

STUDIO GEOLOGICO PETRA

Dott. Geol. Andrea Zanotti

Via Lagrange 38,- 41126 Modena - tel./fax +3959357189 - studiopetra@libero.it

Codice fiscale ZNTNDR64E03I462U - Partita I.V.A. 02012030363

RELAZIONE GEOLOGICA - SISMICA - GEOTECNICA



PROGETTO DI REALIZZAZIONE GARAGE PERTINENZIALI

PROPRIETA':
MAURO MARTELLI

IL TECNICO
DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI

MODENA 10/01/2016

RELAZIONI 2016- garage_martelli_Finale

PUNTI TRATTATI

CAP. 1	INTRODUZIONE	pag.	2
CAP. 2	INQUAD. GEOGRAFICO	pag.	2
CAP. 3	DATI DI PROGETTO, SBANCAMENTO	pag.	3
CAP. 4	MODELLO GEOLOGICO, STRATIGRAFIA	pag.	4
CAP. 5	MODELLO GEOTECNICO	pag.	6
CAP. 6	VERIFICA A LIQUEFAZIONE	Pag.	8
CAP. 7	RISPOSTA SISMICA LOCALE	pag.	12
CAP. 8	RELAZIONE GEOTECNICA	pag.	18
CAP. 9	CONCLUSIONI	pag.	19
Allegati	CERTIFICATI PROVE PENETROMETRICHE	pag.	21
	PROSPEZIONI SISMICHE	pag.	23

Cap. 1 INTRODUZIONE

Su incarico della proprietà, in accordo con il Progettista Ing. Andrea Capitani, è stata redatta la presente relazione con lo scopo di analizzare la fattibilità di un progetto per la realizzazione di due garage pertinenziali, in relazione alle caratteristiche geologiche, geotecniche e alla risposta sismica locale di un lotto di terreno ubicato a Massa Finalese (MO), alla quota di 13.6 m /s l m.

Le considerazioni esposte sono state redatte tenendo conto dei seguenti vincoli di carattere legislativo:

- D.M. 11/03/1988;
- Circolare LLPP 24/10/88 n. 30483;
- R.D. n. 3267/1923 e n. 1126/1926, L.R. 3/1999, direttiva regionale 1117/2000 (Vincolo Idrogeologico)
- O.P.C.M. n. 3274/2003 e seguenti (classificazione sismica territorio);
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", art. 186 (Terre e Rocce da Scavo).
- Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n°112 - oggetto n°3121 del 2 maggio 2007 (indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica).
- D. M. 14/01/2008 (norme tecniche per le costruzioni).
- Circolare C.S.LL.PP. 2/2/2009 n.617 (Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008).
- Ordinanza n. 70 del 13 novembre 2012 del Commissario Delegato per l'attuazione degli interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012 (Approvazione Programma per gli studi di microzonazione sismica)

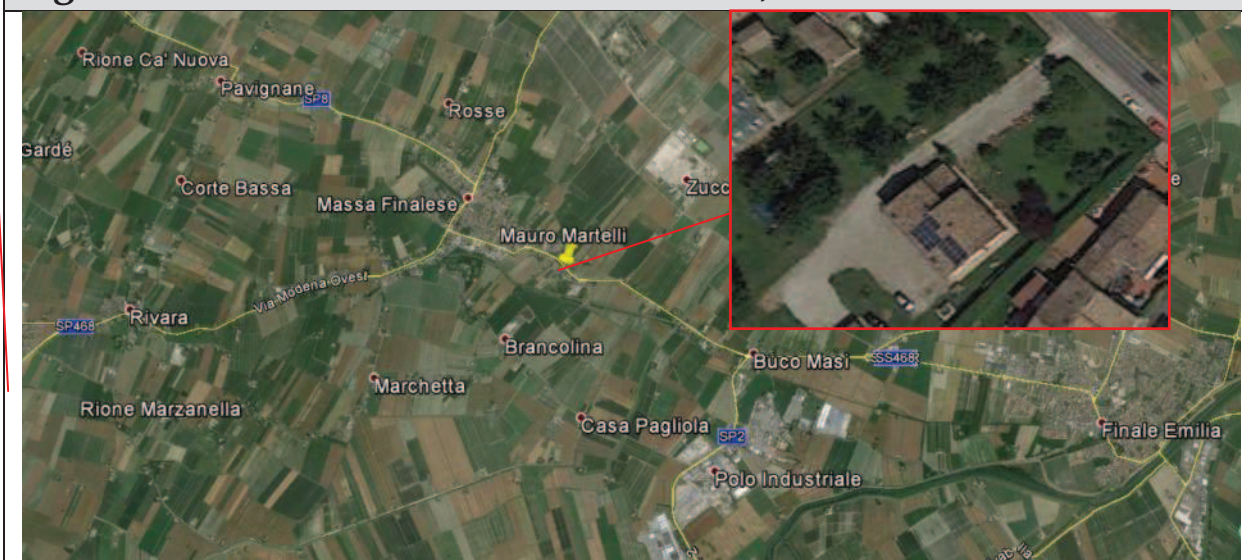
Cap. 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area studiata è insediata sulla propaggine S-E dell'abitato di Massa Finalese, in Loc. Canalazzo 15/2.

Coordinate UTM (in gradi del punto focale): latitudine 44°50'42.90"N longitudine 11°13'25.44"E

Cartografia C.T.R.: Sezione 1:10.000 - n. 184150 Finale Emilia.

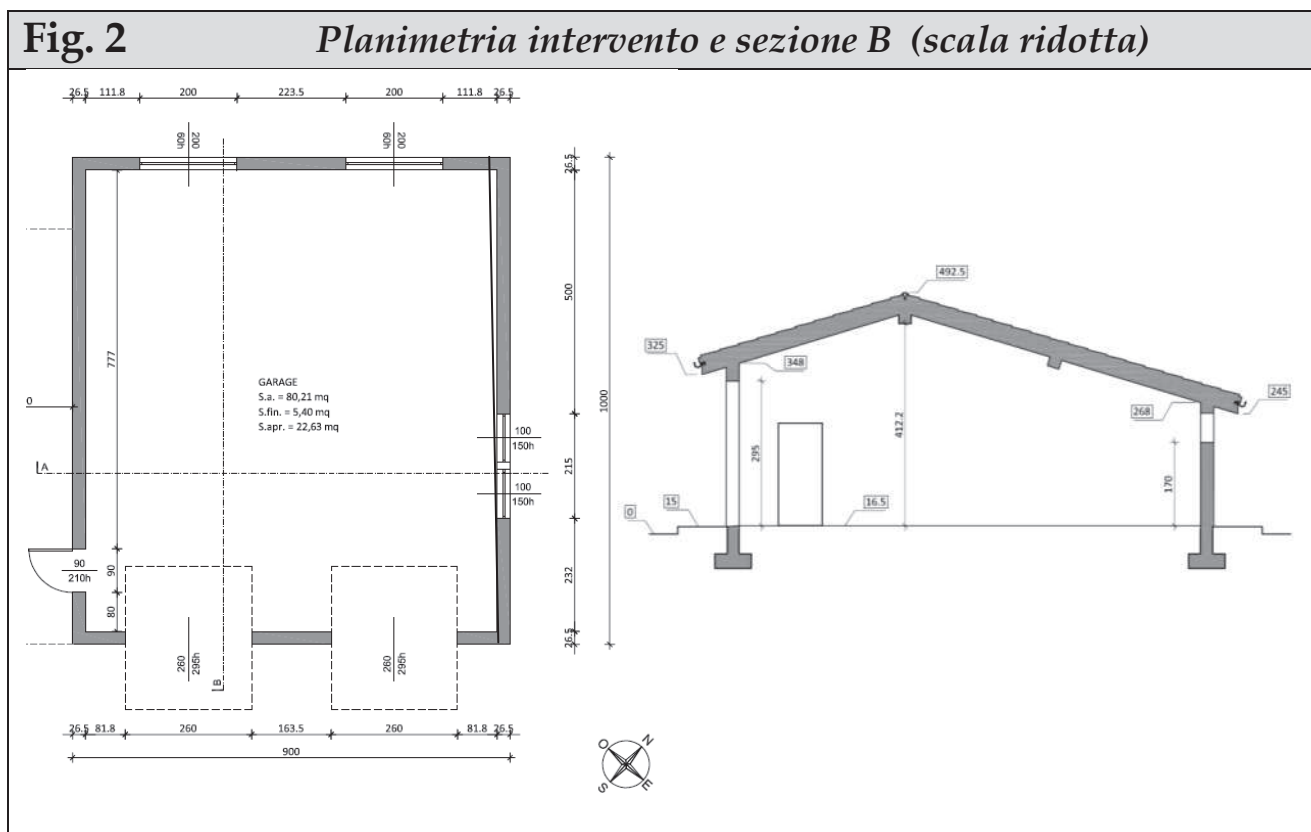
Fig. 1 Ubicazione dell'area Da foto satellitare



Cap. 3 DATI DI PROGETTO

E' prevista la realizzazione di un piccolo edificio a pianta rettangolare con lati di m 10 x 9 ed altezza massima di 4.92 m

Per il dettaglio degli interventi strutturali si rimanda agli elaborati di progetto.



3.1 - Sbancamenti

Sono previsti i soli movimenti terra necessari per la realizzazione delle fondazioni superficiali con uno sbancamento complessivo di circa 50 m³. Il terreno di risulta potrà essere integralmente riutilizzato sul sito per eseguire riempimenti / livellamenti. Nel caso in cui non sia possibile il recupero del materiale di scavo all'interno del cantiere, ci si dovrà attenere alle disposizioni previste da:

- D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", art. 186- Terre e Rocce da Scavo, e seguenti.

Cap. 4 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

4.1 Documenti bibliografici: *CARTOGRAFIA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA*

Fig. 4: Carta geologica interattiva - Emilia Romagna



- Depositi di argine, canale e rotta fluviale
- Depositi di piana a meandri del Po
- Depositi di piana inondabile

Secondo il documento intercomunale il sito si trova, sopra degli affioramenti costituiti da depositi quaternari denominati:

➤ *Depositi di argine canale e rotta fluviale*

Ovvero di un'unità costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose o da sabbie con livelli e lenti di ghiaie ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, in contesti di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva; da argille e limi, in contesti di piana inondabile; da alternanze di sabbie, limi ed argille, in contesti di piana deltizia; da sabbie prevalenti passanti ad argille e limi e localmente a sabbie ghiaiose, in contesti di piana litorale. Al tetto l'unità presenta localmente un suolo calcareo poco sviluppato di colore grigio-giallastro. Età: Olocene

Questi, in direzione Sud mostrano un contatto con:

➤ *Depositi di piana inondabile*

Ovvero depositi quaternari costituiti da depositi argillosi e limosi grigi e grigio scuri, arricchiti in sostanza organica. Età: Olocene

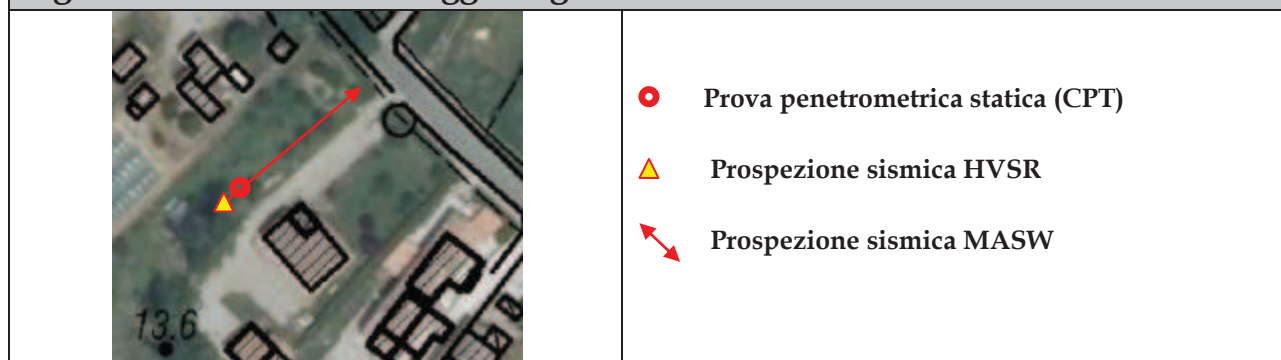
4.2 Geologia rilevata

Si conferma la presenza dei terreni quaternari distinti nella cartografia Regionale. Fino alla profondità di 20 m si rileva un'alternanza di terreni coesivi (argille) ed incoerenti - coesivi (argille sabbiose e limose), come meglio descritto al paragrafo 4.3.

4.3 Stratigrafia

La stratigrafia dell'area è stata desunta attraverso la realizzazione di una prova penetrometrica statica CPT, spinta fino alla profondità 20.00 m dal p.c. e la realizzazione di due prospezioni sismiche rispettivamente di tipo HVSR (sismica passiva) e MASW (sismica attiva). I certificati e le elaborazioni dei sondaggi vengono completate in ALLEGATO della presente nota.

Fig. 5 - ubicazione sondaggi eseguiti



E' stata utilizzata la seguente strumentazione:

Prove penetrometriche statiche:

Sonda Pagani 100 KN

Rif. Norme ASTM D3441-86, Diametro Punta conica meccanica 35,7mm, Angolo di apertura punta 60°, Area punta 10cm², Superficie manicotto 150, Passo letture 20 cm, Costante di trasformazione Ct 10.

Le prospezioni sismiche sono state realizzate con strumentazione di ultima generazione prodotta dalla Micromed S.p.A., ovvero Tromino + Tromino Engy.

- Le misure HVSR (**H**orizontal to **V**ertical **S**pectral **R**atio) si basano sulla registrazione dei microtremori tramite i rapporti spettrali (H/V) fra le componenti orizzontali e verticali del moto (Noghoishi e Igarashi 1970). La frequenza fondamentale di risonanza (F_r) dello strato relativa alle onde S è pari a: $F_r = V_s / (4 \cdot h)$
- Le prospezioni sismiche M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) si basano sull'analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh e consentono una accurata e dettagliata ricostruzione bidimensionale della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo. La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle VS, è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.

L'analisi complessiva dei sondaggi evidenzia l'alternanza di lenti argillose prevalenti con strati argilloso - limosi e argilloso - sabbiosi, fino alla profondità di 20 m dal p.c.

STRATIGRAFIA primi 20 m

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.80	18.9	1.6	1.9	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
2.20	48.8	2.3	2.1	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
4.60	15.0	1.0	1.9	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
6.20	11.7	0.6	1.9	Coesivo	Argilla inorganica compatta
10.40	25.3	1.2	2.0	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
13.00	70.9	1.3	2.0	Incoerente	Sabbie
20.00	31.0	1.5	2.0	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose

Cap. 5 MODELLO GEOTECNICO

5.1 Caratteristiche geotecniche

I dati acquisiti con i sondaggi evidenziano che nei primi 20.00 m di profondità sono presenti 7 strati a diversa consistenza, che corrispondono ad altrettante **UNITÀ GEOTECNICHE**.

Vengono di seguito forniti i valori medi e caratteristici dei parametri geotecnici relativi ad ogni unità:

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Parametri medi

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	C'	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	K
1	0.8	C	0.9	0.12	705.9	44.4	168.7	>9	2	2	--	31.5		3.64
2	2.2	CI	2.4	0.3	1818.8	97.6	301.1	1	2.1	2.2	76.4	31.8	122	6.49
3	4.6	C	0.8	0.1	537.2	48.4	146.5	>9	1.9	2	--	29.5		2.59
4	6.2	C	0.6	0.08	399.2	46.5	125.8	4	1.9	1.9	--	28.1	--	2.08
5	10.4	C	1.3	0.16	897.5	50.6	201.6	6.2	2	2.1	--	29.4	--	3.21
6	13	I	--		--	106.4	378.4	<0.5	1.8	2.1	47.3	34.1	177	2.43
7	20	CI	1.6	0.18	1080.5	62	228.2	<0.5	2	2.1	13	29	77.5	3.42

Parametri caratteristici

Nr.	Prof. (m)	Fi _k	Cu _k	c' _k
1	0.8	29	0.62	0.09
2	2.2	29.3	1.80	0.25
3	4.6	26.7	0.60	0.07
4	6.2	25.8	0.41	0.05
5	10.4	26.8	1.02	0.11
6	13	30.4	--	--
7	20	26.1	1.23	0.14

LEGENDA

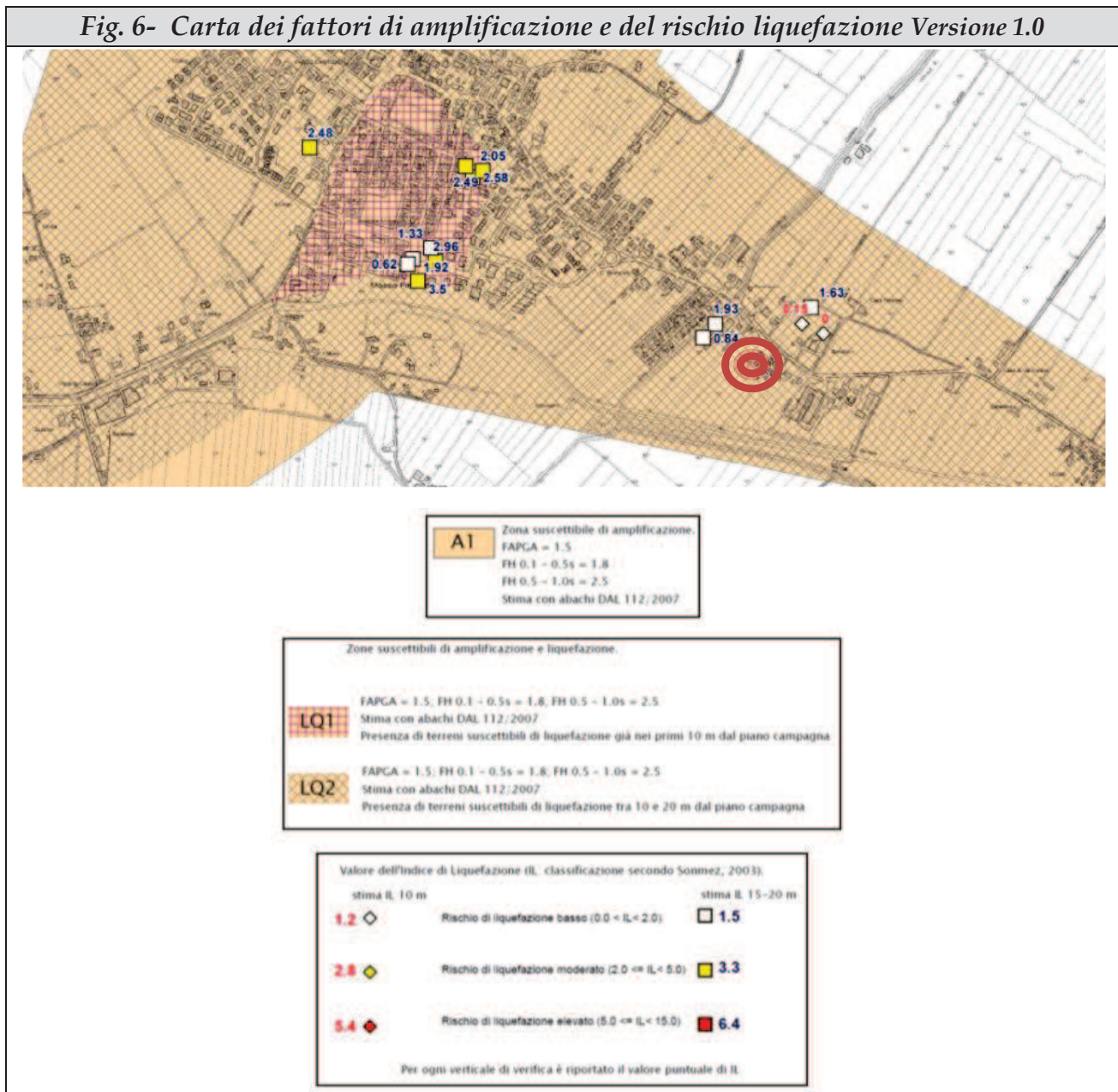
Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm ²)
c'	Coesione efficace (Kg/cm ²)
Eu:	Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm ²)
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
Puv:	Peso unità di volume (t/m ³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°) (in rosso: condizioni drenate per depositi coesivi)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm ²)
K:	Costante di sottofondo (Kg/cm ³)

Cap. 6 - VERIFICA A LIQUEFAZIONE

Ai sensi dell'ordinanza n. 70 del 13 novembre 2012 del Commissario Delegato per l'attuazione degli interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012, la RSL può essere determinata mediante un'Analisi semplificata (come previsto dal D.M. 14/01/2008) solo se non sono presenti rischi legati alla liquefacibilità dei terreni. In caso contrario (ovvero in presenza di terreni suscettibili di liquefazione) la RSL deve essere determinata con un III Livello di Approfondimento (come previsto dalla Delibera regionale n. 112/2007).

La *Carta dei fattori di amplificazione e del rischio liquefazione* prodotta dallo stesso Commissario Delegato (Fig. 5) evidenzia nei dintorni del sito valori dell'indice di Liquefazione IL relativamente bassi.

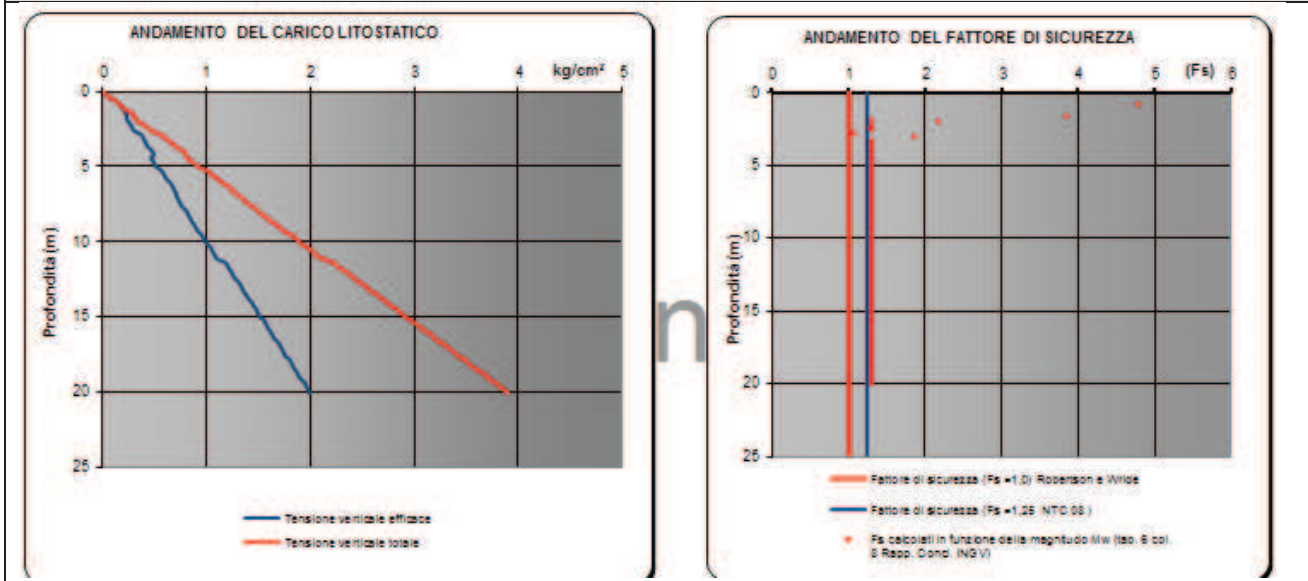
Fig. 6- Carta dei fattori di amplificazione e del rischio liquefazione Versione 1.0



Al fine di quantificare esattamente il fenomeno si è proceduto ad una specifica *verifica a liquefazione* basandosi sui dati emersi da prova CPT. Come raccomandato dalla delibera regionale n. 112/2007, la verifica è stata condotta con il metodo di *Robertson e Wride (1998)*. Facendo riferimento ad un sisma di Magnitudo $M_w = 6.14$, ipotizzando cautelativamente una falda a - 1.0 m dal p.c. dei valori di a_g da progetto, è risultato:

Indice del Potenziale di Liquefazione (IP_L) = 0.126
Rischio liquefazione = basso

Fig. 7- *Andamento del carico litostatico e del fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione*



Esaminando con attenzione l'andamento del *fattore di sicurezza*, indicato nella fig. 6 ed analizzando la *tabella del rischio liquefazione* sotto riportata, si rileva la presenza di un solo straterello potenzialmente liquefacibile da 0 a 20 metri dal p.c.; questo è posto alla profondità di 11,60 m e risulta ben confinato da orizzonti non liquefacibili.

Si procede pertanto all'analisi della Risposta Sismica Locale secondo quanto previsto al punto 3.2.2 del D.M. 14/01/2008 *norme tecniche per le costruzioni*.

TABELLA RISCHIO LIQUEFAZIONE

Prof. (m)	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75) valore	Verificare campione in lab.	Ic utilizzato valore	Fs valore
	valore	Classificazione	valore	Classificazione				
0.20	5.71	Argilloso	6.15	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
0.40	2.18	Granulare	2.52	NPGranulare	2.34	--	2.52	N.C.
0.60	2.43	Granulare	2.68	PLimoso	2.55	C.Cinese	2.55	N.C.
0.80	2.24	Granulare	2.47	NPGranulare	2.35	--	2.47	N.C.
1.00	2.09	Granulare	2.28	NPGranulare	2.18	--	2.28	N.C.
1.20	2.10	Granulare	2.27	NPGranulare	2.18	--	2.27	N.C.
1.40	2.19	Granulare	2.36	NPGranulare	2.27	--	2.36	N.C.
1.60	2.20	Granulare	2.38	NPGranulare	2.28	--	2.38	N.C.

1.80	2.31	Granulare	2.49	NPGranulare	2.39	--	2.49	N.C.
2.00	2.34	Granulare	2.53	NPGranulare	2.43	--	2.53	N.C.
2.20	2.34	Granulare	2.52	NPGranulare	2.43	--	2.52	N.C.
2.40	2.54	Granulare	2.73	PLimoso	2.63	C.Cinese	2.63	3.25
2.60	2.72	Argilloso	2.90	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
2.80	2.79	Argilloso	2.95	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
3.00	2.94	Argilloso	3.09	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
3.20	2.91	Argilloso	3.05	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
3.40	2.93	Argilloso	3.06	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
3.60	2.85	Argilloso	2.97	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
3.80	2.85	Argilloso	2.97	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4.00	2.88	Argilloso	2.99	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4.20	2.71	Argilloso	2.82	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4.40	2.87	Argilloso	2.98	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4.60	2.91	Argilloso	3.02	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4.80	2.98	Argilloso	3.09	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5.00	2.93	Argilloso	3.04	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5.20	2.95	Argilloso	3.05	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5.40	3.19	Argilloso	3.28	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5.60	2.80	Argilloso	2.88	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5.80	3.04	Argilloso	3.12	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6.00	2.98	Argilloso	3.05	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6.20	2.80	Argilloso	2.86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6.40	2.78	Argilloso	2.84	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6.60	2.85	Argilloso	2.91	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6.80	2.94	Argilloso	2.99	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7.00	2.89	Argilloso	2.95	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7.20	2.86	Argilloso	2.91	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7.40	2.75	Argilloso	2.80	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7.60	2.83	Argilloso	2.87	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7.80	2.74	Argilloso	2.78	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8.00	2.75	Argilloso	2.79	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8.20	3.01	Argilloso	3.04	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8.40	2.89	Argilloso	2.91	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8.60	2.86	Argilloso	2.88	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8.80	2.89	Argilloso	2.91	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9.00	2.52	Granulare	2.54	NPGranulare	2.53	--	2.54	1.11
9.20	2.74	Argilloso	2.76	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9.40	2.85	Argilloso	2.85	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9.60	3.00	Argilloso	3.01	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9.80	2.84	Argilloso	2.84	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
10.00	3.00	Argilloso	3.00	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
10.20	2.49	Granulare	2.48	NPGranulare	2.48	--	2.48	1.16
10.40	2.47	Granulare	2.47	NPGranulare	2.47	--	2.47	2.33
10.60	2.29	Granulare	2.28	NPGranulare	2.29	--	2.28	1.47
10.80	2.53	Granulare	2.52	NPGranulare	2.52	--	2.52	1.38
11.00	2.30	Granulare	2.29	NPGranulare	2.30	--	2.29	1.46
11.20	2.29	Granulare	2.27	NPGranulare	2.28	--	2.27	1.27
11.40	2.52	Granulare	2.49	NPGranulare	2.50	--	2.49	1.68
11.60	2.15	Granulare	2.12	NPGranulare	2.14	--	2.12	0.82
11.80	2.31	Granulare	2.28	NPGranulare	2.30	--	2.28	1.02
12.00	2.77	Argilloso	2.74	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
12.20	2.33	Granulare	2.29	NPGranulare	2.31	--	2.29	1.87
12.40	2.16	Granulare	2.12	NPGranulare	2.14	--	2.12	1.94

12.60	2.08	Granulare	2.04	NPGranulare	2.06	--	2.04	1.10
12.80	2.00	Granulare	1.96	NPGranulare	1.98	--	1.96	1.63
13.00	2.11	Granulare	2.07	NPGranulare	2.09	--	2.07	2.98
13.20	2.90	Argilloso	2.85	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
13.40	2.94	Argilloso	2.89	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
13.60	3.00	Argilloso	2.95	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
13.80	2.80	Argilloso	2.74	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
14.00	2.66	Argilloso	2.61	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
14.20	3.20	Argilloso	3.14	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
14.40	3.00	Argilloso	2.94	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
14.60	2.93	Argilloso	2.86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
14.80	3.07	Argilloso	3.00	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
15.00	3.18	Argilloso	3.11	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
15.20	3.18	Argilloso	3.11	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
15.40	3.10	Argilloso	3.03	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
15.60	3.26	Argilloso	3.18	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
15.80	3.14	Argilloso	3.07	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
16.00	3.16	Argilloso	3.08	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
16.20	3.18	Argilloso	3.10	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
16.40	3.29	Argilloso	3.20	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
16.60	3.18	Argilloso	3.10	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
16.80	3.11	Argilloso	3.02	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
17.00	3.10	Argilloso	3.02	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
17.20	3.17	Argilloso	3.08	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
17.40	3.27	Argilloso	3.17	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
17.60	3.10	Argilloso	3.01	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
17.80	3.21	Argilloso	3.12	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
18.00	3.16	Argilloso	3.07	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
18.20	2.70	Argilloso	2.60	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
18.40	2.96	Argilloso	2.86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
18.60	3.50	Argilloso	3.41	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
18.80	3.22	Argilloso	3.12	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
19.00	2.42	Granulare	2.31	NPGranulare	2.36	--	2.31	1.93
19.20	2.38	Granulare	2.27	NPGranulare	2.32	--	2.27	1.73
19.40	3.21	Argilloso	3.10	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
19.60	2.93	Argilloso	2.82	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
19.80	3.02	Argilloso	2.91	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
20.00	3.25	Argilloso	3.14	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.

Cap. 7 - RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)

7.1 Pericolosità sismica di base del sito

In seguito alla classificazione sismica proposta dall'Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 ed al D. M. 14/01/2008 recante *norme tecniche per le costruzioni*, il **Comune di Finale Emilia ricade in zona 3.**

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta.	$ag \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media.	$0,15 \leq ag < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa.	$0,05 \leq ag < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa.	$ag < 0,05g$

Secondo il D.M. 14/01/2008 il calcolo dell'azione sismica dipende innanzitutto dalla posizione geografica del sito. La normativa fornisce per **10751** punti del *reticolo di riferimento* 9 valori del periodo di ritorno TR (**30** anni, **50** anni, **72** anni, **101** anni, **140** anni, **201** anni, **475** anni, **975** anni, **2475** anni). Introducendo le coordinate geografiche esatte dell'intervento si ottengono i parametri sismici di base dell'area (ag , F_0 , T_c) e gli spettri di risposta elastici di base per i periodi TR di riferimento. Questi ultimi non tengono conto degli effetti determinati dall'"*amplificazione sismica locale*" e dal tipo di "*prestazioni*" previste per l'edificio in progetto, che vengono pertanto dimensionati nei paragrafi successivi.

7.2 Amplificazione stratigrafica

Ai sensi della normativa vigente la classificazione del suolo avviene in base alla velocità delle onde S nel terreno, entro i primi 30 m di profondità, dalla profondità di incasso delle fondazioni.

La valutazione dell'amplificazione stratigrafica si basa sulle misurazioni dirette eseguite con i sondaggi e le prospezioni già descritte al *cap. 4.3*.

7.2.1 Determinazione della Vs30, con prospezione MASW

Inizio registrazione: 04/12/15 09:32:45 Fine registrazione: 04/12/15 09:45:37

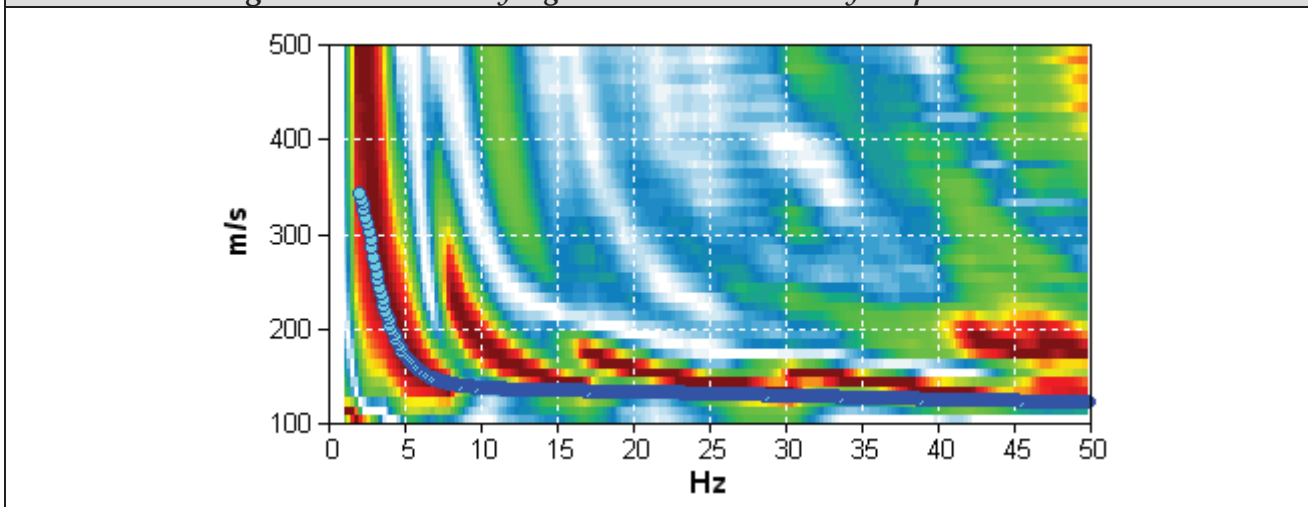
Durata registrazione: 0h11'58". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 1024 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10

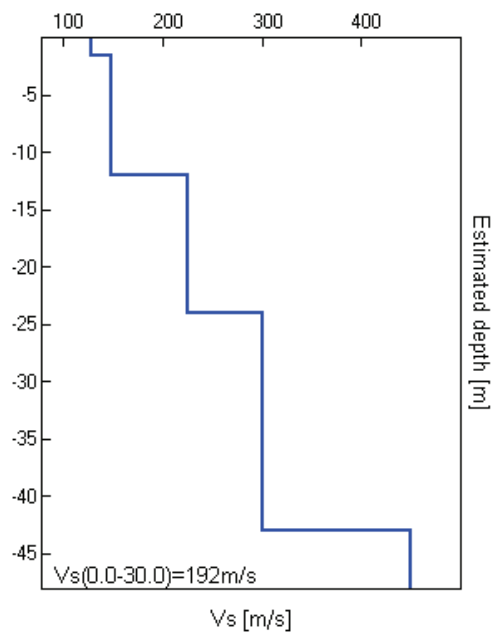
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 m.

Fig. 7 - Modelled Rayleigh Wave Phase Velocity Dispersion Curve



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	128	0.35
12.00	10.50	148	0.35
24.00	12.00	225	0.35
43.00	19.00	300	0.35
inf.	inf.	450	0.35

$V_s(0.0-30.0)=192 \text{ m/s}$



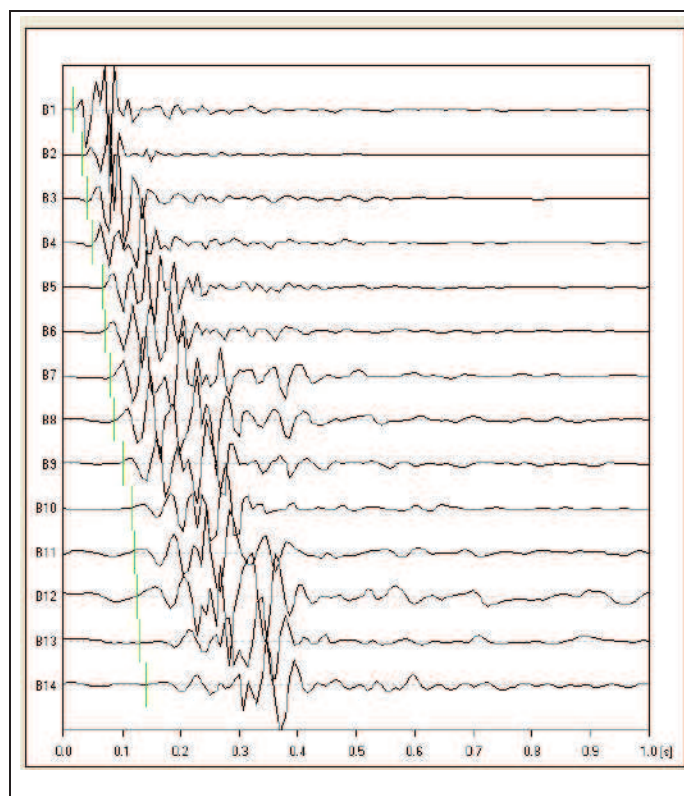


Fig. 8 - Piking esemplificativo dei tempi di arrivo delle onde di superficie ai geofoni.

Determinata la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità (V_{s30}), si classifica il terreno di fondazione dell'intervento in progetto come **categoria "C"**:

C. Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Dove il **coefficiente di amplificazione stratigrafica vale: $S_s = 1.5$**

Dal punto di vista topografico il terreno rientra nella classe: **T1 = terreni pianeggianti, pendii con inclinazione media $i < 15^\circ$** , dove il **coefficiente di amplificazione topografica vale: $S_t = 1.0$**

7.2.2 Parametri sismici

Sito in esame.

latitudine: 44.846168
 longitudine: 11.22477
 Classe: 1
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 15174	Lat: 44,8622	Lon: 11,1639	Distanza: 5121,622
Sito 2	ID: 15175	Lat: 44,8636	Lon: 11,2343	Distanza: 2076,000
Sito 3	ID: 15397	Lat: 44,8136	Lon: 11,2362	Distanza: 3732,585
Sito 4	ID: 15396	Lat: 44,8122	Lon: 11,1658	Distanza: 5987,106

Tipo di elaborazione: FONDAZIONI

Il computo dei parametri sismici varia in funzione delle prestazioni attese per l'edificio, che ne determinano **la classe d'uso**. Di seguito vengono pertanto distinti i valori dei parametri sismici inerenti le strutture di servizio (CLASSE D'USO 1) da quelli dell'abitazione (CLASSE D'USO 2)

EDIFICI CON DESTINAZIONE "SERVIZI" - CLASSE D'USO I

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 35anni
Coefficiente cu: 0,7

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,039 g
Fo: 2,567
Tc*: 0,251 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 35 [anni]
ag: 0,042 g
Fo: 2,538
Tc*: 0,256 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 332 [anni]
ag: 0,127 g
Fo: 2,585
Tc*: 0,270 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 682 [anni]
ag: 0,173 g
Fo: 2,562
Tc*: 0,273 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:
Ss: 1,500
Cc: 1,660
St: 1,000
Kh: 0,012
Kv: 0,006

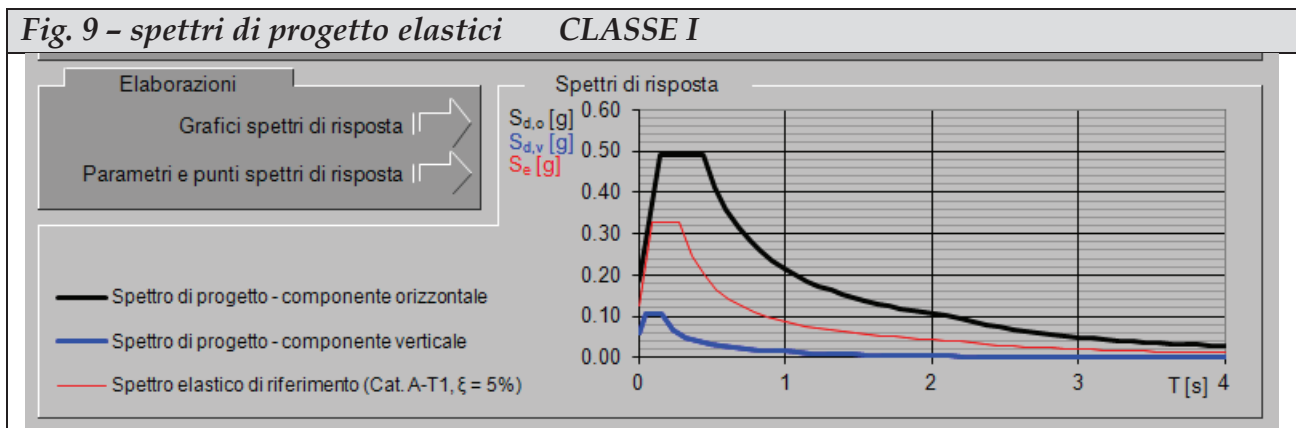
Amax: 0,569
 Beta: 0,200
 SLD:
 Ss: 1,500
 Cc: 1,650
 St: 1,000
 Kh: 0,013
 Kv: 0,006
 Amax: 0,617
 Beta: 0,200
 SLV:
 Ss: 1,500
 Cc: 1,620
 St: 1,000
 Kh: 0,046
 Kv: 0,023
 Amax: 1,865
 Beta: 0,240
 SLC:
 Ss: 1,430
 Cc: 1,610
 St: 1,000
 Kh: 0,059
 Kv: 0,030
 Amax: 2,422
 Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questi computi sono in ED50

Coordinate WGS84 latitudine: 44.845236 longitudine: 11.223768

Ne risultano i seguenti **spettri di progetto elastici** :

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR .



Che indicano i seguenti valori dell' **Accelerazione spettrale di progetto $S_e(g)$** ai periodi T(s) di 0.3, 1.0 e 3.0 sec.

T(s)	Se(g)
0.300	0.490
1.000	0.212
3.000	0.050

7.3 Frequenza fondamentale del terreno da prospezione HVSR

Strumento: TEP-0149/01-11

Inizio registrazione: 04/12/15 09:11:20 Fine registrazione: 04/12/15 09:31:20

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-; TRG + TRG -

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)

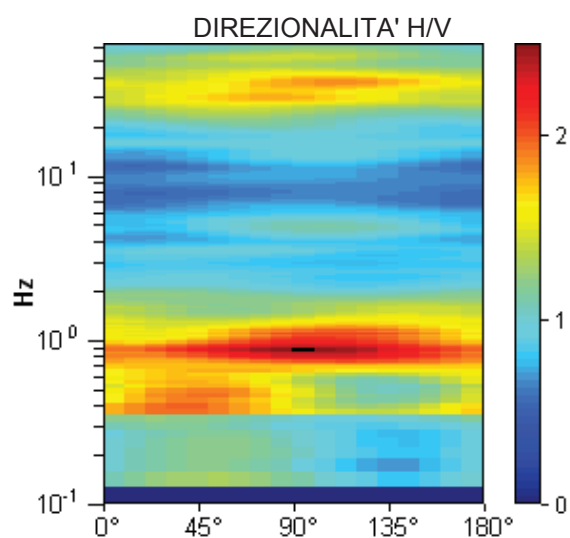
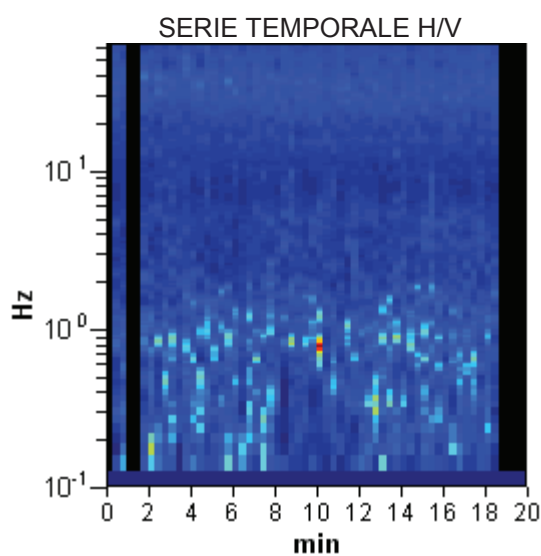
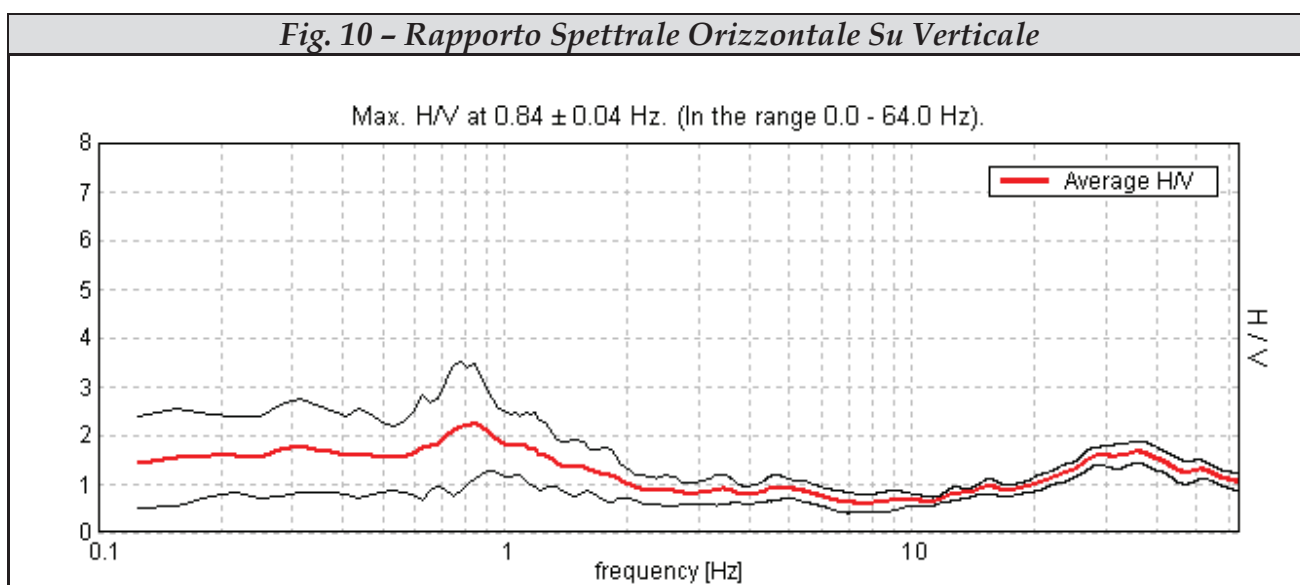
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

Fig. 10 - Rapporto Spettrale Orizzontale Su Verticale



Si registra una frequenza fondamentale del terreno pari a $f = 0.84$ Hz.

Cap. 8 RELAZIONE GEOTECNICA, RESISTENZE DI PROGETTO (SLU)

Nel capitolo 5 sono stati riportati i parametri medi, caratteristici e di progetto delle Unità geotecniche interessate dalle fondazioni che, secondo quanto riferito dai progettisti, risultano essere di tipo superficiale. Per tali terreni è stato comunque definito, a titolo indicativo, il valore delle resistenze di progetto ai sensi della normativa vigente (DM. 14/01/2008), optando per l'approccio 2 che comprende la combinazione unica:

A1+M1+R3 (A1 combinato con M1 combinato con R3) (C6.4.2.1).

8.1 Capacità Portante SLU

Viene di seguito svolto il calcolo della capacità portante con il metodo di Hansen, 1970, come illustrato da Bowles, 1991. Il calcolo tiene conto degli effetti sismici introducendo l'inerzia della struttura K_{hi} (Cap. 7. 11.5. 3.1 - NTA 2008) e l'inerzia del suolo K_{hk} (Cap. 7.11.5.3.1.7. NTA - 2008).

Esso si riferisce ai primi 6.20 m dal p.c.

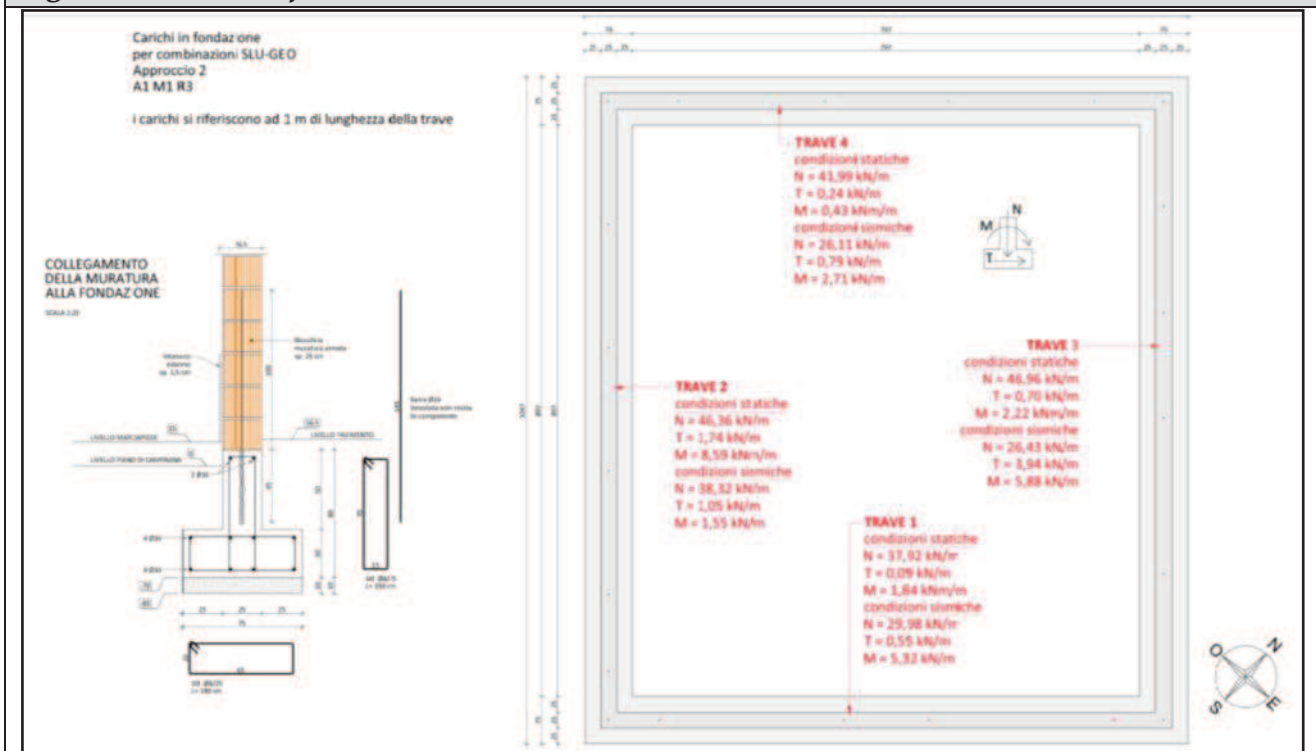
La verifica è stata eseguita nelle condizioni *non drenate* e *drenate* con i parametri geotecnici caratteristici determinati al cap. 5.

Ne è risultata una **resistenza di progetto** R_d pari a:

$$R_d = 105 \text{ KPa condizioni non drenate}$$

$$R_d = 84 \text{ KPa condizioni drenate}$$

Fig. 11 - Carichi in fondazione



Tenendo conto che le azioni di progetto max fornite dal progettista (evidenziate in figura 11) risultano inferiori ai valori di resistenza ne consegue che :

condizione ($Ed < Rd$) VERIFICATA

Cap. 9 CONCLUSIONI

La presente relazione tratta di un progetto di realizzazione di due garages pertinenziali presso un edificio insediato in Loc. Canalazzo 15/2 a Massa Finalese (si vedano Capp. 2 e 3).

I dati relativi ai caratteri geologici, geotecnici e sismici del sito sono stati confrontati con le prescrizioni contenute nelle leggi e negli strumenti di pianificazione vigenti.

Si è rilevato che il sito è insediato sopra dei terreni di natura prevalentemente coesiva, (si veda cap. 4) in un terreno completamente pianeggiante.

Per la ricostruzione della **stratigrafia** (si veda cap. 4) si è provveduto ad eseguire una prova penetrometrica statica spinta fino alla profondità di 20.00 m e due diverse prospezioni sismiche, del tipo HVSR (misura passiva) e MASW (misura attiva), i cui risultati hanno mostrato coerenza con quelli pregressi riportati sul data base regionale.

Queste hanno evidenziato, presso il sito la presenza di un substrato costituito da:

Prof. Strato (m)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.80	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
2.20	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
4.60	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
6.20	Coesivo	Argilla inorganica compatta
10.40	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
13.00	Incoerente	Sabbie
20.00	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose

Si è così constatata la presenza di 7 Unità geotecniche (si veda cap.5) che sono state caratterizzate, dal punto di vista meccanico, nei valori: *medi* e *caratteristici*.

Sulla base delle indicazioni fornite dalle norme vigenti si è eseguito il calcolo del rischio del *potenziale di liquefazione*, che è risultato $IL = 0.126$ (si veda cap. 6). Si è pertanto proceduto all'analisi della Risposta Sismica Locale come previsto al punto 3.2.2 del D.M. 14/01/2008 *norme tecniche per le costruzioni*, secondo la quale si è riscontrato che il comune di Finale Emilia appartiene alla zona 3 dove si rinviene una sismicità "bassa" (si veda cap. 6). I parametri e gli spettri di progetto sono stati ricavati per una Vita Nominale di 35 anni corrispondente ad una Classe d'uso I (edifici ad uso Servizi), tenendo conto che il terreno di fondazione appartiene alla categoria C, in sintesi:

- **coefficiente di amplificazione stratigrafica: $S_s = 1.50$ classe I, (SLV)**
- **coefficiente di amplificazione topografica: $S_t = 1$**
- **frequenza fondamentale del terreno $f = 0.84$ Hz**
- **Accelerazione spettrale di progetto $S_e(g)$ al periodo T(s) di 0.3, sec. = 0.49 classe I**

In relazione alla presenza di fondazioni superficiali, ed ai parametri geotecnici assunti si è stimato il valore della Resistenza di Progetto R_d per le unità geotecniche 1 -3 (da 0.00 m a 4.00 m), mediante l'approccio 2, che vale:

$$R_d = 105 \text{ KPa condizioni non drenate}$$

$$R_d = 84 \text{ KPa condizioni drenate}$$

Tenendo conto che le azioni di progetto max fornite dal progettista (evidenziate in figura 11) risultano inferiori ai valori di resistenza ne consegue che :

condizione ($E_d < R_d$) VERIFICATA

9.1- Programma di osservazioni e controlli

In corso d'opera si dovrà controllare la rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica assunta e la situazione effettiva, differendo di conseguenza il progetto esecutivo. Qualora venissero introdotte varianti progettuali sarà necessario, a cura dello strutturista, verificare che i valori delle Azioni siano sempre minori/uguali alle Resistenze di progetto.

A queste condizioni si ritiene verificata la fattibilità geologica e geotecnica delle opere in progetto.

DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI
NUMERO 558
ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI



ALLEGATI

CERTIFICATI E TABELLE SONDAGGI

n. 1 - prova penetrometrica statica

Committente: MARTELLI MAURO

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 09/12/2015

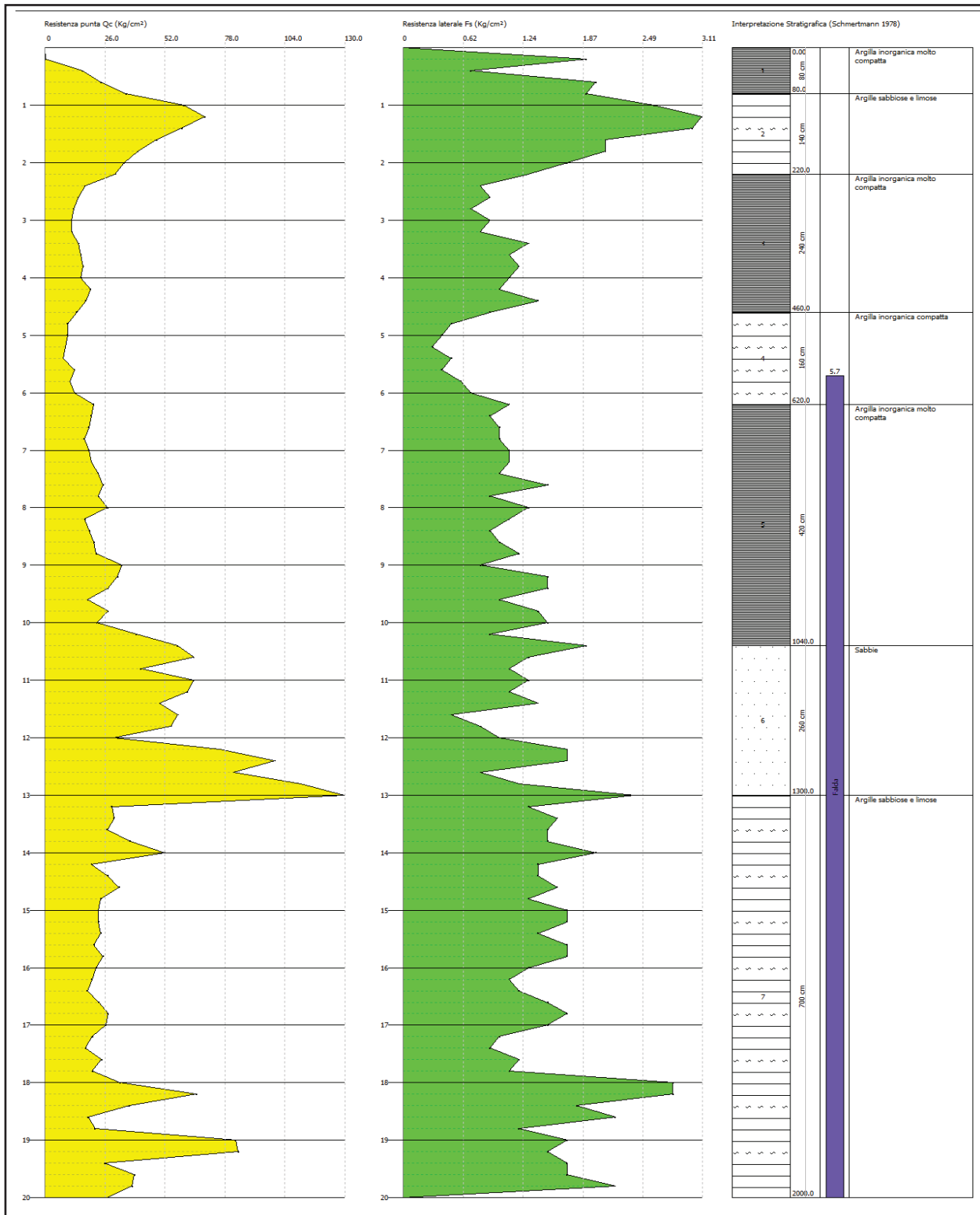
Profondità prova: 20.00 mt

Località: CANALAZZO N. 15/2 FINALE EMILIA

Acqua – 5.7 dal p.c.

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0	0	0	0
0.40	16.00	45.0	16.1	0.7	23.0	4.3
0.60	24.00	35.0	24.1	2.0	12.1	8.3
0.80	35.00	65.0	35.1	1.9	18.5	5.4
1.00	60.00	89.0	60.1	2.6	23.1	4.3
1.20	69.00	108.0	69.3	3.1	22.4	4.5
1.40	59.00	105.0	59.3	3.0	19.8	5.1
1.60	48.00	93.0	48.3	2.1	23.0	4.3
1.80	40.00	71.0	40.3	2.1	19.2	5.2
2.00	34.00	66.0	34.3	1.7	20.2	5.0
2.20	30.00	55.0	30.4	1.3	23.4	4.3
2.40	17.00	37.0	17.4	0.8	21.8	4.6
2.60	14.00	26.0	14.4	0.9	16.0	6.3
2.80	12.00	25.0	12.4	0.7	17.7	5.6
3.00	11.00	22.0	11.4	0.9	12.7	7.9
3.20	11.00	24.0	11.6	0.8	14.5	6.9
3.40	14.00	26.0	14.6	1.3	11.2	8.9
3.60	15.00	34.0	15.6	1.1	14.2	7.1
3.80	16.00	33.0	16.6	1.2	13.8	7.2
4.00	15.00	33.0	15.6	1.1	14.2	7.1
4.20	19.00	36.0	19.7	1.0	19.7	5.1
4.40	17.00	32.0	17.7	1.4	12.6	7.9
4.60	13.00	34.0	13.7	0.9	15.2	6.6
4.80	9.00	23.0	9.7	0.5	19.4	5.2
5.00	9.00	16.0	9.7	0.4	24.3	4.1
5.20	8.00	14.0	8.8	0.3	29.3	3.4
5.40	7.00	12.0	7.8	0.5	15.6	6.4
5.60	12.00	20.0	12.8	0.4	32.0	3.1
5.80	10.00	16.0	10.8	0.6	18.0	5.6
6.00	12.00	21.0	12.8	0.7	18.3	5.5
6.20	20.00	30.0	21.0	1.1	19.1	5.2
6.40	19.00	35.0	20.0	0.9	22.2	4.5
6.60	18.00	32.0	19.0	1.0	19.0	5.3
6.80	16.00	31.0	17.0	1.0	17.0	5.9
7.00	18.00	33.0	19.0	1.1	17.3	5.8
7.20	19.00	35.0	20.1	1.1	18.3	5.5
7.40	22.00	38.0	23.1	1.0	23.1	4.3
7.60	24.00	39.0	25.1	1.5	16.7	6.0
7.80	22.00	45.0	23.1	0.9	25.7	3.9
8.00	26.00	40.0	27.1	1.3	20.8	4.8
8.20	16.00	36.0	17.2	1.1	15.6	6.4
8.40	18.00	34.0	19.2	0.9	21.3	4.7
8.60	20.00	33.0	21.2	1.0	21.2	4.7
8.80	21.00	36.0	22.2	1.2	18.5	5.4
9.00	32.00	50.0	33.2	0.8	41.5	2.4
9.20	30.00	42.0	31.4	1.5	20.9	4.8
9.40	26.00	49.0	27.4	1.5	18.3	5.5
9.60	17.00	40.0	18.4	1.0	18.4	5.4
9.80	26.00	41.0	27.4	1.4	19.6	5.1
10.00	21.00	42.0	22.4	1.5	14.9	6.7

10.20	38.00	61.0	39.5	0.9	43.9	2.3
10.40	56.00	70.0	57.5	1.9	30.3	3.3
10.60	63.00	91.0	64.5	1.3	49.6	2.0
10.80	40.00	59.0	41.5	1.1	37.7	2.7
11.00	63.00	79.0	64.5	1.3	49.6	2.0
11.20	60.00	80.0	61.7	1.1	56.1	1.8
11.40	48.00	64.0	49.7	1.4	35.5	2.8
11.60	56.00	77.0	57.7	0.5	115.4	0.9
11.80	53.00	61.0	54.7	0.8	68.4	1.5
12.00	28.00	40.0	29.7	1.0	29.7	3.4
12.20	74.00	89.0	75.8	1.7	44.6	2.2
12.40	98.00	123.0	99.8	1.7	58.7	1.7
12.60	80.00	106.0	81.8	0.8	102.3	1.0
12.80	109.00	121.0	110.8	1.2	92.3	1.1
13.00	128.00	146.0	129.8	2.4	54.1	1.8
13.20	27.00	63.0	28.9	1.3	22.2	4.5
13.40	28.00	48.0	29.9	1.6	18.7	5.4
13.60	25.00	49.0	26.9	1.5	17.9	5.6
13.80	35.00	57.0	36.9	1.5	24.6	4.1
14.00	50.00	72.0	51.9	2.0	26.0	3.9
14.20	18.00	48.0	20.1	1.4	14.4	7.0
14.40	25.00	46.0	27.1	1.4	19.4	5.2
14.60	30.00	51.0	32.1	1.6	20.1	5.0
14.80	22.00	46.0	24.1	1.3	18.5	5.4
15.00	21.00	41.0	23.1	1.7	13.6	7.4
15.20	21.00	47.0	23.2	1.7	13.6	7.3
15.40	22.00	47.0	24.2	1.4	17.3	5.8
15.60	19.00	40.0	21.2	1.7	12.5	8.0
15.80	23.00	49.0	25.2	1.7	14.8	6.7
16.00	20.00	45.0	22.2	1.3	17.1	5.9
16.20	18.00	38.0	20.3	1.1	18.5	5.4
16.40	16.00	33.0	18.3	1.2	15.3	6.6
16.60	21.00	39.0	23.3	1.5	15.5	6.4
16.80	25.00	48.0	27.3	1.7	16.1	6.2
17.00	24.00	50.0	26.3	1.5	17.5	5.7
17.20	18.00	40.0	20.5	1.0	20.5	4.9
17.40	15.00	30.0	17.5	0.9	19.4	5.1
17.60	22.00	36.0	24.5	1.2	20.4	4.9
17.80	18.00	36.0	20.5	1.1	18.6	5.4
18.00	30.00	46.0	32.5	2.8	11.6	8.6
18.20	63.00	105.0	65.6	2.8	23.4	4.3
18.40	34.00	76.0	36.6	1.8	20.3	4.9
18.60	16.00	43.0	18.6	2.2	8.5	11.8
18.80	19.00	52.0	21.6	1.2	18.0	5.6
19.00	80.00	98.0	82.6	1.7	48.6	2.1
19.20	81.00	106.0	83.8	1.5	55.9	1.8
19.40	23.00	45.0	25.8	1.7	15.2	6.6
19.60	36.00	62.0	38.8	1.7	22.8	4.4
19.80	35.00	61.0	37.8	2.2	17.2	5.8
20.00	24.00	57.0	26.8	2.1	16.9	5.4



n. 2 REPORT sismici

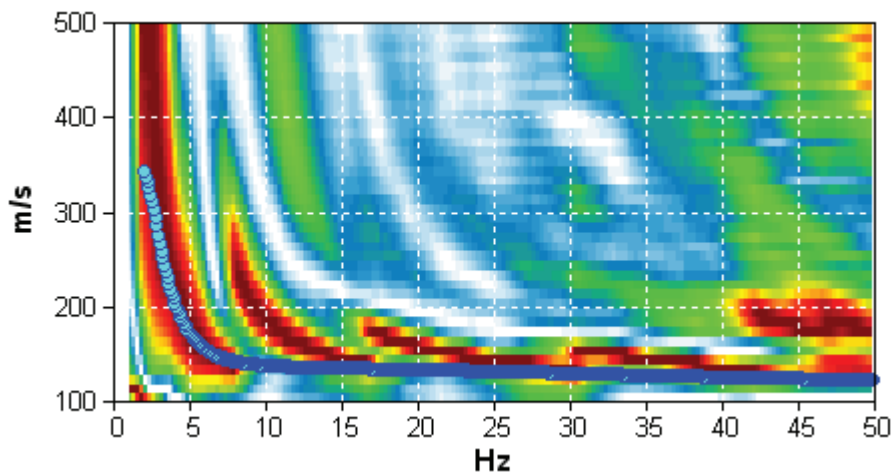
MASSA FINALESE CANALAZZO, MARTELLI - MASW

Inizio registrazione: 04/12/15 09:32:45 Fine registrazione: 04/12/15 09:45:37
 Durata registrazione: 0h11'58". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 1024 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10

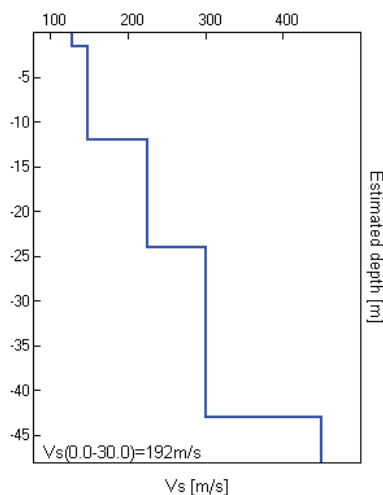
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	128	0.35
12.00	10.50	148	0.35
24.00	12.00	225	0.35
43.00	19.00	300	0.35
inf.	inf.	450	0.35

$V_s(0.0-30.0)=192\text{m/s}$



MASSA FINALESE CANALAZZO, MARTELLI – H/V

Strumento: TEP-0149/01-11

Inizio registrazione: 04/12/15 09:11:20 Fine registrazione: 04/12/15 09:31:20

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; Y+ Y-; X+ X-; Z+ Z-; TRG + TRG -

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)

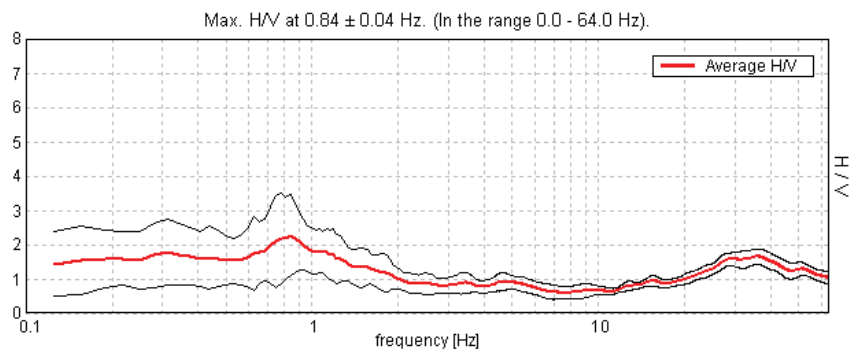
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

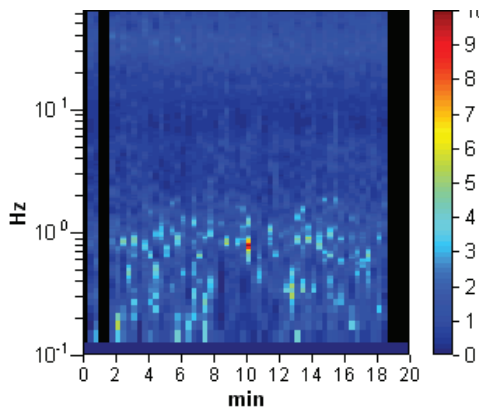
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

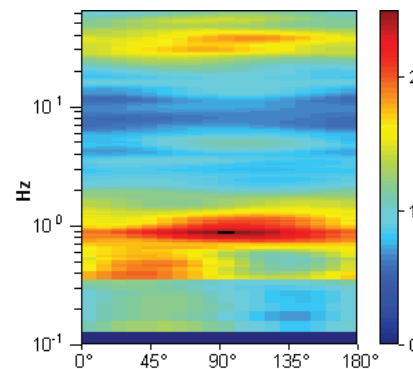
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



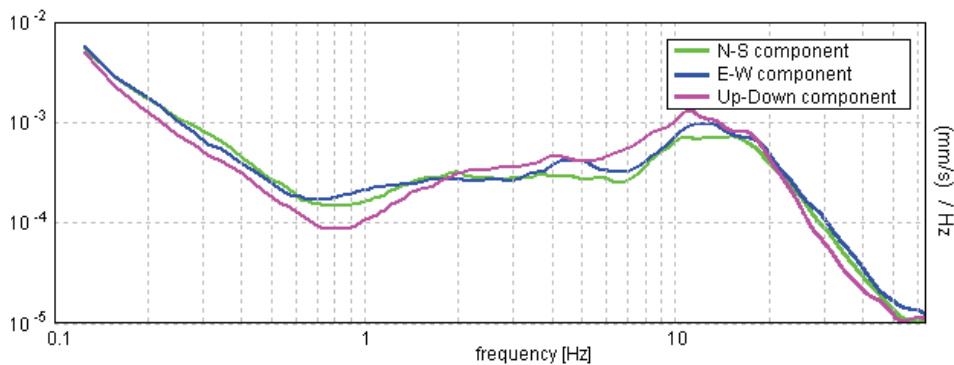
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 0.84 ± 0.04 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.84 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$894.4 > 200$	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	Superato 0 volte su 42	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.875 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.28 > 2$	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02052 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01731 < 0.12656$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5864 < 2.0$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20