

NUOVA COSTRUZIONE IN AMPLIAMENTO DEL CORPO SPOGLIATOI DELL'IMPIANTO SPORTIVO
COMUNALE DI MASONE

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA
E PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE



Committente: Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia	Tavola	—
	Scala	—
Oggetto: PROGETTO ESECUTIVO — RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	Emissione	Ottobre 2015
	Revisione	
Progettisti: Architettonico e Sicurezza: Dittongo architetti (arch. Alessandro Ardeni, arch. Roberto Nasi) Strutture: Ing. Lorenzo Giordani Geotecnica: Dott. Geol. Nicola Caroli Imp. meccanici: Termoprogetti s.n.c. (P.I. Sergio Cantoni) Imp. elettrici: Euroelettra sistemi s.p.a. (ing. Davide Viani)		

CAROLI DOTT. GEOL. NICOLA

Via Ferrari, 4 - 42019 SCANDIANO (RE)

Email: carolinicola@alice.it

Cell: 3406286161



Comune di Reggio nell'Emilia

Località: Via W. Manzotti, 1 – Masone

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Nuova costruzione in ampliamento del corpo spogliatoi dell'impianto sportivo comunale di Masone



Committente: Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia

Ottobre 2015

INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE.....	3
3.	INQUADRAMENTO TETTONICO, GEOLITOLOGIA ED IDROGEOLOGIA	4
4.	METODOLOGIA D'INDAGINE	5
5.	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI.....	6
6.	SISMICITÀ DELL'AREA	7
7.	RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	15
8.	VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	18
9.	ANALISI GEOTECNICA	22
10.	RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	26

- **ALLEGATI:**

- UBICAZIONE DELLE INDAGINI

- PROVA PENETROMETRICA STATICA

- SISMICA PASSIVA HVSR

1. PREMESSA

Con riferimento agli accordi intercorsi con lo Studio DITTTONGO Architetti Alessandro Ardeni e Roberto Nasi di Reggio nell'Emilia, trasmetto la presente relazione geologica, geotecnica e sulla pericolosità sismica di base atta a definire le caratteristiche geomeccaniche e sismiche di un terreno, sito in Via W. Manzotti – Masone di Reggio nell'Emilia, su cui è in progetto la nuova costruzione in ampliamento del corpo spogliatoi dell'impianto sportivo comunale di Masone.

Per definire con precisione le caratteristiche litologiche, idrogeologiche e sismiche dei terreni presenti nell'area oggetto di studio sono state eseguite una prova penetrometrica statica ed un'indagine geofisica tipo HVSR.

Il presente elaborato è stato redatto in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento per il settore geologico e geotecnico e consultando gli strumenti di pianificazione provinciale e di bacino.

Sono di seguito elencate le principali normative di riferimento:

- D.M. 14/1/2008 – “Testo unitario - Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2/2/2009 – “Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- Delibera Assemblea Legislativa (DAL) n. 112/2007 Art. 16 c.1 ”Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;
- “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” approvato dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (da qui in avanti “ICMS”);
- L. 64/74 - “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- D.M. 11/3/88 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Circolare Min. LL.PP. n°30483 24 settembre 1988;
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio e sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. Giugno 1990;
- Legge regionale 30 ottobre 2008, n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico".

2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE

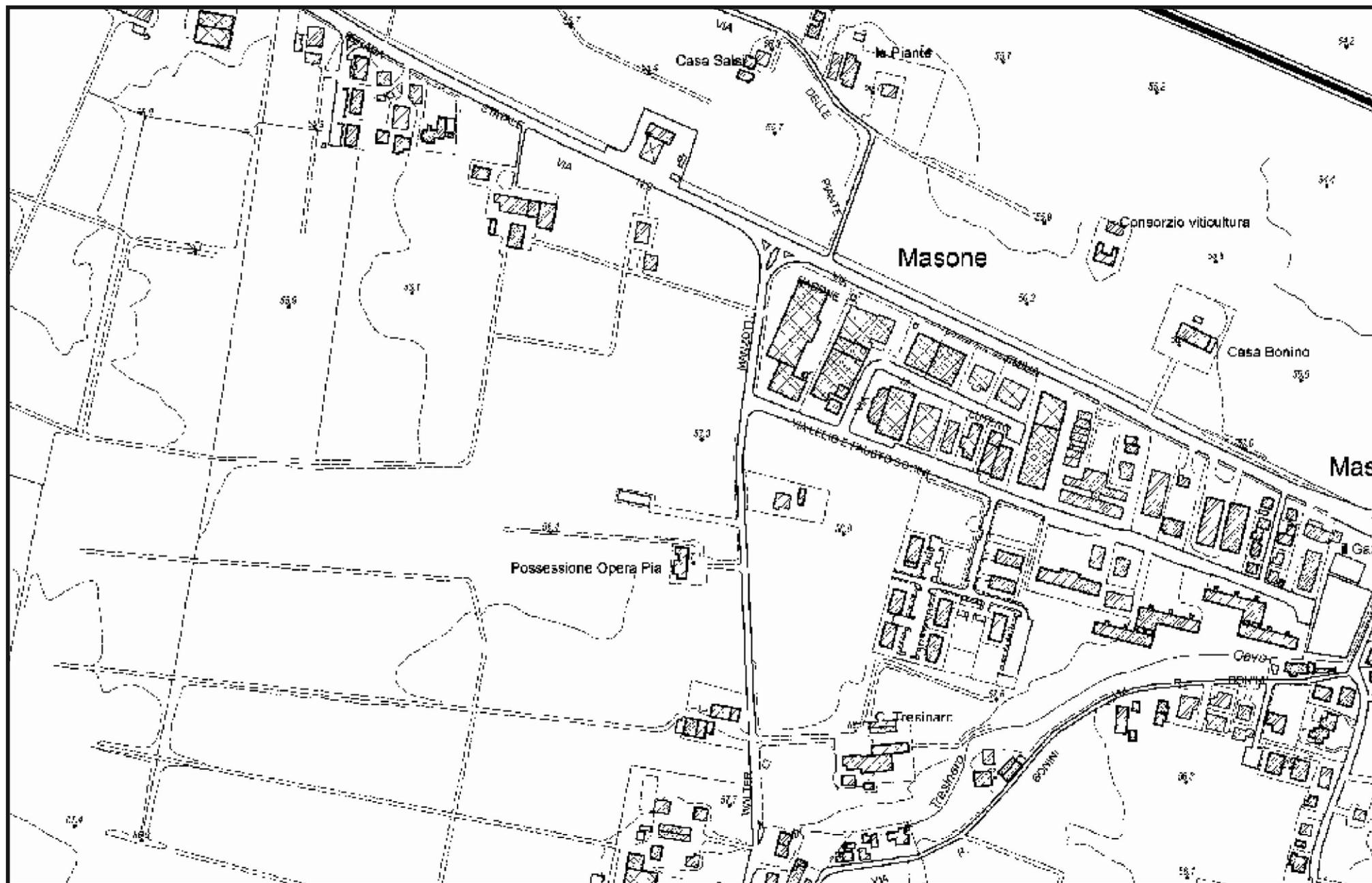
L'area in oggetto di studio, appartenente alla vasta superficie pianeggiante della media pianura, è situata ad E/SE di Reggio nell'Emilia, a SO dell'abitato di Masone. Più precisamente, il terreno in esame, posto alla quota di 56.4 m s.l.m., è ubicato all'interno dell'impianto sportivo, a monte della S.S. 9 via Emilia, a nord di Possessione Opera Pia, ad occidente di Via Walter Manzotti, da cui si accede (cf. stralcio dalla C.T.R. – elementi n° 201092 – Marmiolo e n° 201093 - Gavasseto in scala 1 : 5.000 nonché immagine tridimensionale proposta sul frontespizio).

Il suolo alluvionale qui presente, parzialmente asportato e ricoperto da una coltre di materiale di riporto, è un entisuolo, generalmente calcareo e sub-alcalino, a prevalente tessitura limosa e limo sabbiosa, a seguito delle prolungate pratiche agricole, presenta una potenza di oltre un metro.

Il regime pluviometrico della zona è di tipo continentale. Il valore medio annuo delle precipitazioni è di 787 mm con punte massime di piovosità in primavera (213 mm) ed in autunno (230 mm). La temperatura media mensile annua è di 12.7 °C, con valori medi massimi di 29.8 °C, per il mese di luglio, e minimi di -2.3 °C, per il mese di gennaio. L'escursione annua è quindi di

STRALCIO DALLA C.T.R. IN SCALA 1:5000

Elemento n° 201092 - Marmirolo e n° 201093 - Gavasseto



32.1 °C. La minima assoluta è di -17.0 °C, la massima di 37.9 °C. I venti predominanti provengono da NW, in inverno, da dicembre a febbraio, da oriente nelle altre stagioni.

3. INQUADRAMENTO TETTONICO, GEOLITOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

L'intero territorio del Comune risulta compreso nel bacino subsidente pliocenico-quadernario della Pianura Padana, costituito da un'ampia depressione a stile compressivo colmata da sedimenti mesozoici, terziari e quadernari.

I litotipi che compongono il primo sottosuolo, in relazione alle evoluzioni idrografiche di fiumi e torrenti, hanno un andamento lentiforme, discontinuo, con passaggi laterali e verticali da una componente granulometrica all'altra più o meno gradualmente.

Dal punto di vista stratigrafico il territorio in esame si presenta quindi di una complessità non trascurabile dovuta a migrazioni di fiumi e torrenti, nella fattispecie il T. Tresinaro, al costipamento differenziato dei sedimenti fluviali, nonché al massiccio intervento antropico volto alla regimazione dei corsi d'acqua, con tutta una serie di deviazioni, canalizzazioni e bonifiche.

Consultando la cartografia geologica ufficiale, si può facilmente notare come il territorio di Reggio nell'Emilia si trovi a valle di una faglia sepolta che segue l'andamento del margine appenninico-padano.

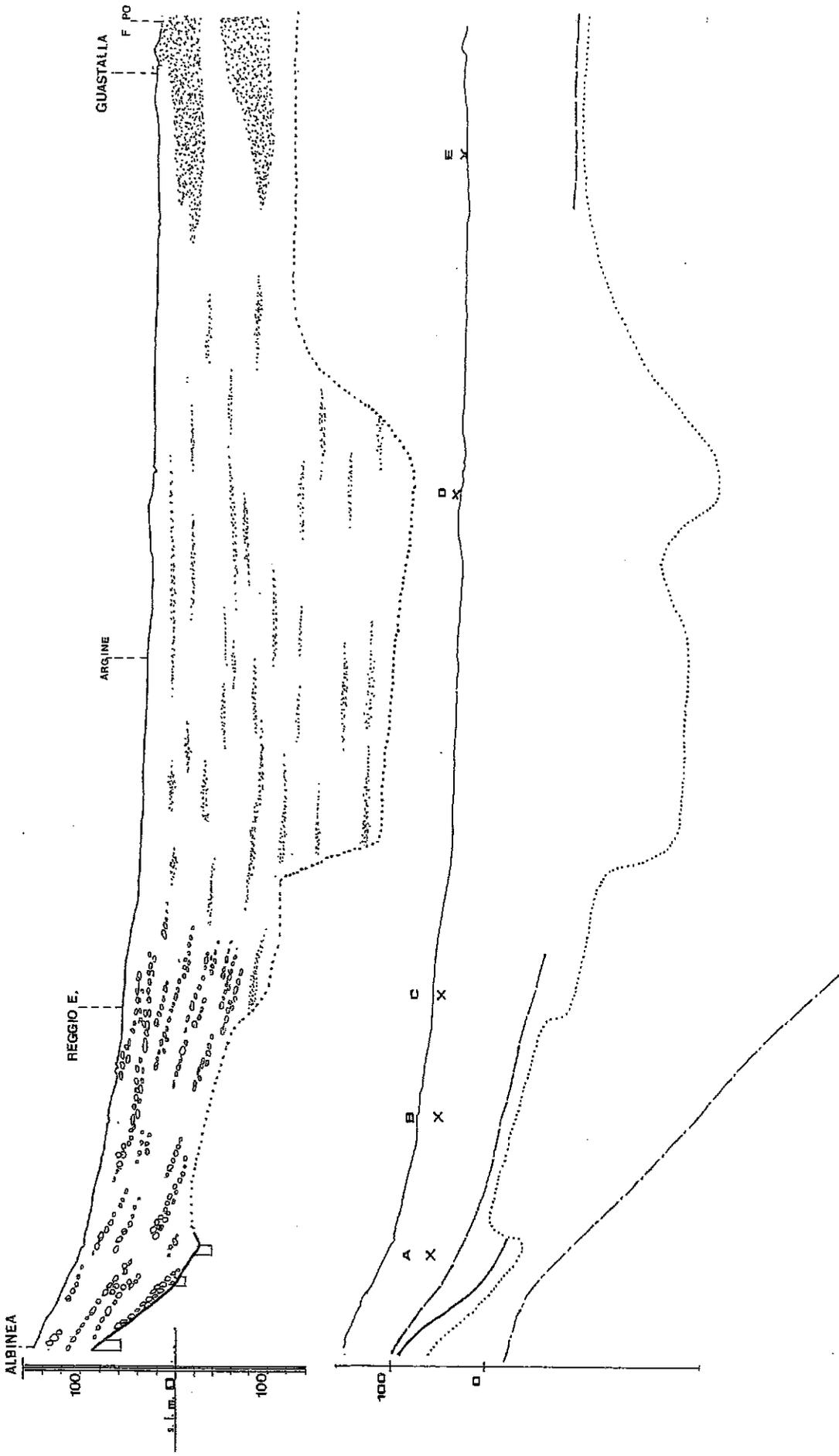
I dati forniti dalle indagini effettuate dall'Agip mineraria hanno consentito di quantificare lo spessore dei sedimenti e delle alluvioni quadernarie in circa 1500 m, tuttavia, secondo quanto riportato nel "Rilevamento-studio delle risorse idriche sotterranee nel territorio della provincia di Reggio Emilia", edito dall'Amministrazione provinciale, il limite effettivo delle conoscenze stratigrafiche è di circa 150 m dal piano campagna. La caratteristica principale di questi sedimenti è data dalla presenza di sottili banchi ghiaiosi, abbastanza discontinui e talvolta passanti a letti sabbiosi, intercalati a serie prevalentemente limo-argillose.

La carta geologica del Servizio Geologico d'Italia evidenzia altresì che il territorio in esame si caratterizza per la presenza, in superficie, di alluvioni oloceniche prevalentemente argillose.

Studi recenti, che hanno consentito di ricostruire con maggior dettaglio la natura del primo sottosuolo della pianura reggiana (cf. Carta della Litologia di Superficie in scala 1:25.000), confermano sostanzialmente le caratteristiche già evidenziate sulla carta del Servizio Geologico d'Italia. Suddetto elaborato mette altresì in risalto che la zona in esame, costituita in prevalenza da "depositi prevalentemente sabbiosi con scarse lenti di ghiaie fini e/o limi" viene a contatto, ad occidente e a sud, con "depositi prevalentemente limosi con lenti sabbiose in subordine". Questi depositi sono ascrivibili a divagamenti d'alveo del vecchio corso del T. Tresinaro.

L'indagine penetrometrica effettuata, spinta sino alla profondità di 20 m dal p.c., ha riscontrato una preponderanza di materiali coesivi costituiti da limi ed argille, talora ad elevata componente organica e torbosa a si alternano, soprattutto nei primi 3 m, livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie. Oltre i 9 m la prova ha poi riscontrato la presenza di limi ed argille, anch'esse ad elevata componente organica e torbosa, con un più elevato grado di addensamento. Suddetto deposito alluvionale è con ogni probabilità ascrivibile ad un vecchio corso del T. Tresinaro. È noto infatti che il corso d'acqua, prima della deviazione effettuata all'inizio del secolo XIV°, divagava in questa zona, nelle campagne a Est di Reggio e Correggio, confluendo poi nel Secchia nel carpigiano. Fu proprio ad opera dei carpigiani che, stanchi delle molteplici esondazioni del torrente, realizzarono a loro spese, all'altezza di Fellegara, un muro della lunghezza di oltre 1000 m che contribuì a deviare le acque in direzione di Arceto e Rubiera dove, attualmente canalizzato, sfocia nel Secchia.

L'indagine ha altresì accertato che la falda freatica permea i livelli granulari superficiali; nel foro di sonda, al termine della prova, il suo livello statico è stato infatti misurato alla profondità di 2.4 m dal p.c.



legenda

-  argille
-  sabbie
-  ghiaie
-  tetto substrato

-  base acque dolci sezione A-A, B-B, C-C
-  limite fra 1° e 2° strato
-  riferimento s.l.m.
-  limite conoscenze litostigrafiche

fig. 9 sezione H-H

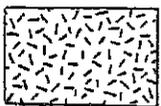
CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE

(SCALA 1 : 25.000)

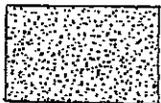
LEGENDA



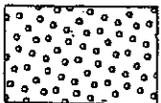
Depositi prevalentemente argillosi o argilloso-limosi.
□locene



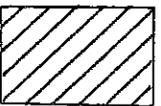
Depositi prevalentemente limosi con lenti sabbiose
in subordine. □locene



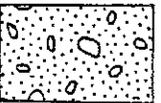
Depositi prevalentemente sabbiosi, con scarse lenti
di ghiaie fini e/o di limi. Pleistocene sup.-□locene



Depositi di ghiaie eterometriche alternati a
livelli con granulometria piu' fine.
Pleistocene sup. (Wurm)-□locene

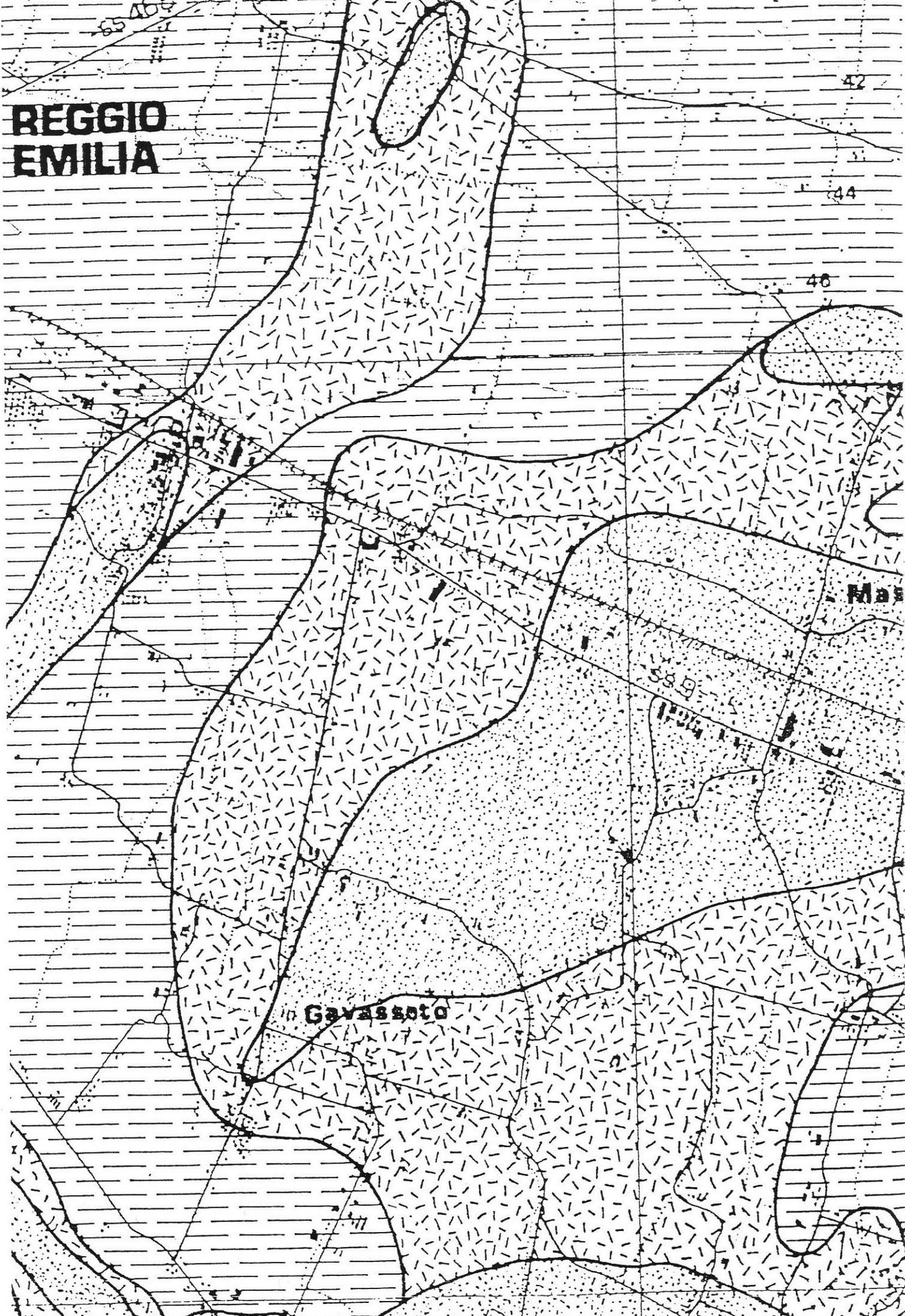


Ghiaie grossolane debolmente cementate con lenti
di sabbie e limi sabbiosi. Limi eolici (Loess)
dell' altopiano del Ghiardo. Riss



Conglomerati sabbioso-arenacei con clasti alterati.
Mindel

**REGGIO
EMILIA**



Gavassoto

42

44

48

Mas

539

4. METODOLOGIA D'INDAGINE

Le caratteristiche del terreno sono state determinate interpretando i dati ricavati da una indagine penetrometrica.

La penetrometria è stata effettuata avvalendosi di un penetrometro statico tipo Gouda da 10 t. La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$).

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico.

La punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono $\phi = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto $m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitando l'approfondimento.

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- $R_p \text{ (Kg/cm}^2\text{)} =$ resistenza alla punta (conica)
- $R_L \text{ (Kg/cm}^2\text{)} =$ resistenza laterale (manicotto)

(la resistenza alla punta R_p e la resistenza laterale R_L sono rilevate a intervalli regolari di 20 cm).

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto R_p/R_L fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di R_p e del rapporto $FR = (R_L/R_p) \%$ (esperienze di Schmertmann - 1978).

Sempre con riferimento alla prova penetrometrica statica CPT, nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata C_u , angolo di attrito interno efficace ϕ' , densità relativa D_r , modulo edometrico M_o , moduli di deformazione non drenato E_u e drenato E' , peso di volume Y , ecc.).

5. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI

L'indagine eseguita consente di ricostruire, per i vari strati, le caratteristiche litologiche ed i parametri geotecnici caratteristici:

Livello A

Strato che dal piano campagna, annettendo la coltre di riporto ed il sottostante terreno vegetale, si approfondisce sino a 3 m in argille, talora ad elevata componente organica e torbosa, con sottili livelli di limi sabbiosi e sabbie limose, con valori di:

$$\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.5 \text{ kg/cm}^2 = 49 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.1 \text{ kg/cm}^2 = 9.81 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 20 [^\circ]$$

$$M_o = 50 \text{ kg/cm}^2 = 4903 \text{ kPa}$$

$$E = 40 \text{ kg/cm}^2 = 3922 \text{ kPa}$$

Livello B

Da 3 m sino a 9 m vi sono argille ad elevata componente organica e torbosa con livelli di limi sabbiosi, con valori di:

$$\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.4 \text{ kg/cm}^2 = 39.22 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.08 \text{ kg/cm}^2 = 7.84 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 18 [^\circ]$$

$$M_o = 40 \text{ kg/cm}^2 = 3922 \text{ kPa}$$

$$E = 30 \text{ kg/cm}^2 = 2942 \text{ kPa}$$

Livello C

Oltre 9 m dal p.c., vi sono argille molto consistenti con livelli di limi sabbiosi e sabbie limose, con valori di:

$$\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2.0 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.8 \text{ kg/cm}^2 = 78.45 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.15 \text{ kg/cm}^2 = 14.71 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 22 [^\circ]$$

$$M_o = 70 \text{ kg/cm}^2 = 6864 \text{ kPa}$$

$$E = 60 \text{ kg/cm}^2 = 5883 \text{ kPa}$$

dove:

γ = peso di volume;

γ_{sat} = peso di volume saturo;

C_u = coesione non drenata;

c' = coesione efficace;

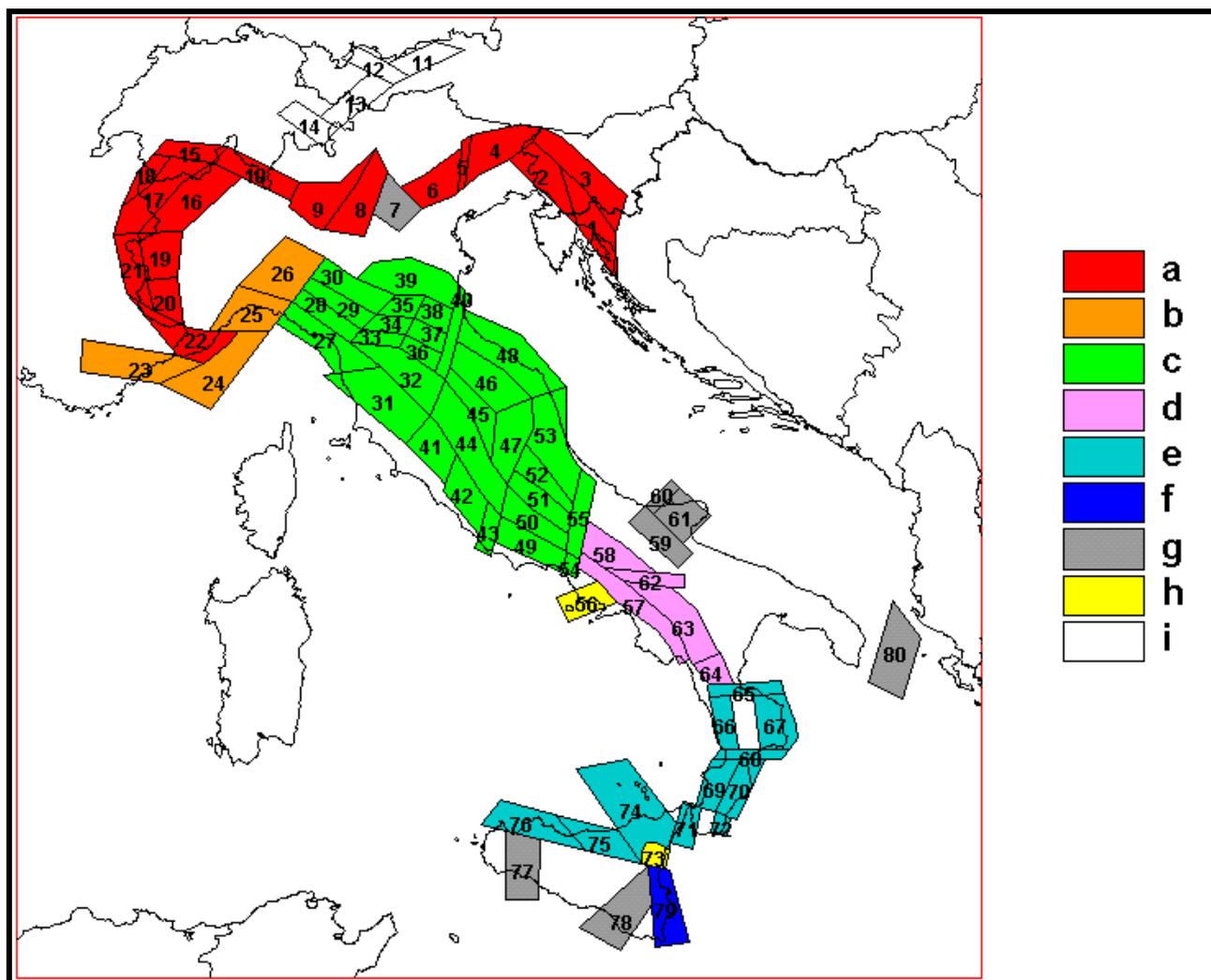
ϕ' = angolo di attrito;

M_o = modulo edometrico;

E = modulo elastico.

6. SISMICITÀ DELL'AREA

Per caratterizzare la sismicità dell'area si è fatto riferimento, oltre che alla normativa vigente, ai dati disponibili in letteratura ed in particolare ai lavori svolti dal GNDT del CNR (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti). Si è presa in considerazione la zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS4 (progetto di P. Scandone e M. Stucchi – marzo 1999 – cf. tav. seg.) che considera 80 sorgenti omogenee dal punto di vista strutturale e sismogenetico. Secondo questa suddivisione l'area oggetto di studio ricade nell'area 30, appartenente alla fascia padano-adriatica in compressione legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale secondo cui i meccanismi di rottura attesi sono di tipo thrust e strike-slip con assi di subduzione da SW a NE.



Attraverso elaborazioni probabilistiche il GNDT ha prodotto, per un tempo di ritorno di 475 anni (equivalente alla probabilità di superamento nell'arco temporale di 50 anni – vita media di un edificio), la zonazione del territorio italiano, come riportato in figura. Per la zona le accelerazioni orizzontali di picco attese sono state considerate, in accordo con quanto proposto dal GNDT, pari a $PGA = 0.15g$ (Peak Ground Acceleration).

L'intensità massima risentita nella zona, come risulta dai dati del catalogo del Servizio Sismico Nazionale, non ha superato in Reggio Emilia, in epoca storica, il valore del VII/VIII grado MCS. (cf. tabelle qui di seguito allegate).

Storia sismica di Reggio nell'Emilia (RE)
[44.697, 10.631]

Osservazioni disponibili: 80

Effetti	In occasione del terremoto:						Io	Mw	
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE		
8	-91						Modena-Reggio Emilia	8	5.66
8	1547	02	10	13	20		Reggio Emilia	7	5.21
7	1671	06	20				RUBIERA	7	5.34
7	1831	09	11	18	15		Reggiano	7-8	5.48
7	1832	03	13	03	30		Reggiano	7-8	5.59
6-7	1465	04	15	14	40		Reggio Emilia	6-7	5.03
6-7	1806	02	12				NOVELLARA	7	5.26
6-7	1811	07	15	22	44		SASSUOLO	7	5.24
6-7	1857	02	01				PARMENSE	6-7	5.26
6-7	1873	05	16	19	35		REGGIANO	6-7	5.13
6-7	1915	10	10	23	10		REGGIO EMILIA	6	5.01
6-7	1971	07	15	01	33	23	Parmense	7-8	5.61
6	1501	06	05	10			Appennino modenese	8-9	5.85
6	1505	01	03	02			Bologna	7	5.47
6	1591	05	24				REGGIO EMILIA	6	4.83
6	1608	01	06				REGGIO EMILIA	6	4.83
6	1810	12	25	45			NOVELLARA	7	5.28
6	1983	11	09	16	29	52	Parmense	6-7	5.10
6	1987	05	02	20	43	53	REGGIANO	6	5.05
6	1996	10	15	09	55	60	CORREGGIO	7	5.44
5-6	1222	12	25	11			Basso bresciano	8-9	6.05
5-6	1914	10	27	09	22		GARFAGNANA	7	5.79
5	1249	09	16	30			Modena	6-7	5.03
5	1485	09	01				PADOVA	5-6	4.68
5	1818	12	09	18	52		LANGHIRANO	7-8	5.57
5	1850	09	18	06	10		MODENA	6	4.83
5	1886	10	15	02	20		COLLECCHIO	6	4.83
5	1909	01	13	45			BASSA PADANA	6-7	5.53
5	1920	09	07	05	55	40	Garfagnana	9-10	6.48
4-5	1738	11	05	30			PARMA	7	5.40
4-5	1740	03	06	05	15		GARFAGNANA	7	5.18
4-5	1837	04	11	16	50		ALPI APUANE	9-10	5.65
4	1570	11	17	19	10		Ferrara	7-8	5.48
4	1843	10	25	03	22		VERNIO	7	5.22
4	1878	03	12	21	26		Bolognese	6	4.83
4	1889	03	08	02	47		BOLOGNA	6	4.83
4	1894	11	27				FRANCIACORTA	6-7	4.95

4	1901 10 30 14 49 58	Salo'	8	5.67
4	1939 10 15 14 05	GARFAGNANA	6-7	5.20
4	1950 05 06 03 43	REGGIANO	4	4.46
4	1967 12 30 04 19	BASSA PADANA	6	5.36
4	1972 10 25 21 56	PASSO CISA	5	4.95
4	1976 05 06 20	FRIULI	9-10	6.43
F	1399 07 20 23	Modenese	7	5.40
F	1624 03 18 19 45	Argenta	7-8	5.43
F	1695 02 25 05 30	Asolano	9-10	6.61
F	1881 01 24 16 04	Bolognese	6-7	5.14
F	1891 06 07 01 06 14	Valle d'Illasi	8-9	5.71
F	1904 02 25 18 47 50	Reggiano	6	5.13
F	1904 06 10 11 15 28	Frignano	6	5.08
F	1916 05 17 12 50	Alto Adriatico	8	5.85
3-4	1522 10 05 08	CREMONA	5-6	4.63
3-4	1885 02 26 20 48	SCANDIANO	6	5.22
3-4	1887 02 23 05 21 50	Liguria occidentale	9	6.29
3-4	1898 03 04	CALESTANO	6-7	5.07
3-4	1999 07 07 17 16 13	FRIGNANO	5	4.73
3	1834 02 14 13 15	ALTA LUNIGIANA	8-9	5.64
3	1834 07 04 35	ALTA LUNIGIANA	6-7	5.14
3	1864 03 15	ZOCCA	6-7	5.03
3	1870 10 30	MELDOLA	8	5.59
3	1913 11 25 20 55	VAL DI TARO	5	4.85
3	1919 06 29 15 06 13	Mugello	9	6.18
3	1951 05 15 22 54	LODIGIANO	6-7	5.24
3	1965 11 09 15 35	ALTA V. SECCHIA	5	5.01
3	1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	10	6.89
3	1997 09 26 09 40 25	Appennino umbro-marchigiano	8-9	6.05
2-3	1874 10 07	IMOLESE	7	4.99
2-3	1895 04 14 22 17	Slovenia	8	6.25
2-3	1986 12 06 17 07 19	BONDENO	6	4.56
2-3	1995 10 10 06 54 22	LUNIGIANA	7	5.04
2	1875 03 17 23 51	Romagna sud-orient.	8	5.74
NC	1346 02 22 11	Ferrara	7-8	5.81
NF	1984 04 29 05 02 59	GUBBIO/VALFABBRICA	7	5.68
NR	1323 02 25 19	Bologna	5-6	4.63

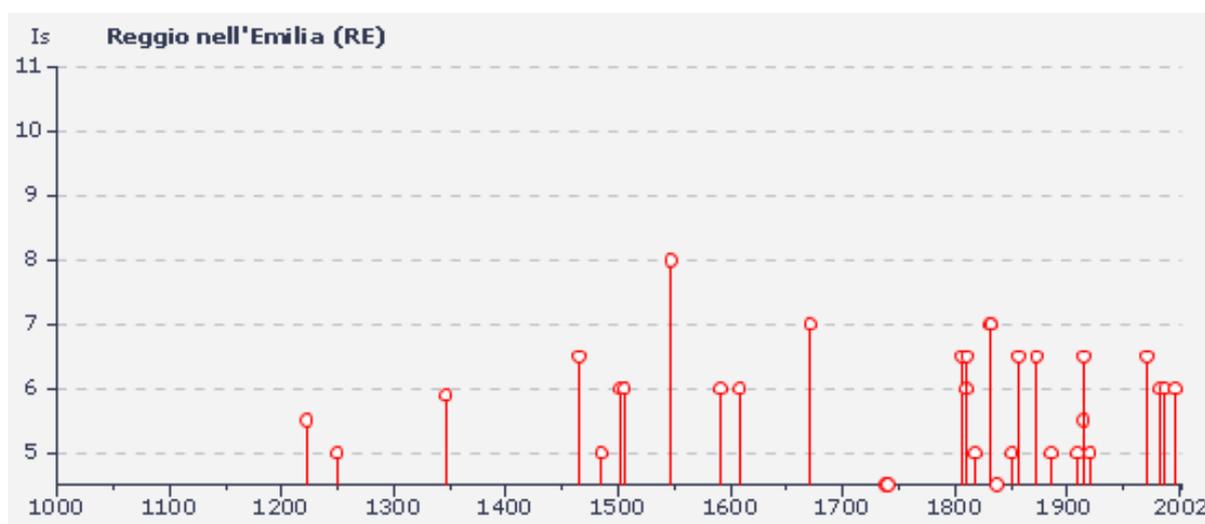
NR	1383 07 24 20	PARMA	5-6	4.63
NR	1409 11 15 11 15	Parma	6	4.83
NR	1438 06 11 20	Parmense	8	5.62
NR	1474 03 11 20 30	MODENA	6	4.89
NR	1628 11 04 15 15	PARMA	7	5.17
NR	1841 10 15 22	SANGUINETTO	6	4.83

Intendendo:

I_s = Intensità al sito (MCS)

I_o = Intensità epicentrale (MCS)

M_w = Magnitudo



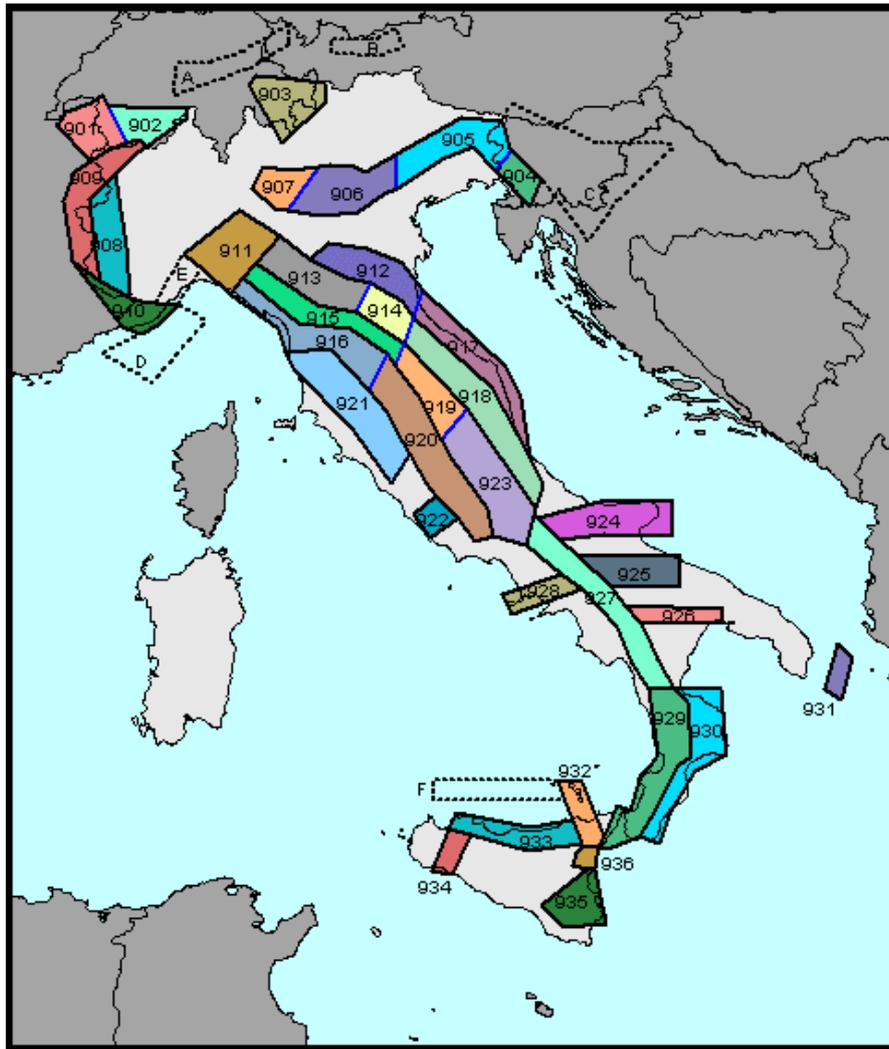
eventi sismici nel rapporto tra anni (ascisse) ed intensità sismica (ordinate)

L'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 ha aggiornato la normativa sismica, con l'attribuzione, alle diverse località del territorio nazionale, di un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento di accelerazione al suolo.

Il territorio del comune di Reggio nell'Emilia, secondo la nuova zonazione sismogenetica ZS9 (progetto a cura di C. Meletti e G. Valensise del marzo 2004) è incluso nella zona 913, al passaggio, verso settentrione, con la zona 912 (cf. tavola nella pagina seguente). In base a questa nuova zonazione, il territorio in esame (secondo la precedente classificazione non classificato), è stato inserito in zona Z3 a bassa sismicità.

Come espressamente specificato al punto 2.4 della circolare n° 1677/2005 (prot. GEO/05/87449) emanata in data 24/10/2005 dalla Giunta della Regione Emilia Romagna, ai fini della determinazione delle azioni sismiche, può essere assegnato, a zone come questa di bassa sismicità, un valore (a_g/g), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, pari a 0.15.

Più precisamente, al comune di Reggio nell'Emilia, l'allegato 4 dell'Assemblea Legislativa n° 2131 – prot. n° 8511 del 2 maggio 2007, assegna il valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), di 0.157.



Zonazione sismogenetica ZS9

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le modifiche ed integrazioni dell'Ordinanza propongono una caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo. In base alla velocità delle onde di taglio, mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{S30}), vengono individuate cinque categorie (A – B – C – D – E), più altre due speciali (S1 e S2).

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa è stato utilizzato un sondaggio sismico passivo HVSR, effettuato in un terreno limitrofo. La prova, nota semplicemente con il nome H/V, fu sperimentata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi nel 1970 ma è stata poi diffusa successivamente, nel 1989, da Nakamura (infatti la prova viene anche definita come metodo di Nakamura).

L'indagine consiste in una valutazione sperimentale del rapporto di ampiezza esistente tra la media delle componenti orizzontali e di quella verticale delle vibrazioni ambientali (sismica passiva), misurate in un determinato punto della superficie terrestre tramite un velocimetro triassiale (due orizzontali perpendicolari tra loro ed una verticale).

Quanto detto, giustifica la definizione della metodologia e cioè prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) oppure HVSNR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio).

Le vibrazioni misurate sono i cosiddetti microtremori e sono l'effetto di una serie di sorgenti le quali sono attive per una molteplicità di frequenze, anche se quelle che interessano a fini ingegneristici sono generalmente quelle comprese nell'intervallo 0,5 – 20 Hz. Le principali sorgenti sono sia di origine antropica (traffico veicolare, attività industriale, rumore urbano in genere) che naturale (onde marine, perturbazioni atmosferiche, cicloni oceanici, tremori vulcanici). Durante

l'acquisizione dei dati vanno rispettate una precisa metodologia ed alcune accortezze per fare in modo che il dato sia statisticamente corretto.

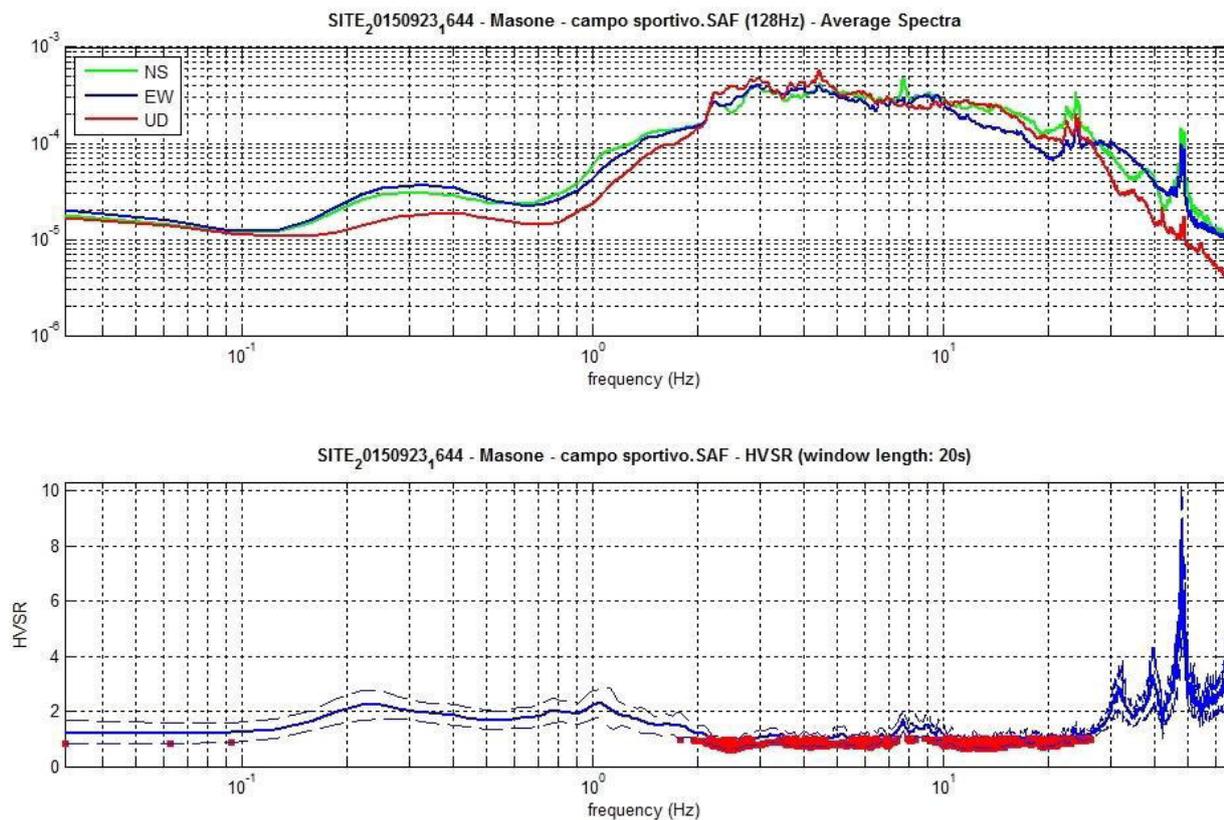
Questa metodologia a stazione singola del microtremore sismico consente la misura della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo e degli edifici, oltre che la stima, in maniera rapida, della stratigrafia superficiale e del Vs30, così come richiesto dalle normative antisismiche vigenti.

Le misure sono state effettuate con uno strumento denominato Gemini 2 prodotto dalla ditta Pasi di Torino. Il Gemini 2 è un acquirente dati HVSR costituito da una terna di geofoni con frequenza di risonanza di 2 Hz, accoppiati sia meccanicamente che elettricamente e da un acquirente di dati a 24 bit reali appositamente progettato. Per il suo funzionamento in campagna il Gemini 2 viene collegato ad un computer portatile tramite un'interfaccia USB.

I tre geofoni interni sono orientati secondo una terna di assi cartesiani, assumendo la convenzione descritta nelle linee guida del Progetto S.E.S.A.M.E.: l'asse Z corrisponde al geofono verticale (direzione Up-Down), l'asse X e l'asse Y corrispondono rispettivamente al geofono orizzontale (direzione East-West) e al geofono orizzontale (direzione North-South).

La misurazione, della durata di trenta minuti pari a 200 Hz, è stata eseguita utilizzando il software WinHVSR, prodotto dalla ditta Eliosoft.

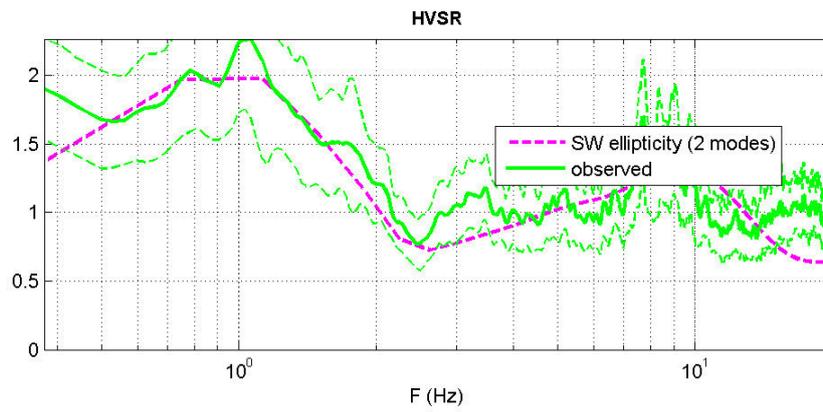
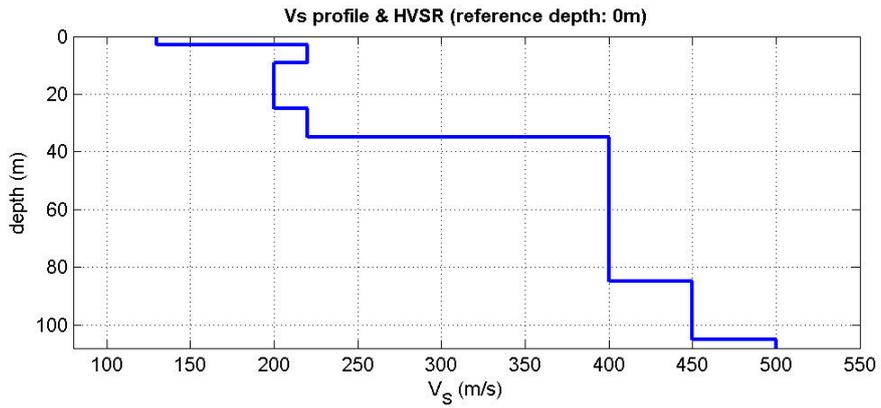
In base all'elaborazione dei dati di campagna sono stati ottenuti i seguenti risultati:



In the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 1.1 (± 5.0)

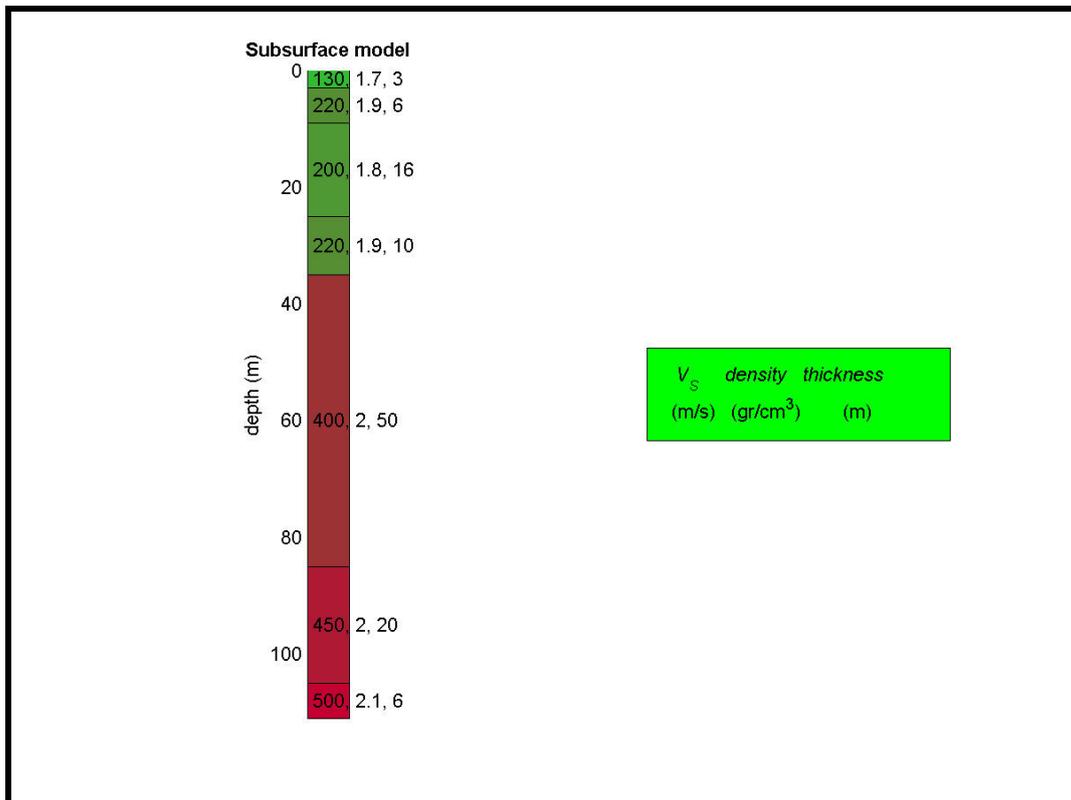
Peak HVSR value: 2.3 (± 0.7)



Mean model

Vs (m/s): 130 220 200 220 400 450 500

Thickness (m): 3.0, 6.0, 16.0, 10.0, 50.0, 20.0



Sono stati presi in considerazione quattro strati a cui è stata attribuita la velocità delle onde di taglio S (V_s) ed il rispettivo spessore (d):

1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO
$V_s = 130 \text{ m/s}$	$V_s = 220 \text{ m/s}$	$V_s = 200 \text{ m/s}$	$V_s = 220 \text{ m/s}$
$d = 3.0 \text{ m}$	$d = 6.0 \text{ m}$	$d = 16.0 \text{ m}$	$d = 5.0 \text{ m}$

La valutazione del valore V_{s30} viene ottenuta mediante l'utilizzo della seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato i esimo, m

v_i = velocità onde di taglio strato i esimo, m/s

ottenendo:

$$V_{s30} = 196 \text{ m/s}$$

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, viste le caratteristiche del primo sottosuolo, il suolo di fondazione può essere pertanto assimilato alla categoria C di azione sismica “*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_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

7. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 recante le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, che recepisce quanto già riportato nell’Ordinanza 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche, definisce i criteri antisismici generali, precisando le azioni che devono essere impiegate in fase progettuale per la sicurezza strutturale delle opere.

L’azione sismica sulle costruzioni è valutata partendo da una “pericolosità sismica di base”, derivata da studi eseguiti a livello nazionale e definita sulla base di condizioni ideali in superficie di suolo rigido e topografia orizzontale.

Le Azioni di progetto, per un suolo rigido orizzontale, vengono ricavate in funzione di tre parametri:

a_g = accelerazione orizzontale massima

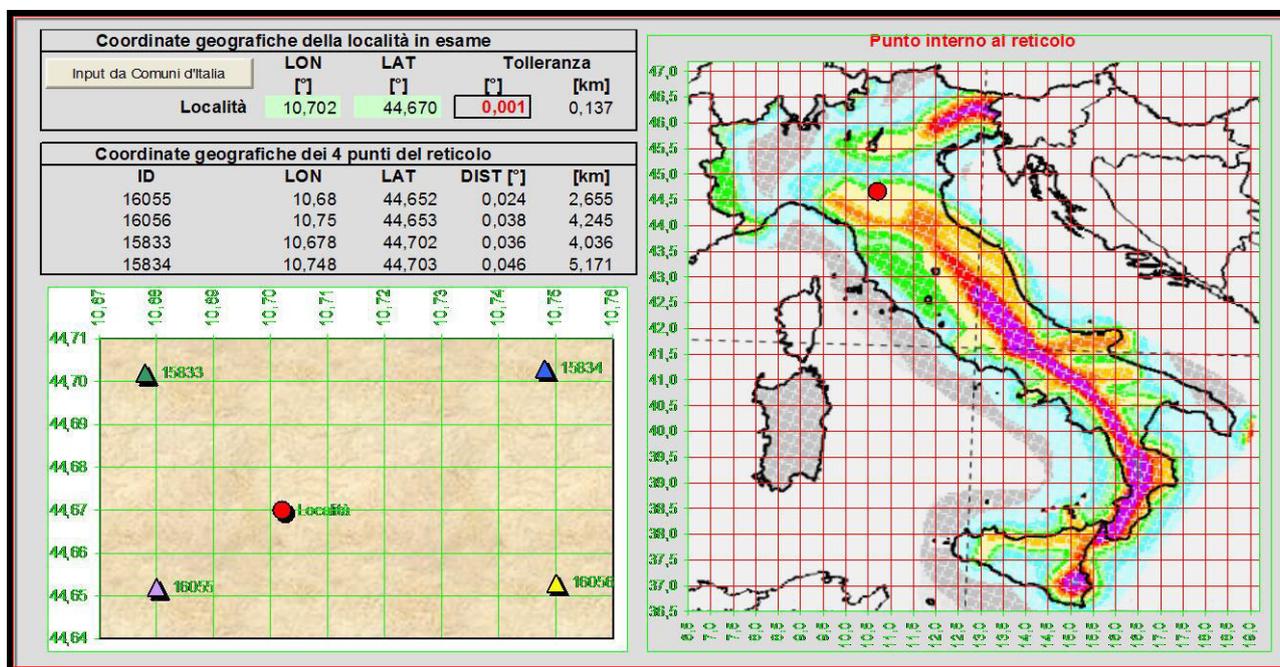
F_0 = fattore di amplificazione massimo dello spettro in accelerazione orizzontale

T_c^* = periodo inizio tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono inoltre definiti secondo termini probabilistici differenti, con periodi di ritorno TR di 30, 50, 475, 975 anni; per tale motivo, ai fini progettuali, occorre fissare la vita di riferimento VR della costruzione e la probabilità di superamento associata a ciascuno degli stati limite considerati.

I valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per la definizione dell’Azione Sismica possono essere calcolati mediante l’utilizzo del programma di calcolo “Calcolo Spettro Sismico”, ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

I primi dati ad essere stati introdotti nel programma sono le coordinate geografiche (latitudine 44.670 e longitudine 10.702) del sito di riferimento (vedi figura in allegato).



Come si può visualizzare nella tabella sottostante, per ottenere gli spettri di risposta sismica locale, sono stati inoltre introdotti i valori della vita della struttura e le caratteristiche sismiche del terreno.

VITA DELLA STRUTTURA										
Vita nominale	V_N	50	[anni]							
Classe d'uso	C_U	II								
Vita di riferimento	V_R	50	[anni]							
CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO										
Topografia		T1								
Coeff. topografico	S_T	1,0								
Categoria suolo		C								
SL	P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_c^*	S	T_b	T_c	T_D	F_v
sle Operatività	81%	30	0,484	2,47	0,25	1,50	0,14	0,41	1,79	0,73
sle Danno	63%	50	0,602	2,50	0,26	1,50	0,14	0,43	1,84	0,83
slu Salv. Vita	10%	475	1,596	2,38	0,29	1,47	0,15	0,46	2,24	1,28
slu Collasso	5%	975	2,057	2,40	0,30	1,40	0,16	0,47	2,42	1,47

I valori dei principali parametri sismici (a_g , F_o , T_c^*) riferiti all'area in oggetto al $T_R = 475$ anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita esplicitati sono:

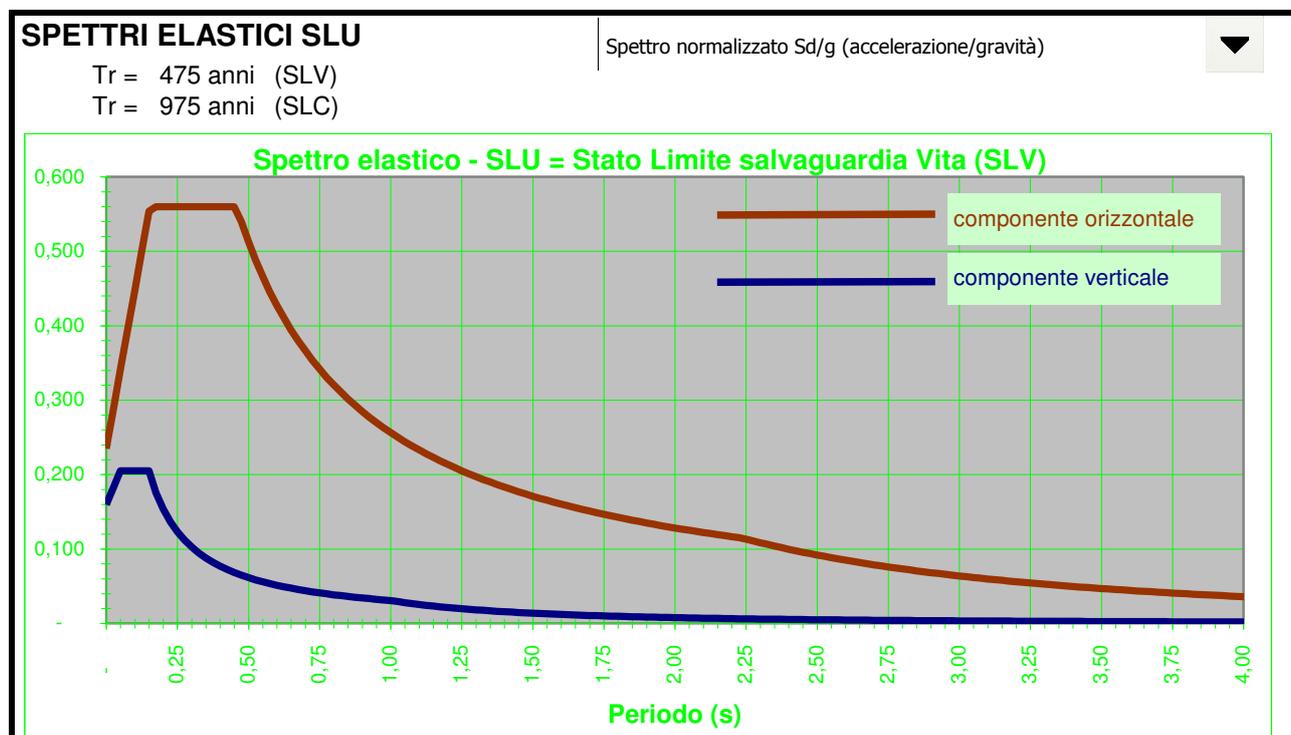
$$a_g = a_g/g = 1.596 / 9.81 = 0.162$$

$$F_o = 2.38$$

$$T_c^* = 0.29$$

Elaborando i dati forniti, il programma di calcolo ha prodotto gli spettri di risposta elastica necessari per definire gli stati limite ultimo.

Nella fattispecie è stato ottenuto il grafico degli spettri elastici SLU:



In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

in cui:

S_s = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica;

S_t = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica;

a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s

Categoria sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Nel caso in esame potrà essere assunto:

VN 50 anni - Classe d'Uso II

Stato limite SLV e TR = 475 anni (Paragrafo 7.1 D.M. 14.01.2008):

$S_s = 1.47$ - Categoria sottosuolo C

$S_t = 1.0$ - Categoria topografica T1

$a_g = 0.162 \cdot g$

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.47 \cdot 1.0 \cdot 0.162 = 0.238 \cdot g.$$

8. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Con il termine liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DAL 112/2007 e dai punti 7.11.3.4.2. e C7.11.3.4.2. delle NTC 2008, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno. La verifica (cf. tabelle, diagrammi e profili proposti in allegato) è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson e Wride (1997), che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche.

Pur avendo l'indagine penetrometrica accertato, nei primi metri dal piano campagna, la presenza di livelli di limi sabbiosi e sabbie limose che si alternano alle argille, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LIQUITER della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione molto basso.

CPT1

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento I _c	Correzione per la pressione litostatica efficace C _q	Resistenza alla punta corretta qc ₁ (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Rischio
2.60	50.986	49.025	38.275	3.839	2.611	1.7	129.376	0.980	0.281	0.094	3.009	non suscettibile	Molto basso
2.80	55.052	51.129	37.088	3.847	2.621	1.653855	128.311	0.979	0.276	0.097	2.860	non suscettibile	Molto basso
3.00	59.118	53.234	35.982	3.854	2.631	1.604568	126.820	0.977	0.270	0.100	2.710	non suscettibile	Molto basso
3.20	62.872	55.027	16.442	7.013	3.058	1.7	121.852	0.976	0.248	0.102	2.428	non suscettibile	Molto basso
3.40	66.626	56.819	15.857	7.042	3.070	1.7	124.388	0.974	0.259	0.105	2.472	non suscettibile	Molto basso
3.60	70.380	58.612	15.308	7.072	3.083	1.7	126.905	0.972	0.270	0.107	2.521	non suscettibile	Molto basso
3.80	74.134	60.405	14.792	7.101	3.095	1.655501	126.016	0.971	0.266	0.109	2.435	non suscettibile	Molto basso
4.00	77.888	62.197	14.305	7.131	3.107	1.607785	124.731	0.969	0.260	0.111	2.339	non suscettibile	Molto basso
4.20	81.642	63.990	13.846	7.162	3.119	1.562744	123.503	0.968	0.255	0.113	2.253	non suscettibile	Molto basso
4.40	85.396	65.783	13.411	7.192	3.131	1.520157	122.328	0.966	0.250	0.115	2.175	non suscettibile	Molto basso
4.60	89.150	67.575	13.000	7.223	3.142	1.479829	121.204	0.965	0.246	0.117	2.103	non suscettibile	Molto basso
4.80	92.904	69.368	12.610	7.254	3.153	1.441586	120.125	0.963	0.241	0.118	2.038	non suscettibile	Molto basso
5.00	96.658	71.161	12.239	7.285	3.164	1.40527	119.091	0.962	0.237	0.120	1.978	non suscettibile	Molto basso
5.20	100.412	72.953	11.887	7.317	3.175	1.370739	118.098	0.960	0.233	0.121	1.923	non suscettibile	Molto basso
5.40	104.166	74.746	11.552	7.348	3.186	1.337863	117.143	0.959	0.229	0.123	1.873	non suscettibile	Molto basso
5.60	107.920	76.539	11.232	7.380	3.196	1.306528	116.225	0.957	0.226	0.124	1.826	non suscettibile	Molto basso
5.80	111.674	78.331	10.927	7.413	3.206	1.276627	115.341	0.956	0.223	0.125	1.782	non suscettibile	Molto basso
6.00	115.428	80.124	10.636	7.446	3.216	1.248065	114.490	0.954	0.220	0.126	1.741	non suscettibile	Molto basso

6.20	119.182	81.917	10.357	7.478	3.226	1.220752	113.669	0.953	0.217	0.127	1.704	non suscettibile	Molto basso
6.40	122.936	83.709	10.091	7.512	3.236	1.194609	112.878	0.951	0.214	0.128	1.668	non suscettibile	Molto basso
6.60	126.690	85.502	9.835	7.545	3.246	1.169562	112.114	0.950	0.211	0.129	1.635	non suscettibile	Molto basso
6.80	130.444	87.295	9.590	7.579	3.256	1.145544	111.377	0.948	0.208	0.130	1.605	non suscettibile	Molto basso
7.00	134.198	89.087	9.355	7.613	3.265	1.122493	110.665	0.946	0.206	0.131	1.576	non suscettibile	Molto basso
7.20	137.952	90.880	9.129	7.648	3.275	1.100351	109.977	0.945	0.204	0.132	1.548	non suscettibile	Molto basso
7.40	141.706	92.673	8.912	7.682	3.284	1.079066	109.312	0.943	0.201	0.132	1.523	non suscettibile	Molto basso
7.60	145.460	94.465	8.703	7.717	3.293	1.058589	108.669	0.942	0.199	0.133	1.498	non suscettibile	Molto basso
7.80	149.214	96.258	8.502	7.753	3.302	1.038874	108.046	0.940	0.197	0.134	1.476	non suscettibile	Molto basso
8.00	152.968	98.051	8.308	7.789	3.311	1.01988	107.443	0.939	0.195	0.134	1.454	non suscettibile	Molto basso
8.20	156.722	99.843	8.122	7.825	3.320	1.001568	106.860	0.937	0.193	0.135	1.434	non suscettibile	Molto basso
8.40	160.476	101.636	7.942	7.861	3.329	0.9839024	106.294	0.936	0.192	0.136	1.414	non suscettibile	Molto basso
8.60	164.230	103.429	7.768	7.898	3.337	0.9668489	105.746	0.934	0.190	0.136	1.396	non suscettibile	Molto basso
8.80	167.984	105.222	7.600	7.935	3.346	0.9503766	105.216	0.933	0.188	0.137	1.379	non suscettibile	Molto basso
9.00	171.738	107.014	7.437	7.972	3.355	0.9344562	104.701	0.931	0.187	0.137	1.362	non suscettibile	Molto basso
9.20	175.738	109.053	7.240	8.010	3.364	0.9191871	104.200	0.929	0.186	0.137	1.346	non suscettibile	Molto basso
9.40	179.738	111.092	7.065	8.049	3.373	0.9045220	103.712	0.927	0.185	0.137	1.331	non suscettibile	Molto basso
9.60	183.738	113.130	6.902	8.089	3.382	0.8904519	103.236	0.925	0.184	0.137	1.317	non suscettibile	Molto basso
9.80	187.738	115.169	6.750	8.130	3.391	0.8769768	102.771	0.923	0.183	0.136	1.304	non suscettibile	Molto basso
10.00	191.738	117.208	6.600	8.172	3.400	0.8641067	102.316	0.921	0.182	0.136	1.292	non suscettibile	Molto basso
10.20	195.738	119.246	6.460	8.215	3.409	0.8518416	101.871	0.919	0.181	0.136	1.281	non suscettibile	Molto basso
10.40	199.738	121.285	6.330	8.259	3.418	0.8401815	101.436	0.917	0.180	0.135	1.271	non suscettibile	Molto basso
10.60	203.738	123.324	6.210	8.304	3.427	0.8291264	101.011	0.915	0.179	0.135	1.262	non suscettibile	Molto basso
10.80	207.738	125.362	6.100	8.350	3.436	0.8186763	100.596	0.913	0.178	0.135	1.254	non suscettibile	Molto basso
11.00	211.738	127.401	6.000	8.397	3.445	0.8088312	100.191	0.911	0.177	0.134	1.247	non suscettibile	Molto basso
11.20	215.738	129.440	5.910	8.445	3.454	0.8000011	99.796	0.909	0.176	0.134	1.241	non suscettibile	Molto basso
11.40	219.738	131.478	5.830	8.494	3.463	0.7921860	99.411	0.907	0.175	0.133	1.236	non suscettibile	Molto basso
11.60	223.738	133.517	5.760	8.544	3.472	0.7852859	99.036	0.905	0.174	0.133	1.232	non suscettibile	Molto basso
11.80	227.738	135.556	5.700	8.595	3.481	0.7792008	98.671	0.903	0.173	0.132	1.229	non suscettibile	Molto basso
12.00	231.738	137.594	5.650	8.647	3.490	0.7739307	98.316	0.901	0.172	0.132	1.227	non suscettibile	Molto basso
12.20	235.738	139.633	5.610	8.700	3.499	0.7693756	97.971	0.899	0.171	0.131	1.226	non suscettibile	Molto basso
12.40	239.738	141.672	5.580	8.754	3.508	0.7654355	97.636	0.897	0.170	0.131	1.226	non suscettibile	Molto basso
12.60	243.738	143.710	5.560	8.809	3.517	0.7621104	97.311	0.895	0.169	0.130	1.227	non suscettibile	Molto basso
12.80	247.738	145.749	5.560	8.865	3.526	0.7593953	97.006	0.893	0.168	0.130	1.229	non suscettibile	Molto basso
13.00	251.738	147.788	5.570	8.922	3.535	0.7571902	96.721	0.891	0.167	0.129	1.232	non suscettibile	Molto basso
13.20	255.738	149.826	5.590	8.980	3.544	0.7554851	96.456	0.889	0.166	0.129	1.236	non suscettibile	Molto basso

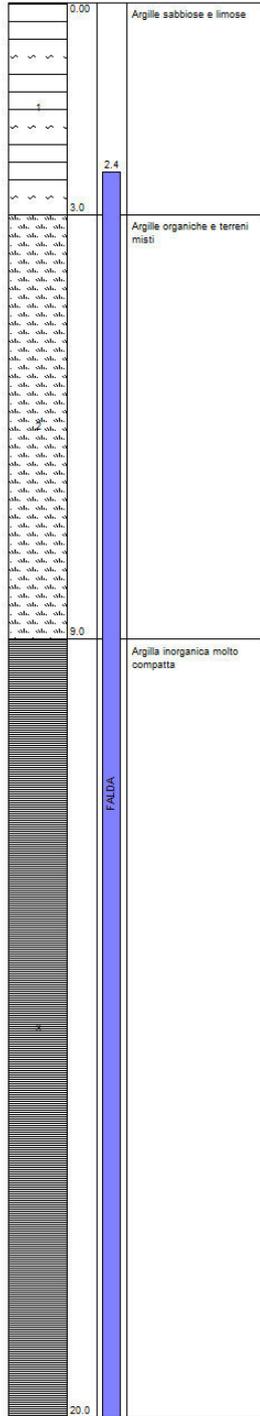
13.40	259.738	151.865	11.956	6.881	3.156	0.6584802	118.131	0.816	0.233	0.128	1.822	non suscettibile	Molto basso
13.60	263.738	153.904	11.772	6.896	3.161	0.6497577	117.600	0.811	0.231	0.127	1.814	non suscettibile	Molto basso
13.80	267.738	155.942	11.592	6.911	3.167	0.6412632	117.080	0.806	0.229	0.127	1.807	non suscettibile	Molto basso
14.00	271.738	157.981	11.417	6.927	3.173	0.632988	116.571	0.800	0.227	0.126	1.800	non suscettibile	Molto basso
14.20	275.738	160.020	11.247	6.942	3.178	0.6249237	116.073	0.795	0.225	0.126	1.794	non suscettibile	Molto basso
14.40	279.738	162.058	11.081	6.958	3.184	0.6170622	115.584	0.790	0.224	0.125	1.789	non suscettibile	Molto basso
14.60	283.738	164.097	10.919	6.973	3.189	0.6093962	115.105	0.784	0.222	0.124	1.784	non suscettibile	Molto basso
14.80	287.738	166.136	10.761	6.989	3.195	0.6019182	114.636	0.779	0.220	0.124	1.779	non suscettibile	Molto basso
15.00	291.738	168.174	10.607	7.004	3.200	0.5946214	114.175	0.774	0.218	0.123	1.775	non suscettibile	Molto basso
15.20	295.738	170.213	10.456	7.020	3.206	0.5874996	113.724	0.768	0.217	0.122	1.771	non suscettibile	Molto basso
15.40	299.738	172.252	10.309	7.036	3.211	0.5805463	113.282	0.763	0.215	0.122	1.767	non suscettibile	Molto basso
15.60	303.738	174.290	10.165	7.052	3.216	0.5737556	112.847	0.757	0.214	0.121	1.764	non suscettibile	Molto basso
15.80	307.738	176.329	10.025	7.068	3.221	0.567122	112.421	0.752	0.212	0.120	1.762	non suscettibile	Molto basso
16.00	311.738	178.368	9.888	7.084	3.227	0.56064	112.003	0.747	0.211	0.120	1.760	non suscettibile	Molto basso
16.20	315.738	180.406	9.754	7.100	3.232	0.5543045	111.593	0.741	0.209	0.119	1.758	non suscettibile	Molto basso
16.40	319.738	182.445	9.623	7.116	3.237	0.5481107	111.190	0.736	0.208	0.118	1.756	non suscettibile	Molto basso
16.60	323.738	184.484	9.495	7.132	3.242	0.5420537	110.795	0.731	0.206	0.118	1.755	non suscettibile	Molto basso
16.80	327.738	186.522	9.370	7.149	3.247	0.5361291	110.407	0.725	0.205	0.117	1.755	non suscettibile	Molto basso
17.00	331.738	188.561	9.248	7.165	3.252	0.5303326	110.026	0.720	0.204	0.116	1.754	non suscettibile	Molto basso
17.20	335.738	190.600	9.128	7.182	3.257	0.5246601	109.651	0.715	0.203	0.115	1.754	non suscettibile	Molto basso
17.40	339.738	192.638	9.010	7.198	3.262	0.5191077	109.283	0.709	0.201	0.115	1.755	non suscettibile	Molto basso
17.60	343.738	194.677	8.895	7.215	3.267	0.5136716	108.922	0.704	0.200	0.114	1.755	non suscettibile	Molto basso
17.80	347.738	196.716	8.783	7.231	3.272	0.5083482	108.567	0.699	0.199	0.113	1.756	non suscettibile	Molto basso
18.00	351.738	198.754	8.673	7.248	3.277	0.5031338	108.218	0.693	0.198	0.113	1.758	non suscettibile	Molto basso
18.20	355.738	200.793	8.565	7.265	3.282	0.4980254	107.875	0.688	0.197	0.112	1.760	non suscettibile	Molto basso
18.40	359.738	202.832	8.459	7.282	3.286	0.4930198	107.538	0.683	0.196	0.111	1.762	non suscettibile	Molto basso
18.60	363.738	204.870	8.355	7.299	3.291	0.4881138	107.207	0.677	0.195	0.110	1.764	non suscettibile	Molto basso
18.80	367.738	206.909	8.254	7.316	3.296	0.4833044	106.881	0.672	0.194	0.110	1.767	non suscettibile	Molto basso
19.00	371.738	208.948	8.154	7.333	3.301	0.4785888	106.561	0.667	0.193	0.109	1.770	non suscettibile	Molto basso
19.20	375.738	210.986	8.056	7.351	3.305	0.4739644	106.246	0.661	0.192	0.108	1.773	non suscettibile	Molto basso
19.40	379.738	213.025	7.960	7.368	3.310	0.4694285	105.936	0.656	0.191	0.107	1.776	non suscettibile	Molto basso
19.60	383.738	215.064	7.866	7.385	3.315	0.4649787	105.631	0.651	0.190	0.106	1.780	non suscettibile	Molto basso
19.80	387.738	217.102	7.774	7.403	3.319	0.4606124	105.331	0.645	0.189	0.106	1.785	non suscettibile	Molto basso
20.00	391.738	219.141	7.683	7.420	3.324	0.4563273	105.037	0.640	0.188	0.105	1.789	non suscettibile	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

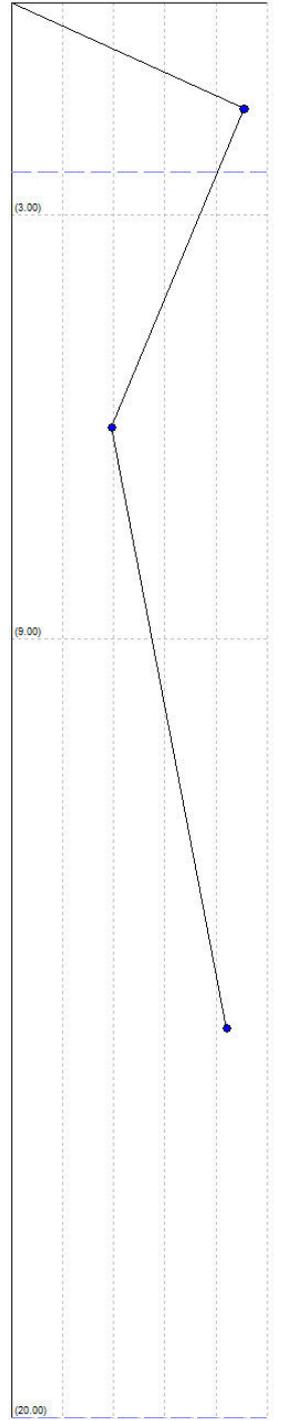
<FIELD1>
 <FIELD2>
 <FIELD3>
 <FIELD4>

1:83

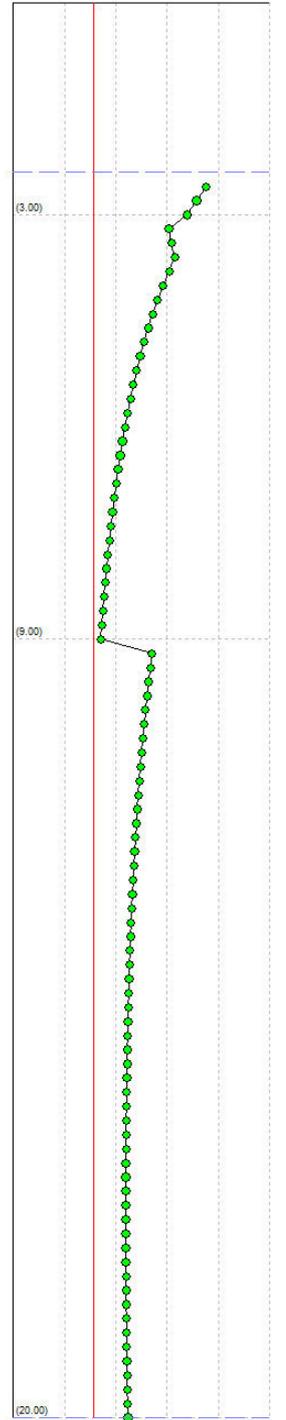
Colonna stratigrafica



Ge (kPa)



Fattore di sicurezza Fs



9. ANALISI GEOTECNICA

Il modello geotecnico schematizza le condizioni stratigrafiche e fisico-meccaniche dei terreni compresi nel volume significativo influenzato dalle strutture in progetto.

Ne deriva che il tipo di fondazione è subordinata ai calcoli ingegneristici competenti al progettista desunti da una stima mediata, ragionata e cautelativa dei parametri geotecnici attribuiti ai vari strati. In questa fase è tuttavia possibile avanzare alcune previsioni ed indicazioni in merito, sulla base delle risultanze di indagini geognostiche e della distribuzione ed entità dei carichi al suolo che, viste le caratteristiche della struttura in progetto, si possono ragionevolmente ipotizzare.

In conformità con quanto prescritto dal D.M. 14/01/08, coordinato con la Circolare esplicativa n° 617 del 02/02/09 si può pertanto procedere, in via indicativa, utilizzando l'approccio 2 combinazione (A1 + M1 + R3), alla determinazione dello stato limite ultimo (SLU).

Sulla base delle indicazioni del Tecnico Strutturista, si ritiene opportuno che il fabbricato venga posizionato su una platea di fondazione di dimensioni 11 m x 12 m con base d'appoggio impostata alla profondità di 0.5 m dalla quota attuale del piano campagna.

È in quest'ottica che si può pertanto procedere al seguente calcolo della capacità portante e dei cedimenti del terreno.

CALCOLO PORTANZA E CEDIMENTI DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Norme tecniche per le Costruzioni 2008

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.

Eurocodice 7

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

Eurocodice 8

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	11.0 m
Lunghezza fondazione	12.0 m
Profondità piano di posa	0.5 m
Profondità falda	2.4 m

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.235
Effetto sismico secondo Paolucci e Pecker (1997)	
Coefficiente sismico orizzontale	0.0565

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.47	2.47	0.25
S.L.D.	50.0	0.59	2.5	0.27
S.L.V.	475.0	1.57	2.38	0.29
S.L.C.	975.0	2.02	2.4	0.3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.705	0.2	0.0144	0.0072
S.L.D.	0.885	0.2	0.0181	0.009
S.L.V.	2.31	0.24	0.0565	0.0283
S.L.C.	2.8348	0.28	0.0809	0.0405

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m ²]	Coesione non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]
3.0	18.14	19.12	20.0	9.81	49.0	3922.0	4903.0
6.0	18.14	19.12	18.0	7.84	39.22	2942.0	3922.0
11.0	18.63	19.61	22.0	14.71	78.45	5883.0	6864.0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler

12284.17 kN/m³

APPROCCIO 2 – COMBINAZIONE A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore [Ng]	0.0
Fattore forma [Sc]	1.18
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	307.1 kN/m ²
Resistenza di progetto	133.52 kN/m ²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

CEDIMENTI PER OGNI STRATO

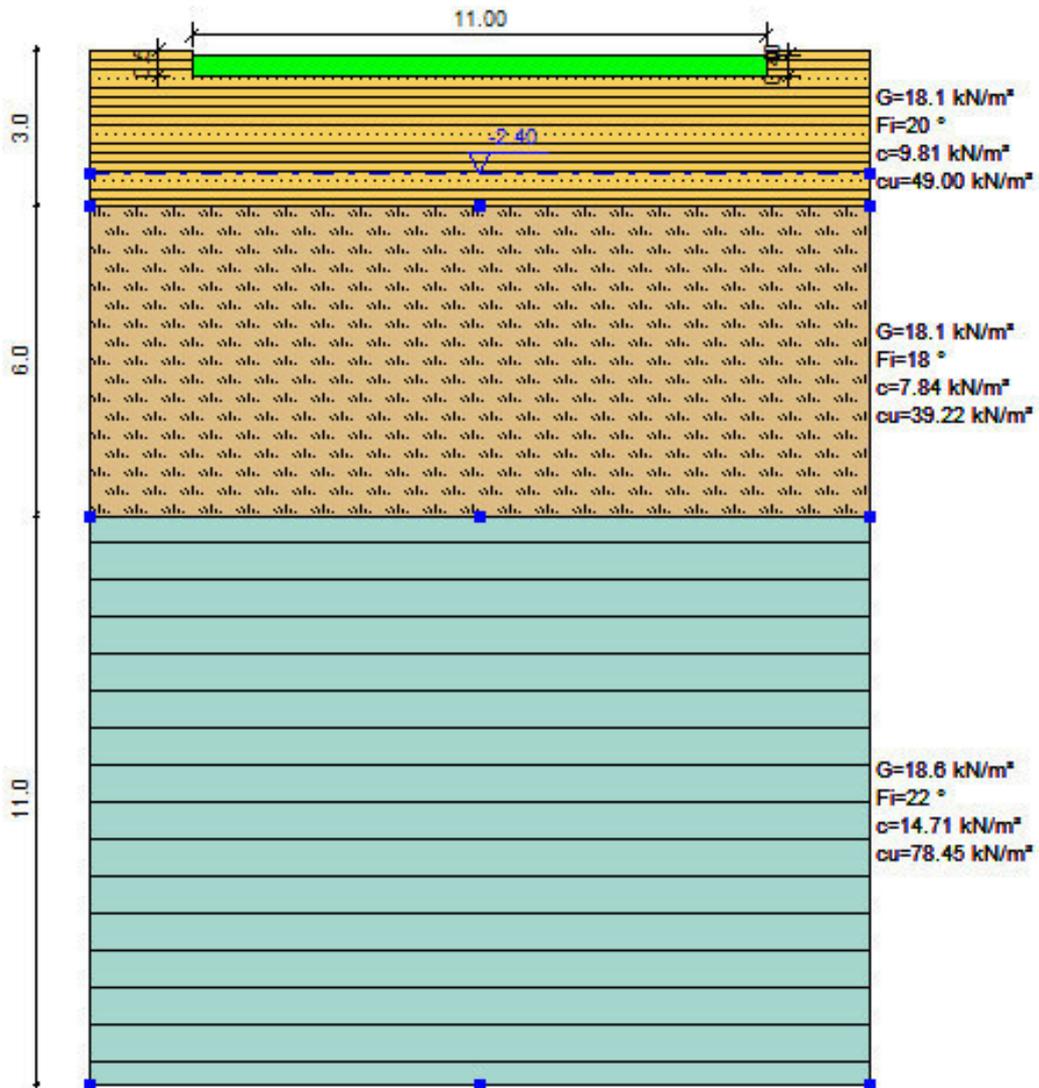
Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi

Pressione normale di progetto	30.0 kN/m ²
Cedimento totale	2.52 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m ²)	Dp (kN/m ²)	Metodo	Wt (cm)
1	1.75	31.745	11.158	Edometrico	0.57
2	6	77.063	8.564	Edometrico	1.31
3	14.5	158.918	3.981	Edometrico	0.64

MODELLO STRATIGRAFICO DEL PRIMO SOTTOSUOLO



10. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'indagine penetrometrica statica, appositamente realizzata per accertare la reale natura del primo sottosuolo, ha riscontrato, nei primi 9 m, una preponderanza di limi ed argille ad elevata componente organica e torbosa a cui si alternano sottili livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie. Oltre 9 m, il deposito si caratterizza poi per la presenza di argille molto consistenti intervallate da sottili livelli di limi sabbiosi.

In base alle risultanze di un'apposita indagine geofisica passiva HVSR, per il terreno sono stati ottenuti valori di picco della frequenza di risonanza (Peak frequency - Hz) di 0.8 e del rapporto spettrale tra le componenti del moto orizzontale e verticale (Peak HVSR value) di 1.8.

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, sulla base delle risultanze del sondaggio sismico passivo HVSR, che ha consentito di stimare il valore delle V_{s30} in 262 m/sec, il suolo di fondazione può essere assimilato alla categoria C di azione sismica "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_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Mediante l'utilizzo di un apposito programma per il "Calcolo dello Spettro Sismico", ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito, si è proceduto poi al calcolo del valore dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per la definizione dell'Azione Sismica locale. Riferiti all'area in oggetto, al TR = 475 anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita, sono stati ottenuti i seguenti valori: $a_g/g = 1.596 / 9.81 = 0.162$; $F_0 = 2.38$; $T_c^* = 0.29$.

Elaborando i dati, il programma ha prodotto gli spettri elastici SLU; è stata inoltre calcolata l'accelerazione massima attesa al sito di $a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.47 \cdot 1.0 \cdot 0.162 = 0.238 \cdot g$.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DAL 112/2007 e dai punti 7.11.3.4.2. e C7.11.3.4.2. delle NTC 2008, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno.

La verifica (cf. tabelle, diagrammi e profili proposti in allegato) è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson e Wride (1997), che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche.

Pur avendo l'indagine penetrometrica accertato, nei primi metri dal piano campagna, la presenza di livelli di limi sabbiosi e sabbie limose che si alternano alle argille, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LIQUITER della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione molto basso.

Sulla base dei parametri geomeccanici del terreno acquisiti con le indagini si è proceduto alla valutazione del peso di volume (γ), dell'angolo di attrito interno (ϕ'), della coesione non drenata (C_u) ed efficace (c') nonché dei moduli edometrico (M_0) ed elastico (E), per gli strati che caratterizzano il primo sottosuolo.

Suddetti valori sono stati utilizzati a supporto della valutazione della capacità portante e dei cedimenti di una fondazione a platea di dimensioni 11 m x 12 m impostata alla profondità di 0.5 m dalla quota attuale del piano campagna.

Le verifiche sono state effettuate in conformità con quanto prescritto dal D.M. 14/01/08, coordinato con la Circolare esplicativa n° 617 del 02/02/09, mediante l'approccio 2, nella combinazione A1 + M1 + R3.

Nella tabella vengono riportati i valori della Resistenza di progetto ottenuti con la teoria di Brinch Hansen utilizzando altresì i fattori correttivi sismici di Paolucci e Pecker:

TIPO DI FONDAZIONE	QUOTA DI IMPOSTA (m)	LARGHEZZA (m)	LUNGHEZZA (m)	RESISTENZA DI PROGETTO A1+M1+R3 (kN/m ²)
PLATEA	0.5	11.0	12.0	133.52

Mediante l'approccio edometrico, che consente di valutare cedimenti di consolidazione di tipo monodimensionale, si è poi proceduto alla valutazione degli abbassamenti a lungo termine:

TIPO DI FONDAZIONE	QUOTA DI IMPOSTA (m)	LARGHEZZA (m)	LUNGHEZZA (m)	CEDIMENTO (cm)	COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO K WINKLER (kN/m ³)
PLATEA	0.5	11.0	12.0	2.52	12284.17

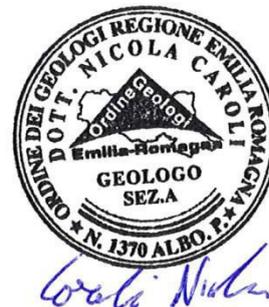
Il livello della falda freatica, nel foro di sonda, è stato misurato a 2.4 m dal p.c.; difficilmente il livello della falda freatica potrà interferire con la base d'appoggio dell'edificio, si tenga tuttavia presente che, per limitare il ristagno e l'ammollimento del terreno alla sua base, si dovrà aver cura di raccogliere ed allontanare, utilizzando tubazioni e raccordi a perfetta tenuta, tutte le acque meteoriche e di scarico in direzione della rete fognaria principale.

Nel rispetto di quanto in precedenza esposto e delle disposizioni delle leggi vigenti, siano esse nazionali che regionali (D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni") che prescrivono un'attenta verifica dell'idoneità delle strutture in funzione delle caratteristiche del primo sottosuolo, si attesta l'idoneità del terreno all'attuazione dell'intervento edilizio in progetto e si concede quindi parere geologico favorevole.

Scandiano, ottobre 2015

Dott. Geol. Caroli Nicola

Iscr. Ordine dei Geologi Emilia Romagna sez. A n° 1370

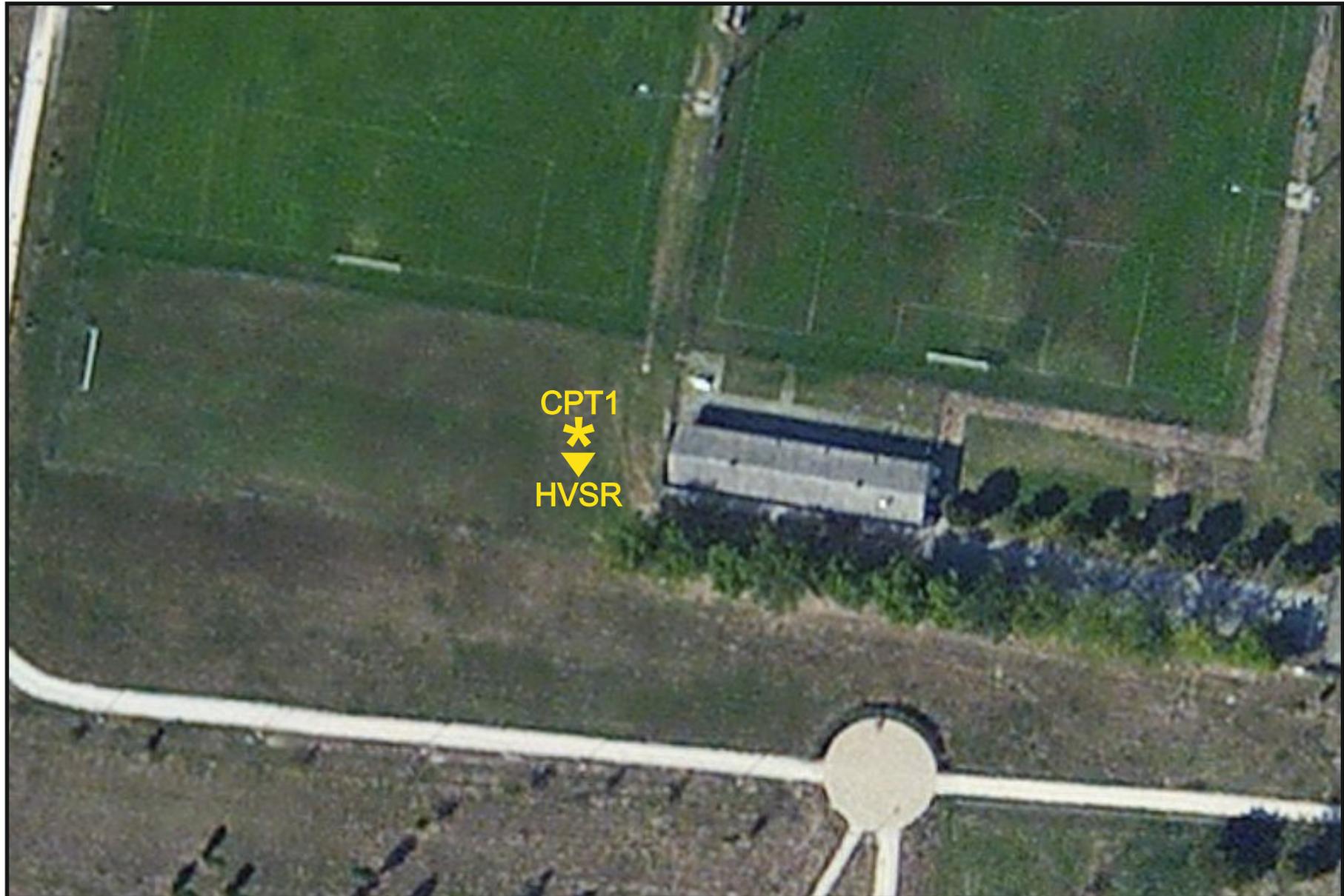


ALLEGATI

UBICAZIONE INDAGINI

* Penetrometria statica

▼ Sismica passiva HVSR



PROVA PENETROMETRICA STATICA
(CONE PENETRATION TEST)
CPT

Committente: Amministrazione comunale di Reggio nell'Emilia
Cantiere: Realizzazione spogliatoi
Località: Masone di Reggio nell'Emilia

Caratteristiche Strumentali GOUDA 100 kN

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35.7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	20

PROVA ...CPT1

Committente: Amministrazione comunale di Reggio nell'Emilia
 Strumento utilizzato: GOUDA 100 kN
 Prova eseguita in data: 23/09/2015
 Profondità prova: 20.00 mt - Profondità falda: 2.4 mt
 Località: Masone di Reggio nell'Emilia

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	30.00	0.0	60.0	0.4	150.0	0.7
0.40	32.00	35.0	64.0	1.8	35.556	2.8
0.60	18.50	32.0	37.0	1.4	26.429	3.8
0.80	15.50	26.0	31.0	1.867	16.604	6.0
1.00	14.00	28.0	28.0	1.467	19.087	5.2
1.20	7.00	18.0	14.0	1.067	13.121	7.6
1.40	6.00	14.0	12.0	1.267	9.471	10.6
1.60	5.50	15.0	11.0	0.4	27.5	3.6
1.80	5.00	8.0	10.0	0.533	18.762	5.3
2.00	6.00	10.0	12.0	0.533	22.514	4.4
2.20	7.00	11.0	14.0	0.533	26.266	3.8
2.40	5.00	9.0	10.0	0.467	21.413	4.7
2.60	6.50	10.0	13.0	0.333	39.039	2.6
2.80	10.00	12.5	20.0	0.533	37.523	2.7
3.00	3.50	7.5	7.0	0.267	26.217	3.8
3.20	2.00	4.0	4.0	0.333	12.012	8.3
3.40	2.50	5.0	5.0	0.4	12.5	8.0
3.60	3.00	6.0	6.0	0.4	15.0	6.7
3.80	2.50	5.5	5.0	0.467	10.707	9.3
4.00	5.50	9.0	11.0	0.4	27.5	3.6
4.20	7.50	10.5	15.0	0.733	20.464	4.9
4.40	7.50	13.0	15.0	0.733	20.464	4.9
4.60	3.50	9.0	7.0	0.6	11.667	8.6
4.80	6.00	10.5	12.0	0.8	15.0	6.7
5.00	5.00	11.0	10.0	0.533	18.762	5.3
5.20	4.00	8.0	8.0	0.6	13.333	7.5
5.40	4.00	8.5	8.0	0.467	17.131	5.8
5.60	4.50	8.0	9.0	0.667	13.493	7.4
5.80	4.00	9.0	8.0	0.6	13.333	7.5
6.00	4.50	9.0	9.0	0.533	16.886	5.9
6.20	5.00	9.0	10.0	0.667	14.993	6.7
6.40	8.00	13.0	16.0	0.933	17.149	5.8
6.60	10.00	17.0	20.0	0.667	29.985	3.3
6.80	5.00	10.0	10.0	0.733	13.643	7.3
7.00	4.00	9.5	8.0	0.333	24.024	4.2
7.20	5.50	8.0	11.0	0.6	18.333	5.5
7.40	5.50	10.0	11.0	0.6	18.333	5.5
7.60	3.50	8.0	7.0	1.067	6.56	15.2
7.80	4.00	12.0	8.0	0.533	15.009	6.7
8.00	4.00	8.0	8.0	0.667	11.994	8.3
8.20	5.00	10.0	10.0	0.733	13.643	7.3
8.40	5.00	10.5	10.0	0.8	12.5	8.0
8.60	5.50	11.5	11.0	0.933	11.79	8.5
8.80	5.00	12.0	10.0	0.8	12.5	8.0
9.00	7.00	13.0	14.0	1.067	13.121	7.6
9.20	8.00	16.0	16.0	1.2	13.333	7.5
9.40	8.00	17.0	16.0	1.133	14.122	7.1
9.60	8.00	16.5	16.0	1.067	14.995	6.7
9.80	8.00	16.0	16.0	1.067	14.995	6.7
10.00	8.50	16.5	17.0	0.933	18.221	5.5
10.20	8.00	15.0	16.0	1.067	14.995	6.7

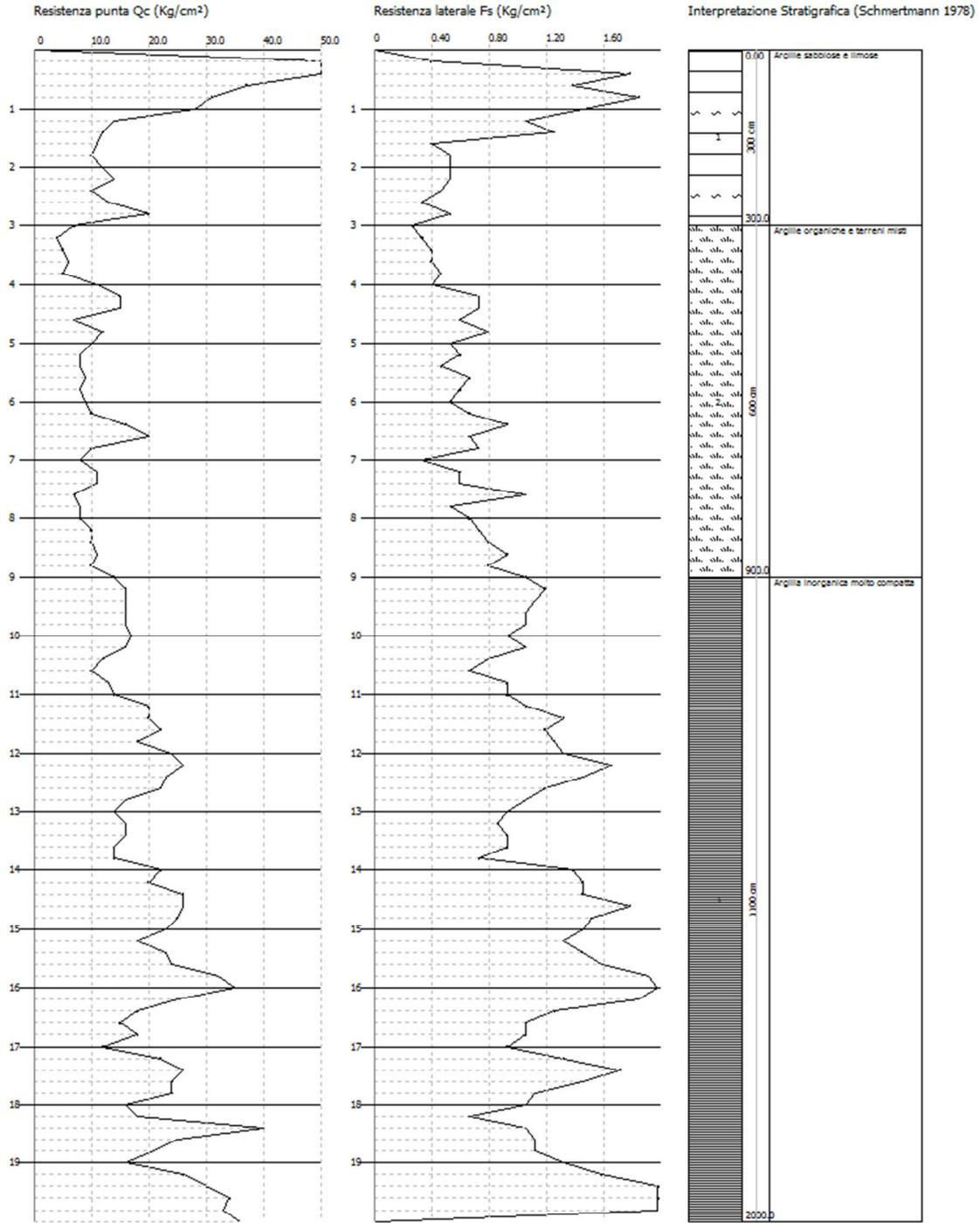
10.40	6.00	14.0	12.0	0.8	15.0	6.7
10.60	5.00	11.0	10.0	0.667	14.993	6.7
10.80	6.50	11.5	13.0	0.933	13.934	7.2
11.00	7.00	14.0	14.0	0.933	15.005	6.7
11.20	10.00	17.0	20.0	1.067	18.744	5.3
11.40	10.00	18.0	20.0	1.333	15.004	6.7
11.60	11.00	21.0	22.0	1.2	18.333	5.5
11.80	9.00	18.0	18.0	1.267	14.207	7.0
12.00	12.00	21.5	24.0	1.333	18.005	5.6
12.20	13.00	23.0	26.0	1.667	15.597	6.4
12.40	11.50	24.0	23.0	1.467	15.678	6.4
12.60	11.00	22.0	22.0	1.2	18.333	5.5
12.80	8.00	17.0	16.0	1.067	14.995	6.7
13.00	7.00	15.0	14.0	0.933	15.005	6.7
13.20	8.00	15.0	16.0	0.867	18.454	5.4
13.40	8.00	14.5	16.0	0.933	17.149	5.8
13.60	7.00	14.0	14.0	0.933	15.005	6.7
13.80	7.00	14.0	14.0	0.733	19.1	5.2
14.00	11.00	16.5	22.0	1.4	15.714	6.4
14.20	10.00	20.5	20.0	1.467	13.633	7.3
14.40	13.00	24.0	26.0	1.467	17.723	5.6
14.60	13.00	24.0	26.0	1.8	14.444	6.9
14.80	12.50	26.0	25.0	1.533	16.308	6.1
15.00	11.50	23.0	23.0	1.467	15.678	6.4
15.20	9.00	20.0	18.0	1.333	13.503	7.4
15.40	11.50	21.5	23.0	1.467	15.678	6.4
15.60	12.00	23.0	24.0	1.6	15.0	6.7
15.80	16.00	28.0	32.0	1.933	16.555	6.0
16.00	17.50	32.0	35.0	2.2	15.909	6.3
16.20	12.50	29.0	25.0	1.867	13.39	7.5
16.40	9.00	23.0	18.0	1.267	14.207	7.0
16.60	7.50	17.0	15.0	1.067	14.058	7.1
16.80	9.00	17.0	18.0	1.067	16.87	5.9
17.00	6.00	14.0	12.0	0.933	12.862	7.8
17.20	11.00	18.0	22.0	1.333	16.504	6.1
17.40	13.00	23.0	26.0	1.733	15.003	6.7
17.60	12.00	25.0	24.0	1.467	16.36	6.1
17.80	12.00	23.0	24.0	1.133	21.183	4.7
18.00	8.00	16.5	16.0	1.067	14.995	6.7
18.20	9.00	17.0	18.0	0.667	26.987	3.7
18.40	20.00	25.0	40.0	1.067	37.488	2.7
18.60	12.50	20.5	25.0	1.133	22.065	4.5
18.80	10.50	19.0	21.0	1.133	18.535	5.4
19.00	8.00	16.5	16.0	1.333	12.003	8.3
19.20	13.00	23.0	26.0	1.6	16.25	6.2
19.40	15.00	27.0	30.0	2.133	14.065	7.1
19.60	17.00	33.0	34.0	2.467	13.782	7.3
19.80	16.50	35.0	33.0	2.133	15.471	6.5
20.00	18.00	34.0	36.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
3.00	22.867	0.858	1.9	Incoerente- Coesivo	Argille sabbiose e limose
9.00	9.867	0.647	1.8	Coesivo	Argille organiche e terreni misti
20.00	21.164	1.274	1.9	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta

Probe CPT - Cone Penetration CPT1
 Strumento utilizzato GOUDA 100 kN

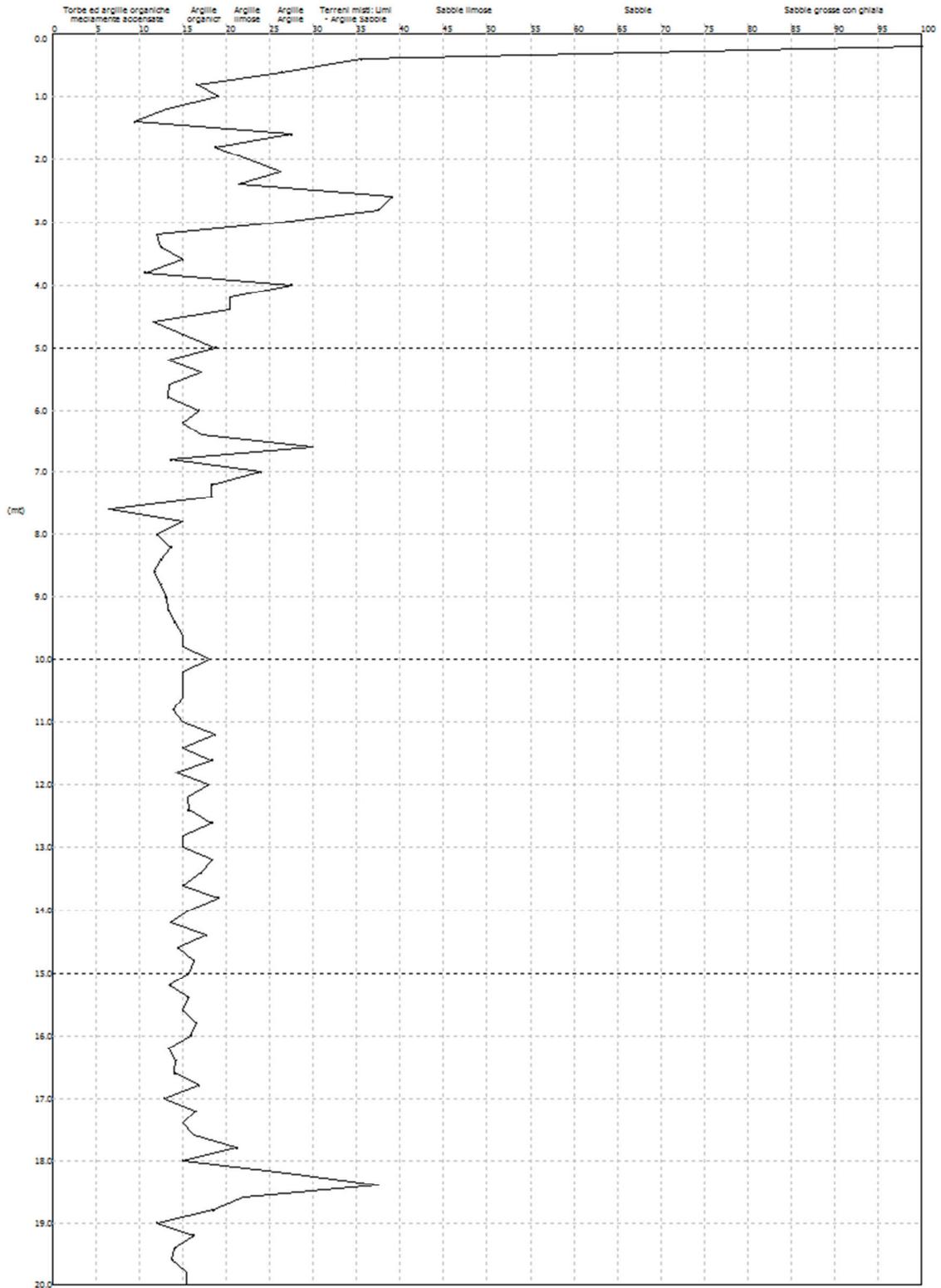
Committente: Amministrazione comunale di Reggio nell'Emilia
 Cantiere: Realizzazione spogliatoi
 Località: Masone di Reggio nell'Emilia

Data: 23/09/2015



Scala profondità 1:91 - Qc: 1 cm=9.38 Kg/cm² - Fs: 1 cm=0.38 Kg/cm² -

GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Begemann 1965)
PROVA: CPT1



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3	Terzaghi	1.1
Strato 2	9.00	9.867	0.647	1.1	1.1	Terzaghi	0.5
Strato 3	20.00	21.164	1.274	2.7	2.7	Terzaghi	1.1

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3	Metodo generale del modulo Edometrico	45.7
Strato 2	9.00	9.867	0.647	1.1	1.1	Metodo generale del modulo Edometrico	43.3
Strato 3	20.00	21.164	1.274	2.7	2.7	Metodo generale del modulo Edometrico	42.3

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3	Cancelli 1980	846.8
Strato 2	9.00	9.867	0.647	1.1	1.1	Cancelli 1980	328.4
Strato 3	20.00	21.164	1.274	2.7	2.7	Cancelli 1980	692.6

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3	Imai & Tomauchi	189.5
Strato 2	9.00	9.867	0.647	1.1	1.1	Imai & Tomauchi	113.4
Strato 3	20.00	21.164	1.274	2.7	2.7	Imai & Tomauchi	180.8

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	9.00	9.867	0.647	1.1	1.1	Piacentini Righi 1978	4.11
Strato 3	20.00	21.164	1.274	2.7	2.7	Piacentini Righi 1978	3.23

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3	Meyerhof	2.0
Strato 2	9.00	9.867	0.647	1.1	1.1	Meyerhof	1.8
Strato 3	20.00	21.164	1.274	2.7	2.7	Meyerhof	2.0

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crn
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3	0.12516	0.01627
Strato 2	9.00	9.867	0.647	1.1	1.1	0.20179	0.02623
Strato 3	20.00	21.164	1.274	2.7	2.7	0.12984	0.01688

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3	Meyerhof	2.1
Strato 2	9.00	9.867	0.647	1.1	1.1	Meyerhof	1.9
Strato 3	20.00	21.164	1.274	2.7	2.7	Meyerhof	2.0

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3	Harman	51.5

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3	Schmertmann	35.1

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3		0.0

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3	Buisman - Sanglerat	114.3

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3	Imai & Tomauchi	189.5

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3	Larsson 1991 S.G.I.	1.6

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3	Kulhawy & Mayne (1990)	0.53

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crn
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3	0.12516	0.01627

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3	Meyerhof	1.8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	3.00	22.867	0.858	0.3	0.3	Meyerhof	2.1

INDAGINE HVS



STRUMENTO: PASI GEMINI 2

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

www.winmasw.com

Date: 14 10 2015

Time: 19 33

Dataset: SITE_20150923_1644 - Masone - campo sportivo.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Length of analysed temporal sequence (min): 30.0

Tapering (%): 10

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 1.1 (± 5.0)

Peak HVSR value: 2.3 (± 0.7)

==== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. [$f_0 > 10/L_w$]: 1.1 > 0.5 (OK)

#2. [$n_c > 200$]: 3896 > 200 (OK)

#3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

==== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. [exists f^- in the range [$f_0/4, f_0$] | $AH/V(f^-) < A_0/2$]: (NO)

#2. [exists f^+ in the range [$f_0, 4f_0$] | $AH/V(f^+) < A_0/2$]: yes, at frequency 2.2Hz (OK)

#3. [$A_0 > 2$]: 2.3 > 2 (OK)

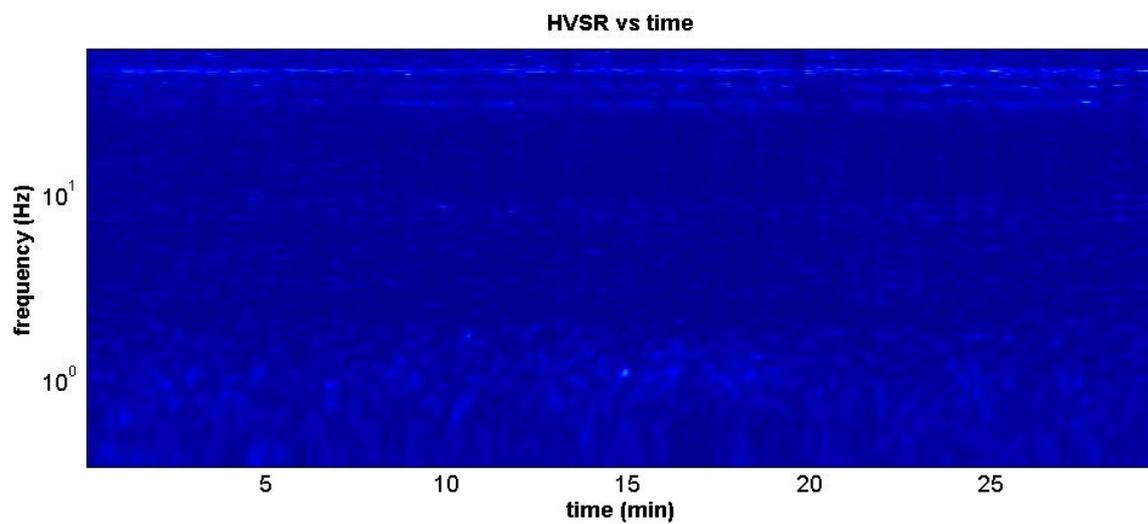
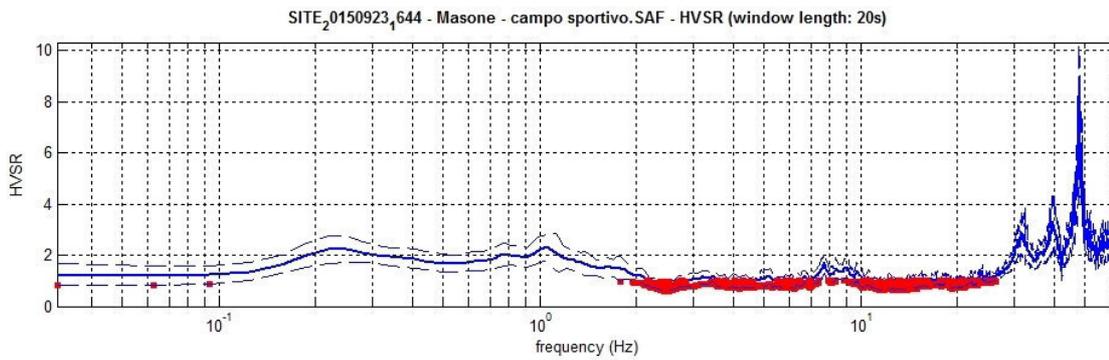
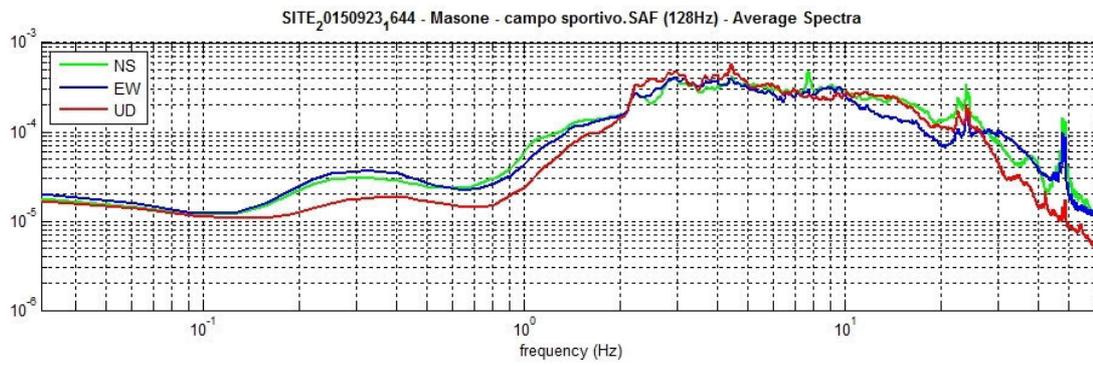
#4. [$f_{\text{peak}}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (NO)

#5. [$\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$]: 4.996 > 0.109 (NO)

#6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: 0.574 < 1.78 (OK)

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

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change.



winMASW

Surface Waves & Beyond www.winmasw.com

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

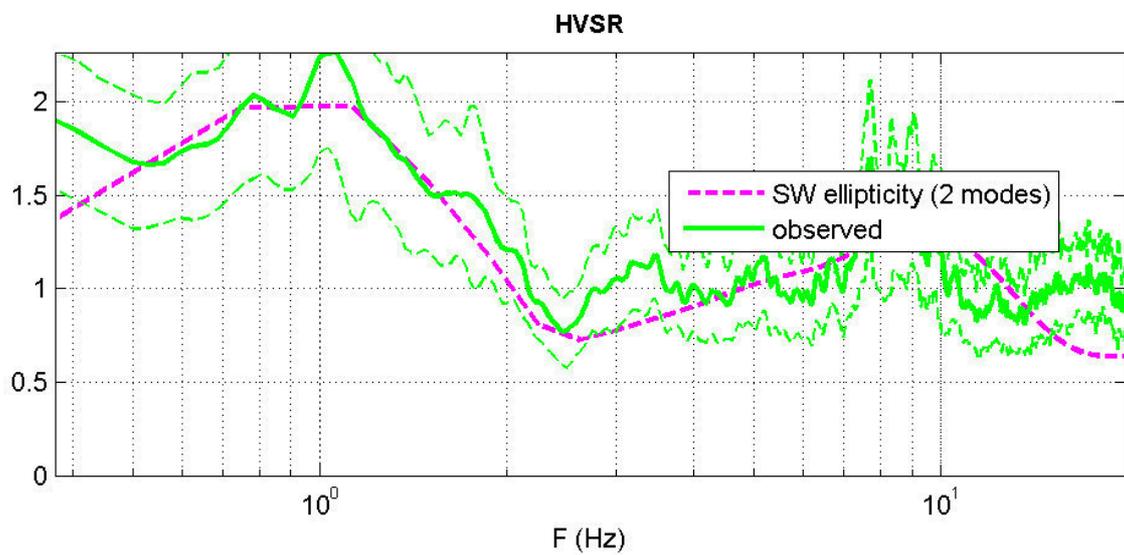
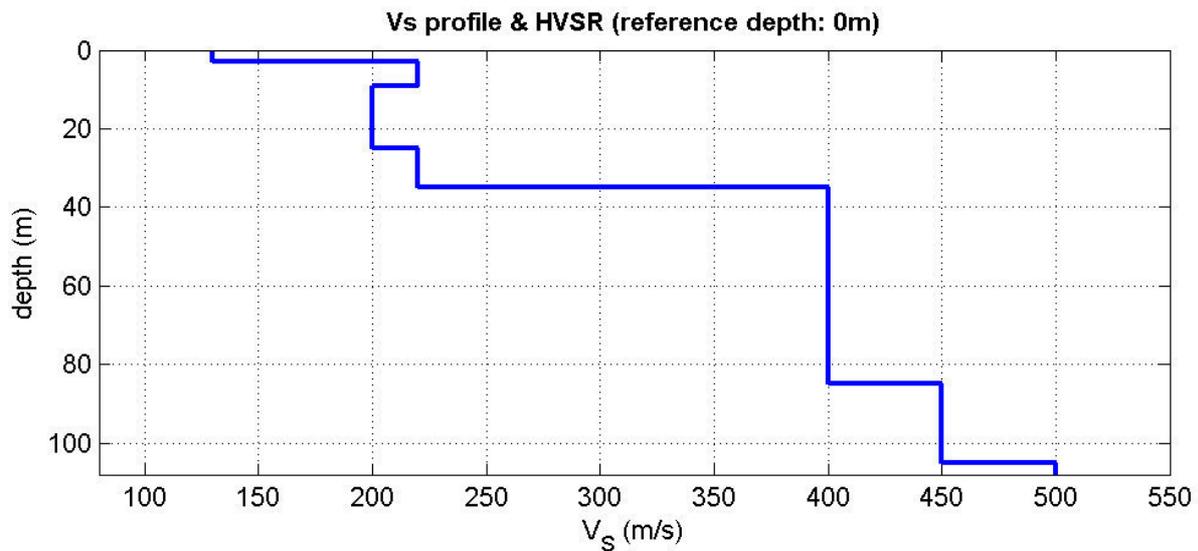
Main results

www.winmasw.com

Date: 14 10 2015

Time: 19 43

Dataset:



Mean model

Vs (m/s): 130 220 200 220 400 450 500

Thickness (m): 3.0, 6.0, 16.0, 10.0, 50.0, 20.0

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.74 1.87 1.84 1.86 2.01 2.04 2.06

Shear modulus (MPa) (approximate values): 29 90 74 90 322 413 516

Analyzing Phase velocities

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 271 458 417 458 833 937 1040

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Vs30 (m/s): 196

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

- A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
- B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).
- C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).
- D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).
- E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).
- S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero 10 < cu30 < 20 kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.
- S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW

Surface Waves & Beyond www.winmasw.com