



CITTÀ DI VIAREGGIO

**VARIANTE SEMPLIFICATA AL REGOLAMENTO URBANISTICO PER
CAMBIO DI DESTINAZIONE D'USO DI AREA ADIACENTE AL CANALE
GORA DI STIAVA, DA "VERDE PRIVATO- VR*" A "VERDE ATTREZZATO -
VA*"**

ALLEGATI

(ai sensi del D.P.G.R. n.5R/2020)

Sindaco

Assessore alla Pianificazione Strategica della Città

Dirigente Settore Opere Pubbliche e Pianificazione Urbanistica - R.P.

Garante della Comunicazione

Giorgio Del Ghingaro

Federico Pierucci

Silvia Fontani

Iva Pagni

Settore Opere Pubbliche e Pianificazione Urbanistica

Giulia Bernardini | Ilaria Conti

Eleonora Panettella | Lorenzo Spadaccini

Studi Geologici

Claudia Gianecchini

APPROVAZIONE

Dicembre 2023

ELABORATI ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA

Allegato 1

INDAGINI GEOGNOSTICHE

- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
- SONDAGGI
- PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT IN FORO

Allegato 2

INDAGINI GEOFISICHE

- MASW
- HVSR

Allegato 1

INDAGINI GEOGNOSTICHE



	COORDINATE WGS84	
	N	E
CPT1	43,869663	10,262476
CPT2	43,870364	10,265601
CPT3	43,870768	10,26805
S1	43,870465	10,265719
S2	43,869563	10,262439
MASW 1	43,870227	10,263627
MASW 2	43,870996	10,269155
T1	43,870017	10,263447
T 2	43,870308	10,265864
T 3	43,871077	10,269778

Dott. Geol. Claudia Giannechini



Allegato 1a

Prove Penetrometriche Statiche CPT

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT

Il presente certificato è composto da n. 5 pagine

norma di riferimento: Raccomandazioni AGI 1977
deviazioni dalla norma:

verbale di accettazione n. **162/2020** del **02/12/2020**
certificato di prova n. **314/2020** del **03/12/2020**

Comm.te: **Consorzio 1 Toscana Nord**
Località: **Via Tobino, Viareggio (LU)**
prova n. **1**

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

penetrometro: Pagani TG 63-100/200 n. matricola P 001138
sistema di ancoraggio ϕ : 100 x 1000
sistema di misura: selettore con cella di carico e scheda elettronica acquisizione dati manuale
punta: conica meccanica

diametro 3.57 cm
area punta 10 cm²
angolo di apertura 60 °
area manicotto 150 cm²

DATI DI PROVA

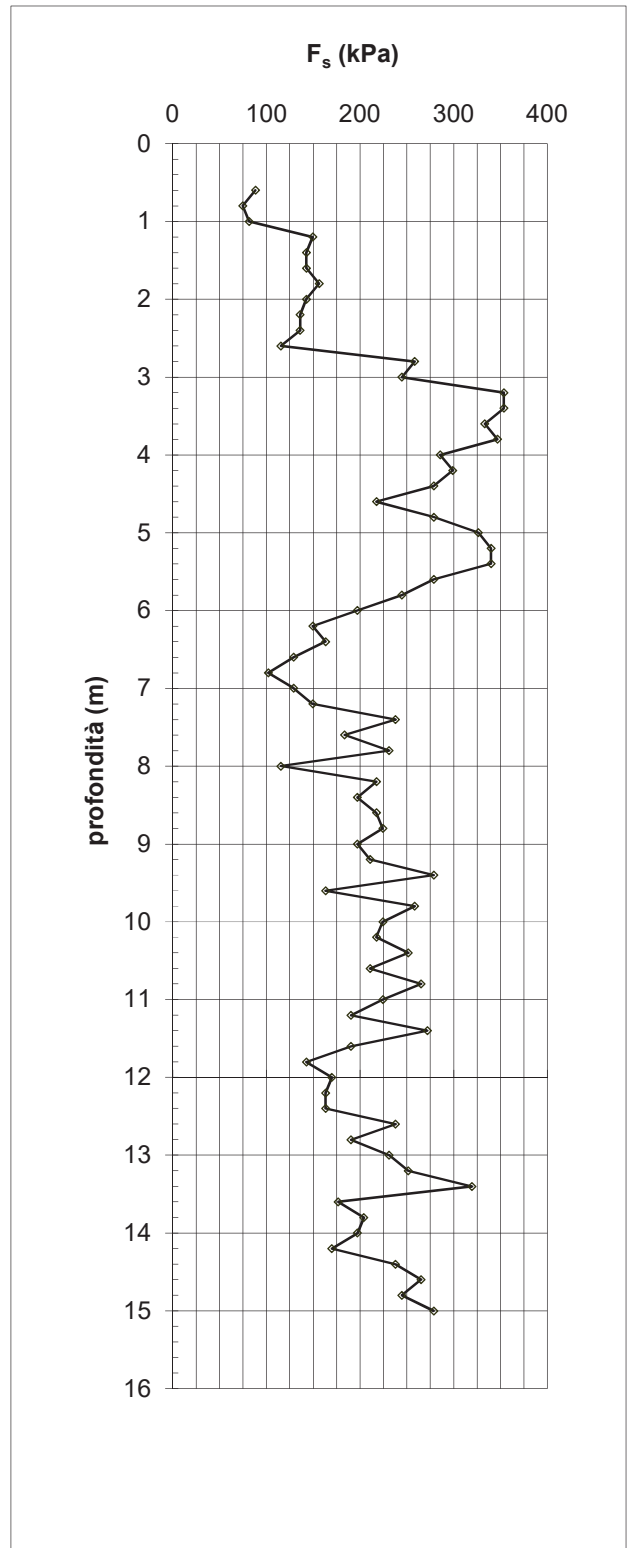
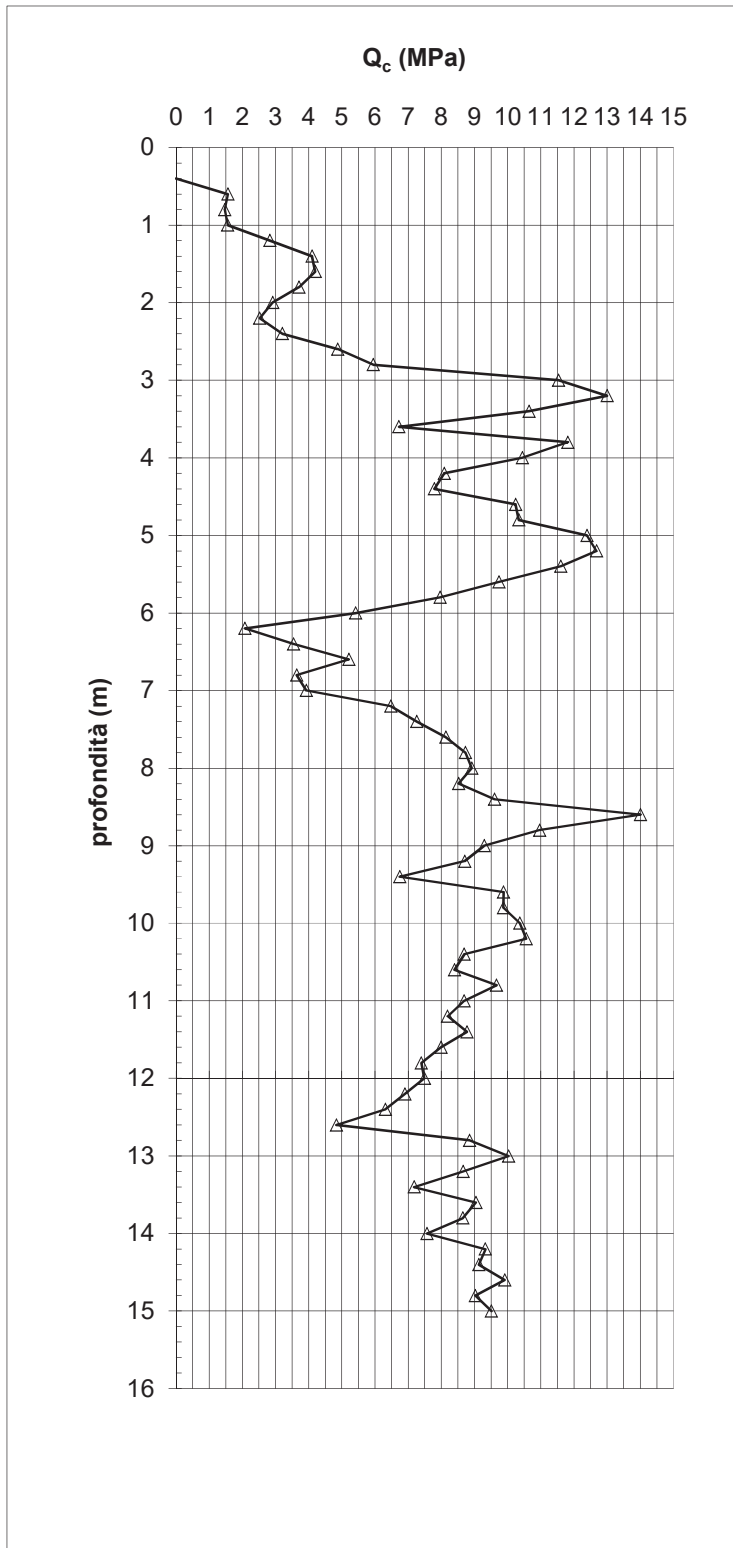
data inizio lavori: 02/12/2020 *prof. inizio prova (m):* - 0.00 da p.c.
data fine lavori: 02/12/2020 *prof. fine prova (m):* - 15.00 da p.c.
Prescavo profondità metri 0.00 *totale metri prova:* 15.00 m
Installato piezometro metri 9.00 *livello di falda (m):* - 0.00 da p.c.

profondità base strato da p.c. (m)	Lecture di campagna (kg/cm ²)		Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - q_c (MPa)	Attrito laterale unitario - f_s (kPa)	q_c/f_s	note
	punta	punta + manicotto	punta	punta + manicotto				
0.20								
0.40								
0.60	16.00	29.00	1.56	2.84	1.56	74.78	20.89	
0.80	15.00	26.00	1.46	2.54	1.46	81.58	17.92	
1.00	16.00	28.00	1.56	2.73	1.56	149.56	10.41	
1.20	29.00	51.00	2.83	4.99	2.83	142.76	19.82	

profondità da p.c. (m)	Letture (kg/cm ²)		Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - q _c (MPa)	Attrito laterale unitario - f _s (kPa)	q _c /f _s	note
	punta	punta + manicotto	punta	punta + manicotto				
1.40	42.00	63.00	4.10	6.16	4.10	142.76	28.73	
1.60	43.00	64.00	4.20	6.26	4.20	156.36	26.84	
1.80	38.00	61.00	3.70	5.96	3.70	142.76	25.95	
2.00	30.00	51.00	2.92	4.98	2.92	135.96	21.45	
2.20	26.00	46.00	2.52	4.48	2.52	135.96	18.55	
2.40	33.00	53.00	3.21	5.17	3.21	115.57	27.74	
2.60	50.00	67.00	4.87	6.54	4.87	258.33	18.85	
2.80	61.00	99.00	5.95	9.67	5.95	244.73	24.30	
3.00	118.00	154.00	11.53	15.06	11.53	353.50	32.63	
3.20	133.00	185.00	13.00	18.10	13.00	353.50	36.78	
3.40	109.00	161.00	10.65	15.75	10.65	333.11	31.96	
3.60	69.00	118.00	6.72	11.53	6.72	346.70	19.38	
3.80	121.00	172.00	11.82	16.82	11.82	285.52	41.39	
4.00	107.00	149.00	10.44	14.56	10.44	299.12	34.91	
4.20	83.00	127.00	8.09	12.40	8.09	278.72	29.01	
4.40	80.00	121.00	7.79	11.81	7.79	217.54	35.80	
4.60	105.00	137.00	10.24	13.38	10.24	278.72	36.73	
4.80	106.00	147.00	10.33	14.35	10.33	326.31	31.67	
5.00	127.00	175.00	12.39	17.10	12.39	339.91	36.45	
5.20	130.00	180.00	12.68	17.58	12.68	339.91	37.31	
5.40	119.00	169.00	11.60	16.50	11.60	278.72	41.62	
5.60	100.00	141.00	9.73	13.75	9.73	244.73	39.77	
5.80	82.00	118.00	7.97	11.50	7.97	197.15	40.41	
6.00	56.00	85.00	5.41	8.26	5.41	149.56	36.20	
6.20	22.00	44.00	2.08	4.23	2.08	163.15	12.73	
6.40	37.00	61.00	3.55	5.90	3.55	129.16	27.45	
6.60	54.00	73.00	5.21	7.07	5.21	101.97	51.09	
6.80	38.00	53.00	3.64	5.11	3.64	129.16	28.16	
7.00	41.00	60.00	3.93	5.79	3.93	149.56	26.27	
7.20	67.00	89.00	6.48	8.63	6.48	237.93	27.22	
7.40	75.00	110.00	7.26	10.69	7.26	183.55	39.54	
7.60	84.00	111.00	8.14	10.79	8.14	231.14	35.21	
7.80	90.00	124.00	8.72	12.06	8.72	115.57	75.49	
8.00	92.00	109.00	8.92	10.58	8.92	217.54	40.99	
8.20	88.00	120.00	8.52	11.66	8.52	197.15	43.23	
8.40	99.00	128.00	9.60	12.44	9.60	217.54	44.12	
8.60	144.00	176.00	14.01	17.15	14.01	224.34	62.45	
8.80	113.00	146.00	10.97	14.20	10.97	197.15	55.63	
9.00	96.00	125.00	9.30	12.14	9.30	210.74	44.11	

profondità da p.c. (m)	Lecture (kg/cm ²)		Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - q _c (MPa)	Attrito laterale unitario - f _s (kPa)	q _c /f _s	note
	punta	punta + manicotto	punta	punta + manicotto				
9.20	90.00	121.00	8.71	11.75	8.71	278.72	31.23	
9.40	70.00	111.00	6.74	10.76	6.74	163.15	41.32	
9.60	102.00	126.00	9.88	12.23	9.88	258.33	38.23	
9.80	102.00	140.00	9.87	13.60	9.87	224.34	44.02	
10.00	107.00	140.00	10.36	13.60	10.36	217.54	47.63	
10.20	109.00	141.00	10.56	13.69	10.56	251.53	41.97	
10.40	90.00	127.00	8.69	12.32	8.69	210.74	41.23	
10.60	87.00	118.00	8.39	11.43	8.39	265.13	31.66	
10.80	100.00	139.00	9.66	13.49	9.66	224.34	43.08	
11.00	90.00	123.00	8.68	11.92	8.68	190.35	45.61	
11.20	85.00	113.00	8.19	10.93	8.19	271.92	30.11	
11.40	91.00	131.00	8.77	12.70	8.77	190.35	46.10	
11.60	83.00	111.00	7.99	10.73	7.99	142.76	55.95	
11.80	77.00	98.00	7.40	9.46	7.40	169.95	43.52	
12.00	78.00	103.00	7.49	9.94	7.49	163.15	45.92	
12.20	72.00	96.00	6.90	9.25	6.90	163.15	42.29	
12.40	66.00	90.00	6.31	8.66	6.31	237.93	26.52	
12.60	51.00	86.00	4.84	8.27	4.84	190.35	25.41	
12.80	92.00	120.00	8.85	11.60	8.85	231.14	38.31	
13.00	104.00	138.00	10.03	13.36	10.03	251.53	39.87	
13.20	90.00	127.00	8.65	12.28	8.65	319.51	27.08	
13.40	75.00	122.00	7.18	11.79	7.18	176.75	40.62	
13.60	94.00	120.00	9.04	11.59	9.04	203.94	44.32	
13.80	90.00	120.00	8.64	11.59	8.64	197.15	43.85	
14.00	79.00	108.00	7.56	10.41	7.56	169.95	44.50	
14.20	97.00	122.00	9.33	11.78	9.33	237.93	39.19	
14.40	95.00	130.00	9.13	12.56	9.13	265.13	34.43	
14.60	103.00	142.00	9.91	13.73	9.91	244.73	40.49	
14.80	94.00	130.00	9.02	12.55	9.02	278.72	32.37	
15.00	99.00	140.00	9.51	13.53	9.51			
15.20								
15.40								
15.60								
15.80								
16.00								
16.20								
16.40								
16.60								
16.80								
17.00								

DIAGRAMMI



UBICAZIONE DELLA PROVA



PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT

Il presente certificato è composto da n. 5 pagine

norma di riferimento: Raccomandazioni AGI 1977
deviazioni dalla norma:

verbale di accettazione n. **162/2020** del **02/12/2020**
certificato di prova n. **315/2020** del **03/12/2020**

Comm.te: **Consorzio 1 Toscana Nord**
Località: **Via Tobino, Viareggio (LU)**
prova n. **2**

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

penetrometro: Pagani TG 63-100/200 n. matricola P 001138
sistema di ancoraggio ϕ : 100 x 1000
sistema di misura: selettore con cella di carico e scheda elettronica acquisizione dati manuale
punta: conica meccanica

diametro 3.57 cm
area punta 10 cm²
angolo di apertura 60 °
area manicotto 150 cm²

DATI DI PROVA

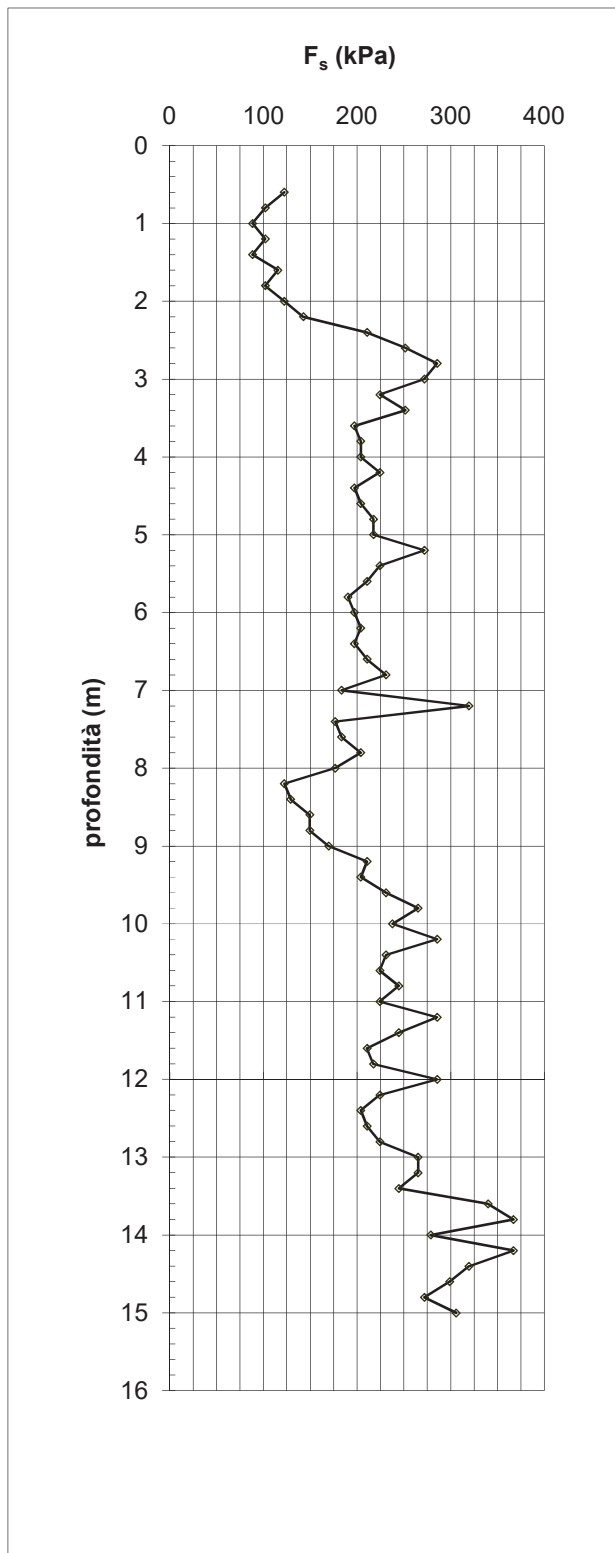
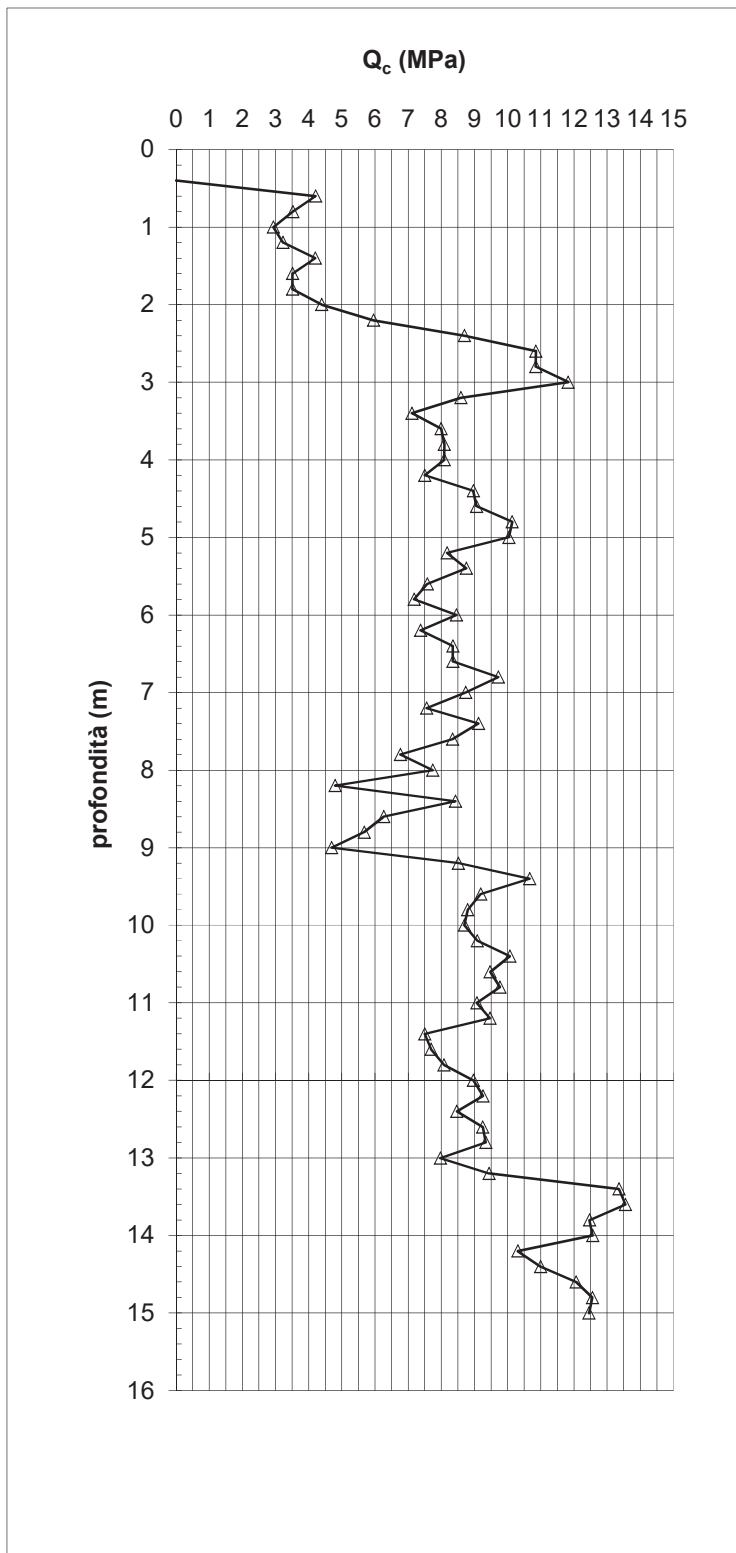
data inizio lavori: 02/12/2020 *prof. inizio prova (m):* - 0.00 da p.c.
data fine lavori: 02/12/2020 *prof. fine prova (m):* - 15.00 da p.c.
Prescavo profondità metri 0.00 *totale metri prova:* 15.00 m
Installato piezometro metri 0.00 *livello di falda (m):* - 0.00 da p.c.

profondità base strato da p.c. (m)	Lecture di campagna (kg/cm ²)		Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - q _c (MPa)	Attrito laterale unitario - f _s (kPa)	q _c /f _s	note
	punta	punta + manicotto	punta	punta + manicotto				
0.20								
0.40								
0.60	43.00	61.00	4.21	5.98	4.21	101.97	41.29	
0.80	36.00	51.00	3.52	4.99	3.52	88.38	39.84	
1.00	30.00	43.00	2.93	4.20	2.93	101.97	28.73	
1.20	33.00	48.00	3.22	4.69	3.22	88.38	36.45	

profondità da p.c. (m)	Lecture (kg/cm ²)		Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - q _c (MPa)	Attrito laterale unitario - f _s (kPa)	q _c /f _s	note
	punta	punta + manicotto	punta	punta + manicotto				
1.40	43.00	56.00	4.20	5.47	4.20	115.57	36.34	
1.60	36.00	53.00	3.51	5.18	3.51	101.97	34.43	
1.80	36.00	51.00	3.51	4.98	3.51	122.37	28.67	
2.00	45.00	63.00	4.39	6.15	4.39	142.76	30.74	
2.20	61.00	82.00	5.95	8.01	5.95	210.74	28.25	
2.40	89.00	120.00	8.70	11.74	8.70	251.53	34.58	
2.60	111.00	148.00	10.85	14.48	10.85	285.52	38.01	
2.80	111.00	153.00	10.85	14.97	10.85	271.92	39.90	
3.00	121.00	161.00	11.83	15.75	11.83	224.34	52.72	
3.20	88.00	121.00	8.59	11.83	8.59	251.53	34.15	
3.40	73.00	110.00	7.12	10.74	7.12	197.15	36.09	
3.60	82.00	111.00	8.00	10.84	8.00	203.94	39.20	
3.80	83.00	113.00	8.09	11.03	8.09	203.94	39.67	
4.00	83.00	113.00	8.09	11.03	8.09	224.34	36.05	
4.20	77.00	110.00	7.50	10.73	7.50	197.15	38.03	
4.40	92.00	121.00	8.97	11.81	8.97	203.94	43.96	
4.60	93.00	123.00	9.06	12.00	9.06	217.54	41.65	
4.80	104.00	136.00	10.14	13.27	10.14	217.54	46.60	
5.00	103.00	135.00	10.04	13.17	10.04	271.92	36.91	
5.20	84.00	124.00	8.17	12.09	8.17	224.34	36.42	
5.40	90.00	123.00	8.76	11.99	8.76	210.74	41.55	
5.60	78.00	109.00	7.58	10.62	7.58	190.35	39.80	
5.80	74.00	102.00	7.18	9.93	7.18	197.15	36.43	
6.00	87.00	116.00	8.45	11.30	8.45	203.94	41.45	
6.20	76.00	106.00	7.37	10.31	7.37	197.15	37.40	
6.40	86.00	115.00	8.35	11.19	8.35	210.74	39.62	
6.60	86.00	117.00	8.35	11.39	8.35	231.14	36.12	
6.80	100.00	134.00	9.72	13.05	9.72	183.55	52.94	
7.00	90.00	117.00	8.73	11.38	8.73	319.51	27.34	
7.20	78.00	125.00	7.56	12.16	7.56	176.75	42.74	
7.40	94.00	120.00	9.12	11.67	9.12	183.55	49.70	
7.60	86.00	113.00	8.33	10.98	8.33	203.94	40.87	
7.80	70.00	100.00	6.76	9.70	6.76	176.75	38.26	
8.00	80.00	106.00	7.74	10.29	7.74	122.37	63.26	
8.20	50.00	68.00	4.80	6.56	4.80	129.16	37.13	
8.40	87.00	106.00	8.42	10.29	8.42	149.56	56.31	
8.60	65.00	87.00	6.26	8.42	6.26	149.56	41.87	
8.80	59.00	81.00	5.67	7.83	5.67	169.95	33.37	
9.00	49.00	74.00	4.69	7.14	4.69	210.74	22.24	

profondità da p.c. (m)	Lecture (kg/cm ²)		Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - q _c (MPa)	Attrito laterale unitario - f _s (kPa)	q _c /f _s	note
	punta	punta + manicotto	punta	punta + manicotto				
9.20	88.00	119.00	8.51	11.55	8.51	203.94	41.72	
9.40	110.00	140.00	10.66	13.61	10.66	231.14	46.14	
9.60	95.00	129.00	9.19	12.52	9.19	265.13	34.66	
9.80	91.00	130.00	8.80	12.62	8.80	237.93	36.97	
10.00	90.00	125.00	8.69	12.13	8.69	285.52	30.45	
10.20	94.00	136.00	9.08	13.20	9.08	231.14	39.30	
10.40	104.00	138.00	10.06	13.40	10.06	224.34	44.85	
10.60	98.00	131.00	9.47	12.71	9.47	244.73	38.70	
10.80	101.00	137.00	9.76	13.29	9.76	224.34	43.52	
11.00	94.00	127.00	9.07	12.31	9.07	285.52	31.78	
11.20	98.00	140.00	9.46	13.58	9.46	244.73	38.67	
11.40	78.00	114.00	7.50	11.03	7.50	210.74	35.59	
11.60	80.00	111.00	7.69	10.73	7.69	217.54	35.36	
11.80	84.00	116.00	8.08	11.22	8.08	285.52	28.31	
12.00	93.00	135.00	8.96	13.08	8.96	224.34	39.95	
12.20	96.00	129.00	9.25	12.49	9.25	203.94	45.38	
12.40	88.00	118.00	8.47	11.41	8.47	210.74	40.18	
12.60	96.00	127.00	9.25	12.29	9.25	224.34	41.23	
12.80	97.00	130.00	9.34	12.58	9.34	265.13	35.24	
13.00	83.00	122.00	7.97	11.79	7.97	265.13	30.06	
13.20	98.00	137.00	9.44	13.26	9.44	244.73	38.56	
13.40	138.00	174.00	13.36	16.89	13.36	339.91	39.30	
13.60	140.00	190.00	13.55	18.45	13.55	367.10	36.91	
13.80	129.00	183.00	12.47	17.76	12.47	278.72	44.74	
14.00	130.00	171.00	12.56	16.59	12.56	367.10	34.23	
14.20	107.00	161.00	10.31	15.60	10.31	319.51	32.26	
14.40	114.00	161.00	10.99	15.60	10.99	299.12	36.74	
14.60	125.00	169.00	12.07	16.38	12.07	271.92	44.37	
14.80	130.00	170.00	12.55	16.48	12.55	305.91	41.04	
15.00	129.00	174.00	12.45	16.87	12.45			
15.20								
15.40								
15.60								
15.80								
16.00								
16.20								
16.40								
16.60								
16.80								
17.00								

DIAGRAMMI



UBICAZIONE DELLA PROVA



PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT

Il presente certificato è composto da n. 5 pagine

norma di riferimento: Raccomandazioni AGI 1977
deviazioni dalla norma:

verbale di accettazione n. **162/2020** del **02/12/2020**
certificato di prova n. **316/2020** del **03/12/2020**

Comm.te: **Consorzio 1 Toscana Nord**
Località: **Via Tobino, Viareggio (LU)**
prova n. **3**

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

penetrometro: Pagani TG 63-100/200 n. matricola P 001138
sistema di ancoraggio ϕ : 100 x 1000
sistema di misura: selettore con cella di carico e scheda elettronica acquisizione dati manuale
punta: conica meccanica

<i>diametro</i>	3.57	cm
<i>area punta</i>	10	cm ²
<i>angolo di apertura</i>	60	°
<i>area manicotto</i>	150	cm ²

DATI DI PROVA

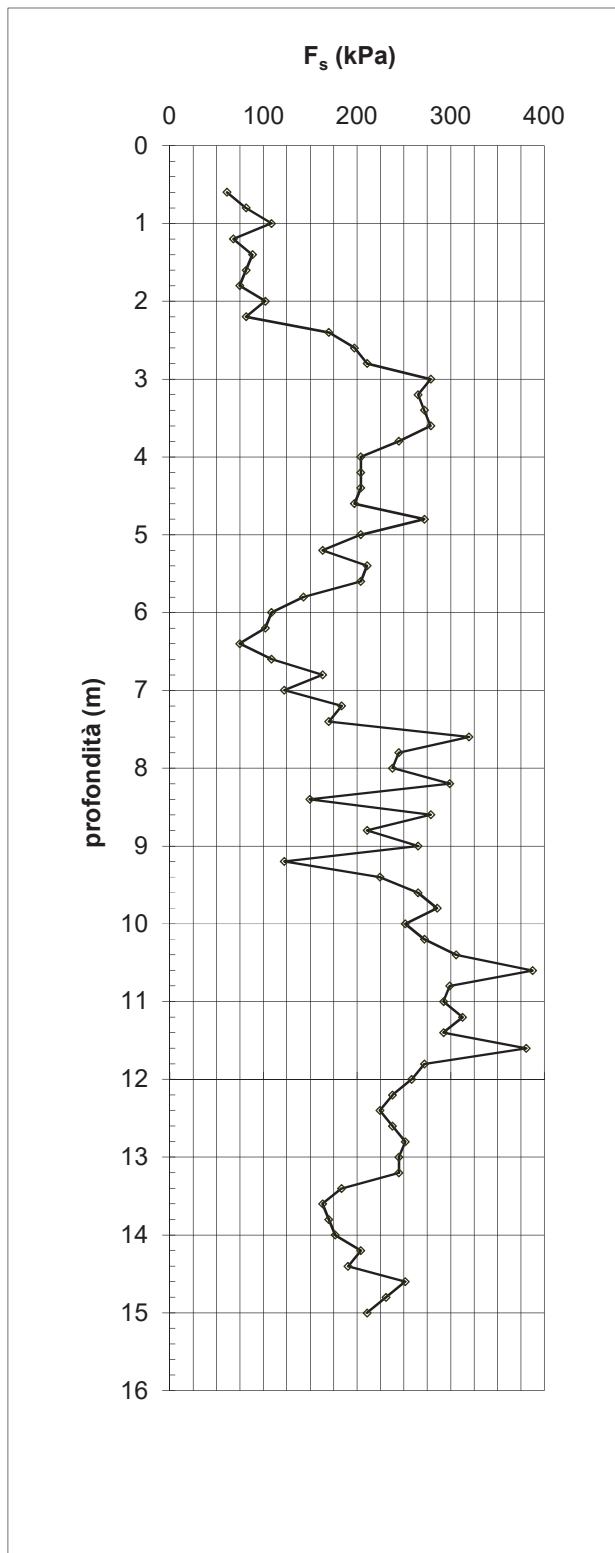
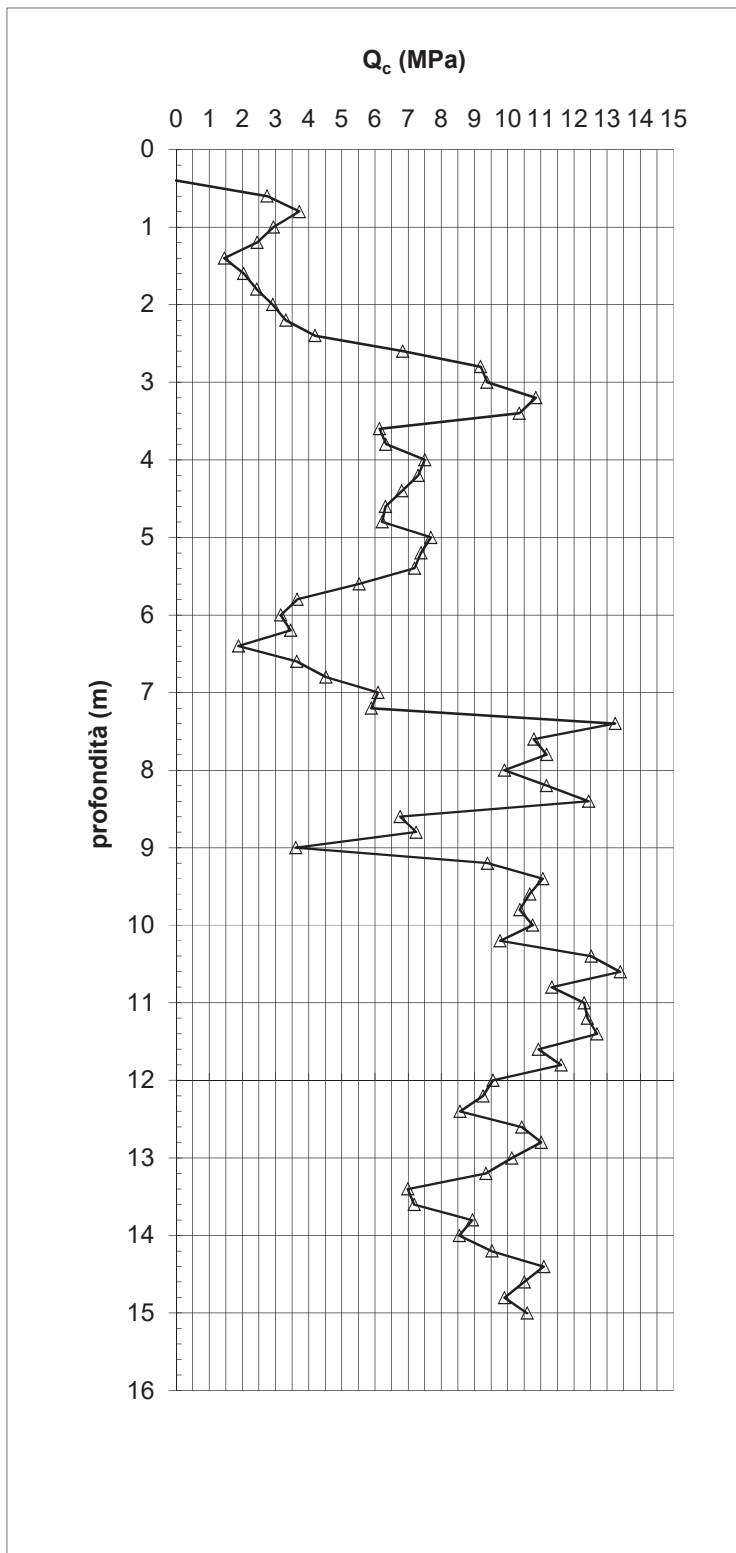
<i>data inizio lavori: 02/12/2020</i>	<i>prof. inizio prova (m): -</i>	0.00	da p.c.
<i>data fine lavori: 02/12/2020</i>	<i>prof. fine prova (m): -</i>	15.00	da p.c.
Prescavo profondità metri 0.00	<i>totale metri prova:</i>	15.00	m
Installato piezometro metri 0.00	<i>livello di falda (m): -</i>	0.00	da p.c.

profondità base strato da p.c. (m)	Lecture di campagna (kg/cm ²)		Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - q_c (MPa)	Attrito laterale unitario - f_s (kPa)	q_c/f_s	note
	punta	punta + manicotto	punta	punta + manicotto				
0.20								
0.40								
0.60	28.00	37.00	2.74	3.62	2.74	81.58	33.58	
0.80	38.00	50.00	3.72	4.89	3.72	108.77	34.18	
1.00	30.00	46.00	2.93	4.50	2.93	67.98	43.10	
1.20	25.00	35.00	2.44	3.42	2.44	88.38	27.58	

profondità da p.c. (m)	Lecture (kg/cm ²)		Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - q _c (MPa)	Attrito laterale unitario - f _s (kPa)	q _c /f _s	note
	punta	punta + manicotto	punta	punta + manicotto				
1.40	15.00	28.00	1.45	2.73	1.45	81.58	17.82	
1.60	21.00	33.00	2.04	3.22	2.04	74.78	27.27	
1.80	25.00	36.00	2.43	3.51	2.43	101.97	23.82	
2.00	30.00	45.00	2.92	4.39	2.92	81.58	35.76	
2.20	34.00	46.00	3.31	4.48	3.31	169.95	19.46	
2.40	43.00	68.00	4.19	6.64	4.19	197.15	21.24	
2.60	70.00	99.00	6.83	9.68	6.83	210.74	32.42	
2.80	94.00	125.00	9.18	12.22	9.18	278.72	32.94	
3.00	96.00	137.00	9.38	13.40	9.38	265.13	35.36	
3.20	111.00	150.00	10.84	14.67	10.84	271.92	39.88	
3.40	106.00	146.00	10.35	14.27	10.35	278.72	37.14	
3.60	63.00	104.00	6.13	10.15	6.13	244.73	25.06	
3.80	65.00	101.00	6.33	9.86	6.33	203.94	31.02	
4.00	77.00	107.00	7.50	10.44	7.50	203.94	36.77	
4.20	75.00	105.00	7.30	10.24	7.30	203.94	35.80	
4.40	70.00	100.00	6.81	9.75	6.81	197.15	34.53	
4.60	65.00	94.00	6.31	9.16	6.31	271.92	23.22	
4.80	64.00	104.00	6.21	10.14	6.21	203.94	30.47	
5.00	79.00	109.00	7.68	10.62	7.68	163.15	47.09	
5.20	76.00	100.00	7.39	9.74	7.39	210.74	35.05	
5.40	74.00	105.00	7.19	10.23	7.19	203.94	35.24	
5.60	57.00	87.00	5.52	8.46	5.52	142.76	38.65	
5.80	38.00	59.00	3.65	5.71	3.65	108.77	33.57	
6.00	33.00	49.00	3.16	4.73	3.16	101.97	30.97	
6.20	36.00	51.00	3.45	4.92	3.45	74.78	46.13	
6.40	20.00	31.00	1.88	2.96	1.88	108.77	17.27	
6.60	38.00	54.00	3.64	5.21	3.64	163.15	22.31	
6.80	47.00	71.00	4.52	6.87	4.52	122.37	36.94	
7.00	63.00	81.00	6.09	7.85	6.09	183.55	33.16	
7.20	61.00	88.00	5.89	8.54	5.89	169.95	34.65	
7.40	136.00	161.00	13.24	15.69	13.24	319.51	41.44	
7.60	111.00	158.00	10.79	15.40	10.79	244.73	44.07	
7.80	115.00	151.00	11.18	14.71	11.18	237.93	46.97	
8.00	102.00	137.00	9.90	13.33	9.90	299.12	33.09	
8.20	115.00	159.00	11.17	15.49	11.17	149.56	74.69	
8.40	128.00	150.00	12.44	14.60	12.44	278.72	44.64	
8.60	70.00	111.00	6.75	10.77	6.75	210.74	32.04	
8.80	75.00	106.00	7.24	10.28	7.24	265.13	27.31	
9.00	38.00	77.00	3.61	7.43	3.61	122.37	29.49	

profondità da p.c. (m)	Lecture (kg/cm ²)		Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - q _c (MPa)	Attrito laterale unitario - f _s (kPa)	q _c /f _s	note
	punta	punta + manicotto	punta	punta + manicotto				
9.20	97.00	115.00	9.39	11.16	9.39	224.34	41.87	
9.40	114.00	147.00	11.06	14.29	11.06	265.13	41.70	
9.60	110.00	149.00	10.66	14.49	10.66	285.52	37.34	
9.80	107.00	149.00	10.36	14.48	10.36	251.53	41.21	
10.00	111.00	148.00	10.75	14.38	10.75	271.92	39.55	
10.20	101.00	141.00	9.77	13.69	9.77	305.91	31.94	
10.40	129.00	174.00	12.51	16.93	12.51	387.49	32.30	
10.60	138.00	195.00	13.39	18.98	13.39	299.12	44.78	
10.80	117.00	161.00	11.33	15.65	11.33	292.32	38.77	
11.00	127.00	170.00	12.31	16.53	12.31	312.71	39.37	
11.20	128.00	174.00	12.41	16.92	12.41	292.32	42.44	
11.40	131.00	174.00	12.70	16.91	12.70	380.69	33.35	
11.60	113.00	169.00	10.93	16.42	10.93	271.92	40.19	
11.80	120.00	160.00	11.61	15.54	11.61	258.33	44.95	
12.00	99.00	137.00	9.55	13.28	9.55	237.93	40.14	
12.20	96.00	131.00	9.25	12.69	9.25	224.34	41.25	
12.40	89.00	122.00	8.57	11.80	8.57	237.93	36.00	
12.60	108.00	143.00	10.43	13.86	10.43	251.53	41.45	
12.80	114.00	151.00	11.01	14.64	11.01	244.73	44.99	
13.00	105.00	141.00	10.13	13.66	10.13	244.73	41.38	
13.20	97.00	133.00	9.34	12.87	9.34	183.55	50.88	
13.40	73.00	100.00	6.98	9.63	6.98	163.15	42.80	
13.60	75.00	99.00	7.18	9.53	7.18	169.95	42.23	
13.80	93.00	118.00	8.94	11.39	8.94	176.75	50.57	
14.00	89.00	115.00	8.54	11.09	8.54	203.94	41.89	
14.20	99.00	129.00	9.52	12.46	9.52	190.35	50.02	
14.40	115.00	143.00	11.09	13.83	11.09	251.53	44.08	
14.60	109.00	146.00	10.50	14.13	10.50	231.14	45.42	
14.80	103.00	137.00	9.91	13.24	9.91	210.74	47.01	
15.00	110.00	141.00	10.59	13.63	10.59			
15.20								
15.40								
15.60								
15.80								
16.00								
16.20								
16.40								
16.60								
16.80								
17.00								

DIAGRAMMI



UBICAZIONE DELLA PROVA



Allegato 1b

Sondaggi a carotaggio continuo



MAPPO GEOGNOSTICA s.r.l.
Loc. Biagioni, 60 - 55011 Spianate (LU)
Tel. 0583 20799 - 335 7215712
E-mail: mappogeognostica@virgilio.it
C.F. E P. IVA 02019570460

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n 5021 del 24 maggio 2011

Int. Certificati:

CONSORZIO 1 TOSCANA NORD

Cantiere: Viale Mario Tobino Località: Viareggio (LU) Data inizio: 03/12/2020 Data fine: 03/12/2020
Sondaggio n.: 1 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo Diamm. (mm): 101/127

Il presente certificato è composto da n. 4 pagine

SONDAGGIO GEOGNOSTICO



Norma di riferimento: *raccomandazioni AGI 1977.*

Deviazione dalla norma: Nessuna

Verbale di accettazione n. 162/2020 Del. 02/12/2020

Certificato di prova n. 345/2020 del. 30/12/2020

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

Perforatrice: Sonda IPC DRILL 650

Caratteristiche tecniche della perforatrice: Il gruppo rotary è costituito da un motore di 315 cm³ che consente una coppia massima di 745 daNm e un numero di giri massimi di 289 r.p.m. Il gruppo morsa-svitatore, una forza di serraggio di 15904 daN e una coppia di sviamento pari a 3000 daNm.

Diametro perforazione ϕ : 101

Diametro rivestimento ϕ : 127

Sistema di perforazione: Carotaggio continuo
Distruzione di nucleo

Cantiere: Viale Mario Tobino Località: Viareggio (LU) Data inizio: 03/12/2020 Data fine: 03/12/2020
 Sondaggio n.: 1 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo Diamm. (mm): 101/127
 Liv. falda (m da p.c.): _____ Quota p.c. (m s.l.m.): _____ Redattore stratigrafia Dott. Geol. Giorgio Seghieri

o mm	R v	A f	Pz	metri bet.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 - 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 - 100	prof. m	DESCRIZIONE
				1									1,2	Terreno vegetale.
				2										Sabbie limose medie di colore grigio/nocciola.
				3		1) She - 3,00 3,50							3,0	Sabbie medio/grosse debolmente limose di colore grigio/beige.
				4						12-16-18	34		4,8	Sabbie medie/grossolane di colore grigio.
				5										
				6		2) She - 6,50 8,50								
				7										
				8						18-19-24	43			
				9										
				10									10,2	Sabbie medie limose di colore grigio.
				11										
				12										
				13										
				14										
				15									15,0	

Sho = Shelby Den = Denison Ool = Osterberg
 Ar = Livello acqua rinvivuta
 As = Livello acqua stabilizzata
 Pz = Piezometro
 Rp = Piezometro taccabile
 VT = Vane Test (kg/cm²) max-residuo
 S.P.T. = Standard Penetration Test
 N = Napt
 R.Q.D. = Rock Quality Designation



Riporto
Terreno vegetale
Argilla



Limo
Sabbia
Ghiaia, ciottoli

NOTE: _____

Cantiere: Viale Mario Tobino Località: Viareggio (LU) Data inizio: 03/12/2020 Data fine: 03/12/2020
Sondaggio n.: 1 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo Diamm. (mm): 101/127

UBICAZIONE INDAGINE



Cantiere: Viale Mario Tobino Località: Viareggio (LU) Data inizio: 03/12/2020 Data fine: 03/12/2020
Sondaggio n.: 1 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo Diamm. (mm): 101/127

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CAROTE DI SONDAGGIO



Cassetta n. 1: da 0,0 m a - 5,0 m



Cassetta n. 2: da - 5,0 m a - 10,0 m



Cassetta n. 3: da - 10,0 m a - 15,0 m



MAPPO GEOGNOSTICA s.r.l.
Loc. Biagioni, 60 - 55011 Spianate (LU)
Tel. 0583 20799 - 335 7215712
E-mail: mappogeognostica@virgilio.it
C.F. E P. IVA 02019570460

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n 5021 del 24 maggio 2011

Int. Certificati:

CONSORZIO 1 TOSCANA NORD

Cantiere: Viale Mario Tobino Località: Viareggio (LU) Data inizio: 04/12/2020 Data fine: 10/12/2020
Sondaggio n.: 2 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo Diamm. (mm): 101/127

Il presente certificato è composto da n. 4 pagine

SONDAGGIO GEOGNOSTICO



Norma di riferimento: *raccomandazioni AGI 1977.*

Deviazione dalla norma: Nessuna

Verbale di accettazione n. 162/2020 Del. 02/12/2020

Certificato di prova n. 346/2020 del. 30/12/2020

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

Perforatrice: Sonda IPC DRILL 650

Caratteristiche tecniche della perforatrice: Il gruppo rotary è costituito da un motore di 315 cm³ che consente una coppia massima di 745 daNm e un numero di giri massimi di 289 r.p.m. Il gruppo morsa-svitatore, una forza di serraggio di 15904 daN e una coppia di sviamento pari a 3000 daNm.

Diametro perforazione ϕ : 101

Diametro rivestimento ϕ : 127

Sistema di perforazione: Carotaggio continuo
Distruzione di nucleo

Cantiere: Viale Mario Tobino Località: Viareggio (LU) Data inizio: 04/12/2020 Data fine: 10/12/2020
 Sondaggio n.: 2 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo Diamm. (mm): 101/127
 Liv. falda (m da p.c.): _____ Quota p.c. (m s.l.m.): _____ Redattore stratigrafia Dott. Geol. Giorgio Seghieri

Ø mm	R v	A f	Pz	metri sen	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	SPT S.P.T.	N	ROD % 0-100	prof m	DESCRIZIONE
				1	Terreno vegetale.									
				2									1,8	Sabbie limose medie di colore beige.
				3	1) She < 3,00 3,50									
				4						9-13-15	28			
				5										
				6										
				7	2) SDI < 6,50 7,00								7,0	Sabbie medie di colore grigio con resti conchigliari..
				8						5-8-9	17			
				9										
				10										
				11									10,5	Sabbie medio/fini limose di colore grigio/nocciola.
				12										
				13										
				14										
				15									15,0	Sabbie limose fini di colore grigio.
				16										
				17										
				18										
				19										
				20									20,0	

Sho = Shelby Den = Denison Osl = Osterberg
 Ar = Livello acqua rinvenuta
 As = Livello acqua stabilizzata
 Pz = Piezometro
 Rp = Pensilometro tascabile
 V.T. = Vane Test (kg/cm²) max-residuo
 S.P.T. = Standard Penetration Test
 N = Napt
 R.Q.D. = Rock Quality Designation



Riporto
Terreno vegetale
Argilla



Limo
Sabbia
Ghiaia, ciottoli

NOTE: _____

Cantiere: Viale Mario Tobino Località: Viareggio (LU) Data inizio: 04/12/2020 Data fine: 10/12/2020
Sondaggio n.: 2 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo Diamm. (mm): 101/127

UBICAZIONE INDAGINE



Cantiere: Viale Mario Tobino Località: Viareggio (LU) Data inizio: 04/12/2020 Data fine: 10/12/2020
Sondaggio n.: 2 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo Diamm. (mm): 101/127

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CAROTE DI SONDAGGIO



Cassetta n. 1: da 0,0 m a - 5,0 m



Cassetta n. 2: da - 5,0 m a - 10,0 m



Cassetta n. 3: da - 10,0 m a - 15,0 m



Cassetta n. 4: da - 15,0 m a - 20,0 m

Allegato 1c

Prove Penetrometriche Dinamiche in foro
SPT

Numero sondaggio	Prove SPT	Profondità SPT (m dal p.c.)	VALORI PROVA SPT
S1	SPT1	4.50	12-16-18
	SPT2	7.50	18-19-24
S2	SPT1	4.50	9-13-15
	SPT2	7.50	5-8-9

Allegato 2

INDAGINI SISMICHE

MASW HVSR



	COORDINATE WGS84	
	N	E
MASW 1	43,870227	10,263627
MASW 2	43,870996	10,269155
T1	43,870017	10,263447
T 2	43,870308	10,265864
T 3	43,871077	10,269778

Dott. Geol. Claudia Gianneccchini



Allegato 2a

Indagini sismiche MASW

**ESECUZIONE DI N. 2 INDAGINI GEOFISICHE MASW ESEGUITE PER
IL PROGETTO DI SISTEMAZIONE DEL CANALE GORA DI STIAVA
LUNGO UN TRATTO DI VIALE M. TOBINO, VIAREGGIO**



Comm.te:

CONSORZIO 1 TOSCANA NORD

Dicembre 2020

PREMESSE

La presente relazione sintetizza e illustra i risultati di n. 2 indagini sismiche effettuate, mediante il metodo MASW, lungo un tratto del viale M. Tobino nel comune di Viareggio per l'intervento di "sistemazione del canale Gora di Stiava"

Le indagini MASW sono state effettuate per la caratterizzazione della velocità delle onde Sh dei terreni presenti, per determinare il parametro VS30, necessario al fine della classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto, come richiesto dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 2018).

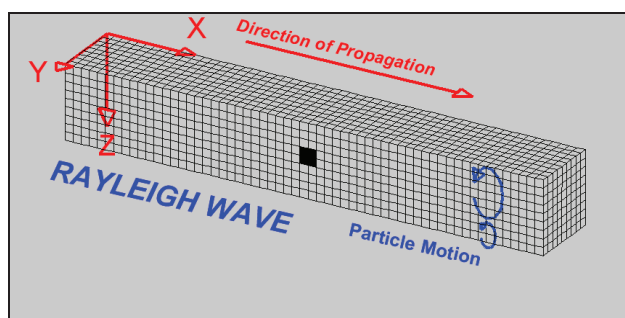
L'interpretazione dei dati acquisiti in campagna ha consentito di ricavare una sequenza sismo-stratigrafica relativamente all'area di indagine, con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche delle velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali.

E' stato possibile, per ottimizzare l'interpretazione, riferirsi al locale assetto geolitologico e geotecnica derivante da prove penetrometriche eseguite per il medesimo incarico.

GENERALITÀ SUL METODO MASW

Le onde sismiche che si propagano in un mezzo si dividono, principalmente, in Onde di corpo e onde di superficie. Fra queste ultime si hanno le onde di Rayleigh, le onde di Love e le onde di Lamb.

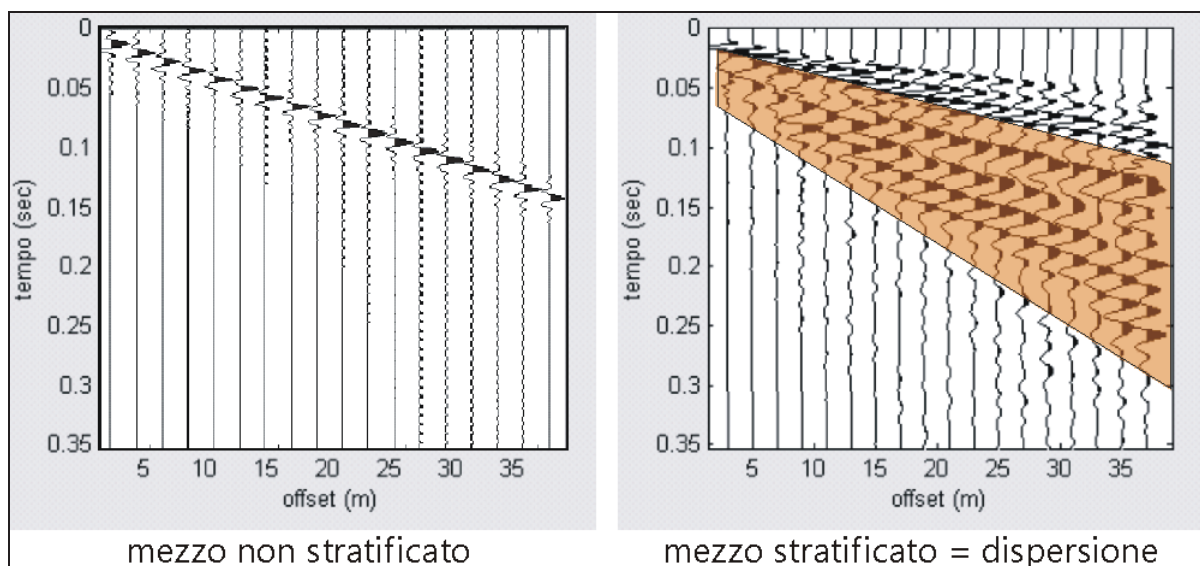
Le onde di Rayleigh, in particolare, sono originate dall'interazione fra le onde di pressione e le onde di taglio verticali quando esista una superficie libera in un mezzo omogeneo e isotropo.



Il moto delle particelle è di tipo ellittico retrogrado, il quale si inverte a una profondità di $\lambda/2\pi$. L'ampiezza dello spostamento decresce secondo una legge esponenziale.

L'energia convertita in onde di Rayleigh è, in percentuale, molto maggiore rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P ed S. Inoltre l'ampiezza delle onde di superficie varia con la radice quadrata di r , e non con r come avviene per le onde di corpo. Le onde di Rayleigh presentano una velocità del 90% circa rispetto a quella delle onde di taglio.

In presenza di un semispazio omogeneo, la velocità di tali onde non varia in funzione della frequenza, non si ha cioè *dispersione*, la deformazione di un treno di onde dovuta alla variazione della velocità di propagazione in funzione della frequenza. Questa deformazione si manifesta invece quando il terreno presenti una stratificazione; la velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda viene influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino a una profondità dell'ordine di $\lambda/2$ circa.



Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Quindi una metodologia che utilizzi le onde superficiali è in grado di rilevare variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità.

Nel caso che l'obiettivo sia di verificare le caratteristiche delle velocità delle onde S nel terreno, questo tipo di indagine è molto utile, in quanto la V_s è il fattore che governa le caratteristiche della dispersione.

Inoltre il metodo non è limitato dalla presenza di inversioni di velocità, e presenta una buona risoluzione.

L'indagine secondo la tecnica MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) prevede l'energizzazione mediante sorgente attiva, con registrazione simultanea su 12 o più canali. Vengono utilizzati geofoni a componente verticale sensibili alle basse frequenze (un valore tipico sono 4,5 Hz).

La distanza dalla sorgente di energizzazione e il primo ricevitore condiziona λ_{max} , e quindi la profondità di indagine; anche la lunghezza dello stendimento geofonico è in relazione alla profondità di indagine, mentre la distanza intergeofonica condiziona lo spessore dello strato più sottile rilevabile.

E' importante osservare che nel sismogramma possono comparire diversi tipi di onde: onde di corpo, onde superficiali non piane, onde riverberate dalle disomogeneità superficiali, oltre al rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Questo comporta una difficoltà aggiuntiva nella "lettura" dello spettro di velocità e quindi nella successiva individuazione della curva di dispersione.

Le onde di corpo sono di solito riconoscibili; le onde superficiali riverberate (back scattered) possono risultare prevalenti in un sismogramma quando siano presenti discontinuità orizzontali. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

In sintesi l'indagine comporta:

- l'acquisizione delle onde superficiali (*ground roll*);
- la determinazione di uno spettro di velocità, con velocità di fase in funzione della frequenza;
- l'identificazione della curva di dispersione, cioè la determinazione dei punti che, sullo spettro di velocità, appartengono a un certo modo di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh;
- l'inversione della curva di dispersione, al fine di ottenere il profilo verticale delle V_s .

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando come riferimento la curva di dispersione precedentemente ottenuta. Per ottenere il profilo verticale V_s dalla curva di dispersione è necessaria l'assunzione di valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità.

La procedura di inversione utilizzata dal software *winMASW* è legata agli "algoritmi genetici", il quale approccio consente di ottenere risultati più affidabili rispetto ai metodi di inversione basati sulla matrice Jacobiana.

E' estremamente utile, per una interpretazione affidabile, poter disporre di dati di riferimento, sia per fornire uno spazio di ricerca iniziale al processo di inversione, sia per effettuare una "modellazione diretta" di ausilio a un corretto "picking" della curva di dispersione.

ATTREZZATURA E METODOLOGIE IMPIEGATE

Per l'indagine in oggetto si è impiegata un'attrezzatura *AMBROGEO* "ECHO 12-24/2002 *Sismic Unit*", avente le seguenti caratteristiche:

- . numero di canali: 24
- . sampler interval: 0,296 msec
- . A/D conversion: 16 bit
- . input impedance: 1KOhm
- . Gain: 10 dB – 100 dB (step 1 dB)
- . saturation tension: +/- 2,3 V
- . saturation level: 100 dB
- . distortion: 0,01%
- . sampler:
 - 25 msec (191 punti)
 - 50 msec (383 punti)
 - 100 msec (756 punti)
 - 200 msec (1530 punti)
 - 400 msec (3060 punti)
 - 1000 msec (7560 punti)
- . sampling: 130 microsec
- . filter low pass: 50/950 Hz, step 1 Hz
- . digital filter low pass: 1000-50
- . digital filter high pass: 0-250
- . frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz
- . dynamic range: 93 dB
- . noise: 0,66 uV RMS, gain = 55 dB
- . crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB
- . power: 12 V.

Il software di acquisizione dati è “ECHO 12-24” vers. 7.00. L’attrezzatura è completata da 1 cavo sismico a 24 takes out spazati a 3 m, con connettori *cannon*, montati su rullo, geofoni “Geospace” a 4,5 Hz, cannoncino per cartucce industriali, mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter, geofono starter, cavo trigger da 200 m montato su rullo.

Gli stendimenti impiegati per i profili MASW in oggetto hanno le seguenti caratteristiche, in particolare:

- n. geofoni: 24
- spaziatura fra i geofoni: 2 m
- n. shots: sono state effettuate 2 rilevazioni, impiegando esclusivamente la mazza di battuta, a distanze di 8.0 e 10.0 metri dalla linea geofonica.
- tempo di acquisizione: 1.000 msec.

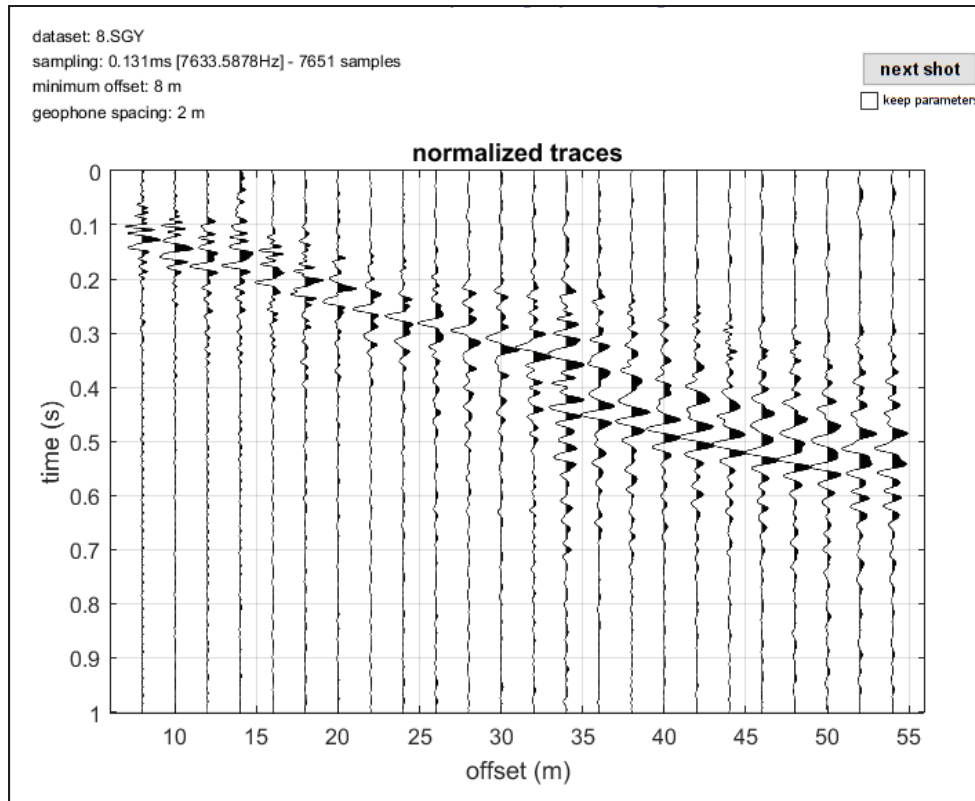
I profili sono da considerare orizzontali, in quanto i dislivelli massimi lungo lo stendimento sono modesti (nell’ordine dei centimetri).

MASW N. 1 - INTERPRETAZIONE DEI DATI

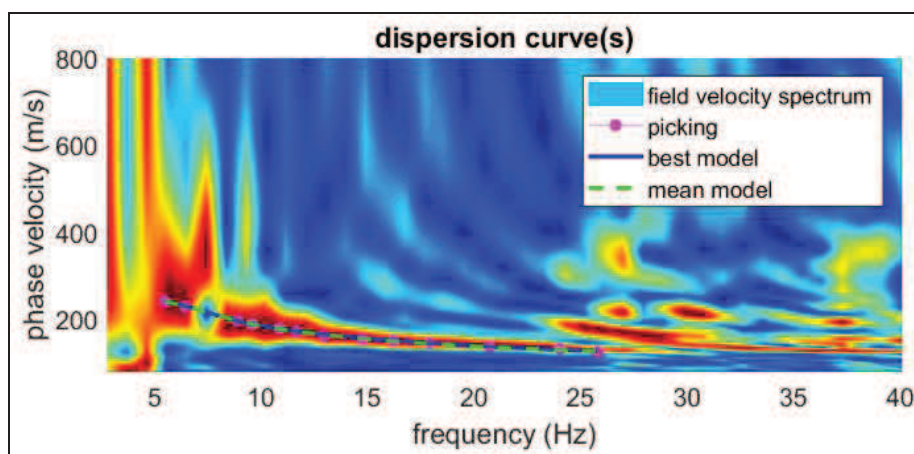
Per il processo di interpretazione è stato utilizzata la curva di dispersione relativa allo “shot” posto a un offset di 8,0 m dalla linea geofonica.

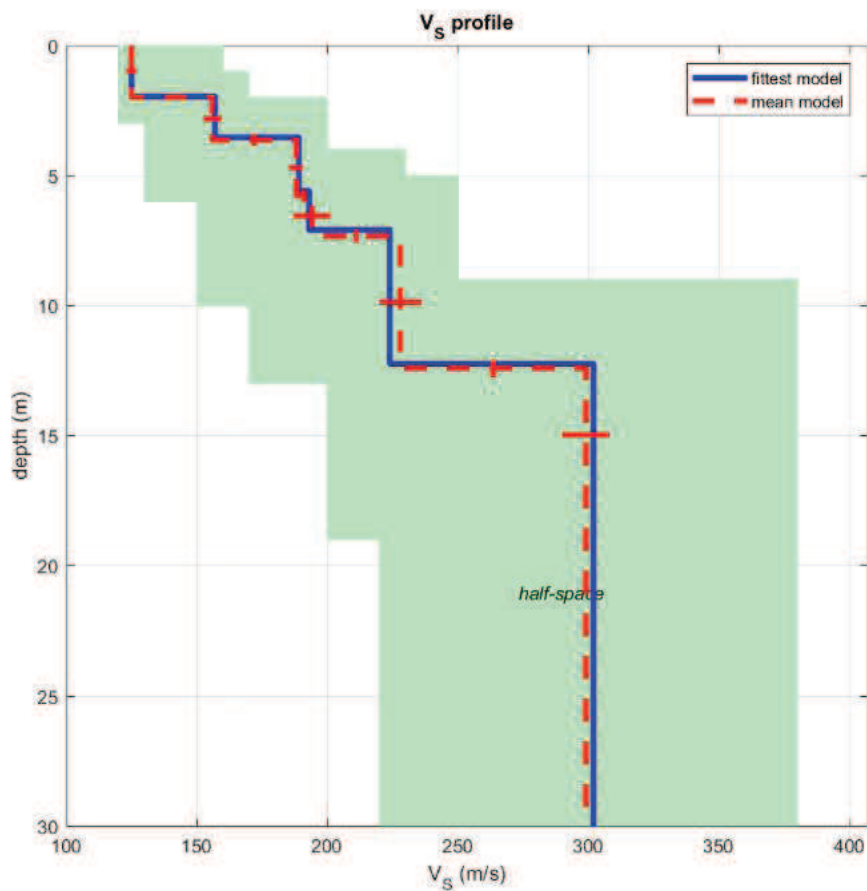
Per l’interpretazione dei dati è stato impiegato il software winMASW, il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio Vs tramite l’inversione delle curve di dispersione ottenute, effettuata con algoritmi “genetici”. Tale programma è in grado di operare sui records in formato SGY prodotti dalla strumentazione Ambrogeo secondo la procedura specifica descritta nel capitolo introduttivo.

La rappresentazione del file dei dati acquisiti (“common-shot gather” – segnale per i vari geofoni nel tempo di acquisizione di 1000 msec) è la seguente:



Quello che segue è lo *spettro di velocità* (velocità di fase in funzione della frequenza), con relativo picking della curva di dispersione delle onde di superficie, cioè la determinazione dei punti che si ritengono appartenere, in questo caso, al *modo fondamentale* di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh:





Sono stati perciò individuati 6 strati a diversa velocità V_{sh}, e precisamente:

- secondo il MODELLO MEDIO:

strato	1	2	3	4	5	6
V _{Sh} (m/sec)	125	156	188	194	228	299
Spessore(m)	2.0	1.6	2.1	1.6	5.1	

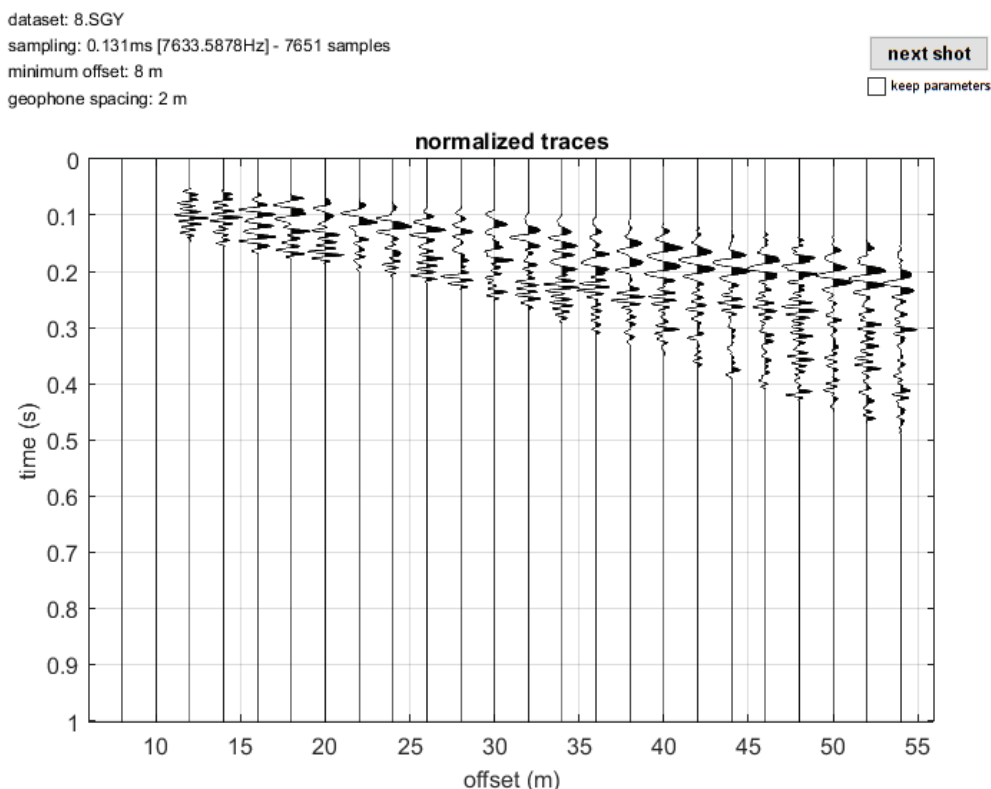
Si rimanda alla valutazione del progettista circa la definizione della categoria di suolo di fondazione in funzione della tipologia e delle caratteristiche dell'opera prevista.

MASW N. 2 - INTERPRETAZIONE DEI DATI

Per il processo di interpretazione sono state utilizzate le curve di dispersione relative allo “shot” posto a un offset di 8,0 m dalla linea geofonica.

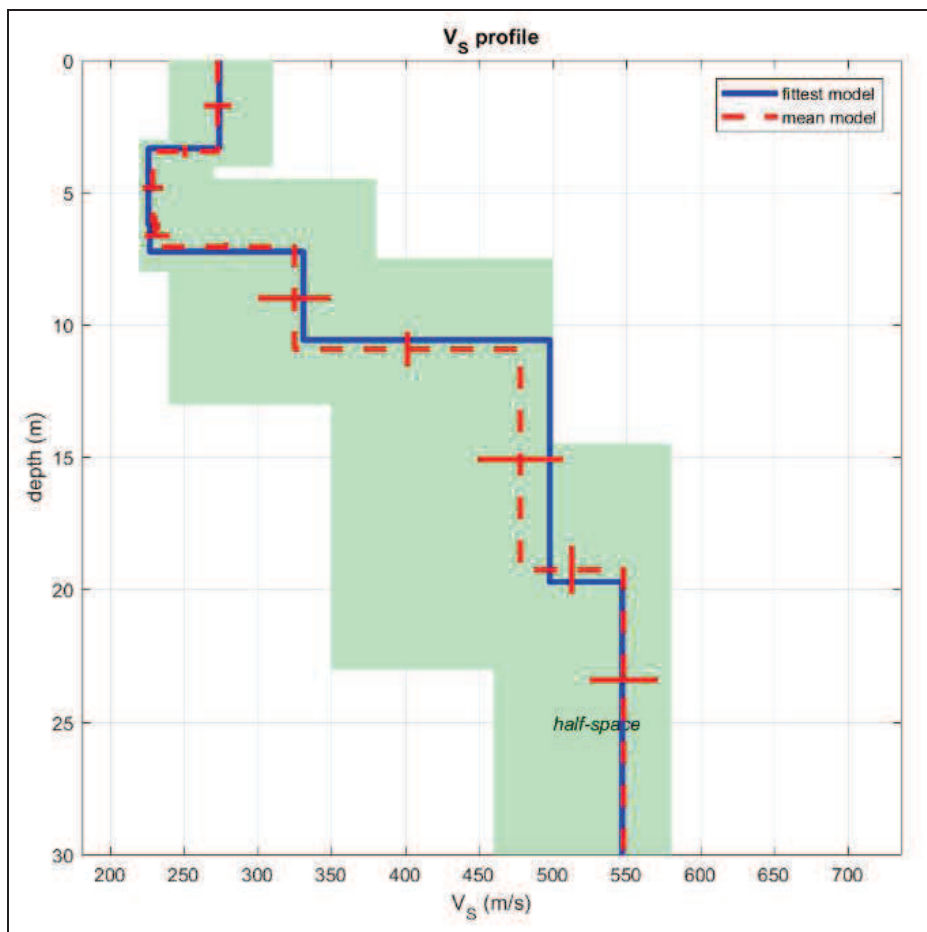
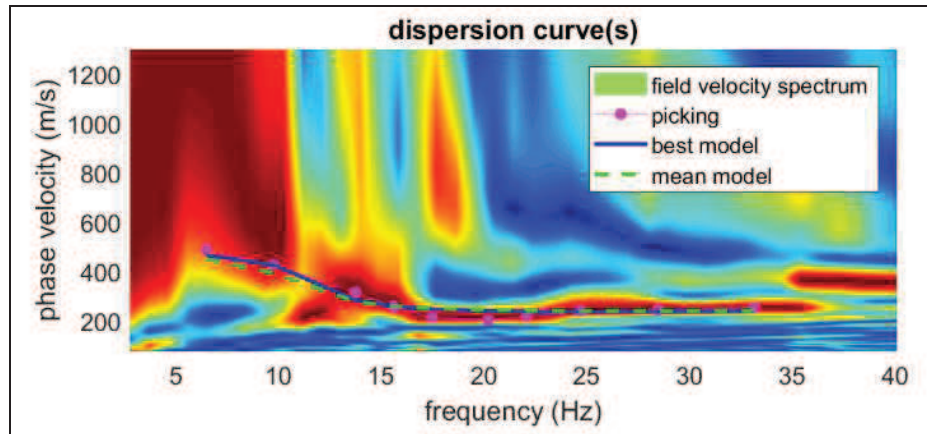
Per l’interpretazione dei dati è stato impiegato il software winMASW, il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio Vs tramite l’inversione delle curve di dispersione ottenute, effettuata con algoritmi “genetici”. Tale programma è in grado di operare sui records in formato SGY prodotti dalla strumentazione Ambrogeo secondo la procedura specifica descritta nel capitolo introduttivo.

La rappresentazione del file dei dati acquisiti (“common-shot gather” – segnale per i vari geofoni nel tempo di acquisizione di 1000 msec) è la seguente:



Quello che segue è lo *spettro di velocità* (velocità di fase in funzione della frequenza), con relativo picking della curva di dispersione delle onde di superficie, cioè la determinazione dei punti che si ritengono

appartenere, in questo caso, al *modo fondamentale* di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh:



Sono stati perciò individuati 6 strati a diversa velocità Vsh, e precisamente:

- secondo il MODELLO MEDIO:

strato	1	2	3	4	5	6
VSh (m/sec)	273	229	232	325	478	548
Spessore(m)	3.4	2.7	0.8	3.9	8.3	

Si rimanda alla valutazione del progettista circa la definizione della categoria di suolo di fondazione in funzione della tipologia e delle caratteristiche dell'opera prevista.

Allegati:

- Risultato elaborazione masw

Altopascio, dicembre 2020

Mappo Geognostica
MAPPO GEOGNOSTICA s.r.l.
Loc. Biagioni, 60 - SPIANATE (LU)
Tel. 0583.20799 - 337-7215712
C.F. P. IVA 02019570460
-Reg. Imprese di Lucca/02019570460
Capitale versato € 12.000,00

Mappo Geognostica Srl
Loc. Biagioni, 60
55010 Spianate (LU)
Tel. 0583.20799 Fax 0572.930069
P.IVA 02019570460
www.mappogeognostica.it

**ESECUZIONE DI N. 2 INDAGINI GEOFISICHE MASW ESEGUITE PER
IL PROGETTO DI SISTEMAZIONE DEL CANALE GORA DI STIAVA
LUNGO UN TRATTO DI VIALE M. TOBINO, VIAREGGIO**

MASW N. 1



==o== SECTION#1

ataset: 8.SGY

sampling (ms): 0.131

minimum offset (m): 8

geophone spacing (m): 2

Number of individuals: 32

Number of generations: 33

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

Adopted search space (minimum Vs): 120 130 150 170 200 220

Adopted search space (maximum Vs): 160 170 200 230 250 380

Adopted search space (minimum Poisson): 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.175

Adopted search space (maximum Poisson): 0.497 0.497 0.497 0.497 0.497 0.497

SECTION#2

Rayleigh-wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -3.2707 -0.72238

Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -3.1758 -0.72238

Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -3.0864 -0.72238

Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -3.1346 -0.72238

Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -2.5304 -0.72238

Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -2.2714 -0.71995

Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -2.434 -0.71995

Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -2.6368 -0.71995

Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -2.7514 -0.71995

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 125 157 189 193 224 302

Thickness (m): 2 1.6 2.1 1.5 5.2

Number of models considered to calculate the average model: 65

#####

RESULTS winMASW Pro

#####

Dataset: 8.SGY

Analyzed curve/spectrum: 8pick.cdp

SECTION#3

MEAN MODEL

Vs (m/s): 125 156 188 194 228 299

Standard deviations (m/s): 2 3 3 7 8 9

Thickness (m): 2.0 1.6 2.1 1.6 5.1

Standard deviations (m): 0.1 0.2 0.2 0.3 0.3

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 212 353 541 382 483 586

Density (gr/cm3): 1.68 1.80 1.91 1.82 1.88 1.92

Vp/Vs ratio: 1.70 2.26 2.88 1.97 2.12 1.96

Poisson: 0.23 0.38 0.43 0.33 0.36 0.32

Shear modulus (MPa): 26 44 67 69 98 172

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
5.4897	240.9133
6.44976	229.7137
8.90326	196.0549
9.59664	188.4581
10.8767	177.2492
11.6768	171.6228
12.9569	164.0737
14.7703	155.3566
16.2104	149.533
17.9172	143.5948
20.744	135.7476
24.0509	129.2252
25.8111	126.6654

SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 125 157 189 193 224 302

thickness (m): 1.9639 1.5689 2.0567 1.5033 5.1518

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 206 351 922 357 467 578

Density (gr/cm3): 1.67 1.80 2.03 1.81 1.87 1.92

Vp/Vs ratio: 1.65 2.24 4.88 1.85 2.08 1.91

Poisson: 0.21 0.37 0.48 0.29 0.35 0.31

Shear modulus (MPa): 26 44 73 67 94 175

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
5.4897	242.2805
6.44976	230.2699
8.90326	195.3835
9.59664	187.9965
10.8767	177.3934
11.6768	172.1621
12.9569	165.1493
14.7703	156.8653
16.2104	151.0871
17.9172	144.9336
20.744	136.472
24.0509	129.3588
25.8111	126.5971

SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 30 m

MASW N. 2



==o== SECTION#1

dataset: 8.SGY

sampling (ms): 0.131

minimum offset (m): 8

geophone spacing (m): 2

Dispersion curve: 8pick.cdp

Number of individuals: 32

Number of generations: 33

Analyzing phase velocities

Adopted search space (minimum Vs): 240 220 220 240 350 460

Adopted search space (maximum Vs): 310 270 250 380 500 580

Adopted search space (minimum Poisson): 0.175 0.175 0.175 0.175 0.175 0.15

Adopted search space (maximum Poisson): 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.45

SECTION#2

Rayleigh-wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -4.7583 -4.1982

Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -4.9549 -4.1982

Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -5.1544 -4.1891

Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -5.1802 -4.1891

Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -5.4011 -4.1859

Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -5.1237 -4.1859

Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -5.0824 -4.1859

Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -5.1024 -4.1704

Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -5.1381 -4.1704

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 274 226 227 331 498 547

Thickness (m): 3.3 2.9 1 3.3 9.1

Number of models considered to calculate the average model: 1029

#####

RESULTS winMASW Pro

#####

Dataset: 8.SGY

Analyzed curve/spectrum: 8pick.cdp

SECTION#3

MEAN MODEL

Vs (m/s): 273 229 232 325 478 548

Standard deviations (m/s): 9 7 8 25 29 23

Thickness (m): 3.4 2.7 0.8 3.9 8.3

Standard deviations (m): 0.2 0.3 0.1 0.7 0.9

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 525 464 640 915 1022 1022

Density (gr/cm3): 1.90 1.87 1.95 2.03 2.06 2.06

Vp/Vs ratio: 1.92 2.03 2.76 2.82 2.14 1.86

Poisson: 0.31 0.34 0.42 0.43 0.36 0.30

Shear modulus (MPa): 141 98 105 215 470 618

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
6.5031	452.4008
9.75665	394.9995
13.7569	279.7615
15.6237	260.5408
17.4905	250.887
20.2107	244.2791
22.0775	242.2116
24.691	240.9659
28.4779	240.8416
33.1715	241.7923

SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 274 226 227 331 498 547
thickness (m): 3.3242 2.9108 0.99613 3.3421 9.1347

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 488 521 796 1538 1535 1144
Density (gr/cm3): 1.88 1.90 2.00 2.16 2.16 2.09
Vp/Vs ratio: 1.78 2.31 3.51 4.65 3.08 2.09
Poisson: 0.27 0.38 0.46 0.48 0.44 0.35
Shear modulus (MPa): 141 97 103 236 535 624

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
6.5031	466.6564
9.75665	427.9164
13.7569	285.7294
15.6237	260.1418
17.4905	248.5721
20.2107	241.2125
22.0775	239.0515
24.691	237.8496
28.4779	237.8931
33.1715	239.0643

SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 30 m

winMASW - Surface Waves & Beyond

www.winmasw.com

Allegato 2b

Indagini sismica passiva HVSR (tromini)



**ESECUZIONE DI N. 3 INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE PER IL
PROGETTO DI SISTEMAZIONE DEL CANALE GORA DI STIAVA
LUNGO UN TRATTO DEL VIALE M. TOBINO NEL COMUNE DI
VIAREGGIO**

**Committente:
CONSORZIO 1 TOSCANA NORD**

DICEMBRE 2020



Mappo Geognostica Srl
Loc. Biagioni, 60
55010 Spianate (LU)
Tel. 0583.20799 Fax 0572.930069
P.IVA 02019570460
www.mappogeognostica.it

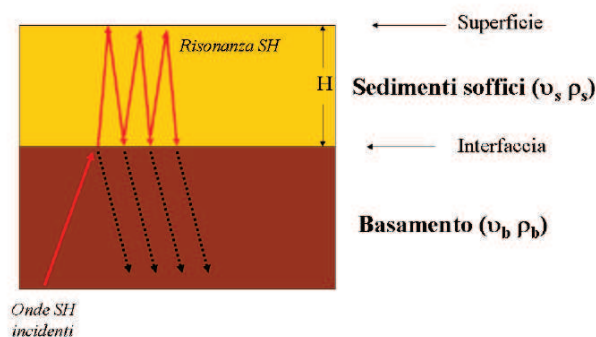
GENERALITÀ

La sismica passiva studia il *microtremore sismico ambientale* (rumore sismico); questa sfrutta il fatto che il “rumore”, pur non recando l’informazione relativa alla sua sorgente, risulta sensibile alla locale struttura presso la stazione di misura.

La strumentazione per eseguire misure di sismica passiva può operare in spazi ridotti, non necessita di energizzazioni e permette di indagare profondità molto elevate. I tempi di esecuzione sono relativamente bassi.

Il rumore sismico ambientale deriva dalla composizione di molte sorgenti che agiscono in tempi diversi e in zone diverse nel campo del rumore sono rappresentate sia *onde di volume* (fronte d’onda sferico) sia *onde di superficie* (fronte d’onda cilindrico), ma le onde di superficie hanno carattere dominante, perché caratterizzate da minore attenuazione.

Quando fra 2 superfici esiste una variazione significativa dell’impedenza acustica si ha il fenomeno della *risonanza*, che deriva dall’intrappolamento di energia sismica (essenzialmente delle fasi SH) all’interno delle coperture ovvero fra la superficie e un basamento rigido qui inteso come una formazione “caratterizzata da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti” delle onde.



L'equazione della risonanza è la seguente:

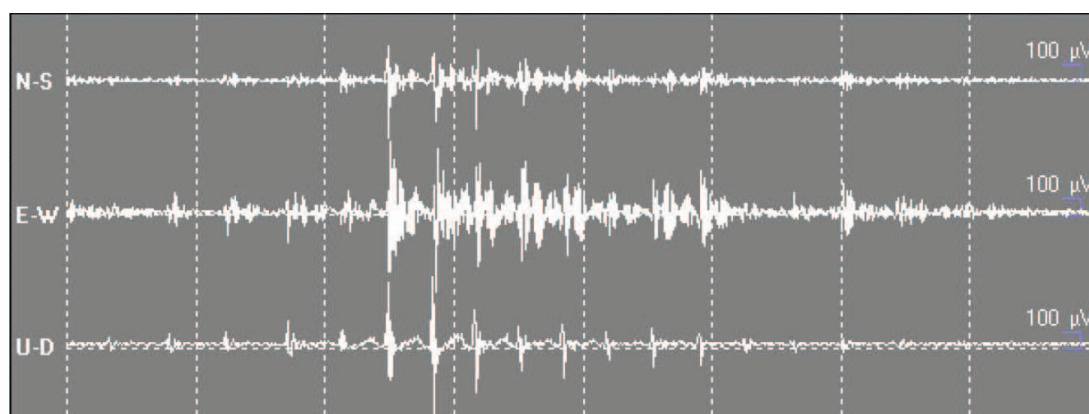
$$f = n \frac{Vs}{4H} \quad n=1,3,5,\dots$$

dove n indica l'ordine del modo di vibrare (fondamentale, primo superiore ecc.), Vs è la velocità delle onde di taglio nello strato oggetto di risonanza e H è lo spessore di detto strato.

Nella maggior parte dei casi, a causa dell'attenuazione delle coperture, il solo modo visibile è il fondamentale.

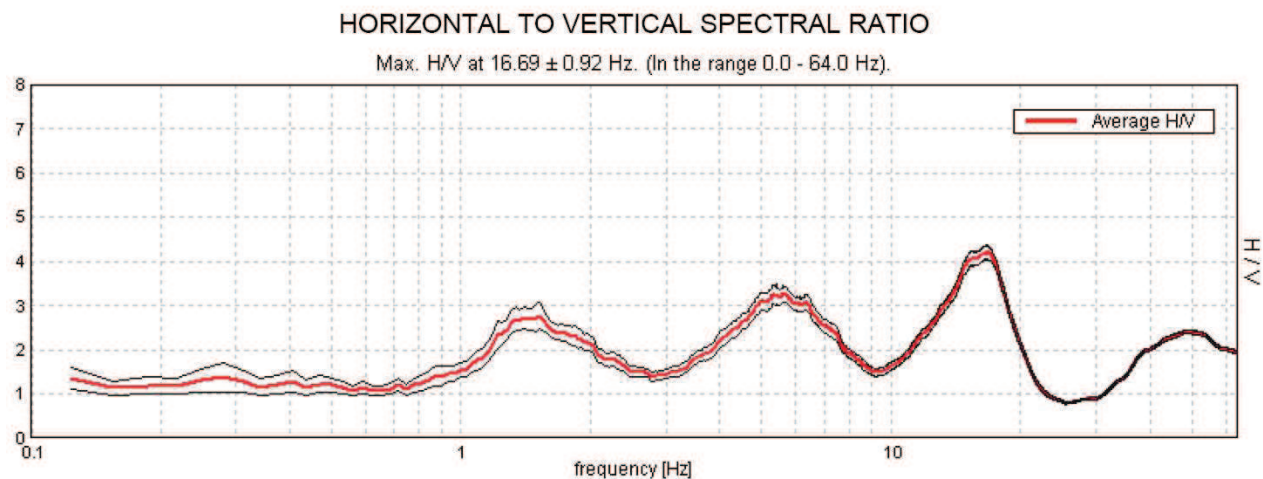
Le registrazioni in campagna vengono effettuate mediante un *tromografo*, che consiste in un'apparecchiatura che riunisce una terna di sensori velocimetrici orientati su tre direzioni ortogonali:

- 2 nella componente orizzontale dello spostamento (tra loro ortogonali) per misure su suoli ordinariamente corrispondenti alle direzioni NS ed EW;
- 1 nella componente verticale (up-down).



I diagrammi relativi a tali registrazioni vengono elaborati attraverso la determinazione dell'intensità del segnale in sottofinestre di determinata durata, e trasformati in *spettri H/V*. nella pratica si utilizza il rapporto H/V perché è un buon *normalizzatore* e un buon estimatore delle frequenze di risonanza dei terreni; i valori assoluti degli spettri orizzontali e verticali variano infatti con il livello assoluto del rumore ambientale, mentre la forma dello spettro e in particolare il rapporto tra le ampiezze orizzontale e verticale si mantiene più stabile, e per il suo carattere stocastico mostra caratteristiche correlabili con la struttura locale del suolo.

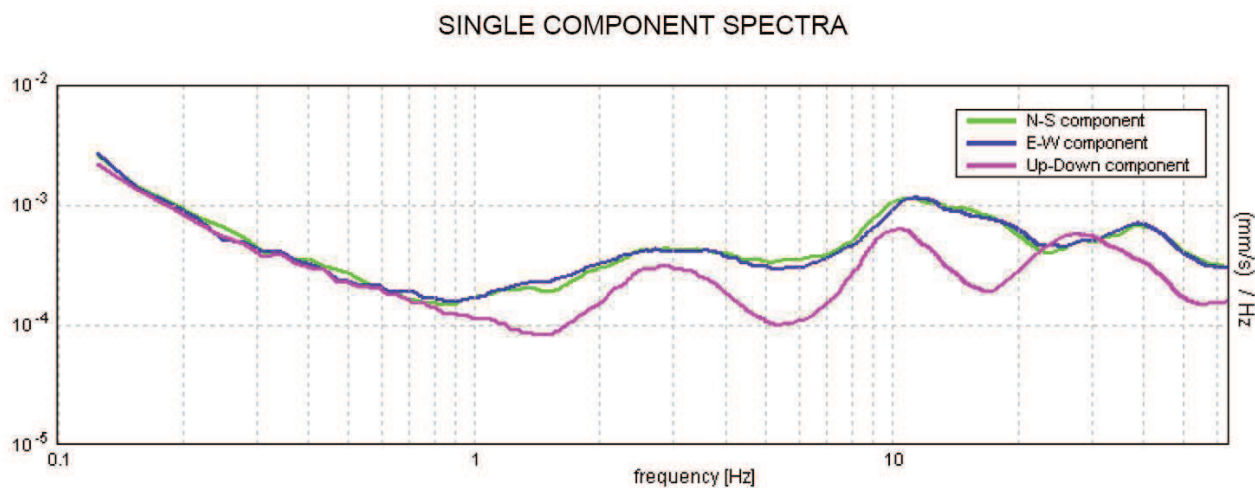
Alle frequenze caratteristiche di vibrazione dei suoli corrisponde infatti un decremento del segnale della componente verticale, che determina un picco nel rapporto spettrale rappresentato dal grafico seguente.



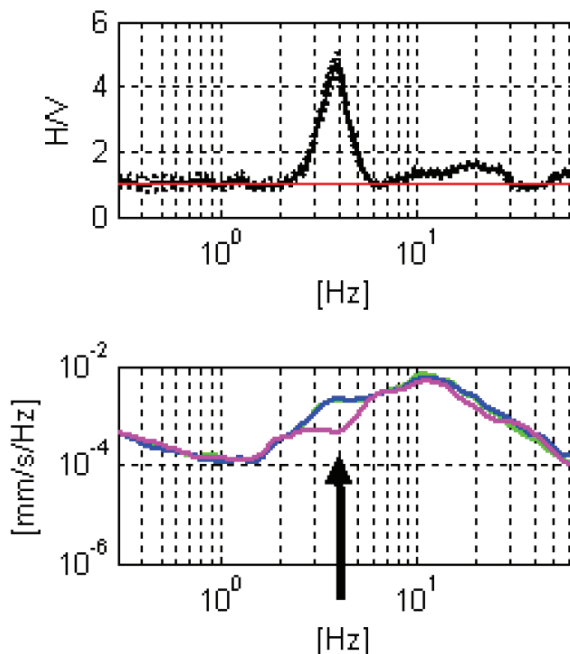
In un mezzo senza contrasti di impedenza (per esempio un ammasso roccioso sano) la curva H/V risulta teoricamente piatta e con valore medio tra 0,7 e 1,0 (in funzione del modulo μ).

La presenza di un picco nella curva H/V può essere data da un fenomeno di *risonanza*, causato da una variazione di velocità delle onde sismiche nel terreno, e quindi di passaggi stratigrafici caratterizzati da un notevole contrasto tra le velocità sismiche stesse.

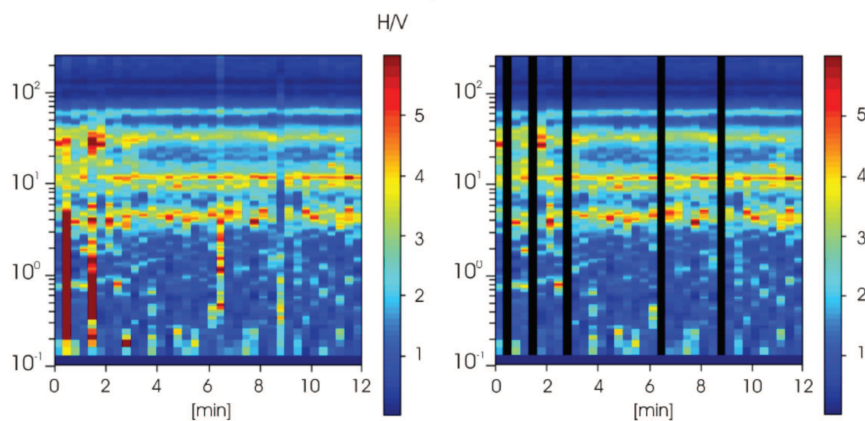
Dato che tali picchi su H/V possono essere dovuti anche ad *artefatti* e *transienti*, H/V deve essere sempre analizzato alla luce degli spettri delle singole componenti.



Un picco di natura stratigrafica (e non artefattuale) presenta un minimo locale della componente spettrale verticale, mentre picchi spettrali (di solito aguzzi) su tutte le 3 componenti del moto sono di origine antropica.



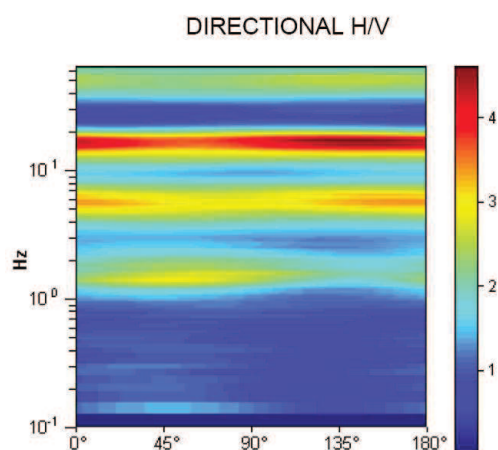
L'elaborazione degli spettri H/V comporta quindi un'analisi ragionata dei vari picchi, uno *smoothing* (nel nostro caso triangolare al 10%) e una valutazione sugli spettri nelle varie "finestre" di tempo in cui è stata suddivisa l'acquisizione, in modo da poter eventualmente rimuovere gli intervalli di misura caratterizzati da disturbi.



Di solito è consigliabile effettuare le correzioni nel dominio delle frequenze, e non

operare nel dominio del tempo, in quanto in tale contesto non è agevole identificare quali siano artefatti e transienti.

Altro aspetto importante da considerare è la *stabilità direzionale* del segnale, che è un elemento a favore della valenza stratigrafica del picco analizzato.



CAMPAGNA DI PROSPEZIONI IN OGGETTO

Le prospezioni sono state eseguite mediante l'utilizzo di uno strumento TROMINO® della Società *Micromed Geophysics* di Mogliano Veneto (TV), espressamente progettato per misure di microtremore.



TROMINO® è uno strumento efficiente per la misura del rumore sismico; presenta ridotte dimensioni e peso, e bassissimo consumo di energia.

L'alta risoluzione dell'elettronica digitale impiegata consente di ottimizzare la misura del microtremore nell'intervallo di frequenze compreso fra 0.1 e 200 Hz; i sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati criticamente che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore a dinamica non inferiore a 23 bit. Le caratteristiche progettuali consentono una accuratezza relativa maggiore di 10^{-4} sulle componenti spettrali al di sopra di 0.1 Hz.

L'assenza di cavi esterni consente inoltre di lasciare virtualmente imperturbato il campo d'onda presente nell'ambiente.

Lo strumento dispone di tre canali analogici connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione disposti secondo tre direzioni ortogonali. Il moto del terreno viene amplificato, convertito in forma digitale, organizzato e salvato su una memoria digitale di tipo Flash.

I dati registrati da TROMINO® possono essere scaricati, organizzati, archiviati, visualizzati e analizzati tramite il programma *Grilla* fornito assieme allo strumento. Esso include inoltre procedure per l'analisi spettrale di base e per l'analisi *HVSR* e la classificazione anche secondo le direttive fornite dal progetto di ricerca europeo *SESAME*.

* * * * *

Nel caso in oggetto, su incarico della committenza, sono state realizzate n. 3 postazioni di misura per il progetto di sistemazione del canale Gora di S.tiava. Le registrazioni sono state eseguite, con durata dell'acquisizione pari a 20' suddivisa nella successiva analisi in "finestre" temporali di 20", in un'area attualmente ricoperta da vegetazione spontanea posta lungo un tratto del Viale Tobino.

Le allegate schede-report illustrano le varie stazioni di misura, riportandone le note identificative. Per ciascuna postazione è riportata l'analisi effettuata sul picco di H/V ritenuto più significativo, oltre alle osservazioni generali che ne descrivono i risultati.

CRITERI DI ANALISI DELLE MISURE

I dati di campagna sono stati in primo luogo trattati con una procedura di analisi o trattamento consistente in:

- ❖ lisciatura triangolare al 10%
- ❖ analisi temporale dell'intero spettro (0-64 Hz) in sottofinestre di 20 s
- ❖ analisi direzionale con step di 5°

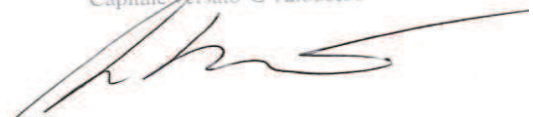
Successivamente sono stati analizzati i dati ottenuti, scelto il dataset della stazione di misura, ed effettuata se necessario la pulizia tramite eliminazione delle sottofinestre temporali contenenti sollecitazioni transienti, ed eventuale nuova analisi sulle sole finestre selezionate, fino al raggiungimento di un risultato il più possibile chiaro.

Spianate, dicembre 2020

MAPPO GEOGNOSTICA srl

Tel. 0583-20799 - 335-7215712
C.F. e P. IVA 02019570460
Capitale versato € 12.000,00

Geol. Massimo Benedetti



ALLEGATI

- ❖ *Report elaborazioni acquisizioni con ubicazione postazioni*

INDAGINE HVSR N. 1

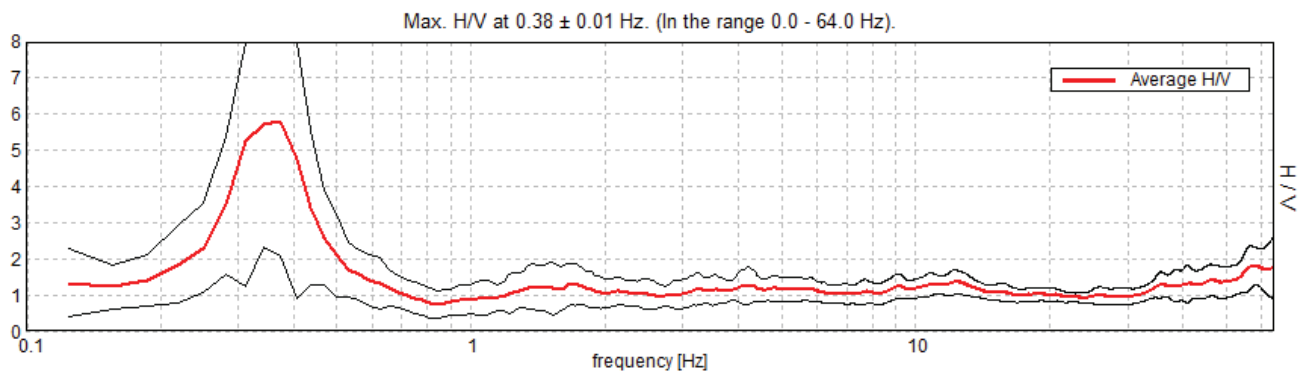


Orientamento > N
Contesto Globale: PIANURA
Contesto locale: AREA ANTROPIZZATA
Condizioni atmosferiche: SERENO

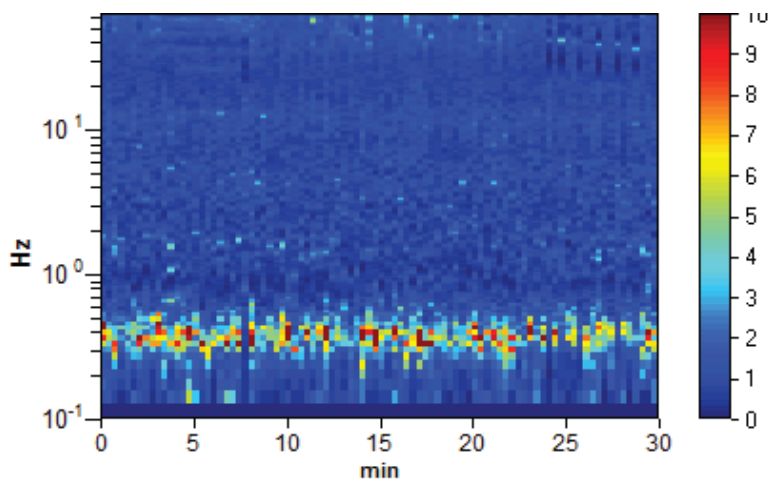
Strumento: TRZ-0158/01-11
Inizio registrazione: 02/12/20 11:01:22 Fine registrazione: 02/12/20 11:31:21
Tipo di lisciamento: Triangular window
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 5%

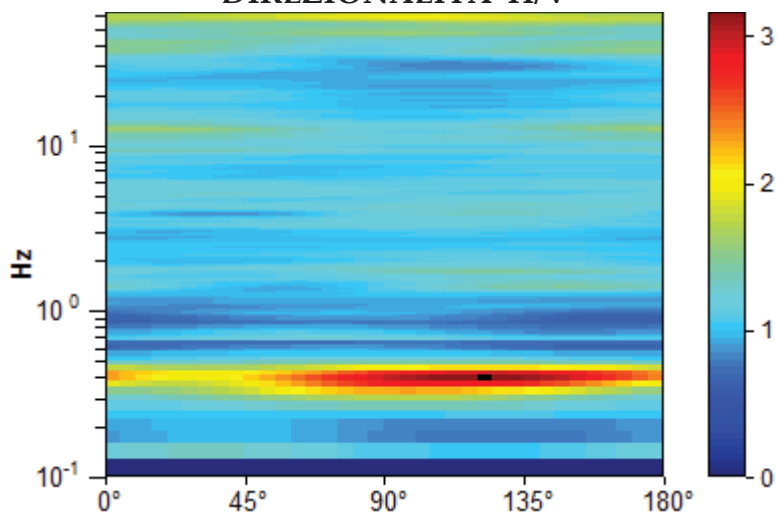
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE SERIE TEMPORALE H/V



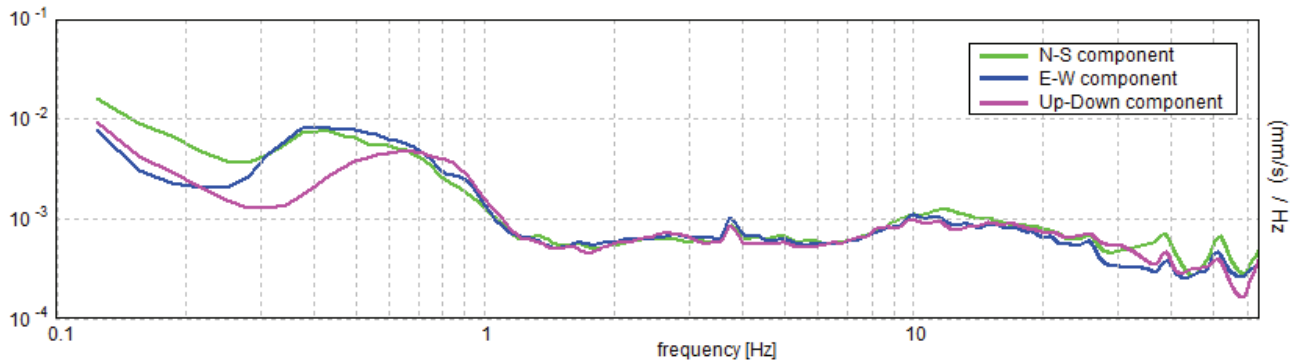
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Secondo le linee guida SESAME (2005).

Picco H/V a 0.38 ± 0.01 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$:

$n_c(f_0) > 200.675.0 > 200$ [OK]

$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz

$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz

.....

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ 0.25.0 Hz [OK]

Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ 0.469 Hz [OK]

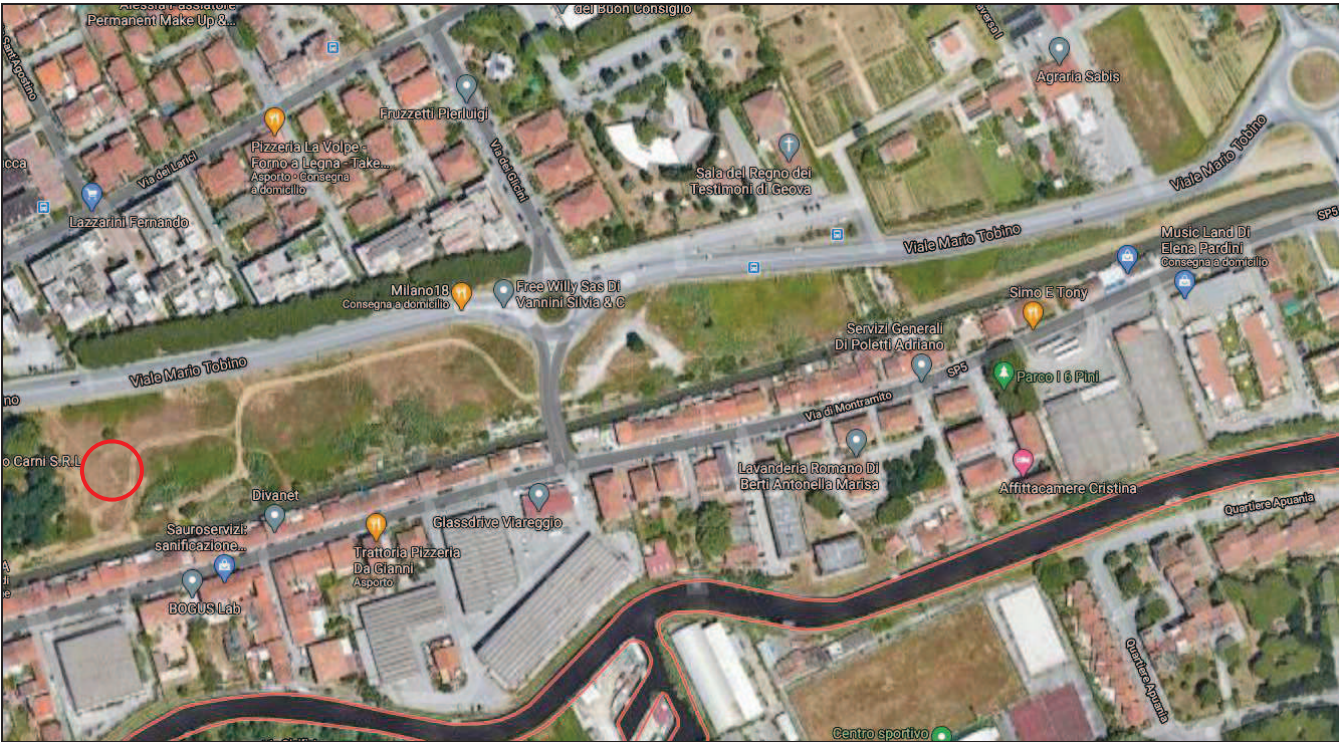
$A_0 > 2$: 5.80 > 2 [OK]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | 0.00989 | < 0.05 [OK]

$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$: 0.00371 < 0.075 [OK]

$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$: 1.8669 < 2.5 [OK]

UBICAZIONE INDAGINE HVSR N. 1



INDAGINE HVSR N. 2

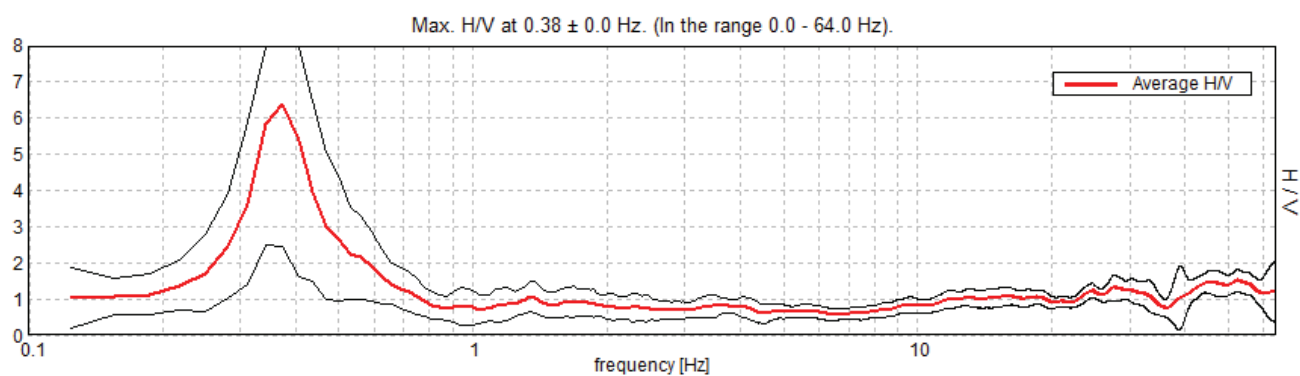


Orientamento > N
Contesto Globale: PIANURA
Contesto locale: : AREA ANTROPIZZATA
Condizioni atmosferiche: SERENO

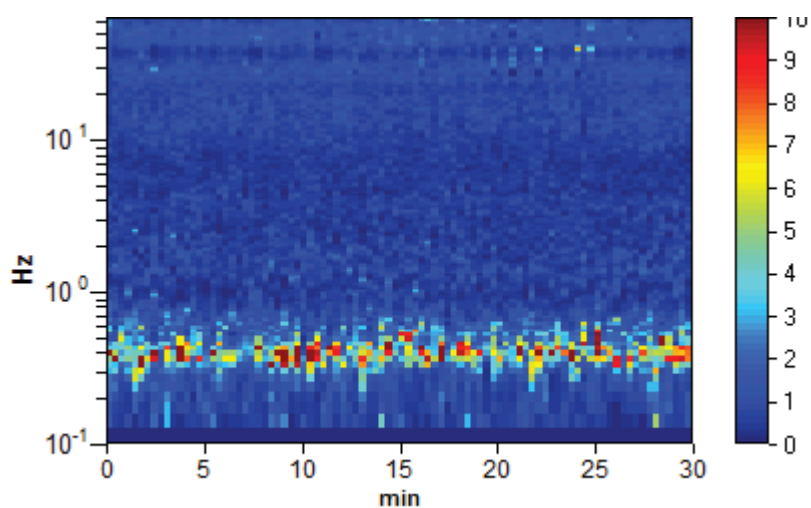
Strumento: TRZ-0158/01-11
Inizio registrazione: 02/12/20 14:00:02 Fine registrazione: 02/12/20 14:30:01
Tipo di lisciamento: Triangular window
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 5%

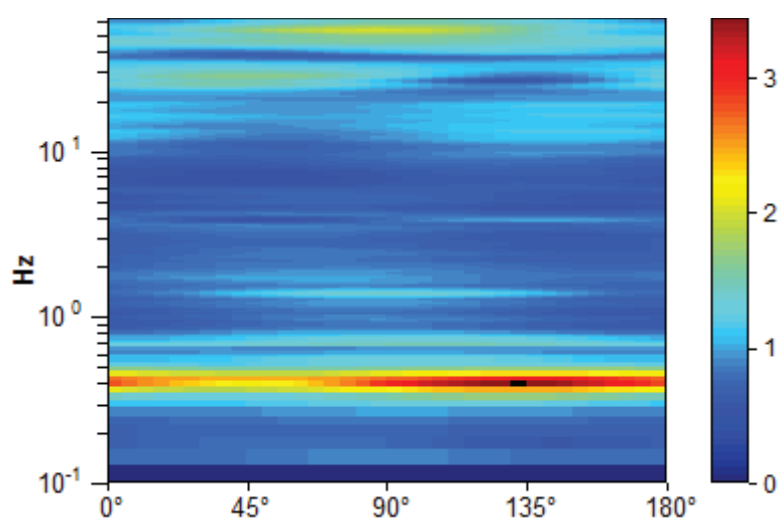
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE SERIE TEMPORALE H/V



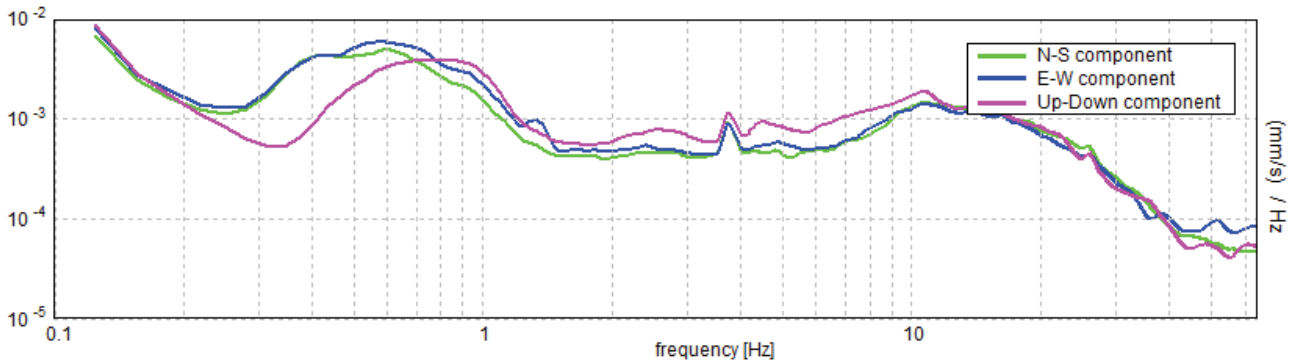
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Secondo le linee guida SESAME (2005).

Picco H/V a 0.38 ± 0.00 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$:

$n_c(f_0) > 200$: **675.0 > 200 [OK]**

$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz

$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz

.....

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ **0.281 Hz [OK]**

Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ **0.469 Hz [OK]**

$A_0 > 2$: **6.38 > 2 [OK]**

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

$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$: **0.00246 < 0.075 [OK]**

$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$: **1.9716 < 2.5 [OK]**

UBICAZIONE INDAGINE HVSR N. 2



INDAGINE HVSR N. 3

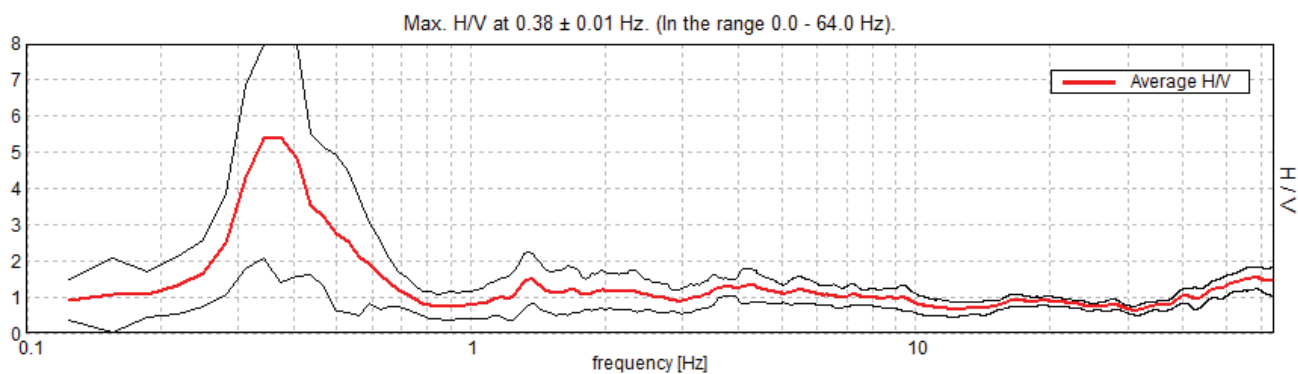


Orientamento > N
Contesto Globale: PIANURA
Contesto locale: AREA ANTROPIZZATA
Condizioni atmosferiche: SERENO

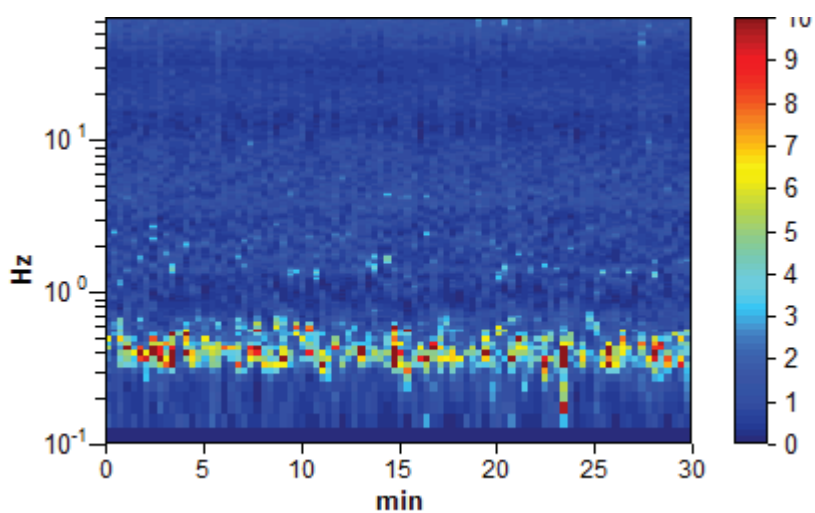
Strumento: TRZ-0158/01-11
Inizio registrazione: 02/12/20 14:39:26 Fine registrazione: 02/12/20 15:09:25
Tipo di lisciamento: Triangular window
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 5%

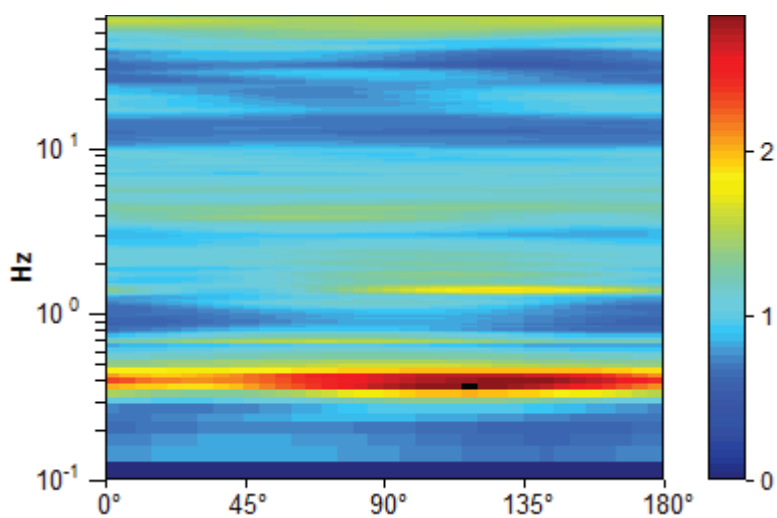
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE SERIE TEMPORALE H/V



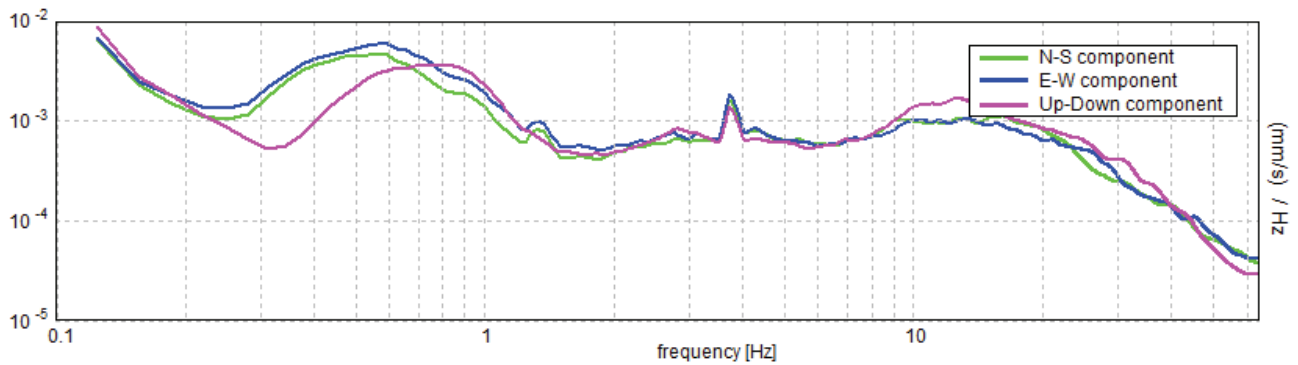
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Secondo le linee guida SESAME (2005).

Picco H/V a 0.38 ± 0.01 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$:

$n_c(f_0) > 200$: **675.0 > 200 [OK]**

$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz

$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz

.....

Esiste f_- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f_-) < A_0 / 2$ **0.281 Hz [OK]**

Esiste f_+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{-H/V}(f_+) < A_0 / 2$ **0.531 Hz [OK]**

$A_0 > 2$: **5.43 > 2 [OK]**

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ **0.00693 < 0.05 [OK]**

$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$: **0.0026 < 0.075 [OK]**

$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$: **2.0268 < 2.5 [OK]**

UBICAZIONE INDAGINE HVSR N. 3

