

# ACCORDO OPERATIVO

ai sensi dell'art. 38 della L.R. 24/2017 - Ambito produttivo APS.i e APS.t1  
**CERAMICHE ATLAS CONCORDE S.P.A. - FLORIM CERAMICHE S.P.A.**

COMMITTENTE

CERAMICHE ATLAS CONCORDE SPA  
 Headquarter via Canaletto 141  
 Fiorano Modenese (MO)  
 C.F. e P.IVA 01282550365



COMMITTENTE

FLORIM CERAMICHE SPA  
 Headquarter via Canaletto 24  
 Fiorano Modenese (MO)  
 C.F. e P.IVA 01265320364



COORDINAMENTO DI PROGETTO E PROGETTAZIONE URBANISTICA

**aTEAM Progetti Sostenibili**  
 Ing. Francesco Bursi  
 Via Torre 5 - 41121 Modena  
 email: info@ateamprogetti.com  
 tel. +39 059 7114689



CONSULENZA IDROGEOLOGICA

**Dott. Geol. Valeriano Franchi**  
 Viale Caduti in Guerra 1 - 41121 Modena  
 email: valeriano.franchi@ateamprogetti.com  
 tel. +39 059226540

PROGETTAZIONE VIABILITA'

**Ingegneri Riuniti**  
 Ingegneria architettura ambiente  
 Via G. Pepe 15 - 41126 Modena  
 email: commerciale@ingegneririuniti.it  
 tel. +39 059 335208



CONSULENZA ACUSTICA E QUALITA' DELL'ARIA

**Praxis Ambiente Srl**  
 Dott. Carlo Odorici - Ing. Roberto Odorici  
 Via Canaletto Centro 476/A - 41121 Modena  
 email: info@praxisambiente.it  
 tel. +39 059 454000



NOME FILE:		ELABORATO DA:	APPROVATO DA:	OGGETTO:
AO_Relazione Geologica e sismica		VF	FB	Accordo Operativo ai sensi dell'art. 38 della L.R. 24/2017
CARTELLA:			PROTOCOLLO:	TITOLO ELABORATO:
101. AC. 14			101	<b>Relazione Specialistica: Geologica e sismica</b>
REV.	DATA	NOTE		CODICE ELABORATO:
01	02.11.2020			<b>D5_1</b>
02	26.06.2021			SCALA:
03	28.01.2022	Integrazione a sostituzione della precedente		---
			DATA:	
			27.01.2022	



**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

---

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

Modena, 7/05/2021

**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

---

**INDICE CONTENUTI**

Premessa.....	3
1. Inquadramento geografico-fisico .....	4
2. Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico .....	6
3. Indagini geognostiche e modello geologico-geotecnico .....	10
4. Indagine sismica .....	16
5. Microzonazione sismica .....	17
6. Sintesi dell'analisi dei dati raccolti e conclusioni .....	20

**ALLEGATI**

## **PREMESSA**

Nella presente relazione vengono trattati gli aspetti geologici e sismici inerenti l'area oggetto di Accordo Operativo tra le proprietà Ceramiche Atlas Concorde S.p.A, Florim S.p.A. ed il Comune di Fiorano Modenese. L'area è ubicata nell'angolo nord-orientale del territorio comunale di Fiorano Modenese (MO). L'area complessivamente occupata dai nuovi edifici è pari a 13250 m<sup>2</sup>; è ubicata nell'area verde delimitata ad ovest da Via del Canaletto, a nord da Via Montegrappa, ad est da Via Giardini e sud dalla Strada Pedemontana.

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 22/11/2018 al fine di verificarne l'idoneità geologica e geomorfologica.

Per la caratterizzazione litostratigrafia e geotecnica dei terreni di sottofondazione, in data 26/11/2018, sono state effettuate 5 prove penetrometriche dinamiche (DPSH) sulle aree di proprietà Atlas Concorde S.p.A. spinte fino alla profondità massima di 9,8 m dall'attuale piano di campagna.

A seguito di un'intesa successiva che ha previsto l'inserimento nell'Accordo anche delle aree di proprietà Florim S.p.A., è stata effettuata una seconda campagna di prove geognostiche e geofisiche in data 18/09/2020 sulle aree di proprietà di quest'ultima. Detta nuova campagna di indagine ha visto l'esecuzione di 6 prove penetrometriche statiche (CPT) ed una verticale sismica HVSR.

Per la classificazione sismica dei terreni di sottofondazione, sono stati utilizzati i dati ricavati da uno stendimento a sismica attiva (MASW) e da tre indagini a sismica passiva (HVSR), che hanno permesso di valutare, rispettivamente, la sismostratigrafia del terreno e la frequenza di vibrazione naturale del sito.

La relazione si articola nel seguente modo:

- Inquadramento geografico - fisico
- Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico
- Indagini geognostiche e modello geologico-geotecnico
- Indagine sismica
- Definizione dell'azione sismica di base
- Effetti di sito
- Sintesi dell'analisi dei dati raccolti e conclusioni

## **ALLEGATI**

## 1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-FISICO

L'area in esame, sulla quale è prevista la realizzazione di due nuovi capannoni produttivi per Ceramiche Atlas Concorde S.p.A., dista circa 3 km, in direzione NE, del centro di Fiorano Modenese (MO), ed è compresa all'interno del perimetro stradale delineato da Via del Canaletto, ad ovest, Via Montegrappa, a nord, Via Giardini ad est dalla Strada Pedemontana, a sud. Dal punto di vista topografico si trova in corrispondenza di un'ampia area pianeggiante, di transizione fra la collina e l'alta pianura, sub-orizzontale, con una debole pendenza verso N, e con quote che, in corrispondenza dell'area, sono prossime a 111 m s.l.m.

Il sistema idrografico naturale è rappresentato principalmente dal torrente Fossa di Spezzano e dal Torrente Grizzaga, che scorrono, rispettivamente, con direzione S-N circa 1 km ad ovest dell'area e con direzione SO-NE circa 2 km ad est. Il corso d'acqua più prossimo, circa 100 m ad ovest, è invece il Rio di Spezzano, che scorre parallelo a Via del Canaletto, ancorché tombato all'interno del comparto.

Il clima è caratterizzato, nel periodo 1991-2015, da precipitazioni totali annue, in media, di 724 mm e temperature medie annue di 14,3°C<sup>1</sup>, pari, rispettivamente, ad una variazione di -11 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).

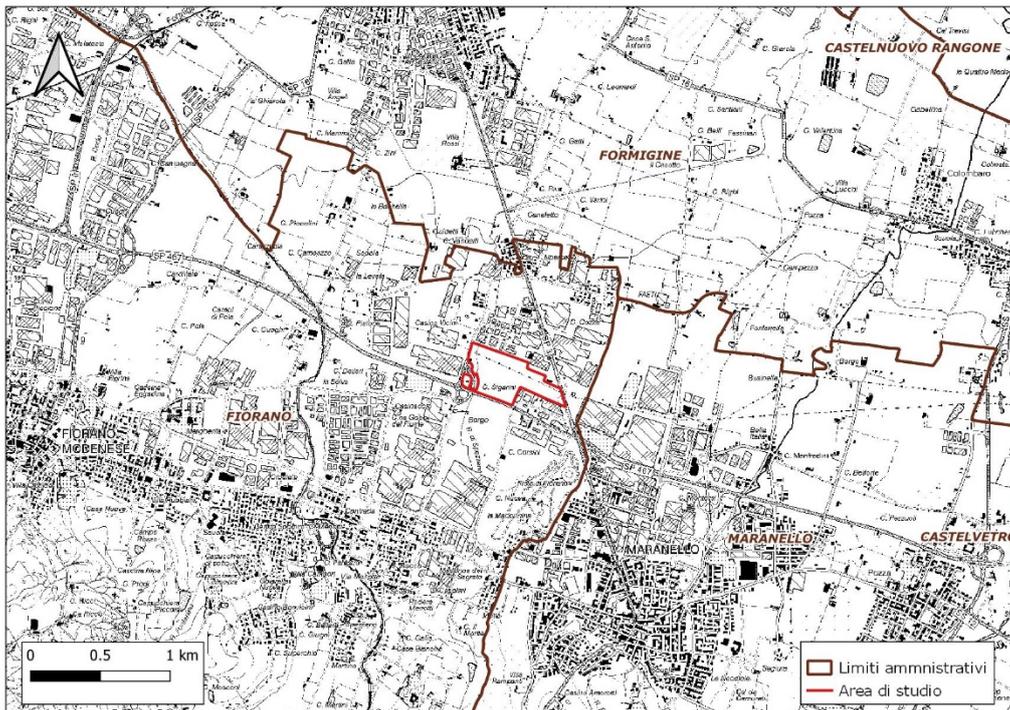


Figura 1 - Inquadramento geografico su C.T.R. con dettaglio topografico a scala 1:25.000 – Tavola nr. 219NE denominata "Formigine".

<sup>1</sup> Atlante Idroclimatico dell'Emilia-Romagna:  
[https://www.arpae.it/dettaglio\\_generale.asp?id=3811&idlivello=1591](https://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=3811&idlivello=1591)

**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

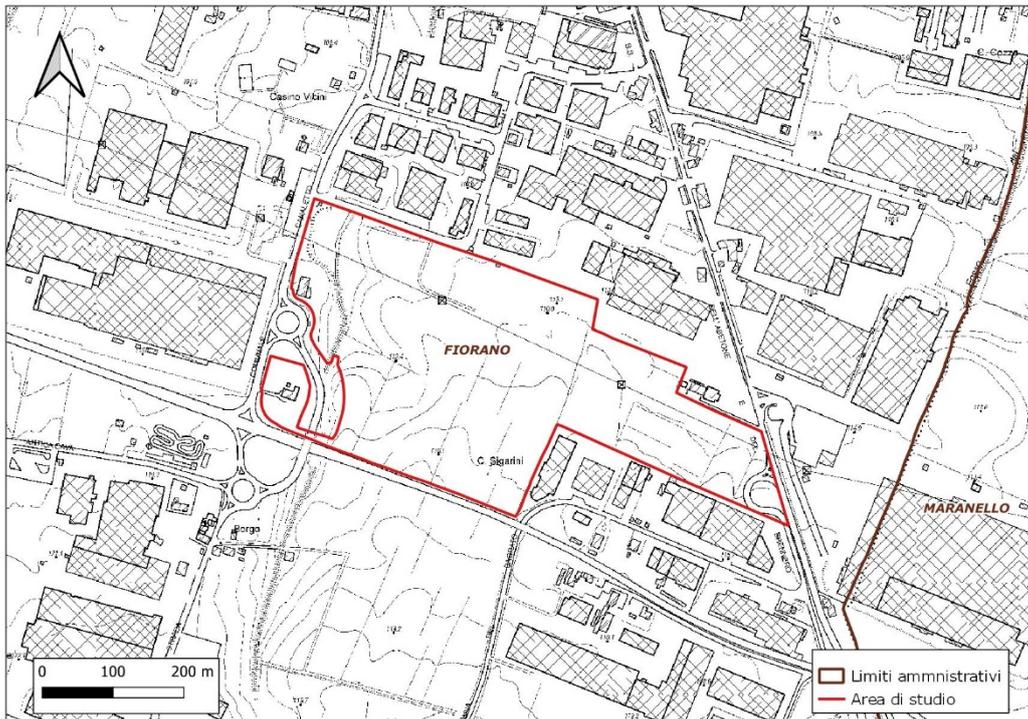


Figura 2 - Ubicazione dell'area d'indagine su C.T.R. con dettaglio topografico a scala 1:5.000 – Elemento nr. 219074 denominato "Maranello".



Figura 3 - Ubicazione dell'area d'indagine su ortofoto satellitare (fonte: Google satellite, visione del 22/11/2018).

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Per quanto riguarda la litologia superficiale e dei primi metri al di sotto del piano campagna attuale, la Sezione 219070 della Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo (Figura 4) mostra come l'area in esame si trovi in una zona caratterizzata dalla presenza di terreni a prevalente granulometria grossolana, variabile dalle ghiaie alle sabbie ed ai limi, appartenenti all'Unità di Modena (AES8a) ed all'Unità di Vignola (AES7b).



Figura 4 – Stralcio della Sezione nr. 219070 della carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo a scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli), edizione 2007. Il poligono con perimetro rosso individua il perimetro d'intervento.

Nello specifico, entrambe le formazioni affioranti costituiscono la porzione stratigraficamente più giovane della Successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano e, in particolare, del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES).

L'Unità di Modena (AES8a) è costituita da ghiaie passanti a sabbie e limi, quest'ultimi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. L'unità è definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno grigiastro. La potenza massima è di alcuni metri (< 10 m) (*Post-VI secolo d.C.*).

L'Unità di Vignola (AES7b) è composta da ghiaie con matrice limo-sabbiosa, passanti a limi ed a limi sabbiosi, deposte in ambito fluviale intravallivo. Al tetto sono presenti suoli decarbonatati con tracce di illuviazione di argilla e fronte di

alterazione tra 1,5 e 2 m. Gli orizzonti superficiali sono di colore da rosso bruno a bruno scuro. La potenza può raggiungere alcuni metri.

Per quanto riguarda la stratigrafia oltre il primo metro più superficiale, questa può essere ricavata, con buona approssimazione, dalla stratigrafia di alcuni vicini pozzi per acqua, reperibili dal database geognostico della Regione Emilia-Romagna. I pozzi con la stratigrafia più attendibile e dettagliata sono quelli rappresentati in Figura 5 dai codici 219070P658A e 219070P623.

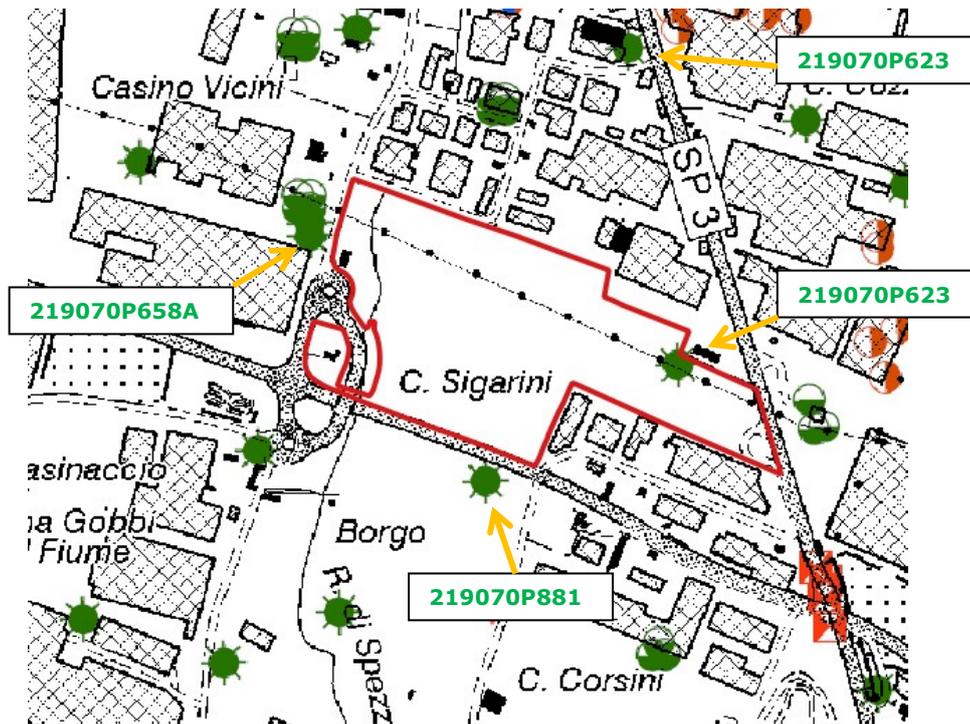


Figura 5 – Ubicazione delle prove geognostiche più prossime all'area d'indagine contenute nel geodatabase della Regione Emilia-Romagna. In verde i codici relativi ai pozzi per acqua più prossimi all'area d'indagine, di cui si dispone della stratigrafia. Il rettangolo rosso individua l'area di studio.

Le stratigrafie di pozzo prese in esame, riportate in Allegato 1, indicano la presenza di un primo strato ghiaioso tra 4,5 e 10 m, a cui succedono almeno altri due importanti livelli ghiaiosi: uno tra 29 e 33 m ed un altro tra 70 e 80 m circa. Le argille, più o meno compatte, separano le ghiaie.

Infine, il PTCP della Provincia di Modena, nella Tavola 3.2 di OC - "Depositi del sottosuolo che influenzano il moto sismico in superficie" – individua il tetto del substrato marino a circa 50 m s.l.m. (ovvero ad una profondità di - 60 m rispetto al piano campagna dell'area di studio), in pratica coincidente con il letto del ciclo alluvionale superiore (Figura 6).

**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

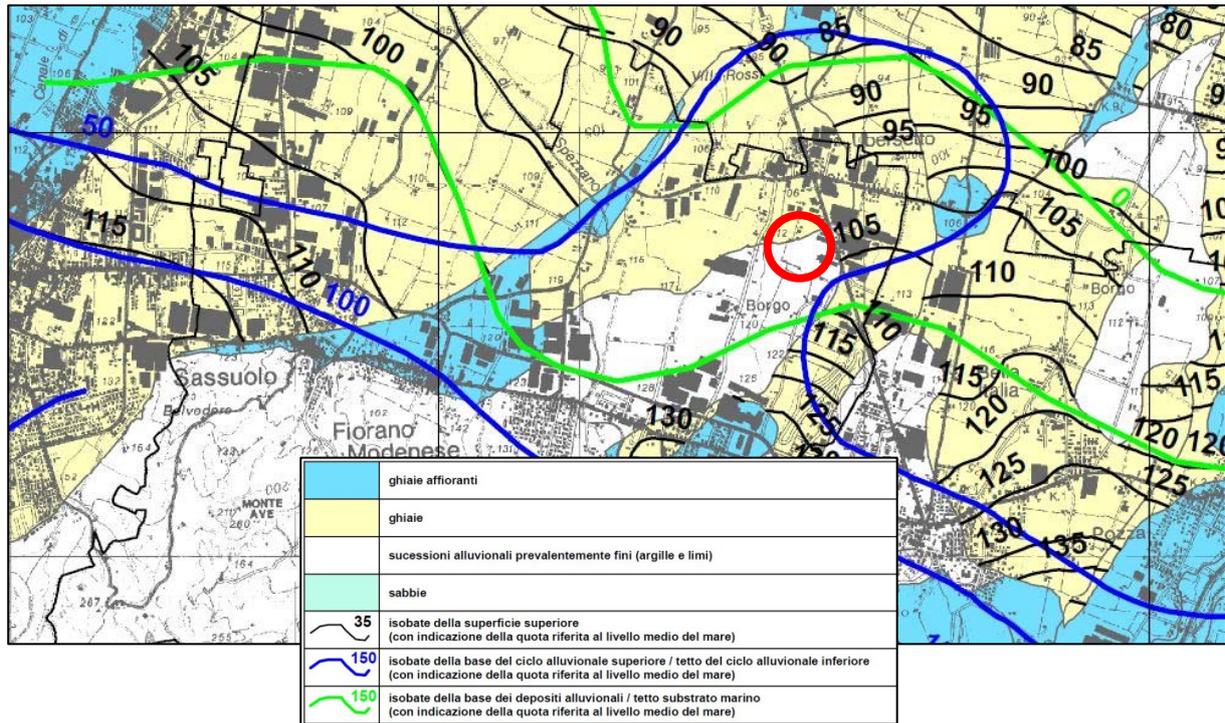


Figura 6 – Stralcio della Tavola 3.2 di QC del PTCP della Provincia di Modena – “Depositi del sottosuolo che influenzano il moto sismico in superficie”. Il cerchio rosso circonda l’area di studio.

Dal punto di vista geomorfologico, l’area di studio si sviluppa in un contesto caratterizzato dalla presenza di forme superficiali legate alla paleo-dinamica fluviale. In particolare, l’area è ubicata in un settore interessato dalle conoidi alluvionali di pertinenza dei torrenti pedecollinari minori, quali la Fossa di Spezzano e il Torrente Grizzaga, che, con tracciato più o meno modificato da parte dell’uomo, proseguono il loro percorso attraverso l’alta pianura fino a Magreta ed alla città di Modena, rispettivamente (Figura 1). La carta sembra attribuire l’area di studio alla conoide del Torrente Grizzaga, ancorché in una zona dove le interdigitazioni con quella del Fossa sono state probabilmente frequenti. I depositi sono contrassegnati in carta dalla sigla “6a”, ovvero “depositi sabbioso-limosi con lenti di ghiaie delle conoidi alluvionali pedemontane dei corsi d’acqua minori (*pre-Neolitico*)”.

A loro volta, le conoidi del Cerca e del Grizzaga sono state successivamente incise dagli stessi corsi d’acqua e dal Rio di Spezzano, determinando la creazione di piccole scarpate d’erosione torrentizia ai lati dei corsi d’acqua e sottili strisce di depositi alluvionali di riempimento (1b in carta) in evoluzione, proprio come nel caso del tratto del Rio di Spezzano che interseca il perimetro d’intervento lungo il suo limite occidentale.

In merito all’idrografia, il sistema idrografico è rappresentato dal torrente Fossa di Spezzano e dal Torrente Grizzaga, che scorrono, rispettivamente, con direzione S-N circa 1 km ad ovest dell’area e con direzione SO-NE circa 2 km ad est. Il corso d’acqua più prossimo, circa 100 m ad ovest, è invece il Rio di Spezzano, che scorre parallelo a Via del Canaletto, ancorché tombato all’interno del comparto.

**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

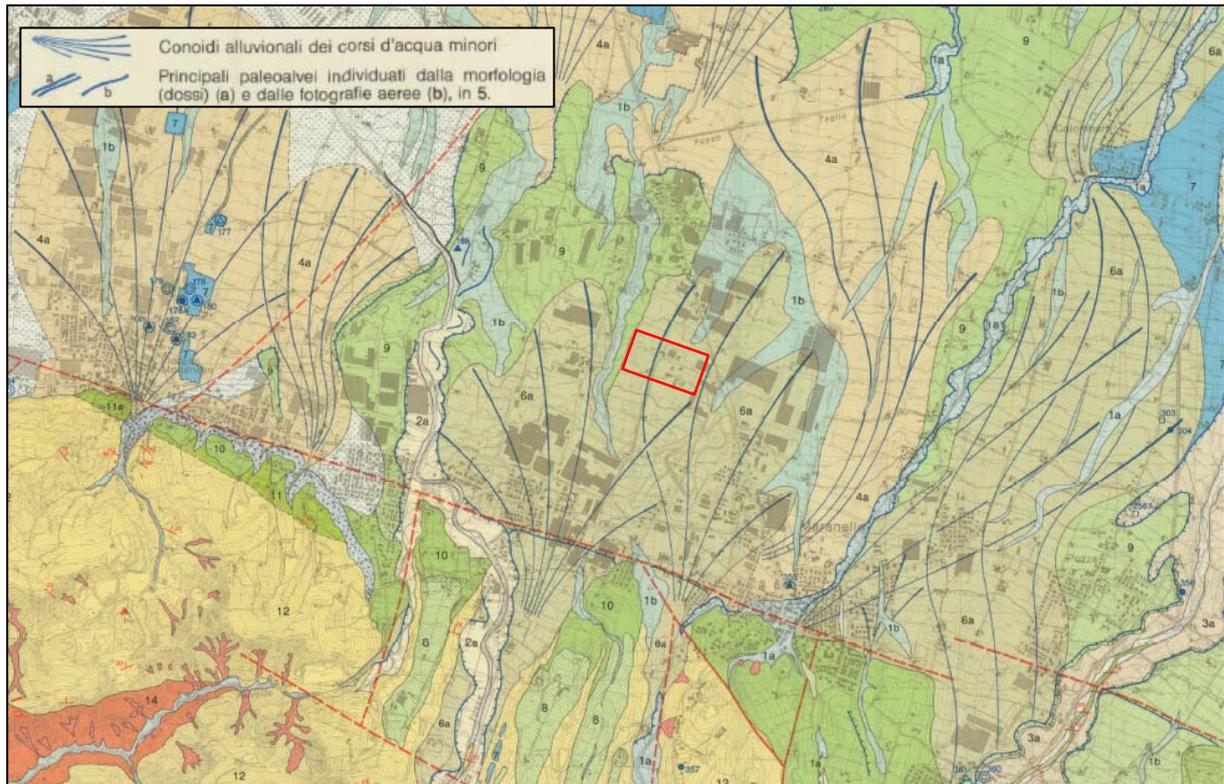


Figura 7 – Stralcio della “Carta geologica del margine appenninico e dell’alta pianura tra i fiumi Secchia e Panaro (Provincia di Modena)” (Gasperi et al., 1987; si vedano anche le rispettive Note Illustrative in: Gasperi, G., Cremaschi, M., Mantovani Uguzzoni, M.P., Cardarelli, A., Cattani, M., Labate, D., 1989. Evoluzione Plio-Quaternaria del margine appenninico modenese e dell’antistante pianura. Note illustrative alla Carta Geologica. Mem. Soc. Geol. It. 39, 375–432.). Il rettangolo rosso individua l’area d’indagine. Legenda – **6a**: Unità di Maranello: depositi sabbioso-limosi con letti di ghiaie delle conoidi alluvionali pedemontane dei corsi d’acqua minori. A tetto vertisuoli e suoli bruni lisciviati con orizzonti B di spessore inferiori al metro, non rubefatti. Età: Pre-Neolitico.

Per quanto riguarda le acque sotterranee, il territorio comunale si trova in corrispondenza del complesso idrogeologico del sistema di conoidi riconducibili ai torrenti minori, come già ampiamente detto in precedenza. Gli acquiferi sono contenuti, essenzialmente, all’interno degli strati ghiaiosi superficiali, sub-superficiali e profondi che si alternano a strati a prevalente granulometria fine, limosa e limo-argillosa. Come mostrato dalla stratigrafia del pozzo in Allegato 1, in prossimità dell’area d’indagine gli strati potenzialmente acquiferi sono presenti tra 4,5 e 10 m, tra 28,5 e 33 m, tra 70 e 84 m e tra 95 e 100 m.

Le analisi piezometriche di Arpae (2016) individuano una superficie piezometrica con direzione di flusso verso NNO (Figura 8), chiaramente influenzata dalla presenza delle conoidi dei torrenti minori, che all’interno del territorio comunale di Fiorano Modenese varia, in media annuale, tra 90 e 70 m s.l.m., per una soggiacenza oscillante tra -20 e -25 m.

In occasione dell’esecuzione delle 5 prove penetrometriche dinamiche in corrispondenza dell’area di studio, la falda è stata intercettata solo all’interno del lotto occidentale a circa 4 m dal p.d.c. Probabilmente è la falda sospesa più superficiale, legata strettamente alle precipitazioni meteoriche.

**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

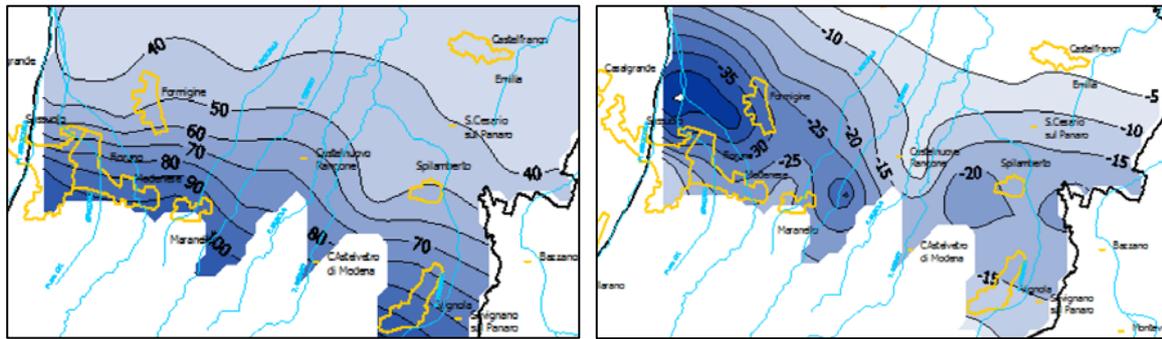


Figura 8 – Piezometria (sinistra) e soggiacenza (destra) della falda per il territorio provinciale di Modena (fonte: Arpae, 2016).

### 3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO

In data 26/11/2018 e successivamente il 18/09/2020 sono state eseguite 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 5 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (DPSH) nel primo momento, e 6 prove statiche meccaniche più recentemente. L'ubicazione delle prove eseguite è mostrata nella planimetria riportata in Figura 9, mentre i diagrammi penetrometrici, unitamente ai tabulati di campagna, sono riportati in Allegato 2.

Le prove, che hanno raggiunto profondità variabili tra 2,4 e 9,8 m dal piano di campagna, sono state eseguite utilizzando un penetrometro dinamico super-pesante Gouda 100kN, 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	8		Kg
Diametro punta conica	50,46		mm
Area di base punta	20		cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1		m
Peso aste a metro	6,3		Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80		m
Avanzamento punta	0,20		m
Numero colpi per punta	N(20)		
Coeff. Correlazione	1,504		
Rivestimento/fanghi	No		
Angolo di apertura punta	90°		

**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

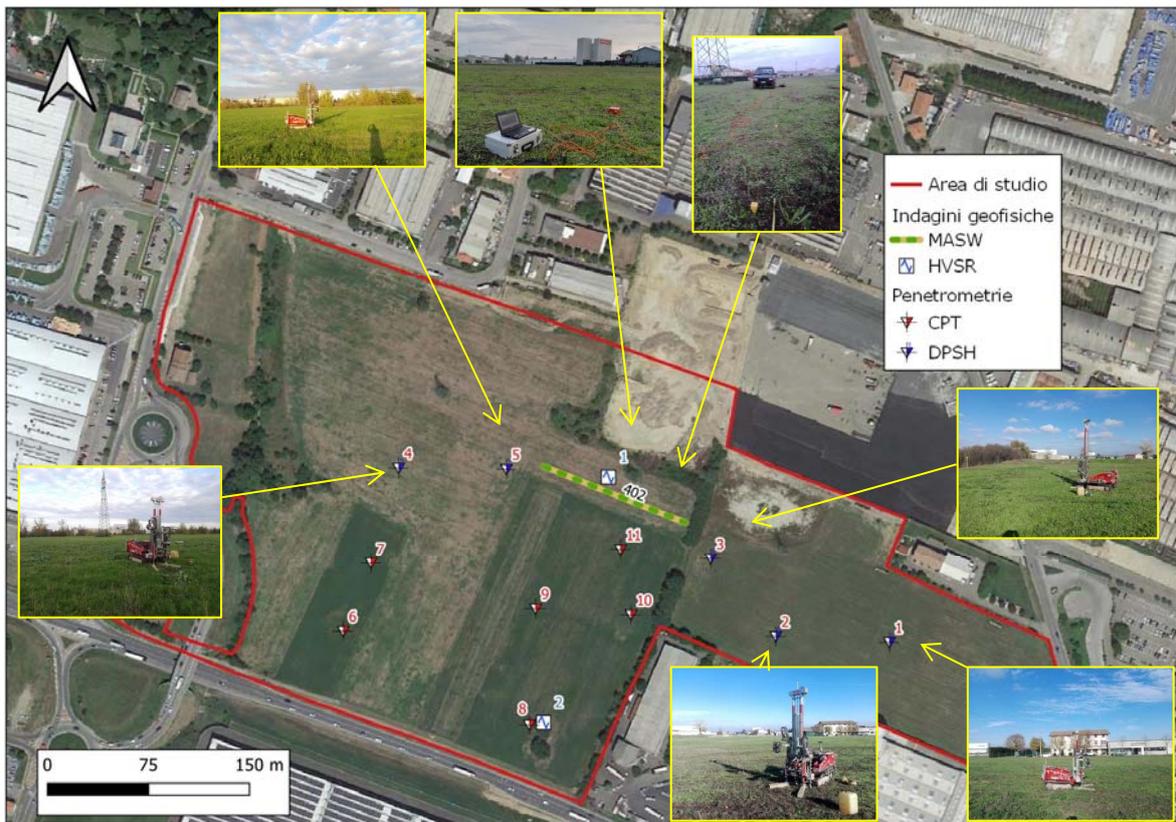


Figura 9 – Ubicazione dei 11 sondaggi penetrometrici e delle indagini geofisiche (verticale HVSr e stendimento MASW) eseguiti per questo studio.

Analizzando i profili di resistenza di Figura 10, per quanto riguarda le tre penetrometrie eseguite nel lotto più orientale (DPSH 1, 2 e 3) si possono individuare, oltre i primi 0,6-0,8 m più superficiali a debolissima resistenza, almeno due intervalli con basse resistenze: 1) tra 2,6 e 4,6 m; 2) tra 6,8 e 7,6 m, alternati a intervalli con resistenze molto elevate. Per le DPSH 1 e 2 (le più orientali), il tetto delle ghiaie è a 8,8 e 9,2 m, rispettivamente, mentre la DPSH 3 lo intercetta già a 6 m (in questa verticale penetrometrica manca, pertanto, il livello debole nr. 2). Spostandosi verso il lotto occidentale, si nota come la verticale DPSH 5 intercetti il tetto delle ghiaie a 4,4 m, ovvero ad una profondità relativamente superficiale ed in linea con la vicina DPSH 3 del lotto orientale.

Il tetto delle ghiaie si approfondisce nuovamente in corrispondenza della DPSH 4, dove raggiunge 9,8 m, ovvero la profondità maggiore rispetto a quella individuata da tutte le altre penetrometrie eseguite per questo studio.

Se il profilo di resistenza della DPSH 5 non individua (tranne i primi 0,8 m superficiali) alcun livello debole, così non è per la DPSH 4, che individua 2 livelli deboli: 1) tra 2,2 e 2,6 m; 2) tra 5,6 e 7,4 m. Il primo livello debole, relativamente all'intervallo di profondità, non è strettamente correlabile a quello delle DPSH 1, 2 e 3: lo spessore è più ridotto e più superficiale. Il secondo livello debole, invece, sembra maggiormente correlabile con quello intercettato anche dalle DPSH 1 e 2.

La ricostruzione stratigrafica che si può ipotizzare, in base ai profili di resistenza restituiti dalle indagini penetrometriche effettuate per questo studio, confrontandoli con i dati bibliografici raccolti, è quella di un conoide fluviale che,

**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

nello spessore sovrastante il tetto delle ghiaie (da 4,4 a 9,8 m) è costituito da sedimenti altamente addensati, con due sottili livelli interni caratterizzati da resistenze meccaniche piuttosto scarse e che potrebbero corrispondere a livelli torbosi, ricoperti da almeno 2 eventi alluvionali. Il tetto delle ghiaie risulta disomogeneo, evidenziando una profondità di base intorno a 8-9 m, con una porzione rilevata in corrispondenza del settore centrale che separa i due lotti in trasformazione.

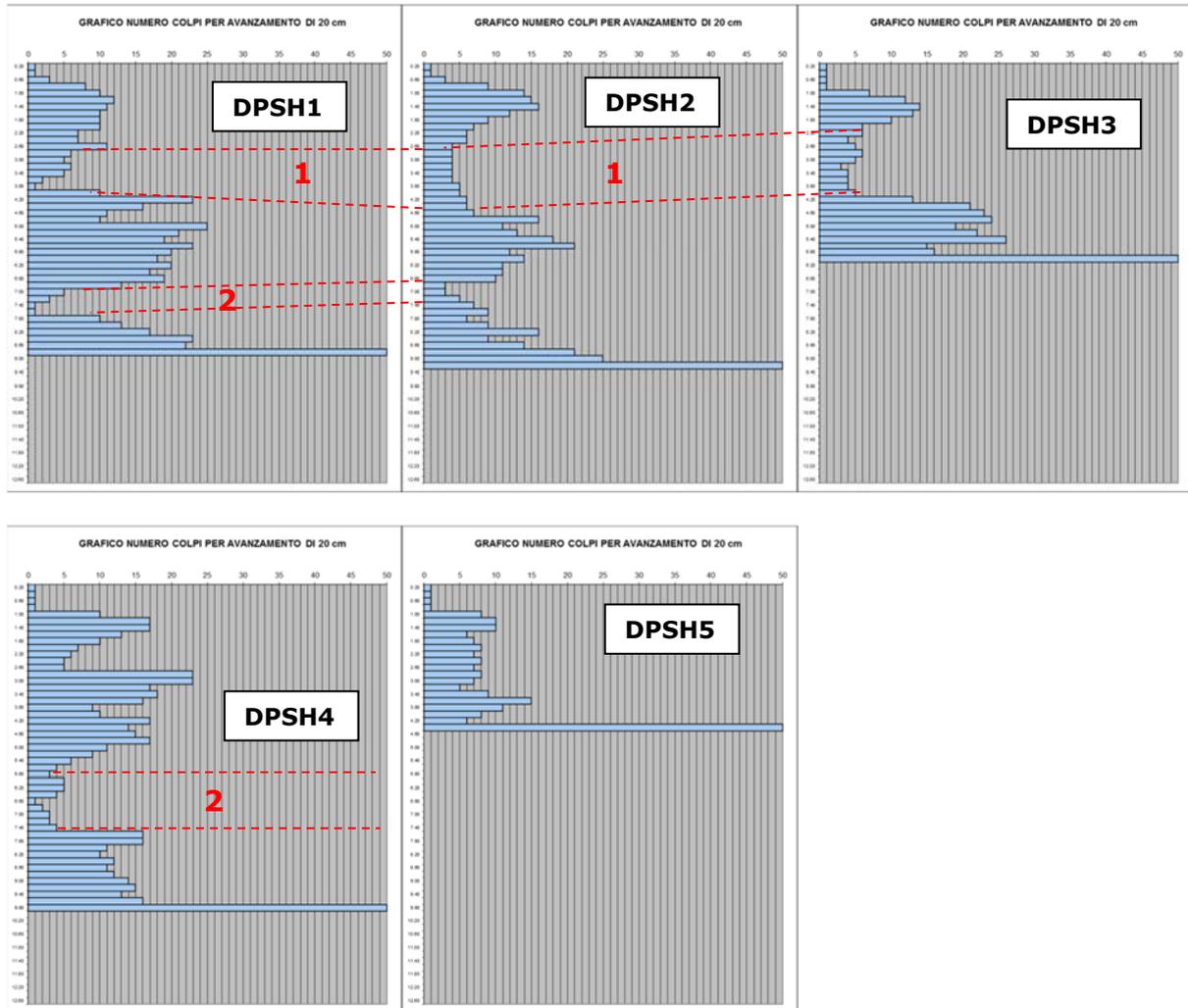


Figura 10 – Grafici dei profili di resistenza all'avanzamento della punta dinamica ottenuti in occasione della campagna geognostica effettuata per questo studio. Sull'asse delle ordinate: la profondità dal piano campagna; sull'asse delle ascisse: il numero di colpi per passo d'avanzamento di 0.2 m. Gli intervalli di profondità delimitati da linee rosse tratteggiate e numerati rappresentano i livelli con minori valori di resistenza alla punta.

L'andamento della resistenza all'infissione si ripercuote inevitabilmente sui parametri geotecnici principali (la coesione non drenata e l'angolo di attrito interno, a seconda che si considerino terreni a comportamento visco-plastico o incoerenti), come è possibile osservare nella discretizzazione geotecnica che si propone nelle tabelle 1-5. In realtà, dalle prove penetrometriche dinamiche prive di camicia non è possibile identificare classi litologiche; pertanto, nel presente studio si ipotizza la presenza principalmente di limi e limi sabbiosi (considerando anche quanto

**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

riportato nei dati bibliografici in questa sede presentati), pertanto verosimilmente dotati sia di coesione non drenata che di angolo d'attrito interno.

Nr. Strato	Prof. da p.d.c.	colpi med.	Rd med.	N <sub>spt</sub> med.	γ med.	c <sub>u</sub> med.	φ' med.
...	<i>m</i>	...	<i>Kg/cm<sup>2</sup></i>	...	<i>KN/m<sup>3</sup></i>	<i>kPa</i>	<i>°</i>
1	0-0.6	1.7	17.5	2.4	14.6	12.6	26.5
2	0.6-2	10.1	95.8	14.8	18.4	76.4	35.5
3	2-2.6	8.3	74.3	12.2	17.7	62.8	34.7
4	2.6-3.4	5.5	45.6	8.0	16.5	41.4	31.4
5	3.4-3.8	1.5	12.2	2.2	14.5	11.3	25.1
6	3.8-4.8	14.0	107.4	20.4	19.3	105.5	36.2
7	4.8-6.8	19.5	131.8	28.5	20.7	146.9	37.6
8	6.8-7.6	2.5	15.7	3.7	15.0	18.8	25.0
9	7.6-8.2	13.3	79.9	19.5	19.3	100.4	33.4
10	8.2-8.8	31.7	184.3	46.2	21.5	238.6	39.5

Tabella 1 – Discretizzazione geotecnica in corrispondenza della DPSH 1.

Nr. Strato	Prof. da p.d.c.	colpi med.	Rd med.	N <sub>spt</sub> med.	γ med.	c <sub>u</sub> med.	φ' med.
...	<i>m</i>	...	<i>Kg/cm<sup>2</sup></i>	...	<i>KN/m<sup>3</sup></i>	<i>kPa</i>	<i>°</i>
1	0-0.4	1.0	10.5	1.5	14.2	7.5	25.1
2	0.4-0.8	6.0	59.2	8.8	16.7	45.2	32.0
3	0.8-1.6	14.3	137.5	20.8	19.6	107.4	37.6
4	1.6-2.4	7.0	62.4	10.2	17.2	52.7	33.4
5	2.4-3.6	4.0	33.6	5.8	15.8	30.1	29.7
6	3.6-4.6	5.8	44.9	8.5	16.7	43.7	30.8
7	4.6-6.6	13.7	93.6	20.0	19.4	103.2	35.1
8	6.6-7.2	3.7	23.1	5.4	15.7	27.6	27.1
9	7.2-8	7.8	47.4	11.3	17.5	58.4	30.4
10	8-8.6	13.0	75.6	19.0	19.2	97.9	33.1
11	8.6-9	23.0	206.6	33.6	21.2	173.3	37.1

Tabella 2 - Discretizzazione geotecnica in corrispondenza della DPSH 2.

Nr. Strato	Prof. da p.d.c.	colpi med.	Rd med.	N <sub>spt</sub> med.	γ med.	c <sub>u</sub> med.	φ' med.
...	<i>m</i>	...	<i>Kg/cm<sup>2</sup></i>	...	<i>KN/m<sup>3</sup></i>	<i>kPa</i>	<i>°</i>
1	0-0.8	1.0	10.3	1.5	14.2	7.5	25.0
2	0.8-1.8	11.2	106.6	16.4	18.7	84.4	35.8
3	1.8-3	5.3	46.4	7.8	16.5	40.2	31.6
4	3.0-4.0	4.0	32.2	5.8	15.8	30.1	29.3
5	4-5.8	19.9	143.7	29.0	20.7	149.8	38.7

Tabella 3 - Discretizzazione geotecnica in corrispondenza della DPSH 3.

**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

Nr. Strato	Prof. da p.d.c.	colpi med.	Rd med.	N <sub>spt</sub> med.	γ med.	c <sub>u</sub> med.	φ' med.
...	<i>m</i>	...	<i>Kg/cm<sup>2</sup></i>	...	<i>KN/m<sup>3</sup></i>	<i>kPa</i>	°
1	0-0.8	1.0	10.3	1.5	14.2	7.5	25.0
2	0.8-1.8	13.4	127.8	19.6	19.3	101.0	37.0
3	1.8-2.6	5.8	51.3	8.4	16.7	43.3	32.5
4	2.6-3.6	19.4	160.7	28.3	20.7	146.2	40.5
5	3.6-5.2	12.8	96.0	18.6	19.1	96.1	35.7
6	5.2-6.4	4.5	30.2	6.6	16.1	33.9	29.0
7	6.4-7.4	2.6	16.3	3.8	15.1	19.6	26.3
8	7.4-8.8	12.6	75.0	18.4	19.1	94.7	34.5
9	8.8-9.6	14.5	286.0	21.2	19.7	109.2	35.1

Tabella 4 - Discretizzazione geotecnica in corrispondenza della DPSH 4.

Nr. Strato	Prof. da p.d.c.	colpi med.	Rd med.	N <sub>spt</sub> med.	γ med.	c <sub>u</sub> med.	φ' med.
...	<i>m</i>	...	<i>Kg/cm<sup>2</sup></i>	...	<i>KN/m<sup>3</sup></i>	<i>kPa</i>	°
1	0-0.8	1.0	10.3	1.5	14.2	7.5	25.0
2	0.8-1.4	9.3	90.0	13.6	18.1	70.3	34.8
3	1.4-3.2	7.0	61.5	10.2	17.2	52.7	33.1
4	3.2-3.8	11.7	94.6	17.0	18.8	87.9	35.8

Tabella 5 - Discretizzazione geotecnica in corrispondenza della DPSH 5.

Al di là dei primi 0,8 m superficiali, i valori più scarsi dei principali parametri di resistenza geomeccanica si riscontrano tra 1,6 e 4,6 m e da 6,6 e 8 m nelle verticali penetrometriche più orientali (DPSH 1, 2, 3) (il secondo livello non è presente nella DPSH 3 che ha raggiunto il tetto delle ghiaie già a 6 m); nelle due più occidentali (DPSH 4, 5) gli intervalli sono tra 1,4 e 3,3 m e tra 5,2 e 7,4 m (quest'ultimo solo per la DPSH 4).

Il giorno 18/09/2020 è stata effettuata una campagna di indagini integrative al comparto in esame, con l'esecuzione di 6 prove penetrometriche statiche meccaniche CPT, le quali hanno raggiunto una profondità massima di 5,8 m dal piano campagna.

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT 6**

Prof. Strato (m)	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	γ (t/m <sup>3</sup> )	γ <sub>s</sub> (t/m <sup>3</sup> )	Φ (°)	Eed (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione
0,00-2,00	66,0	3,2	3,3	2,2	2,3	33,1	132,0	Argille sabbiose e limose
2,00-3,60	163,5	2,1	8,2	2,3	2,4	32,5	327,0	Sabbie addensate o cementate

Falda rilevata: non rilevata

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT 7**

Prof. Strato (m)	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	γ (t/m <sup>3</sup> )	γ <sub>s</sub> (t/m <sup>3</sup> )	Φ (°)	Eed (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione
0,00-1,80	69,7	2,7	3,5	2,2	2,3	33,8	139,3	Argille sabbiose e limose
1,80-2,40	222,7	3,1	11,1	2,4	2,5	35,3	445,3	Sabbie addensate o cementate

Falda rilevata: non rilevata

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT 8**

Prof. Strato (m)	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	γ (t/m <sup>3</sup> )	γ <sub>s</sub> (t/m <sup>3</sup> )	Φ (°)	Eed (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione
0,00-3,40	75,7	4,9	3,8	2,2	2,3	31,2	151,3	Argilla inorganica molto compatta

**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

3,40-5,00	194,0	3,1	9,7	2,4	2,4	31,4	388,0	Sabbie addensate o cementate
-----------	-------	-----	-----	-----	-----	------	-------	------------------------------

Falda rilevata: non rilevata

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT 9**

Prof. Strato (m)	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	γ (t/m <sup>3</sup> )	γ <sub>s</sub> (t/m <sup>3</sup> )	Φ (°)	Eed (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione
0,00-2,60	70,2	4,3	3,5	2,2	2,3	32,1	140,5	Argille sabbiose e limose
2,60-5,40	76,5	1,8	3,8	2,2	2,3	27,3	153,0	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi

Falda rilevata: non rilevata

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT 10**

Prof. Strato (m)	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	γ (t/m <sup>3</sup> )	γ <sub>s</sub> (t/m <sup>3</sup> )	Φ (°)	Eed (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione
0,00-2,60	69,3	4,5	3,5	2,2	2,3	32,0	138,6	Argilla inorganica molto compatta
2,60-5,80	94,1	2,5	4,7	2,2	2,3	28,0	188,1	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi

Falda rilevata: non rilevata

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT 11**

Prof. Strato (m)	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	γ (t/m <sup>3</sup> )	γ <sub>s</sub> (t/m <sup>3</sup> )	Φ (°)	Eed (kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione
0,00-2,40	83,9	5,1	4,2	2,2	2,3	33,3	167,8	Argille sabbiose e limose
2,40-3,20	177,3	2,9	8,9	2,3	2,4	32,9	354,5	Sabbie addensate o cementate

Falda rilevata: non rilevata

Le prove penetrometriche statiche hanno evidenziato la variabilità del tetto delle ghiaie, nelle CPT 6, 7 e 11 la troviamo dai 2,4 ai 3,6 m; mentre nelle CPT 8, 9 e 10 da 5 a 5,8 m. In tutte le prove si evidenzia uno strato fino a 2 metri e mezzo circa con valori geomeccanici medio-discreti, che accrescono con la profondità fino alle ghiaie.

Sulla base dei dati ottenuti dalle indagini penetrometriche è possibile definire un modello geotecnico-stratigrafico:

Prof. (m)	Φ <sub>k</sub> [°]	C <sub>uk</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	C' <sub>k</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	M <sub>ok</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	P <sub>uvk</sub> (t/m <sup>3</sup> )	P <sub>uvSk</sub> (t/m <sup>3</sup> )
0,0-2,5	32	3,7	0,3	145,0	2,2	2,3
2,5-5,8	28	6,0	0,6	>200	2,2	2,3

Oltre alla profondità di 5,8 m del modello proposto le penetrometriche dinamiche mostrano un livello di terreno con medie caratteristiche geomeccaniche tra 6 e 8 metri circa da piano campagna, e uno strato più competente con valori buoni fino all'arrivo sul tetto delle ghiaie, rinvenuto alla profondità massima di 9,6 metri.

Il presente elaborato è redatto a supporto dell'Accordo Operativo e le considerazioni qui esposte sono finalizzate a questa fase del procedimento; in fase esecutiva successiva, dovranno poi essere approntate nuove indagini geognostiche opportunamente ubicate secondo le sagome effettive dei nuovi interventi edilizi per potere meglio definire il modello stratigrafico e geotecnico, che, come è stato

illustrato in precedenza, cambia in modo significativo nelle diverse porzioni di comparto indagato.

#### 4. INDAGINE SISMICA

Per la classificazione sismica dei terreni è stato eseguito, in data 26/11/2018, uno stendimento sismico composto da 24 geofoni, con spaziatura di 2.0 metri per una lunghezza complessiva della linea sismica di 46 m; mediante la metodologia d'analisi MASW del segnale registrato dai geofoni, è stato possibile individuare la sismostratigrafia - nei primi 30 m - in corrispondenza del settore centrale tra i due lotti destinati alla trasformazione, e calcolare il parametro  $V_{s30}$ .

L'indagine sismica ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità delle onde di taglio, permettendo di calcolare un valore di  $V_{s30}$  pari a **402** m/sec, inserendo il terreno di fondazione all'interno della classe **B** – "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

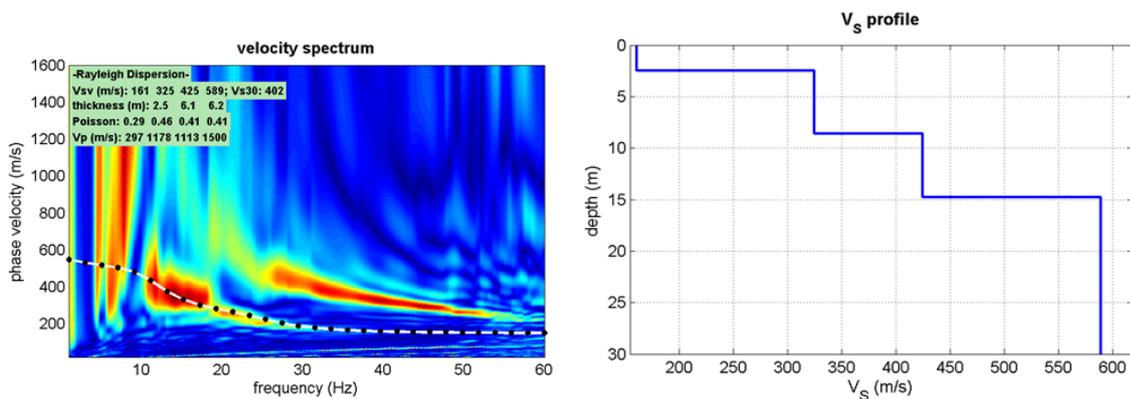


Figura 11 – Curva di dispersione (sinistra) e profilo delle Vs con la profondità (destra) ricavati dall'analisi MASW.

Per maggiori dettagli sull'indagine a sismica attiva si veda l'Allegato 3.

Il profilo di Vs con la profondità pone in evidenza un primo sensibile aumento di velocità alla profondità di circa 3 m dal piano campagna, dove si passa da 160 a 325 m/s, evidenziando quindi un importante contrasto d'impedenza. Simile in entità è il secondo contrasto d'impedenza che viene individuato a circa 15 m, dove si passa da 425 a 589 m/s.

Verosimilmente, si può far corrispondere il primo contrasto d'impedenza con il passaggio dai terreni di copertura al primo strato ghiaioso che, secondo i sondaggi d'archivio, dovrebbe avere il tetto a 4,5 m ed il letto a circa 10 m.

Considerando i profili penetrometrici ricavati in questo studio, la situazione sismostratigrafica identificata dalla prova MASW sembra più correlabile al lotto occidentale, dove le resistenze alla penetrazione aumentano proprio a partire da circa 3 m.

Lo stesso giorno, a fianco dello stendimento a sismica attiva, e in un secondo momento, il 18/09/2020 sono state effettuate un totale di 3 registrazioni del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z). Attraverso la tecnica HVSR si è potuto valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito, ovvero la frequenza in corrispondenza della quale si ha il massimo valore del rapporto tra componente verticale (H) del moto sismico e componente verticale (V) dello stesso.

I dati ottenuti da tali indagini sono riassunti nella seguente tabella:

	<b>Frequenza (Hz)</b>	<b>rapporto H/V</b>
<b>HVSR 1</b>	12,6	2
<b>HVSR 2</b>	18,2	2,5
<b>HVSR 3</b>	15,6	2,5

Per tutti i dettagli tecnici di esecuzione delle analisi HVSR si rimanda all'Allegato 3.

Dall'applicazione della semplice relazione:

$$H = \frac{V_s}{4f}$$

dove  $V_s$  è la velocità delle onde **S** nei metri di terreno indagati dalle MASW e **f** è la frequenza in cui si ha il massimo dei rapporti H/V, è possibile stimare in modo approssimativo la profondità dell'interfaccia risonante identificata dal picco della curva H/V, pari a circa 8 m.

L'estrapolazione lineare del profilo di  $V_s$  ricavato dall'indagine MASW intercetta il bedrock sismico (inteso come il terreno con velocità delle onde S maggiore o uguale a 800 m/s) alla profondità di circa **40 m**. Se si utilizza una linea di tendenza tipo "potenza", la profondità del bedrock risulta a circa **70 m**.

## **5. MICROZONAZIONE SISMICA**

La carta delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) dello studio di microzonazione sismica di II livello del PSC di Fiorano Modenese (Figura 12) colloca l'area d'indagine all'interno della Zona 4, ovvero in zona stabile, suscettibile di amplificazioni locali, caratterizzata da una stratigrafia composta essenzialmente da depositi prevalentemente limosi, con strati ghiaioso-sabbiosi.

**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

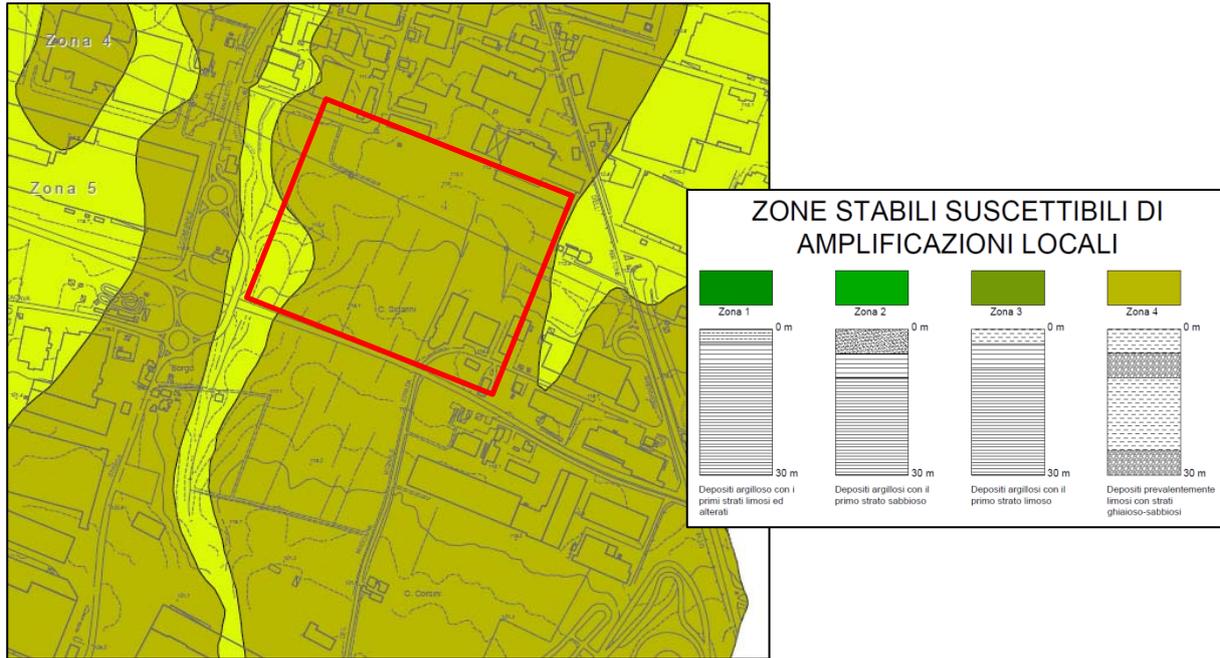


Figura 12 – Estratto della Tavola 02 “Carta MOPS” dello studio di microzonazione sismica di II livello del Comune di Fiorano Modenese. Il rettangolo rosso identifica l’area d’indagine.

La carta delle onde di taglio dello stesso studio di microzonazione sismica (Figura 13, sinistra) inserisce l’area d’indagine nell’Ambito di pianura padana con coperture su substrato a profondità inferiore a 100 m da piano campagna (Ambito “PIANURA 1” in base alla DAL/RER 112/2007). La  $V_{s30}$  ricavata da un’indagine MASW poco più a sud dell’area, lungo la strada vicinale Madonna del Sacrato, è pari a circa **300** m/s. La carta delle frequenze (Figura 13, destra) individua un picco dei rapporti H/V (frequenza di vibrazione fondamentale del terreno) a circa **14 Hz**, ovvero indicativo di una superficie di risonanza piuttosto superficiale che, in relazione al valore di  $V_{s30}$  individuato, dovrebbe essere posta a circa 5 m dal piano campagna, verosimilmente alla profondità di contatto tra i terreni limosi superficiali ed il tetto del primo strato ghiaioso.

Rispetto ai valori ricavati dalle indagini sismiche effettuate per questo studio, la  $V_{s30}$  ricavata dalla microzonazione comunale risulta circa 100 m/s più bassa, mentre la frequenza di vibrazione fondamentale si discosta di circa 2 Hz.



**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

**Indagini geofisiche**

-  Sondaggio in cui è stata eseguita una prova Down Hole
-  Array sismico Vs
-  Prova Re.Mi.
-  Prova MASW
-  Sigla univoca della prova con indicazione del valore di H (in m) e VsH (in m/s)

**Ambiti territoriali**

-  Ambito appennino e margine appenninico padano con substrato marino affiorante caratterizzato da Vs inferiori a 800 m/s
-  Ambito di pianura padana per coperture su substrato a profondità inferiore a 100m da p.c. (PIANURA 1)
-  Ambito di pianura e costiero assimilabile ad appennino e margine appenninico padano per substrato caratterizzato da Vs inferiori a 800 m/s

**Mappatura della frequenza di risonanza f<sub>0</sub> (Hz)**

-  3.0 - 5.0
-  5.1 - 8.0
-  >8.1
-  Assenza di picco di frequenza fondamentale

**f<sub>0</sub> f<sub>1</sub> frequenze (Hz)**

-   3.1 - 5.0
-   5.1 - 8.0
-   > 8.1

**ampiezza del picco**

- f<sub>0</sub>**  ≤ 3  > 3
- f<sub>1</sub>**  ≤ 2  > 2

Figura 13 – Stralcio della tavola “Carta delle velocità delle onde di taglio S” (sinistra) e della tavola “Carta delle frequenze” (destra) dello Studio di microzonazione sismica di II livello” del Comune di Fiorano Modenese. I rettangoli blu identificano l’area d’indagine.

Infine, sempre lo studio di microzonazione condotto in base agli indirizzi della DAL/RER 112/2007 individua, per l’area, fattori di amplificazione del segnale sismico riassumibili in:

- F.A. PGA: 1,6
- F.A. IS<sub>0,1-0,5s</sub>: 1,8
- F.A. IS<sub>0,5-1s</sub>: 2,4

In base ai nuovi indirizzi di microzonazione sismica contenuti nella DGR 2193/2015, la stratigrafia e la sismostratigrafia ricavati in questo studio inseriscono l’area nell’Ambito “**MARGINE A**”: caratterizzato da spessore dei terreni fini sovrastanti gli orizzonti grossolani inferiore a 30 m e in cui gli strati grossolani sovrastano direttamente il substrato. La profondità del substrato è all’incirca tra 50 e 100 m dal p.c., del tutto in linea con il dato estrapolato dai valori di Vs dell’indagine MASW nei primi 30 m. In questo caso si utilizza Vs<sub>H</sub>, compresa tra 150 e 300 /s, dove H è la profondità, in metri dal p.c., del primo contrasto d’impedenza significativo, spesso coincidente con il tetto delle ghiaie pleistoceniche. In questo caso, H è pari a 2,5 m (anche se nel caso specifico non coincide col tetto delle ghiaie, ma è a tutti gli effetti la profondità in cui si registra il massimo contrasto d’impedenza) e la Vs<sub>H</sub> è pari a 161 m/s.

I nuovi fattori d’amplificazione sono i seguenti:

- F.A. PGA: 2,3
- F.A. IS<sub>10,1-0,5s</sub>: 2,2
- F.A. IS<sub>20,5-1s</sub>: 1,8

La stratigrafia del luogo dedotta da dati bibliografici, unitamente ai profili di resistenza ricavati per questo studio ed alla quota della falda freatica individuata da Arpae a circa -20/-25 m dal piano campagna consentono di valutare come molto improbabile il fenomeno della liquefazione in caso di eventi sismici.

## **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 eseguiti, è stato possibile caratterizzare il terreno in esame dai punti di vista litostratigrafico, geotecnico 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 costruzione di nuovi capannoni produttivi**.

Dallo studio eseguito emerge come l'area si collochi in una zona a debole inclinazione topografica, che permette uno sviluppo edilizio senza particolari problemi, con presenza di terreni che, nei circa 10 m indagati dalle prove, sono caratterizzati da limi sabbiosi che ricoprono, a profondità molto diverse, il tetto del primo strato ghiaioso.

Le prove penetrometriche statiche hanno permesso di ricostruire un modello attendibile per i primi 5,8 metri di terreno, dopodiché il dettaglio stratigrafico raggiungibile con le prove penetrometriche dinamiche non permette, in ogni caso, di identificare con precisione la natura compositiva dei vari strati fino ai 10 metri indagati, ma è sufficiente per attribuire ad essi una adeguata caratterizzazione geomeccanica, sulla base dei profili di resistenza individuati. Caratterizzazione che individua i valori più scarsi dei principali parametri di resistenza geomeccanica tra 6,6 e 8 m nel lotto orientale; tra 5,2 e 7,4 m nel lotto occidentale.

Il presente elaborato è redatto a supporto dell'Accordo Operativo e le considerazioni qui esposte sono finalizzate a questa fase del procedimento; in fase esecutiva successiva, dovranno poi essere approntate nuove indagini geognostiche opportunamente ubicate secondo le sagome effettive dei nuovi interventi edilizi per potere meglio definire il modello stratigrafico e geotecnico, che, come è stato illustrato in precedenza, cambia in modo significativo nelle diverse porzioni di comparto indagato.

La soggiacenza della falda più superficiale, sulla scorta dei dati ricavabili dalle campagne piezometriche di Arpae, dovrebbe attestarsi a circa -20/25 m dal p.d.c. In occasione dell'esecuzione delle 5 prove penetrometriche dinamiche in corrispondenza dell'area di studio, la falda è stata intercettata solo all'interno del lotto occidentale, a circa -4 m dal p.d.c.

Per la caratterizzazione sismica del terreno sono stati utilizzati i dati ricavati da un'indagine a sismica attiva con metodologia d'analisi MASW realizzata in data 26/11/2018 in corrispondenza dell'area d'indagine, che ha restituito un valore di  $V_{s30}$  pari a **402** m/s, permettendo di assegnare al terreno in esame la categoria **B** "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

L'estrapolazione lineare e con linea di potenza dei valori di  $V_s$  ricavati nei primi 30 m permette di ipotizzare la profondità dell'intercetta col bedrock sismico, rispettivamente, a 40 e 70 m dal p.d.c.

**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

---

Lo stesso giorno, a fianco dello stendimento a sismica attiva, è stata effettuata una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Attraverso la tecnica HVSR effettuata in tre siti si è potuto valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito, risultata mediamente a circa **15,5 Hz**.

La microzonazione sismica, in base agli indirizzi contenuti nella DGR 2193/2015, inserisce l'area nell'Ambito "MARGINE A", da cui discendono i seguenti fattori d'amplificazione, calcolati assumendo la profondità della principale superficie risonante a circa 3 m dal p.d.c.:

F.A. PGA:	2,3
F.A. IS <sub>10,1-0,5s</sub> :	2,2
F.A. IS <sub>20,5-1s</sub> :	1,8

La stratigrafia del luogo dedotta da dati bibliografici, unitamente ai profili di resistenza ricavati per questo studio ed alla quota della falda freatica individuata da Arpae a circa -20/-25 m dal piano campagna consentono di valutare come molto improbabile il fenomeno della liquefazione in caso di eventi sismici.

Modena, 7/05/2021

Il Tecnico incaricato

Dott. Geol. Valeriano Franchi



The image shows a handwritten signature in blue ink over a circular professional stamp. The stamp contains the text: "COMUNE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA", "VALERIANO FRANCHI", "Esilio-Roncole Verdi", "GEOLOGO", "REG. N. 559 ALBO. P. F. 1/15".

# **Allegato 1**

## **Indagini geognostiche Archivio dati geognostici della Regione Emilia-Romagna**

219070

Regione Emilia-Romagna

**SCHEMA DA RITORNARE AL GENIO CIVILE**

Pratica N° 

3	0	6	0
S	6	4	

COMPENSORIO 


  
COMUNE-Istat 


P658A

Codice fiscale 00173930363  
POZZO N. 2 ESISTENTE

-Ditta CERAMICHE CONCORDE S.p.A.

residente a Spezzano di Fiorano in Via Canaletto 135

-Pozzo ad uso INDUSTRIALE in Comune di FIORANO MODENESE

Frazione SPEZZANO Località SPEZZANO Via Canaletto Mapp.N° 50 /Fg. 7

-Data di ultimazione della perforazione: NOVEMBRE 1981

-Ditta perforatrice: ZAGNI I.

CARATTERISTICHE DEL POZZO	
*vanopozzo (si o no)	<u>no</u>
*diametro interno tubi mm.	<u>150</u>
*profondità mt.	<u>100</u>

EQUIPAGGIAMENTO	
* tipo della pompa	<u>A GIRANTI</u>
* tubo pompa Ø mm.	<u>60</u>
*potenza cv	<u>5.5</u>
*prevalenza mt.	<u>140</u>
*portata lt/sec.	<u>1.2</u>

- Livello dinamico mt. 15  
 - Livello statico mt. 15  
 - Portata pozzo: lt/sec. 1.2  
 - Superficie irrigata:  
 no. === are === ca. ===  
 - Consumo giornaliero (24 ore):  
 metri cubi 40

STRATIGRAFIA DEL TERRENO		Falde captate
Indicare la natura dei terreni e le FALDE ACQUIFERE attraversati		
-da mt. <u>4.50</u> a mt. <u>10.00</u>	<u>Ghiaia</u>	
-da mt. <u>10.00</u> a mt. <u>28.50</u>	<u>Argilla</u>	
-da mt. <u>28.50</u> a mt. <u>33.00</u>	<u>Ghiaia</u>	
- da mt. <u>33.00</u> a mt. <u>46.00</u>	<u>Argilla</u>	
-da mt. <u>46.00</u> a mt. <u>48.50</u>	<u>Ghiaia</u>	
- da mt. <u>48.50</u> a mt. <u>74</u>	<u>Argilla</u>	
-da mt. <u>74.00</u> a mt. <u>80</u>	<u>Ghiaia e sabbia</u>	
-da mt. <u>80.00</u> a mt. <u>82</u>	<u>Limo e terra</u>	
- da mt. <u>82.00</u> a mt. <u>84</u>	<u>Ghiaia e sabbia</u>	
-da mt. <u>84.00</u> a mt. <u>95.00</u>	<u>Argilla</u>	
- da mt. <u>95.00</u> a <u>99.50</u>	<u>Ghiaietto</u>	
-da mt. <u>99.50</u> a mt. <u>100.00</u>	<u>Argilla</u>	

SOSTITUITO  
V. SCHEDE DA  
PERVENUTA IL  
7/10/82

Localizzazione del pozzo			
Long.	<u>10°51'14"</u>	Lat.	<u>44°32'46"</u>
Ha.	<u>==</u>		
Quota piano campagna: m.s.l.m.			

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

Data 9 6/10/1989  
Firma [Signature]  
**CERAMICHE CONCORDE S.p.A.**  
Via Canaletto, 135

41040 SPEZZANO DI FIORANO (Mo)  
Cod. Fisc. e P. IVA 00173930363

ANNOTAZIONI:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

R.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.

COMPIRE ANCHE NEL RETRO



## **Allegato 2**

### **Indagini geognostiche eseguite per questo studio**

**(5 DPSH)**



**DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI**

Maglio 63.5 [Kg]

Altezza di caduta 0.75 [m]

Area della punta 20.43 [cm<sup>2</sup>]

Angolo della punta 90 [gradi]

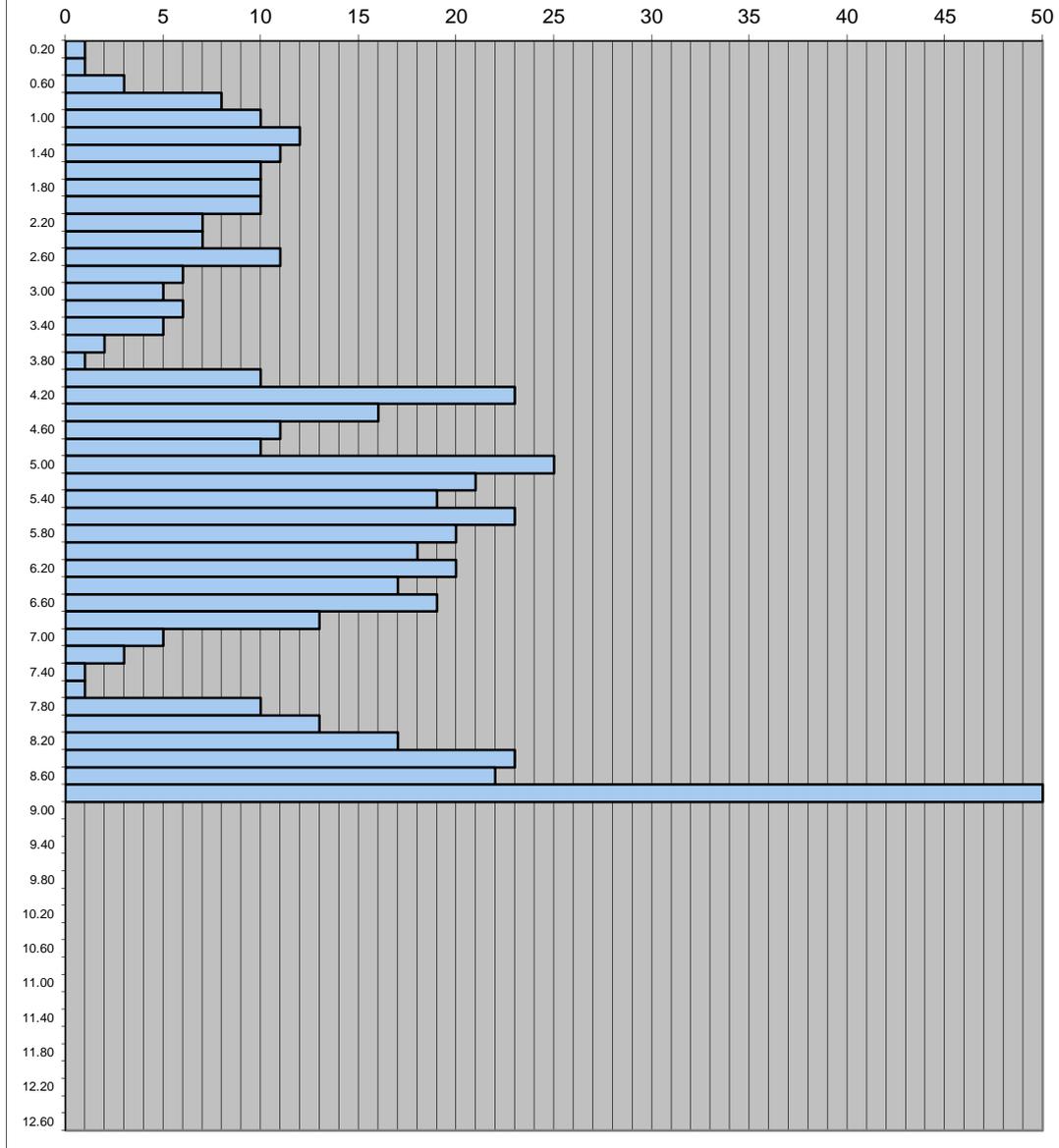
Peso delle aste 6.31 [Kg/m]

Massa passiva 0.6 [Kg]

Raffronto statico 0.5

Prova n. DPSH 1  
Data 26/11/2018  
Committente Atlas Concorde  
Ubicazione dell'intervento Fiorano Modenese  
Falda: assente

**GRAFICO NUMERO COLPI PER AVANZAMENTO DI 20 cm**



**DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI**

Maglio 63.5 [Kg]

Altezza di caduta 0.75 [m]

Area della punta 20.43 [cm<sup>2</sup>]

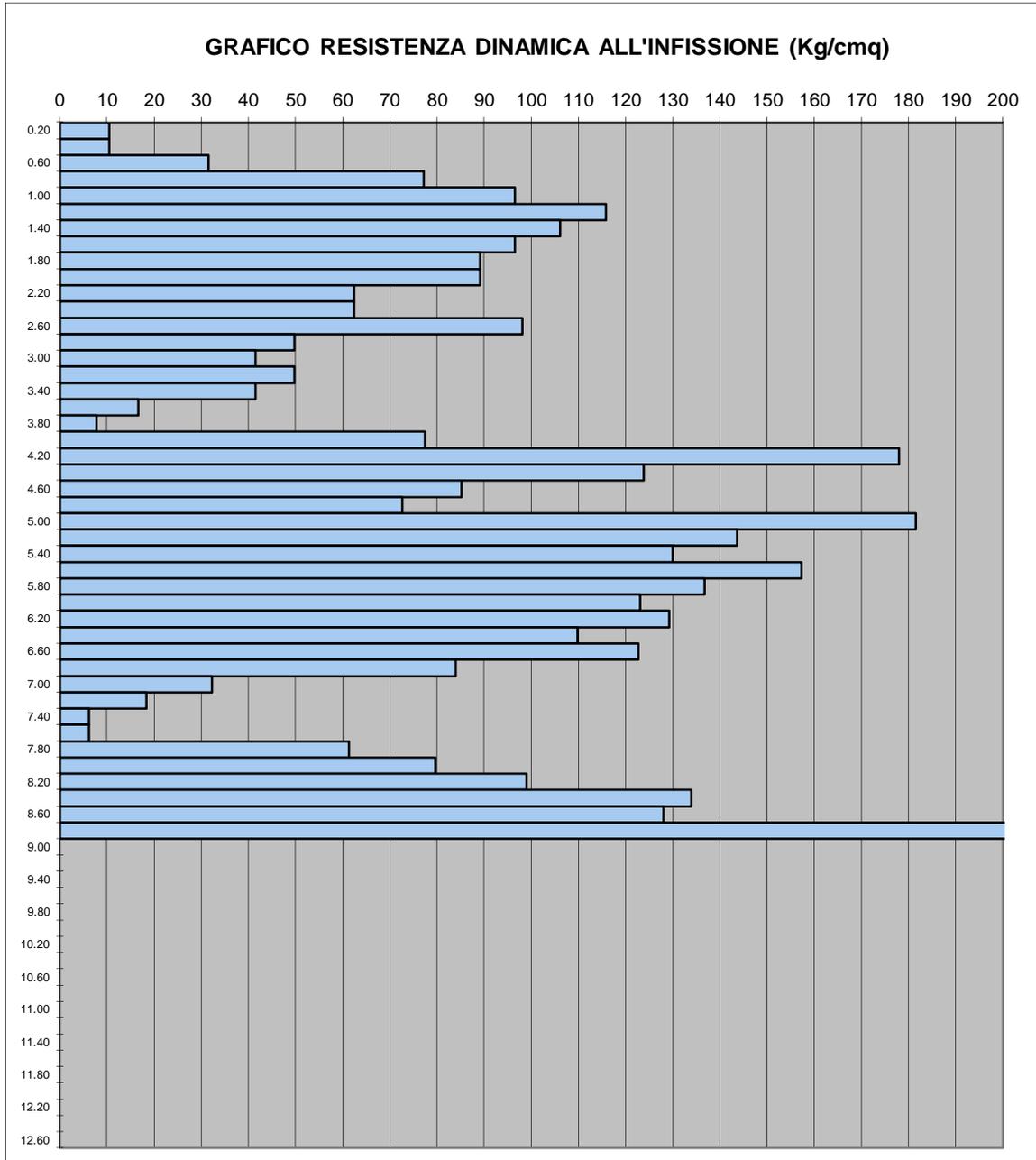
Angolo della punta 90 [gradi]

Peso delle aste 6.31 [Kg/ml]

Massa passiva 0.6 [Kg]

Raffronto statico 0.5

Prova n. DPSH 1  
Data 26/11/2018  
Committente Atlas Concorde  
Ubicazione dell'intervento Fiorano Modenese  
Falda: assente





**DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI**

Maglio 63.5 [Kg]

Altezza di caduta 0.75 [m]

Area della punta 20.43 [cm<sub>2</sub>]

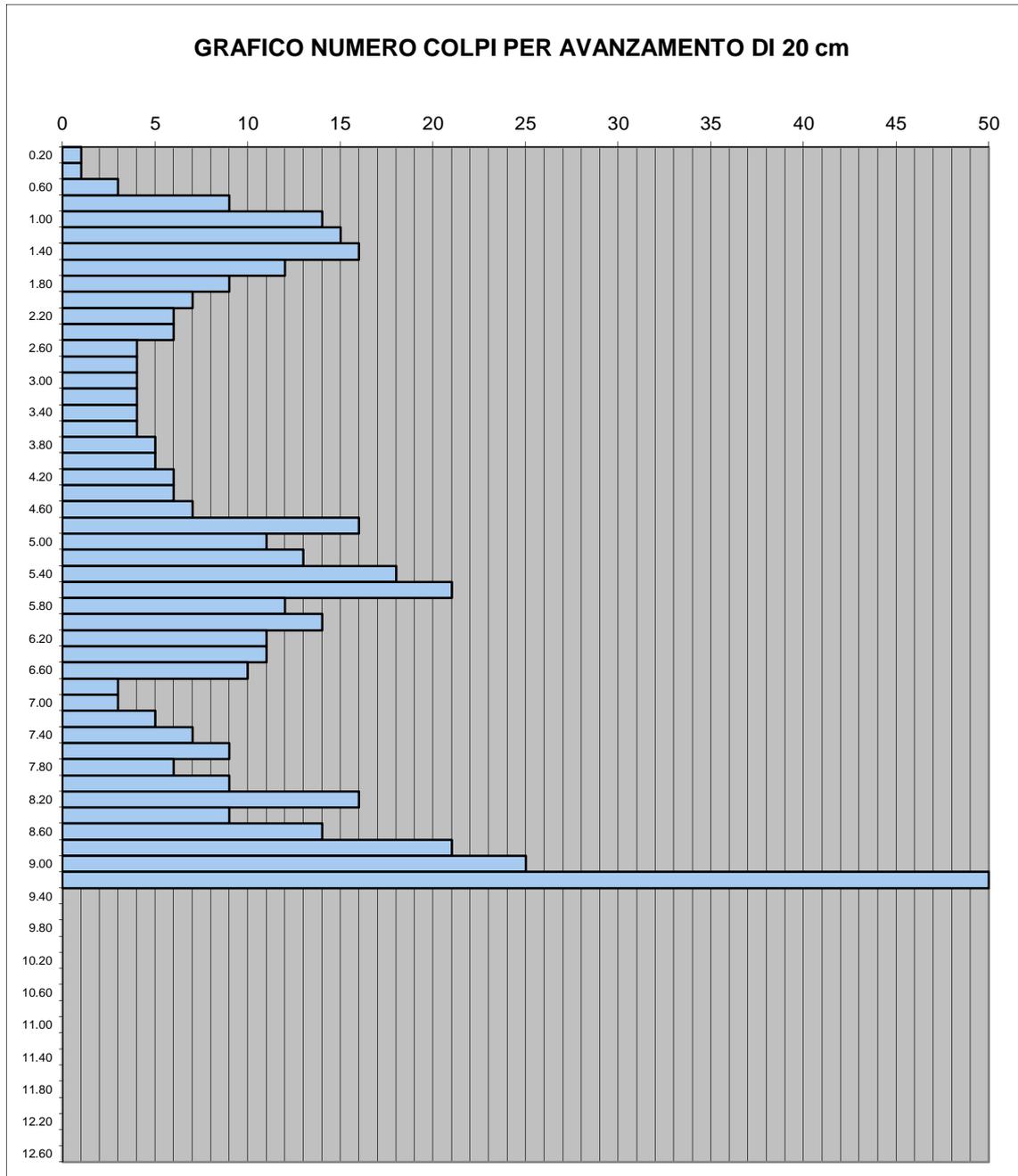
Angolo della punta 90 [gradi]

Peso delle aste 6.31 [Kg/ml]

Massa passiva 0.6 [Kg]

Raffronto statico 0.5

Prova n. DPSH 2  
Data 26/11/2018  
Committente Atlas Concorde  
Ubicazione dell'intervento Fiorano Modenese  
Falda: assente



**DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI**

Maglio 63.5 [Kg]

Altezza di caduta 0.75 [m]

Area della punta 20.43 [cm<sup>2</sup>]

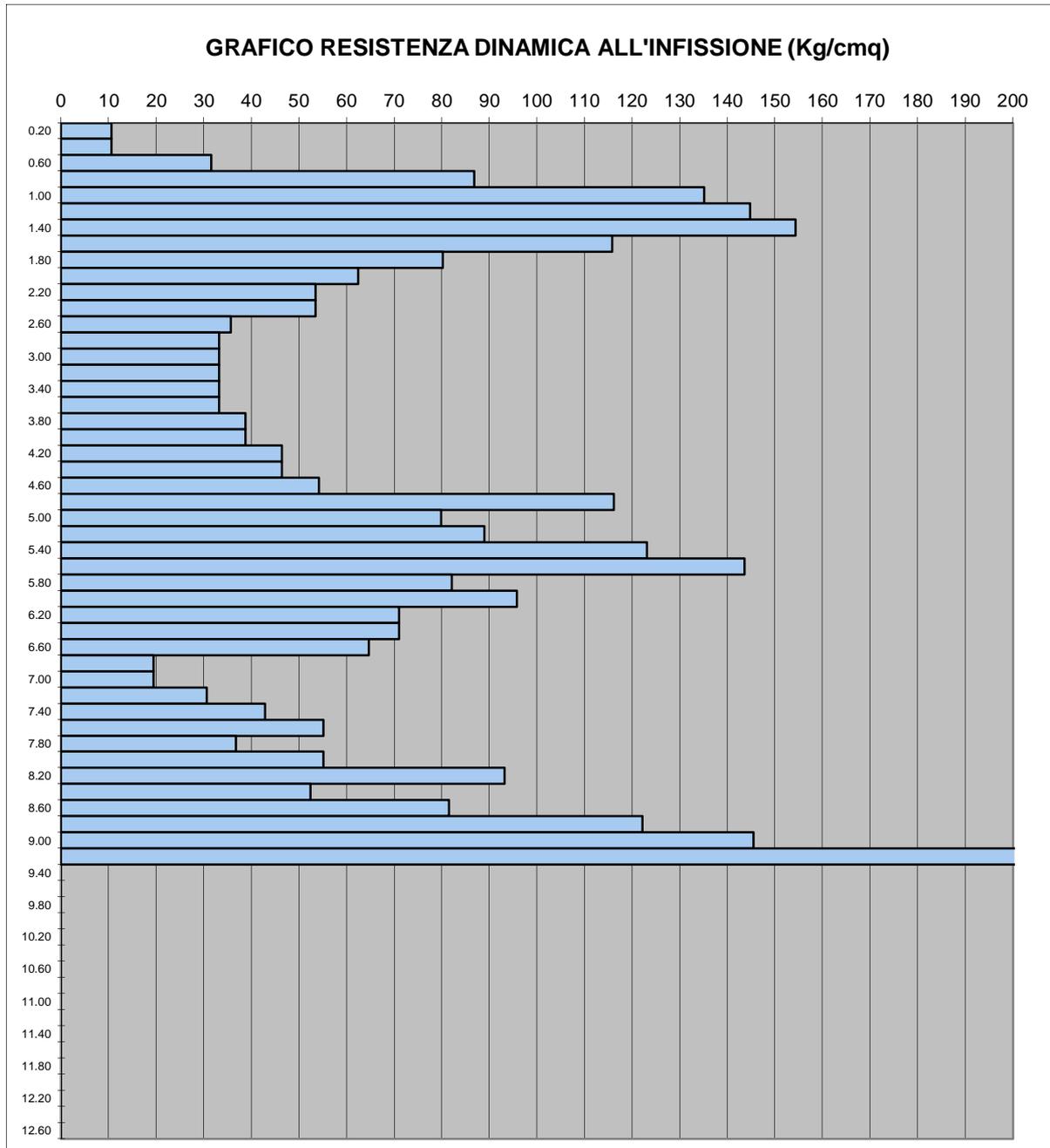
Angolo della punta 90 [gradi]

Peso delle aste 6.31 [Kg/ml]

Massa passiva 0.6 [Kg]

Raffronto statico 0.5

Prova n. DPSH 2  
Data 26/11/2018  
Committente Atlas Concorde  
Ubicazione dell'intervento Fiorano Modenese  
Falda: assente





**DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI**

Maglio 63.5 [Kg]

Altezza di caduta 0.75 [m]

Area della punta 20.43 [cm<sub>2</sub>]

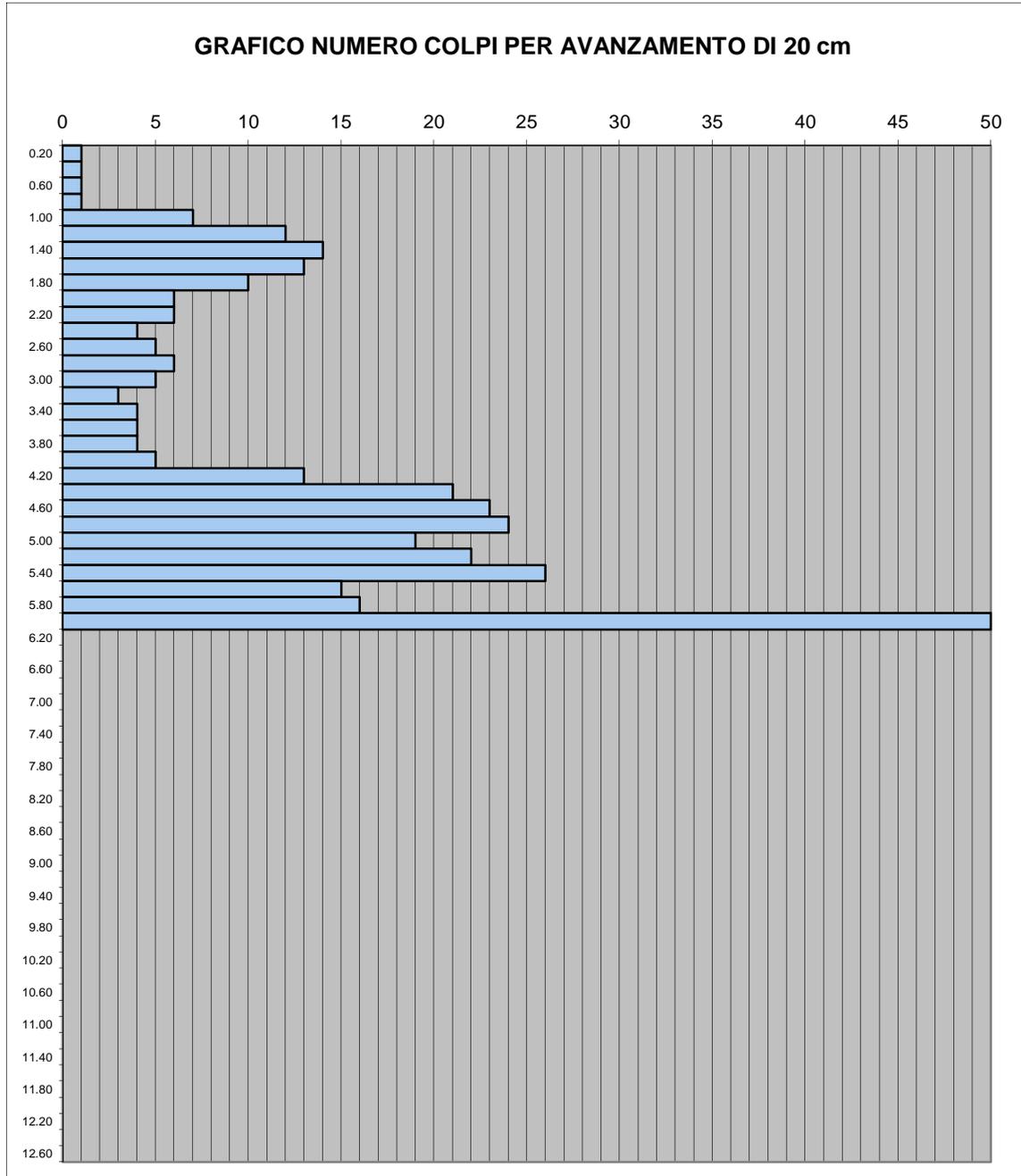
Angolo della punta 90 [gradi]

Peso delle aste 6.31 [Kg/ml]

Massa passiva 0.6 [Kg]

Raffronto statico 0.5

Prova n. DPSH 3  
Data 26/11/2018  
Committente Atlas Concorde  
Ubicazione dell'intervento Fiorano Modenese  
Falda: assente



**DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI**

Maglio 63.5 [Kg]

Altezza di caduta 0.75 [m]

Area della punta 20.43 [cm<sup>2</sup>]

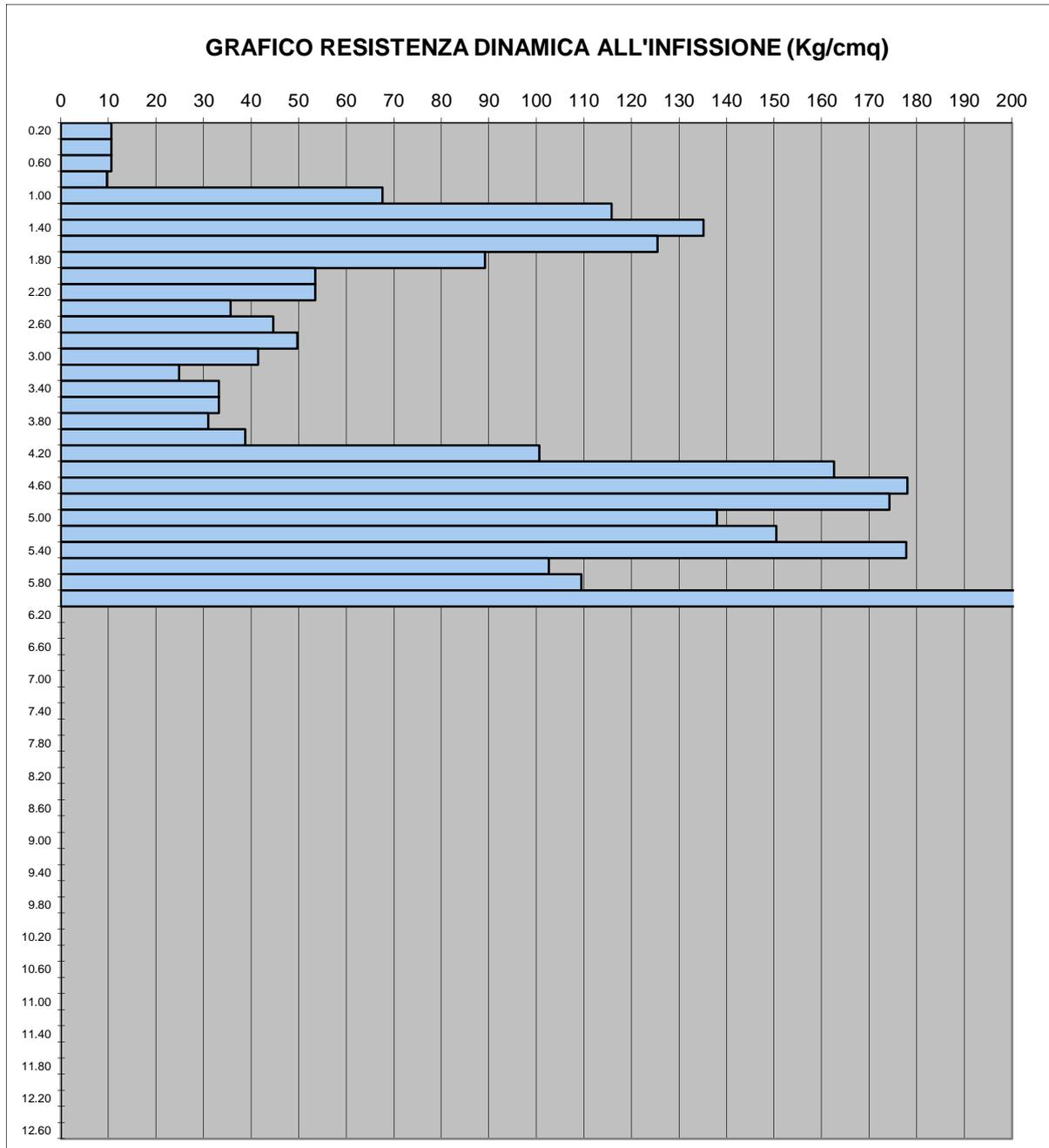
Angolo della punta 90 [gradi]

Peso delle aste 6.31 [Kg/ml]

Massa passiva 0.6 [Kg]

Raffronto statico 0.5

Prova n. DPSH 3  
Data 26/11/2018  
Committente Atlas Concorde  
Ubicazione dell'intervento Fiorano Modenese  
Falda: assente

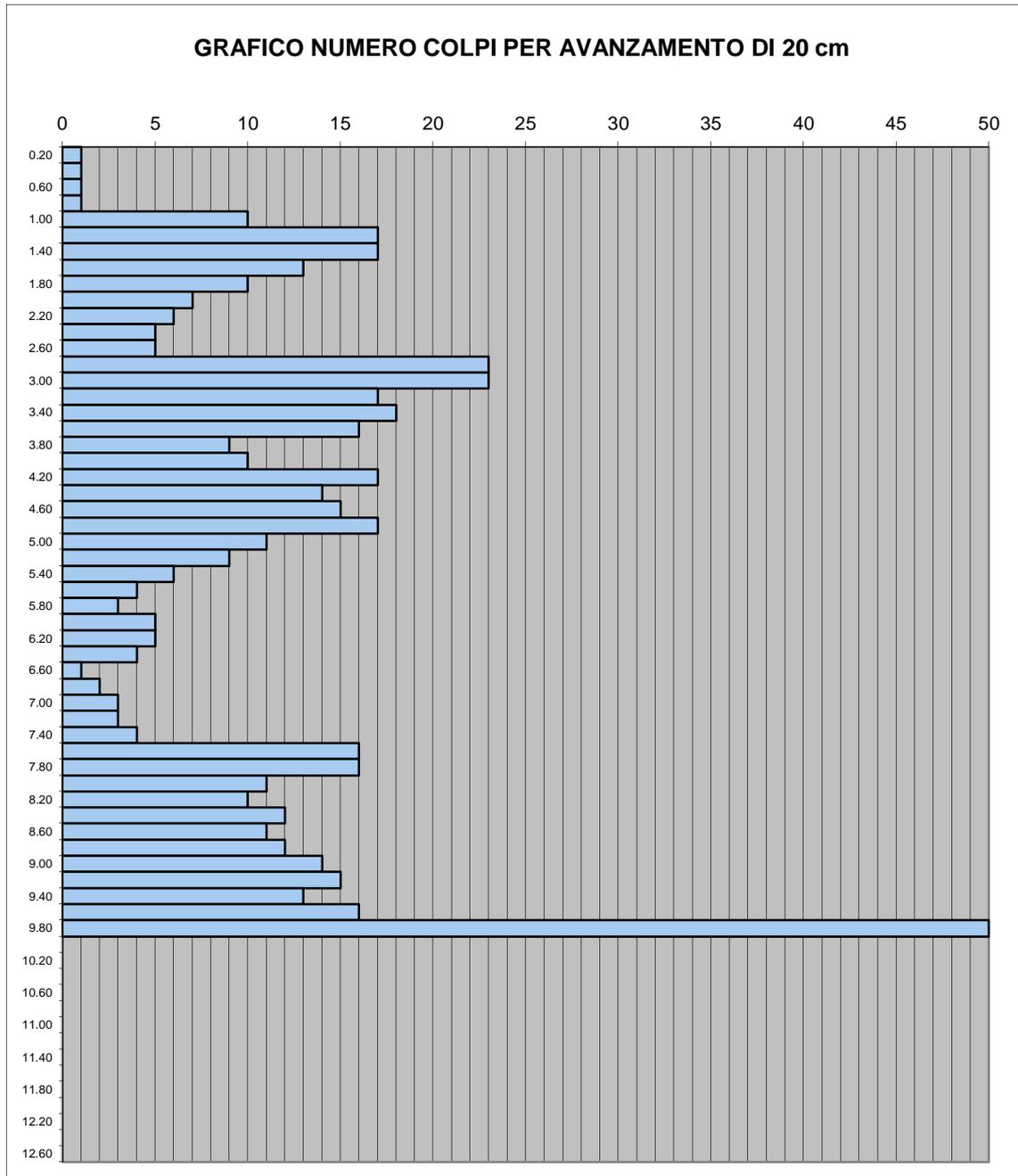




**DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI**

Prova n.            DPSH        4  
Data                26/11/2018  
Committente        Atlas Concorde  
Ubicazione dell'intervento    Fiorano Modenese  
Falda:              3.8

Maglio              63.5        [Kg]  
Altezza di caduta    0.75        [m]  
Area della punta     20.43       [cm<sub>2</sub>]  
Angolo della punta    90          [gradi]  
Peso delle aste       6.31        [Kg/ml]  
Massa passiva        0.6         [Kg]  
Raffronto statico    0.5



**DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI**

Maglio 63.5 [Kg]

Altezza di caduta 0.75 [m]

Area della punta 20.43 [cm<sub>2</sub>]

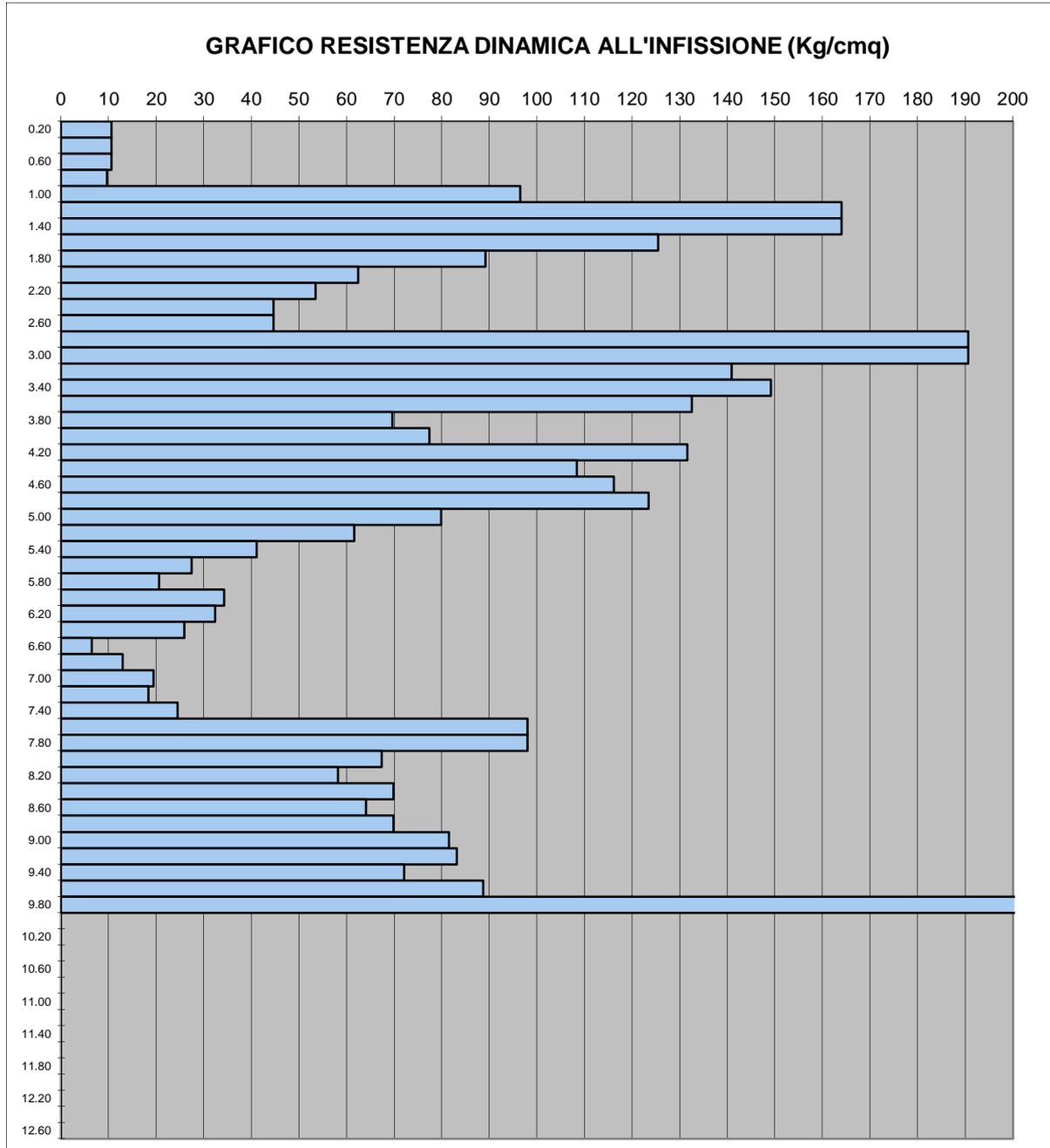
Angolo della punta 90 [gradi]

Peso delle aste 6.31 [Kg/ml]

Massa passiva 0.6 [Kg]

Raffronto statico 0.5

Prova n. DPSH 4  
Data 26/11/2018  
Committente Atlas Concorde  
Ubicazione dell'intervento Fiorano Modenese  
Falda: 3.8

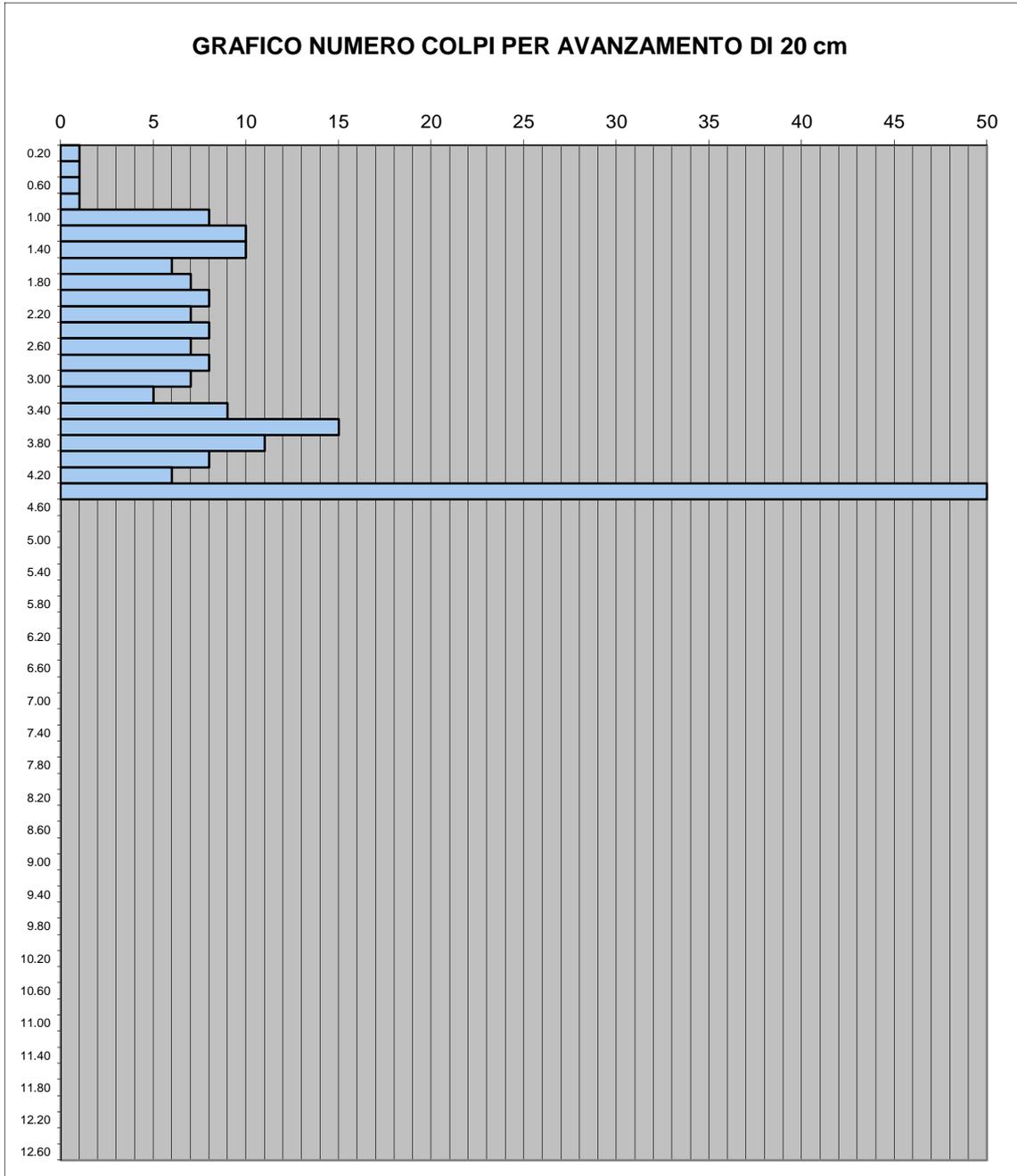




**DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI**

Prova n.            DPSH        5  
Data                26/11/2018  
Committente        Atlas Concorde  
Ubicazione dell'intervento    Fiorano Modenese  
Falda:              4.2

Maglio              63.5        [Kg]  
Altezza di caduta    0.75        [m]  
Area della punta     20.43       [cm<sub>2</sub>]  
Angolo della punta    90          [gradi]  
Peso delle aste       6.31        [Kg/ml]  
Massa passiva        0.6         [Kg]  
Raffronto statico    0.5



**DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI**

Maglio 63.5 [Kg]

Altezza di caduta 0.75 [m]

Area della punta 20.43 [cm<sup>2</sup>]

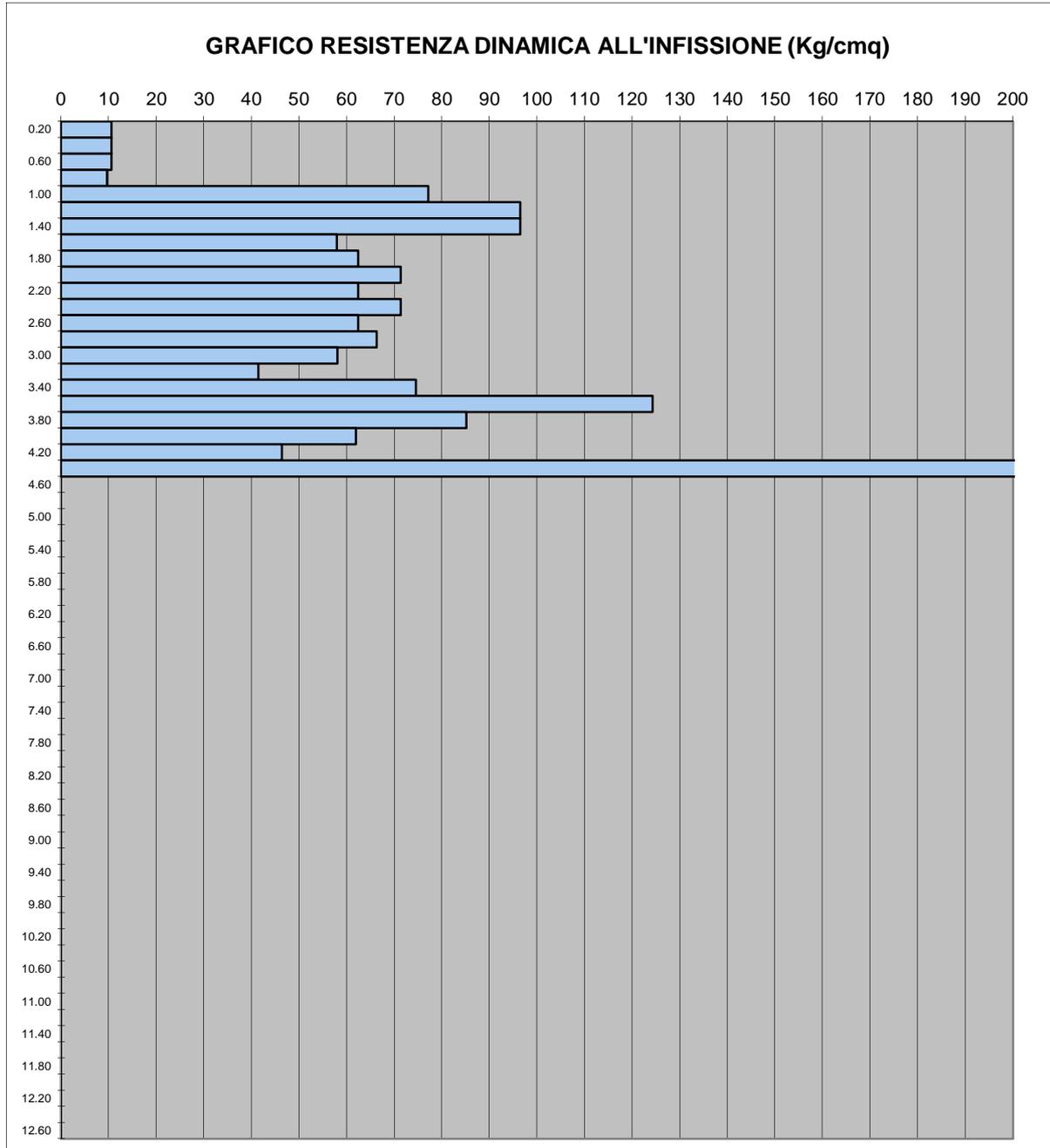
Angolo della punta 90 [gradi]

Peso delle aste 6.31 [Kg/ml]

Massa passiva 0.6 [Kg]

Raffronto statico 0.5

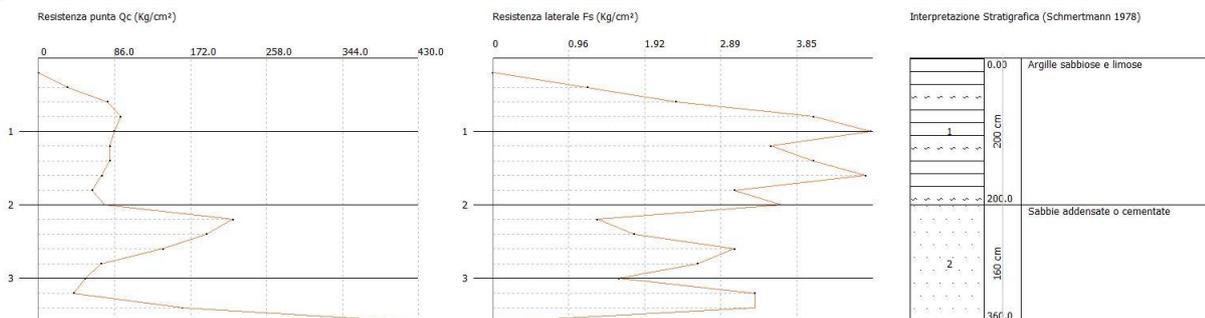
Prova n. DPSH 5  
Data 26/11/2018  
Committente Atlas Concorde  
Ubicazione dell'intervento Fiorano Modenese  
Falda: 4.2



## **Allegato 3**

### **Indagini geognostiche eseguite per questo studio**

**(6 CPT)**

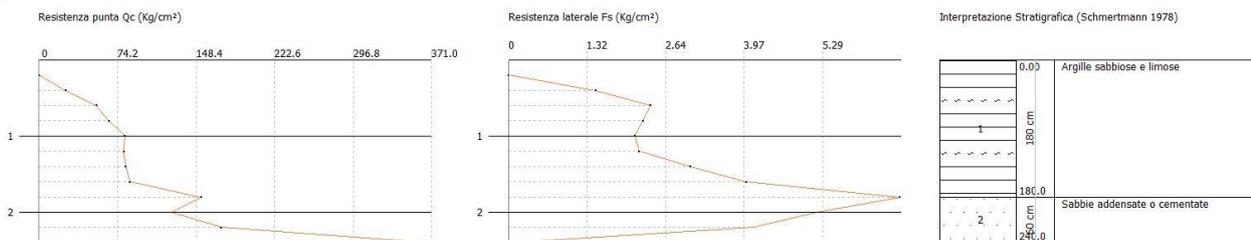


PROVA ... 6

Committente:  
Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN  
Prova eseguita in data: 18/09/2020  
Profondità prova: 3.60 mt  
Località: Fiorano

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.00	0.00		
0.40	33.00	58.0	33.00	1.20	27.50	3.6
0.60	78.00	96.0	78.00	2.33	33.48	3.0
0.80	93.00	128.0	93.00	4.07	22.85	4.4
1.00	86.00	147.0	86.00	4.80	17.92	5.6
1.20	81.00	153.0	81.00	3.53	22.95	4.4
1.40	81.00	134.0	81.00	4.07	19.90	5.0
1.60	72.00	133.0	72.00	4.73	15.22	6.6
1.80	61.00	132.0	61.00	3.07	19.87	5.0
2.00	75.00	121.0	75.00	3.67	20.44	4.9
2.20	220.00	275.0	220.00	1.33	165.41	0.6
2.40	190.00	210.0	190.00	1.80	105.56	0.9
2.60	141.00	168.0	141.00	3.07	45.93	2.2
2.80	71.00	117.0	71.00	2.60	27.31	3.7
3.00	53.00	92.0	53.00	1.60	33.13	3.0
3.20	40.00	64.0	40.00	3.33	12.01	8.3
3.40	163.00	213.0	163.00	3.33	48.95	2.0
3.60	430.00	480.0	430.00	0.00		0.0

Prof. Strato (m)	qc (Minimo) (Kg/cm²)	fs Minima (Kg/cm²)	Gamma (Minimo) (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
2.00	66.00	3.15	2.2	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
3.60	163.50	2.13	2.1	Incoerente-Coesivo	Sabbie addensate o cementate

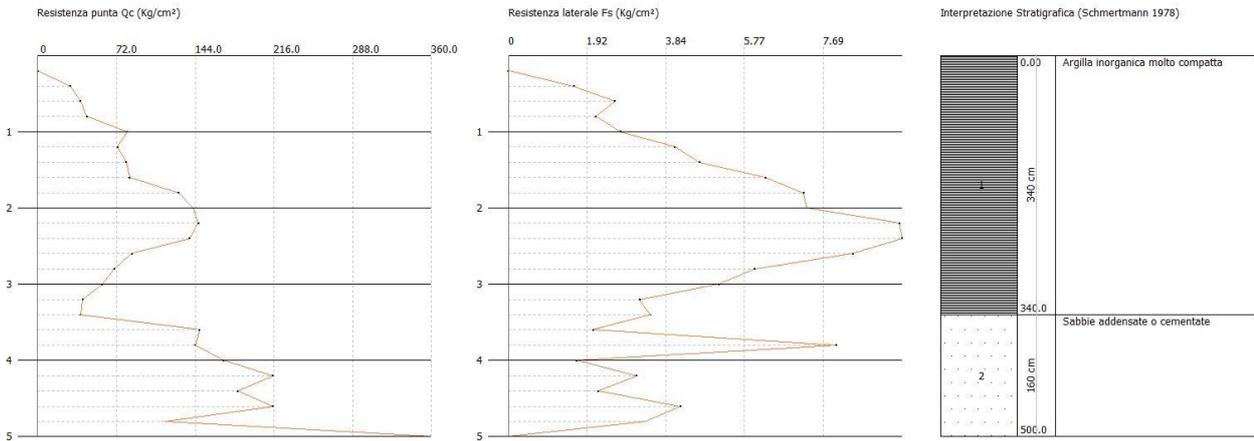


PROVA ... 7

Committente:  
Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN  
Prova eseguita in data: 18/09/2020  
Profondità prova: 2.40 mt  
Località: Fiorano

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.00	0.00		
0.40	25.00	35.0	25.00	1.47	17.05	5.9
0.60	54.00	76.0	54.00	2.40	22.50	4.4
0.80	66.00	102.0	66.00	2.27	29.12	3.4
1.00	81.00	115.0	81.00	2.13	37.97	2.6
1.20	80.00	112.0	80.00	2.20	36.36	2.8
1.40	82.00	115.0	82.00	3.07	26.74	3.7
1.60	86.00	132.0	86.00	4.00	21.50	4.7
1.80	153.00	213.0	153.00	6.60	23.18	4.3
2.00	125.00	224.0	125.00	5.20	24.04	4.2
2.20	172.00	250.0	172.00	4.13	41.61	2.4
2.40	371.00	433.0	371.00	0.00		0.0

Prof. Strato (m)	qc (Minimo) (Kg/cm²)	fs Minima (Kg/cm²)	Gamma (Minimo) (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1.80	69.67	2.68	2.2	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
2.40	222.67	3.11	2.2	Incoerente-Coesivo	Sabbie addensate o cementate

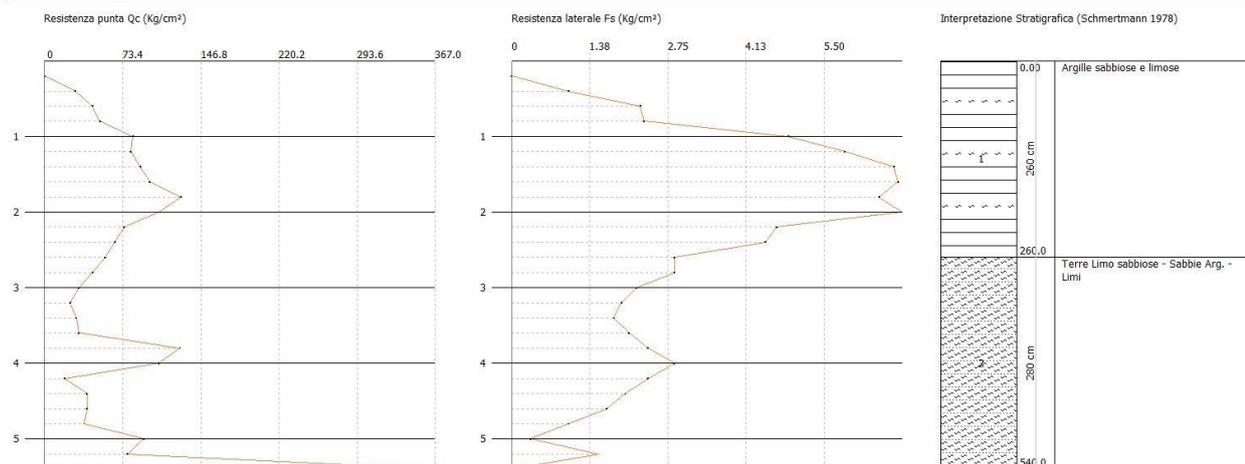


PROVA ... 8

Committente:  
Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN  
Prova eseguita in data: 18/09/2020  
Profondità prova: 5.00 mt  
Località: Fiorano

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.00	0.00		
0.40	30.00	45.0	30.00	1.60	18.75	5.3
0.60	39.00	63.0	39.00	2.60	15.00	6.7
0.80	45.00	84.0	45.00	2.13	21.09	4.7
1.00	82.00	114.0	82.00	2.73	30.00	3.3
1.20	73.00	114.0	73.00	4.07	17.95	5.6
1.40	81.00	142.0	81.00	4.67	17.36	5.8
1.60	84.00	154.0	84.00	6.27	13.40	7.5
1.80	129.00	223.0	129.00	7.20	17.92	5.6
2.00	142.00	250.0	142.00	7.27	19.54	5.1
2.20	147.00	256.0	147.00	9.53	15.42	6.5
2.40	139.00	282.0	139.00	9.60	14.48	6.9
2.60	86.00	230.0	86.00	8.40	10.24	9.8
2.80	70.00	196.0	70.00	6.00	11.67	8.6
3.00	59.00	149.0	59.00	5.13	11.49	8.7
3.20	41.00	118.0	41.00	3.20	12.81	7.8
3.40	39.00	87.0	39.00	3.47	11.25	8.9
3.60	148.00	200.0	148.00	2.07	71.61	1.4
3.80	144.00	175.0	144.00	8.00	18.00	5.6
4.00	170.00	290.0	170.00	1.67	102.00	1.0
4.20	215.00	240.0	215.00	3.13	68.62	1.5
4.40	183.00	230.0	183.00	2.20	83.18	1.2
4.60	215.00	248.0	215.00	4.20	51.19	2.0
4.80	117.00	180.0	117.00	3.33	35.10	2.8
5.00	360.00	410.0	360.00	0.00		0.0

Prof. Strato (m)	qc (Minimo) (Kg/cm²)	fs Minima (Kg/cm²)	Gamma (Minimo) (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
3.40	75.65	4.93	2.2	Incoerente-Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
5.00	194.00	3.08	2.1	Incoerente-Coesivo	Sabbie addensate o cementate



PROVA ... 9

Committente:  
Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN  
Prova eseguita in data: 18/09/2020  
Profondità prova: 5.40 mt  
Località: Fiorano

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.00	0.00		
0.40	29.00	43.0	29.00	1.00	29.00	3.4
0.60	45.00	60.0	45.00	2.27	19.85	5.0
0.80	52.00	86.0	52.00	2.33	22.29	4.5
1.00	83.00	118.0	83.00	4.87	17.05	5.9
1.20	81.00	154.0	81.00	5.87	13.81	7.2
1.40	90.00	178.0	90.00	6.73	13.37	7.5
1.60	99.00	200.0	99.00	6.80	14.56	6.9
1.80	128.00	230.0	128.00	6.47	19.79	5.1
2.00	108.00	205.0	108.00	6.87	15.73	6.4
2.20	75.00	178.0	75.00	4.67	16.07	6.2
2.40	66.00	136.0	66.00	4.47	14.78	6.8
2.60	57.00	124.0	57.00	2.87	19.88	5.0
2.80	45.00	88.0	45.00	2.87	15.70	6.4
3.00	32.00	75.0	32.00	2.20	14.55	6.9
3.20	24.00	57.0	24.00	1.93	12.41	8.1
3.40	30.00	59.0	30.00	1.80	16.67	6.0
3.60	32.00	59.0	32.00	2.07	15.48	6.5
3.80	127.00	158.0	127.00	2.40	52.92	1.9
4.00	107.00	143.0	107.00	2.87	37.33	2.7
4.20	19.00	62.0	19.00	2.40	7.92	12.6
4.40	40.00	76.0	40.00	2.00	20.00	5.0
4.60	40.00	70.0	40.00	1.67	24.00	4.2
4.80	37.00	62.0	37.00	1.00	37.00	2.7
5.00	93.00	108.0	93.00	0.33	279.00	0.4
5.20	78.00	83.0	78.00	1.53	50.87	2.0
5.40	367.00	390.0	367.00	0.00		0.0

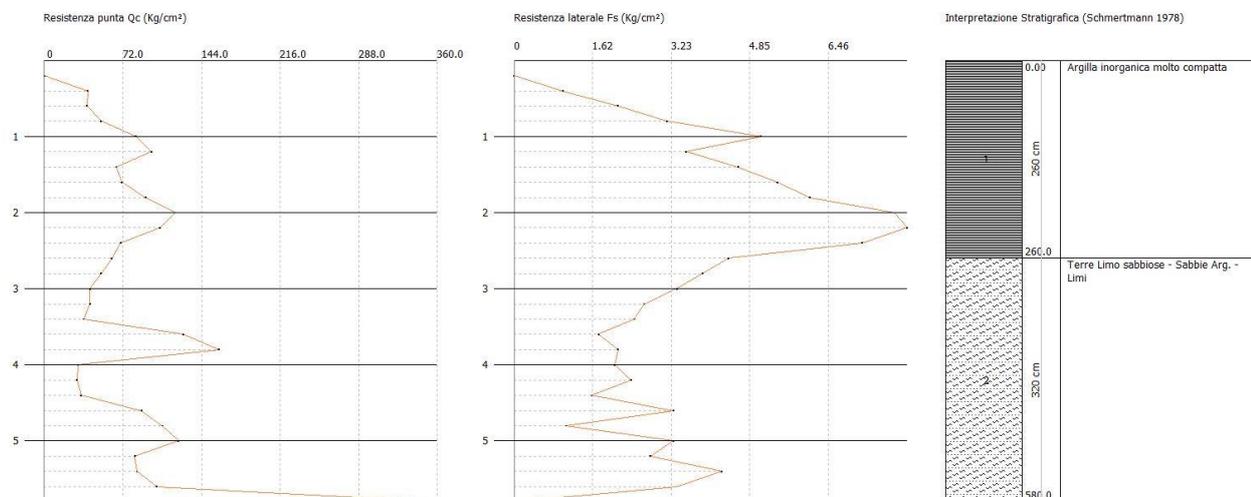
Prof. Strato (m)	qc (Minimo) (Kg/cm²)	fs Minima (Kg/cm²)	Gamma (Minimo) (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
2.60	70.23	4.25	2.2	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
5.40	76.50	1.79	2.0	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose

Dott. Geol. Valeriano Franchi  
Viale Caduti in Guerra 1. Modena

Probe CPT - Cone Penetration 10  
Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente:  
Cantiere: Atlas Concorde - Florim  
Località: Fiorano

Data: 18/09/2020



PROVA ... 10

Committente:  
Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN  
Prova eseguita in data: 18/09/2020  
Profondità prova: 5.80 mt  
Località: Fiorano

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.00	0.00		
0.40	40.00	51.0	40.00	1.00	40.00	2.5
0.60	39.00	54.0	39.00	2.13	18.28	5.5
0.80	52.00	84.0	52.00	3.13	16.60	6.0
1.00	84.00	131.0	84.00	5.07	16.58	6.0
1.20	98.00	174.0	98.00	3.53	27.74	3.6
1.40	66.00	119.0	66.00	4.60	14.35	7.0
1.60	71.00	140.0	71.00	5.40	13.15	7.6
1.80	93.00	174.0	93.00	6.07	15.33	6.5
2.00	120.00	211.0	120.00	7.80	15.38	6.5
2.20	106.00	223.0	106.00	8.07	13.14	7.6
2.40	70.00	191.0	70.00	7.13	9.81	10.2
2.60	62.00	169.0	62.00	4.40	14.09	7.1
2.80	52.00	118.0	52.00	3.87	13.45	7.4
3.00	42.00	100.0	42.00	3.33	12.60	7.9
3.20	42.00	92.0	42.00	2.67	15.75	6.3
3.40	36.00	76.0	36.00	2.47	14.59	6.9
3.60	127.00	164.0	127.00	1.73	73.27	1.4
3.80	160.00	186.0	160.00	2.13	75.00	1.3
4.00	31.00	63.0	31.00	2.07	15.00	6.7
4.20	30.00	61.0	30.00	2.40	12.50	8.0
4.40	34.00	70.0	34.00	1.60	21.25	4.7
4.60	89.00	113.0	89.00	3.27	27.24	3.7
4.80	108.00	157.0	108.00	1.07	101.25	1.0
5.00	123.00	139.0	123.00	3.27	37.65	2.7
5.20	83.00	132.0	83.00	2.80	29.64	3.4
5.40	85.00	127.0	85.00	4.27	19.92	5.0
5.60	103.00	167.0	103.00	3.33	30.90	3.2
5.80	360.00	410.0	360.00	0.00		0.0

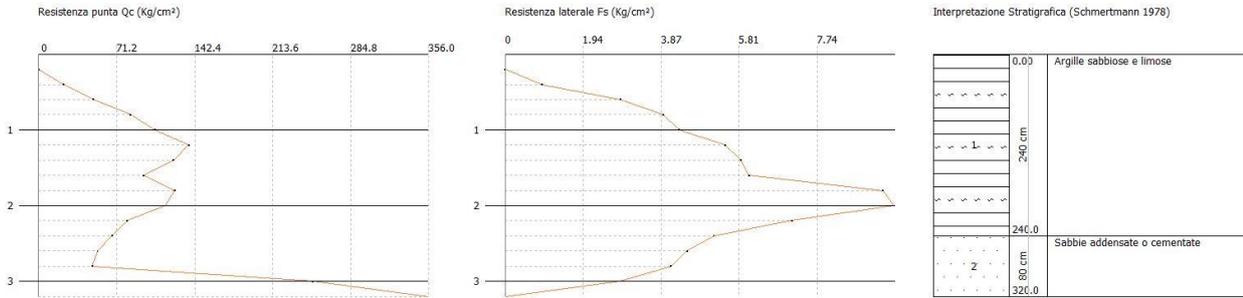
Prof. Strato (m)	qc (Minimo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Minima (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma (Minimo) (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
2.60	69.31	4.49	2.2	Incoerente-Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
5.80	94.06	2.52	2.1	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi

Dott. Geol. Valeriano Franchi  
Viale Caduti in Guerra 1, Modena

Probe CPT - Cone Penetration 11  
Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente:  
Cantiere: Atlas Concorde - Florim  
Località: Fiorano

Data: 18/09/2020



PROVA ... 11

Committente:  
Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN  
Prova eseguita in data: 18/09/2020  
Profondità prova: 3.20 mt  
Località: Fiorano

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.00	0.00		
0.40	23.00	35.0	23.00	0.93	24.73	4.0
0.60	50.00	64.0	50.00	2.87	17.42	5.7
0.80	84.00	127.0	84.00	3.93	21.37	4.7
1.00	106.00	165.0	106.00	4.33	24.48	4.1
1.20	137.00	202.0	137.00	5.47	25.05	4.0
1.40	123.00	205.0	123.00	5.87	20.95	4.8
1.60	96.00	184.0	96.00	6.07	15.82	6.3
1.80	124.00	215.0	124.00	9.40	13.19	7.6
2.00	116.00	257.0	116.00	9.67	12.00	8.3
2.20	81.00	226.0	81.00	7.13	11.36	8.8
2.40	67.00	174.0	67.00	5.20	12.88	7.8
2.60	54.00	132.0	54.00	4.53	11.92	8.4
2.80	49.00	117.0	49.00	4.13	11.86	8.4
3.00	250.00	312.0	250.00	2.87	87.11	1.1
3.20	356.00	399.0	356.00	0.00		0.0

Prof. Strato (m)	qc (Minimo) (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Minima (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma (Minimo) (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
2.40	83.92	5.07	2.2	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
3.20	177.25	2.88	2.1	Incoerente-Coesivo	Sabbie addensate o cementate

# **Allegato 4**

## **Indagini geofisiche eseguite per questo studio**

**(1 MASW + 3 HVSR)**

## **INDAGINE SISMICA**

In data novembre 2018 è stata eseguita nei pressi di un'area situata a Fiorano Modenese, una campagna di indagini geofisiche comprensive di:

- N. 1 indagine sismica a rifrazione con metodo MASW di tipo attivo. L'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri a partire da piano campagna ( $V_{s30}$ ) NTC 2018 ("Norme tecniche per la costruzione")
- N. 1 acquisizione di microtremori a stazione singola con tecnica HVSR che ha permesso di determinare la frequenza di vibrazione del sito.

Successivamente in data 18/09/2020 l'indagine sismica è stata integrata attraverso l'esecuzione di:

- N. 2 acquisizione ulteriori di microtremori a stazione singola con tecnica HVSR che ha permesso di determinare la frequenza di vibrazione del sito.

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

## **INDAGINE SISMICA 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.

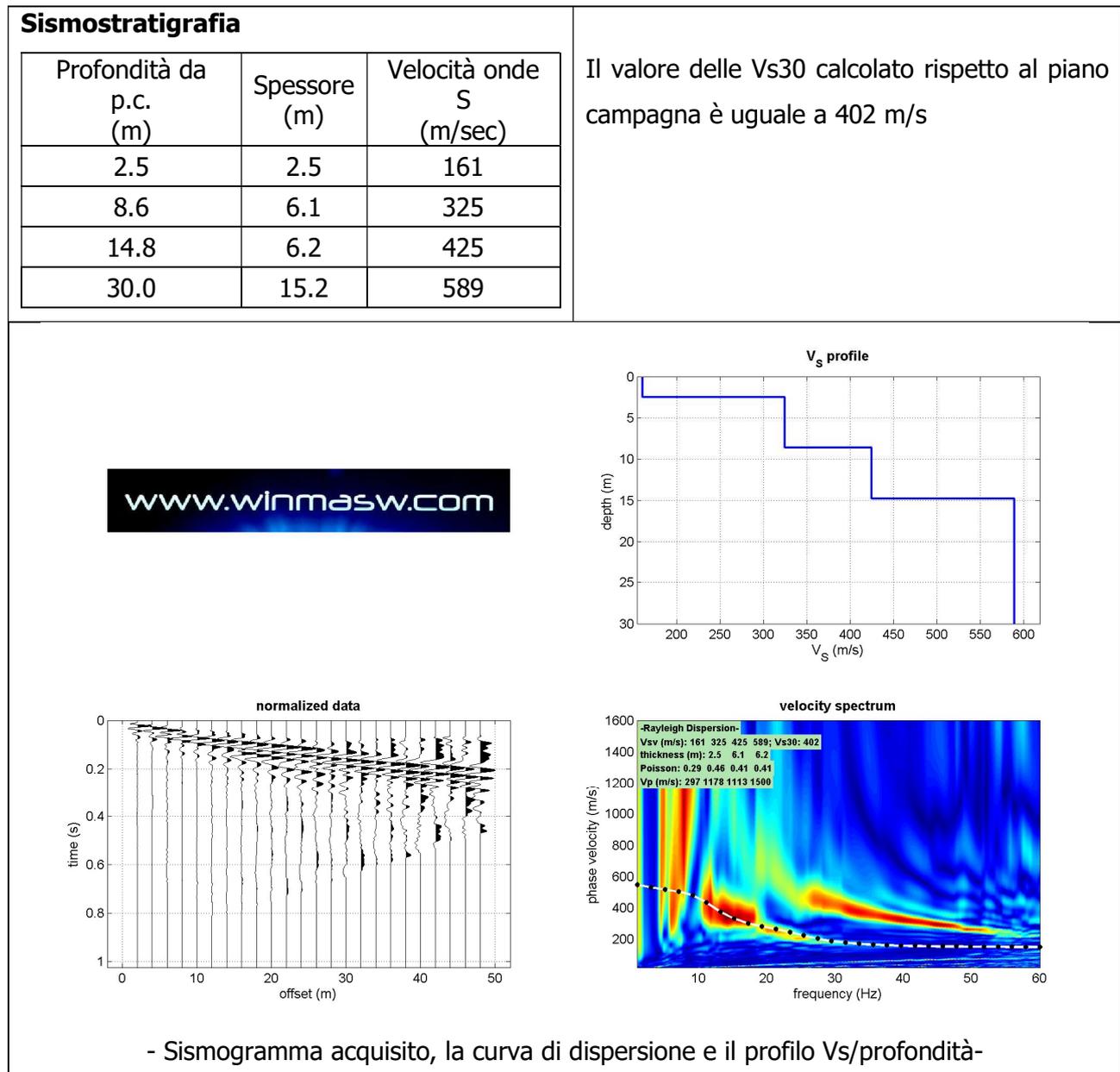
L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (*Winmasw 6.0 – Eliosoft*) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

### **Risultati–Determinazione delle categoria del suolo di fondazione**

L'analisi delle onde di taglio ( $V_s$ ) 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  $V_{s30}$  per la sezione indagata.

Per l'elaborazione è stata eseguita una correlazione tra i dati sismici e le prove CPTU eseguite nell'area.

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





## **INDAGINE SISMICA HVSR**

### **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  $V_{s30}$  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. Tali registrazioni sono state effettuate, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata pari a 30 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, è stata di 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 determinata con l'indagine Masw, è stato possibile valutarne il parametro normativo  $V_{s30}$ .

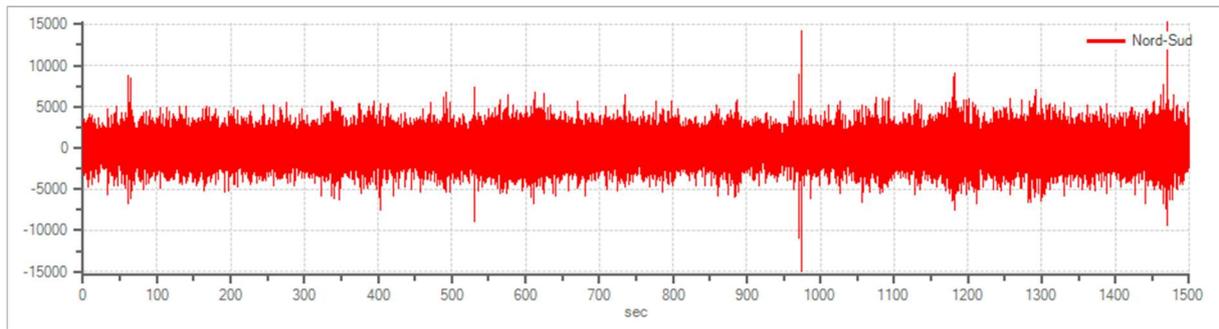
## HVSR 1

### Tracce in input

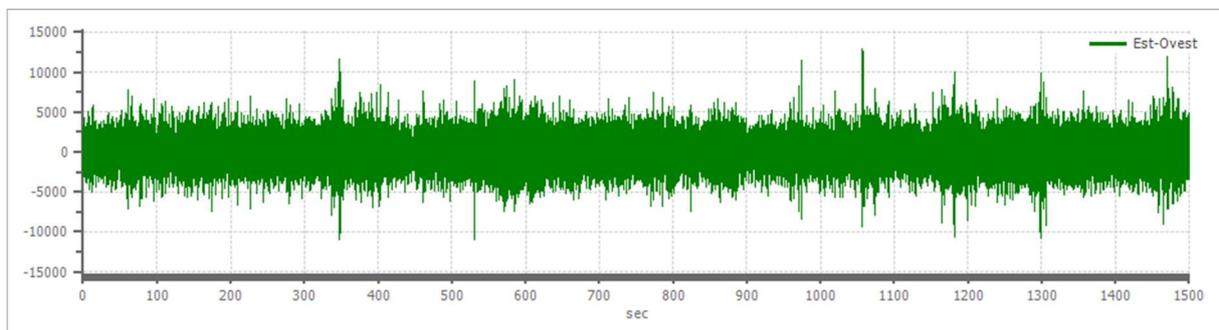
#### Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 1500 s  
Frequenza di campionamento: 200.00 Hz  
Numero campioni: 300000  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

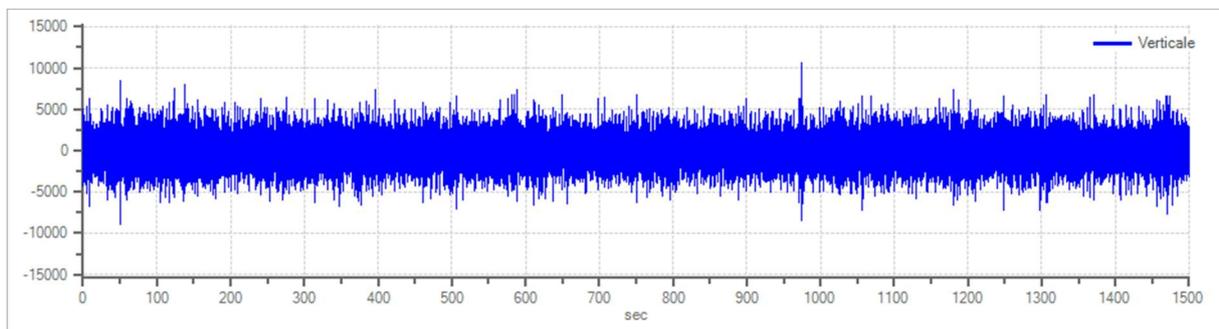
#### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



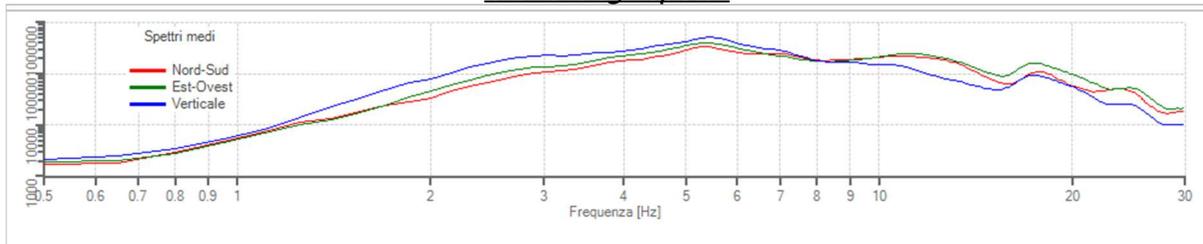
Traccia in direzione Verticale

## Finestre selezionate

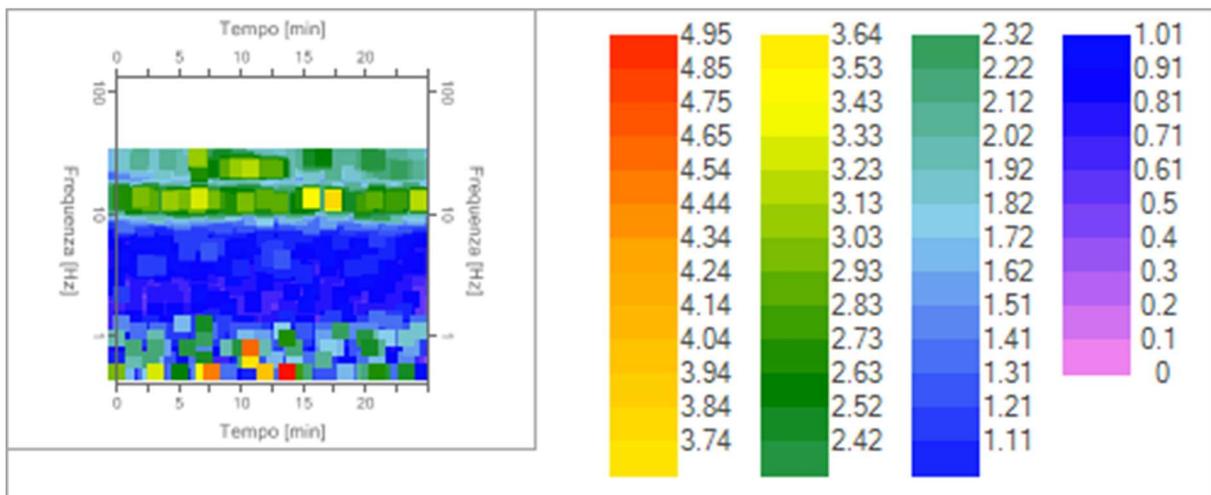
### Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 72  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 72  
 Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
 Tipo di lisciamento: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %

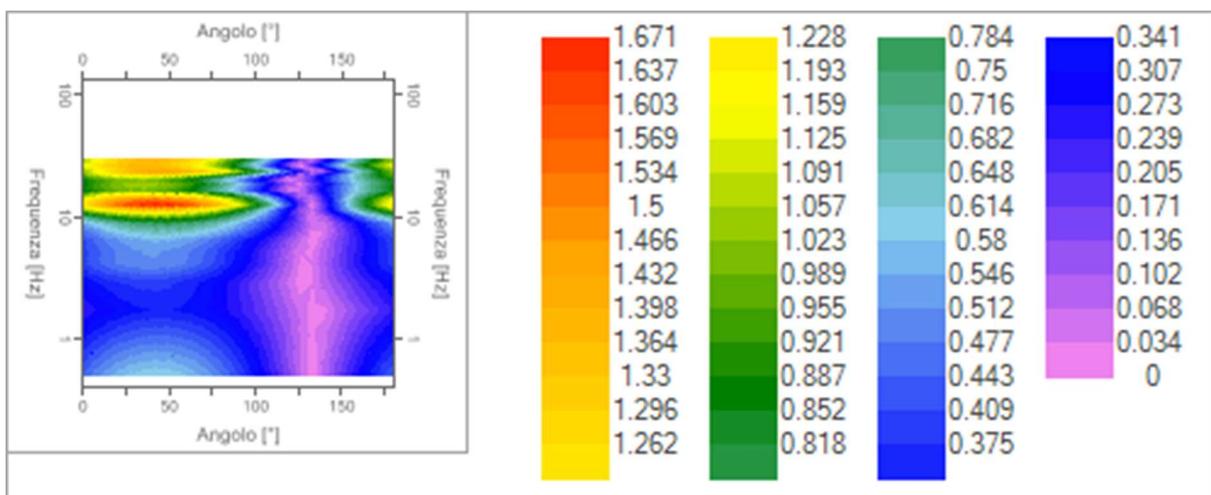
### Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

## Rapporto spettrale H/V

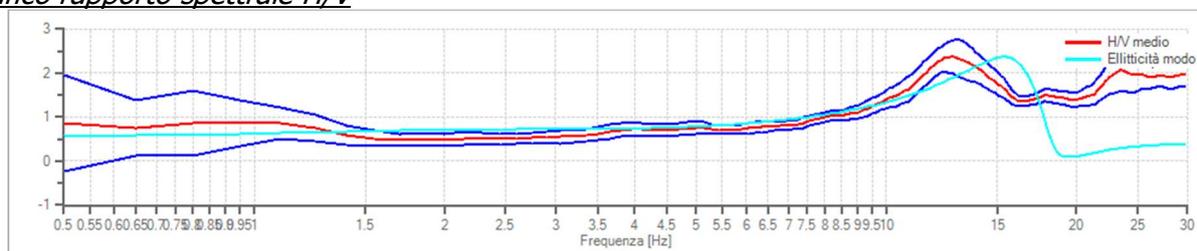
### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 30.00 Hz  
 Frequenza minima: 0.50 Hz  
 Passo frequenze: 0.15 Hz  
 Tipo lisciamento:: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

### Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 12.65 Hz  $\pm$ 0.15 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
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	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

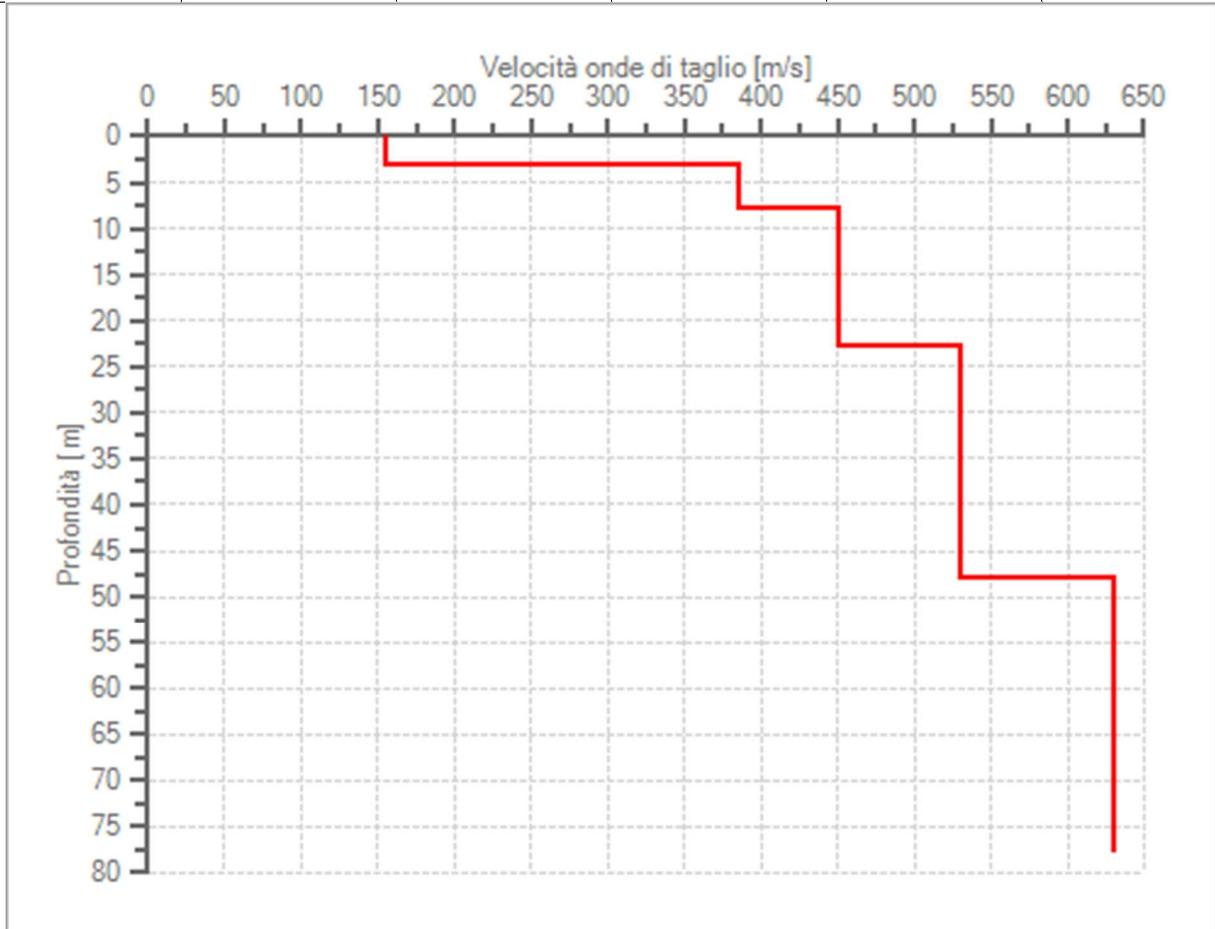
## Modello stratigrafico

### Dati riepilogativi:

Numero strati: 5  
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 15.35 Hz  
 Valore di disadattamento: 0.67  
 Valore Vseq: 378.80 m/s

*Dati della stratigrafia:*

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	3.1	18	0.38	155
2	3.1	4.8	19	0.4	385
3	7.9	15	21	0.35	450
4	22.9	25	21	0.3	530
5	47.9	30	22	0.3	630



Profilo delle velocità delle onde di taglio.



## HVSR 2

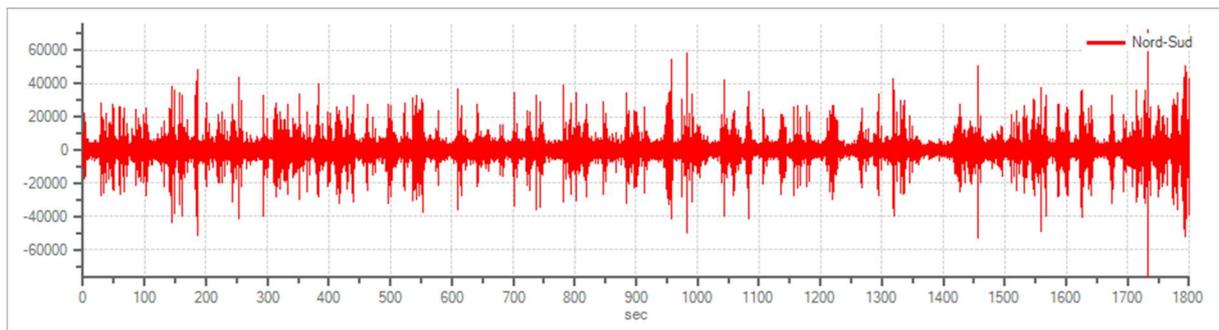
### Dati generali

#### Tracce in input

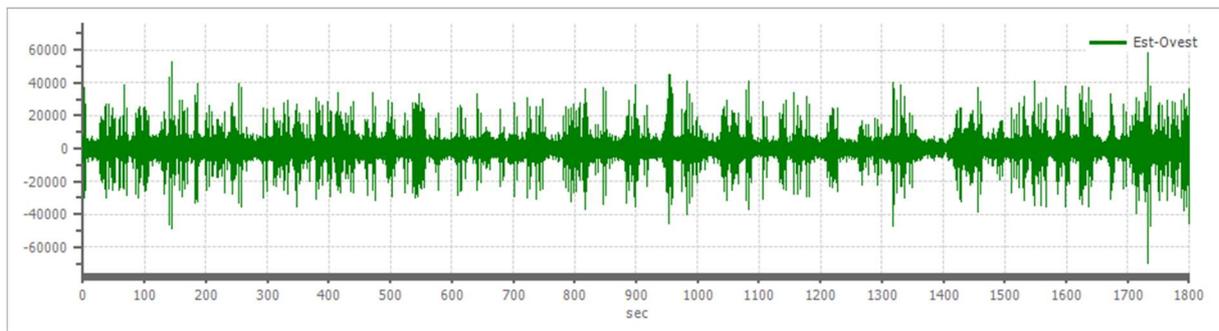
##### Dati riepilogativi:

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

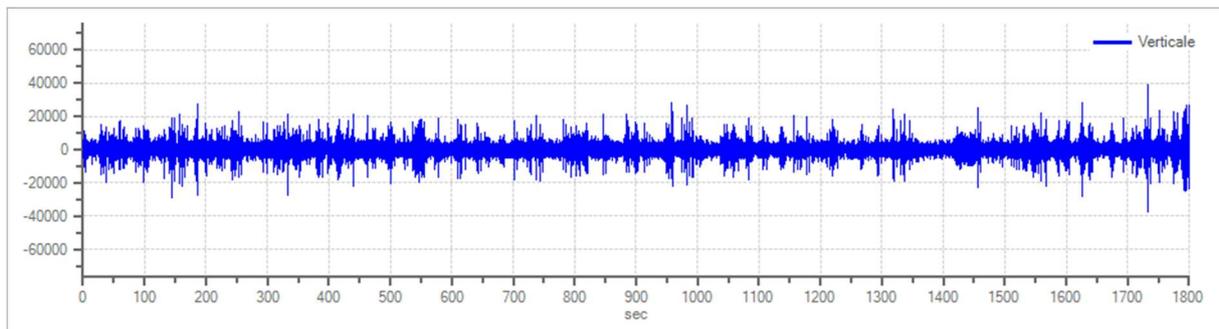
##### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

## Finestre selezionate

### Dati riepilogativi:

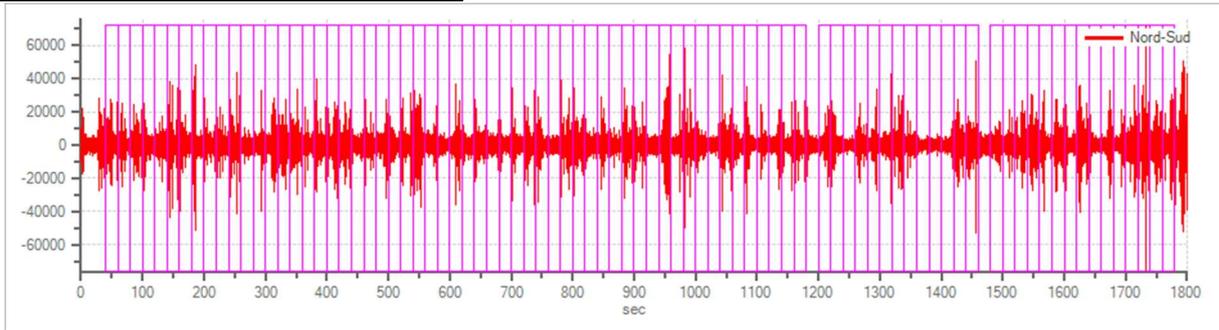
Numero totale finestre selezionate: 85  
Numero finestre incluse nel calcolo: 85  
Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
Tipo di lisciamiento: Konno & Ohmachi  
Percentuale di lisciamiento: 10.00 %  
Coefficiente di banda: 40.00

### Tabella finestre:

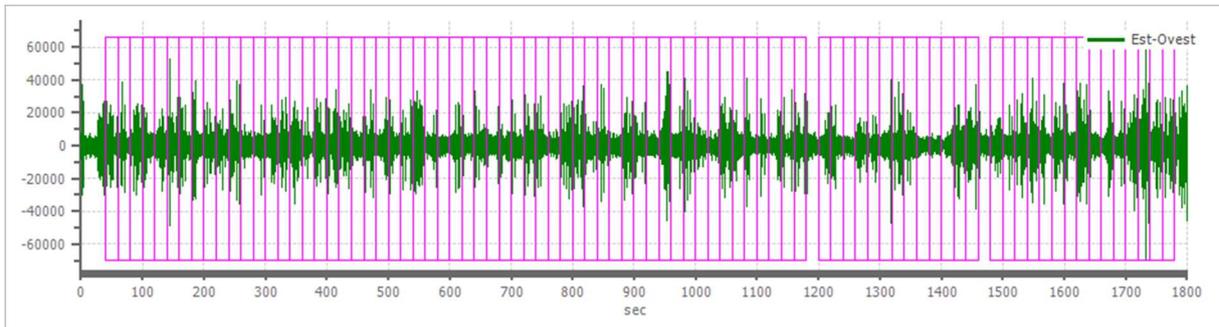
<b>Numero finestra</b>	<b>Istante iniziale</b>	<b>Istante finale</b>	<b>Selezione</b>
1	40	60	Inclusa
2	60	80	Inclusa
3	80	100	Inclusa
4	100	120	Inclusa
5	120	140	Inclusa
6	140	160	Inclusa
7	160	180	Inclusa
8	180	200	Inclusa
9	200	220	Inclusa
10	220	240	Inclusa
11	240	260	Inclusa
12	260	280	Inclusa
13	280	300	Inclusa
14	300	320	Inclusa
15	320	340	Inclusa
16	340	360	Inclusa
17	360	380	Inclusa
18	380	400	Inclusa
19	400	420	Inclusa
20	420	440	Inclusa
21	440	460	Inclusa
22	460	480	Inclusa
23	480	500	Inclusa
24	500	520	Inclusa
25	520	540	Inclusa
26	540	560	Inclusa
27	560	580	Inclusa
28	580	600	Inclusa
29	600	620	Inclusa
30	620	640	Inclusa
31	640	660	Inclusa
32	660	680	Inclusa
33	680	700	Inclusa
34	700	720	Inclusa
35	720	740	Inclusa
36	740	760	Inclusa
37	760	780	Inclusa
38	780	800	Inclusa
39	800	820	Inclusa
40	820	840	Inclusa

41	840	860	Inclusa
42	860	880	Inclusa
43	880	900	Inclusa
44	900	920	Inclusa
45	920	940	Inclusa
46	940	960	Inclusa
47	960	980	Inclusa
48	980	1000	Inclusa
49	1000	1020	Inclusa
50	1020	1040	Inclusa
51	1040	1060	Inclusa
52	1060	1080	Inclusa
53	1080	1100	Inclusa
54	1100	1120	Inclusa
55	1120	1140	Inclusa
56	1140	1160	Inclusa
57	1160	1180	Inclusa
58	1200	1220	Inclusa
59	1220	1240	Inclusa
60	1240	1260	Inclusa
61	1260	1280	Inclusa
62	1280	1300	Inclusa
63	1300	1320	Inclusa
64	1320	1340	Inclusa
65	1340	1360	Inclusa
66	1360	1380	Inclusa
67	1380	1400	Inclusa
68	1400	1420	Inclusa
69	1420	1440	Inclusa
70	1440	1460	Inclusa
71	1480	1500	Inclusa
72	1500	1520	Inclusa
73	1520	1540	Inclusa
74	1540	1560	Inclusa
75	1560	1580	Inclusa
76	1580	1600	Inclusa
77	1600	1620	Inclusa
78	1620	1640	Inclusa
79	1640	1660	Inclusa
80	1660	1680	Inclusa
81	1680	1700	Inclusa
82	1700	1720	Inclusa
83	1720	1740	Inclusa
84	1740	1760	Inclusa
85	1760	1780	Inclusa

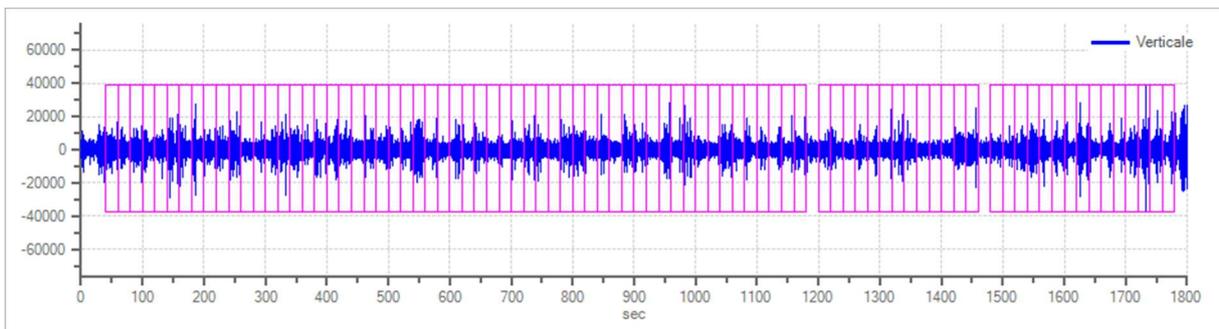
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

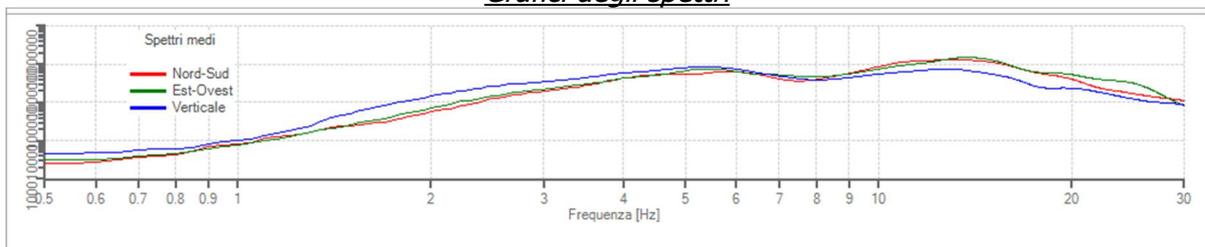


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

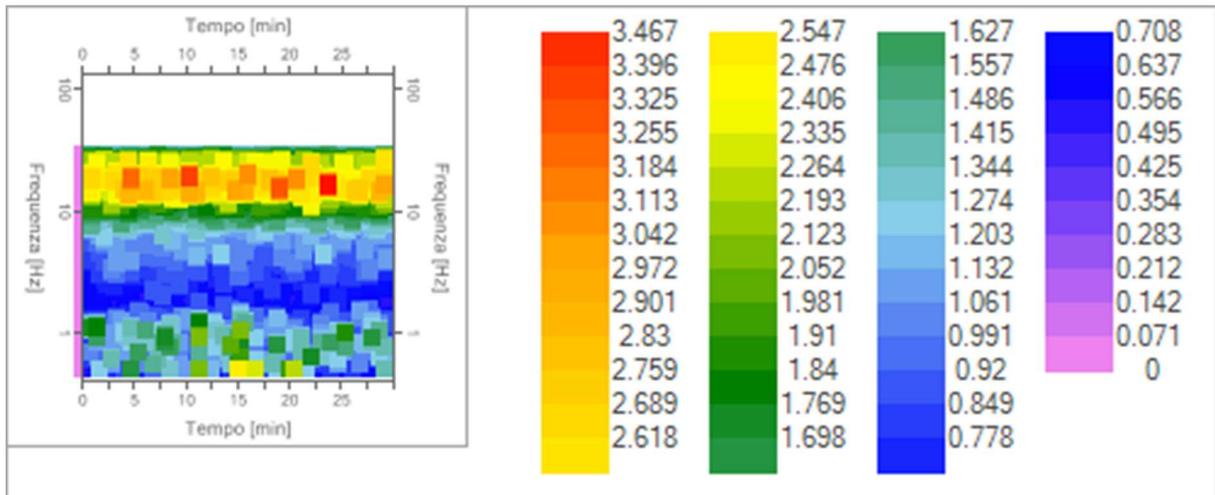


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

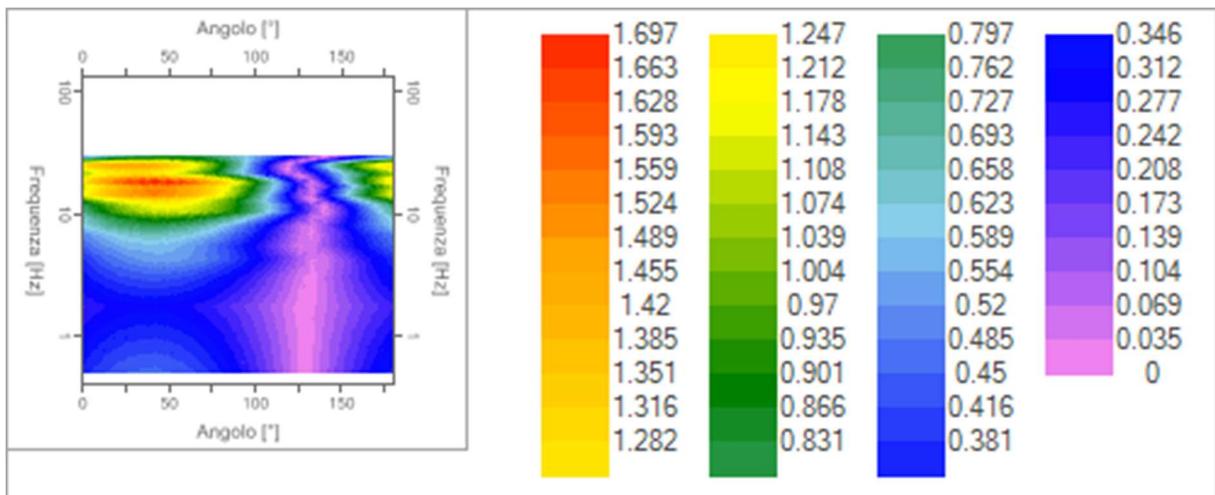
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

## Rapporto spettrale H/V

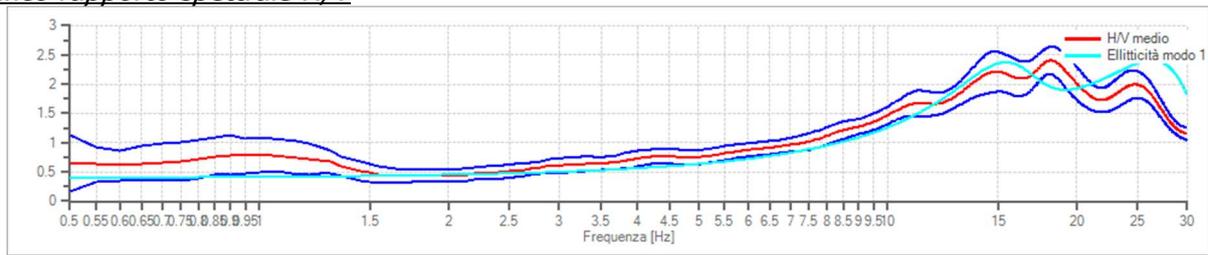
### *Dati riepilogativi:*

Frequenza massima: 30.00 Hz  
 Frequenza minima: 0.50 Hz  
 Passo frequenze: 0.05 Hz  
 Tipo lisciamento:: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

### *Risultati:*

Frequenza del picco del rapporto H/V: 18.20 Hz  $\pm$  0.10 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

<b>Verifica</b>	<b>Esito</b>
$f_0 > 10/l_w$	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
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	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

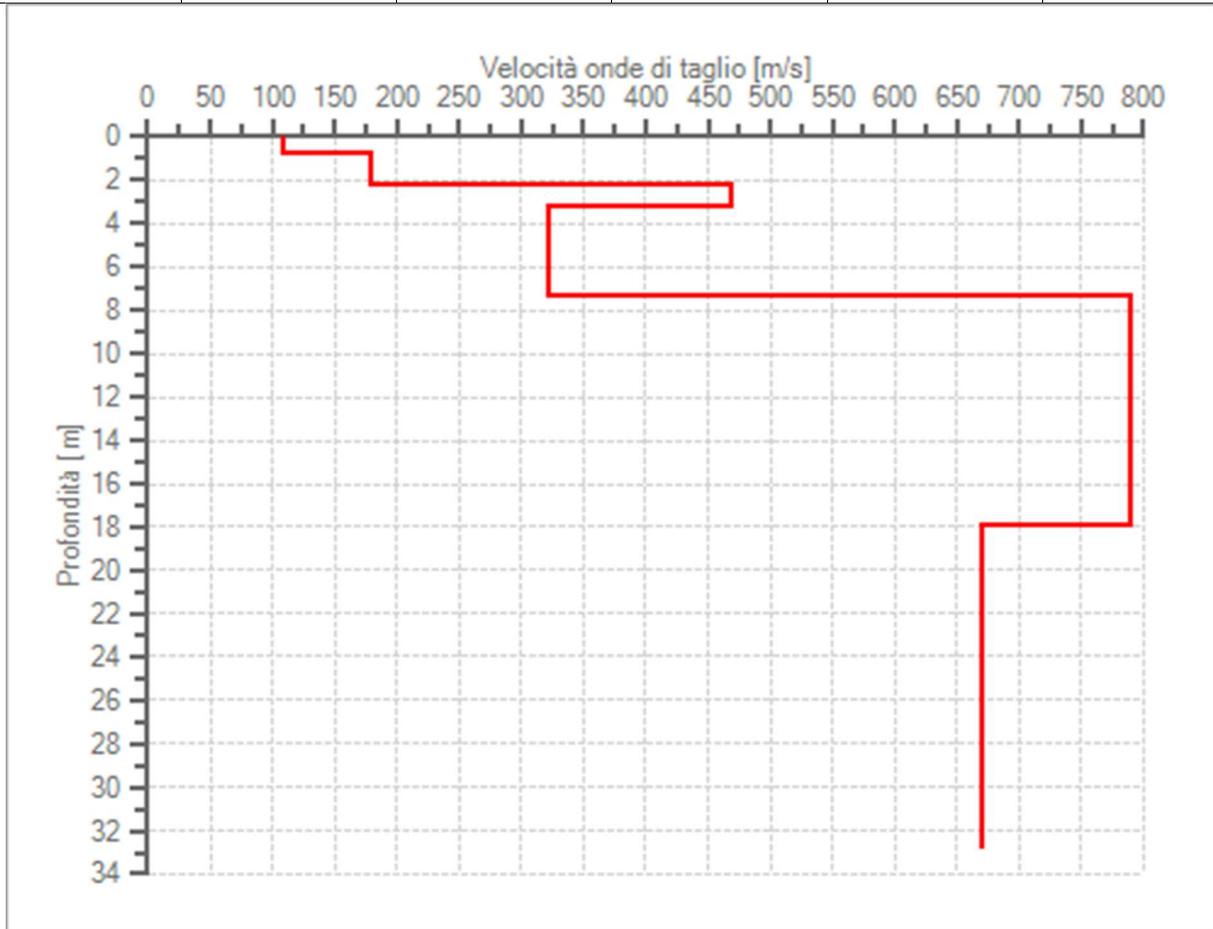
**Modello stratigrafico**

Dati riepilogativi:

Numero strati:	6
Frequenza del picco dell'ellitticità:	26.35 Hz
Valore di disadattamento:	0.12
Valore Vseq:	485.23 m/s

*Dati della stratigrafia:*

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0.8	18	0.4	108
2	0.8	1.4	19	0.38	178
3	2.2	1	21	0.33	469
4	3.2	4.2	22	0.3	322
5	7.4	10.5	22	0.25	790
6	17.9	15	22	0.25	669



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

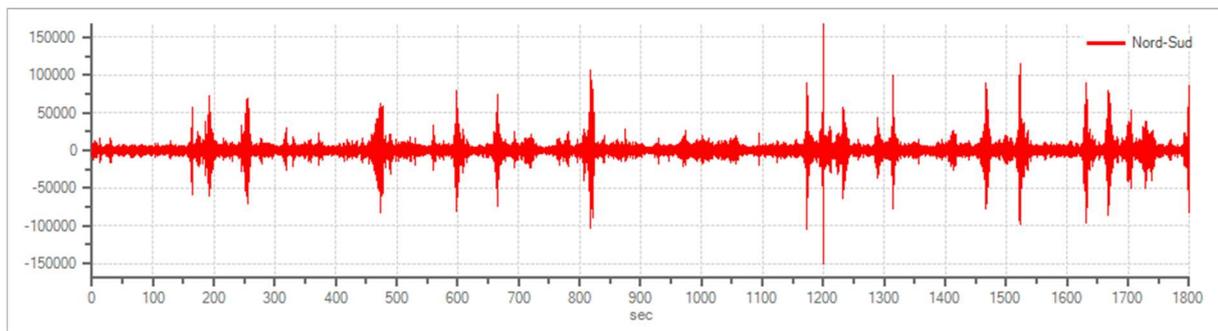
## HVSR 3

### Dati generali - Tracce in input

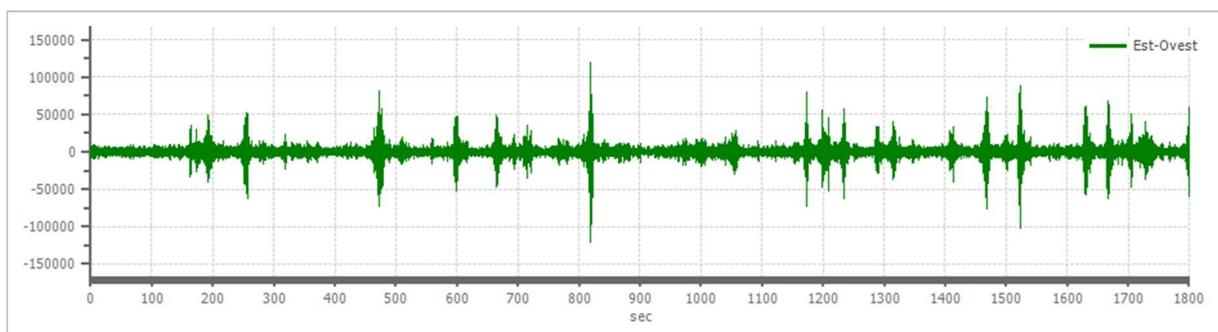
#### Dati riepilogativi:

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

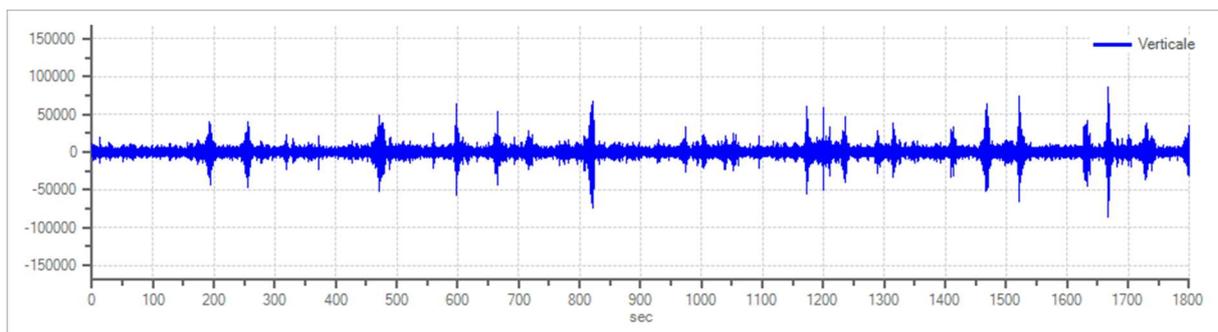
#### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

### Finestre selezionate

#### Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 85  
Numero finestre incluse nel calcolo: 81  
Dimensione temporale finestre: 20.000 s

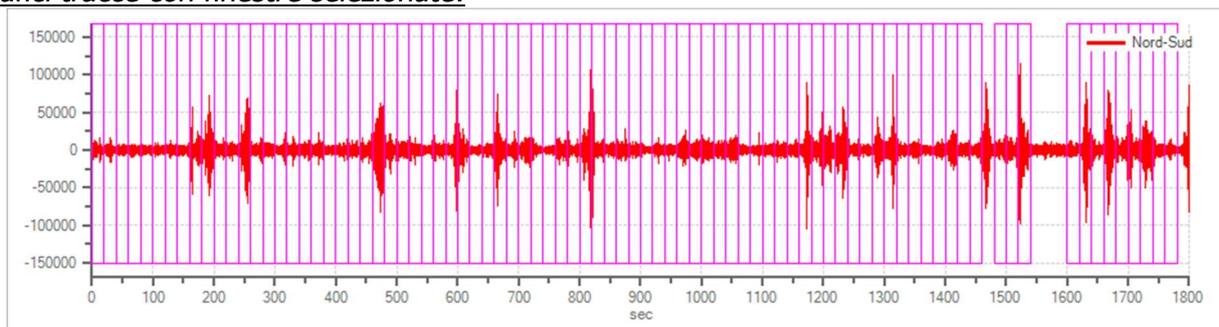
Tipo di lisciamiento: Konno & Ohmachi  
Percentuale di lisciamiento: 10.00 %  
Coefficiente di banda: 40.00

*Tabella finestre:*

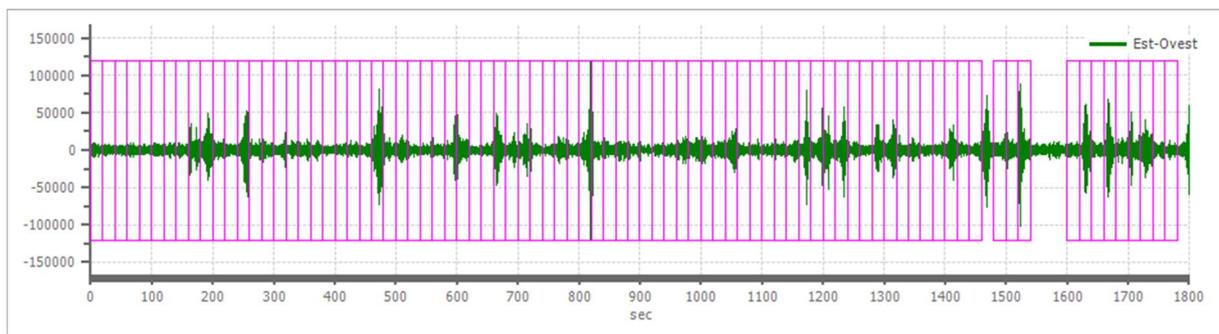
<b>Numero finestra</b>	<b>Istante iniziale</b>	<b>Istante finale</b>	<b>Selezione</b>
1	0	20	Esclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	140	160	Inclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	200	220	Inclusa
12	220	240	Inclusa
13	240	260	Inclusa
14	260	280	Inclusa
15	280	300	Inclusa
16	300	320	Inclusa
17	320	340	Inclusa
18	340	360	Inclusa
19	360	380	Inclusa
20	380	400	Inclusa
21	400	420	Inclusa
22	420	440	Inclusa
23	440	460	Inclusa
24	460	480	Inclusa
25	480	500	Inclusa
26	500	520	Inclusa
27	520	540	Inclusa
28	540	560	Inclusa
29	560	580	Inclusa
30	580	600	Inclusa
31	600	620	Inclusa
32	620	640	Inclusa
33	640	660	Inclusa
34	660	680	Inclusa
35	680	700	Inclusa
36	700	720	Inclusa
37	720	740	Inclusa
38	740	760	Inclusa
39	760	780	Inclusa
40	780	800	Inclusa
41	800	820	Inclusa
42	820	840	Inclusa
43	840	860	Inclusa
44	860	880	Inclusa
45	880	900	Inclusa
46	900	920	Inclusa

47	920	940	Inclusa
48	940	960	Inclusa
49	960	980	Inclusa
50	980	1000	Inclusa
51	1000	1020	Inclusa
52	1020	1040	Inclusa
53	1040	1060	Inclusa
54	1060	1080	Inclusa
55	1080	1100	Inclusa
56	1100	1120	Inclusa
57	1120	1140	Inclusa
58	1140	1160	Inclusa
59	1160	1180	Inclusa
60	1180	1200	Inclusa
61	1200	1220	Inclusa
62	1220	1240	Inclusa
63	1240	1260	Inclusa
64	1260	1280	Inclusa
65	1280	1300	Inclusa
66	1300	1320	Inclusa
67	1320	1340	Inclusa
68	1340	1360	Inclusa
69	1360	1380	Inclusa
70	1380	1400	Inclusa
71	1400	1420	Inclusa
72	1420	1440	Inclusa
73	1440	1460	Inclusa
74	1480	1500	Inclusa
75	1500	1520	Inclusa
76	1520	1540	Esclusa
77	1600	1620	Esclusa
78	1620	1640	Esclusa
79	1640	1660	Inclusa
80	1660	1680	Inclusa
81	1680	1700	Inclusa
82	1700	1720	Inclusa
83	1720	1740	Inclusa
84	1740	1760	Inclusa
85	1760	1780	Inclusa

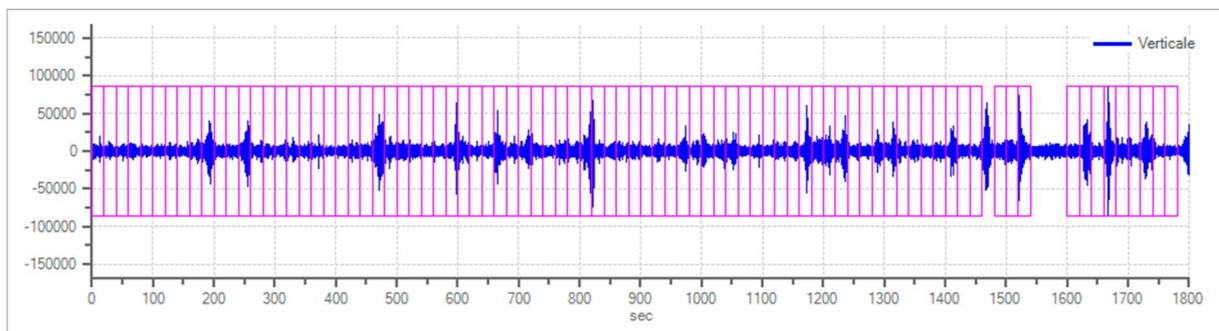
*Grafici tracce con finestre selezionate:*



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

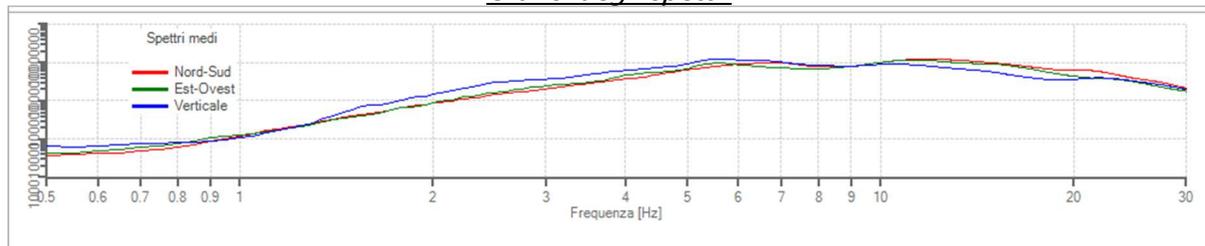


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

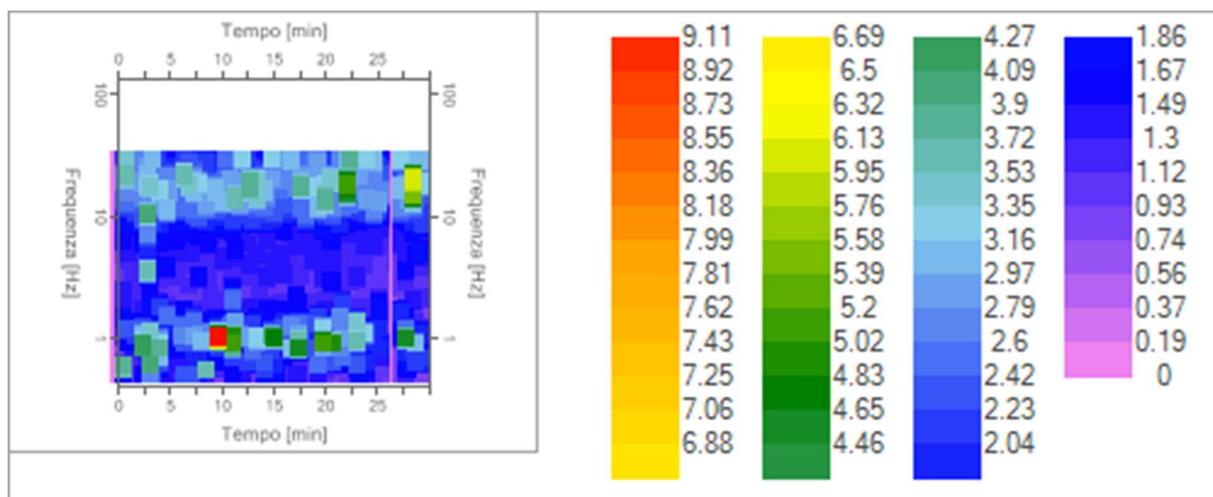


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

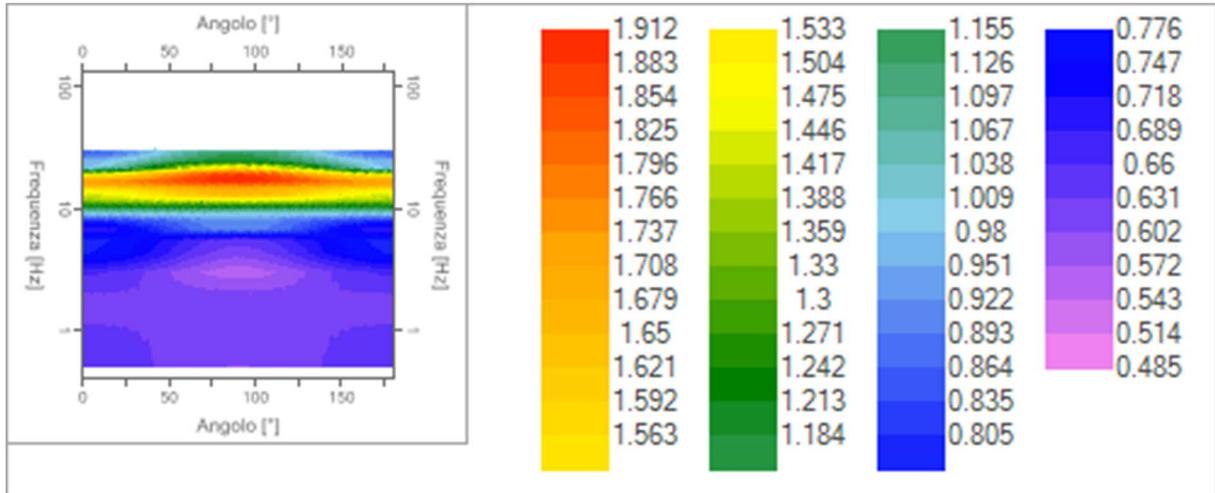
*Grafici degli spettri*



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappe della direzionalità degli spettri

### Rapporto spettrale H/V

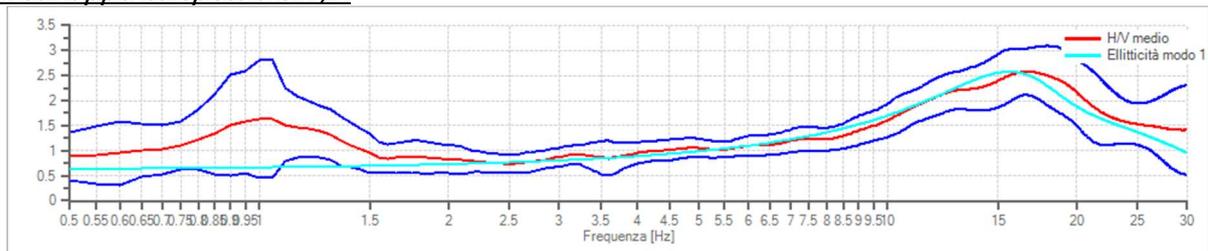
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 30.00 Hz  
 Frequenza minima: 0.50 Hz  
 Passo frequenze: 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: 16.80 Hz ±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
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Non superato

$$A_0 > 2$$

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

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

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

Ok

Ok

Ok

Ok

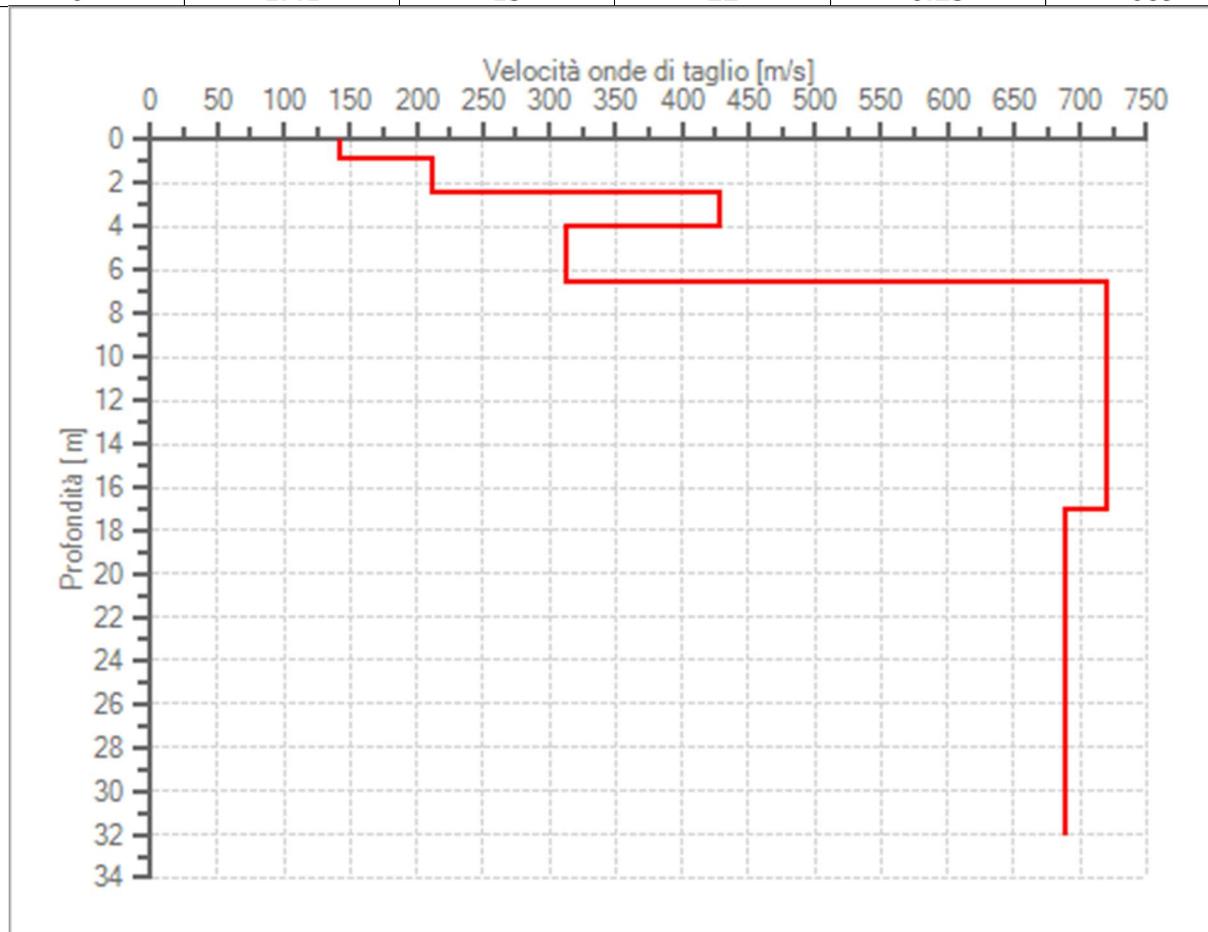
### Modello stratigrafico

#### Dati riepilogativi:

Numero strati: 6  
Frequenza del picco dell'ellitticità: 15.60 Hz  
Valore di disadattamento: 0.15  
Valore Vseq: 507.98 m/s

#### Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0.9	18	0.4	142
2	0.9	1.6	19	0.35	211
3	2.5	1.5	21	0.3	429
4	4	2.6	22	0.28	312
5	6.6	10.5	22	0.25	720
6	17.1	15	22	0.25	689



Profilo delle velocità delle onde di taglio