



COMUNE DI SAN GIOVANNI IN PERSICETO

Città Metropolitana di Bologna

Oggetto Intervento :

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA ROTATORIA
ALL'INCROCIO TRA VIA CENTO E VIA SAN CRISTOFORO, NEL CENTRO URBANO
DI SAN MATTEO DELLA DECIMA, DENOMINATA "CHIESOLINO"**

Codice Intervento : **SMD**

Tipologia opere : **Opere Stradali**

Progetto : **Esecutivo**

Descrizione intervento : **ADEGUAMENTO INTERSEZIONE
NUOVA ROTATORIA CHIESOLINO A SAN MATTEO DELLA DECIMA**

Responsabile del Procedimento : **Ing. Sabrina Grillini**

Progetto stradale:

PROGETTAZIONE AMBIENTE SICUREZZA

ing. Gianpiero Bruno Sticchi

Via dello Sport, 33

40134 - Bologna (BO)

tel. 051.62.711.45



Progetto impianto illuminazione pubblica:

OMEGA S.r.l

p.i. Mirko Mantovani

Via Isonzo, 14/1

40033 - Casalecchio di R. (BO)

tel. 051.61.322.78

N° Elaborato :

RT-03

Oggetto : **Relazione geologica**

Scala -:-

0	26/04/2021	Emissione			
N. Rev.	Data Rev.	Descrizione	Visto	Firma	Redazione grafica



COMUNE DI SAN GIOVANNI IN PERSICETO

Città Metropolitana di Bologna

REALIZZAZIONE DI UNA ROTATORIA ALL'INCROCIO TRA VIA CENTO E VIA SAN CRISTOFORO, NEL CENTRO URBANO DI SAN MATTEO DELLA DECIMA, DENOMINATA "CHIESOLINO" Determinazione n. 400 del 01/07/2020
Codice CIG: ZF62D6974D - Codice CUP: D51B20000030004

Committente	Timbro e Firma
Comune di San Giovanni in Persiceto AREA TECNICA SERVIZIO LAVORI PUBBLICI Via M. D'Azeglio n. 20	
 INGEGNERIA PER L'AMBIENTE del Porto, 1 - 40122 Bologna Tel 051/266075 - Fax 266401 e-mail: info@airis.it	<i>Direttore Tecnico</i> Ing. Francesco Mazza <i>Geologo</i> Dott. Geol. Valeriano Franchi n. 559 Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna
	

RELAZIONE GEOLOGICA	N. Elaborato Unico
	Scala: Varie

C									
B									
A	2020-09-233	Relazione tecnica		VF		GT		FM	
Revisione	Data	Descrizione	Dimensioni	Sigla	Firma	Sigla	Firma	Sigla	Firma
				Redazione		Emissione		autorizzazione	

Nome file: RelazGEO_CHI.pdf	Codice commessa: 20093SAGI	Data: Settembre 2020
-----------------------------	----------------------------	----------------------

RELAZIONE GEOLOGICA

INDICE CONTENUTI

Premessa	2
1. Inquadramento geografico-fisico	3
1.1. Descrizione di massima del progetto della rotatoria	5
2. Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico	5
3. Indagini geognostiche e modello geologico-geotecnico	8
4. Prove di carico su piastra	11
5. Indagini di laboratorio geotecnico	13
6. Indagini di laboratorio chimico	14
7. Indagine sismica.....	16
8. Definizione dell'azione sismica di base.....	17
8.1. Definizione dell'azione sismica di base per l'area di studio	18
8.2. Scelta della strategia di progettazione.....	19
9. Azione sismica di progetto.....	21
10. Effetti di sito.....	23
10.1. Amplificazione topografica	23
10.2. Amplificazione topografica	25
10.3. Accelerazione massima orizzontale al suolo	25
10.4. Rischio liquefazione.....	26
11. Sintesi dell'analisi dei dati raccolti e conclusioni.....	28

ALLEGATI

PREMESSA

Nella presente relazione vengono trattati gli aspetti geologici e sismici inerenti l'area su cui è previsto il progetto di modificazione dell'assetto stradale nella frazione di San Matteo della Decima, Comune di San Giovanni in Persiceto, attraverso la realizzazione di una rotonda su via Cento. L'area è ubicata in corrispondenza del settore settentrionale del territorio comunale, lungo il limite orientale del territorio urbanizzato di San Matteo, in località "Il Chiesolino". In particolare, il tratto di via Cento che verrà modificato è grosso modo quello compreso tra gli incroci con via Poggeschi e via San Cristoforo. La modificazione stradale prevede anche lo spostamento verso sud-est di un tratto del Canale di Cento.

Lo studio è stato condotto nel rispetto delle normative vigenti in materia, DM 11.03.1988, con riferimento specifico agli aspetti sismici come da DM 17.01.2018.

Per l'adempimento delle specifiche normative, è stato effettuato un sopralluogo sull'area in data 17/07/2020 al fine di verificarne l'idoneità geologica e geomorfologica.

Per la caratterizzazione litostratigrafia e geotecnica dei terreni, sempre in data 17/07/2020, sono state effettuate 2 prove penetrometriche statiche a punta meccanica (CPTm), spinte fino alla profondità massima di 20 m dall'attuale piano di campagna; 2 prove di carico su piastra, il prelievo di nr. 2 campioni di terreno per analisi geotecniche e 2 campioni di terreno per analisi ambientali.

Per la classificazione sismica del terreno sono stati utilizzati i dati ricavati da un'indagine a sismica passiva (HVSr) eseguita, sempre in data 17/07/2020, all'interno dell'area di studio, su terreno naturale. La prova ha fornito i dati necessari per interpretare il profilo della velocità delle onde sismiche "S" con la profondità, da cui è stato calcolato il parametro di normativa V_{s30} , funzionale alla definizione della categoria di suolo, come previsto dalle NTC18. La stessa prova ha permesso di individuare la frequenza di vibrazione fondamentale del terreno.

La relazione si articola nel seguente modo:

- Inquadramento geografico - fisico
- Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico
- Indagini geognostiche e modello geologico-geotecnico
- Prove di carico su piastra
- Indagini di laboratorio geotecnico e chimico
- Indagine sismica
- Azione sismica di base e di progetto
- Effetti di sito
- Sintesi dell'analisi dei dati raccolti e conclusioni

ALLEGATI

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-FISICO

L'area esaminata, nella la quale è prevista la modificazione dell'assetto stradale attraverso la realizzazione di una rotatoria, è ubicata in corrispondenza del settore settentrionale del territorio comunale di San Giovanni in Persiceto, nella frazione di San Matteo della Decima, nel tratto stradale compreso tra gli incroci con via Poggeschi e via San Cristoforo. Dal punto di vista topografico si trova in corrispondenza di un'ampia area pianeggiante al passaggio tra la media e la bassa pianura, con una debolissima pendenza verso ONO, e con quote che, in corrispondenza dell'area, sono prossime a 18 m s.l.m. Il sistema idrografico è rappresentato da alcuni canali del reticolo di bonifica, tra cui quello principale è il Canale di Cento, che scorre adiacente, e ad essa parallelo, a via Cento e che, per consentire la realizzazione della rotatoria, verrà spostato alcuni metri verso sud-est.

Il clima è caratterizzato, nel periodo 1991-2015, da precipitazioni totali annue, in media, di 659 mm e temperature medie annue di 14,0°C¹, pari, rispettivamente, ad una variazione di -4 mm e +1,0°C rispetto al periodo 1961-1990.

Nella cartografia regionale, l'area è compresa nella Tavola alla scala 1:25.000 nr. 202NE denominata "Cento" (Figura 1), nella Sezione alla scala 1:10.000 nr. 202070 denominata "San Matteo della Decima" e nell'Elemento alla scala 1:5.000 nr. 202072 denominato "San Matteo della Decima" (Figura 2).

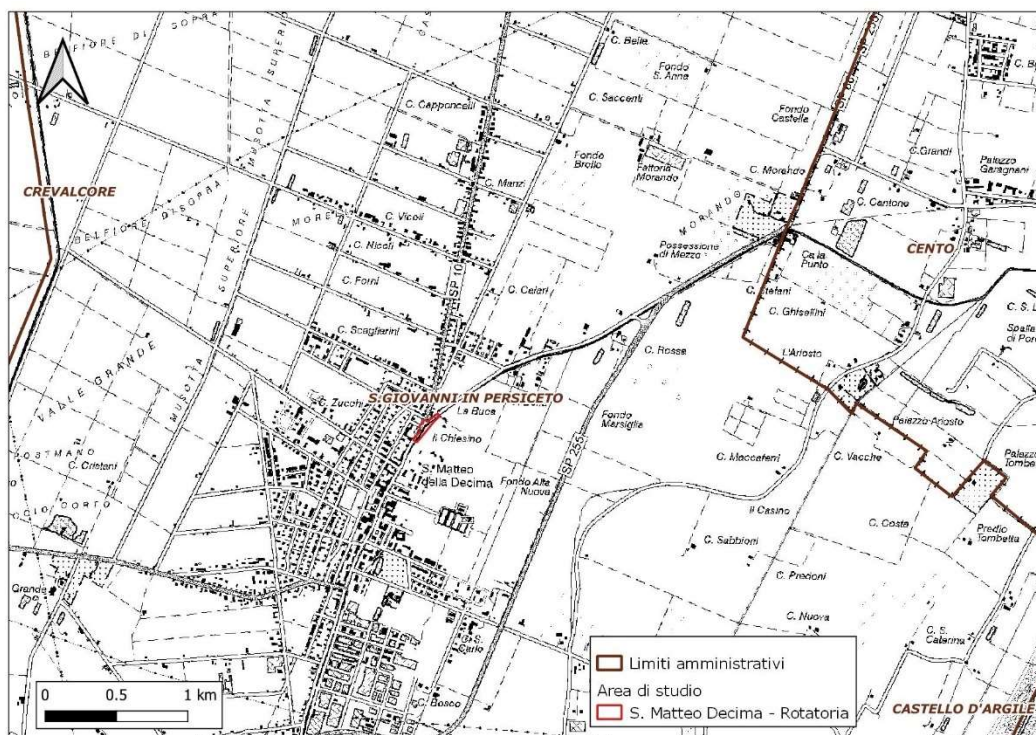


Figura 1 - Inquadrimento geografico su C.T.R. con dettaglio topografico a scala 1:25.000 – Tavola nr. 202NE denominata "Cento".

¹ Atlante Idroclimatico dell'Emilia-Romagna - <http://www.arpa.emr.it/sim/?clima>

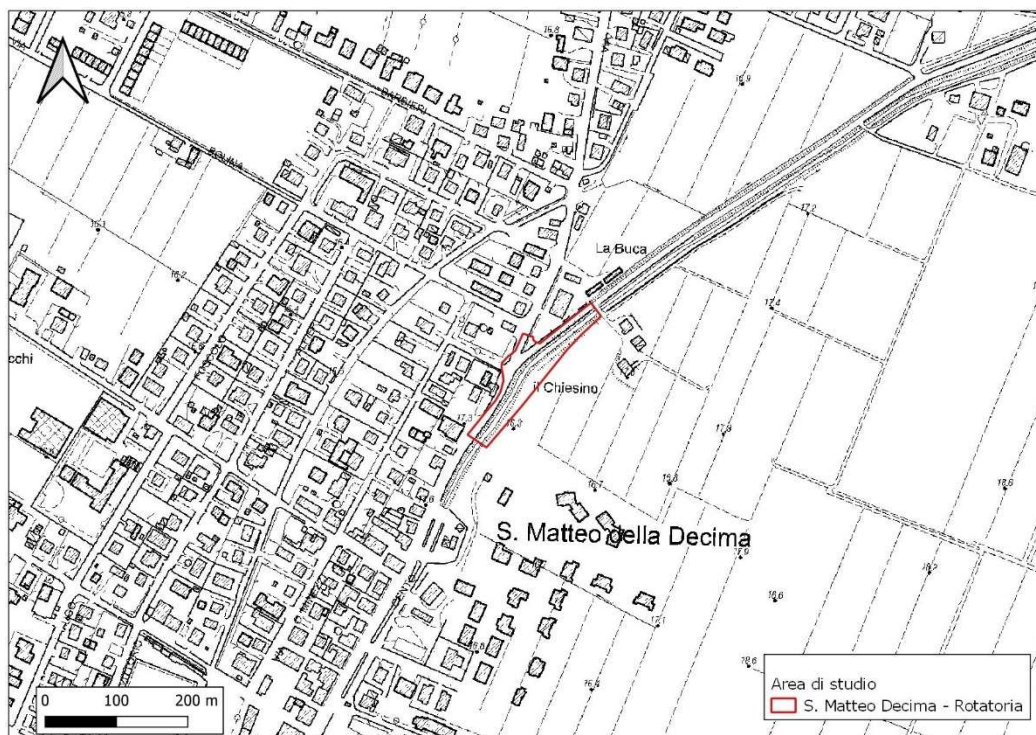


Figura 2 - Ubicazione dell'area d'indagine su C.T.R. con dettaglio topografico a scala 1:5.000 - Elemento nr. 202072 denominato "San Matteo della Decima".



Figura 3 - Ubicazione dell'area d'indagine su ortofoto satellitare (fonte: Google Satellite, visualizzazione del 16 settembre 2020).

1.1. Descrizione di massima del progetto della rotatoria

Il progetto prevede la realizzazione di una rotatoria su via Cento (Figura 4), all'altezza dell'attuale incrocio con via San Cristoforo ed il conseguente spostamento verso sud-est di un tratto del Canale di Cento.

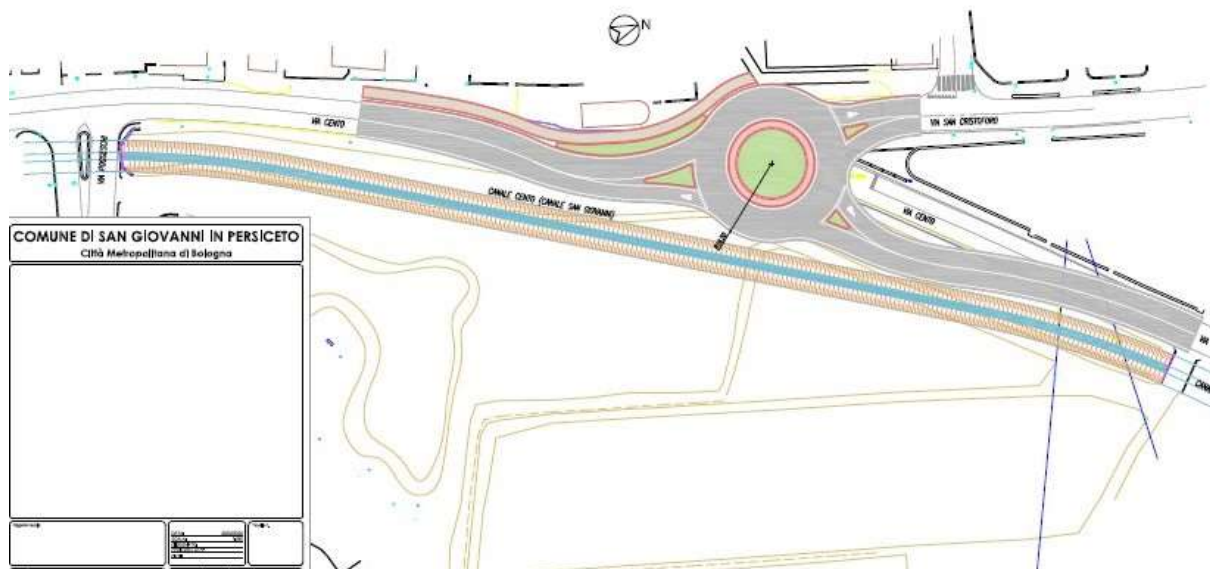


Figura 4 – Estratto della Tavola di progetto della rotatoria su via Cento, in prossimità dell'incrocio con via San Cristoforo, in cui è visibile anche il tratto del Canale di Cento nella sua nuova sede di progetto.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Per quanto riguarda la litologia superficiale, la tavola QC.6/t1a "Litologia di superficie" del QC del PSC di Terre d'Acqua (Figura 5) mostra come l'area in esame si trovi in una zona caratterizzata dalla presenza, in superficie, di terreni prevalentemente sabbiosi. Granulometrie inferiori si rinvenivano in corrispondenza del tratto più a nord del nuovo segmento stradale in progetto, parte di una vasta area dominata dalla presenza di terreni prevalentemente argillosi, che si estende in direzione S-N fino a Palata Pepoli ed oltre.

Il quadro litologico superficiale si può ricondurre, in linea di massima, a quello geomorfologico (Figura 6), caratterizzato dalla presenza di un "alto morfologico" relativo, ad est di San Matteo, costituito da un dosso fluviale di direzione S-N riconducibile, per prossimità, al Fiume Reno; quest'ultimo, all'altezza dell'ultimo tratto dell'attuale T. Samoggia prima della sua immissione nel Reno, ha subito una deviazione fluviale ed un taglio di meandro, rispettivamente nel XV e nel XVII secolo. Il dosso fluviale prosegue in modo continuo fino all'altezza di Palata Pepoli e vede la presenza, lungo il suo limite occidentale, di conoidi di rotta a forma di ventaglio. Verso ovest, il rilievo diminuisce progressivamente lasciando spazio ad un'ampia area morfologicamente depressa e/o a debolissima pendenza dove, a luoghi, il deflusso idrico può essere difficoltoso.

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

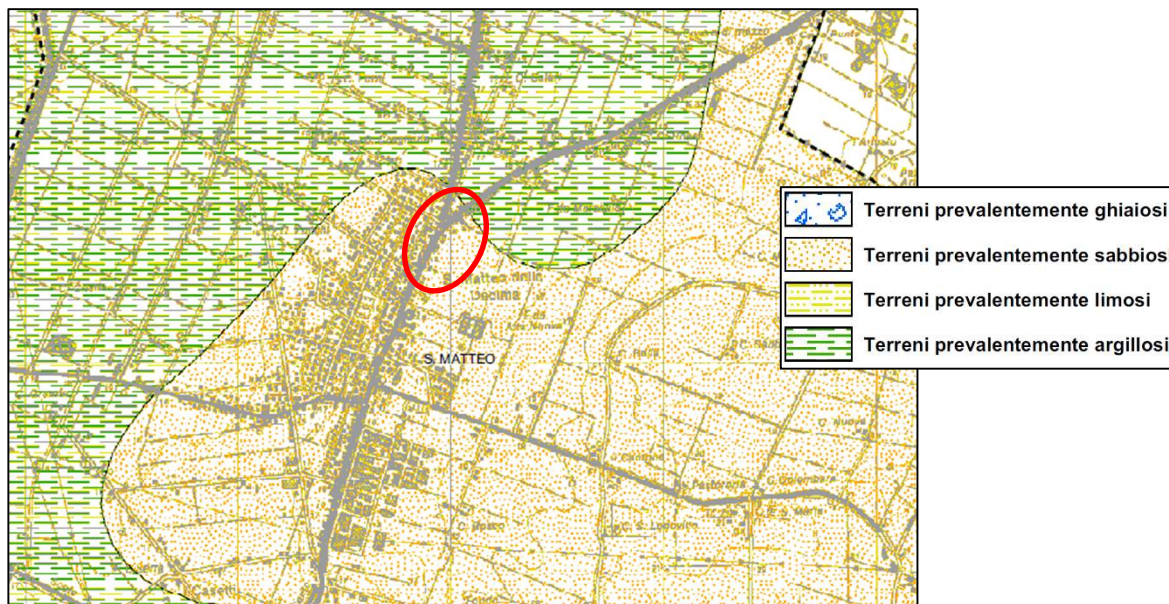


Figura 5 – Stralcio della Tavola QC.6/t1a "Litologia di superficie" del QC del PSC di Terre d'Acqua. L'ellisse rossa identifica l'area di studio.

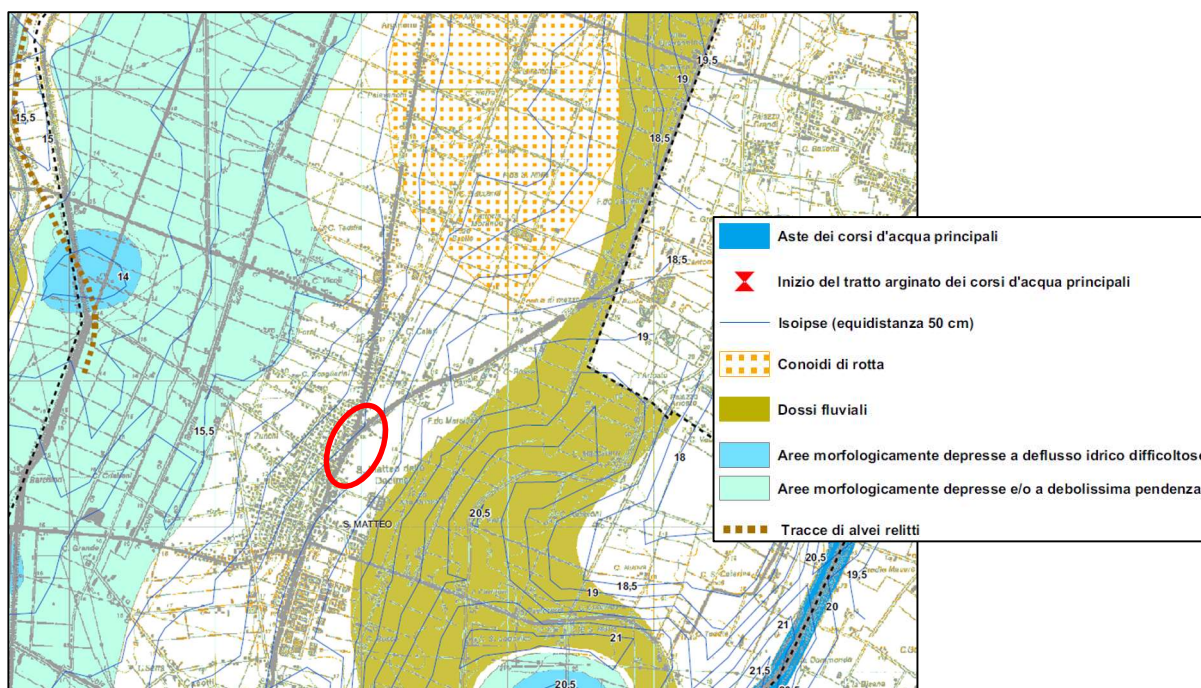


Figura 6 - Stralcio della Tavola QC.6/t2a "Geomorfologia" del QC del PSC di Terre d'Acqua. L'ellisse rossa identifica l'area di studio.

Le aree morfologicamente depresse sono generalmente aree di "valle", comprese tra dossi, in cui si accumulano preferenzialmente i sedimenti a granulometria più fine quali limi e argille. Avvicinandosi ai dossi le granulometrie possono aumentare raggiungendo quelle tipiche dei depositi sabbiosi.

In merito all'idrografia, il sistema idrografico è rappresentato da alcuni canali del reticolo di bonifica, tra cui quello principale è il Canale di Cento, parte del bacino di scolo delle Acque Basse, che scorre adiacente, e ad essa parallelo, a via Cento

e che, per consentire la realizzazione della rotatoria, verrà spostato alcuni metri verso sud-est. La tavola QC.6/t5a "Criticità idrauliche" del Quadro Conoscitivo del PSC di Terre d'Acqua individua per l'area la presenza di criticità idrauliche legate al sistema fognario di Decima.

Per quanto riguarda le acque sotterranee, l'andamento della falda acquifera superficiale (Figura 7) è all'incirca diretto verso NO ed il livello piezometrico, dall'analisi di dati piezometrici storici acquisiti in occasione del QC del PSC di Terre d'Acqua, si pone nell'area a circa 15 m s.l.m., corrispondente ad una soggiacenza di circa 4 m dal piano campagna.

In occasione dell'esecuzione delle 2 prove penetrometriche statiche eseguite per questo studio in corrispondenza dell'area di indagine, la falda è stata intercettata a circa **2 m** dal piano campagna.

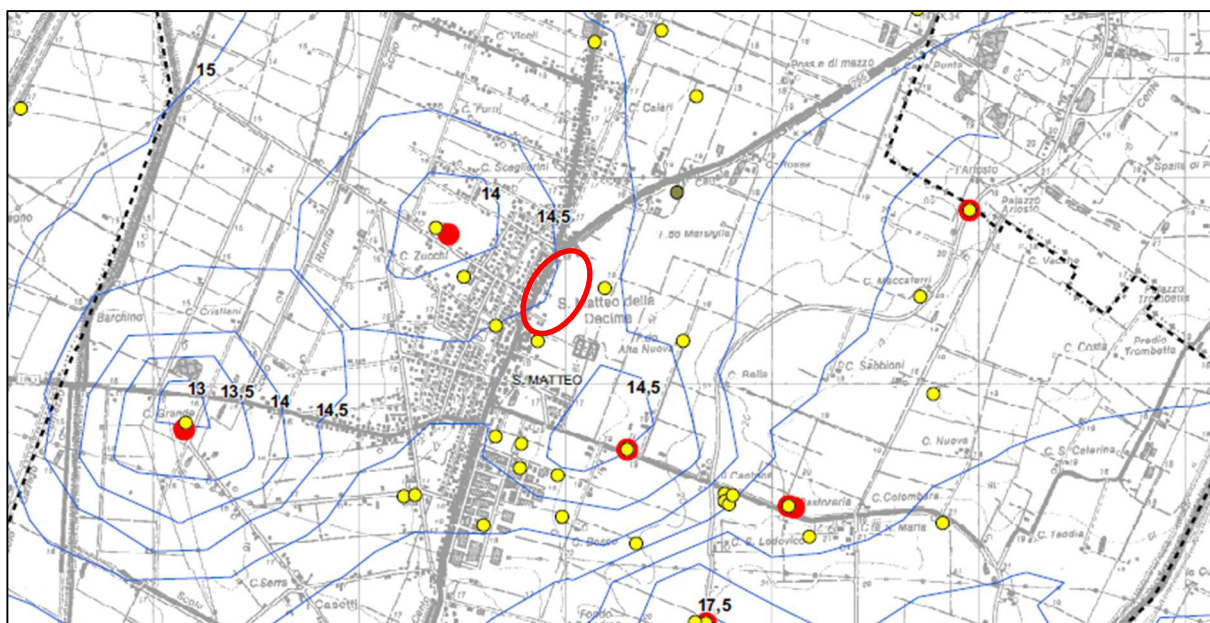


Figura 7 - Figura 6 - Stralcio della Tavola QC.6/t8a "Piezometria della falda acquifera superficiale" del QC del PSC di Terre d'Acqua. L'ellisse rossa identifica l'area di studio.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO

In data 17/07/2020 è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche nell'area in oggetto al fine di analizzare le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni che saranno interessati dall'intervento in progetto. L'indagine è stata condotta mediante l'esecuzione di 2 prove penetrometriche statiche a punta meccanica (CPTm), spinte fino a 20 m dal piano campagna. Inoltre, sono state eseguite 2 prove di carico su piastra, sono stati prelevati 2 campioni di terreno per analisi geotecniche e 2 campioni di terreno per analisi di laboratorio chimico. L'ubicazione delle indagini eseguite è mostrata nella planimetria riportata in Figura 8, nella quale i campioni per le determinazioni geotecniche sono stati prelevati in corrispondenza della prove CPTm.

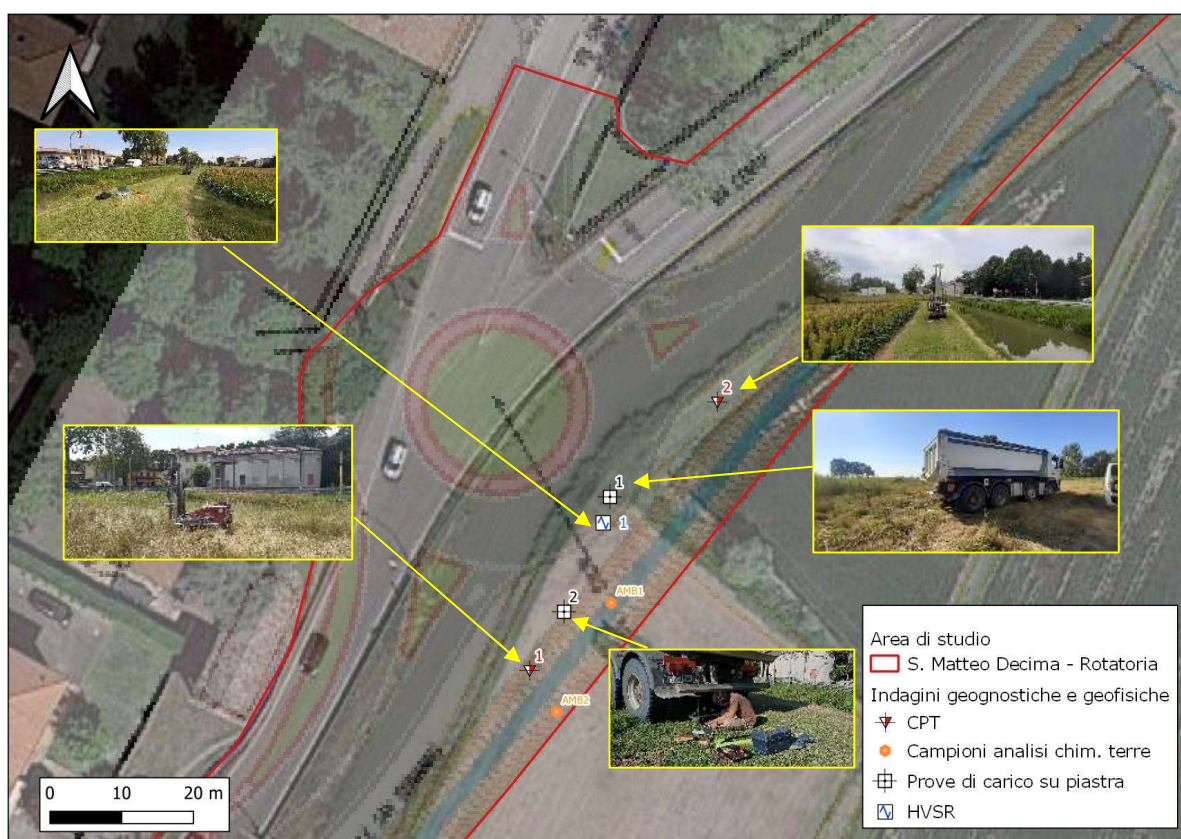


Figura 8 – Ubicazione dei sondaggi penetrometrici statici, delle prove di carico su piastra, dei prelievi per analisi chimiche e dell'indagine sismica eseguiti per questo studio. Il tracciato di progetto della rotatoria è georeferenziato sopra la foto aerea. I campioni per laboratorio geotecnico sono stati prelevati a fianco delle CPTm, acquisendone la stessa numerazione.

I diagrammi penetrometrici sono riportati in Allegato 1, mentre i certificati delle prove su piastra, delle analisi chimiche e del laboratorio geotecnico sono riportati, rispettivamente, in Allegato 2, 3 e 4. Le prove penetrometriche statiche a punta meccanica sono state eseguite utilizzando un penetrometro statico Pagani da 100 kN, con le seguenti caratteristiche tecniche:

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

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

Dal punto di vista litostratigrafico, le prove (tabelle 1 e 2) hanno evidenziato la presenza di un terreno che, nello spessore indagato, risulta composto da strati argillosi intervallati da sottili livelli sabbiosi, che aumentano in frequenza e spessore procedendo dalla CPTm-1 alla CPTm-2.

Nelle tabelle 1 e 2 sono riportati i valori dei principali parametri geotecnici delle 2 CPTm.

Prof. m	Qc m MPa	Litologia prevalente & secondaria	Pv m kN/m ³	Cu m kPa	c' m kPa	Dr m %	fi' m °
0.6-0.8	10	Sabbie addensate o cementate	19.2			92.8	37.3
0.8-1.0	3.82	Argille sabbiose e limose	19.5	211.35	25.11		
1.0-1.2	3.92	Sabbie argillose e limi	18.8	216.59	25.73	45.1	36.7
1.2-5.4	1.02	Argille organiche e terreni misti & Argille inorganiche a media consistenza	17.76	53.02	6.3		
5.6-10.0	1.11	Argille inorganiche compatte & Argille inorganiche a media consistenza	17.71	53.73	6.38	7.1	28.8
10.0-12.4	2.65	Argille inorganiche molto compatte & Argille sabbiose e limose	19.45	135.7	16.12		
12.4-13.4	1.65	Argille inorganiche compatte & Argille sabbiose e limose	18.48	78.31	9.3		
13.4-14.6	3.74	Argille sabbiose e limose & Sabbie argillose e limi	19.45	193.56	22.99	32.5	33.35
14.6-14.8	3.82	Sabbie	17.4			28.3	32.6
14.8-15.8	2.86	Argille inorganiche molto compatte & Argille sabbiose e limose	19.46	143.32	17.03		
15.8-16.0	3.73	Sabbie	18.3			27	32.3
16.0-17.0	2.41	Argille inorganiche molto compatte & Argille sabbiose e limose	19.12	116.99	13.9		
17.0-17.2	4.71	Sabbie argillose e limi	19.2	243.84	28.97	32.6	33.1
17.2-17.8	2.85	Argille inorganiche molto compatte & Argille sabbiose e limose	19.3	139.89	16.62		
17.8-18.0	3.53	Sabbie argillose e limi	19	177.61	21.1	24.7	31.8
18.0-18.2	3.92	Argille inorganiche molto compatte	19.8	199.18	23.66		
18.2-18.4	4.02	Sabbie argillose e limi	18.7	204.42	24.28	27.9	32.3
18.4-18.6	5.98	Sabbie	18.8			38.9	34
18.6-20.0	3.95	Argille sabbiose e limose & Argille inorganiche molto compatte	19.49	199.46	23.69		

Tabella 1 – Parametri geotecnici medi ricavati dalla CPTm-1. Legenda – Qc: resistenza alla punta; Pv: peso di volume; Cu: coesione non drenata; c': coesione drenata; Dr: densità relativa; fi': angolo d'attrito interno di picco.

Dal punto di vista geotecnico, l'esame dei valori di resistenza all'infissione della punta statica (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) mostra un andamento piuttosto disomogeneo nei due punti indagati. Tra 2 e 10 m e tra 16 e 19 m gli andamenti della resistenza alla punta sono di orientazione opposta, mentre nei restanti intervalli di profondità gli andamenti possono essere considerati simili, sia come orientazione che come grandezza.

Se si guarda al confronto degli andamenti con la profondità del rapporto d'attrito (Figura 10) appare ancora più evidente la differenza litologica tra le due verticali, negli stessi intervalli di profondità 2-10 m e 16-19 m. In linea di massima, in questi intervalli la CPTm-2 mostra una maggior frequenza di livelli sabbiosi.

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Nell'intervallo 2-10 m, i parametri di resistenza geomeccanica delle argille e delle sabbie assumono valori minori nella CPTm-2 rispetto alla CPTm-1, a luoghi anche scadenti.

Prof.	Qc m	Litologia prevalente & secondaria	Pv m	Cu m	c' m	Dr m	fi' m
m	MPa		kN/m ³	kPa	kPa	%	°
0.4-0.6	3.63	Sabbie argillose e limi	19	200.95	23.87	53.3	37.6
0.6-1.2	2.62	Argille sabbiose e limose & Argille inorganiche molto compatte	19.23	144.22	17.13		
1.2-2.2	1.08	Argille organiche e terreni misti	18.6	58.03	6.89		
2.2-2.8	0.46	Argille organiche e terreni misti & Argille inorganiche a bassa consistenza	16.8	22.74	2.7		
2.8-3.0	0.98	Sabbie sciolte	15.7			7.2	29.2
3.0-3.8	0.54	Argille organiche e terreni misti & Argille inorganiche a bassa consistenza	16.88	26.45	3.14		
3.8-4.0	1.37	Sabbie sciolte	16.4			12.9	30.4
4.0-4.4	0.34	Argille organiche e terreni misti & Argille inorganiche a bassa consistenza	16.2	17.78	1.76		
4.4-4.6	1.37	Sabbie sciolte	16.8			12.3	30.2
4.6-5.0	0.83	Argille inorganiche a media consistenza	17.35	41.5	4.93		
5.2-5.4	1.57	Sabbie sciolte	16.8			14.3	30.7
5.4-5.6	0.78	Argille organiche e terreni misti	17.9	38.1	4.53		
5.6-5.8	2.35	Sabbie argillose e limi	18	125.07	14.86	23.1	32.3
5.8-6.0	1.77	Sabbie sciolte	16.9			16.3	31
6.0-6.4	0.69	Argille organiche e terreni misti & Argille inorganiche a media consistenza	17.1	31.98	3.8		
6.4-6.8	1.57	Sabbie sciolte	16.8			12.95	30.2
6.8-7.8	0.78	Argille organiche e terreni misti & Argille sabbiose e limose	16.98	37.54	4.32		
7.8-8.0	1.18	Sabbie sciolte	16.4			6	28.6
8.0-9.0	0.9	Argille inorganiche a media consistenza & Argille sabbiose e limose	17.4	42.97	4.96		
9.0-9.6	1.99	Sabbie argillose e limi	17.83	101.67	12.08	16.3	30.7
9.6-10.2	1.14	Argille inorganiche compatte & Argille organiche e terreni misti	18.2	53.85	6.4		
10.2-12.2	2.53	Argille inorganiche molto compatte & Argille sabbiose e limose	19.18	129.48	15.38		
12.2-12.8	1.44	Argille inorganiche molto compatte & Argille organiche e terreni misti	18.57	67.44	8.01		
12.8-13.2	2.26	Argille sabbiose e limose & Argille inorganiche molto compatte	18.95	112.32	13.34		
13.2-13.6	1.82	Argille inorganiche compatte & Sabbie argillose e limi	18.15	87.4	10.39	10.8	29.3
13.6-14.0	4.02	Argille sabbiose e limose	19.45	209.56	24.9		
14.0-14.2	3.92	Sabbie	18			29.5	32.9
14.2-14.4	4.02	Sabbie argillose e limi	19	209.04	24.83	30.1	33
14.4-15.2	3.88	Argille sabbiose e limose	19.4	200.33	23.8		
15.2-15.4	3.24	Sabbie	18.2			23.9	31.8
15.4-16.2	2.87	Argille sabbiose e limose & Argille inorganiche molto compatte	19.25	143.42	17.04		
16.2-16.4	3.53	Sabbie argillose e limi	18.8	179.67	21.34	25.6	32
16.4-16.8	3.48	Argille inorganiche molto compatte & Argille sabbiose e limose	19.5	176.62	20.98		
17.0-18.0	4.82	Sabbie	18.72			33.18	33.22
18.0-18.6	4.28	Argille sabbiose e limose	19.73	219.32	26.05		
18.6-20.0	3.29	Argille sabbiose e limose & Argille inorganiche molto compatte	19.47	163.23	19.39		

Tabella 2 - Parametri geotecnici ricavati dalla CPTm-2. Legenda - Qc: resistenza alla punta; Pv: peso di volume; Cu: coesione non drenata; c': coesione drenata; Dr: densità relativa; fi': angolo d'attrito interno di picco.

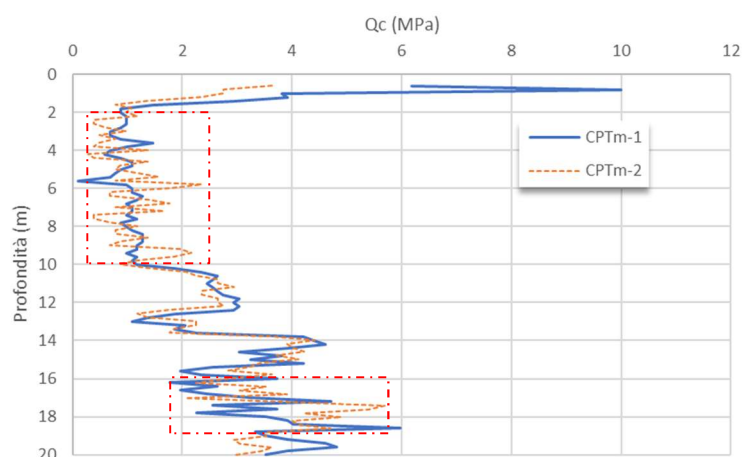


Figura 9 – Confronto grafico degli andamenti, con la profondità, della resistenza all'avanzamento della punta nelle 2 CPTm eseguite per questo studio.

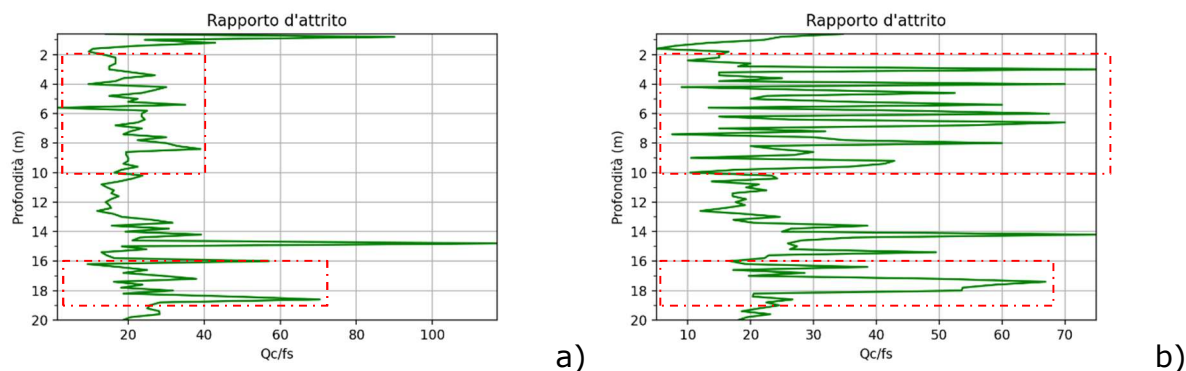


Figura 10 – Confronto grafico degli andamenti, con la profondità, del rapporto d'attrito nelle 2 CPTm eseguite per questo studio: a) CPTm-1; b) CPTm-2.

4. PROVE DI CARICO SU PIASTRA

Al fine di individuare la capacità portante del terreno di base per la futura pavimentazione stradale, sono state eseguite 2 prove di carico su piastra sul terreno, nei siti ubicati in Figura 8. I rispettivi certificati di prova si possono consultare in Allegato 2.

Le prove di deformabilità mediante carico con piastra sono state condotte secondo le modalità indicate dalla normativa C.N.R. n. 146 -1992 che sostituisce la C.N.R. n. 9 - 1967 e sono state effettuate utilizzando una piastra di circa 706 cm² di superficie ($F_i = 30$ cm), eseguendo un ciclo di carico e scarico, fino all'applicazione di una pressione massima unitaria di 2,0 kgf/cm².

Per l'interpretazione dei risultati si considererà il modulo di deformazione M_d così come previsto dalla normativa C.N.R. n. 146 -1992. Tale modulo viene determinato applicando la relazione:

$$M_d = \Delta p / \Delta s * D$$

Dove

Δp = differenza di carico unitario trasmesso dalla piastra al terreno mediante una piastra circolare rigida di diametro di 300 mm, compreso tra i gradini di carico 0,5 e 1,5 kgf/cm²;

Δs = cedimento differenziale in mm della piastra circolare rigida, corrispondente a Δp ;

D = diametro della piastra, espresso in mm.

L' incremento di pressione Δp si fissa pari a 0,050 N/mm² pari 0,5 Kg /cm².

I risultati delle prove di piastra (vedi certificati in allegato) sono riportati nella seguente tabella (il valore Md viene espresso in MPa):

Prova n.1	Terreno Naturale	55.85	MPa
Prova n.2	Terreno Naturale	74.78	MPa

(1 MPa = 10.2 Kg/cm²)

5. INDAGINI DI LABORATORIO GEOTECNICO

Al fine di caratterizzare il terreno dell'area in funzione della sua idoneità ad essere stabilizzato a calce per l'opera infrastrutturale in progetto, sono stati prelevati 2 campioni di terreno alla profondità di circa 1 m da piano campagna, a fianco delle CPTm eseguite per questo studio. Sui campioni sono stati determinati: i valori dei limiti liquido e plastico, la curva granulometrica, il Valore di Blu e, solo per il campione nr. 2, la CBR post-saturazione.

I certificati delle analisi di laboratorio sono riportati in Allegato 4.

Campione nr. 1

L'analisi granulometrica ha permesso di classificare il terreno come limo sabbioso con ghiaia. L'analisi al Blu di metilene ha individuato un Valore al Blu (VB) pari a 39,7 g/Kg, che in base alla classificazione di Meisina (2000) è indice di un potenziale di espansione/ritiro "medio" e di pressioni di rigonfiamento prossime a 300 kPa.

Le analisi di consistenza hanno determinato un limite liquido (w_L) pari al 40%, un limite plastico (w_P) pari al 17% ed un indice di plasticità (I_P) pari a 23, ovvero tipico di un terreno plastico.

L'indice di consistenza (I_C) risulta pari a 1,22, ovvero semisolida-solido.

Nella carta di Plasticità di Casagrande il terreno viene classificato come "argilla inorganica di media plasticità", ovvero A6 nella classificazione UNI 11531-1, con una frazione ghiaioso-sabbiosa, ma comunque **stabilizzabile a calce** ($IP=23$ e $VB=40$).

Campione nr. 2

L'analisi granulometrica ha permesso di classificare il terreno come limo sabbioso. L'analisi al Blu di metilene ha individuato un Valore al Blu (VB) pari a 60,5 g/Kg, che in base alla classificazione di Meisina (2000) è indice di un potenziale di espansione/ritiro "alto" e di pressioni di rigonfiamento prossime a 400 kPa.

Le analisi di consistenza hanno determinato un limite liquido (w_L) pari al 58%, un limite plastico (w_P) pari al 25% ed un indice di plasticità (I_P) pari a 33, ovvero tipico di un terreno plastico.

L'indice di consistenza (I_C) risulta pari a 1,2, ovvero semisolida-solido.

Nella carta di Plasticità di Casagrande il terreno viene classificato come "argilla inorganica di elevata plasticità", ovvero A 7-6 nella classificazione UNI 11531-1.

Il valore di CBR è risultato basso: 7,76.

Il contenuto in sostanza organica è inferiore al limite oltre il quale è sconsigliabile la stabilizzazione (4%), ma superiore alla quantità ottimale (<2%). Occorre quindi prevedere di **stabilizzare i terreni simili al campione nr. 2 con una elevata quantità di CaO (sicuramente non inferiore al 4%) che va determinata più precisamente sulla base delle prove sulle miscele per verificare la percentuale di legante che consente di ottenere una miscela non più sensibile all'acqua.**

6. INDAGINI DI LABORATORIO CHIMICO

Due campioni di terreno prelevati a circa 1 m di profondità sono stati sottoposti ad analisi chimiche per la definizione delle concentrazioni dei 10 metalli e degli idrocarburi pesanti per la classificazione all'interno delle classi definite in Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D. Lgs. 152/2006.

Le attività di campionamento sono state eseguite dallo scrivente in data 23/07/2020, mentre le analisi sui campioni raccolti sono state eseguite dal laboratorio Chemicalab s.r.l. di Modena.

I 2 campioni medio-compositi sono stati preparati seguendo i seguenti criteri:

- è stata rimossa la frazione granulometrica maggiore di 2 cm in modo da eliminare in campo la frazione grossolana;
- identificazione e scarto dei materiali estranei che possono alterare i risultati finali (ciottoli, radici, foglie ecc.);
- suddivisione del materiale in più parti omogenee, adottando metodi di quartatura riportati nella normativa (IRSA-CNR).

Al raggiungimento del volume necessario, dopo quartatura, i campioni così ottenuti sono stati prelevati in idonei contenitori di vetro a chiusura ermetica, etichettati e trasportati, nella stessa giornata, al laboratorio incaricato per le analisi chimiche.

In accordo con gli scopi dello studio e in ottemperanza al D.P.R. 120/2017 (Allegato 4, Tab. 4.1), per il campione prelevato è stato adottato il seguente set analitico:

Arsenico
Cobalto
Cadmio
Nichel
Piombo
Rame
Zinco
Mercurio
Idrocarburi C>12
Cromo Totale
Cromo VI

Come si può notare, dal set minimo è stato escluso l'amianto, in base alle seguenti motivazioni: 1) pregresso uso del suolo nell'area e 2) tipologia di formazioni geologiche affioranti. L'esclusione è ammessa dalle recenti "Linee guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo" (Delibera del Consiglio SNPA, seduta del 9/05/2019, Doc. nr. 54/19); in particolare, al Capitolo 3, nel paragrafo denominato "Parametri da analizzare", si dice, tra l'altro:

- L'Allegato 4 del DPR 120/2017 prevede che il set analitico minimale, indicato in Tabella 4.1, deve essere modificato ed esteso in rapporto alle attività antropiche svolte sul sito o nelle sue vicinanze, ad eventuali pregresse contaminazioni o a conosciute o potenziali anomalie del fondo naturale in contesti di contaminazione diffusa. Per i cantieri di piccole dimensioni e per quelli di grandi dimensioni con una produzione di materiale da scavo compresa fra i 6.000 mc e 150.000 mc, **il set analitico minimale può essere ridotto a seguito delle seguenti valutazioni:**
 - la determinazione del parametro amianto è sempre necessaria nel caso di presenza di materiali di riporto o per scavi eseguiti in vicinanza a strutture in cui sono presenti materiali contenenti amianto (art. 4 commi 3-4 DPR 120/2017), oppure nel caso di materiali con presenza di amianto naturale (rocce ofiolitiche e loro prodotti di detritazione).

Relativamente alla valutazione nr. 1: il terreno naturale esaminato ha sempre ospitato unicamente attività agricole; nessuna attività di riporto è stata praticata e non si è in presenza, all'intorno, di edifici che abbiano utilizzato materiali contenenti amianto. La stessa valutazione rende non necessario anche il test di cessione da effettuarsi sui materiali granulari.

Relativamente alla valutazione nr. 2: come emerge dal capitolo 2 di questa relazione, l'area di studio si trova in una zona caratterizzata dalla presenza, in superficie, di terreni a componente prevalentemente argillosa di ambiente deposizionale fluviale, che non presentano, pertanto, alcuna porzione rocciosa contenente amianto naturale.

Sulla base degli esiti analitici, riportati in Allegato 3, non risultano superamenti delle CSC per i parametri considerati. Il terreno scavato potrà essere riutilizzato allo stato naturale nello stesso cantiere di produzione così come normato dall'art.24 del D.P.R 120/2017 e articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, il quale prescrive " *Non rientrano nel campo di applicazione della parte quarta del presente decreto [...] il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato*".

7. INDAGINE SISMICA

Per la classificazione sismica dei terreni è stata eseguita, in data 17/07/2020, un'indagine a sismica passiva (HVSr) da cui è stato possibile interpretare il profilo della velocità delle onde sismiche "S" con la profondità e da questo ricavare il parametro di normativa V_{S30} . Inoltre, la stessa indagine ha permesso di individuare la frequenza di vibrazione fondamentale del terreno.

L'indagine sismica è stata eseguita su terreno naturale, all'interno dell'area di studio (Figura 8).

Il valore di V_{S30} è risultato pari **292 m/s**, che classifica il terreno nella categoria sismica "**C**": *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

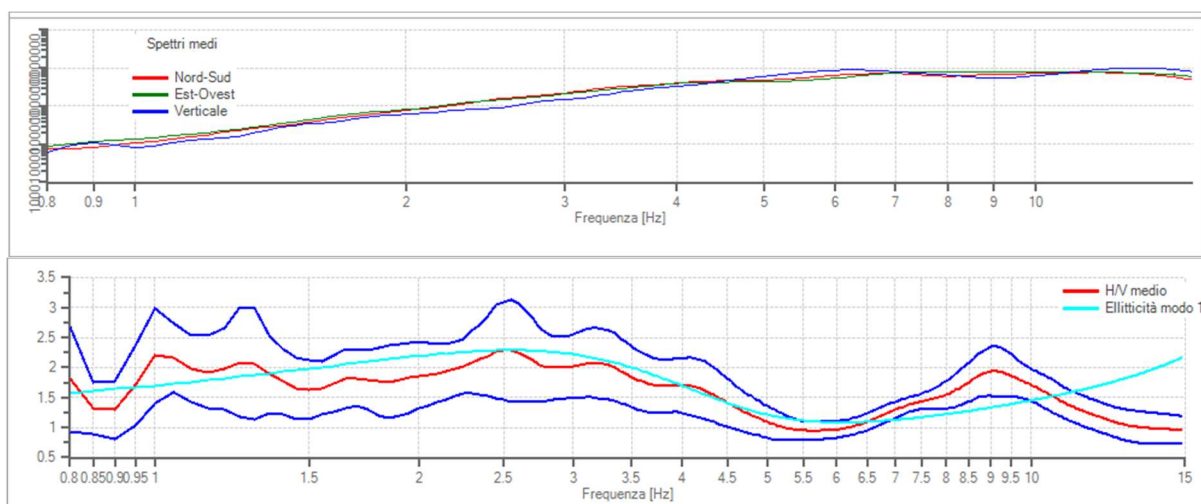


Figura 11 – Risultati indagine HVSr - in alto: spettri medi nelle tre direzioni; in basso: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia.

Per quanto riguarda la frequenza di vibrazione fondamentale del terreno, i rapporti H/V non mostrano picchi rilevanti; è possibile individuare un picco massimo assoluto, alla frequenza di 2,5 Hz, sebbene ve ne siano almeno altri 2 di quasi pari amplificazione (1 Hz e 9 Hz). Il confronto con la carta delle MOPS della microzonazione sismica di III livello comunale, che nell'intorno dell'area individua frequenze fondamentali variabili tra 0,88 e 0,94 Hz, fa supporre che il picco di frequenza da considerare sia quello prossimo ad 1 Hz.

Per i dettagli sulla metodologia utilizzata e sui risultati si rimanda all'Allegato 5.

8. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base è quella componente di pericolosità dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area. Essa fornisce, in termini probabilistici, per una certa regione e per un determinato periodo di tempo, i valori, corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza, dei parametri che descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto. Si riferisce a condizioni ideali di suolo roccioso affiorante e privo di irregolarità morfologiche e fornisce le caratteristiche del terremoto di riferimento atteso al sito.

Tali caratteristiche sono definite² quando sono noti l'accelerazione di picco orizzontale ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, entrambi riferiti a condizioni di suolo rigido e superficie topografica orizzontale.

La possibilità di descrivere l'azione sismica in forma di accelerogrammi è ammessa solo a condizione che essi siano compatibili con le predette caratteristiche del moto sismico.

La pericolosità sismica di base è definita secondo una procedura basata sui risultati dello studio dell'INGV, disponibili sul sito web³ nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica". In tali mappe, la pericolosità si sgancia dalle divisioni amministrative e viene distribuita sui 10751 nodi, a distanza reciproca non superiore a 10 km, di un reticolo geografico regolare. Ogni nodo è caratterizzato da specifiche curve di pericolosità che definiscono la frequenza media annua di occorrenza di una serie di terremoti caratterizzati da diversi livelli di severità, espressa, ad esempio, in termini di a_g .

Anche la definizione di spettro elastico (attraverso 3 parametri di controllo) varia da punto a punto del reticolo e in funzione del periodo di ritorno dell'azione sismica.

Dal punto di vista temporale, la pericolosità non è più definita con riferimento ad un singolo valore del *periodo di ritorno*, $T_R = 475$ anni⁴, ma in corrispondenza di 9 valori, ovvero $T_R = 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975$ e 2475 anni. Questo coerentemente con un *approccio prestazionale alla progettazione*, basato sull'assunzione che, a fronte di un'azione sismica di intensità variabile e pertanto caratterizzata da un periodo di ritorno variabile, si richiedano alle strutture livelli di prestazione diversi.

I 3 parametri che definiscono la pericolosità sismica di base, in condizioni ideali di sito di riferimento, sono a_g , F_0 e T^*_c , rispettivamente definiti come: *accelerazione orizzontale massima del terreno, valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale*.

Essi sono necessari per la definizione dello spettro di risposta elastico rispetto ad uno specifico periodo di ritorno. Per ogni nodo del reticolo INGV sono forniti i grafici relativi alle curve di pericolosità e gli spettri di risposta a pericolosità uniforme (isoprobabili), corrispondenti alle diverse probabilità di eccedenza in 50 anni.

² Per una prefissata P_{VR} .

³ <http://esse1.mi.ingv.it/>

⁴ Considerato internazionalmente come il livello di pericolosità di riferimento per la progettazione di edifici ordinari allo stato limite ultimo.

Si fa notare che, qualora il periodo di ritorno calcolato nell'approccio prestazionale fosse inferiore al valore minimo nello studio di pericolosità sismica dell'INGV (30 anni) o superiore al valore massimo considerato (2475 anni), si porrà pari a 30 anni nel primo caso e pari a 2475 anni nel secondo caso.

8.1. Definizione dell'azione sismica di base per l'area di studio

I parametri di pericolosità sismica possono essere automaticamente ricavati, come espresso nella Circolare NTC08, dal software "Azioni sismiche – Spettri di risposta" scaricabile dal sito web⁵ del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che effettua le operazioni di interpolazione sia geografica, sia temporale richieste per la valutazione dell'azione sismica.

Come risultato, il software restituisce i 9 spettri di risposta elastici delle NTC08 (su roccia) e i 9 spettri a pericolosità uniforme dai quali sono stati derivati, per il sito in questione⁶ e per i 9 periodi di ritorno considerati.

Si riportano, di seguito, i valori dei parametri di riferimento che definiscono gli spettri di risposta elastici caratteristici del sito in esame per i 9 periodi di ritorno di riferimento (Figura 12).

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
30	0.045	2.496	0.255
50	0.057	2.490	0.270
72	0.068	2.464	0.278
101	0.080	2.569	0.265
140	0.094	2.591	0.267
201	0.110	2.593	0.270
475	0.157	2.592	0.273
975	0.210	2.534	0.280
2475	0.298	2.438	0.295

Figura 12 - Valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento.

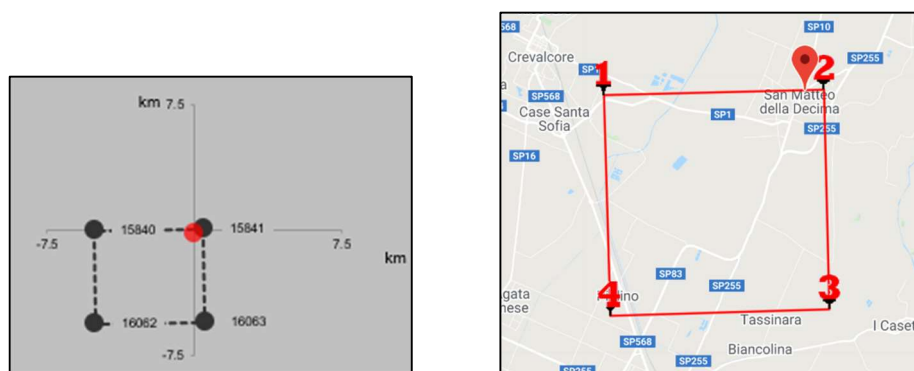


Figura 13 - Coordinate geografiche dei 4 punti della griglia INGV entro i quali ricade il sito in esame e distanza, in km, del sito da essi.

⁵ <http://www.cslp.it/>

⁶ Coordinate ED50 del sito: (LAT: 44.713215; LONG: 11.234163)

8.2. Scelta della strategia di progettazione

L'associazione tra i livelli prestazionale definiti per una data struttura e la severità dello scuotimento sismico dipende dall'importanza dell'opera considerata.

In particolare, le NTC08 prevedono che l'azione sismica sia associata ad un *periodo di riferimento* (V_R) dell'opera e ad una prefissata probabilità di eccedenza, cui è abbinato un periodo di ritorno T_R . V_R definisce il periodo di osservazione per l'accadimento di terremoti di severità prefissata in base a T_R , mentre *allo stato limite è associata la probabilità di eccedenza*, durante tale periodo, dell'azione sismica da considerare.

Per ogni tipo di costruzione, V_R è ottenuto come prodotto della *vita nominale dell'opera* (V_N) per il *coefficiente della classe d'uso* (C_u) della stessa e non può essere inferiore a 35 anni.

La V_N è indicata espressamente negli elaborati di progetto e, per il caso in esame risulta essere pari a **$V_N = 50$ anni**⁷. Essa definisce la durata della vita di progetto della struttura.

Le diverse strutture sono suddivise in *classi d'uso*, sulla base del livello di affollamento tipicamente presente nell'opera e delle possibili conseguenze, in termini sia di vittime, sia di rischi per l'ambiente, derivabili da un eventuale collasso o, comunque, da un'interruzione d'uso. A ciascuna classe d'uso è associato un valore del *coefficiente d'uso* C_u .

Nel caso in esame, la classe d'uso è la **II**⁸, corrispondente ad un coefficiente d'uso C_u pari a **1**.

Da qui deriva, per la struttura in esame, un V_R pari a **50**.

Da un punto di vista prestazionale, la filosofia che sta alla base della definizione degli stati limite prevede che la struttura rimanga operativa, o comunque subisca danni tali da non comprometterne significativamente la resistenza, nel caso di terremoti meno severi e pertanto con una più elevata probabilità di verificarsi nel periodo di riferimento della struttura (superiore al 63%). Per contro, si accettano danni più significativi, sempre però garantendo la salvaguardia della vita degli occupanti, nel caso si verifichi un terremoto più severo, cui è associata una probabilità di occorrenza significativamente più bassa (5-10%) durante il periodo di riferimento dell'opera.

Per questo, ad ogni SL è associata una *probabilità di eccedenza* P_{VR} che rappresenta la probabilità di accadimento, nel periodo di riferimento V_R , di almeno un sisma avente periodo di ritorno T_R :

Stato Limite di Operatività	(SLO) - 81%
Stato Limite di Danno	(SLD) - 63%
Stato Limite di salvaguardia della Vita	(SLV) - 10%

⁷ Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.

⁸ Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_u = 1,0$.

Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC) - 5%

Identificati V_R e P_{VR} , il periodo di ritorno dell'azione sismica, da considerare per l'opera in esame e per i diversi SL, può essere calcolato sulla base della relazione biunivoca riportata di seguito:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})}$$

Dall'equazione di cui sopra si ottengono le relazioni tra il periodo di ritorno e il periodo di riferimento per i 4 SL e i rispettivi parametri d'azione.

Per il sito in esame si riportano di seguito la tabella dei parametri d'azione e gli spettri elastici per i 4 periodi di ritorno e per i 4 SL:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.045	2.496	0.256
SLD	50	0.057	2.490	0.270
SLV	475	0.157	2.592	0.273
SLC	975	0.210	2.534	0.280

Tabella 3 - Valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento associati a ciascun SL.

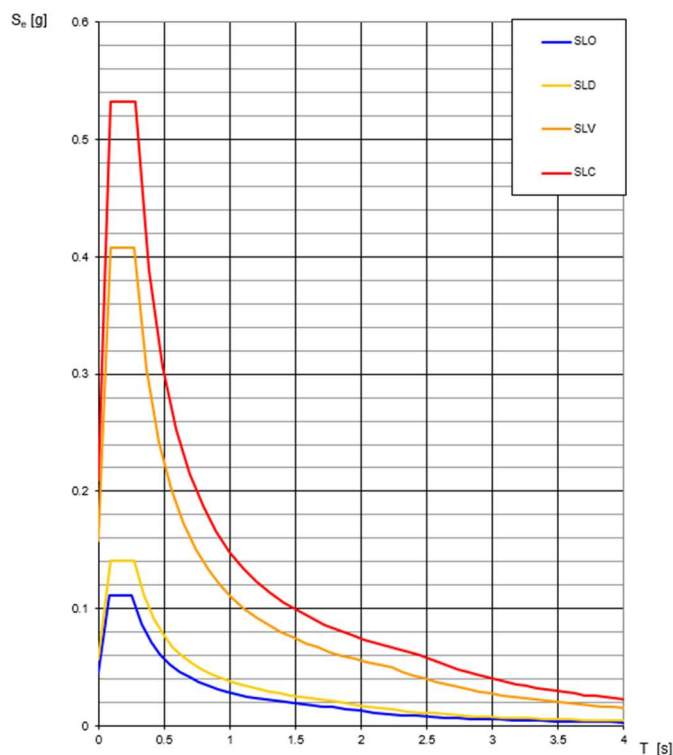


Figura 14 – Spettri di risposta elastici per i 4 Stati Limite

9. AZIONE SISMICA DI PROGETTO

L'utilizzo degli spettri di risposta elastici precedentemente descritti corrisponde ad esigere che, durante un terremoto di prefissata severità, la struttura in progetto (o esistente) mantenga un comportamento elastico lineare, evitando in tal modo qualsiasi alterazione della sua integrità. Questa filosofia, evidentemente molto gravosa dal punto di vista economico, viene di fatto utilizzata soltanto nel caso di strutture particolari, il cui danneggiamento anche lieve può provocare conseguenze molto gravi alla società. A parte questi casi di strutture particolari, tipicamente si ammette che, sotto l'azione del terremoto, la struttura possa uscire dal campo elastico e sia in grado di sfruttare le proprie risorse in campo inelastico. In altre parole, è consentito progettare una struttura per un livello di azione sismica più moderata rispetto a quella corrispondente ad un comportamento puramente elastico, ammettendo che, oltre il limite elastico, la struttura abbia un comportamento duttile e dissipativo.

Per *duttilità* si intende la capacità di una struttura di deformarsi anche dopo la plasticizzazione del primo elemento, senza raggiungere la rottura in modo fragile. A parità di duttilità, le strutture possono tuttavia rispondere in modo diverso, in relazione alla loro capacità di dissipare l'energia di deformazione accumulata nei cicli di carico e scarico indotti dal terremoto.

La filosofia delle normative più recenti, incluse le NTC08, è di mirare alla realizzazione di strutture con un prefissato livello di duttilità e con un'opportuna capacità dissipativa, grazie alla quale la struttura sia in grado di esibire riserve di resistenza oltre il limite di plasticizzazione del primo elemento, prima che si formi un meccanismo di collasso controllato, in accordo al criterio di gerarchia delle resistenze. Poiché dunque tali strutture, se correttamente progettate, possono attingere a risorse ulteriori una volta raggiunta la resistenza massima, per le strutture con adeguato comportamento dissipativo, le forze corrispondenti ad una risposta puramente elastica (risultati perciò dall'applicazione dello spettro di risposta elastico) possono essere ridotte.

In particolare, si dividono le ordinate dello spettro di risposta elastico per un coefficiente, detto *fattore di struttura* (q), il cui valore dipende dal materiale, dal tipo di sistema strutturale adottato e dal suo grado di iperplasticità.

Nella definizione degli spettri di risposta di progetto, le NTC08 adottano questa filosofia⁹.

Gli spettri di risposta di progetto in accelerazione per le componenti orizzontali, da utilizzare per la verifica degli stati limite ultimi, possono essere pertanto definiti solo qualora il progettista abbia calcolato il *fattore di struttura* (q), definito nel capitolo 7 delle NTC08 (punto 7.3.1), per le strutture dissipative.

Per la componente verticale dell'azione sismica, a meno di adeguate analisi giustificative, le NTC08 stabiliscono di utilizzare sempre un fattore di struttura $q = 1.5$, per qualunque tipologia strutturale e di materiale. Fanno eccezione i ponti, per i quali si richiede di adottare $q = 1$.

⁹ Le righe di questo capitolo, fino alla presente nota, sono in gran parte state trascritte, integralmente, dalla seguente pubblicazione: C.G. Lai, S. Foti e M. Rota (2009) – Input sismico e stabilità geotecnica dei siti di costruzione. IUSS Press, 312 p.

Per gli stati limite di esercizio, le NTC08 stabiliscono di utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per quelle verticali, gli spettri di progetto elastici riferiti al periodo di ritorno corrispondente a ciascun stato limite. Secondo le NTC08 questo avviene indipendentemente dal fatto che le strutture siano dissipative o non dissipative. Pertanto, nel caso degli stati limite di esercizio la risposta sismica della struttura è affidata esclusivamente alle sue caratteristiche di rigidezza e resistenza.

10. EFFETTI DI SITO

10.1. Amplificazione topografica

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata in prima approssimazione con riferimento alle categorie di sottosuolo di cui al paragrafo § 3.2.2. delle NTC08. Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{\max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{\max} può essere ricavato dalla relazione $a_{\max} = S_s \cdot a_g$ dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Per categorie speciali di sottosuolo (Tab. 3.2.III - § 3.2.2. delle NTC08), per determinati sistemi geotecnici o se si intende aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante specifiche analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove.

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 4 - Tab. 3.2.III - § 3.2.2. delle NTC08.

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_c valgono 1. Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T^*_c relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V (§3.2.3.2. delle NTC08), nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 5 - Tab. 3.2.V - § 3.2.3.2. delle NTC08.

Di seguito si riportano i valori del fattore di amplificazione stratigrafica S_S per il sito in esame, per la categoria di suolo "C" e per ogni Stato Limite, calcolati con l'approccio semplificato consentito dalle NTC08.

COMPONENTE ORIZZONTALE	
Parametri indipendenti	
Stato limite - SLO	
a_g	0,045 g
F_0	2,496
T_C^*	0,256 s
S_S	1,5
C_C	1,647
S_T	1

COMPONENTE ORIZZONTALE	
Parametri indipendenti	
Stato limite - SLD	
a_g	0,057 g
F_0	2,49
T_C^*	0,27 s
S_S	1,5
C_C	1,617
S_T	1

COMPONENTE ORIZZONTALE	
Parametri indipendenti	
Stato limite - SLV	
a_g	0,157 g
F_0	2,592
T_C^*	0,273 s
S_S	1,455
C_C	1,611
S_T	1

COMPONENTE ORIZZONTALE	
Parametri indipendenti	
Stato limite - SLC	
a_g	0,21 g
F_0	2,534
T^*_C	0,28 s
S_S	1,381
C_C	1,599
S_T	1

10.2. Amplificazione topografica

Considerando le condizioni topografiche e morfologiche dell'area di studio (pianura, superficie topografica sub-orizzontale), il coefficiente di amplificazione topografica S_T può essere assunto pari ad 1, sulla base delle categorie individuate dalle NTC08 (Tabella 6).

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

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 6 – Tabelle 3.2.IV e 3.2.VI – NTC08.

10.3. Accelerazione massima orizzontale al suolo

La determinazione dell'**accelerazione massima orizzontale al sito**, per i 4 stati limite, sarà data dalla formula:

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \cdot 9,81$$

e sarà rispettivamente pari a:

SLO: 0,66 m/sec²

SLD: 0,84 m/sec²

SLV: 2,24 m/sec²

SLC: 2,84 m/sec²

I **coefficienti sismici orizzontale e verticale**, per il sito in esame, sono dati rispettivamente dalle seguenti formule:

$$k_h = \frac{\beta_s \cdot a_{\max}}{g}$$

dove: β_s è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito ricavabile dalla sottostante tabella:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0.30	0.28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0.27	0.24
$a_g (g) \leq 0,1$	0.20	0.20

$$K_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Pertanto, i coefficienti sismici orizzontali e verticali per i 4 stati limite saranno:

Stato limite	k_h	k_v
SLO	0,0135	$\pm 0,007$
SLD	0,017	$\pm 0,0086$
SLV	0,055	$\pm 0,027$
SLC	0,081	$\pm 0,04$

Il valore di amplificazione della PGA ricavato per questo studio per lo stato limite SLV (1,455) è risultato in linea con la previsione di microzonazione sismica di III livello del Comune di San Giovanni in Persiceto per l'area in esame (1,3-1,4).

10.4. Rischio liquefazione

La presenza di livelli sabbiosi nei primi 20 m dal piano campagna, individuati in entrambe le verticali penetrometriche eseguite per questo studio e presenti in maggior frequenza in corrispondenza della CPTm-2, non consente di escludere il verificarsi di manifestazioni in superficie del fenomeno della liquefazione delle sabbie in caso di sisma, visti anche gli scarsi valori di addensamento delle sabbie nei primi 10 m dal piano campagna.

Anche la carta delle MOPS della microzonazione sismica di III livello del Comune di San Giovanni in Persiceto (Figura 15) inserisce l'area in ZALQ: Zona di attenzione per liquefazione.

Zone stabili suscettibili di
amplificazioni locali

2001

Zona 1 - costituita da depositi fini più o meno addensati di origine fluviale a tessitura prevalentemente argilloso-limosa e limargillosa, per uno spessore indicativo di 100 m. Poggia su un materiale prevalentemente granulare.

2002

Zona 2 - costituita da depositi granulari recenti più o meno addensati di origine fluviale a tessitura prevalentemente limo-sabbiosa, per uno spessore indicativo di 100 m. Poggia su un materiale prevalentemente granulare.

2003

Zona 3 - costituita da depositi granulari di età pre-romana più o meno addensati di origine fluviale a tessitura prevalentemente limo-sabbiosa, per uno spessore indicativo di 100 m. Poggia su un materiale prevalentemente granulare.

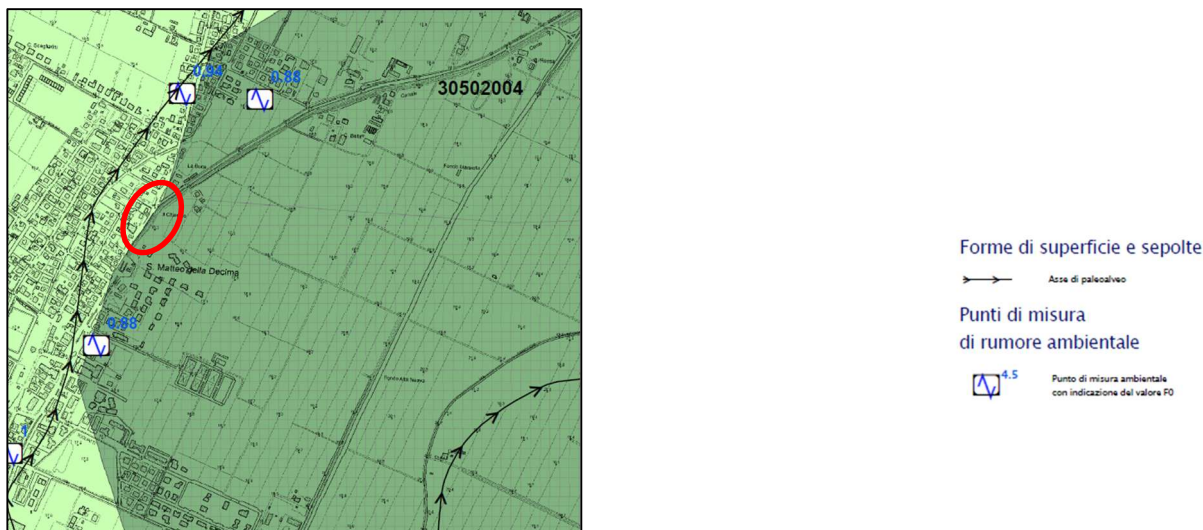


Figura 15 – Stralcio della carta delle MOPS della microzonazione sismica di III livello del Comune di San Giovanni in Persiceto. L'ellisse rossa individua l'area di studio.

Gli indici di potenziale liquefazione individuati dalla MS3 nell'intorno dell'area sono risultati pari a 3,7 e 7,16 (Figura 16).

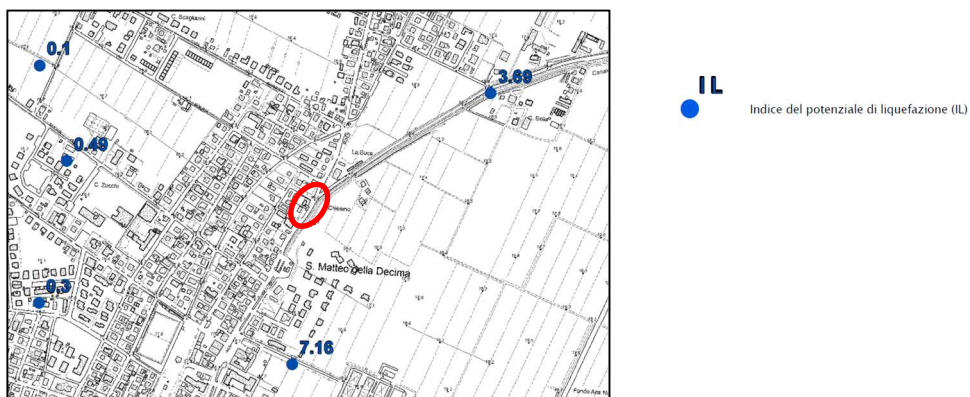


Figura 16 – Stralcio della Carta di microzonazione sismica di Livello 3 – Indici di Liquefazione del Comune di San Giovanni in Persiceto. L'ellisse rossa identifica l'area di studio.

11. SINTESI DELL'ANALISI DEI DATI RACCOLTI E CONCLUSIONI

Dall'analisi integrata dei dati scientifici disponibili in bibliografia, delle osservazioni di campagna effettuate durante il sopralluogo e dei dati acquisiti ed elaborati grazie ai sondaggi geognostici eseguiti e di archivio, è stato possibile caratterizzare il terreno in esame dai punti di vista litostratigrafico, geotecnico, chimico e sismico e dare un giudizio sulla fattibilità dell'intervento in progetto.

Giudizio che è risultato essere **positivo** e che ha permesso di dichiarare la **fattibilità del progetto di realizzazione della nuova rotatoria in San Matteo della Decima**, tenendo in adeguata considerazione tutti i risultati evidenziati nella presente relazione.

Dallo studio eseguito emerge come l'area si collochi in una zona a debolissima inclinazione topografica, che permette realizzazioni infrastrutturali senza particolari problemi, con presenza di terreni incoerenti (sabbie argillose e limi) in superficie, seguite da terreni prevalentemente argillosi intervallati da sottili livelli sabbiosi.

Le prove effettuate hanno evidenziato la presenza di terreni con caratteristiche di resistenza meccanica molto buone nel primo metro superficiale, che poi deviano verso valori scadenti fino a circa 10 m di profondità; oltre tale profondità tornano ad assestarsi su valori molto buoni fino a 20 m.

Se si guarda al confronto degli andamenti con la profondità del rapporto d'attrito appare evidente una differenza litologica tra le due verticali penetrometriche, negli intervalli di profondità 2-10 m e 16-19 m: in linea di massima, in questi intervalli la CPTm-2 mostra una maggior frequenza di livelli sabbiosi. Nell'intervallo 2-10 m, i parametri di resistenza geomeccanica delle argille e delle sabbie assumono valori minori nella CPTm-2 rispetto alla CPTm-1, a luoghi anche scadenti.

La soggiacenza della falda più superficiale, in base a quanto è stato rilevato nel QC del PSC di Terre d'Acqua, si attesta intorno a -2 m dal p.d.c. In occasione dell'esecuzione delle 2 prove penetrometriche statiche eseguite per questo studio in corrispondenza dell'area di indagine, la falda è stata intercettata a circa -2 m dal piano campagna.

Le prove di carico su piastra effettuate in due punti hanno restituito valori del **modulo di deformazione** pari a 80,36 e 64.75 MPa, valori che consentiranno di valutare se i terreni siano già dotati di un grado di addensamento soddisfacente per la realizzazione dell'opera o debbano essere sottoposti a compattazione.

Le prove di laboratorio geotecnico hanno classificato i due campioni come argille inorganiche di media ed elevata plasticità, che **possono essere sottoposte a trattamento a calce**, prevedendo di utilizzare un'elevata quantità di CaO per i terreni simili al campione nr. 2, da determinarsi con precisione sulla base delle prove sulle miscele, per verificare la percentuale di legante che consente di ottenere una miscela non più sensibile all'acqua.

Le analisi di laboratorio chimico non hanno rilevato **alcun superamento delle CSC** per i parametri considerati. Il terreno scavato potrà essere riutilizzato allo stato naturale nello stesso cantiere di produzione.

Per la caratterizzazione sismica del terreno è stata eseguita una campagna a sismica passiva (HVSR) su terreno naturale all'interno dell'area di studio, la quale ha permesso di interpretare il profilo delle onde sismiche "S" con la profondità, da cui è stato ricavato un valore di V_{s30} pari a **292 m/s**, che permette di assegnare il terreno in esame alla categoria **C** *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s"*.

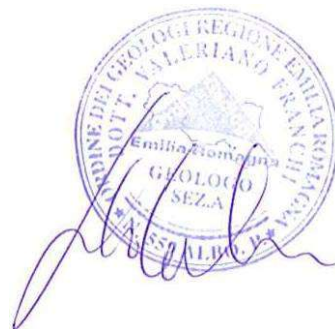
L'analisi ha permesso di identificare una frequenza di vibrazione fondamentale del terreno prossima ad 1 Hz.

Sono stati, inoltre, determinati i parametri di pericolosità sismica di base del sito specifico e i parametri d'azione e gli spettri elastici relativi ai quattro stati limite. Infine, sempre per i quattro stati limite, si sono calcolate, attraverso l'approccio semplificato NTC18 (§ 3.2.3), l'amplificazione litostratigrafica e l'accelerazione massima orizzontale attesa al sito ed i rispettivi coefficienti sismici orizzontale e verticale.

Modena, 24/09/2020

Il Tecnico incaricato

Dott. Geol. Valeriano Franchi



Allegato 1

Indagini geognostiche eseguite per questo studio (2 CPTm)

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-1

Prof.	Qc	fs	Qc1	Lito.	Pv	OCR	Cu	c'	M	Dr	fi'	tan-fi'	Ey	G0	Pois.
m	kPa	kPa	MPa	Code	kN/mc	...	kPa	kPa	MPa	%	°	...	MPa	MPa	...
0.6	63.0	130.0	6.18	11.0	20.8	163.0	342.54	40.69	25.43					381.5	0.45
0.8	102.0	119.0	10.0	4.0	19.2	13.0			298.99	92.8	37.3	0.76	25.21	54.56	0.01
1.0	39.0	63.0	3.82	6.0	19.5	62.1	211.35	25.11	15.69					235.4	0.45
1.2	40.0	54.0	3.92	5.0	18.8	28.8	216.59	25.73	133.54	45.1	36.7	0.75	13.62	297.32	0.26
1.4	30.0	50.0	2.94	6.0	19.2	34.6	161.9	19.23	12.02					180.31	0.45
1.6	15.0	36.0	1.47	12.0	19.2	15.0	79.96	9.5	5.94					89.06	0.45
1.8	9.0	23.0	0.88	12.0	18.5	7.9	47.07	5.59	3.49					52.42	0.45
2.0	9.0	19.0	0.88	12.0	18.0	7.5	46.87	5.57	3.49					52.32	0.5
2.2	10.0	19.0	0.98	12.0	18.0	8.0	52.12	6.19	3.89					58.29	0.5
2.4	10.0	19.0	0.98	12.0	18.0	7.7	51.92	6.17	3.88					58.19	0.5
2.6	10.0	19.0	0.98	12.0	18.0	7.3	51.72	6.14	3.87					58.09	0.5
2.8	9.0	18.0	0.88	12.0	17.9	6.3	46.07	5.47	3.46					51.92	0.5
3.0	7.0	14.0	0.69	12.0	17.5	4.6	34.98	4.16	2.65					39.69	0.5
3.2	7.0	12.0	0.69	9.0	17.0	4.4	34.79	4.13	2.64					39.6	0.5
3.4	9.0	14.0	0.88	9.0	17.1	5.6	45.5	5.4	3.44					51.64	0.5
3.6	15.0	27.0	1.47	10.0	18.4	9.3	77.98	9.26	5.86					87.94	0.5
3.8	10.0	19.0	0.98	12.0	18.0	5.8	50.54	6.0	3.83					57.5	0.5
4.0	7.0	18.0	0.69	12.0	18.2	3.8	33.99	4.04	2.61					39.2	0.5
4.2	6.0	9.0	0.59	6.0	16.2	3.1	28.37	3.37	2.2					33.05	0.5
4.4	9.0	14.0	0.88	9.0	17.1	4.7	44.52	5.29	3.41					51.16	0.5
4.6	11.0	18.0	1.08	9.0	17.6	5.7	55.22	6.56	4.21					63.2	0.5
4.8	11.0	22.0	1.08	12.0	18.2	5.5	55.02	6.54	4.21					63.1	0.5
5.0	9.0	15.0	0.88	9.0	17.4	4.3	43.93	5.22	3.39					50.87	0.5
5.2	8.0	14.0	0.78	9.0	17.3	3.7	38.29	4.55	2.98					44.71	0.5
5.4	7.0	10.0	0.69	6.0	16.2	3.1	32.66	3.88	2.57					38.56	0.5
5.6	1.0	12.0	0.1		17.8	-0.0	-0.27	-0.03	0.14					2.05	0.5
5.8	10.0	16.0	0.98	9.0	17.4	4.4	48.61	5.78	3.77					56.57	0.5
6.0	11.0	18.0	1.08	9.0	17.6	4.7	53.87	6.4	4.17					62.54	0.5
6.2	11.0	18.0	1.08	9.0	17.6	4.6	53.67	6.38	4.16					62.45	0.5
6.4	13.0	21.0	1.27	10.0	17.8	5.4	64.37	7.65	4.97					74.48	0.5
6.6	12.0	20.0	1.18	10.0	17.8	4.8	58.72	6.98	4.55					68.32	0.5
6.8	10.0	19.0	0.98	12.0	18.0	3.8	47.63	5.66	3.74					56.08	0.5

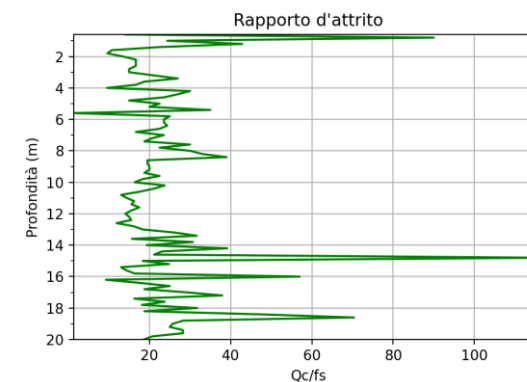
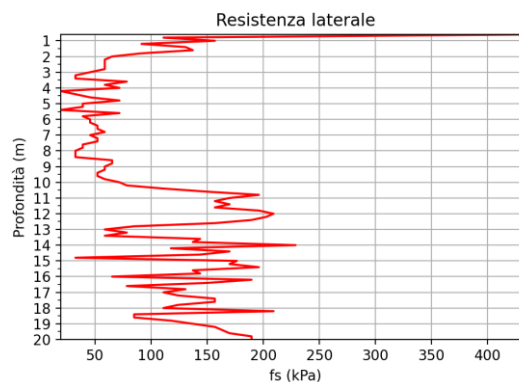
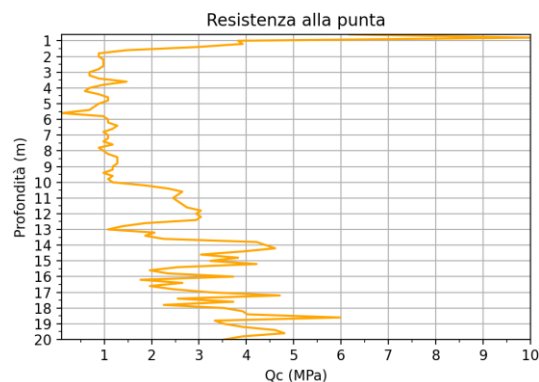
Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-1

7.0	11.0	18.0	1.08	9.0	17.6	4.1	52.88	6.28	4.14					62.05	0.5
7.2	11.0	19.0	1.08	10.0	17.8	4.0	52.68	6.26	4.13					61.95	0.5
7.4	10.0	18.0	0.98	10.0	17.8	3.5	47.04	5.59	3.72					55.79	0.5
7.6	12.0	18.0	1.18	6.0	17.4	4.3	57.74	6.86	4.52					67.83	0.5
7.8	9.0	15.0	0.88	9.0	17.4	3.0	41.2	4.89	3.3					49.53	0.5
8.0	10.0	15.0	0.98	6.0	17.1	3.3	46.46	5.52	3.7					55.51	0.5
8.2	11.0	16.0	1.08	6.0	17.1	3.6	51.72	6.14	4.1					61.48	0.5
8.4	13.0	18.0	1.27	5.0	17.2	2.2	62.42	7.42	12.72	7.1	28.8	0.55	13.57	174.87	0.33
8.6	13.0	23.0	1.27	10.0	18.1	4.2	62.22	7.39	4.9					73.43	0.5
8.8	13.0	23.0	1.27	10.0	18.1	4.1	62.02	7.37	4.89					73.32	0.5
9.0	12.0	21.0	1.18	10.0	18.0	3.7	56.37	6.7	4.48					67.15	0.5
9.2	12.0	21.0	1.18	10.0	18.0	3.6	56.17	6.67	4.47					67.05	0.5
9.4	10.0	18.0	0.98	10.0	17.8	2.8	45.08	5.36	3.65					54.82	0.5
9.6	12.0	20.0	1.18	10.0	17.8	3.4	55.78	6.63	4.46					66.86	0.5
9.8	11.0	20.0	1.08	10.0	18.0	3.0	50.13	5.96	4.05					60.69	0.5
10.0	12.0	23.0	1.18	10.0	18.2	3.3	55.37	6.58	4.44					66.65	0.5
10.2	19.0	31.0	1.86	6.0	18.4	5.5	93.31	11.08	7.27					109.02	0.5
10.4	24.0	41.0	2.35	11.0	19.0	6.9	120.34	14.3	9.28					139.25	0.5
10.6	27.0	50.0	2.65	11.0	19.4	7.7	136.47	16.21	10.49					157.33	0.5
10.8	26.0	56.0	2.55	11.0	19.7	7.3	130.8	15.54	10.08					151.14	0.5
11.0	25.0	51.0	2.45	11.0	19.5	6.8	125.13	14.87	9.66					144.95	0.5
11.2	26.0	50.0	2.55	11.0	19.4	7.0	130.37	15.49	10.06					150.9	0.5
11.4	27.0	53.0	2.65	11.0	19.6	7.1	135.6	16.11	10.46					156.85	0.5
11.6	28.0	52.0	2.75	11.0	19.4	7.3	140.83	16.73	10.85					162.8	0.5
11.8	31.0	61.0	3.04	11.0	19.8	8.0	156.95	18.65	12.06					180.88	0.5
12.0	30.0	62.0	2.94	11.0	19.8	7.6	151.29	17.97	11.65					174.69	0.5
12.2	31.0	62.0	3.04	11.0	19.8	7.7	156.51	18.59	12.04					180.63	0.5
12.4	30.0	59.0	2.94	11.0	19.6	7.3	150.85	17.92	11.63					174.44	0.5
12.6	19.0	43.0	1.86	11.0	19.4	4.3	90.7	10.78	7.17					107.58	0.5
12.8	14.0	27.0	1.37	10.0	18.5	3.0	63.26	7.51	5.14					77.13	0.5
13.0	11.0	20.0	1.08	10.0	18.0	2.2	46.71	5.55	3.92					58.82	0.5
13.2	21.0	33.0	2.06	6.0	18.5	4.6	100.99	12.0	7.96					119.39	0.5
13.4	19.0	28.0	1.86	6.0	18.0	4.1	89.89	10.68	7.14					107.16	0.5

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-1

13.6	23.0	45.0	2.26	11.0	19.2	5.0	111.47	13.24	8.75					131.31	0.5
13.8	43.0	64.0	4.22	5.0	19.4	5.3	220.22	26.16	42.6	31.4	33.2	0.65	28.72	437.72	0.305
14.0	45.0	80.0	4.41	6.0	20.0	10.0	230.89	27.43	17.64					264.56	0.5
14.2	47.0	65.0	4.61	5.0	19.2	5.6	241.57	28.7	46.59	33.6	33.5	0.66	30.32	469.63	0.305
14.4	40.0	66.0	3.92	6.0	19.6	8.6	203.22	24.14	15.6					233.98	0.5
14.6	31.0	53.0	3.04	6.0	19.3	6.4	153.97	18.29	11.95					179.26	0.5
14.8	39.0	44.0	3.82	3.0	17.4	0.8			23.37	28.3	32.6	0.64	28.24	189.06	0.12
15.0	33.0	60.0	3.24	11.0	19.6	6.7	164.46	19.54	12.75					191.18	0.5
15.2	43.0	69.0	4.22	6.0	19.6	8.8	218.72	25.98	16.78					251.73	0.5
15.4	26.0	56.0	2.55	11.0	19.7	5.0	125.88	14.95	9.9					148.46	0.5
15.6	20.0	41.0	1.96	11.0	19.2	3.6	92.98	11.05	7.46					111.93	0.5
15.8	24.0	46.0	2.35	11.0	19.2	4.4	114.56	13.61	9.07					136.09	0.5
16.0	38.0	48.0	3.73	3.0	18.3	0.7			22.77	27.0	32.3	0.63	29.06	197.75	0.12
16.2	18.0	47.0	1.77	11.0	19.5	3.1	81.45	9.68	6.63					99.46	0.5
16.4	27.0	50.0	2.65	11.0	19.4	4.8	130.27	15.48	10.26					153.95	0.5
16.6	20.0	32.0	1.96	6.0	18.5	3.4	91.93	10.92	7.42					111.37	0.5
16.8	25.0	45.0	2.45	11.0	19.2	4.3	118.95	14.13	9.44					141.59	0.5
17.0	33.0	50.0	3.24	6.0	19.0	5.8	162.33	19.28	12.67					190.02	0.5
17.2	48.0	67.0	4.71	5.0	19.2	4.8	243.84	28.97	47.46	32.6	33.1	0.65	33.57	500.68	0.305
17.4	26.0	50.0	2.55	11.0	19.4	4.4	123.76	14.7	9.82					147.31	0.5
17.6	38.0	62.0	3.73	6.0	19.5	6.6	188.92	22.44	14.67					220.0	0.5
17.8	23.0	42.0	2.26	11.0	19.0	3.7	106.99	12.71	8.59					128.87	0.5
18.0	36.0	53.0	3.53	5.0	19.0	3.3	177.61	21.1	35.41	24.7	31.8	0.62	29.92	418.37	0.315
18.2	40.0	72.0	3.92	11.0	19.8	6.7	199.18	23.66	15.45					231.79	0.5
18.4	41.0	54.0	4.02	5.0	18.7	3.8	204.42	24.28	40.4	27.9	32.3	0.63	32.21	458.63	0.31
18.6	61.0	74.0	5.98	3.0	18.8	1.1			36.47	38.9	34.0	0.67	39.1	245.62	0.1
18.8	34.0	52.0	3.33	6.0	19.1	5.4	165.86	19.7	13.0					195.05	0.5
19.0	36.0	57.0	3.53	6.0	19.3	5.7	176.54	20.97	13.8					207.06	0.5
19.2	40.0	64.0	3.92	6.0	19.5	6.3	198.12	23.54	15.41					231.22	0.5
19.4	47.0	72.0	4.61	6.0	19.5	7.5	236.04	28.04	18.24					273.57	0.5
19.6	49.0	75.0	4.81	6.0	19.6	7.7	246.72	29.31	19.04					285.59	0.5
19.8	40.0	69.0	3.92	6.0	19.7	6.1	197.46	23.46	15.39					230.85	0.5
20.0	36.0	65.0	3.53	11.0	19.7	5.4	175.45	20.84	13.76					206.46	0.5

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-1



Prof.	Lito.	Pv m	Pv k	Cu m	Cu COV	Cu k	c' m	c' COV	c' k	Dr m	fi' m	fi' k	tan-fi' m	tan-fi' k	M m	M COV	M k	Pois. m
m	...	kN/mc	kN/mc	kPa	...	kPa	kPa	...	kPa	%	°	°	MPa	...	MPa	...
0.6-0.8	S_a/c	19.2	19.2							92.8	37.3	37.3	0.76	0.76	298.99	0.0	298.99	0.01
0.8-1.0	As+Al	19.5	19.5	211.35	0.0	211.35	25.11	0.0	25.11						15.69	0.0	15.69	0.45
1.0-1.2	Sa+l	18.8	18.8	216.59	0.0	216.59	25.73	0.0	25.73	45.1	36.7	36.7	0.75	0.75	133.54	0.0	133.54	0.26
1.2-5.4	Ao+tm & Ai_cm	17.76	17.5	53.02	0.52	3.65	6.3	0.52	0.43						4.0	0.5	1.33	0.49
5.6-10.0	Ai_c & Ai_cm	17.71	17.6	53.73	0.11	43.2	6.38	0.11	5.13	7.1	28.8	28.8	0.55	0.55	4.59	0.4	1.32	0.49
10.0-12.4	Ai_mc & As+Al	19.45	19.2	135.7	0.13	102.5	16.12	0.13	12.18						10.46	0.13	7.9	0.5
12.4-13.4	Ai_c & As+Al	18.48	18.0	78.31	0.26	30.22	9.3	0.26	3.59						6.27	0.24	2.72	0.5
13.4-14.6	As+Al & Sa+l	19.45	19.3	193.56	0.24	93.12	22.99	0.24	11.06	32.5	33.35	33.4	0.66	0.63	23.86	0.63	7.95	0.44
14.6-14.8	S	17.4	17.4							28.3	32.6	32.6	0.64	0.64	23.37	0.0	23.37	0.12
14.8-15.8	Ai_mc & As+Al	19.46	19.3	143.32	0.31	38.38	17.03	0.31	4.56						11.19	0.29	3.53	0.5
15.8-16.0	S	18.3	18.3							27.0	32.3	32.3	0.63	0.63	22.77	0.0	22.77	0.12
16.0-17.0	Ai_mc &	19.12	18.8	116.99	0.25	47.91	13.9	0.25	5.69						9.28	0.23	4.24	0.5

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-2

Prof.	Qc	fs	Qc1	Lito.	Pv	OCR	Cu	c'	M	Dr	fi'	tan-fi'	Ey	G0	Pois.
m	kPa	kPa	MPa	Code	kN/mc	...	kPa	kPa	MPa	%	°	...	MPa	MPa	...
0.6	37.0	53.0	3.63	5.0	19.0	57.0	200.95	23.87	123.75	53.3	37.6	0.77	10.52	256.98	0.24
0.8	28.0	45.0	2.75	6.0	19.0	59.3	151.7	18.02	11.26					168.96	0.45
1.0	28.0	47.0	2.75	6.0	19.1	47.3	151.49	18.0	11.25					168.72	0.45
1.2	24.0	51.0	2.35	11.0	19.6	33.5	129.48	15.38	9.61					144.21	0.45
1.4	14.0	40.0	1.37	12.0	19.4	16.6	74.78	8.88	5.55					83.29	0.45
1.6	8.0	32.0	0.78	12.0	19.2	8.1	41.88	4.98	3.11					46.65	0.45
1.8	11.0	21.0	1.08	12.0	18.0	10.1	58.03	6.89	4.31					64.63	0.45
2.0	10.0	20.0	0.98	12.0	18.0	8.2	52.38	6.22	3.89					58.34	0.45
2.2	12.0	24.0	1.18	12.0	18.4	9.5	63.07	7.49	4.69					70.37	0.5
2.4	4.0	10.0	0.39	12.0	17.2	2.8	19.29	2.29	1.45					21.73	0.5
2.6	4.0	7.0	0.39	8.0	16.2	2.7	19.11	2.27	1.44					21.65	0.5
2.8	6.0	11.0	0.59	12.0	17.0	4.0	29.82	3.54	2.25					33.7	0.5
3.0	10.0	12.0	0.98	2.0	15.7	0.2			6.02	7.2	29.2	0.56	8.65	60.81	0.15
3.2	5.0	10.0	0.49	12.0	17.0	3.1	24.01	2.85	1.83					27.47	0.5
3.4	8.0	16.0	0.78	12.0	17.7	5.0	40.16	4.77	3.04					45.57	0.5
3.6	5.0	8.0	0.49	8.0	16.2	2.9	23.63	2.81	1.82					27.29	0.5
3.8	4.0	8.0	0.39	12.0	16.6	2.1	18.0	2.14	1.41					21.14	0.5
4.0	14.0	17.0	1.37	2.0	16.4	0.3			8.42	12.9	30.4	0.59	10.87	72.96	0.14
4.2	3.0	8.0	0.29	12.0	16.8	1.4	14.62	1.45	0.99					14.9	0.5
4.4	4.0	6.0	0.39	8.0	15.6	1.9	20.95	2.07	1.39					20.9	0.5
4.6	14.0	18.0	1.37	2.0	16.8	0.3			8.42	12.3	30.2	0.58	11.29	76.69	0.14
4.8	9.0	15.0	0.88	9.0	17.4	4.6	44.32	5.27	3.4					51.06	0.5
5.0	8.0	14.0	0.78	9.0	17.3	3.9	38.68	4.59	2.99					44.9	0.5
5.2	12.0	17.0	1.18		17.2	5.9	60.28	7.16	4.61					69.08	0.5
5.4	16.0	20.0	1.57	2.0	16.8	0.4			9.62	14.3	30.7	0.59	12.59	84.89	0.14
5.6	8.0	17.0	0.78	12.0	17.9	3.6	38.1	4.53	2.97					44.62	0.5
5.8	24.0	32.0	2.35	5.0	18.0	6.0	125.07	14.86	23.86	23.1	32.3	0.63	15.79	238.89	0.31
6.0	18.0	22.0	1.77	2.0	16.9	0.4			10.82	16.3	31.0	0.6	13.76	91.87	0.14
6.2	7.0	14.0	0.69	12.0	17.5	2.8	32.07	3.81	2.55					38.27	0.5
6.4	7.0	11.0	0.69	9.0	16.7	2.7	31.89	3.79	2.55					38.18	0.5
6.6	14.0	17.0	1.37	2.0	16.4	0.3			8.42	10.3	29.7	0.57	12.65	89.97	0.15
6.8	18.0	23.0	1.77	2.0	17.2	0.4			10.82	15.6	30.7	0.59	14.35	97.17	0.14

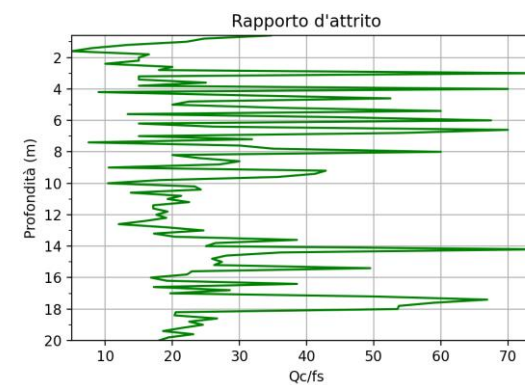
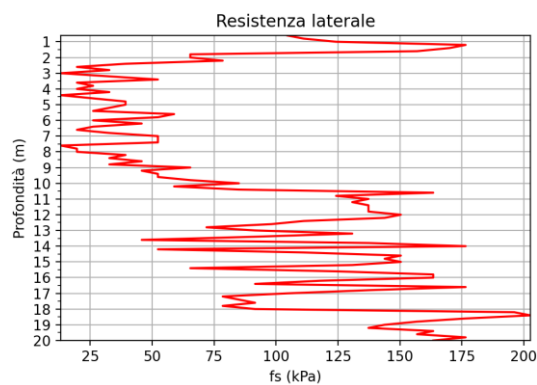
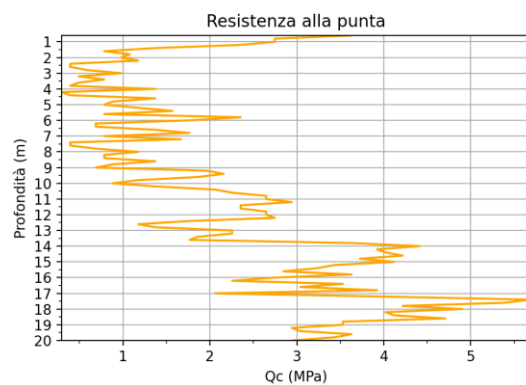
Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-2

7.0	8.0	16.0	0.78	12.0	17.7	3.0	36.76	4.37	2.93					43.98	0.5
7.2	17.0	25.0	1.67	6.0	17.8	6.7	85.6	10.17	6.57					98.49	0.5
7.4	4.0	12.0	0.39	12.0	17.6	1.1	17.49	1.73	1.3					19.51	0.5
7.6	4.0	6.0	0.39	8.0	15.6	1.1	17.29	1.71	1.3					19.44	0.5
7.8	7.0	10.0	0.69	6.0	16.2	2.3	30.57	3.63	2.5					37.57	0.5
8.0	12.0	15.0	1.18	2.0	16.4	0.2			7.22	6.0	28.6	0.55	12.66	94.7	0.16
8.2	8.0	14.0	0.78	9.0	17.3	2.6	35.64	4.23	2.9					43.46	0.5
8.4	8.0	13.0	0.78	9.0	17.0	2.5	35.45	4.21	2.89					43.37	0.5
8.6	14.0	21.0	1.37	6.0	17.6	4.7	67.95	8.07	5.31					79.68	0.5
8.8	9.0	14.0	0.88	9.0	17.1	2.8	40.52	4.81	3.28					49.25	0.5
9.0	7.0	17.0	0.69	12.0	18.0	2.0	35.3	3.5	2.47					37.02	0.5
9.2	20.0	27.0	1.96	5.0	17.7	3.5	100.05	11.89	19.73	16.1	30.7	0.59	16.82	231.58	0.32
9.4	22.0	30.0	2.16	5.0	17.9	3.8	110.75	13.16	21.73	18.1	31.1	0.6	17.84	247.85	0.315
9.6	19.0	27.0	1.86	5.0	17.9	3.2	94.2	11.19	18.72	14.7	30.3	0.58	16.77	226.61	0.32
9.8	12.0	22.0	1.18	10.0	18.1	3.5	55.87	6.64	4.46					66.95	0.5
10.0	9.0	22.0	0.88	12.0	18.5	2.4	39.32	4.67	3.24					48.64	0.5
10.2	14.0	23.0	1.37	10.0	18.0	4.0	66.36	7.88	5.26					78.88	0.5
10.4	21.0	34.0	2.06	6.0	18.6	6.2	104.29	12.39	8.08					121.25	0.5
10.6	23.0	48.0	2.26	11.0	19.4	6.7	114.97	13.66	8.88					133.27	0.5
10.8	27.0	46.0	2.65	11.0	19.1	7.8	136.55	16.22	10.49					157.42	0.5
11.0	27.0	48.0	2.65	11.0	19.2	7.7	136.33	16.2	10.49					157.31	0.5
11.2	30.0	50.0	2.94	6.0	19.2	8.4	152.47	18.11	11.69					175.39	0.5
11.4	24.0	45.0	2.35	11.0	19.2	6.5	119.56	14.2	9.26					138.87	0.5
11.6	24.0	45.0	2.35	11.0	19.2	6.4	119.35	14.18	9.25					138.75	0.5
11.8	27.0	48.0	2.65	11.0	19.2	7.1	135.48	16.1	10.46					156.84	0.5
12.0	27.0	50.0	2.65	11.0	19.4	7.0	135.27	16.07	10.45					156.72	0.5
12.2	28.0	50.0	2.75	11.0	19.3	7.1	140.5	16.69	10.84					162.67	0.5
12.4	18.0	35.0	1.77	11.0	18.9	4.3	85.81	10.19	6.79					101.88	0.5
12.6	12.0	27.0	1.18	12.0	18.6	2.6	52.91	6.29	4.36					65.37	0.5
12.8	14.0	25.0	1.37	10.0	18.2	3.1	63.61	7.56	5.16					77.4	0.5
13.0	23.0	37.0	2.26	6.0	18.7	5.4	112.43	13.36	8.79					131.9	0.5
13.2	23.0	43.0	2.26	11.0	19.2	5.3	112.22	13.33	8.79					131.78	0.5
13.4	19.0	33.0	1.86	10.0	18.6	4.2	90.22	10.72	7.16					107.4	0.5
13.6	18.0	25.0	1.77	5.0	17.7	2.1	84.57	10.05	17.56	10.8	29.3	0.56	19.41	245.53	0.325

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-2

13.8	37.0	58.0	3.63	6.0	19.3	8.5	187.87	22.32	14.43					216.41	0.5
14.0	45.0	72.0	4.41	6.0	19.6	10.3	231.24	27.47	17.66					264.83	0.5
14.2	40.0	48.0	3.92	3.0	18.0	0.8			23.97	29.5	32.9	0.65	27.52	181.25	0.12
14.4	41.0	58.0	4.02	5.0	19.0	5.0	209.04	24.83	40.59	30.1	33.0	0.65	28.01	424.41	0.31
14.6	43.0	66.0	4.22	6.0	19.5	9.4	219.72	26.1	16.82					252.36	0.5
14.8	38.0	60.0	3.73	6.0	19.4	8.1	192.26	22.84	14.79					221.9	0.5
15.0	42.0	65.0	4.12	6.0	19.5	8.9	213.84	25.4	16.4					246.05	0.5
15.2	35.0	55.0	3.43	6.0	19.2	7.2	175.49	20.85	13.56					203.46	0.5
15.4	33.0	43.0	3.24	3.0	18.2	0.6			19.78	23.9	31.8	0.62	26.21	182.38	0.13
15.6	29.0	48.0	2.84	6.0	19.1	5.7	142.38	16.92	11.12					166.84	0.5
15.8	37.0	62.0	3.63	6.0	19.5	7.4	185.75	22.07	14.35					215.26	0.5
16.0	28.0	53.0	2.75	11.0	19.4	5.4	136.5	16.22	10.7					160.53	0.5
16.2	23.0	41.0	2.26	11.0	19.0	4.2	109.05	12.96	8.67					130.08	0.5
16.4	36.0	50.0	3.53	5.0	18.8	3.8	179.67	21.34	35.5	25.6	32.0	0.62	28.34	403.29	0.31
16.6	31.0	58.0	3.04	11.0	19.6	5.8	152.21	18.08	11.89					178.39	0.5
16.8	40.0	61.0	3.92	6.0	19.4	7.5	201.03	23.88	15.53					232.88	0.5
17.0	21.0	37.0	2.06	11.0	18.8	3.6	97.3	11.56	7.83					117.48	0.5
17.2	40.0	52.0	3.92	3.0	18.6	0.7			23.96	28.0	32.4	0.63	30.35	206.09	0.12
17.4	58.0	71.0	5.69	3.0	18.8	1.1			34.69	38.2	34.0	0.67	36.51	227.85	0.1
17.6	55.0	69.0	5.39	3.0	18.8	1.1			32.91	36.5	33.8	0.67	35.55	226.51	0.11
17.8	43.0	55.0	4.22	3.0	18.6	0.8			25.75	29.6	32.6	0.64	31.83	214.52	0.12
18.0	50.0	64.0	4.9	3.0	18.8	0.9			29.92	33.6	33.3	0.66	34.44	224.38	0.11
18.2	41.0	71.0	4.02	6.0	19.8	7.1	205.01	24.35	15.88					238.16	0.5
18.4	42.0	73.0	4.12	6.0	19.8	7.2	210.24	24.98	16.27					244.1	0.5
18.6	48.0	75.0	4.71	6.0	19.6	8.2	242.71	28.83	18.69					280.39	0.5
18.8	36.0	60.0	3.53	6.0	19.5	5.9	177.11	21.04	13.83					207.46	0.5
19.0	36.0	58.0	3.53	6.0	19.4	5.9	176.9	21.02	13.82					207.34	0.5
19.2	30.0	51.0	2.94	6.0	19.3	4.7	143.99	17.11	11.39					170.81	0.5
19.4	31.0	56.0	3.04	11.0	19.5	4.8	149.22	17.73	11.78					176.76	0.5
19.6	37.0	61.0	3.63	6.0	19.5	5.8	181.7	21.59	14.2					213.05	0.5
19.8	35.0	62.0	3.43	11.0	19.6	5.4	170.58	20.27	13.39					200.79	0.5
20.0	30.0	55.0	2.94	11.0	19.5	4.5	143.13	17.0	11.36					170.33	0.5

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-2



Prof.	Lito.	Pv m	Pv k	Cu m	Cu COV	Cu k	c' m	c' COV	c' k	Dr m	fi' m	fi' k	tan-fi' m	tan-fi' k	M m	M COV	M k	Pois. m
m	...	kN/mc	kN/mc	kPa	...	kPa	kPa	...	kPa	%	°	°	MPa	...	MPa	...
0.4-0.6	Sa+I	19.0	19.0	200.95	0.0	200.95	23.87	0.0	23.87	53.3	37.6	37.6	0.77	0.77	123.75	0.0	123.75	0.24
0.6-1.2	As+Al & Ai_mc	19.23	18.9	144.22	0.07	127.23	17.13	0.07	15.11						10.71	0.07	9.45	0.45
1.2-2.2	Ao+tm	18.6	18.1	58.03	0.19	31.99	6.89	0.19	3.8						4.31	0.19	2.38	0.46
2.2-2.8	Ao+tm & Ai_cb	16.8	16.0	22.74	0.22	5.88	2.7	0.22	0.7						1.71	0.22	0.57	0.5
2.8-3.0	S_sc	15.7	15.7							7.2	29.2	29.2	0.56	0.56	6.02	0.0	6.02	0.15
3.0-3.8	Ao+tm & Ai_cb	16.88	16.3	26.45	0.31	4.15	3.14	0.31	0.49						2.02	0.3	0.67	0.5
3.8-4.0	S_sc	16.4	16.4							12.9	30.4	30.4	0.59	0.59	8.42	0.0	8.42	0.14
4.0-4.4	Ao+tm & Ai_cb	16.2	14.5	17.78	0.18	3.2	1.76	0.18	0.32						1.19	0.17	0.4	0.5
4.4-4.6	S_sc	16.8	16.8							12.3	30.2	30.2	0.58	0.58	8.42	0.0	8.42	0.14
4.6-5.0	Ai_cm	17.35	17.4	41.5	0.07	28.27	4.93	0.07	3.36						3.2	0.06	2.7	0.5
5.2-5.4	S_sc	16.8	16.8							14.3	30.7	30.7	0.59	0.59	9.62	0.0	9.62	0.14
5.4-5.6	Ao+tm	17.9	17.9	38.1	0.0	38.1	4.53	0.0	4.53						2.97	0.0	2.97	0.5
5.6-	Sa+I	18.0	18.0	125.07	0.0	125.07	14.86	0.0	14.86	23.1	32.3	32.3	0.63	0.63	23.86	0.0	23.86	0.31

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-2

5.8																		
5.8-6.0	S_sc	16.9	16.9							16.3	31.0	31.0	0.6	0.6	10.82	0.0	10.82	0.14
6.0-6.4	Ao+tm & Ai_cm	17.1	16.2	31.98	0.0	31.98	3.8	0.0	3.8						2.55	0.0	2.55	0.5
6.4-6.8	S_sc	16.8	15.9							12.95	30.2	27.4	0.58	0.53	9.62	0.12	4.36	0.15
6.8-7.8	Ao+tm & As+Al	16.98	16.2												2.92	0.66	0.97	0.5
7.8-8.0	S_sc	16.4	16.4							6.0	28.6	28.6	0.55	0.55	7.22	0.0	7.22	0.16
8.0-9.0	Ai_cm & As+Al	17.4	17.1	42.97	0.29	13.54	4.96	0.32	1.21						3.37	0.3	1.12	0.5
9.0-9.6	Sa+l	17.83	17.5	101.67	0.07	89.7	12.08	0.07	10.66	16.3	30.7	29.7	0.59	0.55	20.06	0.06	18.03	0.32
9.6-10.2	Ai_c & Ao+tm	18.2	17.9	53.85	0.21	15.74	6.4	0.21	1.87						4.32	0.19	1.55	0.5
10.2-12.2	Ai_mc & As+Al	19.18	19.1	129.48	0.11	102.19	15.38	0.11	12.14						9.99	0.1	9.4	0.5
12.2-12.8	Ai_mc & Ao+tm	18.57	17.9	67.44	0.2	21.98	8.01	0.2	2.61						5.44	0.19	1.96	0.5
12.8-13.2	As+Al & Ai_mc	18.95	18.5	112.32	0.0	112.32	13.34	0.0	13.34						8.79	0.0	8.79	0.5
13.2-13.6	Ai_c & Sa+l	18.15	17.2	87.4	0.03	80.6	10.39	0.03	9.58	10.8	29.3	29.3	0.56	0.56	12.36	0.42	4.12	0.41
13.6-14.0	As+Al	19.45	18.9	209.56	0.1	155.21	24.9	0.1	18.44						16.05	0.1	11.89	0.5
14.0-14.2	S	18.0	18.0							29.5	32.9	32.9	0.65	0.65	23.97	0.0	23.97	0.12
14.2-14.4	Sa+l	19.0	19.0	209.04	0.0	209.04	24.83	0.0	24.83	30.1	33.0	33.0	0.65	0.65	40.59	0.0	40.59	0.31
14.4-15.2	As+Al	19.4	19.2	200.33	0.09	178.65	23.8	0.09	21.22						15.39	0.08	13.91	0.5
15.2-15.4	S	18.2	18.2							23.9	31.8	31.8	0.62	0.62	19.78	0.0	19.78	0.13
15.4-16.2	As+Al & Ai_mc	19.25	19.0	143.42	0.19	69.29	17.04	0.19	8.23						11.21	0.18	5.72	0.5
16.2-16.4	Sa+l	18.8	18.8	179.67	0.0	179.67	21.34	0.0	21.34	25.6	32.0	32.0	0.62	0.62	35.5	0.0	35.5	0.31
16.4-16.8	Ai_mc & As+Al	19.5	19.0	176.62	0.14	63.98	20.98	0.14	7.6						13.71	0.13	5.59	0.5
17.0-18.0	S	18.72	18.5							33.18	33.22	32.6	0.65	0.63	29.45	0.14	19.71	0.11

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-2

18.0-18.6	As+Al	19.73	19.7	219.32	0.08	189.8	26.05	0.08	22.54						16.95	0.07	14.95	0.5
18.6-20.0	As+Al & Ai_mc	19.47	19.5	163.23	0.1	151.55	19.39	0.1	18.0						12.82	0.09	11.99	0.5

Legenda

Prof.: Profondità da piano campagna; Qc: Resistenza alla punta (kPa); fs: Resistenza laterale; Qc1: Resistenza alla punta (MPa); Lito(Code): Codice litologia*; Pv: Peso di volume; OCR: Grado di sovraconsolidazione; Cu: Coesione non drenata; C': Coesione efficace; M: Modulo edometrico; Dr: Densità relativa; fi': Angolo d'attrito interno di picco; tan-fi': Tangente angolo d'attrito interno di picco; Ey: Modulo elastico di Young; G0: Modulo di taglio a piccole deformazioni; Pois.: Coefficiente di Poisson; .m: Valore medio; .COV: Coefficiente di variazione; .k: Valore caratteristico

*Codici litologia e relativo numero identificativo- S_f/c(1): Sabbie con molti fossili / calcareniti; S_sc(2): Sabbie sciolte; S(3): Sabbie; S_a/c(4): Sabbie addensate o cementate; Sa+l(5): Terreni limo sabbiosi: sabbie argillose e limi; As+Al(6): Argille sabbiose e limose; Ai_cmb(7): Argille inorganiche a consistenza molto bassa; Ai_cb(8): Argille inorganiche a bassa consistenza; Ai_cm(9): Argille inorganiche a media consistenza; Ai_c(10): Argille inorganiche compatte; Ai_mc(11): Argille inorganiche molto compatte; Ao+tm(12): Argille organiche e terreni misti

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-1

	As+Al																	
17.0-17.2	Sa+I	19.2	19.2	243.84	0.0	243.84	28.97	0.0	28.97	32.6	33.1	33.1	0.65	0.65	47.46	0.0	47.46	0.305
17.2-17.8	Ai_mc & As+Al	19.3	19.0	139.89	0.25	22.03	16.62	0.25	2.62						11.03	0.24	2.11	0.5
17.8-18.0	Sa+I	19.0	19.0	177.61	0.0	177.61	21.1	0.0	21.1	24.7	31.8	31.8	0.62	0.62	35.41	0.0	35.41	0.315
18.0-18.2	Ai_mc	19.8	19.8	199.18	0.0	199.18	23.66	0.0	23.66						15.45	0.0	15.45	0.5
18.2-18.4	Sa+I	18.7	18.7	204.42	0.0	204.42	24.28	0.0	24.28	27.9	32.3	32.3	0.63	0.63	40.4	0.0	40.4	0.31
18.4-18.6	S	18.8	18.8							38.9	34.0	34.0	0.67	0.67	36.47	0.0	36.47	0.1
18.6-20.0	As+Al & Ai_mc	19.49	19.4	199.46	0.14	142.24	23.69	0.14	16.89						15.52	0.14	11.07	0.5

Legenda

Prof.: Profondità da piano campagna; Qc: Resistenza alla punta (kPa); fs: Resistenza laterale; Qc1: Resistenza alla punta (MPa); Lito(Code): Codice litologia*; Pv: Peso di volume; OCR: Grado di sovraconsolidazione; Cu: Coesione non drenata; C': Coesione efficace; M: Modulo edometrico; Dr: Densità relativa; fi': Angolo d'attrito interno di picco; tan-fi': Tangente angolo d'attrito interno di picco; Ey: Modulo elastico di Young; G0: Modulo di taglio a piccole deformazioni; Pois.: Coefficiente di Poisson; .m: Valore medio; .COV: Coefficiente di variazione; .k: Valore caratteristico

*Codici litologia e relativo numero identificativo- S_f/c(1): Sabbie con molti fossili / calcareniti; S_sc(2): Sabbie sciolte; S(3): Sabbie; S_a/c(4): Sabbie addensate o cementate; Sa+I(5): Terreni limo sabbiosi: sabbie argillose e limi; As+Al(6): Argille sabbiose e limose; Ai_cmb(7): Argille inorganiche a consistenza molto bassa; Ai_cb(8): Argille inorganiche a bassa consistenza; Ai_cm(9): Argille inorganiche a media consistenza; Ai_c(10): Argille inorganiche compatte; Ai_mc(11): Argille inorganiche molto compatte; Ao+tm(12): Argille organiche e terreni misti

Allegato 2

Prove di carico su piastra eseguite per questo studio (nr. 2)

COMMITTENTE: Comune di San Giovanni in P.

DATA: 21/07/20

CANTIERE: Via Cento

LOCALITA': San Matteo della Decima

RAPPORTO DI PROVA CARICO SU PIASTRA

Prova di piastra n.1	55,85	MPa
Modulo di deformazione (intervallo 1,5 - 2,5 Kg/cm ²) (C.N.R. B.U. N° 146)		

Prova di piastra n.2	74,78	MPa
Modulo di deformazione (intervallo 1,5 - 2,5 Kg/cm ²) (C.N.R. B.U. N° 146)		

IL TECNICO

Dott. Geol. Valeriano Franchi

Note:

Il presente rapporto di prova è composto da n. 3 pagine

PROVA DI CARICO SU PIASTRA (C.N.R. B.U. N° 146)

Committente: **Comune di San Giovanni in P.**
Cantiere: **Via Cento**
Località: **San Matteo della Decima**
Strato: **Terreno Naturale**

Prova n°: 1

Data della prova: 21/07/20

TABELLA RIASSUNTIVA CARICO - CEDIMENTI - TEMPI *

Carico Kg/cm ²	Cedimenti mm	Tempi min
0,2	0,00	0
0,5	0,19	3
1,5	0,72	5
2,5	1,17	7
3,5	1,54	10
0,5	1,39	12

* Segue allegato grafico.

Modulo di deformazione : **Md = 55,85 MPa** nell'intervallo di carico 0.5- 1.5 Kg/cm²

(1 MPa = 10.2 Kg/cm²)

IL TECNICO

Dott. Geol. V. Franchi

Committente: **Comune di San Giovanni in P.**
Cantiere: **Via Cento**
Località: **San Matteo della Decima**
Strato: **Terreno Naturale**

Prova n°: 1 (Diametro della piastra 300 mm)

DIAGRAMMA CEDIMENTI - CARICHI

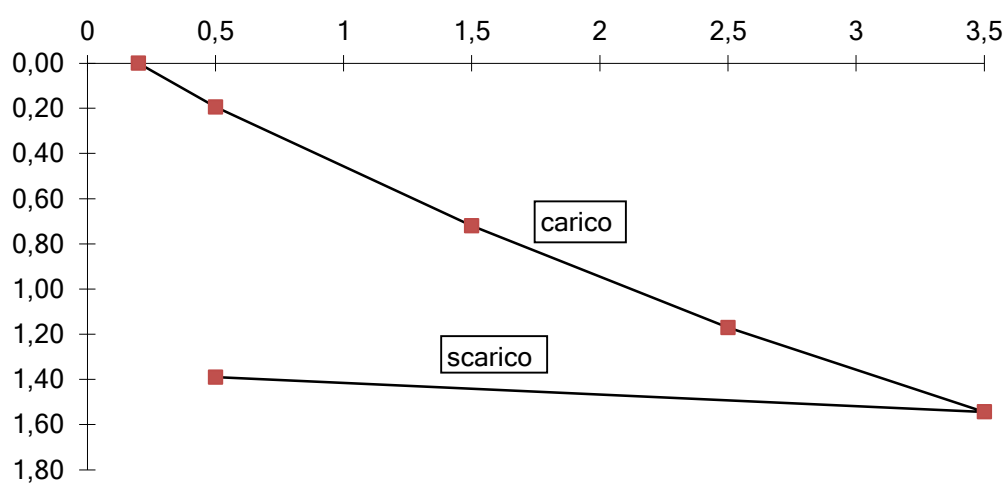
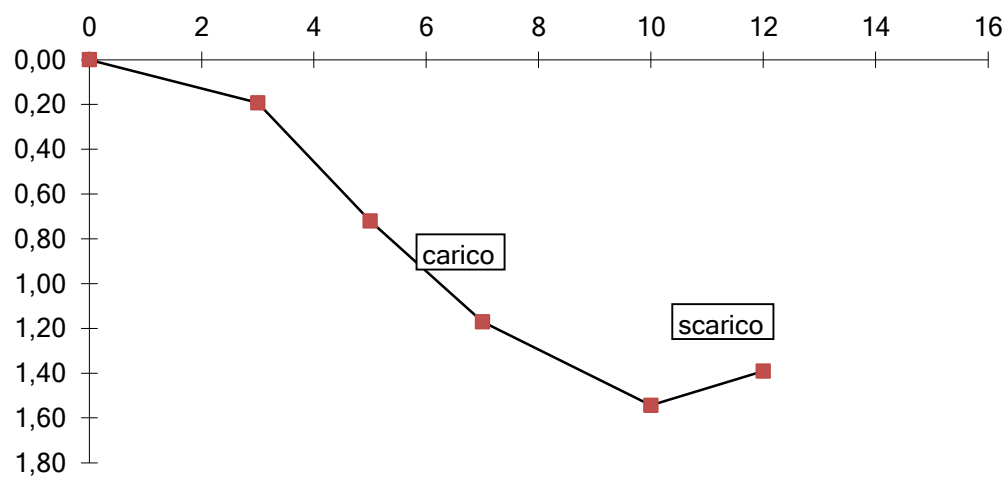


DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPI



PROVA DI CARICO SU PIASTRA (C.N.R. B.U. N° 146)

Committente: **Comune di San Giovanni in P.**
Cantiere: **Via Cento**
Località: **San Matteo della Decima**
Strato: **Terreno Naturale**

Prova n°: 2

Data della prova: 21/07/20

TABELLA RIASSUNTIVA CARICO - CEDIMENTI - TEMPI *

Carico Kg/cm ²	Cedimenti mm	Tempi min
0,2	0,00	0
0,5	0,35	3
1,5	0,75	5
2,5	1,39	8
3,5	1,85	11
0,5	1,72	14

* Segue allegato grafico.

Modulo di deformazione : **Md = 74,78 MPa** nell'intervallo di carico 1.5 - 2.5 Kg/cm²

(1 MPa = 10.2 Kg/cm²)

IL TECNICO

Dott. Geol. V. Franchi

Committente: **Comune di San Giovanni in P.**
Cantiere: **Via Cento**
Località: **San Matteo della Decima**
Strato: **Terreno Naturale**

Prova n°: 2 (Diametro della piastra 300 mm)

DIAGRAMMA CEDIMENTI - CARICHI

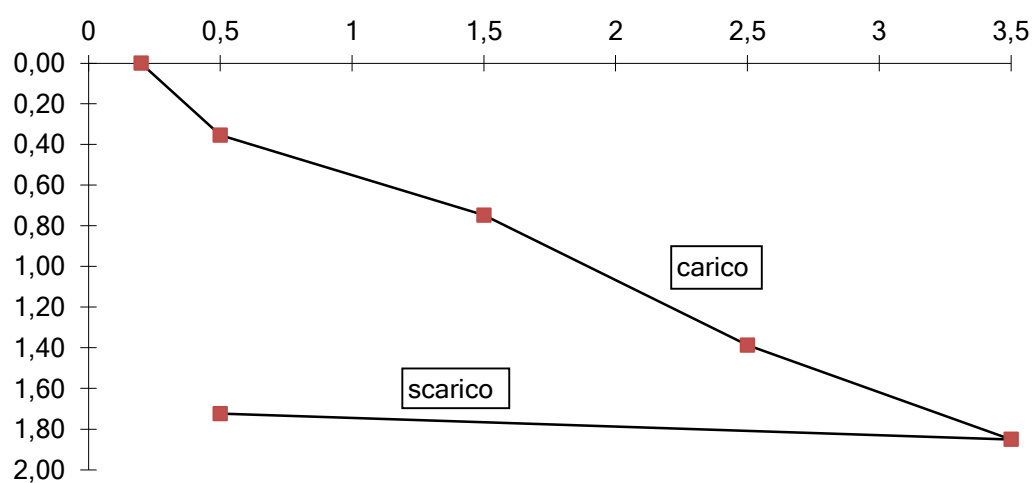
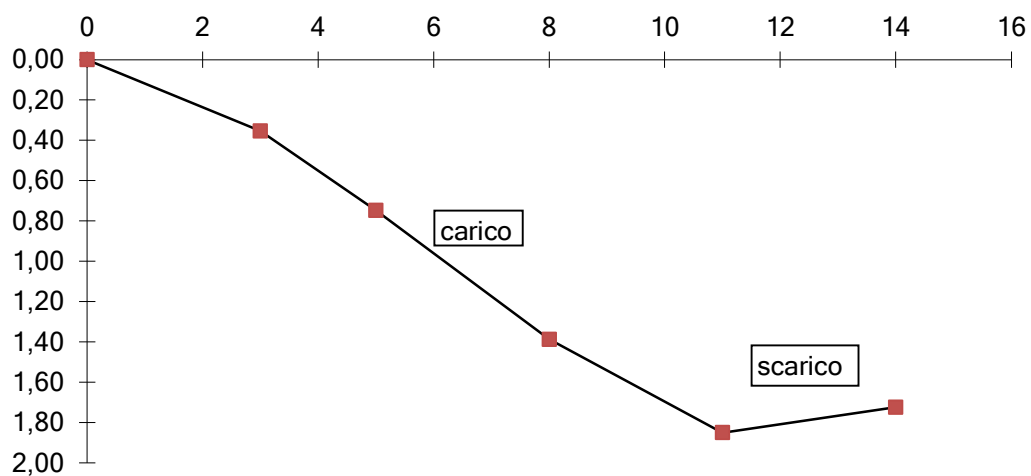


DIAGRAMMA CEDIMENTI - TEMPI



Allegato 3

Analisi di laboratorio chimico su terre eseguite per questo studio (nr. 2 campioni)

**ANALISI CHIMICHE - CONTROLLO QUALITA'
CONSULENZE TECNICHE**

Via G. Fucà, 152 - 41122 MODENA
Tel 059-254836 Fax 059-2558942
e-mail: info@chemicalab.it
R.E.A. n° 337282 - C.F. e P.IVA 02857780361

Spett.le
FRANCHI VALERIANO
Via Caduti in Guerra, 1
41100 MODENA (MO)

Rapporto di prova:

04285/20

Emesso il: 03/08/2020

Descrizione campione: Terreno Vs. Rif.:" Campione A1 prelevato in data 23/07/2020 presso Cantiere: Rotatoria Chiesolino presso San Matteo della Decima (BO)."

Prelievo eseguito da: Cliente Data arrivo: 23/07/2020
Data e Ora prelievo: 23/07/20 Data inizio analisi: 25/07/2020
N° accettazione: 04285/20/CH Data fine analisi: 30/07/2020

MDPG 08/04 Rev 05

Parametro	Valori	Udm	U	LQ	Metodo	Limiti	
						Verde pubblico (A)	Industriale (B)
Residuo secco a 105°C	86,0	%		0,1	CNR IRSA 2.4.1 Q 64 Vol 2 1984		
Scheletro (frazione tra 2 cm e 2 mm)	<LQ	%		0,1	D.M. 13/09/99 GU SO n° 248 21/10/1999 Met II.1		
Arsenico (come As)	2,74	mg/kg s.s.		0,02	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3080 A Man 29 2003	20	50
Cadmio (come Cd)	0,7	mg/kg s.s.		0,5	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009	2	15
Cobalto (come Co)	13,4	mg/kg s.s.		2,0	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009	20	250
Cromo totale (come Cr)	54,0	mg/kg s.s.		2,0	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009	150	800
Cromo VI (come Cr)	<LQ	mg/kg s.s.		0,5	UNI EN 15192:2007 + CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1986	2	15
Mercurio (come Hg)	<LQ	mg/kg s.s.		0,02	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3200 A1 Man 29 2003	1	5
Nichel (come Ni)	61,5	mg/kg s.s.		2,0	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009	120	500
Piombo (come Pb)	16,8	mg/kg s.s.		2,0	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009	100	1000
Rame (come Cu)	70,9	mg/kg s.s.		2,0	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009	120	600
Zinco (come Zn)	100	mg/kg s.s.		2,0	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009	150	1500
B Idrocarburi pesanti (C>12)	<LQ	mg/kg s.s.		10	ISPRA Man 75 2011	50	750

FINE RAPPORTO DI PROVA

NOTE:

I limiti sopra citati sono riferiti al D.Lgs. 152/06 Parte quarta Allegato 5 Tabella 1 e D.M. 12/02/2015 n° 31 Tab 1.
ss: I valori sono riferiti al campione essiccato a 105°C e all'intera massa del campione dopo setacciatura a 2 cm.

Udm = unità di misura; LQ = limite di quantificazione;

U = incertezza estesa di misura. Incertezza stimata con livello di fiducia del 95% e fattore di copertura K=2.

B Il recupero della prova è compreso tra 80 e 120%. Il valore riscontrato non è stato corretto per il recupero.

B Il recupero della prova è compreso tra 70 e 130%. Il valore riscontrato non è stato corretto per il recupero.

¥ Il recupero della prova è maggiore del 50%. Il valore riscontrato non è stato corretto per il recupero.

Chemicalab è iscritta nell'elenco della regione Emilia Romagna dei laboratori che effettuano analisi nell'ambito delle procedure di autocontrollo delle imprese alimentari con numero di inserimento 008/MO/007.

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente al campione sottoposto alla prova. Il presente Rapporto di Prova può essere riprodotto solo per intero. La riproduzione parziale deve essere autorizzata con approvazione scritta del nostro laboratorio.

RESPONSABILE DEL LABORATORIO
Dott. Domenico Giovini





Chemicalab

del Dott. Giovini Domenico S.r.l.

**ANALISI CHIMICHE - CONTROLLO QUALITA'
CONSULENZE TECNICHE**

Via G. Fucà, 152 - 41122 MODENA
Tel 059-254836 Fax 059-2558942
e-mail: info@chemicalab.it

R.E.A. n° 337282 - C.F. e P.IVA 02857780361

Pagina 1 di 1

Spett.le

FRANCHI VALERIANO

Via Caduti in Guerra, 1
41100 MODENA (MO)

Rapporto di prova:

04286/20

Emesso il: 03/08/2020

Descrizione campione: Terreno Vs. Rif.:" Campione A2 prelevato in data 23/07/2020 presso Cantiere: Rotatoria Chiesolino presso San Matteo della Decima (BO)."

Prelievo eseguito da:	Cliente	Data arrivo:	23/07/2020
Data e Ora prelievo:	23/07/20	Data inizio analisi:	25/07/2020
N° accettazione:	04286/20/CH	Data fine analisi:	30/07/2020

MDPG 08/04 Rev 05

Parametro	Valori	Udm	U	LQ	Metodo	Limiti	
						Verde pubblico (A)	Industriale (B)
Residuo secco a 105°C	87,0	%		0,1	CNR IRSA 2.4.1 Q 64 Vol 2 1984		
Scheletro (frazione tra 2 cm e 2 mm)	1,0	%		0,1	D.M. 13/09/99 GU SO n° 248 21/10/1999 Met II.1		
Arsenico (come As)	2,82	mg/kg s.s.		0,02	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3080 A Man 29 2003	20	50
Cadmio (come Cd)	0,7	mg/kg s.s.		0,5	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009	2	15
Cobalto (come Co)	12,7	mg/kg s.s.		2,0	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009	20	250
Cromo totale (come Cr)	49,0	mg/kg s.s.		2,0	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009	150	800
Cromo VI (come Cr)	<LQ	mg/kg s.s.		0,5	UNI EN 15192:2007 + CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1986	2	15
Mercurio (come Hg)	<LQ	mg/kg s.s.		0,02	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 3200 A1 Man 29 2003	1	5
Nichel (come Ni)	56,8	mg/kg s.s.		2,0	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009	120	500
Piombo (come Pb)	18,4	mg/kg s.s.		2,0	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009	100	1000
Rame (come Cu)	69,8	mg/kg s.s.		2,0	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009	120	600
Zinco (come Zn)	97,3	mg/kg s.s.		2,0	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009	150	1500
B Idrocarburi pesanti (C>12)	11	mg/kg s.s.		10	ISPRA Man 75 2011	50	750

FINE RAPPORTO DI PROVA

NOTE:

I limiti sopra citati sono riferiti al D.Lgs. 152/06 Parte quarta Allegato 5 Tabella 1 e D.M. 12/02/2015 n° 31 Tab 1.
ss: I valori sono riferiti al campione essiccato a 105°C e all'intera massa del campione dopo setacciatura a 2 cm.

Udm = unità di misura; LQ = limite di quantificazione;

U = incertezza estesa di misura. Incertezza stimata con livello di fiducia del 95% e fattore di copertura K=2.

B Il recupero della prova è compreso tra 80 e 120%. Il valore riscontrato non è stato corretto per il recupero.

P Il recupero della prova è compreso tra 70 e 130%. Il valore riscontrato non è stato corretto per il recupero.

¥ Il recupero della prova è maggiore del 50%. Il valore riscontrato non è stato corretto per il recupero.

Chemicalab è iscritta nell'elenco della regione Emilia Romagna dei laboratori che effettuano analisi nell'ambito delle procedure di autocontrollo delle imprese alimentari con numero di inserimento 008/MO/007.

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente al campione sottoposto alla prova. Il presente Rapporto di Prova può essere riprodotto solo per intero. La riproduzione parziale deve essere autorizzata con approvazione scritta del nostro laboratorio.

RESPONSABILE DEL LABORATORIO
Dott. Domenico Giovini



Salvo disposizioni legislative il campione sottoposto a prova, quando conservabile, è a disposizione per un mese. Gli originali saranno archiviati per 5 anni.
Rapporto di prova valido a tutti gli effetti di legge (R.D. 01/03/1928 n 842 art 16)

Allegato 4

Analisi di laboratorio geotecnico eseguiti per questo studio (nr. 2 campioni)

40053 VALSAMOGGIA (BO) – Loc. Bazzano – via Provinciale Est, 12/H

RAPPORTO di PROVA n° : RP_00222/20**DATA DI EMISSIONE : 19/09/2020****COMMESSA : 059/20****VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :****V_0219/20****DATA DI ACCETTAZIONE:****21/07/2020****RICHIEDENTE :** Geol. Valeriano FRANCHI**CONSEGNATARIO :** Geol. Valeriano FRANCHI**COMMITTENTE :** Geol. Valeriano FRANCHI**LOCALITA' :** SAN MATTEO DELLA DECIMA**CANTIERE :** -**CONTENITORE DEL CAMPIONE :** 1 sacco PET**Sondaggio :** -**Campione :** P1**Profondità :** - - - m**DATA PRELIEVO :** -**PRELIEVO EFFETTUATO da :** Committente**DATI FORNITI da :** Committente**OSSERVAZIONI :** -**IL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :**

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
CNTA01	Determinazione del contenuto in acqua	1	UNI CEN ISO/TS 17892-1
VL01	Determinazione del Valore di Blu	1	UNI EN933-9
GRT01a	Analisi granulometrica su terre/materiali dimens. > 5 mm	1	UNI CEN ISO/TS 17892-4
LLLP01	Determinazione del limite liquido e plastico	1	UNI CEN ISO/TS 17892-12
CLAS01	Classificazione di una terra	1	UNI 11531-1

Grundlab srl

Laboratorio Geotecnico

Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Dario GRUNDLERSPERIMENTATORE
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

RAPPORTO di PROVA n° RP_00222/20

DATA EMISSIONE: 19/09/2020

Pagina 2 di 5

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO IN ACQUA

UNI CEN ISO/TS 17892-1

SONDAGGIO : -
CAMPIONE: P1

PROFONDITA': - ÷ - m

DATA INIZIO PROVA: 12/09/2020

DATA TERMINE PROVA: 13/09/2020

DETERMINAZIONE	(n°)	1	2	3	4	5
Profondità	(m)	-				
Tara	(n°)	TP 58				
massa tara (t)	(g)	399.63				
Cu + t	(g)	1270.74				
Cs + t	(g)	1177.37				
w	(%)	12.01				

Cu = massa provino umido
Cs = massa provino secco
w = contenuto in acqua

DETERMINAZIONE DEL VALORE DI BLU

- UNI EN 933-9

M1	3.0250
V1	12.0
MB	39.7

dove:

M1 = massa del campione in grammi (g)
V1 = volume totale della soluzione in millilitri (ml)
MB = ((V1 / M1) * 10) valore di blu di metilene in g di colorante per kg di terreno

DATA INIZIO PROVA: 19/09/2020

DATA TERMINE PROVA: 19/09/2020

nota: prova eseguita sul materiale passante al vaglio 0.40 mm

Grundlab srl Lo Sperimentatore
Laboratorio Geotecnico

RAPPORTO DI PROVA n°: RP_00222/20

DATA EMISSIONE: 19/09/2020

Pagina 3 di 5

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA - UNI CEN ISO/TS 17892-12

SONDAGGIO : -

PROFONDITA': - ÷ - m

CAMPIONE: P1

Profondità provino - - - m

DETERMINAZIONE DEL LIMITE LIQUIDO

Cono utilizzato: 60g/60°

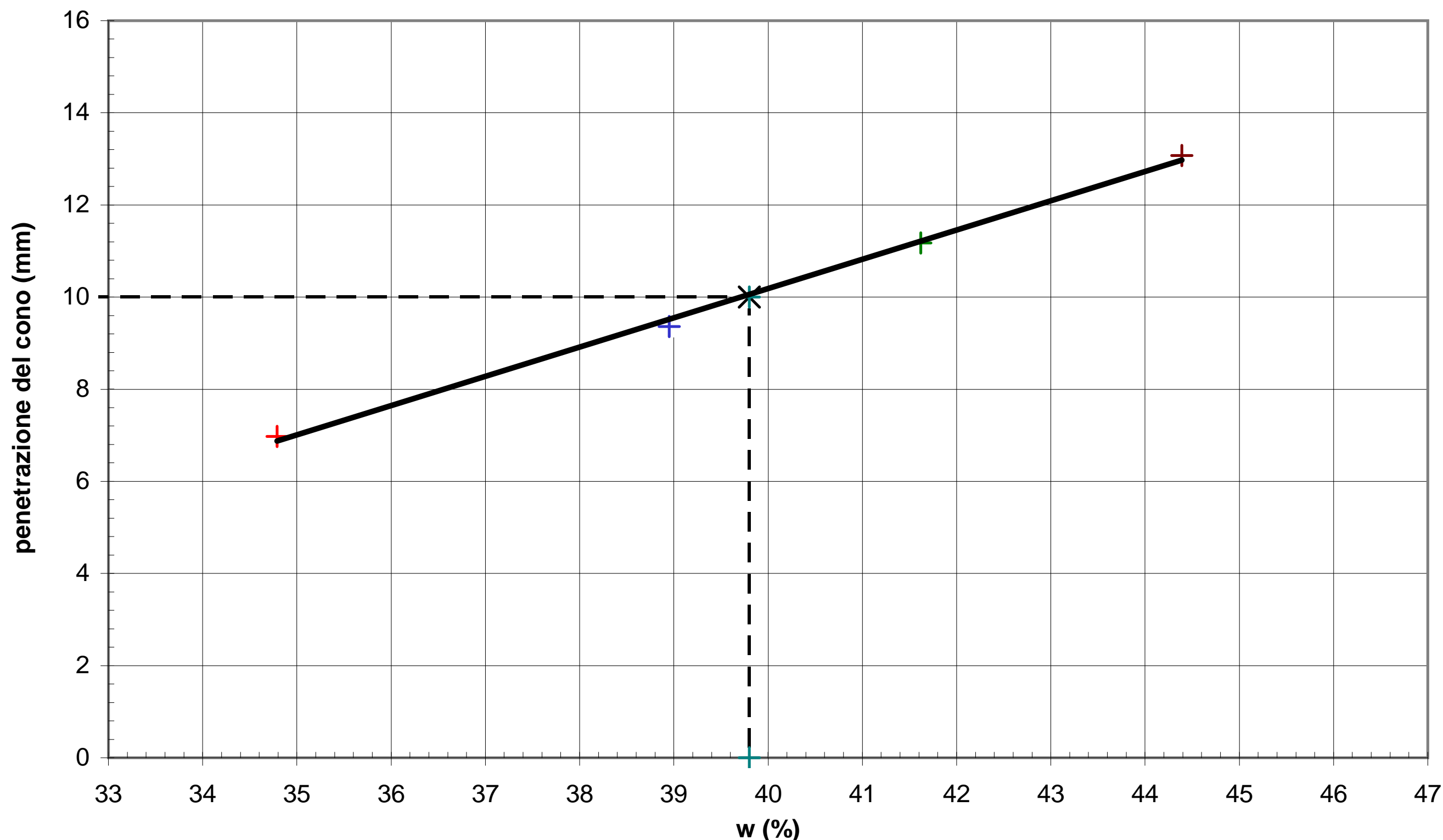
Determinazione		n°	1	2	3	4
Penetrazione del cono - p	det. 1	mm	6.92	9.32	11.21	13.02
	det. 2	mm	7.03	9.40	11.14	13.12
Valore medio di penetrazione		mm	6.98	9.36	11.18	13.07
Massa tara		g	45.2628	49.0892	56.2402	41.9846
Massa provino umido + tara		g	96.7215	101.2471	108.0233	99.3746
Massa provino secco + tara		g	83.4398	86.6263	92.8051	81.7309
Contenuto in acqua		%	34.8	39.0	41.6	44.4
Limite Liquido w_L - p = 10 mm		%	40			

DETERMINAZIONE DEL LIMITE PLASTICO

Determinazione	n°	1	2	3	4
Massa tara	g	22.2717	17.1381	-	-
Massa provino umido + tara	g	25.3104	20.5011	-	-
Massa provino secco + tara	g	24.8760	20.0058	-	-
Contenuto in acqua	%	16.7	17.3	-	-
Limite Plastico w_p	%	17			
Indice di Plasticità ($w_L - w_p$) - IP	-	23			

w₁ - Metodo del cono

+ Punto 1
 + Punto 2
 + Punto 3
 + Punto 4
 ✕ Limite Liquido



DATA INIZIO PROVA: 18/09/2020

DATA TERMINE PROVA: 19/09/2020

Sperimentatore

Grundlab srl
Laboratorio Geotecnico

RAPPORTO DI PROVA n°: RP_00222/20

DATA EMISSIONE: 19/09/2020

Pagina 4 di 5

ANALISI GRANULOMETRICA

UNI CEN ISO/TS 17892-4

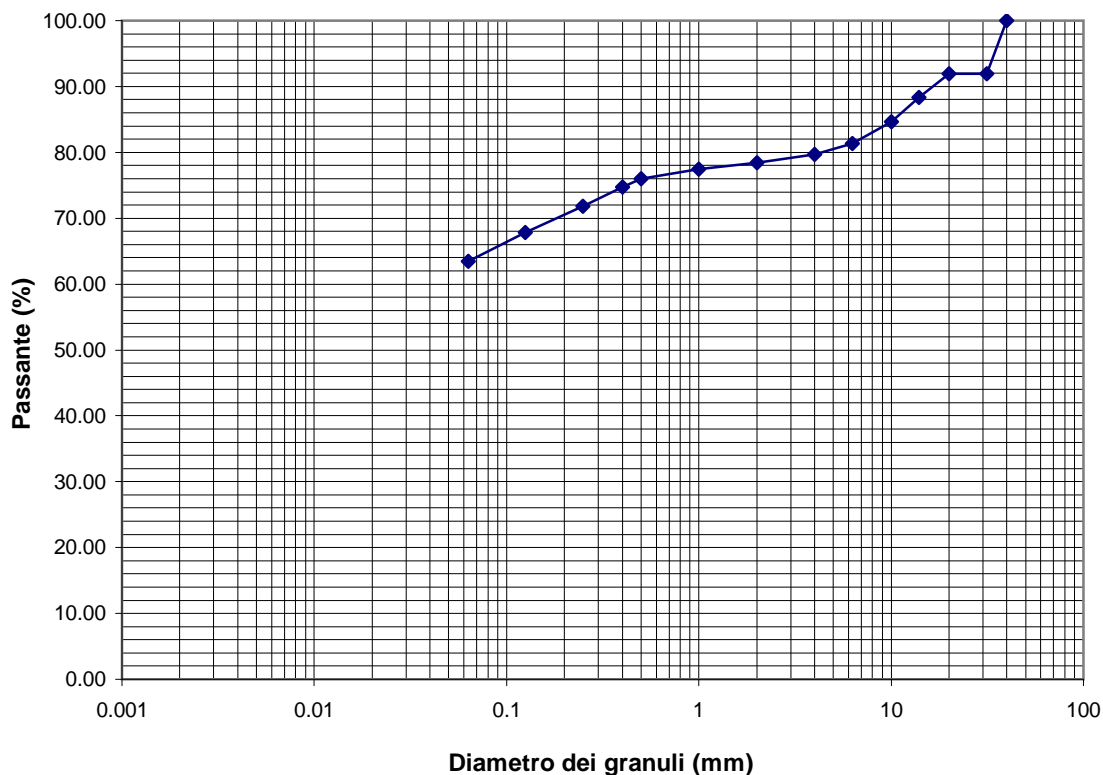
SONDAGGIO : -

PROFONDITA': - ÷ - m

CAMPIONE: P1

ANALISI PER VAGLIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE	
massa provino - 777.74 g				massa provino - g	
profondità provino - ÷ - m				profondità provino - ÷ - m	
VAGLI	APERTURA	PASSANTE	TRATTENUTO	G _s - - assunto	
	mm	% in peso	% in peso	Riferimento: -	
-	40	100.00	0.00	eseguita sul passante al vaglio 230	
-	31.5	91.93	8.07	aerometro ASTM 151H	
-	20	91.93	0.00	DIAMETRO EQUIVALENTE	% IN PESO PIU' FINE DI D
-	14	88.38	3.55	D (mm)	
-	10	84.60	3.78	-	-
-	6.3	81.30	3.30	-	-
5	4	79.74	1.57	-	-
10	2	78.47	1.27	-	-
18	1	77.43	1.04	-	-
-	0.5	75.98	1.44	-	-
-	0.4	74.78	1.21	-	-
60	0.25	71.80	2.97	-	-
120	0.125	67.84	3.96	-	-
230	0.063	63.47	4.36	-	-

ARGILLA	LIMO			SABBIA			GHIAIA			CIOTTOLI
	Fine	Medio	Gross.	Fine	Media	Gross.	Fine	Media	Gross.	



DATA INIZIO PROVA: 12/09/2020

Grundlab srl
Laboratorio Geotecnico

DATA TERMINE PROVA: 19/09/2020
Lo Sperimentatore

RAPPORTO DI PROVA n°: RP_00222/20

DATA EMISSIONE: 19/09/20

Pagina 5 di 5

CLASSIFICAZIONE DI UNA TERRA

UNI 11531-1

SONDAGGIO : -

PROFONDITA': - ÷ - m

CAMPIONE: P1

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

(UNI CEN ISO/TS 17892-4)

profondità - ÷ - m

% in peso < 2.00 mm = 78.47

% in peso < 0.40 mm = 74.78

% in peso < 0.063 mm = 63.47

% in peso < 0.002 mm = -

CONTENUTO IN ACQUA

(UNI CEN ISO/TS 17892-1)

profondità - ÷ - m

w = 12.0 %

LIMITI DI CONSISTENZA

(UNI CEN ISO/TS 17892-12)

profondità - ÷ - m

Limite Liquido LL (%) = 40

Limite Plastico LP (%) = 17

Indice Plastico IP (%) = 23

Indice di Liquidità IL = -0.22

Indice di Consistenza IC = 1.22

Attività A = -

CLASSIFICAZIONE UNI 11531-1

Indice di Gruppo = 11

Classificazione = **A 6**

nd = non determinabile

np = non plastico

CARTA DI PLASTICITA'

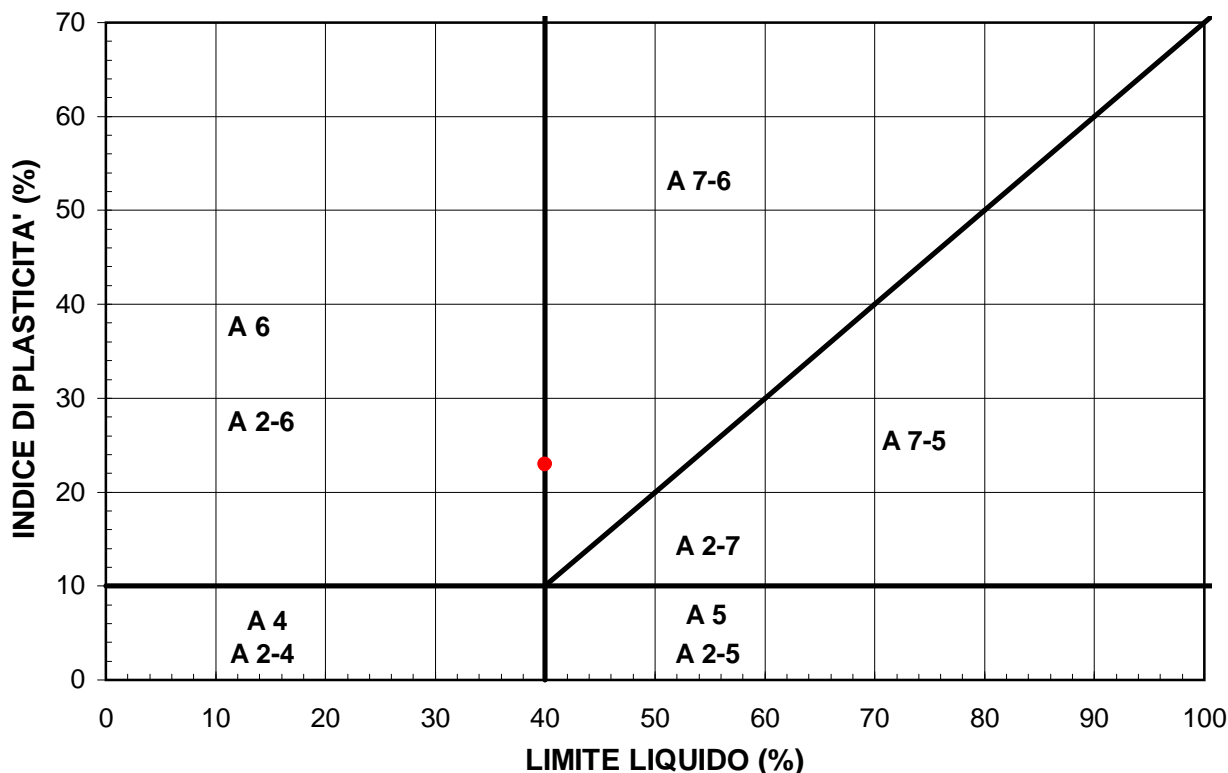


Diagramma di classificazione per terre limo-argillose

Grundlab srl Lo Sperimentatore

Laboratorio Geotecnico

40053 VALSAMOGGIA (BO) – Loc. Bazzano – via Provinciale Est, 12/H

RAPPORTO di PROVA n° : RP_00233/20**DATA DI EMISSIONE : 19/09/2020****COMMESSA : 059/20****VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :****V_0230/20****DATA DI ACCETTAZIONE:****03/08/2020****RICHIEDENTE :** Geol. Valeriano FRANCHI**CONSEGNATARIO :** Geol. Valeriano FRANCHI**COMMITTENTE :** Geol. Valeriano FRANCHI**LOCALITA' :** SAN MATTEO DELLA DECIMA**CANTIERE :** -**CONTENITORE DEL CAMPIONE :** 1 sacco PET**Sondaggio :** -**Campione :** P2**Profondità :** - - - m**DATA PRELIEVO :** -**PRELIEVO EFFETTUATO da :** Committente**DATI FORNITI da :** Committente**OSSERVAZIONI :** -**IL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :**

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
CNTA01	Determinazione del contenuto in acqua	1	UNI CEN ISO/TS 17892-1
VL01	Determinazione del Valore di Blu	1	UNI EN933-9
GRT01	Analisi granulometrica su terre/materiali dimens. < 5 mm	1	UNI CEN ISO/TS 17892-4
LLLP01	Determinazione del limite liquido e plastico	1	UNI CEN ISO/TS 17892-12
CLAS01	Classificazione di una terra	1	UNI 11531-1
CBR04	CBR post-saturazione, energia Proctor modificata (pestello da 4,5 kg)	1	UNI EN 13286-47
SOR01	Contenuto in sostanza organica	1	outsourcing - vedi allegato
SOL01a	Solfati solubili in acido	1	outsourcing - vedi allegato

Le prove in outsourcing sono state consegnate ai Laboratori Chimici Stante srl

ALLEGATO:*Rapporto di Prova emesso da LABORATORI CHIMICI STANTE srl n° BO11120 del 18/09/2020***Grundlab** srl

Laboratorio Geotecnico

Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Dario GRUNDLERSPERIMENTATORE
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

RAPPORTO di PROVA n° RP_00233/20

DATA EMISSIONE: 19/09/2020

Pagina 2 di 7

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO IN ACQUA

UNI CEN ISO/TS 17892-1

SONDAGGIO : -

PROFONDITA': - ÷ - m

CAMPIONE: P2

DATA INIZIO PROVA: 12/09/2020

DATA TERMINE PROVA: 13/09/2020

DETERMINAZIONE	(n°)	1	2	3	4	5
Profondità	(m)	-				
Tara	(n°)	TP 25				
massa tara (t)	(g)	397.25				
Cu + t	(g)	624.3				
Cs + t	(g)	589.04				
w	(%)	18.38				

Cu = massa provino umido
Cs = massa provino secco
w = contenuto in acqua

DETERMINAZIONE DEL VALORE DI BLU

- UNI EN 933-9

M1	2.6450
V1	16.0
MB	60.5

dove:

M1 = massa del campione in grammi (g)

V1 = volume totale della soluzione in millilitri (ml)

MB = $((V1 / M1) * 10)$ valore di blu di metilene in g di colorante per kg di terreno

DATA INIZIO PROVA: 19/09/2020

DATA TERMINE PROVA: 19/09/2020

nota: prova eseguita sul materiale passante al vaglio 0.40 mm

Grundlab srl

Lo Sperimentatore

Laboratorio Geotecnico

RAPPORTO DI PROVA n°: RP_00233/20

DATA EMISSIONE: 19/09/2020

Pagina 3 di 7

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA - UNI CEN ISO/TS 17892-12

SONDAGGIO : -

PROFONDITA': - ÷ - m

CAMPIONE: P2

Profondità provino - - - m

DETERMINAZIONE DEL LIMITE LIQUIDO

Cono utilizzato: 60q/60°

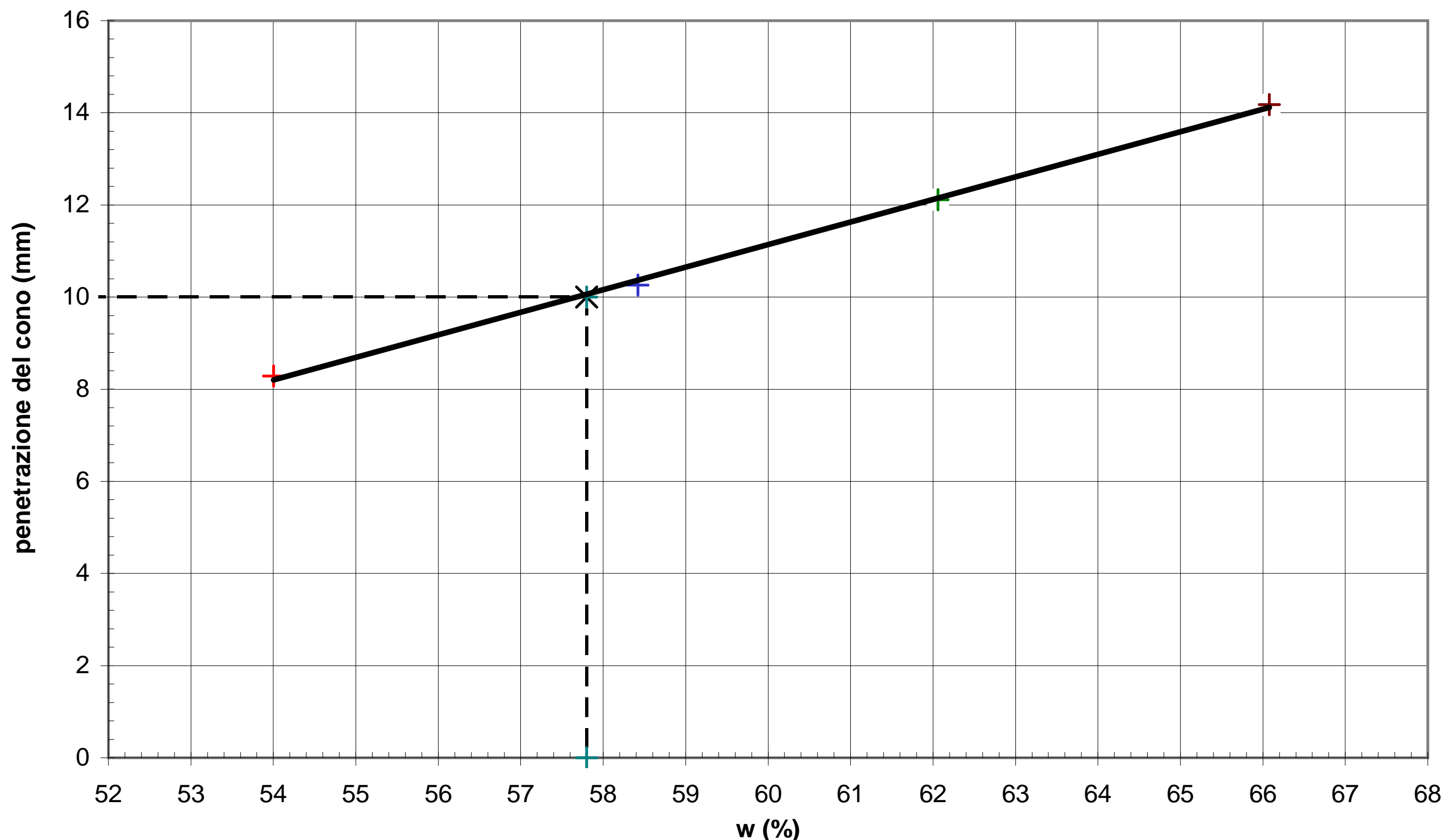
Determinazione		n°	1	2	3	4
Penetrazione del cono - p	det. 1	mm	8.31	10.22	12.05	14.22
	det. 2	mm	8.26	10.30	12.17	14.14
Valore medio di penetrazione		mm	8.29	10.26	12.11	14.18
Massa tara		g	51.0254	56.0440	44.2774	45.8689
Massa provino umido + tara		g	101.4628	99.0500	100.9407	98.7237
Massa provino secco + tara		g	83.7764	83.1909	79.2417	77.6939
Contenuto in acqua		%	54.0	58.4	62.1	66.1
Limite Liquido w_L - p = 10 mm		%	58			

DETERMINAZIONE DEL LIMITE PLASTICO

Determinazione	n°	1	2	3	4
Massa tara	g	24.8544	22.4923	-	-
Massa provino umido + tara	g	27.2752	25.8544	-	-
Massa provino secco + tara	g	26.7902	25.1872	-	-
Contenuto in acqua	%	25.1	24.8	-	-
Limite Plastico w_p	%	25			
Indice di Plasticità ($w_L - w_p$) - IP	-	33			

w₁ - Metodo del cono

+ Punto 1
 + Punto 2
 + Punto 3
 + Punto 4
 ✕ Limite Liquido



DATA INIZIO PROVA: 18/09/2020

DATA TERMINE PROVA: 19/09/2020

Sperimentatore

Grundlab srl
Laboratorio Geotecnico

RAPPORTO DI PROVA n°: RP_00233/20

DATA EMISSIONE: 19/09/2020

Pagina 4 di 7

ANALISI GRANULOMETRICA

UNI CEN ISO/TS 17892-4

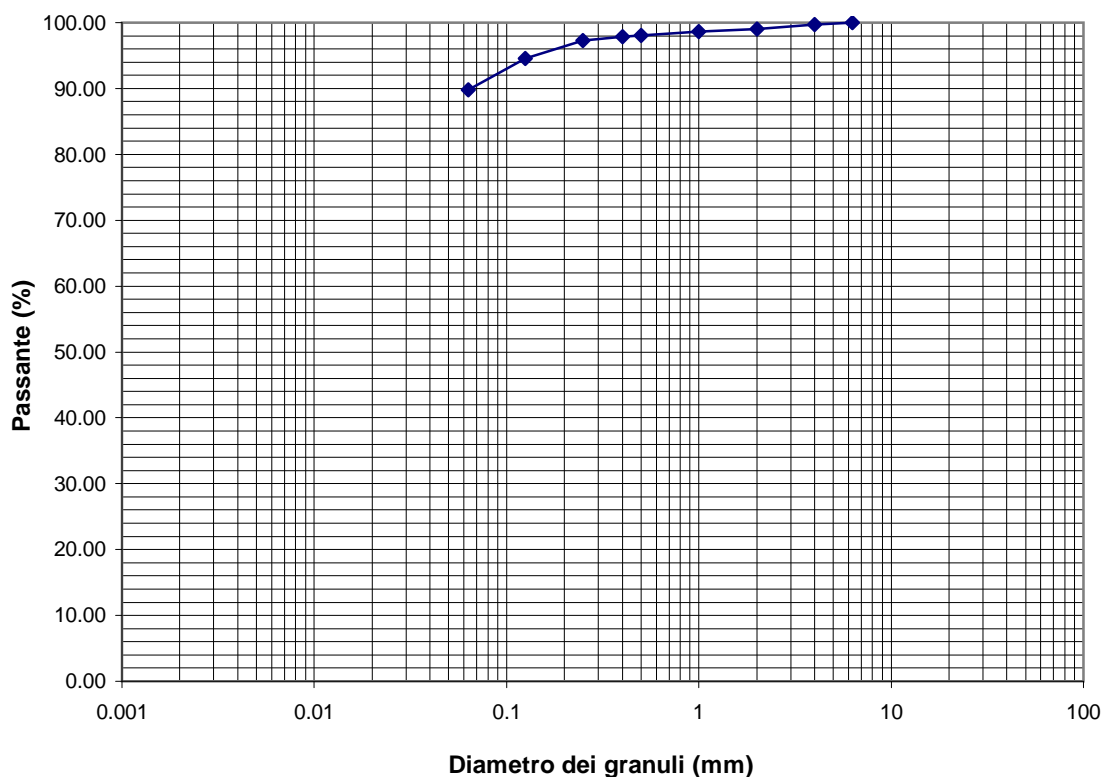
SONDAGGIO : -

PROFONDITA': - ÷ - m

CAMPIONE: P2

ANALISI PER VAGLIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE	
massa provino - 191.79 g				massa provino - g	
profondità provino - ÷ - m				profondità provino - ÷ - m	
VAGLI	APERTURA	PASSANTE	TRATTENUTO	G _s - - assunto	
	mm	% in peso	% in peso	Riferimento: -	
-	50	-	-	eseguita sul passante al vaglio 230	
-	31.5	-	-	aerometro ASTM 151H	
-	20	-	-	DIAMETRO EQUIVALENTE	% IN PESO PIU' FINE DI D
-	14	-	-	D (mm)	
-	10	-	-	-	-
-	6.3	100.00	0.00	-	-
5	4	99.69	0.31	-	-
10	2	99.04	0.65	-	-
18	1	98.62	0.41	-	-
-	0.5	98.07	0.55	-	-
-	0.4	97.90	0.17	-	-
60	0.25	97.27	0.63	-	-
120	0.125	94.59	2.68	-	-
230	0.063	89.76	4.83	-	-

ARGILLA	LIMO			SABBIA			GHIAIA			CIOTTOLI
	Fine	Medio	Gross.	Fine	Media	Gross.	Fine	Media	Gross.	



DATA INIZIO PROVA: 12/09/2020

DATA TERMINE PROVA: 19/09/2020

Grundlab srl

Lo Sperimentatore

Laboratorio Geotecnico

RAPPORTO DI PROVA n°: RP_00233/20

DATA EMISSIONE: 19/09/20

Pagina 5 di 7

CLASSIFICAZIONE DI UNA TERRA

UNI 11531-1

SONDAGGIO : -

PROFONDITA': - ÷ - m

CAMPIONE: P2

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

(UNI CEN ISO/TS 17892-4)

profondità - ÷ - m

% in peso < 2.00 mm = 99.04

% in peso < 0.40 mm = 97.90

% in peso < 0.063 mm = 89.76

% in peso < 0.002 mm = -

CONTENUTO IN ACQUA

(UNI CEN ISO/TS 17892-1)

profondità - ÷ - m

w = 18.4 %

LIMITI DI CONSISTENZA

(UNI CEN ISO/TS 17892-12)

profondità - ÷ - m

Limite Liquido LL (%) = 58

Limite Plastico LP (%) = 25

Indice Plastico IP (%) = 33

Indice di Liquidità IL = -0.20

Indice di Consistenza IC = 1.20

Attività A = -

CLASSIFICAZIONE UNI 11531-1

Indice di Gruppo = 20

Classificazione = **A 7-6**

nd = non determinabile

np = non plastico

CARTA DI PLASTICITA'

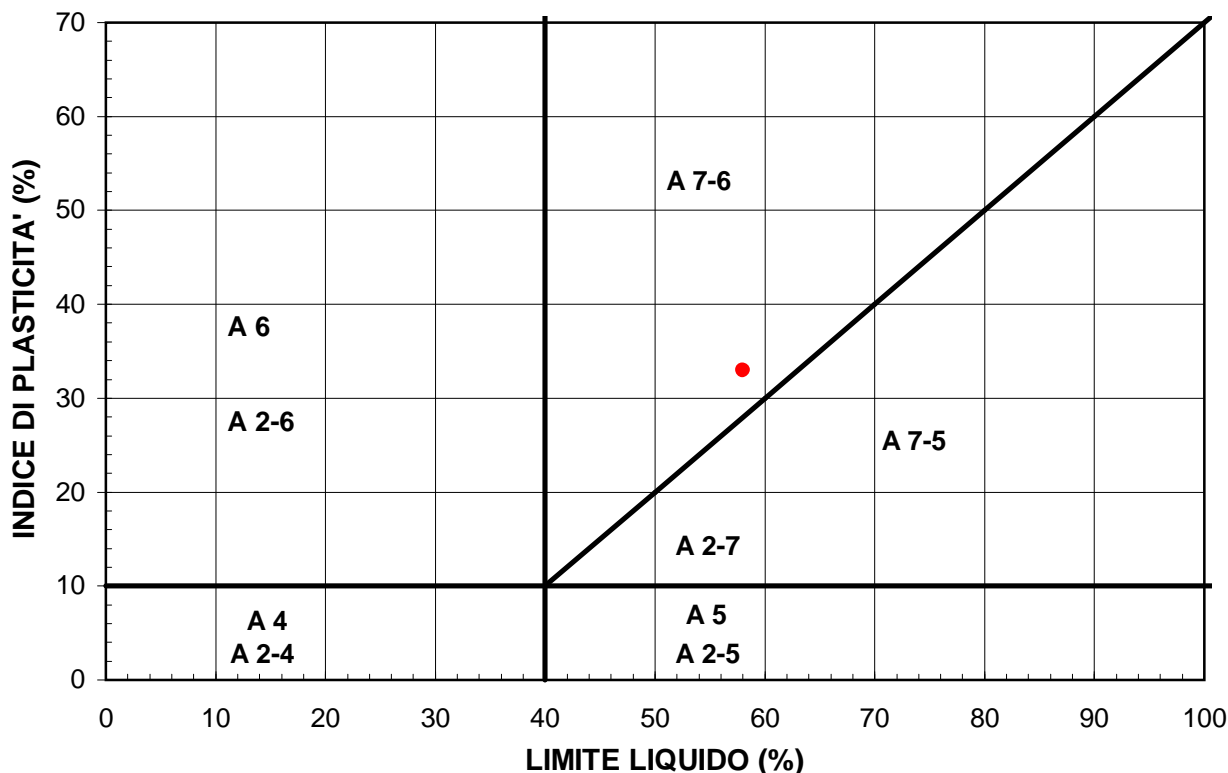


Diagramma di classificazione per terre limo-argillose

Grundlab srl Lo Sperimentatore

Laboratorio Geotecnico

RAPPORTO DI PROVA RP_00233/20

DATA EMISSIONE: 19/09/20

Pag. 6 di 7

DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI PORTANZA C.B.R.

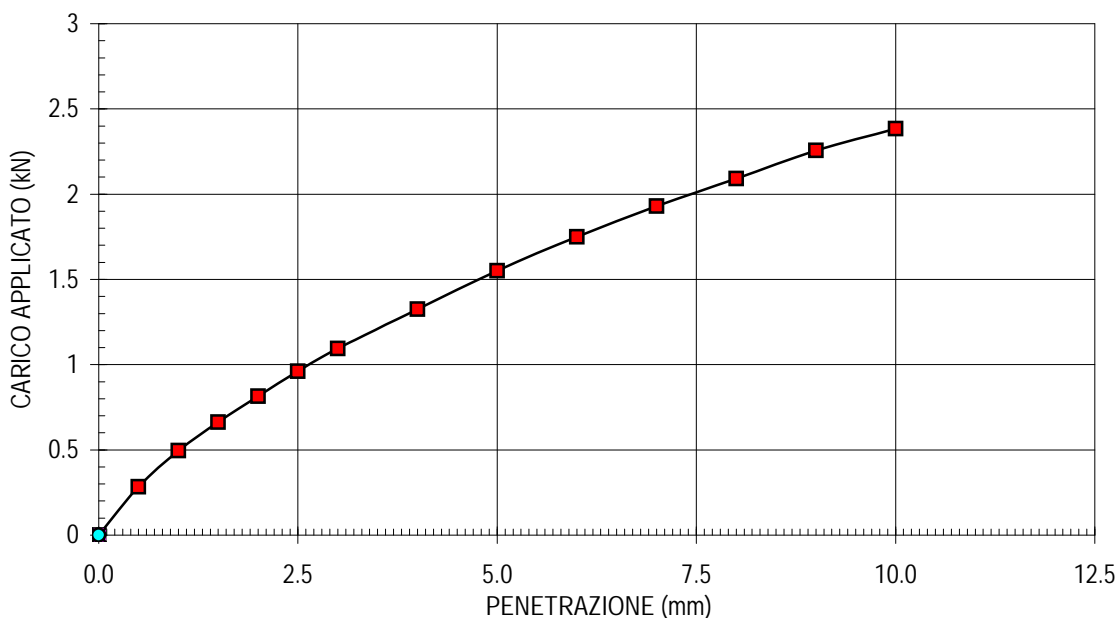
UNI EN 13286-47

Sondaggio : -
Campione : P2
PROVENIENZA : -
CONDIZIONI DI PROVA : post-saturazione in acqua a 20° C

Provino n°	1		2		3		4		5	
Condizioni del provino	ricostruito		-		-		-		-	
Proctor Modificata	-		-		-		-		-	
Pestello	4.5 kg									
Energia specifica	2.68 (MJ/m³)									
Sovraccarico	4.56 kg									
Stagionatura	6 giorni									
Imbibizione	144 ore									
Penetrazione (mm)	s (kN)	C.B.R. (%)	s (kN)	C.B.R. (%)	s (kN)	C.B.R. (%)	s (kN)	C.B.R. (%)	s (kN)	C.B.R. (%)
0.5	0.28		-		-		-		-	
1.0	0.50		-		-		-		-	
1.5	0.66		-		-		-		-	
2.0	0.81		-		-		-		-	
2.5	0.96	7.28	-	-	-	-	-	-	-	-
valore corretto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.0	1.09									
4.0	1.33									
5.0	1.55	7.76	-	-	-	-	-	-	-	-
valore corretto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.0	1.75		-		-		-		-	
7.0	1.93		-		-		-		-	
8.0	2.09		-		-		-		-	
9.0	2.26		-		-		-		-	
10.0	2.38		-		-		-		-	
w _r (%)	20.79									

È VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA

—■— provino 1 —◆— provino 2 —▲— provino 3 —✕— provino 4 —●— provino 5



Grundlab srl
Laboratorio Geotecnico

Sperimentatore

RAPPORTO DI PROVA RP_00233/20

DATA EMISSIONE: 19/09/20

Pag. 7 di 7

DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI PORTANZA C.B.R.

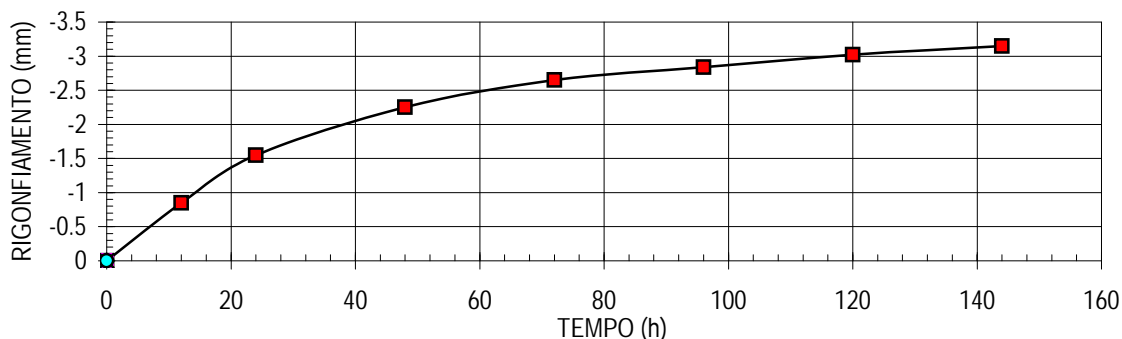
UNI EN 13286-47

Sondaggio : -
Campione : P2
PROVENIENZA : -
CONDIZIONI DI PROVA : post-saturazione in acqua a 20° C

Provino n°	1	2	3	4	5
Condizioni del provino	ricostruito	-	-	-	-
modalità costipamento	Proctor Modificata	-	-	-	-
data confezionamento	12/09/20	-	-	-	-
Umidità di miscelazione (%)	-	-	-	-	-
COSTIPAMENTO energia (MJ/m³)	2.68				
Pestello tipo / (kg)	B 4.5				
Umidità iniziale w_0 (%)	18.32				
Massa volumica ρ (Mg/m³)	2.102				
M. volum. a secco ρ_d (Mg/m³)	1.777				
MISCELA					
percentuale CaO ⁽¹⁾ (%)	0.0				
percent. cemento ⁽²⁾ (%)	0.0				
percentuale FA ⁽³⁾ (%)	0.0				
umidità nominale (%)	-				
IMBIBIZIONE (ore)	144				
data inizio imbibizione	12/09/20				
Rigonfiamento % (%)	2.71				
Acqua assorbita (g)	88.00				
STAGIONATURA⁽⁴⁾ (d)	6				
PENETRAZIONE					
data esecuzione prova	18/09/20				
Umidità iniziale w_i (%)	20.65				
Massa volumica ρ (Mg/m³)	2.087				
M. volum. a secco ρ_d (Mg/m³)	1.730				
Umidità finale w_f (%)	20.79				
Penetrazione (mm)	5.00				
INDICE C.B.R. (%)	7.76				

(1) = Ossido di Calcio titolo in CaO : - %
 produttore: - contenuto in CaCO3 : - %
 stabilimento: - Umidità : - %
 Residuo a 200 mm (a secco) : - %
 Residuo a 90 mm (a secco) : - %

(2) = tipo:
 (3) = ceneri volanti - origine:
 (4) = giorni di stagionatura complessiva in ambiente umido e in acqua



Grundlab srl Sperimentatore
 Laboratorio Geotecnico



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -

AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015



RAPPORTO DI PROVA



Tipologia del campione: **SUOLO**

Etichettatura e sigilli: **V_0230/20 - P2**

Numero del rapporto di prova: **20BO11120**

Committente: **GRUNDLAB S.r.l.**
via Provinciale Est, 12H
40053 Loc. Bazzano - Valsamoggia (BO)

Produttore del campione: **Geol. Valeriano Franchi**
viale Caduti in Guerra, 1
41121 Modena (MO)

Data di ricevimento del campione: **15/09/2020**

Data inizio analisi: **15/09/2020**

Data fine analisi: **18/09/2020**

Data di campionamento: **21/07/2020**

Campionamento a cura di: **Dott. Geol. Valeriano Franchi**

Luogo di campionamento: **San Matteo della Decima (BO)**

Verbale di campionamento: **A cura del prelevatore**

Bologna li: 18/09/2020

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16.
Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -

**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**



segue Rapporto di prova n°: **20BO11120** del **18/09/2020**

Risultati analitici

Parametro <i>Metodo</i>	U.M.	Risultato	Incertezza
Solfati solubili in acido <i>UNI EN 1744-1:2013</i>	%m/m	< 0,01	
Sostanza organica <i>DM 13/09/1999 GU n°248 21/10/99 SO n°185 Met VII.1</i>	% m/m	3,1	±0,2

L'incertezza è espressa nelle unità di misura del parametro a cui si riferiscono. Il fattore di copertura è pari a k=2 con un intervallo di probabilità del 95%.

NOTE RELATIVE ALL'INCERTEZZA DI MISURA:

Ai dati non è stato applicato il recupero in quanto sia in sede di validazione che durante i controlli qualità lo stesso si è mantenuto almeno nel range 70 - 130%.

Qualora l'attività di campionamento sia effettuata dal Laboratorio e sia sotto accreditamento, l'incertezza riportata sul rapporto di prova si riferisce alla sola fase analitica.

NOTE RELATIVE AL CAMPIONAMENTO:

L'attività di campionamento è intesa accreditata solo qualora questa sia associata ad una o più prove accreditate, salvo l'attività di campionamento non preveda attività di misura in campo sotto accreditamento.

Qualora il campionamento sia effettuato dal Cliente, i risultati si riferiscono alla porzione di campione così come consegnata dal Cliente in Laboratorio.

IL LABORATORIO NON E' RESPONSABILE DELLE SEGUENTI INFORMAZIONI FORNITE DAL CLIENTE:

- 1) Descrizione "Etichettatura e Sigilli" ove diverso da "Nessuna etichettatura e nessun sigillo";
- 2) Codice CER (in caso di campione costituito da Rifiuto);
- 3) Data di campionamento;
- 4) Verbale di campionamento (qualora redatto e fornito dal Cliente);
- 5) Identificazione del campionatore (qualora diverso dal personale di Laboratorio);
- 6) Metodo di campionamento (qualora il campionamento sia effettuato da personale diverso dal Laboratorio)

Il Responsabile di Laboratorio

Dott.Chim. Francesco Stante

Fine del rapporto di prova n° **20BO11120**

Bologna lì: 18/09/2020

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16.
Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Allegato 5

Indagini geofisiche eseguite per questo studio (1 HVSR)

Indagine geofisica tramite tecnica HVSR

San Matteo della Decima

Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo V_{seq} attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamiento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

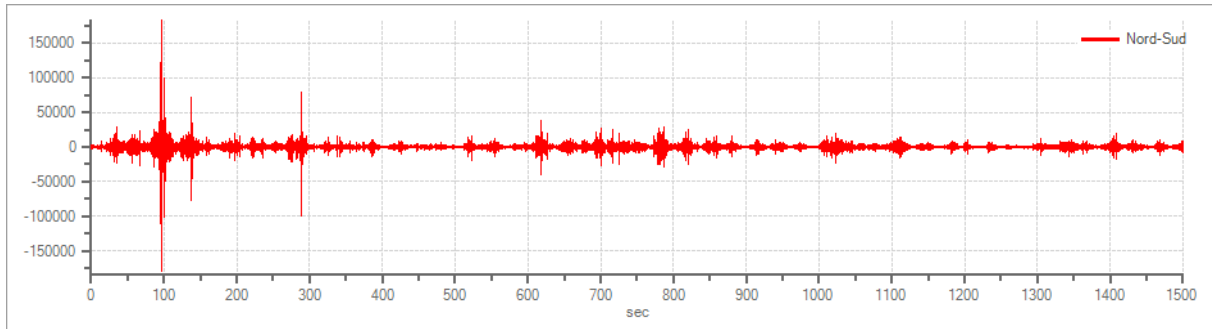
L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo V_{seq} .

Tracce in input

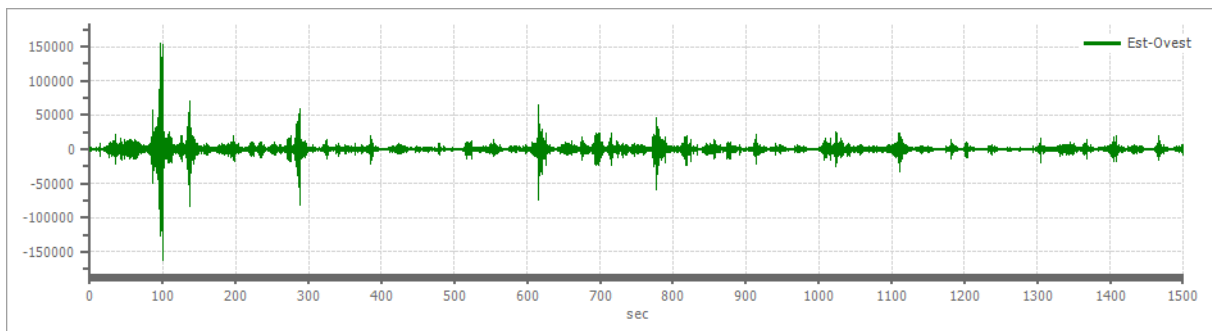
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1500 s
Frequenza di campionamento:	300.00 Hz
Numero campioni:	450000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

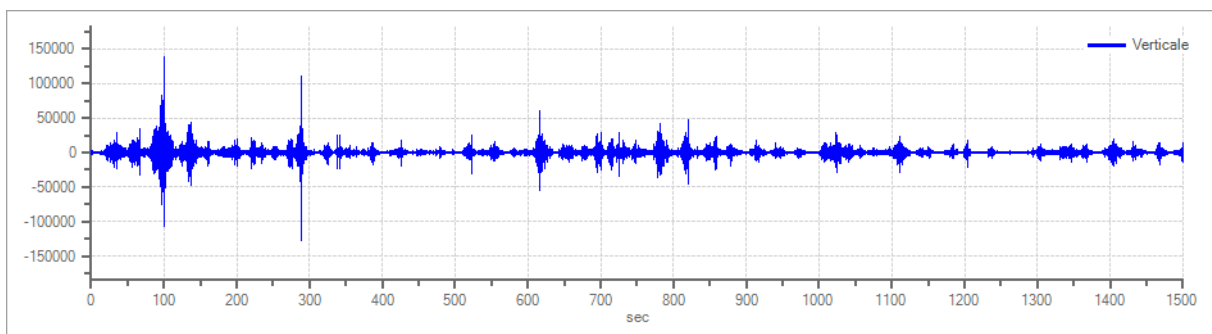
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

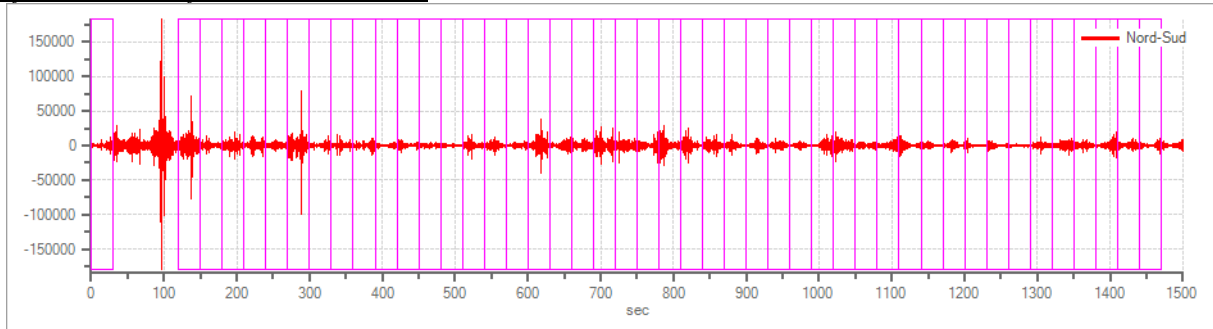
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate:	46
Numero finestre incluse nel calcolo:	45
Dimensione temporale finestre:	30.000 s
Tipo di lisciamiento:	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamiento:	10.00 %
Coefficiente di banda:	40.00

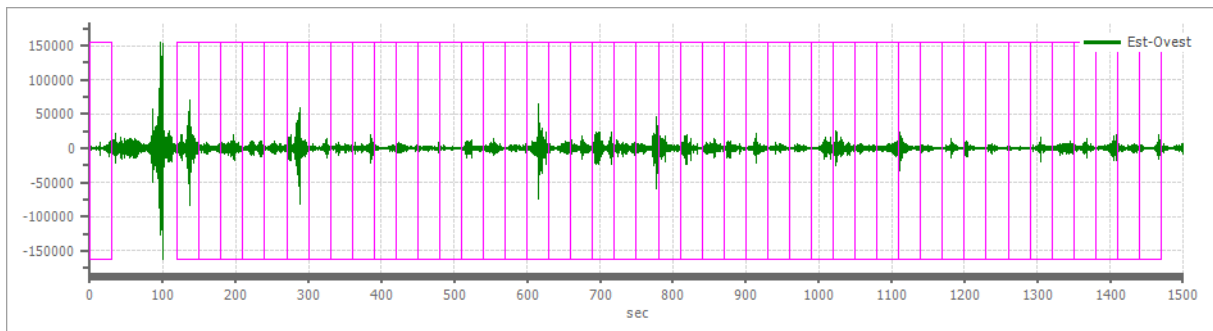
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	30	Inclusa
2	120	150	Inclusa
3	150	180	Inclusa
4	180	210	Inclusa
5	210	240	Inclusa
6	240	270	Inclusa
7	270	300	Inclusa
8	300	330	Inclusa
9	330	360	Inclusa
10	360	390	Inclusa
11	390	420	Inclusa
12	420	450	Inclusa
13	450	480	Inclusa
14	480	510	Inclusa
15	510	540	Inclusa
16	540	570	Inclusa
17	570	600	Inclusa
18	600	630	Inclusa
19	630	660	Inclusa
20	660	690	Inclusa
21	690	720	Inclusa
22	720	750	Esclusa
23	750	780	Inclusa
24	780	810	Inclusa
25	810	840	Inclusa
26	840	870	Inclusa
27	870	900	Inclusa
28	900	930	Inclusa
29	930	960	Inclusa
30	960	990	Inclusa
31	990	1020	Inclusa
32	1020	1050	Inclusa
33	1050	1080	Inclusa
34	1080	1110	Inclusa
35	1110	1140	Inclusa
36	1140	1170	Inclusa
37	1170	1200	Inclusa
38	1200	1230	Inclusa
39	1230	1260	Inclusa
40	1260	1290	Inclusa
41	1290	1320	Inclusa
42	1320	1350	Inclusa
43	1350	1380	Inclusa
44	1380	1410	Inclusa
45	1410	1440	Inclusa
46	1440	1470	Inclusa

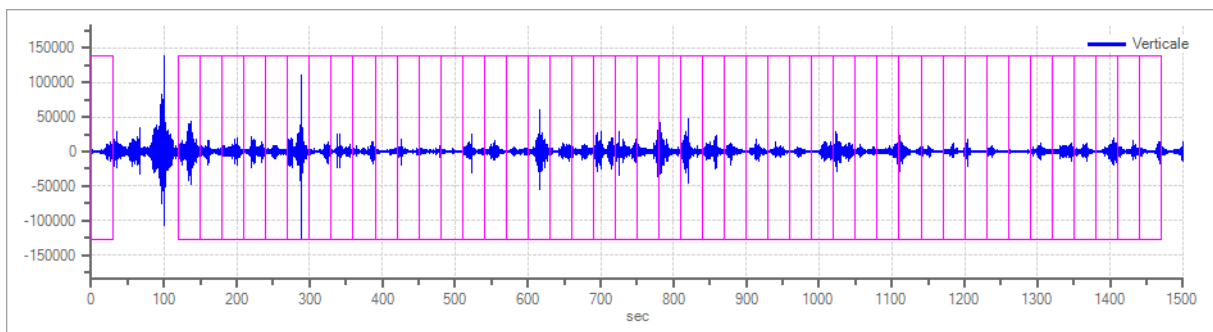
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

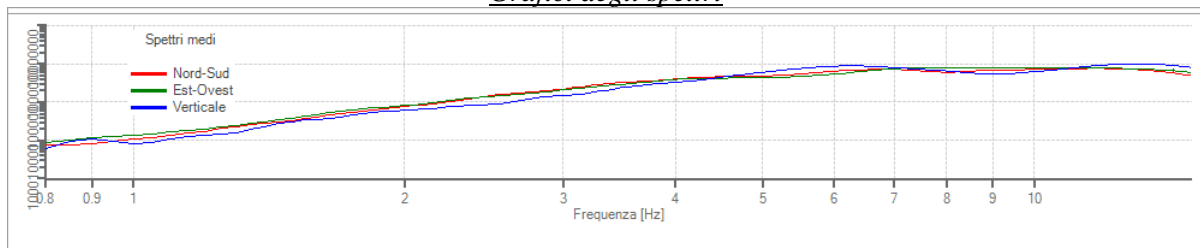


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

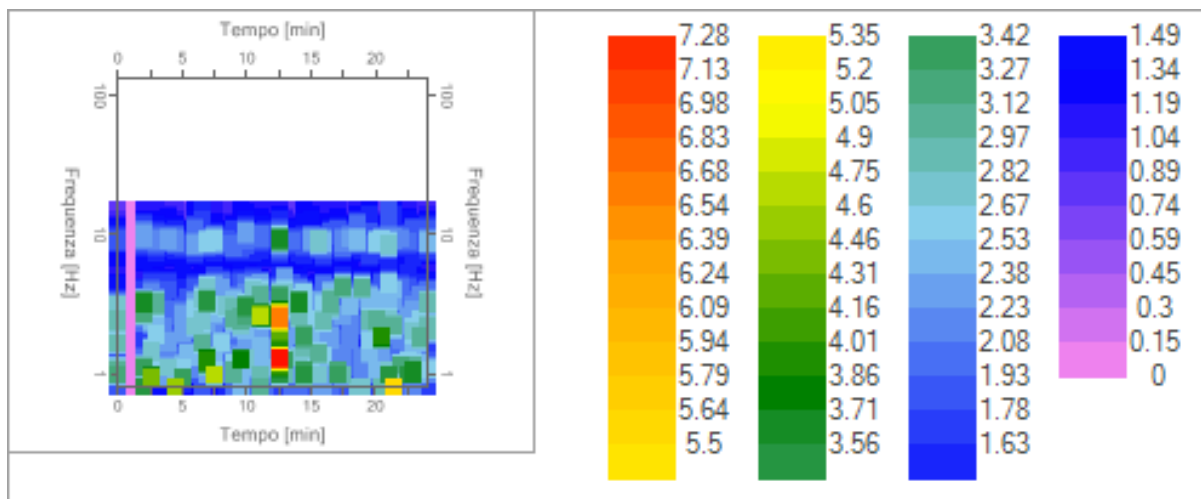


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

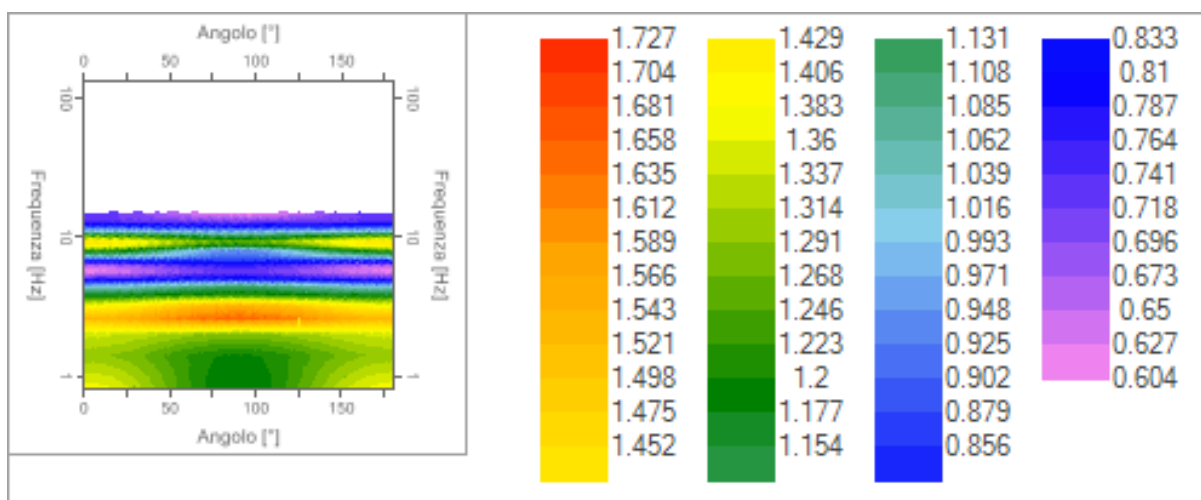
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mapa della stazionarietà degli spettri



Mapa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

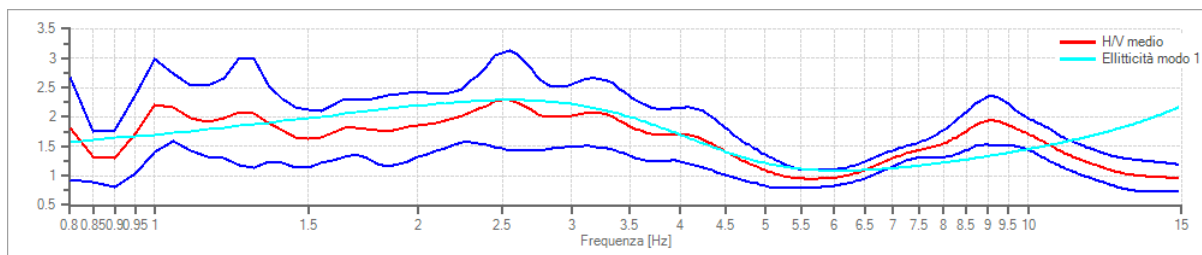
Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	15.00 Hz
Frequenza minima:	0.80 Hz
Passo frequenza:	0.05 Hz
Tipo lisciamento::	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento:	10.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 2.50 Hz \pm 0.36 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica

Esito

$$f_0 > 10/l_w$$

Ok

$$n_c(f_0) > 200$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5 \text{ Hz}$$

Ok

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5 \text{ Hz}$$

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

Non superato

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

Ok

$$A_0 > 2$$

Ok

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

Ok

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

Ok

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

Ok

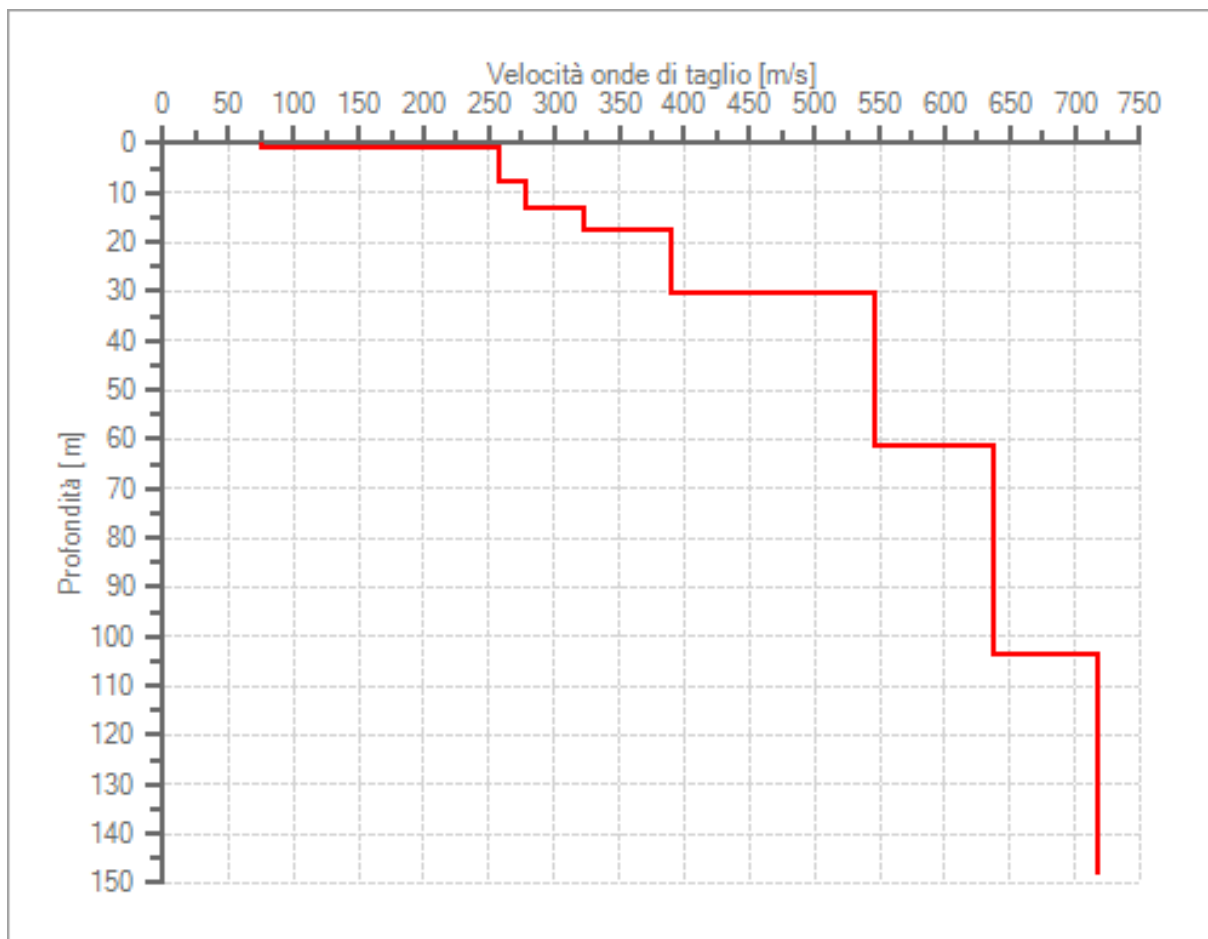
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati:	8
Frequenza del picco dell'ellitticità:	2.55 Hz
Valore di disadattamento:	0.26
Valore Vseq:	291.69 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0.8	19	0.4	75
2	0.8	7	19	0.4	258
3	7.8	5.5	19	0.4	278
4	13.3	4.6	20	0.35	323
5	17.9	12.8	22	0.35	390
6	30.7	31	22	0.35	546
7	61.7	42	22	0.35	638
8	103.7	45	18	0.3	718



Profilo delle velocità delle onde di taglio.