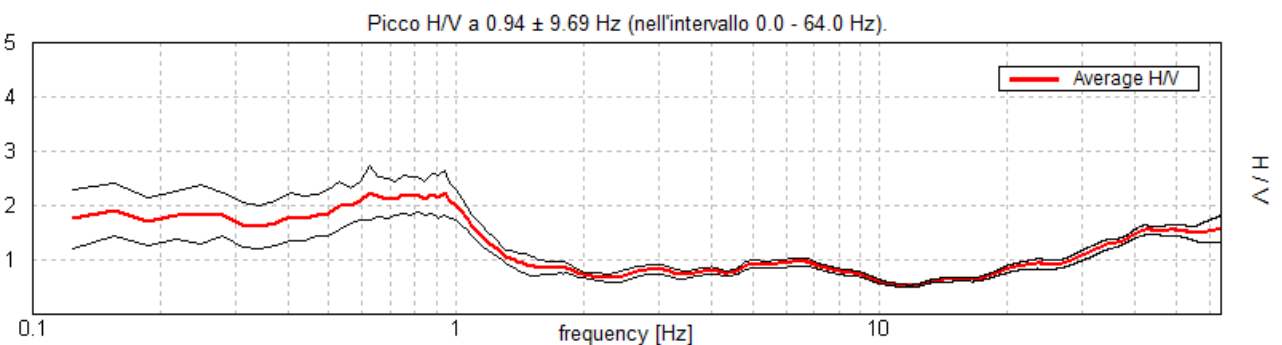


Grafico 2: Diagramma HVSr indicante lo spettro del moto del suolo rilevato nella registrazione HVSr2.

L'indagine, ha individuato un picco superficiale intorno ai 55Hz che indica un aumento della consistenza del terreno che si ha già nel primo metro della prova CPT1 abbinata, altri picchi poco marcati si hanno intorno a 3 e 7Hz.

Rapportando l'indagine ai valori della prova CPT eseguita, le velocità estratte per gli spessori dei materiali nel punto di registrazione HVSR2 vengono di seguito esposte.

	Profondità (m)	V _S (m/sec)
Strato sismico 1	0.0 – 1.3	260
Strato sismico 2	1.3 – 17.3	195
Strato sismico 3	17.3 – 30.0	285

VALUTAZIONE DEL PARAMETRO V_{S30} E DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Sulla base dei risultati ricavati nel paragrafo precedente, ed in accordo con l'attuale normativa, viene calcolato il valore del parametro V_{S30} tramite la formula:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Da cui, rispetto al piano campagna, si ottiene:

$$V_{S30 (0.0 \div 30.0)} = 228 \text{ m/sec}$$

Per le velocità sopra elencate per il terreno in oggetto, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, viene associata una categoria di suolo di fondazione di tipo "C" definita:

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

Tale categoria di sottosuolo risulta valida anche alla profondità della fondazione in progetto.

1.4 METODOLOGIA D'INDAGINE

Per verificare le caratteristiche geotecniche dell'area in esame, è stata eseguita il giorno 08/09/2022 una prova penetrometrica statica (CPT1), si veda ubicazione all'allegato par.2.3.

La prova penetrometrica statica (CPT) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica con dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v=2\text{cm/sec} \pm 0.5\text{cm/sec}$). La punta conica è anche dotata di un manicotto per la misura dell'attrito laterale. Lo sforzo di infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura collegato al martinetto idraulico.

Nel nostro caso è stato utilizzato un Penetrometro da 100KN carrellato (vedi caratteristiche tecniche e foto par.3.4-3.6) per prove penetrometriche statiche CPT. La punta utilizzata è di tipo meccanico standard modello Begemann, ($\phi=35,7\text{ mm}$), con angolo di apertura di 60° , sezione di 10 cm^2 e con manicotto di frizione "Friction Jacket" per la misura della resistenza d'attrito laterale locale, avente superficie di 150 cm^2 .

La lunghezza delle aste dello strumento è di 1,00 m. e le letture, effettuate ogni 20 cm, forniscono due valori rappresentativi del terreno:

- la resistenza alla punta "qc" in tabella, che si riferisce ai valori della resistenza offerta dal terreno all'avanzamento della punta conica;
- la resistenza laterale "fs" in tabella che si riferisce alla resistenza di attrito misurata mediante il manicotto di frizione.

Grazie a tali prove si sono così potuti individuare i parametri geotecnici e ricostruire i terreni attraversati da un punto di vista litostratigrafico grazie a due metodi (vedi metodo A.G.I. 1977 nell'allegato 3.3):

- Metodo Begemann basato sul rapporto qc/fs fra la resistenza di punta e la resistenza laterale del penetrometro (Raccomandazioni A.G.I. 1977)
- Metodo Schmertmann che considera il rapporto di frizione Fr ($Fr\%=100\text{ fs}/qc$)

Tramite i valori di "qc" è possibile parametrizzare i dati ottenuti ogni 20cm di terreno dalle due prove e risalire al valore di $Cu(K)$ – si veda il paragrafo successivo.

1.5 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO E CALCOLO DEI VALORI CARATTERISTICI DEL TERRENO

L'intervento previsto, riguardante l'ampliamento dell'asilo nido, prevederà la realizzazione di una struttura fondale costituita da una "platea" che sarà oggetto di progettazione esecutiva. La profondità alla quale si attesterà questa fondazione sarà -1.30/-1.40m dal piano di campagna. Tale profondità del piano di posa, risulta in linea con le fondazioni esistenti dell'asilo e consente di superare il materiale antropico trovato dall'indagine.

In questo paragrafo vengono determinati i parametri caratteristici necessari per la progettazione che serviranno per calcolare la "resistenza del terreno" nei confronti della struttura fondale che sarà prevista.

Si è quindi provveduto alla determinazione del valore caratteristico delle resistenze.

Per la determinazione del valore caratteristico di C_u (viene considerato terreno "limoso" a livello fondale) è stato considerato un calcolo statistico basato sul 5° percentile della distribuzione del campione utilizzando le correlazioni con i parametri ottenuti dalle prove e considerando una profondità efficace sotto le fondazioni.

Per superficie di rottura grande si può utilizzare:

$$\mu = t(n-1) \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right) + \bar{x}$$

Sono così stati determinati i seguenti parametri:

media dati: 55 KPa

Dev. Std: 5

valore caratteristico $C_u(k)$: 50 KPa

Altri dati validi per la progettazione che sono stati determinati in questa fase:

- CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO: "C" (vedi par.1.3)
- CATEGORIA TOPOGRAFICA: "T1"

1.6 CONCLUSIONI

Le indagini geologiche, geofisiche e questa relazione sono state mirate a determinare i parametri richiesti dal Decreto Ministeriale 17.01.2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” necessari per procedere con la realizzazione dell’ampliamento dell’asilo nido situato in via Gramsci 95/a nel territorio comunale di Sala Bolognese. In questa fase, dal punto di vista geologico-geotecnico, l’intervento si ritiene “fattibile” e questa relazione dovrà essere completata dai calcoli “esecutivi” relativi alle opere fondali che saranno previste.

Dal punto di vista geologico il comparto di terreno in esame è costituito da depositi quaternari di “piana alluvionale” ed in particolare da depositi di “argine distale” al limite con depositi di “area interfluviale”. In dettaglio, la zona è posta in vicinanza di vecchie divagazioni dei corsi dei torrenti Lavino, Samoggia e del fiume Reno che un tempo non erano arginati e regimati.

Litologicamente, il comparto di terreno d’indagine, dopo i primi -1.2/-1.3m di terreno di riporto e materiale antropizzato, è costituito da terreni fini coesivi di litologia “limoso-argillosa”. Solo sotto ai 17m di profondità l’indagine ha individuato “livelli sabbiosi”.

Nel paragrafo 1.2 è stato costruito il “modello geologico” attraverso l’elaborazione dei dati ottenuti dalla prova penetrometrica statica CPT1. Questa prova ha permesso la definizione di un modello geologico “sintetico” con una descrizione litostratigrafica e geomeccanica dei terreni attraversati.

Il giorno 08/09/2022 l’indagine CPT1 eseguita, ha individuato un primo livello idrico superficiale ad una profondità di -2.74m dal piano di campagna.

E’ stata effettuata nello stesso paragrafo una verifica alla liquefazione, utilizzando i dati ottenuti dall’indagine CPT1 e il metodo empirico di “Idriss & Boulanger”. I risultati ottenuti sono stati un indice del potenziale di liquefazione basso <2 e cedimenti di post-liquefazione praticamente nulli.

Dal punto di vista sismico (si veda par.1.3) è stata definita con indagini di tipo “HVSr” una categoria di suolo di fondazione di tipo “C” ai fini del calcolo dell’azione sismica di progetto in base al valore del parametro V_{s30} .

Nel par.1.5 è stato eseguito un calcolo dei parametri caratteristici del terreno ed in particolare della coesione non drenata (C_u) che verrà utilizzata per il calcolo della resistenza del terreno in fase “esecutiva”, quando verranno definite (con lo strutturista) le caratteristiche tipologiche e

geometriche delle opere fondali previste. In fase esecutiva dovranno altresì essere calcolati e verificati i cedimenti della struttura.

Lo scrivente rimane a disposizione per chiarimenti o qualora si renda necessario.

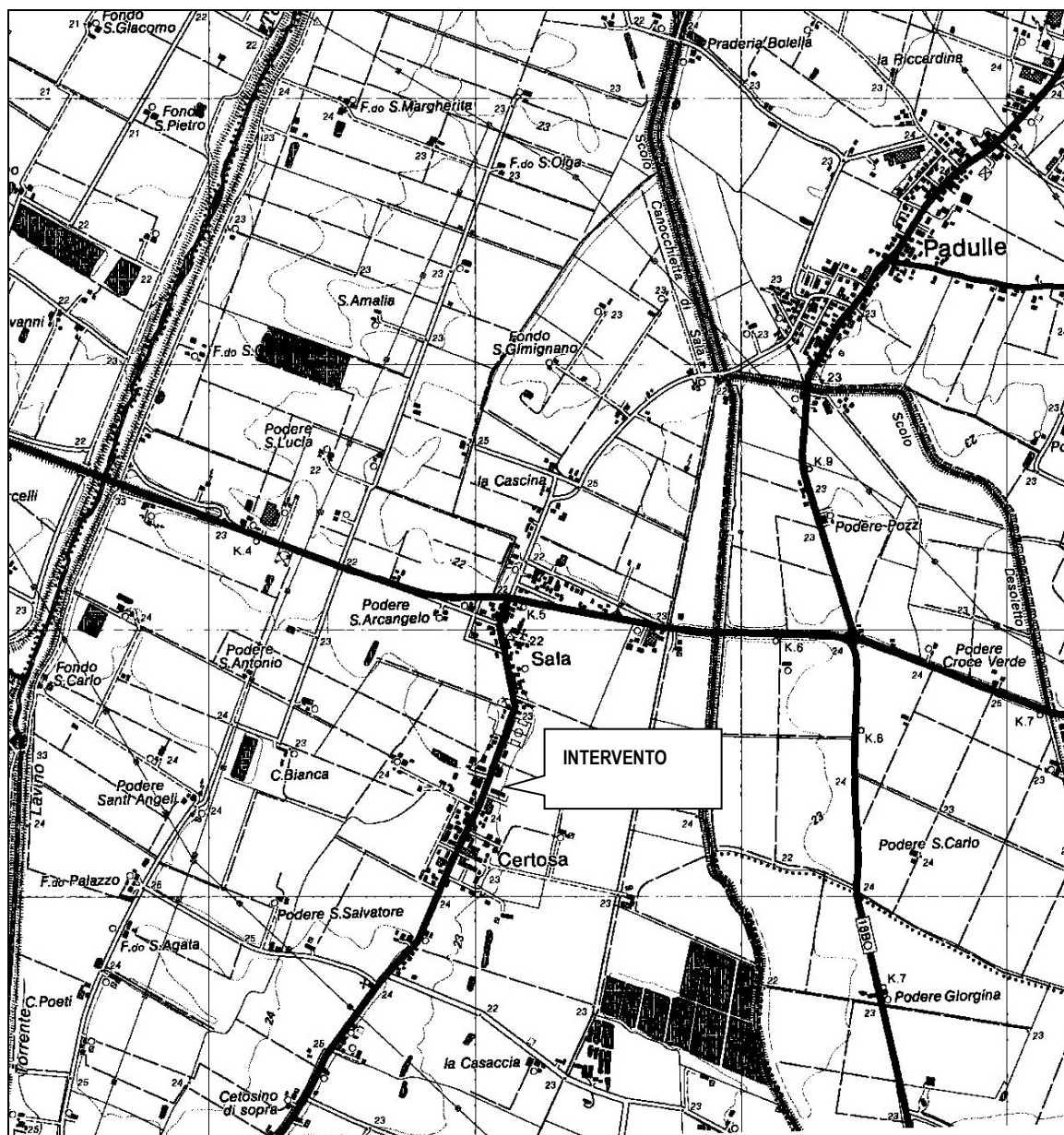
Bologna, lì **14 settembre 2022**

Dott. Geol. Mirco Marinelli

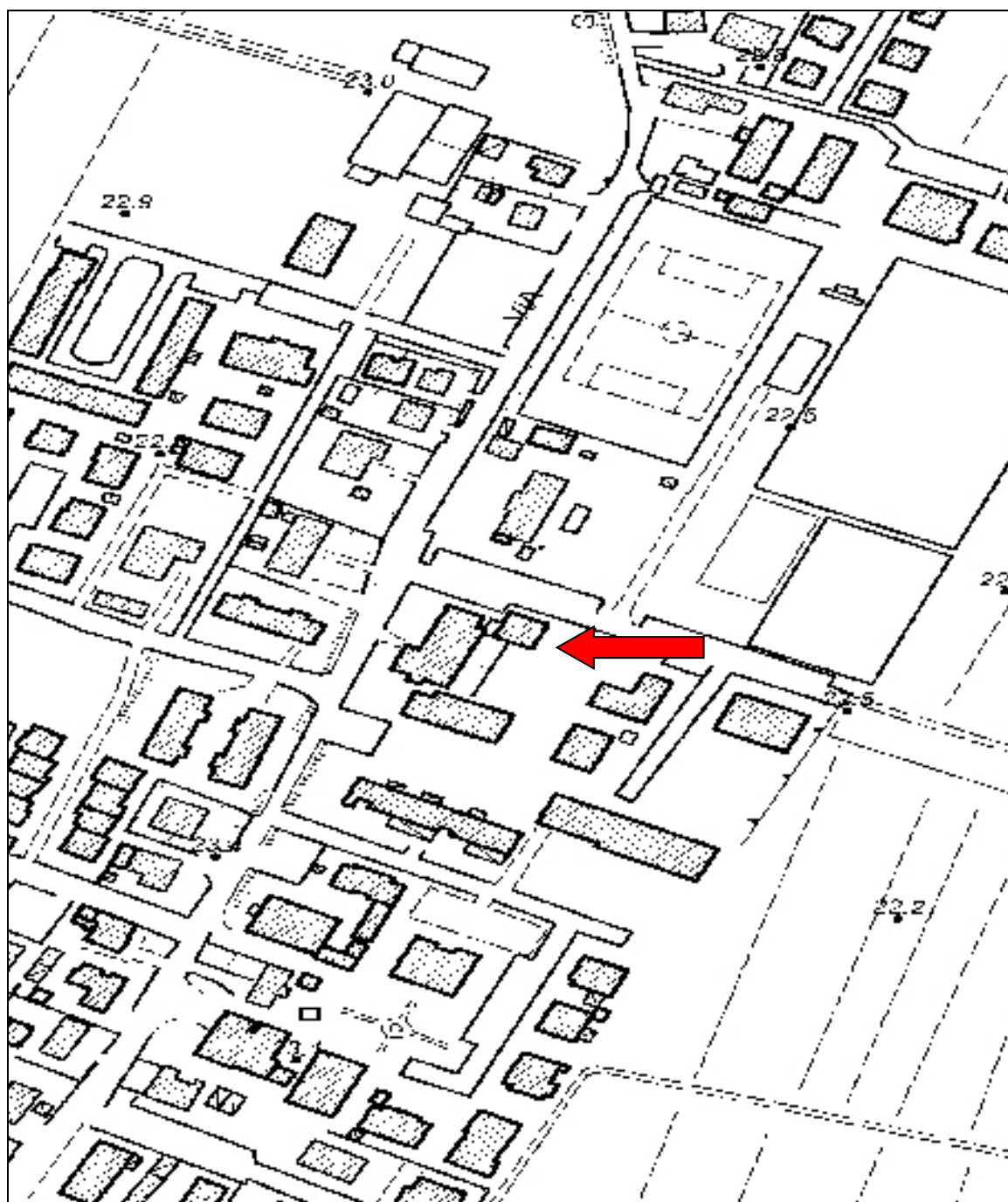


2 – Allegati

2.1 Corografia – scala 1:25000



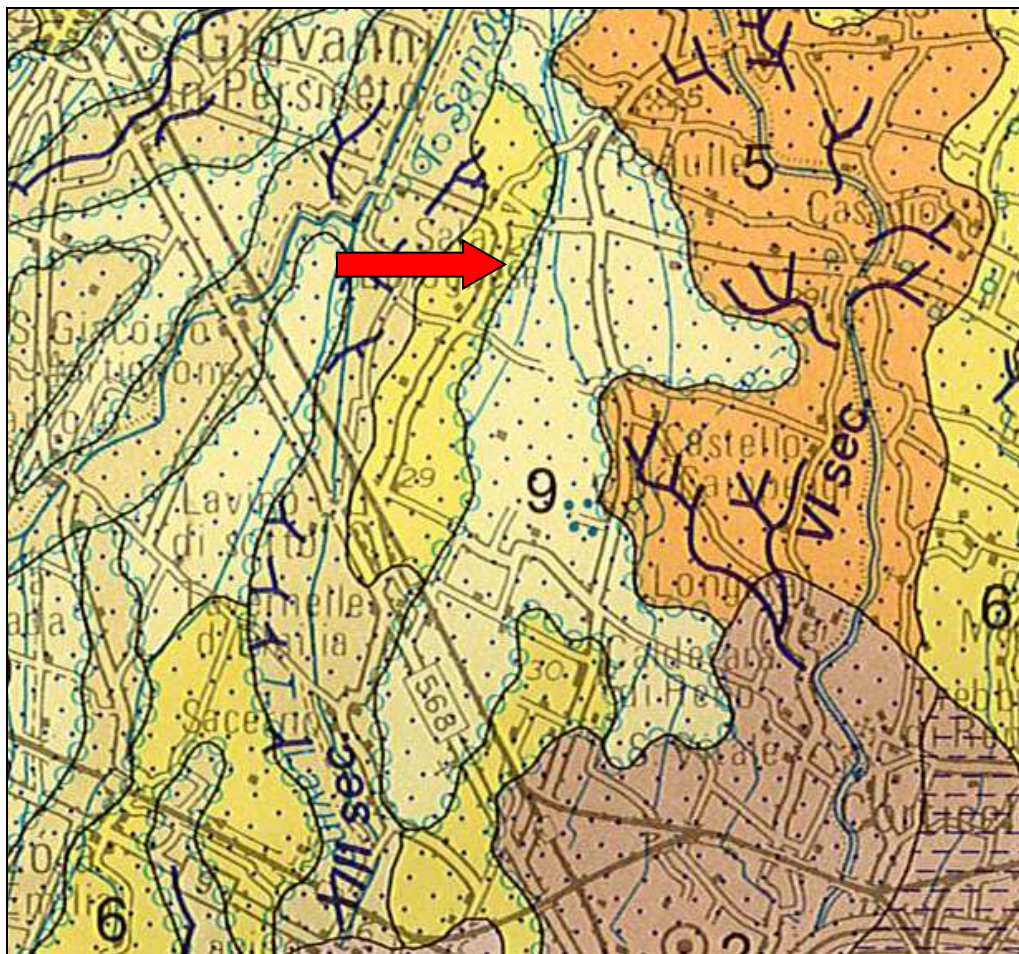
2.2 Cartografia CTR scala 1:2000 – elemento n.202163



2.3 Ubicazione area intervento con prova penetrometrica CPT1 e HVSR



2.4 Stralcio Carta Geologica di pianura



Legenda:

PIANA ALLUVIONALE *ALLUVIAL PLAIN*

- 5** Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine prossimale.
Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.
Medium and fine sand in beds tens of centimetres thick, changing laterally and/or intercalated to fine and very fine silty sand, smaller amount of clayey silt; locally medium and coarse sand in lenticular, ribbon shaped bodies. Channel and proximal levee.
At the top, soils with various degree of evolution.

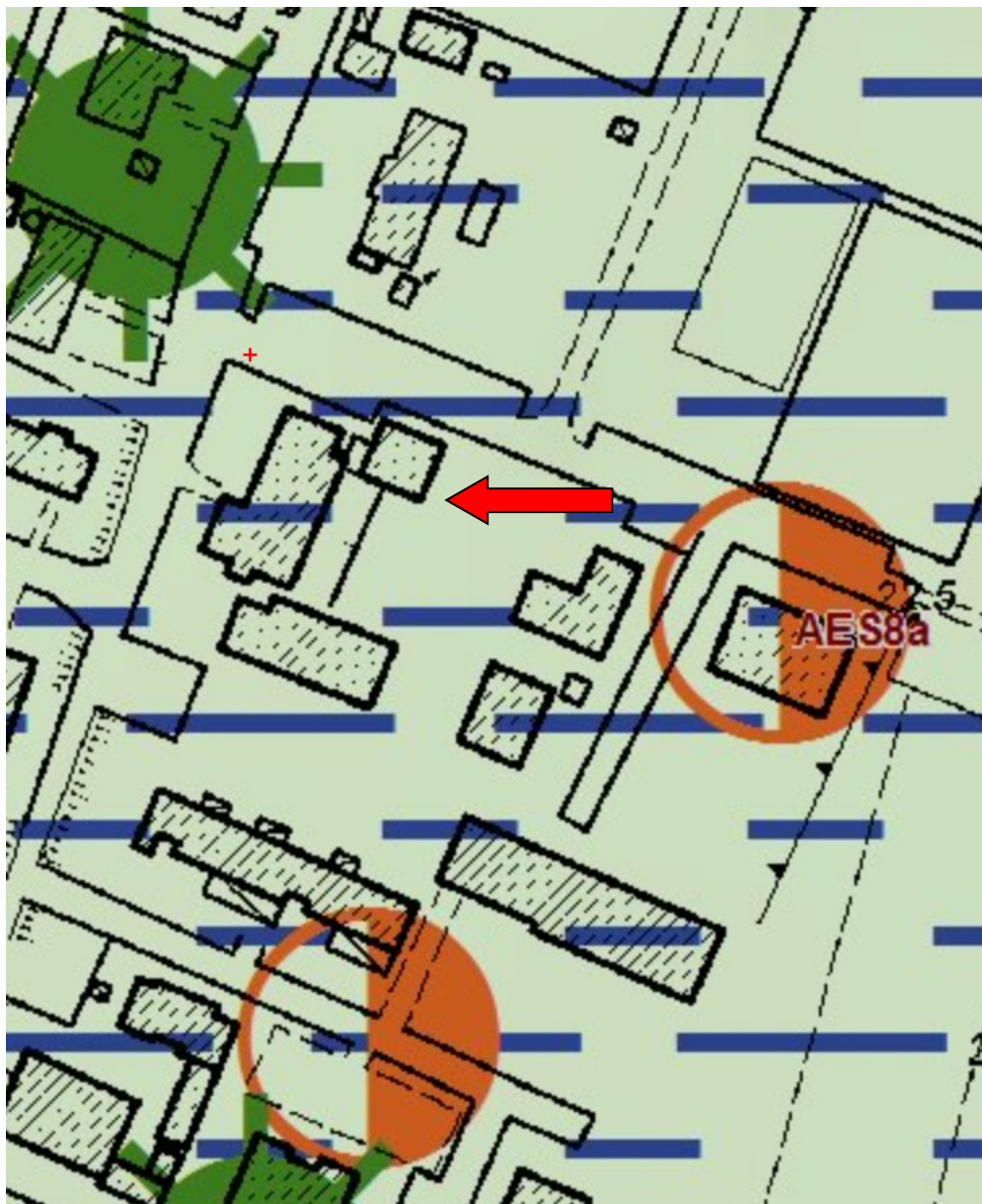
6 Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso-argillose intercalate in strati di spessore decimetrico. Depositi di argine distale.
Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.
Sandy silt, fine and very fine sand, silty clay and smaller amounts of silty-clayey sand intercalated in beds tens of centimetres thick. Distal levee deposits.
At the top, soils with various degree of evolution.

7 Sabbie medie e fini, limi e argille limose intercalati in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine indifferenziati.
Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.
Medium and fine sand, silt and silty clay intercalated in beds tens of centimetres thick; locally medium and coarse sand in lenticular and ribbon shaped bodies. Channel and undifferentiated levee deposits.
At the top soils with various degree of evolution.

8 Limi argillosi e limi sabbiosi, subordinatamente sabbie fini e finissime, in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine indifferenziati.

9 Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area interfuviale e depositi di palude.
Silty clay, clay and laminated clayey silt, locally concentrations of partially decomposed organic matter. Backswamp deposits.

2.5 Stralcio Carta Geologica “Carg” Regione Emilia Romagna



Ambienti deposiz. e litologie	
Limo Argilloso - Piana alluvionale	
Coperture quaternarie	
	AES8a - Unità di Modena

Sezione 3 – Allegati Prova Penetrometrica Statica (CPT)

3.1 Prova penetrometrica statica, dati (C.P.T.1)

Strumento utilizzato DEEP DRILL SP100/C

Prova eseguita in data 08/09/2022

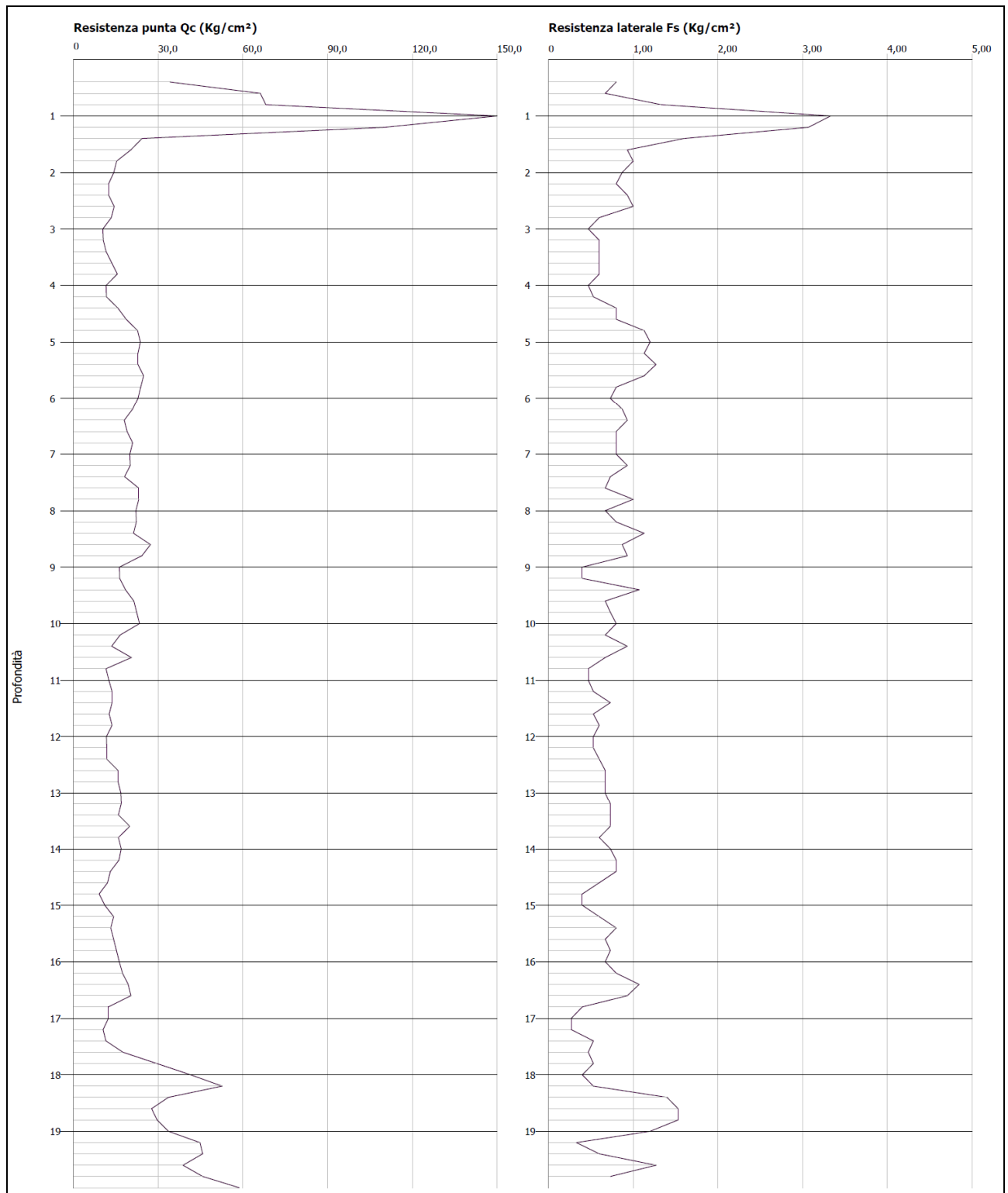
Profondità prova -20,00 m

Livello idrico -2,74 m

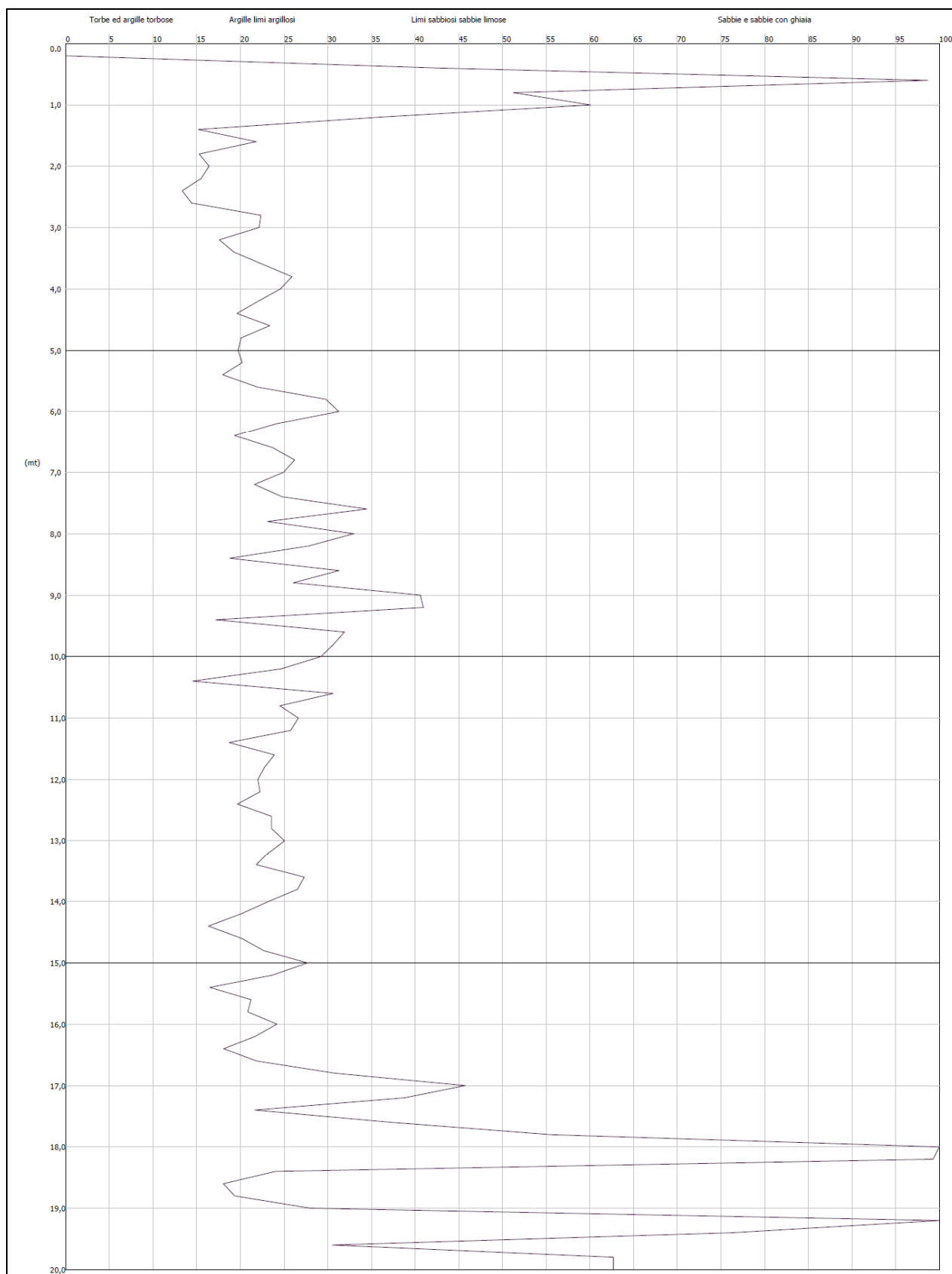
Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	-	-	-	-	-	-
0,40	17,0	21,0	34,14	0,80	42,68	2,34
0,60	33,0	39,0	66,14	0,67	98,72	1,01
0,80	34,0	39,0	68,14	1,33	51,23	1,95
1,00	100,0	110,0	200,14	3,33	60,10	1,66
1,20	55,0	80,0	110,28	3,07	35,92	2,78
1,40	12,0	35,0	24,28	1,60	15,18	6,59
1,60	10,0	22,0	20,28	0,93	21,81	4,59
1,80	7,5	14,5	15,28	1,00	15,28	6,54
2,00	7,0	14,5	14,28	0,87	16,41	6,09
2,20	6,0	12,5	12,41	0,80	15,51	6,45
2,40	6,0	12,0	12,41	0,93	13,34	7,49
2,60	7,0	14,0	14,41	1,00	14,41	6,94
2,80	6,5	14,0	13,41	0,60	22,35	4,47
3,00	5,0	9,5	10,41	0,47	22,15	4,51
3,20	5,0	8,5	10,55	0,60	17,58	5,69
3,40	5,5	10,0	11,55	0,60	19,25	5,19
3,60	6,5	11,0	13,55	0,60	22,58	4,43
3,80	7,5	12,0	15,55	0,60	25,92	3,86
4,00	5,5	10,0	11,55	0,47	24,57	4,07
4,20	5,5	9,0	11,69	0,53	22,06	4,53
4,40	7,5	11,5	15,69	0,80	19,61	5,10
4,60	9,0	15,0	18,69	0,80	23,36	4,28
4,80	11,0	17,0	22,69	1,13	20,08	4,98
5,00	11,5	20,0	23,69	1,20	19,74	5,07
5,20	11,0	20,0	22,83	1,13	20,20	4,95
5,40	11,0	19,5	22,83	1,27	17,98	5,56
5,60	12,0	21,5	24,83	1,13	21,97	4,55
5,80	11,5	20,0	23,83	0,80	29,79	3,36
6,00	11,0	17,0	22,83	0,73	31,27	3,20
6,20	10,0	15,5	20,97	0,87	24,10	4,15
6,40	8,5	15,0	17,97	0,93	19,32	5,18
6,60	9,0	16,0	18,97	0,80	23,71	4,22
6,80	10,0	16,0	20,97	0,80	26,21	3,81
7,00	9,5	15,5	19,97	0,80	24,96	4,01
7,20	9,5	15,5	20,10	0,93	21,61	4,63
7,40	8,5	15,5	18,10	0,73	24,79	4,03
7,60	11,0	16,5	23,10	0,67	34,48	2,90
7,80	11,0	16,0	23,10	1,00	23,10	4,33
8,00	10,5	18,0	22,10	0,67	32,99	3,03
8,20	10,5	15,5	22,24	0,80	27,80	3,60
8,40	10,0	16,0	21,24	1,13	18,80	5,32
8,60	13,0	21,5	27,24	0,87	31,31	3,19
8,80	11,5	18,0	24,24	0,93	26,06	3,84
9,00	7,5	14,5	16,24	0,40	40,60	2,46
9,20	7,5	10,5	16,38	0,40	40,95	2,44
9,40	8,5	11,5	18,38	1,07	17,18	5,82

9,60	10,0	18,0	21,38	0,67	31,91	3,13
9,80	10,5	15,5	22,38	0,73	30,66	3,26
10,00	11,0	16,5	23,38	0,80	29,23	3,42
10,20	7,5	13,5	16,52	0,67	24,66	4,06
10,40	6,0	11,0	13,52	0,93	14,54	6,88
10,60	9,5	16,5	20,52	0,67	30,63	3,27
10,80	5,0	10,0	11,52	0,47	24,51	4,08
11,00	5,5	9,0	12,52	0,47	26,64	3,75
11,20	6,0	9,5	13,66	0,53	25,77	3,88
11,40	6,0	10,0	13,66	0,73	18,71	5,34
11,60	5,5	11,0	12,66	0,53	23,89	4,19
11,80	6,0	10,0	13,66	0,60	22,77	4,39
12,00	5,0	9,5	11,66	0,53	22,00	4,55
12,20	5,0	9,0	11,79	0,53	22,25	4,50
12,40	5,0	9,0	11,79	0,60	19,65	5,09
12,60	7,0	11,5	15,79	0,67	23,57	4,24
12,80	7,0	12,0	15,79	0,67	23,57	4,24
13,00	7,5	12,5	16,79	0,67	25,06	3,99
13,20	7,5	12,5	16,93	0,73	23,19	4,31
13,40	7,0	12,5	15,93	0,73	21,82	4,58
13,60	9,0	14,5	19,93	0,73	27,30	3,66
13,80	7,0	12,5	15,93	0,60	26,55	3,77
14,00	7,5	12,0	16,93	0,73	23,19	4,31
14,20	7,0	12,5	16,07	0,80	20,09	4,98
14,40	5,5	11,5	13,07	0,80	16,34	6,12
14,60	5,0	11,0	12,07	0,60	20,12	4,97
14,80	3,5	8,0	9,07	0,40	22,68	4,41
15,00	4,5	7,5	11,07	0,40	27,68	3,61
15,20	6,0	9,0	14,21	0,60	23,68	4,22
15,40	5,5	10,0	13,21	0,80	16,51	6,06
15,60	6,0	12,0	14,21	0,67	21,21	4,71
15,80	6,5	11,5	15,21	0,73	20,84	4,80
16,00	7,0	12,5	16,21	0,67	24,19	4,13
16,20	7,5	12,5	17,35	0,80	21,69	4,61
16,40	8,5	14,5	19,35	1,07	18,08	5,53
16,60	9,0	17,0	20,35	0,93	21,88	4,57
16,80	5,0	12,0	12,35	0,40	30,88	3,24
17,00	5,0	8,0	12,35	0,27	45,74	2,19
17,20	4,0	6,0	10,48	0,27	38,81	2,58
17,40	4,5	6,5	11,48	0,53	21,66	4,62
17,60	7,5	11,5	17,48	0,47	37,19	2,69
17,80	13,5	17,0	29,48	0,53	55,62	1,80
18,00	19,5	23,5	41,48	0,40	103,70	0,96
18,20	25,0	28,0	52,62	0,53	99,28	1,01
18,40	15,5	19,5	33,62	1,40	24,01	4,16
18,60	12,5	23,0	27,62	1,53	18,05	5,54
18,80	13,5	25,0	29,62	1,53	19,36	5,17
19,00	15,5	27,0	33,62	1,20	28,02	3,57
19,20	21,0	30,0	44,76	0,33	135,64	0,74
19,40	21,5	24,0	45,76	0,60	76,27	1,31
19,60	18,0	22,5	38,76	1,27	30,52	3,28
19,80	21,5	31,0	45,76	0,73	62,68	1,60
20,00	28,0	33,5	58,76	-	-	-

3.2 Prova penetrometrica statica (C.P.T.1), diagramma resistenza



3.3 Prova penetrometrica statica (C.P.T.1), diagrammi litologici (A.G.I. 77)



3.4 Caratteristiche penetrometro utilizzato

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: Dott. Geol. Marinelli Mirco

Cantiere: Via A. Gramsci n. 95A

Località: Sala Bolognese

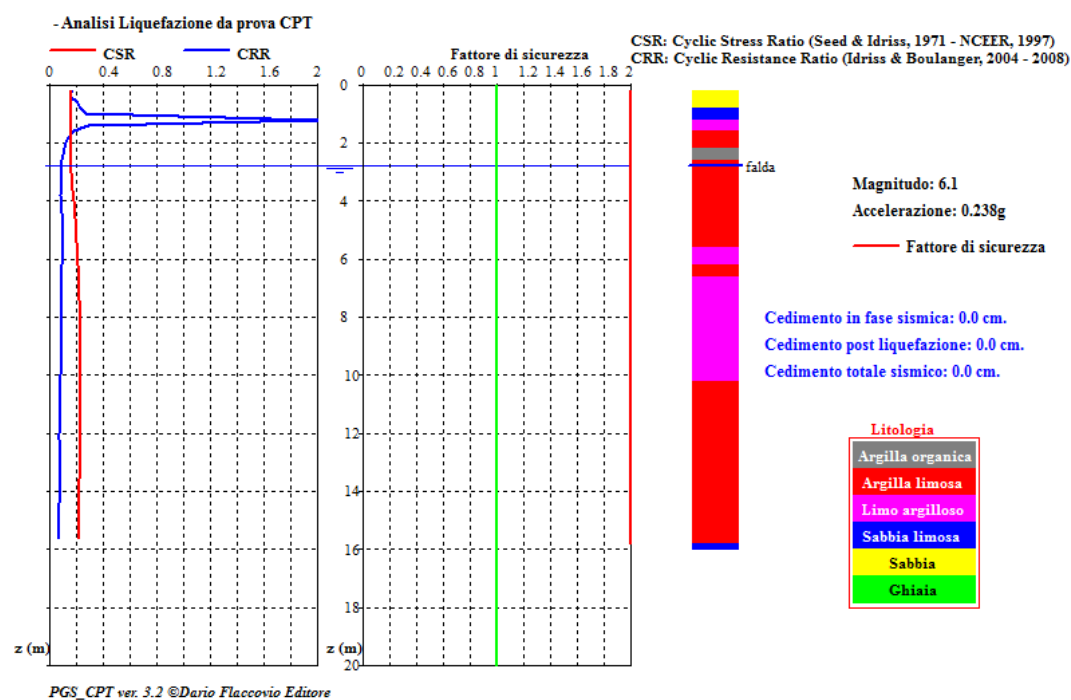
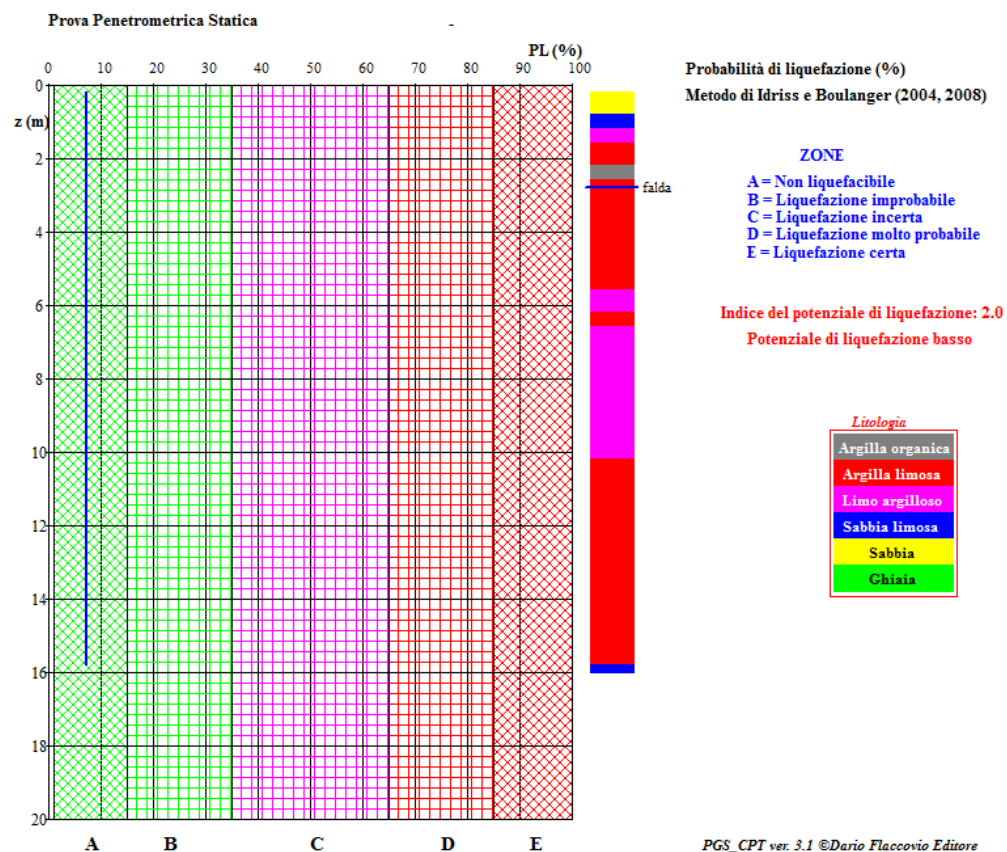
Caratteristiche tecnico-strumentali penetrometro: DEEP DRILL SP100/C

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	20

RESPONSABILE

Dott. Geol. Beghelli Saul

3.5 Analisi liquefazione col metodo Idriss e Boulanger (2008) – Indice potenziale liquefazione e cedimenti di post-liquefazione



3.6 Foto giorno 08/09/2022 indagine CPT1 e registrazioni HVSR1 e HVSR2

