

titolo del progetto

– NUOVA SCUOLA PER L'INFANZIA A SEI SEZIONI
IN LOCALITA' CASTELLO DI SERRAVALLE - VIALE G. VERDI
COMUNE DI VALSAMOGGIA (BO)
PROGETTO ESECUTIVO

committente

– COMUNE DI VALSAMOGGIA (Città Metropolitana di Bologna, BO), Piazza Garibaldi n° 1, 40053 - Valsamoggia (BO)

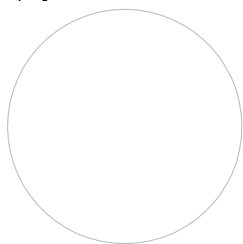
titolo della tavola

– RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA CON STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE PER IL PROGETTO
DI COSTRUZIONE DI UNA SCUOLA MATERNA IN LOCALITA' CASTELLO DI SERRAVALLE

num. pratica	data emissione	redatto da	rapp. disegni	lay-out	fase operativa	file
4213	febbraio 2017	MS	–	–	esecutivo	4213–RG.pdf

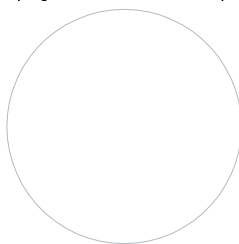
rev.	data	descrizione	redatto da
A			
B			
C			
D			
E			

Il responsabile della
progettazione architettonica



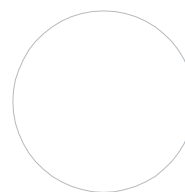
Arch. Enrico Termanini

Il responsabile della
progettazione strutturale e impiantistica

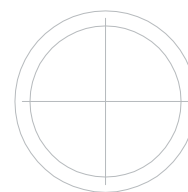


Ing. Davide Bedogni

N°. tavola



orientamento





STUDIO DI SCIENZE DELLA TERRA
GEOL. MATTEO SIMONI
VIA FONTANELLA, 8/2
40069 ZOLA PREDOSA
TEL E FAX 051/0392335
MOBILE +393355337448
MATTEO@MATTEOSIMONI.IT
WWW.MATTEOSIMONI.COM

*progettazione di interventi di bonifica di siti contaminati
idrogeologia, ricerche idriche e pozzi per acqua
monitoraggi di versanti e controlli ambientali
geologia applicata e indagini geognostiche
interventi di ingegneria naturalistica
geofisica e sismologia*

COMUNE DI VALSAMOGGIA
PROVINCIA DI BOLOGNA

Comune di Valsamoggia

N. 0009669 del 23/02/2016 - Arrivo

06 05- - Servizio Lavori Pubblici-



03706120160009669A01

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA
CON STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE
PER IL PROGETTO DI COSTRUZIONE DI UNA
SCUOLA MATERNA IN LOCALITÀ
CASTELLO DI SERRAVALLE**

preparato per:



**Comune di Valsamoggia
Piazza Garibaldi 1
40053 Valsamoggia BO**



*Relazione tecnica
R1520*

Dicembre 2015

Indice

Introduzione	4
1. Premessa	4
1.1 Documentazione di riferimento.....	5
1.2 Normativa di riferimento e bibliografia.....	5
1.3 Inquadramento topografico.....	5
2. Descrizione generale dell'area	6
Modello geologico.....	7
3. Geomorfologia.....	7
3.1 Rilevamento geomorfologico dell'area.....	8
3.2 Idrologia superficiale	8
4. Geologia generale dell'area.....	8
4.1 Unità sedimentarie oloceniche.....	9
4.2 Unità pelagiche plioceniche	9
5. Tettonica	9
5.1 Sismicità del territorio comunale	10
Piano di indagine	13
6. Prove penetrometriche dinamiche medie.....	13
7. Sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo	14
7.1 Prova penetrometrica dinamica standard SPT	15
7.2 Prove con strumenti tascabili	15
7.3 Prelievo di campioni	15
8. Prospezione sismica in foro.....	15
9. Prove di laboratorio.....	16
Elaborazione ed interpretazione dei dati raccolti	17
10. Sistematizzazione delle prove penetrometriche dinamiche.....	17
10.1 Elaborazione dei dati numerici	17
10.2 Risultati delle prove penetrometriche dinamiche	17
11. Analisi dei risultati della prova down-hole.....	18
11.1 Elaborazione dei dati sismici	19
Stratigrafia del sottosuolo	21
12. Stratigrafia di riferimento.....	21
12.1 Unità lito – tecnica 1	21
12.2 Unità lito – tecnica 2	21
12.3 Unità lito – tecnica 3	21
12.4 Unità lito – tecnica 4	21
13. Parametri fisico – meccanici del sottosuolo	22
14. Condizioni idrogeologiche	22
14.1 Mappatura bidimensionale della falda superficiale	22
Analisi di risposta sismica locale	24
15. Schematizzazione geometrica del problema.....	29
15.1 Descrizione del bedrock sismico	29
16. Definizione del modello geotecnico del sottosuolo.....	30
17. Azioni sismiche al substrato rigido.....	32
17.1 Disaggregazione dei parametri di pericolosità sismica.....	32
17.2 Selezione degli accelerogrammi naturali	32
18. Modellazione numerica monodimensionale	34
18.1 Condizioni al contorno.....	35
18.2 Risultati della risposta dinamica del terreno.....	36

19. Effetti sismici locali.....	37
19.1 Sforzo ciclico normalizzato CSR.....	38
19.2 Resistenza ciclica normalizzata CRR da VS.....	38
19.3 Verifica del potenziale di liquefazione	39
20. Verifiche nei confronti degli stati limite idraulici	40
21. Verifiche di tipo geotecnico	41
21.1 Valore di progetto della resistenza del terreno	42
21.2 Valore di progetto delle azioni.....	42
21.3 Verifica per carico limite dell'insieme fondazione-terreno.....	42
Conclusioni	43
Elenco delle tavole	44
Elenco degli allegati	44
Elenco delle figure	44
Elenco delle tabelle	44

INTRODUZIONE

Per incarico professionale ricevuto con Rep. N° 183/S.P. del 4 maggio 2015 dal Dott. Andrea Diolaiti, Responsabile del Servizio Lavori Pubblici del Comune di Valsamoggia – con sede in Piazza Garibaldi 1 a Bazzano (BO) – si espone la presente relazione geologica e geotecnica con analisi di risposta sismica locale (RSL) per la realizzazione di un edificio scolastico in località Castelletto, in provincia di Bologna (Figura 1).

Il progetto prevede la costruzione del primo stralcio del polo scolastico, consistente nell'edificazione della scuola materna.



Figura 1. Vista aerea dell'area d'indagine

Il presente elaborato è stato realizzato d'intesa con l'Arch. Monica Vezzali del Servizio Lavori Pubblici dell'area qualità e programmazione territoriale del Comune di Valsamoggia – con sede in Piazza Garibaldi 1 in Comune di Valsamoggia località Bazzano – che ha fornito la documentazione di riferimento.

1. Premessa

È illustrato, pertanto, il presente documento che è stato preparato sviluppando i punti seguenti:

- 1) reperimento di informazioni geognostiche da banche dati pubbliche e private;
- 2) esame della documentazione tecnica fornita dalla Committenza;
- 3) esecuzione d'indagini geognostiche dirette, indirette e di prove di laboratorio;
- 4) elaborazione ed interpretazione dei dati;
- 5) ricostruzione stratigrafica del sottosuolo con individuazione delle principali unità lito - tecniche presenti, dei corrispondenti parametri fisici, di resistenza al taglio e compressibilità e delle condizioni di flusso idrico sotterraneo;
- 6) modellazione dell'azione sismica attesa al sito di riferimento a seguito di una sollecitazione sismica;
- 7) valutazione della resistenza di progetto dei terreni di fondazione in condizioni statiche.

Lo svolgimento delle attività suesposte ha permesso di approfondire le primarie condizioni geologiche s.l., di analizzare le caratteristiche dei terreni e di formulare il

modello geotecnico definito del sottosuolo sulla base del quale descrivere gli effetti di un evento sismico sul terreno del sito in esame.

1.1 Documentazione di riferimento

Per l'elaborazione della presente relazione geologica e geotecnica con studio di risposta sismica locale sono stati esaminati i dati presenti nei seguenti documenti:

- «Studio geologico per il piano particolareggiato di iniziativa pubblica del Comparto "Sant'Apollinare" Comune di Castello di Serravalle Provincia di Bologna», redatta dallo scrivente nel luglio 2003;
- «Master Plan del Polo Scolastico di Castelletto Variante 2014 Progetto di Fattibilità Urbanistica», redatta dall'Arch. Massimo Calzolari nel novembre 2014.

I documenti citati sono depositati presso gli uffici dell'amministrazione comunale.

1.2 Normativa di riferimento e bibliografia

Le considerazioni di seguito riportate fanno riferimento alla vigente normativa nel settore geotecnico e delle costruzioni, in particolar modo si evidenziano:

- A.G.I. 1977 – «Raccomandazioni sulla progettazione ed esecuzione delle indagini geotecniche».
- D.M. 21 gennaio 1981 – «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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione».
- Circ. Dir. Centr. Tecn. n°. 97/81 – «Istruzioni relative alle 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione».
- D.M. LL.PP. 11 marzo 1988 – «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. Istruzioni per l'applicazione».
- Circ. Min. LL.PP. 24 settembre 1988 n° 30483 – «Istruzioni applicative al D.M. 11/03/88».
- EN (V) 1997 – «Eurocode 7, Part 3. Design assisted by in situ tests. CEN».
- EN (V) 1997 – «Eurocode 7, Part 1. Geotechnical design. CEN».
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 – «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica».
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316/2003 – «Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo».
- Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 settembre 2005 – Norme tecniche per le costruzioni.
- Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna, n. 1667 del 24 ottobre 2005 – Prime indicazioni applicative in merito al Decreto Ministeriale 14 settembre 2005 (pubblicato sul supplemento ordinario n. 159 alla Gazzetta Ufficiale n. 222 del 23 settembre 2005) recante «Norme tecniche per le costruzioni».
- Decreto Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 – Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.
- Legge 24 giugno 2009, n. 77 – Conversione del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, recante interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella regione Abruzzo nel mese di aprile 2009 e ulteriori interventi urgenti di protezione civile.

La presente relazione espone i risultati di un'indagine geologica, le metodologie interpretative e le conclusioni da esse deducibili e fornisce gli elementi necessari al Progettista per la caratterizzazione e modellazione geologica e sismica del sito, ai fini del dimensionamento definitivo degli interventi e delle relative strutture di progetto, da verificare in termini geotecnici.

1.3 Inquadramento topografico

Il luogo è ubicato nel territorio del Comune di Valsamoggia, in località Castelletto, entro la fascia collinare dell'Appennino Emiliano, ed è rappresentato nelle seguenti Carte Tecniche della Regione Emilia Romagna:

- Tavola 220 SO: toponimo «Vignola», scala 1:25.000;
- Sezione 220130 toponimo «Castello di Serravalle», scala 1:10.000;

- Elemento 220131 toponimo "Castelletto", scala 1:5.000.

Per la cartografia di riferimento si rimanda alla Tavola 1 e alla Tavola 2, raccolte a fine testo.

2. Descrizione generale dell'area

L'area di indagine, appartenente all'unità territoriale della collina bolognese, è collocata nella valle intrappenninica del Torrente Ghiaie di Serravalle, in destra idrografica e posta ad una quota variabile da m 175 a m 185 s.l.m.

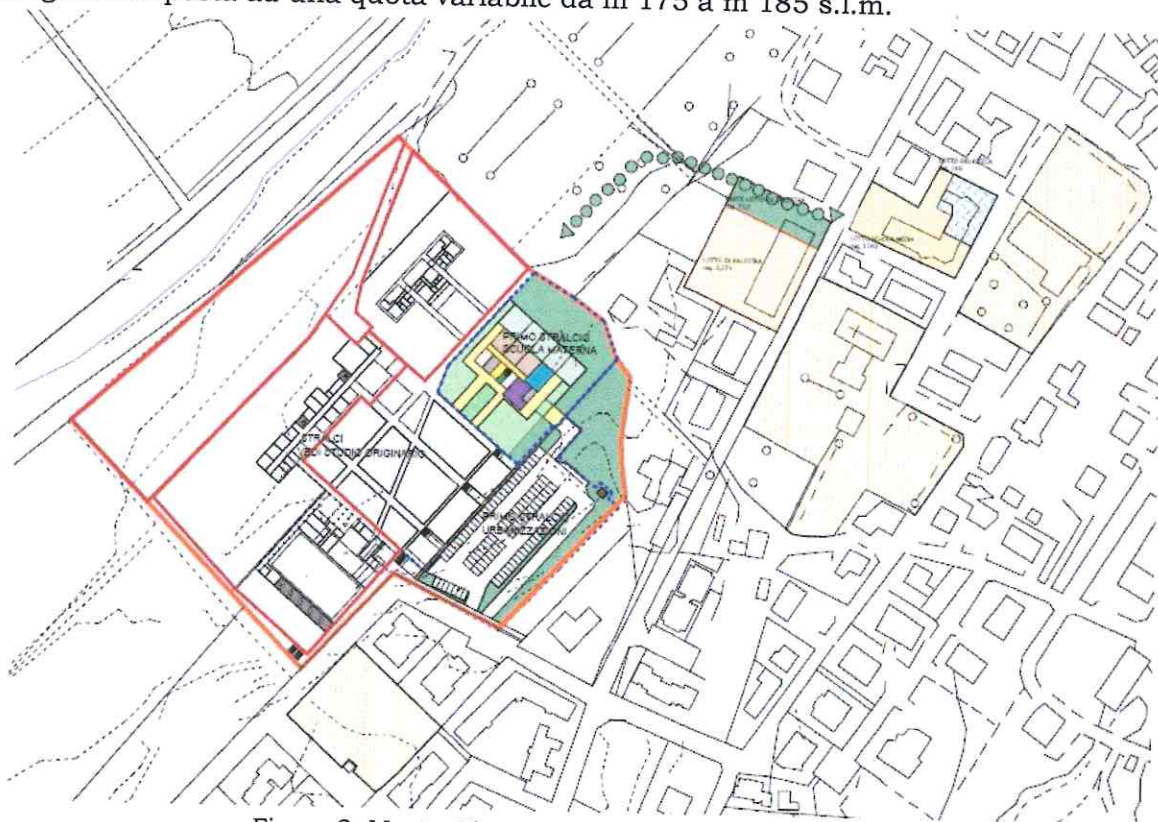


Figura 2. Master Plan del Polo Scolastico di Castelletto.

Il nucleo abitato di Castelletto è sviluppato su di un ampio ripiano morfologico, delimitato lateralmente dal Torrente Ghiaie di Serravalle a Ovest e dal Torrente Ghiaietta di Monte Ombraro a Est. A Sud il centro abitato è limitato dai rilievi collinari pliocenici.

Nell'area di studio la superficie topografica è pressoché sub - orizzontale, localmente poco inclinata (2-3°) verso il Torrente Ghiaie e debolmente convessa verso l'alveo.

Il lotto interessato del primo stralcio per la costruzione della scuola materna, attualmente adibita ad uso agricolo (seminativo semplice), interessa la porzione occidentale del comparto (Figura 2). Esso ha una pendenza del 4-5%, passante a valle al 5-10%.

MODELLO GEOLOGICO

Il modello geologico del sito è finalizzato alla ricostruzione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio.

Il modello geologico sviluppato nella presente sezione è opportunamente approfondito nei confronti della tipologia dell'intervento di progetto e corredato di indagini di superficie (rilevamenti di campagna) e profondi (prospezioni geognostiche).

3. Geomorfologia

Le valli dei corsi d'acqua (Torrente Ghiaie di Serravalle a Ovest e dal Torrente Ghiaietta di Monte Ombraro a Est) presentano una morfologia a gradini tipica di ambienti fluviali.

Spostandosi idealmente verso i corsi d'acqua, il pendio mostra ampi ripiani sub-orizzontali, o poco acclivi, alternati a scarpate o piani inclinati di ampiezza ridotta. L'aspetto della zona descrive come il territorio sia stato e sia soggetto all'attività fluviale che crea aree di deposizione (aree piane) e di erosione (scarpate), le quali testimoniano, in ogni circostanza, un fenomeno di ringiovanimento dei corsi d'acqua, prodotto dal Torrente Ghiaie di Serravalle e dai suoi affluenti.

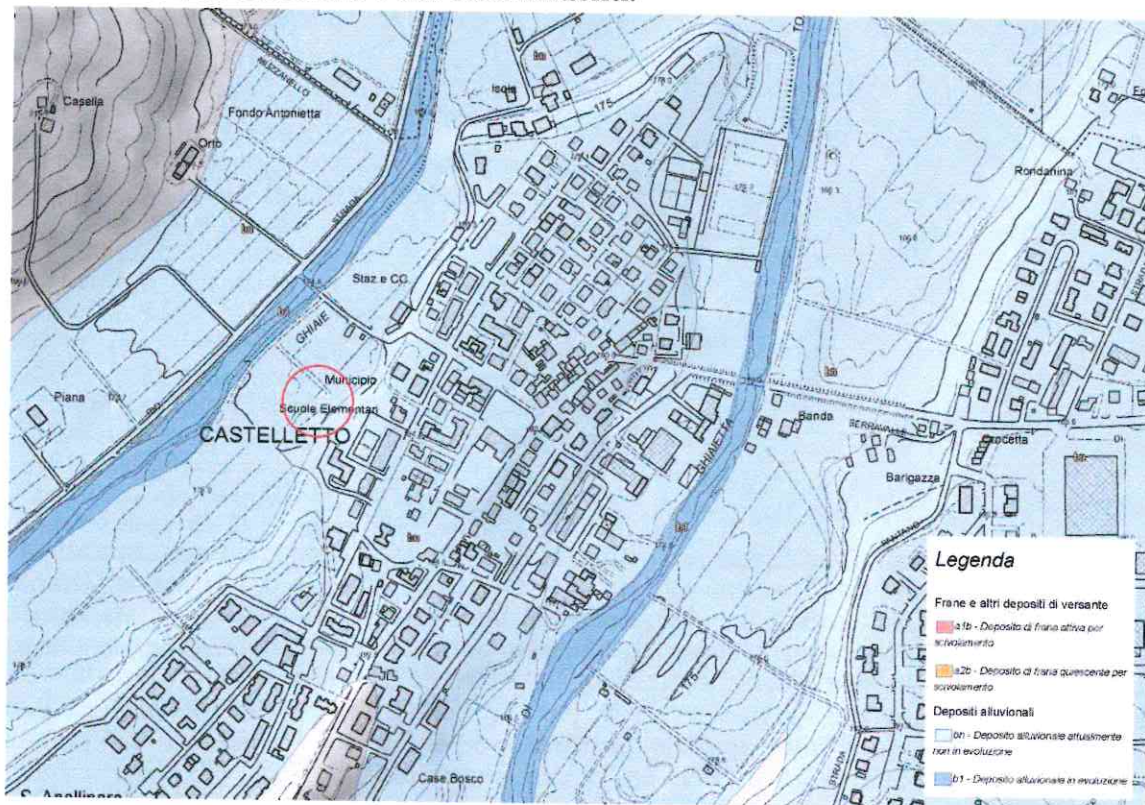


Figura 3. Estratto dalla Cartografia del Dissesto della Regione Emilia-Romagna.

La carta dell'Inventario del Dissesto (Tavola 220-SO "Vignola") della Regione Emilia Romagna (Figura 3) non evidenzia fenomeni gravitativi che possano interessare l'area di intervento, né attivi né quiescenti.

Le uniche frane, ormai parzialmente stabilizzate, interessano soprattutto i settori a Nord di Castelletto, dove affiorano tessiture francamente argillose ad assetto caotico.

La zona di accumulo dei fenomeni di dissesto, di forma stretta e allungata, è generalmente delimitata a valle (e lateralmente) dai corsi d'acqua presenti. Dal momento che i fossi e i rii svolgono un'azione prevalentemente erosiva, i fenomeni di dissesto sono generalmente attivati alla base e si evolvono, per arretramento del versante, man mano verso quote maggiori, interrompendosi all'intersezione della linea di crinale (retrogradazione). La maggior parte dei fenomeni di versante è pertanto assimilabile a frane complesse.

3.1 Rilevamento geomorfologico dell'area

È stato effettuato un rilevamento dell'area di intervento e della zona adiacente al fine di riconoscere le forme del paesaggio e di descrivere l'evoluzione delle stesse.

L'area in esame si colloca a valle di un orlo di terrazzo fluviale, ossia di un limite morfologico di pianura alluvionale non più attiva che termina verso il fiume con una netta scarpata di origine fluviale. È una forma geomorfologica che rappresenta il limite laterale della sponda sinistra raggiunta dall'alveo del Torrente Ghiaietta tra il Pleistocene e l'Olocene (da 2 milioni a 10.000 anni fa).

3.2 Idrologia superficiale

Il sistema di raccolta delle acque superficiali è costituita da due linee di drenaggio principali, a direzione SE – NO e verso Nord, coincidenti con il Torrente Ghiaie di Serravalle e Ghiaietta di Monte Ombraro.

L'idrografia principale è regolata dalle direttrici di drenaggio, coincidenti con le linee di discontinuità, presenti tra litotipi differenti, e dalle zone di erosione sviluppatesi nelle tessiture fini. L'idrografia secondaria è di origine prevalentemente antropica: le acque tendono a defluire lungo direzioni coincidenti con il sistema di scoli, tipico delle aree agricole della zona, composta da piccoli fossi, adiacenti alle zone coltivate, che raccolgono le acque di precipitazione eccessive per incanalarle verso i collettori principali.

L'azione dei corsi d'acqua, come già detto, è erosiva: sono, infatti, presenti, soprattutto nel fondovalle, opere antierosive, realizzate prevalentemente con metodi tradizionali (briglie e gabbioni).

4. Geologia generale dell'area

I terreni affioranti nell'area di studio, sono di origine fluviale e costituiti da più ordini di terrazzi (t^1 , t^2 e t^3 in Figura 4)

I depositi fluviali si sono sedimentati entro i terreni attribuibili al Gruppo del Santerno (pl^3 in Figura 4): si tratta di depositi terrigeni del Pliocene, talora grossolani, di ambiente continentale ed in parte marino, caratterizzati dall'avvicendamento di fasi di progredazione ed arretramento.

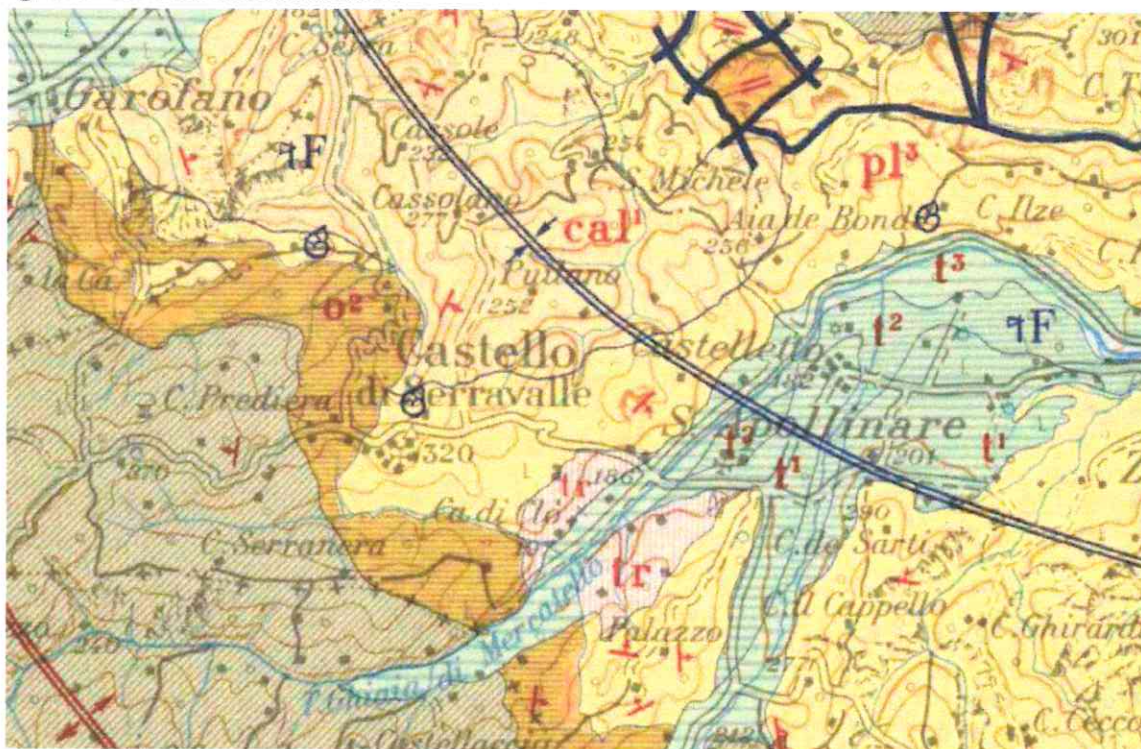


Figura 4. Estratto dalla Carta Geologica d'Italia Foglio 87 "Bologna". Scala 1:50.000

La tettonica è rappresentata da un'ampia sinclinale (doppia riga blu in 4) posta a Sud di Castelletto e da un'anticlinale di dimensioni minori posta nei pressi di Ciano (doppia riga con frecce divergenti di colore rosso in Figura 4).

Nell'area di indagine, il Gruppo del Santerno è rappresentato dalla Formazione di Monte Adone e dalle Argille Azzurre.

4.1 Unità sedimentarie oloceniche

I terreni dell'intera area sono attribuibili all'Allomembro¹ di Ravenna (**AES8**), che agli sbocchi vallivi e nelle piane alluvionali è costituito da ghiaie, sabbie, limi e argille di età pleistocenica superiore - olocenica (circa 14.000 anni fa).

Il limite inferiore è erosivo sui depositi marini e alluvionali sottostante mentre al tetto dell'Allomembro si distingue l'unità di Modena (**AES8a**), individuata su basi pedologiche e, agli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale è costituita da ghiaie, sabbie, limi e argille. Il suolo al tetto di quest'unità è un entisuolo² di colore bruno grigiastro, caratterizzato dall'assenza di decarbonatazione (Tavola 3).

4.2 Unità pelagiche plioceniche

La formazione delle Argille Azzurre (**FAA**) è costituita da argille, argille marnose, marne argillose e siltose grigie e grigio-azzurre, talora grigio plumbeo, in strati medi e subordinatamente sottili, a giunti poco o non visibili per bioturbazione, con subordinati strati arenacei sottili risedimentati. Localmente sono presenti sottili livelli discontinui di biocalcareni fini e siltiti giallo, o ocra se alterate, sottilmente laminate. Alla base, possono essere localmente presenti marne biancastre ricchissime in Foraminiferi planctonici per uno spessore massimo di 10 m. Sono sempre presenti i microfossili, mentre i macrofossili si concentrano in panchine o nidi. Nella parte alta possono essere presenti *slumps*, o localmente olistoliti (**o1**) plurimetrici di provenienza ligure.

L'ambiente di sedimentazione è variabile dalla scarpata alla piattaforma.

Il limite inferiore è netto, discordante sulle unità più antiche, in alcune zone sono stati riconosciuti rapporti di eteropia con la Formazione di Monte Adone (**ADO**) e della di Monterumici (**RUM**). Lo spessore complessivo è di m 250 circa e l'età varia dal Pliocene inferiore al Pleistocene inferiore, ossia da 5 a 2 milioni di anni fa.

5. Tettonica

In base ai caratteri geologici descritti precedentemente si evince come la regione sia caratterizzata da intense deformazioni tettoniche, che derivano dalle varie fasi orogenetiche della struttura appenninica, avvenuta con vergenza nordorientale.

Le spinte tettoniche hanno generato pieghe e faglie con assi in direzione appenninica e vergenza nordorientale, interrotte da un secondo ordine di discontinuità in direzione Nord - Sud e/o antiappenninica. In particolare, la valle del Reno è impostata su un sistema di faglie che hanno dislocato i vari membri miocenici e pliocenici sia con rigetti verticali, sia orizzontali.

Di conseguenza l'assetto strutturale delle formazioni più recenti, mioceniche e plioceniche, risulta notevolmente disturbato da faglie, pieghe e contatti tettonici fra unità provenienti da diversi bacini di sedimentazione.

Dal Miocene superiore, si è deposta la successione tortoniana e plio - pleistocenica, discordante sulla successione ligure - emiliana.

Nell'ultima fase deformativa, che ha portato alla progressiva emersione dell'area pedeappenninica bolognese, dopo la trasgressione pliocenica, si sono depositi i termini

¹ Corpo stratificato di rango inferiore all'Alloformazione, cartografabile, formato da rocce sedimentarie, definito ed identificato sulla base delle discontinuità che li limitano. Nella cartografia geologica della pianura sostituisce l'*Unconformity Bounded Stratigraphic Unit* (**UBSU**) come unità stratigrafica da usarsi per il Quaternario continentale. La differenza tra **UBSU** e Unità Allostratigrafiche risiede nella estensione laterale delle discontinuità, che devono essere tracciabili per le Unità Allostratigrafiche, visibili e identificabili per le **UBSU**.

² Suolo caratterizzato dall'assenza di ognuno dei principali gruppi di processi pedogenetici. Le uniche proprietà comuni agli Entisuoli sono la predominanza di materiali minerali del suolo e l'assenza di distinti orizzonti pedogenetici. Gli Entisuoli sono suoli nel senso che essi sostengono le piante, ma possono trovarsi in qualsiasi clima e sotto qualsiasi vegetazione.

alluvionali pleistocenici, oggi presenti a varie altezze sulle colline che bordano la valle del Reno.

I terreni appartenenti alla falda apicale dell'edificio orogenico (definita da un insieme di *thrust* che impilano i vari elementi tettonici), formatosi per sviluppo di prismi sedimentari durante e successivamente la fase di collisione ensialica.

Il principale elemento morfologico della zona è il margine appenninico – padano che coincide con il fronte di faglia Pedè – Appenninica (PTF), a valle della quale la catena appenninica prosegue sepolta dai depositi quaternari padano – adriatici.

Le maggiori evidenze geologiche dell'attività del *thrust* pedè - appenninico nei dintorni di Bologna sono deformazioni compressive a carico delle Sabbie di Imola e dei depositi del Sintema Emiliano - Romagnolo inferiore (Pleistocene medio). In più affioramenti le Sabbie di Imola si presentano verticalizzate, rovesciate e tagliate da faglie inverse. All'anticlinale di Bologna sono associate alcune faglie normali a prevalente movimento transtensivo che rappresentano svincoli laterali della struttura principale (Figura 5). Tali faglie, a direzione variabile da circa N-S a NNE-SSW e immersione verso W, presentano caratteri tipici di faglie normali attive.

Nella Figura 5 si osservano, inoltre, gli epicentri dei terremoti macrosismici, indicati con cerchi rossi, la cui dimensione è variabile in base all'entità: con magnitudo di 5,0-5,5 per quelli più intensi e con magnitudo di 4,0-5,0 per quelli meno intensi.

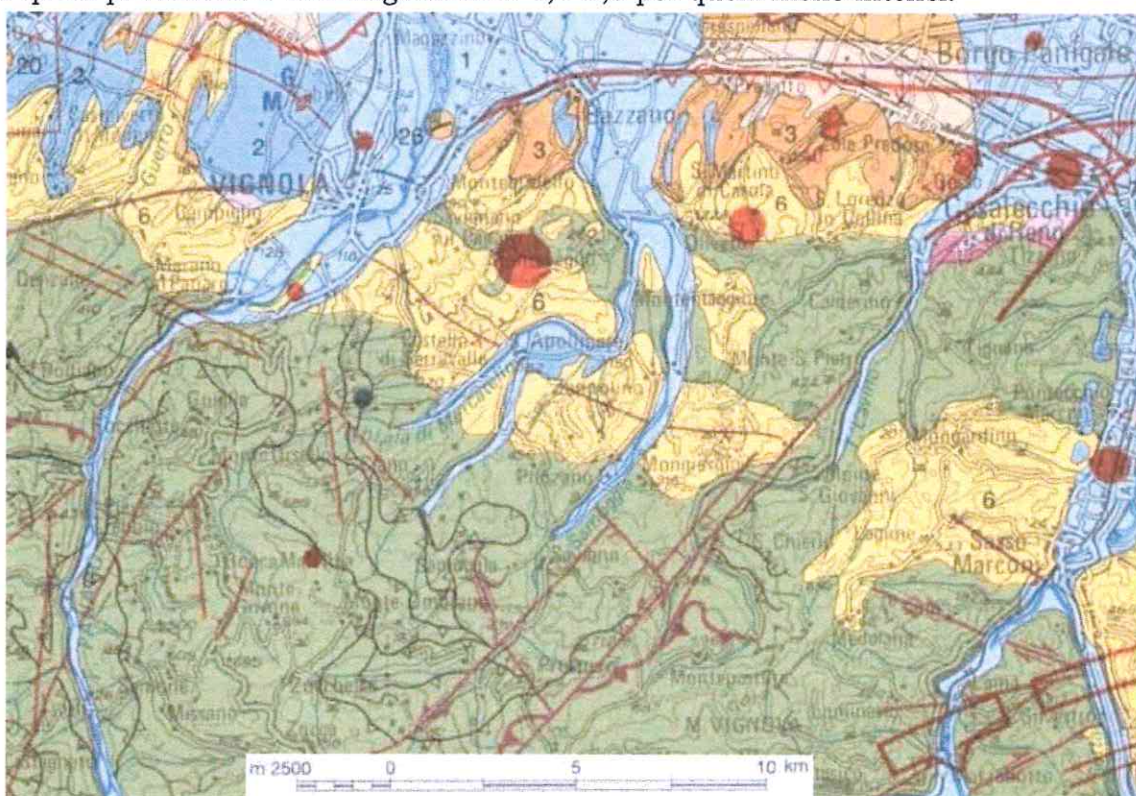


Figura 5. Estratto dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna".

5.1 Sismicità del territorio comunale

L'esame del "Bollettino Sismico Italiano" (*Italian Seismic Bulletin*), è parte di ISIDE, 1° *Italian Seismic Instrumental and parametric Data-base* ha consentito di ricostruire la storia sismica della località Castello di Serravalle.

Nella Figura 6 sono identificate le localizzazioni di 566 eventi sismici registrati dal 1985 ad oggi entro km 20 dalla località Castello di Serravalle.

Il Catalogo fornisce i parametri dei terremoti ottenuti integrando i dati provenienti da localizzazioni effettuate in tempo quasi - reale con i dati del Bollettino Sismico Italiano. Lo scopo è di fornire un'informazione verificata sulla sismicità corrente appena essa si renda disponibile, insieme con l'informazione aggiornata sulla sismicità passata.

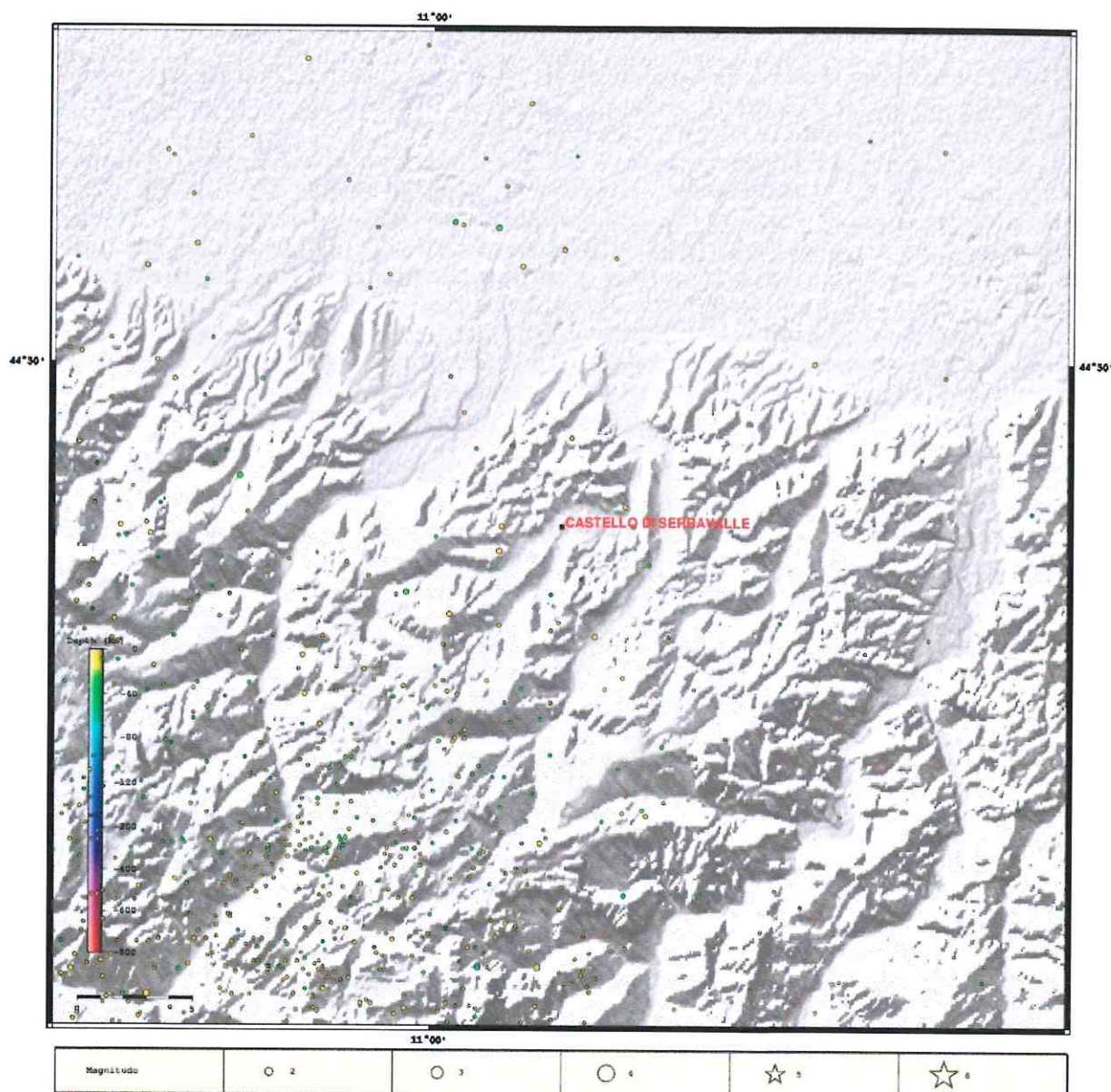


Figura 6. Localizzazione degli eventi sismici.

L'evento con massima intensità ($M = 3,9$) è stato registrato il 7 luglio 1999 alle 18:31 a Nord di Fanano (Modena) alla profondità di km 5.

Sono stati registrati complessivamente:

288 eventi con $M < 1,0$

251 eventi con $M < 2,0$

27 eventi con $M < 3,0$

Il sisma di maggiore entità è stato avvertito nelle città di Bologna, Modena, Reggio, Parma e Pistoia. L'epicentro è stato localizzato in provincia di Modena sull'Appennino Emiliano tra i comuni di Pavullo, Sestola e Fanano. In particolar modo nel comune di Pavullo nel Frignano la scossa è stata avvertita in modo particolarmente forte seguita circa un'ora più tardi da altre due di minore entità, ma percepite chiaramente. L'evento non ha causato danni a persone e cose.

Il terremoto è associato all'attività della sorgente sismo - genetica Bore - Montefeltro - Fabriano - Laga, avente una geometria con direzione compresa tra 88° (Loiano) e 160° (Camerino e Sarnano) e inclinazione compresa tra 20° e 54° e immersione verso SW.

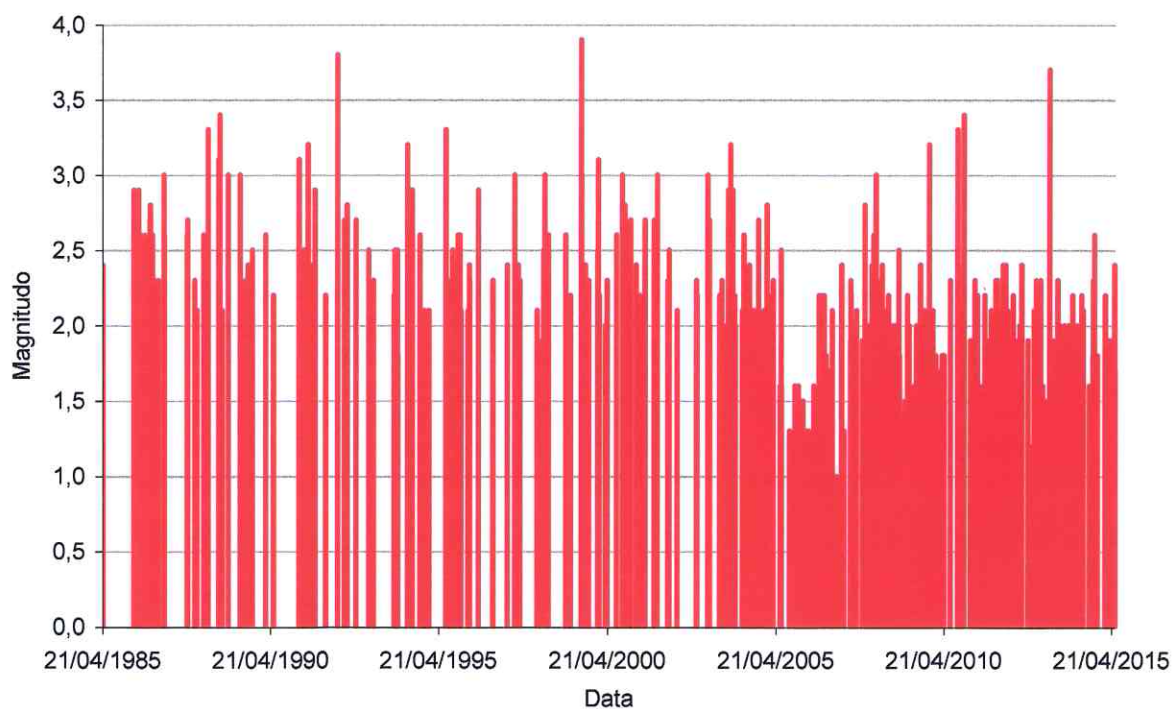


Figura 7. Storia sismica di Castello di Serravalle.

PIANO DI INDAGINE

Lo scopo dell'indagine è ricostruire la successione lito - stratigrafica del sottosuolo e caratterizzare i terreni individuati da un punto di vista fisico - meccanico, specificando le proprietà stratigrafiche, granulometriche, tessiturali, fisiche, di resistenza al taglio e compressibilità, definendo i parametri dinamici degli stessi.

L'area di interesse era già stata indagata da un punto di vista geognostico nell'ambito dello studio geologico per il Piano Particolareggiato di Iniziativa Pubblica del Comparto nel luglio 2003 che ha messo a disposizione una serie di dati, tra cui cinque prove penetrometriche dinamiche medie (DPM), compendiate nell'elaborato citato (§ 1.1).

È stata operata, dunque, la scelta di utilizzare le informazioni già a disposizione e di integrarle con specifiche prospezioni, pianificate in funzione degli scopi del presente studio:

- 2 prove penetrometriche dinamiche medie (DPM);
- 2 sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo (SGV) con prove in foro e prelievo di campioni (Figura 9);
- 1 prova sismica *down - hole* (DH);

Nella Tavola 3 a fine testo è raccolta la planimetria indicante l'ubicazione dell'indagine geognostica.



Figura 8. Esecuzione della DPM07.

6. Prove penetrometriche dinamiche medie

Le prove penetrometriche dinamiche medie sono state eseguite in data 11 giugno 2015 dallo scrivente e hanno raggiunto la massima profondità di oltre sei metri.

Le prove penetrometriche dinamiche medie sono state realizzate mediante attrezzatura meccanica di costruzione Pagani, tipo "Emilia", avente i seguenti requisiti costruttivi:

- punta a perdere con angolo di apertura del cono di 60°;
- diametro della punta di cm 3,57 (superficie di cm² 10);
- massa del maglio di kg 30;
- altezza di caduta di cm 20;
- aste metriche con diametro di mm 14 e massa di kg 2,4;

- rilievo del numero di colpi necessario per l'avanzamento;
- sistema di controllo della verticalità delle aste.

La metodologia di indagine (Figura 8) consiste nella registrazione del numero di colpi (N_{10}) necessari per l'avanzamento di cm 10 nel terreno della punta conica. La penetrazione è indotta dalla caduta di un maglio, azionato da un sistema di rotazione ad asse orizzontale, battente su una piastra a contatto diretto con l'asta superiore.

Nei tabulati facenti parte dell'Allegato 1 si riportano i diagrammi forniti sia in forma grafica sia numerica. In particolare si riporta il valore (in MPa) della resistenza dinamica (R_{pd}), misurato ad intervalli di 10 cm di avanzamento. Essa fornisce i valori della resistenza offerta dal terreno alla penetrazione dinamica di una punta conica avente la geometria suindicata.

La rappresentazione dei dati strumentali acquisiti mediante la resistenza dinamica in funzione della profondità, consente di confrontare prove penetrometriche dinamiche eseguite con attrezzature differenti.

7. Sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo

In data 15 giugno 2015 sono stati realizzati due sondaggi geognostici verticale a carotaggio continuo alla profondità di m 10 e m 32 da piano campagna, i cui risultati sono raccolti nell'Allegato 2.

Il sondaggio è stato eseguito dalla Sogeo S.r.l. – con sede a San Potito di Lugo (RA) in Via S. Potito 43 – a carotaggio continuo mediante l'impiego di una sonda modello Ellettari EK200/STR gommata dotata di sistema di spinta e rotazione con carotiere semplice e doppio ed attrezzata per eseguire la perforazione, con rivestimento continuo del foro, mediante batterie di aste.



Figura 9. Esecuzione del sondaggio geognostico.

Durante l'esecuzione della perforazione sono state eseguite prove in foro di sondaggio e sono stati prelevati campioni di terreno per test di laboratorio.

7.1 Prova penetrometrica dinamica standard SPT

La prova penetrometrica dinamica SPT (*Standard Penetration Test*) consiste nel far cadere, con un ritmo di 20/25 colpi al minuto, un maglio da kg 63,5 da un'altezza di cm

76,2 su una batteria di aste che possiede, nella parte terminale, un campionatore cilindrico o una punta conica: il campionatore "aperto" permette il prelievo di un campione rimaneggiato di terreno, mentre, in presenza di materiali molto addensati, si utilizza un campionatore a punta chiusa.

La metodologia di indagine consiste nella registrazione del numero di colpi necessari per l'avanzamento di cm 30 nel terreno del campionatore o della punta conica; tale valore rappresenta la resistenza alla penetrazione.

In particolare durante la prova si misura:

N_1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionatore per i primi 15 cm, assunti come tratto di "avviamento";

N_2 = numero di colpi che provoca la penetrazione del campionatore nei successivi 15 cm;

N_3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento

Si assume dunque come resistenza alla penetrazione il valore: $N_{SPT} = N_2 + N_3$

Le aste hanno le seguenti caratteristiche:

- diametro interno mm 34,1;
- diametro esterno mm 43,7;
- peso circa kg 6 per metro.

Le prove sono state eseguite usando una punta conica avente le caratteristiche:

- angolo di apertura del cono di 60°;
- sezione della punta conica di cm² 20;
- diametro della punta di mm 51.

Nel corso dei sondaggi sono state realizzate due prove penetrometriche standard alle profondità di m 3 e m 5 dal piano campagna.

7.2 Prove con strumenti tascabili

In corrispondenza degli strati di terreno prevalentemente coesivi sono state realizzate prove speditive con strumenti tascabili (*pocket penetrometer test* e scissometro).

La misura ha permesso di assegnare i valori di coesione ai terreni a composizione prevalentemente fine (limosa e argillosa).

7.3 Prelievo di campioni

Sono stati prelevati alle profondità indicate nella Tabella 1:

- 2 campioni indisturbati con campionatore tipo Osterberg (diametro fustella mm 88,9),
- 3 campione di terreno rimaneggiato.

Le estremità delle fustelle, pulite dai residui di terreno, sono state sigillate con paraffina e chiuse con coperchi di plastica a tenuta. Il campione rimaneggiato è stato inserito in un sacchetto e sigillato.

I campioni sono stati identificati con un'etichetta contenente i dati del sondaggio, l'intervallo della profondità di prelievo e la data.

8. Prospezione sismica in foro

Sono state eseguite prospezioni di sismica sia attiva sia passiva in foro si sondaggio e con stendimento di superficie.

I risultati della prospezione sono sintetizzati nell'Allegato 3.

La prova *down hole* è un metodo di indagine sismica finalizzato alla determinazione dei profili delle onde S e P di depositi di terreno.

L'esecuzione della prova richiede un foro di sondaggio attrezzato (in questo caso SGV01) all'interno del quale sono alloggiati i ricevitori in posizione variabile con la profondità.

La sorgente è posta a piano campagna a m 1 di distanza dal foro ed è costituita da una piastra che è disposta parallelamente (onde P) e perpendicolarmente al terreno (onde S) e colpita con una mazza (Figura 10).

Per la ricezione delle onde è utilizzato un geofono tridimensionale dotato di sistema di bloccaggio con una membrana che spandendosi permette l'ancoraggio al rivestimento.



Figura 10. Esecuzione della prova down hole.

I segnali sismici ricevuti dai geofoni sono, se necessario, amplificati ed inviati ad un sistema di registrazione.

9. Prove di laboratorio

I campioni sono stati recapitati al laboratorio Sinergea s.r.l. – con sede in Via Badini 6/6 a Quarto Inferiore di Granarolo dell'Emilia (Bologna) – che ha eseguito le seguenti operazioni:

- estrazione di campioni indisturbati da fustelle,
- esecuzione di prove di consistenza speditive,
- descrizione geotecnica e rappresentazione fotografica,
- peso di volume,
- granulometria combinata per vagliatura e sedimentazione con areometro,
- prova di taglio diretto, consolidata drenata (C.D.) eseguita su 3 provini con restituzione della curva cedimenti – tempo relativa alla fase di consolidazione
- colonna risonante in modalità *multistage* a 3 pressioni di confinamento;

Le determinazioni eseguite permettono di classificare i terreni sia in termini di specie granulometrica sia in relazione alle caratteristiche fisiche degli stessi.

Campioni	C1SGV01	C2SGV01	C11SGV02
Profondità	7,40 – 7,80	21,00 – 21,45	1,00 – 1,50

Tabella 1. Profondità di prelievo dei campioni.

La codifica dei campioni e la profondità di prelievo è indicata nella Tabella 1, mentre i rapporti di prova sono raccolti nell'Allegato 4.

ELABORAZIONE ED INTERPRETAZIONE DEI DATI RACCOLTI

Nella presente sezione sono descritti i metodi di elaborazione applicati per la tipologia di indagine impiegata in sito e i relativi risultati ottenuti.

10. Sistematizzazione delle prove penetrometriche dinamiche

La letteratura geotecnica è ricca di indicazioni riguardo all'interpretazione delle prove penetrometriche statiche a punta meccanica.

È riconosciuto che quella fornita da *Schmertmann* (1978) è quella più applicabile ed attendibile: essa si basa sulla correlazione tra la resistenza alla punta (q_c) e il rapporto tra quest'ultima e la misura della resistenza laterale espressa in percentuale (R_p/R_l).

Ben diverso è il discorso relativo all'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche, poiché lo *standard* non è un universalmente riconosciuto e non esistono attestazioni ufficiali alla metodologia.

La prova consente, comunque, di discriminare con sufficiente precisione le variazioni tessiturali: esistono, infatti, correlazioni sperimentali che permettono di interpretare il dato acquisito (N_{10}) in funzione della resistenza dinamica alla punta, attraverso la nota formula degli Olandesi (*Sanglerat*, 1974).

Sono state applicate, inoltre, le correlazioni disponibili per la definizione dei parametri fisico-meccanici, di resistenza al taglio e di compressibilità.

10.1 Elaborazione dei dati numerici

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico denominato *Dynamic Probing* della GeoStru Software. Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse tramite le elaborazioni proposte da vari autori e permette, inoltre, di utilizzare i dati ottenuti per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

DPM06	Profondità (m)	Litologia	Unità stratigrafica	
	0,0 – 0,8	Limo argilloso	AES8	Allomembro di Ravenna
	0,8 – 4,7	Argilla limosa	FAA	Formazione delle Argille Azzurre
	4,7 – 6,3	Argilla sabbiosa		
	6,3 – 7,0	Argilla marnosa alterata		

DPM07	Profondità (m)	Litologia	Unità stratigrafica	
	0,0 – 0,5	Limo argilloso	AES8	Allomembro di Ravenna
	0,5 – 4,1	Argilla limosa	FAA	Formazione delle Argille Azzurre
	4,1 – 5,5	Argilla sabbiosa		
	5,5 – 6,0	Argilla marnosa alterata		

Tabella 2. Interpretazione litologica delle DPM.

Sono state applicate, inoltre, le correlazioni disponibili per la definizione dei parametri fisico-meccanici, di resistenza al taglio e di compressibilità.

10.2 Risultati delle prove penetrometriche dinamiche

Le prove eseguite hanno raggiunto la profondità massima di m 7 dall'attuale piano di campagna, attraversando terreni superficiali costituiti da limi argillosi supportati da argille limose consistenti e da argille sabbiose poco a mediamente addensate.

Nella porzione sommitale dell'area in esame lo strato superficiale, formato da un suolo sovraconsolidato con sostanza organica e costituito da limi sabbiosi con limi argillosi e avente uno spessore di circa variabile da m 0,5 a m 1,5, evidenzia un discreto valore medio di resistenza dinamica alla punta (R_{dp}) pari a $2,87 \pm 1,30$ MPa. Lo strato superficiale è identificabile con il deposito alluvionale terrazzato olocenico (Allomembro di Ravenna **AES8**).

Detti terreni coesivi sono supportati da argille limose da soffici a sode ($R_{dp} = 2,00 \pm 0,44$ MPa) e da argille sabbiose compatte ($R_{dp} = 4,25 \pm 0,76$ MPa).

Il substrato litico alterato e parzialmente fratturato è costituito da argille marnose, sabbiose e limose da molto compatte a dure ($R_{dp} = 10,98 \pm 2,40$ MPa) attribuibile alla formazione delle Argille Azzurre (FAA).

L'interpretazione litologica delle prove penetrometriche descritte è sintetizzata nella Tabella 2.

11. Analisi dei risultati della prova down-hole

L'elaborazione dei dati raccolti si concretizza nelle seguenti fasi:

- valutazione visuale in campagna ed analisi di Fourier per valutare la presenza di eventuale rumore coerente nei dati;
- valutazione della necessità di applicare un filtro passa banda oppure di aumentare il numero di energizzazione per sommare il segnale;
- equalizzazione spettrale dinamica per l'equiparazione energetica di battuta (se non c'è controllo sull'energia di impatto);
- studio polarizzazione dell'onda SH mediante la tecnica dell'inversione di fase delle onde stesse;
- visualizzazione delle cross-correlazioni e delle coppie di registrazioni corrispondenti, per la determinazione degli arrivi delle onde SH.

Per correggere il tempo di arrivo dell'effetto dovuto dall'eccentricità della sorgente rispetto al bocca-pozzo si applica (con buona approssimazione e per certi valori di profondità) la seguente formula:

$$T_{corr} = \frac{z}{r} t_{oss}$$

Dove:

z è la profondità del geofono nel foro,

r è la distanza geofono - sorgente e

t_{oss} è il tempo letto sui sismogrammi.

L'analisi dei dati sismici provenienti da una prova *Down-Hole* consiste nel diagrammare i tempi di tragitto t misurati lungo il percorso sorgente - ricevitore in funzione della profondità z .

I dati di controllo sono stati desunti, nella fase di acquisizione, registrando sia il segnale ad intervalli di m 1 a partire dal piano campagna e fino a fondo foro, sia in superficie ad una distanza nota dal foro.

L'interpretazione dei dati acquisiti segnala la presenza di terreni superficiali, a prevalente composizione limoso - argillosa, caratterizzati da una velocità media delle onde di taglio di 112 m/s ($V_P = 350$ m/sec) fino a m 1,5 di profondità, supportati da uno strato metrico di ghiaie con poche sabbie con V_S di 420 m/s ($V_P = 1.200$ m/sec). Fino alla profondità di m 15 sono presenti argille limoso - sabbiose da molto compatte a dure, parzialmente alterate, con un valor medio di V_S pari a 353 m/s e di V_P di 1.238 m/sec. La porzione inferiore mostra un aumento dei valori medi della velocità, testimonianza di materiale naturale a comportamento litico ($V_S = 450$ m/s e di V_P di 1.734 m/sec) duro e poco alterato.

Profondità [m]	V_P [m/s]	V_S [m/s]	Interpretazione litologica
1,4	350	112	Limi argillosi
2,2	1.200	420	Ghiaie e sabbie
14,9	1.238	353	Argille limose compatte
32,0	1.734	454	Argilliti siltose

Tabella 3. Sismostrati ed interpretazione litologica da down - hole.

Per le correlazioni tra velocità sismiche e litologia, disponendo della geologia locale, dei dati bibliografici e dei diagrammi delle indagini geognostiche eseguite, si sono effettuati gli abbinamenti indicati in Tabella 3.

È stato inoltre ottenuto sperimentalmente il valore della velocità V_{s30} , ossia la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro m 30 di profondità, che è risultato pari a 355 m/sec.

11.1 Elaborazione dei dati sismici

In funzione del rapporto r delle velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali (V_P) e trasversali (V_S):

$$r = \frac{V_P}{V_S}$$

è possibile determinare il coefficiente di Poisson:

$$\nu = \frac{r^2 - 1}{2(r - 1)}$$

inoltre, nota la densità (γ) dei materiali attraversati, si calcola il modulo di compressibilità dinamico o di Young:

$$E_d = \gamma W_s^2 (3r^2 - 4)(r^2 - 1)$$

il modulo di taglio dinamico a piccole deformazioni:

$$G_0 = \frac{\gamma}{g} V_S$$

la rigidità sismica:

$$R = \gamma_i V_S$$

e il modulo di massa:

$$B = \gamma W_s \left(r^2 - \frac{4}{3} \right)$$

avendo indicato con g l'accelerazione di gravità (9,81 m/sec).

strato	H	z	V_P	V_S	γ_i	R	ν
	[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[t/m ³]	[kN/m ³]	[-]
1	1,4	1,4	350	112	1,89	2.076	0,42
2	0,8	2,2	1.200	420	1,85	7.620	0,40
3	12,7	14,9	1.238	353	2,11	7.304	0,44
4	17,1	32	1.734	454	2,01	8.949	0,45

Tabella 4. Velocità e parametri sismici.

strato	H	z	G_0	E_d	B	f	T
	[m]	[m]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[sec]	[H]
1	1,4	1,4	24	92	17.511	20	0,05
2	0,8	2,2	326	1.223	52.068	131	0,01
3	12,7	14,9	263	1.048	80.125	7	0,14
4	17,1	32	414	1.683	118.643	7	0,15

Tabella 5. Costanti dinamiche dei sismostrati.

È, inoltre, importante definire frequenza e periodo fondamentale dello spessore dello strato H:

$$f = \frac{V_S}{4 \cdot H}$$

$$T = \frac{1}{f}$$

assimilando, infatti, il sottosuolo ad uno strato omogeneo, essi forniscono una prima indicazione dei campi di frequenza in cui attendersi fenomeni di amplificazione locale.

Le costanti dinamiche, calcolate in funzione delle velocità misurate in situ e della densità determinata in laboratorio, sui campioni di terreno estratti nel corso delle perforazioni, sono raccolte nelle Tabella 4 e Tabella 5, dove H è lo spessore dello strato e z la profondità.

STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO

Le ricostruzioni lito - stratigrafiche derivate dalle prove geognostiche e dalle prospezioni di sismica hanno consentito il raggiungimento di un'adeguata definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame.

Nella presente sezione sono descritte dettagliatamente le unità lito - tecniche individuate in corrispondenza del lotto in esame. È esposto, inoltre, il modello idrogeologico del sito.

12. Stratigrafia di riferimento

La successione stratigrafica dell'area sulla quale sorgerà l'edificio è schematizzata così come riportato nella Tabella 6: essa è rappresentata in superficie da uno strato di copertura, attribuibile ad un terreno limoso argilloso sovrastante i depositi alluvionali quaternari a tessitura prevalentemente granulare (**AES8**), supportati dal substrato litico, riconducibile a tessiture della Formazione delle Argille Azzurre (**FAA**).

Unità	Descrizione	Età	Codice
1	Limo argilloso con sabbia	Olocene	AES8
2	Ghiaia e sabbia		
3	Limi argillosi e argille limose	Pliocene	FAA
4	Argille marnose		

Tabella 6. Unità litologiche presenti nella zona.

La sintesi grafica del suolo e del primo sottosuolo dell'area è illustrata nella Tavola 5 a fine testo.

12.1 Unità lito - tecnica 1

L'unità più superficiale è costituita da uno strato di colore marrone di limo argilloso con sabbia, da sodo a compatto, umido, a leggera plasticità, in strati sottili e con apparati radicali. Il corpo sedimentario ha una forma lenticolare e uno spessore discontinuo variabile da un minimo di m 0,8 a un massimo di m 2,5.

I terreni costituenti l'unità derivano dall'attività fluviale quaternaria.

12.2 Unità lito - tecnica 2

I terreni della copertura superficiale poggiano su uno strato sottile di alcuni dm di sabbia fine e sabbia debolmente limosa di colore marrone, densa e molto umida sovrastante uno strato di ghiaia grigia con clasti da sub -angolari e sub -arrotondati di dimensione media di mm 30, in matrice sabbiosa debolmente limosa marrone, satura e ben addensata dello spessore variabile da m 0,6 a m 1,2. Lo strato di sabbia è localmente assente.

L'umidità aumenta gradualmente verso la base dello strato dove il grado di saturazione è del 100%.

L'unità appartiene ai depositi alluvionali terrazzati tardo pleistocenici e olocenici dell'Allomembro di Ravenna (**AES8**).

12.3 Unità lito - tecnica 3

Fino alla profondità di m 15 sono presenti limi argillosi con sabbia e argille limoso - sabbiose variamente combinate tra loro di colore grigio, grigio - azzurro e grigio piombo. La consistenza è da molto compatta a dura e la plasticità è alta, l'umidità è media. Sono presenti microfossili, bivalvi e lamellibranchi.

Questo strato è formato dall'alterazione del substrato litico costituente l'unità sottostante.

12.4 Unità lito - tecnica 4

Il substrato litico poco alterato e potenzialmente fratturato è costituito da argille marnose, sabbiose e limose da molto compatte a dure, attribuibile alla formazione delle Argille Azzurre (**FAA**) plioceniche.

13. Parametri fisico – meccanici del sottosuolo

In base alle indagini svolte *in situ*, alle prove di laboratorio e alle informazioni bibliografiche acquisite, si riportano di seguito i principali parametri fisici, di resistenza al taglio e di compressibilità attribuiti alle unità individuate.

Profondità (m)	Comportamento	γ	ϕ_u	Cu	ϕ'	c'
		(kN/m³)	(°)	(kPa)	(°)	(kPa)
1,5	Coesivo	19,4	--	45	26	14
3,0	Incoerente	17,7	42	--	34	20
15,0	Coesivo	20,6	--	95	28	40
35,0		19,5	--	120		60

Tabella 7. Valori caratteristici dei parametri fisici, di resistenza al taglio e compressibilità.

Il quadro dei valori numerici attribuiti ai terreni individuati, desunti dai dati di letteratura, di laboratorio e dalle prove in situ, è sintetizzato nella Tabella 7, per le condizioni non drenate (tensioni totali) e drenate.

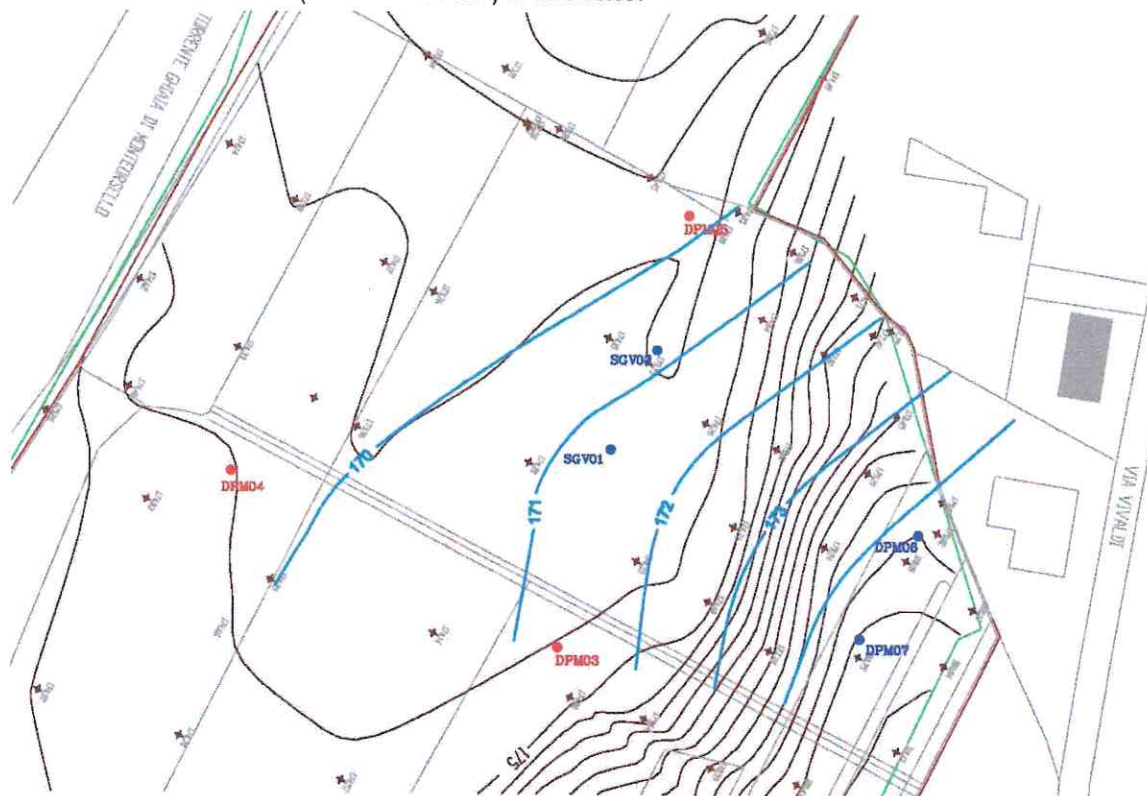


Figura 11. Carta delle isofreatiche in m s.l.m..

14. Condizioni idrogeologiche

I corpi granulari a componente prevalentemente ghiaioso - sabbiosa collocati fino a m 10 di profondità costituiscono un acquifero freatico piuttosto omogeneo su tutto il lotto, anche se localmente possono assumere una forma stretta e allungata. La soggiacenza media è di m 2,5.

14.1 Mappatura bidimensionale della falda superficiale

Nella Figura 11 è riportata l'elaborazione della freatimetria relativa alle misure eseguite nell'estate 2015: essa è il risultato dell'interpolazione tramite metodo *Natural Neighbor* del *dataset* ottenuto dalle misure di soggiacenza della tavola d'acqua.

Il *Natural Neighbor* è un interpolatore che utilizza un metodo puramente geometrico che tiene conto sia della vicinanza dei dati sia del *clustering*. Ne deriva che questo sistema di interpolazione, in quanto oggettivo, fornisce un *output* rigorosamente fittato sui dati a disposizione: esso è pertanto molto utile sia in fase di studio del *dataset*, preliminarmente allo studio del variogramma, in presenza di una rilevante quantità di dati, sia come interpolatore vero e proprio in presenza di una quantità di dati troppo esigua per consentire l'utilizzo di interpolatori più complessi, quali ad esempio il *kriging*.

Nel caso in esame l'interpolazione delle isofreatiche è stata realizzata con questa metodologia, poiché il *dataset* ottenuto dal monitoraggio è costituito da 7 dati.

Il rilievo della freaticimetria ha evidenziato una soggiacenza che si colloca tra m 2,7 e m 5 ed una freaticimetria compresa tra m 169 e m 171 nella zona pianeggiante. La direzione prevalente del flusso è E-O e verso O.

L'attività fluviale e le condizioni idrauliche del Torrente Ghiaie di Monteorsello condizionano direttamente l'idrogeologica locale.

ASPETTI GEODINAMICI E SISMICITÀ DEL TERRITORIO

Nella presente sezione è descritta la sismicità del territorio entro cui ricade il lotto in esame, la pericolosità e l'azione sismica.

La stima della pericolosità sismica è definita mediante un approccio sito dipendente e non più tramite un criterio zona dipendente, mentre l'azione sismica di progetto, in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, è definita partendo dalla pericolosità di base del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

L'azione sismica sulle costruzioni è generata dal moto non uniforme del terreno di sedime per effetto della propagazione delle onde sismiche.

Nella determinazione dell'azione sismica è necessario valutare l'influenza delle locali condizioni litologiche e morfologiche sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. In mancanza di questi si può utilizzare la classificazione in categorie di suolo, già introdotta nell'EC8 e OPCM 3274, recentemente confermata dal Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008.

15. Pericolosità sismica

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274 del 20 marzo 2003 ha introdotto la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica, suddividendo il territorio nazionale in 4 zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore dell'accelerazione orizzontale (a_g) massima convenzionale su suolo di categoria A.

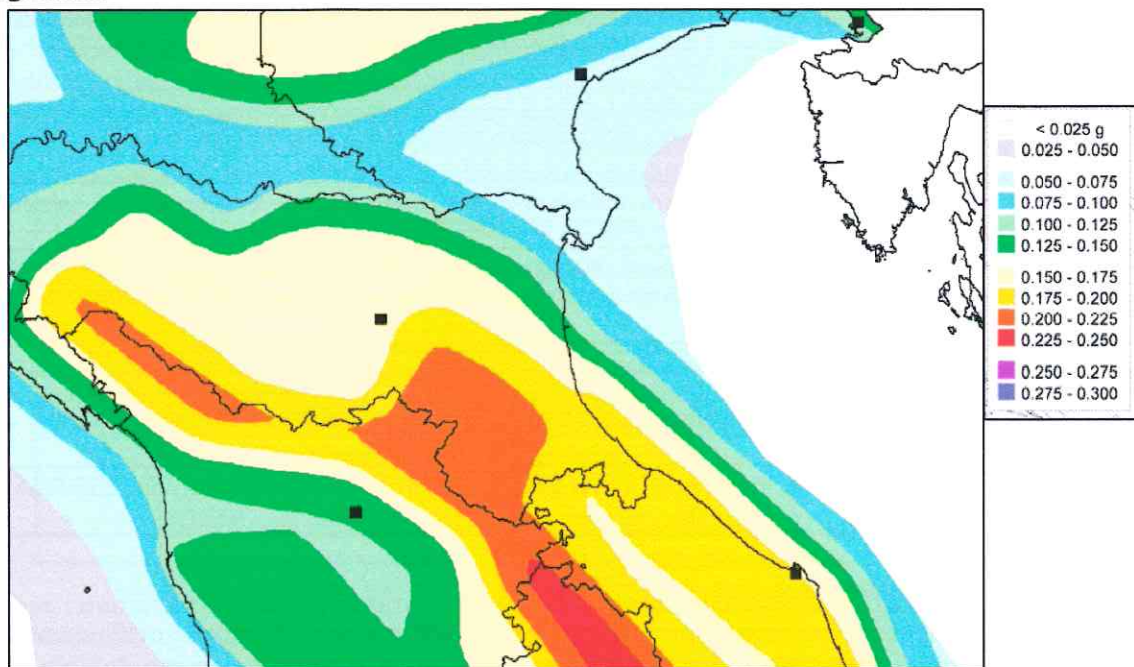


Figura 12. Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale³.

I valori convenzionali di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed assumono i valori riportati nella Tabella 8.

La località Castello di Serravalle del comune di Valsamoggia ricade nella zona sismica 3 a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni minore o uguale di 0,15 g (Figura 12) che si traduce in un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta pari a 0,162 g .

³ Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b. Valori standard, 50° percentile.

15.1 Zona sismica

La zona sismica 3 è contraddistinta da un'accelerazione di picco orizzontale del suolo $a_g = 0,15 \text{ g}$ (Tabella 8).

Zona	Valore di a_g
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

Tabella 8. Valori di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.

16. Categorie di suolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto le tipologie del suolo di fondazione sono suddivise in due gruppi: il primo gruppo è diviso in 5 categorie (A, B, C, D, E) di profili stratigrafici, mentre il secondo gruppo comprende due categorie (S1, S2) per le quali sono richiesti studi particolari.

A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, 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 resistenza penetrometrica media NSPT > 50, o coesione non drenata media $c_u > 250 \text{ kPa}$).
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < \text{NSPT} < 50$, $70 < c_u < 250 \text{ kPa}$).
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180 \text{ m/s}$ ($\text{NSPT} < 15$, $c_u < 70 \text{ kPa}$).
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800 \text{ m/s}$.
S1	Terreni che includono uno strato di almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua, con $10 < c_u < 20 \text{ kPa}$ e caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100 \text{ m/s}$.
S2	Terreni soggetti a liquefazione, argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 9. Categorie di suolo.

I terreni classificati nelle categorie elencate sono caratterizzati da parametri sismici (V_{s30} , velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità) e da parametri geotecnici (N_{SPT} , Standard Penetration Test e c_u , coesione non drenata).

Nelle definizioni precedenti V_{s30} è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio ed è calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $< 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei m 30 superiori.

Il sito sarà classificato sulla base del valore di V_{s30} , se disponibile, altrimenti sulla base del valore di N_{SPT} (per terreni prevalentemente granulari) ovvero di c_u (per terreni prevalentemente coesivi).

Nelle definizioni precedenti N_{SPT} , c_u e V_s sono i valori rappresentativi degli strati considerati, valutati dal progettista e/o committente sulla base di insiemi statistici sperimentali.

16.1 Categoria del suolo di fondazione

Sviluppando la formula della velocità equivalente delle onde di taglio per la prospezione di sismica passiva realizzata, i terreni indagati appartengono alla categoria C, ricadendo nell'intervallo $m/sec\ 180 < V_{s30} < m/sec\ 360$, con un valore di V_{s30} medio pari a 355 m/sec, calcolato dalla superficie topografica.

17. Azione sismica

Ai fini dell'applicazione delle norme tecniche per la costruzione in zone sismiche, oltre ad adottare il parametro a_g si deve tener conto di un fattore S che scaturisce dal profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R .

In mancanza di rigorose analisi di risposta sismica locale, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie del sottosuolo di fondazione, la forma spettrale su sottosuolo di categoria A si valuta in funzione di coefficienti che tengono conto dell'amplificazione stratigrafica e topografica.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale: a_g (accelerazione orizzontale massima al sito), F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T^*_C (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale).

17.1 Amplificazione topografica

La configurazione topografica in cui ricade il lotto è corrispondente ad un ripiano morfologico disposto su un versante, per cui si può adottare la classificazione di cui alla seguente Tabella 10.

Categoria	Superficie topografica	i	S_T
T1	Pianeggiante, pendii con inclinazione media	$\leq 15^\circ$	1,0
T2	Pendii con inclinazione media	$> 15^\circ$	1,2
T3	Larghezza della cresta del rilievo inferiore della base	$15^\circ - 30^\circ$	1,2
T4		$> 30^\circ$	1,4

Tabella 10. Categorie topografiche e coefficienti di amplificazione topografica.

La superficie topografica in cui ricade l'opera di intervento è di categoria T1, per cui il coefficiente di amplificazione topografica S_T è pari a 1,0.

Per il caso in esame, il coefficiente stratigrafico assume la seguente espressione:

$$S_s = 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g}$$

ed ha il seguente campo di variazione 1,00÷1,50.

Il coefficiente di variazione del periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante T_C dello spettro è:

$$C_C = 1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$$

ed è superiore all'unità.

17.2 Parametri sismici su sito di riferimento rigido

Considerando i dati del sito in esame, avente latitudine di 44,442423 e longitudine di 11,064019 (ED50) e una costruzione con classe d'uso IV (affollamento normale), vita nominale di 100 anni, coefficiente d'uso C_u 2,0 e vita di riferimento di 200 anni, la probabilità di superamento nella vita di riferimento è di 0,10 (SLV) e il periodo di ritorno di 1898 anni ().

In funzione dei dati suddetti, si ottengono i seguenti risultati:

$$a_g = 0,245 \text{ g}$$

$$F_o = 2,480$$

$$T_c^* = 0,313 \text{ sec}$$

che sono relativi all'interpolazione sulla maglia elementare del reticolo di riferimento (Figura 13) per lo stato limite della vita (SLV), avendo considerato i punti indicati nella Tabella 11.

Siti di riferimento (ID)	Latitudine	Longitudine	Distanza (km)
16948	44,4596	11,0394	2,730
16949	44,4610	11,1093	4,145
17171	44,4110	11,1113	5,129
17170	44,4096	11,0415	4,070

Tabella 11. Individuazione dei nodi del reticolo di riferimento.

Per dette condizioni $S_s = 1,16$ e $C_c = 1,39$ (valori corrispondenti allo SLV).

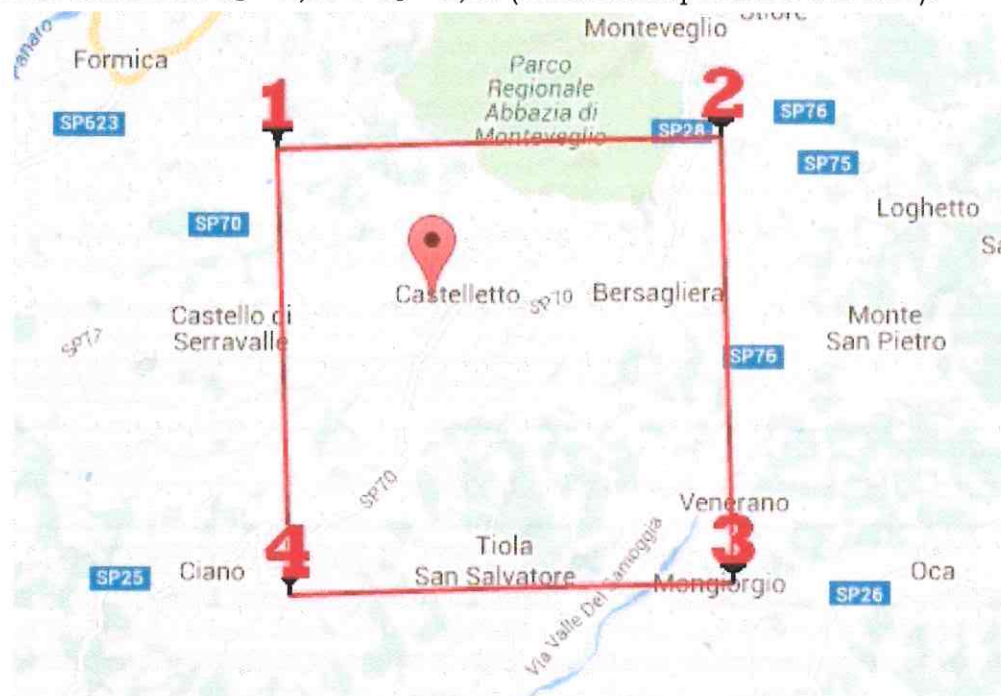


Figura 13. Interpolazione sulla maglia elementare del reticolo di riferimento.

Stati limite	SLO	SLD	SLV	SLC
Probabilità di superamento:	81 %	63 %	10 %	5 %
Tr	120 anni	201 anni	1898 anni	2475 anni
a_g	0,095 g	0,118 g	0,245 g	0,264 g
F_o	2,480	2,457	2,480	2,498
T_c^*	0,281 s	0,285 s	0,313 s	0,316 s

Tabella 12. Parametri sismici per lo stato limite corrispondente.

I parametri sismici relativi agli stati limite di Operatività (SLO), Danno (SLD), salvaguardia della Vita (SLV) e di prevenzione dal Collasso (SLC) per una categoria sottosuolo (tipo C), topografica (T1) con periodo di riferimento di 100 anni e classe d'uso 2, calcolati in funzione della presenza di fondazioni, sono sintetizzati nella Tabella 12.

17.3 Coefficienti sismici

Dal valore nominale di a_g (g), accelerazione orizzontale massima attesa al sito, si passa ai corrispondenti valori massimi, dipendenti anche dal coefficiente topografico S_T (= 1,0) sintetizzati nella seguente tabella.

Stati limite	SLO	SLD	SLV	SLC
a_{gMAX}	1,122	1,386	2,785	2,948

Tabella 13. Accelerazione massima.

Il valore dei coefficienti sismici orizzontali e verticali si determinano, rispettivamente, con le seguenti equazioni:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{MAX}}{g}$$

$$k_v = 0,5 \cdot k_h$$

dove β_s è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, il cui valore è funzione della categoria di sottosuolo e del valore di a_g (g), così come riportata nella Tabella 14.

a_g (g)	Categorie di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
0,2 ÷ 0,4	0,30	0,28
0,1 ÷ 0,2	0,27	0,24
≤ 0,1	0,20	0,20

Tabella 14. Valori di β_s in funzione della categoria di sottosuolo e di a_g (g).

I valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali sono riassunti nella Tabella 15.

Stati limite	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,023	0,034	0,080	0,084
k_v	0,011	0,017	0,040	0,042

Tabella 15. Coefficienti sismici orizzontali e verticali.

Si rimanda all'Allegato 5 per la sintesi dei dati.

ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Per risposta sismica locale (in seguito RSL) si intende l'insieme delle modifiche che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base, posta ad una certa profondità nel sottosuolo, subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (Figura 14).

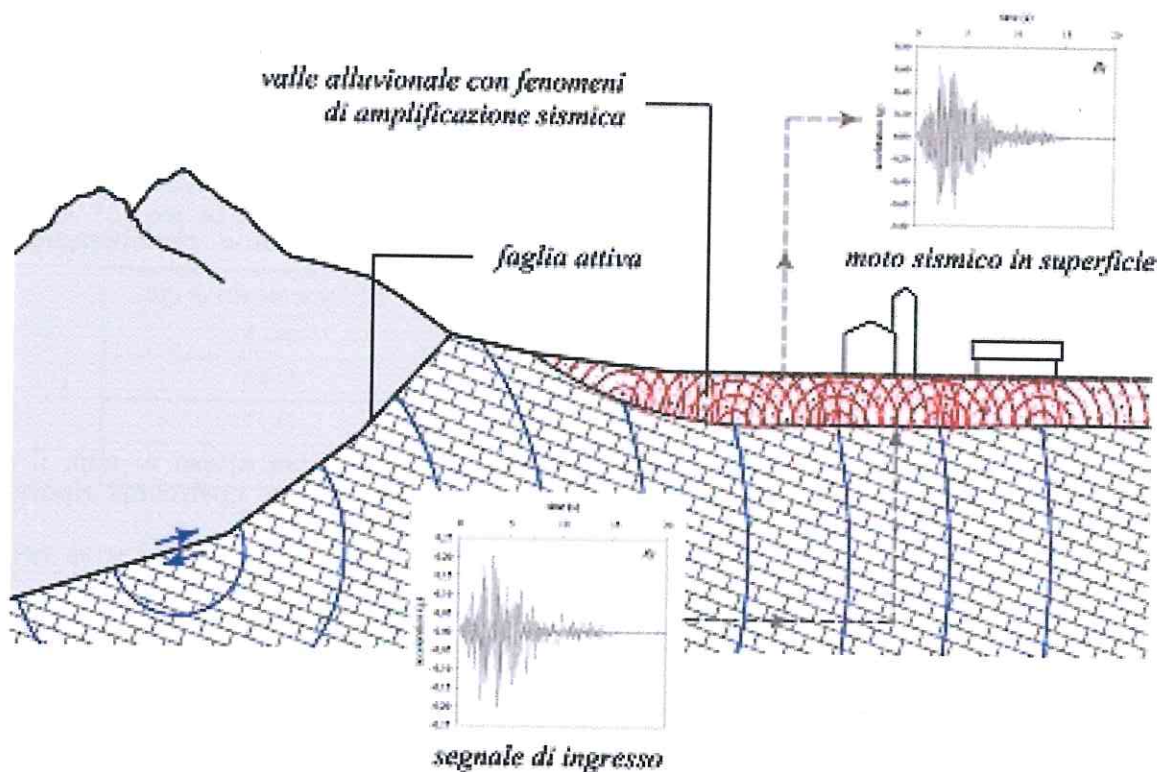


Figura 14. Effetti tipici della risposta sismica locale (Di Francesco, 2008, 2010).

L'elaborazione di uno studio di RSL è la valutazione, mediante un modello numerico, dell'azione sismica attesa a seguito di una sollecitazione sismica e si ottiene applicando le seguenti operazioni:

1. definizione della geometria del problema,
2. caratterizzazione dinamica dei terreni coinvolti,
3. selezione dei terremoti di riferimento,
4. utilizzo di un codice di calcolo.

Il codice di calcolo restituisce l'output, ossia la descrizione del moto ad una quota prescelta (piano topografico, profondità delle fondazioni) in una forma utilizzabile dal progettista delle strutture, definendo almeno un accelerogramma e uno spettro di risposta elastico.

18. Schematizzazione geometrica del problema

La ricostruzione del modello geologico del sottosuolo si completa individuando il *bedrock* sismico, la geometria del suo limite superiore e la successione stratigrafica fino al piano campagna.

La successione alluvionale quaternaria del sito, costituita da depositi a stratificazione orizzontale o sub orizzontale, poggianti su un substrato roccioso orizzontale o sub orizzontale consente di scegliere un modello monodimensionale (1D) per la rappresentazione del sottosuolo.

18.1 Descrizione del *bedrock* sismico

Il *bedrock* sismico o substrato roccioso si identifica con materiali aventi una velocità delle onde di taglio maggiori di 700-800 m/sec.

Si assume che i materiali costituenti il *bedrock* sismico abbiano un comportamento rigido, siano infinitamente estesi in profondità (semispazio) e non subiscano effetti di amplificazione della componente orizzontale del moto sismico.

Entro lo spessore indagato non è sempre definibile un materiale avente le caratteristiche descritte, pertanto, qualora le prove disponibili non abbiano raggiunto il *bedrock* (come per il caso in esame), il profilo di V_s sarà estrapolato in profondità fino a valori di 800 m/s, mantenendo lo stesso gradiente dell'ultimo tratto della curva sperimentale. La procedura è conforme a quanto indicato nella Delibera dell'Assemblea legislativa n° 112, oggetto n° 3121 del 2 maggio 2007 ("Gli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica").

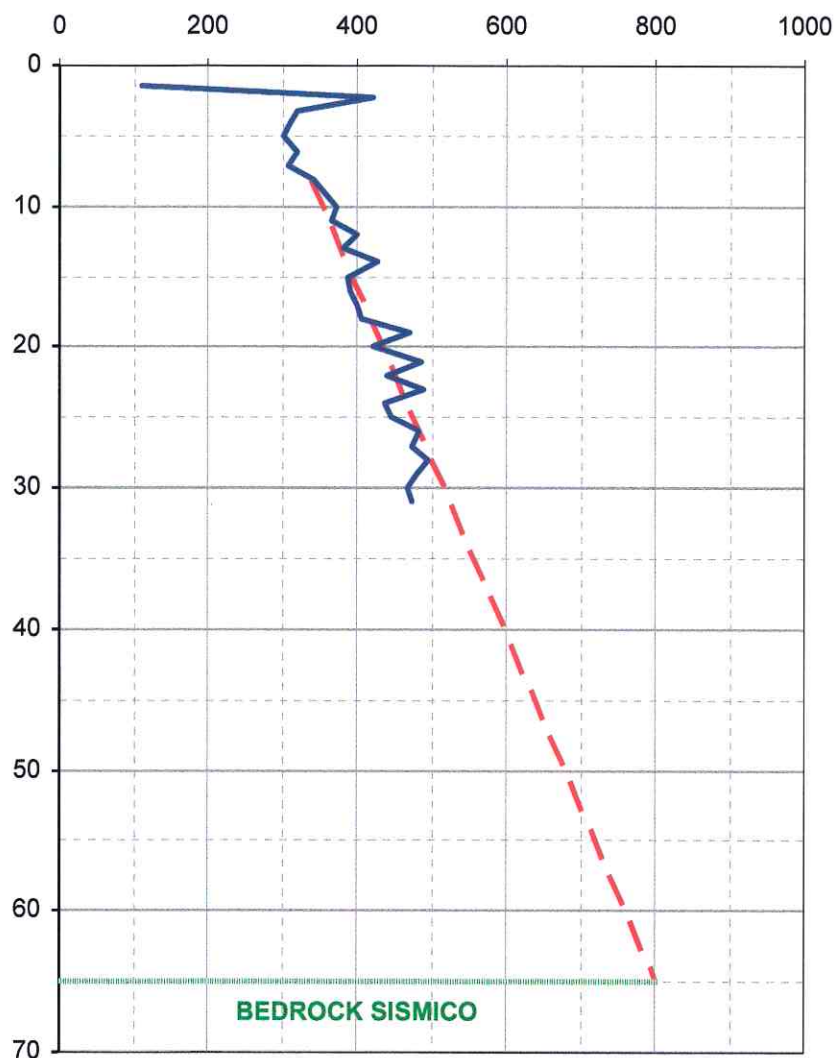


Figura 15. Estrapolazione del *bedrock* sismico.

Applicando il criterio descritto si ottiene una profondità del *bedrock* sismico pari a circa m 65 che rappresenta la profondità di applicazione dell'*input* sismico (Figura 15).

19. Definizione del modello geotecnico del sottosuolo

Quando si esegue un'analisi lineare equivalente si opera nel campo delle tensioni totali, utilizzando un modello a strati piano – paralleli di estensione orizzontale infinita, continui ed omogenei a comportamento visco - elastico linearizzato (modello di Kelvin - Voigt) posti su un semispazio al quale si applica il moto di *input* (*bedrock* sismico).

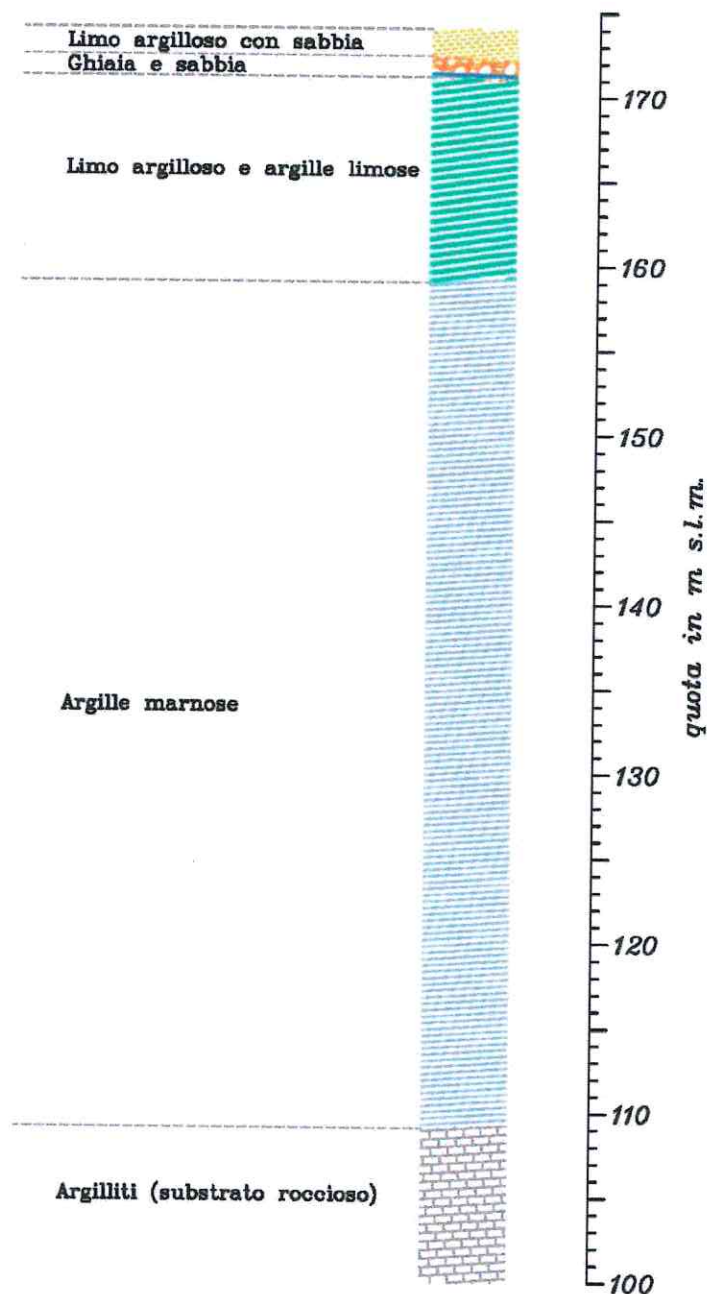


Figura 16. Modello geotecnico.

Ogni strato è rappresentato dalle seguenti proprietà:

- modulo di taglio o modulo di rigidezza G
- rapporto di smorzamento (*Damping*) D
- spessore h

e il comportamento non lineare del terreno al variare del livello deformativo è descritto dalle curve di variazione dei parametri G e D . Le due curve hanno andamento opposto poiché al crescere della deformazione del terreno, in relazione alla maggiore intensità del moto sismico, il modulo di rigidezza diminuisce e lo smorzamento aumenta: le conseguenze in termini di RSL sono che le variazioni di G modificano le frequenze di risonanza mentre all'aumentare di D si ha maggiore dissipazione di energia e quindi diminuzione dell'ampiezza della funzione di amplificazione.

I risultati delle prove di colonna risonante consentono di ricostruire le curve di decadimento normalizzate del rapporto G/G_0 e del rapporto di smorzamento di taglio $D\%$ in funzione del valore percentuale di deformazione di taglio γ_{sa} (*shear strain*) per ogni tipologia di terreno investigata.

20. Azioni sismiche al substrato rigido

Le azioni sismiche di ingresso sono costituite da accelerogrammi rappresentativi del moto sismico atteso su sito di riferimento rigido affiorante (sottosuolo di categoria A – affioramento roccioso o terreni molto rigidi).

Ai sensi della normativa vigente per il caso in esame sono stati scelti accelerogrammi naturali registrati, selezionati da archivi nazionali o internazionali disponibili negli archivi, rappresentativi della sismicità del sito e adeguatamente giustificati in base alla caratteristiche sismogenetiche della sorgente, alle condizioni del sito di registrazione, alla magnitudo, alla distanza dalla sorgente e alla massima accelerazione orizzontale attesa al sito.

È necessario, dunque, definire la forma spettrale di riferimento sulla base dell'analisi delle condizioni di sismicità e individuare le caratteristiche sismogenetiche del sito in esame, reperendo la coppia di dati (magnitudo e distanza epicentrale) necessaria per estrarre i terremoti naturali dal catalogo disponibile. Il sito in esame è caratterizzato dalle seguenti coordinate⁴: 44,441489 e 11,063021.

20.1 Disaggregazione dei parametri di pericolosità sismica

La disaggregazione è l'operazione che permette di individuare le coppie di dati che concorrono alla pericolosità sismica del sito, definita con metodo probabilistico.

Le caratteristiche di un terremoto e, quindi, l'accelerogramma che lo descrive, sono direttamente influenzate da magnitudo e distanza: allontanandosi dalla sorgente il segnale sismico subisce una diminuzione di ampiezza, ossia un'attenuazione a causa della dissipazione geometrica dell'energia delle onde sismiche (in funzione dell'aumento delle dimensioni del fronte d'onda) e dell'assorbimento da parte delle proprietà anelastiche delle rocce. La diminuzione di ampiezza è regolata dalle leggi di attenuazione.

Analogamente anche il contenuto in frequenza (periodo) è variabile in funzione delle caratteristiche del meccanismo della sorgente sismica, della magnitudo e dei parametri fisico – meccanici del percorso delle onde sismiche.

Il massimo contributo percentuale delle diverse coppie di dati magnitudo – distanza alla pericolosità di base del sito in esame è pari al 32 % per terremoti con magnitudo compresi tra 4,5 e 5,0 nell'intervallo di distanza da 0 a 10 km (Figura 17). Prendendo in considerazione tutti i valori non nulli gli intervalli si ampliano sensibilmente fino a comprendere magnitudo da 4,0 a 6,0 e distanze fino a 30 km.

Per il caso in esame si rileva una distribuzione bimodale: la maggior parte degli eventi di magnitudo moderata (4, 0 – 5,5) è localizzata entro i 20 km, i restanti di alta intensità (6,0 – 7,0) sono disposti fino a 80 km.

È possibile che eventi distanti, ma di magnitudo elevata, possano essere significativi per determinate strutture: le caratteristiche magnitudo / distanza epicentrale, nel caso di eventi forti e lontani, concorrono ad aumentare il contenuto di alti periodi (basse frequenze), i quali possono interagire negativamente con i modi propri di edifici di altezza elevata. Le caratteristiche architettoniche e strutturali dell'edificio in questione, ampio e basso, suggerisce di escludere alte intensità a lunga distanza epicentrale.

Il valor medio della disaggregazione per il la località in esame fornisce i seguenti valori:

- magnitudo M 4,88
- distanza z 8,43 km
- epsilon ϵ 0,9073

Il parametro epsilon (ϵ) è legato alla deviazione dello spettro del segnale sismico al sito rispetto a quanto predetto da un'opportuna legge di attenuazione.

20.2 Selezione degli accelerogrammi naturali

La registrazione degli eventi sismici naturali sono stati reperiti da specifiche banche dati disponibili in rete mediante l'uso del software REXEL (Iervolino, Galasso & Cosenza,

⁴ Nel sistema di coordinate geografiche geodetico mondiale WGS84 (World Geodetic System 1984), basato su un ellissoide di riferimento.

2009⁵) che permette a ricerca di combinazioni di accelerogrammi naturali compatibili con gli spettri delle Norme Tecniche per le Costruzioni e le altre normative.

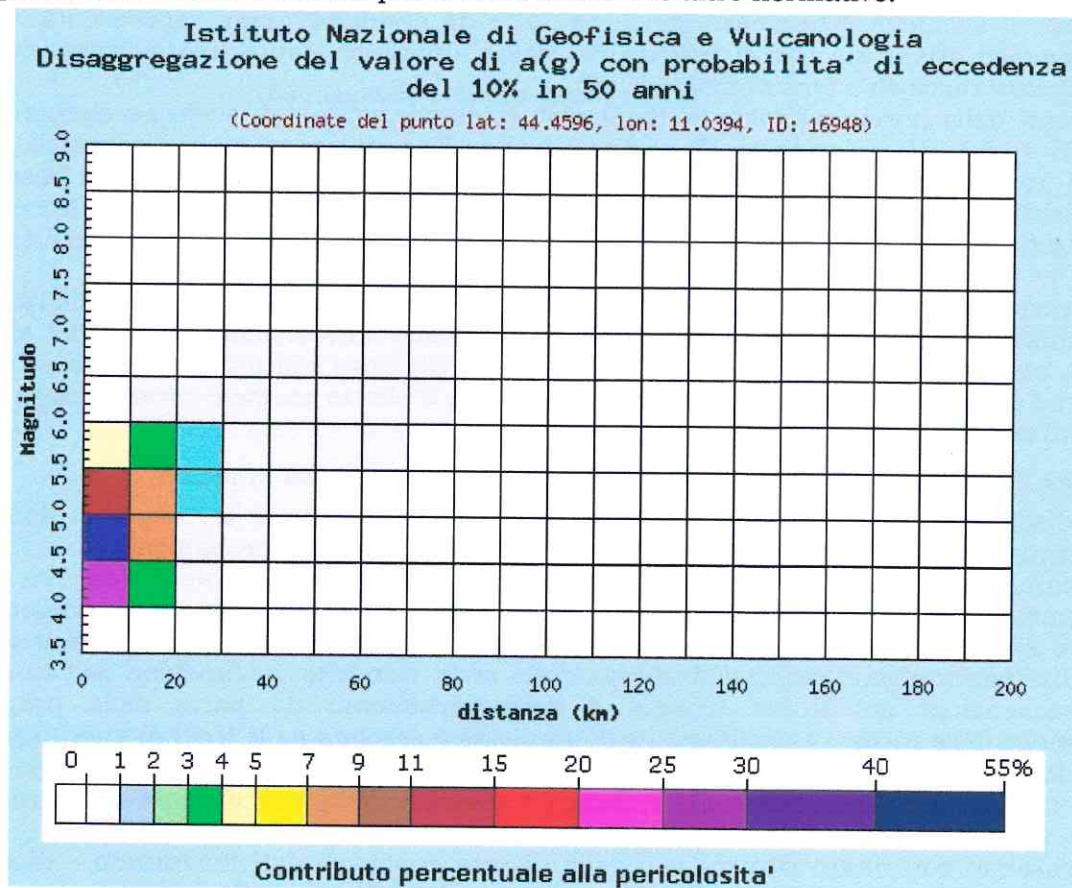


Figura 17. Disaggregazione sismica per Castelletto di Castello di Serravalle in Valsamoggia.

Le stesse Norme non forniscono indicazioni sul numero di accelerogrammi da utilizzare per le modellazioni, ma   consuetudine utilizzarne almeno 7, in analogia a quanto specificato nel   7.3.5 delle Norme Tecniche per le Costruzioni in merito alla risposta alle diverse componenti dell'azione sismica. Per lo studio corrente ne sono stati selezionati 8.

Terremoto		Data	Mw	PGA [g]	PGV [cm/s]	Fattore di scala
ID WF	Nome					
133	Friuli (aftershock)	15/09/1976	6,0	0,25	14,73	0,27
170	Basso Tirreno	15/04/1978	6,0	0,24	10,37	0,34
335	Alkion	25/02/1981	6,3	0,25	15,62	0,21
600	Umbria Marche	26/09/1997	6,0	0,25	13,71	0,24
879	Dinar	01/10/1995	6,4	0,24	12,90	0,09
1708	Ano Liosia	07/09/1999	6,0	0,25	9,35	0,25
1726	Adana	27/06/1998	6,3	0,24	8,97	0,09

Tabella 16. Eventi sismici selezionati rappresentativi del sito in esame.

In particolare sono stati selezionati gli eventi elencati nella Tabella 16 la cui combinazione fornisce i seguenti valori medi:

- magnitudo momento M_w 6,14
- peak ground acceleration (PGA) 0,25 g

⁵ Iervolino I, Galasso C., Cosenza E.; 2009: REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. Bulletin Earthquake Engineering, 8:339-362.

- *peak ground velocity* (PGV) 12,24 cm/sec
- fattore di scala 0,213 km

Il fattore di scala è il valore necessario per riportare la PGA_0 al valore di normativa a_g , pari a 0,245 per il sito in esame.

I dati sono estratti dall'*European Strong-motion Database* (Ambraseys, N., Smit, P., Sigbjornsson, R., Suhadolc, P. & Margaris, B. 2002⁶).

Gli accelerogrammi di ogni singolo evento sono raccolti nell'Allegato 6.

21. Modellazione numerica monodimensionale

La risposta dinamica monodimensionale (1D) di una colonna terreno, avente proprietà dinamiche variabili in funzione del livello deformativo, utilizzando un modello lineare di propagazione delle onde, è stata calcolata con il codice di calcolo STRATA, liberamente distribuito on licenza pubblica generica.

Il programma è stato sviluppato nel 2008 da Kottke e Rathje dell'Università della California⁷ e applica le seguenti condizioni:

- la risposta del deposito è causata dalle onde di taglio polarizzate orizzontalmente (S_H) che si propagano verticalmente dal *bedrock* verso la superficie attraverso una colonna verticale monodimensionale di terreno;
- la stratificazione è orizzontale e priva di eteropia di facies (omogenea lateralmente);
- la superficie del *bedrock* e del terreno si estende lateralmente all'infinito;
- la superficie topografica è priva di irregolarità.

Ogni strato è caratterizzato a quattro parametri densità (ρ), spessore (h), modulo di taglio (G) e fattore di smorzamento (D).

Il calcolo permette di descrivere l'andamento con la profondità dei seguenti parametri:

- intensità di Arias: è un indicatore del potenziale distruttivo di un terremoto e rappresenta la misura dell'intensità della sollecitazione nell'analisi delle prestazioni strutturali, della liquefazione e della stabilità dinamica dei pendii;
- rapporto di smorzamento: descrive la grandezza a degradazione del modulo taglio avvenuta, ossia al termine dell'iterazione eseguita;
- profilo di energia dissipata: consente di osservare quali siano gli orizzonti che esibiscono le proprietà dissipative più marcate in termini di energia per volume unitario di terreno;
- velocità finale delle onde di taglio: il valore derivante dall'iterazione finale a degradazione del modulo di taglio avvenuto;
- velocità iniziale delle onde di taglio: il valore iniziale a piccole deformazioni;
- *peak ground acceleration* (PGA): massima accelerazione in unità di gravità;
- *peak ground displacement* (PGD): massimo spostamento;
- modulo di taglio: valore finale a degradazione avvenuta;
- *stress ratio*: rapporto tra massimo sforzo di taglio e massimo sforzo efficace corrispondente al CRS utilizzato nelle verifiche a liquefazione;
- *stress reduction coefficient* o coefficiente di riduzione dello sforzo di taglio r_d , parametro relativo alla riduzione dello sforzo di taglio con la profondità utilizzato nelle verifiche a liquefazione;
- pressione verticale totale ed efficace: calcolate per ogni profondità.

Sono inoltre forniti i massimi valori della deformazione di taglio, del modulo di taglio, della velocità.

⁶ Ambraseys, N., Smit, P., Sigbjornsson, R., Suhadolc, P. & Margaris, B. 2002: Internet-Site for European Strong-Motion Data, European Commission, Research-Directorate General, Environment and Climate Programme

⁷ Kottke, Albert R., and Rathje, Ellen M. (2008) Technical Manual for Strata. PEER Report 2008/10. University of California, Berkeley, California

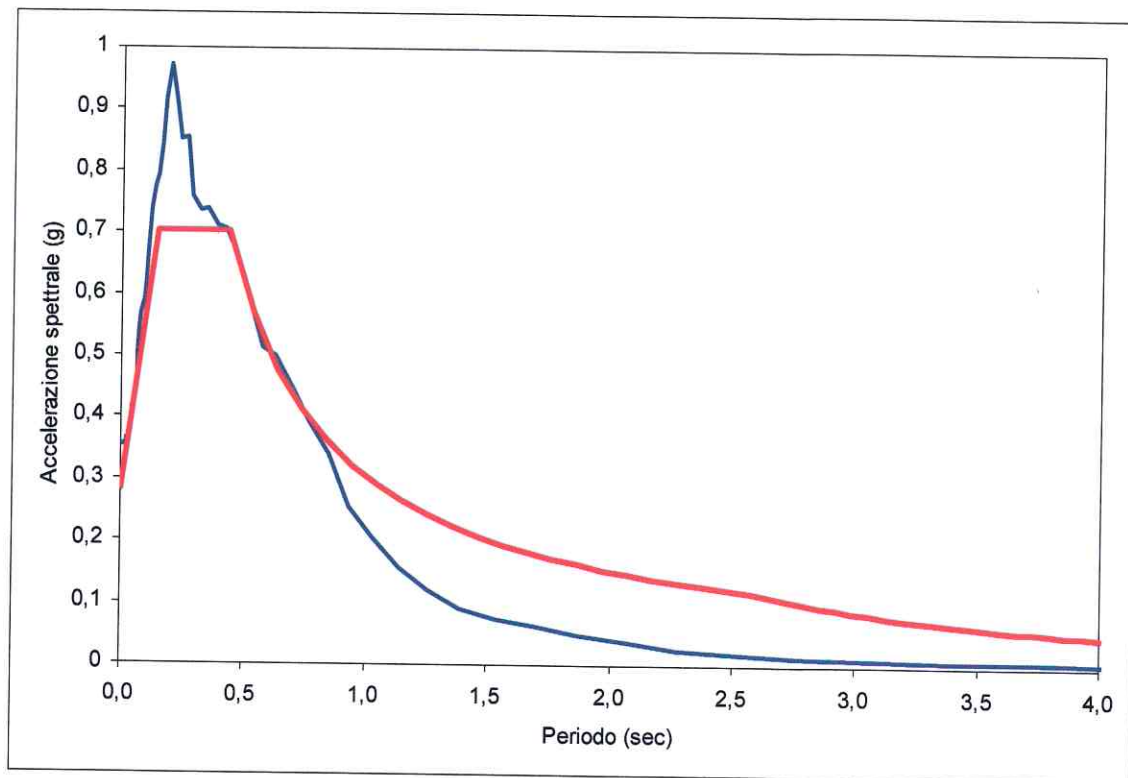


Figura 18. Spettro di risposta dell'accelerazione (Outcrop) e spettro obiettivo.

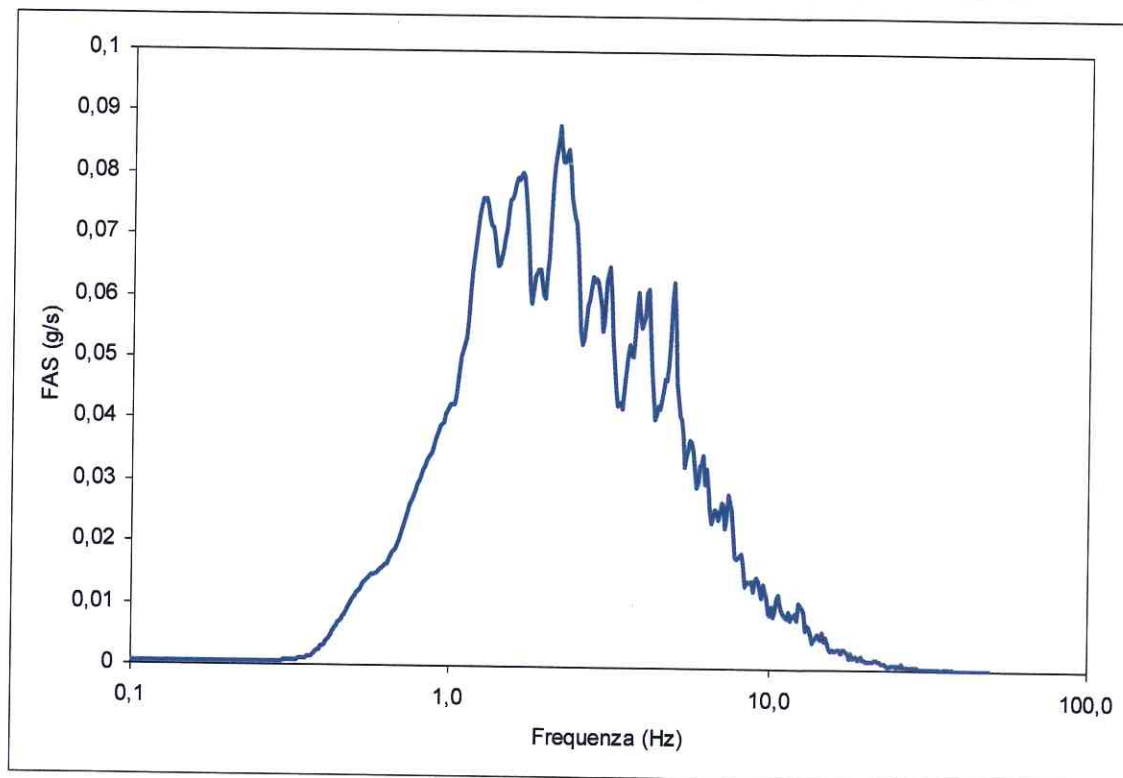


Figura 19. Spettro di Fourier dell'accelerazione (Outcrop).

21.1 Condizioni al contorno

Il codice di calcolo fornisce i risultati alle condizioni:

- *Outcrop*: alla superficie libera di affioramento (per esempio quando il progetto prevede un'ampia superficie di sbancamento)

- *Within*: ad una qualsiasi quota posta all'interno della successione del modello geotecnico di riferimento e non alla superficie dello stesso (per fondazioni profonde)

In alcuni casi non è possibile scegliere: le serie temporali *Shear strain* e *Shear stress* comportano una condizione al contorno *Within* giacché i valori di sforzo e deformazione si annullano in superficie.

21.2 Risultati della risposta dinamica del terreno

I risultati sono rappresentati come serie temporali (in accelerazione, spostamento, velocità deformazione e sforzo di taglio) alle profondità desiderate.

Lo spettro di risposta dell'accelerazione alla superficie è indicato nella Figura 18 e quello di amplificazione di Fourier in Figura 19.

Lo spettro di risposta dell'accelerazione alla superficie libera di affioramento presenta un valore della massima accelerazione in unità di gravità pari a 0,97 g (al periodo 0,19 sec) che è superiore rispetto a quello obiettivo ricostruito sulla base della caratterizzazione sismica del sito (zona, categoria del suolo, classe dell'edificio, ...) di 0,27 g. La frequenza per la quale si rileva il massimo valore nello spettro di Fourier (0,088 FAS g/s) è pari a 2,143 Hz. L'intervallo di frequenza entro il quale si verifica la maggiore amplificazione è 1,265 – 2,293.

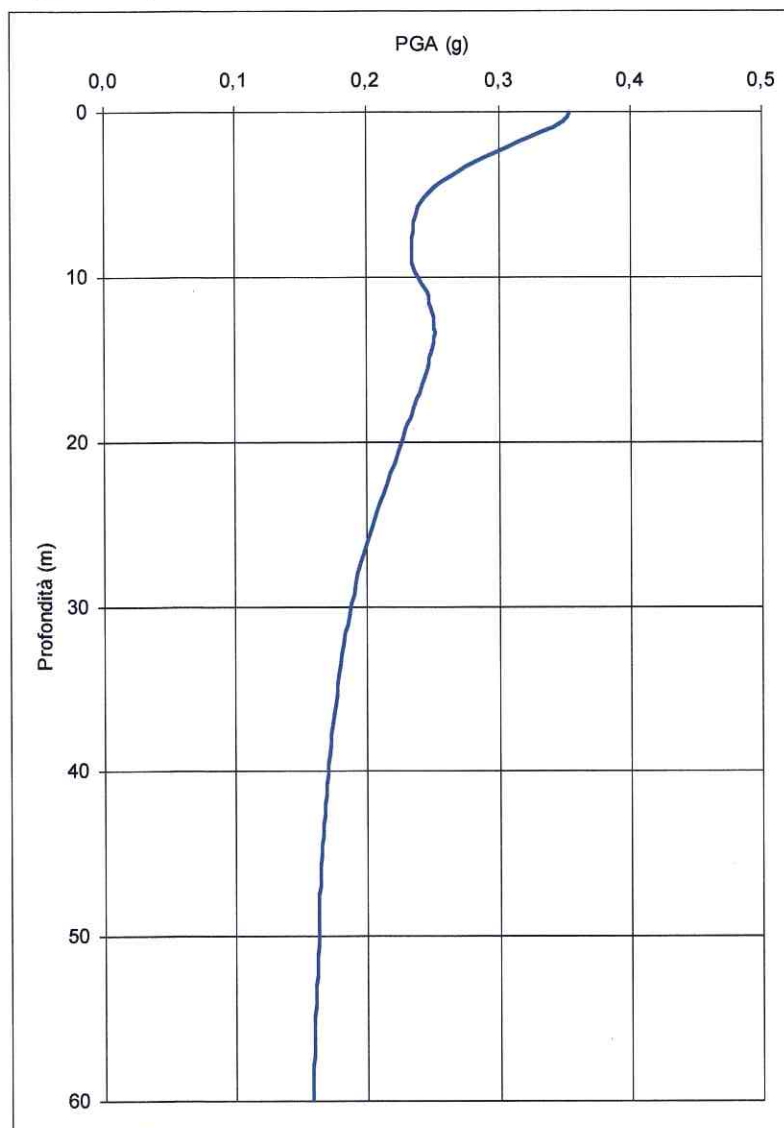


Figura 20. Profilo del Peak ground acceleration (Outcrop).

Esaminato il profilo della PGA alle profondità esaminate (rappresentato nella Figura 20) si rileva un'amplificazione dell'accelerazione (pari a circa il 54% del segnale iniziale)

fino alla profondità di - 13,4 m, quindi subisce un leggero smorzamento a - 7 m circa. Alla superficie di affioramento il segnale trasmesso dall'interfaccia del *bedrock* è amplificato del 124%. Lo spostamento corrispondente massimo (Figura 21) in superficie, rispetto alla superficie di separazione *bedrock* (-59,7 m dal piano di campagna), è di cm 1,05.

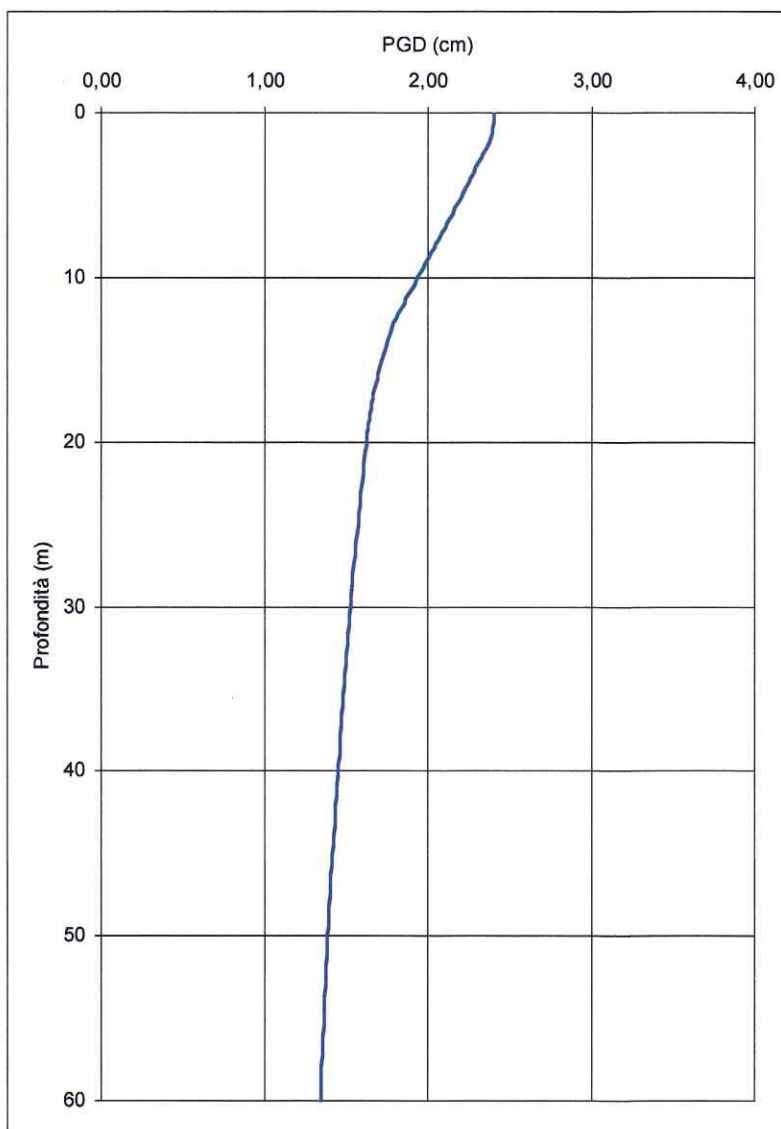


Figura 21. Profilo del Peak ground displacement (Outcrop).

Le restanti rappresentazioni sono raccolte nell'Allegato 7.

22. Effetti sismici locali

I risultati dello studio di risposta sismica consentono di valutare gli effetti locali in superficie di un evento verificatasi al substrato.

La geometria e le caratteristiche del sottosuolo impongono di valutare la stabilità del terreno nei confronti della liquefazione, il cui rischio è rappresentato dal rapporto fra lo sforzo ciclico normalizzato (CSR) e la resistenza ciclica normalizzata (CRR):

$$FS_L = \frac{CRR}{CSR}$$

per valori maggiori dell'unità il terreno non è liquefacibile, mentre lo è in caso contrario.

22.1 Sforzo ciclico normalizzato CSR

La modellazione numerica della risposta dinamica monodimensionale (1D) della colonna terreno ha permesso di definire il valore dello sforzo ciclico normalizzato che nell'intervallo di profondità di m 2,20 – 2,65 è:

$$CSR = 0,68$$

Il valore della resistenza ciclica normalizzata (CRR) può essere calcolata in funzione delle prove in situ e in laboratorio eseguite.

22.2 Resistenza ciclica normalizzata CRR da VS

Il valore della velocità delle onde di taglio (V_s) può essere utilizzata per la determinazione della resistenza ciclica normalizzata CRR.

L'equazione utilizzata (Robertson et al., 1992⁸) è la seguente:

$$V_{s1} = V_s \cdot \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^{0,25}$$

dipendente dal valore della velocità delle onde di taglio V_s e da quello della pressione atmosferica P_a a 1 atm (100 kPa).

Nella Figura 22 sono rappresentati i valori delle velocità registrati durante la prova *down – hole* e il corrispondente valore di CSR calcolato mediante analisi numerica di risposta sismica.

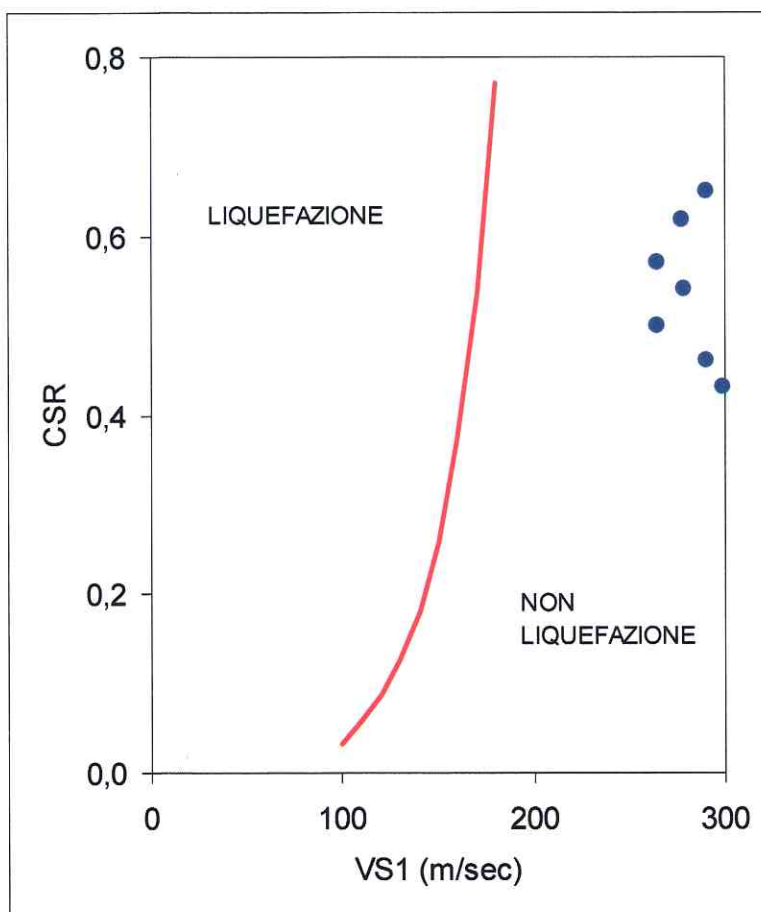


Figura 22. Liquefazione e velocità delle onde di taglio (da Cherubini, 2003⁹, modificato).

⁸ P. K. Robertson, D. J. Woeller, W. D. L. Finn; Seismic cone penetration test for evaluating liquefaction potential under cyclic loading, Canadian Geotechnical Journal, 1992, 29(4): 686-695, 10.1139/t92-075

⁹ Cherubini C & Vessia G., 2003, – Un approccio alla stima del rischio liquefazione. Atti II Convegno Scientifico Nazionale "Sicurezza nei sistemi complessi", Bari.

22.3 Verifica del potenziale di liquefazione

In base alle verifiche svolte, lo strato a composizione prevalentemente sabbiosa, posto tra m 2 e m 3 di profondità, non è liquefacibile.

VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

Le verifiche della sicurezza in fondazione sono condotte nei riguardi dello stato limite ultimo e dello stato limite di esercizio.

Le verifiche nei riguardi dello stato limite ultimo (SLU) previste dalla normativa sono:

EQU, perdita di equilibrio della struttura, del terreno o dell'insieme terreno - struttura, considerati come corpi rigidi;

STR, raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;

GEO, raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;

ULP, perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla sottospinta dell'acqua (galleggiamento);

HYD, erosione e sifonamento del terreno dovuta a gradienti idraulici.

Nelle verifiche nei confronti degli SLU strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si possono adottare, in alternativa, due diversi approcci progettuali:

1. Combinazione 1: (A1+M1+R1) Combinazione 2: (A2+M2+R2)
2. Combinazione 1: (A1+M1+R3)

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia ultimi sia di esercizio, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso:

- quelli di esercizio (SLE) sono di Operatività (SLO) e di Danno (SLD)
- quelli ultimi (SLU) sono di salvaguardia della Vita (SLV) e di prevenzione del Collasso (SLC)

Nei capitoli seguenti sono illustrate le verifiche GEO, ULP e HYD, rimandando alla relazione di calcolo strutturale predisposta dal Progettista incaricato le restanti (EQU e STR).

La misura della sicurezza si ottiene con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dall'equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

$$R_d = f_i \left[\frac{R_{k,i}}{\gamma_{m,i}} \cdot \frac{1}{\gamma_{R,d}}; a_d \right]$$

$$E_d = f_2 [F_{i,d} \lambda_{F,i} \gamma_{E,d}; a_d; \psi_i]$$

dove:

R_d = resistenza di progetto della struttura, è una funzione dei valori caratteristici $R_{k,i}$ del terreno, diviso per un coefficiente parziale $\gamma_{m,i}$ (> 1) di sicurezza sulla resistenza del terreno, e per un ulteriore coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_{R,d}$ che tiene conto delle incertezze nel modellare la resistenza ($\gamma_{R,d} > 1$);

E_d = effetto delle azioni di progetto, è una funzione del valore caratteristico di ciascuna azione $F_{k,i}$ moltiplicato per un coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_{F,i}$ e per un ulteriore coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_{E,d}$ che tiene conto delle incertezze nel modellare le azioni e i loro effetti ($\gamma_{E,d} > 1$). E_d è anche funzione del coefficiente di combinazione per l'azione i-esima ψ_i .

Nei capitoli seguenti sono illustrate le verifiche eseguite.

23. Verifiche nei confronti degli stati limite idraulici

Per la stabilità al sollevamento (UPL) deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante $V_{inst,d}$, combinazione delle azioni permanenti ($G_{inst,d}$) e variabili ($Q_{inst,d}$), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ($G_{stb,d}$) e delle resistenze (R_d):

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d \quad \text{con } V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d}$$

In riferimento alla Figura 23 (a sinistra) che rappresenta una schematizzazione della situazione più critica, l'equazione precedente assume la forma seguente:

$$\gamma_w \cdot (h_2 - h_w) \cdot \gamma_{G,inst} \leq \gamma_{sat} \cdot (h_2 - h_1) \cdot \gamma_{G,stb}$$

con:

$\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_{\text{sat}} = 20,75 \text{ kN/m}^3$,
 $h_w = 2,6 \text{ m}$, $h_1 = 1,5 \text{ m}$ e $h_2 = 3,2 \text{ m}$,
 la verifica è soddisfatta.

Il fattore di sicurezza globale delle azioni permanenti è pari a 4,91 ($\gamma_{G;\text{inst}}/\gamma_{G;\text{stb}}$), quello degli SLU è di 1,22.

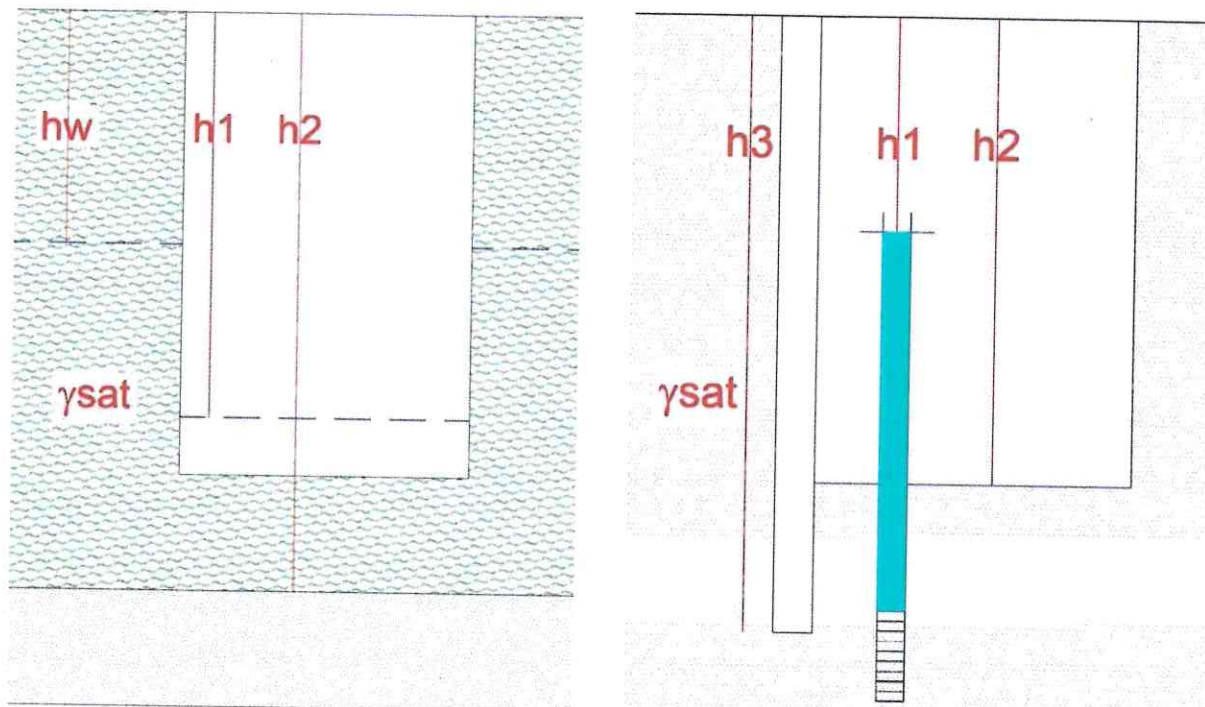


Figura 23. Schema per la verifica al sollevamento e al sifonamento.

Il controllo della stabilità al sifonamento (HYD) si esegue verificando che il valore di progetto alla pressione interstiziale instabilizzante ($u_{\text{inst,d}}$) risulti non superiore al valore di progetto della tensione totale stabilizzante ($\sigma_{\text{stb,d}}$), tenendo conto dei coefficienti parziali γ_G :

$$u_{\text{inst,d}} \leq \sigma_{\text{stb,d}}$$

In altre parole, alla base della stessa colonna di terreno il valore di progetto della pressione interstiziale totale deve essere non superiore a quello della tensione verticale totale. In riferimento alla Figura 23 (a destra) che rappresenta una schematizzazione della situazione più critica l'equazione precedente assume la forma seguente:

$$\gamma_w \cdot (h_2 - h_1) \cdot \gamma_{G;\text{inst}} \leq \gamma_{\text{sat}} \cdot (h_3 - h_2) \cdot \gamma_{G;\text{stb}}$$

con:

$$\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3, \gamma_{\text{sat}} = 20,75 \text{ kN/m}^3,$$

$$h_1 = 1,0 \text{ m}, h_2 = 1,5 \text{ m} \text{ e } h_3 = 3,2 \text{ m}; \text{ la verifica è soddisfatta.}$$

Il fattore di sicurezza globale delle azioni permanenti è pari a 2,35 ($\gamma_{G;\text{inst}}/\gamma_{G;\text{stb}}$), quello agli SLU di 1,44.

24. Verifiche di tipo geotecnico

Le verifiche di tipo geotecnico (GEO) devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

1. collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
2. collasso per scorrimento sul piano di posa
3. stabilità globale

Le verifiche sulla fondazione devono essere effettuate tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali seguendo almeno uno dei due approcci:

$$\text{DA1-1} \quad \text{A1+M1+R1}$$

$$\text{DA1-2} \quad \text{A2+M2+R2}$$

DA2 A1+M1+R3

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'approccio 1 combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei coefficienti parziali.

24.1 Valore di progetto della resistenza del terreno

Il valore della resistenza del terreno è calcolata applicando la teoria proposta da Terzaghi, basata sulle seguenti ipotesi:

- omogeneità ed isotropia del terreno;
- non resistenza del terreno agli sforzi tensionali di trazione;
- rigidità infinita della struttura di fondazione rispetto al terreno.

Per le considerazioni suddette la formula di Brinch-Hansen viene ad assumere la seguente struttura:

$$q_{LIM} = \frac{1}{2} \gamma' B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} z_{\gamma} + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q$$

dove:

- γ' = peso di volume del terreno posto al disotto della fondazione
- B = larghezza della fondazione
- $N_{\gamma}; N_c; N_q$ = fattori di capacità portante dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio
- c' = coesione del terreno
- $q = (\gamma \times D)$ = sovraccarico agente ai bordi della fondazione dove γ è il peso di volume del terreno e D è l'incastro della fondazione
- $s_{\gamma}; s_c; s_q$ = fattori di forma della fondazione
- $d_c; d_q$ = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa
- $b_{\gamma}; b_c; b_q$ = fattori di correzione sismici
- $z_{\gamma}; z_c; z_q$ = fattori di correzione inerziale di tipo sismico
- $g_{\gamma}; g_c; g_q$ = fattori di accelerazione sismica

Per quanto in progetto la fondazione sarà collocata sui terreni prevalentemente limosi. Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$q_{LIM} = c_u N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q$$

e si ottiene:

$$q_{LIM} = 2,35 \text{ MPa}$$

Secondo l'approccio DA1-2 (A2+M2+R2).

24.2 Valore di progetto delle azioni

Sulla base del dimensionamento del sistema fondale il progettista delle strutture determinerà le massime pressioni applicate per le combinazioni di carico da adottare nelle verifiche geotecniche e calcolate in funzione degli effetti dei carichi permanenti, permanenti non strutturali e variabili, delle corrispondenti categorie e delle azioni.

24.3 Verifica per carico limite dell'insieme fondazione-terreno

La verifica di resistenza del terreno interagente con la struttura si esegue con la formula:

$$R_d \geq E_d$$

Dove:

R_d = valore della forza normale al piano di posa cui corrisponde il raggiungimento del carico limite in terreni di fondazione,

E_d = componente della risultante delle forze in direzione normale al piano di posa.

CONCLUSIONI

Nel presente rapporto è stato evidenziato lo stato geologico e geomorfologico locale, l'inquadramento sismo - tettonico, la stratigrafia, la litologia superficiale e le condizioni idrogeologiche dell'area.

In base alle indagini eseguite *in situ* è stato possibile ricostruire la geometria del sottosuolo, fornendo una stratigrafia di riferimento, contraddistinta da differenti unità lito - tecniche, definendone le condizioni idrogeologiche, i parametri fisico - meccanici, di resistenza al taglio e compressibilità.

La formulazione del modello geotecnico del sottosuolo e la ricostruzione della forma dei corpi sedimentari sepolti ha permesso di delimitare planimetricamente e verticalmente uno strato di sabbie limose sature suscettibili alla liquefazione nel caso dell'accadimento di un evento sismico.

La descrizione degli aspetti geodinamici e della sismicità del territorio entro cui rientra lo stabilimento è stata la base conoscitiva per individuare le caratteristiche del sito in termini di pericolosità sismica, zona sismica e categoria del sottosuolo di fondazione, nonché di assegnare i parametri sismici su sito di riferimento rigido e i coefficienti sismici.

In funzione dell'azione sismica è stata realizzata un'analisi di risposta sismica locale, stabilendo la geometria del *bedrock* sismico e selezionandone le azioni sismiche. In base alla disaggregazione dei parametri di pericolosità sismica sono stati selezionati gli accelerogrammi naturali per la modellazione numerica monodimensionale.

Nell'area di intervento non si evidenziano processi evolutivi che possano fare dubitare su fenomeni di instabilità.

Dall'indagine geologico - tecnica eseguita si ritengono compatibili gli interventi di progetto in relazione alle condizioni evidenziate nel presente documento e alle prescrizioni di legge illustrate.

Il giudizio di fattibilità dell'intervento in relazione al contesto geologico e geomorfologico dell'area è, dunque, positivo.

Lo scrivente resta a disposizione per ogni caso dubbio o chiarimento.

Zola Predosa, 30 dicembre 2015

Dottor Matteo Simoni
GEOLOGO SEZIONE A
Ordine dei Geologi Regione Emilia Romagna
Albo Professionale N. 795



Elenco delle tavole

Tavola 1. Corografia: estratto dalla Tavola 220 SO "Vignola" della Carta Tecnica della Regione Emilia-Romagna	46
Tavola 2. Cartografia: estratto dall'Elemento 220131 "Castelletto" della Carta Tecnica della Regione Emilia-Romagna	47
Tavola 3. Carta geologica della Regione Emilia-Romagna.....	48
Tavola 4. Ubicazione dei punti di indagine geognostica e traccia della sezione	49
Tavola 5. Sezioni stratigrafiche.....	50

Elenco degli allegati

Allegato 1. Prove penetrometriche dinamiche medie	51
Allegato 2. Colonne stratigrafiche e cassette catalogatrici dei sondaggi geognostici verticali	56
Allegato 3. Prospezione down-hole.....	63
Allegato 4. Rapporti di prova del laboratorio terre.....	66
Allegato 5. Parametri sismici	101
Allegato 6. Accelerogrammi degli eventi sismici selezionati	103
Allegato 7. Profili e serie temporali dello studio di risposta sismica locale	108

Elenco delle figure

Figura 1. Vista aerea dell'area d'indagine	4
Figura 2. Master Plan del Polo Scolastico di Castelletto.	6
Figura 3. Estratto dalla Cartografia del Dissesto della Regione Emilia-Romagna.	7
Figura 4. Estratto dalla Carta Geologica d'Italia Foglio 87 "Bologna". Scala 1:50.000.....	8
Figura 5. Estratto dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna".	10
Figura 6. Localizzazione degli eventi sismici.	11
Figura 7. Storia sismica di Castello di Serravalle.	12
Figura 8. Esecuzione della DPM07.	13
Figura 9. Esecuzione del sondaggio geognostico.	14
Figura 10. Esecuzione della prova down hole.	16
Figura 11. Carta delle isofreatiche in m s.l.m..	22
Figura 12. Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale.	24
Figura 13. Interpolazione sulla maglia elementare del reticolo di riferimento.	27
Figura 14. Effetti tipici della risposta sismica locale (Di Francesco, 2008, 2010).	29
Figura 15. Estrapolazione del bedrock sismico.	30
Figura 16. Modello geotecnico.	31
Figura 17. Disaggregazione sismica per Castelletto di Castello di Serravalle in Valsamoggia.....	33
Figura 18. Spettro di risposta dell'accelerazione (Outcrop) e spettro obiettivo.	35
Figura 19. Spettro di Fourier dell'accelerazione (Outcrop).....	35
Figura 20. Profilo del Peak ground acceleration (Outcrop).....	36
Figura 21. Profilo del Peak ground displacement (Outcrop).....	37
Figura 22. Liquefazione e velocità delle onde di taglio (da Cherubini, 2003, modificato).	38
Figura 23. Schema per la verifica al sollevamento e al sifonamento.	41

Elenco delle tabelle

Tabella 1. Profondità di prelievo dei campioni.....	16
Tabella 2. Interpretazione litologica delle DPM.....	17
Tabella 3. Sismostrati ed interpretazione litologica da down - hole.	18

Tabella 4. Velocità e parametri sismici.	19
Tabella 5. Costanti dinamiche dei sismostrati.	19
Tabella 6. Unità litologiche presenti nella zona.	21
Tabella 7. Valori caratteristici dei parametri fisici, di resistenza al taglio e compressibilità.	22
Tabella 8. Valori di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.	25
Tabella 9. Categorie di suolo.	25
Tabella 10. Categorie topografiche e coefficienti di amplificazione topografica.	26
Tabella 11. Individuazione dei nodi del reticolo di riferimento.	27
Tabella 12. Parametri sismici per lo stato limite corrispondente.	27
Tabella 13. Accelerazione massima.	28
Tabella 14. Valori di β_s in funzione della categoria di sottosuolo e di $a_g(g)$	28
Tabella 15. Coefficienti sismici orizzontali e verticali.	28
Tabella 16. Eventi sismici selezionati rappresentativi del sito in esame.	33

Tavola 1.

COROGRAFIA: ESTRATTO DALLA TAVOLA 220 SO "VIGNOLA" DELLA CARTA TECNICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA

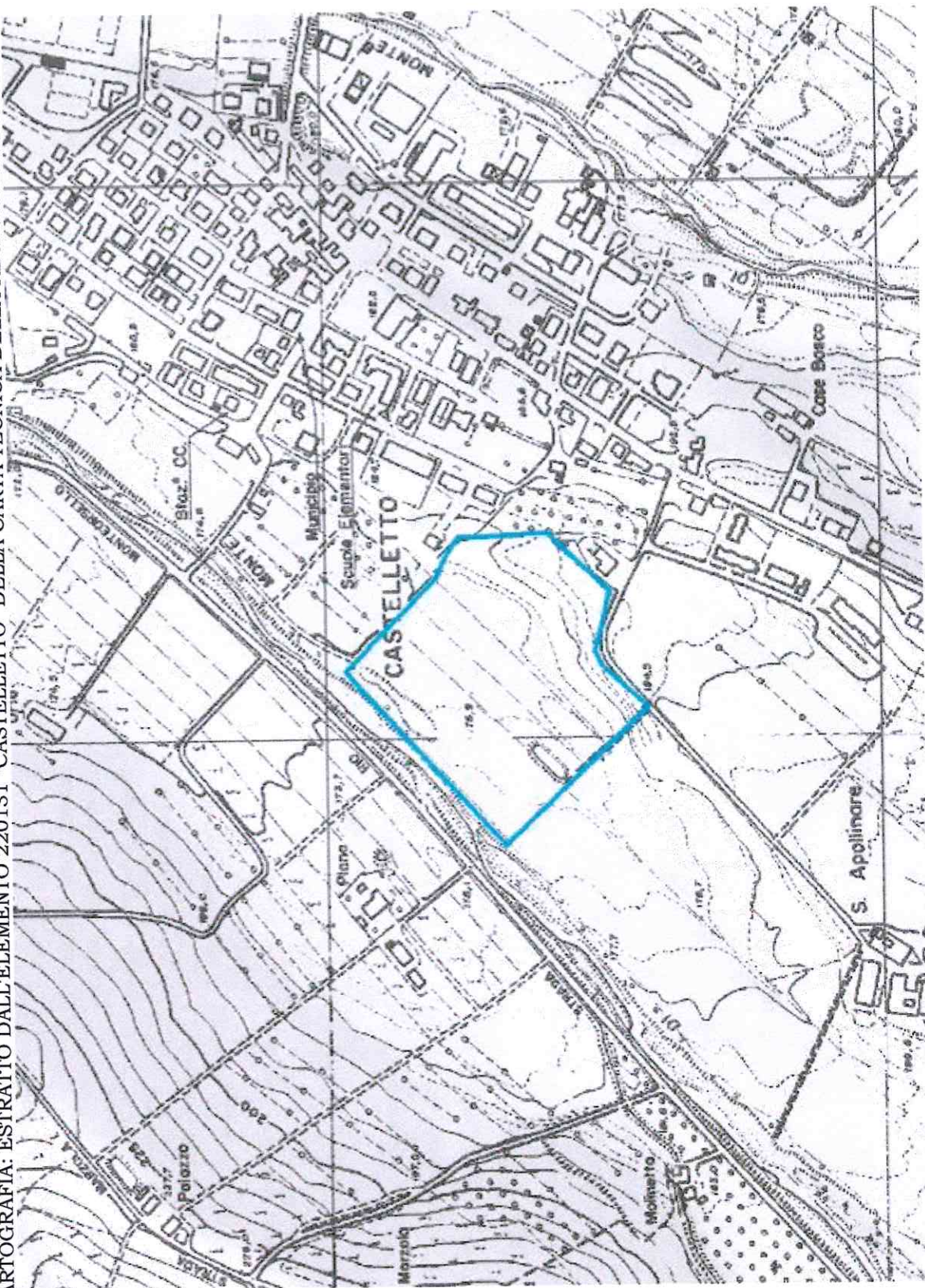


SCALA 1:25.000

Relazione geologica e geotecnica con studio di risposta sismica locale per il
progetto di costruzione di una scuola materna in località Castello di Serravalle
pagina 46 di 113

Tavola 2.

CARTOGRAFIA: ESTRATTO DALL'ELEMENTO 220131 "CASTELLETTO" DELLA CARTA TECNICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA



SCALA 1:5'000

Relazione geologica e geotecnica con studio di risposta sismica locale per il
progetto di costruzione di una scuola materna in località Castello di Serravalle
pagina 47 di 113

Tavola 3.
CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA

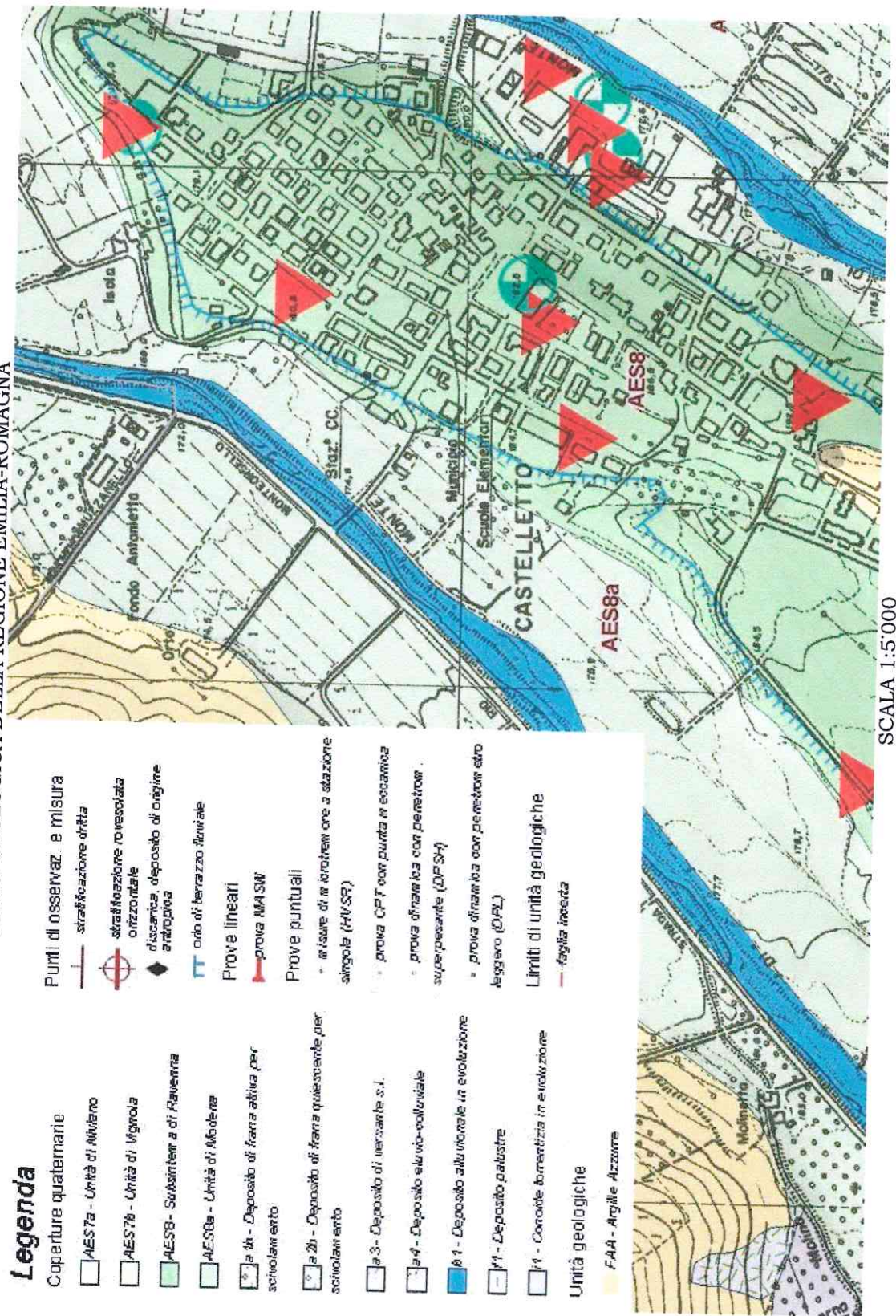
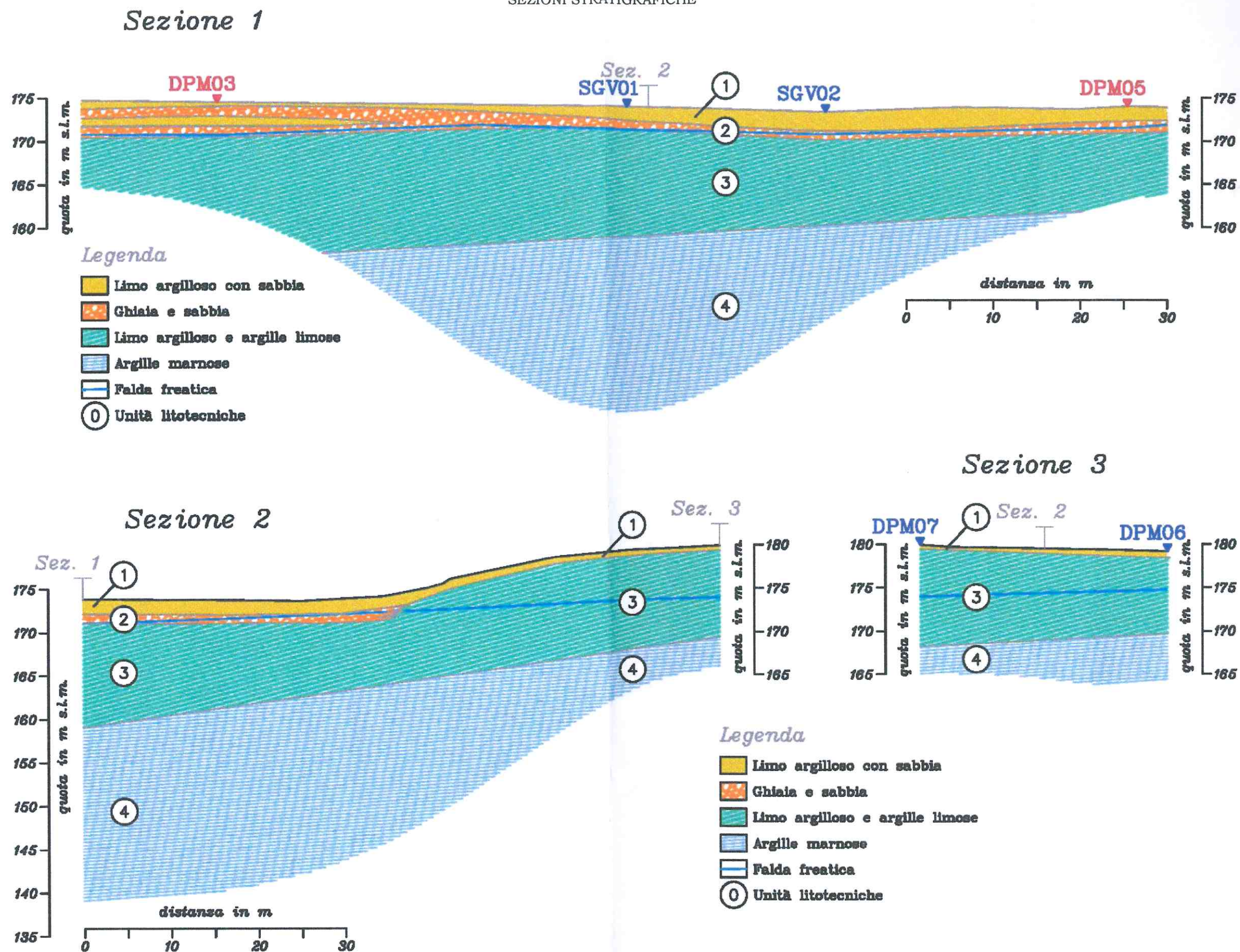


Tavola 4.

UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE GEONOSTICA E TRACCIA DELLA SEZIONE



Tavola 5.
SEZIONI STRATIGRAFICHE



Allegato 1.
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE MEDIE

DPM06

Strumento utilizzato
Prova eseguita in data
Profondità prova
Falda rilevata

DPM (DL030 10) (Medium)
11/06/2015
7,00 m
4,45 m

Profondità (m)	N ₁₀	R _d (MPa)
0,10	12	3,93
0,20	8	2,62
0,30	6	1,96
0,40	5	1,64
0,50	12	3,93
0,60	16	5,24
0,70	12	3,93
0,80	10	3,27
0,90	7	2,18
1,00	6	1,86
1,10	6	1,86
1,20	7	2,18
1,30	7	2,18
1,40	7	2,18
1,50	6	1,86
1,60	5	1,55
1,70	6	1,86
1,80	7	2,18
1,90	7	2,07
2,00	10	2,96
2,10	8	2,37
2,20	10	2,96
2,30	6	1,77
2,40	5	1,48
2,50	6	1,77
2,60	6	1,77
2,70	7	2,07
2,80	7	2,07
2,90	7	1,97
3,00	6	1,69
3,10	7	1,97
3,20	7	1,97
3,30	6	1,69
3,40	4	1,13
3,50	4	1,13

Profondità (m)	N ₁₀	R _d (MPa)
3,60	8	2,26
3,70	6	1,69
3,80	6	1,69
3,90	8	2,16
4,00	7	1,89
4,10	8	2,16
4,20	5	1,35
4,30	6	1,62
4,40	7	1,89
4,50	7	1,89
4,60	9	2,43
4,70	10	2,69
4,80	15	4,04
4,90	18	4,65
5,00	10	2,58
5,10	12	3,10
5,20	17	4,39
5,30	21	5,42
5,40	21	5,42
5,50	19	4,90
5,60	20	5,16
5,70	20	5,16
5,80	17	4,39
5,90	18	4,46
6,00	19	4,70
6,10	18	4,46
6,20	19	4,70
6,30	21	5,20
6,40	33	8,17
6,50	35	8,67
6,60	41	10,15
6,70	38	9,41
6,80	45	11,14
6,90	51	12,13
7,00	60	14,27

DPM07

Strumento utilizzato
Prova eseguita in data
Profondità prova
Falda rilevata

DPM (DL030 10) (Medium)
11/06/2015
6,00 m
5,80 m

Profondità (m)	N ₁₀	R _d (MPa)
0,10	12	3,93
0,20	9	2,95
0,30	5	1,64
0,40	3	0,98
0,50	4	1,31
0,60	8	2,62
0,70	8	2,62
0,80	8	2,62
0,90	6	1,86
1,00	6	1,86
1,10	5	1,55
1,20	4	1,24
1,30	5	1,55
1,40	6	1,86
1,50	6	1,86
1,60	6	1,86
1,70	5	1,55
1,80	8	2,49
1,90	8	2,37
2,00	7	2,07
2,10	6	1,77
2,20	5	1,48
2,30	6	1,77
2,40	6	1,77
2,50	5	1,48
2,60	6	1,77
2,70	8	2,37
2,80	9	2,66
2,90	8	2,26
3,00	4	1,13

Profondità (m)	N ₁₀	R _d (MPa)
3,10	6	1,69
3,20	7	1,97
3,30	10	2,82
3,40	10	2,82
3,50	8	2,26
3,60	6	1,69
3,70	7	1,97
3,80	10	2,82
3,90	10	2,69
4,00	9	2,43
4,10	8	2,16
4,20	10	2,69
4,30	13	3,50
4,40	12	3,23
4,50	13	3,50
4,60	14	3,77
4,70	16	4,31
4,80	16	4,31
4,90	16	4,13
5,00	12	3,10
5,10	16	4,13
5,20	16	4,13
5,30	17	4,39
5,40	18	4,65
5,50	16	4,13
5,60	19	4,90
5,70	30	7,74
5,80	50	12,90
5,90	46	11,39
6,00	60	14,85

STUDIO DI SCIENZE DELLA TERRA
GEOL. MATTEO SIMONI
VIA FONTANELLA 8/2
40069 - ZOLA PREDOSA (BO)

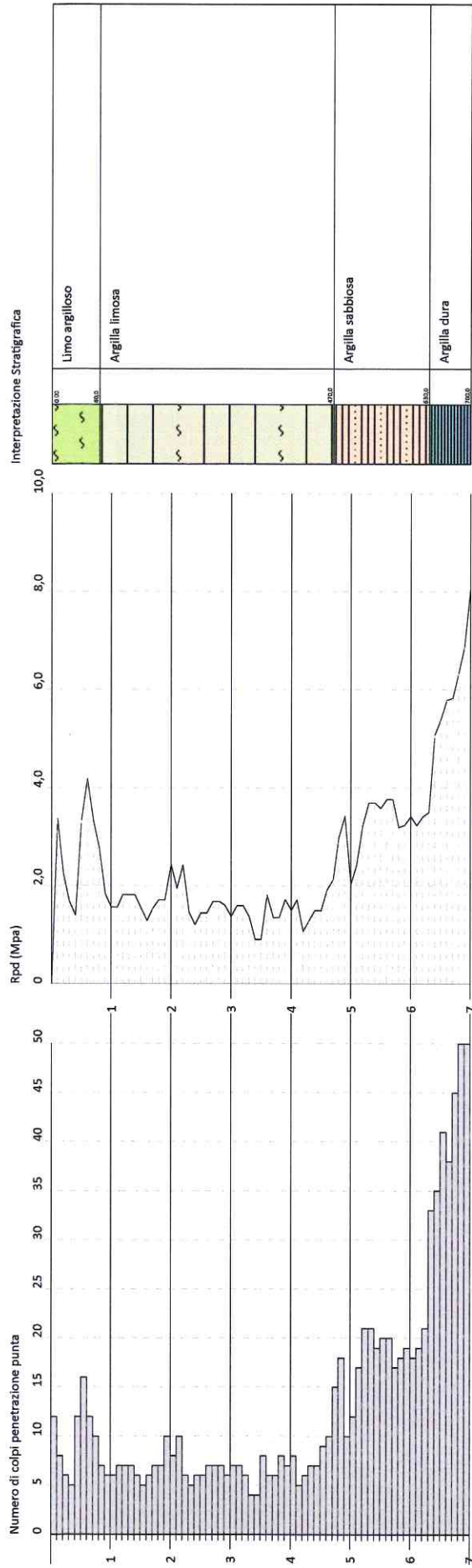


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM06
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: Comune di Valsamoggia
Cantiere: Sant'Apollinare
Località: Castelletto

Data: 11/06/2015

Scala 1:100

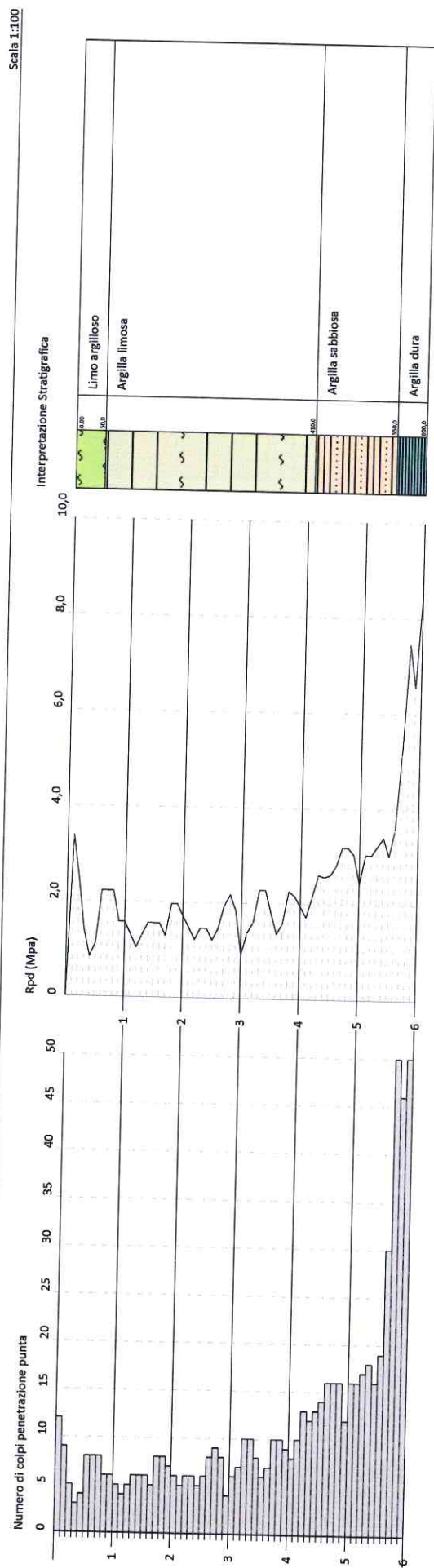




PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM07
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: Comune di Valsamoggia
Cantiere: Sant'Apollinare
Località: Castelletto

Data: 11/06/2015



Allegato 2.

COLONNE STRATIGRAFICHE E CASSETTE CATALOGATRICI DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI VERTICALI

 SOGEO [®] S.p.A. <small>INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI</small> Via S. Pietro n. 43 - 48022 S. Pietro di LUGO (RA) tel. 054522042 - fax 054534443 - e-mail: sogeo@sogeo-sr.com Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C Decr. n. 005754 del 05/07/2010	COMMITTENTE: Studio di Scienze della Terra - Geol. Matteo Simoni			SOND.N°: SGV01	PROF.(m): 32.00
	CANTIERE: Castelletto di Castello di Serravalle - Comune di Valsamoggia (BO)			QUOTA (m): 174,10	
	PERFORATRICE: Ellettari EK200/STR			LATITUDINE (°): N. 44°26'24.88"	
	METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo			LONGITUDINE (°): E. 11°34'1.94"	
	RIVESTIMENTO: Ø 127 mm			DATA INIZ-FINE: 15/06/2015-15/06/2015	
PIEZOMETRO:			SCALA: 1:100		
RIF.PREV.N°: 121-15	CERTIFICATO N°: C15-046-1a	RAPPORTO N°: _____	DATA DI EMISSIONE: 18/06/2015	PAGINA N°: 1 di 2	

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondità'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz. Norton	Inclinometro	Tubo Down Hole
1	2.0	0.50			Limo argilloso con sabbia di colore marrone in strati sottili, da sodo a compatto, umido, a plasticità leggera, con reazione a HCL da forte ad elevata. Al tetto dello strato presenza di apparati radicali	1.00 CD1 1.50						
2	2.0	1.00	1.60		Ghiaia grigia con clasti da sub-angolari a sub-arrotondati di dimensione media di mm 30, in matrice sabbiosa debolmente limosa marrone, satura e densa, con reazione a HCL da forte ad elevata							
3	1.7	0.60	2.70									
4	0.9	0.50										
5												
6								4.90 13/21/31 5.35				
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17					Argilla limosa grigia, grigio azzurra e grigio piombo, da molto compatta a dura, con presenza di microfossili, bivalvi e lamellibranchi, umida e ad alta plasticità, con reazione a HCL da forte ad elevata. Verso la base dello strato la consistenza aumenta, l'umidità si riduce e l'aspetto è litico							
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

 SOGEO <small>S.R.L.</small> <small>INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI</small> <small>Via S. Pietro n. 43 - 48022 S. Pietro di LUGO (RA)</small> <small>tel. 054520242 - fax 054536443 - e-mail: sogeo@sogeo-ai.com</small> <small>Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C</small> <small>Decr. n. 005784 del 05/07/2010</small>	COMMITTENTE: Studio di Scienze della Terra - Geol. Matteo Simoni		SOND.N°: SGV01	PROF.(m): 32.00
	CANTIERE: Castelletto di Castello di Serravalle - Comune di Valsamoggia (BO)		QUOTA (m): 174,10	
	PERFORATRICE: Elettari EK200/STR		LATITUDINE (°): N. 44°26'24.88"	
	METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo		LONGITUDINE (°): E. 11°3'41.94"	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm		ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice Ø 101 mm		DATA INIZ-FINE: 15/06/2015-15/06/2015
PIEZOMETRO:				SCALA: 1:100
RIF.PREV.N°: 121-15	CERTIFICATO N°: C15-046-1a	RAPPORTO N°: -----	DATA DI EMISSIONE: 18/06/2015	PAGINA N°: 2 di 2

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondità'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz. Norton	Inclinometro	Tubo Down Hole
31					Argilla limosa grigia, grigio azzurra e grigio piombo, da molto compatta a dura, con presenza di microfossili, bivalvi e lamellibranchi, umida e ad alta plasticità, con reazione a HCL da forte ad elevata. Verso la base dello strato la consistenza aumenta, l'umidità si riduce e l'aspetto è litico							
32			-32.00									
33												
34												
35												31.50

Note: Installato tubo in pvc Ø 3" per down-hole a -31.50 m dal p.d.c. ----- Descrizione stratigrafica eseguita dalla D.L. Dott. Geol. Simoni Matteo.	CD = campione rimaneggiato
--	----------------------------

Lo Sperimentatore	Il Direttore del Laboratorio
-------------------	------------------------------

 SOGEO <small>S.p.A.</small> <small>INDAGNI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI</small> <small>Via S. Pietro n. 43 - 48022 S. Pietro di LUGO (RA)</small> <small>tel. 054522042 - fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-ai.com</small> <small>Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C</small> <small>Decr. n. 005754 del 09/07/2010</small>	COMMITTENTE: Studio di Scienze della Terra - Geol. Matteo Simoni		SOND.N°: SGV02	PROF.(m): 10.00
	CANTIERE: Castelletto di Castello di Serravalle - Comune di Valsamoggia (BO)		QUOTA (m): 173,70	
	PERFORATRICE: Ellettari EK200/STR		LATITUDINE (*): N. 44°26'25.48"	
	METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo		LONGITUDINE (*): E. 11°3'43.25"	
	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice Ø 101 mm		DATA INIZ-FINE: 15/06/2015-15/06/2015	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm			SCALA: 1:100	
PIEZOMETRO:				
RIF.PREV.N°: 121-15	CERTIFICATO N°: C15-046-2	RAPPORTO N°: _____	DATA DI EMISSIONE: 18/06/2015	PAGINA N°: 1 di 1

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondità'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz. Norton	Inclinometro	Tubo Down Hole
1	6.0	2.3	0.70	1.00	Limo argilloso con sabbia di colore marrone in strati sottili, da sodo a compatto, umido, a plasticità leggera, con reazione a HCL da forte ad elevata. Al tetto dello strato presenza di apparati radicali	1.00						
2	1.8	0.60	1.50		Campione indisturbato C.I.1	1.50						
3	3.7		2.20		Limo argilloso con sabbia di colore marrone in strati sottili, da sodo a compatto, umido, a plasticità leggera, con reazione a HCL da forte ad elevata							
4			2.65		Sabbia fine e sabbia debolmente limosa di colore marrone in sottili strati, densa e molto umida, con forte reazione a HCL			3.00				
5			3.25		Ghiaia grigia con clasti da sub-angolari a sub-arrotondati di dimensione media di mm 30, in matrice sabbiosa debolmente limosa marrone, satura e densa, con reazione a HCL da forte ad elevata			10/8/9				
6								3.45				
7					Argilla limosa grigia, grigia azzurra e grigio piombo, da molto compatta a dura, con presenza di microfossili, bivalvi e lamellibranchi, umida e ad alta plasticità, con reazione a HCL da forte ad elevata. Verso la base dello strato la consistenza aumenta, l'umidità si riduce e l'aspetto è litico							
8												
9												
10			10.00									
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												

Note:
Descrizione stratigrafica eseguita dalla D.L. Dott. Geol. Simoni Matteo.

C.I. = campione indisturbato

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



SOGEO

INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI

Via S. Polillo n. 43 - 48022 S. Polillo di Lugli (RA)

Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com

COMMITTENTE: Dott. Geol. Simoni Matteo

LOCALITA': Castelletto di Castello di Serravalle

SONDAGGIO N: SGV01

RIF. N°: 121-15

ALLEGATO A: C'15-046-1a

DATA: 15/06/2015



Cassa 2 da -5.0 a -10.0 m



Cassa 4 da -15.0 a -20.0 m



Cassa 1 da 0.0 a -5.0 m



Cassa 3 da -10.0 a -15.0 m



SOGEO[®]

INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI
Via S. Polito n. 43 - 48022 S. Polito di Lugo (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054544443 - E-mail: sogeo@sogeo-sti.com

COMMITTENTE: Dott. Geol. Simoni Matteo

LOCALITA': Castelletto di Castello di Serravalle

SONDAGGIO N: SGV01

RIF. N°: 121-15

ALLEGATO A: C15-046-1a

DATA: 15/06/2015



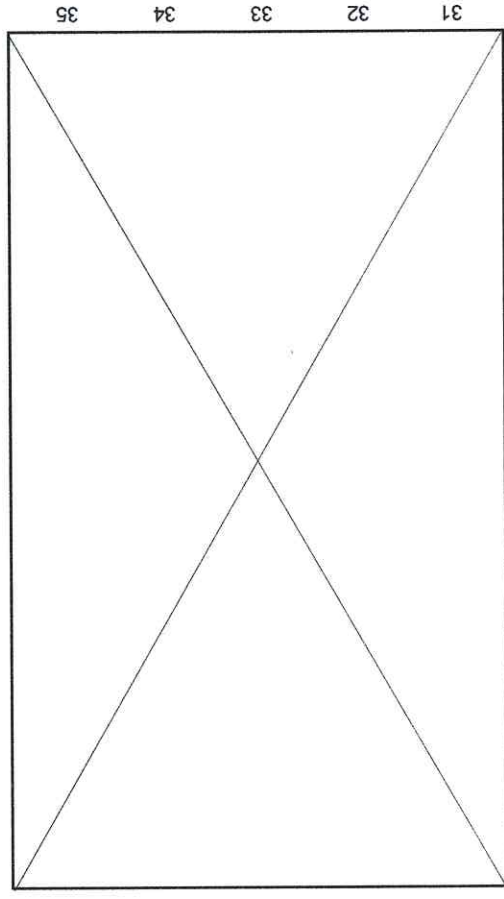
Cassa 6 da -25.0 a -30.0 m



Posizionamento



Cassa 5 da -20.0 a -25.0 m



Cassa 7 da -30.0 a -35.0 m



SOGEO s.r.l.
INGENIERIA GEOLOGICA E AMBIENTALE
Via S. Paolo n. 43 - 48022 S. Polo di Lugo (RA)
Tel. 05452042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com

COMMITTENTE: Dott. Geol. Simoni Matteo
RIF. N°: 121-15

LOCALITA': Castelletto di Castello di Serravalle

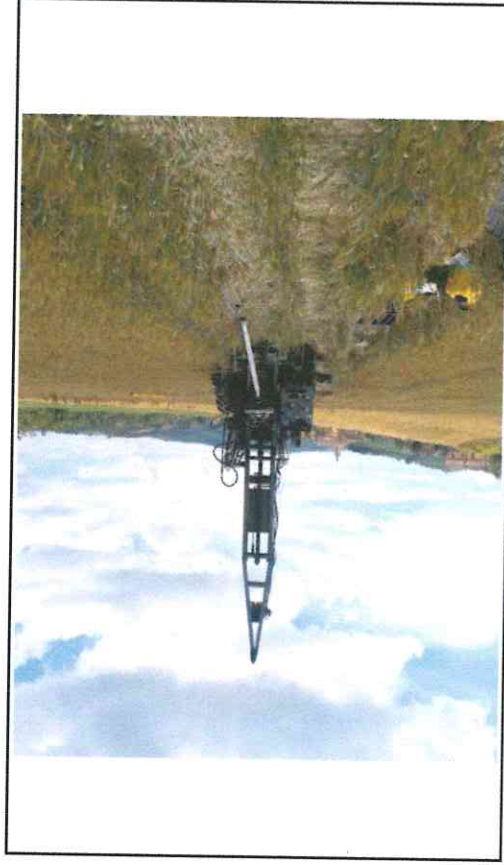
SONDAGGIO N: SGV02

ALLEGATO A: C15-046-2

DATA: 15/06/2015



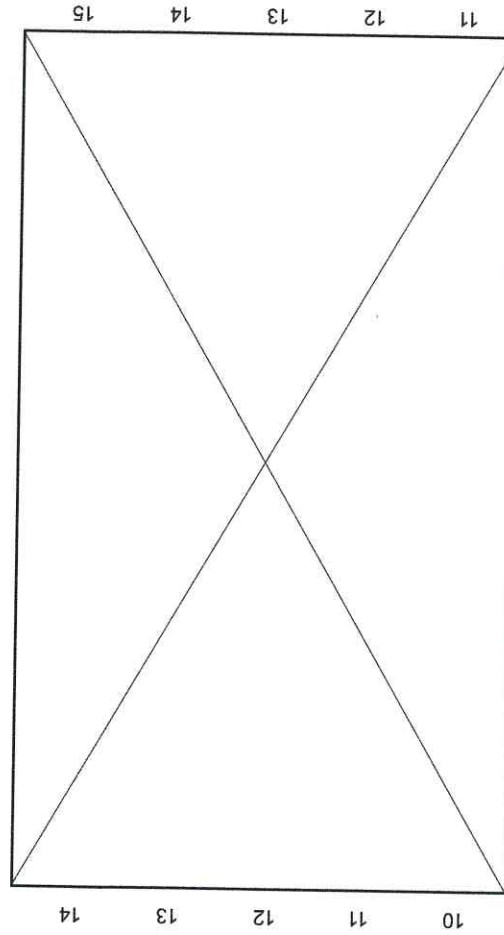
Cassa 2 da -5.0 a -10.0 m



Posizionamento



Cassa 1 da 0.0 a -5.0 m



Cassa 3 da -10.0 a -15.0 m

Allegato 3.
PROSPEZIONE DOWN-HOLE

DOWN HOLE**COMMITTENTE**

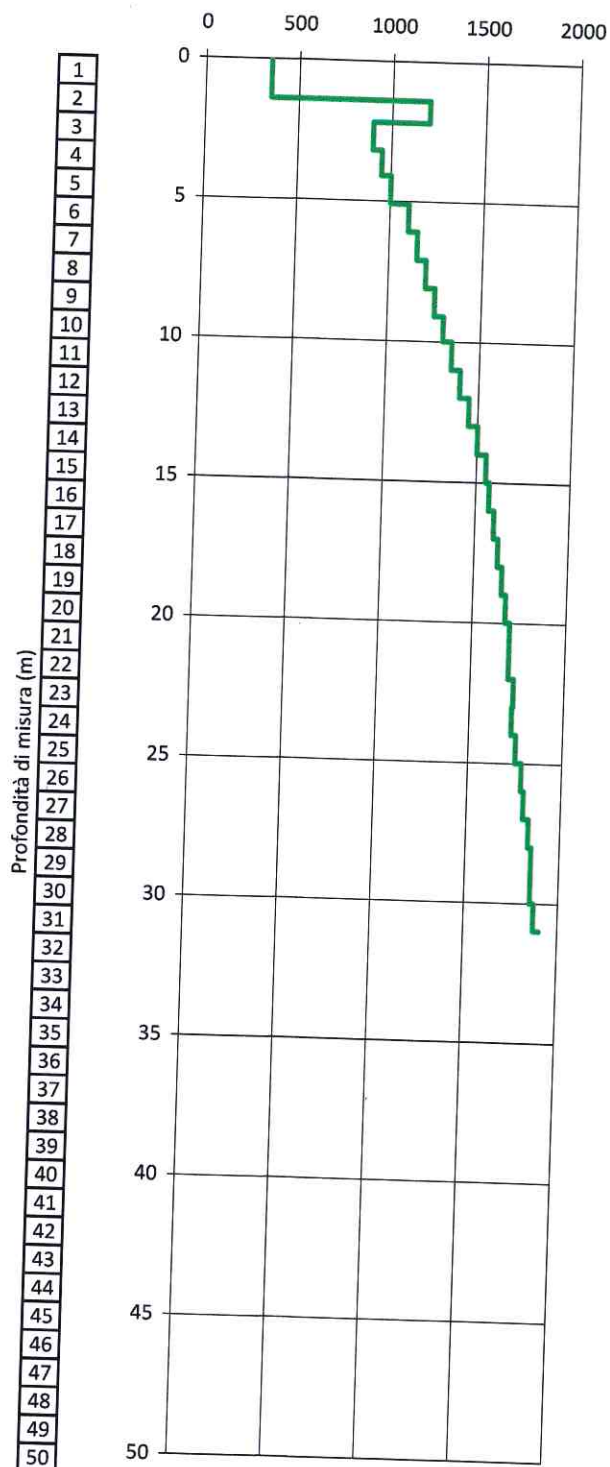
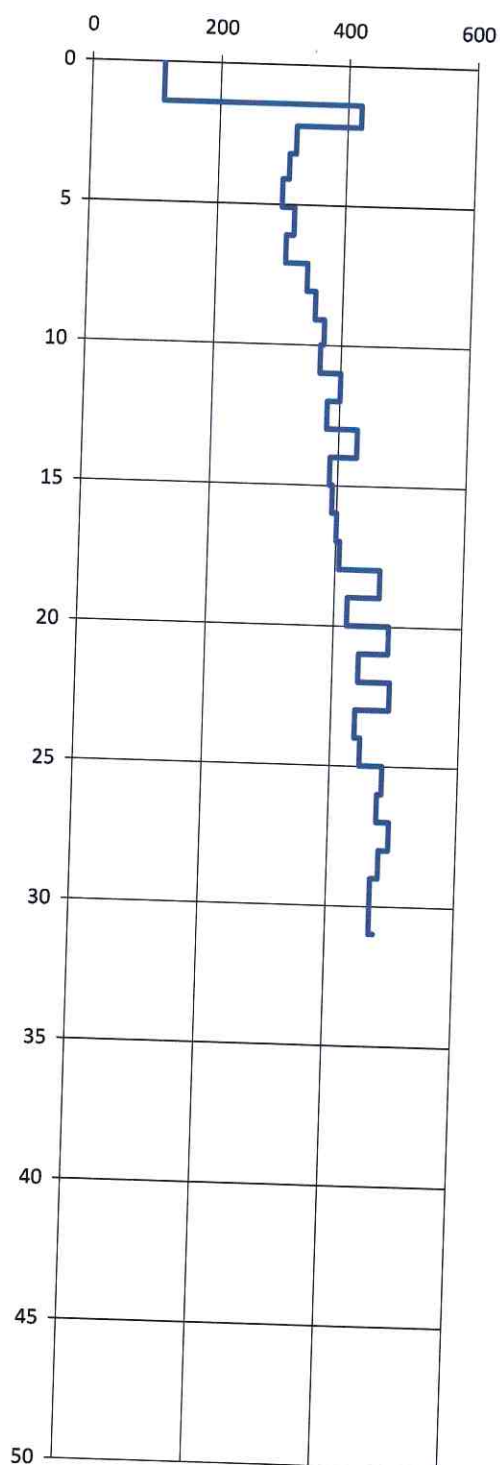
Località
Data

SGV01**Comune di Valsamoggia**

Castelletto
14/07/2015



STUDIO DI SCIENZE DELLA TERRA
GEOL. MATTEO SIMONI
VIA FONTANELLA, 8/2
40069 ZOLA PREDOSA
TEL E FAX 051/0392335
MOBILE +393355337448
MATTEO@MATTEOSIMONI.IT
WWW.MATTEOSIMONI.COM

Velocità onde di compressione (m/sec)**Velocità onde di taglio (m/sec)**

**SOGEO**[®]
S.R.L.INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI
Via S. Potito n. 43 - 48022 S. Potito di LUGO (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C
Decr. n. 005754 del 05/07/2010

SCHEMA INSTALLAZIONE STRUMENTI

Tubo per indagine geofisica "Down-Hole"

COMMITTENTE: Studio di Scienze della Terra - Geol. Matteo Simoni

SONDAGGIO N° SGV01

CANTIERE: Castelletto di Castello di Serravalle - Comune di Valsamoggia (BO)

RIF. PREV. N: 121-15

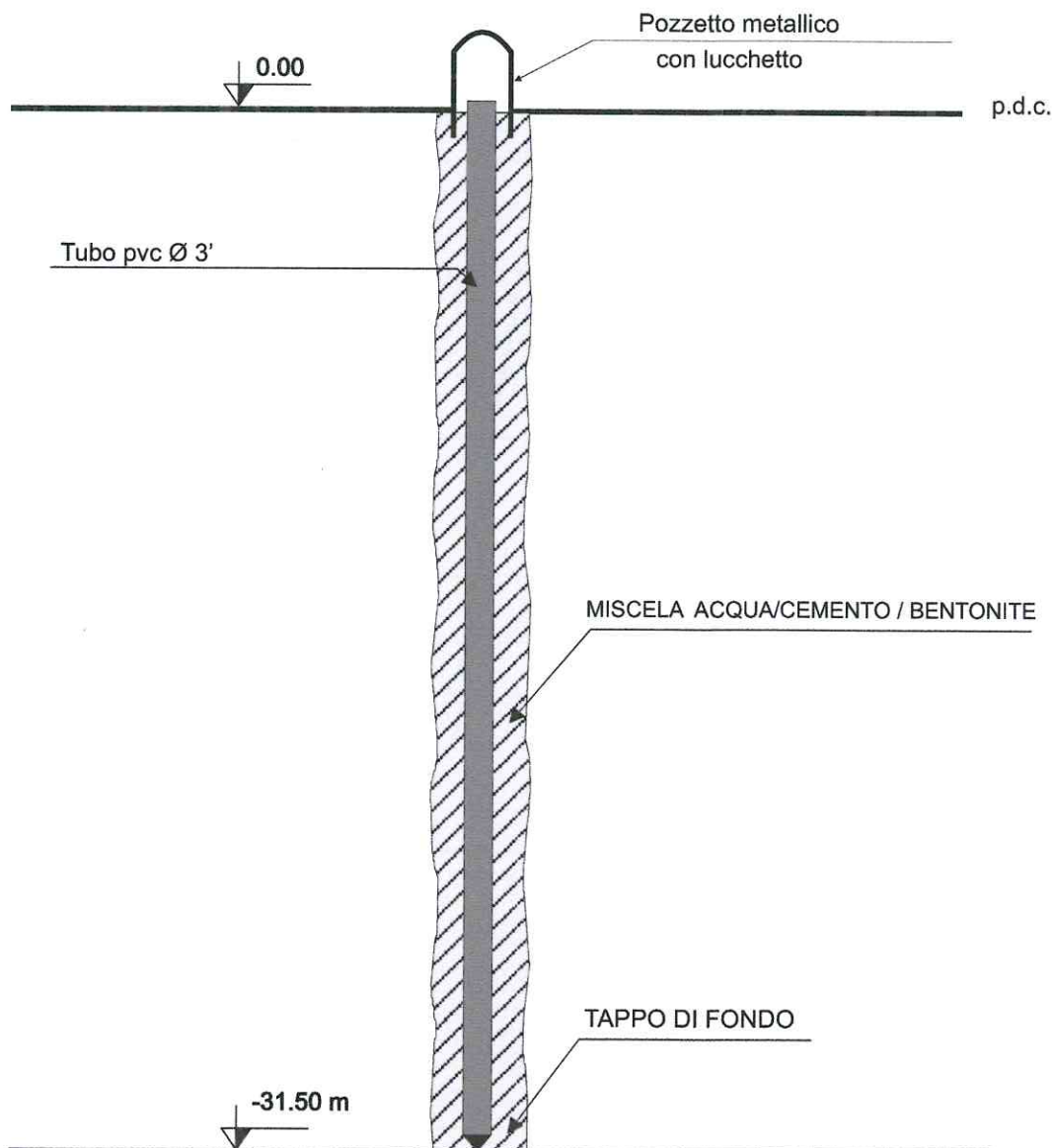
LOCALITA': Castelletto di Castello di Serravalle - Comune di Valsamoggia (BO)

DATA DI ESECUZIONE: 15/06/2015

N° CERTIFICATO: C15-046-1b

N° RAPPORTO: -----

DATA DI EMISSIONE: 18/06/2015



N.B: SCHEMA NON IN SCALA

Lo Sperimentatore	Note ed osservazioni:	Il Direttore del Laboratorio

Allegato 4.
RAPPORTI DI PROVA DEL LABORATORIO TERRE

RIEPILOGO RAPPORTI DI PROVADATA DI EMISSIONE **23/07/2015**COMMESSA: **15/084** VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: **15/0195** **SP** DATA ACCETTAZIONE: **17/06/2015**

RICHIEDENTE: Dott. Geol. Matteo SIMONI

CONSEGNATARIO: Dott. Geol. Matteo SIMONI

COMMITTENTE: Dott. Geol. Matteo SIMONI

LOCALITA': CASTELLETTO - COMUNE DI VALSAMOGGIA

CANTIERE: CASTELLETTO

SONDAGGIO: SGV01 CAMPIONE: C1SGV01

PROFONDITA': 7.40-8.00 CONTENITORE CAMPIONE: doppio sacco PVC

PRELIEVO ESEGUITO DA: Dott. Geol. Matteo SIMONI

PROVE IN SITO ESEGUITE DA:

DATA ESECUZIONE PROVE IN SITO o PRELIEVO CAMPIONE:

OSSERVAZIONI:

PROVE e/o DETERMINAZIONI ESEGUITE SUL CAMPIONE o FUORI STAZIONE

CODICE PROVA	DESCRIZIONE SINTETICA	Q.tà	RIFERIMENTO	RAPPORTO DI PROVA
DSC01a	Estrazione, descrizione geotecnica di campioni da fustelle e rappresentazione fotografica	1	ASTM D 2488-84	RSP 15/0195-01
CNW01	Contenuto in acqua	1	CNR UNI 10008	RSP 15/0195-02
MVT01	Peso di volume con fustella tarata	1	UNI CEN ISO/TS 17892-2	RSP 15/0195-03
GRT04	Granulometria combinata per vagliatura e sedimentazione	1	ASTM D 422	RSP 15/0195-04
RC01	Colonna Risonante	1	ASTM D 4015	RSP 15/0195-05

per SINERGEA srl

RAPPORTO DI PROVA n° : RSP_15/0195-01

COMMESSA : 15/084

VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :

15/0195_SP

RICHIEDENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI

CONSEGNATARIO : Dott. Geol. Matteo SIMONI

COMMITTENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI

LOCALITA' : CASTELLETTO - COMUNE DI VALSAMOGGIA

CANTIERE : CASTELLETTO

DATA DI ACCETTAZIONE : 17/06/2015

DATA DI EMISSIONE : 23/07/2015

DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE : doppio sacchetto PVC

Sondaggio : SGV01 Campione : C1SGV01 Profondità : 7,40 - 8,00 m

DATA PRELIEVO : -

PRELIEVO EFFETTUATO : Dott. Geol. Matteo SIMONI

DATI FORNITI da : Committenza

OSSERVAZIONI : -

IL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
DSC	Descrizione geotecnica del campione	1	ASTM D 2488-84

DATA INIZIO PROVA: 24/06/2015

DATA TERMINE PROVA: 24/06/2015

SPERIMENTATORE
Dott. Enrico BERTOCCHIIl Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

RAPPORTO DI PROVA n° RSP_15/0195-01
DATA EMISSIONE
23/07/2015

Pagina 2 di 3

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE
- ASTM D2488
SONDAGGIO : SGV01

CAMPIONE : C1SGV01

PROFONDITA' : 7,40 ± 8,00 m

Data descrizione :

24/06/15

Forma del campione :

cilindrica

Qualità del campione (AGI):

Q.5.

Dimensioni del campione :

L = 60 cm; ϕ = 8,4 cm

Profondità da m a m		Descrizione
7,40	8,00	A con L / L con A di colore grigio (D1fG 4/N). Presenza di veli e puntinature brunastre e nerastre, bioclasti, piccoli calcinelli, mica. Media reazione a contatto con HCl 5%.

LEGENDA : A = Argilla/Argilloso L = Limo/Limoso S = Sabbia/Sabbioso T = Torba/Torboso

G = Ghiaia/Ghiaioso

F = Fine


M = Medio

C = Grossolano

Per i colori si fa riferimento a: "Munsell Soil Color Charts" (sigla tra parentesi)

⊥ = perpendicolare all'asse del campione

= parallelo all'asse del campione

SCHEMA DEL CAMPIONE		P.P. (MPa)	T.V. (MPa)	PROVE ESEGUITE
Prof. Nominale (m)	Profondità reale (m)			
7,40	7,40			
		1,15 ⊥		
		1,10 ⊥		
		1,08 ⊥		
		1,03 ⊥		
8,00	8,00	1,12 ⊥		

LEGENDA : CNW = contenuto in acqua
MVT = massa volumica

il significato degli altri codici, è riportato sulla prima pagina dei certificati di prova

SPERIMENTATORE

RAPPORTO DI PROVA n° RSP_15/0195-01

DATA EMISSIONE:

23/07/2015

Pagina 3 di 3

RAPPRESENTAZIONE FOTOGRAFICA DEL CAMPIONE

SONDAGGIO n°: SGV01

CAMPIONE: C1SGV01

PROFONDITA': 7,40 - 8,00 m



È VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA SENZA L'AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA SINERGEA srl

SPERIMENTATORE

RAPPORTO DI PROVA n°**RSP_15/0195-02**

COMMESSA : 15/084

VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :

15/0195_SP

RICHIEDENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI

CONSEGNATARIO : Dott. Geol. Matteo SIMONI

COMMITTENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI

LOCALITA' : CASTELLETTO - COMUNE DI VALSAMOGGIA

CANTIERE : CASTELLETTO

DATA DI ACCETTAZIONE : 17/06/2015

DATA DI EMISSIONE : 23/07/2015

DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE : doppio sacchetto PVC

Sondaggio : SGV01 Campione : C1SGV01 Profondità : 7,40 - 8,00 m

DATA PRELIEVO : -

PRELIEVO EFFETTUATO : Dott. Geol. Matteo SIMONI

DATI FORNITI da : Committenza

OSSERVAZIONI : -

IL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
CNW	Contenuto in acqua	1	ASTM D 2216

DATA INIZIO PROVA: 24/06/2015

DATA TERMINE PROVA: 25/06/2015

DETERMINAZIONE	(n°)	1	2	3	4	5
Profondità	(m)	7.75-7.85				
Tara	(n°)	73				
massa tara (t)	(g)	35,63				
Cu + t	(g)	99,95				
Cs + t	(g)	90,89				
w	(%)	16,40				
Prova di riferimento						

Cu = massa provino umido

Cs = massa provino secco

w = contenuto in acqua

SPERIMENTATORE
Dott. Enrico BERTOCCHIIl Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

RAPPORTO DI PROVA n°**RSP_15/0195-03**

COMMESSA : 15/084

VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :

15/0195_SP

RICHIEDENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI

CONSEGNATARIO : Dott. Geol. Matteo SIMONI

COMMITTENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI

LOCALITA' : CASTELLETTO - COMUNE DI VALSAMOGGIA

CANTIERE : CASTELLETTO

DATA DI ACCETTAZIONE : 17/06/2015

DATA DI EMISSIONE : 23/07/2015

DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE : doppio sacchetto PVC

Sondaggio : SGV01 Campione : C1SGV01 Profondità : 7,40 - 8,00 m

DATA PRELIEVO : -

PRELIEVO EFFETTUATO : Dott. Geol. Matteo SIMONI

DATI FORNITI da : Committenza

OSSERVAZIONI : -

IL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
MVT	Massa volumica con fustella tarata	1	UNI CEN ISO/TS 17892-2

DATA INIZIO PROVA: 24/06/2015

DATA TERMINE PROVA: 24/06/2015

PROVA n°	(-)	1	2	3	4	5
Profondità	(m)	7.75-7.85				
Fustella n°	(-)	-				
Massa fustella (t)	(g)	53,57				
V	(cm³)	40	-	-	-	-
Cu + t	(g)	137,69				
γ	(Mg/m³)	2,103	-	-	-	-
Riferimento						

Cu = massa provino umido

V = Volume fustella

γ = massa volumica

SPERIMENTATORE
Dott. Enrico BERTOCCHIIl Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

RAPPORTO DI PROVA n°**RSP_15/0195-04**

COMMESSA : 15/084 VERBALE DI ACCETTAZIONE n° : 15/0195_SP

RICHIEDENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI

CONSEGNATARIO : Dott. Geol. Matteo SIMONI

COMMITTENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI

LOCALITA' : CASTELLETTO - COMUNE DI VALSAMOGGIA

CANTIERE : CASTELLETTO

DATA DI ACCETTAZIONE : 17/06/2015 DATA DI EMISSIONE : 23/07/2015

DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE : doppio sacchetto PVC

Sondaggio : SGV01 Campione : C1SGV01 Profondità : 7,40 - 8,00 m

DATA PRELIEVO : -

PRELIEVO EFFETTUATO : Dott. Geol. Matteo SIMONI

DATI FORNITI da : Committenza

OSSERVAZIONI : -

IL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
GRA	Analisi granulometrica	1	ASTM D 422

DATA INIZIO PROVA: 26/06/2015

DATA TERMINE PROVA: 08/07/2015

SPERIMENTATORE
Dott. Enrico BERTOCCHIIl Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

RAPPORTO DI PROVA n° RSP_15/0195-04

DATA EMISSIONE: 23/07/2015

Pagina 2 di 2

ANALISI GRANULOMETRICA

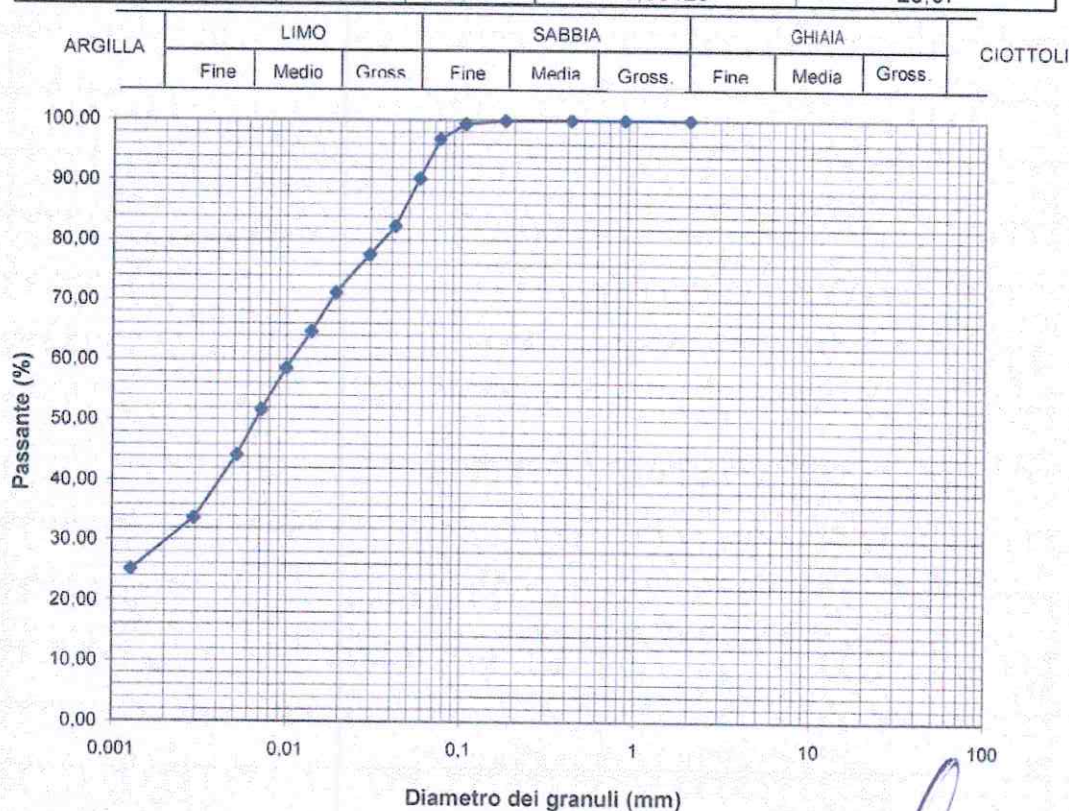
ASTM D 422

SONDAGGIO : SGV01

CAMPIONE: C1SGV01

PROFONDITA': 7,40 ± 8,00 m

ANALISI PER VAGLIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE	
massa provino -		313,06 g		massa provino	44,62 g
profondità provino		7,75 ± 7,85 m		profondità provino	7,75 ± 7,85 m
VAGLI	APERTURA mm	PASSANTE % in peso	TRATTENUTO % in peso	G _s 2,750 - assunto	
1 1/2 "	38,1	-	-	Riferimento: -	
1 "	25,4	-	-	eseguita sul passante al vaglio 200	
3/4 "	19,05	-	-	aerometro ASTM 151H	
3/8 "	9,525	-	-	DIAMETRO EQUIVALENTE	% IN PESO PIU' FINE DI D
5	4	-	-	D (mm)	
10	2	100,00	0,00	0,05741	90,21
20	0,85	99,99	0,01	0,04165	82,37
30	0,59	-	-	0,02989	77,60
40	0,42	99,97	0,02	0,01928	71,11
50	0,297	-	-	0,01389	64,63
80	0,177	99,91	0,06	0,00999	58,49
100	0,149	-	-	0,00720	51,67
140	0,105	99,28	0,63	0,00519	44,17
200	0,075	96,85	2,43	0,00294	33,60
				0,00129	25,07



Sperimentatore

RAPPORTO DI PROVA n° :**RSP_15/0195-05****COMMESSA :** 15/084**VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :****15/0195_SP****RICHIEDENTE :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**CONSEGNATARIO :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**COMMITTENTE :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**LOCALITA' :** CASTELLETTO - COMUNE DI VALSAMOGGIA**CANTIERE :** CASTELLETTO**DATA DI ACCETTAZIONE :** 17/06/2015**DATA DI EMISSIONE :** 23/07/2015**DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE :** doppio sacchetto PVC**Sondaggio :** SGV01 **Campione :** C1SGV01 **Profondità :** 7,40 - 8,00 m**DATA PRELIEVO :** -**PRELIEVO EFFETTUATO :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**DATI FORNITI da :** Committenza**OSSERVAZIONI :** -**IL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :**

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
RC	Prova di Colonna Risonante	1	ASTM D 4015

ALLEGATO:**RAPPORTO DI PROVA del Laboratorio GEOstudi di Pomezia n° 1787-1 del 21/07/2015**

SPERIMENTATORE

Il Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

PROVA DI COLONNA RISONANTE

Pag. 1 di 3

ASTM D4015-95

N. VERB. ACCETT. / CAMP	1787-1	Data ricevimento	15/07/15	Repp di prova n.	1787-1	del	21/07/2015
Codice		Data prelievo		Data inizio prova	16/07/15		
		Data apertura	16/07/15	Data fine prova	18/07/15		
COMMESSA	54-15	Sondaggio	SGV01	Tipologia campione			
COMMITTENTE	SINERGEA s.r.l.	Campione	C1 SGV01	Profondità (m)	7,85-8,00		
CANTIERE	Castelletto - comune di Valsamoggia (BO)						

Modalità di prova	Modello dinamico di riferimento	Fixed free
	Campo di deformazione esplorato (%)	10^{-5} e 10^{-1}
	Tipo di onda utilizzata	Sinusoidale
	Eccitazione	Torsionale

Dati generali di prova		Unità	Valori
Condizioni inizio prova	Altezza del provino	Hi	mm
	Diametro del provino	Di	mm
	Volume del provino	Vi	cm ³
	Peso umido del provino	P	g
	Contenuto naturale d'acqua	W _i	%
	Peso specifico dei grani (valore assunto)	γ_s	-
	Peso di volume umido	γ_{wi}	kN/m ³
	Peso di volume secco	γ_{wd}	kN/m ³
	Indice dei vuoti iniziale	e _i	-
Condizioni di prova	Pressione di cella	σ_c	kPa
	Back pressure	BP	kPa
	Pressione efficace	σ'_c	kPa
	Altezza a fine consolidazione	Hf	mm
	Diametro a fine consolidazione	Df	mm
	Peso di volume a fine consolidazione	γ_{wf}	kN/m ³
	Contenuto d'acqua a fine consolidazione	W _f	%
	Indice dei vuoti a fine consolidazione	e _f	-

NOTE :

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Francesca Quattrocchi)

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Pasquale Manara)

PROVA DI COLONNA RISONANTE

Pag. 2 di 3

ASTM D4015-95

N. VERB. ACCETT. / CAMP	1787-1	Data ricevimento	15/07/15	Rapp. di prova n.	1787-1	del	21/07/2015
Codice		Data prelievo		Data inizio prova	16/07/15		
		Data apertura	16/07/15	Data fine prova	18/07/15		
COMMESSA	54-15	Sondaggio	SGV01	Tipologia campione			
COMMITTENTE	SINERGIA s.r.l.	Campione	C1 SGV01	Profondità (m)	7.85-8.00		
CANTIERE	Castelletto - comune di Valsamoggia (BO)						

Valori misurati				Valori normalizzati	
γ_{sa}	G	D	U	G/Gmax	$\Delta U/\sigma'_c$
%	MPa	%	kPa	-	-
0,000050	143,08	0,00	200,0	1,000	0,000
0,000070	142,73	0,00	200,0	0,998	0,000
0,000095	142,47	0,00	200,0	0,996	0,000
0,000160	142,33	2,30	200,0	0,995	0,000
0,000320	142,98	2,29	200,0	0,999	0,000
0,000500	142,56	2,30	200,0	0,996	0,000
0,000940	142,27	2,34	200,0	0,994	0,000
0,001270	141,01	2,37	200,0	0,986	0,000
0,002030	139,54	2,38	200,0	0,975	0,000
0,003800	134,60	2,48	200,0	0,941	0,000
0,006800	127,84	2,79	200,0	0,893	0,000
0,010000	113,76	3,11	200,0	0,795	0,000
0,019000	94,16	3,66	200,8	0,658	0,005
0,026100	81,98	4,73	202,1	0,573	0,013
0,039000	67,21	5,72	204,4	0,470	0,027
0,073000	48,50	7,14	209,7	0,339	0,061
0,121000	35,96	8,63	217,7	0,251	0,116
0,200000	25,00	11,06	237,6	0,175	0,284
0,440000	15,50	12,30	249,6	0,108	0,412

LEGENDA

γ_{sa}	Def di taglio in singola ampiezza	U	Pore pressure
G	Modulo di taglio	G/Gmax	Modulo di taglio normalizzato
D	Rapporto di smorzamento di taglio	$\Delta U/\sigma'_c$	Rapporto pressione interstiziale

NOTE :

LO SPERIMENTATORE
(Dott. ssa Francesca Quattrocchi)

Curva di decadimento

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Pasquale Manara)

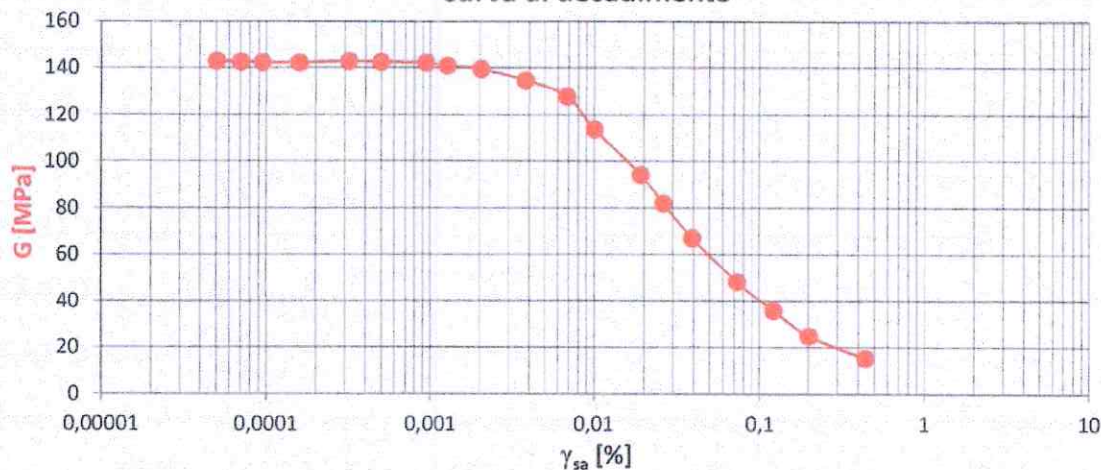
PROVA DI COLONNA RISONANTE

Pag. 3 di 3

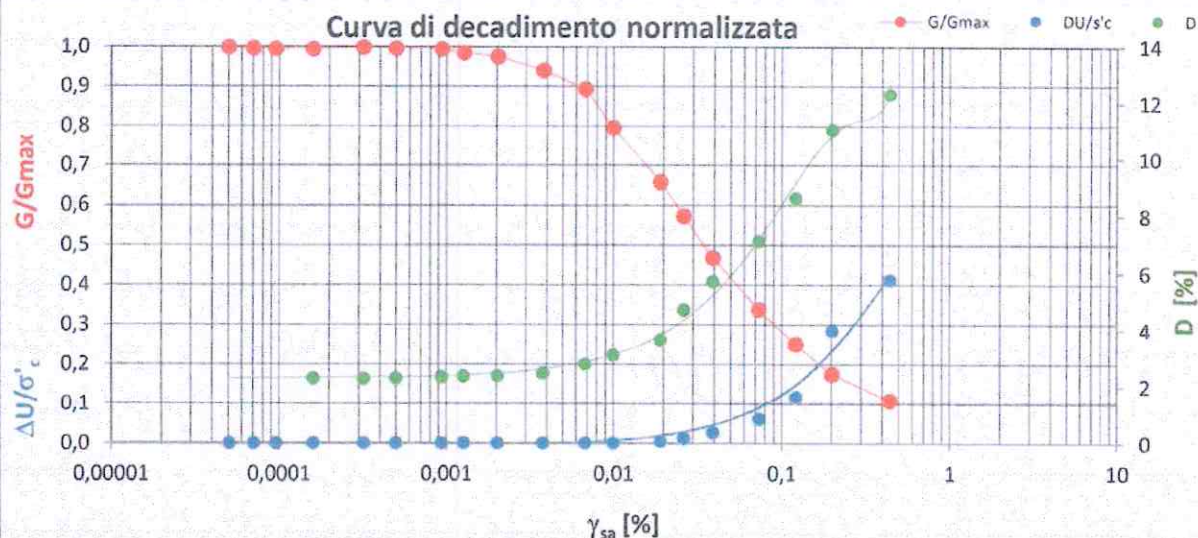
ASTM D4015-95

N. VERB. ACCETT. / CAMP	1787-1	Data ricevimento	15/07/15	Rapp. di prova n.	1787-1	del	21/07/2015
Codice		Data prelievo		Data inizio prova	16/07/15		
		Data apertura	16/07/15	Data fine prova	18/07/15		
COMMESSA	54-15	Sondaggio	SGV01	Tipologia campione			
COMMITTENTE	SINERGEA s.r.l.	Campione	C1 SGV01	Profondità (m)	7,85-8,00		
CANTIERE	Castelletto - comune di Valsamoggia (BO)						

Curva di decadimento



Curva di decadimento normalizzata



LEGENDA

γ_{sa}	Def di taglio in singola ampiezza	U	Pore pressure
G	Modulo di taglio	G/Gmax	Modulo di taglio normalizzato
D	Rapporto di smorzamento di taglio	$\Delta U/\sigma'_c$	Rapporto pressione interstiziale

NOTE :

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Francesca Quattrocchi)

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Pasquale Manara)

RIEPILOGO RAPPORTI DI PROVADATA DI EMISSIONE **23/07/2015**COMMESSA: **15/084** VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: **15/0196** **SP** DATA ACCETTAZIONE: **17/06/2015**

RICHIEDENTE: Dott. Geol. Matteo SIMONI

CONSEGNATARIO: Dott. Geol. Matteo SIMONI

COMMITTENTE: Dott. Geol. Matteo SIMONI

LOCALITA': CASTELLETTO - COMUNE DI VALSAMOGGIA

CANTIERE: CASTELLETTO

SONDAGGIO: SGV01 CAMPIONE: C2SGV01

PROFONDITA': 21.00-21.45 CONTENITORE CAMPIONE: Doppio sacco PVC

PRELIEVO ESEGUITO DA: Dott. Geol. Matteo SIMONI

PROVE IN SITO ESEGUITE DA:

DATA ESECUZIONE PROVE IN SITO o PRELIEVO CAMPIONE:

OSSERVAZIONI:

PROVE e/o DETERMINAZIONI ESEGUITE SUL CAMPIONE o FUORI STAZIONE

CODICE PROVA	DESCRIZIONE SINTETICA	Q.tà	RIFERIMENTO	RAPPORTO DI PROVA
DSC01a	Estrazione, descrizione geotecnica di campioni da fustelle e rappresentazione fotografica	1	ASTM D 2488-84	RSP 15/0196-01
CNW01	Contenuto in acqua	1	CNR UNI 10008	RSP 15/0196-02
MVT01	Peso di volume con fustella tarata	1	UNI CEN ISO/TS 17892-2	RSP 15/0196-03
GRT04	Granulometria combinata per vagliatura e sedimentazione	1	ASTM D 422	RSP 15/0196-04

per SINERGEA srl

RAPPORTO DI PROVA n° : RSP_15/0196-01

COMMESSA : 15/084

VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :

15/0196_SP

RICHIEDENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI

CONSEGNATARIO : Dott. Geol. Matteo SIMONI

COMMITTENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI

LOCALITA' : CASTELLETTO - COMUNE DI VALSAMOGGIA

CANTIERE : CASTELLETTO

DATA DI ACCETTAZIONE : 17/06/2015

DATA DI EMISSIONE : 23/07/2015

DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE : doppio sacchetto PVC

Sondaggio : SGV01 Campione : C2SGV01 Profondità : 21,00 - 21,45 m

DATA PRELIEVO : -

PRELIEVO EFFETTUATO : Dott. Geol. Matteo SIMONI

DATI FORNITI da : Committenza

OSSERVAZIONI : -

IL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
DSC	Descrizione geotecnica del campione	1	ASTM D 2488-84

DATA INIZIO PROVA: 24/06/2015

DATA TERMINE PROVA: 24/06/2015

SPERIMENTATORE
Dott. Enrico BERTOCCHIIl Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

RAPPORTO DI PROVA n° RSP_15/0196-01
DATA EMISSIONE
23/07/2015

Pagina 2 di 3

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE - ASTM D2488
SONDAGGIO : SGV01 **CAMPIONE :** C2SGV01 **PROFONDITA' :** 21,00 + 21,45 m

Data descrizione : 24/06/15 Forma del campione : cilindrica
Qualità del campione (AGI): Q.5. Dimensioni del campione : L = 45 cm; ϕ = 8,4 cm

Profondità da m	a m	Descrizione
21,00	21,45	A con L / L con A di colore grigio scuro (D1fG 4/N) Presenza di veli e puntinature nerastre, piccoli frustoli, veli calcarei, mica. Media reazione a contatto con HCl 5%.

LEGENDA : A = Argilla/Argilloso L = Limo/Limoso S = Sabbia/Sabbioso T = Torba/Torboso
G = Ghiaia/Ghialoso F = Fine M = Medio C = Grossolano
Per i colori si fa riferimento a: "Munsell Soil Color Charts" (sigla tra parentesi)
⊥ = perpendicolare all'asse del campione = parallelo all'asse del campione

SCHEMA DEL CAMPIONE			P.P. (MPa)	T.V. (MPa)	PROVE ESEGUITE
Prof. Nominale (m)	Profondità reale (m)				
21,00	21,00		0,97 ⊥		CNW, MVT GRT
			0,40 =		
			1,00 ⊥		
			0,98 ⊥		
21,45	21,45		0,53 ⊥		

LEGENDA : CNW = contenuto in acqua
MVT = massa volumica

Il significato degli altri codici, è riportato sulla prima pagina dei certificati di prova

SPERIMENTATORE

RAPPORTO DI PROVA n° RSP_15/0196-01

DATA EMISSIONE: 23/07/2015

Pagina 3 di 3

RAPPRESENTAZIONE FOTOGRAFICA DEL CAMPIONE

SONDAGGIO n°: SGV01

CAMPIONE: C2SGV01

PROFONDITA': 21,00 - 21,45 m



E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA SENZA L'AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA SINERGIA srl

SPERIMENTATORE

Autorizzato ad effettuare e certificare prove sulle terre con decreto n° 10323 del 29/10/2012 (settore A Circ. 08/09/2010 n° 7618/STC)

40057 Granarolo dell'Emilia (BO) - Loc. Quarto Inf. - via Badini, 6/6 - Tel. +39-051768869 - Fax +39-0516058949

RAPPORTO DI PROVA n° : RSP_15/0196-02

COMMESSA : 15/084

VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :

15/0196_SP

RICHIEDENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI

CONSEGNATARIO : Dott. Geol. Matteo SIMONI

COMMITTENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI

LOCALITA' : CASTELLETTO - COMUNE DI VALSAMOGGIA

CANTIERE : CASTELLETTO

DATA DI ACCETTAZIONE : 17/06/2015

DATA DI EMISSIONE : 23/07/2015

DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE : doppio sacchetto PVC

Sondaggio : SGV01 Campione : C2SGV01 Profondità : 21,00 - 21,45 m

DATA PRELIEVO : -

PRELIEVO EFFETTUATO : Dott. Geol. Matteo SIMONI

DATI FORNITI da : Committenza

OSSERVAZIONI : -

IL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
CNW	Contenuto in acqua	1	ASTM D 2216

DATA INIZIO PROVA: 24/06/2015

DATA TERMINE PROVA: 25/06/2015

DETERMINAZIONE	(n°)	1	2	3	4	5
Profondità	(m)	21.37-21.40				
Tara	(n°)	Z 109				
massa tara (t)	(g)	6,37				
Cu + t	(g)	299,52				
Cs + t	(g)	255,47				
w	(%)	17,68				
Prova di riferimento						

Cu = massa provino umido
Cs = massa provino secco
w = contenuto in acqua

SPERIMENTATORE
Dott. Enrico BERTOCCHIIl Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

RAPPORTO DI PROVA n° :**RSP_15/0196-03****COMMESSA :** 15/084**VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :**

15/0196_SP

RICHIEDENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI**CONSEGNATARIO :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**COMMITTENTE :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**LOCALITA' :** CASTELLETTO - COMUNE DI VALSAMOGGIA**CANTIERE :** CASTELLETTO**DATA DI ACCETTAZIONE :** 17/06/2015**DATA DI EMISSIONE :** 23/07/2015**DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE :** doppio sacchetto PVC**Sondaggio :** SGV01 **Campione :** C2SGV01 **Profondità :** 21,00 - 21,45 m**DATA PRELIEVO :** -**PRELIEVO EFFETTUATO :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**DATI FORNITI da :** Committenza**OSSERVAZIONI :** -**IL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :**

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
MVT	Massa volumica con fustella tarata	1	UNI CEN ISO/TS 17892-2

DATA INIZIO PROVA: 24/06/2015**DATA TERMINE PROVA:** 24/06/2015

PROVA n°	(-)	1	2	3	4	5
Profondità	(m)	21.37-21.40				
Fustella n°	(-)	-				
Massa fustella (t)	(g)	53,57				
V	(cm³)	40	-	-	-	-
Cu + t	(g)	132,66				
γ	(Mg/m³)	1,977	-	-	-	-
Riferimento						

Cu = massa provino umido

V = Volume fustella

 γ = massa volumica

TIMBRO BLU SULL' ORIGINALE

SPERIMENTATORE

Dott. Enrico BERTOCCHI

Il Direttore di Laboratorio

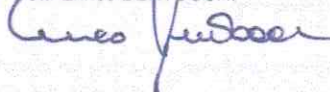
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

RAPPORTO DI PROVA n° :**RSP_15/0196-04****COMMESSA :** 15/084**VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :**

15/0196_SP

RICHIEDENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI**CONSEGNATARIO :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**COMMITTENTE :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**LOCALITA' :** CASTELLETTO - COMUNE DI VALSAMOGGIA**CANTIERE :** CASTELLETTO**DATA DI ACCETTAZIONE :** 17/06/2015**DATA DI EMISSIONE :** 23/07/2015**DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE :** doppio sacchetto PVC**Sondaggio :** SGV01 **Campione :** C2SGV01 **Profondità :** 21,00 - 21,45 m**DATA PRELIEVO :** -**PRELIEVO EFFETTUATO :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**DATI FORNITI da :** Committenza**OSSERVAZIONI :** -**IL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :**

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
GRA	Analisi granulometrica	1	ASTM D 422

DATA INIZIO PROVA: 26/06/2015**DATA TERMINE PROVA:** 08/07/2015SPERIMENTATORE
Dott. Enrico BERTOCCHIIl Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

RAPPORTO DI PROVA n° RSP_15/0196-04

DATA EMISSIONE: 23/07/2015

Pagina 2 di 2

ANALISI GRANULOMETRICA

ASTM D 422

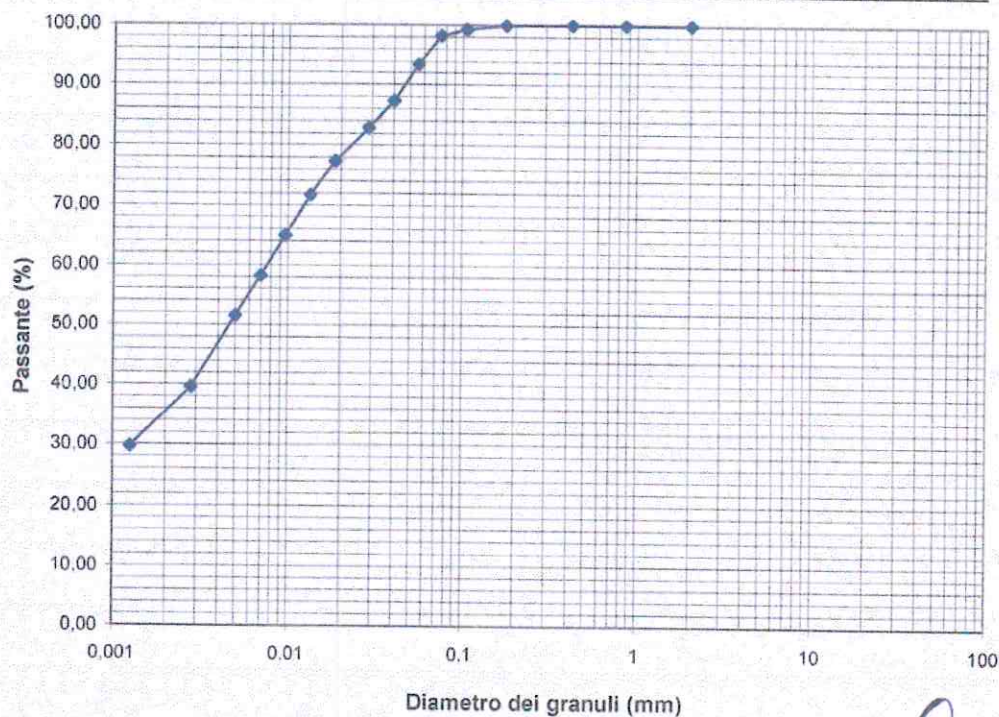
SONDAGGIO : SGV01

CAMPIONE: C2SGV01

PROFONDITA': 21,00 ÷ 21,45 m

ANALISI PER VAGLIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE	
massa provino -		281,05 g		massa provino	48,20 g
profondità provino		21,37 ÷ 21,45 m		profondità provino	21,37 ÷ 21,45 m
VAGLI	APERTURA mm	PASSANTE % in peso	TRATTENUTO % in peso	G _s 2,750 - assunto	
1 1/2 "	38,1	-	-	Riferimento: -	
1 "	25,4	-	-	eseguita sul passante al vaglio 200	
3/4 "	19,05	-	-	aerometro ASTM 151H	
3/8 "	9,525	-	-	DIAMETRO EQUIVALENTE	
5	4	-	-	D (mm)	% IN PESO PIU' FINE DI D
10	2	100,00	0,00	0,05562	93,35
20	0,85	100,00	0,00	0,04022	87,26
30	0,59	-	-	0,02890	82,78
40	0,42	99,98	0,01	0,01862	77,34
50	0,297	-	-	0,01342	71,57
80	0,177	99,86	0,12	0,00970	64,85
100	0,149	-	-	0,00700	58,12
140	0,105	99,22	0,64	0,00505	51,40
200	0,075	98,22	0,99	0,00281	39,55
				0,00126	29,62

ARGILLA	LIMO			SABBIA			GHIAIA			CIOTTOLI
	Fine	Medio	Gross	Fine	Media	Gross	Fine	Media	Gross	



Spesimenteratore

RIEPILOGO RAPPORTI DI PROVADATA DI EMISSIONE **23/07/2015**COMMESSA: **15/084** VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: **15/0197** **SP** DATA ACCETTAZIONE: **17/06/2015**

RICHIEDENTE: Dott. Geol. Matteo SIMONI

CONSEGnatARIO: Dott. Geol. Matteo SIMONI

COMMITTENTE: Dott. Geol. Matteo SIMONI

LOCALITA': CASTELLETTO - COMUNE DI VALSAMOGGIA

CANTIERE: CASTELLETTO

SONDAGGIO: SGV02 CAMPIONE: C11SGV02

PROFONDITA': 1.00-1.50 CONTENITORE CAMPIONE: Fustella acciaio

PRELIEVO ESEGUITO DA: Dott. Geol. Matteo SIMONI

PROVE IN SITO ESEGUITE DA:

DATA ESECUZIONE PROVE IN SITO o PRELIEVO CAMPIONE:

OSSERVAZIONI:

PROVE e/o DETERMINAZIONI ESEGUITE SUL CAMPIONE o FUORI STAZIONE

CODICE PROVA	DESCRIZIONE SINTETICA	Q.tà	RIFERIMENTO	RAPPORTO DI PROVA
DSC01a	Estrazione, descrizione geotecnica di campioni da fustelle e rappresentazione fotografica	1	ASTM D 2488-84	RSP 15/0197-01
GRT04	Granulometria combinata per vagliatura e sedimentazione	1	ASTM D 422	RSP 15/0197-02
TDR01a	Prova di taglio diretto, Consolidata Drenata (C.D.), eseguita su tre provini	1	ASTM D 3080	RSP 15/0197-03
RC01	Colonna Risonante	1	ASTM D 4015	RSP 15/0197-04

per SINERGIA srl

RAPPORTO DI PROVA n° :**RSP_15/0197-01****COMMESSA :** 15/084**VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :**

15/0197_SP

RICHIEDENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI**CONSEGNATARIO :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**COMMITTENTE :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**LOCALITA' :** CASTELLETTO - COMUNE DI VALSAMOGGIA**CANTIERE :** CASTELLETTO**DATA DI ACCETTAZIONE :** 17/06/2015**DATA DI EMISSIONE :** 23/07/2015**DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE :** Fustella di acciaio**Sondaggio :** SGV02 **Campione :** CI1SGV02 **Profondità :** 1.00 - 1.50 m**DATA PRELIEVO :** -**PRELIEVO EFFETTUATO :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**DATI FORNITI da :** Committenza**OSSERVAZIONI :** -**IL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :**

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
DSC	Descrizione geotecnica del campione	1	ASTM D 2488-84

DATA INIZIO PROVA: 24/06/2015**DATA TERMINE PROVA:** 24/06/2015SPERIMENTATORE
Dott. Enrico BERTOCCHIIl Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

RAPPORTO DI PROVA n° RSP_15/0197-01
DATA EMISSIONE
23/07/2015

Pagina 2 di 3

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEL CAMPIONE
- ASTM D2488
SONDAGGIO : SGV02

CAMPIONE : C1SGV02

PROFONDITA' : 1.00 + 1.50 m

Data descrizione : 24/06/15

Forma del campione :

cilindrica

Qualità del campione (AGI):


Q.5.

Dimensioni del campione :

L = 30 cm; ϕ = 8,4 cm

Profondità		Descrizione
da m	a m	
1.20	1.24	Campione rimaneggiato
1.24	1.35	L con A / A con L di colore bruno (HUE 10YR 4/3). Presenza di nuclei sabbiosi, veli e puntature nerastre e brunastre, frustoli, clasti, calcinelli, veli calcarei, mica. Media / Forte reazione a contatto con HCl 5%.
1.35	1.50	A L di colore bruno (HUE 10YR 4/3). Presenza di veli e puntature nerastre e brunastre, frustoli, clasti, calcinelli, mica Media reazione a contatto con HCl 5%.

LEGENDA : A = Argilla/Argilloso L = Limo/Limoso S = Sabbia/Sabbioso T = Torba/Torboso
G = Ghiaia/Ghiaioso F = Fine M = Medio C = Grossolano
Per i colori si fa riferimento a: "Munsell Soil Color Charts" (sigla tra parentesi)
⊥ = perpendicolare all'asse del campione = parallelo all'asse del campione

SCHEMA DEL CAMPIONE		P.P. (MPa)	T.V. (MPa)	PROVE ESEGUITE
Prof. Nominale (m)	Profondità reale (m)			
1.00				
	1.20	0.23 ⊥		 CNW, MVT, LIM, GRT, TDR RC
		0.20 ⊥		
		0.19 ⊥		
1.50	1.50			

LEGENDA : CNW = contenuto in acqua
MVT = massa volumica

il significato degli altri codici, è riportato sulla prima pagina dei certificati di prova

SPERIMENTATORE

RAPPORTO DI PROVA n° RSP_15/0197-01

DATA EMISSIONE:

23/07/2015

Pagina 3 di 3

RAPPRESENTAZIONE FOTOGRAFICA DEL CAMPIONE

SONDAGGIO n° : SGV02

CAMPIONE: CI1SGV02

PROFONDITA': 1.00 - 1.50 m



È VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA SENZA L'AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA SINERGEA srl

SPERIMENTATORE

RAPPORTO DI PROVA n° :**RSP_15/0197-02****COMMESSA :** 15/084**VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :**

15/0197_SP

RICHIEDENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI**CONSEGNATARIO :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**COMMITTENTE :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**LOCALITA' :** CASTELLETTO - COMUNE DI VALSAMOGGIA**CANTIERE :** CASTELLETTO**DATA DI ACCETTAZIONE :** 17/06/2015**DATA DI EMISSIONE :**

23/07/2015

DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE :

Fustella di acciaio

Sondaggio : SGV02 **Campione :** CI1SGV02 **Profondità :** 1,00 - 1,50 m**DATA PRELIEVO :** -**PRELIEVO EFFETTUATO :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**DATI FORNITI da :** Committenza**OSSERVAZIONI :** -**IL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :**

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
GRA	Analisi granulometrica	1	ASTM D 422

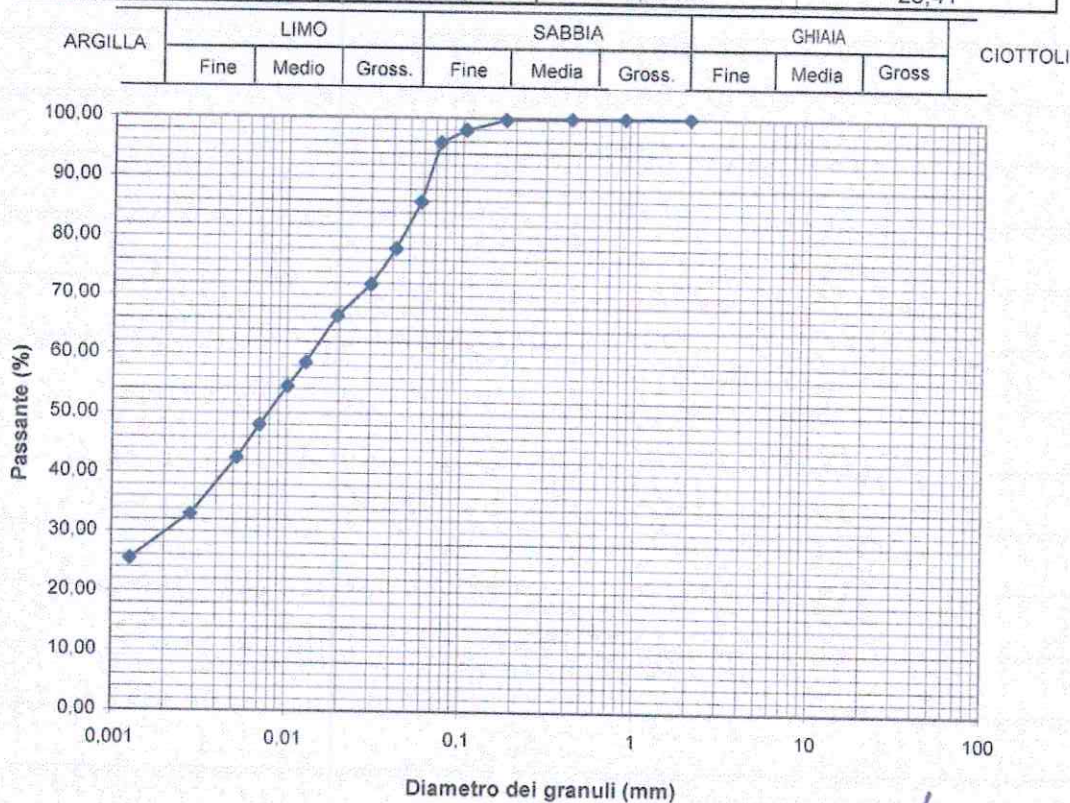
DATA INIZIO PROVA: 26/06/2015**DATA TERMINE PROVA:** 08/07/2015SPERIMENTATORE
Dott. Enrico BERTOCCHIIl Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

RAPPORTO DI PROVA n° RSP_15/0197-02
DATA EMISSIONE: 23/07/2015

Pagina 2 di 2

ANALISI GRANULOMETRICA
ASTM D 422
SONDAGGIO : SGV02
CAMPIONE: C11SGV02
PROFONDITA': 1,00 + 1,50 m

ANALISI PER VAGLIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE	
massa provino -		253,44 g		massa provino	44,13 g
profondità provino		1,24 + 1,35 m		profondità provino	1,24 + 1,35 m
VAGLI	APERTURA mm	PASSANTE % in peso	TRATTENUTO % in peso	G _s 2,750 - assunto	
1 1/2 "	38,1	-	-	Riferimento: -	
1 "	25,4	-	-	eseguita sul passante al vaglio 200	
3/4 "	19,05	-	-	aerometro ASTM 151H	
3/8 "	9,525	-	-	DIAMETRO EQUIVALENTE % IN PESO PIU' FINE DI D	
5	4	-	-	D (mm)	
10	2	100,00	0,00	0,05826	85,78
20	0,85	99,90	0,10	0,04223	77,94
30	0,59	-	-	0,03042	71,80
40	0,42	99,85	0,05	0,01955	66,34
50	0,297	-	-	0,01290	58,50
80	0,177	99,66	0,19	0,01010	54,40
100	0,149	-	-	0,00701	47,92
140	0,105	97,90	1,76	0,00521	42,47
200	0,075	95,79	2,11	0,00283	32,91
				0,00127	25,41



Sperimentatore

RAPPORTO DI PROVA n° : RSP_15/0197-03

COMMESSA : 15/084

VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :

15/0197_SP

RICHIEDENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI

CONSEGNATARIO : Dott. Geol. Matteo SIMONI

COMMITTENTE : Dott. Geol. Matteo SIMONI

LOCALITA' : CASTELLETTO - COMUNE DI VALSAMOGGIA

CANTIERE : CASTELLETTO

DATA DI ACCETTAZIONE : 17/06/2015

DATA DI EMISSIONE : 23/07/2015

DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE : Fustella di acciaio

Sondaggio : SGV02 Campione : CI1SGV02 Profondità : 1.00 - 1.50 m

DATA PRELIEVO : -

PRELIEVO EFFETTUATO : Dott. Geol. Matteo SIMONI

DATI FORNITI da : Committenza

OSSERVAZIONI : -

IL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
TDR	Prova di taglio diretto consolidata drenata CD	3	ASTM D 3080 / p.i.

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA SENZA L'AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA SINERGIA srl

SPERIMENTATORE
Dott. Enrico BERTOCCHIIl Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

RAPPORTO DI PROVA n°

RSP_15/0197-03

DATA EMISSIONE:

23/07/2015

Pagina 2 di 4

PROVA DI TAGLIO DIRETTO C.D.

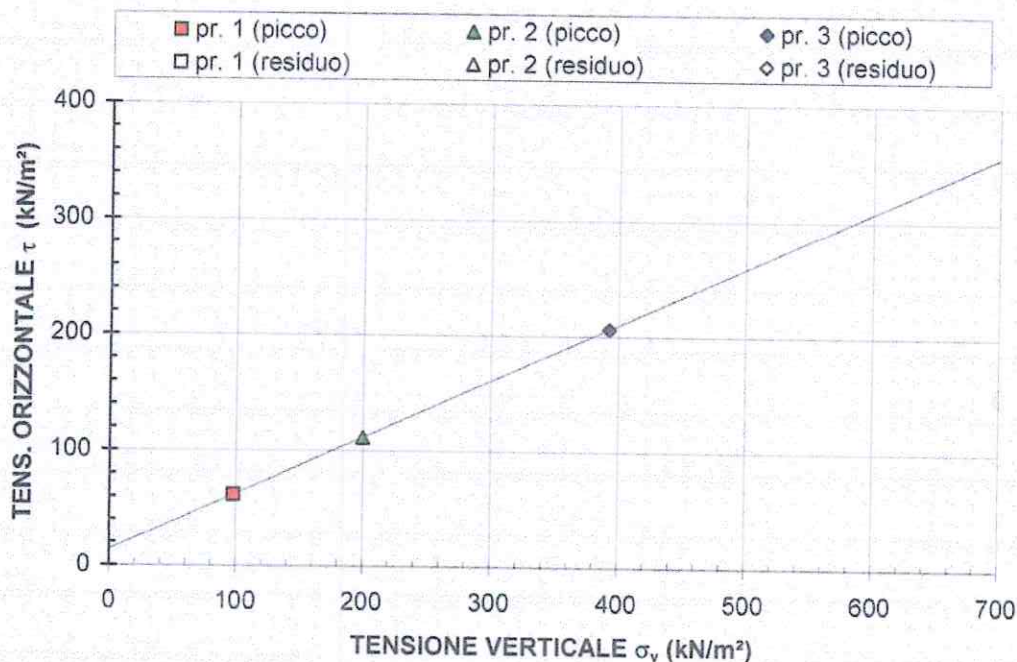
- ASTM D3080

SONDAGGIO : SGV02

CAMPIONE : CI1SGV02

PROFONDITA':

1.00 + 1.50 m


PARAMETRI DELLA RESISTENZA AL TAGLIO

c'	=	13.56	kN/m ²	c_R	=	-	kN/m ²
ϕ'	=	26.12	° sess.	ϕ_R	=	-	° sess.

Provino	1	2	3	4	LEGENDA
condizione	CR	CR	CR	-	CR = come ricevuto
Classe AGI	Q.5.	Q.5.	Q.5.	-	R T99 = ricostruito AAHSTO T99
sezione	quadrata	quadrata	quadrata	quadrata	R T180 = ricostruito AAHSTO T180
	36 cm ²	36 cm ²	36 cm ²	36 cm ²	
z (m)	1.24-1.35	1.32-1.35	1.28-1.32	-	z = profondità del provino
h ₀ (mm)	20.00	20.00	20.00	-	h ₀ = altezza iniziale provino
w _i (%)	23.28	23.13	22.59	-	σ _v = pressione verticale
γ (Mg/m ³)	1.938	2.033	1.970	-	h _{dc} = altezza provino a fine consolidazione
γ _d (Mg/m ³)	1.572	1.651	1.607	-	τ _{max} = resistenza al taglio di picco
σ _v (kN/m ²)	98.1	200.0	392.3	-	D _o t _{max} = deformazione orizzontale alla resistenza al taglio di picco
h _{dc} (mm)	19.53	19.02	18.39	-	τ _r = resistenza al taglio residua
v _p (mm/min)	0.005	0.005	0.005	-	D _{oc} = deformazione orizzontale cumulativa
τ _{max} (kN/m ²)	61.7	111.4	205.9	-	w _i = contenuto in acqua iniziale
D _o τ _{max} (mm)	2.98	2.44	4.33	-	w _f = contenuto in acqua a fine prova
v _r (mm/min)	-	-	-	-	v _p = velocità avanzamento apparecchiatura - picco
τ _r (kN/m ²)	-	-	-	-	v _r = velocità avanzamento apparecchiatura - residuo
D _{oc} (mm)	-	-	-	-	
w _f (%)	23.32	20.46	19.63	-	

SPERIMENTATORE

RAPPORTO DI PROVA n°

RSP_15/0197-03

DATA EMISSIONE:

23/07/2015

Pagina 3 di 4

PROVA DI TAGLIO DIRETTO C.D.

ASTM D3080

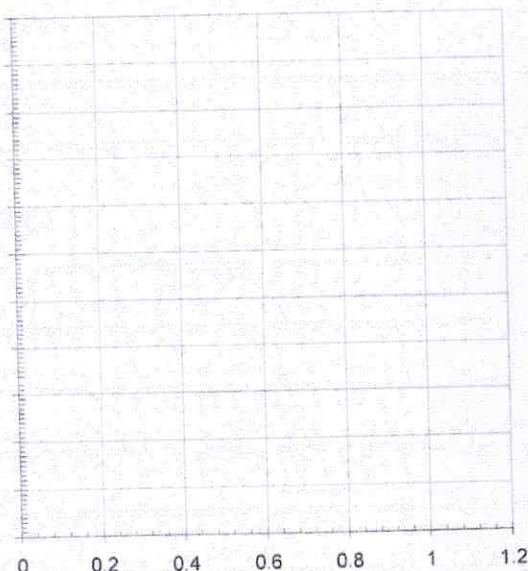
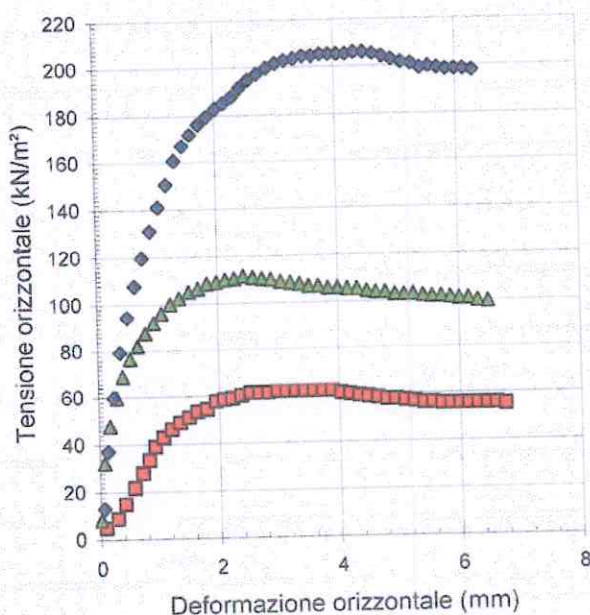
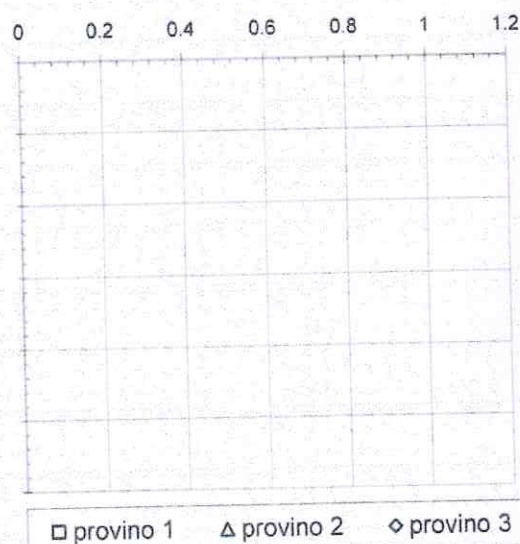
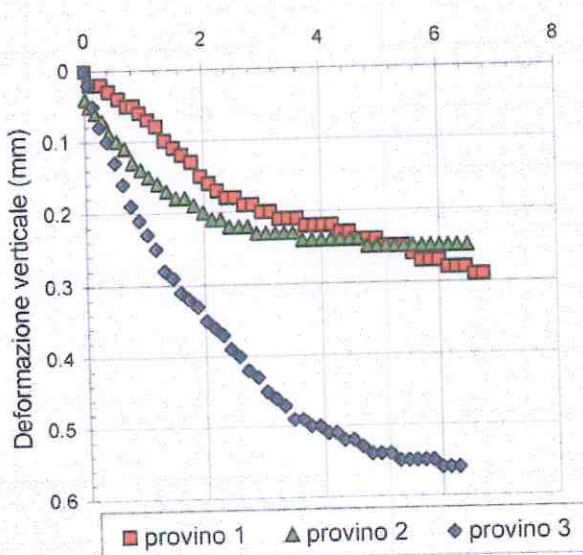
SONDAGGIO : SGV02

CAMPIONE : CI1SGV02

PROFONDITA': 1.00 + 1.50 m

PICCO

RESIDUO



E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA SENZA L'AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA SINERGIA s.r.l.

SPERIMENTATORE

RAPPORTO DI PROVA n°

RSP_15/0197-03

DATA EMISSIONE:

23/07/2015

PROVA DI TAGLIO DIRETTO C.D.

Pagina 4 di 4
ASTM D3080

SONDAGGIO: SGV02

CAMPIONE: C11SGV02

PROFONDITA':

1.00 ± 1.50 m

DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI DI CONSOLIDAZIONE (ASTM D2435-96)

RELATIVI ALL'INTERVALLO DI PRESSIONE

da 196 kPa

a 392 kPa

PROVINO n. 3

PROFONDITA'

da 1.28 m

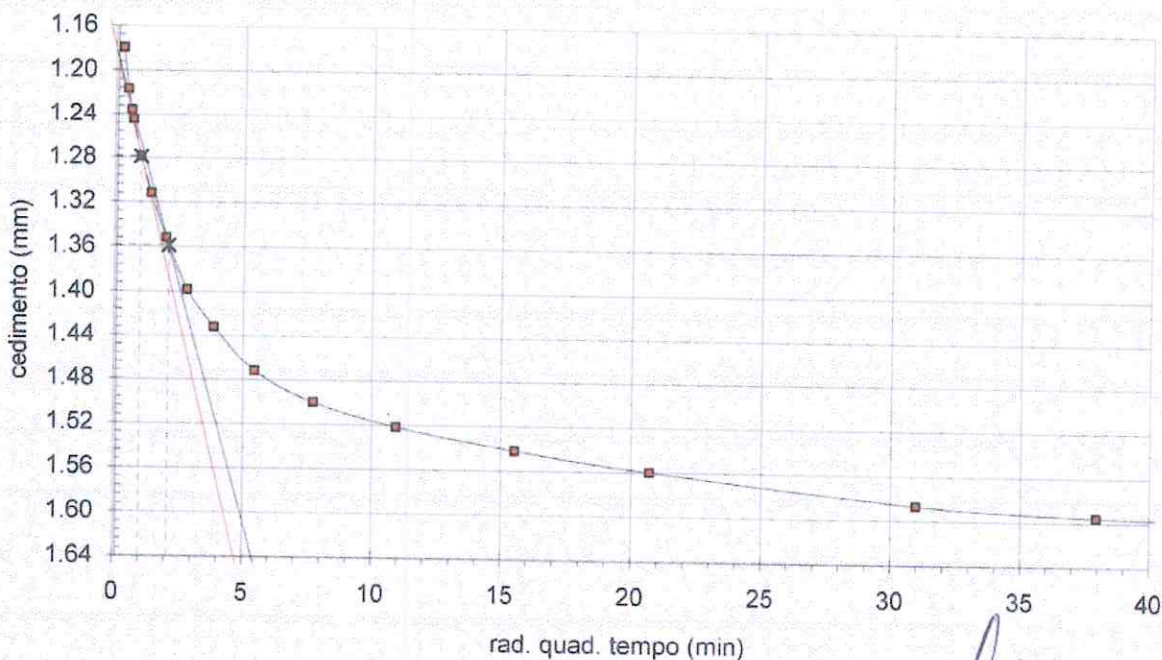
a 1.32 m

VALORI MISURATI

Tempo (min)	Cedim. (mm)	Tempo (min)	Cedim. (mm)
0.1	1.180	960	1.587
0.25	1.217	1440	1.596
0.4	1.236	2880	1.607
0.5	1.245	4230	1.613
1	1.279	3600	-
2	1.312	5760	-
4	1.352		
8	1.398		
15	1.432		
30	1.472		
60	1.500		
120	1.522		
242	1.542		
429	1.560		

VALORI CALCOLATI

t_{90}	(min) =	4.41
d_{90}	(mm) =	1.36
t_{50}	(min) =	1.00
d_{50}	(mm) =	1.28
Tempo per il raggiungimento della rottura		
t_f	(min) =	50
c_v	(m ² /sec) =	2.808E-07
m_v	(m ² /kN) =	2.078E-04
k_v	(m/sec) =	5.698E-10



SPERIMENTATORE

40057 Granarolo dell'Emilia, via Badini 6/6 Fraz. Quarto Inferiore - Tel. +39-051768869 - Fax +39-0516058949

RAPPORTO DI PROVA n° :**RSP_15/0197-04****COMMESSA :** 15/084**VERBALE DI ACCETTAZIONE n° :****15/0197_SP****RICHIEDENTE :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**CONSEGNATARIO :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**COMMITTENTE :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**LOCALITA' :** CASTELLETTO - COMUNE DI VALSAMOGGIA**CANTIERE :** CASTELLETTO**DATA DI ACCETTAZIONE :** 17/06/2015**DATA DI EMISSIONE :**

23/07/2015

DESCRIZIONE CONTENITORE DEL CAMPIONE :

doppio sacchetto PVC

Sondaggio : SGV02 **Campione :** CI1SGV02 **Profondità :** 1,00 - 1,50 m**DATA PRELIEVO :** -**PRELIEVO EFFETTUATO :** Dott. Geol. Matteo SIMONI**DATI FORNITI da :** Committenza**OSSERVAZIONI :** -**IL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA HA PER OGGETTO LE SEGUENTI PROVE e/o DETERMINAZIONI :**

CODICE	DESCRIZIONE PROVA	n° prove	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
RC	Prova di Colonna Risonante	1	ASTM D 4015

ALLEGATO:**RAPPORTO DI PROVA del Laboratorio GEOstudi di Pomezia n° 1787-2 del 21/07/2015**

SPERIMENTATORE

Il Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Dario GRUNDLER

PROVA DI COLONNA RISONANTE

Pag. 1 di 3

ASTM D4015-95

N. VERB. ACCETT. / CAMP	1787-2	Data ricevimento	15/07/15	Rapp. di prova n.	1787-2	del	21/07/2015
Codice		Data prelievo		Data inizio prova	15/07/15		
		Data apertura	15/07/15	Data fine prova	17/07/15		
COMMESSA	54-15	Sondaggio	SGV02	Tipologia campione			
COMMITTENTE	SINERGEA s.r.l.	Campione	C11 SGV02	Profondità (m)	1,35-1,50		
CANTIERE	Castelletto - comune di Valsamoggia (BO)						

Modalità di prova	Modello dinamico di riferimento	Fixed free
	Campo di deformazione esplorato (%)	10-4 e 10 ⁻¹
	Tipo di onda utilizzata	Sinusoidale
	Eccitazione	Torsionale

Dati generali di prova		Unità	Valori
Condizioni inizio prova	Altezza del provino	Hi	mm
	Diametro del provino	Di	mm
	Volume del provino	Vi	cm ³
	Peso umido del provino	P	g
	Contenuto naturale d'acqua	W _i	%
	Peso specifico dei grani (valore assunto)	γ _s	-
	Peso di volume umido	γ _{wi}	kN/m ³
	Peso di volume secco	γ _{wd}	kN/m ³
	Indice dei vuoti iniziale	e _i	-
			0,667
Condizioni di prova	Pressione di cella	σ _c	kPa
	Back pressure	BP	kPa
	Pressione efficace	σ' _c	kPa
	Coefficiente di Skempton	B	-
			0,92
	Altezza a fine consolidazione	Hf	mm
	Diametro a fine consolidazione	Di	mm
	Peso di volume a fine consolidazione	γ _{wf}	kN/m ³
			19,51
	Contenuto d'acqua a fine consolidazione	W _f	%
			22,4
	Indice dei vuoti a fine consolidazione	e _f	-
			0,661

NOTE :

LO SPERIMENTATORE
(Dott. ssa Francesca Quattrocchi)

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Pasquale Manara)

PROVA DI COLONNA RISONANTE

Pag. 2 di 3

ASTM D4015-95

N. VERB. ACCETT./CAMP	1787-2	Data ricevimento	15/07/15	Rapp di prova n.	1787-2	del	21/07/2015
Codice		Data prelievo		Data inizio prova	15/07/15		
		Data apertura	15/07/15	Data fine prova	17/07/15		
COMMESSA	54-15	Sondaggio	SGV02	Tipologia campione			
COMMITTENTE	SINERGIA s.r.l.	Campione	C11 SGV02	Profondità (m)	1,35-1,50		
CANTIERE	Castelletto - comune di Valsamoggia (BO)						

Valori misurati				Valori normalizzati	
γ_{sa}	G	D	U	G/Gmax	$\Delta U/\sigma'_c$
%	MPa	%	kPa	-	-
0,00012	46,50	-	250,0	1,000	0,000
0,00016	46,44	2,45	250,0	0,999	0,000
0,00029	46,20	2,61	250,0	0,994	0,000
0,00047	46,35	2,98	250,0	0,997	0,000
0,00072	46,20	3,13	250,0	0,994	0,000
0,00113	46,40	3,19	250,0	0,998	0,000
0,00166	46,20	3,25	250,0	0,994	0,000
0,00340	45,50	3,24	250,0	0,978	0,000
0,00600	44,80	3,29	250,0	0,963	0,000
0,00940	43,62	3,35	250,0	0,938	0,000
0,01160	42,80	3,49	250,0	0,920	0,000
0,02160	39,82	3,60	250,0	0,856	0,000
0,03120	36,70	3,98	250,0	0,789	0,000
0,04900	32,60	4,21	250,2	0,701	0,003
0,07850	26,70	4,84	250,6	0,574	0,010
0,10500	22,96	5,47	250,8	0,494	0,014
0,23300	15,30	5,87	253,2	0,329	0,056
0,47000	9,86	8,65	256,7	0,212	0,126

LEGENDA

γ_{sa}	Def di taglio in singola ampiezza	U	Pore pressure
G	Modulo di taglio	G/Gmax	Modulo di taglio normalizzato
D	Rapporto di smorzamento di taglio	$\Delta U/\sigma'_c$	Rapporto pressione interstiziale

NOTE :

LO SPERIMENTATORE
(Dott. ssa Francesca Quattrocchi)

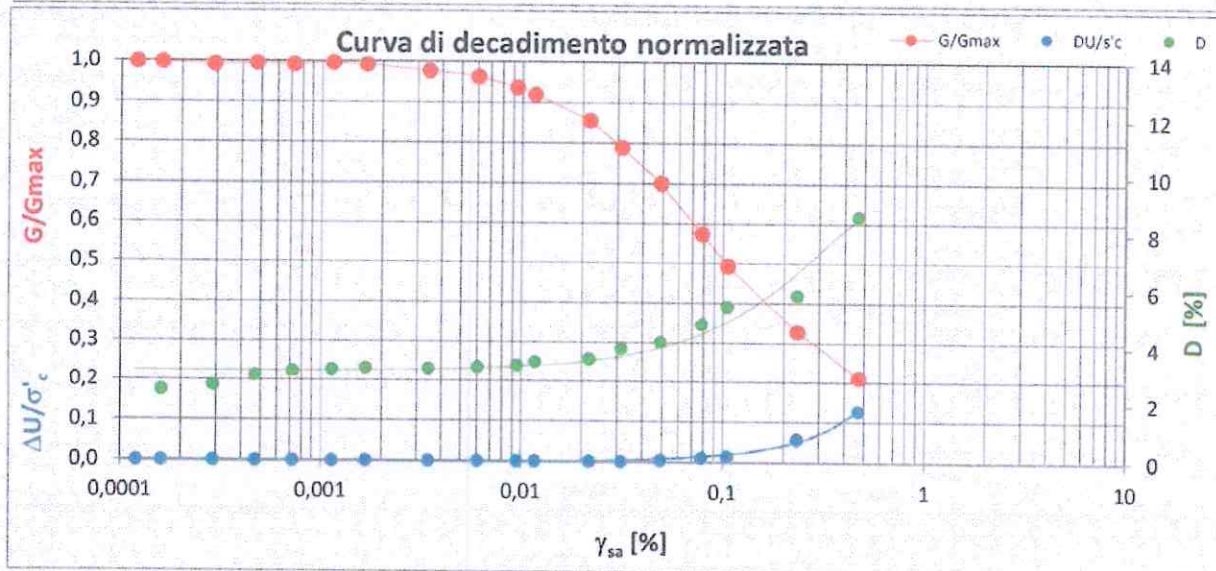
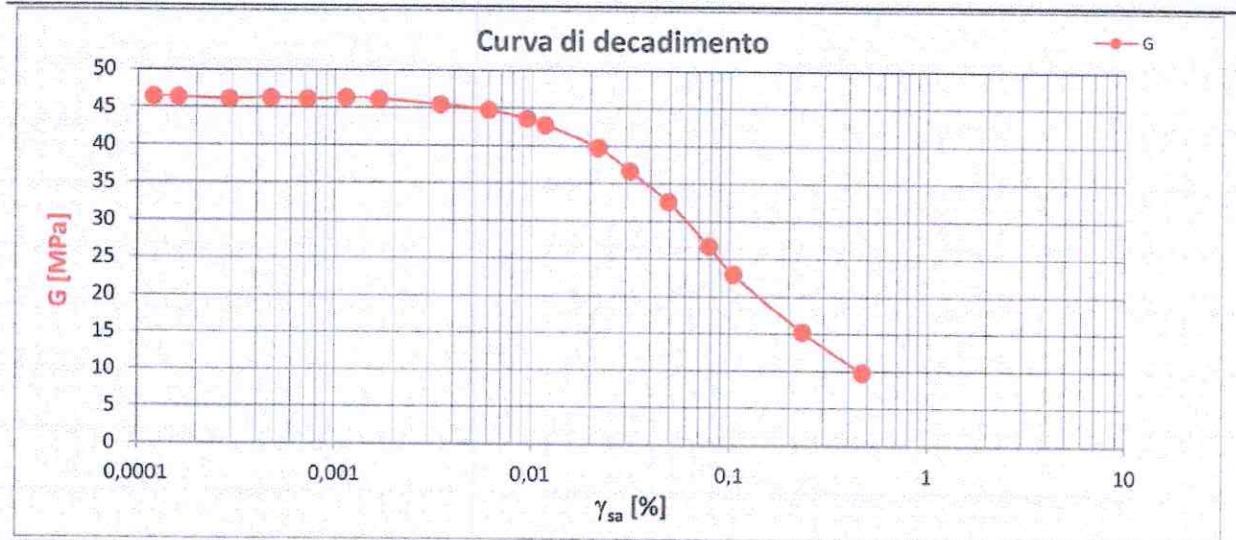
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Pasquale Manara)

PROVA DI COLONNA RISONANTE

Pag. 3 di 3

ASTM D4015-95

N. VERB. ACCETT. / CAMP	1787-2	Data ricevimento	15/07/15	Rapp. di prova n.	1787-2	del	21/07/2015
Codice		Data prelievo		Data inizio prova	15/07/15		
		Data apertura	15/07/15	Data fine prova	17/07/15		
COMMESSA	54-15	Sondaggio	SGV02	Tipologia campione			
COMMITTENTE	SINERGIA s.r.l.	Campione	C11 SGV02	Profondità (m)	1,35-1,50		
CANTIERE	Castelletto - comune di Valsamoggia (BO)						



LEGENDA

γ_{sa}	Def di taglio in singola ampiezza	U	Pore pressure
G	Modulo di taglio	G/Gmax	Modulo di taglio normalizzato
D	Rapporto di smorzamento di taglio	$\Delta U/\sigma'_c$	Rapporto pressione interstiziale

NOTE :

LO SPERIMENTATORE
(Dott.ssa Francesca Quattrocchi)

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(Dott. Pasquale Manara)

Allegato 5.
PARAMETRI SISMICI

Sito in esame.

latitudine: 44,442432
 longitudine: 11,064019
 Classe: 4
 Vita nominale: 100

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 16948	Latitudine: 44,4596	Longitudine: 11,0394	Distanza: 2730,249
Sito 2	ID: 16949	Latitudine: 44,4610	Longitudine: 11,1093	Distanza: 4145,283
Sito 3	ID: 17171	Latitudine: 44,4110	Longitudine: 11,1113	Distanza: 5128,969
Sito 4	ID: 17170	Latitudine: 44,4096	Longitudine: 11,0415	Distanza: 4069,937

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 200 anni
 Coefficiente cu: 2

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 120 [anni]
 ag: 0,095 g
 Fo: 2,480
 Tc*: 0,281 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 201 [anni]
 ag: 0,118 g
 Fo: 2,457
 Tc*: 0,285 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 1898 [anni]
 ag: 0,245 g
 Fo: 2,480
 Tc*: 0,313 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 2475 [anni]
 ag: 0,264 g
 Fo: 2,498
 Tc*: 0,316 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,200
 Cc: 1,420
 St: 1,000
 Kh: 0,023
 Kv: 0,011
 Amax: 1,122
 Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200
 Cc: 1,410
 St: 1,000
 Kh: 0,034
 Kv: 0,017
 Amax: 1,386
 Beta: 0,240

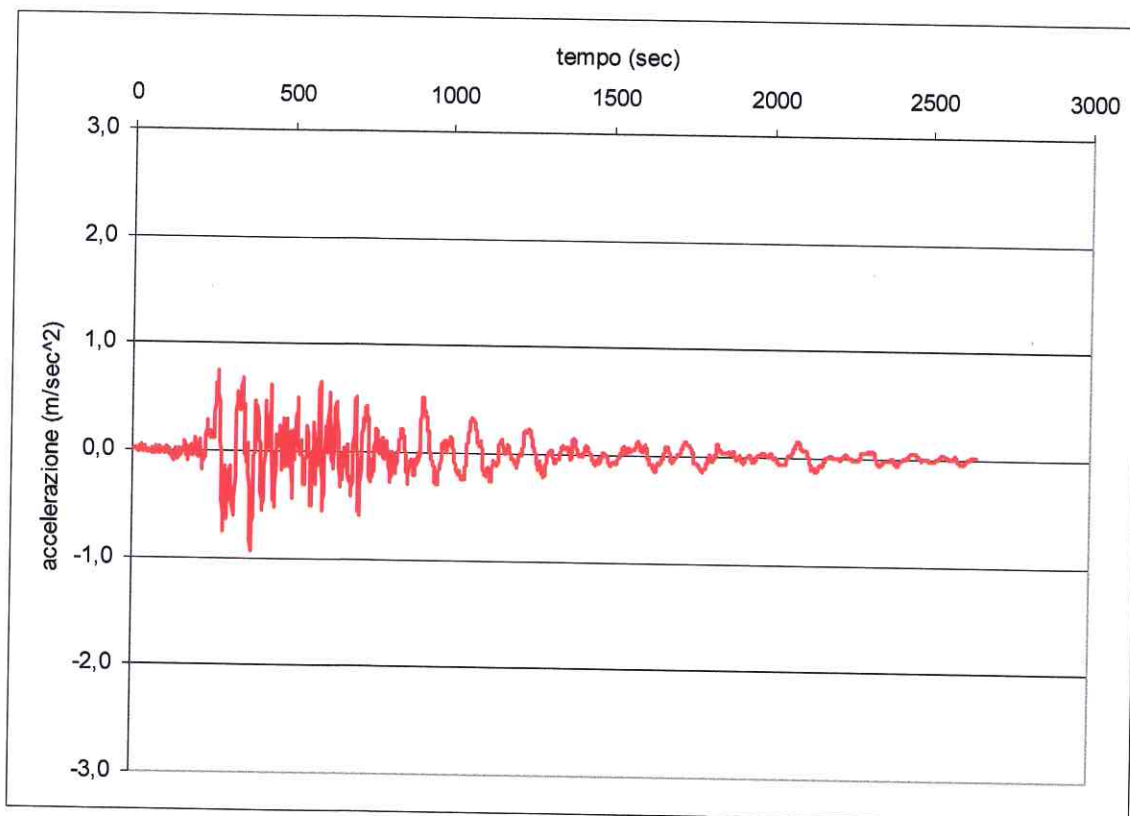
SLV:

Ss: 1,160
 Cc: 1,390
 St: 1,000
 Kh: 0,080
 Kv: 0,040
 Amax: 2,785
 Beta: 0,280

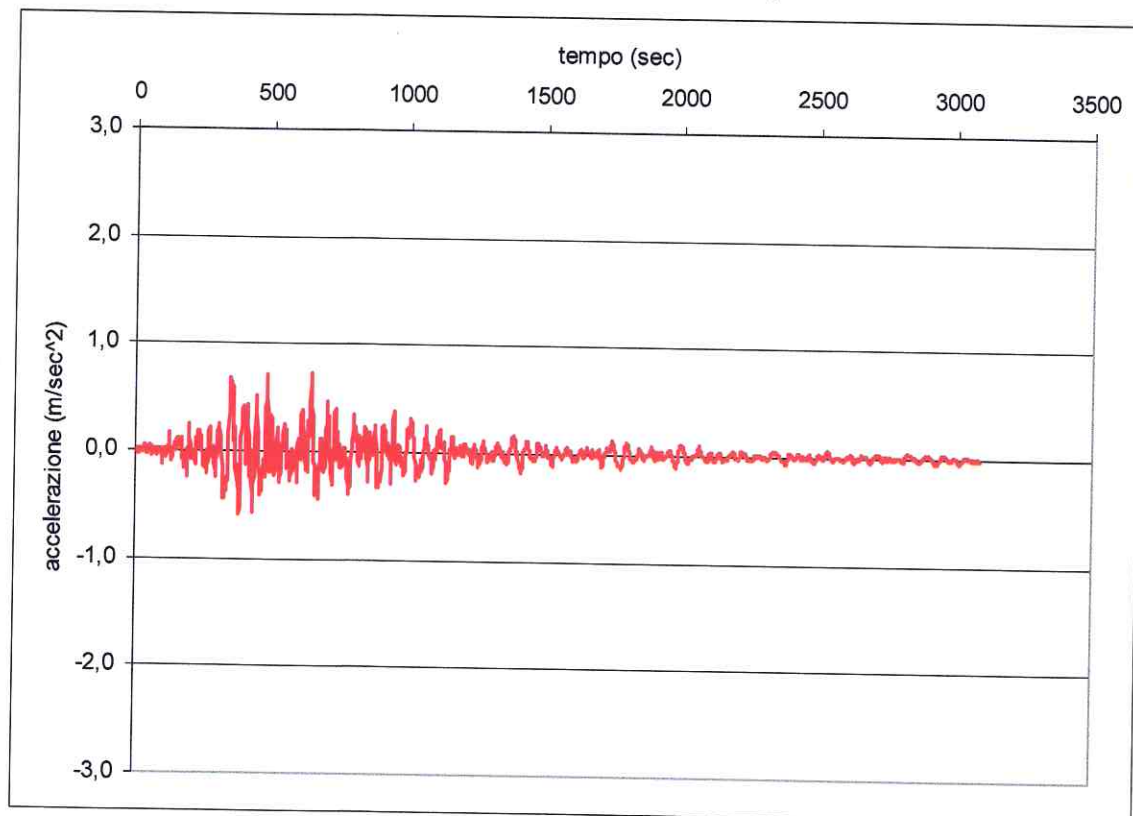
SLC:

Ss: 1,140
 Cc: 1,390
 St: 1,000
 Kh: 0,084
 Kv: 0,042
 Amax: 2,948
 Beta: 0,280

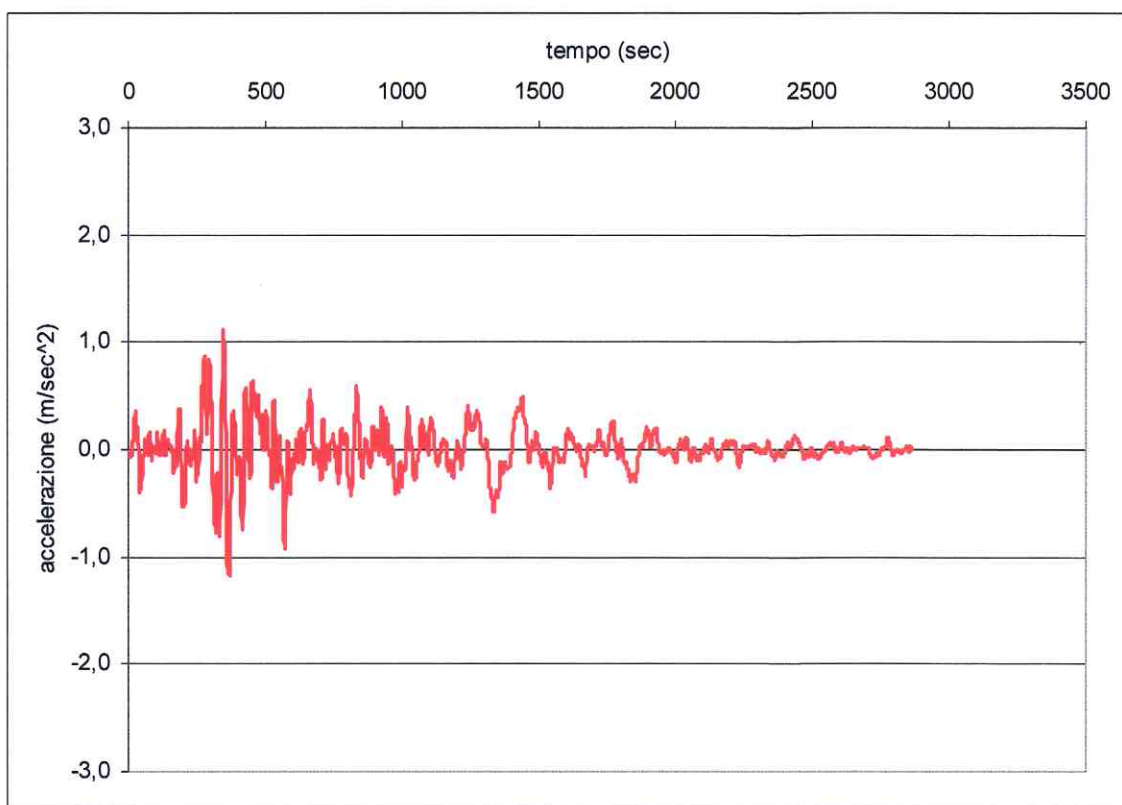
Allegato 6.
ACCELEROGRAMMI DEGLI EVENTI SISMICI SELEZIONATI



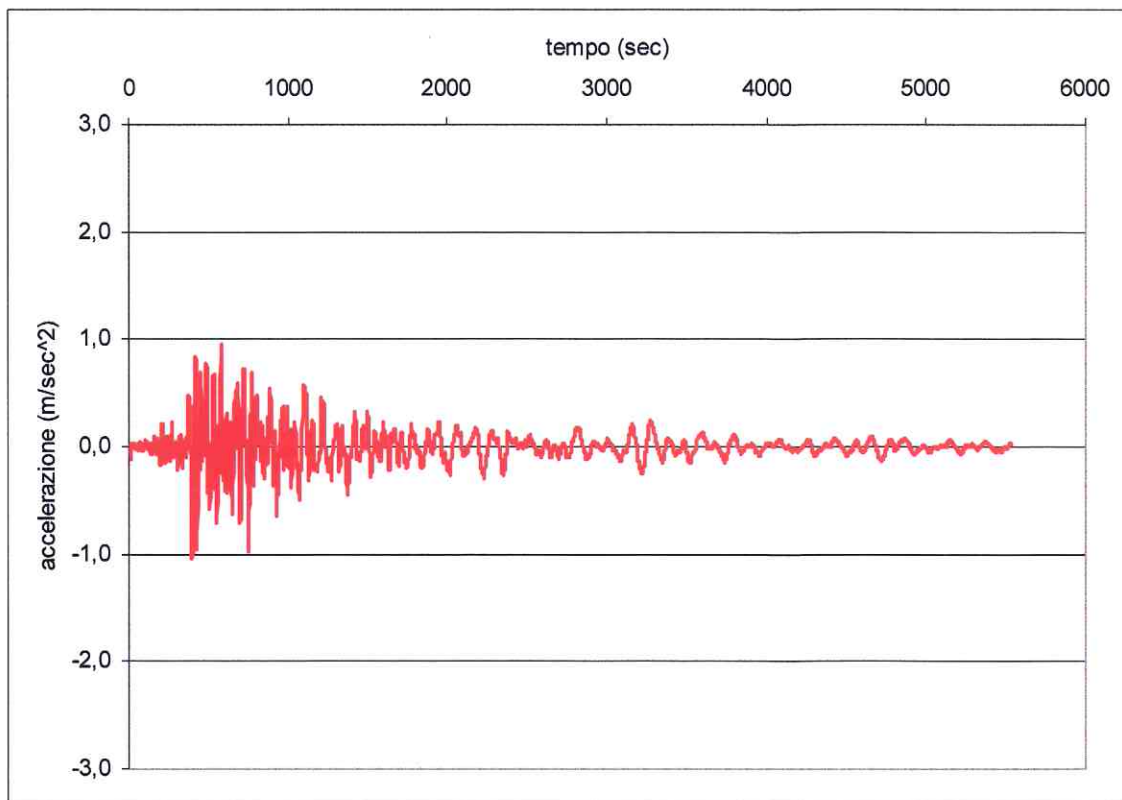
Evento sismico 133 Friuli (Aftershock)



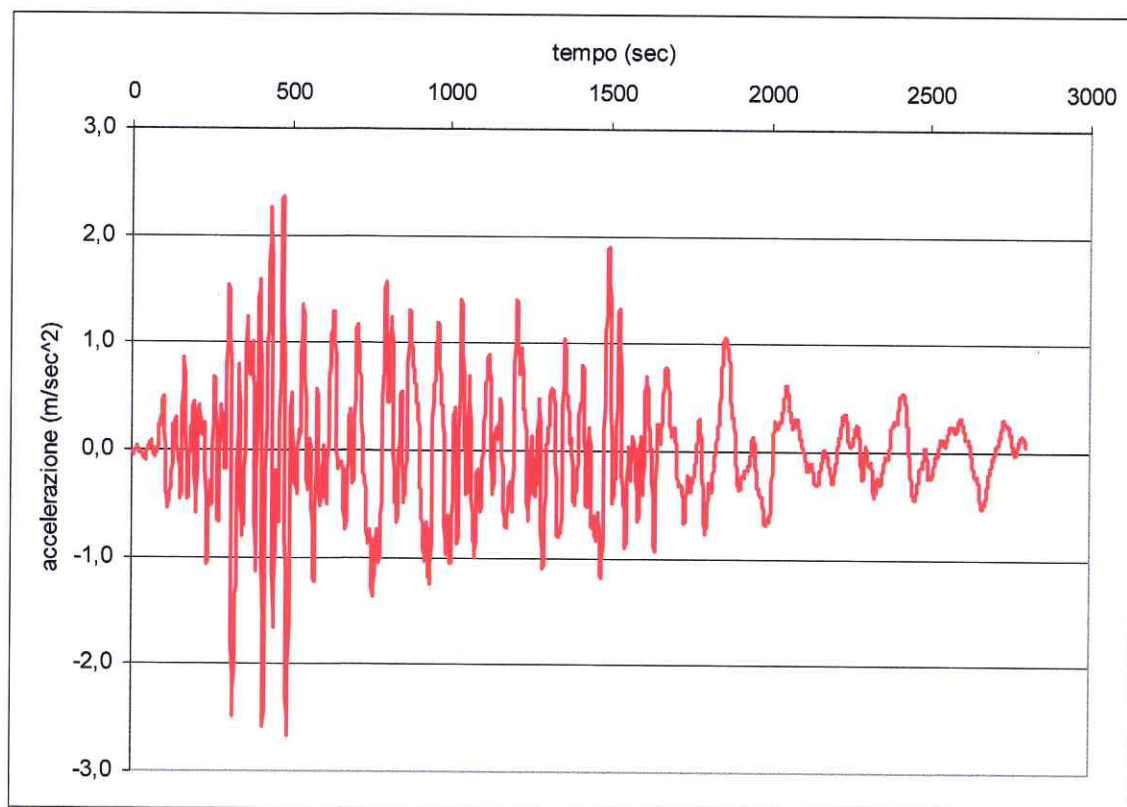
Evento sismico 170 Basso Tirreno



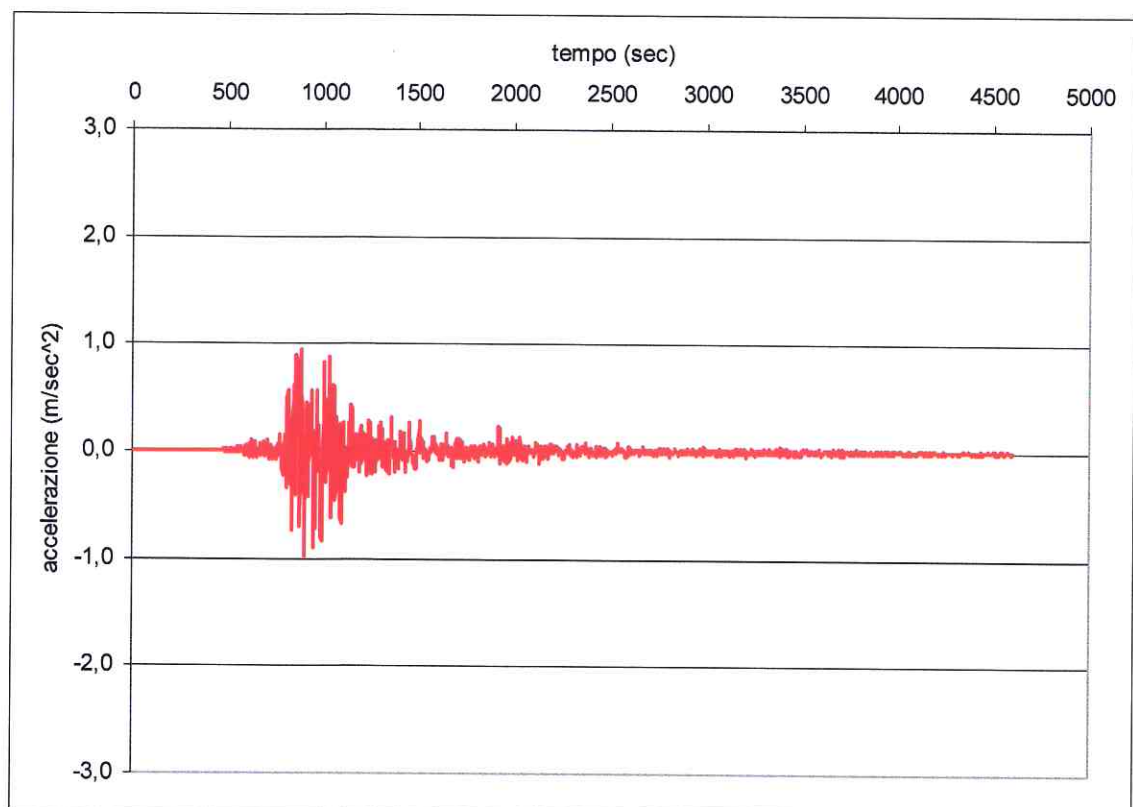
Evento sismico 335 Alkion



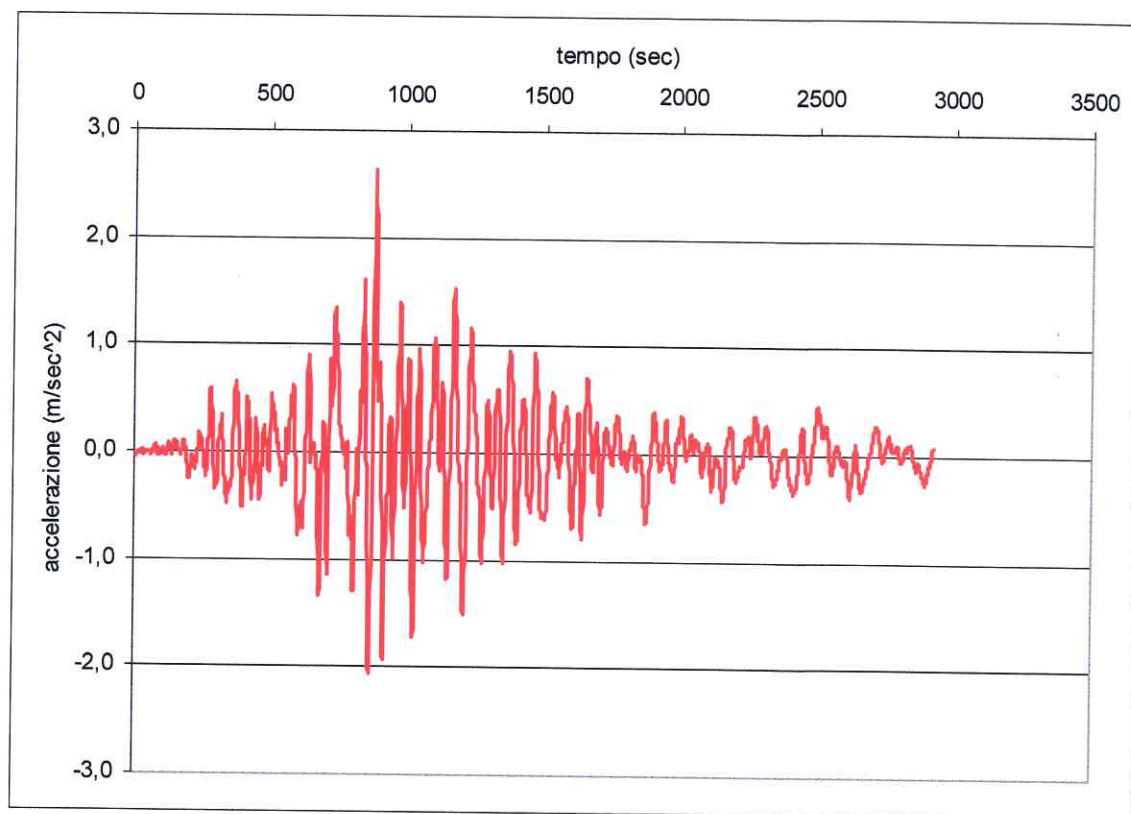
Evento sismico 600 Umbria Marche



Evento sismico 879 Dinar



Evento sismico 1708 Ano Liosia



Evento sismico 1726 Adana

Allegato 7.

PROFILI E SERIE TEMPORALI DELLO STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

