



CITTÀ DI SAN BENEDETTO DEL TRONTO



SETTORE LAVORI PUBBLICI, MANUTENZIONE E GESTIONE DEL PATRIMONIO

VIALE DE GASPERI, 120 - TEL. 0735/794325 - FAX. 0735/794711 - CODICE FISCALE E PARTITA IVA 00360140446

(Bando regionale Decreto D.P.F. Edilizia n. 13 del 3/4/2019)
Piano Reg.le triennale 2018/2020 - Edilizia scolastica
Committente : Comune di S.Benedetto del Tronto (AP)

LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE CON ADEGUAMENTO SISMICO, FUNZIONALE ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEL POLO SCOLASTICO VIA FERRI (2° STRALCIO) - PALESTRA E CORPO SPOGLIATOI

S.Benedetto del Tronto, li
MAGGIO 2019

PROGETTO ESECUTIVO

Aggiornamento

STRUTTURALE

B.1

RELAZIONE GEOLOGICA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Progettista Architettonico/Impianti e D.L. :
Ing. Marco Cicchi

Settore LL.PP., Manutenzione e Gestione Patrimonio

Collaboratore alla progettazione/ispettore di cantiere:
Geom. Luigi Montini

Settore LL.PP., Manutenzione e Gestione Patrimonio

Coord. Sicurezza Progettazione/Esecuzione (D.L.81/2008) :
Arch. Alfredo Di Concetto

Settore LL.PP., Manutenzione e Gestione Patrimonio

PROGETTAZIONE SPECIALISTICA:

Studi geologici :
Dott. Geol. Stefano Taffoni

Progettista Strutturale :
Prof. Ing. Luigino Dezi

SEITEC srl - Via di Passo Varano 306/B - 60131 ANCONA



Spazio per pareri/nulla osta

Il Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Marco Cicchi

visto: Il Dirigente del Settore

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

DR. STEFANO TAFFONI

COMUNE DI S. BENEDETTO DEL TRONTO

COMMITTENTE : AMMINISTRAZIONE COMUNALE

SETTORE PROGETTAZIONE E MANUTENZIONE OPERE PUBBLICHE

**LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE CON ADEGUAMENTO
SISMICO ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEL
POLO SCOLASTICO DI VIA FERRI**

RELAZIONE GEOLOGICA CON INDICAZIONI GEOTECNICHE

GROTTAMMARE LI 15-12-2016

IL GEOLOGO

DR. STEFANO TAFFONI



STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA DR. STEFANO TAFFONI
63013 Grottammare (AP) – Via Ponza 91 339-5975101
taffonistefano@gmail.com PEC : taffonistefano@epap.sicurezza postale.it

P.IVA - 00 50744 0444
C.F. - TFF SFN 56M19 H769E

1. PREMESSA

Il sottoscritto Dr. Geologo Stefano Taffoni è stato incaricato dall' Arch. Elio Rocco , responsabile del progetto inerente i lavori di ristrutturazione ed adeguamento sismico del polo scolastico di via Ferri, di effettuare una relazione geologica con indicazioni geotecniche e parametri sismici riguardante i lavori.

L'incarico è stato formalizzato mediante determina n.1392 del 09-12-2016 del Settore Manutenzione e Progettazione Opere Pubbliche.

Per ottemperare all'incarico e sulla base di quanto previsto dalla nuova normativa sismica e al D.M. LL.PP.11-03-1988 e D.M. 14-01-2008 il sottoscritto ha fatto realizzare in situ da una ditta specializzata una prova penetrometrica dinamica pesante e una prova sismica HVSR mediante tromografo digitale.

Per la conoscenza approfondita delle caratteristiche geologiche e geotecniche del sito sono state prese in considerazione anche alcune prove penetrometriche dinamiche pesanti eseguite nelle vicinanze e la stratigrafia di alcuni sondaggi eseguiti in condizioni geologiche e geomorfologiche simili.

Si allegano alla presente:

- 1- PLANIMETRIA CON UBICAZIONE PROVE scala 1 : 1.000
- 2- GRAFICI E RISULTATI DELLA PROVA PENETROMETRICA
- 3- GRAFICI E RISULTATI DELLA PROVA SISMICA HVSR

2. UBICAZIONE

L' area in oggetto risulta ubicata in Comune di S. Benedetto del Tronto in via Ferri.
(vedi planimetria allegata).

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

La formazione di base, su cui si imposta tutta l'area, è quella delle Argille Grigie Pleistoceniche Sovraconsolidate , costituite da fitte alternanze di livelli argillosi compatti e di veli di sabbia finissima.

La coltre di copertura del sub – strato è rappresentata da uno spessore di circa 15 m di materiale clastico di origine alluvionale e ridistribuzione marina appartenente alla spiaggia attuale (Olocene).

I terreni alluvionali depositi in discordanza angolare sopra il sub strato argilloso Pleistocenico sono di natura limosa nei primi metri di profondità, sabbiosa con scarsa presenza di limo fino a 3,5 metri di profondità, ghiaiosa in matrice sabbiosa fino a 6 metri di profondità e successivamente mista ghiaioso sabbiosa fino al sub strato geologico delle argille grigie.

La giacitura del sub-strato è di tipo appenninico, con lieve pendenza degli strati verso nord - est.

La giacitura dei sedimenti alluvionali – marini limoso sabbioso ghiaiosi della spiaggia attuale è sub orizzontale.

4. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L' area in oggetto è situata ad una quota di 3.20 m circa sul livello del mare, sulla pianura del spiaggia attuale.

La pendenza media dell'area di sedime del fabbricato esistente è bassa (1°- 2° verso Est).

Le condizioni generali di equilibrio di tutta l'area appartenente alla spiaggia attuale sono buone a causa della bassa pendenza d' insieme e delle buone caratteristiche geotecniche dei terreni alluvionali – marini di tipo prevalentemente sabbioso.

Non sono visibili all'interno dell'area in oggetto e negli immediati dintorni fenomeni di instabilità in atto o latenti.

La zona è densamente urbanizzata da almeno 50 anni con edifici anche di grandi dimensioni e di varie tipologie e in questo arco di tempo non si sono mai verificati fenomeni che abbiano minato la stabilità degli edifici.

5. IDROGEOLOGIA

La circolazione idrica superficiale non presenta alcun problema , l'acqua di precipitazione meteorica in condizioni di piovosità anche eccezionale viene drenata rapidamente dal sistema fognario ed in gran parte allontanata rapidamente verso est dalla naturale pendenza delle strade.

E' presente nel sedimento alluvionale – marino di tipo limoso sabbioso ghiaioso una vasta ed importante falda freatica.

La falda è alimentata direttamente dalle precipitazioni meteoriche e può subire delle oscillazioni positive o negative a seconda della piovosità media annua e della stagione.

Nello scavo effettuato dall'impresa esecutrice dei lavori è stata intercettata la falda freatica alla profondità di 2,2 m dal piano del giardino del plesso scolastico (dicembre 2016).

4. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE

Dall'esame dello scavo in aderenza effettuato dalla ditta esecutrice dei lavori e dalla analisi dell'istogramma delle prova penetrometrica pesante DPSH , si può ricostruire la seguente successione dei terreni:

da 0.0 m a 1.2 m dal piano di campagna

- Riporto storico di varia natura

da 1.20 m a 2.2 m dal p.c.

- Limo argilloso sabbioso di colore nocciola chiaro, terreno plastico e coesivo normalconsolidato

da 2,2 m a 3,6 m dal p.c.

- Sabbie gialle - grigie monogranulari sciolte in scarsa matrice limosa mediamente addensate

da 3,6 m a 6,0 m dal p.c.

Ghiaie poligeniche in matrice sabbiosa ben addensate e compatte

Da 6.0 m a 15 metri circa

Alternanze di sabbie compatte e livelli di ghiaia mediamente addensata

Il sub – strato geologico delle Argille Grigie Pleistoceniche sovraconsolidate si incontra a profondità di 15.0 m circa.

5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Ai terreni presenti nel sottosuolo dell'area in oggetto si possono attribuire i seguenti parametri geotecnici ricavati della prova penetrometrica dinamica pesante realizzata in situ e dalla correlazione con prove simili e dalla analisi di prove geotecniche (analisi di laboratorio su campioni indisturbati) effettuate su terreni identici per età e ambiente di sedimentazione.

Terreno limoso argilloso sabbioso di colore nocciola chiaro, terreno plastico coesivo normalconsolidato –

Da 1.2m a 2.2 m dal piano del giardino

N spt = 4 colpi piede

Peso di volume $\gamma = 1,9 \text{ t/m}^3$

Coesione non drenata $C_u = 0,35 \text{ kg/cm}^2$

Modulo edometrico $E_d = 20 \text{ kg/cm}^2$

Coefficiente di sottofondo (Winkler) $K = 1,5 \text{ kg/cm}^3$

I parametri elencati sono stati presi a favore della sicurezza

TERRENO SABBIOSO IN MATRICE LIMOSA, INCOERENTE, POCO ADDENSATO
da 2,2 m a 3,6 m

N spt (numero di colpi piede) = $8 \div 10$

Peso di volume $\gamma = 1.9 \text{ t/m}^3$

Peso di volume immerso (γ') = 0.9 t/m^3

Angolo di attrito interno (ϕ) = 29°

Densità relativa = 30%

Modulo elastico = 88 Kg/cm^2

Coefficiente di sottofondo (Winkler) $K = 3,0 \text{ kg/cm}^3$

GHIAIE POLIGENICHE IN MATRICE SABBIOSA – TERRENO BEN ADDENSATO
da 3,6 m a 6,0 m

Nspt = 25

Peso di volume $\gamma = 2.0 \text{ t/m}^3$

Peso di volume immerso $\gamma' = 1.0 \text{ t/m}^3$

Angolo di attrito $\phi = 35^\circ$

Densità relativa = 60%

Modulo elastico = 200 Kg/cm^2

SABBIE E GHIAIE

da 6,0 m fino al sub strato (circa 15 metri)

Nspt	= 12 ÷ 16
Peso di volume	$\gamma = 2.0 \text{ t/mc}$
Angolo di attrito interno	$\phi = 30^\circ \div 32^\circ$
Densità relativa	= 40÷45%
Modulo elastico	= 70 ÷ 120 Kg/cm ²

Tutti i parametri geotecnici elencati sono stati presi a favore della sicurezza.

6. PARAMETRI SISMICI

A seguito delle disposizioni delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) approvate con D.M. 14-01-2008 , pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n.29 del 04-02-2008 ed entrate in vigore dal 01-07-2009, si evidenziano di seguito i parametri sismici richiesti dalla nuova normativa per le opere edificatorie ricadenti nel territorio di San Benedetto del Tronto.

Si specifica che per la definizione della categoria di sottosuolo il sottoscritto ha fatto realizzare dalla ditta GEODRILL di Cerreto d'Esì una prova sismica HVSR nel cortile interno del plesso scolastico (vedi foto).

Dalla prova HVSR risulta che i valori di VS30 misurati sono di 239m/s.

Tale valore concorda perfettamente con quelli già rilevati in altre prove HVSR realizzate nel sedimento di spiaggia attuale, tali valori sono sempre compresi tra un minimo di 224 m/s ed un massimo di 335 m/s.

Pertanto la categoria di sottosuolo ricavabile dal D.M. 14-01-2008 è : **CATEGORIA C**

Per la pendenza molto bassa dell'area la **categoria topografica risulta T1.**

Pertanto i parametri sismici utilizzabili per i calcoli della struttura, presi dal sito del Ministero dei Lavori Pubblici considerando una categoria C ed una condizione topografia T1, sono :

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii - fondazioni

Sito in esame.

latitudine:	42,959137
longitudine:	13,877604
Classe:	4
Vita nominale:	100

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 23870	Lat: 42,9345	Lon: 13,8316	Distanza: 4643,503
Sito 2 ID: 23871	Lat: 42,9343	Lon: 13,8998	Distanza: 3302,956
Sito 3 ID: 23649	Lat: 42,9843	Lon: 13,9001	Distanza: 3341,114
Sito 4 ID: 23648	Lat: 42,9845	Lon: 13,8318	Distanza: 4674,757

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C**Categoria topografica: T1**

Periodo di riferimento: 200anni

Coefficiente cu: 2

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	120	[anni]
ag:	0,095	g
Fo:	2,459	
Tc*:	0,315	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	201	[anni]
ag:	0,123	g
Fo:	2,429	
Tc*:	0,319	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	1898	[anni]
ag:	0,304	g
Fo:	2,463	
Tc*:	0,336	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	2475	[anni]
ag:	0,336	g
Fo:	2,451	
Tc*:	0,340	[s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss:	1,500
Cc:	1,540

St: 1,000
 Kh: 0,028
 Kv: 0,014
 Amax: 1,396
 Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
 Cc: 1,530
 St: 1,000
 Kh: 0,044
 Kv: 0,022
 Amax: 1,808
 Beta: 0,240

SLV:

Ss: 1,250
 Cc: 1,500
 St: 1,000
 Kh: 0,106
 Kv: 0,053
 Amax: 3,727
 Beta: 0,280

SLC:

Ss: 1,210
 Cc: 1,500
 St: 1,000
 Kh: 0,114
 Kv: 0,057
 Amax: 3,986
 Beta: 0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - www.geostru.com

Coordinate WGS84

latitudine: 42.958182

longitudine: 13.876694

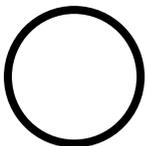
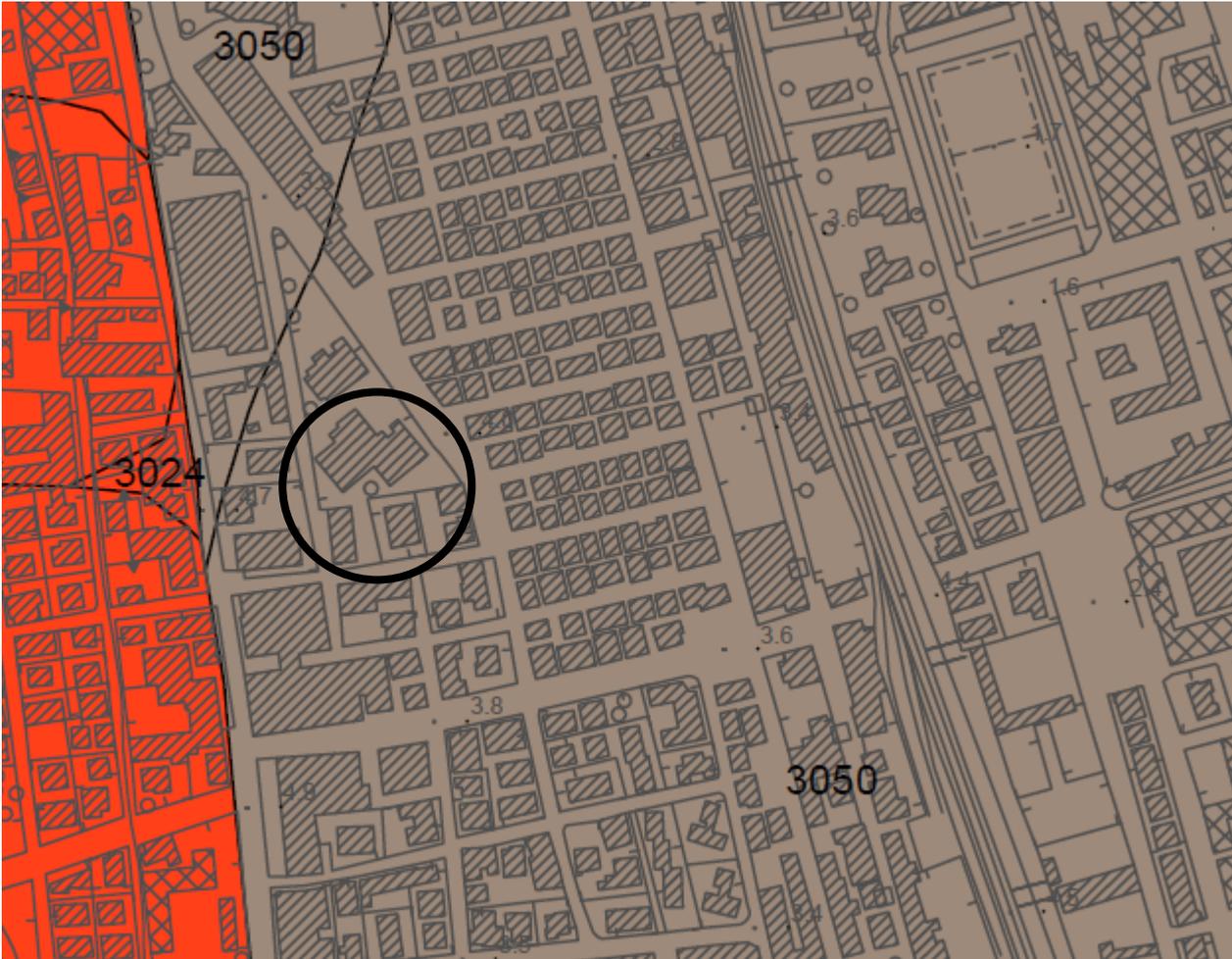
Inoltre dalla prova HVSR si è potuta misurare la frequenza di risonanza fondamentale del sito, il valore della frequenza massima di picco misurata è stata pari a Hz 0,94.

Pertanto nel caso in esame si evidenzia che l'area sollecitata da input sismico amplifica le onde di superficie ad una frequenza di risonanza prossima a 0,94 Hz.

8. LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

A seguito della consultazione dello studio di microzonazione sismica del territorio comunale di San Benedetto del Tronto, dalla Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica scala 1 : 5.000, si è evidenziato che l'area di sedime del Polo Scolastico di via Ferri ricade in una " zona suscettibile di instabilità per possibili fenomeni di liquefazione dei terreni ".

REGIONE MARCHE – COMUNE DI SAN BENEDETTO DEL TRONTO –
STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA
CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA scala 1 : 5.000



UBICAZIONE DEL PLESSO SCOLASTICO

Zone suscettibili di instabilità

	3011 - Instabilità di versante: Attiva (crollo o ribaltamento)
	3012 - Instabilità di versante: Attiva (scorrimento)
	3022 - Instabilità di versante: Quiescente (scorrimento)
	3024 - Instabilità di versante: Quiescente (complessa)
	3042 - Instabilità di versante: Non definita (scorrimento)
	3044 - Instabilità di versante: Non definita (complessa)
	3050 - Liquefazioni
	3080 - Crollo di cavità
	3070 - Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti

Tale rischio è legato alla presenza di sedimenti sciolti di tipo prevalentemente sabbioso di epoca recente (Olocene) immerso in falda sopra un sub strato argilloso compatto .

Al fine di analizzare e valutare nel dettaglio il rischio evidenziato dallo studio di microzonazione del territorio comunale , è stata realizzata una prova penetrometrica dinamica pesante DPSH nel cortile interno del plesso scolastico.

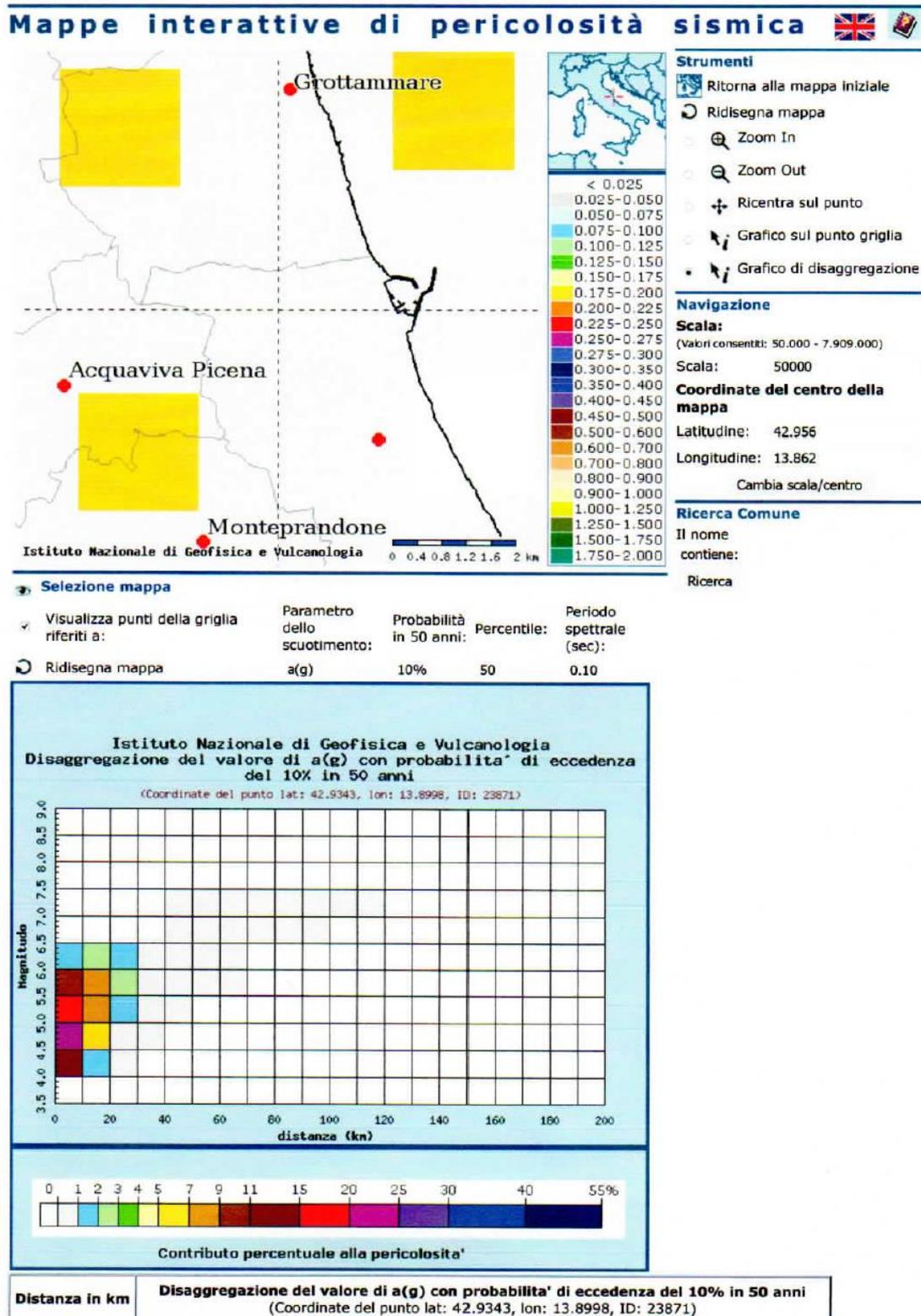
La prova penetrometrica ha permesso di conoscere con esattezza la stratigrafia, la compattezza, il grado di addensamento e i parametri geotecnici dei terreni presenti nell'area .

E' stata inoltre consultata la bibliografia esistente riguardante le cause che generano la liquefazione dei terreni ed in particolare delle sabbie e la bibliografia riguardante i sismi e i fenomeni di liquefazione eventualmente accaduti nel passato nel territorio comunale di San Benedetto Tronto - Grottammare.

A seguito della acquisizione dei dati penetrometrici, sismici e di bibliografia, poiché l'intervento sul plesso scolastico riguarda l'adeguamento sismico della struttura esistente il sottoscritto ha ritenuto sufficiente utilizzare per la stima del rischio di liquefazione il " metodo di tipo storico-empirico" che si basa sulla analisi qualitativa del fenomeno.

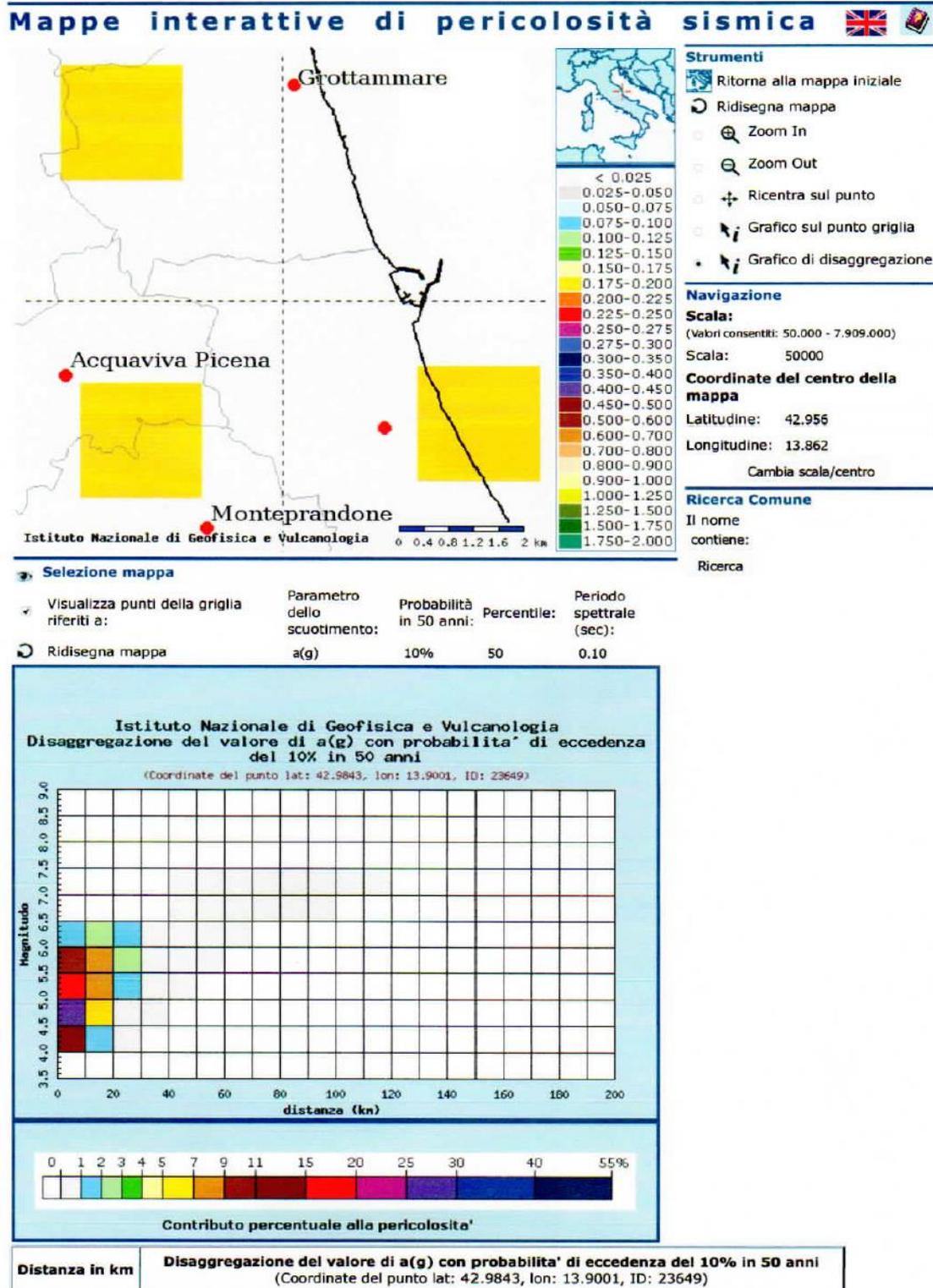
Per la applicazione di tale metodo si è partiti da :

- 1) Analisi geologica – i terreni presenti nell'area del plesso scolastico sono molto recenti (Olocene) e pertanto avendo un grado di addensamento medio - basso sono suscettibili di liquefazione
- 2) Analisi geomorfologica – la zona ricade sulla pianura di spiaggia attuale dove per la natura dei terreni presumibilmente di tipo sabbioso monogranulare esiste la possibilità di liquefazione delle sabbie
- 3) Analisi della magnitudo attesa nella zona – dalle mappe interattive di pericolosità sismica dell' INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) risulta per il territorio di San Benedetto del Tronto – Grottammare una magnitudo massima rispettivamente di 5,16 e 5,14 della scala Richter.



	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	11.500	24.800	17.500	10.600	1.920	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.780	6.330	7.830	7.550	2.660	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.011	0.362	1.260	2.010	1.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.001	0.125	0.547	0.504	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.002	0.106	0.227	0.111	0.106	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.081	0.189	0.212	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.101	0.151	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.083	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.044	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.160	9.490	0.729



	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	11.500	25.000	17.800	10.900	1.590	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.790	6.380	7.910	7.640	2.450	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.009	0.347	1.230	2.000	1.150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.001	0.118	0.535	0.483	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.002	0.103	0.199	0.034	0.034	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.072	0.155	0.176	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.088	0.135	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.076	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.039	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.140	9.370	0.736

- 4) Analisi storica – dalla consultazione del catalogo dei terremoti storici nel territorio di San Benedetto del Tronto e dintorni risulta che la magnitudo massima registrata è stata pari a 5,02 nel terremoto del 16-08-1882 a Grottammare . Sempre dalla consultazione di dati storici risulta che in territorio di San Benedetto T. – Grottammare non si sono mai manifestati fenomeni di liquefazione dei terreni (neanche a seguito del forte terremoto del 30 ottobre 2016 di cui ancora non sono in grado di conoscere la magnitudo registrata a San Benedetto del T. – Grottammare).

Storia sismica di San Benedetto del Tronto [42.934, 13.893]

Numero di eventi: 34

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
3	<u>1870 02 08</u>	NUMANA	10	7 5.10 ±0.54
5	<u>1873 03 12 20:04</u>	Marche meridionali	196	8 5.95 ±0.10
4	<u>1875 12 06</u>	S.MARCO IN LAMIS	97	8 5.98 ±0.16
7	<u>1882 08 16</u>	GROTTAMMARE	13	7 5.02 ±0.47
4-5	<u>1897 09 21</u>	ADRIATICO CENT.	44	7 5.46 ±0.27
NF	<u>1897 12 18 07:24</u>	Appennino umbro-marchigiano	132	7 5.13 ±0.14
NF	<u>1898 06 27 23:38</u>	RIETI	186	8 5.49 ±0.12
NF	<u>1898 08 25</u>	VISSO	66	7 5.04 ±0.29
5	<u>1907 01 23 00:20</u>	Adriatico centrale	93	5.06 ±0.15

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
NF	<u>1911 02 19 07:18</u>	Romagna meridionale	181	7 5.28 ±0.11
6	<u>1915 01 13 06:52</u>	Avezzano	1041	11 7.00 ±0.09
NF	<u>1924 01 02 08:55</u>	Medio Adriatico	76	7-8 5.36 ±0.16
5-6	<u>1930 10 30 07:13</u>	SENIGALLIA	263	8 5.81 ±0.09
4	<u>1933 09 26 03:33</u>	Maiella	326	9 5.95 ±0.09
3	<u>1934 11 30 02:58</u>	Alto Adriatico	51	5.34 ±0.17
F	<u>1951 05 25 20:42</u>	ADRIATICO	5	5.06 ±0.32
5	<u>1979 09 19 21:35</u>	Valnerina	694	8-9 5.86 ±0.09
4	<u>1980 11 23 18:34</u>	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09
NF	<u>1983 11 09 16:29</u>	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
4	<u>1984 04 29 05:02</u>	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7 5.65 ±0.09
4	<u>1984 05 07 17:49</u>	Appennino abruzzese	912	8 5.89 ±0.09
3-4	<u>1986 10 13 05:10</u>	Appennino umbro-marchigiano	322	5-6 4.65 ±0.09
5	<u>1987 07 03 10:21</u>	PORTO SAN GIORGIO	359	5.09 ±0.09
NF	<u>1990 05 05 07:21</u>	Potentino	1374	5.80 ±0.09
5	<u>1997 09 26 00:33</u>	Appennino umbro-marchigiano	760	5.70 ±0.09
5	<u>1997 09 26 09:40</u>	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9 6.01 ±0.09
4	<u>1997 10 03 08:55</u>	Appennino umbro-marchigiano	490	5.25 ±0.09
4-5	<u>1997 10 06 23:24</u>	Appennino umbro-marchigiano	437	5.46 ±0.09
4-5	<u>1997 10 14 15:23</u>	Appennino umbro-marchigiano	786	7-8 5.65 ±0.09
4	<u>1998 04 05 15:52</u>	Appennino umbro-marchigiano	395	6 4.81 ±0.09
NF	<u>2003 05 25 17:15</u>	Zona Ascoli Piceno	92	5 4.15 ±0.18
5	<u>2004 12 09 02:44</u>	Zona Teramo	224	5-6 4.18 ±0.09
NF	<u>2005 04 12 00:31</u>	Maceratese	137	4-5 4.16 ±0.14
2-3	<u>2006 04 10 19:03</u>	Maceratese	211	5 4.51 ±0.10

Storia sismica di San Benedetto del Tronto, tabella – DBMI11 - ING V

Dalla letteratura si evince che la liquefazione dei terreni avviene a seguito di terremoti con magnitudo superiore a 5,0 gradi della scala Richter e che i terreni liquefacibili sono quelli di natura sabbiosa, monogranulari, con scarsa matrice limoso argillosa e immersi in falda.

Dai risultati della prova penetrometrica e dalla analisi dello scavo fatto in aderenza all'edificio nord del plesso scolastico si è evidenziato che la fondazione esistente è poggiata su terreni limoso argilloso sabbiosi coesivi. Tali terreni non sono suscettibili di liquefazione.

Le sabbie di spiaggia attuale si trovano dalla profondità di 2.2 metri a 3,6 metri dal piano del cortile scolastico. Lo spessore limitato delle sabbie unito al fatto che esse sono molto probabilmente in matrice limosa fanno ritenere molto poco probabile una loro liquefazione a seguito di un evento sismico superiore al 5° grado della scala Richter. Le ghiaie sottostanti e le sabbie miste a ghiaia ancora più in profondità non sono suscettibili di liquefazione per la loro granulometria eterometrica che impedisce la mobilizzazione dei granuli a seguito di un sisma.

Pertanto (anche alla luce dei forti terremoti che hanno raggiunto il territorio di San Benedetto del Tronto a partire dal 24 agosto 2016 ed in particolare la forte scossa del 30 ottobre 2016) si ritiene che la possibilità di liquefazione dello strato sabbioso presente sotto il plesso scolastico di via Ferri dalla profondità di 2.2 metri alla profondità di 3,6 metri sia altamente improbabile.

7. CONCLUSIONI

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 14-01-2008 “ Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” e costituisce la relazione geologica specialistica del progetto strutturale. In corso d'opera si dovrà controllare la rispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva.

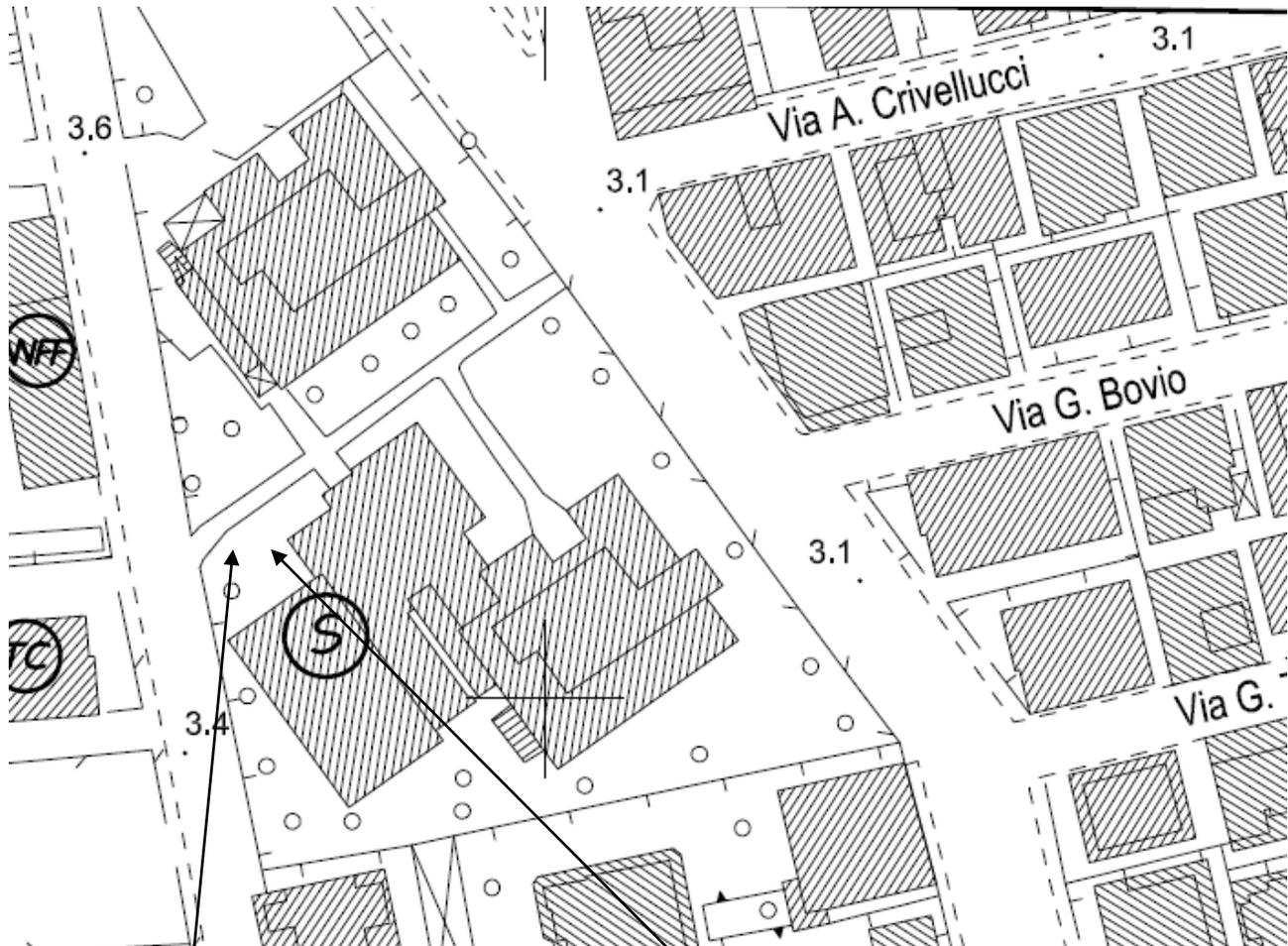
Il sottoscritto rimane a disposizione , nel caso che la situazione riscontrata durante le fase esecutiva dovesse presentare delle differenze sostanziali rispetto a quanto specificato nella presente relazione, per integrare il modello geologico.

GROTTAMMARE LI 15-12-2016

IL GEOLOGO
DR. STEFANO TAFFONI



PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLA PROVA PENETROMETRICA E SISMICA
Scala 1 : 1000



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE

INDAGINE SISMICA HVSR

Introduzione e riferimenti normativi

Scopo dell'indagine HVSR, eseguita mediante tromografo digitale, è la determinazione della categoria sismica del suolo per il calcolo dell'azione sismica di progetto in funzione del parametro Vs30 (velocità di propagazione delle onde S nei primi 30 metri di profondità) nel rispetto di:

O.P.C.M. 3274/03 e successive modifiche ed integrazioni; e D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in 4 zone sismiche individuate dal valore a_g dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità. I valori di a_g (convenzionali), si riferiscono all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A (Tab.:1), in cui il moto sismico non subisce variazioni sostanziali, contrariamente a ciò che accade nei suoli di tipo B,C,D,E,S1 e S2. I fattori che influenzano questo fenomeno sono l'intensità e la frequenza del moto stesso, le caratteristiche geotecniche, sismiche e lo spessore di suolo attraversato dal treno di onde per giungere in superficie.

L'indagine eseguita con tale metodologia MISURA DIRETTAMENTE le frequenze caratteristiche di sito permettendo così di effettuare un'analisi di amplificazione sismica locale al fine di ottenere una valutazione reale e diretta dello spettro di risposta del terreno, elemento di fondamentale importanza nello studio del fenomeno di doppia risonanza edificio-struttura descritto più avanti.

La Normativa, infatti, in assenza di una specifica analisi di amplificazione sismica locale introduce un fattore di amplificazione S e periodi T che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%, per ricavare indirettamente quello stesso parametro che con la presente tecnica andiamo a misurare direttamente.

Cenni sulla tecnica utilizzata (tecnica dei rapporti spettrali)

La tecnica HVSR, (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o tecnica di Nakamura), è una prospezione geofisica non invasiva che attraverso la misura del "rumore sismico", ovunque presente sulla superficie terrestre, fornisce dati sulle frequenze caratteristiche del sito investigato. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte da terremoti nel campo prossimo all'epicentro. Tale tecnica, essendo una misurazione sismica passiva, non richiede la produzione di impulsi generati ad hoc come nel caso di sismica attiva.

Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo, in un terreno roccioso e pianeggiante, ha l'andamento illustrato in Fig.1, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo minimo di riferimento, mentre la curva verde rappresenta il massimo di tale rumore, e dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono prodotti dalle onde oceaniche sulle coste.

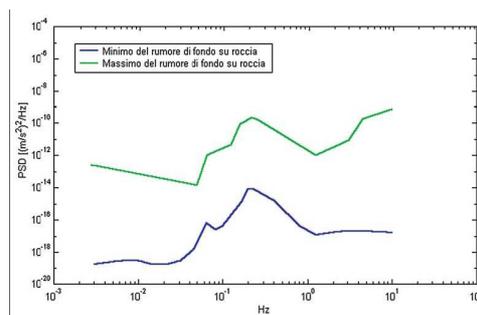


Fig. 1: Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra



Cerreto d'Esse il 03 dicembre 2016
 Comm.: Dr. Geol. Stefano Taffoni
 Cant.: Via Ferri – Scuola Miscia – San Benedetto del Tronto (AP)
 Indagine HVSR - N°: 1 del: 29/11/2016

Tali componenti spettrali vengono attenuate relativamente poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

Strumentazione impiegata

Le misure di microtremore ambientale, della durata minima di 12 minuti, sono effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento Tromino, 10 x 7 x 14 cm per 1,1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Stratigrafia sismica da indagini a stazione singola

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di *contrasto di impedenza*. Per *strato* si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso. Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo. Inizialmente, alcuni ricercatori, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria (es. Baumbach et al., 2002) e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso (es. Guillier et al., 2005). Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

Basi teoriche del metodo H/V

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D). Consideriamo il sistema di Fig. 2 in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.

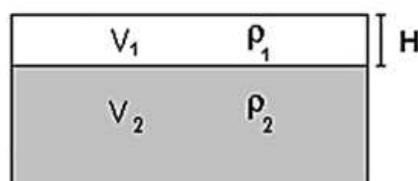


Fig. 2: Mezzo a 2 strati caratterizzati da densità ρ e velocità di propagazione V

* documento soggetto a diritti di autore (artt.2575 e seg. C.C.). Vietata la riproduzione senza il preventivo consenso



Cerreto d'Esis il 03 dicembre 2016
Comm.: Dr. Geol. Stefano Taffoni
Cant.: Via Ferri – Scuola Miscia – San Benedetto del Tronto (AP)
Indagine HVSR - N°: 1 del: 29/11/2016

L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (l) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a:

$$(f_r) = V_s l / 4H \quad (f_r) = V_p l / 4H \quad [1]$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S. Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1]. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana. L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini. In questo lavoro i segnali sono stati analizzati non solo attraverso i rapporti spettrali H/V ma anche attraverso gli spettri delle singole componenti, e nei casi più significativi, le curve HVSR sono state invertite secondo la procedura descritta da Arai e Tokimatsu (2004).

Procedura di analisi dati

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- le curve HVSR, ottenute col software Grilla in dotazione al tromografo TROMINO, con parametri:
 - ⇒ larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
 - ⇒ liscio secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
 - ⇒ rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore a 2,
 - ⇒ rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.
- le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto precedente.

Nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock o bedrock like) le profondità h delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula seguente:

$$H = \left[\frac{V_0(1-a)}{4v} + 1 \right]^{1/(1-a)} - 1$$

in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, a un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e v la frequenza fondamentale di risonanza. Nei casi più complessi (la maggioranza) si sono invertite le

curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. In questo lavoro per l'inversione delle curve HVSR si sono seguite le procedure descritte in Arai e Tokimatsu (2004), usando il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e Love. Si fa notare che ai fini di questi modelli le V_P e la densità ρ dei mezzi sono quasi ininfluenti pertanto i valori di V_P e ρ che si sono impiegati vanno considerati come puramente indicativi.

La stima della frequenza di risonanza degli edifici

L'applicabilità pratica della semplice formula [1] per il calcolo delle frequenze fondamentali di risonanza dei suoli è stata dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico. Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula seguente:

$$\text{freq. naturale edificio} \approx 10 \text{ Hz} / \text{numero piani.} \quad [2]$$

È la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura, espressa dalla relazione seguente:

$$\text{freq. naturale edificio} \approx \text{freq. naturale coperture} \quad [3]$$

ad essere particolarmente pericolosa, perché dà luogo alla massima amplificazione. La combinazione della [1], [2] e della [3] porta alla

$$10 \text{ Hz} / \text{numero piani} \approx V_s / (4H), \quad [4]$$

da cui si può ricavare una relazione di prima approssimazione tra il numero di piani dell'edificio e lo spessore delle coperture nel sito dell'edificio stesso che possono determinare situazioni pericolose e devono quindi essere oggetto di studi approfonditi. Se consideriamo, ad esempio, una fascia di velocità delle onde di taglio tipica dei terreni alluvionali medio-fini (200-300 m/s), possiamo riscrivere la [4] come:

$$10 \text{ Hz} / \text{numero piani} \approx 200\text{-}300 \text{ m/s} / (4H). \quad [5]$$

Recenti studi Italiani di Masi et al. (2007) cfr. Figura 3, effettuati su un gran numero di edifici in c.a. mettendo in relazione le frequenze di oscillazione caratteristiche con le altezze, hanno evidenziato alcune deviazioni rispetto alla [5].

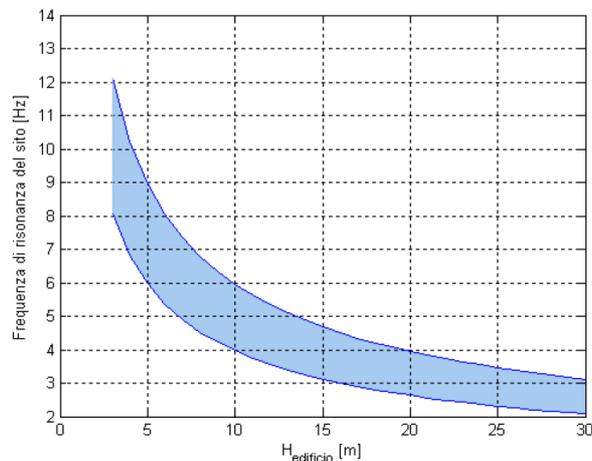


Fig 3: Relazione tra altezza di un edificio in c.a. e frequenza di risonanza del sito investigato: la zona in blu indica l'area più vulnerabile dal punto di vista dei fenomeni di doppia risonanza.



Cerreto d'Esi il 03 dicembre 2016
 Comm.: Dr. Geol. Stefano Taffoni
 Cant.: Via Ferri – Scuola Miscia – San Benedetto del Tronto (AP)
 Indagine HVSr - N°: 1 del: 29/11/2016

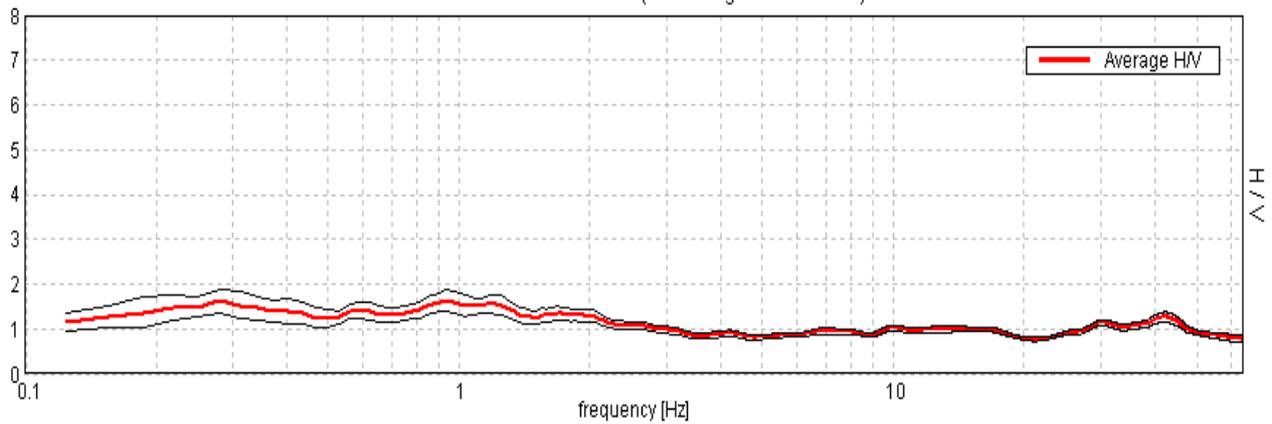
Comm: Dr.Geol. Stefano Taffoni - Cant.: Via Ferri – Scuola Miscia – S. Benedetto del T (AP)

Cielo	Nuvoloso	Vento	Assente	Precipitazioni	Assenti	Orientamento	0°N
-------	----------	-------	---------	----------------	---------	--------------	-----

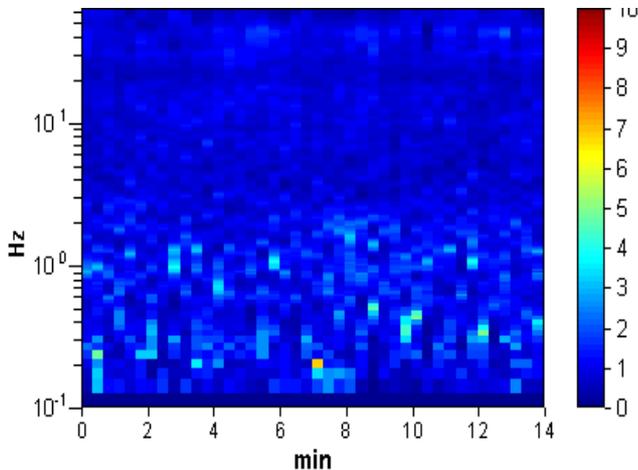
Instrument: TEP-0040/01-09
 Start recording: 29/11/16 14:34:05 End recording: 29/11/16 14:48:05
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS location: 013°52.5811 E, 42°57.5020 N (9.4 m)
 (UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples
 Satellite no.: 04
 Trace length: 0h14'00". Analysis performed on the entire trace.
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

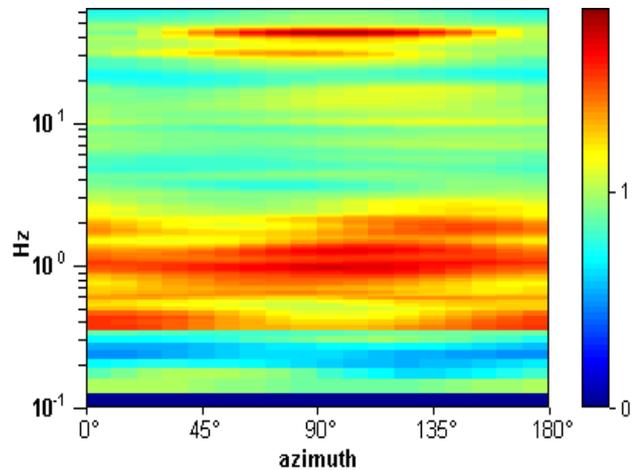
Max. H/V at 0.94 ± 0.42 Hz. (In the range 0.1 - 10.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

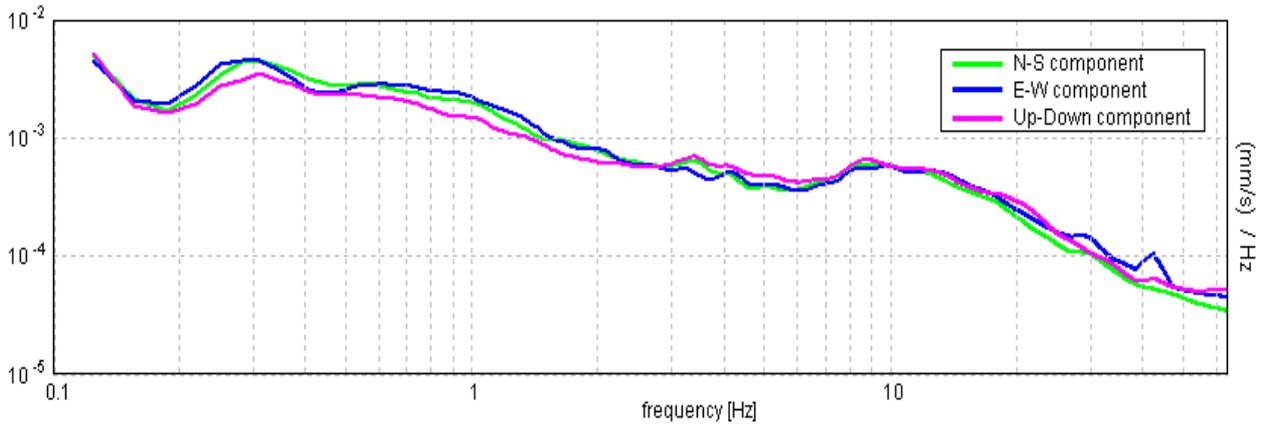


DIRECTIONAL H/V



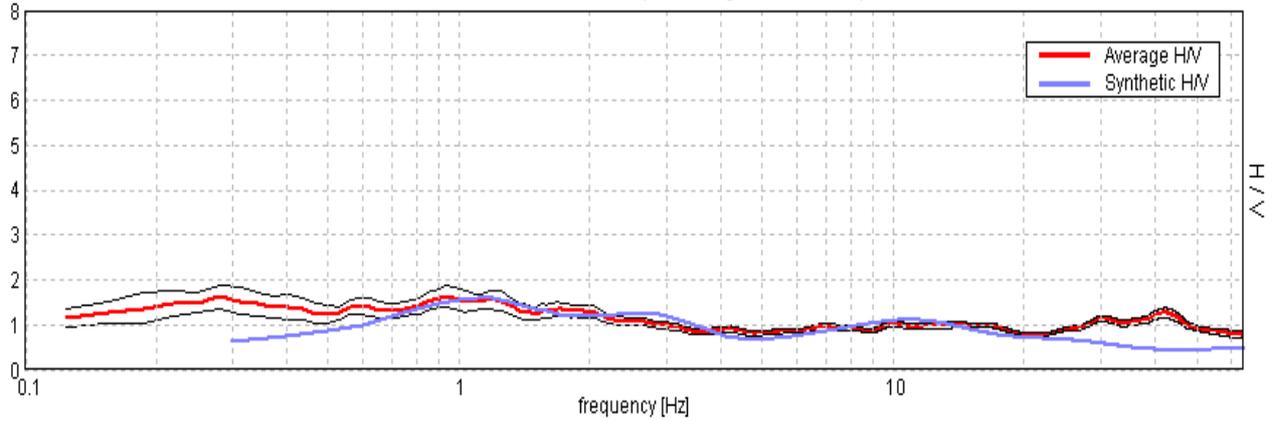
* documento soggetto a diritti di autore (artt.2575 e seg. C.C.). Vietata la riproduzione senza il preventivo consenso

SINGLE COMPONENT SPECTRA



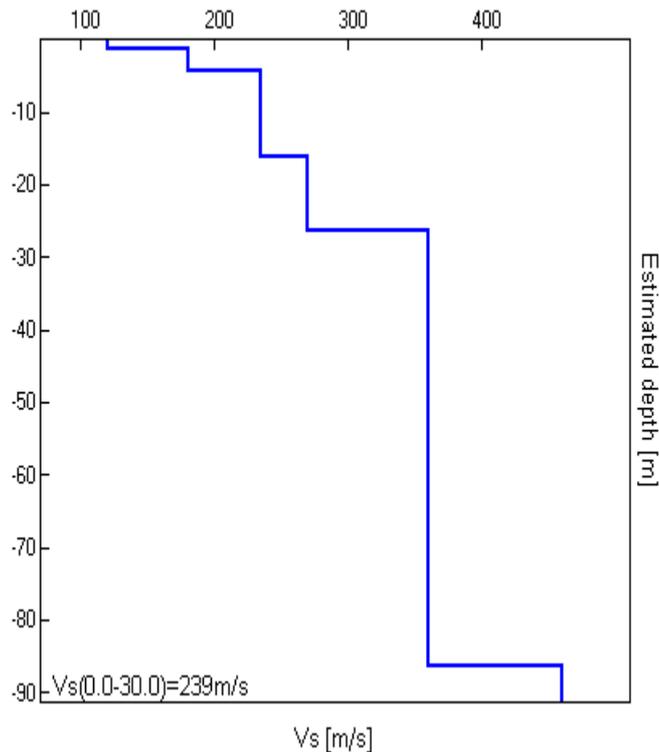
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 0.94 ± 0.42 Hz. (In the range 0.1 - 10.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.20	1.20	120	0.38
4.20	3.00	180	0.49
16.20	12.00	235	0.49
26.20	10.00	270	0.48
86.20	60.00	360	0.47
inf.	inf.	460	0.47

Vs(0.0-30.0)=239m/s



Categoria	Descrizione
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale aumento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{sp30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)

NOTA: la categoria di sottosuolo viene stabilita in funzione del valore di V_{s30} calcolato a partire dalla quota del Piano Campagna

Commento sul profilo delle velocità.

L'analisi del profilo delle velocità mostra una successione di terreni caratterizzati da:

sismostrato 1: ha uno spessore complessivo di m.26,00 caratterizzato da velocità delle V_s inferiori a 300 m/s.

sismostrato 2: da m. 26,20 caratterizzato da velocità delle onde progressivamente crescenti con la profondità fino ad un valore stimato di V_s pari a m/s 460, valore quest'ultimo, ascrivibile alla formazione in posto.

Frequenza fondamentale di sito e frequenza di risonanza ai fini progettuali

Ogni sito è caratterizzato da una propria frequenza di risonanza fondamentale che può andare da millesimi di Hz a decine di Hz, in particolare in questo caso si è misurata una frequenza massima di picco pari a Hz $0,94 \pm 0,42$.

L'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico standard è invece 0,5 - 10 Hz (corrispondenti alle frequenze principali di strutture approssimativamente da 30 a 1 piano). Essendo dunque l'intervallo di frequenze del sottosuolo più esteso di quello possibile per le strutture, alcune frequenze del sottosuolo possono essere trascurate ai fini della progettazione in zona sismica in quanto non comportano aggravii particolari per le strutture standard. In quest'ottica ad esempio non verranno segnalate le frequenze superiori a 20 Hz. Nel caso in esame si evidenzia che l'area sollecitata da input sismico amplifica le onde di superficie ad una **frequenza di risonanza prossima a $0,94 \pm 0,42$ Hz**. Poiché la coincidenza di risonanze tra suolo e struttura comporta un aggravio nell'ampiezza dell'input sismico, la condizione ideale è che la frequenza della struttura sia inferiore rispetto a quella del sottosuolo, tuttavia quando questa condizione non può essere rispettata, è raccomandabile che la struttura venga progettata con frequenze proprie principali maggiori almeno il 40% dei valori segnalati per il sottosuolo. Qualora almeno una delle condizioni sopra indicate non possa essere rispettata la categoria di sottosuolo dovrà essere declassata alla categoria E.



Cerreto d'Esis il 03 dicembre 2016
 Comm.: Dr. Geol. Stefano Taffoni
 Cant.: Via Ferri – Scuola Miscia – San Benedetto del Tronto (AP)
 Indagine HVSR - N°: 1 del: 29/11/2016

[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.94 ± 0.42 Hz (in the range 0.1 - 10.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	0.94 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	787.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 46 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.64 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.44278 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.41511 < 0.14063		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.242 < 2.0	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [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
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Cerreto d'Esi, 03 dicembre 2016

COMMITTENTE: Dr. Geol. Stefano Taffoni

CANTIERE: "Scuola Miscia - Via Ferri - San B. del Tronto

PROVA DPSH: SCHEDA TECNICA E LEGENDA



caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: DPSH penetrometro dinamico super pesante

Peso del maglio: 63,5 Kg

Altezza di caduta: 75 cm

Penetrazione standard: 20 cm

Dimensioni punta: area = 20 cm² angolo = 90°

Dimensioni aste: diametro = 32 mm lunghezza = 1,00 m

Peso aste: 6,15 Kg Peso massa passiva: 4,2 Kg

legenda per la rappresentazione grafica

H = profondità

NC = numero di colpi

q_d = resistenza alla penetrazione dinamica

legenda per la caratterizzazione geomeccanica

NC_m = numero di colpi medio per quel determinato strato

C = coefficiente di correlazione fra il numero di colpi dello SPT e quelli del DPSH

N_{spt equiv} = numero di colpi dello SPT equivalenti ricavati per correlazione

Dr = densità relativa (Skempton, 1986)

φ = angolo di attrito interno (De Mello - Japanese National Railway)

E = modulo di elasticità (Schmertmann, Shultze-Menzenbach)

Ed = modulo edometrico (Stroud e Butler 1975, Mitchell e Gerdner)

γ = peso unità di volume

V_s = velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)

Ko = modulo di reazione (Navfac)

ν = modulo di Poisson

C_u = coesione non drenata (Benassi - Vannelli - 1983, Schmertmann - 1975)



Geodrill s.a.s.
 Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
 Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888
 60043 Cerreto d'Esi (AN)
 P. IVA: 02334920424
 E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 03 dicembre 2016

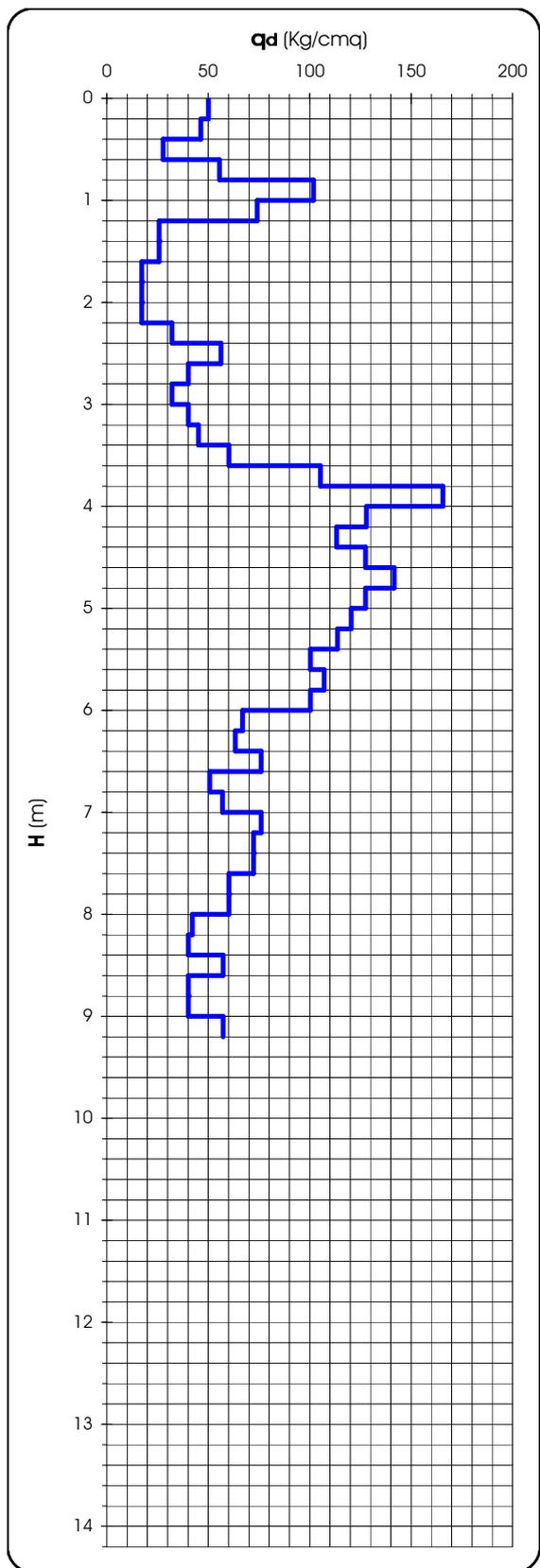
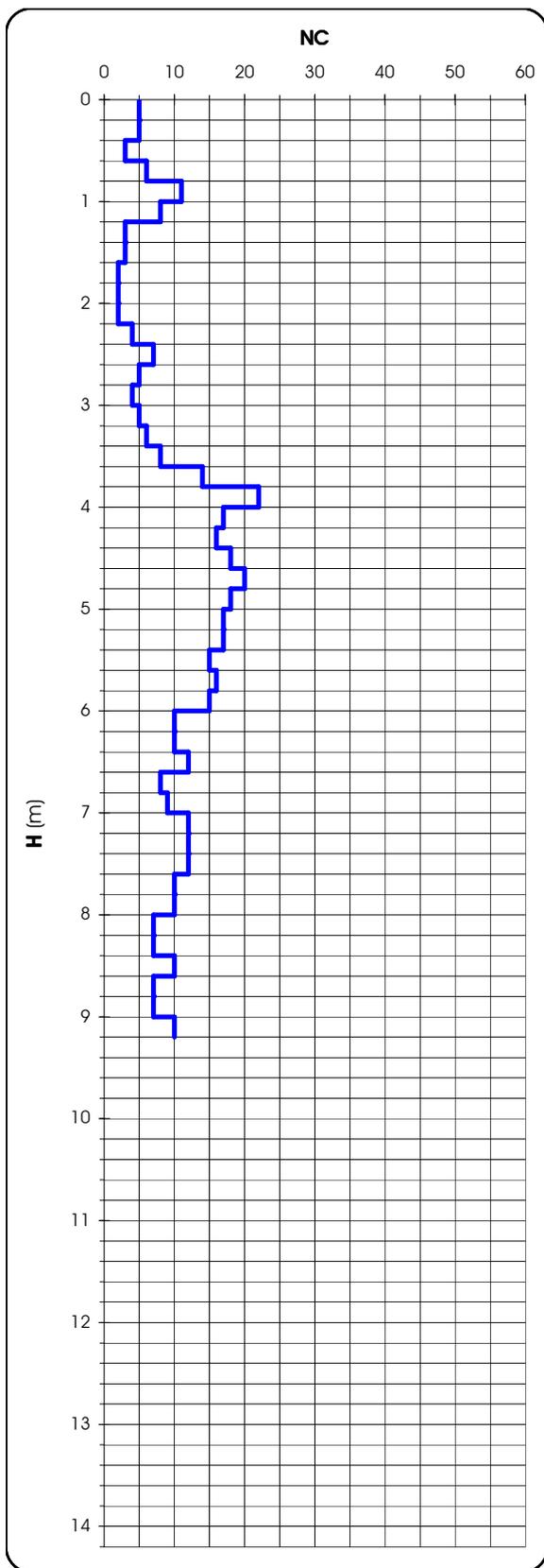
COMMITTENTE: Dr. Geol. Stefano Taffoni
 CANTIERE: "Scuola Miscia - Via Ferri - San B. del Tronto"

PROVA N.1 del 29/11/16

PROF.: 9,20 m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

H (m)	NC	q _d (Kg/cm ²)
0,2	5	50,17
0,4	5	46,31
0,6	3	27,79
0,8	6	55,58
1,0	11	101,89
1,2	8	74,10
1,4	3	25,80
1,6	3	25,80
1,8	2	17,20
2,0	2	17,20
2,2	2	17,20
2,4	4	32,11
2,6	7	56,20
2,8	5	40,14
3,0	4	32,11
3,2	5	40,14
3,4	6	45,16
3,6	8	60,21
3,8	14	105,37
4,0	22	165,59
4,2	17	127,95
4,4	16	113,35
4,6	18	127,51
4,8	20	141,68
5,0	18	127,51
5,2	17	120,43
5,4	17	113,74
5,6	15	100,36
5,8	16	107,05
6,0	15	100,36
6,2	10	66,91
6,4	10	63,39
6,6	12	76,07
6,8	8	50,71
7,0	9	57,05
7,2	12	76,07
7,4	12	72,26
7,6	12	72,26
7,8	10	60,22
8,0	10	60,22
8,2	7	42,15
8,4	7	40,15
8,6	10	57,35
8,8	7	40,15
9,0	7	40,15
9,2	10	57,35
9,4		
9,6		
9,8		
10,0		
10,2		
10,4		
10,6		
10,8		
11,0		
11,2		
11,4		
11,6		
11,8		
12,0		
12,2		
12,4		
12,6		
12,8		
13,0		
13,2		
13,4		
13,6		
13,8		
14,0		
14,2		





Geodrill s.a.s.
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 03 dicembre 2016

COMMITTENTE:Dr.Geol.Stefano Taffoni
CANTIERE:"Scuola Miscia - Via Ferri - San B. del Tronto
PROVA N.1 del 29/11/16

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

