

COMUNE DI RAVENNA

Provincia di Ravenna

o o o o o o o o o o o

COSTRUZIONE DI NUOVA TETTOIA IN AMPLIAMENTO A FABBRICATO ARTIGIANALE

Roncalceci – via dell'Arrotino (Ditta Morigi)

5201

RELAZIONE GEOLOGICA

Data **-9 OTT 2013**



INDICE

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
2. PREMESSA	5
3. CONSIDERAZIONI SU	
ALTIMETRIA - IDROLOGIA - LITOLOGIA - GEOMORFOLOGIA	7
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E STRATIGRAFICHE	8
3.2 IDROGEOLOGIA	11
4. CARATTERISTICHE SISMICHE	12
4.1 SISMICITÀ	12
4.2 MICROZONAZIONE SISMICA DEL SITO	15
4.3 STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO	19
5. MODELLAZIONE LITOSTRATIGRAFICA	20
5.1 GENERALITA'	20
5.2 INTERPRETAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	21
5.3 VALUTAZIONI SUGLI STATI LIMITE	23
6. CONCLUSIONI	26
7. ALLEGATI	28

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Decreto Ministeriale 14.01.2008, Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007
- PCM - Dip. Protezione Civile, Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica, Parti I , II e III. Roma settembre 2008.
- UNI9916. Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici. Norma italiana, Ente Nazionale Italiano di Unificazione. 2004
- ISO TC98/SC3 N 229. Bases for design of structures-Seismic action for designing geotechnical works. ISO TC 98/SC3 WG10. 2003
- OPCM n.3316. Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza PCM n.3274 del 20.03.03.
- Eurocodice 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997) Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI
- DPR 554/1999 Regolamento d'attuazione dell'art. 3 L.109/1994
- Eurocodice 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- AGI- Associazione Geotecnica Italiana. Raccomandazioni sulle prove Geotecniche di laboratorio., 1994
- AGI, Associazione Geotecnica Italiana. Raccomandazioni sulla programmazione e esecuzione delle indagini geotecniche, 1977
- Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico
- Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale, precompresso e da struttura metallica., 1971
- Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e il collaudo degli edifici in muratura e consolidamento, 1989
- Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico
- Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale
- D.M. LL.PP. 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 sostegni delle terre e delle opere di fondazione. G.U. Repubblica Italiana n.127
- Circ. LL.PP. 24.09.1988 n.30483 - Istruzione applicativa-Norme Tecniche per terreni e fondazioni.
- DPR n.246 del 21.04.1993 "Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti di costruzione. AGI- Associazione Geotecnica Italiana. Raccomandazioni, 1993
- Legge 11.02.1994 n. 109 Legge quadro
- D.M.LL.PP. 16.1.96. Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche. Gazzetta Ufficiale Repubblica Italiana, n.29 del 5.2.96.

- EN 1998-5. Foundations, retaining structures and geotechnical aspects, 2003 CEN - European Committee for Standardization, Bruxelles, Belgium.
- EN 1998-5, Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance- Part. 1: General rules, seismic actions and rules for building. CEN , Bruxelles, Belgium.
- D.M. n.471 del 25.10.1999. Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati.
- DPR n.328 del 5.06.2001, Regolamento attuativo dell'art.1, comma 18 della legge 4/99- Modifiche e integrazioni della disciplina dei requisiti per l'ammissione all'esame di Stato e delle relative prove delle professioni di dottore geologo etc
- DPR n.380 del 6.6.2001. Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia.
- OPCM .3274 del 20.03.2003. Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici.
- Norme Tecniche per il progetto sismico di ponti del 25.03.03
- OPCM n.3316 del 02.10.2003 recante modifiche e integrazioni dell'OPCM n. 3274
- Decreto legislativo 22.01.2004 n.42 " Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio". Codice Urbani.
- OPCM n.3431 del 03.05.2005, Norme Tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici.
- Decreto Legislativo n.152 del 3.03.2006 "Tutela dell'ambiente"
- OPCM del 28.04.06 n. 3519 - Carta di pericolosità sismica del territorio nazionale
- OPCM n. 3519 del 28.04.2006. Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
- DPCM 12.10.2007. Direttiva per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Decreto Ministeriale 14.01.2008,Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Eurocodice 7.1 (1997)Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . – UNI
- Eurocodice 7.2 (2002)Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- Eurocodice 7.3 (2002)Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI

2. PREMESSA

Nella presente relazione verranno esaminate le caratteristiche dei terreni sui quali verrà realizzata una tettoia, in ampliamento al fabbricato artigianale esistente, in via dell'Arrotino a Roncalceci (RA).

Con lo studio effettuato si è inteso verificare la natura litologica del terreno di fondazione ed alcune delle sue principali caratteristiche geomeccaniche, oltre a stabilire l'effettiva profondità del primo livello di falda freatica, eventualmente presente. Per completare lo studio è stata operata una caratterizzazione sismica, dell'area in esame.

In accordo con la Committenza, in relazione alle richieste del Settore Ambiente e Territorio della Provincia, sono state eseguite una prova penetrometrica statica (CPT), per la caratterizzazione litologica e geotecnica dei terreni fino a 20 metri, ed un'indagine sismica (condotta con il metodo HVSR), in corrispondenza dell'intervento. La presenza di uno spesso piazzale asfaltato ha imposto l'esecuzione delle prove nell'area verde posta a margine dell'intervento

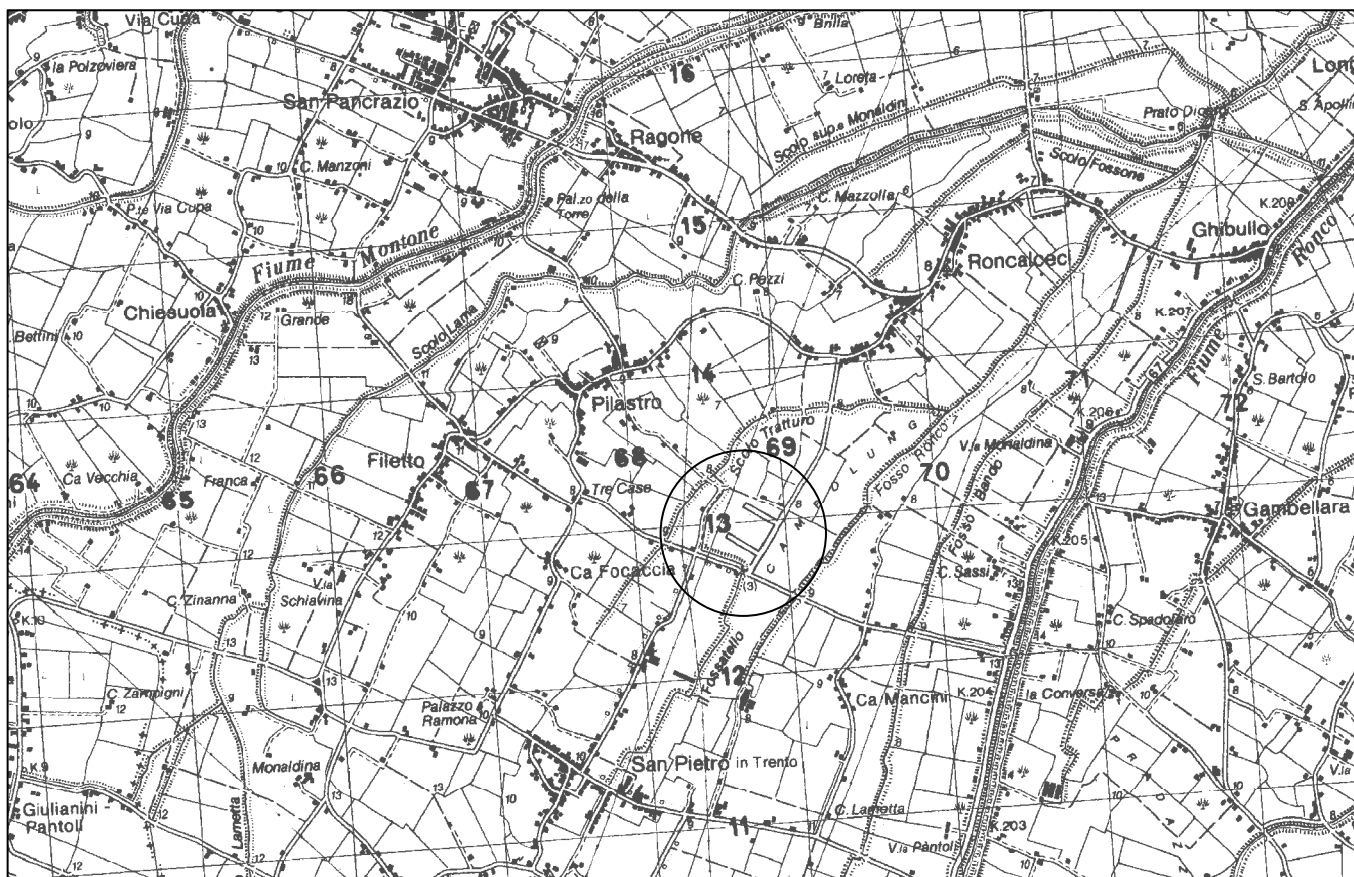
Attraverso l'elaborazione dei dati disponibili si è giunti allo sviluppo ed alla redazione dei capitoli seguenti, nonché alla realizzazione degli elaborati allegati. Sono infatti state sviluppate le problematiche relative alla realizzazione delle nuove strutture, provvedendo alla valutazione dei parametri necessari ad un corretto dimensionamento delle strutture, ed alla interazione di queste con i terreni sottostanti.

Lo studio ha comportato lo sviluppo di tematiche, che saranno esposte nei capitoli seguenti, relative agli aspetti geomorfologici, litologico-pedologici, idrogeologici, sismici e geotecnici.

Per una corretta caratterizzazione sismica dell'area sono stati utilizzati i risultati forniti dalla prova sismica (HVSR) appositamente eseguita.

L'ubicazione dell'area è riportata cartograficamente in allegato. Le coordinate del sito sono le seguenti, riferite all'ellissoide ED50, sistema di riferimento per la carta di pericolosità dell'INGV:

- **Latitudine:** 44,331047
- **Longitudine:** 12,097177



AREA DI INTERVENTO (DA C.T.R. SCALA 1:50000)

3. CONSIDERAZIONI SU

ALTIMETRIA - IDROLOGIA - LITOLOGIA - GEOMORFOLOGIA

Queste tematiche verranno esaminate in un unico capitolo poiché, in relazione all'ubicazione dell'area in oggetto, risultano strettamente legate tra di loro e vicendevolmente si influenzano.

L'area indagata é situata nella porzione interfluviale compresa tra i fiumi Ronco, ad est, e Montone, ad ovest; la morfologia è piana e, dal punto di vista altimetrico, le quote del p.c. (pre urbanizzazione) sono dell'ordine degli otto metri circa slm.

Il territorio del comune di Ravenna é inserito nel lembo sud-orientale del bacino subsidente Pliocenico-Quaternario della Vale Padana delimitato a nord dal corso del Fiume Po ed a sud dalle propaggini collinari dell'Appennino romagnolo.

La storia geologica di questa parte della pianura, la sua genesi e le sue vicissitudini evolutive possono essere ricondotte, nel loro insieme, ad un lento e progressivo ricoprimento del settore meridionale della fossa occupata dall'alto Adriatico già a partire dalla fase centrale dell'orogenesi alpina, da un lato, e di quella appenninica, dall'altro (oligocene).

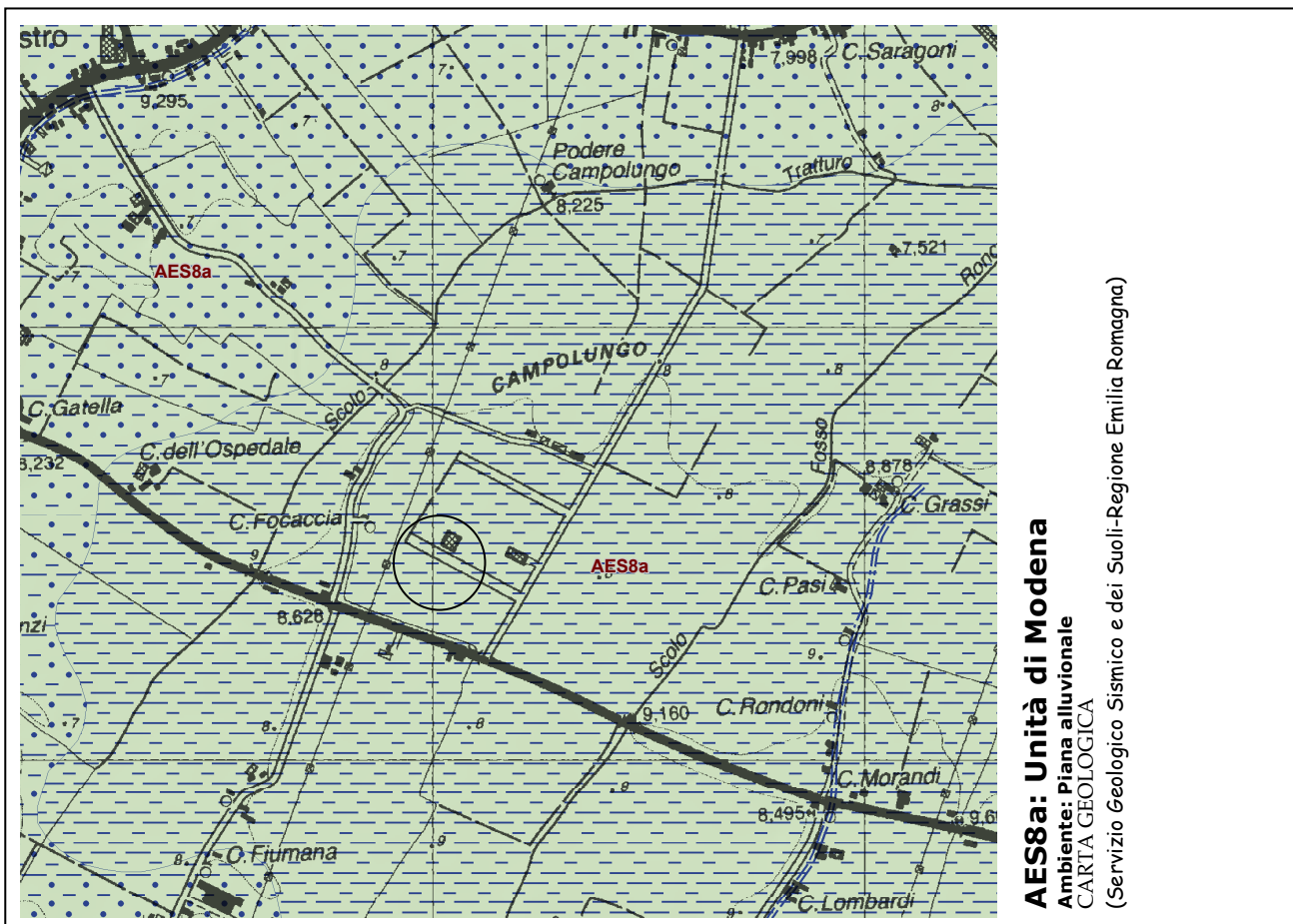
L'attuale assetto geologico é costituito da una successione di formazioni sabbioso-arenacee con intercalazioni argilloso-marnose, caratterizzate da un sistema di pieghe anticlinali e sinclinali ad andamento NO-SE.

Su questo substrato Mio-pliocenico si sono deposte per prime le formazioni marine del Pliocene Superiore e del Quaternario marino ed in seguito le formazioni marine del Quaternario continentale, costituite da alluvioni clastiche di diversa natura e dimensione depositate nel corso del tempo dai fiumi appenninici. Il motivo deposizionale locale è caratterizzato da trasgressioni e regressioni, che hanno dato luogo a depositi con diversa composizione granulometrica; come é

facile intuire tali processi deposizionali hanno portato ad una variabilità, sia orizzontale sia verticale, nei rapporti di stratificazione tra i vari litotipi.

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E STRATIGRAFICHE

Consultando la Carta Geologica della Regione Emilia Romagna (sito del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli) e la CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - F.223/Ravenna (scala 1:50000) si




può osservare come l'area in esame, in base alla litologia ed ai processi formativi, sia classificata come:

DEPOSITI ALLUVIONALI – piana alluvionale – Argille limose, argille limi argillosi, con rare intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose in strati da molto sottili a medi. Depositi di piana inondabile. Formano corpi sedimentari a geometria lenticolare, tabulare e nastriforme, con


Legenda


Linee geomorf./antrop. (10K)


 cordone litorale

 traccia di alveo fluviale abbandonato

Ambienti deposiz. e litologie (10K)


 Argilla Limosa - Piana alluvionale

 Sabbia - Piana costiera, fronte deltizia e piana di sabbia

 Sabbia Limosa Argillosa - Piana alluvionale

Coperture quaternarie (10K)

 AES8 - Subsintema di Ravenna

 AES8a - Unità di Modena

spessore massimo di 5,5 metri. Passano lateralmente e verticalmente a depositi alluvionali di canale, argine e rotta fluviale, localmente sono sovrapposti a depositi di palude salmastra.

La successione stratigrafica è la seguente:

SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO

Depositi alluvionali, deltizi, litorali e marini organizzati in successioni cicliche di vario ordine gerarchico.

Limite inferiore in conforme, non affiorante. Al margine appenninico padano, in affioramento è marcato da una discordanza angolare sulle Sabbie di Imola o sul Gruppo del Santerno. Limite superiore coincide col piano topografico. Comprende due sintemi (Sistema Emiliano-

Romagnolo Inferiore e Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore).

Spessore massimo: circa 700 m.

Età: PLEISTOCENE MEDIO-OLOCENE (~700.000 anni BP – Attuale)

SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)

Depositi alluvionali, deltizi, litorali e marini organizzati in successioni cicliche di alcune decine di metri di spessore.

Limite inferiore in conforme, non affiorante, sul sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore, marcato da una superficie di discontinuità di significato regionale, localmente con carattere di discordanza angolare. Limite superiore coincidente col piano topografico.

Spessore massimo: 290 m.

Età: PLEISTOCENE MEDIO-OLOCENE (~400.000 anni BP – Attuale).

Subsintema di Ravenna (AES₈)

Elemento sommatiale del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore. Comprende sabbie, argille e limi di ambiente alluvionale, deltizio, litorale, organizzati in corpi sedimentari lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi, di spessore plurimetrico.

Limite inferiore in conforme non affiorante su AES₇ (Subsintema di Villa Verucchio), marcato da una superficie di discontinuità che localmente materializza una lacuna stratigrafica di circa 15 Ka anni, definita su base radiometrica (metodo del ¹⁴C). Limite superiore coincidente con il piano topografico. La parte sommitale dell'unità è costituita dall'Unità di Modena. La base dell'unità registra una variazione climatica, evidenziata dall'analisi pollinica e coerente con le datazioni

radiometriche, da condizioni di tipo glaciale, caratteristiche dei depositi sottostanti, a condizioni interglaciali

Spessore massimo: 28,5

Età: OLOCENE (8.790 \pm 90 anni BP – Attuale), definita su base radiometrica (^{14}C). Dove l'Unità di Modena non è presente, il tetto del Subsistema di Ravenna è datato su base archeologica e radiometrica al periodo etrusco-romano.

Unità di Modena (AES_{8a})

Unità di rango inferiore che costituisce la parte sommatiale del Subsistema di Ravenna. Sabbie, argille e limi di ambiente alluvionale, deltizio e litorale, organizzati in corpi sedimentari lenticolari, nastroforni, tabulari e cuneiformi, di spessore plurimetrico.

Limite superiore inconforme, marcato nell'area tipo da una superficie di erosione fluviale lateralmente correlata a un suolo da decarbonatato a parzialmente carbonatato contenente resti archeologici di età dal Neolitico al Romano. Limite superiore coincidente col piano topografico e definito da un suolo calcareo privo di reperti archeologici di età romana o più antichi.

Spessore massimo: 5,5 m.

Età: POST-ROMANA (IV-VI sec. d.C. – Attuale), definita su base archeologica e radiometrica.

In corrispondenza dell'area interessata dall'intervento affiora, come si osserva nella cartografia regionale riportata nelle pagine precedenti, l'Unità di Modena (AES_{8a}).

In allegato è riportata la sezione litologica riferibile all'area in oggetto.

I dati raccolti a livello locale sono in buon accordo, per lo spessore indagato, con le indicazioni della cartografia geologica ufficiale ed hanno permesso, inoltre, di ricostruire il modello geologico locale.

L'andamento litologico del sottosuolo, ricavato dall'elaborazione dei dati raccolti, è risultato il seguente :

- dal p.c. a -1 m circa : materiale di riporto del piazzale
- fino a circa -6 m: argille limose/limi argillosi
- fino a -10 m circa: limi argillosi, prevalenti
- fino a -11 m circa: sabbie limose e limo-argillose
- fino a -15 m circa: limi argillosi, consistenti

- fino a -18 m circa: limi argilloso-sabbiosi, addensati
- fino a -20 m: limi argillosi/argille-limose.

La presenza dei livelli che contengono maggiormente particelle fini, limoso/argillose, è attribuibile ad un ambiente deposizionale non molto dissimile da quello attuale (facies di intercanale); qui, infatti, in relazione alle minori energie in gioco, anche i materiali fini potevano essere abbandonati dal mezzo di trasporto.

L'idrologia superficiale é caratterizzata da una rete di canali e fossi di scolo, di natura prevalentemente antropica, realizzati a salvaguardia delle colture. Il Fiume Ronco è situato ad est dell'area, dalla quale dista circa 2 chilometri e, a circa 2,5 chilometri, in direzione opposta, scorre il Fiume Montone; entrambi con direzione SO-NE.

Gli spartiacque superficiali, oltre che dai dossi fuviali, sono definiti dal reticolo stradale.

Il livello della falda è stato rilevato, dopo l'esecuzione della CPT, ad una profondità di -3 m dal p.c.

I dati bibliografici reperiti (da indagini riferibili all'abitato di Roncalceci) riportano una profondità minima dal p.c. di -1 m.

3.2 IDROGEOLOGIA

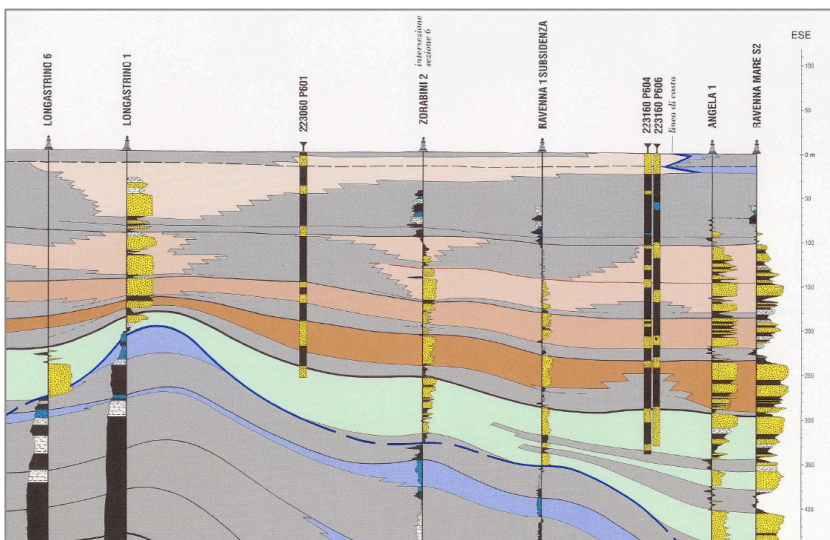
Lo schema idrogeologico generale è costituito da una serie di orizzonti permeabili, intercalati da livelli impermeabili idraulicamente connessi tra loro, e può essere definito come un sistema unico multistrato.

Questo sistema acquifero si estende entro il mare Adriatico per circa 50-70 chilometri, sotto la copertura argillosa che (tenendolo in pressione) lo protegge dalle intrusioni saline.

Le numerose falde, presenti negli strati sabbiosi (di derivazione dal graduale passaggio delle conoidi al paleomare olocenico), sono intercalati ad argille e silt.

Già intorno ai 400 m è segnalata la presenza di acque salate originate dalla dilavazione, da parte delle acque dolci sotterranee, dei sali di origine marina presenti nei sedimenti.

La base dell'acquifero è costituita dagli orizzonti impermeabili del Pliocene Sup. L'interfaccia acqua dolce-acqua salata (considerata generalmente come base dell'acquifero padano) si rinviene generalmente alla profondità di circa 300 m.



Stralcio sez. 032 – Regione Emilia Romagna - Servizio geologico, sismico e dei suoli

Per quanto riguarda la situazione locale è pressoché impossibile definirne in modo rigoroso la ricostruzione dell'estensione areale degli acquiferi; questi non sono infatti omogenei dal punto di vista geometrico e delle dimensioni, riflettendo in tal modo la loro origine deposizionale di stile deltizio, caratterizzata da estrema variabilità, laterale e verticale, della permeabilità.

4. CARATTERISTICHE SISMICHE

4.1 SISMICITÀ

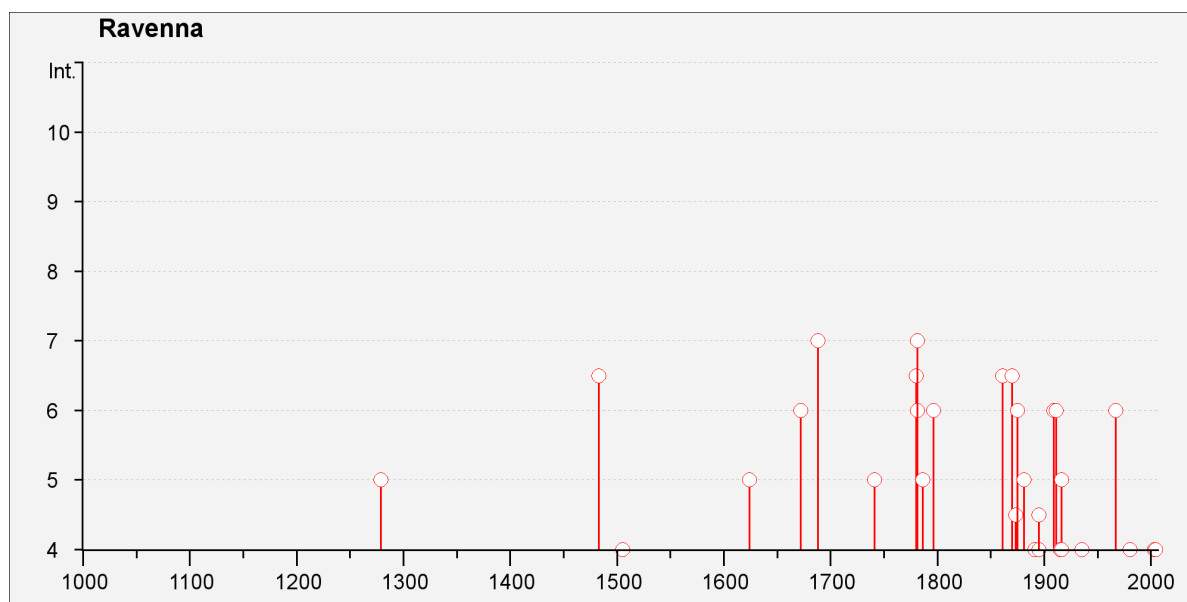
La recente riclassificazione della sismicità del territorio (Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003) ha individuato quattro valori di accelerazione orizzontale (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico e le norme progettuali e costruttive da applicare; il territorio nazionale è, di conseguenza, stato suddiviso in quattro zone. Ogni zona è stata individuata in base ai

valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Ai sensi di questa normativa il territorio del Comune di Ravenna rientra in zona sismica 3, caratterizzata da a_g (acceleraz. orizzontale massima sul suolo di cat. A) pari a 0,15 g.

Dalla consultazione delle banche dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, relativamente alle osservazioni macrosismiche dei terremoti (DBMI11¹), sono risultati 61 eventi sismici (di magnitudo > 4) i cui segnali sono stati avvertiti anche a Ravenna.

Il valore massimo di magnitudo, registrato nel raggio di 50 km, è $M_w = 5.88$ ed è riferibile ad un terremoto che ha interessato la Romagna nell'anno 1688.

Il diagramma che segue, proveniente dalla stessa fonte bibliografica, riporta la collocazione temporale e l'intensità al sito degli eventi sismici sopra descritti (limitatamente a quelli con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5).



¹ M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>. DOI: 10.6092/INGV.IT-DBMI11

Per la caratterizzazione sismica del sito sono stati utilizzati i risultati di una prova geofisica, a tecnica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura), appositamente eseguita; tale prova ha permesso di determinare, attraverso il modello implementato, l'andamento delle velocità V_s .

E' risultato che $V_{s30} = 30/S(h_i/v_i) = 208 \text{ m/s}$

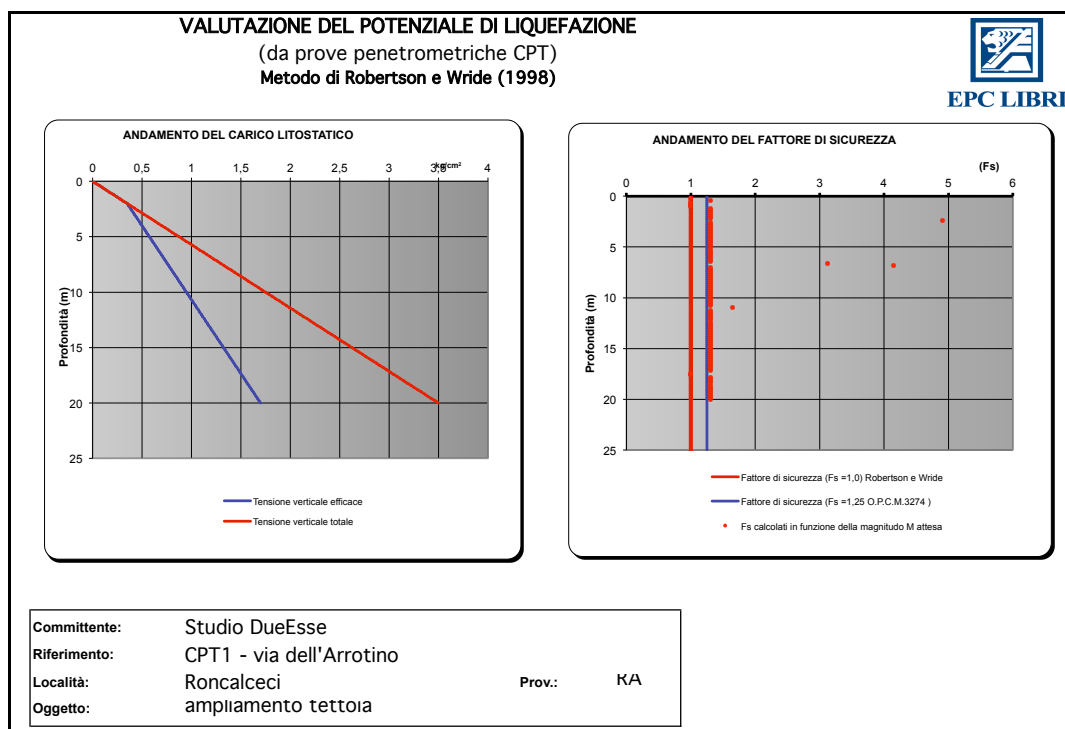
Si tratta quindi di un **suolo tipo C** (secondo le NTC-08).

Si è infine provveduto alla valutazione del rischio di liquefazione, nello spessore compreso tra 0-20 m dal p.c., basata sui risultati della prova penetrometrica, utilizzando il metodo proposto da Robertson e Wride (1998).

Le verifiche sono state eseguite considerando:

- un valore di magnitudo $M_w = 6$ (valore superiore al massimo storico della Magnitudo momento, nel raggio di 50 km dal punto in esame)
- profondità della falda dal p.c.: -1,0 m (valore cautelativo)

Alla luce dei risultati ottenuti con le verifiche eseguite, appare improbabile che possano verificarsi fenomeni di liquefazione dei livelli sabbiosi presenti. Fenomeno generalmente limitato agli strati sabbiosi, saturi, presenti nei primi 15/20 metri. In relazione ad un valore dell'Indice del Potenziale di Liquefazione $IP_L=0$ è da considerarsi molto basso (Iwasaki et al. 1978) anche il rischio globale di liquefazione (i tabulati sono riportati in allegato).



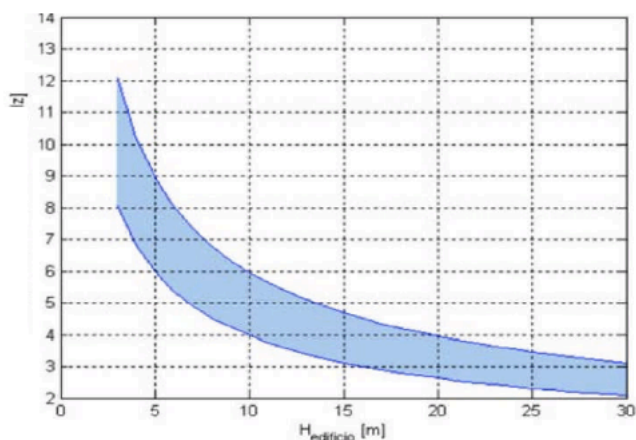
4.2 MICROZONAZIONE SISMICA DEL SITO

Analizzando i rapporti spettrali H/V, ricavati dai risultati della prova HVSR, è possibile avere alcune indicazioni sugli effetti di amplificazione locale in caso di sisma. Le acquisizioni HVSR, infatti, sfruttando la teoria dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quello verticale, permettono la stima della frequenza di risonanza fondamentale (f_r) del sottosuolo e della profondità del bedrock sismico secondo la relazione $f_r = V_s/4H$ (con H = spessore dello strato meno rigido soprastante); tale relazione risulta valida nella situazione semplificata di sistema monostrato piano, inoltre, non consente una stima quantitativa del coefficiente di amplificazione.

Lo spettro H/V di un sistema multistrato può considerarsi come la sommatoria delle frequenze di risonanza dei diversi strati, in grado di indurre contrasti di impedenza sismica; in ragione di ciò la distribuzione delle frequenze di risonanza del sottosuolo può consentire di avere indicazioni sulla vulnerabilità, agli effetti di amplificazione locale del moto sismico,

degli edifici esistenti o in progetto.

Il moto di vibrazione degli edifici è funzione di molteplici parametri, tra i quali l'altezza ha



un ruolo di primaria importanza.

Nella figura a lato è rappresentata una

possibile relazione tra altezza/fre-quenza

di risonanza propria di un edificio in c.a.

(da Masi et al. 2007); un'altra relazione

tra queste due grandezze è fornita dalla

seguente relazione empirica: frequenza = $(10 \div 12) / \text{numero dei piani}$.

E' pertanto di estrema importanza evitare la sovrapposizione tra frequenze naturali di risonanza del sito e quelle di vibrazione propria delle strutture, che potrebbero portare a fenomeni di amplificazione, con effetti di doppia risonanza "terreno/struttura", nel caso di impulsi ciclici dovuti ad un evento sismico.

I rapporti spettrali, rilevati dalla prova HVSR, indicano una frequenza fondamentale di risonanza del sito di 1.13 ± 0.07 Hz, frequenza legata ad un contrasto di impedenza profondo. Essa determina un picco H/V che non soddisfa i parametri delle linee guida SESAME (2005) in materia di microzonazione sismica.

Al fine di valutare la compatibilità sismica dell'intervento è stato eseguito anche uno studio per la stima della risposta sismica locale dell'area in oggetto, in ottemperanza alla direttiva regionale approvata con A. L. n. 112/2007.

In particolare è stato eseguito un approfondimento di secondo livello, mediante analisi semplificata, che ha consentito di stimare i fattori di amplificazione sismica per il sito in oggetto.

Questo livello di approfondimento è ritenuto sufficiente per gli ambiti suscettibili di urbanizzazione che ricadono nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale e per versanti stabili con acclività $\leq 15^\circ$ in cui il deposito ha spessore costante.

Considerando il valore di V_{s30} , stimato con metodi geofisici (indagine geofisica HVSR) sono risultati i seguenti fattori di amplificazione sismica per l'area in oggetto (all. A2.1.2 – Pianura Padana e costa adriatica – PIANURA 1):

$$V_{s30} = 208 \text{ m/s}$$

$$a_{\text{refg}} = 0,181$$

$$F.A. \text{ P.G.A.} = 1,7$$

$$F.A. \text{ INTENSITA' SPETTRALE} - 0.1s < T_0 < 0.5s = 1,9$$

$$F.A. \text{ INTENSITA' SPETTRALE} - 0.5s < T_0 < 1.0s = 2,6$$

CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRENO

Topografia: T1 (superficie pianeggiante)

Categoria di suolo di fondazione C

Alla luce dei possibili scenari di amplificazione sismica bisogna considerare come il territorio in esame possa, potenzialmente, essere interessato anche da fenomeni di amplificazione di sito per caratteristiche litotecniche; in particolare per l'area in esame è da prendere in considerazione l'eventuale presenza di:

- 1 - *terreni granulari fini poco addensati, saturi d'acqua con falda superficiale* potenzialmente suscettibili di fenomeni di liquefazione.
- 2 - *zone con terreni particolarmente scadenti (argille e limi molto soffici, torbe, riporti poco addensati)*, caratterizzati da una potenziale predisposizione a fenomeni di cedimenti diffusi e/o accentuata compattazione.

Alla luce dei risultati forniti dalle prove e dalle verifiche eseguite, appare improbabile che possano verificarsi fenomeni di liquefazione dei terreni.

Cedimenti

La compressibilità dei depositi limosi, pressoché impermeabili e/o a bassa permeabilità, fa sì che la dissipazione delle pressioni interstiziali avvenga in tempi sicuramente più lunghi rispetto alla breve durata di un sisma e pertanto, l'evento sismico difficilmente produrrà incrementi significativi in termini di eventuali cedimenti sulle strutture.

Tale conclusione deve essere però estesa anche ai depositi di tipo sabbioso, seppur dotati di maggiore permeabilità rispetto ai precedenti; infatti anche se in essi la dissipazione delle pressioni interstiziali avviene in tempi più rapidi tuttavia, anche in questo, caso essi risulteranno più lunghi rispetto alla durata di un sisma.

Nei terreni di fondazione coesivi, è stato comunque dimostrato (Carrol, 1963) che l'azione sismica non produce variazioni negative significative nelle caratteristiche meccaniche.

Poiché nei primi 10 m circa sono presenti terreni limo-argillosi con livelli caratterizzati da valori di consistenza mediocri, la maggiore compressibilità dei depositi potrebbe costituire condizioni locali di amplificazione delle problematiche legate ai cedimenti. Si è pertanto provveduto ad effettuare anche una stima dei cedimenti permanenti nei terreni coesivi, sui livelli compresi tra -1m e -10 m circa dal p.c. (livelli A1-A2); si è fatto riferimento all'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di micro zonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" del 2 maggio 2007 (progr. 112) dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia-Romagna.

A tale scopo è stata utilizzata la seguente formula: $\Delta H = \epsilon_{vr} H$

dove: H = altezza dello strato e ϵ_{vr} (%) è la deformazione volumetrica post ciclica

$$\epsilon_{vr} = \frac{\alpha C_r}{1 + e_o} \log \left[\frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{\sigma'_o}} \right] \quad \text{dove: } \alpha = \text{costante sperimentale in prima approssimazione uguale a 1, } C_r = \text{indice di riconsolidazione postciclica} = 0,225 C_c, C_c = \text{indice di}$$

compressione (in prima approssimazione è stata utilizzata l'espressione $C_c = 0,009 - 0,055 \log(2C_u / \sigma'_v)$ - Shmertmann), e_0 = indice dei vuoti iniziale,

$\Delta u / \sigma'_0$ = rapporto di pressione interstiziale.

Nei calcoli sono stati assunti valori ricavati dalla letteratura geotecnica e dalle prove eseguite. In particolare, posto: $C_r = 0,065$, $e_0 = 0,86$ e $\Delta u / \sigma'_0 = 0,3$, è risultato un cedimento permanente post-sismico dell'ordine di 2,61/2,09 centimetri (liv. A-B), per un totale di 4,71 cm.

4.3 STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

Inserendo le coordinate del sito nel programma Spettri NTC si ottiene:

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,056	2,444	0,262
50	0,071	2,429	0,276
72	0,083	2,435	0,282
101	0,096	2,432	0,289
140	0,111	2,426	0,293
201	0,130	2,398	0,303
475	0,184	2,411	0,305
975	0,240	2,398	0,312
2475	0,326	2,427	0,326

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0,056	2,444	0,262
SLD	50	0,071	2,429	0,276
SLV	475	0,184	2,411	0,305
SLC	975	0,240	2,398	0,312

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

.PROTINO- RONCALCECI

5. MODELLAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

5.1 GENERALITA'

Nel corso dello studio si é provveduto a valutare, dal punto di vista geologico-tecnico, la possibilità d'attuazione dell'intervento in oggetto, e le eventuali limitazioni dovute ad aspetti direttamente legati al territorio (geomorfologia, idrologia, ecc.). Ad una prima fase di acquisizione di eventuali dati bibliografici disponibili é seguita la verifica delle caratteristiche geomeccaniche. La prova penetrometrica è stata eseguita con un'apparecchiatura SUNDA-MENHIR, cingolata ed auto-ancorante.

Caratteristiche della strumentazione utilizzata per le prove penetrometriche statiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7 \text{ mm}$ - $h = 133 \text{ mm}$ - $A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm/sec}$)
- spinta max nominale dello strumento $S_{max} = 100 \text{ KN}$

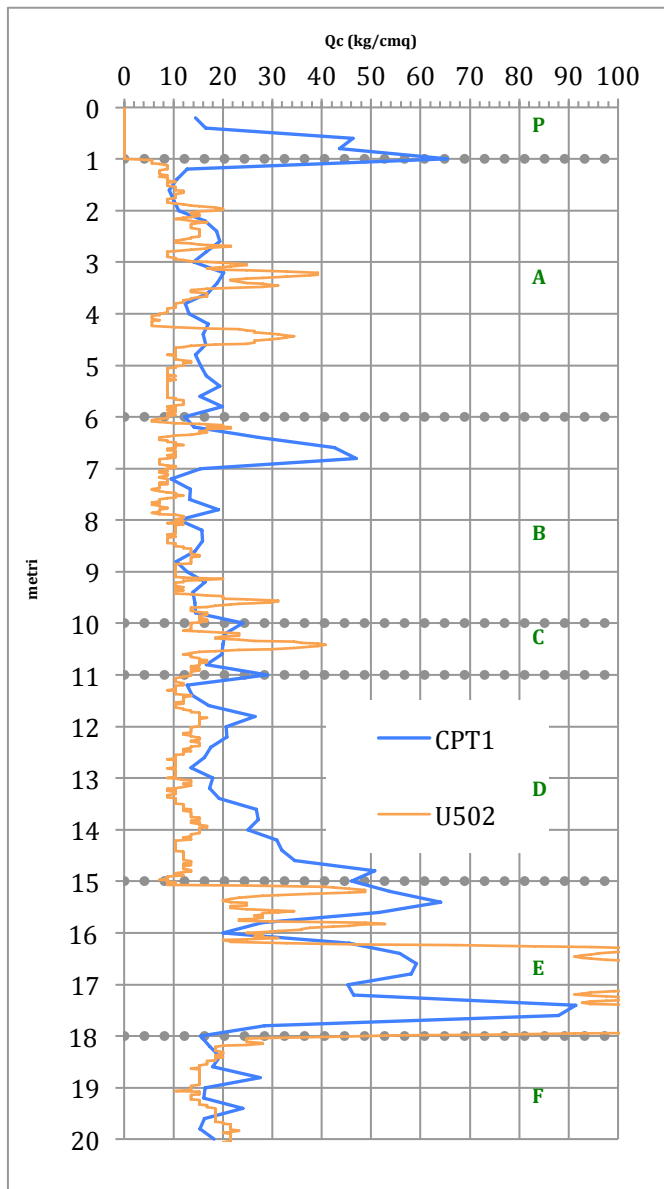
Sulla batteria di aste esterne vengono installati uno o più anelli allargatori per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione.

Questo tipo di prova prevede la registrazione, ogni 20 centimetri, dei seguenti parametri caratteristici:

- *resistenza di punta* (Q_c o R_p)
- *resistenza di attrito laterale locale* (F_s o R_{al})

I risultati ed i diagrammi della prova sono riportati in allegato.

Per l'elaborazione dei dati si è fatto uso del programma GeoTecA 5.1 - Interstudio.



Nel grafico a lato sono riportati i valori di R_p (Q_c), in funzione della profondità, ai quali è possibile associare i livelli individuati:

- dal p.c. a -1 m circa : materiale di riporto del piazzale
- fino a circa -6 m: argille limose/limi argillosi
- fino a -10 m circa: limi argillosi, prevalenti
- fino a -11 m circa: sabbie limose e limo-argillose
- fino a -15 m circa: limi argillosi, consistenti
- fino a -18 m circa: limi argilloso-

sabbiosi, addensati

- fino a -20 m: limi argillosi/argille-limose.

5.2 INTERPRETAZIONE LITO STRATIGRAFICA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dalle elaborazioni eseguite è stato ricostruito l'assetto stratigrafico dell'area, e sono state discretizzate le diverse unità litologiche individuate; in allegato è riportata la sezione litologica ricavata.

I principali parametri geotecnici, riferibili a tali unità litologiche, sono riportati nella tabella

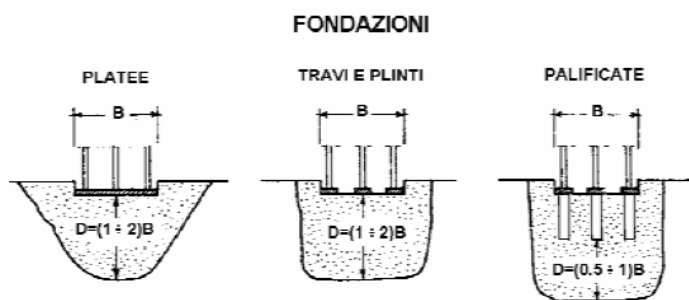
riassuntiva che segue (valori medi):

unità litologica	profondità (m)		DESCRIZIONE	Q_{c_m}	γ_m	c_{u_m}	ϕ_m	m_{v_m}
	da	a		kg/cm ²	T/m ³	kg/cm ²	°	cm ² /kg
P	p.c.	1	Piazzale superficiale	-	-	-	-	-
A	1	6	argille limose/limi argillosi	15,3	1,81	0,70	-	0,01712
B	6	10	limi argillosi, prevalenti	18,3	1,80	0,64	-	0,01454
C	10	11	sabbie limose e limo-argillose	21,2	1,88	-	19*	0,02827
D	11	15	limi argillosi consistenti	24,3	1,88	1,16	-	0,01164
E	15	18	limi argil-sabbiosi addensati	50,1	1,98	2,40	-	0,00734
F	18	20	limi argillosi argille limose	18,8	1,85	0,82	-	0,01401

* riferito ai soli livelli sabbiosi

Per quanto riguarda lo schema geotecnico:

- piano di campagna < 15° => categoria topografica T1
- falda: attualmente -3 m dal piano di calpestio
- volume significativo



L'entità dei carichi applicabili è fortemente condizionata dalla natura e dalle caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione, dalla profondità della falda, dalla profondità alla quale saranno applicati i carichi stessi e dal volume di terreno interessato (fondazioni estese o isolate).

A seconda che si preveda l'utilizzo di fondazioni compensate² o non compensate occorrerà adottare valori caratteristici (k) riferiti, rispettivamente, al 5° percentile della distribuzione dei valori medi o, in via cautelativa, al 5° percentile della distribuzione dei valori.

5.3 VALUTAZIONI SUGLI STATI LIMITE

Per le valutazioni degli stati limite ultimi (SLU) le NTC08 prevedono due tipi di approccio:

- APPROCCIO 1
 - combinazione 1 = $A1+M1+R1$
 - combinazione 2 = $A2+M2+R2$
- APPROCCIO 2 = $A1+M1+R3$

(i valori dei coefficienti riduttivi sono tabellati dalla normativa)

Gli SLU per il carico limite prevedono che: $E_d \leq R_d$

dove R_d = valore di progetto della resistenza del terreno
 E_d = valore di progetto dell'azione o effetto dell'azione

Anche se questa non è la sede per le valutazioni che riguardano gli stati limite si è comunque provveduto alla valutazione del valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico (R_d), utilizzando l'approccio 2 (in condizioni statiche). È stata valutata anche l'entità dei cedimenti teorici indotti nel terreno dalle strutture (programma GeoTec C), per fornire indicazioni al Progettista, nella valutazione degli SLE.

I coefficienti parziali dei parametri di resistenza del terreno (M) sono unitari e la resistenza globale del sistema (R) è ridotta tramite il coefficiente del gruppo R3, pari a 2,3.

²

inteso come: FONDAZIONE COMPENSATA se il volume di influenza della fondazione risulta maggiore della scala di fluttuazione delle proprietà del terreno, per cui le fluttuazioni vengono "compensate" all'interno dello spessore di influenza (es: platee, pali singoli con attrito sul fusto, palificate e, generalmente, plinti B > 3m)

Considerando un volume significativo pari ad 2 volte la larghezza B della fondazione (plinto quadrato 3 m di lato) si ottiene $H=3 \times 2 + 1,5 \text{ m} \Rightarrow -7,5 \text{ m}$ circa dal p.c.

Risultano quindi interessati i livelli A-B

In relazione alla tipologia di intervento, alla profondità minima della falda dal p.c. ed alle caratteristiche dei terreni di fondazione si ipotizzano:

- fondazione a plinto quadrato con $B = 3 \text{ m}$
- piano di posa = $-1,5 \text{ m}$ (comunque entro -2 m dal piano di calpestio)
- come valore caratteristico, in relazione al tipo di fondazione utilizzata, verrà assunto il 5° percentile della distribuzione dei valori.
- posto $c_{uk} = \begin{matrix} 34,32 \text{ kN/m}^2 & (\text{valore ponderato unità A-B}) \\ 0,35 \text{ kg/cm}^2 \end{matrix}$

Data la natura essenzialmente coesiva dei terreni interessati, la valutazione è stata eseguita sulla base dell'equazione proposta da Hansen (1970) ipotizzando condizioni non drenate:

si ottiene: $R_k = \begin{matrix} 286,14 & \text{kN/m}^2 \\ 2,92 & \text{kg/cm}^2 \end{matrix}$

Per il calcolo del valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico, l'approccio impone il coefficiente parziale $R_3 = 2,3$.

Ne consegue che la resistenza di progetto R_d che non deve essere superata dalle azioni

di progetto E_d è: $R_d (>E_d) = \begin{matrix} 124,41 & \text{kN/m}^2 \\ 1,27 & \text{kg/cm}^2 \end{matrix}$

Per il calcolo dei cedimenti è stato considerato il carico di esercizio (Stato Limite di Esercizio), considerando le azioni non amplificate dai coefficienti A_1 .

Il valore di progetto R_d è stato diviso per il valore medio dei coefficienti di amplificazione delle azioni (A_1) che, nel caso dell'approccio considerato, possiamo quantificare in 1,4.

Si è quindi provveduto a verificare i cedimenti per pressioni sul terreno $\leq 88,2 \text{ kN/m}^2$ ($0,9 \text{ kg/cmq}$) = SLE

CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE

METODO DI BRINCH - HANSEN (1970 -74)

Dati:

B =	3,00	[m]	γ =	18,00	[kN/m ³]
ex =	0,00	[m]	ϕ =	0	[°]
L =	3,00	[m]	c =	0,00	[kN/m ²]
ey =	0,00	[m]	cu =	35,00	[kN/m ²]
D =	1,50	[m]	ca =	3,50	[kN/m ²]
zw =	2,00	[m]	β =	0	[°]
Fs =	2,3		η =	0	[°]

In presenza di falda si

Componenti del carico applicato:

V =	0,00	[kN]	H =	0,00	[kN]
-----	------	------	-----	------	------

Elaborazione dati:

B' =	3,00	[m]	kp =	1,00	coeff. di spinta passiva
L' =	3,00	[m]	δ =	0	

<i>Fattori di forma:</i>		<i>Fattori di profondità:</i>		<i>Fatt. inclinaz. carico:</i>	
sc =	1,200	dc =	1,200	ic =	1,000
sq =	1,000	dq =	1,000	iq =	1,000
s γ =	1,100	d γ =	1,000	i γ =	1,000
<i>Fatt. incl. piano fondaz.:</i>		<i>Fatt. incl. Terreno:</i>		<i>Verifiche del metodo:</i>	
bc =	1,000	gc =	1,000	$H < V \cdot \tan \delta + Af \cdot ca$ Ok	
bq =	1,000	gq =	1,000	$\beta \leq \phi$ Ok	
b γ =	1,000	g γ =	1,000	$iq, i\gamma > 0$ Ok	
				$\beta + \eta \leq 90^\circ$ Ok	
Nq =	1,000	Q =	2575,23 [kN]	262,60	[t]
Nc =	5,142	q _{lim} =	286,14 [kN/m ²]	2,918	[kg/cm ²]
N γ =	0,000	σ_{amm} =	124,41 [kN/m ²]	1,269	[kg/cm ²]

B =	larghezza fondazione	γ =	peso di volume del terreno
ex =	eccentricità lungo B	ϕ =	angolo di attrito interno
L =	lunghezza fondazione	c =	coesione
D =	approfondimento piano di posa	cu =	coesione non drenata
zw =	quota falda	ca =	adesione lungo la base ($ca \leq c$)
Fs =	fattore di sicurezza	β =	inclinazione del pendio (terreno)
V =	comp. verticale del carico	η =	inclinazione del carico
H =	comp. orizzontale del carico	δ =	angolo di attrito terreno-fondazione

Sono stati comunque considerate diverse dimensioni del plinto e diversi valori di carico, provvedendo a ricavare il valore mv_k per ogni strato, omogeneizzando i valori ricavati dalla CPT; dove $mv_{k+} = mv_{k5^\circ \% -ile}$ e $mv_{k-} = mv_{k95^\circ \% -ile}$. (metodo di Cox).

RIEPILOGO PUNTI

Plinto	Pressione kN/m ²	mv _{k+} Cedim. (cm)	mv _{k-} Cedim. (cm)	Δ cm
B=2x2 m	88,2	2,32	2,76	0,43
	117,7	3,09	3,60	0,54
B=3x3 m	88,2	3,24	3,78	0,52
	117,7	4,29	5,04	0,75

A titolo puramente orientativo si riporta, inoltre, la stima della costante di Winkler riferita alle tipologie esaminate (si ricorda che tale costante non rappresenta una proprietà intrinseca del terreno, ma dipende da diversi fattori):

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE (Winkler)

Plinto 3x3 m 0,2861 kg/cm³

(valore riferiti alla condizione mvk-)

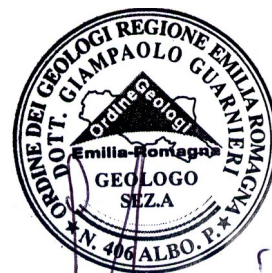
6. CONCLUSIONI

Da quanto fino a qui esaminato non sono emerse problematiche che impediscano la realizzazione dell'intervento in progetto.

- La litologia è sostanzialmente rappresentata da una prevalenza di termini coesivi, dalle caratteristiche geomeccaniche mediocri
- Tutta l'urbanizzazione è sopraelevata dal p.c. originario di circa 1 m
- Il livello della falda è attualmente alla profondità di -3 (quindi -2 dal p.c. originario) per cui, in base alle litologie presenti ed ai pochi dati bibliografici disponibili, ci si potranno aspettare innalzamenti (in periodi di normale piovosità) dell'ordine di un metro circa
- L'Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003 ha comportato l'inserimento del Comune di Ravenna nell'elenco dei comuni in zona sismica 3, con valori di a_g (acceleraz. orizzontale massima sul suolo di cat. A) pari a 0,15 g; dall'indagine sismica eseguita (HVSr) è risultato che

siamo in presenza di un **suolo di tipo C** ($V_{s30}=208$ m/sec). La frequenza fondamentale di risonanza del sito è di 1.13 ± 0.07 Hz, frequenza legata ad un contrasto di impedenza profondo

- Rischio sismico: i risultati ottenuti indicano come improbabile il pericolo di liquefazione degli spessori sabbioso-limosi presenti nei primi 20 m; è risultato un cedimento permanente post-sismico dell'ordine di 2,61 / 2,09 centimetri (liv. A-B), per un totale di 4,71 cm.
- Sarà buona norma, infine, provvedere ad una accurata regimazione e raccolta delle acque meteoriche, al fine di evitare sempre pericolose infiltrazioni localizzate.



Dott. Geol. Giampaolo Guarnieri

7. ALLEGATI

ubicazione area - scala 1:5000

planimetria intervento - ubicazione prove

analisi del rischio di liquefazione

sezione litologica

risultati e diagrammi penetrometrici

ALLEGATO 1 – indagine sismica passiva HVSr

Vengono di seguito riportati i riferimenti alle metodologie ed ai codici di calcolo utilizzati.


Elaborazione prove penetrometriche eseguita con il programma GeoTec A, prodotto e distribuito dalla società Interstudio srl, di Pistoia, serie n. 5856, in licenza a Geol. Giampaolo Guarnieri-Lugo (RA).

Cedimenti e pressioni valutate su terreno isotropo elastico alla “Boussinesque”; portanza valutata con il metodo Terzaghi-Meyerof.

Elaborazione eseguita con il programma GeoTec C, prodotto e distribuito dalla società Interstudio srl, di Pistoia, serie 5775, in licenza a Geol. Giampaolo Guarnieri-Lugo (RA), e con il programma Static della società GeoStru Software di Bianco (RC).

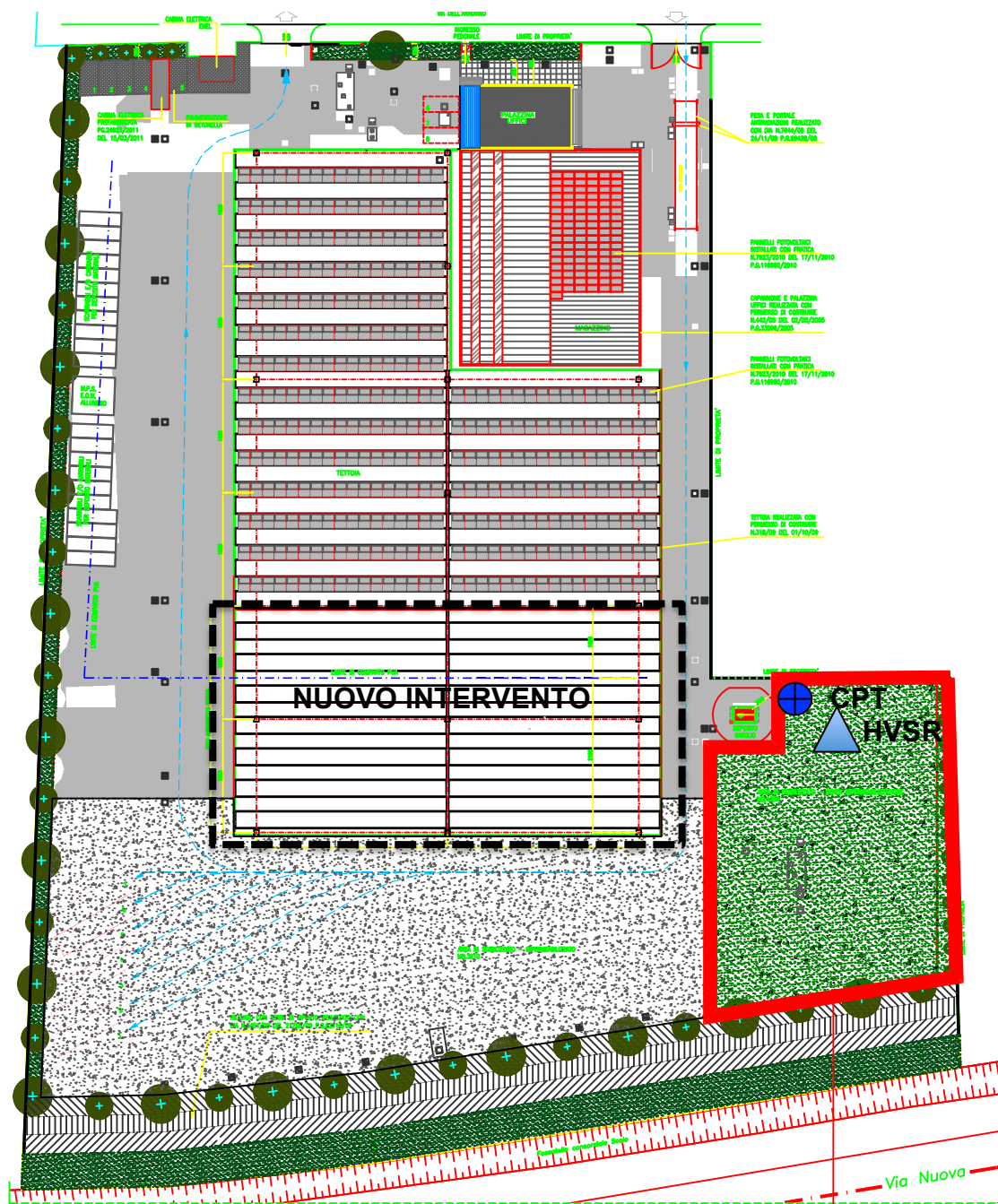
I programmi sono basati su metodi di calcolo consolidati sia in bibliografia che nella pratica corrente e che sono in uso da oltre 15 anni, con un affinamento e una messa a punto continua. Ogni nuova versione segue una procedura di verifica che passa sia attraverso una fase interna alla società di sviluppo che una successiva fase di beta-test effettuata da utenti beta-tester.

Il controllo dei dati e dei risultati è facilitato da varie forme di rappresentazione sia numerica che grafica, che mettono in evidenza anche gli eventuali errori “grossolani” nell’introduzione dei dati. Inoltre il Progettista ha proceduto ad alcuni test di compatibilità con esempi conosciuti prima dell’utilizzo del programma.

Elaboratore utilizzato: Apple MacBook Pro 15.4”  – n. seriale W88469UD1G0 (sul quale sono state attivate protezioni firewall, di tipo software ed hardware).



UBICAZIONE AREA (C.T.R. scala 1:5000)

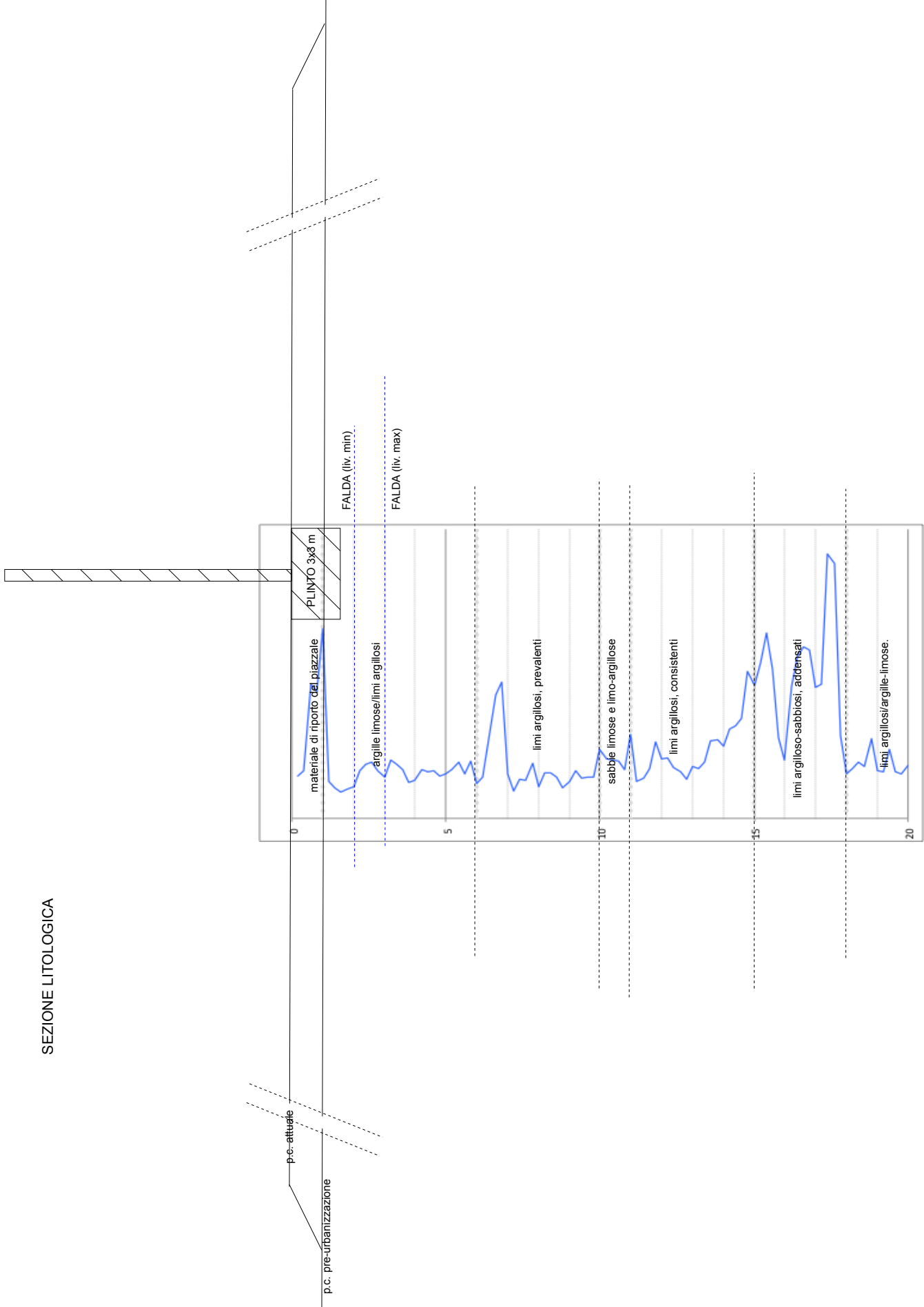


PLANIMETRIA INTERVENTO-UBICAZIONE PROVE

NUOVA TETTOIA IN AMPLIAMENTO A FABBRICATO ARTIGIANALE – VIA DELL'ARROTINO- RONCALCECI

Committente: Studio DueEsse Riferimento: CPT1 - via dell'Arrotino Località: Roncalceci Oggetto: ampliamento tettoia			Prov.: RA		ANALISI		
Metodi che utilizzano Prove		Fattore di sicurezza (Fs)		Indice del Potenziale		Rischio liquefazione Iwasaki et al.	
Statiche (CPT)		> 1,0		(M)		(1978)	
Robertson e Wride (1998)		> 1,25 (OPCM 3274)		Liquefazione (IP _L)		Molto Basso	
		6,0		0,000			
						EPC LIBRI	
Prof.	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75)		Fs
	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore	Classificazione	
(m)							
0,20	2,03	Granulare	2,42	NPGranulare	2,20	N.L.	N.C.
0,40	2,92	Argilloso	3,18	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
0,60	1,82	Granulare	2,09	NPGranulare	1,94	N.L.	N.C.
0,80	2,08	Granulare	2,31	NPGranulare	2,19	N.C.	N.C.
1,00	1,84	Granulare	2,05	NPGranulare	1,94	N.C.	N.C.
1,20	2,95	Argilloso	3,16	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
1,40	2,73	Argilloso	2,95	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
1,60	2,69	Argilloso	2,89	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
1,80	2,86	Argilloso	3,04	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
2,00	2,84	Argilloso	3,01	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
2,20	2,82	Argilloso	2,97	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
2,40	2,50	Granulare	2,65	Plimoso	2,57	4,91	N.L.
2,60	2,75	Argilloso	2,89	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
2,80	2,72	Argilloso	2,86	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
3,00	2,96	Argilloso	3,09	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
3,20	2,88	Argilloso	2,99	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
3,40	2,73	Argilloso	2,85	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
3,60	2,95	Argilloso	3,06	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
3,80	3,10	Argilloso	3,20	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
4,00	2,97	Argilloso	3,08	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
4,20	2,72	Argilloso	2,83	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
4,40	2,79	Argilloso	2,89	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
4,60	2,72	Argilloso	2,82	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
4,80	2,91	Argilloso	3,00	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
5,00	2,86	Argilloso	2,95	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
5,20	2,73	Argilloso	2,82	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
5,40	2,74	Argilloso	2,82	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
5,60	2,87	Argilloso	2,95	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
5,80	2,82	Argilloso	2,89	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
6,00	3,05	Argilloso	3,12	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
6,20	3,00	Argilloso	3,07	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
6,40	2,75	Argilloso	2,81	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
6,60	2,94	Granulare	2,40	NPGranulare	2,37	3,13	N.L.
6,80	2,37	Granulare	2,43	NPGranulare	2,40	4,15	N.L.
7,00	2,86	Argilloso	2,91	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
7,20	3,26	Argilloso	3,31	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
7,40	3,02	Argilloso	3,06	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
7,60	3,08	Argilloso	3,12	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
7,80	2,88	Argilloso	2,92	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
8,00	3,13	Argilloso	3,17	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
8,20	3,03	Argilloso	3,06	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
8,40	3,07	Argilloso	3,10	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
8,60	3,01	Argilloso	3,04	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
8,80	3,26	Argilloso	3,28	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
9,00	3,09	Argilloso	3,11	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
9,20	3,02	Argilloso	3,04	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
9,40	3,15	Argilloso	3,16	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
9,60	3,16	Argilloso	3,18	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
9,80	3,20	Argilloso	3,21	N.L.	2,20	N.L.	N.L.
10,00	2,76	Argilloso	2,77	N.L.	2,20	N.L.	N.L.

SEZIONE LITOLOGICA



RELAZIONE TECNICA

 Roncalceci (RA) - via dell'Arrotino
 CPT1 - 01.10.2013
 Prot. n. 5201

Quota livello di falda : 3.00

Dati prova penetrometrica statica

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. qc/fs
0.20	14.50	0.60	24.17
0.40	16.50	5.00	3.30
0.60	46.30	1.17	39.57
0.80	43.60	1.78	24.49
1.00	65.40	1.57	41.66
1.20	12.70	1.95	6.51
1.40	10.70	0.66	16.21
1.60	9.10	0.35	26.00
1.80	10.10	0.68	14.85
2.00	11.10	0.71	15.63
2.20	16.40	1.36	12.06
2.40	18.70	0.61	30.66
2.60	19.40	1.42	13.66
2.80	16.60	0.90	18.44
3.00	14.10	1.34	10.52
3.20	20.10	1.98	10.15
3.40	18.80	1.07	17.57
3.60	16.90	1.69	10.00
3.80	12.40	1.37	9.05
4.00	13.10	1.01	12.97
4.20	17.00	0.73	23.29
4.40	16.00	0.79	20.25
4.60	16.50	0.64	25.78
4.80	14.50	0.89	16.29
5.00	15.50	0.83	18.67
5.20	16.70	0.63	26.51
5.40	19.40	0.85	22.82
5.60	15.30	0.78	19.62
5.80	19.90	1.10	18.09
6.00	12.20	0.80	15.25
6.20	14.20	0.93	15.27
6.40	27.20	1.59	17.11
6.60	42.60	1.02	41.76
6.80	47.00	1.37	34.31
7.00	15.50	0.61	25.41
7.20	9.50	0.75	12.67
7.40	13.40	0.72	18.61
7.60	13.30	0.84	15.83
7.80	19.10	0.97	19.69
8.00	11.10	0.62	17.90
8.20	15.70	0.97	16.19
8.40	15.90	1.12	14.20
8.60	14.30	0.69	20.72
8.80	10.50	0.75	14.00
9.00	12.70	0.65	19.54
9.20	16.40	0.92	17.83
9.40	13.90	0.94	14.79
9.60	14.30	1.04	13.75
9.80	14.40	1.17	12.31
10.00	24.00	0.84	28.57
10.20	20.40	0.63	32.38
10.40	20.00	0.35	57.14
10.60	19.70	0.47	41.91
10.80	16.70	0.49	34.08
11.00	29.00	0.46	63.04
11.20	12.70	0.26	48.85
11.40	13.80	0.49	28.16
11.60	17.20	1.47	11.70
11.80	26.50	1.42	18.66
12.00	20.70	1.63	12.70
12.20	20.80	1.61	12.92
12.40	17.50	0.83	21.08
12.60	16.20	1.06	15.28
12.80	13.50	0.57	23.68
13.00	18.00	0.74	24.32
13.20	17.30	0.73	23.70
13.40	19.30	1.30	14.85

NUOVA TETTOIA IN AMPLIAMENTO A FABBRICATO ARTIGIANALE - VIA DELL'ARROTINO- RONCALCECI

13.60	26.80	1.28	20.94
13.80	27.20	1.38	19.71
14.00	25.10	1.31	19.16
14.20	30.90	1.92	16.09
14.40	31.90	1.41	22.62
14.60	34.60	1.57	22.04
14.80	50.70	2.53	20.04
15.00	46.10	2.84	16.23
15.20	53.70	2.60	20.65
15.40	64.10	2.99	21.44
15.60	51.60	2.24	23.04
15.80	27.90	1.02	27.35
16.00	20.00	0.81	24.69
16.20	45.60	2.21	20.63
16.40	55.80	2.35	23.74
16.60	59.20	2.23	26.55
16.80	58.10	2.66	21.84
17.00	45.30	2.47	18.34
17.20	46.50	3.93	11.83
17.40	91.50	3.29	27.81
17.60	88.00	3.57	24.65
17.80	28.50	2.52	11.31
18.00	15.50	1.83	8.47
18.20	17.30	1.73	10.00
18.40	19.40	1.13	17.17
18.60	18.00	1.64	10.98
18.80	27.50	1.30	21.15
19.00	16.40	0.92	17.83
19.20	16.10	0.85	18.94
19.40	24.00	2.09	11.48
19.60	16.20	1.28	12.66
19.80	15.30	1.11	13.78
20.00	18.20	1.15	15.83

Interpretazione stratigrafia

Prof. Terreno ml	Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma'V kg/cm2	CU kg/cm2	FI i	DR %	Mv cm2/Kg	K oriz kg/cm3	Perm. cm/sec
0.20 Limo argil-sabbioso adde	1809	1809	0.036	0.723	0	0	0.0140	0.9667	1.3e-3
0.40 Torba	1828	1828	0.073	0.821	0	0	0.0121	3.3000	1.3e+66
0.60 Sabbia argil-limosa adde	1700	1700	0.107	0.000	32	83	0.0144	3.0867	1.6e-2
0.80 Limo argil-sabbioso adde	1973	1973	0.146	2.173	0	0	0.0076	2.9067	1.6e-3
1.00 Sabbia lim. mediamente a	1750	1750	0.181	0.000	31	85	0.0102	3.2700	2.0e-2
1.20 Argilla torbosa consiste	1789	1789	0.217	0.624	0	0	0.0157	1.2700	1.8e-5
1.40 Limo argilloso plastico	1763	1763	0.252	0.522	0	0	0.0149	0.7133	7.1e-5
1.60 Limo argil-sabbioso scio	1739	1739	0.287	0.441	0	0	0.0161	0.6067	2.0e-3
1.80 Argilla limosa soffice	1755	1755	0.322	0.489	0	0	0.0182	1.0100	3.0e-5
2.00 Argilla limosa plastica	1769	1769	0.357	0.537	0	0	0.0180	1.1100	4.7e-5
2.20 Argilla limosa plastica	1827	1827	0.394	0.800	0	0	0.0122	1.6400	9.8e-6
2.40 Sabbia argil-limosa adde	1700	1700	0.428	0.000	23	25	0.0357	1.2467	4.7e-3
2.60 Argilla limosa consisten	1852	1852	0.465	0.947	0	0	0.0103	1.9400	3.0e-5
2.80 Limo argilloso plastico	1829	1829	0.502	0.805	0	0	0.0144	1.1067	2.0e-4
3.00 Argilla consistente	1804	1804	0.538	0.678	0	0	0.0355	1.4100	5.1e-7
3.20 Argilla consistente	1857	1227	0.562	0.977	0	0	0.0165	2.0100	1.6e-6
3.40 Limo argilloso plastico	1847	1217	0.587	0.911	0	0	0.0156	1.2533	1.3e-4
3.60 Argilla consistente	1831	1201	0.611	0.814	0	0	0.0249	1.6900	5.2e-7
3.80 Argilla torbosa consiste	1785	1155	0.634	0.588	0	0	0.0161	1.2400	1.0e-6
4.00 Argilla limosa plastica	1793	1163	0.657	0.622	0	0	0.0153	1.3100	1.1e-5
4.20 Limo argil-sabbioso adde	1832	1202	0.681	0.816	0	0	0.0145	1.1333	1.0e-3
4.40 Limo argilloso plastico	1823	1193	0.705	0.765	0	0	0.0142	1.0667	3.9e-4
4.60 Limo argil-sabbioso adde	1828	1198	0.729	0.789	0	0	0.0143	1.1000	1.9e-3
4.80 Limo argilloso plastico	1809	1179	0.752	0.687	0	0	0.0140	0.9667	7.7e-5
5.00 Limo argilloso plastico	1819	1189	0.776	0.736	0	0	0.0141	1.0333	2.2e-4
5.20 Limo argil-sabbioso adde	1830	1200	0.800	0.795	0	0	0.0144	1.1133	2.2e-3
5.40 Limo argil-sabbioso adde	1852	1222	0.825	0.929	0	0	0.0161	1.2933	8.6e-4
5.60 Limo argilloso plastico	1817	1187	0.848	0.723	0	0	0.0141	1.0200	3.1e-4
5.80 Limo argilloso plastico	1856	1226	0.873	0.951	0	0	0.0166	1.3267	1.6e-4
6.00 Argilla limosa plastica	1783	1153	0.896	0.565	0	0	0.0164	1.2200	4.0e-5
6.20 Argilla limosa plastica	1806	1176	0.919	0.664	0	0	0.0141	1.4200	4.6e-5
6.40 Limo argilloso consisten	1903	1273	0.945	1.313	0	0	0.0123	1.8133	1.2e-4
6.60 Sabbia lim. mediamente a	1750	1120	0.967	0.000	23	38	0.0156	2.1300	2.0e-2
6.80 Sabbia argil-limosa adde	1700	1070	0.989	0.000	23	41	0.0142	3.1333	8.5e-3
7.00 Limo argil-sabbioso adde	1819	1189	1.013	0.724	0	0	0.0141	1.0333	1.7e-3
7.20 Argilla limosa plastica	1745	1115	1.035	0.423	0	0	0.0183	0.9500	7.4e-6
7.40 Limo argilloso plastico	1797	1167	1.058	0.617	0	0	0.0141	0.8933	2.1e-4
7.60 Limo argilloso plastico	1796	1166	1.081	0.611	0	0	0.0141	0.8867	6.1e-5
7.80 Limo argilloso plastico	1850	1220	1.106	0.900	0	0	0.0158	1.2733	3.1e-4
8.00 Limo argilloso soffice	1769	1139	1.129	0.499	0	0	0.0147	0.7400	1.6e-4

NUOVA TETTOIA IN AMPLIAMENTO A FABBRICATO ARTIGIANALE - VIA DELL'ARROTINO- RONCALCECI

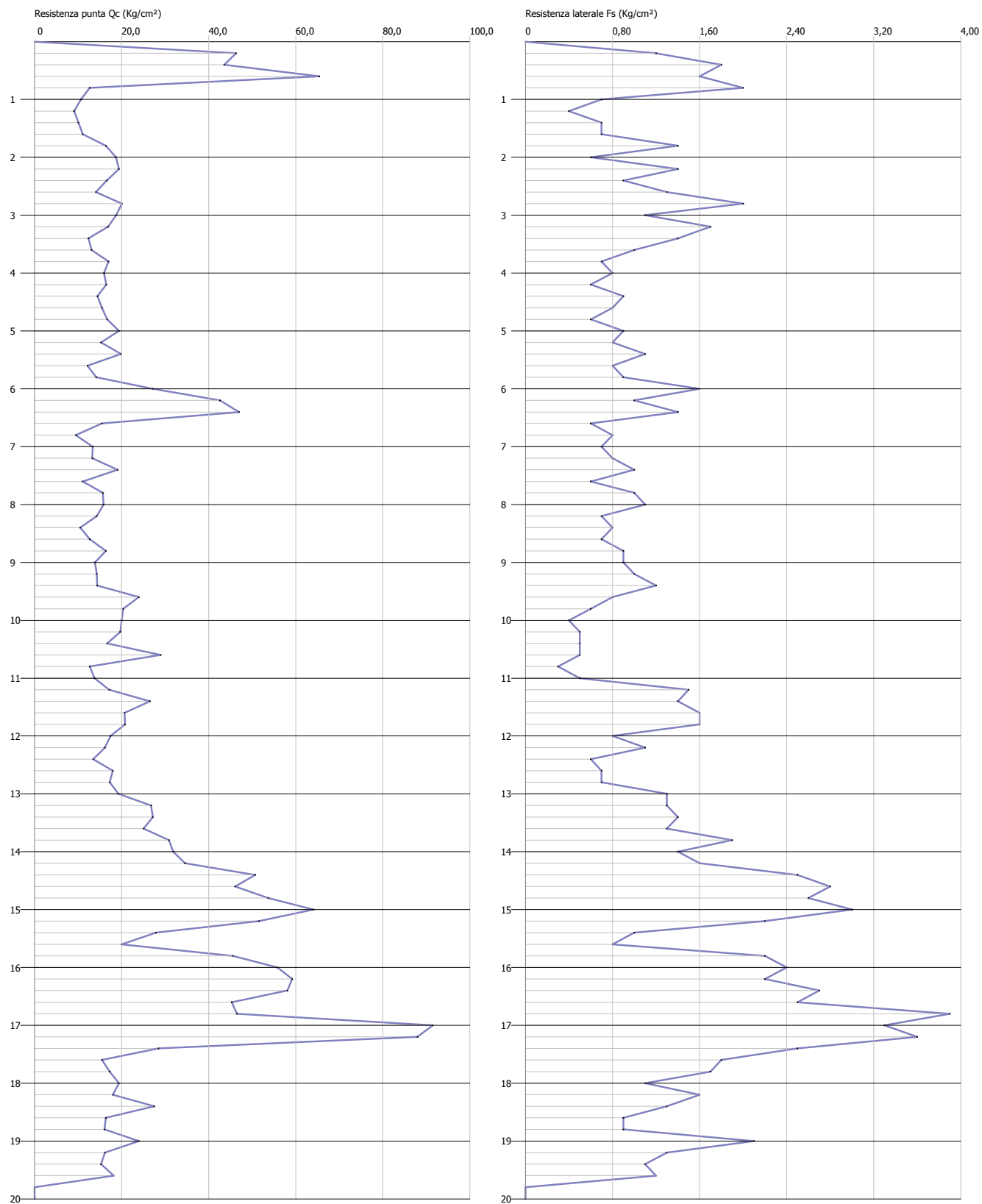
8.20	Limo argilloso plastico	1820	1190	1.152	0.727	0	0	0.0141	1.0467	7.3e-5
8.40	Argilla limosa plastica	1822	1192	1.176	0.736	0	0	0.0126	1.5900	2.9e-5
8.60	Limo argilloso plastico	1807	1177	1.200	0.655	0	0	0.0140	0.9533	4.6e-4
8.80	Argilla limosa plastica	1760	1130	1.222	0.464	0	0	0.0181	1.0500	1.8e-5
9.00	Limo argilloso plastico	1789	1159	1.246	0.573	0	0	0.0142	0.8467	3.0e-4
9.20	Limo argilloso plastico	1827	1197	1.270	0.757	0	0	0.0143	1.0933	1.5e-4
9.40	Argilla limosa plastica	1802	1172	1.293	0.630	0	0	0.0144	1.3900	3.5e-5
9.60	Argilla limosa plastica	1807	1177	1.317	0.649	0	0	0.0140	1.4300	2.0e-5
9.80	Argilla limosa plastica	1808	1178	1.340	0.653	0	0	0.0139	1.4400	8.8e-6
10.00	Limo argil-sabbioso adde	1884	1254	1.365	1.132	0	0	0.0139	1.6000	3.4e-3
10.20	Sabbia argil-limosa adde	1700	1070	1.387	0.000	20	15	0.0327	1.3600	6.3e-3
10.40	Sabbia sciolta	1700	1070	1.408	0.000	19	15	0.0250	1.0000	5.6e-2
10.60	Sabbia limosa sciolta	1650	1020	1.428	0.000	19	15	0.0254	0.9850	2.0e-2
10.80	Sabbia argilloso-limosa	1650	1020	1.449	0.000	19	15	0.0299	1.1133	8.1e-3
11.00	Sabbia sciolta	1700	1070	1.470	0.000	20	17	0.0172	1.4500	7.3e-2
11.20	Sabbia limosa sciolta	1650	1020	1.491	0.000	18	15	0.0394	0.6350	3.4e-2
11.40	Limo argil-sabbioso scio	1801	1171	1.514	0.614	0	0	0.0140	0.9200	3.1e-3
11.60	Argilla limosa consisten	1834	1204	1.538	0.783	0	0	0.0116	1.7200	9.3e-6
11.80	Limo argilloso consisten	1899	1269	1.563	1.247	0	0	0.0126	1.7667	2.3e-4
12.00	Argilla limosa consisten	1862	1232	1.588	0.956	0	0	0.0097	2.0700	2.2e-5
12.20	Argilla limosa consisten	1863	1233	1.613	0.959	0	0	0.0096	2.0800	2.4e-5
12.40	Limo argilloso plastico	1837	1207	1.637	0.793	0	0	0.0147	1.1667	5.1e-4
12.60	Argilla limosa plastica	1825	1195	1.661	0.727	0	0	0.0123	1.6200	5.2e-5
12.80	Limo argil-sabbioso adde	1798	1168	1.684	0.591	0	0	0.0140	0.9000	1.1e-3
13.00	Limo argil-sabbioso adde	1841	1211	1.708	0.815	0	0	0.0150	1.2000	1.3e-3
13.20	Limo argil-sabbioso adde	1835	1205	1.732	0.778	0	0	0.0147	1.1533	1.1e-3
13.40	Argilla limosa consisten	1851	1221	1.757	0.877	0	0	0.0104	1.9300	5.1e-5
13.60	Limo argilloso consisten	1900	1270	1.782	1.251	0	0	0.0124	1.7867	5.1e-4
13.80	Limo argilloso consisten	1903	1273	1.808	1.270	0	0	0.0123	1.8133	3.4e-4
14.00	Limo argilloso consisten	1891	1261	1.833	1.163	0	0	0.0133	1.6733	2.7e-4
14.20	Limo argilloso consisten	1922	1292	1.859	1.452	0	0	0.0108	2.0600	8.6e-5
14.40	Limo argil-sabbioso adde	1926	1296	1.885	1.501	0	0	0.0104	2.1267	9.0e-4
14.60	Limo argil-sabbioso adde	1939	1309	1.911	1.634	0	0	0.0096	2.3067	7.8e-4
14.80	Limo argilloso molto con	1996	1366	1.938	2.438	0	0	0.0066	3.3800	5.2e-4
15.00	Limo argilloso molto con	1981	1351	1.965	2.207	0	0	0.0072	3.0733	1.4e-4
15.20	Limo argilloso molto con	2004	1374	1.993	2.585	0	0	0.0062	3.5800	6.5e-4
15.40	Limo argil-sabbioso adde	2031	1401	2.021	3.104	0	0	0.0052	4.2733	8.9e-4
15.60	Limo argil-sabbioso adde	1998	1368	2.048	2.478	0	0	0.0065	3.4400	1.2e-3
15.80	Limo argil-sabbioso adde	1906	1276	2.074	1.291	0	0	0.0119	1.8600	2.7e-3
16.00	Limo argil-sabbioso adde	1857	1227	2.098	0.895	0	0	0.0167	1.3333	1.4e-3
16.20	Limo argilloso molto con	1980	1350	2.125	2.174	0	0	0.0073	3.0400	5.8e-4
16.40	Limo argil-sabbioso adde	2010	1380	2.153	2.682	0	0	0.0060	3.7200	1.4e-3
16.60	Limo argil-sabbioso adde	2019	1389	2.181	2.851	0	0	0.0056	3.9467	2.7e-3
16.80	Limo argil-sabbioso adde	2016	1386	2.208	2.795	0	0	0.0057	3.8733	9.3e-4
17.00	Limo argilloso molto con	1979	1349	2.235	2.153	0	0	0.0074	3.0200	2.8e-4
17.20	Argilla limosa molto con	1983	1353	2.262	2.212	0	0	0.0043	4.6500	6.0e-4
17.40	Limo argilloso-sabbioso	2084	1454	2.291	4.460	0	0	0.0036	6.1000	3.9e-3
17.60	Limo argilloso-sabbioso	2078	1448	2.320	4.284	0	0	0.0038	5.8667	2.2e-3
17.80	Argilla limosa molto con	1910	1280	2.346	1.308	0	0	0.0070	2.8500	5.0e-5
18.00	Argilla torbosa consiste	1819	1189	2.370	0.657	0	0	0.0129	1.5500	3.8e-6
18.20	Argilla consistente	1835	1205	2.394	0.745	0	0	0.0235	1.7300	5.9e-7
18.40	Limo argilloso plastico	1852	1222	2.418	0.849	0	0	0.0161	1.2933	1.1e-4
18.60	Argilla limosa consisten	1841	1211	2.442	0.778	0	0	0.0111	1.8000	7.9e-6
18.80	Limo argilloso consisten	1904	1274	2.468	1.252	0	0	0.0121	1.8333	5.5e-4
19.00	Limo argilloso plastico	1827	1197	2.492	0.695	0	0	0.0143	1.0933	1.5e-4
19.20	Limo argilloso plastico	1824	1194	2.516	0.679	0	0	0.0142	1.0733	2.4e-4
19.40	Argilla limosa consisten	1884	1254	2.541	1.073	0	0	0.0083	2.4000	2.4e-5
19.60	Argilla limosa plastica	1825	1195	2.565	0.682	0	0	0.0123	1.6200	1.3e-5
19.80	Argilla limosa plastica	1817	1187	2.588	0.636	0	0	0.0131	1.5300	2.2e-5
20.00	Limo argilloso consisten	1843	1213	2.613	0.779	0	0	0.0151	1.2133	5.8e-5

Dott. Geol. Giampaolo Guarnieri - Studio di Geologia
VIA M. D'Azeglio n. 9
48022 LUGO RA ITALY
<http://gpguar.wix.com/guarnieri-geologo>

Probe CPT - Cone Penetration CPT Nr.1
Strumento utilizzato CPT SUNDA DOLMEN 200 KN ELECTRONIC

Committente: Studio DueEsse
Cantiere: via Dell'Arrotino
Località: Roncalceci (RA)

Data: 01/10/2013



ALLEGATO 1

INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

LOCALITÀ: Via dell'Arrotino, Roncalceci

COMUNE DI RAVENNA

PROVINCIA DI RAVENNA

La richiesta profondità nella prospezione ha portato alla scelta della tecnica di analisi del microtremore sismico ambientale.

E' ormai accettato che la tecnica, nella sua formulazione classica, detta anche HVSR, è in grado di individuare la frequenza di risonanza dei terreni sciolti sovrastanti un basamento roccioso e permette di risalire, da questa, alla profondità del contatto (Ibs-von Seht e Wohlenberg, 1999; Castellaro et al. 2005) tramite una stima della velocità di propagazione delle onde acustiche nei mezzi attraversati.

Uno studio diverso dello stesso segnale permette inoltre di restituire una stratigrafia sismica. 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 prodotto tra velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Tutte le registrazioni dei microtremori sono state effettuate con il tromografo digitale TROMINO, progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico. Si tratta di un apparecchio portatile tutto-in-uno di 10 x 7 x 14 cm e 1 kg di peso dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V.

Si è effettuata una registrazione di rumore sismico ambientale della durata di 20'.



Dalle registrazioni del rumore sismico ambientale sono state ricavate le curve H/V,

NUOVA TETTOIA IN AMPLIAMENTO A FABBRICATO ARTIGIANALE – VIA DELL'ARROTINO- RONCALCECI

secondo la procedura descritta in Castellaro *et al.* (2005), con parametri:

- ⇒ larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- ⇒ lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- ⇒ rimozione dei transienti sulla serie temporale degli H/V.

Le curve H/V sono state invertite creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

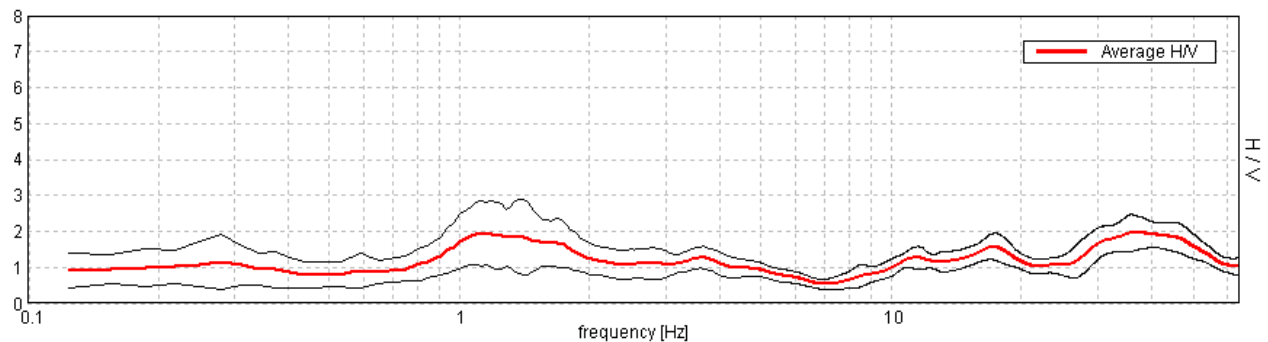


Fig: RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

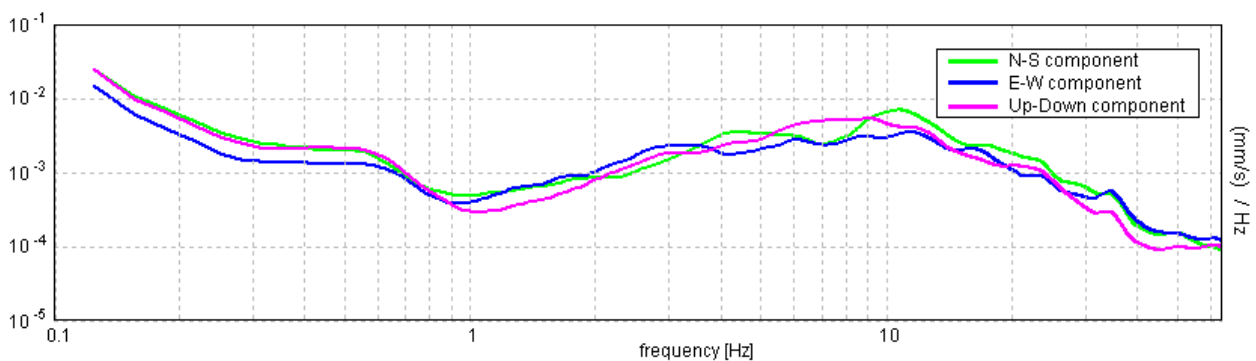


Fig: SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

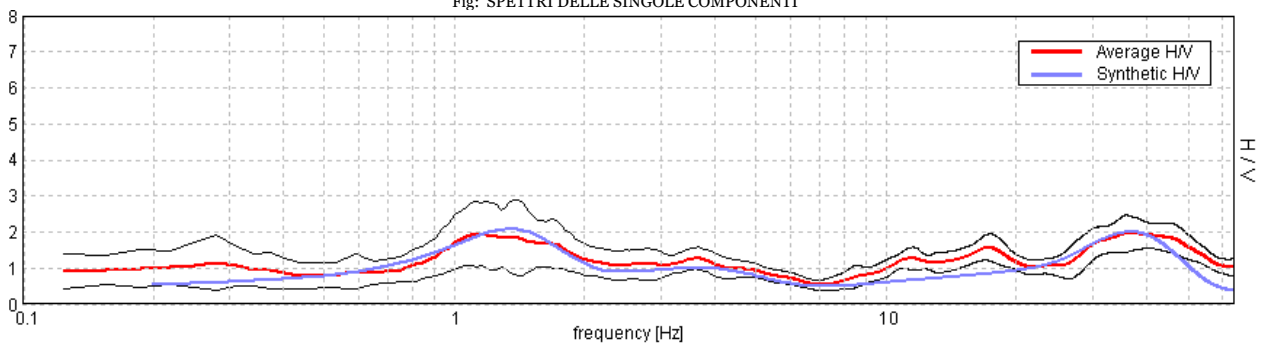
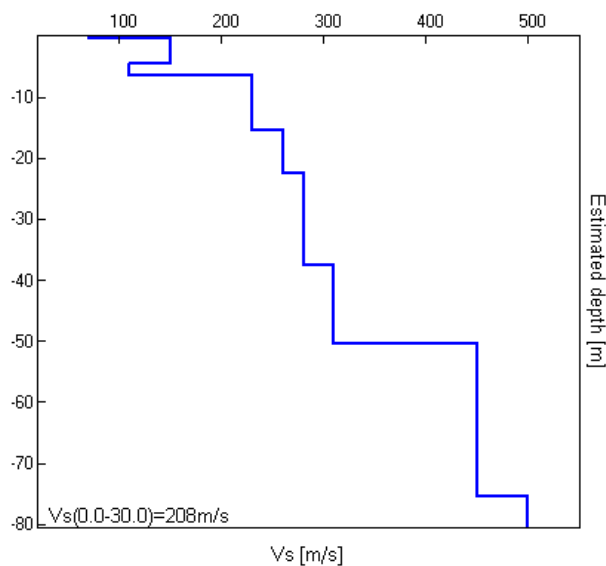


Fig: Confronto tra curva H/V sperimentale (media in rosso, intervallo di confidenza al 95% in nero) e teorica (blu).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.45	0.45	70	0.35
4.45	4.00	150	0.35
6.45	2.00	110	0.35
15.45	9.00	230	0.35
22.45	7.00	260	0.35
37.45	15.00	280	0.35
50.45	13.00	310	0.35
75.45	25.00	450	0.35
inf.	inf.	500	0.35

La velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno viene calcolata con la seguente formulazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

dove h_i e V_{s_i} sono spessori e velocità dei singoli strati. In questo sito si ottiene $V_{s30} = 208$ m/s.

La categoria di suolo di fondazione secondo l'OPCM 3274 e il DM 14/09/2005 e successive modifiche è C.

Suolo	Descrizione geotecnica	Vs30 (m/sec)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m	>800
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fina)	360-800 ($N_{spt} > 50$) ($c_u > 250$ KPa)
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale	180-360 ($15 < N_{spt} < 50$)

	miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina)	$70 < C_u < 250$ KPa)
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_u < 70$ kPa nei terreni a grana fina)	< 180 ($N_{spt} < 15$) ($C_u < 70$ KPa)
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s)	
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < C_{u30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	< 100 ($10 < C_u < 20$ KPa)
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti	

L'area presenta una frequenza fondamentale di risonanza a 1.13 ± 0.07 Hz. Essa determina un picco H/V che non soddisfa i parametri delle linee guida SESAME (2005) in materia di microzonazione sismica.

Picco H/V a 1.13 ± 0.05 Hz (nell'intervallo 0.2 - 40.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.13 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1350.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 55	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.688 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.01 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02062 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02319 < 0.1125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4536 < 1.78$	OK	

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

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