

**APPROVAZIONE SCHEMA DI ACCORDO
PRELIMINARE AI SENSI DELL'ART. 11 LEGGE
241/90 PER LA MODIFICA AGLI STRUMENTI
URBANISTICI COMUNALI ALLO SCOPO DI
INCREMENTARE, QUALIFICARE LE DOTAZIONI
TERRITORIALI COLL-L – LIVELLO LOCALE – B
ISTRUZIONE (SE) – SCUOLE ELEMENTARI**



**RELAZIONE
GEOLOGICA E SISMICA**

A cura di:
DOTT. GEOL. Valeriano Franchi
V.le Caduti in Guerra 1, 41121 Modena
TEL. 059-226540
e-mail: valerianofranchi@tin.it

LUGLIO 2021

Dott. Geol. Valeriano Franchi
V.le Caduti in Guerra, 1 – 41121 Modena
Tel: 059-226540
e-mail: valerianofranchi@tin.it

Modena, 05/07/2021

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

INDICE CONTENUTI

Premessa	3
1. Inquadramento geografico-fisico generale.....	4
1.1. Descrizione di massima dello schema di accordo.....	6
2. Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico	7
3. Indagini geognostiche e modello geologico-geotecnico	10
4. Indagini geofisiche	15
5. Fattori di amplificazione sismica ed effetti di sito	16
5.1. Amplificazione topografica.....	16
5.2. Suscettibilità alla liquefazione	16
6. Sintesi dell'analisi dei dati raccolti e conclusioni	19

ALLEGATI

PREMESSA

La presente relazione è stata redatta a supporto dell'iter di approvazione dello schema di accordo preliminare tra il Comune di Fiorano Modenese ed il soggetto privato volto al soddisfacimento di un rilevante interesse urbanistico per la collettività mediante la modifica agli strumenti urbanistici comunali allo scopo di individuare nuove aree per la realizzazione della scuola primaria, parte del nuovo polo scolastico di Spezzano.

Lo studio è stato condotto nel rispetto delle normative vigenti in materia, D.M. 11.03.1988, con riferimento specifico agli aspetti sismici come da D.M. 17.01.2018 e da DGR 630/2019 (agg. DGR 476/2021).

Per la caratterizzazione litostratigrafia e geotecnica del terreno, nonché per la sua classificazione sismica, sono state realizzate 4 prove penetrometriche di tipo misto (statiche-meccaniche - CPTm - nei metri più superficiali, e dinamiche superpesanti - DPSH - nello spessore ghiaioso ed oltre questo, fino a rifiuto), 1 indagine a geofisica attiva (MASW) ed 1 indagine a sismica passiva (HVSr).

L'analisi delle indagini penetrometriche ha permesso di ricostruire con buon dettaglio la variabilità spaziale della stratigrafia locale e di stimare i principali parametri geotecnici dei vari livelli a litologia omogenea.

Le indagini geofisiche hanno permesso di stimare il parametro di normativa V_{s30} e i profili di velocità delle onde di taglio "S" con la profondità, unitamente alla frequenza di vibrazione naturale del terreno. I risultati delle analisi geofisiche, confrontate con le tabelle dei fattori di amplificazione della DGR 630/2019, hanno permesso di eseguire la microzonazione sismica dell'area.

Considerata la presenza, nei circa 9 m indagati da piano campagna, di livelli con componente granulometrica grossolana, incoerente, si è deciso di eseguire un'analisi della suscettività alla liquefazione in corrispondenza di tutte le 4 verticali CPTm eseguite nell'area, utilizzando il metodo proposto da Boulanger & Idriss (2014), modificato per adattarne l'uso alle CPTm, andando in tal modo ad integrare il quadro di microzonazione sismica locale.

La relazione si articola nel seguente modo:

- Inquadramento geografico - fisico generale
- Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico
- Indagini geognostiche e modello geologico-geotecnico
- Indagini sismiche
- Fattori di amplificazione sismica (DGR 630/2019, agg. 476/2021)
- Effetti di sito (analisi di suscettività a liquefazione)
- Sintesi dell'analisi dei dati raccolti e conclusioni

ALLEGATI

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-FISICO GENERALE

L'area in esame - oggetto di accordo tra il Comune di Fiorano Modenese ed il soggetto privato proprietario del terreno al Mappale 515, Foglio 23 del catasto comunale - destinata alla realizzazione della nuova scuola elementare del polo scolastico di Spezzano, è ubicata in corrispondenza della prima periferia meridionale della frazione di Spezzano, in località C. Giugni, su di un'ampia dorsale collinare a debole pendenza verso il quadrante nord, a circa 1 km dal confine con il Comune di Maranello. Le quote si aggirano intorno ai 150 m s.l.m.

Gli elementi idrografici più prossimi sono rappresentati dal Torrente Fossa di Spezzano, che scorre in direzione S-N circa 300 m ad est dell'area, e dal Fosso Chianca, che circa 200 m a sud-ovest dell'area diviene tombato.

Il clima è caratterizzato, nel periodo 1991-2015, da precipitazioni totali annue, in media, di 724 mm e temperature medie annue di 14,3°C¹, pari, rispettivamente, ad una variazione di -10 mm e +1,4°C rispetto al periodo 1961-1990.

Nella cartografia regionale, l'area è compresa nella Tavola alla scala 1:25.000 nr. 219NE denominata "Formigine" (Figura 1), nella Sezione alla scala 1:10.000 nr. 219070 denominata "Maranello" e nell'Elemento alla scala 1:5.000 nr. 219074 denominato "Maranello" (Figura 2).

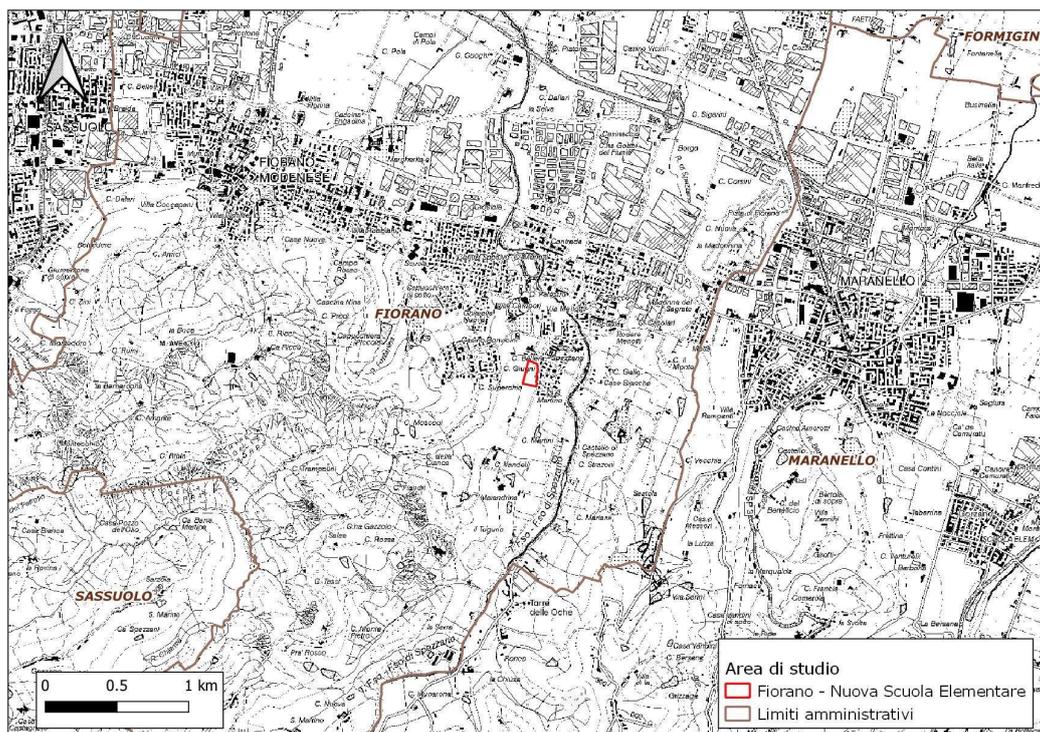


Figura 1 - Inquadramento geografico su C.T.R. con dettaglio topografico a scala 1:25.000 - Tavola nr. 219NE denominata "Formigine".

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

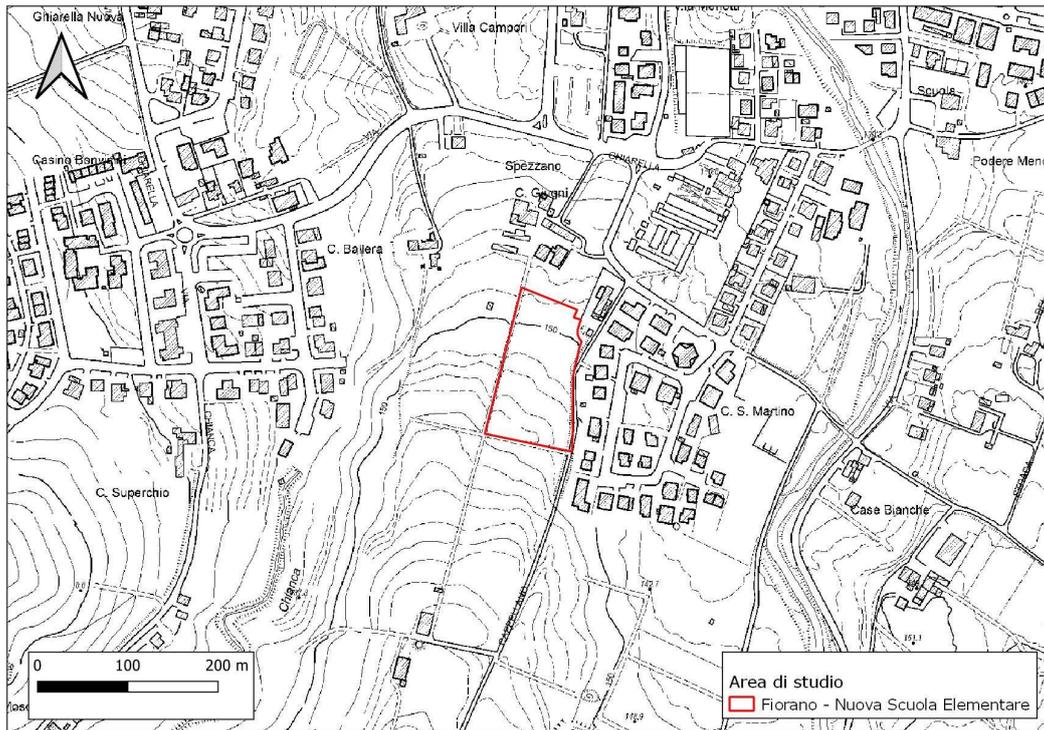


Figura 2 - Ubicazione dell'area d'indagine su C.T.R. con dettaglio topografico a scala 1:5.000 - Elemento nr. 219074 denominato "Maranello".



Figura 3 - Ubicazione dell'area d'indagine su fotografie aeree satellitari Google Maps (visualizzazione: 21/06/2021).

1.1. Descrizione di massima dello schema di accordo

Obiettivo principale dell'Amministrazione Comunale, in merito al programma edilizio scolastico, è quello di consegnare alla comunità locale scuole con le più alte prestazioni antisismiche, di risparmio energetico, totalmente inclusive, prive di barriere architettoniche e con spazi funzionali-distributivi performanti rispetto agli edifici scolastici di cui si prevede la sostituzione edilizia.

Il percorso intrapreso dall'Amministrazione per individuare nuove aree dove collocare il nuovo polo scolastico di Spezzano ha portato ad individuare quali aree idonee:

- l'area di proprietà comunale sita in via Ghiarella a Spezzano, catastalmente identificata al Foglio 21 mappale 142, quale area idonea per la realizzazione della scuola materna;
- le aree di proprietà privata identificate in catasto al fg.23 Mappale 515 (**oggetto del presente studio**) quale area idonea a realizzare le scuole elementari, in quanto aree poste in prossimità alle succitate aree di proprietà comunale e tali da consentire uno sviluppo unitario, coordinato e funzionale della polarità dei servizi;
- le aree di proprietà privata identificate in catasto al fg.23 Mappale 304 quali aree necessarie ad assicurare l'accessibilità sostenibile alla nuova struttura scolastica.

Le aree individuate per la realizzazione del nuovo polo scolastico si collocano lungo l'asse nord-sud della struttura collettiva COLL e presentano, per morfologia e collocazione, caratteristiche adeguate quali una buona viabilità di accesso, una buona esposizione al soleggiamento; permettono uno sviluppo unitario e generano un disegno urbano omogeneo e coordinato, caratterizzato dalla presenza di spazi collettivi quali scuole medie, materne, attrezzature per lo sport.

Il soggetto privato, proprietario delle aree identificate in catasto al fg. 23 Mappali 7, 304 e 515 e classificate nel PSC di Fiorano Modenese come territorio rurale ARP (Art. A18) ambiti agricoli di rilievo paesaggistico, a fronte del riconoscimento del diritto edificatorio compensativo, nelle quantità definite dall' art.34 comma 11 lett.c del PSC, derivante dalla modifica degli strumenti urbanistici comunali, si è reso disponibile a formalizzare, con la sottoscrizione definitiva dell'accordo, l'obbligo a cedere in proprietà al Comune di Fiorano Modenese, a titolo gratuito ed entro mesi 3 dall'approvazione della variante urbanistica a cui accede, le aree censite in catasto al Fg. 23 Mappale 304 e 515, così come individuate nella cartografia allegata all'accordo sotto la lettera A, per complessivi mq 17.105 circa di cui mq 576 quale standard urbanistico previsto per l'attuazione dell'intervento privato.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Per inquadrare cartograficamente i caratteri geologici e litologici dell'area specifica d'indagine e di un suo intorno significativo, ai fini del presente studio, è stato utilizzato uno stralcio della Carta geologica della Regione Emilia-Romagna alla scala 1:10.000 - Sezione nr. 219070 "Maranello" (Figura 4), nella quale si osserva come nella zona di studio affiorino limi prevalenti appartenenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI - *Pleistocene medio?*).

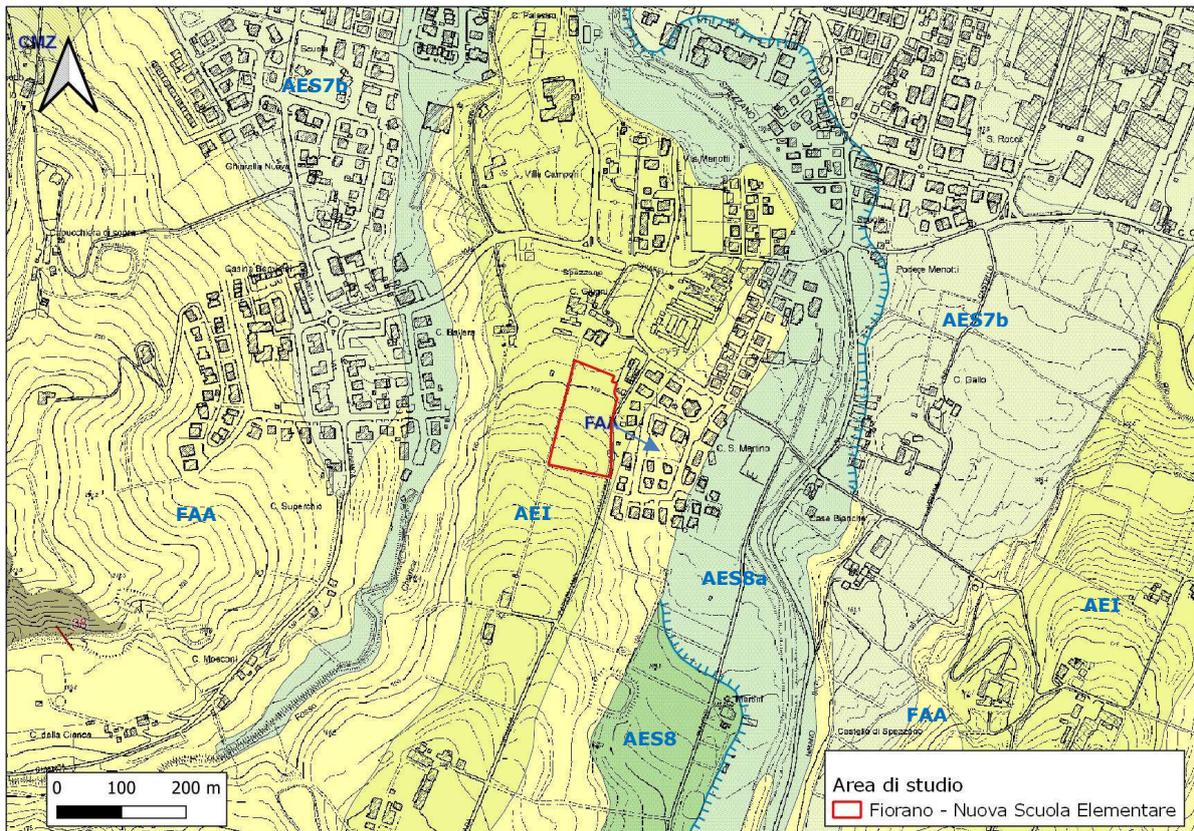


Figura 4 – Stralcio della Sezione 219070 "Maranello" della Carta Geologica a scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna (Rilevamento geologico originale eseguito alla scala 1:10.000, negli anni 1982\1996. Aggiornamento delle unità geologiche al 2005 e parziale aggiornamento delle coperture al 2011). Il poligono rosso individua l'area di studio.

Ai limi superficiali possono seguire ghiaie con matrice limo-sabbiosa, passanti a limi e limi sabbiosi, con lenti di ghiaie, del Sintema di Costamezzana (CMZ), non cartografati nell'area di studio dalla carta geologica regionale, ma probabilmente rappresentati nella "Carta geologica del margine appenninico e dell'alta pianura tra i fiumi Secchia e Panaro (Provincia di Modena)", a cura di Gasperi (1987) (Figura 5) con la dicitura "Unità di Cà di Sola".

Al di sotto dei terreni di sedimentazione continentale pleistocenici seguono le argille siltose di ambiente marino profondo della Formazione delle Argille Azzurre (FAA).

Per quanto riguarda la stratigrafia oltre il primo metro più superficiale, il database geognostico della Regione Emilia-Romagna non dispone di indagini eseguite

esattamente in corrispondenza della dorsale collinare in cui è situata l'area di studio; d'altro canto lo stesso database ha alcune stratigrafie di pozzi per acqua che distano poche centinaia di metri dall'area, ancorché a quote altimetriche inferiori di circa 10 m (Figura 6 e Allegato 1).

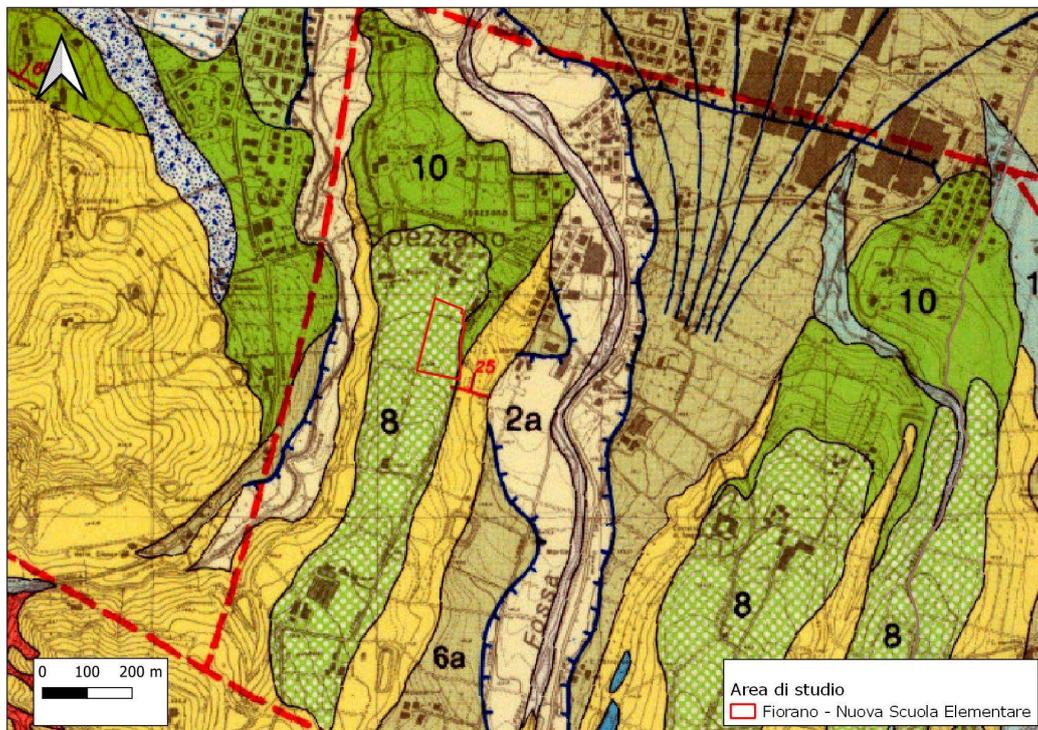


Figura 5 - Stralcio della "Carta geologica del margine appenninico e dell'alta pianura tra i fiumi Secchia e Panaro (Provincia di Modena)", a cura di Gasperi (1987). Il poligono rosso individua l'area di studio. Legenda - **8: Unità di Spezzano**: depositi colluviali e loessici pedogenizzati contenenti industrie tardo-acheuleane sovrapposti a un *glacis* pedemontano secante le unità 10, 11, 12 (età: Pleistocene medio). **10: Unità di Cà di Sola**: depositi ghiaioso-sabbiosi ed argillosi di sovrapposti cicli positivi di sedimentazione fluviale tipo *braided*. A tetto suolo policiclico fersiallitico lisciviato rubefatto (Hue: 5YR) con profilo di alterazione spesso circa m 5, a luoghi eroso, ricoperto da loess pedogenizzato contenente industrie tardo-acheuleane. Alla base dell'Unità faune continentali con *Helephas meridionalis* e *Miomys* (età: tardo Pleistocene Inferiore - Pleistocene medio). **12: Argille del T. Tiepido**: argille siltose marine grigio-azzurre a ritmo di stratificazione variabile, da massiva a sottile; intercalazione di sabbie fini, prevalenti alla base, in strati da centimetrici a metrici. L'Unità è trasgressiva su 14, 15, 16 con contatto caratterizzato talora da minuto conglomerato (età: Pliocene superiore (?) - Pleistocene inferiore).

La stratigrafia del pozzo occidentale (2019070P858) vede la presenza di 3 m di "terra", ipoteticamente decifrabile come suolo e terreni limosi, seguiti da 2 m di sabbie miste ad argilla (di AES7b: Unità di Vignola) e da 7 m di argille appartenenti alla Formazione delle Argille Azzurre (FAA). Verso est, nella valle del Torrente Fossa di Spezzano, i due pozzi 2019070P859 e 219070P860 mostrano una stratigrafia in cui, ai terreni fini più superficiali, segue subito un potente spessore ghiaioso (max. 10 m) appartenente ad AES8a (Unità di Modena), cui seguono le argille di FAA.

Appare chiaro come in corrispondenza delle dorsali collinari altimetricamente più elevate la sedimentazione abbia avuto termine nel Pleistocene medio con AEI, mentre nei fondi vallivi sia continuata fino all'Attuale. La ricchezza di ghiaie nella valle del Torrente Fossa di Spezzano deriva probabilmente dalla presenza nel suo

bacino di alimentazione, di affioramenti di formazioni Epiliguri, mentre l'assenza delle stesse nella valle del Rio Chianca deriva dalla presenza di sole argille e argille siltose nel bacino di alimentazione del rio stesso.

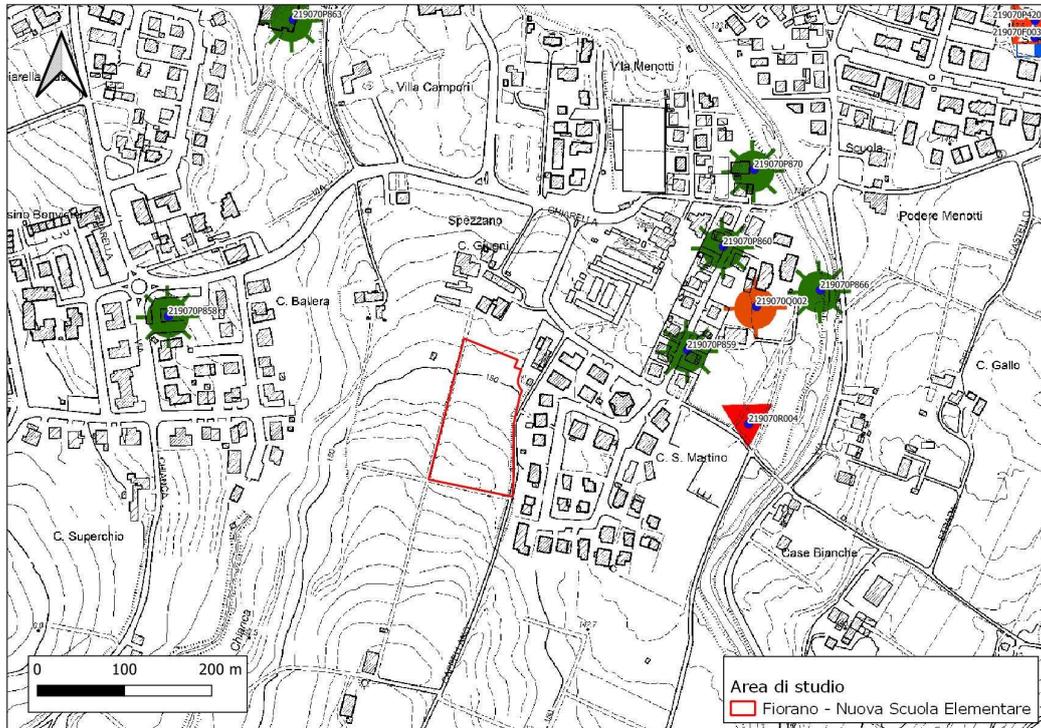


Figura 6 – Ubicazione dei pozzi per acqua considerati in questo studio (simboli verdi con identificativi: 2019070P858, 219070P859 e 219070P860) più prossimi all'area d'indagine, contenuti nel geodatabase della Regione Emilia-Romagna, di cui si dispone di stratigrafia.

Anche il PTCP della Provincia di Modena, nella Tavola 3.2 di QC - "Depositi del sottosuolo che influenzano il moto sismico in superficie" – individua il tetto del ciclo alluvionale inferiore praticamente in corrispondenza del piano campagna (circa 150 m s.l.m.), con ghiaie affioranti (Figura 7).

In merito all'idrografia, gli elementi idrografici più prossimi sono rappresentati dal Torrente Fossa di Spezzano, che scorre in direzione S-N circa 300 m ad est dell'area, e dal Fosso Chianca, che circa 200 m a sud-ovest dell'area diviene tombato.

Per quanto riguarda le acque sotterranee, non esistono elaborazioni piezometriche di dettaglio per l'area in esame e per un suo significativo intorno. Arpae, nel Report 2016 sulla qualità delle acque sotterranee, mostra una iso-piezometrica di 100 m s.l.m. in corrispondenza delle incisioni vallive dei rii minori, ma che non può essere considerata rappresentativa della profondità della falda in corrispondenza degli alti collinari.

In occasione dell'esecuzione delle prove penetrometriche statiche in corrispondenza dell'area di studio, la falda **NON** è mai stata intercettata.

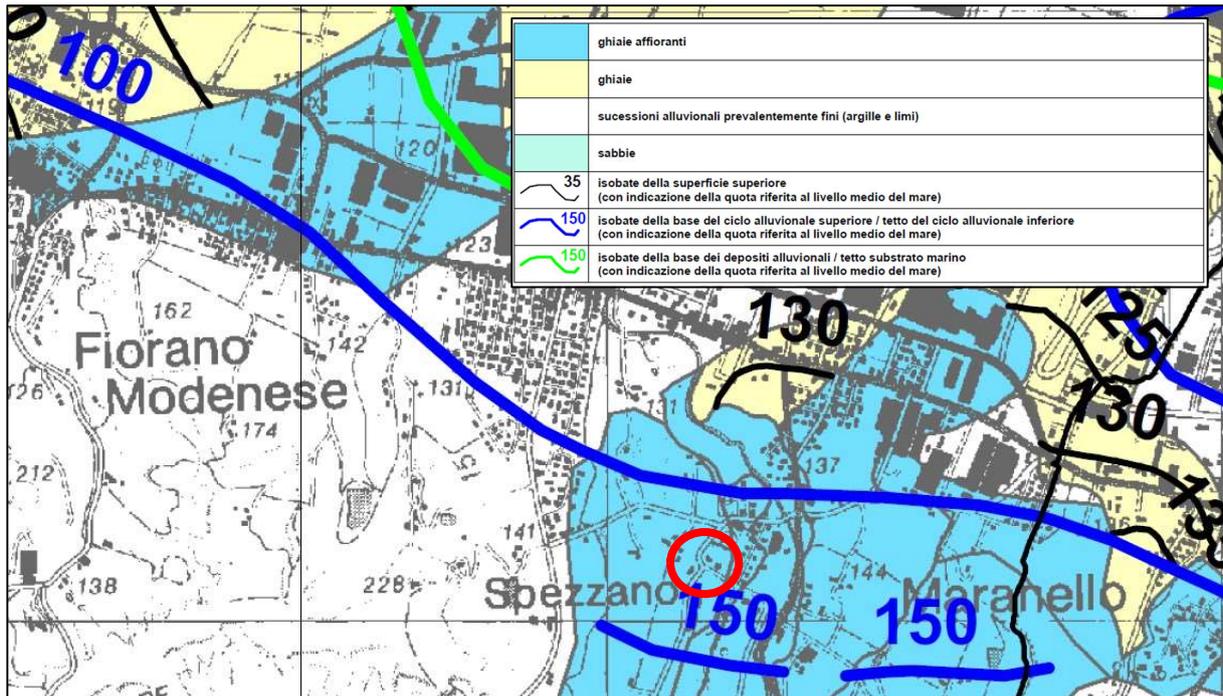


Figura 7 – Stralcio della Tavola 3.2 di QC del PTCP della Provincia di Modena – “Depositi del sottosuolo che influenzano il moto sismico in superficie”. Il cerchio rosso individua l’area di studio.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO

Per la caratterizzazione litostratigrafia e geotecnica del terreno, nonché per la sua classificazione sismica, sono state realizzate 4 prove penetrometriche di tipo misto (CPT/DPSH), 1 indagine a sismica attiva (MASW) ed 1 indagine a sismica passiva (HVSr), tutte eseguite in data 21/06/2021 all’interno dell’area di studio.

La scelta di eseguire penetrometrie di tipo misto è legata alla peculiare stratigrafia locale che vede la presenza di una copertura fine seguita da lenti di ghiaie e sabbie fino al tetto delle argille plio-pleistoceniche: si è scelto di indagare i primi metri superficiali, a granulometria fine, tramite CPT meccanica (CPTm), per la capacità di questa tipologia d’indagine di fornire un’interpretazione litologica degli spessori attraversati; la stessa CPTm non è in grado di oltrepassare i livelli ghiaiosi, pertanto, al raggiungimento del tetto delle ghiaie, si è scelto di proseguire l’indagine attraverso penetrometria dinamica super-pesante (DPSH), fino a rifiuto. Le penetrometrie miste sono state 3 su 4 poiché in un solo caso la CPTm è stata in grado di attraversare il sottile livello ghiaioso, consentendo di identificare la successione litologica fino a 9,6 m dal piano campagna, dove si è avuto il rifiuto.

Le indagini penetrometriche statiche sono state eseguite utilizzando un penetrometro statico Pagani da 100 kN, con le seguenti caratteristiche tecniche:

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

Le penetrometrie dinamiche sono state eseguite utilizzando un penetrometro dinamico DPSH TG 63-200 PAGANI, con le seguenti caratteristiche tecniche:

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

L'ubicazione delle indagini penetrometriche e delle indagini geofisiche è visibile in Figura 8, mentre i dati penetrometrici di campagna, i relativi grafici nonché i valori dei parametri geotecnici sono consultabili in Allegato 2.



Figura 8 - Ubicazione delle indagini penetrometriche e geofisiche eseguite all'interno dell'area di studio.

Dal punto di vista litostratigrafico, oltre il primo livello superficiale di suolo, le prove penetrometriche statiche (Figura 9) hanno evidenziato, nello spessore indagabile

dalla tipologia d’indagine, la netta prevalenza di terreni fini, essenzialmente argille inorganiche molto compatte e argille sabbiose e limose, con chiusura al letto costituita da terreni limo-sabbiosi che preludono l’incontro con il tetto del livello ghiaioso. Non è stato possibile attraversare lo strato ghiaioso in corrispondenza delle CPTm 1, 2 e 3, mentre nella CPTm-4 l’esiguo spessore ghiaioso incontrato a 4,4 m ha consentito alla punta statica di attraversarlo, proseguendo fino a 9,6 m. In questo spessore prevalgono le argille sabbiose e limose e le argille inorganiche molto compatte, con alcuni livelli di sabbie addensate o cementate e di terreni limo-sabbiosi, presenti in particolare tra 5,6 e 6 m.

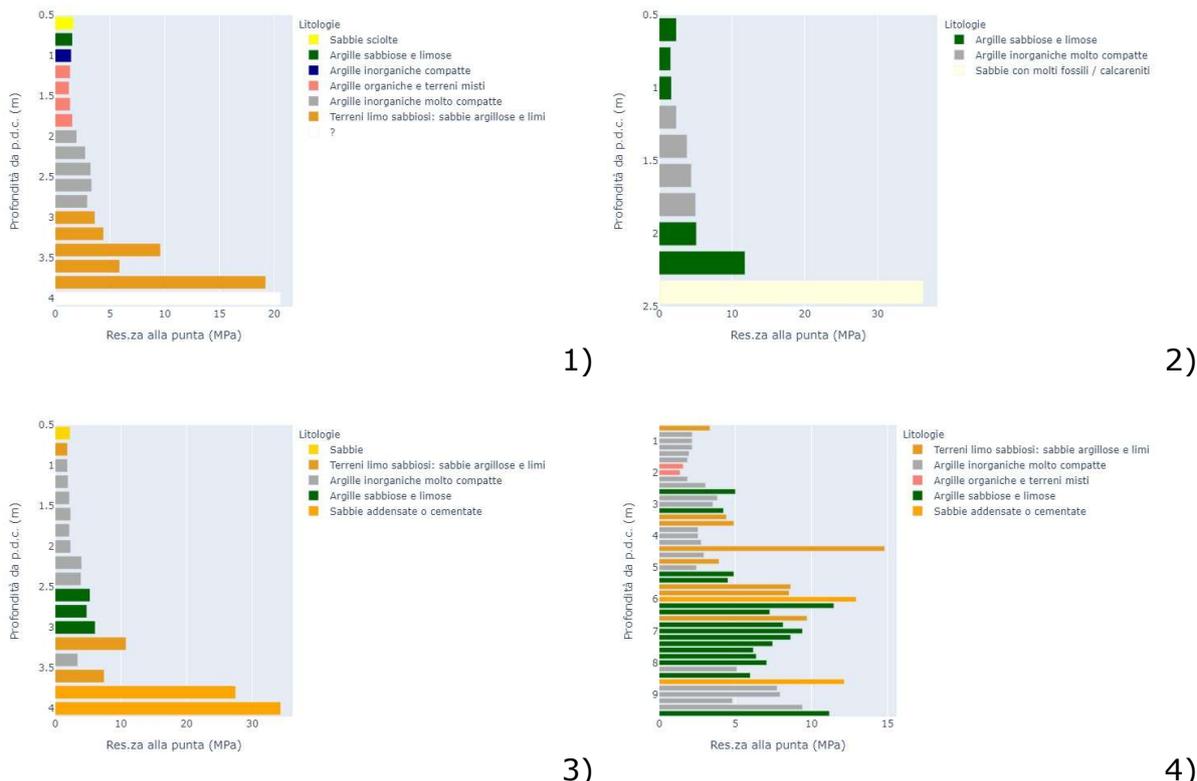


Figura 9 – Diagrammi delle 4 CPTm eseguite all’interno dell’area di studio, ognuna identificata col numero corrispondente a quello mostrato in Figura 8. I grafici mostrano con colori differenti le diverse litologie così come interpretate in base alla classificazione di Schmertmann (1978); la lunghezza delle barre indica la resistenza alla punta in MPa.

Dal punto di vista geotecnico, le 4 prove statiche effettuate hanno evidenziato la presenza di terreni molto resistenti, con resistenza alla punta che non scende mai al di sotto di 1 MPa, anche nei livelli relativamente più deboli e che, al di là dei livelli ghiaiosi, mostra i valori massimi laddove maggiore è la presenza della componente sabbiosa.

CPTm-1					
Prof.	Qc m	Cu m	c' m	Dr m	fi' m
m	MPa	kPa	kPa	%	°
0.8-1.0	1.52	83.6	9.93		
1.2-1.8	1.4	76.16	9.04		
2.0-2.8	2.84	155.55	18.48		
3.0-3.6	5.88	323.48	38.43	46.28	35.9

CPTm-2					
Prof.	Qc m	Cu m	c' m	Dr m	fi' m
m	MPa	kPa	kPa	%	°
0.6-1.0	1.86	102.7	12.2		
1.2-1.8	3.9	215	25.54		
2.0-2.2	8.43	466.29	55.4		

CPTm-3					
Prof.	Qc m	Cu m	c' m	Dr m	fi' m
m	MPa	kPa	kPa	%	°
0.6-0.8	2.06	102.74	12.21	35.25	35.55
1.0-2.4	2.6	142.63	16.94		
2.6-3.0	5.4	296.68	35.25		
3.2-3.2	10.79	595.88	70.79	68.7	37.7
3.4-3.4	3.43	187.04	22.22		
3.6-3.6	7.45	410.19	48.73	52.6	36.9

CPTm-4					
Prof.	Qc m	Cu m	c' m	Dr m	fi' m
m	MPa	kPa	kPa	%	°
0.8-1.6	2.06	113.15	13.44		
1.8-2.0	1.47	79.7	9.47		
2.2-2.2	1.86	101.16	12.02		
2.4-3.2	3.92	214.91	25.53		
3.4-3.6	4.66	255	30.3	40.8	35.1
3.8-4.2	2.62	140.95	16.74		
4.4-4.4	14.81	817.88	97.16	77.7	37.5
4.6-4.6	2.94	158.43	18.82		
4.8-4.8	3.92	212.7	25.27	32.7	33.7
5.0-5.0	2.45	130.75	15.53		
5.2-5.4	4.7	255.73	30.38		
5.6-5.8	8.58	470.48	55.9	51.8	36.4
6.0-6.0	12.94			66.8	37.2
6.2-6.4	9.36	513.38	60.99		
6.6-6.6	9.71	532.11	63.21	54.4	36.5
6.8-8.4	7.15	388.71	46.18		
8.6-8.6	12.16			59.8	36.6
8.8-9.4	7.48	405.3	48.15		

Tabella 1 – Principali parametri geotecnici medi degli strati omogenei individuati in corrispondenza delle 4 CPT eseguite per questo studio. Legenda – Qc: resistenza alla punta; Cu: coesione non drenata; c': coesione efficace; Dr: densità relativa; °: angolo d'attrito interno di picco.

Gli alti valori di resistenza alla punta hanno chiaramente un risvolto diretto sui principali parametri geotecnici (Tabella 1), con valori di coesione (non drenata ed efficace) sempre molto alti nei livelli coerenti, fini, e valori di densità relativa ed angolo d'attrito interno altrettanto alti nei livelli incoerenti, grossolani.

Alle profondità di rifiuto della CPT (per le sole CPTm1 e CPTm-2), si è scelto di proseguire l'indagine penetrometrica utilizzando un penetrometro super-pesante (DPSH), spinto fino alla profondità di rifiuto. Come già accennato, la DPSH eseguita in corrispondenza della CPTm-3 non ha permesso di conseguire alcun avanzamento rispetto alla CPTm stessa; la CPTm-4 non è stata prolungata con DPSH poiché la punta statica è riuscita ad oltrepassare il sottile livello ghiaioso a circa 4 m e raggiungere quasi 10 m di profondità.

A seguire vengono quindi riportati i grafici di resistenza delle DPSH (1 e 2) e i parametri geotecnici medi da essi ricavati.

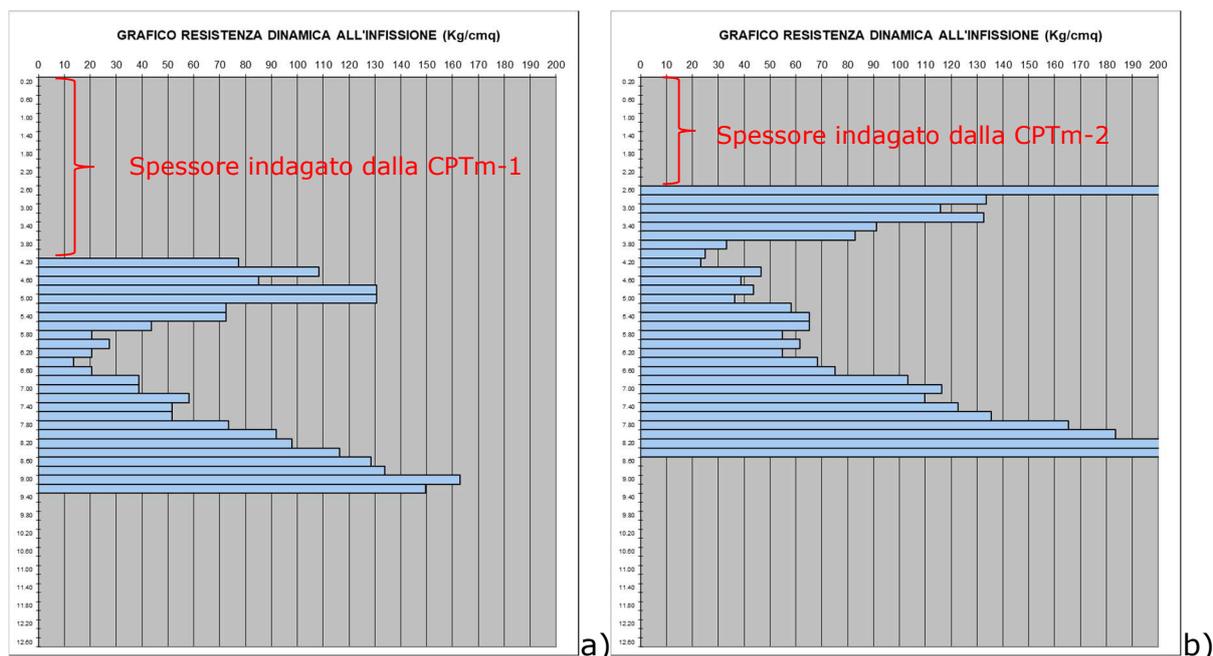


Figura 10 – Profili delle resistenza dinamica all’infissione ricavati in corrispondenza delle CPTm-1 (a) e CPTm-2 (b); l’inizio di ogni profilo corrisponde alla profondità di rifiuto della rispettiva prova CPTm.

DPSH-1

Nr. Strato	Prof. da p.d.c.	colpi med.	Rd med.	N _{spt} med.	γ med.	c _u med.	φ' med.
...	m	...	Kg/cm ²	...	KN/m ³	kPa	°
1.00	4.2-5.6	13.00	96.73	19.11	19.21		35.12
2.00	5.6-6.6	3.50	24.34	5.15	15.58	65.05	
3.00	6.6-7.6	7.40	47.79	10.88	17.37	115.08	30.32
4.00	7.6-8.4	15.50	94.87	22.79	19.92	197.89	34.42
5.00	8.4-9.2	24.75	143.72	36.38	21.42	281.90	37.56

DPSH-2

Nr. Strato	Prof. da p.d.c.	colpi med.	Rd med.	N _{spt} med.	γ med.	c _u med.	φ' med.
...	m	...	Kg/cm ²	...	KN/m ³	kPa	°
1.00	2.6-3.6	13.00	111.19	19.11	19.28		36.75
2.00	3.6-4.2	3.33	27.06	4.90	15.51	55.95	
3.00	4.2-6.2	7.30	52.44	10.73	17.32	103.58	31.17
4.00	6.2-7.6	16.00	104.45	23.52	19.96	193.09	35.15
5.00	7.6-8.4	34.00	208.11	49.98	21.86		40.81

Tabella 2 - Principali parametri geotecnici medi degli strati omogenei individuati in corrispondenza delle 2 DPSH eseguite per questo studio. Legenda – Rd: resistenza dinamica all’infissione; N_{spt}: numero colpi prova N_{spt}; γ: peso di volume del terreno; c_u: coesione non drenata; φ': angolo d’attrito interno di picco.

I profili penetrometrici dinamici mostrano una forma molto simile: due spessori estremamente resistenti al tetto e al letto, probabilmente costituiti da ghiaie, intervallati da uno spessore a minore resistenza ipoteticamente costituito da terreni limo-sabbiosi e/o argille sabbiose, ovvero da alcune delle litologie presenti nei metri più superficiali, indagati dalle penetrometriche statiche. I valori minimi assoluti di resistenza potrebbero essere costituiti da argille organiche o inorganiche a scarsa consistenza, considerati i bassi valori di coesione non drenata, inferiori a 70 kPa.

4. INDAGINI GEOFISICHE

Per la classificazione sismica dei terreni sono state eseguite 1 indagine a sismica attiva (MASW) ed una a sismica passiva (HVSr) all'interno dell'area di studio. L'ubicazione delle indagini è mostrata in Figura 8, mentre i certificati di prova (a cui si rimanda per tutti i dettagli) sono visibili in Allegato 3.

L'HVSr ha permesso di individuare la frequenza di vibrazione naturale del terreno, pari a 10,5 Hz, con un'amplificazione del picco H/V pari a 3.

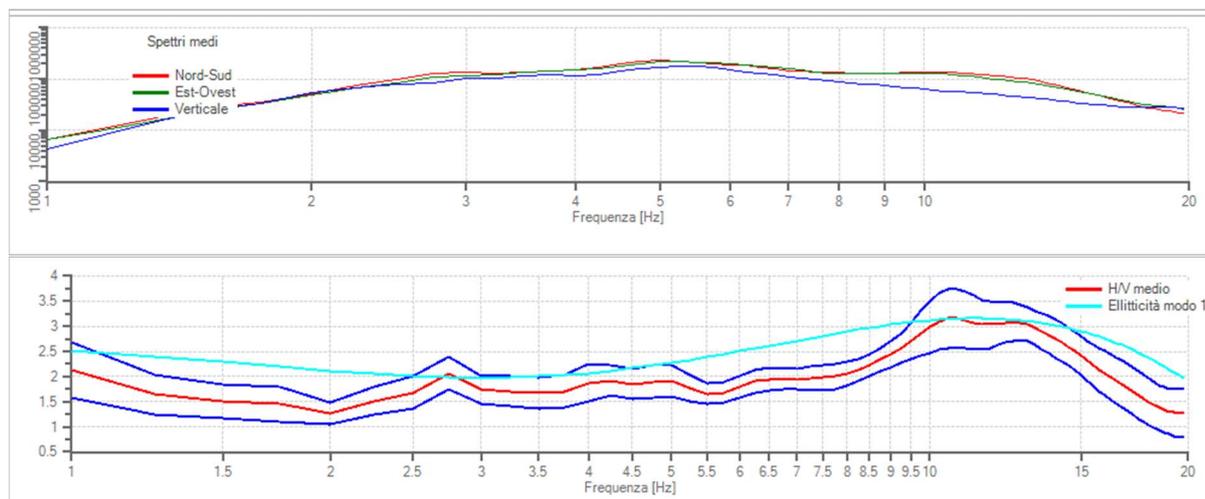


Figura 11 – Spettri medi nelle tre direzioni (sopra) e Rapporto spettrale H/V con intervallo di fiducia (sotto) ricavati dall'indagine a sismica passiva (HVSr) effettuata per questo studio.

La MASW ha restituito una V_{s30} pari a **311** m/s il cui valore inserirebbe il terreno all'interno della classe sismica "C" delle NTC18, ovvero "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"; tuttavia, la presenza di due inversioni nel profilo di Vs con la profondità contrasta con la definizione della classe "C" stessa, laddove questa richiede un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.

In base a un recente studio scientifico (Sanò & Naso, 2010)², la prima inversione può essere trascurata perché dovuta ad uno strato rigido di spessore esiguo. Per quanto riguarda la seconda inversione, posizionabile tra circa 20 e 40 m, la sua profondità potrebbe produrre un'amplificazione minore rispetto a quella che si avrebbe in assenza di inversione.

La stratigrafia locale vede la presenza del substrato marino costituito dalle Argille Azzurre già ad una profondità di 13,1 m, caratterizzate da Vs molto inferiore a 800 m/s (circa 450 m/s), pertanto non classificabile come bedrock sismico; allo stesso tempo, il contrasto d'impedenza tra lo spessore compreso tra piano campagna e 13,1 m e quello sottostante, compreso tra 13,1 e 21,1 m è pari a 1,8, pertanto non sufficiente per identificare a tale profondità una superficie di potenziale risonanza.

Per tutte queste considerazioni è possibile confermare il terreno in esame, dal punto di vista sismico, in classe "C", senza prevedere, almeno per questa fase

² Sanò, T., Naso, G., 2010. Amplificazione sismica locale: effetti dell'inversione nel profilo di Vs, in: GNGTS 2010. pp. 299-301.

progettuale, un'apposita analisi di risposta sismica locale; analisi che, tuttavia, dovrà essere condotta in fase esecutiva, considerando la classe d'uso dell'edificio in progetto.

5. FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA ED EFFETTI DI SITO

Sulla base della sismostratigrafia ricavata dalle indagini effettuate in situ, in riferimento alla DGR 630/2019, si possono determinare i fattori di amplificazione sismica per l'area in esame attraverso l'utilizzo degli abachi predisposti nell'Allegato A2 della stessa DGR 630/2019, ovvero nel suo più recente aggiornamento (DGR 476/2021), considerando l'ambito "APPENNINO" (coperture su substrato non rigido, vale a dire caratterizzato da $V_s \ll 800$ m/s):

FF. amplif.	V_{sH15}	
F.A. PGA	2,1	
F.A. SA1	2,2	
F.A. SA2	1,9	
F.A. SA3	1,5	
F.A. SI1	2,3	
F.A. SI2	1,6	

Tabella 3 - Fattori di amplificazione della PGA e dell'intensità di Housner da RSL (sensu DGR 630/2019 - DGR 476/2021).

Il valore di pericolosità sismica H_{SM} , sempre secondo la DGR 630/2019 (agg. DGR 476/2021), è risultato pari a:

Indice di pericolosità	(cm/s^2)
H_{SM}	747

Tabella 4 - Valore di pericolosità sismica secondo la DGR 630/2019 (agg. DGR 476/2021).

ottenuto considerando il valore di $ASI_{UHS}/\Delta T$, del grigliato fornito dalla DGR 630/2019, più prossimo all'area di studio - pari a $339,7$ cm/sec^2 - e moltiplicandolo per l'F.A. SA1 di Tabella 3.

5.1. Amplificazione topografica

Considerando le condizioni topografiche e morfologiche dell'area in esame (collina, ampia superficie topografica sub-orizzontale, assenza di aree di cava colmate), il coefficiente di amplificazione topografica S_T può essere considerato del tutto trascurabile.

5.2. Suscettibilità alla liquefazione

La microzonazione sismica di II livello del territorio comunale, nella "Carta MOPS - Tavola 04" (Figura 12), colloca l'area in esame nella "Zona 3: Depositi argillosi con il primo strato limoso", per cui è attesa soltanto amplificazione locale.

Considerata però la presenza di alcuni livelli con miscele sabbiose, individuati dalle prove penetrometriche statiche eseguite per questo studio (Figura 9), si è ritenuto

utile eseguire un'analisi di suscettività alla liquefazione in corrispondenza di tutte le 4 verticali penetrometriche CPTm, utilizzando l'algoritmo di calcolo sviluppato da Boulanger & Idriss (2014)³, introducendo le correzioni dell'indice di comportamento del suolo (I_c) e della resistenza alla punta equivalente a sabbie pulite (q_{c1Ncs}) proposte da Facciorusso et al. (2016)⁴ nella valutazione della liquefazione mediante l'utilizzo di prove penetrometriche statiche meccaniche.

La magnitudo di riferimento per la liquefazione utilizzata è quella della zona sismogenetica nr. 913 della ZS9-INGV entro cui ricade l'area di studio, pari a **5,91**. Il valore di accelerazione massima al suolo (PGA) è quello restituito dalla microzonazione sismica eseguita per questo studio e pari a **0,336g**.

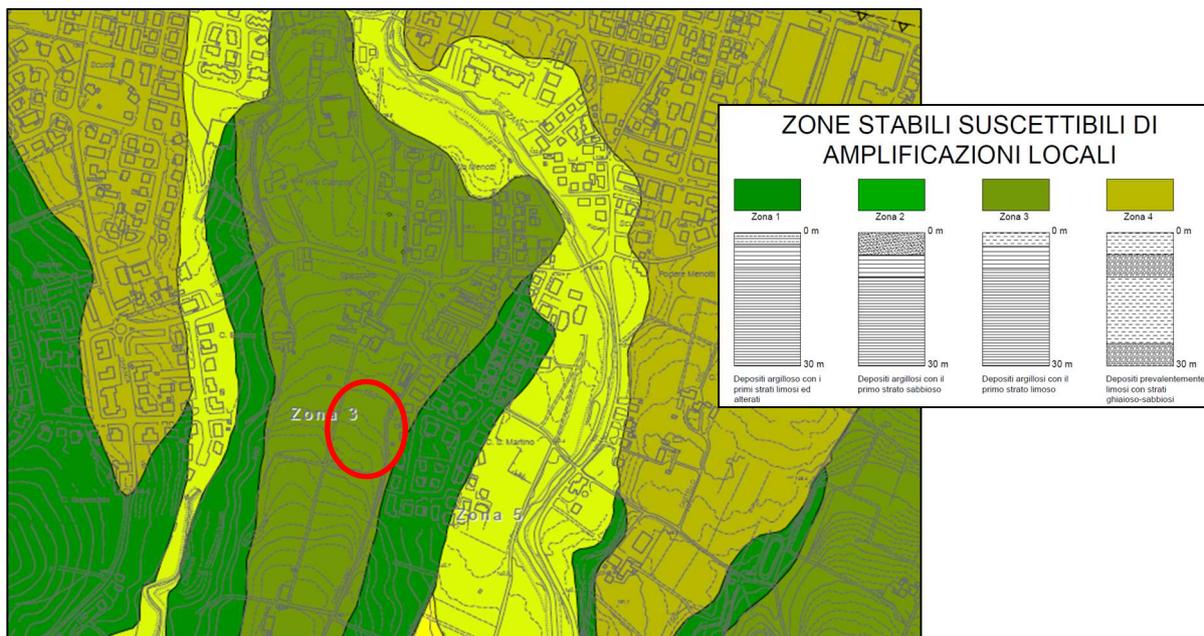


Figura 12 – Stralcio della "Carta MOPS – Tavola 04" dello studio di MZS di II livello del Comune di Fiorano Modenese (2012). Il cerchio rosso individua l'area di studio.

In tutte le 4 verticali CPTm, per lo spessore da queste indagato, l'Indice di Potenziale Liquefazione è risultato prossimo a zero, sia considerando un FS pari ad 1 e ad 1,25. La Probabilità di Inizio Liquefazione (PdIL) è risultata pari a:

CPTm	PdIL	Codifica
1	8,79	Non liquefazione quasi certa
2	6,85	Non liquefazione quasi certa
3	6,55	Non liquefazione quasi certa
4	13,87	Non liquefazione quasi certa

³ Boulanger, R.W., Idriss, I.M., 2014. CPT and SPT based liquefaction triggering procedures. Davis, California.

⁴ Facciorusso, J., Madiari, C., Vannucchi, G., 2016. Correction of Mechanical CPT Data for Liquefaction Resistance Evaluation, in: Proceedings of the World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering (CSEE'16). Prague, Czech Republic, pp. 1–9.

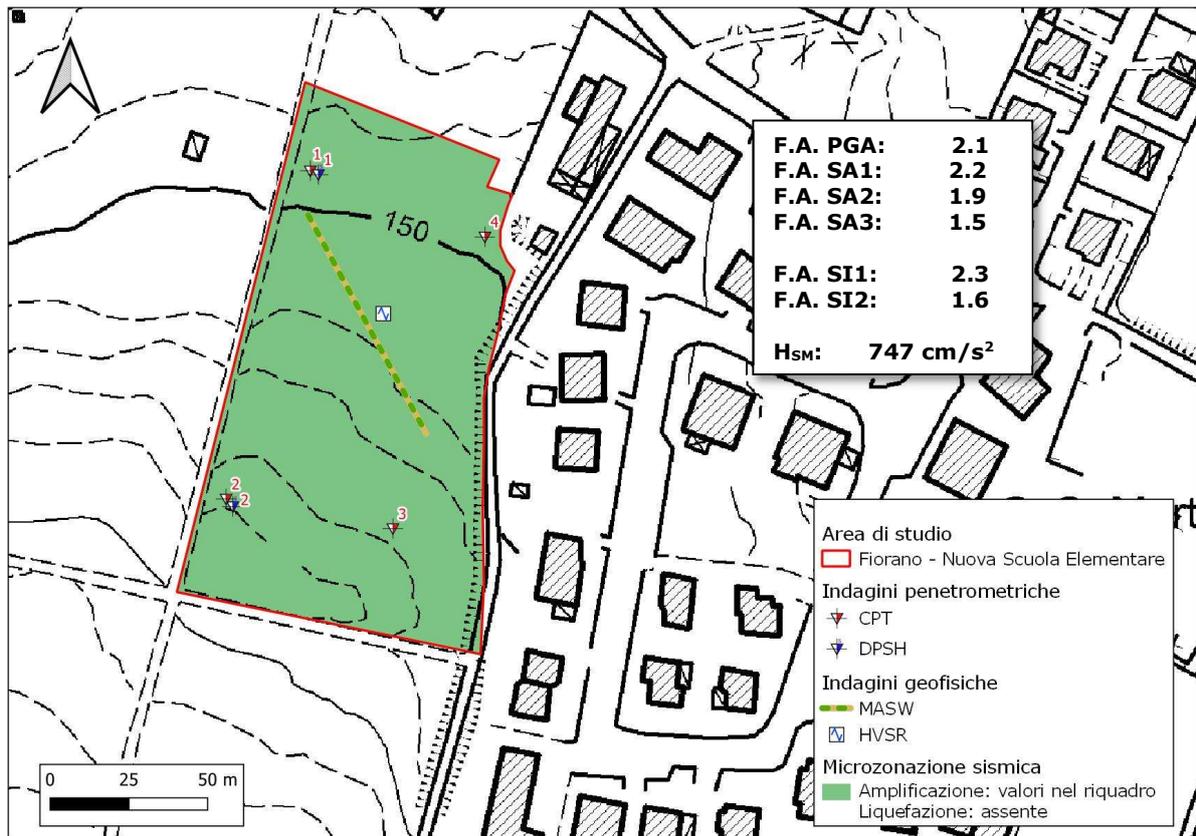


Figura 13 - Carta di microzonazione sismica dell'area oggetto d'intervento a seguito delle analisi eseguite in questo studio.

6. 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 e sismici eseguiti, è stato possibile caratterizzare il terreno dell'area in esame dai punti di vista litostratigrafico, geotecnico e sismico ed esprimere un giudizio sulla fattibilità dell'intervento di trasformazione oggetto di accordo.

Giudizio che è risultato essere positivo e che ha permesso di dichiarare la **fattibilità della realizzazione della nuova scuola elementare all'interno del polo scolastico di Spezzano.**

Dallo studio eseguito emerge come l'area si collochi in corrispondenza di una dorsale collinare allungata e ampia, con superficie topografica a debole inclinazione, che permette uno sviluppo urbanistico senza particolari problemi. La stratigrafia, nel complesso, vede la netta prevalenza di terreni fini, essenzialmente argille inorganiche molto compatte e argille sabbiose e limose, con chiusura al letto costituita da terreni limo-sabbiosi che preludono l'incontro con il tetto di un livello ghiaioso di piccolo spessore. Oltre il livello ghiaioso prevalgono le argille sabbiose e limose e le argille inorganiche molto compatte, con alcuni livelli di sabbie addensate o cementate e di terreni limo-sabbiosi, presenti in particolare tra 5,6 e 6 m.

Dal punto di vista della resistenza geomeccanica, le 4 prove statiche hanno evidenziato la presenza di terreni molto resistenti, con resistenza alla punta che non scende mai al di sotto di 1 MPa, anche nei livelli relativamente più deboli e che, al di là dei livelli ghiaiosi, mostra i valori massimi laddove maggiore è la presenza della componente sabbiosa. Nei metri non attraversati dalle CPT, le penetrometrie dinamiche super-pesanti hanno messo in evidenza la presenza di due spessori estremamente resistenti al tetto e al letto, probabilmente costituiti da ghiaie, intervallati da uno spessore a minore resistenza ipoteticamente costituito da terreni limo-sabbiosi e/o argille sabbiose, ovvero da alcune delle litologie presenti nei metri più superficiali, indagati dalle penetrometriche statiche.

Non è stato possibile individuare la presenza della falda acquifera in occasione dell'esecuzione delle indagini penetrometriche poiché i fori di sondaggio si sono chiusi. In ogni caso, le aste presentavano terreno bagnato negli ultimi 2 m indagati, ovvero tra 7 e 9 m circa.

Per la caratterizzazione sismica del terreno sono stati utilizzati i dati ricavati da un'indagine a sismica passiva (HVSr) e da un'indagine a sismica attiva (MASW), entrambe eseguite all'interno dell'area di studio.

I dati elaborati hanno restituito valori di V_{s30} che permettono di assegnare al terreno la categoria di suolo **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*".

Per la microzonazione sismica dell'area sono stati determinati i fattori litostratigrafici di amplificazione sismica e l'indice di pericolosità sismica (H_{SM}) in

base a quanto disposto dalla DGR 630/2019 (aggiornata alla DGR 476/2021), utilizzando gli abachi predisposti dalla DGR stessa. L'amplificazione topografica è stata valutata trascurabile.

In considerazione della stratigrafia evidenziata dalle prove eseguite in situ, è stato eseguito, in corrispondenza di ogni verticale penetrometrica CPTm, un calcolo dell'Indice di Potenziale Liquefazione, risultato sempre pari a zero. E' pertanto possibile escludere l'occorrenza del fenomeno della liquefazione in occasione di eventi sismici.

In generale, la configurazione litostratigrafia, geotecnica e sismica dell'area rende possibile ipotizzare l'adozione di fondazioni dirette superficiali, ma il cui dimensionamento strutturale dovrà comunque avvalersi di nuove indagini geognostiche e geofisiche da eseguirsi in corrispondenza delle specifiche aree di progetto. E' auspicabile un confronto tra i risultati delle nuove indagini specifiche e i parametri geotecnici e sismici ricavati in questa sede.

Relativamente alla nuova campagna d'indagini da eseguirsi in fase esecutiva, si sottolinea la necessità di ricavare lo spettro di risposta sismico, alla base delle fondazioni del futuro edificio(i), tramite analisi di risposta sismica locale, vista la classe d'uso dell'edificio in progetto.

Le nuove indagini penetrometriche (da eseguirsi preferibilmente attraverso l'utilizzo di punta statica), oltre a dettagliare con maggior risoluzione la stratigrafia locale, potranno individuare, laddove i valori dei parametri di resistenza geomeccanica risultino particolarmente scarsi, le profondità da cui eventualmente estrarre campioni di terreno indisturbato per prove di laboratorio geotecnico, sia in campo statico che dinamico.

Laddove le nuove indagini evidenzino la presenza di livelli sabbiosi, le stesse penetrometrie dovranno essere impiegate per calcolare l'Indice di Potenziale Liquefazione ed i cedimenti post-sismici, a valle dell'analisi di risposta sismica locale precedentemente indicata.

Modena, 05/07/2021

Dott. Geol. Valeriano Franchi

Allegato 1

Indagini geognostiche Archivio dati geognostici della Regione Emilia-Romagna (pozzi per acqua)

219070

ubicazioni incerte

P860

11555

Regione Emilia-Romagna

POZZO AD USO DOMESTICO

scheda di denuncia 

COMPRESORIO 12 COMUNE 413 NUMERO PROGRESSIVO 1.230

Ditta titolare del pozzo: PIFFERI BRUNO

residente a SPEZZANO in Via PAPA GIOVANNI 14

Pozzo in Frazione: _____, Località _____, Mapp. No _____ / Fg. _____

Data perforazione: 19 88 ; -Ditta perforatrice: F.II SOLI s.n.c.
di Soli Gino e C.

● Parte riservata alla Ditta

Parte riservata all'Ufficio Tecnico Com.le

Caratteristiche del pozzo:
avanpozzo (si o no): SI
Ø dei tubi: mm. 100
profondità mt. 19

Localizzazione del pozzo									
Longit.				Latit.			Ha.		
Quota piano campagna: m.s.l.m.									

STRATIGRAFIA DEL TERRENO	
Natura dei terreni e indicazione delle falde acquifere attraversate (fenestrate)	
-da mt. <u>0</u> a mt. <u>3</u>	<u>TERRA</u>
-da mt. <u>3</u> a mt. <u>8</u>	<u>GHIAIA</u>
-da mt. <u>8</u> a mt. <u>19</u>	<u>ARGILLA</u>
-da mt. _____ a mt. _____	_____
-da mt. _____ a mt. _____	_____
-da mt. _____ a mt. _____	_____

Usi cui è destinata l'acqua

-familiare

-abbeveraggio bestiame

-inaffiamento orto

-inaffiamento giardino

-Portata: lt./sec. _____

-Consumo giornaliero: mc.
ql.

La Ditta sottoscritta afferma, sotto la propria responsabilità, che la presente dichiarazione è completa e veritiera:

data: 31/10/1988

firma: _____

AUTOTRASPORTI
F.II SOLI s.n.c. di Soli Gino & C.
 Via Michelangelo, 401
 Tel. 059/730063 Tel. 059/730205
 41056 SAVIGNANO S.P. (Mo)
 C. Fisc. e P. IVA 01537730388

Livello statico : mt. _____

Il Tecnico Comunale

N.B. : Qualora la Ditta sia in possesso di referti di analisi dell'acqua del pozzo, rilasciati da Laboratori o Gabinetti, è invitata ad allegarne copia.

POZZO AD USO DOMESTICO

Scheda di denuncia

P858

COMPENSORIO 12 COMUNE 113 NUMERO PROGRESSIVO 234

- Ditta titolare del pozzo: MANFREDINI e BOMBARDA
 residente a SPEZZANO DI FIORANO (MO) in Via Della Chianca n. 7

- Pozzo in Frazione: _____, Località _____, Mapp. N. _____ / Fg. _____

- Data perforazione: 19 92 - Ditta perforatrice: Flli Soli di Soli Gino & C. snc

* Parte riservata alla Ditta

Parte riservata all'Ufficio Tecnico Com.le

- Caratteristiche del pozzo:
avanpozzo (si o no): SI
 Ø dei tubi: mm. 100
 profondità mt. 12

LOCALIZZAZIONE DEL POZZO										
Longit.					Latit.				Ha.	
Quota piano campagna: m.s.l.m. _____										

USI CUI È DESTINATA L'ACQUA

- familiare
- abbeveraggio bestiame.....
- innaffiamento orto
- innaffiamento giardino.....

STRATIGRAFIA DEL TERRENO

Natura dei terreni e indicazione delle falde acquifere attraversate (finestrature)

- da mt. <u>0</u> a mt. <u>3</u>	TERRA
- da mt. <u>3</u> a mt. <u>5</u>	SABBIA MISTA ARGILLA
- da mt. <u>5</u> a mt. <u>12</u>	ARGILLA
- da mt. _____ a mt. _____	
- da mt. _____ a mt. _____	
- da mt. _____ a mt. _____	

- Portata: lt./sec. _____
 - Consumo giornaliero: mc.
 qt. _____

La Ditta sottoscritta afferma, sotto la propria responsabilità, che la presente dichiarazione è completa e veritiera:

data: 10-03-92

Firma: _____
F.LLI SOLI s.n.c.
 Via n. 401
 41055 SAVIGNANO s.p. (MO)
 C. Fisc. e Part. IVA 01537730260
 Tel. 059/730003 - Fax 059/731817

Livello statico: mt. _____

: Il Tecnico Comunale

N.B.: Qualora la Ditta sia in possesso di referti di analisi dell'acqua del pozzo.

219070

POZZO AD USO DOMESTICO

Anno

P. 859

Spec.

17553

scheda di denuncia



COMPRESORIO

12

COMUNE

413

NUMERO PROGRESSIVO

1.232

-Ditta titolare del pozzo: BALDACCINI GIOVANNIresidente a SPEZZANO in Via _____

-Pozzo in Frazione: _____, Località _____, Mapp. N° _____ / Fg. _____

-Data perforazione: 19 88 ; -Ditta perforatrice: F.lli SOLI s.p.a.
di Soli Gino & C.● Parte riservata alla DittaParte riservata all'Ufficio Tecnico Com.le-Caratteristiche del pozzo:avanpozzo (si o no): SIØ dei tubi: mm. 100profondità mt. 12Usi cui è destinata l'acqua-familiare -abbeveraggio bestiame -inaffiamento orto -inaffiamento giardino

-Portata: lt./sec. _____

-Consumo giornaliero: $\frac{mc.}{ql.}$ _____

La Ditta sottoscritta afferma, sotto la propria responsabilità, che la presente dichiarazione è completa e veritiera:

data: 04/11/1988

firma: _____

AUTOTRASP. OPTI
F.lli SOLI s.p.a. di Soli Gino & C.
Via Michelangelo, 401
Tel. 059/730003 - Tel. ab. 059/730205
41056 SAVIGNANO S. P. (Mo)
C. Fax. e P. IVA 01537730366

Localizzazione del pozzo

Longit.	Latit.	Ha.
Quota piano campagna: m.s.l.m. _____		

STRATIGRAFIA DEL TERRENO

Natura dei terreni e indicazione delle falde acquifere attraversate (fenestrate).

-da mt. 0 a mt. 1

TERRA

-da mt. 1 a mt. 10

GHIAIA

-da mt. 10 a mt. 12

ARGILLA

-da mt. _____ a mt. _____

-da mt. _____ a mt. _____

-da mt. _____ a mt. _____

Livello statico : mt. _____

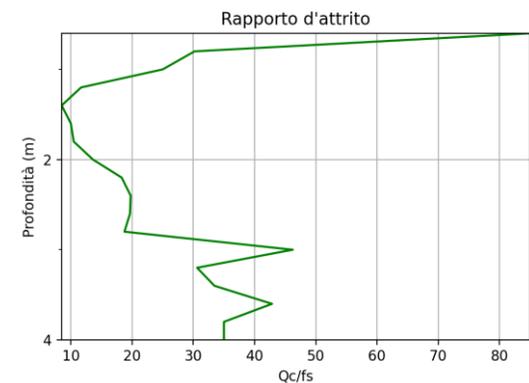
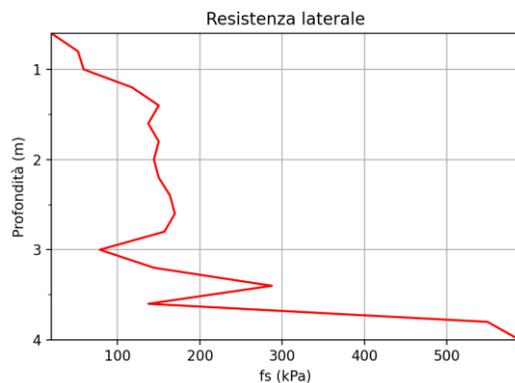
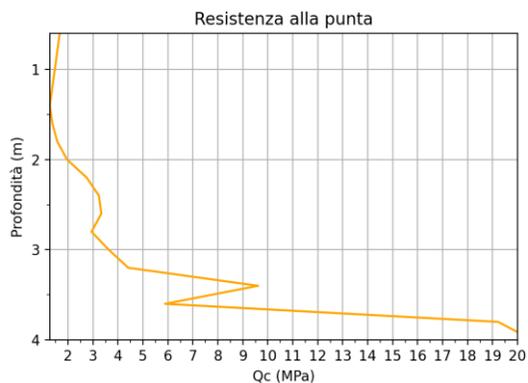
Il Tecnico Comunale

Allegato 2a

Indagini geognostiche eseguite per questo studio (4 CPTm)

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

Prof.	Qc	rl	Qc1	fs	Lito.*	Pv	OCR	Cu	c'	M	Dr	fi'	tan-fi'	Ey	G0	Pois.
m	kPa	kPa	kPa	MPa	Code	kN/mc	...	kPa	kPa	MPa	%	°	...	MPa	MPa	...
0.6	17.0	20.0	1.67	19.6	2.0	16.4	4.8			50.07	32.0	35.0	0.7	6.25	24.71	0.09
0.8	16.0	24.0	1.57	52.0	6.0	17.8	38.3	86.43	10.27	6.42					96.26	0.45
1.0	15.0	24.0	1.47	58.8	10.0	18.0	28.2	80.78	9.6	6.0					89.97	0.45
1.2	14.0	32.0	1.37	117.7	12.0	19.0	21.5	75.12	8.92	5.58					83.66	0.45
1.4	13.0	36.0	1.27	150.0	12.0	19.2	16.7	69.46	8.25	5.16					77.36	0.45
1.6	14.0	35.0	1.37	137.3	12.0	19.2	15.6	74.69	8.87	5.55					83.19	0.45
1.8	16.0	39.0	1.57	150.0	12.0	19.2	15.7	85.37	10.14	6.34					95.09	0.45
2.0	20.0	42.0	1.96	144.2	11.0	19.2	17.6	106.95	12.71	7.94					119.12	0.45
2.2	28.0	51.0	2.75	150.0	11.0	19.4	22.3	150.32	17.86	11.16					167.42	0.45
2.4	33.0	58.0	3.24	163.8	11.0	19.5	24.0	177.35	21.07	13.17					197.52	0.45
2.6	34.0	60.0	3.33	169.7	11.0	19.6	22.7	182.58	21.69	13.56					203.35	0.45
2.8	30.0	54.0	2.94	156.9	11.0	19.4	18.4	160.57	19.08	11.92					178.83	0.45
3.0	37.0	49.0	3.63	78.5	5.0	18.6	11.4	198.5	23.58	36.94	35.8	34.6	0.69	17.69	318.37	0.275
3.2	45.0	67.0	4.41	144.2	5.0	19.4	13.0	241.87	28.73	44.95	40.7	35.2	0.71	20.33	376.36	0.27
3.4	98.0	142.0	9.61	287.3	5.0	20.4	26.8	530.39	63.01	325.39	63.4	37.6	0.77	33.72	726.69	0.245
3.6	60.0	81.0	5.88	137.3	5.0	19.4	15.4	323.15	38.39	199.45	45.2	36.2	0.73	25.22	485.13	0.265
3.8	196.0	280.0	19.22	549.2	5.0	21.2	47.2	1063.86	126.39	648.25	95.5	36.5	0.74	57.27	1360.37	0.205
4.0	210.0	300.0	20.59	588.4		21.4	89.3	1139.9	135.42	84.64					1269.56	0.45



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	...
0.8-1.0	As+Al & Ai_c	17.9	17.4	83.6	0.03	77.1	9.93	0.03	9.16						6.21	0.03	5.73	0.45
1.2-1.8	Ao+tm	19.15	19.2	76.16	0.08	68.83	9.04	0.08	8.17						5.66	0.08	5.12	0.45
2.0-2.8	Ai_mc	19.42	19.2	155.55	0.17	93.09	18.48	0.17	11.06						11.55	0.17	6.91	0.45
3.0-3.6	Sa+l	19.45	18.7	323.48	0.39	258.78	38.43	0.39	30.74	46.28	35.9	34.6	0.72	0.69	151.68	0.79	50.56	0.26

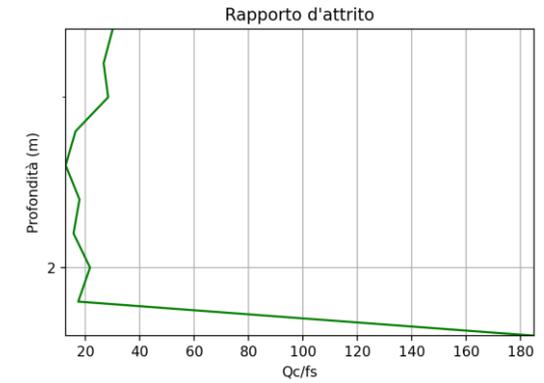
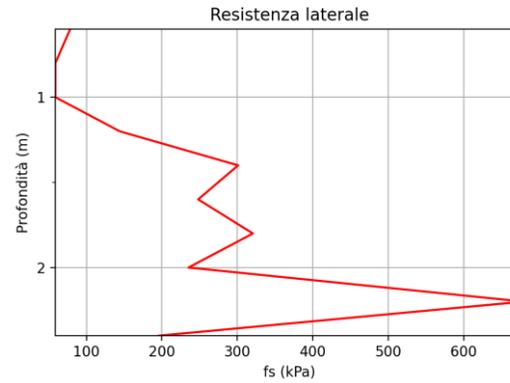
Legenda

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-2

Prof.	Qc	rl	Qc1	fs	Lito.*	Pv	OCR	Cu	c'	M	Dr	fi'	tan-fi'	Ey	G0	Pois.
m	kPa	kPa	kPa	MPa	Code	kN/mc	...	kPa	kPa	MPa	%	°	...	MPa	MPa	...
0.6	24.0	36.0	2.35	78.5	6.0	18.5	69.6	130.14	15.46	9.66					144.94	0.45
0.8	16.0	25.0	1.57	58.8	6.0	18.0	34.9	86.35	10.26	6.41					96.18	0.45
1.0	17.0	26.0	1.67	58.8	6.0	18.0	29.7	91.6	10.88	6.8					102.02	0.45
1.2	24.0	46.0	2.35	144.2	11.0	19.2	34.8	129.53	15.39	9.62					144.26	0.45
1.4	39.0	85.0	3.82	301.1	11.0	20.3	47.8	211.02	25.07	15.67					235.03	0.45
1.6	45.0	83.0	4.41	248.1	11.0	20.1	47.9	243.49	28.93	18.08					271.18	0.45
1.8	51.0	100.0	5.0	320.7	11.0	20.4	47.8	275.95	32.78	20.49					307.34	0.45
2.0	52.0	88.0	5.1	235.4	6.0	20.0	43.6	281.18	33.4	20.88					313.16	0.45
2.2	120.0	224.0	11.77	679.6	6.0	21.4	90.9	651.41	77.39	48.37					725.51	0.45
2.4	370.0	400.0	36.28	196.1	1.0	20.2	12.4			1071.91	100.0	39.8	0.83	84.4	153.74	0.01



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	...
0.6-1.0	As+Al	18.17	17.9	102.7	0.19	36.94	12.2	0.19	4.39						7.62	0.19	2.74	0.45
1.2-1.8	Ai_mc	20.0	19.5	215.0	0.25	68.79	25.54	0.25	8.17						15.96	0.25	5.11	0.45
2.0-2.2	As+Al	20.7	19.1	466.29	0.4	373.03	55.4	0.4	44.32						34.62	0.4	11.54	0.45

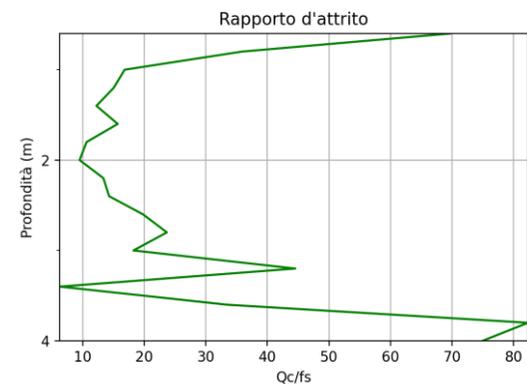
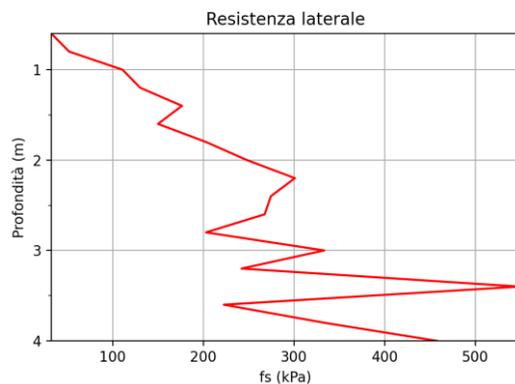
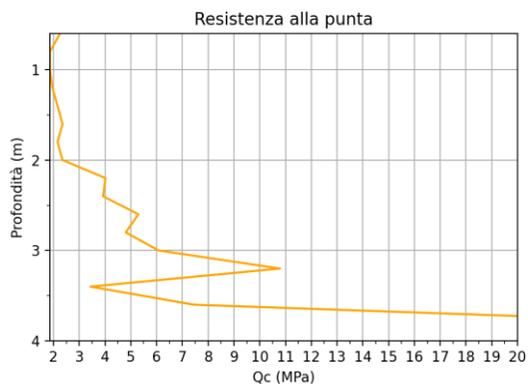
Legenda

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-3

Prof.	Qc	rl	Qc1	fs	Lito.*	Pv	OCR	Cu	c'	M	Dr	fi'	tan-fi'	Ey	G0	Pois.
m	kPa	kPa	kPa	MPa	Code	kN/mc	...	kPa	kPa	MPa	%	°	...	MPa	MPa	...
0.6	23.0	28.0	2.26	32.4	3.0	17.2	6.5			67.71	39.6	36.2	0.73	7.83	27.53	0.07
0.8	19.0	27.0	1.86	52.0	5.0	17.9	23.5	102.74	12.21	63.55	30.9	34.9	0.7	7.47	146.57	0.275
1.0	19.0	36.0	1.86	110.8	11.0	18.9	34.4	102.53	12.18	7.61					114.2	0.45
1.2	20.0	40.0	1.96	130.4	11.0	19.1	29.8	107.77	12.8	8.0					120.03	0.45
1.4	22.0	49.0	2.16	176.5	11.0	19.5	27.7	118.45	14.07	8.79					131.92	0.45
1.6	24.0	47.0	2.35	150.0	11.0	19.4	26.2	129.13	15.34	9.59					143.82	0.45
1.8	22.0	53.0	2.16	203.0	11.0	19.7	21.1	118.01	14.02	8.76					131.44	0.45
2.0	24.0	62.0	2.35	248.1	11.0	20.0	20.5	128.69	15.29	9.56					143.33	0.45
2.2	41.0	87.0	4.02	301.1	11.0	20.3	31.8	221.08	26.26	16.42					246.23	0.45
2.4	40.0	82.0	3.92	274.6	11.0	20.2	28.2	215.41	25.59	15.99					239.91	0.45
2.6	54.0	95.0	5.3	267.7	6.0	20.2	35.1	291.46	34.63	21.64					324.61	0.45
2.8	49.0	80.0	4.81	203.0	6.0	19.8	29.4	264.0	31.36	19.6					294.03	0.45
3.0	62.0	113.0	6.08	333.4	6.0	20.5	34.6	334.59	39.75	24.84					372.65	0.45
3.2	110.0	147.0	10.79	242.2	5.0	20.2	30.9	595.88	70.79	365.11	68.7	37.7	0.77	36.26	800.65	0.235
3.4	35.0	119.0	3.43	549.2	11.0	20.9	16.9	187.04	22.22	13.89					208.31	0.45
3.6	76.0	110.0	7.45	222.6	5.0	20.0	18.9	410.19	48.73	252.45	52.6	36.9	0.75	29.6	592.82	0.255
3.8	280.0	331.0	27.46	333.4	4.0	20.8	7.6			810.78	100.0	37.3	0.76	74.7	195.96	0.01
4.0	350.0	420.0	34.32	458.0	4.0	21.2	8.5			1011.0	100.0	38.3	0.79	89.05	215.23	0.01



Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-3

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 & Sa+l	17.55	16.6	102.74	0.0	102.74	12.21	0.0	12.21	35.25	35.55	33.7	0.72	0.66	65.63	0.03	60.52	0.17
1.0-2.4	Ai_mc	19.64	19.4	142.63	0.31	54.96	16.94	0.31	6.53						10.59	0.31	4.08	0.45
2.6-3.0	As+Al	20.17	19.8	296.68	0.1	246.76	35.25	0.1	29.32						22.03	0.1	18.32	0.45
3.2-3.2	Sa+l	20.2	20.2	595.88	0.0	595.88	70.79	0.0	70.79	68.7	37.7	37.7	0.77	0.77	365.11	0.0	365.11	0.235
3.4-3.4	Ai_mc	20.9	20.9	187.04	0.0	187.04	22.22	0.0	22.22						13.89	0.0	13.89	0.45
3.6-3.6	Sa+l	20.0	20.0	410.19	0.0	410.19	48.73	0.0	48.73	52.6	36.9	36.9	0.75	0.75	252.45	0.0	252.45	0.255

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

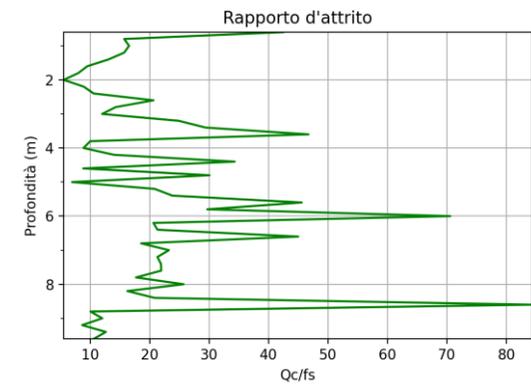
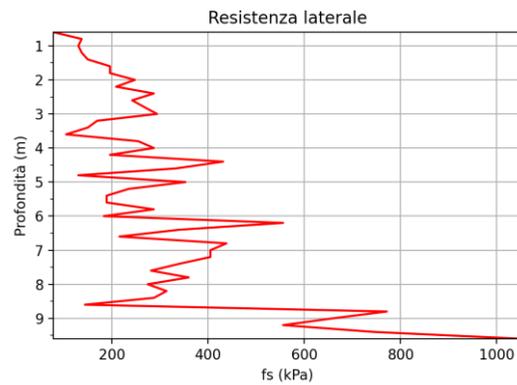
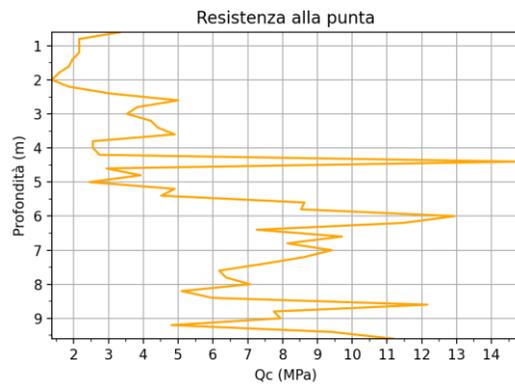
*Codici litologia e relativo numero identificativo- S_f/c(1): Sabbie con molti fossili / calcareniti; S_sc(2): Sabbie sciolte; S(3): Sabbie; S_a/c(4): Sabbie addensate o cementate; Sa+l(5): Terreni limo sabbiosi: sabbie argillose e limi; As+Al(6): Argille sabbiose e limose; Ai_cmb(7): Argille inorganiche 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-4

Prof.	Qc	rl	Qc1	fs	Lito.*	Pv	OCR	Cu	c'	M	Dr	fi'	tan-fi'	Ey	G0	Pois.
m	kPa	kPa	kPa	MPa	Code	kN/mc	...	kPa	kPa	MPa	%	°	...	MPa	MPa	...
0.6	34.0	46.0	3.33	78.5	5.0	18.6	53.5	184.62	21.93	113.73	50.7	37.4	0.76	9.82	237.63	0.245
0.8	22.0	43.0	2.16	137.3	11.0	19.2	47.1	119.03	14.14	8.84					132.56	0.45
1.0	22.0	42.0	2.16	130.4	11.0	19.2	37.5	118.81	14.11	8.82					132.33	0.45
1.2	22.0	43.0	2.16	137.3	11.0	19.2	31.1	118.6	14.09	8.81					132.09	0.45
1.4	20.0	43.0	1.96	150.0	11.0	19.3	24.1	107.49	12.77	7.98					119.72	0.45
1.6	19.0	49.0	1.86	196.1	11.0	19.6	19.9	101.82	12.1	7.56					113.4	0.45
1.8	16.0	46.0	1.57	196.1	12.0	19.6	14.7	85.26	10.13	6.33					94.96	0.45
2.0	14.0	52.0	1.37	248.1	12.0	19.9	11.5	74.14	8.81	5.51					82.58	0.45
2.2	19.0	51.0	1.86	208.9	11.0	19.7	14.2	101.16	12.02	7.51					112.67	0.45
2.4	31.0	75.0	3.04	287.3	11.0	20.2	21.3	166.32	19.76	12.35					185.24	0.45
2.6	51.0	88.0	5.0	242.2	6.0	20.0	32.5	275.06	32.68	20.42					306.35	0.45
2.8	39.0	80.0	3.82	267.7	11.0	20.1	22.9	209.46	24.88	15.55					233.28	0.45
3.0	36.0	81.0	3.53	294.2	11.0	20.2	19.6	192.89	22.92	14.32					214.83	0.45
3.2	43.0	69.0	4.22	169.7	6.0	19.6	22.0	230.81	27.42	17.14					257.06	0.45
3.4	45.0	68.0	4.41	150.0	5.0	19.5	11.7	241.49	28.69	44.92	39.5	35.0	0.7	21.31	384.22	0.27
3.6	50.0	66.0	4.9	104.9	5.0	19.0	12.3	268.52	31.9	49.91	42.1	35.2	0.71	23.07	421.97	0.27
3.8	26.0	65.0	2.55	255.0	11.0	20.0	11.0	137.54	16.34	10.21					153.18	0.45
4.0	26.0	70.0	2.55	287.3	11.0	20.2	10.4	137.31	16.31	10.2					152.93	0.45
4.2	28.0	58.0	2.75	196.1	11.0	19.7	10.7	147.99	17.58	10.99					164.83	0.45
4.4	151.0	217.0	14.81	431.5	5.0	21.0	30.4	817.88	97.16	499.66	77.7	37.5	0.77	49.84	1097.55	0.23
4.6	30.0	81.0	2.94	333.4	11.0	20.4	10.4	158.43	18.82	11.76					176.45	0.45
4.8	40.0	60.0	3.92	130.4	5.0	19.2	7.2	212.7	25.27	39.78	32.7	33.7	0.67	23.25	379.03	0.28
5.0	25.0	79.0	2.45	353.0	11.0	20.4	7.9	130.75	15.53	9.71					145.62	0.45
5.2	50.0	86.0	4.9	235.4	6.0	20.0	15.5	266.73	31.69	19.8					297.07	0.45
5.4	46.0	75.0	4.51	189.3	6.0	19.8	13.7	244.72	29.07	18.17					272.55	0.45
5.6	88.0	117.0	8.63	189.3	5.0	19.8	13.9	473.32	56.23	291.51	52.2	36.4	0.74	38.3	719.77	0.26
5.8	87.0	131.0	8.53	287.3	5.0	20.4	13.2	467.64	55.56	288.15	51.4	36.4	0.74	38.64	717.72	0.26
6.0	132.0	160.0	12.94	183.4	4.0	20.0	3.1			383.42	66.8	37.2	0.76	50.46	223.68	0.04
6.2	117.0	202.0	11.47	556.0	6.0	21.2	30.6	630.63	74.92	46.82					702.36	0.45
6.4	74.0	126.0	7.26	340.3	6.0	20.6	18.6	396.13	47.06	29.41					441.19	0.45
6.6	99.0	132.0	9.71	215.7	5.0	20.0	13.2	532.11	63.21	327.49	54.4	36.5	0.74	43.81	815.36	0.26
6.8	83.0	150.0	8.14	438.4	6.0	20.8	19.6	444.71	52.83	33.02					495.3	0.45
7.0	96.0	158.0	9.41	405.0	6.0	20.8	22.0	515.31	61.22	38.26					573.92	0.45
7.2	88.0	150.0	8.63	405.0	6.0	20.8	19.6	471.49	56.01	35.01					525.12	0.45

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-4

7.4	76.0	128.0	7.45	340.3	6.0	20.6	16.4	405.88	48.22	30.14					452.05	0.45
7.6	63.0	106.0	6.18	281.5	6.0	20.3	13.2	334.83	39.78	24.86					372.92	0.45
7.8	65.0	120.0	6.37	359.9	6.0	20.6	13.2	345.5	41.05	25.65					384.8	0.45
8.0	72.0	114.0	7.06	274.6	6.0	20.3	14.3	383.41	45.55	28.47					427.02	0.45
8.2	52.0	100.0	5.1	313.8	11.0	20.4	10.0	274.22	32.58	20.36					305.41	0.45
8.4	61.0	105.0	5.98	287.3	6.0	20.3	11.5	323.03	38.38	23.98					359.77	0.45
8.6	124.0	146.0	12.16	144.2	4.0	19.6	2.3			359.59	59.8	36.6	0.74	55.8	283.59	0.06
8.8	79.0	197.0	7.75	771.8	11.0	21.4	14.2	420.64	49.97	31.23					468.49	0.45
9.0	81.0	182.0	7.94	660.0	11.0	21.3	14.2	431.3	51.24	32.02					480.36	0.45
9.2	49.0	134.0	4.81	556.0	11.0	21.0	8.3	256.73	30.5	19.06					285.93	0.45
9.4	96.0	210.0	9.41	745.3	11.0	21.4	16.2	512.55	60.89	38.06					570.85	0.45
9.6	114.0	275.0	11.18	1052.3	6.0	21.8	18.8	610.37	72.51	45.32					679.8	0.45



Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-4

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	...
0.8-1.6	Ai_mc	19.3	19.1	113.15	0.06	106.74	13.44	0.06	12.68						8.4	0.06	7.92	0.45
1.8-2.0	Ao+tm	19.75	19.2	79.7	0.07	65.23	9.47	0.07	7.75						5.92	0.07	4.85	0.45
2.2-2.2	Ai_mc	19.7	19.7	101.16	0.0	101.16	12.02	0.0	12.02						7.51	0.0	7.51	0.45
2.4-3.2	Ai_mc & As+Al	20.02	19.8	214.91	0.17	128.62	25.53	0.17	15.28						15.96	0.17	9.55	0.45
3.4-3.6	Sa+l	19.25	18.8	255.0	0.05	221.93	30.3	0.05	26.37	40.8	35.1	35.1	0.7	0.68	47.42	0.05	41.27	0.27
3.8-4.2	Ai_mc	19.97	19.6	140.95	0.04	131.46	16.74	0.04	15.61						10.47	0.04	9.77	0.45
4.4-4.4	Sa+l	21.0	21.0	817.88	0.0	817.88	97.16	0.0	97.16	77.7	37.5	37.5	0.77	0.77	499.66	0.0	499.66	0.23
4.6-4.6	Ai_mc	20.4	20.4	158.43	0.0	158.43	18.82	0.0	18.82						11.76	0.0	11.76	0.45
4.8-4.8	Sa+l	19.2	19.2	212.7	0.0	212.7	25.27	0.0	25.27	32.7	33.7	33.7	0.67	0.67	39.78	0.0	39.78	0.28
5.0-5.0	Ai_mc	20.4	20.4	130.75	0.0	130.75	15.53	0.0	15.53						9.71	0.0	9.71	0.45
5.2-5.4	As+Al	19.9	19.4	255.73	0.04	229.2	30.38	0.04	27.23						18.98	0.04	17.01	0.45
5.6-5.8	Sa+l	20.1	19.6	470.48	0.01	458.28	55.9	0.01	54.45	51.8	36.4	36.4	0.74	0.74	289.83	0.01	282.31	0.26
6.0-6.0	S_a/c	20.0	20.0							66.8	37.2	37.2	0.76	0.76	383.42	0.0	383.42	0.04
6.2-6.4	As+Al	20.9	20.4	513.38	0.23	410.7	60.99	0.23	48.79						38.12	0.23	12.71	0.45
6.6-6.6	Sa+l	20.0	20.0	532.11	0.0	532.11	63.21	0.0	63.21	54.4	36.5	36.5	0.74	0.74	327.49	0.0	327.49	0.26
6.8-8.4	As+Al & Ai_mc	20.54	20.4	388.71	0.19	245.26	46.18	0.19	29.14						28.86	0.19	18.21	0.45
8.6-8.6	S_a/c	19.6	19.6							59.8	36.6	36.6	0.74	0.74	359.59	0.0	359.59	0.06
8.8-9.4	Ai_mc	21.28	21.0	405.3	0.23	151.72	48.15	0.23	18.02						30.09	0.23	11.26	0.45

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

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-4

*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

Allegato 2b

Indagini geognostiche eseguite per questo studio (2 DPSH)

DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio 63.5 [Kg]

Altezza di caduta 0.75 [m]

Area della punta 20.43 [cm₂]

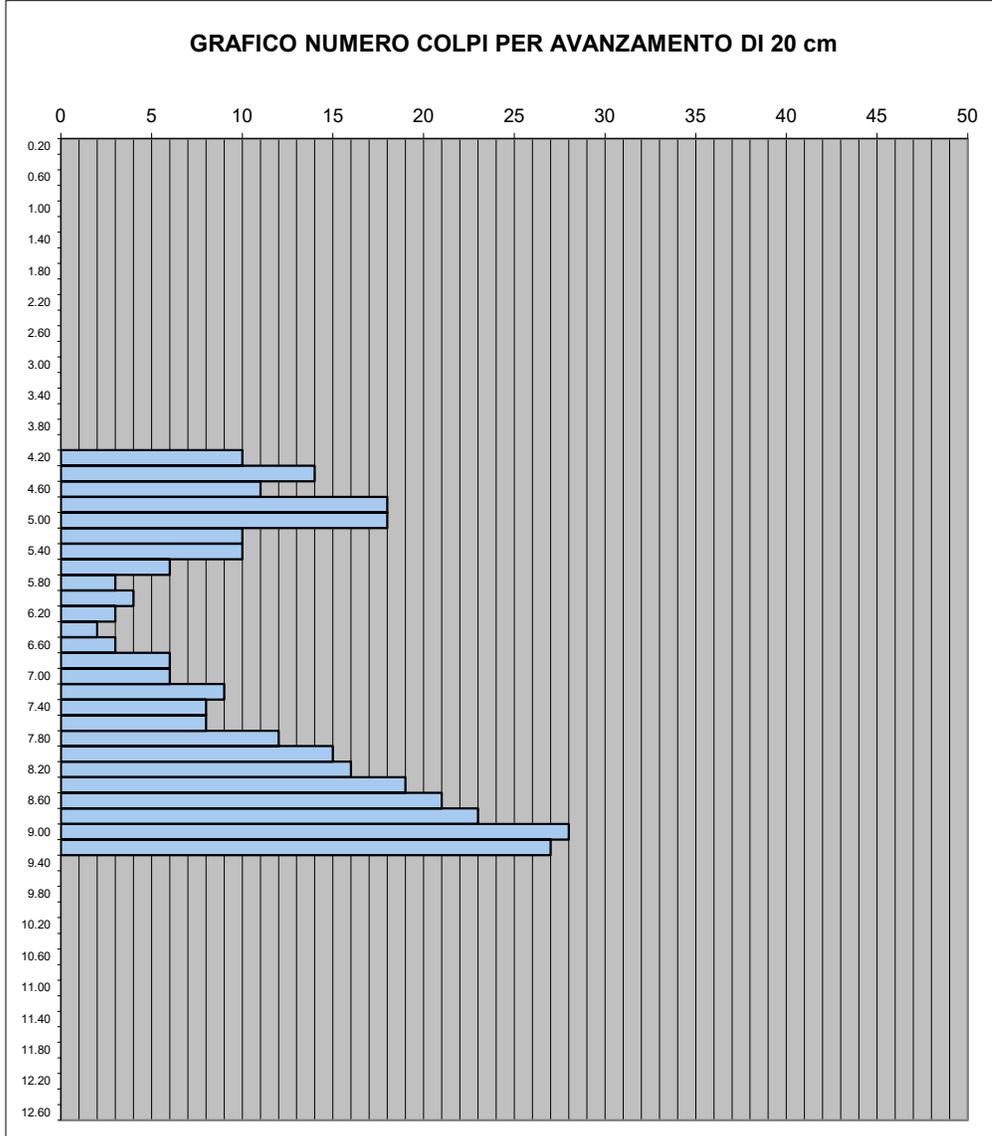
Angolo della punta 90 [gradi]

Peso delle aste 6.31 [Kg/m]

Massa passiva 0.63 [Kg]

Raffronto statico 0.7

Prova n. DPSH 1
Data 21/06/2021
Committente Comune Fiorano Modenese
Ubicazione dell'intervento Spezzano, Via D.Minzoni
Falda: assente



DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio 63.5 [Kg]

Altezza di caduta 0.75 [m]

Area della punta 20.43 [cm₂]

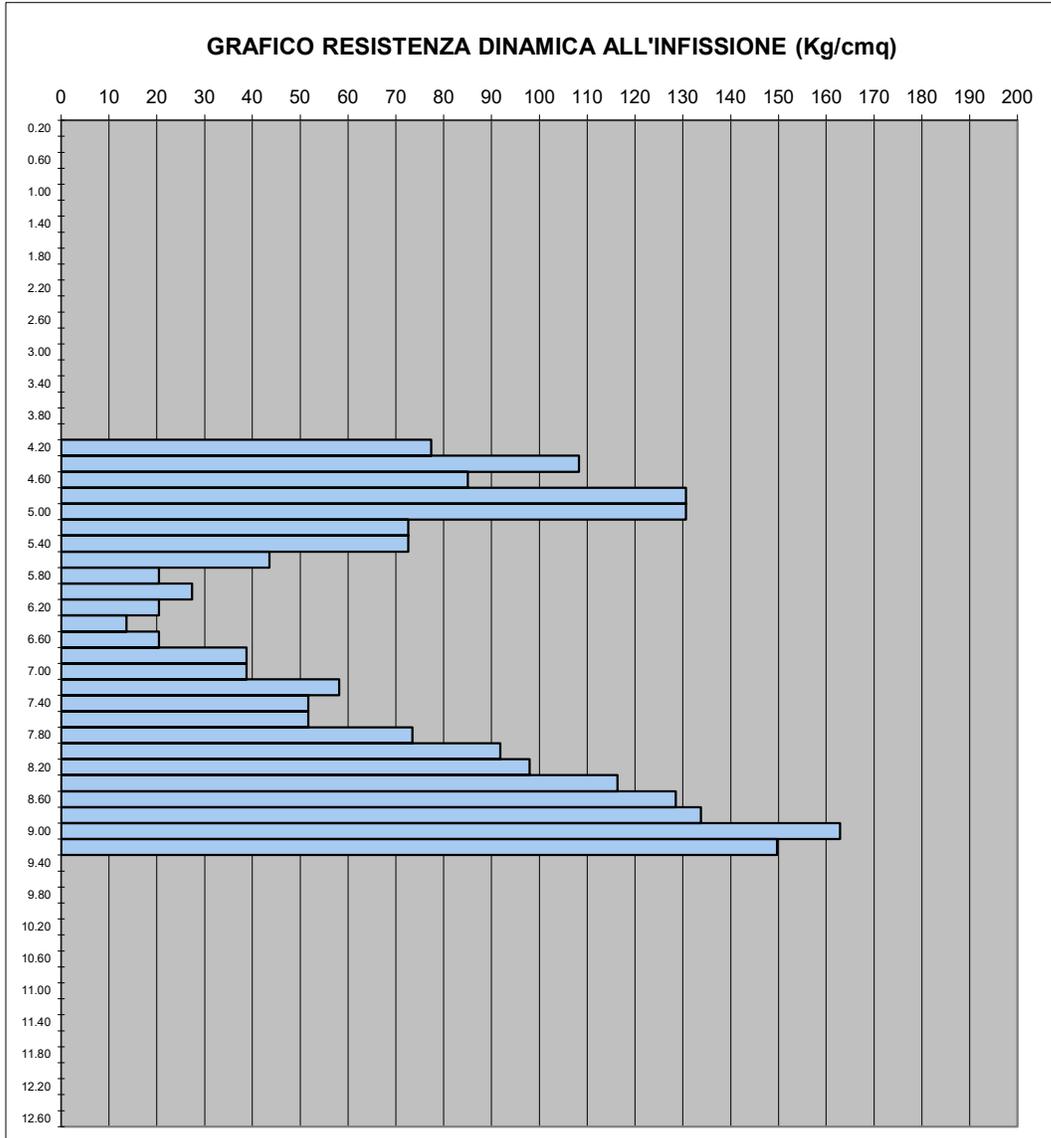
Angolo della punta 90 [gradi]

Peso delle aste 6.31 [Kg/ml]

Massa passiva 0.63 [Kg]

Raffronto statico 0.7

Prova n. DPSH 1
Data 21/06/2021
Committente Comune Fiorano Modenese
Ubicazione dell'intervento Spezzano, Via D.Minzoni
Falda: assente



Parametri geotecnici DPSH-1

Profondità da p.c.	Nr. colpi	Rd	N _{spt}	γ	c _u	c'	OCR	Eu	φ'	Dr	M	E	G ₀	Winkler
m	...	Kg/cm ²	...	KN/m ³	kPa	kPa	...	MPa	°	%	MPa	MPa	Mpa	Kg/cm ³
4.20	10	77.36	14.7	18.4					33.9	41.5	15.11	43.75	83.15	11.64
4.40	14	108.30	20.58	19.6					36.2	48.4	19.91	57.35	104.53	13.00
4.60	11	85.09	16.17	18.7					34.2	42.5	16.34	47.68	88.72	11.82
4.80	18	130.62	26.46	20.5					37.8	53.6	24.46	69.97	124.01	14.17
5.00	18	130.62	26.46	20.5					37.6	53.0	24.46	70.39	124.01	14.03
5.20	10	72.57	14.7	18.4					33.1	39.3	15.11	44.64	83.15	11.24
5.40	10	72.57	14.7	18.4					33.0	39.0	15.11	44.79	83.15	11.18
5.60	6	43.54	8.82	16.8	93.19	7.63	3.7	11.18			8.51	6.61	58.75	1.37
5.80	3	20.50	4.41	15.3	58.71	3.82	1.8	5.99			4.46	4.27	36.67	0.67
6.00	4	27.34	5.88	15.9	72.07	5.09	2.3	7.74			5.81	5.12	44.60	0.88
6.20	3	20.50	4.41	15.3	59.78	3.82	1.7	5.99			4.46	4.27	36.67	0.65
6.40	2	13.67	2.94	14.8	45.75	2.54	1.1	4.22			3.10	3.31	27.83	0.43
6.60	3	20.50	4.41	15.3	60.78	3.82	1.6	5.99			4.46	4.27	36.67	0.63
6.80	6	38.75	8.82	16.8	98.25	7.63	3.1	34.23	29.4	28.9	26.03	4.67	58.75	1.26
7.00	6	38.75	8.82	16.8	99.10	7.63	3.0	34.24	29.4	28.7	26.03	4.67	58.75	1.24
7.20	9	58.12	13.23	18.0	131.74	11.45	4.4	49.55	31.5	34.8	38.22	6.35	77.41	1.84
7.40	8	51.66	11.76	17.6	122.65	10.17	3.8	44.52	30.7	32.6	34.17	5.81	71.45	1.61
7.60	8	51.66	11.76	17.6	123.68	10.17	3.7	44.54	30.6	32.4	34.17	5.81	71.45	1.59
7.80	12	73.45	17.64	19.0	164.38	15.26	5.4	64.53	32.9	39.3	50.30	7.92	94.13	11.23
8.00	15	91.81	22.05	19.9	193.02	19.08	6.6	79.18	34.3	43.6	62.29	9.40	109.55	12.01
8.20	16	97.93	23.52	20.1	203.46	20.35	6.8	84.03	34.7	44.7	66.27	9.88	114.47	12.22
8.40	19	116.30	27.93	20.7	230.70	24.17	7.9	98.38	35.8	48.3	78.18	11.29	128.66	12.96
8.60	21	128.54	30.87	21.0	249.10	26.71	8.5	107.86	36.4	50.5	86.10	12.21	137.72	13.42
8.80	23	133.80	33.81	21.3	267.27	29.25	9.1	117.27	37.1	52.4	93.99	13.11	146.51	13.86
9.00	28	162.88	41.16	21.7	308.13	35.61	10.7	140.40	38.6	57.4	113.66	15.29	167.48	15.06
9.20	27	149.65	39.69	21.7	303.09	34.34	10.1	135.88	38.1	56.0	109.74	14.86	163.39	14.72

Nr. Strato	Prof.	γ med.	γ min.	γ dev.st	COV	γ caratt.	c _u med.	c _u min.	c _u dev.s.	COV	c' caratt.	c' med.	c' min.	c' dev.st	COV	c' caratt.	OCR med.	OCR min.	OCR dev.st.	COV	
m	KN/m ³	KN/m ³	KN/m ³	...	KN/m ³	kPa	kPa	kPa	...	kPa	kPa	kPa	kPa	...	kPa	...	...	...	...	...
1	4.2-5.6	19.21	18.38	0.99	0.05	18.50															
2	5.6-6.6	15.58	14.80	0.68	0.04	15.03	65.05	45.75	16.12	0.25	30.18	4.45	2.54	1.75	0.39	0.66	2.02	1.09	0.89	0.44	
3	6.6-7.6	17.37	16.79	0.55	0.03	16.85	115.08	98.25	15.39	0.13	100.55	9.41	7.63	1.71	0.18	7.80	3.61	3.02	0.57	0.16	
4	7.6-8.4	19.92	19.03	0.69	0.03	19.09	197.89	164.38	27.41	0.14	164.93	19.71	15.26	3.67	0.19	15.30	6.69	5.42	1.02	0.15	
5	8.4-9.2	21.42	21.02	0.33	0.02	21.02	281.90	249.10	28.45	0.10	247.69	31.48	26.71	4.20	0.13	26.42	9.60	8.50	1.01	0.11	

Nr. Strato	Prof.	Eu med.	Eu min.	Eu dev.st.	COV	φ' med.	φ' min.	φ' dev.s.	COV	φ' caratt.	tan φ' med.	tan φ' min.	tan φ' dev.st.	COV	tan φ' caratt.	Dr med.	Dr min.	Dr dev.s.	COV
m	MPa	MPa	MPa	...	°	°	°	...	°	°	°	°	...	°	%	%	%	...	
1	4.2-5.6					35.12	33.00	2.04	0.06	33.67	0.70	0.65	0.05	0.08	0.67	45.36	38.97	6.28	0.14
2	5.6-6.6	6.85	4.22	2.40	0.35														
3	6.6-7.6	41.41	34.23	6.87	0.17	30.32	29.36	0.90	0.03	29.47	0.58	0.56	0.02	0.04	0.57	31.46	28.66	2.64	0.08
4	7.6-8.4	81.53	64.53	13.96	0.17	34.42	32.93	1.18	0.03	33.00	0.69	0.65	0.03	0.04	0.65	43.99	39.31	3.72	0.08
5	8.4-9.2	125.35	107.86	15.37	0.12	37.56	36.45	0.98	0.03	36.38	0.77	0.74	0.03	0.04	0.74	54.08	50.45	3.20	0.06

Nr. Strato	Prof.	M med.	M min.	M dev.st.	COV	M caratt.	E med.	E min.	E dev.st.	COV	E caratt.	G ₀ med.	G ₀ min.	G ₀ dev.s.	COV	W. med.	W. Min.	W. Dev.st.	COV
m	MPa	MPa	MPa	...	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	...	MPa	Mpa	Mpa	Mpa	...	Kg/cm ³	Kg/cm ³	Kg/cm ³	...
1	4.2-5.6	18.64	15.11	4.32	0.23	15.55	54.08	43.75	11.92	0.22	45.55	98.68	83.15	18.89	0.19	12.44	11.18	1.28	0.10
2	5.6-6.6	5.13	3.10	1.86	0.36	1.10	4.64	3.31	1.12	0.24	2.22	40.20	27.83	10.52	0.26	0.77	0.43	0.32	0.42
3	6.6-7.6	31.73	26.03	5.46	0.17	26.58	5.46	4.67	0.76	0.14	4.75	67.56	58.75	8.40	0.12	1.51	1.24	0.26	0.17
4	7.6-8.4	64.26	50.30	11.50	0.18	50.43	9.62	7.92	1.39	0.14	7.95	111.70	94.13	14.24	0.13	12.10	11.23	0.71	0.06
5	8.4-9.2	100.87	86.10	13.01	0.13	85.23	13.87	12.21	1.45	0.10	12.12	153.77	137.72	14.03	0.09	14.26	13.42	0.76	0.05

Rd: resistenza dinamica alla punta; **N_{spt}:** nr. colpi prova SPT; **γ:** peso di volume; **c_u:** coesione non drenata; **c':** coesione efficace; **OCR:** rapporto di sovraconsolidazione; **Eu:** modulo di deformazione non drenato; **φ':** angolo d'attrito di picco; **Dr:** densità relativa; **M:** modulo edometrico; **E:** modulo di Young; **G₀:** modulo di taglio a piccole deformazioni; **Winkler:** costante di sottofondo di Winkler; **caratt.:** valori caratteristici (NTC18).

DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio 63.5 [Kg]

Altezza di caduta 0.75 [m]

Area della punta 20.43 [cm₂]

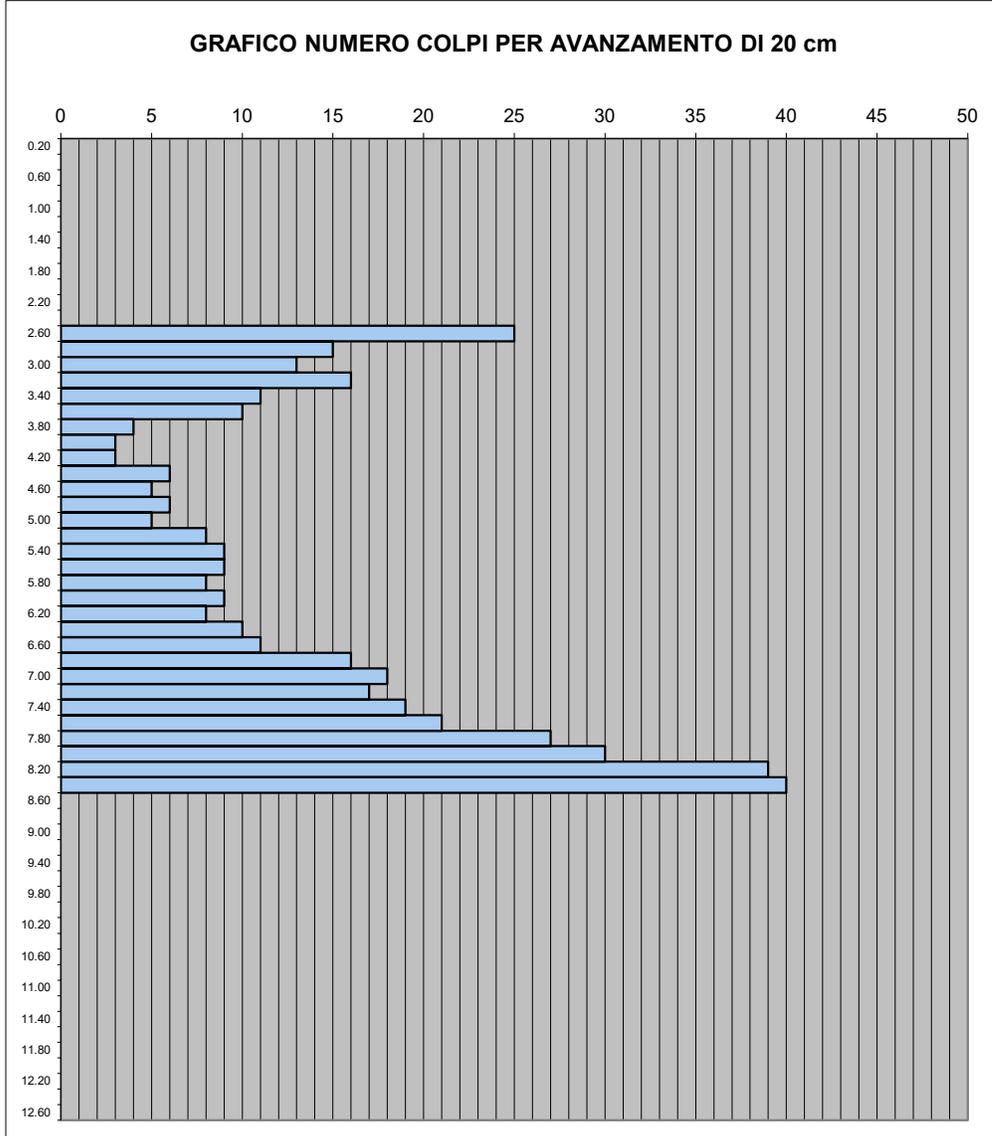
Angolo della punta 90 [gradi]

Peso delle aste 6.31 [Kg/m]

Massa passiva 0.63 [Kg]

Raffronto statico 0.7

Prova n. DPSH 2
Data 21/06/2021
Committente Comune Fiorano Modenese
Ubicazione dell'intervento Spezzano, Via D.Minzoni
Falda: assente



DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio 63.5 [Kg]

Altezza di caduta 0.75 [m]

Area della punta 20.43 [cm₂]

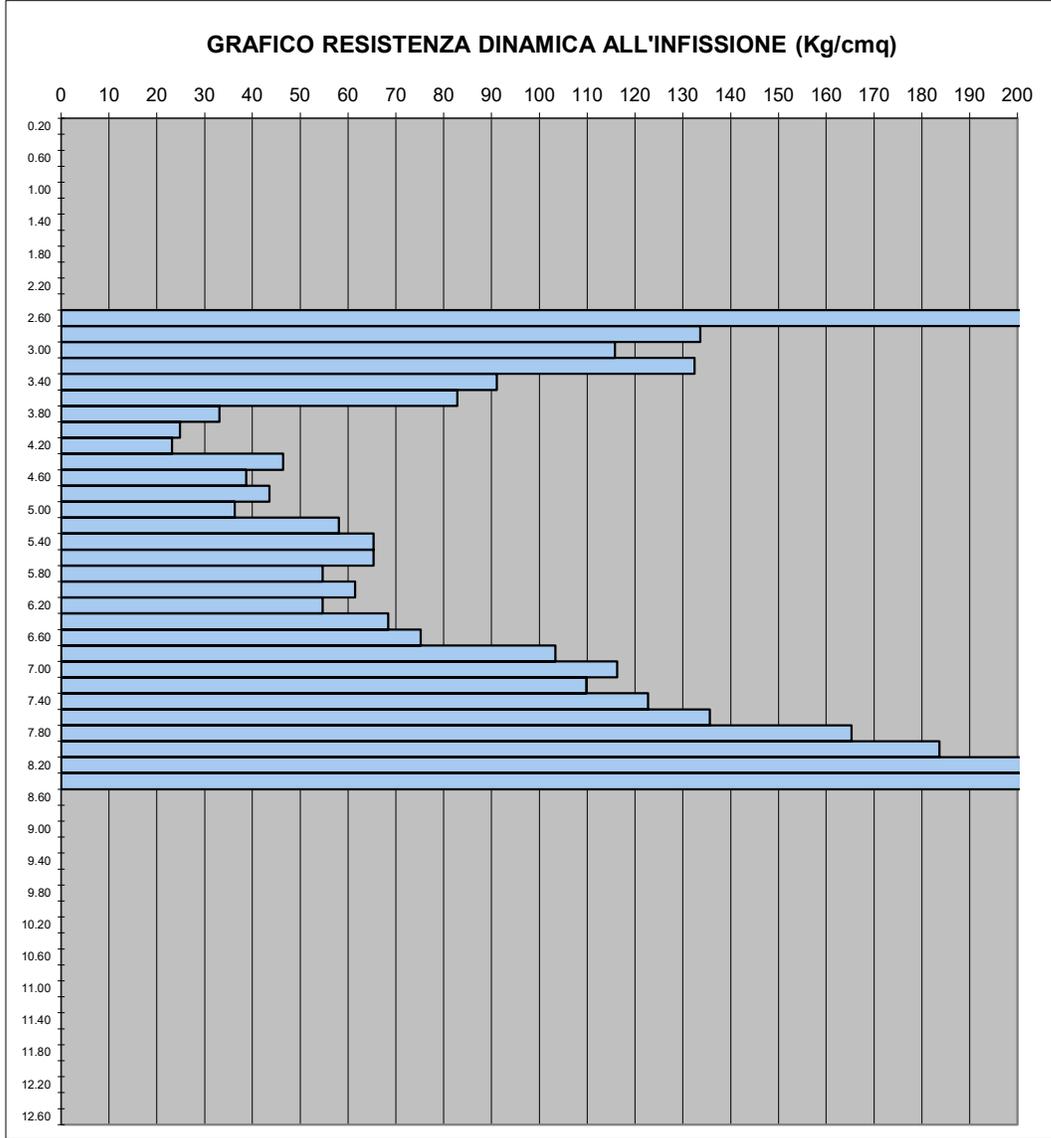
Angolo della punta 90 [gradi]

Peso delle aste 6.31 [Kg/ml]

Massa passiva 0.63 [Kg]

Raffronto statico 0.7

Prova n. DPSH 2
Data 21/06/2021
Committente Comune Fiorano Modenese
Ubicazione dell'intervento Spezzano, Via D.Minzoni
Falda: assente



Parametri geotecnici DPSH-2

Profondità da p.c.	Nr. colpi	Rd	N _{spt}	γ	c _u	c'	OCR	Eu	φ'	Dr	M	E	G ₀	Winkler
m	...	Kg/cm ²	...	KN/m ³	kPa	kPa	...	MPa	°	%	MPa	MPa	Mpa	Kg/cm ³
2.60	25	222.77	36.75	21.5					43.9	73.0	32.03	77.70	155.06	19.66
2.80	15	133.66	22.05	19.9					38.5	55.7	21.07	57.08	109.55	14.69
3.00	13	115.84	19.11	19.3					37.0	51.0	18.73	51.91	99.40	13.58
3.20	16	132.51	23.52	20.1					38.5	55.6	22.21	60.95	114.47	14.65
3.40	11	91.10	16.17	18.7					35.3	45.5	16.34	46.36	88.72	12.41
3.60	10	82.82	14.7	18.4					34.4	42.9	15.11	43.22	83.15	11.89
3.80	4	33.13	5.88	15.9	62.68	5.09	3.6	7.70			5.81	5.12	44.60	1.10
4.00	3	24.85	4.41	15.3	52.24	3.82	2.6	5.96			4.46	4.27	36.67	0.80
4.20	3	23.21	4.41	15.3	52.92	3.82	2.5	5.97			4.46	4.27	36.67	0.79
4.40	6	46.41	8.82	16.8	85.95	7.63	4.7	34.06	30.7	32.0	26.03	4.67	58.75	1.55
4.60	5	38.68	7.35	16.3	76.89	6.36	3.8	28.88	29.6	28.9	21.93	4.08	51.90	1.27
4.80	6	43.54	8.82	16.8	88.14	7.63	4.4	34.09	30.5	31.3	26.03	4.67	58.75	1.49
5.00	5	36.28	7.35	16.3	78.78	6.36	3.5	28.91	29.4	28.4	21.93	4.08	51.90	1.22
5.20	8	58.06	11.76	17.6	109.78	10.17	5.4	44.32	31.9	35.5	34.17	5.81	71.45	1.92
5.40	9	65.31	13.23	18.0	120.37	11.45	5.8	49.37	32.4	37.3	38.22	6.35	77.41	10.90
5.60	9	65.31	13.23	18.0	121.77	11.45	5.6	49.39	32.3	36.9	38.22	6.35	77.41	10.84
5.80	8	54.67	11.76	17.6	113.63	10.17	4.8	44.37	31.5	34.6	34.17	5.81	71.45	1.82
6.00	9	61.51	13.23	18.0	124.44	11.45	5.3	49.43	32.1	36.3	38.22	6.35	77.41	10.74
6.20	8	54.67	11.76	17.6	116.04	10.17	4.5	44.41	31.3	34.0	34.17	5.81	71.45	1.76
6.40	10	68.34	14.7	18.4	136.46	12.72	5.5	54.47	32.5	37.7	42.26	6.89	83.15	10.96
6.60	11	75.18	16.17	18.7	147.08	13.99	5.8	59.45	33.0	39.2	46.28	7.41	88.72	11.21
6.80	16	103.33	23.52	20.1	191.78	20.35	8.2	83.79	35.4	46.8	66.27	9.88	114.47	12.64
7.00	18	116.24	26.46	20.5	209.95	22.89	9.0	93.37	36.2	49.2	74.22	10.83	124.01	13.14
7.20	17	109.78	24.99	20.3	203.98	21.62	8.2	88.66	35.6	47.4	70.25	10.36	119.29	12.78
7.40	19	122.70	27.93	20.7	222.20	24.17	8.9	98.20	36.3	49.7	78.18	11.29	128.66	13.27
7.60	21	135.61	30.87	21.0	240.18	26.71	9.5	107.66	37.0	51.9	86.10	12.21	137.72	13.74
7.80	27	165.26	39.69	21.7					39.0	58.3	34.11	99.89	163.39	15.29
8.00	30	183.63	44.1	21.8					39.8	60.9	37.19	107.76	175.52	15.99
8.20	39	238.71	57.33	22.0					42.2	68.9	46.12	127.62	209.80	18.27
8.40	40	244.83	58.8	22.0					42.3	69.3	47.09	130.27	213.45	18.38

Nr. Strato	Prof.	γ med.	γ min.	γ dev.st	COV	γ caratt.	c _u med.	c _u min.	c _u dev.s	COV	c' caratt.	c' med.	c' min.	c' dev.st	COV	c' caratt.	OCR med.	OCR min.	OCR dev.st.	COV
	m	KN/m ³	KN/m ³	KN/m ³	...	KN/m ³	kPa	kPa	kPa	...	kPa	kPa	kPa	kPa	...	kPa	...	...	...	...
1	2.6-3.6	19.28	18.38	0.73	0.04	18.69														
2	3.6-4.2	15.51	15.34	0.30	0.02	15.01	55.95	52.24	5.84	0.10	36.26	4.24	3.82	0.73	0.17	1.76	2.86	2.46	0.61	0.21
3	4.2-6.2	17.32	16.34	0.69	0.04	16.91	103.58	76.89	18.91	0.18	92.34	9.28	6.36	2.08	0.22	8.05	4.79	3.50	0.77	0.16
4	6.2-7.6	19.96	18.38	1.01	0.05	19.24	193.09	136.46	38.28	0.20	165.70	20.35	12.72	5.19	0.26	16.63	7.88	5.49	1.58	0.20
5	7.6-8.4	21.86	21.65	0.15	0.01	21.67														

Nr. Strato	Prof.	Eu med.	Eu min.	Eu dev.st.	COV	φ' med.	φ' min.	φ' dev.s	COV	φ' caratt.	tan φ' med.	tan φ' min.	tan φ' dev.st.	COV	tan φ' caratt.	Dr med.	Dr min.	Dr dev.s	COV
	m	MPa	MPa	MPa	...	°	°	°	...	°	...	...	...	...	...	%	%	%	...
1	2.6-3.6					36.75	34.40	1.87	0.05	35.25	0.75	0.68	0.05	0.07	0.71	50.12	42.86	5.81	0.12
2	3.6-4.2	6.54	5.96	1.00	0.15														
3	4.2-6.2	40.72	28.88	8.39	0.21	31.17	29.41	1.08	0.03	30.52	0.61	0.56	0.03	0.04	0.59	33.52	28.39	3.22	0.10
4	6.2-7.6	83.66	54.47	19.77	0.24	35.15	32.50	1.72	0.05	33.92	0.70	0.64	0.04	0.06	0.67	45.98	37.67	5.43	0.12
5	7.6-8.4					40.81	38.97	1.69	0.04	38.78	0.86	0.81	0.05	0.06	0.80	64.34	58.28	5.57	0.09

Nr. Strato	Prof.	M med.	M min.	M dev.st.	COV	M caratt.	E med.	E min.	E dev.st.	COV	E caratt.	G ₀ med.	G ₀ min.	G ₀ dev.s	COV	W. med.	W. Min.	W. Dev.s	COV
	m	MPa	MPa	MPa	...	MPa	MPa	MPa	MPa	...	MPa	Mpa	Mpa	Mpa	...	Kg/cm ³	Kg/cm ³	Kg/cm ³	...
1	2.6-3.6	18.69	15.11	3.02	0.16	16.28	51.90	43.22	7.33	0.14	46.04	99.06	83.15	13.30	0.13	13.44	11.89	1.28	0.09
2	3.6-4.2	4.91	4.46	0.78	0.16	2.28	4.55	4.27	0.49	0.11	2.90	39.31	36.67	4.57	0.12	0.90	0.79	0.17	0.19
3	4.2-6.2	31.31	21.93	6.66	0.21	27.35	5.40	4.08	0.93	0.17	4.85	66.79	51.90	10.41	0.16	4.35	1.22	4.47	1.03
4	6.2-7.6	66.22	42.26	16.28	0.25	54.58	9.84	6.89	1.98	0.20	8.42	113.72	83.15	20.40	0.18	12.53	10.96	1.05	0.08
5	7.6-8.4	41.13	34.11	6.46	0.16	33.36	116.39	99.89	14.90	0.13	98.47	190.54	163.39	24.89	0.13	16.99	15.29	1.58	0.09

Rd: resistenza dinamica alla punta; **N_{spt}:** nr. colpi prova SPT; **γ:** peso di volume; **c_u:** coesione non drenata; **c':** coesione efficace; **OCR:** rapporto di sovraconsolidazione; **Eu:** modulo di deformazione non drenato; **φ':** angolo d'attrito di picco; **Dr:** densità relativa; **M:** modulo edometrico; **E:** modulo di Young; **G₀:** modulo di taglio a piccole deformazioni; **Winkler:** costante di sottofondo di Winkler; **caratt.:** valori caratteristici (NTC18).

Allegato 3

Indagini geofisiche eseguite per questo studio (1 MASW + 1 HVSR)

REGIONE EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA MODENA

COMUNE DI FIORANO MODENESE

**INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE MASW
E ACQUISIZIONE DI MICROTREMORE A STAZIONE
SINGOLA CON ELABORAZIONE HVSR
SPEZZANO – VIA CAPPELLANO**

RELAZIONE TECNICA



GEO-V SRL
STRADA CAVEDOLE 12/C
41126 PORTILE - MO

GIUGNO 2021

INDAGINE SISMICA

Su incarico del Dott. Geol. Valeriano Franchi, è stata eseguita nei pressi di un'area posta in Via del Cappellano a Spezzano in Comune di Fiorano Modenese, una campagna di indagini geofisiche consistita in un'indagine sismica a rifrazione con metodo MASW di tipo attivo ed un'acquisizione di microtremore a stazione singola con elaborazione HVSR. L'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio Vs, in riferimento alle NTC 2018 del 17/01/2018 ed individuare la frequenza di vibrazione naturale del terreno.

Di seguito si riportano la metodologia della ricerca e i risultati delle indagini eseguite.

INDAGINE MASW

Metodo d'Indagine

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "PASI 16S24-U", dotato di 24 geofoni verticali PASI con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati.

Nella campagna di indagine del lavoro in oggetto è stato eseguito uno stendimento di 24 geofoni con spaziatura tra i geofoni di 2.0 metri per una lunghezza della linea sismica di 46 metri.

L'energizzazione è stata eseguita a 2, 5 e 10 metri dal primo geofono.

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (*Winmasw 2018 – Eliosoft*) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

Risultati–Determinazione delle categoria del suolo di fondazione

L'analisi delle onde di taglio (Vs) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore Vseq per la sezione indagata.

Per l'elaborazione è stata eseguita una correlazione tra i dati sismici e le caratteristiche geologico stratigrafiche dalle indagini eseguite integrati con dati reperiti in bibliografia.

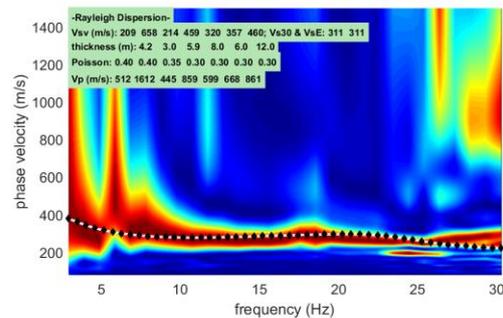
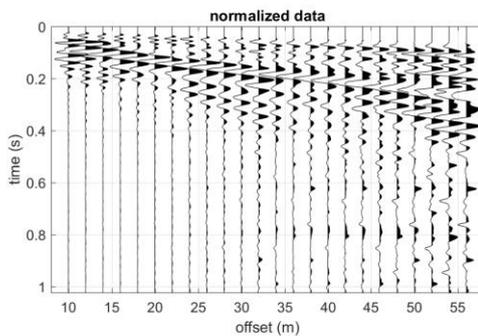
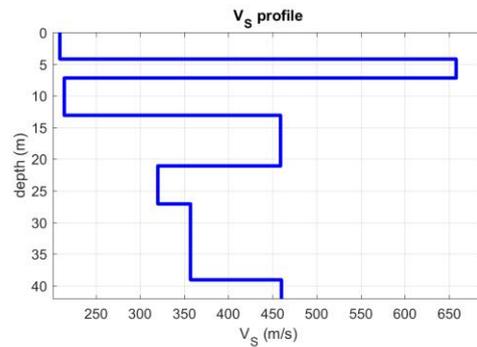
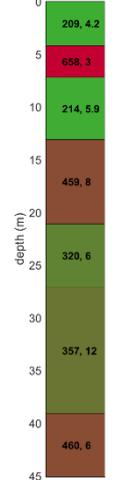
Di seguito sono riportati i risultati ottenuti per la MASW eseguita.

Sismostratigrafia

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
4.2	4.2	209
7.2	3.0	658
13.1	5.9	214
21.1	8.0	459
27.1	6.0	320
39.1	12.0	357
45,0	--	460

Il valore di Vs30=Vseq=311 m/s

Subsurface model



Curva di dispersione - Profilo Vs/profondità



INDAGINE SISMICA 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 lisciamento 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.

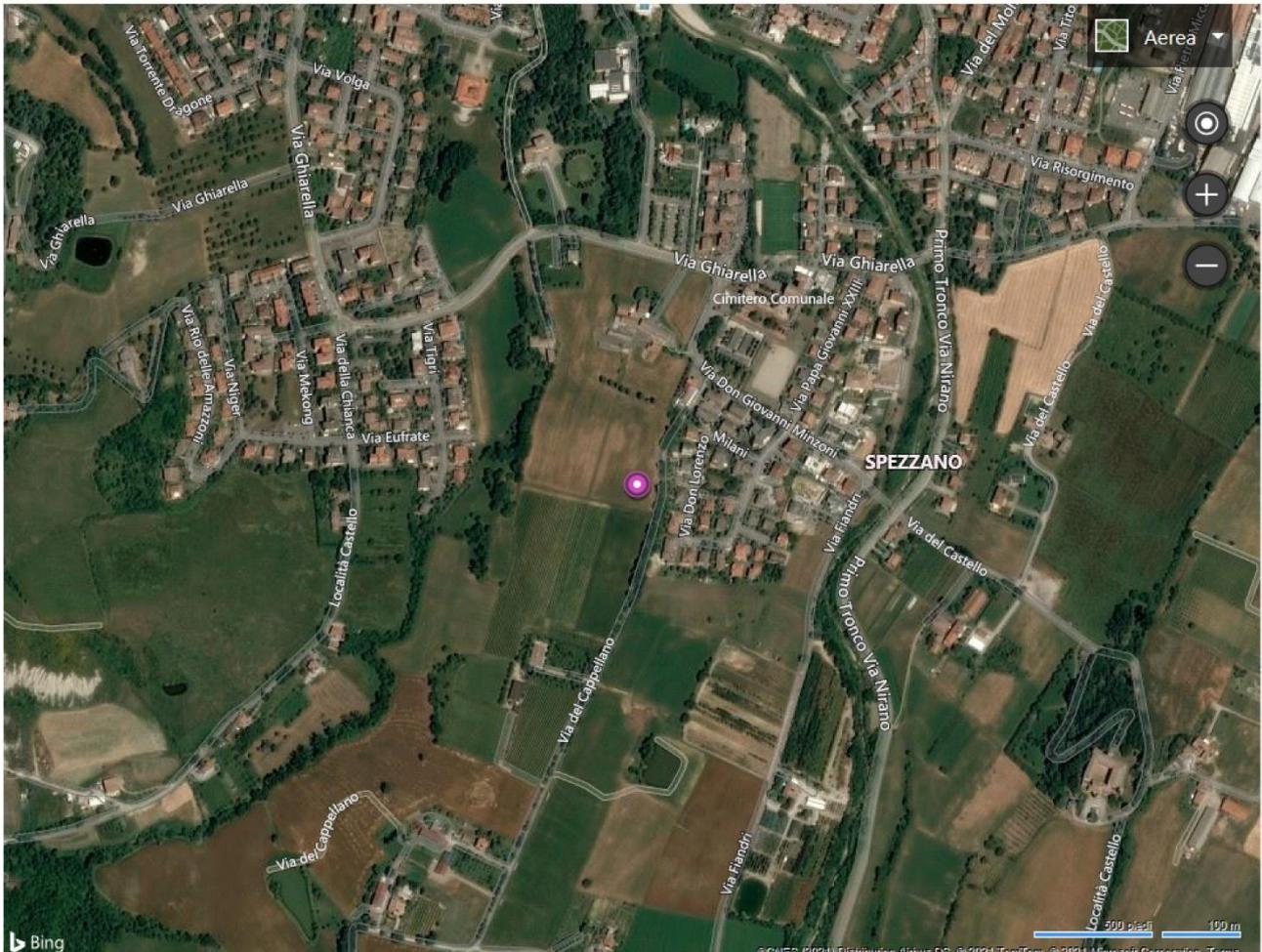
Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di 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} .

Dati generali

Cantiere: Via Cappellano
Località: Spezzano - Fiorano Modenese
Latitudine: 44.52503
Longitudine: 10.83886

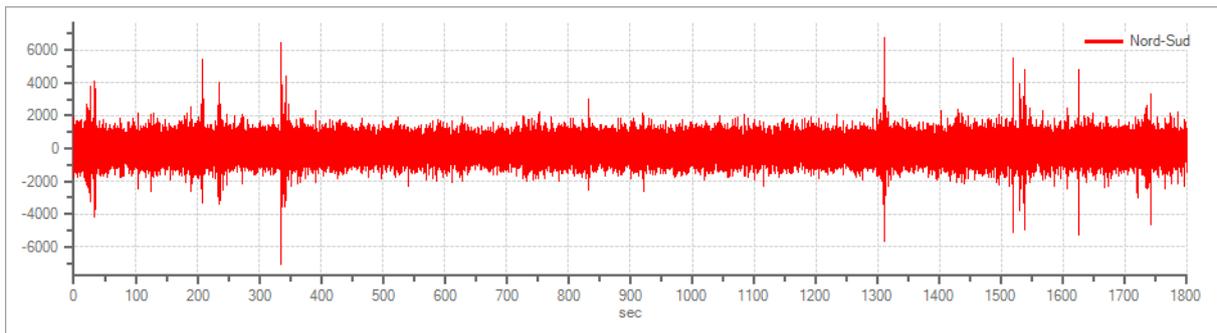


Tracce in input

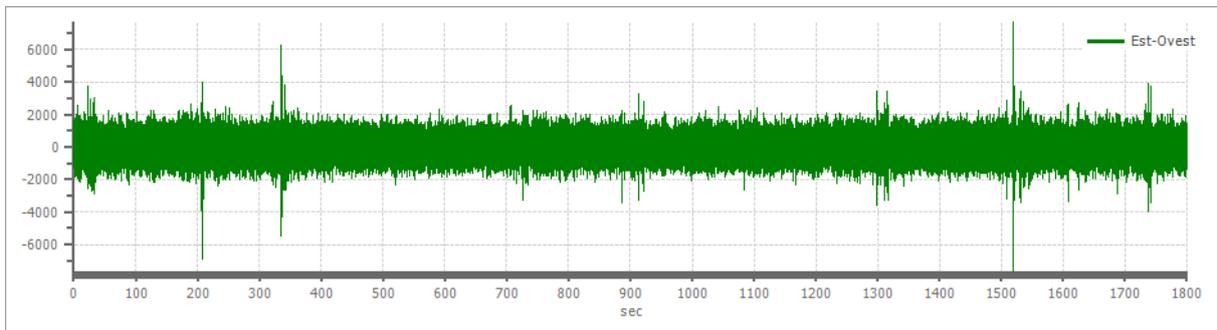
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1800 s
Frequenza di campionamento:	300.00 Hz
Numero campioni:	540000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

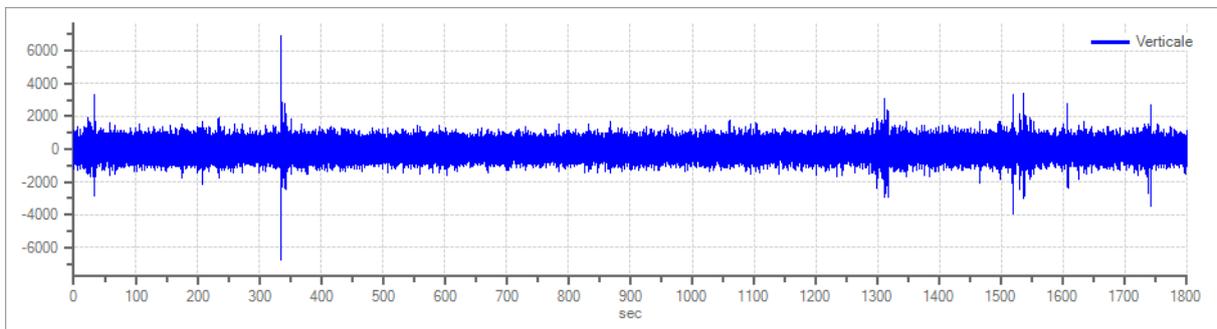
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

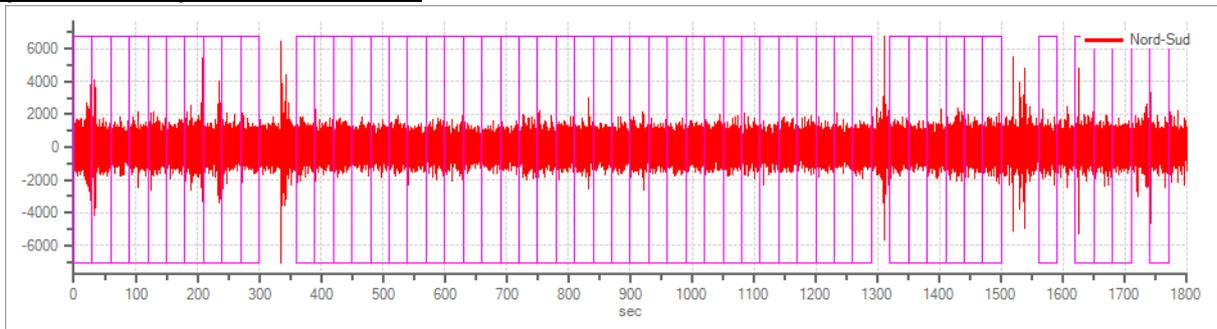
Numero totale finestre selezionate: 52
Numero finestre incluse nel calcolo: 52
Dimensione temporale finestre: 30.000 s
Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento: 10.00 %
Coefficiente di banda: 40.00

Tabella finestre:

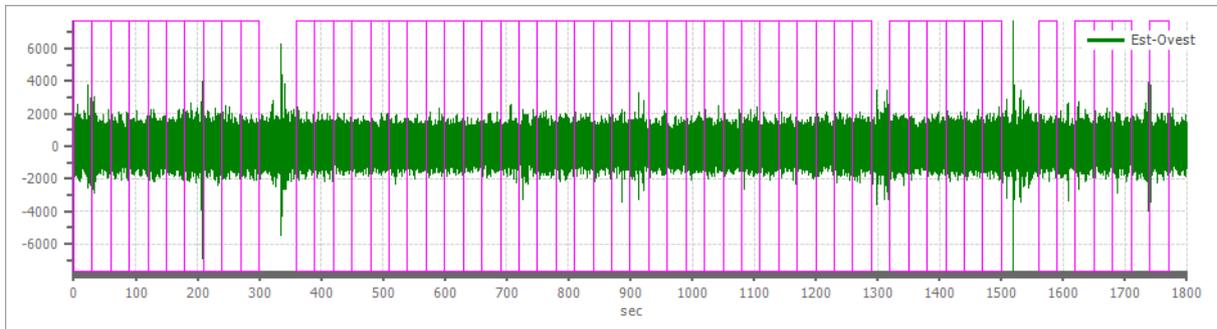
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	30	Inclusa
2	30	60	Inclusa
3	60	90	Inclusa
4	90	120	Inclusa
5	120	150	Inclusa
6	150	180	Inclusa
7	180	210	Inclusa
8	210	240	Inclusa
9	240	270	Inclusa
10	270	300	Inclusa
11	360	390	Inclusa
12	390	420	Inclusa
13	420	450	Inclusa
14	450	480	Inclusa
15	480	510	Inclusa
16	510	540	Inclusa
17	540	570	Inclusa
18	570	600	Inclusa
19	600	630	Inclusa
20	630	660	Inclusa
21	660	690	Inclusa
22	690	720	Inclusa
23	720	750	Inclusa
24	750	780	Inclusa
25	780	810	Inclusa
26	810	840	Inclusa
27	840	870	Inclusa
28	870	900	Inclusa
29	900	930	Inclusa
30	930	960	Inclusa
31	960	990	Inclusa
32	990	1020	Inclusa
33	1020	1050	Inclusa
34	1050	1080	Inclusa
35	1080	1110	Inclusa
36	1110	1140	Inclusa
37	1140	1170	Inclusa
38	1170	1200	Inclusa
39	1200	1230	Inclusa

40	1230	1260	Inclusa
41	1260	1290	Inclusa
42	1320	1350	Inclusa
43	1350	1380	Inclusa
44	1380	1410	Inclusa
45	1410	1440	Inclusa
46	1440	1470	Inclusa
47	1470	1500	Inclusa
48	1560	1590	Inclusa
49	1620	1650	Inclusa
50	1650	1680	Inclusa
51	1680	1710	Inclusa
52	1740	1770	Inclusa

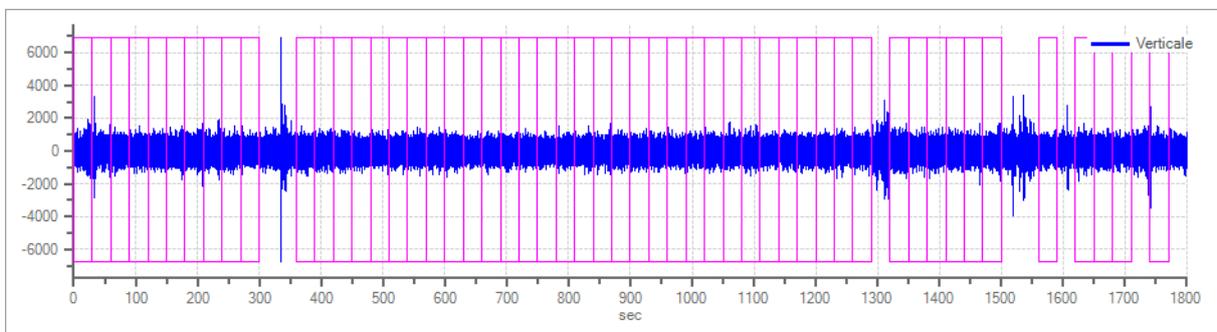
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

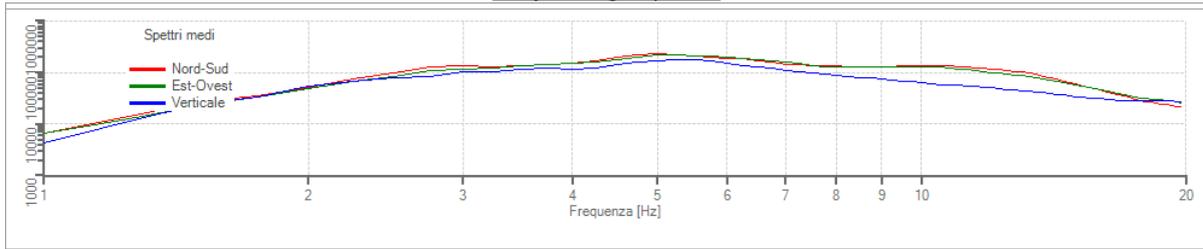


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

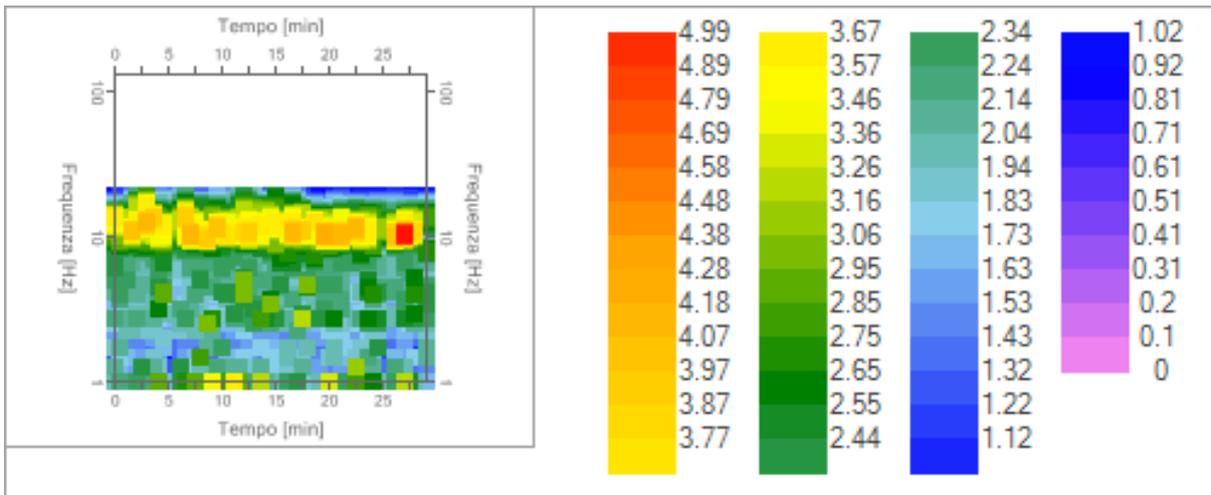


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

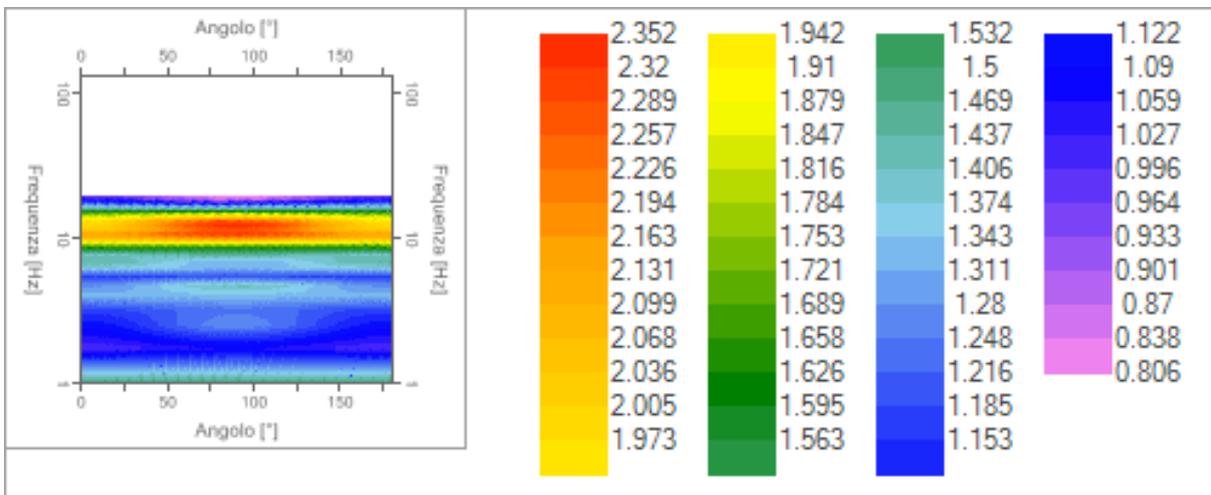
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

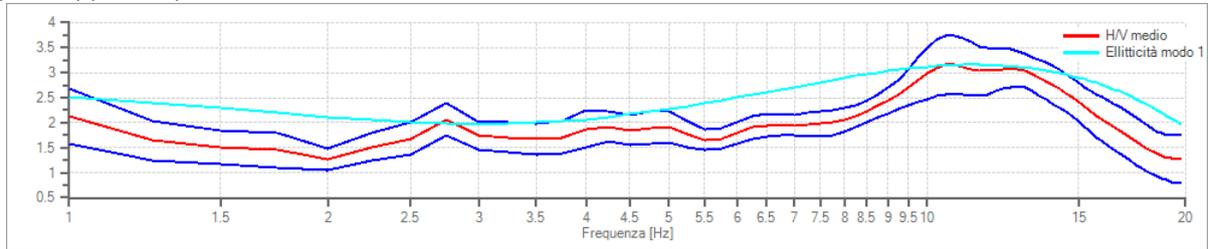
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 20.00 Hz
 Frequenza minima: 1.00 Hz
 Passo frequenze: 0.25 Hz
 Tipo lisciamento:: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %
 Tipo di somma direzionale: Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 10.50 Hz \pm 0.18 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
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

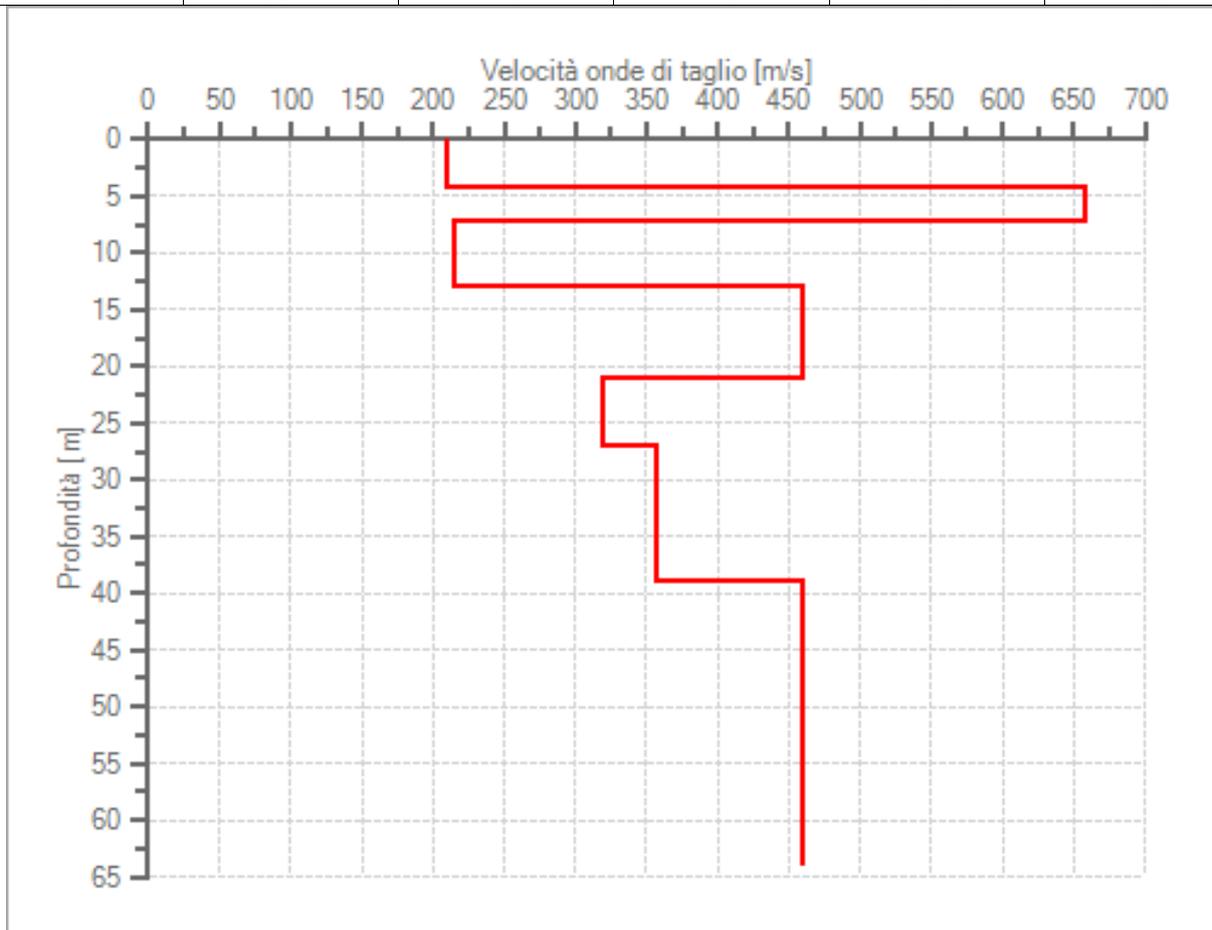
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati: 7
Frequenza del picco dell'ellitticità: 11.25 Hz
Valore di disadattamento: 0.25
Valore Vseq: 310.79 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	4.2	18	0.4	209
2	4.2	3	19	0.4	658
3	7.2	5.9	20	0.35	214
4	13.1	8	21	0.3	459
5	21.1	6	21	0.3	320
6	27.1	12	21	0.3	357
7	39.1	25	18	0.3	460



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

