COMUNE DI SASSUOLO

PROVINCIA DI MODENA

SERVIZI ATTINENTI ALL'INGEGNERIA E ALL'ARCHITETTURA FINALIZZATI ALLA REDAZIONE DEL RAPPORTO AMBIENTALE VAS/VALSAT E STUDI SPECIALISTICI PREORDINATI ALL'ADOZIONE DEL

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO (P.U.A.) DENOMINATO "COMPARTO 30 AUTOPORTO SUD"

CIG Z24331CF64

Committente	*Timbro e Firma del committente*
COMUNE DI SASSUOLO **VIA FENUZZI 5** **41049 SASSUOLO (MO)**	
Società e professionisti incaricati	*Timbro e Firma del tecnico*
AIRIS INGEGNERIA PER L'AMBIENTE Via del Porto, 1 - 40122 Bologna Tel. 051/266075 - Fax 266401 E-mail: info@airis.it	Gruppo di lavoro: Ing. Gildo TOMASSETTI* *Responsabile di Commessa* Dott. Juri ALBERTAZZI* Arch. Camilla ALESSI Ing. Ilaria ACCORSI* Ing. Irene BUGAMELLI* Ing. Giacomo NONINO Dott. Geol. Valeriano FRANCHI Dott. Fabio MONTIGIANI Ing. Enrico FAUCEGLIA Dott. Francesca RAMETTA* Dott. Geol. Domitilla SANTI Geom. Andrea BARBIERI * tecnico acustico competente, abilitato ai sensi della legge 447/95 e Decreto Legislativo n° 42/2017	

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

N. Elaborato **F**

Scala: Varie

Revisione	Data	Descrizione	Dimensioni	Sigla	Firma	Sigla	Firma	Sigla	Firma
C									
B									
A	2022-11-21	Emissione		DS		VF		GT	
				Redazione		Controllo - emissione		Autorizzazione	

Nome file	20220620 Relazione Geologica Autoporto sud	Codice commessa	22069SAVA	Data	Novembre 2022

RELAZIONE GEOLOGICA- SISMICA E GEOTECNICA

INDICE CONTENUTI

Premessa 3
1. Inquadramento geografico-fisico 4
2. Inquadramento geologico 6
3. Indagini geognostiche e modello geologico-geotecnico 11
3.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPER-PESANTI (DPSH) 12
3.2 INDAGINI SISMICHE 18
3.2.1 INDAGINE SISMICA ATTIVA MULTICANALE (MASW) 19
3.2.2 ACQUISIZIONE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA DI MICROTREMORE AMBIENTALE E ANALISI HVSR 20
3.2.2 RISULTATI DELLE INDAGINI SISMICHE 20
4. Modello geologico-geotecnico 22
5. Relazione sismica 25
5.1 SISMICITA' DELLE ZONEE SORGENTI E PERICOLOSITÁ SISMICA DI BASE 25
5.2 RISCHIO SISMICO ED EFFETTI ATTESI 27
5.3 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÁ SISMICA DI BASE 31
5.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (§ 3.2.2 NTC 2018) 32
6. Sintesi dell'analisi dei dati raccolti e conclusioni 36

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPER PESANTI DPSH
ALLEGATO 2 – INDAGINI SISMICHE

PREMESSA

la presente relazione geologica e sismica viene prodotta a supporto del PUA di Iniziativa Pubblica del Comparto 30 Autoporto Sud in Comune di Sassuolo, posto a nord della strada pedemontana.
Per l'adempimento delle specifiche normative, è stato effettuato un sopralluogo sull'area al fine di verificarne l'idoneità geologica/geomorfologica, e nel mese di gennaio 2022 è stata eseguita una campagna geognostica in sito al fine di analizzare le caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni che saranno interessati dall'intervento in progetto.
Per la definizione delle caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni interessati dal piano sono state eseguite le seguenti indagini in sito:

- n. 6 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti DPSH;
- n. 1 acquisizione sismica attiva multicanale in onde di superficie (MASW);
- n. 1 acquisizione sismica passiva a stazione singola con misura di microtremore ambientale e analisi HVSR.

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-FISICO

L'area di interesse è ubicata nel territorio comunale di Sassuolo, catastalmente censita al foglio 12 mappali 3 (parte) 688 (parte) – 689(parte) – 6 (parte) – 343 -244 – 245 – 246 - 247 – 340 - -341 - -342 – 248 – 635 – 630 – 250 – 251 – 256 - 242 – 400 – 373 – 374 – 379, e si colloca a nord della strada pedemontana, confinando a est e a nord con l'Autoporto, a sud con la Strada Pedemontana e a ovest in parte con la strada pubblica denominata via Ancora.

Il perimetro e l'ubicazione dell'area interessata dal Piano Particolareggiato sono illustrati nelle figure 1, 2 e 3.

Dal punto di vista topografico ci troviamo in corrispondenza di un'ampia area sub-pianeggiante di alta pianura, con una debolissima pendenza verso i quadranti nord-orientali, con quote che in corrispondenza del sito sono prossime ai 103 m s.l.m.

Da un punto di vista cartografico, l'area in esame è compresa nella Cartografia Tecnica Regionale nella Tavola a scala 1:25.000 n. 219NO denominata "Sassuolo", nella Sezione a scala 1:10.000 n. 219020 denominata "Villalunga" e nell'Elemento a scala 1:5.000 n. 201123 denominato "Villalunga".

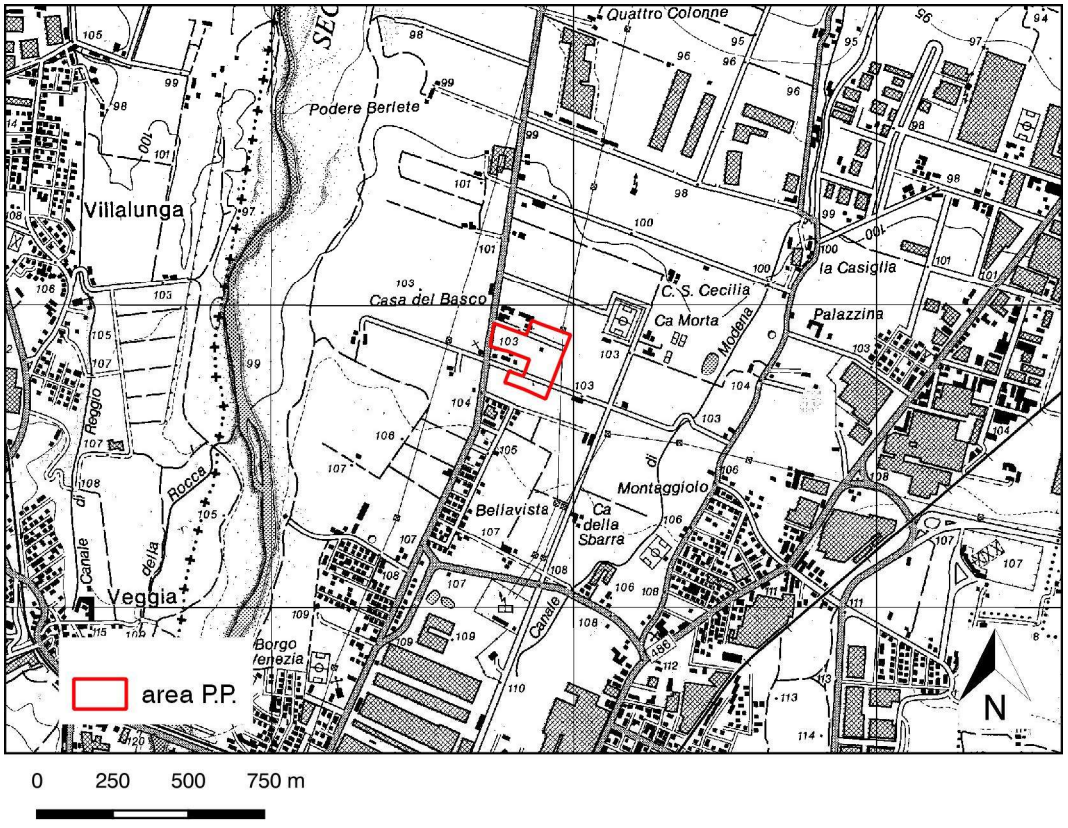


Figura 1 - Corografia area in esame su Tavola della CTR a scala 1:25.000 n. 219NO denominata "Sassuolo".

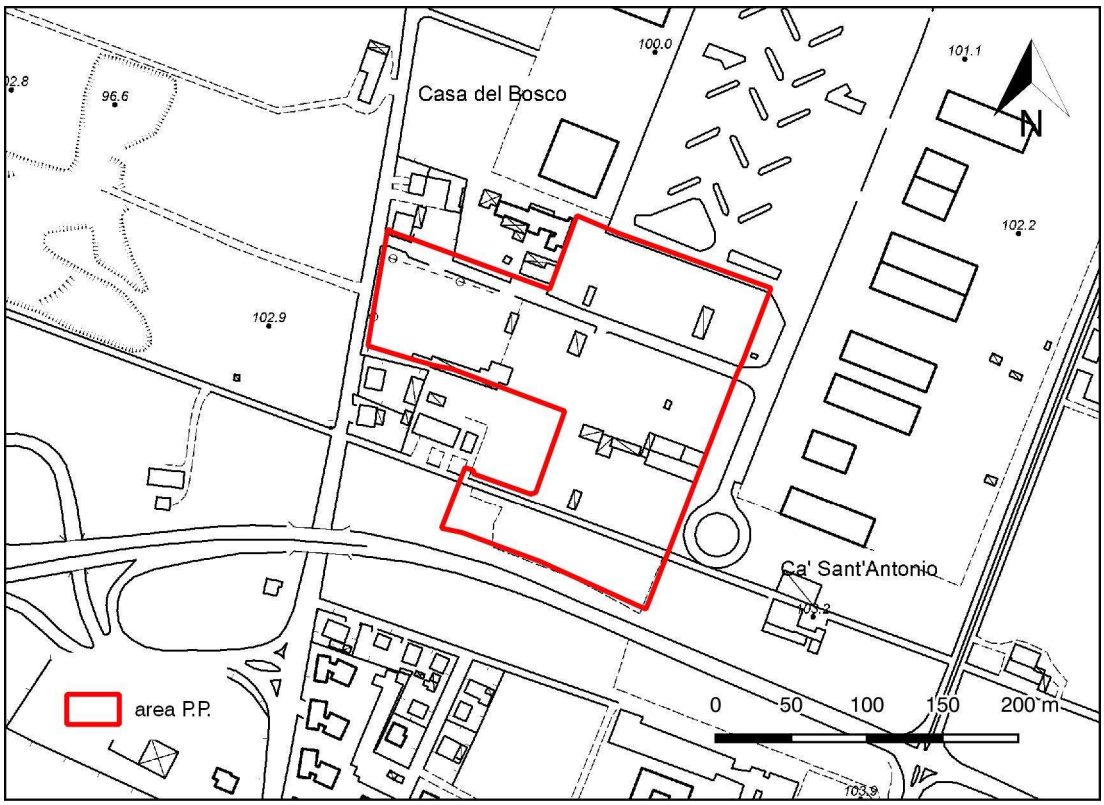


Figura 2 - Inquadramento dell'area in esame su elemento della CTR a scala 1:5.000 n. 219023 denominato "Villalunga".

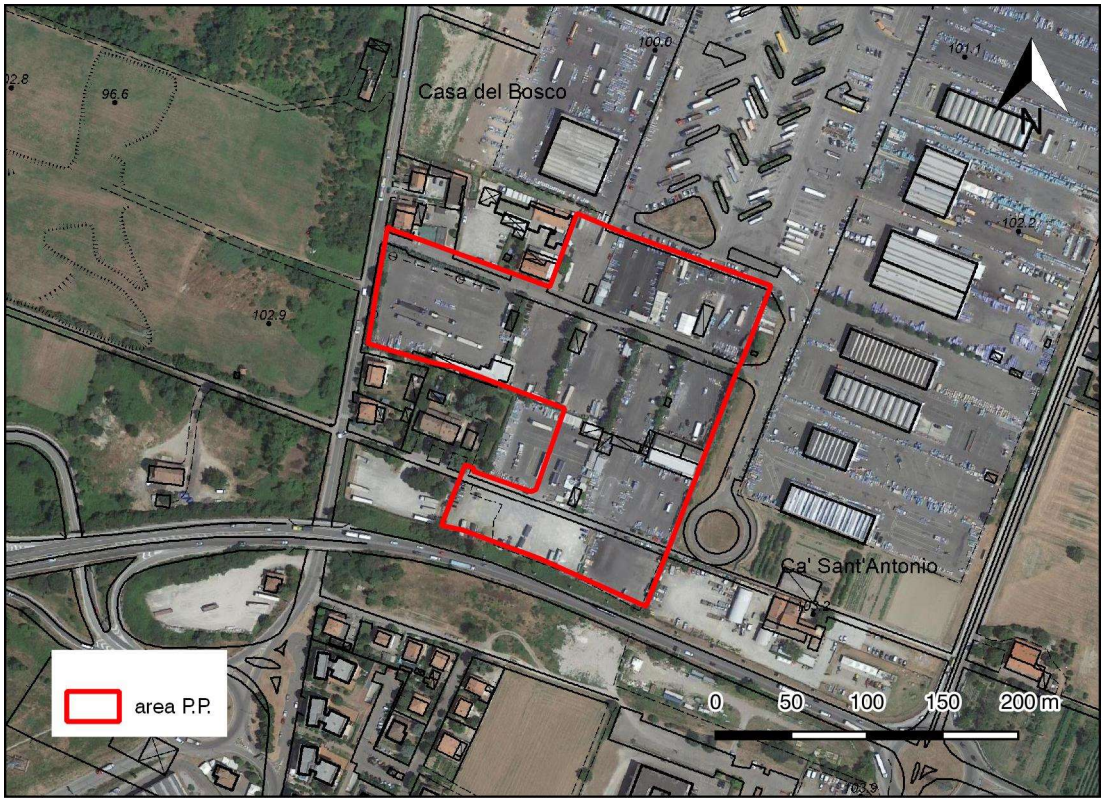


Figura 3 - Indicazione dell'area d'indagine su ortofoto satellitare (fonte: Google Satellite, versione WMS). Scala 1:5.000.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista tettonico, l'area di studio si colloca nella parte centro-meridionale del bacino della pianura padana, a ridosso della fascia pedemontana e quindi del margine appenninico-padano. In questo settore l'assetto geologico del sottosuolo è definito dalle successioni sedimentarie deposte dal Pleistocene medio all'attuale (Quaternario), dopo il definitivo instaurarsi della deposizione di tipo continentale. Si tratta di depositi prevalentemente alluvionali e depositi marino-marginali attribuibili al progressivo colmamento del golfo padano, raggruppati nei due sintemi cosiddetti Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (SERS) e Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (SERI). La figura 4 riporta un estratto della *Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna e aree limitrofe*, la quale indica le isobate della base della superficie di base del SERS; nell'area di Sassuolo tale superficie si attesta a una profondità compresa tra -0 e -50 m s.l.m. Sempre in riferimento alla carta in fig. 4 si osserva che il territorio comunale di Sassuolo è interessato dalla presenza di una struttura tettonica attiva: si tratta della faglia flessura di Sassuolo, con andamento est-ovest, legata ad un sovrascorrimento plio-pleistocenico inferiore riattivato, nonché di un sistema di faglie attive orientate trasversalmente all'asse appenninico.

In riferimento alla Carta Geologica a cura del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, il substrato geologico in quest'area è attribuito aSintema di Costamezzana (CMZ, Pleistocene inf.- medio), costituito da sabbie gialle in strati da sottili a spessi con lamine piano-parallele od oblique, poco cementate, con intercalazioni a luoghi lentiformi di ghiaie e di orizzonti di peliti grigio chiare. Lo spessore presunto di questa unità è variabile da 5 a 50 m. Per quanto riguarda, invece, i depostiti quaternari di tipo continentale, la litologia di superficie dell'area di studio trova origine nella più recente deposizione dei terrazzi alluvionali del Fiume Secchia, caratterizzati da interdigitazioni di sedimenti a granulometria variabile, da grossolana (ghiaie) a fine (limi e argille). Sempre in riferimento alla carta geologica sopra citata, nell'area oggetto di indagine è presente l'unità litostratigrafica denominata Unità di Modena (AES8a) (Figura 5), caratterizzata da depositi di terrazzo alluvionale costituiti da terreni ghiaiosi passanti a sabbie e limi, con limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Il suolo si presenta a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno grigiastro, che in pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. (Datazione Post-VI secolo d.C.). Lo spessore dell'Unità di Modena è generalmente ridotto (< 10 m). Nell'area in oggetto questa unità è presente nella facies caratteristica dell'ambiente di piana alluvionale con prevalenza di ghiaie sabbiose (figura 6).

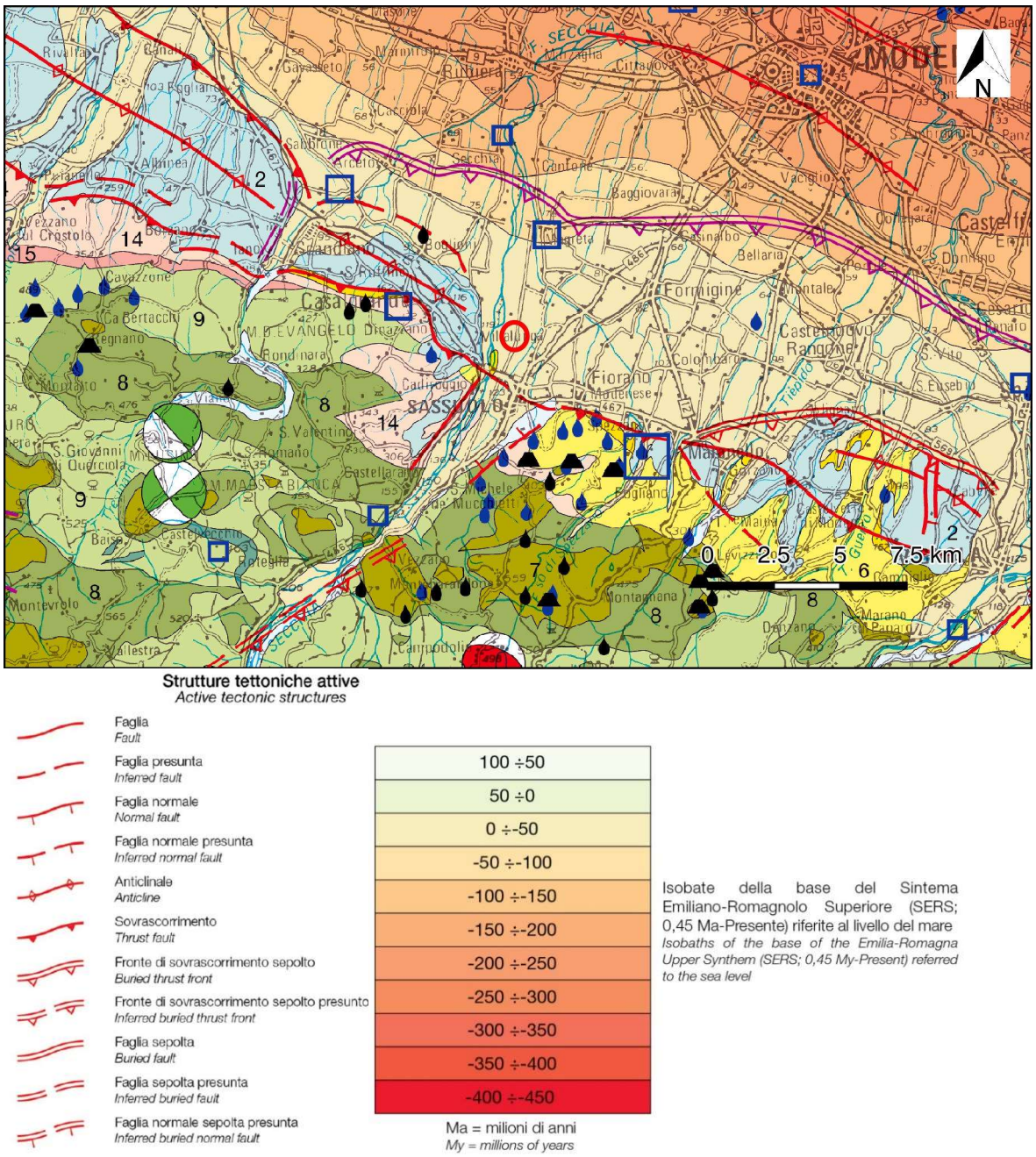
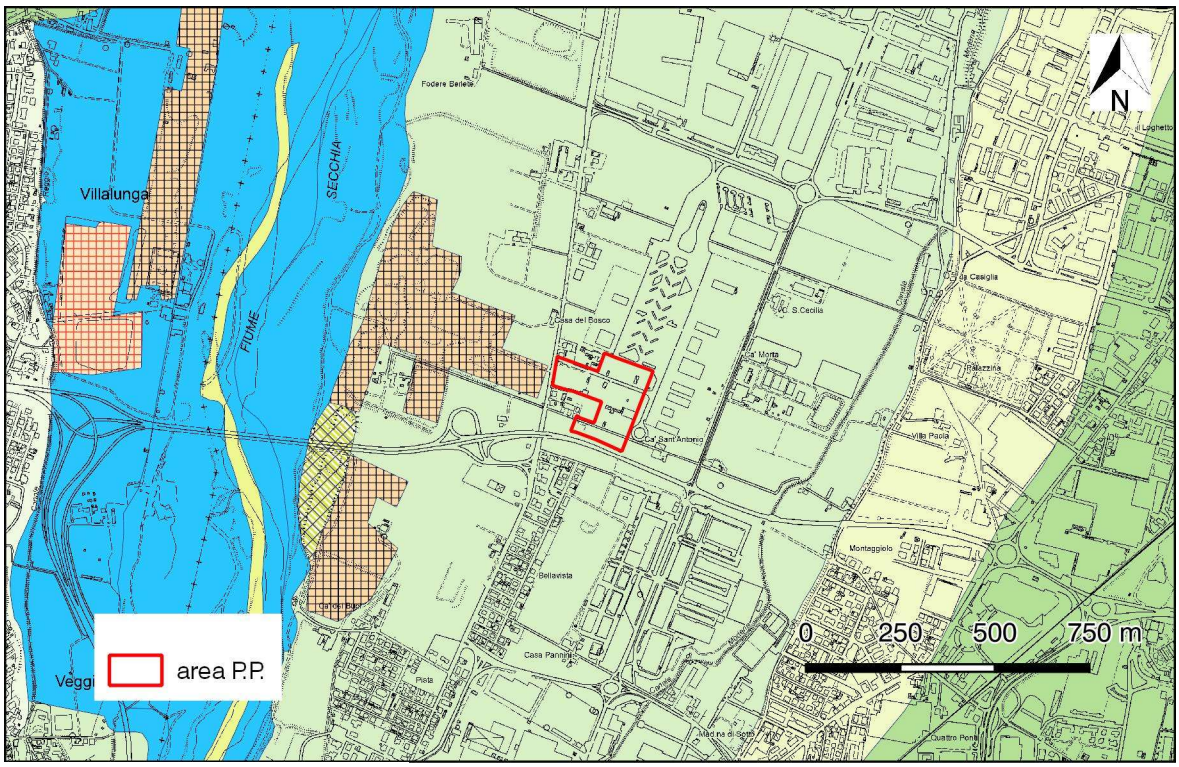


Figura 4 – Carta Sismotettonica (Tratto da *Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna ed aree limitrofe*, aggiornamento 2016. A cura di Luca Martelli, Marco Bonini, Lorenzo Calabrese, Giacomo Corti, Giulio Ercolessi, Fabio Carlo Molinari, Luigi Piccardi, Silvia Pondrelli, Federico Sani, Paolo Severi, Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna).



Legenda

Risorse e prospezioni (10K)

cava inattiva

cava riempita

ee geomorf./antrop. (10K)

orlo di terrazzo fluviale

Coperture quaternarie (10K)

AEI - Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore

AES7a - Unità di Niviano

AES7b - Unità di Vignola

AES8 - Subsintema di Ravenna

AES8a - Unità di Modena

b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

h - Deposito antropico

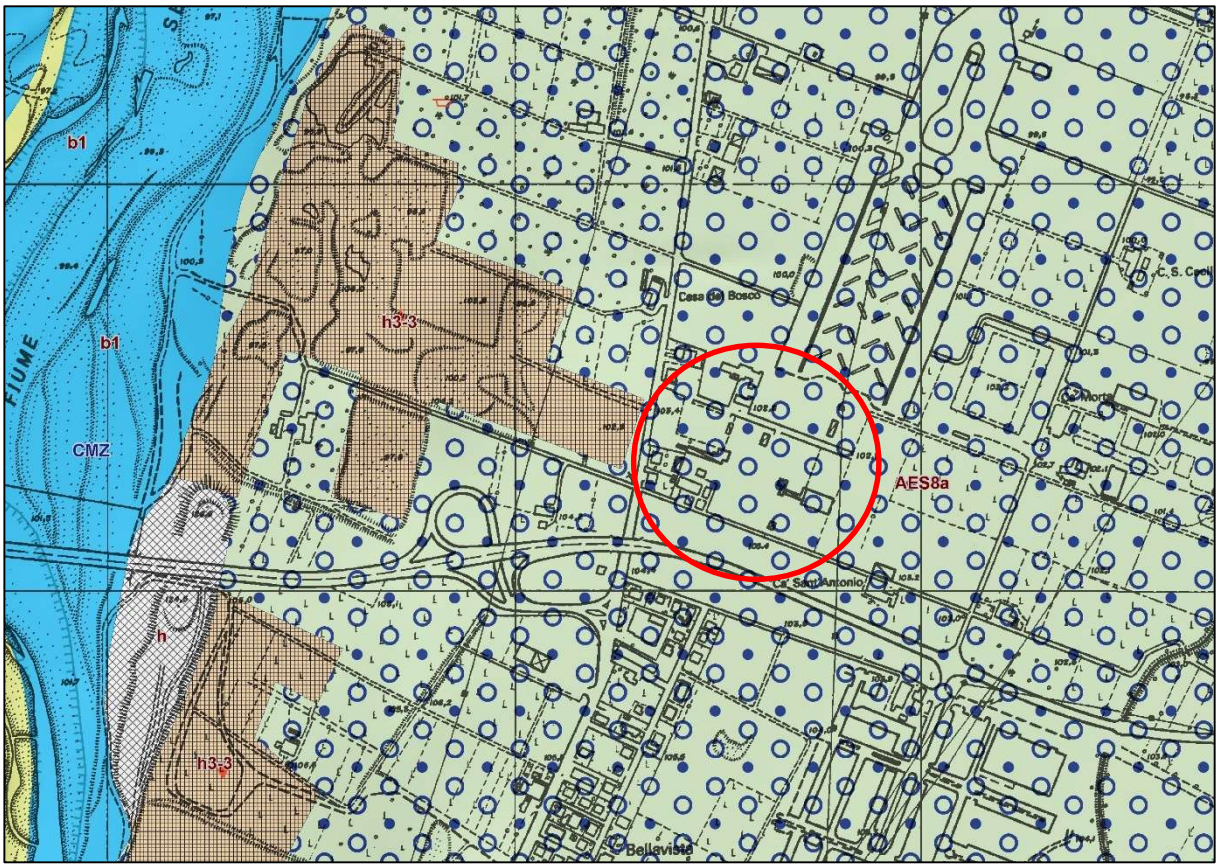
h3-2 - Cava inattiva

h3-3 - Cava riempita

Unità geologiche (10K)

CMZ - Sintema di Costamezzana

Figura 5 – Estratto Carta Geologica a cura del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. Scala 1:20.000. (Progetto CARG, tratto da https://geo.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss).



Legenda

CMZ - Sintema di Costamezzana

Risorse e prospezioni (10K)

cava inattiva

cava riempita

ee geomorf./antrop. (10K)

orlo di terrazzo fluviale

Ambienti deposiz. e litologie (10K)

Ghiaia Sabbiosa - Piana alluvionale

Limo - Piana alluvionale

Coperture quaternarie (10K)

AEI - Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore

AES7a - Unità di Niviano

AES7b - Unità di Vignola

AES8 - Subsintema di Ravenna

AES8a - Unità di Modena

b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

h - Deposito antropico

h3-2 - Cava inattiva

h3-3 - Cava riempita

Unità geologiche (10K)

Figura 6 – Estratto Carta Geologica a cura del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. (Progetto CARG, tratto da https://geo.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss).

Nella figura 7 è riportata la "Carta della profondità del tetto delle ghiaie" tratta dallo Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Sassuolo, Tav. 4. Il tetto del primo livello di depositi ghiaiosi in corrispondenza dell'area di studio (cerchio rosso) risulta compreso tra -1 e -2 m di profondità dal piano campagna.

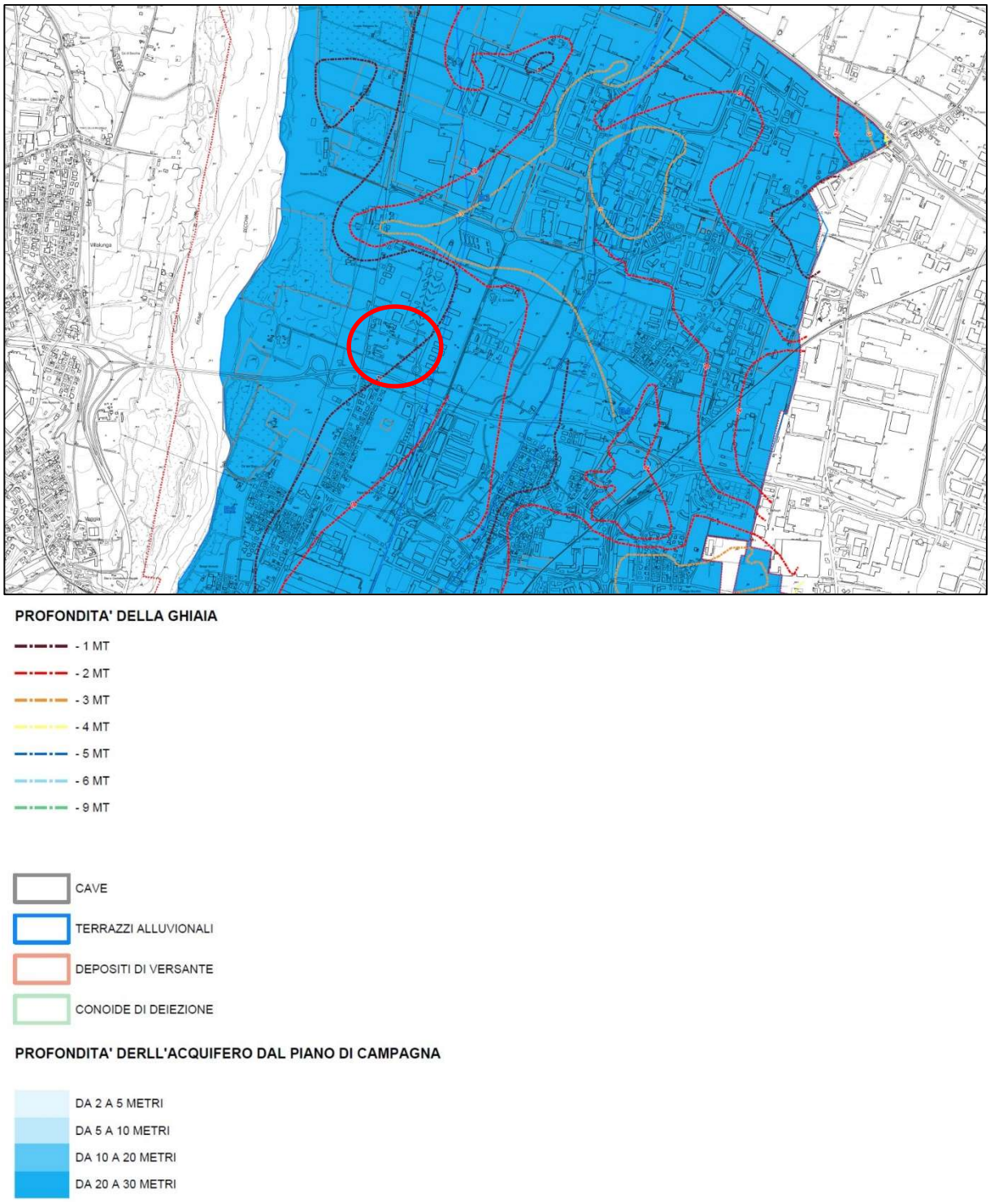


Figura 7 - Estratto Carta Del Tetto Dei Depositi Ghiaiosi
Tratta da PSC-Microzonazione Sismica del Comune di Sassuolo (2012), Tav. 4.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO

Nel mese di gennaio 2022 è stata eseguita una campagna geognostica nell'area in oggetto al fine di analizzare le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni che saranno interessati dal piano; la campagna è stata condotta mediante l'esecuzione delle seguenti indagini:

- n. 6 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (DPSH);
- n. 1 indagine sismica attiva multicanale in onde di superficie (MASW).
- N. 1 acquisizione sismica passiva a stazione singola con misura di microtremore ambientale.

L'ubicazione delle indagini eseguite è illustrata in Figura 8.

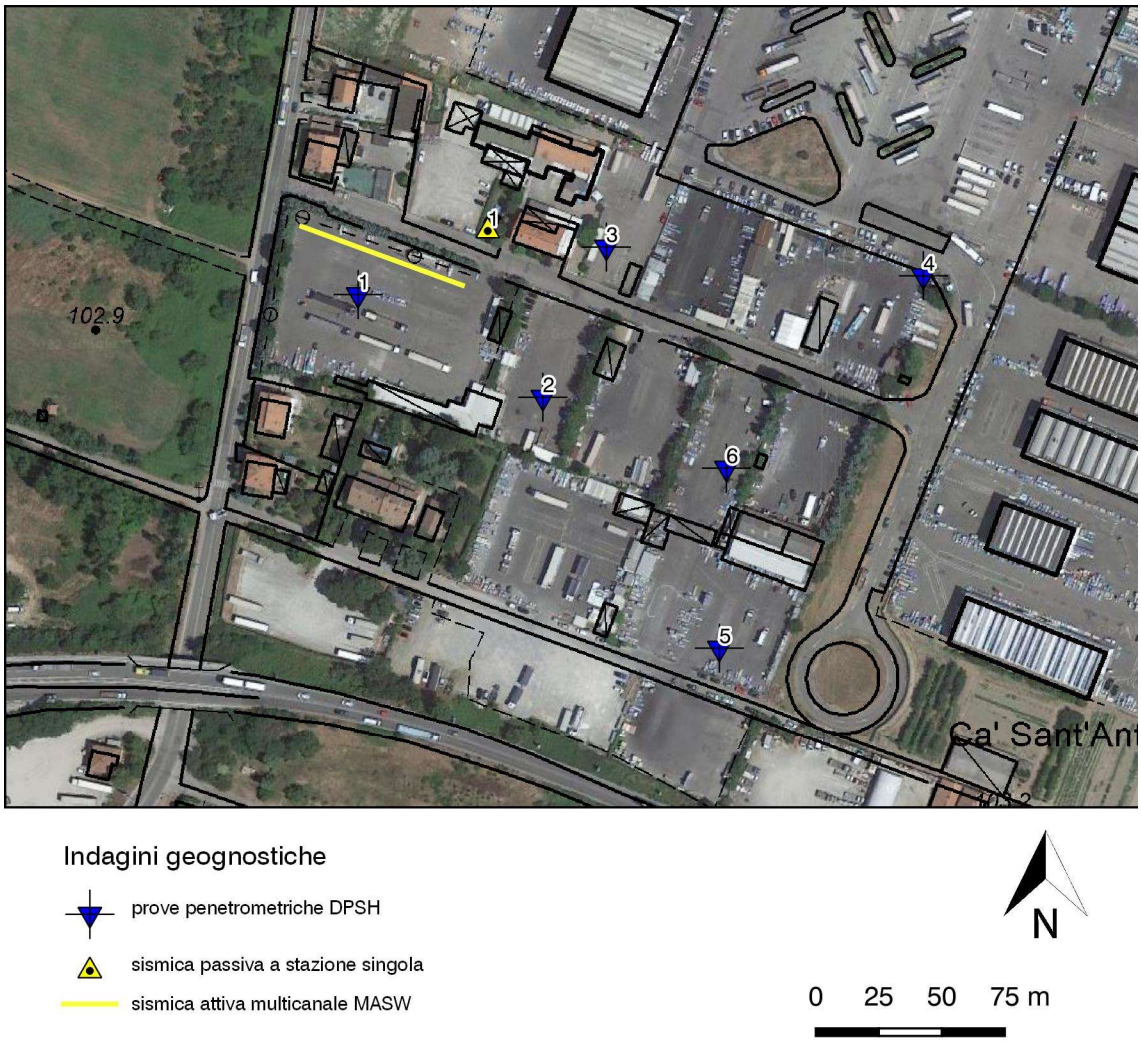


Figura 8 - Ubicazione delle indagini geognostiche eseguite in sito (scala 1:1.3000).

3.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPER-PESANTI (DPSH)

Per l'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche super-pesanti è stato utilizzato un penetrometro tipo Pagani Tg-63 da 100 kN; le specifiche tecniche dell'attrezzatura utilizzata sono riportate nella tabella seguente, mentre i diagrammi penetrometrici sono riportati in Allegato 1.

Caratteristiche tecniche penetrometro super-pesante Pagani TG 63-200:

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 cm²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Avanzamento punta	0,20 m
Angolo di apertura punta	90 °

Dai dati ottenuti dalla prova DPSH si sono stimati i principali parametri geotecnici del terreno, in condizioni non drenate, tramite l'applicazione di correlazioni empiriche comunemente usate.

Nelle tabelle seguenti sono riportate le stime dei parametri geotecnici del terreno per strati discreti basati sui dati ottenuti dalle prove penetrometriche DPSH eseguite in sito.

.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Passo strumentale – **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/cm²*	…	*KN/m³*	*kPa*	*kPa*	…	*MPa*	°	*%*	*MPa*	*MPa*	*Mpa*	*Kg/cm³*
0.20	65	683.27	94.9	23.5	174.01	82.11	872.1	83.97	54.0	95.3	69.72	29.29	295.56	29.34
0.40	39	409.96	56.94	22.0	151.83	49.26	270.6	55.80	47.4	74.8	45.86	19.66	208.83	20.77
0.60	13	136.65	18.98	19.3	80.55	16.42	63.3	23.52	37.3	43.8	18.63	8.35	98.94	12.19
0.80	5	48.24	7.3	16.3	45.19	6.32	19.5	11.07	31.3	27.4	8.51	3.96	51.66	1.16
1.00	9	86.82	13.14	18.0	71.86	11.37	28.7	17.60	34.6	36.7	13.78	6.26	77.05	10.87
1.20	16	154.36	23.36	20.1	112.73	20.21	42.4	27.63	38.4	48.8	22.09	9.81	113.94	13.18
1.40	9	86.82	13.14	18.0	79.74	11.37	20.7	17.60	34.3	36.8	13.78	6.26	77.05	10.87
1.60	3	28.94	4.38	15.3	39.08	3.79	6.2	7.41	28.4	21.4	5.60	2.66	36.50	0.70
1.80	13	115.88	18.98	19.3	110.04	16.42	23.9	23.53	39.0	57.4	18.63	8.35	98.94	15.15
2.00	48	427.87	70.08	22.0	278.00	60.63	78.2	63.81	53.8	106.0	54.37	23.12	240.50	33.09
2.20	100	891.41	146	45.9	490.20	126.32	131.7	110.58	64.4	144.4	99.26	40.98	396.16	55.08

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Passo strumentale – **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/cm²*	…	*KN/m³*	*kPa*	*kPa*	…	*MPa*	°	*%*	*MPa*	*MPa*	*Mpa*	*Kg/cm³*
0.20	82	861.97	119.72	29.9	220.12	103.58	864.7	100.06	57.4	107.1	84.35	35.11	346.15	34.95
0.40	84	882.99	122.64	31.2	281.16	106.11	433.9	100.40	57.5	109.3	86.04	35.77	351.87	35.61
0.60	30	315.35	43.8	21.8	153.92	37.90	114.2	45.19	44.3	66.2	36.98	16.02	174.71	17.80
0.80	28	270.12	40.88	21.7	158.20	35.37	84.5	42.75	43.5	64.1	34.95	15.18	166.70	17.14
1.00	6	57.88	8.76	16.8	58.20	7.58	15.6	12.79	32.0	30.1	9.88	4.57	58.48	1.40
1.20	4	38.59	5.84	15.8	45.95	5.05	9.2	9.30	29.8	24.7	7.09	3.33	44.39	0.93
1.40	3	28.94	4.38	15.3	39.08	3.79	6.2	7.41	28.4	21.4	5.60	2.66	36.50	0.70
1.60	5	48.24	7.3	16.3	57.15	6.32	9.3	11.10	30.7	27.6	8.51	3.96	51.66	1.16
1.80	19	169.37	27.74	20.7	146.99	24.00	31.6	31.54	42.2	67.6	25.43	11.22	128.06	17.99
2.00	7	62.40	10.22	17.2	76.64	8.84	10.7	14.52	33.6	40.5	11.21	5.15	64.94	11.46
2.20	5	44.57	7.3	16.3	62.47	6.32	7.1	11.15	31.3	33.6	8.51	3.96	51.66	1.73
2.40	33	294.16	48.18	21.9	232.26	41.69	42.5	48.12	47.0	83.3	39.99	17.26	186.41	23.31
2.60	100	891.41	146	45.9	521.51	126.32	108.5	110.46	62.7	137.8	99.26	40.98	396.16	50.73

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Passo strumentale – **DPSH 3**

Profondità da p.c.	Nr. colpi	Rd	N_{spt}	γ	c_u	c'	OCR	Eu	φ'	Dr	M	E	G_0	Winkler
m	…	*Kg/cm²*	…	*KN/m³*	*kPa*	*kPa*	…	*MPa*	°	*%*	*MPa*	*MPa*	*Mpa*	*Kg/cm³*
0.20	61	641.22	89.06	22.9	165.12	77.05	842.4	79.96	53.2	92.4	66.18	27.87	283.07	28.03
0.40	45	473.03	65.7	22.0	166.56	56.84	316.9	62.39	49.1	80.3	51.57	21.98	230.17	22.75
0.60	50	525.59	73	22.0	203.35	63.16	236.1	67.29	50.2	84.9	56.22	23.87	247.27	24.40
0.80	19	183.30	27.74	20.7	114.80	24.00	68.5	31.63	40.1	52.9	25.43	11.22	128.06	14.17
1.00	14	135.06	20.44	19.6	99.49	17.68	41.3	24.89	37.5	45.6	19.80	8.84	104.05	12.52
1.20	5	48.24	7.3	16.3	51.69	6.32	12.8	11.08	31.0	27.5	8.51	3.96	51.66	1.16
1.40	4	38.59	5.84	15.8	46.16	5.05	9.1	9.30	29.8	24.7	7.09	3.33	44.39	0.93
1.60	4	38.59	5.84	15.8	47.78	5.05	8.1	9.30	29.7	24.7	7.09	3.33	44.39	0.93
1.80	4	35.66	5.84	15.8	49.29	5.05	7.4	9.35	30.7	32.2	7.09	3.33	44.39	1.58
2.00	4	35.66	5.84	15.8	50.71	5.05	6.8	9.35	30.5	31.5	7.09	3.33	44.39	1.51
2.20	5	44.57	7.3	16.3	60.62	6.32	7.8	11.15	31.6	34.4	8.51	3.96	51.66	1.82
2.40	4	35.66	5.84	15.8	53.35	5.05	5.8	9.35	30.1	30.3	7.09	3.33	44.39	1.40
2.60	11	98.05	16.06	18.7	108.96	13.90	14.6	20.67	36.4	48.9	16.24	7.33	88.31	13.12
2.80	22	182.26	32.12	21.1	179.40	27.79	26.8	35.33	42.2	67.4	28.68	12.58	141.49	17.90
3.00	100	828.45	146	45.9	529.29	126.32	103.6	110.45	62.3	136.3	99.26	40.98	396.16	49.75

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Passo strumentale – **DPSH 4**

Profondità da p.c.	Nr. colpi	Rd	N_{spt}	γ	c_u	c'	OCR	Eu	φ'	Dr	M	E	G_0	Winkler
m	…	*Kg/cm²*	…	*KN/m³*	*kPa*	*kPa*	…	*MPa*	°	*%*	*MPa*	*MPa*	*Mpa*	*Kg/cm³*
0.20	61	641.22	89.06	22.9	165.12	77.05	842.4	79.96	53.2	92.4	66.18	27.87	283.07	28.03
0.40	23	241.77	33.58	21.3	104.98	29.05	164.6	36.93	42.1	57.8	29.74	13.02	145.83	15.49
0.60	8	84.09	11.68	17.6	57.01	10.11	40.9	16.05	34.1	34.5	12.51	5.71	71.12	1.87
0.80	4	38.59	5.84	15.8	38.28	5.05	16.3	9.28	30.2	24.6	7.09	3.33	44.39	0.93
1.00	2	19.29	2.92	14.8	25.26	2.53	6.8	5.37	27.1	17.5	4.01	1.94	27.71	0.46
1.20	3	28.94	4.38	15.3	34.96	3.79	8.8	7.40	28.7	21.4	5.60	2.66	36.50	0.70
1.40	2	19.29	2.92	14.8	27.65	2.53	5.2	5.37	26.9	17.5	4.01	1.94	27.71	0.46
1.60	2	19.29	2.92	14.8	28.68	2.53	4.6	5.37	26.8	17.5	4.01	1.94	27.71	0.46
1.80	5	44.57	7.3	16.3	55.43	6.32	10.3	11.09	30.8	27.6	8.51	3.96	51.66	1.16
2.00	7	62.40	10.22	17.2	72.09	8.84	12.9	14.52	34.2	42.4	11.21	5.15	64.94	11.82
2.20	100	891.41	146	45.9	474.62	126.32	145.7	110.71	65.3	147.9	99.26	40.98	396.16	57.52

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Passo strumentale – **DPSH 5**

Profondità da p.c.	Nr. colpi	Rd	N_{spt}	γ	c_u	c'	OCR	Eu	φ'	Dr	M	E	G_0	Winkler
m	…	*Kg/cm²*	…	*KN/m³*	*kPa*	*kPa*	…	*MPa*	°	*%*	*MPa*	*MPa*	*Mpa*	*Kg/cm³*
0.20	59	620.19	86.14	22.6	160.86	74.53	823.7	77.93	52.7	90.9	64.40	27.16	276.73	27.37
0.40	33	346.89	48.18	21.9	134.59	41.69	234.0	49.00	45.6	68.9	39.99	17.26	186.41	18.79
0.60	16	168.19	23.36	20.1	92.66	20.21	78.2	27.69	38.9	48.5	22.09	9.81	113.94	13.18
0.80	6	57.88	8.76	16.8	51.21	7.58	23.3	12.79	32.3	30.0	9.88	4.57	58.48	1.40
1.00	3	28.94	4.38	15.3	33.78	3.79	9.8	7.40	28.7	21.4	5.60	2.66	36.50	0.70
1.20	3	28.94	4.38	15.3	35.41	3.79	8.5	7.40	28.6	21.4	5.60	2.66	36.50	0.70
1.40	2	19.29	2.92	14.8	27.96	2.53	5.0	5.37	26.9	17.5	4.01	1.94	27.71	0.46
1.60	16	154.36	23.36	20.1	120.52	20.21	34.4	27.62	38.2	48.9	22.09	9.81	113.94	13.18
1.80	32	285.25	46.72	21.9	201.87	40.42	59.9	47.28	44.3	68.8	38.99	16.85	182.55	18.46
2.00	36	320.91	52.56	22.0	227.44	45.47	59.6	51.37	49.7	92.4	42.95	18.47	197.77	26.95
2.20	100	891.41	146	45.9	488.17	126.32	133.4	110.60	64.5	144.8	99.26	40.98	396.16	55.39

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Passo strumentale – **DPSH 6**

Profondità da p.c.	Nr. colpi	Rd	N_{spt}	γ	c_u	c'	OCR	Eu	φ'	Dr	M	E	G_0	Winkler
m	…	*Kg/cm²*	…	*KN/m³*	*kPa*	*kPa*	…	*MPa*	°	*%*	*MPa*	*MPa*	*Mpa*	*Kg/cm³*
0.20	91	956.57	132.86	36.5	251.75	114.95	787.0	107.97	59.0	112.9	91.87	38.08	371.55	37.92
0.40	128	1345.51	186.88	99.3	483.38	161.69	297.6	136.06	64.0	135.4	121.53	49.69	468.57	50.12
0.60	22	231.26	32.12	21.1	152.87	27.79	44.3	35.39	40.8	57.2	28.68	12.58	141.49	15.16
0.80	9	86.82	13.14	18.0	86.19	11.37	16.2	17.67	35.9	47.7	13.78	6.26	77.05	12.88
1.00	14	135.06	20.44	19.6	120.41	17.68	22.7	24.92	39.1	57.8	19.80	8.84	104.05	15.24
1.20	7	67.53	10.22	17.2	77.22	8.84	10.4	14.52	33.5	40.2	11.21	5.15	64.94	11.42
1.40	5	48.24	7.3	16.3	62.91	6.32	6.9	11.15	31.3	33.5	8.51	3.96	51.66	1.71
1.60	5	48.24	7.3	16.3	64.31	6.32	6.5	11.15	31.1	32.9	8.51	3.96	51.66	1.65
1.80	24	213.94	35.04	21.4	191.96	30.32	28.5	37.77	42.9	69.9	30.80	13.46	150.11	18.66
2.00	100	891.41	146	45.9	533.12	126.32	101.3	110.45	62.1	135.5	99.26	40.98	396.16	49.28

RIPRESE FOTOGRAFICHE DELLE PROVE PENETROMETRICHE ESEGUITE

3.2 INDAGINI SISMICHE

Per la caratterizzazione sismica del sottosuolo sono state eseguite in sito una acquisizione sismica attiva multicanale in onde di superficie (MASW) e una acquisizione sismica passiva a stazione singola con misura dei microtremori e analisi HVSR.

La prospezione sismica attiva multicanale in onde di superficie è stata eseguita allo scopo di ricostruire il profilo delle V_S del sottosuolo e determinare il parametro $V_{S,eq}$ secondo NTC 2018.

L'acquisizione sismica passiva a stazione singola di microtremore è stata eseguita allo scopo di definire la frequenza naturale del terreno $\boldsymbol{f_0}$. Dalla modellazione della curva H/V ottenuta dall'analisi HVSR è inoltre possibile ricostruire il profilo delle V_S nel sottosuolo, purché il modello sia vincolato con altri tipi di prove. Nel caso in questione, per vincolare il modello si sono utilizzate l'acquisizione sismica MASW e le prove penetrometriche eseguite in sito, oltre che i dati desunti da bibliografia.

Ripresa fotografica dello stendimento sismico eseguito nel sito di indagine.

3.2.1 INDAGINE SISMICA ATTIVA MULTICANALE (MASW)

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. È stato eseguito uno stendimento di 24 geofoni con spaziatura di 2.0 metri, per una lunghezza totale 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. L'analisi eseguita ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità delle onde di taglio, da cui si è calcolato il valore $V_{S,eq}$ 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.
I risultati dell'elaborazione sono riportati integralmente nel report presente in allegato 2.

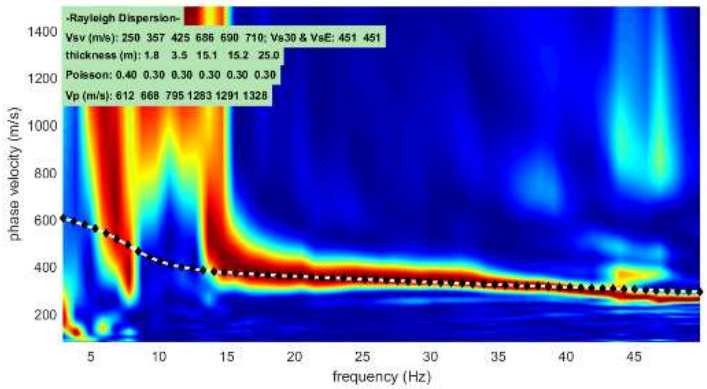


Figura 9 – Spettro delle velocità delle onde di superficie (onde di Rayleigh) e curva di dispersione modellata.

3.2.2 ACQUISIZIONE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA DI MICROTREMORE AMBIENTALE E ANALISI HVSR

L'acquisizione sismica passiva a stazione singola di microtremore è stata eseguita allo scopo di definire la frequenza naturale del terreno $\boldsymbol{f_0}$, che è legata alla velocità delle onde di taglio V_S e allo spessore h dello strato di terreno, secondo la formula:

$$f = \frac{Vs}{4h}$$

Grazie a questa relazione, dalla modellazione della curva H/V è possibile ricostruire il profilo delle V_S nel sottosuolo, purché il modello sia vincolato con altri tipi di prove. Nel caso in questione, per vincolare il modello si sono utilizzate l'acquisizione sismica MASW e le prove penetrometriche eseguite in sito, oltre che i dati desunti da bibliografia.

L'acquisizione è stata eseguita utilizzando un acquisitore *Geobox della Sarah Instruments*.

I dettagli tecnici per quanto riguarda le modalità operative, la strumentazione e i parametri e utilizzati per l'acquisizione, e i risultati ottenuti, sono riportati nel relativo report presente in allegato 2.

3.2.2 RISULTATI DELLE INDAGINI SISMICHE

Al fine di ottenere il profilo delle velocità delle onde di taglio (V_S) nel sottosuolo è stata eseguita una modellazione congiunta della curva di dispersione delle onde di Rayleigh e della curva H/V, ottenute rispettivamente dall'acquisizione MASW e dall'acquisizione di microtremori a stazione singola. Il profilo sismo-stratigrafico così ottenuto è illustrato nella figura 10 e nella tabella successiva. I risultati di tale procedura sono riportati integralmente nel report presente in allegato 2.

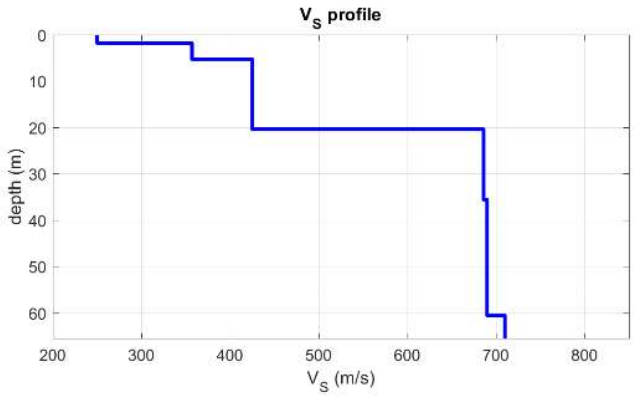


Figura 10 – Profilo di velocità delle onde di taglio del sottosuolo ottenuto dalla modellazione congiunta della curva di dispersione delle onde di Rayleigh e della curva H/V.

MODELLO SISMO-STARTIGRAFICO OTTENUTO

Strato	**Spessore [m]**	**Profondità base strato [m da p.c.]**	**V_S [m/s]**
1	1.8	1.8	250
2	3.5	5.3	357
3	15.1	20.4	425
4	15.2	35.6	686
5	25.0	60.6	690
6	--	--	710

Inoltre l'analisi HVSR eseguita a partire dall'acquisizione sismica a stazione singola ha individuato il massimo della curva H/V in corrispondenza all'incirca del valore di frequenza di f_0=25 Hz, indicativo di un contrasto di impedenza molto superficiale, attribuibile alla presenza del tetto del primo livello di ghiaie entro la profondità di 3 metri.

4. MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO

Le sei prove penetrometriche dinamiche eseguite nell'area di studio hanno raggiunto il rifiuto strumentale a profondità comprese tra -2.0 e -3.0 m dal piano del piazzale. Ciò è indicativo del fatto che a queste profondità è già presente il primo livello di depositi granulari grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose).

Dalla banca dati del CARG Emilia-Romagna (https://geo.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss) è stato possibile consultare l'archivio delle indagini geognostiche eseguite nelle vicinanze dell'area in oggetto, al fine di poter meglio definire l'assetto litostratigrafico dell'area stessa. In figura 11 è riportata la stratigrafia di un pozzo eseguito in via Ancora, la cui perforazione ha raggiunto la profondità di -83.5 m da piano campagna.

COMUNE DI SASSUOLO
PROVINCIA DI MODENA

PSC 2011

PIANO STRUTTURALE COMUNALE
VARIANTE SPECIFICA AI SENSI DELL'ART.32bis L.R. 20/2000

STRATIGRAFIA N. 81_2

UBICAZIONE:
LOCALITA: Sassuolo
VIA: Ancora

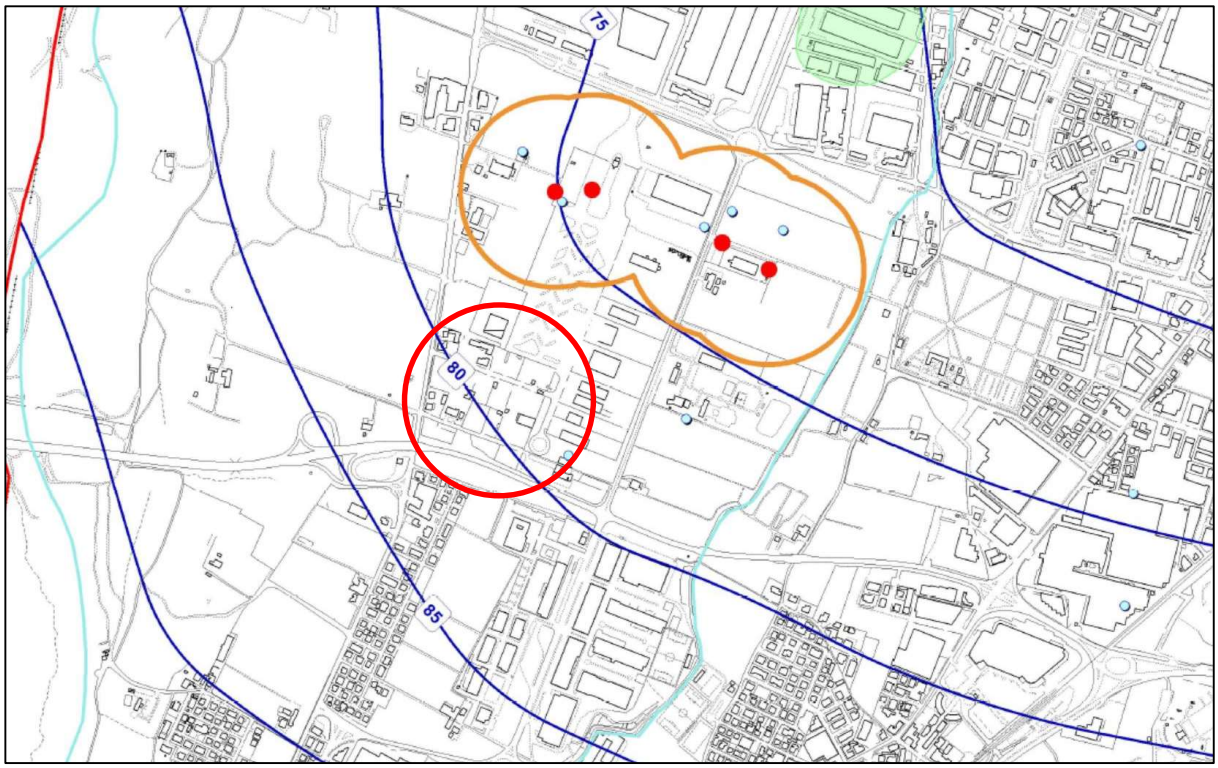
ANNO PERFORAZIONE: 1971

DA METRI	A METRI	LITOLOGIA
0	13	ghiaia senza acqua
13	16	argilla
16	37	ghiaia con poca acqua
37	44	argilla gialla
44	48	ghiaia con acqua
48	52	argilla gialla
52	63	ghiaia con acqua
63	63,5	argilla
63,5	81	ghiaia gialla con acqua
81	83,5	ghiaia e sabbia azzurra

Figura 11 – Stratigrafia di un pozzo perforato in via Ancora, in prossimità dell'area oggetto del presente studio (Fonte: banca dati CARG Emilia-Romagna).

Le prove penetrometriche sono state eseguite in corrispondenza di aree asfaltate in cui è presente uno spessore di 60-100 cm costituito da asfalto e materiale di sottofondo. Dalle prove eseguite è inoltre emerso che già nei primi 1.6÷2.6 m di profondità dal piano del piazzale è presente il tetto del primo livello di ghiaioso. Lo spessore di questo deposito si presume attorno ai 10-15 m. Dopodiché, la stratigrafia prosegue con un'alternanza di livelli grossolani ghiaiosi o ghiaioso-sabbiosi e livelli fini argillosi.

Durante la perforazione delle prove penetrometriche dinamiche eseguite in sito non è stata individuata la presenza di acqua di falda all'interno dei fori di sondaggio. Dai dati bibliografici e cartografici raccolti (fig. 7 e fig. 12) si evince che nell'area oggetto del presente studio la soggiacenza della falda freatica si attesta mediamente a una profondità di circa -20 m da p.c.



LEGENDA

- POZZO PUBBLICO ATTIVO
- IPOTESI NUOVO POZZO

TUTELA DEI CAMPI POZZI PER LA CAPTAZIONE DI ACQUE SOTERRANEE

- ZONA DI RISPETTO RISTRETTA 200MT
- AREA DI RISERVA COMUNALE 200MT
- ZONA DI RISPETTO RISTRETTA - ISOCRANA 60GG
- ZONA DI RISPETTO ALLARGATA - ISOCRANA 180GG
- ZONA DI RISPETTO ALLARGATA - ISOCRANA 365GG

- IDROGRAFIA SUPERFICIALE
- POZZI DOMESTICI
- ISOPIEZE RIFERITE AL LIVELLO DEL MARE

Figura 12 – Estratto PSC QC.B2 Tav. 1 Acque sotterranee e piezometria. L'area oggetto del presente studio è ubicata nel cerchio rosso.

Nella tabella seguente si riporta il modello geotecnico schematico rappresentativo del sottosuolo indagato e basato sulle indagini geognostiche eseguite in sito.

MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO – Parametri medi

Da m	a m [*]	Litologia	Cu [kg/cm^2]	C' [kg/cm^2]	φ [°]	γ_d [t/m^3]
0.0	0.6÷1.0	Piazzale	--	--	--	--
0.6÷1.0	1.6÷2.4	Terreni misti granulari e coesivi a granulometria fine	0.45	0.05	30	1.8
1.6÷2.4	--	Terreni granulari grossolani: ghiaie sabbiose e/o sabbie ghiaiose	0.0	0.0	45	1.9

[*] Le quote sono riferite al piano del piazzale

γ_d: Peso di volume secco; Cu: coesione non drenata; C': coesione efficace; φ: angolo d'attrito.

Il valore di C' è stato calcolato considerando C'=Cu/10.

5. RELAZIONE SISMICA

5.1 SISMICITA' DELLE ZONEE SORGENTI E PERICOLOSITÁ SISMICA DI BASE

In riferimento alla zonazione sismogenetica ZS9 realizzata da INGV (marzo 2004) che riassume il quadro sismotettonico del territorio italiano, l'area in oggetto risulta ricadente all'interno della **zona sismogenetica 913**, (Appennino Emiliano-Romagnolo), costituita da una fascia appenninica settentrionale la cui attività sismica è legata a meccanismi diversi, ma principalmente compressivi, e la cui magnitudo di riferimento Mw (max) corrisponde a un valore di **6.14** (*Gruppo di Lavoro (2004). Redazione della Mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp + 5 appendici; Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo*).

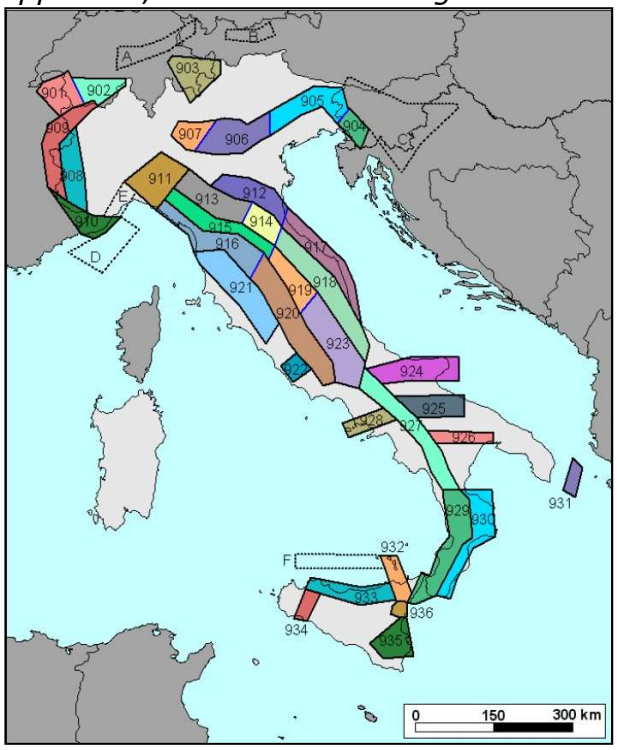


Figura 13 – Zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di Lavoro (2004), Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, appendice 2)

Dalla consultazione della banca dati delle sorgenti sismogenetiche del territorio italiano DISS a cura di INGV (*Database of Individual Seismogenic Sources*, versione 3.2.1, http://diss.rm.ingv.it/diss/), di cui si riporta un estratto in figura 12; si evidenzia che la sorgente sismogenetica più significativa al contorno dell'area di studio è la ITCS046 denominata Langhirano-Sassuolo a cui è attribuita una magnitudo massima pari a Mw= 5.9.

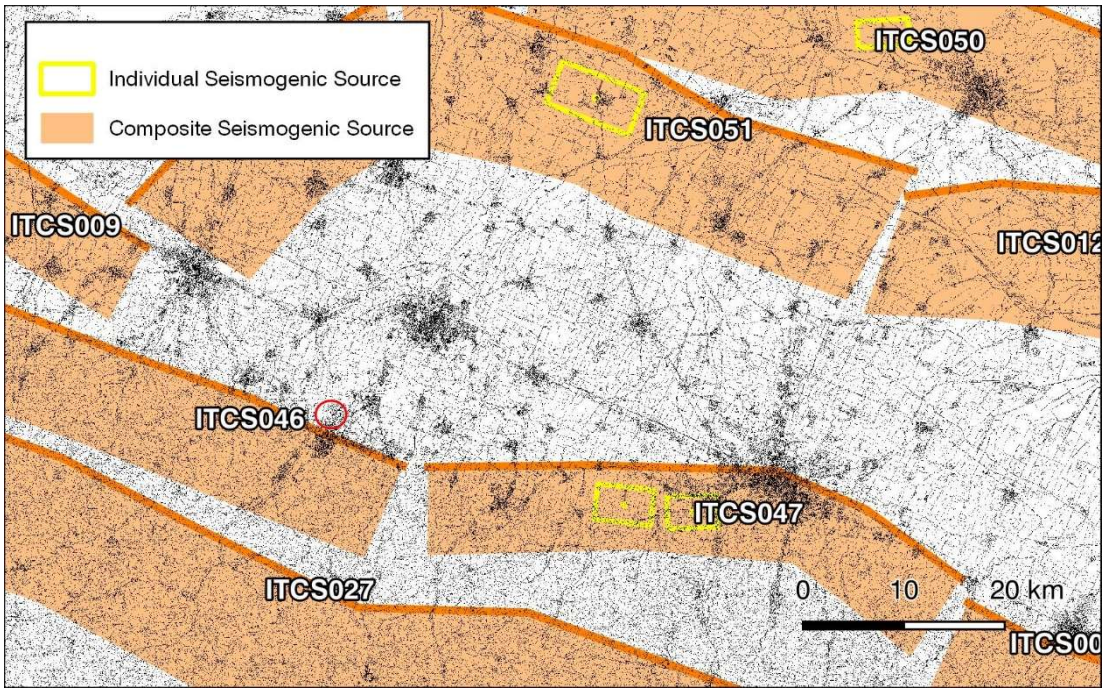


Figura 14 – Ubicazione delle sorgenti sismogenetiche al contorno dell'area in oggetto secondo il DISS 3.2.1. L'area di interesse è indicata dal cerchio rosso. (tratto da: http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/DISS321)

Con pericolosità sismica si intende lo scuotimento del suolo atteso in un sito a causa di un terremoto. Essendo prevalentemente un'analisi di tipo probabilistico, si può definire un certo scuotimento solo associato alla probabilità di accadimento nel prossimo futuro. Non si tratta pertanto di una previsione deterministica dei terremoti, obiettivo lungi dal poter essere raggiunto ancora in tutto il mondo, né del massimo terremoto possibile in un'area, in quanto il terremoto massimo ha comunque probabilità di verificarsi molto basse.
Nel 2004 è stata rilasciata la mappa della pericolosità sismica (http://zonesismiche.mi.ingv.it) che fornisce un quadro delle aree più pericolose in Italia. La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (*GdL MPS, 2004; rif. Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, n. 3519, All. 1b*) è espressa in termini di accelerazione orizzontale del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (Vs30>800 m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005). L'Ordinanza PCM n. 3519/2006 ha reso tale mappa uno strumento ufficiale di riferimento per il territorio nazionale.

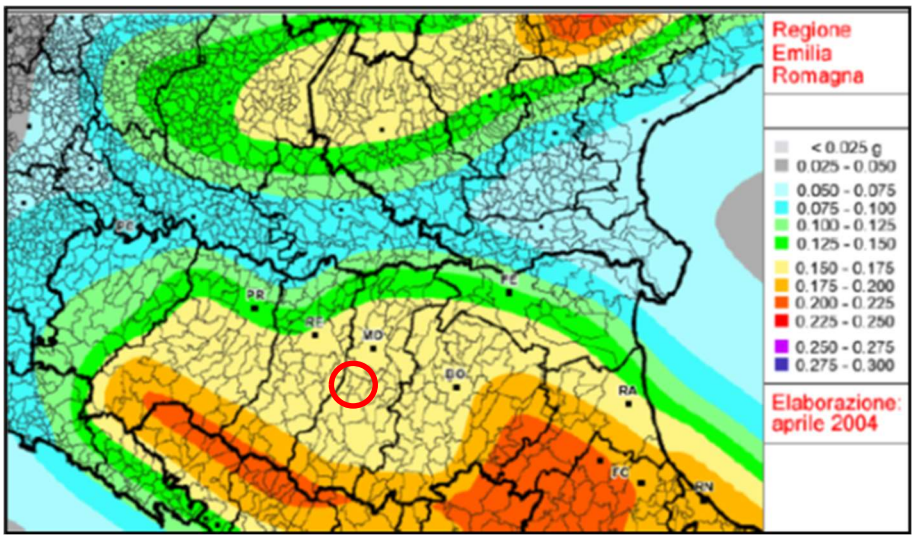
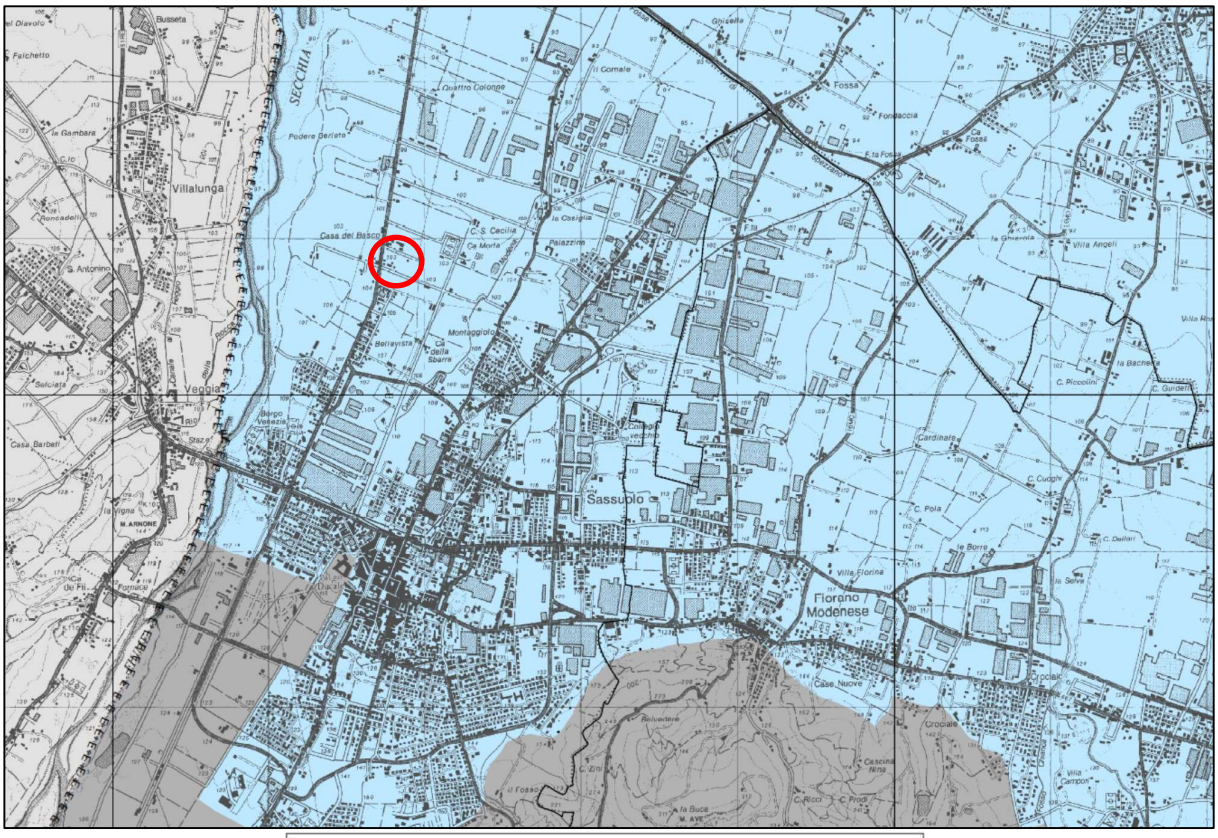


Figura 15 – Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi (Vs30> 800 m/s; cat. A) allegata all'Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006. (Fonte: Sito web della Regione Emilia-Romagna).

In riferimento alla mappa di pericolosità sismica, di cui si riporta un estratto in figura 13, si evince che il territorio del Comune di Sassuolo è compreso nell'area caratterizzata da valori dell'accelerazione massima al suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi (V_{s30}> 800 m/s; cat. A, All. 2, 3.1), compresi tra **0.150 e 0.175 g**.

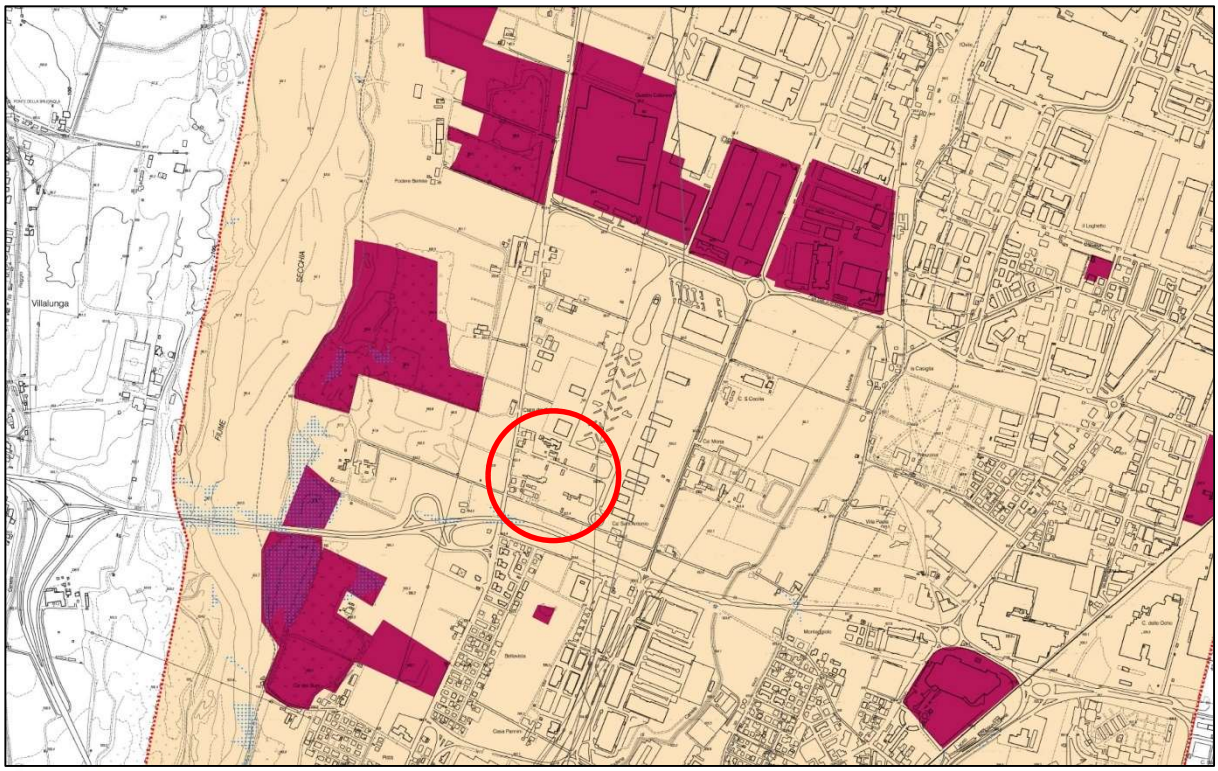
5.2 RISCHIO SISMICO ED EFFETTI ATTESI

Per quanto riguarda il rischio sismico, la cartografia del PTCP di Modena (Tav. 2.2 - Rischio sismico: Carta delle aree suscettibili di effetti locali) identifica l'area di studio come *Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche*.
Per quanto riguarda, invece, la cartografia prodotta nell'ambito del PSC - Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 e Livello 2 del territorio comunale di Sassuolo, in riferimento alla Tav. 6b *Carta delle aree suscettibili di effetti locali* l'area oggetto del presente studio è classificata come *zona stabile,* collocata in corrispondenza della *successione litostratigrafica a nord della faglia flessura di Sassuolo.* Per questa area sono attesi fenomeni di amplificazione del moto sismico per caratteristiche litologiche, per la quale è richiesto un approfondimento di II livello.



		Effetti attesi
	1	**Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche** studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); microzonazione sismica*: approfondimenti di III livello.
	2	**Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche** studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); microzonazione sismica*: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
	3	**Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche** studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; microzonazione sismica*: approfondimenti di III livello.
	4	**Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche** studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; microzonazione sismica*: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
	5	**Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche** studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; microzonazione sismica*: approfondimenti di II livello.
	6	**Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche** studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico; microzonazione sismica*: approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
	7	**Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione** studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi; microzonazione sismica*: approfondimenti di III livello.
	8	**Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti** studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; microzonazione sismica*: sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.
	9	**Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali** studi*: indagini per caratterizzare Vs_{30}, in caso Vs_{30} maggiore/uguale di 800 m/s non è richiesta nessuna ulteriore indagine, in caso Vs_{30} minore di 800 m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; microzonazione sismica*: non richiesta nel primo caso, nel secondo caso approfondimenti del II livello.
	10	**Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche** studi*: indagini per caratterizzare Vs_{30} e valutazione del coefficiente di amplificazione topografico; in caso Vs_{30} maggiore/uguale di 800 m/s è sufficiente la sola valutazione del coefficiente di amplificazione topografico, in caso Vs_{30} minore di 800 m/s occorre valutare anche il coefficiente di amplificazione litologico; microzonazione sismica*: valutazione degli effetti della topografia, con particolare attenzione nelle aree prossime ai bordi di scarpata, negli ambiti immediatamente superiori ai settori soggetti ad amplificazione topografica, nelle zone con accentuato contrasto di pendenza; in caso Vs_{30} minore di 800 m/s valutazione anche del coefficiente di amplificazione litologico.

Figura 16 – Stralcio della Tavola 2.2 "Rischio sismico: carte delle aree suscettibili di effetti locali" del PTCP di Modena.



ZONE STABILI

2010
Successione litostratigrafica a nord della faglia flessura di Sassuolo, con affioranti le Unità Quaternarie Continentali

2020
Successione litostratigrafica a sud della faglia flessura di Sassuolo, con affioranti le Unità Quaternarie Continentali

2030
Successione litostratigrafica con affiorante la Successione Epiligure

2040
Successione litostratigrafica con affioranti le Unità Marine di Transizione

2050
Successione litostratigrafica con affioranti le brecce argillose di Baiso

ZONE INSTABILI

3015
Instabilità di versante attivo - non definito

3025
Instabilità di versante quiescente - non definito

3035
Instabilità di versante inattivo - non definito

3045
Instabilità di versante non definito

3060
Aree interessate da deformazioni dovute a faglie

3080
Cedimenti differenziali

Acclività dei versanti con pendenza superiore a 15 gradi

4020
Depositi di versante - Conoide di deiezione

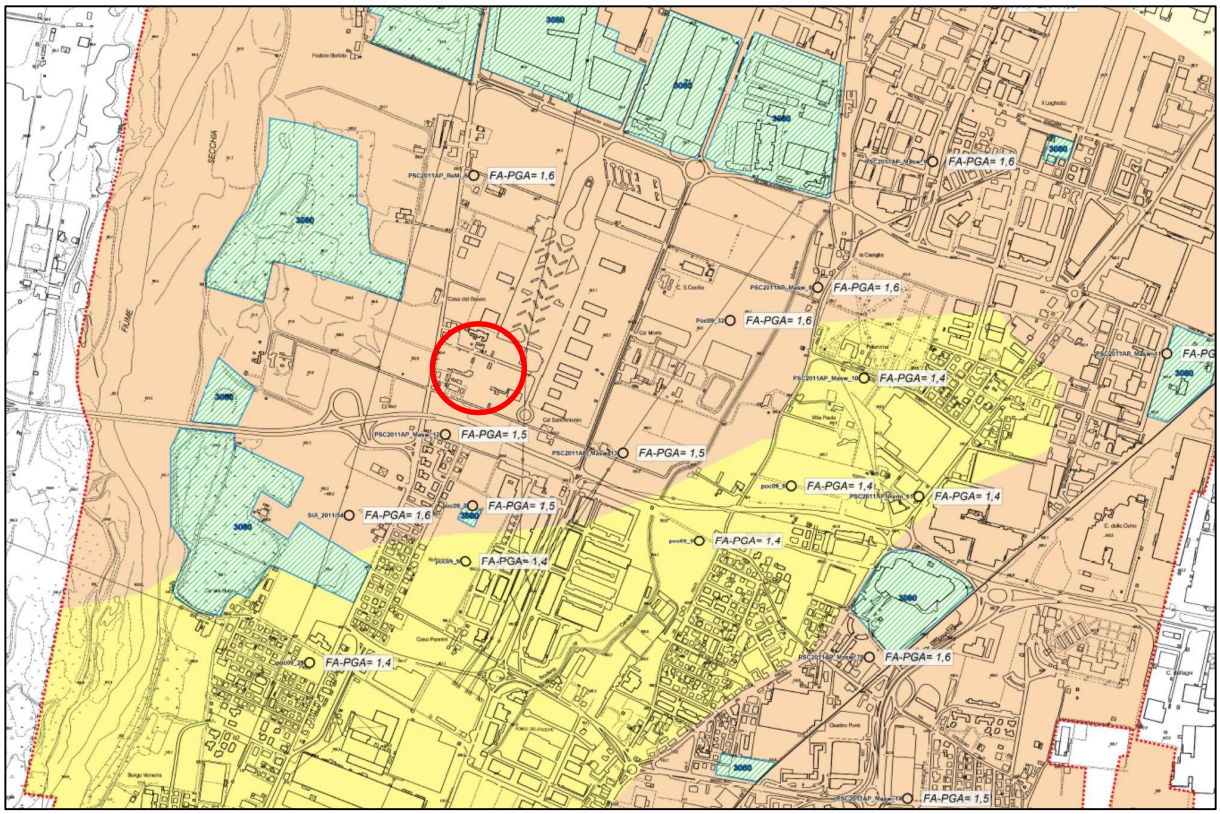
5011
Faglia diretta - tratto accertato

5012
Faglia diretta - tratto inferito

5051
Orlo di terrazzo fluviale

5070
Scarpata sepolta

Figura 17 – Estratto della Carta delle Aree Suscettibili di Effetti Locali relativa all'area di studio (tratta da Studio di Microzonazione Sismica di I e Livello del Comune di Sassuolo)



FATTORE DI AMPLIFICAZIONE- FA-PGA

- 1.00 - 1.20
- 1.20 - 1.40
- 1.40 - 1.60
- 1.60 - 1.80
- 1.80 - 2.00
- 2.00 - 2.50
- 2.50 - 3.00

LOCALIZZAZIONE PROVE

- 1.00 -1.20
- 1.20 - 1.40
- 1.40 - 1.60
- 1.60 - 1.80
- 1.80 - 2.00
- 2.00 - 2.50
- 2.50 - 3.00

ZONE SOGGETTE AD APPROFONDIMENTO DI TERZO LIVELLO

- 3018 Instabilità di versante attivo - non definito
- 3025 Instabilità di versante quiescente - non definito
- 3035 Instabilità di versante inattivo - non definito
- 3045 Instabilità di versante non definito
- 3060 Aree interessate da deformazioni dovute a faglie attive e capaci
- 3080 Cedimenti differenziali

Figura 18 – Estratto della Carta del fattore di amplificazione FA-PGA, che attribuisce un valore compreso tra 1.5÷1.6 per il sito in oggetto (tratta da Studio di Microzonazione Sismica di I e Livello del Comune di Sassuolo, 2012).

5.3 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÁ SISMICA DI BASE

In accordo con quanto esposto nelle NTC 2018 (§ 3.2), sono stati definiti i parametri della pericolosità sismica di base di tutto il territorio nazionale, a partire dai quali si determina l'azione sismica di un determinato sito. I parametri così definiti sono riportati nelle tabelle degli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, e successivi aggiornamenti.
In riferimento all'intervento in progetto, identificato dalle coordinate geografiche indicate di seguito, si considerano i seguenti parametri:

Sito in esame

Latitudine [°]	44.561816 (ED50)
Longitudine [°]	10.787798 (ED50)
Classe d'uso	2
Cat. topografica	T1
Cat. Sottosuolo	B
cu	1

Pertanto, i parametri della pericolosità sismica di base così definiti per il sito in oggetto sono i seguenti:

Parametri sismici della pericolosità sismica di base

Stato Limite	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo	Tc* [s]
SLO	81	30	0.052	2.480	0.252
SLD	63	50	0.064	2.492	0.265
SLV	10	475	0.163	2.377	0.290
SLC	5	975	0.205	2.386	0.306

5.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (§ 3.2.2 NTC 2018)

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II NTC 2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S.
I valori di V_S sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:
h_i spessore dell'i-esimo strato;
$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N numero di strati;
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.
Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.
Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella tabella seguente.

A -	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
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.
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.
D -	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s.
E -	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie* *C o D,* con profondità del substrato non superiore a 30 m.

I risultati delle indagini sismiche eseguite in sito e sopra citate sono illustrati in dettaglio nei precedenti paragrafi e nel report presente in allegato 2.

Dai dati ottenuti dalle indagini sismiche eseguite in sito è risultato il seguente valore di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio:

$V_{S,eq}$ = 451 m/s

Sulla base di questi risultati, secondo le NTC 2018 (§ 3.2.2) il sottosuolo dell'area indagata risulta appartenente alla **categoria di sottosuolo 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.

5.5 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA: ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Procedure e modalità operative

Per la definizione della risposta sismica del sito in oggetto, espressa in termini di amplificazione stratigrafica e amplificazione topografica, in accordo con gli strumenti di pianificazione vigenti si è proceduto con un approfondimento di secondo livello, secondo quanto indicato nella normativa tecnica regionale in materia di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (D.G.R. n 476 del 01/04/2021 e D.G.R. n. 564 del 21/04/2021).
In particolare si è fatto riferimento all'allegato A2 della DGR 476/2021, il quale riporta le modalità e le tabelle di calcolo dei fattori di amplificazione sismica per il secondo livello di approfondimento.

Per l'area oggetto di studio si considerano le tabelle relative alle zone di MARGINE (fig. 17), ovvero il *settore di transizione tra la zona collinare (Appennino) e la pianura, o la costa, caratterizzato da terreni alluvionali prevalentemente fini (argille, limi, sabbie) sovrastanti orizzonti grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose); il substrato geologico è generalmente costituito da sabbie marine o transizionali pleistoceniche (Sabbie Gialle) o dalla successione pelitica plio-pleistocenica (Argille Azzurre); il tetto del substrato geologico è a profondità indicativamente comprese tra 50 e 100 m*; questo settore è suddiviso in:

- MARGINE di tipo A: *caratterizzato da terreni fini o grossolani poco consolidati, di spessore non superiore a 30 m, sovrastanti orizzonti prevalentemente grossolani a comportamento più rigido (indicativamente con valore di Vs media almeno doppio rispetto a quello dei sedimenti sovrastanti); H è riferito allo spessore di sedimenti fini o grossolani poco consolidati sovrastanti i sedimenti continentali più rigidi;*
- MARGINE di tipo B: *caratterizzato da spessore dei terreni superficiali fini o grossolani poco consolidati superiore a 30 m; la successione sottostante è costituita da alternanze di orizzonti grossolani e orizzonti fini.*

In base ai risultati ottenuti dalle indagini geognostiche eseguite in sito, integrati con i dati bibliografici e cartografici raccolti, è possibile affermare che l'area in studio è compresa nel MARGINE di tipo B. Il valore di $V_{S,30}$ calcolato, come riportato ai precedenti paragrafi, è pari a 451 m/s.

Le tabelle di riferimento per le zone del Margine di tipo B riportate nella DGR 476/2021 sono illustrate in figura 17.

Vs_{30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

Vs_{30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,5
SA2	2,6	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7
SA3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,3	2,1
SA4	3,0	2,9	2,6	2,3	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** (0,1s≤T≤0,5s), **SA2** (0,4s≤T≤0,8s), **SA3** (0,7s≤T≤1,1s) e **SA4** (0,5s≤T≤1,5s)

Vs_{30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	2,9	2,8	2,5	2,3	2,1	2,0
SI3	3,3	3,1	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** (0,1s≤T≤0,5s), **SI2** (0,5s≤T≤1,0s), **SI3** (0,5s≤T≤1,5s)

Figura 19 – Tabelle per il calcolo dei fattori di amplificazione sismica con approfondimento di secondo livello, relativi al Margine di tipo B, tratti dall'allegato A2 della DGR 476/2021.

Sulla base delle tabelle riportate in figura 17, per il sito in oggetto si definiscono i seguenti fattori di amplificazione del moto sismico:

F.A. PGA = 1.5
F.A. SAI1 $0.1s<T_0<0.5s$ = 1.5
F.A. SAI2 $0.4s<T_0<0.8s$ = 1.7
F.A. SAI3 $0.7s<T_0<1.1s$ = 2.1
F.A. SAI4 $0.5s<T_0<1.5s$ = 1.9
F.A. SI1 $0.1s<T_0<0.5s$ = 1.6
F.A. SI2 $0.5s<T_0<1.0s$ = 2.0
F.A. SI3 $0.5s<T_0<1.5s$ = 2.0

Infine, considerato che l'ambito di studio appartiene all'alta pianura modenese, ed essendo l'area pianeggiante, l'inclinazione media dei terreni risulta <15° e pertanto non si hanno effetti di amplificazione topografica. Si assume quindi un coefficiente di amplificazione topografico pari a 1.0.

5.7 STABILITÁ DEL SITO NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Dai risultati del presente studio emerge che il sottosuolo nell'area indagata non è interessato dalla presenza di depositi sabbiosi poco addensati nei primi 20 metri di profondità; inoltre la soggiacenza media della falda freatica in quest'area si attesta attorno alla profondità di -20 m da p.c. In considerazione di ciò, la verifica della stabilità del sito nei confronti del fenomeno della liquefazione è stata omessa in quanto non sono presenti le condizioni predisponenti tale fenomeno (§ 7.11.3.4 NTC 2018).

6. SINTESI DELL'ANALISI DEI DATI RACCOLTI E CONCLUSIONI

Il presente studio è relativo alla caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica dell'area denominata Comparto Autoporto Sud compresa nell'area dell'Autoporto di Sassuolo, ed è stato svolto, in particolare, a supporto di un Piano Particolareggiato di Iniziativa Pubblica.

Per l'adempimento delle specifiche normative, è stato effettuato un sopralluogo sull'area al fine di verificarne l'idoneità geologica/geomorfologica e nel mese di gennaio 2022 è stata eseguita una campagna geognostica nell'area in oggetto al fine di definire le caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni che saranno interessati dall'intervento in progetto.
Le indagini geognostiche eseguite in sito sono le seguenti:

- n. 6 prove penetrometriche dinamiche super pesanti (DPSH);
- n. 1 acquisizione sismica attiva multicanale in onde di superficie (MASW);
- n. 1 acquisizione sismica passiva a stazione singola con misura di microtremore ambientale e analisi HVSR.

Dall'analisi dei profili penetrometrici eseguiti nell'area di indagine è emerso che, al di sotto della pavimentazione presente nel piazzale dell'area di indagine, il sottosuolo è costituito da un esiguo spessore (1÷2 m circa) di terreni fini misti coesivi e granulari; a seguire si è individuato il tetto del primo livello ghiaioso la cui resistenza alla penetrazione ha portato al rifiuto strumentale alla profondità massima di 3.0 m. Tuttavia, dalla consultazione dei dati bibliografici raccolti, quali le stratigrafie di pozzi vicini, si può presupporre che lo spessore di questo deposito ghiaioso sia pari ad almeno 10-15 m.

Durante la perforazione delle prove penetrometriche dinamiche eseguite in sito non è stata individuata la presenza di acqua di falda all'interno dei fori di sondaggio. Dai dati bibliografici e cartografici raccolti si evince che nell'area oggetto del presente studio la soggiacenza della falda freatica si attesta mediamente a una profondità di circa -20 m da p.c.

Le indagini sismiche hanno permesso di stimare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di propagazione delle onde di taglio, al fine di definire il modello sismo-stratigrafico del sottosuolo. Le indagini hanno inoltre permesso di calcolare il parametro $V_{S,eq}$ per la definizione della categoria di sottosuolo, come previsto dalle NTC 2018. Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini eseguite il sottosuolo dell'area indagata si classifica in **categoria B**, corrispondente a *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.*

Per la definizione della risposta sismica del sito in oggetto, espressa in termini di amplificazione stratigrafica e amplificazione topografica, si è proceduto con un approfondimento di secondo livello secondo quanto indicato nella normativa tecnica regionale in materia di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (D.G.R. n 476 del 01/04/2021 e D.G.R. n. 564 del 21/04/2021).

I parametri che definiscono l'amplificazione del moto sismico così calcolati per il sito in oggetto sono i seguenti:

F.A. PGA = 1.5
F.A. SAI1 $0.1s<T_0<0.5s$ = 1.5
F.A. SAI2 $0.4s<T_0<0.8s$ = 1.7
F.A. SAI3 $0.7s<T_0<1.1s$ = 2.1
F.A. SAI4 $0.5s<T_0<1.5s$ = 1.9
F.A. SI1 $0.1s<T_0<0.5s$ = 1.6
F.A. SI2 $0.5s<T_0<1.0s$ = 2.0
F.A. SI3 $0.5s<T_0<1.5s$ = 2.0

Infine, poiché il sottosuolo nell'area indagata non risulta interessato dalla presenza di depositi sabbiosi poco addensati nei primi 20 metri di profondità, e la soggiacenza media della falda freatica si attesta attorno alla profondità di -20 m da p.c., la verifica della stabilità del sito nei confronti del fenomeno della liquefazione è stata omessa in quanto non sono presenti le condizioni predisponenti tale fenomeno (§ 7.11.3.4 NTC 2018).

In considerazione di tutto ciò è possibile dedurre che non sussistono particolari criticità di tipo geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico che compromettano la fattibilità dell'intervento in progetto.

Modena, 15/04/2022

Dott. Geol. Valeriano Franchi

Allegato 1

Prove Penetrometriche Dinamiche Super Pesanti DPSH

DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio	63,5	[Kg]
Altezza di caduta	0,75	[m]
Area della punta	20,43	[cm_2]
Angolo della punta	90	[gradi]
Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
Peso sist. battuta	0,6	[Kg]
Raffronto statico	0,7	
Coeff correl con Nspt	1,46	

Prova n. DPSH 1
Data 19/01/2022
Committente
Ubicazione dell'intervento Comparto Autoporto sud
Falda: assente

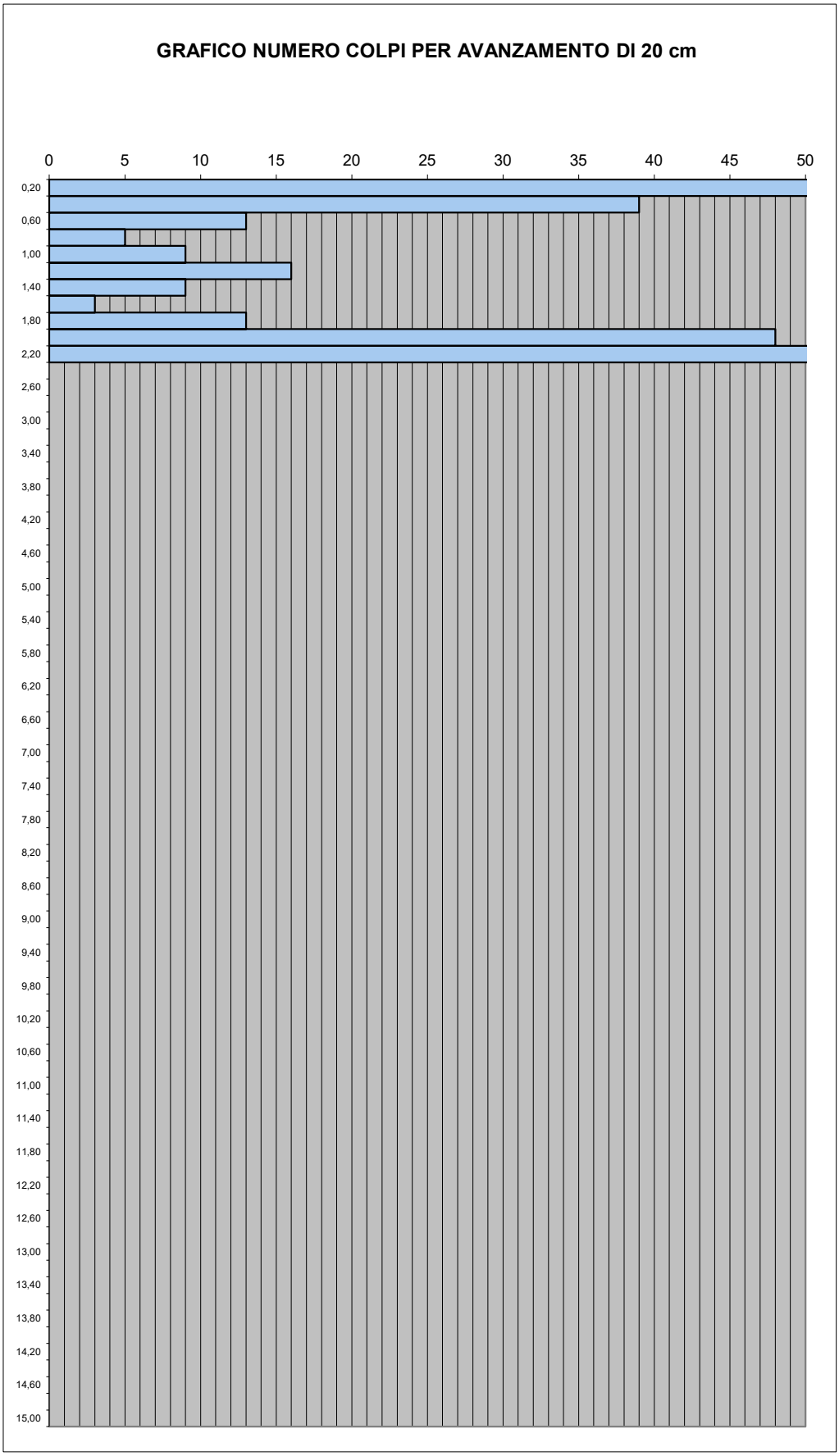
Profondità [m]	N. colpi	N. aste	Attrito Aste	Rd [Kg/cm^2]	N_{spt}	N_{60}	$N_{1(60)}$	qc MPa	Tipo I=inc./C=coes.
0,20	65	1	1	683,27	94,90	75,92	75,92	86,74	I/C
0,40	39	1	1	409,96	56,94	45,55	45,55	52,04	I/C
0,60	13	1	1	136,65	18,98	15,18	15,18	17,35	I/C
0,80	5	2	1	48,24	7,30	5,84	5,84	6,67	I/C
1,00	9	2	1	86,82	13,14	10,51	10,51	12,01	I/C
1,20	16	2	1	154,36	23,36	18,69	18,69	21,35	I/C
1,40	9	2	1	86,82	13,14	10,51	10,51	12,01	I/C
1,60	3	2	1	28,94	4,38	3,50	3,50	4,00	I/C
1,80	13	3	1	115,88	18,98	15,18	25,65	17,35	I/C
2,00	48	3	1	427,87	70,08	56,06	89,18	64,05	I/C
2,20	100	3	1	891,41	146,00	116,80	167,05	133,44	I/C
2,40									
2,60									
2,80									
3,00									
3,20									
3,40									
3,60									
3,80									
4,00									
4,20									
4,40									
4,60									
4,80									
5,00									
5,20									
5,40									
5,60									
5,80									
6,00									
6,20									
6,40									
6,60									
6,80									
7,00									
7,20									
7,40									
7,60									
7,80									
8,00									
8,20									
8,40									
8,60									
8,80									
9,00									
9,20									
9,40									
9,60									
9,80									
10,00									
10,20									
10,40									
10,60									
10,80									
11,00									
11,20									
11,40									
11,60									
11,80									
12,00									
12,20									
12,40									
12,60									
12,80									
13,00									
13,20									
13,40									
13,60									
13,80									
14,00									
14,20									
14,40									
14,60									
14,80									
15,00									

DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio	63,5	[Kg]
Altezza di caduta	0,75	[m]
Area della punta	20,43	[cm_2]
Angolo della punta	90	[gradi]
Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
Massa passiva	0,6	[Kg]
Raffronto statico	0,7	

Prova n. DPSH 1
Data 19/01/2022
Committente
Ubicazione dell'intervento Comparto Autoporto sud
Falda: assente

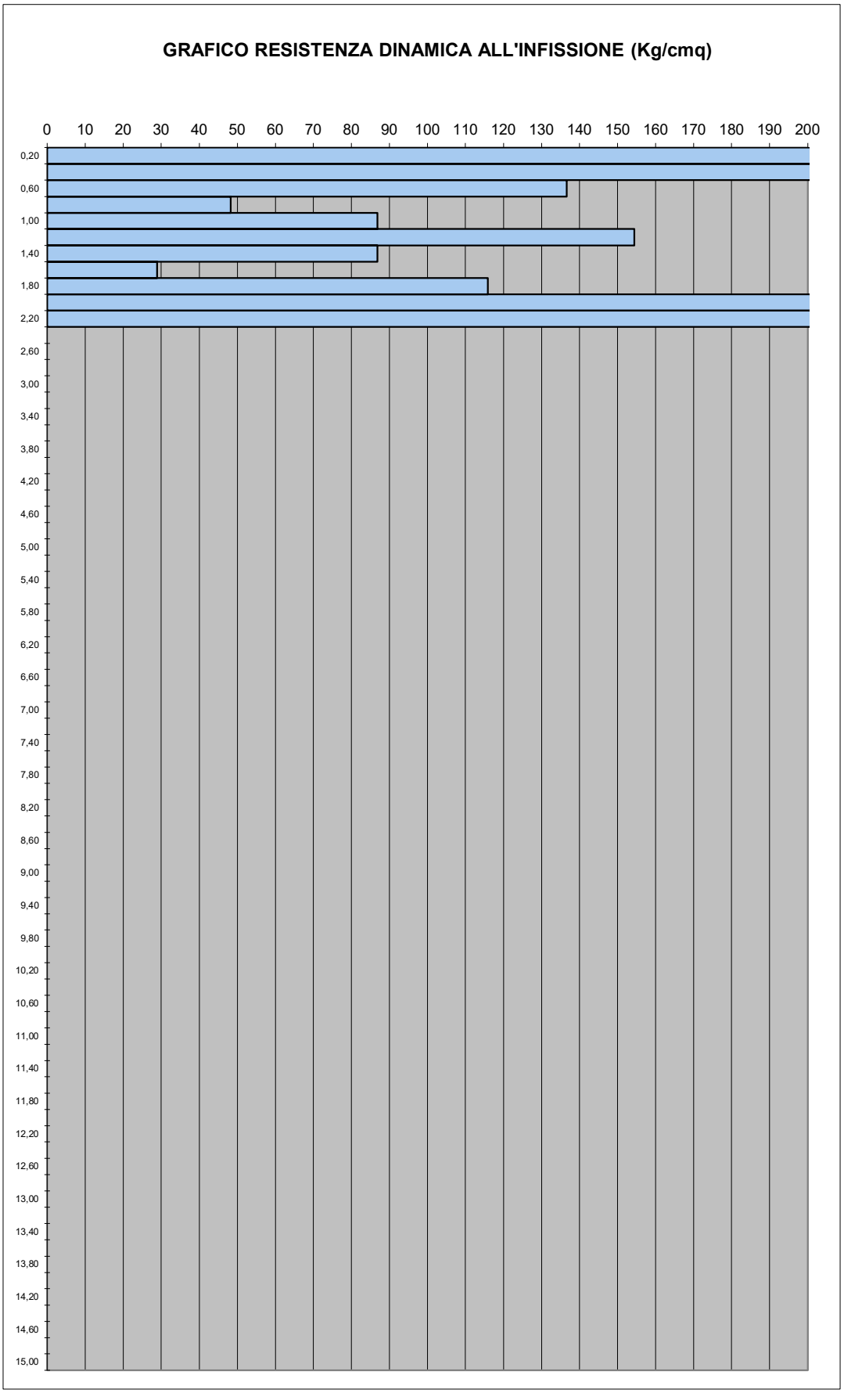
GRAFICO NUMERO COLPI PER AVANZAMENTO DI 20 cm



DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio	63,5	[Kg]
Altezza di caduta	0,75	[m]
Area della punta	20,43	[cm_2]
Angolo della punta	90	[gradi]
Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
Massa passiva	0,6	[Kg]
Raffronto statico	0,7	

Prova n. DPSH 1
Data 19/01/2022
Committente
Ubicazione dell'intervento Comparto Autoporto sud
Falda: assente



DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio	63,5	[Kg]
Altezza di caduta	0,75	[m]
Area della punta	20,43	[cm_2]
Angolo della punta	90	[gradi]
Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
Peso sist. battuta	0,6	[Kg]
Raffronto statico	0,7	
Coeff correl con Nspt	1,46	

Prova n. DPSH 2
Data 19/01/2022
Committente
Ubicazione dell'intervento Comparto Autoporto sud
Falda: assente

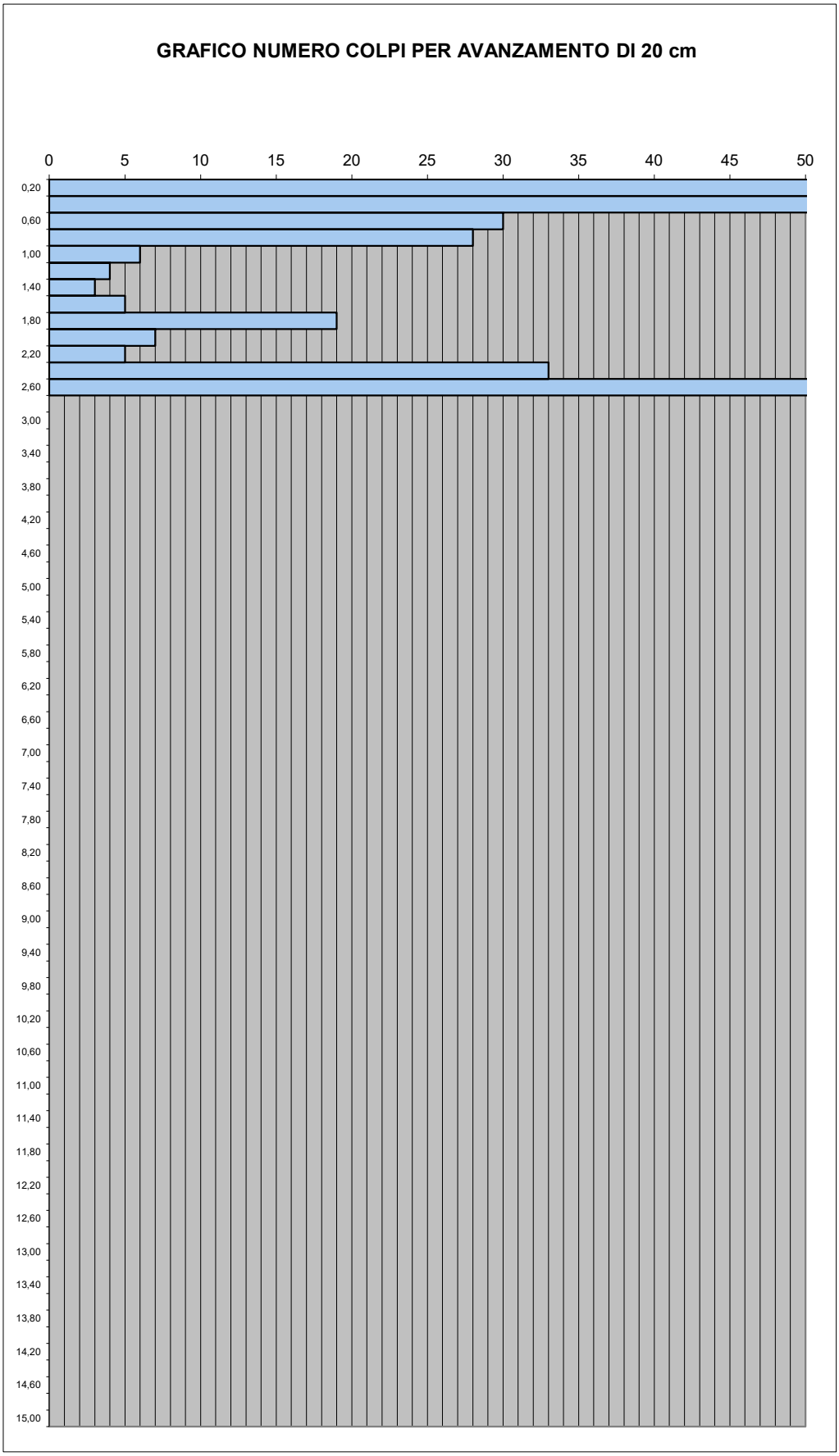
Profondità [m]	N. colpi	N. aste	Attrito Aste	Rd [Kg/cm^2]	N_{spt}	N_{60}	$N_{1(60)}$	qc MPa	Tipo I=inc./C=coes.
0,20	82	1	1	861,97	119,72	95,78	95,78	109,42	I/C
0,40	84	1	1	882,99	122,64	98,11	98,11	112,09	I/C
0,60	30	1	1	315,35	43,80	35,04	35,04	40,03	I/C
0,80	28	2	1	270,12	40,88	32,70	32,70	37,36	I/C
1,00	6	2	1	57,88	8,76	7,01	7,01	8,01	I/C
1,20	4	2	1	38,59	5,84	4,67	4,67	5,34	I/C
1,40	3	2	1	28,94	4,38	3,50	3,50	4,00	I/C
1,60	5	2	1	48,24	7,30	5,84	5,84	6,67	I/C
1,80	19	3	1	169,37	27,74	22,19	35,70	25,35	I/C
2,00	7	3	1	62,40	10,22	8,18	12,59	9,34	I/C
2,20	5	3	1	44,57	7,30	5,84	8,66	6,67	I/C
2,40	33	3	1	294,16	48,18	38,54	54,53	44,04	I/C
2,60	100	3	1	891,41	146,00	116,80	151,65	133,44	I/C
2,80									
3,00									
3,20									
3,40									
3,60									
3,80									
4,00									
4,20									
4,40									
4,60									
4,80									
5,00									
5,20									
5,40									
5,60									
5,80									
6,00									
6,20									
6,40									
6,60									
6,80									
7,00									
7,20									
7,40									
7,60									
7,80									
8,00									
8,20									
8,40									
8,60									
8,80									
9,00									
9,20									
9,40									
9,60									
9,80									
10,00									
10,20									
10,40									
10,60									
10,80									
11,00									
11,20									
11,40									
11,60									
11,80									
12,00									
12,20									
12,40									
12,60									
12,80									
13,00									
13,20									
13,40									
13,60									
13,80									
14,00									
14,20									
14,40									
14,60									
14,80									
15,00									

DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio	63,5	[Kg]
Altezza di caduta	0,75	[m]
Area della punta	20,43	[cm_2]
Angolo della punta	90	[gradi]
Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
Massa passiva	0,6	[Kg]
Raffronto statico	0,7	

Prova n. DPSH 2
Data 19/01/2022
Committente
Ubicazione dell'intervento Comparto Autoporto sud
Falda: assente

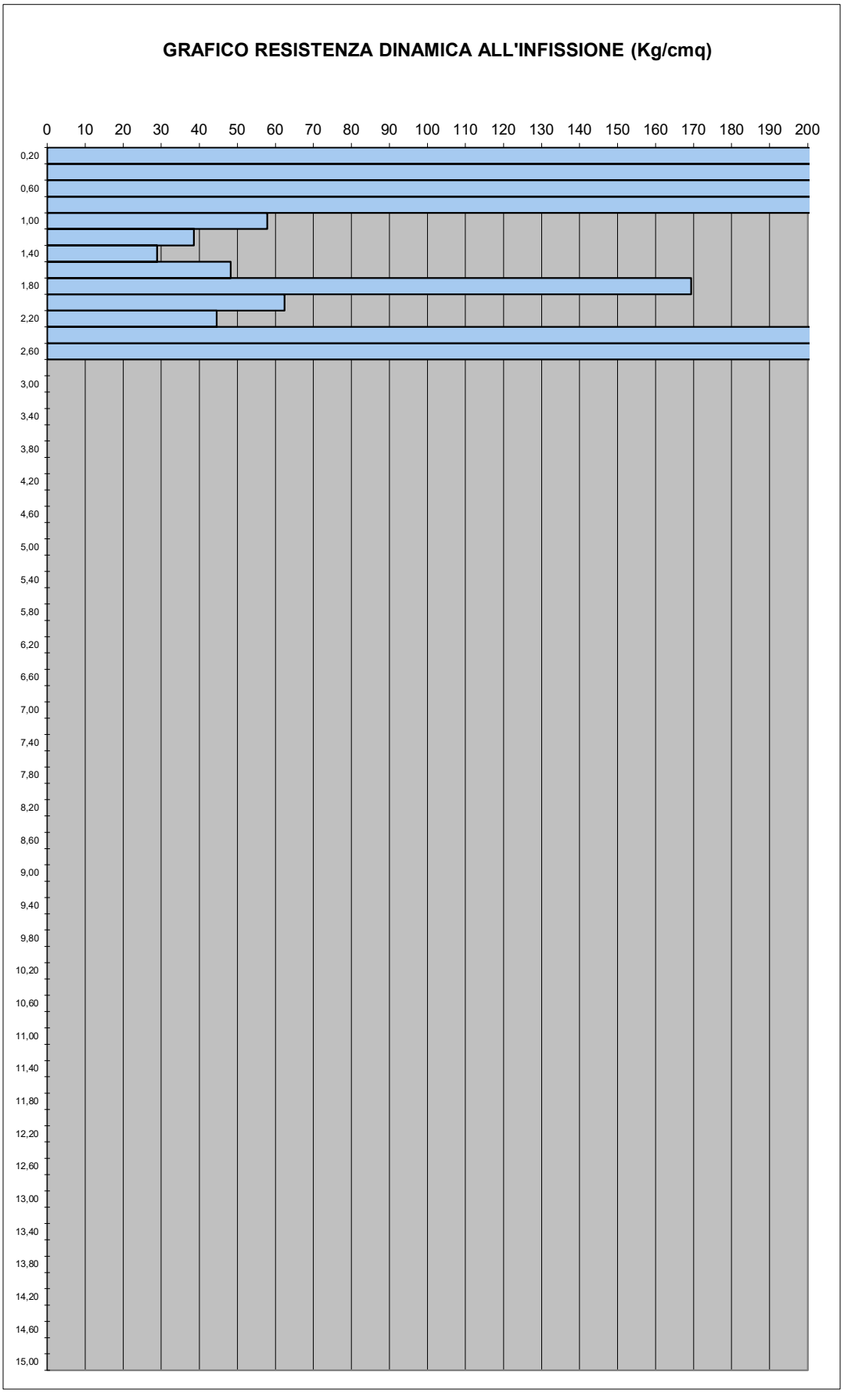
GRAFICO NUMERO COLPI PER AVANZAMENTO DI 20 cm



DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio	63,5	[Kg]
Altezza di caduta	0,75	[m]
Area della punta	20,43	[cm_2]
Angolo della punta	90	[gradi]
Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
Massa passiva	0,6	[Kg]
Raffronto statico	0,7	

Prova n. DPSH 2
Data 19/01/2022
Committente
Ubicazione dell'intervento Comparto Autoporto sud
Falda: assente



DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio	63,5	[Kg]
Altezza di caduta	0,75	[m]
Area della punta	20,43	[cm_2]
Angolo della punta	90	[gradi]
Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
Peso sist. battuta	0,6	[Kg]
Raffronto statico	0,7	
Coeff correl con Nspt	1,46	

Prova n. DPSH 3
Data 19/01/2022
Committente
Ubicazione dell'intervento Comparto Autoporto sud
Falda: assente

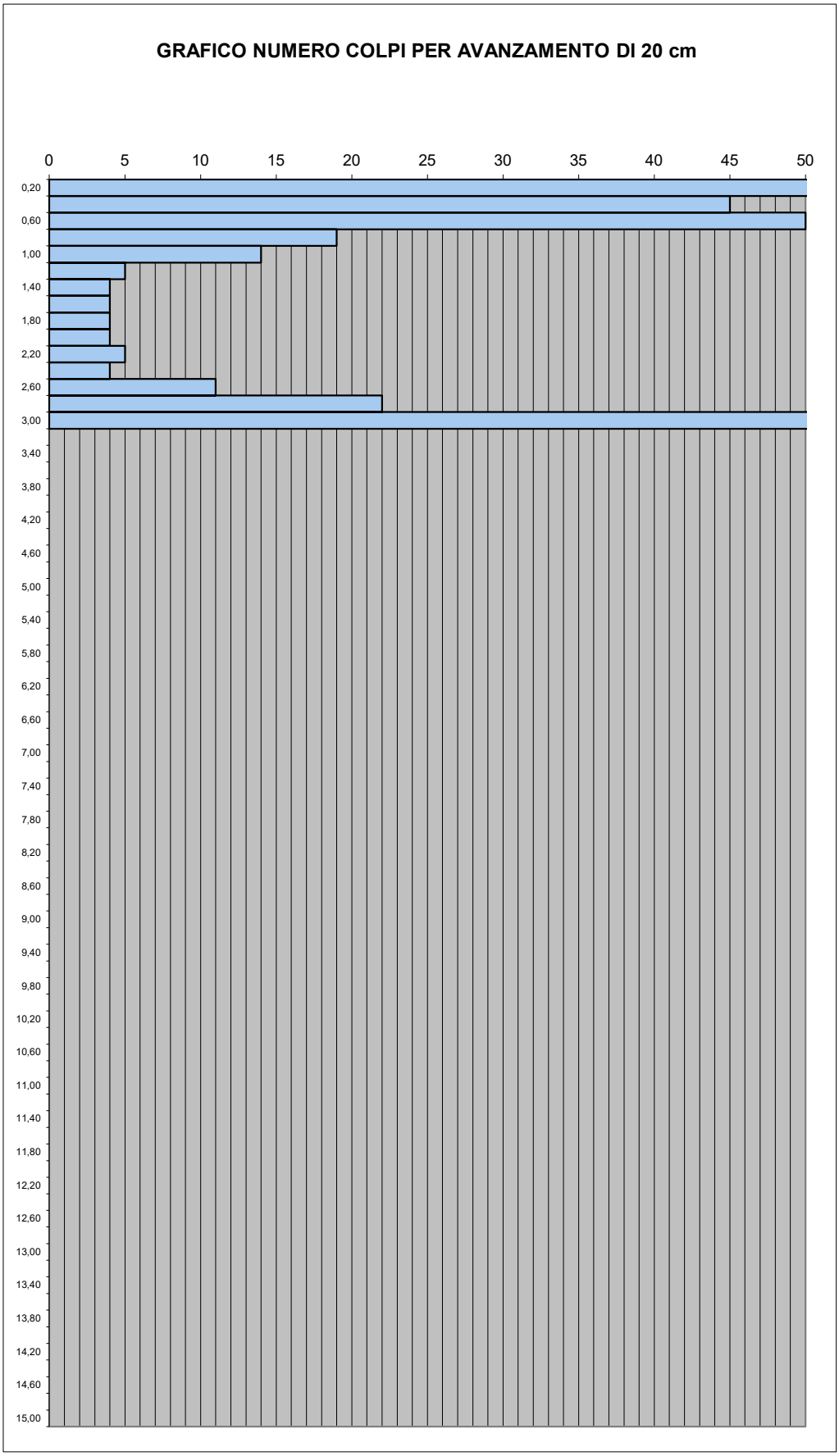
Profondità [m]	N. colpi	N. aste	Attrito Aste	Rd [Kg/cm^2]	N_{spt}	N_{60}	$N_{1(60)}$	qc MPa	Tipo I=inc./C=coes.
0,20	61	1	1	641,22	89,06	71,25	71,25	81,40	I/C
0,40	45	1	1	473,03	65,70	52,56	52,56	60,05	I/C
0,60	50	1	1	525,59	73,00	58,40	58,40	66,72	I/C
0,80	19	2	1	183,30	27,74	22,19	22,19	25,35	I/C
1,00	14	2	1	135,06	20,44	16,35	16,35	18,68	I/C
1,20	5	2	1	48,24	7,30	5,84	5,84	6,67	I/C
1,40	4	2	1	38,59	5,84	4,67	4,67	5,34	I/C
1,60	4	2	1	38,59	5,84	4,67	4,67	5,34	I/C
1,80	4	3	1	35,66	5,84	4,67	7,91	5,34	I/C
2,00	4	3	1	35,66	5,84	4,67	7,57	5,34	I/C
2,20	5	3	1	44,57	7,30	5,84	9,07	6,67	I/C
2,40	4	3	1	35,66	5,84	4,67	6,99	5,34	I/C
2,60	11	3	1	98,05	16,06	12,85	18,46	14,68	I/C
2,80	22	4	1	182,26	32,12	25,70	35,38	29,36	I/C
3,00	100	4	1	828,45	146,00	116,80	148,18	133,44	I/C
3,20									
3,40									
3,60									
3,80									
4,00									
4,20									
4,40									
4,60									
4,80									
5,00									
5,20									
5,40									
5,60									
5,80									
6,00									
6,20									
6,40									
6,60									
6,80									
7,00									
7,20									
7,40									
7,60									
7,80									
8,00									
8,20									
8,40									
8,60									
8,80									
9,00									
9,20									
9,40									
9,60									
9,80									
10,00									
10,20									
10,40									
10,60									
10,80									
11,00									
11,20									
11,40									
11,60									
11,80									
12,00									
12,20									
12,40									
12,60									
12,80									
13,00									
13,20									
13,40									
13,60									
13,80									
14,00									
14,20									
14,40									
14,60									
14,80									
15,00									

DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio	63,5	[Kg]
Altezza di caduta	0,75	[m]
Area della punta	20,43	[cm_2]
Angolo della punta	90	[gradi]
Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
Massa passiva	0,6	[Kg]
Raffronto statico	0,7	

Prova n. DPSH 3
Data 19/01/2022
Committente
Ubicazione dell'intervento Comparto Autoporto sud
Falda: assente

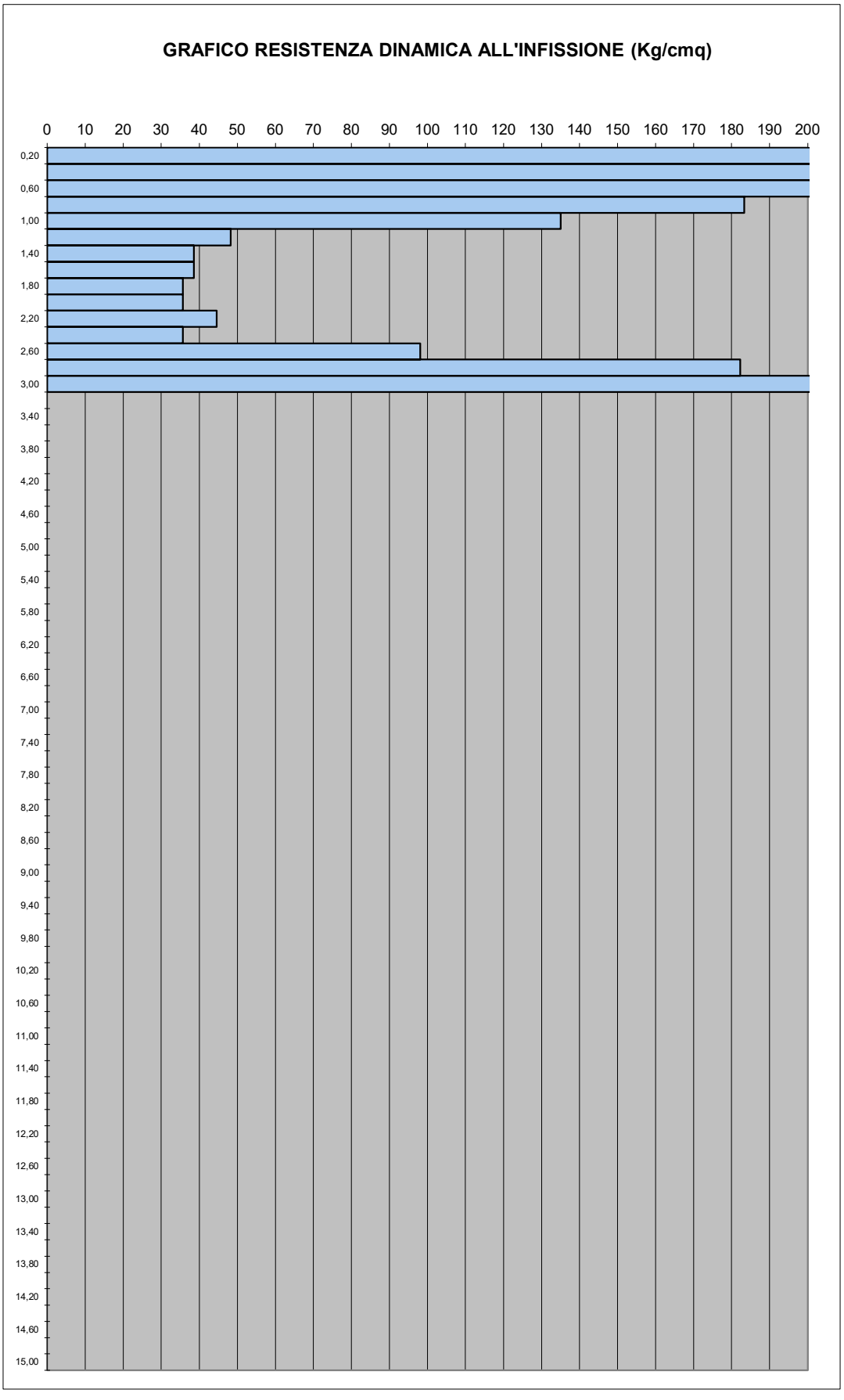
GRAFICO NUMERO COLPI PER AVANZAMENTO DI 20 cm



DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Prova n.	DPSH	3	Maglio	63,5	[Kg]
Data		19/01/2022	Altezza di caduta	0,75	[m]
Committente			Area della punta	20,43	[cm_2]
Ubicazione dell'intervento		Comparto Autoporto sud	Angolo della punta	90	[gradi]
Falda: assente			Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
			Massa passiva	0,6	[Kg]
			Raffronto statico	0,7	

GRAFICO RESISTENZA DINAMICA ALL'INFISSIONE (Kg/cmq)



DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio	63,5	[Kg]
Altezza di caduta	0,75	[m]
Area della punta	20,43	[cm_2]
Angolo della punta	90	[gradi]
Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
Peso sist. battuta	0,6	[Kg]
Raffronto statico	0,7	
Coeff correl con Nspt	1,46	

Prova n. DPSH 4
Data 19/01/2022
Committente
Ubicazione dell'intervento Comparto Autoporto sud
Falda: assente

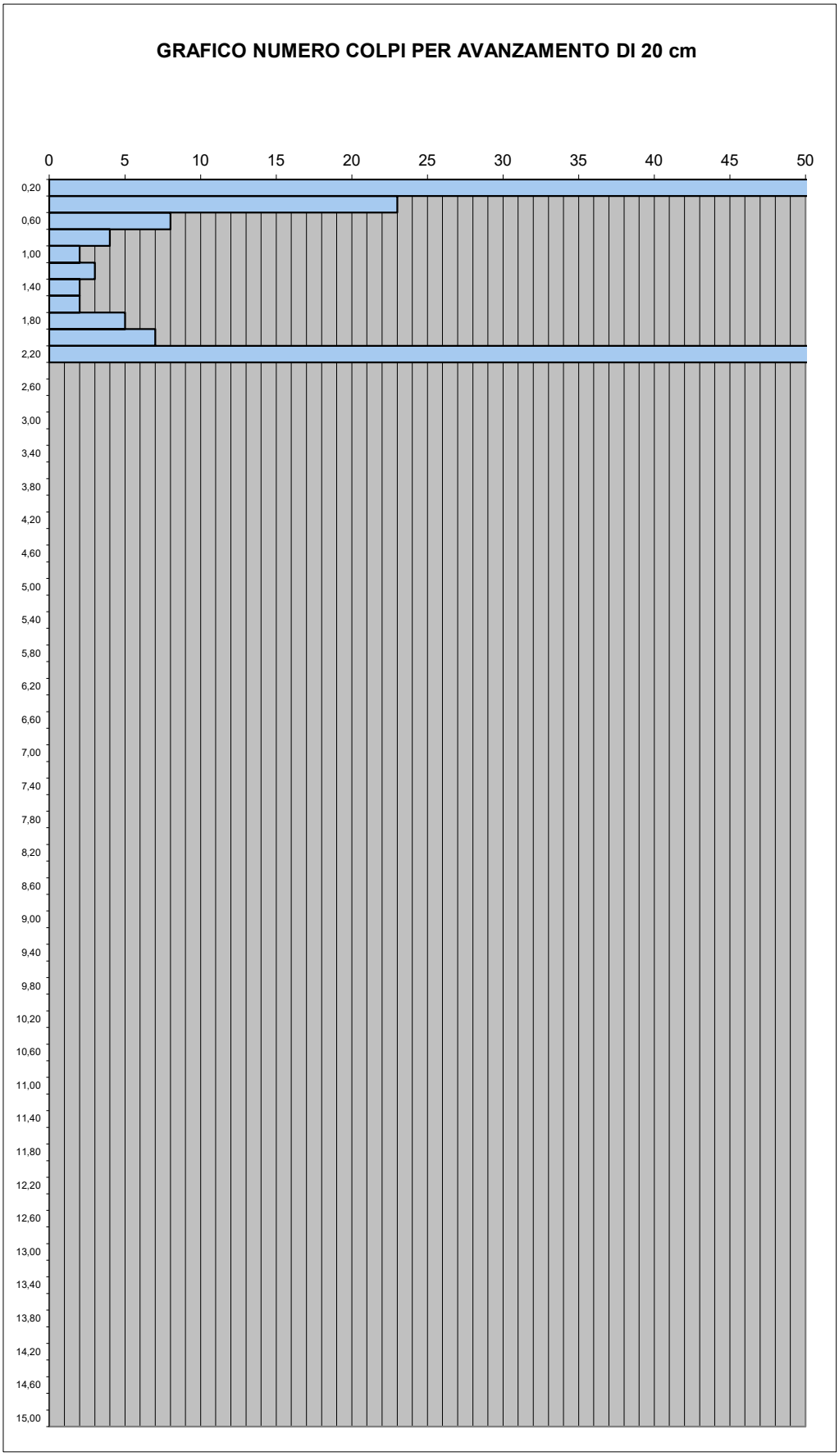
Profondità [m]	N. colpi	N. aste	Attrito Aste	Rd [Kg/cm^2]	N_{spt}	N_{60}	$N_{1(60)}$	qc MPa	Tipo I=inc./C=coes.
0,20	61	1	1	641,22	89,06	71,25	71,25	81,40	I/C
0,40	23	1	1	241,77	33,58	26,86	26,86	30,69	I/C
0,60	8	1	1	84,09	11,68	9,34	9,34	10,68	I/C
0,80	4	2	1	38,59	5,84	4,67	4,67	5,34	I/C
1,00	2	2	1	19,29	2,92	2,34	2,34	2,67	I/C
1,20	3	2	1	28,94	4,38	3,50	3,50	4,00	I/C
1,40	2	2	1	19,29	2,92	2,34	2,34	2,67	I/C
1,60	2	2	1	19,29	2,92	2,34	2,34	2,67	I/C
1,80	5	3	1	44,57	7,30	5,84	5,84	6,67	I/C
2,00	7	3	1	62,40	10,22	8,18	13,85	9,34	I/C
2,20	100	3	1	891,41	146,00	116,80	175,70	133,44	I/C
2,40									
2,60									
2,80									
3,00									
3,20									
3,40									
3,60									
3,80									
4,00									
4,20									
4,40									
4,60									
4,80									
5,00									
5,20									
5,40									
5,60									
5,80									
6,00									
6,20									
6,40									
6,60									
6,80									
7,00									
7,20									
7,40									
7,60									
7,80									
8,00									
8,20									
8,40									
8,60									
8,80									
9,00									
9,20									
9,40									
9,60									
9,80									
10,00									
10,20									
10,40									
10,60									
10,80									
11,00									
11,20									
11,40									
11,60									
11,80									
12,00									
12,20									
12,40									
12,60									
12,80									
13,00									
13,20									
13,40									
13,60									
13,80									
14,00									
14,20									
14,40									
14,60									
14,80									
15,00									

DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio	63,5	[Kg]
Altezza di caduta	0,75	[m]
Area della punta	20,43	[cm_2]
Angolo della punta	90	[gradi]
Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
Massa passiva	0,6	[Kg]
Raffronto statico	0,7	

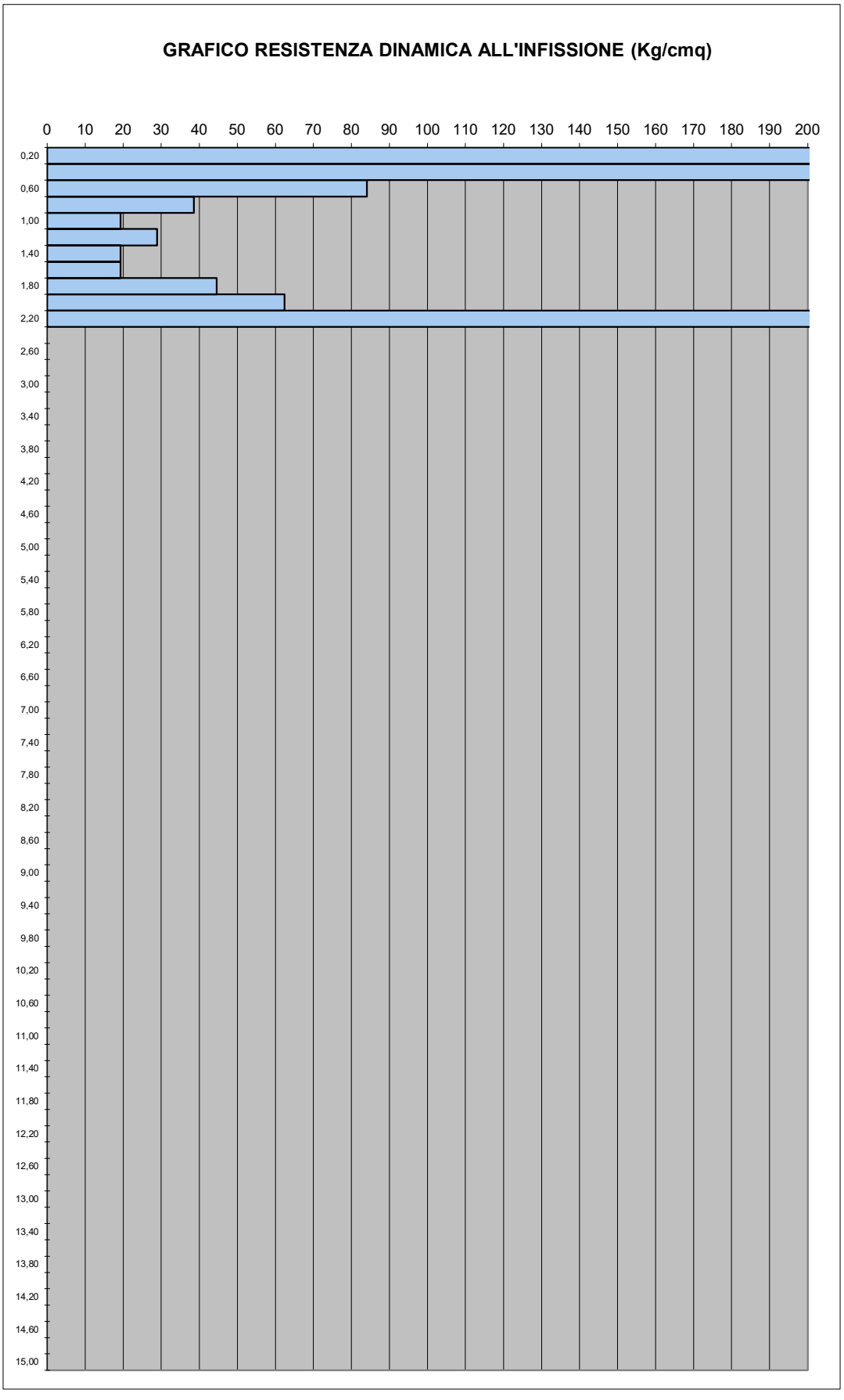
Prova n. DPSH 4
Data 19/01/2022
Committente
Ubicazione dell'intervento Comparto Autoporto sud
Falda: assente

GRAFICO NUMERO COLPI PER AVANZAMENTO DI 20 cm



DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Prova n.	DPSH	4	Maglio	63,5	[Kg]
Data		19/01/2022	Altezza di caduta	0,75	[m]
Committente			Area della punta	20,43	[cm_2]
Ubicazione dell'intervento		Comparto Autoporto sud	Angolo della punta	90	[gradi]
Falda: assente			Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
			Massa passiva	0,6	[Kg]
			Raffronto statico	0,7	



DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio	63,5	[Kg]
Altezza di caduta	0,75	[m]
Area della punta	20,43	[cm_2]
Angolo della punta	90	[gradi]
Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
Peso sist. battuta	0,6	[Kg]
Raffronto statico	0,7	
Coeff correl con Nspt	1,46	

Prova n. DPSH 5
Data 19/01/2022
Committente
Ubicazione dell'intervento Comparto Autoporto sud
Falda: assente

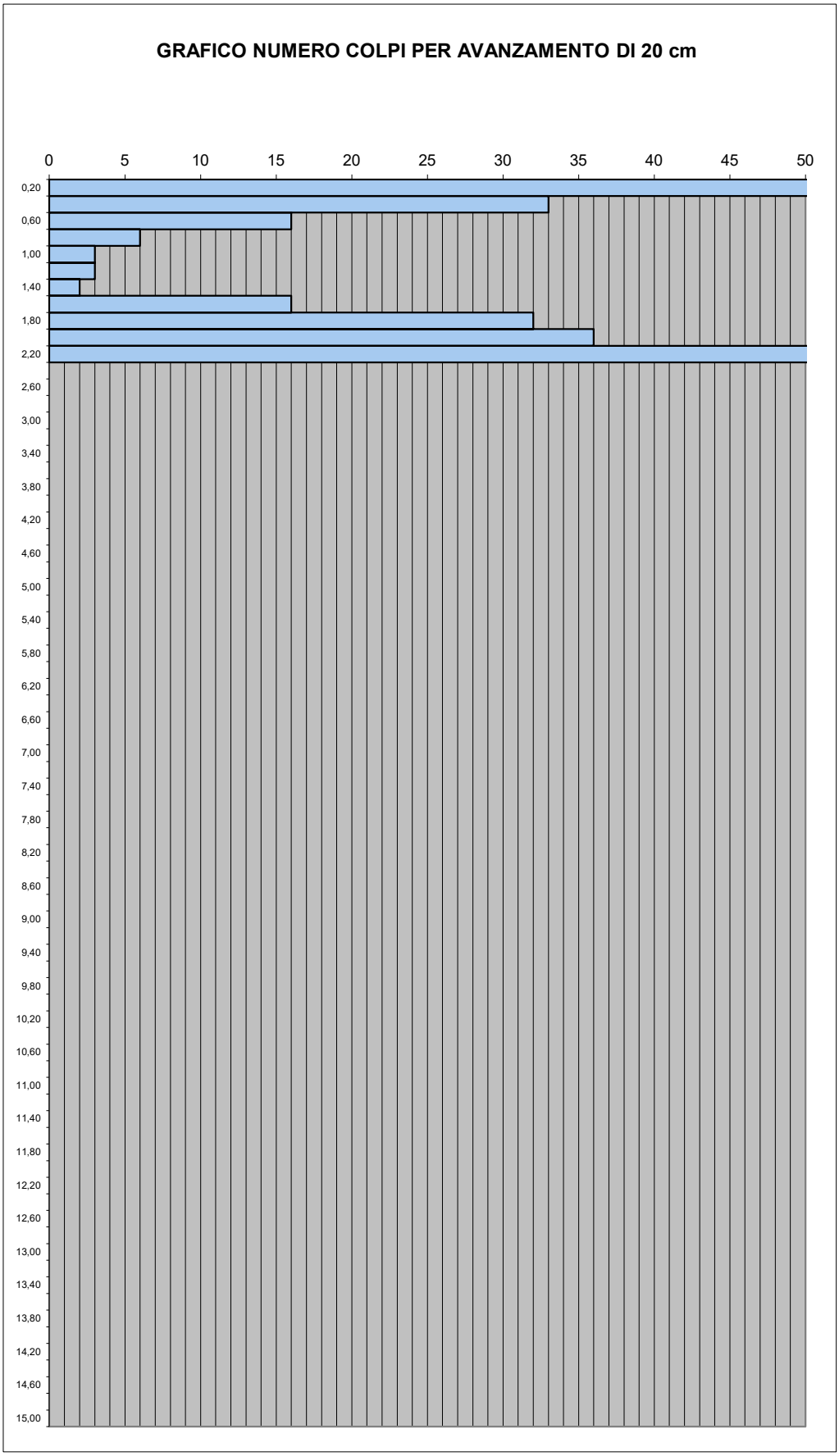
Profondità [m]	N. colpi	N. aste	Attrito Aste	Rd [Kg/cm^2]	N_{spt}	N_{60}	$N_{1(60)}$	qc MPa	Tipo I=inc./C=coes.
0,20	59	1	1	620,19	86,14	68,91	68,91	78,73	I/C
0,40	33	1	1	346,89	48,18	38,54	38,54	44,04	I/C
0,60	16	1	1	168,19	23,36	18,69	18,69	21,35	I/C
0,80	6	2	1	57,88	8,76	7,01	7,01	8,01	I/C
1,00	3	2	1	28,94	4,38	3,50	3,50	4,00	I/C
1,20	3	2	1	28,94	4,38	3,50	3,50	4,00	I/C
1,40	2	2	1	19,29	2,92	2,34	2,34	2,67	I/C
1,60	16	2	1	154,36	23,36	18,69	18,69	21,35	I/C
1,80	32	3	1	285,25	46,72	37,38	37,38	42,70	I/C
2,00	36	3	1	320,91	52,56	42,05	67,43	48,04	I/C
2,20	100	3	1	891,41	146,00	116,80	168,14	133,44	I/C
2,40									
2,60									
2,80									
3,00									
3,20									
3,40									
3,60									
3,80									
4,00									
4,20									
4,40									
4,60									
4,80									
5,00									
5,20									
5,40									
5,60									
5,80									
6,00									
6,20									
6,40									
6,60									
6,80									
7,00									
7,20									
7,40									
7,60									
7,80									
8,00									
8,20									
8,40									
8,60									
8,80									
9,00									
9,20									
9,40									
9,60									
9,80									
10,00									
10,20									
10,40									
10,60									
10,80									
11,00									
11,20									
11,40									
11,60									
11,80									
12,00									
12,20									
12,40									
12,60									
12,80									
13,00									
13,20									
13,40									
13,60									
13,80									
14,00									
14,20									
14,40									
14,60									
14,80									
15,00									

DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio	63,5	[Kg]
Altezza di caduta	0,75	[m]
Area della punta	20,43	[cm_2]
Angolo della punta	90	[gradi]
Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
Massa passiva	0,6	[Kg]
Raffronto statico	0,7	

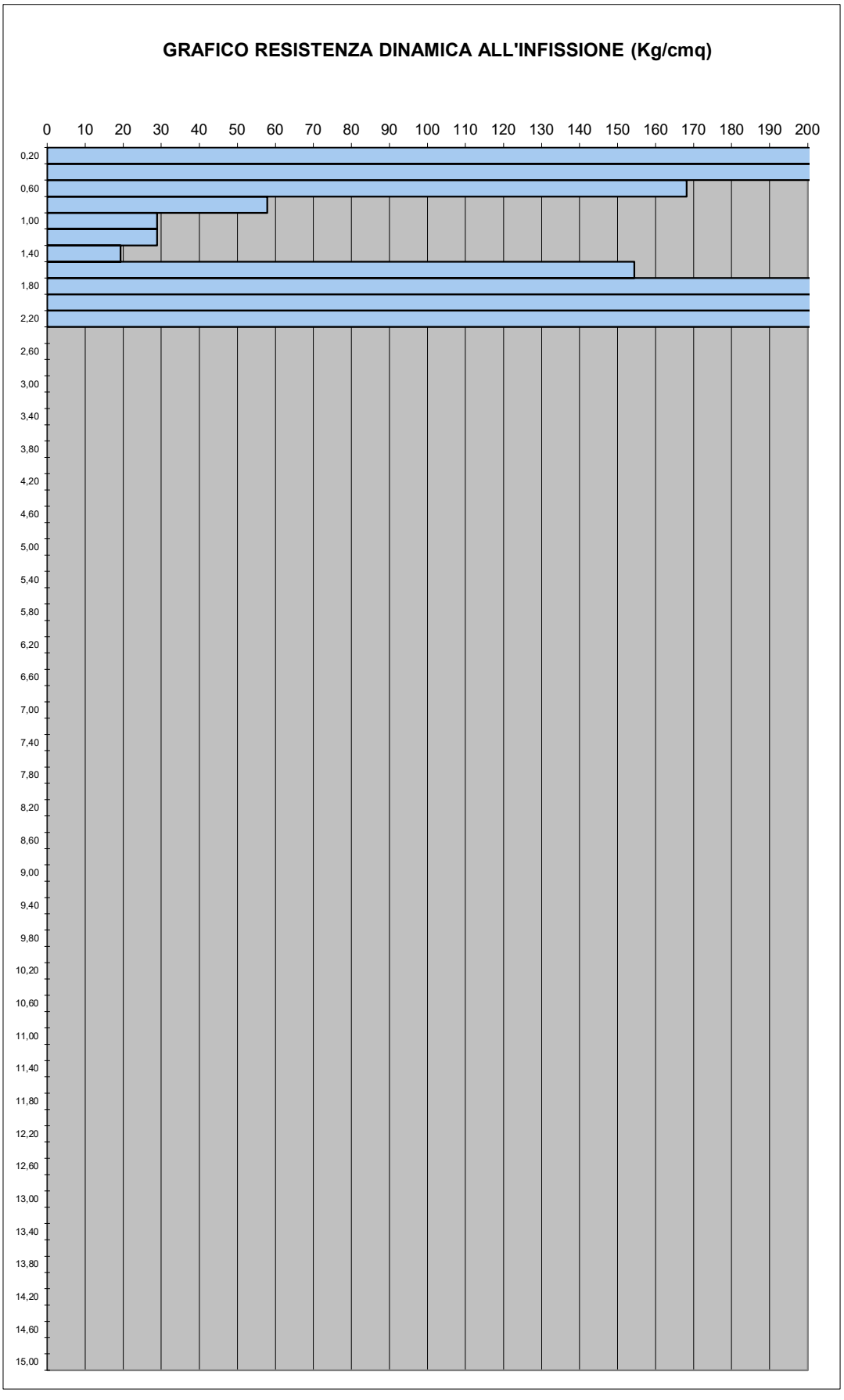
Prova n. DPSH 5
Data 19/01/2022
Committente
Ubicazione dell'intervento Comparto Autoporto sud
Falda: assente

GRAFICO NUMERO COLPI PER AVANZAMENTO DI 20 cm



DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Prova n.	DPSH	5	Maglio	63,5	[Kg]
Data		19/01/2022	Altezza di caduta	0,75	[m]
Committente			Area della punta	20,43	[cm_2]
Ubicazione dell'intervento		Comparto Autoporto sud	Angolo della punta	90	[gradi]
Falda: assente			Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
			Massa passiva	0,6	[Kg]
			Raffronto statico	0,7	



DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio	63,5	[Kg]
Altezza di caduta	0,75	[m]
Area della punta	20,43	[cm_2]
Angolo della punta	90	[gradi]
Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
Peso sist. battuta	0,6	[Kg]
Raffronto statico	0,7	
Coeff correl con Nspt	1,46	

Prova n. DPSH 6
Data 19/01/2022
Committente
Ubicazione dell'intervento Comparto Autoporto sud
Falda: assente

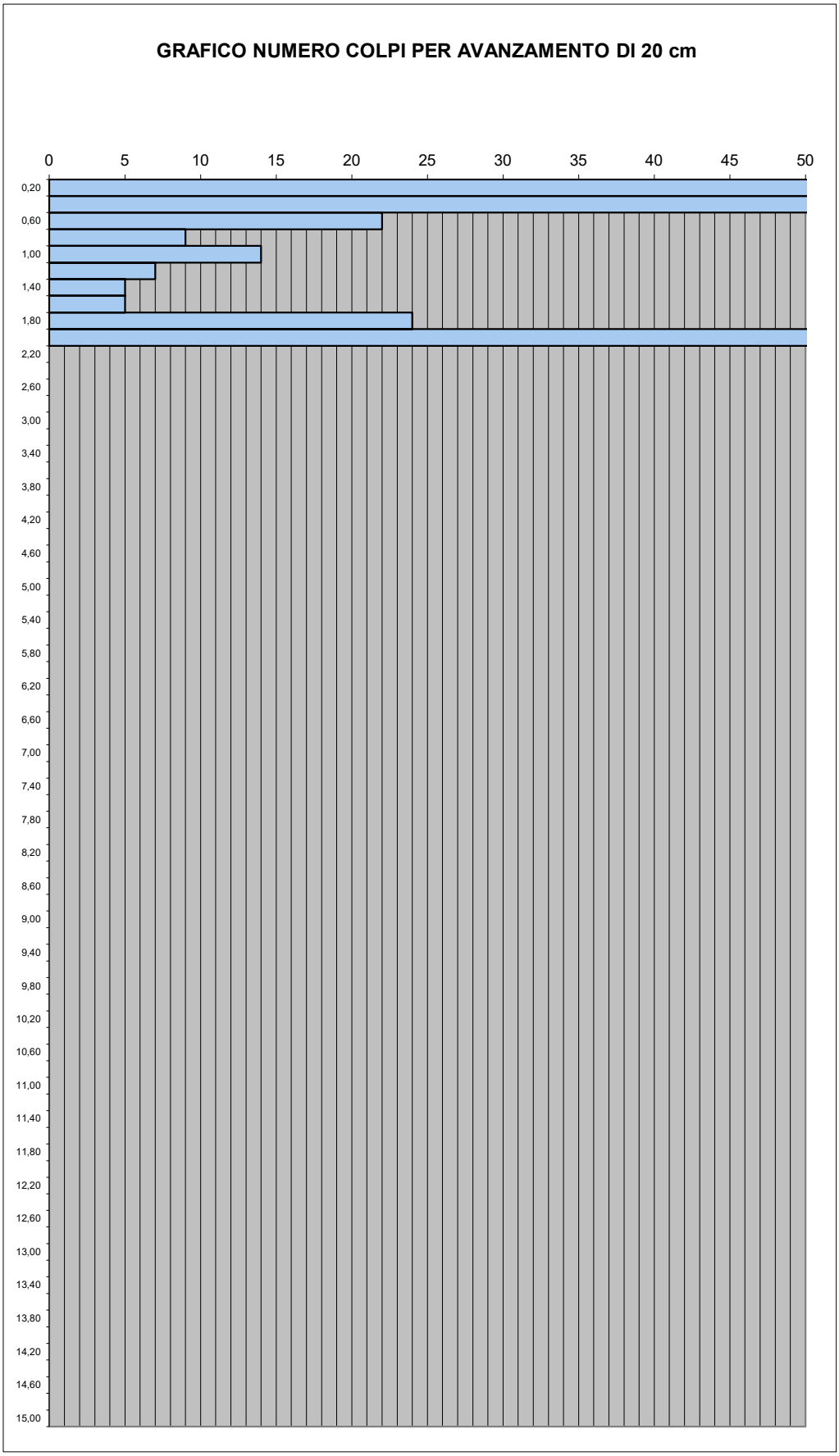
Profondità [m]	N. colpi	N. aste	Attrito Aste	Rd [Kg/cm^2]	N_{spt}	N_{60}	$N_{1(60)}$	qc MPa	Tipo I=inc./C=coes.
0,20	91	1	1	956,57	132,86	106,29	106,29	121,43	I/C
0,40	128	1	1	1345,51	186,88	149,50	149,50	170,80	I/C
0,60	22	1	1	231,26	32,12	25,70	25,70	29,36	I/C
0,80	9	2	1	86,82	13,14	10,51	17,60	12,01	I/C
1,00	14	2	1	135,06	20,44	16,35	25,97	18,68	I/C
1,20	7	2	1	67,53	10,22	8,18	12,44	9,34	I/C
1,40	5	2	1	48,24	7,30	5,84	8,56	6,67	I/C
1,60	5	2	1	48,24	7,30	5,84	8,27	6,67	I/C
1,80	24	3	1	213,94	35,04	28,03	38,08	32,03	I/C
2,00	100	3	1	891,41	146,00	116,80	146,52	133,44	I/C
2,20									
2,40									
2,60									
2,80									
3,00									
3,20									
3,40									
3,60									
3,80									
4,00									
4,20									
4,40									
4,60									
4,80									
5,00									
5,20									
5,40									
5,60									
5,80									
6,00									
6,20									
6,40									
6,60									
6,80									
7,00									
7,20									
7,40									
7,60									
7,80									
8,00									
8,20									
8,40									
8,60									
8,80									
9,00									
9,20									
9,40									
9,60									
9,80									
10,00									
10,20									
10,40									
10,60									
10,80									
11,00									
11,20									
11,40									
11,60									
11,80									
12,00									
12,20									
12,40									
12,60									
12,80									
13,00									
13,20									
13,40									
13,60									
13,80									
14,00									
14,20									
14,40									
14,60									
14,80									
15,00									

DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio	63,5	[Kg]
Altezza di caduta	0,75	[m]
Area della punta	20,43	[cm_2]
Angolo della punta	90	[gradi]
Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
Massa passiva	0,6	[Kg]
Raffronto statico	0,7	

Prova n. DPSH 6
Data 19/01/2022
Committente
Ubicazione dell'intervento Comparto Autoporto sud
Falda: assente

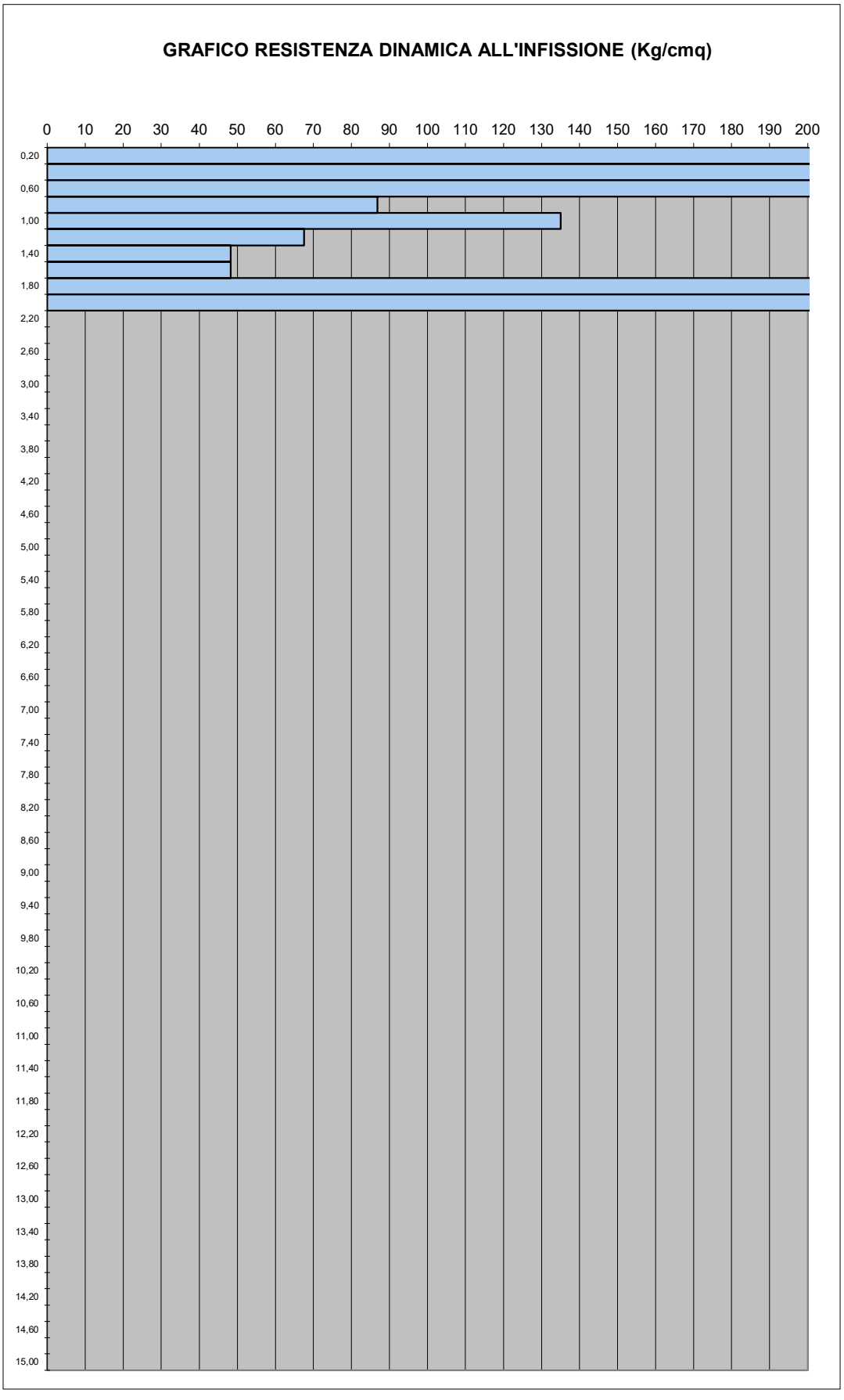
GRAFICO NUMERO COLPI PER AVANZAMENTO DI 20 cm



DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio	63,5	[Kg]
Altezza di caduta	0,75	[m]
Area della punta	20,43	[cm_2]
Angolo della punta	90	[gradi]
Peso delle aste	6,31	[Kg/ml]
Massa passiva	0,6	[Kg]
Raffronto statico	0,7	

Prova n. DPSH 6
Data 19/01/2022
Committente
Ubicazione dell'intervento Comparto Autoporto sud
Falda: assente



Allegato 2

Indagini sismiche

REGIONE EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA MODENA

COMUNE DI SASSUOLO

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE MASW ED ACQUISIZIONE DI MICROTREMORE A STAZIONE SINGOLA CON ELABORAZIONE HVSR

VIA ANCORA

RELAZIONE TECNICA

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

GENNAIO 2022

INDAGINE SISMICA

Su incarico del Dott. Geol. Valeriano Franchi, è stata eseguita nei pressi di un'area situata in Via Ancora a Sassuolo MO, una campagna di indagine geofisica consistita in:

- Indagine sismica a rifrazione con metodo Masw
- Acquisizione di microtremore a stazione singola con elaborazione HVSR

L'elaborazione congiunta Masw e HVSR ha permesso di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio Vs, in riferimento alle NTC 2018 del 17/01/2018.

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.

Indagine HVSR

L'indagine HVSR è stata eseguita utilizzando un acquisitore Geobox della Sarah Instruments.

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 Vseq 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 è stata effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata di 30 minuti.

E' stata eseguita 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 sono stati presi 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 Vseq.

winMASW & HoliSurface: Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

==========

Dataset: MT_20220119_090458.SAF

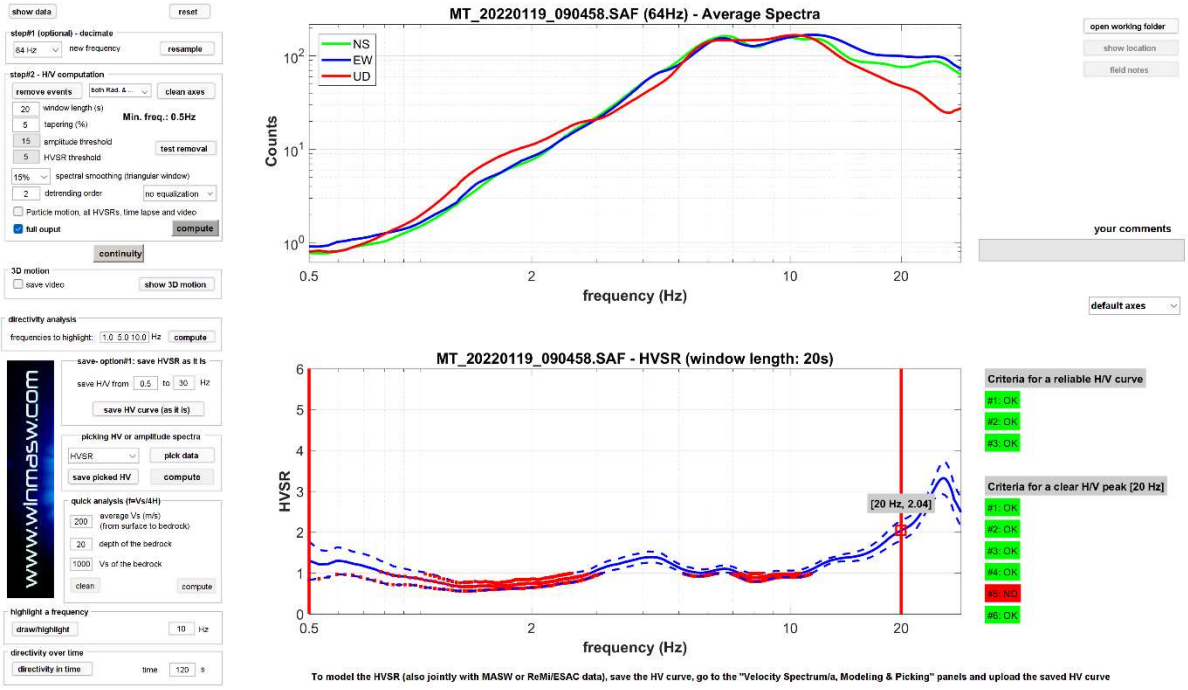
DATA ACQUISITION
Date and time: 2022 01 19 09 04 58.000
DATA PROCESSING
Date: 6 2 2022
Time: 16 40
Sampling frequency (Hz): 64
Window length (sec): 20
Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz
Length of analysed dataset (min): 24.6
Tapering (%): 5
Smoothing (%): 15

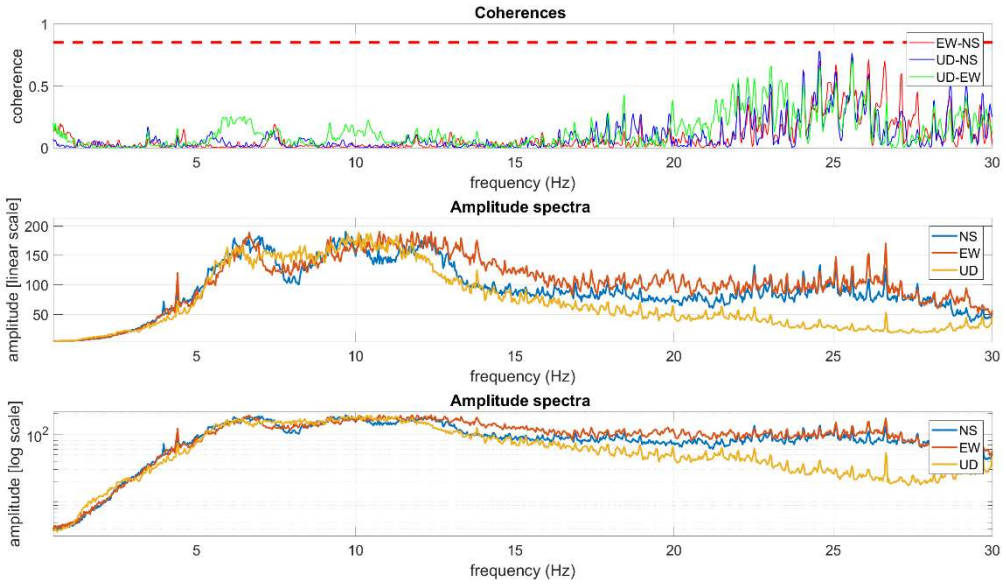
############################ **SESAME criteria** ############################
In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range
Peak frequency (Hz): 20.0 (ą9.1)
Peak HVSR value: 2.0 (ą0.3)

=== Criteria for a reliable H/V curve ==========
#1. [f0 > 10/Lw]: 19.988 > 0.5 (OK)
#2. [nc > 200]: 57966 > 200 (OK)
#3. [f0>0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

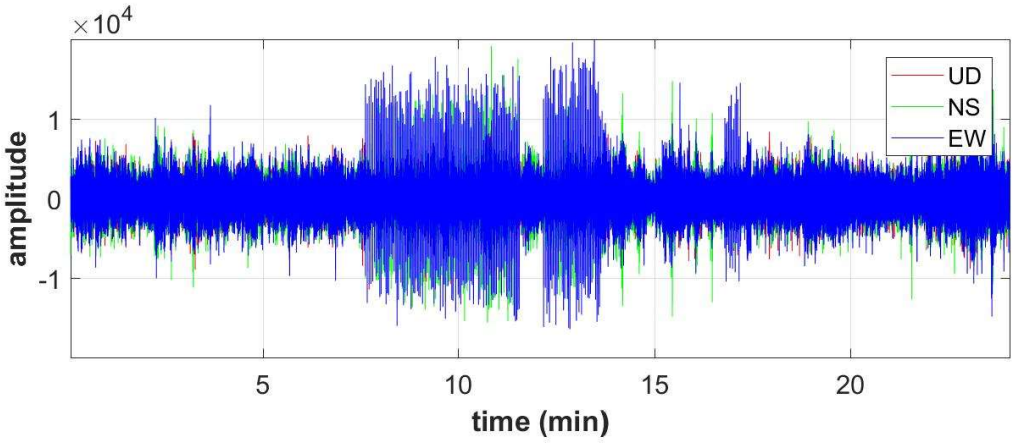
=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ==========
#1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes, at frequency 5.6Hz (OK)
#2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes (considering standard deviations), at frequency Hz (OK)
#3. [A0 > 2]: 2.0 > 2 (OK)
#4. [fpeak[Ah/v(f) ą sigmaA(f)] = f0 ą 5%]: (OK)
#5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 9.065 > 0.999 (NO)
#6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.499 < 1.58 (OK)

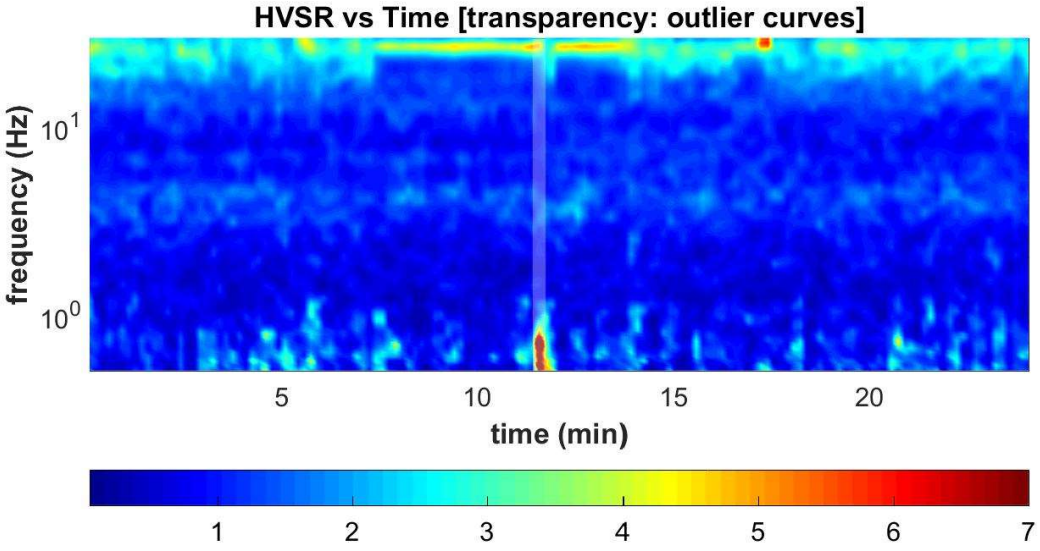
Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.


MT_20220119_090458.SAF (64Hz) - Average Spectra
NS
EW
UD
Counts
frequency (Hz)
MT_20220119_090458.SAF - HVSR (window length: 20s)
HVSR
[20 Hz, 2.04]
frequency (Hz)
Criteria for a reliable H/V curve
Criteria for a clear H/V peak [20 Hz]
To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi/ESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/a, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

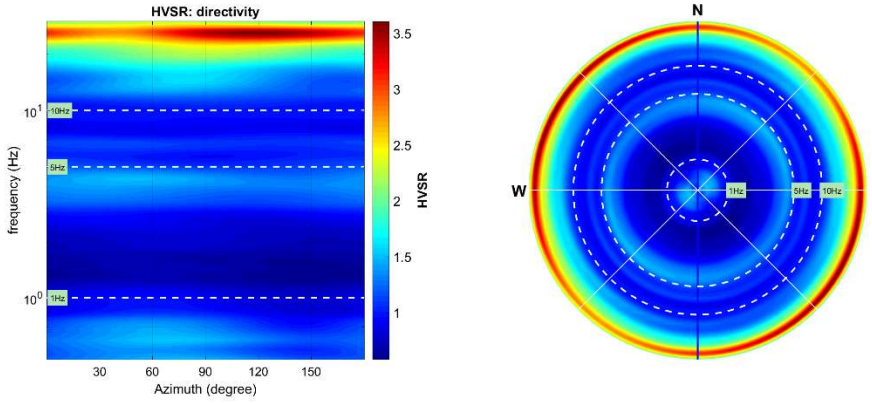

Coherences
coherence
EW-NS
UD-NS
UD-EW
frequency (Hz)
Amplitude spectra
amplitude [linear scale]
NS
EW
UD
frequency (Hz)
Amplitude spectra
amplitude [log scale]
NS
EW
UD
frequency (Hz)

Continuity (Persistence) of the H/V Spectral Ratio



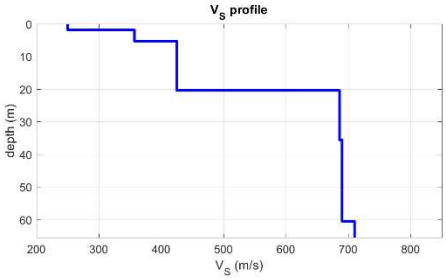


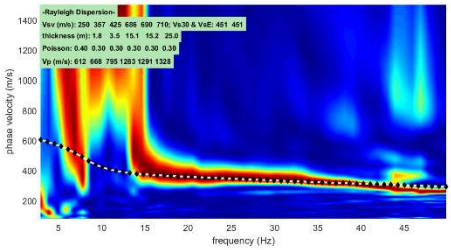
Directivity of the H/V Spectral Ratio

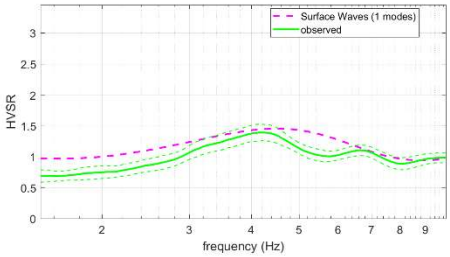


winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Date: 6 2 2022
Time: 18 2
Dataset: sasval#6.DAT







Subsurface Model
Vs (m/s): 250 357 425 686 690 710
Thickness (m): 1.8, 3.5, 15.1, 15.2, 25.0

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.94 1.96 2.00 2.11 2.12 2.12
Shear modulus (MPa) (approximate values): 121 249 361 995 1007 1070
Analyzing Phase velocities
Analysis: Rayleigh Waves
Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)
Vp (m/s): 612 668 795 1283 1291 1328
Poisson: 0.40 0.30 0.30 0.30 0.30 0.30

Vs30 and VsE (m/s): 451 451